

# EPSON

EPSON RC+ 7.0 选件

## *Force Guide 7.0*

Rev.18

SCM23YS6240F

翻译版

EPSON RC+ 7.0选项 Force Guide 7.0 Rev. 18

EPSON RC+ 7.0 选件

## Force Guide 7.0

Rev. 18

©Seiko Epson Corporation 2015-2023

## 前言

感谢您购买本公司的机器人系统。本手册记载了正确使用 Force Guide 7.0 所需的事项。

使用该软件时请仔细阅读本手册与其他相关手册。

阅读之后请妥善保管，以便随时取阅。

本公司的产品均通过严格的测试和检查，以确保产品性能符合标准。但请注意，如果不在本手册中所规定的条件中使用，可能导致产品性能无法正常发挥。

本手册记述了我们可以预见的危险和问题。请务必遵守手册中所述的安全注意事项，已确保安全正确的使用我们的机器人系统。

## 商标

Microsoft, Windows, Windows 标识, Visual Basic, Visual C++为美国 Microsoft Corporation 在美国及其它国家的注册商标或商标。

其它品牌与产品名称均为各公司的注册商标或商标。

## 本手册中的商标声明

Microsoft® Windows® 8 operating system

Microsoft® Windows® 10 operating system

Microsoft® Windows® 11 operating system

在本手册中，Windows 8、Windows 10和Windows 11指的是上述各操作系统。在某些情况下，Windows一般是指Windows 8、Windows 10和Windows 11。

## 注意事项

禁止擅自复印或转载本手册的部分或全部内容。

本手册记载的内容将来可能会随时变更，恕不事先通告。

如您发现本手册的内容有误或需要改进之处，请不吝斧正。

## 制造商

**SEIKO EPSON CORPORATION**

## 联系信息

有关联系方式的详细内容，请参阅下记手册的“销售商”。

“安全手册”

## 阅读本手册之前

本节介绍了您在阅读本手册之前应了解的事项。

### 安全注意事项

请由取得相关资格的人员对机器人及相关机器进行搬运和设置。另外，请务必遵守各国的相关法规与法令。

使用前请仔细阅读本手册及相关说明书，并正确使用本机器。阅读之后，请妥善保管，以便随时取阅。

### 正文中的符号的含义

 警告	该符号表示如果用户忽视该指示或处理不当，可能会导致死亡或重伤。
 注意	该符号表示如果用户忽略该指示或处理不当，可能会导致人生伤害或财产损失。

## 培训

使用Force Guide 7.0之前，请参加本公司的“力觉传感器入门培训”。本公司定期或不定期的举办培训会，以帮助客户了解我们的产品。

参加正规培训，可以帮助您了解本公司产品，提高产品使用效率。有关培训的详细信息，请咨询当地经销商。



## 安装篇

<b>1. 简介</b>	<b>3</b>
1.1 Force Guide 7.0概述 .....	3
1.2 EPSON RC+ 7.0的必要基本知识.....	4
1.3 培训 .....	4
<b>2. 术语定义</b>	<b>5</b>
<b>3. 系统概述</b>	<b>10</b>
<b>4. Force Guide 7.0的功能</b>	<b>14</b>
4.1 概述 .....	14
4.2 力控制功能 .....	14
4.2.1 力控制功能概述 .....	14
4.2.2 力控制功能参数 .....	14
4.3 力觉触发器功能 .....	15
4.4 力觉监视器功能 .....	15
4.5 力觉动作限制功能 .....	16
4.6 力觉向导功能.....	16
4.6.1 力觉向导功能概述.....	16
4.6.2 力觉向导序列 .....	17
4.6.3 力觉向导对象 .....	18
4.7 直接示教+轻触步进 .....	21
<b>5. 坐标系</b>	<b>22</b>
5.1 关于坐标系 .....	22
5.2 力觉坐标系 .....	24
5.3 力觉传感器坐标系 .....	24
<b>6. 安装Force Guide 7.0</b>	<b>25</b>

## 硬件篇

<b>1. 附带物品</b>	<b>29</b>
1.1 S250N(适用于C4系列)	29
1.2 S250L(适用于C8, C12系列: IP20等级)	30
1.3 S250P(适用于C8系列: IP67等级)	31
1.4 S250H(适用于N2系列)	32
1.5 SH250LH(适用于N6系列)	33
1.6 S2503, S2506, S25010(适用于G系列、GX系列和RS系列)	34
<b>2. 标签</b>	<b>35</b>
<b>3. 连接示例</b>	<b>38</b>
3.1 C4系列-S250N	38
3.2 C8, C12系列-S250L, C8系列-S250P, N2系列-S250H, N6系列-SH250LH	40
3.3 G, GX系列-S2503, S2506, S25010	42
3.3.1 内部布线	42
3.3.2 外部布线	44
3.4 RS系列-S2503	46
<b>4. 力觉传感器</b>	<b>47</b>
4.1 规格	47
4.1.1 规格表	47
4.1.2 重负载下的ACCEL设定	48
4.2 外部尺寸	49
4.2.1 S250N(适用于C4系列)	49
4.2.2 S250L(适用于C8, C12系列: IP20等级)	50
4.2.3 S250P(适用于C8系列: IP67等级)	51
4.2.4 S250H(适用于N2系列)	52
4.2.5 SH250LH(适用于N6系列)	53
4.2.6 S2503, S2506, S25010(适用于G系列、GX系列和RS系列)	54
<b>5. 力觉传感器I/F单元</b>	<b>55</b>
5.1 力觉传感器I/F单元(FS1)	55
5.1.1 规格	55
5.1.2 外部尺寸	56
5.1.3 安装	56
5.1.4 电源	57
5.1.5 力觉传感器I/F单元和电源连接器的布线	57
5.1.6 更换力觉传感器I/F单元保险丝	58

---

5.2 力觉传感器I/F电路板(FS2)	59
5.2.1 规格	59
5.2.2 安装方法	60
5.2.3 有关连接的注意事项	61
<b>6. 安装方法</b>	<b>62</b>
6.1 安装力觉传感器	63
6.1.1 S250N(适用于C4系列)	63
6.1.2 S250L(适用于C8, C12: IP20等级)	65
6.1.3 S250P(适用于C8: IP67等级)	67
6.1.4 S250H(适用于N2系列)	70
6.1.5 SH250LH(适用于N6系列)	72
6.1.6 S2503, S2506, S25010(适用于G系列、RS系列和GX系列)	74
6.2 夹具末端	76
6.2.1 有关允许力矩的准则	77
6.2.2 有关关节转矩的准则	78
6.2.3 有关电线和套管的注意事项	81
6.2.4 搬运高负载或重物时的注意事项	81
6.2.5 力觉传感器的姿态变化时的注意事项	82
6.3 力觉传感器电缆的布线	83
6.3.1 C4系列-S250N	83
6.3.2 C8, C12系列-S250L、C8系列-S250P	85
6.3.3 N2系列-S250H	86
6.3.4 N6系列-SH250LH	88
6.3.5 G系列和GX系列-S2503, S2506, S25010	90
6.3.6 RS系列-S2503	92
<b>7. 维护部件列表</b>	<b>94</b>
7.1 力觉传感器	94
7.2 力觉传感器I/F单元	96
7.3 力觉传感器I/F电路板	96

## 软件篇

<b>1. 检查连接</b>	<b>99</b>
1.1 配置力觉传感器I/F单元	99
力觉传感器连接步骤	100
力觉传感器断开步骤	101
力觉传感器更换步骤	101
1.2 检查连接	102
检查连接	102
检查输出值的获取	103
1.3 检查力觉传感器的精度	104
1.3.1 概述	104
1.3.2 初始数据的获取	104
1.3.3 获取比较数据并与初始数据进行比较	108
<b>2. 力觉传感器校正</b>	<b>109</b>
2.1 重置力觉传感器	109
2.2 坐标转换	109
力觉传感器坐标系和工具坐标系之间的对应关系	110
工具坐标系和力觉坐标系之间的对应关系	111
2.3 重力补偿	112
2.3.1 概述	112
2.3.2 质量属性	112
2.3.3 重力方向	113
2.3.4 执行重力补偿	113
2.4 检查重力补偿操作	114
<b>3. Force Guide 7.0 GUI(图形用户界面)</b>	<b>118</b>
3.1 Project Explorer	118
3.1.1 力觉文件	118
3.1.2 力觉向导	119
3.2 [File]菜单	120
3.2.1 [New File](文件菜单)	120
3.2.2 [Open File](文件菜单)	120
3.2.3 [Close File](文件菜单)	120
3.2.4 [Save File](文件菜单)	121
3.2.5 [Save As](文件菜单)	121
3.2.6 [Restore File](文件菜单)	121

3.2.7 [Rename Force File](文件菜单).....	121
3.2.8 [Delete File](文件菜单).....	122
3.2.9 [Import File](文件菜单).....	122
3.2.10 [Exit](文件菜单).....	123
3.3 [Edit]菜单.....	124
3.3.1 [Cut](编辑菜单).....	124
3.3.2 [Copy](编辑菜单).....	124
3.3.3 [Paste](编辑菜单).....	124
3.3.4 [Select All](编辑菜单).....	124
3.4 [Project]菜单.....	125
3.4.1 [Open Project](项目菜单).....	125
3.4.2 [Edit Project](项目菜单).....	125
3.4.3 [Save Project](项目菜单).....	127
3.4.4 [Project Properties](项目菜单).....	127
3.5 [Tools]菜单.....	128
3.5.1 [Robot Manager](工具菜单).....	128
3.5.2 [Force Monitor](工具菜单).....	139
3.5.3 [Maintenance](工具菜单).....	166
3.5.4 [Force Guidance](工具菜单).....	168
3.6 力觉编辑器.....	196
3.7 兼容性调整功能.....	197
3.7.1 力觉向导序列的兼容性调整功能.....	197
3.7.2 力觉文件的兼容性调整功能.....	198
<b>4. 力觉向导功能.....</b>	<b>199</b>
4.1 使用力觉向导功能的步骤和基本概念.....	199
4.1.1 使用SPEL+语言创建力觉向导功能启动前的动作.....	199
4.1.2 设定力觉向导序列.....	200
4.1.3 设定力觉向导对象.....	201
4.1.4 在测试执行时进行调整.....	215
4.1.5 通过SPEL+语言执行力觉向导序列.....	216
4.2 通用序列和对象.....	217
4.2.1 通用序列.....	217
4.2.2 通用力觉向导对象.....	233
4.3 Paste序列和对象.....	405
4.3.1 Paste序列的向导配置指南.....	405
4.3.2 Paste序列.....	421
4.3.3 Paste对象.....	431
4.3.4 Paste序列与对象的属性调整指南.....	442

4.4	ScrewTighten序列和对象	444
4.4.1	ScrewTighten序列的序列向导	444
4.4.2	ScrewTighten序列	457
4.4.3	ScrewTighten对象	468
4.4.4	ScrewRetighten对象	478
4.4.5	ScrewTighten序列与对象的属性调整指南	483
4.5	HeightInspect序列和对象	485
4.5.1	HeightInspect序列的序列向导	485
4.5.2	HeightInspect序列	497
4.5.3	HeightInspect和对象	508
4.5.4	HeightInspect序列与对象的属性调整指南	517
4.6	Insert序列和对象	519
4.6.1	Insert序列的序列向导	519
4.6.2	Insert序列	540
4.6.3	Insert对象	551
4.6.4	TensileTest对象	566
4.6.5	Insert序列与对象的属性调整指南	574
<b>5.</b>	<b>力觉功能的SPEL+编程</b>	<b>576</b>
5.1	Force Guide 7.0的SPEL+命令	576
5.1.1	力觉对象	576
5.1.2	属性	576
5.1.3	状态	576
5.2	力控制功能的SPEL+编程	577
5.2.1	概述	577
5.2.2	力控制功能的坐标系	577
5.2.3	力控制功能参数	577
5.2.4	执行力控制功能	580
5.3	力觉触发器功能的SPEL+编程	581
5.3.1	概述	581
5.3.2	力觉触发器功能的坐标系	581
5.3.3	力觉触发器功能参数	581
5.3.4	执行力觉触发器功能	583
5.3.5	获取力觉触发器功能的结果	585
5.4	力觉监视器功能的SPEL+编程	586
5.4.1	概述	586
5.4.2	力觉监视器功能的坐标系	586
5.4.3	力觉监视器功能参数	587
5.4.4	执行力觉监视器功能	588

5.5 力觉动作限制功能的SPEL+编程 .....	590
5.5.1 概要 .....	590
5.5.2 力觉动作限制功能的参数 .....	590
5.5.3 力觉动作限制功能的执行 .....	592
5.5.4 获取力觉动作限制功能的结果 .....	594
5.6 力觉功能程序的示例 .....	595
压装操作 .....	595
样例程序 .....	596
说明 .....	598
<b>6. 教程</b> .....	<b>600</b>
6.1 通用设定 .....	604
6.1.1 力觉传感器的连接设定 .....	604
6.1.2 创建新项目 .....	605
6.1.3 设定法兰偏移 .....	605
6.1.4 启用模拟器 .....	606
6.1.5 显示[Force Guide]窗口 .....	607
6.2 通用力觉序列教程 .....	608
6.2.1 力觉引导功能 (垂直向下压装) .....	608
6.2.2 力觉引导功能 (插入USB连接器) .....	624
6.2.3 力觉引导功能 (轴孔装配) .....	643
6.2.4 力觉引导功能 (拧螺丝) .....	661
6.3 使用专用力觉引导序列的教程 .....	675
6.3.1 Paste序列 .....	675
6.3.2 ScrewTighten序列 .....	693
6.3.3 HeightInspect序列 .....	714
6.3.4 Insert序列 .....	728
6.4 命令版本(简单压装) .....	750
6.4.1 创建力觉文件 .....	750
6.4.2 设定力觉控制对象 .....	751
6.4.3 设定力觉监视器对象 .....	752
6.4.4 示教起点 .....	753
6.4.5 创建SPEL+程序 .....	755
6.4.6 执行力觉监视器 .....	756
6.4.7 执行SPEL+程序 .....	758
<b>7. 故障排除</b> .....	<b>759</b>
无法识别力觉传感器接口单元 .....	759
无法识别力觉传感器 .....	759

力觉传感器的输出值与实际力方向不同 .....	759
力觉传感器的输出值与实际力不同.....	759
力觉传感器的输出值随着时间的推移而变化 .....	760
力觉传感器出现异常 .....	760
无法使用力觉引导对象执行期望的动作 .....	760
发生5546错误.....	761
机器人未向预期方向或向相反方向动作 .....	761
接触耗时过长 .....	761
未到达目标位置.....	761
压装时发生大幅反弹 .....	762
未显示特定的属性 .....	762

# 安装篇

以下章节包含使用 Force Guide 7.0  
之前需要了解的信息。  
请务必阅读此手册。



# 1. 简介

## 1.1 Force Guide 7.0概述

Force Guide 7.0是一个选件，是以下产品的总称。

力觉传感器  
中间单元(连接力觉传感器和机器人控制器)  
电缆  
软件

Force Guide 7.0支持多种应用，例如贴合, 表面处理, 压装, 检测, 示教等。

它也支持在检查力觉传感器的输出时手动操作机器人，并且有助于缩短示教时间。

Force Guide 7.0具有以下功能。

### 力觉向导功能

使用力觉向导功能，可以无需编写SPEL+，而直接创建力控制功能、力觉触发器功能、力觉监视器功能和力觉动作限制功能。

### 力控制功能

在外力作用下，单独在特定坐标轴执行位置调整。(例如仅在Z轴或U轴执行位置调整)

支持为每个轴设定不同的控制特性。

涵盖提供的工件的公差。

### 力觉触发器功能

可监控微小的力和扭矩及其变化。

- 可以在运行时判断力和扭矩的操作是否成功，并执行条件分支的程序。
- 通过力和扭矩监控，检测处工件的表面和凹凸位置。
- 检测力和扭矩的异常状态。

### 力觉监视器功能

显示机器人在不同坐标系中的力、扭矩和位置信息图表。将日志文件保存到电脑中。

- 在力觉监视器上读取保存的文件以进行分析。您还可以同时读取多个文件并进行比较。
- 利用这些功能可以缩短优化时间以及呈现过程管理信息。

### 力觉动作限制功能

监控机器人的位置和姿态的变化。

- 可以在运行时判断位置和姿态的操作是否成功，并执行条件分支的程序。
- 在力控制操作中添加位置和姿态状态的监控，可实现更精密的装配工作。
- 检测位置和姿态的异常状态。

### 重力补偿功能

在方向改变时，在以下功能中最大程度减小重力的影响。

力觉控制、力觉触发器和力觉监视器功能。

#### 质量属性向导

在不使用CAD数据或不移除夹具的情况下测量夹具末端的重心和质量。

#### 阻抗向导

估计力觉控制参数对动作的影响。

#### 直接示教+轻触步进

对力觉传感器施力，可以直接手动操纵机器人手臂夹具末端。

## 1.2 EPSON RC+ 7.0的必要基本知识

Force Guide 7.0是在EPSON RC+ 7.0环境中使用的一个选件。要使用Force Guide 7.0，您需要具备有关EPSON RC+ 7.0开发环境和爱普生机器人的知识。本手册面向具备以下知识的用户。

- EPSON RC+ 7.0项目管理的概念和用法
- 如何在EPSON RC+ 7.0中创建和编辑SPEL+程序的步骤
- 从Run窗口运行SPEL+程序的步骤
- SPEL+的基本语言结构、功能和用途

初次使用EPSON RC+ 7.0的用户需要参加爱普生提供的入门培训课程。

## 1.3 培训

使用Force Guide 7.0之前，请参加本公司的“力觉传感器入门培训”。参加正规培训，可以帮助您了解产品提高使用效率。

## 2. 术语定义

### 位置

某坐标系的坐标系或对象的位置，使用位置数据(X, Y, Z)表示。

### 姿势

某坐标系的坐标系或对象的姿势，使用姿势数据(U, V, W)表示。

### 位置姿势

某坐标系的坐标系或对象的位置和姿势，使用位置数据和姿势数据(X, Y, Z, U, V, W)表示。

### 力觉传感器

爱普生制造的传感器，用于检测六个轴在平移方向(Fx, Fy, Fz)和旋转方向(Tx, Ty, Tz)的力和转矩。该传感器有以下八种类型。

S250N, S250L, S250P, S250H, S2503, S2506, S25010, SH250LH

### 力觉传感器 I/F 单元

此单元用于连接爱普生传感器和控制器。

请使用通信电缆连接此单元和控制器。

### 力觉传感器 I/F 电路板

此电路板选件用于连接爱普生传感器和控制器。

请将此电路板安装在控制器的选件插槽上。

### 传感器法兰

该法兰安装在力觉传感器和机器人腕关节法兰之间，以便将力觉传感器安装到机器人上。

### 法兰偏移

传感器法兰的偏移。使用力觉传感器的底部中心位置(从机器人的工具 0 坐标系的角度)作为原点，并设定坐标系的位置和姿势，以使其方向与力觉传感器坐标系对齐。

### 力觉功能

这些功能使用 Force Guide 7.0 提供的力觉传感器。

### 力控制功能

此功能使用力觉传感器控制机器人输出给定的目标力和转矩。

### 虚拟惯性系数(Mass)

此参数表示力控制功能的虚拟质量。它会影响力控制功能的加速度。

### 虚拟阻尼系数(Damper)

此参数表示力控制功能的虚拟粘滞。它会影响力控制功能的速度。

### 虚拟弹性系数(Spring)

此参数表示力控制功能的虚拟弹性系数。它会影响力控制功能的移动量。

### 力觉触发器功能

此功能可检测使用力觉传感器测量的力和转矩是否达到设定的值，然后将过程分叉。

### 力觉监视器功能

此功能用于测量由力觉传感器检测的力信息以及机器人的位置信息。

力信息 : 力觉传感器检测的力和转矩。

位置信息 : 同时包括位置控制和力觉控制的命令位置，以及仅包括位置控制和力觉控制差异的命令位置。

测量的数据可以保存到文件中。您可以读取保存的文件以进行分析或比较。

### 力觉动作限制功能

此功能用于检测机器人的位置和姿态是否达到设定的条件，然后执行条件分支处理。

### 力觉向导功能

利用 GUI(而无需使用 SPEL+语言)创建使用力控制功能、力觉触发器功能和力觉监视器功能的操作。

### 力觉传感器坐标系

力觉传感器在其中检测力的坐标系。它是特定于力觉传感器的坐标系，而且不可更改。

### 力觉坐标系

在其中执行力觉功能的坐标系。它由当前使用的工具坐标系的偏移定义。

### 重力补偿

此功能用于减少重力对力觉传感器的影响。

### 质量属性

用于重力补偿的质量特性参数。设定安装区域比力觉传感器更靠近工具顶端的所有对象(夹具、工件等)的重量和重心位置。

### 重力方向

重力相对于机器人的方向，用于重力补偿。它由基础坐标系中的重力方向矢量(X, Y, Z)定义。

### 力觉向导序列

它是按特定顺序将操作所需的力觉向导对象的分组。

力觉向导序列有两种类型，一种是通过任意排列通用对象并创建力觉向导序列，另一种是使用特定应用的模板创建力觉向导序列。

专用力觉向导对象用以下类型。

Paste 序列  
ScrewTighten 序列  
HeightInspect 序列  
Insert 序列

### 力觉向导对象

以下是力觉向导功能用于实现特定动作的一组处理。

力觉向导对象的类型如下所示：

力觉向导对象有两种类型，一种是可添加到任意序列中的通用对象，另一种是自动添加到力觉向导序列模板的专用对象。

通用力觉向导对象用以下类型。

Contact 对象	ContactProbe 对象
Relax 对象	Press 对象
FollowMove 对象	PressMove 对象
SurfaceAlign 对象	Decision 对象
PressProbe 对象	SPELFunc 对象

专用力觉向导对象用以下类型。

Paste 对象  
ScrewTighten 对象  
ScrewRetighten 对象  
HeightInspect 对象  
Insert 对象  
TensileTest 对象

### 力觉对象

使用各个力觉功能所需的一组属性。  
力觉对象的类型如下所示。

- 力觉控制对象
- 力觉坐标对象
- 力觉触发器对象
- 力觉监视器对象
- 力觉动作限制对象

### 力觉控制对象

用于力控制功能的力觉对象。

### 力觉坐标对象

用于定义执行力觉功能时所在坐标系的力觉对象。

### 力觉触发器对象

用于使用力觉触发器功能的力觉对象。

### 力觉监视器对象

用于使用力觉监视器功能的力觉对象。

### 力觉动作限制对象

用于使用力觉动作限制功能的力觉对象。

### 属性

以下项目中包含的参数。属性可以设定或获取。

- 力觉向导序列
- 力觉向导对象
- 力觉对象

### 结果

属性包含在以下项目中，并会在执行力觉向导序列或力觉向导对象后返回一个值。

- 力觉向导序列
- 力觉向导对象

### 状态

力觉对象中包含的值，在执行力觉功能之后返回。

### 力觉文件

力觉对象存储在此文件中。

### 力觉编辑器

此图形用户界面(GUI)用于编辑力觉文件。可以从 Robot Manager 和 Project Explorer 打开该编辑器。

### 力觉监视器

此图形用户界面(GUI)用于在图形中显示力觉传感器值或机器人的位置。

### 阻抗向导

此向导用于调整力控制功能的参数。

### 质量属性向导

此向导用于调整质量属性。

### 额定负载

能满足传感器规格要求的最大负载。

### 过载能力

能保持传感器精度的最大负载。

### 直接示教

通过对力觉感应器持续施力，从而使机器人手臂夹具末端持续移动的功能。

### 轻触步进

通过给力觉感应器施加一种轻轻敲击的力，来使机器人手臂夹具末端移动一定距离的功能。

## 3. 系统概述

要使用力觉传感器，必须执行如下两个步骤。

1: 力觉传感器I/F单元

使用通信电缆连接力觉传感器I/F单元和机器人控制器的步骤。

2: 力觉传感器I/F电路板

将力觉传感器I/F电路板安装在机器人控制器选件插槽上的步骤。

然后，使用传感器电缆和力觉传感器M/I电缆连接力觉传感器和力觉传感器I/F单元(或电路板)。

通过连接力觉传感器和驱动装置，可以将多个机器人和力觉传感器结合起来使用。但是使用驱动装置时，将只能使用力觉传感器I/F单元，力觉传感器I/F电路板则不能使用。

要使用力觉传感器I/F单元，请将驱动装置安装在以下位置并使用电缆进行连接:

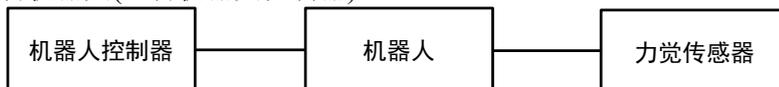
- 将机器人控制器的OUT连接器  
与驱动单元的IN连接器连接，  
并将驱动单元的OUT连接器  
与力觉传感器I/F单元的IN连接器连接
- 将机器人控制器的OUT连接器  
与力觉传感器I/F单元的IN连接器连接，  
将力觉传感器I/F单元的OUT连接器  
与将驱动单元的IN连接器连接

将多个机器人和力觉传感器结合起来使用时，请按以下任意组合方式安装系统。

A: 一台力觉传感器

使用力觉传感器 I/F 单元或力觉传感器 I/F 电路板时

一台机器人(一台机器人控制器)



B: 一台力觉传感器

使用力觉传感器 I/F 单元时

两个机器人(一台机器人控制器和一台驱动装置)



C: 一台力觉传感器

使用力觉传感器 I/F 单元时

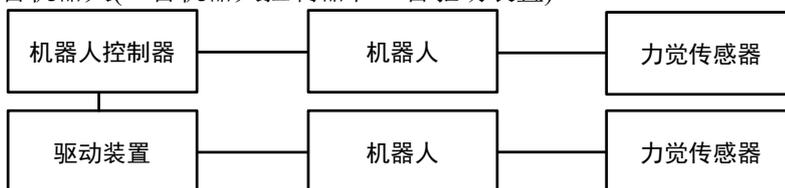
三台机器人(一台机器人控制器和两台驱动装置)



D: 两台力觉传感器

使用力觉传感器 I/F 单元时

两台机器人(一台机器人控制器和一台驱动装置)

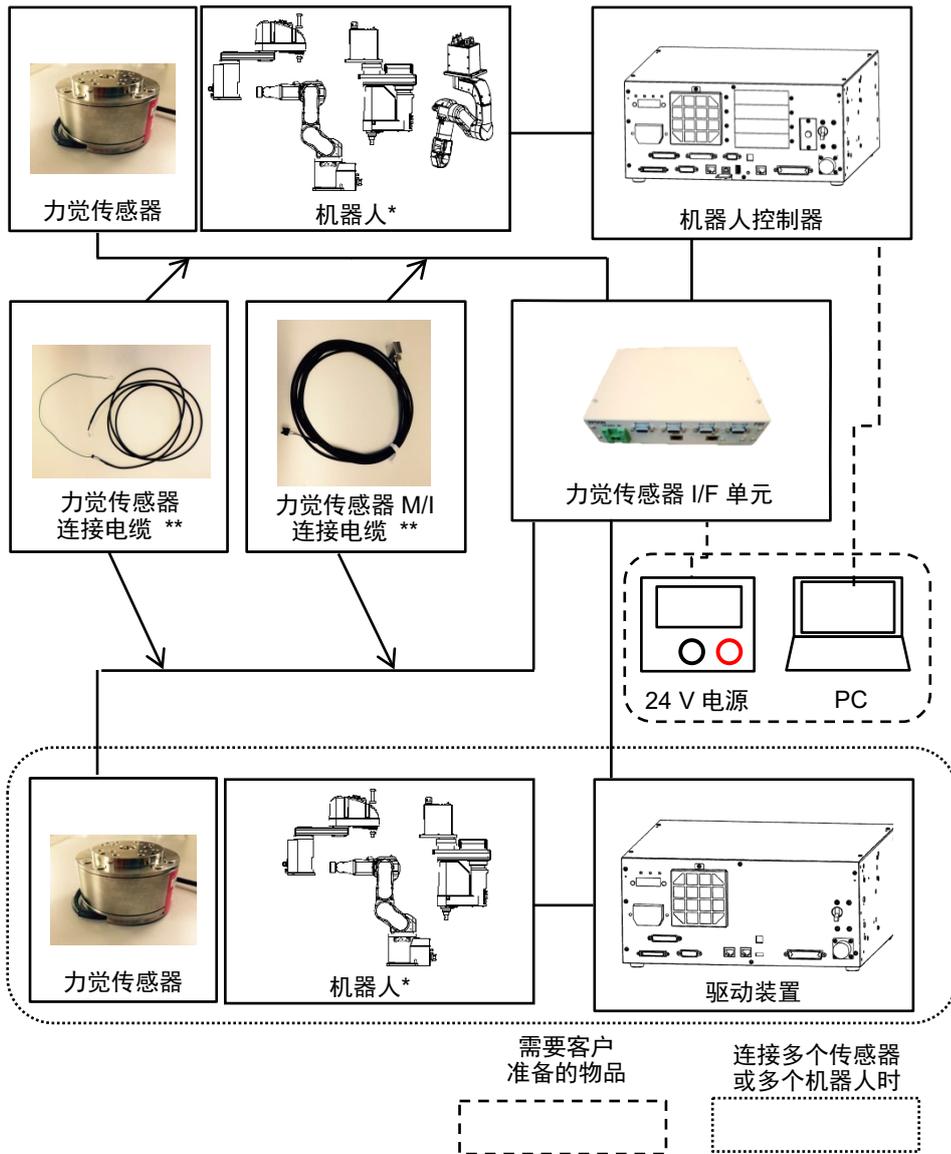


NOTE

X5系列机器人不能用力觉传感器。

但是，X5系列机器人可作为机器人(以上示意图中带有“\*”标记的机器人)系统的一部分使用。

使用力觉传感器 I/F 单元时的系统配置示例。



\*\* 形状因连接传感器的类型而异。

\* 以下系列中的一台

C4 系列(RC700-E 无法与驱动单元连接。)

C8 系列(RC700-E 无法与驱动单元连接。)

C12 系列(RC700-E 无法与驱动单元连接。)

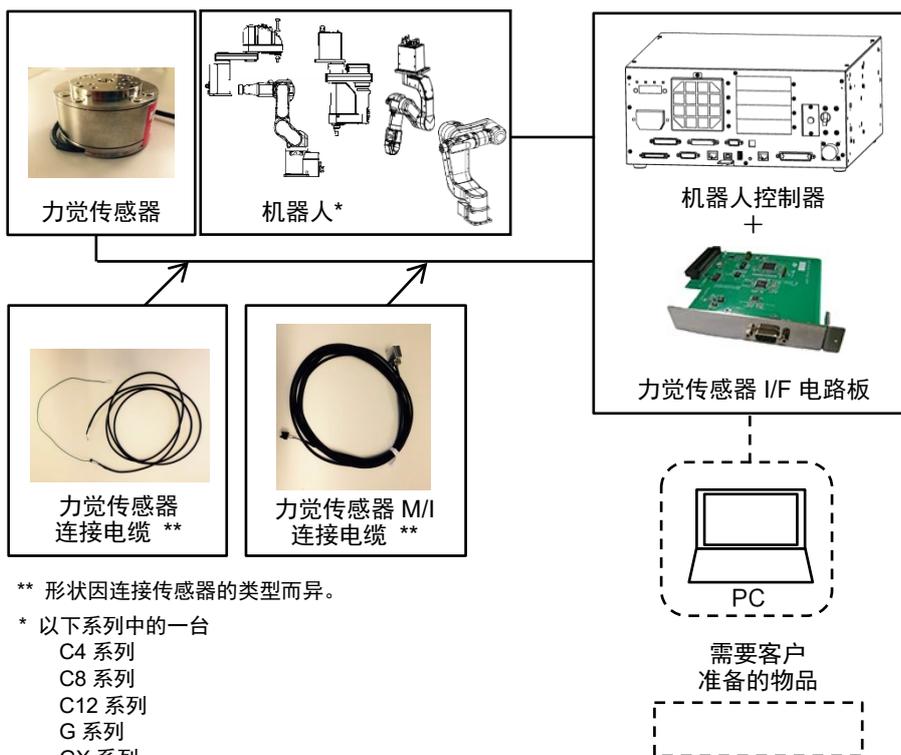
G 系列

GX 系列(RC700-D 和 RC700-E 无法与驱动单元连接。)

RS 系列

N2 系列(无法与驱动装置连接。)

使用力觉传感器 I/F 电路板时的系统配置示例。



\*\* 形状因连接传感器的类型而异。

\* 以下系列中的一台

- C4 系列
- C8 系列
- C12 系列
- G 系列
- GX 系列
- RS 系列
- N2 系列
- N6 系列

## 4. Force Guide 7.0的功能

### 4.1 概述

下文介绍Force Guide 7.0提供的主要功能。

- 力控制功能
- 力觉触发器功能
- 力觉监视器功能
- 力觉动作限制功能
- 力觉向导功能
- 直接示教+轻触步进



- Force Guide 7.0提供的功能无法确保安全。  
要确保安全，请参阅并遵守各个国家/地区的安全条例。

### 4.2 力控制功能

#### 4.2.1 力控制功能概述

力控制功能使用爱普生力觉传感器控制机器人输出给定的目标力和转矩。

通常，机器人在位置控制功能的作用下，移动到给定的目标位置。力控制功能用于确保输出目标力。另外，它也有助于机器人执行高精度定位任务和贴合任务。

力控制功能可以与常规CP操作命令一起使用，也可以单独使用。

力控制功能在指定的坐标系中执行，并且可以在每个轴(X, Y, Z, U, V, W)中单独执行。因此，可以同时为所有轴启用力控制功能，也可以仅为指定的轴启用。

另外，我们可以为每个轴设定不同的力控制功能特性，并将其用于多种应用；例如，在一个轴中执行压装操作，而力在另一个轴中不受控制。

#### 4.2.2 力控制功能参数

下文介绍力控制功能的三个重要参数。

更改以下三个参数和目标力可执行具有不同特性的力觉控制。

##### 虚拟惯性系数(Mass)

力控制功能的虚拟质量。单位如下所示。

平移方向(Fx, Fy, Fz) : mN/(mm/sec<sup>2</sup>)

旋转方向(Tx, Ty, Tz) : mN·mm/(deg./sec<sup>2</sup>)

质量参数影响力控制功能的加速度。当力变化相同时，减小质量参数可提高加速度，而增大质量参数可降低加速度。

### 虚拟阻尼系数(Damper)

力控制功能的虚拟粘滞。单位如下所示。

平移方向(Fx, Fy, Fz) : N/(mm/sec)

旋转方向(Tx, Ty, Tz) : N·mm/(deg./sec)

阻尼参数影响力控制功能的速度。减小阻尼参数可提高速度以及对力变化的响应，但可能会导致机器人动作抖动。相反，增大阻尼参数可降低速度并抑制抖动，但会降低对力变化的响应。

### 虚拟弹性系数(Spring)

力控制功能的虚拟弹性系数。单位如下所示。

平移方向(Fx, Fy, Fz) : N/mm

旋转方向(Tx, Ty, Tz) : N·mm/(deg.)

弹性参数影响力控制功能的移动量。通过设定弹性参数，可以指定一个虚拟弹性来限制机器人的最大移动量。使用此参数可防止机器人干涉周围对象。

如果设定“0”，则移动量不受限制。持续施加恒定的力时，减少弹性参数可增加移动量，而增大弹性参数可减小移动量。

## 4.3 力觉触发器功能

力觉触发器功能可检测使用爱普生力觉传感器测量的力和转矩是否达到设定的值以及将过程分叉。

力觉触发器功能可以与以下命令一起使用。

命令: Till, Wait, Trap, Find

使用这些命令可以持续执行操作直至达到某个力，或者直至检测到力变化以及在工件上发现边缘或孔。这些命令还可以检测过大的力以及处理错误。

## 4.4 力觉监视器功能

力觉监视器功能用于测量由爱普生力觉传感器检测的力信息以及机器人的位置信息。

力信息 : 力觉传感器检测的力和转矩。

位置信息 : 同时包括位置控制和力觉控制的命令位置，以及仅包括位置控制和力觉控制差异的命令位置

力觉监视器功能可以获取并记录在操作过程中施加的力，还可以测量力的平均值和峰值。

测量的数据可以保存到文件中。您可以读取保存的文件以进行分析或比较。

使用此功能可以在创建应用时调整参数，以及记录和管理在操作过程中对每个工件施加的力。

## 4.5 力觉动作限制功能

力觉动作限制功能是指，可以检测机器人的位置和姿态是否到达设定的条件，并执行条件分支的功能。

力觉限制功能可以与以下命令一起使用。

命令: Till, Wait, Trap, Find

此命令可以执行以下操作。

- 到底指定位置后停止动作
- 在力控制操作中检测位置和姿态的变化，实现更精密的装配工作
- 当超出设定的运动范围时报错

## 4.6 力觉向导功能

### 4.6.1 力觉向导功能概述

力觉向导功能可以创建使用力控制功能、力觉触发器功能和力觉监视器功能的操作，而无需使用SPEL+语言进行编程。

在力觉向导功能中，操作由力觉向导序列和力觉向导对象创建。

力觉向导序列

它类似于一个容器，所需的力觉向导对象按特定顺序排列以执行特定操作的全部或一部分。

力觉向导对象

它类似于特定处理，例如包含力控制功能和条件分支的特定动作。

在力觉向导功能中，通过在容器(力觉向导序列)中排列处理(力觉向导对象)来创建特定操作。力觉向导序列和力觉向导对象均有两种类型，一种是用户可以执行任意动作和应用的通用类型(通用力觉向导序列和通用力觉向导对象)，另一种是用于实现特定应用的专用类型(通用力觉向导序列和通用力觉向导对象)。

力觉向导序列和力觉向导对象具有属性和结果。

属性

决定力觉向导序列或力觉向导对象的处理的值。根据属性设定，即使力觉向导对象相同，也可以执行不同的动作。

结果

表示力觉向导序列或力觉向导对象的执行结果的值。

## 4.6.2 力觉向导序列

力觉向导序列类似于一个容器，所需的力觉向导对象按特定顺序排列以执行特定操作的全部或一部分。因此，力觉向导序列本身无法执行任何操作。您可以通过排列力觉向导对象来实现特定操作。

力觉向导序列包括两种，通用力觉向导序列和专用力觉向导序列。

通用力觉向导序列：

可添加任意通用力觉向导对象的力觉向导序列。

选择力觉向导对象并加以排列，可实现自定义的应用。因此，通用力觉向导序列不能单独进行动作。

专用力觉向导序列：

特定应用的力觉向导序列。选择用户要进行的作业，并利用序列向导进行设置，自动配置力觉向导对象。

通用向导对象可添加到专用力觉向导序列中。

专用力觉向导序列如下。

序列名称	描述
Paste	将机器人抓取的工件表面与对象物体的表面对齐，然后向指定方向按压。
ScrewTighten	使用电动螺丝刀拧紧螺丝。也可以拧紧螺丝后松开，并重新拧紧。
HeightInspect	控制机器人向指定方向移动，在发生触碰后停止，然后测量物体的高度并检查。
Insert	将工件插入指定位置。可在插入接头后，在与插入方向相反的方向施力，检查工件正常插入不会脱落。

在力觉向导功能中，可以指定力觉向导序列并通过SPEL+或GUI执行。

力觉向导序列的属性是影响整个力觉向导序列的设定，或者是执行力觉向导序列时的处理设定。

力觉向导序列的结果在[Value]中显示力觉向导序列的结果。

### 4.6.3 力觉向导对象

力觉向导对象类似于特定处理，例如包含力控制功能或条件分支的特定动作。

在力觉向导功能中，无法单凭力觉向导对象来执行操作。执行操作始终要通过力觉向导序列。

基本上，力觉向导对象的属性会影响力觉向导对象。但是，力觉向导对象的属性设定有可能受到前一个对象的设定限制。例如，如果连接包含两个力觉向导对象的力控制功能，则第二个力觉向导对象的属性设定将受限制。

力觉向导对象的结果在[Value]中显示力觉向导对象的结果。

在力觉向导功能中，可以从以下10个通用力觉向导对象和6个自动设置的专用力觉向导对象中，选择所需的对象，并在力觉向导序列中任意排列。

#### 通用力觉向导对象

##### Contact 对象

Contact对象用于朝指定的方向移动机器人，直至机器人与物体(例如工件)接触，并在与物体接触时停止。

此对象用于定位其他力觉向导对象的开始位置或抓取位置。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以稳定地执行下一个动作或力觉向导对象，因为可以检测接触位置。

##### Relax 对象

Relax对象用于将机器人移动到指定方向上力为“0”的位置。

此对象用于在Press对象执行压装后安全地解除压装状态，或用于解除在组装期间施加的额外力。此外，与夹具动作结合时，此对象可以执行跟随和抓取动作。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，机器人也可以牢固地抓取工件而不施加额外力。

##### FollowMove 对象

FollowMove对象用于在跟随期间沿指定路径移动机器人，以使指定方向的力为“0”。

此对象用于沿固定路径移动操作目标，例如开门/关门。执行位置控制时，因为路径改变时会施加额外力，可能会损坏操作目标。但是，FollowMove对象可以将施加的力限制为“0”。因此，即使未示教准确路径，机器人也可以移动操作目标，不会损坏操作目标。

##### SurfaceAlign 对象

SurfaceAlign对象用于将机器人移动到旋转方向的转矩为“0”的位置，同时机器人朝指定的方向压装工件。此时，机器人抓取的工件的表面与工作台的表面或工作台上的工件平行。

此对象用于在组装期间定位，或者用于平稳地放置工件。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以实现平稳接触状态。

### PressProbe 对象

PressProbe对象用于将机器人抓取的工件压装到工作台或工作台上的工件。然后，机器人沿指定的路径移动，并在检测到孔或凸出形状时停止。此对象用于检测装配孔或在组装期间进行定位。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以稳定地检测孔位置或凸出形状。建议在以下对象后面使用此对象：

- Contact对象
- SurfaceAlign对象
- Press对象

### ContactProbe 对象

ContactProbe对象用于朝指定的方向移动机器人，直至机器人与物体(例如工件)接触，并将移动了指定距离的位置检测为孔。如果机器人与物体接触但未移动指定的距离，则返回到开始位置并改变位置以重复接触动作。此对象用于检测工件的孔位置(例如，导线部分或连接器)，而使用“PressProbe”对象难以执行该检测。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以稳定地检测孔位置。

### Press 对象

Press对象用于操作机器人以指定的力朝指定的方向压装。此外，与Relax对象一样，机器人可以同时跟随另一个指定方向。在不接触的状态下执行Press对象时，机器人将朝具有指定的力的方向移动。此对象用于压装组合件。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，机器人也可以保持特定的力。

### PressMove 对象

PressMove对象用于沿指定的路径移动机器人，同时使用指定的力朝指定的方向压装。此外，与FollowMove对象一样，机器人可以同时跟随另一个指定方向。在不接触的状态下执行PressMove对象时，除了沿指定的路径移动之外，机器人还会朝具有指定的力的方向移动。对于贴合任务或组装任务，此对象用于执行压装，拧螺丝，抛光操作。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，机器人也可以保持以特定的力移动。

### Decision 对象

Decision对象用于根据力觉向导序列中对象的结果，更改要执行的力觉向导对象。

对于贴合任务，此对象用于确定是否执行PressProbe对象。  
使用此对象可以根据机器人的实际动作状态执行所需的力觉向导对象。

### SPELFunc 对象

SPELFunc对象用于使用SPEL+语言指定一个功能并执行该功能。如果要执行除力觉功能以外的其他功能(例如I/O操作)，可以使用此对象。此对象供高级用户使用。

## 专用力觉向导对象

### Paste 对象

粘贴对象是，将机器人抓取的工作表面与对象物体的表面对齐，然后向指定方向按压的对象。可选择是否在按压的同时对齐表面。通过将对齐表面设为有效，即使工件尺寸或工件抓取位置等存在误差，也可以稳定地进行粘贴。根据已设置的力与位置的成功条件，判定粘贴的成功与否。

创建Paste序列时，会自动配置该对象。

### ScrewTighten 对象

拧螺丝对象是，通过I/O控制电动螺丝刀拧螺丝的力觉向导对象。拧螺丝期间，会在跟随的同时向拧螺丝方向压装，以使与螺丝刀旋转轴垂直方向上的力为“0”。根据螺丝刀的拧螺丝完成信号与已设置位置的成功条件，判定拧螺丝的成功与否。

创建ScrewTighten序列时，会自动配置该对象。

### ScrewRetighten 对象

重新拧螺丝对象是，将拧紧螺丝松开，并重新拧紧的力觉引导对象。在执行拧螺丝对象的过程中，在螺丝位置到达拧螺丝成功判定位置之前接收到螺丝刀拧螺丝完成信号时，会执行该对象。因此，可在拧螺丝期间发生卡死、无法正确拧紧螺丝等现象时进行相应处理。根据已设置位置的成功条件，判定重新拧螺丝的成功与否。

将 ScrewTighten 序列的重新拧螺丝动作设为有效时，会自动配置该对象。

### HeightInspect 对象

高度检查对象是，向指定方向移动机器人，在接触位置停止，并测量和检查对象物高度的力觉引导对象。可通过测量已配置工件的尺寸或完成组装作业的工件的高度尺寸，确认是否正确进行了组装作业。根据已设置位置的成功条件，判定高度检查的成功与否。

创建HeightInspect序列，会自动配置该对象。

### Insert 对象

插入对象是，用于控制公差较大的粗糙工件执行插入动作的力觉引导对象。插入期间，会在跟随的同时进行压装，以使与插入方向垂直的力为“0”。另外，可选择是否跟随旋转方向的力。根据已设置的力与位置的成功条件，判定插入的成功与否。

创建Insert序列时，会自动配置该对象。

### TensileTest 对象

拉伸测试对象是，插入接头等之后，在与插入方向相反的方向施力，检查工件正常插入不会脱落的力觉引导对象。在执行插入对象的过程中，达到插入成功条件时执行该对象。根据已设置的力与位置的成功条件，判定拉伸测试的成功与否。

将Insert序列的拉伸测试设为有效时，会自动配置该对象创建序列时。

## 4.7 直接示教+轻触步进

直接示教和轻触步进是通过对力觉传感器施力，以实现直接手动操纵机器人手臂夹具末端的功能。在进行点示教时，可以简单的移动到示教位置。该操作可以通过示教器(TP2, TP3)来实现。

### 直接示教

在对力觉传感器持续施力的同时，受力的机器人夹具末端则可以持续移动。此功能在粗略定位时非常有效。通过修改硬参数，可以使机器人在受力时能更容易进行操作。此外，还可以沿指定方向移动机器人，即可以在直线或平面上移动。

### 轻触步进

通过给力觉传感器施加一种轻轻敲击的力，来使机器人手臂夹具末端移动一定距离的功能。此功能在精确定位时非常有效。可以改变移动的距离。但只有TP2可以使用该功能。

通过向力觉传感器施力，可以无缝执行直接示教和轻触步进的功能。也就是通过持续施力先让机器人移动到一个大概的位置，再通过轻敲的力来进行精确定位。

有关直接示教和轻触步进的运行和各种设定的变更，更多详细信息，请参阅以下手册。

《机器人控制器 选件 示教器 TP2》

操作篇“2.2 [直接示教+步进示教]”

《机器人控制器 选件 示教器TP3》

操作篇“1.3.2 力觉传感器的直接示教”

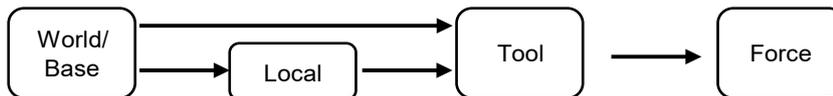
## 5. 坐标系

### 5.1 关于坐标系

下文介绍使用Force Guide 7.0所需的坐标系，特别是力觉传感器坐标系和力觉坐标系。所有坐标系均为右手坐标系，请根据应用使用以下坐标系。

- 机器人坐标系 : 机器人自身的坐标系。  
此坐标系也称为默认基础坐标系(Base)或世界坐标系(World)。
- 本地坐标系 : 在动作区域中，用户定义的坐标系。(Local)
- 工具坐标系 : 安装到机器人的第6关节法兰上的工具的坐标系。  
(Tool)  
此坐标系通常也称为末端执行器坐标系。
- 力觉坐标系 : 在工具坐标系中，具有偏移的坐标系。(Force)  
所有力觉功能均在力觉坐标系中执行。
- 力觉传感器坐标系 : 力觉传感器自身的坐标系，与机器人无关。  
(ForceSensor)

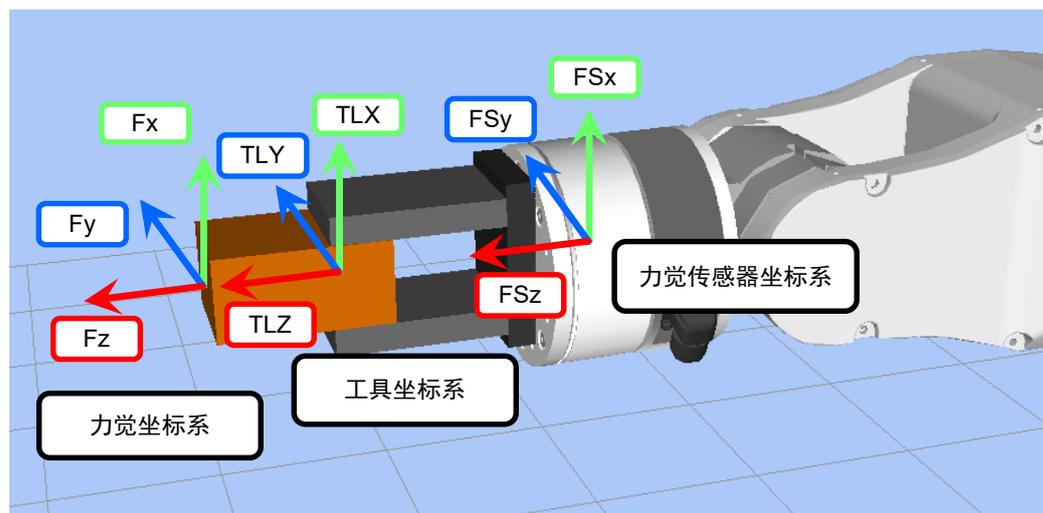
从原点到力觉坐标系的位置或姿势的变化



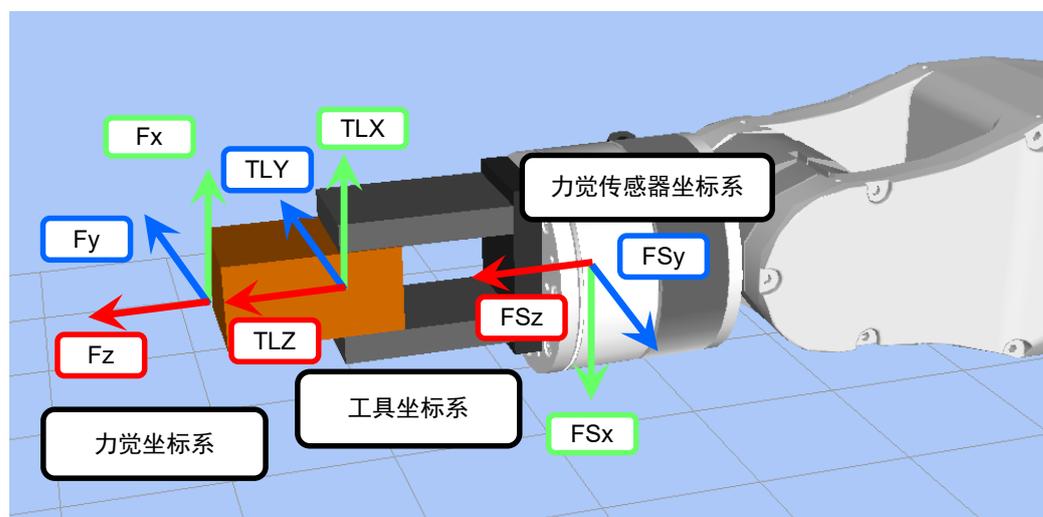
力觉坐标系受机器人坐标系, 本地坐标系, 工具坐标系的影响。有关对力觉坐标系具有影响的坐标系的详细信息，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》

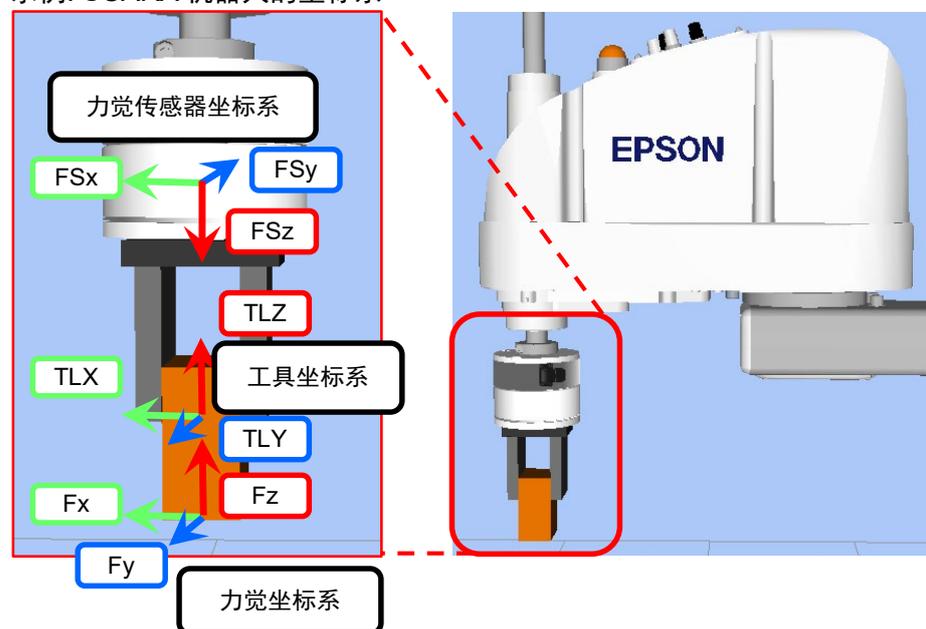
示例: 台面安装: 6 轴机器人的坐标系



示例: 吊顶安装: 6 轴机器人的坐标系



示例: SCARA 机器人的坐标系



## 5.2 力觉坐标系

力觉坐标系是执行力觉功能时的坐标系。

此坐标系由平移方向(Fx, Fy, Fz)和各轴的旋转方向(Tx, Ty, Tz)定义。Tx, Ty, Tz 表示分别朝 Fx, Fy, Fz 的正向顺时针旋转。

它由当前使用的工具坐标系的偏移定义。因此，移动机器人或更改工具设定会更改力觉坐标系在基坐标系中的位置和姿势。在力觉坐标系中，请指定接触(例如接触到工件的边缘)并实际施加力的位置。

对于 SPEL+语言:

力觉坐标系由力觉坐标对象 FCS 定义。此坐标系可以使用 FSet 语句或 Robot Manager 的 Force 面板中设定。

默认力觉坐标系是由 FCS0 定义并与所选工具坐标系一致的坐标系。设定结束后，不可更改。

对于力觉向导功能:

力觉坐标系由力觉向导序列的属性定义。

可以在力觉向导窗口中设定此坐标系。

## 5.3 力觉传感器坐标系

此坐标系是用力觉传感器检测力的坐标系。

此坐标系由平移方向(Fx, Fy, Fz)和各轴的旋转方向(Tx, Ty, Tz)定义。Tx, Ty, Tz 表示分别朝 Fx, Fy, Fz 的正向顺时针旋转。

此坐标系是力觉传感器自身的坐标系，无法更改。使用力觉功能时，在力觉传感器坐标系中检测的力值会自动转换到力觉坐标系中。

使用爱普生传感器法兰连接力觉传感器和 6 轴机器人时，力觉传感器只能采用一种物理方式安装到机器人上，所以选择 0 脉冲姿势时，台面安装和吊顶安装机器人相比，在工具 0 坐标系中将绕 TLZ 轴旋转 180 度。

## 6. 安装Force Guide 7.0

下文介绍使用Force Guide 7.0所需的安装步骤。

在使用Force Guide 7.0力觉功能和直接示教+轻触步进时，需按照以下步骤进行操作。

力觉功能和直接示教+轻触步进功能可交替使用。

### 力觉功能、直接示教+轻触步进通用

1. 设置机器人系统

2. 检查附件

3. 力觉传感器安装和布线

4. 安装软件

5. 安装力觉传感器

6. 配置力觉传感器校正

7-1. 运行力觉功能

7-2. 运行直接示教+轻触步进

要使用Force Guide 7.0提供的力觉功能，请执行以下任务。

### 1. 设置机器人系统

请参阅以下手册并设置机器人系统。

《安全手册》

《EPSON RC+ 7.0用户指南》

机械手手册

控制器手册

### 2. 检查附件

检查力觉传感器包装中包含的部件。

有关详细信息，请参阅以下章节。

硬件篇: 1. 附带物品

### 3. 力觉传感器安装和布线

将力觉传感器安装到机器人上，并将其与控制器相连接。

有关详细信息，请参阅以下章节。

硬件篇: 6. 安装方法

#### 4. 安装软件

Force Guide 7.0的软件包含在EPSON RC+ 7.0中。

有关安装步骤，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0用户指南》

#### 5. 安装力觉传感器

首先将力觉传感器与机器人相连接。然后，检查力觉传感器是否正确与控制器相连接，并检查通信是否成功。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 1. 检查连接

#### 6. 配置力觉传感器校正

配置力觉传感器校正所需的设定，并检查是否可以获取在力觉坐标系中正确校正的传感器值。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 2. 力觉传感器校正

#### 7-1. 运行视觉功能

运行各个力觉功能。

力觉功能可以在力觉向导功能或SPEL+程序中运行。推荐选用力觉向导功能。

##### 使用力觉向导功能运行力觉功能

各个力觉功能通过力觉向导程序和力觉向导对象创建并运行。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇 4. 力觉向导功能

##### 使用SPEL+程序中运行力觉功能

在SPEL+程序中运行各个力觉功能。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇 5. 力觉功能的SPEL+编程

#### 7-2. 运行直接示教+轻触步进

运行直接示教和轻触步进。轻触步进功能必须配合TP2使用。

使用TP2进行直接示教和轻触步进操作的详细信息，请参阅以下手册。

《机器人控制器 选件 示教器 TP2》

操作篇“2.2 [直接示教+步进示教]”

使用TP3进行直接示教的详细信息，请参阅以下手册。

《机器人控制器 选件 示教器TP3》

操作篇“1.3.2 力觉传感器的直接示教”

# 硬件篇



# 1. 附带物品

本节介绍该选件中根据产品规格附带的项目。

## 1.1 S250N(适用于C4系列)

项目	数量
1. 力觉传感器(适用于C4: S250N)	1
2. 力觉传感器I/F(单元(FS1), 电路板(FS2))	***
3. 力觉传感器电缆(适用于C4)	*
4. 力觉传感器M/I连接电缆(适用于C4)	1
5. 连接器外罩	*
6. 通信电缆	**
7. 传感器法兰(适用于C4)	*
8. 机器人固定螺丝(低头内六角螺栓: M4×6)	4
9. 力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: M4×12)	*
10. 电缆固定用钣金	*
11. 扎带	*
12. 硅胶保护垫	*
13. 电缆标签	1
14. 接地端子固定螺丝(内六角螺栓: M8×12)	1
15. 吊顶安装用轴标签	1
16. 电源连接器	**

\* : 发货时, “1. 力觉传感器(适用于C4: S250N)”中包含项目3, 5, 7, 9, 10, 11, 12。

\*\* : 发货时可能不包含项目6和16, 具体取决于选件的类型。

\*\*\*: 发货时可能不包含项目2, 具体取决于选件的类型。如果发货时包含此项目, 则此项目是I/F单元或I/F电路板。



1. 力觉传感器  
适用于C4: S250N



单元(FS1)



电路板(FS2)



3. 力觉传感器电缆  
适用于C4



4. 力觉传感器M/I连接电缆  
适用于C4



5. 连接器外罩



6. 通信电缆



7. 传感器法兰  
适用于C4



8. 机器人固定螺丝  
低头内六角螺栓: M4×6



9. 力觉传感器固定螺丝  
六角头螺栓: M4×12



10. 电缆  
固定用钣金



11. 扎带



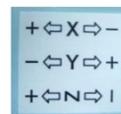
12. 硅胶保护垫



13. 电缆标签



14. 接地端子固定螺栓  
内六角螺栓: M8×12



15. 天花板  
安装用轴标签



16. 电源连接器

## 1.2 S250L(适用于C8, C12系列: IP20等级)

项目	数量
1. 力觉传感器(C8, C12-IP20等级: S250L)	1
2. 力觉传感器I/F(单元(FS1), 电路板(FS2))	***
3. 力觉传感器电缆(C8-IP20等级)	*
4. 力觉传感器M/I连接电缆(适用于C8)	1
5. 通信电缆	**
6. 传感器法兰(C8-IP20等级)	*
7. 机器人固定螺丝(内六角圆头螺栓: M5×15)	4
8. 力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: M5×12)	*
9. 电缆固定用钣金	*
10. 扎带	*
11. 硅胶保护垫	*
12. 电缆标签	1
13. 吊顶安装用轴标签	1
14. 电源连接器	**

\* : 发货时, “1. 力觉传感器(C8, C12-IP20等级: S250L)”中包含项目3, 6, 8, 9, 10, 11。

\*\* : 发货时可能不包含项目5和14, 具体取决于选件的类型。

\*\*\*: 发货时可能不包含项目2, 具体取决于选件的类型。如果发货时包含此项目, 则此项目是I/F单元或I/F电路板。



1. 力觉传感器  
C8, C12-IP20等级: S250L



单元(FS1)  
2. 力觉传感器I/F



电路板(FS2)



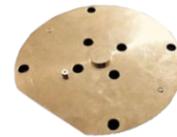
3. 力觉传感器电缆  
C8, C12-IP20等级



4. 力觉传感器M/I连接电缆  
适用于C8



5. 通信电缆



6. 传感器法兰  
C8, C12-IP20等级



7. 机器人固定螺丝  
内六角圆头螺栓: M5×15



8. 力觉传感器固定螺丝  
六角头螺栓: M5×12



9. 电缆  
固定用钣金



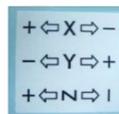
10. 扎带



11. 硅胶保护垫



12. 电缆标签



13. 天花板安装用轴标签



14. 电源连接器

### 1.3 S250P(适用于C8系列: IP67等级)

项目	数量
1. 力觉传感器(C8-IP67等级: S250P)	1
2. 力觉传感器I/F(单元(FS1), 电路板(FS2)) ***	1
3. 力觉传感器电缆(C8-IP67等级)	1
4. 力觉传感器M/I连接电缆(适用于C8)	1
5. 通信电缆	1
6. 传感器法兰(C8-IP67等级)	1
7. 机器人固定螺丝(内六角螺栓: M5×18)	4
8. 密封垫圈	4
9. 力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: M5×12)	1
10. 电缆固定用钣金	1
11. 扎带	1
12. 硅胶保护垫	1
13. 电缆标签	1
14. 吊顶安装用轴标签	1
15. 电源连接器	1

\* :发货时, “1. 力觉传感器(C8-IP67等级: S250P)”中包含项目3, 6, 8, 9, 10, 11, 12。

\*\* :发货时可能不包含项目15, 具体取决于选件的类型。

\*\*\*: 发货时可能不包含项目2, 具体取决于选件的类型。如果发货时包含此项目, 则此项目是I/F单元或I/F电路板。



1. 力觉传感器  
C8-IP67等级: S250P



单元(FS1)  
2. 力觉传感器I/F



电路板(FS2)



3. 力觉传感器电缆  
C8-IP67等级



4. 力觉传感器M/I连接电缆  
适用于C8



5. 通信电缆



6. 传感器法兰  
C8-IP67等级



7. 机器人固定螺丝  
内六角螺栓: M5×18



8. 密封垫圈



9. 力觉传感器固定螺栓  
六角头螺栓: M5×12



10. 电缆固定用钣金



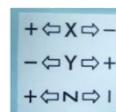
11. 扎带



12. 硅胶保护垫



13. 电缆标签



14. 天花板安装用轴标签



15. 电源连接器

### 1.4 S250H(适用于N2系列)

项目	数量
1. 力觉传感器(适用于N2: S250H)	1
2. 力觉传感器I/F(单元(FS1), 电路板(FS2))	***
3. 力觉传感器电缆(适用于N2)	*
4. 力觉传感器M/I连接电缆(适用于N2)	1
5. 通信电缆	**
6. 传感器法兰(适用于N2)	*
7. 机器人固定螺丝(内六角螺栓: M4×6)	4
8. 力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: M4×12)	*
9. 电缆固定用钣金	*
10. 扎带	*
11. 硅胶保护垫	1
12. 电缆标签	1
13. 吊顶安装用轴标签	1
14. 电源连接器	**

\* :发货时,“1. 力觉传感器(适用于N2: S250H)”中包含项目3, 6, 8, 9, 10, 11。

\*\* :发货时可能不包含项目5和14, 具体取决于选件的类型。

\*\*\*:发货时可能不包含项目2, 具体取决于选件的类型。如果发货时包含此项目, 则此项目是I/F单元或I/F电路板。



1. 力觉传感器  
适用于N2: S250H



单元(FS1)



电路板(FS2)



3. 力觉传感器电缆  
适用于N2



4. 力觉传感器M/I连接电缆  
适用于N2



5. 通信电缆



6. 传感器法兰  
适用于N2



7. 机器人固定螺丝  
内六角螺栓: M4×6



8. 力觉传感器固定螺丝  
六角头螺栓: M4×12



9. 电缆固定用钣金



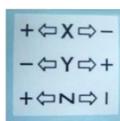
10. 扎带



11. 硅胶保护垫



12. 电缆标签



13. 天花板安装用轴标签



14. 电源连接器

## 1.5 SH250LH(适用于N6系列)

项目	数量
1. 力觉传感器(适用于N6: SH250LH)	1
2. 力觉传感器I/F电路板(FS2)	* 1
3. 力觉传感器电缆(适用于N6)	** 1
4. 力觉传感器M/I连接电缆(适用于N6)	1
5. 机器人固定螺丝(六角头螺栓: M4×12)	4
6. 电缆固定用钣金	1
7. 扎带	1
8. 硅胶保护垫	1

\* : 发货时可能不包含项目2, 具体取决于选件的类型。

\*\* : 发货时, “1. 力觉传感器(适用于N6: SH250LH)”中包含项目3。



1. 力觉传感器  
适用于N6: SH250LH



2. 力觉传感器I/F电路板(FS2)



3. 力觉传感器电缆  
适用于N6



4. 力觉传感器M/I连接电缆  
适用于N6



5. 机器人固定螺丝  
六角头螺栓: M4×12



6. 电缆固定用钣金



7. 扎带



8. 硅胶保护垫

## 1.6 S2503, S2506, S25010(适用于G系列、GX系列和RS系列)

项目	数量
1. 力觉传感器(S2503, S2506, S25010)	1
2. 力觉传感器I/F(单元(FS1), 电路板(FS2))	*5
3. 力觉传感器电缆(S2503, S2506, S25010)	1
4. 力觉传感器M/I连接电缆(S2503, S2506, S25010)	1
5. 用于外部布线的继电器电缆	*1 *2
6. 分支电缆	*1
7. 通信电缆	*1
8. 适配器	*3
9. 传感器法兰(S2503, S2506, S25010)	*4
10. 力觉传感器固定螺丝(内六角螺栓: M4×15)	*4
11. 传感器法兰固定螺丝(内六角螺栓: M5×15)	4
12. 电缆固定用钣金	2
13. 扎带	2
14. 硅胶保护垫	1
15. 电缆标签	1
16. 吊顶安装用轴标签	1
17. 电源连接器	*1
18. 电缆固定用钣金固定螺丝	2

\*1 : 发货时可能不包含项目5, 6, 7, 17, 具体取决于选件的类型。

\*2 : 项目5仅G3和GX4系列随附。G6、G10、G20、GX8、GX10-B和GX20-B系列为选件。

\*3 : 项目8因机器人而异。

\*4 : 发货时, “1. 力觉传感器(S2503, S2506, S25010)”中包含项目9和10。

\*5 : 发货时可能不包含项目2, 具体取决于选件的类型。如果发货时包含此项目, 则此项目是I/F单元或I/F电路板。



1. 力觉传感器  
S2503, S2506, S25010



单元(FS1)  
2. 力觉传感器I/F



电路板(FS2)



3. 力觉传感器电缆  
S2503, S2506, S25010



4. 力觉传感器M/I连接电缆  
S2503, S2506, S25010



5. 用于外部布线的  
继电器电缆



6. 分支电缆



7. 通信电缆



8. 适配器



9. 传感器法兰  
S2503, S2506, S25010



10. 力觉传感器固定螺丝  
内六角螺栓: M4×15



11. 传感器法兰固定螺丝  
内六角螺栓: M5×15



12. 电缆固定用钣金



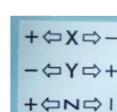
13. 扎带



14. 硅胶保护垫



15. 电缆标签



16. 天花板安装用轴标签



17. 电源连接器



十字槽头螺丝: M4×8

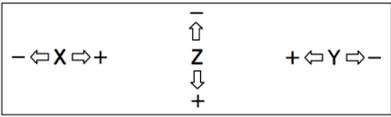
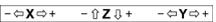
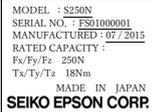


低头内六角螺栓: M4×6

18. 电缆固定用钣金的固定螺丝

## 2. 标签

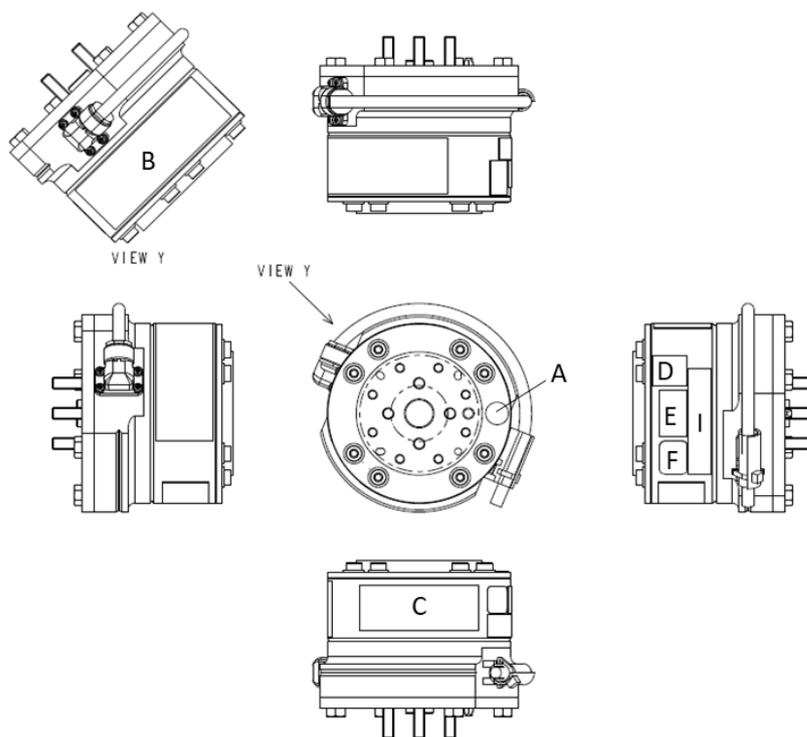
力觉传感器和力觉传感器I/F单元上贴有以下标签。务必遵守标签上的说明和警告安全地操作力觉传感器。

位置	标签	备注
A		请勿松开或卸下力觉传感器顶面上的螺丝。如果松开或卸下螺丝，夹具末端在机器人移动时可能会脱落，或者力觉传感器的精度可能会下降。
B		S250N S2503 S250L S2506 S250P S25010 S250H
		SH250LH
C		S250N S2503 S250L S2506 S250P S25010 S250H
		SH250LH
D		中国RoHS标签
E		S250N S2503 S250L S2506 S250P S25010 S250H
		SH250LH
F		CE标签

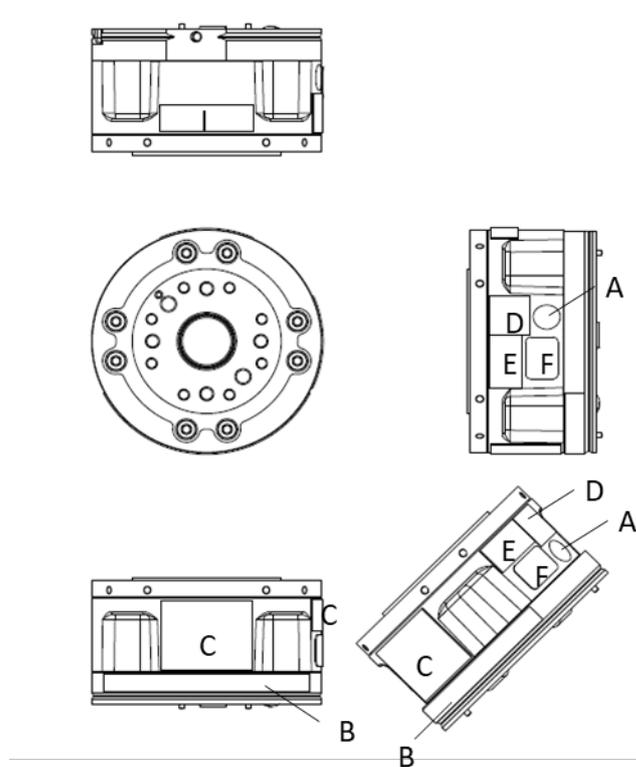
位置	标签	备注
G	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>FORCE SENSOR I/F UNIT                      MODEL : FS1                      SERIAL NO. : FS04000001                      MANUFACTURED : 04/2016                      DC24V 12W                      MANUFACTURER :  <b>SEIKO EPSON CORPORATION</b>                      3-5, OWA 3-CHOME, SUWA-SHI                      NAGANO-KEN, 392-8502 JAPAN  <a href="http://global.epson.com/company/">http://global.epson.com/company/</a>                      ENTITY PLACING ON EU MARKET :  <b>EPSON DEUTSCHLAND GmbH</b>                      OTTO-HAHN-STR.4, D-40670                      MEERBUSCH GERMANY  <a href="https://neon.epson-europe.com/de/en/robots/">https://neon.epson-europe.com/de/en/robots/</a></p>                       FS04000001</div>	序列号标签(力觉传感器I/F单元)
H	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>EPSON</b></p> <p>기기의 명칭: Force Sensor (S250/FS1)                      명승통신기기 인증받은 자의 상호: 한국엠펙(주)                      제조자/제조국가: SEIKO EPSON CORPORATION / 일본 MSIP-REI-EKL-RE-FS250                      MADE IN JAPAN</p> </div>	KC标签(力觉传感器I/F单元)
I	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Epson (U.K.) Limited <a href="http://www.epson.co.uk">www.epson.co.uk</a>                      Address: Westside, London Road,                      Hemel Hempstead, Hertfordshire,                      HP3 9TD, United Kingdom</p> </div>	UKCA标签

标签的位置

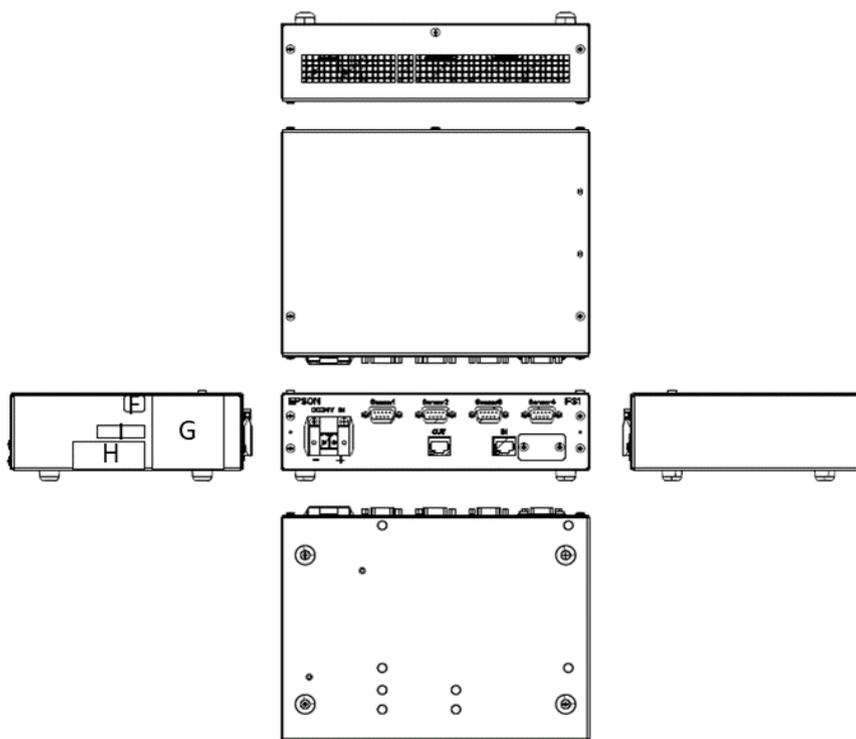
力觉传感器(S250N, L, P, H)



力觉传感器(SH250LH)



力觉传感器I/F单元



### 3. 连接示例

以下是机器人系统和力觉传感器的连接示例。

有关使用多个机器人和力觉传感器的组合方式，请参阅以下章节。

安装篇: 3. 系统概述



客户必须准备以下项目。

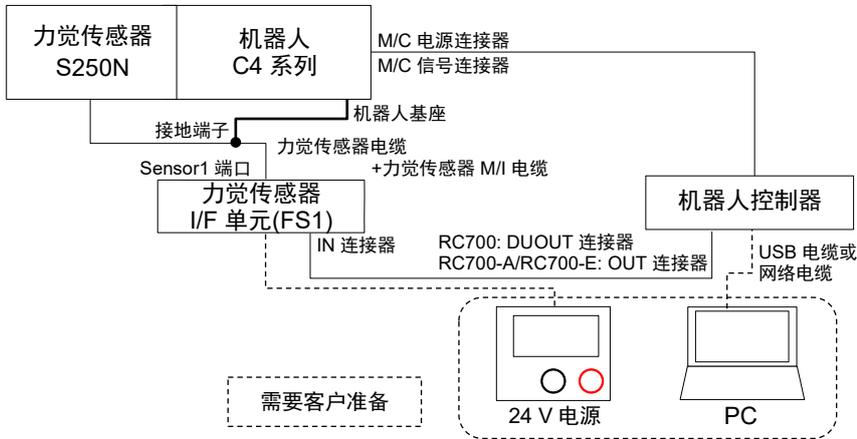
- 24 V 电源 \*1
- 电源连接器 \*1
- 用于操作机器人的PC \*2

- \*1: 使用力觉传感器I/F单元时，必须提供24 V 电源和电源连接器。
- \*2: Force Guide 7.0支持EPSON RC+ 7.0 版本 7.2.0以后的版本。

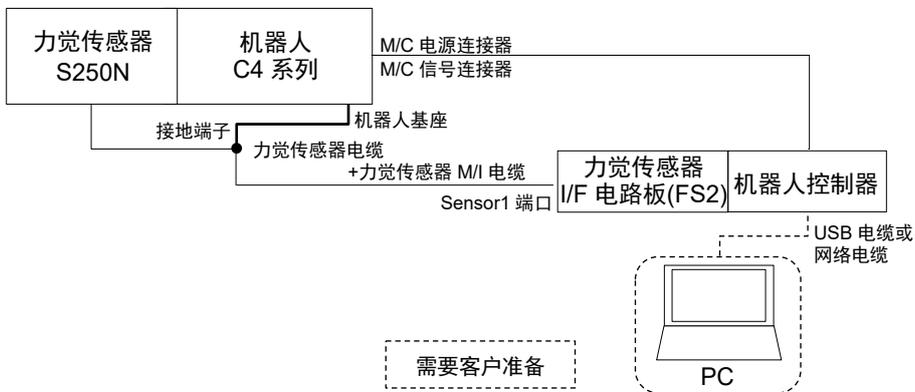
#### 3.1 C4系列-S250N

示例：连接一台机器人和一台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)

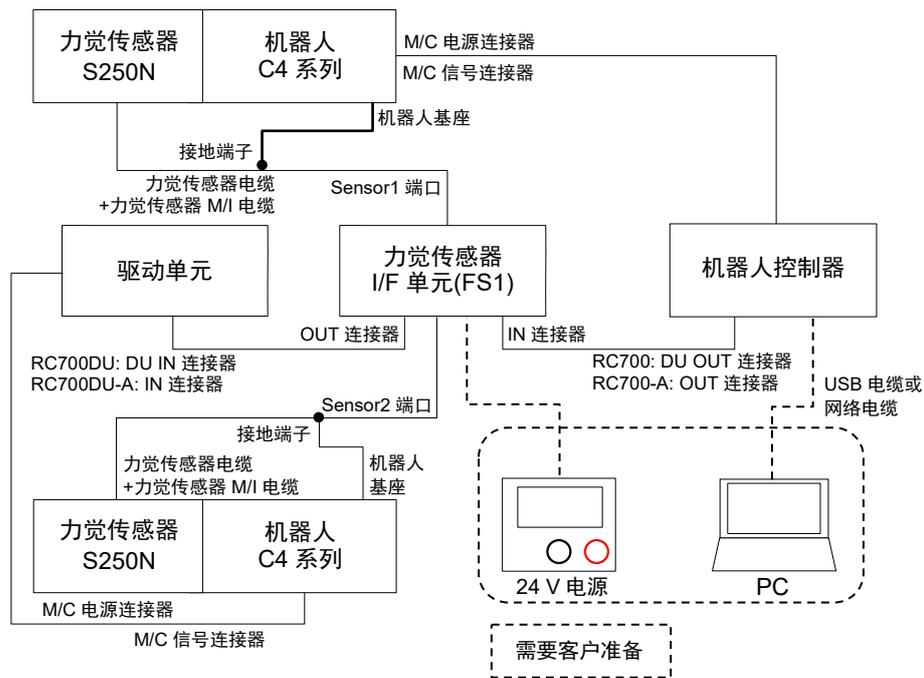


力觉传感器I/F电路板(FS2)



示例:连接两台机器人和两台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)

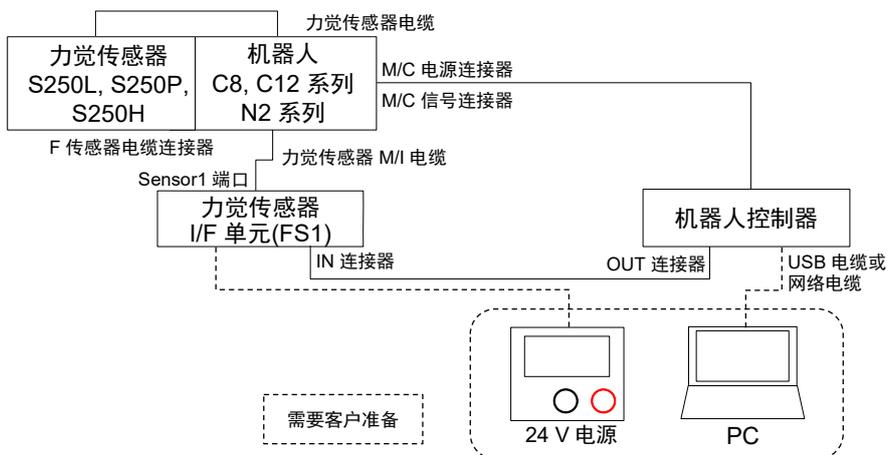


(RC700-E不能连接到驱动装置。)

### 3.2 C8, C12系列-S250L, C8系列-S250P, N2系列-S250H, N6系列-SH250LH

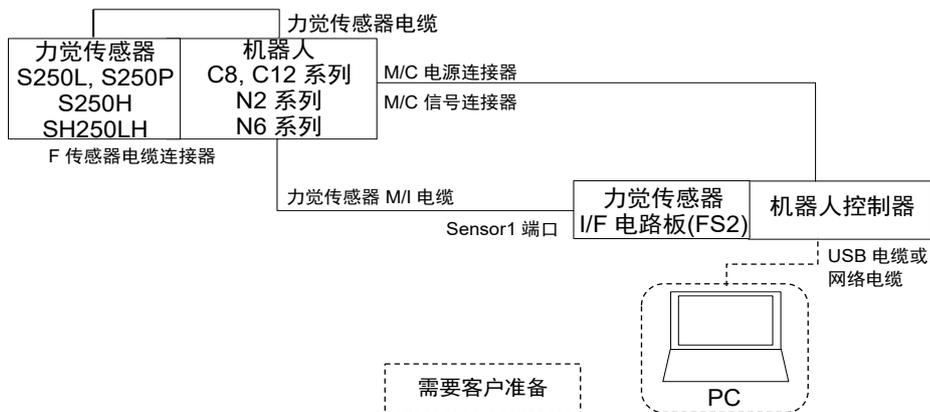
示例：连接一台机器人和一台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)



(N6系列不能连接到力觉传感器I/F单元。)

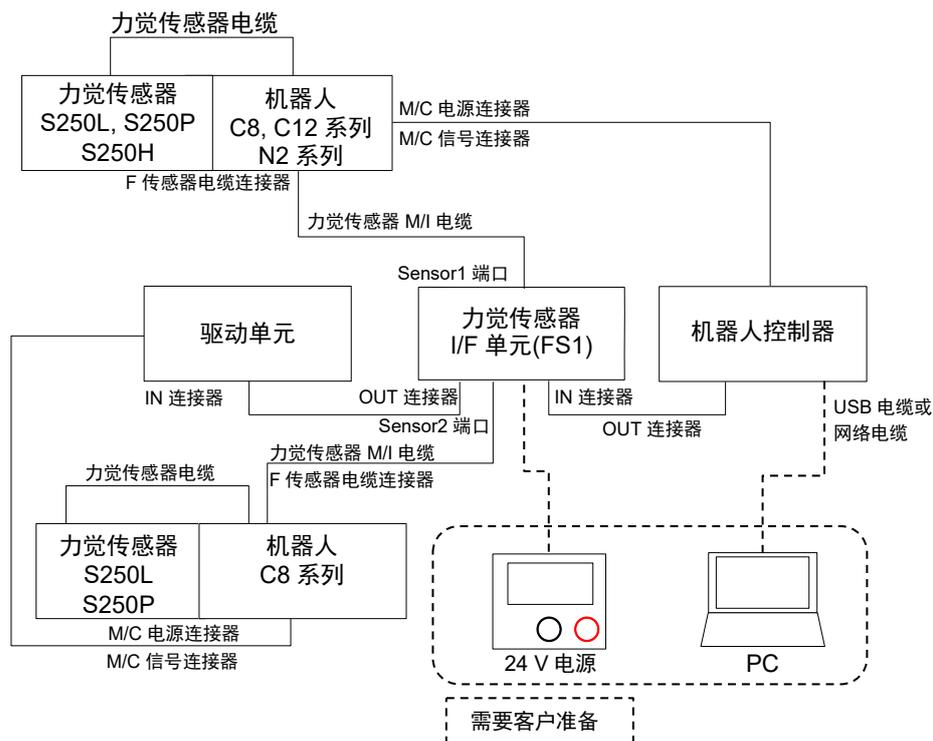
力觉传感器I/F电路板(FS2)



(C12系列不能连接到S250P。)

示例：连接两台机器人和两台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)



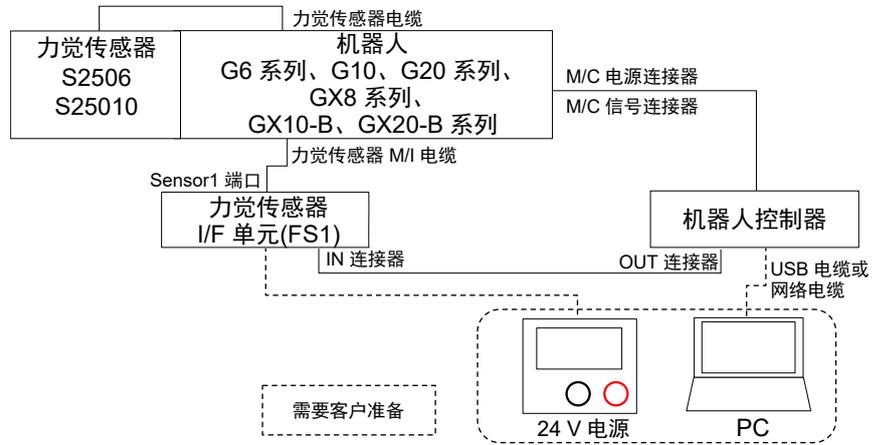
(N6系列不能连接到力觉传感器I/F单元。  
C12, N2系列和RC700-E不能连接到驱动装置。)

### 3.3 G, GX系列-S2503, S2506, S25010

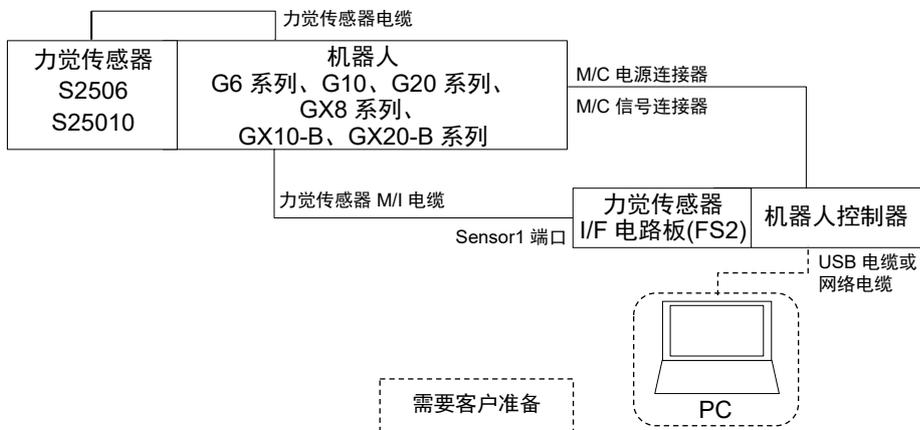
#### 3.3.1 内部布线

示例：连接一台机器人和一台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)

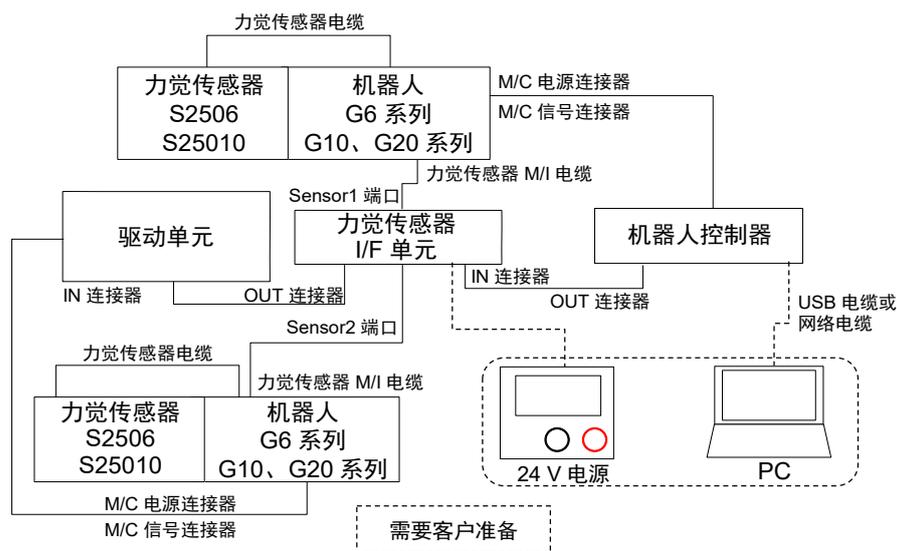


力觉传感器I/F电路板(FS2)



示例：连接两台机器人和两台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)

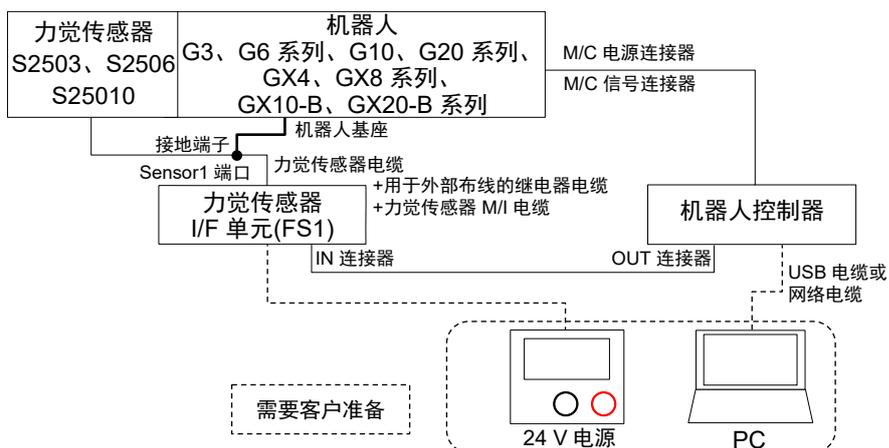


\* 以上连接方式不适用于 RC700-D/RC700-E (GX 系列)。

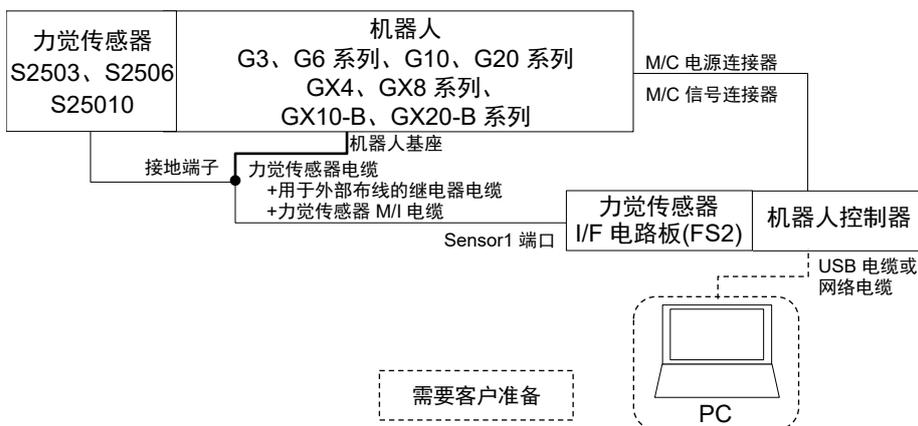
### 3.3.2 外部布线

示例: 连接一台机器人和一台力觉传感器

力觉传感器 I/F 单元(FS1)

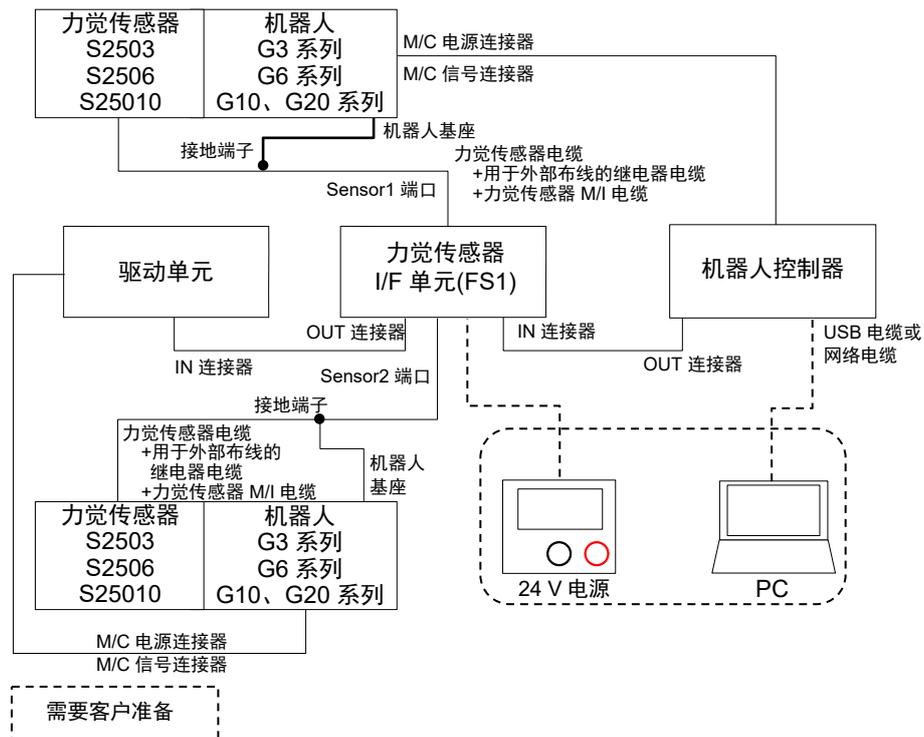


力觉传感器 I/F 电路板(FS2)



示例：连接两台机器人和两台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)

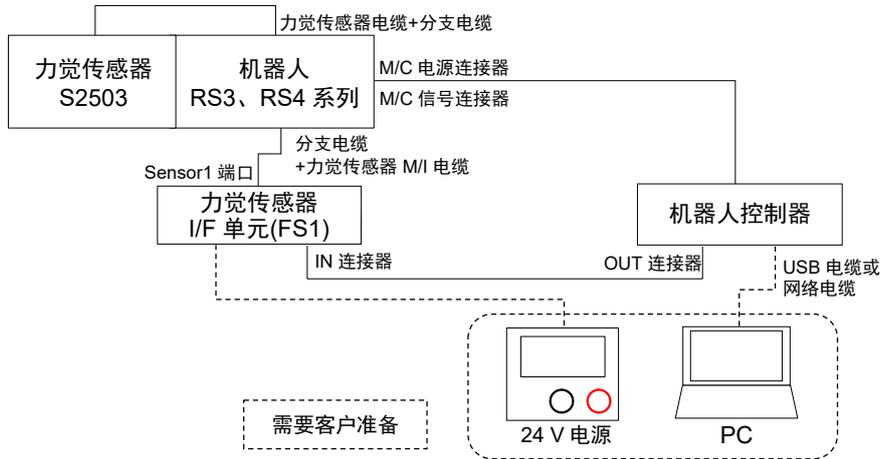


\* 以上连接方式不适用于 RC700-D/RC700-E (GX 系列)。

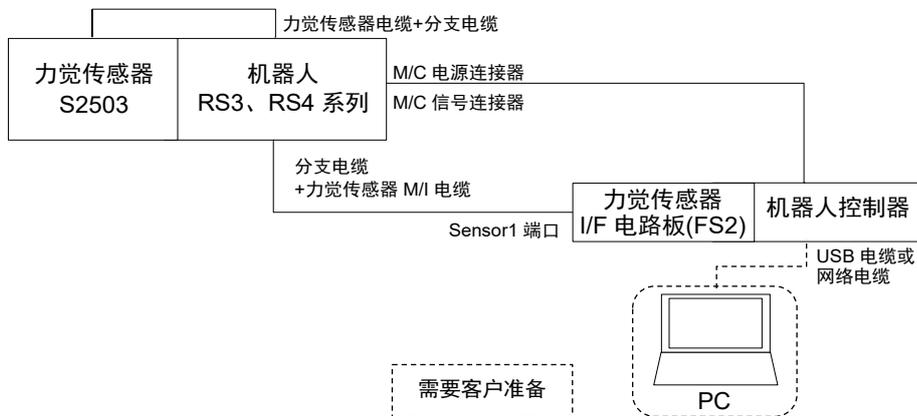
### 3.4 RS系列-S2503

示例：连接一台机器人和一台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)

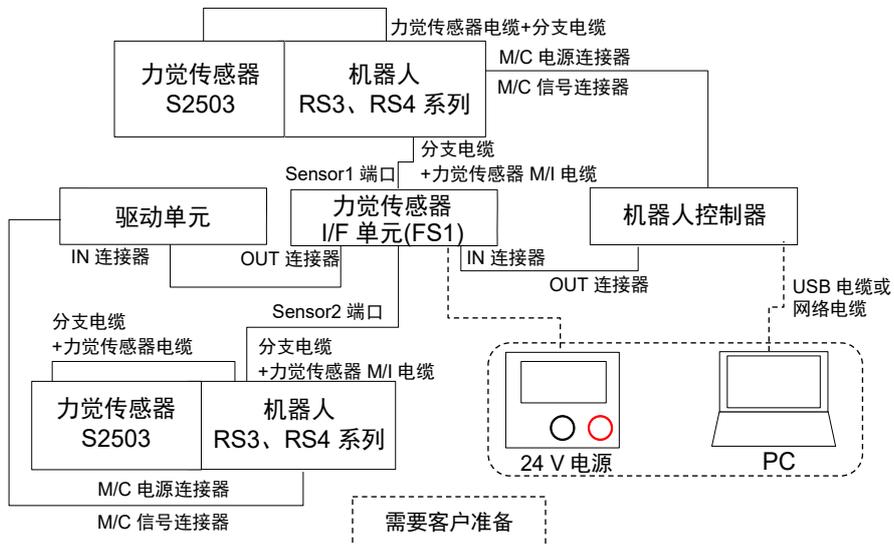


力觉传感器I/F电路板(FS2)



示例：连接两台机器人和两台力觉传感器

力觉传感器I/F单元(FS1)



## 4. 力觉传感器



**注意**

- 负载在允许范围内不一定能保证传感器的性能。如果施加的负载超过允许值，传感器可能无法正确检测力。请务必在额定负载范围内使用传感器。
- 如果在温度急剧变化的环境中使用该选件，漂移可能会上升。

### 4.1 规格

#### 4.1.1 规格表

项目		规格	备注	
外部尺寸	S250N, S250H	ø80 × H49 mm	包括传感器法兰  参考: 硬件篇: 4.2 外部尺寸	
	S250L	ø88 × H49 mm		
	S250P	ø88 × H66 mm		
	S2503, S2506, S25010	ø80 × H52 mm *1		
	SH250LH	ø85 × H48 mm		
重量 *2	S250N, S250H	460 g	包括传感器法兰	
	S250L	520 g		
	S250P	680 g		
	S2503, S2506	620 g	包括传感器法兰 和适配器	
	S25010	640 g		
	SH250LH	460 g	不包括电缆。	
额定负载	Fx/Fy/Fz	250/250/250 [N]		
	Tx/Ty/Tz	18/18/18 [N·m]		
过载能力	Fx/Fy/Fz	1000 [N]		
	Tx/Ty/Tz	36 [N·m]		
测量分辨率 *3	Fx/Fy/Fz	± 0.1(5 秒, 25 °C) [N]		
		± 0.003(5 秒, 25 °C) [N·m]		
	噪声级别	Fx/Fy/Fz		0.035 [N]
		Tx/Ty/Tz		0.001 [N·m]
	时间漂移	25 °C	Fx/Fy/Fz	± 0.01 [N/s]
			Tx/Ty/Tz	± 0.0003 [N·m/s]
		40 °C	Fx/Fy/Fz	± 0.02 [N/s]
			Tx/Ty/Tz	± 0.0006 [N·m/s]
测量精度 *4	Fx/Fy/Fz		± 5 % RO *5 或以下	
	Tx/Ty/Tz			
温度漂移	Fx/Fy/Fz Tx/Ty/Tz		0.2 [%/°C] 或以下 在 250 [N], 18 [N·m](全量程)条件下	
工作环境	温度		- 10 ~ 40 [°C]	
	湿度		10 ~ 80%Rh, 无凝结	
防尘防水等级		IP67: S250P IP20: S250N, S250L S250H, S2503, S2506, S25010, SH250LH		

- \*1 传感器高度 + 距离传感器法兰下边缘的高度。  
安装了附带的适配器时，Z轴端面和传感器端面之间的距离如下所示：  
(参考: 硬件篇: 4.2 外部尺寸)  
S2503, S2506: 66 mm  
S25010: 68mm
- \*2 重量不包括电缆选件。
- \*3 测量分辨率是测量时间为 5 秒时的数据，且考虑了噪声级别和时间漂移(25 °C)。
- \*4 测量精度是测量时间为 6 分钟时的数据。
- \*5 RO(额定输出)表示额定输出的精度。

### 4.1.2 重负载下的ACCEL设定

在以下机器人上使用力觉传感器时，请参阅以下章节并根据顶端负载正确设定ACCEL。

机器人型号: G10、G20、GX10-B和GX20-B系列

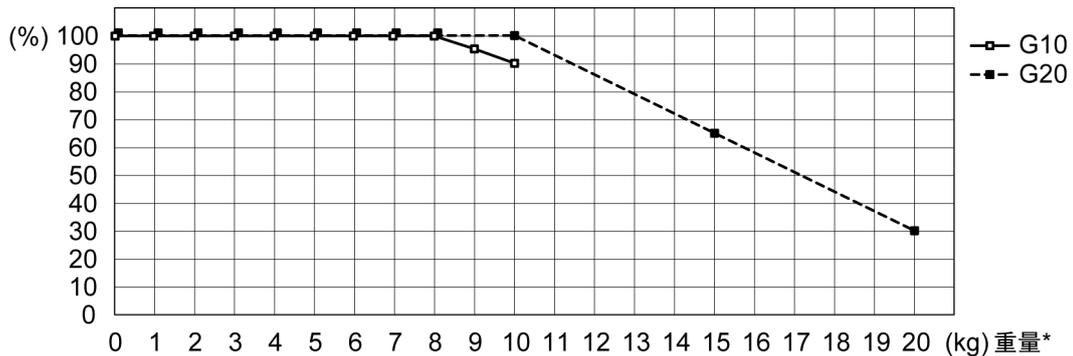
有关ACCEL设定和设定步骤的详细信息，请参阅机器人手册。



如果设定不正确，可能会导致负载超过力觉传感器的额定转矩(具体取决于操作条件)，并且可能会导致以下问题。

使用寿命缩短，力觉传感器损坏

Accel设定值

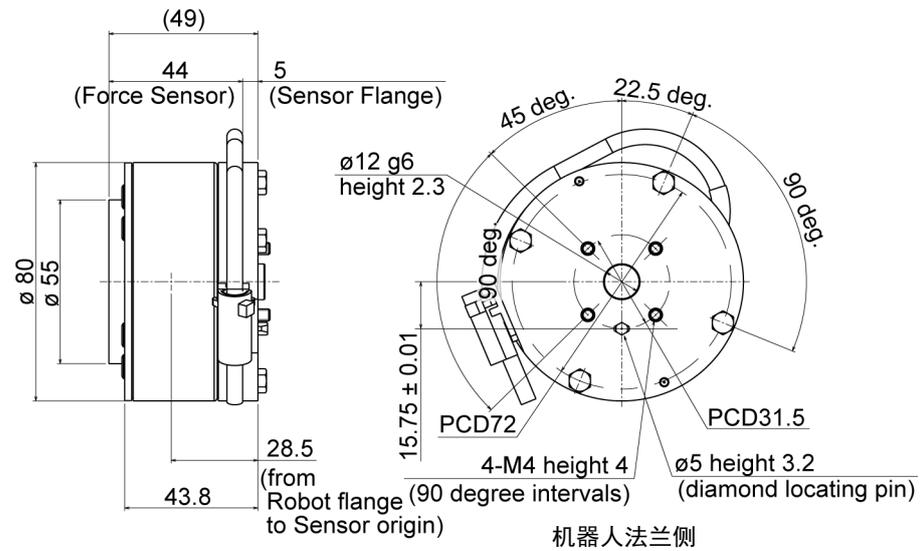


\* 重量: 包括力觉传感器的重量

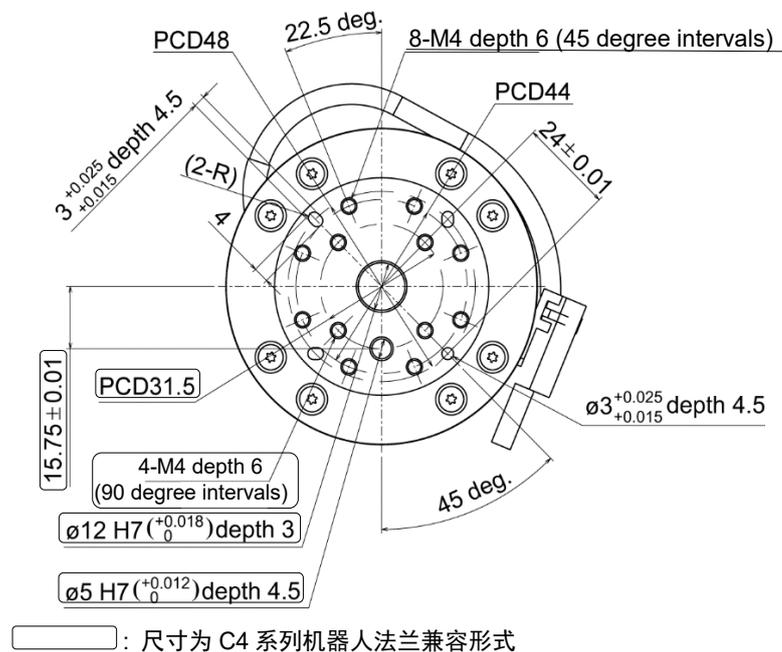
## 4.2 外部尺寸

以下是组装好的传感器法兰和力觉传感器的尺寸。

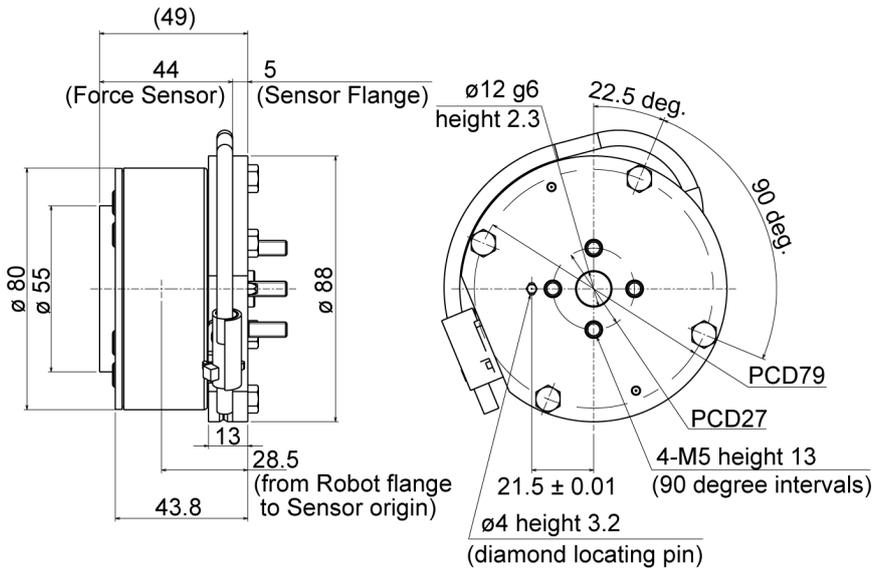
### 4.2.1 S250N(适用于C4系列)



夹具末端侧

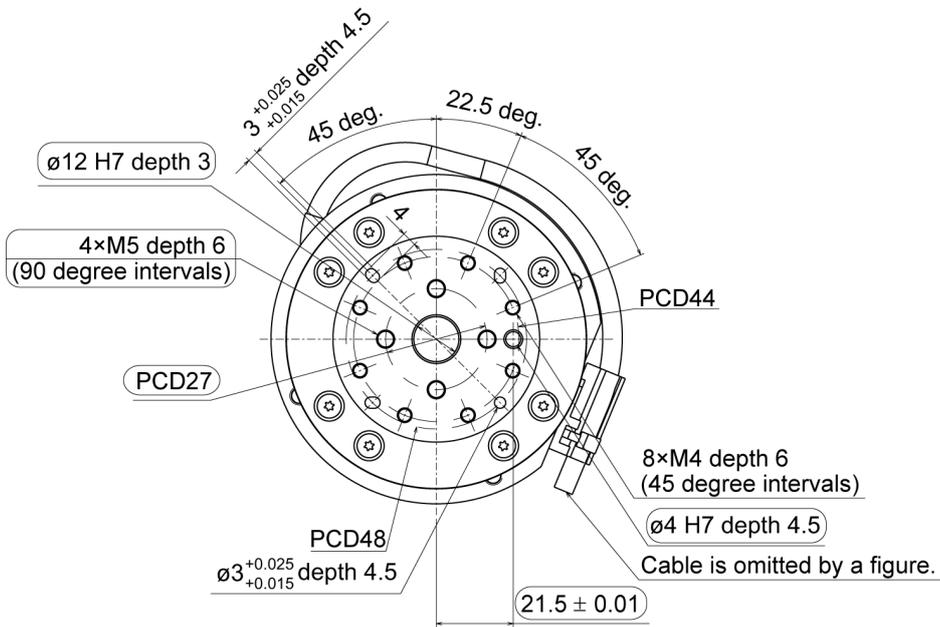


4.2.2 S250L(适用于C8, C12系列: IP20等级)



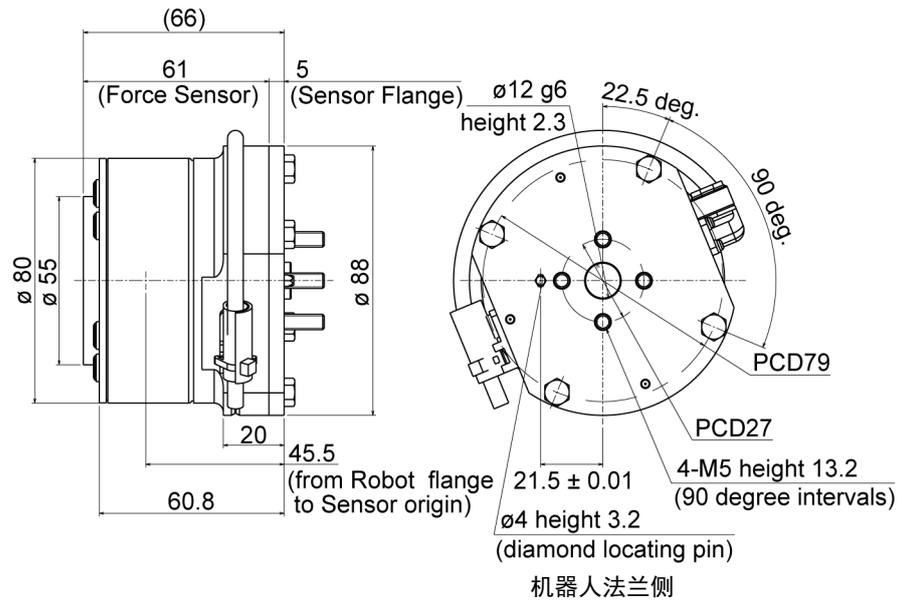
机器人法兰侧

夹具末端侧

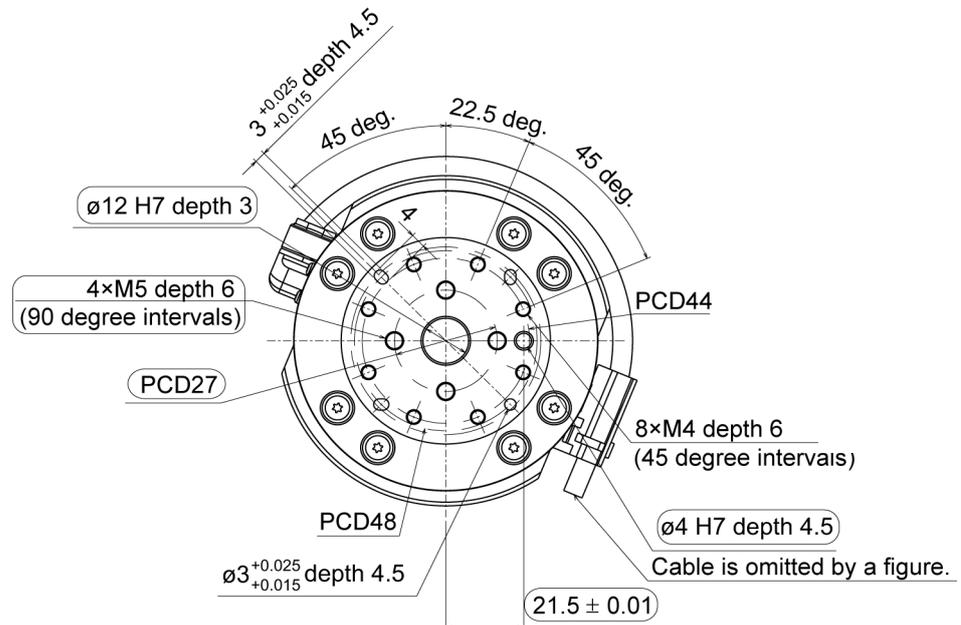


   : 尺寸为 C8, C12 系列机器人法兰兼容形式

4.2.3 S250P(适用于C8系列: IP67等级)

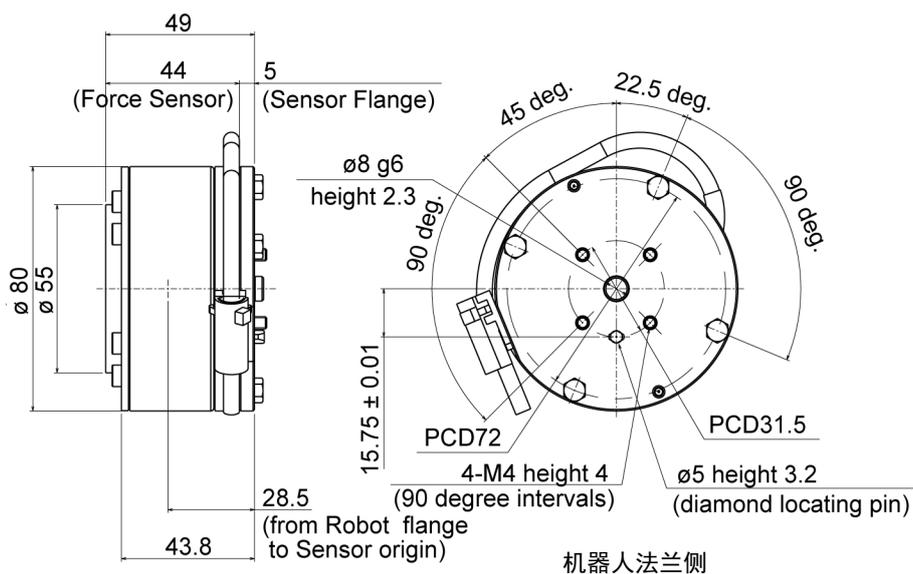


夹具末端侧

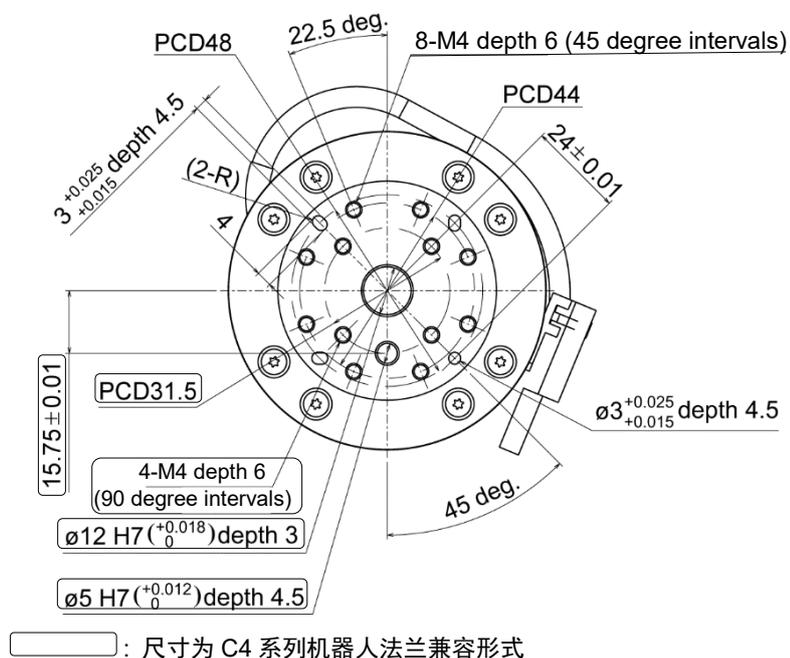


□ : 尺寸为 C8 系列机器人法兰兼容形式

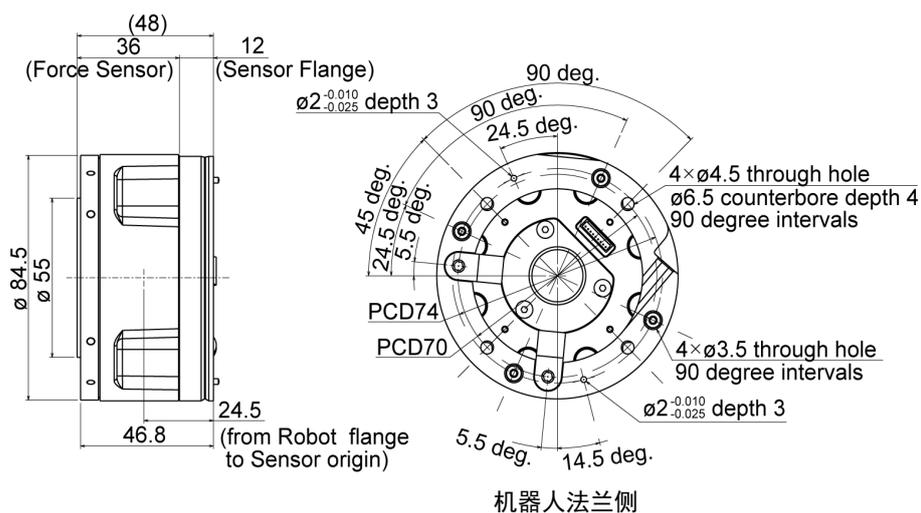
4.2.4 S250H(适用于N2系列)



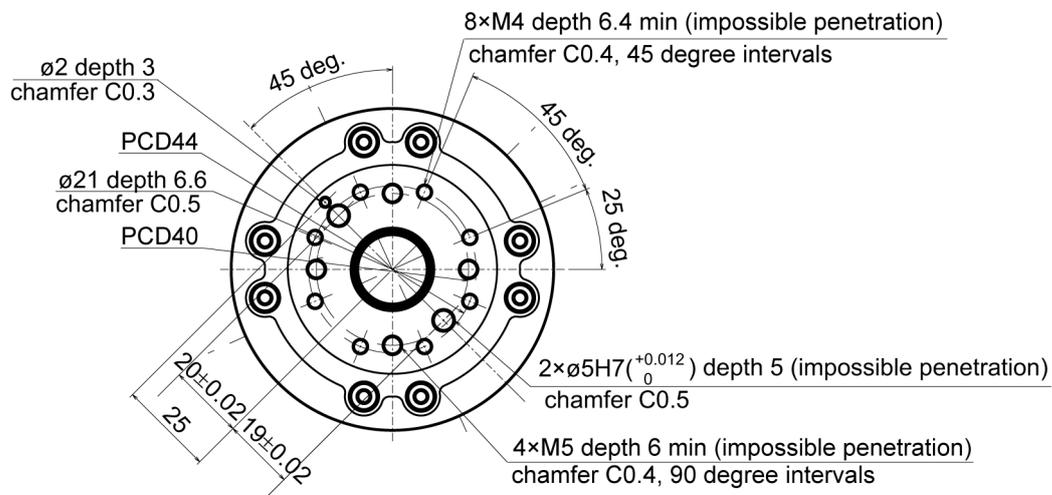
夹具末端侧



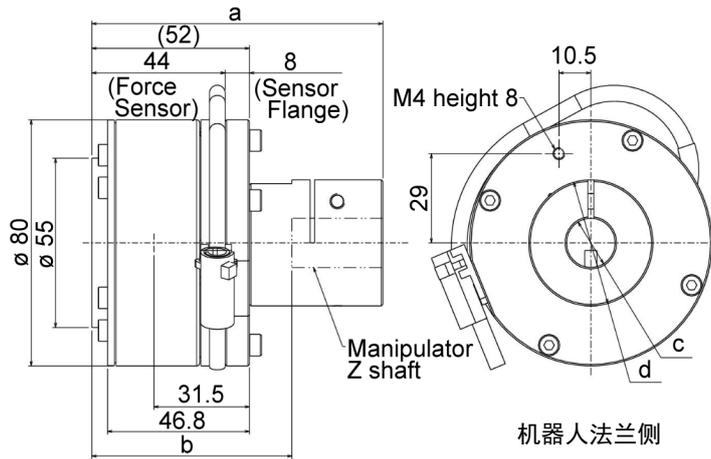
4.2.5 SH250LH(适用于N6系列)



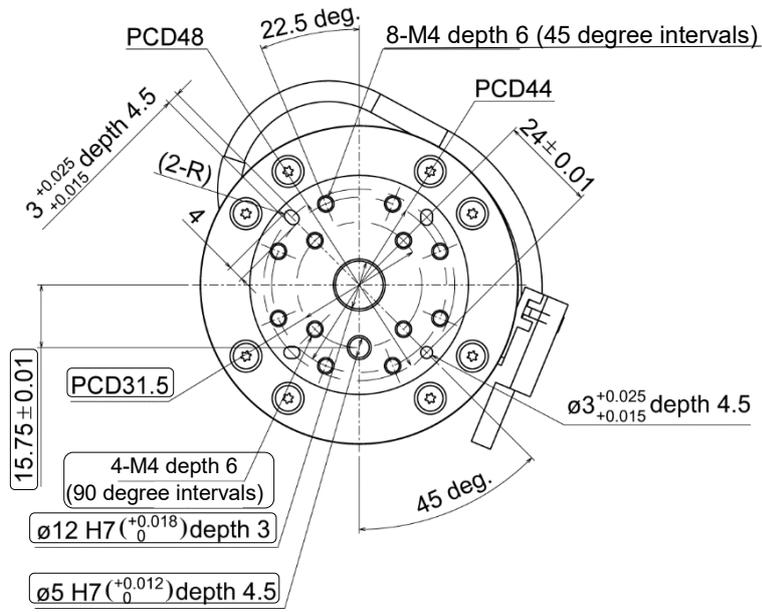
夹具末端侧



4.2.6 S2503, S2506, S25010(适用于G系列、GX系列和RS系列)



夹具末端侧



：尺寸为 C4 系列机器人法兰兼容形式

(单位: mm)

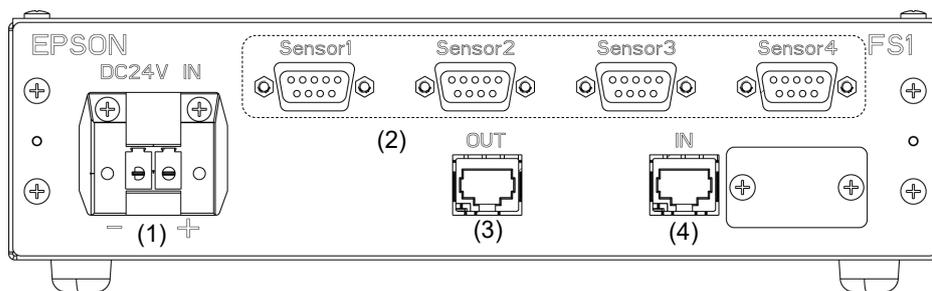
	S2503	S2506	S25010
a 适配器上端到力觉传感器端面的距离	96	98	
b 机器人 Z 轴端面到力觉传感器端面的距离	66	68	
c 适配器轴的安装孔直径	16	20	25
d 适配器的外径	41		45.5

## 5. 力觉传感器 I/F 单元

### 5.1 力觉传感器 I/F 单元(FS1)

#### 5.1.1 规格

项目		规格
外部尺寸		232 mm × 70 mm × 175 mm
重量		1360 g
接口	电源输入	端子台(1), DC 24V(± 10%)
	动作网络端口	RJ45(2 个端口), 输入端口/输出端口
	力觉传感器通信端口	D-sub 9 针(4 个端口), 支持双向通信
工作环境	温度	5 到 40 °C
	湿度	10 到 80%(无凝结)



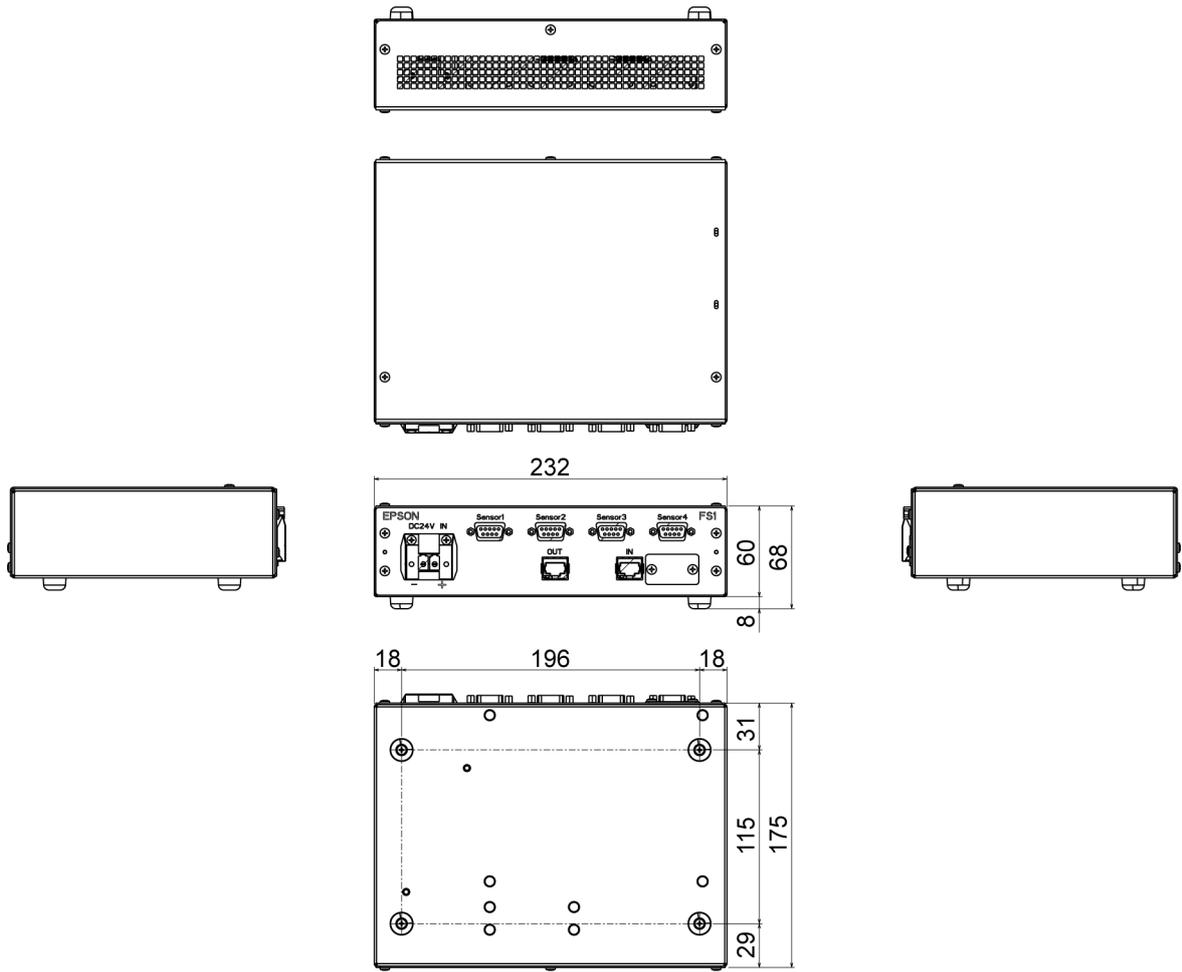
编号	名称	用途
1	24 V 输入连接器	外部 24 V 电源输入用连接器。
2	力觉传感器连接器	用于连接力觉传感器的连接器。 可以连接2台传感器。
3	OUT 连接器	用于连接驱动装置的连接器。
4	IN 连接器	用于机器人控制器和驱动装置的连接器。

NOTE  


有关使用多个机器人和力觉传感器的组合方式, 请参阅以下章节。

安装篇: 3. 系统概述

### 5.1.2 外部尺寸



### 5.1.3 安装

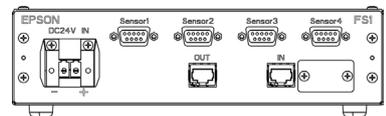
#### 安装环境

要安全地使用力觉传感器I/F单元并保持性能，必须将其安装在满足以下条件的环境中：

- 仅安装在室内。
- 放置在通风良好的区域。
- 避开日光直射和辐射热。
- 避开灰尘, 油雾, 油烟, 盐分, 金属粉末或其他污染物。
- 避开水。
- 避免撞击或振动。
- 避开产生静电和电涌的电子噪声源。
- 防止出现强电或磁场。
- 在后部留出100 mm空间。

#### 安装方向

建议水平安装力觉传感器I/F单元。



### 5.1.4 电源

确保连接到力觉传感器的电源满足以下规格。

- 电压: 24 VDC(± 10%)  
    电流限制设定值: 2 A
- 满足工业环境下的EMC标准
- 对AC电源采取了强化绝缘措施
- 内置了过电流保护电路

建议为力觉传感器I/F单元使用专用电源。与其他设备共用电源时，该电源不得连接到会产生电子噪声的设备，否则要针对电子噪声采取适当措施。

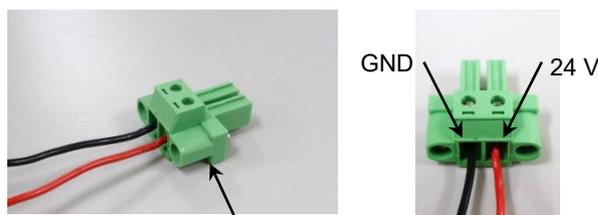
### 5.1.5 力觉传感器I/F单元和电源连接器的布线

 警告	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 为电源布线时，务必切断电源。在电源开启的情况下执行任何工作都是极其危险的，这可能会导致触电或机器人系统无法正常工作。 开启电源之前，请确保布线和电压正确无误。</li> <li>■ 24 VDC连接器通电期间，请勿插拔连接器。在电源开启的情况下执行任何工作都是极其危险的，这可能会导致触电或机器人系统无法正常工作。</li> </ul>
---	---

 注意	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 使用双绞线电缆为24 VDC电源布线，并使用尽可能粗短的电线。</li> <li>■ 尽可能使24 VDC电源电缆避开周围的噪声源。</li> <li>■ 在24 VDC电源的交流电侧安装打开/关闭开关。 在24 V连接器通电时插拔连接器或在24 VDC侧打开/关闭开关可能会导致力觉传感器I/F单元内的保险丝熔断。 如果保险丝熔断，请参阅以下章节更换保险丝。      硬件篇: 5.1.6 更换力觉传感器I/F单元保险丝</li> </ul>
---	--

请参阅下文，将24 VDC电源连接到连接器。

插脚编号	信号	说明
1	GND	接地(24 V 接地)
2	24 V	24 VDC 电源



力觉传感器 I/F 单元  
电源连接器(公头)

- 电源连接器(母头)型号 : DFK-PC4/2-GF-7.62 (Phoenix Contact)
- 电源连接器(公头)型号 : PC4/2-STF-7.62 (Phoenix Contact)
- 合适的电线直径 : 0.2 mm<sup>2</sup>到4.0 mm<sup>2</sup>(厂家参考值)
- 布线长度 : 应在2.5 m以内。  
如果长度超过2.5 m, 请将电源线(双绞线)缠绕铁氧体磁芯\*五圈, 如下图中所示。



\*铁氧体磁芯: Kitagawa Industries Co., LTD RFC-20

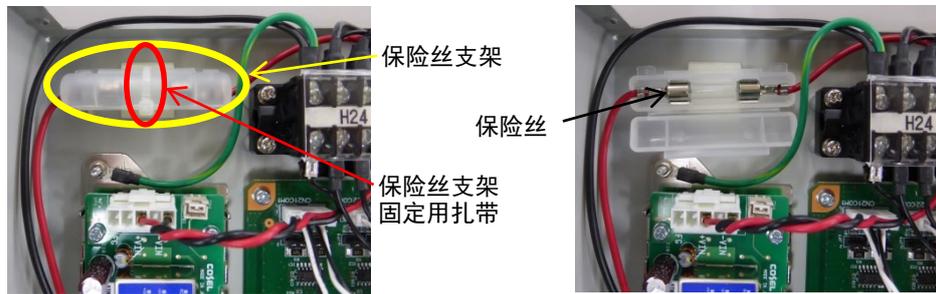
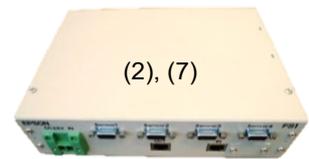
### 5.1.6 更换力觉传感器I/F单元保险丝

**准备**  
准备以下部件。

名称	标准	制造商	数量	备注
玻璃管保险丝	FGBO 125V 1A	FUJI Terminal Industry	1	可使用同等产品
扎带	SG-100	S.G.Industrial	1	可使用同等产品

**更换**

- (1) 关闭电源, 然后拔下力觉传感器I/F单元的电源连接器。
- (2) 拆开力觉传感器I/F单元的顶盖。
- (3) 从保险丝支架剪断扎带。



- (4) 打开保险丝支架, 然后取出熔断的玻璃管保险丝。  
取出保险丝时, 请小心不要打碎玻璃管。
- (5) 安装新保险丝。(可以朝任一方向安装保险丝。)  
请确保安装符合相应标准的保险丝(可使用同等产品)。
- (6) 使用扎带固定保险丝支架。  
紧紧固定支架以使其不移动。
- (7) 安装力觉传感器I/F单元的顶盖。

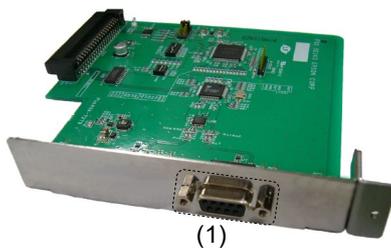
## 5.2 力觉传感器I/F电路板(FS2)

力觉传感器I/F电路板是一个电路板选件，用于为S250系列力觉传感器提供24 V电源和通信。

将控制器安装在选件插槽上，并连接力觉传感器以在控制器和力觉传感器之间通信。

### 5.2.1 规格

项目		规格
外部尺寸		206 mm × 102 mm × 24.5 mm
重量		135 g
接口	力觉传感器通信端口	D-sub 9 针(1 个端口)，支持单向通信
工作环境	温度	5 到 40 °C
	湿度	10 到 80%(无凝结)



编号	名称	用途
1	力觉传感器用连接器	该连接器用于连接力觉传感器。 可以连接1个传感器。

5.2.2 安装方法



■ 请务必由经过我公司或经销商的维护培训的人员，进行机器人系统的维护。

RC700



选件插槽

RC700-A



选件插槽

RC700-D



选件插槽

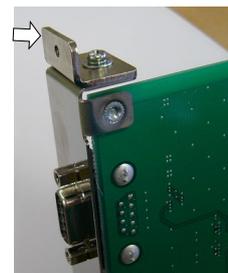
RC700-E



选件插槽

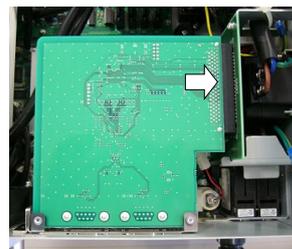
力觉传感器  
I/F电路板安装

- (1) 关闭控制器电源。
- (2) 拔下电源插头。
- (3) 取下顶板。(6颗安装螺丝)
- (4) 卸下选件插槽面板的螺丝。  
取下要将力觉传感器I/F电路板安装到的一侧上的  
选件面板。
- (5) 将L形板安装在力觉传感器 I/F 电路板上。



- (6) 如右图中所示安装力觉传感器 I/F 电路板。

将电路板推入到选件插槽中。  
(按箭头方向)



- (7) 从前面使用螺丝固定附带的 L 形板。

此时，将剩下 1 颗选件插槽面板螺丝。



- (8) 安装顶板。(6颗安装螺丝)

- (9) 插上电源插头后，打开控制器电源并确保运行期间没有出现振动或异常声响。

### 5.2.3 有关连接的注意事项

力觉传感器 I/F 电路板通过力觉传感器连接器供应 24 VDC 以运行 S250 系列力觉传感器。请注意以下事项。

- 1 :除力觉传感器以外，不要将其他设备连接到力觉传感器连接器。  
否则可能会导致连接的设备、力觉传感器 I/F 电路板和控制器损坏。
- 2 :请勿更改每个 DIP 开关和跳线插脚。  
如果更改了这些元件，请参阅以下手册将这些元件恢复原位。如果更改 DIP 开关和跳线插脚，可能无法正确识别力觉传感器 I/F 电路板。

机器人控制器 RC700 系列手册

功能篇: 16.7 力觉感应器 I/F 电路板

机器人控制器 RC700-D 手册

功能篇: 14.7 力觉感应器 I/F 电路板

机器人控制器 RC700-E 手册

4.15.7 力觉感应器 I/F 电路板

## 6. 安装方法

本节介绍安装力觉传感器的方法。



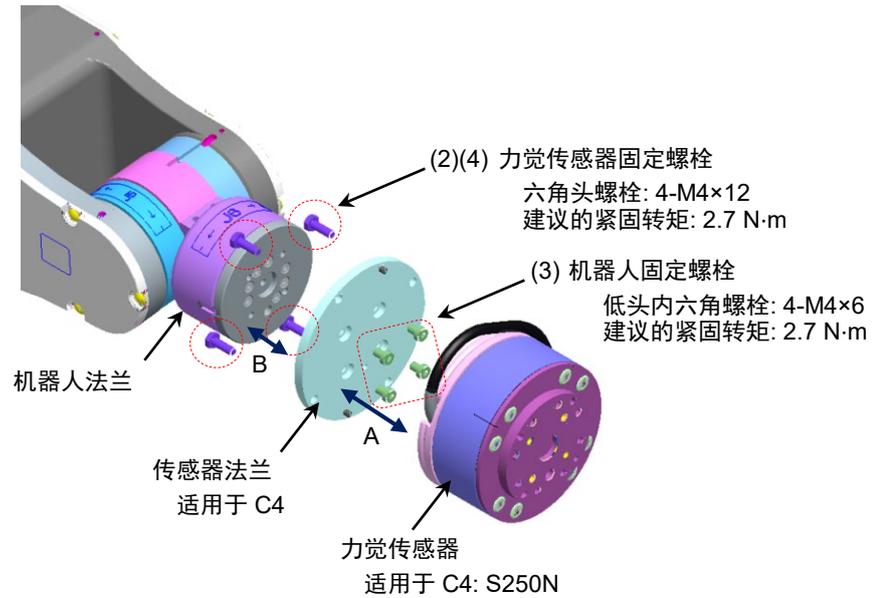
- 执行任何操作之前，请关闭控制器和相关设备的电源，然后从电源插座上拔下电源插头。在电源开启的情况下执行任何工作都是极其危险的，这可能会导致触电或机器人系统无法正常工作。
- 务必正确连接电缆。请勿不必要地拉紧电缆。(请勿将沉重物体放在电缆上。请勿强行折弯或拉扯电缆。)不必要地拉紧电缆可能会导致电缆损坏，断开，接触不良。电缆损坏，断开，接触不良是极其危险的，这可能会导致触电或机器人系统无法正常工作。
- 安装力觉传感器时，请勿触碰传感器电路板和FFC电缆。这可能会导致电缆和连接器损坏，断开，接触不良，并且可能会导致触电或系统无法正常工作。



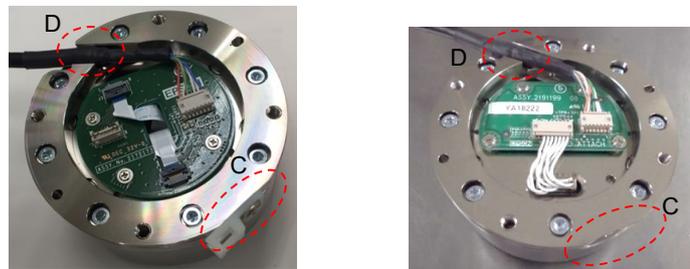
- 请参阅以下章节将力觉传感器正确安装到机器人上。  
硬件篇: 6.1 安装力觉传感器  
力觉传感器安装错误可能会导致精度下降或传感器故障。
- 请使用建议的紧固转矩将力觉传感器安装到机器人上。  
如果使用不适当的转矩固定力觉传感器，可能会导致传感器无法正常工作。  
如果使用低于建议转矩的紧固转矩固定力觉传感器，力觉传感器在机器人操作期间可能会掉落，并且可能会导致传感器和系统损坏。
- 将传感器电缆安装到机器人上时，请固定好传感器电缆，以免干扰机器人的操作范围。此外，即使在电缆的可移动范围内，电缆也可能承受负载，进而导致电缆断开。

## 6.1 安装力觉传感器

### 6.1.1 S250N(适用于C4系列)



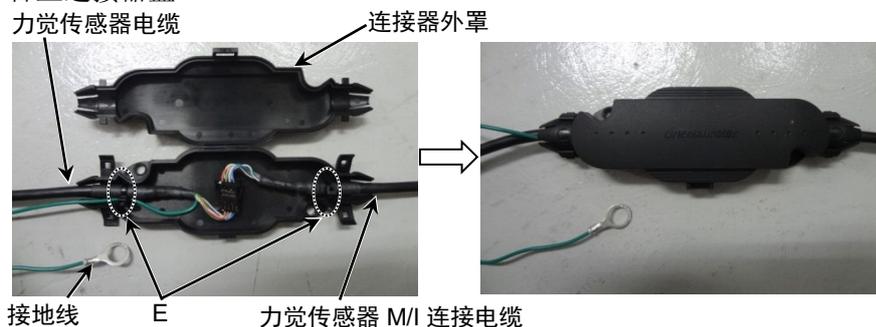
- (1) 关闭控制器电源。
- (2) 从力觉传感器上取下传感器法兰。(A)  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓:4-M4×12)  
(发货时, 传感器已安装到传感器法兰上。)
- (3) 将传感器法兰安装到机器人法兰上。(B)  
将传感器法兰上的两个定位点(定位插脚和中心的突出部分)与机器人法兰对准, 同时插入传感器法兰。  
使用发货时随附的机器人固定螺丝将传感器法兰固定到机器人法兰上。  
机器人固定螺丝(低头内六角螺栓:4-M4×6)  
建议的紧固转矩: 2.7 N·m
- (4) 将力觉传感器安装到已在步骤(3)中固定的传感器法兰。(A)  
传感器电路板有两种类型。请注意, 传感器安装方法因传感器而异。



- 对准传感器法兰和力觉传感器上的切口(C)。将传感器法兰的两个定位插脚插入到传感器上, 以便安装传感器。  
此时, 调整力觉传感器电缆的位置, 以便由热收缩管包裹的部分位于(D)。  
使用已在步骤(2)中卸下的螺栓固定传感器法兰和力觉传感器。  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M4×12)  
建议的紧固转矩: 2.7 N·m

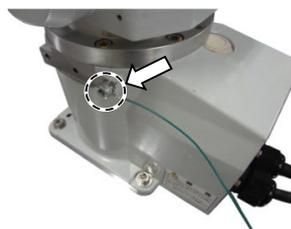
- (5) 将力觉传感器电缆固定到机器人上。  
正确放置电缆，以避免干扰机器人动作以及对电缆施加负载。

- (6) 连接力觉传感器电缆和力觉传感器M/I连接电缆。  
将连接部分收到连接器盖内。  
使用发货时随附的扎带固定电缆。(E)  
合上连接器盖。



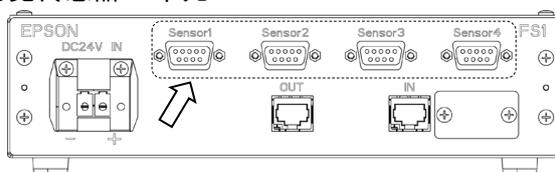
- (7) 将连接器盖固定到不会干扰机器人动作并且不会对电缆施加负载的位置。

- (8) 将力觉传感器导线的接地端子固定到机器人基座。  
六角头螺栓: M8×12

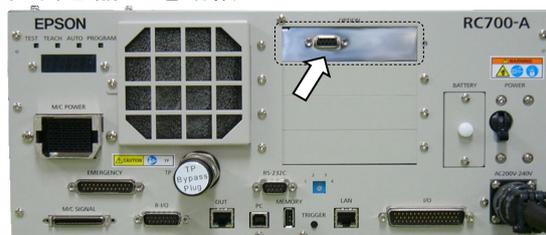


- (9) 将力觉传感器M/I连接电缆连接到要使用的力觉传感器I/F。  
连接到力觉传感器的连接器Sensor端口。

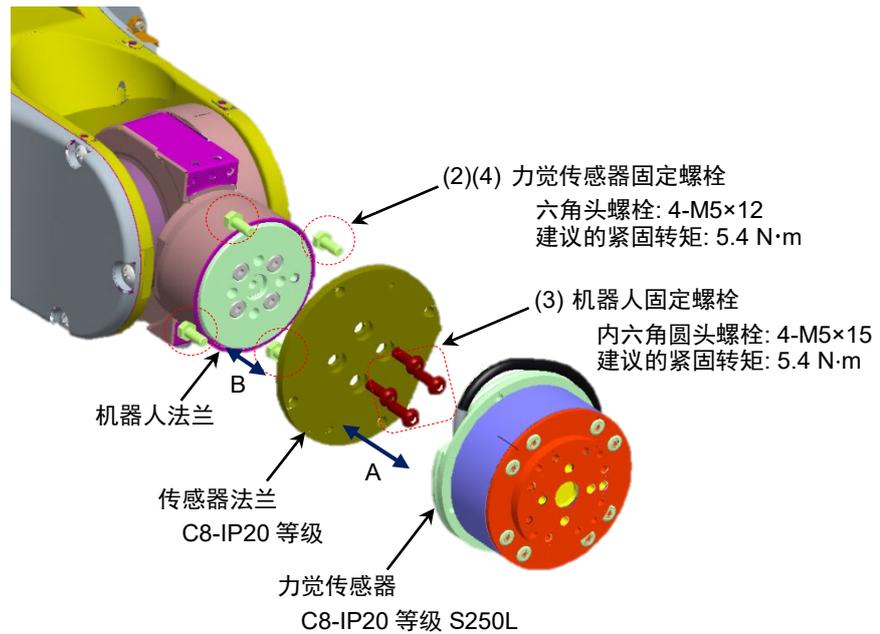
力觉传感器I/F单元:



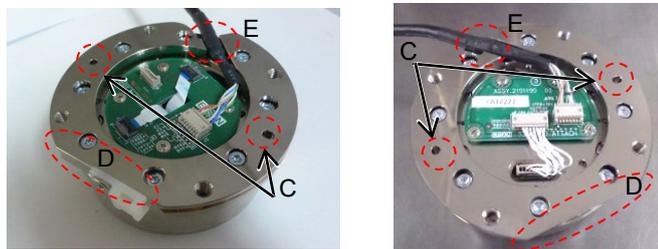
力觉传感器I/F电路板:



6.1.2 S250L(适用于C8, C12: IP20等级)

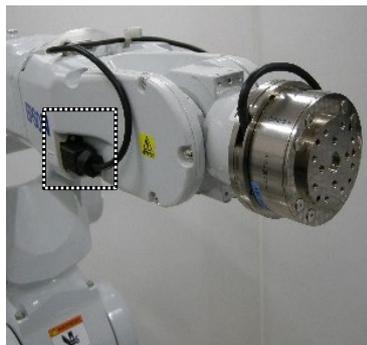


- (1) 关闭控制器电源。
- (2) 从力觉传感器上取下传感器法兰。(A)  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M5×12)  
(发货时, 传感器已固定到传感器法兰上。)
- (3) 将传感器法兰安装到机器人法兰上。(B)  
将传感器法兰上的两个定位点(定位插脚和中心的突出部分)与机器人法兰对准, 同时插入传感器法兰。  
使用发货时随附的机器人固定螺丝将传感器法兰固定到机器人法兰上。  
机器人固定螺丝(内六角圆头螺栓:4-M5×15)  
建议的紧固转矩: 5.4 N·m
- (4) 将力觉传感器安装到已在步骤(3)中固定的传感器法兰上。(A)  
传感器电路板有两种类型, 但安装方法相同, 请注意。



对准传感器法兰和力觉传感器上的切口(D)。将传感器法兰上的两个定位插脚插入到传感器上的定位孔(C), 以便插入传感器法兰。  
此时, 调整力觉传感器电缆的位置, 以便由热收缩管包裹的部分位于(E)。  
使用已在步骤(2)中卸下的螺栓固定传感器法兰和力觉传感器。  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M5×12)  
建议的紧固转矩: 5.4 N·m

- (5) 将力觉传感器电缆连接到机器人上的力觉传感器电缆连接器。  
如下图所示，机器人与力觉传感器的连接器有2种类型，安装时请注意。



F 传感器电缆连接器



力觉传感器电缆

F 传感器电缆连接器



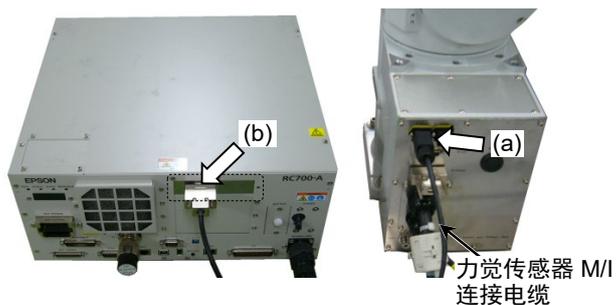
力觉传感器电缆

- (6) 将力觉传感器M/I连接电缆连接到(a)和(b)。  
(a) F传感器电缆连接器  
(b) 要使用的力觉传感器I/F的力觉传感器的连接器Sensor端口。

力觉传感器I/F单元(FS1):

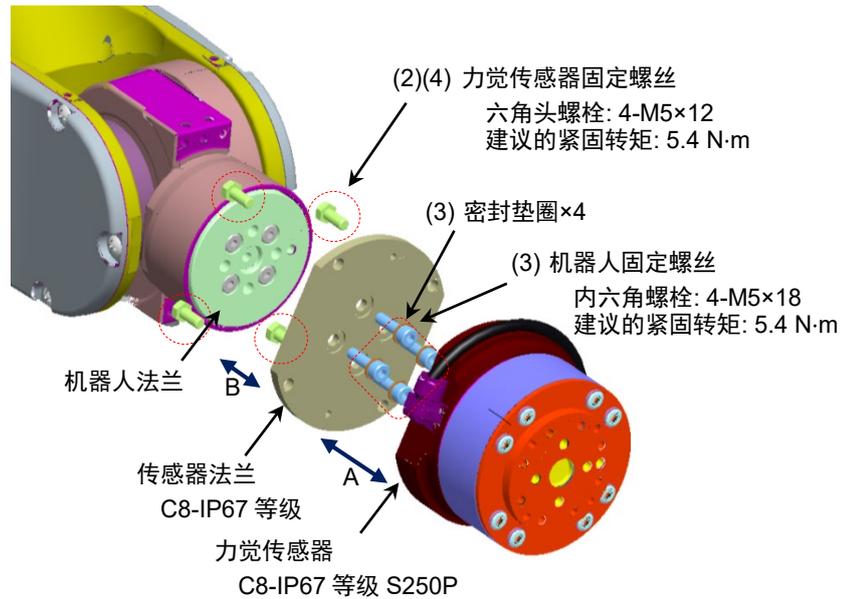


力觉传感器I/F电路板(FS2):

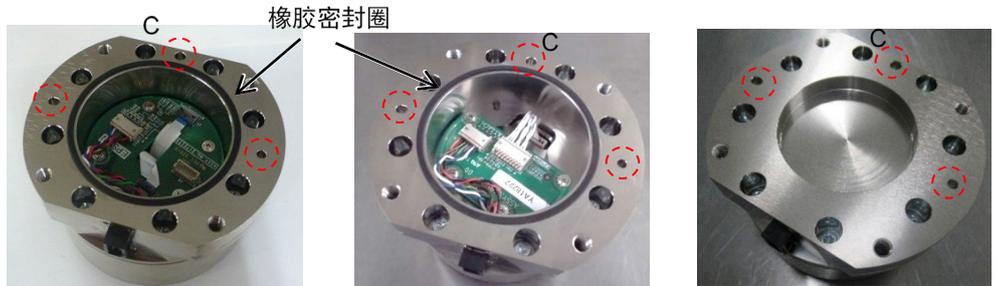


- (7) 将机器人操作到任意姿态，然后记录传感器初始输出数据。

6.1.3 S250P(适用于C8: IP67等级)



- (1) 关闭控制器电源。
- (2) 从力觉传感器上取下传感器法兰。(A)  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓:4-M5×12)  
(发货时,传感器已安装到传感器法兰上。)
- (3) 将传感器法兰安装到机器人法兰上。(B)  
首先,将传感器法兰上的两个定位点(定位插脚和中心的突出部分)与机器人法兰对准,同时插入传感器法兰。  
然后,将密封垫圈插入到发货时随附的机器人固定螺丝的根部。  
使用螺栓固定传感器法兰和机器人法兰。  
机器人固定螺丝(内六角螺栓: 4-M5×18)  
建议的紧固转矩: 5.4 N·m
- (4) 将力觉传感器安装到已在步骤(3)中固定的传感器法兰上。(A)  
传感器电路板有3种类型但安装方法相同,请注意。

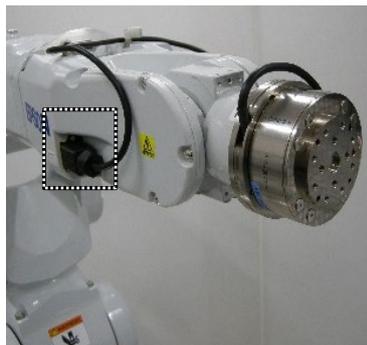


安装力觉传感器,以便传感器法兰上的三个定位插脚与传感器上的定位孔(C)彼此吻合。

插入传感器时,请尽力阻止异物附着于安装面。此外,请小心不要触碰橡胶密封圈。

使用已在步骤(2)中卸下的螺栓固定传感器法兰和力觉传感器。  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M5×12)  
建议的紧固转矩: 5.4 N·m

- (5) 将力觉传感器电缆连接到机器人上的力觉传感器电缆连接器。  
如下图所示，机器人与力觉传感器的连接器有2种类型，安装时请注意。



F 传感器电缆连接器



力觉传感器电缆

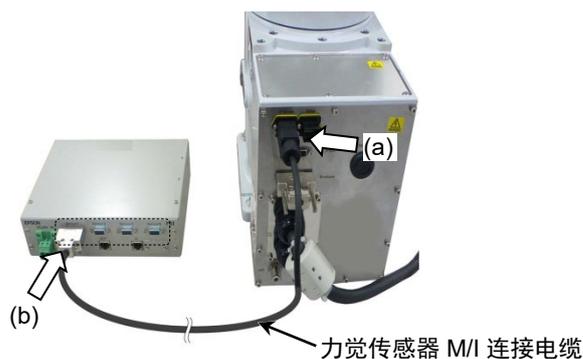
F 传感器电缆连接器



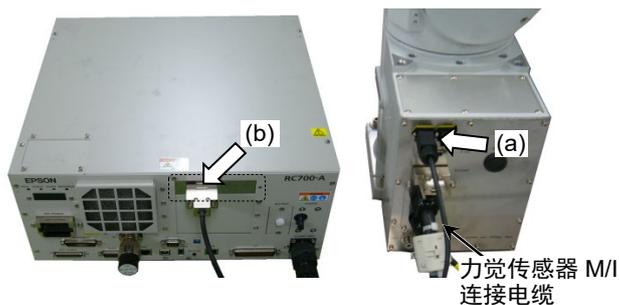
力觉传感器电缆

- (6) 将力觉传感器M/I连接电缆连接到(a)和(b)。  
(a) F传感器电缆连接器  
(b) 要使用的力觉传感器I/F的力觉传感器的连接器Sensor端口。

力觉传感器I/F单元(FS1):



力觉传感器I/F(FS2)电路板:





可按照以下步骤锁住连接器防止脱落

1. 将连接器插到底



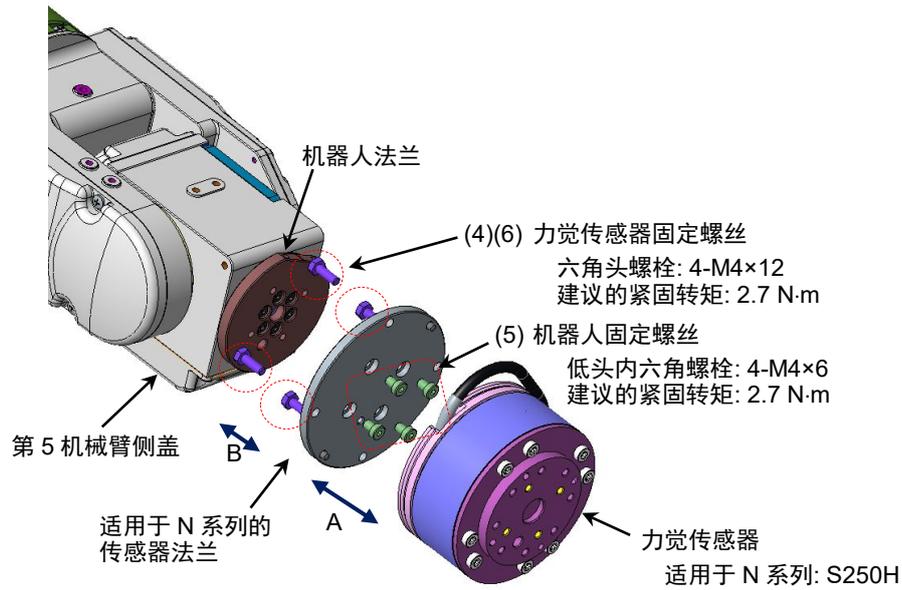
2. 将第二个锁扣旋转 30°



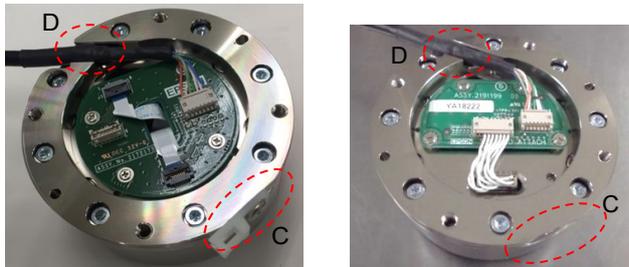
3. 锁住连接器



6.1.4 S250H(适用于N2系列)

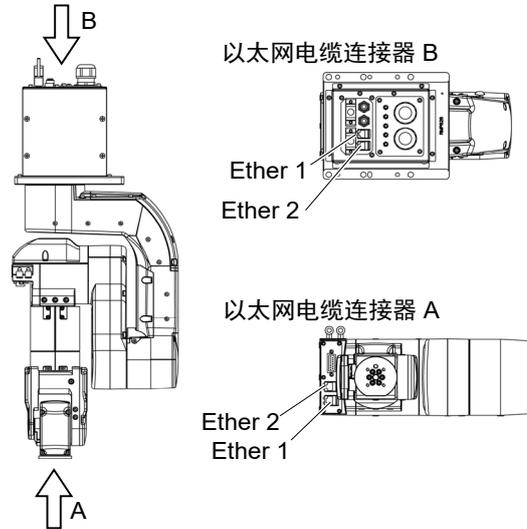


- (1) 使第6关节从原始姿态倾斜大约+20°。
- (2) 关闭控制器电源。
- (3) 取下机器人上第5机械臂的侧盖。  
(十字槽头螺丝: 4-M3×6)
- (4) 从力觉传感器上取下传感器法兰。(A)  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M4×12)  
(发货时, 传感器已安装到传感器法兰上。)
- (5) 将传感器法兰安装到机器人法兰上。(B)  
首先, 将传感器法兰上的两个定位点(定位插脚和中心的突出部分)与机器人法兰对准, 同时插入传感器法兰。  
使用螺栓固定传感器法兰和机器人法兰。  
机器人固定螺丝(低头内六角螺栓: 4-M4×6)  
建议的紧固转矩: 2.7 N·m
- (6) 将力觉传感器安装到已在步骤(5)中固定的传感器法兰。(A)  
传感器电路板有两种类型。请注意, 传感器安装方法因传感器而异。



对准传感器法兰和力觉传感器上的切口(C)。将传感器法兰上的两个定位插脚插入到传感器上, 同时插入传感器法兰。  
此时, 调整力觉传感器电缆的位置, 以便由热收缩管包裹的部分位于(D)。  
使用已在步骤(4)中卸下的螺栓固定传感器法兰和力觉传感器。  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M4×12)  
建议的紧固转矩: 2.7 N·m

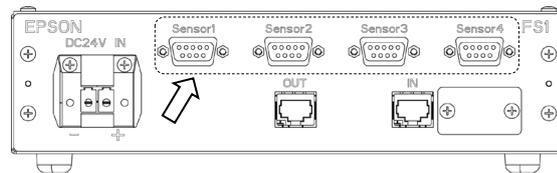
- (7) 安装机器人上第5机械臂的侧盖。  
(十字槽头螺丝: 4-M3×6 建议的紧固转矩: 0.45 N·m)
- (8) 将力觉传感器电缆固定到机器人上。  
正确放置电缆, 以避免干扰机器人动作以及对电缆施加负载。
- (9) 将力觉传感器电缆连接到以下连接器。  
以太网电缆连接器A(Ether1或Ether2)



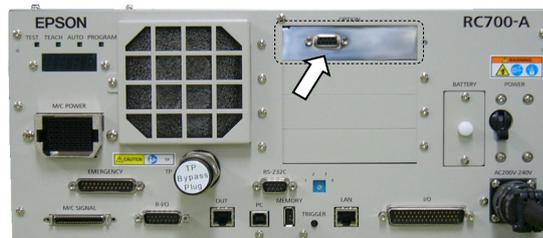
- (10) 将力觉传感器M/I连接电缆连接到(a)和(b)。

- (a): 以太网电缆连接器B  
与步骤(9)中连接的连接器具有相同名称的连接器(Ether1或Ether2)
- (b): 连接到要使用的力觉传感器I/F  
连接到力觉传感器的连接器Sensor端口。

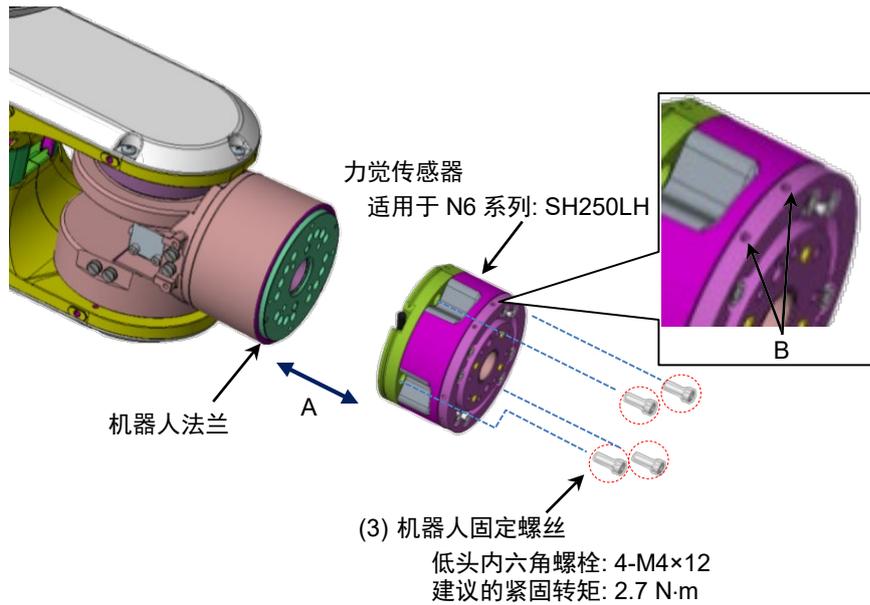
力觉传感器I/F单元:



力觉传感器I/F电路板:



6.1.5 SH250LH(适用于N6系列)



注意

■ 如果在B部位固定电缆，力觉传感器值可能会受影响。有关布线示例，请参阅以下章节。

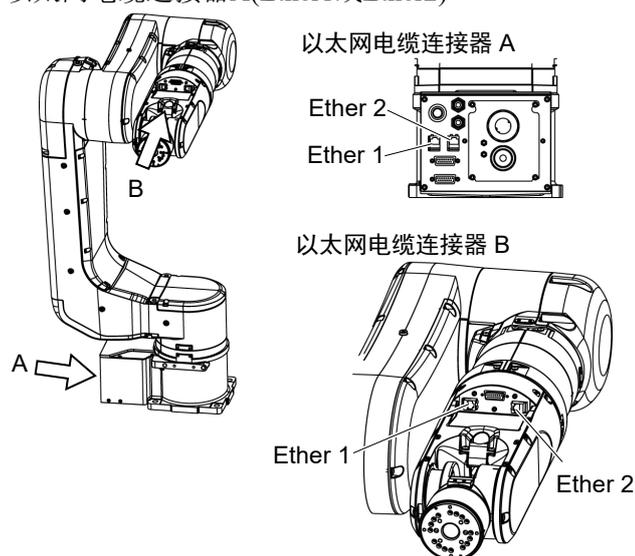
6.3.4 N6系列-SH250LH

- (1) 将机器人的第6关节移离原始姿态。
- (2) 关闭控制器电源。
- (3) 将传感器法兰安装到机器人法兰上。(A)  
 首先，将力觉传感器上的两个定位点(定位插脚)与机器人法兰对准，同时插入传感器法兰。(下图中的红色圆圈)  
 使用螺栓固定传感器法兰和机器人法兰。  
 机器人固定螺丝(低头内六角螺栓: 4-M4x12)  
 建议的紧固转矩: 2.7 N·m



- (4) 将力觉传感器电缆固定到机器人上。  
 正确放置电缆，以避免干扰机器人动作以及对电缆施加负载。

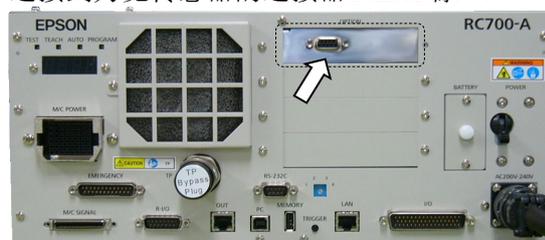
- (5) 将力觉传感器电缆连接到以下连接器。  
以太网电缆连接器A(Ether1或Ether2)



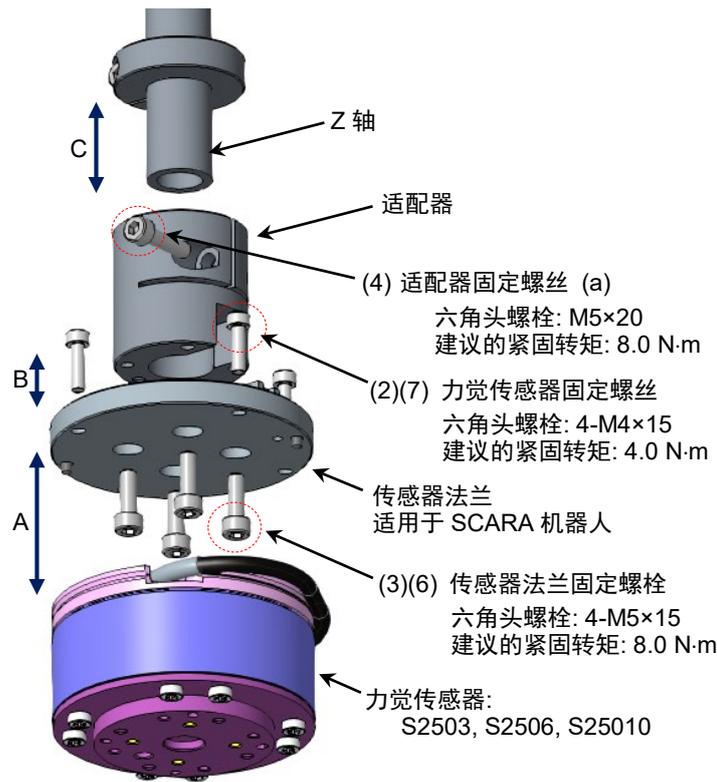
- (6) 将力觉传感器M/I连接电缆连接到(a)和(b)。

(a) :以太网电缆连接器B  
与步骤(5)中连接具有相同名称的连接器  
(Ether1或Ether2)

(b) :连接到要使用的力觉传感器I/F  
连接到力觉传感器的连接器Sensor端口。



6.1.6 S2503, S2506, S25010(适用于G系列、RS系列和GX系列)

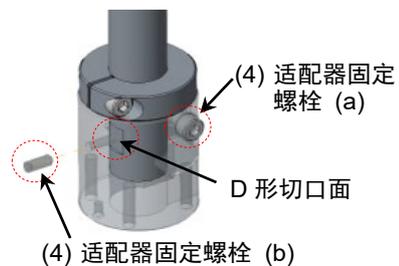


- (1) 关闭控制器电源。
- (2) 从力觉传感器上取下传感器法兰。(A)  
力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓: 4-M4×15)  
(发货时, 传感器已安装到传感器法兰上。)
- (3) 固定传感器法兰和适配器(B)  
传感器法兰固定螺丝(六角头螺栓: 4-M5×15)  
建议的紧固转矩: 8.0 N·m
- (4) 插入适配器并将其固定在距离Z轴末端30 mm处。(C)  
如果发货后Z限位器位置已更改, 请将适配器固定在与Z限位器接触的位置。

使用螺栓(a)和(b)固定。  
调整螺栓(b)的方向, 使其垂直接触Z轴上的D形切口面。

适配器固定螺丝(a):  
夹紧螺栓(内六角螺栓: M5×20)  
建议的紧固转矩: 8.0 N·m

适配器固定螺丝(b):  
定位螺丝  
(内六角定位螺丝: M4×10)  
建议的紧固转矩: 2.4 N·m

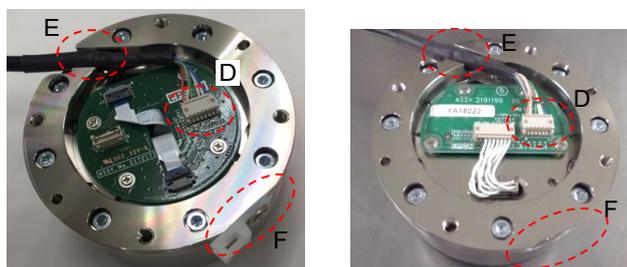


- (5) 将力觉传感器电缆连接到力觉传感器上的连接器(D)。

传感器电路板有两种类型。请注意，传感器安装方法因传感器而异。

将力觉传感器电缆穿过Z轴空心轴时，请遵循以下步骤。

1. 从轴的上部穿过力觉传感器电缆。
2. 从适配器上的开口拉出电缆。
3. 将力觉传感器电缆连接到力觉传感器上的连接器(D)。

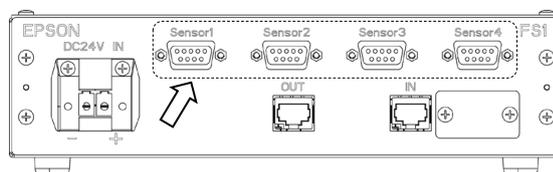


- (6) 将力觉传感器安装到已在步骤(3)中固定的传感器法兰。(A)  
 对准传感器法兰和力觉传感器上的切口(F)。将传感器法兰上的两个定位插脚插入到传感器上，同时插入传感器法兰。  
 此时，调整力觉传感器电缆的位置，以便由热收缩管包裹的部分位于(E)。
- (7) 使用已在步骤(2)中卸下的螺栓固定传感器法兰和力觉传感器。  
 力觉传感器固定螺丝(六角头螺栓:4-M4×15)  
 建议的紧固转矩:4.0 N·m
- (8) 将力觉传感器电缆固定到机器人上。  
 正确放置电缆，以避免干扰机器人动作以及对电缆施加负载。  
 有关电缆布线和接地的详细信息，请参阅以下章节。  
 硬件篇: 6.3 力觉传感器电缆的布线
- (9) 将力觉传感器M/I连接电缆连接到(a)和(b)。

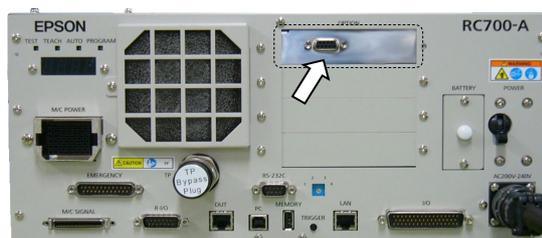
(a): F传感器电缆连接器

(b): 连接到要使用的力觉传感器I/F  
 连接到力觉传感器的连接器Sensor端口。

力觉传感器I/F单元:



力觉传感器I/F电路板:



 <b>注意</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 对于RS系列，将力觉传感器与D形切口面对准进行连接时，X轴和Y轴的正负方向将反转180度。传感器标签也将反转。 请采取以下措施，因为X轴和Y轴的力觉控制将按相反方向进行。(使用我们提供的法兰时。)</li></ul> <p>使用固件版本7.3.4.0以前的版本时:</p> <p>执行以下 SPEL+命令。</p> <pre>&gt; FSet Robot.FlangeOffset, 0, 0, -22, 180, 0, 180</pre> <p>参考: 《EPSON RC+ 7.0 选件 Force Guide 7.0 SPEL+语言参考》 FlangeOffset 属性</p> <p>将固件从版本7.3.4.0的以前的版本更新到版本7.3.4.0以后的版本时:</p> <p>在 EPSON RC+菜单-[Tool]-[Robot Manager]-[Mass/Gravity]面板中单击&lt;Defaults&gt;按钮。</p> <p>参考: EPSON RC+ 7.0 选件 Force Guide 7.0 软件:3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)</p>
--	---

## 6.2 夹具末端



客户必须组装夹具末端。  
有关夹具末端侧上的安装螺丝孔位置的详细信息，请参阅以下章节。  
硬件篇: 4.2 外部尺寸

 <b>注意</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ 设计夹具末端的传感器安装面，以便传感器能够与夹具末端完全贴合。此外，使用具有足够刚度的夹具末端，以便实现较高的传感器性能。</li><li>■ 操作安装了夹具末端的机器人时，由于以下因素，夹具末端可能会与机器人主体发生碰撞。 夹具末端外径/工件尺寸/力觉传感器外径/机械臂位置等</li></ul> <p>设计系统时，请特别注意夹具末端和力觉传感器的干涉区域。</p>
--	--

### 6.2.1 有关允许力矩的准则

下文介绍设计夹具末端时的预防措施。

机器人的关节存在允许力矩限制。您需要设计机器人，避免超过相应关节的允许力矩限制。允许力矩的计算方法如下所示。

负载和压装力矩的方向相同时：

力矩 [N·m]

= 负载质量(力觉传感器、夹具末端和工件)[kg]×重力加速度[m/s<sup>2</sup>]×旋转中心与负载重心之间的关节距离[m]+压装力[N]×旋转中心与接触点之间的关节距离[m]

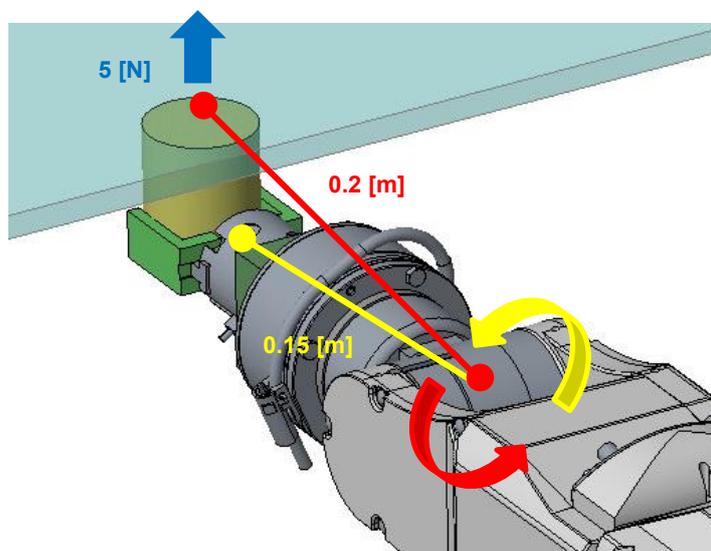
负载和压装力矩的方向不同时：

力矩 [N·m]

= 负载质量(力觉传感器、夹具末端和工件)[kg]×重力加速度[m/s<sup>2</sup>]×旋转中心与负载重心之间的关节距离[m]-压装力[N]×旋转中心与接触点之间的关节距离[m]

计算示例: 向上(C4: J5)

向上施加 5 N 时，向 C4 系列机器人上的 J5 施加的允许力矩的计算步骤。



对 J5 施加的力矩[N·m]

= 负载质量(力觉传感器、夹具末端和工件)[kg]×重力加速度[m/s<sup>2</sup>]×J5 旋转中心与负载重心之间的距离[m]+压装力[N]×J5 旋转中心与接触点之间的距离[m]

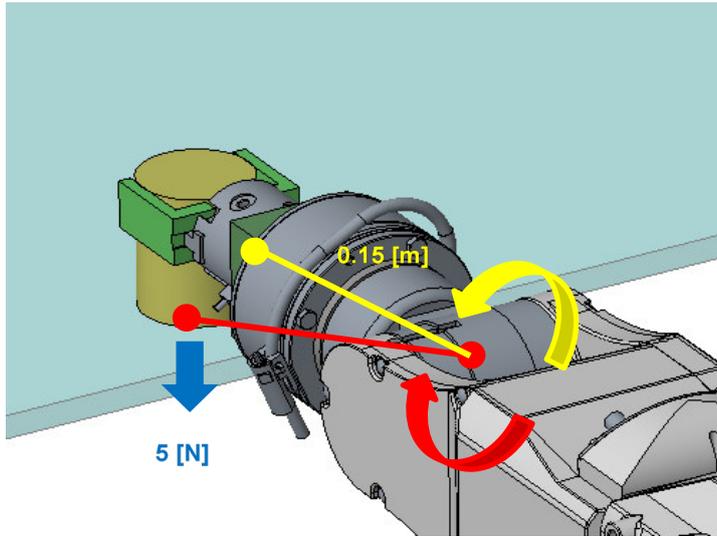
= 1 [kg]×9.8 [m/s<sup>2</sup>]×0.15 [m]+5 [N]×0.2 [m]

= 2.47 [N·m]

此力矩没有任何问题，因为对 J5 施加的力矩 2.47 [N·m]未超过 C4 的 J5 的允许力矩 4.41 [N·m]。

计算示例: 向下(C4:J5)

向下施加 5 N 时，向 C4 系列机器人上的 J5 施加的允许力矩的计算步骤。



对 J5 施加的力矩[N·m]

= 负载质量(力觉传感器、夹具末端和工件)[kg]×重力加速度[m/s<sup>2</sup>]×J5 旋转中心与负载重心之间的距离[m]–压装力[N]×J5 旋转中心与接触点之间的距离[m]

= 1 [kg]×9.8 [m/s<sup>2</sup>]×0.15 [m]-5 [N] ×0.2 [m]

= 0.47 [N·m]

此力矩没有任何问题，因为对 J5 施加的力矩 0.47 [N·m]未超过 C4 的 J5 的允许力矩 4.41 [N·m]。

对其他关节进行相同考虑或验证。

### 6.2.2 有关关节转矩的准则

如果应用施加非常大的力或夹具末端/工件的负载很沉重，请遵循下面显示的指导并检查关节转矩。

#### 检查关节峰值转矩

PTRQ 可以获取或显示峰值转矩。(有关用法，请参阅示例程序。)

如果 PTRQ 为“1”，可能会发生安全问题。检查以确保 PTRQ 小于“1”。

```

Function PTRQ_Check      '用于获取或显示 PTRQ 的示例程序
  Integer i
  Double PT(6)
  Do                    '重复动作部分和 PTRQ 获取部分
    PTCLR              '清除峰值转矩
'---动作部分(示例)---动作部分是一个示例，由用户描述
    TLSet 1, XY(0, 0, -49, 0, 0, 0) '设定工具 1
    Tool 1             '指定工具 1
    Motor On          '电机处于 On 状态
    Power High        '高功率
    Speed 100         'PTP 动作速度设定
    Accel 100, 100    'PTP 动作加速度设定
    SpeedS 50         'CP 动作速度设定
    AccelS 500, 500   'CP 动作加速度设定

    Go P1              'PTP 动作转到 P1
    Go P2 +Z(20)      '移动到 P2+Z20 mm
    Move P2

    FSet FC1.Fz_Enabled, True '仅对 Fz 启用力控制功能
    FSet FC1.Fz_Spring, 0     '虚拟弹性系数为 0
    FSet FC1.Fz_Damper, 10    '虚拟阻尼系数为 10
    FSet FC1.Fz_Mass, 10      '虚拟质量系数为 10
    FSet FC1.Fz_TargetForce, -50 '将 Fz 的目标力设为-50 N
    Wait 0.3                  '等待 0.3 秒
    FSet FS1.Reset           '重置力觉传感器
    FCKeep FC1, 10          '执行力控制功能 10 秒

    Move P2                  '移动到 P2
    Go P2 +Z(20)            '移动到 P2+Z20 mm
'-----
    For i = 1 To 6          '重复 1 到 6
      PT(i) = PTRQ(i)      '获取 PTRQ
      Print "PT_J", i, "=", PTRQ(i) '显示 PTRQ
    Next
  Loop
Fend

```

### 关节的过载率

OLRate 可以获取或显示过载率。(有关用法，请参阅示例程序。)

对关节施加过载时，OLRate 会上升；不再施加过载时，OLRate 会下降。

如果 OLRate 持续上升并变为“1”，将发生伺服错误并停止。请确保 OLRate 不持续上升。

具体来说，请检查一个动作周期的 OLRate 上升量是否为“0”。

```

Function OLRate_Check      '用于获取或显示 OLRate 的程序
  Integer i, j
  Double OLCheck(6), OL(6)
  Do                      '重复动作部分和 PTRQ 获取部分
'---动作部分(示例)---动作部分是一个示例, 由用户描述
    TLSet 1, XY(0, 0, -49, 0, 0, 0) ' 设定工具 1
    Tool 1                      ' 指定工具 1
    Motor On                    ' 电机处于 On 状态
    Power High                  ' 高功率
    Speed 100                   ' PTP 动作速度设定
    Accel 100, 100              ' PTP 动作加速度设定
    Speeds 50                   ' CP 动作速度设定
    Accels 500, 500            ' CP 动作加速度设定

    Go P1                       ' PTP 动作转到 P1
    Go P2 +Z(20)                ' 移动到 P2+Z20 mm
    Move P2                     ' CP 动作转到 P2

    FSet FC1.Fz_Enabled, True ' 仅对 Fz 启用力控制功能
    FSet FC1.Fz_Spring, 0      ' 虚拟弹性系数为 0
    FSet FC1.Fz_Damper, 10    ' 虚拟阻尼系数为 10
    FSet FC1.Fz_Mass, 10      ' 虚拟质量系数为 10
    FSet FC1.Fz_TargetForce, -50 ' 将 Fz 的目标力设为-50 N
    Wait 0.3                   ' 等待 0.3 秒
    FSet FS1.Reset            ' 重置力觉传感器
    FCKeep FC1, 10           ' 执行力控制功能 10 秒

    Move P2                    ' 移动到 P2
    Go P2 +Z(20)              ' 移动到 P2+Z20 mm

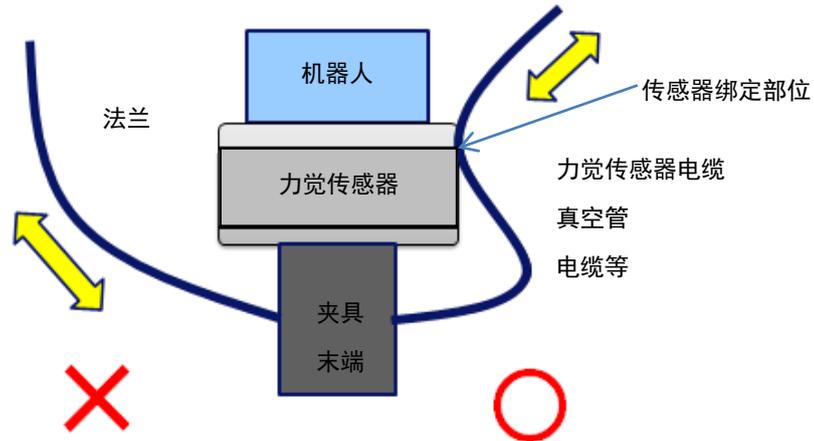
'-----
    For i = 1 To 6              ' 重复 1 到 6
      If j = 1 Then            ' 对于第二个周期或后续周期
        OLCheck(i) = OLRate(i) - OL(i)
                              ' 获取一个动作周期的 OLRate 上升量
        OL(i) = OLRate(i) ' 获取 OLRate
        Print "OLCheck_J", i, "=", OLCheck(i)
                              ' 显示一个动作周期的 OLRate 上升量
      Else
        OL(i) = OLRate(i) ' 获取 OLRate
      EndIf
    Next
    j = 1
  Loop
Fend

```

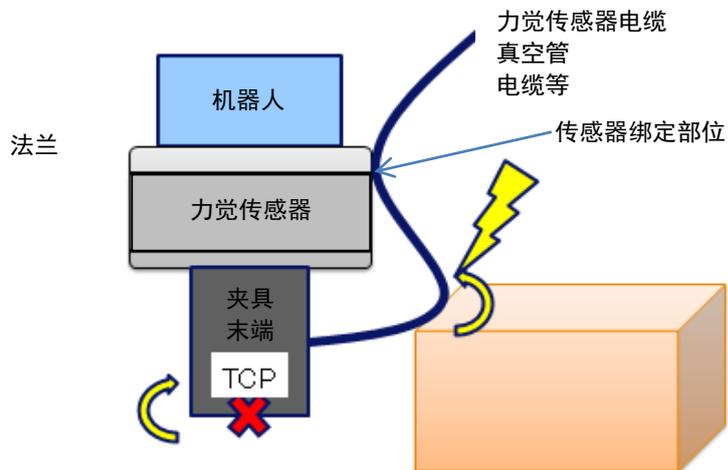
### 6.2.3 有关电线和套管的注意事项

将电缆连接到夹具末端或从套管中拉出电缆时，夹具末端可能会受力。力觉传感器也会检测到该力。该力可能会对操作产生不利影响。因此，请将电缆和套管固定到传感器绑定部位。

将电线和套管固定到传感器绑定部位，以便减小弹力或重力的影响。



电线或套管与周围物体接触时，可能会产生力或转矩。固定电线和套管，以免接触周围物体。

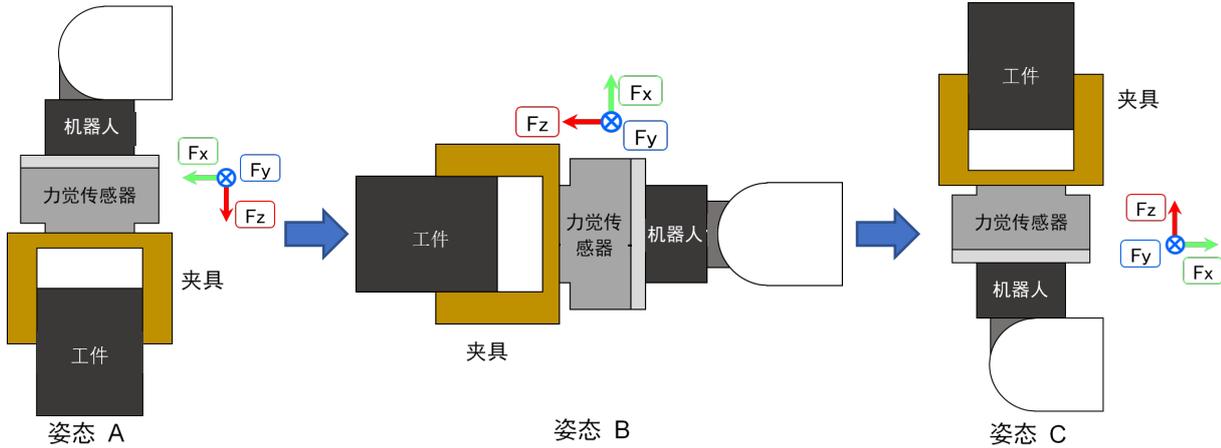


### 6.2.4 搬运高负载或重物时的注意事项

搬运高负载或重量大的工件时，可能会因为动作方式不同而超过力觉传感器的额定负载。使用前，请在客户环境中进行事前验证，并设置速度和加速度以确保不超过额定负载(详细信息请参阅 4. 力觉传感器)。当力觉控制中超过额度负载时，会发生5548错误。

### 6.2.5 力觉传感器的姿态变化时的注意事项

当重置力觉传感器后姿态发生大幅变化时，力觉控制的范围可能会受到限制。  
 下图中假设当安装了力觉传感器的夹具，抓取了一个工件 (工件和夹具合计质量 50[N])，然后从姿态A移动到姿态C，第五关节发生了180度变化。



各姿态下力觉传感器的负载如下所示。

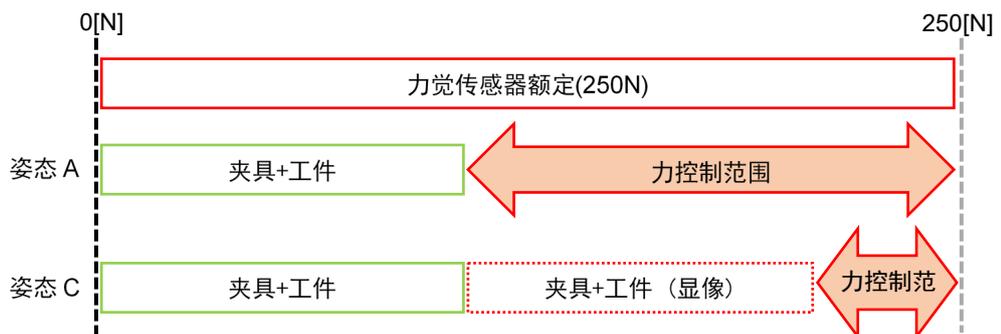
	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]
姿态A	0	0	50
姿态B	-50	0	0
姿态C	0	0	-50

如果在姿态A中将力觉传感器重置，则根据上表中的姿态A，输出将变为0。然后当移动到各姿态时，力觉传感器的输出值如下。

	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]
姿态A	0	0	<b>0</b>
姿态B	-50	0	<b>-50</b>
姿态C	0	0	<b>-100</b>

在姿态C上，施加在力觉传感器上的力是夹具+工件质量，但是力觉传感器的输出值是其两倍。在这个姿态C上做按压动作时，力觉感应器本应该可控制250[N]的力，但是因为力觉传感器已经受到了100[N]的力，所以最大可控制的力则缩小为150[N]。当力控制中的力觉传感器的输出值超过了额定范围时，则会发生5548错误。创建程序时请注意不要超过额定范围。

有关重力补偿时的详细信息，请参阅“软件篇 2.2 坐标转换和2.3 重力补偿”。



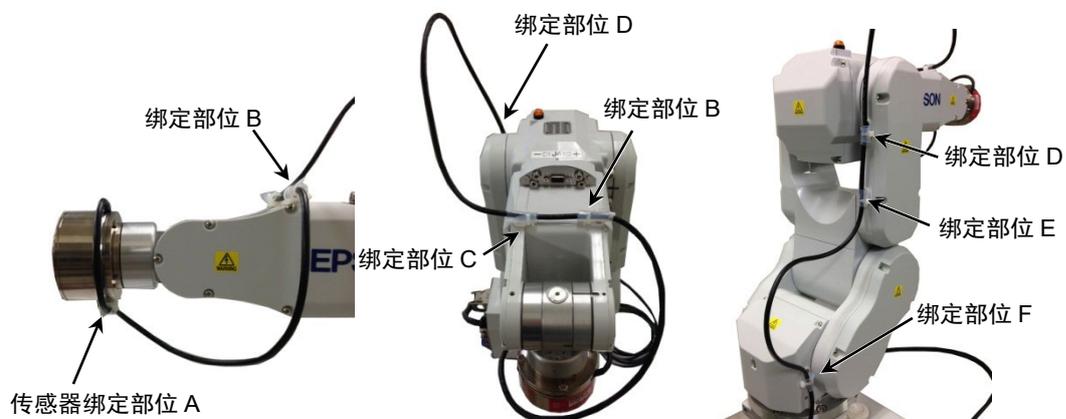
## 6.3 力觉传感器电缆的布线

以下是建议的力觉传感器布线示例和机器人大致的操作范围。

对于实际应用，请根据机器人用途固定电线。

### 6.3.1 C4系列-S250N

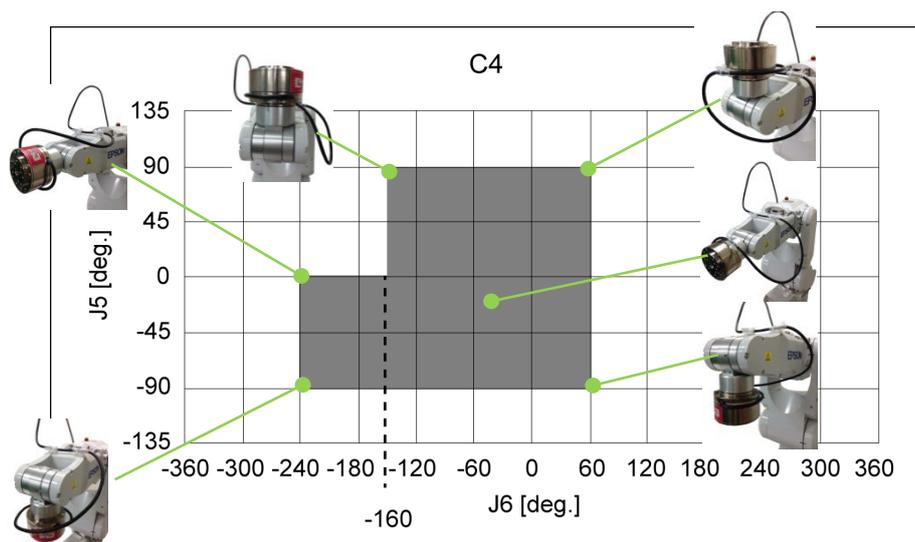
#### C4系列机器人布线示例



A到B的长度(长度超过J5和J6的旋转范围): 400 mm

根据机器人动作调整C到D的长度和E到F的长度。

C4系列机器人大致的操作范围

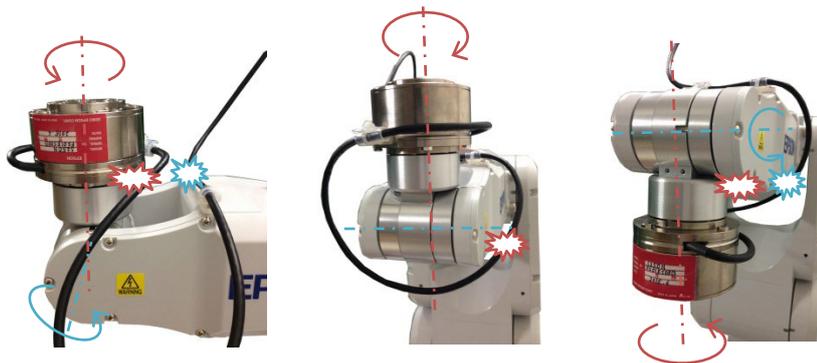


J5	J6
0~90 度	-160~60 度
-90~0 度	-240~60 度



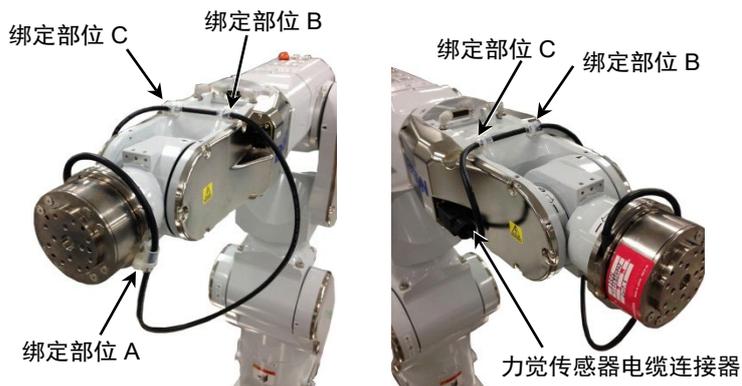
注意

- 电缆在存放期间可能会变形。请小心操作，并确保电缆的弯曲半径比电缆直径大5倍(R=30 mm以上)。
- 如下图中所示，电缆可能会与机器人发生摩擦，具体取决于机器人动作。为电缆布线时，请确保检查电缆是否与机器人接触和摩擦。



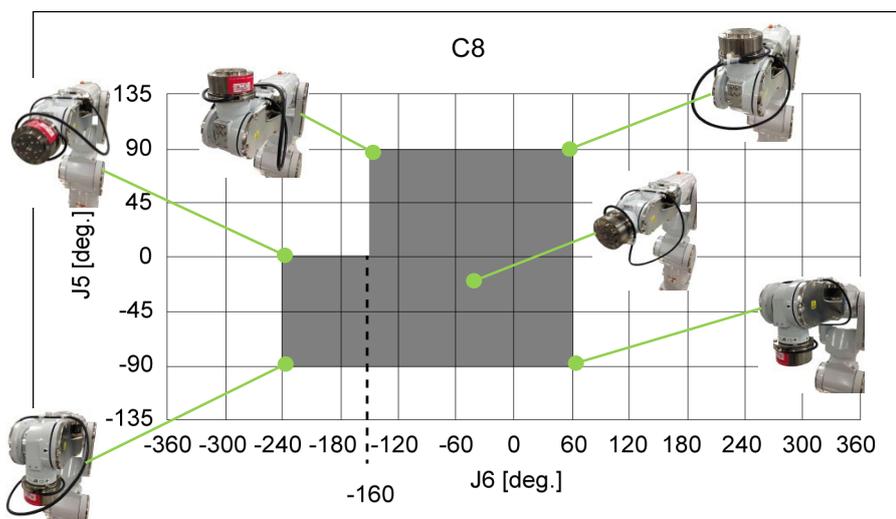
### 6.3.2 C8, C12系列-S250L、C8系列-S250P

C8, C12系列机器人布线示例



A到B的长度(长度超过J5和J6的旋转范围): 475 mm

C8, C12系列机器人大致的操作范围



J5	J6
0~90 度	-160~60 度
-90~0 度	-240~60 度



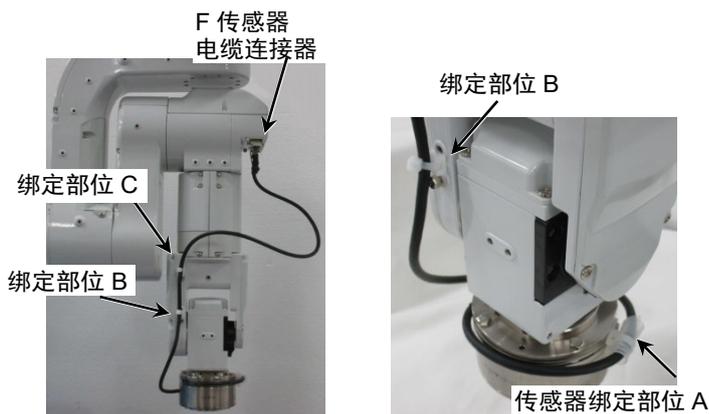
注意

- 电缆在存放期间可能会变形。请小心操作，并确保电缆的弯曲半径比电缆直径大5倍(R=30 mm以上)。
- 如下图中所示，电缆可能会与机器人发生摩擦，具体取决于机器人动作。为电缆布线时，请确保检查电缆是否与机器人接触和摩擦。



### 6.3.3 N2系列-S250H

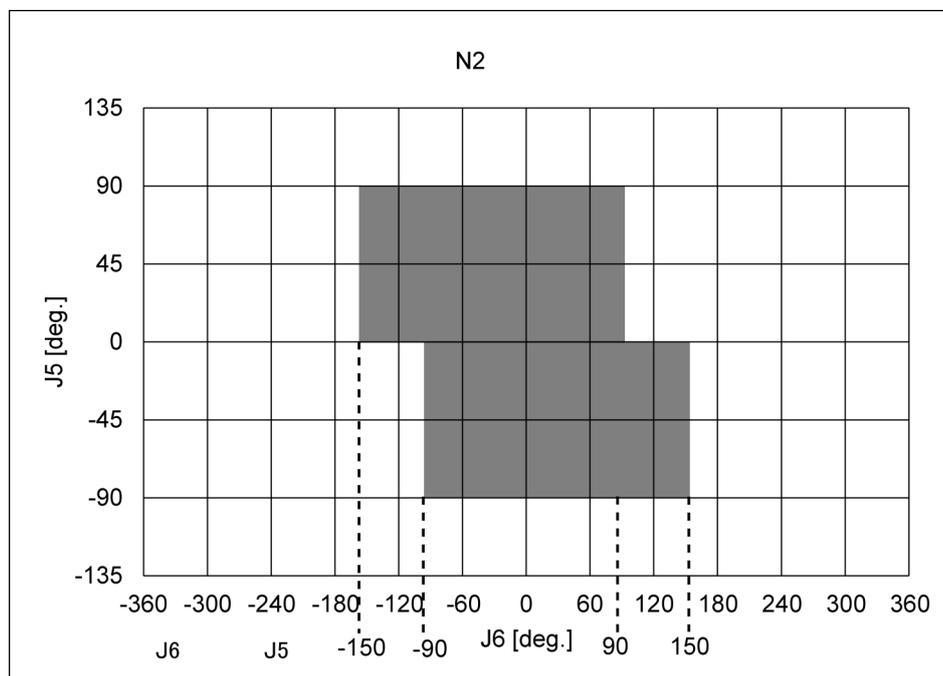
#### N2 系列机器人布线示例



A到B的长度(长度超过J5和J6的旋转范围): 330 mm

按照以上示例安装电缆时，电缆直径应该是 13 mm 或更小。

按照以上示例进行布线时 N2 系列机器人大致的动作范围

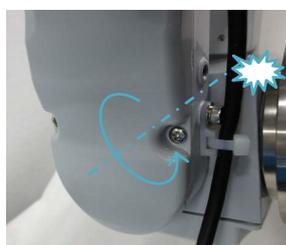


J5	J6
0~90 度	-150~90 度
-90~0 度	-90~150 度



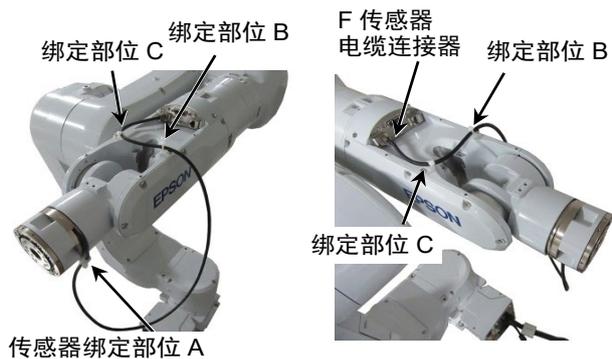
注意

- 电缆在存放期间可能会变形。请小心操作，并确保电缆的弯曲半径比电缆直径大5倍( $R=30\text{ mm}$ 以上)。
- 如下图中所示，电缆可能会与机器人发生摩擦，具体取决于机器人动作。为电缆布线时请特别小心，并确保检查电缆是否与机器人接触和摩擦。特别是，如果在第2机械臂与第4机械臂彼此重叠时旋转第4关节，电缆可能会卡在中间。这方面需要注意。



### 6.3.4 N6系列-SH250LH

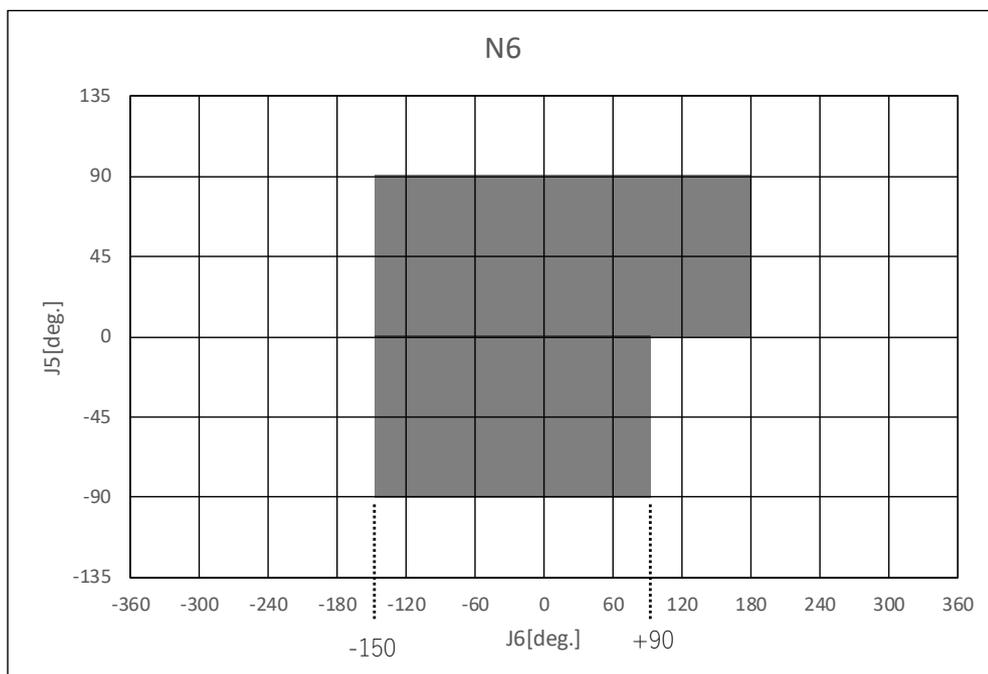
#### N6 系列机器人布线示例



A到B的长度(长度超过J5和J6的旋转范围): 500 mm

按照以上示例安装电缆时，电缆直径应该是 13 mm 或更小。

按照以上示例进行布线时 N6 系列机器人大致的动作范围



J5	J6
0~90 度	-150~180 度
-90~0 度	-150~90 度

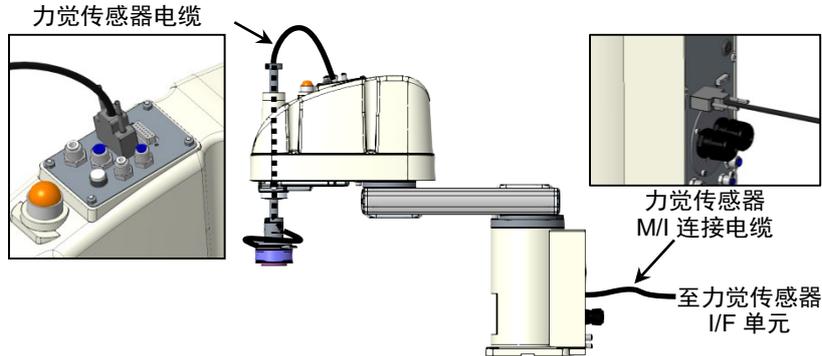


- 电缆在存放期间可能会变形。请小心操作，并确保电缆的弯曲半径比电缆直径大5倍( $R=30\text{ mm}$ 以上)。
- 如下图中所示，电缆可能会与机器人发生摩擦，具体取决于机器人动作。为电缆布线时，请确保检查电缆是否与机器人接触和摩擦。  
特别是，如果在第2机械臂与第4机械臂彼此重叠时旋转第4关节，电缆可能会卡在中间。这方面需要注意。
- 从中心孔穿过电缆时，电缆的重量可能会影响传感器值。为电缆布线时，请注意固定位置。  
如果电缆重量会影响操作，请参阅本节中的布线示例固定电缆。

6.3.5 G系列和GX系列-S2503, S2506, S25010

布线示例1: 使用D-sub时

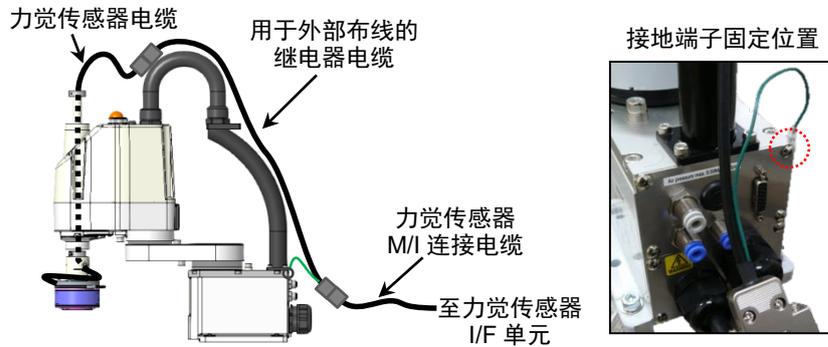
G6、G10、G20、GX8、GX10-B、GX20-B系列使用用户连接器D-sub(9针)来安装力觉传感器。



布线示例2: 使用电缆套管和外部布线选件等时

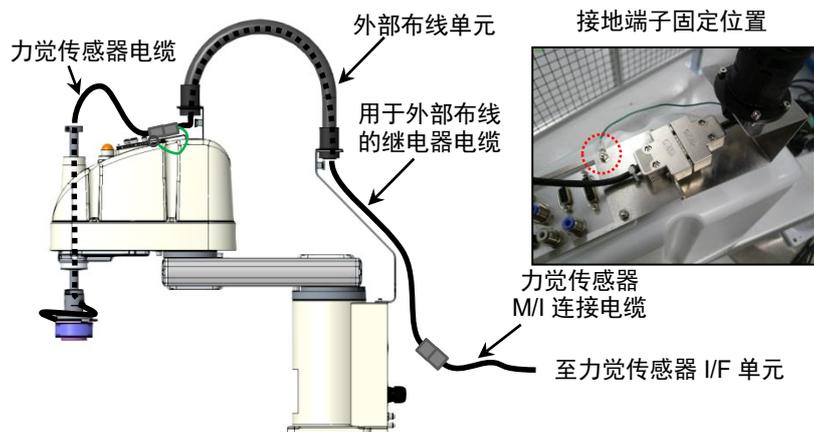
对于G3和GX4系列, 请使用电缆套管将电缆安装在机器人外部。

将电缆安装在机器人外部时, 请确保将继电器电缆的接地线安装到机器人上的指定位置。

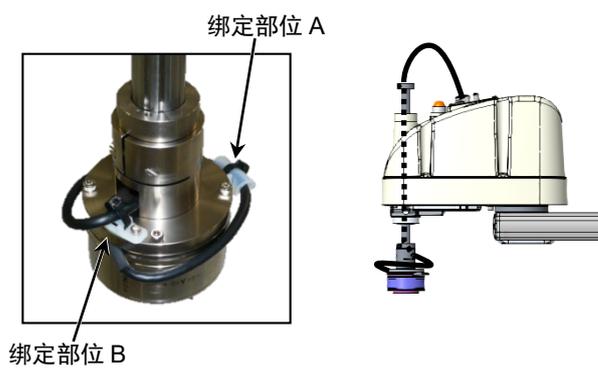


对于G6、G10、G20、GX8、GX10-B和GX20-B系列, 可以使用以下产品选件进行外部布线。

产品选件		编号
外部布线单元	G6-***S 适用于台面安装/标准型规格	R12NZ900GX
	GX8-***S 适用于台面安装/标准型规格	R12NZ901BY
	G6-***S 适用于吊顶安装/侧壁安装/标准型规格	R12NZ900GY
	GX8-***SR/SW 适用于吊顶安装/侧壁安装/标准型规格	R12NZ901BZ
	G10/G20-***S 适用于台面安装/标准型规格	R12NZ900GZ
	GX10/GX20-B-***S 适用于台面安装/标准型规格	R12NZ900GZ
	G10/G20-***SR/SW 适用于吊顶安装/侧壁安装/标准型规格	R12NZ900H1
GX10/GX20-B-***SR/SW 适用于吊顶安装/侧壁安装/标准型规格	R12NZ900H1	
继电器电缆		R12NZ900RW



布线示例1和2将附带的电缆固定用钣金和扎带用于下面的绑定部位A和B。对于其他部位，请根据机器人动作固定电缆。

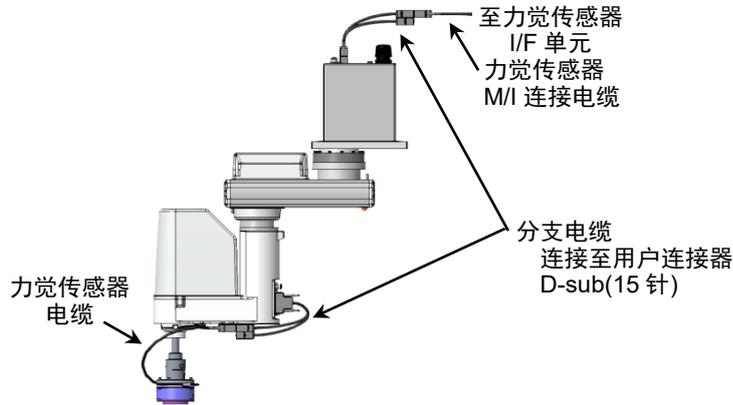


 <b>注意</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 电缆在存放期间可能会变形。请小心操作，并确保电缆的弯曲半径比电缆直径大5倍(R=30 mm以上)。</li> <li>■ 如下图中所示，电缆可能会与机器人发生摩擦或处于拉紧状态，具体取决于机器人动作。 为电缆布线时，请注意此问题，并检查电缆是否与机器人接触和摩擦或处于拉紧状态。</li> </ul>
--	---



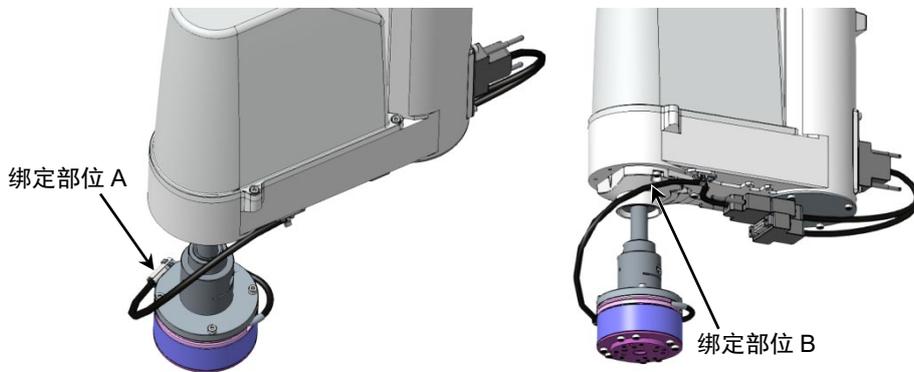
### 6.3.6 RS系列-S2503

RS系列使用用户连接器D-sub(15针)来安装力觉传感器。  
请使用附带的分支电缆连接用户连接器和力觉传感器电缆。  
分支电缆将用户连接器D-sub(15针)分成6针和9针。



使用附带的扎带和电缆固定用钣金在绑定部位A和B进行固定。  
对于其他部位，请根据机器人动作固定电缆。

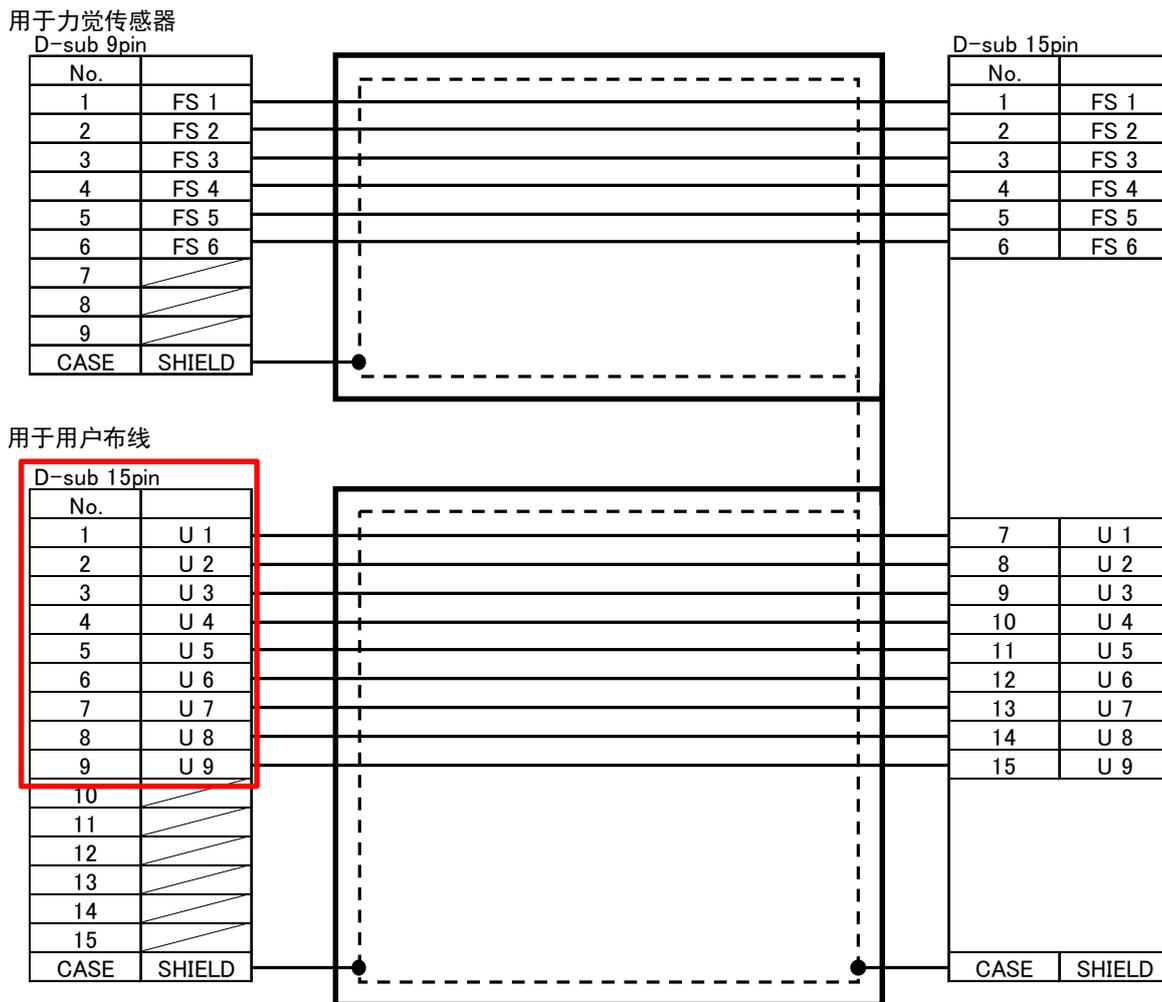
A到B的长度(长度超过J4的旋转范围): 350 mm



按照以上示例安装电缆时，请将机器人动作设定在以下大致范围内。

J4
+180 度
-180 度

使用分支电缆从用户连接器D-sub(15针)分出6针并将其用于力觉传感器。请参阅下图使用剩余的9针。



- 电缆在存放期间可能会变形。请小心操作，并确保电缆的弯曲半径比电缆直径大5倍(R=30 mm以上)。
- 如下图中所示，电缆可能会与机器人发生摩擦，具体取决于机器人动作。为电缆布线时，请注意此问题，并检查电缆是否与机器人接触和摩擦。



## 7. 维护部件列表

要购买本章中列出的维护部件，请联系您所在地区的销售商。

### 7.1 力觉传感器

名称		编号	备注		
适用于 C4 系列	S250N	力觉传感器 *1	1673545 S250N		
		力觉传感器电缆 *2	2174940 C4_STD_FS-RB_CABLE_UNIT		
		力觉传感器 M/I 连接电缆 *3	3 m	2172839 C4_CABLE_UNIT_3 m	
			5 m	2172841 C4_CABLE_UNIT_5 m	
			10 m	2172842 C4_CABLE_UNIT_10 m	
			20 m	2172843 C4_CABLE_UNIT_20 m	
		传感器法兰	1673548 C4_J6_FLANGE_PLATE_UNIT		
		机器人固定螺丝 *4	1665754 低头内六角螺栓: M4×6 CSHBTT-ST3W-M4-6		
		力觉传感器固定螺丝 *4	1665741 六角头螺栓: M4×12 H.BOLT.SCREW, 4×12, F/ZN-3C		
连接器外罩	1680038				
适用于 C8, C12 系列 *9	S250L  (IP20 等级)	力觉传感器 *1	1673546 S250L		
		力觉传感器电缆 *5	2172845 C8STD_FS-RB_CABLE_UNIT		
		传感器法兰	1673549 C8_STD_J6_FLANGE_PLATE_UNIT		
		机器人固定螺丝 *4	1665764 内六角圆头螺栓:M5×15 H.B.BOLT.SCREW, 5×15, F/ZN-3C		
	S250P  (IP67 等级)	力觉传感器 *1	1673547 S250P		
		力觉传感器电缆 *5	2172856 C8_IP_FS-RB_CABLE_UNIT		
		传感器法兰	1673550 C8IP67_J6_FLANGE_PLATE_UNIT		
		机器人固定螺丝 *4	1665760 内六角螺栓: M5×18 H.S.C.BOLT.SCREW, 5×18, F/ZN-3C		
		密封垫圈 *4	1665759 SEAL_WASHER_M5		
	S250L S250P	力觉传感器 M/I 连接电缆 *3	3 m	2172846 C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_3 m	
			5 m	2172847 C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_5 m	
			10 m	2172848 C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_10 m	
			20 m	2172849 C8_RB-BOX_CABLE_UNIT_20 m	
		力觉传感器固定螺丝 *4	1665765 六角头螺栓:M5×12 H.BOLT.SCREW, 5×12, F/ZN-3C		
	适用于 N2 系列	S250H	力觉传感器 *1	1673545 S250H	
			力觉传感器电缆	2177523 FSSPC01-S250H-HPARM-MV-00	
			力觉传感器 M/I 连接电缆 *3	3 m	2179196 N2_RB-BOX_CABLE_UNIT_3 m
				5 m	2179197 N2_RB-BOX_CABLE_UNIT_5 m
				10 m	2179198 N2_RB-BOX_CABLE_UNIT_10 m
传感器法兰			1700933 N2_J6_FLANGE_PLATE_UNIT		
机器人固定螺丝 *4			1665754 低头内六角螺栓: M4×6 CSHBTT-ST3W-M4-6		
力觉传感器固定螺丝 *4			1665741 六角头螺栓: M4×12 H.BOLT.SCREW, 4×12, F/ZN-3C		

名称		编号	备注		
适用于 N6 系列	SH250LH	力觉传感器 *1	1749809	SH250LH	
		力觉传感器电缆		2189943	N6_CABLE_UNIT
		力觉传感器 M/I 连接电缆 *3	3 m	2177520	FSSPC3M-HPBASE-FS1-MV-00
			5 m	2177521	FSSPC5M-HPBASE-FS1-MV-00
			10 m	2177522	FSSPC10M-HPBASE-FS1-MV-00
	20 m		2189877	FSSPC20M-N6BASE-FSIF-MV-01	
机器人固定螺丝 *4		1546620	低头内六角螺栓: M4×12 H S C BOLT 4X12 F NI		
适用于 RS, G, GX 系列	S2503	力觉传感器 *1	1673545		
	S2506	传感器法兰 *6		1701390	SC_FLANGE_PLATE_UNIT
	S25010	力觉传感器电缆 *7	0.4 m	2178628	FSSPC0P4-S250-SCARM-MV-00
			1.2 m	2178629	FSSPC1P2-S250-SCARM-MV-00
			1.5 m	2178630	FSSPC1P5-S250-SCARM-MV-00
			2 m	2178631	FSSPC2P0-S250-SCARM-MV-00
	力觉传感器 M/I 连接电缆 *3	3 m	2179199	SC_RB-BOX_CABLE_UNIT_3m	
		5 m	2179200	SC_RB-BOX_CABLE_UNIT_5m	
		10 m	2179201	SC_RB-BOX_CABLE_UNIT_10m	
	继电器电缆 *7	2 m	2178635	FS_RELAY_CABLE-MV-00	
	分支电缆 *7	0.3 m	2178636	FS_BRANCH_CABLE-00	
	S2503	适配器 *8	1701391	适用于G3、RS3和RS4 SC 16ADAPTER_UNIT	
	S2506		1701392	适用于G6 SC 20ADAPTER_UNIT	
	S25010		1701393	适用于G10、G20、GX10-B和GX20-B SC 25ADAPTER_UNIT	
适用于 C4, C8, C12, N2, RS, G, GX 系列	S250N S250L S250P S250H	电缆硅胶保护垫	1675521	CABLE_PROTECTION_SHEET_S250	
	S2503 S2506 S25010	用于吊顶安装用轴标签	1692029	AXIS_LABEL_S250_FOR_CEILING-MOUNTED_RB	

- \*1 力觉传感器不附带以下部件。  
力觉传感器电缆, 力觉传感器 M/I 连接电缆, 传感器法兰
- \*2 力觉传感器电缆附带以下部件。  
连接器盖, 电缆固定用钣金, 扎带, 硅胶保护垫。
- \*3 力觉传感器 M/I 连接电缆附带电缆标签。
- \*4 螺栓和垫圈以一件为单位提供。(固定此部件需要四个螺丝和四个垫圈。)
- \*5 C8 的力觉传感器电缆附带以下部件。  
电缆固定用钣金, 扎带, 硅胶保护垫。
- \*6 传感器法兰附带以下螺栓。  
力觉传感器固定螺丝(内六角螺栓 4-M4×15)
- \*7 电缆因机器人而异。
- \*8 适配器附带以下螺栓。  
适配器固定螺丝(内六角螺栓: M5×20, 内六角定位螺丝: M4×10)
- \*9 C12 系列仅适用于 S250L。

## 7.2 力觉传感器I/F单元

名称	编号	备注
力觉传感器 I/F 单元	2172811	不附带电源连接器(公头)和通信电缆。
电源连接器(公头)	2172812	
电路板	2172813	
电源板	2172814	
通信电缆	R12NZ9006R	1.5 m
保险丝	2172341	

## 7.3 力觉传感器I/F电路板

名称	编号	备注
力觉传感器 I/F 电路板	2184536	仅电路板

# 软件篇



## 1. 检查连接

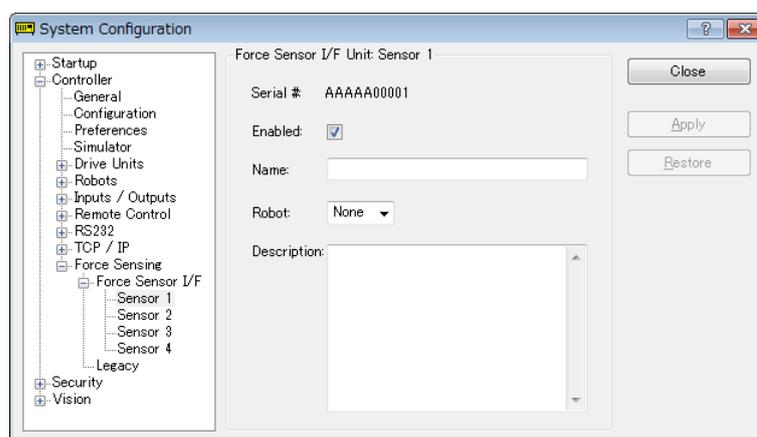


注意

- 如果力觉传感器和机器人的连接设定不正确，则机器人将根据配置不正确的传感器的输出进行移动。如果在该状态下执行力控制功能，机器人可能会意外运作。配置设定时请小心，在执行力觉控制前请先检查操作。

### 1.1 配置力觉传感器I/F单元

从树形菜单中，选择[Controller]-[Force Sensing]-[Force Sensor I/F]-[Sensor \*]。在[System Configuration]中配置力觉传感器 I/F 单元。

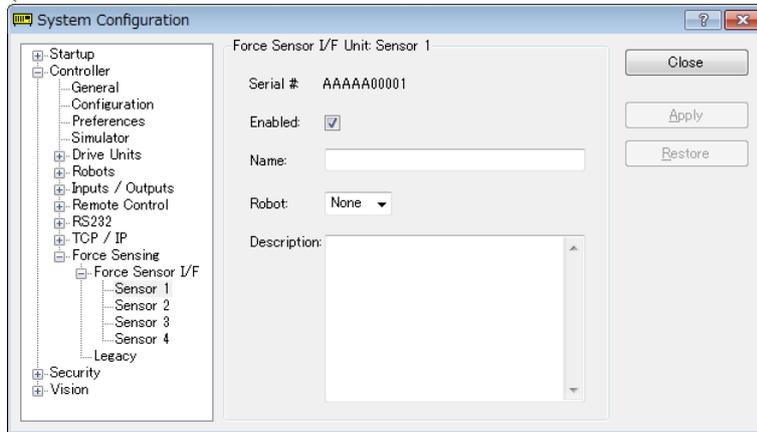


项目	说明
Serial #	这是力觉传感器的序列号(最多 10 个字符)。
Enabled	设定使用力觉传感器。 选中复选框: 从传感器获取力信息。
Name	设定力觉传感器的名称(最多 32 个单字节字符)。
Robot	设定力觉传感器与已添加机器人之间的连接。 选择力觉传感器连接的机器人编号。
Description	用户可输入任何评论(最多 255 个单字节字符)。
Close	关闭[System Configuration]对话框。 如果设定已更改，则重新启动系统。
Apply	保存已修改的值。
Restore	恢复原来的值。

### 力觉传感器连接步骤

按照以下步骤连接力觉传感器。

- (1) 使用力觉传感器 I/F 单元时:  
使用通信电缆连接机器人控制器和力觉传感器 I/F 单元。  
使用力觉传感器 I/F 电路板时:  
将力觉传感器 I/F 电路板安装在机器人控制器的选件插槽上。
- (2) 用力觉传感器电缆和力觉传感器 M/I 电缆连接力觉传感器和力觉传感器 I/F 单元或电路板。
- (3) 使用力觉传感器 I/F 单元时:  
打开力觉传感器 I/F 单元。
- (4) 打开机器人控制器。
- (5) 启动 EPSON RC + 7.0, 并与机器人控制器建立连接。
- (6) 从 Setup 菜单中, 选择[System Configuration]。  
此时系统将出现[System Configuration]对话框。
- (7) 从树形菜单中, 选择[Controller]-[Force Sensing]-[Force Controller I/F]-[Sensor 1]。  
(选择力觉传感器所连接的力觉传感器 I/F 单元的传感器端口编号。)



- (8) 在[Robot]中, 设定力觉传感器安装到的机器人的编号。
- (9) 要将更改应用于设定, 单击<Apply>按钮。  
要取消更改, 单击<Restore>按钮。
- (10) 单击<Close>按钮。  
单击此按钮将重新启动系统, 并将更改应用于设定。

### 力觉传感器断开步骤

按照以下步骤断开力觉传感器。

- (1) 启动 EPSON RC + 7.0，并与机器人控制器建立连接。
- (2) 从 Setup 菜单中，选择[System Configuration]。
- (3) 从树形菜单中，单击[Controller]-[Force Sensing]-[Force Sensor I/F]-[Sensor 1]。  
(选择力觉传感器所连接的力觉传感器 I/F 单元的传感器端口编号。)
- (4) 取消选中[Enabled]复选框。
- (5) 单击<Apply>按钮。
- (6) 单击<Close>按钮。  
机器人控制器将重新启动，并应用对设定的更改。
- (7) 关闭机器人控制器。
- (8) 使用力觉传感器 I/F 单元时：  
关闭力觉传感器 I/F 单元。
- (9) 从力觉传感器 I/F 单元或电路板断开力觉传感器。

### 力觉传感器更换步骤

按照以下步骤更换力觉传感器。

- (1) 参阅上述“力觉传感器断开步骤”，断开力觉传感器。
- (2) 参阅上述“力觉传感器连接步骤”，连接一个新的力觉传感器。

## 1.2 检查连接

### 检查连接

按照以下步骤检查力觉传感器和机器人系统之间的连接。

- (1) 启动 EPSON RC + 7.0，并与机器人控制器建立连接。
- (2) 检查是否没有错误。
- (3) 从 Setup 菜单中，选择[System Configuration]。  
检查是否显示树形菜单-[Controller]-[Force Sensing]-[Force Sensor I/F]-[Sensor \*]。
- (4) 单击[Sensor1]并检查是否正确显示连接的力觉传感器的序列号。  
(这是力觉传感器所连接的力觉传感器 I/F 单元的 Sensor 端口编号。)
- (5) 如果没有发生错误，并且树形菜单中显示[Force Sensor I/F]，则连接成功。

如果发生错误，请从“View”菜单中选择[System History]，然后找到错误并采取措施。

如果树形菜单中未显示[Force Sensor I/F]，请检查以下内容。

使用力觉传感器 I/F 单元时：

力觉传感器 I/F 单元可能未打开或电缆可能未连接。

检查电源和接线。

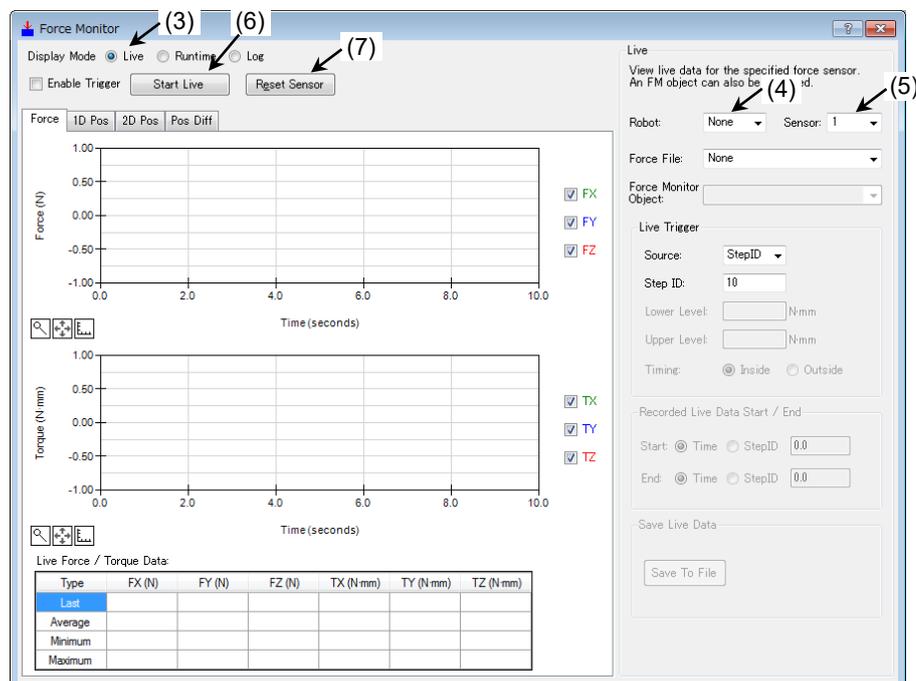
使用力觉传感器 I/F 电路板时：

力觉传感器 I/F 电路板可能未正确安装在机器人控制器的选件插槽上。确保安装正确。

## 检查输出值的获取

执行以下步骤，检查是否可以正确获取力觉传感器的输出值。

- (1) 启动 EPSON RC + 7.0，并与机器人控制器建立连接。
- (2) 从 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Force Monitor]。



- (3) 在[Display Mode]中选择<Live>。
- (4) 在[Live]-[Robot]中选择“None”。
- (5) 在[Live]-[Sensor]中选择要检查的传感器编号。  
(此时系统将显示力觉传感器坐标系中的力和转矩。)
- (6) 选择<Start Live>按钮。
- (7) 单击<Reset Sensor>按钮。
- (8) 在力觉传感器坐标系的每个轴方向上施加力，并检查是否能在力觉传感器的指定精度内检测到该力。



注意

- 进入安全防护区域向力觉传感器施加力时，确保采取安全措施保障安全，例如将机器人设定为禁止操作状态。

有关安全措施的全部内容，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》

## 1.3 检查力觉传感器的精度

### 1.3.1 概述

本节介绍一种检查力觉传感器是否正常工作的方法。

力觉传感器在操作过程中受到撞击或被施加超过额定负载的负载时，可能会出现精度异常。

通过比较使用力觉传感器之前所获取的数据(初始数据)和发现精度误差之后所获取的数据(比较数据)，可以检查精度是否异常。

如果在使用力觉传感器时发现异常，请按照以下步骤检查力觉传感器的精度。

执行精度检查时，确保在使用力觉传感器之前获取初始数据。

力觉传感器的保证精度为 $\pm 5\%$ 。如果检查精度时发现精度达不到保证值，建议更换力觉传感器。但是，在某些应用中，即便精度达不到保证值，有些力觉传感器仍然可以使用。根据使用情况更换力觉传感器。

### 1.3.2 初始数据的获取

本节介绍如何获取初始数据。

初始数据可以通过以下页面上的示例程序获得。6轴机器人和SCARA机器人的初始数据获取程序不同。请根据机器人选择相应的程序。

检查力觉传感器的精度时会用到此数据。请务必保存获取的数据。



- 根据使用环境更改机器人的初始位置和动作，并确保机器人, 夹具末端, 电缆, 外围设备不会相互干扰。

```

Function ForceSensorLog6Axis          '6轴机器人的示例程序
Integer iFileNum
iFileNum = FreeFile                  '获得一个空文件编号

ChDir "C:\Temp"                      '指定文件的目标路径
WOpen "Forcelog.csv" As #iFileNum    '指定文件名并打开文件

Tool 0                               '指定工具0
FSet FM1.CoordinateSystem, FCS0      '在力觉坐标系中指定工具坐标系
FSet FM1.ForceSensor, 1              '指定力觉传感器编号
FSet FM1.LPF_Enabled, False, False, False, False, False, False, False, False '禁用低通滤波器
MP 0                                  '停止重力补偿

Motor On                              '打开电机
Go AglToPls (0, 0, 0, 0, 0, 0)      '移动到初始位置

FSet FS1.Reset                       '重置力觉传感器
FSet FM1.LogStart, 60, 0.1, #iFileNum '开始记录力觉传感器值
'-----操作部分-----
Motor On                              '打开电机
Wait 2
Go AglToPls (0, 0, 0, 0, 90, 0)
Wait 2
Go AglToPls (0, 0, 0, -90, 90, 0)
Wait 2
Go AglToPls (0, 0, 0, -90, -90, 0)
Wait 2
Go AglToPls (0, 0, 0, 0, -90, 0)
Wait 2
Go AglToPls (0, 0, 0, 0, 0, 0)
Wait 2
'-----
FSet FM1.LogEnd                      '完成力觉传感器值的记录
Close #iFileNum                      '关闭文件
Fend

```

```

Function ForceSensorLogSCARA          ' SCARA 机器人的示例程序
Integer iFileNum
iFileNum = FreeFile                   ' 获得一个空文件编号

ChDir "C:\Temp"                       ' 指定文件的目标路径
WOpen "Forcelog.csv" As #iFileNum     ' 指定文件名并打开文件

Tool 0                                 ' 指定工具 0
FSet FM1.CoordinateSystem, FCS0       ' 在力觉坐标系中指定工具坐标系
FSet FM1.ForceSensor, 1               ' 指定力觉传感器编号
FSet FM1.LPF_Enabled, False, False, False, False, False, False, False, False ' 禁用低通滤波器
MP 0                                    ' 停止重力补偿

Motor On                               ' 打开电机
Go AglToPls(0, 0, 0, 0)               ' 移动到初始位置

FSet FS1.Reset                         ' 重置力觉传感器
FSet FM1.LogStart, 60, 0.1, #iFileNum ' 开始记录力觉传感器值
' ----- 操作部分 -----
Motor On                               ' 打开电机
' Power High                           ' 高功率模式
' Accel 50, 50                         ' 加速度设定
' Speed 50                              ' 速度设定
Wait 2
Go AglToPls(0, 90, 0, 0)
Wait 2
Go AglToPls(0, 90, 0, -90)
Wait 2
Go AglToPls(0, 0, 0, -90)
Wait 2
Go AglToPls(0, 0, -50, -90)
Wait 2
Go AglToPls(0, 0, 0, -90)
Wait 2
Go AglToPls(0, 0, 0, 0)
Wait 2
' -----
FSet FM1.LogEnd                       ' 完成力觉传感器值的记录
Close #iFileNum                       ' 关闭文件
Fend

```

## 说明

- (1) 指定文件位置和名称，然后打开文件。  
为文件设定任意位置和名称。
- (2) 指定工具 0 以及在力觉坐标系中指定工具坐标系。  
可以使用用户配置的力觉坐标系。此外，FCS0 是力觉坐标系，与默认的工具坐标系匹配，可以使用用户定义的力觉坐标对象。
- (3) 指定传感器编号。  
指定将获取初始数据的力觉传感器的传感器编号。
- (4) 禁用低通滤波器并停止重力补偿。
- (5) 打开电机，将机器人移动到初始位置。  
在示例程序中，机器人移动到原始位置。也可以将机器人移动到用户指定的位置。
- (6) 重置力觉传感器。
- (7) 开始记录力觉传感器值。  
这些值将以 0.1 秒的间隔记录 60 秒。
- (8) 移动机器人以改变力觉传感器的姿态。  
在 6 轴机器人的示例程序中，从原始位置移动第 4 和第 5 关节，以改变力觉传感器的姿态。也可使用用户指定的动作。然而，请注意，该动作应该让传感器角度在每个方向上相比初始位置改变 10 度以上。  
在 SCARA 机器人的示例程序中，从原始位置移动第 2、第 3 和第 4 关节，以向力觉传感器施加惯性力。为了记录惯性力，与 6 轴机器人的示例程序相比，传感器值的测量间隔更短。也可使用用户指定的动作。然而，请注意，应该从初始位置开始在传感器的每个方向上施加 1 [N]或更大的力。在示例程序中，速度和加速度设定已被注释掉。请先确认动作没有问题，然后再启用相关命令。
- (9) 停止记录力觉传感器值。
- (10) 关闭文件并完成程序。

## NOTE



获取的力觉传感器值受以下设定的影响。

- 基础坐标设定(Base)
- 本地坐标设定(Local)
- 工具设定(Tool、TLSet)
- 法兰偏移设定(F\_FlangeOffset)
- 力觉坐标对象(FCS#)

保存上述设定值，以便在获取比较数据时可以复制这些设定值。

## NOTE



力觉传感器值受物理安装条件的影响，例如机器人的倾斜程度、传感器法兰和夹具末端的形状和重量。因此，当使用环境改变时，一定要再次获取初始数据。

### 1.3.3 获取比较数据并与初始数据进行比较

当发现力觉传感器的精度异常时，请获取比较数据，并将其与初始数据进行比较。

应采用与获取初始数据时相同的步骤和条件获取比较数据。

请注意，这些条件包括物理安装环境、设定值和获取数据时执行的动作。

如果初始数据与比较数据的获取条件相同，但两者比较后发现力觉传感器的输出之间存在很大差异，则不能使用此力觉传感器。

如果力觉传感器受到撞击或被施加超过额定负载的负载，可能会出现精度异常。请在力觉传感器的规格范围内使用它。

有关规格的详细信息，请参阅以下章节：

硬件篇: 4.1 规格

## 2. 力觉传感器校正

### 2.1 重置力觉传感器

力觉传感器具有漂移特性。因此，每次使用力觉功能之前，都必须将力觉传感器重置。重置力觉传感器后，应在10分钟内使用力觉功能。

执行重置命令将初始化力觉传感器，并将当前力和转矩设定为“0”。可以在力觉传感器对象的Reset属性中执行重置。

有关Reset属性的详细信息，请参阅以下手册。

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

如果力觉传感器长时间使用而没有重置，漂移误差会累积。这时还可能发生力觉传感器错误。这方面需要注意。如果发生错误，执行力觉传感器对象的Reboot属性。



- 务必在无外力施加在传感器的状态下将其重置。  
如果在有外力施加在传感器的状态下将其重置，施加外力的状态将变为“0”。因此，如果施加的力移除，即使没有施加力，力觉传感器也将检测到力。如果在该状态下执行力控制功能，机器人可能会意外移动。这方面需要注意。

### 2.2 坐标转换

力觉传感器的坐标转换是指将力觉传感器的输出值转换为力觉坐标系中的力和转矩。所有力觉功能都在力觉坐标系中执行。坐标转换始终自动执行。

力觉坐标系可以由力觉坐标对象设定。执行力觉功能时可在不同坐标系之间动态切换。



即使使用坐标转换也不会改变力觉传感器的输出值。因此即使显示的值在力觉传感器的额定范围内，当力觉传感器的输出值超过了额定值时，也会发生5548错误。



- 如果法兰偏移或力觉坐标对象设定不正确，则力觉传感器的输出值将在错误的坐标系中转换为力和转矩。如果在该状态下执行力控制功能，力控制功能可能会执行意外操作。请仔细配置设定，而且要先验证操作，然后再执行力控制功能。

### 力觉传感器坐标系和工具坐标系之间的对应关系

要执行力觉传感器输出值的坐标转换，需要设定法兰偏移量，即力觉传感器和机器人之间的相对关系。

法兰偏移量的物理含义是传感器法兰的偏移量。对于法兰偏移量，使用力觉传感器的底部中心位置(从机器人的工具 0 坐标系的角度)作为原点，并设定坐标系的位置和姿态以使其方向与力觉传感器坐标系对齐。

根据机器人安装方法，使用 EPSON 传感器法兰时，偏移如下所述。

机器人型号	传感器型号	安装类型	法兰偏移 (X, Y, Z, U, V, W)
C4系列	S250N	台面安装	(0, 0, 5, 0, 0, 0)
		吊顶安装	(0, 0, 5, 180, 0, 0)
C8系列	S250L、S250P	台面安装	(0, 0, 5, 0, 0, 0)
		吊顶安装	(0, 0, 5, 180, 0, 0)
		侧壁安装	(0, 0, 5, 0, 0, 0)
C12系列	S250L	台面安装	(0, 0, 5, 0, 0, 0)
N2系列	S250H	台面安装	(0, 0, 5, 0, 0, 0)
		吊顶安装	(0, 0, 5, 180, 0, 0)
N6系列	SH250LH	台面安装	(0, 0, 0, 0, 0, 0)
		吊顶安装	(0, 0, 0, 180, 0, 0)
G3、G6、 GX4、GX8系列	S2503、S2506	全部	(0, 0, -22, 180, 0, 180)
G10、G20、 GX10-B、 GX20-B系列	S25010		(0, 0, -24, 180, 0, 180)
RS 系列	S2503		(0, 0, -22, 180, 0, 180)

使用自备的传感器法兰时，请自行测量并设定法兰偏移。

法兰偏移可以在[Robot Manager]-[Sensor Panel]中设定，也可以通过 F\_FlangeOffset 语句设定。有关设定步骤的详细信息，请参阅以下章节和手册：

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

## 工具坐标系和力觉坐标系之间的对应关系

力觉坐标系是一个相对于工具坐标系具有偏移的坐标系。因此，当机器人的工具尖端移动或所选工具坐标系的偏移改变时，力觉坐标系也随着上述移动或改变而移动。

力觉坐标系的偏移在力觉坐标对象中设定。

力觉坐标系的原点由偏移定义，而该偏移是指与当前使用Position属性选择的工具坐标系的偏移。

力觉坐标系的方向可以从以下坐标系中选择。使用Orientation属性。

**基础坐标系:** 该坐标系的方向始终与基础坐标系一致。即使机器人的姿态或工具设定改变，坐标系的方向也不会改变。

**本地坐标系:** 选择要同时使用的本地坐标系的编号。  
该坐标系的方向始终与具有所选编号的本地坐标系一致。即使机器人的姿态或工具设定改变，坐标系的方向也不会改变。

**工具坐标系:** 该坐标系的方向始终与工具坐标系一致。该坐标系的方向随机器人的姿态或工具设定而改变。

**自定义坐标系:** 同时设定了在U、V和W方向相对于工具坐标系的旋转移动值。该坐标系的方向是相对于工具坐标系具有一定偏移的方向。该坐标系的方向随机器人的姿态或工具设定而改变。

力觉坐标对象可以在[Force Editor]中设定或通过FSet语句设定。

有关设定步骤的详细信息，请参阅以下章节和手册：

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

## 2.3 重力补偿

### 2.3.1 概述

重力补偿是减少重力对力觉传感器的影响的功能。

力觉传感器测量与“0”的差值，该差值表示力觉传感器重置时的力状态。因此，如果在重置力觉传感器之后机器人的姿态改变为另一姿态，则力觉传感器还测量受重力影响的夹具和工件的重量。结果，由于这种影响，力控制功能有时不能执行预期的操作。重力补偿从测得的力中减去了重力的影响，从而仅获取在预期操作过程中外部物体施加的力。



NOTE 即使使用坐标转换也不会改变力觉传感器的输出值。因此即使显示的值在力觉传感器的额定范围内，当力觉传感器的输出值超过了额定值时，也会发生5548错误。



- 如果质量属性或重力方向的设定不正确，或者如果要使用的质量属性编号不正确，则力控制功能可能会执行意外操作。请仔细配置设定，而且要先验证操作，然后再执行力控制功能。

### 2.3.2 质量属性

质量属性对象是处理重力补偿的质量属性的对象。

质量属性对象具有安装在比力觉传感器更靠近尖端的区域的所有对象(例如夹具和工件)的重量(Mass 属性)和重心(GravityCenter 属性)。对于重量，设定包括夹具和工件等所有物体重量的值，而对于重心，设定在工具 0 坐标系中的重心位置。

最多可同时为每个机器人设定 15 个质量属性对象值。它们可以在 Robot Manager 的 [Mass/Gravity] 面板中设定或通过 MPSet 语句设定。

重量和重心位置可以直接在 [Mass/Gravity] 面板中设定。它们也可以在 6 轴机器人的“质量/重力向导”中自动设定。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Mass/Gravity] 面板

每个属性的值可以直接在 MPSet 语句中设定。

详情请参阅以下手册。

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

### 2.3.3 重力方向

重力方向是机器人重力补偿所必需的重力方向。

重力方向由每个机器人基础坐标系中的重力矢量指定。机器人坐标系是一个坐标系，其中“+Z”表示向上的垂直方向，“+Y”表示机器人的前方方向，而且默认情况下，基础坐标系也与机器人坐标系一致。重力作用于向下的垂直方向，因此重力方向由矢量(0, 0, -1)表示。这适用于台面安装和吊顶安装的机器人。但是，如果使用基础语句更改了基础坐标系，或者机器人以倾斜状态安装，则需要计算并设定基础坐标系中的重力方向矢量。

对于重力方向，为每个机器人设定一个值。重力方向可以在 Robot Manager 的 [Mass/Gravity] 面板中设定或通过 F\_GravityDirection 语句设定。

重力方向的值可以在 [Mass/Gravity] 面板中设定。此外，对于 6 轴机器人，重力方向可以在“质量/重力向导”中自动设定。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Mass/Gravity] 面板

重力方向的值可以在 F\_GravityDirection 语句中设定。

详情请参阅以下手册。

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

### 2.3.4 执行重力补偿

始终对与机器人相连的力觉传感器执行重力补偿。未与机器人连接的力觉传感器不能执行重力补偿。此外，您可以从存储的质量属性对象中选择要使用的对象，以便随时根据操作状态选择参数。选择对象在 MP 语句中执行。执行 MP 语句后，在力觉传感器对象的 Reset 属性中重置力觉传感器。

示例: 使用“质量属性 1”执行重力补偿时

MP 1

有关 MP 语句的详细信息，请参阅以下手册:

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

当在加载工件和不加载工件的每种状态下执行力觉控制时，由于工件也有重量，因此设定每种状态下的质量属性，并在执行力觉控制时在两种状态之间切换。

选择数字 0 (MP0) 或选择重量为“0”的质量属性对象可停止重力补偿功能。例如，如果姿态变化很小的操作不需要重力补偿，选择“MP0”可停止重力补偿。停止重力补偿后，选择“MP0”以外的质量属性对象将重新启动重力补偿。

机器人控制器关闭后，选定的质量属性编号和设定的质量属性将保留，直到它们被更改。打开机器人控制器也会自动启动重力补偿。

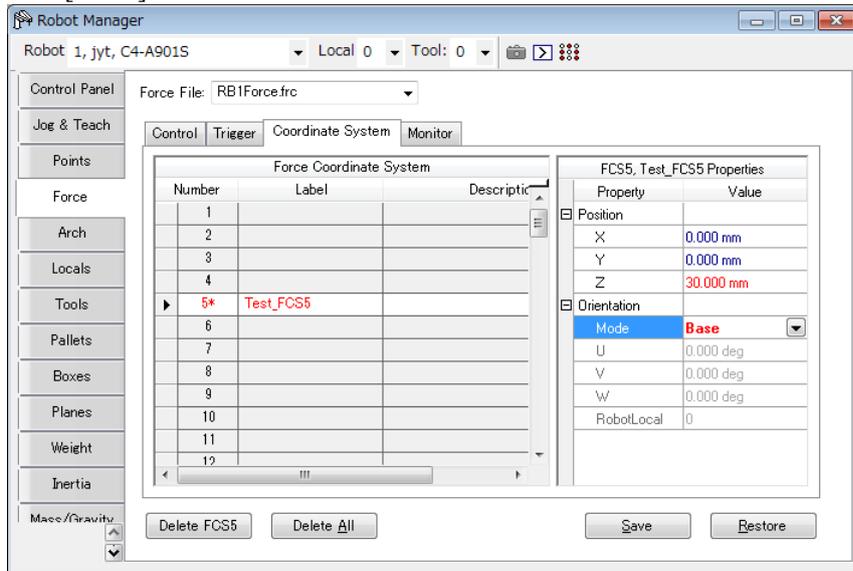
## 2.4 检查重力补偿操作

以下描述了检查力觉传感器校正操作的步骤。

1. 设定力觉坐标对象
2. 设定力觉监视器对象
3. 检查力觉监视器中的坐标转换是否正确
4. 设定质量属性和重力方向
5. 检查力觉监视器中的重力补偿是否正确

### 1. 设定力觉坐标对象

- (1) 在 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Robot Manager]。  
此时系统将出现[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Force]以显示面板。



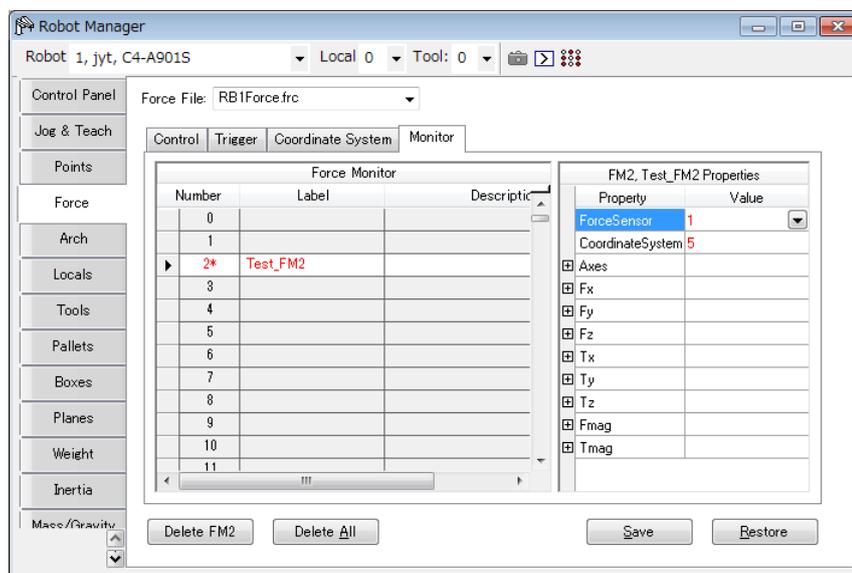
如果未创建力觉文件，则不会显示[Force]面板。如果未显示面板，请参阅以下章节创建力觉文件。

软件篇: 3.2.1 [New File](文件菜单)

- (3) 选择[Coordinate System]选项卡。
- (4) 在任何力觉坐标对象的[Position]属性中，设定从工具坐标系观察的力觉坐标系的原点位置。
- (5) 在任何力觉坐标对象的[Orientation]属性中，设定力觉坐标系的方向。
- (6) 单击<Save>按钮保存更改。

## 2. 设定力觉监视器对象

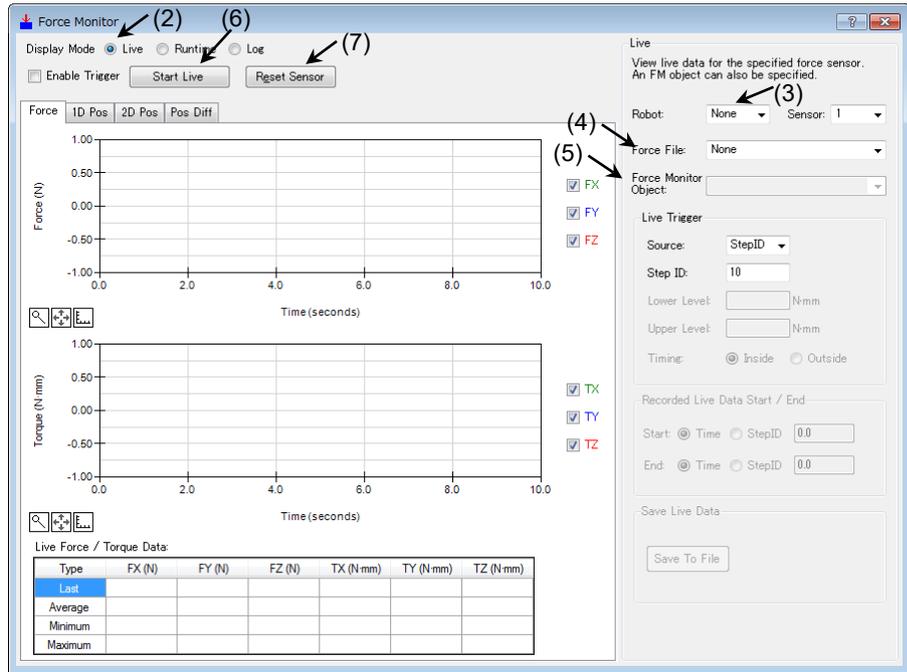
- (1) 在 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Robot Manager]。  
此时系统将出现[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Force]以显示面板。



- (3) 选择[Coordinate System]选项卡。
- (4) 指定要在任何力觉监视器对象的[ForceSensor]属性中使用的力觉传感器编号。
- (5) 在任何力觉监视器对象的[CoordinateSystem]属性中指定创建的力觉坐标系对象编号。
- (6) 单击<Save>按钮保存更改。

3. 检查力觉监视器中的坐标转换是否正确

(1) 在 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Force Monitor]。



- (2) 在[Display Mode]中选择<Live>。
- (3) 在[Live]-[Robot]中选择要检查的机器人。
- (4) 在[Live]-[Force File]中，选择为其设定了力觉监视器对象的力觉文件。
- (5) 在[Live]-[Force Monitor Object]中，选择设定的力觉监视器对象。  
 如果无法选择设定的力觉监视器对象，请检查力觉文件是否正确以及设定的 ForceSensor 属性是否正确。
- (6) 选择<Start Live>按钮。
- (7) 单击<Reset Sensor>按钮。
- (8) 在设定的力觉坐标系中的每个轴方向上施加力，以检查是否能在力觉传感器的指定精度内检测到该力。

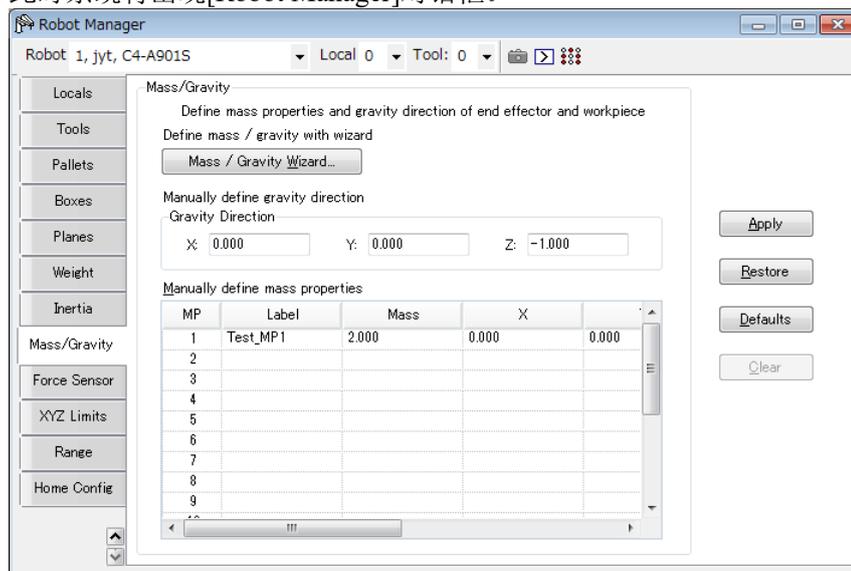
如果在设定的力觉坐标系中未检测到该力，请检查以下设定。

- Flange Offset, Base, Tool, Local
- Force Coordinate Object, Force Monitor Object

 <b>注意</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 进入安全防护区域向力觉传感器施加力时，确保采取安全措施保障安全，例如将机器人设定为禁止操作状态。</li> </ul> <p>有关安全措施的全部内容，请参阅以下手册。</p> <p style="text-align: center;">《EPSON RC+ 7.0 用户指南》</p>
--	--

#### 4. 设定质量属性和重力方向

- (1) 在 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Robot Manager]。  
此时系统将出现[Robot Manager]对话框。



- (2) 选择[Mass/Gravity]以显示面板。
- (3) 直接在[MP]和[Gravity Direction]中输入值，或单击<Mass/Gravity Wizard>运行向导。
- (4) 单击<Apply>按钮保存设定。

#### 5. 检查力觉监视器中的重力补偿是否正确

- (1) 在 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Command Window]。
- (2) 执行 MP 语句并指定“MP0”以停止重力补偿。
- (3) 在[Force Monitor]对话框中，单击<Reset Sensor>按钮。
- (4) 在 EPSON RC + 7.0 菜单中，单击[Tools]-[Robot Manager]。
- (5) 选择[Jog & Teach]面板。
- (6) 在力觉监视器中执行步进操作，同时测量力觉传感器值，以改变机器人姿态。确保机器人不会与周围物体接触，并且没有施加来自外部物体的力。虽然没有施加外力，但是由于重力补偿已停止，取决于姿态，传感器可能会受到重力影响，并检测到力。
- (7) 执行 MP 语句并指定设定的质量属性。
- (8) 在[Force Monitor]对话框中，单击<Reset Sensor>按钮。
- (9) 在力觉监视器中，执行步进操作，同时测量力觉传感器值，以改变机器人的姿态。  
当重力补偿正常工作时，与停止重力补偿时相比，绝对传感器值减小。然而，当机器人工作时，由于速度的增加或降低实际产生的力可能会被检测为力觉传感器值。  
如果重力补偿停止时工作条件并无变化或绝对力觉传感器值较大，请确认设定的质量属性，并检查重力方向是否正确以及设定的质量属性是否已被选择。

# 3. Force Guide 7.0 GUI(图形用户界面)

以下描述了 EPSON RC + 7.0 中新增的 Force Guide 7.0 GUI(图形用户界面)。

- Project Explorer
- [File]菜单
- [Edit]菜单
- [Project]菜单
- [Tools]菜单
- 力觉编辑器

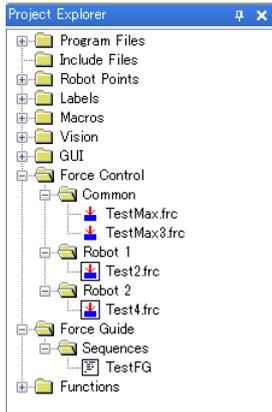
另请阅读以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》

## 3.1 Project Explorer

### 3.1.1 力觉文件

项目力觉文件可添加到 Project Explorer 的[Force Control]树形菜单中。



双击[Force Control]以显示[Force Editor]窗口。

有关详细信息，请参阅以下章节。

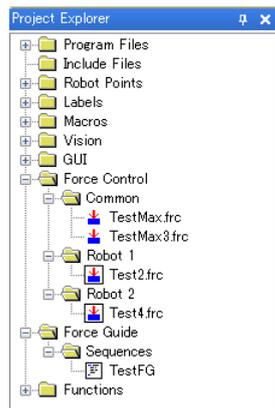
软件篇: 3.6 力觉编辑器

右键单击[Force Control]以显示力觉文件的以下上下文菜单。

菜单项	说明
New	新建力觉文件。 有关详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 3.2.1 [New File](文件菜单)
Open	显示[Force Editor]窗口以编辑力觉文件。 有关详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 3.6 力觉编辑器
Rename	重命名力觉文件。 有关详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 3.2.7 [Rename Force File](文件菜单)
Remove	从当前项目中移除一个力觉文件。 该力觉文件仍然存在。
Delete	从当前项目中移除一个力觉文件并将其删除。

### 3.1.2 力觉向导

[Force Guide]-[Sequences]可添加到 Project Explorer 中。



双击[Force Guide]-[Sequences]中的序列以显示[Force Guide]窗口。

有关详细信息，请参阅以下章节：

软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

右键单击[Force Guide]-[Sequences]中的序列以显示以下运行力觉向导的上下文菜单。\*

菜单项	说明
New	新建力觉向导序列。 有关详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列
Open	显示[Force Guide]窗口以编辑选定的力觉向导序列。 有关详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)
Delete	从当前项目中删除选定的力觉向导序列。 有关详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -删除力觉向导序列

## 3.2 [File]菜单

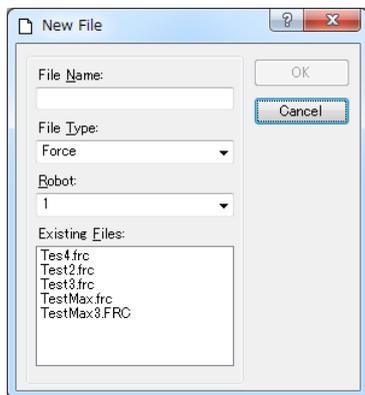
可以在 EPSON RC + 7.0 菜单[File]中操作当前项目中的力觉文件。

### 3.2.1 [New File](文件菜单)

: Ctrl+N

向当前项目中添加新的力觉文件。

在[File Type]中选“Force”，以在[Existing Files]中显示项目文件夹中的力觉文件。

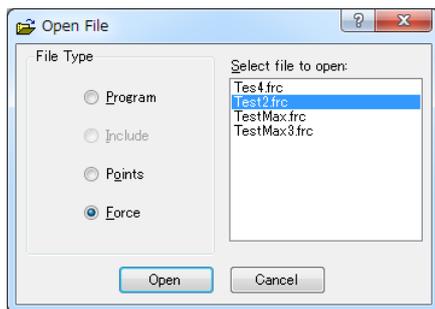


### 3.2.2 [Open File](文件菜单)

: Ctrl+O

打开至少一个要在当前项目中编辑的力觉文件。

选择<Force>按钮以显示当前项目中的力觉文件列表。



### 3.2.3 [Close File](文件菜单)

Ctrl+D

关闭正在编辑的力觉文件或力觉向导的窗口。

### 3.2.4 [Save File](文件菜单)

Ctrl+S

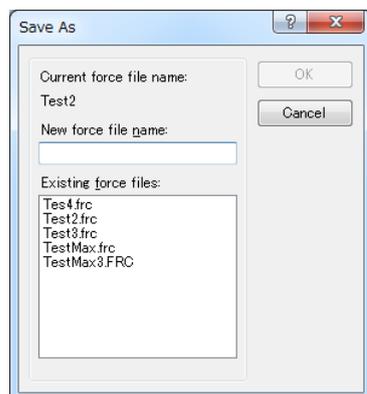
将最新文件保存到磁盘。

### 3.2.5 [Save As](文件菜单)

用新名称保存力觉文件并将其添加到项目中。

原始文件将从项目中移除，但保留在磁盘上。

请注意，文件名中不能使用日语字符。



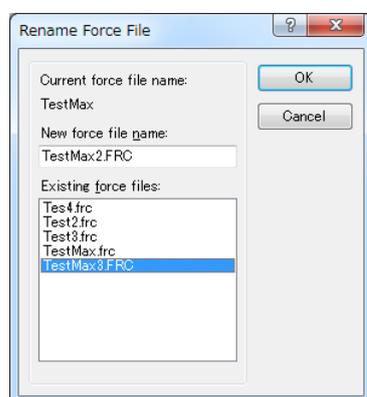
### 3.2.6 [Restore File](文件菜单)

恢复正在编辑的力觉文件或力觉向导文件。

使用此功能将文件恢复到上次保存的状态。执行它会显示一个确认操作的对话框。

### 3.2.7 [Rename Force File](文件菜单)

更改正在编辑的力觉文件的名称。



详情请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 5.7.7 [Rename File](File 菜单)

### 3.2.8 [Delete File](文件菜单)

删除项目文件夹中的力觉文件。

要删除的文件必须列在项目中。

### 3.2.9 [Import File](文件菜单)

从另一个 EPSON RC + 7.0 项目导入力觉文件或力觉向导序列。

有关文件名的注意事项:

导入力觉文件时:

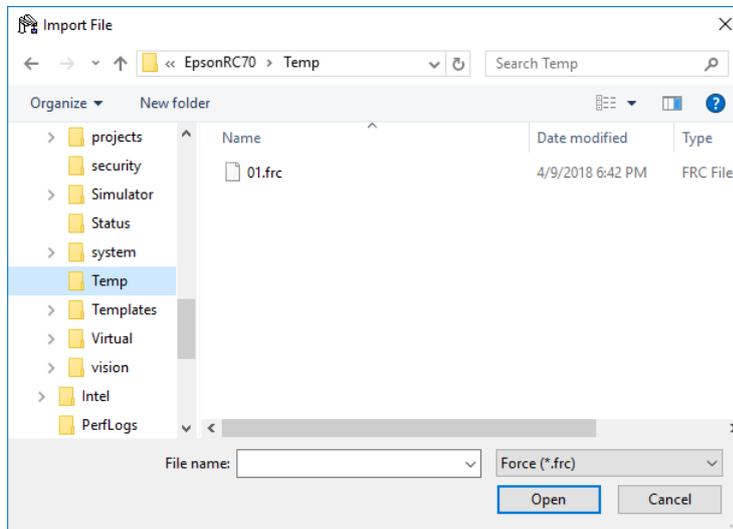
要导入的力觉文件必须具有“.frc”扩展名

导入力觉向导序列时:

要导入的力觉文件必须具有“.fg”扩展名。

#### 导入力觉文件

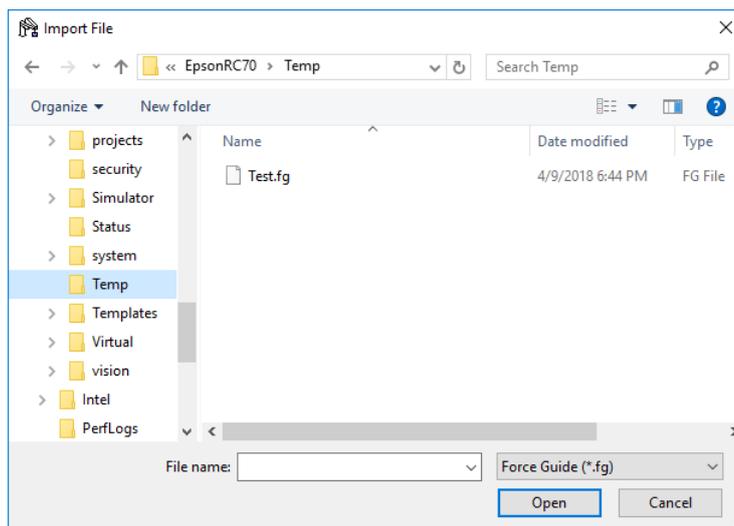
- (1) 从文件类型列表中选择“Force (\*.frc)”。



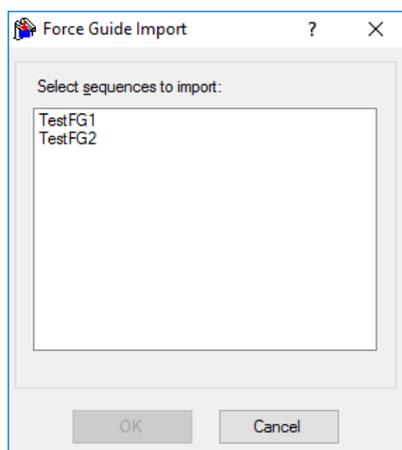
- (2) 选择要导入的驱动器、文件夹和文件名。  
无法导入已在当前项目中列出的文件。选择一个未在当前项目中列出的文件。
- (3) 单击<Open>按钮。  
如果项目文件夹中已列出同名文件，则会显示一条消息，确认是否覆盖现有文件。该文件将复制到当前项目文件夹。

### 导入力觉向导序列

- (1) 从文件类型列表中选择“Force Guide(\*.fg)”。



- (2) 选择以下信息，包括要导入的力觉向导序列，驱动器、文件夹和文件名
- (3) 单击<Open>按钮。  
显示包含在所选文件中的力觉向导序列列表



- (4) 选择要导入的力觉向导序列。
- (5) 单击<OK>按钮。  
如果项目文件夹中已列出同名文件，则会显示一条消息，确认是否覆盖现有文件。该力觉向导序列被添加到当前项目中。

### 3.2.10 [Exit](文件菜单)

#### Alt+F4

退出 EPSON RC + 7.0。

如果未保存力觉文件或力觉向导文件，将显示一个对话框，确认是否保存该文件。单击<Yes>、<No>或<Cancel>按钮。

## 3.3 [Edit]菜单

可以从 EPSON RC + 7.0 菜单[Edit]中编辑力觉文件。

### 3.3.1 [Cut](编辑菜单)

 : Ctrl+X

剪切选定的数据(字符串、力觉对象等)。

### 3.3.2 [Copy](编辑菜单)

 : Ctrl+C

复制选定的数据(字符串、力觉对象等)。

### 3.3.3 [Paste](编辑菜单)

 : Ctrl+V

将剪切或复制的数据(字符串、力觉对象等)粘贴到光标位置。

### 3.3.4 [Select All](编辑菜单)

Ctrl+A

选择正在编辑的力觉文件的所有力觉对象项。可以剪切和复制选定的项目。

## 3.4 [Project]菜单

可以在 EPSON RC + 7.0 菜单[Project]中管理和构建项目。

### 3.4.1 [Open Project](项目菜单)

打开 EPSON RC + 7.0 项目。

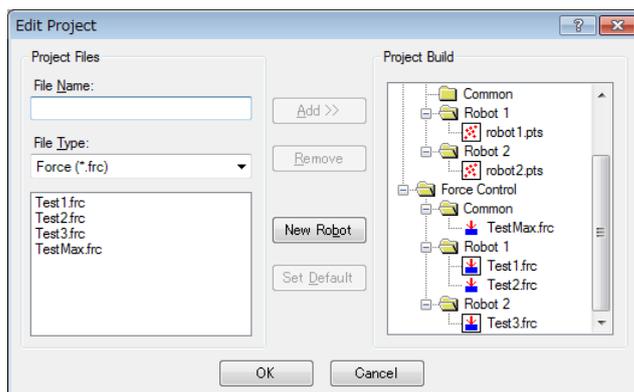
打开一个项目会关闭已打开的项目。系统将显示一条消息，确认是否保存更改。

打开项目时，如果选中了[Read Only]复选框，则无法编辑力觉文件。

### 3.4.2 [Edit Project](项目菜单)

设定要在当前项目中使用的力觉文件。

“Force Control”被添加到[Project Build]中。



#### 添加新的力觉文件

- (1) 在[File Name]中输入要创建的力觉文件的名称。请务必将扩展名“.frc”添加到文件名中。  
 请注意，文件名中不能使用日语字符。  
 请使用字母数字字符和下划线“\_”。NOTE: 第一个字符不能是数字。
- (2) 从[Project Build]-[Force Control]中，选择要添加的机器人文件夹。
- (3) 单击<Add>按钮。  
 系统将显示一条消息，确认是否创建新文件。单击<Yes>按钮。  
 系统将创建一个文件，并将其添加到[Project Build]-[Force Control]中选择的机器人文件夹中。

#### 将现有力觉文件添加到项目中

- (1) 从[File Type]框中选择“Force (\*.frc)”。
- (2) 从[Project Build]-[Force Control]中选择要添加的机器人文件夹。
- (3) 从列表中，选择要添加到项目的力觉文件名。
- (4) 单击<Add>按钮。  
该文件被添加到[Project Build]-[Force Control]中选择的机器人文件夹。

#### 移除力觉文件

- (1) 选择要从[Project Build]树形菜单中移除的文件。
- (2) 单击<Remove>按钮。  
从[Project Build]树形菜单中移除文件名。由于该文件不会从项目文件夹中删除，因此会显示在文件列表中。

#### 将某个力觉文件设定为默认力觉文件

- (1) 从[Project Build]-[Force Control]中的机器人文件夹中，选择要设定为默认力觉文件的力觉文件。
- (2) 单击<Set Default>按钮。  
该力觉文件被设定为列出的机器人的默认力觉文件。

#### NOTE



通用力觉文件是用于控制器上所有机器人的力觉文件。要使用通用力觉文件，您需要使用 FLoad 命令从 SPEL+程序中加载该文件。

默认力觉文件是加载项目时自动加载到机器人的力觉文件。可以针每个机器人都设定一个默认力觉文件。

### 3.4.3 [Save Project](项目菜单)

: Ctrl+S

系统将保存以下项目。如果不需要保存任何内容，此菜单将灰显，无法选中。

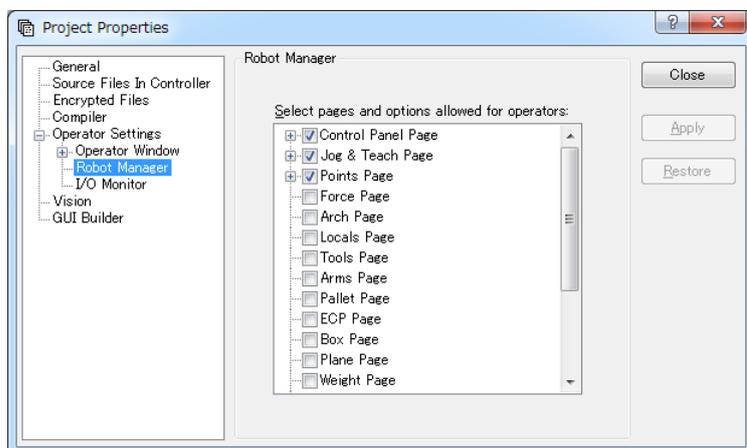
- 程序文件
- 包含文件
- 点文件
- 力觉文件
- I/O 标签
- 用户错误

### 3.4.4 [Project Properties](项目菜单)

[Project]-[Project Properties]-[Operator Settings]-[Robot Manager]

设定 Robot Manager。

要使操作员能够在显示操作员窗口时编辑力觉数据，请选中[Force Page]复选框。



### 3.5 [Tools]菜单

EPSON RC + 7.0 有一些支持系统开发的 GUI 工具。您可以从 EPSON RC + 7.0 菜单 [Tools]中访问所有工具。

#### 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

 : F6

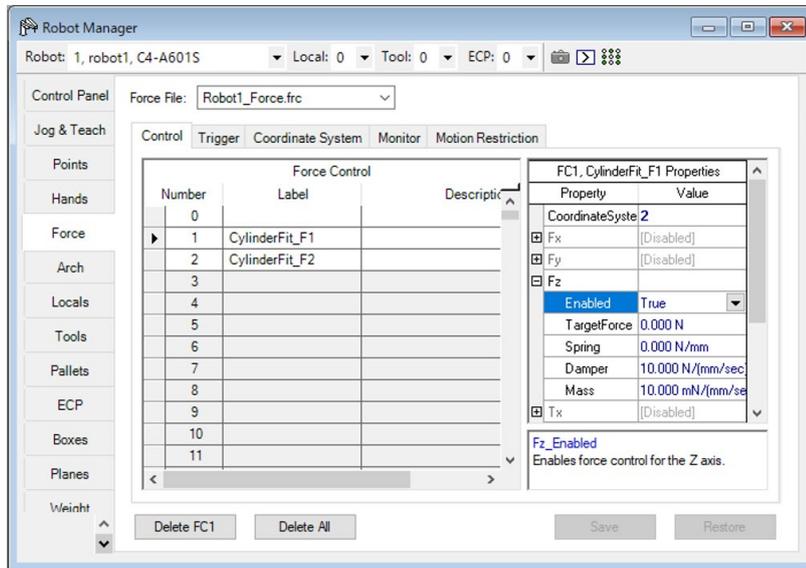
##### [Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

力觉: 您可以输入和删除力觉控制、力觉触发器、力觉坐标系、力觉监视器对象和力觉动作限制对象。

选择一个力觉文件时, 控制器会将其加载到内存中。使用 Robot Manager 作为 MDI 子窗口时, 输入“Ctrl+S”可保存力觉数据。

##### [Control]面板

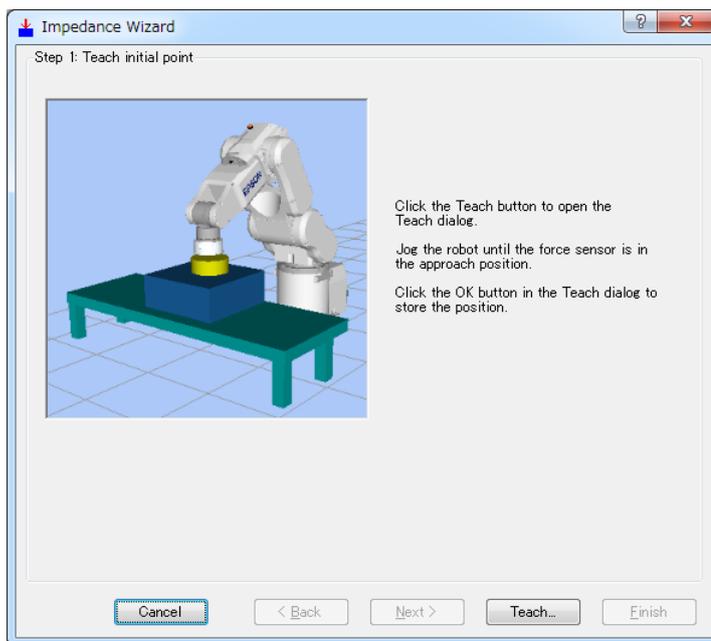
您可以编辑力觉控制对象。



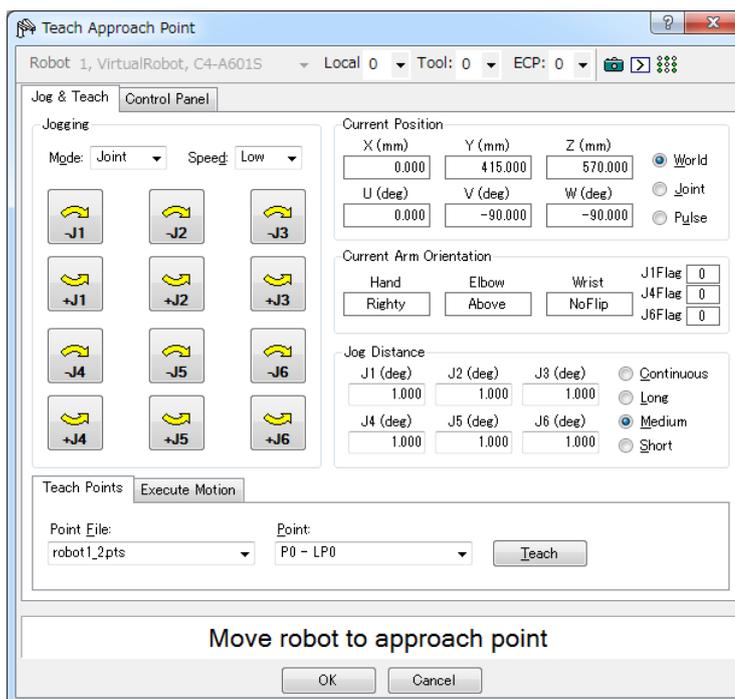
项目	说明
Force File	选择力觉文件。
Label	设定标签(Label 属性)。
Description	设定描述(Description 属性)。
Properties	选择属性以设定值。
<Drop-down list> 	显示可选择的值列表。 选择一个值。
<Impedance Wizard> 	显示 Impedance Wizard, 从中可以设定力觉控制对象的每个属性值(TargetForce, Spring, Damper, Mass)。
Delete Fxxx	删除力觉对象。 此时系统将显示一个确认屏幕。
Delete All	删除选定选项卡中的所有力觉对象。 此时系统将显示一个确认屏幕。
Save	保存值。
Restore	恢复原来的值。 此时系统将显示一个确认屏幕。

### 阻抗向导

- (1) 单击属性中的<Impedance Wizard>  按钮。  
此时系统将显示[Impedance Wizard]窗口。



- (2) 单击<Teach...>按钮。  
此时系统将显示[Teach Approach Point]对话框。  
选择[Jog & Teach]选项卡。  
将机器人移动到工件位于待压装物体上方约 1 mm 的位置。



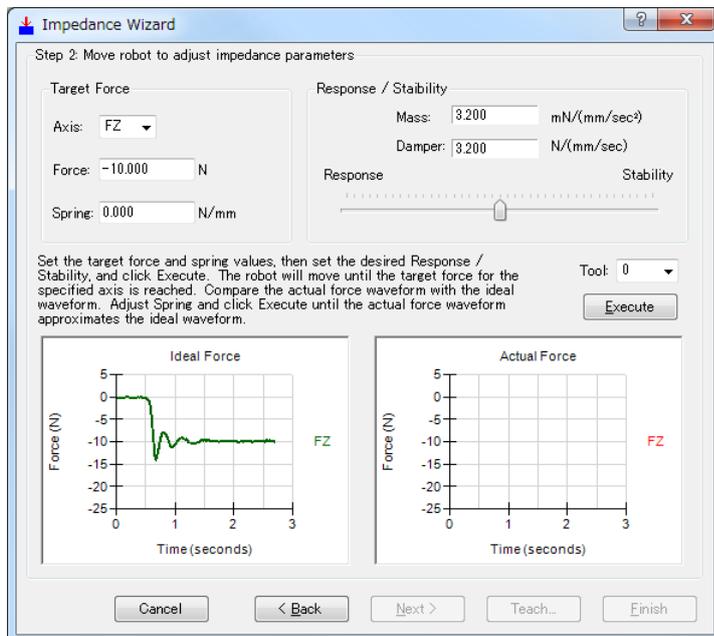
(3) 单击<OK>按钮。

保存当前位置并返回到[Impedance Wizard]窗口。

设定[Target Force]中[Force]和[Spring]的值。

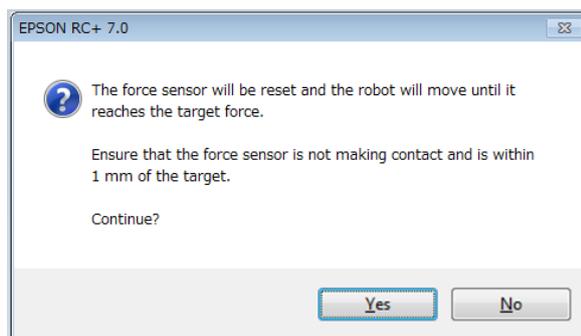
用滑块设定[Response / Stability]中[Mass]和[Damper]的值。

首先将滑块设定到“Stability”侧，然后一边检查实际力的波形，一边调整值。



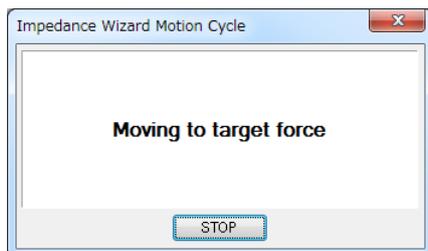
(4) 单击<Execute>按钮。此时系统将显示一个确认对话框。

检查初始位置的工件与待压装物体之间的距离是否在 1 mm 以内，然后单击<Yes>按钮。



(5) 机器人移动，直到设定的轴达到目标力。

要中途停止机器人，单击<STOP>按钮。

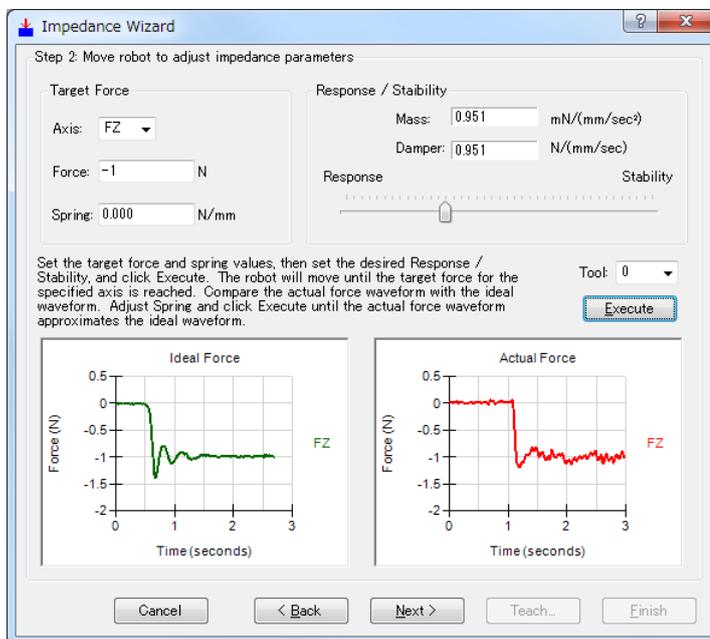


- (6) 用滑块调整[Spring]值，直到测得的力数据接近理想波形，然后单击<Execute>按钮。重复该步骤，直到实际力波形接近理想波形。

如果波形振动或无法在目标力下稳定，将滑块移动到“Stability”侧。如果波形太平滑，将滑块移动到“Response”侧。

如果滑块移动幅度很大，所施加的力可能会发生很大变化。请一点一点移动滑块来调整值。

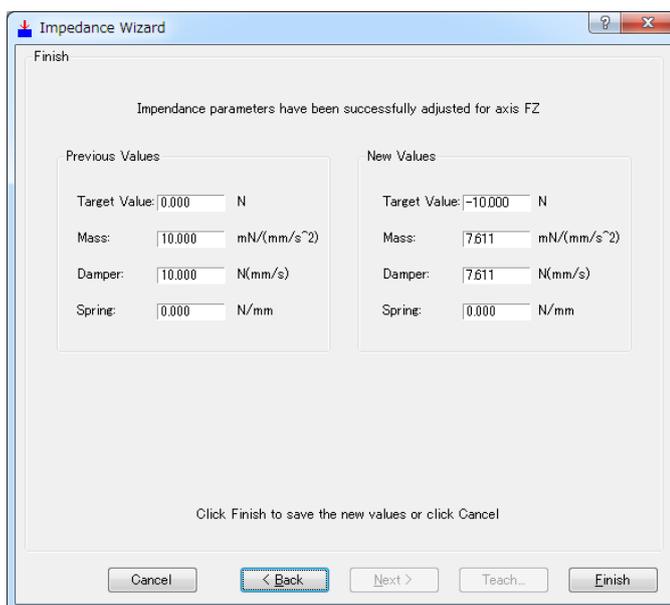
请注意，如果[Spring]值太大或滑块位置太稳定，机器人可能无法接触工件。



- (7) 单击<Next>按钮。

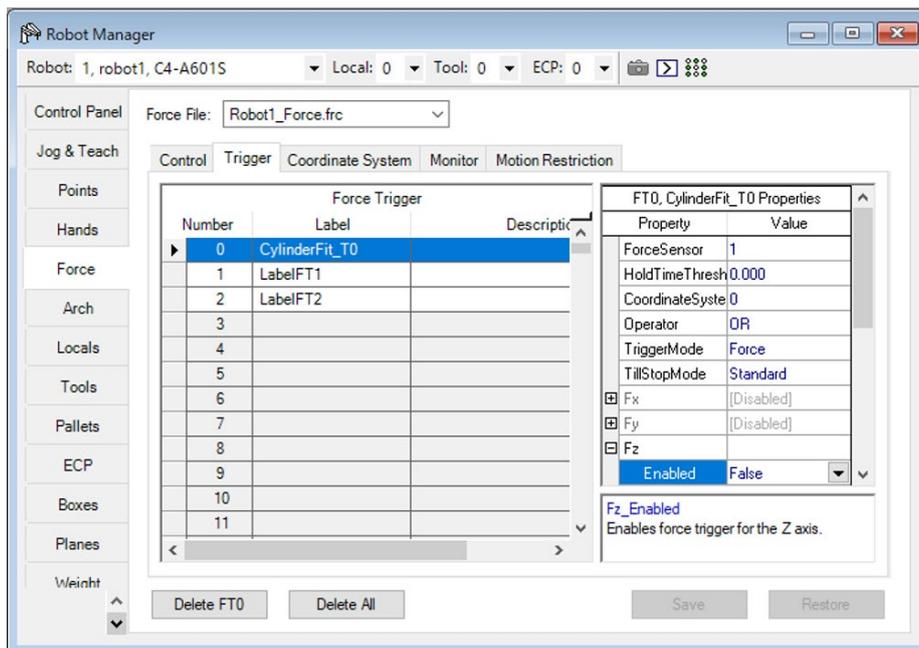
此时系统将显示调整设定轴前后的阻抗参数。

要保存新值，单击<Finish>按钮；要取消新值，单击<Cancel>按钮。



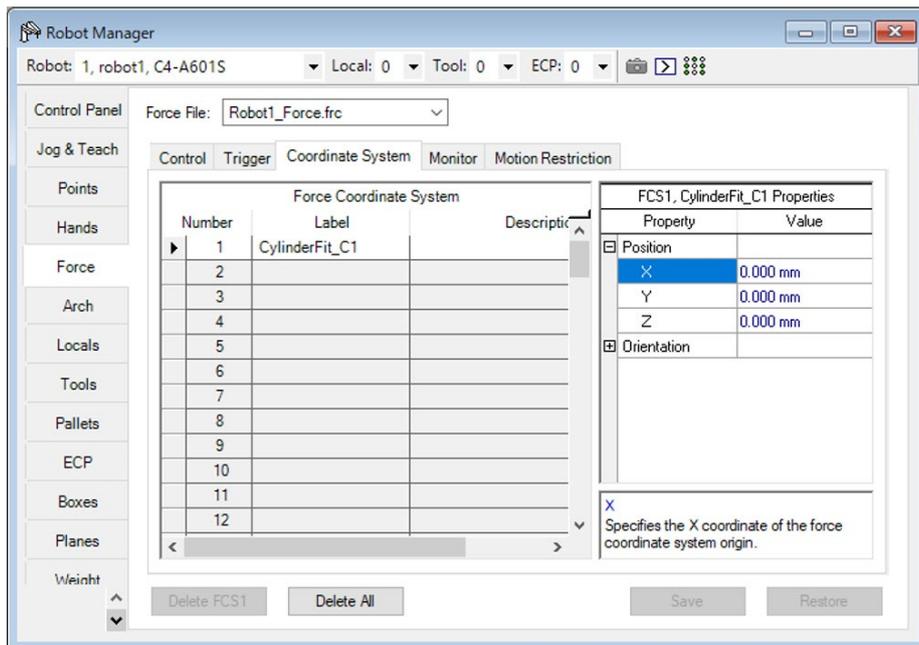
### [Force Trigger]面板

您可以编辑力觉触发器对象。



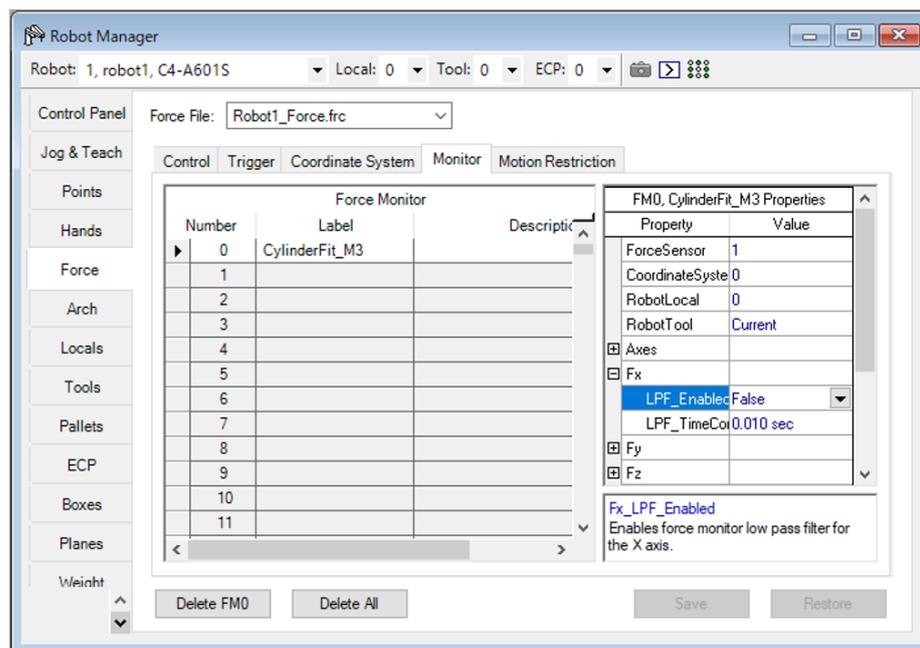
### [Force Coordinate System]面板

您可以编辑力觉坐标系对象。



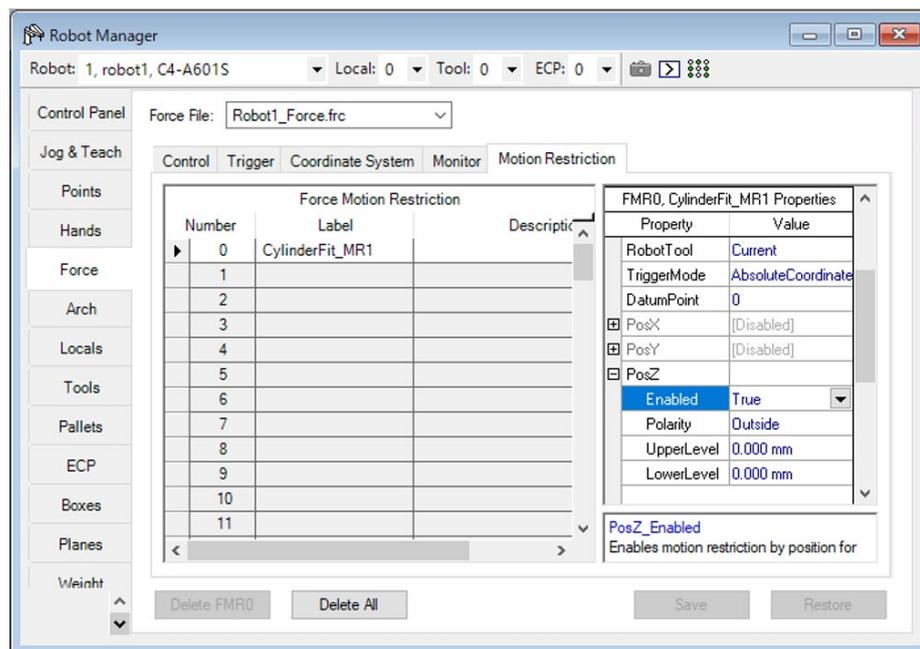
### [Force Monitor]面板

您可以编辑力觉监视器对象。



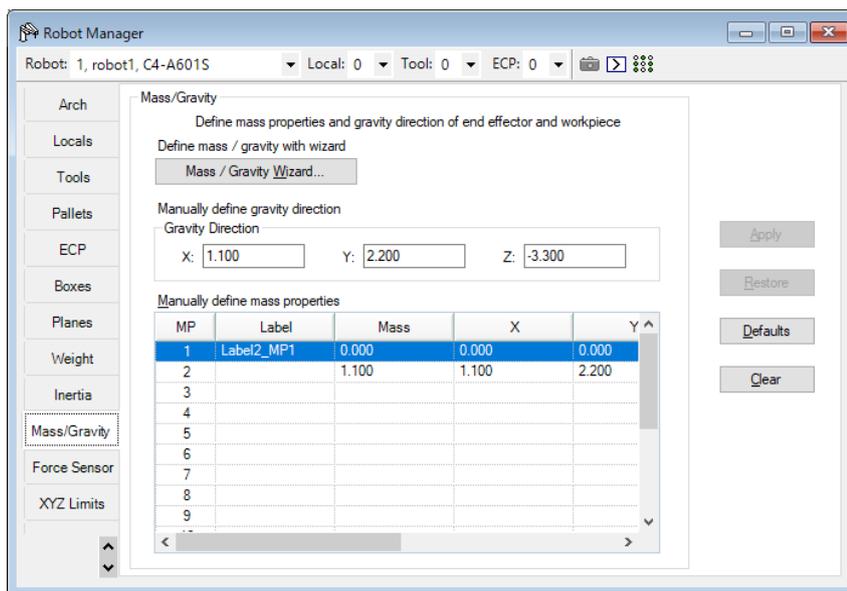
### [Motion Restriction]面板

您可以编辑力觉动作限制对象。



[Tools]-[Robot Manager]-[Mass/Gravity]面板

您可以设定质量属性的值。



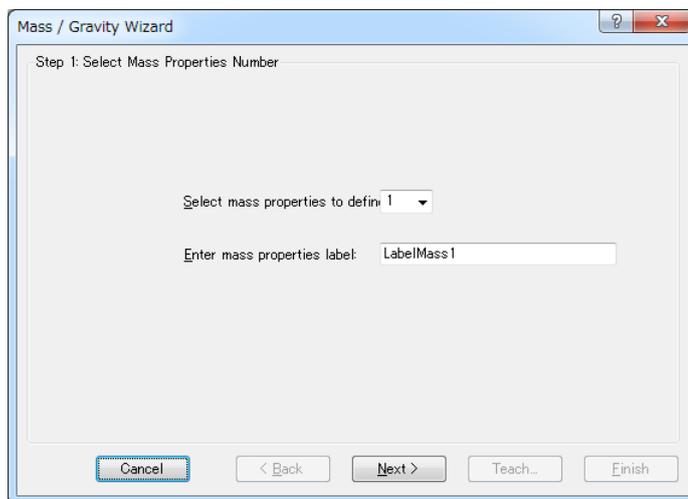
项目	说明
Mass/Gravity Wizard	显示 Mass/Gravity Wizard，从中可以设定质量属性对象的属性值。
Gravity Direction	设定机器人的重力方向(机器人对象的 GravityDirection 属性)。
Manually define mass properties	使用 MP(数字)设定质量属性对象的以下项目。 标签(Label 属性) Mass 属性 X / Y / Z(GravityCenter 属性) 描述(Description 属性)
Defaults	设定重力方向的默认值。
Clear	删除选定的质量属性对象。

## Mass / Gravity Wizard

- (1) 单击<Mass / Gravity Wizard>按钮。

此时在[Mass / Gravity Wizard]窗口中会显示[Step1: Select Mass Properties Number]。

您可以定义质量属性。

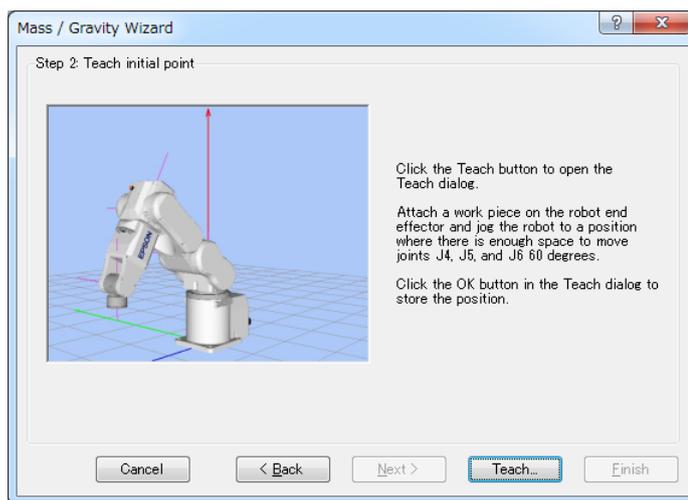


- (2) 在[Select mass properties to define]中选择编号。

所选编号的质量属性标签将显示在[Enter mass properties label]中。标签名称可以更改。

- (3) 单击<Next>按钮。

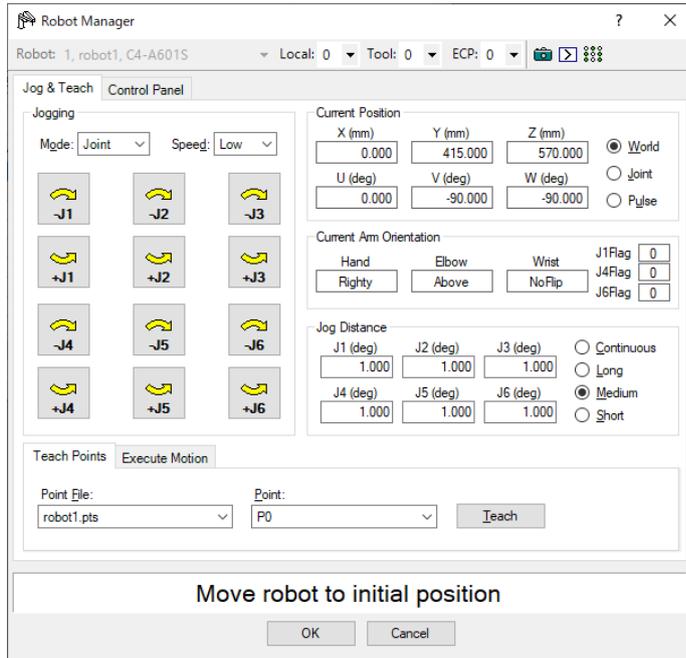
[Step2: Teach initial point]会显示在[Mass / Gravity Wizard]窗口中。



(4) 单击<Teach...>按钮。

此时系统将显示[Jog & Teach]窗口。

将工件安装到机器人的夹具末端，并移动机器人至 J4, J5, J6 可以移动 60 度的位置，所以移动之前要确保充分的空间。



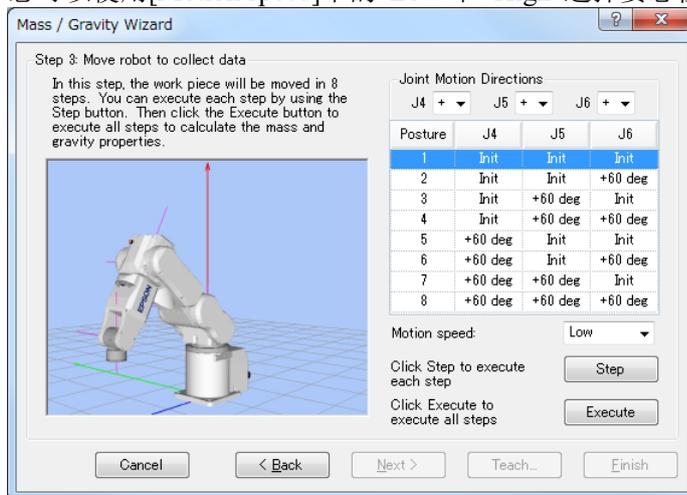
(5) 单击<OK>按钮。

位置信息将被保存。

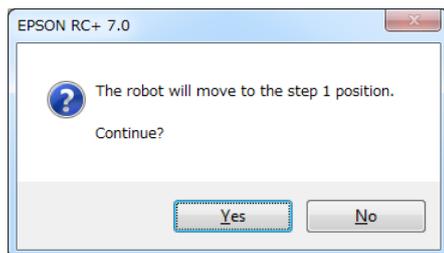
[Step3: Move robot to collect data]会显示在[Mass / Gravity Wizard]窗口中。在这个步骤中，机器人分 8 步移动。

您可以使用[Joint Motion Directions]中的“+”和“-”选择关节[J4]、[J5]和[J6]的动作方向。

您可以使用[Motion speed]中的“Low”和“High”选择姿态检查的速度。



单击(5)中的<Step>按钮，查看每一步的姿态。  
此时系统将显示以下消息。

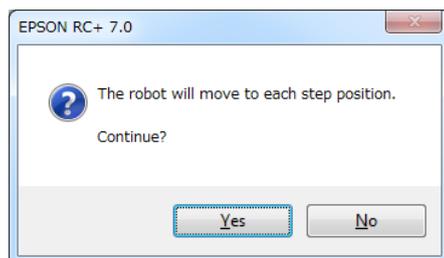


单击<Yes>按钮可显示[Execute Command]对话框，并开始移动机器人。  
单击<Step>按钮，检查对于每一步的姿态，机器人是否干扰了夹具末端和外围设备。

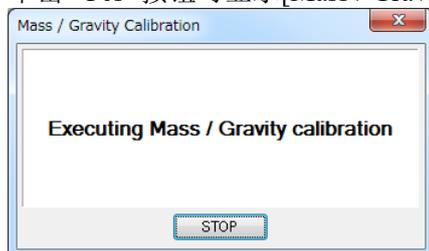


要中途停止机器人，单击<STOP>按钮。

单击(5)中的<Execute>按钮，执行测量质量属性的所有步骤。此时系统将显示以下消息。

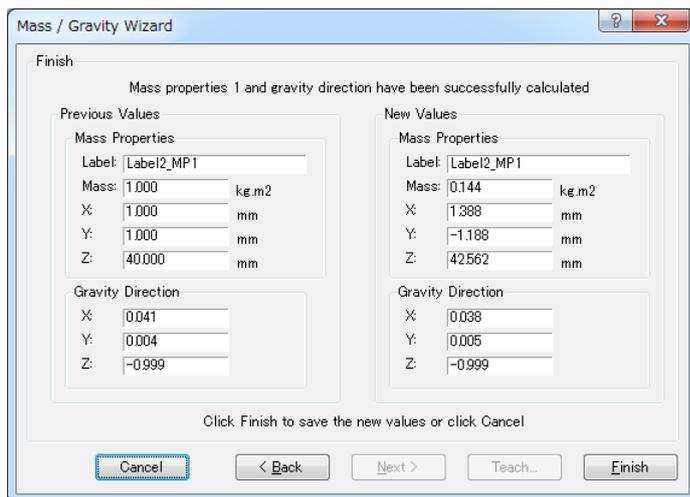


单击<Yes>按钮可显示[Mass / Gravity Calibration]对话框，并开始移动机器人。



要中途停止机器人，单击<STOP>按钮。

- (6) 移动完成后, [Mass / Gravity Wizard]窗口中会显示[Finish]按钮。  
质量属性和重力方向值将显示在[Previous Values]和[New Values]中。

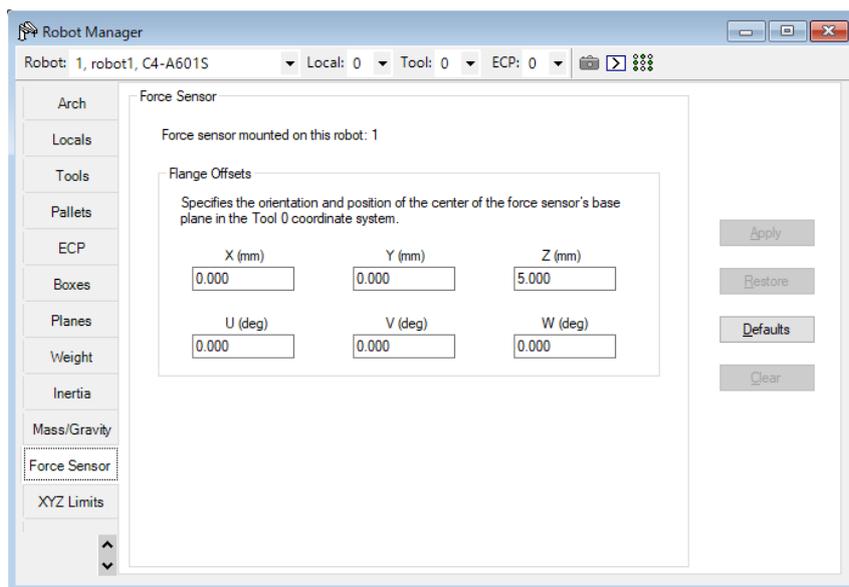


- (7) 单击以下任一按钮。
- <Finish>按钮 : 保存新值。
  - <Cancel>按钮 : 取消新值。

### [Tools]-[Robot Manager]-[Force Sensor]面板

您可以定义力觉传感器值。

- (1) 在[Robot Manager]窗口中选择[Force Sensor]选项卡。



- (2) 在[Flange Offsets]中设定机器人对象和法兰偏移属性。  
单击<Defaults>按钮设定默认值。

### 3.5.2 [Force Monitor](工具菜单)

可以显示当前力值并分析或比较过去的值。

从 EPSON RC + 7.0 菜单中，选择[Tools]-[Force Monitor]，或单击工具栏中的<Force Monitor>  按钮。

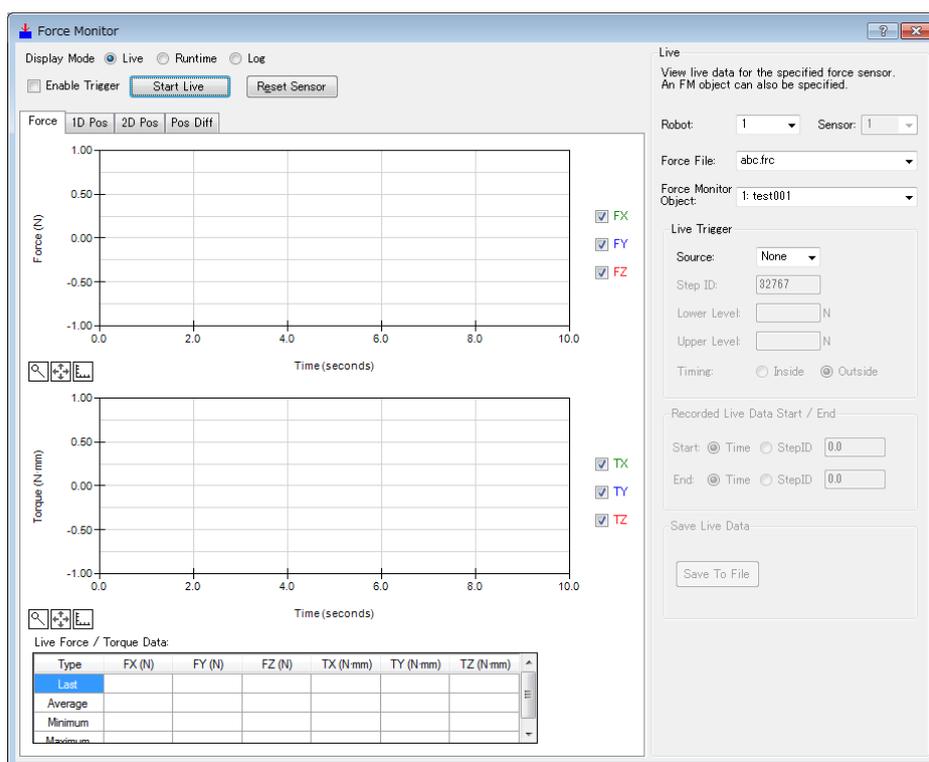
此时系统将显示[Force Monitor]窗口。

根据在[Display Mode]中选择了 Live、Runtime 还是 Log，窗口会显示不同的对话框。

#### 1. [Display Mode]-<Live>按钮

##### 1-1 显示的对话框的详细信息

选择[Display Mode]-<Live>按钮可显示以下对话框。



项目	说明
图表区域	启动“Live”后，力觉传感器检测到的力信息和机器人的位置信息将实时显示在图表上。 图表区域中有[Force]、[1D Pos]、[2D Pos]和[Pos Diff]选项卡。您可以根据使用情况切换它们。 有关每个选项卡的详细信息，请参阅以下章节。 4. 图表(在后面的页面中描述)
[Enable Trigger]复选框	选中该复选框并启动“Live”时，通过满足触发器设定的条件，开始在图表中显示数据。

项目	说明
<Start Live>按钮	单击此按钮启动“Live”。 单击<Start Live>按钮后，“Live”最多持续 600 秒。 显示的按钮更改为<Stop Live>。
<Stop Live>按钮	单击此按钮停止“Live”。 显示的按钮更改为<Start Live>。
<Reset Sensor>按钮	重置力觉传感器。 力和转矩值将为“0”。
Robot	设定一个机器人编号，它将成为“Live”的目标。 选择机器人时，系统将自动选择将成为“Live”的目标的力觉传感器。
Sensor	设定一个力觉传感器编号，它将成为“0”的目标。 指定力觉传感器编号将在力觉传感器坐标系中显示力信息。
Force File	设定存储力觉监视器对象的文件。 选择“None”时，系统将显示力觉传感器坐标系的力信息。
Force Monitor Object	从由力觉文件中设定的文件定义的对象列表(编号: 标签)中进行选择。 指定力觉监视器对象时，系统将显示力觉坐标系的力信息。
Live Trigger	选中[Enable Trigger]复选框并启动“Live”时，设定启动条件的触发器。 Source : 选择目标的触发器。 如果不设定触发器，选择“None”。 Step ID : 将 StepID 设定为启动条件。 Lower Level : 设定触发器的下限阈值。 Upper Level : 设定触发器的上限阈值。 Timing : 设定触发器的时机。 <Inside> : 值位于上面设定的范围内时。 <Outside> : 值位于上面设定的范围外时。
Recorded Live Data Start / End	设定实时数据的显示范围。 Time : 设定开始时间或结束时间。 StepID : 将 StepID 设定为开始或结束。
Save Live Data	将图表中当前显示的“Live”结果数据保存到文件中。 单击<Save To File>按钮时，系统将显示日志数据的 [Save Data To File]对话框。要将数据保存到文件中，设定要保存的目标位置和文件名，然后单击<Save>按钮。

## 1-2 “Live”流程

### 1-2-1 启动“Live”

启动“Live”之前，请确保“Live”设定的内容正确。  
(机器人编号, 传感器编号, 力觉文件, 力觉监视器对象)

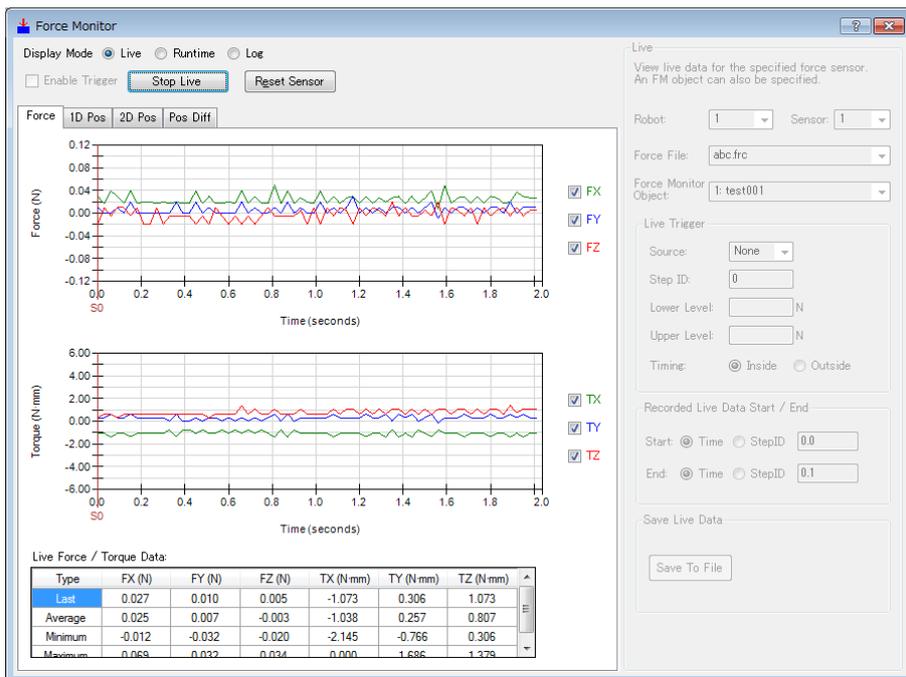
Live  
View live data for the specified force sensor.  
An FM object can also be specified.

Robot:  Sensor:

Force File:

Force Monitor Object:

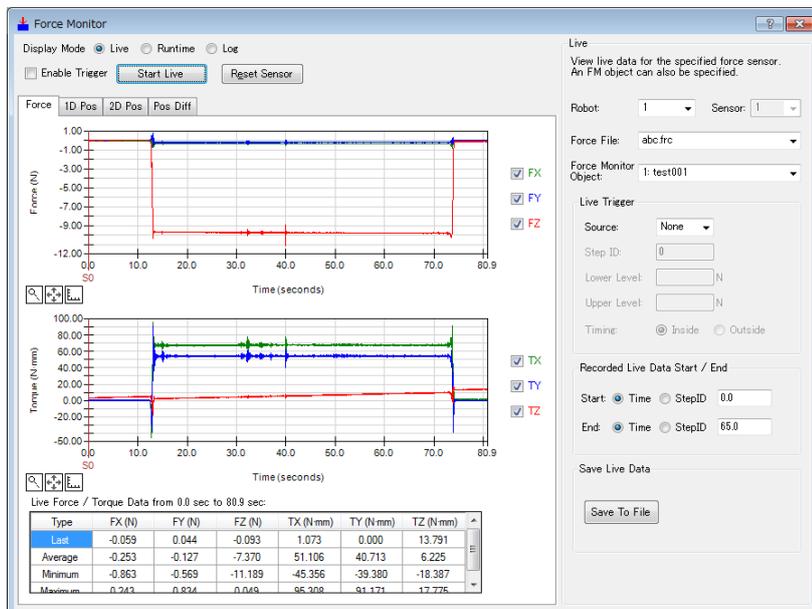
单击<Start Live>按钮启动“Live”。当“Live”启动时，数据将显示在图表中并实时更新。



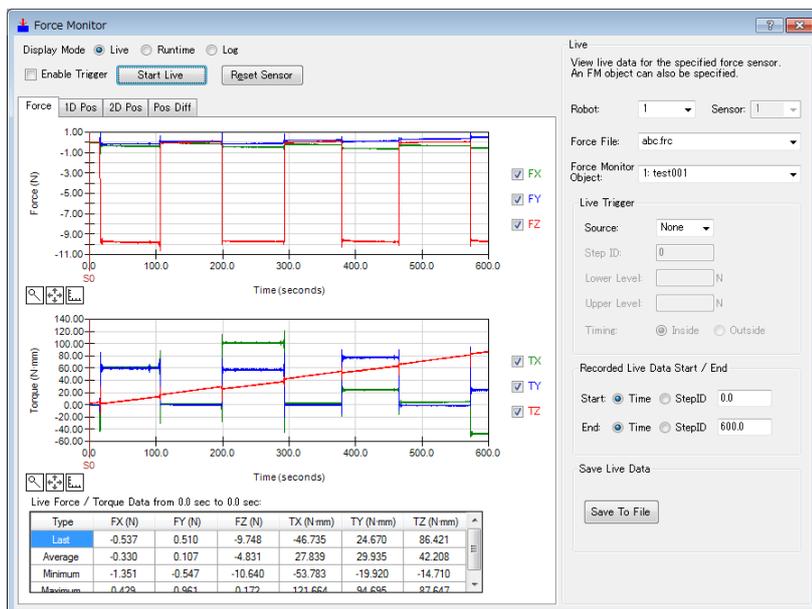
### 1-2-2 停止“Live”

要停止“Live”，单击<Stop Live>按钮。单击<Start Live>按钮 600 秒后，“Live”会自动停止。

单击<Stop Live>按钮时，数据更新将停止。

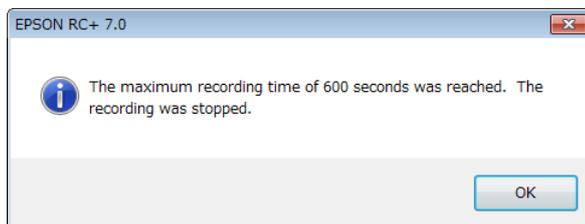


单击<Start Live>按钮 600 秒后，数据更新将自动停止。



600 秒后，系统将显示以下消息。

要重新启动“Live”，单击<OK>按钮，然后再次单击<Start Live>按钮。

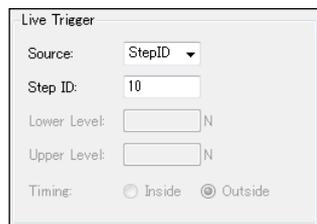


### 1-3 启用触发器功能时的“Live”流程

#### 1-3-1 启动“Live”

选中[Enable Trigger]复选框。

启动“Live”之前，确保“Live”设定或“Live”触发器的内容正确无误。



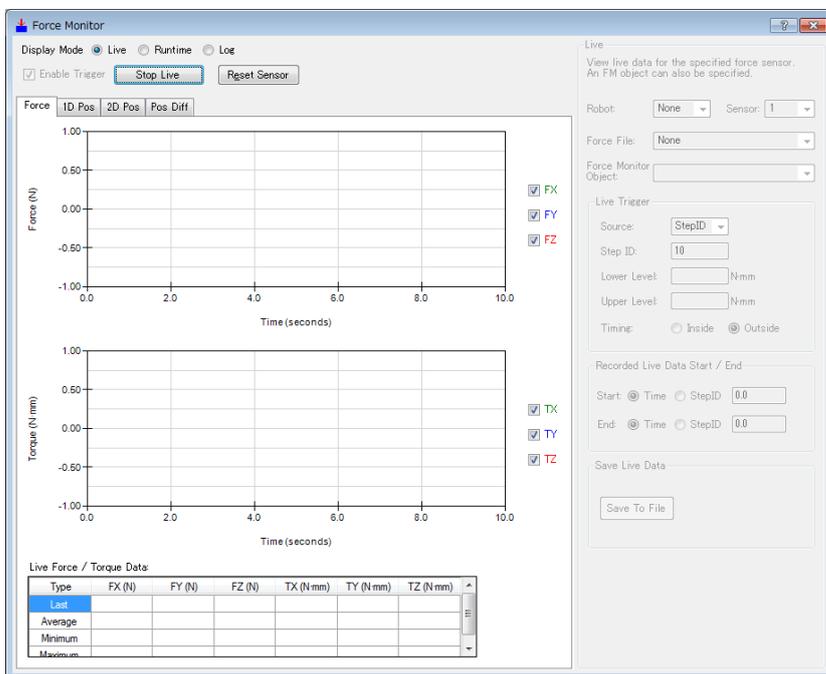
确保目标触发器或触发条件正确无误。

单击<Start Live>按钮启动“Live”。

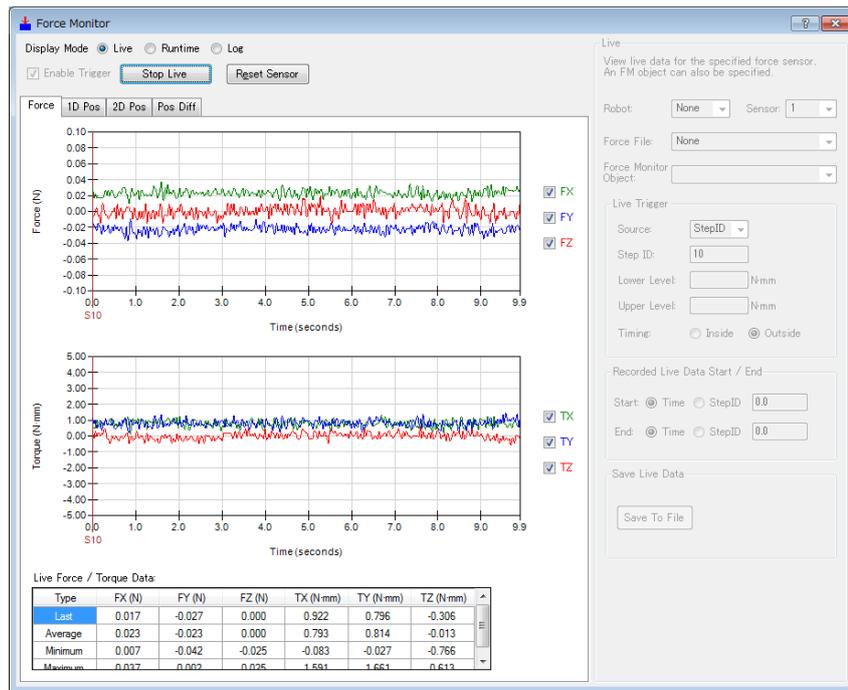
在满足触发条件之前，数据不会显示在图表中。

在满足触发条件之后，数据显示在图表中。

在满足触发条件之前: 数据不会显示在图表中。



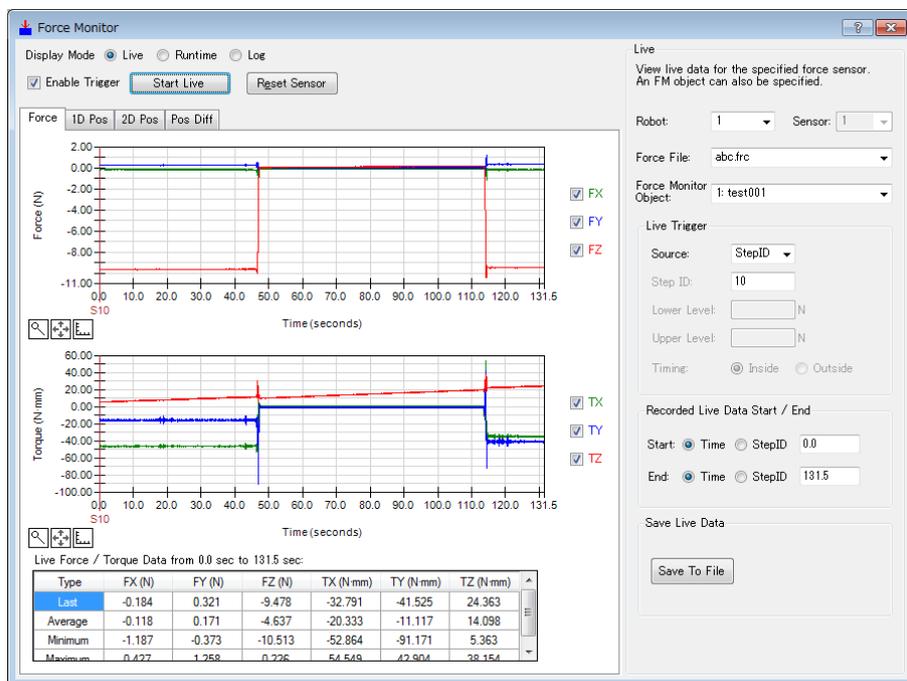
在满足触发条件之后: 数据显示在图表中, 并保持实时更新。



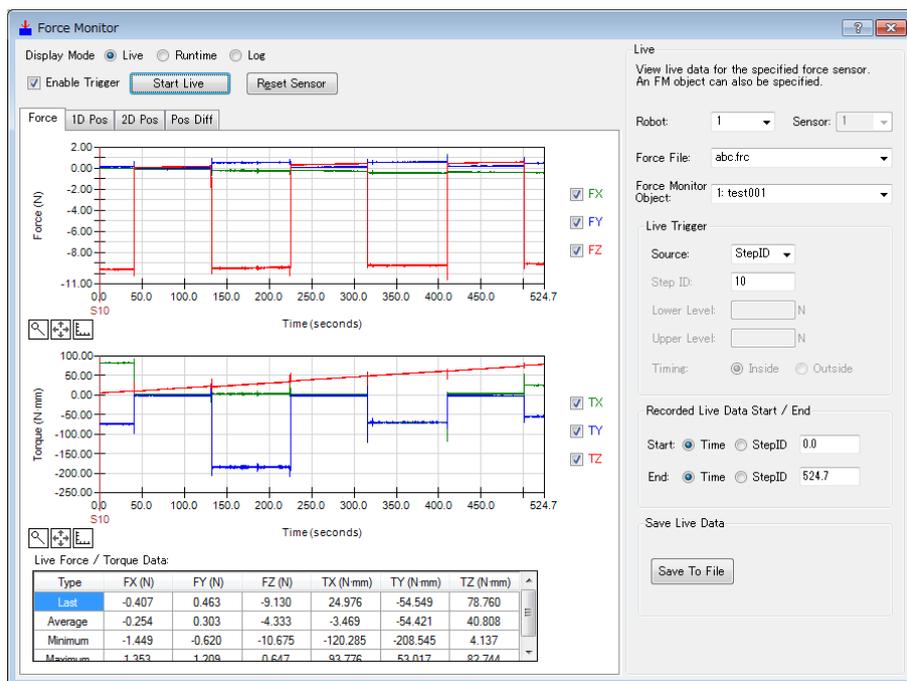
### 1-3-2 停止“Live”

要停止“Live”，单击<Stop Live>按钮。单击<Start Live>按钮 600 秒后，“Live”会自动停止。  
(并非数据开始显示后 600 秒。)

单击<Stop Live>按钮时，数据更新将停止。



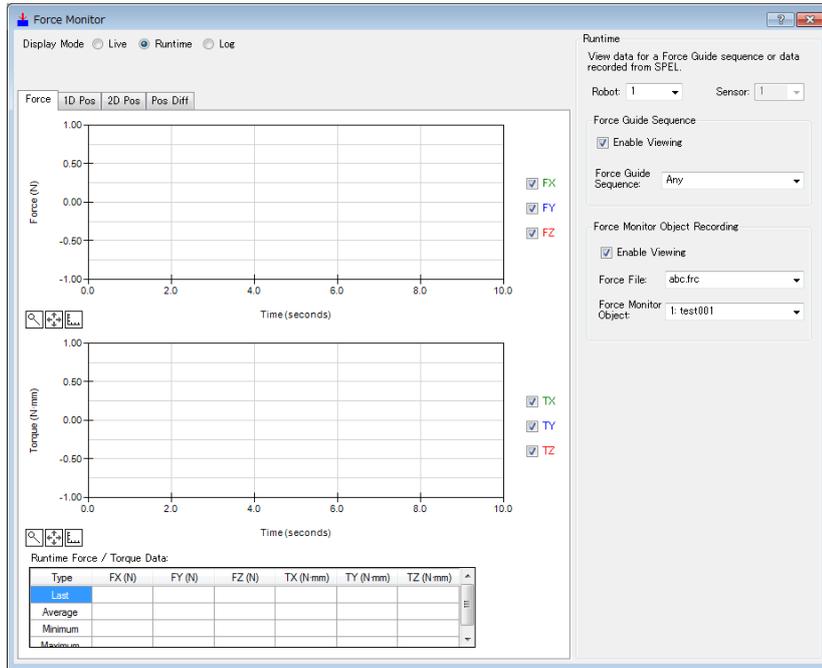
单击<Start Live>按钮 600 秒后，数据更新将自动停止。



2. [Display Mode]-<Runtime>按钮

2-1 显示的对话框的详细信息

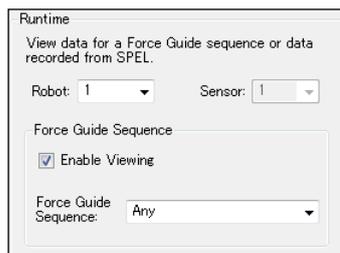
选择[Display Mode]- <Runtime>按钮，系统将显示以下对话框。



项目	说明
图表区域	<p>通过执行力觉向导序列或由力觉监视器对象执行记录，力觉传感器检测的力信息和机器人的位置信息会实时显示在图表上。</p> <p>图表区域中有[Force], [1D Pos], [2D Pos], [Pos Diff]选项卡。您可以根据使用情况切换选项卡。</p> <p>有关每个选项卡的详细信息，请参阅以下章节。</p> <p>4. 图表(在后面的页面中描述)</p>
Robot	<p>选择一个机器人编号，它将成为“Runtime”的目标。</p> <p>选择机器人时，系统将自动选择将成为“Runtime”的目标的力觉传感器。</p>
Sensor	<p>设定一个力觉传感器编号，它将成为“Runtime”的目标。</p>
Force Guide Sequence	<p>设定执行程序时要在图表上显示的力觉向导序列。</p> <p><b>Enable Viewing:</b> 选择启用/禁用图表显示。</p> <p><b>Force guide sequence:</b> 选择要在图表上显示的力觉向导序列。 如果选择“Any”，将显示所有力觉向导序列。</p>
Force Monitor Object Recording	<p>设定 RecordStart 属性执行的记录在图表上显示的条件。</p> <p><b>Enable Viewing:</b> 选择启用/禁用图表显示。</p> <p><b>Force file:</b> 设定力觉文件，保存要在图表上显示的力觉监视器对象。 选择“None”时，所有力觉监视器对象将显示在图表上。</p> <p><b>Force Monitor Object:</b> 设定要在图表上显示的力觉监视器对象。 设定力觉监视器对象时： 即使 RecordStart 属性由另一个力觉向导对象执行，数据也保存在文件中，但不显示在图表中。</p>

## 2-2 执行力觉向导序列时的图表显示

在执行力觉向导序列之前，确保检查 Runtime 设定是否正确。



检查以下项目：

- 目标机器人编号或传感器编号是否正确。
- 力觉向导序列设定或目标力觉向导序列的图表显示是否正确。

设定正确时，在 Force Guide 窗口上或通过 FGRun 语句执行力觉向导序列。

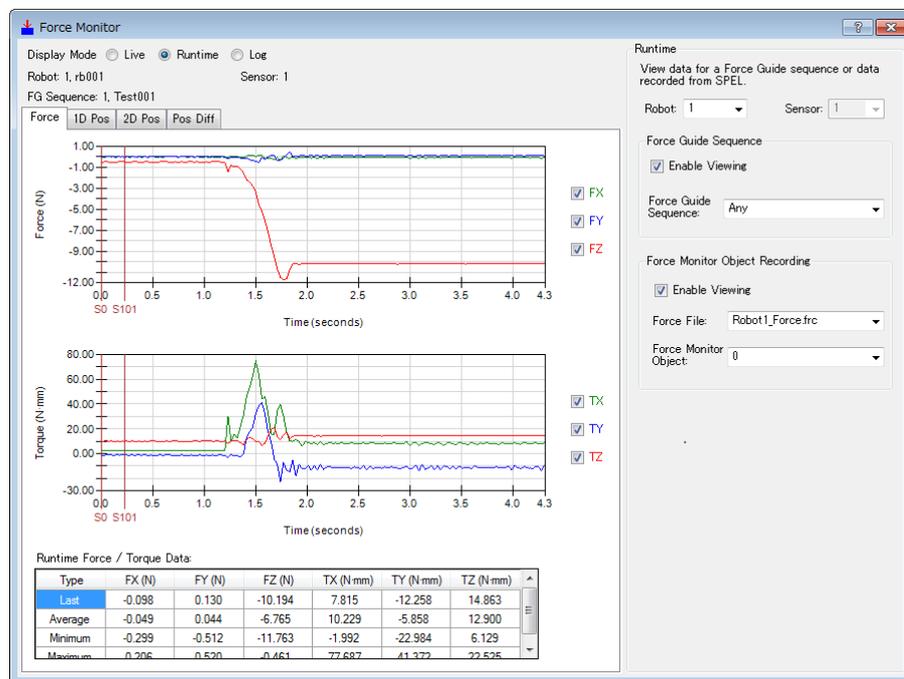
执行不满足条件的力觉向导对象时：

力觉向导序列不会显示在图表上。

执行满足条件的力觉向导对象时：

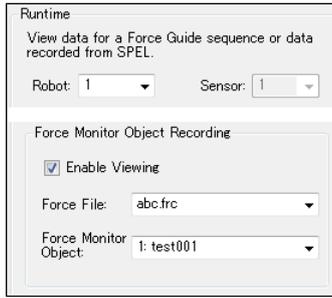
力觉向导序列将会显示在图表上。

满足条件时，数据会显示在图表上。



### 2-3 由力觉监视器对象执行记录时的图表显示

由力觉监视器对象执行记录之前，确保检查 Runtime 设定是否正确。



检查以下项目:

- 目标机器人编号或传感器编号是否正确。
- 由力觉监视器对象、目标力觉文件或力觉监视器对象执行的记录设定的图表显示是否正确。

设定正确时，由 RecordStart 属性执行记录。

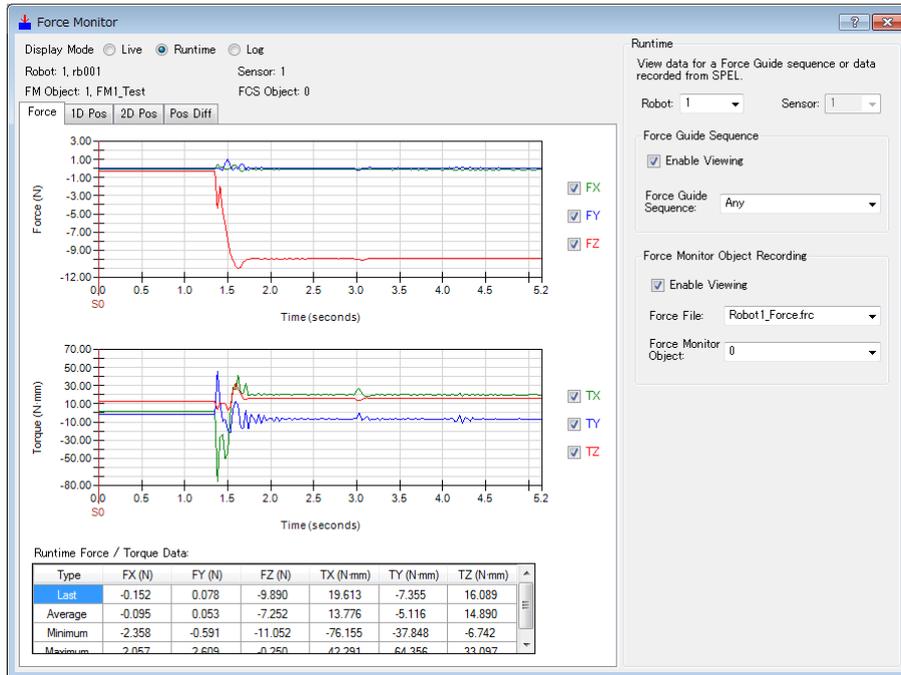
指定的力觉监视器对象不满足条件时:

数据保存在文件中，但不显示在图表上。

指定的力觉监视器对象满足条件时:

数据保存在文件中，并显示在图表上。

满足条件时，数据会显示在图表上。

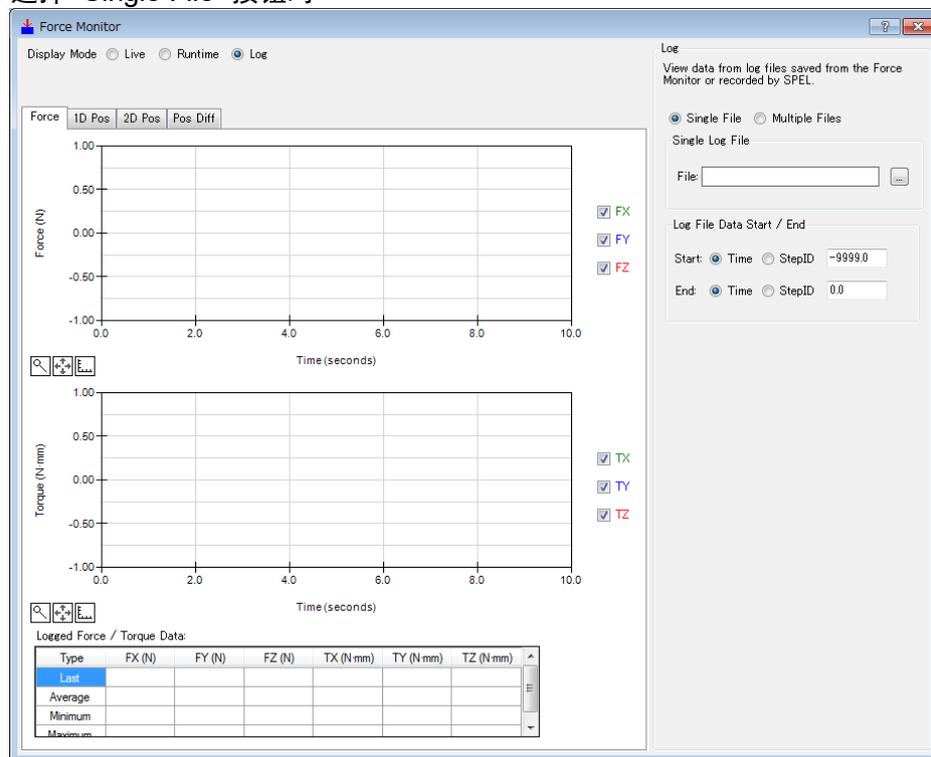


### 3. [Display Mode]-<Log>按钮

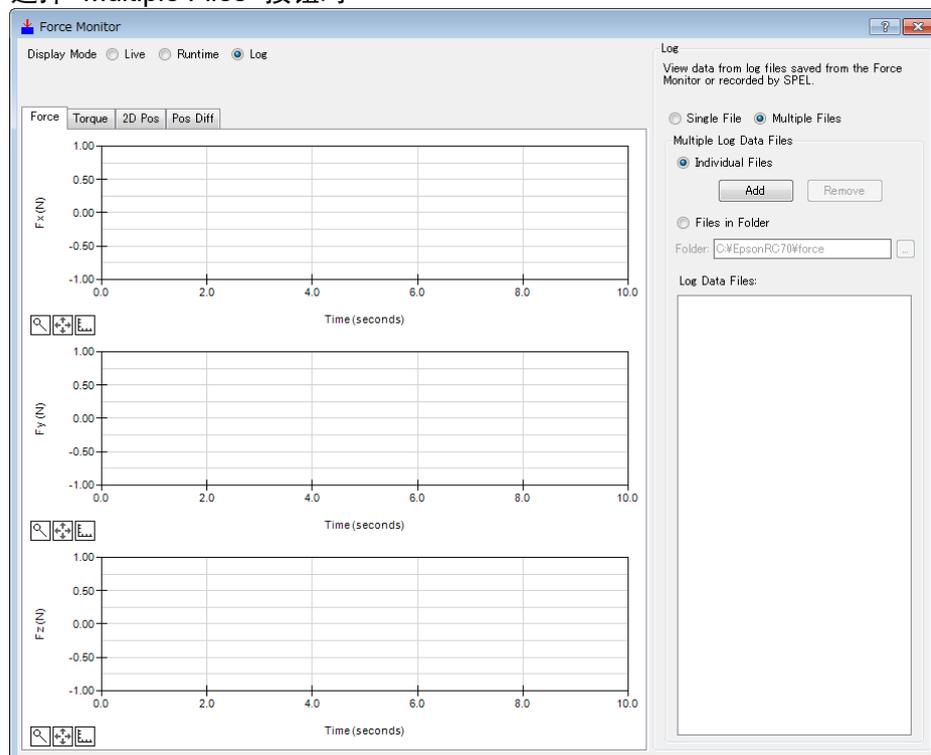
#### 3-1 显示的对话框的详细信息

选择[Display Mode]-<Log>按钮可显示以下对话框。

#### 选择<Single File>按钮时



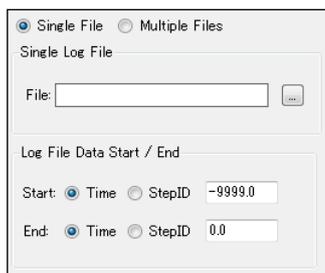
#### 选择<Multiple Files>按钮时



项目	说明
图表区域	<p>保存在文件中的机器人力信息或位置信息显示在图表中。您可以选择几个文件并在图表上进行比较。</p> <p>选择单个文件时： 有[Force], [1D Pos], [2D Pos], [Pos Diff]选项卡。</p> <p>选择多个文件时： 有[Force], [Torque], [2D Pos], [Pos Diff]选项卡。您可以根据使用情况切换选项卡。有关每个选项卡的详细信息，请参阅以下章节。</p> <p>4. 图表(在后面的页面中描述)</p>
Single File	<p>在图表上显示单个日志数据文件。您可以分析或检查该文件。</p>
Single Log File	<p>设定要显示的日志数据文件。从日志数据文件的[Select Data File]对话框中选择目标文件。单击&lt;Open&gt;按钮可使该文件显示在图表上。</p>
Log File Data Start / End	<p>设定日志数据的显示范围。</p> <p><b>Time</b> : 设定开始时间或结束时间(秒)。</p> <p><b>StepID</b> : 将 StepID 设定为开始或结束。</p>
Multiple Files	<p>在图表上层叠显示多个日志数据文件。您可以对它们进行比较或检查它们之间的变化。</p>
Multiple Log Data Files	<p>通过单击&lt;Multiple Files&gt;按钮，可以选择以下任一加载方法。</p> <p><b>Individual Files</b> <b>Files in Folder</b></p> <p>&lt;Individual Files&gt;按钮： 您可以按文件为单位，添加或移除一个目标文件。</p> <p>&lt;Add&gt;按钮 : 系统将显示[Select Data File]对话框。选择目标文件，然后单击&lt;Open&gt;按钮添加该文件。</p> <p>&lt;Remove&gt;按钮 : 选择并单击要从日志数据文件列表中移除的目标文件。系统将显示移除消息。单击&lt;Yes&gt;按钮可移除文件。</p> <p>&lt;Files in Folder&gt;按钮： 您可以按文件夹为单位，选择一个目标文件。</p> <p><b>Folder</b> : 单击按钮可显示文件夹的参阅对话框。选择目标文件夹，然后单击&lt;OK&gt;按钮添加该文件。</p> <p>添加的文件显示在[Log Data Files]中。带有选中标记的文件将显示在图表上。您可以在图表上同时显示多达 50 个文件。</p>

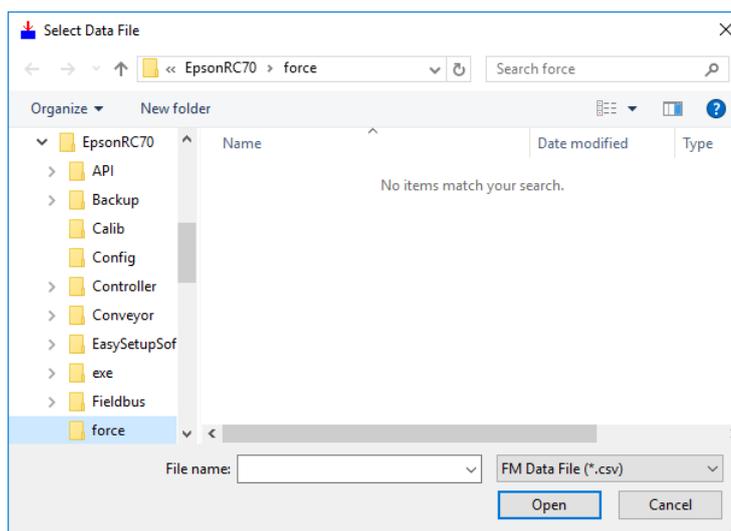
### 3-2 如何加载单个日志文件

(1) 选择<Single File>按钮。



(2) 单击[File]-<Browse>按钮。

(3) 系统将显示[Select Data File]对话框。  
在[File name]框中选择目标文件。



(4) 单击<Open>按钮。

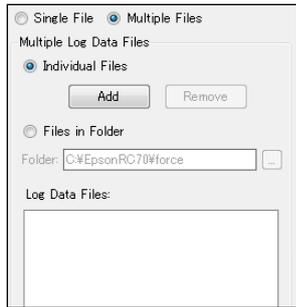
日志数据将显示在图表中。



### 3-3 如何加载多个日志数据文件

#### 3-3-1 选择各个文件

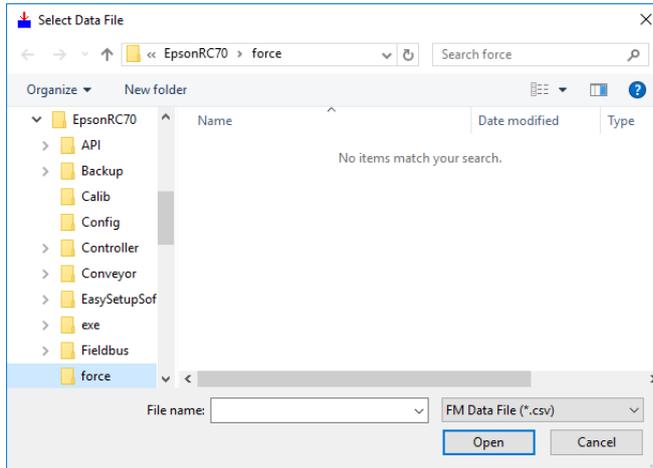
(1) 单击<Multiple Files>按钮。



(2) 选择<Individual Files>按钮。

(3) 单击<Add>按钮。

系统将显示[Select Data File]对话框。



(4) 在[File name]框中选择目标文件。

(5) 单击<Open>按钮。

文件将添加到[Log Data Files]中。选中复选框时，日志数据将显示在图表中。

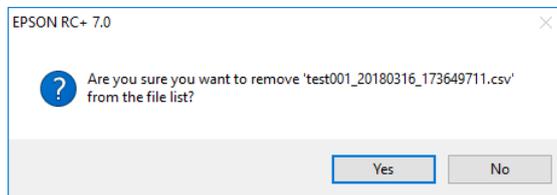


在[Log Data Files]中显示的文件的复选框选中的情况下重新启动[Force Monitor]对话框时，加载文件需要一段时间。

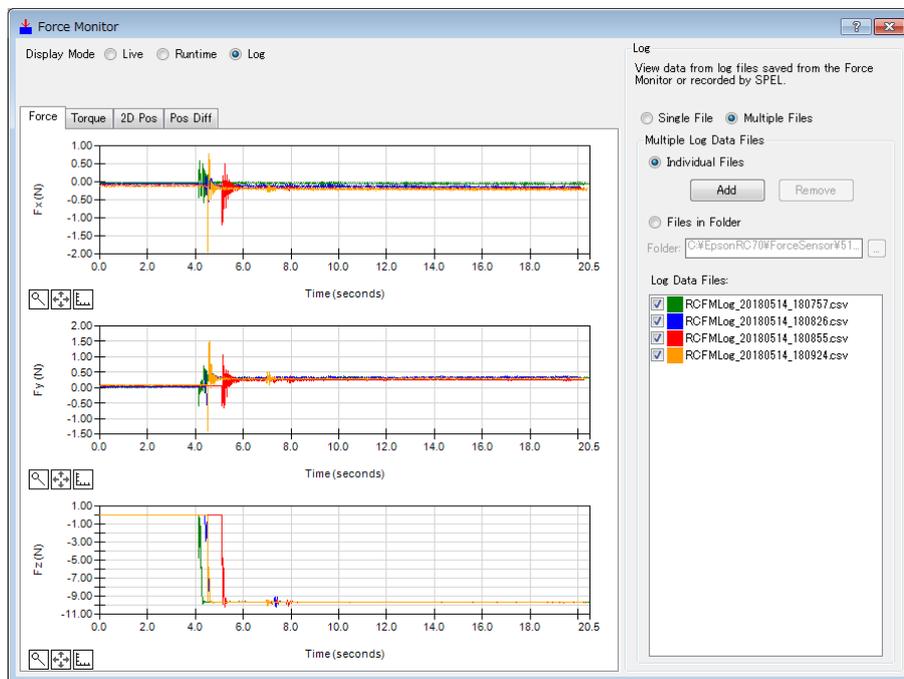
想要添加要在图表上显示的文件时：  
单击<Add>按钮。

想要从图表上移除要显示的文件时：  
有两种方法。

1. 从[Log Data Files]列表中移除选中标记。
2. 选择目标文件，然后单击<Remove>按钮。  
单击<Remove>按钮时，系统将显示以下消息。

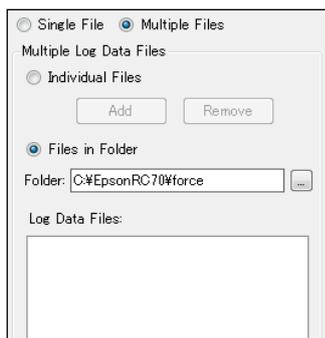


确认消息并单击<Yes>按钮。  
此时会从[Log Data Files]列表中移除目标文件。



### 3-3-2 选择文件夹

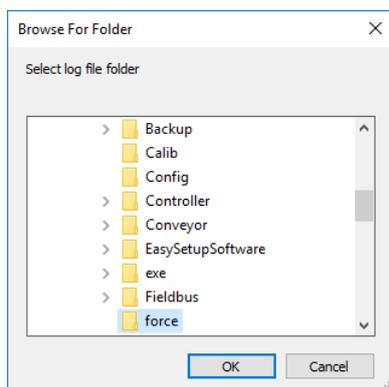
(1) 单击<Multiple Files>按钮。



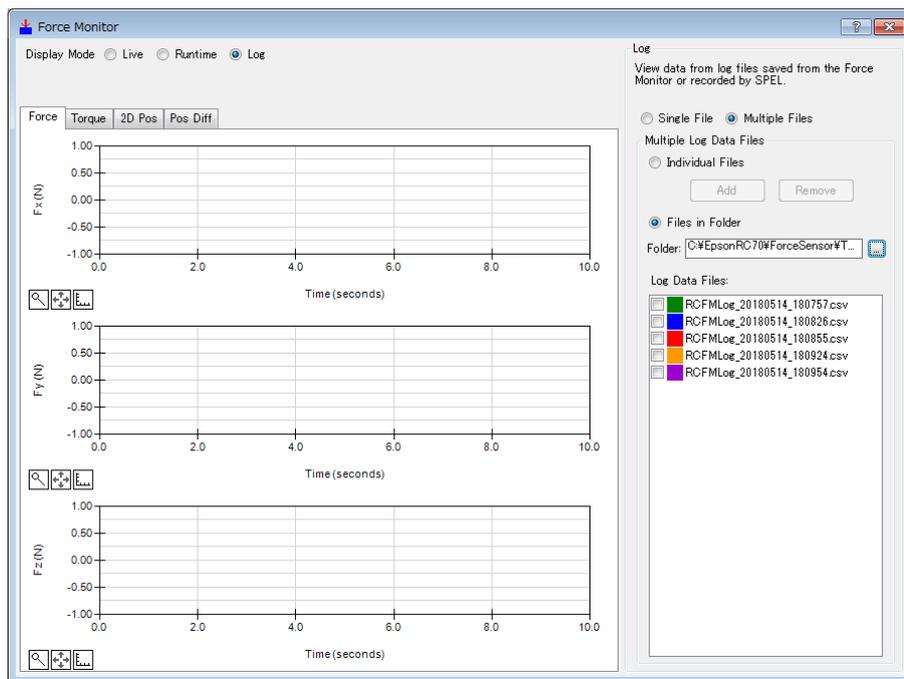
(2) 单击<Files in Folder>按钮。

(3) 单击[Folder]-<[Browse]>按钮。

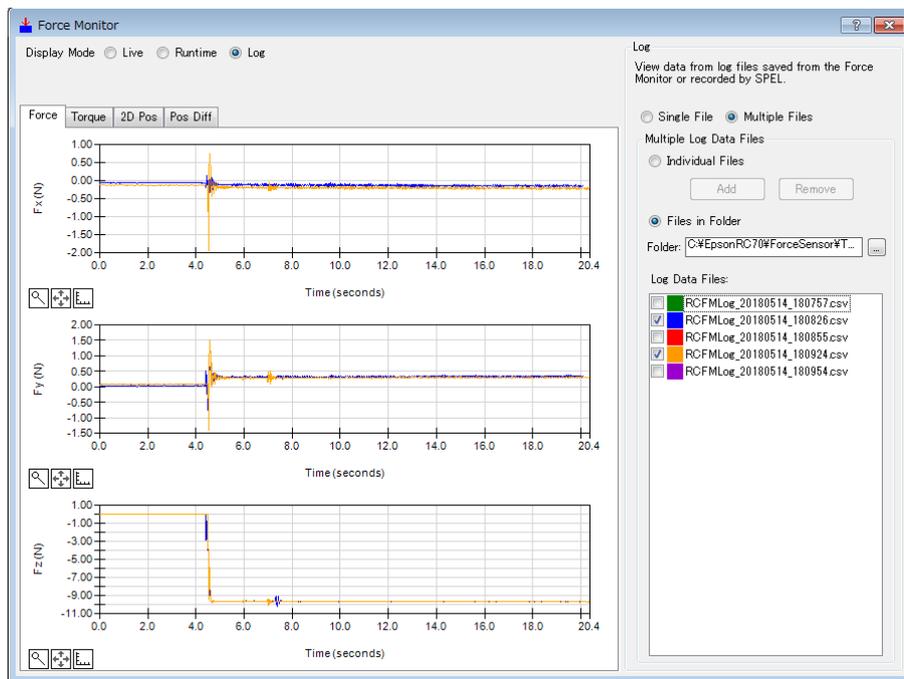
(4) 此时系统将显示[Browse For Folder]对话框。  
选择目标文件夹。



- (5) 单击<OK>按钮。  
文件将添加到[Log Data Files]中。



选中复选框时，日志数据将显示在图表中。



#### 4. 图表

使用图表旁边的复选框选择要显示的项目。

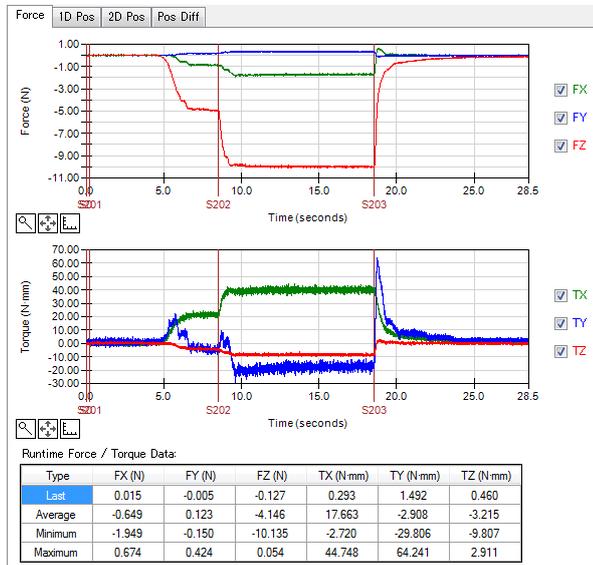
带有选中标记: 目标项目将显示在图表中。

没有选中标记: 目标项目将不显示在图表中。

##### 4-1 单个文件

##### 4-1-1 [Force]选项卡(单个文件)

[Force]选项卡中的图表将显示平移力、转矩和 StepID 值。



在以下模式下选择[Force]选项卡时，将显示此图表。

Live 模式

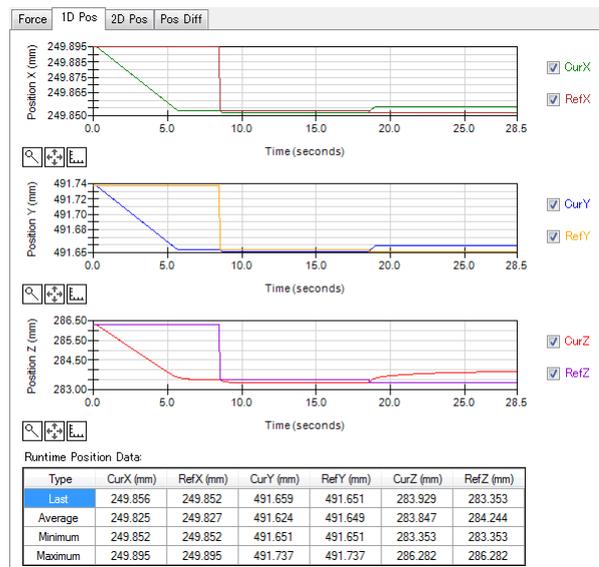
Runtime 模式

Log 模式(选择<Single File>按钮)

项目	说明
Force 图表	在图表中显示平移力(Fx, Fy, Fz)。 竖轴: 力[N] 横轴: 时间(秒) StepID 的变化用红线显示在图表中。
Torque 图表	在图表中显示转矩(Tx, Ty, Tz)。 竖轴: 转矩[N·mm] 横轴: 时间(秒) StepID 的变化用红线显示在图表中。
Runtime Force / Torque Data	对于平移力(Fx, Fy, Fz)和转矩(Tx, Ty, Tz)，显示图表中显示的数据值(Last, Average, Minimum, Maximum)。

### 4-1-2 [1D Pos]选项卡(单个文件)

[1D Pos]选项卡在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)以及仅包含位置控制的命令位置(RefPos)，并将这些命令位置分为 X、Y 和 Z 分量。



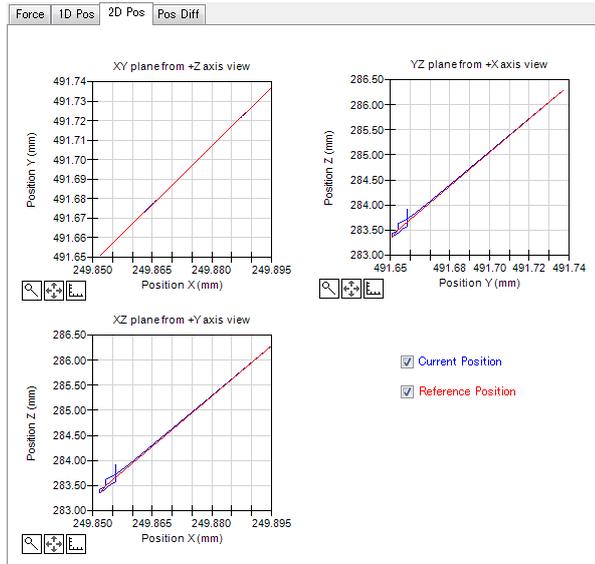
在以下模式下选择[1D Pos]选项卡时，会显示此图表。

- Live 模式
- Runtime 模式
- Log 模式(选择<Single File>按钮)

项目	说明
Position X 图表	在图表中显示 X 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: X 方向上的位置[mm] 横轴: 时间(秒)
Position Y 图表	在图表中显示 Y 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Y 方向上的位置[mm] 横轴: 时间(秒)
Position Z 图表	在图表中显示 Z 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Z 方向上的位置[mm] 横轴: 时间(秒)
Runtime Position Data	对于每个命令位置的每个 X、Y 和 Z 分量，显示图表中显示的数据值(Last, Average, Minimum, Maximum)。

4-1-3 [2D Pos]选项卡(单个文件)

[2D Pos]选项卡在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)以及仅包含位置控制的命令位置(RefPos)，并将这些命令位置分为 XY、YZ 和 XZ 平面。



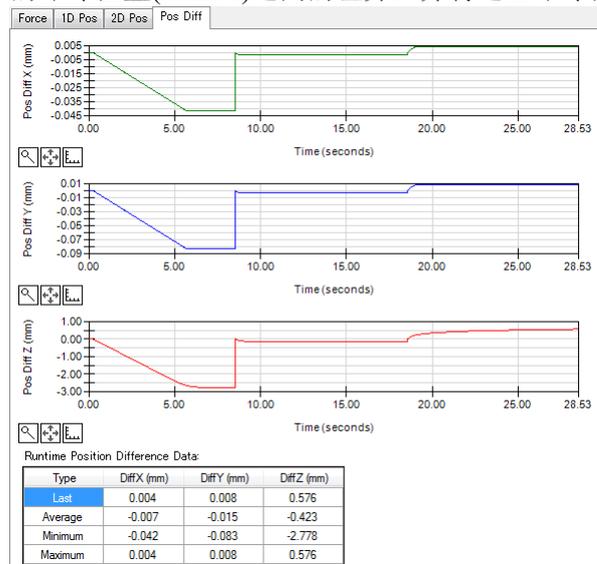
在以下模式下选择[2D Pos]选项卡时，会显示此图表。

- Live 模式
- Runtime 模式
- Log 模式(选择<Single File>按钮)

项目	说明
XY plane from +Z axis view 图表	在图表中显示在 XY 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: 在 Y 位置上的位置[mm] 横轴: 在 X 位置上的位置[mm]
YZ plane from +X axis view 图表	在图表中显示在 YZ 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: 在 Z 位置上的位置[mm] 横轴: 在 Y 位置上的位置[mm]
XZ plane from +Y axis view 图表	在图表中显示在 XZ 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: 在 Z 位置上的位置[mm] 横轴: 在 X 位置上的位置[mm]
命令位置	您可以在右下方复选框(Current Position 和 Reference Position)中选择要显示的命令位置。 带有选中标记: 所选命令位置将显示在图表中。 没有选中标记: 所选命令位置将不会显示在图表中。 此设定反映在所有图表中。

#### 4-1-4 [Pos Diff]选项卡(单个文件)

[Pos Diff]选项卡在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)与仅包含位置控制的命令位置(RefPos)之间的差异，并将这些命令位置分为 X、Y 和 Z 分量。



在以下模式下选择[Pos Diff]选项卡时，会显示此图表。

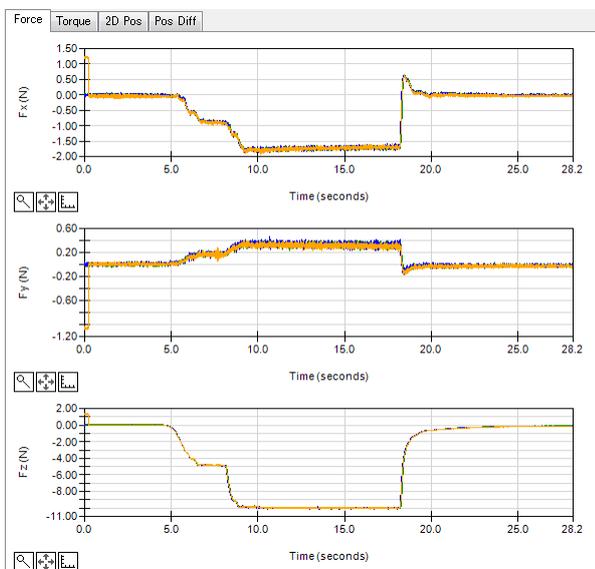
- Live 模式
- Runtime 模式
- Log 模式(选择<Single File>按钮)

项目	说明
Pos Diff X 图表	在图表中显示 X 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)的位置差异。 竖轴: 在 X 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Pos Diff Y 图表	在图表中显示 Y 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)的位置差异。 竖轴: 在 Y 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Pos Diff Z 图表	在图表中显示 Z 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)的位置差异。 竖轴: 在 Z 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Runtime Position Difference Data	对于 Pos Diff 的每个分量: X、Y 和 Z，显示图表中显示的数据值(Last, Average, Minimum, Maximum)。

## 4-2 多个文件

### 4-2-1 [Force]选项卡(多个文件)

[Force]选项卡(多个文件)在图表中显示每个轴的平移力。每个图表上指定的多个日志数据文件的数据被层叠显示。



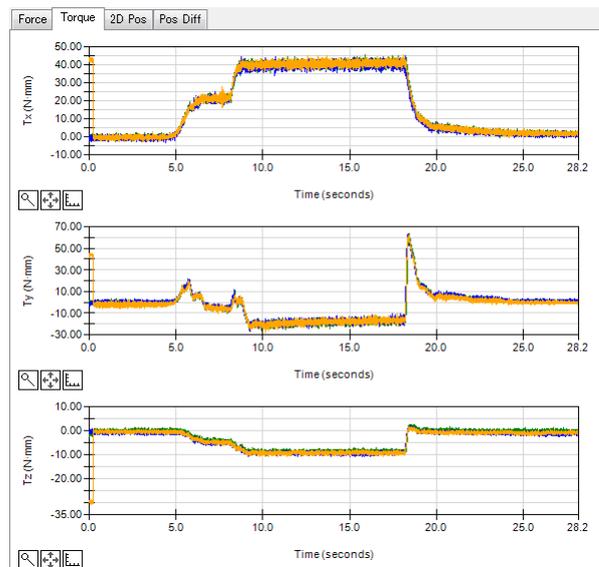
在以下模式下选择[Force]选项卡时，将显示此图表。

Log 模式(选择<Multiple Files>按钮)

项目	说明
Fx 图表	在图表上层叠显示 X 方向上的平移力，最多支持 50 个文件。 竖轴: X 方向上的力[N] 横轴: 时间(秒)
Fy 图表	在图表上层叠显示 Y 方向上的平移力，最多支持 50 个文件。 竖轴: Y 方向上的力[N] 横轴: 时间(秒)
Fz 图表	在图表上层叠显示 Z 方向上的平移力，最多支持 50 个文件。 竖轴: Z 方向上的力[N] 横轴: 时间(秒)

## 4-2-2 [Torque]选项卡(多个文件)

[Torque]选项卡在图表中显示每个轴的转矩。每个图表上指定的多个日志数据文件的数据被层叠显示。



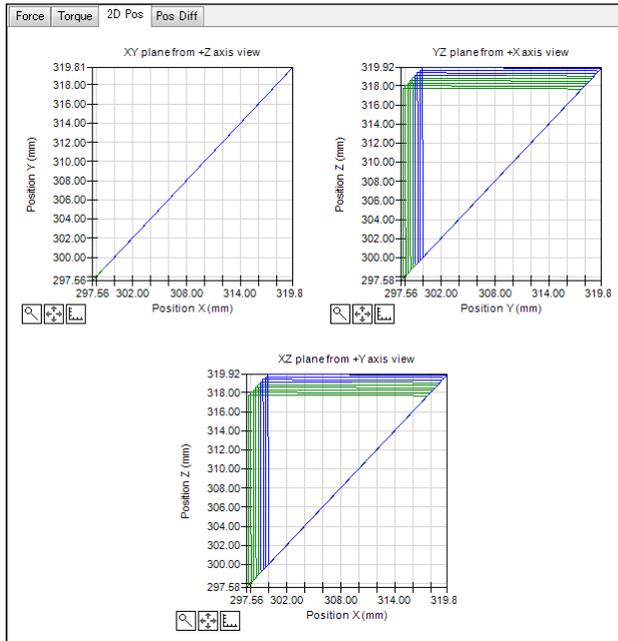
在以下模式下选择[Torque]选项卡时，将显示此图表。

Log 模式(选择<Multiple Files>按钮)

项目	说明
Tx 图表	在图表上层叠显示 X 方向上的转矩，最多支持 50 个文件。 竖轴: X 方向上的转矩[N·mm] 横轴: 时间(秒)
Ty 图表	在图表上层叠显示 Y 方向上的转矩，最多支持 50 个文件。 竖轴: Y 方向上的转矩[N·mm] 横轴: 时间(秒)
Tz 图表	在图表上层叠显示 Z 方向上的转矩，最多支持 50 个文件。 竖轴: Z 方向上的转矩[N·mm] 横轴: 时间(秒)

4-2-3 [2D Pos]选项卡(多个文件)

[2D Pos]选项卡在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)以及仅包含位置控制的命令位置(RefPos)，并将这些命令位置分为 XY、YZ 和 XZ 平面。每个图表上指定的多个日志数据文件的数据被层叠显示。



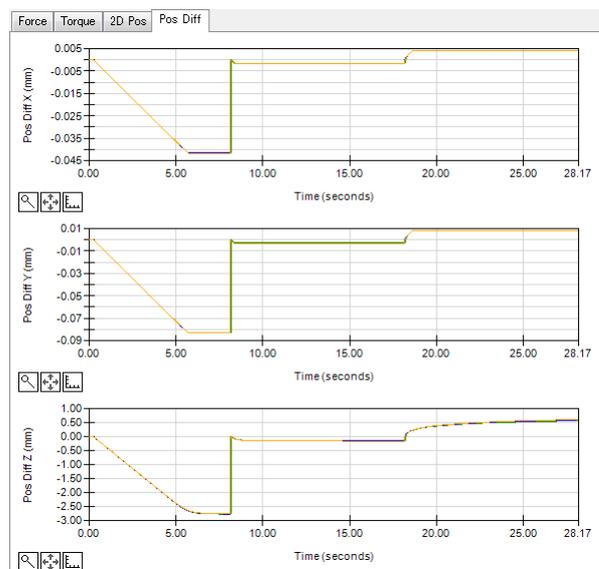
在以下模式下选择[2D Pos]选项卡时，会显示此图表。

Log 模式(选择<Multiple Files>按钮)

项目	说明
XY plane from +Z axis view 图表	通过在图表上层叠最多 50 个文件，显示在 XY 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Y 方向上的位置[mm] 横轴: X 方向上的位置[mm]
YZ plane from +X axis view 图表	通过在图表上层叠最多 50 个文件，显示在 YZ 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Z 方向上的位置[mm] 横轴: Y 方向上的位置[mm]
XZ plane from +Y axis view 图表	通过在图表上层叠最多 50 个文件，显示在 XZ 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Z 方向上的位置[mm] 横轴: X 方向上的位置[mm]

## 4-2-4 [Pos Diff]选项卡(多个文件)

[Pos Diff]选项卡(多个文件)在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)与仅包含位置控制的命令位置(RefPos)之间的差异，并将这些命令位置分为 X、Y 和 Z 分量。每个图表上指定的多个日志数据文件的数据被层叠显示。



在选择了多个文件的<Log>模式下选择[Pos Diff]选项卡时，会显示此图表。

项目	说明
Pos Diff X 图表	通过在图表上层叠最多 50 个文件，显示 X 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)的位置差异。 竖轴: 在 X 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Pos Diff Y 图表	通过在图表上层叠最多 50 个文件，显示 Y 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)的位置差异。 竖轴: 在 Y 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Pos Diff Z 图表	通过在图表上层叠最多 50 个文件，显示 Z 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)的位置差异。 竖轴: 在 Z 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)

### 4-3 通用功能

以下功能是每个图表的通用功能:

- 放大显示图表
- 移动放大的区域
- 更改图表刻度

当图表没有更新时，可以使用上述功能。

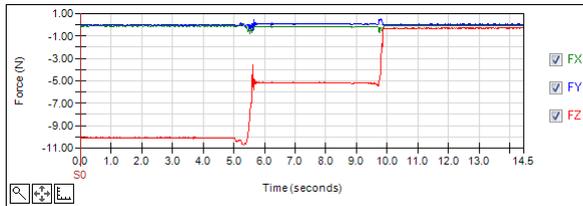


项目	说明
放大显示图表	单击  按钮并在图表上移动鼠标光标。 当光标在图表上移动时，它会变成十字光标。 在开始位置左键单击鼠标，将鼠标移动到结束位置并释放左键。然后，从开始位置到结束位置的区域将被放大显示。 要恢复原始图表，请再次单击  图标。
移动放大的区域	单击  按钮并在图表上移动鼠标光标。 当光标在图表上移动时，它会变成箭头光标。 左键单击放大的区域并上下移动时，该区域会随着鼠标移动而移动。
更改图表刻度	单击  按钮时，系统将显示[Set Graph Axis Scales]对话框。可以选择每个轴的刻度。 设定为“Auto”时，刻度会随值自动变化。

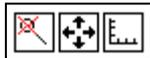
#### 4-3-1 放大图表

以下描述了将下图放大以下范围的步骤。

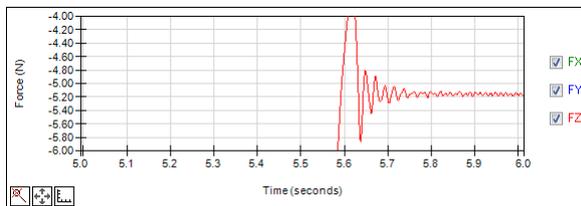
- 从-6.00 N到-4.00 N
- 从 5 秒到 6 秒



- (1) 单击按钮。  
单击按钮时，按钮会有变化。(按钮将更改为选定状态。)



- (2) 在图表上移动鼠标光标。
- (3) 要选择一个区域，左键单击要放大的区域的开始位置(5 秒， -4.00 N)到结束位置(6 秒， -6.00 N)。
- (4) 释放左键。  
显示将切换到步骤(3)中选择的范围。



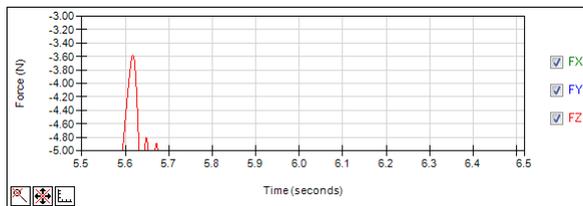
### 4-3-2 移动放大的区域

以下描述了移动在“4-3-1 放大图表”示例中放大的图表的显示范围的步骤。

- (1) 单击按钮。  
单击按钮时，按钮会有变化。(图标将更改为选定状态。)

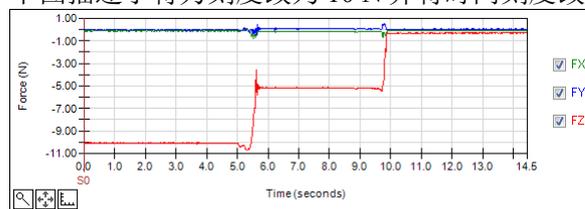


- (2) 在图表上移动鼠标光标。
- (3) 左键单击同时将鼠标移动到任意位置。
- (4) 释放左键。显示将切换到步骤(3)中移动到的位置。

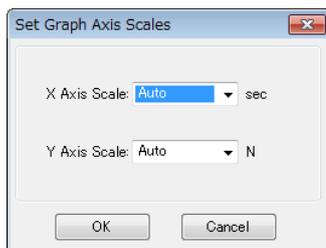


### 4-3-3 更改图表刻度的示例

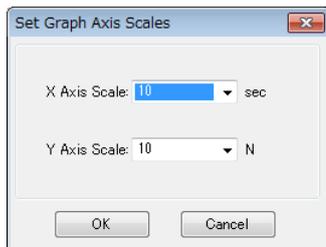
下图描述了将力刻度改为 10 N 并将时间刻度改为 10 秒的步骤。



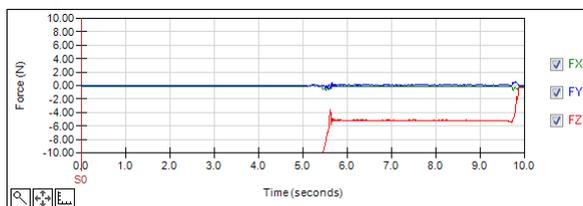
- (1) 单击按钮。  
系统将显示[Set Graph Axis Scales]对话框。



- (2) 将[Y axis Scale](力刻度)更改为“10”，并将[X axis Scale](时间刻度)更改为“10”。



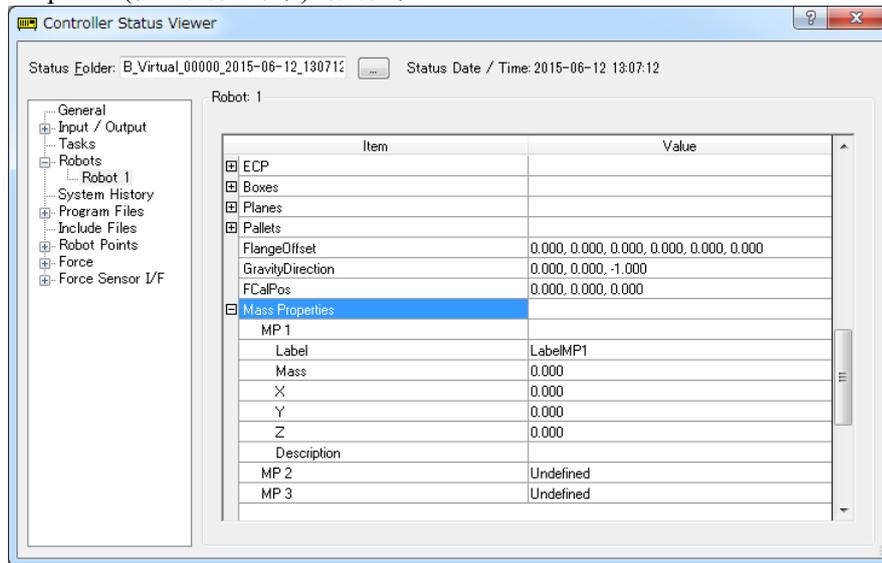
- (3) 单击<OK>按钮。显示更改为指定刻度。



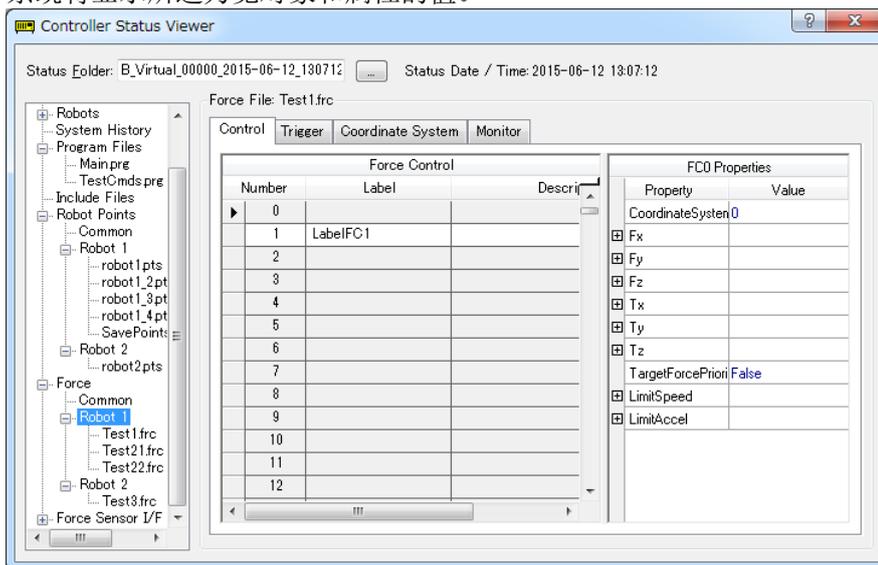
### 3.5.3 [Maintenance](工具菜单)

显示控制器状态时，可以参阅力觉传感器相关值。

- (1) 单击< View Controller Status >按钮。  
此时系统将显示[Browse Folder]对话框。
- (2) 选择存储信息的文件夹。(在“B\_”之后带有“控制器类型名称、序列号和日期/时间”的文件夹)
- (3) 单击<OK>按钮显示控制器状态。
- (4) 从[Controller Status Viewer]窗口的树形菜单中，选择[Robots]-[Robot\*]。  
系统将显示所选机器人(机器人对象)的 FlangeOffset, GravityDirection, Mass Properties(质量属性对象)的属性值。



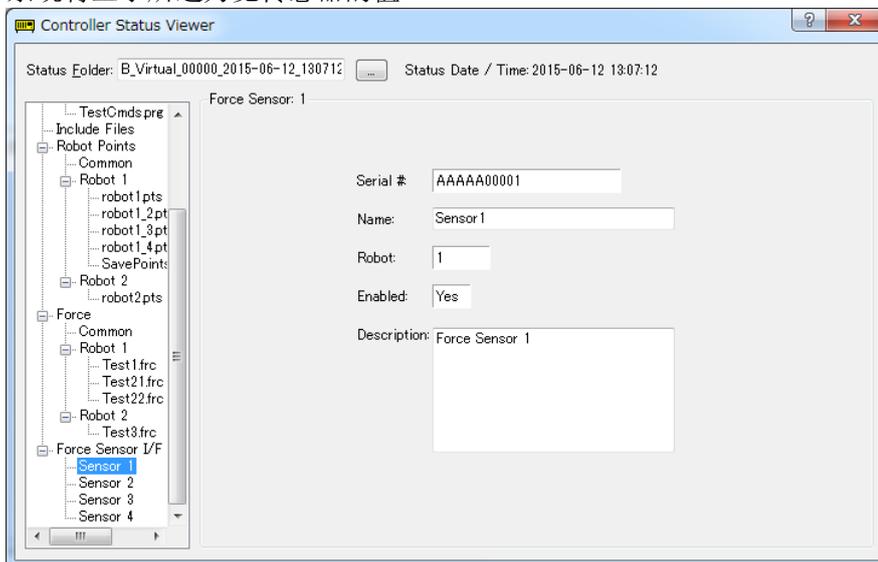
- (5) 选择[Force]-[Robot\*]-[\*\*\*\*.frc]。  
系统将显示所选力觉对象和属性的值。



有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)- [Tools]  
[Robot Manager]-[Force]面板

- (6) 选择[Force Sensor I/F]-[Sensor \*]。  
系统将显示所选力觉传感器的值。



有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 1.1 配置力觉传感器 I/F 单元

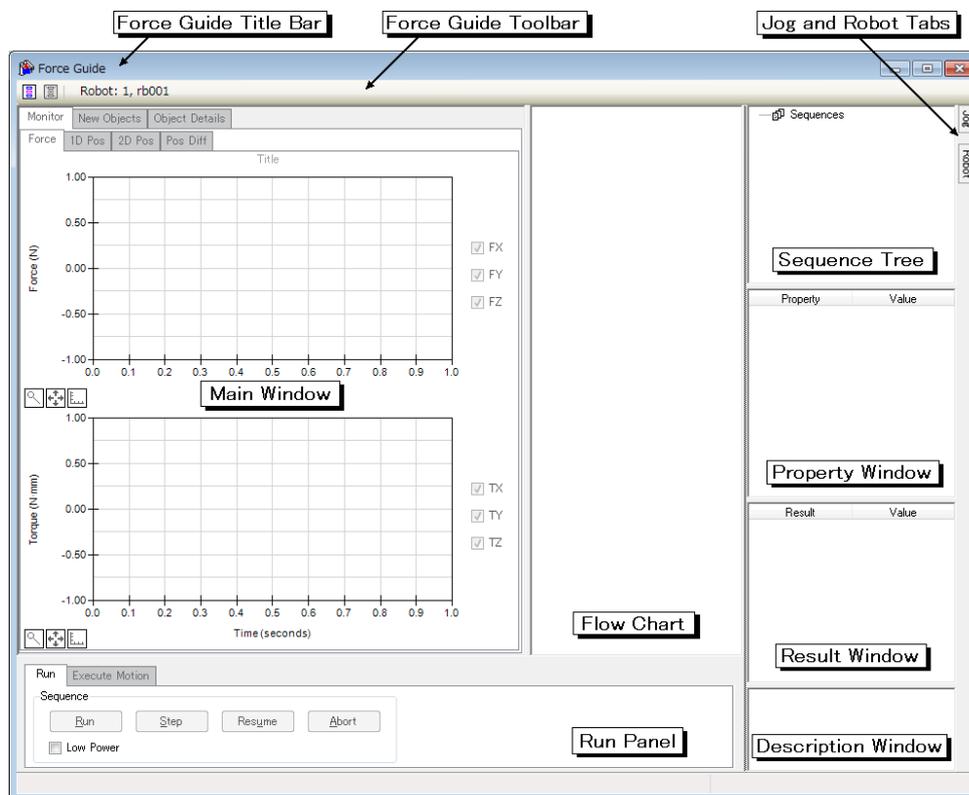
### 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

您可以使用力控制功能、力觉触发器功能和力觉监视器功能创建操作，而无需使用 SPEL+语言编程。

#### [Force Guide]窗口显示

有以下两种方式显示[Force Guide]窗口。

- 1.选择 EPSON RC+ 7.0-菜单-[Tools]-[Force Guide]。
- 2.单击工具栏上的<Force Guide>  按钮。



#### Force Guide标题栏

标题栏显示窗口标题和当前选定的力觉向导序列的名称。力觉向导序列名称在方括号[]内显示。

当力觉向导序列更新时，方括号[]旁边会显示“\*”。保存后，“\*”会消失。



请注意，EPSON RC + 7.0 的标题栏与 Force Guide 标题栏不同。

差异:

- EPSON RC+ 7.0 标题栏 : 会显示工作项目名称。
- Force Guide 标题栏 : 会显示当前选定的力觉向导序列的名称。

## Force Guide工具栏

Force Guide 工具栏显示在 Force Guide 窗口上方和标题栏下方。



关于工具栏的简要描述如下:

按钮	工具提示	说明
	New sequence	创建力觉向导序列。 单击它可显示序列向导。 要创建力觉向导序列, 请根据序列向导设定基本信息, 选择任务, 然后选择模板。 参阅: 新建力觉向导序列 (在后面的页面中描述)
	Delete sequence	删除力觉向导序列。 单击它可显示[Delete Force Guide Sequence]对话框。 要删除力觉向导序列, 请在对话框中选择要删除的力觉向导序列。 参阅: 删除力觉向导序列 (在后面的页面中描述)
Robot	-	显示目标机器人编号和机器人名称。
	Flow chart ON/OFF	可以打开或关闭力觉向导序列的流程图显示。

## 主窗口



主窗口可以通过以下选项卡切换显示:

Monitor 选项卡 : 执行力觉向导序列时显示数据。

New Objects 选项卡 : 选择要添加到力觉向导序列中的力觉向导对象。

Object Details 选项卡: 设定或检查当前选定的力觉向导序列或力觉向导对象。

关于每项功能的简要描述如下:

### [Monitor]选项卡

Monitor 选项卡具有[Force], [1D Pos], [2D Pos], [Pos Diff]选项卡。



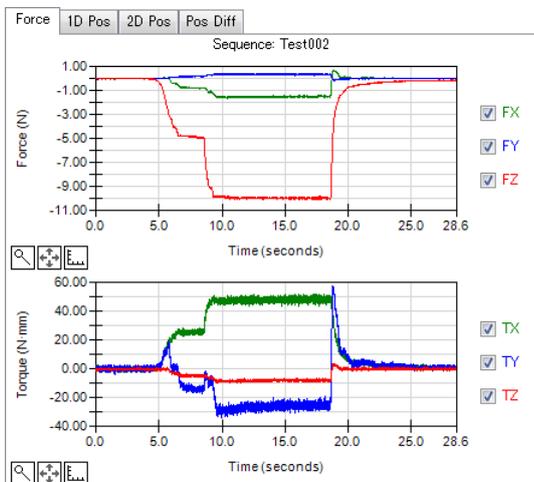
[Force]选项卡

平移力和转矩显示在每个图表中。

您可以通过图表旁边的复选框选择要显示的项目。

带有选中标记: 所选项目将显示在图表中。

没有选中标记: 所选项目将不会显示在图表中。



项目	说明
Force 图表	在图表中显示平移方向的力(Fx, Fy, Fz)。 竖轴: 力[N] 横轴: 时间(秒)
Torque 图表	在图表中显示转矩(Tx, Ty, Tz)。 竖轴: 转矩[N·mm] 横轴: 时间(秒)

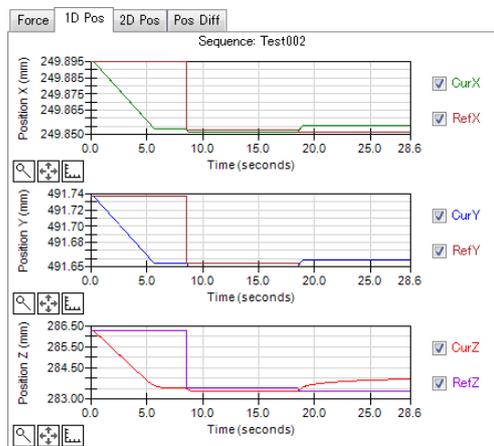
### [1D Pos]选项卡

在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)以及仅包含位置控制的命令位置(RefPos)，并将这些命令位置分为 X、Y 和 Z 分量。

您可以通过图表旁边的复选框选择要显示的项目。

带有选中标记  : 所选项目将显示在图表中。

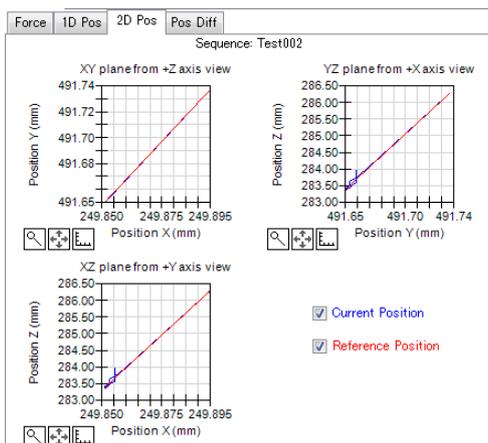
没有选中标记  : 所选项目将不会显示在图表中。



项目	说明
Position X 图表	在图表中显示 X 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: X 方向上的位置[mm] 横轴: 时间(秒)
Position Y 图表	在图表中显示 Y 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Y 方向上的位置[mm] 横轴: 时间(秒)
Position Z 图表	在图表中显示 Z 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Z 方向上的位置[mm] 横轴: 时间(秒)

[2D Pos]选项卡

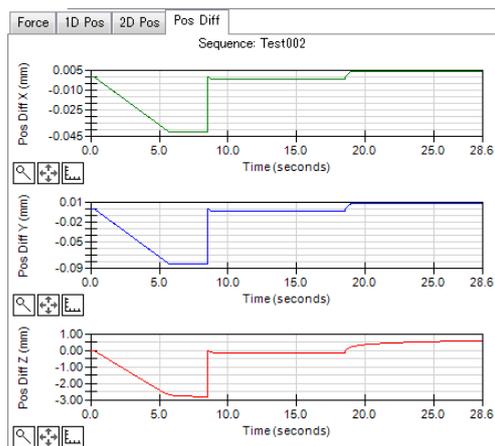
在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)以及仅包含位置控制的命令位置(RefPos)，并将这些命令位置分为 XY、YZ 和 XZ 平面。



项目	说明
XY plane from +Z axis view 图表	在图表中显示在 XY 平面上投影的命令位置(Current Position 和 Reference Position)。 竖轴: Y 方向上的位置[mm] 横轴: X 方向上的位置[mm]
YZ plane from +X axis view 图表	在图表中显示在 YZ 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Z 方向上的位置[mm] 横轴: Y 方向上的位置[mm]
XZ plane from +Y axis view 图表	在图表中显示在 XZ 平面上投影的命令位置(CurPos 和 RefPos)。 竖轴: Z 方向上的位置[mm] 横轴: X 方向上的位置[mm]
命令位置	您可以在右下方复选框(Current Position 和 Reference Position)中选择要显示的命令位置。 带有选中标记: 所选命令位置将显示在图表中。 没有选中标记: 所选命令位置将不会显示在图表中。 此设定反映在所有图表中。

[Pos Diff]选项卡

在图表中显示包含力觉控制的命令位置(CurPos)与仅包含位置控制的命令位置(RefPos)之间的差异，并将这些命令位置分为 X、Y 和 Z 分量。



项目	说明
Pos Diff X 图表	在图表中显示 X 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)之间的位置差异。 竖轴: 在 X 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Pos Diff Y 图表	在图表中显示 Y 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)之间的位置差异。 竖轴: 在 Y 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)
Pos Diff Z 图表	在图表中显示 Z 方向上的命令位置(CurPos 和 RefPos)之间的位置差异。 竖轴: 在 Z 方向上的位置差异[mm] 横轴: 时间(秒)

**通用功能**

每个图表都有以下通用功能。

- 放大图表的显示
- 移动放大的区域
- 更改图表刻度

当图表没有更新时，可以使用上述功能。

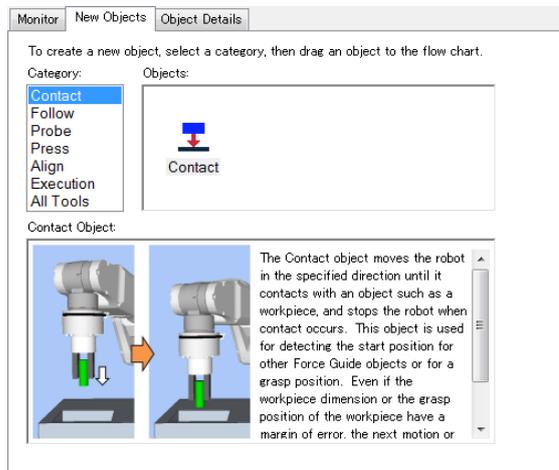


按钮	工具提示	说明
	Zoom	要放大图表，请选择想要放大的区域。 单击图标，然后在图表上移动鼠标光标。 当光标在图表上移动时，它会变成十字光标。 在开始位置单击鼠标左键，然后将鼠标移动到结束位置并释放左键。然后，从开始位置到结束位置的区域将被放大。 要恢复原始图表，请再次单击图标。
	Pan	移动放大的区域。 单击图标，然后在图表上移动鼠标光标。 当光标在图表上移动时，它会变成箭头光标。 左键单击放大的区域并上下移动时，该区域会随着鼠标移动而移动。
	Set scales for axes	更改图表的刻度。 单击此图标可显示[Set Graph Axis Scales]对话框。您可以更改每个轴的刻度。 指定为“Auto”时，刻度会随值而变化。 不指定为“Auto”时，刻度将更改为指定值。

[New Objects]选项卡

在 New Objects 选项卡中，可以将新的力觉向导对象添加到力觉向导序列中。

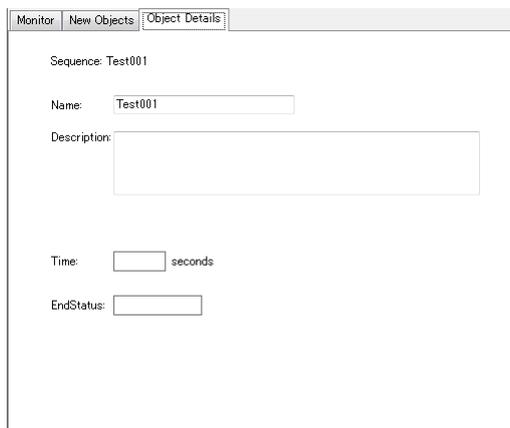
要将力觉向导对象添加到力觉向导序列中，请选择力觉向导对象并将其拖到流程图中。



项目	说明																
Category	根据功能分类为对象的项目。 您可以选择以下项目。 Contact, Follow, Probe, Press, Align, Execution, All Tools																
Objects	<p>显示在[Category]中选择的项目的力觉向导对象列表。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>[Category]</th> <th>[Objects]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact</td> <td>Contact</td> </tr> <tr> <td>Follow</td> <td>Relax, FollowMove</td> </tr> <tr> <td>Probe</td> <td>PressProbe, ContactProbe</td> </tr> <tr> <td>Press</td> <td>Press, PressMove</td> </tr> <tr> <td>Align</td> <td>SurfaceAlign</td> </tr> <tr> <td>Execution</td> <td>Decision, SPELFunc</td> </tr> <tr> <td>All Tools</td> <td>All force guide objects</td> </tr> </tbody> </table> <p>要将力觉向导对象添加到力觉向导序列中，请选择(单击)要添加的力觉向导对象并将其拖到流程图中(释放鼠标按钮)。</p> <p>当从力觉向导对象列表中选择力觉向导对象时，力觉向导对象的图像和描述显示在[Category]和[Object]下方。</p>	[Category]	[Objects]	Contact	Contact	Follow	Relax, FollowMove	Probe	PressProbe, ContactProbe	Press	Press, PressMove	Align	SurfaceAlign	Execution	Decision, SPELFunc	All Tools	All force guide objects
[Category]	[Objects]																
Contact	Contact																
Follow	Relax, FollowMove																
Probe	PressProbe, ContactProbe																
Press	Press, PressMove																
Align	SurfaceAlign																
Execution	Decision, SPELFunc																
All Tools	All force guide objects																

### [Object Details]选项卡

对于当前选定的力觉向导对象和力觉向导序列，您可以检查其名称, 描述设定, 执行时间, 执行结果(EndStatus)。



设定或检查所选力觉向导序列或力觉向导对象。

项目	说明
Name	设定名称。 最多可以输入 16 个字母数字字符。
Description	设定描述。 最多可以输入 255 个字母数字字符。
Time	显示执行时间。
EndStatus	显示执行结果。
MeasuredHeight	显示高度的测量结果。(该项目仅在 HeightInspect 序列中显示)

## Run面板

在 Run 面板中，可以执行力觉向导序列并进行调试。此外，还可以将机器人移动到指定的目标位置。

Run 面板上有[Run]选项卡和[Execute Motion]选项卡。



### [Run]选项卡

操作目标力觉向导序列。

参阅: 执行力觉向导序列(在后面的页面中描述)

项目	说明
<Run>按钮	执行选定的力觉向导序列。
<Step>按钮	从顶部执行选定的力觉向导序列的力觉向导对象。
<Resume>按钮	重新启动暂停的力觉向导序列。
<Abort>按钮	暂停正在运行的力觉向导序列。

项目	说明
[Low Power]复选框	选中复选框时，机器人将在低功率模式下工作。默认情况下不会选中复选框。

### [Execute Motion]选项卡

指定动作命令并将机器人移动到指定的目标位置。

项目	说明
<Execute>按钮	使用指定的动作命令将机器人移动到指定的位置。
[Use LJM]复选框	带有选中标记: 当执行动作命令时，机器人会自动改变方向以减少关节移动量并进行操作。默认情况下不会选中复选框。

### 流程图

流程图显示了当前选定的力觉向导序列的力觉向导对象流程。

#### 流程图顺序

- 初始 : 当前选定的力觉向导序列。
- 第二次或更后 : 包含在选定的力觉向导序列中的力觉向导对象。  
力觉向导对象按执行顺序显示。

#### 流程框颜色

- 蓝色 : 正常显示。
- 粉色 : 单击力觉向导序列或力觉向导对象时。

#### 流程图的锁定标记

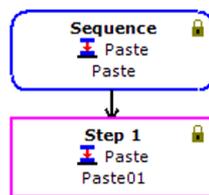
流程图上的专用力觉向导序列与专用力觉向导对象上会显示锁定标记，不能删除或移动专用力觉向导对象。

专用力觉向导对象为仅限于专用力觉向导序列使用的对象，不能通过新对象进行添加。

另外，对于专用力觉向导序列与专用力觉向导对象而言，其右键单击流程图所调用的操作，也与通用力觉向导序列及通用力觉向导对象不同。

参阅: 在力觉向导序列流程图上右键单击时的操作

参阅: 在对象流程图上右键单击时的操作



有关专用力觉向导序列的详细说明，请参阅下述内容。

软件篇 4. 力觉向导功能

通过右键单击流程，可以调用各种操作。

右键单击力觉向导序列流程时：

(对象：通用力觉向导序列和专用力觉向导序列)

项目	说明
New sequence	创建力觉向导序列。 要创建力觉向导序列，请根据序列向导设定基本信息，选择任务，然后选择模板。 参阅：新建力觉向导序列
Delete sequence	删除力觉向导序列。 要删除力觉向导序列，请在[Delete Force Guide Sequence]对话框中选择要删除的力觉向导序列。 参阅：删除力觉向导序列
Run sequence	执行选定的力觉向导序列。 参阅：执行力觉向导序列
Paste	粘贴复制或剪切的力觉向导对象。
Create SPEL sequence	将创建的力觉向导序列转换为 SPEL+的程序文件。 选择该选项时，系统将显示 SPEL 创建对话框。 在对话框中输入所需信息，并创建 SPEL+程序文件。 参阅：力觉向导序列的 SPEL 创建

右键单击序列流程时：

(对象：仅专用力觉向导序列)

项目	说明
Sequence wizard	打开专用力觉向导序列的配置向导。 参阅：新建力觉向导序列

右键单击对象流程时:  
(对象: 通用力觉向导序列和专用力觉向导序列)

项目	说明
Toggle Breakpoint	设定或释放断点。 未设定断点时选择: 您可以设定断点。设定完成后, 对象流程的右上角会显示一个图标。 设定断点时选择: 您可以释放断点。释放时, 对象流程的右上角显示的图标会被清除。 如果在设定断点时执行力觉向导序列, 对象会在设定断点的对象流处暂停。
Paste	粘贴复制或剪切的力觉向导对象。

右键单击对象流程时:  
(对象: 仅通用力觉向导序列)

项目	说明
Copy	复制选定的力觉向导对象。
Cut	剪切选定的力觉向导对象。
Delete	删除选定的力觉向导对象。 选择该选项时, 系统将显示一条确认消息。 <Yes>按钮: 删除力觉向导对象。 <No>按钮: 不删除力觉向导对象。

您可以检查流程图中序列/对象流程中序列的执行状态和执行结果。

项目	状态	说明
框颜色	蓝色	表示正常状态。
	紫色	表示选定状态。
	黑色	表示暂停状态。
	绿色	表示执行中状态。
框内的颜色	白色	表示正常状态。
	黄色	表示暂停状态。
	淡蓝	表示执行中状态。
框内的左上角图标	图像 	表示执行力觉向导序列或力觉向导对象已成功。
	图像 	表示执行力觉向导序列或力觉向导对象已失败。

## 序列树

序列树显示所有序列。

序列树中的序列节点和对象节点可以操作与流程图相同的操作流程。

## 属性窗口

在属性窗口中，可以更改导力觉向导对象或力觉向导序列的每个属性值。

通过以下方式显示属性窗口：

在流程图中选择序列流程或对象流程。

在序列树中选择序列节点或对象节点。

Sequence: Test001	
Property	Value
Name	Test001
Index	1
Description	
RobotNumber	1
RobotType	Six Axis
AutoStepID	True
ResetSensor	True
MPNumber	0
<input checked="" type="checkbox"/> Coordinate System	

有关每个属性的详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 4. 力觉向导功能

## 结果窗口

在结果窗口中，可以检查力觉向导序列或力觉向导对象的执行结果。

通过以下方式显示结果窗口：

在流程图中选择序列流程或对象流程。

在序列树中选择序列节点或对象节点。

Result	Value
EndStatus	
EndStatusData	
Time	
LastExecObject	
<input checked="" type="checkbox"/> EndForces	
<input checked="" type="checkbox"/> PeakForces	

有关每个结果的详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 4. 力觉向导功能

## 描述窗口

描述窗口显示在属性窗口或结果窗口中选定的属性或结果的名称和简单描述。

<b>Name</b> Specifies the name of the sequence or object.
--

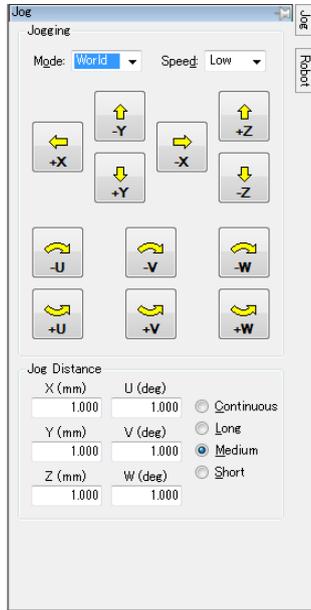
[Jog]选项卡

选择序列树右侧的[Jog]选项卡时，会显示[Jog]选项卡。

[Jog]选项卡是一个可以放置在任何位置的弹出面板。

执行步进动作时，需要打开机器人电机。

请通过[Robot]选项卡打开电机。



项目	说明
[Mode]框	设定步进模式。(World, Tool, Local, Joint, ECP)
[Speed]框	设定步进速度。(低速、高速)
[Jog Distance]组	设定步进动作的距离。 (continuance, large, medium, small) 选择“large”, “medium”, “small”时，可以通过在文本框中输入值来更改距离。
步进按钮	要在步进模式下操作机器人，请在设定步进模式、步进速度和步进动作的距离后单击步进按钮。 选择[Jog Distance]- <Continuous>按钮 机器人将持续步进动作，直到松开步进按钮。 选择[Jog Distance]-除<Continuous>外的其他按钮 机器人将步进到指定的步进距离。如果持续单击步进按钮，机器人会持续执行步进动作。

### [Robot]选项卡

单击[Jog]选项卡下的[Robot]选项卡，可显示[Robot]选项卡。

[Robot]选项卡是一个可以放置在任意位置的弹出面板。

在步进动作中操作机器人时，设定所需的功能。

以下操作可用：

选择当前机器人

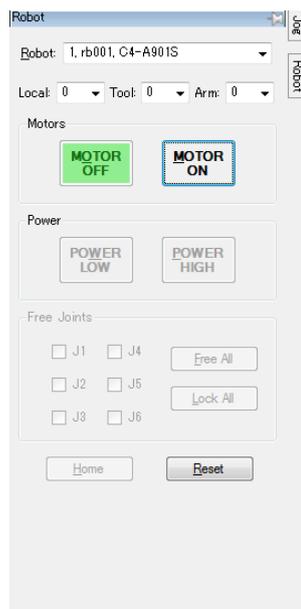
电机电源开/关

更改功率

设定关节

执行 Home

执行 Reset



### 新建力觉向导序列

#### 概述

使用序列向导创建力觉向导序列。通过以下方式显示向导:

- 单击力觉向导工具栏中的<New sequence >按钮。
- 右键单击流程图中的序列流程或序列树中的序列节点，选择[New sequence]。

显示序列向导时，根据画面提示选择序列。

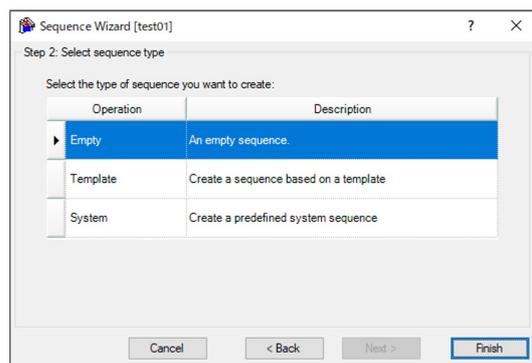
#### 序列向导: 创建通用力觉向导序列

##### Step 1: General



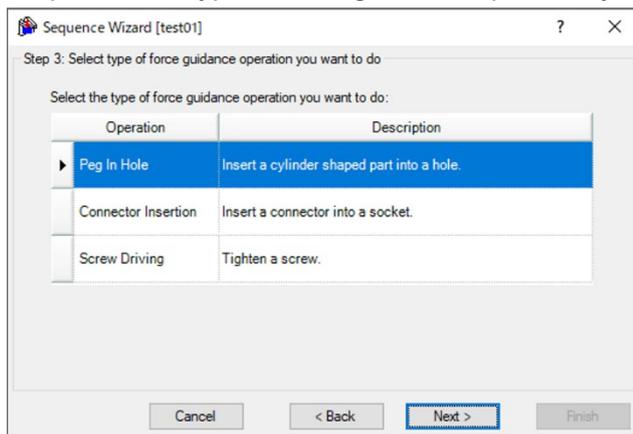
项目	说明
General	<p><b>Enter name for new sequence:</b> 输入力觉向导序列名称。 (最多 16 个字母数字字符。)</p> <p><b>Select robot for new sequence:</b> 从当前注册的机器人列表中选择一个使用新的力觉向导序列的机器人。</p> <p><b>Copy from existing sequence:</b> 要通过复制现有的力觉向导序列来创建力觉向导序列，请从列表中选择要复制的力觉向导序列。 不复制时，从列表中选择空白。</p>
<Cancel>按钮	取消新序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。 由于当前步骤是步骤 1，因此无法单击此按钮。
<Next>按钮	继续下一步。 在[Copy from existing sequence]中选择“Force guide sequence”时，无法单击此按钮。 选择空白时： 可以单击此按钮。
<Finish>按钮	完成新的力觉向导序列的创建操作。 创建新的力觉向导序列，其中带有输入的内容。

## Step 2: Select sequence type



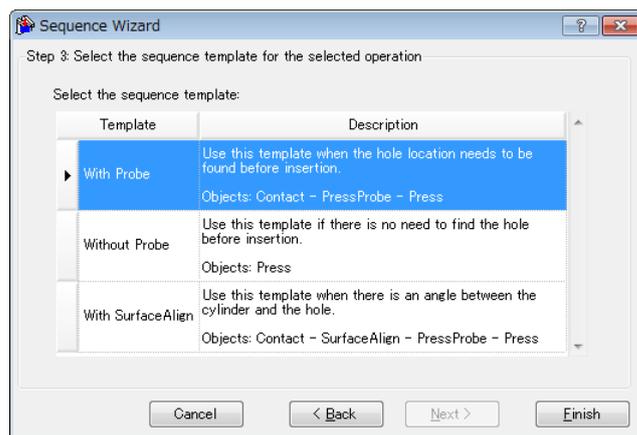
项目	说明
Select sequence type	如果要使用模板创建力觉向导序列，请选择[Template]。 如不使用模板，请选择[Empty]。
<Cancel>按钮	取消新建力觉向导序列。 单击它可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	继续下一步。 选择[Select type of force guide operation you want to do]-[None]时： 无法单击此按钮。 选择除了[Select type of force guide operation you want to do]-[None]以外的其他选项时： 可以单击此按钮。
<Finish>按钮	完成新序列的创建操作。 选择[Select type of force guide operation you want to do]-[None]时： 可以单击此按钮。 选择除了[Select type of force guide operation you want to do]-[None]以外的其他选项时： 无法单击此按钮。

Step 3: Select type of force guidance operation you want to do



Item	Description
Select type of force guidance operation you want to do	从以下选项中选择类型。 Peg In Hole Connector Insertion Screw Driving
<Cancel> 按钮	取消新建力觉向导序列。 单击它可结束序列向导。
<Back> 按钮	返回到上一步。
<Next> 按钮	继续下一步。
<Finish> 按钮	完成新序列的创建操作。 此步骤中无法选择此按钮。

## Step 4: Select the sequence template for the selected operation

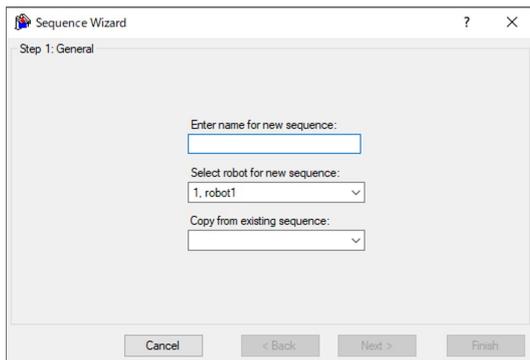


(以上对话框是在步骤 2 中选择[Peg In Hole]时的图像。)

项目	说明
Select the sequence template for the selected operation	从以下选项中选择模板。 选择[Peg In Hole]时： With Probe、Without probe 和 With SurfaceAlign 选择[Connector Insertion]时： With Probe、Without probe 选择[Screw Driving]时： 标准
<Cancel>按钮	取消创建新的力觉向导序列。 单击它可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	继续下一步。 由于当前步骤是步骤 4，因此无法单击此按钮。
<Finish>按钮	完成新的力觉向导序列的创建操作。 创建新的力觉向导序列，其中带有输入的内容。

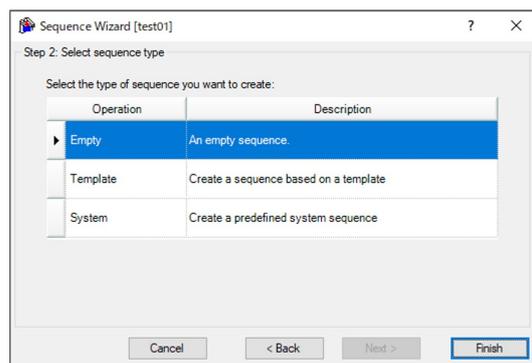
序列向导: 创建专用力觉向导序列

Step 1: General



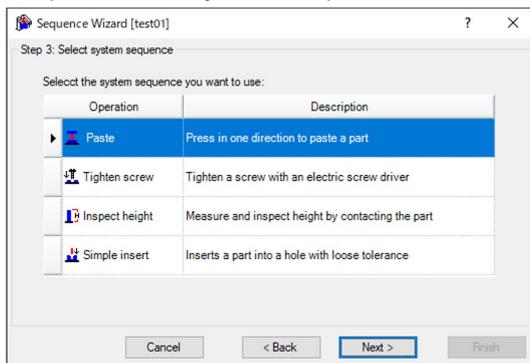
项目	说明
General	<p><b>Enter name for new sequence:</b> 输入力觉向导序列名称。 (最多 16 个字母数字字符。)</p> <p><b>Select robot for new sequence:</b> 从当前注册的机器人列表中选择一个使用新的力觉向导序列的机器人。</p> <p><b>Copy from existing sequence:</b> 要通过复制现有的力觉向导序列来创建力觉向导序列，请从列表中选择要复制的力觉向导序列。 不复制时，从列表中选择空白。</p>
<Cancel>按钮	取消新序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。 由于当前步骤是步骤 1，因此无法单击此按钮。
<Next>按钮	继续下一步。 在[Copy from existing sequence]中 选择“Force guide sequence”时， 无法单击此按钮。 选择空白时： 可以单击此按钮。
<Finish>按钮	完成新的力觉向导序列的创建操作。 创建新的力觉向导序列，其中带有输入的内容。

## Step 2: Select sequence type



项目	说明
Select sequence type	使用专用力觉向导序列时，选择[System]。
<Cancel>按钮	取消新建力觉向导序列。 单击它可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。 选择[Select the type of sequence you want to create]-[Empty]时： 无法单击此按钮。 选择[Select the type of sequence you want to create]-[Empty]以外的选项时： 可以单击此按钮。
<Finish>按钮	完成新序列的创建操作。 选择[Select the type of sequence you want to create]-[Empty]时： 可以单击此按钮。 选择[Select the type of sequence you want to create]-[Empty]以外的选项时： 无法单击此按钮。

### Step 3: Select system sequence



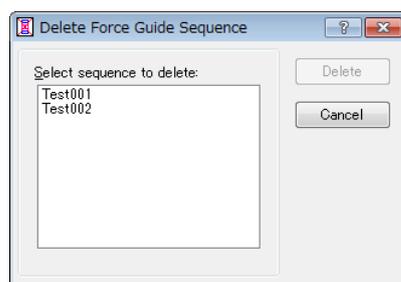
Item	Description
Select system sequence	从以下选项中选择专用力觉向导序列的创建作业。 Paste Tighten screw Inspect height Simple insert
<Cancel>按钮	取消新的力觉向导序列的创建操作。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	可进入各专用力觉向导序列的向导。 有关各专用力觉向导序列向导的详细说明，请参阅下述内容。 软件篇 4. 力觉向导功能
<Finish>按钮	完成新序列的创建操作。 在当前步骤无法单击此按钮。

## 删除力觉向导序列

### 概述

- (1) 通过以下方式显示[Delete Force Guide Sequence]对话框。
  - 单击力觉向导工具栏中的<Delete sequence >按钮。
  - 右键单击流程图中的序列流程或序列树中的序列节点，选择[Delete sequence]。
- (2) 使用鼠标或箭头键选择要删除的序列。
- (3) 当要删除的力觉向导序列名称突出显示时，单击<Delete>按钮。
- (4) 系统将显示确认消息。  
单击<Yes>按钮删除序列。如果要取消删除，单击<No>按钮。

### [Delete Force Guide Sequence]对话框



项目	说明
选择列表	选择要删除的力觉向导序列。
<Delete>按钮	删除高亮显示的力觉向导序列。单击此按钮时，系统将显示一条确认消息。 <Yes>按钮: 删除力觉向导序列。 <No>按钮: 取消删除。
<Cancel>按钮	取消删除力觉向导序列。 结束[Delete Force Guide Sequence]对话框。

## 执行力觉向导序列

### 概述

(1) 按以下方式执行力觉向导序列。

- 单击<Run>按钮。
- 要选择[Run Sequence]，右键单击流程图中的序列流程或序列树中的序列节点。

(2) 系统将显示力觉向导序列的执行确认消息。

单击<Yes>按钮执行序列。如果要取消执行，单击<No>按钮。

力觉向导序列的执行结果：

可以在流程图或结果窗口中检查结果。

执行结果为成功或失败：

可以在流程图上进行检查。

有关更多详细信息，请检查结果窗口。

### 断点设定

断点是一种功能，它通过对力觉向导对象进行设定，在力觉向导对象启动时暂停力觉向导序列的执行。

通过以下方式设定或释放断点：

- 右键单击流程图的对象流程中的目标力觉向导对象或序列树中的对象节点，然后选择[Toggle Breakpoint]。
- 选择目标力觉向导对象后，单击<F9>键。

### 分步

“分步”是一种逐步执行力觉向导对象的功能。

例如，当以分步执行方式执行力觉向导序列时，程序在第一个力觉向导对象处暂停。每次单击<Step>按钮，程序都会重复执行暂停的力觉向导对象，并在下一个力觉向导对象处暂停。

要以分步执行方式执行力觉向导序列，单击[Run]面板-<Step>按钮。

当力觉向导序列未执行或程序在力觉向导序列执行期间暂停时，可以单击<Step>按钮。通过单击按钮，可以执行下一个力觉向导对象。

### 恢复

“恢复”是一种功能，它在力觉向导序列执行期间从暂停的位置重新开始执行。

要以连续执行方式执行力觉向导序列，单击[Run]面板-<Resume>按钮。

在力觉向导序列执行期间暂停序列后，可以单击<Resume>按钮。您可以从暂停的位置重新启动程序。

### 中止

“中止”是停止运行力觉向导序列的功能。

要停止力觉向导序列，单击[Run]面板-<Abort>按钮。

当力觉向导序列正在运行或程序暂停时，可以单击<Abort>按钮。单击此按钮可停止运行力觉向导序列。您无法重新启动已停止的力觉向导序列。

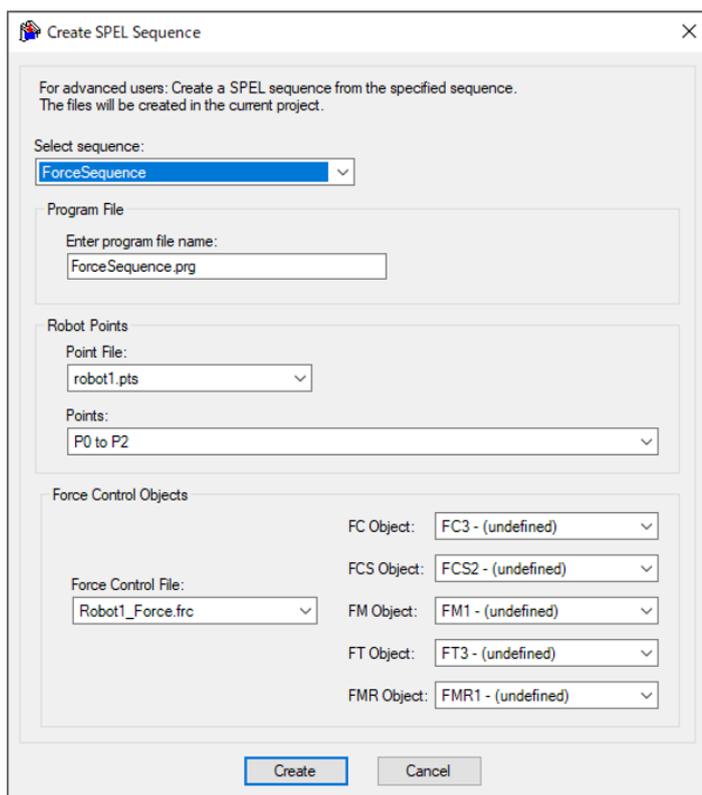
### 根据力觉向导序列创建SPEL程序

#### 概述

使用[Create SPEL Sequence]对话框可根据力觉向导序列创建 SPEL 程序。

- (1) 右键单击流程图中的序列流程或序列树的序列节点，然后选择[Create SPEL sequence]。
- (2) 系统将显示[Create SPEL Sequence]对话框。  
选择序列并输入程序文件名。
- (3) 单击<Create>按钮。  
系统将创建 SPEL 程序。

[Create SPEL Sequence]对话框。



项目	说明
Select sequence	选择将创建 SPEL 程序的力觉向导序列。
Enter program file name	输入要创建的 SPEL 的程序文件名。 默认: 选定的力觉向导序列的名称.prg
Point File	选择要用于创建的 SPEL 程序的点文件。 创建的 SPEL 程序将加载 LoadPoints 语句指定的文件。 如果不需要加载文件，则注释掉该语句。

项目	说明
Point	选择要用于创建的 SPEL 程序的点范围。 每当程序执行时，创建的 SPEL 程序都会覆盖选定的点范围。请指定未定义的点范围。
Force Control File	选择要用于创建的 SPEL 程序的力觉文件。 如果不存在力觉文件，请创建一个文件名为(“robot”+机器人编号)的力觉文件，如“robot1.frc”。 创建的 SPEL 程序将加载 Fload 语句指定的文件。 如果不需要加载文件，则注释掉该语句。
FC Object FCS Object FM Object FT Object FMR Object	选择在创建的 SPEL 程序中使用的力觉向导对象。 每当程序执行时，创建的 SPEL 程序都会覆盖选定的力觉对象。 指定未定义的点。
<Create>按钮	创建 SPEL 序列。 根据输入的信息创建一个程序，并将其添加到项目中。 如果现有程序文件名已经作为程序名输入，则系统将显示确认覆盖的消息。 <Yes>按钮 : 覆盖程序文件。 <No>按钮 : 不创建程序，返回到对话框。
<Cancel>按钮	取消 SPEL 程序创建。 退出[Create SPEL Sequence]对话框。

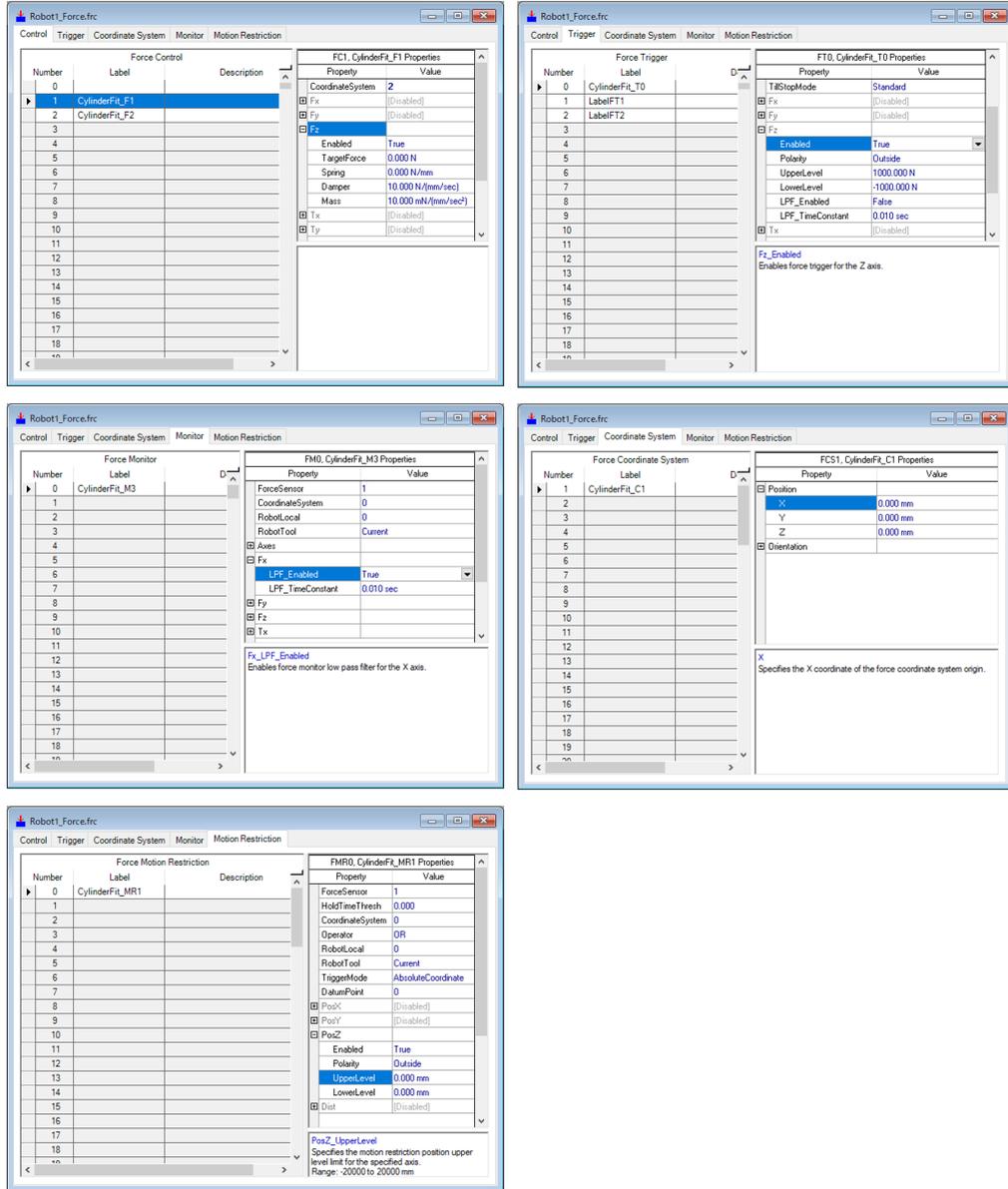
### 3.6 力觉编辑器

在[Project Explorer]的项目对象树中打开一个力觉文件，以显示[Force Editor]窗口。可以使用选项卡选择显示，并且可以编辑每个对象和属性。

值更改后，关闭窗口时会显示一条消息，确认是否保存更改。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单) - [Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板



## 3.7 兼容性调整功能

下面说明兼容性调整功能。

兼容性调整功能是指根据客户的EPSON RC+ 7.0与固件版本对功能进行升级或限制的功能。

可进行下述兼容性调整。

- 力觉向导序列
- 力觉文件

### 3.7.1 力觉向导序列的兼容性调整功能

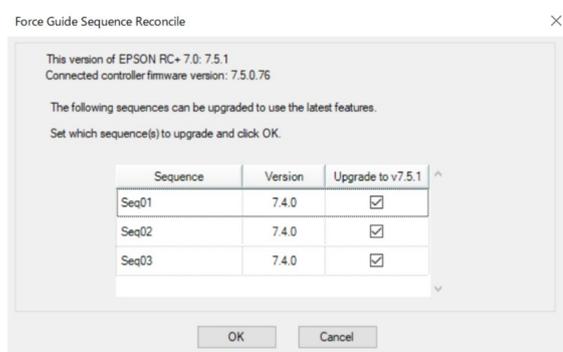
可对力觉向导序列的功能进行升级或限制。

使用本功能时，根据EPSON RC+ 7.0、固件、力觉向导文件的版本进行判定，并且仅在需要时才会显示力觉向导兼容性调整向导。显示时，请根据画面指示进行兼容性调整。

#### 可更新力觉向导序列时

可更新显示的力觉向导序列。适用更新时，请选择升级项目，然后单击 OK 按钮。

如果更新，作业的循环时间等则可能会发生变化，敬请注意。



项目	说明
This version of EPSON RC+ 7.0	是 EPSON RC+ 7.0 的版本。
Connected controller firmware version	是当前连接到EPSON RC+ 7.0上的控制器的固件版本。
Sequence	是可更新的序列名称。
Version	是当前序列的版本。
Upgrade to vXXX*1	设置是否更新序列。
<OK>按钮	完成兼容性调整。 按照输入的内容进行兼容性调整。
<Cancel>按钮	终止兼容性调整。 如果单击，则会结束力觉向导兼容性调整向导。

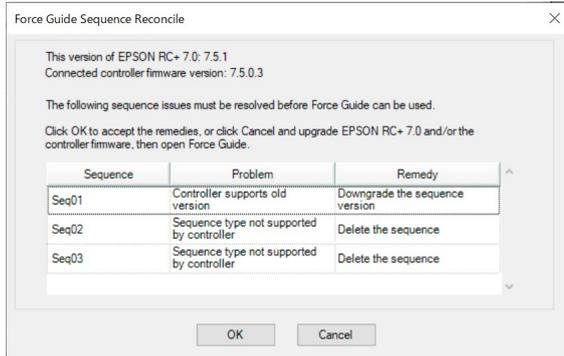
\*1 XXX 为可更新的最新序列版本。

**需要降级/删除力觉向导序列时**

需要对显示的序列进行降级或删除。要进行降级或删除时，请单击<OK>按钮。

如果降级，作业的循环时间等则可能会发生变化，敬请注意。

如果删除，则无法复原删除的序列。



项目	说明
This version of EPSON RC+ 7.0	是 EPSON RC+ 7.0 的版本。
Connected controller firmware version	是当前连接到EPSON RC+ 7.0上的控制器的固件版本。
Sequence	是可更新的序列名称。
Problem	是指需要降级或删除的问题。
Remedy	是调整兼容性时的解决方法。
<OK>按钮	完成兼容性调整。 按照输入的内容进行兼容性调整。
<Cancel>按钮	终止兼容性调整。 如果单击，则会结束力觉向导兼容性调整向导。

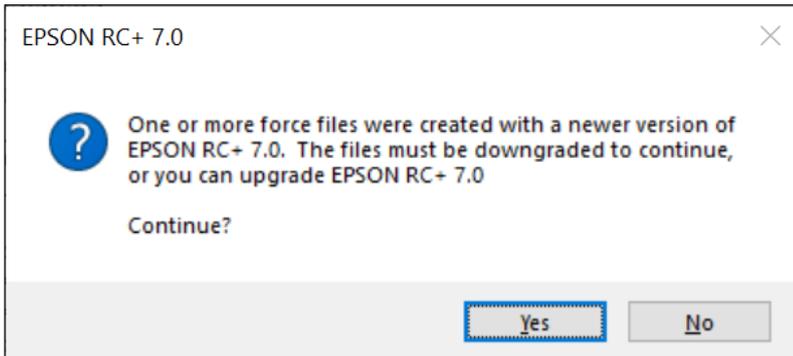
**3.7.2 力觉文件的兼容性调整功能**

可对力觉文件的功能进行限制。

使用本功能时，根据EPSON RC+ 7.0、固件、力觉文件的版本进行判定，并且仅在需要时才会显示对话框。

要进行降级时，请单击<Yes>按钮。

如果降级，作业的循环时间等可能会发生变化，请注意。



## 4. 力觉向导功能

以下描述了力觉向导功能。

力觉向导功能可以创建使用力控制功能、力觉触发器功能和力觉监视器功能的操作，而无需使用SPEL+语言进行编程。

使用SPEL+语言调用由力觉向导功能创建的操作(力觉向导序列)，并执行它。此功能有助于在创建的SPEL+程序中的任何时间执行力觉功能。

### 4.1 使用力觉向导功能的步骤和基本概念

以下描述了根据步骤使用力觉向导功能的基本概念。教程中介绍了更具体的示例。本章介绍一般步骤和概念。

有关更具体的示例，请参阅以下章节。

软件篇: 6. 教程

使用力觉向导功能的步骤如下: 本章节介绍以下项目。

4.1.1 使用SPEL+语言创建力觉向导功能启动前的动作

4.1.2 设定力觉向导序列

4.1.3 设定力觉向导对象

4.1.4 在测试执行时进行调整

4.1.5 通过SPEL+语言执行力觉向导序列

#### 4.1.1 使用SPEL+语言创建力觉向导功能启动前的动作

力觉向导功能使用力控制功能创建操作。因此，通过使用SPEL+语言可创建不使用力控制功能的动作，例如移动到开始位置。

下面是一个简单的示例:

```
Function main
  Motor On
  Go P1          ' 前往开始位置

Fend
```

通常，与正常机器人动作相比，力控制功能以低速运行。为了缩短周期时间，我们建议尽可能减少必须由力觉向导功能执行的任务。因此，确保设定一个开始位置，在该位置，抓取的工件或工具不会与待接触的工件接触。此外，将开始位置设定得尽可能靠近要接触的工件。

设定开始位置时，考虑工件误差。避免设定的开始位置让某个工件不能接触，但另一个工件可以接触。

在“轴孔装配”任务下，当所有工件(含误差)都在孔的锥形部位范围内时，可以缩短循环时间。这是因为可以省略探测孔的过程。如上所述，通过在操作期间省略诸如孔探测/分步探测的流程，循环时间将会缩短。

总结以上描述，理想的开始位置的条件如下：  
 执行“轴孔装配”任务并且机器人抓取圆柱体时，

- 工件尽可能靠近另一个有孔的工件
- 工件的位置不与有孔的工件接触
- 工件在孔的锥形部位范围内



力控制功能不能在机器人的奇异点附近执行。确保设定的开始位置避开奇异点附近，即使在力觉向导创建的任务正在运行期间也是如此。

#### 4.1.2 设定力觉向导序列

在力觉向导功能中，要执行的操作显示为一组力觉向导序列。力觉向导序列类似于一个容器，所需的力觉向导对象按特定顺序排列以执行特定操作的全部或一部分。力觉向导序列包括两种，一种是添加任意通用力觉向导对象创建的通用力觉向导序列，另一种是特定作业的专用力觉向导序列。

下表所示为专用力觉向导序列一览。

序列名称	说明
Paste	将对象物表面对齐抓取工件的表面，并向指定方向压装。
Tighten screw	利用电动螺丝刀拧螺丝。拧螺丝之后，也可以松开螺丝，再重新拧螺丝。
Inspect height	向指定方向移动机器人，在接触位置上停止，并测量和检查对象物高度。
Insert	插入工件。插入连接器等之后，向插入方向的相反方向施力，以判断插入的工件不会脱落。

力觉向导序列具有属性和结果。

属性 : 力觉向导序列的值。  
 一些属性会影响整个力觉向导序列，而其他属性是执行力觉向导序列时的处理设定。

结果 : 力觉向导序列的执行结果值。

按以下步骤设定力觉向导序列。

步骤2-1: 创建力觉向导序列

步骤2-2: 设定力觉向导序列的属性

然而，爱普生力觉传感器具有累积漂移误差的特性。因此，必须在重置力觉传感器后10分钟内执行力控制功能。如果操作需要10分钟以上时间，可将力觉向导序列分成两个序列，并在将第二个力觉向导序列更改为非接触状态后，检查该操作以重新启动第二个力觉向导序列。

此外，力觉向导序列需要根据使用环境(机器人, 夹具末端, 工件, 姿势)进行调整。在不同姿势执行相同的操作时，单个力觉向导序列可能只能在一个姿势执行操作。在这种情况下，可力觉向导序列分成两个序列，并对每个序列进行调整。

### 步骤2-1: 创建力觉向导序列

在力觉向导窗口中创建力觉向导序列。要创建力觉向导序列，请先创建空的力觉向导序列。然后，排列所有力觉向导对象。或者，在创建力觉向导序列时指定模板，然后自动排列操作所需的力觉向导对象。使用序列向导设置专用力觉向导序列，会自动配置力觉向导对象。

有关创建步骤的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

### 步骤2-2: 设定力觉向导序列的属性

设定力觉向导序列的属性。您需要根据操作设定属性。若使用专用力觉向导序列，还可通过力觉向导设定属性。

有关每个属性的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 4.2.1 通用序列

软件篇: 4.3.2 Paste序列

软件篇: 4.4.2 ScrewTighten序列

软件篇: 4.5.2 HeightInspect序列

软件篇: 4.6.2 Insert序列

有关属性的设定步骤的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

## 4.1.3 设定力觉向导对象

力觉向导功能表示特定过程，例如包括力控制功能的特定动作或作为力觉向导对象的条件分支。在容器(力觉向导序列)中排列各个处理(力觉向导对象)可实现特定操作。

在力觉向导功能中，您可以从10种通用力觉向导对象和6种专用力觉向导对象中选择所需的力觉向导对象，并在力觉向导序列中排列它们。但是，专用力觉向导对象仅可在专用序列中使用。

使用力控制功能的操作可分为以下五个基本动作：

“接触” “跟随” “对齐” “探测” “压装”

力觉向导对象可分为7类，上述5种基本动作、“运行”(这是力控制功能以外的一种处理)，和“专用”(自动配置在专用力觉向导序列中)。此外，一些力觉向导对象可同时运行两个以上的基本动作。

**接触** : 将机器人从非接触状态移动到与某个物体接触并在接触该物体时停止的动作。使用此动作可检测工件的位置。

Contact对象用来执行接触动作。

**跟随** : 跟随施加的力和转矩并调整位置的动作。使用此动作可将机器人移动到所施加的力将为“0”的位置。

Relax对象和FollowMove对象可执行跟随动作。

- 对齐** : 朝某个物体压装时, 按照待抓取工件的形状或方向调整该工件位置的动作。使用此动作可将待抓取的工件与某个物体对齐。  
**SurfaceAlign**对象可执行对齐动作。
- 探测** : 检测物体上的孔或台阶的动作。使用此动作可检测孔或台阶。  
**PressProbe**对象和**ContactProbe**对象可执行探测动作。
- 压装** : 持续向某个物体施加一定量的力和转矩的动作。使用此动作可向某个物体施加一定量的力和转矩。  
**Press**对象和**PressMove**对象可执行压装动作。  
此外, 在使用力控制功能的操作中, 特别是在压装动作中, 经常出现同时朝不同方向压装和跟随的情况。以工件插入操作为例, 机器人会朝插入方向压装, 并跟随垂直于插入方向的两个方向。因此, **Press**对象和**PressMove**对象可以同时在不同的轴上执行压装和跟随动作。
- 执行** : 力觉控制以外的处理。以下对象可执行此操作:
- Decision**对象 : 执行条件分支的力觉向导对象。
  - SPELFunc**对象 : 执行SPEL+程序函数的力觉向导对象。
- 专用** : 如果创建专用力觉向导序列, 则自动进行配置。适用下述对象。
- Paste**对象 : 将对象物表面对齐抓取工件的表面, 并向指定方向压装的对象。
  - ScrewTighten**对象 : 通过电动螺丝刀拧螺丝的对象。
  - ScrewRetighten**对象 : 松开通过电动螺丝刀拧紧的螺丝, 并重新拧紧的对象。
  - HeightInspect**对象 : 向指定方向移动机器人, 在接触位置上停止, 并测量和检查对象物高度的对象。
  - Insert**对象 : 插入工件的对象。
  - TensileTest**对象 : 插入连接器等之后, 向插入方向的相反方向施力, 以判断插入的工件不会脱落的对象。

以下是类别和力觉向导对象列表。

有关每个对象的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 4.2.2 通用力觉向导对象

软件篇: 4.3.3 Paste 对象

软件篇: 4.4.3 ScrewTighten 对象

软件篇: 4.4.4 ScrewRetighten 对象

软件篇: 4.5.2 HeightInspect 对象

软件篇: 4.6.2 Insert 对象

软件篇: 4.6.3 TensileTest 对象

类别	对象名	说明
接触	Contact	将机器人移动到指定方向，并在接触到物体时停止。
跟随	Relax	调整机器人的位置，使得施加到指定轴的力和转矩为“0”。
	FollowMove	沿指定轨迹移动的同时，调整机器人的位置，使得施加到指定轴的力和转矩为“0”。
对齐	SurfaceAlign	对齐被抓取工件的表面和物体的表面。
探测	PressProbe	压装被抓取工件时，检测物体上的孔或台阶。
	ContactProbe	接触被抓取工件时，检测物体上的孔。
压装	Press	朝指定的轴方向压装。
	PressMove	沿指定轨迹移动时，朝指定的轴方向压装。
执行	Decision	根据对象是成功还是失败，对处理分叉。
	SPELFunc	执行指定SPEL程序的函数。
专用	Paste	将对象物表面对齐抓取工件的表面，并向指定方向压装。如果创建粘贴序列，则自动进行配置。
	ScrewTighten	利用电动螺丝刀拧螺丝。如果创建拧螺丝序列，则自动进行配置。
	ScrewRetighten	松开通过电动螺丝刀拧紧的螺丝，再重新拧紧。如果将拧螺丝序列的重新拧螺丝动作设为有效，则自动进行配置。
	HeightInspect	向指定方向移动机器人，在接触位置上停止，并测量和检查对象物高度。如果创建高度检查序列，则自动进行配置。
	Insert	插入工件。如果创建插入序列，则自动进行配置。
	TensileTest	插入连接器等之后，向插入方向的相反方向施力，以判断插入的工件不会脱落。如果创建将拉伸测试设为有效的插入序列，则自动进行配置。

力觉向导对象具有属性和结果。

属性 :基本上，它们会影响力觉向导对象。

例如，有一个属性会设定动作方向。

结果 :在[Value]中显示力觉向导对象的结果。

通过以下步骤设定力觉向导对象:

- 步骤3-1: 将一个操作分解为若干力觉向导对象
- 步骤3-2: 排列力觉向导对象
- 步骤3-3: 设定力觉向导对象的属性

**步骤3-1: 将一个操作分解为若干力觉向导对象**

根据要通过力觉向导序列实现的操作，确定要使用的力觉对象。

以下描述了基本概念。请注意，某些操作(例如复杂操作)可能不适用这些基本概念。使用专用力觉向导序列时，会自动配置专用力觉向导对象，因此可省略本步骤。专用力觉向导序列是用于进行各基本作业的序列，所以可能会因客户的应用而需要添加力觉向导对象。

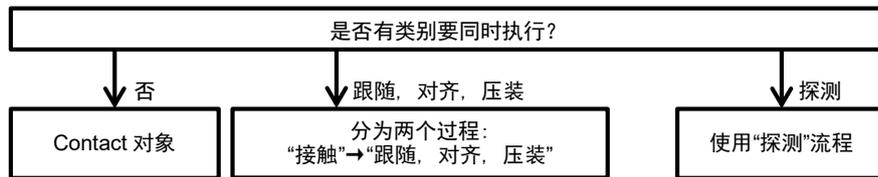
将要使用力觉向导序列实现的操作分解成几类(“接触”“跟随”“对齐”“探测”“压装”)。

如果要执行一个连续动作，比如在“跟随”动作之后执行“压装”动作，可将一个流程分成两个流程。尽可能将流程归入一个类别。但是，如果要同时执行两个类别，可根据主要目标，暂时将流程归入其中一个类别。

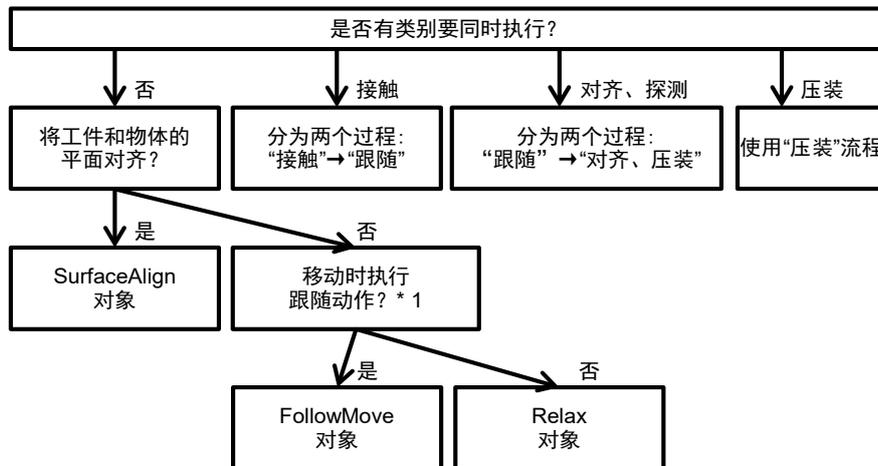
例如，在不考虑接触状态的情况下移动机器人时，可思考将使用多少个Move命令。然后，将它们归入一个类别。

接下来，使用以下五个流程图来决定力觉向导对象。

**“接触”**

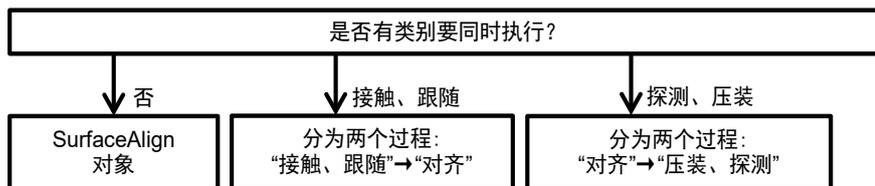


**“跟随”**

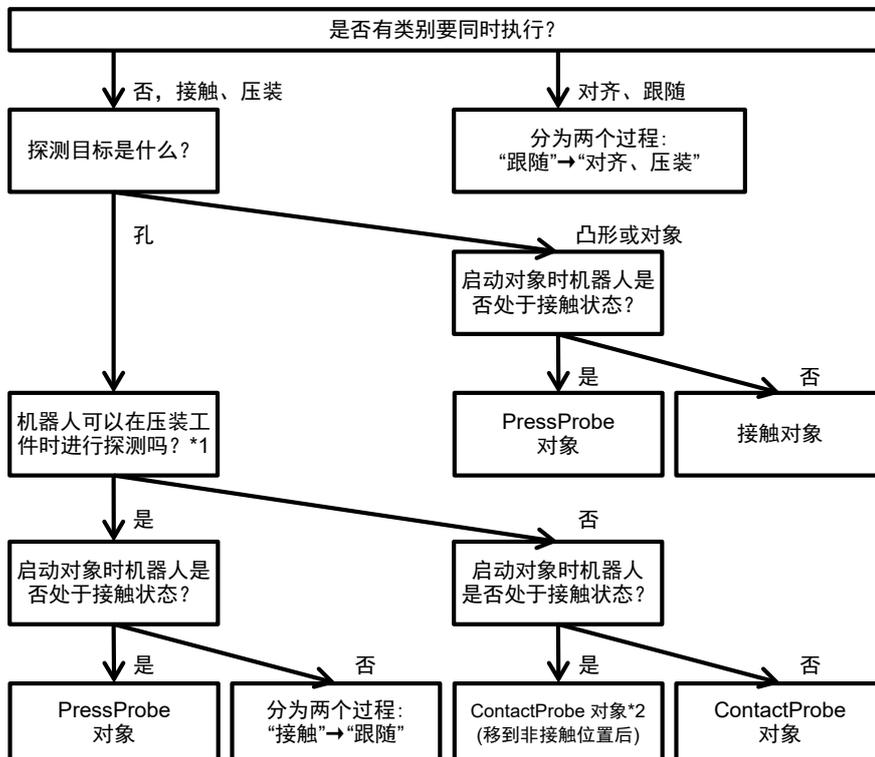


\*1: 它是指机器人沿指定轨迹移动期间，执行“跟随”动作。  
机器人通过力控制功能移动时，选择“否”。

“对齐”



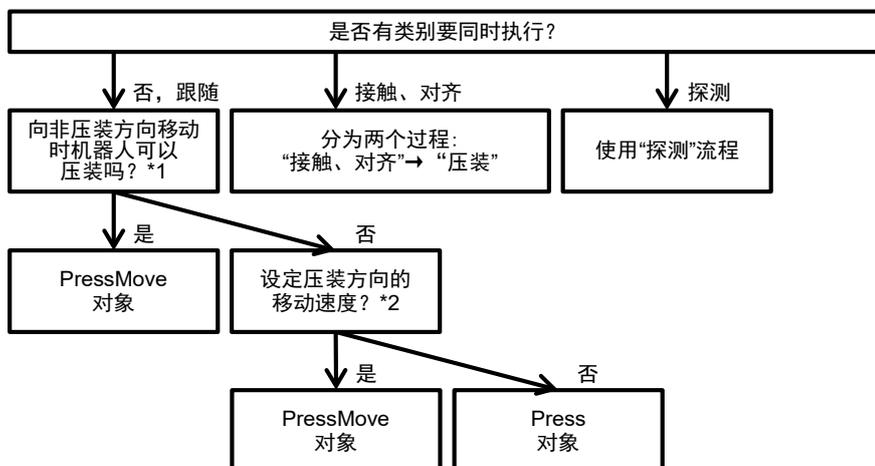
“探测”



\*1: 工件(如导线部分)因执行PressProbe动作而损坏或变形时, 选择“否”。

\*2: 如果考虑将“接触”作为前面的流程, 请删除它。

“压装”



\*1: 它是指机器人沿指定轨迹移动期间, 使用力控制功能。机器人通过力控制功能移动时, 选择“否”。

\*2: 它是指需要根据工件或工具来设定速度的情况。通常选择“否”。例如, 使用电动螺丝刀拧螺丝时, 选择“是”, 因为压装(螺丝插入)方向的速度由螺距和螺丝刀的旋转速度设定。

**示例: 将施加一定力的压装操作分解为力觉向导对象**

这是在接触某个物体后压装该物体的操作。  
您可以将它分为“接触”和“压装”两个流程。

“接触”将由Contact对象执行，因为这时没有同时执行的其他类别。

由于以下原因，“压装”将由Press对象执行。

- 这时没有同时执行的其他类别。
- “压装”动作仅朝压装方向移动，而不设定压装方向的移动速度。

**示例: 将“轴孔装配”任务分解为力觉向导对象**

这是一项执行以下动作的操作：

接触到物体后探测孔→调整期间执行跟随动作→朝孔方向压装→插入  
要同时执行“跟随”和“压装”，可考虑将它们视为一个流程。暂时将这个流程归入“压装”，因为主要目的是插入。

您可以将此任务分为三个流程：“接触”、“探测”和“压装”。

“接触”将由Contact对象执行，因为这时没有同时执行的其他类别。

由于以下原因，“探测”将由PressProbe对象执行。

- 这时没有同时执行的其他类别。
- 探测目标是一个孔。这时可以在压装工件的同时进行探测，并且启动对象时处于接触状态。

由于以下原因，“压装”将由Press对象执行。

- 将同时执行“跟随”类别。
- “压装”动作仅朝压装方向移动，而不设定压装方向的移动速度。

**示例: 将连接器插入操作分解为力觉向导对象**

这是一项执行以下动作的操作：

接触物体→探测孔→调整期间执行跟随动作→向孔方向压装→插入  
要同时执行“跟随”和“压装”，可考虑将它们视为一个流程。暂时将这个流程归入“压装”，因为主要目的是插入。

您可以将此任务分为三个流程：“接触”、“探测”和“压装”。

“接触”将由Contact对象执行，因为这时没有同时执行的其他类别。

由于以下原因，“探测”将由ContactProbe对象执行。

- 这时没有同时执行的其他类别。
- 探测目标是一个孔。这时无法在压装工件的同时进行探测，并且启动对象时处于接触状态。

此外，由于它在非接触状态下启动，因此请删除前一流程：“接触”。

尽管最初将流程分为三个，但此操作实际上包含两个流程：“探测”和“压装”，因为“接触”被删除。

由于以下原因，“压装”将由Press对象执行。

- 将同时执行“跟随”类别。
- “压装”动作仅朝压装方向移动，而不设定压装方向的移动速度。

示例: 将使用电动螺丝刀拧螺丝操作分解为力觉向导对象。

这是一项执行以下动作的操作:

接触物体→调整期间执行跟随动作→向孔方向压装→插入。

然而, 与物体接触后暂停时, 螺丝可能会脱落。因此, 请考虑使用单个流程, 例如在接触物体期间跟随, 然后压装。暂时将这个流程归入“压装”, 因为主要目的是插入。

此操作可视为单个流程: “压装”。

由于以下原因, “PressMove”将由Press对象执行。

- 将同时执行“接触”和“跟随”类别。
- “压装”动作仅朝压装方向移动, 并设定压装方向的移动速度。

以下附加说明适用于理解使用SPEL+编程力觉功能的用户。

具有五个基本动作的力觉向导对象的动作包括力控制功能、位置控制和结束条件。

在每个对象中, 可以选择或自动设定动作所需的内容。以下是力觉向导对象的列表:

类别	对象名	力控制功能 A: 可选 B: 自动设定		位置控制 A: 同时执行 B: 单独执行	结束条件 A: 可选 B: 自动设定		
		压装	跟随		力	位置	I/O
接触	Contact	A(仅1个轴)	-	-	B	-	-
跟随	Relax	-	A(所有轴)	-	A	A	A
	FollowMove	-	A(所有轴)	A	-	A	A
对齐	SurfaceAlign	A(平移, 仅1个轴)	B *1	-	A	-	-
探测	PressProbe	A(平移, 仅1个轴)	-	A	A *2	A *2	-
	ContactProbe	A(平移, 仅1个轴)	-	B *3	B	B	-
压装	Press	A(所有轴)	A(所有轴)	-	A	A	A
	PressMove	A(所有轴)	A(所有轴)	A	A	A	A
执行	Decision	-	-	-	-	-	-
	SPELFunc	-	-	-	-	-	-
专用	Paste	A(仅1个轴)	B	-	B	B	-
	ScrewTighten	A(仅1个轴)	B	A *4	B	B	B
	ScrewRetighten	B(与螺丝拧紧方向相同)	B	A	B	B	B
	HeightInspect	A(仅1个轴)	-	-	B	B	-
	Insert	A(仅1个轴)	B	A *4	B	B	-
	TensileTest	B(如插入方向相反)	-	-	B	B	-

\*1: 设定的旋转方向垂直于压装方向上的轴。

\*2: 需要启用两者之一。

\*3: 位置控制用于离开动作以及移动到下一个接触开始位置的动作。  
它不能与力控制功能同时执行。

\*4: 在运行时, 从与位置控制的同时执行, 切换为仅力觉控制功能。

### 步骤3-2: 排列力觉向导对象

在[Force Guide]窗口中选择和排列力觉向导对象。按顺序排列步骤3-1中设定的力觉向导对象。

如果在创建力觉向导序列时选择了模板，则不需要排列力觉向导对象。根据操作的不同，您可以将力觉向导对象添加到模板或删除力觉向导对象。

如果在创建力觉向导序列时选择了专用的力觉向导序列，则不需要配置力觉向导对象。各序列的专用力觉向导对象已自动配置。无法删除或移动已配置的专用力觉向导对象。如果您的应用还需要其他操作，请添加通用力觉向导对象。

有关创建步骤的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

### 步骤3-3: 设定力觉向导对象的属性

设定力觉向导对象的属性。您需要根据操作设定属性。若使用专用力觉向导对象，还可通过视觉向导设定属性。

有关每个属性的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 4.2.2 通用力觉向导对象

软件篇: 4.3.3 Paste 对象

软件篇: 4.4.3 ScrewTighten 对象

软件篇: 4.4.4 ScrewRetighten 对象

软件篇: 4.5.2 HeightInspect 对象

软件篇: 4.6.2 Insert 对象

软件篇: 4.6.3 TensileTest 对象

有关每个属性的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

下面描述了设定力觉向导对象属性时应该知道的一些概念。

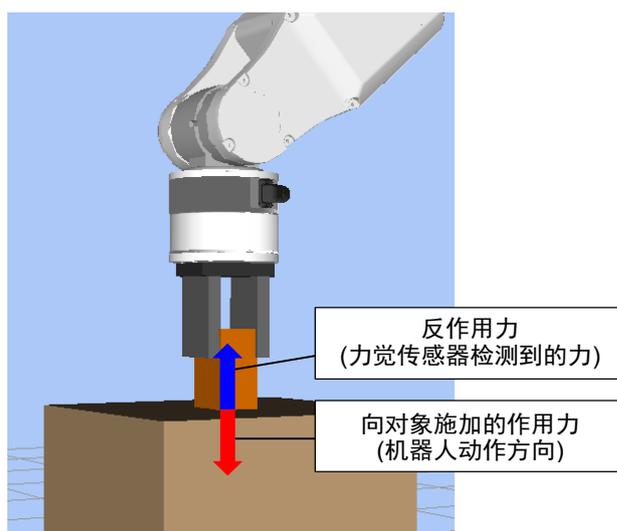
### 执行力控制功能时的基本机器人动作

力控制功能将力或转矩保持在指定值。为了保持该值，机器人移动到将施加力的位置。因此，如果在非接触状态下使用指定了“压装”的力控制功能，机器人将移动到将施加力的位置。

### 力方向和机器人动作方向

力觉传感器会检测施加的力。

在下面的示例中，机器人垂直向下(红色箭头所示的方向)压装工件。由于力是平衡的，当机器人施加作用力(红色箭头)时，反作用力(蓝色箭头)会施加到机器人上。



力觉传感器是检测反作用力的传感器。需要注意的是，机器人动作方向和要设定的压装力/检测力之间的方向总是相反的。

例如，如果在Press对象的Fx\_ControlMode中指定Press+(向正向压装)，则需要为Fx\_PressForce设定负值。作为动作结果的记录值将是负值。

### 力控制功能的硬度(Firmness)

力觉向导功能会在Firmness属性中说明力控制功能的硬度。

实际属性名称因力觉向导对象而异(如ContactFirmnessF或Fx\_Firmness)，但作用是相同的。

以下描述了Firmness属性的常见概念。

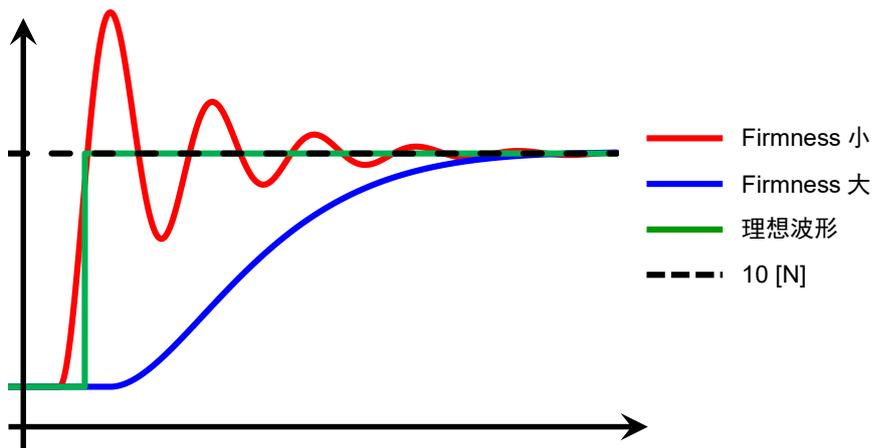
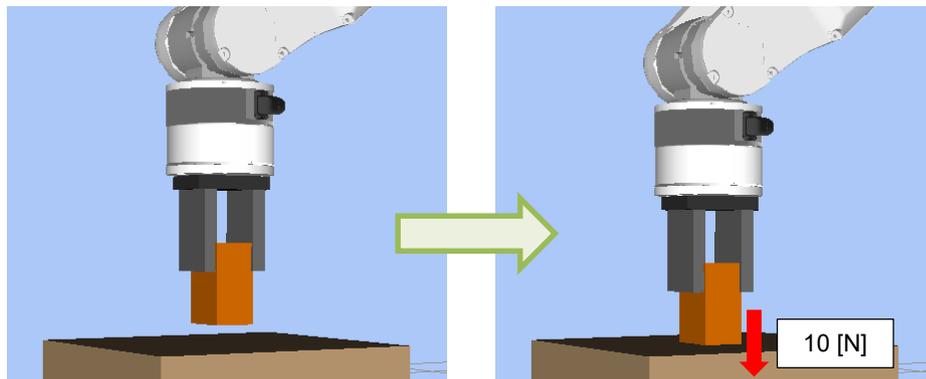
当Firmness属性很大时，力控制功能的硬度很大，同时响应速度会很慢。

当Firmness属性很小时，力控制功能的硬度很小，同时响应速度会很快。

然而，如果Firmness属性太小，机器人动作可能会振动。

如下图所示，机器人在物体上方执行动作，并以10 [N]的力压装被抓取的工件。以本操作为例，描述Firmness属性的作用。

以下是其他属性不变，使用较大和较小的Firmness属性值执行时的力图表。



在非接触状态下，Firmness属性越小，移动速度会越快。因此，与物体接触的时间将会缩短，并且图表中开始上升波形的时间将会不同。由于接触速度快，力的过冲将会很大。达到目标力的时间将会缩短，然而，这时可能会产生振动。

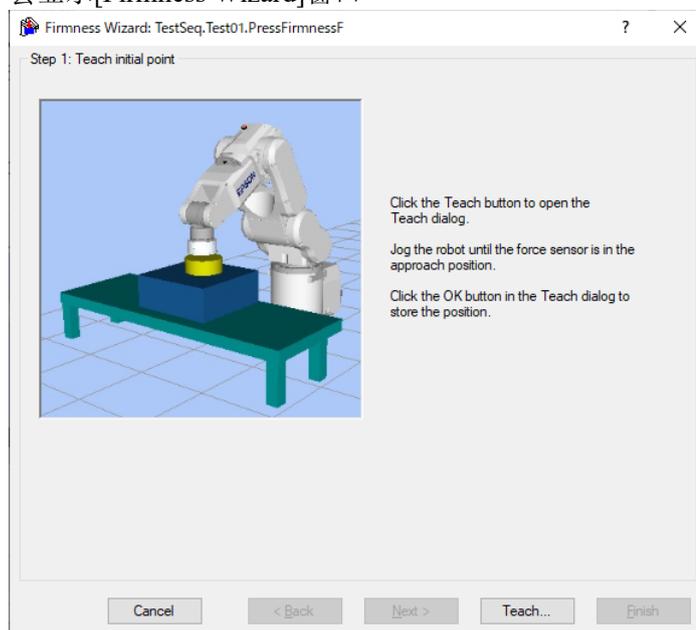
使用力控制功能时，理想的力变化是图表中的绿线(理想波形)。在此情况下，接触时力不会过冲，并立即成为目标力，而且很稳定。然而，在实际操作中不可能实现理想的力变化，因为力的过冲或振动与循环时间之间的关系是此消彼长的。请对您的操作进行适当调整。

Firmness属性值和执行时的力之间的关系随着环境(机器人, 夹具, 工件, 姿势等)的变化而变化。因此, 您需要在实际环境中调整每个力觉向导对象。我们建议一开始为Firmness属性设定一个较大的值。然后, 逐渐减小该值(例如, 将该值减小10%), 并对其进行调整。

也可以使用Firmness向导调整Firmness值。下面说明如何使用Firmness向导调整Firmness。

- (1) 单击 Firmness 属性右侧的  按钮。

会显示[Firmness Wizard]窗口

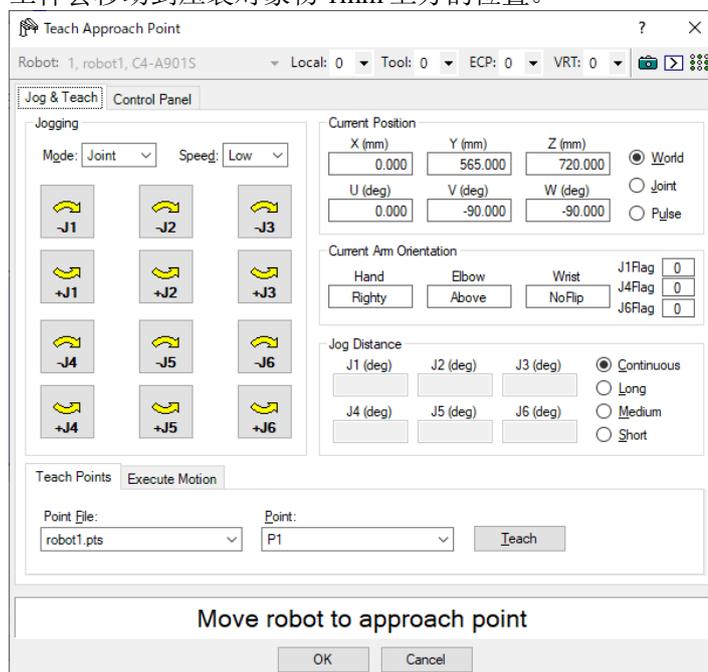


- (2) 单击<Teach...>按钮。

会显示[Teach Approach Point]对话框。

选择[Jog & Teach]选项卡。

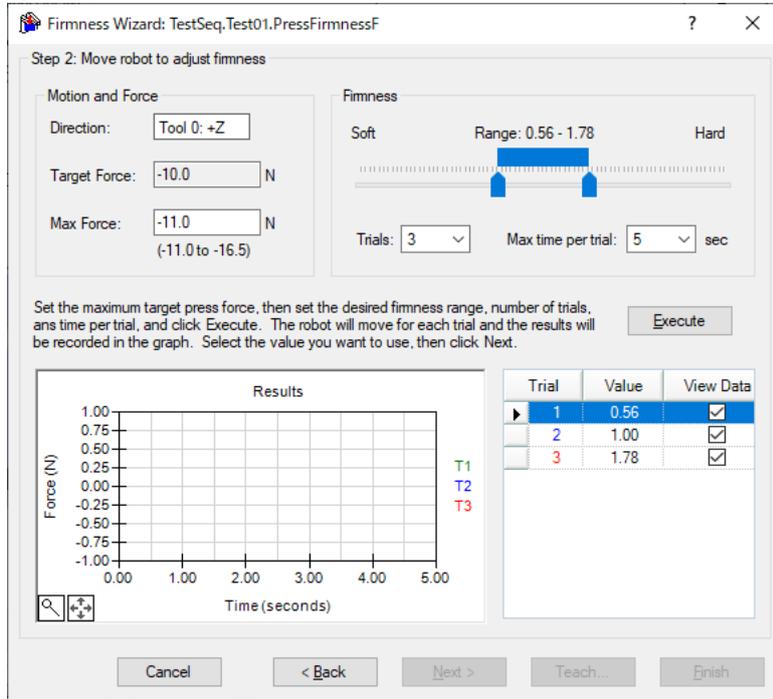
工件会移动到压装对象物 1mm 上方的位置。



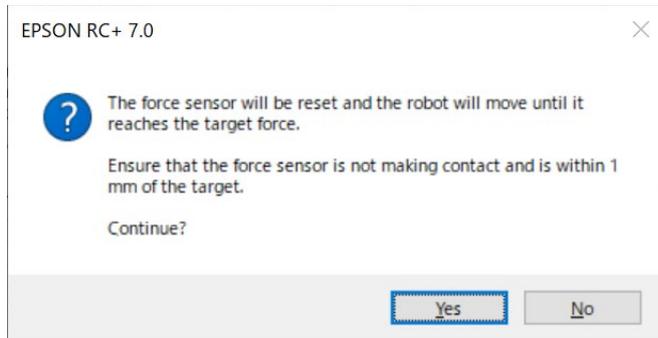
- (3) 单击<OK>按钮。  
会保存当前位置，并返回到[Firmness Wizard]窗口。

设置[Motion and Force]的Max Force或转矩。  
为跟随方向的Firmness向导时，设置预计施加的力或转矩。

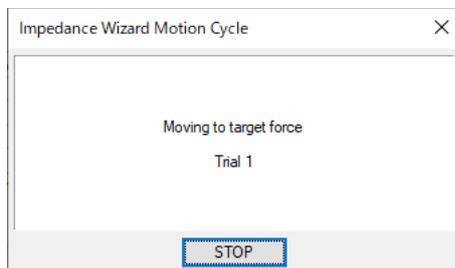
设置[Firmness]的Trials、Max time per trial，通过滑块设置Firmness范围。  
开始调整时，请滑块移动到Hard一侧，然后一边查看力或转矩的实测波形一边进行调整。



- (4) 单击<Execute>按钮。会显示确认对话框。  
确认初始位置的工件与压装对象的距离为1mm以内，然后单击<Yes>按钮。



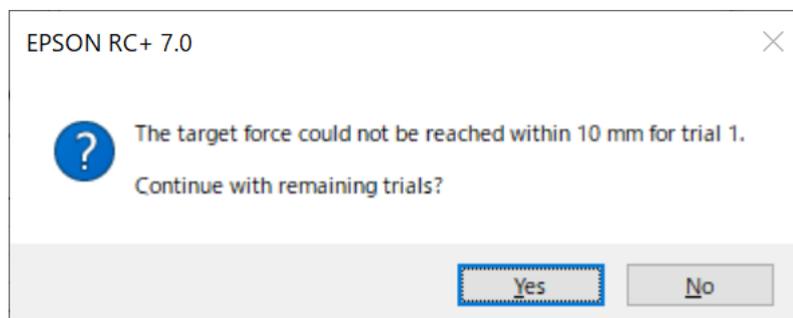
- (5) 机器人会进行移动，直至设置的轴达到目标力。  
要中途停止时，单击<STOP>按钮。



- (6) 机器人达到目标力或转矩之前已移动10mm或10deg以上时，会显示下述对话框。这可能是下述原因造成的。
- 初始位置的工件与压装对象的距离为10mm或10deg以上
  - 设置的压装方向与客户的预期方向不同

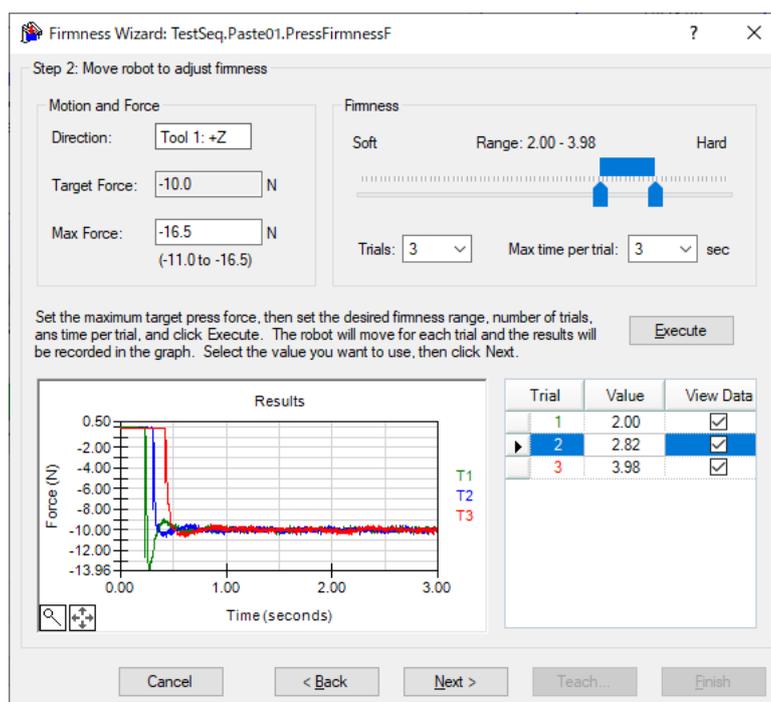
要继续剩余的试行时，单击<Yes>按钮。

不继续剩余的试行时，单击<No>按钮。

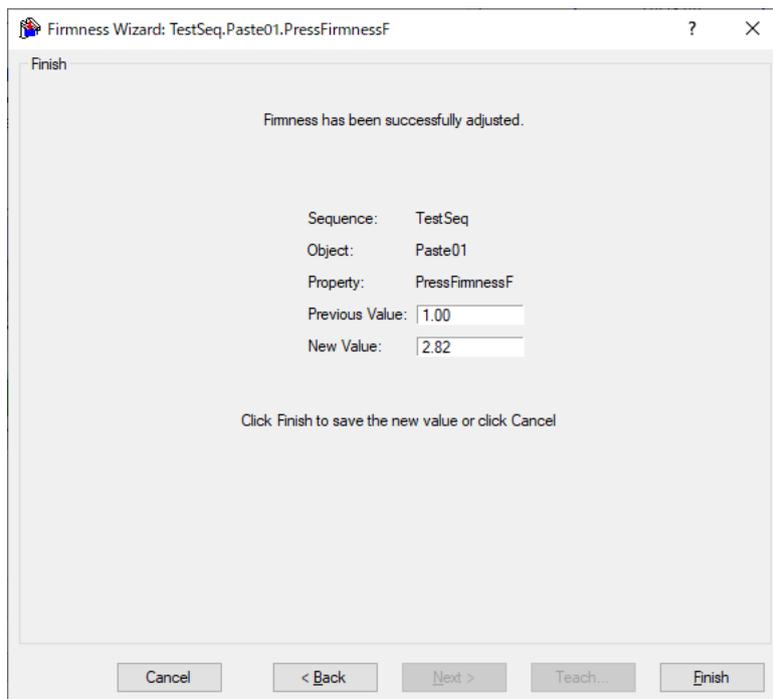


- (7) 调整滑块并单击<Execute>按钮，以确保力或转矩的实测数据接近客户作业的许可波形。
- 变更滑块的范围并反复执行，直到接近理想波形为止。

如果波形振动或没有达到目标力，请将滑块移动到Hard一侧。如果波形太柔和，请将滑块移到Soft的一侧。如果调整滑块的幅度较大，可能会导致施加力的方式发生明显变化。请一点一点移动滑块进行调整。



- (8) 单击<Next>按钮。  
会显示设置前后的Firmness值。  
要保存新值时，单击<Finish>按钮；要取消时，单击<Cancel>按钮。



#### 4.1.4 在测试执行时进行调整

调整创建的力觉向导序列。

在[Force Guide]窗口中执行测试。我们建议尽可能只调整力觉向导序列。如果有必要与其他设备连接，可以在执行SPEL+编程时进行调整。

执行测试，并在执行时用力、姿势和结果调整力觉向导对象的属性。

要调整每个对象，请参阅以下章节。

软件篇: 4.2.2 通用力觉向导对象

软件篇: 4.3.3 Paste 对象

软件篇: 4.4.3 ScrewTighten 对象

软件篇: 4.4.4 ScrewRetighten 对象

软件篇: 4.5.2 HeightInspect 对象

软件篇: 4.6.2 Insert 对象

软件篇: 4.6.3 TensileTest 对象

要执行测试或检查执行时的力或位置，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

我们建议在低功率模式下开始调整。确认动作大致正确后，再在高功率模式下执行调整。执行最终调整时，请用实际使用力觉向导序列时所在的功率模式执行调整。在低功率模式下调整时，最大速度或最大加速度被限制为不超过低功率时的限制。因此，将功率模式切换到其他模式时，条件发生了变化，需要重新调整。

在[Force Guide]窗口中，可以通过分步执行功能逐个执行力觉向导对象。此外，还可以通过设定断点，在对象前面停止力觉向导序列。这么做的主要目的是在调整的早期阶段确认动作大致是正确的。要调整参数，请单击<Run>按钮，而不设定断点。通过分步执行或断点暂停力觉向导序列时，操作可能会受到施加的力的影响，直到下一个力觉向导对象启动，或者受到在暂停期间仍然起作用的力控制功能的影响。如果在此状态下执行调整，则需要重新调整，因为条件发生了变化。

### 4.1.5 通过SPEL+语言执行力觉向导序列

您可以使用SPEL+语言中的FGRun语句调用和执行调整后的力觉向导序列。

以下是添加FGRun语句的示例。

请将该语句添加到 4.1.1 使用SPEL+语言创建动作，直到力觉向导功能启动 中的示例。

```
Function main
  Motor On
  Go P1           '前往开始位置
  FGRun MyFGSeq  '执行创建的力觉向导序列
Fend
```

此时会执行包括力觉向导序列在内的整个SPEL+程序。

如果力觉向导序列有错误，请返回到 4.1.4 在测试执行时进行调整 并执行调整。

您可以在执行整个SPEL+程序的过程中执行调整。

执行包括力觉向导序列在内的整个SPEL+程序时可能会出错，即便测试单个力觉向导序列时一切都很正常。在这种情况下，您需要调整包括力觉向导序列在内的整个SPEL+程序。

执行结果可以作为力觉向导序列或力觉向导对象的结果来获取。结果包含操作结束时和成功/失败时的力或位置。

以下是执行力觉向导序列并在序列结束时获取力的示例。

```
Function main
  Double dEndForce(6)
  Motor On
  '前往开始位置
  Go P1
  '执行创建的力觉向导序列
  FGRun MyFGSeq
  ' 在力觉向导序列结束时获取力。
  FGGet MyFGSeq.EndForces, dEndForce()
Fend
```

有关FGRun、FGGet和结果的更多详细信息，请参阅以下手册。

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

## 4.2 通用序列和对象

以下描述了通用力觉向导序列和通用力觉向导对象的属性及设定方法。

### 4.2.1 通用序列

通用序列的属性和设定方法如下：

#### 4.2.1.1 力觉向导序列的属性设定准则

以下描述了通常的设定步骤和各属性的设定方法。

##### 步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, RobotNumber, AutoStepID)。

属性	说明
Name	力觉向导序列名称。 设定特定名称。
Index	力觉向导序列的特定编号。 它是自动分配的，用户无法自行设定。
Description	力觉向导序列的描述。 描述任务。设定一个字符串。
Version	序列的兼容版本。 序列会运行指定版本的功能。
RobotNumber	执行力觉向导序列的机器人编号。 设定要执行的机器人编号。
RobotType	机器人类型，由RobotNumber设定。 用户无法自行设定。
AutoStepID	设定是否自动设定力觉向导对象的StepID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。  True : 正常 False : 想要手动设定StepID时。

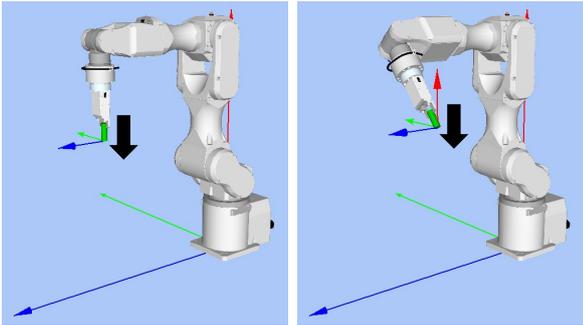
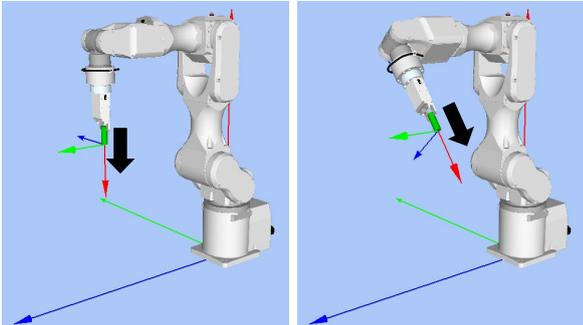
步骤 2. 设定传感器值的校正

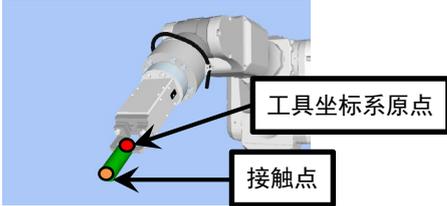
设定与传感器值校正相关的属性(ResetSensor和MPNumber)。

属性	说明、设定准则
ResetSensor	<p>设定在力觉向导序列执行期间，第一次执行Decision对象和SPELFunc对象以外的力觉向导对象时是否重置力觉传感器。</p> <p>True : 在力觉向导序列启动时，工件没有与任何物体接触时。 (通常，在力觉向导序列启动时，它处于非接触状态。)</p> <p>False : 在极少数情况下，例如在执行一个力觉向导序列之后，又执行处于接触状态的另一个力觉向导序列。</p>
MPNumber	<p>指定在力觉向导序列执行期间使用的质量属性对象的编号。 质量属性对象是用于重力补偿的属性集合。</p> <p>“0”: 力觉向导序列执行过程中姿势(U, V, W)没有很大变化时。 创建的质量属性编号       : 力觉向导序列执行过程中姿势发生了很大变化时。</p> <p>有关质量属性的更详细信息，请参阅以下章节。 软件篇: 2.3 重力补偿</p>

步骤 3. 设定力控制功能的坐标系

设定与力控制功能坐标系相关的属性(ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)。

属性	说明、设定准则
ForceOrient	<p>设定执行力控制功能的坐标系方向。</p> <p><b>Base、Local:</b>                      想要朝定义的方向(从外部看)执行力控制功能时，例如朝垂直向下方向压装，即使力觉向导序列的启动方向已更改。定义的方向不同于基础坐标系轴时，指定Local。</p> <p>以下是设定Base的示例。                      朝-Z方向压装时，即使机器人手指的方向已改变，机器人也总是向垂直向下的方向(在基础坐标系中为-Z方向)压装。(黑色箭头是机器人的动作方向。)</p>  <p><b>Tool:</b>                      想要根据启动时的方向执行力控制功能时。</p> <p>以下是设定Tool的示例。                      朝+Z方向压装时，压装方向根据启动时机器人手指的方向而改变。</p> 
RobotLocal	设定ForceOrient为Local时使用的本地坐标系编号。

属性	说明、设定准则
RotationCenterType	<p>设定执行力控制功能时，旋转中心设定的类型。</p> <p><b>Relative:</b>                      如下图所示，当工具坐标系的原点远离接触点时：我们建议将力控制功能的旋转中心设定到接触点。但是，基本上一定要设定工具坐标系，这样接触点将成为工具坐标系的原点。</p>  <p><b>CurrentTool:</b>                      工具坐标系原点和接触点离的很近时，或者在力觉向导序列执行期间，未在旋转方向使用力控制功能时。</p>
RotationCenterTLX RotationCenterTLY RotationCenterTLZ	<p>RotationCenterType为Relative时，设定每个轴从工具坐标系到旋转中心的偏移量。</p>

您可以使用模拟器检查与力控制功能的坐标系相关的设定。但是，如果在力觉向导序列中没有排列任何力觉向导对象，请在添加力觉向导对象后再检查设定。

有关如何使用模拟器进行检查的详细信息，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器, 8.3 功能描述

## 步骤 4. 设定最大速度和最大加速度

设定与最大速度和最大加速度相关的属性(LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)。

属性	说明、设定准则
LimitSpeedS LimitSpeedR	<p>设定力觉向导序列执行期间的最大速度。</p> <p>LimitSpeedS: 最大平移速度 LimitSpeedR: 最大旋转速度</p> <p>在力控制功能中，速度根据力的施加方式而变化。速度被控制在不超过LimitSpeedS和LimitSpeedR的范围内。</p>
LimitAccelS LimitAccelR	<p>设定力觉向导序列执行期间的最大加速度。</p> <p>LimitAccelS: 最大平移加速度 LimitAccelR: 最大旋转加速度</p> <p>在力控制功能中，加速度根据力的施加方式而变化。加速度被控制在不超过LimitAccelS和LimitAccelR的范围内。 如果该值很小，施加力时的响应将会很慢，而且机器人将会大幅弹跳。</p> <p>如果机器人弹跳，请设定较大的值。如果机器人振动，请设定较小的值。</p>

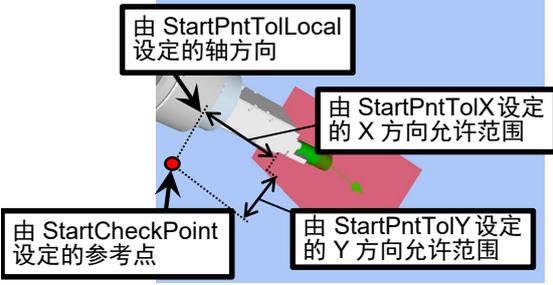
## 步骤 5. 设定记录条件

设定与记录相关的属性(LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)。

属性	说明、设定准则
LogRobotLocal	<p>设定一个本地坐标系编号，作为记录机器人位置的参阅。 与位置相关的日志数据记录的都是指定的本地坐标系的位置。</p> <p>Base : 正常 本地坐标系编号 : 想要记录指定的本地坐标系中的位置时</p>
LogFileEnabled	<p>设定是否将执行力觉向导序列时产生的日志数据保存到文件中。</p> <p>False : 不将日志数据保存在文件中。 执行时，可以在力觉向导窗口的图表上检查日志数据。</p>
LogFileAutoName	<p>设定是否自动设定日志数据文件名。</p> <p>True : 自动设定时: 以力觉向导序列名称和启动时间命名日志文件。 “力觉向导序列名称_yyyymmdd_hh:mm:ss.ms”</p> <p>False : 指定名称时</p>
LogFileNameVar	<p>设定一个全局变量，用它指示LogFileAutoName为False时的日志数据文件名。</p>
LogFileInterval	<p>设定创建文件时日志数据的采样间隔。</p>
LogFileMaxTime	<p>设定创建文件时日志数据的最长时间。</p>

步骤 6. 设定开始位置的检查

设定与开始位置的检查相关的属性(PointFile, RobotTool, PosCheckEnabled, OrientCheckEnabled, StartCheckPoint, StartPointTolLocal, StartPointTolX, StartPointTolY, StartPointTolZ, StartPointTolRot)。

属性	说明、设定准则
PointFile	<p>设定将用于力觉向导序列的点文件。</p> <p>如果在启动时没有加载指定的点文件，则会出现错误。这是防止错误操作的属性。</p> <p>如果未设定点文件，则加载任意点文件。</p>
RobotTool	<p>设定将用于力觉向导序列的工具编号。</p> <p>如果在启动时没有选择设定的工具编号，则会出现错误。这是防止错误操作的属性。</p>
PosCheckEnabled	<p>设定是否检查启动时的位置(X, Y, Z, U, V, W)在指定范围内。</p> <p>在机器人使用Vision检测到开始位置后进行移动时，检查开始位置是否在范围内。当它超出范围时，力觉向导序列以失败结束。它不会导致错误。</p> <p>失败时，可以进行恢复，例如移动到其他开始位置。</p> <p>以下是设定范围的图像。</p> <p>红色部分是允许的范围。设定每个属性的范围。</p> <p>此外，尽管下图中未显示，但可以通过StartPntTolZ和StartPntTolRot设定Z方向和旋转方向的允许范围。</p>  <p>True : 检查位置时</p>
OrientCheckEnabled	<p>设定是否检查开始时机械臂姿势(Hand, Elbow, Wrist)与设定的状态匹配。</p> <p>当机器人使用Vision检测到开始位置后移动时，您可以检查机械臂姿势是否是假设的方向。</p> <p>机械臂姿势不匹配时，力觉向导序列以失败结束。它不会导致错误。</p> <p>失败时，可以进行恢复，例如移动到其他开始位置。</p> <p>True : 检查机械臂姿势时</p>
StartCheckPoint	<p>设定一个点编号，作为检查开始时位置或机械臂姿势的参阅。</p>
StartPntTolLocal	<p>PosCheckEnabled为True时，设定一个本地坐标系编号，作为允许的错误的参阅。</p> <p>仅使用轴方向。本地坐标系中的原点位置不会施加影响。</p>
StartPntTolX StartPntTolY StartPntTolZ	<p>在StartPntTolLocal指定的本地坐标系的每个方向设定允许的范围。</p> <p>在X方向上，允许的范围是参阅位置±StartPntTolX。 Y和Z方向的允许范围以相同的方式确定。</p>
StartPntTolRot	<p>设定旋转方向的允许范围。</p> <p>允许范围是参阅方向±StartPntTolRot。</p> <p>它是为所有U、V和W方向设定的。</p>

### 4.2.1.2 通用序列的属性详细信息

#### Name 属性

此属性设定分配给力觉向导序列的特定名称。

创建力觉向导序列时名称不能重复。

您可以更改名称。最多设定 32 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。

NOTE: 第一个字符不能是数字字符。

#### Index 属性

此属性显示力觉向导序列的编号。

此属性会自动设定和更新。您无法对其进行更改。

	值
最小值	1
最大值	16

默认: None

#### Description 属性

此属性设定力觉向导序列的描述。

您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Version 属性

设定执行力觉向导序列时的兼容版本。

力觉向导序列运行时会使用指定版本支持的功能。

值	说明
7.4.0	序列使用7.4.0版本支持的功能。
7.5.1	序列使用7.5.0版本支持的功能。

#### RobotNumber 属性

此属性设定使用力觉向导序列的机器人编号。

如果由未指定的机器人执行力觉向导序列，则会出错。

值	说明
1至16	使用力觉向导序列的机器人编号。

默认: 序列向导中指定的机器人编号。

#### RobotType 属性

此属性是使用力觉向导序列的机器人类型。

它是根据 RobotNumber 指定的机器人编号自动设定的。您无法对其进行更改。

### AutoStepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间自动分配 StepID。

自动分配时，将设定力觉向导序列编号\*100+力觉向导对象编号。

StepID 会同力觉向导序列执行期间记录的力和位置一同记录到文件中。它用于确定哪个间隔对应于哪个力觉向导对象。

值	说明
True	自动设定StepID。
False	设定每个力觉向导对象的StepID属性值。

默认: True

### ResetSensor 属性

此属性设定在力觉向导序列中第一次启动 Decision 对象和 SPELFunc 对象以外的力觉向导对象时是否重置力觉传感器。

值	说明
True	启动除Decision对象和SPELFunc对象以外的力觉向导对象时，请重置力觉传感器。
False	不重置力觉传感器。

默认: True

### MPNumber 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间使用的质量属性对象的编号。

质量属性对象是用于重力补偿的属性集合。您需要预先定义质量属性对象。如果角度在力觉向导序列执行期间变化很大，请确保指定正确的质量属性对象。

值	说明
0	关闭重力补偿。
1至15	使用指定的质量属性。

默认: True

### ForceOrient 属性

此属性指定在力觉向导序列执行期间使用力控制功能的坐标系的方向。

您可以从 Base、Local 和 Tool 中进行选择。通常，指定压装或跟随方向为 X、Y 或 Z 的坐标系。

如果指定 Base 或 Local，即使机器人姿势改变，压装或跟随的方向也不会改变。

如果指定 Tool，压装或跟随的姿势会随着机器人方向的改变而改变，因为工具坐标系的方向会改变。

值	说明
Base	应用力控制功能的坐标系的方向是基础坐标系
Local	应用力控制功能的坐标系的方向是本地坐标系
Tool	应用力控制功能的坐标系方向是工具坐标系

默认: Tool

### RobotLocal 属性

此属性指定在力觉向导序列执行期间应用力控制功能的坐标系的本地坐标系编号。  
当 ForceOrient 属性为 Local 时使用此属性。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。 这与在ForceOrient中指定Base时相同。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

### RotationCenterType 属性

此属性指定旋转中心的类型，该旋转中心在力觉向导序列执行期间由于力控制功能的调整而旋转。

指定 CurrentTool 时，围绕选择的工具坐标系旋转。

指定 Relative 时，围绕与下面指定的工具坐标系的相对位置旋转。

RotationCenterTLX、RotationCenterTLY 和 RotationCenterTLZ

值	说明
CurrentTool	将当前选定的工具坐标系的位置设定为旋转中心。
Relative	将与当前选定的工具坐标系相隔指定距离的位置设定为旋转中心。

默认: CurrentTool

### RotationCenterX 属性

当 RotationCenterType 为 Relative 时，此属性设定力控制功能的旋转中心在 X 方向上的距离。

它是在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 X 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### RotationCenterY 属性

当 RotationCenterType 为 Relative 时，此属性设定力控制功能的旋转中心在 Y 方向上的距离。

它是在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Y 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### RotationCenterZ 属性

当 RotationCenterType 为 Relative 时，此属性设定力控制功能的旋转中心在 Z 方向上的距离。

它是在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Z 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### LimitSpeedS 属性

此属性设定力觉向导序列执行期间的最大速度。

当执行力觉向导序列时，机器人的动作将根据施加的力和转矩而改变，因为它由力控制功能调整。但是，机器人的动作受到此属性指定的速度的限制。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	250

默认: 50

### LimitSpeedR 属性

此属性设定力觉向导序列执行期间的最大旋转速度。

当执行力觉向导序列时，机器人的动作将根据施加的力和转矩而改变，因为它由力控制功能调整。但是，机器人的动作受到此属性指定的旋转速度的限制。

	值(单位: [deg./sec])
最小值	0.1
最大值	180

默认: 25

### LimitAccelS 属性

此属性设定力觉向导序列执行期间的最大加速度。

当执行力觉向导序列时，机器人的动作将根据施加的力和转矩而改变，因为它由力控制功能调整。但是，机器人的动作受到此属性指定的加速度的限制。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 200

### LimitAccelR 属性

此属性设定力觉向导序列执行期间的最大旋转加速度。

当执行力觉向导序列时，机器人的动作将根据施加的力和转矩而改变，因为它由力控制功能调整。但是，机器人的动作受到此属性指定的旋转加速度的限制。

	值(单位: [deg./sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 100

### LogRobotLocal 属性

对于在力觉向导序列执行期间记录的机器人位置，此属性设定一个本地坐标系编号作为参阅。

记录的机器人位置是从此属性指定的本地坐标系观察时工具坐标系的位置。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

### LogFileEnabled 属性

此属性设定执行力觉向导序列期间是否在文件中保存力、转矩和机器人的位置。

指定 True 时，值将显示在监视器的图表中，同时保存在文件中。

指定 False 时，值将显示在监视器的图表中。但是，值不会保存在文件中。

值	说明
True	将日志数据保存在文件中。
False	不将日志数据保存在文件中。

默认: True

### LogFileAutoName 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间是否自动设定文件名，该文件名的文件将记录力、转矩和机器人的位置。

指定 True 时，文件名将自动设定为力觉向导序列名称+开始时间。

力觉向导序列名称\_yyyymmdd\_hhmmssfff.csv

指定 False 时，请向 LogFileNameVar 中指定的变量中的字符串添加“.csv”，使其成为文件名。

值	说明
True	自动设定日志数据文件名。
False	将日志数据文件名设定为LogFileNameVar指定的文件名。

默认: True

### LogFileNameVar 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间保存文件名的全局字符串变量，该文件名的文件将记录力、转矩和机器人的位置。

当在 LogFileAutoName 中指定 False 时，使用此属性。向变量中的字符串添加“.csv”，将其设定为文件名。

值	说明
None	未指定(自动设定)
变量名	指定的全局字符串变量的值将是文件名。 只能指定一个字符串变量。

默认: None

### LogFileInterval 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间记录力、转矩和机器人位置的文件的采样周期。

	值(单位: [sec])
最小值	0.002
最大值	1

默认: 0.2

### LogFileMaxTime 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间记录力、转矩和机器人位置的文件的最长记录时间。

如果指定的记录时间短于力觉向导序列的执行时间，则记录时间过去后，文件中不会记录任何内容。这方面需要注意。

	值(单位: [sec])
最小值	60
最大值	600

默认: 60

### PointFile 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间使用的点文件名。

如果在力觉向导序列启动时加载了此属性未指定的点文件，则会发生错误。这是防止错误操作的属性。

值	说明
None	未指定 (无论加载的是哪个点文件，都可以在不检查它的情况下执行。)
点文件名	如果没有加载指定的点文件，则会出现错误。

默认: None

### RobotTool 属性

此属性设定在力觉向导序列执行期间使用的工具坐标系编号。

如果在力觉向导序列启动时选择了此属性未指定的工具坐标系编号，则会发生错误。这是防止错误操作的属性。

值	说明
0至16	如果没有选择设定的工具坐标系编号，则会出现错误。

默认: None

### PosCheckEnabled 属性

此属性设定启动力觉向导序列时是否检查位置(X, Y, Z, U, V, W)。

如果指定 True，当满足指定的条件时，力觉向导序列启动。如果条件不满足，则力觉向导序列以失败结束，而不执行力觉向导对象。执行 FGRun 的下一个 SPEL 语句。

指定 False 时，无需检查位置就能执行力觉向导对象。

值	说明
True	检查启动时的位置。
False	您可以在任何位置启动，而无需检查启动时的位置。

默认: False

### OrientCheckEnabled 属性

此属性设定启动力觉向导序列时是否检查机械臂姿势(Hand, Elbow, Wrist)。

指定 True 时，力觉向导序列会在与指定的机械臂姿势匹配时启动。如果机械臂姿势不匹配，则力觉向导序列以失败结束，而不执行力觉向导对象。执行 FGRun 的下一个 SPEL 语句。

指定 False 时，无需检查机械臂姿势就能执行力觉向导对象。

值	说明
True	检查启动时的机械臂姿势。
False	您可以从任何机械臂姿势启动，而不用在启动时检查它。

默认: False

### StartCheckPoint 属性

此属性设定一个参阅点，以检查力觉向导序列启动时的机械臂姿势和位置。当 PosCheckEnabled 为 True 时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

**StartPntToLocal 属性**

要检查力觉向导序列启动时的位置，此属性设定本地坐标系编号以指定可用范围。  
 当 PosCheckEnabled 为 True 时使用此属性。仅使用轴方向。本地坐标系中的原点位置不会施加影响。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

**StartPntToX 属性**

要检查力觉向导序列启动时的位置，此属性设定 X 方向上的可用范围。  
 当 PosCheckEnabled 为 True 时使用此属性。

在 StartPntToLocal 指定的本地坐标系的 X 方向，当机器人位于 StartCheckPoint 指定的位置和此属性指定的位置之间时，它被认定为满足条件。每个方向的条件被认定为 AND。因此，如果在 X, Y, Z, Rot 中的一个或多个方向超出范围，则认定为失败。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	100

默认: 0

**StartPntToY 属性**

要检查力觉向导序列启动时的位置，此属性设定 Y 方向上的可用范围。  
 当 PosCheckEnabled 为 True 时使用此属性。

在 StartPntToLocal 指定的本地坐标系的 Y 方向，当机器人位于 StartCheckPoint 指定的位置和此属性指定的位置之间时，它被认定为满足条件。每个方向的条件被认定为 AND。因此，如果在 X, Y, Z, Rot 中的一个或多个方向超出范围，则认定为失败。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	100

默认: 0

### StartPntTolZ 属性

要检查力觉向导序列启动时的位置，此属性设定 Z 方向上的可用范围。

当 PosCheckEnabled 为 True 时使用此属性。

在 StartPntTolLocal 指定的本地坐标系的 Z 方向，当机器人位于 StartCheckPoint 指定的位置和此属性指定的位置之间时，它被认定为满足条件。每个方向的条件被认定为 AND。因此，如果在 X, Y, Z, Rot 中的一个或多个方向超出范围，则认定为失败。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	100

默认: 0

### StartPntTolRot 属性

要检查力觉向导序列启动时的位置，此属性设定旋转方向上的可用范围。

当 PosCheckEnabled 为 True 时使用此属性。

如果力觉向导序列启动时的当前方向与 StartCheckPoint 指定的方向(UVW)之间的差异在此属性指定的值的角度内，则认定为满足条件。每个方向的条件被认定为 AND。因此，如果在 X, Y, Z, Rot 中的一个或多个方向超出范围，则认定为失败。

	值(单位: [deg.])
最小值	0
最大值	10

默认: 0

### 4.2.1.3 通用序列的结果详细信息

#### EndStatus 结果

这是执行的结果。

当力觉向导序列执行到最后，并且最后一个力觉向导对象成功，或者最后一个力觉向导对象的 AbortSeqOnFail 属性为 False 时，则结果为成功。

值	说明
Passed	力觉向导序列成功。
Failed	力觉向导序列失败。
NoExec	未执行力觉向导序列。
Aborted	在力觉向导序列执行期间中止。

#### EndStatusData 结果

执行结果的详细信息。

描述了失败原因。根据每个位值(ON: 1、OFF: 0)，返回从 0 到 7 的值。

位	说明
0	当AbortSeqOnFail设定为True的力觉向导对象失败时，位值将为ON。
1	当开始时的位置(X, Y, Z, U, V, W)超出指定范围时，位值将为ON。
2	当开始时的机械臂姿势(Hand, Elbow, Wrist)与指定姿势不同时，位值将为ON。

#### Time 结果

执行所需的时间。

单位: [sec]

#### LastExecObject 结果

最后执行的力觉向导对象的名称。

#### EndForces 结果

力觉向导序列结束时的力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### PeakForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### 4.2.2 通用力觉向导对象

通用力觉向导对象有以下10种。

类别	对象名	说明
接触	Contact	将机器人移动到指定方向，并在接触到物体时停止。
跟随	Relax	调整机器人的位置，使得施加到指定轴的力和转矩为“0”。
	FollowMove	沿指定轨迹移动的同时，调整机器人的位置，使得施加到指定轴的力和转矩为“0”。
对齐	SurfaceAlign	将被抓取工件的表面与物体的表面对齐。
探测	PressProbe	压装被抓取工件时，检测物体上的孔或台阶。
	ContactProbe	接触被抓取工件时，检测物体上的孔。
压装	Press	朝指定的轴方向压装。
	PressMove	沿指定轨迹移动时，朝指定的轴方向压装。
执行	Decision	根据对象结果对处理进行分叉。
	SPELFunc	执行指定SPEL程序的函数。

本章介绍每个通用力觉向导对象的类型和属性，以及如何设定或调整这些属性。

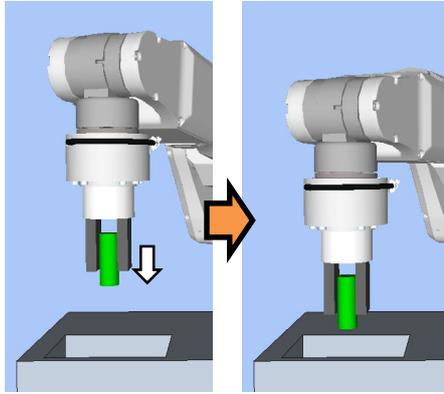
有关力觉向导对象设定的更详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 4.1.3 设定力觉向导对象

4.2.2.1 Contact对象

Contact对象用于朝指定的方向移动机器人，直至机器人与物体(例如工件)接触，并在与物体接触后停止。

此对象用于设定其他力觉向导对象的开始位置或用于定位抓取位置。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以稳定地执行下一个动作或力觉向导对象，因为可以检测接触位置。



上图是Contact对象的动作图像。机器人从非接触状态向白色箭头方向移动，并在接触到物体时停止。

当在指定时间内满足结束条件时，Contact对象成功。务必设定与力相关的结束条件。

每个条件如下：

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	在指定的Timeout时间内满足以下任一条件： ContactOrient为Fx, Fy, Fz时： 指定方向上的力的绝对值超过ContactForceThresh的绝对值。 ContactOrient为Tx, Ty, Tz时： 指定方向上的转矩的绝对值超过ContactTorqueThresh的绝对值。

## Contact 对象的属性设定准则

## 步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	力觉向导对象的描述。 描述操作。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 将包含恢复动作, 或者力觉向导序列将能够继续。

## 步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

设定与启动力觉向导对象之前的I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled、IOPreprocOutputBit和IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	设定力觉向导对象启动时操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	设定当力觉向导对象启动时, 是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

步骤 3. 设定接触方向和力控制功能

设定与接触方向和力控制功能相关的属性(ContactOrient, ContactFirmnessF, ContactFirmnessT, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
ContactOrient	设定接触方向。 机器人向指定方向移动或旋转。
ContactFirmnessF ContactFirmnessT	设定力控制功能的硬度。 ContactFirmnessF: ContactOrient为Fx, Fy, Fz时 ContactFirmnessT: ContactOrient为Tx, Ty, Tz时 设定一个较大值时: 力控制功能的硬度会变大, 反应很慢。 设定一个较小值时: 力控制功能的硬度变小, 反应很快, 但是容易发生振动。 设定一个较小的绝对值时: 接触动作的移动速度很快。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能, 然后执行下一个力觉向导对象。 True : 接触后, 想用剩余的稳定力执行下一个力觉向导对象时: 下一个力觉向导对象必须在ContactOrient中设定的方向上保持力觉控制。

您可以通过模拟器检查ContactOrient的设定。系统将显示一个坐标系, 其中除指定方向外均灰显。  
然而, 机器人是基于当前位置显示的。检查设定时, 确保将机器人移动到执行力觉向导对象的位置。  
有关如何使用模拟器进行检查的详细信息, 请参阅以下手册。  
《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器, 8.3 功能描述

步骤 4. 设定结束条件

设定与结束条件相关的属性(ContactForceThresh, ContactTorqueThresh, Timeout属性)。

属性	说明、设定准则
ContactForceThresh ContactTorqueThresh	设定用来认定接触的阈值。确保为工件设定适当的阈值。 ContactForceThresh: ContactOrient为Fx, Fy, Fz 时设定大约3至5 [N]。 ContactTorqueThresh: ContactOrient为 Tx, Ty, Tz 时设定大约500 [N·mm]。 设定一个较大的绝对值时: 机器人在接触前的移动速度很快。 当值太小时: 机器人可能不会移动。
Timeout	设定Contact对象的超时期限。 如果在接触之前已过了指定的时间, 则失败。

### Contact 对象的调整准则

以下介绍了Contact对象的调整方法。

#### 当接触力较大时:

减小ContactForceThresh或ContactTorqueThresh的值。  
或者，增加ContactFirmnessF或ContactFirmnessT的值。

但移动速度很慢。请对您的操作进行适当调整。

#### 当力觉向导对象在接触之前结束时:

如果执行时间短，增加Timeout的值。

#### 当在接触之前错误地认定“已接触”时:

受移动时的惯性力或噪声影响，认定是否与物体接触时出现错误。

增加ContactForceThresh或ContactTorqueThresh的值。  
但接触时的力和转矩会很大。请对您的操作进行适当调整。

或者，增加ContactFirmnessF或ContactFirmnessT的值。  
但移动速度很慢。请对您的操作进行适当调整。

#### 当机器人在接触前缓慢移动时:

增加ContactForceThresh或ContactTorqueThresh的值。  
或者，减少ContactFirmnessF或ContactFirmnessT的值。

但接触时的力和转矩会很大，或者会产生振动。请对您的操作进行适当调整。

#### 当接触前耗费时间较长时:

如果力觉向导对象的开始位置远离接触位置，则需要耗费较长时间，因为移动距离很长。将开始位置更改为尽可能靠近要接触的位置，但不能与要接触的位置接触。

#### 当机器人不是向接触方向移动或向相反方向移动时:

力觉传感器可能没有正确重置。检查力觉向导序列的ResetSensor设定。

启动力觉向导序列时，对象可能从接触状态启动。  
确保从非接触状态启动。

ContactForceThresh或ContactTorqueThresh的绝对值可能很小。增加绝对值。但接触时的力和转矩会很大。请对您的操作进行适当调整。

### 有关 Contact 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。  
创建 Contact 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 Contact 后面添加一个编号(例如 Contact01)。  
您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。  
NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。  
您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。  
指定 True 时，将执行力觉向导对象。  
指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。  
想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

#### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。  
当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

#### AbortSeqOnFail 属性

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。  
当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会中止力觉向导序列，并转到下一个 SPEL 语句。  
指定False时，即使力觉向导对象失败，程序也将继续处理下一个力觉向导对象，而不中止力觉向导序列。  
想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。想要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备时，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	关闭指定的输出位。(设定为0)
On	开启指定的输出位。(设定为1)

默认: Off

**ContactOrient 属性**

此属性设定从开始位置观察时的目标接触位置。

设定坐标系中由力觉向导序列的ForceOrient指定的方向。您可以从平移方向(+Fx至-Fz)或旋转方向(+Tx至-Tz)中进行选择。

机器人向指定方向移动，并在接触到物体时停止。

值	说明
+Fx	朝Fx正方移动。
-Fx	朝Fx负向移动。
+Fy	朝Fy正方移动。
-Fy	朝Fy负向移动。
+Fz	朝Fz正方移动。
-Fz	朝Fz负向移动。
+Tx	朝Tx正方移动。
-Tx	朝Tx负向移动。
+Ty	朝Ty正方移动。
-Ty	朝Ty负向移动。
+Tz	朝Tz正方移动。
-Tz	朝Tz负向移动。

默认: +Fz

**ContactFirmnessF 属性**

此属性设定力觉向导对象执行期间力控制功能的硬度。当ContactOrient为平移方向(+Fx至-Fz)时使用此属性。

当ContactFirmnessF的值增加时，力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当ContactFirmnessF的值减小时，力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**ContactFirmnessT 属性**

此属性设定力觉向导对象执行期间力控制功能的硬度。

当ContactOrient为旋转方向(+Tx至-Tz)时使用此属性。

当ContactFirmnessT的值增加时，力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当ContactFirmnessT的值减小时，力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。当力觉向导序列结束时，即使CFEnabled设定为True，也结束力控制功能。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**ContactForceThresh 属性**

此属性设定用于认定接触的力阈值。

当ContactOrient为平移方向(+Fx至-Fz)时使用此属性。

如果在Contact对象执行期间超过了此属性设定的阈值，机器人会识别出机器人已接触并停止动作。然后，机器人将转到下一个力觉向导对象。

当ContactOrient在正方向时:

	值(单位: [N])
最小值	-10
最大值	0

默认: -5

当ContactOrient在负方向时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	10

默认: -5

**ContactTorqueThresh 属性**

此属性设定用于认定接触的转矩阈值。

当ContactOrient为旋转方向(+Tx至-Tz)时使用此属性

如果在Contact对象执行期间超过了此属性设定的阈值，机器人会识别出机器人已接触并停止动作。然后，机器人将转到下一个力觉向导对象。

当ContactOrient在正方向时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-1000
最大值	0

默认: -200

当ContactOrient在负方向时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	1000

默认: -200

**Timeout 属性**

此属性设定力觉向导对象的超时期限。

如果在此属性指定的时间过去之后也没有超过ContactForceThresh或ContactForceThresh指定的阈值，则认定为接触失败。

认定后，根据AbortSeqOnFail结束力觉向导序列，或者转到下一个力觉向导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 10

有关 Contact 对象的结果的详细信息

**EndStatus 结果**

这是执行的结果。

满足 4.2.2.1 Contact 对象中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

**Time 结果**

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

**TimedOut 结果**

这是是否达到了 Timeout 属性中设定的超时期限。

值	说明
True	到达超时期限。
False	在到达超时期限之前结束。

**EndForces 结果**

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**EndPos 结果**

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

**AvgForces 结果**

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**PeakForces 结果**

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。

峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### ForceCondOK 结果

这是是否满足与力相关的结束条件。

值	说明
True	满足与力相关的结束条件。
False	不满足与力相关的结束条件。

### TriggeredForces 结果

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。

获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### TriggeredPos 结果

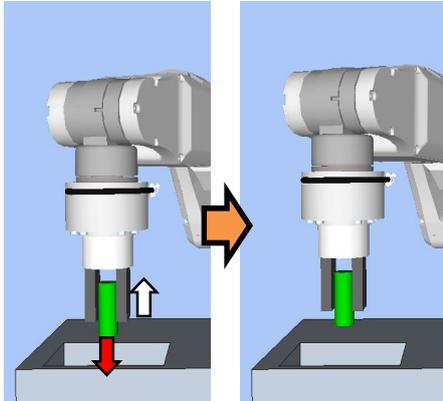
满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

### 4.2.2.2 Relax对象

Relax对象用于将机器人移动到指定方向上力为“0”的位置。

此对象用于在使用Press对象执行压装后安全地解除压装状态，或用于解除在组装期间施加的额外力。此外，与夹具动作结合时，此对象可以执行跟随和抓取动作。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，机器人也可以牢固地抓取工件而不施加额外力。



上图是Relax对象的动作图像。

机器人从红色箭头状态(机器人接触对象后压装)移动到白色箭头方向，因此施加的力将为“0”。

当在指定时间内满足结束条件时，Relax对象成功。Relax对象可以使用与力和I/O相关的结束条件。

每个结束条件将设定是在ForceCheckEnabled还是在IOCheckEnabled中使用。

如果未设定结束条件，则对象将总是成功。当设定了多个结束条件时，可以使用EndCheckOperator中的AND或OR选择如何对结束条件进行组合。

每个条件如下：

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	在Timeout的指定时间内，在HoldTimeThresh指定的时间内持续满足以下两项要求。 Fx、Fy或Fz方向由ControlMode指定为Follow的轴： 此轴应该在以下范围内 -FollowCheckTolF至+FollowCheckTolF。 Tx、Ty或Tz方向由ControlMode指定为Follow的轴： 此轴应该在以下范围内 -FollowCheckTolT至+FollowCheckTolT。
与I/O相关的结束条件	在Timeout指定的时间内，IOCheckInputBit指定的输入位应该处于IOCheckInputStatus指定的状态。

## Relax 对象的属性设定准则

## 步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	力觉向导对象的描述。 描述操作。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 将包含恢复动作, 或者力觉向导序列将能够继续。

## 步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

设定与启动力觉向导对象之前的I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled、IOPreprocOutputBit和IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时, 设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时, 设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

步骤 3. 设定力控制功能

设定与力控制功能相关的属性(Fx\_ControlMode, ..., Tz\_ControlMode, Fx\_Firmness, ..., Tz\_Firmness, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
Fx_ControlMode Fy_ControlMode Fz_ControlMode Tx_ControlMode Ty_ControlMode Tz_ControlMode	设定每个方向的力控制功能的模式。 指定Follow时： 通过力控制功能执行跟随动作。 指定Disabled时： 力控制功能被禁用。 在要跟随的方向，将该方向的ControlMode设定为Follow。 您需要为多个方向设定Follow。
Fx_Firmness Fy_Firmness Fz_Firmness Tx_Firmness Ty_Firmness Tz_Firmness	设定每个方向的力控制功能的硬度。 设定一个较大值时： 力控制功能的硬度变大，但对力变化的响应很慢。 设定一个较小值时： 力控制功能的硬度变小，对力的变化响应很快，但容易发生振动。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能一次，然后执行下一个力觉向导对象。 True : 接触后，想用剩余的稳定力执行下一个力觉向导对象时： 下一个力觉向导对象必须在为每个ControlMode选择Follow的方向上保持力觉控制。

您可以通过模拟器检查ControlMode的设定。系统将显示一个坐标系，其中除启用方向外均灰显。

然而，机器人是基于当前位置显示的。检查设定时，确保将机器人移动到执行力觉向导对象的位置。

有关如何使用模拟器进行检查的详细信息，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器，8.3 功能描述

步骤 4. 设定结束条件的基本信息

设定与结束条件和超时组合相关的属性(EndCheckOperator和Timeout)。

属性	说明、设定准则
EndCheckOperator	此属性设定如何对与力和I/O相关的结束条件进行组合。 AND : 当这两个条件均满足时结束。 OR : 当不止一个条件满足时结束。
Timeout	此属性设定超时期限。 未设定结束条件时： 超时期限是执行时间。 设定结束条件时： 在指定时间内未满足结束条件时失败。

步骤 5. 设定与力有关的结束条件

设定与力的结束条件相关的属性(ForceCheckEnabled, FollowCheckToIF, FollowCheckToIT, HoldTimeThresh)。

属性	说明、设定准则
ForceCheckEnabled	此属性设定是否启用与力相关的结束条件。 True : 启用与力相关的结束条件时。
FollowCheckToIF FollowCheckToIT	此属性设定与力相关的结束条件的平移方向或旋转方向范围。 FollowCheckToIF: 此属性表示平移方向。 FollowCheckToIT: 此属性表示旋转方向。  监视Fx, Fy, Fz中由ControlMode指定为Follow的力方向是否在-FollowCheckToIF至+FollowCheckToIF的范围内。 监视Tx, Ty, Tz中由ControlMode指定为Follow的力方向是否在-FollowCheckToIT至+FollowCheckToIT的范围内。  以下是FollowCheckToIF的图像。 <div data-bbox="766 929 1300 1176" style="text-align: center;"> </div>
HoldTimeThresh	设定认定是否满足结束条件时使用的持续时间。  如下所示，如果指定的条件持续了HoldTimeThresh指定的时间，将认定已满足结束条件。 <div data-bbox="766 1467 1428 1848" style="text-align: center;"> </div> 通常，设定为“0”。 设定在下一个力觉向导对象的结果不稳定时用于使动作变稳定的时间。 建议根据暂时禁用结束条件后执行的实际结果设定该时间。

**步骤 6. 设定与 I/O 相关的结束条件**

设定与I/O结束条件相关的属性(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOCheckEnabled	此属性设定是否启用与I/O相关的结束条件。 True : 启用与I/O相关的结束条件时。
IOCheckInputBit	设定作为结束条件监视的输入位。
IOCheckInputStatus	设定作为结束条件的输入位状态。 如果IOCheckInputBit指定的输入位将是IOCheckInputStatus指定的状态，则认定满足结束条件。

**Relax 对象的调整准则**

下文介绍使用Relax对象时的调整方法。

**力变为“0”耗时较长时:**

这是施加的力的来源未发生变化时执行的调整。如果即使机器人移动，力也一直在施加，那么这属于异常。

降低每个方向的Firmness值。但是，机器人的动作可能容易发生振动。请对您的操作进行适当调整。

**机器人动作发生振动时:**

增加Firmness值。但是，机器人的响应会很慢。

请对您的操作进行适当调整。

要调整Firmness，建议逐渐调整值(例如，以10%为幅度增大值)。

## 有关 Relax 对象的属性的详细信息

## Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。

创建 Relax 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 Relax 后面添加一个编号(例如 Relax01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。

NOTE: 第一个字符不能是数字。

## Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。

您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

## Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。

指定 True 时，将执行力觉向导对象。

指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。

想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

## StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。

仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

## AbortSeqOnFail 属性

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会结束力觉向导序列，并转到下一个 SPEL 语句。

当指定False时，即使力觉向导对象失败，程序也会转到下一个力觉向导对象，而不会结束力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，结束力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	关闭指定的输出位。(设定为0)
On	开启指定的输出位。(设定为1)

默认: Off

**Fx\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fx方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Fx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Fx\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fx方向的力控制功能的硬度。

当Fx\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Fx\_Firmness的值增加时，Fx方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fx\_Firmness的值减少时，Fx方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Fy\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fy方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fy方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Fy方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Fy\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fy方向的力控制功能的硬度。

当Fy\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Fy\_Firmness的值增加时，Fy方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fy\_Firmness的值减少时，Fy方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Fz\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fz方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fz方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Fz方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Fz\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fz方向的力控制功能的硬度。

当Fz\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Fz\_Firmness的值增加时，Fz方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fz\_Firmness的值减少时，Fz方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**Tx\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Tx方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Tx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Tx\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tx方向的力控制功能的硬度。当Tx\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Tx\_Firmness的值增加时，Tx方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Tx\_Firmness的值减少时，Tx方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**Ty\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Ty方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Ty方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Ty方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Ty\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Ty方向的力控制功能的硬度。

当Ty\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Ty\_Firmness的值增加时，Ty方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Ty\_Firmness的值减少时，Ty方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

### Tz\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tz方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Tz方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Tz方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Tz\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tz方向的力控制功能的硬度。

当Tz\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Tz\_Firmness的值增加时，Tz方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Tz\_Firmness的值减少时，Tz方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

### CFEnabled 属性

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。

当力觉向导序列结束时，即使CFEnabled为True，力控制功能也将结束。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**EndCheckOperator 属性**

当使用力觉向导对象的多个结束条件时，此属性将设定组合条件。

指定AND时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束。执行被认定为成功，并转到下一个力觉向导对象。

指定OR时，如果满足部分启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束。执行被认定为成功，并转到下一个力觉向导对象。

值	说明
OR	按OR条件组合。
AND	按AND条件组合。

默认: Disabled

**ForceCheckEnabled 属性**

此属性设定与力相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与力相关的结束条件。
False	禁用与力相关的结束条件。

默认: False

**FollowCheckToIF 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

它用于在Fx、Fy和Fz中由每个ControlMode指定为Follow的轴，并认定该轴是否在-FollowCheckToIF至+FollowCheckToIF的范围内。

如果指定为Follow的所有轴都位于FollowCheckToIF或FollowCheckToIT设定的范围内，则认定满足结束条件。

	值(单位: [N])
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**FollowCheckToIT 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

它用于在Tx、Ty和Tz中由每个ControlMode指定为Follow的轴，并认定该轴是否在-FollowCheckToIF至+FollowCheckToIF的范围内。如果指定为Follow的所有轴都位于FollowCheckToIF或FollowCheckToIT设定的范围内，则认定满足结束条件。

	值(单位: [N])
最小值	RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)或以后， 或序列的Version为7.5.1时: 1 RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)之前， 或序列的Version为7.4.0时候: 100
最大值	10000

默认: 500

**HoldTimeThresh 属性**

此属性设定一段持续时间，直到认定与力相关的结束条件。

当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

如果在HoldTimeThresh指定的时间内持续保持处于FollowCheckToIF或FollowCheckToIT指定的范围内这一状态，则认定满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认: 0

**IOCheckEnabled 属性**

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与I/O相关的结束条件。
False	禁用与I/O相关的结束条件。

默认: False

**IOCheckInputBit 属性**

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定目标位。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOCheckInputStatus 属性**

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定条件。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

根据IOCheckInputBit指定的位，认定结束条件是否满足。

值	说明
Off	如果输入位是OFF (0)，则认定满足结束条件。
On	如果输入位是ON (1)，则认定满足结束条件。

默认: Off

**Timeout 属性**

此属性设定力觉向导对象的超时期限。

如果在Timeout指定的时间已过后，不满足ForceCheckEnabled或IOCheckEnabled中启用的条件，则认定Relax对象失败。

认定后，根据AbortSeqOnFail中止力觉向导序列，或者转到下一个力觉向导对象。

如果ForceCheckEnabled和IOCheckEnabled为False，则在Timeout指定的时间已过之后结束力觉向导对象。认定成功，并转到下一个力觉向导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 10

有关 Relax 对象的结果的详细信息

EndStatus 结果

这是执行的结果。

满足 4.2.2.2 Relax 对象中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

Time 结果

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

TimedOut 结果

这是是否达到了 Timeout 属性中设定的超时期限。

值	说明
True	到达超时期限。
False	在到达超时期限之前结束。

EndForces 结果

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

EndPos 结果

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

AvgForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

PeakForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### ForceCondOK 结果

这是是否满足与力相关的结束条件。

值	说明
True	满足与力相关的结束条件。
False	不满足与力相关的结束条件。

### TriggeredForces 结果

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。

获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### TriggeredPos 结果

满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

### IOCondOK 结果

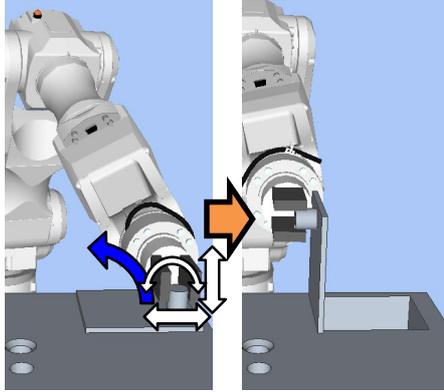
它表示是否满足与 I/O 相关的结束条件。

值	说明
True	满足与I/O相关的结束条件。
False	不满足与I/O相关的结束条件。

### 4.2.2.3 FollowMove对象

FollowMove对象会执行跟随动作，以使指定方向的力为“0”，并使机器人沿着指定轨迹移动。

此对象用于移动固定轨迹的操作目标，例如开门/关门。执行位置控制时，操作目标可能会损坏，因为轨迹改变时会施加额外力。但是，FollowMove对象可以将施加的力限制为“0”。因此，即使未示教准确轨迹，机器人也可以移动操作目标。



上图是FollowMove对象的动作图像。该对象会调整位置或方向，以使机器人沿轨迹(蓝色箭头)移动时，各个方向(白色箭头)上施加的力为“0”。

当机器人沿指定轨迹移动时，如果满足结束条件，则FollowMove对象将会成功。这里可以使用与位置和I/O相关的结束条件。

每个结束条件都设定了是否在PosCheckEnabled或IOCheckEnabled下使用。如果未设定结束条件，则对象将总是成功。当设定了多个结束条件时，可以使用EndCheckOperator中的AND或OR选择如何对结束条件进行组合。

每个条件如下：

结束条件	成功条件
与位置相关的结束条件	沿指定轨迹移动之前，满足以下任一条件： PosCheckType是RobotPlane时： 对于PlaneNumber设定的Plane，满足PlaneEndCondition设定的状态。 PosCheckType是RelativePlane时： 对于PlaneEndCondition为PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal设定的相对平面，满足PlaneEndCondition设定的状态。
与I/O相关的结束条件	机器人沿指定的轨迹移动之前，IOCheckInputBit指定的输入位应该处于IOCheckInputStatus指定的状态。

## FollowMove 对象的属性设定准则

## 步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	此属性设定力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	此属性设定关于力觉向导对象的描述。 描述操作说明。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 将包含恢复动作, 或者力觉向导序列将能够继续。

## 步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

在启动力觉向导对象之前, 设定与I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时, 设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时, 设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

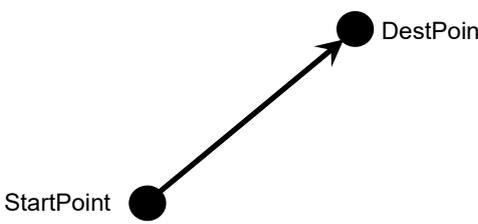
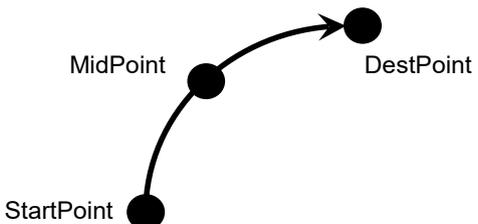
步骤 3. 设定移动动作

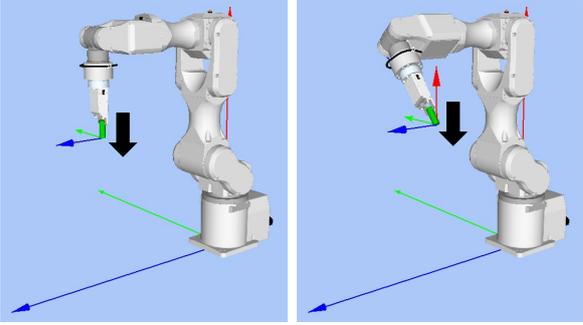
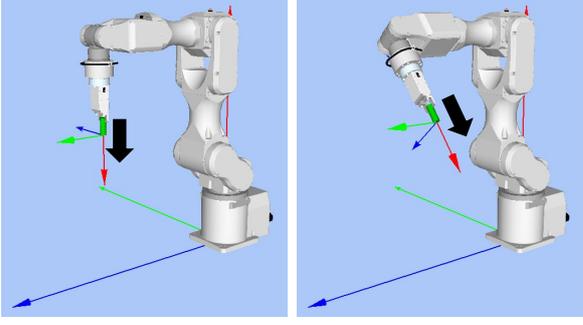
设定与移动相关的属性(MotionTrajectory, AccelS, AccelR, SpeedS, SpeedR, CPEnabled)。

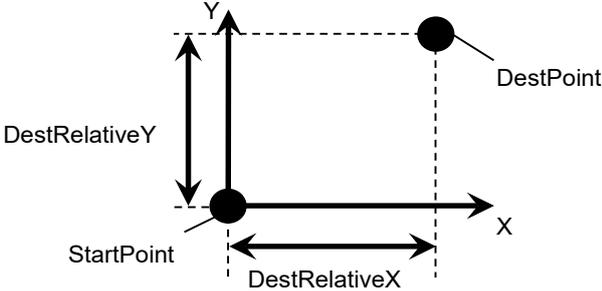
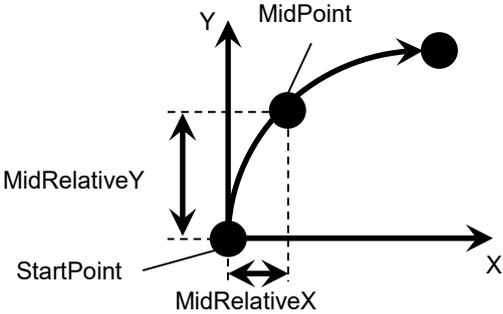
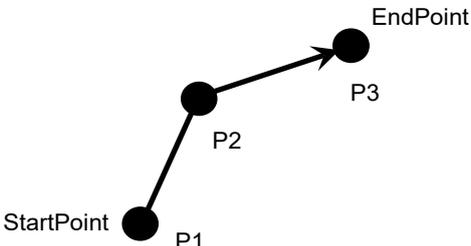
属性	说明、设定准则
MotionTrajectory	<p>设定要移动的轨迹类型。</p> <p><b>Straight</b> : 直线运动时</p> <p><b>Arc</b> : 曲线运动时</p> <p><b>MultiStraight</b> : 在多个点上连续直线运动时</p> <p><b>MultiStraightCP</b>: 在多个点上连接轨道的同时连续直线运动时</p>
AccelS AccelR	<p>设定移动的加速度。</p> <p><b>AccelS</b>: 平移加速度</p> <p><b>AccelR</b>: 旋转加速度</p> <p>实际加速度由力控制功能调整。</p>
SpeedS SpeedR	<p>设定移动的速度。</p> <p><b>SpeedS</b>: 平移速度</p> <p><b>SpeedR</b>: 旋转速度</p> <p>实际速度由力控制功能调整。</p>
SpeedRPriority	<p>设置SpeedR属性在移动时是否优先。</p> <p>如果点之间的姿态变化相对于移动距离较大时，使用SpeedS属性动作可能会导致加速度错误。</p> <p>AutoDistOrientRatio根据点之间的距离和姿态的变化自动确定是否使用SpeedR属性。建议您使用AutoDistOrientRatio。</p> <p>固定在SpeedS属性或SpeedR属性时，请选择Disabled或Enabled。</p> <p>Disabled: 始终使用SpeedS属性时</p> <p>Enabled: 始终使用SpeedR属性时</p>
CPEnabled	<p>设定是否通过路径动作将FollowMove对象的轨迹与下一个力觉向导对象的轨迹相连接。</p> <p><b>True</b> : 连接复杂轨迹以便由多个FollowMove对象执行操作时。</p>

步骤 4. 设定目标点

设定与要移动的轨迹相关的属性(DestType, DestPoint, MidPoint, RelativeOrient, RelativeRobotLocal, DestRelativeX, ..., DestRelativeW, MidRelativeX, ..., MidRelativeW)。

属性	说明、设定准则
DestType	<p>此属性可以设定如何设定目标点。                      如果使用力控制功能，机器人的位置会根据力进行调整。                      因此，我们建议通过距离定位点的相对移动量来指定目标点。</p> <p>RobotPoint : 移动到指定点时                      Relative : 指定相对移动量时</p>
DestPoint	<p>设定一个指示目标点(DestPoint)的点。                      在MotionTrajectory中选择Straight时:                      如下图中所示，机器人将沿直线从力觉向导对象的StartPoint移动到DestPoint。</p>  <p>The diagram shows a straight line with an arrow pointing from a black dot labeled 'StartPoint' to another black dot labeled 'DestPoint'.</p>
MidPoint	<p>当MotionTrajectory为Arc时，设定一个点来表示中点(MidPoint)。                      如下图中所示，机器人将在越过MidPoint之后移动到DestPoint。</p>  <p>The diagram shows a curved arc with an arrow pointing from a black dot labeled 'StartPoint' to another black dot labeled 'DestPoint'. A third black dot labeled 'MidPoint' is located on the arc between the start and end points.</p>

属性	说明、设定准则
RelativeOrient	<p>设定坐标系方向，该方向将作为相对移动的参照。</p> <p>指定Base或Local时：                      从外部看，机器人总是按定义的方向操作。                      以下是设定Base的示例。朝-Z方向移动时，即使机器人夹具末端的姿势已改变，机器人也始终垂直向下(基础坐标系中的-Z方向)移动。(黑色箭头是机器人动作的方向。)                      如果希望机器人朝基础坐标系中的不同方向移动，请在本地坐标系中指定。</p>  <p>指定Tool时：                      移动方向会随着开始时的方向而改变。                      以下是设定Tool的示例。朝+Z方向移动时，移动方向会根据机器人夹具末端的姿势而改变。</p>  <p>Base、Local：                      即使机器人方向在力觉向导对象启动时已改变，也朝已定义的方向(从外部的角度)移动。</p> <p>Tool：                      根据机器人的方向朝某个方向移动。</p>
RelativeRobotLocal	<p>设定一个本地坐标系编号，当在RelativeOrient中指定本地坐标系时使用该坐标系号。</p>

属性	说明、设定准则
DestRelativeX DestRelativeY DestRelativeZ DestRelativeU DestRelativeV DestRelativeW	<p>设定每个方向上从力觉向导对象的StartPoint到DestPoint的相对移动量。</p> <p>如下所示，在RelativeOrient指定的坐标系中设定移动量。</p> 
MidRelativeX MidRelativeY MidRelativeZ MidRelativeU MidRelativeV MidRelativeW	<p>设定每个方向上从力觉向导对象的StartPoint到MidPoint的相对移动量。</p> <p>如下所示，在RelativeOrient指定的坐标系中设定移动量。</p> 
StartPoint EndPoint	<p>当MotionTrajectory为MultiStraight或MultiStraighCP时，设置指定力觉向导对象的，连续动作开始位置和结束位置的点。如下图所示，当P1设置为StartPoint，P3设置为EndPoint时，会连续依次通过P1, P2, P3的点。</p> 

步骤 5. 设定力控制功能

设定与力控制功能相关的属性(Fx\_ControlMode, ..., Tz\_ControlMode, Fx\_Firmness, ..., Tz\_Firmness, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
Fx_ControlMode Fy_ControlMode Fz_ControlMode Tx_ControlMode Ty_ControlMode Tz_ControlMode	设定每个方向的力控制功能的模式。 指定Follow时： 对力控制功能执行跟随动作。 指定Disabled时： 力控制功能被禁用。 将要在其中执行跟随的ControlMode设定为Follow。 必须将多个方向设定为Follow。
Fx_Firmness Fy_Firmness Fz_Firmness Tx_Firmness Ty_Firmness Tz_Firmness	设定每个方向的力控制功能的硬度。 设定一个较大值时： 力控制功能的硬度变大。但对力变化的响应很慢。 设定一个较小值时： 力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能一次，然后执行下一个力觉向导对象。 True : 接触后，想用剩余的稳定力执行下一个力觉向导对象时： 下一个力觉向导对象必须在为每个ControlMode选择Follow的方向上保持力觉控制。

您可以通过模拟器检查ControlMode的设定。系统将显示一个坐标系，其中除启用方向外均灰显。

然而，机器人是基于当前位置显示的。检查设定时，确保将机器人移动到执行力觉向导对象的位置。

有关如何使用模拟器进行检查的详细信息，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器，8.3 功能描述

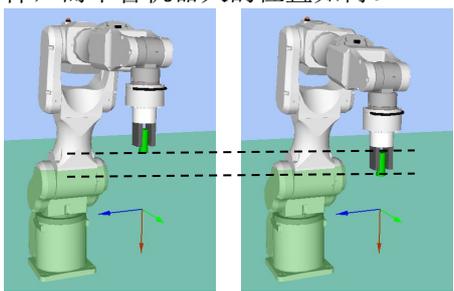
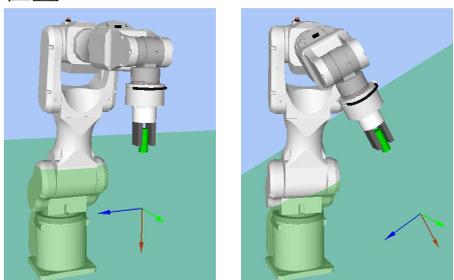
步骤 6. 设定结束条件的基本信息

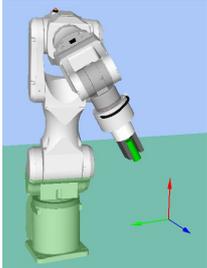
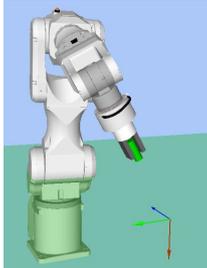
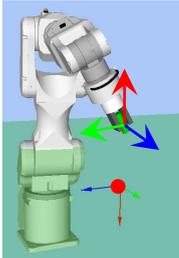
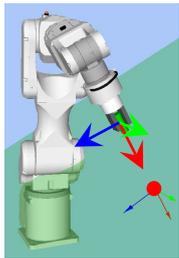
设定与结束条件组合相关的属性(EndCheckOperator)。

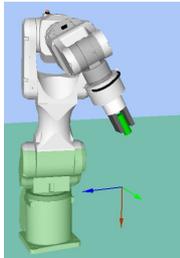
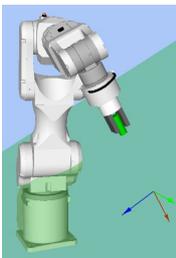
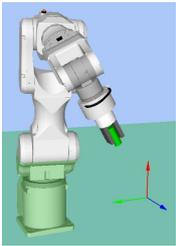
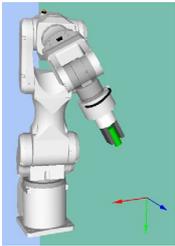
属性	说明、设定准则
EndCheckOperator	此属性设定如何组合与位置和I/O相关的结束条件。 AND : 当这两个条件均满足时结束。 OR : 满足多个条件时结束。

步骤 7. 设定与位置相关的结束条件

设定与位置相关的结束条件的属性(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)。

属性	说明、设定准则
PosCheckEnabled	此属性设定是否启用与位置相关的结束条件。 True : 启用与位置相关的结束条件时。 False : 禁用与位置相关的结束条件时。
PosCheckType	选择与位置相关的结束条件的类型。  选择RobotPlane时: 结束条件基于设定的Plane。 如下所示, 使用此属性可设定基于定义的位置的结束条件, 而不管机器人的位置如何。   选择RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 在当前位置的一个相对位置创建Plane, 并将其设定为与位置相关的结束条件。 如下所示, 使用此属性可根据开始时的位置更改结束条件位置。 
PlaneNumber	设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。 PosCheckType是RobotPlane时: 设定基于指定Plane编号的结束条件。 PosCheckType是RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 将Plane设定为新指定的编号。 设定一个空的Plane编号。

属性	说明、设定准则
PlaneEndCond	<p>设定与位置相关的结束条件的状态。 将平面内(Inside)或平面外(Outside)设定为结束条件。 当机器人处于指定状态时，认定满足与位置相关的结束条件。</p> <p>Inside: 它在平面的+Z方向。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
PlaneRelativeOrg	<p>设定在表示距平面原点的偏移量时，将哪个坐标系方向用作参照。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 指定一个基于基础坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了负值。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 指定一个基于工具坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了正值。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>本地坐标系或工具坐标系仅在该方向上使用，不影响原点位置。</p> <p>要在机器人动作方向上设定结束条件的位置，通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneRelativeX PlaneRelativeY PlaneRelativeZ	<p>设定当前位置在每个方向相对于平面原点的偏移量。 方向将是PlaneRelativeOrg指定的坐标系方向。</p>

属性	说明、设定准则
PlaneRelativeOrient	<p>设定一个基于平面方向的坐标系。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 平面的参阅方向与Base坐标系匹配，而与力觉向导对象启动时的机器人方向无关。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 平面的参阅方向随着力觉向导对象启动时机器人的方向而变化。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>设定 Base 的示例</span> <span>设定 Tool 的示例</span> </div> <p>因为垂直于机器人动作方向的平面将是结束条件，所以通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneAxes	<p>设定平面方向 根据PlaneRelativeOrient指定的坐标系，平面被设定为由PlaneAxes设定的方向。</p> <p>下图是PlannerRelationeOrient设定Base时的一个示例。 左图: PlaneAxes指定的XY 右图: PlaneAxes指定的YZ。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>XY</span> <span>YZ</span> </div> <p>通常，设定垂直于机器人动作方向的平面。</p>
PlaneRelativeRobotLocal	<p>设定当PlaneRelativeOrg或PlaneRelativeOrient为Local时使用的本地坐标系编号。 通常，设定一个与力觉向导序列的RobotLocal相同的值。</p>

**步骤 8. 设定与 I/O 相关的结束条件**

设定与I/O结束条件相关的属性(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOCheckEnabled	此属性设定是否启用与I/O相关的结束条件。 True : 启用与I/O相关的结束条件时。
IOCheckInputBit	设定作为结束条件监视的输入位。
IOCheckInputStatus	设定作为结束条件的输入位状态。 如果IOCheckInputBit指定的输入位将是IOCheckInputStatus指定的状态, 则认定满足结束条件。

**FollowMove 对象的调整准则**

下文介绍使用FollowMove对象时的调整方法。

**力变为“0”耗时较长时:**

这是持续施加力时执行的调整。如果即使机器人移动或机器人持续移动到某个物体, 力也一直在施加, 那么这属于异常。

降低每个方向的Firmness值。但是, 机器人的动作可能容易发生振动。请对您的操作进行适当调整。

**机器人动作发生振动时:**

增加Firmness值。但是, 机器人的响应会很慢。  
请对您的操作进行适当调整。

要调整Firmness, 建议逐渐增大值(例如, 以10%为幅度增大值)。

**当机器人没有到达目标点(DestPoint)时:**

如果未启用力控制功能的方向未到达DestPoint, 原因可能是受力觉向导序列的LimitAccel或LimitSpeed影响。增加值。

此外, 在低功率模式下, 即使LimitSpeed或LimitAccel的值很大, 方向也会受低功率模式下最大速度或最大加速度限制。确保在高功率模式下执行。

## 有关 FollowMove 对象的属性的详细信息

### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。  
创建 FollowMove 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 FollowMove 后面添加一个编号(例如 FollowMove01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。  
NOTE: 第一个字符不能是数字。

### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。  
您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。

指定 True 时，将执行力觉向导对象。

指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。

想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。

仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

**AbortSeqOnFail 属性**

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会中止力觉向导序列，并转到下一个SPEL语句。

指定False时，即使力觉向导对象失败，程序也将继续处理下一个力觉向导对象，而不中止力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	将指定的输出位设为OFF(设定为0)。
On	将指定的输出位设为ON(设定为1)。

默认: Off

**MotionTrajectory 属性**

此属性设定力觉向导对象的轨迹。

值	说明
Straight	沿直线轨迹移动。
Arc	沿圆弧轨迹移动。
MultiStraight	直线运动，连续通过多个点。
MultiStraightCP	直线运动，连接多个点并连续运动。

默认: Straight

**AccelS 属性**

此属性设定力觉向导对象的加速度。

但是，此设定值是设定轨迹的加速度。实际加速度由力控制功能调整。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	200

默认: 50

**AccelR 属性**

此属性设定力觉向导对象在执行期间的旋转加速度。

但是，此设定值是设定轨迹的旋转加速度。实际旋转加速度由力控制功能调整。

	值(单位: [deg./sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	100

默认: 10

**SpeedS 属性**

此属性设定力觉向导对象在执行期间的速度。

但是，此设定值是设定轨迹的速度。实际速度由力控制功能调整。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	1
最大值	200

默认: 50

**SpeedR 属性**

此属性设定力觉向导对象在执行期间的旋转速度。

但是，此设定值是设定轨迹的旋转速度。实际旋转速度由力控制功能调整。

	值(单位: [deg./sec])
最小值	1
最大值	25

默认: 10

**SpeedRPriority 属性**

用于在执行力觉向导对象期间设置是否以工具姿势变化为优先。

以工具姿势变化为优先时：

机器人使用 SpeedR 属性进行动作。

不以工具姿势变化为优先时：

机器人使用 SpeedS 属性进行动作。

可指定以下值。

值	说明
Disabled	如果移动距离不是“0”，则使用SpeedS属性执行力觉向导对象。 移动距离为“0”时，使用SpeedR属性。 不以工具姿势变化为优先。 以SpeedS属性为优先。
Enabled	如果姿势变化不是“0”，则使用SpeedR属性执行力觉向导对象。 姿势变化为“0”时，使用SpeedS属性。 以工具姿势变化为优先。 以SpeedR属性为优先。
AutoDistOrientRatio	根据移动距离与姿势变化自动判断是否以SpeedR属性为优先，然后执行力觉向导对象。

默认： AutoDistOrientRatio

**CPEnabled 属性**

设定启用/禁用路径动作。

使用此属性可合成多个力觉向导对象的移动轨迹。

当指定True时，路径动作被启用，程序在进入减速区时启动下一个力觉向导对象。

指定False时，路径动作被禁用，程序在设定轨迹结束后启动下一个力觉向导对象。

但是，如果设定并实现了结束条件，程序会在实现结束条件时暂停一次，然后转到下一个力觉向导对象。

值	说明
True	启用路径动作。
False	禁用路径动作。

默认: False

**DestType 属性**

此属性设定用于指定轨迹目标点的方法。

指定RobotPoint时，通过指定点来设定目标点。

指定Relative时，设定相对距离(例如，从起点到X方向有10mm)。

值	说明
RobotPoint	通过指定点来设定目标点。
Relative	通过指定相对距离来设定目标点。

默认: False

**DestPoint 属性**

此属性设定用于轨迹目标点的点。  
在DestType中指定RobotPoint时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

#### MidPoint 属性

此属性设定用于圆弧轨迹的中点。  
在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定RobotPoint时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

#### RelativeOrient 属性

此属性设定相对移动的坐标系。  
在DestType中指定Relative时使用此属性。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的相对距离。
Local	指定一个基于本地坐标系的相对距离。
Tool	指定一个基于工具坐标系的相对距离。

默认: Tool

#### RelativeRobotLocal 属性

此属性设定相对移动的坐标系的本地坐标系编号。  
在DestType中指定Relative时以及在RelativeOrient中指定Local时使用此属性。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。 这与在RelativeOrient中指定Base时相同。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

#### DestRelativeX 属性

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的X方向上的移动量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeY 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Y方向上的移动量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeZ 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Z方向上的移动量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeU 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的U方向上的旋转量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**DestRelativeV 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的V方向上的旋转量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**DestRelativeW 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的W方向上的旋转量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**MidRelativeX 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的X方向上的移动量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**MidRelativeY 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Y方向上的移动量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**MidRelativeZ 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Z方向上的移动量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**MidRelativeU 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的U方向上的旋转量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**MidRelativeV 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的V方向上的旋转量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**MidRelativeW 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的W方向上的旋转量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**StartPoint 属性**

设置连续运动轨迹的开始位置。

当 MotionTrajectory 中指定 MultiStraight 或 MultiStraightCP 时使用。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

**EndPoint 属性**

设置连续运动轨迹的结束位置。

当 MotionTrajectory 中指定 MultiStraight 或 MultiStraightCP 时使用。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

### Fx\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fx方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Fx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	执行力控制功能以执行Follow动作。

默认: Disabled

### Fx\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fx方向的力控制功能的硬度。

当Fx\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Fx\_Firmness的值增加时，Fx方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fx\_Firmness的值减少时，Fx方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Fy\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fy方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fy方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Fy方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Fy\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fy方向的力控制功能的硬度。

当Fy\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Fy\_Firmness的值增加时，Fy方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fy\_Firmness的值减少时，Fy方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**Fz\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fz方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fz方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Fz方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Fz\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fz方向的力控制功能的硬度。

当Fz\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Fz\_Firmness的值增加时，Fz方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fz\_Firmness的值减少时，Fz方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**Tx\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Tx方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Tx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Tx\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tx方向的力控制功能的硬度。

当Tx\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Tx\_Firmness的值增加时，Tx方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Tx\_Firmness的值减少时，Tx方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

### Ty\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Ty方向的控制模式。

指定Disabled时，不在Ty方向执行力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Ty方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Ty\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Ty方向的力控制功能的硬度。

当Ty\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Ty\_Firmness的值增加时，Ty方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Ty\_Firmness的值减少时，Ty方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**Tz\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tz方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Tz方向的力控制功能。

指定Follow时，按跟随模式执行Tz方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Tz\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tz方向的力控制功能的硬度。

当Tz\_ControlMode为Follow时使用此属性。

当Tz\_Firmness的值增加时，Tz方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Tz\_Firmness的值减少时，Tz方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。

当力觉向导序列结束时，即使CFEnabled为True，力控制功能也将结束。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**EndCheckOperator 属性**

当使用力觉向导对象的多个结束条件时，此属性将设定组合条件。

指定AND时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束并认定为成功。

指定OR时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束并认定为成功。

值	说明
OR	按OR条件组合。
AND	按AND条件组合。

默认: Disabled

### PosCheckEnabled 属性

此属性设定力觉向导对象与位置相关的结束条件。

值	说明
True	启用与位置相关的结束条件。
False	禁用与位置相关的结束条件。

默认: False

### PosCheckType 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定是使用预先定义的Plane，还是设定力觉向导对象开始位置的一个相对位置。

指定RobotPlane时，使用定义的Plane设定结束条件。

指定RelativePlane时，每次执行力觉向导对象时，将Plane重置为力觉向导对象开始位置的相对位置。

值	说明
RobotPlane	使用定义的Plane作为结束条件。
RelativePlane	将Plane设定为相对位置，并将其用作结束条件。

默认: RobotPlane

### PlaneNumber 属性

此属性设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。

在PosCheckType属性中指定RobotPlane时，指定编号的平面将不会发生改变。

在PosCheckType属性中指定Relative时，每次执行力觉向导对象时，都会将新Plane重新定义为指定编号。因此，请注意，原始设定将丢失。

	值
最小值	1
最大值	15

默认: 1

### PlaneEndCond 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定要确定为结束的条件。

值	说明
Outside	结束条件是在Plane外。
Inside	结束条件是在Plane内。

默认: Inside

### PlaneRelativeOrg 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性指定哪个坐标系设定相对位置以设定Plane。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的相对位置。
Local	指定一个基于本地坐标系的相对距离。 本地坐标系编号由PlaneRelationRobotLocal指定。
Tool	指定一个基于工具坐标系的相对位置。

默认: Tool

**PlaneRelativeX 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定X方向上的相对位置以设定Plane。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
 X方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeY 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Y方向上的相对位置以设定Plane。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
 Y方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeZ 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Z方向上的相对位置以设定Plane。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
 Z方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeOrient 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定坐标系以设定平面。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

指定Base时，Plane在Base坐标系中由PlaneAxes指定的轴上设定。

指定Local时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于本地坐标系(具有PlaneRelativeRobotLocal指定的编号)中的轴上设定。

指定Tool时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于工具坐标系中的轴上设定。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的平面方向。
Local	指定一个基于本地坐标系的平面方向。
Tool	指定一个基于工具坐标系的平面方向。

默认: Tool

### PlaneAxes 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定轴以设定平面。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

值	说明
XY	在XY平面上设定Plane。
YZ	在YZ平面上设定Plane。
XZ	在XZ平面上设定Plane。

默认: XY

### PlaneRelativeRobotLocal 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定指定了Plane相对位置或方向的本地坐标系编号。

它用于以下任一情况:

- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrg中指定了Local。
- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrient中指定了Local。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。 它与在PlaneRelativeOrg或PlaneRelativeOrient中指定Base时的情况相同。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

### IOCheckEnabled 属性

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与I/O相关的结束条件。
False	禁用与I/O相关的结束条件。

默认: False

### IOCheckInputBit 属性

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定目标位。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

### IOCheckInputStatus 属性

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定条件。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

根据IOCheckInputBit指定的位，认定结束条件是否满足。

值	说明
Off	如果输入位是OFF (0)，则认定满足结束条件。
On	如果输入位是ON (1)，则认定满足结束条件。

默认: Off

有关 FollowMove 对象的结果的详细信息

EndStatus 结果

这是执行的结果。

满足 4.2.2.3 FollowMove 对象中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

Time 结果

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

EndForces 结果

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

EndPos 结果

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

AvgForces 结果

它是力觉向导对象执行过程中力和转矩的平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

PeakForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

PosCondOK 结果

它表示是否满足与位置相关的结束条件。

值	说明
True	满足与位置相关的结束条件。
False	不满足与位置相关的结束条件。

IOCondOK 结果

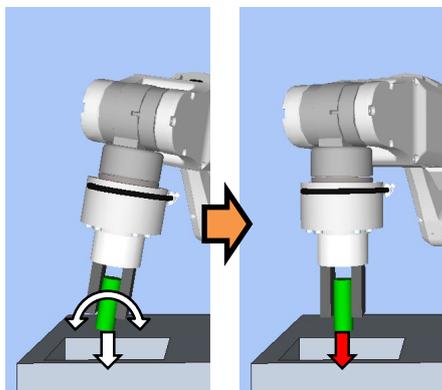
它表示是否满足与 I/O 相关的结束条件。

值	说明
True	满足与I/O相关的结束条件。
False	不满足与I/O相关的结束条件。

#### 4.2.2.4 SurfaceAlign对象

SurfaceAlign对象用于将机器人移动到旋转方向的转矩为“0”的位置，同时机器人朝指定的方向压装工件。此时，机器人抓取的工件的表面与工作台的表面或工作台上的工件平行。

此对象用于在组装期间定位，或者用于平稳地放置工件。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以实现平稳接触状态。



上图是SurfaceAlign对象的动作图像。如白色箭头所示，机器人移动并向下压装，然后调整方向，以使施加的转矩为“0”。

当在指定时间内满足结束条件时，SurfaceAlign对象将会成功。它可以使用与力相关的结束条件。

结束条件设定是否在ForceCheckEnabled中使用。如果未设定结束条件，则对象将总是成功。

结束条件如下：

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	<p>在Timeout的指定时间内，在HoldTimeThresh指定的时间内持续满足以下两项要求。</p> <p>PressOrient指定的力方向： 轴应该在 PressForce-PressCheckToIF 至PressForce+PressCheckToIF的范围内。</p> <p>FollowOrient指定的Follow方向的转矩： 轴应该在-FollowCheckToIT至+FollowCheckToIT的范围内。</p>

SurfaceAlign 对象的属性设定准则

步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	此属性设定力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	此属性设定关于力觉向导对象的描述。 描述操作说明。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象，比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时，将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时，是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时，将包含恢复动作，或者力觉向导序列将能够继续。

步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

在启动力觉向导对象之前，设定与I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位，请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位，例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时，设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时，设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

## 步骤 3. 设定力控制功能

设定与力控制功能相关的属性(PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, AlignOrient, AlignFirmnessT, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
PressOrient	此属性设定压装方向。 通过将待抓取的工件压向物体来对齐表面时，设定与物体表面垂直的方向。
PressForce	此属性设定压装力。 PressOrient为正向时: 输入负值。 PressOrient为负向时: 输入正值。 通常设定大约3到5 N。但是，要为工件设定适当的值。 如果值太小，机器人可能不工作。 如果设定的值很小，压装时的转矩会很小，可能很难对齐表面。
PressFirmnessF	设定力控制功能在压装方向的硬度。 当该值增加时，力控制功能的硬度变大，并且对力变化的响应将很慢。 当该值减小时，力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。
AlignOrient	对齐表面的旋转方向。 它会根据PressOrient自动改变。只读。您无法对其进行更改。 围绕并非由PressOrient设定的两个平移方向旋转。 例如，在PressOrient中指定+Fz或-Fz时，Tx和Ty(围绕Fx和Fy旋转)将为AlignOrient。
AlignFirmnessT	设定力控制功能在旋转方向的硬度。 当该值增加时，力控制功能的硬度变大，并且对转矩变化的响应将很慢。 当该值减小时，力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能一次，然后执行下一个力觉向导对象。 True : 对齐表面后，想用剩余的稳定力执行下一个力觉向导对象时： 下一个力觉向导对象在PressOrient和AlignOrient设定的方向上必须保持力觉控制。

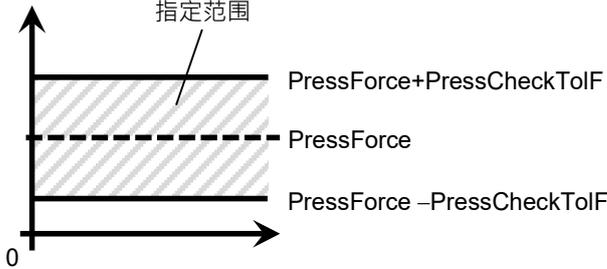
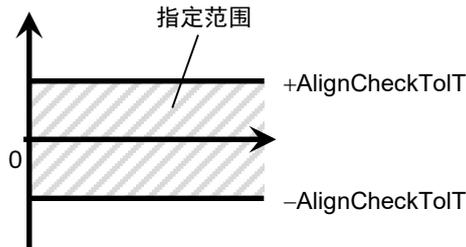
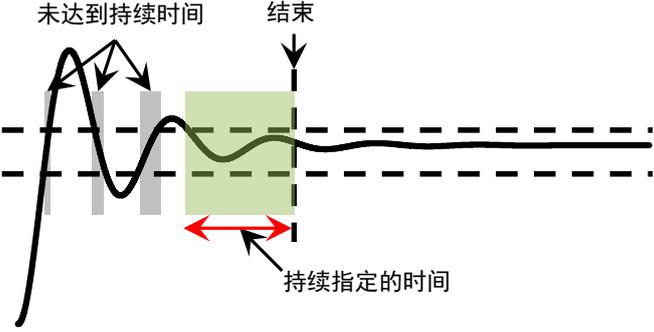
## 步骤 4. 设定结束条件的基本信息

设定与超时相关的属性(Timeout)。

属性	说明、设定准则
Timeout	此属性设定超时期限。 未设定结束条件时： 超时期限是执行时间。 设定结束条件时： 在指定时间内未满足结束条件时失败。

步骤 5. 设定与力有关的条件

设定与力的结束条件相关的属性(ForceCheckEnabled, PressCheckToIF, AlignCheckToIT, HoldTimeThresh)。

属性	说明、设定准则
ForceCheckEnabled	此属性设定是否启用力的结束条件。 True : 启用力的结束条件时。
PressCheckToIF	与力相关的结束条件的平移方向范围。设定力的结束条件的范围。 监视PressOrient指定的力方向是否在 PressForce-PressCheckToIF至PressForce+PressCheckToIF的范围内。 
AlignCheckToIT	与力相关的结束条件的旋转方向范围。设定力的结束条件的范围。 监视AlignOrient指定的两个方向的力是否在 -AlignCheckToIT至+AlignCheckToIT的范围内。 
HoldTimeThresh	设定认定是否满足结束条件时使用的持续时间。 如下所示，如果指定的条件持续了HoldTimeThresh指定的时间，将认定已满足结束条件。 HoldTimeThresh:   通常，设定为“0”。设定当动作不稳定时稳定动作的时间(例如，在对齐表面后倾斜没有对齐)。建议根据暂时禁用结束条件后执行的实际结果设定该时间。

## SurfaceAlign 对象的调整准则

下文介绍使用SurfaceAlign对象时的调整方法。

### 对齐表面耗时太长:

降低AlignFirmnessT的值或增加PressForce的值。

然而，降低AlignFirmnessT的值可能会导致机器人动作产生振动。请对您的操作进行适当调整。

要调整AlignFirmnessT，建议逐渐调整值(例如，以10%为幅度更改值)。

如果增加PressForce的值，施加在工件上的力将会很大。为工件设定适当的值。

如果工件的接触面很小，压装时的转矩就会很小。

如果转矩很小，根据力控制功能，旋转速度会很慢。因此，即使调整上述两个属性，操作也无法在指定时间内完成。

### 机器人动作发生振动时:

增加PressFirmnessF或AlignFirmnessT值。

调整振动方向上的Firmness值。

但是，机器人的响应会很慢。请对您的操作进行适当调整。

要调整Firmness，建议逐渐增大值(例如，以10%为幅度增大值)。

### 机器人在压装方向大幅度反弹时:

如果机器人在几秒钟内多次大幅度反弹，机器人动作可能受到力觉向导序列的LimitAccelS的限制。

此外，在低功耗模式下执行时，这种情况很可能会发生。

如果即使在高功率模式下执行，机器人仍然反弹，则增加LimitAccelS的值。

如果增加LimitAccelS的值，机器人仍然反弹，请降低PressFirmnessF的值。

### 对齐表面后，SurfaceAlign 对象结束时:

如果指定的时间不够，请增加Timeout值。

表面没有对齐就满足了结束条件时，减小AlignCheckToIT的值。

如果它不起作用，请设定HoldTimeThresh。

如果工件的接触面很小，压装时的转矩就会很小。因此，即使表面没有对齐，对象也将在AlignCheckToIT指定的范围内。在这种情况下，减小AlignCheckToIT的值或禁用ForceCheckEnabled。请考虑按照Timeout指定的执行时间进行管理。

### 有关 SurfaceAlign 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。  
创建 SurfaceAlign 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 SurfaceAlign 后面添加一个编号(例如 SurfaceAlign01)。  
您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。  
NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。  
您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。  
指定 True 时，将执行力觉向导对象。  
指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。  
想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

#### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。  
仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

**AbortSeqOnFail 属性**

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会结束力觉向导序列，并转到下一个SPEL语句。

当指定False时，即使力觉向导对象失败，程序也会转到下一个力觉向导对象，而不会结束力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，结束力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	关闭指定的输出位。(设定为0)
On	开启指定的输出位。(设定为1)

默认: Off

**PressOrient 属性**

此属性设定压装方向。

设定坐标系中由力觉向导序列的ForceOrient指定的方向。您可以从平移方向(+Fx至-Fz)中进行选择。机器人移动到指定方向并压装。

值	说明
+Fx	朝Fx正方移动。
-Fx	朝Fx负向移动。
+Fy	朝Fy正方移动。
-Fy	朝Fy负向移动。
+Fz	朝Fz正方移动。
-Fz	朝Fz负向移动。

默认: +Fz

**PressForce 属性**

此属性设定压装力。

执行SurfaceAlign对象的过程中，机器人在PressOrient方向施加PressForce属性指定的压装力。

在正向压装时，值将为负。

在负向压装时，值将为正。

PressOrient为正向时:

	值(单位: [N])
最小值	-50
最大值	0

默认值: -5

PressOrient为负向时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	50

默认值: -5

**PressFirmnessF 属性**

此属性设定一个增益，表示在执行SurfaceAlign对象的过程中，压装方向的力控制功能的硬度。

PressFirmnessF的值增加时，力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

PressFirmnessF的值降低时，力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**AlignFirmnessT 属性**

此属性设定一个增益，表示在执行SurfaceAlign对象的过程中，跟随方向的力控制功能的硬度。

AlignFirmnessT增加时，力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

AlignFirmnessT的值降低时，力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。

力觉向导序列结束时，即使CFEnabled为True，也会结束力控制功能。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**ForceCheckEnabled 属性**

此属性设定与力相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与力相关的结束条件。
False	禁用与力相关的结束条件。

默认: False

**PressCheckToIF 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

它确定PressOrient属性指定的方向上的力是否在PressForce–PressCheckToIF至PressForce+PressCheckToIF的范围内。

	值(单位: [N])
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**AlignCheckToIT 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。  
当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

它确定AlignOrient属性指定的方向上的力是否在-AlignCheckToIT至+AlignCheckToIT的范围内。

	值(单位: [N·mm])
最小值	RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)或更高版本 或序列Version为7.5.1时: 1  RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)以下 或序列Version为7.4.0时: 100
最大值	10000

默认: 500

**HoldTimeThresh 属性**

此属性设定一段持续时间，直到认定与力相关的结束条件。当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

如果在HoldTimeThresh指定的时间内持续保持处于PressCheckToIF或AlignCheckToIT指定的范围内这一状态，则认定满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认: 0

**Timeout 属性**

此属性设定力觉向导对象的超时期限。

超过Timeout指定的时间后，如果不满足ForceCheckEnabled中启用的条件，则认定SurfaceAlign对象失败。

认定后，根据AbortSeqOnFail，结束力觉向导序列或转到下一个力觉向导对象。

当ForceCheckEnabled为False时，则在Timeout指定的时间已过后，结束力觉向导对象。认定成功，并转到下一个力觉向导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 10

## 有关 SurfaceAlign 对象的结果的详细信息

### EndStatus 结果

这是执行的结果。

满足 4.2.2.4 SurfaceAlign 对象中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

### Time 结果

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

### TimedOut 结果

这是是否达到了 Timeout 属性中设定的超时期限。

值	说明
True	达到超时期限。
False	在到达超时期限之前结束。

### EndForces 结果

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### EndPos 结果

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

### AvgForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### PeakForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### ForceCondOK 结果

这是是否满足与力相关的结束条件。

值	说明
True	满足与力相关的结束条件。
False	不满足与力相关的结束条件。

#### TriggeredForces 结果

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### TriggeredPos 结果

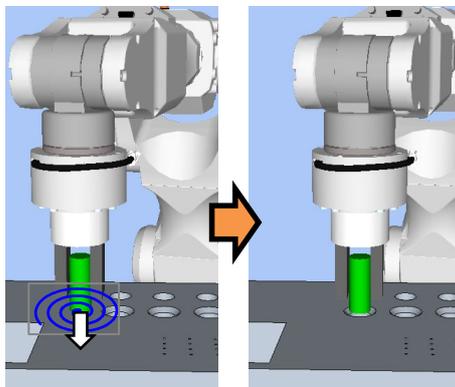
满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

#### 4.2.2.5 PressProbe对象

PressProbe对象用于将机器人抓取的工件压装到工作台或工作台上的工件。然后，机器人沿指定的轨迹移动，并在检测到孔或凸出形状时停止。

此对象用于检测装配孔或在组装期间进行定位。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以稳定地检测孔位置或凸出形状。我们建议在Contact对象, SurfaceAlign对象, Press对象之后使用此对象。



上图是PressProbe对象的动作图像。从接触状态开始，机器人朝下压装(白色箭头)，并沿着蓝色轨迹移动以探测孔。

当机器人沿指定轨迹移动时，如果满足结束条件，则PressProbe对象将会成功。PressProbe对象可以使用与力和位置相关的结束条件。

每个结束条件都设定了是否在ForceCheckEnabled或PosCheckEnabled下使用。PressProbe对象需要多个结束条件。设定多个结束条件时，可以在EndCheckOperator中选择如何使用AND或OR组合这些结束条件。

每个条件如下:

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	机器人沿指定的轨迹移动之前，满足以下任一条件： 当ProbeDetectType为Hole，且PressOrient为Fx, Fy, Fz时： 指定方向的力超过ProbeDetectThresh。 当ProbeDetectType为Hole，且PressOrient为-Fx, -Fy, -Fz时： 指定方向的力小于ProbeDetectThresh。 当ProbeDetectType为Obstacle时： 并非由PressOrient指定的力的平方和的平方根超过 ProbeDetectThresh (例如：朝+Fz方向压装时， $\text{sqr}(F_x * F_x + F_y * F_y)$ 超过 ProbeDetectThresh。)
与位置相关的结束条件	机器人沿指定的轨迹移动之前，满足以下任一条件： PosCheckType是RobotPlane时： 对于PlaneNumber设定的Plane，满足PlaneEndCondition设定的 状态。 PosCheckType是RelativePlane时： 对于PlaneEndCondition为PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal设定的相对平面，满足 PlaneEndCondition设定的状态。

PressProbe 对象的属性设定准则

步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	此属性设定力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	此属性设定关于力觉向导对象的描述。 描述操作说明。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 包括恢复动作, 或者力觉向导序列能够继续。

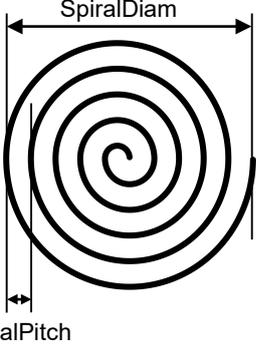
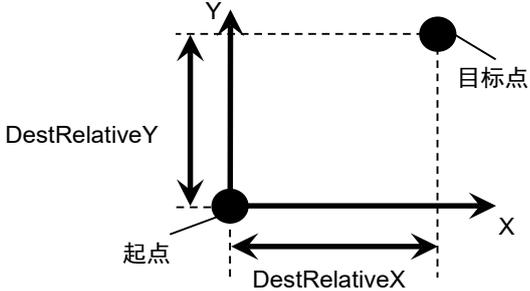
步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

在启动力觉向导对象之前, 设定与I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时, 设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时, 设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

步骤 3. 设定探测动作

设定与探测动作相关的属性(ProbeTrajectory, ProbeDetectType, AccelS, SpeedS, SpiralDiam, SpiralPitch, DestRelativeX, DestRelativeY, DestRelativeZ)。

属性	说明、设定准则
ProbeTrajectory	<p>设定要探测的轨迹。 根据检测目标，从以下选项中进行选择。 螺旋轨迹: 检测目标是孔时 直线轨迹: 检测目标是障碍物时 <b>Straight:</b> 目标显然在指定的直线上时。 <b>Spiral:</b> 目标不在指定的直线上时。</p>
ProbeDetectType	<p>设定要检测的目标。 您可以选择一个孔和一个障碍物。 障碍物是要探测的平面上的凸起形状。</p>
AccelS	<p>设定移动的平移加速度。 实际平移加速度由力控制功能调整。</p>
SpeedS	<p>设定移动的速度。 实际速度由力控制功能调整。</p>
SpiralDiam SpiralPitch	<p>设定螺旋轨迹的直径和螺距。</p>  <p><b>SpiralDiam</b> : 设定一个值，向从开始位置到检测目标的距离的最大值添加一个裕量(包括位置误差)。 示例: 值: 最大值的 1.1 倍 <b>SpiralPitch</b> : 设定一个不越过检测目标的值。 检测孔时，设定一个比孔之间最小间隔还要小的值。</p>
DestRelativeX DestRelativeY DestRelativeZ	<p>设定每个方向从力觉向导对象的起点到目标点的相对移动量。 如下所示，设定由力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中的移动量。</p> 

步骤 4. 设定力控制功能

设定与力控制功能相关的属性(PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
PressOrient	压装方向。设定探测平面的垂直方向。 要探测检测目标，请在朝指定方向压装的同时，沿着步骤3中指定的轨迹移动机器人。
PressForce	此属性设定压装力。 PressOrient为正向时: 输入负值。 PressOrient为负向时: 输入正值。 通常设定大约3到5 N。但是，要为工件设定适当的值。 如果该值太小，机器人可能会离开探测平面。
PressFirmnessF	设定力控制功能在压装方向的硬度。 当该值增加时，力控制功能的硬度变大，并且对力变化的响应将很慢。 当该值减小时，力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能一次，然后执行下一个力觉向导对象。 True : 即使检测到目标，也要保持稳定力，并要执行下一个力觉向导对象: 下一个力觉向导对象必须在ContactOrient中设定的方向上保持力觉控制。

步骤 5. 设定结束条件的基本信息

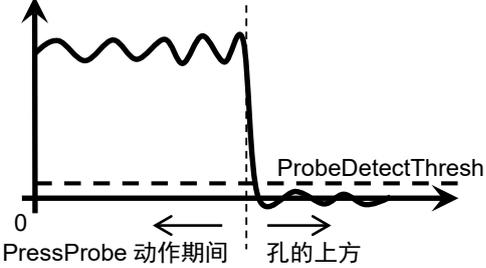
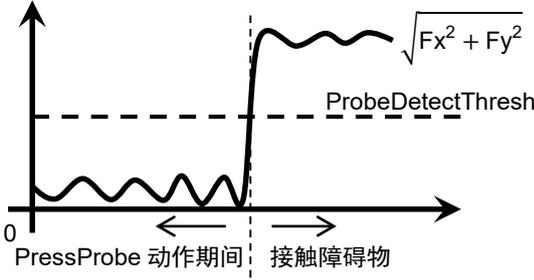
设定与结束条件组合相关的属性(EndCheckOperator)。

属性	说明、设定准则
EndCheckOperator	此属性设定如何组合与力和位置相关的结束条件。 AND : 当这两个条件均满足时结束。 OR : 满足多个条件时结束。

步骤 6. 设定与力有关的结束条件

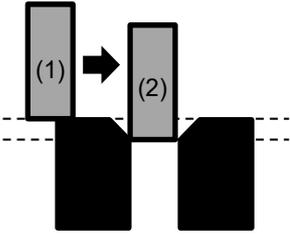
设定与力的结束条件相关的属性(ForceCheckEnabled、ProbeDetectThresh)。

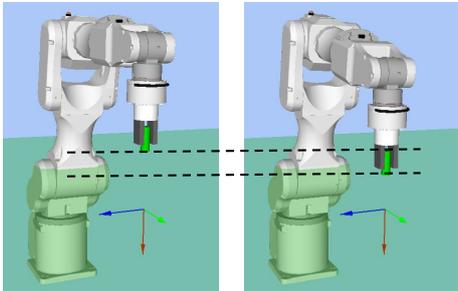
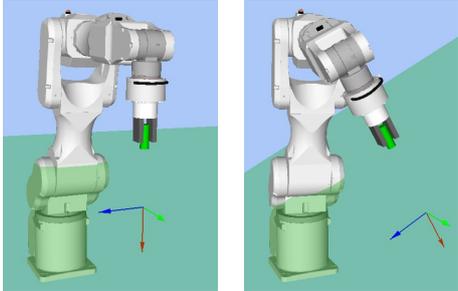
属性	说明、设定准则
ForceCheckEnabled	此属性设定是否启用与力相关的结束条件。 您需要在PressProbe对象中启用ForceCheckEnabled或PosCheckEnabled。 True : 启用与力相关的结束条件时 当ProbeDetectType为Obstacle时进行选择。 当ProbeDetectType为Hole时，如有必要，选择True。

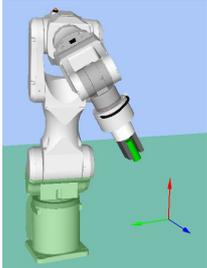
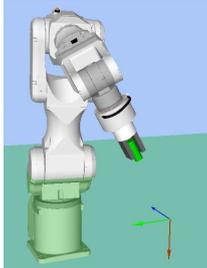
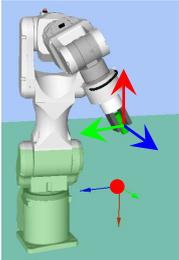
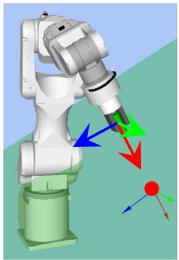
属性	说明、设定准则
<p>ProbeDetectThresh</p>	<p>设定阈值以认定是否检测到目标。</p> <p>当ProbeDetectType为Hole时：                      PressOrient指定方向上的阈值                      PressOrient为正向时：                      设定负值。                      PressOrient为负向时：                      设定正值。</p> <p>下图是设定由PressOrient指定的负向的示例。                      机器人在探测平面上压装的同时施加力。但是，当机器人在孔上方移动时，它将处于非接触状态，此时力的绝对值较小。</p>  <p>当ProbeDetectType为Obstacle时：                      并非由PressOrient指定的两个方向上力的平方和的平方根的阈值                      设定正值。</p> <p>下图是设定由PressOrient指定的-Fz方向的示例。                      朝Fx方向施加动作和探测动作的过程中，由于探测平面的摩擦，会检测到较小的力。接触到障碍物时，会检测到较大的力。</p>  <p>检测到孔时：                      通常，设定为“0”。</p> <p>当力不是“0”时，即使机器人在孔上方移动：                      为探测动作过程中力的绝对值设定一个足够小的值。</p> <p>检测到障碍物时：                      为探测动作过程中的力设定一个足够大的值，同时该值要小于接触时的力。</p>

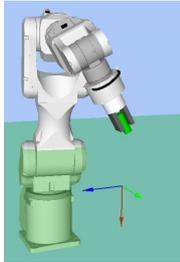
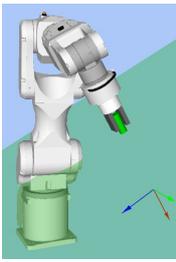
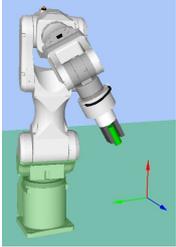
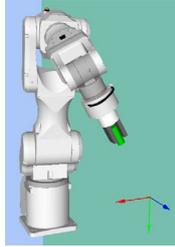
步骤 7. 设定与位置相关的结束条件

设定与位置相关的结束条件的属性(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)。

属性	说明、设定准则
PosCheckEnabled	<p>此属性设定是否启用与位置相关的结束条件。                      您需要在PressProbe对象中启用ForceCheckEnabled或PosCheckEnabled。                      当ProbeDetectType为Hole时，可以使用此属性。                      通常情况下，当ProbeDetectType为Obstacle时，不会使用此属性。</p> <p>如下所示，要检测孔，可以将机器人沿探测平面向孔方向移动一定距离作为结束条件。</p>  <p>True : 启用与位置相关的结束条件时。</p>

属性	说明、设定准则
<p>PosCheckType</p>	<p>选择与位置相关的结束条件的类型。</p> <p>选择RobotPlane时： 结束条件基于设定的平面。 如下所示，使用此属性可以设定基于定义的位置的结束条件，而不管机器人的位置如何。</p>  <p>选择RelativePlane时： 每次执行力觉向导序列时，在当前位置的一个相对位置创建平面，并将其设定为与位置相关的结束条件。 如下所示，使用此属性可根据开始时的位置更改结束条件位置。</p>  <p>在PressProbe中，我们建议使用RelativePlane。</p>
<p>PlaneNumber</p>	<p>设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。</p> <p>PosCheckType是RobotPlane时： 设定基于指定Plane编号的结束条件。</p> <p>PosCheckType是RelativePlane时： 每次执行力觉向导序列时，将平面设定为新指定的编号。 设定一个空的Plane编号。</p>

属性	说明、设定准则
PlaneEndCond	<p>设定与位置相关的结束条件的状态。 将平面内(Inside)或平面外(Outside)设定为结束条件。 当机器人处于指定状态时，认定满足与位置相关的结束条件。</p> <p>Inside: 它在平面的+Z方向。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
PlaneRelativeOrg	<p>设定在表示距平面原点的偏移量时，将哪个坐标系方向用作参照。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 指定一个基于基础坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了负值。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 指定一个基于工具坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了正值。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p>本地坐标系或工具坐标系仅在该方向上使用，不影响原点位置。</p> <p>要在机器人动作方向上设定结束条件的位置，通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneRelativeX PlaneRelativeY PlaneRelativeZ	<p>设定当前位置在每个方向相对于平面原点的偏移量。 方向将是PlaneRelativeOrg指定的坐标系方向。</p>

属性	说明、设定准则
PlaneRelativeOrient	<p>设定一个基于平面方向的坐标系。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 平面的参阅方向与Base坐标系匹配，而与力觉向导对象启动时的机器人方向无关。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 平面的参阅方向随着力觉向导对象启动时机器人的方向而变化。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>设定 Base 的示例</span> <span>设定 Tool 的示例</span> </div> <p>因为垂直于机器人动作方向的平面将设为结束条件，所以通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneAxes	<p>设定平面方向 根据PlaneRelativeOrient指定的坐标系，平面被设定为由PlaneAxes设定的方向。</p> <p>下图是PlannerRelationOrient设定Base时的一个示例。 左图 : PlaneAxes指定的XY 右图 : PlaneAxes指定的YZ。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span>XY</span> <span>YZ</span> </div> <p>通常，PressProbe设定一个与PressOrient指定的方向垂直的平面。</p>
PlaneRelativeRobotLocal	<p>设定当PlaneRelativeOrg和PlaneRelativeOrient为Local时使用的本地坐标系编号。</p> <p>通常，设定一个与力觉向导序列的RobotLocal相同的值。</p>

### PressProbe 对象的调整准则

下文介绍使用PressProbe对象时的调整方法。

#### 机器人动作发生振动时:

增加PressFirmnessF值。但是，机器人的响应会很慢。请对您的操作进行适当调整。

要调整PressFirmnessF，建议逐渐增大值(例如，以10%为幅度增大值)。

#### 机器人在压装方向大幅度反弹时:

如果机器人在几秒钟内多次大幅度反弹，机器人动作可能受到力觉向导序列的LimitAccelS的限制。

此外，在低功耗模式下执行时，这种情况很可能会发生。

如果即使在高功率模式下执行，机器人仍然反弹，则增加LimitAccelS的值。

如果机器人仍然反弹，请降低PressFirmnessF的值。

#### 机器人没有沿着指定的轨迹移动时:

如果机器人没有沿着指定的轨迹移动，它可能受到力觉向导序列的LimitAccel或LimitSpeed的影响。增加那些值。

此外，在低功率模式下，即使LimitSpeed或LimitAccel的值很大，机器人也会受到低功率模式下最大速度或最大加速度的限制。确保在高功率模式下执行。

#### 机器人越过孔时:

降低SpiralPitch的值。但是，探测指定范围需要更多时间。请对您的操作进行适当调整。

#### 使用与力相关的结束条件时:

检查执行过程中PressOrient指定的方向上的力。

机器人在探测平面上移动时施加的力与机器人在孔上方移动时施加的力之间存在差异时:

将ProbeDetectThresh调整到一个值，使其小于机器人在探测器平面上移动时的力，并大于机器人在孔上方移动时的力。

#### 使用与位置相关的结束条件时:

当机器人越过孔时，检查机器人位置。

机器人在探测平面上移动时的位置与机器人在孔上方移动时的位置之间存在差异时:

将平面调整到这两个位置之间。

#### PosCheckType是RobotPlane时:

调整PlaneNumber设定的Plane。

#### PosCheckType是RelativePlane时:

调整PlaneRelativeX、PlaneRelativeY和PlaneRelativeZ设定的平面位置。

机器人在探测动作过程中远离目标时。

检查PressOrient是否正确。

如果PressOrient正确，增加PressForce的绝对值。

但是，指定的力会被施加到工件上。确保为工件设定适当的值。

探测耗时较长时:

增加SpeedS和AccelS的值。

但是，施加在工件上的力容易振动。请对您的操作进行适当调整。

此外，将PressProbe对象的开始位置调整为尽可能靠近孔位置。

探测动作速度较慢时:

增加SpeedS和AccelS的值。

但是，施加在工件上的力容易振动。请对您的操作进行适当调整。

有关 PressProbe 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。

创建 PressProbe 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 PressProbe 后面添加一个编号(例如 PressProbe01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。

NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。

您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。

指定 True 时，将执行力觉向导对象。

指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。

想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

**StepID 属性**

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。  
 仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

**AbortSeqOnFail 属性**

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时, 如果力觉向导对象失败, 程序会结束力觉向导序列, 并转到下一个SPEL语句。

指定False时, 即使力觉向导对象失败, 程序也将继续处理下一个力觉向导对象, 而不中止力觉向导序列。

如果要继续力觉向导序列, 请使用此属性(例如, 当力觉向导对象失败时, 将恢复处理包括在力觉向导序列中。)

值	说明
True	当力觉向导对象失败时, 中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时, 启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备, 请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	关闭指定的输出位。(设定为0)
On	开启指定的输出位。(设定为1)

默认: Off

**ProbeTrajectory 属性**

此属性设定力觉向导对象的轨迹。

值	说明
Straight	机器人沿着直线轨迹移动, 停在一个孔或障碍物处。
Spiral	机器人沿着螺旋线轨迹移动, 停在一个孔或障碍物处。

默认: Straight

**ProbeDetectType 属性**

此属性设定要由PressProbe对象检测的目标类型。

值	说明
Hole	检测轨迹上要探测的孔。
Obstacle	检测轨迹上要探测的障碍物(凸起形状)。

默认: Hole

**AccelS 属性**

此属性设定沿指定轨迹移动时的加速度。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	200

默认: 10

**SpeedS 属性**

此属性设定沿指定轨迹移动时的加速度。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	1
最大值	50

默认: 10

**SpiralDiam 属性**

设定螺旋轨迹的直径。

当ProbeTrajectory属性指定了Spiral时, 将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	1
最大值	100

默认: 10

### SpiralPitch 属性

此属性设定螺旋轨迹的螺距。

当ProbeTrajectory属性指定了Spiral时，将使用此属性。

降低SpiralPitch时，要探测的螺旋会在相同的范围内增加。因此，机器人越过目标并且无法检测到目标的风险降低了，但是探测需要更多的时间。

增加SpiralPitch时，要探测的螺旋会在相同的范围内降低。因此，机器人越过目标并且无法检测到目标的风险增加了，但是探测需要的时间减少了。

	值(单位: [mm])
最小值	0.05
最大值	10

默认: 1

### DestRelativeX 属性

对于直线轨迹，该属性设定在坐标系(该坐标系由力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal指定)X方向的移动量。

当ProbeTrajectory属性指定了Straight时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### DestRelativeY 属性

对于直线轨迹，该属性设定在坐标系(该坐标系由力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal指定)Y方向的移动量。

当ProbeTrajectory属性指定了Straight时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### DestRelativeZ 属性

对于直线轨迹，该属性设定在坐标系(该坐标系由力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal指定)Z方向的移动量。

当ProbeTrajectory属性指定了Straight时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### PressOrient 属性

此属性设定压装方向。设定由力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中的方向。

可以从平移方向(+Fx至-Fz)中进行选择。机器人沿着指定的轨迹移动，同时朝定义的方向压装。在螺旋轨迹中，在垂直于指定方向的平面上生成螺旋轨迹。

值	说明
+Fx	朝Fx正方移动。
-Fx	朝Fx负向移动。
+Fy	朝Fy正方移动。
-Fy	朝Fy负向移动。
+Fz	朝Fz正方移动。
-Fz	朝Fz负向移动。

默认: +Fz

### PressForce 属性

此属性设定压装力。

执行PressProbe对象的过程中，机器人在PressOrient方向用PressForce属性指定的力进行压装，同时执行探测。

在正向压装时，值将为负。

在负向压装时，值将为正。

PressOrient为正向时:

	值(单位: [N])
最小值	-10
最大值	0

默认: -5

PressOrient为负向时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	10

默认: -5

### PressFirmnessF 属性

此属性设定执行PressProbe对象的过程中力控制功能在压装方向的硬度。

PressFirmnessF的值增加时，力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

PressFirmnessF的值降低时，力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。

当力觉向导序列结束时，即使CFEnabled设定为True，也结束力控制功能。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**ForceCheckEnabled 属性**

此属性设定与力相关的力觉向导对象结束条件。

与力相关的结束条件是由ProbeDetectThresh指定的条件。

值	说明
True	启用与力相关的结束条件。
False	禁用与力相关的结束条件。

默认: True

**ProbeDetectThresh 属性**

对于与力相关的结束条件，此属性设定一个阈值，以便根据该阈值认定是否“已检测到”力。

当ProbeDetectType指定了Obstacle时:

设定正值。此时，力的结束条件如下:

在PressOrient未指定的方向上，力的平方和的平方根(例如选择-Fz时为 $\sqrt{F_x^2+F_y^2}$ )超过ProbeDetectThresh指定的值。

当ProbeDetectType指定了Hole且PressOrient指定了Fx、Fy或Fz时:

设定负值。此时，力的结束条件是: PressOrient指定方向上的力小于ProbeDetectThresh指定的值。

当ProbeDetectType指定了Hole且PressOrient指定了-Fx、-Fy或-Fz时

设定一个正值。此时，力的结束条件是: PressOrient指定方向上的力超过ProbeDetectThresh指定的值。

当ProbeDetectType为Hole且PressOrient为正向时。

	值(单位: [N])
最小值	-50
最大值	0

默认: 0

当ProbeDetectType为Press或PressOrient为负向时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	50

默认: 0

### PosCheckEnabled 属性

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与位置相关的结束条件。
False	禁用与位置相关的结束条件。

默认: False

### PosCheckType 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定是使用预先定义的Plane，还是设定力觉向导对象开始位置的一个相对位置。

指定RobotPlane时，使用定义的Plane设定结束条件。

指定RelativePlane时，每次执行力觉向导对象时，将Plane重置为力觉向导对象开始位置的相对位置。

值	说明
RobotPlane	使用定义的Plane作为结束条件。
RelativePlane	将Plane设定为相对位置，并将其用作结束条件。

默认: RobotPlane

### PlaneNumber 属性

此属性设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。

当PosCheckType属性中指定了Plane时，指定编号的平面将不会更改。

在PosCheckType属性中指定Relative时，每次执行力觉向导对象时，都会将新Plane重新定义为指定编号。因此，请注意，原始设定将丢失。

	值
最小值	1
最大值	15

默认: 1

### PlaneEndCond 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定要确定为结束的条件。

值	说明
Outside	结束条件是在Plane外。
Inside	结束条件是在Plane内。

默认: Inside

**PlaneRelativeOrg 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性指定哪个坐标系设定相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的相对位置。
Local	指定一个基于本地坐标系的相对距离。 本地坐标系编号由PlaneRelationRobotLocal指定。
Tool	指定一个基于工具坐标系的相对位置。

默认: Tool

**PlaneRelativeX 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定X方向上的相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
X方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeY 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Y方向上的相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
Y方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeZ 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Z方向上的相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
Z方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### PlaneRelativeOrient 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定坐标系以设定Plane。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

指定Base时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于基础坐标系中的轴上设定。

指定Local时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于本地坐标系(具有

PlaneRelativeRobotLocal指定的编号)中的轴上设定。

指定Tool时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于工具坐标系中的轴上设定。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的平面方向。
Local	指定一个基于本地坐标系的平面方向。
Tool	指定一个基于工具坐标系的平面方向。

默认: Tool

### PlaneAxes 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定轴以设定Plane。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

值	说明
XY	在XY平面上设定Plane。
YZ	在YZ平面上设定Plane。
XZ	在XZ平面上设定Plane。

默认: XY

### PlaneRelativeRobotLocal 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定指定了Plane相对位置或方向的本地坐标系编号。

它用于以下任一情况:

- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrg中指定了Local。
- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrient中指定了Local。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。 它与在PlaneRelativeOrg或PlaneRelativeOrient中指定Base时的情况相同。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

### 有关 PressProbe 对象结果的详细信息

#### EndStatus 结果

这是执行的结果。

满足 4.2.2.5 PressProbe 对象 中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

#### Time 结果

执行时长。

单位: [sec]

#### EndForces 结果

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz[N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### EndPos 结果

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

#### AvgForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### PeakForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### ForceCondOK 结果

这是是否满足与力相关的结束条件。

值	说明
True	满足与力相关的结束条件。
False	不满足与力相关的结束条件。

### TriggeredForces 结果

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### TriggeredPos 结果

满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

### PosCondOK 结果

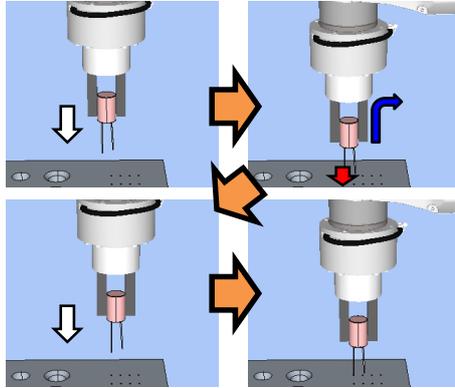
它表示是否满足与位置相关的结束条件。

值	说明
True	满足与位置相关的结束条件。
False	不满足与位置相关的结束条件。

### 4.2.2.6 ContactProbe对象

ContactProbe对象用于朝指定的方向移动机器人，直至机器人与物体(例如工件)接触，并将移动了指定距离的位置检测为孔。如果机器人与物体接触但未移动指定的距离，则返回到开始位置并改变位置以重复接触动作。

此对象用于检测工件的孔位置(例如，导线部分或连接器)，而使用PressProbe对象难以执行该检测。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，也可以稳定地检测孔位置。



上图是ContactProbe对象的动作图像。机器人从非接触状态朝向下方向(白色箭头)移动。如果在机器人与物体接触后检测到施加的力(红色箭头)，机器人将移动到下一次接触的起始位置(蓝色箭头)。重复这些动作以探测孔。

通过单个接触动作，在指定时间内满足位置的结束条件时，ContactProbe对象将成功。ContactProbe对象始终使用与力和位置相关的结束条件。

通过单个接触动作满足与力相关的结束条件时：

认定该位置没有孔，并且机器人将移动到下一个接触位置。

通过单个接触动作满足与位置相关的结束条件时：

认定为孔位置，并且检测已成功。

在单个接触动作中既未满足与力相关的结束条件也未满足与位置相关的结束条件时：

由于错误状态(机器人未与物体接触，而且移动量不足)，检测已失败。

每个条件如下：

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	在单个接触动作中，指定方向上力的绝对值在满足与位置相关的结束条件之前不超过ContactForceThresh的值。 如果超过该绝对值，机器人会认定“已接触”(即该位置没有孔)并移动到下一个接触位置以开始下一个接触动作。
与位置相关的结束条件	在一个接触动作中，在指定的Timeout内满足以下任一条件： PosCheckType是RobotPlane时： 对于PlaneNumber设定的Plane，满足PlaneEndCondition设定的状态。 PosCheckType是RelativePlane时： 在ContactOrient方向移动的距离 =ContactDist+ContactDistMargin。

## ContactProbe 对象的属性设定准则

## 步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	力觉向导对象的描述。 描述操作。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 将包含恢复动作, 或者力觉向导序列将能够继续。

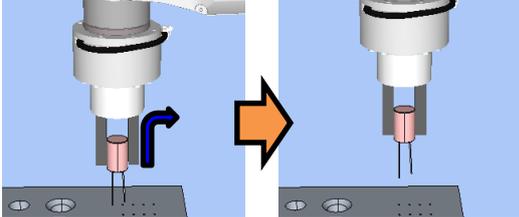
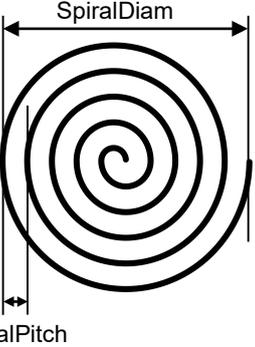
## 步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

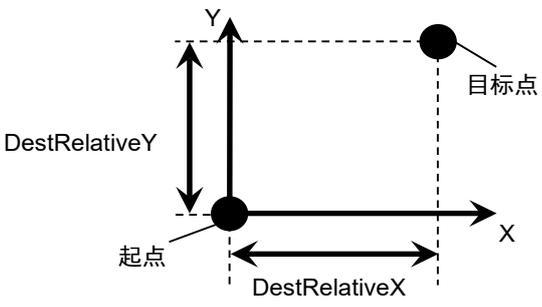
在启动力觉向导对象之前, 设定与I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时, 设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时, 设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

步骤 3. 设定探测动作

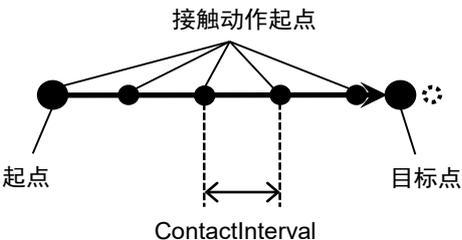
设定与探测动作相关的属性(ProbeTrajectory, ProbeDetectType, AccelS, SpeedS, SpiralDiam, SpiralPitch, DestRelativeX, DestRelativeY, DestRelativeZ)。

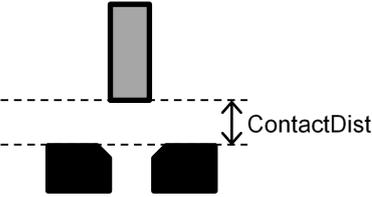
属性	说明、设定准则
ProbeTrajectory	<p>设定要探测的轨迹。 可以选择螺旋轨迹或直线轨迹。</p> <p><b>Straight</b> :目标显然在指定的直线上时。 <b>Spiral</b> :目标不在指定的直线上时。</p> <p>ContactProbe对象比PressProbe对象需要更多时间。如果孔位于指定的直线上, 请减小开始位置的位置误差。建议使用Straight。</p>
AccelS	<p>设定移动的平移加速度。</p> <p>如下图中所示, 如果没有孔并且机器人与物体接触, 请将此属性用于移动到下一个接触位置的动作。 该动作不执行力控制功能。 机器人将按位置控制移动。</p>  <p>它不会影响接触动作过程中的加速度。</p>
SpeedS	<p>设定移动的速度。</p> <p>与AccelS一样, 此属性用于移动到下一个接触位置的动作。 它不会影响接触动作过程中的速度。</p>
SpiralDiam SpiralPitch	<p>设定螺旋轨迹的直径和螺距。</p>  <p><b>SpiralDiam</b> : 设定一个值, 向从开始位置到检测目标的距离的最大值添加一个裕量(包括位置误差)。 示例: 值: 最大值的 1.1 倍</p> <p><b>SpiralPitch</b> : 设定一个不越过检测目标的值。 检测孔时, 设定一个比孔之间最小间隔还要小的值。</p>

属性	说明、设定准则
DestRelativeX DestRelativeY DestRelativeZ	<p>设定每个方向从力觉向导对象的起点到目标点的相对移动量。如下所示，设定由力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中的移动量。</p> 

#### 步骤 4. 设定接触动作和力控制功能

设定与接触动作和力控制功能相关的属性(ContactInterval, ContactOrient, ContactDist, ContactDistMargin, ContactFirmnessF, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
ContactInterval	<p>此属性设定接触动作的间隔。如下图中所示，机器人根据起点探测从ContactProbe对象的起点到目标点的轨迹。下一个接触动作将在机器人移动了ContactInterval指定的距离之后开始。</p>  <p>ContactProbe对象将从位于起点和目标点之间的接触动作起点开始执行接触动作。</p> <p>目标点不是ContactInterval的倍数时： 在目标点和越过目标点的下一个接触动作起点不会执行接触动作。</p> <p>请务必将ContactInterval设为不越过检测目标的值。请设定比最小间隔更小的值。但是，设为较小的值时耗时会增加。请对您的操作进行适当调整。</p>
ContactOrient	<p>此属性设定接触方向。机器人将朝指定的方向移动。</p>

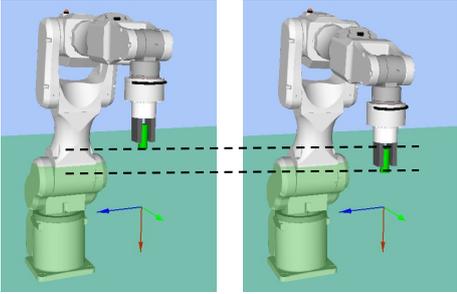
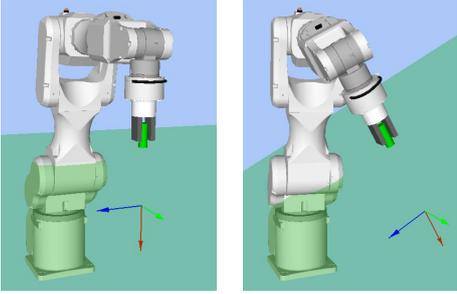
属性	说明、设定准则
<p>ContactDist ContactDistMargin</p>	<p>此属性设定起点与目标接触点的距离及其裕量。 当机器人在ContactOrient指定的方向移动的距离达到ContactDist+ContactDistMargin时，ContactProbe对象将认定“有孔”。</p>  <p>如上图中所示，在ContactDist中设定从工件顶端到目标的接触面的距离。 ContactDistMargin设定包括起点和工件误差在内的裕量。 如果不清楚误差，请按ContactDist的百分比进行计算。 示例: ContactDist的10%</p>
<p>ContactFirmnessF</p>	<p>设定力控制功能的硬度。 设定一个较大值时： 力控制功能的硬度变大。 但对力变化的响应很慢。 设定一个较小值时： 力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。 ContactProbe对象会影响接触速度。 可以通过以下方法计算接触速度的参阅值： (ContactForceThresh/ContactFirmnessF)。</p>
<p>CFEnabled</p>	<p>设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能一次，然后执行下一个力觉向导对象。</p>

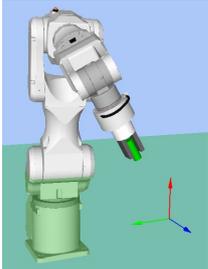
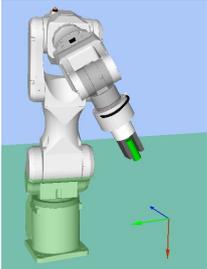
您可以通过模拟器检查ContactOrient的设定。系统将显示一个坐标系，其中除指定方向外均灰显。  
然而，机器人是基于当前位置显示的。检查设定时，确保将机器人移动到执行力觉向导对象的位置。  
有关如何使用模拟器进行检查的详细信息，请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器, 8.3 功能描述

步骤 5. 设定结束条件

设定与结束条件相关的属性(ContactForceThresh, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, Timeout)。

属性	说明、设定准则
ContactForceThresh	<p>设定用来认定接触的阈值。                      设为大约3到5[N]。                      确保为工件设定适当的阈值。                      当ContactOrient在正方向时：                      设定负值。                      当ContactOrient在负方向时：                      设定正值。                      设定一个较大的绝对值时：                      朝接触点移动的速度将变快。                      当值太小时：                      机器人可能不会移动。</p>
PosCheckType	<p>选择与位置相关的结束条件的类型。</p> <p>选择RobotPlane时：                      结束条件基于设定的Plane。                      如下所示，使用此属性可设定基于定义的位置的结束条件，而不管机器人的位置如何。</p>  <p>选择RelativePlane时：                      每次执行力觉向导序列时，请在ContactOrient指定的方向移动的距离达到ContactDist+ContactDistMargin的位置创建一个平面，并将该Plane设为位置的结束条件。                      如下所示，使用此属性可根据开始时的位置更改结束条件位置。</p>  <p><b>RobotPlane</b> : 设定始终基于定义的位置的结束条件。  <b>RelativePlane</b> : 将它设为机器人从起点移动一个相对量的结束条件。</p>

属性	说明、设定准则
PlaneNumber	<p>设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。</p> <p>PosCheckType是RobotPlane时: 设定基于指定Plane编号的结束条件。</p> <p>PosCheckType是RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 将Plane设定为新指定的编号。 设定一个空的Plane编号。</p>
PlaneEndCond	<p>设定与位置相关的结束条件的状态。</p> <p>将平面内(Inside)或平面外(Outside)设定为结束条件。</p> <p>当机器人处于指定状态时, 认定满足与位置相关的结束条件。</p> <p>Inside: 它在平面的+Z方向。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>
Timeout	<p>设定接触动作的超时时间。</p> <p>在指定的时间内满足力条件或位置条件。</p> <p>确保该值大于通过 <math>(\text{ContactDist} + \text{ContactDistMargin}) / (\text{ContactForceThresh} / \text{ContactFirmnessF})</math>计算的值。</p>

### ContactProbe 对象的调整准则

下文介绍ContactProbe对象的调整方法。

#### 机器人越过孔时:

减小ContactInterval。但是，探测耗时更长。  
请对您的操作进行适当调整。

#### 机器人不朝接触方向移动时:

检查ContactOrient是否正确。  
如果ContactOrient正确，则增大ContactForceThresh的绝对值。

#### 执行接触动作耗时较长时:

减小ContactFirmnessF的值或增大ContactForceThresh的绝对值。但是，对工件施加的力会增大。  
请对您的操作进行适当调整。

#### 探测动作速度较慢时:

增大SpeedS和AccelS。

#### 探测耗时较长时:

如果机器人重复执行接触动作多次才检测到孔位置，请增大ContactInterval。但是，机器人可能会越过孔。  
请对您的操作进行适当调整。

此外，将ContactProbe对象的起点调整为尽可能靠近孔位置。

### 有关 ContactProbe 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。  
创建 ContactProbe 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 ContactProbe 后面添加一个编号(例如 ContactProbe01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。  
NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。  
您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。  
指定 True 时，将执行力觉向导对象。  
指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。  
想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

#### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。  
仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

**AbortSeqOnFail 属性**

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会结束力觉向导序列，并转到下一个SPEL语句。

指定False时，如果力觉向导对象失败，程序将继续处理下一个力觉向导对象，而不结束力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	关闭指定的输出位。(设定为0)
On	开启指定的输出位。(设定为1)

默认: Off

**ProbeTrajectory 属性**

此属性设定力觉向导对象的轨迹。

值	说明
Straight	沿直线轨迹移动起点，并重复执行接触动作。
Spiral	沿螺旋轨迹移动起点，并重复执行接触动作。

默认: Straight

### AccelS 属性

此属性设定移动到接触的起点时的加速度。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	5000

默认: 200

### SpeedS 属性

此属性设定移动到接触的起点时的速度。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	1
最大值	250

默认: 100

### SpiralDiam 属性

设定螺旋轨迹的直径。

当ProbeTrajectory属性指定了Spiral时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	1
最大值	100

默认: 10

### SpiralPitch 属性

此属性设定螺旋轨迹的螺距。

当ProbeTrajectory属性指定了Spiral时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	0.05
最大值	10

默认: 1

### DestRelativeX 属性

对于直线轨迹，该属性设定在坐标系(该坐标系由力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal指定)X方向的移动量。

当ProbeTrajectory属性指定了Straight时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeY 属性**

对于直线轨迹，该属性设定在坐标系(该坐标系由力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal指定)Y方向的移动量。

当ProbeTrajectory属性指定了Straight时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeZ 属性**

对于直线轨迹，该属性设定在坐标系(该坐标系由力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal指定)Z方向的移动量。

当ProbeTrajectory属性指定了Straight时，将使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**ContactInterval 属性**

此属性设定接触开始位置的移动量。

如果机器人在接触动作过程中接触，下一个接触动作将在机器人移动了ContactInterval指定的距离之后开始。

	值(单位: [mm])
最小值	0.05
最大值	10

默认: 0.1

**ContactOrient 属性**

设定孔方向。

设定坐标系中由力觉向导序列的ForceOrient指定的方向。选择平移方向(+Fx到-Fz)。朝指定的方向移动时，机器人将探测孔。

值	说明
+Fx	朝Fx正向移动。
-Fx	朝Fx负向移动。
+Fy	朝Fy正向移动。
-Fy	朝Fy负向移动。
+Fz	朝Fz正向移动。
-Fz	朝Fz负向移动。

默认: +Fz

**ContactDist 属性**

此属性设定开始位置和孔位置之间的假定距离。

当机器人移动的距离达到ContactDist+ContactDistMargin时，它将认定“检测到孔”并继续处理下一个力觉对象。

	值(单位: [mm])
最小值	0.1
最大值	50

默认: 10

**ContactDistMargin 属性**

此属性设定一个裕量，并加到起点和孔位置之间的距离上。

设定该值时，务必将每个距离的最大误差考虑在内。当机器人移动的距离达到ContactDist+ContactDistMargin时，它将认定“检测到孔”并继续处理下一个力觉对象。

	值(单位: [mm])
最小值	0.1
最大值	50

默认: 10

**ContactFirmnessF 属性**

此属性设定力觉向导对象执行期间力控制功能的硬度。

当ContactFirmnessF的值增加时，力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当ContactFirmnessF的值减小时，力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。

当力觉向导序列结束时，即使CFEnabled为True，力控制功能也将结束。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**ContactForceThresh 属性**

此属性设定用于认定接触的力阈值。

如果在执行PressProbe对象的过程中超过此属性指定的值，机器人将返回到接触开始位置并移动到下一个接触位置。

当ContactOrient在正方向时:

	值(单位: [N])
最小值	-10
最大值	0

默认: -5

当ContactOrient在负方向时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	10

默认: -5

**PosCheckType 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定是使用预先定义的Plane，还是设定力觉向导对象开始位置的一个相对位置。

指定RobotPlane时，使用定义的Plane设定结束条件。

指定RelativePlane时，每次执行力觉向导对象时，将Plane重置为力觉向导对象开始位置的相对位置。可以通过ContactOrient指定的方向以及ContactDist和ContactDistMargin指定的移动量计算相对位置。

值	说明
RobotPlane	使用定义的Plane作为结束条件。
RelativePlane	将Plane设定为相对位置，并将其用作结束条件。

默认: RobotPlane

**PlaneNumber 属性**

此属性设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。

在PosCheckType属性中指定Plane时，指定编号的Plane将不会更改。

在PosCheckType属性中指定Relative时，每次执行力觉向导对象时，都会将新Plane重新定义为指定编号。因此，请注意，原始设定将丢失。

	值
最小值	1
最大值	15

默认: 1

### PlaneEndCond 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定要确定为结束的条件。

值	说明
Outside	结束条件是在Plane外。
Inside	结束条件是在Plane内。

默认: Inside

### Timeout 属性

此属性设定力觉向导对象的超时期限。

如果单个接触动作在超过Timeout指定的时间后仍未满足力的结束条件或位置的结束条件，它会将ContactProbe对象认定为失败。

认定后，根据AbortSeqOnFail结束力觉向导序列，或者转到下一个力觉向导对象。

如果满足力的结束条件，机器人将移动到下一个接触位置并重复执行接触动作。

如果满足位置的结束条件，机器人将认定“检测到孔”并继续处理下一个力觉对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 10

## 有关 ContactProbe 对象的结果的详细信息

### EndStatus 结果

这是执行的结果。

满足 4.2.2.6 ContactProbe 对象中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

### Time 结果

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

### TimedOut 结果

这是是否达到了 Timeout 属性中设定的超时期限。

值	说明
True	达到超时期限。
False	在到达超时期限之前结束。

### EndForces 结果

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### EndPos 结果

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

### AvgForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### PeakForces 结果

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### TriggeredForces 结果

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### TriggeredPos 结果

满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

#### PosCondOK 结果

它表示是否满足与位置相关的结束条件。

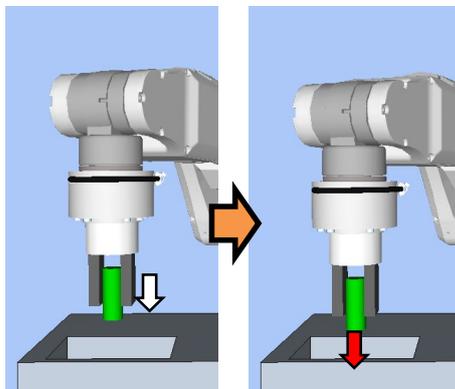
值	说明
True	满足与位置相关的结束条件。
False	不满足与位置相关的结束条件。

#### 4.2.2.7 Press对象

Press对象用于操作机器人以指定的力朝指定的方向压装。

此外，与Relax对象一样，可以同时沿另一个指定方向跟随。

在未与物体接触的状态下执行Press对象时，机器人将朝具有指定的力的方向移动。此对象用于执行压装动作或压装组合件。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，机器人也可以稳定保持特定的力。



上图是Press对象的动作图像。在非接触状态下执行时，机器人将朝压装方向(白色箭头)移动。机器人与物体接触后，它将保持施加特定的力(红色箭头)。您可以启动处于接触状态的对象。

在指定的时间内满足结束条件时，Press对象将成功。Press对象可以使用与力、位置和I/O相关的结束条件。

每个结束条件都设定了是否在ForceCheckEnabled、PosCheckEnabled和IOCheckEnabled情况下使用。如果未设定结束条件，则对象将总是成功。

当设定了多个结束条件时，可以使用EndCheckOperator中的AND或OR选择如何对结束条件进行组合。

每个条件如下:

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	<p>在指定的超时时间内，在HoldTimeThresh指定的时间内持续满足以下所有项目的要求。</p> <p>ForceCheckPolarity为Inside时： 在Fx, Fy, Fz, 由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolF到PressForce+PressCheckTolF的范围内。</p> <p>ForceCheckPolarity为Outside时： 在Fx, Fy, Fz, 由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolF到PressForce+PressCheckTolF的范围外。</p> <p>ForceCheckPolarity为Inside时： 在Tx, Ty, Tz, 由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolT到PressForce+PressCheckTolT的范围内。</p> <p>ForceCheckPolarity为Outside时： 在Tx, Ty, Tz, 由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolT到PressForce+PressCheckTolT的范围外。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Inside时： 在Fx, Fy, Fz, 由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolF到+FollowCheckTolF的范围内。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Outside时： 在Fx, Fy, Fz, 由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolF到+FollowCheckTolF的范围外。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Inside时： 在Tx, Ty, Tz, 由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolT到+FollowCheckTolT的范围内。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Outside时： 在Tx, Ty, Tz, 由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolT到+FollowCheckTolT的范围外。</p>

结束条件	成功条件
与位置相关的结束条件	<p>在指定的Timeout时间内满足以下任一条件:</p> <p>PosCheckType是RobotPlane时: 对于PlaneNumber设定的Plane, 满足PlaneEndCondition设定的状态。</p> <p>PosCheckType是RelativePlane时: 对于PlaneEndCondition为PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal设定的相对平面, 满足PlaneEndCondition设定的状态。</p>
与I/O相关的结束条件	在Timeout指定的时间内, IOCheckInputBit指定的输入位应该处于IOCheckInputStatus指定的状态。

Press 对象的属性设定准则

步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	此属性设定力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	此属性设定关于力觉向导对象的描述。 描述操作说明。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 将包含恢复动作, 或者力觉向导序列将能够继续。

步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

在启动力觉向导对象之前, 设定与I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时, 设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时, 设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

## 步骤 3. 设定力控制功能

设定与力控制功能相关的属性(Fx\_ControlMode, ..., Tz\_ControlMode, Fx\_PressForce, ..., Tz\_PressForce, Fx\_Firmness, ..., Tz\_Firmness, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
Fx_ControlMode Fy_ControlMode Fz_ControlMode Tx_ControlMode Ty_ControlMode Tz_ControlMode	力控制功能在每个方向的模式。 Press+: 机器人将朝每个轴的正向移动并执行压装动作。 Press-: 机器人将朝每个轴的负向移动并执行压装动作。 指定Follow时: 通过力控制功能执行跟随动作。 指定Disabled时: 力控制功能被禁用。 将压装方向的ControlMode设为Press+或Press-。 将要在其中执行跟随的ControlMode设定为Follow。 必须为多个方向设定Disabled以外的其他值。
Fx_PressForce Fy_PressForce Fz_PressForce Tx_PressForce Ty_PressForce Tz_PressForce	设定每个方向的力和转矩。 在ControlMode为Press+或Press-时使用。 ControlMode为Press+时: 设定负值。 ControlMode为Press-时: 设定正值。 对于轴孔装配任务或组装任务, 在Fx、Fy和Fz通常设为3到5 [N]或-3到-5 [N]。 但是, 最佳的值因任务或工件而异。
Fx_Firmness Fy_Firmness Fz_Firmness Tx_Firmness Ty_Firmness Tz_Firmness	设定每个方向的力控制功能的硬度。 设定一个较大值时: 力控制功能的硬度变大。但对力变化的响应很慢。 设定一个较小值时: 力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快, 但容易发生振动。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能, 然后执行下一个力觉向导对象。 True : 如果要在机器人与物体接触后开始下一个力觉向导对象并使力保持恒定。

您可以通过模拟器检查ControlMode的设定。系统将显示一个坐标系, 其中除启用方向外均灰显。

然而, 机器人是基于当前位置显示的。检查设定时, 确保将机器人移动到执行力觉向导对象的位置。

有关如何使用模拟器进行检查的详细信息, 请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器, 8.3 功能描述

步骤 4. 设定结束条件的基本信息

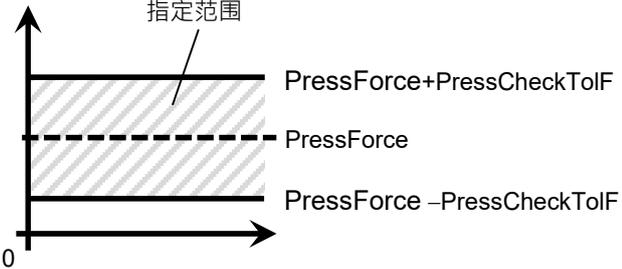
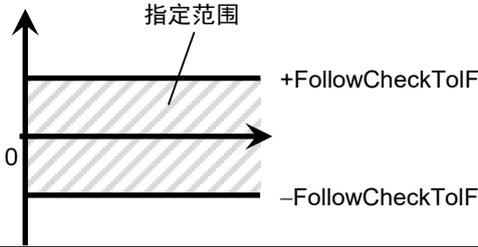
设定与结束条件和超时组合相关的属性(EndCheckOperator和Timeout)。

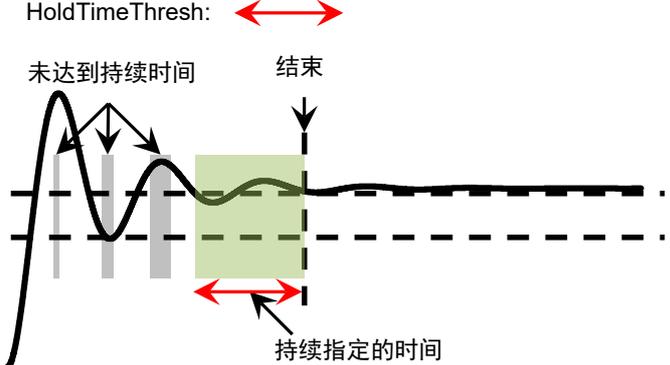
属性	说明、设定准则
EndCheckOperator	此属性设定如何组合与力、位置和I/O相关的结束条件。 AND : 当这两个条件均满足时结束。 OR : 在满足一个或多个条件时结束。
Timeout	此属性设定超时期限。 未设定结束条件时: 超时期限是执行时间。 设定结束条件时: 在指定时间内未满足结束条件时失败。

步骤 5. 设定与力有关的结束条件

设定与力的结束条件相关的属性(ForceCheckEnabled, ForceCheckMode, ForceCheckPolarity, PressCheckTolF, PressCheckTolT, FollowCheckTolF, FollowCheckTolT, HoldTimeThresh)。

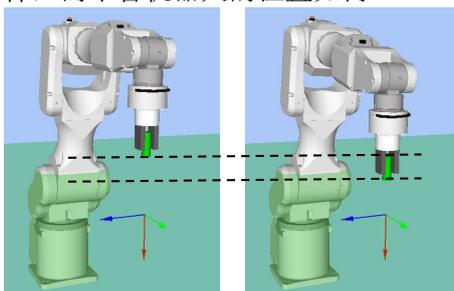
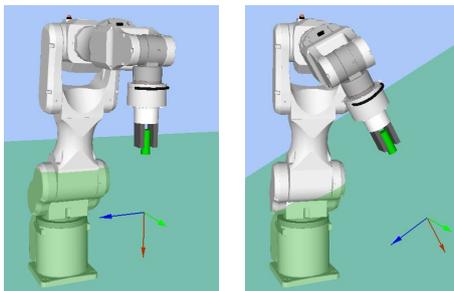
属性	说明、设定准则
ForceCheckEnabled	此属性设定是否启用力的结束条件。 True : 启用力的结束条件时。
ForceCheckMode	认定的目标方向。 Press : 只有压装方向才是认定的目标。 由ControlMode指定的方向(Press+和Press-)是认定的目标。 PressFollow : 压装方向和跟随方向都是认定的目标。 由ControlMode指定的方向(Press+、Press-和Follow)是认定的目标。
ForceCheckPolarity	与力相关的结束条件的极性。 Inside : 正常设定。 结束条件是在指定的范围内。 Outside : 结束条件是在指定的范围外。 使用特殊结束条件(例如以压装状态开始, 并将压装状态解除设为结束条件时), 请使用Outside。

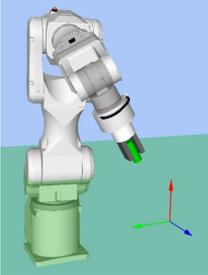
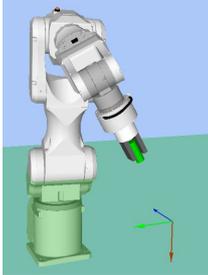
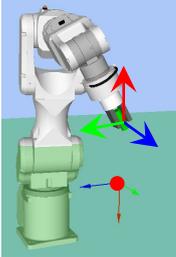
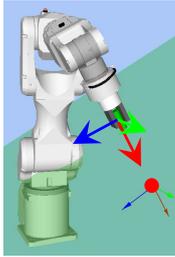
属性	说明、设定准则
<p>PressCheckToIF PressCheckToIT</p>	<p>与力相关的结束条件的压装方向范围。设定力的结束条件的范围。</p> <p>PressCheckToIF适用于Fx、Fy和Fz， 而PressCheckToIT适用于Tx、Ty和Tz。</p> <p>监视由Fx, Fy, Fz 的ControlMode指定的方向(Press+和Press-)的力是否在PressForce-PressCheckToIF到PressForce+PressCheckToIF的范围内。 监视由Tx, Ty, Tz 的ControlMode指定的方向(Press+和Press-)的转矩是否在PressForce-PressCheckToIT到PressForce+PressCheckToIT的范围内。</p> <p>以下是PressCheckToIF的图像。</p>  <p>The diagram shows a vertical axis and a horizontal axis. The origin is labeled '0'. A horizontal line is labeled 'PressForce'. Two other horizontal lines are drawn above and below the 'PressForce' line, labeled 'PressForce + PressCheckToIF' and 'PressForce - PressCheckToIF' respectively. The rectangular area between these two outer lines is shaded with diagonal lines and labeled '指定范围' (Specified Range).</p>
<p>FollowCheckToIF FollowCheckToIT</p>	<p>此属性设定与力相关的结束条件的跟随方向范围。</p> <p>FollowCheckToIF适用于Fx、Fy和Fz， 而FollowCheckToIT适用于Tx、Ty和Tz。</p> <p>它监视由Fx, Fy, Fz 的ControlMode指定为Follow的方向的力是否在-FollowCheckToIF到+FollowCheckToIF的范围内。 它监视由Tx, Ty, Tz 的ControlMode指定为Follow的方向的转矩是否在-FollowCheckToIT到+FollowCheckToIT的范围内。</p> <p>以下是FollowCheckToIF的图像。</p>  <p>The diagram shows a vertical axis and a horizontal axis. The origin is labeled '0'. Two horizontal lines are drawn above and below the '0' line, labeled '+FollowCheckToIF' and '-FollowCheckToIF' respectively. The rectangular area between these two lines is shaded with diagonal lines and labeled '指定范围' (Specified Range).</p>

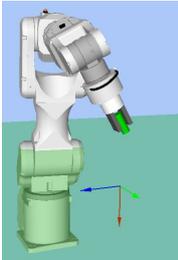
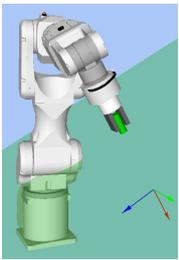
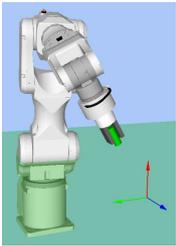
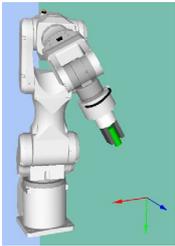
属性	说明、设定准则
HoldTimeThresh	<p>设定认定是否满足结束条件时使用的持续时间。</p> <p>如下所示，如果指定的条件持续了HoldTimeThresh指定的时间，将认定已满足结束条件。</p>  <p>通常，设定为“0”。</p> <p>设定在下一个力觉向导对象的结果不稳定时用于使动作变稳定的时间。</p> <p>建议根据暂时禁用结束条件后执行的实际结果设定该时间。</p>

步骤 6. 设定与位置相关的结束条件

设定与位置相关的结束条件的属性(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)。

属性	说明、设定准则
PosCheckEnabled	此属性设定是否启用与位置相关的结束条件。 True : 启用与位置相关的结束条件时。 False : 禁用与位置相关的结束条件时。
PosCheckType	与位置相关的结束条件的类型。  选择RobotPlane时: 结束条件基于设定的Plane。 如下所示, 使用此属性可设定基于定义的位置的结束条件, 而不管机器人的位置如何。   选择RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 在当前位置的一个相对位置创建Plane, 并将其设定为与位置相关的结束条件。 如下所示, 使用此属性可根据开始时的位置更改结束条件位置。   RobotPlane : 设定始终基于定义的位置的结束条件 RelativePlane : 将它设为机器人从起点移动一个相对量的结束条件。
PlaneNumber	设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。 PosCheckType是RobotPlane时: 设定基于指定Plane编号的结束条件。 PosCheckType是RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 将平面设定为新指定的编号。 设定一个空的Plane编号。

属性	说明、设定准则
PlaneEndCond	<p>设定与位置相关的结束条件的状态。 将平面内(Inside)或平面外(Outside)设定为结束条件。 当机器人处于指定状态时，认定满足与位置相关的结束条件。</p> <p>Inside: 它在平面的+Z方向。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span data-bbox="746 779 804 801">Inside</span> <span data-bbox="975 779 1050 801">Outside</span> </div>
PlaneRelativeOrg	<p>设定在表示距平面原点的偏移量时，将哪个坐标系方向用作参照。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 指定一个基于基础坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了负值。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 指定一个基于工具坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了正值。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <span data-bbox="735 1509 788 1532">Base</span> <span data-bbox="948 1509 1000 1532">Tool</span> </div> <p>本地坐标系或工具坐标系仅在该方向上使用，不影响原点位置。</p> <p>要在机器人动作方向上设定结束条件的位置，通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneRelativeX PlaneRelativeY PlaneRelativeZ	<p>设定当前位置在每个方向相对于平面原点的偏移量。 方向将是PlaneRelativeOrg指定的坐标系方向。</p>

属性	说明、设定准则
PlaneRelativeOrient	<p>设定一个基于平面方向的坐标系。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 平面的参阅方向与Base坐标系匹配，而与力觉向导对象启动时的机器人方向无关。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 平面的参阅方向随着力觉向导对象启动时机器人的方向而变化。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"> <span>设定 Base 的示例</span>      <span>设定 Tool 的示例</span> </p> <p>因为垂直于机器人动作方向的平面将是结束条件，所以通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneAxes	<p>设定平面方向 根据PlaneRelativeOrient指定的坐标系，平面被设定为由PlaneAxes设定的方向。</p> <p>下图是PlannerRelationeOrient设定Base时的一个示例。 左图: PlaneAxes指定的XY 右图: PlaneAxes指定的YZ。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"> <span>XY</span>                      <span>YZ</span> </p> <p>通常，设定垂直于机器人动作方向的平面。</p>
PlaneRelativeRobotLocal	<p>设定当PlaneRelativeOrg和PlaneRelativeOrient为Local时使用的本地坐标系编号。</p> <p>通常，设定一个与力觉向导序列的RobotLocal相同的值。</p>

步骤 7. 设定与 I/O 相关的结束条件

设定与I/O结束条件相关的属性(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOCheckEnabled	此属性设定是否启用与I/O相关的结束条件。 True : 启用与I/O相关的结束条件时。
IOCheckInputBit	设定作为结束条件监视的输入位。
IOCheckInputStatus	设定作为结束条件的输入位状态。 如果IOCheckInputBit指定的输入位将是IOCheckInputStatus指定的状态，则认定满足结束条件。

### Press 对象的调整准则

下文介绍使用Press对象时的调整方法。

#### 机器人动作发生振动时:

增加Firmness值。但是，机器人的响应会很慢。

请对您的操作进行适当调整。

要调整Firmness，建议逐渐更改值(例如，以10%为幅度增大值)。

#### 机器人在压装方向大幅度反弹时:

如果机器人在几秒钟内多次大幅度反弹，机器人动作可能受到力觉向导序列的LimitAccelS的限制。

此外，在低功耗模式下执行时，这种情况很可能会发生。

如果即使在高功率模式下执行，机器人仍然反弹，则增加LimitAccelS的值。

如果增加LimitAccelS的值，机器人仍然跳动，则减小压装方向的Firmness值。

#### 机器人未达到目标力时:

减小压装方向的Firmness值。

但是，机器人的动作可能容易振动。

请对您的操作进行适当调整。

要调整Firmness，建议逐渐更改值(例如，以10%为幅度减小值)。

#### 机器人不朝压装方向移动时:

确认机器人不移动时的ControlMode为Press+还是Press-。

设定Press+或Press-时，确认PressForce是否设为“0”。

#### 机器人朝反方向移动时:

确认机器人朝反方向移动时的ControlMode为Press+还是Press-。

机器人设为假定的方向时，确认力觉向导序列的ForceOrient或RobotLocal为工具坐标系还是本地坐标系。

### 有关 Press 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。  
创建 Press 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 Press 后面添加一个编号(例如 Press01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。  
NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。  
您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。  
指定 True 时，将执行力觉向导对象。  
指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。  
想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

#### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。  
仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

**AbortSeqOnFail 属性**

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

指定True时:

如果力觉向导对象失败，程序将结束力觉向导序列并继续处理下一个SPEL语句。

指定False时:

如果力觉向导对象失败，程序将继续处理下一个力觉向导对象，而不结束力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**IOPreprocEnabled 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

**IOPreprocOutputBit 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOPreprocOutputStatus 属性**

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	关闭指定的输出位。(设定为0)
On	开启指定的输出位。(设定为1)

默认: Off

**Fx\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fx方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Fx方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Fx\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Fx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Fx\_PressForce 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fx方向的压装力。

在Fx\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N])
最小值	-250
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	250

默认: 0

**Fx\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fx方向的力控制功能的硬度。

在Fx\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Fx\_Firmness的值增加时，Fx方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fx\_Firmness的值减少时，Fx方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Fy\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fy方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fy方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以跟随模式在Fy方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Fy\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Fy方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Fy\_PressForce 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fy方向的压装力。在Fy\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N])
最小值	-250
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	250

默认: 0

### Fy\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fy方向的力控制功能的硬度。在Fy\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Fy\_Firmness的值增加时，Fy方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fy\_Firmness的值减少时，Fy方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Fz\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fz方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fz方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Fz方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Fz\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Fz方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Fz\_PressForce 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fz方向的压装力。在Fz\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N])
最小值	-250
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	250

默认: 0

### Fz\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fz方向的力控制功能的硬度。

在Fz\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用

当Fz\_Firmness的值增加时，Fz方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fz\_Firmness的值减少时，Fz方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Tx\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Tx方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Tx方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Tx\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Tx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Tx\_PressForce 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tx方向的压装力。在Tx\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-18000
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	18000

默认: 0

### Tx\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tx方向的力控制功能的硬度。

在Tx\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Tx\_Firmness的值增加时，Tx方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Tx\_Firmness的值减少时，Tx方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

### Ty\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Ty方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Ty方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Ty方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Ty\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Ty方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Ty\_PressForce 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Ty方向的压装力。在Ty\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-18000
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	18000

默认: 0

### Ty\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Ty方向的力控制功能的硬度。

在Ty\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Ty\_Firmness的值增加时，Ty方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Ty\_Firmness的值减少时，Ty方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

### Tz\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tz方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Tz方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Tz方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Tz\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Tz方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Tz\_PressForce 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tz方向的压装力。

在Tz\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-18000
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	18000

默认: 0

### Tz\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tz方向的力控制功能的硬度。

在Tz\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Tz\_Firmness的值增加时，Tz方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Tz\_Firmness的值减少时，Tz方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。  
当力觉向导序列结束时，即使CFEnabled为True，力控制功能也将结束。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束，力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**EndCheckOperator 属性**

当使用力觉向导对象的多个结束条件时，此属性将设定组合条件。  
指定AND时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束并认定为成功。  
指定OR时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束并认定为成功。

值	说明
OR	按OR条件组合。
AND	按AND条件组合。

默认: Disabled

**ForceCheckEnabled 属性**

此属性设定与力相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与力相关的结束条件。
False	禁用与力相关的结束条件。

默认: False

**ForceCheckMode 属性**

对于与力相关的结束条件，此属性设定将用作条件的方向。

值	说明
Press	由ControlMode指定的方向(Press+和Press-)是力条件。
PressFollow	由ControlMode指定的方向(Press+、Press-和Follow)是力条件。

默认: Press

**ForceCheckPolarity 属性**

对于与力相关的结束条件，此属性设定结束条件是在指定的范围内还是在指定的范围外。

值	说明
Outside	结束条件是在指定的范围外。
Inside	结束条件是在指定的范围内。

默认: Inside

**PressCheckToIF 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True且ControlMode在Fx、Fy和Fz方向指定了Press时使用。

确定每个方向的力是在PressForce–PressCheckToIF到PressForce+PressCheckToIF的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	10

默认: 1

**PressCheckToIT 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True且ControlMode在Tx、Ty和Tz方向指定了Press时使用。

确定每个方向的力是在PressForce–PressCheckToIT到PressForce+PressCheckToIT的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N·mm])
最小值	RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)或更高版本 或序列Version为7.5.1时: 1  RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)以下 或序列Version为7.4.0时: 100
最大值	10000

默认: 500

**FollowCheckToIF 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True，而ForceCheckMode设为PressFollow且ControlMode在Fx、Fy和Fz方向指定了Follow时使用。

确定每个方向的力是在–FollowCheckToIF到+FollowCheckToIF的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N])
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**FollowCheckToIT 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。  
 在某个方向的ForceCheckEnabled为True，而ForceCheckMode设为PressFollow且ControlMode在Tx、Ty和Tz方向指定了Follow时使用。  
 确定每个方向的力是在-FollowCheckToIT到+FollowCheckToIT的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N·mm])
最小值	RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)或更高版本或序列Version为7.5.1时: 1 RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)以下或序列Version为7.4.0时: 100
最大值	10000

默认: 500

**HoldTimeThresh 属性**

此属性设定一段持续时间，直到认定与力相关的结束条件。  
 当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。  
 当指定的条件持续了HoldTimeThresh指定的时间后，将认定已满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认: 0

**PosCheckEnabled 属性**

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与位置相关的结束条件。
False	禁用与位置相关的结束条件。

默认: False

**PosCheckType 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定是使用预先定义的Plane，还是设定力觉向导对象开始位置的一个相对位置。  
 指定RobotPlane时，使用定义的Plane设定结束条件。  
 指定RelativePlane时，每次执行力觉向导对象时，将Plane重置为力觉向导对象开始位置的相对位置。

值	说明
RobotPlane	使用定义的Plane作为结束条件。
RelativePlane	将Plane设定为相对位置，并将其用作结束条件。

默认: RobotPlane

### PlaneNumber 属性

此属性设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。

在PosCheckType属性中指定Plane时，指定编号的平面将不会更改。

在PosCheckType属性中指定Relative时，每次执行力觉向导对象时，都会将新Plane重新定义为指定编号。因此，请注意，原始设定将丢失。

	值
最小值	1
最大值	15

默认: 1

### PlaneEndCond 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定要确定为结束的条件。

值	说明
Outside	结束条件是在Plane外。
Inside	结束条件是在Plane内。

默认: Inside

### PlaneRelativeOrg 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性指定哪个坐标系设定相对位置以设定Plane。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的相对位置。
Local	指定一个基于本地坐标系的相对距离。 本地坐标系编号由PlaneRelationRobotLocal指定。
Tool	指定一个基于工具坐标系的相对位置。

默认: Tool

### PlaneRelativeX 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定X方向上的相对位置以设定Plane。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

X方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### PlaneRelativeY 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Y方向上的相对位置以设定Plane。

当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

Y方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeZ 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Z方向上的相对位置以设定Plane。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
 Z方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeOrient 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定坐标系以设定Plane。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

Plane在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

指定Base时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于基础坐标系中的轴上设定。

指定Local时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于本地坐标系(具有PlaneRelativeRobotLocal指定的编号)中的轴上设定。

指定Tool时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于工具坐标系中的轴上设定。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的平面方向。
Local	指定一个基于本地坐标系的平面方向。
Tool	指定一个基于工具坐标系的平面方向。

默认: Tool

**PlaneAxes 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定轴以设定Plane。  
 当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

值	说明
XY	在XY平面上设定Plane。
YZ	在YZ平面上设定Plane。
XZ	在XZ平面上设定Plane。

默认: XY

**PlaneRelativeRobotLocal 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定指定了Plane相对位置或方向的本地坐标系编号。

它用于以下任一情况:

- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrg中指定了Local。
- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrient中指定了Local。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。它与在PlaneRelativeOrg或PlaneRelativeOrient中指定Base时的情况相同。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

### IOCheckEnabled 属性

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与I/O相关的结束条件。
False	禁用与I/O相关的结束条件。

默认: False

### IOCheckInputBit 属性

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定目标位。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

### IOCheckInputStatus 属性

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定条件。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

根据IOCheckInputBit指定的位，认定结束条件是否满足。

值	说明
Off	如果输入位是OFF (0)，则认定满足结束条件。
On	如果输入位是ON (1)，则认定满足结束条件。

默认: Off

### Timeout 属性

此属性设定力觉向导对象的超时期限。

如果Timeout指定的时间已过但机器人不满足由ForceCheckEnabled, PosCheckEnabled, IOCheckEnabled启用的条件，它会将Press对象认定为失败。

认定后，根据AbortSeqOnFail结束力觉向导序列，或者转到下一个力觉向导对象。

如果ForceCheckEnabled, PosCheckEnabled, IOCheckEnabled为False，则在Timeout指定的时间已过之后结束力觉向导对象。认定成功，并转到下一个力觉向导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 10

**有关 Press 对象的结果的详细信息**

**EndStatus 结果**

这是执行的结果。

满足 4.2.2.7 Press 对象 中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

**Time 结果**

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

**TimedOut 结果**

这是是否达到了 Timeout 属性中设定的超时期限。

值	说明
True	达到超时期限。
False	在到达超时期限之前结束。

**EndForces 结果**

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**EndPos 结果**

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

**AvgForces 结果**

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**PeakForces 结果**

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**ForceCondOK 结果**

这是是否满足与力相关的结束条件。

值	说明
True	满足与力相关的结束条件。
False	不满足与力相关的结束条件。

**TriggeredForces 结果**

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。

获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**TriggeredPos 结果**

满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

**PosCondOK 结果**

它表示是否满足与位置相关的结束条件。

值	说明
True	满足与位置相关的结束条件。
False	不满足与位置相关的结束条件。

**IOCondOK 结果**

它表示是否满足与 I/O 相关的结束条件。

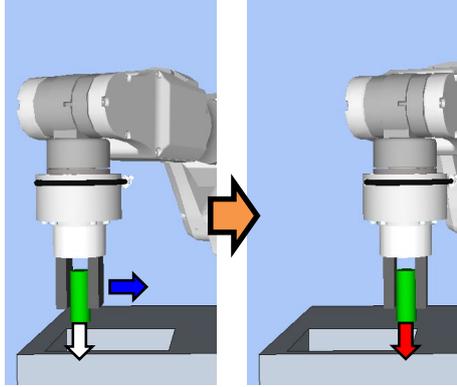
值	说明
True	满足与I/O相关的结束条件。
False	不满足与I/O相关的结束条件。

#### 4.2.2.8 PressMove对象

PressMove对象用于沿指定的轨迹移动机器人，同时使用指定的力朝指定的方向压装。

此外，与FollowMove对象一样，可以同时沿另一个指定方向跟随。

在未与物体接触的状态下执行Press对象时，机器人将沿指定的轨迹朝具有指定的力的方向移动。对于轴孔装配任务或组装任务，此对象用于执行压装、拧螺丝或抛光。即使工件的尺寸或抓取位置存在误差范围，机器人也可以移动并维持稳定的力。



上图是PressMove对象的动作图像。在非接触状态下执行时，机器人将沿轨迹(蓝色箭头)朝压装方向(白色箭头)移动。机器人与物体接触后，它将沿指定的轨迹移动并保持施加特定的力(红色箭头)。

如果在沿指定的轨迹移动时满足结束条件，PressMove对象将成功。它可以使用与位置、I/O和力相关的结束条件。

每个结束条件都设定了是否在ForceCheckEnabled、PosCheckEnabled和IOCheckEnabled情况下使用。如果未设定结束条件，则对象将总是成功。当设定了多个结束条件时，可以使用EndCheckOperator中的AND或OR选择如何对结束条件进行组合。

每个条件如下:

结束条件	成功条件
与力相关的结束条件	<p>机器人沿指定的轨迹移动时，在HoldTimeThresh指定的时间内持续满足以下所有项目的要求。</p> <p>ForceCheckPolarity为Inside时： 在Fx、Fy和Fz，由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolF到PressForce+PressCheckTolF的范围内。</p> <p>ForceCheckPolarity为Outside时： 在Fx、Fy和Fz，由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolF到PressForce+PressCheckTolF的范围外。</p> <p>ForceCheckPolarity为Inside时： 在Tx、Ty和Tz，由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolT到PressForce+PressCheckTolT的范围内。</p> <p>ForceCheckPolarity为Outside时： 在Tx、Ty和Tz，由ControlMode指定为Press-或Press+的轴在PressForce-PressCheckTolT到PressForce+PressCheckTolT的范围外。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Inside时： 在Fx、Fy和Fz，由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolF到+FollowCheckTolF的范围内。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Outside时： 在Fx、Fy和Fz，由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolF到+FollowCheckTolF的范围外。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Inside时： 在Tx、Ty和Tz，由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolT到+FollowCheckTolT的范围内。</p> <p>ForceCheckMode为PressFollow且ForceCheckPolarity为Outside时： 在Tx、Ty和Tz，由ControlMode指定为Follow的轴在-FollowCheckTolT到+FollowCheckTolT的范围外。</p>
与位置相关的结束条件	<p>机器人沿指定的轨迹移动时，满足以下任一条件：</p> <p>PosCheckType是RobotPlane时： 对于PlaneNumber设定的Plane，满足PlaneEndCondition设定的状态。</p> <p>PosCheckType是RelativePlane时： 对于PlaneEndCondition为PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal设定的相对平面，满足PlaneEndCondition设定的状态。</p>
与I/O相关的结束条件	<p>机器人沿指定的轨迹移动时，IOCheckInputBit指定的输入位应该处于IOCheckInputStatus指定的状态。</p>

PressMove 对象的属性设定准则

步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	此属性设定力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	此属性设定关于力觉向导对象的描述。 描述操作说明。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象, 比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时, 将应用此属性。
AbortSeqOnFail	设定当力觉向导对象失败时, 是中止还是继续力觉向导序列。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时, 将包含恢复动作, 或者力觉向导序列将能够继续。

步骤 2. 设定启动前的 I/O 处理

在启动力觉向导对象之前, 设定与I/O处理相关的属性(IOPreprocEnabled, IOPreprocOutputBit, IOPreprocOutputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOPreprocEnabled	设定启动力觉向导对象时是否操作输出位。 您只能操作一个输出位。 要操作多个输出位, 请使用SPELFunc对象。 False : 正常 True : 操作输出位, 例如操作/中止外围设备时。
IOPreprocOutputBit	启动力觉向导对象时, 设定要操作的输出位。
IOPreprocOutputStatus	启动力觉向导对象时, 设定是打开还是关闭输出位。 设定要输出的状态。

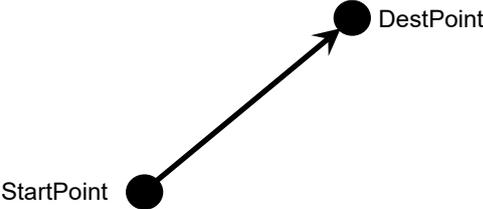
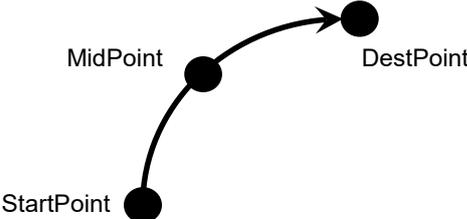
## 步骤 3. 设定移动动作

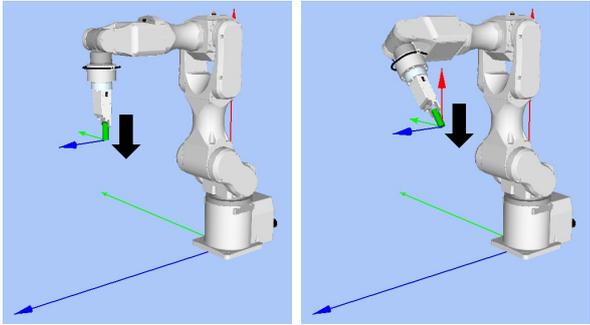
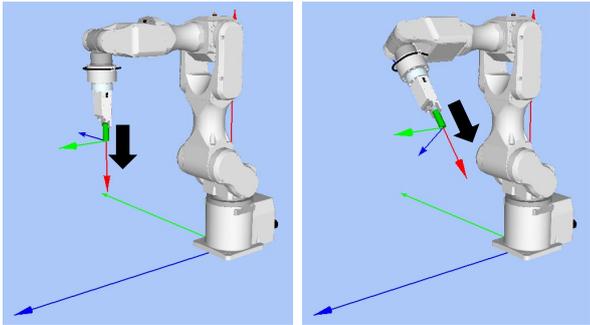
设定与移动相关的属性(MotionTrajectory, AccelS, AccelR, SpeedS, SpeedR, CPEnabled)。

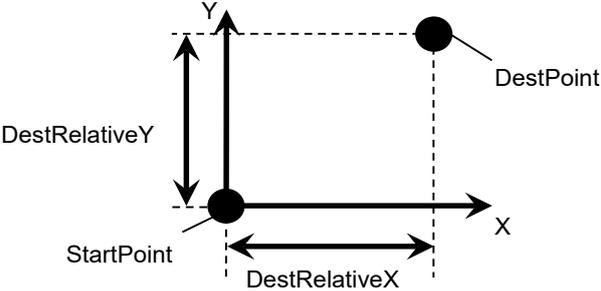
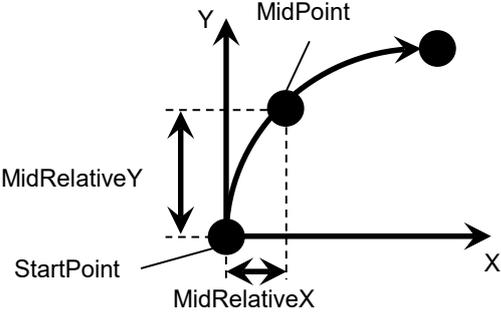
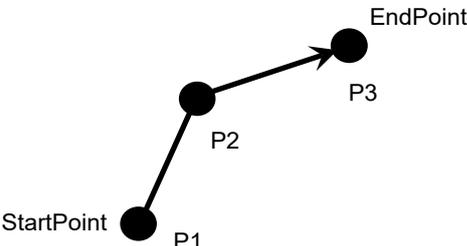
属性	说明、设定准则
MotionTrajectory	<p>设定要移动的轨迹类型。</p> <p><b>Straight</b> : 直线运动时</p> <p><b>Arc</b> : 曲线运动时</p> <p><b>MultiStraight</b> : 在多个点上连续直线运动时</p> <p><b>MultiStraightCP</b>: 在多个点上连接轨道的同时连续直线运动时</p>
AccelS AccelR	<p>设定移动的加速度。</p> <p><b>AccelS</b>: 平移加速度</p> <p><b>AccelR</b>: 旋转加速度</p> <p>实际加速度由力控制功能调整。</p>
SpeedS SpeedR	<p>设定移动的速度。</p> <p><b>SpeedS</b>: 平移速度</p> <p><b>SpeedR</b>: 旋转速度</p> <p>实际速度由力控制功能调整。</p>
SpeedRPriority	<p>设置SpeedR属性在移动时是否优先。</p> <p>如果点之间的姿态变化相对于移动距离较大时，使用SpeedS属性动作可能会导致加速度错误。</p> <p><b>AutoDistOrientRatio</b>根据点之间的距离和姿态的变化自动确定是否使用SpeedR属性。建议您使用AutoDistOrientRatio。</p> <p>固定SpeedS属性或SpeedR属性时，请选择Disabled或Enabled。</p> <p><b>Disabled</b>: 始终使用SpeedS属性时</p> <p><b>Enabled</b>: 始终使用SpeedR属性时</p>
CPEnabled	<p>设定是否通过路径动作将PressMove对象的轨迹与下一个力觉向导对象的轨迹相连接。</p> <p><b>True</b> : 连接复杂轨迹以便由多个PressMove对象执行操作时。</p>

步骤 4. 设定目标点

设定与要移动的轨迹相关的属性(DestType, DestPoint, MidPoint, RelativeOrient, RelativeRobotLocal, DestRelativeX, ..., DestRelativeW, MidRelativeX, ..., MidRelativeW)。

属性	说明、设定准则
DestType	<p>此属性可以设定如何设定目标点。                      如果使用力控制功能，机器人的位置会根据力进行调整。因此，我们建议通过距离定位点的相对移动量来指定目标点。                      RobotPoint : 移动到指定点时                      Relative : 指定相对移动量时</p>
DestPoint	<p>设定一个指示目标点(DestPoint)的点。                      在MotionTrajectory中选择Straight时：                      如下图中所示，机器人将沿直线从力觉向导对象的起点移动到DestPoint。</p>  <p>The diagram shows a straight line trajectory. It starts at a point labeled 'StartPoint' at the bottom left and ends at a point labeled 'DestPoint' at the top right. An arrow points from StartPoint to DestPoint, indicating the direction of movement.</p>
MidPoint	<p>当MotionTrajectory为Arc时，设定一个点来表示中点(MidPoint)。                      如下图中所示，机器人将在越过MidPoint之后移动到DestPoint。</p>  <p>The diagram shows an arc trajectory. It starts at a point labeled 'StartPoint' at the bottom left, moves along a curved path through a point labeled 'MidPoint' (located roughly in the middle of the arc), and ends at a point labeled 'DestPoint' at the top right. An arrow points from StartPoint to DestPoint, following the curve.</p>

属性	说明、设定准则
RelativeOrient	<p>设定坐标系方向，该方向将作为相对移动的参照。</p> <p>指定Base或Local时：            从外部看，机器人总是按定义的方向操作。            以下是设定Base的示例。朝-Z方向移动时，即使机器人手指的方向已改变，机器人也始终垂直向下(基础坐标系中的-Z方向)移动。(黑色箭头是机器人的动作方向。)            如果希望机器人朝基础坐标系中的不同方向移动，请在本地坐标系中指定。</p>  <p>指定Tool时：            移动方向会随着开始时的方向而改变。            以下是设定Tool的示例。朝+Z方向移动时，移动方向会根据机器人手指在开始时的方向而改变。</p>  <p>Base、Local：            即使机器人方向在力觉向导对象启动时已改变，也朝已定义的方向(从外部的角度)移动。</p> <p>Tool：            根据机器人的方向朝某个方向移动。</p>
RelativeRobotLocal	<p>设定一个本地坐标系号，当在RelativeOrient中指定本地坐标系时使用该坐标系号。</p>

属性	说明、设定准则
DestRelativeX DestRelativeY DestRelativeZ DestRelativeU DestRelativeV DestRelativeW	<p>设定每个方向从力觉向导对象的起点到目标点的相对移动量。</p> <p>如下图中所示，设定坐标系中由RelativeOrient指定的每个方向的相对移动量。</p> 
MidRelativeX MidRelativeY MidRelativeZ MidRelativeU MidRelativeV MidRelativeW	<p>设定每个方向从力觉向导对象的起点到中点的相对移动量。</p> <p>如下图中所示，设定坐标系中由RelativeOrient指定的每个方向的相对移动量。</p> 
StartPoint EndPoint	<p>当MotionTrajectory为MultiStraight或MultiStraighCP时，设置指定力觉向导对象的，连续动作开始位置和结束位置的点。如下图所示，当P1设置为StartPoint，P3设置为EndPoint时，会连续依次通过P1, P2, P3的点。</p> 

## 步骤 5. 设定力控制功能

设定与力控制功能相关的属性(Fx\_ControlMode, ..., Tz\_ControlMode, Fx\_PressForce, ..., Tz\_PressForce, Fx\_Firmness, ..., Tz\_Firmness, CFEnabled)。

属性	说明、设定准则
Fx_ControlMode Fy_ControlMode Fz_ControlMode Tx_ControlMode Ty_ControlMode Tz_ControlMode	力控制功能在每个方向的模式。 Press+: 机器人将朝每个轴的正向移动并执行压装动作。 Press-: 机器人将朝每个轴的负向移动并执行压装动作。 指定Follow时: 对力控制功能执行跟随动作。 指定Disabled时: 力控制功能被禁用。 将压装方向的ControlMode设为Press+或Press-。 将要在其中执行跟随的ControlMode设定为Follow。 必须为多个方向设定Disabled以外的其他值。
Fx_PressForce Fy_PressForce Fz_PressForce Tx_PressForce Ty_PressForce Tz_PressForce	设定每个方向的力和转矩。 在ControlMode为Press+或Press-时使用 ControlMode为Press+时: 设定负值。 ControlMode为Press-时: 设定正值。 对于轴孔装配任务或组装任务, 在Fx、Fy和Fz通常设为3到5 [N]或-3到-5 [N]。但是, 最佳的值因任务或工件而异。
Fx_Firmness Fy_Firmness Fz_Firmness Tx_Firmness Ty_Firmness Tz_Firmness	设定每个方向的力控制功能的硬度。 设定一个较大值时: 力控制功能的硬度变大。 但对力变化的响应很慢。 设定一个较小值时: 力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快, 但容易发生振动。
CFEnabled	设定是否继续对下一个力觉向导对象实施力控制功能。 False : 正常 关闭力控制功能一次, 然后执行下一个力觉向导对象。 True : 如果要在机器人与物体接触后开始下一个力觉向导对象并使力保持恒定。

您可以通过模拟器检查ControlMode的设定。系统将显示一个坐标系, 其中除启用方向外均灰显。

然而, 机器人是基于当前位置显示的。检查设定时, 确保将机器人移动到执行力觉向导对象的位置。

有关如何使用模拟器进行检查的详细信息, 请参阅以下手册。

《EPSON RC+ 7.0 用户指南》: 8. 模拟器, 8.3 功能描述

步骤 6. 设定结束条件的基本信息

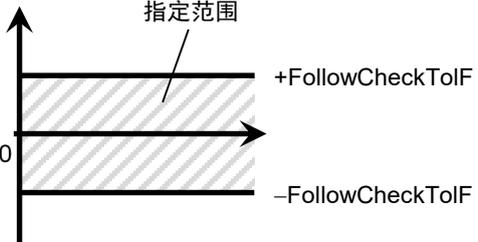
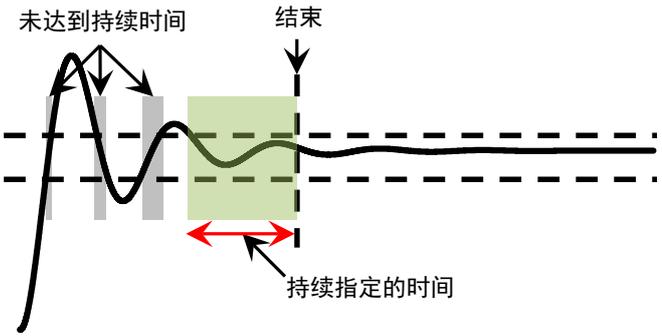
设定与结束条件组合相关的属性(EndCheckOperator)。

属性	说明、设定准则
EndCheckOperator	此属性设定如何组合与力、位置和I/O相关的结束条件。 AND : 在满足使用的所有条件时结束。 OR : 在满足一个或多个条件时结束。

步骤 7. 设定与力有关的结束条件

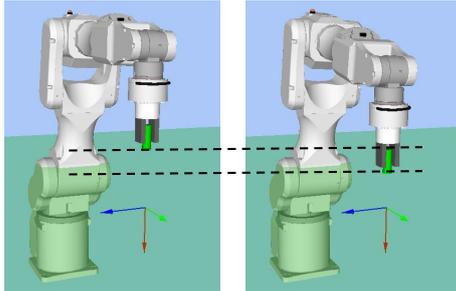
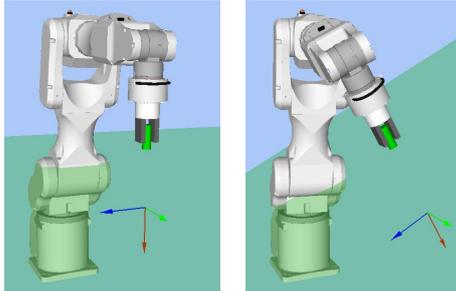
设定与力的结束条件相关的属性(ForceCheckEnabled, ForceCheckMode, ForceCheckPolarity, PressCheckToIF, PressCheckToIT, FollowCheckToIF, FollowCheckToIT, HoldTimeThresh)。

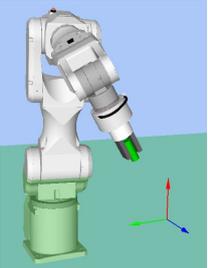
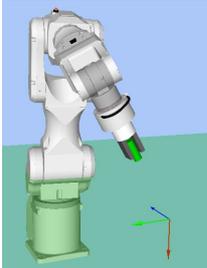
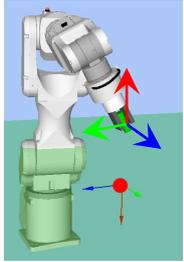
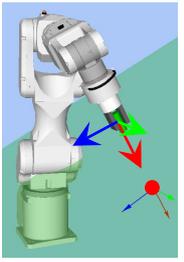
属性	说明、设定准则
ForceCheckEnabled	此属性设定是否启用力的结束条件。 True : 启用力的结束条件时。
ForceCheckMode	认定的目标方向。 Press : 只有压装方向才是认定的目标。 由ControlMode指定的方向(Press+和Press-)是认定的目标。 PressFollow : 压装方向和跟随方向都是认定的目标。 由ControlMode指定的方向(Press+、Press-和Follow)是认定的目标。
ForceCheckPolarity	与力相关的结束条件的极性。 Inside : 正常设定。 结束条件是在指定的范围内。 Outside : 结束条件是在指定的范围外。 使用特殊结束条件(例如以压装状态开始, 并将压装状态解除设为结束条件时), 请使用Outside。
PressCheckToIF PressCheckToIT	此属性设定与力相关的结束条件的压装方向范围。设定力的结束条件的范围。 PressCheckToIF适用于Fx、Fy和Fz, 而PressCheckToIT适用于Tx、Ty和Tz。 监视由Fx, Fy, Fz 的ControlMode指定的方向(Press+和Press-)的力是否在PressForce-PressCheckToIF到PressForce+PressCheckToIF的范围内。 监视由Tx, Ty, Tz 的ControlMode指定的方向(Press+和Press-)的转矩是否在PressForce-PressCheckToIT到PressForce+PressCheckToIT的范围内。 以下是PressCheckToIF的图像。 

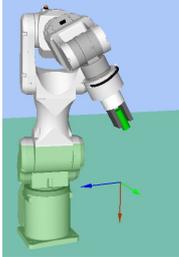
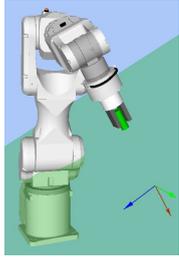
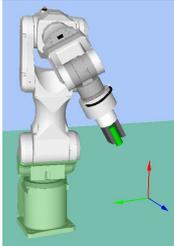
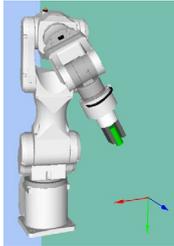
属性	说明、设定准则
<p>FollowCheckToIF FollowCheckToIT</p>	<p>此属性设定与力相关的结束条件的跟随方向范围。</p> <p>FollowCheckToIF适用于Fx、Fy和Fz， 而FollowCheckToIT适用于Tx、Ty和Tz。</p> <p>它监视由Fx, Fy, Fz 的ControlMode指定为Follow的方向的力是否在-FollowCheckToIF到+FollowCheckToIF的范围内。</p> <p>它监视由Tx, Ty, Tz 的ControlMode指定为Follow的方向的转矩是否在-FollowCheckToIT到+FollowCheckToIT的范围内。</p> <p>以下是FollowCheckToIF的图像。</p> 
<p>HoldTimeThresh</p>	<p>设定认定是否满足结束条件时使用的持续时间。</p> <p>如下所示，如果指定的条件持续了HoldTimeThresh指定的时间，将认定已满足结束条件。</p> <p>HoldTimeThresh: </p> <p>未达到持续时间      结束</p>  <p>通常，设定为“0”。</p> <p>设定在下一个力觉向导对象的结果不稳定时用于使动作变稳定的时间。</p> <p>建议根据暂时禁用结束条件后执行的实际结果设定该时间。</p>

步骤 8. 设定与位置相关的结束条件

设定与位置相关的结束条件的属性(PosCheckEnabled, PosCheckType, PlaneNumber, PlaneEndCond, PlaneRelativeOrg, PlaneRelativeX, PlaneRelativeY, PlaneRelativeZ, PlaneRelativeOrient, PlaneAxes, PlaneRelativeRobotLocal)。

属性	说明、设定准则
PosCheckEnabled	此属性设定是否启用与位置相关的结束条件。 True : 启用与位置相关的结束条件时。 False : 禁用与位置相关的结束条件时。
PosCheckType	选择与位置相关的结束条件的类型。  选择RobotPlane时: 结束条件基于设定的Plane。 如下所示, 使用此属性可设定基于定义的位置的结束条件, 而不管机器人的位置如何。   选择RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 在当前位置的一个相对位置创建平面, 并将其设定为与位置相关的结束条件。 如下所示, 使用此属性可根据开始时的位置更改结束条件位置。 
PlaneNumber	设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。 PosCheckType是RobotPlane时: 设定基于指定Plane编号的结束条件。 PosCheckType是RelativePlane时: 每次执行力觉向导序列时, 将Plane设定为新指定的编号。 设定一个空的Plane编号。

属性	说明、设定准则
PlaneEndCond	<p>设定与位置相关的结束条件的状态。 将平面内(Inside)或平面外(Outside)设定为结束条件。 当机器人处于指定状态时，认定满足与位置相关的结束条件。</p> <p>Inside: 它在平面的+Z方向。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
PlaneRelativeOrg	<p>设定在表示距平面原点的偏移量时，将哪个坐标系方向用作参照。</p> <p>以下左图是设定Base的示例。 指定一个基于基础坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了负值。</p> <p>以下右图是设定Tool的示例。 指定一个基于工具坐标系的相对距离。 此示例在PlaneRelativeZ中设定了正值。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>本地坐标系或工具坐标系仅在该方向上使用，不影响原点位置。</p> <p>要在机器人动作方向上设定结束条件的位置，通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneRelativeX PlaneRelativeY PlaneRelativeZ	<p>设定当前位置在每个方向相对于平面原点的偏移量。 方向将是PlaneRelativeOrg指定的坐标系方向。</p>

属性	说明、设定准则
PlaneRelativeOrient	<p>设定一个基于平面方向的坐标系。                      以下左图是设定Base的示例。                      平面的参阅方向与Base坐标系匹配，而与力觉向导对象启动时的机器人方向无关。                      以下右图是设定Tool的示例。                      平面的参阅方向随着力觉向导对象启动时机器人的方向而变化。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"> <span>设定 Base 的示例</span>      <span>设定 Tool 的示例</span> </p> <p>因为垂直于机器人动作方向的平面将是结束条件，所以通常设定与力觉向导序列的ForceOrient相同的值。</p>
PlaneAxes	<p>设定平面方向                      根据PlaneRelativeOrient指定的坐标系，平面被设定为由PlaneAxes设定的方向。                      下图是PlannerRelationeOrient设定Base时的一个示例。                      左图: PlaneAxes指定的XY                      右图: PlaneAxes指定的YZ。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <p style="text-align: center;"> <span>XY</span>                      <span>YZ</span> </p> <p>通常，设定垂直于机器人动作方向的平面。</p>
PlaneRelativeRobotLocal	<p>设定当PlaneRelativeOrg和PlaneRelativeOrient为Local时使用的本地坐标系编号。                      通常，设定一个与力觉向导序列的RobotLocal相同的值。</p>

**步骤 9. 设定与 I/O 相关的结束条件**

设定与I/O结束条件相关的属性(IOCheckEnabled, IOCheckInputBit, IOCheckInputStatus)。

属性	说明、设定准则
IOCheckEnabled	<p>此属性设定是否启用与I/O相关的结束条件。                      True : 启用与I/O相关的结束条件时。</p>
IOCheckInputBit	<p>设定作为结束条件监视的输入位。</p>
IOCheckInputStatus	<p>设定作为结束条件的输入位状态。                      如果IOCheckInputBit指定的输入位将是IOCheckInputStatus指定的状态，则认定满足结束条件。</p>

### PressMove 对象的调整准则

下文介绍使用PressMove对象时的调整方法。

#### 机器人动作发生振动时:

增加Firmness值。但是，机器人的响应会很慢。请对您的操作进行适当调整。  
要调整Firmness，建议逐渐更改值(例如，以10%为幅度增大值)。

#### 机器人在压装方向大幅度反弹时:

如果机器人在几秒钟内多次大幅度反弹，机器人动作可能受到力觉向导序列的LimitAccelS的限制。

此外，在低功耗模式下执行时，这种情况很可能会发生。

如果即使在高功率模式下执行，机器人仍然反弹，则增加LimitAccelS的值。  
如果增加LimitAccelS的值，机器人仍然跳动，则减小压装方向的Firmness值。

#### 机器人未达到目标力时:

减小压装方向的Firmness值。

但是，机器人的动作可能容易振动。请对您的操作进行适当调整。

要调整Firmness，建议逐渐更改值(例如，以10%为幅度减小值)。

#### 机器人不朝压装方向移动时:

确认机器人不移动时的ControlMode为Press+还是Press-。

设定Press+或Press-时，确认PressForce是否设为“0”。

#### 机器人朝反方向移动时:

确认机器人朝反方向移动时的ControlMode为Press+还是Press-。

机器人设为假定的方向时，确认力觉向导序列的ForceOrient, RobotLocal, 所使用的工具坐标系或本地坐标系。

#### 机器人未到达目标点时:

如果未启用力控制功能的方向未到达目标点，原因可能是受力觉向导序列的LimitAccel或LimitSpeed影响。增加值。

此外，在低功率模式下，即使LimitSpeed或LimitAccel的值很大，方向也会受低功率模式下最大速度或最大加速度限制。确保在高功率模式下执行。

### 有关 PressMove 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。  
创建 PressMove 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 PressMove 后面添加一个编号(例如 PressMove01)。  
您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。  
NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。  
您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。  
指定 True 时，将执行力觉向导对象。  
指定 False 时，执行下一个力觉向导对象，而不执行本力觉向导对象。  
想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

#### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。  
仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

### AbortSeqOnFail 属性

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会结束力觉向导序列，并转到下一个SPEL语句。

指定False时，如果力觉向导对象失败，程序将继续处理下一个力觉向导对象，而不结束力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

### IOPreprocEnabled 属性

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作。

I/O操作由IOPreprocOutputBit属性和IOPreprocOutputStatus属性定义。要在力觉向导对象执行之前操作夹具或外围设备，请使用此属性。

值	说明
True	启动时执行I/O操作。
False	启动时不执行I/O操作。

默认: False

### IOPreprocOutputBit 属性

此属性设定力觉向导对象启动时的I/O操作(输出位)。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

### IOPreprocOutputStatus 属性

此属性设定力觉向导对象启动时I/O操作的输出状态。

仅当IOPreprocEnabled为True时才使用此属性。

值	说明
Off	将指定的输出位设为OFF(设定为0)。
On	将指定的输出位设为ON(设定为1)。

默认: Off

### MotionTrajectory 属性

此属性设定力觉向导对象的轨迹。

值	说明
Straight	沿直线轨迹移动。
Arc	沿圆弧轨迹移动。
MultiStraight	直线运动，连续通过多个点。
MultiStraightCP	直线运动，连接多个点并连续运动。

默认: Straight

### AccelS 属性

此属性设定力觉向导对象的加速度。

但是，此设定值是设定轨迹的加速度。实际加速度由力控制功能调整。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	200

默认: 50

### AccelR 属性

此属性设定力觉向导对象在执行期间的旋转加速度。

但是，此设定值是设定轨迹的旋转加速度。实际旋转加速度由力控制功能调整。

	值(单位: [deg./sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	100

默认: 10

### SpeedS 属性

此属性设定力觉向导对象在执行期间的速度。

但是，此设定值是设定轨迹的速度。实际速度由力控制功能调整。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	1
最大值	200

默认: 50

### SpeedR 属性

此属性设定力觉向导对象在执行期间的旋转速度。

但是，此设定值是设定轨迹的旋转速度。实际旋转速度由力控制功能调整。

	值(单位: [deg./sec])
最小值	1
最大值	25

默认: 10

### SpeedRPriority 属性

用于在执行力觉向导对象期间设置是否以工具姿势变化为优先。

以工具姿势变化为优先时：

机器人使用 SpeedR 属性进行动作。

不以工具姿势变化为优先时：

机器人使用 SpeedS 属性进行动作。

可指定以下值。

值	说明
Disabled	如果移动距离不是“0”，则使用SpeedS属性执行力觉向导对象。 移动距离为“0”时，使用SpeedR属性。 不以工具姿势变化为优先。 以SpeedS属性为优先。
Enabled	如果姿势变化不是“0”，则使用SpeedR属性执行力觉向导对象。 姿势变化为“0”时，使用SpeedS属性。 以工具姿势变化为优先。 以SpeedR属性为优先。
AutoDistOrientRatio	根据移动距离与姿势变化自动判断是否以SpeedR属性为优先，然后执行力觉向导对象。

默认： AutoDistOrientRatio

### CPEnabled 属性

设定启用/禁用路径动作。

使用此属性可合成多个力觉向导对象的移动轨迹。

当指定True时，路径动作被启用，程序在进入减速区时启动下一个力觉向导对象。

指定False时，路径动作被禁用，程序在设定轨迹结束后启动下一个力觉向导对象。

但是，如果设定了结束条件并且已满足该结束条件，则程序会暂停一次并继续处理下一个力觉向导对象。

值	说明
True	启用路径动作。
False	禁用路径动作。

默认: False

### DestType 属性

此属性设定用于指定轨迹的目标位置的方法。

指定RobotPoint时，按点设定目标位置。

指定Relative时，设定相对距离(例如在X方向距离起点10 mm)。

值	说明
RobotPoint	按点设定目标位置。
Relative	按相对距离设定目标位置。

默认: False

**DestPoint 属性**

此属性设定用于轨迹的目标位置的点。  
在DestType中指定RobotPoint时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

**MidPoint 属性**

此属性设定用于圆弧轨迹的中继点。  
在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定RobotPoint时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

**RelativeOrient 属性**

此属性设定相对移动的坐标系。  
在DestType中指定Relative时使用此属性。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的相对距离。
Local	指定一个基于本地坐标系的相对距离。
Tool	指定一个基于工具坐标系的相对距离。

默认: Tool

**RelativeRobotLocal 属性**

此属性设定相对移动的坐标系的本地坐标系编号。  
在DestType中指定Relative时以及在RelativeOrient中指定Local时使用此属性。

值	说明
0 (Base)	使用工具0坐标系(基础坐标系)。 这与在RelativeOrient中指定Base时相同
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

**DestRelativeX 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的X方向上的移动量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeY 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Y方向上的移动量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeZ 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Z方向上的移动量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**DestRelativeU 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的U方向上的旋转量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**DestRelativeV 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的V方向上的旋转量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**DestRelativeW 属性**

对于目标点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的W方向上的旋转量。

在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**MidRelativeX 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的X方向上的移动量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**MidRelativeY 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Y方向上的移动量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**MidRelativeZ 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的Z方向上的移动量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**MidRelativeU 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的U方向上的旋转量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

**MidRelativeV 属性**

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的V方向上的旋转量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

### MidRelativeW 属性

对于中点，此属性设定在RelativeOrient和RelativeRobotLocal指定的坐标系的W方向上的旋转量。

在MotionTrajectory中指定Arc以及在DestType中指定Relative时使用此属性。

	值(单位: [deg.])
最小值	-360
最大值	360

默认: 0

### StartPoint 属性

设置连续运动轨迹的开始位置。

当 MotionTrajectory 中指定 MultiStraight 或 MultiStraightCP 时使用。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

### EndPoint 属性

设置连续运动轨迹的结束位置。

当 MotionTrajectory 中指定 MultiStraight 或 MultiStraightCP 时使用。

	值
最小值	0
最大值	999

默认: 0

### Fx\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Fx方向的控制模式。

指定Disabled时，不执行Fx方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Fx方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Fx\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Fx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外力为“0”。因此，当施加外力时，机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Fx\_PressForce 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fx方向的压装力。  
在Fx\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N])
最小值	-250
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	250

默认: 0

**Fx\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fx方向的力控制功能的硬度。  
在Fx\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用

当Fx\_Firmness的值增加时, Fx方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢, 但不容易发生振动。

当Fx\_Firmness的值减少时, Fx方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快, 但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**Fy\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中, 设定Fy方向的控制模式。

指定Disabled时, 不执行Fy方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时, 将以跟随模式在Fy方向执行力控制功能。在压装模式下, 机器人将执行压装动作以施加由Fy\_PressForce指定的力。

指定Follow时, 按跟随模式执行Fy方向的力控制功能。在跟随模式下, 机器人会通过移动使得外力为“0”。因此, 当施加外力时, 机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

### Fy\_PressForce 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fy方向的压装力。  
在Fy\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N])
最小值	-250
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	250

默认: 0

### Fy\_Firmness 属性

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fy方向的力控制功能的硬度。在Fy\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Fy\_Firmness的值增加时, Fy方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢, 但不容易发生振动。

当Fy\_Firmness的值减少时, Fy方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快, 但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

### Fz\_ControlMode 属性

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中, 设定Fz方向的控制模式。

指定Disabled时, 不执行Fz方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时, 将以压装模式在Fz方向执行力控制功能。在压装模式下, 机器人将执行压装动作以施加由Fz\_PressForce指定的力。

指定Follow时, 按跟随模式执行Fz方向的力控制功能。在跟随模式下, 机器人会通过移动使得外力为“0”。因此, 当施加外力时, 机器人会移动以跟随外力。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Fz\_PressForce 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fz方向的压装力。  
在Fz\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N])
最小值	-250
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	250

默认: 0

**Fz\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Fz方向的力控制功能的硬度。  
在Fz\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Fz\_Firmness的值增加时，Fz方向的力控制功能的硬度变大。对力的变化响应很慢，但不容易发生振动。

当Fz\_Firmness的值减少时，Fz方向的力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但容易发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	200

默认: 10

**Tx\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中，设定Tx方向的控制模式。

指定Disabled时，机器人不朝Tx方向移动，因为在Tx方向不会执行力控制功能。

指定Press+或Press-时，将以压装模式在Tx方向执行力控制功能。在压装模式下，机器人将执行压装动作以施加由Tx\_PressForce指定的力。

指定Follow时，按跟随模式执行Tx方向的力控制功能。在跟随模式下，机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此，当施加外部转矩时，机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Tx\_PressForce 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tx方向的压装力。  
在Tx\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-18000
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	18000

默认: 0

**Tx\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tx方向的力控制功能的硬度。  
在Tx\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Tx\_Firmness的值增加时, Tx方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢, 但不容易发生振动。

当Tx\_Firmness的值减少时, Tx方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快, 但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**Ty\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中, 设定Ty方向的控制模式。

指定Disabled时, 不执行Ty方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时, 将以压装模式在Ty方向执行力控制功能。在压装模式下, 机器人将执行压装动作以施加由Ty\_PressForce指定的力。

指定Follow时, 按跟随模式执行Ty方向的力控制功能。在跟随模式下, 机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此, 当施加外部转矩时, 机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Ty\_PressForce 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Ty方向的压装力。  
在Ty\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-18000
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	18000

默认: 0

**Ty\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Ty方向的力控制功能的硬度。  
在Ty\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Ty\_Firmness的值增加时, Ty方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢, 但不容易发生振动。

当Ty\_Firmness的值减少时, Ty方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快, 但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**Tz\_ControlMode 属性**

在力觉向导序列的ForceOrient指定的坐标系中, 设定Tz方向的控制模式。

指定Disabled时, 不执行Tz方向的力控制功能。

指定Press+或Press-时, 将以压装模式在Tz方向执行力控制功能。在压装模式下, 机器人将执行压装动作以施加由Tz\_PressForce指定的力。

指定Follow时, 按跟随模式执行Tz方向的力控制功能。在跟随模式下, 机器人会通过移动使得外部转矩为“0”。因此, 当施加外部转矩时, 机器人会移动以跟随外部转矩。

值	说明
Disabled	禁用力控制功能。
Press+	将以正向压装的方式执行力控制功能。
Press-	将以负向压装的方式执行力控制功能。
Follow	力控制功能按Follow动作执行。

默认: Disabled

**Tz\_PressForce 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tz方向的压装力。  
在Tz\_ControlMode为Press+或Press-时使用。

ControlMode为Press+时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	-18000
最大值	0

默认: 0

ControlMode为Press-时:

	值(单位: [N·mm])
最小值	0
最大值	18000

默认: 0

**Tz\_Firmness 属性**

此属性设定执行力觉向导对象的过程中Tz方向的力控制功能的硬度。  
在Tz\_ControlMode为Press+、Press-或Follow时使用。

当Tz\_Firmness的值增加时, Tz方向的力控制功能的硬度变大。对转矩的变化响应很慢, 但不容易发生振动。

当Tz\_Firmness的值减少时, Tz方向的力控制功能的硬度变小。对转矩的变化响应很快, 但容易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	1000000

默认: 3000

**CFEnabled 属性**

此属性设定在力觉向导对象结束后是否继续力控制功能。

当力觉向导序列结束时, 即使CFEnabled为True, 力控制功能也将结束。

值	说明
True	即使力觉向导对象结束, 力控制功能也将继续应用于下一个力觉向导对象。
False	力控制功能将在力觉向导对象结束时结束。

默认: False

**EndCheckOperator 属性**

当使用力觉向导对象的多个结束条件时，此属性将设定组合条件。

指定AND时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束并认定为成功。

指定OR时，如果满足所有启用的结束条件，则力觉向导对象执行会结束并认定为成功。

值	说明
OR	按OR条件组合。
AND	按AND条件组合。

默认: Disabled

**ForceCheckEnabled 属性**

此属性设定与力相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与力相关的结束条件。
False	禁用与力相关的结束条件。

默认: False

**ForceCheckMode 属性**

对于与力相关的结束条件，此属性设定将用作条件的方向。

值	说明
Press	由ControlMode指定的方向(Press+和Press-)是力条件。
PressFollow	由ControlMode指定的方向(Press+、Press-和Follow)是力条件。

默认: False

**ForceCheckPolarity 属性**

对于与力相关的结束条件，此属性设定结束条件是在指定的范围内还是在指定的范围外。

值	说明
Outside	结束条件是在指定的范围外。
Inside	结束条件是在指定的范围内。

默认: Inside

**PressCheckToIF 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True且ControlMode在Fx、Fy和Fz方向指定了Press时使用。

确定每个方向的力是在PressForce-PressCheckToIF到PressForce+PressCheckToIF的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N])
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**PressCheckToIT 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True且ControlMode在Tx、Ty和Tz方向指定了Press时使用。

确定每个方向的力是在PressForce-PressCheckToIT到PressForce+PressCheckToIT的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N·mm])
最小值	RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)或更高版本 或序列Version为7.5.1时: 1  RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)以下 或序列Version为7.4.0时: 100
最大值	10000

默认: 500

**FollowCheckToIF 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True，而ForceCheckMode设为PressFollow且ControlMode在Fx、Fy和Fz方向指定了Follow时使用。

确定每个方向的力是在-FollowCheckToIF到+FollowCheckToIF的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N])
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**FollowCheckToIT 属性**

此属性设定与力相关的结束条件的范围。

在某个方向的ForceCheckEnabled为True，而ForceCheckMode设为PressFollow且ControlMode在Tx、Ty和Tz方向指定了Follow时使用。

确定每个方向的力是在-FollowCheckToIT到+FollowCheckToIT的范围内还是在该范围外。

	值(单位: [N·mm])
最小值	RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)或更高版本 或序列Version为7.5.1时: 1  RC+7.5.1 (F/W7.5.1.0)以下 或序列Version为7.4.0时: 100
最大值	10000

默认: 500

**HoldTimeThresh 属性**

此属性设定一段持续时间，直到认定与力相关的结束条件。  
当ForceCheckEnabled为True时使用此属性。

当指定的条件持续了HoldTimeThresh指定的时间后，将认定已满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认: 0

**PosCheckEnabled 属性**

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与位置相关的结束条件。
False	禁用与位置相关的结束条件。

默认: False

**PosCheckType 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定是使用预先定义的Plane，还是设定力觉向导对象开始位置的一个相对位置。

指定RobotPlane时，使用定义的Plane设定结束条件。

指定RelativePlane时，每次执行力觉向导对象时，将Plane重置为力觉向导对象开始位置的相对位置。

值	说明
RobotPlane	使用定义的Plane作为结束条件。
RelativePlane	将Plane设定为相对位置，并将其用作结束条件。

默认: RobotPlane

**PlaneNumber 属性**

此属性设定用于与位置相关的结束条件的Plane编号。

在PosCheckType属性中指定Plane时，指定编号的Plane将不会更改。

在PosCheckType属性中指定Relative时，每次执行力觉向导对象时，都会将新Plane重新定义为指定编号。因此，请注意，原始设定将丢失。

	值
最小值	1
最大值	15

默认: 1

**PlaneEndCond 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定要确定为结束的条件。

值	说明
Outside	结束条件是在Plane外。
Inside	结束条件是在Plane内。

默认: Inside

### PlaneRelativeOrg 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性指定哪个坐标系设定相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的相对位置。
Local	指定一个基于本地坐标系的相对距离。 本地坐标系编号由PlaneRelationRobotLocal指定。
Tool	指定一个基于工具坐标系的相对位置。

默认: Tool

### PlaneRelativeX 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定X方向上的相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
X方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### PlaneRelativeY 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Y方向上的相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
Y方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

### PlaneRelativeZ 属性

对于与位置相关的结束条件，此属性设定Z方向上的相对位置以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。  
Z方向遵循PlaneRelativeOrg指定的坐标系。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**PlaneRelativeOrient 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定坐标系以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

指定Base时，平面在由PlaneAxes指定的、位于基础坐标系中的轴上设定。

指定Local时，平面在由PlaneAxes指定的、位于本地坐标系(具有PlaneRelativeRobotLocal指定的编号)中的轴上设定。

指定Tool时，Plane在由PlaneAxes指定的、位于工具坐标系中的轴上设定。

值	说明
Base	指定一个基于基础坐标系的平面方向。
Local	指定一个基于本地坐标系的平面方向。
Tool	指定一个基于工具坐标系的平面方向。

默认: Tool

**PlaneAxes 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定轴以设定Plane。  
当PosCheckType指定RelativePlane时使用此属性。

平面在PlaneAxes指定的轴上设定，该轴位于PlaneRelativeOrient指定的坐标系中。

值	说明
XY	在XY平面上设定Plane。
YZ	在YZ平面上设定Plane。
XZ	在XZ平面上设定Plane。

默认: XY

**PlaneRelativeRobotLocal 属性**

对于与位置相关的结束条件，此属性设定指定了Plane相对位置或方向的本地坐标系编号。

它用于以下任一情况:

- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrg中指定了Local。
- 在PosCheckType中指定了RelativePlane并在PlaneRelativeOrient中指定了Local。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。 它与在PlaneRelativeOrg或PlaneRelativeOrient中指定Base时的情况相同。
1至15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0 (Base)

**IOCheckEnabled 属性**

此属性设定与I/O相关的力觉向导对象结束条件。

值	说明
True	启用与I/O相关的结束条件。
False	禁用与I/O相关的结束条件。

默认: False

**IOCheckInputBit 属性**

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定目标位。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	7167

默认: 0

**IOCheckInputStatus 属性**

此属性设定与I/O相关的结束条件的认定条件。

当IOCheckEnabled为True时使用此属性。

根据IOCheckInputBit指定的位，认定结束条件是否满足。

值	说明
Off	如果输入位是OFF (0)，则认定满足结束条件。
On	如果输入位是ON (1)，则认定满足结束条件。

默认: Off

**有关 PressMove 对象的结果的详细信息**

**EndStatus 结果**

这是执行的结果。

满足 4.2.2.8 PressMove 对象 中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

**Time 结果**

这是执行所需的时间。

单位: [sec]

**EndForces 结果**

当力觉向导对象结束时，此结果为力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**EndPos 结果**

力觉向导对象结束时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

**AvgForces 结果**

力觉向导对象执行期间的力和转矩平均值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**PeakForces 结果**

力觉向导对象执行期间的力和转矩峰值。峰值是绝对值最大的值。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**ForceCondOK 结果**

这是是否满足与力相关的结束条件。

值	说明
True	满足与力相关的结束条件。
False	不满足与力相关的结束条件。

**TriggeredForces 结果**

这是满足与力相关的结束条件时的力和转矩。获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**TriggeredPos 结果**

满足与力相关的结束条件时的位置。获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg.]

**PosCondOK 结果**

它表示是否满足与位置相关的结束条件。

值	说明
True	满足与位置相关的结束条件。
False	不满足与位置相关的结束条件。

**IOCondOK 结果**

它表示是否满足与 I/O 相关的结束条件。

值	说明
True	满足与I/O相关的结束条件。
False	不满足与I/O相关的结束条件。

#### 4.2.2.9 Decision对象

Decision对象用于根据力觉向导序列中对象的结果，更改要执行的力觉向导对象。

对于轴孔装配任务，此对象用于确定是否执行PressProbe对象。使用此对象可以根据机器人的实际动作状态执行所需的力觉向导对象。

#### Decision 对象的属性设定准则

##### 步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name、Description和Enabled)。

属性	说明、设定准则
Name	力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	力觉向导对象的描述。 描述操作。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象，比如转而执行另一个力觉向导对象时。

##### 步骤 2. 设定条件

设定与条件相关的属性(ConditionObject和TrueCond)。

属性	说明、设定准则
ConditionObject	要检查结果的力觉向导对象。 设定要检查的力觉向导对象。
TrueCond	将条件设为True。 在ConditionObject指定的力觉向导对象的EndStatus满足TrueCond指定的条件时转到True分支。

## 有关 Decision 对象的属性的详细信息

### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。

创建 Decision 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 Decision 后面添加一个编号(例如 Decision01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线“\_”。

NOTE: 第一个字符不能是数字。

### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。

您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。

指定 True 时，将执行力觉向导对象。

指定 False 时，将执行下一个力觉向导对象，而不执行 Decision 对象以及分支中的所有力觉向导对象。

想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

### ConditionObject 属性

设定要用作条件认定的目标的力觉向导对象。

指定将在 Decision 对象之前写入的力觉向导对象。根据该结果，程序将转到 True 分支或 False 分支。

### TrueCond 属性

将分支的条件设为 True。

根据 ConditionObject 指定的力觉向导对象的结果(EndStatus 结果)，程序将转到 True 分支。

值	说明
TargetPassed	目标力觉向导对象已成功时，程序将转到True分支。
TargetFailed	目标力觉向导对象已失败时，程序将转到True分支。
TargetNoExec	目标力觉向导对象未执行时，程序将转到True分支。

默认: TargetPassed

4.2.2.10 SPELFunc对象

在执行序列的过程中，SPELFunc对象将执行指定的SPELFunc。

此对象用于执行力控制功能以外的其他处理，例如I/O操作或安全移动到开始位置。要由SPELFunc对象指定的函数必须具有可用于参数的字符串类型变量，并且返回值类型必须为布尔。对象名称将传递到参数。

指定函数的返回值为True时，表明SPELFunc对象成功；返回值为False时，表明该对象失败。

SPELFunc 对象的属性设定准则

步骤 1. 设定基本信息

设定与基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设定准则
Name	此属性设定力觉向导对象的名称。 设定特定名称。
Description	此属性设定关于力觉向导对象的描述。 描述操作说明。设定一个字符串。
Enabled	设定是否执行力觉向导对象。 True : 正常 False : 不执行本力觉向导对象，比如转而执行另一个力觉向导对象时。
StepID	力觉向导对象执行期间的StepID。 设定一个ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。它有助于了解日志数据对应哪个流程。 当力觉向导序列的AutoStepID为False时，将应用此属性。
AbortSeqOnFail	当力觉向导对象失败时，是中止还是继续力觉向导序列。 要执行的SPELFunc的返回值为False时，表明SPELFunc对象失败。 True : 正常 中止力觉向导序列。 False : 力觉向导序列失败时，将包含恢复动作，或者力觉向导序列将能够继续。

## 步骤 2. 设定要执行的函数

设定与要执行的函数相关的属性(FuncName)。

属性	说明、设定准则
FuncName	<p>设定要执行的SPELFunc的名称。</p> <p>如以下示例中所示，要由SPELFunc对象指定的函数必须具有可用于参数的字符串类型变量，并且返回值类型必须为布尔。</p> <pre>Function MyFunc(ObjectName\$ As String) As Boolean     MyFunc = True Fend</pre>

### 有关 SPELFunc 对象的属性的详细信息

#### Name 属性

此属性将设定分配给力觉向导对象的特定名称。

创建 SPELFunc 对象时，系统会自动分配名称。自动分配的名称是在 SPELFunc 后面添加一个编号(例如 SPELFunc01)。

您可以更改名称。最多设定 16 个字符。请使用字母数字字符和下划线[ \_ ]。

NOTE: 第一个字符不能是数字。

#### Description 属性

此属性设定关于力觉向导对象的描述。

您可以将字符串设定为最多 255 个字符。

#### Enabled 属性

此属性设定是否启用力觉向导对象。

指定 True 时，将执行力觉向导对象。

指定 False 时，将执行下一个力觉向导对象，而不执行 Decision 对象以及分支中的所有力觉向导对象。

想要暂时保存力觉向导序列，或者在力觉向导序列创建过程中想要复制力觉向导对象，以尝试使用不同的参数时，请使用此属性。

值	说明
True	启用力觉向导对象。
False	禁用力觉向导对象。

默认: True

#### StepID 属性

此属性设定力觉向导对象执行期间的StepID。

仅当AutoStepID为False时使用此属性。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

**AbortSeqOnFail 属性**

此属性设定力觉向导对象失败时的操作。

当指定True时，如果力觉向导对象失败，程序会结束力觉向导序列，并转到下一个 SPEL 语句。

指定False时，即使力觉向导对象失败，程序也将继续处理下一个力觉向导对象，而不中止力觉向导序列。

想要继续力觉向导序列时(例如，当力觉向导对象失败时，在力觉向导序列中包含恢复流程)，请使用此属性。

值	说明
True	当力觉向导对象失败时，中止力觉向导序列。
False	当力觉向导对象失败时，启动下一个力觉向导序列。

默认: True

**FuncName 属性**

设定要执行的 SPELFunc 的名称。

要由 SPELFunc 对象指定的函数必须具有可用于参数的字符串类型变量，并且返回值类型必须为 Boolean。

要指定的 SPELFunc 的返回值为 False 时，表明 SPELFunc 对象失败。

以下是可用 SPELFunc 的示例。

```
Function MyFunc(ObjectName$ As String) As Boolean
    MyFunc = True
Fend
```

**有关 SPELFunc 对象的结果的详细信息**

**EndStatus 结果**

这是执行的结果。

满足 4.2.2.10 SPELFunc 对象 中所述的“成功条件”时，它将成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象成功。
Failed	力觉向导对象失败。
NoExec	未执行力觉向导对象。
Aborted	力觉向导对象执行期间中止。

**Time 结果**

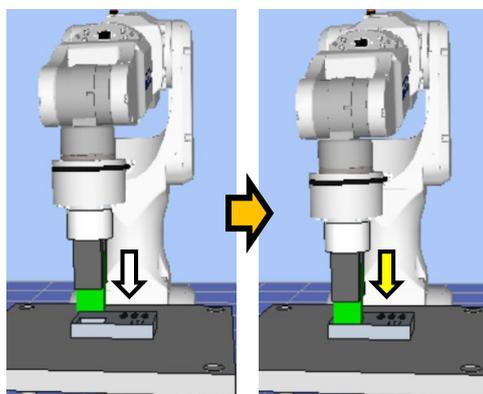
这是执行所需的时间。

单位: [sec]

## 4.3 Paste序列和对象

**Paste**序列是，给机器人指定方向和力度，然后进行贴合动作。贴合时还可以跟随对齐按压面。可用于将抓取的工件贴合至另一个工件上。

**Paste**序列由**Paste**对象组成。可根据需要，添加通用力觉向导对象。



上图所示为**Paste**序列的动作示意图。从非接触状态开始执行，然后按白色箭头的所示方向移动。达到接触状态后，如黄色箭头所示，保持恒定的力。以上操作通过**Paste**对象执行。

本章节将介绍**Paste**序列和**Paste**对象的序列向导、属性和设定方法。有关通用力觉向导对象，请参阅以下章节。

软件篇 4.2.2 通用力觉向导对象

### 4.3.1 Paste序列的向导配置指南

使用序列向导创建 **Paste** 序列。可通过下述方法显示向导。

- 右键单击流程图的序列流程或序列树的序列节点，选择[Sequence Wizard]。
- 单击 **Paste** 序列属性的 Wizard 设置值[Click to open->]右侧显示的图标。

显示序列向导之后，根据画面指示进行设置。

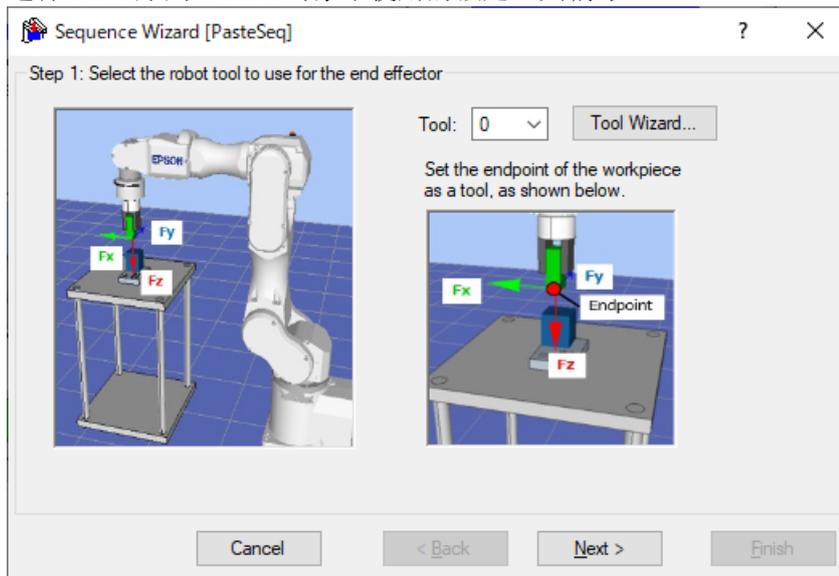
也可以通过力觉向导序列的新建画面设置 **Paste** 序列的序列向导。详情请参阅以下章节。

软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

- 新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列

Step 1. Select the robot tool to use for the end effector

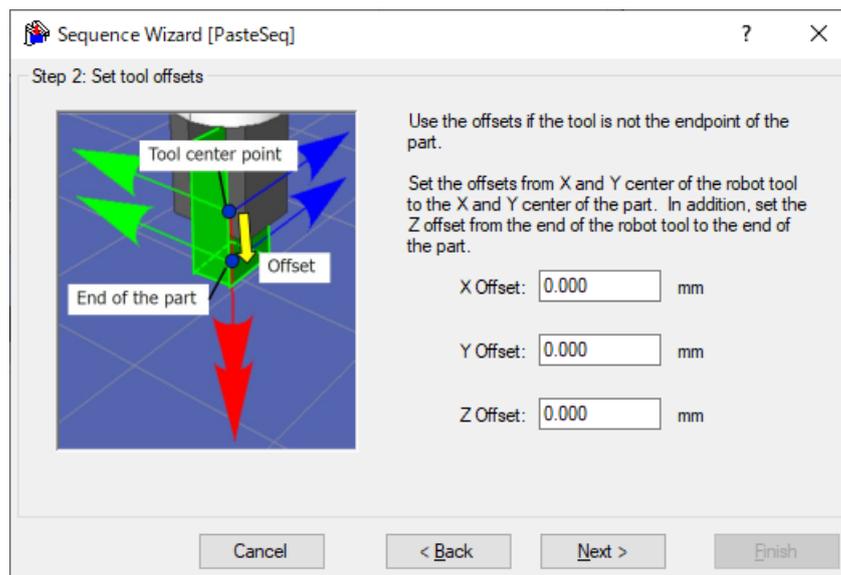
选择 Paste 序列、Paste 对象中使用的预定工具编号。



项目	说明、设置指南
Tool	<p>选择要使用的工具编号。请选择工具编号，以使工件端点为工具原点。已设置的工具编号会排列在列表框中。如需设置新工具时，可使用工具向导按钮进行设置。 有关工具向导请参阅以下内容。 《EPSON RC+ 7.0用户指南》 5. EPSON RC+ 7.0 GUI- 5.12 [Tools]菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Tools]面板</p> <p>最小值：0 最大值：已设置工具编号的最大值 默认值：0</p>
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	从创建新序列的画面打开时，可以返回上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

## Step 2. Set tool offsets

当 Step 1 中的工具未设置在工件前端中心位置时，需设置此步骤。请设置工具到工件前端中心的偏移量。



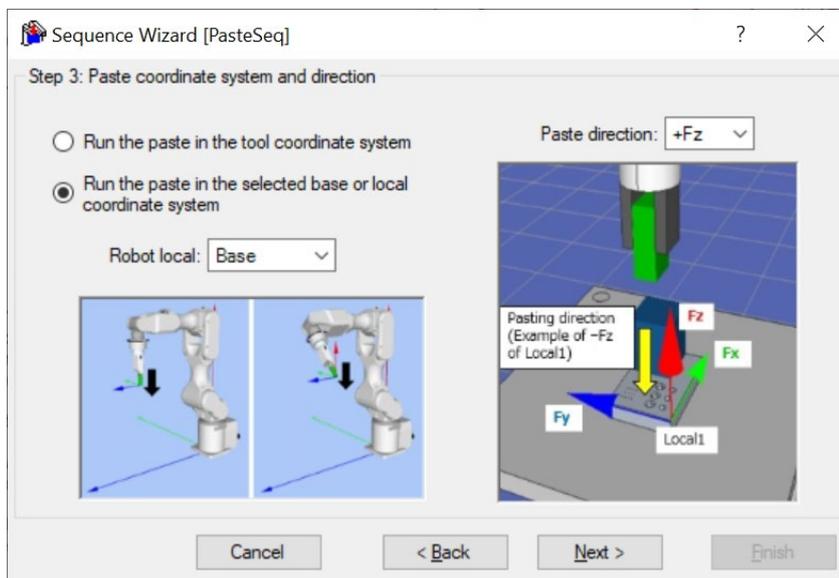
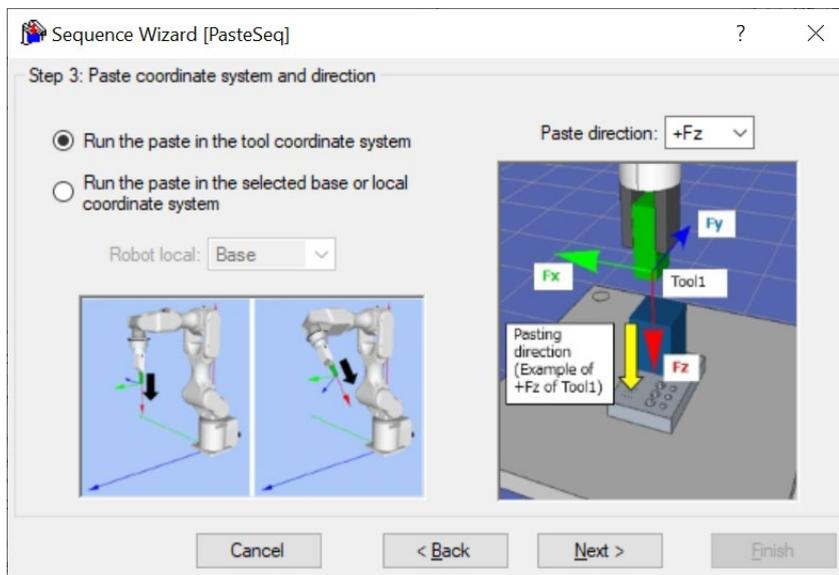
项目	说明、设置指南
X Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，X方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Y Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Y方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Z Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Z方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 3. Paste coordinate system and direction

设置贴合方向。

如需在启动序列时，根据姿态执行贴合作业时，请选择“Tool”。

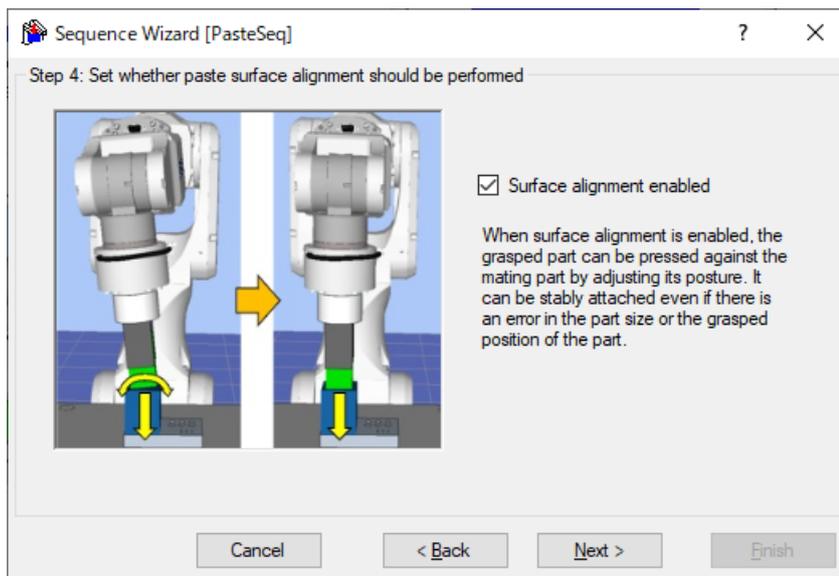
如在启动序列时，需在工件的相应方向上进行贴合作业，而无需关注姿态时，请选择“Base, Local”。



项目	说明、设置指南
Robot local	<p>选择Paste序列使用的坐标系。</p> <p>若Paste坐标系选择了“Base, Local”，则机器人在该坐标系中运行。</p> <p>请根据要贴合的工件的方向选择坐标系。</p> <p>最小值：Base(0)</p> <p>最大值：15</p> <p>默认：Base</p>
Paste direction	<p>选择贴合的方向。</p> <p>若在 Paste 坐标系中选择了“Tool”时，Paste 序列和 Paste 对象会在 Step1 设置的工具坐标系中，按照选择的贴合方向进行动作。</p> <p>若在 Paste 坐标系中选择了“Base, Local”时，Paste 序列和 Paste 对象会在坐标系设置的 Base 坐标系或本地坐标系中，按照选择的 Paste 方向进行动作。</p> <p>值：+Fx、-Fx、+Fy、-Fy、+Fz、-Fz</p> <p>默认：+Fz</p>
<Cancel>按钮	<p>取消创建新 Paste 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

Step 4. Set whether paste surface alignment should be performed

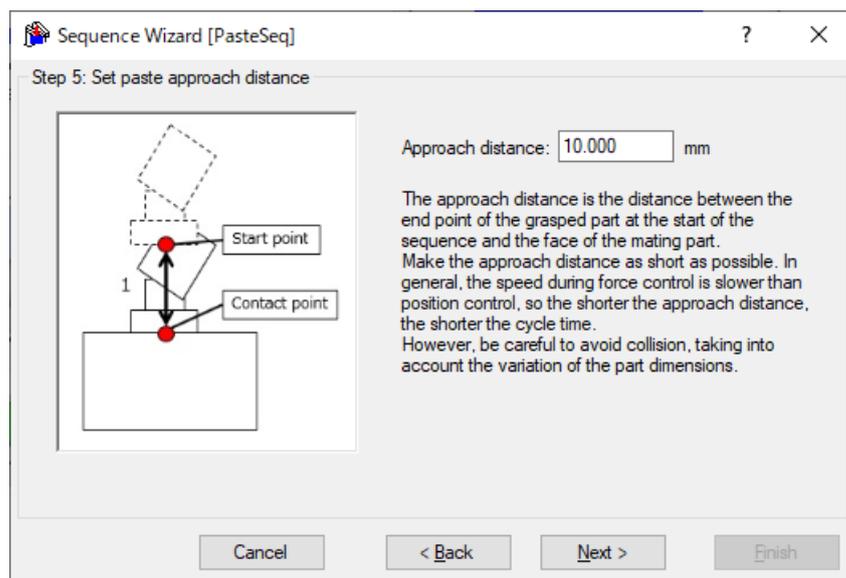
选择是否启用面对齐操作。

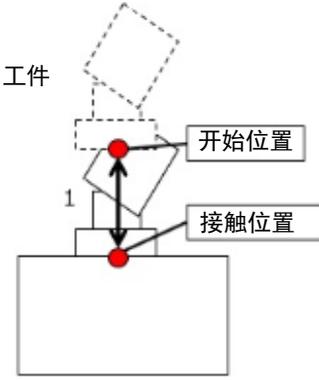


项目	说明、设置指南
Surface alignment enable	设置将工件贴合到指定对象的表面。 如果设为有效，则会在贴合动作期间，沿着向导左图所示黄色箭头(旋转)方向，进行面对齐操作。 当工件表面和贴合对象的表面不匹配时，请使用该选项。 默认：有效
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 5. Set paste approach distance

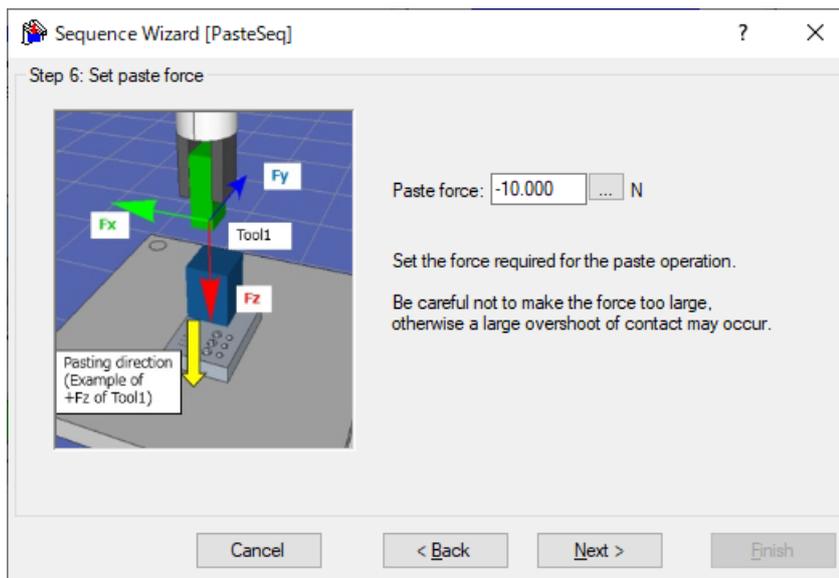
设置贴合时的接近距离。



项目	说明、设置指南
Approach distance	<p>设置接近距离。</p> <p>接近距离如下图中红点所示。是指从Paste序列开始所抓取的工件的顶点，到贴合对象上方的1的距离。</p> <p>示教开始位置时，请尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此接近距离越长，循环时间越长。</p>  <p>最小值：0[mm]                      最大值：50[mm]                      默认值：10[mm]</p>
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

Step 6. Set paste force

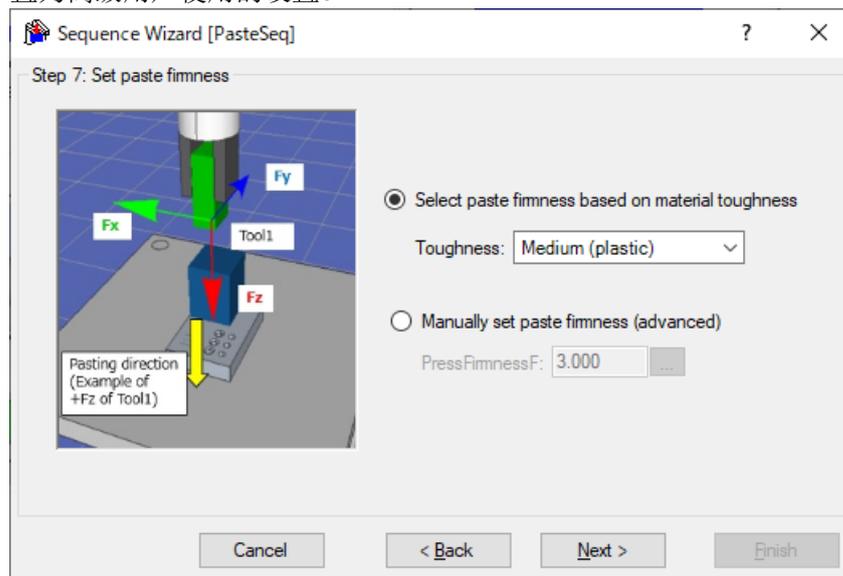
设置贴合时所需的力度。



项目	说明、设置指南
Paste force	设置贴合方向上的力。 按下  按钮，即可使用滑块调整贴合的力。 - 贴合方向为正方向时 最小值：-50.0[N] 最大值：0.0[N] 默认值：-10.0[N] - 贴合方向为负方向时 最小值：0.0[N] 最大值：50.0[N] 默认值：10.0[N]
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

## Step 7. Set paste firmness

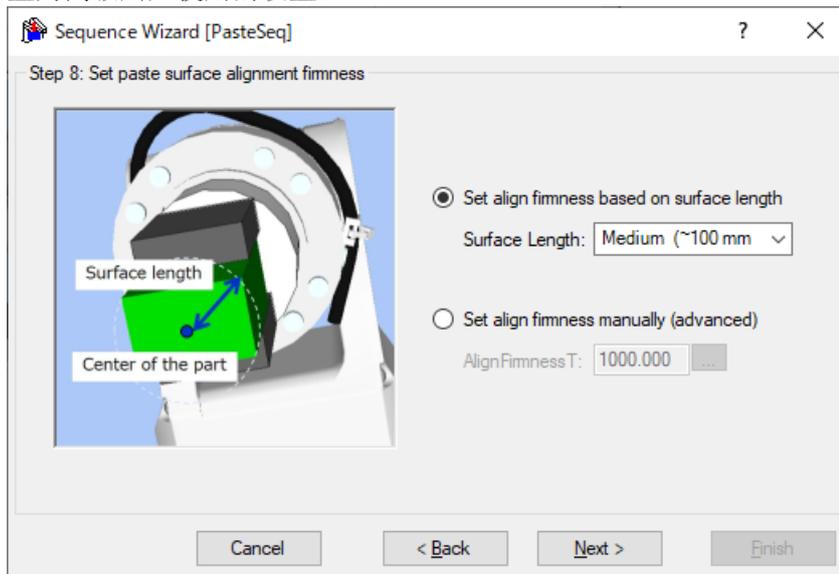
通过预设选项，设置贴合方向上力控制功能的强度。也可以直接设置属性，但该设置为高级用户使用的设置。

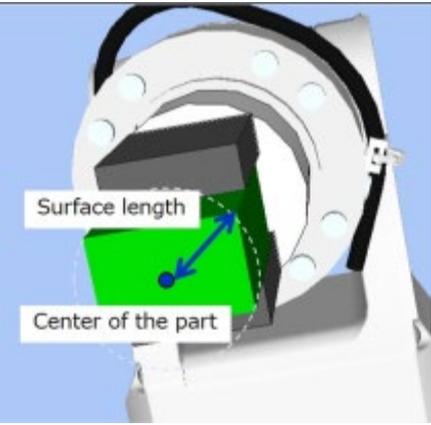


项目	说明、设置指南
Toughness	选择工件材质的韧性。从“Fragile (glass)”、“dium (plastic)”和“Hard (metal)”3个预设选项中选择。 选择“Fragile (glass)”时： 贴合方向的力的反作用慢。 选择“Hard (metal)”时： 贴合方向的力的反作用快。
PressFirmnessF	设置贴合方向的力控制功能的强度。 选择的值越大： 强度越大，反应越慢。 选择的值越小： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。 选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。 如果按下...按钮，则可利用滑块调整强度。 最小值：0.1 最大值：10 默认值：3.0
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 8. Set paste surface alignment firmness

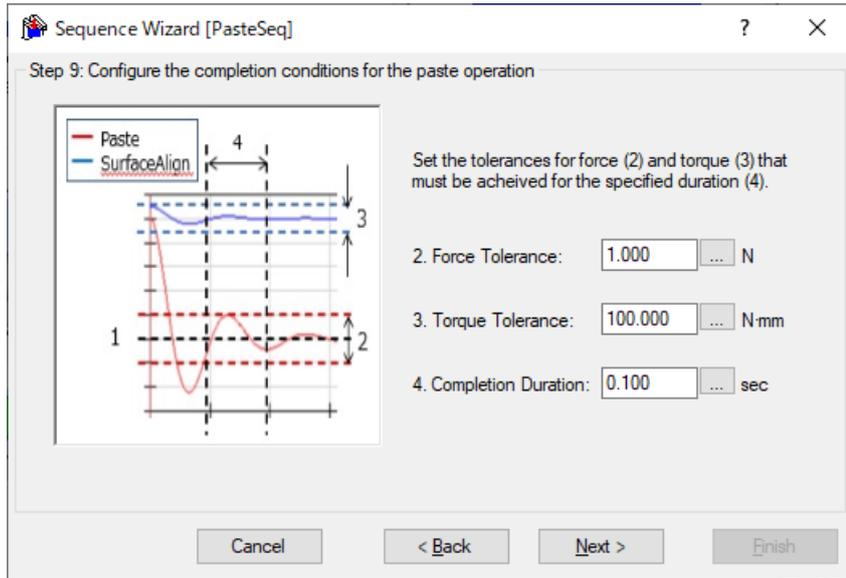
通过预设选项，设置贴合方向上力控制功能的强度。也可以直接设置属性，但该设置为高级用户使用的设置。

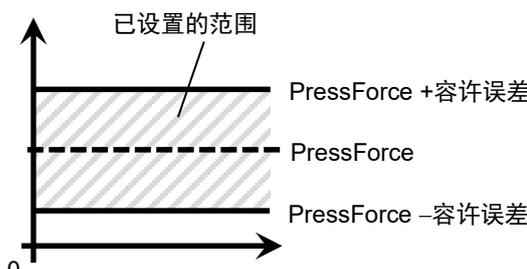


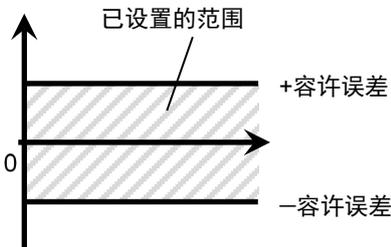
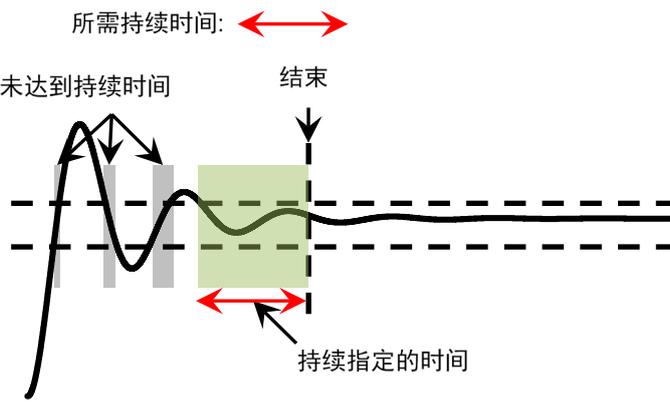
项目	说明、设置指南
Surface length	<p>选择接触位置(已设置的工具中心位置)到工件端点之间的长度。从“Short”、“Medium”、“Long”3个预设选项中选择。各选项的公差参考如下。</p> <p>Short: ~60[mm]                      Medium: ~100[mm]                      Long: ~200[mm]</p> <p>下图的蓝色箭头为长度。以工件接触位置为中心，绘制一个与工件端点仅在一处接触的圆时，该圆半径为设置的长度。</p>  <p>选择的长度越短，面对齐操作的反应越快。选择的长度越短，面对齐操作的反应越快。</p>

项目	说明、设置指南
AlignFirmnessT	设置面对齐方向的力控制功能的强度。 设置的值越大： 强度越大，反应越慢。 设置的值越大： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。 选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。 如果按下  按钮，则可利用滑块调整强度。 最小值：10.0 最大值：100000 默认值：1000
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

Step 9. Configure the completion conditions for the paste operation  
 设置贴合作业的完成条件。

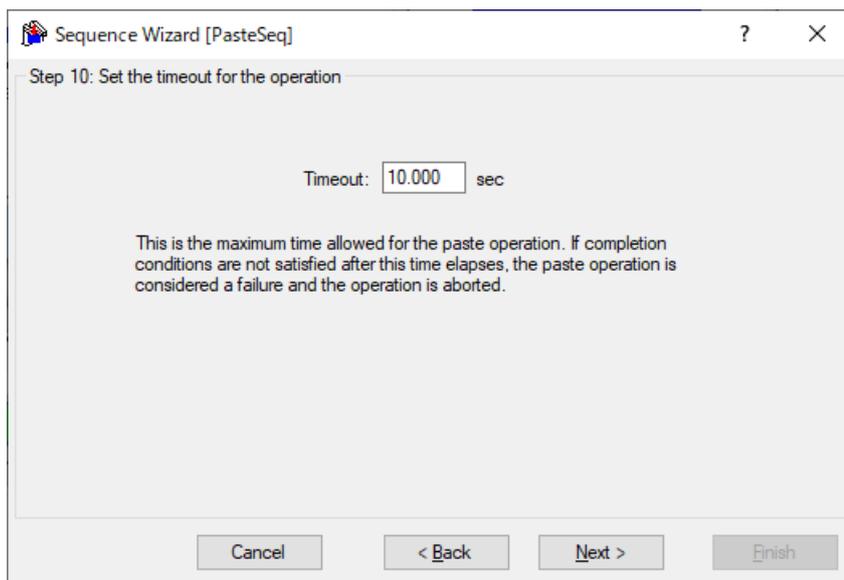


项目	说明、设置指南
Force Tolerance	<p>力的终止条件的范围。设置作为结束条件的范围。</p> <p>用于监视由Fx、Fy、Fz贴合方向指定的方向的力 (InsertForce)，是否在InsertForce±容许误差范围内。比如，将插入方向设为+Fz时，监视Fz方向的力是否在范围内。</p> <p>示意图如下。</p>  <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：0.1[N]                      最大值：10[N]                      默认值：1.0[N]</p>

项目	说明、设置指南
Torque Tolerance	<p>设置有关转矩的结束条件的范围。</p> <p>用于监视Tx、Ty、Tz的转矩是否在±容许误差范围内。但是不会监视贴合方向周围的扭矩。比如，将贴合方向设为+Fz，并启用面对齐功能时，将监视Tx、Ty方向的转矩是否在范围内的。禁用面对齐功能时，扭矩监控功能无效。</p> <p>示意图如下。</p>  <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：1[N·mm]                      最大值：100000[N·mm]                      默认值：100[N·mm]</p>
Completion Duration	<p>设置要判定为满足结束条件的持续时间。</p> <p>如下图所示，在由所需持续时间指定的时间内，指定条件一直持续时，会判定为满足结束条件。</p>  <p>通常设置接近“0”的较短时间。</p> <p>最小值：0.0[sec]                      最大值：10[sec]                      默认值：0.1[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>取消创建新 Paste 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

Step 10. Set the timeout for the operation

设置作业超时时间。

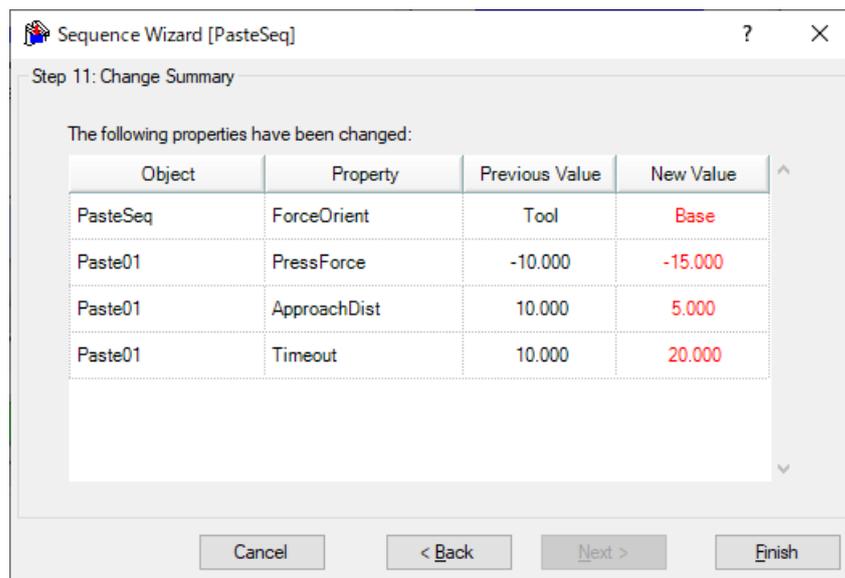


项目	说明、设置指南
Timeout	<p>设置超时时间。设置的超时时间为贴合作业的执行时间。</p> <p>已经过设置的超时时间，但贴合作业仍未满足Step9中设置的完成条件时，会视为作业失败，中断Paste序列。</p> <p>最小值：0.1[sec]                      最大值：60[sec]                      默认值：10.0[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>取消创建新 Paste 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入“Change Summary”画面。从创建新序列的画面打开时，可以转至完成画面。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step 11. Change Summary

可在向导中查看已更改的属性列表。

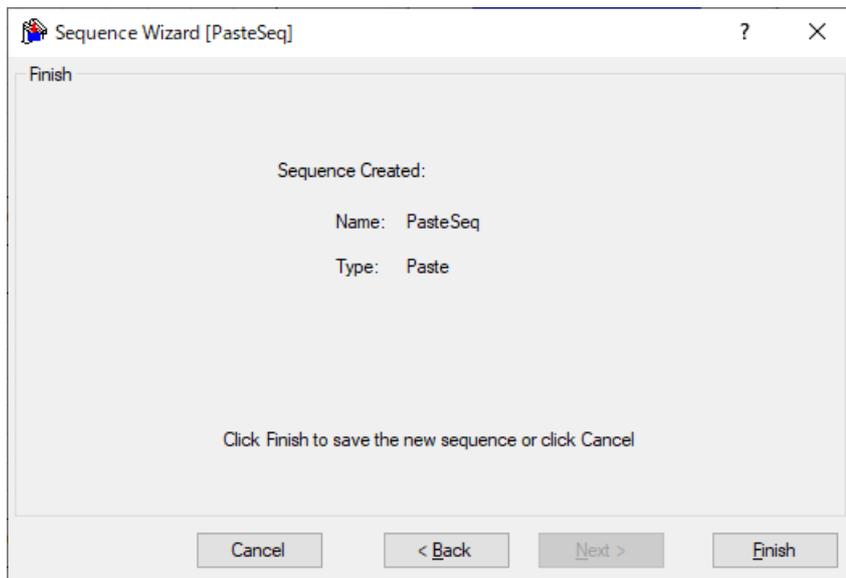
此画面仅在您从序列向导画面中修改了 Paste 序列时显示。新建序列时不显示。



项目	说明
Object Property	向导画面中将显示哪个序列或哪个对象中，哪个属性发生了变更。
Previous Value New Value	向导画面中将显示属性的变更内容。
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到 Step10。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	将 Paste 序列变更为已输入的内容。

### Finish: Paste Sequence Created

设置序列的完成画面。请确认创建的序列向导名称和专用力觉向导序列的类型。从创建新序列的画面打开时，显示该画面。



项目	说明
Name	显示在基本信息中设定的序列名称。 序列名称设置的详情，请参阅以下章节。 软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列 -Step 1: General
Type	显示在3. Select system sequence.中选择的序列类型。 有关Select system sequence的详情，请参阅以下章节。 软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列 -Step 2: Select sequence type
<Cancel>按钮	取消创建新 Paste 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到 Step10。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	完成 Paste 序列的创建。

### 4.3.2 Paste序列

本章节将介绍 Paste 序列的属性和属性的设定方法。

#### 4.3.2.1 Paste序列的向导配置指南

##### Step 1. 设置基本信息

设定基本信息相关的属性。

属性	说明
Name	力觉向导序列的名称。 设置唯一的名称。
Index	力觉向导序列的唯一编号。 自动分配编号。无法设定。
Description	力觉向导序列的说明。 可描述动作的内容。可设置为任意文字。
Version	序列的兼容版本。 序列可在指定的版本中运行。
RobotNumber	执行力觉向导序列的机器人编号。 设定要使用的机器人编号。
RobotType	在RobotNumber中指定机器人的机器人类型。 无法设定。
AutoStepID	设置是否自动设定力觉向导对象的StepID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 True: 一般 False: 手动指定StepID
PointFile	设定在力觉向导序列中使用的点文件。 开始动作时若无法加载指定的点文件, 则会报错。是防止误操作的属性。 如不指定, 则会执行任何加载的点文件。
RobotTool	设定在力觉向导序列中使用的工具编号。 开始动作时若无法加载指定的工具编号, 则会报错。是防止误操作的属性。

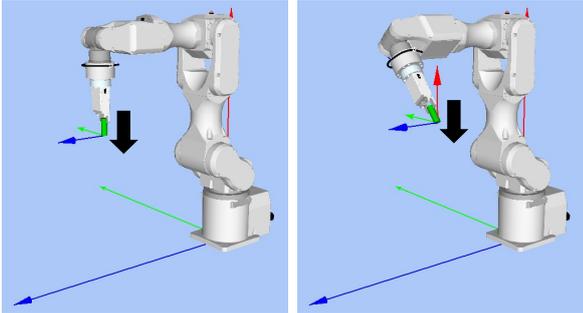
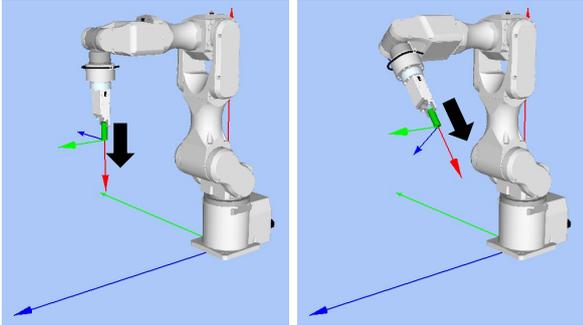
Step 2. 设置传感器值的修正

设置传感器相关的属性(ResetSensor, MPNumber)。

属性	说明、设置指南
ResetSensor	<p>设置在执行力觉向导序列时，若首次执行条件分支和SPEL函数以外的力觉向导对象，是否要重置力觉传感器。</p> <p><b>True:</b> 当开始执行力觉序列时没有发生接触 (通常情况下以非接触状态开始力觉向导序列)</p> <p><b>False:</b> 执行了一个力觉向导序列后，在接触的状态下执行其他力觉向导序列的特殊情况。</p>
MPNumber	<p>设定执行力觉向导序列时使用的质量属性对象的编号。质量属性对象是用于重力补偿属性的集合。</p> <p>“0” :执行力觉向导序列时，姿态(U,V,W)没有发生显著变化创建的质量属性编号</p> <p>          :执行力觉向导序列时，姿态(U,V,W)发生显著变化</p> <p>有关质量属性的详情，请参阅以下章节。</p> <p>软件篇 2.3 重力补偿</p>

### Step 3. 设置力觉控制功能的坐标系

设置力觉控制功能坐标系相关的属性(ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)。

属性	说明、设置指南
ForceOrient	<p>设定执行力控制功能的坐标系方向。</p> <p><b>Base, Local :</b>                      如需执行从外部观察时，始终沿着某个方向执行力觉控制功能(例如，即使在力觉向导序列开始时姿态发生了变化，可也以垂直向下运动)时                      当某个方向与Base坐标系轴不同时指定Local。</p> <p>以下是设定为Base时的示例。                      当沿着-Z方向运动时，即使机器人前端的姿态发生变化，也是种会沿着垂直方向(Base坐标系中的-Z方向)运动。黑色箭头为机器人的运动方向。</p>  <p><b>Tool:</b>                      如需根据开始时的姿态进行力控制功能时</p> <p>以下是设定为Tool时的示例。                      当沿着-Z方向运动时，运动方向会根据机器人前端的姿态的变化而变化。</p> 
RobotLocal	设定ForceOrient为Local时，使用的本地坐标系编号。
RotationCenterTLX RotationCenterTLY RotationCenterTLZ	设置工具坐标系到旋转中心的每个方向的偏移量。

可使用模拟器功能，确认力控制功能的坐标系中的设置。但是若力觉向导序列中没有力觉向导对象时，请先设置力觉向导对象。

有关模拟器的使用方法，请参考以下手册。

《EPSON RC+7.0用户指南》8. 仿真器-8.3 功能说明

Step 4. 设定最大速度和最大加速度

设定最大速度和最大加速度相关的属性(LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)。

属性	说明、设置指南
LimitSpeedS LimitSpeedR	<p>设定力觉向导序列执行时的最大速度。</p> <p>LimitSpeedS: 最大平移速度 LimitSpeedR: 最大旋转角度速度</p> <p>使用力控制功能，会根据力的施加方式变更速度。不会超过LimitSpeedS和LimitSpeedR。</p>
LimitAccelS LimitAccelR	<p>设定力觉向导序列执行时的最大加速度。</p> <p>LimitAccelS: 最大平移加速度 LimitAccelR: 最大旋转角度加速度</p> <p>使用力控制功能，会根据力的施加方式变更加速度。不会超过LimitAccelS和LimitAccelR。 该值越小，受到力时的反应越慢，可能会大幅度反弹。</p> <p>如机器人反弹请增加该值，如机器人振动请减小该值的设定。</p>

Step 5. 设定记录相关的条件

设定记录相关的属性 (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)。

属性	说明、设置指南
LogRobotLocal	<p>将本地坐标系编号设定为要记录的机器人位置的基准。位置相关的日志数据，将被记录为指定的本地坐标系中的位置。</p> <p>Base: 一般 本地坐标系编号 ：如需记录指定的本地坐标系中的位置时</p>
LogFileEnabled	<p>设定是否将运行日志的数据保存到文件中。</p> <p>False: 不保存到文件。 程序运行时，可以在力觉向导窗口的图表中查看日志数据。</p>
LogFileAutoName	<p>设置是否自动设定日志数据文件的名称。</p> <p>True: 自动设定时 根据力觉向导序列名称和开始时间自动设定名称“力觉向导序列名称_年月日_时分秒毫秒”</p> <p>False: 指定任意名称时</p>
LogFileNameVar	<p>LogFileNameVar为False时，设置一个表示日志数据文件名称的全局变量。</p>
LogFileInterval	<p>设定创建文件时，日志数据的采集间隔时间。</p>
LogFileMaxTime	<p>设定创建文件时，日志数据的最长时间。</p>

### 4.3.2.2 Paste序列的属性详情

#### Name 属性

设定力觉向导序列的唯一名称。

无法创建相同名称的力觉向导序列。

名称可修改。不能超过 32 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

#### Index 属性

显示力觉向导序列的编号。

本属性会自动设置和更新。无法更改。

	值
最小值	1
最大值	16

默认:无

#### Description 属性

设定力觉向导序列的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

#### Version 属性

专用序列时的版本为 7.5.1。无法对其进行更改

#### RobotNumber 属性

指定执行力觉向导序列的机器人编号。

若未在指定的机器人上执行力觉向导序列时，则会报错。

值	说明
1~16	执行力觉向导序列的机器人编号。

默认：在序列窗口中指定的机器人编号

#### RobotType 属性

执行力觉向导序列的机器人类型。

本属性会根据 RobotNumber 中指定的机器人编号，自动设置。无法更改。

#### AutoStepID 属性

指定执行力觉向导对象时自动分配 StepID。

自动分配时，力觉向导序列的编号将设为\*100+力觉向导对象编号。

记录 StepID 的文件，与记录力觉向导序列执行时的力与位置的文件相同，该文件被用于确定哪个部分对应哪个力觉向导对象。

值	说明
True	自动设定StepID。
False	设置各力觉向导对象的StepID属性的值。

默认:True

**ResetSensor 属性**

设置在执行力觉向导序列时，若首次执行条件分支和 SPEL 函数以外的力觉向导对象，是否要重置力觉传感器。

值	说明
True	在启动除条件分支和SPEL函数以外的力觉向导对象时，重置力觉传感器。
False	不重置力觉传感器。

默认:True

**MPNumber 属性**

设定执行力觉向导序列时使用的质量属性对象的编号。

质量属性对象是用于重力补偿属性的集合。质量属性对象需提前定义。当力觉向导序列运行中，存在较大的角度变化时，请指定质量属性对象。

值	说明
0	禁用重力补偿。
1~15	使用指定的质量属性。

默认:True

**PointFile 属性**

指定在力觉向导序列中使用的点文件。

力觉向导序列开始运行时，若无法加载本属性指定的点文件，则会报错。是防止误操作的属性。

值	说明
None	未指定 (如不指定点文件，则会执行任何加载的点文件。)
点文件名称	若无法加载指定的点文件，则会报错。

默认:None

**RobotTool 属性**

指定执行力觉向导序列时使用的工具坐标系编号。

力觉向导序列开始运行时，若选择了此属性中未指定的工具坐标系编号，则会报错。是防止误操作的属性。

值	说明
0~16	若未选择指定的工具坐标系编号，则会报错。

默认:None

**ForceOrient 属性**

指定执行力觉向导序列期间适用力控制功能的坐标系方向。

从 Base, Local, Tool 中选择。根据贴合方向指定坐标系。

已指定 Base 或 Local 时，即使机器人姿势发生变化，贴合动作方向也保持不变。

已指定 Tool 时，如果机器人姿势发生变化，工具坐标系的方向则会随之而变，因此贴合动作方向也会改变。

值	说明
Base	将适用力控制功能的坐标系方向设为Base坐标系。
Local	将适用力控制功能的坐标系方向设为本地坐标系。
Tool	将适用力控制功能的坐标系方向设为工具坐标系。

默认: Tool

**RobotLocal 属性**

指定执行力觉向导序列时，适用力控制功能坐标系的本地坐标系编号。  
ForceOrient 属性设置为 Local 时使用。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(Base坐标系)。 于ForceOrient中指定为Base时相同。
1~15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

**RotationCenterTLX 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 X 方向的距离。  
X 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 X 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**RotationCenterTLY 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 Y 方向的距离。  
Y 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Y 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**RotationCenterTLZ 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 Z 方向的距离。  
Z 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Z 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**LimitSpeedS 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制速度变化的范围。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	250

默认: 50

**LimitSpeedR 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大角速度。

力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制角速度变化的范围。

	值(单位: [deg/sec])
最小值	0.1
最大值	180

默认: 25

**LimitAccelS 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大加速度。

力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制加速度变化的范围。

	值(单位: [mm/sec2])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 200

**LimitAccelR 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大角加速度。

力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制角加速度变化的范围。

	值(单位: [deg/sec2])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 100

**LogRobotLocal 属性**

指定执行力觉向导序列时，要记录机器人位置姿态的基准本地坐标系的编号。

机器人的位置姿态记录在，从本属性指定的本地坐标系中看到的工具坐标系的位置姿态中。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(Base坐标系)。
1~15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

**LogFileEnabled 属性**

设定是否将力觉向导序列执行中的力、扭矩和机器人位置姿态保存到文件中。

指定 True 时，显示在监控画面的图表中，并保存至文件。

指定 False 时，显示在监控画面的图表中，但不保存至文件。

值	说明
True	将运行日志的数据保存至文件。
False	不保存运行日志的数据。

默认: True

**LogFileAutoName 属性**

设定是否自动设置，记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态的文件名。

指定为 True 时，将以力觉向导序列名+开始时间的规则自动命名。

力觉向导序列名称\_yyyymmdd\_hhmmssfff.csv

指定为 False 时，会以 LogFileNameVar 中指定的字符串后缀“.csv”进行命名。

值	说明
True	自动设定日志数据文件的名称。
False	将日志数据文件，命名为LogFileNameVar中指定的名称。

默认:True

**LogFileNameVar 属性**

将记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态文件的名称，指定为本属性中设置的全局字符串变量。

当 LogFileAutoName 指定为 False 时，使用该属性。文件名为本属性中执行的字符串后缀“.csv”。

值	说明
None	未指定(自动设定)。
常数名	指定的全局字符串变量的值将作为文件名称。仅可指定字符串变量。

默认:None

**LogFileInterval 属性**

指定记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态的文件，数据的采集间隔时间。

	值(单位: [sec])
最小值	0.002
最大值	1

默认: 0.2

**LogFileMaxTime 属性**

指定记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态文件的最大记录时间。

若最大记录时间小于力觉向导序列的运行时间，则超出的部分将不被记录。请注意。

	值(单位: [sec])
最小值	60
最大值	600

默认: 60

### 4.3.2.3 Paste序列的结果详情

#### EndStatus 结果

运行的结果。

当力觉向导序列运行到最后，并最后一个力觉向导对象成功运行，或最后一个力觉向导对象的 AbortSeqOnFail 属性为 False 时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉向导序列成功。
Failed	力觉向导序列失败。
NoExec	力觉向导序列未执行。
Aborted	力觉向导序列执行中断。

#### FailedStatus 结果

序列执行失败的原因。

当对象的 AbortSeqOnFail 属性为 True 并执行失败时，该结果将返回失败的原因。

值	说明
OK	力觉向导序列成功。
GeneralObjectFailed	通用对象失败。
ForceConditionFailed	因力偏离成功条件范围而失败。
PosConditionFailed	因位置偏离成功条件范围而失败。
Overrun	因超过位置而失败。

#### Time 结果

运行的时长。

单位: [sec]

#### LastExecObject 结果

执行的最后一个力觉向导对象的名称。

#### EndForces 结果

力觉向导序列结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

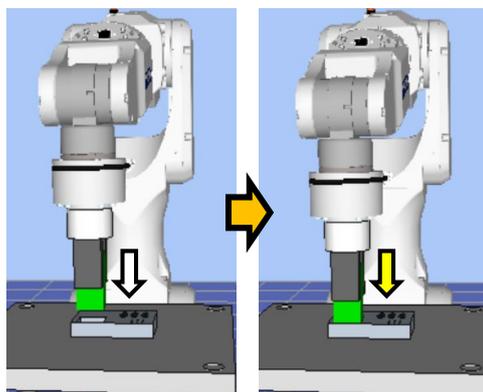
#### PeakForces 结果

力觉向导序列执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### 4.3.3 Paste对象

Paste 对象是力觉向导对象，可控制机器人按照指定的力向指定方向动作。进行贴合动作时，还可以选择进行面对齐操作。



上图所示为 Paste 对象的动作示意图。从非接触状态开始执行，然后按白色箭头的所示方向移动。达到接触状态之后，如黄色箭头所示，保持施加一定力的状态。

当在指定时间内满足结束条件，则 Paste 对象会成功或失败。Paste 对象可使用力和位置相关的结束条件。

始终使用每个结束条件。

当所有结束条件的成功条件达成时：判断 Paste 对象执行完成并执行成功，然后继续下一个力觉向导对象。

当满足各结束条件的某 1 个失败条件：判断 Paste 对象执行失败并完成执行，并中断力觉向导序列的执行。

结束条件	成功条件
有关力的结束条件	在Timeout的指定时间内,必须在HoldTimeThresh指定的时间内满足下述要求  Fx、Fy、Fz中PressOrient指定的轴的力，在PressForce±PressCheckTolF范围内。 Tx、Ty、Tz中FollowOrient指定的轴的扭矩在±AlignCheckTolT范围内。
有关位置的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求  在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离在ApproachDist±DistCheckTol范围内。

结束条件	失败条件
有关位置的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求  在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离超过ApproachDist+DistCheckTol

4.3.3.1 Paste对象的属性配置指南

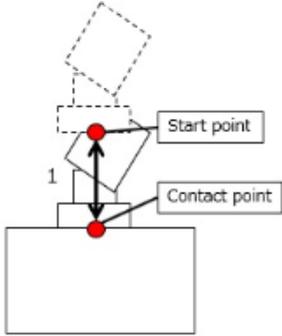
Step.1 设置基本信息

设定基本信息相关的属性(Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设置指南
Name	设置力觉向导对象的名称。 设置唯一的名称。
Description	设置力觉向导对象的描述。 可描述动作的相关说明。可设置为任意文字。
StepID	力觉向导对象执行过程中的StepID。 可设置为任意ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 当力觉向导序列的AutoStepID设置为False时可用。
AbortSeqOnFail	设置当力觉向导对象失败时，终止或继续执行力觉向导序列。 <b>True:</b> 一般力觉向导序列终止。 <b>False:</b> 失败的力觉向导序列中包含恢复动作时，以及力觉向导序列即使失败也可以继续运行时

Step.2 设置目标位置

设定移动轨迹目标位置相关的属性 (ApproachDist)。

属性	说明、设置指南
ApproachDist	<p>设置接近距离。 接近距离如下图中红点所示。是指从Paste序列开始所抓取的工件的顶点，到贴合对象上方的1的距离。</p>  <p>示教开始位置时，请尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此接近距离越长，循环时间越长。</p>

## Step.3 设置贴合方向和力控制功能

设定贴合方向与力控制功能相关的属性 (PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, AlignEnabled, AlignOrient, AlignFirmnessT)。

属性	说明、设置指南
PressOrient	指定贴合的方向。 机器人将沿指定方向动作。
PressForce	设定贴合方向上施加的贴合力。 PressOrient为正方向时：输入负值。 PressOrient为反方向时：输入正值。  请设置客户工件的容许值。 当指定的值太小，机器人可能不会动作。
PressFirmnessF	设置力控制功能的强度。 设置的值越大： 强度越大，反应越慢。 设置的值越小： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。
AlignEnabled	指定是否执行面对齐动作
AlignOrient	面对齐动作时的旋转方向 根据PressOrient自动变化。只读。无法更改。 围绕PressOrient中未指定的2个平移方向旋转。 例如，当PressOrient指定为+Fz或□Fz时，则围绕Fx和Fy旋转的Tx和Ty将是AlignOrient。
AlignFirmnessT	设置旋转方向的力控制功能的强度。 设置的值越大： 强度越大，反应越慢。 设置的值越小： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。

可使用模拟器功能，确认PressOrient中的设置。除指定方向外，坐标系显示为灰色。

但是机器人会根据当前位置显示。请在执行力觉向导对象的位置姿态状态下确认。

有关模拟器的使用方法，请参考以下手册。

《EPSON RC+7.0用户指南》8. 仿真器-8.3 功能说明

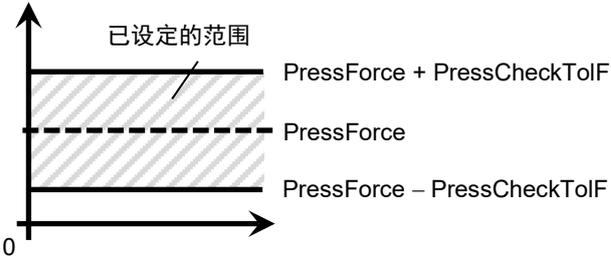
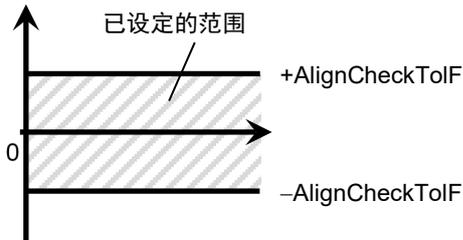
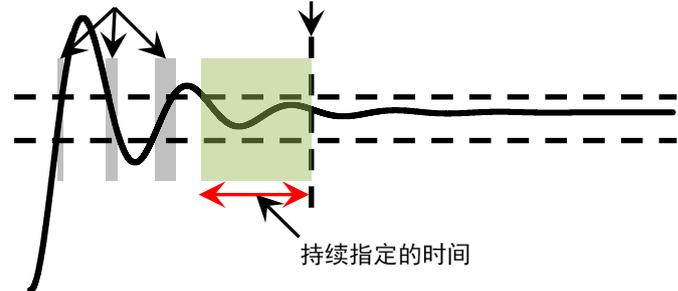
## Step.4 设置结束条件的基本信息

设定超时相关的属性(Timeout)。

属性	说明、设置指南
Timeout	设置超时时间。 未设置结束条件时：为执行时间 设置了结束条件时：在指定时间内为达成结束条件时则为失败

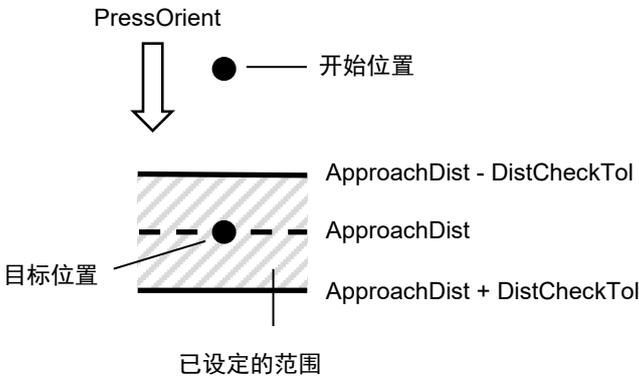
Step 5. 设置力相关的结束条件

设置力结束条件相关的属性(PressCheckToIF, AlignCheckToIT, HoldTimeThresh)

属性	说明、设置指南
<p>PressCheckToIF</p>	<p>力相关结束条件的贴合方向的范围。设置作为结束条件的范围。</p> <p>PressCheckToIF应用于Fx, Fy, Fz。                      监控Fx, Fy, Fz的PressOrient中指定方向的力是否在PressForce±PressCheckToIF范围内。</p> <p>以下为InsertCheckToIF的示意图。</p> 
<p>AlignCheckToIT</p>	<p>设置追踪方向的力结束条件的范围。</p> <p>AlignCheckToIT应用于Tx, Ty, Tz。                      监控Tx, Ty, Tz 中AlignOrient指定方向的扭矩，在±AlignCheckToIT范围内。</p> <p>以下为AlignCheckToIT的示意图。</p> 
<p>HoldTimeThresh</p>	<p>设置要判定为满足结束条件的持续时间。</p> <p>如下图所示，当指定条件持续了HoldTimeThresh中指定的时间时，会判定为满足结束条件。</p> <p>HoldTimeThresh: </p> <p>未达到持续时间      结束</p>  <p>通常设置接近“0”的较短时间。                      建议根据执行时的实际结果确定时间。</p>

Step 6. 设置位置相关的结束条件

设置位置结束条件相关的属性(DistCheckTol)。

属性	说明、设置指南
DistCheckTol	<p>设置位置相关结束条件的插入方向的范围。                      监控在PressOrient指定的方向上，从动作开始位置的移动距离，在 ApproachDist±DistCheckTol 范围内。                      以下为DistCheckTol的示意图。</p> 

### 4.3.3.2 Paste对象的属性详情

#### Name 属性

设置力觉向导对象唯一的名称。

如果创建 Paste 序列，则自动进行命名。自动命名的名称是 Paste 加数字的组合，如 Paste01。

名称可修改。不能超过 16 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

#### Description 属性

设置力觉向导对象的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

#### StepID 属性

指定力觉向导对象执行过程中的StepID。

仅当AutoStepID设置为False时可用。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认:

根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

#### AbortSeqOnFail 属性

设置力觉向导对象失败时候的操作。

当指定为True时，若力觉向导对象失败，则会终止力觉向导序列并继续执行下一个SPEL语句。

当指定为False时，即使力觉向导对象失败，也不会终止力觉向导序列，而继续执行下一个力觉向导对象。

当需要继续执行力觉向导序列时使用(例如，当失败的力觉向导序列包含恢复处理时)。

值	说明
True	力觉向导对象失败时，终止序列。
False	力觉向导对象失败时，执行下一个力觉向导序列。

默认:True

#### PressOrient 属性

在力觉引导序列ForceOrient指定的坐标系中，指定贴合作业的动作方向。

值	说明
+Fx	将指定坐标系+Fx方向指定为动作方向。
-Fx	将指定坐标系-Fx方向指定为动作方向。
+Fy	将指定坐标系+Fy方向指定为动作方向。
-Fy	将指定坐标系-Fy方向指定为动作方向。
+Fz	将指定坐标系+Fz方向指定为动作方向。
-Fz	将指定坐标系-Fz方向指定为动作方向。

默认: +Fz

**PressForce 属性**

指定在力觉引导对象执行过程中，由力觉向导对象PressOrient指定的动作方向上的贴合力。

PressOrient为+Fx、+Fy、+Fz时

	值(单位: [N])
最小值	-50
最大值	0

默认: -10

PressOrient为-Fx、-Fy、-Fz时

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	50

默认: -10

**PressFirmnessF 属性**

指定在力觉引导对象执行过程中，由力觉向导对象PressOrient指定的动作方向上的力控制功能的相关强度。

当PressFirmnessF的值越大，动作方向上的力控制功能强度越高，且对力变化的响应越慢，但不易发生振动。

当PressFirmnessF的值越小，动作方向上的力控制功能强度越低，且对力变化的响应越快，但易于发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认: 3

**AlignEnabled 属性**

指定是否执行面对齐动作

值	说明
True	执行面对齐动作。
False	不执行面对齐动作。

默认: True

**AlignOrient 属性**

贴合动作中设置的平移和旋转的跟随方向。

根据由力觉引导对象PressOrient指定的跟随动作方向自动设置本属性。无法更改。

值	说明
TyTz	向TyTz方向跟随。
TxTz	向TxTz方向跟随。
TxTy	向TxTy方向跟随。

默认: TxTy

**AlignFirmnessT 属性**

指定在力觉向导对象动作期间，跟随方向上的转矩的力控制功能的相关强度。  
 当AlignFirmnessT的值越大，跟随方向上转矩的力控制功能强度越强，且对转矩变化的响应越慢，但不易发生振动。  
 当AlignFirmnessT的值越小，跟随方向上转矩的力控制功能强度越弱，且对转矩变化的响应越快，但易发生振动。

	值
最小值	10
最大值	100000

默认：1000

**PressCheckToIF 属性**

指定力觉向导对象的PressOrient中指定动作方向的，作为结束条件的力的容许范围。

以 $PressForce \pm PressCheckToIF$ 的范围作为结束条件。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认：1

**AlignCheckToIT 属性**

指定跟随旋转方向上作为结束条件的转矩的容许范围。

以 $\pm AlignCheckToIT$ 的范围作为结束条件。

	值
最小值	1
最大值	10000

默认：100

**HoldTimeThresh 属性**

对力相关结束条件，指定到判定位置的持续时间。

当指定的条件持续了HoldTimeThresh中指定的时间时，会判定为满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认：0.1

**ApproachDist 属性**

指定力觉向导对象开始位置到贴合动作开始位置的移动距离。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	50

默认：10

#### DistCheckTol 属性

作业结束时，指定从动作开始位置到移动距离的成功条件的范围。

以 $\text{ApproachDist} \pm \text{DistCheckTol}$ 的范围作为结束条件。

	值
最小值	0.01
最大值	10

默认：1

#### Timeout 属性

指定力觉向导对象的超时时间。

若超过Timeout中指定的时间，且PressForce, PressCheckToIF, AlignCheckToIT中指定的条件未达成时，则判断Paste对象失败。

判定后，会根据AbortSeqOnFail的设置，结束力觉向导序列或继续执行下一个力觉向导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认：10

### 4.3.3.3 Paste对象的结果详情

#### EndStatus 结果

运行的结果。

当满足了“4.3.3 Paste 对象”开头中记载的“成功条件”时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉引导对象已成功。
Failed	力觉引导对象已失败。
NoExec	力觉向导对象未执行。
Aborted	力觉向导对象执行中断。

#### Time 结果

运行的时长。

单位: [sec]

#### TimeOut 结果

是否到达 TimeOut 属性中指定的超时时间。

值	说明
True	到达超时时间。
False	到达超时时间是终止。

#### EndForces 结果

力觉向导对象结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### EndPos 结果

力觉向导对象结束时的位置姿势。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

#### AvgForces 结果

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的平均值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### PeakForces 结果

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### ForceCondOK 结果

是否达成力相关的结束条件。

值	说明
True	达成力相关的结束条件。
False	未达成力相关的结束条件。

**TriggeredForces 结果**

达成力相关结束条件时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。  
单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**TriggeredPos 结果**

达成力相关结束条件时的位置姿态。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。  
单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

**PosCondOK 结果**

是否达成位置相关的结束条件。

值	说明
True	达成位置相关的结束条件。
False	未达成位置相关的结束条件。

**PosLimited 结果**

是否超过位置的限制范围。

值	说明
True	超过位置的限制范围。
False	未超过位置的限制范围。

#### 4.3.4 Paste序列与对象的属性调整指南

下面说明使用Paste序列与对象时的调整方法。

##### FailedStatus 结果显示为 GeneralObjectFailed 时:

因配置到 Paste 序列中的通用对象而导致失败。LastExecObject 结果中显示最后执行的对象。请参考显示对象的属性设置指南或调整指南，调整属性。

##### FailedStatus 结果显示为 ForceConditionFailed 时:

减小贴合方向或旋转方向的 Firmness 值。  
动作可能会产生振动。请调整为可容许的状态。  
调整 Firmness 时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值减少 10%等。  
当减小 Firmness 的值并没有得到改善时，请增加 Timeout 的值。

##### FailedStatus 结果显示为 PosConditionFailed 时:

执行 Paste 对象过程中，因位置偏离对象中设置的位置成功条件范围而导致失败。  
请确认 ApproachDist 的设置不比实际环境的长。

##### FailedStatus 结果显示为 Overrun 时:

执行 Paste 对象期间，即使位置超出对象中设置的位置的成功条件范围，也会因为在力不满足力的成功条件的情况下进行动作，而被判定为超过位置并导致失败。  
请确认 ApproachDist 的设置不比实际环境的短。

##### 面对齐操作耗时过长时:

减小AlignFirmnessT的值，或增加PressForce的值。  
但请注意减小AlignFirmnessT的值，可能会导致机器人运动时产生振动。请调整为可容许的状态。  
调整AlignFirmnessT时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值调整10%等。  
PressForce越大，向工件施加的力越大。设定时请考虑工件所能承受的力。  
工件的接触面越小，贴合时的扭矩越小。扭矩越小，力控制功能的旋转速度越慢。因此，接触面小的工件，即使调整了上述两个属性，也可能无法达到预期时间。

##### 当通过振动运动时:

增加PressFirmnessF或AlignFirmnessT的值。  
在振动运动的方向上调整Firmness的值。  
但机器人的反应速度会变慢。请调整为可容许的状态。  
调整Firmness时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值增加10%等。

**贴合时发生大幅弹跳:**

如每隔几秒就大幅度反弹一次，则操作可能会受到力觉向导序列LimitAccelS的限制。

在低功率条件下运行时也会发生这种情况。

如果在高功率模式下运行没有得到改善，请增加LimitAccelS的值。

如果增加LimitAccelS的值仍没有得到改善，请减小PressFirmness的值。

**在面对齐的过程中 Paste 对象终止时:**

若时间太短，请增加Timeout的值。

若在面没有对齐的情况下，就满足了结束条件时，请减小AlignCheckToIT的值。

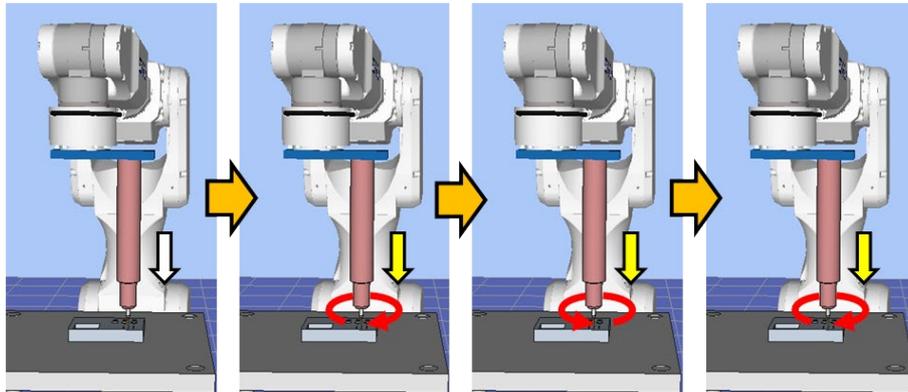
如果减小AlignCheckToIT的值仍没有得到改善，请设置HoldTimeThresh。

工件的接触面越小，贴合时的扭矩越小。此时即使表面倾斜，也可能在AlignCheckToIT指定的范围内。请考虑继续减小AlignCheckToIT的值，或使用Timeout设置的时间进行控制。

## 4.4 ScrewTighten序列和对象

ScrewTighten序列是，在指定的方向施加指定的力，执行拧螺丝的操作。该序列可用于使用I/O电动螺丝刀进行拧螺丝的应用。当拧螺丝过程中发生卡死等无法正确拧紧螺丝等问题时，可以进行重新拧螺丝操作。

ScrewTighten序列由ScrewTighten序列和ScrewTighten对象、ScrewRetighten对象组成。可根据需要，添加或删除通用力觉向导对象。



上图所示为ScrewTighten序列的动作示意图。从非接触状态开始执行，然后按白色箭头所示的拧螺丝方向移动。当接触到对象时，按照黄色箭头所示的拧螺丝方向，以指定的力拧紧螺丝。以上操作通过ScrewTighten对象执行。

此时当螺丝没有正常拧紧，则会沿着黄色箭头所示的拧螺丝方向，以指定的力松开螺丝，然后重新拧紧螺丝。该动作由ScrewRetighten对象执行。

本章节将介绍力觉向导ScrewTighten序列、ScrewTighten对象和ScrewRetighten对象的序列向导、属性和设定方法。有关通用力觉向导对象请参阅以下章节。

软件篇 4.2.2 通用力觉向导对象

### 4.4.1 ScrewTighten序列的序列向导

使用序列向导创建 ScrewTighten 序列。可通过下述方法显示向导。

- 右键单击流程图的序列流程或序列树的序列节点，选择[Sequence Wizard]。
- 单击 ScrewTighten 序列属性的 Wizard 设置值[Click to open->]右侧显示的。

显示序列向导之后，根据画面指示进行设置。

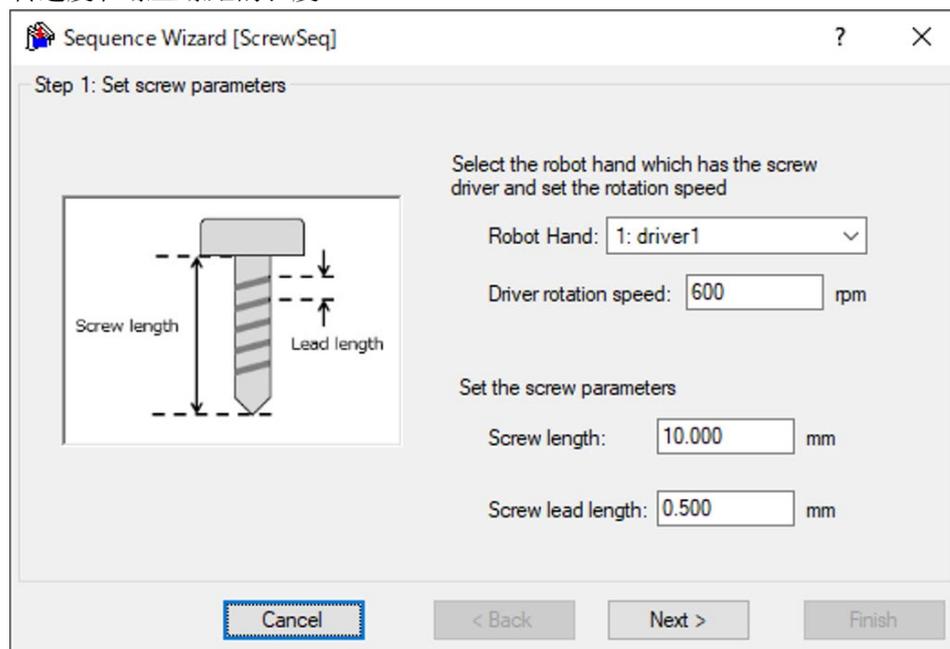
也可以通过力觉向导序列的新建画面设置 ScrewTighten 序列的序列向导。详情请参阅以下章节。

软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

- 新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列

## Step 1. Set screw parameters

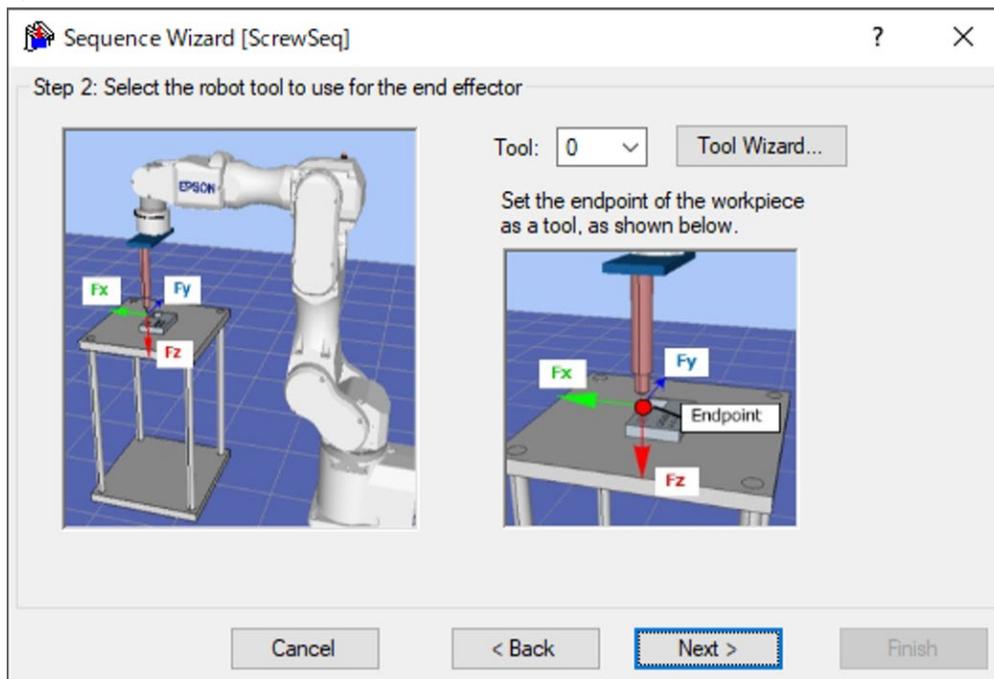
选择 ScrewTighten 序列、ScrewTighten 对象和 ScrewRetighten 对象中要使用的夹具编号，并设置螺丝刀和螺丝。拧螺丝作业时机器人的操作速度，取决于螺丝刀的旋转速度和螺丝螺距的长度。



项目	说明、设置指南
Robot Hand	选择要使用的机器人夹具的编号。显示已设定的机器人夹具的标签。要设置新工具时，可在工具管理器中进行设置。有关机器人夹具请参考以下手册。 《夹具功能手册》 最小值：1 最大值：15 默认值：1
Driver rotation speed	设置电动螺丝刀的旋转速度。 最小值：10.000[rpm] 最大值：2000.000[rpm] 默认值：600.000[rpm]
Screw length	设置螺丝的长度。 最小值：1.000[mm] 最大值：100.000[mm] 默认值：10.000[mm]
Screw lead length	设置螺丝的螺距 最小值：0.100[mm] 最大值：6.000[mm] 默认值：0.500[mm]
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	从创建新序列的画面打开时，可以返回上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

Step 2. Select the robot tool to use for the end effector

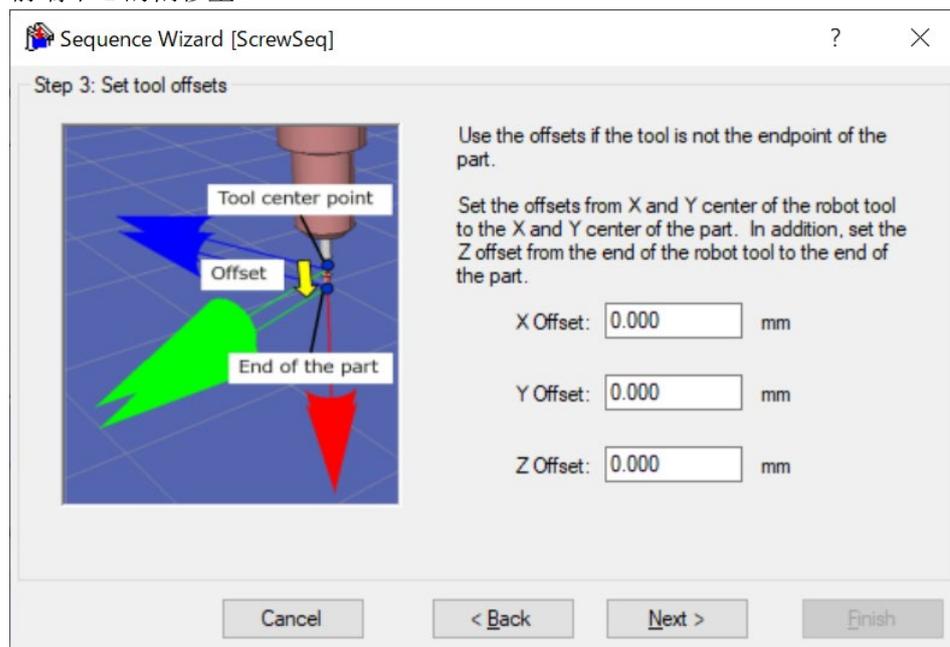
选择 ScrewTighten 序列、ScrewTighten 对象和 ScrewRetighten 对象中要使用的工具编号。



项目	说明、设置指南
Tool	<p>选择要使用的工具编号。请选择工具编号，以使工件端点为工具原点。已设置的工具编号会排列在列表框中。如需设置新工具时，可使用工具向导按钮进行设置。</p> <p>《EPSON RC+ 7.0用户指南》 5. EPSON RC+ 7.0 GUI中，5.12 [Tools]菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Tools]面板</p> <p>最小值：0 最大值：已设置工具编号的最大值 默认值：0</p>
<Cancel>按钮	<p>终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>从创建新序列的画面打开时，可以返回上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step 3. Set tool offsets

当 Step 2 中的工具未设置在工件前端中心位置时需设置此步骤。请设置工具到工件前端中心的偏移量。



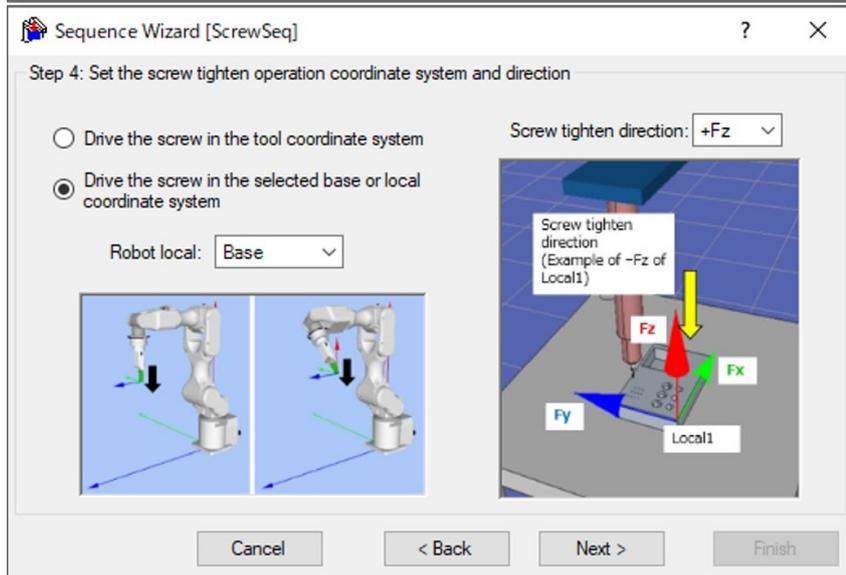
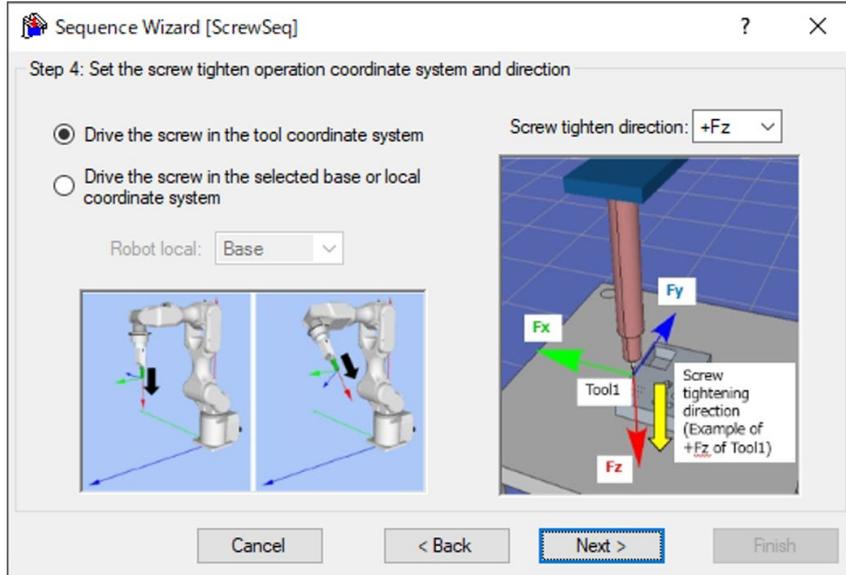
项目	说明、设置指南
X Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，X方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Y Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Y方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Z Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Z方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 4. Set the screw tighten coordinate system and direction

设置拧螺丝的方向。

如需在启动序列时，配合机器人姿态进行拧螺丝操作时，请选择“Tool”。

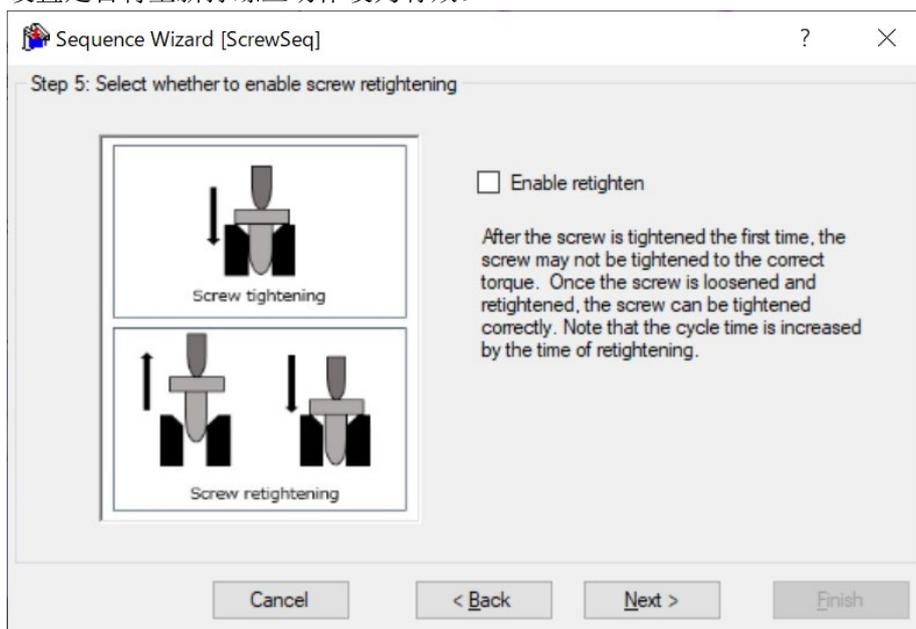
如需在启动序列时，无需关注机器人姿态，仅配合工件的方向进行拧螺丝操作时，请选择“Base, Local”。



项目	说明、设置指南
Robot local	<p>选择ScrewTighten序列使用的坐标系。</p> <p>若ScrewTighten坐标系选择了“Base, Local”，则机器人在该坐标系中运行。请根据已插入工件的方向选择坐标系。</p> <p>最小值：Base(0)            最大值：15            默认：Base</p>
Screw tighten direction	<p>选择拧螺丝的方向。</p> <p>若 ScrewTighten 坐标系选择了“Tool”时，ScrewTighten 序列和 ScrewRetighten 对象会在 Step2 中设置的工具坐标系中，按照选择的拧螺丝方向进行动作。</p> <p>若 ScrewTighten 坐标系中选择了“Base, Local”时，ScrewTighten 序列和 ScrewRetighten 对象会在坐标系设置的 Base 坐标系或本地坐标系中，按照选择的拧螺丝方向进行动作。</p> <p>值：+Fx、-Fx、+Fy、-Fy、+Fz、-Fz            默认：+Fz</p>
<Cancel>按钮	<p>终止创建 ScrewTighten 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step 5. Select whether to enable screw retightening

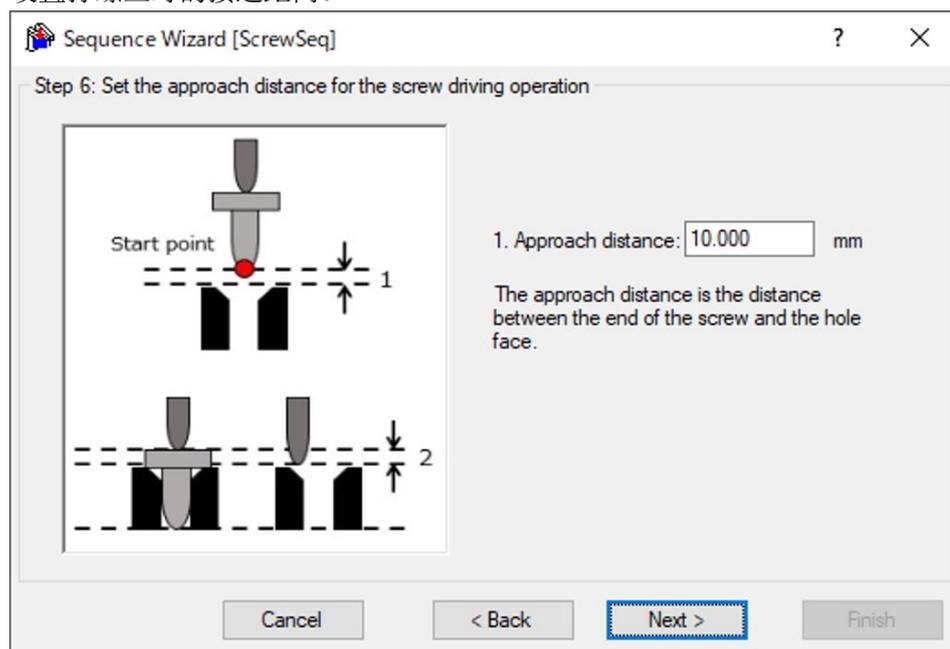
设置是否将重新拧螺丝动作设为有效。



项目	说明、设置指南
Enable retighten	设置是否进行重新拧螺丝的动作。 有效时，若螺丝未正常拧紧，则会松开螺丝并重新拧紧。重新拧紧会使螺丝正常今年，但会延长循环时间。 默认：无效
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

Step 6. Set the approach distance for the screw driving operation

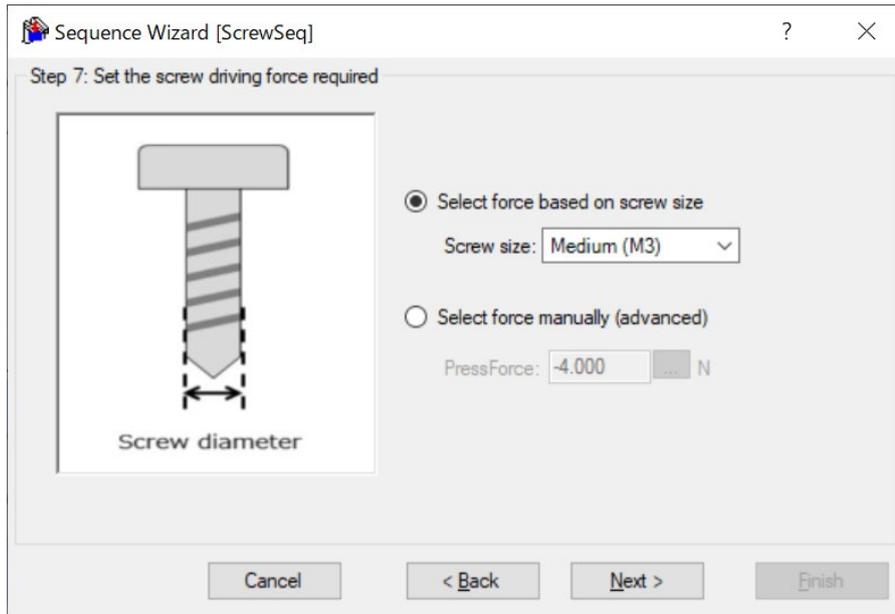
设置拧螺丝时的接近距离。



项目	说明、设置指南
Approach distance	<p>设置接近距离。</p> <p>接近距离如下图中绿点所示。是指从ScrewTighten序列开始所抓取的工件的顶点，到螺丝孔上方的1的距离。</p> <p>示教开始位置时，请尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此接近距离越长，循环时间越长。</p> <p>最小值：0.000[mm]                      最大值：50.000[mm]                      默认值：10.000[mm]</p>
<Cancel>按钮	<p>终止创建 ScrewTighten 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

Step 7. Set the screw driving force required

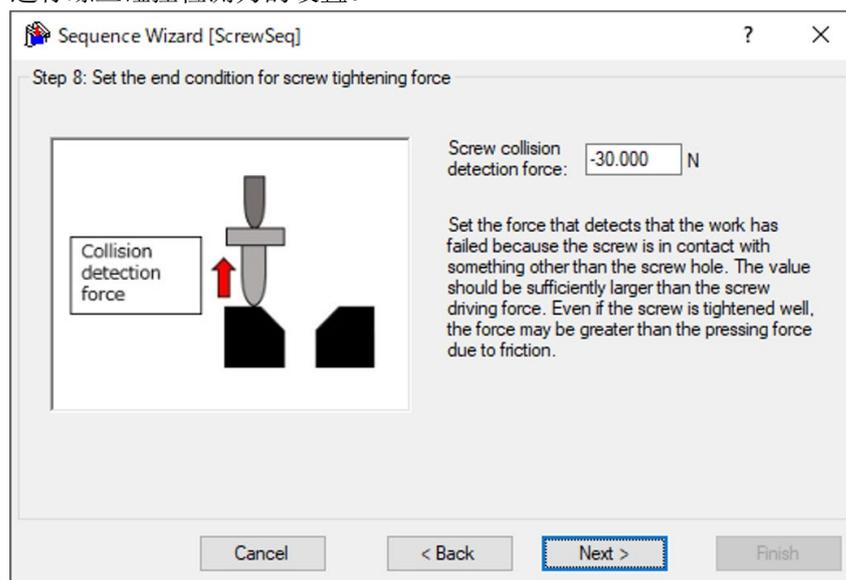
设置拧螺丝所需的压装力。也可以直接设置属性，该项目适用于高级用户。



项目	说明、设置指南
Screw size	<p>设置螺丝的直径。从“Small”、“Medium”、“Large”3个预设选项中选择。如下为选择Screw size的大致标准。</p> <p>Small: M1.5 Medium: M3 Large: M6</p>
PressForce	<p>设定拧螺丝方向上施加的压装力。实际的力可能会因拧螺丝期间，工件与孔之间产生的摩擦力等而大于设置的力。</p> <p>选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。如果按下按钮，则可利用滑块调整压装力。</p> <p>- 拧螺丝方向为正方向时 最小值：-50.0[N] 最大值：0.0[N] 默认值：-10.0[N]</p> <p>- 拧螺丝方向为负方向时 最小值：0.0[N] 最大值：50.0[N] 默认值：10.0[N]</p>
<Cancel>按钮	<p>终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

## Step 8. Set the end condition for screw tightening force

进行螺丝碰撞检测力的设置。

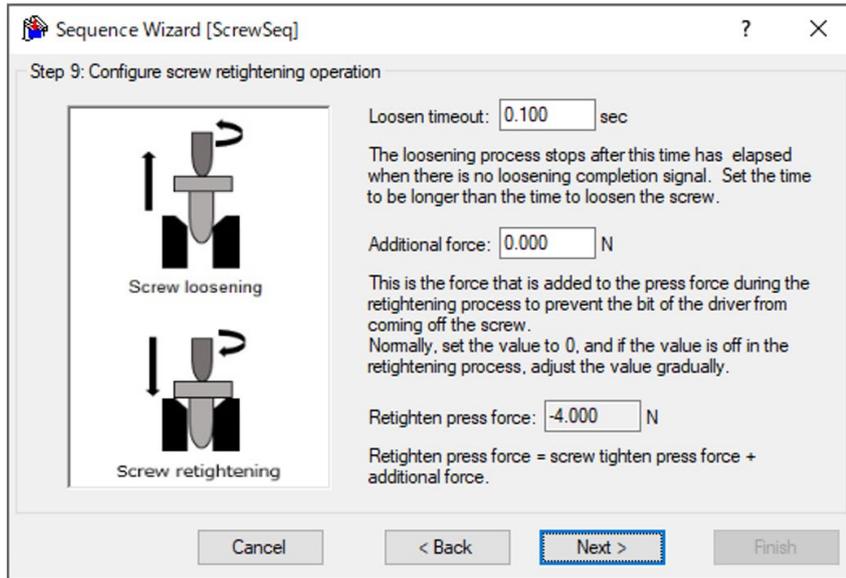


项目	说明、设置指南
Screw collision detection force	<p>设置螺丝碰撞检测力。</p> <p>螺丝碰撞检测力是指，螺丝被压装到螺丝孔以外时，判定为作业失败的力的大小。请将该力设为，比Step7中设置的压装力足够大的力。因为压装力可能会因螺丝与螺丝孔之间产生的摩擦力等而大于设置的力。</p> <p>- 拧螺丝方向为正方向时：            最小值：-100.000[N]            最大值：-10.000[N]            默认值：-30.000[N]</p> <p>- 拧螺丝方向为负方向时：            最小值：10.000[N]            最大值：100.000[N]            默认值：30.000[N]</p>
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 9. Configure screw retightening operation

设置重新拧螺丝作业的参数。

在 Step5 将重新拧螺丝动作设为有效时，会显示该设置画面。

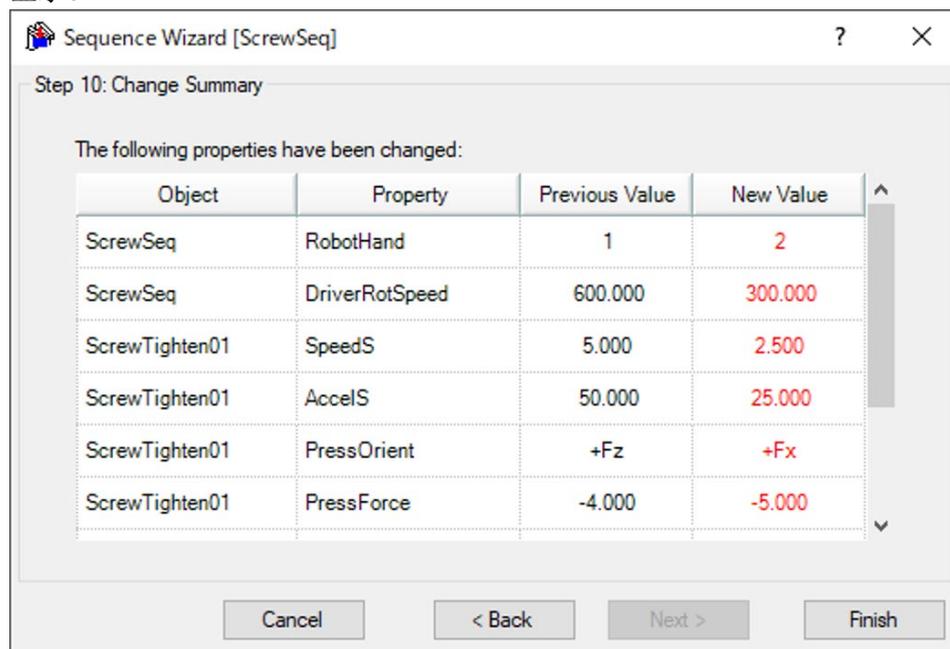


项目	说明、设置指南
Loosen timeout	<p>设置螺丝松开时间。</p> <p>已在机器人夹具末端中设置了螺丝刀的螺丝松开完成刀头时，如果在设置的螺丝松开时间之前接收到螺丝松开完成信号，则会立即停止松开动作。如果在设置的螺丝松开时间之后，则不论有无螺丝松开完成信号，都立即停止松开动作。</p> <p>最小值：0.000[sec]                      最大值：1.000[sec]                      默认值：0.100[sec]</p>
Additional force	<p>设置重新拧螺丝的附加力。</p> <p>重新拧螺丝的附加力是指，在Step7设置的压装力上附加的力，用于确保重新拧螺丝动作期间，螺丝不会从螺丝刀刀头上脱落。通常设为0。重新拧螺丝动作期间螺丝脱落出来时，请缓慢地加力。</p> <p>- 拧螺丝方向为正方向时                      最小值：-20.000[N]                      最大值：0.000[N]                      默认值：0.000[N]</p> <p>- 拧螺丝方向为负方向时                      最小值：0.000[N]                      最大值：20.000[N]                      默认值：0.000[N]</p>
Retighten press force	<p>显示重新拧螺丝压装力。</p> <p>根据Step7设置的拧螺丝压装力与重新拧螺丝的附加力，计算重新拧螺丝的压装力。</p>
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 10. Change Summary

可在向导中查看已更改的属性列表。

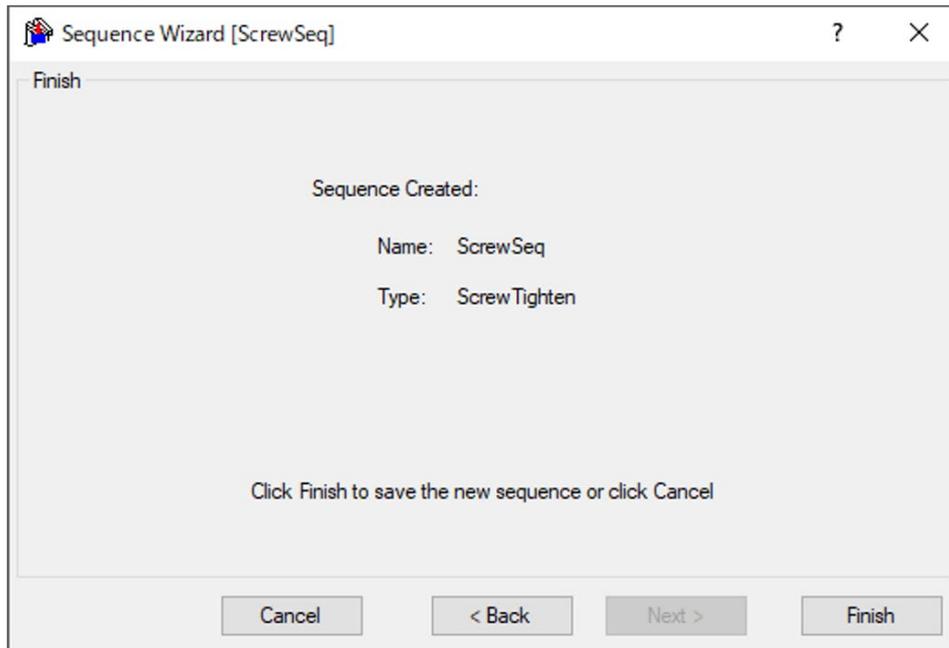
此画面仅在您从序列向导画面中，修改了 ScrewTighten 序列时显示。新建序列时不显示。



项目	说明
Object Property	向导画面中将显示哪个序列或哪个对象中，哪个属性发生了变更。
Previous Value New Value	显示向导设置变化后，属性发生了怎样的变化。
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	当 Step 5 中未启用重新拧螺丝动作时，可以返回 Step 8。 当 Step 5 中启用重新拧螺丝动作时，可以返回 Step 9。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	将 ScrewTighten 序列变更为已输入的内容。

### Finish: ScrewTighten Sequence Created

设置序列的完成画面。请确认创建的序列名称和类型。从创建新序列的画面打开时，显示该画面。



项目	说明
序列名称	显示在基本信息中设定的序列名称。 序列名称设置的详情，请参阅以下章节。 软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列- Step 1: General
Type	显示在专用序列中选择的序列类型。 有关专用序列的详情，请参阅以下章节。 软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列- Step 2: Select sequence type
<Cancel>按钮	终止创建 ScrewTighten 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	当 Step 5 中未启用重新拧螺丝动作时，可以返回 Step 8。 当 Step 5 中启用重新拧螺丝动作时，可以返回 Step 9。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	将 ScrewTighten 序列创建为已输入的内容。

## 4.4.2 ScrewTighten序列

### 4.4.2.1 ScrewTighten序列的属性向导

本章节将介绍设定步骤和各属性的设定方法。

#### Step 1. 设置基本信息

设定基本信息相关的属性。

属性	说明
Name	力觉向导序列的名称。 设置唯一的名称。
Index	力觉向导序列的唯一编号。 自动分配编号。无法设定。
Description	力觉向导序列的说明。 可描述动作的内容。可设置为任意文字。
Version	序列的兼容版本。 序列可在指定的版本中运行。
RobotNumber	执行力觉向导序列的机器人编号。 设定要使用的机器人编号。
RobotType	在RobotNumber中指定机器人的机器人类型。 无法设定。
AutoStepID	设置是否自动设定力觉向导对象的StepID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 True: 一般 False: 手动指定StepID
PointFile	设定在力觉向导序列中使用的点文件。 开始动作时若无法加载指定的点文件, 则会报错。是防止误操作的属性。 如不指定, 则会执行任何加载的点文件。
RobotTool	设定在力觉向导序列中使用的工具编号。 开始动作时若无法加载指定的工具编号, 则会报错。是防止误操作的属性。
RobotHand	指定执行力觉向导序列的机器人夹具编号。 力觉向导序列开始运行时, 若选择了此属性中未指定的机器人夹具编号, 则会报错。  有关机器人夹具的详细信息, 请参阅以下手册。 《夹具功能手册》

Step 2. 设置传感器值的修正

设置传感器值修正的相关属性(ResetSensor, MPNumber)。

属性	说明、设置指南
ResetSensor	<p>设置在执行力觉向导序列时，若首次执行条件分支和SPEL函数以外的力觉向导对象，是否要重置力觉传感器。</p> <p>True: 当开始执行力觉序列时没有发生接触 (通常情况下以非接触状态开始力觉向导序列)</p> <p>False: 执行了一个力觉向导序列后，在接触的状态下执行其他力觉向导序列的特殊情况。</p>
MPNumber	<p>设定执行力觉向导序列时使用的质量属性对象的编号。质量属性对象是用于重力补偿属性的集合。</p> <p>“0” :执行力觉向导序列时，姿态(U,V,W)没有发生显著变化创建的质量属性编号</p> <p>      :执行力觉向导序列时，姿态(U,V,W)发生显著变化</p> <p>有关质量属性的详情，请参阅以下章节。 软件篇 2.3 重力补偿</p>

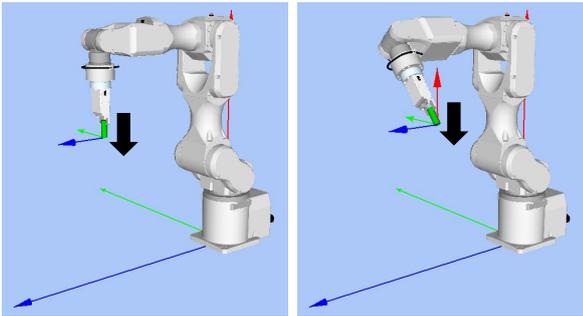
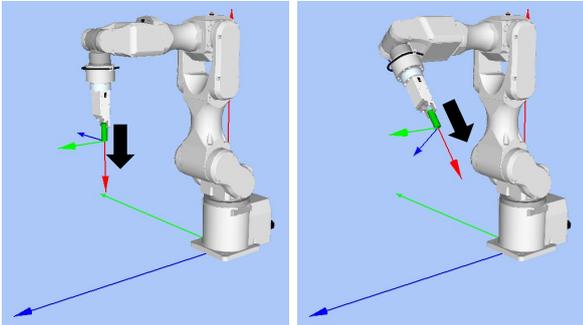
Step 3. 设置螺丝刀动作

设置螺丝刀相关的属性(DriverWaitTime)。

属性	说明
DriverWaitTime	<p>设置从要使用的螺丝刀发出拧螺丝完成信号，到再次收到动作信号的时间。</p> <p>请根据客户使用的螺丝刀进行设置。</p>

## Step 4. 设置力觉控制功能的坐标系

设置力觉控制功能坐标系相关的属性(ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)。

属性	说明、设置指南
ForceOrient	<p>设定执行力控制功能的坐标系方向。</p> <p><b>Base, Local :</b>            如需执行从外部观察时，始终沿着某个方向执行力觉控制功能(例如，即使在力觉向导序列开始时姿态发生了变化，可也以垂直向下运动)时            当某个方向与基本坐标系轴不同时指定Local。</p> <p>以下是设定为Base时的示例。            当沿着-Z方向运动时，即使机器人前端的姿态发生变化，也是种会沿着垂直方向(Base坐标系中的-Z方向)运动。(黑色箭头为机器人的运动方向。)</p>  <p><b>Tool:</b>            如需根据开始时的姿态进行力控制功能时</p> <p>以下是设定为Tool时的示例。            当沿着-Z方向运动时，运动方向会根据机器人前端的姿态的变化而变化。</p> 
RobotLocal	设定ForceOrient为Local时，使用的本地坐标系编号。
RotationCenterTLX RotationCenterTLY RotationCenterTLZ	设置工具坐标系到旋转中心的每个方向的偏移量。

可使用模拟器功能，确认力控制功能的坐标系中的设置。但是若力觉向导序列中没有力觉向导对象时，请先设置力觉向导对象。

有关模拟器的使用方法，请参考以下手册。

《EPSON RC+7.0用户指南》8. 仿真器-8.3 功能说明

Step 5. 设定最大速度和最大加速度

设定最大速度和最大加速度相关的属性(LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)。

属性	说明、设置指南
LimitSpeedS LimitSpeedR	<p>设定力觉向导序列执行时的最大速度。</p> <p>LimitSpeedS: 最大平移速度 LimitSpeedR: 最大旋转角度速度</p> <p>使用力控制功能, 会根据力的施加方式变更速度。不会超过LimitSpeedS和LimitSpeedR。</p>
LimitAccelS LimitAccelR	<p>设定力觉向导序列执行时的最大加速度。</p> <p>LimitAccelS: 最大平移加速度 LimitAccelR: 最大旋转角度加速度</p> <p>使用力控制功能, 会根据力的施加方式变更加速度。不会超过LimitAccelS和LimitAccelR。 该值越小, 受到力时的反应越慢, 可能会大幅度反弹。 如机器人反弹请增加该值, 如机器人振动请减小该值的设定。</p>

Step 6. 设定记录相关的条件

设定记录相关的属性 (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)。

属性	说明、设置指南
LogRobotLocal	<p>将本地坐标系编号设定为要记录的机器人位置的基准。位置相关的日志数据, 将被记录为指定的本地坐标系中的位置。</p> <p>Base: 一般 本地坐标系编号 : 如需记录指定的本地坐标系中的位置时</p>
LogFileEnabled	<p>设定是否将运行日志的数据保存到文件中。</p> <p>False: 不保存到文件。 程序运行时, 可以在力觉向导窗口的图表中查看日志数据。</p>
LogFileAutoName	<p>设置是否自动设定日志数据文件的名称。</p> <p>True: 自动设定时 根据力觉向导序列名称和开始时间自动设定名称 “力觉向导序列名称_年月日_时分秒毫秒”</p> <p>False: 指定任意名称时</p>
LogFileNameVar	<p>LogFileNameVar为False时, 设置一个表示日志数据文件名称的全局变量。</p>
LogFileInterval	<p>设定创建文件时, 日志数据的采集间隔时间。</p>
LogFileMaxTime	<p>设定创建文件时, 日志数据的最长时间。</p>

## 4.4.2.2 ScrewTighten序列的属性详情

**Name 属性**

设定力觉向导序列的唯一名称。

无法创建相同名称的力觉向导序列。

名称可修改。不能超过 32 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

**Index 属性**

显示力觉向导序列的编号。

本属性会自动设置和更新。无法更改。

	值
最小值	1
最大值	16

默认:无

**Description 属性**

设定力觉向导序列的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

**Version 属性**

专用序列时的版本为 7.5.1。无法对其进行更改

**RobotNumber 属性**

指定执行力觉向导序列的机器人编号。

若未在指定的机器人上执行力觉向导序列时，则会报错。

值	说明
1~16	执行力觉向导序列的机器人编号。

默认：在序列窗口中指定的机器人编号

**RobotType 属性**

执行力觉向导序列的机器人类型。

本属性会根据 RobotNumber 中指定的机器人编号，自动设置。无法更改。

**AutoStepID 属性**

指定执行力觉向导对象时自动分配 StepID。

自动分配时，力觉向导序列的编号将设为\*100+力觉向导对象编号。

记录 StepID 的文件，与记录力觉向导序列执行时的力与位置的文件相同，该文件被用于确定哪个部分对应哪个力觉向导对象。

值	说明
True	自动设定StepID。
False	设置各力觉向导对象的StepID属性的值。

默认:True

**ResetSensor 属性**

设置在执行力觉向导序列时，若首次执行条件分支和 SPEL 函数以外的力觉向导对象，是否要重置力觉传感器。

值	说明
True	在启动除条件分支和SPEL函数以外的力觉向导对象时，重置力觉传感器。
False	不重置力觉传感器。

默认:True

**MPNumber 属性**

设定执行力觉向导序列时使用的质量属性对象的编号。

质量属性对象是用于重力补偿属性的集合。质量属性对象需提前定义。当力觉向导序列运行中，存在较大的角度变化时，请指定质量属性对象。

值	说明
0	禁用重力补偿。
1~15	使用指定的质量属性。

默认:True

**PointFile 属性**

指定在力觉向导序列中使用的点文件。

力觉向导序列开始运行时，若无法加载本属性指定的点文件，则会报错。是防止误操作的属性。

值	说明
None	未指定 (如不指定点文件，则会执行任何加载的点文件。)
点文件名称	若无法加载指定的点文件，则会报错。

默认:None

**RobotTool 属性**

指定执行力觉向导序列时使用的，工具坐标系编号。

力觉向导序列开始运行时，若选择了此属性中未指定的工具坐标系编号，则会报错。是防止误操作的属性。

值	说明
0~16	若未选择指定的工具坐标系编号，则会报错。

默认:None

**RobotHand 属性**

指定执行力觉向导序列的机器人夹具编号。

力觉向导序列开始运行时，若选择了此属性中未指定的机器人夹具编号，则会报错。

值	说明
1~15	当指定的机器人夹具未设置时，则会报错。

默认: 1

**DriverWaitTime 属性**

设置从要使用的螺丝刀发出拧螺丝完成信号，到再次收到动作信号的时间。请根据客户使用的螺丝刀进行设置。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认: 1

**ForceOrient 属性**

指定执行力觉向导序列期间适用力控制功能的坐标系方向。

从 Base, Local, Tool 中选择。根据拧螺丝方向指定坐标系。

已指定 Base 或 Local 时，即使机器人姿势发生变化，拧螺丝方向也保持不变。

已指定 Tool 时，如果机器人姿势发生变化，工具坐标系的方向则会随之而变，因此拧螺丝方向也会改变。

值	说明
Base	将适用力控制功能的坐标系方向设为Base坐标系。
Local	将适用力控制功能的坐标系方向设为本地坐标系。
Tool	将适用力控制功能的坐标系方向设为工具坐标系。

默认: Tool

**RobotLocal 属性**

指定执行力觉向导序列时，适用力控制功能坐标系的本地坐标系编号。

ForceOrient 属性设置为 Local 时使用。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(Base坐标系)。于ForceOrient中指定为Base时相同。
1~15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

**RotationCenterTLX 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 X 方向的距离。

X 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 X 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	□2000
最大值	2000

默认: 0

**RotationCenterTLY 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 Y 方向的距离。

Y 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Y 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	□2000
最大值	2000

默认: 0

**RotationCenterTLZ 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 Z 方向的距离。  
Z 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Z 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	□2000
最大值	2000

默认: 0

**LimitSpeedS 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制速度变化的范围。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	250

默认: 50

**LimitSpeedR 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大角速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制角速度变化的范围。

	值(单位: [deg/sec])
最小值	0.1
最大值	180

默认: 25

**LimitAccelS 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大加速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制加速度变化的范围。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 200

**LimitAccelR 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大角加速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制角加速度变化的范围。

	值(单位: [deg/sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 100

**LogRobotLocal 属性**

指定执行力觉向导序列时，要记录机器人位置姿态的基准本地坐标系的编号。机器人的位置姿态记录在，从本属性指定的本地坐标系中看到的工具坐标系的位置姿态中。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(Base坐标系)。
1~15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

**LogFileEnabled 属性**

设定是否将力觉向导序列执行中的力、扭矩和机器人位置姿态保存到文件中。指定 True 时，显示在监控画面的图表中，并保存至文件。指定 False 时，显示在监控画面的图表中，但不保存至文件。

值	说明
True	将运行日志的数据保存至文件。
False	不保存运行日志的数据。

默认: True

**LogFileAutoName 属性**

设定是否自动设置，记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态的文件名。

指定为 True 时，将以力觉向导序列名+开始时间的规则自动命名。

力觉向导序列名称\_yyyymmdd\_hhmmssfff.csv

指定为 False 时，会以 LogFileNameVar 中指定的字符串后缀“.csv”进行命名。

值	说明
True	自动设定日志数据文件的名称。
False	将日志数据文件，命名为LogFileNameVar中指定的名称。

默认: True

**LogFileNameVar 属性**

将记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态文件的名称，指定为本属性中设置的全局字符串变量。

当 LogFileAutoName 指定为 False 时，使用该属性。文件名为本属性中执行的字符串后缀“.csv”。

值	说明
None	未指定(自动设定)。
常数名	指定的全局字符串变量的值将作为文件名称。仅可指定字符串变量。

默认: None

#### LogFileInterval 属性

指定记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态的文件，数据的采集间隔时间。

	值(单位: [sec])
最小值	0.002
最大值	1

默认: 0.2

#### LogFileMaxTime 属性

指定记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态文件的最大记录时间。

若最大记录时间小于力觉向导序列的运行时间，则超出的部分将不被记录。请注意。

	值(单位: [sec])
最小值	60
最大值	600

默认: 60

## 4.4.2.3 ScrewTighten序列的结果详情

**EndStatus 结果**

运行的结果。

当力觉向导序列运行到最后，并最后一个力觉向导对象成功运行，或最后一个力觉向导对象的 AbortSeqOnFail 属性为 False 时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉向导序列成功。
Failed	力觉向导序列失败。
NoExec	力觉向导序列未执行。
Aborted	力觉向导序列执行中断。

**FailedStatus 结果**

力觉向导序列失败的原因。

当对象的 AbortSeqOnFail 属性为 True 并执行失败时，该结果将返回失败的原因。

值	说明
OK	力觉向导序列成功。
GeneralObjectFailed	通用对象失败。
CollisionDetect	检测到碰撞而失败。
Overrun	因超过位置而失败。
Jammed	接收到螺丝刀的拧螺丝完成信号，但因位置超出成功条件的范围而失败。
NoOKSignal	因未接收到螺丝刀的拧螺丝完成信号而失败。

**Time 结果**

运行的时长。

单位: [sec]

**LastExecObject 结果**

执行的最后一个力觉向导对象的名称。

**EndForces 结果**

力觉向导序列结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

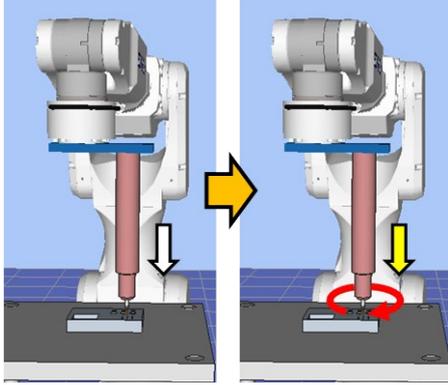
**PeakForces 结果**

力觉向导序列执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

### 4.4.3 ScrewTighten对象

ScrewTighten 对象是，在指定的方向施加指定的力，执行拧螺丝的操作。



上图所示为 ScrewTighten 对象的动作示意图。从非接触状态开始执行，然后按白色箭头所示的拧螺丝方向移动。当接触到对象时，按照黄色箭头所示的拧螺丝方向，以指定的力拧紧螺丝。

ScrewTighten 对象可使用，螺丝刀的拧螺丝完成信号、力和位置相关的结束条件。始终使用每个结束条件。

当所有结束条件的成功条件达成时：判断 ScrewTighten 对象执行完成并执行成功，然后继续下一个力觉向导对象。当启用重新拧螺丝功能时，会跳过 ScrewRetighten 对象，执行下一个对象。

当满足各结束条件的某 1 个失败条件：判断 ScrewTighten 对象执行完成并失败，中断力觉向导序列的执行。当启用重新拧螺丝功能时，若接收到螺丝刀的拧螺丝完成信号，且满足位置结束条件的失败条件时，会判断 ScrewTighten 对象执行结束且螺丝卡住，将执行 ScrewRetighten 对象。

结束条件	成功条件
拧螺丝完成信号相关的结束条件	从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号
位置相关的结束条件	在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离在ApproachDist+ScrewLength±DistCheckTol范围内。

结束条件	失败条件
拧螺丝完成信号相关的结束条件	从力觉向导对象的开始位置，移动到ApproachDist和InsertDepth中指定位置，但没有收到螺丝刀的拧螺丝完成信号。
位置相关的结束条件	从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号前，满足以下条件 在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离超过ApproachDist+InsertDepth+DistCheckTol范围 或者从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号前，满足以下条件 在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离未达到ApproachDist+InsertDepth-DistCheckTol
力相关的结束条件	PressOrient中指定的轴方向的压装力，超过了CollisionForceThresh中指定的值。

## 4.4.3.1 ScrewRetighten对象的属性向导

## Step.1 设置基本信息

设定基本信息相关的属性(Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设置指南
Name	设置力觉向导对象的名称。 设置唯一的名称。
Description	设置力觉向导对象的描述。 可描述动作的相关说明。可设置为任意文字。
StepID	力觉向导对象执行过程中的StepID。 可设置为任意ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 当力觉向导序列的AutoStepID设置为False时可用。
AbortSeqOnFail	设置当力觉向导对象失败时，终止或继续执行力觉向导序列。 True: 一般 力觉向导序列终止。 False: 失败的力觉向导序列中包含恢复动作时，以及力觉向导序列即使失败也可以继续运行时

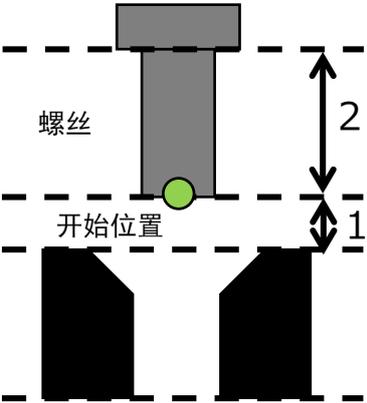
## Step.2 设置移动动作

设定移动相关的属性(AccelS, SpeedS)。

属性	说明、设置指南
AccelS	设定移动时的平移加速度。 取决于序列向导中设置的螺丝刀旋转速度和螺丝螺距的长度。当拧螺丝时遇到问题，可以修改该值。 通过力控制功能对实际加速度进行修正。
SpeedS	设定移动时的平移速度。 取决于序列向导中设置的螺丝刀旋转速度和螺丝螺距的长度。当拧螺丝时遇到问题，可以修改该值。 通过力控制功能对实际速度进行补偿。

Step.3 设置目标位置

设定移动轨迹目标位置相关的属性 (ApproachDist, ScrewLength)。

属性	说明、设置指南
ApproachDist	<p>设置力觉引导对象开始位置到螺丝孔上方的接近距离。 如下图所示，接近距离是指开始下图绿色点所示力觉引导对象时，抓取螺丝的端点与孔顶面之间的1的距离。</p>  <p>示教开始位置时，请尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此接近距离越长，循环时间越长。</p>
ScrewLength	<p>设置螺丝的长度。 如ApproachDist的图形所示，ScrewLength的长度为2。</p>

Step.4 设置力控制功能

设定力控制功能相关的属性 (PressOrient, PressForce, PressFirmnessF, FollowOrient, FollowFirmnessF)。

属性	说明、设置指南
PressOrient	<p>设置拧螺丝的方向。 机器人将沿指定方向动作。</p>
PressForce	<p>设定拧螺丝方向上施加的压装力。 PressOrient为正方向时：输入负值。 PressOrient为反方向时：输入正值。</p>
PressFirmnessF	<p>设置拧螺丝方向中力控制功能的强度。 设置的值越大： 强度越大，反应越慢。 设置的值越小： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。</p>
FollowOrient	<p>在PressOrient以外的方向，跟随时的移动方向。 根据PressOrient自动变化。只读。无法更改。</p>
FollowFirmnessF	<p>设置拧螺丝方向以外的，平移方向中力控制功能的强度。 设置的值越大： 强度越大，反应越慢。 设置的值越小： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。</p>

## Step 5. 设置力相关的结束条件

设置力结束条件相关的属性(CollisionForceThresh)

属性	说明、设置指南
CollisionForceThresh	<p>设置拧螺丝动作时，接触螺丝孔以外部分且判定为碰撞的力。</p> <p>当压装力超过设定的值时，判断为失败。</p> <p>因为压装力可能会因螺丝与螺丝孔之间产生的摩擦力等，而大于PressForce设置的值。请设置一个比PressForce足够大的值。</p>

## Step 6. 设置位置相关的结束条件

设置位置结束条件相关的属性(DistCheckTol)。

属性	说明、设置指南
DistCheckTol	<p>设置位置相关结束条件的拧螺丝方向的范围。</p> <p>监控在PressOrient指定的方向上，从动作开始位置的移动距离，在<math>ApproachDist + ScrewLength \pm DistCheckTol</math>范围内。</p> <p>以下为DistCheckTol的示意图。</p>

### 4.4.3.2 ScrewRetighten的属性详情

#### Name 属性

设置力觉向导对象唯一的名称。

如果创建 ScrewTighten 序列，则自动进行命名。自动命名的名称是 ScrewTighten01 加数字的组合，如 ScrewTighten01。

名称可修改。不能超过 16 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

#### Description 属性

设置力觉向导对象的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

#### StepID 属性

指定力觉向导对象执行过程中的StepID。

仅当AutoStepID设置为False时可用。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认：根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

#### AbortSeqOnFail 属性

设置力觉向导对象失败时候的操作。

当指定为True时，若力觉向导对象失败，则会终止力觉向导序列并继续执行下一个SPEL语句。

当指定为False时，即使力觉向导对象失败，也不会终止力觉向导序列，而继续执行下一个力觉向导对象。

当需要继续执行力觉向导序列时使用(例如，当失败的力觉向导序列包含恢复处理时)。

值	说明
True	力觉向导对象失败时，终止序列。
False	力觉向导对象失败时，执行下一个力觉向导序列。

默认:True

#### SpeedS 属性

指定力觉向导对象执行过程中的速度。

取决于创建ScrewTighten序列时，在序列向导中设置的螺丝刀旋转速度和螺丝螺距的长度。

由于该设定值与设定轨迹相关的速度，通过力控制功能对实际速度进行补偿。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	200

默认: 5

**AccelS 属性**

指定力觉向导对象执行过程中的加速度。

取决于创建ScrewTighten序列时，在序列向导中设置的螺丝刀旋转速度和螺丝螺距的长度。

由于该设定值与设定轨迹相关的加速度，通过力控制功能对实际加速度进行补偿。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	2000

默认: 50

**ApproachDist 属性**

指定力觉向导对象开始位置到拧螺丝作业开始位置之间的移动距离。

示教开始位置时，请尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此移动距离越长，循环时间越长。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	50

默认: 10

**ScrewLength 属性**

设置螺丝的长度。

	值(单位: [mm])
最小值	1
最大值	100

默认: 10

**PressOrient 属性**

在力觉引导序列ForceOrient指定的坐标系中，指定拧螺丝作业的动作方向。

值	说明
+Fx	将指定坐标系的+F <sub>x</sub> 方向指定为动作方向。
-Fx	将指定坐标系的-F <sub>x</sub> 方向指定为动作方向。
+Fy	将指定坐标系的+F <sub>y</sub> 方向指定为动作方向。
-Fy	将指定坐标系的-F <sub>y</sub> 方向指定为动作方向。
+Fz	将指定坐标系的+F <sub>z</sub> 方向指定为动作方向。
-Fz	将指定坐标系的-F <sub>z</sub> 方向指定为动作方向。

默认: +Fz

**PressForce 属性**

指定在力觉向导对象执行过程中，由力觉向导对象PressOrient指定的动作方向上的贴合力。

PressOrient为+Fx、+Fy、+Fz时

	值(单位: [N])
最小值	-50
最大值	0

默认: -4

PressOrient为-Fx、-Fy、-Fz时

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	50

默认: -4

**PressFirmnessF 属性**

指定在力觉向导对象执行过程中，由力觉向导对象PressOrient指定的动作方向上的力控制功能的相关强度。

当PressFirmnessF的值越大，动作方向上的力控制功能强度越高，且对力变化的响应越慢，但不易发生振动。

当PressFirmnessF的值越小，动作方向上的力控制功能强度越低，且对力变化的响应越快，但易于发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认: 2

**FollowOrient 属性**

是指拧螺丝作业中设置的平移跟随方向。

根据由力觉向导对象PressOrient指定的跟随动作方向自动设置本属性。无法更改。

值	说明
FyFz	向FyFz方向跟随。
FxFz	向FxFz方向跟随。
FxFy	向FxFy方向跟随。

默认: FxFy

**FollowFirmnessF 属性**

指定在力觉向导对象动作期间，跟随方向上的力的力控制功能的相关强度。

FollowFirmnessF的值越大，跟随方向上的力的力控制功能强度越高，且对力变化的响应越慢，但不易发生振动。

如果FollowFirmnessF的值减小，跟随方向上的力控制功能强度越低，且对力变化的响应越快，但易于发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**CollisionForceThresh 属性**

设置拧螺丝动作时，接触螺丝孔以外部分且判定为碰撞的力。  
 请将该值设为比PressForce足够大的力。

PressOrient为+Fx、+Fy、+Fz时

	值(单位: [N])
最小值	-100
最大值	-10

默认: -30

PressOrient为-Fx、-Fy、-Fz时

	值(单位: [N])
最小值	10
最大值	100

默认: -30

**DistCheckTol 属性**

作业结束时，指定从动作开始位置到移动距离的成功条件的范围。  
 以 $\text{ApproachDist} + \text{ScrewLength} \pm \text{DistCheckTol}$ 的范围作为成功条件。

	值
最小值	0.01
最大值	10

默认: 1

4.4.3.3 ScrewTighten的结果详情

**EndStatus 结果**

运行的结果。

当满足了“4.4.3 ScrewTighten 对象”开头中记载的“成功条件”时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象已成功。
Failed	力觉向导对象已失败。
NoExec	力觉向导对象未执行。
Aborted	力觉向导对象执行中断。
FailedCont	力觉向导对象失败，但执行了下一个力觉向导序列。

**Time 结果**

运行的时长。

单位: [sec]

**EndForces 结果**

力觉向导对象结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**EndPos 结果**

力觉向导对象结束时的位置姿势。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

**AvgForces 结果**

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的平均值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**PeakForces 结果**

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**TriggeredForces 结果**

达成结束条件时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**TriggeredPos 结果**

达成结束条件时的位置姿态。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

**PosCondOK 结果**

是否达成位置相关的结束条件。

值	说明
True	达成位置相关的结束条件。
False	未达成位置相关的结束条件。

**IOCondOK 结果**

是否达成了 I/O 相关的结束条件。

值	说明
True	达成了 I/O 相关的结束条件。
False	未达成 I/O 相关的结束条件。

**PosLimited 结果**

是否超过位置的限制范围。

值	说明
True	超过位置的限制范围。
False	未超过位置的限制范围。

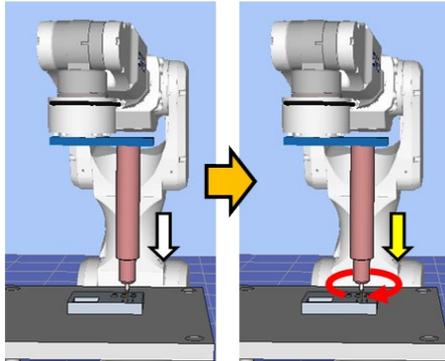
**ForceLimited 结果**

是否超过力的限制范围。

值	说明
True	超过力的限制范围。
False	未超过力的限制范围。

### 4.4.4 ScrewRetighten对象

ScrewRetighten 对象是，在指定的方向施加指定的力，松开螺丝然后重新拧紧螺丝的操作。



上图所示为 ScrewTighten 序列的动作示意图。当执行 ScrewTighten 没有正常拧紧时，则会沿着黄色箭头所示的拧螺丝方向，以指定的力松开螺丝，然后重新拧紧螺丝。

ScrewRetighten 对象可使用，螺丝刀的拧螺丝完成信号和位置相关的结束条件。始终使用每个结束条件。

当所有结束条件的成功条件达成时：判断 ScrewRetighten 对象执行完成并执行成功，然后继续下一个力觉向导对象。

当满足各结束条件的某 1 个失败条件：判断 ScrewRetighten 对象执行完成并失败，中断力觉向导序列的执行。

结束条件	成功条件
拧螺丝完成信号相关的结束条件	从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号
位置相关的结束条件	在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离在 ApproachDist+ScrewLength±DistCheckTol范围内。

结束条件	失败条件
拧螺丝完成信号相关的结束条件	未从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号
位置相关的结束条件	从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号前，满足以下条件  在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离超过 ApproachDist+InsertDepth+DistCheckTol范围  或者从螺丝刀接收拧螺丝完成的信号前，满足以下条件  在PressOrient指定的轴方向上，力觉向导对象的开始位置到移动距离未达到 ApproachDist+InsertDepth-DistCheckTol

## 4.4.4.1 ScrewRetighten对象的属性向导

## Step.1 设置基本信息

设定基本信息相关的属性(Name, Description, Enabled, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设置指南
Name	设置力觉向导对象的名称。 设置唯一的名称。
Description	设置力觉向导对象的描述。 可描述动作的相关说明。可设置为任意文字。
Enabled	设置是否执行力觉向导对象。 True: 一般 False: 当力觉向导对象未执行时, 例如执行了另一个力觉向导对象时
StepID	力觉向导对象执行过程中的StepID。 可设置为任意ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 当力觉向导序列的AutoStepID设置为False时可用。
AbortSeqOnFail	设置当力觉向导对象失败时, 终止或继续执行力觉向导序列。 True: 一般 力觉向导序列终止。 False: 失败的力觉向导序列中包含恢复动作时, 以及力觉向导序列即使失败也可以继续运行时

## Step.2 设置力控制功能

设置力控制功能相关属性(AddRetightenPressForce, RetightenPressForce)。

属性	说明、设置指南
AddRetightenPressForce 属性	设置重新拧螺丝时要附加的压装力。 是指在ScrewTighten对象的PressForce中附加的力, 用于确保重新拧螺丝动作期间螺丝不会从螺丝刀刀头脱落出来。 通常请设为“0”。重新拧螺丝动作期间螺丝脱落出来时, 请缓慢地加力。
RetightenPressForce	显示重新拧螺丝时的压装力。是在拧螺丝对象的ScrewTighten中加上AddRetightenPressForce的值。 只读。无法更改。

## Step 3. 设置螺丝刀动作。

设置螺丝刀动作的相关属性(LoosenTime)。

属性	说明、设置指南
LoosenTime	设置松开螺丝的时间。 若在机器人夹具设置中没有设置螺丝刀的螺丝松开完成位元时, 螺丝刀会在设定的时间内向松动方向旋转。 若在机器人夹具设置中设置了螺丝刀的螺丝松开完成位元时, 螺丝刀会在收到松动螺丝完成信号前, 或在设定的时间内, 向松动方向旋转。

#### 4.4.4.2 ScrewRetighten对象的属性详情

##### Name属性

设置力觉向导对象唯一的名称。

如果创建重新拧螺丝序列，则自动进行命名。自动命名的名称是 ScrewRetighten 加数字的组合，如 ScrewRetighten01。

名称可修改。不能超过 16 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

##### Description属性

设置力觉向导对象的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

##### StepID属性

指定力觉向导对象执行过程中的StepID。

仅当AutoStepID设置为False时可用。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认：根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

##### AbortSeqOnFail属性

设置力觉向导对象失败时候的操作。

当指定为True时，若力觉向导对象失败，则会终止力觉向导序列并继续执行下一个SPEL语句。

当指定为False时，即使力觉向导对象失败，也不会终止力觉向导序列，而继续执行下一个力觉向导对象。

当需要继续执行力觉向导序列时使用(例如，当失败的力觉向导序列包含恢复处理时)。

值	说明
True	力觉向导对象失败时，终止序列。
False	力觉向导对象失败时，执行下一个力觉向导序列。

默认:True

##### LoosenTime属性

设置松开螺丝的时间。

已在机器人夹具末端设置中设置了螺丝刀的螺丝松开完成刀头时，如果在设置的螺丝松开时间之前接收到螺丝松开完成信号，则会立即停止松开动作。如果在设置的螺丝松开时间之后，则不论有无螺丝松开完成信号，都立即停止松开动作。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	1

默认：0.1

**AddRetightenPressForce**属性

设置重新拧螺丝时要附加的压装力。

是指在ScrewTighten对象的PressForce中附加的力，用于确保重新拧螺丝动作期间螺丝不会从螺丝刀刀头脱落出来。通常请设为“0”。

重新拧螺丝动作期间螺丝脱落出来时，请缓慢地加力。

ScrewTighten对象的PressOrient为+Fx、+Fy、+Fz时

	值(单位: [N])
最小值	-10
最大值	0

默认: 0

ScrewTighten拧螺丝对象的PressOrient为-Fx、-Fy、-Fzの時

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	10

默认: 0

**RetightenPressForce**属性

显示重新拧螺丝时的压装力。是在拧螺丝对象的ScrewTighten中加上AddRetightenPressForce的值。只读。无法更改。

4.4.4.3 ScrewTighten对象的结果详情

EndStatus结果

运行的结果。

当满足了“4.4.4 ScrewRetighten 对象”开头中记载的“成功条件”时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象已成功。
Failed	力觉向导对象已失败。
NoExec	力觉向导对象未执行。
Aborted	力觉向导对象执行中断。

Time结果

运行的时长。

单位: [sec]

EndForces结果

力觉向导对象结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

EndPos结果

力觉向导对象结束时的位置姿势。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

AvgForces结果

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的平均值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

PeakForces结果

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

PosCondOK结果

是否达成位置相关的结束条件。

值	说明
True	达成位置相关的结束条件。
False	未达成位置相关的结束条件。

IOCondOK结果

是否达成了 I/O 相关的结束条件。

值	说明
True	达成了I/O相关的结束条件。
False	未达成I/O相关的结束条件。

#### 4.4.5 ScrewTighten序列与对象的属性调整指南

下面说明使用ScrewTighten序列与对象时的调整方法。

##### FailedStatus结果显示为GeneralObjectFailed时:

因配置到 ScrewTighten 序列中的通用对象而导致失败。LastExecObject 结果中显示最后执行的对象。请参考显示对象的属性设置指南或调整指南，调整属性。

##### FailedStatus结果显示为CollisionDetect时:

执行序列期间，力满足对象中设置的力失败条件，因此会判定为碰撞并视为失败。

##### LastExecObject结果中显示ScrewTighten对象时:

可能是在螺丝偏离螺丝孔的位置拧螺丝。请确认动作开始位置，然后重新进行示教。

示教没有问题时，请增大 CollisionForceThresh。CollisionForceThresh 较小时，可能是在拧螺丝期间因施加的力而错误地检测为碰撞。

##### LastExecObject结果中显示ScrewRetighten对象时:

请增大 CollisionForceThresh。CollisionForceThresh 较小时，可能是在重新拧螺丝期间因施加的力而错误地检测为碰撞。

##### FailedStatus结果显示为Overrun时:

执行 ScrewTighten 对象或 ScrewRetighten 对象期间，即使位置超出对象中设置的位置的成功条件范围，也会因为在力不满足力的成功条件的情况下进行动作，而被判定为超过位置并导致失败。

请确认 ApproachDist 和 ScrewLength 的设置不比实际环境的短。

##### FailedStatus结果显示为Jammed时:

执行 ScrewTighten 对象或 ScrewRetighten 对象期间，接收到拧螺丝完成信号时，位置被确定为卡住或失败，因为该位置不满足位置的成功标准。

可能是螺丝相对于螺孔过度倾斜。请确认动作开始位置的螺丝姿势，然后重新进行示教。

若示教没有问题，请确认 ApproachDist 与 ScrewLenth 未被设为长于实际工件的值。

##### FailedStatus结果显示为NoOKSignal时:

执行序列期间，如果未接收到拧螺丝完成信号，则会判定为未接收完成信号并视为失败。

请确认是否已在机器人夹具末端设置中正确设置拧螺丝完成刀头。

##### 重新拧螺丝期间螺丝刀刀头从螺丝孔脱落出来时:

增大 AddRetightenPressForce。重新拧螺丝期间的压装力会增大，因此请调整为可容许的值。

当通过振动运动时:

增加Firmness值。但机器人的反应速度会变慢。请调整为可容许的状态。  
调整Firmness时, 建议进行阶段性变化的调整, 比如从当前值增加10%等。

贴合时发生大幅弹跳:

如每隔几秒就大幅度反弹一次, 则操作可能会受到力觉向导序列LimitAccelS的限制。  
在低功率条件下运行时也会发生这种情况。  
如果在高功率模式下运行没有得到改善, 请增加LimitAccelS的值。  
如果增加LimitAccelS的值仍没有得到改善, 请减小压装方向上Firmness的值。

未到达目标力:

减小压装方向的Firmness值。  
动作可能会产生振动。请调整为可容许的状态。  
调整Firmness时, 建议进行阶段性变化的调整, 比如从当前值减少10%等。

不往压装方向运动:

请确认未移动方向的ControlMode为Press+或Press□。  
当已经设置为Press+或Press□时, 请确认PressForce不为“0”。

往反方向运动:

请确认反方向的ControlMode是预期的Press+或Press□。  
当已经设置为预期的方向时, 请确认力觉向导序列的ForceOrient和RobotLocal中, 使用的工具坐标系和本地坐标系。

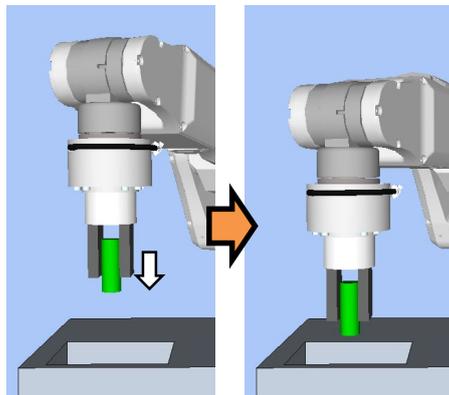
未到达目标位置:

当未启用力控制功能的方向, 没有达到目标位置时, 可能是受到了力觉向导序列的LimitAccel和LimitSpeed的影响。请增加设定值。  
另外, 在低功率模式下, 及时增加LimitSpeed和LimitAccelLimit的设定值, 也会受到低功率模式中最大速度和最大加速度的限制。请在高功率模式下运行。

## 4.5 HeightInspect序列和对象

HeightInspect序列是，使机器人沿指定方向移动，并以指定的力检查接触位置的功能。可用于检查工件的尺寸或是否正确组装等应用。

HeightInspect序列由HeightInspect对象组成。可根据需要，添加通用力觉向导对象。



上图所示为HeightInspect序列的动作示意图。从非接触状态，按白色箭头方向移动，停留在接触位置并检查位置。以上操作通过HeightInspect对象执行。

本章节将介绍HeightInspect序列和HeightInspect对象的序列向导、属性和设定方法。有关通用力觉向导对象，请参阅以下章节。

软件篇 4.2.2 通用力觉向导对象



HeightInspect 系列提供的功能，无法确保和专用检测设备相同的绝对精度功能。精度会受到机器人的位置姿态、夹具和工件，以及机器人安装台架的影响。请对正常的工件多次执行序列的结果中，检查重复精度，然后将其用于实际检测。

### 4.5.1 HeightInspect序列的序列向导

使用序列向导创建 HeightInspect 序列。可通过下述方法显示向导。

- 右键单击流程图的序列流程或序列树的序列节点，选择[Sequence Wizard]。
- 单击 HeightInspect 序列属性的 Wizard 设置值[Click to open->]右侧显示的

显示序列向导之后，根据画面指示进行设置。

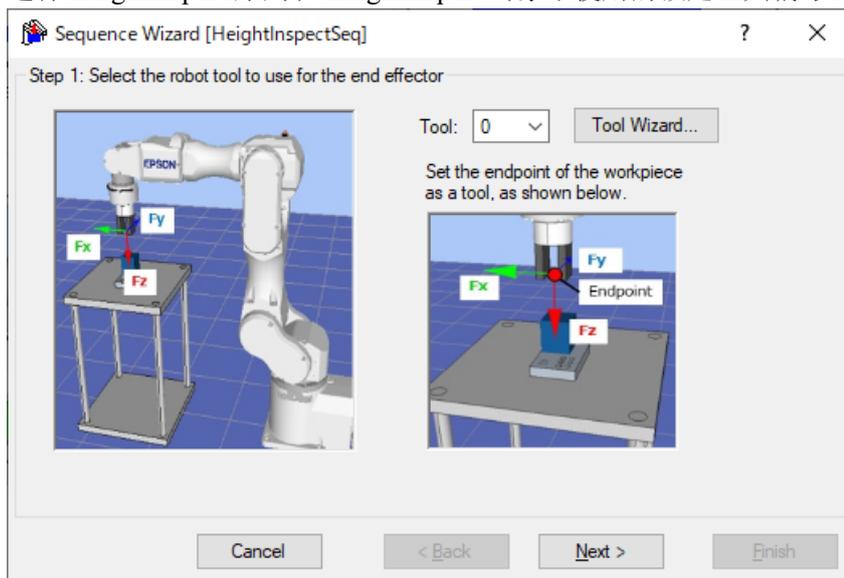
也可以通过力觉引导序列的新建画面设置 HeightInspect 序列的序列向导。详情请参阅以下章节。

软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单)

-新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列

Step 1. Select the robot tool to use for the end effector

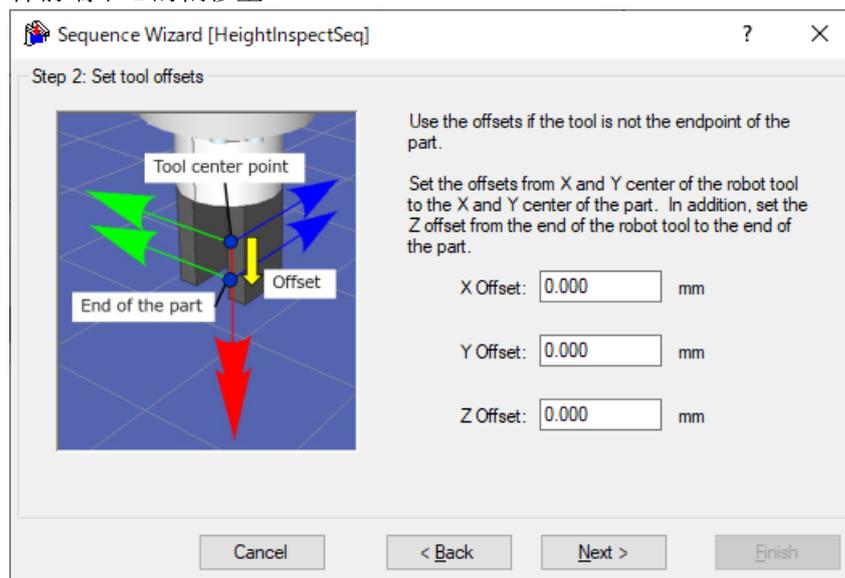
选择 HeightInspect 序列和 HeightInspect 对象中使用的预定工具编号。



项目	说明、设置指南
Tool	<p>选择要使用的工具编号。请选择工具编号，以使工件端点为工具原点。已设置的工具编号会排列在列表框中。如需设置新工具时，可使用工具向导按钮进行设置。</p> <p>《EPSON RC+ 7.0用户指南》 5. EPSON RC+ 7.0 GUI中，5.12 [Tools]菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Tools]面板</p> <p>最小值：0 最大值：已设置工具编号的最大值 默认值：0</p>
<Cancel>按钮	<p>停止创建 HeightInspect 序列。 单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>从创建新序列的画面打开时，可以返回上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

## Step 2. Set tool offsets

当 Step 1 中的工具未设置在工件前端中心位置时，需设置此步骤。请设置工具到工件前端中心的偏移量。



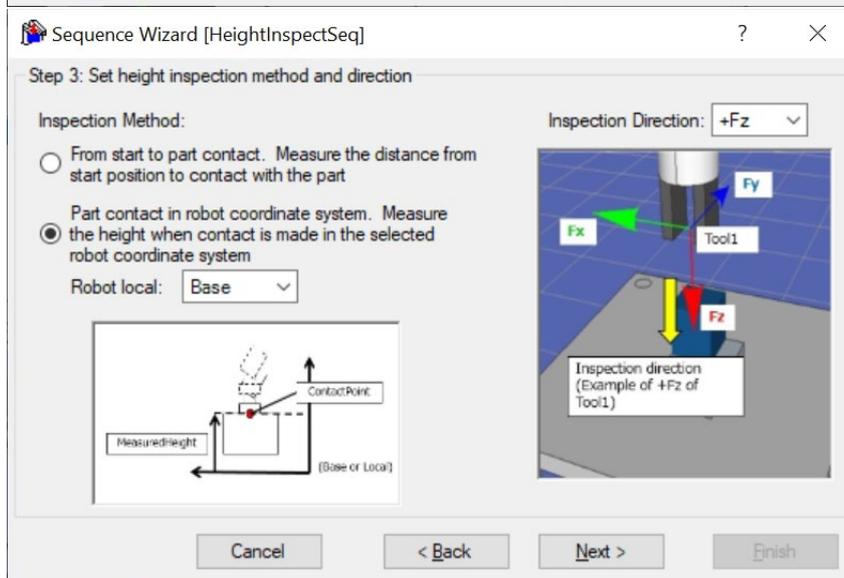
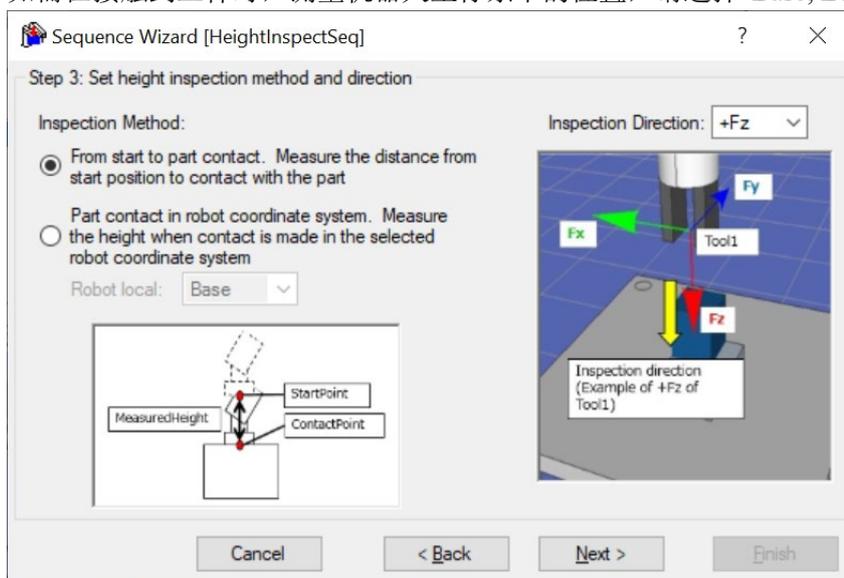
项目	说明、设置指南
X Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，X方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Y Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Y方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Z Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Z方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
<Cancel>按钮	停止创建 HeightInspect 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮

### Step 3. Set height inspection method and direction

指定高度检查的方法。

如需检测从序列开始到与工件接触的距离，请选择“Tool”。

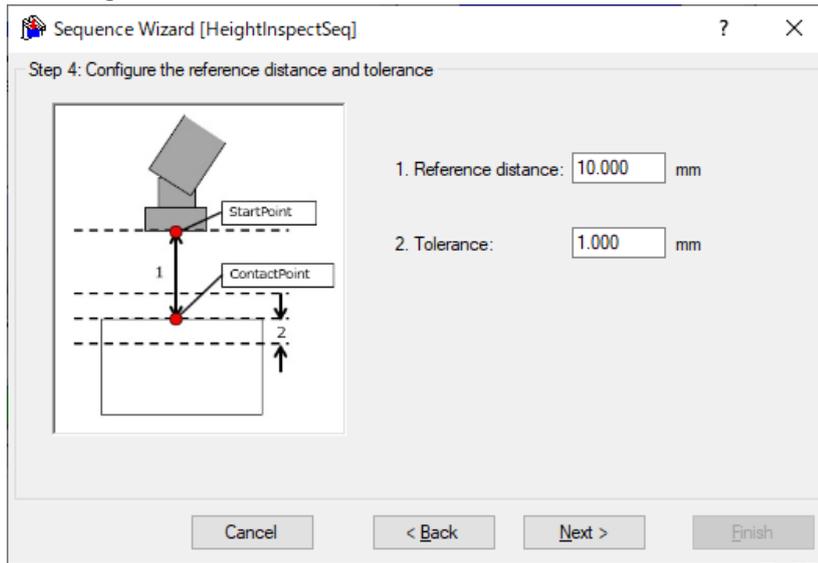
如需在接触到工件时，测量机器人坐标系中的位置，请选择“Base, Local”。

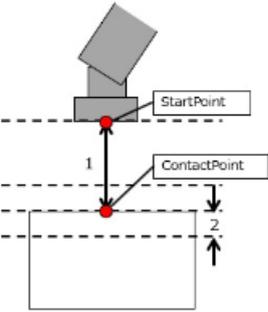


项目	说明、设置指南
Robot local	<p>选择HeightInspect序列使用的坐标系。</p> <p>若在Inspection Method中选择了“Base, Local”，则机器人在该坐标系中运行。请根据已插入工件的方向选择坐标系。</p> <p>最小值：Base(0)</p> <p>最大值：15</p> <p>默认：Base</p>
Inspection direction	<p>选择要检查的方向。</p> <p>若在 Inspection Method 中选择了“Tool”，HeightInspect 序列和 HeightInspect 对象会在 Step1 设置的工具坐标系中，按照选择的检查方向进行动作。</p> <p>若在 Inspection Method 中选择了“Base, Local”，HeightInspect 序列和 HeightInspect 对象会在坐标系设置的 Base 坐标系或本地坐标系中，按照选择的检查方向进行动作。</p> <p>值：+Fx、-Fx、+Fy、-Fy、+Fz、-Fz</p> <p>默认：+Fz</p>
<Cancel>按钮	<p>停止创建 HeightInspect 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

**Step 4. Configure the reference distance/position and tolerance**

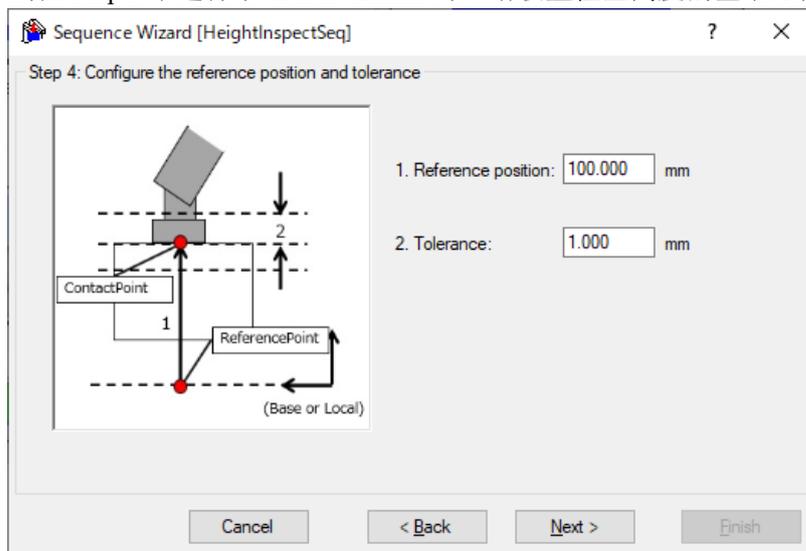
当在 Step 3 中选择了工具坐标系，请设置检查高度的基准距离和允许的误差。



项目	说明、设置指南
Reference distance	<p>设置检查基准距离。</p> <p>是在Step 3的检查方法中设定的坐标系高度检测的方向上，设定的方向距离。</p> <p>检查基准距离是，下图上侧的红色点所示的动作开始位置与下侧红色点所示的接触位置之间的1的距离。</p> <p>请对动作开始位置进行示教，以尽可能缩短检查基准距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此检查基准距离越长，循环时间越长。</p>  <p>最小值：0[mm]                      最大值：50[mm]                      默认值：10[mm]</p>
Tolerance	<p>设置允许误差。</p> <p>误差范围为检查参考距离图中，检查的成功条件范围的2倍长。容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：0.01[mm]                      最大值：10[mm]                      默认值：1[mm]</p>
<Cancel>按钮	停止创建 HeightInspect 序列。单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。

项目	说明、设置指南
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

当在 Step 3 中选择了“Base, Local”时，请设置检查高度的基准距离和允许的误差。

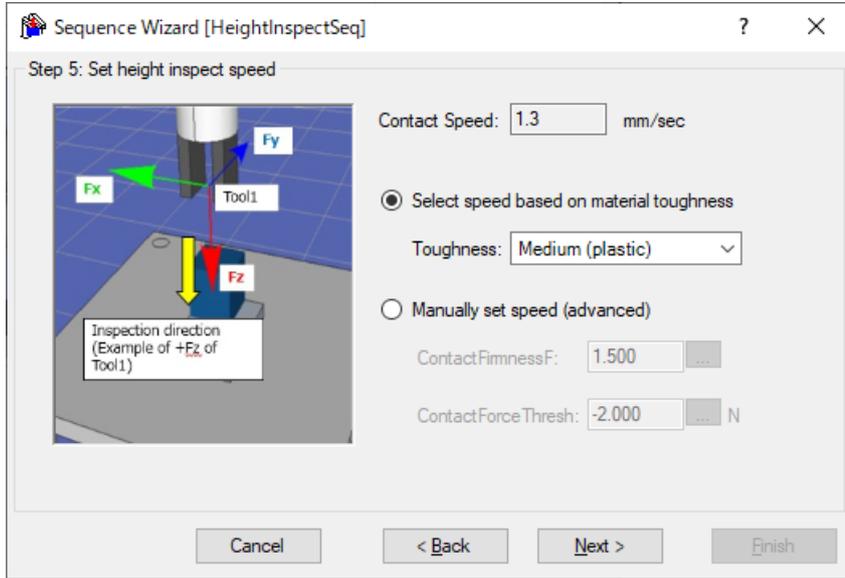


项目	说明、设置指南
Reference position	<p>设置检查基准位置。</p> <p>是在 Step 3 的检查方法中设定的坐标系高度检测的方向上，设定的方向距离。</p> <p>检查基准位置是在Step3中设置的坐标系中，如下图所示会接触的位置。</p> <p>示教开始位置时，请尽可能缩短动作开始位置到接触位置的距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此移动距离越长，循环时间越长。</p> <p>最小值：-2000[mm]                      最大值：2000[mm]                      默认值：100[mm]</p>
Tolerance	<p>设置允许误差。</p> <p>误差范围为检查基准位置图中，检查的成功条件范围的2倍长。</p> <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：0.01[mm]                      最大值：10[mm]                      默认值：1[mm]</p>
<Cancel>按钮	停止创建 HeightInspect 序列。单击此按钮可结束序列向导。

项目	说明、设置指南
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 5 Set height inspect speed

通过预选项设置高度检查的接触速度。也可直接设置属性，该项目适用于高级用户。

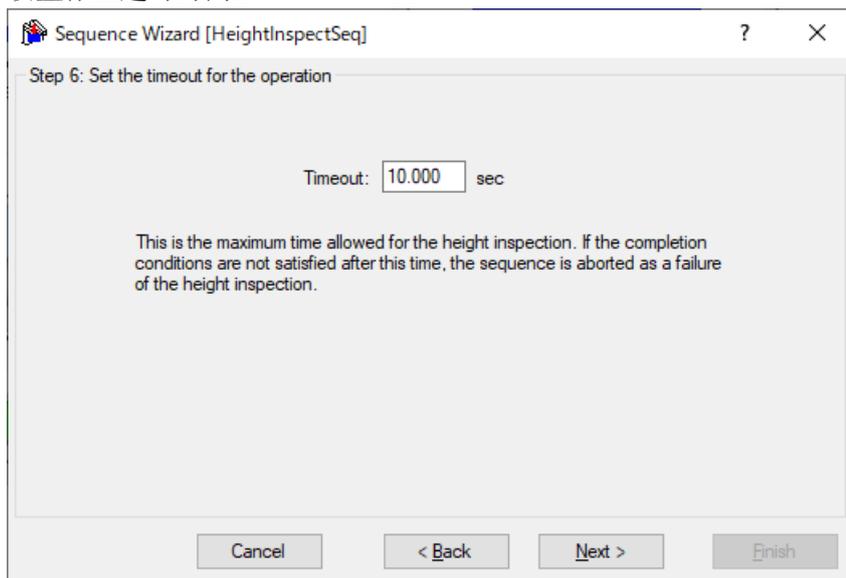


项目	说明、设置指南
Toughness	<p>选择工件材质的韧性。从“Fragile”、“Medium”和“Hard”中选择。如下所述为选择韧性的大致标准。</p> <p><b>Fragile:</b> 玻璃  <b>Medium:</b> 塑料  <b>Hard:</b> 金属</p> <p>如果将韧性选择设为“Fragile”，接触速度则会减慢；如果将选择设为“Hard”，接触速度则会加快。</p> <p>选择“Select speed based on material toughness”即可进行设置。</p>
ContactFirmnessF	<p>设置力控制功能的韧性。</p> <p>值越大，强度越大，接触速度越慢。</p> <p>值越小，强度越小，接触速度越快，但可能会产生振动。</p> <p>选择“Manually set speed (advanced)”即可进行设置。</p> <p>如果按下  按钮，则可利用滑块调整韧性。</p> <p>最小值：0.1[mm]                      最大值：10[mm]                      默认值：1.5[mm]</p>
ContactForceThresh	<p>设置判定为已接触的力的阈值。</p> <p>选择“Manually set speed (advanced)”即可进行设置。</p> <p>如果按下  按钮，则可利用滑块调整力的阈值。</p> <p>接触方向为正方向时                      最小值：-10[N]                      最大值：-0.1[N]                      默认值：-2[N]</p> <p>接触方向为负方向时                      最小值：0.1[N]</p>

项目	说明、设置指南
	最大值：10[N] 默认值：2[N]
<Cancel>按钮	停止创建 HeightInspect 序列。单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。

Step 6. Set the timeout for the operation

设置作业超时时间。

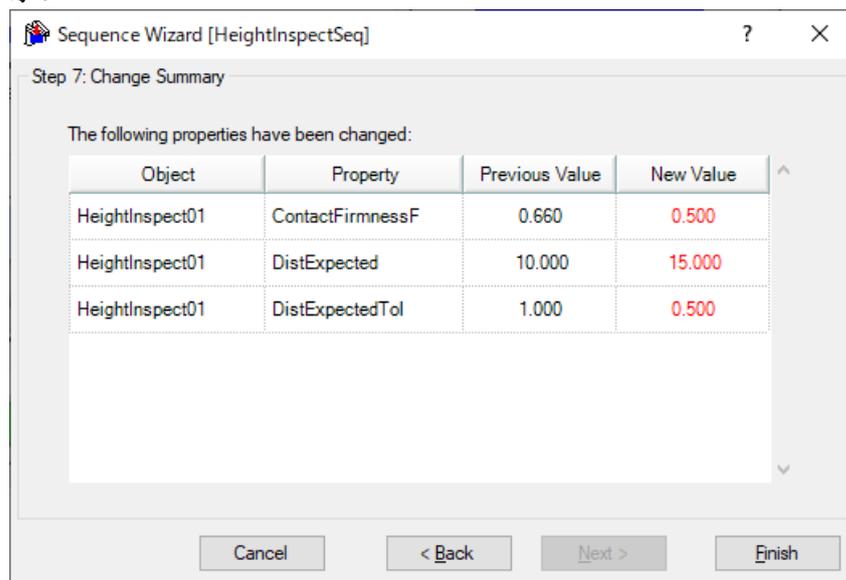


项目	说明、设置指南
Timeout	<p>设置超时时间。设置的超时时间为高度检查作业的执行时间。</p> <p>已经过设置的超时时间，但高度检查作业仍未完成时，会视为作业失败，中断HeightInspect序列。</p> <p>最小值：0.1[sec]                      最大值：60[sec]                      默认值：10.0[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>停止创建 HeightInspect 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入“Change Summary”画面。从创建新序列的画面打开时，可以转至完成画面。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step 7. Change Summary

可在向导中查看已更改的属性列表。

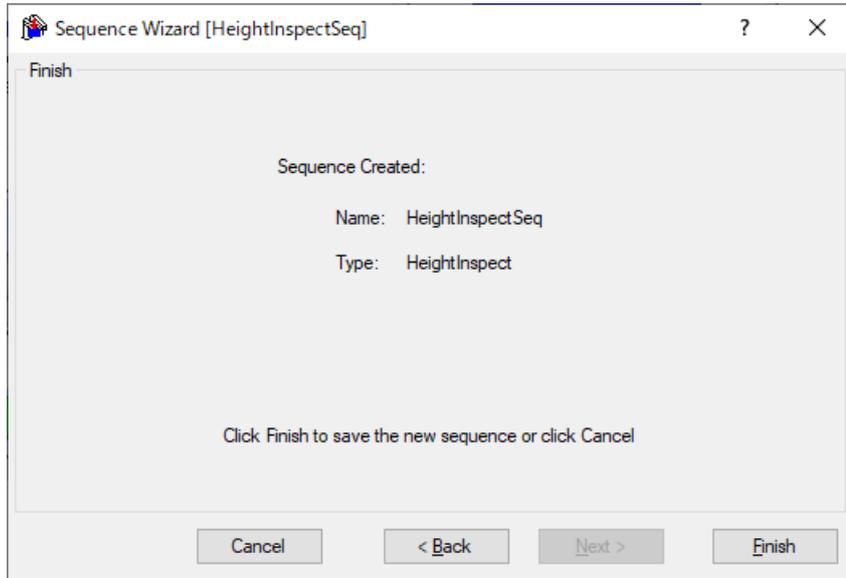
此画面仅在您从序列向导画面中修改了 HeightInspect 序列时显示。新建序列时不显示。



项目	说明
Object Property	向导画面中将显示哪个序列或哪个对象中，哪个属性发生了变更。
Previous Value New Value	显示向导设置变化后，属性发生了怎样的变化。
<Cancel>按钮	停止创建 HeightInspect 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到 Step6。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	将 HeightInspect 序列变更为已输入的内容。

### Finish: Height Inspect Sequence Created

设置序列的完成画面。请确认创建的序列名称和类型。从创建新序列的画面打开时，显示该画面。



项目	说明
Name	显示在基本信息中设定的序列名称。 序列名称设置的详情，请参阅以下章节。 软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列- Step 1: General
Type	显示在专用序列中选择的序列类型。 有关专用序列的详情，请参阅以下章节。 软件篇 3.5.4 [Force Guidance](工具菜单) -新建力觉向导序列-序列向导: 创建专用力觉向导序列- Step 2: Select sequence type
<Cancel>按钮	停止创建 HeightInspect 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到 Step6。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	将 HeightInspect 序列创建为已输入的内容。

## 4.5.2 HeightInspect序列

本章节将介绍 HeightInspect 序列的属性和属性的设定方法。

### 4.5.2.1 HeightInspect序列的向导配置指南

本章节将介绍设定步骤和各属性的设定方法。

#### Step 1. 设置基本信息

设定基本信息相关的属性。

属性	说明
Name	力觉向导序列的名称。 设置唯一的名称。
Index	力觉向导序列的唯一编号。 自动分配编号。无法设定。
Description	力觉向导序列的说明。 可描述动作的内容。可设置为任意文字。
Version	序列的兼容版本。 序列可在指定的版本中运行。
RobotNumber	执行力觉向导序列的机器人编号。 设定要使用的机器人编号。
RobotType	在RobotNumber中指定机器人的机器人类型。 无法设定。
AutoStepID	设置是否自动设定力觉向导对象的StepID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 True: 一般 False: 手动指定StepID
PointFile	设定在力觉向导序列中使用的点文件。 开始动作时若无法加载指定的点文件, 则会报错。是防止误操作的属性。 如不指定, 则会执行任何加载的点文件。
RobotTool	设定在力觉向导序列中使用的工具编号。 开始动作时若无法加载指定的工具编号, 则会报错。是防止误操作的属性。

Step 2. 设置传感器值的修正

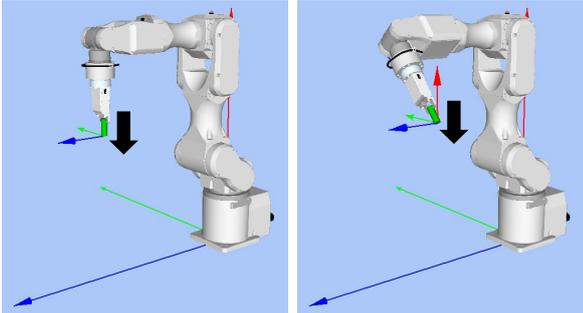
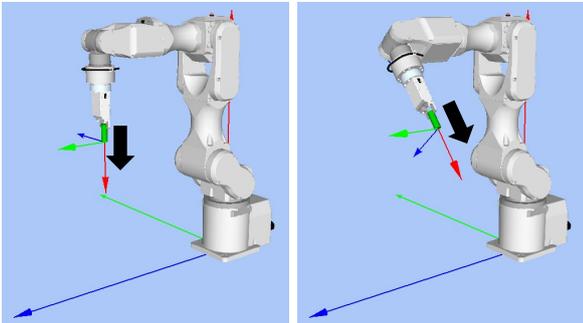
设置传感器值修正的相关属性(ResetSensor, MPNumber)。

属性	说明、设置指南
ResetSensor	<p>设置在执行力觉向导序列时，若首次执行条件分支和SPEL函数以外的力觉向导对象，是否要重置力觉传感器。</p> <p><b>True:</b> 当开始执行力觉序列时没有发生接触 (通常情况下以非接触状态开始力觉向导序列)</p> <p><b>False:</b> 执行了一个力觉向导序列后，在接触的状态下执行其他力觉向导序列的特殊情况。</p>
MPNumber	<p>设定执行力觉向导序列时使用的质量属性对象的编号。质量属性对象是用于重力补偿属性的集合。</p> <p>“0”:执行力觉向导序列时，姿态(U,V,W)没有发生显著变化 创建的质量属性编号 :执行力觉向导序列时，姿态(U,V,W)发生显著变化</p> <p>有关质量属性的详情，请参阅以下章节。 软件篇 2.3 重力补偿</p>

Step 3. 设置力觉控制功能的坐标系

设置力觉控制功能坐标系相关的属性(InspectMethod, ForceOrient, RobotLocal, RotationCenterType, RotationCenterTLX, RotationCenterTLY, RotationCenterTLZ)。

属性	说明、设置指南
InspectMethod	<p>指定零件的高度检查方法。 按移动距离检查时指定DistInspect。 按位置检查时指定PosInspect。</p>

属性	说明、设置指南
ForceOrient	<p>设定执行力控制功能的坐标系方向。</p> <p>若在InspectMethod中指定了DistInspect，则为Tool坐标系。 若在InspectMethod中指定“PosInspect，则从“Base”或“Local”中选择。</p> <p><b>Base, Local :</b> 如需执行从外部观察时，始终沿着某个方向执行力觉控制功能(例如，即使在力觉向导序列开始时姿态发生了变化，可也以垂直向下运动)时 当某个方向与Base坐标系轴不同时指定Local。</p> <p>以下是设定为Base时的示例。 当沿着-Z方向运动时，即使机器人前端的姿态发生变化，也是种会沿着垂直方向(Base坐标系中的-Z方向)运动。(黑色箭头为机器人的运动方向。)</p>  <p><b>Tool:</b> 如需根据开始时的姿态进行力控制功能时</p> <p>以下是设定为Tool时的示例。 当沿着-Z方向运动时，运动方向会根据机器人前端的姿态的变化而变化。</p> 
RobotLocal	设定ForceOrient为Local时，使用的本地坐标系编号。
RotationCenterTLX RotationCenterTLY RotationCenterTLZ	设置工具坐标系到旋转中心的每个方向的偏移量。

可使用模拟器功能，确认力控制功能的坐标系中的设置。但是若力觉向导序列中没有力觉向导对象时，请先设置力觉向导对象。

有关模拟器的使用方法，请参考以下手册。

《EPSON RC+7.0用户指南》 8. 仿真器-8.3 功能说明

Step 4. 设定最大速度和最大加速度

设定最大速度和最大加速度相关的属性(LimitAccelS, LimitAccelR, LimitSpeedS, LimitSpeedR)。

属性	说明、设置指南
LimitSpeedS LimitSpeedR	<p>设定力觉向导序列执行时的最大速度。</p> <p>LimitSpeedS: 最大平移速度 LimitSpeedR: 最大旋转角度速度</p> <p>使用力控制功能，会根据力的施加方式变更速度。不会超过LimitSpeedS和LimitSpeedR。</p>
LimitAccelS LimitAccelR	<p>设定力觉向导序列执行时的最大加速度。</p> <p>LimitAccelS: 最大平移加速度 LimitAccelR: 最大旋转角度加速度</p> <p>使用力控制功能，会根据力的施加方式变更加速度。不会超过LimitAccelS和LimitAccelR。 该值越小，受到力时的反应越慢，可能会大幅度反弹。 如机器人反弹请增加该值，如机器人振动请减小该值的设定。</p>

Step 5. 设定记录相关的条件

设定记录相关的属性 (LogRobotLocal, LogFileEnabled, LogFileAutoName, LogFileNameVar, LogFileMaxTime, LogFileInterval)。

属性	说明、设置指南
LogRobotLocal	<p>将本地坐标系编号设定为要记录的机器人位置的基准。位置相关的日志数据，将被记录为指定的本地坐标系中的位置。</p> <p>Base: 一般 本地坐标系编号: 如需记录指定的本地坐标系中的位置时</p>
LogFileEnabled	<p>设定是否将运行日志的数据保存到文件中。</p> <p>False: 不保存到文件。 程序运行时，可以在力觉向导窗口的图表中查看日志数据。</p>
LogFileAutoName	<p>设置是否自动设定日志数据文件的名称。</p> <p>True: 自动设定时 根据力觉向导序列名称和开始时间自动设定名称 “力觉向导序列名称_年月日_时分秒毫秒” False: 指定任意名称时</p>
LogFileNameVar	<p>LogFileNameVar为False时，设置一个表示日志数据文件名称的全局变量。</p>
LogFileInterval	<p>设定创建文件时，日志数据的采集间隔时间。</p>
LogFileMaxTime	<p>设定创建文件时，日志数据的最长时间。</p>

#### 4.5.2.2 HeightInspect序列的属性详情

##### Name 属性

设定力觉向导序列的唯一名称。

无法创建相同名称的力觉向导序列。

名称可修改。不能超过 32 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

##### Index 属性

显示力觉向导序列的编号。

本属性会自动设置和更新。无法更改。

	值
最小值	1
最大值	16

默认:无

##### Description 属性

设定力觉向导序列的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

##### Version 属性

专用序列时的版本为 7.5.1。无法对其进行更改

##### RobotNumber 属性

指定执行力觉向导序列的机器人编号。

若未在指定的机器人上执行力觉向导序列时，则会报错。

值	说明
1~16	执行力觉向导序列的机器人编号。

默认：在序列窗口中指定的机器人编号

##### RobotType 属性

执行力觉向导序列的机器人类型。

本属性会根据 RobotNumber 中指定的机器人编号，自动设置。无法更改。

##### AutoStepID 属性

指定执行力觉向导对象时自动分配 StepID。

自动分配时，力觉向导序列的编号将设为\*100+力觉向导对象编号。

记录 StepID 的文件，与记录力觉向导序列执行时的力与位置的文件相同，该文件被用于确定哪个部分对应哪个力觉向导对象。

值	说明
True	自动设定StepID。
False	设置各力觉向导对象的StepID属性的值。

默认:True

**ResetSensor 属性**

设置在执行力觉向导序列时，若首次执行条件分支和 SPEL 函数以外的力觉向导对象，是否要重置力觉传感器。

值	说明
True	在启动除条件分支和SPEL函数以外的力觉向导对象时，重置力觉传感器。
False	不重置力觉传感器。

默认:True

**MPNumber 属性**

设定执行力觉向导序列时使用的质量属性对象的编号。

质量属性对象是用于重力补偿属性的集合。质量属性对象需提前定义。当力觉向导序列运行中，存在较大的角度变化时，请指定质量属性对象。

值	说明
0	禁用重力补偿。
1~15	使用指定的质量属性。

默认:True

**PointFile 属性**

指定在力觉向导序列中使用的点文件。

力觉向导序列开始运行时，若无法加载本属性指定的点文件，则会报错。是防止误操作的属性。

值	说明
None	未指定 (如不指定点文件，则会执行任何加载的点文件。)
点文件名称	若无法加载指定的点文件，则会报错。

默认:None

**RobotTool 属性**

指定执行力觉向导序列时使用的工具坐标系编号。

力觉向导序列开始运行时，若选择了此属性中未指定的工具坐标系编号，则会报错。是防止误操作的属性。

值	说明
0~16	若未选择指定的工具坐标系编号，则会报错。

默认:None

**InspectMethod 属性**

指定高度检查方法。

已指定 DistInspect 时，会在检查开始位置到接触工件之间的距离内进行检查。力觉向导序列的 ForceOrient 固定为“Tool”。

已指定 PosInspect 时，会在接触时的机器人位置上进行检查。力觉向导序列的 ForceOrient 为“Base”或“Local”。

值	说明
DistInspect	在检查开始位置到接触工件之间的距离内进行检查。
PosInspect	在接触时的机器人位置上进行检查。

默认值: DistInspect

### ForceOrient 属性

指定执行力觉向导序列期间适用力控制功能的坐标系方向。

已在力觉引导序列的 `InspectMethod` 中指定“`DistInspect`”时，`ForceOrient` 固定为“`Tool`”。无法更改。

已指定 `Tool` 时，如果机器人姿势发生变化，工具坐标系的方向则会随之而变，因此高度检查方向也会改变。

已在力觉引导序列的 `InspectMethod` 中指定“`PosInspect`”时，可将 `ForceOrient` 指定为“`Base`”或“`Local`”。

已指定 `Base` 或 `Local` 时，即使机器人姿势发生变化，高度检查方向也保持不变。

值	说明
Base	将适用力控制功能的坐标系方向设为Base坐标系。
Local	将适用力控制功能的坐标系方向设为本地坐标系。
Tool	将适用力控制功能的坐标系方向设为工具坐标系。

默认：Tool

### RobotLocal 属性

指定执行力觉向导序列时，适用力控制功能坐标系的本地坐标系编号。

`ForceOrient` 属性设置为 `Local` 时使用。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(Base坐标系)。于ForceOrient中指定为Base时相同。
1~15	使用指定编号的本地坐标系。

默认：0(Base)

### RotationCenterTLX 属性

设置 `Tool` 坐标系到力控制功能旋转中心的 X 方向的距离。

X 方向是，在 `RobotTool` 中选择的工具坐标系的 X 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	□2000
最大值	2000

默认：0

### RotationCenterTLY 属性

设置 `Tool` 坐标系到力控制功能旋转中心的 Y 方向的距离。

Y 方向是，在 `RobotTool` 中选择的工具坐标系的 Y 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	□2000
最大值	2000

默认：0

**RotationCenterTLZ 属性**

设置 Tool 坐标系到力控制功能旋转中心的 Z 方向的距离。  
Z 方向是，在 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Z 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	□2000
最大值	2000

默认: 0

**LimitSpeedS 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制速度变化的范围。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	250

默认: 50

**LimitSpeedR 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大角速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制角速度变化的范围。

	值(单位: [deg/sec])
最小值	0.1
最大值	180

默认: 25

**LimitAccelS 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大加速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制加速度变化的范围。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 200

**LimitAccelR 属性**

设定力觉向导序列执行时的最大角加速度。  
力控制功能会修正机器人动作，因此执行时的力和扭矩会发生变化，本属性可限制角加速度变化的范围。

	值(单位: [deg/sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 100

**LogRobotLocal 属性**

指定执行力觉向导序列时，要记录机器人位置姿态的基准本地坐标系的编号。机器人的位置姿态记录在，从本属性指定的本地坐标系中看到的工具坐标系的位置姿态中。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(Base坐标系)。
1~15	使用指定编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

**LogFileEnabled 属性**

设定是否将力觉向导序列执行中的力、扭矩和机器人位置姿态保存到文件中。指定 True 时，显示在监控画面的图表中，并保存至文件。指定 False 时，显示在监控画面的图表中，但不保存至文件。

值	说明
True	将运行日志的数据保存至文件。
False	不保存运行日志的数据。

默认: True

**LogFileAutoName 属性**

设定是否自动设置，记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态的文件名。

指定为 True 时，将以力觉向导序列名+开始时间的规则自动命名。

力觉向导序列名称\_yyyymmdd\_hhmmssfff.csv

指定为 False 时，会以 LogFileNameVar 中指定的字符串后缀“.csv”进行命名。

值	说明
True	自动设定日志数据文件的名称。
False	将日志数据文件，命名为LogFileNameVar中指定的名称。

默认: True

**LogFileNameVar 属性**

将记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态文件的名称，指定为本属性中设置的全局字符串变量。

当 LogFileAutoName 指定为 False 时，使用该属性。文件名为本属性中执行的字符串后缀“.csv”。

值	说明
None	未指定(自动设定)。
常数名	指定的全局字符串变量的值将作为文件名称。仅可指定字符串变量。

默认: None

#### LogFileInterval 属性

指定记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态的文件，数据的采集间隔时间。

	值(单位: [sec])
最小值	0.002
最大值	1

默认: 0.2

#### LogFileMaxTime 属性

指定记录力觉向导序列执行过程中的力、扭矩和机器人的位置姿态文件的最大记录时间。

若最大记录时间小于力觉向导序列的运行时间，则超出的部分将不被记录。请注意。

	值(单位: [sec])
最小值	60
最大值	600

默认: 60

### 4.5.2.3 HeightInspect序列的结果详情

#### EndStatus 结果

运行的结果。

当力觉向导序列运行到最后，并最后一个力觉向导对象成功运行，或最后一个力觉向导对象的 AbortSeqOnFail 属性为 False 时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉向导序列成功。
Failed	力觉向导序列失败。
NoExec	力觉向导序列未执行。
Aborted	力觉向导序列执行中断。

#### FailedStatus 结果

序列执行失败的原因。

当对象的 AbortSeqOnFail 属性为 True 并执行失败时，该结果将返回失败的原因。

值	说明
OK	力觉向导序列成功。
GeneralObjectFailed	通用对象失败。
ContactFailed	位置在成功范围内，但未发生接触。
PosConditionFailed	因位置偏离成功条件范围而失败。
Overrun	因超过位置而失败。

#### Time 结果

运行的时长。

单位: [sec]

#### LastExecObject 结果

执行的最后一个力觉向导对象的名称。

#### EndForces 结果

力觉向导序列结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### PeakForces 结果

力觉向导序列执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

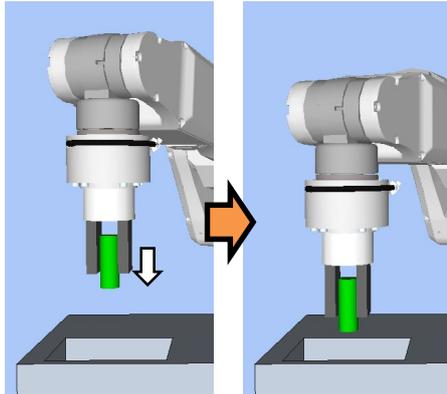
#### MeasuredHeight 结果

当 ForceOrient 设置为“Tool”时，是距离操作开始位置的距离。当 ForceOrient 设置为“Base、Local”时，则是 ForceOrient 设置的坐标系看，HeightInspect 对象 ContactOrient 属性的检查方向的位置。

单位: [mm]

### 4.5.3 HeightInspect和对象

HeightInspect 对象是，使机器人在指定方向上移动，并以指定的力检查接触位置的力觉向导对象。



上图所示为 HeightInspect 对象的动作示意图。从非接触状态，按白色箭头方向移动，停留在接触位置并检查位置。

HeightInspect 对象当在指定时间内满足结束条件则为成功，否则为失败。HeightInspect 对象可使用力和位置相关的结束条件。

始终使用每个结束条件。

当所有结束条件的成功条件达成时：判断 HeightInspect 对象执行完成并执行成功，然后继续下一个力觉向导对象。

当满足各结束条件的某 1 个失败条件：判断 HeightInspect 对象执行失败并完成执行，并中断力觉向导序列的执行。

结束条件	成功条件
有关力的结束条件	在Timeout的指定时间内，向由ContactOrient指定的轴方向，达到由ContactForceThresh指定的力
位置相关的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求 将检查方法指定为通过距离进行检查(Tool)时： 在由ContactOrient指定的轴方向上，从力觉向导对象开始位置的移动距离在DistExpected ± DistExpectedTol的范围内 将检查方法指定为通过位置进行检查(Base、Local)时： 在由指定坐标系的ContactOrient指定的轴方向上，接触工件时的位置在PosExpected ± PosExpectedTol的范围内

结束条件	失败条件
位置相关的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求 将检查方法指定为通过距离进行检查(Tool)时： 在由ContactOrient指定的轴方向上，从力觉向导对象开始位置开始的移动距离超出DistExpected+DistCheckTol 将检查方法指定为通过位置进行检查(Base、Local)，并将动作方向指定为正方向时： 在由指定坐标系的ContactOrient指定的轴方向上，接触工件时的位置超出PosExpected + PosExpectedTol 将检查方法指定为通过位置进行检查(Base、Local)，并将动作方向指定为负方向时： 在由指定坐标系的ContactOrient指定的轴方向上，接触工件时的位置超出PosExpected - PosExpectedTol

## 4.5.3.1 HeightInspect对象的向导配置指南

## Step.1 设置基本信息

设定基本信息相关的属性(Name, Description, StepID, AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设置指南
Name	设置力觉向导对象的名称。 设置唯一的名称。
Description	设置力觉向导对象的描述。 可描述动作的相关说明。可设置为任意文字。
StepID	力觉向导对象执行过程中的StepID。 可设置为任意ID。 StepID是记录在日志数据中的ID。可以方便理解日志数据对应哪个进程。 当力觉向导序列的AutoStepID设置为False时可用。
AbortSeqOnFail	设置当力觉向导对象失败时，终止或继续执行力觉向导序列。 True: 一般 力觉向导序列终止。 False: 失败的力觉向导序列中包含恢复动作时，以及力觉向导序列即使失败也可以继续运行时

## Step.2 设置接触方向和力控制功能

设置接触方向和力控制功能的相关属性 (ContactOrient, ContactFirmnessF)。

属性	说明、设置指南
ContactOrient	指定接触的方向。 机器人将沿指定方向动作。
ContactFirmnessF	设置力控制功能的强度。 设置的值越大： 强度越大，反应越慢。 设置的值越小： 强度越小，反应越快，但可能会产生振动。

可使用模拟器功能，确认ContactOrient中的设置。除指定方向外，坐标系显示为灰色。

但是机器人会根据当前位置显示。请在执行力觉向导对象的位置姿态状态下确认。有关模拟器的使用方法，请参考以下手册。

《EPSON RC+7.0用户指南》8. 仿真器-8.3 功能说明

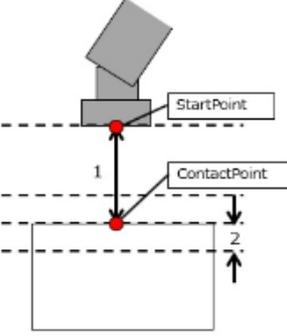
Step 3.设置结束条件

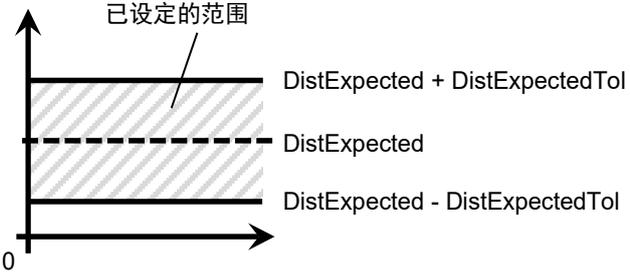
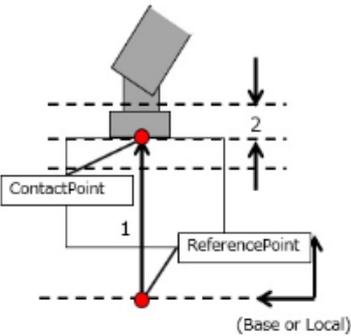
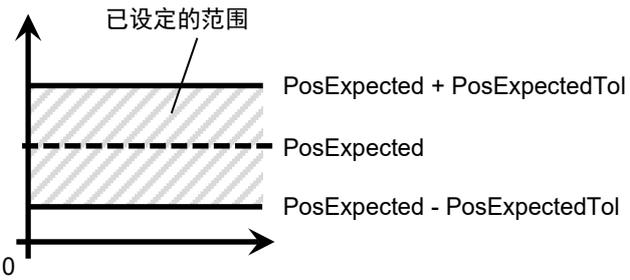
设置结束条件相关的属性(ContactForceThresh, Timeout属性)。

属性	说明、设置指南
ContactForceThresh	设置判定为已接触的阈值。 请设置客户工件的容许值。 设置的值越大，到接触位置的移动速度越快。 当指定的值太小:机器人可能不会动作。
Timeout	指定HeightInspect对象的超时时间。 在接触前超过了指定时间，则为失败。

Step 4.设置成功条件

设置有关成功条件的属性(DistExpected, DistExpectedTol, PosExpected, PosExpectedTol)。

属性	说明、设置指南
DistExpected	<p>设置动作开始位置到接触预定位置之间的基准距离。 是指在HeightInspect序列的ForceOrient设置的坐标系中，由HeightInspect对象ContactOrient设置的方向的移动距离。 检查基准距离即为，下图上侧的红色点所示的动作开始位置与下侧红色点所示的接触位置之间的1的距离。</p>  <p>已将HeightInspect序列的InspectMethod设为DistInspect时，作为成功条件生效。</p> <p>请对动作开始位置进行示教，以尽可能缩短检查基准距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此检查基准距离越长，循环时间越长。</p>

属性	说明、设置指南
<p>DistExpectedTol</p>	<p>设置动作开始位置到接触预定位置之间的基准距离的容许误差。</p> <p>下图所示为DistExpectedTol的示意图。</p>  <p>已将HeightInspect序列的InspectMethod设为DistInspect时，作为成功条件生效。</p>
<p>PosExpected</p>	<p>设置接触预定位置。</p> <p>是指在HeightInspect序列的ForceOrient设置的坐标系中，由HeightInspect对象ContactOrient设置的方向的位置。</p> <p>检查基准位置是在 ContactOrient 设置的坐标系中，如下图所示的接触位置。</p>  <p>已将HeightInspect序列的InspectMethod设为PosInspect时，作为成功条件生效。</p>
<p>PosExpectedTol</p>	<p>设置接触预定位置的容许误差。</p> <p>下图所示为PosExpectedTol的示意图。</p>  <p>已将HeightInspect序列的InspectMethod设为PosInspect时，作为成功条件生效。</p>

4.5.3.2 HeightInspect对象的属性详情

Name 属性

设置力觉向导对象唯一的名称。

如果创建 HeightInspect 序列，则自动进行命名。自动命名的名称是 HeightInspect 加数字的组合，如 HeightInspect01。

名称可修改。不能超过 16 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

Description 属性

设置力觉向导对象的描述。

可设置为不超过 255 个字符的任意文字。

StepID 属性

指定力觉向导对象执行过程中的StepID。

仅当AutoStepID设置为False时可用。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认：根据力觉向导序列和力觉向导对象的编号自动设定。

AbortSeqOnFail 属性

设置力觉向导对象失败时候的操作。

当指定为True时，若力觉向导对象失败，则会终止力觉向导序列并继续执行下一个SPEL语句。

当指定为False时，即使力觉向导对象失败，也不会终止力觉向导序列，而继续执行下一个力觉向导对象。

当需要继续执行力觉向导序列时使用(例如，当失败的力觉向导序列包含恢复处理时)。

值	说明
True	力觉向导对象失败时，终止序列。
False	力觉向导对象失败时，执行下一个力觉向导序列。

默认:True

ContactOrient 属性

在力觉引导序列ForceOrient指定的坐标系中，指定高度检查的动作方向。机器人向指定方向运动，在接触到物体后停止。

值	说明
+Fx	将指定坐标系의+Fx方向指定为动作方向。
-Fx	将指定坐标系의-Fx方向指定为动作方向。
+Fy	将指定坐标系의+Fy方向指定为动作方向。
-Fy	将指定坐标系의-Fy方向指定为动作方向。
+Fz	将指定坐标系의+Fz方向指定为动作方向。
-Fz	将指定坐标系의-Fz方向指定为动作方向。

默认: +Fz

**ContactFirmnessF** 属性

指定在力觉引导对象动作期间，由力觉引导ContactOrient指定的动作方向上的力控制功能的相关强度。

当ContactFirmnessF的值越大，动作方向上的力控制功能强度越高，且对力变化的响应越慢，但不易发生振动。

当ContactFirmnessF的值越小，动作方向上的力控制功能强度越低，且对力变化的响应越快，但易于发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认：1.5

**ContactForceThresh** 属性

设置判定为已接触的力的阈值。

执行HeightInspect对象，若超过此属性的值，则机器人将判断已发生接触并停止操作，继续执行下一个力觉向导对象。

ContactOrient为正方向时

	值(单位: [N])
最小值	$\square$ 10
最大值	0

默认： $\square$ 2

ContactOrient为负方向时

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	10

默认：-2

**DistExpected** 属性

设置高度检查开始位置到接触预定位置之间的基准距离。已在力觉引导序列的InspectMethod属性中指定“DistInspect”时使用。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	50

默认：10

**DistExpectedTol** 属性

作业结束时，指定从动作开始位置到移动距离的成功条件的范围。

以DistExpected  $\pm$  DistExpectedTol范围作为成功条件。

	值
最小值	0.01
最大值	10

默认：1

**PosExpected 属性**

设置接触预定位置。已在力觉引导序列的InspectMethod属性中指定“PosInspect”时使用。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 100

**PosExpectedTol 属性**

作业结束时, 指定接触位置的成功条件范围。  
以PosExpected ± PosExpectedTol范围作为成功条件。

	值
最小值	0.01
最大值	10

默认: 1

**Timeout 属性**

指定力觉向导对象的超时时间。  
若超过Timeout中指定的时间, 且ContactForceThresh中指定的条件未达成时, 则判断HeightInspect对象失败。  
判定后, 会根据AbortSeqOnFail的设置, 结束力觉向导序列或继续执行下一个力觉向导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 10

## 4.5.3.3 HeightInspect对象的结果详情

**EndStatus** 结果

运行的结果。

当满足了“4.5.3 HeightInspect 对象”开头中记载的“成功条件”时，则为成功。

值	说明
Passed	力觉向导对象已成功。
Failed	力觉向导对象已失败。
NoExec	力觉向导对象未执行。
Aborted	力觉向导对象执行中断。

**Time** 结果

运行的时长。

单位: [sec]

**TimeOut** 结果

是否到达 TimeOut 属性中指定的超时时间。

值	说明
True	到达超时时间。
False	到达超时时间是终止。

**EndForces** 结果

力觉向导对象结束时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**EndPos** 结果

力觉向导对象结束时的位置姿势。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。

单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

**AvgForces** 结果

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的平均值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**PeakForces** 结果

力觉向导对象执行过程中力和扭矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。

单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

**ForceCondOK** 结果

是否达成力相关的结束条件。

值	说明
True	达成力相关的结束条件。
False	未达成力相关的结束条件。

#### TriggeredForces 结果

达成力相关结束条件时的力和扭矩。分别获取 Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz 的值。  
单位: Fx, Fy, Fz [N] / Tx, Ty, Tz [N·mm]

#### TriggeredPos 结果

达成力相关结束条件时的位置姿态。分别获取 X, Y, Z, U, V, W 的值。  
单位: X, Y, Z [mm] / U, V, W [deg]

#### PosCondOK 结果

是否达成位置相关的结束条件。

值	说明
True	达成位置相关的结束条件。
False	未达成位置相关的结束条件。

#### PosLimited 结果

是否超过位置的限制范围。

值	说明
True	超过位置的限制范围。
False	未超过位置的限制范围。

#### 4.5.4 HeightInspect序列与对象的属性调整指南

下面说明使用HeightInspect序列与对象时的调整方法。

**FailedStatus** 结果显示为 **GeneralObjectFailed** 时：

因配置到 HeightInspect 序列中的通用对象而导致失败。LastExecObject 结果中显示最后执行的对象。请参考显示对象的属性设置指南或调整指南，调整属性。

**FailedStatus** 结果显示为 **ContactFailed** 时：

减小高度检查方向的 Firmness 值。

动作可能会产生振动。请调整为可容许的状态。

调整 Firmness 时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值减少 10%等。

当减小 Firmness 的值并没有得到改善时，请增加 Timeout 的值。

**FailedStatus** 结果显示为 **PosConditionFailed** 时：

执行 HeightInspect 对象过程中，因位置偏离对象中设置的位置成功条件范围而导致失败。

请根据实际环境和工件的规格，检查 DistExpected、DistExpectedTol 或 PosExpected、PosExpectedTol 的设置。

**FailedStatus** 结果显示为 **Overrun** 时：

执行 HeightInspect 对象期间，即使位置超出对象中设置的位置的成功条件范围，也会因为在力不满足力的成功条件的情况下进行动作，而被判定为超过位置并导致失败。

请根据实际环境和工件的规格，检查 DistExpected 或 PosExpected 的设置。

接触时力较大时：

减小ContactForceThresh的值。

或增加ContactFirmnessF值。

但移动速度会变慢。请调整为可容许的状态。

在接触前力觉向导对象已结束时：

若执行时间太短，请增加Timeout的值。

在接触前就错误判断为已接触时：

可能是由于移动时的惯性力，或移动时的噪声干扰导致误判。

增加ContactForceThresh的值。

但是接触时力会变大。请调整为可容许的状态。

或增加ContactFirmnessF值。

但移动速度会变慢。请调整为可容许的状态。

若接触的移动速度较慢时：

增加ContactForceThresh的值。

或增加ContactFirmnessF值。

但是接触时力会变大并可能产生振动。请调整为可容许的状态。

若接触耗时过长:

若力向导对象的开始位置相距较远, 则移动距离变大耗时较长。请将开始位置尽可能接近预计接近位置, 但不要碰到接近位置。

不往压装方向而朝相反方向运动:

可能是由于力觉传感器未能正常重置所导致。请检查力觉向导序列中ResetSensor的设置。

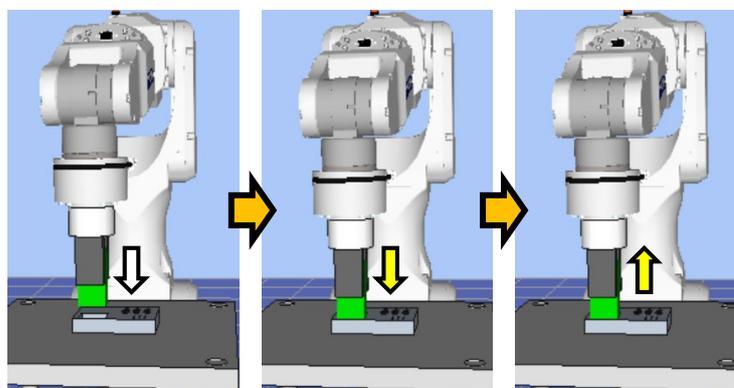
还有可能是因为力觉想到序列开始执行时已经处于接触状态。请确认动作开始时没有触碰到任何物体。

或有可能时因为ContactForceThresh的绝对值过小。请增加绝对值。但是接触时力会变大。请调整为可容许的状态。

## 4.6 Insert序列和对象

Insert序列是，以指定的力向指定方向压装，同时一边向其他方向跟随一边进行机器人动作的功能。用于将抓取的工件插入到孔中。也可以在插入之后，确认即使在拔出方向上施加某一规定的力，也不会拔出(比如连接器)。

Insert序列由Insert对象与TensileTest对象两个对象组成。可根据作业添加通用力觉引导对象。



上图所示为Insert序列的动作示意图。从非接触状态开始执行，然后向白色箭头所示的压装方向移动。达到接触状态之后，如黄色箭头所示，保持施加一定力的状态。由Insert对象执行此前的动作。

然后，如黄色箭头所示，朝压装方向的相反方向保持施加一定力的状态。由TensileTest对象执行该动作。

本章节说明Insert序列、Insert对象、TensileTest对象的序列向导、属性及其设置方法。有关通用力觉引导对象，请参阅下一章节。

软件篇 4.2.2 通用力觉引导对象

### 4.6.1 Insert序列的序列向导

使用序列向导创建 Insert 序列。可通过下述方法显示向导。

- 右键单击流程图的序列流程或序列树的序列节点，选择[Sequence Wizard]。
- 单击 Insert 序列属性的 Wizard 设置值[Click to open->]右侧显示的。

显示序列向导之后，根据画面指示进行设置。

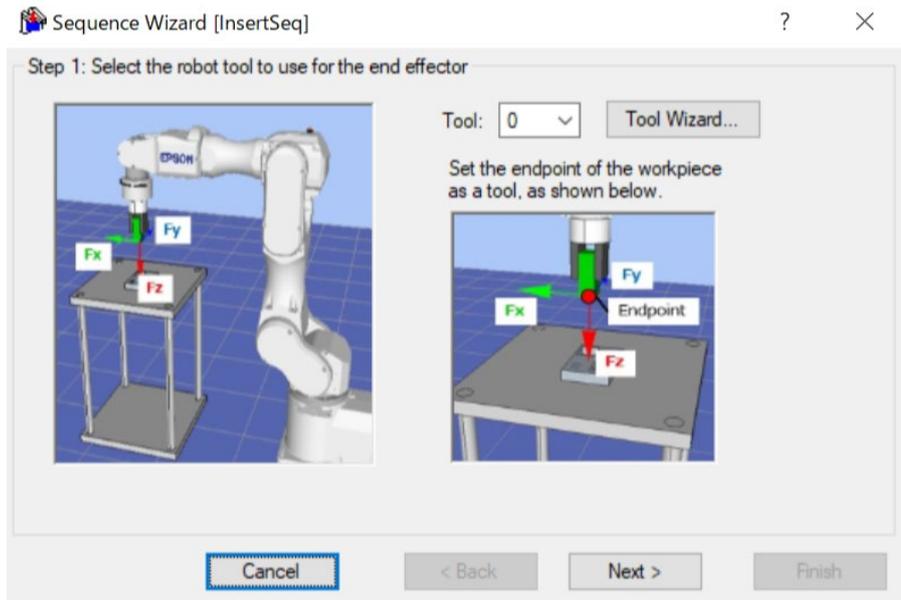
也可以通过力觉引导序列的新建画面设置 Insert 序列的序列向导。详情请参阅下一章节。

软件篇 3.5.4 [力觉引导功能](工具菜单)

-新建力觉引导序列-序列向导 专用力觉引导序列的创建

Step 1 Select the robot tool to use for the end effector

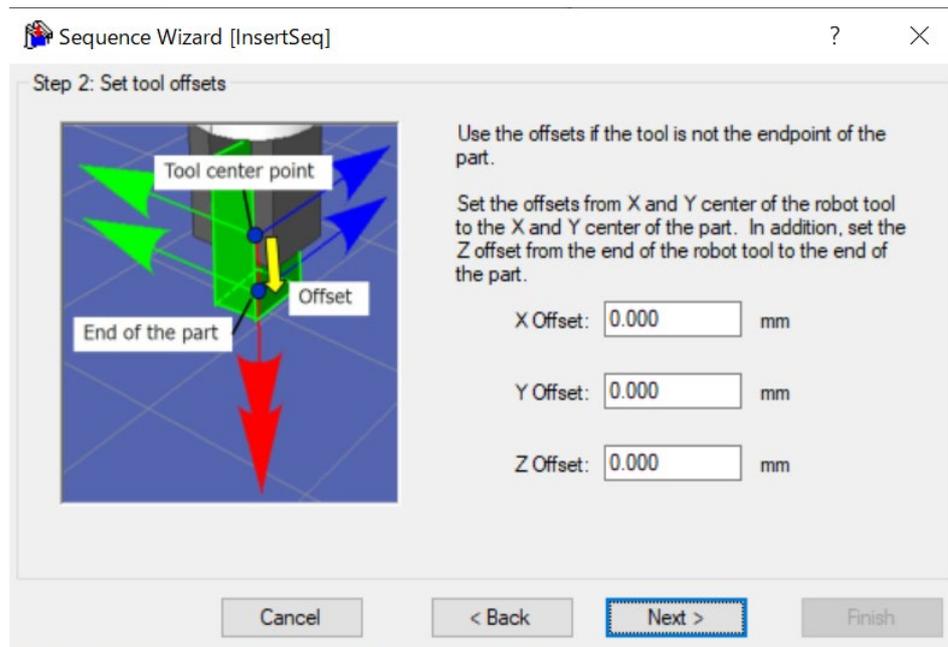
选择 Insert 序列、Insert 对象、TensileTest 对象要使用的预定工具编号。



项目	说明、设置指针
Tool	<p>选择要使用的工具编号。请选择工具编号，以使工件端点为工具原点。已设置的工具编号会排列在列表框中。要设置新工具时，可利用工具向导按钮进行设置。</p> <p>《EPSON RC+ 7.0用户指南》</p> <p>5. EPSON RC+ 7.0 GUI中，5.12 [Tools]菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Tools]面板</p> <p>最小值：0                      最大值：已设置工具编号的最大值                      默认值：0</p>
<Cancel>按钮	<p>停止创建 Insert 序列。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>通过新序列创建画面打开时，返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

## Step2 Set tool offsets

当 Step 1 中的工具未设置在工件前端中心位置时，需设置此步骤。请设置工具到工件前端中心的偏移量。



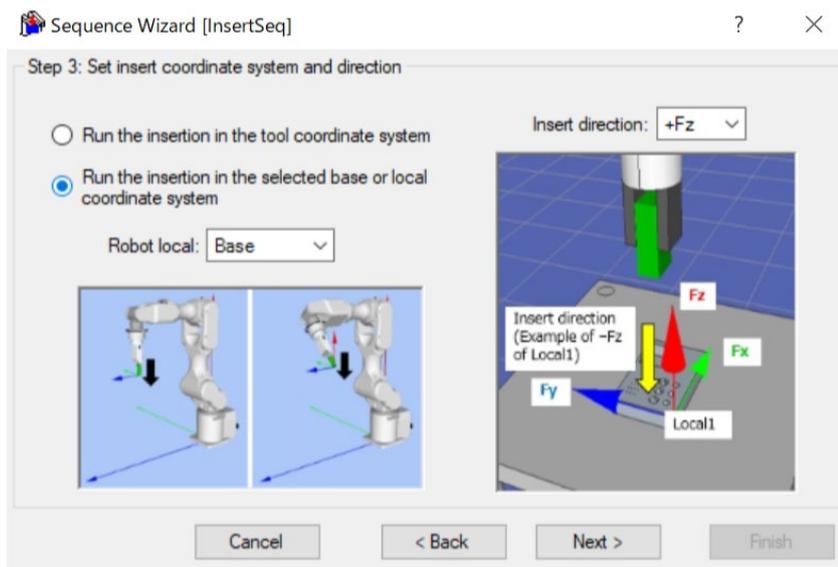
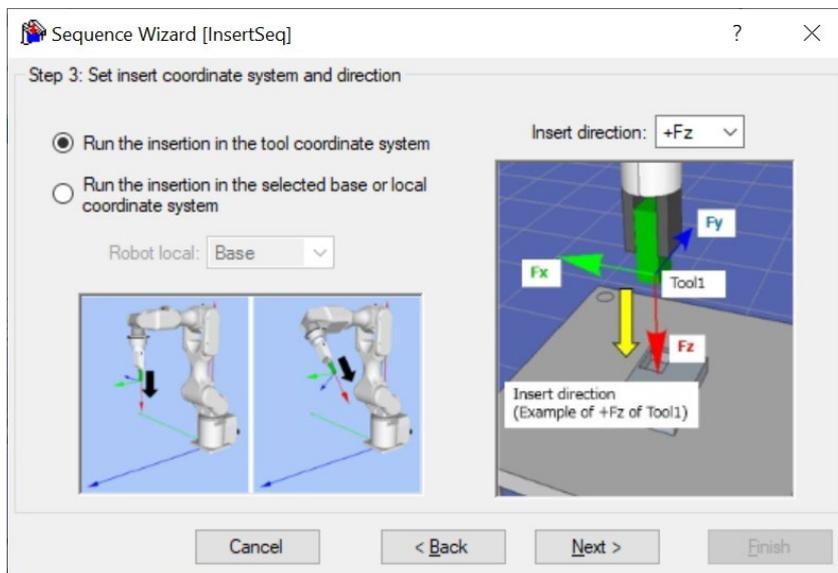
项目	说明、设置指针
X Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，X方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Y Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Y方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
Z Offset	设置Step 1中的工具到工件前端，Z方向的偏移量。 最小值：-2000.000[mm] 最大值：2000.000[mm] 默认值：0.000[mm]
<Cancel>按钮	停止创建 Insert 序列。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 3 Set insert coordinate system and direction

设置插入方向。

要根据开始序列时的姿势执行插入作业时，请选择“Tool”。

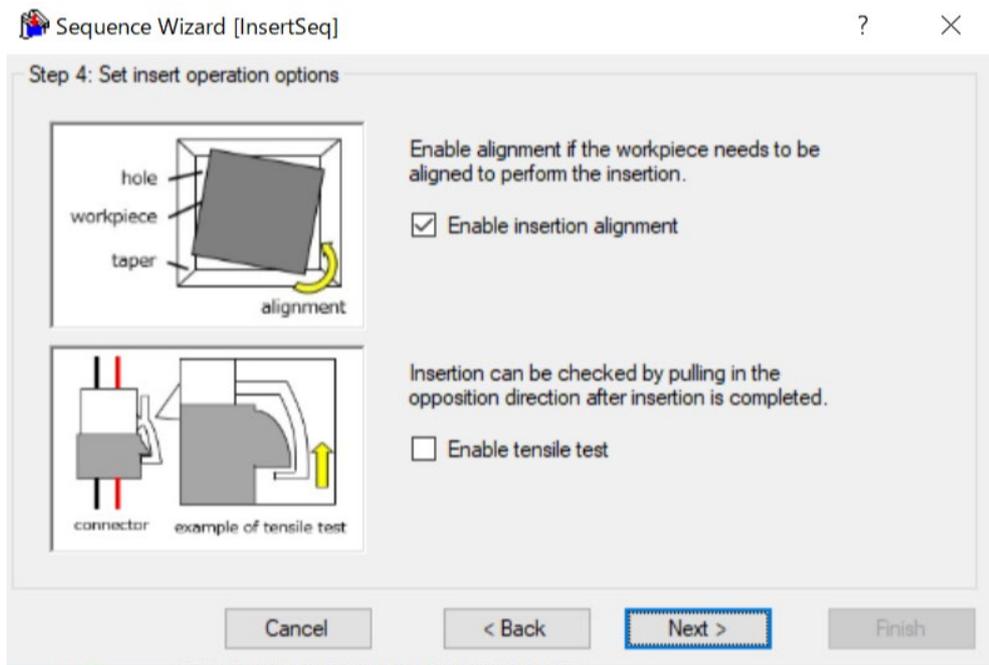
与开始序列时的姿势无关，要在已对准工件的方向执行插入作业时，请选择“Base”、“Local”。



项目	说明、设置指针
Robot local	<p>选择Insert序列使用的坐标系。</p> <p>将插入坐标系选为“Base”、“Local”时，机器人会按该坐标系进行动作。请根据已插入工件的方向选择坐标系。</p> <p>最小值: Base(0) 最大值: 15 默认: Base</p>
Insert direction	<p>选择要插入的方向。</p> <p>已将插入坐标系选为“Tool”时，Insert序列与Insert对象会在Step1 设置的工具坐标系中，按照选择的插入方向进行动作。</p> <p>已将插入坐标系选为“Base”、“Local”时，Insert序列与Insert对象会在坐标系设置的基础坐标系或本地坐标系中，按照选择的插入方向进行动作。</p> <p>TensileTest对象会向选中插入方向的正负相反的方向进行动作。</p> <p>值: +Fx、-Fx、+Fy、-Fy、+Fz、-Fz 默认: +Fz</p>
<Cancel>按钮	<p>取消 Insert 序列的创建。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step 4 Set insert operation options

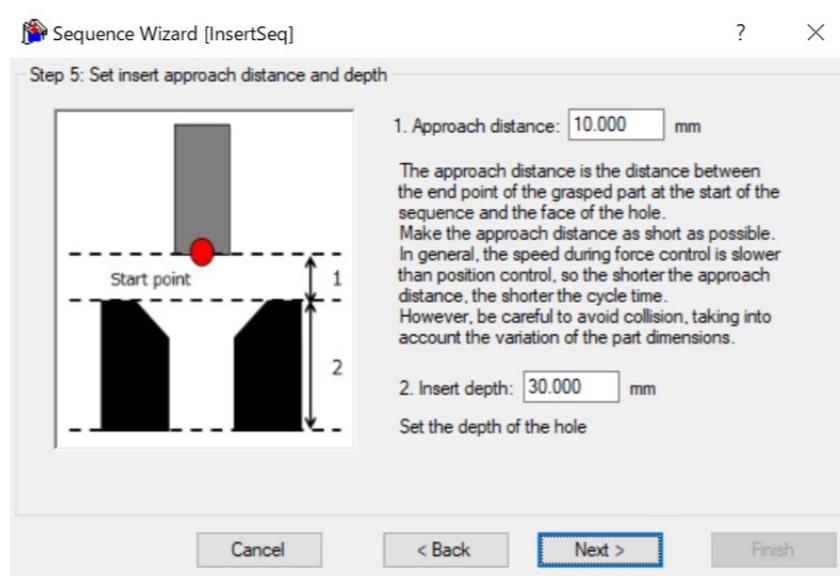
选择是否将相位对准与拉伸测试设为有效。



项目	说明、设置指针
Enable insertion alignment	设置是否沿着相位方向跟随工件与孔。如果设为有效，则会在插入动作期间沿着向导的上图所示黄色箭头方向进行相位跟随动作。请在未对准工件相位则无法完成插入的情况下(比如方柱)进行设置。 默认：有效
Enable tensile test	设置是否进行拉伸测试动作。为连接器类工件时，可通过向插入方向的相反方向施力的方式，判断是否正常插入。 默认：无效
<Cancel>按钮	取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 5 Set insert approach distance and depth

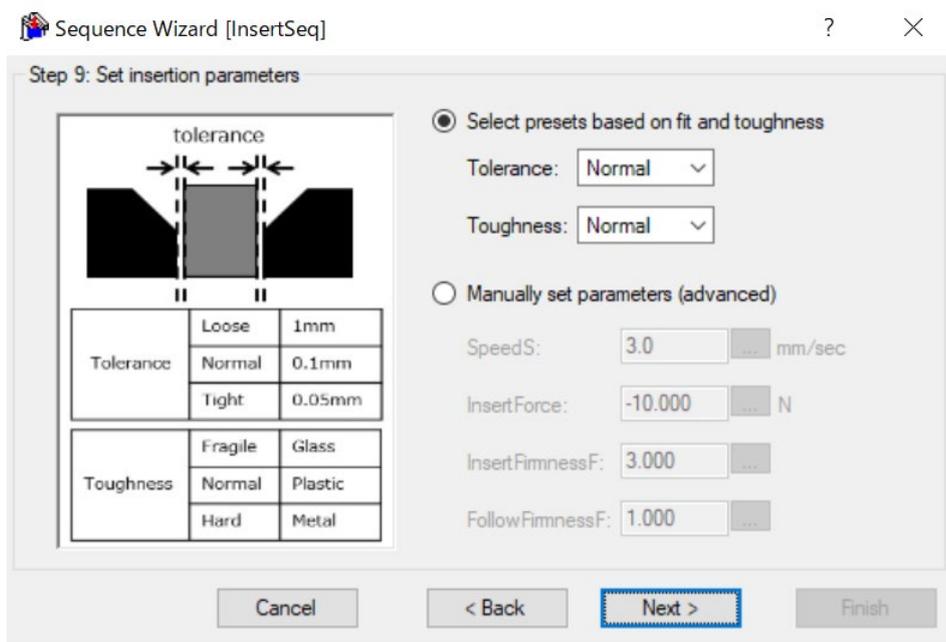
设置插入作业的接近距离与插入深度。



项目	说明、设置指针
Approach distance	<p>设置接近距离。                      接近距离是指开始下图绿色点所示Insert序列时的抓取工件的端点与孔顶面之间的1的距离。                      请对动作开始位置进行示教，以尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此接近距离越长，循环时间越长。</p> <p>最小值：0[mm]                      最大值：50[mm]                      默认值：10[mm]</p>
Insert depth	<p>设置插入深度。                      插入深度是指接近距离中的图中孔深度2的长度。                      最小值：0[mm]                      最大值：300[mm]                      默认值：30[mm]</p>
<Cancel>按钮	取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

### Step 6 Set insertion parameters

通过预设选项设置插入作业的参数。也可以直接设置属性，但该设置为高级用户使用的设置。

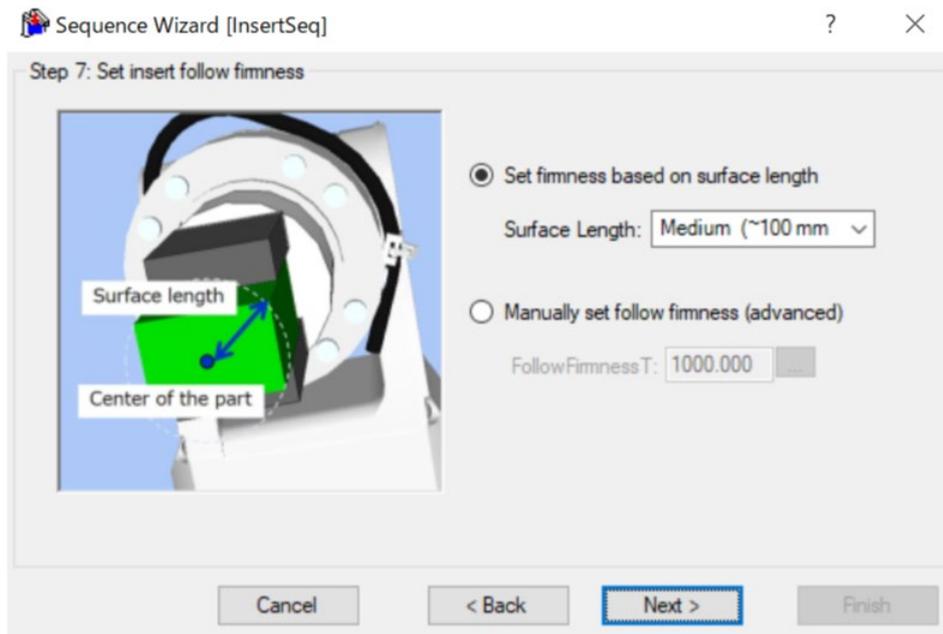


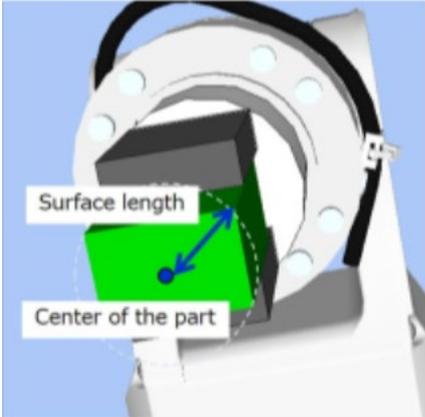
项目	说明、设置指针
Tolerance	<p>选择抓取工件与孔之间的公差。从“Loose”、“Normal”、“Tight”3个预设选项中选择。如下所述为选择公差的大致标准。</p> <p>Loose: 1[mm]                      Normal: 0.1[mm]                      Tight: 0.05[mm]</p> <p>如果将公差选为Loose，插入速度则会加快，压装力也会增大；如果选为Tight，插入速度则会减慢，压装力也会减弱。</p>
Toughness	<p>选择工件与孔的材质韧性。从“Fragile”、“Medium”、“Hard”3个预设选项中选择。如下所述为选择韧性的大致标准。</p> <p>Fragile: Glass                      Medium: Plastic                      Hard: Metal</p> <p>如果将韧性选择为“Fragile”，压装力则会减弱，插入方向的力的反应也会减慢；如果选择“Hard”，插入方向的力的反应则会加快。</p>
SpeedS	<p>设置插入时的机器人平移速度。通过力控制功能对实际速度进行补偿。</p> <p>选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。如果按下按钮，则可利用滑块调整速度。</p> <p>最小值: 0.1[mm/sec]                      最大值: 100[mm/sec]                      默认值: 3.0[mm/sec]</p>

项目	说明、设置指针
InsertForce	<p>设置施加到插入方向的插入力。实际力可能会因插入期间工件与孔之间产生的摩擦力等而大于设置的力。</p> <p>选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。</p> <p>如果按下按钮，则可利用滑块调整插入力。</p> <p>插入方向为正方向时</p> <p>最小值：-50.0[N]</p> <p>最大值：0.0[N]</p> <p>默认值：-10.0[N]</p> <p>插入方向为负方向时</p> <p>最小值：0.0[N]</p> <p>最大值：50.0[N]</p> <p>默认值：10.0[N]</p>
InsertFirmnessF	<p>设置插入方向的力控制功能的强度。</p> <p>设置较大的值时：</p> <p>强度变大，反应变慢。</p> <p>设置较小的值时：</p> <p>强度变小，反应变快，但可能会产生振动。</p> <p>选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。</p> <p>如果按下按钮，则可利用滑块调整强度。</p> <p>最小值：0.1</p> <p>最大值：10</p> <p>默认值：3.0</p>
FollowFirmnessF	<p>设置对插入方向以外的平移力进行跟随的力控制功能的强度。</p> <p>设置较大的值时：</p> <p>强度变大，反应变慢。</p> <p>设置较小的值时：</p> <p>强度变小，反应变快，但可能会产生振动。</p> <p>选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。</p> <p>如果按下按钮，则可利用滑块调整强度。</p> <p>最小值：0.1</p> <p>最大值：10</p> <p>默认值：1.0</p>
<Cancel>按钮	<p>取消 Insert 序列的创建。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step 7 Set insert follow firmness

通过预设选项设置旋转的跟随方向的力控制功能的强度。也可以直接设置属性，但该设置为高级用户使用的设置。

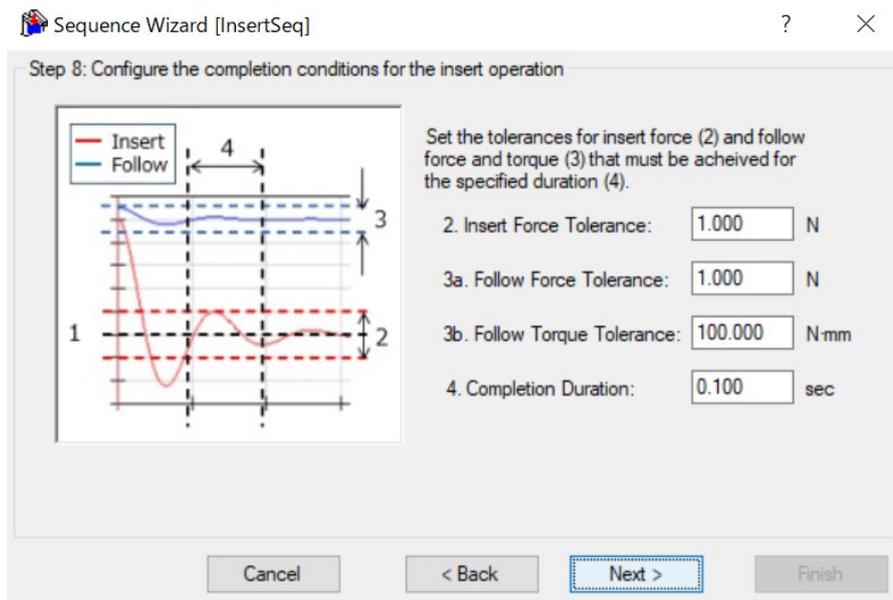


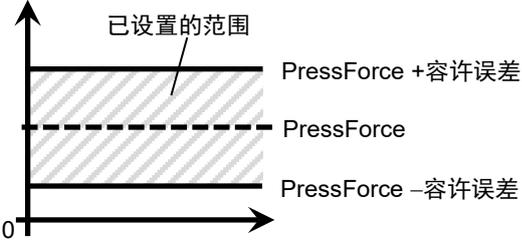
项目	说明、设置指针
Surface length	<p>选择接触位置(已设置的工具中心位置)到工件端点之间的长度。从“Short”、“Medium”、“Long”3个预设选项中选择。如下所述为选择公差的大致标准。</p> <p>Short: ~60[mm]                      Medium: ~100[mm]                      Long: ~200[mm]</p> <p>下图的蓝色箭头所示为长度。以工件接触位置为中心，绘制一个与工件端点仅有一点接触的圆时，该圆半径为设置的长度。</p>  <p>如果选择短，跟随旋转方向的反应则会加快。如果选择长，跟随旋转方向的反应则会减慢。</p>

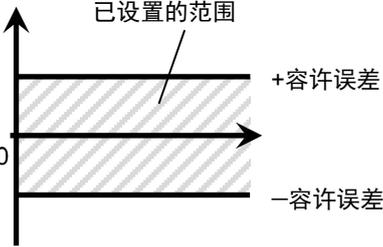
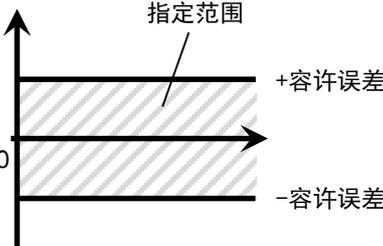
项目	说明、设置指针
FollowFirmnessT	设置旋转方向的力控制功能的强度。 设置较大的值时： 强度变大，反应变慢。 设置较小的值时： 强度变小，反应变快，但可能会产生振动。 选择“Manually set parameters (advanced)”即可进行设置。 如果按下  按钮，则可利用滑块调整强度。 最小值：10.0 最大值：100000 默认值：1000
<Cancel>按钮	取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

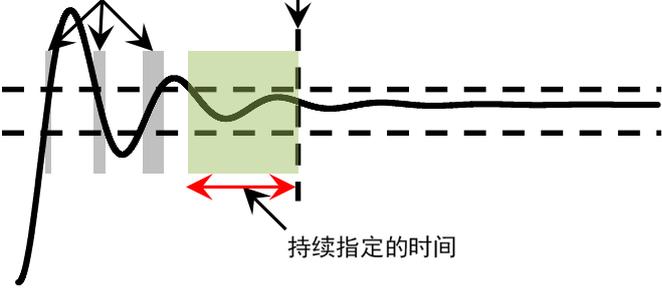
Step 8 Configure the completion conditions for the insert operation

设置插入作业的完成条件。



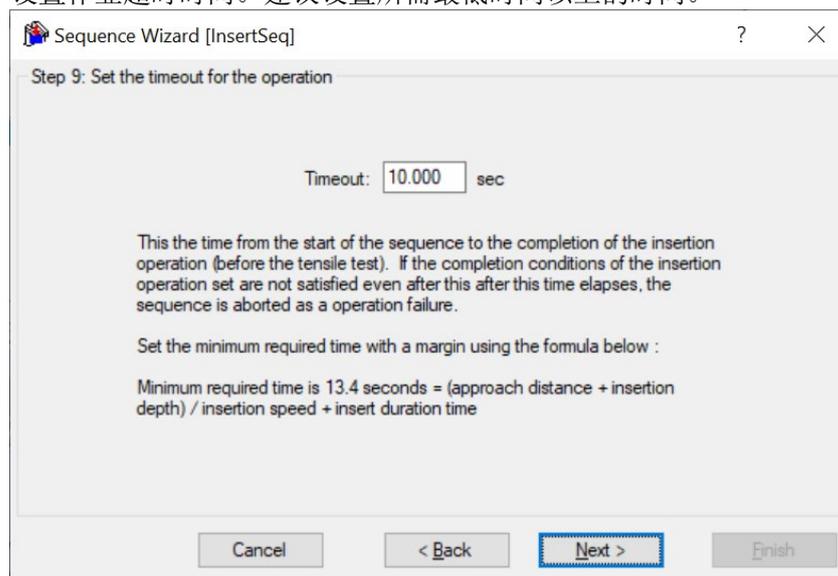
项目	说明、设置指针
Insert Force Tolerance	<p>力的终止条件的插入方向范围。设置作为结束条件的范围。用于监视由Fx、Fy、Fz插入方向指定的方向的力 (InsertForce) 是否在InsertForce±容许误差范围内。比如，将插入方向设为+Fz时，监视Fz方向的力是否在范围内。示意图如下。</p>  <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。                      最小值：0.1[N]                      最大值：10[N]                      默认值：1.0[N]</p>

项目	说明、设置指针
Follow Force Tolerance	<p>力的终止条件插入方向以外的跟随方向范围。设置作为结束条件的范围。</p> <p>用于监视由Fx、Fy、Fz插入方向指定的方向以外的力是否在±容许误差范围内。比如，将插入方向设为+Fz时，监视Fx、Fy方向的力是否在范围内。</p> <p>示意图如下。</p>  <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：0.1[N]            最大值：10[N]            默认值：1.0[N]</p>
Follow Torque Tolerance	<p>设置有关转矩的结束条件的范围。</p> <p>用于监视Tx、Ty、Tz的转矩是否在±容许误差范围内。仅在Step4中将相位对准设为有效时，才会监视围绕插入方向的转矩。比如，将插入方向设为+Fz、将相位对准设为有效时，监视Tx、Ty、Tz方向的转矩是否在范围内的。将相位对准设为无效时，监视Tx、Ty方向。不监视Tz方向。</p> <p>示意图如下。</p>  <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：1[N·mm]            最大值：100000[N·mm]            默认值：100[N·mm]</p>

项目	说明、设置指针
<p>Completion Duration</p>	<p>设置要判定为满足结束条件的持续时间。 如下图所示，在由所需持续时间指定的时间内，指定条件一直持续时，会判定为满足结束条件。</p> <p style="text-align: center;">所需持续时间: </p> <p>未达到持续时间                      结束</p>  <p>通常设置接近“0”的较短时间。 建议根据实际结果确定时间。 最小值: 0.0[sec] 最大值: 10[sec] 默认值: 0.1[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

## Step 9 Set the timeout for the operation

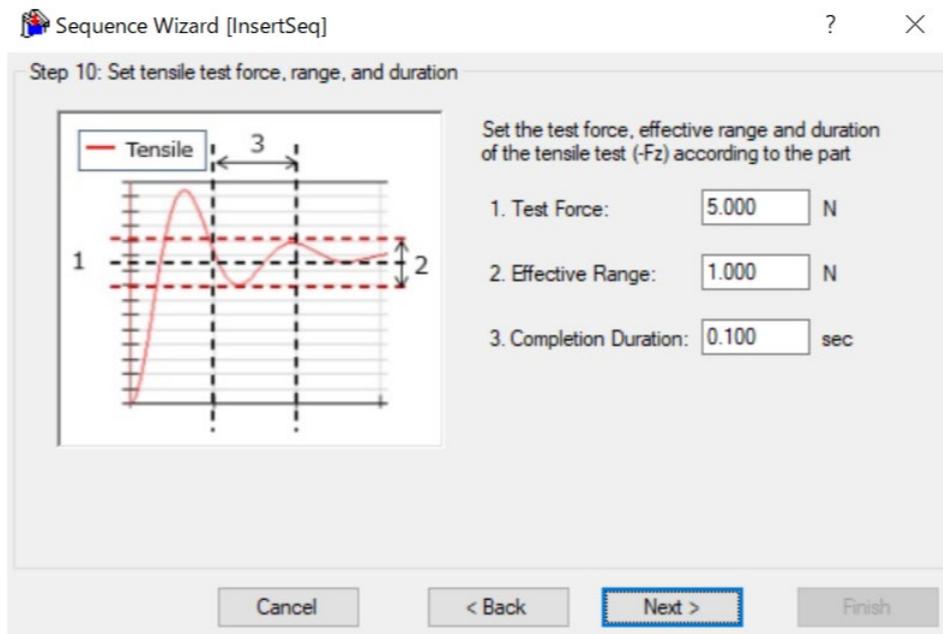
设置作业超时时间。建议设置所需最低时间以上的时间。



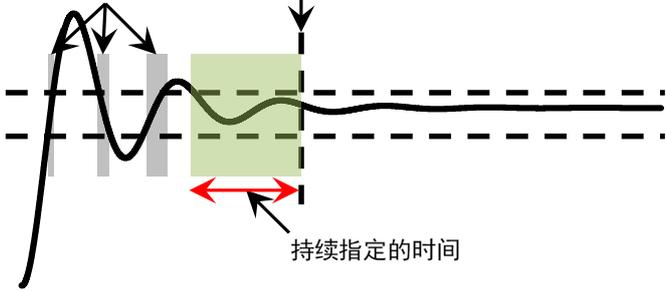
项目	说明、设置指针
Timeout	<p>设置超时时间。设置的超时时间为插入作业的执行时间。已经过设置的超时时间，但插入作业仍未满足Step8中设置的完成条件时，会视为作业失败，中断Insert序列。</p> <p>向导中会显示所需最低时间。要完成插入作业时，至少需要这一时间。因此，请设置长于显示的最低所需时间的时间。根据Step5、Step6、Step8中设置的接近距离、插入深度、插入速度、成功判定所需的持续时间，计算最低所需时间。</p> <p>最小值：0.1[sec]            最大值：60[sec]            默认值：10.0[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>取消 Insert 序列的创建。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>在 Step4 将拉伸测试设为无效时，可进入变更一览 (Change Summary) 画面。通过新序列创建画面打开时，可进入完成画面。</p> <p>在 Step4 将拉伸测试设为有效时，可进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

Step 10 Set tensile test force,range,and duration

设置拉伸测试的完成条件。在 Step4 中将拉伸测试设为有效时，会显示该设置画面。

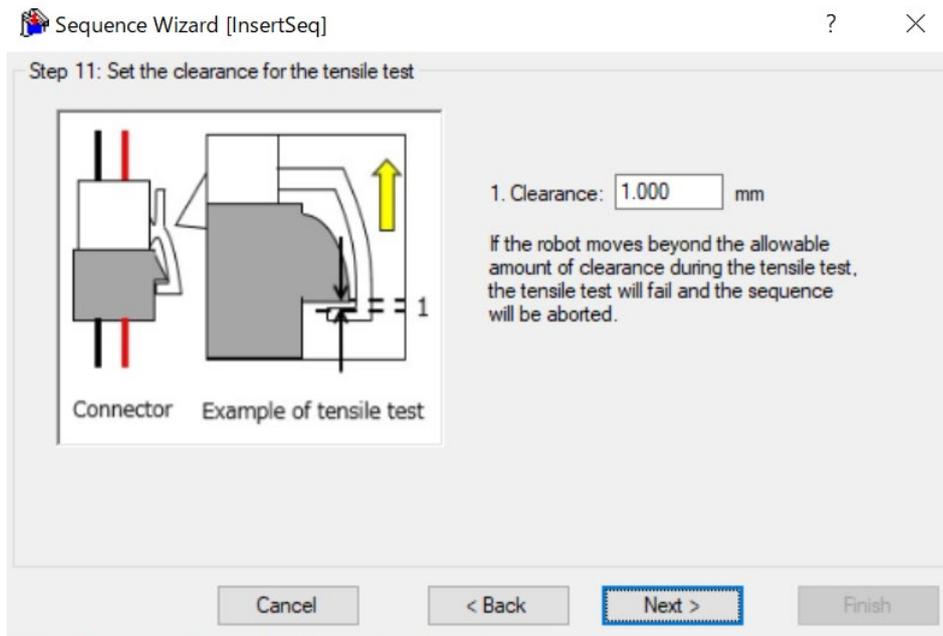


项目	说明、设置指针
Test Force	<p>设置向导中显示的施加在拉伸测试方向上的测试力。请根据部件设置测试力。</p> <p>拉伸测试方向为正方向时                      最小值：-50.0[N]                      最大值：0.0[N]                      默认值：-5.0[N]</p> <p>插入方向为负方向时                      最小值：0.0[N]                      最大值：50.0[N]                      默认值：5.0[N]</p>
Effective Range	<p>是指有关力的结束条件的拉伸测试方向范围。设置作为结束条件的范围。</p> <p>用于监视在Fx、Fy、Fz拉伸测试方向显示的方向的力是否在±容许误差范围内。比如，拉伸测试方向显示为-Fz时，监视-Fz方向的力是否在范围内。</p> <p>示意图如下。</p> <p>容许误差越小，作业越难以成功。建议增大容许误差，根据执行时的实际结果调整容许误差。</p> <p>最小值：0.1[N]                      最大值：10[N]                      默认值：1.0[N]</p>

项目	说明、设置指针
<p>Completion Duration</p>	<p>设置要判定为满足结束条件的持续时间。</p> <p>如下图所示，在由所需持续时间指定的时间内，指定条件一直持续时，会判定为满足结束条件。</p> <p style="text-align: center;">所需持续时间: </p> <p>未达到持续时间 <span style="margin-left: 150px;">结束</span></p>  <p>通常设置接近“0”的较短时间。 建议根据执行时的实际结果确定时间。 最小值: 0.0[sec] 最大值: 10[sec] 默认值: 0.1[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>进入下一步。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step11 Set the clearance for the tensile test

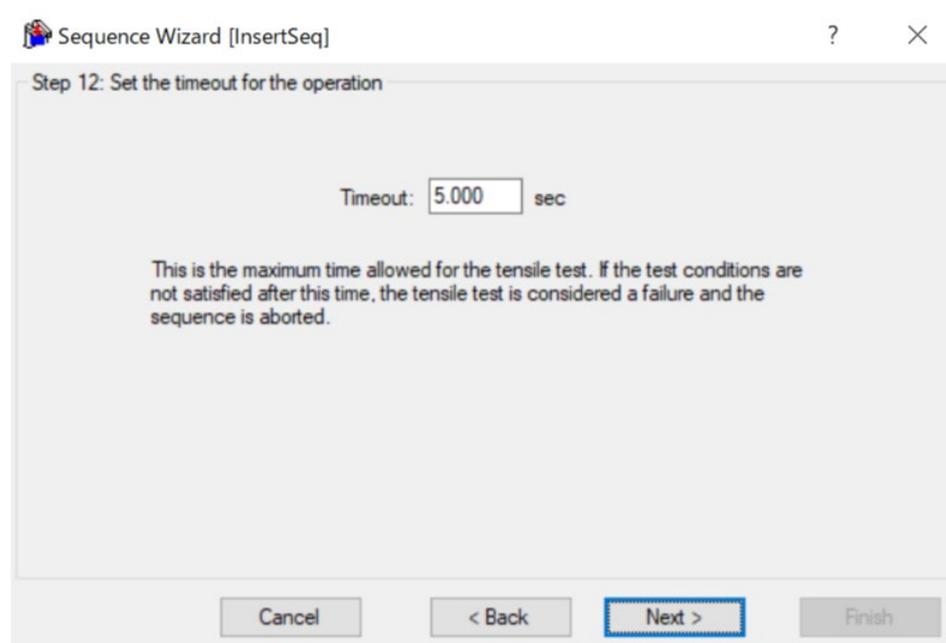
设置拉伸测试的间隙。在 Step4 中将拉伸测试设为有效时，会显示该设置画面。



项目	说明、设置指针
Clearance	设置拉伸工件时产生的工件之间的间隙。 执行拉伸测试时，如果向在Step10显示的拉伸测试方向的移动距离超过设置间隙，则会将TensileTest对象视为失败并中断序列。 最小值：0.1[mm] 最大值：10[mm] 默认值：1[mm]
<Cancel>按钮	取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	返回到上一步。
<Next>按钮	进入下一步。
<Finish>按钮	无法单击此按钮。

## Step 12 Set the timeout for the operation

设置拉伸测试的超时时间。

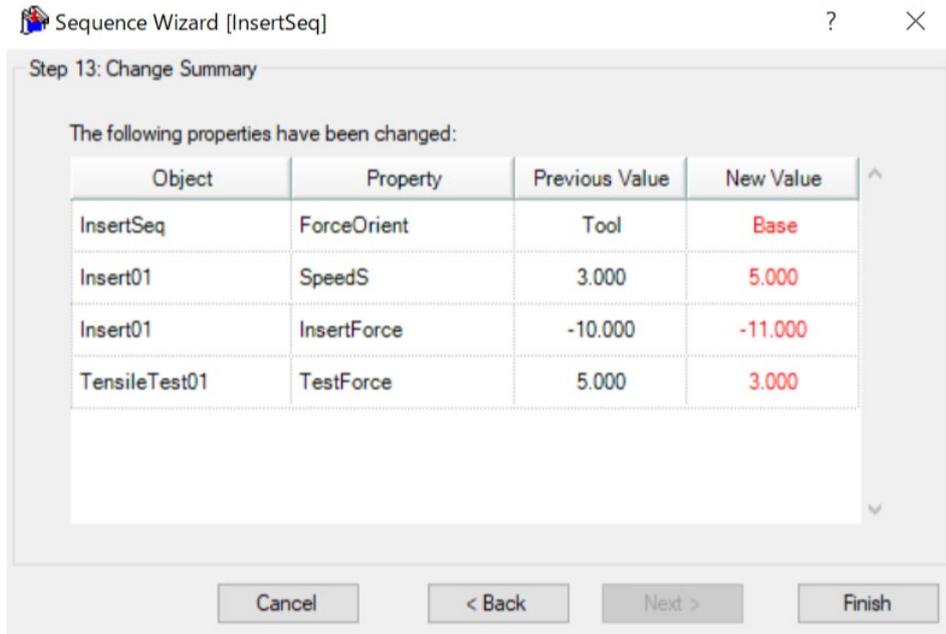


项目	说明、设置指针
Timeout	<p>设置超时时间。设置的超时时间为拉伸测试作业的执行时间。</p> <p>已经过设置的超时时间，但拉伸测试作业仍未满足 Step10中设置的完成条件时，会视为作业失败，中断 Insert序列。</p> <p>最小值：0.1[sec]            最大值：60[sec]            默认值：5.0[sec]</p>
<Cancel>按钮	<p>取消 Insert 序列的创建。</p> <p>单击此按钮可结束序列向导。</p>
<Back>按钮	<p>返回到上一步。</p>
<Next>按钮	<p>可进入到变更一览 (Change Summary)。</p> <p>通过新序列创建画面打开时，可进入完成画面。</p>
<Finish>按钮	<p>无法单击此按钮。</p>

### Step13 Change Summary

可确认已通过向导变更的属性一览。

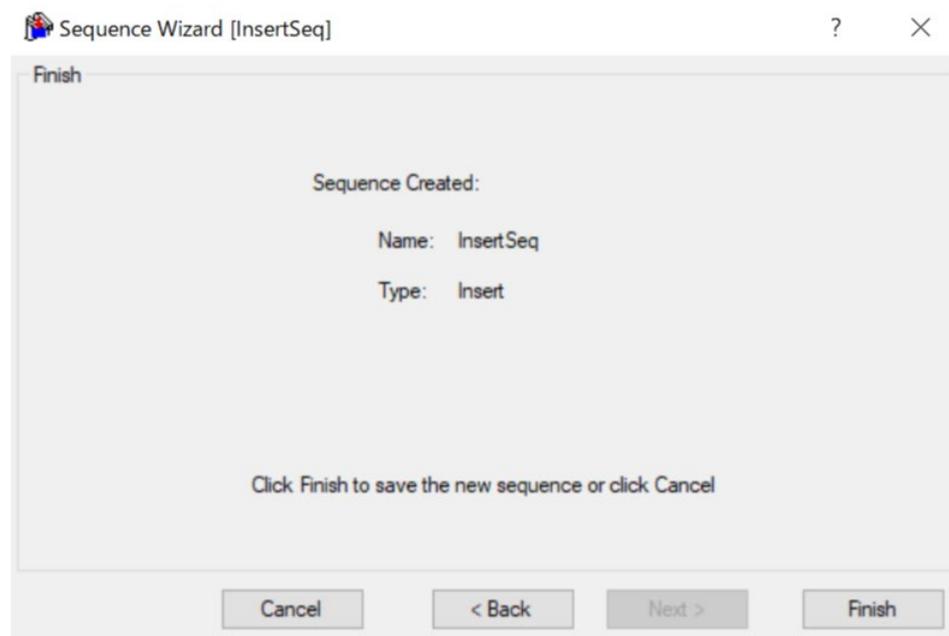
通过序列向导编辑创建的 Insert 序列时会显示。新建时不会显示。



项目	说明
Object Property	根据向导的设置变更，显示某个序列或对象的某个属性被变更。
Previous Value New Value	根据向导的设置变更，显示如何变更属性。
<Cancel>按钮	取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	在 Step4 将拉伸测试设为无效时，可返回到 Step9。 在 Step4 将拉伸测试设为有效时，可返回到 Step12。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	完成 Insert 序列的变更。 按照输入的内容，完成 Insert 序列的变更。

### Finish Insert Sequence Created

如下所示为已设置序列的完成画面。可确认已创建的序列名称与类型。通过新序列创建画面打开时会显示。



项目	说明
Name	显示基本信息设置中设置的序列名称。 有关序列名称的设置，请参阅下一章节。 软件篇 3.5.4 [力觉引导功能](工具菜单) -新建力觉引导序列-序列向导 专用力觉引导序列的创建- <b>Step1: General</b>
Type	显示专用序列选择中选中的序列类型。 有关专用序列的选择，请参阅下一章节。 软件篇 3.5.4 [力觉引导功能](工具菜单) -新建力觉引导序列-序列向导 专用力觉引导序列的创建- <b>Step3: Select system sequence</b>
<Cancel>按钮	取消 Insert 序列的创建。 单击此按钮可结束序列向导。
<Back>按钮	在 Step4 将拉伸测试设为无效时，可返回到 Step9。 在 Step4 将拉伸测试设为有效时，可返回到 Step12。
<Next>按钮	无法单击此按钮。
<Finish>按钮	完成新 Insert 序列的创建。 按照输入的内容，新建 Insert 序列。

### 4.6.2 Insert序列

下面说明 Insert 序列的属性及其设置方法。

#### 4.6.2.1 Insert序列的属性指南

下面说明一般的设置步骤与各属性的设置方法。

##### Step1 设置基本信息

设置有关基本信息的属性。

属性	说明
Name	是力觉引导序列的名称。 设置固有名称。
Index	是力觉引导序列固有的编号。 会自动分配。不能设置。
Description	是力觉引导序列的说明。 记述作业内容等。设置任意字符串。
Version	是序列的兼容版本。 序列会作为指定的版本进行运作。
RobotNumber	是执行力觉引导序列的机器人的编号。 设置要执行的机器人编号。
RobotType	是在RobotNumber指定的机器人的机器人类型。 不能设置。
AutoStepID	设置是否自动设置力觉引导对象的StepID。 StepID是指日志数据中记录的ID。日志数据的目的在于便于了解与哪个工序相对应。 True: 通常 False: 要手动指定StepID时
PointFile	设置力觉引导序列使用的预定的点文件。 如果开始时未读入指定的点文件, 则会发生错误。该属性用于防止误操作。 未设置时, 无论读入哪个点文件, 都会执行。
RobotTool	设置力觉引导序列使用的预定的工具编号。 如果开始时未选择已设置的工具编号, 则会发生错误。该属性用于防止误操作。

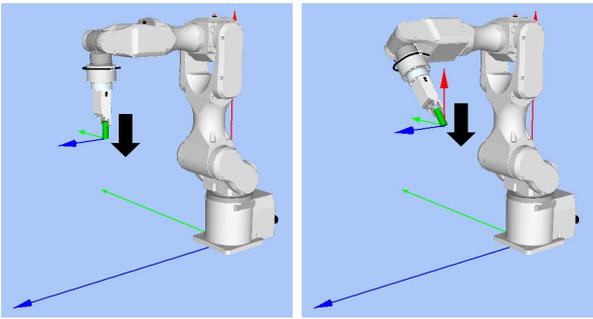
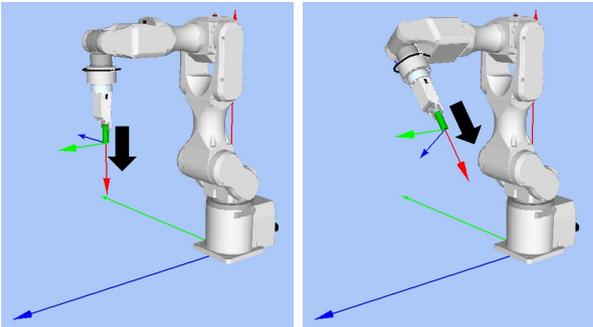
## Step2 设置传感器值的补偿

设置有关传感器值补偿的属性 (ResetSensor, MPNumber)。

属性	说明、设置指针
ResetSensor	<p>执行力觉引导序列时，如果初次执行条件分支与SPEL函数以外的力觉引导对象，则用于设置是否重置力觉传感器。</p> <p><b>True:</b> 开始力觉引导序列时未接触的情况 (通常，会在非接触的状态下开始力觉引导序列。)</p> <p><b>False:</b> 执行力觉引导序列之后，在保持接触状态的同时执行其它力觉引导序列等特殊情况</p>
MPNumber	<p>设置执行力觉引导序列期间使用的质量属性对象编号。</p> <p>质量属性对象是指用于重力补偿的属性总称。</p> <p>“0”：执行力觉引导序列期间，不使姿势 (U、V、W) 发生较大变化时 已创建的质量属性编号</p> <p>：执行力觉引导序列期间，使姿势发生较大变化时</p> <p>有关质量属性的详情，请参阅下一章节。 软件篇 2.3 重力补偿</p>

### Step3 设置力控制功能的坐标系

设置有关力控制功能坐标系的属性 (ForceOrient、RobotLocal、RotationCenterType、RotationCenterTLX、RotationCenterTLY、RotationCenterTLZ)。

属性	说明、设置指针
ForceOrient	<p>设置执行力控制功能的坐标系的方向。</p> <p><b>Base, Local :</b> 即使开始力觉引导序列时的姿势发生变化，也要向笔直向下方向进行压装等从外部来看始终向固定方向执行力控制功能时 固定方向与基础坐标系的轴不同时，指定Local。</p> <p>下图所示为设置Base的示例。 比如，向-Z方向压装时，即使机器人卡爪工具的姿势发生变化，也始终向笔直向下方向(基础坐标系的-Z方向)进行压装。(黑色箭头表示机器人的移动方向。)</p>  <p><b>Tool:</b> 要根据开始时的姿势执行力控制功能时</p> <p>下图所示为设置Tool的示例。 比如，向+Z方向压装时，要压装的方向会因开始时的机器人卡爪工具姿势而异。</p> 
RobotLocal	设置ForceOrient为Local时使用的本地坐标系编号。
RotationCenterTLX RotationCenterTLY RotationCenterTLZ	设置工具坐标系~旋转中心之间的各方向偏移量。

可利用模拟器功能，确认有关力控制功能坐标系的设置状态。但是，在力觉引导序列内根本未配置力觉引导对象时，请在设置力觉引导对象之后进行确认。

有关模拟器功能的显示方法，请参阅下述手册。

EPSON RC+ 7.0 用户指南 8. 模拟器、 8.3 功能说明

## Step4 设置最大速度与最大加速度

设置有关最大速度与最大加速度的属性 (LimitAccelS、LimitAccelR、LimitSpeedS、LimitSpeedR)。

属性	说明、设置指针
LimitSpeedS LimitSpeedR	<p>设置执行力觉引导序列期间的最大速度。</p> <p>LimitSpeedS: 最大平移速度 LimitSpeedR: 最大旋转角速度</p> <p>使用力控制功能时, 速度会因力的施加方式而有增减。会进行免于超出LimitSpeedS与LimitSpeedR的控制。</p>
LimitAccelS LimitAccelR	<p>设置执行力觉引导序列期间的最大加速度。</p> <p>LimitAccelS: 最大平移加速度 LimitAccelR: 最大旋转角加速度</p> <p>使用力控制功能时, 加速度会因力的施加方式而有增减。会进行免于超出LimitAccelS与LimitAccelR的控制。 如果该值较小, 受力时的反应则会变慢, 可能会导致大幅弹跳。</p> <p>机器人发生弹跳时请增大, 产生振动时请减小。</p>

## Step5 设置有关记录的条件

用于设置有关记录的属性 (LogRobotLocal、LogFileEnabled、LogFileAutoName、LogFileNameVar、LogFileMaxTime、LogFileInterval)。

属性	说明、设置指针
LogRobotLocal	<p>用于设置要记录机器人位置基准的本地坐标系编号。 有关位置的日志数据会被记录为指定本地坐标系中的位置。</p> <p>Base : 通常 本地坐标系编号 : 要记录为指定坐标系的位置时</p>
LogFileEnabled	<p>用于设置是否将执行力觉引导序列期间的数据保存为文件。</p> <p>False: 不保存为文件。 执行时, 可通过力觉引导窗口中的图形确认日志数据。</p>
LogFileAutoName	<p>用于设置是否自动设置日志数据文件的名称。</p> <p>True: 进行自动设置时 根据力觉引导序列名称与开始时间生成。 “力觉引导序列名称_年月日_时分秒毫秒”</p> <p>False: 要指定任意名称时</p>
LogFileNameVar	<p>用于设置LogFileAutoName为False时表示日志数据文件名称的全局变量。</p>
LogFileInterval	<p>用于设置进行文件化时的日志数据的采样间隔。</p>
LogFileMaxTime	<p>用于设置进行文件化时的日志数据的最大时间。</p>

#### 4.6.2.2 Insert序列属性的详细内容

##### Name 属性

用于设置已分配给力觉引导序列的固有名称。  
不能创建同名力觉引导序列。

无法更改名称。可指定最多 32 个字符。可使用半角字母数字与 “\_” (下划线)。  
另外，不能将开头字符设为数字。

##### Index 属性

用于显示力觉引导序列的编号。  
本属性会被自动设置与更新。无法对其进行更改。

	值
最小值	1
最大值	16

默认：无

##### Description 属性

用于设置要添加到力觉引导序列中的说明。  
可指定最多 255 个字符的任意字符串。

##### Version 属性

专用序列时的 Version 为 7.5.1。无法对其进行更改

##### RobotNumber 属性

用于指定使用力觉引导序列的机器人的编号。  
如果利用未指定的机器人执行力觉引导序列，则会发生错误。

值	说明
1~16	为使用力觉引导序列的机器人的编号。

默认：序列向导指定的机器人编号

##### RobotType 属性

为使用力觉引导序列的机器人的类型。  
本属性会根据 RobotNumber 指定的机器人编号自动进行设置。无法对其进行更改。

##### AutoStepID 属性

用于指定自动分配执行力觉引导序列期间的 StepID。  
自动分配时，会设置力觉引导序列编号\*100+力觉引导对象编号。  
StepID 被记录到记录有执行力觉引导序列期间的力或位置的文件中，用于识别哪个区间对应于哪个力觉引导对象。

值	说明
True	用于自动设置StepID。
False	用于设置各力觉引导对象的StepID属性值。

默认：True

### ResetSensor 属性

在力觉引导序列中初次开始条件分支与 SPEL 函数以外的力觉引导对象时，用于指定是否重置力觉传感器。

值	说明
True	开始条件分支与SPEL函数以外的力觉引导对象时，重置力觉传感器。
False	不重置力觉传感器。

默认：True

### MPNumber 属性

用于指定执行力觉引导序列期间要使用的质量属性对象编号。

质量属性对象是指用于重力补偿的属性总称。需要事先定义质量属性对象。执行力觉引导序列期间发生较大的角度变化时，请指定适当的质量属性对象。

值	说明
0	用于将重力补偿设为OFF。
1~15	使用指定的质量属性。

默认：True

### PointFile 属性

用于指定执行力觉引导序列期间要使用的点文件名。

如果在力觉引导序列开始时读入本属性未指定的点文件，则会发生错误。该属性用于防止误操作。

值	说明
None	未指定 (即使在未确认点文件的状态下读入某个点文件，也可以执行。)
点文件名	如果未读入指定的点文件，则会发生错误。

默认：None

### RobotTool 属性

用于指定执行力觉引导序列期间要使用的工具坐标系编号。

如果在力觉引导序列开始时选择本属性未指定的工具坐标系编号，则会发生错误。该属性用于防止误操作。

值	说明
0~16	如果未选择指定的工具坐标系编号，则会发生错误。

默认：None

**ForceOrient 属性**

指定执行力觉引导序列期间适用力控制功能的坐标系方向。

可从 Base、Local、Tool 中选择。根据插入方向指定坐标系。

已指定 Base 或 Local 时，即使机器人姿势发生变化，为插入作业方向也保持不变。

已指定 Tool 时，如果机器人姿势发生变化，工具坐标系的方向则会随之而变，因此为插入作业方向也会改变。

值	说明
Base	将适用力控制功能的坐标系方向设为基础坐标系。
Local	将适用力控制功能的坐标系方向设为本地坐标系。
Tool	将适用力控制功能的坐标系方向设为工具坐标系。

默认：Tool

**RobotLocal 属性**

用于指定执行力觉引导序列期间适用力控制功能的坐标系的本地坐标系编号。

ForceOrient 属性为 Local 时使用。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。与在ForceOrient中指定Base时相同。
1~15	使用已设置编号的本地坐标系。

默认：0(Base)

**RotationCenterTLX 属性**

用于设置 Tool 坐标系～力控制功能旋转中心之间的 X 方向距离。

X 方向为 RobotTool 中选择的工具坐标系的 X 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认：0

**RotationCenterTLY 属性**

用于设置 Tool 坐标系～力控制功能旋转中心之间的 Y 方向距离。

Y 方向为 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Y 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认：0

**RotationCenterTLZ 属性**

用于设置 Tool 坐标系～力控制功能旋转中心之间的 Z 方向距离。

Z 方向为 RobotTool 中选择的工具坐标系的 Z 方向。

	值(单位: [mm])
最小值	-2000
最大值	2000

默认: 0

**LimitSpeedS 属性**

用于指定执行力觉引导序列期间的最大速度。

机器人的动作会利用力控制功能进行补偿, 因此执行时会因施加的力或转矩而发生变化, 但会被限制为本属性指定的速度。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	250

默认: 50

**LimitSpeedR 属性**

用于指定执行力觉引导序列期间的最大角速度。

机器人的动作会利用力控制功能进行补偿, 因此执行时会因施加的力或转矩而发生变化, 但会被限制为本属性指定的角速度。

	值(单位: [deg/sec])
最小值	0.1
最大值	180

默认: 25

**LimitAccelS 属性**

用于指定执行力觉引导序列期间的最大加速度。

机器人的动作会利用力控制功能进行补偿, 因此执行时会因施加的力或转矩而发生变化, 但会被限制为本属性指定的加速度。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 200

**LimitAccelR 属性**

用于指定执行力觉引导序列期间的最大角加速度。

机器人的动作会利用力控制功能进行补偿，因此执行时会因施加的力或转矩而发生变化，但会被限制为本属性指定的角加速度。

	值(单位: deg/sec <sup>2</sup> )
最小值	0.1
最大值	5000

默认: 100

**LogRobotLocal 属性**

用于将执行力觉引导序列期间要记录的机器人位置姿势指定为基准的本地坐标系编号。

机器人的位置姿势会被记录为从本属性指定的本地坐标系看到的工具坐标系的位置姿势。

值	说明
0 (Base)	使用本地0坐标系(基础坐标系)。
1~15	使用已设置编号的本地坐标系。

默认: 0(Base)

**LogFileEnabled 属性**

用于指定是否将执行力觉引导序列期间的力、转矩或机器人位置姿势保存为文件。

指定 True 时，会在监视画面的图形中显示值，同时保存为文件。

指定 False 时，会在监视画面的图形中显示值，但不会保存为文件。

值	说明
True	将日志数据保存为文件。
False	不将日志数据保存为文件。

默认: True

**LogFileAutoName 属性**

用于指定是否自动设置执行力觉引导序列期间的力、转矩或机器人位置姿势的记录文件名。

指定 True 时，根据力觉引导序列名称+开始时间自动生成文件名。

力觉引导序列名称\_yyyymmdd\_hhmmssfff.csv

指定 False 时，在 LogFileNameVar 指定的变量内的字符串中附加 “.csv” 作为文件名。

值	说明
True	用于自动设置日志数据文件的名称。
False	用于将日志数据文件的名称设为LogFileNameVar指定的名称。

默认: True

### LogFileNameVar 属性

用于指定全局字符串变量以保存执行力觉引导序列期间的力、转矩或机器人位置姿势的记录文件名。

在 LogFileAutoName 中指定 False 时使用。在指定变量内的字符串中附加 “.csv” 作为文件名。

值	说明
None	未指定(自动设置。)
变量名	指定全局字符串变量的值为文件名。 仅可指定字符串变量。

默认: None

### LogFileInterval 属性

用于指定执行力觉引导序列期间的力、转矩或机器人位置姿势记录文件的采样周期。

	值(单位: [sec])
最小值	0.002
最大值	1

默认: 0.2

### LogFileMaxTime 属性

用于指定执行力觉引导序列期间的力、转矩或机器人位置姿势记录文件的最大记录时间。

比力觉引导序列的执行时间短时, 不会将后续的内容记录为文件。敬请注意。

	值(单位: [sec])
最小值	60
最大值	600

默认: 60

### 4.6.2.3 Insert序列结果的详细内容

#### EndStatus 结果

为已执行的结果。

力觉引导序列会执行到最后，最后的力觉引导对象成功或最后的力觉引导对象的 AbortSeqOnFail 属性为 False 时，表明成功。

值	说明
Passed	力觉引导序列成功。
Failed	力觉引导序列失败。
NoExec	力觉引导序列未被执行。
Aborted	执行力觉引导序列期间停止。

#### FailedStatus 结果

为力觉引导序列失败的理由。

执行 AbortSeqOnFail 为 True 的对象的结果为失败时的失败理由。

值	说明
OK	力觉引导序列成功。
GeneralObjectFailed	通用对象失败。
ForceConditionFailed	因力偏离成功条件范围而失败。
PosConditionFailed	因位置偏离成功条件范围而失败。
Overrun	因超过位置而失败。
Jammed	力处在成功条件的范围内，但位置未达到目标位置

#### Time 结果

为执行所需的时间。

单位: [sec]

#### LastExecObject 结果

为最后执行的力觉引导对象名称。

#### EndForces 结果

为力觉引导序列结束时的力或转矩。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N·mm]

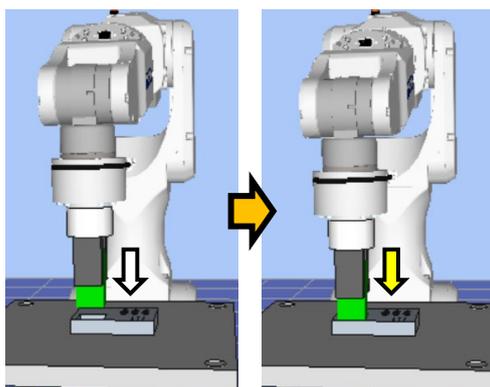
#### PeakForces 结果

为执行力觉引导序列期间的力或转矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N·mm]

### 4.6.3 Insert对象

Insert 对象为力觉引导对象，用于以指定的力在指定方向进行压装，并在向其它方向跟随的同时使机器人动作。



上图所示为 Insert 对象的动作示意图。从非接触状态开始执行，向白色箭头所示的方向进行压装。达到接触状态之后，如黄色箭头所示，保持施加一定力的状态。

Insert 对象在指定时间内满足结束条件时视为成功或失败。Insert 对象可使用力与位置的相关结束条件。

请务必使用各结束条件。

完全满足各结束条件的成功条件时：结束 Insert 对象的执行并判定为成功，然后进入下一力觉引导对象。

只要满足 1 个各结束条件的失败条件时：结束 Insert 对象的执行并判定为失败，然后中断力觉引导序列的执行。

结束条件	成功条件
有关力的结束条件	在Timeout的指定时间内，下述全部内容应持续 HoldTimeThresh指定的整个时间  在Fx、Fy、Fz内，InsertOrient指定的轴的力应处在 $\text{InsertForce} \pm \text{InsertCheckTolF}$ 的范围内  ForceCheckMode为PressFollow时： 在Fx、Fy、Fz内，FollowOrient指定的轴的力应处在 $\pm \text{FollowCheckTolF}$ 的范围内  ForceCheckMode为PressFollow时： 在Tx、Ty、Tz内，FollowOrient指定的轴的转矩应处在 $\pm \text{FollowCheckTolT}$ 的范围内
有关位置的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求  从InsertOrient指定轴方向的力觉引导对象开始位置的移动距离应处在 $\text{ApproachDist} + \text{InsertDepth} \pm \text{DistCheckTol}$ 的范围内

结束条件	失败条件
有关位置的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求  从InsertOrient指定轴方向的力觉引导对象开始位置的移动距离应超出 $\text{ApproachDist} + \text{InsertDepth} + \text{DistCheckTol}$

4.6.3.1 Insert对象的属性指南

Step 1. 设置基本信息

用于设置有关基本信息的属性 (Name、Description、StepID、AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设置指针
Name	用于设置力觉引导对象的名称。 设置固有名称。
Description	用于设置力觉引导对象的说明。 可记述动作的说明等。设置任意字符串。
StepID	为执行力觉引导对象期间的StepID。 可设置任意ID。 StepID是指日志数据中记录的ID。日志数据便于理解与哪个工序相对应。 力觉引导序列的AutoStepID为False时适用。
AbortSeqOnFail	用于设置力觉引导对象失败时结束或继续力觉引导序列。 True : 通常时 结束力觉引导序列。 False : 包括力觉引导序列期间失败时的恢复动作或失败后可继续力觉引导序列的情况

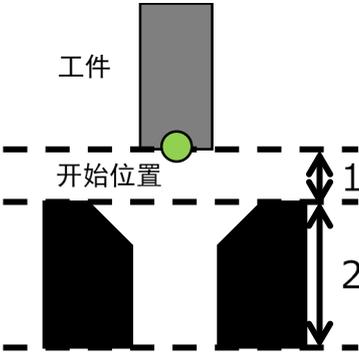
Step 2. 设置移动动作

用于设置有关移动的属性 (AccelS、SpeedS)。

属性	说明、设置指针
AccelS	用于设置移动时的加速度。 AccelS: 平移加速度 通过力控制功能对实际加速度进行补偿。
SpeedS	用于设置移动时的平移速度。 SpeedS: 平移速度 通过力控制功能对实际速度进行补偿。

## Step 3. 设置目标位置

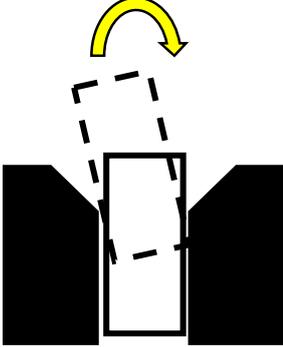
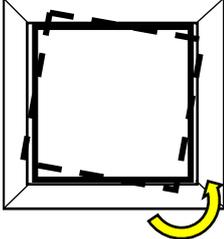
用于设置有关移动轨道目标位置的属性 (ApproachDist、InsertDepth、DecelStartRaio)。

属性	说明、设置指针
ApproachDist	<p>设置力觉引导对象开始位置到插入孔顶面之间的接近距离。如下图所示，接近距离是指开始下图绿色点所示力觉引导对象时，抓取工件的端点与孔顶面之间的1的距离。</p>  <p>请对动作开始位置进行示教，以尽可能缩短接近距离。力控制功能的速度低于位置控制的速度，因此接近距离越长，循环时间越长。</p>
InsertDepth	<p>设置插入孔的深度。 如ApproachDist的图形所示，InsertDepth为2的长度。</p>
DecelStartRatio	<p>设置力觉引导对象的动作速度开始减速的距离之比。力觉引导对象从动作开始位置移动到下述距离之前，同时执行位置控制与力控制功能，如果超出该距离，则开始减速，然后仅力控制功能起作用。</p> $\text{ApproachDist} + \text{InsertDepth} * \text{DecelStartRatio} / 100$ <p>如果设置较小的DecelStartRatio，力觉引导对象开始位置到开始减速位置之间的距离则会缩短，因此力觉引导对象动作结束时工件与孔底面接触时的速度会减慢，力的过冲也会减小。但循环时间会延长。</p> <p>如果设置较大的DecelStartRatio，力觉引导对象开始位置到开始减速位置之间的距离则会延长，因此力觉引导对象动作结束时工件与孔底面接触时的速度会加快，力的过冲也会增大。但循环时间会缩短。</p>

Step 4. 设置力控制功能

用于设置有关力控制功能的属性 (InsertOrient、InsertForce、InsertFirmnessF、FollowOrient、FollowFirmnessF、RotationFollowMode、FollowFirmnessT)。

属性	说明、设置指针
InsertOrient	用于设置要插入的方向。 机器人会向指定方向移动。
InsertForce	设置施加到插入方向的插入力。 InsertOrient为正方向时：输入负值。 InsertOrient为负方向时：输入正值。  请设为客户的工件容许的值。 如果值过小，机器人可能不会移动。
InsertFirmnessF	设置插入方向的力控制功能的强度。 设置较大的值时： 强度变大，反应变慢。 设置较小的值时： 强度变小，反应变快，但可能会产生振动。
FollowOrient	为InsertOrient的方向以外，在跟随的同时进行移动、旋转的方向。 根据InsertOrient与RotationFollowMode自动发生变化。但为了始终跟随InsertOrient未指定的2个平移方向的力方向，力的显示不会因RotationFollowMode的设置而发生变化。只读。无法对其进行更改。 比如，在InsertOrient中指定+Fz或-Fz并在RotationFollowMode中指定Tilt时，InsertOrient未指定的Fx与Fy以及围绕Fx与Fy旋转的Tx与Ty为FollowOrient。
FollowFirmnesF	用于设置插入方向以外的平移方向的力控制功能的强度。 值较大时：强度变大，反应变慢。 值较小时：强度变小，反应变快，但可能会产生振动。

属性	说明、设置指针
RotationFollowMode	<p>用于设置将旋转方向的跟随动作设为有效的方向。</p> <p><b>Disabled:</b> 不跟随旋转方向。</p> <p><b>Tilt:</b> 跟随对准姿势的方向。 跟随下图所示的黄色箭头方向。</p>  <p><b>Rotate:</b> 跟随对准相位的方向。 跟随下图所示的黄色箭头方向。</p>  <p><b>TiltRotate:</b> 跟随对准姿势与相位的方向。 跟随Tilt与Rotate的方向。</p>
FollowFirmnessT	<p>设置旋转方向的力控制功能的强度。</p> <p>设置较大的值时： 强度变大，反应变慢。</p> <p>设置较小的值时： 强度变小，反应变快，但可能会产生振动。</p>

Step 5. 设置结束条件的基本信息

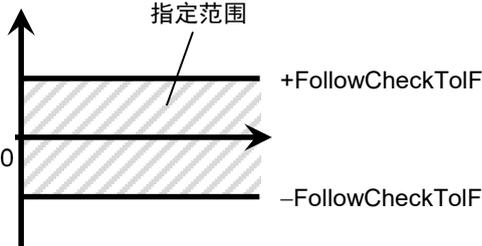
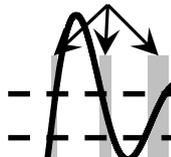
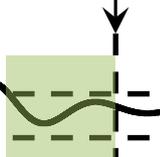
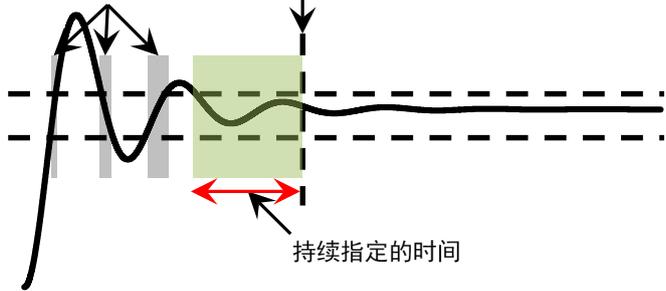
用于设置有关超时的属性 (Timeout)。

属性	说明、设置指针
Timeout	设置超时时间。 未设置结束条件时： 为执行时间。 已设置结束条件时： 未在指定时间内满足结束条件时视为失败。

Step 6. 设置有关力的结束条件

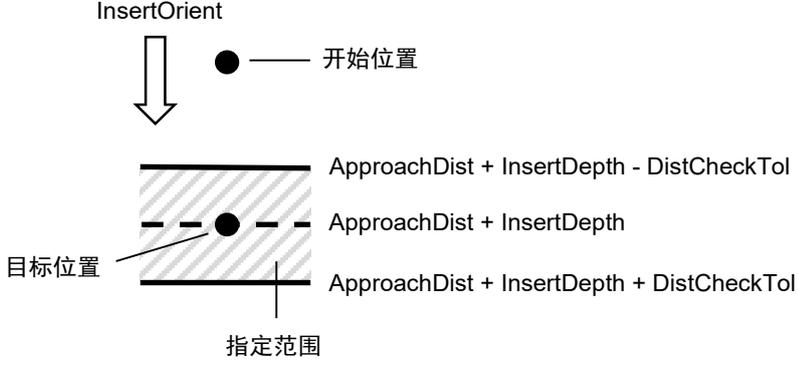
用于设置有关力结束条件的属性 (ForceCheckEnabled、ForceCheckMode、ForceCheckPolarity、PressCheckTolF、PressCheckTolT、FollowCheckTolF、FollowCheckTolT、HoldTimeThresh)。

属性	说明、设置指针
ForceCheckMode	为判定对象的方向。 Press : 仅将压装方向设为判定对象。 将ControlMode指定的方向 (Press+、Press-) 设为判定对象。 PressFollow : 将压装方向与跟随方向设为判定对象。 将ControlMode指定的方向 (Press+、Press-、Follow) 设为判定对象。
InsertCheckTolF	为有关力结束条件的压装方向的范围。设置作为结束条件的范围。 InsertCheckTolF适用于Fx、Fy、Fz。 监视Fx、Fy、Fz的InsertOrient指定方向的力处在InsertForce±InsertCheckTolF的范围内。 下图所示为InsertCheckTolF的示意图。 <div style="text-align: center;"> </div>

属性	说明、设置指针
<p>FollowCheckToIF FollowCheckToIT</p>	<p>用于设置有关力结束条件的跟随方向的范围。</p> <p>FollowCheckToIF适用于Fx、Fy、Fz； FollowCheckToIT适用于Tx、Ty、Tz。</p> <p>监视Fx、Fy、Fz的FollowOrient指定方向的力处在<math>\pm</math>FollowCheckToIF的范围内。</p> <p>监视Tx、Ty、Tz的FollowOrient指定方向的转矩处在<math>\pm</math>FollowCheckToIT的范围内。</p> <p>下图所示为FollowCheckToIF的示意图。</p> 
<p>HoldTimeThresh</p>	<p>设置要判定为满足结束条件的持续时间。</p> <p>如下图所示，指定的条件持续HoldTimeThresh指定的整个时间时，会判定为满足结束条件。</p> <p>HoldTimeThresh: </p> <p>未达到持续时间  结束 </p>  <p>持续指定的时间</p> <p>通常设置接近“0”的较短时间。 建议根据实际结果确定时间。</p>

Step 7: 设置有关位置的结束条件

用于设置有关位置结束条件的属性 (DistCheckTol)。

属性	说明、设置指针
DistCheckTol	<p>用于设置有关位置结束条件的插入方向的范围。                      监视与InsertOrient指定方向的动作开始位置的移动距离处在  <math>ApproachDist + InsertDepth \pm DistCheckTol</math>的范围内。                      下图所示为DistCheckTol的示意图。</p> 

### 4.6.3.2 Insert对象属性的详细内容

#### Name 属性

用于设置已分配给力觉引导对象的固有名称。

如果创建 Insert 序列，则会自动分配名称。如 Insert01 所示，自动分配的名称会在 Insert 之后组合有数字。

名称可修改。不能超过 16 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

#### Description 属性

用于设置力觉引导对象的说明。

可指定最多 255 个字符的任意字符串。

#### StepID 属性

用于指定执行力觉引导对象期间的StepID。

仅AutoStepID为False时使用。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认：根据力觉引导序列与力觉引导对象的编号自动设置。

#### AbortSeqOnFail 属性

设置力觉向导对象失败时候的操作。

当指定为True时，若力觉向导对象失败，则会终止力觉向导序列并继续执行下一个SPEL语句。

当指定为False时，即使力觉向导对象失败，也不会终止力觉向导序列，而继续执行下一个力觉向导对象。

当需要继续执行力觉向导序列时使用(例如，当失败的力觉向导序列包含恢复处理时)。

值	说明
True	力觉向导对象失败时，终止序列。
False	力觉向导对象失败时，执行下一个力觉向导序列。

默认：True

#### SpeedS 属性

用于指定执行力觉引导对象期间的速度。

但由于该设置值是与已设置的轨道有关的速度，因此会通过力控制功能对实际速度进行补偿。

	值(单位: [mm/sec])
最小值	0.1
最大值	100

默认：3

**AccelS 属性**

用于指定执行力觉引导对象期间的加速度。  
但由于该设置值是与已设置的轨道有关的加速度，因此会通过力控制功能对实际加速度进行补偿。

	值(单位: [mm/sec <sup>2</sup> ])
最小值	1
最大值	1000

默认: 30

**ApproachDist 属性**

指定力觉引导对象开始位置到插入作业开始位置之间的移动距离。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	50

默认: 10

**InsertDepth 属性**

指定工件的插入长度。

用于在由力觉引导序列ForceOrient属性指定的坐标系中，向由力觉引导对象InsertOrient属性指定的方向移动。

	值(单位: [mm])
最小值	0
最大值	300

默认: 30

**DecelStartRatio 属性**

指定动作速度的开始减速位置。

从力觉引导对象开始位置移动到下述距离之前，同时执行位置控制与力控制功能，如果超出该距离，则开始减速，然后仅力控制功能起作用。

$$\text{ApproachDist} + \text{InsertDepth} * \text{DecelStartRatio} / 100$$

	值(单位: [%])
最小值	0
最大值	100

默认: 80

**InsertOrient 属性**

指定由力觉引导序列ForceOrient指定的坐标系中的插入作业的动作方向。

值	说明
+Fx	将指定坐标系+Fx方向指定为动作方向。
-Fx	将指定坐标系-Fx方向指定为动作方向。
+Fy	将指定坐标系+Fy方向指定为动作方向。
-Fy	将指定坐标系-Fy方向指定为动作方向。
+Fz	将指定坐标系+Fz方向指定为动作方向。
-Fz	将指定坐标系-Fz方向指定为动作方向。

默认: +Fz

**InsertForce 属性**

指定在力觉引导对象动作期间，由力觉引导对象InsertOrient指定的动作方向上的压装力。

**InsertOrient为+Fx、+Fy、+Fz时**

	值(单位: [N])
最小值	-50
最大值	0

默认: -10

**InsertOrient为-Fx、-Fy、-Fz时**

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	50

默认: -10

**InsertFirmnessF 属性**

指定在力觉引导对象动作期间，由力觉引导对象InsertOrient指定的动作方向上的力控制功能的相关强度。

如果InsertFirmnessF的值增大，动作方向上的力控制功能则会增强，并且对力变化的响应也会滞后，但不易发生振动。

如果InsertFirmnessF的值减小，动作方向上的力控制功能则会减弱，并且对力变化的响应也会加快，但易于发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认: 3

**FollowOrient 属性**

是指插入作业中设置的平移与旋转的跟随方向。

根据由力觉引导对象InsertOrient指定的动作方向，以及由RotationFollowMode指定的跟随动作方向，自动设置本属性。

无法对其进行更改。

值	说明
FyFz	向FyFz方向跟随。
FxFz	向FxFz方向跟随。
FxFy	向FxFy方向跟随。
FyFzTyTz	向FyFzTyTz方向跟随。
FxFzTxTz	向FxFzTxTz方向跟随。
FxFyTxTy	向FxFyTxTy方向跟随。
FyFzTx	向FyFzTx方向跟随。
FxFzTy	向FxFzTy方向跟随。
FxFyTz	向FxFyTz方向跟随。
FyFzTxTyTz	向FyFzTxTyTz方向跟随。
FxFzTxTyTz	向FxFzTxTyTz方向跟随。
FxFyTxTyTz	向FxFyTxTyTz方向跟随。

默认: FxFyTxTyTz

**FollowFirmnessF 属性**

指定在力觉引导对象动作期间，跟随方向上的力的力控制功能的相关强度。  
 如果FollowFirmnessF的值增大，跟随方向上的力的力控制功能则会增强，并且对力变化的响应也会滞后，但不易发生振动。  
 如果FollowFirmnessF的值减小，跟随方向上的力的力控制功能则会减弱，并且对力变化的响应也会加快，但易于发生振动。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认：1

**RotationFollowMode 属性**

指定力觉引导对象动作期间，将旋转方向上的跟随动作设为有效的方向。

值	说明
Disabled	不进行旋转方向的跟随动作。
Tilt	进行倾斜方向的跟随动作。
Rotate	围绕指定为插入方向的轴进行跟随动作。
TiltRotate	在全方位旋转方向上进行跟随动作。

默认：TiltRotate

**FollowFirmnessT 属性**

指定在力觉引导对象动作期间，跟随方向上的转矩的力控制功能的相关强度。  
 如果FollowFirmnessT的值增大，跟随方向上的转矩的力控制功能则会增强，并且对转矩变化的响应也会滞后，但不易发生振动。  
 如果FollowFirmnessT的值减小，跟随方向上的转矩的力控制功能则会减弱，并且对转矩变化的响应也会加快，但易于发生振动。

	值
最小值	10
最大值	100000

默认：1000

**ForceCheckMode 属性**

针对有关力的结束条件指定作为条件的方向。

值	说明
Insert	以由InsertOrient指定的方向作为力的条件。
InsertFollow	以由InsertOrient指定的方向以及FollowOrient的方向作为力的条件。

默认：Insert

**InsertCheckToIF 属性**

指定在由力觉引导对象InsertOrient指定的动作方向上作为结束条件的力的容许范围。

以InsertForce ± InsertCheckToIF的范围作为结束条件。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认：1

**FollowCheckToIF 属性**

指定跟随平移方向上作为结束条件的力的容许范围。

以±FollowCheckToIF的范围作为结束条件。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认：1

**FollowCheckToIT 属性**

指定跟随旋转方向上作为结束条件的转矩的容许范围。

以±FollowCheckToIT的范围作为结束条件。

	值
最小值	1
最大值	10000

默认：100

**HoldTimeThresh 属性**

用于指定有关力结束条件的判定前的持续时间。

指定的条件持续HoldTimeThresh指定的时间时，会判定为满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认：0.1

**DistCheckTol 属性**

作业结束时，用于指定从动作开始位置移动的距离的成功条件范围。

以ApproachDist + InsertDepth ± DistCheckTol的范围为成功条件。

	值
最小值	0.01
最大值	10

默认：1

**Timeout 属性**

用于指定力觉引导对象的超时时间。

即使超出Timeout指定的时间，但未满足InsertForce、InsertCheckToIF、

FollowCheckToIF、FollowCheckToIT指定的条件时，也会判定为Insert对象失败。

判定之后，根据AbortSeqOnFail结束力觉引导序列或进入下一力觉引导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认：10

### 4.6.3.3 Insert对象结果的详细内容

#### EndStatus 结果

为已执行的结果。

满足“4.6.3 Insert 对象”的开头记载的“成功条件”时，视为成功。

值	说明
Passed	力觉引导对象成功。
Failed	力觉引导对象失败。
NoExec	力觉引导对象未被执行。
Aborted	执行力觉引导对象期间停止。

#### Time 结果

为执行所需的时间。

单位: [sec]

#### TimedOut 结果

是指是否到达 Timeout 属性指定的超时时间。

值	说明
True	到达超时时间。
False	到达超时时间之前已结束。

#### EndForces 结果

为力觉引导对象结束时的力或转矩。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N • mm]

#### EndPos 结果

为力觉引导对象结束时的位置姿势。可分别获取 X、Y、Z、U、V、W 的值。

单位: X、Y、Z [mm] / U、V、W [deg]

#### AvgForces 结果

为执行力觉引导对象期间的力或转矩的平均值。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N • mm]

#### PeakForces 结果

为执行力觉引导对象期间的力或转矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N • mm]

**ForceCondOK 结果**

是指是否满足有关力的结束条件。

值	说明
True	满足有关力的结束条件。
False	不满足有关力的结束条件。

**TriggeredForces 结果**

为满足有关力结束条件时的力或转矩。可分别获取  $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$ 、 $T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$  的值。

单位： $F_x$ 、 $F_y$ 、 $F_z$  [N] /  $T_x$ 、 $T_y$ 、 $T_z$  [N • mm]

**TriggeredPos 结果**

为满足有关力结束条件时的位置姿势。可分别获取  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $U$ 、 $V$ 、 $W$  的值。

单位： $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  [mm] /  $U$ 、 $V$ 、 $W$  [deg]

**PosCondOK 结果**

是指是否满足有关位置的结束条件。

值	说明
True	满足有关位置的结束条件。
False	不满足有关位置的结束条件。

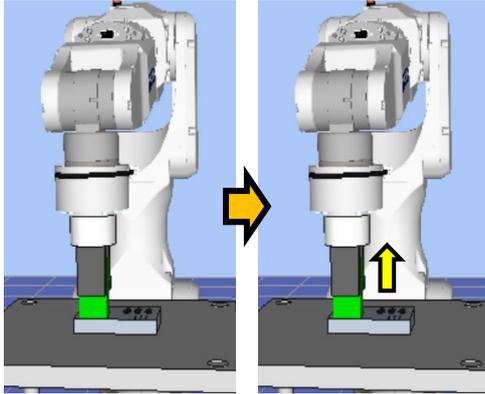
**PosLimited 结果**

是指是否超出位置的限制范围。

值	说明
True	超出位置的限制范围。
False	未超出位置的限制范围。

### 4.6.4 TensileTest对象

TensileTest 对象用于保持在指定方向上施加力的状态。



上图所示为 TensileTest 对象的示意图。如黄色箭头所示，保持向 Insert 对象插入方向的相反方向施加一定力的状态。

TensileTest 对象在指定时间内满足结束条件时视为成功或失败。TensileTest 对象可使用力与位置的相关结束条件。

请务必使用各结束条件。

完全满足各结束条件的成功条件时：结束 TensileTest 对象的执行并判定为成功，然后进入下一力觉引导对象。

只要满足 1 个各结束条件的失败条件时：结束 TensileTest 对象的执行并判定为失败，然后中断力觉引导序列的执行。

结束条件	成功条件
有关力的结束条件	在Timeout的指定时间内，下述全部内容应持续 HoldTimeThresh指定的整个时间 在Fx、Fy、Fz内，InsertOrient指定的轴的力应处在 TestForce±TestTolF的范围内
有关位置的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求 从InsertOrient指定轴相反方向的力觉引导对象开始位置的移动距离不应超出Clearance

结束条件	失败条件
有关位置的结束条件	在Timeout的指定时间内满足下述要求 从InsertOrient指定轴相反方向的力觉引导对象开始位置的移动距离应超出Clearance

## 4.6.4.1 TensileTest对象的属性指南

## Step 1. 设置基本信息

用于设置有关基本信息的属性 (Name、Description、Enabled、StepID、AbortSeqOnFail)。

属性	说明、设置指针
Name	用于设置力觉引导对象的名称。 设置固有名称。
Description	用于设置力觉引导对象的说明。 可记述动作的说明等。设置任意字符串。
Enabled	用于设置是否执行力觉引导对象。 True：通常时 False：替代执行其它力觉引导对象等不希望执行力觉引导对象时
StepID	为执行力觉引导对象期间的StepID。 可设置任意ID。 StepID是指日志数据中记录的ID。日志数据便于理解与哪个工序相对应。 力觉引导序列的AutoStepID为False时适用。
AbortSeqOnFail	用于设置力觉引导对象失败时结束或继续力觉引导序列。 True：通常时 结束力觉引导序列。 False：包括力觉引导序列期间失败时的恢复动作或失败后可继续力觉引导序列的情况

## Step 2. 设置力控制功能

用于设置有关力控制功能的属性 (TestForce)。

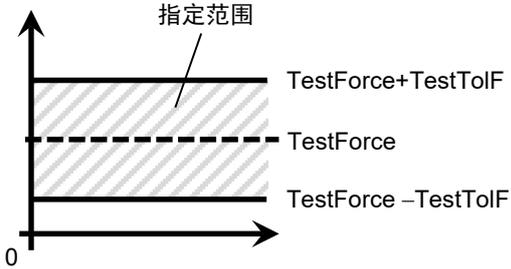
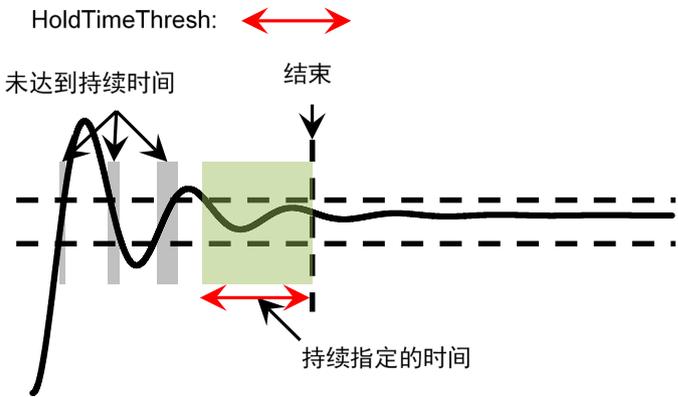
属性	说明、设置指针
TestForce	用于设置要在拉伸测试方向上施加的测试力。 InsertOrient为正方向时：输入正值。 InsertOrient为负方向时：输入负值。  请设为适合客户工件的值。 如果值过大，插入的工件则可能会脱落。 如果值过小，机器人可能不会移动。

Step 3. 设置结束条件的基本信息

用于设置有关超时的属性 (Timeout)。

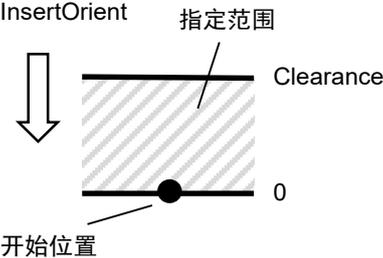
属性	说明、设置指针
Timeout	设置超时时间。 未设置结束条件时： 为执行时间。 已设置结束条件时： 未在指定时间内满足结束条件时视为失败。

Step 4. 设置有关力的结束条件

属性	说明、设置指针
TestTolF	是指有关力的结束条件的拉伸测试方向范围。设置作为结束条件的范围。 TestTolF适用于Fx、Fy、Fz。 监视Fx、Fy、Fz的InsertOrient指定方向的力处在TestForce±TestTolF的范围内。 下图所示为TestTolF的示意图。 
HoldTimeThresh	设置要判定为满足结束条件的持续时间。 如下图所示，指定的条件持续HoldTimeThresh指定的整个时间时，会判定为满足结束条件。  <p>通常设置接近“0”的较短时间。                      建议根据实际结果确定时间。</p>

## Step 5: 设置有关位置的结束条件

用于设置有关位置结束条件的属性 (Clearance)。

属性	说明、设置指针
Clearance	<p>用于设置有关位置结束条件的拉伸测试方向的范围。监视从InsertOrient指定方向的相反方向的动作开始位置的移动距离未超出Clearance。</p> <p>下图所示为Clearance的示意图。</p> 

#### 4.6.4.2 TensileTest对象属性的详细说明

##### Name 属性

用于设置已分配给力觉引导对象的固有名称。  
 如果创建 Insert 序列，则会自动分配名称。如 TensileTest01 所示，自动分配的名称会在 TensileTest 之后组合有数字。  
 名称可修改。不能超过 16 个字符。可以使用半角字母数字和“\_”(下划线)。但是不能以数字开头。

##### Description 属性

用于设置力觉引导对象的说明。  
 可指定最多 255 个字符的任意字符串。

##### Enabled 属性

用于指定是否执行力觉引导对象

值	说明
True	执行力觉引导对象。
False	不执行力觉引导对象。

默认: True

##### StepID 属性

用于指定执行力觉引导对象期间的 StepID。  
 仅 AutoStepID 为 False 时使用。

	值
最小值	0
最大值	32767

默认: 根据力觉引导序列与力觉引导对象的编号自动设置。

##### AbortSeqOnFail 属性

设置力觉向导对象失败时候的操作。  
 当指定为True时，若力觉向导对象失败，则会终止力觉向导序列并继续执行下一个SPEL语句。  
 当指定为False时，即使力觉向导对象失败，也不会终止力觉向导序列，而继续执行下一个力觉向导对象。  
 当需要继续执行力觉向导序列时使用(例如，当失败的力觉向导序列包含恢复处理时)。

值	说明
True	力觉向导对象失败时，终止序列。
False	力觉向导对象失败时，执行下一个力觉向导序列。

默认: True

**TestForce 属性**

用于指定力觉引导对象动作期间，Insert 对象的 InsertOrient 指定动作的相反方向的拉伸力。

InsertOrient 为+Fx、+Fy、+Fz 时

	值(单位: [N])
最小值	0
最大值	50

默认: 5

InsertOrient 为-Fx、-Fy、-Fz 时

	值(单位: [N])
最小值	-50
最大值	0

默认: 5

**TestToIF 的属性**

用于指定力的容许范围以作为力觉引导对象的TestForce指定的拉伸力结束条件。

以TestForce  $\pm$  TestToIF的范围为结束条件。

	值
最小值	0.1
最大值	10

默认: 1

**Clearance 属性**

用于指定力觉引导对象动作开始~力觉引导对象动作结束之间移动距离的成功条件。移动距离比指定距离短时，视为成功。

	值
最小值	0.01
最大值	10

默认: 1

**HoldTimeThresh 属性**

用于指定有关力结束条件的判定前的持续时间。

指定的条件持续HoldTimeThresh指定的时间时，会判定为满足结束条件。

	值(单位: [sec])
最小值	0
最大值	10

默认: 0.1

**Timeout 属性**

用于指定力觉引导对象的超时时间。

即使超出Timeout指定的时间，但未满足TestForce、TestToIF指定的条件时，也会判定为TensileTest对象失败。

判定之后，根据AbortSeqOnFail结束力觉引导序列或进入下一力觉引导对象。

	值(单位: [sec])
最小值	0.1
最大值	60

默认: 5

4.6.4.3 TensileTest对象结果的详细说明

EndStatus 结果

为已执行的结果。

满足“4.6.3 Insert 对象”的开头记载的“成功条件”时，视为成功。

值	说明
Passed	力觉引导对象成功。
Failed	力觉引导对象失败。
NoExec	力觉引导对象未被执行。
Aborted	执行力觉引导对象期间停止。

Time 结果

为执行所需的时间。

单位: [sec]

TimedOut 结果

是指是否到达 Timeout 属性指定的超时时间。

值	说明
True	到达超时时间。
False	到达超时时间之前已结束。

EndForces 结果

为力觉引导对象结束时的力或转矩。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N · mm]

EndPos 结果

为力觉引导对象结束时的位置姿势。可分别获取 X、Y、Z、U、V、W 的值。

单位: X、Y、Z [mm] / U、V、W [deg]

AvgForces 结果

为执行力觉引导对象期间的力或转矩的平均值。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位: Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N·mm]

**PeakForces 结果**

为执行力觉引导对象期间的力或转矩的峰值。峰值是绝对值最大的值。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位：Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N • mm]

**ForceCondOK 结果**

是指是否满足有关力的结束条件。

值	说明
True	满足有关力的结束条件。
False	不满足有关力的结束条件。

**TriggeredForces 结果**

为满足有关力结束条件时的力或转矩。可分别获取 Fx、Fy、Fz、Tx、Ty、Tz 的值。

单位：Fx、Fy、Fz [N] / Tx、Ty、Tz [N • mm]

**TriggeredPos 结果**

为满足有关力结束条件时的位置姿势。可分别获取 X、Y、Z、U、V、W 的值。

单位：X、Y、Z [mm] / U、V、W [deg]

**PosLimited 结果**

是指是否超出位置的限制范围。

值	说明
True	超出位置的限制范围。
False	未超出位置的限制范围。

#### 4.6.5 Insert序列与对象的属性调整指南

下述说明使用Insert序列与对象时的调整方法。

##### FailedStatus结果显示为GeneralObjectFailed时:

因配置到 Insert 序列中的通用对象而导致失败。LastExecObject 结果中显示最后执行的对象。请参考显示对象的属性设置指南或调整指南，调整属性。

##### FailedStatus结果显示为ForceConditionFailed时:

执行序列期间，因力偏离对象中设置的力成功条件范围而导致失败。

##### LastExecObject结果中显示Insert对象时:

减小插入方向或跟随方向的 Firmness 值。  
动作可能会产生振动。请调整为可容许的状态。  
调整 Firmness 时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值减少 10%等。

##### LastExecObject结果中显示TensileTest对象时:

减小 Insert 对象的 InsertFirmnessF。  
动作可能会产生振动。请调整为可容许的状态。  
调整 Firmness 时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值减少 10%等。

##### FailedStatus结果显示为PosConditionFailed时:

执行 TensileTest 对象期间，因位置偏离对象中设置的位置的成功条件范围而导致失败。

可能在执行 Insert 对象之后作业失败。请分步执行力觉引导序列，并在 Insert 对象结束时确认插入作业正常进行。

正常进行时，请对照工件规格，确认已设置的 TestForce 与 Clearance。TestForce 过大时，即使插入作业成功，也会脱落。Clearance 过小时，会因不满足位置的成功条件而导致 TensileTest 对象失败。

##### FailedStatus结果显示为Overrun时:

执行 Insert 对象期间，即使位置超出对象中设置的位置的成功条件范围，也会因为在力不满足力的成功条件的情况下进行动作，而被判定为超过位置并导致失败。

请确认 ApproachDist 与 InsertDepth 未被设为短于实际环境的值。

**FailedStatus结果显示为Jammed时:**

执行 Insert 对象期间，力满足对象中设置的力的成功条件时，因为位置不满足位置的成功条件，而被判定为堵塞并导致失败。

可能是工件相对于孔过度倾斜。请确认动作开始位置的工件姿势，然后重新进行示教。

示教没有问题时，请确认 ApproachDist 与 InsertDepth 未被设为长于实际工件的值。

**振动动作时:**

增大Firmness的值。但机器人的反应会变慢。请调整为可容许的状态。

调整Firmness时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值增加10%等。

**压装方向产生较大的弹跳时:**

重复数秒钟跳起一次的大幅弹跳时，可能是动作被力觉引导序列的LimitAccelS所限制。

另外，低功率模式下执行时可能会导致这种现象。

即使在高功率模式下执行也未改善时，请增大 LimitAccelS。即使增大LimitAccelS也未改善时，请减小压装方向的Firmness。

**未达到目标力时:**

减小插入方向的Firmness值。

动作可能会产生振动。请调整为可容许的状态。

调整Firmness时，建议进行阶段性变化的调整，比如从当前值减少10%等。

**未向插入方向移动时:**

请确认InsertOrient已被设为要插入的方向。

已设为要插入的方向时，请确认InsertForce是否为“0”。

**向相反方向移动时:**

请确认InsertOrient未被设为相反方向。

已设为预计的方向时，请确认力觉引导序列的ForceOrient、RobotLocal、当前使用的工具坐标系或本地坐标系。

**未到达目标位置时:**

未将力控制功能设为有效的方向未到达目标位置时，可能是收到力觉引导序列的LimitAccel或LimitSpeed的影响。增大值。

另外，低功率时，即使增大LimitSpeed或LimitAccel的设置值，也会根据低功率模式的最高速度或最高加速度进行限制。请在高功率模式下执行。

## 5. 力觉功能的SPEL+编程

下文介绍使用力觉功能所需的SPEL编程。

力觉功能使用添加到SPEL+语言的特殊命令执行。

通过将Force Guide 7.0新增的特殊命令与现有SPEL+语言相结合，可以使用力觉功能实现多种应用。

### 5.1 Force Guide 7.0的SPEL+命令

下文介绍使用Force Guide 7.0新增的SPEL+命令时需要了解的概念。

#### 5.1.1 力觉对象

力觉对象是使用力觉功能所需的每个功能的一组属性。

定义此对象并执行每个力觉功能。可以使用GUI(例如Robot Manager)或SPEL+命令定义力觉对象。

力觉对象的类型如下所示。

- 用于力控制功能的“力觉控制对象”
- 用于力觉触发器功能的“力觉触发器对象”
- 用于力觉监视器功能的“力觉监视器对象”
- 用于力觉动作限制功能的“力觉动作限制对象”
- 通用于所有力觉功能的“力觉坐标对象”

#### 5.1.2 属性

属性是包含在力觉对象中的参数。可以设定属性，也可以获取属性。

可以在执行程序之前使用力觉编辑器设定属性，也可以在程序中使用SPEL+命令动态更改属性。

FSet语句用于设定属性。FGet语句用于获取属性。加载项目时，由FSet设定的属性会复制到力觉文件中。可以使用FSave语句将设定的值保存到文件中。

#### 5.1.3 状态

状态是包含在力觉对象中的一个值，执行力觉功能之后会返回该值。

可以在程序中使用SPEL+命令获取状态，并且可以根据该状态使处理分叉。FGet语句用于获取状态。每种状态都在一个特殊的时机被清除。有关每种状态何时初始化的详细信息，请参阅以下手册中的每种状态。

EPSON RC+ 7.0 Option Force Guide 7.0 SPEL+ Language Reference

## 5.2 力控制功能的SPEL+编程

### 5.2.1 概述

力控制功能使用力觉传感器控制机器人输出给定的目标力和转矩。

力控制功能的编程按以下过程执行。

1. 设定要执行的坐标系
2. 设定参数
3. 执行力控制功能

### 5.2.2 力控制功能的坐标系

力控制功能在力觉坐标系中工作。

力控制功能会计算传感器检测到的力、转矩施加到力觉坐标系的力以及转矩本身，并在移动和旋转力觉坐标系时根据计算结果控制机器人。

将力觉坐标系的原点指定为实际发生接触并产生力的点。(示例: 工件的顶点)

另外，力觉坐标系的方向因应用而异。在恒定方向执行力控制功能时，无论机器人处于哪种姿态(例如，始终朝垂直向下方向施加力)，都应指定基础坐标系和本地坐标系。

在根据机器人姿态改变的方向(例如，朝机器人抓取的工件的某个方向施加力)执行力控制功能时，请指定工具坐标系和自定义坐标系。

可以对力觉坐标系中指定的六个轴(Fx到Tz)执行力控制功能。

### 5.2.3 力控制功能参数

力控制功能的参数在力觉控制对象的属性中定义。

可以在执行程序之前在GUI中设定这些参数。有关在GUI中进行设定的详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

如果要在执行程序的过程中动态更改参数，可以使用FSet语句设定这些参数。

### CoordinateSystem属性

指定要对其执行力控制功能的力觉坐标对象。

如果仅更改 `CoordinateSystem` 属性，则可以在另一个坐标系中执行具有相同控制特性的力控制功能。

### Enabled属性

指定要在其上执行力控制功能的轴(Fx 到 Tz)。

可以仅启用应用所需的轴;例如，可以启用 Fx 到 Fz 并禁用 Tx 到 Tz，以便仅在平移方向执行力控制功能。

### TargetForce属性

为每个轴设定力控制功能的目标力和转矩。

机器人将移动以检测设定的力。请注意，如果设定正值，机器人将负向移动，以便朝力觉坐标系的正向施加力。

如果要朝力觉坐标系的正向执行压装操作，则设定负的目标力。

如果 `TargetForce` 属性设为 0，机器人将移动以避免施加力。机器人可以跟随外力移动。

### Spring属性

设定力控制功能的虚拟弹性系数。

通过设定 `Spring` 属性，力控制功能可以如同具有虚拟弹性一样工作。如果施加外力，机器人将移动到可以抵消力的位置。如果移除施加的外力，机器人将返回到原始位置。

如果增大值，机器人将如同提供了更大弹性一样移动。如果设定“0”，则没有虚拟弹性，因此机器人将根据力移动尽可能远的距离。

### Damper属性

设定力控制功能的虚拟阻尼系数。

减小 `Damper` 属性值可提高力控制功能对力变化的响应，但可能会由于姿态、夹具和工件的环境，导致机器人动作时的振动更大。要调整 `Damper` 属性值，请逐渐减小默认值。

### Mass属性

设定力控制功能的虚拟惯性系数。

为 Mass 属性设定较大的值会增加过冲情况直到实现目标力为止，并且会延长搜索周期。在平移方向将 Mass 属性值和 Damper 属性值设为大约 1: 1 到 10: 1 并在旋转方向将这两个属性值设为大约 1: 1 到 1000: 1，以便执行稳定控制。

但请注意，动作可能容易发生振动，或者在某些应用或操作条件下可能要使用比上面更大的比例。

如果 Mass 属性值与 Damper 属性值相比过小，则执行力控制功能时可能会发生错误。

### TargetForcePriorityMode属性

设定力控制功能的目标力优先模式。对于某些操作条件(例如机械刚度)，经过足够时间之后可能无法实现目标力。在这种情况下，可以通过启用目标力优先模式来增加移动量并缩短实现目标力所需的时间。但是，移动量因在虚拟弹性系数，虚拟阻尼系数，虚拟惯性系数中指定的值而异。通常，可以禁用目标力优先模式，并仅在完全了解特性后根据需要使用该模式。

### LimitSpeed属性

设定执行力控制功能的过程中机器人夹具末端的最大速度值。

指定平移速度、旋转速度和关节速度这三个值。执行力控制功能的过程中，速度会自动限制在指定的最大值范围内。此属性很有用，例如，如果您需要在高功率模式下移动机器人以执行强力压装操作，但想要以低速移动机器人。

### LimitAccel属性

设定执行力控制功能的过程中机器人夹具末端的最大加速度值。

指定平移加速度、旋转加速度和关节加速度这三个值。执行力控制功能的过程中，加速度会自动限制在指定的最大值范围内。

### 5.2.4 执行力控制功能

您可以通过一个操作命令单独执行力控制功能，也可以通过向位置控制的操作命令添加修改参数来同时执行位置控制和力控制功能。执行力控制功能时，操作始终根据力觉传感器的输出改变，以便机器人不到达位置控制的目标位置，但即使执行同一个命令，每次操作也在不同的位置结束。

要仅执行力控制功能，请执行FCKeep语句。以下操作命令可以与力控制功能组合使用: Move, BMove, TMove, CVMove, FCSMove, Arc, Arc3语句。

要执行力控制功能，请将力觉控制对象作为修改参数添加到各个语句。

力控制功能与Move组合使用的示例:

Move P1 FC1

有关每个语句的详细信息，请参阅以下手册。

EPSON RC+ 7.0 SPEL+语言参考

EPSON RC+ 7.0 选件 Force Guide 7.0 SPEL+ 语言参考

有关启用了力控制功能的操作命令的详细信息，请参阅以下手册。

EPSON RC+ 7.0 选件 Force Guide 7.0 SPEL+ 语言参考

- Move

力控制功能与操作命令同时开始，并在操作命令开始时计算的行程时间已过之后停止。通过添加CF修改参数，力控制功能可以在操作命令结束之后继续执行。但是，如果另一个力控制功能未执行有效的操作命令以在60秒内停止力控制功能，则会发生错误。

例如，在执行操作命令之后，在处于待机模式已达特定时间段且启用了力控制功能的情况下使用FCKeep语句。

力控制功能的操作结束条件(例如，力控制功能一直工作直到达到指定的力为止)可以与Till修改参数或力觉触发器功能一起设定。

另外，错误会由于力觉传感器的漂移而累积，因此在重置力觉传感器之后必须在10分钟内执行力控制功能。

NOTE



您应在未施加外力的情况下在使用力控制功能前一刻重置力觉传感器，并且应在尽可能短的时间段内执行。

NOTE



不能在机器人的奇异点附近执行力控制功能。执行力控制功能的过程中应避免接近奇异点。如果机器人在执行力控制功能的过程中接近奇异点，则会发生错误。

## 5.3 力觉触发器功能的SPEL+编程

### 5.3.1 概述

力觉触发器功能可检测使用力觉传感器测量的力和转矩是否达到设定的值。

根据该检测结果，可以开始和结束处理以及使处理分叉。

力觉触发器功能的编程按以下过程执行。

1. 设定要执行的坐标系
2. 设定参数
3. 执行力觉触发器功能
4. 获取结果

### 5.3.2 力觉触发器功能的坐标系

力觉触发器功能在力觉坐标系中工作。

力觉触发器功能会计算力觉传感器检测到的力、转矩施加到力觉坐标系的力以及转矩本身，并监视值是否满足设定的条件。

将力觉坐标系的原点指定为实际发生接触并产生力的点。(示例: 工件的顶点)

另外，力觉坐标系的方向因应用而异。在恒定方向监视力时，无论机器人处于哪种姿态，都应指定基础坐标系和本地坐标系。

在根据机器人姿态改变的方向监视力时，无论机器人处于哪种姿态，请指定工具坐标系和自定义坐标系。

力觉触发器功能可以监视在力觉坐标系中指定的以下8维数据。

六个轴(Fx到Tz)

Fmag: 平移力的合力

Tmag: 转矩的合成转矩

### 5.3.3 力觉触发器功能参数

力觉触发器功能的参数在力觉触发器对象的属性中设定。

可以在执行程序之前在GUI中设定这些参数。有关在GUI中进行设定的详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

如果要在执行程序的过程中动态更改参数，可以使用FSet语句设定这些参数。

#### ForceSensor属性

指定要执行力觉触发器功能的力觉传感器的编号。

#### CoordinateSystem属性

指定要对其执行力觉触发器功能的力觉坐标对象。

#### Operator属性

指定满足力觉触发器功能的条件的准则; 具体来说, 指定应满足每个轴的所有条件还是只需满足特定轴的条件。

#### TriggerMode属性

指定要监视力和转矩还是监视力变化和转矩变化。

如果指定了变化值, 则会监视每秒的变化值。由于力觉传感器易受噪声影响, 因此请使用低通滤波器。

#### Fmag\_Axes属性

指定要合并的轴(Fx 到 Fz)以计算 Fmag 值。

要监视施加到 XY 平面的力, 请指定要监视的方向; 例如, 指定 X 轴和 Y 轴。

#### Tmag\_Axes属性

指定要合并的轴(Tx 到 Tz)以计算 Tmag 值。

#### Enabled属性

指定要在其上执行力觉触发器功能的轴(Fx 到 Tmag)。

可以仅为应用所需的轴启用力觉触发器功能。

#### Polarity属性

指定满足条件的准则; 具体来说, 指定每个轴的力和转矩应在上限/下限阈值的范围内还是应在范围外。

要检测施加的力是否在范围外, 请指定 **Outside**。

要检测施加的力是否在范围内, 请指定 **Inside**。

#### UpperLevel属性

设定力觉触发器功能的上限级别。

此功能可监视值低于还是高于设定的值。

### LowerLevel属性

设定力觉触发器功能的下限级别。

此功能可监视值高于还是低于设定的值。

### LPF\_Enabled属性

指定要在力觉触发器功能中执行的低通滤波器所在的轴(Fx 到 Tmag)。

要减小噪声或忽略诸如脉冲等力觉传感器值，可以使用此属性。

### LPF\_TimeConstant属性

指定要在力觉触发器功能中执行的低通滤波器的时间常数。

增大值可减小噪声，但同时会降低对力觉传感器值的响应。

## 5.3.4 执行力觉触发器功能

力觉触发器功能可以由Till, Wait, Trap, Find指定。

有关这些命令的基本功能，请参阅以下手册。

### EPSON RC+ 7.0 SPEL+语言参考

下文介绍力觉触发器功能。最多可同时为每个机器人设定15个力觉触发器以用于进行监视。不要同时将超过16个力觉触发器用于一个机器人。

### Till

通过在 Till 语句的事件表达式中指定力觉触发器对象，可以设定力觉触发器功能操作的结束条件。这样，当力达到指定的值时，操作将结束。

用法示例:

```
Till FT1
Move P1 FC1 Till
```

力觉触发器由 Till 语句设为 Till 条件。如果在执行 Move 操作期间满足力觉触发器对象 FT1 中设定的条件，则即使处于操作中途并且执行了下一个语句，Move 操作也会停止。

### Trap

通过在 Trap 语句的事件表达式中指定力觉触发器对象，可以设定力觉触发器功能开始中断处理的条件。这样，系统会始终监视力，当力达到指定的值时，将开始中断。

用法示例:

```
Trap 1, FT1 Goto TrapLabel
```

Trap 语句将执行力觉触发器功能，以开始监视条件。满足力觉触发器对象 FT1 中设定的条件时，将转换为指定的标签。

## Wait

通过在 **Wait** 语句的事件表达式中指定力觉触发器对象，可以设定力觉触发器功能结束待机状态的条件。这样，力觉触发器功能将保持待机状态，直到力达到指定的值为止。

用法示例:

```
Wait FT1
```

**Wait** 语句将执行力觉触发器功能，以开始监视条件。满足力觉触发器对象 FT1 中设定的条件之前，程序将停止; 满足该条件时，程序将重新启动。

## Find

通过在 **Find** 语句的事件表达式中指定力觉触发器对象，可以设定在力觉触发器功能正在运行时保存坐标的条件。这样，将记录达到指定的力时所在的位置。

用法示例:

```
Find FT1  
P0=FindPos
```

**Find** 语句将执行力觉触发器功能，以开始监视条件。控制器会记住满足力觉触发器对象 FT1 中设定的条件时所在的位置，并使用 **FindPos** 函数获取该位置。

力觉触发器功能可以使用 **TriggeredPos** 状态获取满足条件时所在的位置。因此，指定组合了多个条件的事件表达式时，**Find** 语句很有用。**TriggeredPos** 状态可用于获取满足力觉触发器对象中设定的条件时所在的位置。**FindPos** 函数可用于获取满足组合了多个条件的事件表达式时所在的位置。

请勿使用 **FDel** 语句删除开始监视的力觉触发器对象。在多个任务中创建程序时，请小心不要同时执行指定了力觉触发器对象的 **Till**, **Wait**, **Trap**, **Find** 语句。

### 5.3.5 获取力觉触发器功能的结果

通过指定力觉触发器对象的状态，可以在执行力觉触发器功能之后使用FGet语句获取结果。获取的结果可用于认定操作是通过还是失败，或者用于执行条件分叉。

执行力觉触发器功能时会将状态初始化，而力觉触发功能结束时会设定结果。设定的结果会保留直到再次执行力觉触发器功能或加载项目为止。

#### Triggered状态

返回力觉触发器条件的满足状态。

如果在前一个力觉触发器条件中满足条件，则返回“True”。此结果可用于确定力是否超过指定的值，还可用于使处理分叉。

#### TriggeredAxes状态

返回每个轴的力觉触发器条件的满足状态。

它可以确定更详细的条件;例如，确定力超过指定的值的轴，以及使处理分叉。

#### TriggeredPos状态

返回满足力觉触发器条件时所在的坐标。

它可以确定满足条件的位置是否在指定的范围内，还可以根据位置使处理分叉。

## 5.4 力觉监视器功能的SPEL+编程

### 5.4.1 概述

力觉监视器功能使用力觉传感器测量力和转矩。

它的监视结果可用于在创建应用时调整参数，或者记录和管理在操作过程中对每个工件施加的力。

力觉监视器功能的编程按以下过程执行。

1. 设定要执行的坐标系
2. 设定参数
3. 执行力觉监视器功能并进行测量

### 5.4.2 力觉监视器功能的坐标系

力觉监视器功能在力觉坐标系中工作。

力觉监视器功能会计算力觉传感器检测到的力、转矩施加到力觉坐标系的力以及转矩本身，获取值，并计算平均值和峰值。

将力觉坐标系的原点指定为实际发生接触并产生力的点。(示例: 工件边缘点等)

另外，力觉坐标系的方向因应用而异。在恒定方向测量力时，无论机器人处于哪种姿态，都应指定基础坐标系和本地坐标系。在根据机器人姿态改变的方向(例如，在机器人抓取的工件的正向)测量力时，请指定工具坐标系和自定义坐标系。

力觉监视器功能可以测量在力觉坐标系中指定的以下8维数据。

六个轴(Fx到Tz)

Fmag: 平移力的合力

Tmag: 转矩的合成转矩

### 5.4.3 力觉监视器功能参数

力觉监视器功能的参数在力觉监视器对象的属性中设定。可以在执行程序之前在GUI中设定这些参数。有关在GUI中进行设定的详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)

[Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

如果要在执行程序的过程中动态更改参数，可以使用FSet语句设定这些参数。

#### ForceSensor属性

指定要执行力觉监视器功能的力觉传感器的编号。

#### CoordinateSystem属性

指定要对其执行力觉监视器功能的力觉坐标对象。

#### Fmag\_Axes属性

指定要合并的轴(Fx 到 Fz)以计算 Fmag 值。

要测量水平施加到XY平面的力，请指定要测量的方向;例如，指定X轴和Y轴。

#### Tmag\_Axes属性

指定要合并的轴(Tx 到 Tz)以计算 Tmag 值。

#### LPF\_Enabled属性

指定要在力觉监视器功能中执行的低通滤波器所在的轴(Fx 到 Tmag)。

要减小噪声或忽略诸如脉冲等力觉传感器值，可以使用此属性。

#### LPF\_TimeConstant属性

指定要在力觉监视器功能中执行的低通滤波器的时间常数。

增大值可减小噪声，但同时会降低对力觉传感器值的响应。

### 5.4.4 执行力觉监视器功能

可以使用力觉监视器功能执行以下操作。

- 获取力觉传感器值
- 记录力觉传感器值
- 获取平均值
- 获取峰值

#### 获取力觉传感器值

执行力觉监视器对象的 Force 属性以获取力觉传感器值。

用法示例:

```
FGet FM1.Forces, rVar()
```

在实型数组变量 rVar 中获取 8 维(Fx 到 Tmag)力觉传感器值。要获取的力觉传感器值是最新值。

#### 获取平均值

执行力觉监视器对象的 AvgForceClear 属性以开始计算力觉传感器平均值。

开始后，可以使用 AvgForce 状态获取平均值。

用法示例:

```
FSet FM1.AvgForceClear, True, True, True, True, True, True,  
True, True, True  
FGet FM1.AvgForces, rVar()
```

在实型数组变量 rVar 中获取 8 维(Fz 到 Tmag)力觉传感器平均值。

执行 AvgForce 状态之前，务必使用 AvgForceClear 属性开始计算平均值。如果未开始计算，将获取“0”。

执行 AvgForce 状态会停止计算平均值。要连续获取平均值，请在每次获取平均值之后再次开始计算平均值，然后获取平均值。

在开始计算平均值之后，执行 AvgForce 状态超过一分钟会导致发生错误。此时请在一分钟內执行 AvgForce 状态，或者再次开始计算平均值。

### 获取峰值

执行力觉监视器对象的 `PeakForceClear` 属性以开始计算力觉传感器峰值。

开始后，可以使用 `PeakForce` 状态获取峰值。

用法示例:

```
FSet FM1.PeakForceClear, True, True, True, True, True, True, True,  
    True, True  
FGet FM1.PeakForces, rVar()
```

在实型数组变量 `rVar` 中获取 8 维(Fx 到 Tmag)力觉传感器峰值。

执行 `PeakForce` 状态之前，务必使用 `PeakForceClear` 属性开始计算峰值。如果未开始计算，将获取“0”。

执行 `PeakForce` 状态会停止计算峰值。要连续获取峰值，请在每次获取峰值之后再次开始计算峰值，然后获取峰值。

### 记录力觉传感器值

执行力觉监视器对象的 `LogStart` 属性以将力觉传感器值记录到文件中。

这样可以将有关每个操作的信息存储在文件中。

用法示例:

```
WOpen "test.txt" As #30  
FSet FM1.LogStart, 30, 0.1, #30
```

使用 `WOpen` 语句打开文件编号为 30 的文件，并执行 `LogStart` 属性以按照 30 秒或 0.1 秒的间隔开始将力觉传感器值等记录到文件编号为 30 的该文件中。开始记录之后，程序将转到下一个语句。

## 5.5 力觉动作限制功能的SPEL+编程

### 5.5.1 概要

力觉动作限制功能用于检测机器人的位置或姿势为已设置的条件。

可使用结果进行处理的开始、结束与分支等。

按下述步骤执行力觉动作限制功能的编程。

1. 设置参数
2. 执行力觉动作限制功能
3. 获取结果

### 5.5.2 力觉动作限制功能的参数

力觉动作限制功能的参数利用力觉动作限制对象的各属性进行设置。

执行程序之前，通过GUI进行设置。有关GUI设置的详细说明，请参阅下一章节。

软件篇 3.5.1 [Robot Manager](工具菜单)- [Tools]-[Robot Manager]-[Force]面板

另外，执行程序期间要进行动态变化时，使用FSet语句进行设置。

#### ForceSensor属性

用于指定达成力觉动作限制功能条件时要记录的力与转矩对象--力觉传感器编号。

#### CoordinateSystem属性

用于指定力觉坐标系对象以指定达成力觉动作限制功能条件时要记录的力与转矩的力觉坐标系。

#### Operator属性

用于将达成各轴的所有条件或达成某个轴的条件指定为达成力觉动作限制功能的条件。

#### RobotLocal属性

用于指定要作为力觉动作限制功能监视位置基准的本地坐标系。

#### RobotTool属性

用于指定要作为力觉动作限制功能监视位置基准的工具坐标系。

**TriggerMode属性**

用于指定要作为监视对象的位置。

有关各模式的详细说明，请参阅下述手册。

《EPSON RC+ 7.0 选件 Force Guide 7.0 SPEL+语言参考》

**DatumPoint属性**

用于指定将 TriggerMode 指定为 RelativePoint 时要作为基准的点。

**Dist\_Axes属性**

用于指定是否使用 X、Y、Z 中的某个轴计算距离。

**Rot\_Axes属性**

用于指定是否使用 X、Y、Z 中的某个轴计算角度。

**Enabled属性**

用于将力觉动作限制功能的执行轴指定为 PosX~J6。

可在应用中仅将所需轴的力觉动作限制功能设为有效。

**Polarity属性**

用于将各位置、角度、间接位置处在上下限值范围内或范围外指定为达成的条件。

检测移动到规定外位置或姿势等情况时，指定为范围外。

检测到位置或姿势进入到预定范围内等情况时，指定为范围内。

**UpperLevel属性**

用于设置力觉动作限制功能的上限值。

用于监视为设置值以下还是已超出设置值。

**LowerLevel属性**

用于设置力觉动作限制功能的下限值。

用于监视为设置值以上还是为设置值以下。

### 5.5.3 力觉动作限制功能的执行

用Till、Wait、Trap、Find指定力觉动作限制功能。

有关各命令的基本功能，请参阅下述手册。

EPSON RC+ 7.0 SPEL+ 语言参考

下面说明力觉动作限制功能。力觉动作限制最多可同时监视15台机器人。1台机器人不能同时使用16个以上。

#### Till

如果在 Till 语句的事件表达式中指定力觉动作限制对象，则可将力觉动作限制功能设为动作的结束条件。这样，可在达到指定条件的位置时结束动作。

使用示例：

```
Till FMR1  
Move P1 FC1 Till
```

通过 Till 语句在 Till 条件中设置力觉动作限制，Move 动作期间达成力觉动作限制对象 FMR1 中设置的条件时，即使正在进行 Move 动作。也会停止并执行下一语句。

#### Trap

如果在 Trap 语句的事件表达式中指定力觉动作限制对象，则可将力觉动作限制功能设为中断处理的开始条件。这样，可始终监视位置姿势，并在达到指定条件的位置时开始中断动作。

使用示例：

```
Trap l, FMR1 Goto TrapLabel
```

通过 Trap 语句执行力觉动作限制功能，并开始条件监视。达成力觉动作限制对象 FMR1 中设置的条件时，会切换为指定的标签。

#### Wait

如果在 Wait 语句的事件表达式中指定力觉动作限制对象，则可将力觉动作限制功能设为待机的结束条件。这样，可在达到指定条件的位置姿势之前进行待机。

使用示例：

```
Wait FMR1
```

通过 Wait 语句执行力觉动作限制功能，并开始条件监视。在达成力觉动作限制对象 FMR1 中设置的条件之前使程序暂停，达成条件时重新开始程序。

## Find

如果在 **Find** 语句的事件表达式中指定力觉动作限制对象，则可将力觉动作限制功能设为动作期间要保存坐标的条件。这样，可记录达到指定位置姿势的位置。

使用示例：

```
Find FMR1
Move P1 FC1 Find
P0=FindPos
```

通过 **Find** 语句在 **Find** 条件中设置力觉动作限制，**Move** 动作期间达成力觉动作限制对象 **FMR1** 中设置的条件时，控制器会记录达成条件的位置，并利用 **FindPos** 函数获取该位置。

力觉动作限制功能可在 **TriggeredPos** 状态下获取达成条件时的位置。因此，**Find** 在指定组合有多个条件的事件表达式时有效。可在 **TriggeredPos** 状态下获取达成该力觉动作限制对象中设置的条件时的位置。可利用 **FindPos** 函数获取达成组合有条件的事件表达式的位置。

请勿利用 **FDel** 语句删除已开始监视的力觉动作限制对象。另外，多任务时请创建程序，避免同时执行已指定力觉动作限制对象的 **Till**、**Wait**、**Trap** 与 **Find**。

#### 5.5.4 获取力觉动作限制功能的结果

执行力觉动作限制功能之后，如果在FGet语句中指定力觉动作限制对象的状态，则可获取其结果。可使用已获取的结果进行作业的成功与否判定或条件分支。

状态会在执行力觉动作限制功能时被初始化，力觉动作限制功能结束时会设置结果。已设置的结果会在重新执行力觉动作限制功能或装入项目之前被保持。

##### Triggered状态

用于返回力觉动作限制条件的达成状态。

此前的力觉动作限制功能达成条件时，会返回“True”。可将其用于判定位置姿势是否达到指定条件并进行分支处理。

##### TriggeredAxes状态

用于按轴返回力觉动作限制条件的达成状态。

可判定哪个轴的力超出指定范围等更详细的条件，并进行分支处理。

##### TriggeredPos状态

用于返回达成力觉动作限制条件的坐标。

可判定达成条件的位置是否处在指定范围内等，并根据位置详细地进行分支处理。

##### TriggeredForces状态

用于返回达成力觉动作限制条件时的力与转矩。

可判定达成条件时的力是否处在指定范围内等，并根据力进行分支处理。

## 5.6 力觉功能程序的示例

下文介绍组合使用了几个力觉功能的一个简单操作的示例。



注意

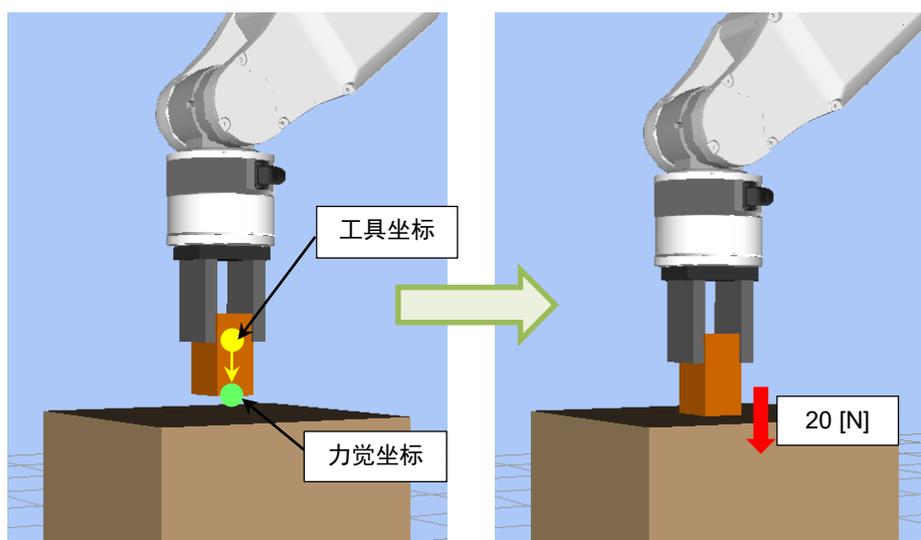
- 此示例中所述的参数都是参阅值。

请注意，此示例使用相对稳定的参数，但操作可能不成功，或者动作在某些操作条件下可能会振动，并且可能需要调整参数。

此外，为了便于解释，此示例使用缓慢但稳定的参数。要加快操作速度，需要调整参数。

### 压装操作

下面介绍了一个程序示例，它将以目标力在恒定方向执行压装操作。



该示例操作是将工件移动到接触位置上方 10 [mm] 的位置，并使用力控制功能以 20 N 的力朝工作台压装夹具末端抓取的工件。

同时，这里使用力觉触发器功能监视在操作过程中是否施加了过大的力(100 [N]或以上)。如果检测到过大的力，将导致发生错误。

若使用力觉动作限制功能，在动作中发生了意外动作(移动距离大于等于 20[mm])，则机器人会判断因为工作台不存在，而发生异常并停止动作。

另外，在操作完成后，该示例使用力觉监视器功能测量力觉传感器值，并测量在操作过程中施加的最大力。

工具坐标系在夹具末端设定，夹具的正向是 T1z 轴方向。

### 样例程序

```

Function PressSample_Main
  Real rVar(8)
  Integer iVar
  Motor On
  Go P0                                '转到操作开始位置
  PressSample_PropertySetting          '设定属性
  FSet FS1.Reset                        '重置力觉传感器
  Trap 1, FT1 Call PressSample_EHandle '开始监视过大的力
  FSet FM1.PeakForceClear, True, True, True, False, False, False, True, False
                                          '开始计算峰值
  Till FMR1                             '设置当超出预期移动范围时的动作停止条件
  FCKeep FC1 Till, 10                   '力觉控制功能执行 10 秒
  Print "Motion End"
  FGet FM1.Forces, rVar()               '获取力觉传感器值
  Print "Force Fz: ", rVar(FG_FZ), ", Fmag: ", rVar(FG_FMAG)
  FGet FM1.PeakForces, rVar()          '获取峰值
  Print "PeakForce Fz: ", rVar(FG_FZ), ", Fmag: ", rVar(FG_FMAG)
Fend

Function PressSample_PropertySetting
  FSet FCS1.Position, 0, 0, 30          '力觉坐标系的原点是 Z30 mm
  FSet FCS1.Orientation, FG_TOOL       '方向与工具坐标系对齐
  FSet FC1.CoordinateSystem, FCS1      '指定已定义的力觉坐标 1
  FSet FC1.Enabled, False, False, True, False, False, False
                                          '仅为 Fz 方向启用力控制功能。
  FSet FC1.Fz_TargetForce, -20         '压装 20 N
  FSet FC1.Fz_Spring, 0                '虚拟弹性系数为 0
  FSet FC1.Fz_Damper, 10               '虚拟阻尼系数为 10
  FSet FC1.Fz_Mass, 10                 '虚拟惯性系数为 10

  FSet FT1.ForceSensor, 1              '指定力觉传感器 1
  FSet FT1.CoordinateSystem, FCS1      '指定已定义的力觉坐标 1
  FSet FT1.TriggerMode, FG_FORCE       '监视力
  FSet FT1.Fmag_Axes, FG_XYZ
  FSet FT1.Enabled, False, False, False, False, False, False, True, False
                                          '仅启用 Fmag
  FSet FT1.Fmag_Polarity, FG_OUT
                                          '触发器检测值何时超出阈值范围
  FSet FT1.Fmag_Levels, 0, 100         'Fmag 的范围是 0 到 100

  FSet FM1.ForceSensor, 1              '指定力觉传感器 1
  FSet FM1.CoordinateSystem, FCS1      '指定已定义的力觉坐标 1

```

```
FSet FMR1.TriggerMode, FG_REL_TOOL      '指定工具相对模式
FSet FMR1.PosEnabled, False, False, True, False, False
                                          '仅在 z 方向有效
FSet FMR1.PosZ_Levels, -20, 20          'z 值范围为-20mm~20mm
FSet FMR1.PosZ_Polarity, FG_OUT        '当超出阈值范围时限制有效
FSet FMR1.ForceSensor, 1               '指定力觉传感器 1
FSet FMR1.CoordinateSystem, FCS1      '指定已定义的力觉坐标 1

Fend

Function PressSample_EHandle
  Real rVar(8)
  FGet FM1.PeakForces, rVar()           '获取峰值
  Print "Error Handle"
  Print "PeakForce Fz: ", rVar(FG_FZ), ", Fmag: ", rVar(FG_FMAG)
  AbortMotion All                       '中止机器人动作, 并将其置于错误状态
Fend
```

## 说明

- (1) 执行 `PressSample_Main` 函数可将机器人移动到操作开始位置。
- (2) 调用 `PressSample_PropertySetting` 并执行属性的设定。

但是，也可以提前在 GUI 的力觉编辑器中配置属性的设定。为此，您需要调用 `PressSample_PropertySetting`。

- (a) 设定力觉坐标对象。

对于力觉坐标系，在示例中指定 Z30 [mm]位置，以便在工具坐标系中指定工件边缘位置。方向与工具坐标系的方向相同。

- (b) 设定力觉控制对象。

将 `FCS1` 指定为要在其中执行力控制功能的坐标系。为目标力指定负值，因为压装操作在 FZ 的正向执行。设定虚拟弹性系数、虚拟阻尼系数和虚拟惯性系数。

此示例在虚拟弹性系数中设定了“0”，因此机器人不具有虚拟“弹性”，并且会继续移动直到达到目标力为止。

此外，这里为虚拟阻尼系数和虚拟惯性系数使用了稳定参数。要加快操作速度，请逐渐减小这些值以调整它们。但是，减小这些值会增加力过冲情况。

- (c) 设定力觉触发器对象。

指定要使用的力觉传感器编号，以及要在其中执行力觉触发器功能的坐标系。在 `TriggerMode` 属性中指定一个力，以监视过大的力。指定 X、Y 和 Z，因为要监视的复合力使用所有轴(Fx 到 Fz)进行计算。为 `Fmag` 范围指定 0 到 100 [N]以将过大的力设为 100 [N]，并进行配置以监视值是否超出该范围。

- (d) 设定力觉监视器对象。

指定要用于测量的力觉传感器编号和坐标系。

- (e) 设定力觉动作限制对象。

机器人会根据(a)和(b)的设定，沿工具坐标系的+Z 方向移动。在本示例中，当移动距离超过 20mm 时，则将指定未检测到贴合对象的动作。在 `TriggerMode` 中指定工具相对模式，以检测工具坐标系中的移动距离。

`Enabled` 中仅使 `PosZ` 有效，以检测 Z 方向。Z 方向的范围指定为 -20~20[mm]，设定监控是否超出此范围。

- (3) 在使用力觉功能之前重置力觉传感器。
- (4) 在 `Trap` 中指定力觉触发器对象，并执行力觉触发器功能。  
这样，将监视过大的力。
- (5) 在 `Till` 条件中指定力觉动作限制对象。
- (6) 计算在操作过程中施加的力的峰值。
- (7) 执行力控制功能 10 秒。  
执行中若判断已达成 `Till` 条件中指定的力觉动作限制条件时，则中止动作。
- (8) 获取并显示力觉传感器的当前值和峰值。  
在此示例中，仅显示值。这些值可用于认定操作是通过还是失败，还可用于使处理分叉。

(9) 获取力觉动作限制的结果。

在本示例中，如果满足条件，则仅将错误显示为溢出可以执行恢复处理。

(10) 如果在操作过程中检测到过大的力，程序将中止，并且执行

**PressSample\_EHandle** 函数的中断。

该处理将获取并显示在操作过程中施加的力的峰值，同时机器人动作将中止，并进入错误状态。在此示例中，机器人已进入错误状态，但也可以在发生错误时执行重试等处理。

## 6. 教程

教程通过以下操作或动作介绍Force Guide 7.0的基本操作步骤。

力觉引导功能的教程

通用序列教程

6.2.1 简单压装(垂直向下压装)

6.2.2 插入USB连接器

6.2.3 轴孔装配

6.2.4 拧螺丝

专用序列教程

6.3.1 Paste序列

6.3.2 ScrewTighten序列

6.3.3 HeightInspect序列

6.3.4 Insert序列

SPEL+命令的教程

6.4 命令版本 (简单压装)

开始教程之前，请确保已正确完成以下连接或设定：

- 使用爱普生传感器法兰
- 力觉传感器已安装在机器人上
- 力觉传感器已连接到力觉传感器 I/F 单元或电路板的传感器 1
- 力觉传感器 I/F 单元已连接到控制器  
或者力觉传感器 I/F 电路板已正确连接到传感器
- EPSON RC+能够与控制器通信
- 机器人和控制器已连接到一起
- 机器人已注册为机器人 1

有关连接或设定的详细信息，请参阅下一章和以下手册：

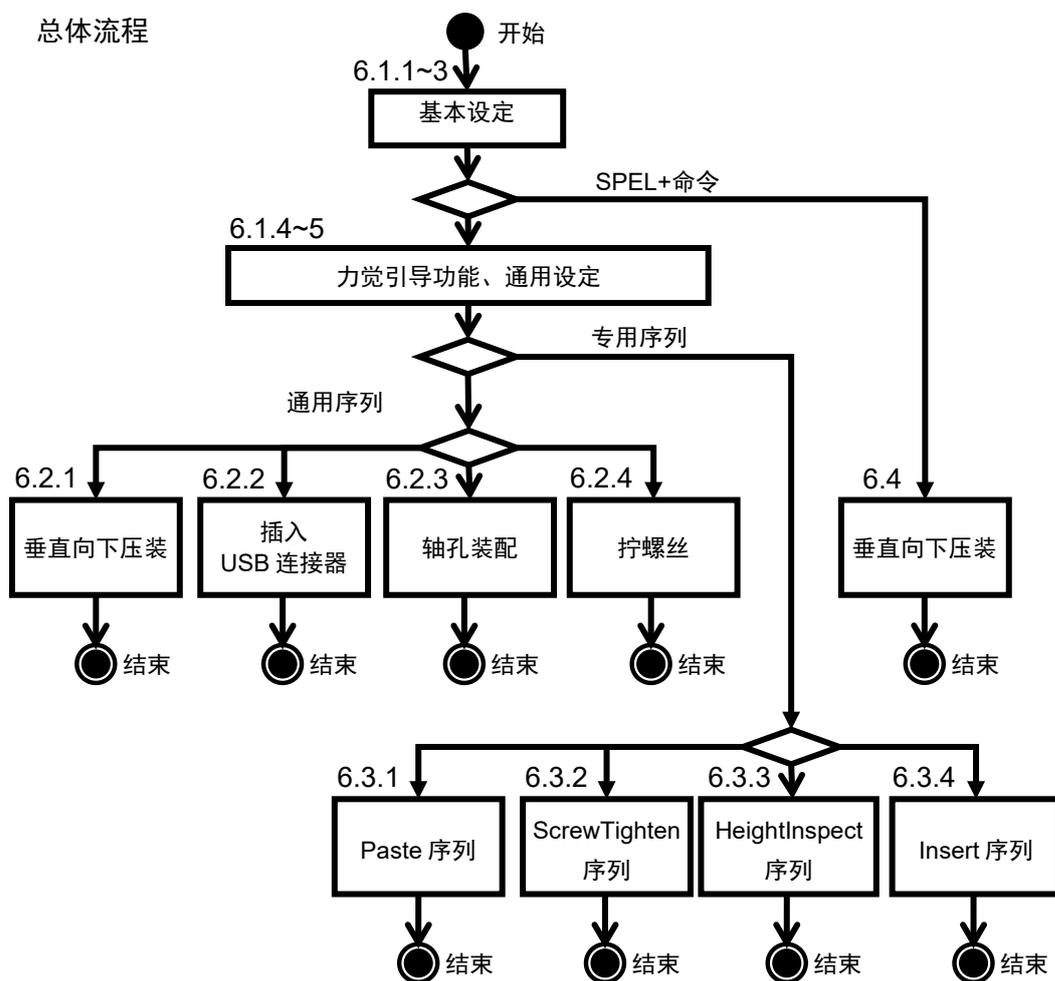
硬件篇: 6.安装方法

EPSON RC+ 7.0 User's Guide

3. 入门教程

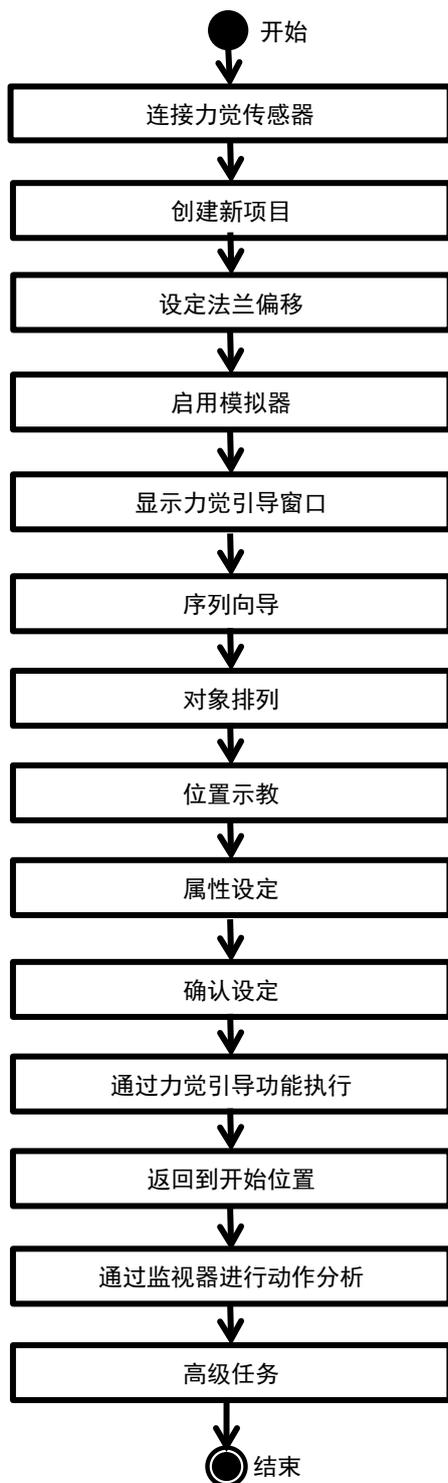
10. 机器人配置

总体流程

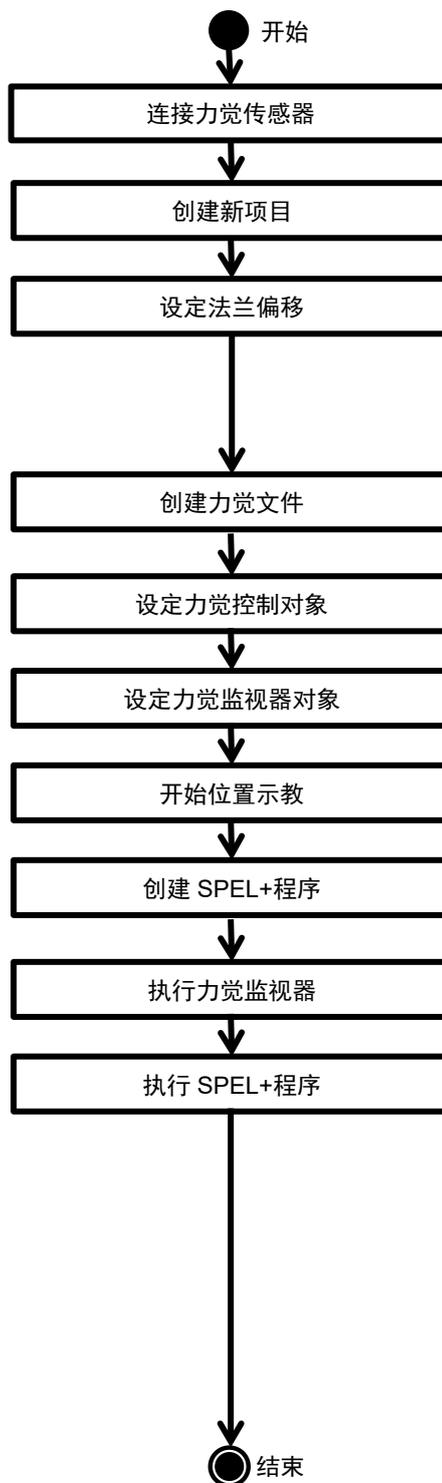


教程的流程和详细信息

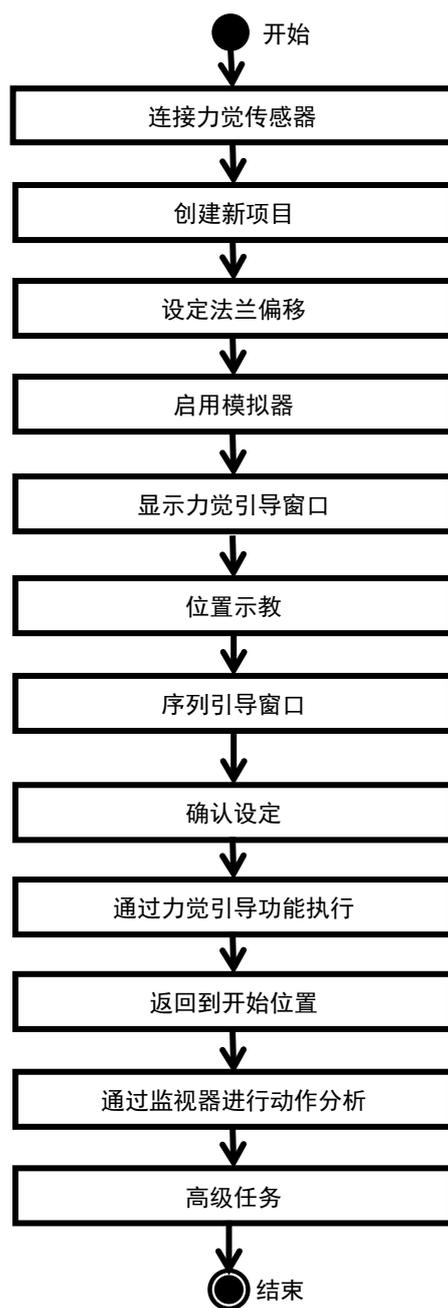
力觉引导功能 (通用序列)



SPEL+命令功能



## 力觉引导功能 (专用序列)



## 6.1 通用设定

介绍使用 EPSON RC+选件所需执行的设定。

首先在机器人上安装力觉传感器。然后参考以下各节完成设定。仅当首次使用该选件时才需要进行设定。

以后不必每次都设定。

- 6.1.1 力觉传感器的连接设定
- 6.1.2 创建新项目
- 6.1.3 设定法兰偏移
- 6.1.4 启用模拟器

如果已完成 6.1.1 到 6.1.4 中的设定，请参阅以下章节显示[Force Guide]窗口。

### 6.1.5 显示[Force Guide]窗口

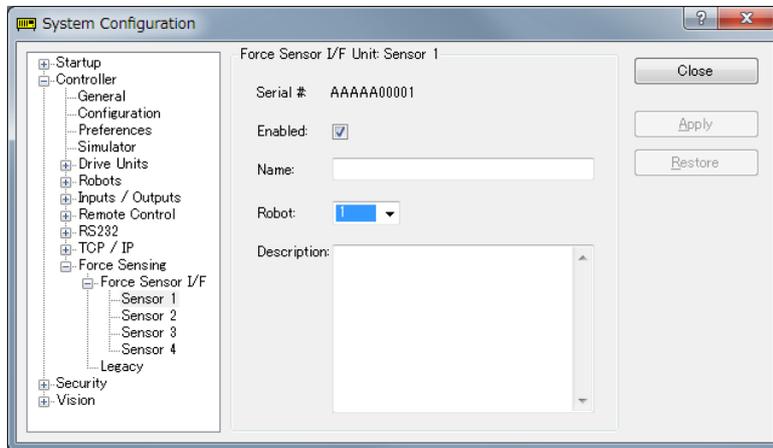
然后继续以下教程：

- 6.2.1 简单压装(垂直向下压装)
- 6.2.2 插入USB连接器
- 6.2.3 轴孔装配
- 6.2.4 拧螺丝
- 6.3.1 Paste序列
- 6.3.2 ScrewTighten序列
- 6.3.3 HeightInspect序列
- 6.3.4 Insert序列
- 6.4 命令版本(简单压装)

### 6.1.1 力觉传感器的连接设定

下文介绍如何将用于执行力觉功能的机器人与力觉传感器连接到一起。

- (1) 选择 EPSON RC+菜单-[System Configuration]-[Controller]-[Force Sensing]-[Force Sensor I/F]-[Sensor 1]。

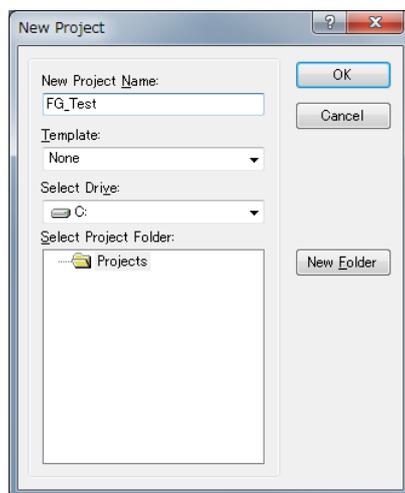


- (2) 选中[Enabled]复选框。
- (3) 在[Robot]中选择“1”。
- (4) 等待机器人控制器重新启动。

## 6.1.2 创建新项目

下文介绍如何创建用于执行力觉功能的项目。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Project]-[New Project]。  
此时将显示[New Project]对话框。

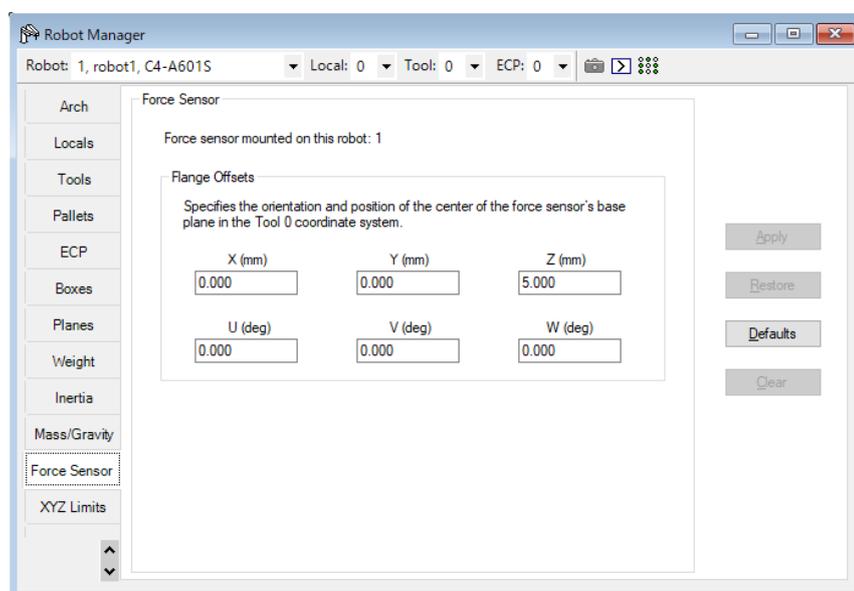


- (2) 在[New Project Name]中输入“FG\_Test”。
- (3) 单击<OK>按钮。

## 6.1.3 设定法兰偏移

下文介绍如何设定法兰偏移。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Force Sensor]选项卡。



- (3) 设定法兰偏移。

使用爱普生传感器法兰时:

单击<Defaults>按钮，然后单击<Apply>按钮。

偏移值因使用的机器人而异。

如果需要，请参阅以下章节。

软件篇: 2.2 坐标转换

使用自备的传感器法兰时:

输入每个值，然后单击<Apply>按钮。

6.1.4 后面的各节介绍力觉引导功能的设定。

有关 SPEL+命令功能，请参阅以下章节:

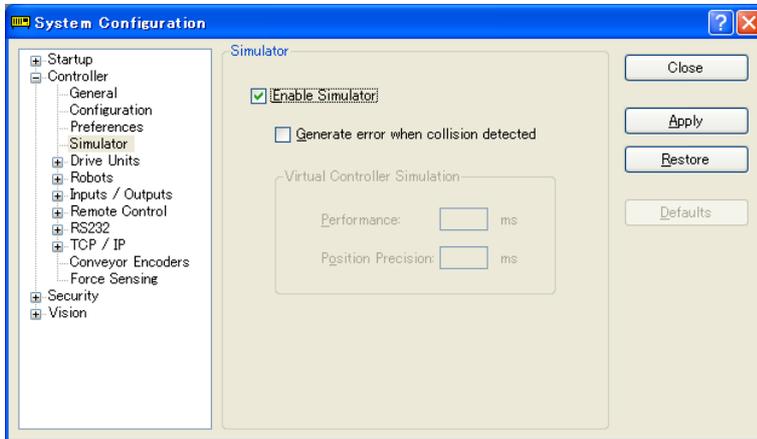
6.4 命令版本(简单压装)

### 6.1.4 启用模拟器

下文介绍如何启用模拟器功能。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Setup]-[System Configuration]。

此时将显示[System Configuration]对话框。



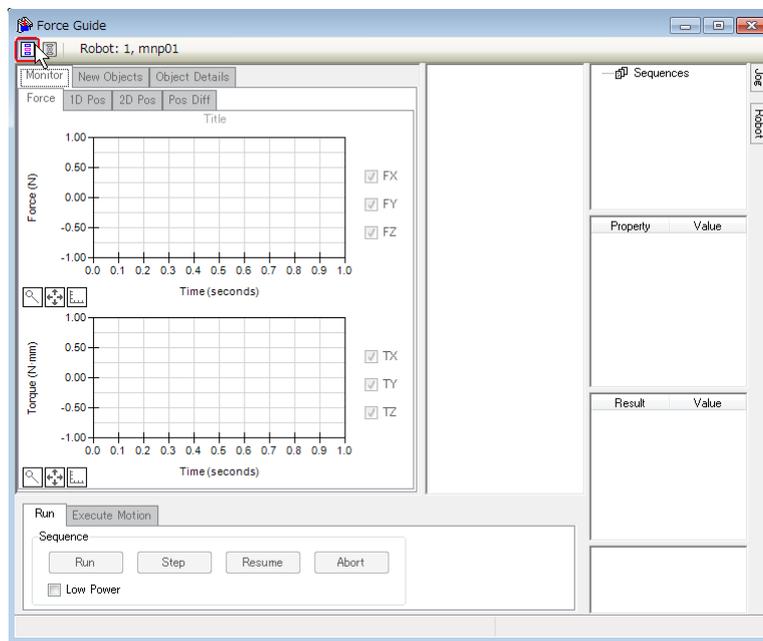
- (2) 选择[Controller]-[Simulator]。
- (3) 选中[Enable Simulator]复选框。
- (4) 单击<Apply>按钮。
- (5) 等待机器人控制器重新启动。

## 6.1.5 显示[Force Guide]窗口

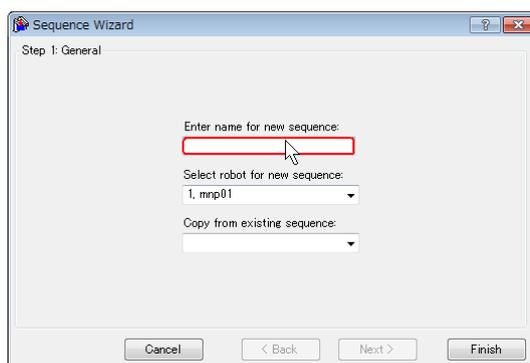
下文介绍如何启动力觉引导功能。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Guide ]。此时将显示[Force Guide]窗口。

- (2) 单击<New Sequence >按钮。



- (3) 此时将显示序列向导。



## 6.2 通用力觉序列教程

### 6.2.1 力觉引导功能 (垂直向下压装)

本教程介绍最简单的操作之一，即垂直向下“压装”。

如果直接将力觉传感器的顶板压装到坚硬的工作台或棱角分明的对象，顶板可能会损坏或弯曲。

执行“压装”操作时，务必采取以下措施：

- 在“压装”对象和力觉传感器之间放置橡胶垫或气垫。
- 安装棒状末端夹具进行练习。



注意

■ 教程中所述的参数是参考值。

请注意，此示例使用相对稳定的参数，但操作可能不成功，或者动作在某些操作条件下可能会发生振动，并且可能需要调整参数。

此外，为了便于解释，此示例使用缓慢但稳定的参数。要加快操作速度，需要调整参数。

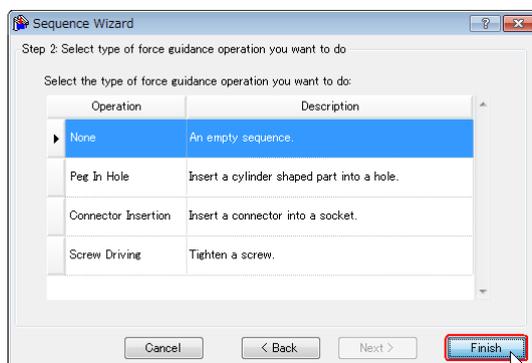
### 6.2.1.1 序列向导

下文介绍如何创建用于执行“垂直向下压装”操作的力觉引导序列。

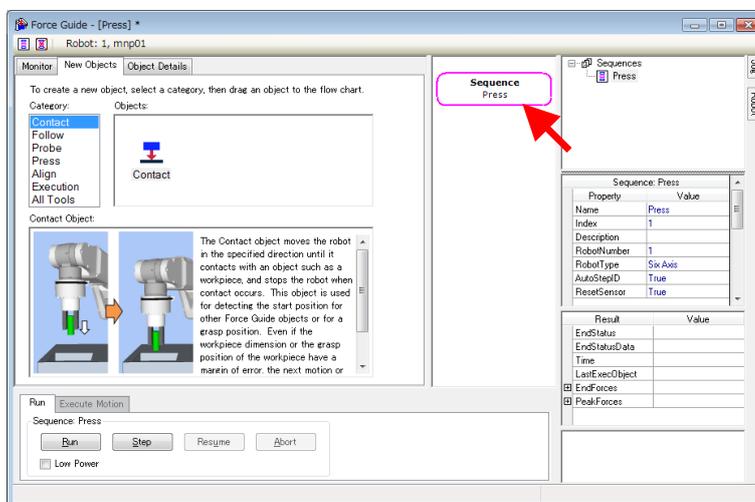
- (1) 在[Enter name for new sequence]框中输入“Press”。  
单击<Next>按钮。



- (2) 此时将显示[Step 2: Select type of force guidance operation you want to do]对话框。  
选择[None]。  
单击<Finish>按钮。



- (3) 确认[Press]序列已创建。



[Press]序列是一个空序列，里面没有排列任何对象。  
继续阅读以下章节。

### 6.2.1.2 对象排列

下文介绍如何在流程图中排列力觉引导对象。

只能使用“压装”对象执行压装操作。但是，如果要提高操作质量并缩短周期时间，可以将“接触操作”从“压装操作”中分离出来，以便提高操作效率。

将本教程中，我们将“接触”从“压装”中分离出来，并创建力觉引导序列。

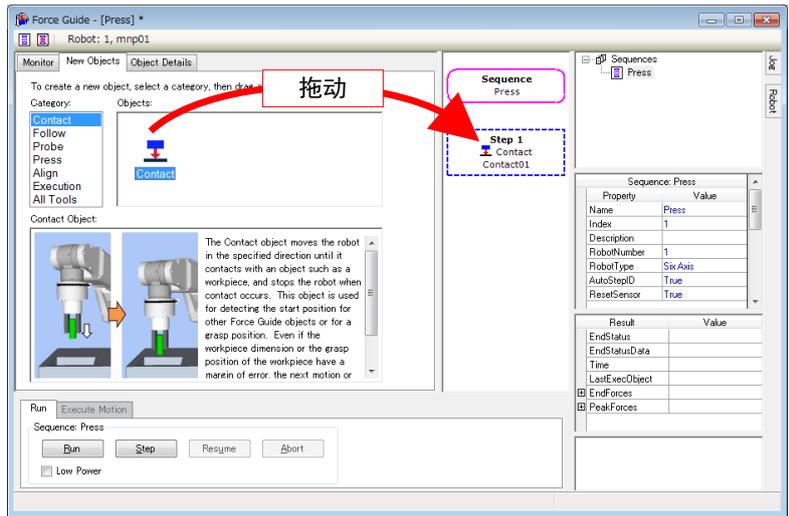
(1) 选择[Force Guide]窗口-[New Objects]选项卡。

在[Category]中选择“Contact”。

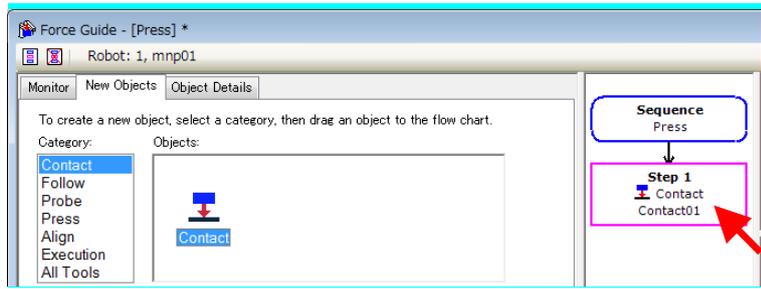
单击[Objects]-<Contact>图标。

说明将显示在窗口的下半部分中。

将<Contact>图标拖动到流程图中。



“Contact”对象将注册为[Contact01]对象。



(2) 在[Category]中选择“Press”。

将[Objects]-<Press>图标拖动到流程图中。



“Press”对象将注册为[Press01]对象。

现在，对象设定已完成。下一节介绍属性设定。

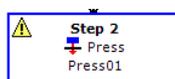
### 6.2.1.3 属性设定

下文介绍如何设定压装操作所需的属性。

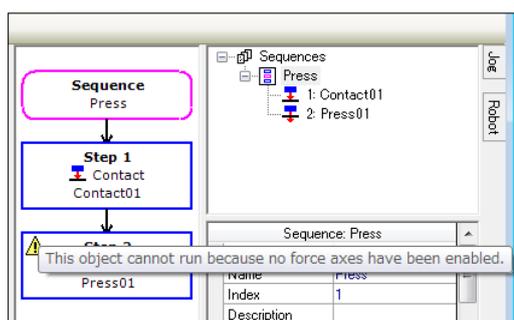
属性值如下所示:

- 结束Contact对象的阈值 : 4 [N]
- 压装力 : 4 [N]
- 压装时间 : 1.0 [s]

(1) 默认情况下, 流程图中会显示  标记。您需要设定属性。

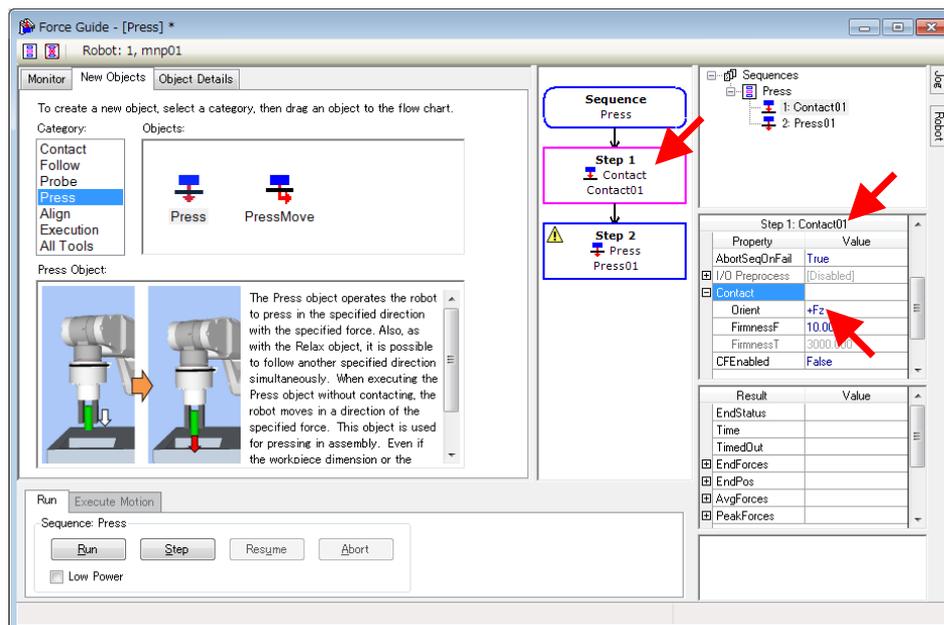


将鼠标指针移动到  标记上可显示工具提示。工具提示显示需要修改的设定或内容。



(2) 单击[Contact01]的对象流。

此时将显示属性和结果。

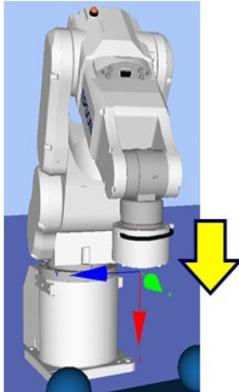


- (3) 确认[Contact]-[Orient]属性的值为“+Fz”。接触方向与工具设定的“+Fz”方向相同。它设为 6 轴机器人的“向下压装”。此时，只能为[ContactForceThresh]属性输入负(-)值。

将根据工具设定的方向设定“压装”方向。

对于 6 轴机器人和 SCARA 机器人，当安装类型为标准(台面安装)时，传感器顶板的工具设定将是相反方向。按如下所示进行设定。

[参考]

	6 轴机器人	SCARA 机器人
机器人动作图像  		
(Press/Contact) Orient	<b>+Fz</b>	<b>-Fz</b>
Force 符号 (包括监视器显示)	<b>-</b>	<b>+</b>

- (4) 更改[Contact01]属性。

您不需要更改以下列表中未显示的项目。

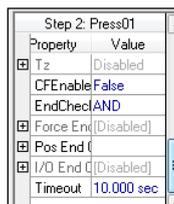
单击右下角快捷帮助中每个项目可显示属性概述或设定范围。

有关设定项目的详细信息，请参阅以下章节：

软件篇: 4.2.2.1 Contact 对象

项目	值	说明
ContactOrient	+Fz	设定接触方向。 机器人将朝指定的方向移动。
ContactFirmnessF	2	设定力控制功能的硬度。 设定较大值时： 力控制功能的硬度变大。但对力变化的响应很慢。 设定较小值时： 力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快，但可能容易发生振动。 设定较小的绝对值时： 接触动作的移动速度会很快。 客户设定一个前进速度限制，以避免损坏工件或机器人。
Force End Conditions - ContactForceThresh	- 4	确定是否存在接触力的阈值。 Fz 方向的力的绝对值在指定的超时时间内超过 ContactForceThresh 的值。 向对象靠近的速度会影响机器人与对象完全接触时的力。务必考虑由于过冲而对工件或机器人施加有效负载的可能性。
Timeout	10	如果 10 秒内未满足结束条件，将发生错误。 这可防止意外动作，如接触检测的目标较远或动作设定不正确。

- (5) 单击[Press01]对象。  
此时将显示属性。



- (6) 更改[Press01]的属性。  
您不需要更改以下列表中未显示的项目。  
单击右下角快捷帮助中每个项目可显示属性概述或设定范围。

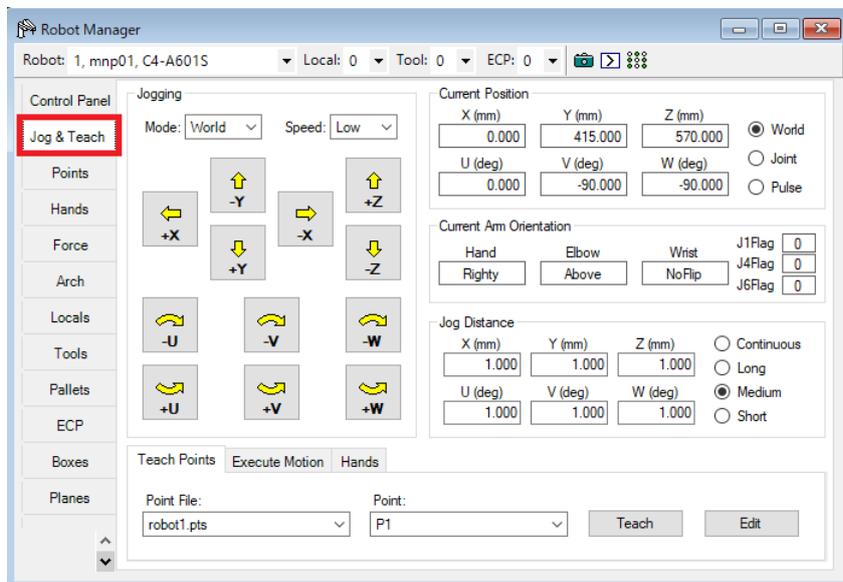
项目	值	说明
Fz - ControlMode	Press+	力控制功能在 Fz 方向的模式。 Press+: 机器人将朝每个轴的正向移动并执行压装动作。
Fz - Force	-4	设定压装力。(负值) 对于装配或组装任务, Fx, Fy, Fz 方向的力通常设为 3 到 5 [N]或-3 到-5 [N]。 但是, 最佳值因任务或工件而异。
Fz - Firmness	2	设定力控制功能在 Fz 方向的硬度。 设定较大值时: 力控制功能的硬度变大。但对力变化的响应很慢。 设定较小值时: 力控制功能的硬度变小。对力的变化响应很快, 但可能容易发生振动。
Timeout	1	设定超时时间。 这不是力达到[PressForce]后的持续时间, 而是压装力控制的持续时间。

- (7) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save File]。  
修改后的属性将保存到项目中。

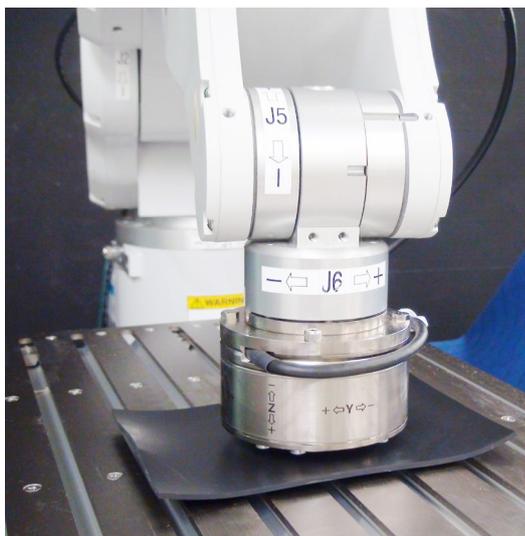
### 6.2.1.4 位置示教

下文介绍如何示教“压装”动作的起点。

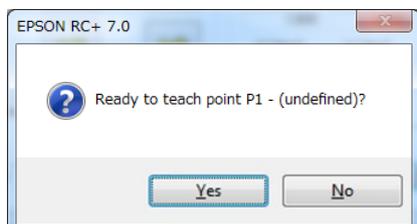
- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]选项卡。



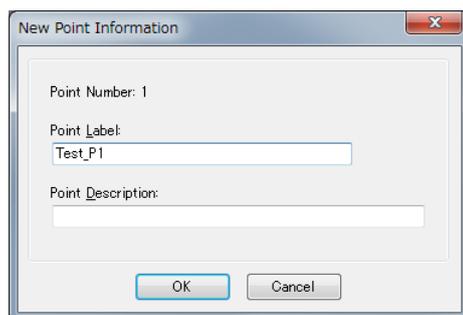
- (3) 单击步进按钮，并将机器人移动到要压装的目标对象上方 3 mm 处。



- (4) 在[Point]中选择“P1”。
- (5) 单击<Teach>按钮。  
此时将显示以下消息。确认消息并单击<Yes>按钮。



- (6) 此时将显示[New Point Information]对话框。  
在[Point Label]中输入“Test\_P1”，然后单击<OK>按钮。

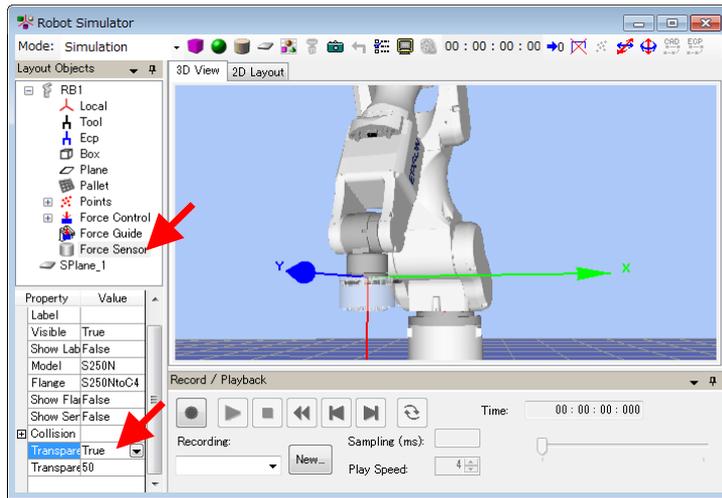


- (7) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save All]。  
已设定的内容将保存到文件中。

### 6.2.1.5 检查设定

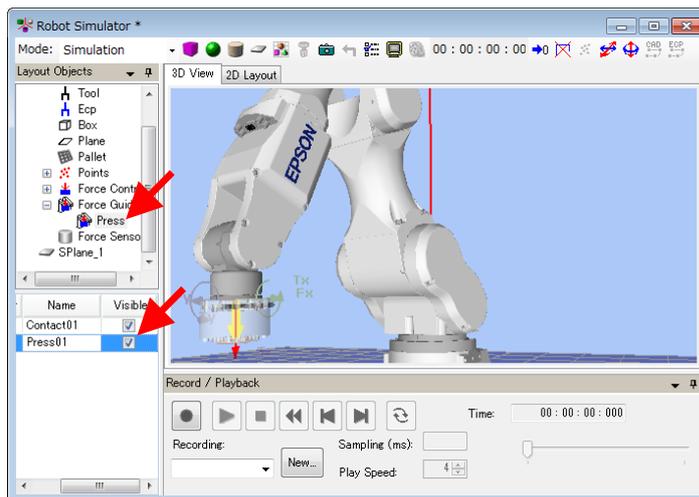
下文介绍如何使用模拟器检查“压装”方向的设定是否正确。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
显示[Simulator]窗口。
- (2) 单击对象树-[Tool]。
- (3) 为“No.0”选中[Visible]复选框。此时将显示“工具 0”的箭头。
- (4) 单击对象树-[Force Sensor]。
- (5) 将[Transparent]属性设为“True”。  
此时将显示“工具 0”的箭头原点。



- (6) 为“No.0”选中[Visible]复选框。  
此时将隐藏“工具 0”的箭头。
- (7) 选择对象树-[Force]-[Force Guide]-[Press]。  
为“Contact01”和“Press01”选中[Visible]复选框。  
Contact 对象和 Press 对象的动作方向将显示黄色箭头。  
如果箭头方向不是向下，则表明以下设定不正确。  
要更改设定，请参阅引导功能的参考。

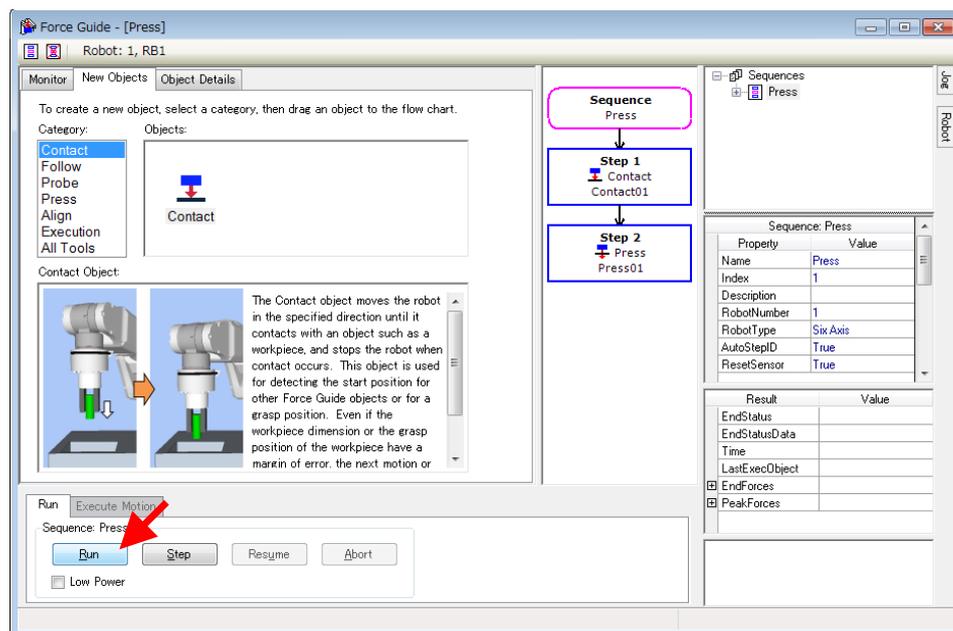
软件篇: 6.2.1.3 属性设定



### 6.2.1.6 通过力觉引导功能执行动作

下文介绍如何使用EPSON RC+运行用于执行“压装”操作的力觉引导序列。

(1) 显示[Force Guide]窗口。



(2) 单击<Run>按钮。

此时将执行编译。程序将传送到机器人控制器。如果设定不正确，将发生错误。如果发生错误，请检查当前设定，并根据错误消息修改参数。

### 6.2.1.7 恢复到非接触状态

下文介绍如何恢复到非接触状态。

即使“压装”操作已完成，力仍将施加于机器人和压装目标对象之间。要防止机器人和末端夹具发生故障或损坏，请在操作结束后立刻将机器人移离对象，并确保没有任何力施加于该对象。如果明显没有任何力会施加于该对象，则可以忽略此步骤。

恢复到非接触状态的步骤如下所示：

- 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Jog]组，并手动执行步进动作以将机器人移离对象。
- 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Execute Motion]选项卡，并将机器人移离对象。
- 在[Command Window]中执行 Move 命令，并将机器人移离对象。
- 将 SPeLFunc 对象添加到 Press 对象后面，并在力觉引导序列结束后自动将机器人移离对象。

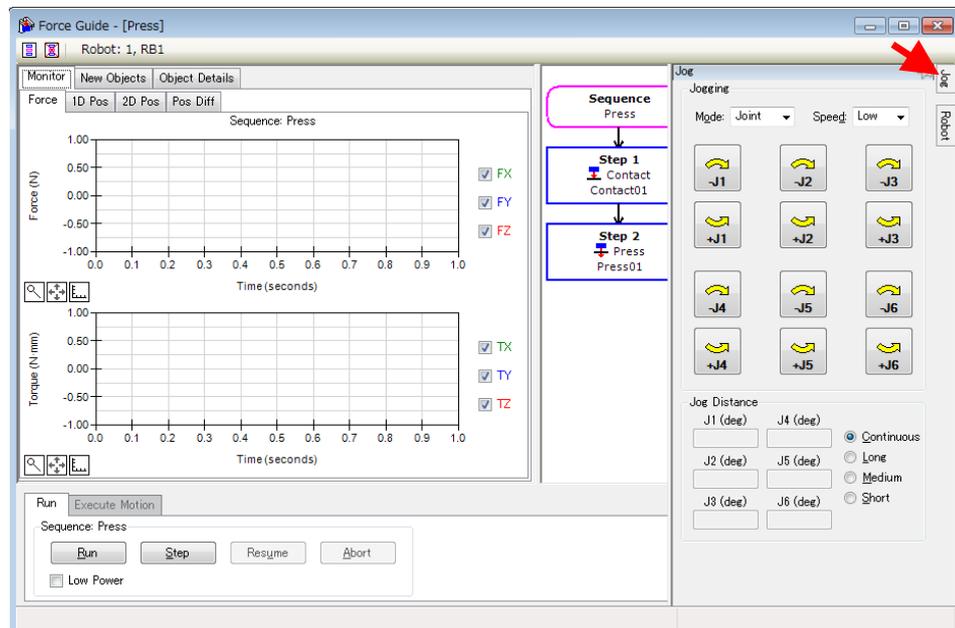
下文介绍如何通过单击[Robot Manager]-[Jog & Teach]来恢复到非接触状态。

- (1) 显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]选项卡。
- (3) 选择[Execute Motion]选项卡。
- (4) 在[Command]中选择“Move”。
- (5) 在[Destination]中选择“P1”。
- (6) 单击<Execute>按钮。  
机器人将移动到起点：“P1”。现在，机器人处于非接触状态。

#### [参考]

[Jog]选项卡显示在[Force Guide]窗口的右上角。

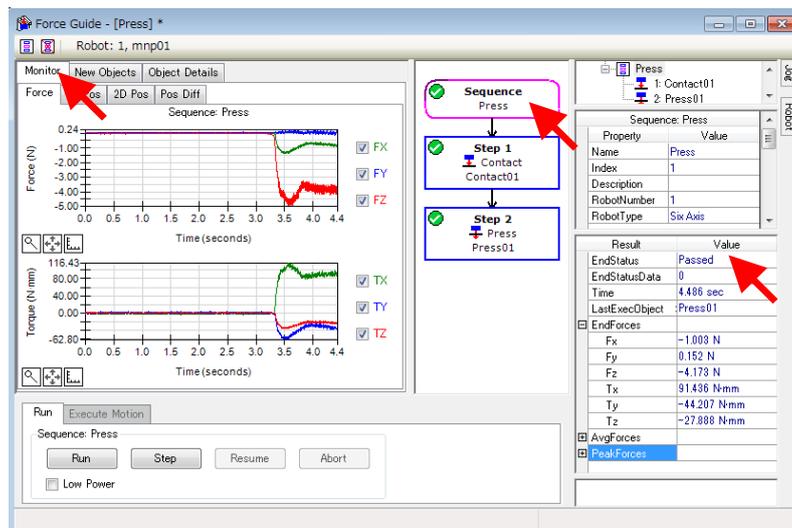
选择[Jog]选项卡时，将显示[Jog]窗口。通过单击步进按钮或输入值，机器人将移动并设为非接触状态。



### 6.2.1.8 通过监视器进行动作分析

下文介绍如何使用EPSON RC+检查力觉引导序列的动作结果。

(1) 显示[Force Guide]窗口。



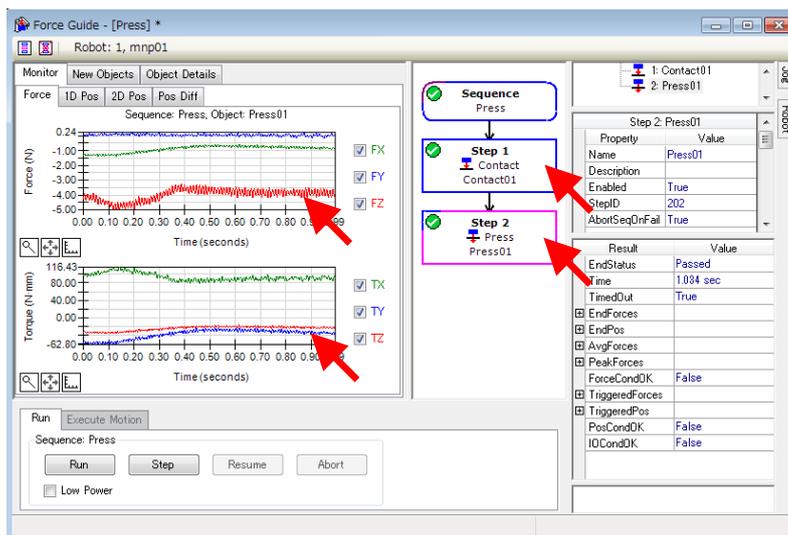
(2) 单击[Press]的序列流。

(3) 操作结果(Passed/Failed)、在机器人动作结束后检测到的力值以及所需的时间将显示在[Result]中。

[Monitor]选项卡:

[Press]序列执行过程中的力和位置将显示在图形中。

单击[Step1]和[Step2]的对象流可显示所选力觉引导对象执行过程中的力和位置。



[1D Pos]选项卡

此选项卡显示分析图。(水平轴: 时间, 垂直轴: 位置)

机器人将朝位置 Z 图的 CurZ 逐渐下降(变小)的方向移动。由于“Step 1”在接近 3.4 秒时结束并且力觉控制已完成, 因此您可以看到 RefZ(参考位置)的值直线下降(陡降)到 CurZ(当前位置)。



[2D Pos]选项卡

此选项卡显示分析图。(水平轴, 垂直轴: 位置)

朝 Z 方向的简单压装操作不需要此选项卡, 因为机器人不会朝 X-Y 方向移动。执行以下任务, 并检查图形。

软件篇: 6.2.1.9 高级任务 中的“3.”

[Pos Diff]选项卡

此选项卡显示由于力觉控制而发生的相对位置变化。

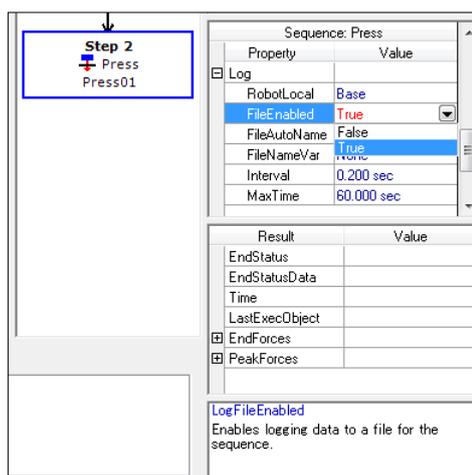
更改图形的单位, 并检查力或位置的变化。

## 6.2.1.9 高级任务

让我们执行以下任务。

- 首先，将压装力设为 1 [N]，并将压装时间设为 3 秒。  
接着，执行连续动作以在 3 秒内将力增大到 10 [N]。  
提示: 您需要添加对象。总共需要三个对象。
- 按如下所示设定力觉引导序列的属性，并记录日志。  
采用默认设定时，日志以 csv 格式记录到开发目录下与项目相同的文件夹中。  
可以在电子表格软件中打开文件并创建图形。

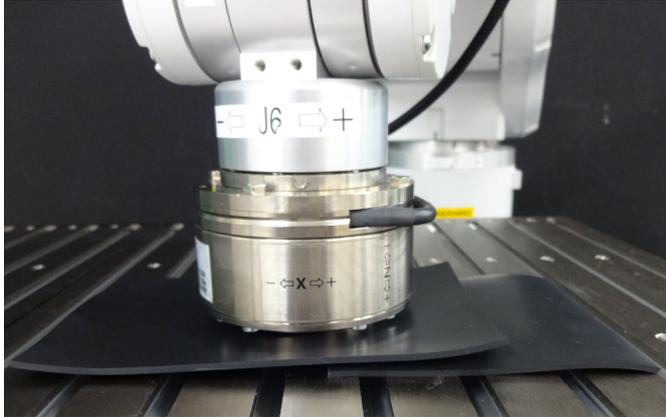
	项目	值	说明
日志	RobotLocal	Base	对于力觉引导序列执行过程中记录的机器人位置方向，设定参考本地坐标系数值。 设定基坐标系以记录机器人位置。
	FileEnabled	True	设定是否保存到文件中。 启用日志创建。
	FileAutoName	True	设定是否自动设定要记录的文件名。
	Interval	0.05	设定要记录的文件的采样期间。 将记录间隔设为 0.05 秒。



3. 朝 X 轴方向和 Y 轴方向跟随，并确保仅朝 Z 方向执行“压装”。

提示: 通过选择“Follow”，X 轴和 Y 轴将执行跟随动作。

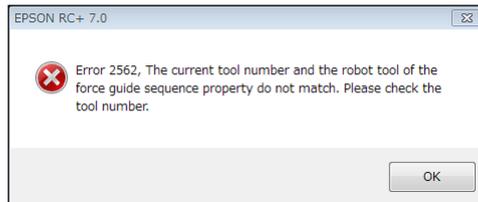
通过将工具设定设为接触位置的中心，可以根据转矩判断接触面或接触位置的倾斜，或者沿接触面执行跟随动作。



- 3-1 当仅在 C4 系列机器人上安装了力觉传感器时，接触位置的中心厚度为 49 mm。设定并选择工具 1。  
在命令窗口中执行以下命令。

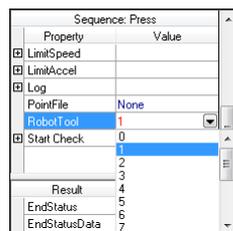
```
> TLSet 1, XY(0, 0, 49, 0, 0, 0)
> Tool 1
```

- 3-2 单击[Force Guide]窗口-<Run>按钮。  
发生以下错误。



如果未正确执行工具设定，将无法正确执行机器人动作，或者末端夹具/工件将损坏。出现此错误是为了防止出现这些问题。

- 3-3 显示[Press]序列的属性。  
在[RobotTool]中选择“1”。

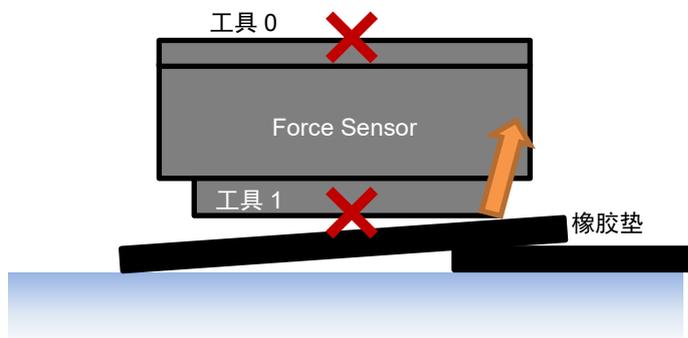


3-4 由于工具设定已更改，因此即使使用相同的点数据，机器人的实际机械臂关节角也不相同。

请参阅以下章节以重新示教位置。

软件篇: 6.2.1.4 位置示教

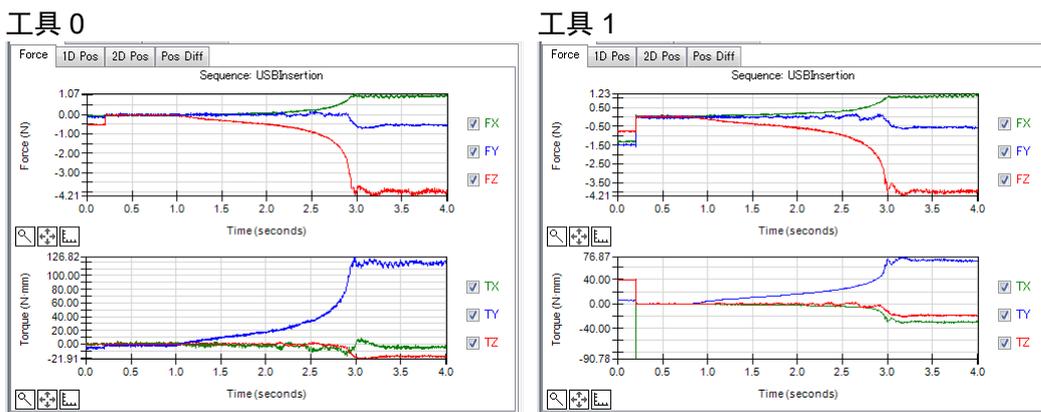
3-5 检测到与“工具 0”和“工具 1”对应的转矩值不相同。(请参见下图)。平移力值相同。



#### 转矩的计算方法

与接触位置的距离(从力觉坐标系(通常与工具坐标系匹配)原点的角度)×力 = 转矩。

如下所示，平移力的波形相同。但是，转矩的波形因与接触位置的距离而异，并且“工具 0”测量的值可能更大。



现在，您已完成垂直向下压装的教程。

### 6.2.2 力觉引导功能 (插入USB连接器)

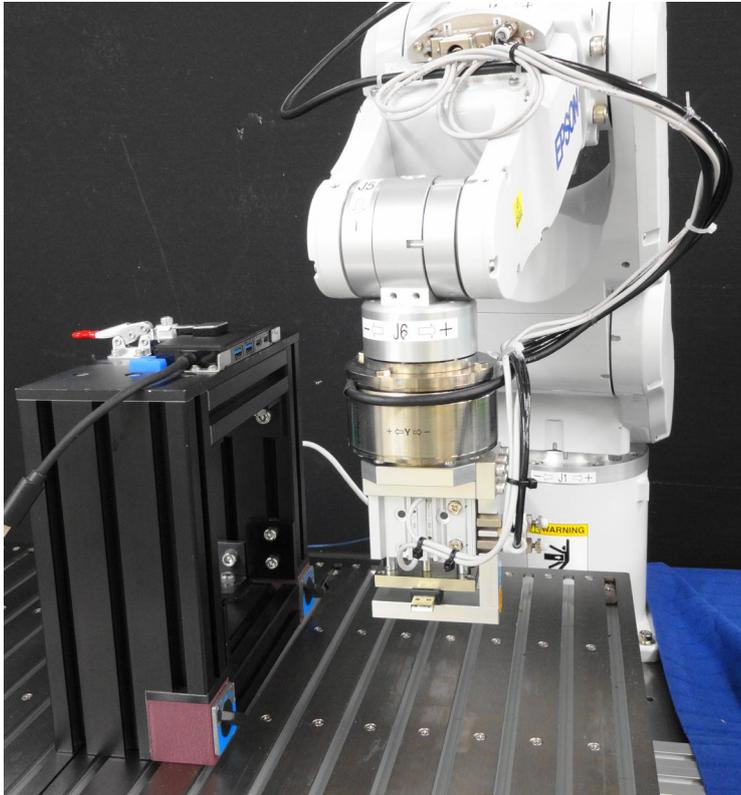
下文介绍如何插入 USB 连接器。

市售 USB 电缆和 USB 集线器可用作工件。

请客户自行准备用于固定或抓取工件的抓取器。如果设定不正确，工件将损坏。请确保准备允许损坏的 USB 设备。此外，请使用处于未通电状态的工件继续本教程。

确保将工件位置或插入方向设为与下图相同。

在本教程中，要抓取 USB 连接器，可以使用“螺丝”固定 USB 连接器。



■ 教程中所述的参数是参考值。

请注意，此示例使用相对稳定的参数，但操作可能不成功，或者动作在某些操作条件下可能会发生振动，并且可能需要调整参数。

此外，为了便于解释，此示例使用缓慢但稳定的参数。要加快操作速度，需要调整参数。

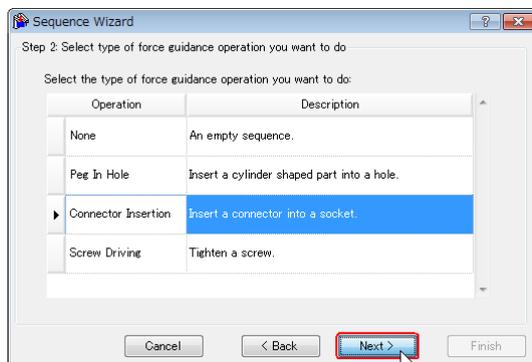
### 6.2.2.1 序列向导

下文介绍如何创建用于“插入USB连接器”的力觉引导序列。

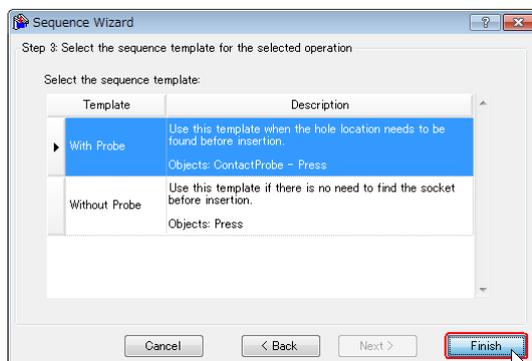
- (1) 在[Enter name for new sequence]框中输入“USBInsertion”。  
单击<Next>按钮。



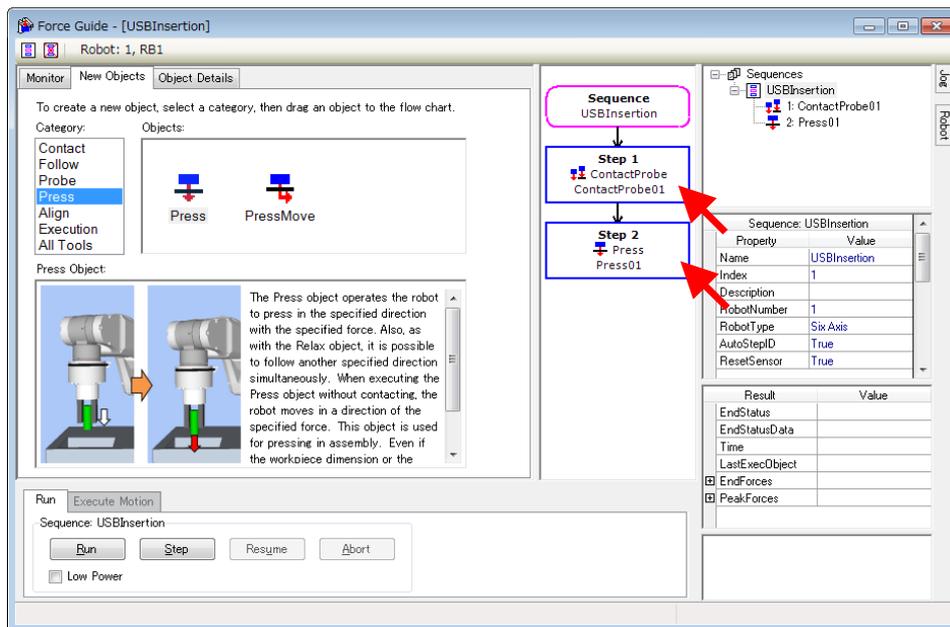
- (2) 此时将显示[Step 2: Select type of force guidance operation you want to do]对话框。  
选择[Connector Insertion]。  
单击<Next>按钮。



- (3) 此时将显示[Step 3: Select the sequence template for the selected operation]对话框。  
选择[With Probe]。  
单击<Finish>按钮。



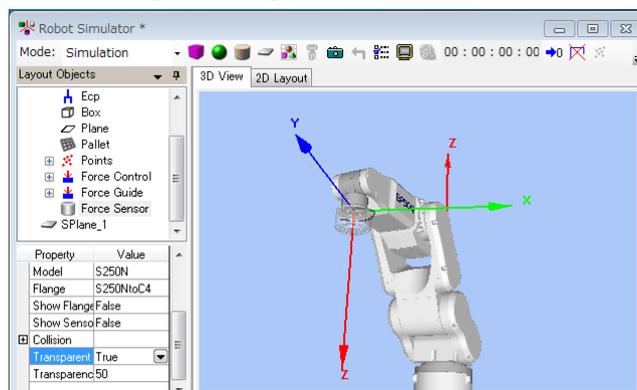
- (4) 确认[USBInsertion]序列已创建。  
 ContactProbe - Press



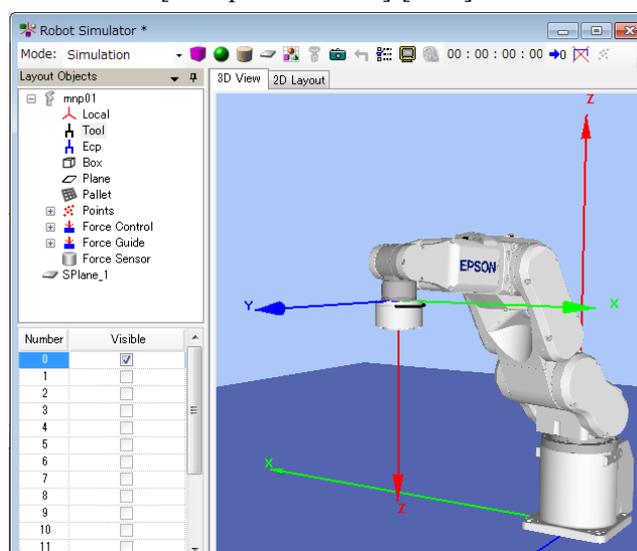
### 6.2.2.2 确认工具设定

插入连接器时，您需要注意实际连接器的插入方向以及当前工具的设定。下文介绍如何使用模拟器功能确认设定。

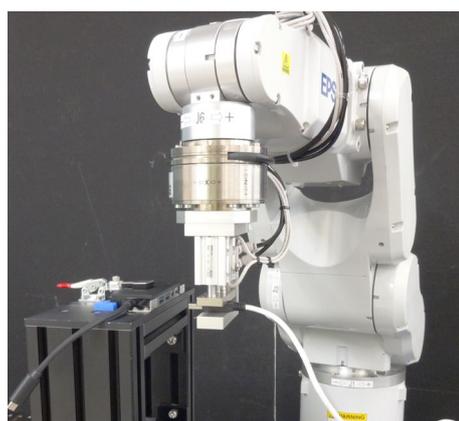
- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时将显示[Simulator]窗口。



- (2) 单击对象树-[Manipulator Name]-[Tool]。



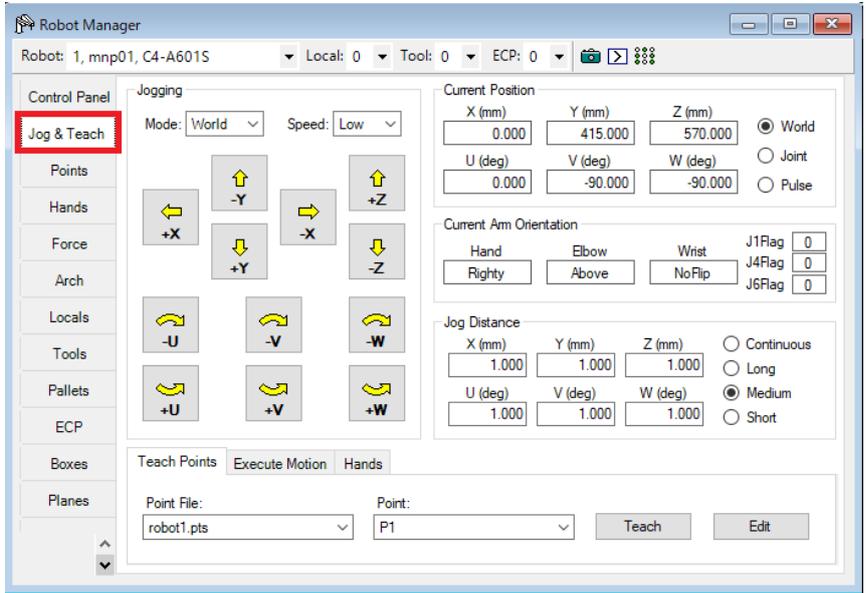
- (3) 为“0”选中[Visible]复选框。已选择“工具 0”。  
与实际机器人相比，您可以看到本教程中的机器人朝“-X”方向插入。  
要正确检测旋转方向的力，请对抓取位置或接触位置执行工具设定。  
在本教程中，仅在平移方向使用力控制功能。因此，如果忽略该设定，动作将相同。  
在本教程中，使用“工具 0”继续操作。



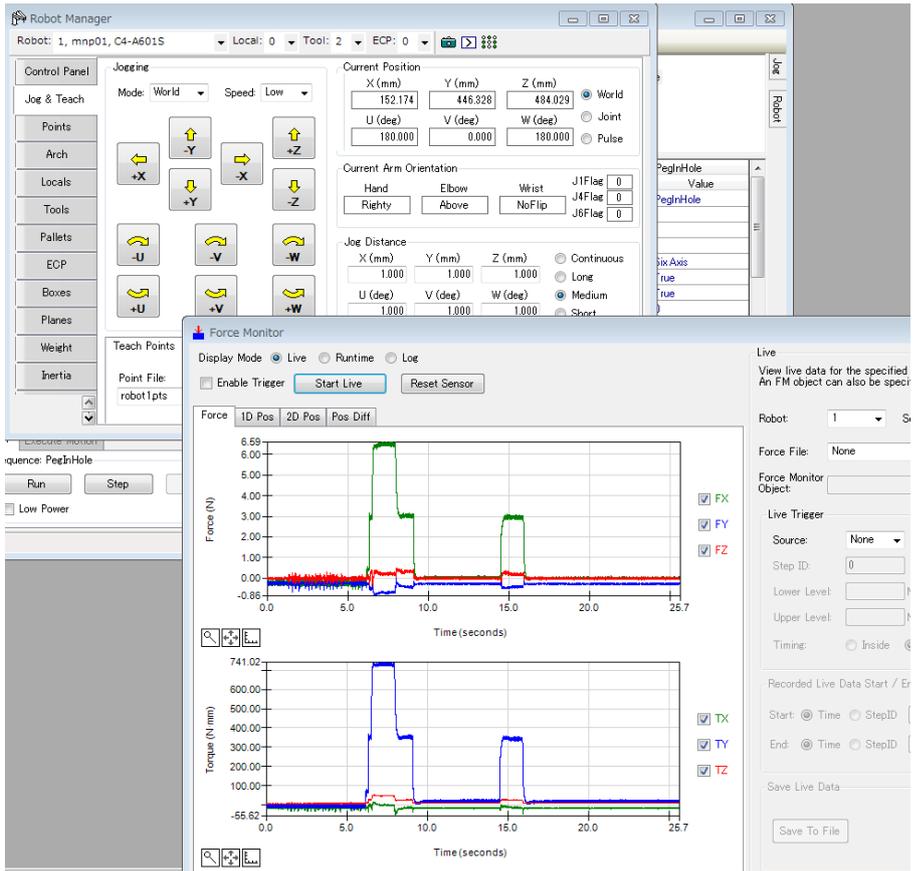
### 6.2.2.3 点示教

下文介绍如何示教连接器插入动作的开始位置。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]。



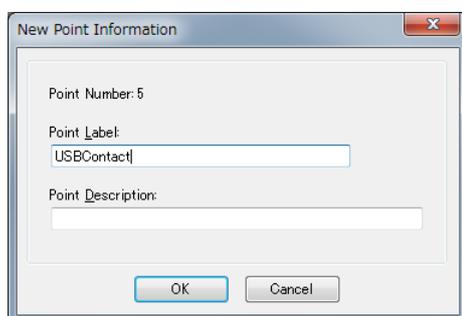
- (3) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
此时将显示[Force Monitor]对话框。



- (4) 单击<Start Live>按钮。  
此时将开始显示当前力觉传感器的输出值。
- (5) 单击步进按钮，并将机器人移动到两个 USB 连接器将彼此面对以保持平行的位置。
- (6) 单击<Reset Sensor>按钮。  
由于重力影响和传感器值的漂移会被消除，因此当前值将是“零”位置。
- (7) 选择[Jog & Teach]-[Jog Distance]，然后单击<Short>按钮。  
朝平移方向移动机器人。单击步进按钮几次移动机器人，直到 USB 连接器与 USB 端口接触。  
当连接器与端口接触时，力觉传感器的输出值会更改。根据步进动作的时机检查监视器值的变化。



- (8) 在[Point]中选择“P5”。
- (9) 单击<Teach>按钮。
- (10) 此时将显示[New Point Information]对话框。  
在[Point Label]中输入“USBContact”，然后单击<OK>按钮。



(11)在[Jog Distance]中选择<Medium>。

朝 USB 连接器不与 USB 端口接触的方向将机器人移动 3 mm(单击步进按钮三次)。

此外，朝+Y 方向将机器人移离连接器中心大约 1 mm。将此位置设为连接器插入的起点。



(12)在[Point]中选择“P4”。

(13)此时将显示[New Point Information]对话框。

在[Point Label]中输入“USBStart”，然后单击<OK>按钮。

(14)单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save All]。

此时将保存文件。

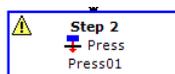
### 6.2.2.4 属性设定

下文介绍如何设定插入连接器所需的属性。

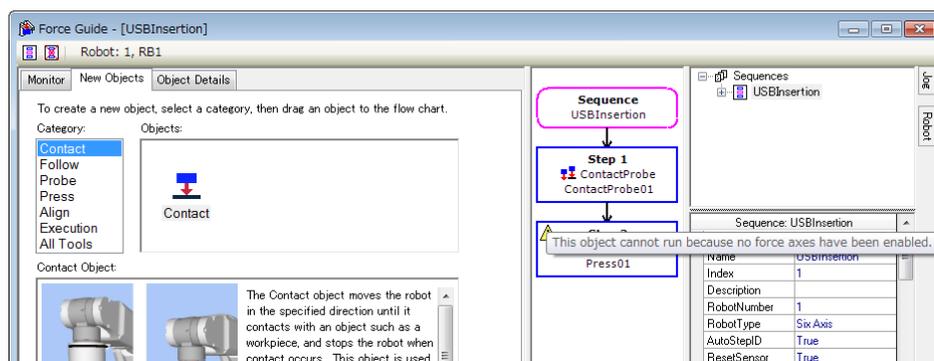
USB TypeA连接器的规格如下所示:

插入力: 35 N以下

- (1) 默认情况下，流程图中会显示  标记。您需要设定属性。

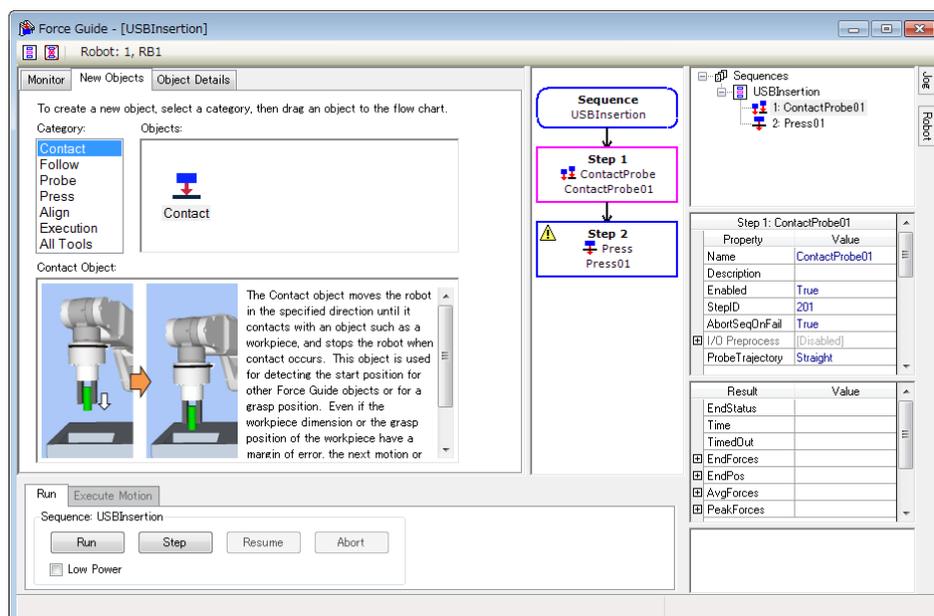


将鼠标指针移动到  标记上时，将显示工具提示。工具提示显示需要设定或修改的内容。



按照步骤 1 中的顺序进行设定。

- (2) 选择[ContactProbe01]对象。此时将显示属性和结果。



- (3) 将[Contact]-[Orient]属性的值设为“-Fx”。

(4) 按如下所示设定其他属性。

有关更多详细信息，请参阅以下章节：

软件篇: 4.2.2.6 ContactProbe 对象

项目		值	说明
ProbeTrajectory		Straight	设定直线探测动作。 机器人将按固定间隔(可通过[Interval]设定)接近平面。
AccelS		200	设定移动的平移加速度。
SpeedS		50	设定移动的平移速度。 离开动作或平移的速度。
Destination	DestRelativeX	0	设定每个方向从起点到目标点的相对移动量。 机器人不会朝 X 方向位移。
	DestRelativeY	-3	机器人最多朝-Y 方向位移 3 mm 并执行探测动作。
	DestRelativeZ	0	机器人不会朝 Z 方向位移。
Contact	ContactInterval	0.5	设定接触动作的间隔。 设定 0.5 mm。
	Orient	-Fx	设定接触方向。 机器人将朝指定的方向移动。
	Dist	3	设定起点与目标接触点的距离。
	DistMargin	0.5	设定起点与目标接触点的边缘距离。 为一边设定 0.5 mm。
	FirmnessF	2	设定力控制功能的硬度。 ContactProbe 对象会影响接触速度。可以通过以下方法计算接触速度的参考值： [ContactForceThresh]/[ContactFirmnessF]
ForceEnd Conditions	Contact ForceThresh	3	设定用来认定接触的阈值。 设定 3 [N]。 在[ContactDist]的目标接触点以外检测到力(3 N 以上)时，机器人会认定探测动作失败，并朝-Y 方向位移 0.5 mm，然后重复类似的接近动作。
PosEnd Conditions	PosCheckType	Relative Plane	选择与位置相关的结束条件的类型。 设定一个附条件的 Plane，当满足该条件时，机器人将从开始位置移动一个相对量。 该相对量通过以下计算方法自动生成： [ContactDist]+[ContactDistMargin]。
	PlaneNumber	1	设定用于位置的结束条件的 Plane 编号。 覆盖 Plane 1。
	PlaneEndCond	Inside	结束条件是在平面内(Inside)。 当机器人已移动到指定的状态后，将认定已满足结束条件。
Timeout		30	设定接触动作的超时时间。 最长超时时间为 30 秒。

(5) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save File]以保存设定。

(6) 按如下所示设定[Press01]对象的属性:

	项目	值	说明
Fx	ControlMode	Press-	力控制功能的模式。 Press: 机器人将朝轴的负方向移动并执行压装动作。
	PressForce	20	插入时施加的力。 设定 20 N。
	Firmness	2	设定力控制功能在 X 方向的硬度。
Fy	ControlMode	Follow	通过力控制功能执行跟随动作。
	Firmness	2	设定力控制功能在 Y 方向的硬度。
Fz	ControlMode	Follow	通过力控制功能执行跟随动作。
	Firmness	2	设定力控制功能在 Z 方向的硬度。
ForceEnd Conditions	ForceCheckEnabled	True	启用与力相关的结束条件。
	ForceCheckMode	Press	Press: 只有压装才是认定目标。
	ForceCheckPolarity	Inside	与力相关的结束条件的极性。 结束条件是在指定的范围内。
	PressCheckToIF	10	与力相关的结束条件的压装方向范围。 设定结束条件的范围。 X 轴: 力值持续处于 $20 \pm 10$ N 范围内的状态。
	FollowCheckToIF	1	Y 轴和 Z 轴: 力值持续处于 $0 \pm 1$ N 范围内的状态。
	HoldTimeThresh	0.1	设定认定是否满足结束条件时使用的持续时间。 设定 0.1 秒。
Timeout		2	如果满足结束条件已超过 2 秒(例如不存在任何工件), 则会以失败状态结束。

(7) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save File]。

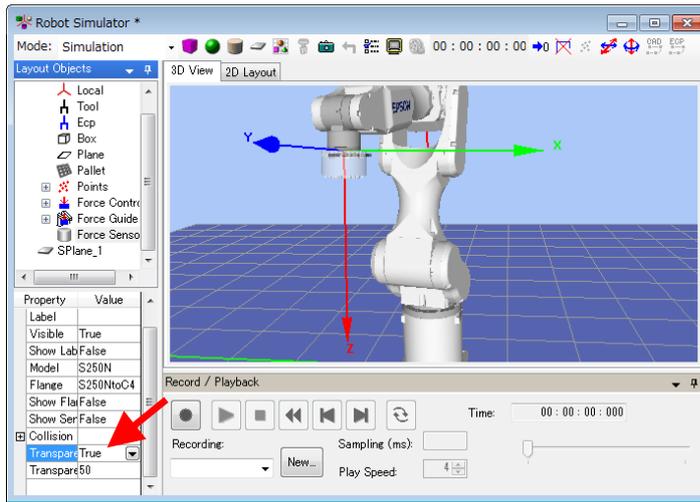
修改后的属性将保存到项目中。

### 6.2.2.5 确认设定

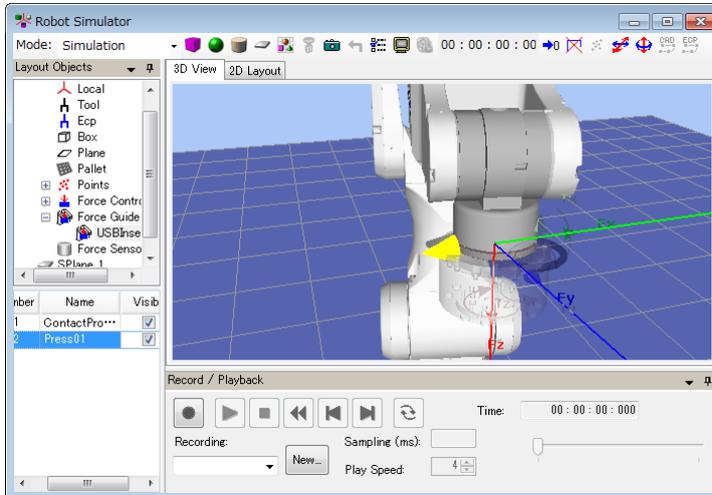
下文介绍如何使用模拟器确认以下设定。

1. 插入时的压装方向
2. 用于确定是否要开始插入的接近检测平面(Plane)

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时将显示[Simulator]窗口。
- (2) 单击对象树-[Tool]。  
为“**No.0**”选中[Visible]复选框。显示“工具 0”的箭头。
- (3) 单击对象树-[Force Sensor]。  
将[Transparent]属性设为“True”。  
此时将显示“工具 0”的箭头原点。

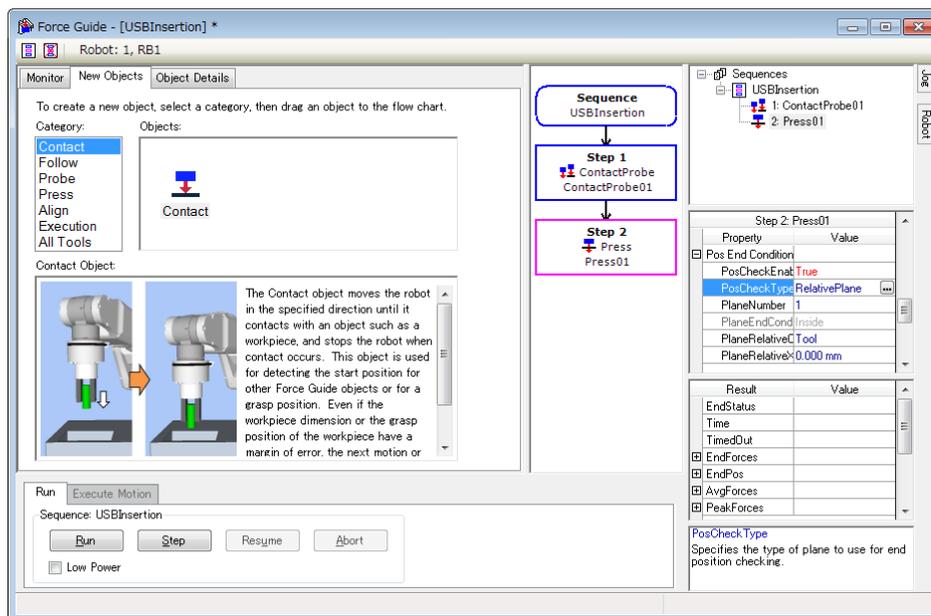


- (4) 选择对象树-[Force]-[Force Guide]-[USBInsertion]。  
为“**ContactProbe01**”和“**Press01**”选中[Visible]复选框。



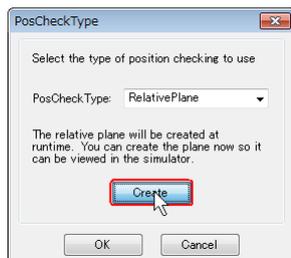
- (5) 检查 Plane 设定。  
要隐藏黄色箭头以便更清楚地查看图像，请取消选中步骤(4)中的[Visible]复选框。

- (6) 单击[Force Guide]窗口-[ContactProbe01]属性-[Pos End Condition]-将[PosCheckEnabled]设为“True”。

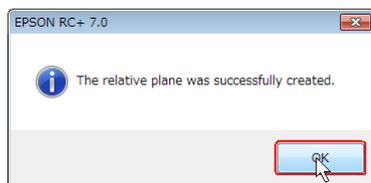


- (7) 单击[Force Guide]窗口-[ContactProbe01]属性-[Pos End Condition]-[PosCheckType], 然后单击“RelativePlane”([PosCheckType]的值)右侧的图标。

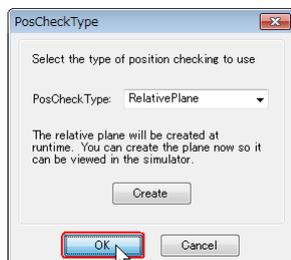
- (8) 此时将显示以下对话框。  
检查是否在[PosCheckType: ]中选择了“RelativePlane”。  
单击<Create>按钮。



- (9) 此时将显示以下消息。  
单击<OK>按钮。



- (10)在[PosCheckType]对话框中单击<OK>按钮。



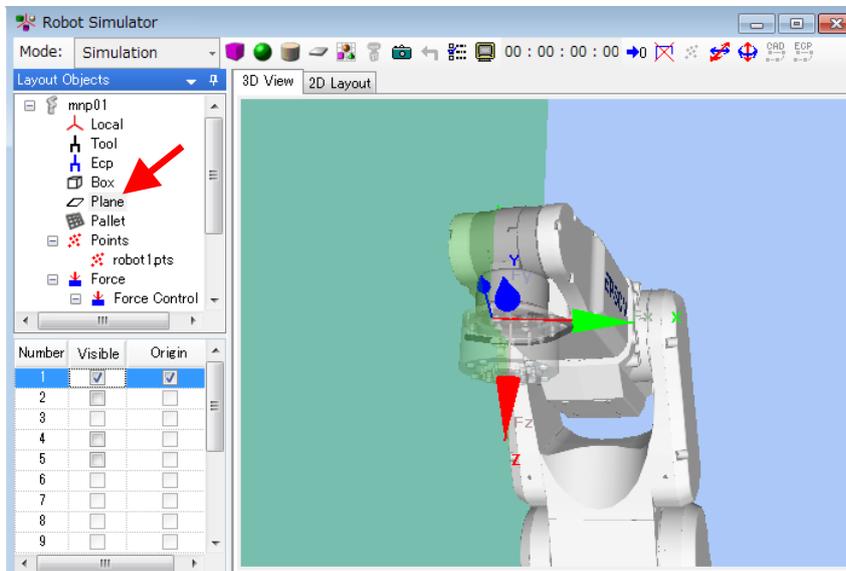
(11)显示[Simulator]窗口。

选择对象树-[Plane]。

为“No. 1”选中[Visible]复选框和[Origin]复选框。

Plane 1 是 ContactProbe 的接近检测平面。如果工具位于显示原点的红色箭头(Z方向)的范围内，则 Plane 的返回值设为 True。

如果工具不位于该范围内，则返回值设为 False。



[参考]与 Plane 的位置关系

机器人当前位置与 Plane 的位置关系如下所示。如果机器人当前位置位于 Plane 原点的+Z 方向区域内，则当前位置为“内部(Inside)”。

	外部	内部
与 Plane 的位置关系 6 轴机器人		
Plane 的判定值 (GetRobotInsidePlane)	0 = Outside	1 = Inside

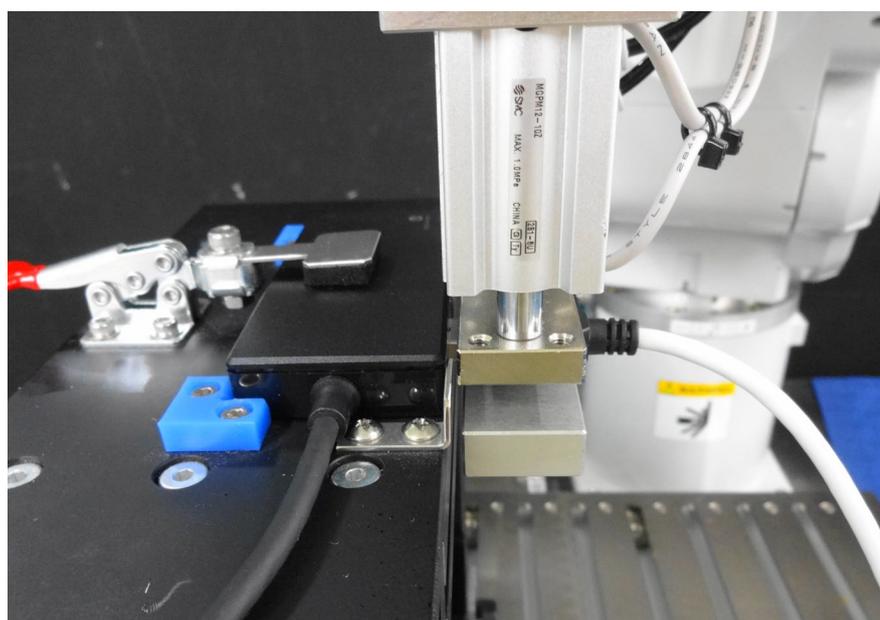
(12)如果 Plane 或 Plane 的 Z 轴方向(结束认定条件)显示在与插入方向不同的位置，请参阅以下章节并更改设定。

软件篇: 6.2.2.4 属性设定

### 6.2.2.6 通过力觉引导功能执行动作

下文介绍如何使用EPSON RC+执行用于插入USB连接器的力觉引导序列。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 选择[Robot]选项卡。
- (3) 单击<POWER HIGH>按钮。  
如果机器人将损坏工件，请考虑在“低功率模式”下操作。  
(但是，力控制功能执行的机器人动作与高功率模式下不同，因为速度和加速度的设定在低功率模式下会受限制。因此，这时可能会对工件施加比高功率模式下更大的力。)
- (4) 单击<Run>按钮。  
程序将进行编译并传送到机器人控制器。如果设定不正确，将发生错误。请检查当前设定，并根据错误消息修改参数。
- (5) 如果正确执行操作，USB 连接器将完全连接。



如果连接器插入失败，您可以分析原因。

有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 6.2.2.8 通过监视器进行动作分析

### 6.2.2.7 恢复到非接触状态

下文介绍如何恢复到非接触状态。

即使连接器已连接，力仍将施加于机器人和USB设备之间。要防止机器人和末端夹具发生故障或损坏，请在操作结束后立刻将机器人移离对象，并确保没有任何力施加于该对象。如果明显没有任何力会施加于该对象，则可以忽略此步骤。

可以通过以下方法使机器人恢复到非接触状态：

- 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Jog]组，并手动执行步进动作以将机器人移离对象。
- 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Execute Motion]选项卡，并将机器人移离对象。
- 在[Command Window]中执行 Move 命令，并将机器人移离对象。
- 将 SPELFunc 对象添加到 Press 对象后面，并在力觉引导序列结束后自动将机器人移离对象。

本节介绍如何通过单击[Robot Manager]-[Jog & Teach]来将机器人设为非接触状态。

(1) 显示[Robot Manager]对话框。

(2) 选择[Jog & Teach]面板。

将 Jog Distance 设为<Continuous>或小于“1 mm”。

如果选择<Long>并移动机器人，则当您单击错误的方向按钮时，工件可能会损坏。

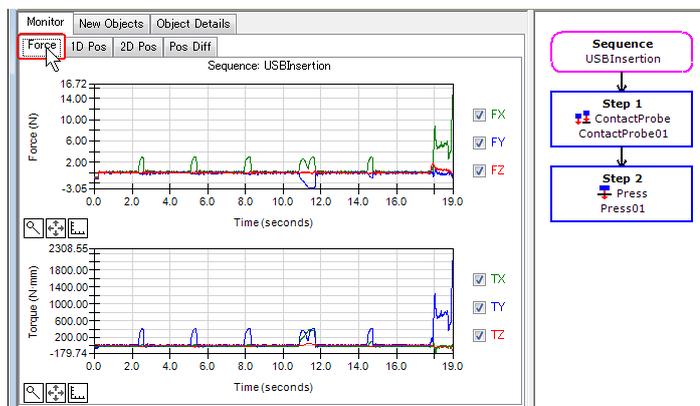
(3) 使用步进按钮将机器人朝+X 方向(与插入方向相反)移动。

现在，机器人处于非接触状态。

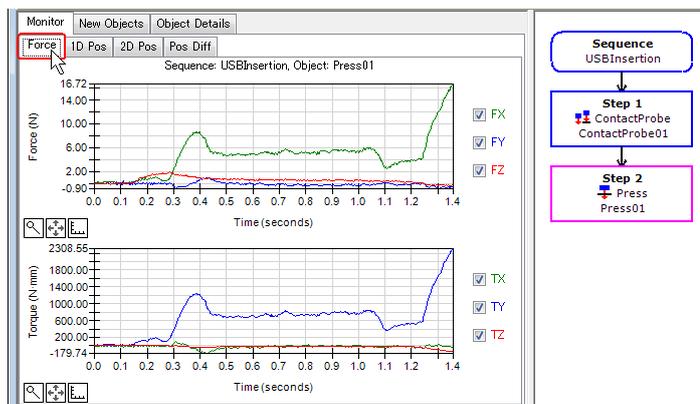
### 6.2.2.8 通过监视器进行动作分析

下文介绍如何使用EPSON RC+检查力觉引导序列的操作结果。如果显示以下窗口，则表明序列动作已成功执行。

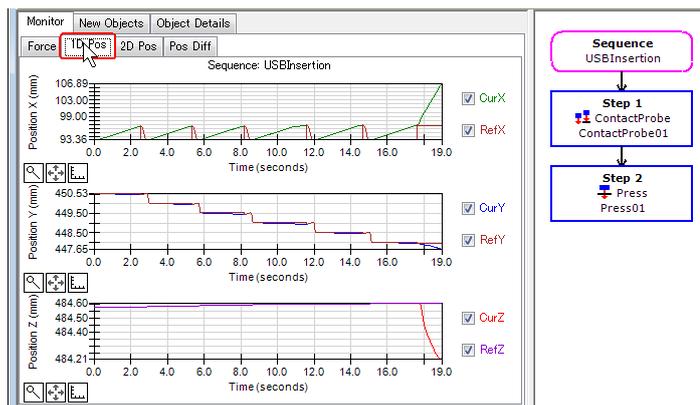
- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[USBInsertion]的序列流。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。选择[Force]选项卡。  
[USBInsertion]序列执行过程中的力和位置将显示在图形中。



- (4) 单击[Step1]和[Step2]的对象流可显示所选力觉引导对象执行过程中的力和位置。

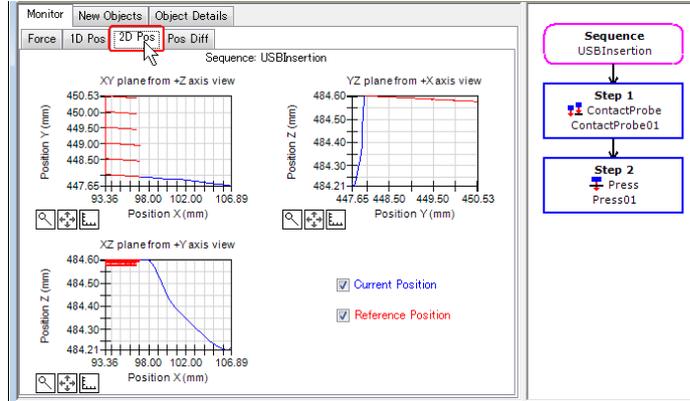


- (5) 单击[USBInsertion]序列。  
选择[Monitor]选项卡。选择[1D Pos]选项卡。  
此时将显示分析图。(水平轴: 时间, 垂直轴: 位置)



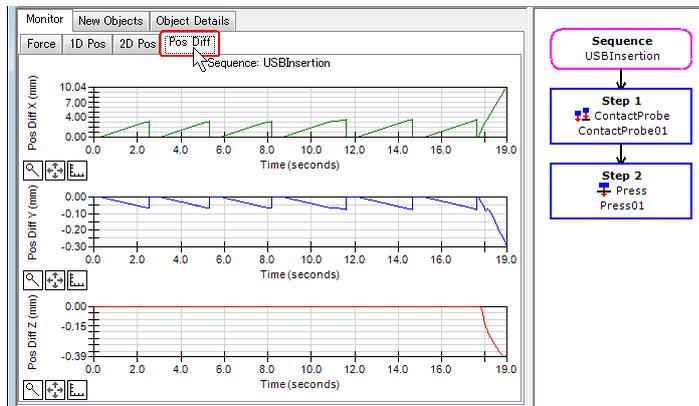
(6) 选择[2D Pos]选项卡。

此时将显示分析图。(水平轴，垂直轴:位置)  
它有助于推测 Y 平面和 Z 平面上的跟随轨迹。  
红线: 探测动作截面轨迹  
蓝线: 力控制功能朝+X 方向的插入轨迹



(7) 选择[Pos Diff]选项卡。

将力觉控制的位移记录为相对位置变化。它与[1D Pos]选项卡中的图形不同。



(8) 更改图形的单位，并检查力或位置的变化。

如果连接器未正确连接，表明设定可能不正确。请参阅下文并重新检查教程步骤。

- 压装力的方向是否正确
- Plane 设定是否正确  
(基于工具坐标或基坐标的相对位置)
- 开始位置是否正确  
或者高度 Z 的位置是否未对齐
- 为[TimeOut]设定的值是否太小。
- 机器人在低功率模式下的操作速度是否较慢

## 6.2.2.9 高级任务

让我们执行以下操作。

1. 如果操作由于出现“插入连接器时力满足条件”情况而结束，连接器可能会卡在孔中间并且无法完全插入。

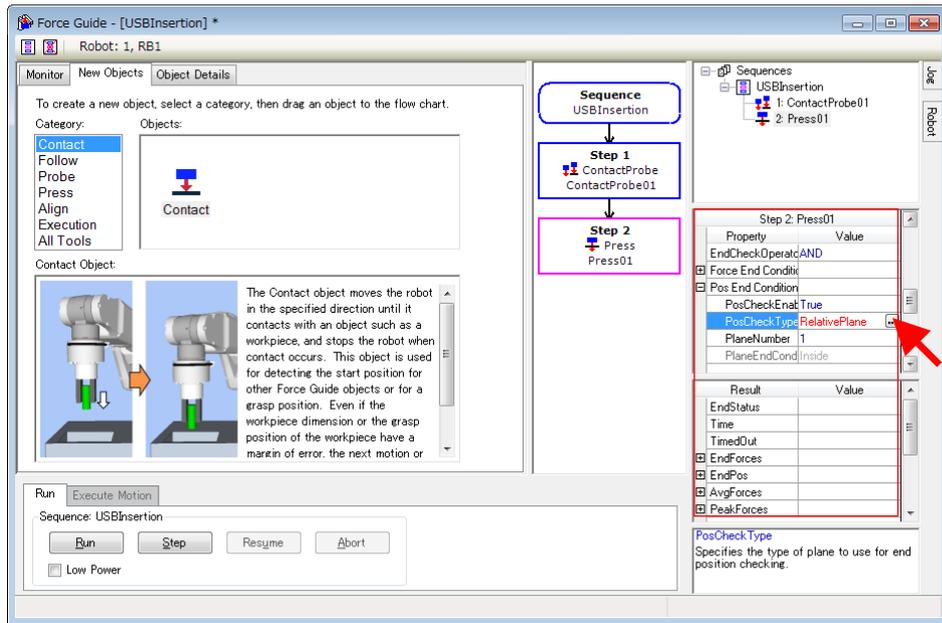
补救措施是添加位置条件。

按如下所示更改[Press01 (Press)]属性，然后执行该动作。

检查与上次的差异。(请参阅: 软件篇: 4.2.2.7 Press 对象)

项目	值	说明
EndCheckOperator	AND	将 AND 设为与力、位置和 I/O 相关的结束条件。
PosCheckEnabled	TRUE	启用与位置相关的结束条件。
PosCheckType	Relative Plane	与位置相关的结束条件的类型。将它设为机器人从起点移动一个相对量的结束条件。
PlaneNumber	2	覆盖 Plane2 并用作位置的结束条件。
PlaneRelativeOrg	Tool	基于工具坐标系方向指示相对于平面原点的偏移量。
PlaneRelativeX	-10	设定当前位置在每个方向相对于平面原点的偏移量。 位置是机器人基于工具坐标朝 X 方向位移 -10 mm 时的位置。
PlaneRelativeY	0	
PlaneRelativeZ	0	
PlaneRelativeOrient	Tool	设定一个基于平面方向的坐标系。 使用工具坐标系。
PlaneAxes	YZ	设定与工具坐标中的 YZ 平面平行的平面方向。 通常，设定垂直于机器人动作方向的平面。

使用模拟器检查[Plane]的设定。



2. 在 USB 连接器接触位置的中心执行工具设定，并执行教程。  
将基于工具位置显示此时测量的力值和转矩值。当 USB 连接器的右边或左边与 USB 端口接触时，您可以根据值的正负性判断末端夹具抓取的 USB 连接器的倾斜度。
3. 提高动作速度。  
以下属性会影响速度。
  - 增大[PressForce]。  
(但是，连接器的插入力将根据规格设定。请在相应范围内更改力。)
  - 减小[Firmness]。
  - 提高探测动作速度，例如会影响移动到其他探测位置的离开时间或行程时间的[SpeedS]或[AccelS]。

现在，您已完成“插入 USB 连接器”的教程。

### 6.2.3 力觉引导功能 (轴孔装配)

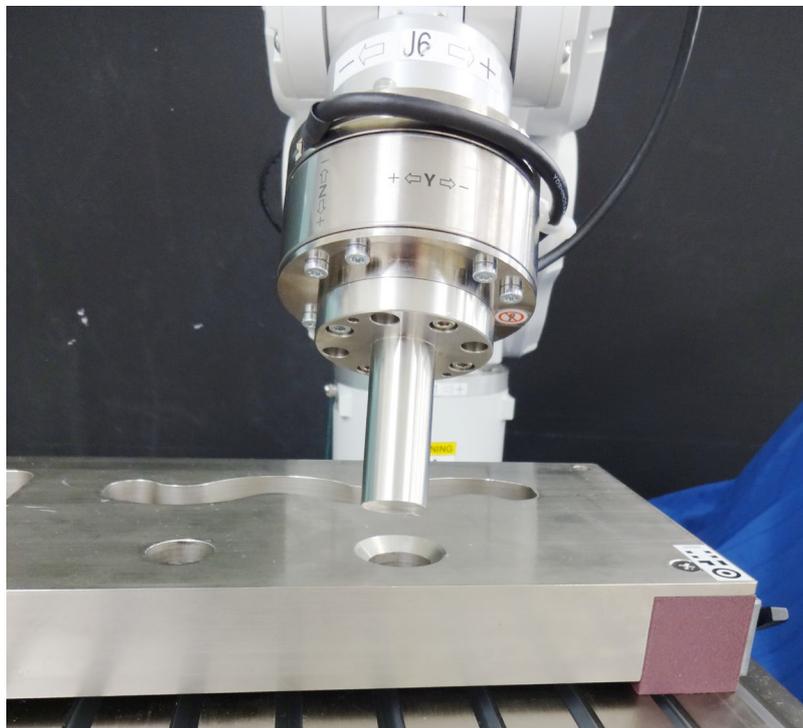
下文介绍如何执行“轴孔装配”任务，即按螺旋轨迹与表面接触时使用圆柱体探测孔。

请客户自行准备工件。

下图中使用的工件是一个训练套件。如果需要图纸，请联系您所在地区的销售商。

末端夹具侧的圆柱体 直径: 20 mm, 长度: 40 mm

孔侧 直径: 大约 20 mm, C 平面: 大约 7 mm



如果没有如上所示的工件或工具，您可以使用圆柱形木棒、软木塞和塑料瓶轻松进行试验。但是，请勿使用破碎时会带来风险的工件，例如玻璃瓶。碎片将散开，并且可能会导致受伤。此外，继续本教程时请观察周围环境。



注意

■ 教程中所述的参数是参考值。

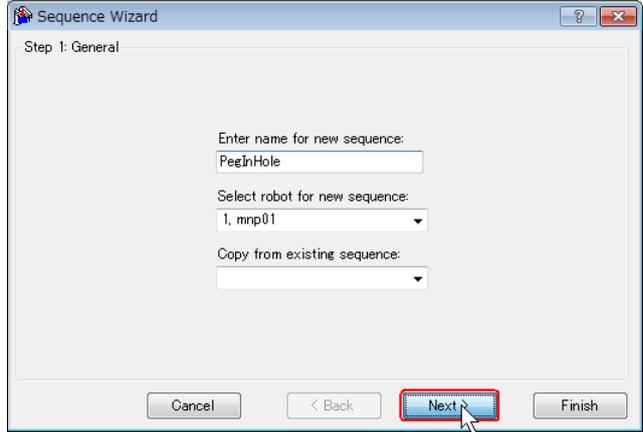
请注意，此示例使用相对稳定的参数，但操作可能不成功，或者动作在某些操作条件下可能会发生振动，并且可能需要调整参数。

此外，为了便于解释，此示例使用缓慢但稳定的参数。要加快操作速度，需要调整参数。

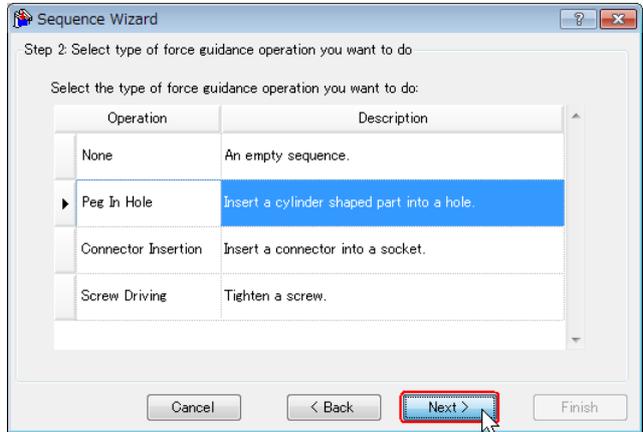
### 6.2.3.1 序列向导

下文介绍如何创建用于“轴孔装配”的力觉引导序列。

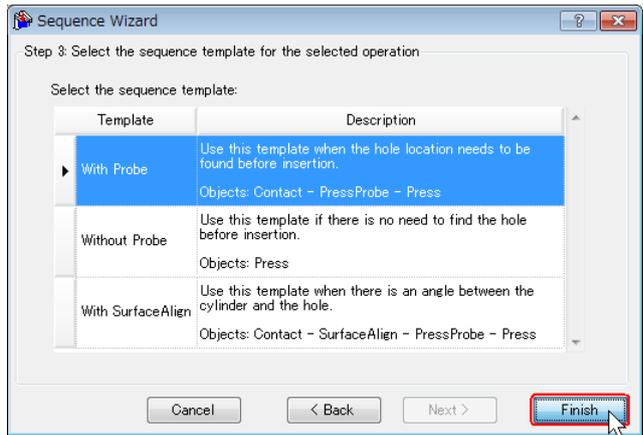
- (1) 在[Enter name for new sequence]中输入“PegInHole”。  
单击<Next>按钮。



- (2) 此时将显示[Step 2: Select type of force guidance operation you want to do]对话框。  
选择[Peg In Hole]。  
单击<Next>按钮。

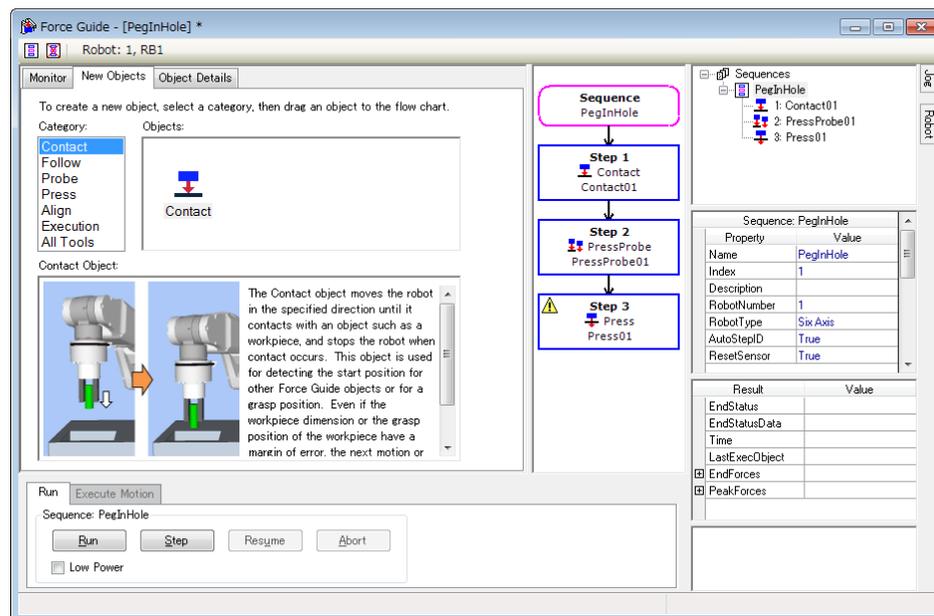


- (3) 此时将显示[Step 3: Select the sequence template for the selected operation]对话框。  
选择[With Probe]。  
单击<Finish>按钮。



(4) 确认[PegInHole]序列已创建。

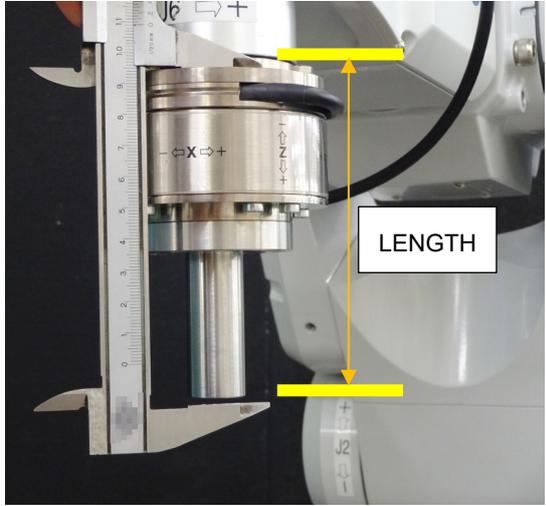
Contact-PressProbe-Press



### 6.2.3.2 工具设定

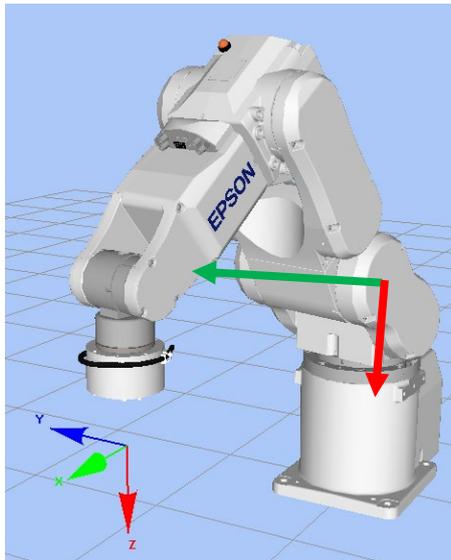
执行“轴孔装配”任务期间，机器人朝 X、Y 和 Z 方向移动，同时跟随每个旋转方向。执行“轴孔装配”任务时，请确保完成工具设定。执行表面对齐任务时也需要完成工具设定。

- (1) 使用卡尺测量 J6 法兰平面与圆柱体末端的距离。  
以下图为例，该距离为 109 mm。(力觉传感器: 49 mm，末端夹具: 60 mm)



- (2) 在[Command Window]中执行以下命令。  
在“LENGTH”中输入步骤(1)中测量的值。(单位: mm)  
设定并选择工具 2。  

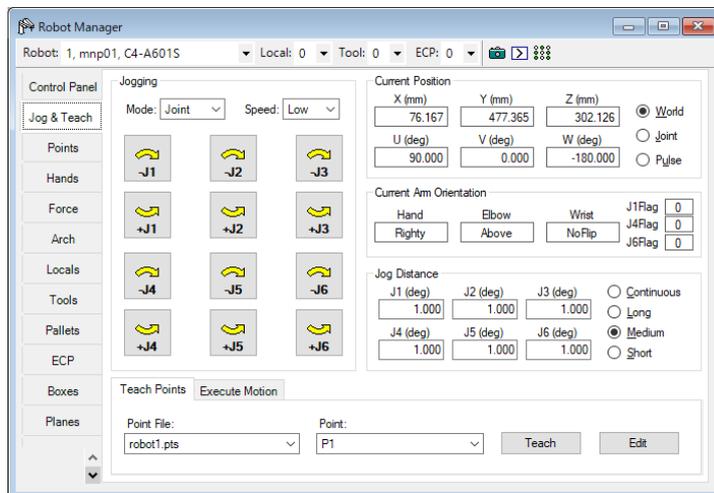
```
> TLSet 2, XY( 0, 0, LENGTH, 0, 0, 0 )  
> Tool 2
```
- (3) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时将显示[Simulator]窗口。
- (4) 单击对象树-[Tool]。
- (5) 为“No.2”选中[Visible]复选框。
- (6) 使用模拟器和实际机器人确认工具 2 的位置和姿势(方向)。  
如果它们不相同，请检查设定并重置工具 2。



### 6.2.3.3 位置示教

下文介绍如何示教“轴孔装配”任务的开始位置以及圆柱体开始装配的平面。

- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]以显示该面板。



- (3) 单击 EPSON RC+ 7.0 菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
此时将显示[Force Monitor]对话框。
- (4) 在[Force Monitor]对话框中单击<Start Live>按钮。  
此时将开始显示当前力觉传感器的输出值。
- (5) 在[Jog & Teach]窗口中单击步进按钮，将机器人移动到圆柱体与孔彼此面对的位置。

如果需要，在命令窗口中执行以下命令。

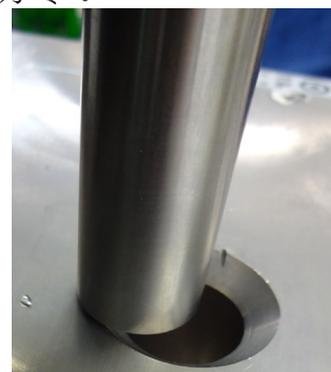
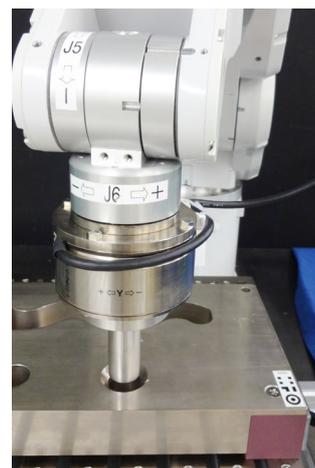
> Go Align(Here)

通过执行以上命令，机器人将基于当前位置移动到与基坐标系平行的方向。这样，机器人可以更容易移动到圆柱体与孔彼此面对的位置。

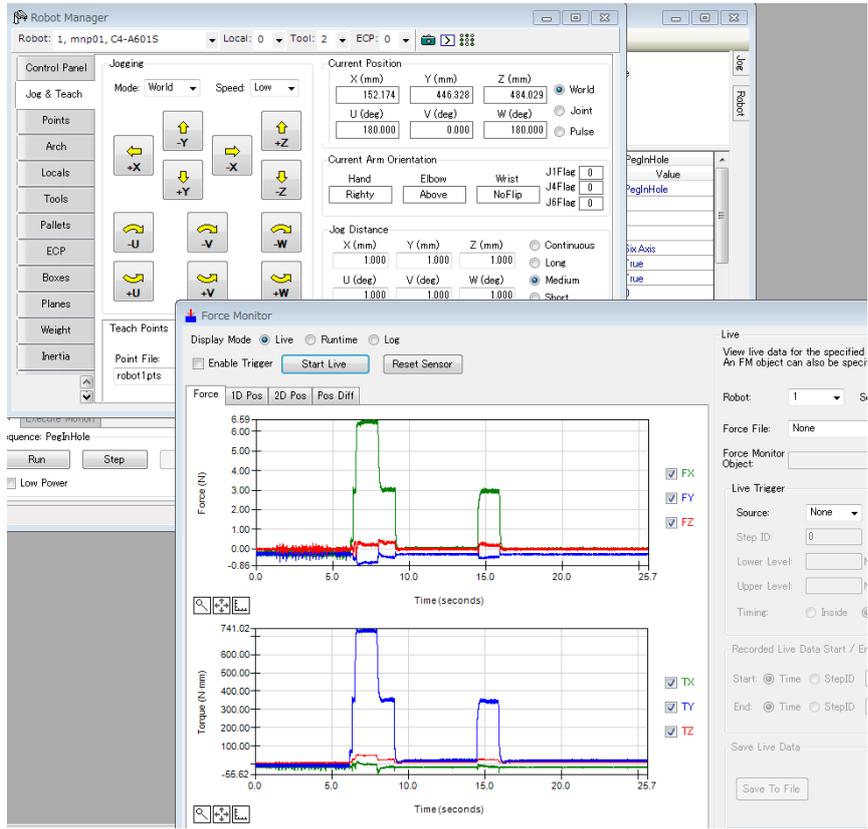
有关详细信息，请参阅以下手册：

*EPSON RC+ SPEL+ Language Reference*  
*Align Function*

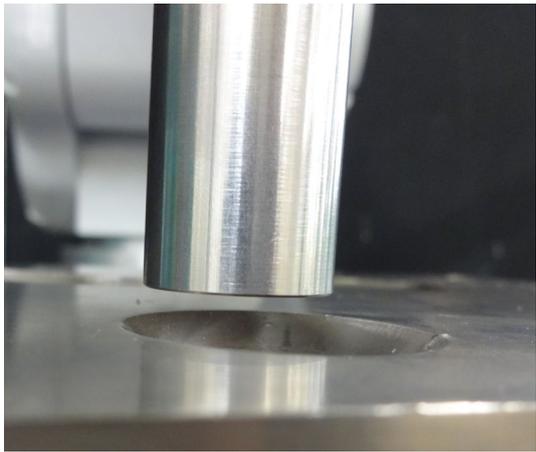
- (6) 在[Force Monitor]对话框中单击<Reset Sensor>按钮。  
消除重力影响和传感器值的漂移，并将当前位置设为“零”。
- (7) 在[Jog & Teach]窗口中单击步进按钮，将机器人移动到稍微偏离插入中心的位置。  
要执行压装动作和探测动作，请将机器人移动到锥形部位(C 平面)稍外侧的位置。



- (8) 在[Jog Distance]中选择<Short>。  
 单击步进按钮几次，朝-Z 方向移动机器人，直到机器人与孔附近的对象接触。  
 当机器人与对象接触时，力觉传感器的输出值会更改。  
 根据步进动作的时机检查监视器值的变化。



- (9) 在[Point]中选择“P9”。  
 (10) 单击<Teach>按钮。  
 (11) 此时将显示[New Point Information]对话框。  
 在[Point Label]中输入“PegInHolePlane”，然后单击<OK>按钮。  
 (12) 在[Jog Distance]中选择<Medium>按钮。  
 单击步进按钮三次，将机器人朝+Z 方向移动 3 mm。  
 圆柱体将处于非接触状态。



这是插入的开始位置，在该位置处会重置力觉传感器。

- (13) 在[Point]中选择“P8”。
- (14) 此时将显示[New Point Information]对话框。  
在[Point Label]中输入“PegInHoleStart”。  
单击<OK>按钮。
- (15) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save All]。  
此时将保存文件。

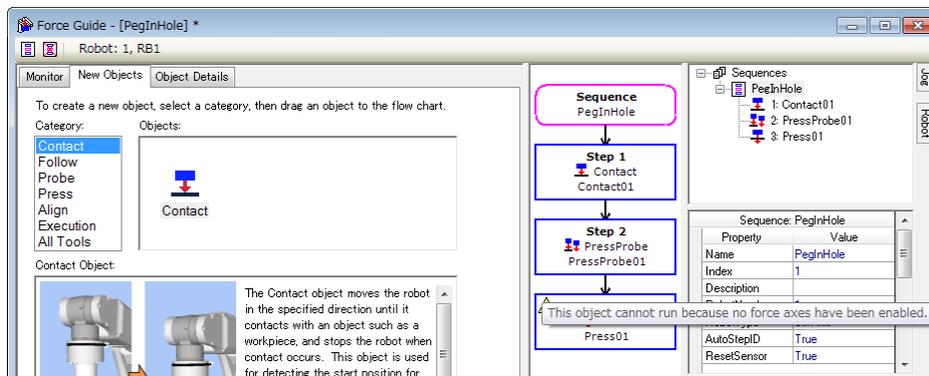
### 6.2.3.4 属性设定

下文介绍如何设定“轴孔装配”任务所需的属性。

- (1) 默认情况下，流程图中会显示  标记。

您需要设定属性。

将鼠标指针移动到  标记上时，将显示工具提示。工具提示显示需要设定或修改的内容。



- (2) 选择[PegInHole]序列。此时将显示属性和结果。

- (3) 更改以下属性:

项目	值	说明
RobotTool	2	选择工具 2。

- (4) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save File]。

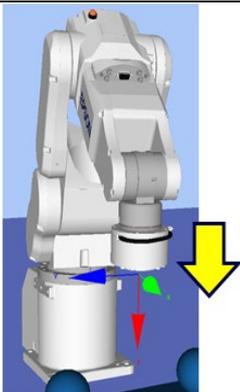
此时将保存设定。

- (5) 选择[Contact01]的对象流以显示属性。

(6) 更改以下属性:

项目	值	说明
Contact - Orient *1	+Fz	设定接触方向。 机器人将朝+Fz方向移动。
Contact - FirmnessF	2	设定力控制功能的硬度。
Force End Condition - ContactForceThresh	-5	将用于确定接触的阈值设为-5 N。 确保为工件设定适当的阈值。
Timeout	10	设定接触动作的超时时间。 如果机器人在 10 秒后才与对象接触，操作将失败。

\*1 [参考]

	6 轴机器人	SCARA 机器人
机器人动作图像  		
(Press/Contact) Orient	+Fz	-Fz
Force 符号 (包括监视器显示)	-	+

- (7) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save File]。  
修改后的属性将保存到项目中。
- (8) 选择[PressProbe01]的对象流以显示属性。

(9) 更改以下属性:

项目	值	说明
ProbeTrajectory	Spiral	设定要探测的轨迹。 设定螺旋轨迹。
ProbeDetectType	Hole	设定要检测的目标。 设定孔。
AccelS	100	设定移动的平移加速度。 实际平移加速度由力控制功能调整。 您需要设定一个足够大的值, 例如比SpeedS大10倍的值。
SpeedS	10	设定移动的平移速度。 实际平移速度由力控制功能调节。 将值设为 10 mm/s 左右。
SpiralDiam	30	设定螺旋轨迹的直径。 设定30 mm。
SpiralPitch	3	设定螺旋轨迹的螺距。绕中心旋转10次。 设定3 mm。
Press *1	Orient	+Fz 压装方向。 设定探测平面的垂直方向。*
	Force	-3 设定压装力。 PressOrient为正向时: 输入负值。 PressOrient为负向时: 输入正值。 通常可以设定一个大约3到5 N的值。但是, 要为工件设定适当的值。 如果该值太小, 机器人可能会离开探测平面。
	FirmnessF	1 设定力控制功能在压装方向的硬度。
PosEnd Conditions *2	PosCheckEnabled	True 设定是否启用与位置相关的结束条件。
	PosCheckType	Relative Plane 选择与位置相关的结束条件的类型。 每次执行力觉引导序列时, 在当前位置的一个相对位置创建平面, 并将其设定为与位置相关的结束条件。
	PlaneNumber	3 覆盖用于位置的结束条件的Plane3。
	PlaneRelativeOrg	Tool 基于工具坐标系方向指示相对于平面原点的偏移量。
	PlaneRelativeZ	0.5 在工具坐标系中的Fz方向将0.5 mm设为当前位置相对于平面原点的偏移量。
	PlaneRelativeOrient	Tool 设定平面方向
PlaneAxes	XY 在工具坐标系中的 XY 平面内创建一个 Plane。	

(10) 单击 EPSON RC+ 菜单-[File]-[Save File]。

修改后的属性将保存到项目中。

(11) 选择[Press01]的对象流以显示属性。

(12)更改以下属性:

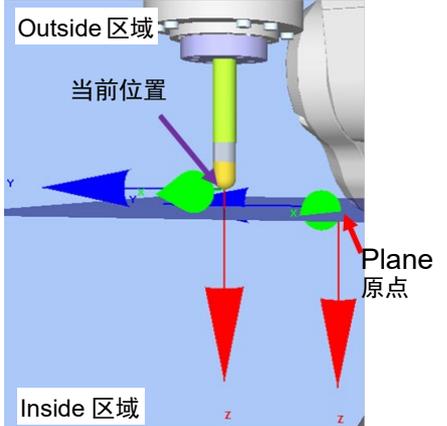
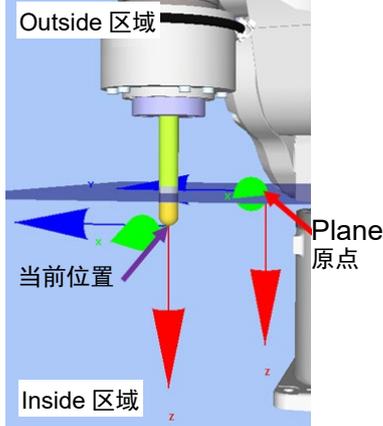
	项目	值	说明
Fx	ControlMode	Follow	通过力控制功能执行跟随动作。
	Firmness	2	设定力控制功能在 X 方向的硬度。
Fy	ControlMode	Follow	通过力控制功能执行跟随动作。
	Firmness	2	设定力控制功能在 Y 方向的硬度。
Fz *1	ControlMode	Press+	力控制功能的模式。 Press+: 机器人将沿 Fz 轴正向移动并执行压装动作。
	Force	-10	设定插入时施加的力。 设定 10 N。
	Firmness	2	设定力控制功能在 Z 方向的硬度。
PosEnd Condition2 *2	PosCheckEnabled	True	启用与位置相关的结束条件。
	PosCheckType	Relative Plane	与位置相关的结束条件的类型。 每次执行力觉引导序列时, 在当前位置的一个相对位置创建 Plane, 并将其设定为与位置相关的结束条件。
	PlaneNumber	3	将 Plane3 设为位置的结束条件。
	PlaneRelativeOrg	Tool	基于工具坐标系方向指示相对于平面原点的偏移量。
	PlaneRelativeZ	10	设定当前位置在 Z 方向相对于平面原点的偏移量。 方向将是 PlaneRelativeOrg 指定的工具坐标系方向。
	PlaneRelativeOrient	Tool	将基于平面方向的坐标系设为工具坐标系。
PlaneAxes	XY	将 XY 平面设为平面方向。	
TimeOut		20	此属性设定超时期限。 如果 20 秒内未满足结束条件(移动 10 mm), 则失败。

(13)单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save File]。

修改后的属性将保存到项目中。

\*2 [参考]与 Plane 的位置关系

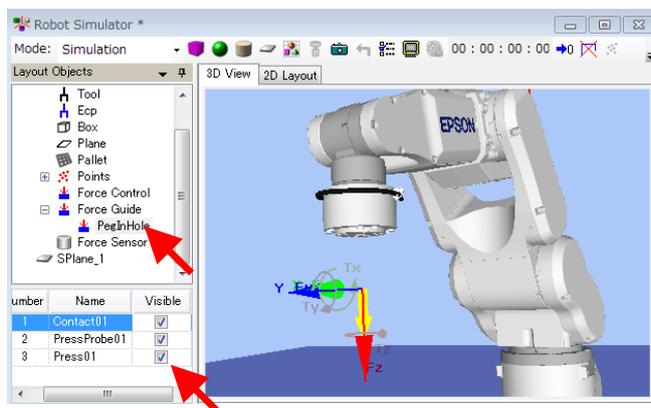
机器人当前位置与 Plane 的位置关系如下所示。如果机器人当前位置位于 Plane 原点的+Z 方向区域内, 则当前位置为“内部(Inside)”。

	外部	内部
与 Plane 的位置关系 6 轴机器人		
Plane 的判定值 (GetRobotInsidePlane)	0 = Outside	1 = Inside

### 6.2.3.5 确认设定

下文介绍如何检查诸如压装方向等设定是否正确。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时将显示[Simulator]窗口。
- (2) 单击对象树-[Force]-[Force Guide]-[PegInHole]。
- (3) 选中以下复选框。  
[Contact01]-[Visible]、 [PressProbe01]-[Visible]和[Press01]-[Visible]



- (4) 确认黄色箭头方向与圆柱体插入方向相同。  
如果方向不同，请参阅以下章节并检查设定。  
软件篇: 6.2.3.4 属性设定

## 6.2.3.6 通过力觉引导功能执行动作

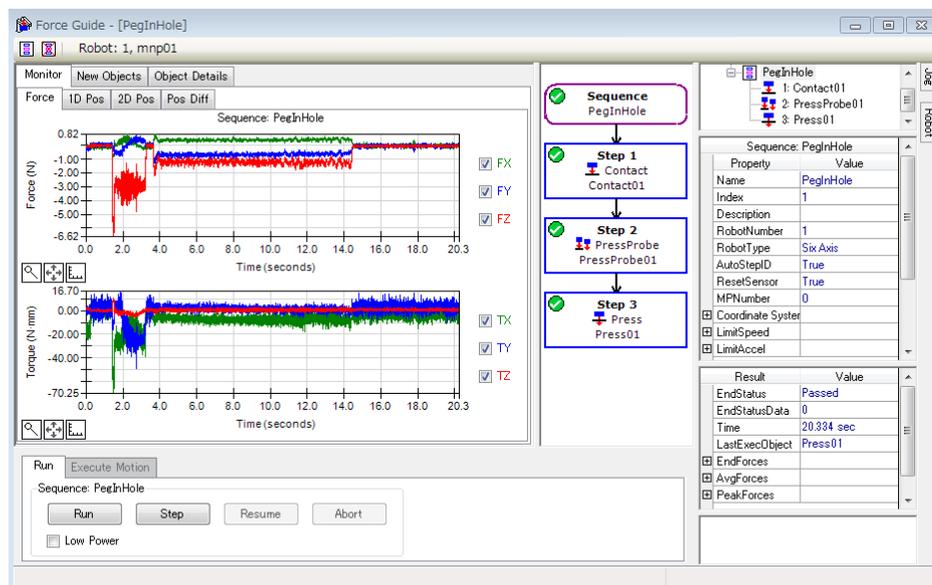
下文介绍如何在[Force Guide]窗口中运行用于执行“轴孔装配”任务的序列。

(1) 显示[Force Guide]窗口。

(2) 单击<Run>按钮。

程序将进行编译并传送到机器人控制器。如果设定不正确，将发生错误。请检查当前设定，并根据错误消息修改参数。

(3) 如果程序满足属性中设定的条件并且可以执行到结束，则流程图左上角会显示“”，并且机器人动作会停止。



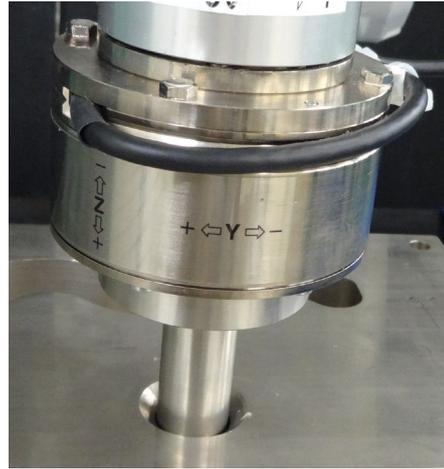
### 6.2.3.7 恢复到非接触状态

下文介绍如何恢复到非接触状态。

即使任务已完成，仍会施加执行轴孔装配任务的力。

如果执行精确的轴孔装配任务，例如间隔为几十微米，则即使任务处于结束状态，可能仍会施加较大的力。

要防止机器人和末端夹具发生故障或损坏，请在操作结束后立刻将机器人移离对象，并确保没有任何力施加于该对象。如果明显没有任何力会施加于该对象，则可以忽略此步骤。



- 以较小间隔(例如 0.1 mm)执行步进动作，并将机器人设为非插入状态。
- 将圆柱体设为非抓取状态。
- 创建用于单独执行“拉出”(朝插入方向的相反方向压装)动作的力觉引导序列，并将棒拉出。

在插入任务完成后的 5 分钟之后，您可能无法将棒拉出，因为检测值会由于力觉传感器的漂移而改变。

有关更多详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 6.2.3.9 高级任务-2

在本教程中，通过步进动作将棒拉出，同时在力觉监视器上进行检查。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
此时将显示[Force Monitor]对话框。
- (2) 单击<Start Live>按钮。  
此时将显示当前选定的力觉监视器对象的图形。
- (3) 显示[Robot Manager]对话框。
- (4) 选择[Jog & Teach]面板。
- (5) 单击[Jogging]-[Mode]，然后选择“Tool”。  
对具有倾斜的孔执行轴孔装配任务并执行跟随动作时，这是消除与孔的垂直的最佳设置。
- (6) 在[Jog Distance]中单击<Short>。

## (7) 朝-Z方向移动 0.1 mm。

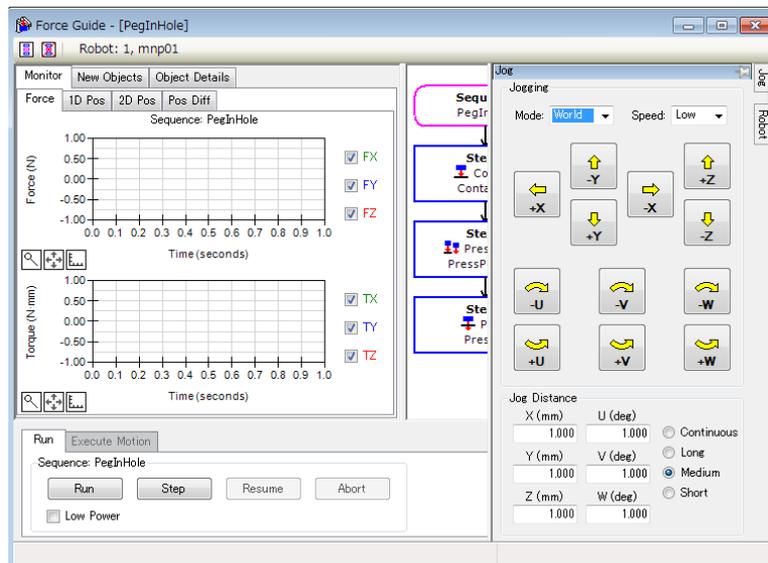
由于力觉传感器的漂移特性，随着时间的推移，输出值将与“0”相差很大。力值的相对变化正确反映了接触状态变化。

检查要显示的图形值时，单击步进按钮将机器人朝 X、Y 方向移动。机器人将处于非接触状态。

参考: 软件篇: 2.1 重置力觉传感器

## [参考]

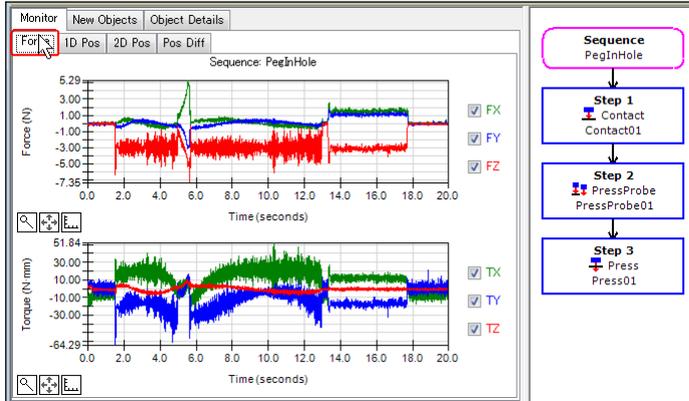
[Jog]选项卡位于[Force Guide]窗口中。选择该选项卡时，将显示[Jog]窗口。单击步进按钮可以移动机器人并设定非接触状态。



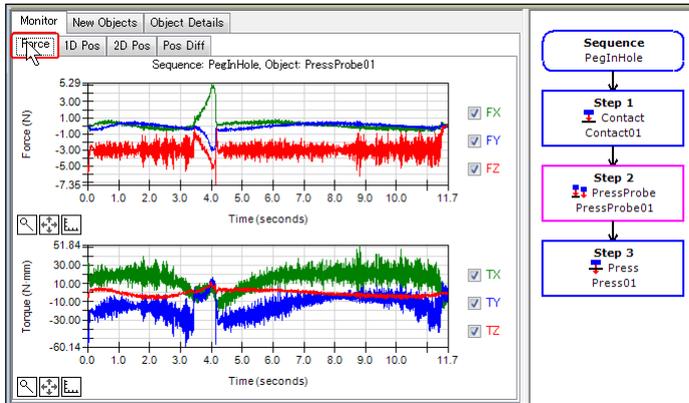
### 6.2.3.8 通过监视器进行动作分析

下文介绍如何使用EPSON RC+检查力觉引导序列的操作结果。

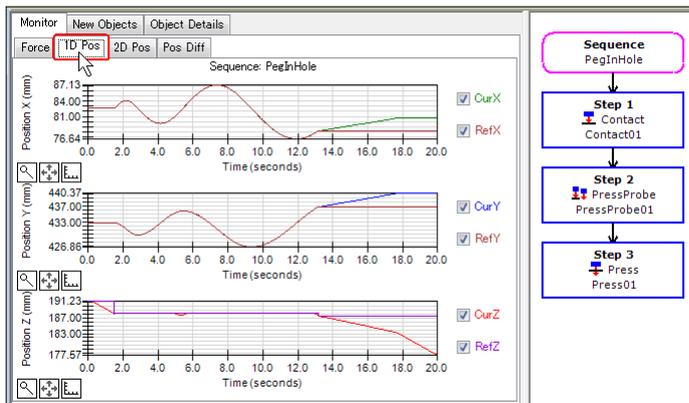
- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[PegInHole]的序列流。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。选择[Force]选项卡。  
[PegInHole]序列执行过程中的力和位置将显示在图形中。



- (4) 单击[Step 1]、[Step 2]和[Step 3]的对象流可显示所选力觉引导对象执行过程中的力和位置。



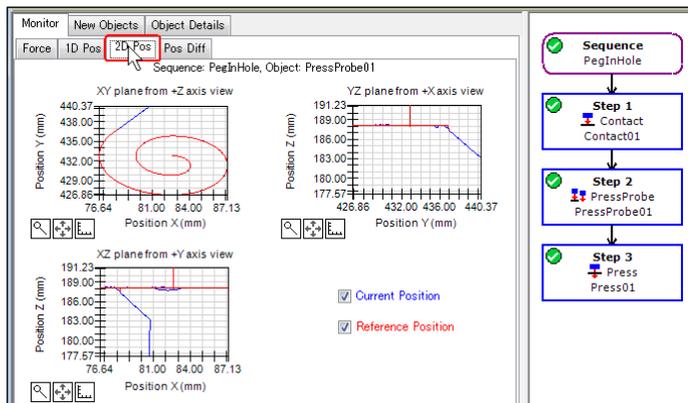
- (5) 单击[PegInHole]的序列流。  
选择[Monitor]选项卡。选择[1D Pos]选项卡。  
此时将显示分析图。(水平轴: 时间, 垂直轴: 位置)



- (6) 选择[2D Pos]选项卡。

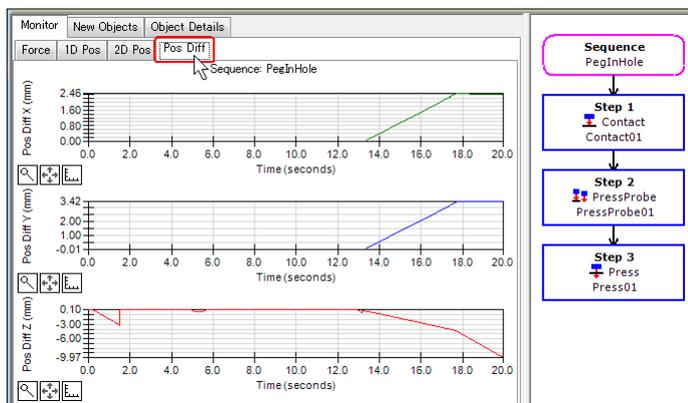
此时将显示分析图。(水平轴, 垂直轴: 位置)

重点关注蓝线。您可以看到机器人在执行螺旋探测动作时进入孔中, 并且该动作切换为压装动作。然后, 机器人将朝-Z 方向移动, 并移动(跟随)到 X、Y 平面内。



- (7) 选择[Pos Diff]选项卡。

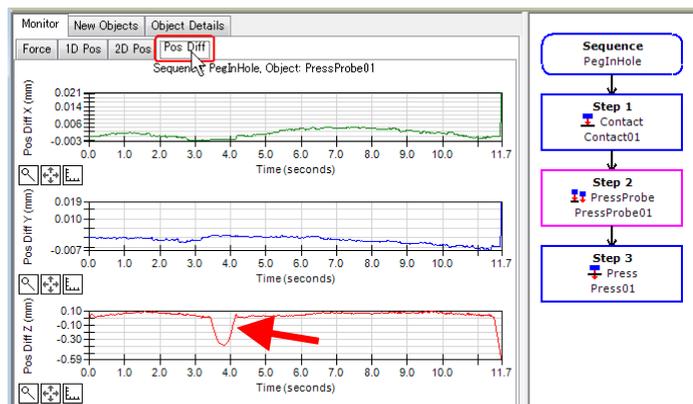
将力觉控制的位移记录为相对位置变化。它与[1D Pos]选项卡中的图形不同。



- (8) 更改图形的单位, 并检查力或位置的变化。

- (9) 查看教程显示的监视器, 并检查动作结果。

可以假定探测动作已继续, 因为机器人在[Step 2]中已接近插入到孔中, 但是, 机器人不会向下移动超过0.5 mm(此值在[Plane Z]的位置设定中设定)。



### 6.2.3.9 高级任务

让我们执行以下操作。

1. 执行探测动作时，任务耗时更长，因为将增加执行探测动作所需的时间。  
如果可以省略探测动作，则任务耗费的时间会缩短。  
按照以下步骤进行试验。
  - (1) 将任务开始位置(已示教点: PegInHoleStart)更改为锥形部位(C 平面)内部。
  - (2) 右键单击[Step2: PressProbe]，然后选择[Delete]。
  - (3) 请参阅以下章节，并执行力控制功能。  
软件篇: 6.2.3.6 通过力觉引导功能执行动作
2. 执行几十毫米距离的步进动作需要一定时间，如“软件篇: 6.2.3.7 恢复到非接触状态”中所述。  
让我们在轴孔装配任务完成后立即使用力控制功能尝试将棒拉出。  
此时，务必不要单击[Sequences]-[Property]来重置力觉传感器。

 <b>注意</b>	<p>■ 在轴孔装配任务完成大约五分钟之后，由于力觉传感器的漂移特性，机器人将无法检测正确的值，并且无法将棒拉出。此时，较大的力将施加于工件，这可能会导致工件损坏。务必在执行力觉引导序列之后立即将棒拉出。</p> <p>如果在接触状态下重置力觉传感器，当时的力和值将为“0”。在此状态下，无法正确执行力控制功能，而且机器人可能无法将棒拉出，或者工件可能会损坏。务必将[ResetSensor]属性设为“False”。此外，如果要重置力觉传感器(例如，单击&lt;Reset Sensor&gt;按钮或重启控制器)，请使用步进动作移动机器人而不执行力控制功能，并设为非插入状态/非抓取状态。</p>
--	--

- (1) 创建与[PegInHole]不同的另一个空的力觉引导序列。  
示例: PullFromHole
- (2) 仅添加一个 Press 对象并设定属性。  
对于 6 轴机器人，请参阅以下设定，并调整诸如[Firmness]等属性。
  - 在[Fz\_ControlMode]中设定“Press-”方向。
  - 在[Fx\_ControlMode]和[Fy\_ControlMode]中设定“Follow”。
  - 在[Fz\_ControlMode]中设定小于 10 N 的力。  
(如果力太大，机器人将卡在孔中。)
  - 在[Timeout]中设定一个较大的值(例如 60 秒)。  
(即使执行完“拉出”任务，机器人也会持续移动。请单击<Abort>按钮以使机器人停止移动。)
  - 将[Fx\_Firmness]、[Fy\_Firmness]和[Fz\_Firmness]设为与[PegInHole]的 [Press01]相同的对象。
- (3) 在流程图中单击该序列流。
- (4) 将[ResetSensor]属性设为“False”。
- (5) 请参阅以下章节，并执行力控制功能。  
6.2.3.6 通过力觉引导功能执行动作

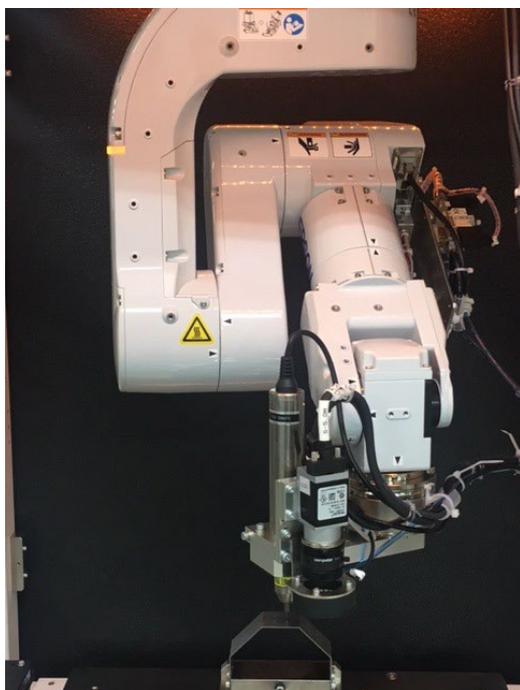
现在，您已完成轴孔装配的教程。

## 6.2.4 力觉引导功能 (拧螺丝)

下文介绍如何执行拧螺丝任务。

请自己准备电动螺丝刀、螺丝和用于固定螺丝的工件。如果设定不正确，工件将损坏。请确保准备允许损坏的工件，然后继续本教程。

确保将工件位置或拧螺丝方向设为与下图相同。



注意

- 教程中所述的参数是参考值。

请注意，此示例使用相对稳定的参数，但操作可能不成功，或者动作在某些操作条件下可能会发生振动，并且可能需要调整参数。

此外，为了便于解释，此示例使用缓慢但稳定的参数。要加快操作速度，需要调整参数。

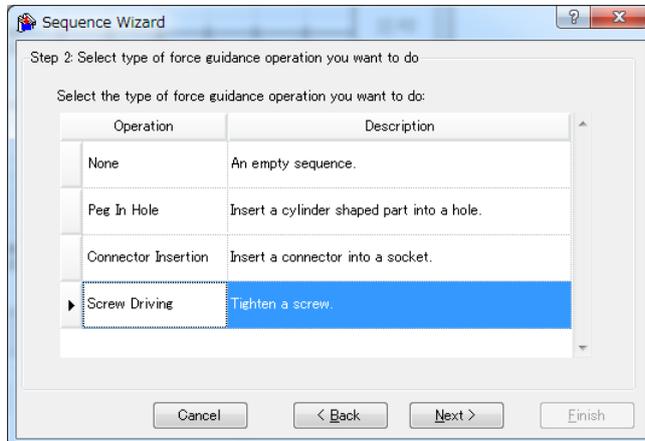
### 6.2.4.1 序列向导

下文介绍如何创建用于“拧螺丝”的力觉引导序列。

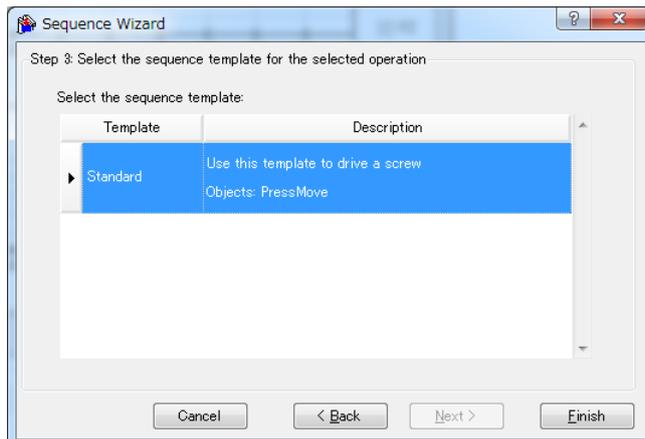
- (1) 在[Enter name for new sequence]中输入“ScrewUp”。  
单击<Next>按钮。



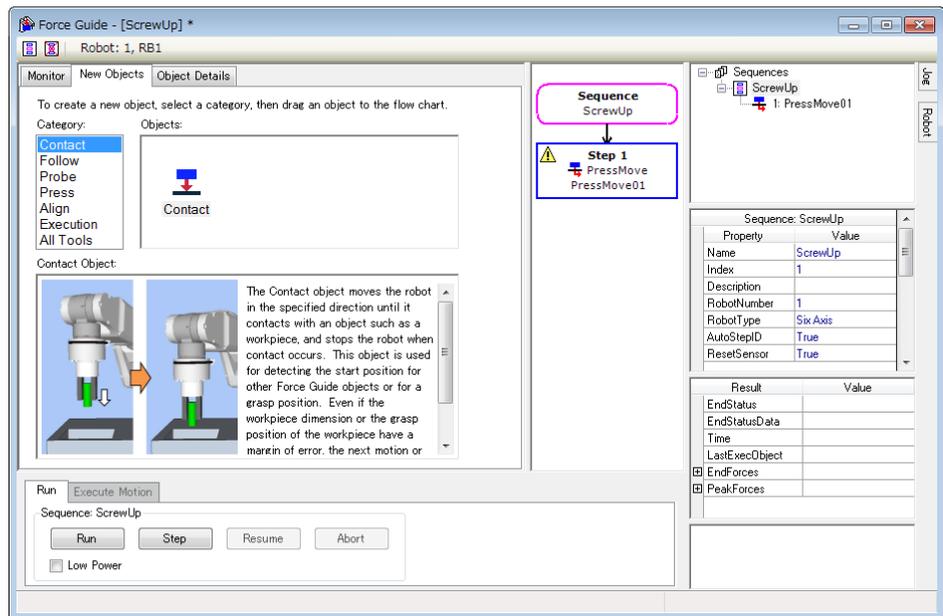
- (2) 此时将显示[Step 2: Select type of force guidance operation you want to do]对话框。  
选择[Screw Driving]。  
单击<Next>按钮。



- (3) 此时将显示[Step 3: Select the sequence template for the selected operation]对话框。  
选择[Standard]。  
单击<Finish>按钮。



(4) 确认[ScrewUp]序列已创建。



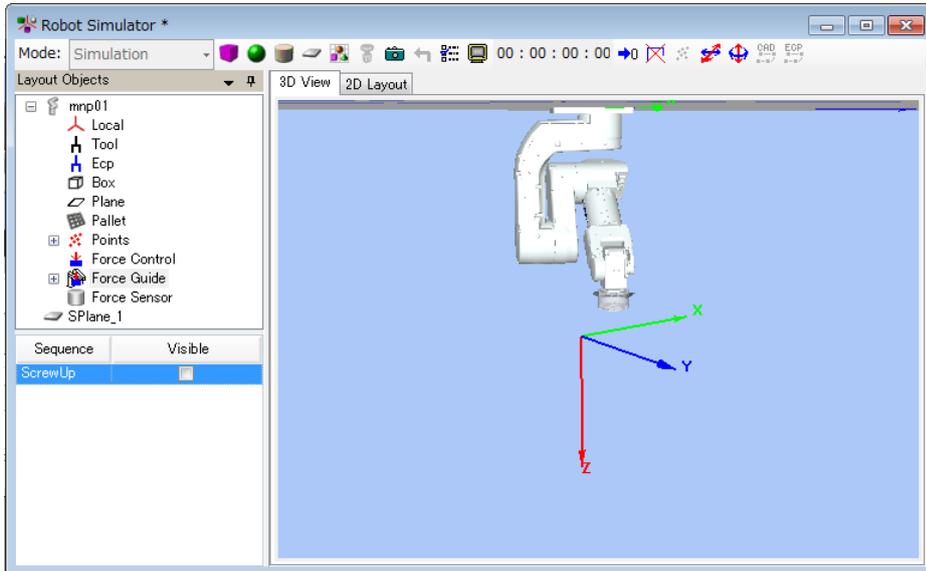
### 6.2.4.2 确认工具设定

下文介绍工具设定步骤。

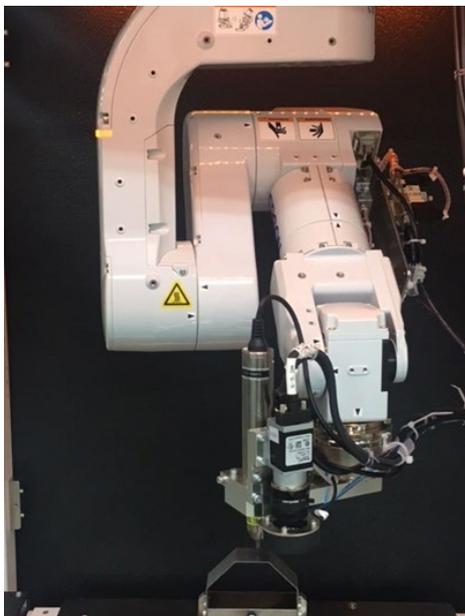
对于“拧螺丝”任务，您需要小心地将实际拧螺丝方向与当前工具设定保持一致。

- (1) 使用卡尺测量 J6 法兰盘平面在 X、Y 和 Z 方向与电动螺丝刀末端的距离。
- (2) 在[Command Window]中执行以下命令。  
在“**LengthX, LengthY, LengthZ**”中输入步骤(1)中测量的值。  

```
> Tlset 1,XY(LengthX,LengthY,LengthZ, 0, 0, 0)
```
- (3) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时将显示[Simulator]窗口。
- (4) 选择对象树-[Manipulator Name]-[Tool]。
- (5) 为“**No.1**”选中[Visible]复选框。
- (6) 要确定工具设定是否正确，请比较[Simulator]窗口的显示和机器人的实际方向。



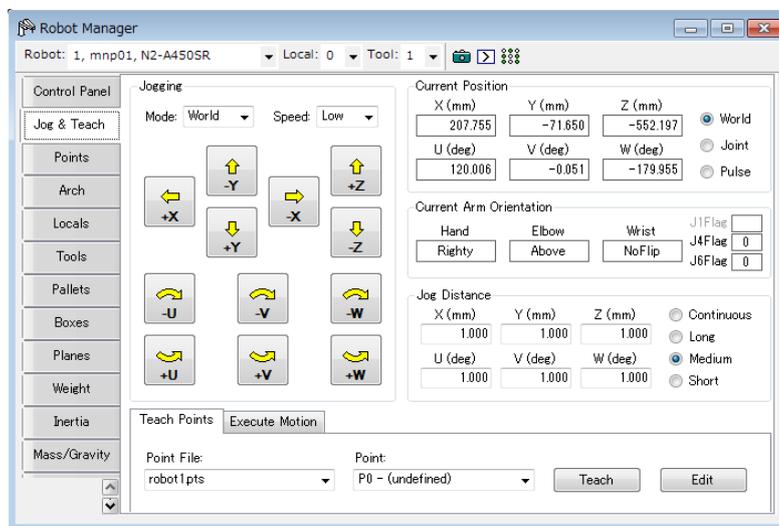
根据[Simulator]窗口的显示，您将看到朝工具的正Z方向执行拧螺丝。



## 6.2.4.3 开始位置示教

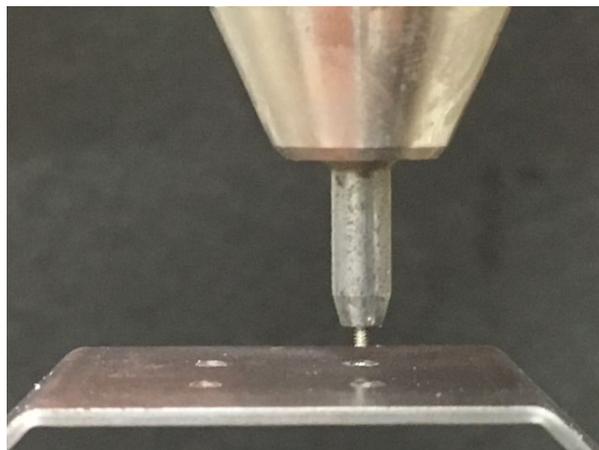
下文介绍如何示教“拧螺丝”动作的开始位置。

- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]面板并显示该面板。
- (3) 在[Tool]中选择“1”。



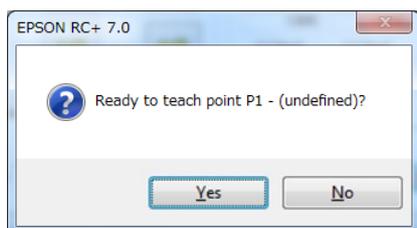
- (4) 将一颗螺丝吸到电动螺丝刀上。
- (5) 使用步进按钮将机器人移动到以下位置。

XY 方向 : 螺丝末端位于螺丝孔的锥形部位内  
Z 方向 : 螺丝末端位于螺丝孔上方 1 mm 处

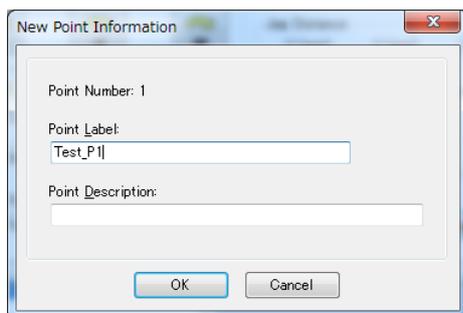


- (6) 在[Point]中输入“P1”。

- (7) 单击<Teach>按钮。此时将显示以下消息。  
确认消息并单击<Yes>按钮。



- (8) 此时将显示[New Point Information]对话框。  
在[Point Label]中输入“Test\_P1”。  
单击<OK>按钮。

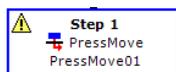


- (9) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save All]。  
此时将保存文件。

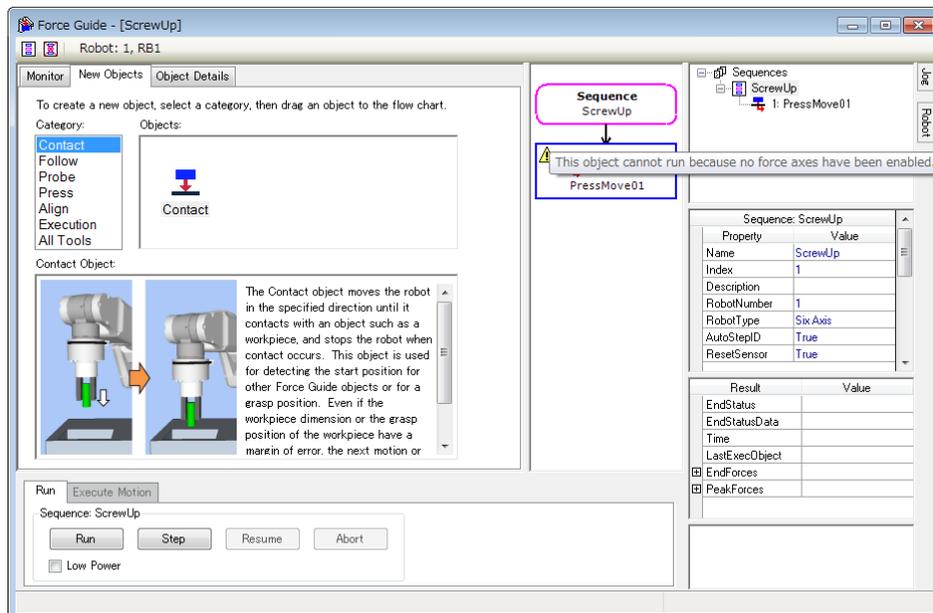
## 6.2.4.4 属性设定

下文介绍如何设定“拧螺丝”所需的属性。

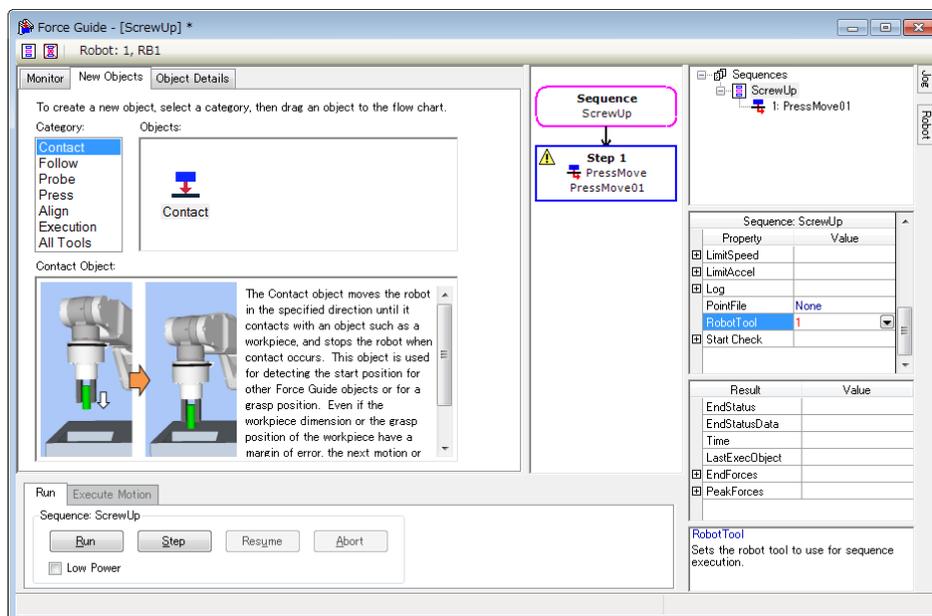
- (1) 默认情况下，流程图中会显示  标记。您需要设定属性。



将鼠标指针移动到  标记上可显示工具提示。工具提示显示需要修改的设定或内容。

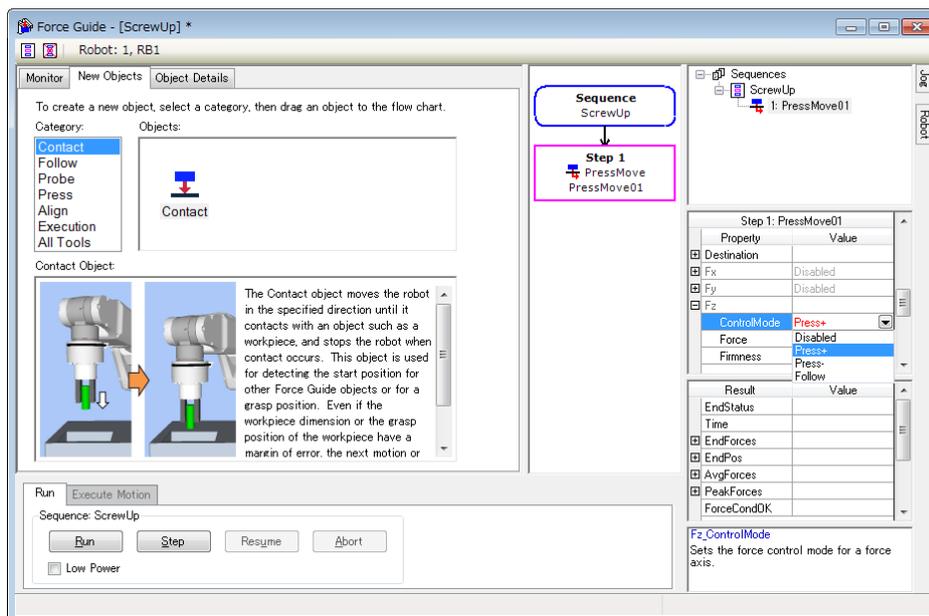


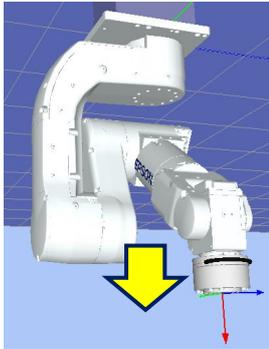
- (2) 选择[ScrewUp]的序列流。此时将显示属性和结果。
- (3) 在[RobotTool]属性中选择“1”。  
已设置工具 1。



- (4) 选择[PressMove01]的对象流。  
此时将显示属性和结果。

- (5) 单击[Fz]-[ControlMode]属性，然后选择“Press+”。  
 向下压装设为 6 轴机器人。此时，只能在[Fz]中输入负值。



	6 轴机器人	SCARA 机器人
机器人动作图像  		
(Press/Contact) Orient	<b>+Fz</b>	<b>-Fz</b>
Force 符号 (包括监视器显示)	<b>-</b>	<b>+</b>

(6) 更改以下属性:

项目		值	说明
I/O PreProcess	Enabled	True	当对象启动时操作指定的位。
	OutputBit	Electric screwdriver rotation output bit	将电动螺丝刀设为当对象启动时旋转。
	OutputStatus	On	当对象启动时启用指定的位。
Destination	DestType	Relative	根据与起点的相对距离设定目标点。
	RelativeOrient	Tool	根据工具坐标系上与起点的相对距离设定目标点。
Fx	ControlMode	Follow	通过力控制功能执行跟随动作。
	Firmness	1	设定力控制功能在 X 方向的硬度。
Fy	ControlMode	Follow	通过力控制功能执行跟随动作。
	Firmness	1	设定力控制功能在 Y 方向的硬度。
Fz	ControlMode	Press+	力控制功能的模式。 Press+: 机器人将沿 Fz 轴正向移动并执行压装动作。
	Force	-1	设定在 Z 方向施加的力
	Firmness	1	设定力控制功能在 Z 方向的硬度。
I/O End Conditions	Enabled	True	设定与 I/O 相关的结束条件。
	InputBit	Completion of screw driving Input bit	将对象设为由拧螺丝完成信号终止。
	InputStatus	On	将它设为输入位是“On”的结束条件。

(7) 要防止螺丝孔损坏, 请确保以适合螺丝和电动螺丝刀的速度拧紧螺丝。执行以下计算, 并设定适当的速度。

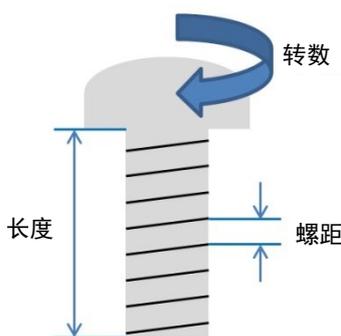
$$\text{SpeedS}(\text{mm}/\text{sec}) = \text{电动螺丝刀的每秒转数}(\text{rps}) \times \text{螺距}(\text{mm})$$

$$\text{AccelS}(\text{mm}/\text{sec}^2) = \text{SpeedS} \times 10$$

如果设定与螺丝长度相等的拧螺丝距离, 拧紧动作可能会在拧螺丝任务的中途停止, 因为螺丝与其孔接触。

需要按如下所示添加边距:

$$\text{DestRelativeZ}(\text{mm}) = \text{螺丝长度}(\text{mm}) + 5(\text{mm})$$

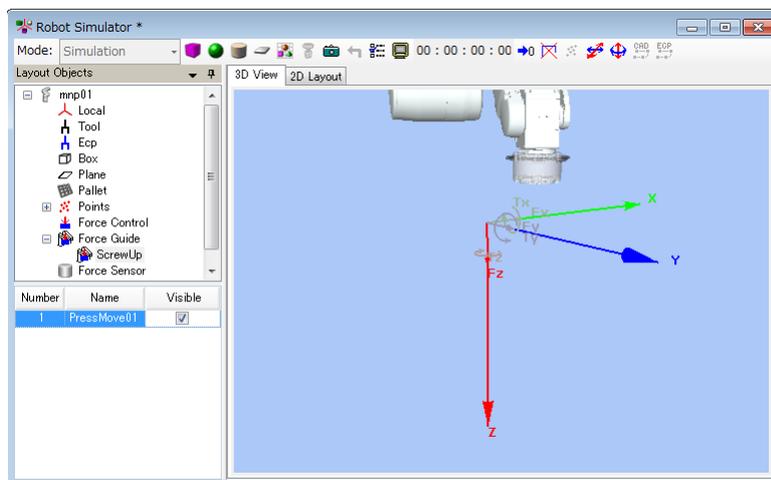


(8) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save All]以保存文件。

### 6.2.4.5 确认设定

下文介绍如何使用模拟器检查压装方向的设定是否正确。

- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时将显示[Simulator]窗口。
- (2) 单击对象树-[Tool]。  
为“No.1”选中[Visible]复选框。此时将显示“工具 1”的箭头。
- (3) 单击对象树-[Force]-[Force Guide]-[ScrewUp]。  
为[PressMove01]选中[Visible]复选框。

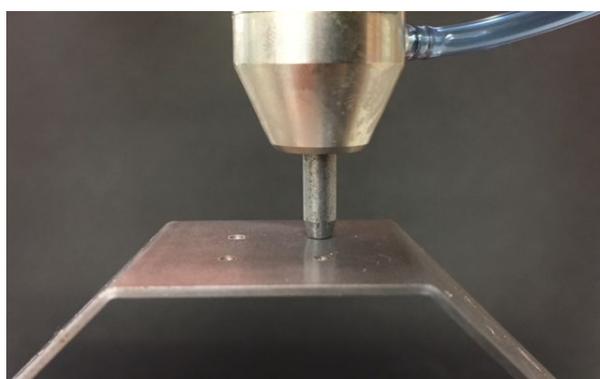
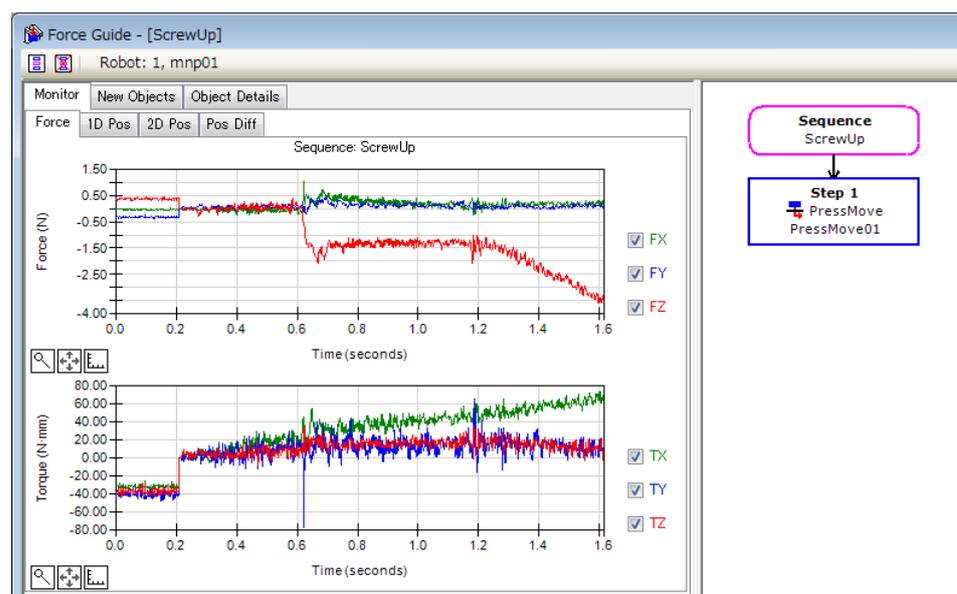


### 6.2.4.6 通过力觉引导功能执行动作

下文介绍如何使用EPSON RC+运行用于执行“拧螺丝”的序列。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 选择[Robot]选项卡。
- (3) 单击<POWER HIGH>按钮。  
如果工件将损坏，请在低功率模式下操作。
- (4) 单击<Run>按钮。  
程序将进行编译并传送到机器人控制器。如果设定不正确，将发生错误。请检查当前设定，并根据错误消息修改参数。

如果正确执行操作，拧螺丝将完成。



#### 6.2.4.7 恢复到非接触状态

即使在“拧螺丝”完成后，力仍将施加于机器人和工件之间。要防止机器人和末端夹具发生故障或损坏，请在操作结束后立刻将机器人移离对象，并确保没有任何力施加于该对象。如果明显没有任何力会施加于该对象，则可以忽略此步骤。

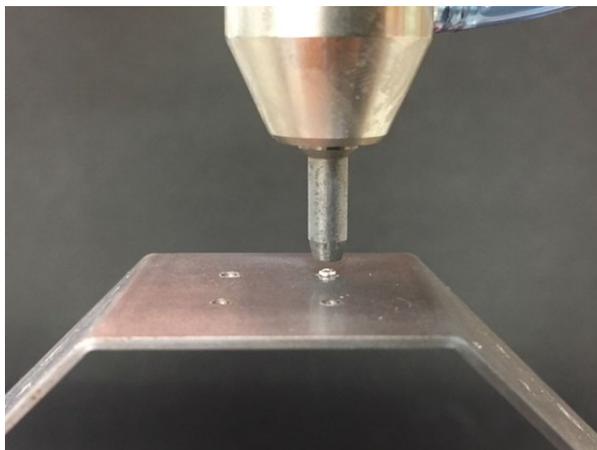
可以通过以下方法将机器人设为非接触状态：

- 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Jog]组，并手动执行步进动作以将机器人移离对象。
- 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Execute Motion]选项卡，并将机器人移离对象。
- 在[Command Window]中执行 Move 命令，并将机器人移离对象。
- 将 SPELFunc 对象添加到 Press 对象后面，并在力觉引导序列结束后自动将机器人移离对象。

下文介绍如何通过单击[Robot Manager]-[Jog & Teach]-[Execute Motion]选项卡来恢复到非接触状态。

- (1) 显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]选项卡。
- (3) 选择[Execute Motion]选项卡。
- (4) 在[Command]中选择“Move”。
- (5) 在[Destination]中选择“P1”。
- (6) 单击<Execute>按钮。

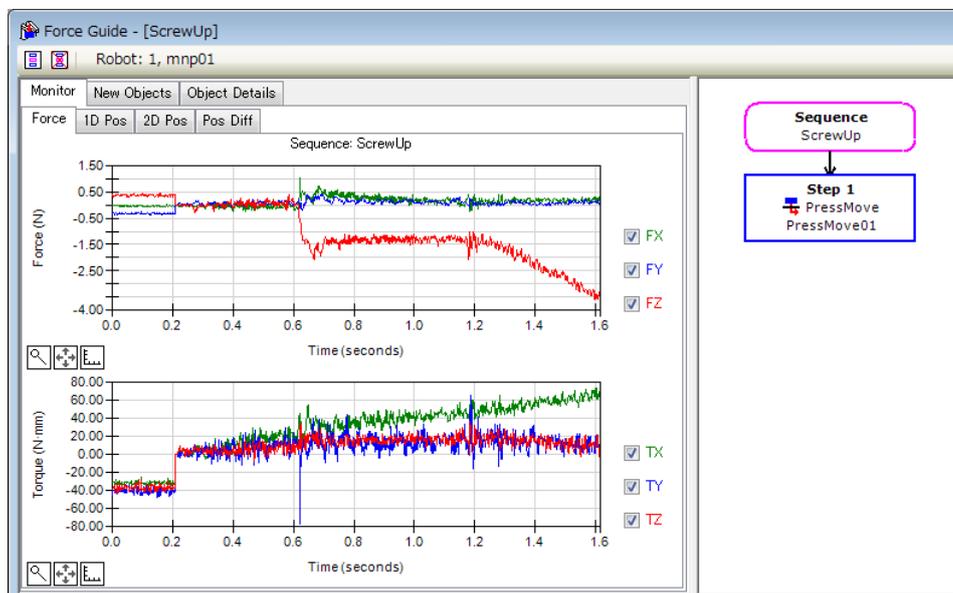
机器人将移动到起点：“P1”。现在，机器人处于非接触状态。



## 6.2.4.8 确认动作结果

介绍如何在[Force Guide]窗口中检查结果。

- (1) 打开[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[ScrewUp]的序列流。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。选择[Force]选项卡。  
[ScrewUp]序列执行过程中的力和位置将显示在图形中。



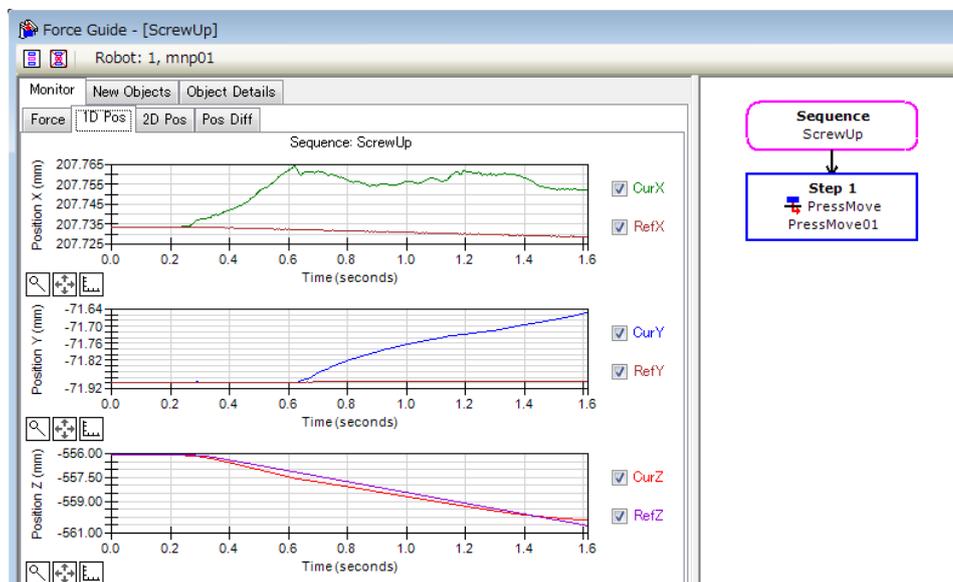
- (4) 选择[1D Pos]选项卡。

此时将显示分析图。(水平轴: 时间, 垂直轴: 位置)

在机器人朝 Z 方向移动的过程中, 您可以看到机器人在力觉控制下跟随 X 方向和 Y 方向。

在位置 Z 图形中, 您可以看到 CurZ(当前位置)降低了大约 3 mm。这表明机器人朝螺丝的插入方向移动。

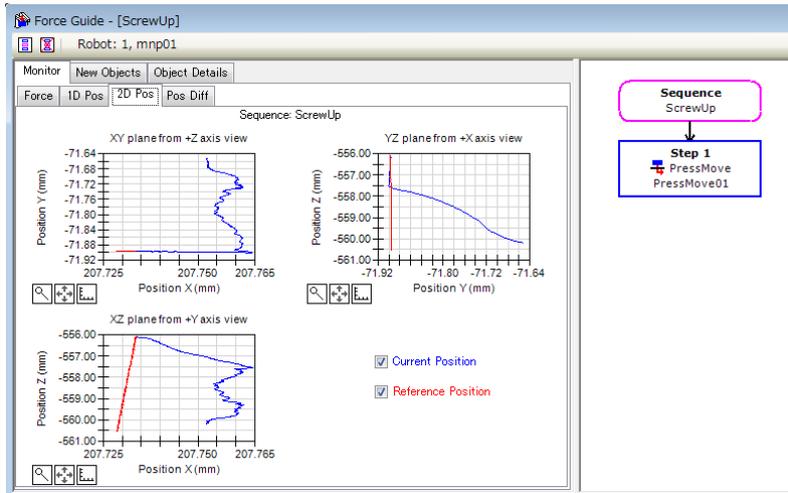
此外, 在位置 X 图形和位置 Y 图形中, 即使 RefPos(参考位置)是固定的, CurPos 也会在范围内移动大约 0.1 mm。这表明机器人沿表面前进并插入螺丝。



(5) 选择[2D Pos]选项卡。

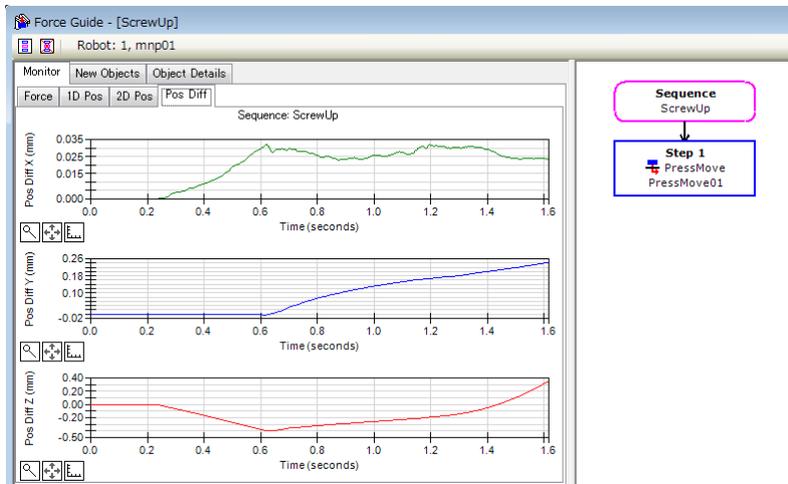
此时将显示分析图。(水平轴，垂直轴: 位置)

您可以将在[1D Pos]选项卡中检查的图形作为投影在每个平面上的图形进行检查。检查图形时，请注意水平轴和垂直轴之间的刻度差异。



(6) 选择[Pos Diff]选项卡。

将力觉控制的位移记录为相对位置变化。它与[1D Pos]选项卡中的图形不同。



(7) 更改图形的单位，并检查力或位置的变化。

如果未正确插入，表明设定可能不正确。请参阅下文并检查教程步骤。

- 压装方向是否正确
- 起点是否已大体上从孔中移出
- AccelS 和 SpeedS 的设定是否正确
- 为 DestRelativeZ 设定的值是否太小

现在，您已完成拧螺丝的教程。

## 6.3 使用专用力觉引导序列的教程

### 6.3.1 Paste序列

下面使用专用力觉引导序列的 Paste 序列说明进行粘贴作业的方法。

请客户准备工件。可能会因错误的设置而导致工件等损坏。请准备损坏也不会产生问题的工件，然后开始本教程。

请将工件的配置或粘贴方向设为与下述照片相同。

照片中所示的抓取工件的规格如下所示。

方柱 粘贴面：30mm×30mm



- 本教程说明的参数为参考值。

使用比较稳定的参数，但可能会因动作环境而导致作业不成功或产生振动动作。另外，可能需要调整参数。敬请注意。

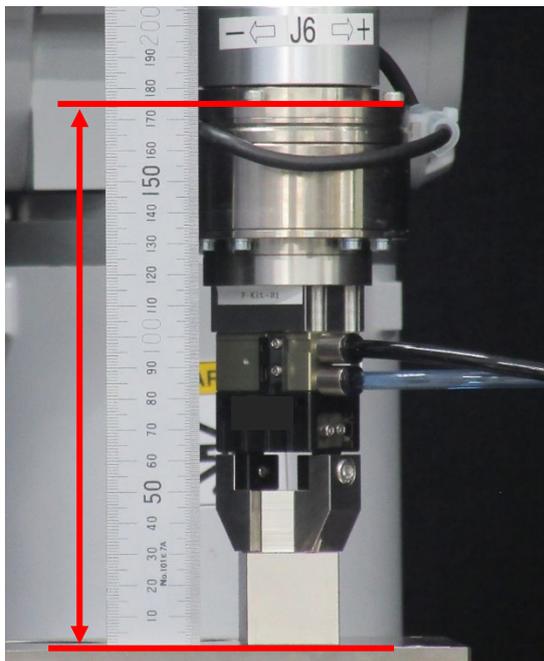
为便于说明，使用低速稳定的参数。要进行更高速的动作时，需要调整参数。

### 6.3.1.1 工具设置的确认

下面说明工具的设置方法。

使用 Paste 序列时，需要认识到实际粘贴方向与当前工具设置的对应。

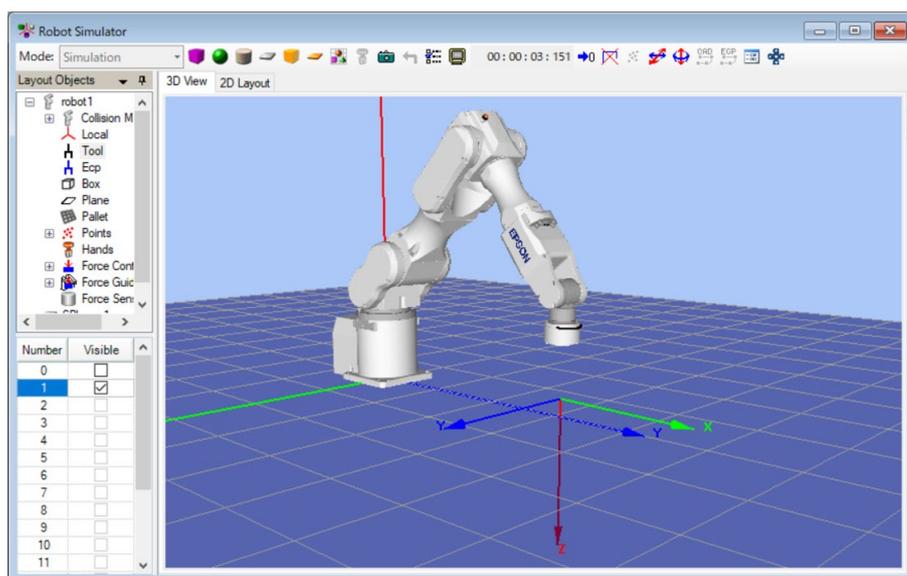
- (1) 使用金属尺等测量 J6 法兰面到粘贴面之间的距离。



- (2) 在[Command Window]中执行下述内容。  
请在“Length”中输入步骤(1)测量的值。  

```
> Tlset 1,XY(0,0,Length,0,0,0)
```
- (3) 选择 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (4) 选择对象树-[Manipulator Name]-[Tool]。
- (5) 勾选“No.1”-[Visibel]复选框。

(6) 对比[Simulator]窗口的显示与实际机器人，确认工具设置一致。



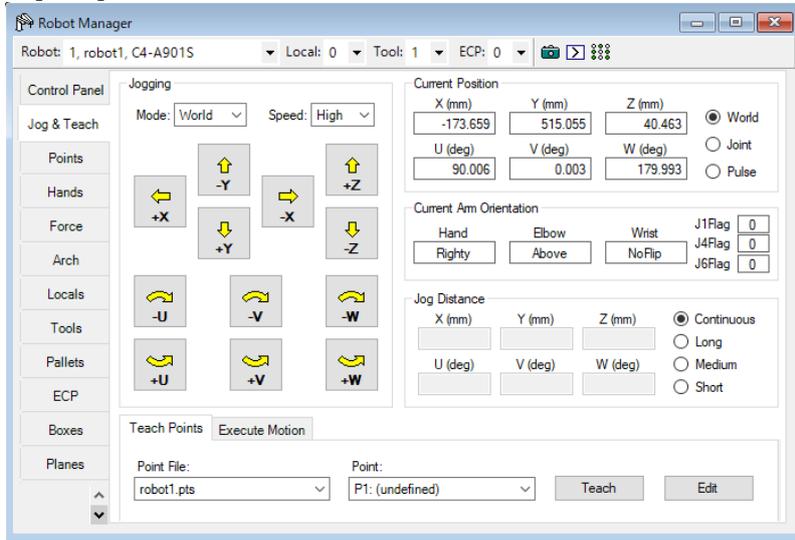
通过[Simulator]窗口的显示可以看出，是针对工具的+Z方向进行粘贴。



### 6.3.1.2 位置的示教

下面说明Paste序列开始位置的示教方法。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时会显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]，显示面板。
- (3) 在[Tool]中选择“1”。



- (4) 使用 Jog 按钮将机器人移动到粘贴位置的 2mm 左右上方。

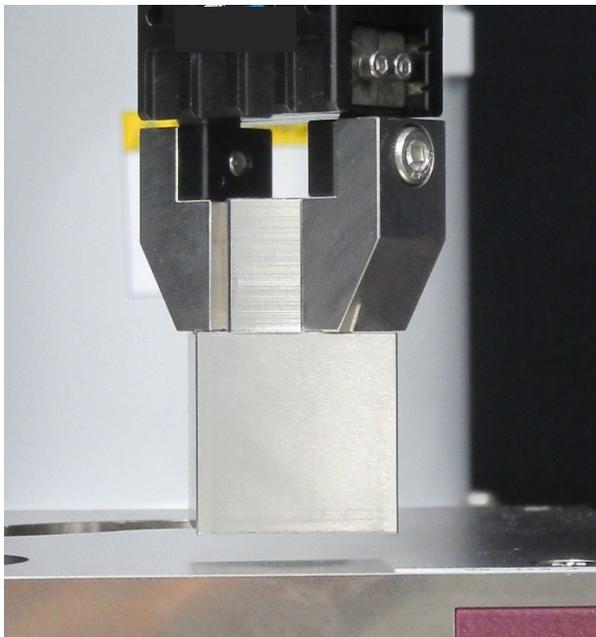
根据需要在 Command Window 中执行下述命令。

> Go Align(Here)

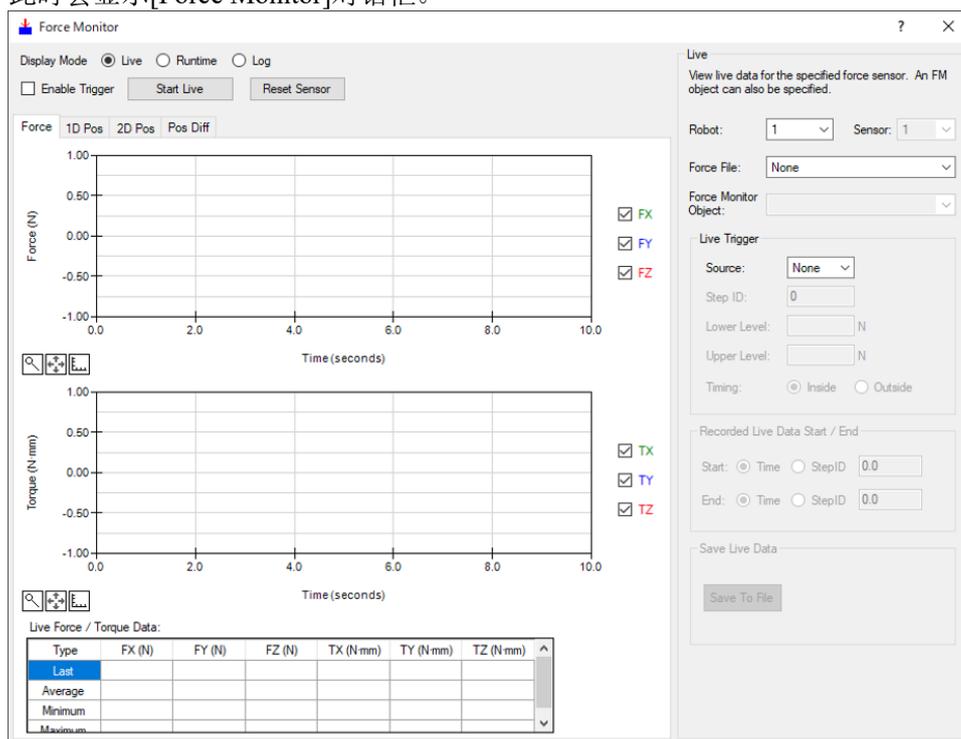
以当前位置为基准，平行于 Base 坐标系的姿势。可在面对面的状态下简单地移动。

详情请参阅下述手册。

《EPSON RC+ SPEL+ 语言参考》Align 函数

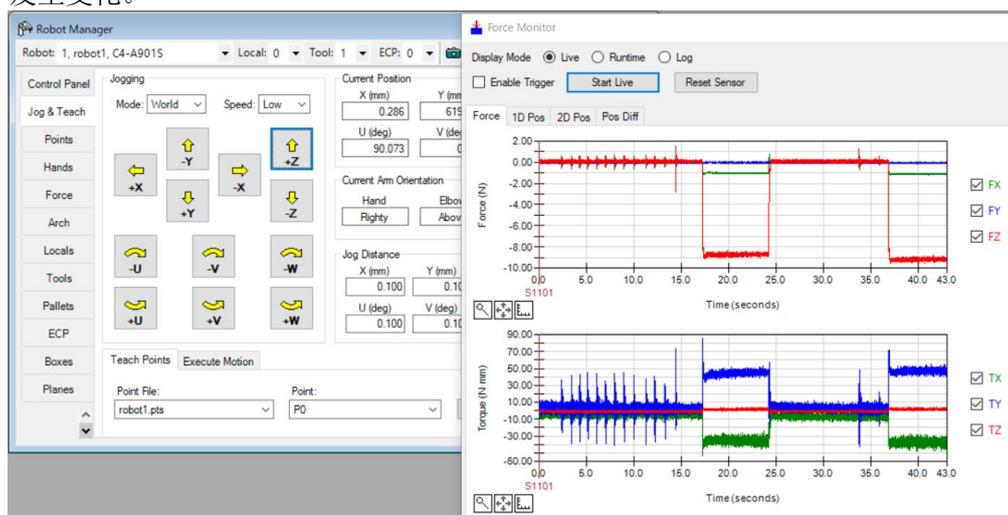


- (5) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
 此时会显示[Force Monitor]对话框。

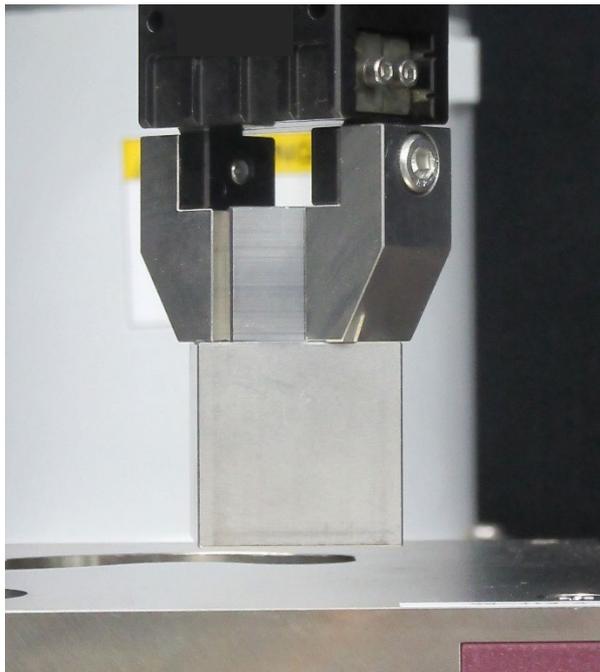


- (6) 选择[Jog Distance]-<Short>按钮。

数次单击 Jog 按钮，将机器人向 Z 方向移动，直至粘贴面接触粘贴侧的工件。接触对象物时，变更力觉传感器的输出值。请确认监视值根据步进移动的时序发生变化。



- (7) 选择[Jog Distance]-<Medium>按钮。  
单击 5 次 Jog 按钮，使工件处于非接触状态，然后向+Z 方向将机器人移动 5mm。



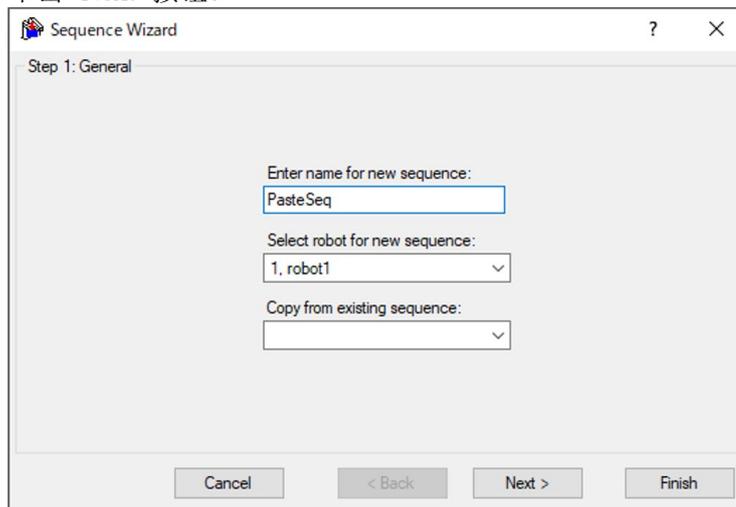
该位置为序列开始位置以及进行力觉传感器重置的位置。

- (8) 在[Point]中选择“P1”。
- (9) 在[Point Label]中输入“PasteStart”。  
单击<OK>按钮。
- (10)单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save all files]。  
文件被保存。

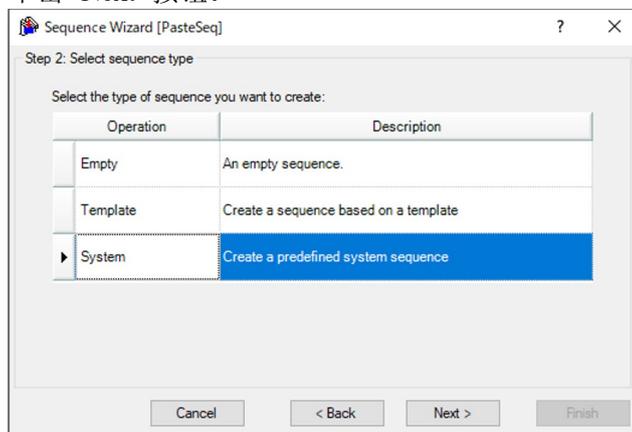
### 6.3.1.3 序列向导

下面说明专用力觉引导序列的Paste序列的创建方法。

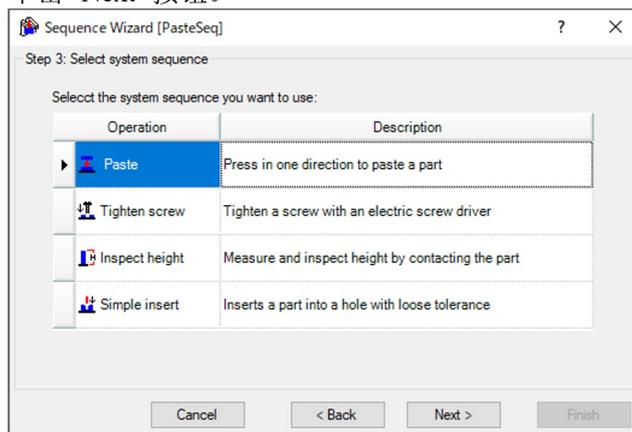
- (1) 在[Enter name for new sequence]中输入“PasteSeq”。  
单击<Next>按钮。



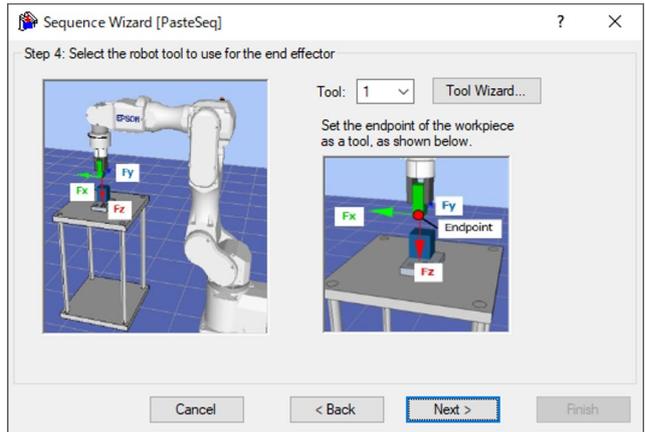
- (2) 会显示[Step 2: Select sequence type]对话框。  
选择[System]。  
单击<Next>按钮。



- (3) 会显示[Step 3: Select system sequence]对话框。  
选择[Paste]。  
单击<Next>按钮。

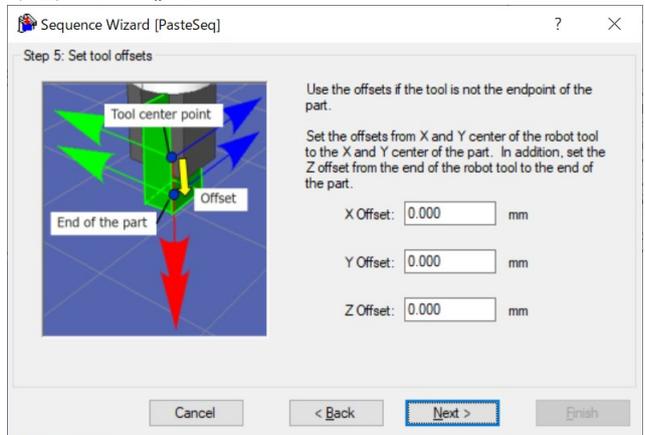


- (4) 会显示[Step 4: Select the robot tool to use for the end effector]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。

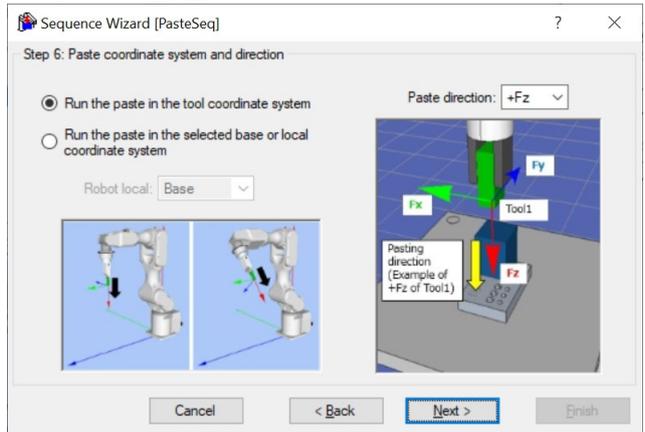


项目	设置值	说明
Tool	1	指定该序列使用的工具编号。

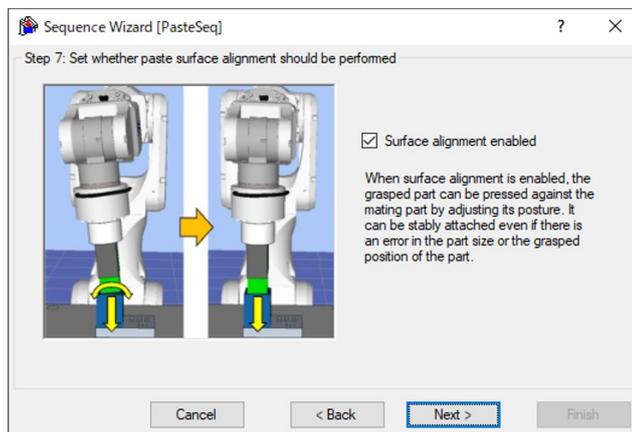
- (5) 会显示[Step 5: Set tool offsets]对话框。  
 设置工具偏移值，保持初始值即可，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



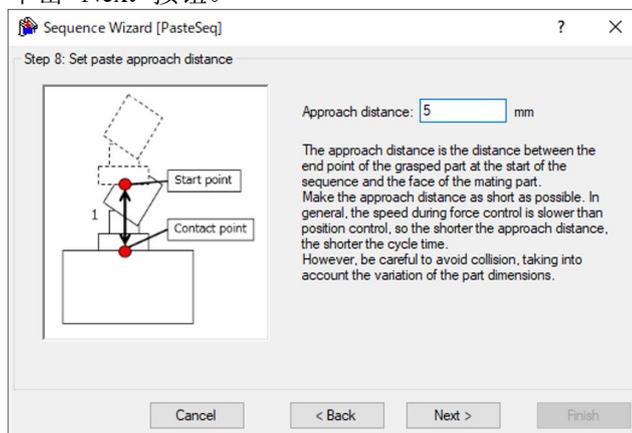
- (6) 此时会显示[Step 6: Paste coordinate system and direction]对话框。  
 粘贴方向为工具坐标系的+Fz 方向，因此请保持初始值，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



- (7) 此时会显示[Step 7: Set whether paste surface alignment should be performed]对话框。  
 设置是否将对齐表面动作设为有效。由于要对齐表面，因此请保持初始值，无需变更。  
 单击<Next>按钮。

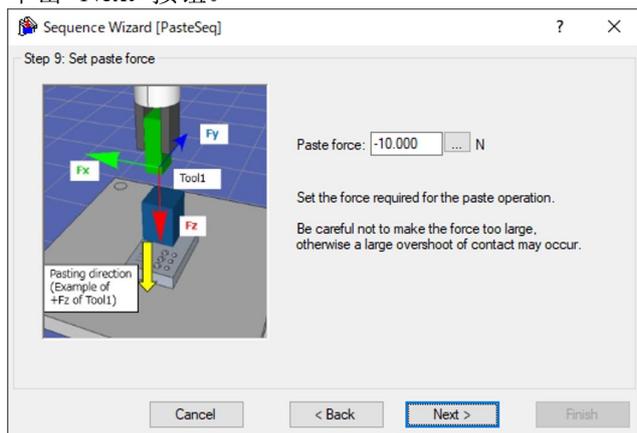


- (8) 此时会显示[Step 8: Set paste approach distance]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



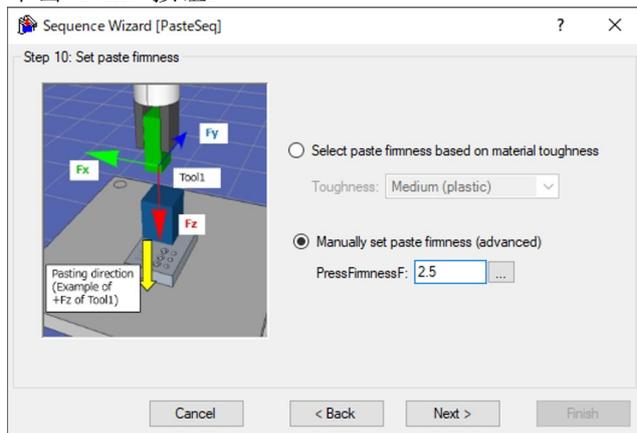
项目	设置值	说明
Approach distance	5	用于设置当前抓取工件的顶端到粘贴对象上面之间的距离。 设为 5mm。

- (9) 此时会显示[Step 9: Set paste force]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



项目	设置值	说明
Paste force	-10	用于设置粘贴力。 设为-10N。 请设置客户工件的容许值。

- (10)此时会显示[Step 10: Set paste firmness]对话框。  
 选择[Manually set paste firmness (advanced)]。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



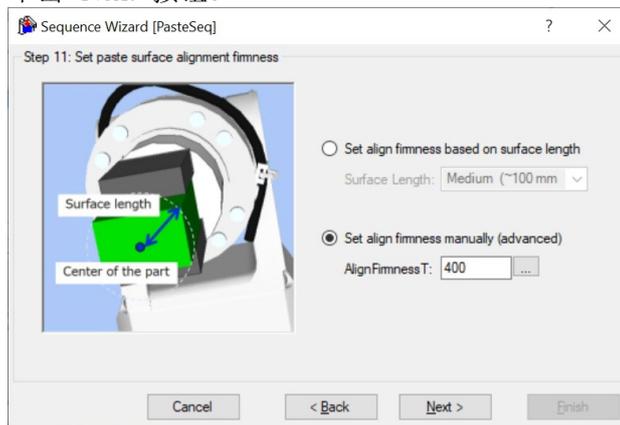
项目	设置值	说明
PressFirmnessF	2.5	用于设置粘贴方向的力控制功能的强度。 设为 2.5。

(11)此时会显示[Step 11: Set paste surface alignment firmness]对话框。

选择[Set align firmness Manually (advanced)]。

变更下表所述的属性。

单击<Next>按钮。

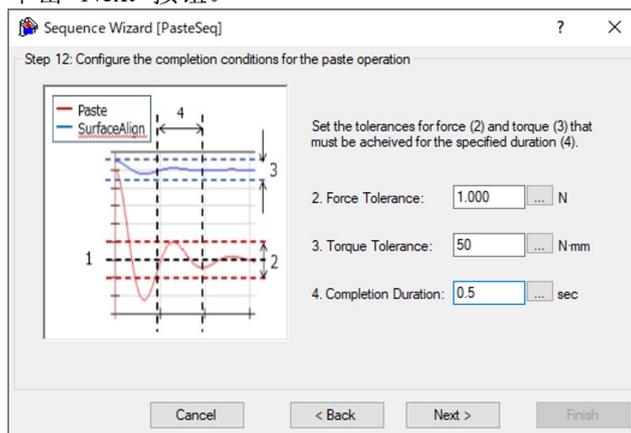


项目	设置值	说明
AlignFirmnessT	400	用于设置对齐表面方向的力控制功能的强度。设为 400。

(12)此时会显示[Step 12: Configure the completion conditions for the paste operation]对话框。

变更下表所述的属性。

单击<Next>按钮。

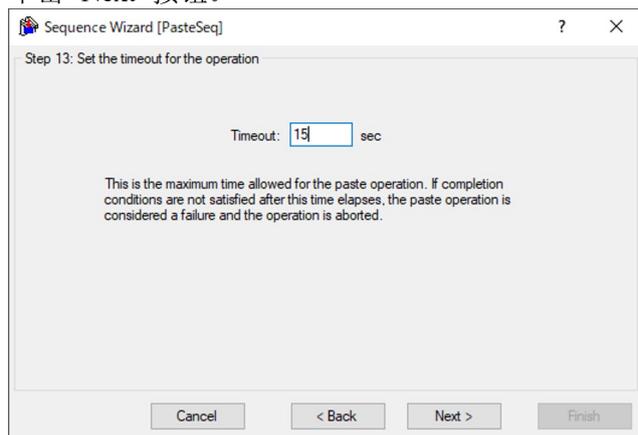


项目	设置值	说明
Force Tolerance	1	用于设置有关力的结束条件的范围。设为 1N。
Torque Tolerance	50	设置有关转矩的结束条件的范围。设为 50Nmm。
Completion Duration	0.5	用于设置判断为满足结束条件的持续时间。设为 0.5sec。

(13)会显示[Step 13: Set the timeout for the operation]对话框。

变更下表所述的属性。

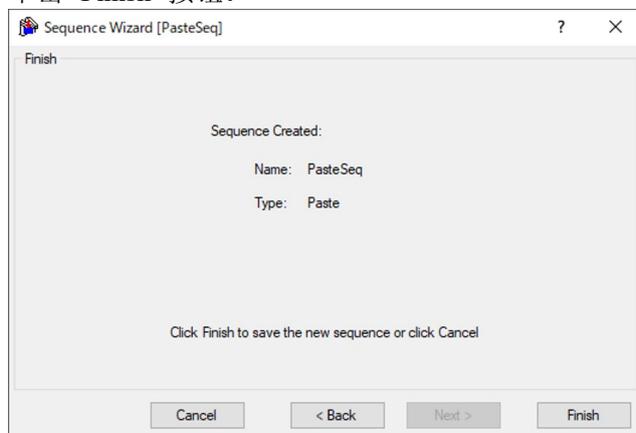
单击<Next>按钮。



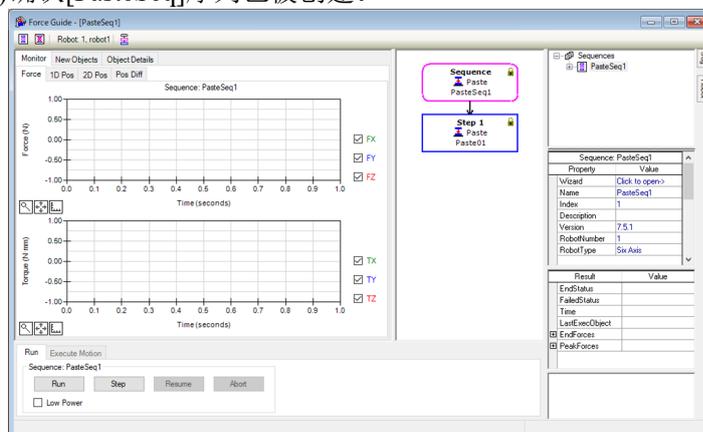
项目	设置值	说明
Timeout	15	设置超时时间。 设为 15sec。

(14)会显示[Finish]对话框。

单击<Finish>按钮。



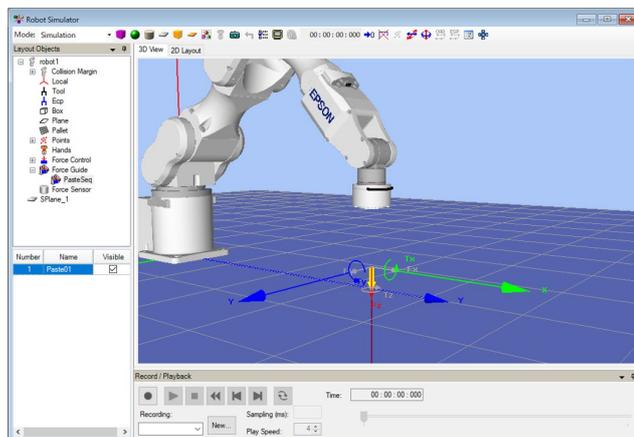
(15)确认[PasteSeq]序列已被创建。



### 6.3.1.4 设置的确认

下面使用模拟器说明确认粘贴方向等的设置是否正确的方法。

- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (2) 选择对象树-[Tool]。  
勾选“**No.1**”-[Visible]复选框。此时会显示“Tool 1”的箭头。
- (3) 单击对象树-[Force]-[Force Guide]-[PasteSeq]。  
勾选“**Paste01**”-[Visible]复选框。

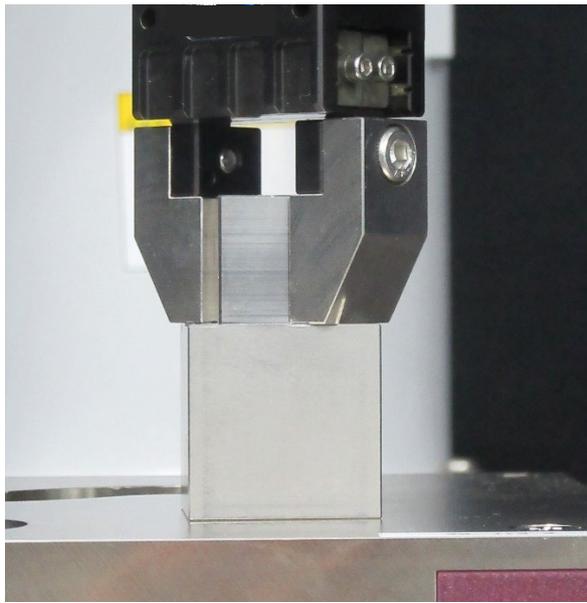
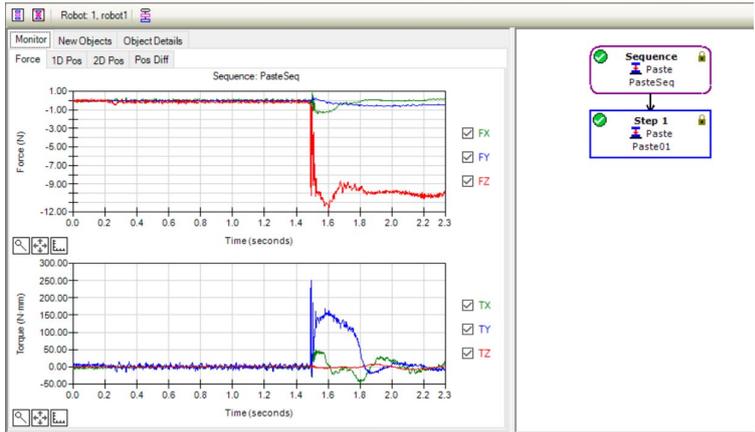


请确认显示黄色箭头的方向为粘贴方向。

### 6.3.1.5 通过力觉引导功能执行

下面说明利用EPSON RC+执行已创建的Paste序列的方法。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 选择[Robot]选项卡。
- (3) 单击<POWER HIGH>按钮。  
可能会导致工件损坏时，请在低功率模式下进行动作。
- (4) 单击<Run>按钮。  
执行编译并将程序发送到机器人控制器中。  
设置存在错误时，会发生错误。请再次确认此前的设置内容，并根据错误信息修正参数。
- (5) 如果作业正确结束，流程图左上角则会显示“✔”，表明处于粘贴完成状态。



### 6.3.1.6 恢复为非接触状态

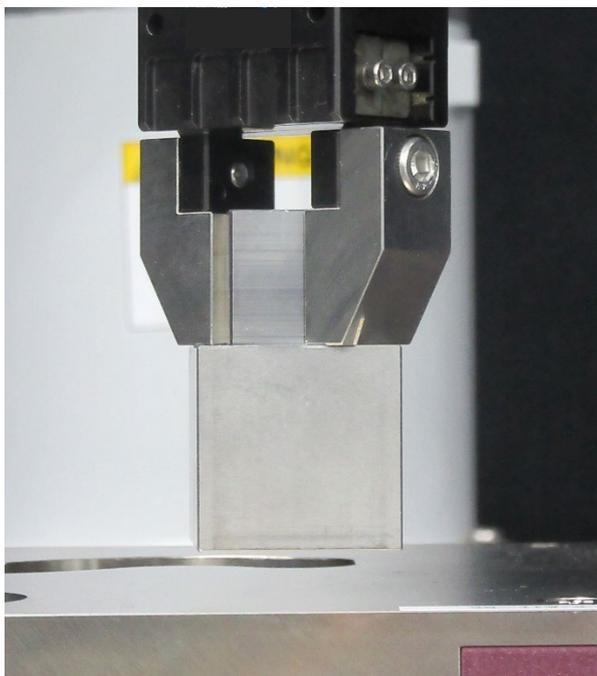
Paste序列完成后，继续向机器人与工件之间施加力。为了防止机器人或末端执行器等发生故障或损坏，作业之后，需要立即置为未施加力的状态。如果已明确未向对象物施加力，可省略该步骤。

设为非接触状态的步骤包括下述方法。

- 通过 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Jog]组手动进行步进动作，使机器人离开对象物
- 操作 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Execute Motion]选项卡，使机器人离开对象物
- 通过[Command Window]执行 Move 命令，使机器人离开对象物
- 将 SPEL 函数对象添加到 Press 对象的后面，在力觉引导序列的最后使机器人自动离开对象物

本节说明通过[Robot Manager]-[Jog & Teach]-[Execute Motion]选项卡的操作设为非接触状态的方法。

- (1) 显示[Robot Manager]。
- (2) 选择[Jog & Teach]选项卡。
- (3) 选择[Execute Motion]选项卡。
- (4) 在[Command]中选择“Move”。
- (5) 在[Destination]中选择“P1”。
- (6) 单击<Run>按钮。  
机器人会移动到开始位置“P1”。至此，已进入非接触状态。

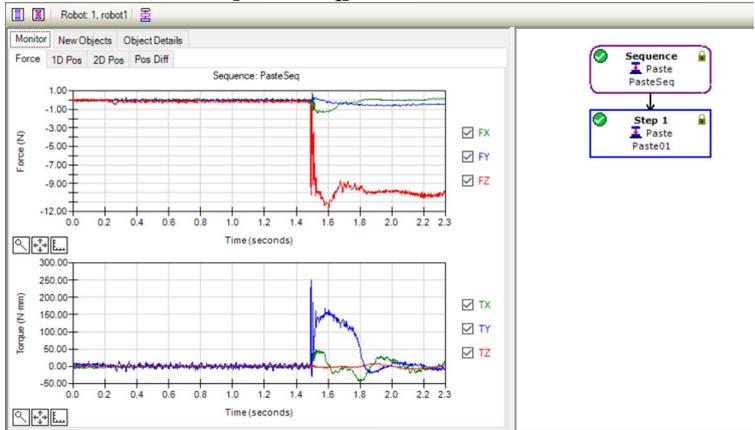


### 6.3.1.7 通过监视进行动作分析

下面说明利用EPSON RC+确认力觉引导序列动作结果的方法。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[PasteSeq]的序列流程。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。选择[Force]选项卡。

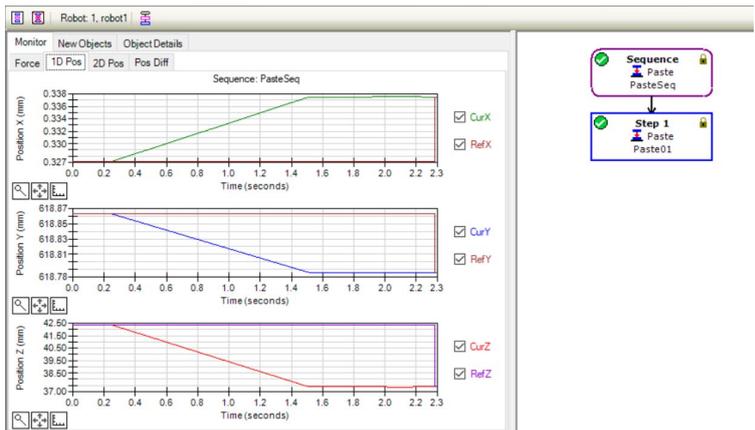
图形中会显示执行[PasteSeq]序列期间的力或位置。



- (4) 选择[1D Pos]选项卡。

此时会显示分析用图形。(横轴：时间、纵轴：位置)

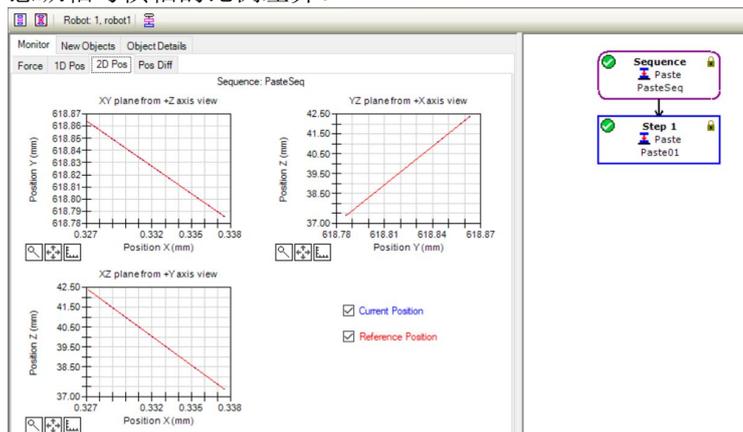
如果观看位置 Z 的图形，则会发现 CurZ(当前位置)下降约 5mm。这表示正在向粘帖方向前进 5mm 部分的接近距离。



(5) 选择[2D Pos]选项卡。

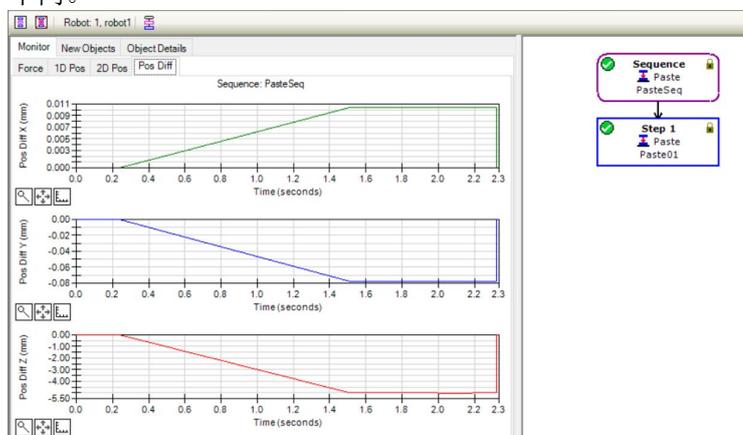
此时会显示分析用图形。(纵轴、横轴：位置)

已在[1D Pos]选项卡中确认的内容可确认为投影到各平面上的图形。确认时请注意纵轴与横轴的比例差异。



(6) 选择[Pos Diff]选项卡。

此时会将力控制产生的移动部分记录为相对位置变化。与[1D Pos]选项卡的图形不同。



(7) 试着变更图形的显示单位等，以确认力或位置的变化状态。

未正确粘贴时，可能是设置错误。请参考下述内容，然后再次确认本教程的步骤。

- 压装力的方向是否正确？
- 接近距离设置是否正确？
- Tool 设置是否正确？

### 6.3.1.8 发展课题

请实际尝试下述操作。

Paste 序列位置结束条件的默认设置为 Paste 对象的开始位置是否处在“Approach distance±1mm”以内。如果变更位置的结束条件，则可能会检测到工件尺寸异常等。无法达成位置的结束条件时，会判定为序列失败并结束动作。

试着设置会导致失败的条件。

(1) 按如下所述变更[Paste01]属性。

项目	设置值	说明
DistCheckTol	0.1	指定从动作开始位置开始移动的距离的成功条件的范围。 将成功条件的范围设为“Approach distance±0.1mm”。

(2) 通过[Jog & Teach]选项卡移动到开始位置“P1”。

(3) 为了模拟当前抓取工件的高度尺寸小于 0.5mm 的状态，通过[Jog & Teach]选项卡使机器人从开始位置“P1”向+Z 方向移动 0.5mm。

(4) 试着执行序列。

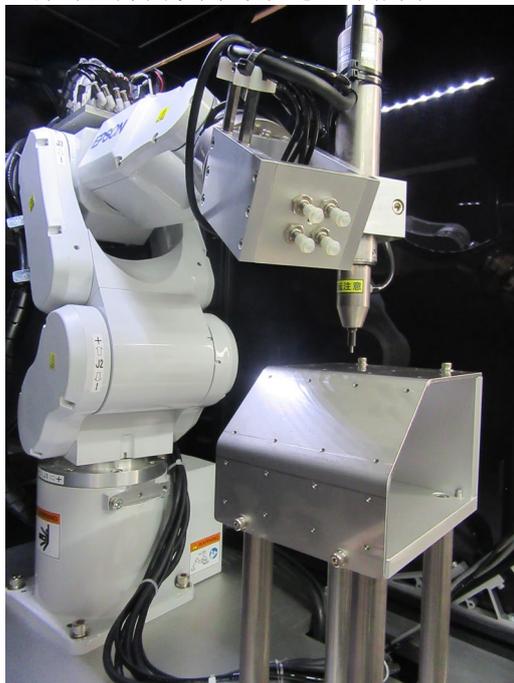
Paste 序列的教程至此结束。

### 6.3.2 ScrewTighten序列

下面使用专用力觉引导序列的 ScrewTighten 序列说明拧螺丝作业的方法。

请客户准备电动螺丝刀、螺丝、固定螺丝的工件。可能会因错误的设置而导致工件等损坏。请准备损坏也不会产生问题的工件，然后开始本教程。

本教程以使用 M2、螺丝长度 5mm、螺距 0.4mm 的螺丝进行拧螺丝为例逐步推进。推进本教程时，需要根据客户准备的电动螺丝刀与螺丝变更参数。请将工件的配置或拧螺丝方向设为与下述照片相同。



注意

- 本教程说明的参数为参考值。

使用比较稳定的参数，但可能会因动作环境而导致作业不成功或产生振动动作。另外，可能需要调整参数。敬请注意。

为便于说明，使用低速稳定的参数。要进行更高速的动作时，需要调整参数。

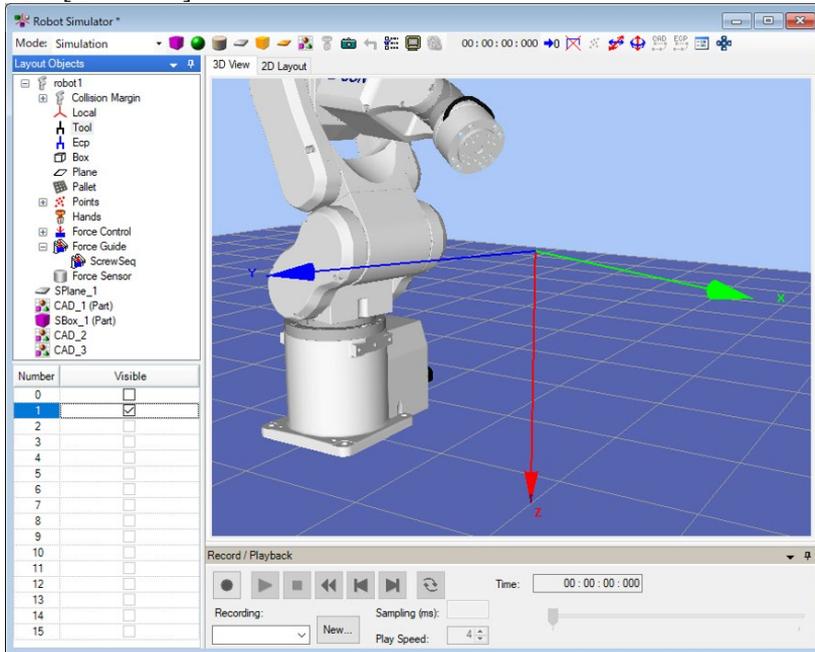
### 6.3.2.1 工具与末端夹具设置的确认

下面说明工具的设置方法。

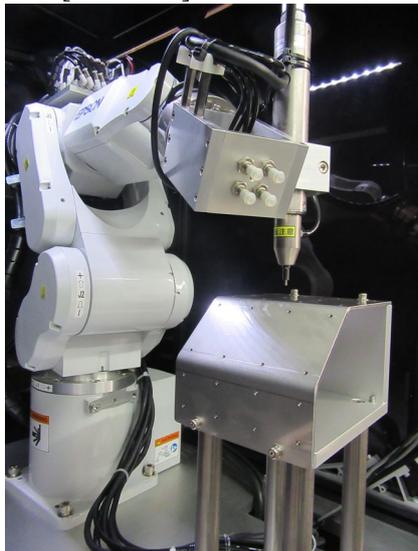
使用 ScrewTighten 序列时，需要认识到实际拧螺丝方向与当前工具设置的对应。

- (1) 使用游标卡尺等测量 J6 法兰面到电动螺丝刀顶端之间的 X、Y、Z 距离。
- (2) 在[Command Window]中执行下述内容。  
请在“LengthX、LengthY、LengthZ”中输入步骤(1)测量的值。  

```
> Tlset 1,XY(LengthX,LengthY,LengthZ, 0, 0, 0)
```
- (3) 选择 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (4) 选择对象树-[Manipulator Name]-[Tool]。
- (5) 勾选“**No.1**”-[Visible]复选框。
- (6) 对比[Simulator]窗口的显示与实际机器人，确认工具设置一致。



通过[Simulator]窗口的显示可以看出，是针对工具的+Z 方向拧螺丝。

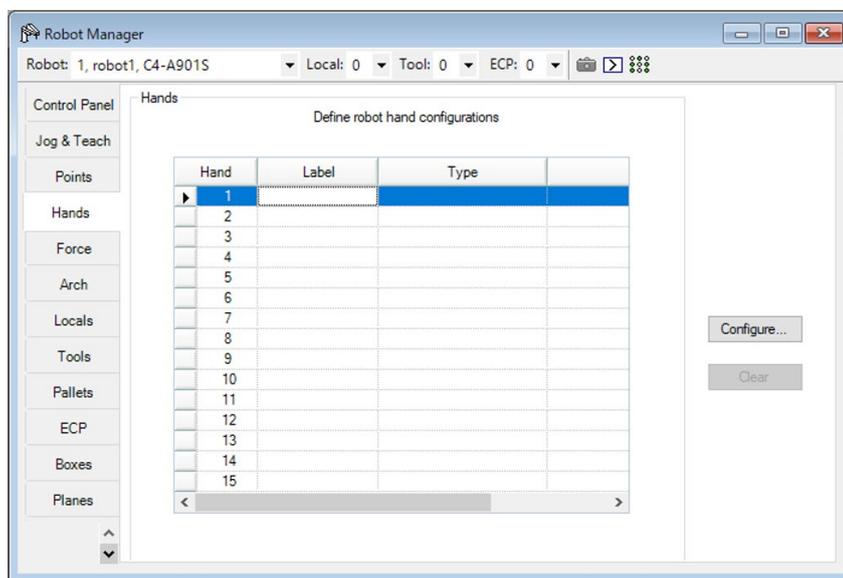


下面说明末端夹具的设置方法。

请将实际使用的电动螺丝刀的正转与反转分配给控制器的 I/O 输出位；将拧螺丝完成信号分配给控制器的 I/O 输入位。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时会显示[Robot Manager]对话框。

- (2) 选择[Hands], 显示面板。

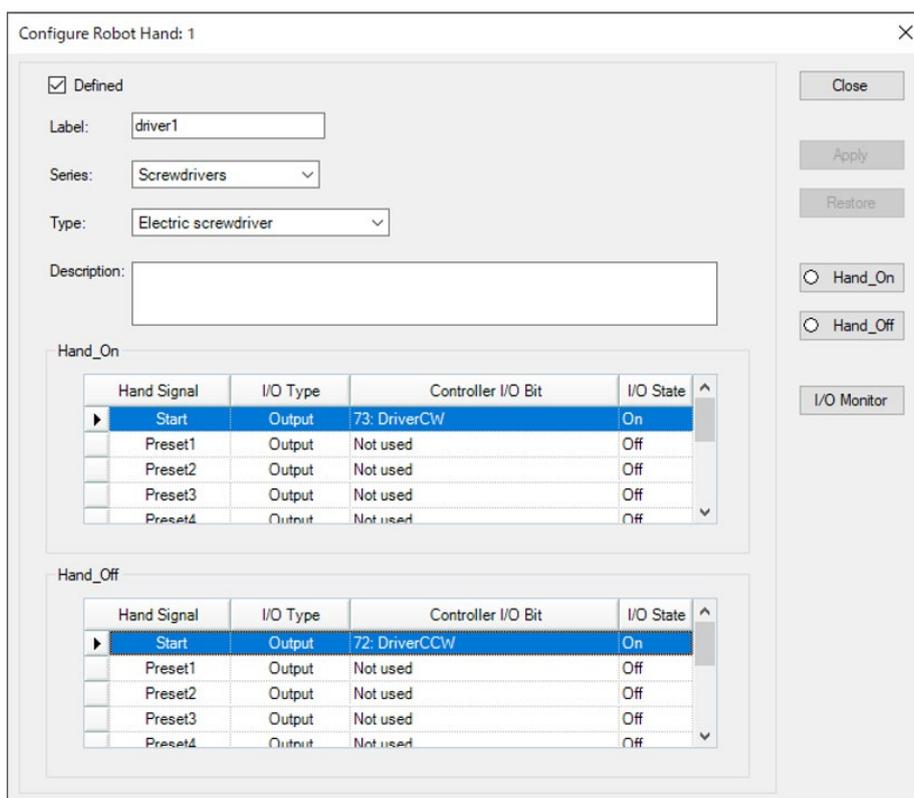


- (3) 勾选“Hand 1”，然后单击<Configure>按钮。

此时会打开 Hand 1 的设置画面。

- (4) 勾选[Defined]复选框，然后变更下述项目。

项目		设置值	说明
Label		driver1	请输入任意标签名称。
Series		Screwdrivers	使用末端夹具的类型请选择电动螺丝刀。
Hand_On	Start_Controller I/O Bit	Driver forward rotation bit	请指定分配用于螺丝刀正转的输出位。
	Start_I/O State	On	为螺丝刀正转时的螺丝刀正转位的状态。
	Complete_Controller I/O Bit	Screw tightening completion bit	请指定分配用于拧螺丝完成信号的输入位。
	Complete_I/O State	On	为螺丝刀达到正确转矩时的拧螺丝完成位的状态。
Hand_Off	Start_Controller I/O Bit	Driver reverse rotation bit	请指定分配用于螺丝刀反转的输出位。
	Start_I/O State	On	为螺丝刀反转时的螺丝刀反转位的状态。

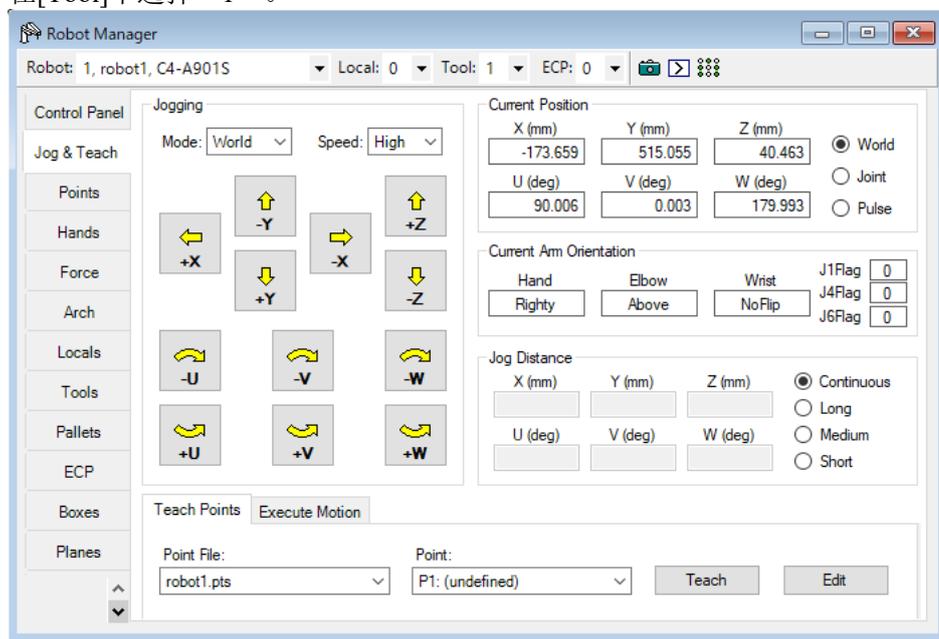


(5) 单击<Apply>按钮保存设置，然后单击<Close>按钮，关闭 Hand 1 的设置画面。

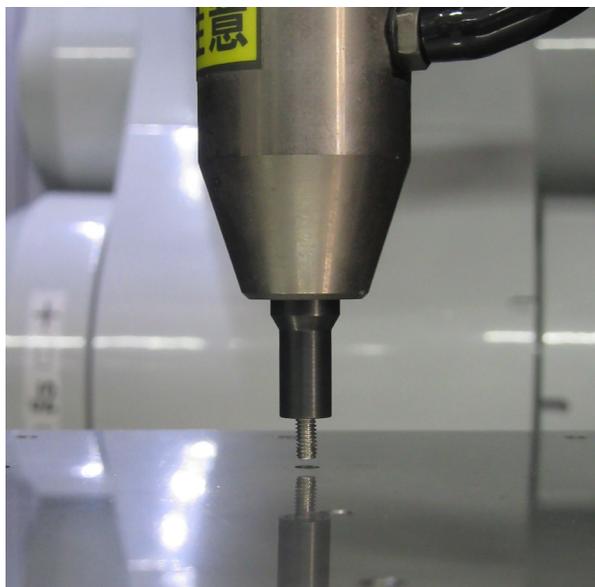
## 6.3.2.2 位置的示教

下面说明ScrewTighten序列开始位置的示教方法。

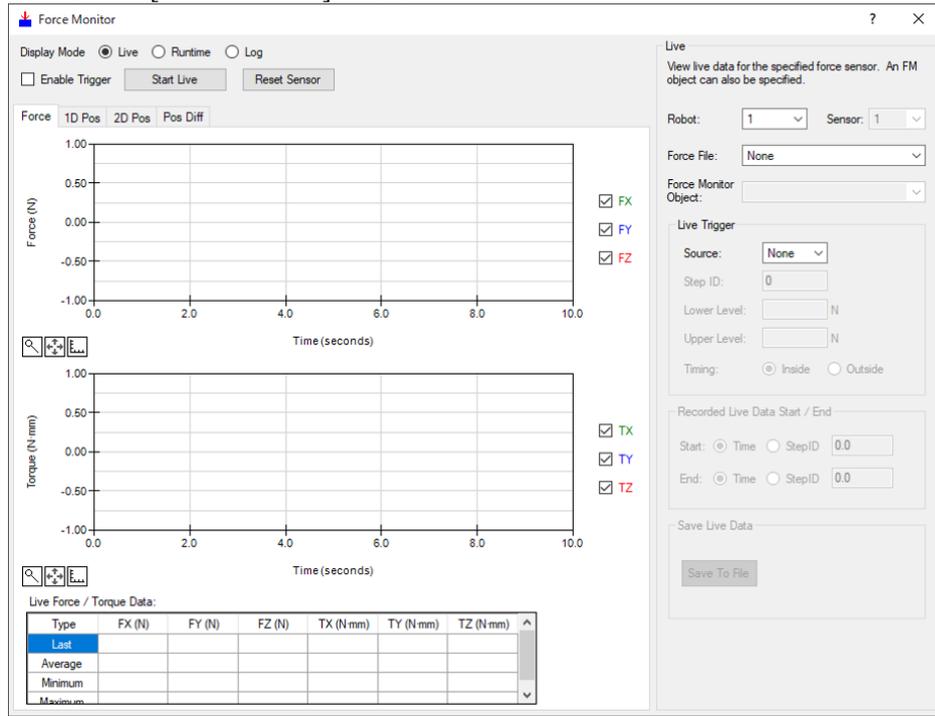
- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时会显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]，显示面板。
- (3) 在[Tool]中选择“1”。



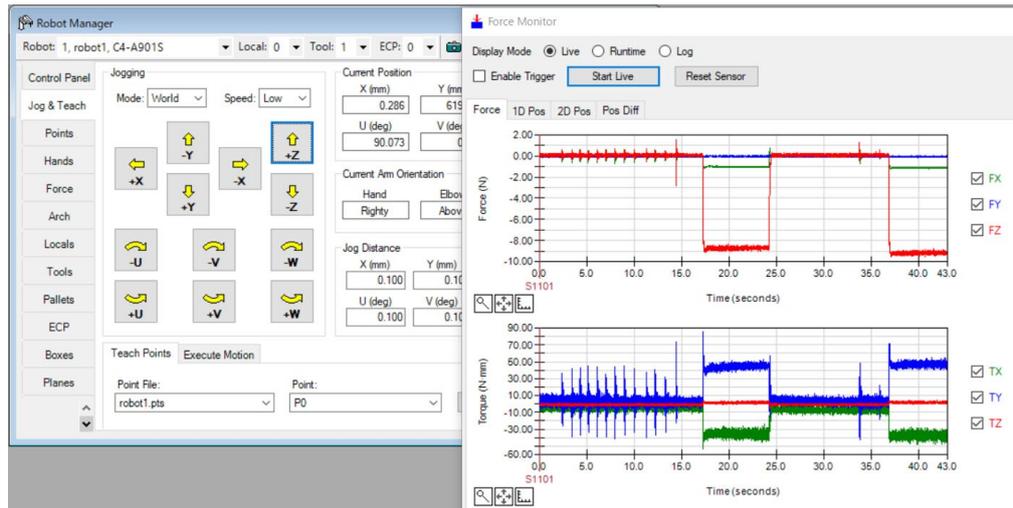
- (4) 利用电动螺丝刀吸附螺丝。
- (5) 使用 Jog 按钮将机器人移动到下述位置。  
XY 方向： 螺丝顶端位于螺纹孔锥形部分的内侧  
Z 方向： 螺丝顶端位于螺纹孔的 1mm 左右上方



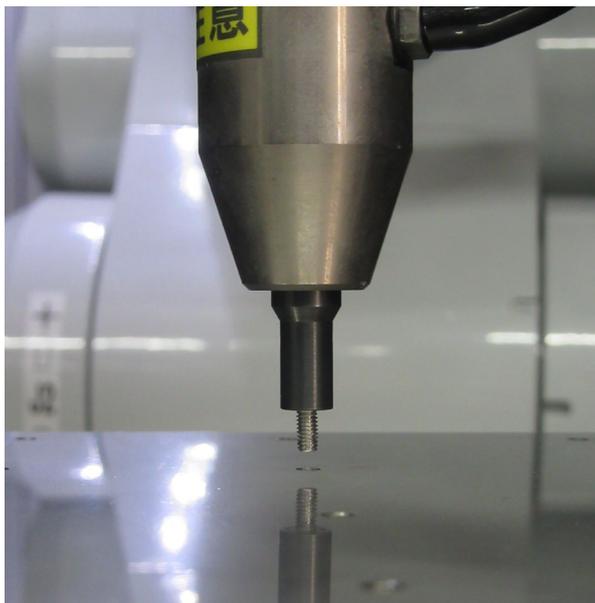
- (6) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
 此时会显示[Force Monitor]对话框。



- (7) 选择[Jog Distance]-<Short>按钮。  
 数次单击 Jog 按钮，将机器人向-Z 方向移动，直至螺丝顶端接触螺纹孔。  
 接触对象物时，变更力觉传感器的输出值。请确认监视值根据步进移动的时序发生变化。



- (8) 选择[Jog Distance]-<Medium>按钮。  
单击 2 次 Jog 按钮，使螺丝处于非接触状态，然后向+Z 方向将机器人移动 2mm。



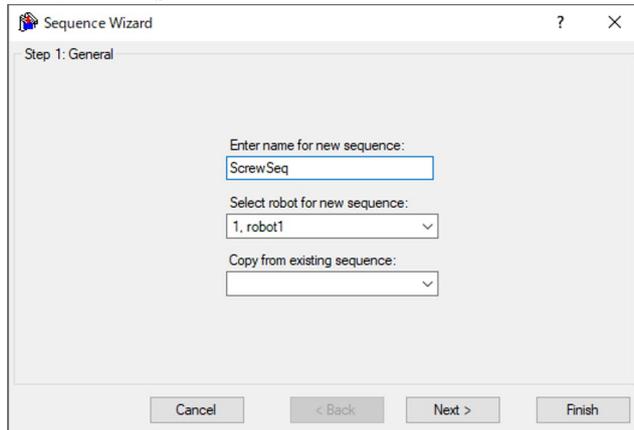
该位置为序列开始位置以及进行力觉传感器重置的位置。

- (9) 在[Point]中选择“P1”。
- (10)在[Point Label]中输入“ScrewStart”。  
单击<OK>按钮。
- (11)单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save all files]。  
文件被保存。

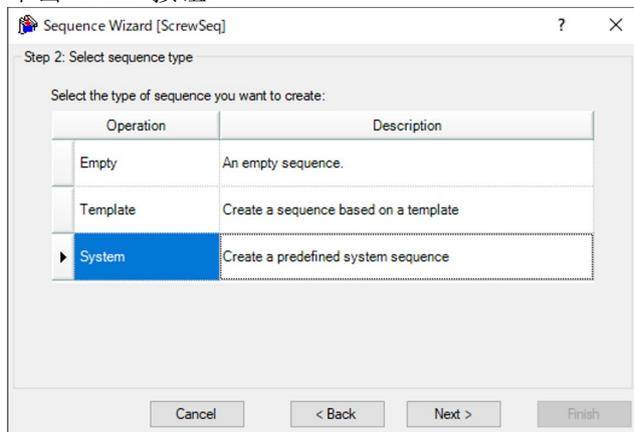
### 6.3.2.3 序列向导

下面说明专用力觉引导序列的ScrewTighten序列的创建方法。

- (1) 在[Enter name for new sequence]中输入“ScrewSeq”。  
单击<Next>按钮。

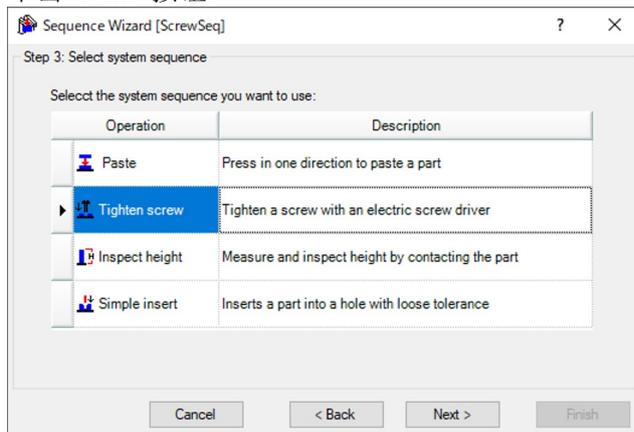


- (2) 会显示[Step 2: Select sequence type]对话框。  
选择[System]。  
单击<Next>按钮。

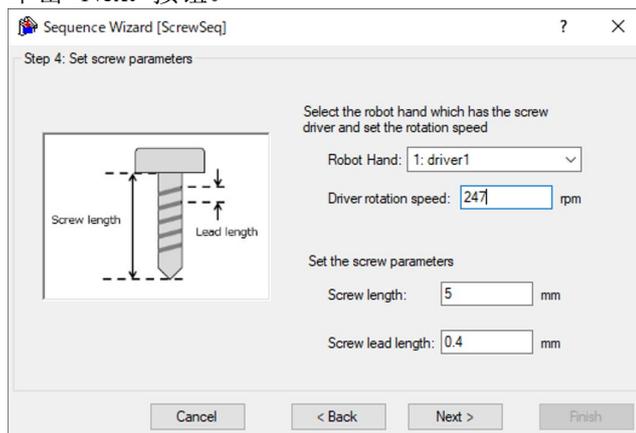


- (3) 会显示[Step 3: Select system sequence]对话框。  
选择[Tighten screw]。

单击<Next>按钮。

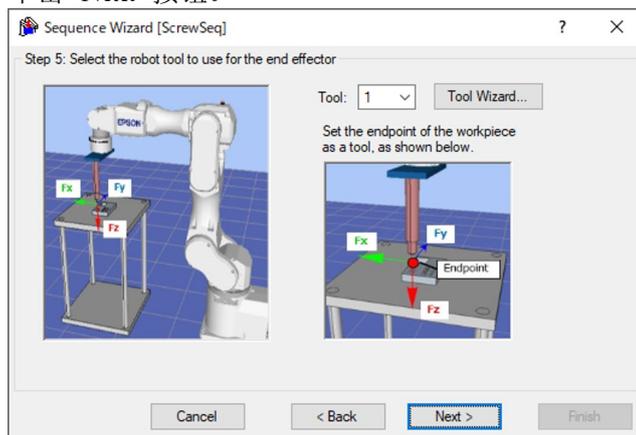


- (4) 会显示[Step 4: Set screw parameters]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



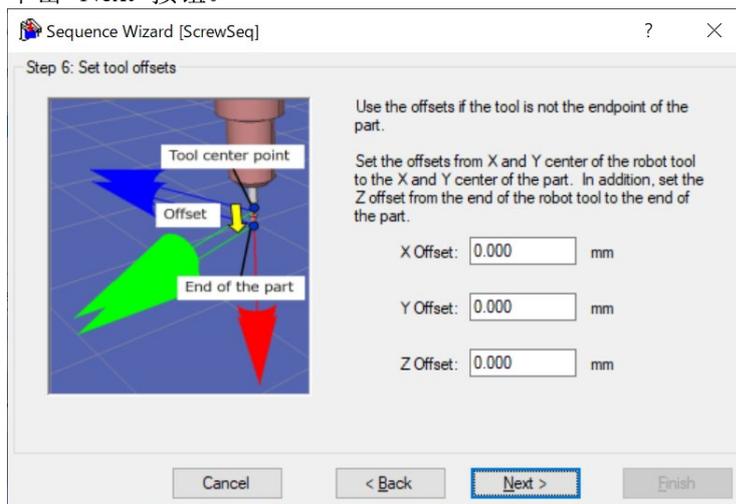
项目	设置值	说明
Robot Hand	1	指定该序列使用的末端夹具设置编号。在已进行末端夹具设置的编号中，末端夹具编号后面会显示标签名称。
Driver rotation speed	247	设置电动螺丝刀的转速。请设置客户准备的电动螺丝刀的转速。
Screw length	5	设置螺丝的长度。请设置客户准备的螺丝的长度。
Screw lead length	0.4	设置螺丝的螺距。请设置客户准备的螺丝的螺距。

- (5) 会显示[Step 5: Select the robot tool to use for the end effector]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。

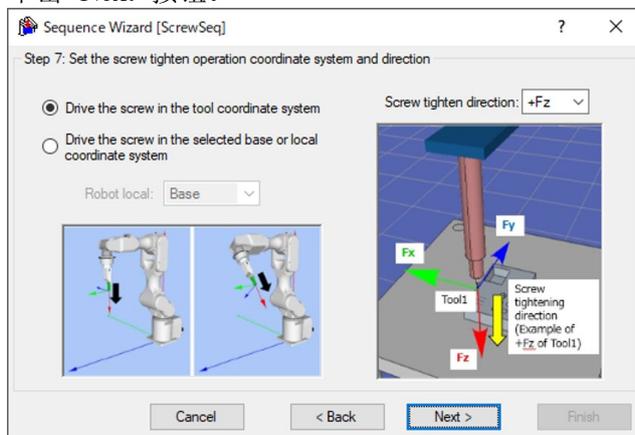


项目	设置值	说明
Tool	1	指定该序列使用的工具编号。

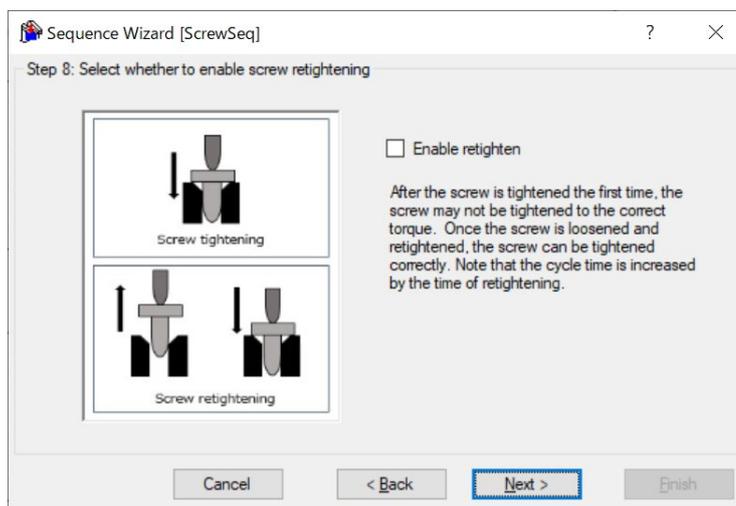
- (6) 会显示[Step 6: Set tool offsets]对话框。  
 设置工具偏移值，保持初始值即可，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



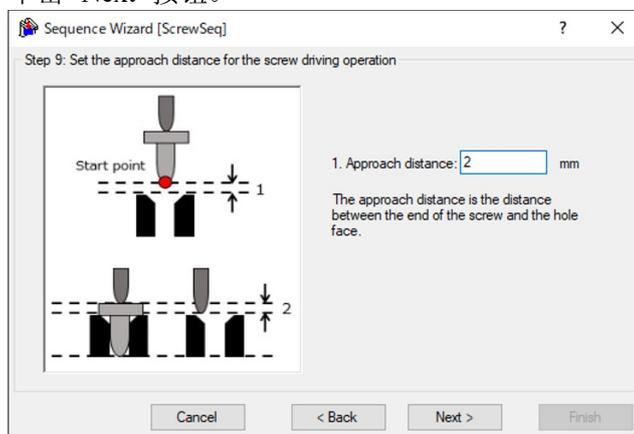
- (7) 会显示[Step 7: Set the screw tighten operation coordinate system and direction]对话框。  
 在工具坐标系中的拧螺丝方向为+Fz 方向，因此保持初始值即可，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



- (8) 会显示[Select whether to enable screw retightening]对话框。  
 设置是否将重新拧螺丝动作设为有效。不进行重新拧螺丝动作，因此保持初始值即可，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



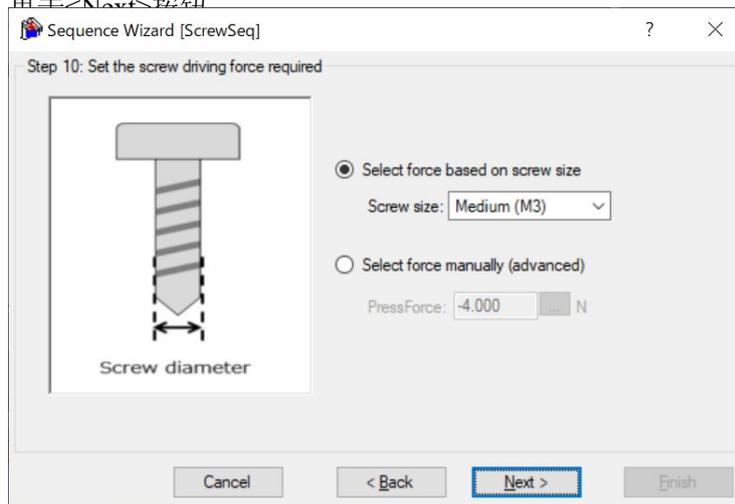
- (9) 会显示[Step 9: Set the approach distance for the screw driving operation]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



项目	设置值	说明
Approach distance	2	设置螺丝顶端到螺丝孔顶面之间的距离。设为 2mm。

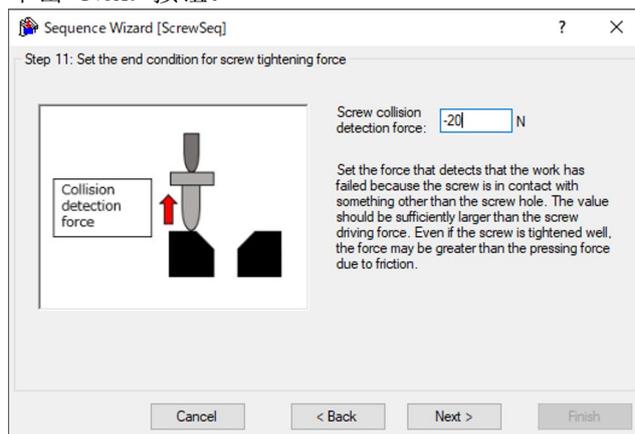
(10)会显示[Step 10: Set the screw driving force required]对话框。  
 选择[Select force based on screw size]。  
 变更下表所述的属性。

单击<Next>按钮



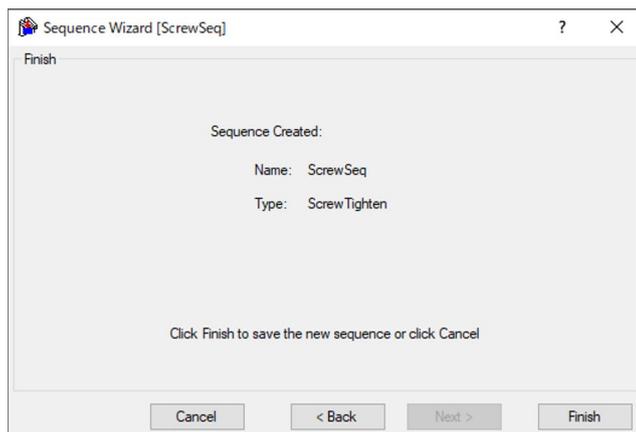
项目	设置值	说明
Screw size	Medium (M3)	根据螺丝大小设置压装力。 选择 Medium (M3) 时的压装力为-4N。

(11)会显示[Step 11: Set the end condition for screw tightening force]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。

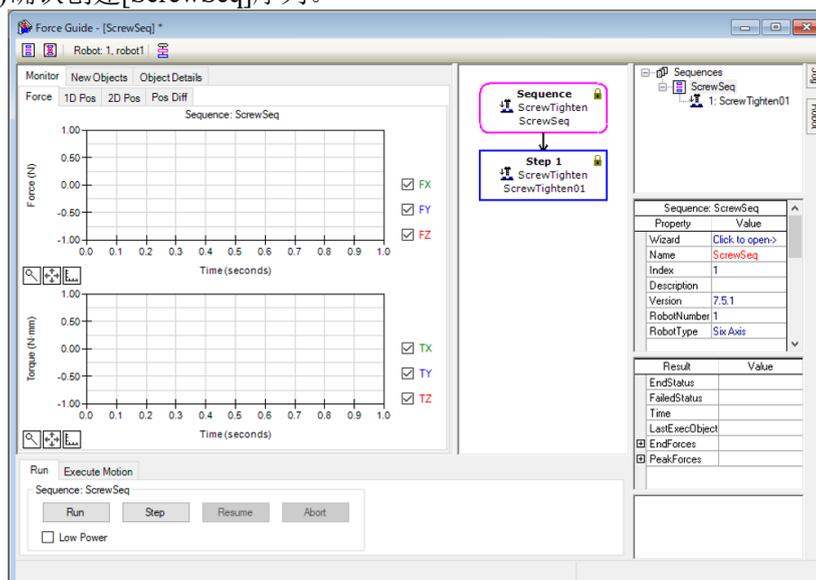


项目	设置值	说明
Screw collision detection force	-20	设置螺丝接触螺丝孔以外部分且判定为碰撞的力。请设为比螺丝的压装力足够大的力。设为-20N。 请设置客户工件的容许值。

(12)会显示[Finish]对话框。  
单击<Finish>按钮。



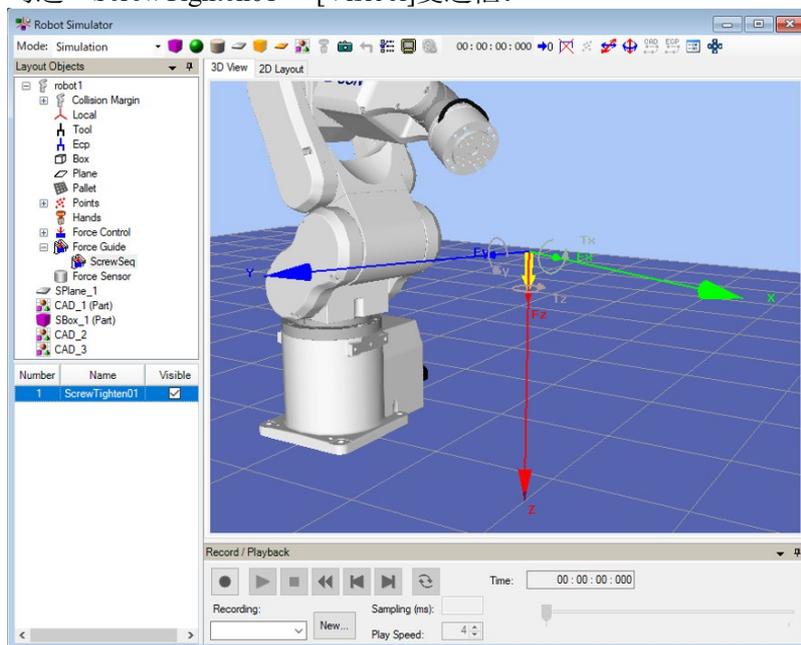
(13)确认创建[ScrewSeq]序列。



### 6.3.2.4 设置的确认

下面使用模拟器说明确认拧螺丝方向等的设置是否正确的方法。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (2) 选择对象树-[Tool]。  
勾选 “No.1” -[Visibel]复选框。此时会显示 “Tool 1” 的箭头。
- (3) 单击对象树-[Force]-[Force Guide]-[ScrewSeq]。  
勾选 “ScrewTighten01” -[Visibel]复选框。

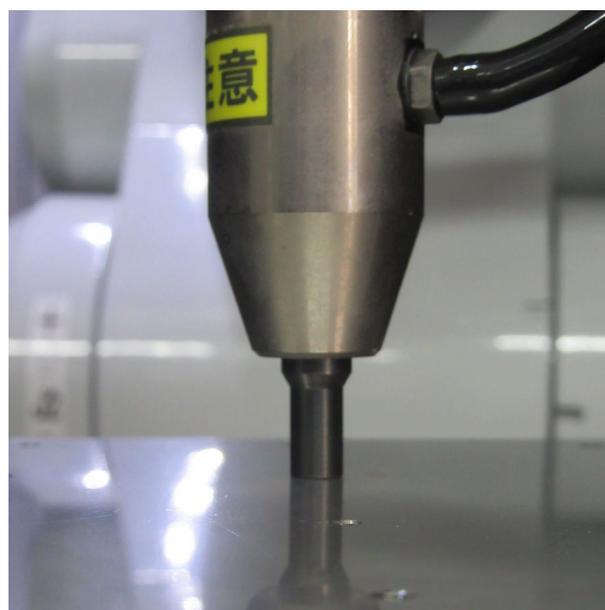
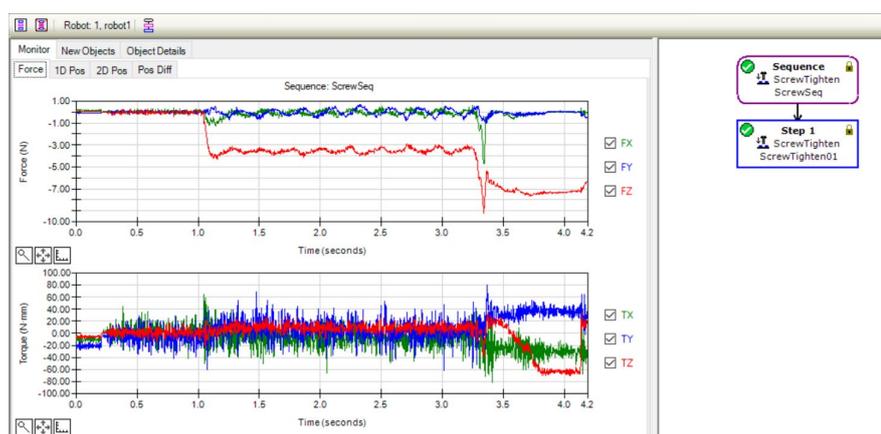


- (4) 请确认显示黄色箭头的方向为拧螺丝方向。

### 6.3.2.5 通过力觉引导功能执行

下面说明利用EPSON RC+执行已创建ScrewTighten序列的方法。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 选择[Robot]选项卡。
- (3) 单击<POWER HIGH>按钮。  
可能会导致工件损坏时，请在低功率模式下进行动作。
- (4) 单击<Run>按钮。  
执行编译并将程序发送到机器人控制器中。  
设置存在错误时，会发生错误。请再次确认此前的设置内容，并根据错误信息修正参数。
- (5) 如果作业正确结束，流程图左上角则会显示“✔”，表明处于拧螺丝完成状态。



### 6.3.2.6 恢复为非接触状态

ScrewTighten序列完成后，继续向机器人与工件之间施加力。为了防止机器人或末端执行器等发生故障或损坏，作业之后，需要立即置为未施加力的状态。如果已明确未向对象物施加力，可省略该步骤。

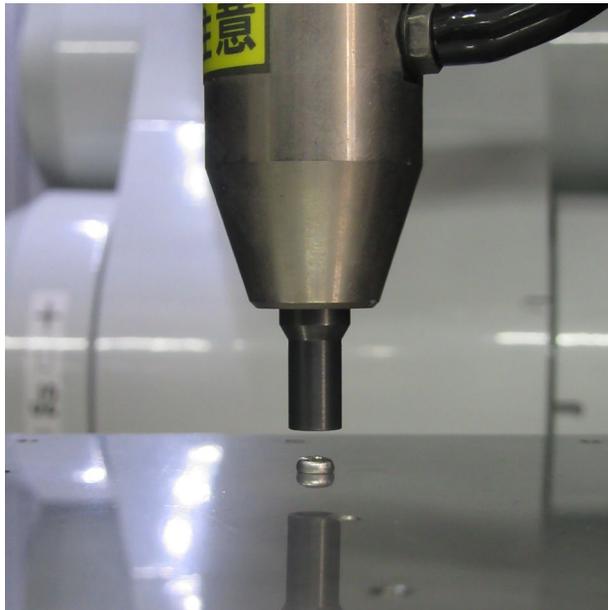
设为非接触状态的步骤包括下述方法。

- 通过 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Jog]组手动进行步进动作，使机器人离开对象物
- 操作 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Execute Motion]选项卡，使机器人离开对象物
- 通过[Command Window]执行 Move 命令，使机器人离开对象物
- 将 SPEL 函数对象添加到 ScrewRetighten 对象的后面，在力觉引导序列的最后使机器人自动离开对象物

本节说明通过[Robot Manager]-[Jog & Teach]-[Execute Motion]选项卡的操作设为非接触状态的方法。

- (1) 显示[Robot Manager]。
- (2) 选择[Jog & Teach]选项卡。
- (3) 选择[Execute Motion]选项卡。
- (4) 在[Command]中选择“Move”。
- (5) 在[Destination]中选择“P1”。
- (6) 单击<Run>按钮。

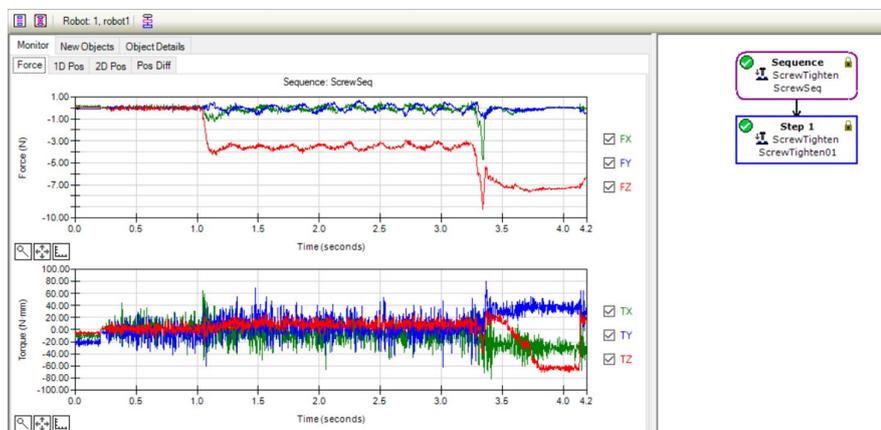
机器人会移动到开始位置“P1”。至此，已进入非接触状态。



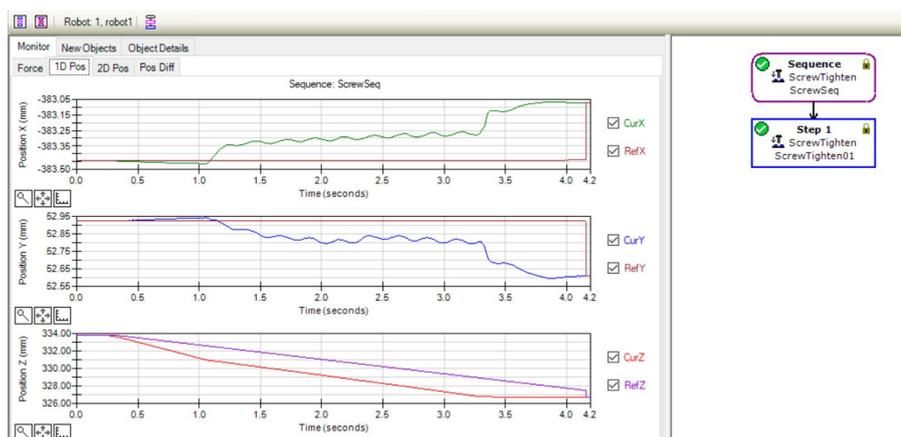
## 6.3.2.7 通过监视进行动作分析

下面说明利用EPSON RC+确认力觉引导序列动作结果的方法。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[ScrewSeq]的序列流程。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。选择[Force]选项卡。  
图形中会显示执行[ScrewSeq]序列期间的力或位置。



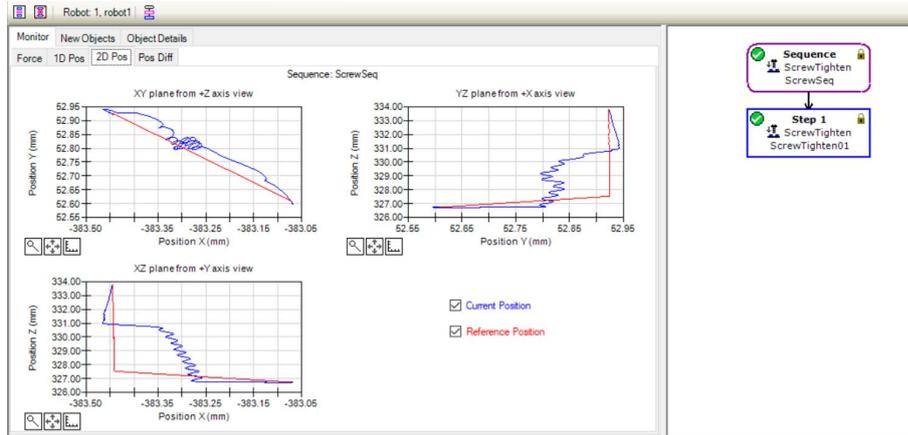
- (4) 选择[1D Pos]选项卡。  
此时会显示分析用图形。(横轴：时间、纵轴：位置)  
如果观看位置 Z 的图形，则会发现 CurZ(当前位置)下降约 7mm。这表示正在向螺丝的插入方向前进 2mm 的接近距离与 5mm 的螺丝长度。



(5) 选择[2D Pos]选项卡。

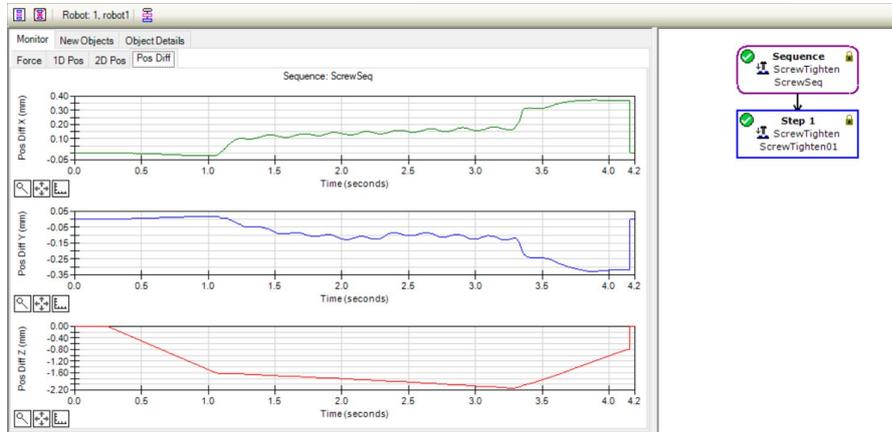
此时会显示分析用图形。(纵轴、横轴：位置)

已在[1D Pos]选项卡中确认的内容可确认为投影到各平面上的图形。确认时请注意纵轴与横轴的比例差异。



(6) 选择[Pos Diff]选项卡。

此时会将力控制产生的移动部分记录为相对位置变化。与[1D Pos]选项卡的图形不同。



(7) 试着变更图形的显示单位等，以确认力或位置的变化状态。

未正确拧螺丝时，可能是设置错误。请参考下述内容，然后再次确认本教程的步骤。

- 压装力的方向是否正确？
- 开始位置与孔的偏差是否过大？
- 接近距离设置是否正确？
- 螺丝刀转速、螺丝长度与螺距的设置是否正确？

## 6.3.2.8 发展课题

请实际尝试下述操作。

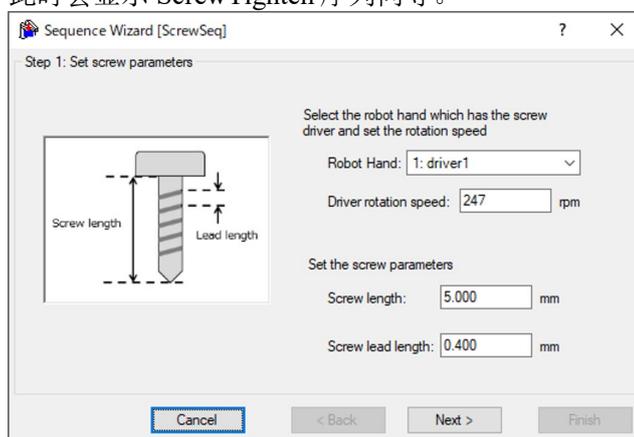
ScrewTighten 序列位置结束条件的默认设置为 ScrewRetighten 对象的开始位置是否处在“Approach distance+Screw length $\pm$ 1mm”以内。在这种条件下，即使拧螺丝中途螺丝卡死，导致未正确拧螺丝的情况下，也可能会判定为拧螺丝成功。

作为应对措施，添加了这一动作：收紧位置结束条件，不满足结束条件时，松开螺丝再重新拧螺丝。

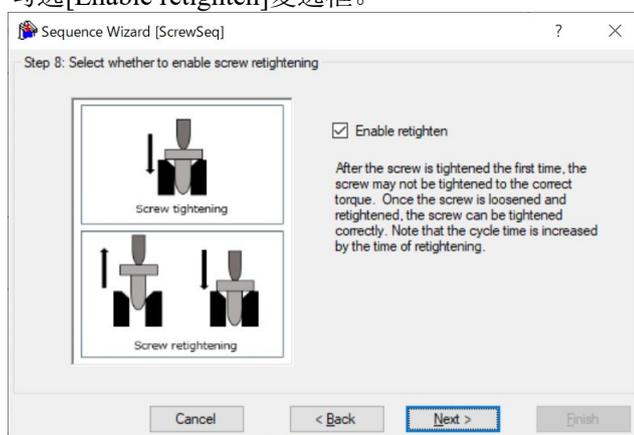
(1) 按如下所述变更[ScrewTighten01]属性。

项目	设置值	说明
DistCheckTol	0.1	指定从动作开始位置开始移动的距离的成功条件的范围。 将成功条件的范围设为“Approach distance+Screw length $\pm$ 0.1mm”。

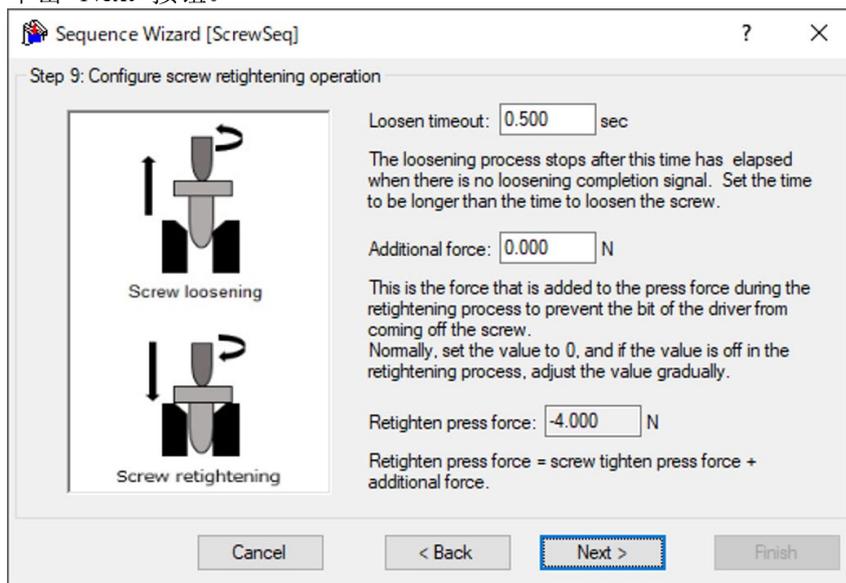
(2) 右键单击流程图的[SequenceScrewTighten]，然后单击[Sequence Wizard]。此时会显示 ScrewTighten 序列向导。



(3) 无需变更设置，单击<Next>按钮，直至显示[Select whether to enable screw retightening]对话框。勾选[Enable retighten]复选框。

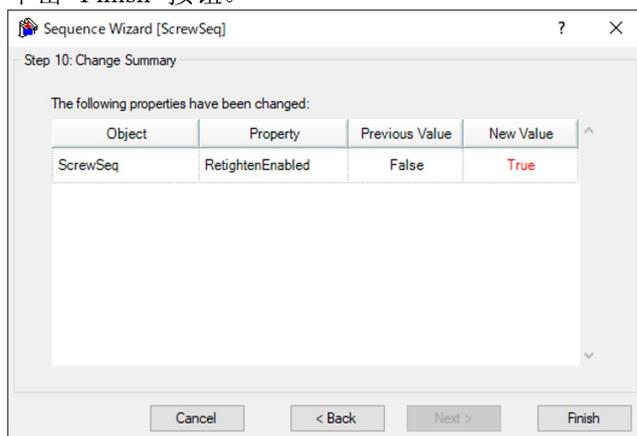


- (4) 单击<Next>按钮，直至显示[Configure screw retightening operation]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。

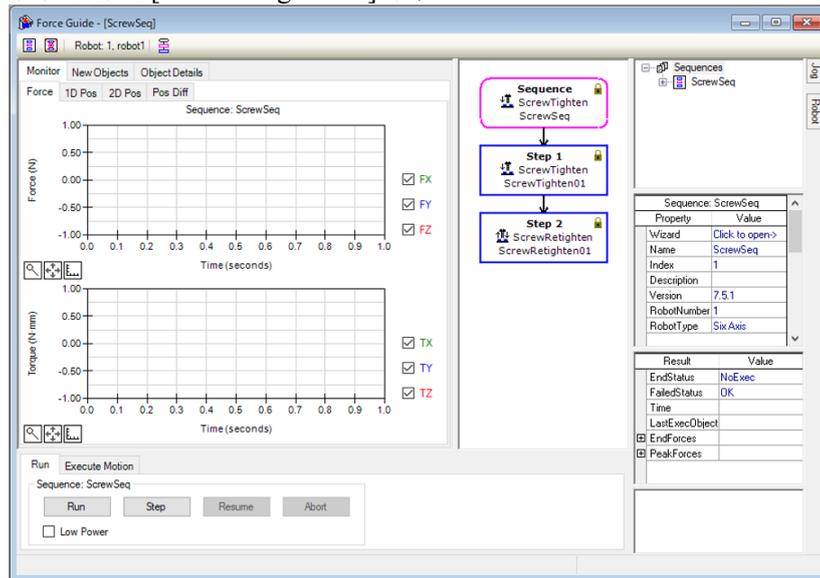


项目	设置值	说明
Loosen timeout	0.5	设置螺丝松开时间。 设为 0.5sec。
Additional force	0	设置重新拧螺丝时要附加的压装力。 设为 0 N。

- (5) 会显示[Step 10: Change Summary]对话框。  
 单击<Finish>按钮。



(6) 确认已添加[ScrewRetighten01]对象。



(7) 试着执行创建的序列。

ScrewTighten 序列的教程至此结束。

### 6.3.3 HeightInspect序列

下面使用专用力觉引导序列的 HeightInspect 序列说明进行高度检查的方法。

本教程说明机器人接触检查对象物时的位置检查方法。

请客户准备工件。可能会因错误的设置而导致工件等损坏。请准备损坏也不会产生问题的工件，然后开始本教程。

请将工件的配置或检查方向设为与下述照片相同。



注意

■ 本教程说明的参数为参考值。

使用比较稳定的参数，但可能会因动作环境而导致作业不成功或产生振动动作。另外，可能需要调整参数。敬请注意。

为便于说明，使用低速稳定的参数。要进行更高速的动作时，需要调整参数。

### 6.3.3.1 工具设置的确认

下面说明工具的设置方法。

使用 HeightInspect 序列时，需要认识到实际检查方向与当前工具设置的对应。

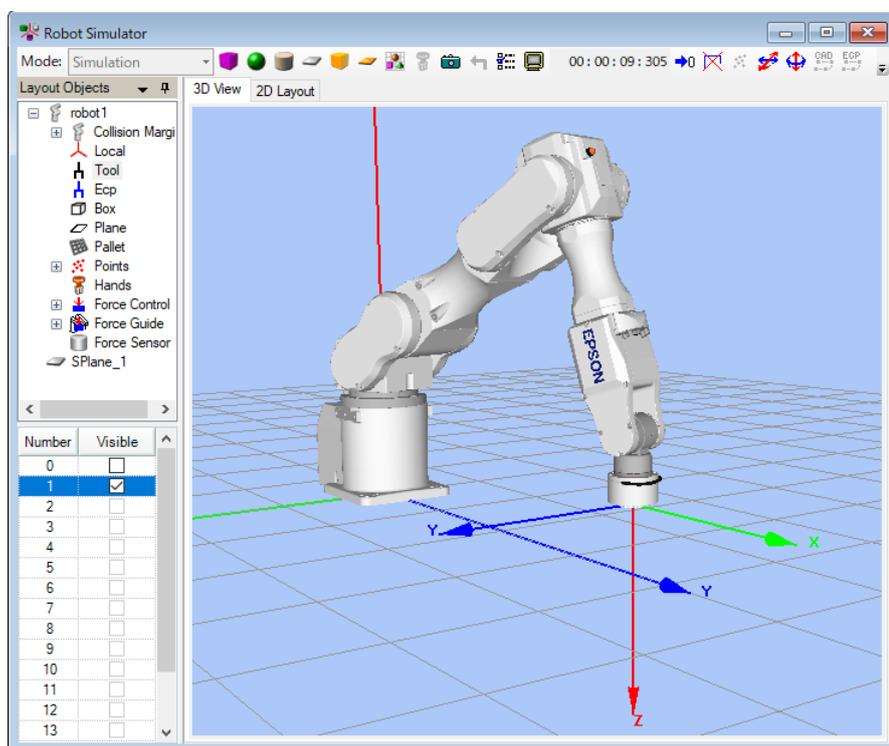
- (1) 使用游标卡尺等测量 J6 法兰面到进行高度检查时的安装工件接触位置之间的距离。

在[Command Window]中执行下述内容。

请在“Length”中输入步骤(1)测量的值。

```
> Tlset 1,XY(0,0,Length,0,0,0)
```

- (2) 选择 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (3) 选择对象树-[Manipulator Name]-[Tool]。
- (4) 勾选“**No.1**”-[Visible]复选框。
- (5) 对比[Simulator]窗口的显示与实际机器人，确认工具设置一致。

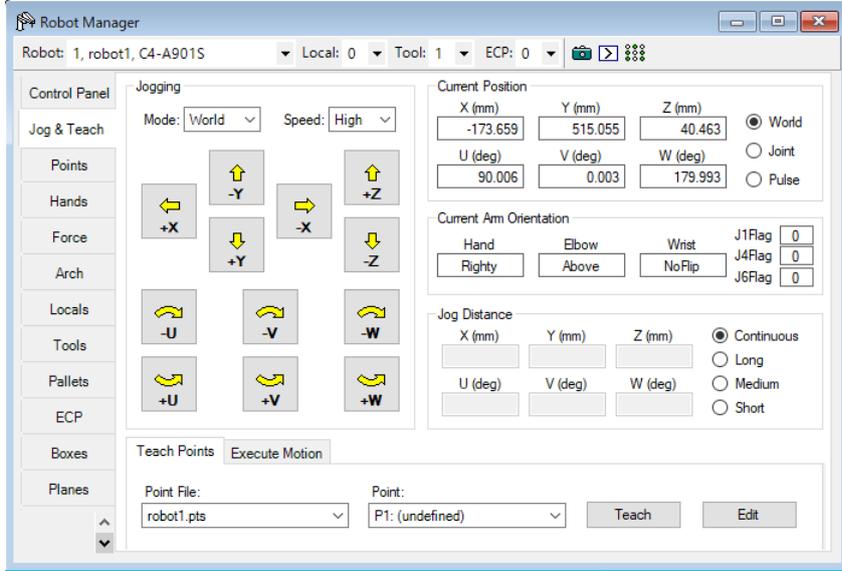


通过[Simulator]窗口的显示可以看出，是针对工具的正Z方向进行高度检查。

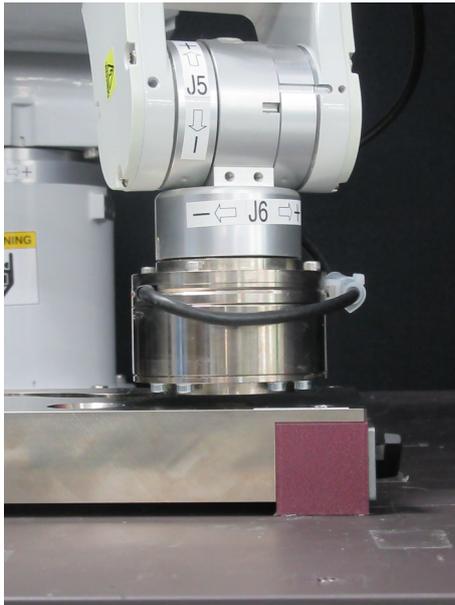
### 6.3.3.2 位置的示教

下面说明HeightInspect序列开始位置的示教方法。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时会显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]，显示面板。
- (3) 在[Tool]中选择“1”。



- (4) 单击 Jog 按钮，将机器人从接触检查对象物的位置移动到 3mm 左右上方。



根据需要在 Command Window 中执行下述命令。

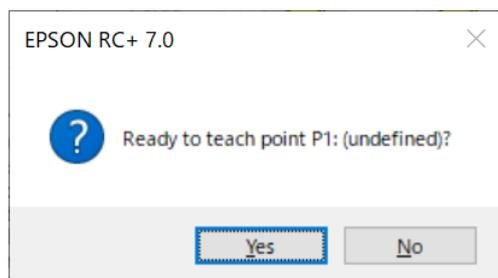
> Go Align(Here)

以当前位置为基准，平行于 Base 坐标系的姿势。可在面对面的状态下简单地移动。

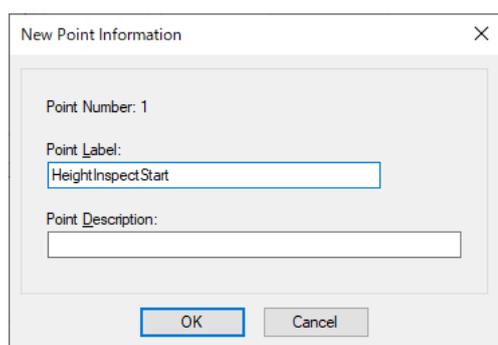
详情请参阅下述手册。

《EPSON RC+ SPEL+ 语言参考》 Align 函数

- (5) 在[Point]中选择“P1”。
- (6) 单击<Teach>按钮。  
此时会显示下述信息。确认信息，然后单击<Yes>按钮。



- (7) 此时会显示[New Point Information]对话框。  
在[Point Label]中输入“HeightInspectStart”，然后单击<OK>按钮。

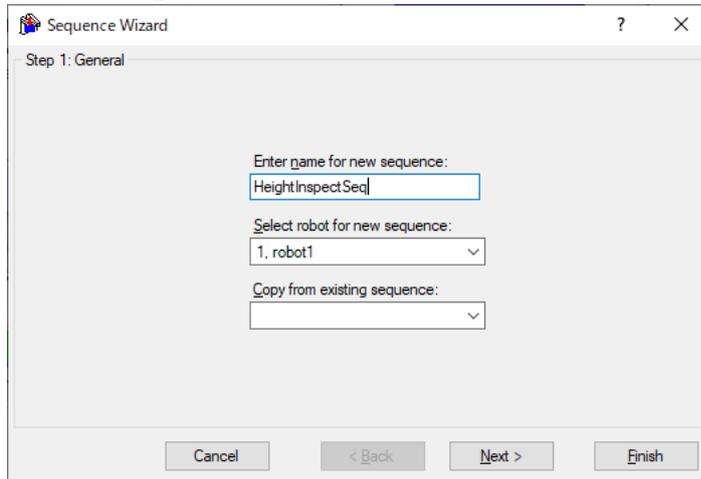


- (8) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save all files]。  
设置的内容被保存为文件。

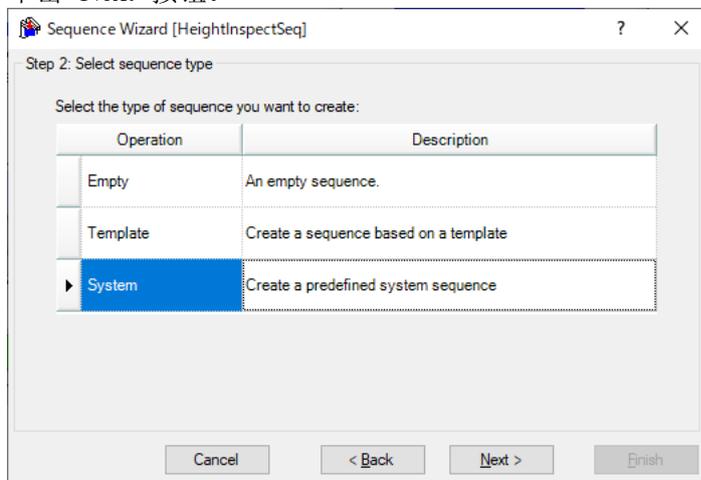
## 6.3.3.3 序列向导

下面说明专用力觉引导序列的HeightInspect序列的创建方法。

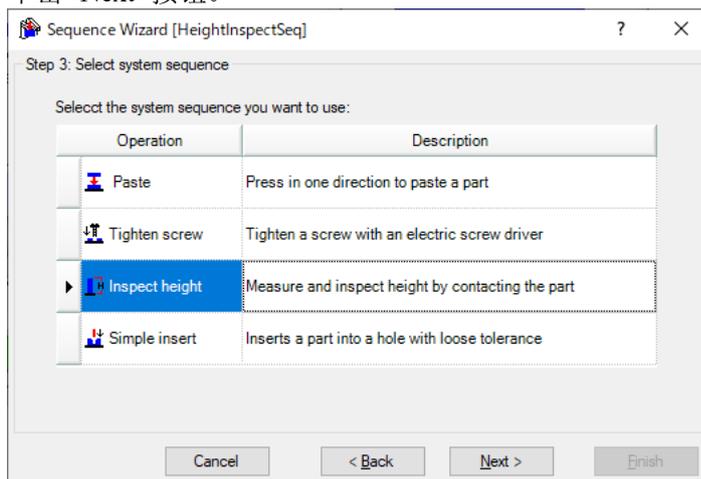
- (1) 在[Enter name for new sequence]中输入“HeightInspectSeq”。  
单击<Next>按钮。



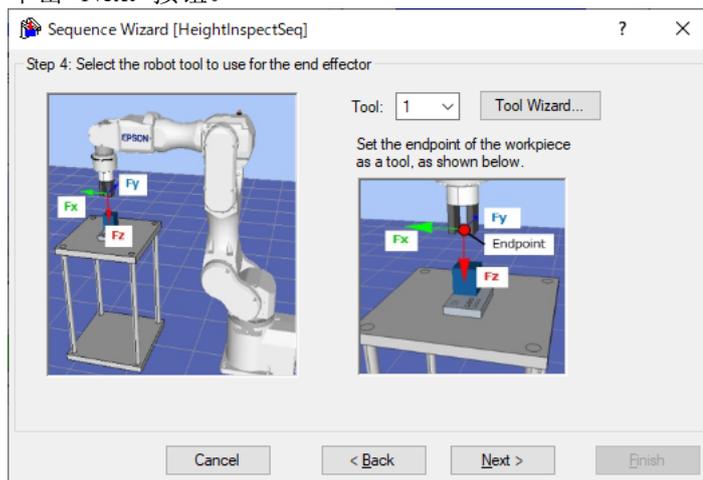
- (2) 会显示[Step 2: Select sequence type]对话框。  
选择[System]。  
单击<Next>按钮。



- (3) 会显示[Step 3: Select system sequence]对话框。  
选择[Inspect height]。  
单击<Next>按钮。

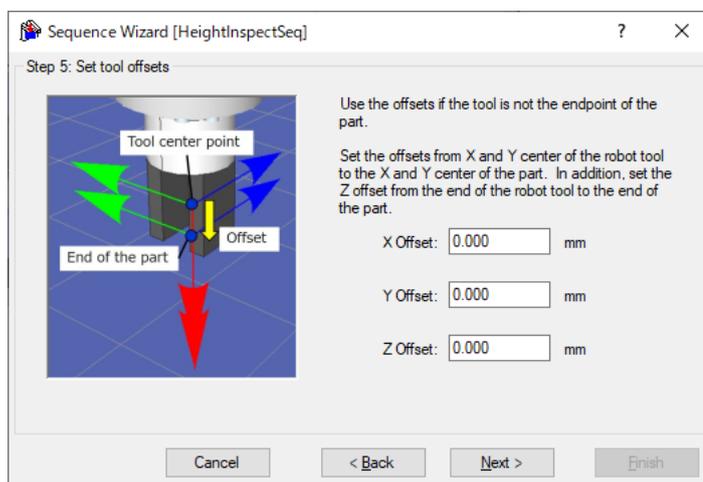


- (4) 会显示[Step 4: Select the robot tool to use for the end effector]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



项目	设置值	说明
Tool	1	指定该序列使用的工具编号。

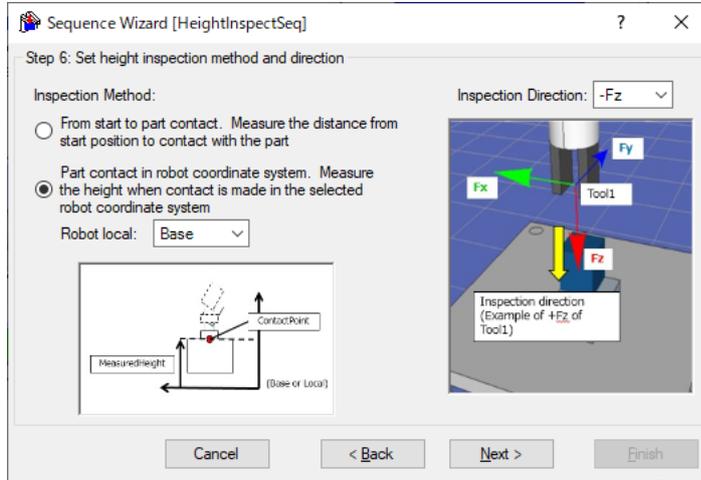
- (5) 会显示[Step 5: Set tool offsets]对话框。  
 设置工具偏移值，保持初始值即可，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



- (6) 此时会显示[Step 6: Set height inspection method and direction]对话框。  
 在检查方法中选择[Part contact in robot coordinate system.]，然后在坐标系中选择 Base。

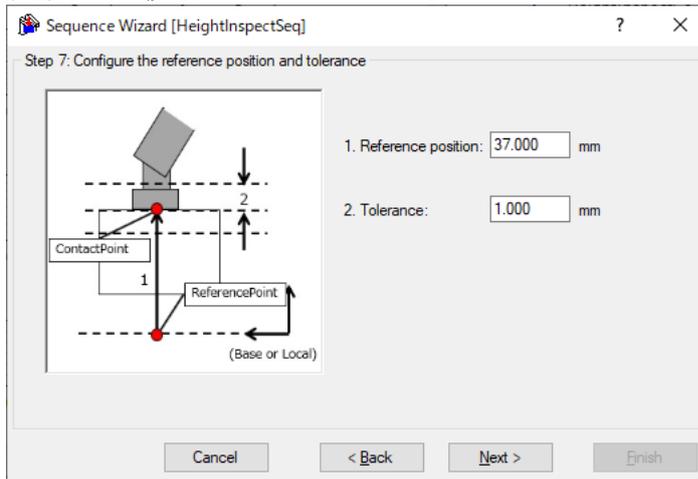
本教程是针对工具的正Z方向进行高度检查。工具坐标系的Z轴为笔直向下的方向时，会与基础坐标系的Z轴平行且方向相反，因此在基础坐标系中将检查方向选为-Fz方向。

单击<Next>按钮。



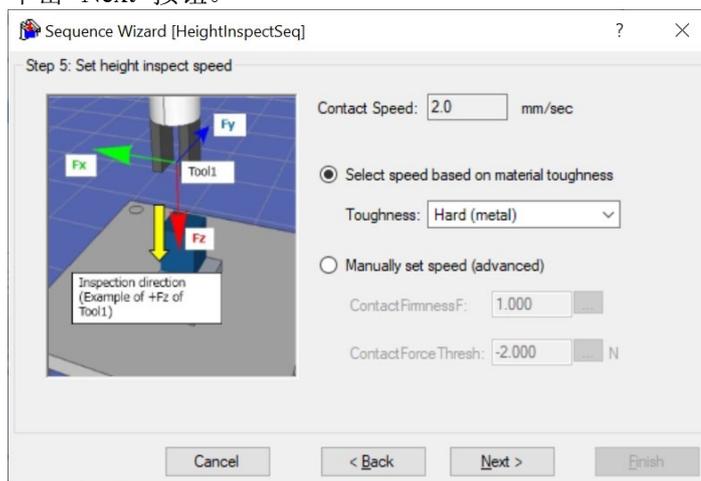
- (7) 此时会显示[Step 7: Configure the reference position and tolerance]对话框。  
 变更下表所述的属性。

单击<Next>按钮。



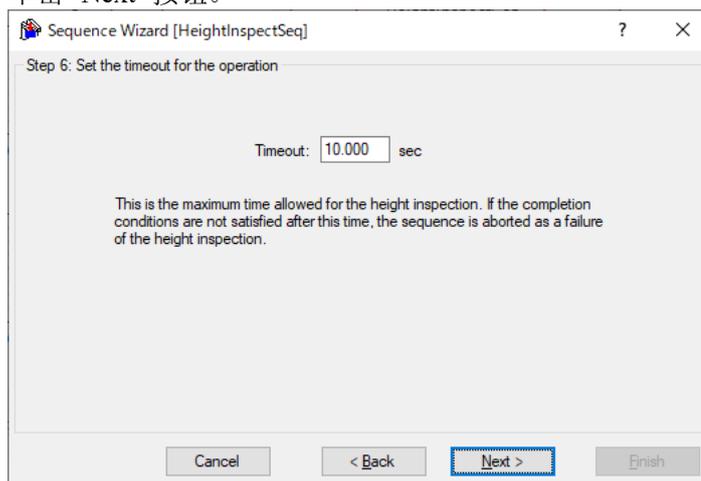
项目	设置值	说明
Reference position	37	用于设置 Z 坐标位置，以判定将工具坐标系设为 1 时的基础坐标系的高度检查成功。 请根据客户的使用环境设置 Z 坐标位置。 本教程设为 37mm。
Tolerance	1	用于设置高度检查成功的位置容许误差。 设为 1mm

- (8) 此时会显示[Step 8: Set height inspection speed]对话框。  
 选择[Select speed based on material toughness]。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



项目	设置值	说明
Toughness	Hard (metal)	用于根据工件的韧性设置接触速度。 选择 Hard (metal)时的接触速度为 2mm/sec。

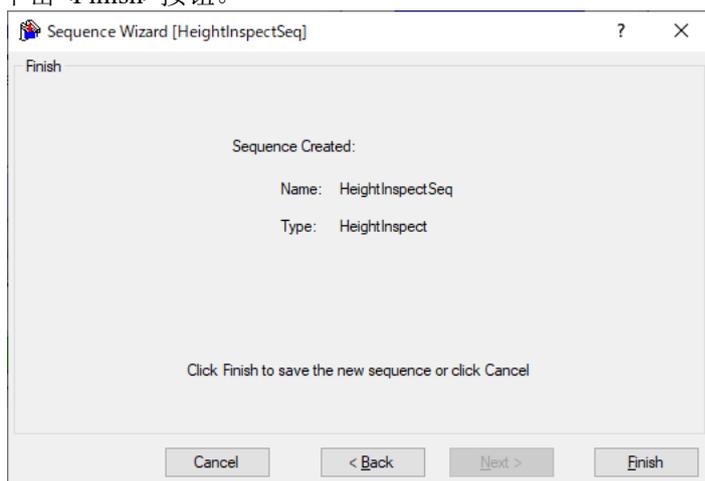
- (9) 会显示[Step 9: Set the timeout for the operation]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



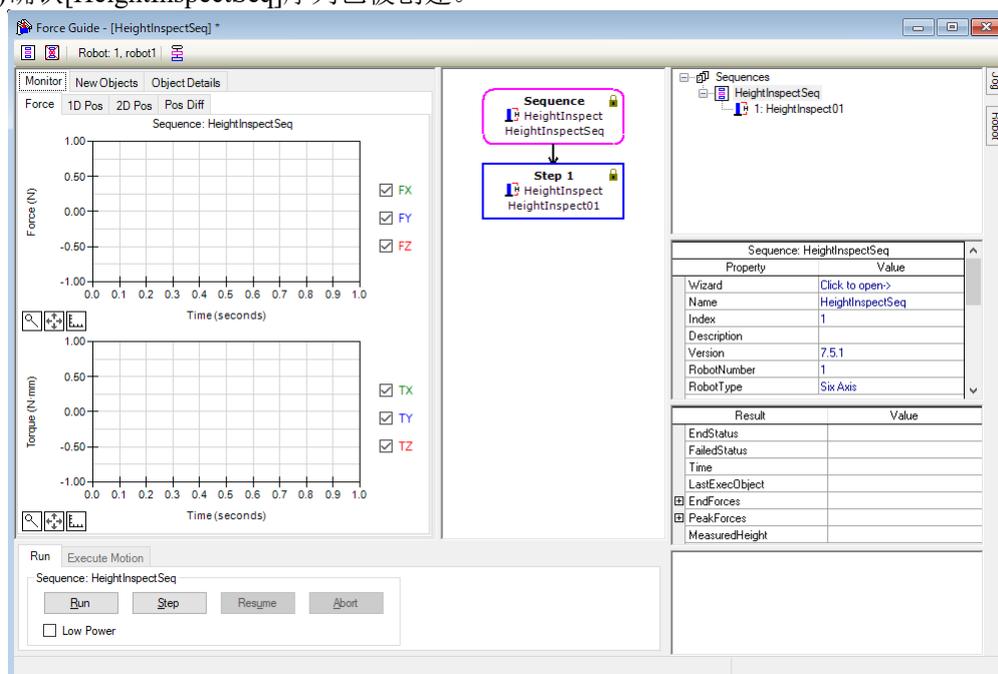
项目	设置值	说明
Timeout	10	设置超时时间。 设为 10sec。

(10) 会显示[Finish]对话框。

单击<Finish>按钮。



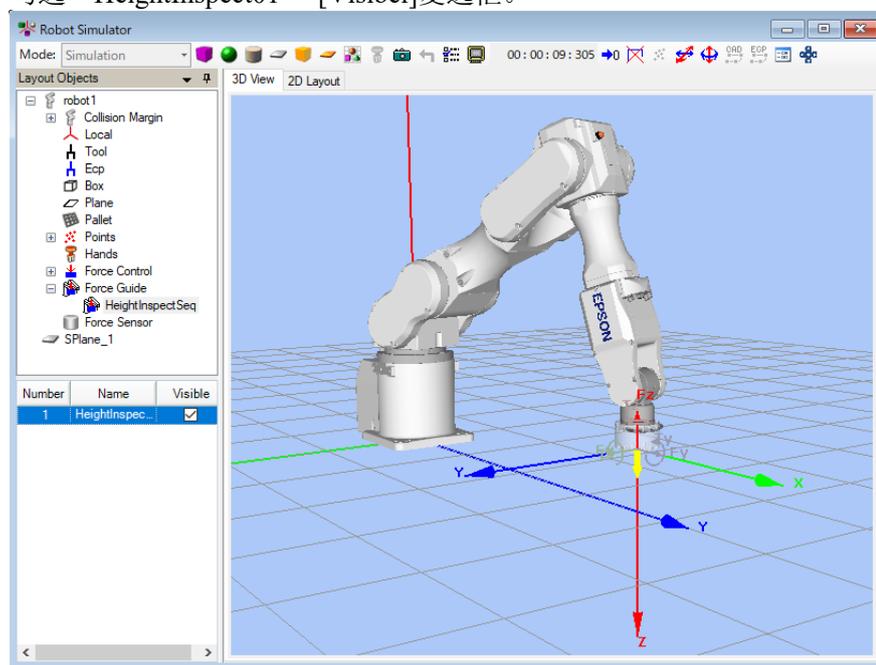
(11) 确认[HeightInspectSeq]序列已被创建。



### 6.3.3.4 设置的确认

下面使用模拟器说明确认检查方向等的设置是否正确的方法。

- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (2) 选择对象树-[Tool]。  
勾选 “No.1” -[Visibel]复选框。此时会显示 “Tool 1” 的箭头。
- (3) 单击对象树-[Force]-[Force Guide]-[HeightInspectSeq]。  
勾选 “HeightInspect01” -[Visibel]复选框。

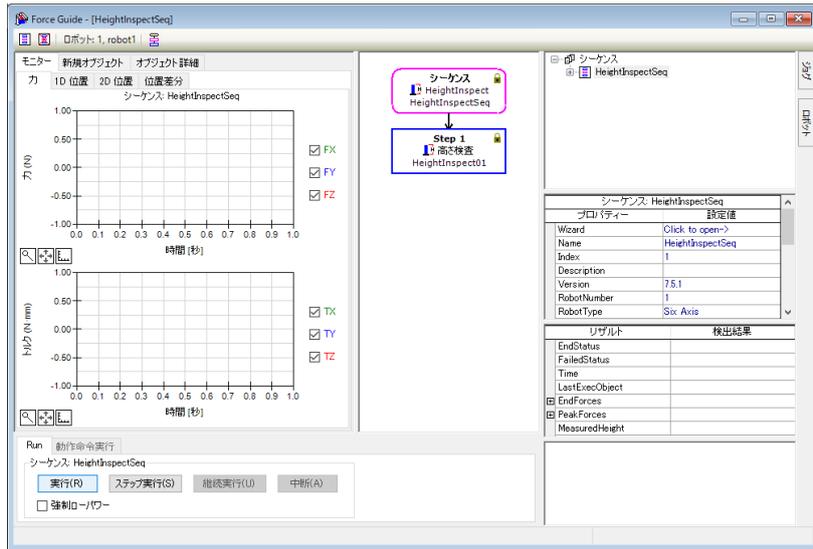


请确认显示黄色箭头的方向为高度检查方向。

### 6.3.3.5 通过力觉引导功能执行

下面说明利用EPSON RC+执行已创建HeightInspectSeq序列的方法。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 选择[Robot]选项卡。
- (3) 单击<POWER HIGH>按钮。  
可能会导致工件损坏时，请在低功率模式下进行动作。
- (4) 单击<Run>按钮。  
执行编译并将程序发送到机器人控制器中。  
设置存在错误时，会发生错误。请再次确认此前的设置内容，并根据错误信息修正参数。



- (5) 如果作业正确结束，流程图左上角则会显示“✔”，表明处于高度检查完成状态。



### 6.3.3.6 恢复为非接触状态

HeightInspect序列完成后，继续向机器人与工件之间施加力。为了防止机器人或末端执行器等发生故障或损坏，作业之后，需要立即置为未施加力的状态。如果已明确未向对象物施加力，可省略该步骤。

设为非接触状态的步骤包括下述方法。

- 通过 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Jog]组手动进行步进动作，使机器人离开对象物
- 操作 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]-[Jog & Teach]面板-[Execute Motion]选项卡，使机器人离开对象物
- 通过[Command Window]执行 Move 命令，使机器人离开对象物
- 将 SPEL 函数对象添加到 HeightInspect 对象的后面，在力觉引导序列的最后使机器人自动离开对象物

本节说明通过[Robot Manager]-[Jog & Teach]-[Execute Motion]选项卡的操作设为非接触状态的方法。

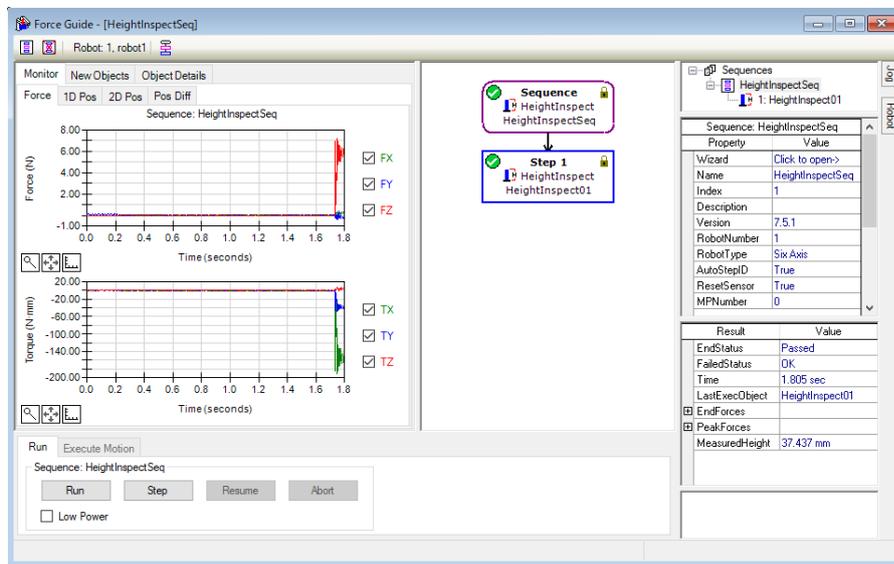
- (1) 显示[Robot Manager]。
- (2) 选择[Jog & Teach]选项卡。
- (3) 选择[Execute Motion]选项卡。
- (4) 在[Command]中选择“Move”。
- (5) 在[Destination]中选择“P1”。
- (6) 单击<Run>按钮。

机器人会移动到开始位置“P1”。至此，已进入非接触状态。

### 6.3.3.7 通过监视进行动作分析

下面说明利用EPSON RC+确认力觉引导序列动作结果的方法。

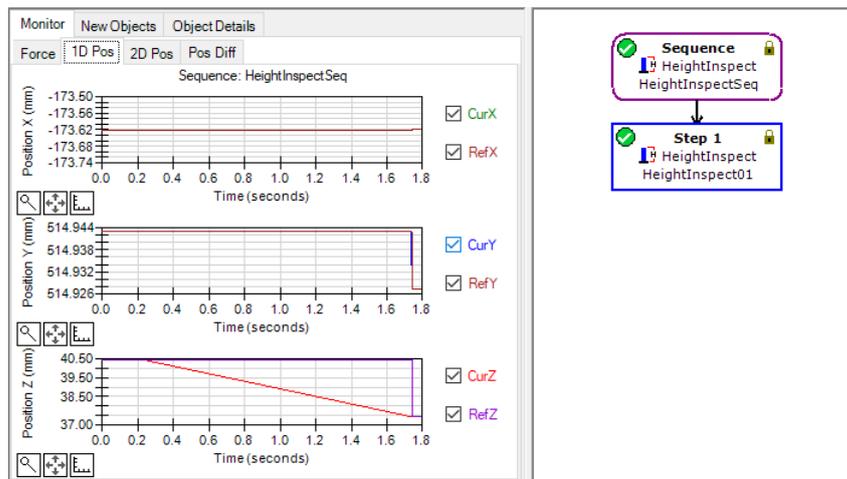
- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[HeightInspect]的序列流程。
- (3) [Result]中会显示作业结果(Passed / Failed)、结束时检测的力值或所需时间等。
- (4) [Monitor]中会显示执行[HeightInspect]序列期间的力或位置的图形。



## [1D Pos]选项卡

为分析用图形。(横轴：时间、纵轴：位置)

从图中可以看出，位置 Z 图形中的 CurZ 向降低(减小)的方向移动，1.7 秒附近时，“Step 1”结束，力控制完成，RefZ(基准位置)值面向 CurZ(当前位置)笔直下降(跳过)。



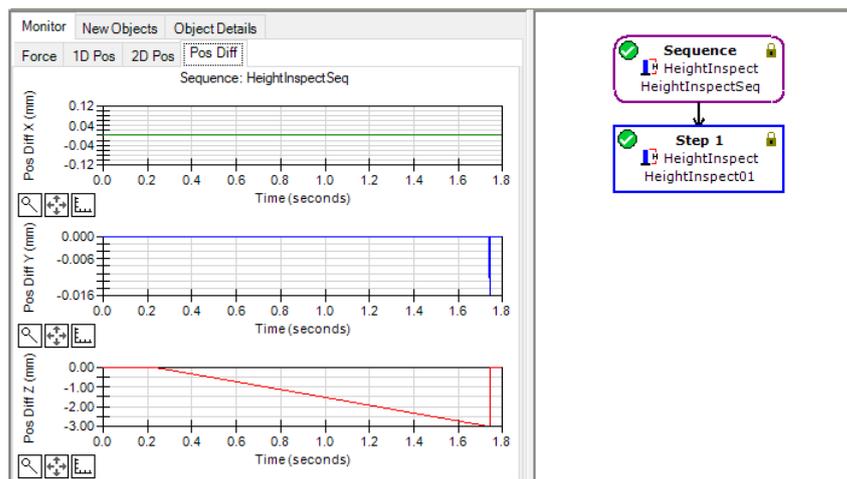
## [2D Pos]选项卡

为分析用图形。(纵轴、横轴：位置)

本教程的高度检查不向 X-Y 方向移动，因此无需理会。

## [Pos Diff]选项卡

用于显示力控制的相对位置变化。



试着变更图形的显示单位等，以确认力或位置的变化状态。

未正确检查时，可能是设置错误。请参考下述内容，然后再次确认本教程的步骤。

- 接触方向是否正确？
- 已设置的检查基准位置是否明显偏离机器人与检查对象物的接触位置？

HeightInspect 序列的教程至此结束。

### 6.3.4 Insert序列

下面使用专用力觉引导序列的 Insert 序列说明进行轴孔装配的方法。

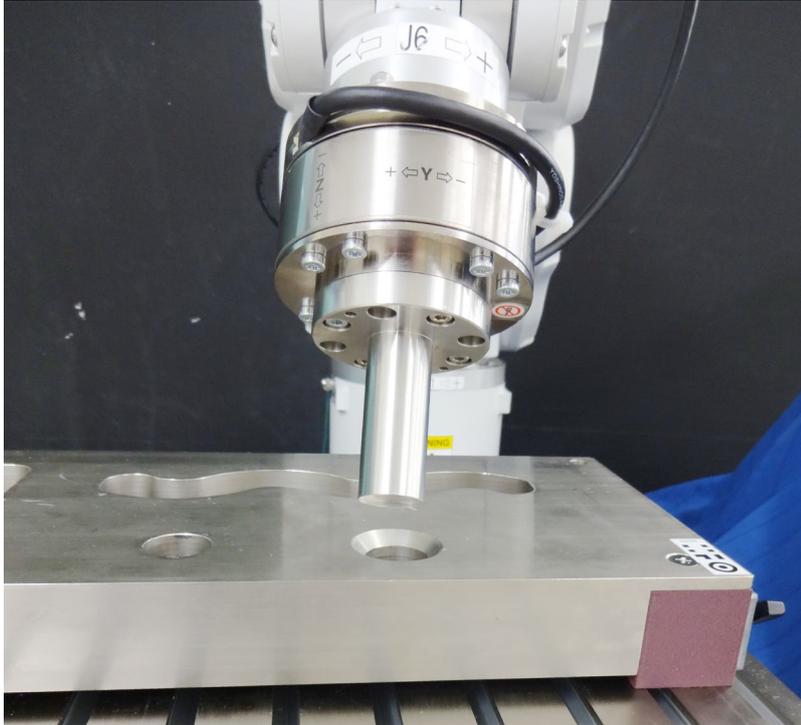
请客户准备工件。可能会因错误的设置而导致工件等损坏。请准备损坏也不会产生问题的工件，然后开始本教程。

照片中使用的材料为培训套件。有关图纸，请咨询销售商。

下面所示为规格。

末端执行器侧圆柱            直径 20mm、长度 40mm

孔侧                            直径约 20mm、C 面约 7mm



即使没有上述工件或部件，也可以使用圆柱形木材、软木、PET 瓶等简易地进行尝试。但请勿使用玻璃等碎裂时会导致危险的工件。碎片可能会飞向四周，从而导致受伤。另外，推进教程时，请注意周边状况。



■ 本教程说明的参数为参考值。

使用比较稳定的参数，但可能会因动作环境而导致作业不成功或产生振动动作。另外，可能需要调整参数。敬请注意。

为便于说明，使用低速稳定的参数。要进行更高速的动作时，需要调整参数。

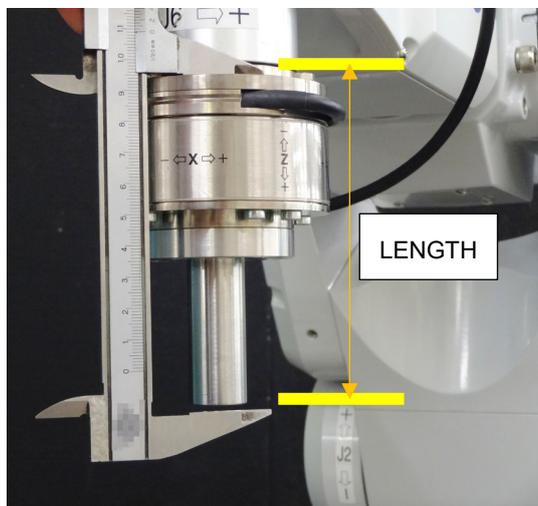
### 6.3.4.1 工具设置的确认

“轴孔装配”作业不仅涉及 X、Y、Z 的前进方向，几乎都是在跟随各旋转方向的同时进行作业。

“轴孔装配”作业时，请务必进行工具设置。

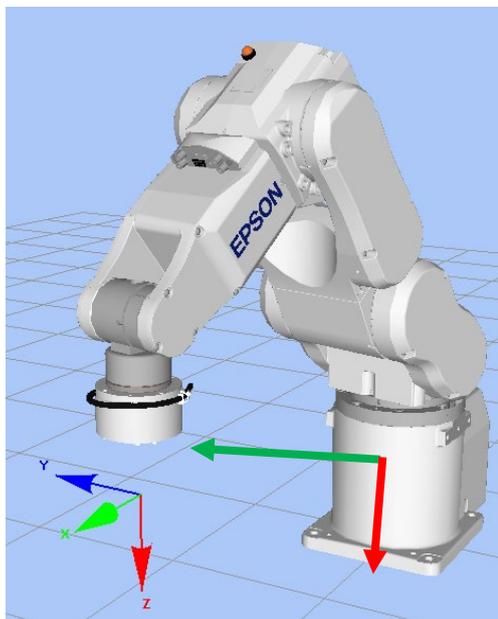
(1) 使用游标卡尺等测量 J6 法兰面到圆柱顶端之间的距离。

下图所示情况时，为 109mm。(力觉传感器：49mm、末端执行器：60mm)



- (2) 在[Command Window]执行下述命令。  
请在“**LENGTH**”中输入步骤(1)测量的值。(单位：mm)  
设置并选择工具 1。  

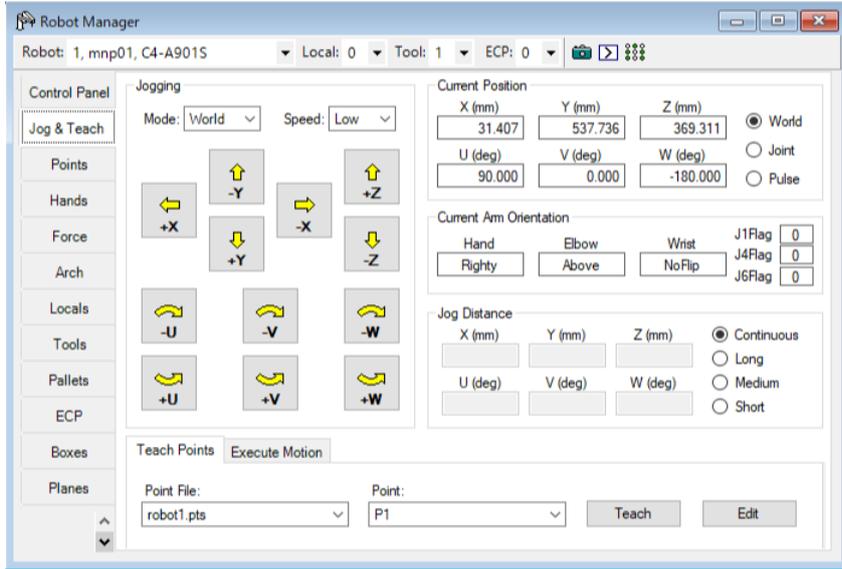
```
> TLSet 1, XY ( 0, 0, LENGTH, 0, 0, 0)
> Tool 1
```
- (3) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (4) 单击对象树-[Manipulator Name]-[Tool]。
- (5) 勾选“No.1”-[Visibel]复选框。
- (6) 确认在画面上与实机上对准工具 1 的位置与姿势(方向)。  
不同时，请重新进行正确设置。



### 6.3.4.2 位置的示教

下面说明“轴孔装配”作业开始位置的示教方法。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时会显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Jog & Teach]，显示面板。



- (3) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
此时会显示[Force Monitor]对话框。  
单击[Force Monitor]对话框中的<Start Live>按钮。  
此时会开始显示当前力觉传感器的输出值。
- (4) 单击[Jog & Teach]窗口中的 Jog 按钮，将机器人移动到圆柱与孔面对面的位置。

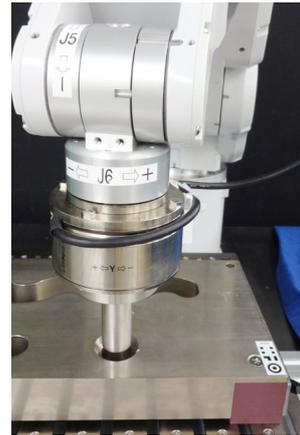
根据需要在 Command Window 中执行下述命令。

> Go Align(Here)

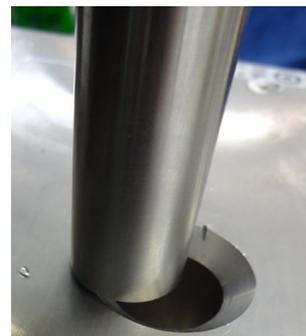
以当前位置为基准，平行于 Base 坐标系的姿势。可在面对面的状态下简单地移动。

详情请参阅下述手册。

EPSON RC+ SPEL+ 语言参考 Align 函数



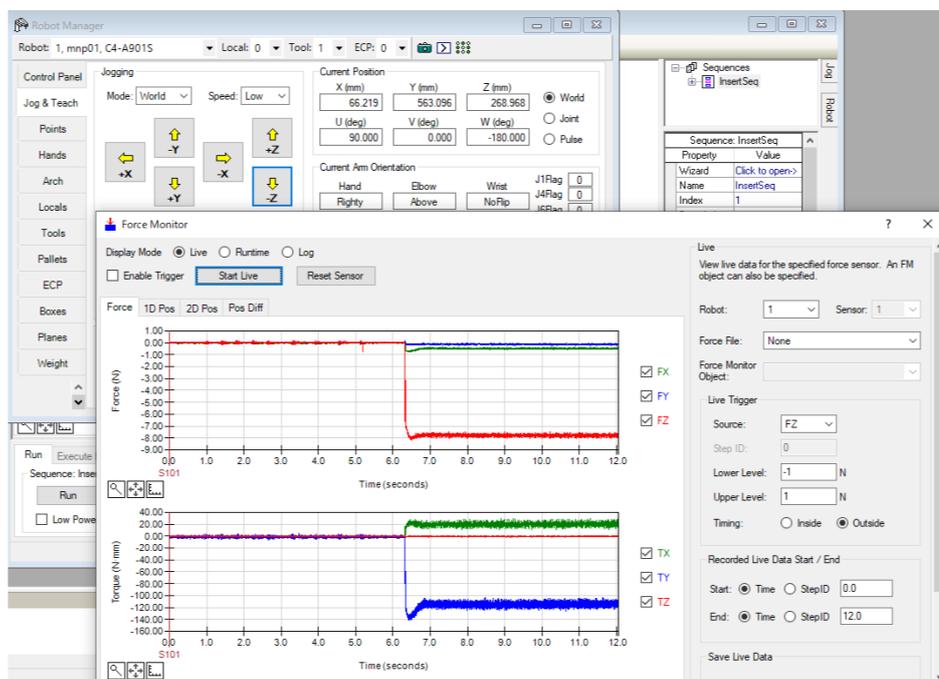
- (5) 单击[Force Monitor]对话框-<Reset Sensor>按钮。  
会消除重力与传感器值漂移的影响，并将当前值设为零。
- (6) 使用[Jog & Teach]窗口中的 Jog 按钮，将机器人移动到稍稍偏离插入中心的位置。  
为了确定动作开始位置到孔顶面之间的距离，移动到锥形(C面)的稍稍靠向外侧的位置。



## (7) 选择[Jog Distance-&lt;Short&gt;]按钮。

数次单击 Jog 按钮，将机器人向-Z 方向移动，直至接触对象物。

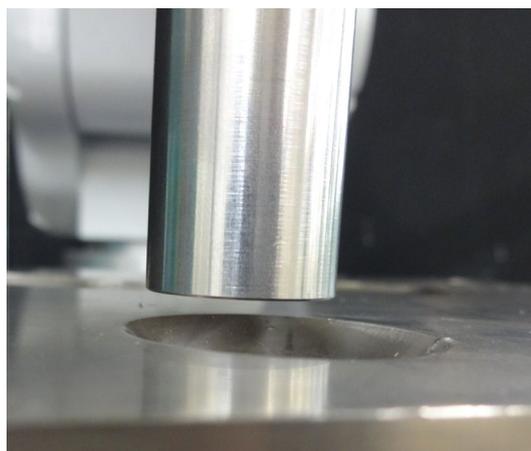
接触对象物时，变更力觉传感器的输出值。请确认监视值根据步进移动的时序发生变化。



## (8) 选择[Jog Distance]-&lt;Medium&gt;]按钮。

单击 3 次 Jog 按钮，使圆柱处于非接触状态，然后向+Z 方向将机器人移动

3mm。此外，针对 XY 方向也数次单击 Jog 按钮，将机器人移动到在+Z 方向插入时圆柱接触锥形的位置。



该位置为插入开始位置以及进行力觉传感器重置的位置。

## (9) 在[Point]中选择“P8”。

## (10) 在[Point Label]中输入“InsertStart”。

单击<OK>按钮。

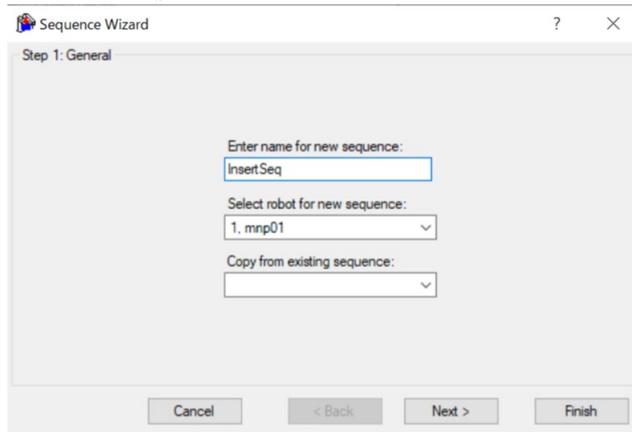
## (11) 单击 EPSON RC+ 菜单-[File]-[Save all files]。

文件被保存。

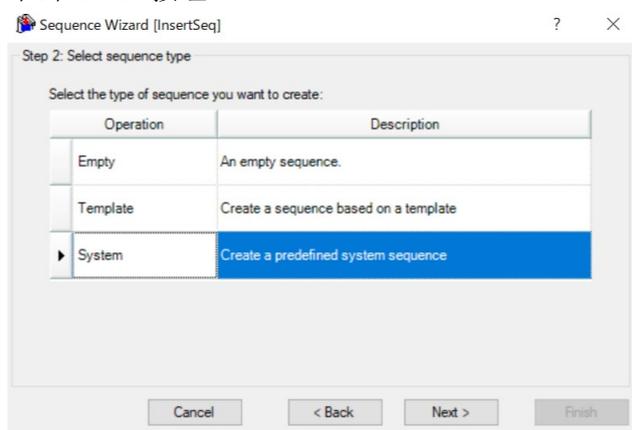
### 6.3.4.3 序列向导

下面说明专用力觉引导序列的Insert序列的创建方法。

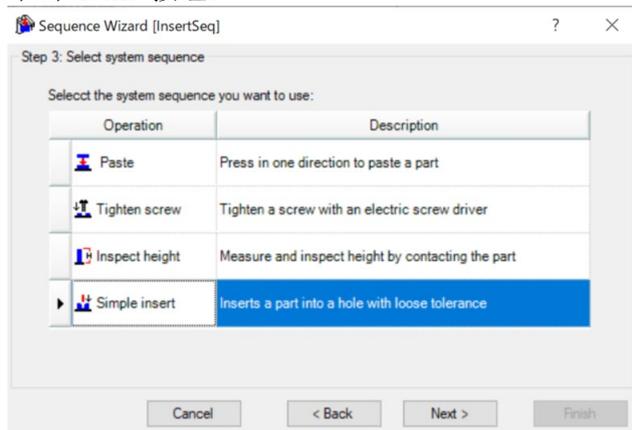
- (1) 在[Enter name for new sequence]中输入“InsertSeq”。  
单击<Next>按钮。



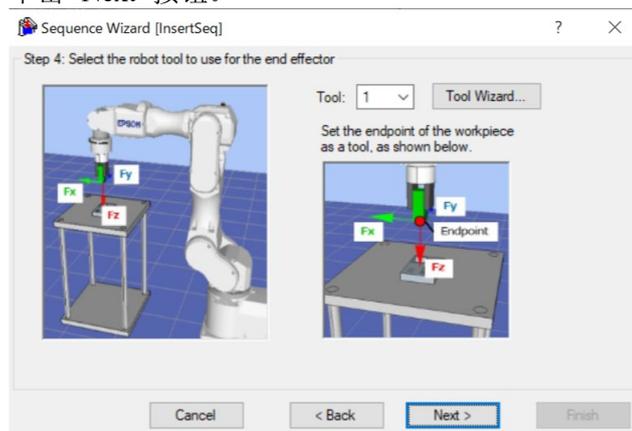
- (2) 会显示[Step 2: Select sequence type]对话框。  
选择[System]。  
单击<Next>按钮。



- (3) 会显示[Step 3: Select system sequence]对话框。  
选择[Simple insert]。  
单击<Next>按钮。

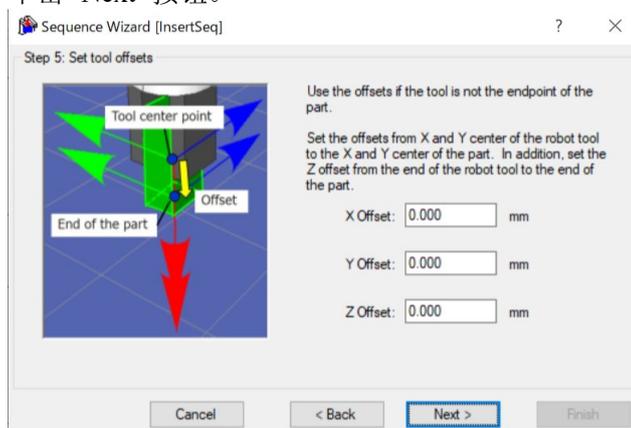


- (4) 会显示[Step 4: Select the robot tool to use for the end effector]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。

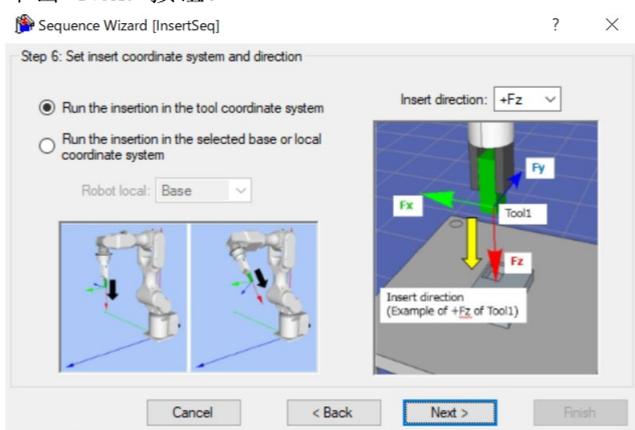


项目	设置值	说明
Tool	1	指定该序列使用的工具编号。

- (5) 会显示[Step 5: Set tool offsets]对话框。  
 设置工具偏移值，保持初始值即可，无需变更。  
 单击<Next>按钮。



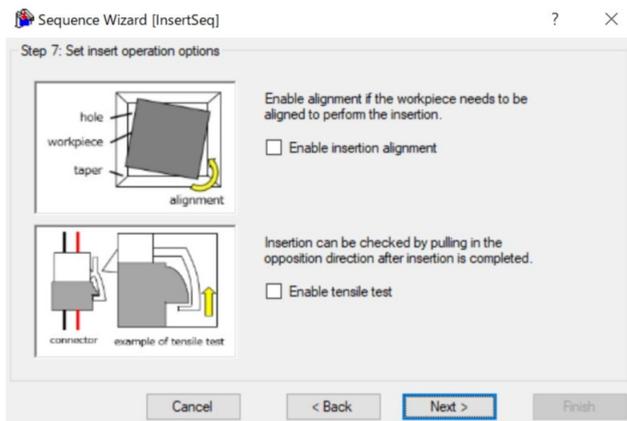
- (6) 此时会显示[Step 6: Set insert coordinate system and direction]对话框。  
 本教程针对工具坐标系的+Fz 方向进行插入。(\*1)  
 作为初始值，坐标系已利用+Fz 设置工具、插入方向，因此无需变更。  
 单击<Next>按钮。



\*1 【参考】

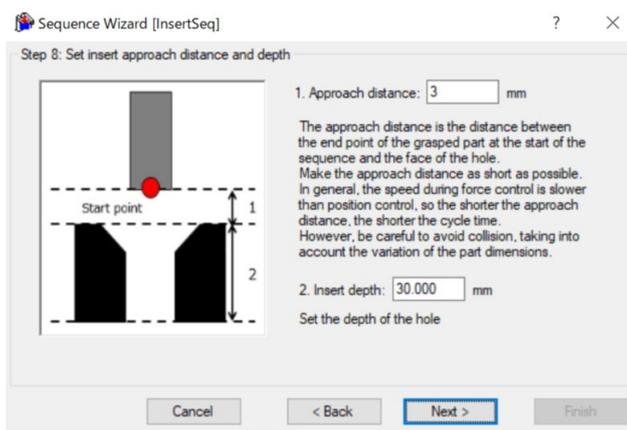
	6 轴机器人	SCARA 机器人
机器人动作示意图  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; font-size: 24px; margin: 10px;">插入</div>		
(Press/Contact) Orient	<b>+Fz</b>	<b>-Fz</b>
Force 的符号 (包括监视显示)	-	+

- (7) 此时会显示[Step7: Set insert operation options]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



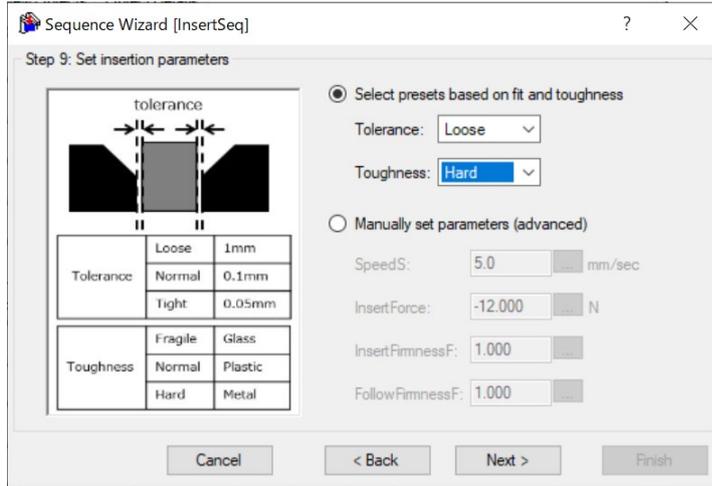
项目	设置值	说明
Enable insertion alignment	Disable	用于将相位对准设为无效。 本教程使用圆柱工件，因此无需进行相位对准。

- (8) 此时会显示[Step8: Set insert approach distance and depth]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



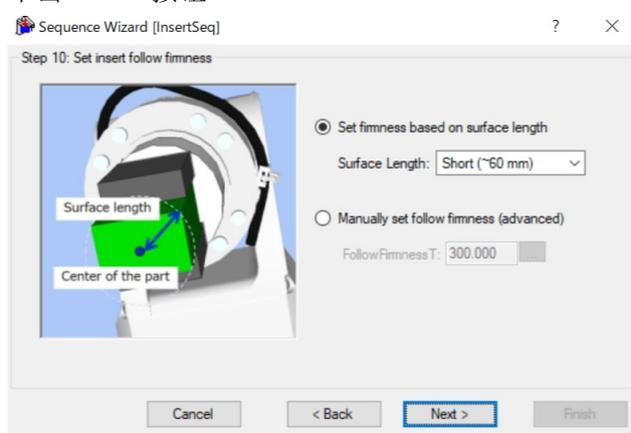
项目	设置值	说明
Approach distance	3	用于设置圆柱顶端到孔顶面之间的距离。 设为 3mm。
Insert depth	30	用于设置孔的深度。 设为 30mm。

- (9) 此时会显示[Step9: Set insertion parameters]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。



项目	设置值	说明
Tolerance	Loose	用于根据圆柱与孔之间的公差设置插入速度与插入力。 请根据客户使用工件的公差进行选择。 选择 Loose 时的插入速度为 5mm/sec。 选择 Loose 并将 Toughness 选为 Hard 时的插入力为 -12N。
Toughness	Hard	用于根据圆柱与孔的韧性设置插入力与插入方向力控制功能的强度。 请根据客户使用工件的材质进行选择。 选择 Hard 时的插入方向力控制功能的强度为 1。

- (10) 此时会显示[Step10: Set insert follow firmness]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击<Next>按钮。

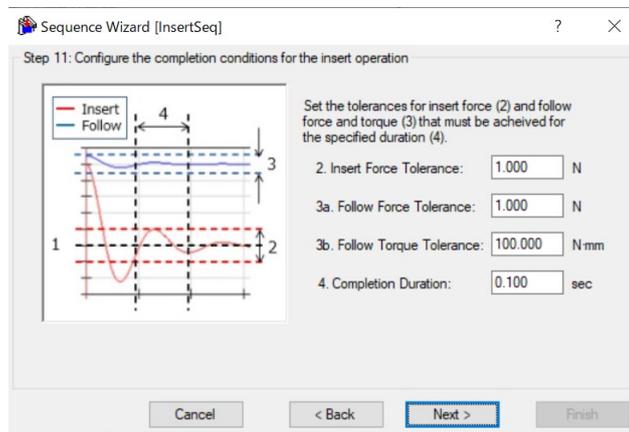


项目	设置值	说明
Surface length	Short (~60 mm)	用于根据 TCP 到工件端点之间的长度设置跟随方向力控制功能的强度。 请根据客户使用工件的公差进行选择。 选择 Short (~60mm)时的跟随方向力控制功能的强度为 300。

(11)此时会显示[Step11: Configure the completion conditions for the insert operation]对话框。

如果变更各属性，插入作业的完成条件则会被变更，但本教程无需变更初始值。

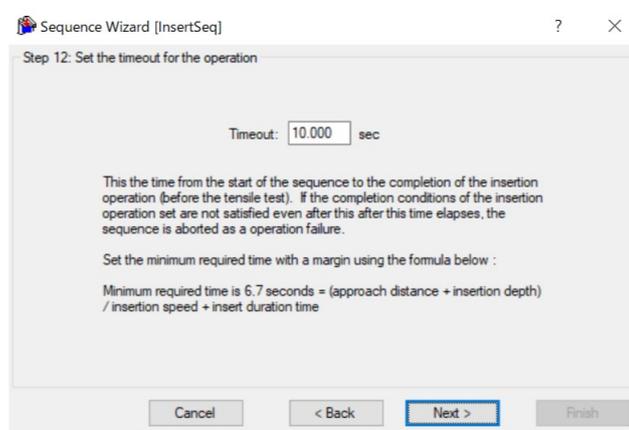
单击<Next>按钮。



(12)此时会显示[Step 12: Set the timeout for the operation]对话框。

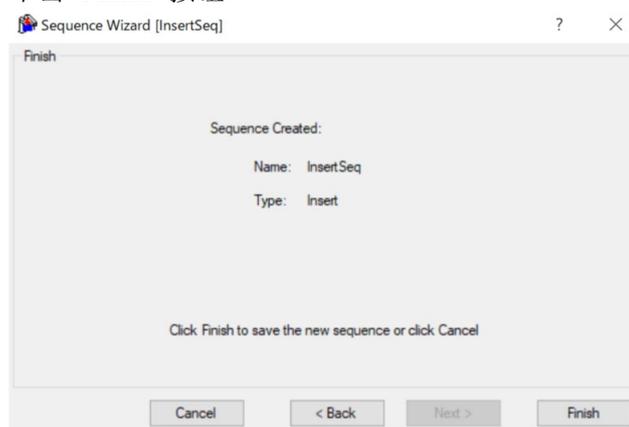
无需变更初始值。

单击<Next>按钮。



(13)会显示[Finish]对话框。

单击<Finish>按钮。



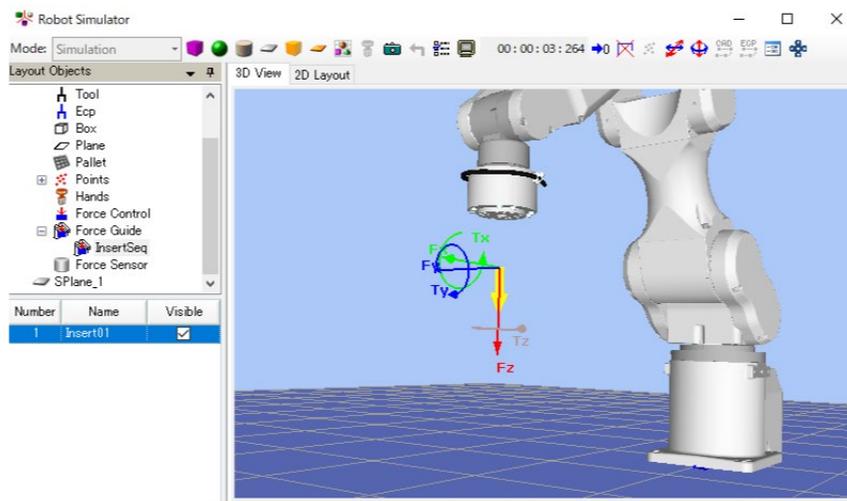
(14)确认[InsertSeq]序列已被创建。



#### 6.3.4.4 设置的确认

下面使用模拟器说明确认插入方向等的设置是否正确的方法。

- (1) 单击 EPSON RC+ 菜单-[Tools]-[Simulator]。  
此时会显示[Simulator]窗口。
- (2) 选择对象树-[Force]-[Force Guide]-[InsertSeq]。
- (3) 勾选下述复选框。  
[Insert01]-[Visible]



- (4) 请确认显示黄色箭头的方向为插入圆柱的方向。  
方向不同时，请参阅下述章节确认设置。  
软件篇 6.2.1.3 属性的设置

### 6.3.4.5 通过力觉引导功能执行

下面说明在[Force Guide]窗口中执行进行“轴孔装配”的序列的方法。

- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击<Run>按钮。  
 执行编译并将程序发送到机器人控制器中。设置存在错误时，会发生错误。请再次确认此前的设置内容，并根据错误信息修正参数。
- (3) 满足属性中设置的条件并可执行到最后时，流程图左上角会显示“

The screenshot displays the Force Guide - [InsertSeq] window. It features two line graphs: the top graph shows Force (N) vs. Time (seconds) with axes for FX, FY, and FZ; the bottom graph shows Torque (N mm) vs. Time (seconds) with axes for TX, TY, and TZ. A central flowchart shows a 'Sequence' box with a green checkmark and a 'Step 1' box. On the right, a 'Properties' table lists details for the 'InsertSeq' sequence, including Name, Index, Version, RobotType, and EndStatus (Passed).

Property	Value
Wizard	Click to open->
Name	InsertSeq
Index	1
Description	
Version	7.5.1
RobotNumber	1
RobotType	Six Axis
AutoStepID	True
ResetSensor	True
MFPNumber	0
PointFile	None
RobotTool	1
Coordinate S	
<b>Result</b>	
EndStatus	Passed
FailedStatus	OK
Time	3.923 sec
LastExecObject	Insert01
EndForces	
PeakForces	

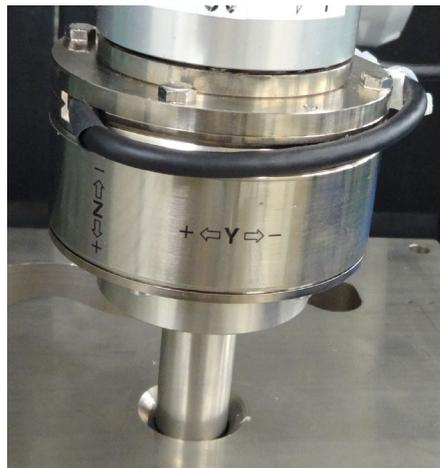
### 6.3.4.6 恢复为非接触状态

下面说明恢复为非接触状态的方法。

作业完成之后，继续保持进行轴孔装配的力。

进行间隙为数十微米的精密轴孔装配时，即使在作业结束的状态下，也可能会施加较大的力。

为了防止机器人或末端执行器等发生故障或损坏，作业之后，需要立即使机器人离开对象物，并置为未施加力的状态。如果已明确未向对象物施加力，可省略该步骤。



- 以 0.1mm 左右的小间隔进行步进动作，置于非装配状态。
  - 将圆柱置于非抓取状态。
  - 另行创建进行“拔出”的力觉引导序列(向插入方向的相反方向压装)，拔出棒材。
- 装配作业经过 5 分钟之后，力觉传感器的检测值可能会因漂移的影响而发生变化，导致无法取出。  
详情请参阅下述章节。

软件篇 6.2.3.9 发展课题 - 2

本教程可在确认力觉监视的同时，通过步进动作拔出棒材。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
此时会显示[Force Monitor]对话框。
- (2) 单击<Start Live>按钮。  
此时会显示当前选择的力觉监视对象的图形。
- (3) 显示[Robot Manager]。
- (4) 选择[Jog & Teach]面板。
- (5) 在[Jog]-[Mode]中选择“Tool”。  
该设置最适合在对带有倾斜度的孔跟随的同时进行装配时，垂直于孔进行拔出。
- (6) 选择[Jog Distance]-<Short>按钮。

(7) 向-Z方向以 0.1mm 的间隔移动。

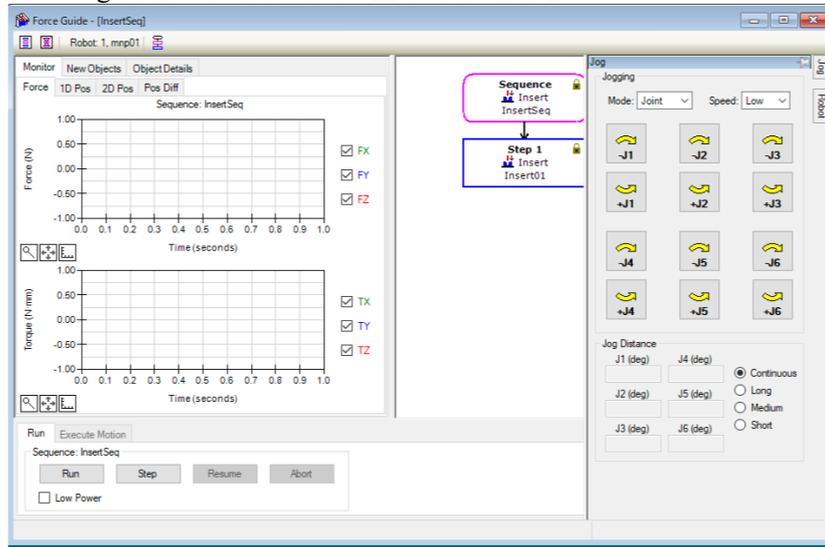
输出值会因力觉传感器的漂移特性而随着时间的经过偏离“0”值。力值的相对变化会正确反映接触状态的变化。

在确认显示的图形值的同时单击 Jog 按钮，向 X、Y 方向移动机器人，置于非接触状态。

参考：软件篇 2.1 力觉传感器的重置

[参考]

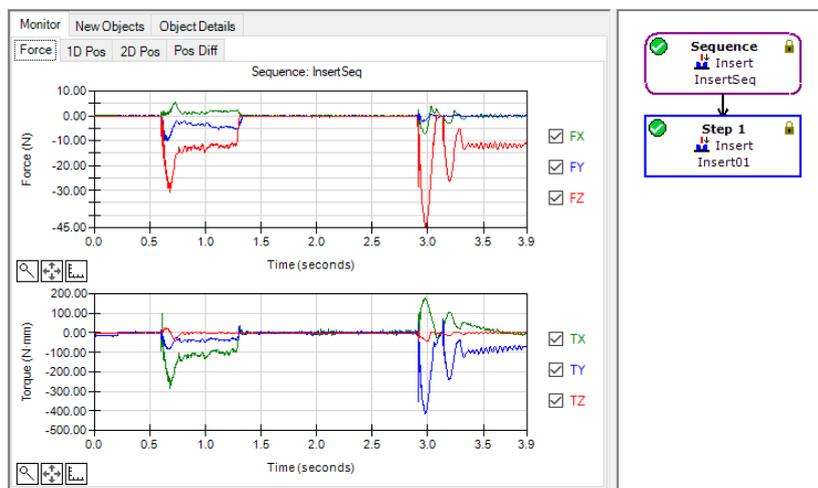
[Force Guide]窗口中带有[Jog]选项卡。如果选择该选项卡，则会显示[Jog]窗口。可单击 Jog 按钮，移动机器人，置于非接触状态。



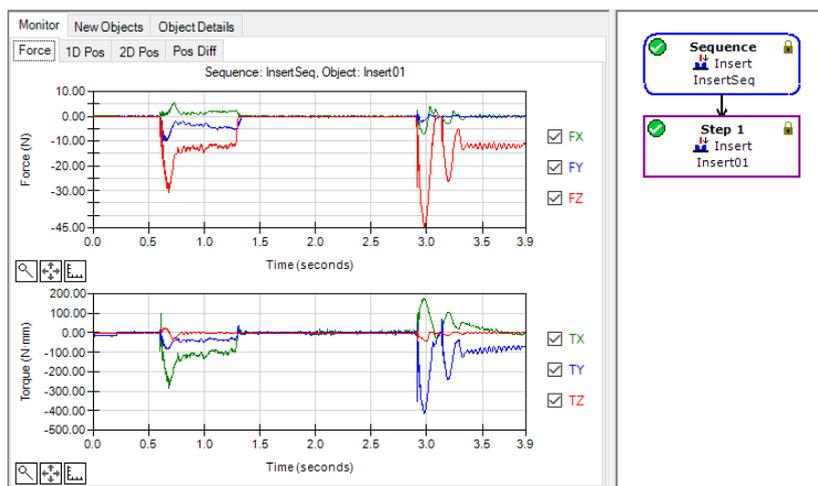
## 6.3.4.7 通过监视进行动作分析

下面说明利用EPSON RC+确认力觉引导序列动作结果的方法。

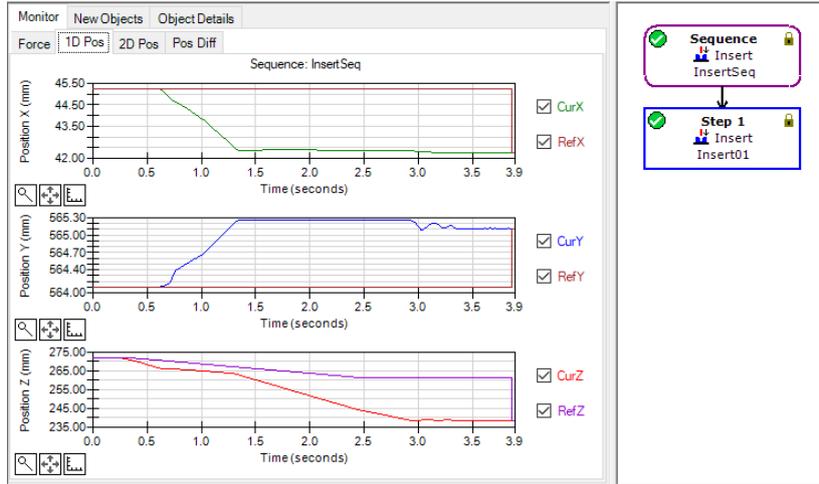
- (1) 显示[Force Guide]窗口。
- (2) 单击[InsertSeq]的序列流程。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。选择[Force]选项卡。  
图形中会显示执行[InsertSeq]序列期间的力或位置。



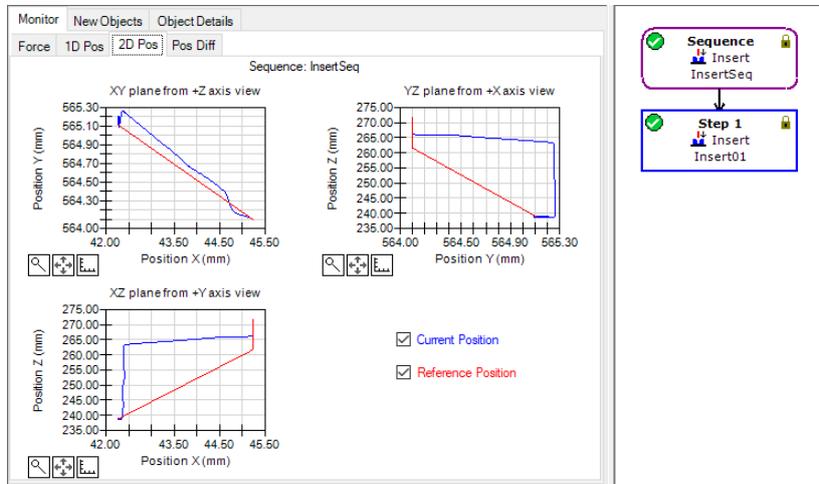
- (4) 如果单击[Step1]的对象流程，图形中则会显示执行选中力觉引导对象期间的力或位置。



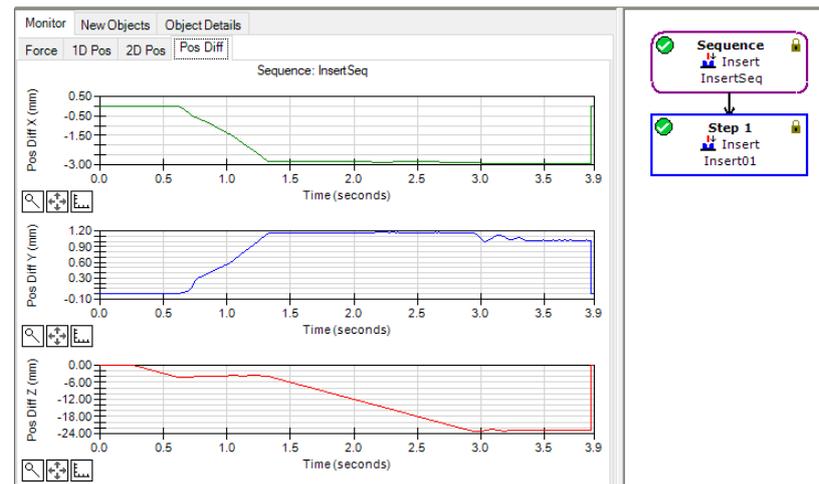
- (5) 单击[InsertSeq]的序列流程。  
 选择[Monitor]选项卡。选择[1D Pos]选项卡。  
 此时会显示分析用图形。(横轴：时间、纵轴：位置)



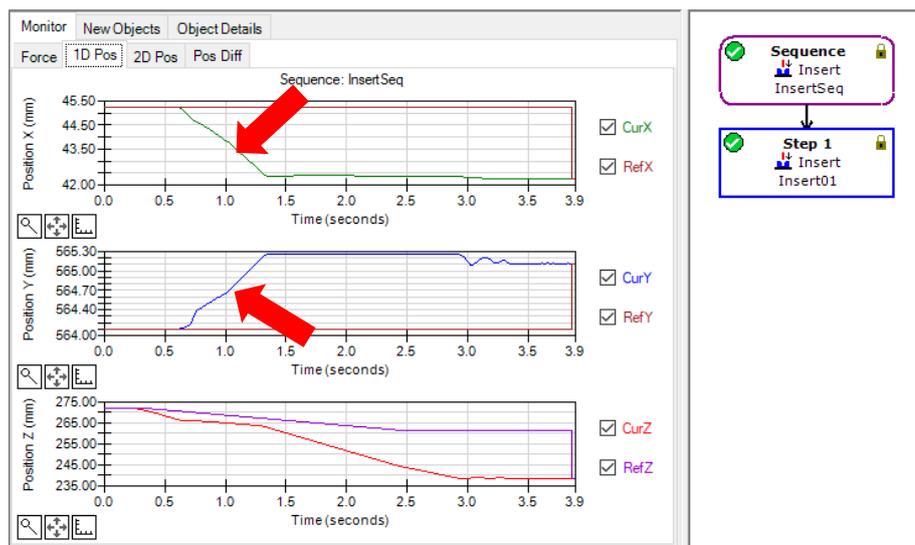
- (6) 选择[2D Pos]选项卡。  
 此时会显示分析用图形。(横轴、纵轴：位置)



- (7) 选择[Pos Diff]选项卡。  
 此时会将力控制产生的移动记录为相对位置变化。与[1D Pos]选项卡的图形不同。



- (8) 试着变更图形的显示单位等，以确认力或位置的变化状态。
- (9) 试着在查看本教程所示监视的同时确认动作结果。  
如红色箭头所示，在对插入方向以外的方向跟随的同时进行插入，即可插入。



未正确插入时，可能是设置错误。请参考下述内容，然后再次确认本教程的步骤。

- 插入方向是否正确？
- 开始位置与孔的偏差是否过大？
- 接近距离与插入长度的设置是否正确？

6.3.4.8 发展课题

请实际尝试下述操作。

1. 使用如“软件篇 6.2.3.7 恢复为非接触状态”所示的步进进行数十毫米的移动是非常麻烦的。  
 试着采用在轴孔装配之后使用力控制功能进行拔出的方法。  
 此时，无需通过[Sequence]-[Property]进行力觉传感器重置。

 <b>注意</b>	<p>■ 装配经过5分钟之后，可能会因力觉传感器的漂移特性而无法检测到正确的值，并导致拔出失败。另外，此时可能会向工件施加过大的力，并导致工件损坏。请在执行力觉引导序列之后执行。</p> <p>如果在接触状态下重置力觉传感器，此时的力与转矩则会变为“0”。在这种状态下，无法正确地执行力控制功能，可能会导致拔出失败并造成工件损坏。请务必将[ResetSensor]属性设为“False”。另外，在力觉监视中单击&lt;Reset Sensor&gt;按钮或重新启动控制器等重置力觉传感器时，请勿执行力控制功能，而是使用步进进行移动，置于非抓取状态，然后置于非装配状态。</p>
--	--

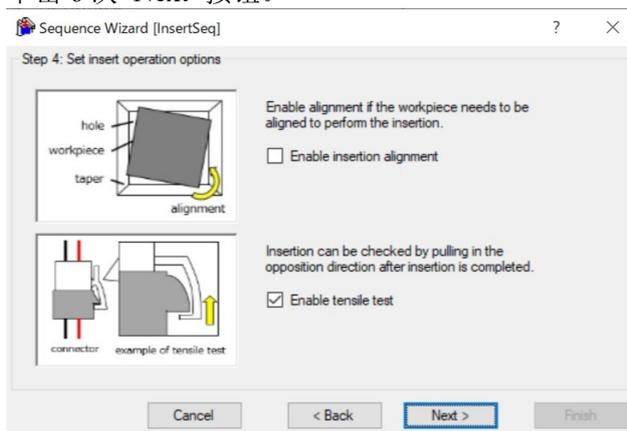
- (1) 在[InsertSeq]之外，创建其它空白力觉引导序列。  
 例： PullFromHole
- (2) 仅添加 Press 对象，并设置属性。  
 6 轴机器人时，请以下述设置为基准，调整[Firmness]等属性。
  - 在[Fz\_ControlMode]中设置 “Press- ” 方向
  - 将[Fx\_ControlMode]、[Fy\_ControlMode]设为 “Follow”
  - 在[Fz\_ControlMode]中设置 10N 以下的力  
 (如果过大，则可能会导致挂住。)
  - 将[Timeout]设为 60sec 等较大的值  
 (即使已拔出，也会持续该时间动作。请单击<Cancel>按钮，停止机器人。)
  - 将[FZ\_Firmness]设为与[InsertSeq]的[Insert01]的 InsertFirmnessF 相同的值
  - 将[Fx\_Firmness]、[Fy\_Firmness]设为与[InsertSeq]的[Insert01]的 FollowFirmnessF 相同的值
- (3) 单击选择流程图的序列流程。
- (4) 将[ResetSensor]属性设为 “False” 。
- (5) 请参阅下文，执行力控制功能。

6.3.4.5 通过力觉引导功能执行的动作

2. 在本教程中进行了轴孔装配，也具有下述功能：使用形状类似连接器并且装配后拔不出来的工件，在装配后向装配的相反方向进行拉拽，确认工件拔不出来。  
 按下述说明进行实际尝试。

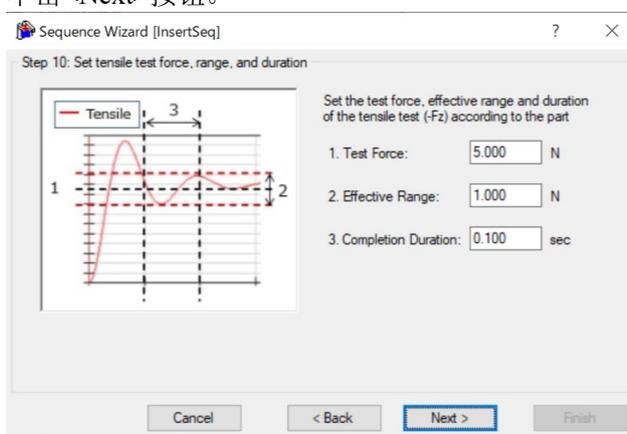
- (1) 显示[ForceGuide]窗口。
- (2) 右键单击[InsertSeq]序列流程，然后单击序列向导。会显示序列向导。

- (3) 单击 3 次<Next>按钮，显示[Step 4: Set insert operation options]对话框。  
 变更下表所述的属性。  
 单击 6 次<Next>按钮。



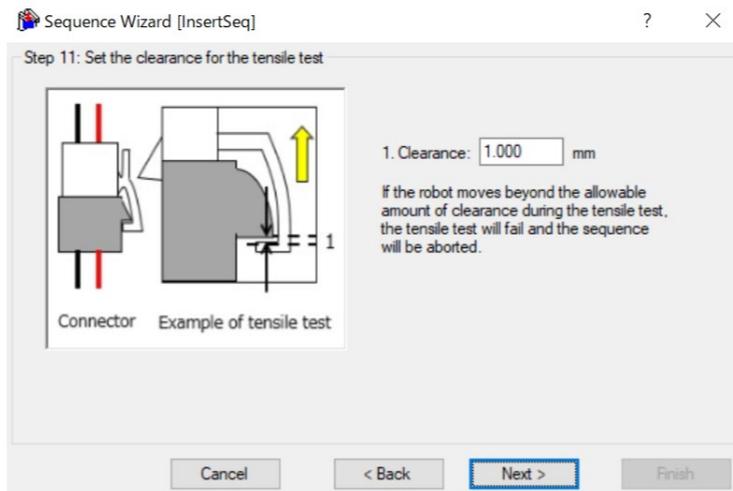
项目	设置值	说明
Enable tensile test	有效	插入作业完成之后，向插入方向的相反方向施力，确认拔不出来。

- (4) 会显示[Step 10: Set tensile test force, range, and duration]对话框。  
 根据客户工件变更下表所述的属性。如果可保持初始值，则无需变更。  
 单击<Next>按钮。



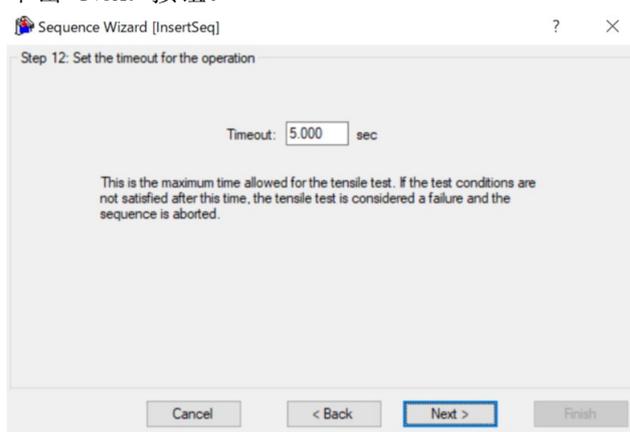
项目	设置值	说明
Test Force	5	设置拉伸测试中进行拉伸的测试力。请根据客户使用的工件进行设置。设为 5N。
Effective Range	1	是指有关测试力的完成条件的容许误差。设置作为拉伸测试完成条件的容许误差。Z 轴：持续保持在 $5 \pm 1N$ 中加上力值的状态。
Completion Duration	0.1	设置要判定为满足完成条件的持续时间。设为 0.1sec。

- (5) 会显示[Step 11: Set the clearance for the tensile test]对话框。  
 根据客户工件变更下表所述的属性。如果可保持初始值，则无需变更。  
 单击<Next>按钮。

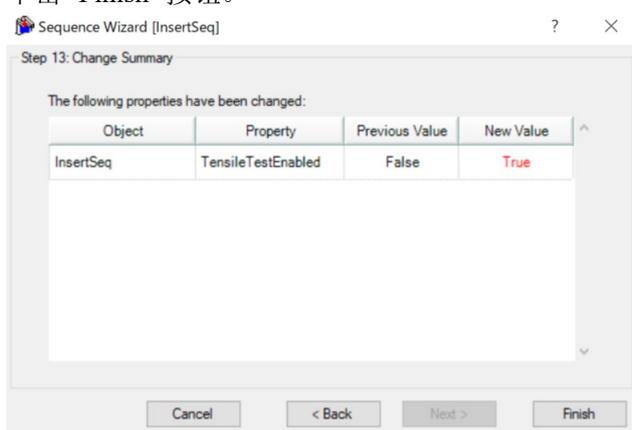


项目	设置值	说明
Clearance	1	是指判定为拉伸测试失败的间隙范围。 请根据客户使用的工件进行设置。 设为 1mm。

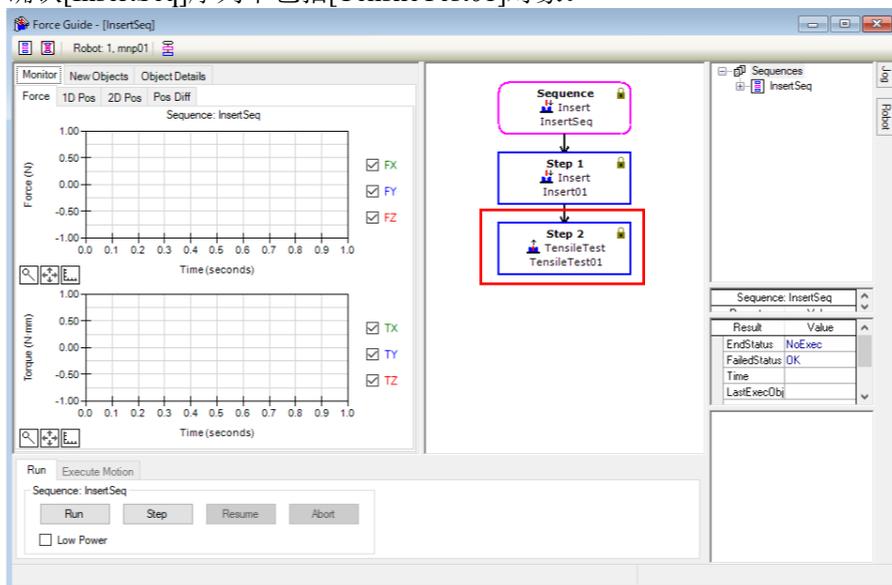
- (6) 会显示[Step 12: Set the timeout for the operation]对话框。  
 无需变更初始值。  
 单击<Next>按钮。



- (7) 会显示[Step 13: Change Summary]对话框。  
显示已变更属性的对象、属性名称以及变更前后的值。  
下图所示为将拉伸测试变更为有效时的对话框。在 Step10、11 变更值时，也会显示其属性。  
单击<Finish>按钮。



- (8) 确认[InsertSeq]序列中包括[TensileTest01]对象。



- (9) 请参阅下文，执行力控制功能。  
6.3.4.5 通过力觉引导功能执行的动作

Insert 序列的教程至此结束。

## 6.4 命令版本(简单压装)

下文介绍如何通过命令执行简单压装。

在本教程中，压装操作是指机器人的末端夹具顶端朝工具 0 坐标系 Z (TLZ)的正方向移动，并施加 20 [N]的力来将对象压装大约 10 秒。

要压装的对象固定到基台上，并且压装表面假定为平坦的金属块。

如果使用末端夹具执行操作，请确保末端夹具能够承受以下负载: 20 [N]，在 TLZ 的负方向。

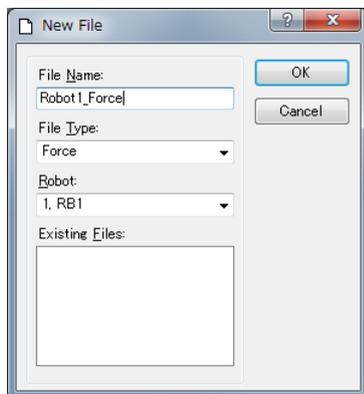


- 以下几页的示例中所述的参数是参考值。请注意，此示例使用相对稳定的参数，但操作可能不成功，或者动作在某些操作条件下可能会发生振动，并且可能需要调整参数。此外，为了便于解释，此示例使用缓慢但稳定的参数。要加快操作速度，需要调整参数。

### 6.4.1 创建力觉文件

下文介绍如何创建力觉文件并将其添加到项目列表中。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[New File]。  
此时将显示[New File]对话框。

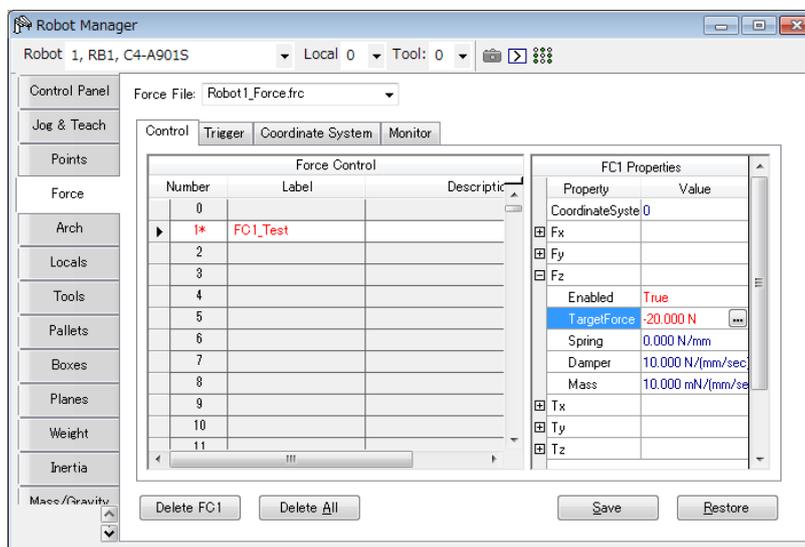


- (2) 在[File Type]中选择“Force”。
- (3) 检查机器人是否为“1”。
- (4) 在[File Name]中输入“Robot1\_Force”。
- (5) 单击<OK>按钮。

## 6.4.2 设定力觉控制对象

下文介绍如何设定力觉控制对象。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Force]选项卡。
- (3) 选择[Control]选项卡。  
此时将显示以下面板。



- (4) 为力觉控制对象“FC1”设定以下数据。

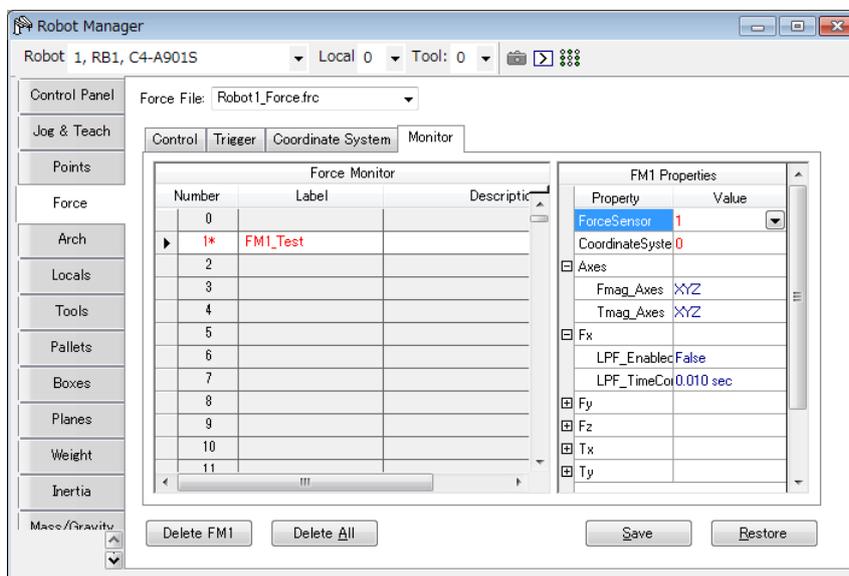
项目	值
Label	FC1_Test
CoordinateSystem	0
Fx_Enabled	False
Fy_Enabled	False
Tx_Enabled	False
Ty_Enabled	False
Tz_Enabled	False
Fz_Enabled	True
Fz_TargetForce	-20
Fz_Spring	0
Fz_Damper	10
Fz_Mass	10
TargetForcePriorityMode	False
LimitSpeedS	50
LimitSpeedR	25
LimitSpeedJ	50
LimitAccelS	200
LimitAccelR	100
LimitAccelJ	100

- (5) 单击<Save>按钮。

### 6.4.3 设定力觉监视器对象

下文介绍如何设定力觉监视器对象。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 选择[Force]选项卡。
- (3) 选择[Monitor]选项卡。  
此时将显示以下面板。



- (4) 为力觉监视器对象“FM1”设定以下数据。

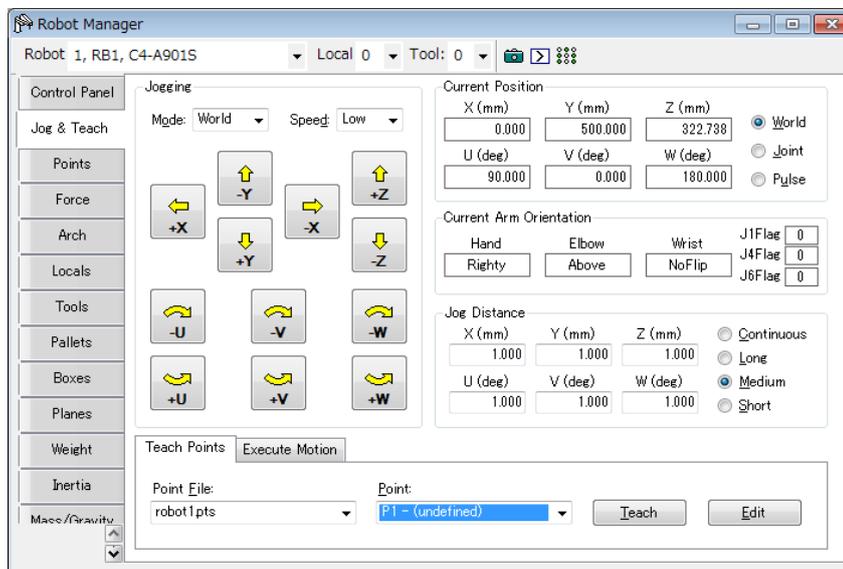
项目	值
Label	FM1_Test
ForceSensor	1
CoordinateSystem	0
Fmag_Axes	XYZ
Tmag_Axes	XYZ
Fx-Tmag_LPF_Enabled	False
Fx-Tmag_LPF_TimeConstant	0.01

- (5) 单击<Save>按钮。

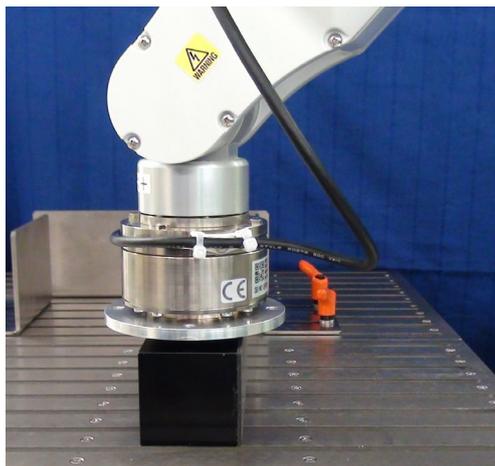
### 6.4.4 示教起点

下文介绍如何示教“压装”操作的开始位置。

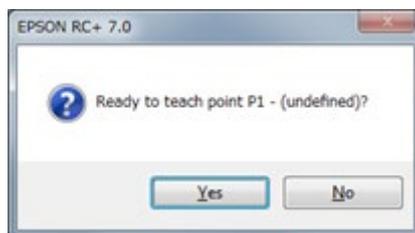
- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Robot Manager]。  
此时将显示[Robot Manager]对话框。
- (2) 单击[Jog & Teach]选项卡。



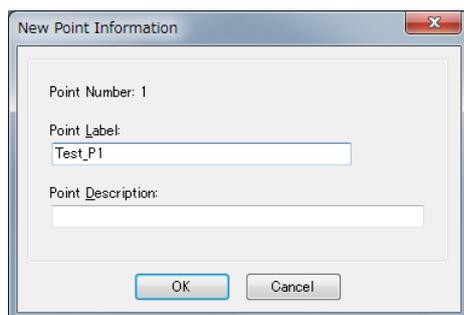
- (3) 使用步进按钮将力觉传感器或末端夹具移动到要压装的对象上方大约 3 mm 处。



- (4) 在[Point]中选择“P1”。
- (5) 单击<Teach>按钮。此时将显示以下消息。  
确认消息并单击<Yes>按钮。



- (6) 此时将显示[New Point Information]对话框。  
在[Point Label]中输入“Test\_P1”，然后单击<OK>按钮。

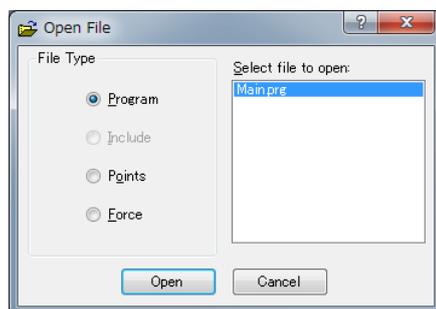


- (7) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Save All]以保存文件。

### 6.4.5 创建SPEL+程序

下文介绍如何创建SPEL+程序以执行“压装”操作。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[File]-[Open File]。  
此时将显示[Open File]对话框。



- (2) 在[File Type]中选择<Program>。
- (3) 在[Select file to open]中选择“Main.prg”。
- (4) 单击<Open>按钮。  
此时将显示“Main.prg”屏幕。



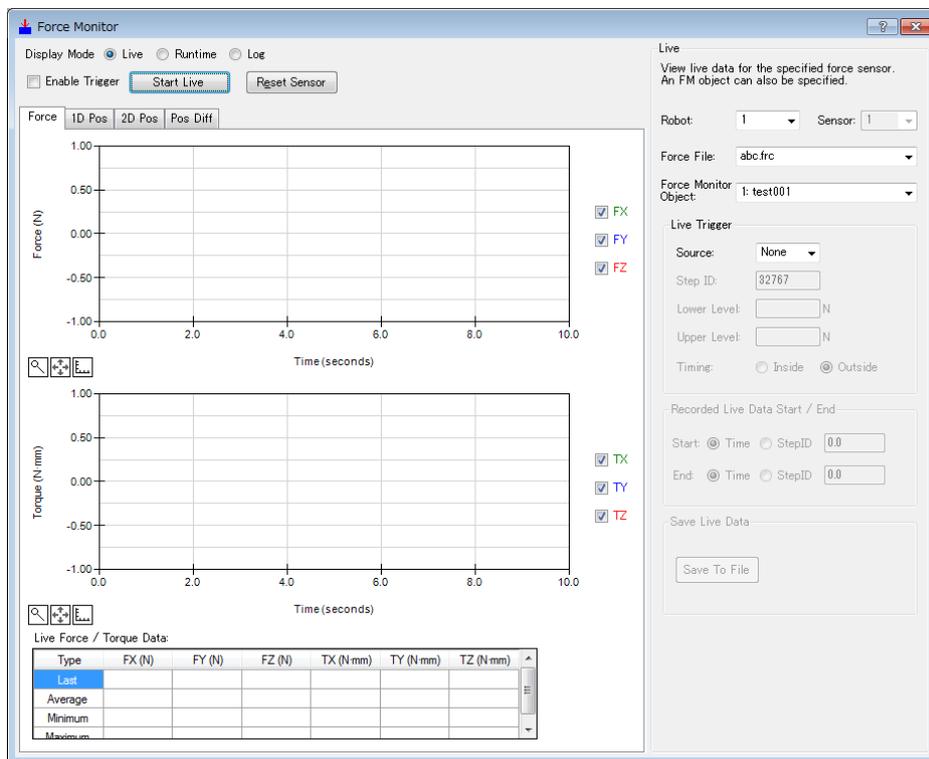
- (5) 在主函数中输入以下示例程序。

```
Function main
  Motor On
  Go P1           ' 转到操作起点
  FSet FS1.Reset ' 重置力觉传感器
  FCKeep FC1, 10 ' 执行压装操作 10 秒
Fend
```

### 6.4.6 执行力觉监视器

下文介绍如何执行力觉监视器以显示“压装”操作的图形。

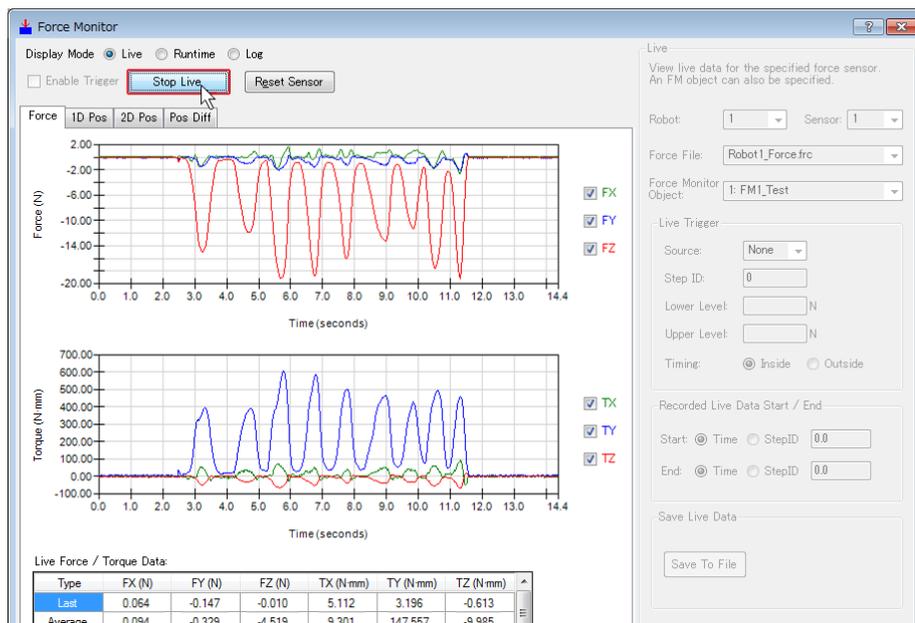
- (1) 选择 EPSON RC+菜单-[Tools]-[Force Monitor]。  
此时将显示[Force Monitor]对话框。



- (2) 在[Live]中设定以下项目。

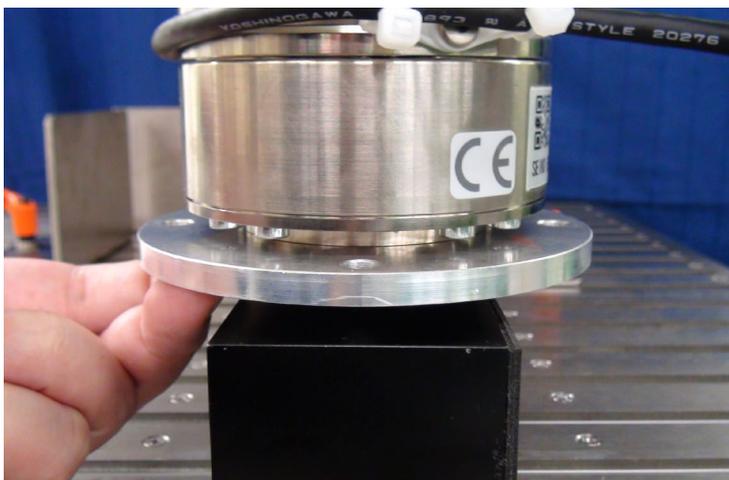
项目	值
Robot	1
Force File	Robot1_Force.frc
Force Monitor Object	FM1_Test

- (3) 单击<Start Live>按钮。  
力觉传感器值将显示在图形中。



在压装方向施加力时，请检查Fz值是否更改。如果Fz值未更改并且另一个轴值已更改，请参阅以下章节并检查力觉坐标系的设定。

软件篇: 2. 力觉传感器校正



- 进入安全防护区域向力觉传感器施加力时，确保采取安全措施保障安全，例如将机器人设定为禁止操作状态。

有关安全措施的全部内容，请参阅以下手册。

*EPSON RC+ 7.0 User's Guide*

### 6.4.7 执行SPEL+程序

下文介绍如何运行SPEL+程序以执行“压装”操作。

- (1) 单击 EPSON RC+菜单-[Run]-[Run Window]。

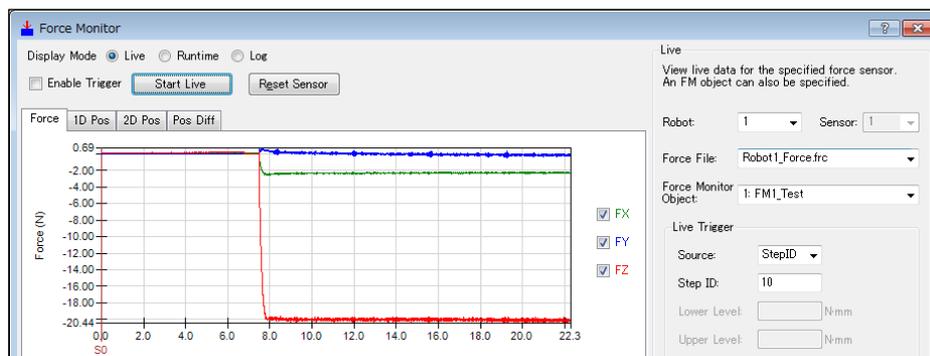
此时将显示[Run]窗口。

生成项目和程序，项目文件随后会发送到控制器。如果生成过程中未发生错误，则会显示[Run]窗口。



- (2) 单击<Start>按钮以运行程序。

运行程序时，机器人将开始执行“压装”操作。您可以在[Force Monitor]对话框中的图形上检查力是否设为 20 N。



## 7. 故障排除

### 无法识别力觉传感器接口单元

请参阅以下章节并检查布线。

硬件篇: 3. 连接示例

请特别注意以下项目。

- 连接 IN 连接器
- 连接 24 V 电源

### 无法识别力觉传感器

请参阅以下章节并检查布线。

硬件篇: 3. 连接示例

请特别注意以下项目。

- 力觉传感器电缆
- 力觉传感器 M/I 电缆

请检查硬件连接，然后参阅以下章节并启用力觉传感器。

软件篇: 1. 检查连接

### 力觉传感器的输出值与实际力方向不同

请参阅以下章节并检查坐标系。

安装篇: 5. 坐标系

以下所有项目都会影响力觉坐标系。

- Base, Local, Tool 坐标的设定
- FlangeOffset 的设定
- 力觉坐标对象的设定(FCS#)

### 力觉传感器的输出值与实际力不同

重置力觉传感器时，力觉传感器的力和转矩输出将设为“0”。因此，如果在重置力觉传感器时施加外力，则即使去除外力之后实际上没有施加任何力，力觉传感器也会检测到力。要避免此问题，请在未施加任何外力的情况下重置力觉传感器。此外，机器人处于某些姿态时，力觉传感器的重量也会施加影响，因为检测位置位于力觉传感器结构的中心。

另外，如果力觉传感器的姿态从重置力觉传感器时的姿态更改为其他姿态，则力觉传感器的输出值也会由于重力影响而更改。如果力觉传感器的姿态在使用力觉功能(力觉控制、力觉触发器和力觉监视器)的过程中不会更改，则可以在使用力觉功能之前重置力觉传感器。

如果姿态在执行力觉功能的过程中会更改，则可以使用重力补偿来减小重力影响。有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 2.3 重力补偿

## 力觉传感器的输出值随着时间的推移而变化

爱普生力觉传感器具有漂移特性。如果该变化处于以下章节中所述的时间漂移的范围内，则属于正常情况。

硬件篇: 4.1 规格

要避免受时间漂移影响，请在使用力觉功能之前重置力觉传感器。重置力觉传感器后，应在 10 分钟内使用力觉功能。

## 力觉传感器出现异常

如果发生与力觉传感器相关的错误，请参阅以下手册并针对该错误采取措施。

EPSON RC+ 7.0 SPEL+ Language Reference  
- SPEL+ Error Messages

如果力觉传感器使用了很长时间，而且一直未进行重置，则会由于漂移累积而出现错误。这可能会导致力觉传感器元件发生错误。如果发生错误，请执行力觉传感器对象的 Reboot 属性。

另外，如果力觉传感器与外围设备碰撞或力觉传感器发生错误，力觉传感器的精度可能会出现异常。在这种情况下，请检查力觉传感器是否正常工作。有关详细信息，请参阅以下章节。

软件篇: 1.3 检查力觉传感器的精度

## 无法使用力觉引导对象执行期望的动作

使用力觉引导对象执行动作时，如果无法执行期望的动作(例如，施加的力大于预期)，请参阅以下章节并调整属性。

软件篇 4.2.2 通用力觉向导对象

4.2.2.1~4.2.2.10 中所记载的每个通用力觉对象的调整准则

软件篇 4.3.4 Paste 序列和对象属性的调整准则

软件篇 4.4.5 ScrewTighten 序列和对象属性的调整准则

软件篇 4.5.4 HeightInspect 序列和对象属性的调整准则

软件篇 4.6.5 Insert 序列和对象属性的调整准则

### 发生5546错误

在向力觉传感器施加来自外部装置等的振动的状态下执行 `Reset` 属性时，可能会发生 5546 错误。持续振动时，可通过在 `Reset` 属性中指定“`FG_RESET_WAIT_VIBRATION`”加以避免。

在持续施加振动的环境中，除了发生 5546 错误以外，也可能受到力控制功能的精度老化等影响。请在装置支脚部分配置橡胶垫等，以除去施加到机器人上的外部振动。

### 机器人未向预期方向或向相反方向动作

本公司的力觉传感器是用于感知受力的传感器。机器人的动作方向与设置的压装力、要检测的力经常为相反方向，敬请注意。

比如，在 `Press` 对象的 `Fx_ControlMode` 中指定 `Press+`(向正方向压装)时，必须将 `Fx_PressForce` 设为负值。作为其动作结果记录的力也为负值。

另外，使用 `ForceControl` 对象的力控制功能也同样如此。要向+Fx 方向移动机器人进行压装动作时，必须将 `Fx_TargetForce` 设为负值。

### 接触耗时过长

接触时，如果要控制在某一过冲以下，则需要将移动速度设为低速。这可能会导致循环时间延长。

在这种情况下，将开始接触动作的接近点尽可能设在接触位置附近，即可缩短接触动作的时间。但还是要考虑工件等的偏差，设置移动到接近点时不会发生碰撞的位置。

另外，使用 `Till FT` 完成接触动作时，在 `TillStopMode` 中设置 `FG_SOFT_STOP`，即可得到改善。

### 未到达目标位置

仅将某一方向的力控制功能设为有效并执行 `Move` 等动作命令时，力控制功能无效的轴可能不会到达目标位置。移动所需的速度或加速度受制于力觉控制对象的 `LimitSpeedSRJ` 属性和 `LimitAccelSRJ` 属性时，会发生这种现象。

可通过 `MotionLimited` 状态，确认是否受到限制。

受到限制时，通过增大 `LimitSpeedSRJ` 属性值或 `LimitAccelSRJ` 属性值以解除限制，则可到达目标位置。但力控制功能的速度或加速度会与施加的力成正比增加。请在可容许的范围内进行调整。

无法通过 `LimitSpeedSRJ` 属性值或 `LimitAccelSRJ` 属性值进行调整时，可在 `Move` 等动作命令中减小指定的 `SpeedS` 或 `AccelS` 以解除限制，即可到达目标位置。

另外，在低功率模式下，`LimitSpeedSRJ` 属性值或 `LimitAccelSRJ` 属性值会自动被限制在低功率范围。即使增大 `LimitSpeedSRJ` 属性值或 `LimitAccelSRJ` 属性值也没有效果时，请确认是否处于低功率模式。

### 压装时发生大幅反弹

LimitSpeedSRJ 属性值或 LimitAccelSRJ 属性值较小时，对施加的力做出反应所需的速度或加速度会受到限制，这可能会导致机器人动作时发生大幅弹跳。

在这种情况下，请增大 LimitSpeedSRJ 属性值或 LimitAccelSRJ 属性值。

另外，在低功率模式下，LimitSpeedSRJ 属性值或 LimitAccelSRJ 属性值会自动被限制在低功率范围。即使增大 LimitSpeedSRJ 属性值或 LimitAccelSRJ 属性值也没有效果时，请确认是否处于低功率模式。

### 未显示特定的属性

不显示控制器固件版本无法支持的属性。请更新控制器的固件版本。