



FD/CFD 控制装置 操作说明书 力控制

第 3 版

- 在使用机器人之前，请详读本操作说明书，并请遵从所有关于安全事项与正文的指示。
- 关于本机器人的安装、操作、维修，请仅由接受过本公司机器人讲习的人员进行。
- 在使用本机器人的时候，必须遵守各个国家有关工业机器人的法律以及安全相关的法律条例。
- 务必将本操作说明书交付给实际操作的人员。
- 有关本操作说明书的不明之处以及有关本机器人的售后服务，请向记载在封底中的敝社的服务中心查询。

株式会社 不二越

目 录

第 1 章 概要

1.1 概要.....	1-1
1.1.1 力控制功能可实现的用途.....	1-1
1.1.2 力控制功能.....	1-2
1.1.3 术语.....	1-2
1.2 系统构成.....	1-4
1.2.1 系统构成.....	1-4
1.2.2 可使用的力传感器.....	1-4

第 2 章 设置

2.1 力传感器的设置.....	2-1
2.1.1 校准数据设定（FD 控制装置时）.....	2-1
2.1.2 校准数据设定（CFD 控制装置时）.....	2-5
2.1.3 零点设定.....	2-8
2.1.4 设置位置与重力修正.....	2-9
2.1.5 异常检测.....	2-12
2.1.6 力传感器条件判定信号.....	2-13
2.1.7 输出信号设定.....	2-15
2.2 连接.....	2-16
2.2.1 模拟输入信号的连接（FD 控制装置时）.....	2-16
2.2.2 模拟输入信号的连接（CFD 控制装置时）.....	2-17

第 3 章 追随工件的移动

3.1 力控制的概要.....	3-1
3.2 力控制中使用的应用命令.....	3-2
3.2.1 FN326 力控制 开始功能.....	3-2
3.2.2 FN328 力控制/触碰移位 结束 功能.....	3-2
3.3 力控制的条件设定.....	3-3
3.4 示教/再生时的力控制.....	3-8

第 4 章 进行触碰动作

4.1 触碰动作的概要.....	4-1
4.2 触碰动作中使用的应用命令.....	4-2
4.2.1 FN327 触碰 开始功能.....	4-2
4.2.2 FN328 力控制/触碰移位 结束功能.....	4-2
4.3 触碰动作的条件设定.....	4-3

4.4 示教/再生时的触碰动作.....	4-6
----------------------	-----

第5章 读取力传感器的信息

5.1 力传感器输入相关应用命令.....	5-1
5.1.1 FN360 获得力/转矩(力传感器输入获取).....	5-1
5.1.2 FN379 零点修正应用命令.....	5-1
5.1.3 FN329 力传感器数据获取功能.....	5-2

第6章 示教

6.1 概要.....	6-1
6.1.1 力控制.....	6-1
6.1.2 触碰动作.....	6-2
6.2 示教例.....	6-3
6.2.1 随动（移动工件的处理）.....	6-3
6.2.2 按压（研磨作业示例）.....	6-6
6.2.3 按压（路径坐标系）.....	6-9
6.2.4 随动与按压的综合使用（嵌套）.....	6-12

第7章 便利的功能

7.1 监视器.....	7-1
7.1.1 力/转矩传感器监视器.....	7-1
7.1.2 力控制监视器.....	7-2
7.2 力控制状态.....	7-3

第8章 故障排除

8.1 故障排除.....	8-1
8.1.1 力控制相关的故障排除.....	8-1
8.1.2 力传感器相关的故障排除.....	8-2

第1章 概要

1.1 概要

1.1.1 力控制功能可实现的用途

本操作说明书中所说明的力控制功能，提供了可供客户使用由力传感器所获取的力/转矩数据的 I/F，以及使用该数据的力控制。

使用该 I/F，可以在作业程序中判定所发生的力，选择机器人的动作，并向外部输出与所发生的力相对应的信号。此外，使用力控制时，可以进行以一定的力按压工件的动作，以及在指定条件下工具与工件接触的动作。通过本功能可以实现如下动作。

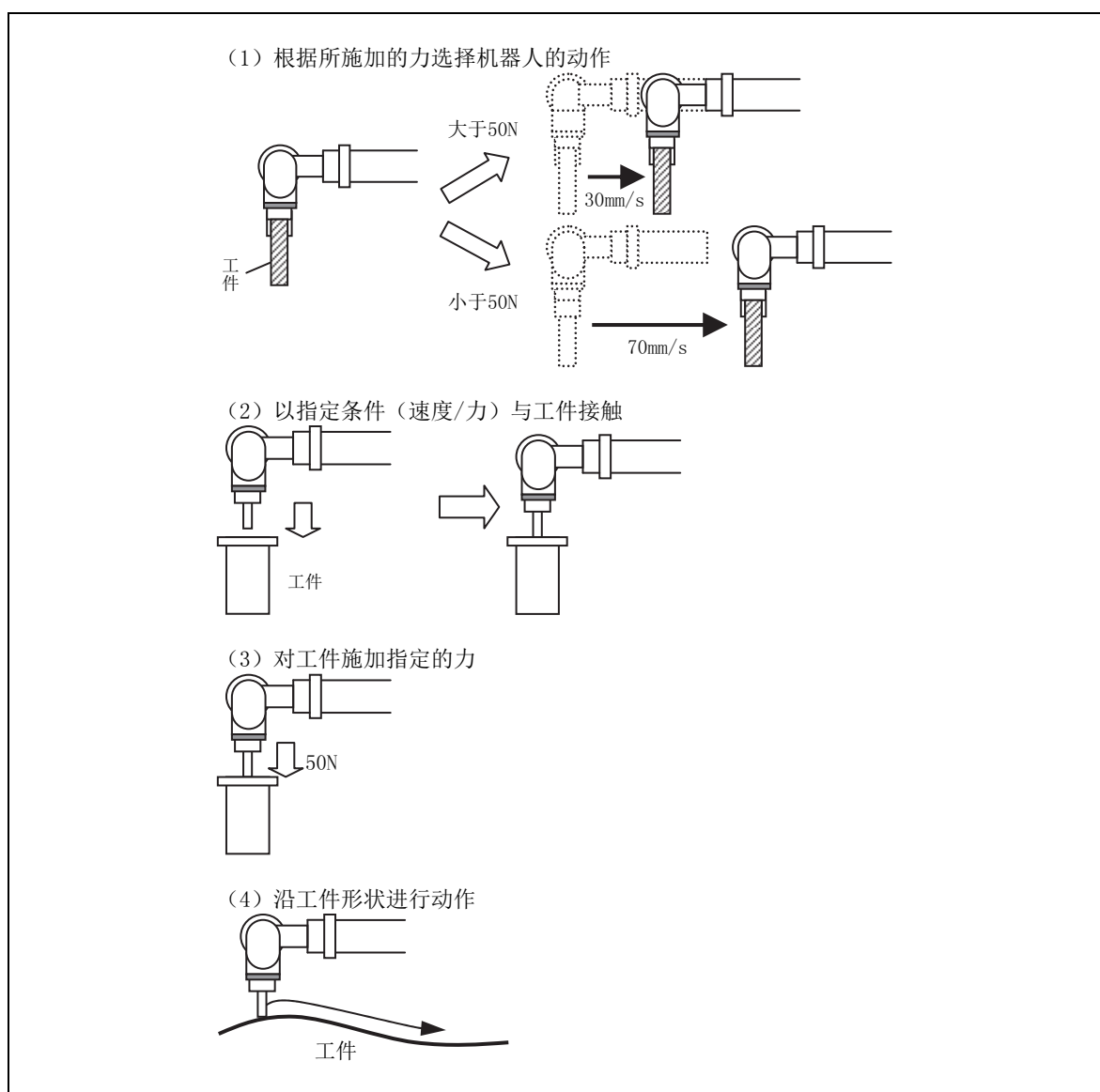


图 1.1.1 力控制功能可实现动作示例

1.1.2 力控制功能

本功能为软件选项。
需要启用力传感器选项以及软件版本 V2.13 以上。

表 1.1.1 力控制功能

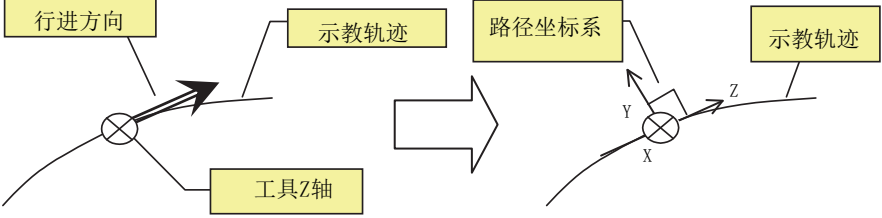
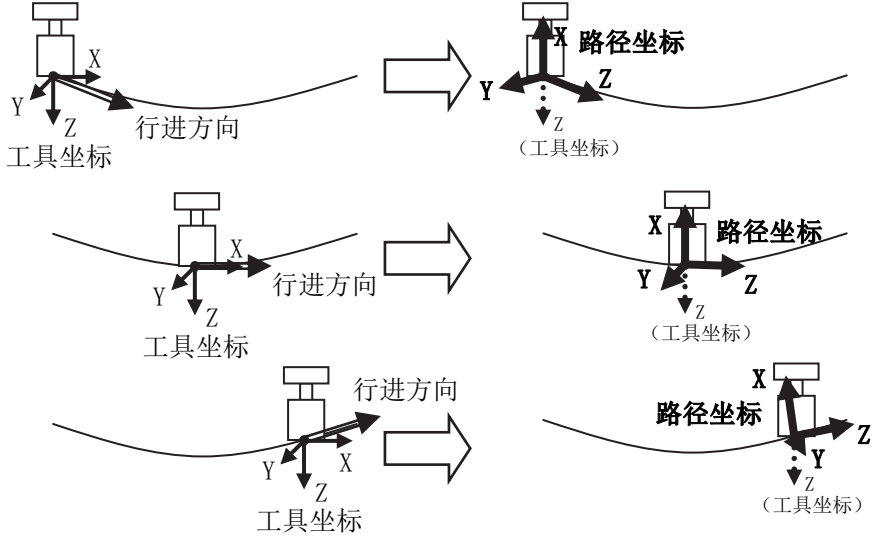
功能	功能说明
力控制功能	可以以一定的力按压工件，或使机器人追随工件的移动进行动作。
触碰动作功能	可以以一定速度使工具前端动作，检测其与工件的接触。
力传感器数据获取	可以使用应用命令，将当前的力/转矩值在任意坐标系中转换，获取实数变量。
重力修正功能	可以通过力传感器，修正（消除）工具所承受的重力。
条件判断信号输出功能	发生的力超过所设定的力/转矩值时输出信号 ON。可以设定 8 个条件，并为各条件分配单独的信号。
力传感器输入获取功能	可以使用应用命令，将当前的力/转矩值获取为实数变量。



力传感器选项为有效时，无法使用通过模拟输入的速度倍率功能、密封应用中的温度补偿功能及与泵内压力相关的功能。

1.1.3 术语

术语	内容
外力（转矩）	力传感器检测到的力（转矩）。 具有 3 个方向的力以及绕 3 根轴的回转共计 6 维的检测方向。控制机器人时转换为作业坐标系（后述）基准。 根据力传感器的不同，有时检测方向会少于 6 维。 此外在本书的说明表述上有时会以转矩来表现力。
目标力（转矩）	作业工具作用在工件上的力（转矩）。 在力控制中，控制传感器的外力使其与目标力一致。可以根据作业内容进行设定。 此项为 0 时，将外力控制为 0，即进行随动控制。
传感器坐标	传感器中所设定的固有坐标系。 来自力传感器的输入遵从该坐标系。 一般情况下，坐标系的获取方法各个制造商均不相同。 控制机器人时转换为作业坐标系（后述）基准。
TCP 位置 =工具前端位置	机器人生成轨迹的基准位置。 通过工具编号与工具坐标系进行指定。 在力控制中，TCP 位置将作为力的作用点。即视作业工具在 TCP 位置与工件接触。
作业坐标系	规定力作用方向的坐标系。力传感器的输入将以作业坐标系为基准转换，力的方向也遵从该坐标系。 作业坐标系可从以下坐标系中选择。 - 绝对坐标系 - 机器人坐标系 - 工具坐标系 - 用户坐标系 - 路径坐标系（后述） 轴方向遵从所选择的坐标系，原点为 TCP 位置。因此，通过转矩控制进行的回转动作将成为工具前端的固定动作。 无法用于控制回转中心的转矩沿半圆描绘之类的用途。
示教轨迹	使用一般的移动命令生成的轨迹。

触碰	检测与工件的接触，使其动作至外力与目标力一致为止。 力控制是从执行触碰，工具已与工件接触的状态开始。若在未接触的状态下开始力控制，由于外力为0，为使其与目标力一致，机器人有可能做出剧烈的动作。 从触碰开始到触碰完成为止的动作量称作触碰移位。
路径坐标系	基于示教轨迹的行进方向的坐标系。即使工具姿势不变，也可使相对于工件面的作业方向保持一定。 - 示教轨迹的行进方向为Z轴 - 工具坐标系Z轴与路径坐标系Z轴的外积矢量为Y轴。  以下为路径坐标系的示例。  像这样，在路径坐标系中，坐标系的方向随机器人行进方向与工具的指向变化。

进行力控制时的各坐标系如下图所示。
下图为选择机器人坐标系作为作业坐标系时的情况。

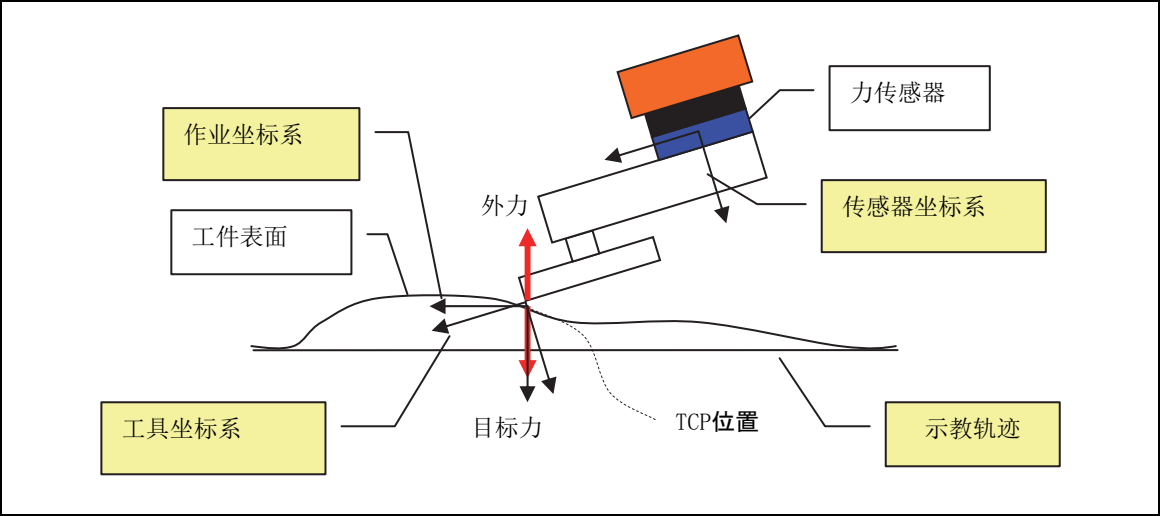


图 1.1.2 力控制时的各坐标系

1.2 系统构成

1.2.1 系统构成

对力传感器的安装示例进行说明。如下图所示，在机器人的凸缘面安装力传感器。该力传感器安装于具有卡盘机构的机械手装置等处。

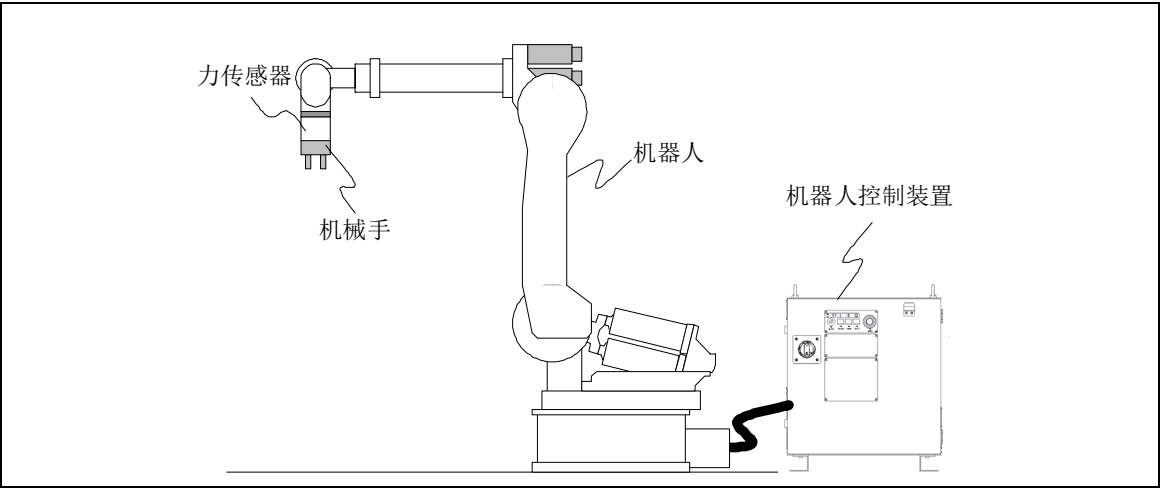


图 1.2.1 力传感器安装示例

来自力传感器的检测信号经由放大器获取至 FD 控制装置内的模拟输入基板。获取的信号为力传感器的检测值，并非表示力本身。因此，在 FD 控制装置内将力传感器的检测值转换为力/转矩值。各力传感器的该转换系数有所不同，因此必须设定传感器所附的校准数据。

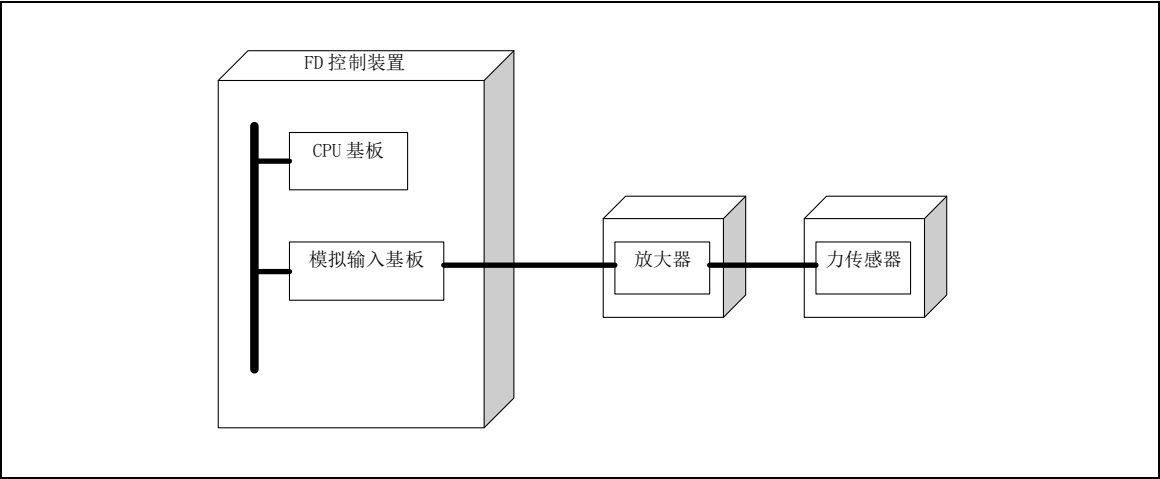


图 1.2.2 与力传感器的连接

1.2.2 可使用的力传感器

可使用的力传感器如下所示。此外，除下述力传感器外，也可以使用检测信号为 $-10\text{V}\sim+10\text{V}$ 的模拟电压、可使用校准数据将检测信号转换为力/转矩的力传感器。关于校准数据，将在第 2.1.1 项中说明。

表 1.2.1 可使用的力传感器

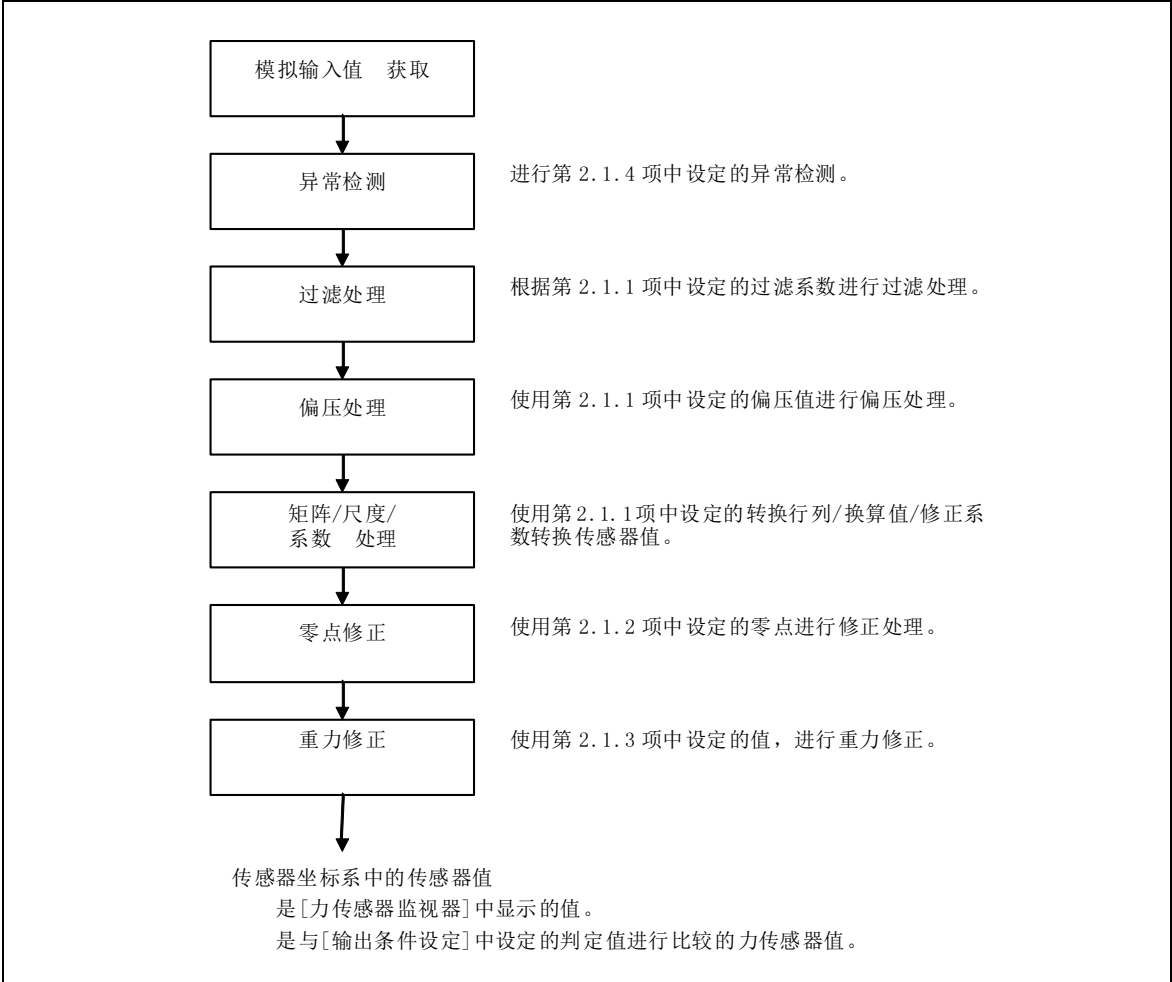
制造商	机型
ATI INDUSTRIAL AUTOMATION	DAQ F/T 系列
WACOH	WDF 系列
NITTA	IFS 系列

第2章 设置

2.1 力传感器的设置

进行将来自力传感器的输入转换为力控制中可使用的值的设置。

来自力传感器的输入在控制装置中的处理如下图所示。



2.1.1 校准数据设定（FD 控制装置时）

设定将从力传感器输入的模拟电压值转换为力/转矩数据的系数。
每台力传感器的该转换系数各不相同，数据附带在力传感器中。 在此处输入附带的数据。
本参数的设定必须具备 **SPECIALIST** 以上的操作员资格。



本设定仅在力传感器选项为有效时可用。
本设定未显示时，力传感器选项未被设定，必须登录选项。

- 1 设定 **SPECIALIST** 以上的操作员资格。
- 2 选择示教模式。



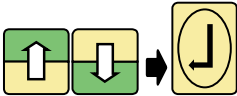
3 选择<常数设定>→[34 力/转矩传感器]。

>> 显示如下画面。

力/转矩传感器 UNIT1

1 条件设定
2 校准数据
3 零位置数据
4 设置场所
5 异常检测

设定输出信号的条件。



4 选择[2 校准数据]。

>> 显示如下校准数据设定画面。

第 1 页

校准数据 1/2

传感器有效 ☒ 不进行 ☐ 有效

输入范围 -10V - +10V

矩阵	Fx	-1.08924	0.06913	0.54188
		-33.46800	-0.69522	34.03780
Fy		-1.46516	36.52450	0.22093
		-19.34670	0.81553	-19.12650
Fz		18.21810	-0.14102	18.50280
		-0.24758	18.57650	0.04098
Tx		-0.46251	-0.79869	-31.88400
		0.71047	32.53670	0.55669
Ty		37.63630	-0.26635	-18.88880
		-0.57951	-18.35880	0.82399
Tz		0.48321	-16.58210	0.50265
		-17.24420	0.16819	-17.63920
尺度	Fx	0.911484000000000		
	Fy	0.911484000000000		

选择力/转矩传感器的有效/无效。

写入



第 2 页

校准数据 2/2

Fz	0.294963000000000
Tx	14.991800000000000
Ty	14.991800000000000
Tz	13.659200000000000

系数 1.00000

过滤 8

偏压 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00

过滤设定方法 ☒ 次数 ☐ 时间

设定力/转矩传感器的变换尺度。
[-1000.000000000000000-1000.000000000000000]

写入

5 在[传感器有效]中选择力传感器的有效或不进行。

使用力传感器时，请选择有效。选择不进行时，无法执行以下所示的与力控制相关的应用命令。

- FN326 力控制
- FN327 触碰动作
- FN329 力传感器数据获取
- FN360 力传感器输入获取
- FN379 力传感器零点修正

- 6** 在[输入范围]中，设定由力传感器输入的模拟电压值的输入范围。
应设定的输入范围根据力传感器的种类不同而不同，请设定与所使用的力传感器相匹配的输入范围。
此外，变更输入范围后，请重新启动控制装置。如未重新启动，则无法正确反映输入范围的设定。
- 7** 在[矩阵]、[尺度]、[系数]中输入力传感器所附带的校准数据。
- 8** 在[过滤]中输入对模拟输入的过滤值。
过滤值越大，过滤时间越长。反之过滤值越小，过滤时间越短。延长过滤时间可减少由噪音带来的影响，但会使信号的响应变差。基本上推荐直接使用初始值。
- 9** 在[偏压]中输入力传感器的偏压。
按下<BIAS>将设定为当前电压。
- 10** 设定完成后按下<写入>。
放弃设定时，按下[复位]键。

BIAS

 写入

表 2.1.1 校准数据

参数	初始值	输入范围	功能说明
(力)传感器有效	不进行	不进行有效	选择力传感器的有效。 使用力传感器时，请选择有效。 选择不进行的状态下，无法执行以下所示的与力控制相关的应用命令。 FN326 力控制 FN327 触碰动作 FN329 力传感器数据获取 FN360 力传感器输入获取 FN379 力传感器零点修正
输入范围	-10V - +10V	-10V - +10V -5V - +5V -2.5V - +2.5V -1.25V - +1.25V 0 - 10V 0 - 5V 0 - 2.5V 0 - 1.25V	设定由力传感器输入的模拟电压值的输入范围。 应设定的输入范围根据力传感器的种类不同而不同，请设定与所使用的力传感器相匹配的输入范围。 此外，变更输入范围后，请重新启动控制装置。如未重新启动，则无法正确反映输入范围的设定。
矩阵(转换行列)	---	-1000.0~1000.0	输入力传感器所附带的校准数据。 在将来自力传感器的输入电压转换为力的大小时使用。 每台力传感器的该系数各不相同。
尺度(换算值)	---	-1000.0~1000.0	
(修正)系数	---	-100000.0~100000.0	
过滤	8	1~32	设定过滤值。 根据[过滤设定方法]的选择，输入范围会发生变化。 此数值为过滤处理时所使用的过去的力的测定值个数。
偏压	0.00	-10.00~10.00	设定力传感器的偏压。 用作过滤处理的基准电压。
过滤设定方法	次数	次数/时间	选择过滤的设定方法。 次数：过滤采用次数平均。 时间：过滤采用时间平均。 通常无需变更。



矩阵、尺度、系数请务必输入所使用的力传感器所附带的校准数据。
每台力传感器的校准数据各不相同，若输入错误的校准数据，将无法正确检测出力。



输入范围的设定请务必与所使用的力传感器的种类相匹配。
若设定了错误的输入范围，则无法正确检测出力。
此外，变更输入范围后，请重新启动控制装置。如未重新启动，则无法正确反映输入范围的设定。

以该项所设定的值为基础，按如下方式将力传感器的输入转换为力。

$$\text{矩阵} \times \left(\frac{\text{过滤处理后的}}{\text{输入电压}} - \frac{\text{偏}}{\text{压}} \right) \div \text{尺度} \times \text{系数} = \text{力}$$

设过滤处理后的力传感器的输入电压为 $v_1, \dots, v_6$ 、矩阵的要素为 $M_{Fx1}, \dots, M_{Tz6}$ 、尺度为 $C_{Fx}, C_{Fy}, \dots, C_{Tz}$ 、系数为 C 、偏压为 $b_1, \dots, b_6$ ，则力的各方向成分 $F_x, F_y, F_z, T_x, T_y, T_z$ 如下所示。

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \\ F_z \\ T_x \\ T_y \\ T_z \end{pmatrix} = C \times \begin{pmatrix} \frac{1}{C_{Fx}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_{Fy}} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{C_{Tz}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_{Fx1} & M_{Fx2} & \dots & M_{Fx6} \\ M_{Fy1} & M_{Fy2} & \dots & M_{Fy6} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ M_{Tz1} & M_{Tz2} & \dots & M_{Tz6} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v_1 - b_1 \\ v_2 - b_2 \\ \vdots \\ v_6 - b_6 \end{pmatrix}$$

该值已反映了零点修正与重力修正，为最终的力。
关于零位置数据与重力修正将在后面详述。

2.1.2 校准数据设定（CFD 控制装置时）

作为 CFD 控制装置选配件准备了 WACOH 产品“WEF-6A 系列”。
此时，请进行如下设定。

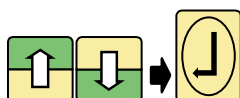
1 设定 *SPECIALIST* 以上的操作员资格。

2 选择示教模式。



3 选择<常数设定>→[34 力/转矩传感器]。

» 显示以下画面。



4 选择[2 校准数据]。

» 显示以下校准数据设定画面。



矩阵	Fx	Fy	Fz	Tx	Ty	Tz
	-1.08924	0.06913	0.54188			
	-33.46800	-0.69522	34.03780			
Fy	-1.46516	36.52450	0.22093			
	-19.34670	0.81553	-19.12650			
Fz	18.21810	-0.14102	18.50280			
	-0.24758	18.57650	0.04098			
Tx	-0.46251	-0.79869	-31.88400			
	0.71047	32.53670	0.55669			
Ty	37.63630	-0.26635	-18.88880			
	-0.57951	-18.35880	0.82399			
Tz	0.48321	-16.58210	0.50265			
	-17.24420	0.16819	-17.63920			
尺度	Fx	0.911484000000000				
	Fy	0.911484000000000				

5 【传感器有效】中选择“不进行”或“有效”。

使用力传感器时，请选择“有效”。选择“不进行”时，无法执行下列力控制相关的应用命令。

FN326 力控制

FN327 触碰动作

FN329 力传感器数据获取

FN360 获得力/转矩(力传感器输入获取)

FN379 力传感器零点修正

6 【Input range code(输入范围)】中选择[0-5V]。

Input range code 0 - 5V

并且，需要变更“输入范围”时，请重新启动控制装置。如果未执行重新启动作业，将无法正确反映输入范围设定。

7 设定[矩阵]、[尺度]、[系数]。

第 1 页

校准数据 1/2

传感器有效 ☐ 不进行 ☒ 有效

输入范围 0 - 5V

矩阵

Fx	1.00000	0.00000	0.00000
	0.00000	0.00000	0.00000
Fy	0.00000	1.00000	0.00000
	0.00000	0.00000	0.00000
Fz	0.00000	0.00000	1.00000
	0.00000	0.00000	0.00000
Tx	0.00000	0.00000	0.00000
	1.00000	0.00000	0.00000
Ty	0.00000	0.00000	0.00000
	0.00000	1.00000	0.82399
Tz	0.00000	0.00000	0.50265
	0.00000	0.00000	1.00000

尺度

Fx	0.010000000000000
Fy	0.010000000000000

选择力/转矩传感器的有效/无效。

BIAS

写入

第 2 页

校准数据 2/2

Fz 0.010000000000000

Tx 0.501000000000000

Ty 0.501000000000000

Tz 0.483000000000000

系数 1.00000

过滤 8

偏压 2.50 2.50 2.50 2.50 2.50 2.50

过滤设定方法 ☒ 次数 ☐ 时间

设定力/转矩传感器的变换尺度。
[-1000.000000000000000-1000.000000000000000]

BIAS

写入

- 在单位行列中设定[矩阵]。（参照上图）
- 参照力传感器附带的校准数据表（出厂特性数据）进行设定[尺度]。（该画面为示例）
- [系数]设定为“1.0”。

8 [过滤]输入对于模拟输入的过滤器值。

过滤值越大，过滤时间越长。反之过滤值越小，过滤时间越短。延长过滤时间可减少由噪音带来的影响，但会使信号的响应变差。基本上推荐直接使用初始值。

9 [偏压]中输入力传感器的偏压。

按下<BIAS>键，将当前电压被设定。
[WEF-6A 系列]时，无负荷状态下为将近 2.5V。

10 设定完成后按下<写入>。

放弃设定时，按下[复位]键。

BIAS

写入

表 2.1.2 校准数据

参数	初始值	输入范围	功能说明
(力)传感器有效 不进行/有效	不进行	不进行 有效	选择力传感器的不进行/有效。 使用力传感器时, 请选择“有效”。 选择“不进行”时, 无法执行以下所示与力控制相关的应用命令。 FN326 力控制 FN327 触碰动作 FN329 力传感器数据获取 FN360 力传感器输入获取 FN379 力传感器零点修正
输入范围	-10V - +10V	-10V - +10V -5V - +5V -2.5V - +2.5V -1.25V - +1.25V 0 - 10V 0 - 5V 0 - 2.5V 0 - 1.25V	请选择[0 - 5V]。
矩阵(转换行列)	---	-1000.0~1000.0	设定为单位行列。 详情请参照说明书的画面。
尺度(换算值)	---	-1000.0~1000.0	参照力传感器附带的校准数据表(出厂特性数据)进行设定。 $F_x = F_x[V/N]$ $F_y = F_y[V/N]$ $F_z = F_z[V/N]$ $T_x = M_x[V/Nm]$ $T_y = M_y[V/Nm]$ $T_z = M_z[V/Nm]$
(修正)系数	---	-100000.0~100000.0	请设定 1.0。
过滤	8	1~32	设定过滤值。 根据[过滤设定方法]的选择, 输入范围会发生变化。 此数值为过滤处理时所使用的过去的力的测定值个数。
偏压	0.00	-10.00~10.00	设定力传感器的偏压。 用作过滤处理的基准电压。 [WEF-6A 系列]时, 无负荷状态下将近 2.5V。
过滤器设定方法	次数	次数/时间	选择过滤的设定方法。 次数: 过滤采用次数平均。 时间: 过滤采用时间平均。 通常无需变更。

2.1.3 零点设定

可以将由力传感器输入的模拟电压值转换为力/转矩数据的值登录为零点位置。监视器显示及信号输出的条件判定、通过应用命令获取的力/转矩数据，都基于该零点位置修正的结果。
本参数的设定必须具备 **EXPERT** 以上的操作员资格。



重要

本设定请务必在校准数据设定之后进行。若在校准数据设定前进行，则力/转矩数据的值将会不正确，基于该值设定零点也毫无意义。



常数设定

- 1 设定 **EXPERT** 以上的操作员资格。
- 2 选择示教模式。
- 3 使机器人动作至对力传感器所施加的负荷刚好使其处于基准（零点）的状态。
- 4 选择<常数设定>→[34 力/转矩传感器]。

>> 显示如下常数选择画面。



- 5 选择[3 零位置数据]。
- >> 显示如下零位置数据画面。



在输入设定的编辑框右侧，显示当前的力/转矩数据的监控。该值为未根据零位置数据进行修正前的值。

读入

- 6 按下<读入>。
- >> 将当前的力/转矩值拷贝到编辑框中。

写入

- 7 设定完成后按下<写入>。
- 放弃设定时，按下[复位]键。

重点

提示

上述操作中使用读入键设定当前值，但也可以直接设定值。此外，若按下 f10（初始化）键，所有输入设定的编辑框都将输入 0。之后按下写入键保存设定。仅按下初始化键不会保存数据。

零位置数据可通过 FN379 力传感器零点修正 功能，在程序执行中变更。

2.1.4 设置位置与重力修正

设定力传感器的设置场所。此处设定的位置将作为传感器坐标系的原点。

通常力传感器即使未与对象物体接触，也会因工具所承受的重力而检测到力/转矩。通过进行重力修正的设定，可修正重力的影响，提升机器人动作的精度。

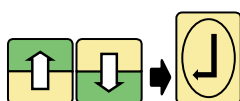
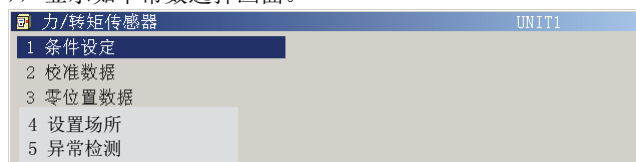
1 设定 **EXPERT** 以上的操作员资格。

2 选择示教模式。



3 选择<常数设定>→[34 力/转矩传感器]。

>> 显示如下常数选择画面。

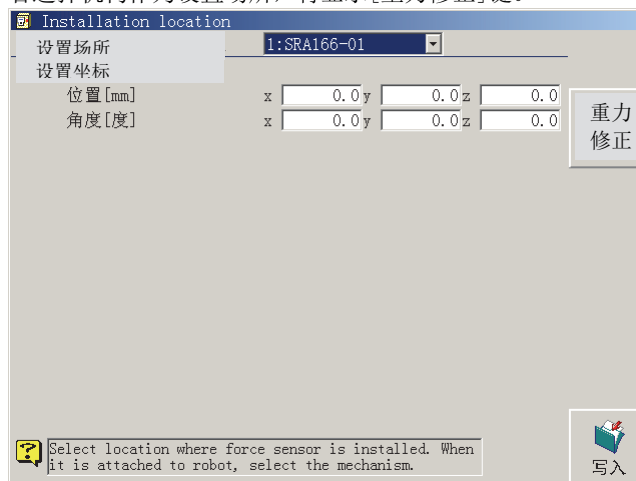


4 选择[4 设置场所]。

>> 显示如下设置场所画面。

关于设定内容请参照下表。

若选择机构作为设置场所，将显示[重力修正]键。

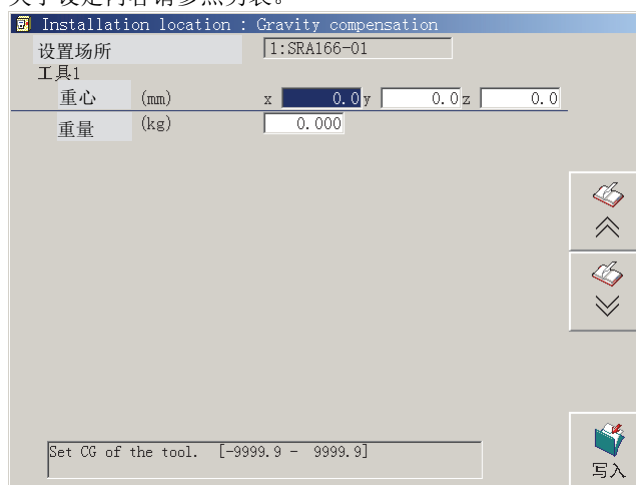


重力
修正

5 按下<重力修正>。

>> 显示如下重力修正设定画面。

关于设定内容请参照另表。



6 设定完成后按下<写入>。
放弃设定时，按下[复位]键。

表 2.1.3 设置场所

参数	初始值	输入范围	功能说明
设置场所	接地	接地/ 机构 1/ 机构 2/ ...	设定传感器的设置场所。 持有机器人时，选择该机构。选项中将显示操作器类型的机构的名称。
设置坐标位置	全部为 0.0	-9999.9~9999.9[mm]	设定传感器的位置。 设定安装场所的坐标系原点与传感器坐标系原点的位置关系。
角度	全部为 0.0	-180~180[deg]	设置为机构时，将机器人的凸缘坐标系作为安装场所的坐标系。此外，设置为地面时，将绝对坐标系作为安装场所的坐标系。

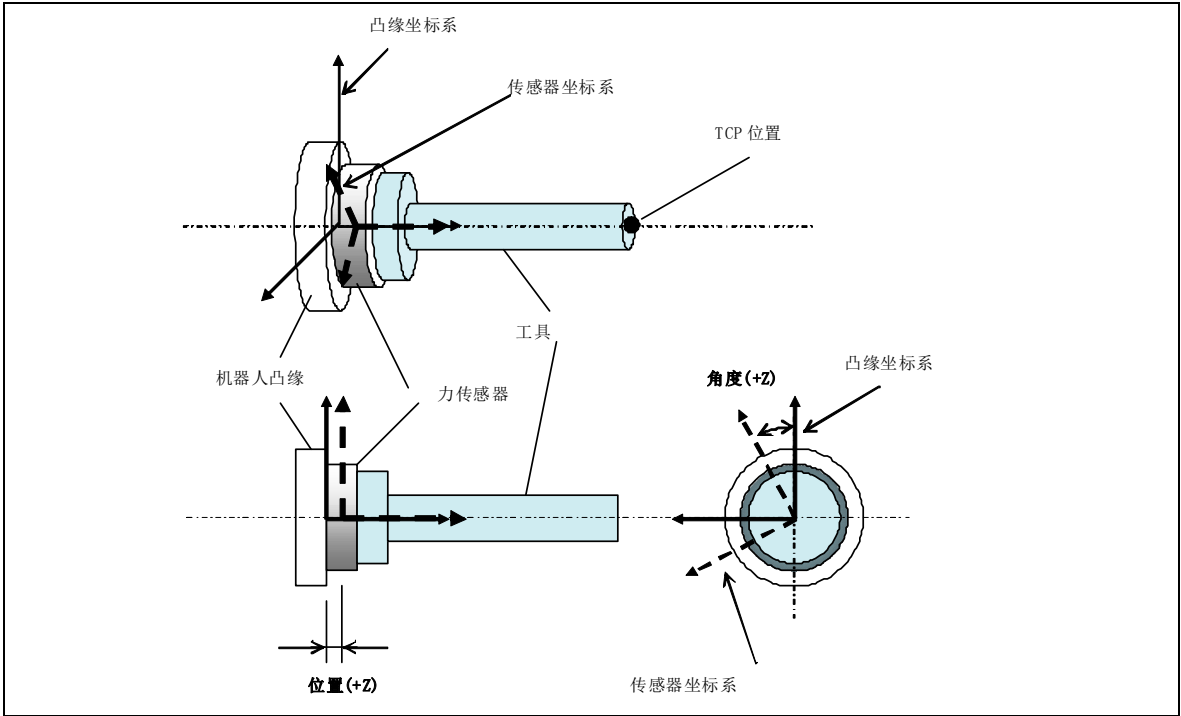


图 2.1.2 机器人的凸缘坐标系与传感器坐标系

表 2.1.4 重力修正

参数	初始值	输入范围	功能说明
设置场所	----	----	显示把持传感器的机构。
工具	1	1~32	显示重力修正参数的对象工具编号。使用换页键选择 1~32。
重心	0.0	-9999.9~9999.9[mm]	使用传感器坐标系设定安装有传感器的工具的重心位置。
重量	0.0	0~999.9[kg]	设定安装有传感器的工具的重量。

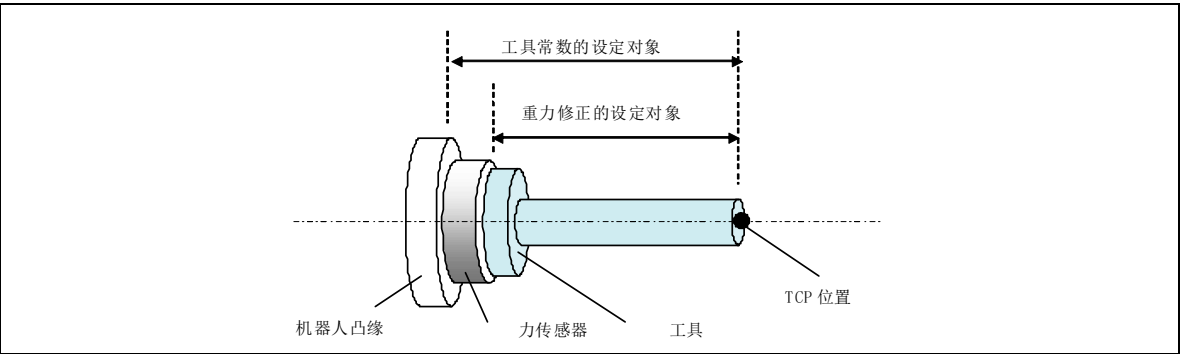


图 2.1.3 工具常数与重力修正参数

坐标系的确认



1 选择<维修>→<监视器 2~4>→[54 力/转矩传感器监视器]。

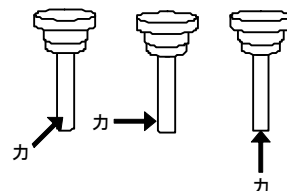
2 在力传感器监视器画面中按下[编辑]键。
>> 切换至力传感器监视器编辑画面。

3 按下<坐标系变更>，选择任意坐标系。
请确认力传感器监视器所显示的坐标系已变成要确认的坐标。监视器的详细内容请参照第 7 章。

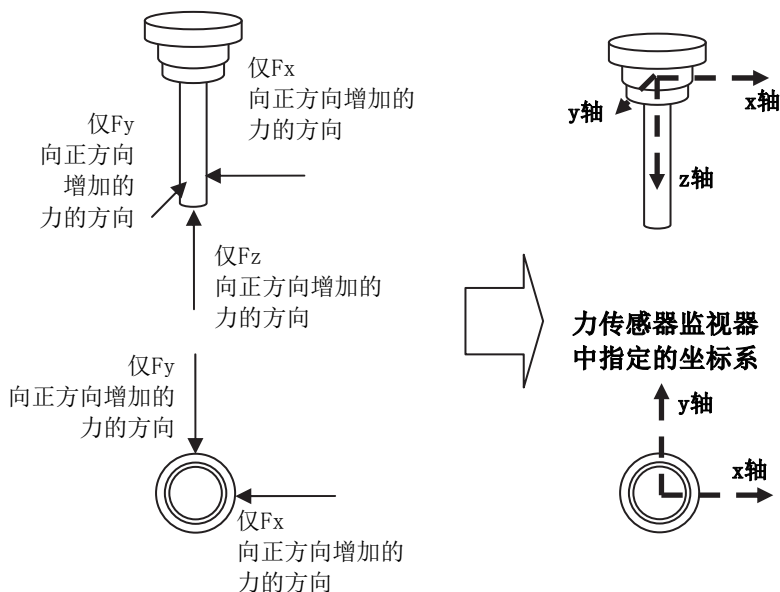
[2] 力/转矩传感器监视器			
传感器坐标			
Fx	0.00 N	条件 1	条件 2
Fy	0.00 N	条件 3	条件 4
Fz	0.00 N	条件 5	条件 6
Tx	0.00 Nm	条件 7	条件 8
Ty	0.00 Nm		
Tz	0.00 Nm		

4 按下紧急停止按钮，确认机器人的动作完全停止后，对工具施加力。

>> 监视器中显示任意坐标系下的力的值。
施加力时， F_x 、 F_y 、 F_z 中仅有一个发生变化的方向，即为各个指定坐标系的 x 轴、 y 轴、 z 轴方向。



施加力的方向与指定坐标系间的关系如下例所示。
(例)



危险



注意

向安装于机器人上的工具施加力时，请务必按下紧急停止按钮，使运转准备 OFF 后再进行。接触到机器人或被机器人夹住时，可能导致死亡或重伤。

根据力传感器的种类、施加力的位置以及工具常数，有可能产生其他轴的力及转矩。

2.1.5 异常检测

进行用于根据传感器输入值检测传感器异常的设定。

1 设定 **EXPERT** 以上的操作员资格。

2 选择示教模式。



3 选择<常数设定>→[34 力/转矩传感器]。

>> 显示如下常数选择画面。



4 选择[5 异常检测]。

>> 显示如下异常检测的设定画面。

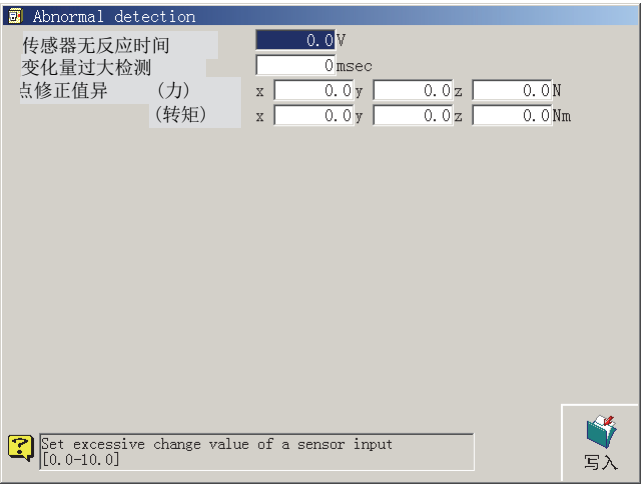
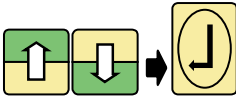


表 2.1.5 异常检测参数

参数	初始值	输入范围	功能说明
变化量过大检测 (E1826)	0.0	0.0~10.0[V] 0: 不检测	各取样周期的模拟输入[V]的变化量超过设定值时检测到异常。 所有通道通用。 始终进行监视。
传感器无反应时间 (E1827)	0	0~9999[msec] 0: 不检测	输入最小值或最大值的状态连续时间超过设定时间时检测到异常。 仅在运转准备 ON 时监视。
零点修正值异常 (E1836)	0.0	力: 0.0~99.9[N] 转矩: 0.0~99.9[Nm] 0: 不检测	执行零点修正应用命令 (FN379) 时, 传感器输入的绝对值超过设定值时, 检测到异常。 分别设定 XYZ 的平移力/回转力。

重点

变化量过大检测必须在考虑传感器的输出电压范围的基础上进行设定。

DAQ.F/T 系列 单端 -10V~+10V
WACOH WDF 系列 单端 0~+5V
NITTA IFS 系列 单端 -5V~+5V

2.1.6 力传感器条件判定信号

本功能是对发生的力与所设定的条件进行比较，当发生的力超过设定值时，使输出信号 ON 的功能。

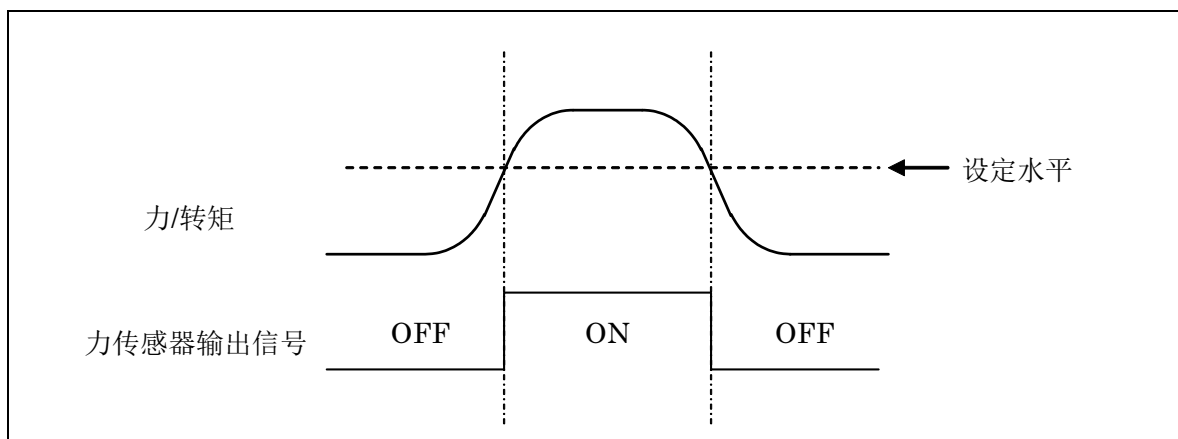


图 2.1.4 力判定信号输出

判定条件可设定 8 个种类，分别输出不同的信号。

各判定条件可设定 X 轴方向力、Y 轴方向力、Z 轴方向力、X 轴回转转矩、Y 轴回转转矩、Z 轴回转转矩这 6 个数据，超过所有的设定值时信号 ON。如果有不需要检查的力/转矩，将不需要的部分设定为 0，该数据将不用于判定。

例如仅对 X 轴方向力、Y 轴方向力设定判定水平时，如下图所示，两个条件都成立时信号 ON。

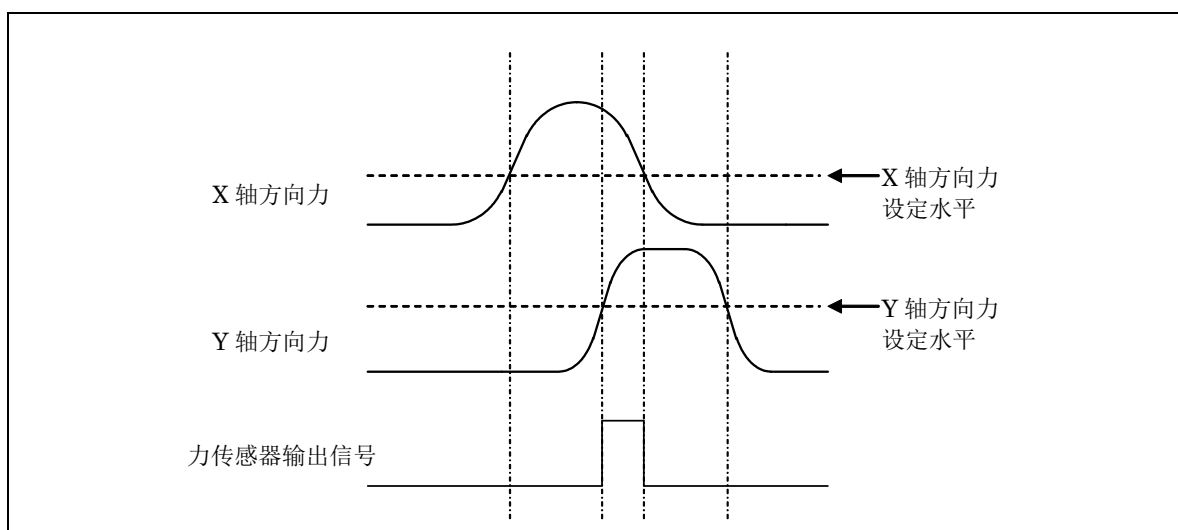


图 2.1.5 根据 X 轴方向力与 Y 轴方向力的力判定信号输出

设定包括判定条件与信号的分配。进行设定后始终监视力传感器输入，输出信号。没有开始、结束等的设定、应用命令。

重点

获取的力的 XYZ 的方向作为力传感器固有的坐标系（传感器坐标系）。请注意其与工具坐标系等无关。

关于力传感器固有的坐标系，请参照力传感器的使用说明书。

设定根据力传感器所承受的力输出信号的条件。



1 选择示教模式。

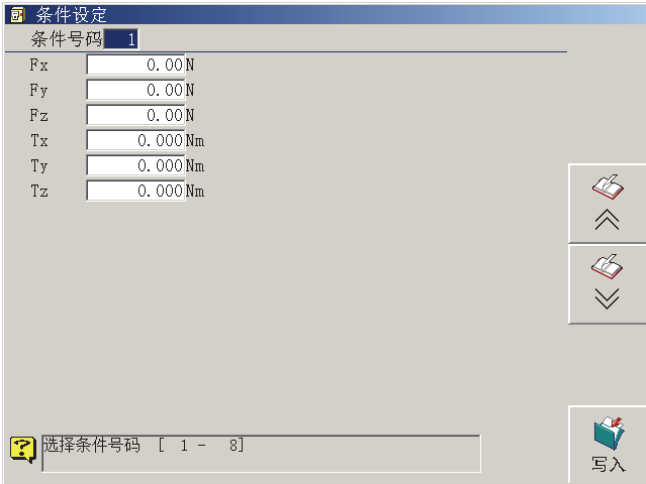
2 选择<常数设定>→[34 力/转矩传感器]。

>> 显示如下常数选择画面。



3 选择[1 输出条件设定]。

>> 显示如下设定画面。



4 在条件号码设定编辑框中直接输入进行编辑的条件的编号，或使用 f8、f9 键选择。

5 设定希望使信号 ON 的值。

设定为 0 时，将不判定该值。始终视为条件成立。



6 设定完成后按下<写入>。

欲中途放弃编辑时，按下[复位]键。

重点

希望在某个范围内输出信号时，进行下限设定与上限设定，请在下限设定中使用输出信号 A，上限设定中使用输出信号 B，将 A=ON 且 B=OFF 作为判定条件。

2.1.7 输出信号设定

设定力传感器的输出信号的分配。



1 选择示教模式。

2 选择<常数设定>→<6 输出输入信号>→[3 输出信号分配]→[1 基本输出信号]。

>> 显示基本输出信号分配画面，请打开有如下力传感器的项目的页面。

基本输出信号 9/12

用户维护	M1	9	0	10	0	11	0	12	0
		1	0	2	0	3	0	4	0
		5	0	6	0	7	0	8	0
冲击传感器动作			0						
视觉传感器连接			0						
视觉监视器关闭			0						
区域总线正常		1	0	2	0	3	0	4	0
TP动作可能键ON			0						
力传感器		1	0	2	0	3	0	4	0
		5	0	6	0	7	0	8	0
PLC逻辑输入输出			0						
可启动区域	U1		0						
记录备份			0						
视觉外部触发器			0						
有视觉预约			0						
视觉缓冲区已满			0						

?

为力/转矩传感器的输出值满足设定条件时输出的信号。
[0-2048]

参照

写入



3 进行信号的分配设定，按下<写入>。

各设定端口编号，分别与各输出条件号码相对应。例如，力传感器 1 信号为与条件 1 对应的输出信号。

2.2 连接

2.2.1 模拟输入信号的连接（FD 控制装置时）

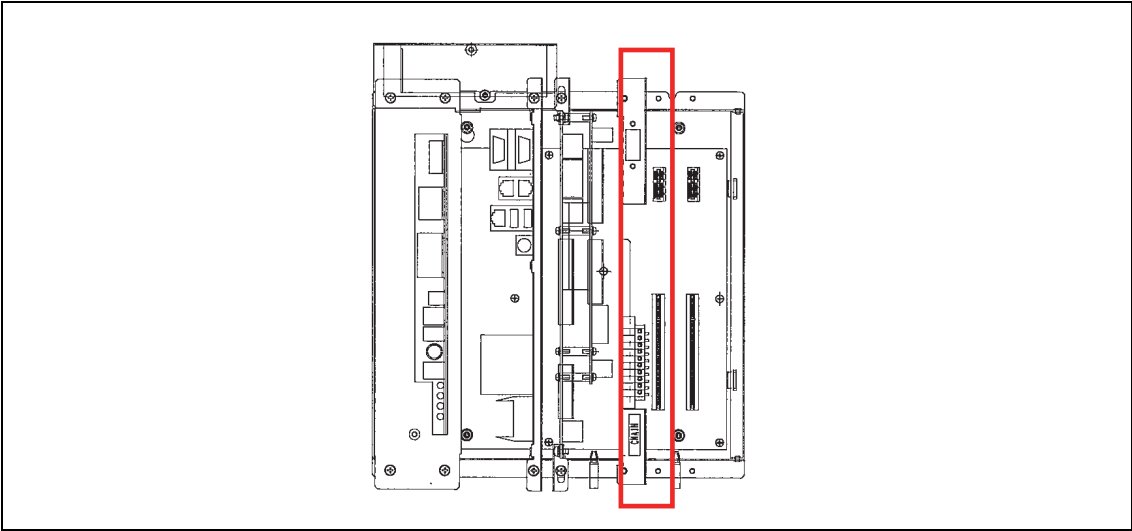


图 2.2.1 模拟输入基板 (AX10-OP46-A)

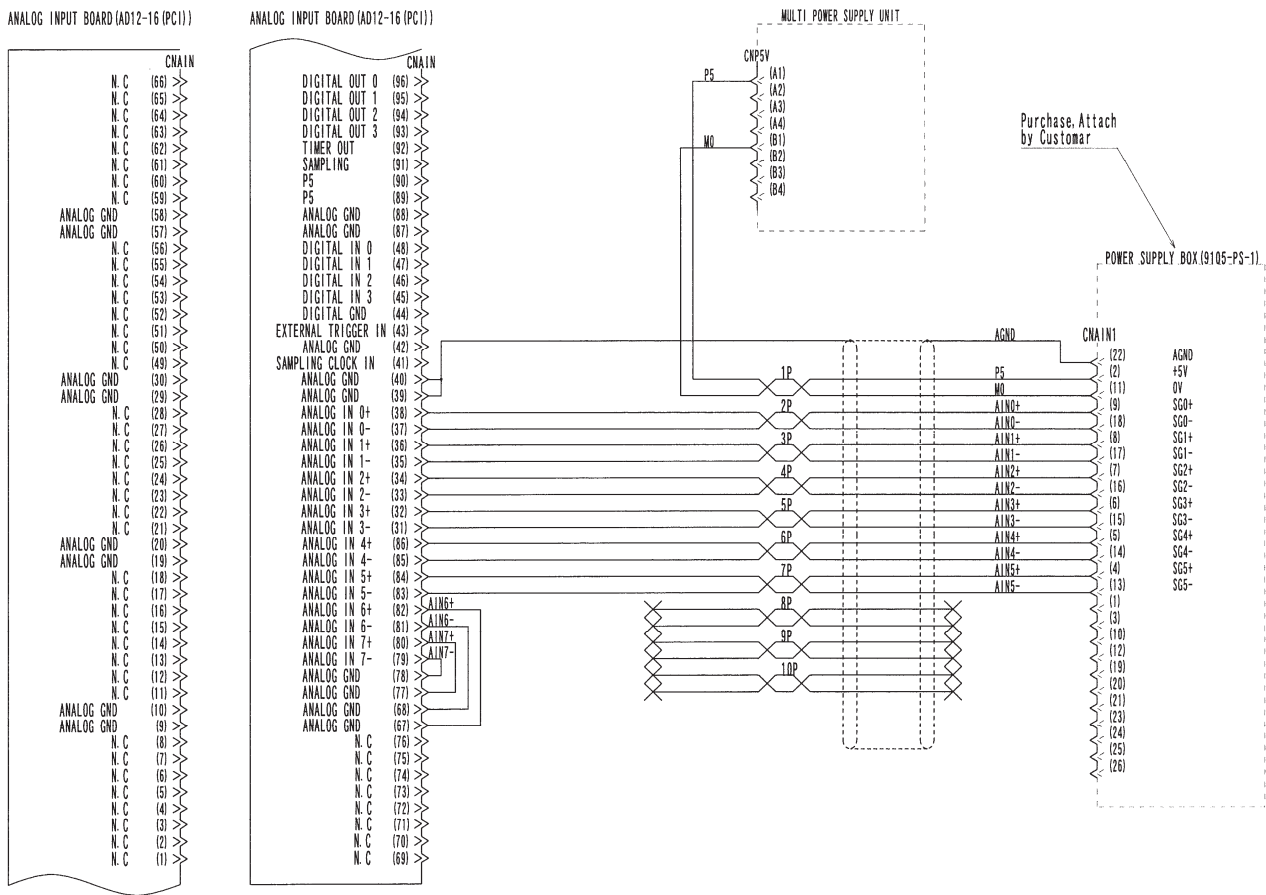


图 2.2.2 模拟输入信号的连接（ATI 产传感器）

重点

请参照力传感器的使用说明书进行连接。

2.2.2 模拟输入信号的连接（CFD 控制装置时）

请参照操作说明书“CFD 控制装置 技术资料 1”[17 章 力传感器]。

NOTE

第3章 追随工件的移动

3.1 力控制的概要

使用专用的功能，可对工件施加力，或追随工件的移动。
下图为使用力控制的作业示例。

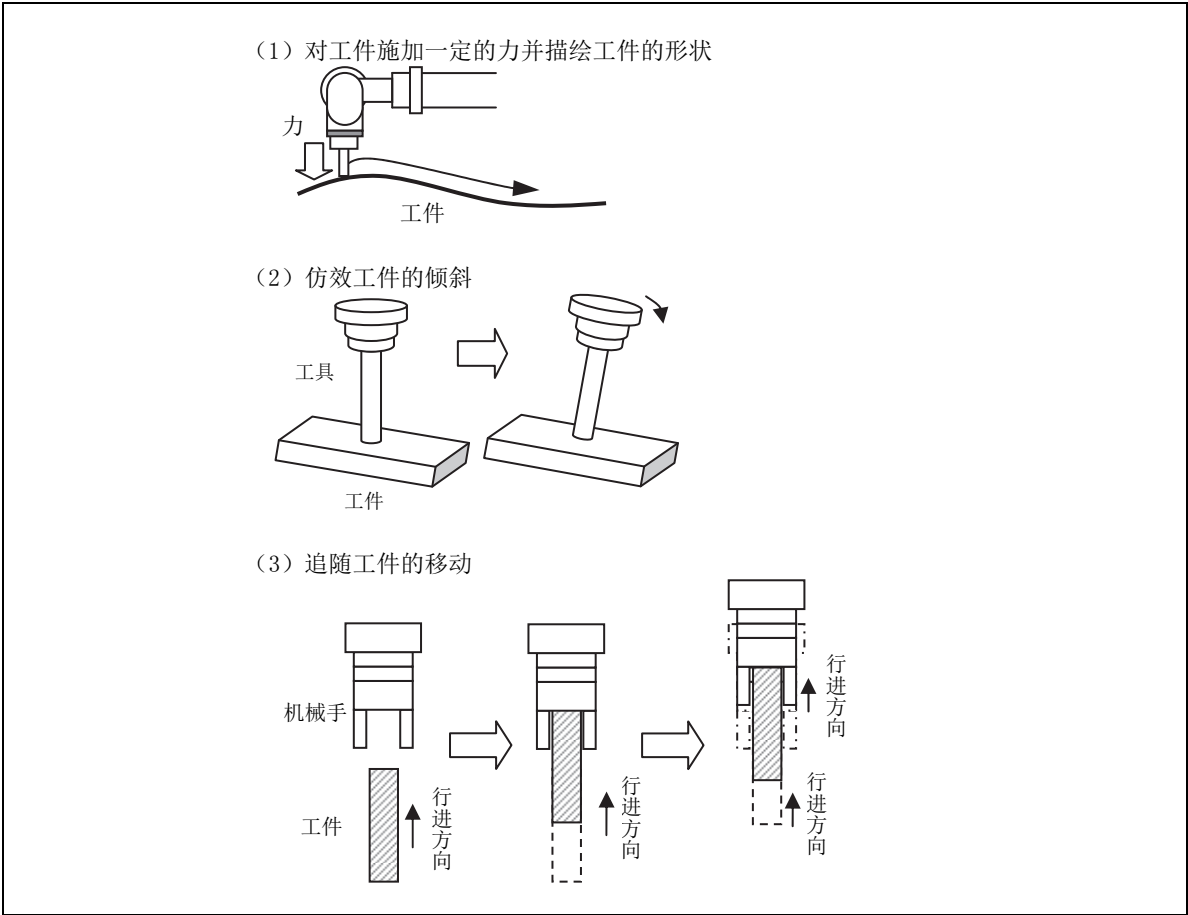


图 3.1.1 使用力控制的作业示例

下图为力控制 条件设定画面。在该画面中设定力控制的常数。

Force control condition

条件号码 1

作业坐标系 用户坐标 用户座标系号码 0

力控制 ☒ 随动 ☐ 按压

目标力 增益 弯曲弹簧

☐ Variable

	目标力	增益	弯曲弹簧
☐ X	0 N	0.0	0.0 N/mm
☐ Y	0 N	0.0	0.0 N/mm
☐ Z	0 N	0.0	0.0 N/mm
☐ RX	0 Nm	0.0	0.0 Nm/deg
☐ RY	0 Nm	0.0	0.0 Nm/deg
☐ RZ	0 Nm	0.0	0.0 Nm/deg

减速条件

方向禁用 阈值 0 N 减速率 0.0 %/N

异常检测 力(转矩) 移位(角度)

	力(转矩)	移位(角度)
X/Y/Z	0 N	0.0 mm
RX/RY/RZ	0 Nm	0.0 度

Set a number of force control condition. [1-100]

写入

力控制 条件设定 例

3.2 力控制中使用的应用命令

根据所设定条件的力控制，通过力控制开始功能（FN326）开始。通过力控制/触碰动作结束功能（FN328）结束。力控制开始功能执行后，又执行了其他的力控制开始功能时，将变更力控制的条件。

3.2.1 FN326 力控制 开始功能

通过该功能开始力控制。
原则上为通过类功能，但首次开始时将进行定位。若已进行了力控制后再次执行力控制，可在通过的同时变更力控制的条件。
结束时使用“力控制 结束功能”。

助记符	编号	名称
FORCECTRL	FN326	力控制
参数		
	数据	内容、设定范围
第1 参数	机构	指定进行力控制的机构。 仅有操作器机构可进行力控制。 (1~9)
第2 参数	条件号码	指定[常数设定]-[41 力控制]-[1 力控制 条件设定]中选择的条件号码。 (1~100)



注意

在力控制执行中变更力控制的条件时，根据参数的设定，有可能发生意想不到的动作，或对工件施加了过度的力，因此请充分注意。



重要

执行力控制时，无法执行与当前执行的力控制有着不同作业坐标系的力控制。
执行此类力控制时，将发生错误“E1831 力控制 坐标系选择异常”，机器人停止。

3.2.2 FN328 力控制/触碰移位 结束 功能

通过该功能结束执行中的力控制以及触碰移位这两者。
未进行力控制/触碰移位时不做任何处理。

助记符	编号	名称
FORCEEND	FN328	力控制/触碰移位 结束
参数		
	数据	内容、设定范围
第1 参数	无	



重要

“FN328 力控制/触碰结束”的前一个命令必须是移动命令。
“FN328 力控制/触碰结束”之前记录了包含 FN326 FORCECTRL 及 FN327 FORCETOUGH 的应用命令时，执行“FN328 力控制/触碰结束”时将发生错误，机器人的动作停止。

3.3 力控制的条件设定

控制条件的设定需要启用力传感器选项及 **EXPERT** 以上的权限。

- 1

设定 **EXPERT** 以上的操作员资格。
- 2

选择示教模式。
- 3

选择<常数设定>→[41 力控制]→[1 力控制 条件设定]。
>> 显示[Force control condition(力控制 条件设定)]画面。



- 4

设定力控制的方式、及力控制中使用的常数。

力控制为“随动”时

Force control condition

条件号码 1

作业坐标系 用户坐标 用户座标系号码 1

力控制 随动 按压

目标力

增益

弯曲弹簧

Variable

X

0

N

Y

0

N

Z

0

N

RX

0

Nm

RY

0

Nm

RZ

0

Nm

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0 N/mm

0.0 N/mm

0.0 N/mm

0.0 Nm/deg

0.0 Nm/deg

0.0 Nm/deg

前号码

下号码

减速条件

方向禁用 阈值 0 N 减速率: 0.0 %/N

异常检测 力(转矩) 移位(角度)

X/Y/Z

0 N

0.0 mm

RX/RX/RZ

0 Nm

0.0 度

Set a number of force control condition. [1-100]

写入

力控制为“按压”时

Force control condition

条件号码 1

作业坐标系 用户坐标 用户座标系号码 1

力控制 随动 按压

目标力

增益

弯曲弹簧

Variable

X

0

N

Y

0

N

Z

0

N

RX

0

Nm

RY

0

Nm

RZ

0

Nm

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0

0.0 N/mm

0.0 N/mm

0.0 N/mm

0.0 Nm/deg

0.0 Nm/deg

0.0 Nm/deg

前号码

下号码

减速条件

方向禁用 阈值 0 N 减速率: 0.0 %/N

异常检测 力(转矩) 移位(角度)

X/Y/Z

0 N

0.0 mm

RX/RX/RZ

0 Nm

0.0 度

Set a number of force control condition. [1-100]

写入



- 5

使用<前号码><下号码>增减显示的条件号码。
或直接输入条件号码，也可变更条件号码。
- 6

按下<写入>。
>> 条件号码 1~100 的所有条件都被保存。

设定下表的 4 个项目。

表 3.3.1 力控制条件设定的项目

项目	内容
条件	指定功能中用于指定的编号、执行力控制的坐标系、以及力控制的种类。
力控制参数	设定用于进行力控制的参数。（目标力可以以实数变量进行指定。） - 目标力 - 力控制增益 - 弯曲弹簧 请根据目的作业调整参数。
减速条件	设定力控制执行中用于进行减速的参数。
异常检测	设定用于检测力控制执行中的异常的参数。

与[条件]相关的参数

选择力控制中使用的坐标系、以及随动/按压。
力控制条件最多可登录 100 个。

表 3.3.2 力控制 条件

参数	初始值	输入范围	功能说明
条件号码	1	1~100	输入编辑的条件号码。 力控制功能执行时参照的编号。
作业坐标系	机械	不使用/机械/工具/用户/绝对/路径	选择作业坐标系。 选择用户坐标系时一并指定编号。
力控制	随动	随动/按压	选择力控制的种类。 随动：仿效工件移动，使指定方向的力为 0。 按压：以指定的力按压工件。

与[力控制]相关的参数

设定执行力控制时的参数。

力控制将对增益设定为非 0 的方向起作用。

表 3.3.3 力控制参数

参数	初始值	输入范围	功能说明
X, Y, Z, Rx, Ry, Rz	未勾选		选择进行力控制的方向。 可设定已勾选方向的“目标力”“增益”“弯曲弹簧”。 控制为“随动”时，无法设定目标力。 未勾选方向的参数（目标力/增益/弯曲弹簧）全部重置为 0。
变量指定（目标力）	未勾选		已勾选时，指定实数变量作为目标力。 变量指定与数值指定无法混用。
目标力	0	力： -500~500[N] 转矩： -500~500[Nm]	进行控制，使外力与目标力一致。若设定了“弯曲弹簧”，则将加上了弹力的结果作为目标力。 控制为“随动”时，目标力全部为 0，无法输入。
增益	0.0	0.0~9999.0	表示与外力随动的轻易程度。 值越大响应速度越快，但外力变得敏感，有可能引起振动。
弯曲弹簧	0.0	力： 0.0~500.0[N/mm] 转矩： 0.0~500.0[Nm/deg]	设定与距离基本路径的偏差成比例的、反向发生的虚拟力。 进行控制，使弹力产生力+外力=目标力。

设定了目标力及弯曲弹簧时的动作如下表所示。

弯曲弹簧 \ 目标力		0	不为 0
		无负荷（外力为 0）状态下，机器人不动作。 外力发生时随外力进行动作。	无负荷状态下，机器人沿目标力所设定的方向进行动作。 此外，当该方向有物体时，将以目标力推动该物体。
0	不影响动作。	为随动动作。几乎不对对象物体施加力。	为按压动作。 对对象物体施加目标力。
不为 0	根据距离控制开始点的移位发生弹力	为随动动作。可根据移位对对象物体施加力。	为按压动作。 可根据力控制的移位变化对对象物体施加的力。（参照下页图）

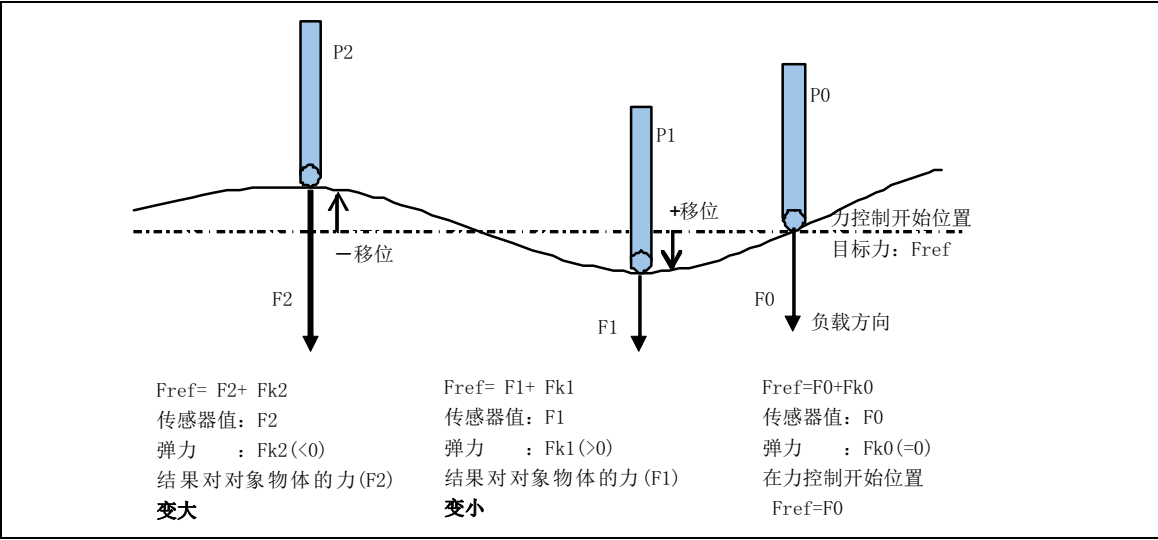


图 3.3.1 设定了目标力与弯曲弹簧时的动作



可以以变量指定目标力。
使用变量指定时请勾选[变量指定]。

与[减速条件]相关的参数

希望外力越大，步骤的移动速度越慢时进行设定。在去毛刺等动作中希望毛刺越大，动作越慢时使用。与“弯曲弹簧”共同使用更为有效。可在示教/再生两个模式下减慢移动速度。

参数	初始值	输入范围	功能说明
方向	不进行	不进行/X/Y/Z	在作业坐标系中选择作为速度控制对象的力方向。
阈值	0	-500~500[N]	指定开始减速的力。
减速率	0.0	0.0~100.0[%/N]	设定指定方向的力超过阈值时的减速率。进行减速时，该减速率显示在力控制监视器上。但小于0.0时不会相乘。

示教模式（速度） = （记录速度）×（检查速度）×（根据力控制的倍率值）
再生模式（速度） = （记录速度）×（再生速度倍率值）×（根据力控制的倍率值）

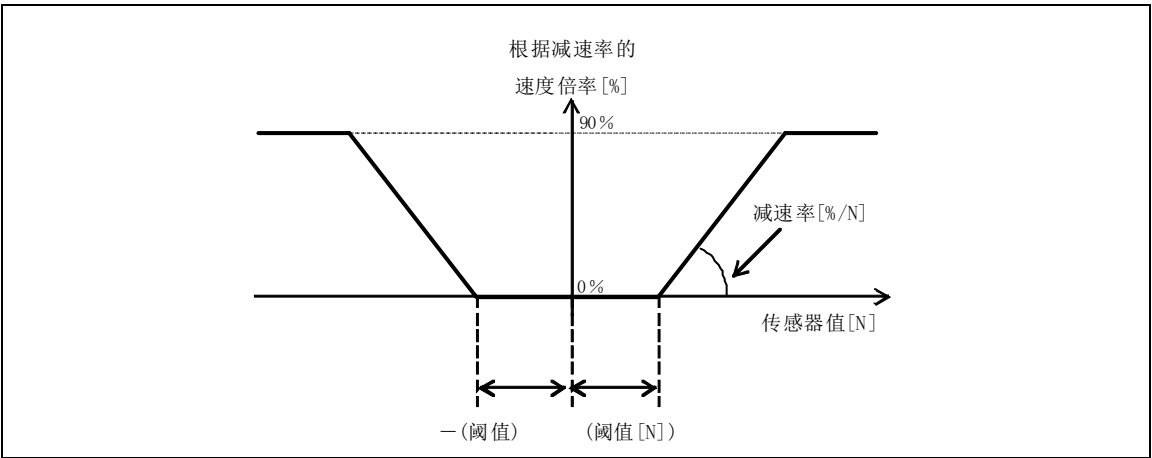


图 3.3.2 由减速条件引起的速度变化

与[异常条件]相关的参数

进行与力控制中的异常检测相关的设定。若外力及力控制移位超过此处所指定的值，将发生错误 E1828，机器人停止。关于 E1828 请参照第 8 章。

参数	初始值	输入范围	功能说明
力/转矩	0	力: 0~500[N] 转矩: 0~500[Nm]	外力 (Fx/Fy/Fz/Tx/Ty/Tz) 的绝对值中的任意一个超过指定的力 (转矩) 时发生异常, 立即停止。 设定为 0 时无效。
移位/角度	0.0	移位: 0.0~500.0[mm] 角度: 0.0~500.0[deg]	<u>力控制移位</u> (X/Y/Z/Rx/Ry/Rz) 的绝对值中的任意一个超过指定的距离 (角度) 时发生异常, 立即停止。 设定为 0 时无效。

重点

移位/角度在以由力控制引起的移位来判定异常。
并非以机器人的位置及轴角度的值本身来判定, 还请注意。

3.4 示教/再生时的力控制

在使用力控制的程序的再生中使机器人停止时，力控制结束，力控制引起的移位量被重置。选择从力控制开始后到结束之间的步骤再次开始再生时，将不进行力控制，沿示教点进行动作。再生开始的步骤之后有力控制开始功能时，执行该命令中所设定的力控制。

若检查时功能执行为“有效”，进行检查前进时，执行力控制。

若检查时功能执行为“无效”，进行检查前进时，不执行力控制。

检查后退时，无视检查时功能执行的设定，不执行力控制。



重点

力控制执行中使机器人停止时，力控制结束，力控制引起的移位量被重置。再次启动时，不会重新开始力控制，因此机器人将沿示教点进行动作。

第4章 进行触碰动作

4.1 触碰动作的概要

触碰动作在进行工具与工件的接触时使用。

若在工具与工件未接触的状态下开始通常的力控制，为使外力从 0 到与目标力一致，机器人有可能做出剧烈的动作。

通过使用触碰动作，可设定工具与工件接触时的速度、结束条件，进行安全的接触。

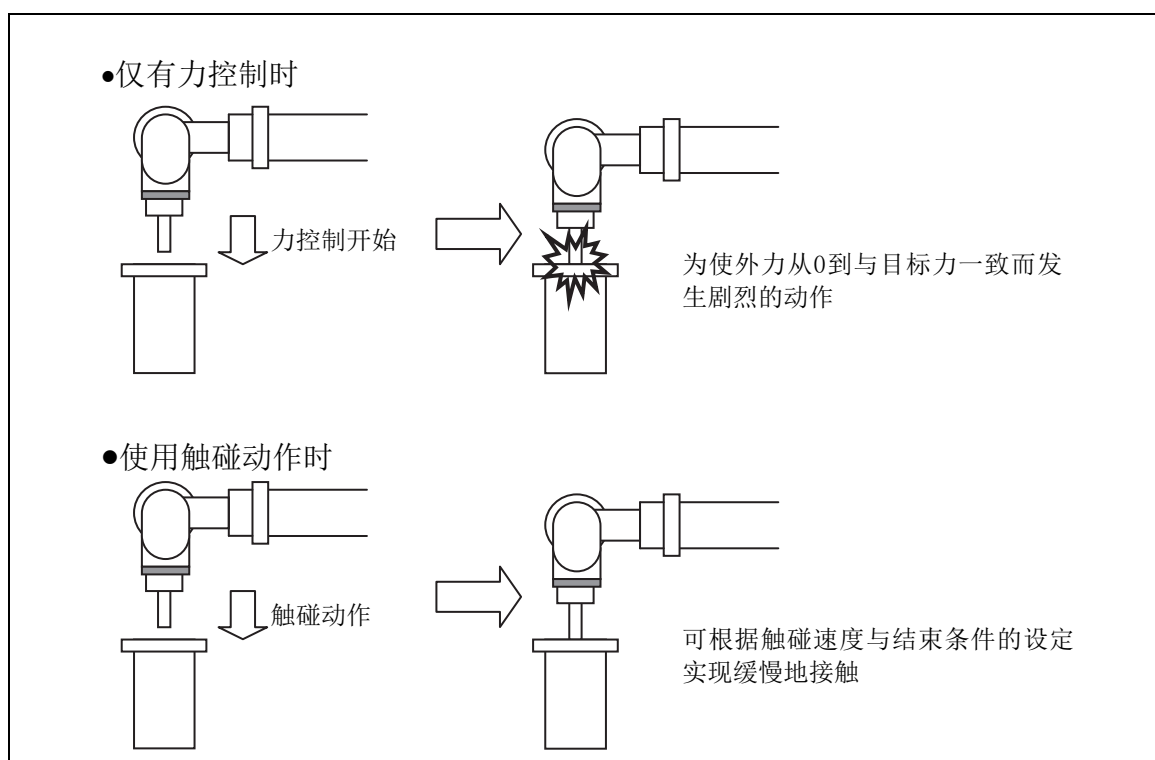


图 4.1.1 仅在力控制下的接触与触碰动作

表 4.1.1 触碰动作中使用的术语

术语	内容
触碰移位	未进行力控制的状态下从最初开始触碰开始，到执行结束功能为止的 <u>触碰执行移位</u> 的总和。在结束功能的执行中被清零。 由触碰引起的相对示教路径的移位量。
基本路径	是未进行力控制时的机器人 TCP 的动作路径。 指示教路径加上触碰移位后的路径。
触碰执行移位	1 次触碰中移动的移位。在触碰结束的判定中使用。 1 次触碰结束时，由于已加上了触碰移位，因此将被清零。
力控制移位	从开始力控制时开始的、由力控制引起的移动量的总和。不包含触碰移位。 基本路径加上力控制移位后作为最终的指令值。

触碰动作执行后，到“力控制/触碰移位结束功能”执行为止的期间，机器人的动作仅移位触碰动作中所移动的移动量的总和。

4.2 触碰动作中使用的应用命令

根据所设定条件的触碰动作，通过触碰开始功能（FN327）开始。通过力控制/触碰动作结束功能（FN328）结束。

4.2.1 FN327 触碰 开始功能

通过该功能开始触碰。
功能执行结束后，检测工件时移动的触碰移位量，将作为移位量加到之后的动作中。要清零触碰移位，执行“力控制/触碰移位结束功能”。

助记符	编号	名称
FORCETOUCH	FN327	触碰
参数		
	数据	内容、设定范围
第1 参数	机构	指定进行力控制的机构。 仅有操作器机构可进行触碰。 (1~9)
第2 参数	条件号码	指定[常数设定]-[41 力控制]-[2 触碰 条件设定]中选择的条件号码。 (1~100)

4.2.2 FN328 力控制/触碰移位 结束功能

通过该功能结束执行中的力控制以及触碰移位这两者。
未进行力控制/触碰移位时不做任何处理。

助记符	编号	名称
FORCEEND	FN328	力控制/触碰移位 结束
参数		
	数据	内容、设定范围
第1 参数	无	



“FN328 力控制/触碰结束”的前一个命令必须是移动命令。
“FN328 力控制/触碰结束”之前记录了包含 FN326 FORCECTRL 及 FN327 FORCETOUCH 的应用命令时，执行“FN328 力控制/触碰结束”时将发生错误，机器人的动作停止。

4.3 触碰动作的条件设定

条件设定需要启用力传感器选项及 **EXPERT** 以上的权限。

- 1

设定 **EXPERT** 以上的操作员资格。
- 2

选择示教模式。
- 3

选择<常数设定>→[41 力控制]→[2 触碰动作 条件设定]。
>> 显示如下设定画面。



第 1 页

Touch condition1/2

条件号码1

作业坐标系路径坐标

速度

变量指定

☐ X0.0mm/sec.

☐ Y0.0mm/sec.

☐ Z0.0mm/sec.

☐ RX0.0deg/sec

☐ RY0.0deg/sec

☐ RZ0.0deg/sec

结束条件

结束负荷

变量指定

☐ Fx0N

☐ Fy0N

☐ Fz0N

☐ Tx0Nm

☐ Ty0Nm

结束移位

变量指定

☐ X0.0mm

☐ Y0.0mm

☐ Z0.0mm

☐ RX0.0度

☐ RY0.0度

?

Set a number of touch motion condition. [1-100]

写入

第 2 页

Touch condition2/2

☐ Tz0Nm

☐ RZ0.0度

其他结束条件

时间0.0

输入信号0

输入状态☒ 开 ☐ 关

?

Turn on a check to axis for end condition of touch motion.

写入



- 4 使用<前号码><下号码>增减显示的条件号码。
或直接输入条件号码，也可变更条件号码。
条件号码 2 以后也显示同样的画面。

Touch condition 1/2

条件号码 2

作业坐标系 不使用

速度 变量指定

☐ X 0.0 mm/sec.

☐ Y 0.0 mm/sec.

☐ Z 0.0 mm/sec.

☐ RX 0.0 deg/sec

☐ RY 0.0 deg/sec

☐ RZ 0.0 deg/sec

结束条件

结束负荷 变量指定

☐ Fx 0 N

☐ Fy 0 N

☐ Fz 0 N

☐ Tx 0 Nm

☐ Ty 0 Nm

结束移位 变量指定

☐ X 0.0 mm

☐ Y 0.0 mm

☐ Z 0.0 mm

☐ RX 0.0 度

☐ RY 0.0 度

Set a number of touch motion condition. [1-100]



- 5 按下<写入>。
条件号码 1~100 的所有条件都被保存。

设定下表的 3 个项目。

表 4.3.1 触碰动作条件设定的项目

项目	内容
条件	指定功能中用于指定的编号及执行触碰动作的坐标系。
触碰动作参数	设定用于进行触碰动作的方向与速度。(可进行实数变量指定。) 请根据目的作业调整参数。
结束条件	设定结束触碰动作的条件。(可进行实数变量指定。) - 结束负荷 - 结束移位 - 其他 请根据目的作业调整参数。

与[条件]相关的参数

选择触碰动作中使用的坐标系。
触碰动作条件最多可登录 100 个。

表 4.3.2 触碰动作 条件

参数	初始值	输入范围	功能说明
条件号码	1	1~100	触碰动作功能执行时参照的编号。
作业坐标系	机械	不使用/机械/工具/用户/绝对/路径	选择作业坐标系。 选择用户坐标系时一并指定编号。



触碰动作中选择路径坐标系作为作业坐标系时，在触碰动作中使用触碰动作开始前的动作中的路径坐标系。

与[触碰动作]相关的参数

功能开始时，可以以指定的速度向与示教轨迹不同的其他任意方向动作。未设定速度时，将在功能执行的位置等待条件成立。

表 4.3.3 触碰动作参数

参数	初始值	输入范围	功能说明
X, Y, Z, Rx, Ry, Rz	未勾选		选择进行触碰动作的轴。 可设定已勾选的轴的“速度”。 未勾选的轴的“速度”全部重置为 0。
变量指定（速度）	未勾选		已勾选的条件将指定实数变量。 变量指定与数值指定无法混用。
速度	0	-100~100[mm/s] -100~100[deg/s]	可以从功能执行位置以各方向指定的速度使对象机构动作。

与[结束条件]相关的参数

指定触碰动作的结束条件。必须指定某个结束条件。通过条件成立结束功能的执行，移至下一个步骤。

表 4.3.4 结束条件

参数	初始值	输入范围	功能说明
变量指定 （结束负荷、 结束移位）	未勾选		已勾选的条件将指定实数变量。 变量指定与数值指定无法混用。
结束负荷	0	-1000~1000[N]	设定作为结束条件的外力。
	>	> 或 <	设定外力（Fx, Fy, Fz, Tx, Ty, Tz）与结束负荷间的大小的条件。
结束移位	0	0: 无条件 距离: -200~200[mm] 角度: -200~200[deg]	自动作开始的移动距离（X, Y, Z）、或移动角度（Rx, Ry, Rz）的任意一个超过指定值时结束。
其他结束条件 : 时间	0	0: 无条件 1~100[s]	自移动开始经过指定的时间后结束。
其他结束条件 : 输入信号	0	0: 无条件 1~2048 5101~5196	设定作为结束条件的通用输入信号（多个输入信号）。 分配信号指定时，条件不成立。
	ON	ON 或 OFF	设定判定结束的信号的状态。

4.4 示教/再生时的触碰动作

触碰动作执行中使机器人紧急停止时，触碰动作结束，触碰动作引起的移位量被重置。在触碰开始执行中紧急停止的情况下，当再次开始再生时，由于触碰开始功能属于应用命令，必须重新选择移动命令的步骤或步骤 0。

若检查时功能执行为“有效”，进行检查前进时，执行触碰动作。

若检查时功能执行为“无效”，进行检查前进时，不执行触碰动作。

检查后退时，无视检查时功能执行的设定，不执行力控制。

再生时的触碰动作的速度，不依赖于速度倍率，直接以[触碰动作 条件设定]中设定的触碰速度的值进行动作。希望改变再生时的触碰速度时，请通过[触碰动作 条件设定]重新设定。

重点

触碰动作执行中使机器人停止时，触碰动作结束，触碰动作引起的移位量被重置。
当重新启动时，由于触碰开始功能属于应用命令，必须重新选择移动命令的步骤或步骤 0。

第5章 读取力传感器的信息

5.1 力传感器输入相关应用命令

即使不进行追随工件移动的动作及触碰动作，也可从力传感器处读取信息，存储在实数变量中。 这里将对这些应用命令进行说明。

5.1.1 FN360 获得力/转矩(力传感器输入获取)

执行该应用命令可将当前由力传感器输入的力/转矩数据存储在实数变量中。

助记符	编号	名称
GETFORCE	FN360	力传感器输入获取
参数		
	数据	内容、设定范围
第 1 参数	变量编号	指定存储获取的数据的实数变量编号。 获取的数据将存储在从指定的实数变量编号开始的连续 6 个实数变量中。 (1~195、301~495) 力/转矩数据储存 首个实数变量编号 GETFORCE[V1!] V1!:X 方向力[N] V2!:Y 方向力[N] V3!:Z 方向力[N] V4!:绕 X 轴转矩[Nm] V5!: 绕 Y 轴转矩[Nm] V6!: 绕 Z 轴转矩[Nm] 设定实例

重点

获取的力的 XYZ 的方向作为力传感器固有的坐标系（传感器坐标系）。请注意其与工具坐标系等无关。
关于力传感器固有的坐标系，请参照力传感器的使用说明书。

5.1.2 FN379 零点修正应用命令

执行该应用命令将读取传感器的输入值，计算出使力/转矩为0的修正值。通过该命令可变更<常数设定>-[34 力/转矩传感器]-[3 零位置数据]的设定。

助记符	编号	名称
FORCEZERO	FN379	力传感器零点修正
参数		
	数据	内容、设定范围
第 1 参数	无	

命令执行时常数文件受保护时，将发生警报。
命令执行时的传感器输入的绝对值超过<常数设定>-[34 力/转矩传感器]-[5 异常检测]的“零点修正值异常”设定值时，将检测到错误，运转准备 OFF。

5.1.3 FN329 力传感器数据获取功能

通过该应用命令，可获取指定坐标系中的力传感器值。
在参数中指定开始和结束。开始后传感器值存储在所指定的实数变量编号中。 在到结束为止的期间更新传感器值。无法指定更新周期。

助记符	编号	名称
GETFORCE2	FN329	力传感器数据获取
参数		
	数据	内容、设定范围
第 1 参数	获取开始/结束	指定开始或结束力传感器数据值的获取。 (1: 开始/0: 结束)
第 2 参数	坐标系选择	指定获取数据的坐标系。 0: 传感器坐标系 (可获取与 GETFORCE 相同的结果) 1: 机械坐标系 (机器人坐标系) 2: 工具坐标系 3: 用户坐标系 4: 绝对坐标系 (世界坐标系) 5: 当前执行中的力控制的坐标系 指定用户坐标系时，必须事先在<维修>-“10 用户坐标系登录”中登录，并选择通过应用命令的“Fn113 移位坐标系选择”移位使用的用户坐标系编号。
第 3 参数	变量编号	指定存储获取的数据的实数变量编号。获取的数据将存储在从指定的实数变量编号开始的连续 6 个实数变量中。 (1~195、301~495)

第6章 示教

6.1 概要

使用力控制时，进行如下示教：工具前端不与工件接触，工具前端与工件保持一定距离的同时，描绘工件的形状。

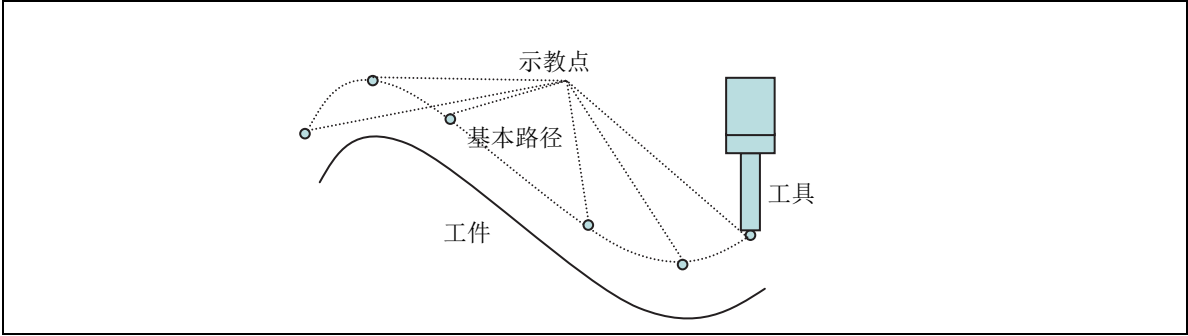


图 6.1.1 示教点的示教示例

程序再生中的按压工件、以及沿工件形状的随动动作使用力控制的应用命令进行。与工件的接触使用触碰动作。

6.1.1 力控制

通过“FN326 力控制 开始功能”开始力控制。
通过“FN328 力控制/触碰移位 结束功能”结束力控制。
力控制开始功能执行后，又执行了其他的力控制开始功能时，力控制的条件更新为后执行的内容。

(例 1)

1	MOVE [P1]	向 P1 移动	力控制起作用。
2	FORCECTRL [1, 3]	力控制	
3	MOVE [P2]	向 P2 移动	
4	MOVE [P3]	向 P3 移动	
5	FORCEEND []	力控制/触碰结束	结束力控制。
6	MOVE [P4]	向 P4 移动	

(例 2)

1	MOVE [P1]	向 P1 移动	力控制 (1) 起作用。
2	FORCECTRL [1, 3]	力控制 (1)	
3	MOVE [P2]	向 P2 移动	力控制 (2) 起作用。
4	FORCECTRL [1, 5]	力控制 (2)	
5	MOVE [P3]	向 P3 移动	结束力控制。
6	FORCEEND []	力控制/触碰结束	
7	MOVE [P4]	向 P4 移动	

不结束力控制无法继续进行作业坐标系不相同的力控制。



“FN328 力控制/触碰结束”的前一个命令必须是移动命令。
“FN328 力控制/触碰结束”之前记录了包含 FN326 FORCECTRL 及 FN327 FORCETOUGH 的应用命令时，执行“FN328 力控制/触碰结束”时将发生错误，机器人的动作停止。

6.1.2 触碰动作

通过“FN327 触碰 开始功能”开始触碰动作。
触碰动作执行后，基本路径仅移位由触碰动作引起的移动量的总和。
通过“FN328 力控制/触碰移位 结束功能”结束触碰动作引起的移位。

(例 1)

1	MOVE[P1]	向 P1 移动
2	FORCETOUCH[1, 3]	触碰
3	FORCECTRL[1, 3]	力控制
4	MOVE[P2]	向 P2 移动
5	FORCEEND[]	力控制/触碰结束
6	MOVE[P3]	向 P3 移动

基本路径仅移位由触碰动作引起的移动量。

结束触碰移位及力控制。

(例 2)

1	MOVE[P1]	向 P1 移动
2	FORCETOUCH[1, 3]	触碰 (1)
3	FORCECTRL[1, 3]	力控制
4	MOVE[P2]	向 P2 移动
5	FORCETOUCH[1, 3]	触碰 (2)
6	MOVE[P3]	向 P3 移动
7	FORCEEND[]	力控制/触碰结束
8	MOVE[P4]	向 P4 移动

基本路径仅移位由触碰动作 (1) 引起的移动量。

基本路径仅移位由触碰动作 (1) 与触碰动作 (2) 引起的移动量的和。

结束触碰移位及力控制。



重要

“FN328 力控制/触碰结束”的前一个命令必须是移动命令。
“FN328 力控制/触碰结束”之前记录了包含 FN326 FORCECTRL 及 FN327 FORCETOUCH 的应用命令时，执行“FN328 力控制/触碰结束”时将发生错误，机器人的动作停止。

6.2 示教例



“FN328 力控制/触碰结束”的前一个命令必须是移动命令。
“FN328 力控制/触碰结束”之前记录了包含 FN326 FORCECTRL 及 FN327 FORCETOUGH 的应用命令时，执行“FN328 力控制/触碰结束”时将发生错误，机器人的动作停止。

6.2.1 随动（移动工件的处理）

下面表示追随移动的工件，用机械手抓取的作业示例。

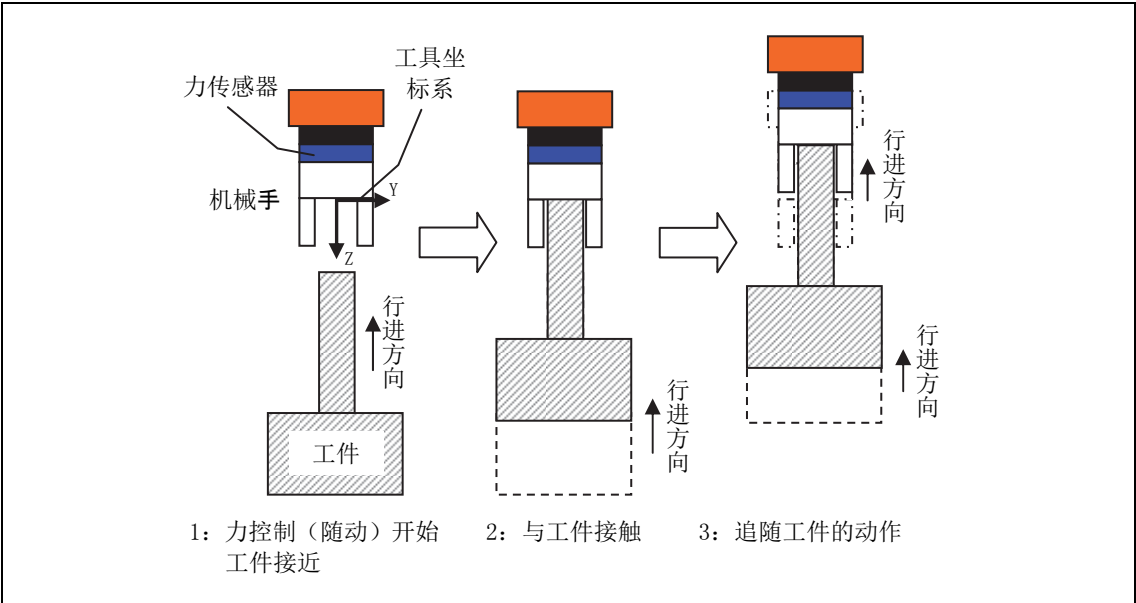


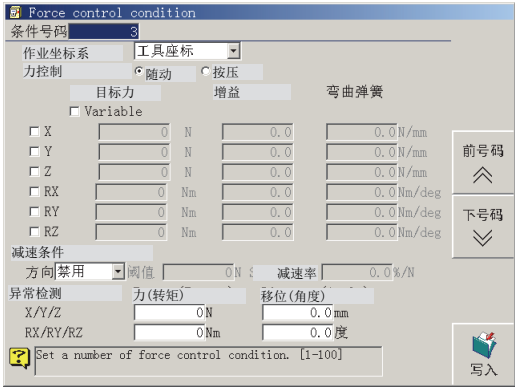
图 6.2.1 随动作业的示例（移动工件的处理）

使机器人静止，开始力控制（随动）。机器人在随着来自移动工件的按压力移动的同时，抓取工件。抓取工件后输出信号，接收到该输出信号后工件的移动停止。进行工件停止确认输入信号等待，结束力控制。

示教方法的示例

- (1) 记录希望抓取工件的基准位置（P1）。
- (2) 记录希望机械手抓取工件后移动到的位置（P2）。
- (3) 进行力控制及输入输出信号的设定。

[力控制 条件设定]的示例
条件号码：3
作业坐标系：工具坐标系
力控制：随动
Z 增益：（设定） 弯曲弹簧：0
去除 Z 以外的勾选。



力控制 条件设定的示例（随动）

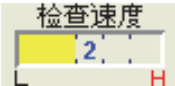
(4) 记录力控制及输入输出信号、抓取工件等的应用命令。

	5.0 %	JOINT	A1	T1	
0	[START]				
1	50.0 %	JOINT	A4	T1	
2	SETM[01,1]				FN105;输出信号
3	SETM[02,0]				FN105;输出信号
4	50.0 mm/s	LIN	A1	T1	
5	FORCECTRL[1,3]				FN326;Force control
6	WAITI[I161]				FN525;输入信号等待 (正)
7	SETM[01,0]				FN105;输出信号
8	SETM[02,1]				FN105;输出信号
9	WAITI[I162]				FN525;输入信号等待 (正)
10	50.0 mm/s	LIN	A1	T1	
11	FORCEEND				FN328;Force control/ton
12	300 mm/s	LIN	A2	T1	
13	50.0 mm/s	LIN	A1	T1	
14	SETM[01,1]				FN105;输出信号
[EOF]					

程序示例（随动）

4	MOVE[P1]		机械手移动至抓取工件的位置。
5	FORCECTRL[1,3]	力控制	开始力控制。 条件为 随动 用参数。
6	WAITI		工件投入开始
7	SETM[1.0]	输出信号 ON	抓取工件。
8	SETM[2.1]	输出信号 ON	输出抓取完成的信号。
9	WAITI	输入信号等待	等待工件的停止。
10	MOVE[P1]		FORCEEND 之前有应用命令时，执行时将发生错误，因此应记录移动命令。记录位置为 P1。该步骤中的机器人位置是 P1 加上由力控制引起的移位量后的位置，而不是从步骤 9 的位置开始变化。
11	FORCEEND[]	力控制结束	结束力控制。
12	MOVE[P2]		移动机械手

(5) 程序完成后，进行检查前进，确认动作。此时检查速度以低速进行。



(6) 在再生模式下，减小速度倍率进行再生，确认动作。机器人未如预期动作时，调整力控制的常数。

(7) 若没有问题，提高速度倍率。确认以希望的再生速度执行程序时没有问题发生。

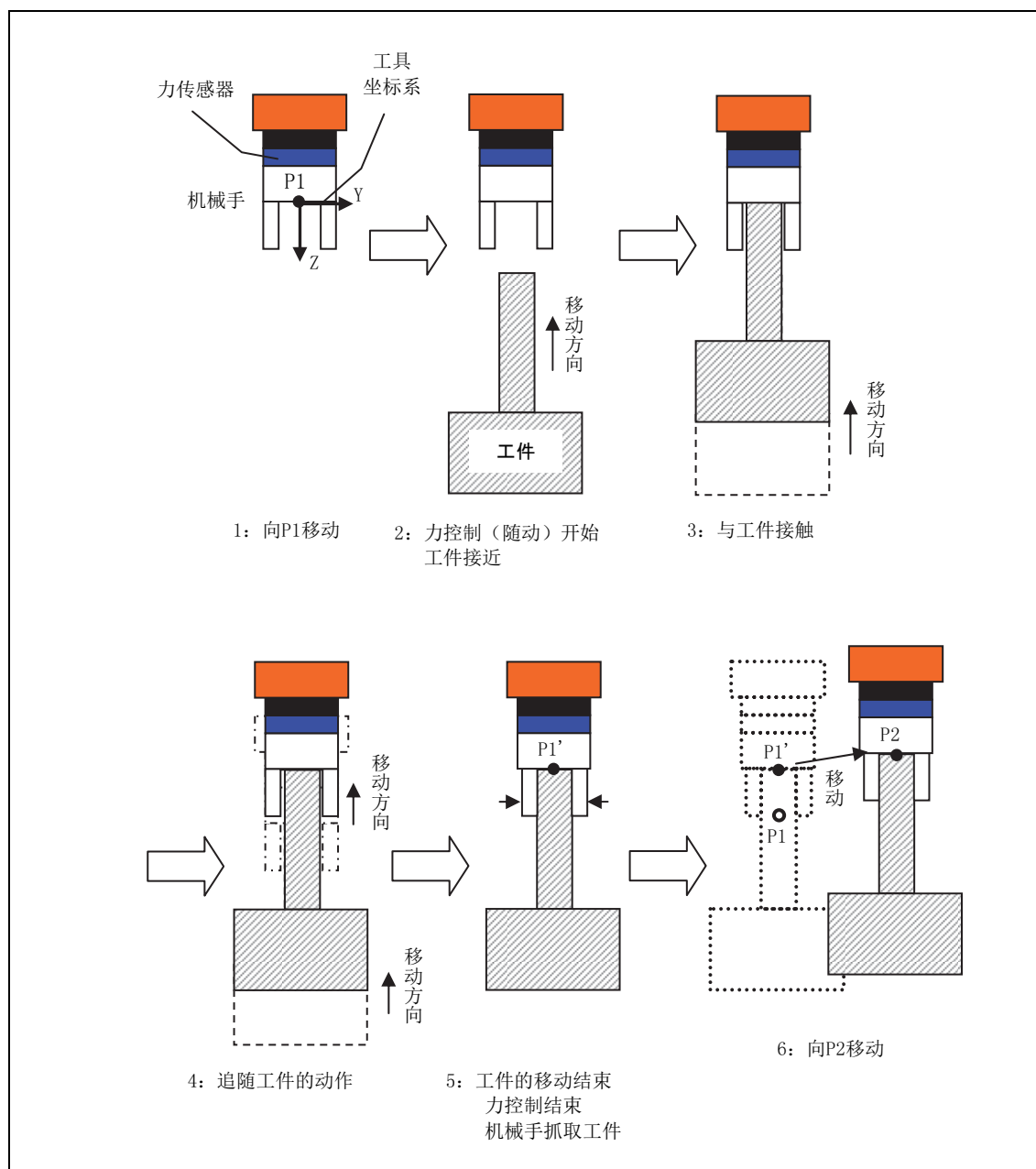


图 6.2.2 程序示例（随动作业）

6.2.2 按压（研磨作业示例）

下图表示在有凹凸的表面上研磨的作业示例。

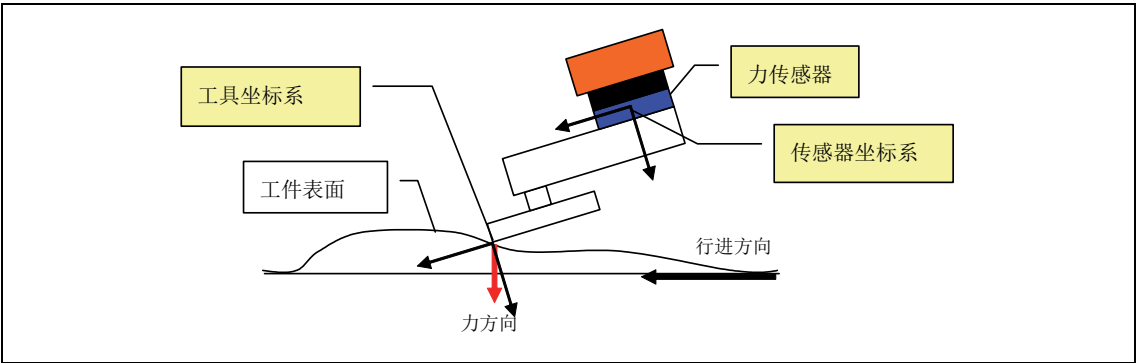


图 6.2.3 研磨作业的示例

在表面的上方粗略地示教。凹凸较小时可以成一直线。
通过力控制功能的触碰动作靠近，直至与表面接触。在触碰条件中设定力的检测，以检测到接触。

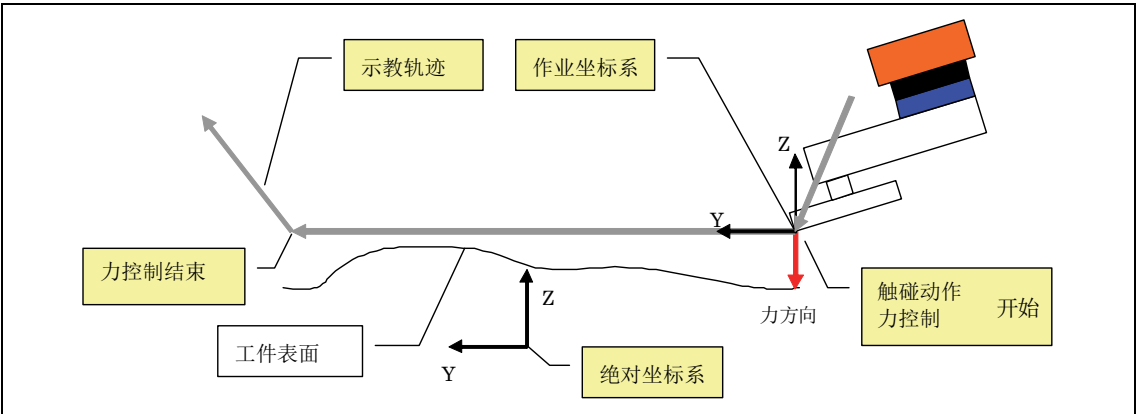


图 6.2.4 研磨作业的示教示例

用于实现研磨作业的示教示例如下所示。

示教方法的示例

(1) 记录触碰动作开始位置 (P1) 与研磨结束位置 (P2)、作业结束位置 (P3)。

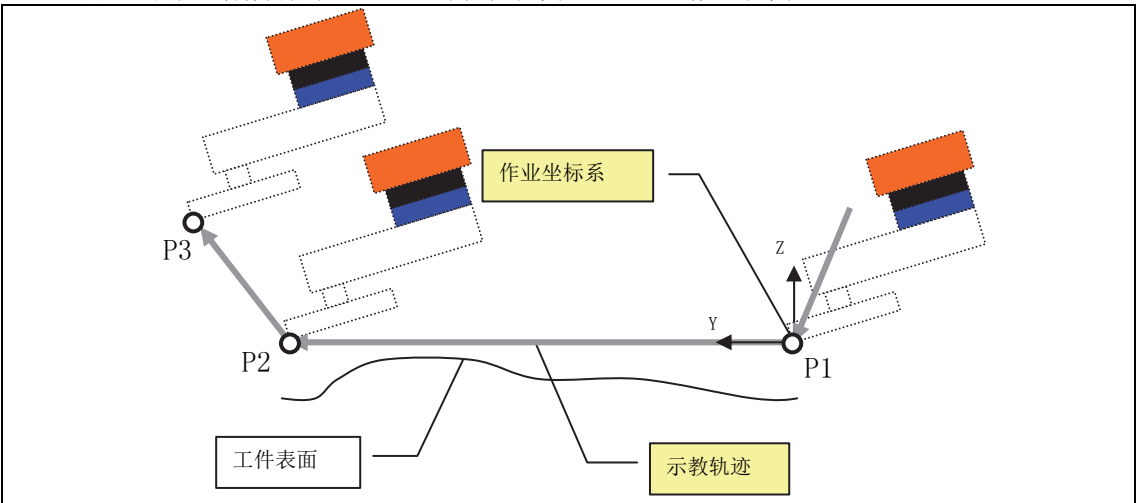
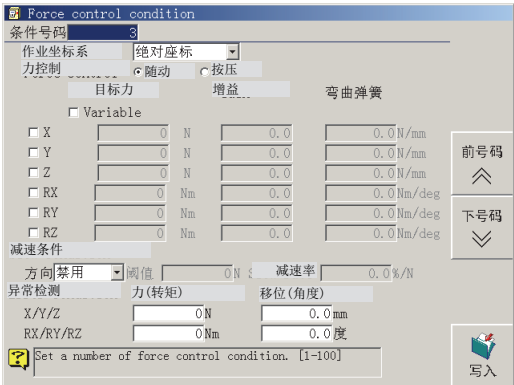


图 6.2.5 研磨作业 示教位置

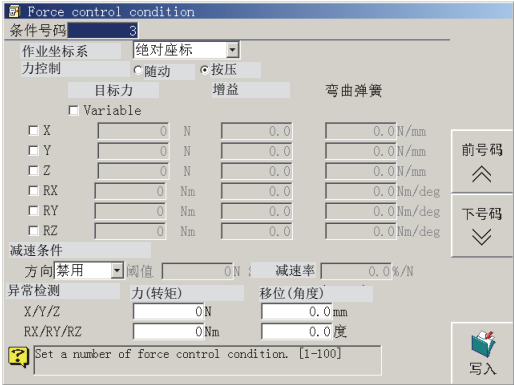
(2) 设定力控制与触碰动作的条件。

[触碰动作 条件设定]的示例
条件号码: 3
作业坐标系: 绝对坐标系
速度: Z -5mm/s 路径坐标
去除 Z 以外的勾选。
结束条件:
结束负荷: $F_z < -30N$
去除 Z 以外的勾选。



触碰动作 条件设定的示例

[力控制 条件设定]的示例
条件号码: 3
作业坐标系: 绝对坐标系
力控制: 按压
Z 目标力: -100.0N
增益: (设定) 弯曲弹簧: 0
去除 Z 以外的勾选。



力控制 条件设定的示例 (研磨作业)

(3) 记录力控制与触碰动作的应用命令。

(4) 程序完成后, 进行检查前进, 确认动作。此时检查速度以低速进行。
下页展示了数个程序的示例。



(5) 在再生模式下, 减小速度倍率进行再生, 确认动作。机器人未如预期动作时, 调整力控制的常数。

(6) 若没有问题, 提高速度倍率。确认以希望的再生速度执行程序时没有问题发生。

程序示例 1

进行触碰动作至触碰条件成立为止，条件成立后（S1）执行下一个步骤（力控制开始）。

```
5.0 % JOINT A1 T1
0 [START]
1 50.0 % JOINT A2 T1
2 100 mm/s LIN A1 T1
3 FORCETOUGH[1,3] FN327;Force touch
4 FORCECTRL[1,3] FN326;Force control
5 10.0 mm/s LIN A8 T1
6 FORCEEND FN328;Force control/to
7 50.0 mm/s LIN A4 T1
8 50.0 % JOINT A2 T1
9 END FN92;终端
[EOF]
```

程序示例（研磨作业）

2	MOVE[P1]		向 P1 移动。
3	FORCETOUGH[1, 3]	触碰	执行触碰动作。
4	FORCECTRL[1, 3]	力控制	开始力控制。 条件为 按压 用参数
5	MOVE[P2]		向 P2 移动。
6	FORCEEND[]	力控制结束	结束力控制。
7	MOVE[P3]		向 P3 移动。

程序示例 2

开始力控制，在进行力控制的同时进行触碰，直至触碰条件成立为止。
触碰的结束条件成立时，继续力控制，同时执行下一个步骤（例如移动命令）。

1	MOVE[P1]		向 P1 移动。
2	FORCECTRL[1, 3]	力控制执行	开始力控制。 条件为 按压 用参数
3	FORCETOUGH[1, 3]	触碰	执行触碰动作。
4	MOVE[P2]		向 P2 移动。
5	FORCEEND[]	力控制结束	结束力控制。
6	MOVE[P3]		向 P3 移动。

触碰动作也可用作结束条件。
由于触碰动作会持续到结束条件成立为止，因此，例如在触碰速度全部设定为 0、并设定了结束负荷时，将待机至施加结束负荷的力为止，施加了结束负荷后移至程序的下一个步骤。

程序示例 1~2 中，机器人的轨迹如下图所示。

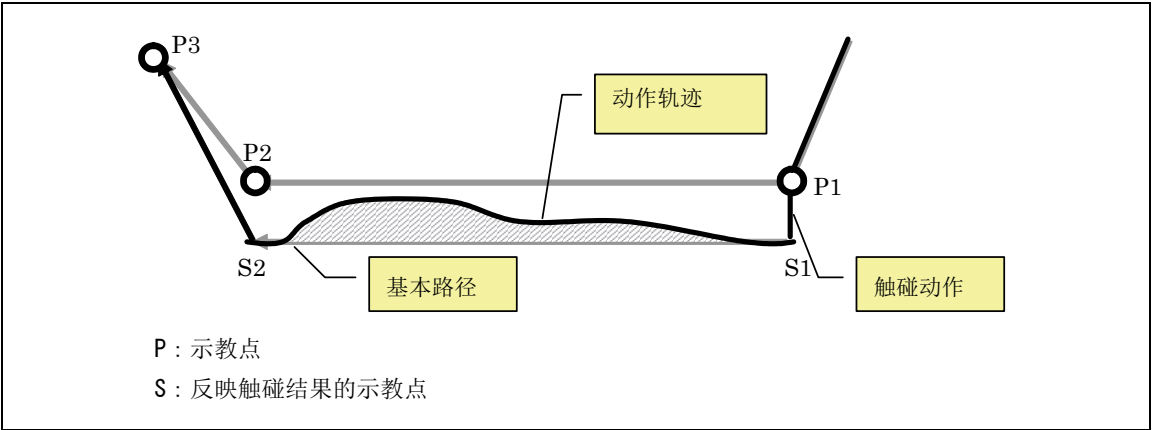


图 6.2.6 研磨作业的动作示例

6.2.3 按压（路径坐标系）

在路径坐标系下，将触碰动作与力控制组合使用时，必须引起注意。

下图所示为沿圆形工件的外围描绘的同时进行研磨的作业示例。

进行围绕工件外围的示教。在触碰动作中与工件接触，解除后使用力控制以一定的力按压，同时描绘工件的外围。

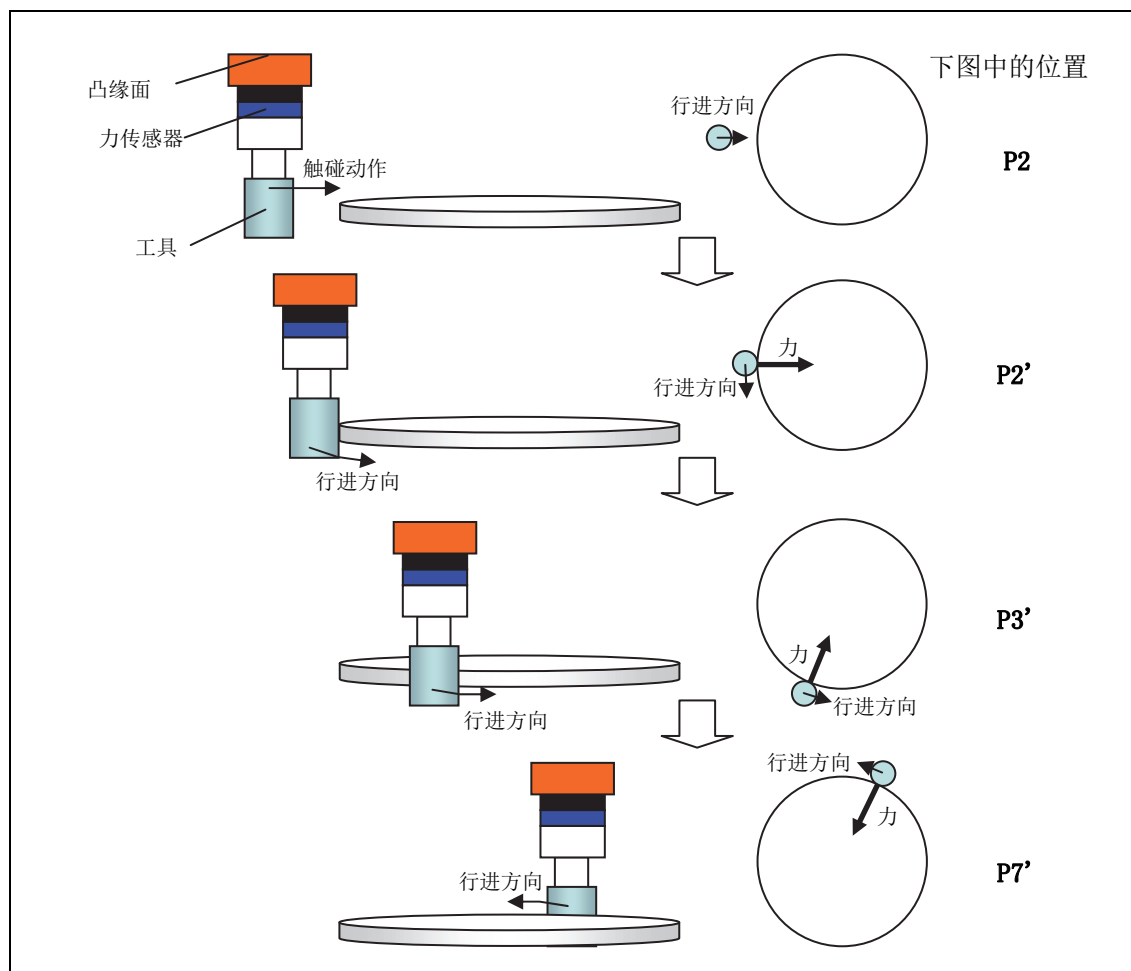


图 6.2.7 对圆形工件的按压

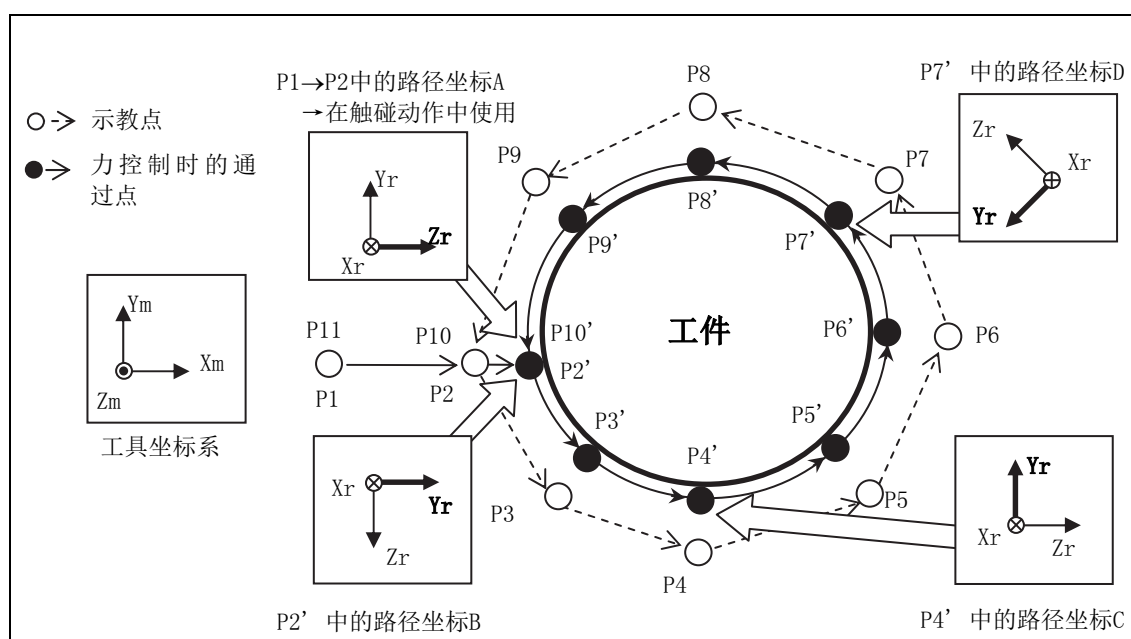


图 6.2.8 对圆形工件的按压的示教（路径坐标系）

选择路径坐标系作为触碰动作的作业坐标系时，在触碰动作中使用进行触碰动作前的动作中的路径坐标系。在上图的程序中，P2→P2’ 的触碰动作中使用之前的移动命令 P1→P2 中的路径坐标系。该触碰动作中的力的方向与 P1→P2 的行进方向相同，为+z 方向。
自触碰动作结束（P2’）开始的力控制（按压）中，力的方向为与行进方向垂直的方向。其为路径坐标系的+y 方向。
如同从触碰动作转到力控制的位置（P2’）一般，在机器人改变动作方向的地点，即使机器人的姿势及操作员所看到的力的方向不变，路径坐标系中的力的方向也已发生改变。进行使用路径坐标系的力控制时还请注意。

关于路径坐标系的详细内容，请参照 1.1.2 术语。

示教方法的示例

- (1) 记录程序的开始位置（P1）与触碰开始位置（P2）。此时，使 P1 至 P2 的方向与希望对工件进行触碰动作的方向相同。
- (2) 围绕工件的外围，记录 P3~P10。
示教位置如前图所示。
由于基本路径为圆形，应增大精度值。
- (3) 设定力控制与触碰动作的条件。

[触碰动作 条件设定]的示例

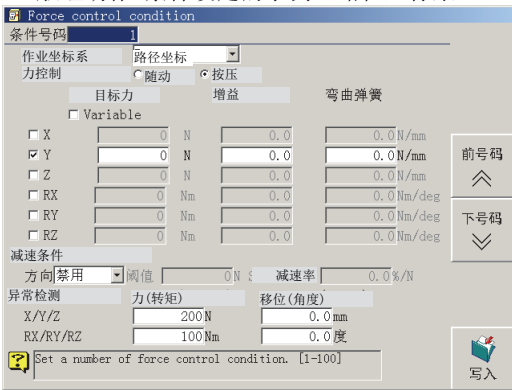
条件号码：1
作业坐标系：路径坐标系
速度：Z 5mm/s
去除 Z 以外的勾选。
结束条件：
结束负荷：Fz > 30N
去除 Z 以外的勾选。



触碰动作 条件设定的示例（路径坐标系）

[力控制 条件设定]的示例

条件号码：1
作业坐标系：路径坐标系
力控制：按压
Y 目标力：100.0N
增益：（设定） 弯曲弹簧：0
去除 Y 以外的勾选。



力控制 条件设定的示例（路径坐标系）

(4) 记录力控制与触碰动作的相关应用命令。

	5.0 %	JOINT	A1	T1	
0	[START]				
1	50.0 %	JOINT	A1	T1	
2	100 mm/s	LIN	A1	T1	
3	FORCETOUGH[1,1]				FN327;Force touch
4	FORCECTRL[1,1]				FN326;Force control
5	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
6	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
7	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
8	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
9	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
10	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
11	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
12	50.0 mm/s	LIN	A8	T1	
13	FORCEEND				FN328;Force control/to
14	100 mm/s	LIN	A1	T1	
15	END				FN92;终端

程序示例（路径坐标系）

1	MOVE[P1]		向 P1 移动。
2	MOVE[P2]		向 P2 移动。
3	FORCETOUGH[1, 1]	触碰	执行触碰动作。 设定路径坐标系+z 方向的速度与结束条件
4	FORCECTRL[1, 1]	力控制	开始力控制。 按压 用参数 设定路径坐标系+y 方向的目标力
5	MOVE[P3]		向 P3 移动。
6	MOVE[P4]		向 P4 移动。
7	MOVE[P5]		向 P5 移动。
8	MOVE[P6]		向 P6 移动。
9	MOVE[P7]		向 P7 移动。
10	MOVE[P8]		向 P8 移动。
11	MOVE[P9]		向 P9 移动。
12	MOVE[P10]		向 P10 移动。
13	FORCEEND[]	力控制结束	结束力控制。
14	MOVE[P11]		向 P11 移动。

(5) 程序完成后，进行检查前进，确认动作。此时检查速度以低速进行。



(6) 在再生模式下，减小速度倍率进行再生，确认动作。机器人未如预期动作时，调整力控制的常数。

(7) 若没有问题，提高速度倍率。确认以希望的再生速度执行程序时没有问题发生。

6.2.4 随动与按压的综合使用（嵌套）

下图所示为追随工件的倾斜、执行工件的嵌套的示例。
机械手先抓取棒状的工作，将其插入其他工件。
嵌套过程中工件发生扭曲时（2），追随该扭曲修正嵌套的角度（3）。到达最深处后通过触碰动作接触（4），进行力控制，嵌入深处的孔内（5）。

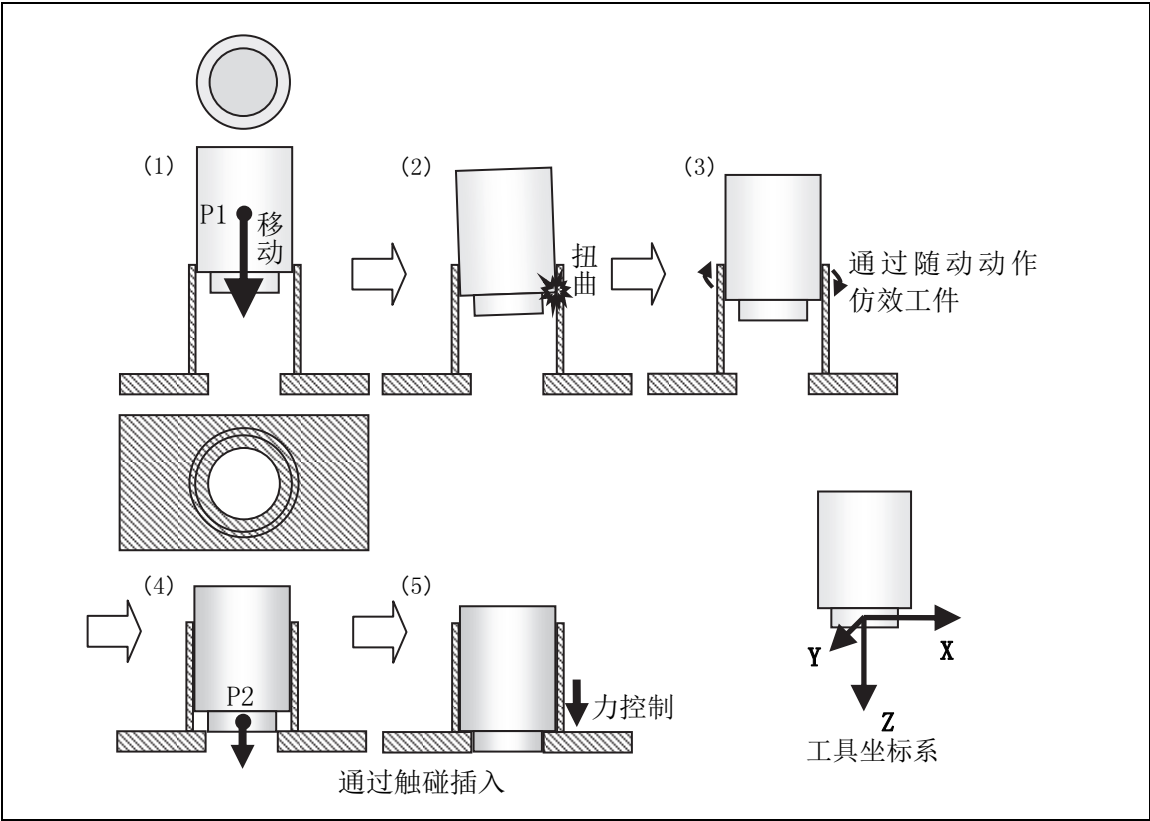


图 6.2.9 按压与随动综合使用的示例（嵌套）

示教方法的示例

- (1) 记录力控制开始位置（P1）。
- (2) 记录插入后的力控制开始位置（P2）。
- (3) 设定力控制与触碰动作的条件。

[力控制 条件设定]

条件号码：1

作业坐标系：工具坐标系

力控制：随动

Rx, Ry 增益：（设定） 弯曲弹簧：0

去除 Rx, Ry 以外的勾选。

条件号码：2

作业坐标系：工具坐标系

力控制：按压

Z 目标力：50.0N 增益：（设定）

弯曲弹簧：0

去除 Z 以外的勾选。

[触碰动作 条件设定]

条件号码：1

作业坐标系：工具坐标系

速度：Z 5mm/s

去除 Z 以外的勾选。

结束条件：

结束负荷：Z 25N

去除 Z 以外的勾选。

条件号码：2

作业坐标系：工具坐标系

速度：Z 1mm/s

去除 Z 以外的勾选。

结束条件：

结束移位：Z 1mm

去除 Z 以外的勾选。

(4) 记录力控制与触碰动作的相关应用命令。

	5.0 %	JOINT	A1	T1	
0	[START]				
1	50.0 %	JOINT	A2	T1	
2	200 mm/s	LIN	A1	T1	
3	50.0 mm/s	LIN	A1	T1	
4	SETM[070,0]				FN105;输出信号
5	20.0 mm/s	LIN	A1	T1	
6	50.0 mm/s	LIN	A1	T1	
7	FORCECTRL[1,1]				FN326;Force control
8	10.0 mm/s	LIN	A1	T1	
9	FORCETOUGH[1,1]				FN327;Force touch
10	FORCECTRL[1,2]				FN326;Force control
11	FORCETOUGH[1,2]				FN327;Force touch
12	10.0 mm/s	LIN	A1	T1	
13	FORCEEND				FN328;Force control/touch
14	SETM[070,1]				FN105;输出信号
15	20.0 mm/s	LIN	A1	T1	

程序示例（综合使用）

6	MOVE[P1]		向 P1 移动。
7	FORCECTRL[1, 1]	力控制	开始力控制。 随动用参数
8	MOVE[P2]		向 P2 移动。
9	FORCETOUGH[1, 1]	触碰	通过触碰动作与工件接触。
10	FORCECTRL[1, 2]	力控制	开始力控制。 按压用参数
11	FORCETOUGH[1, 2]	触碰动作	将触碰动作作用作结束条件。
12	MOVE[P2]		FORCEEND 之前有应用命令时，执行时将发生错误，因此应记录移动命令。记录位置为 P2。该步骤中的机器人位置是 P2 加上由力控制及触碰动作引起的移位量后的位置，而不是从步骤 11 的位置开始变化。
13	FORCEEND[]	力控制结束	结束力控制。
14	SETM		放开机械手所保持的工件。

(5) 程序完成后，进行检查前进，确认动作。此时检查速度以低速进行。



(6) 在再生模式下，减小速度倍率进行再生，确认动作。机器人未如预期动作时，调整力控制的常数。

(7) 若没有问题，提高速度倍率。确认以希望的再生速度执行程序时没有问题发生。

NOTE

第7章 便利的功能

7.1 监视器

7.1.1 力/转矩传感器监视器

可在监视器上显示从力传感器输入的力/转矩数据。
此外，根据条件判定信号输出的信号的 ON/OFF 状态也可显示在同一监视器上。



1 在示教或再生模式下，选择<维修>→<监视器 2~4>→[54 力/转矩传感器监视器]。
>> 显示如下监视器画面。

Sensor			
Fx	0.00 N	条件 1	条件 2
Fy	0.00 N	条件 3	条件 4
Fz	0.00 N	条件 5	条件 6
Tx	0.00 Nm	条件 7	条件 8
Ty	0.00 Nm		
Tz	0.00 Nm		

项目	显示内容
坐标系	显示力传感器当前所使用的坐标系。 可通过[编辑]→[坐标系变更]进行变更。
Fx	显示 X 轴方向的力[N]。
Fy	显示 Y 轴方向的力[N]。
Fz	显示 Z 轴方向的力[N]。
Tx	显示绕 X 轴的转矩[Nm]。
Ty	显示绕 Y 轴的转矩[Nm]。
Tz	显示绕 Z 轴的转矩[Nm]。
输出条件 1~8	显示根据条件判定信号输出的信号的 ON/OFF 状态。 灰色表示 OFF，黄色显示表示 ON。



2 选择力/转矩传感器监视器，按下[编辑]键后显示如下画面。
在编辑画面中，通过按下[坐标系变更]键，可变更力/转矩传感器监视器中所显示的坐标系。
坐标系以传感器坐标系→机械坐标系→工具坐标系→绝对坐标系(→传感器坐标系)的顺序变化。



3 再次按下[编辑]键返回原来的画面。

7.1.2 力控制监视器



I 在示教或再生模式下，选择<维修>→<监视器 2~4>→[69 力控制监视器]。
>> 显示如下监视器画面。

力控制 [---]		目标力		现在值		弹力	
触碰 [---]	Fx	0.0	N	-0.0	N	0.0	N
	Fy	0.0	N	-0.0	N	0.0	N
	Fz	0.0	N	-0.0	N	0.0	N
	Tx	0.0	Nm	-0.0	Nm	0.0	Nm
	Ty	0.0	Nm	-0.0	Nm	0.0	Nm
	Tz	0.0	Nm	-0.0	Nm	0.0	Nm

通过左右键可滚动屏幕。
左起按目标力/现在值/弹力/移位量的顺序显示。

表 7.1.1 力控制监视器 显示内容

项目	内容
条件号码	显示执行的力控制的条件与其编号。 力控制**（随动/按压）/触碰** 执行力控制开始以及触碰功能时显示更新。
作业坐标系	显示执行的力控制中所使用的作业坐标系。 机械/工具/用户/绝对/路径 工具坐标系还将显示其编号。 执行力控制开始以及触碰功能时显示更新。 手动操作时可通过 F 键变更坐标系。
机构名称	显示执行力控制的机构。 执行力控制以及触碰功能时显示更新。
目标力	分别显示各轴执行的力控制的目标值。 条件中未设定为“增益”的轴显示为“0.0”。 此外，条件为“触碰”时，所有轴显示为“0.0”。 未进行力控制时，所有轴显示为“0.0”。 力控制是使目标=当前+弹力。
现在值	显示将通过力传感器获取的值转换为作业坐标系后的值。 值在未执行力控制时也会更新，但转换为作业坐标系的值将在执行力控制开始以及触碰功能时变更。 手动操作时，通过使用 F 键变更坐标系，可以变更显示。
弹力	执行的力控制的条件中设定了“弯曲弹簧”时，显示力控制移位量乘以弯曲弹簧后的值。 未设定为“弹力”时显示为“0.0”。 未进行力控制时，所有轴显示为“0.0”。
移位量	以进行控制的坐标系显示由执行中的力控制与触碰动作引起的移位量。
减速率	力控制中设定了减速率时，以“%”显示减速率。

7.2 力控制状态

力控制执行中，画面中将显示执行状态。



状態	内容
	力制御及び触碰处于执行中时显示。 在力控制执行中，即使再次执行开始功能（条件变更等），显示也不会变更。 在结束功能及停止时，显示消失。

NOTE

第8章 故障排除

8.1 故障排除

8.1.1 力控制相关的故障排除

A5701 未设定选项

[原因] 当使用未设定的选项功能时，会发生此错误。

[对策] 请设定选项。

A2850 力传感器连接时执行了未允许的命令。

[原因] 力传感器连接时，使用力传感器以外的模拟输入的命令（SPDDOWNA 等）无法使用。

[对策] 请进行修正，使力传感器与其他模拟输入使用功能不在同一控制装置中使用。

E1828 由力控制引起的外力/移位量超过异常判定值。

[原因] 检测到力控制条件中设定的异常条件。

[1]: 力、[2]: 转矩、[3]: 平移移位量、[4]: 回转移位量

[对策] (1) 示教修正时请使力控制中的力（转矩）尽量较小。(2) 示教修正时请使由力控制引起的移位量尽量较小。(3) 请修正异常检测水平。

E1829 力控制中计算出的动作量过大。

[原因] 根据力控制计算出的速度超过各轴的最高速度时检测出此异常。

[对策] (1) 请调整力控制条件。(2) 请确认力传感器是否异常。

E1830 力控制 机构选择异常

[原因] (1) 操作器以外的机构（辅助轴等）无法执行力控制。或指定的机构不在单元内。

(2) 与指定的机构不同的机构正在执行力控制。无法同时对多个机构进行力控制。

[对策] (1) 确认指定的机构编号是否正确。

(2) 请修正程序，使进行力控制的机构只有 1 个。

E1831 力控制 坐标选择异常

[原因] (1) 与指定条件的坐标系不同的坐标系中正在执行力控制。力控制执行中无法变更坐标系。或未选择坐标系。

(2) 指定条件的坐标系未登录。

[对策] (1) 确认指定的条件号码的坐标系是否正确。

(2) 请修正程序，使进行力控制的坐标系相同。

E1832 力控制 相关功能无法执行。

[原因] 力控制 相关功能的记录方法有误。

[对策] 请在移动命令后的步骤中记录力控制功能。

E1833 力传感器数据获取功能(FN329)无法执行。

[原因] 力传感器数据获取功能已执行。

[对策] 使用多个力传感器数据获取功能时，请在一次结束后再开始。

E1834 力控制中路径坐标系无法维持。

[原因] 使用路径坐标系的力控制执行中发生了以下动作。

(1) 执行了插值断开的步骤。(2) 执行了触碰动作。

(3) 将要向工具坐标系的 Z 方向移动。(4) 将要通过不连续的轨迹。

[对策] 请修正程序。

E1835 力控制 工具编号 变更检测。

- [原因] 力控制执行中无法变更工具编号。
- [对策] 请修正程序，不在力控制执行中变更工具编号。

8.1.2 力传感器相关的故障排除

E1826 力传感器的输入变化异常

- [原因] 力传感器每次扫描的输入值变化量超过异常检测水平时检测出此异常。
- [对策] (1) 请不要对力传感器施加剧烈的外力。(2) 请确认力传感器是否异常。(3) 请修正异常检测水平。

E1827 力传感器无反应。

- [原因] 力传感器的输入值维持在最大值或最小值，超过一定时间无变化时检测出此异常。
- [对策] (1) 请确认力传感器是否异常。(2) 请修正异常检测水平。

E1836 力传感器的零点修正值异常

- [原因] 力传感器的零点修正值超过异常检测水平时检测出此异常。
- [对策] (1) 请确认力传感器是否异常。(2) 请修正异常检测水平。

E2851 力传感器相关功能无法执行。

- [原因] 力传感器功能设定为无效。
- [对策] 请变更设定内容。

总公司 东京都港区东新桥1-9-2 汐留住友大厦17层 邮编 105-0021
Tel +81-3-5568-5245 Fax +81-3-5568-5236

中国

那智不二越（上海）贸易有限公司

上海市普陀区丹巴路98弄7号 龙裕财富中心11层 邮编 200062
Tel 021-6915-2200 Fax 021-6915-5427

重庆分公司

重庆市江北区红鼎国际名苑C座17-18, 17-19 邮编 400020
Tel 023-8816-1967 Fax 023-8816-1968

沈阳分公司

辽宁省沈阳市沈河区悦宾街1号方圆大厦304室 邮编 110000
Tel 024-3120-2252 Fax 024-2250-5316

北京分公司

北京市朝阳区朝外大街乙12号 昆泰国际大厦 0-1110室 邮编 100020
Tel 010-5879-0181 Fax 010-5879-0182

长春事务所

长春市绿园区普阳街1688号长融大厦B座707室 邮编 130061
Tel 0431-8507-8700 Fax 0431-8507-8701

广州事务所

广州市番禺区东环路431号港信城B座505室 邮编 510120
Tel 020-2293-9503 Fax 020-2293-9503

那智不二越（江苏）精密机械有限公司

江苏省张家港市经济技术开发区(南区)南园路39号 邮编 215618
Tel 0512-3500-7616 Fax 0512-3500-7615

上海不二越精密轴承有限公司

上海市嘉定区马陆镇丰茂路258号易通工业园 邮编 201801
Tel 021-6915-6200 Fax 021-6915-6202

耐锯（上海）精密刀具有限公司

上海市嘉定区马陆镇丰茂路258号易通工业园 邮编 201801
Tel 021-6915-5899 Fax 021-6915-5898

东莞建越精密轴承有限公司

东莞市洪梅镇幽涌村
Tel 0769-8843-1300 Fax 0769-8843-1330

**著作权 株式会社 不二越
机器人事业部**

富山市不二越本町1-1-1, JAPAN 邮编930-8511
Tel +81-76-423-5137
Fax +81-76-493-5252

关于本著作的诸权利归株式会社 那智不二越公司所有。任何人在不以正式书面文件形式通知株式会社不二越公司的情况下, 禁止复制翻印其中的一部或者全部。因情况需要改版时我司将不予以特别通知。
如存在缺页或者错页的情况下给予更换。

本产品的最终使用客户如从事军事相关, 或者武器制造的情况下, 因「外国外汇及外贸管理法」的限制, 将成为出口受限对象。在出口时, 请务必做好全面的审查并取得相关出口手续资格。

本说明书的原文是日文版。