FANUC Robot series

R-30*i*B/R-30*i*B Mate 控制装置

力觉传感器

操 作 说 明 书

B-83424CM/02

非常感谢您购买 FANUC 机器人。
在使用机器人之前，务须仔细阅读“**FANUC Robot SAFETY HANDBOOK(B-80687EN)**”，并在理解该内容的基础上使用机器人。

- 本说明书的任何内容不得以任何方式复制。
- 本机的外观及规格如需改良而变更，恕不另行通知。

本说明书中所载的商品，受到日本国《外汇和外国贸易法》的限制。从日本出口该商品时，可能需要日本国政府的出口许可。另外，将该商品再出口到其他国家时，应获得再出口该商品的国家的政府许可。此外，某些商品可能还受到美国政府的再出口法的限制。若要出口或再出口该商品时，请向我公司洽询。

我们试图在本说明书中描述尽可能多的情况。然而，要在本说明书中注明所有禁止或不能做的事宜，需要占用说明书的大量篇幅，所以本说明书中没有一一列举。因此，对于那些在说明书中没有特别指明可以做的事，都应解释为“不可”。

安全使用须知

本章说明为安全使用机器人而需要遵守的内容。
在使用机器人之前，务必熟读并理解本章中所载的内容。

有关操作机器人时的详细功能，请用户通过说明书充分理解其规格。

在使用机器人和外围设备及其组合的机器人系统时，必须充分考虑使用者和系统的安全预防措施。有关安全使用发那科机器人的注意事项，归纳在“FANUC Robot SAFETY HANDBOOK(B-80687EN)”中，可同时参阅该手册。

1 使用者的定义

使用者的定义如下所示。

- 操作者
  进行机器人的电源 ON/OFF 操作。
  从操作面板启动机器人程序。
- 程序员
  进行机器人的操作。
  在安全栅栏内进行机器人的示教等。
- 维修工程师
  进行机器人的操作。
  在安全栅栏内进行机器人的示教等。
  进行机器人的维护(修理、调整、更换)作业。

“操作者”不能在安全栅栏内进行作业。
“程序员”、“ 维修工程师”可以在安全栅栏内进行作业。
安全栅栏内的作业，包括搬运、设置、示教、调整、维护等。
要在安全栅栏内进行作业，必须接受过机器人的专业培训。

在进行机器人的操作、编程、维护时，操作者、程序员、维修工程师必须注意安全，至少应穿戴下列物品进行作业。

- 适合于作业内容的工作服
- 安全鞋
- 安全帽

2 有关安全的记载的定义

本说明书包括保证使用者人身安全以及防止机床损坏的有关安全的注意事项，并根据它们在安全方面的重要程度，在正文中以“警告”和“注意”来叙述。
有关的补充说明以“注释”来描述。
用户在使用之前，必须熟读这些“警告”、“注意”和“注释”中所叙述的事项。

标识	定义
⚠警告	用于在错误操作时，有可能会出现使用者死亡或者受重伤等危险的情况。
⚠注意	用于在错误操作时，有可能会出现人员轻伤或中度受伤、物品受损等危险的情况。
注释	用于记述补充说明属警告或者注意以外的事项。

- 请仔细阅读本说明书，为了方便随时参阅，请将其妥善保管在身边。

3 使用者的安全

在运用自动系统时，首先必须设法确保使用者的安全。在运用系统的过程中，进入机器人的动作范围是十分危险的。应采取防止使用者进入机器人动作范围的措施。
下面列出一般性的注意事项。请妥善采取确保使用者安全的相应措施。

(1) 运用机器人系统的各使用者，应通过 FANUC 公司主办的培训课程接受培训。

我公司备有各类培训课程。详情请向我公司的营业部门查询。

(2) 在设备运转之中，即使机器人看上去已经停止，也有可能是因为机器人在等待启动信号而处在即将动作的状态。即使在这样的状态下，也应该将机器人视为正在动作中。为了确保使用者的安全，应当能够以警报灯等的显示或者响声等来切实告知(使用者)机器人为动作的状态。
(3) 务必在系统的周围设置安全栅栏和安全门，使得如果不打开安全门，使用者就不能够进入安全栅栏内。安全门上应设置联锁装置、安全插销等，以使使用者打开安全门时，机器人就会停下。

控制装置在设计上可以连接来自此类联锁装置等的信号。通过此信号，当安全栅栏打开时，可使机器人急停。(有关停止方法的详情，请参阅安全使用的“机器人的停止方法”)有关连接方法，请参阅图 3 (b)。

(4) 外围设备均应连接上适当的地线(A 类、B 类、C 类、D 类)。
(5) 应尽可能将外围设备设置在机器人的动作范围之外。
(6) 应在地板上画上线条等来标清机器人的动作范围，使使用者了解机器人包含握持工具(机械手、工具等)的动作范围。
(7) 应在地板上设置脚垫警报开关或安装上光电开关，以便当使用者将要进入机器人的动作范围时，通过蜂鸣器或警示灯等发出警报，使机器人停下，由此来确保使用者的安全。
(8) 应根据需要设置锁具，使得负责操作的使用者以外者，不能接通机器人的电源。

控制装置上所使用的断路器，可以通过上锁来禁止通电。

(9) 在进行外围设备的个别调试时，务必断开机器人的电源后再执行。
(10) 在使用操作面板和示教器时，由于戴上手套操作有可能出现操作上的失误，因此，务必在摘下手套后再进行作业。
(11) 程序和系统变量等的信息，可以保存到存储卡等存储介质中(可选购项)。为了预防由于意想不到的事故而引起数据丢失的情形，建议用户定期保存数据(见控制装置操作说明书)。
(12) 搬运或安装机器人时，务必按照 FANUC 公司所示的方法正确地进行。如果以错误的方法进行作业，则有可能由于机器人的翻倒而导致使用者受重伤。
(13) 在安装好以后首次使机器人操作时，务必以低速进行。然后，逐渐地加快速度，并确认是否有异常。
(14) 在使机器人操作时，务必在确认安全栅栏内没有人员后再进行操作。同时，检查是否存在潜在的危险，当确认存在潜在危险时，务必排除危险之后再进行操作。
(15) 不要在下面所示的情形下使用机器人。否则，不仅会给机器人和外围设备造成不良影响，而且还可能导致使用者受重伤。
- 在有可燃性的环境下
- 在有爆炸性的环境下
- 在存在大量辐射的环境下
- 在水中或高湿度环境下
- 以运输人或动物为目的的使用方法
- 作为脚搭子使用(爬到机器人上面，或悬垂于其下)
- 屋外

(16) 在连接与停相关的外围设备（安全栅栏等）和机器人的各类信号（外部急停、栅栏等）时，务必确认停的动作，以避免错误连接。
(17) 有关架台的准备，按照图 3 (c)，在安装或者维修作业时，请十分注意高地作业的安全。应考虑脚手架和安全皮带安装位置的确保。

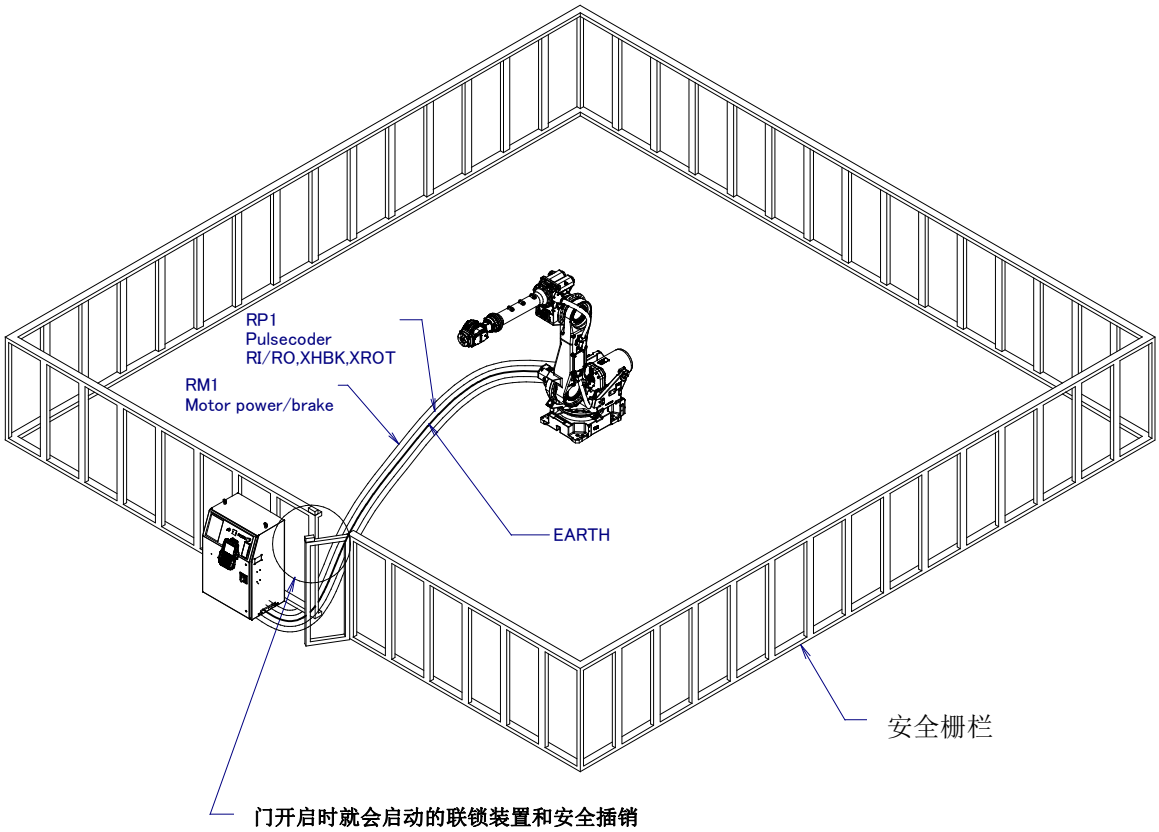
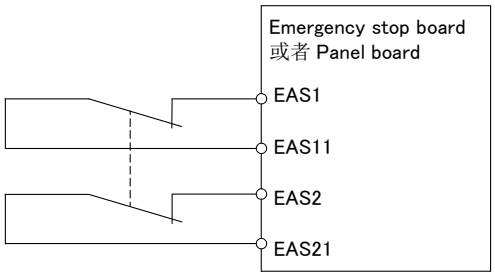


图 3 (a)　安全栅栏和安全门

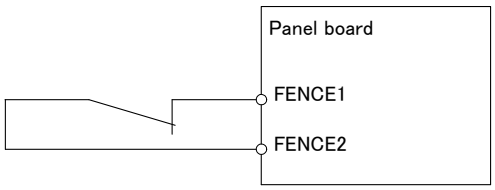
> ⚠ 警告
> 关闭栅栏时，请确认机器人周围的所有方向没有人。

> ⚠ 警告
> 机器人会在安全栅栏的互锁开关工作后 2 秒钟以内减速停止，并切断伺服电源。在此期间切勿进入安全防护区预域内(譬如安全栅栏内)。

双回路规格



单回路规格



（注释）

R-30*i*B, R-30*i*B Mate
EAS1,EAS11,EAS2,EAS21 配置在急停板上。

详情请参阅以下的机器间的连接的章。
- **R-30*i*B** 控制装置维修说明书**(B-83195CM)**
- **R-30*i*B Mate** 控制装置维修说明书**(B-83525CM)**

图 3 (b)　安全栅栏信号的连接图

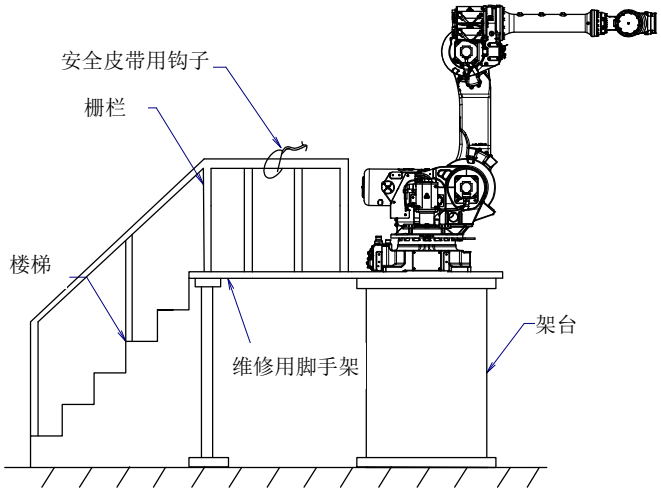


图 3 (c) 维修用脚手架

3.1 操作者的安全

操作者，是指在日常运转中对机器人系统的电源进行 ON/OFF 操作，或通过操作面板等执行机器人程序的启动操作的人员。
操作者无权进行安全栅栏内的作业。

(1) 不需要操作机器人时，应断开机器人控制装置的电源，或者在按下急停按钮的状态下进行作业。
(2) 应在安全栅栏外进行机器人系统的操作。
(3) 为了预防负责操作的使用者以外者意外进入，或者为了避免操作者进入危险场所，应设置防护栅栏和安全门。
(4) 根据系统的配置，应在操作者伸手可及之处设置一个（含）以上的急停按钮。

机器人控制装置在设计上可以连接外部急停按钮。通过该连接，在按下外部急停按钮时，可以使机器人停止(有关停止方法的详情，请参阅安全使用的“机器人的停止方法”)。有关连接方法，请参阅图 3.1。

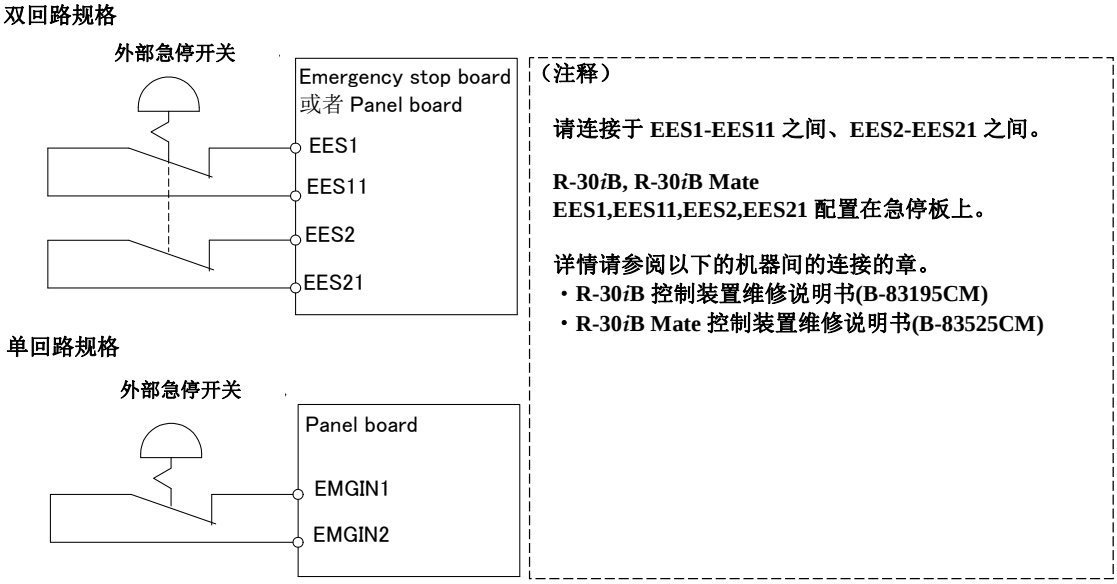


图 3.1 外部急停按钮的连接图

3.2 程序员的安全

在进行机器人的示教作业时，某些情况下需要进入机器人的动作范围内。程序员尤其要注意安全。

(1) 在不需要进入机器人的动作范围的情形下，务必在机器人的动作范围外进行作业。
(2) 在进行示教作业之前，应确认机器人或者外围设备没有处在危险的状态且没有异常。
(3) 在迫不得已的情况下需要进入机器人的动作范围内进行示教作业时，应事先确认安全装置(如急停按钮、示教器的安全开关等)的位置和状态等。
(4) 程序员应特别注意，勿使其他人员进入机器人的动作范围。
(5) 编程时应尽可能在安全栅栏的外边进行。因不得已情形而需要在安全栅栏内进行时，应注意下列事项。
- 仔细察看安全栅栏内的情况，确认没有危险后再进入栅栏内部。
- 要做到随时都可以按下急停按钮。
- 应以低速运行机器人。
- 应在确认清整个系统的状态后进行作业，以避免由于针对外围设备的遥控指令和动作等而导致使用者陷入危险境地。

我公司的操作面板上，提供有急停按钮及用来选择自动运转方式(**AUTO**)和示教方式(**T1,T2**)的钥匙切换开关(模式切换开关)。为进行示教而进入安全栅栏内时，应将开关切换为示教方式，并且为预防他人擅自切换运转方式，应拔下模式切换开关的钥匙，并在打开安全门后入内。若在自动运转方式下打开安全门，机器人将进入急停状态。(有关停止方法的详情，请参阅安全使用的“机器人的停止方法”)。在将开关切换到示教方式后，安全门就成为无效。程序员应在确认安全门处在无效状态后负责进行作业，以避免其他人员进入安全栅栏内。

我公司的示教器上，除了急停按钮外，还配设有基于示教器的机器人作业的有效/无效开关和安全开关。其动作根据下列情况而定。
(1) 急停按钮：只要按下急停按钮，机器人就会停止。(有关停止方法的详情，请参阅安全使用的“机器人的停止方法”)。
(2) 安全开关：其动作根据有效/无效开关的状态而不同。
(a) 有效时：从安全开关松开手，或者紧握该开关，即可断开伺服电源。
(b) 无效时：安全开关无效
(注释) 安全开关，是为了在紧急情况下从示教器松开手、或者用力将其握住以使机器人急停而设置的。
R-30*i*B/R-30*i*B Mate 采用 **3** 位置安全开关，只要推入到 **3** 位置安全开关的中间点，就可使机器人动作。从安全开关松开手，或者用力将其握住时，机器人就会急停。

控制装置通过将示教器有效/无效开关设为有效，并握持安全开关这一双重动作，来判断程序员将要进行示教操作。程序员应确认机器人在此状态下可以动作，并在排除危险的状态下进行作业。

根据发那科的危险评估，安全开关在一年内平均操作次数不可超过约 **10000** 回。

使机器人执行起动操作的信号，在示教器、操作面板、外围设备接口上各有一个，但是这些信号的有效性根据示教器的有效/无效开关和操作面板的 **3** 方式开关、软件上的遥控状态设定，可以按照如下方式进行切换。

方式	示教器 有效/无效	软件遥控状态	示教器	操作面板	外围设备
AUTO 方式	有效	本地	不可启动	不可启动	不可启动
		遥控	不可启动	不可启动	不可启动
	无效	本地	不可启动	可以启动	不可启动
		遥控	不可启动	不可启动	可以启动
T1, T2 方式	有效	本地	可以启动	不可启动	不可启动
		遥控	可以启动	不可启动	不可启动
	无效	本地	不可启动	不可启动	不可启动
		遥控	不可启动	不可启动	不可启动

T1,T2 方式：安全开关有效

(6) 从操作箱/操作面板使机器人启动时，应在充分确认机器人的动作范围内没有人且没有异常后再执行。
(7) 在程序结束后，务必按照下列步骤执行测试运转。

(a) 在低速下，以单步模式执行至少一个循环。
(b) 在低速下，以连续运转模式执行至少一个循环。
(c) 在中速下，以连续运转模式执行一个循环，确认没有发生由于时滞等而引起的异常。
(d) 在运转速度下，以连续运转模式执行一个循环，确认可以顺畅地进行自动运行。
(e) 通过上面的测试运转确认程序没有差错，然后在自动运行下执行程序。

(8) 程序员在进行自动运转时，务必撤离到安全栅栏外。

3.3 维修工程师的安全

为了确保维修工程师的安全，应充分注意下列事项。

(1) 在机器人运转过程中切勿进入机器人的动作范围内。
(2) 应尽可能在断开机器人和系统电源的状态下进行作业。当接通电源时，有的作业有触电的危险。此外，应根据需要上好锁，以使其他人员不能接通电源。即使是在由于迫不得已而需要接通电源后再进行作业的情形下，也应尽量按下急停按钮后再进行作业。
(3) 在通电中因迫不得已的情况而需要进入机器人的动作范围内时，应在按下操作箱/操作面板或者示教器的急停按扭后再入内。此外，使用者应挂上“正在进行维修作业”的标牌，提醒其他人员不要随意操作机器人。
(4) 在进入安全栅栏内部时，要仔细察看整个系统，确认没有危险后再入内。如果在存在危险的情形下不得不进入栅栏，则必须把握系统的状态，同时要十分小心谨慎地入内。
(5) 在进行气动系统的维修时，务必释放供应气压，将管路内的压力降低到 0 以后再进行。
(6) 在进行维修作业之前，应确认机器人或者外围设备没有处在危险的状态并没有异常。
(7) 当机器人的动作范围内有人时，切勿执行自动运转。
(8) 在墙壁和器具等旁边进行作业时，或者几个使用者相互接近时，应注意不要堵住其它使用者的逃生通道。
(9) 当机器人上备有工具时，以及除了机器人外还有传送带等可动器具时，应充分注意这些装置的运动。
(10) 作业时应在操作箱/操作面板的旁边配置一名熟悉机器人系统且能够察觉危险的人员，使其处在任何时候都可以按下急停按钮的状态。
(11) 需要更换部件时，请向我公司洽询。在客户独自的判断下进行作业，恐会导致意想不到的事故，致使机器人损坏，或使用者受伤。
(12) 在更换部件或重新组装时，应注意避免异物的粘附或者异物的混入。
(13) 在检修控制装置内部时，如要触摸到单元、印刷电路板等上，为了预防触电，务必先断开控制装置的主断路器的电源，而后再进行作业。2 台控制柜的情况下，请断开其各自的断路器的电源。
(14) 更换部件务必使用我公司指定的部件。若使用指定部件以外的部件，则有可能导致机器人的错误操作和破损。特别是保险丝等如果使用额定值不同者，不仅会导致控制装置内部的部件损坏，而且还可能引发火灾，因此，切勿使用此类保险丝。
(15) 维修作业结束后重新启动机器人系统时，应事先充分确认机器人动作范围内是否有人，机器人和外围设备是否有异常。
(16) 在拆卸电机和制动器时，应采取以吊车等来吊运等措施后再拆除，以避免手臂等落下来。
(17) 注意不要因为洒落在地面的润滑脂而滑倒。应尽快擦掉洒落在地面上的润滑脂，排除可能发生的危险。
(18) 以下部分会发热，需要注意。在发热的状态下必须触摸设备时，应准备好耐热手套等保护用具。
- 伺服电机
- 控制部内部
- 减速机
- 齿轮箱
- 手腕单元

(19) 进行维护作业时，应配备适当的照明器具。但需要注意的是，不应使该照明器具成为新的危险源。
(20) 在使用电机和减速机等具有一定重量的部件和单元时，应使用吊车等辅助装置，以避免给使用者带来过大的作业负担。需要注意的是，如果错误操作，将导致使用者受重伤。
(21) 在进行作业的过程中，不要将脚搭放在机器人的某一部分上，也不要爬到机器人上面。这样不仅会给机器人造成不良影响，而且还有可能因为使用者踩空而受伤。
(22) 在高地的维修作业时。请确保安全的脚手台并穿安全皮带。
(23) 维护作业结束后，应将机器人周围和安全栅栏内部洒落在地面的油和水、碎片等彻底清扫干净。
(24) 在更换部件时拆下来的部件(螺栓等)，应正确装回其原来的部位。如果发现部件不够或部件有剩余，则应再次确认并正确安装。
(25) 进行维修作业时，因迫不得已而需要移动机器人时，应注意如下事项。
- 务必确保逃生退路。应在把握整个系统的操作情况后再进行作业，以避免由于机器人和外围设备而堵塞退路。
- 时刻注意周围是否存在危险，作好准备，以便在需要的时候可以随时按下急停按钮。

(26) 务必进行定期检修(见本说明书、控制装置维修说明书)。如果懈怠定期检修，不仅会影响到机器人的功能和使用寿命，而且还会导致意想不到的事故。
(27) 在更换完部件后，务必按照规定的方法进行测试运转(见控制装置操作说明书的测试运转的节)。此时，使用者务必在安全栅栏的外边进行操作。

4 刀具、外围设备的安全

4.1 有关程序的注意事项

(1) 为检测出危险状态，应使用限位开关等检测设备。根据该检测设备的信号，视需要停止机器人。
(2) 当其他机器人和外围设备出现异常时，即使该机器人没有异常，也应采取相应的措施，如停下机器人等。
(3) 如果是机器人和外围设备同步运转的系统，特别要注意避免相互之间的干涉。
(4) 为了能够从机器人把握系统内所有设备的状态，可以使机器人和外围设备互锁，并根据需要停止机器人的运转。

4.2 机构上的注意事项

(1) 机器人系统应保持整洁，并应在不会受到油、水、尘埃等影响的环境下使用。
(2) 不要使用性质不明的切削液和清洗剂。
(3) 应使用限位开关和机械性制动器，对机器人的操作进行限制，以避免机器人与外围设备和刀具之间相互碰撞。
(4) 有关机构部内电缆，应遵守如下注意事项。如不遵守如下注意事项，恐会发生预想不到的故障。
- 机构部内的电缆应使用已装备的特定用户接口类型。
- 机构部内请勿追加用户电缆和软管等。
- 在机构部外安装电缆类时，请注意避免妨碍机构部的移动。
- 机构部内电缆露出在外部的机型，请勿进行阻碍电缆露出部分动作的改造(如追加保护盖板，追加固定外部电缆等)。
- 将外部设备安装到机器人上时，应充分注意避免与机器人的其他部分发生干涉。

(5) 对于动作中的机器人，通过急停按钮等频繁地进行断电停止操作时，会导致机器人的故障。应避免日常情况下断电停止的系统配置(参见不好的示例)。
通常在因保持停止和循环停止等原因而使机器人减速停止后，请进行断电停止操作。(有关停止方法的详情，请参阅安全使用的“机器人的停止方法”。)

＜不好的示例＞
- 每次出现产品不良时，通过急停来停止生产线，进行机器人的断电停止。
- 需要进行修正时，打开安全栅栏的门使安全开关工作，断开动作状态下的机器人的电源而时使其停止。
- 操作者频繁地按下急停按钮来停止生产线。
- 连接在安全信号上的区域传感器和脚垫警报开关在平时也经常作动，机器人在断开电源时停止。
- 由于双重安全性检查（DCS）设定的不当，机器人会经常出现断电停止。

(6) 在发生碰撞检测报警(SRVO-050)等报警时，机器人也会断电停止。
与急停一样，因发生报警而频繁地进行紧急停止时，会导致机器人的故障，要排除发生报警的原因。

5 机器人机构部的安全

5.1 操作时的注意事项

(1) 通过点动(JOG)操作来操作机器人时，不管在什么样的情况下，使用者也都应以迅速应对的速度进行操作。
(2) 在实际按下点动(JOG)键之前，事先应充分掌握按下该键机器人会进行什么样的动作。

5.2 有关程序的注意事项

(1) 在多台机器人的动作范围相互重叠等时，应充分注意避免机器人相互之间的干涉。
(2) 务必对机器人的动作程序设定好规定的作业原点，创建一个从作业原点开始并在作业原点结束的程序，使得从外边看也能够看清机器人的作业是否已经结束。

5.3 机构上的注意事项

(1) 机器人的动作范围内应保持整洁，并应在不会受到油、水、尘埃等影响的环境下使用。

5.4 紧急时、异常时机器人的轴操作步骤

在人被机器人夹住或围在里面等紧急和异常情况下，通过使用制动器开闸装置，即可从外部移动机器人的轴。有关各机型的制动器开闸装置的使用方法及机器人的支撑方法，请参照控制装置维修说明书及各机型的机构部操作说明书。

6 末端执行器的安全

6.1 有关程序的注意事项

(1) 在对各类传动装置(气压、水压、电气性)进行控制时，在发出控制指令后，应充分考虑其到实际动作之前的时间差，进行具有一定伸缩余地的控制。
(2) 应在末端执行器上设置一个限位开关，一边监控末端执行器的状态，一边进行控制。

7 机器人的停止方法

机器人有如下 3 种停止方法。

断电停止 (相当于 IEC 60204-1 的类别 0 的停止)

这是断开伺服电源，使得机器人的动作在一瞬间停止的、机器人的停止方法。由于在动作断开伺服电源，减速动作的轨迹得不到控制。
通过断电停止操作，执行如下处理：
- 发出报警后，断开伺服电源。机器人的动作在一瞬间停止。
- 暂停程序的执行。

对于动作中的机器人，通过急停按钮等频繁地进行断电停止操作时，会导致机器人的故障。应避免日常情况下断电停止的系统配置。

控制停止 (相当于 IEC 60204-1 的类别 1 的停止)

这是在使机器人的动作减速停止后断开伺服电源的、机器人的停止方法。
通过控制停止，执行如下处理：
- 发出“SRVO-199 控制停止”，减速停止机器人的动作，暂停程序的执行。
- 减速停止后发出报警，断开伺服电源。

保持 (相当于 IEC 60204-1 的类别 2 的停止)

这是维持伺服电源，使得机器人的动作减速停止的、机器人的停止方法。
通过保持，执行如下处理：
- 使机器人的动作减速停止，暂停程序的执行。

⚠ 警告
控制停止的停止距离以及停止时间，要比断开电源停止更长。使用控制停止时，考虑到停止距离以及停止时间变长，需要对整个系统进行充分的风险评价。

按下急停按钮时，或者栅栏打开时的机器人的停止方法，是“断电停止”或“控制停止”的任一种停止方法。各状况下的停止方法的组合，叫做“停止模式”。停止模式随机器人控制装置的种类、可选购项构成而有所差异。

有如下 3 种停止模式。

停止模式	模式	急停按钮	外部急停	栅栏打开	SVOFF 输入	伺服电源断开
A	AUTO	P-Stop	P-Stop	C-Stop	C-Stop	P-Stop
	T1	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop
	T2	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop
B	AUTO	P-Stop	P-Stop	P-Stop	P-Stop	P-Stop
	T1	P-Stop	P-Stop	-	P-Stop	P-Stop
	T2	P-Stop	P-Stop	-	P-Stop	P-Stop
C	AUTO	C-Stop	C-Stop	C-Stop	C-Stop	C-Stop
	T1	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop
	T2	P-Stop	P-Stop	-	C-Stop	P-Stop

P-Stop: 断电停止
C-Stop: 控制停止
-: 无效

对应控制装置的种类和可选购项构成的停止模式如下所示：

可选购项	R-30*i*B/R-30*i*B Mate
标准	A (*)
急停时控制停止功能 (A05B-2600-J570)	C (*)

(*) R-30*i*B/R-30*i*B Mate 没有伺服电源断开。R-30*i*B Mate 没有 SVOFF 入力。

该控制装置的停止模式，显示 Software version (在软件版本)画面的“停止模式”行。与 Software version 画面相关的详情，请参阅控制装置的操作说明书的“软件版本”。

“停止方法设定(停止模式 C)”可选购项

指定了「急停时控制停止功能(A05B-2600-J570)可选购项。如下报警的停止方法，在 AUTO 方式时会成为控制停止。T1 或者 T2 方式时，成为断开电源停止。

报警	发生条件
SRVO-001 操作面板紧急停止	**按下了操作面板急停**
SRVO-002 示教器紧急停止	**按下了示教器急停**
SRVO-007 外部紧急停止	**外部急停输入(EES1-EES11、EES2-EES21)打开**
SRVO-408 DCS SSO 外部紧急停止	**因 DCS 安全 I/O 连接功能，SSO[3]成为 OFF**
SRVO-409 DCS SSO 伺服断开	**因 DCS 安全 I/O 连接功能，SSO[4]成为 OFF**

控制停止相比断开电源停止，具有如下特征：
- 控制停止下，机器人停止在程序的动作轨迹上。通过偏离动作轨迹，在机器人干涉外围设备等系统的情况下具有效果。
- 控制停止相比断开电源停止，停止时的冲撞相对较小。在需要减缓对工具等的冲撞时具有效果。
- 控制停止的停止距离以及停止时间，要比断开电源停止更长。停止距离以及停止时间的值，请参阅各机型的机构部操作说明书。

在已指定了本可选购项的情况下，不可使本功能无效。

DCS 位置/速度检查功能下的停止方法，与本可选购项无关，限于在 DCS 画面上所设定的停止方法。

⚠ 警告
控制停止的停止距离以及停止时间，要比断开电源停止更长。在指定了本可选购项的情况下，AUTO 方式时需要考虑上述报警下的停止距离以及停止时间变长的因素而对整个系统进行充分的风险评价。

150618

目录

安全使用须知 s-1

1 前言 1

2 力觉传感器和力觉控制的概要 2
2.1 力觉传感器的概要 2
2.2 力觉控制能够完成的作业 3
2.3 力觉控制命令的种类 4
2.4 基于力觉传感器的质量测量 6

3 力觉控制命令的编程和示教 7
3.1 注意和限制事项 7
3.2 示教的步骤 8
3.3 力觉控制命令 10
3.4 示例程序 16
3.5 参数表数据 17
3.5.1 未使用 18
3.5.2 恒力推压、平面匹配 20
3.5.3 圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配 30
3.5.4 相位匹配后装配 41
3.5.5 装配后相位匹配 52
3.5.6 搜索功能 63
3.5.6.1 搜索功能的概要 63
3.5.6.2 参数调整 64
3.5.6.3 搜索 66
3.5.6.4 相位搜索 79
3.5.6.5 孔搜索 89
3.5.6.6 离合器搜索 96
3.5.7 仿形功能 102
3.5.7.1 仿形功能的概要 102
3.5.7.2 仿形功能中的示教 103
3.5.7.3 力觉传感器的重力补偿 105
3.5.7.4 程序 106
3.5.7.5 仿形功能的注意事项 106
3.5.7.6 参数 107
3.5.7.7 仿形功能的其它功能 128
3.5.8 拧螺丝 135
3.5.8.1 参数 136
3.6 力觉控制的增益（阻抗参数） 145
3.7 力觉控制命令的连续执行（自定义功能） 146
3.7.1 力觉控制的复合动作 147
3.7.2 重试 148
3.7.3 简易自定义功能 148
3.7.3.1 基于简易自定义功能的复合动作 148
3.7.3.2 基于简易自定义功能的重试 150
3.7.4 自定义功能 152
3.7.4.1 父子关系的指定 152
3.7.4.2 基于自定义功能的复合动作 154
3.7.4.3 基于自定义功能的重试 154
3.7.4.4 注意和限制事项 154
3.7.5 自定义自动连续执行功能 155
3.8 用户坐标系补偿 159
3.9 3 轴力觉传感器的设置 161

3.10 力觉控制的其他命令 ... 167
3.10.1 力觉传感器自诊断命令 ... 168
3.10.1.1 力觉传感器自诊断的执行方法 ... 168
3.10.1.2 力觉传感器自诊断的结果显示 ... 169
3.10.2 力觉控制增益自动调整命令 ... 169
3.10.3 扭矩误差取得命令 ... 172
3.10.4 结束条件取得命令 ... 174

4 力觉传感器状态画面 ... 176
4.1 力觉传感器当前值画面 ... 176
4.2 力觉控制命令的执行历史 ... 177
4.2.1 所有执行历史 ... 177
4.2.1.1 所有执行历史的列表画面 ... 177
4.2.1.2 所有执行历史的详细画面 ... 178
4.2.2 发生报警的执行历史 ... 179
4.2.2.1 发生报警的执行历史的列表画面 ... 179
4.2.2.2 发生报警的执行历史的详细画面 ... 180
4.3 力觉数据日志功能 ... 181
4.3.1 选择记录了力的数据文件 ... 182
4.3.2 启用和禁用力觉数据日志功能 ... 183
4.3.3 选择存储力觉数据文件的设备 ... 184
4.3.4 设置力觉数据取样周期 ... 184

5 力觉传感器的实用工具画面 ... 185

6 工具质量和重心位置测量功能 ... 186
6.1 主菜单画面 ... 186
6.2 示教测量位置 ... 187
6.3 测量工具的质量和重心 ... 190
6.3.1 确认计算结果 ... 191
6.3.2 显示执行开始时的错误信息 ... 191
6.3.3 计算误差显示 ... 193
6.4 显示计算结果 ... 194
6.5 设置重力补偿开关 ... 195
6.6 更改参数 ... 196
6.7 注意事项 ... 197

7 TP 程序自动生成功能 ... 198
7.1 记录位置并自动生成 TP 程序 ... 200
7.2 参数的设置画面 ... 201
7.2.1 参数设置的列表画面 ... 201
7.2.2 参数设置的详细画面 ... 202
7.3 改变参数并再次生成 TP 程序 ... 203
7.4 输出参数设置和记录的位置到文本文件 ... 204
7.5 注意事项 ... 204

8 工件质量测量功能 ... 205
8.1 概要和使用方法 ... 205
8.2 质量测量的设置画面 ... 206
8.3 质量测量的结果画面 ... 207
8.4 TP 程序例 ... 209
8.5 不能获得正确的质量时 ... 211

9 力觉传感器 4D 图形功能 ... 212
9.1 使用方法 ... 212
9.2 力显示的设置画面 ... 212

9.3 4D 图形画面 215
9.3.1 从相关视图打开的方法 215
9.3.2 从位置画面打开的方法 216

10 常见问题处理方法 217
10.1 所有报警都通用的处理方法 217
10.2 发生了超时错误时 217
10.3 发生了力的极限报警时 218

附 录

A 力觉控制画面构成 221

B 力觉控制报警代码 224

C 力觉传感器安装方式设置功能 247
C.1 概要 247
C.2 使用不需要扭矩扳手类型的标准适配器时的设置 249
C.2.1 设置程序的启动 249
C.2.2 安装方式的设置 249
C.2.3 传感器坐标系的设置 251
C.3 更改力觉传感器的安装位置时的设置 253
C.3.1 准备 253
C.3.2 设置程序的启动 254
C.3.3 安装方式的设置 254
C.3.4 传感器坐标系的设置 256
C.4 将力觉传感器固定在工作台上时的设置 259
C.4.1 准备 260
C.4.2 设置程序的启动 260
C.4.3 安装方式的设置 261
C.4.4 传感器坐标系的设置 262
C.5 只更改安装方式时的设置 265
C.5.1 设置程序的启动 265
C.5.2 安装方式的设置 265
C.5.3 传感器坐标系的设置 266

D 力觉传感器和力觉控制的系统文件 267

1 前言

在使用力觉传感器之前，对关于本说明书和力觉传感器的概要、应该注意的安全对策进行说明。

关于本说明书

“FANUC Robot series 力觉传感器操作说明书”，是力觉传感器的操作方法的说明书，该力觉传感器通过 R-30*i*B / R-30*i*B Mate 控制装置进行控制。
本说明书中假设已完成机器人的安装和启动，只描述了这些作业完成后的力觉控制功能的操作和编程方法。
和 FANUC Robot 通用的其他操作，请参阅“操作说明书 (基本操作篇)”。

本说明书的内容

第 1 章	本说明书的使用方法。
第 2 章	力觉传感器、力觉控制功能的概要。
第 3 章	基于力觉传感器的力觉控制功能的操作、示教、各种设置方法等。
第 4 章	确认力觉传感器的值和执行历史、力图形的方法。
第 5 章	关于力觉传感器的实用工具画面。
第 6 章	获取工具、工件的质量和重心位置的方法。
第 7 章	自动生成 TP 程序的方法。
第 8 章	在机器人运动时测量工件质量的方法。
第 9 章	使用 4D 图形功能显示所记录的力的方法。
第 10 章	发生报警时，首先请参阅本章。
附录 A	画面的种类及其层级构成的说明。
附录 B	报警的种类、确认、恢复方法等。
附录 C	设置力觉传感器安装方式的方法。
附录 D	力觉传感器和力觉控制的系统文件的说明。

关于其它说明书

以下是与力觉传感器的使用相关的说明书。关于机器人的机构部，请参阅各类型机器人的说明书。

R-30*i*B 控制装置 或者 R-30*i*B Mate 控制装置	R-30*i*B/R-30*i*B Mate 控制装置 操作说明书 (基本操作篇) B-83284CM	内容： 机器人的功能、界面、编程方法、接口、报警 用途： 应用设计、机器人的引入、示教、现场调试
	R-30*i*B 控制装置 维修说明书 B-83195CM	内容： 系统的安装和启动、与外围设备间的连接、系统的维护 用途： 安装、启动、连接、维修
	R-30*i*B Mate 控制装置 维修说明书 B-83525CM	内容： 系统的安装和启动、与外围设备间的连接、系统的维护 用途： 安装、启动、连接、维修
	R-30*i*B/R-30*i*B Mate 控制装置 力觉传感器 操作说明书（本书） B-83424CM	内容： 力觉传感器的功能、操作、编程方法、报警 用途： 示教、现场调试
	R-30*i*B/R-30*i*B Mate Controller Force Control Deburring Package Operator’s Manual B-83424EN-1	内容： 力觉控制去毛刺软件包的功能、操作、编程方法、报警 用途： 示教、现场调试
机构部	R-30*i*B/R-30*i*B Mate 控制装置 传感器机构部/控制部 操作说明书 B-83434CM	内容： 传感器和机器人与控制装置间的连接、传感器的维修、工具安装、适配器的设计 用途： 传感器的连接、维修

2 力觉传感器和力觉控制的概要

力觉控制功能，包括了使用力觉传感器进行机械部件的精密装配和使用恒定力进行研磨等的功能。此外，还可以在机器人运动时测量工件质量。
本章就力觉传感器和力觉控制功能的概要进行说明。

◇ 本章的内容

2.1 力觉传感器的概要
2.2 力觉控制能够完成的作业
2.3 力觉控制命令的种类
2.4 基于力觉传感器的质量测量

2.1 力觉传感器的概要

本公司的力觉传感器有两种, 分别是 6 轴力觉传感器和 3 轴力觉传感器。6 轴力觉传感器可以同时检测作用在传感器本体上的力和力矩（共 6 个分量），因而对应本说明书中所说明的全部功能。3 轴力觉传感器只能同时检测力和力矩中的 3 个分量，因此有部分无法使用的功能。详情请参阅表 2.3(b)。

系统构成

力觉传感器系统通过把力觉传感器安装到机器人机构部, 并连接到机器人控制装置而构成。通过在力觉传感器上安装外围装置和外部控制设备可以构成综合的系统。
力觉传感器的安装方式有两种。一种是安装在机器人的手腕上的方式（手持安装），另外一种是固定在工作台上的方式（固定设置）。

表 2.1 力觉传感器的安装方式

安装方式	说明
手持安装	安装在机器人手腕上使用。是标准的安装方法。
固定设置	固定设置在工作台上使用。可以实现机械手部分小型化。但是，需要进行坐标系的初始设置。

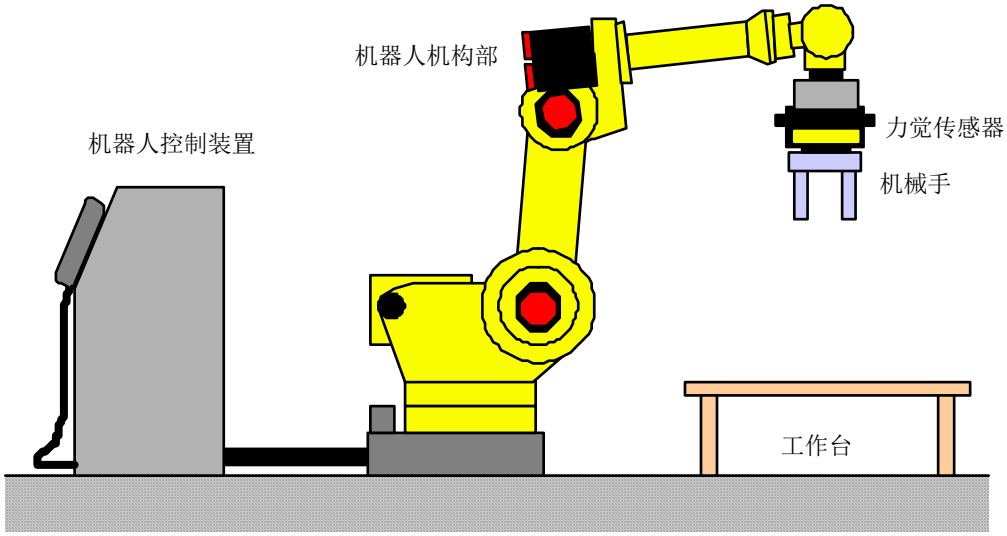


图 2.1(a) 力觉传感器的系统构成（手持安装的情形）

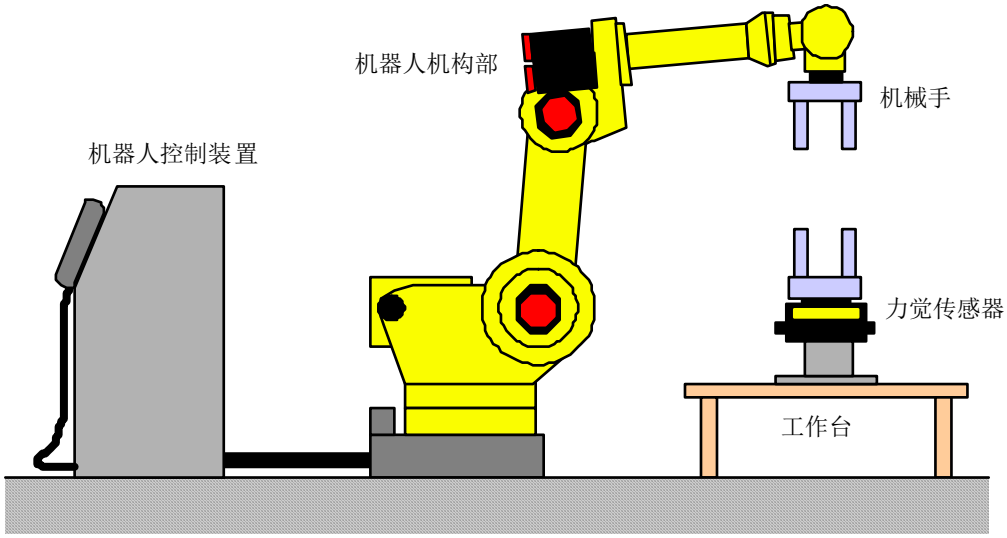


图 2.1(b) 力觉传感器的系统构成（固定设置的情形）

力觉传感器安装方式的设置

通常无需进行安装方式的设置。但是在如下情况下，需要设置安装方式等。有关力觉传感器的安装方式等的设置方法，请参阅“附录 C 力觉传感器安装方式设置功能”。

1 力觉传感器的安装方式为“手持安装”，并满足如下任何一个条件。
   - 用于机器人手腕和力觉传感器间的适配器为不需要扭矩扳手的标准适配器，或者非标准适配器时。
   - 把力觉传感器安装到与工厂出货时不同的位置时（工具的前端等）。
2 力觉传感器的安装方式为“固定设置”时。

标准适配器的类型

有些力觉传感器有两种类型标准适配器，如图 2.1(c) 所示，即需要扭矩扳手的类型和不需要扭矩扳手的类型。

1 需要扭矩扳手的标准适配器
   将力觉传感器安装到机器人上时需要使用扭矩扳手。
2 不需要扭矩扳手的标准适配器
   工厂出货时，力觉传感器与此适配器成一体连接的状态。将适配器安装到机器人上时无需扭矩扳手。但是此时需要进行安装方式的设置。详情请参阅“附录 C 力觉传感器安装方式设置功能”。

需要扭矩扳手的类型　　不需要扭矩扳手的类型

图 2.1(c) FS-250iA 的标准适配器

2.2 力觉控制能够完成的作业

力觉控制的功能

力觉控制中，可通过机器人执行如下作业。

- 机械部件的精密装配
- 齿轮的啮合
- 基于恒力的推压

- 将一个部件的面与另外的部件的面贴合
- 使用磨床或喷砂机进行部件的研磨

这些功能按照恒力推压、圆柱装配、相位匹配后装配等应用的种类而分类，并可进行最适合各自应用的设置。
具体的应用实例请参阅“3.3 力觉控制命令”。

力觉控制的条件

1 装配的公差
- 可进行 H7 / g7 或 G7 / h7 级的装配。
  例如，对于孔径 φ10 mm 的工件，间隙配合需要 12 μm 左右。
- 无法进行间隙配合在 0 以下的装配。

2 力觉控制开始时的定位误差
- 基本上定位误差需要小于部件所具有的倒角值。
  图 2.2 是将圆柱状的部件插入圆孔的例子，若 Δ＜C，则可进行插入。

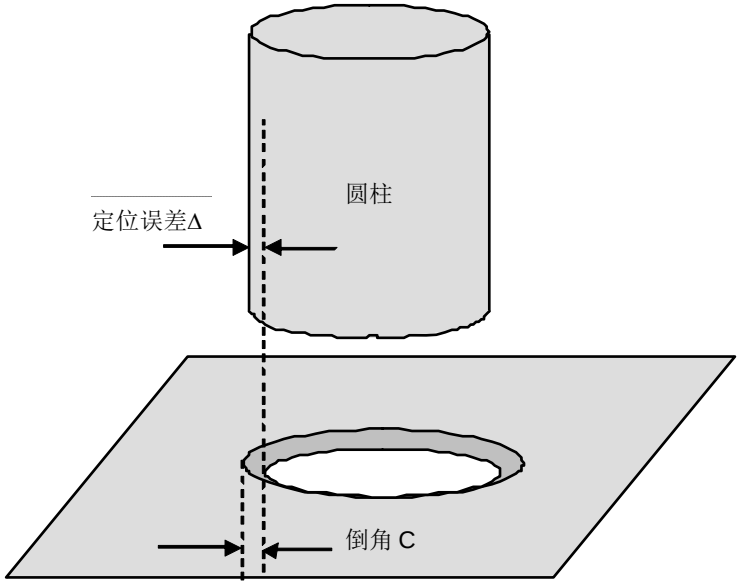


图 2.2 力觉控制功能的应用例

- 即使 Δ＞C，也可以通过使用力觉控制的搜索功能来搜索孔的中心位置后再进行插入。但是，搜索功能将增加作业所需的总时间。
  有关搜索功能，请参阅“3.5.6 搜索功能”或者“3.5.6.5 孔搜索”。

2.3 力觉控制命令的种类

程序命令

在机器人的通常的动作命令和控制命令之外，力觉控制功能还提供了通过力觉控制来使得机器人运动的力觉控制命令。

力觉控制相关命令

与力觉控制相关的命令如表 2.3(a)所示。要进行基于力觉控制的作业，可以使用力觉控制命令“FORCE CTRL”。此外，还提供了可以对力觉传感器进行诊断和自动调整其增益值等根据需要使用的特殊命令。

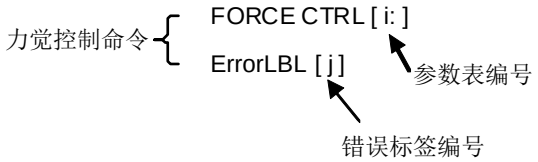
表 2.3(a) 力觉控制相关命令

命令	说明
力觉控制 （FORCE CTRL）	执行力觉控制的主要命令。 力觉控制的功能总共有 14 种，可根据工件的种类选择适当的功能。 选择了功能后，通过参数表数据来设置力指令值和速度指令值等参数。 详情请参阅“3.3 力觉控制命令”以及“3.5 参数表数据”。
传感器诊断 （SENSOR DIAGNOSIS）	用来确认力觉传感器是否发生故障的命令。 请参阅“3.10.1 力觉传感器自诊断命令”。

命令	说明
获得诊断数据 （GET DIAGNOSIS DATA）	用来确认力觉传感器是否发生故障的命令。 请参阅“3.10.1 力觉传感器自诊断命令”。
自动调整开 （AUTO TUNING ON）	用来自动调整决定力觉控制的响应性的增益的命令。 请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
自动调整关 （AUTO TUNING OFF）	用来自动调整决定力觉控制的响应性的增益的命令。 请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
扭矩误差取得开 （TORQUE ERROR ON）	在使用偏移非常大的机械手时会产生扭矩的误差。此命令为对扭矩进行补偿的命令。 请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。
扭矩误差取得关 （TORQUE ERROR OFF）	在使用偏移非常大的机械手时会产生扭矩的误差。此命令为对扭矩进行补偿的命令。 请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。
结束条件开 （END CONDITION ON）	用来自动测量工件插入深度的命令。 请参阅“3.10.4 结束条件取得命令”。
结束条件关 （END CONDITION OFF）	用来自动测量工件插入深度的命令。 请参阅“3.10.4 结束条件取得命令”。

力觉控制命令“FORCE CTRL”的构成

执行力觉控制的命令“FORCE CTRL”由如下 2 行构成。



例

```
1 : FORCE CTRL [1:]
  : ErrorLBL [0]
```

指定了参数表数据编号和错误标签编号后，就可以执行力觉控制命令了。
有关参数表编号和错误标签编号的概要，请参阅表 2.3(b)。有关力觉控制命令的详情，请参阅“3.3 力觉控制命令”。

表 2.3(b) 力觉控制命令的构成

项目	说明
参数表数据编号	将力觉控制的功能类型、接触判定力、目标作用力、作业时间等，确定各种指定值和条件的数据的集合叫做参数表数据。 通过其编号来指定在各力觉控制命令中使用的 1 个参数表数据。参数表数据编号可以在 1 至 30 的范围内指定。 此外，通过参数表数据设置的力觉控制的功能包括如下所示的 14 种。详情请参阅“3.3 力觉控制命令”以及“3.5 参数表数据”。 使用 3 轴力觉传感器时，只能使用 3 种力觉控制功能：“恒力推压”、“仿形”、“仿形结束”。 • 恒力推压 • 平面匹配 • 圆柱装配 • 凹槽装配 • 四棱柱装配 • 相位匹配后装配 • 装配后相位匹配 • 搜索 • 相位搜索 • 孔搜索 • 离合器搜索 • 仿形 • 仿形结束 • 拧螺丝

项目	说明
错误标签编号	在力觉控制命令执行中发生了错误时，可以跳转到由此错误标签编号指定的“LBL[ ]”命令处。错误结束时，可以执行使其重试、或离开工件的命令。

力觉控制条件的设置

各力觉控制命令中，通过指定 1 个参数表数据来确定与动作相关的各种条件。设置判断与对象物接触的力的阈值、接近对象物的速度、装配时的目标作用力、装配时的目标速度、装配的深度、装配后的推压时间等。不同的力觉控制功能可能具有不同的参数种类和数量。详情请参阅“3.5 参数表数据”。

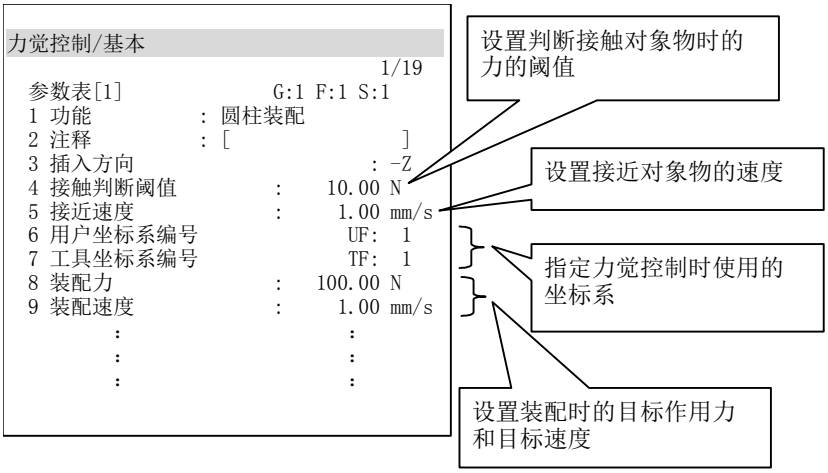


图 2.3 力觉控制条件的设置

2.4 基于力觉传感器的质量测量

可以在机器人运动时测量工件的质量。在搬运作业等的动作中，可以在工件运动时中测量其质量，而不会对循环时间产生影响。此功能可以应用在工件的抓取确认、质量检查等方面。详情请参阅“8 工件质量测量功能”。

3 力觉控制命令的编程和示教

力觉传感器的基本操作和编程大部分与机器人的通常动作相同。本章就力觉控制功能的示教方法、操作方法进行说明。与力觉控制相关的全部操作都通过示教器进行。

力觉控制功能不仅提供了在程序中使用的助记命令，还提供了此命令中使用的参数表数据。其中包括必须要设置的基本数据、和根据情况进行设置的高级数据。
基本数据和高级数据的详情，请参阅“3.5 参数表数据”。

◇ 本章的内容

3.1 注意和限制事项
3.2 示教的步骤
3.3 力觉控制命令
3.4 示例程序
3.5 参数表数据
3.6 力觉控制的增益（阻抗参数）
3.7 力觉控制命令的连续执行（自定义功能）
3.8 用户坐标系补偿
3.9 3 轴力觉传感器的设置
3.10 力觉控制的其他命令

3.1 注意和限制事项

力觉控制中包括如下的注意和限制事项。请在充分理解的基础上进行使用。

1 在执行力觉控制命令期间，碰撞检测功能将会自动禁用。力觉控制命令执行完成后，再次启用。
2 在执行力觉控制命令期间，制动器控制将被禁用。力觉控制命令执行完成后，再次启用。
3 在执行仿形功能以外的力觉控制命令期间，不会应用速度的倍率。不管速度的倍率值如何，都会在力觉控制的参数中所设置的速度下动作。
4 暂时停止后，力觉控制命令无法进行再启动或者后退。
5 为避免工件在力觉控制中滑落或者偏移，需要设计具有足够大的抓取力的机械手。
6 在需要设置力觉传感器的安装方式或者设置传感器坐标系时，请正确地进行设置。设置所需的条件请参阅“2.1 力觉传感器的概要”。设置方法请参阅“附录 C 力觉传感器安装方式设置功能”。

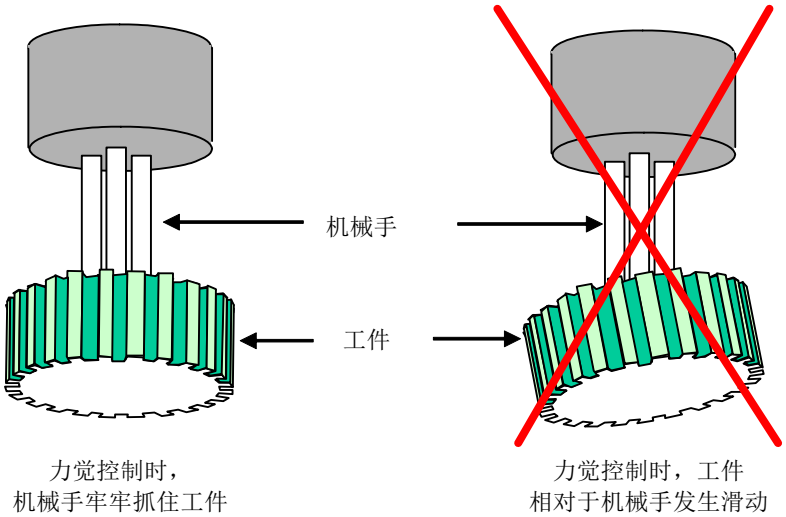


图 3.1 机械手的设计例

3.2 示教的步骤

满足如下条件时，在进行力觉控制的示教前，需要先设置力觉传感器的安装方式和传感器坐标系。详情请参阅“附录 C 力觉传感器安装方式设置功能”进行设置。

1 力觉传感器的安装方式为“手持安装”，并满足如下任何一个条件的情形
- 安装在机器人手腕和力觉传感器之间的适配器为不需要扭矩扳手的标准适配器，或者非标准适配器时。
- 在与工厂出货时不同的场所重新安装力觉传感器时（工具的前端等）。

2 力觉传感器的安装方式为“固定设置”时。

力觉控制的示教，按如下步骤进行。

1 如图 3.2(a)所示，对工具坐标系、用户坐标系进行示教。
- 先把要装配或者推压的工件安装在机械手上，然后设置工具坐标系。必须把工具坐标系的原点设置在工件前端的工件中心轴上。
- 在要进行装配或者推压的工件表面设置用户坐标系。使得用户坐标系坐标轴的其中一个与装配方向一致。

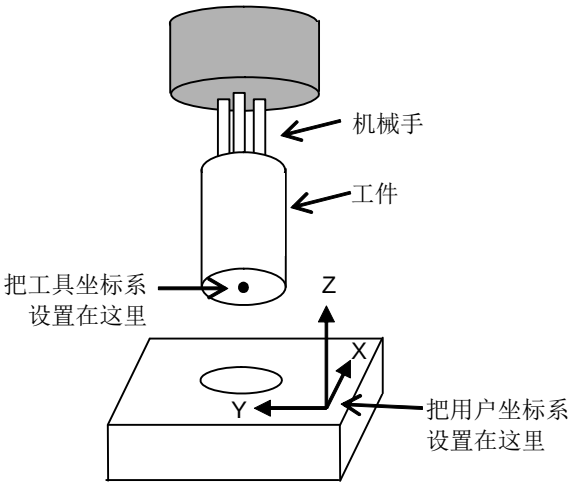


图 3.2(a) 用户、工具坐标系的设置

2 选择上述的工具坐标系、用户坐标系，如图 3.2(b)的程序例所示，创建机器人的动作程序，并对接近点（从通常的位置控制切换到力觉控制的点）进行示教。
力觉控制有多个功能（请参阅“3.3 力觉控制命令”），根据功能不同，接近点的示教方法也不同。此接近点的示教，要参考图 3.2(c)正确进行。

```
TEST
                                    1/4
   1:J P[1] 100% CNT50
   2:L P[1: 接近点] 100mm/sec FINE
[End]
```

接近点

图 3.2(b) 在 TP 程序中添加接近点

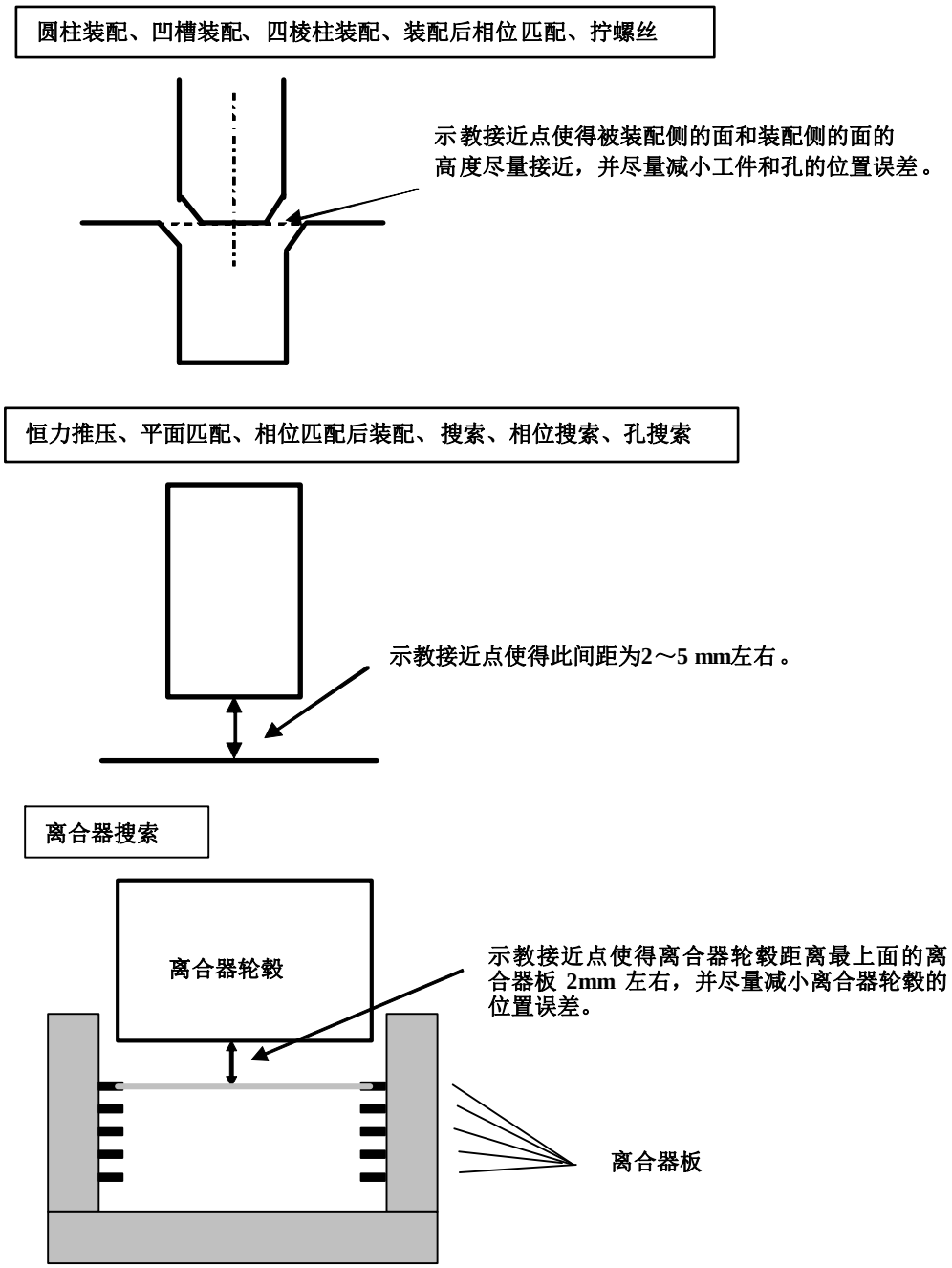


图 3.2(c)　接近点的示教

3　如图 3.2(d)的程序例所示，在接近点后插入力觉控制命令。有关力觉控制命令的选择，请参阅“3.3 力觉控制命令”。

```
TEST
                                    1/3
  1:J  P[1] 100% CNT50
  2:L  P[2: APPROACH] 100mm/sec
   :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1:]    ←力觉控制命令
   :  ErrorLBL[0]
[End]
```

图 3.2(d)　添加力觉控制命令

4 设置参数表数据的基本数据。有关基本数据，请参阅“3.5 参数表数据”。不同的力觉控制命令具有不同的参数，请参阅“3.5.2 恒力推压、平面匹配”～“3.5.7 仿形功能”中的相应项。
5 在程序中插入自动调整命令，进行力觉控制增益自动调整。有关力觉控制增益自动调整，请参照“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
6 如果已经可以正常执行自动调整命令，则要从程序中删除自动调整命令。
7 请使用力觉控制的实际动作来调整基本数据的参数。此外，请根据需要设置参数表数据的高级数据。

3.3 力觉控制命令

图 3.3(a)和图 3.3(b)显示了力觉控制相关命令的选择方法。

在图 3.3(a)的左侧的 TP 程序示教画面上按下 F1“指令”，会显示右侧的命令列表画面。

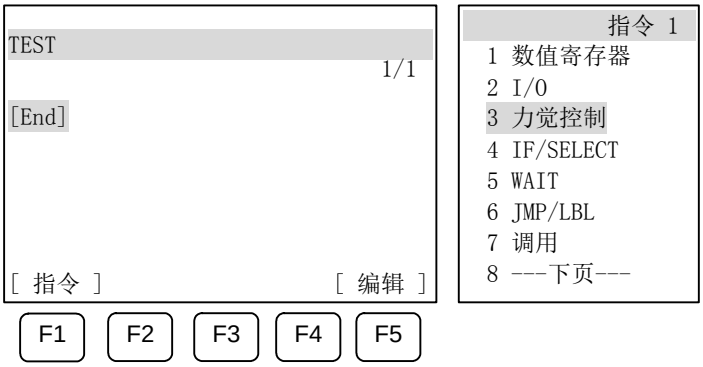


图 3.3(a) 力觉控制相关命令的选择

从中选择“3 力觉控制”将显示如下所示的选择项。

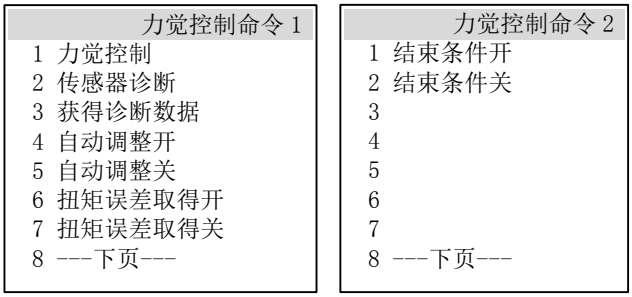


图 3.3(b) 力觉控制相关命令的选择项

从中选择“1 力觉控制”，如图 3.3(c)所示，在 TP 程序中添加了力觉控制命令。

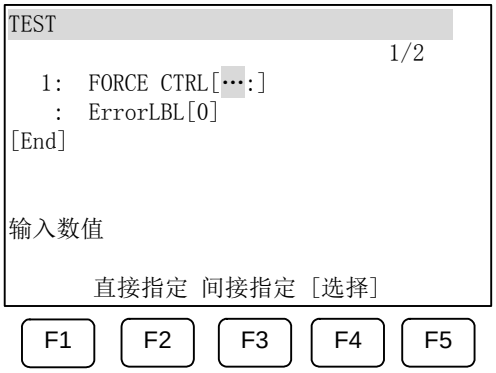


图 3.3(c) 力觉控制命令的示教

概要

力觉控制命令包括按每个应用分类的表 3.3 所示的功能。请从其中选择最适合于您要使用的作业的功能。各自功能的详情，请参阅“3.5 参数表数据”的相应项目。
使用 3 轴力觉传感器时，作为力觉控制的功能，只可使用“恒力推压”、“仿形”、“仿形结束”。

表 3.3　力觉控制功能的种类

功能名	说明
未使用	未使用参数表数据的状态。无法使用处于“未使用”的参数表而进行力觉控制。请参阅“3.5.1 未使用”。
恒力推压	接触判定、暂时放置、使得工件沿着特定的导槽对齐方向等、希望使得机械手轻轻接触工件时使用的功能。请参阅“3.5.2 恒力推压、平面匹配”。
平面匹配	向机床的夹具插入工件等、使得抓住的工件与作业对象的面相互对齐时使用的功能。请参阅“3.5.2 恒力推压、平面匹配”。
圆柱装配	进行圆柱和定位销等的圆柱形机械部件的装配时使用的功能。请参阅“3.5.3 圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配”。
凹槽装配	将四棱柱的工件装配到凹槽中时使用的功能。请参阅“3.5.3 圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配”。
四棱柱装配	将四棱柱的工件装配到四角形的孔中时使用的功能。请参阅“3.5.3 圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配”。
相位匹配后装配	将带有键的圆柱装配到带有键槽的圆孔中，以及装配齿轮等、用于首先进行相位匹配然后再进行装配的功能。与“相位搜索”功能类似。与“相位搜索”相比，参数的设置数较少，但功能因此而受到限制。请参阅“3.5.4 相位匹配后装配”。
装配后相位匹配	圆柱部件的精密装配后进行齿轮等相位匹配时等、用于首先进行装配后然后再进行相位匹配的功能。动作顺序与“相位匹配后装配”相反。请参阅“3.5.5 装配后相位匹配”。
搜索	在开始力觉控制前执行的、用来补偿初始位置和姿势误差的功能。可补偿除了插入方向外的 5 个方向（2 个平行方向＋3 个旋转方向）的误差。请参阅“3.5.6 搜索功能”。
相位搜索	进行带有键的圆柱和齿轮的装配等、轮齿与轮齿的相位匹配的功能。请参阅“3.5.6 搜索功能”。功能上与“相位匹配后装配”类似，但是具有如下的差异。 ● “相位搜索”中如果在相位匹配中感测到力矩，就会反转。通过使得旋转速度和扭矩微妙地变动，进行相位匹配，以免损伤工件。 ● “相位匹配后装配”中，在进行相位匹配后，还会进行装配，但是“相位搜索”中只进行相位匹配。接着进行装配时，请连续执行“圆柱装配”。有关连续执行，请参阅“3.7 力觉控制命令的连续执行”。
孔搜索	“圆柱装配”和“凹槽装配”等装配作业中，初始位置误差必须小于倒角量。初始位置误差大于倒角量时，需要先使用“孔搜索”来搜索孔的位置。但是，“孔搜索”只是搜索孔的位置，要继续进行装配作业，就需要连续执行“圆柱装配”等功能。有关连续执行，请参阅“3.7 力觉控制命令的连续执行”。其他详情请参阅“3.5.6 搜索功能”。
离合器搜索	可以进行汽车自动变速箱用的离合器组装的功能。同时进行绕插入轴的相位匹配、和与插入轴垂直的平面内的位置搜索。请参阅“3.5.6 搜索功能”。
仿形	在保持作用力恒定的同时，对加工工件的表面进行仿形的功能。通过与喷砂机等进行组合，即可进行研磨作业。请参阅“3.5.7 仿形功能”。
仿形结束	结束执行中的仿形功能。请参阅“3.5.7 仿形功能”。
拧螺丝	通过机器人或者附加轴来拧螺丝的功能。通过力觉传感器进行扭矩管理。请参阅“3.5.8 拧螺丝”。

格式

```
FORCE CTRL[1:]
ERROR LBL[0]
```

参数表编号

错误标签编号

上面所示为进行力觉控制的命令。需要对此命令指定下面说明的“参数表数据编号”和“错误标签编号”。

参数表数据编号

执行力觉控制命令前，需要事先设置供该命令使用的参数表数据。它表示该命令使用的参数表数据的编号。
有关参数表数据，请参阅“3.5　参数表数据”。

错误标签编号

执行力觉控制命令发生了错误时，可以跳转到由此错误标签编号指定的“LBL”命令处。通过使用此功能，即可预先对发生错误时的恢复步骤进行编程。如果在错误标签编号中设置了 0（示教时的初始值），错误发生时，将停止程序。下面的例子（图 3.3(d)），是在力觉控制中发生了错误时，松开机械手，直接移出加工失败的工件而对后续工件继续作业的例子。

力觉控制功能的选择

在参数表数据设置画面选择表 3.3 所示的力觉控制功能。参阅“3.5 参数表数据”。

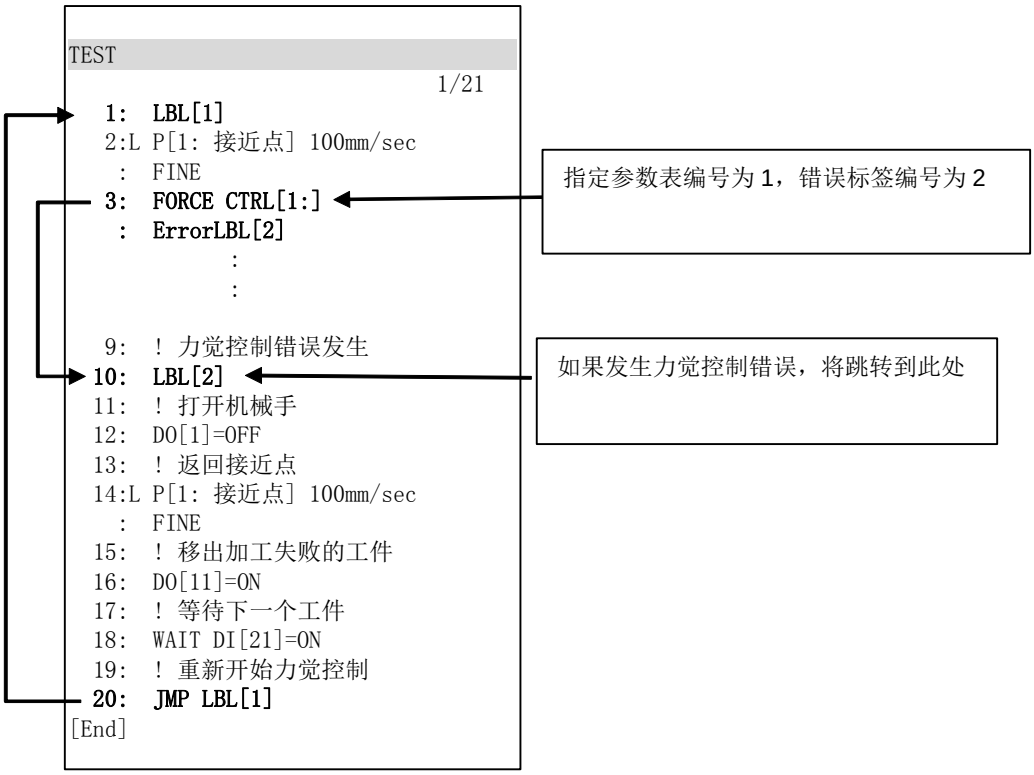


图 3.3(d) 错误恢复的例子

如“3.4 示例程序”所示，也可以编程为如果发生错误就进行重试。请同时参阅图 3.4。
有关重试功能，请参阅“3.7.2 重试”。
图 3.3(e) 是表示力觉控制应用实例的模式图。

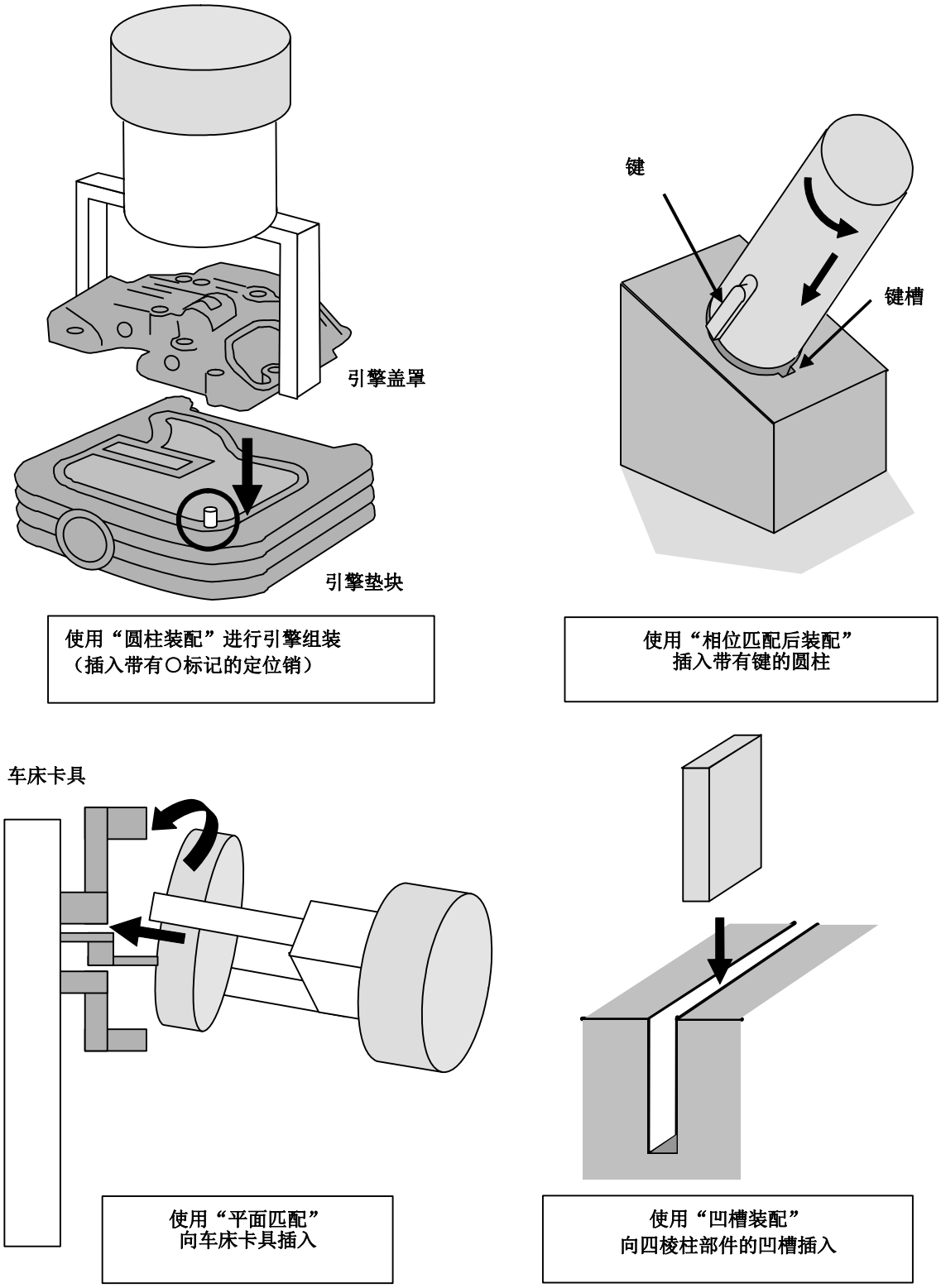
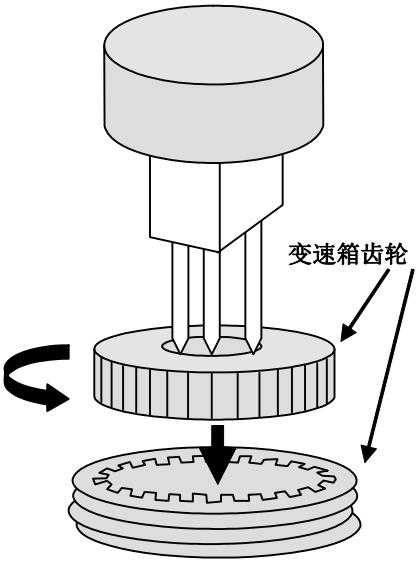
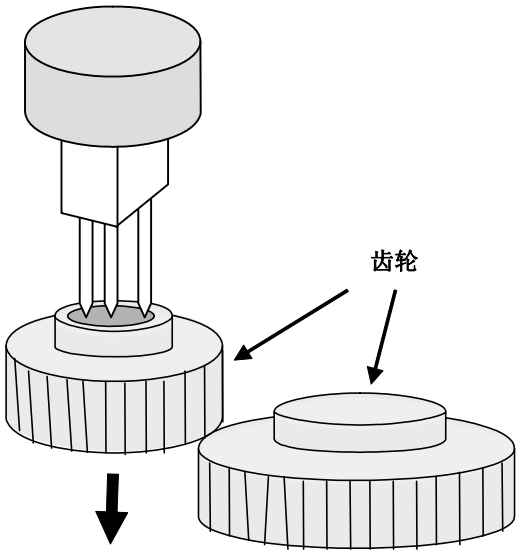


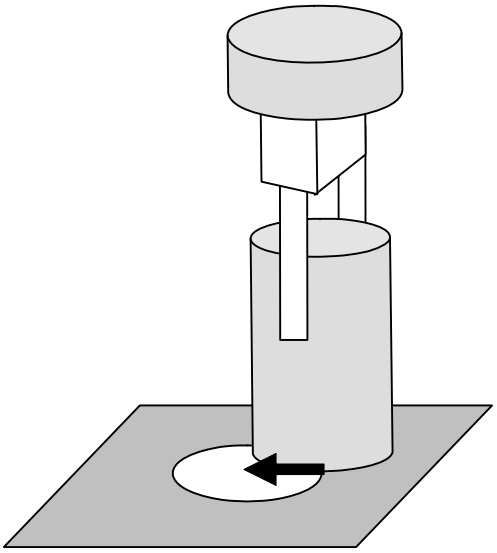
图 3.3 (e)　力觉控制功能的应用实例 (1/3)



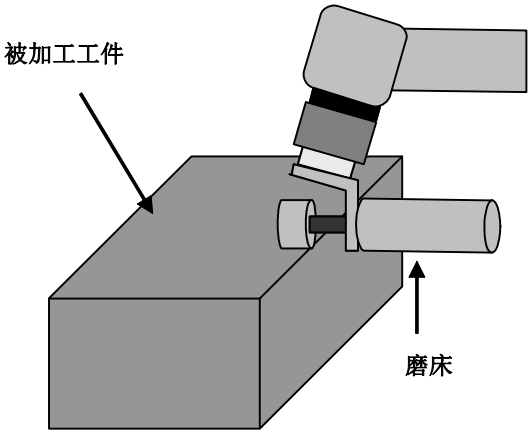
使用“离合器搜索”
进行变速箱的组装



使用“相位搜索”
进行齿轮部件的相位匹配



使用“孔搜索”来搜索要插入的孔的位置



使用“仿形”进行工件表面的研磨、去毛刺

图 3.3 (e) 力觉控制功能的应用实例 (2/3)

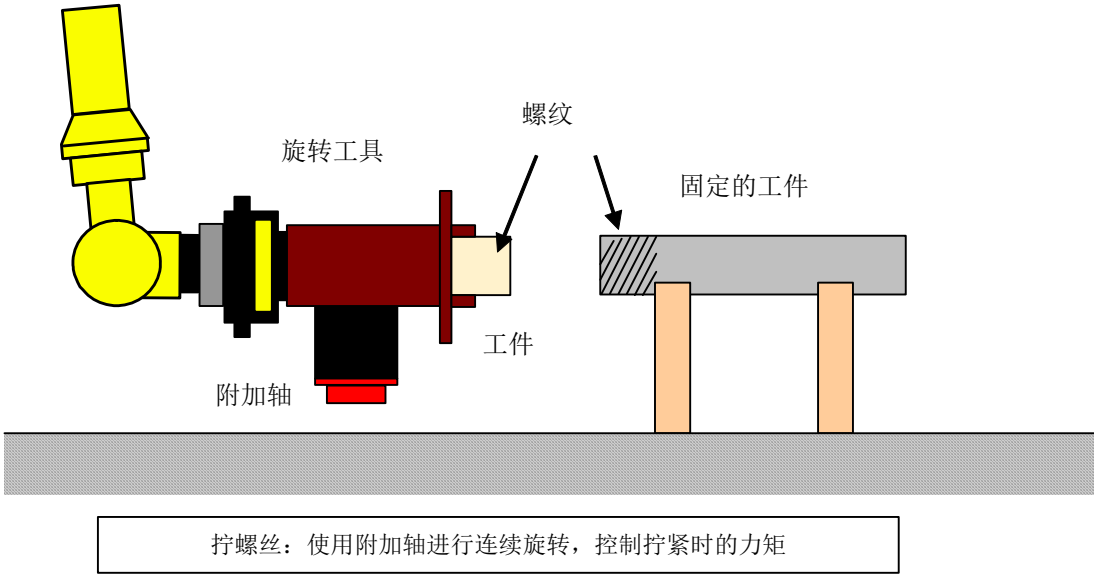


图 3.3 (e)　力觉控制功能的应用实例 (3/3)

此外，图 3.3(f) 所示不是力觉控制命令，而是表示使用力觉传感器在移动中测量工件质量的模式图。

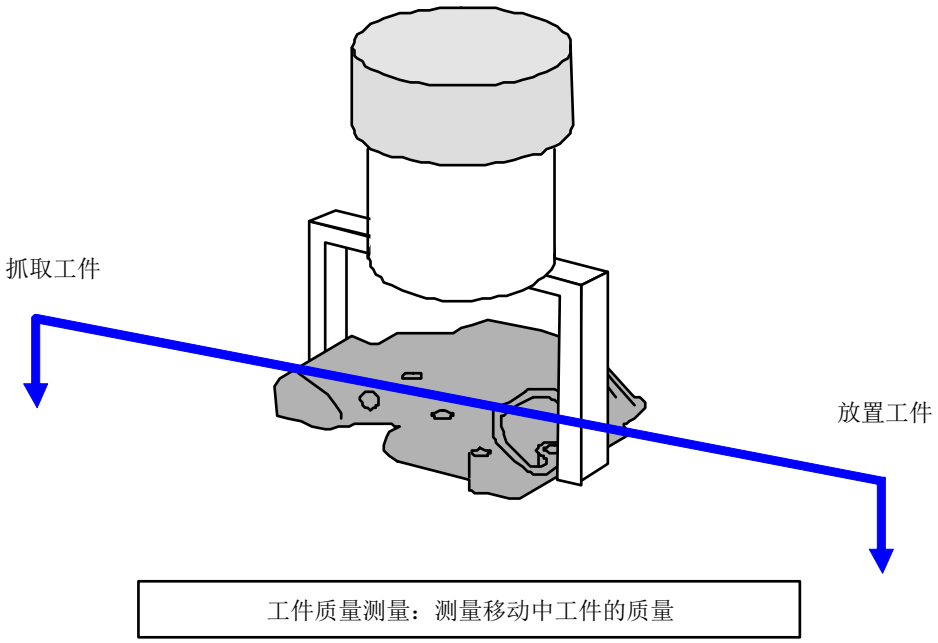


图 3.3 (f)　力觉传感器的其他应用例

3.4 示例程序

```
SAMPLE
                                        1/60
  1:  LBL[1]
  2:  UFRAME_NUM = 0
  3:  UTOOL_NUM = 2
  4:  ! 打开机械手
  5:  DO[1]=OFF
  6:J P[1] 50% CNT100
  7:L P[2] 500mm/sec CNT100
  8:J P[3] 50mm/sec FINE
  9:  ! 抓取工件
 10:  DO[1]=ON
          :       :
          :       :
 11   LBL[2]
 12:  ! 插入
 13:  UFRAME_NUM = 1
 14:  UTOOL_NUM = 3
 15:L P[4: 接近点] 100mm/sec
     :  FINE
 16:  FORCE CTRL[1]
     :  ErrorLBL[3]
 17:  ! 插入成功
 18:  ! 打开机械手
 19:  DO[1]=OFF
 20:L P[5] 100mm/sec  FINE

 21:  JMP LBL[1]
          :       :
          :       :
 22:  ! 力觉控制发生错误
 23:  LBL[3]
 24:  ! 拔出失败工件
 25:  FORCE CTRL[2]
     :  ERROR LBL[4]
 26:  JMP LBL[2]
          :       :
          :       :
 28:  LBL[4]
 52:  UALM[1]
          :       :
          :       :
[END]
```

搬运工件。

装配已搬运的工件。

力觉控制装配成功时，返回程序的开头反复处理。

力觉控制装配失败时的错误处理。
首先通过别的力觉控制命令拔出工件，进行重试。
有关重试，请参阅“3.7.2 重试”。

拔出中失败时，会发生报警。

图 3.4 示例程序

3.5 参数表数据

概要

确定力觉控制命令的动作条件的数据叫做参数表数据。
需要在参数表数据设置画面上设置详细数据。参数表数据设置画面可通过如下操作来打开。

DATA → F1 [类型] → [力觉控制]

将显示如图 3.5(a) 列表 1 所示的参数表数据的列表画面。在没有设置的参数表中，“功能”列将显示“未使用”，已设置了某种功能时，将显示该功能名。力觉控制功能如“3.3 力觉控制命令”中的表 3.3 所示。
列表画面包括列表 1 和列表 2，在各自的画面通过按下[F5]即可进行切换。
列表 1 的功能名的右侧，显示在后述的参数表数据详细画面上设置的注释。列表 2 的功能名的右侧显示使用的用户坐标系编号、工具坐标系编号、自定义功能的父级参数表编号。有关自定义功能，请参阅“3.7.4 自定义功能”。

列表 1

```
力觉控制/参数表
    力觉控制/参数表列表 1                1/30
编号  功能                    注释
  1 未使用            [                ]
  2 未使用            [                ]
  3 恒力推压          [                ]
  4 恒力推压          [                ]
  5 平面匹配          [                ]
  6 平面匹配          [                ]
  7 圆柱装配          [                ]
  8 相位匹配后装配    [                ]
  9 装配后相位匹配    [                ]
 10 凹槽装配          [                ]

[ 类型 ]   组   详细   复制   列表 2
```

F1 F2 F3 F4 F5

列表 2

```
力觉控制/参数表
    力觉控制/参数表列表 2                1/30
编号  功能                UF     TF     父级
  1 未使用                U: *   T: *   P:  *
  2 未使用                U: *   T: *   P:  *
  3 恒力推压              U: 0   T: 1   P:  0
  4 恒力推压              U: 0   T: 1   P:  0
  5 平面匹配              U: 0   T: 1   P:  0
  6 平面匹配              U: 0   T: 1   P:  0
  7 圆柱装配              U: 0   T: 1   P:  0
  8 相位匹配后装配        U: 0   T: 1   P:  0
  9 装配后相位匹配        U: 0   T: 1   P:  0
 10 凹槽装配              U: 0   T: 1   P:  0

[ 类型 ]   组   详细   复制   列表 1
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5(a) 参数表数据的列表画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	详细	切换到参数表数据的详细画面
SHIFT＋F4	复制	复制到别的编号的参数表数据中
F5	列表 1 / 列表 2	切换参数表数据列表画面的列表 1 和列表 2。

在这些画面上，将光标指向要设置的参数表，按下 F3“详细”，则会显示如图 3.5(b)所示的详细数据的画面。详细数据包括两种，即必须进行设置的基本数据、和需要特殊动作调整等进行设置的高级数据。根据作业对象的条件，有时需要进行高级数据的设置，但是通常只要进行基本数据的设置即可使用。

```
力觉控制/基本
                                        1/12
 参数表[1]                    G:1 F:1 S:1
 1 功能                 : 恒力推压
 2 注释                 : [                    ]
 3 推压方向                     用户: -Z
 4 接触力阈值             :     10.00 N
 5 接近速度               :      1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                 UF:  1
 7 工具坐标系编号                 TF:  1
 8 推压力                 :     10.00 N
 9 接近距离上限           :      5.00 mm
10 接触后推压时间         :     20.00 sec

 [ 类型 ]    组    编号   默认值  高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5(b)　详细数据例

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

3.5.1　未使用

概要

在“未使用”菜单中，除了注释和坐标系编号外，无法进行力觉控制的数据设置。尚未进行力觉控制的参数表数据，全都处在“未使用”状态。此外，虽然使用力觉控制，但是由于工件已变化等理由，在不再使用该参数表数据等情况下，为了避免不必要的混乱，建议用户预先选择“未使用”。

功能选择菜单

```
                    1
 1 未使用
 2 恒力推压
 3 平面匹配
 4 圆柱装配
 5 相位匹配后装配
 6 装配后相位匹配
 7 凹槽装配
 8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/详细数据
                                        1/4
 参数表[21]                   G:1 F:1 S:1
 1 功能                 : 未使用
 2 注释                 : [                    ]
 3 用户坐标系编号                 UF:  0
 4 工具坐标系编号                 TF:  1

 [ 类型 ]    组    编号
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.1　“未使用”详细数据的示教

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面

G F S

G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

［基本参数设置画面］

1 功能

从图 3.5.1 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。另外，有关各功能，请参阅表 3.3 或者“3.5.2 恒力推压、平面匹配”～“3.5.7 仿形功能”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 用户坐标系编号

用户坐标系的编号。

4 工具坐标系编号

工具坐标系的编号。

3.5.2 恒力推压、平面匹配

概要

“恒力推压”功能，是沿着导槽进行部件的排列等、适合于在一点向指定方向对工件进行推压作业的功能。

“平面匹配”功能，是向着机床的卡具插入等、适合于一边进行推压一边将抓住的工件和作业对象的面进行贴合作业的功能。

设置画面包括两种，即用户必须进行设置的基本参数设置画面、和只在需要时进行设置的高级参数设置画面。

高级参数设置画面的设置项目中包括部分“平面匹配”专用的项目。因此，“恒力推压”和“平面匹配”中有的部分项目编号会发生变化。详情请参阅“高级参数设置画面”项。

此外，在使用 3 轴力觉传感器时，在“恒力推压”的基本参数设置画面上追加了 3 轴力觉传感器专用的设置项目。(图 3.5.2(a))这种情况下，部分项目中项目编号会发生变化。详情请参阅“基本参数设置画面”项。

另外，使用 3 轴力觉传感器时，无法使用“平面匹配”功能。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                   1/12
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 恒力推压
 2 注释              : [                ]
 3 推压方向                    用户: -Z
 4 接触力阈值          :     10.00 N
 5 接近速度            :      1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 推压力              :     50.00 N
 9 接近距离上限        :      5.00 mm
10 接触后推压时间      :     20.00 sec
11 力觉控制增益自动修改开关 :        OFF
     上一次结果       :          无变化
12 力觉控制增益       :          详细
                                   1/12

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ] 高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面

```
力觉控制/高级
                                   1/25
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 恒力推压
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 自定义自动连续执行开关         : OFF
 8   自动连续执行子级编号         :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿          :  OFF
11 冷却开关                  :OFF
12   冷却时间            :     1.00 sec
13   冷却比率            :   100.00 %
   力的上限
14  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
15  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
16 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :     50.00 N
17 力结束判断开关              : OFF
18   最小力比率        :      80.00 %
     力判断结果        :        -------
      力平均值       Z:       0.00 N
19 接近加速时间        :       0.70 sec
20 力降噪开关            :   OFF
21 出错时信号输出开关       : OFF
22   输出信号类型        :   DO
23   输出信号编号        :      0
24 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
25   结束用数值寄存器编号:      0

[ 类型 ]  组     编号    默认值  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

3 轴力觉传感器专用设置画面

```
........
 11 3 轴力觉传感器接触点位置       : 工具
 12    设置方法              : 坐标系
 13    [-]位置寄存器编号  :            0
 14    [-]距离            :        0.0 mm
........
```

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                   1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 恒力推压
 1 推压阻抗            : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.2(a) “恒力推压”的画面

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                  4/12
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 平面匹配
 2 注释              : [                ]
 3 推压方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :     10.00 N
 5 接近速度              :      1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 推压力        :              50.00 N
 9 接近距离上限:                 5.00 mm
10 接触后推压时间          :    20.00 sec
11 力觉控制增益自动修改开关 :        OFF
     上一次结果          :          无变化
12 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]  组      编号     默认值   高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                   1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 平面匹配
 1 推压阻抗            : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组      编号    [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面

```
力觉控制/高级
                                   1/32
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 平面匹配
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动           :OFF
 7 自定义自动连续执行开关         : OFF
 8   自动连续执行子级编号         :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿           :  OFF
11 冷却开关                 :OFF
12   冷却时间             :     1.00 sec
13   冷却比率             :   100.00 %
   力的上限
14  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
15  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
16 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :     50.00 N
17 力结束判断开关              : OFF
18   最小力比率         :      80.00 %
     力判断结果         :       -------
      力平均值       Z:       0.00 N
19 扭矩结束判断开关:            OFF
20   最大扭矩           :     0.50 N*m
     力判断结果         :       -------
      扭矩平均值      W:      0.00 N*m
                      P:      0.00 N*m
21 速度结束判断开关            : OFF
22   速度上限           :      0.30 mm/s
     判断结果           :       -------
      速度平均值      Z:       0.00 mm/s
23 高速化开关           :        ON
24   高速化倍率             :     1.00
25   高速化加速时间       :      0.70 sec
26 接近加速时间         :       0.70 sec
27 力降噪开关              :   OFF
28 出错时信号输出开关        : OFF
29   输出信号类型          :   DO
30   输出信号编号          :      0
31 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
32   结束用数值寄存器编号:       0

[ 类型 ]  组      编号     默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.2(b)　“平面匹配”的画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

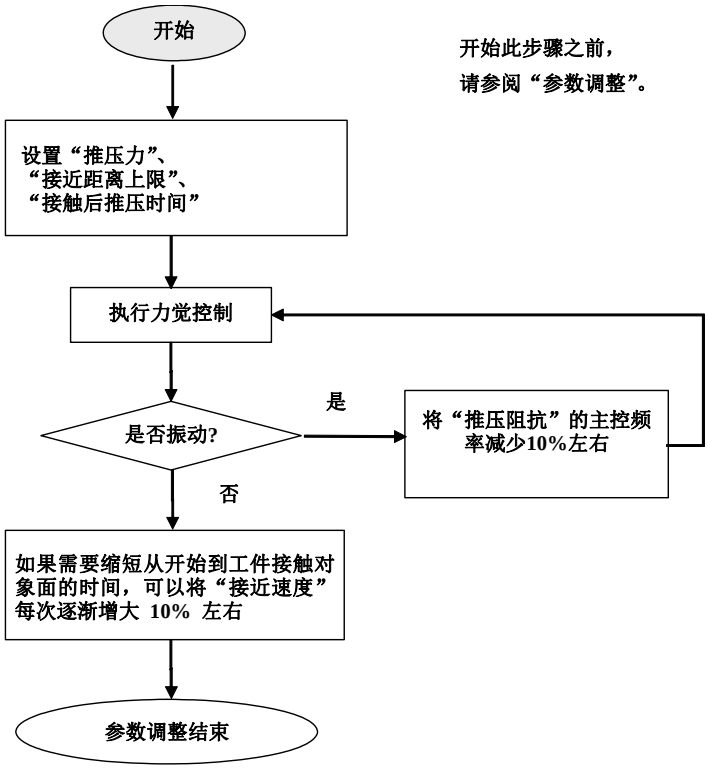
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“推压方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”。
2 执行力觉控制增益自动调整。（见 3.10.2.）
3 设置基本参数设置画面上的参数。
4 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意和限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面是在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。



[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.2(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“恒力推压”或“平面匹配”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 推压方向

向设置的用户或工具坐标系的哪个轴的方向进行推压。
“标准值：-Z”
“恒力推压”时，“推压方向”右侧的坐标系的说明如下：
工具：高级数据的“用户坐标系补偿”为“工具坐标系”。
此时，对用户坐标系的位置姿势进行补偿，以便与力觉控制开始时的、由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的工具坐标系成为相同的位置姿势。请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
用户：高级数据的“用户坐标系补偿”已被设置为工具坐标系以外的坐标系。请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。

4 接触力阈值

用来判断与作业的目标对象发生接触时的作用力的阈值。实际的推压动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致作业时间延长。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

推压时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”设置的用户坐标系编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

推压时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”设置的工具坐标系编号。
“标准值：1”

8 推压力

进行推压动作时的目标推压力。
“单位：N”

9 接近距离上限

指定力觉控制中工件能够运动的最大距离。
工件的运动距离超过此上限时，如果还没有接触到对象物时就发出报警。
“标准值：5 mm”

10 接触后推压时间

进行恒力推压和平面匹配的时间。
接触后经过此时间，则恒力推压、或平面匹配结束。
“标准值：20 sec”

[恒力推压中非 3 轴力觉传感器基本功能的情形、平面匹配的情形]

11 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

12 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制的增益（阻抗参数）”。

[恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形]

如下的“3 轴力觉传感器接触点位置”～“距离（3 轴力觉传感器接触点）”是 3 轴力觉传感器特有的设置项目。“3.9 3 轴力觉传感器的设置”中也有使用概念图的说明，请参阅。

11 3 轴力觉传感器接触点位置（恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，将作为接触点的位置设置为与机器人一起移动，或者固定于空间的参数。3 轴力觉传感器只能检测 Fz、Mx、My，但是 3 轴力觉传感器功能可以进一步根据接触点的位置，推算出 Fx、Fy、Mz。此接触点可以设置为机械接口坐标系上的值，或者是世界坐标系上的值。

各选项的含义如下所示：

工具：

从世界坐标系上看时，使得接触点的位置如同工具坐标系原点那样随着机器人的移动而一起移动。

将机械接口坐标系上的、由后述的参数决定的值作为接触点的位置。

用户：

从世界坐标系上看时，将接触点的位置如同用户坐标系原点那样作为固定的位置。

将世界坐标系上的、由后述的参数决定的值作为接触点的位置。

12 设置方法（3 轴力觉传感器接触点）（恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，指定作为接触点的位置的方法。

如下的坐标系和位置寄存器值，与参数表数据的其他参数一样，使用力觉控制开始时被设置的值。

各选项的含义如下所示：

坐标系：

“3 轴力觉传感器接触点位置”为工具时，将由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的工具坐标系的原点值作为接触点的位置。“3 轴力觉传感器接触点位置”为用户时，将由基本数据的“用户坐标系编号”所指定的用户坐标系的原点值作为接触点的位置。此时的用户坐标系，在高级数据的“用户坐标系补偿”有效时，使用经过补偿的值。

位置寄存器：

将执行力觉控制命令时的、由后述的“位置寄存器编号”所指定的位置寄存器的 X, Y, Z 的值作为接触点的位置。

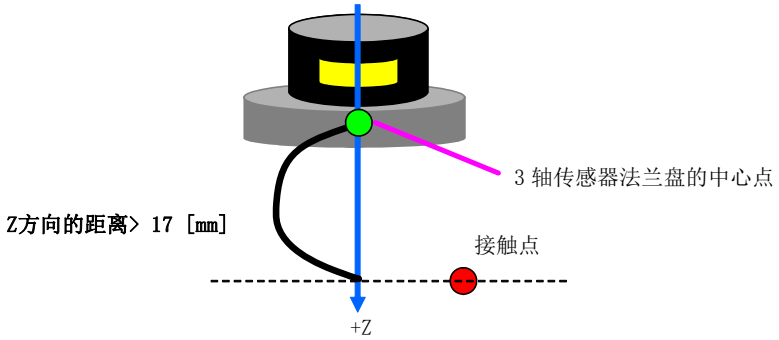
“3 轴力觉传感器接触点位置”为工具时，将机械接口坐标系上的、位置寄存器值的位置作为接触点的位置。“3 轴力觉传感器接触点位置”为用户时，将世界坐标系上的、位置寄存器值的位置作为接触点的位置。

推压方向变换：

“3 轴力觉传感器接触点位置”为工具时，对于由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的工具坐标系的原点位置，将向着由基本数据的“推压方向”所指定的方向只移动了后述的“距离”mm 的位置值作为接触点的位置。

“3 轴力觉传感器接触点位置”为用户时，对于由基本数据的“用户坐标系编号”所指定的用户坐标系的原点位置，将向着由基本数据的“推压方向”所指定的方向只移动了后述的“距离”mm 的位置值作为接触点的位置。

力觉控制中，接触点与 3 轴力觉传感器的法兰盘中心点的 Z 方向（力觉传感器本体上标明了此方向）的距离必须大于 17mm。此距离因机器人动作而变动时，特别要予以注意。



（力觉传感器上标明了此方向）

13 位置寄存器编号（3 轴力觉传感器接触点）（恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，将前述的“设置方法”设置为位置寄存器时使用的位置寄存器的编号。

14 距离（3 轴力觉传感器接触点）（恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，将前述的“设置方法”设置为推压方向变换时使用的距离。

“单位：mm”

15 力觉控制增益自动修改开关（恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形）

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

16 力觉控制增益（恒力推压下 3 轴力觉传感器基本功能的情形）

将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会切换到“力觉控制增益”画面。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.2(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“恒力推压”或“平面匹配”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

4 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

5 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

6 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

7 自定义自动连续执行开关（自定义自动连续执行）

只指定顶层的父级编号，自动地连续执行通过自定义功能连接起来的一系列的力觉控制参数表数据的功能开关。在进行自定义自动连续执行的参数表数据中，不管父级、子级如何，都要将其设置为“ON”。详情请参阅“3.7.5 自定义自动连续执行功能”。
“标准值：OFF”

8 自动连续执行子级编号（自定义自动连续执行）

通过自定义自动连续执行，指定后续要执行的参数表数据的编号。对于由此参数指定的参数表数据，请在高级数据的“自定义父级编号”中指定此参数表数据的编号。
能够通过自定义自动连续执行而连接起来的力觉控制的参数表数据数至多为 10 个。

9 参数表编号输出数值寄存器编号（自定义自动连续执行）

指定输出自定义自动连续执行的执行状态的、寄存器的编号。
执行自定义自动连续执行时，输出执行中的参数表数据的编号。通过自定义自动连续执行而连接起来的一系列的参数表，直至最后正常结束时，向寄存器输出 0。
“参数表编号输出数值寄存器编号”的值，只使用通过自定义功能连接起来的一系列力觉控制参数表的顶层父级值。子级值即使予以设置也不会被使用。
顶层父级的“参数表编号输出数值寄存器编号”的值如果是 0，则不会向寄存器输出值。
自定义自动连续执行下的力觉控制失败时，通过浏览这里指定的寄存器中设置的值，就可以了解失败的参数表数据的编号。

10 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 等来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。
“平面匹配”时，需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。
“恒力推压”时，需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用而进行补偿，或者根据工具坐标系来进行补偿。“恒力推压”时，通过选择“工具坐标系”进行补偿，以使用户坐标系的位置姿势与力觉控制开始时的、由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的工具坐标系成为相同的位置姿势。由此，可以将推压方向设为基于工具坐标系的方向。
详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
“标准值：OFF”

11 冷却开关

将推压结束后使得推压的力减弱叫做“冷却”。推压结束后，在松开机械手时，冲击大且工件振动的情况下有效。
“标准值：OFF”

12 冷却时间

在此时间内进行“冷却”。
“标准值：1 sec”

13 冷却比率

最终力减少为“推压力”×“冷却比率”/100。100 %时，实质上不进行冷却，在 0 %下力完全成为 0。
“标准值：100 %”

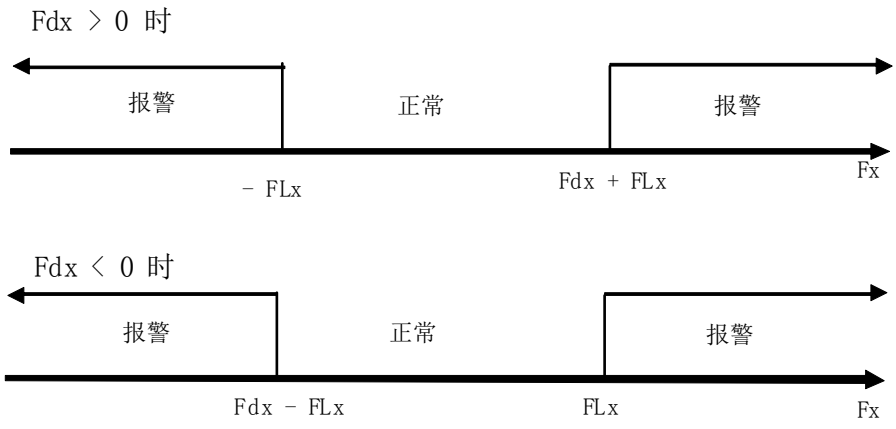
14 力的上限
15

发生的力满足下式时会发出报警（FORC−216 - FORC−221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。就 X, Y, Z 这 3 个方向的力和 W, P, R 这 3 个方向的力矩予以设置。
譬如，就 X 方向示出如下：

$Fx < -FLx$ 或者 $Fx > Fdx + FLx$ （$Fdx > 0$ 时）
$Fx > FLx$ 或者 $Fx < Fdx - FLx$ （$Fdx < 0$ 时）

Fx： 推压中或者平面匹配中发生的力（X 方向）
FLx： 力的上限的 X 分量
Fdx： X 方向的目标力
推压方向为“X” 或 “-X”时， Fdx 为“推压力”；除此以外时，Fdx = 0。

有关 Y, Z, W, P, R，同样的关系也成立。
“单位：N, N*m”



16 扭矩偏移补偿开关

将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）

“标准值：OFF”

扭矩偏移量 W P R

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）

“标准值：0 Nm”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）

“单位：N”

17 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。在恒力推压、或者平面匹配中，将此开关置于“ON”，则即使在基本数据“接触后推压时间”以内，如果如下的力判断为“成功”，则可结束。即使经过“接触后推压时间”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。（平面匹配中，“力结束判断开关”、“扭矩结束判断开关”、“速度结束判断开关”两个以上设为“ON”时，如果处于 ON 的全部功能判断都“成功”，则即使在“接触后推压时间”以内也可以结束。）

“标准值：OFF”

18 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“推压方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“推压力”/100 更大，则判断为“成功”。

“标准值：80 %”

力判断结果

显示结束了恒力推压、或者平面匹配时的力判断结果。如果结束时的“推压方向”的力大小比“最小力比率”×“推压力”/100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。

“标准值：-----”

力平均值

显示“推压方向”的轴、与结束恒力推压、或者平面匹配时的“推压方向”的力大小的平均值。

“标准值：Z: 0 N”

19 扭矩结束判断开关

“恒力推压”中没有此参数。

用来确认所发生的扭矩是否小至适当的值而结束的功能开关。平面匹配中，如果将此开关置于“ON”，则即使在基本数据“接触后推压时间”以内，如下的扭矩判断为“成功”，则可结束。即使经过“接触后推压时间”，如下的扭矩判断没有“成功”，则会发出报警。（平面匹配中，“力结束判断开关”、“扭矩结束判断开关”、“速度结束判断开关”两个以上设为“ON”时，处于 ON 的全部功能判断都“成功”，则即使在“接触后推压时间”以内也可以结束。）

“标准值：OFF”

20 最大扭矩

“恒力推压”中没有此参数。

将此值用于扭矩的判断。所发生的扭矩在此“最大扭矩”以下左右，则判断为“成功”。

“标准值：0.5 N*m”

力判断结果

“恒力推压”中没有此参数。

显示结束了平面匹配时的扭矩判断结果。结束时的扭矩的大小如果在“最大扭矩”以下左右则显示“成功”，否则就显示“失败”。
“标准值：-----”

扭矩平均值

“恒力推压”中没有此参数。
显示绕“推压方向”的轴以外的轴旋转、和结束了平面匹配时绕各自的轴旋转的扭矩大小的平均值。（譬如，如果“推压方向”的轴为Z，则显示表示绕X轴旋转的W、和表示绕Y轴旋转的P。同样，如果是X，则显示P和R；如果是Y，则显示W和R。）
“标准值： W: 0 N*m
P: 0 N*m”

21 速度结束判断开关

“恒力推压”中没有此参数。
用来确认向推压方向的速度是否充分变小而结束的功能开关。平面匹配中，如果将此开关置于“ON”，则即使在基本数据“接触后推压时间”以内，如果如下的推压方向速度判断为“成功”，则可结束。相反，即使经过“接触后推压时间”，如果如下的推压方向速度判断没有“成功”，则会发出报警。（平面匹配中，“力结束判断开关”、“扭矩结束判断开关”、“速度结束判断开关”两个以上设为“ON”时，如果处于 ON 的全部功能判断都“成功”，则即使在“接触后推压时间”以内也可以结束。）
“标准值：OFF”

22 速度上限

“恒力推压”中没有此参数。
将此值用于推压方向速度的判断。推压方向的速度大小如果在此“速度上限”以下左右，则判断为“成功”。
“标准值：0.30 mm/s”

判断结果

“恒力推压”中没有此参数。
显示结束了平面匹配时的推压方向速度的判断结果。结束时的推压方向速度的大小如果在“速度上限”以下左右则显示“成功”，否则就显示“失败”。
“标准值：-----”

速度平均值

“恒力推压”中没有此参数。
显示“推压方向”的轴、与结束平面匹配时的“推压方向速度”的大小平均值。
“标准值： Z: 0 mm/s”

23 高速化开关

“恒力推压”中没有此参数。
使得姿势的修改动作高速化的功能开关。
“标准值：ON”

24 高速化倍率

“恒力推压”中没有此参数。
表示姿势的修改动作速度的参数。“高速化开关”处于 ON 时，如果增大此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.5 左右逐渐增大。
“标准值：1”

25 高速化加速时间

“恒力推压”中没有此参数。
姿势的修改动作用的加速时间。“高速化开关”处于 ON 时，如果减小此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.1 左右逐渐减小。
“单位：sec”

26 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。
“单位：sec”

27 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。
是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用具有振动源的工具的情形

“标准值：OFF”

28 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。
“标准值：OFF”

29 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。
可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

30 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

31 用数值寄存器结束力觉控制

在“恒力推压”和“平面匹配”中如果经过“接触后推压时间”就结束。此外，“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”处于 ON 时如果判断结果成功，则在其之前也会结束。
如果将本开关置于 ON，则不管上述条件如何，由“结束用数值寄存器编号”所指定的寄存器成为 1 时就结束。
“标准值：OFF”

32 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。

“标准值：0”

3.5.3 圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配

概要

通过“圆柱装配”功能的菜单，可进行适合于进行圆柱状部件装配的设置。
通过“凹槽装配”的菜单，可进行适合于将工件插入凹槽的设置。
通过“四棱柱装配”的菜单，可进行能够适合于将四棱柱形状的工件插入四方形孔内的设置（图 3.5.3(a)和图 3.5.3(b)）。
设置画面包括两种，即用户必须进行设置的基本参数设置画面、和只在需要时进行设置的高级参数设置画面。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                   4/18
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [                ]
 3 装配方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :     10.00 N
 5 接近速度              :      1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 装配力                :     50.00 N
 9 装配速度              :      2.00 mm/s
10 装配深度(目标值)      :     20.00 mm
11 装配深度个体差异(+)   :      3.00 mm
12 装配深度个体差异(-)   :      0.00 mm
13 装配后推压时间        :      0.00 sec
14 姿势变化检查开关            : ON
15   姿势变化上限        :      3.00deg
16 装配时间上限          :     20.00sec
17 力觉控制增益自动修改开关 :          OFF
     上一次结果          :          无变化
18 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]  组     编号    默认值  高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                   1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 圆柱装配
 1 装配阻抗              : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面(1/2)

```
力觉控制/高级
                                   5/41
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数            :   1
 6 自定义父级编号             :       0
 7   自定义参数连动           :OFF
 8 自定义自动连续执行开关          : OFF
 9   自动连续执行子级编号         :   0
10   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
11 用户坐标系补偿            :  OFF
12 冷却开关                  :OFF
13   冷却时间             :      1.00 sec
14   冷却比率             :    100.00 %
15 初始装配力             :     50.00 N
16 速度调整开关                 : ON
17   调整增益             :      2.00
18   开始深度比率         :     30.00 %
19   结束深度比率         :     90.00 %
   力的上限
20  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
21  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
22 结束条件开关                 : OFF
     装配深度             :      0.00 mm
     接近深度             :      0.00 mm
     装配方向
   [      0.000,      0.000,     -1.000]
23 扭矩偏移补偿开关             : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :     50.00 N
24 初始力保持深度:               0.00 mm

[ 类型 ]  组     编号    默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.3(a) “圆柱装配”“凹槽装配”“四棱柱装配”的画面(1/2)

高级参数设置画面(2/2)

```
力觉控制/高级
                                        25/41
25 装配力开始深度:                 0.00 mm
26 恒定速度开关                  : ON
27 力结束判断开关                : OFF
28   最小力比率          :       80.00 %
     力判断结果          :         -------
      力平均值         Z:        0.00 N
29 扭矩结束判断开关:               OFF
30   最大扭矩            :      0.50 N*m
     力判断结果          :         -------
      扭矩平均值       W:      0.00 N*m
                       P:      0.00 N*m
31 高速化开关            :         ON
32   高速化倍率              :      2.00
33   高速化加速时间       :      0.70 sec
34 接近加速时间          :       0.70 sec
35 装配加速时间          :       0.70 sec
36 力降噪开关               :   OFF
37 出错时信号输出开关        : OFF
38   输出信号类型           :   DO
39   输出信号编号           :       0
40 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
41   结束用数值寄存器编号:       0

[ 类型 ]  组      编号     默认值  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.3(b) “圆柱装配”“凹槽装配”“四棱柱装配”的画面(2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

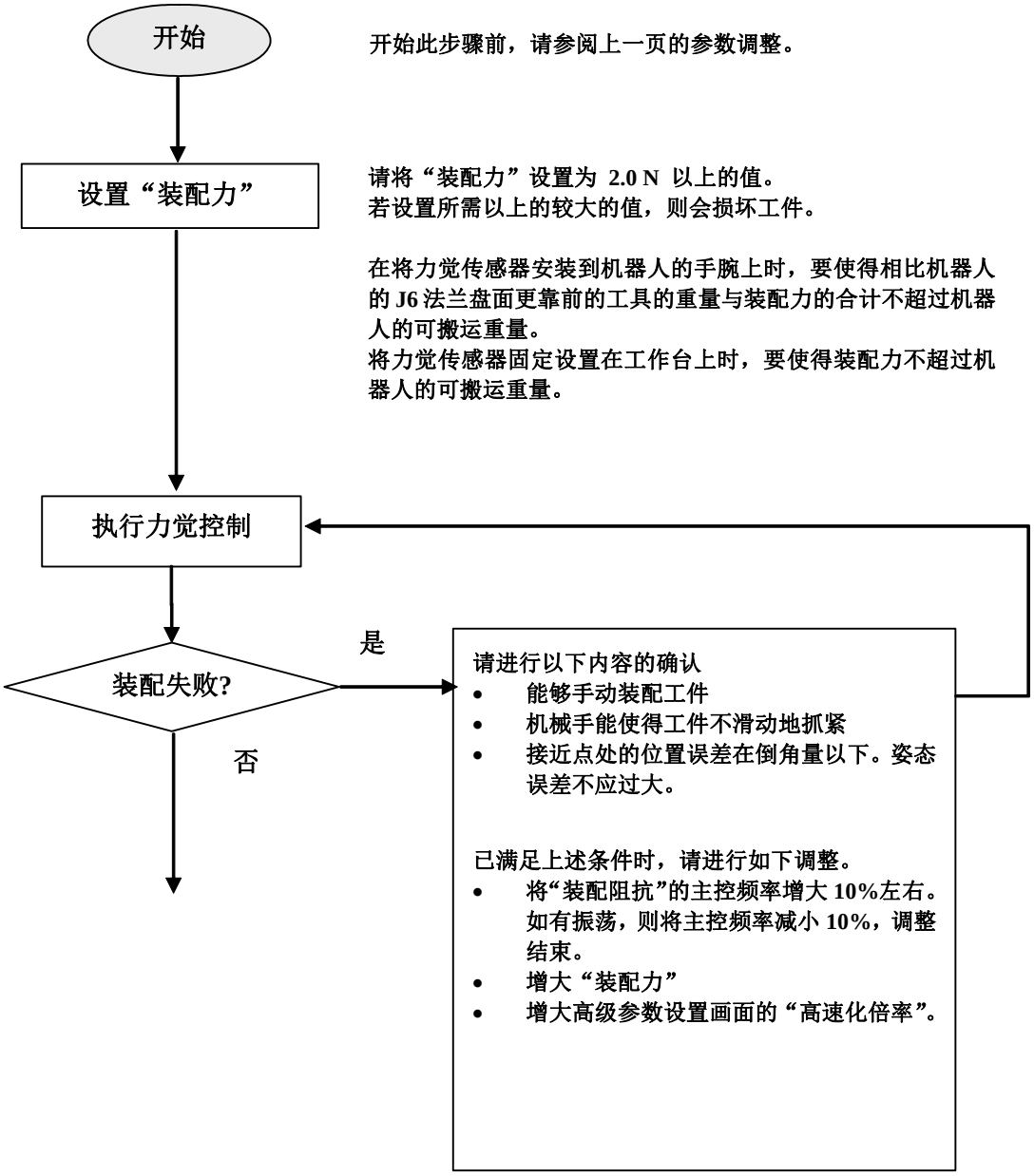
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ： １１１”

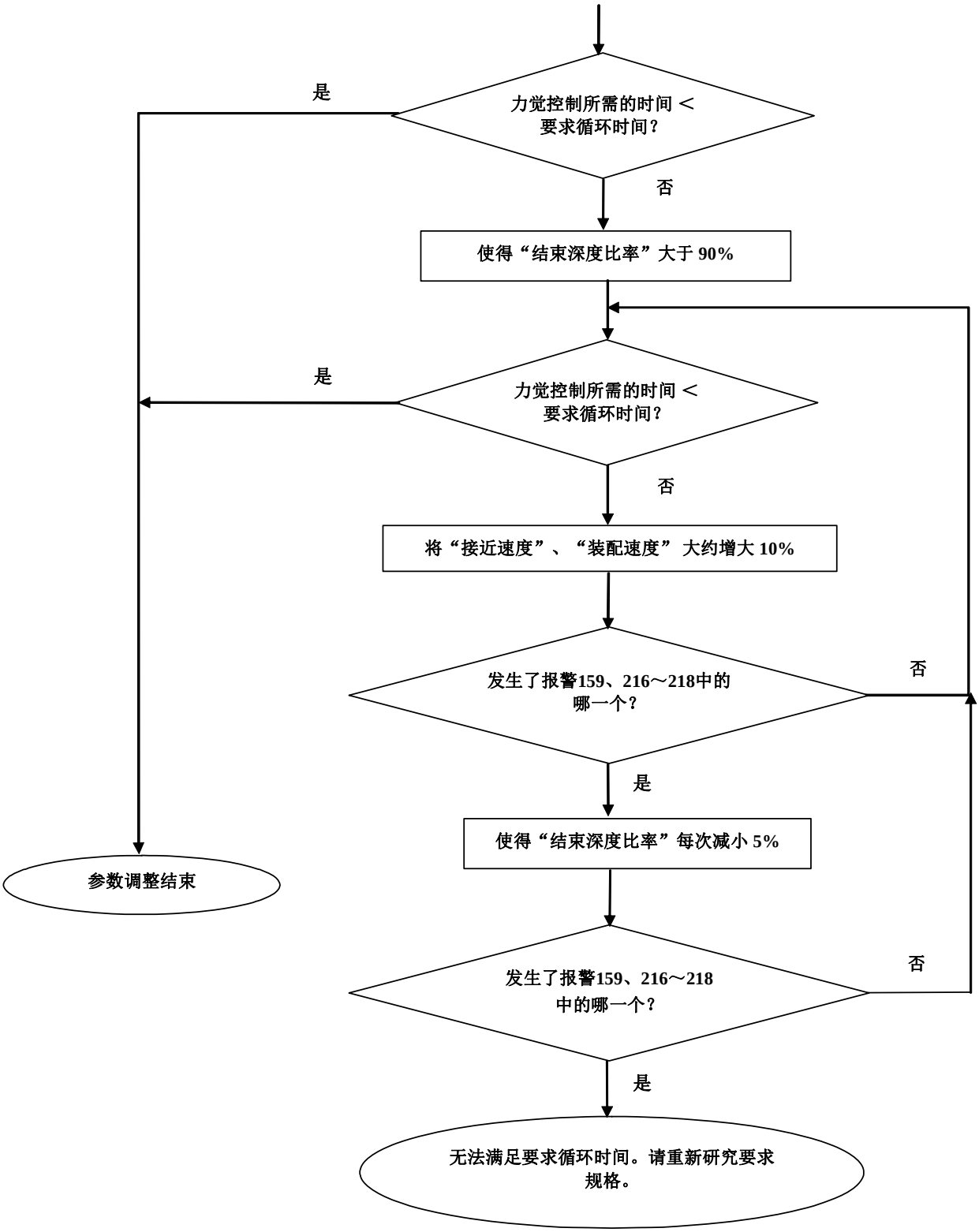
参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“装配深度(目标值)”。
2 执行力觉控制增益自动调整。（见 3.10.2）
3 设置基本参数设置画面上的参数。
4 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。


开始
开始此步骤前，请参阅上一页的参数调整。
设置“装配力”
请将“装配力”设置为 2.0 N 以上的值。
若设置所需以上的较大的值，则会损坏工件。
在将力觉传感器安装到机器人的手腕上时，要使得相比机器人的 J6 法兰盘面更靠前的工具的重量与装配力的合计不超过机器人的可搬运重量。
将力觉传感器固定设置在工作台上时，要使得装配力不超过机器人的可搬运重量。
执行力觉控制
装配失败?
是
否
请进行以下内容的确认
• 能够手动装配工件
• 机械手能使得工件不滑动地抓紧
• 接近点处的位置误差在倒角量以下。姿态误差不应过大。
已满足上述条件时，请进行如下调整。
• 将“装配阻抗”的主控频率增大 10%左右。如有振荡，则将主控频率减小 10%，调整结束。
• 增大“装配力”
• 增大高级参数设置画面的“高速化倍率”。



[基本参数设置画面]

对应参数名的编号，部分会与示教器上的显示不同。

1 功能

从图 3.5.3(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下从“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”中选择。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 装配方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

凹槽走向

只在“凹槽装配”时设置的项目。
在所设置的用户坐标系中表示插入工件的凹槽的长度方向。
“标准值：Y”

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的装配动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

装配时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

装配时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 装配力

实际进行装配动作时的目标装配力。只希望在开始装配的部分减小目标力时，也请参阅高级参数设置画面的“24 初始力保持深度”项。
“单位：N”

9 装配速度

实际进行装配动作时的目标速度。
“标准值：2 mm/sec”

10 装配深度（目标值）

从力觉控制开始（接近点）到结束工件插入的深度。
“标准值：20 mm”

11 装配深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在装配进入到“装配深度（目标值）”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（装配深度（目标值）–装配深度个体差异（–）+此值）进行装配，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

12 装配深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在装配没有到达“装配深度（目标值）”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（装配深度（目标值）–此值），则判断为装配成功。
“标准值：0 mm”

13 装配后推压时间

在判断装配成功时，为了吸收上述装配深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。
“标准值：0 sec”

14 姿势变化检查开关

相比示教姿势，是否检查装配中姿势发生了多大变化的开关。通常在设为“ON”下使用。
“标准值：ON”

15 姿势变化上限

在上述“姿势变化检查开关”处在“ON”时，装配中在多大程度上允许从示教姿势的姿势变化的上限值。如果姿势变化超过此值，则会发出报警。
“标准值：3 deg”

16 装配时间上限

装配时间，是指在接触到作业对象开始装配动作后，直至判断为装配成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“装配深度（目标值）”时会发出报警。另外，在判断为装配成功后进行的推压动作的时间（见“装配后推压时间”），不包含在装配时间中。
“标准值：20 sec”

17 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

18 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.3(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下从“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”中选择。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

4 重试开关

将此力觉控制参数表用于之前执行的参数表的重试时进行设置。如果是“OFF”，则只移动由基本参数设置画面的“装配深度（目标值）”所指定的距离。
如果是“返回位置 1 ”，则返回到之前执行的参数表的开始点。之前执行的参数表中如果已经设置了父级参数表，则返回到父级参数表的开始点。
如果是“返回位置 2 ”，则不管是否已经设置了父级参数表，都会返回到之前执行的参数表的开始点。
详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

5 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

6 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

7 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

自定义自动连续执行开关（自定义自动连续执行）

只指定顶层的父级编号，自动地连续执行通过自定义功能连接起来的一系列的力觉控制参数表数据的功能开关。在进行自定义自动连续执行的参数表数据中，不管父级、子级如何，都要将其设置为“ON”。详情请参阅“3.7.5 自定义自动连续执行功能”。

“标准值：OFF”

9 自动连续执行子级编号（自定义自动连续执行）

通过自定义自动连续执行，指定后续要执行的参数表数据的编号。对于由此参数指定的参数表数据，请在高级数据的“自定义父级编号”中指定此参数表数据的编号。

能够通过自定义自动连续执行而连接起来的力觉控制的参数表数据数至多为 10 个。

10 参数表编号输出数值寄存器编号（自定义自动连续执行）

指定输出自定义自动连续执行的执行状态的、寄存器的编号。

执行自定义自动连续执行时，输出执行中的参数表数据的编号。通过自定义自动连续执行而连接起来的一系列的参数表，直至最后正常结束时，向寄存器输出 0。

“参数表编号输出数值寄存器编号”的值，只使用通过自定义功能连接起来的一系列力觉控制参数表的顶层父级值。子级值即使予以设置也不会被使用。

顶层父级的“参数表编号输出数值寄存器编号”的值如果是 0，则不会向寄存器输出值。

自定义自动连续执行下的力觉控制失败时，通过浏览这里指定的寄存器中设置的值，就可以了解失败的参数表数据的编号。

11 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。

“标准值：OFF”

12 冷却开关

将装配结束后使得推压的力减弱叫做“冷却”。装配结束后，在松开机械手时，冲击大且工件振动的情况下有效。

“标准值：OFF”

13 冷却时间

在此时间内进行“冷却”。

“标准值：1 sec”

14 冷却比率

最终力减少为“装配力”×“冷却比率”/100。100 %时，实质上不进行冷却，在 0 %下力完全成为 0。

“标准值：100 %”

15 初始装配力

装配开始时的目标力。在最初希望以较小的力装配时有效。伴随着装配的进程，装配中的目标力将会逐渐靠近基本数据“装配力”。也请参阅“24 初始力保持深度”项。

“单位：N”

16 速度调整开关

在装配中调整基本数据“装配速度”的开关。在最初希望慢慢地装配，等装配进展到某种程度后提高速度时有效。但是，26 号的“恒定速度开关”处于 ON 时，不管 17 号的“调整增益”值如何，都会被限制在基本数据“装配速度”上。

“标准值：ON”

17 调整增益

速度调整中，基本数据“装配速度”上乘以此值而得的值为实际的“装配速度”。

“标准值：2”

18 开始深度比率

装配进展到基本数据“装配深度（目标值）”×“此值”/100 的深度后，开始速度调整。

“标准值：30 %”

19 结束深度比率

装配进展到基本数据“装配深度（目标值）”×“此值”/100 的深度后，结束速度调整。为了避免施加过大的力，此深度以后的速度指令将会成为 0。
“标准值：90 %”

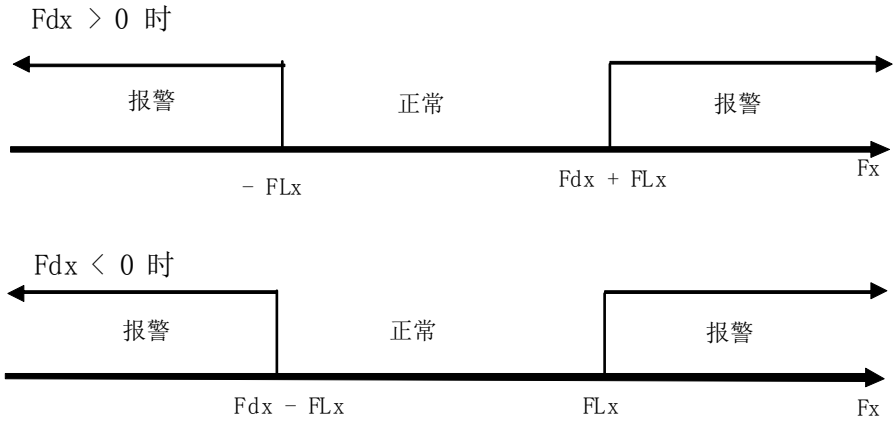
20 力的上限
21

发生的力满足下式时会发出报警（FORC−216 - FORC−221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。就 X, Y, Z 这 3 个方向的力和 W, P, R 这 3 个方向的力矩予以设置。
譬如，就 X 方向示出如下：

$Fx < -FLx$ 或者 $Fx > Fdx + FLx$ （$Fdx > 0$ 时）
$Fx > FLx$ 或者 $Fx < Fdx - FLx$ （$Fdx < 0$ 时）

Fx： 装配中产生的力（X 方向）
FLx： 力的上限的 X 分量
Fdx： X 方向的目标力
装配方向为“X” 或 “-X”时， Fdx 为“装配力”；除此以外时，Fdx = 0。

有关 Y, Z, W, P, R，同样的关系也成立。
“单位：N, N*m”



22 结束条件开关

如果将此开关置于“ON”，则如下的“装配深度”会取代基本数据“装配深度（目标值）”被用于装配成功的判断，“装配方向”取代基本数据“装配方向”而被使用。请在将此开关置于 ON 之前，执行结束条件取得命令。（详情请参阅“3.10.4 结束条件取得命令”。）
“标准值：OFF”

装配深度

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，测量已插入了多少。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则此值会取代基本数据“装配深度（目标值）”而被用于装配成功的判断。（此值无法变更。）
“标准值：0 mm”

接近深度

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，推算直至工件接触到作业对象的距离是多少。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则在每次的装配中，在直至工件接触到作业对象的距离没有到达此值时，会被判断为与障碍物碰撞而发出报警。（此值无法变更。）
“标准值：0 mm”

装配方向

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，在现在的用户坐标系上，测量已被向哪个方向装配。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则此值取代基本数据“装配方向”，表示要装配的方向。（这些值无法变更。）
“标准值：[0, 0, -1]”

23 扭矩偏移补偿开关

如果将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）

“标准值：OFF”

扭矩偏移量 W P R

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）

“标准值：0 Nm”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）

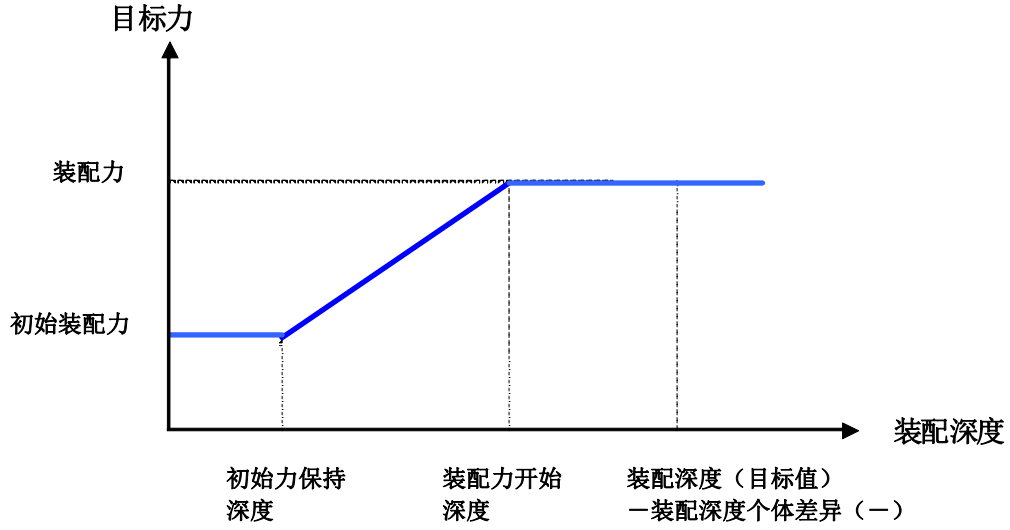
“单位：N”

24 初始力保持深度

开始装配后，直至装配深度到此深度，将装配中的目标力作为高级数据“初始装配力”。

（但是，如果将“初始力保持深度”设置为比（“装配深度（目标值）”–“装配深度个体差异（–）”）更大的值，则使用初始装配力直至最终的深度。）

“标准值：0 mm”



25 装配力开始深度

装配深度超过“初始力保持深度”后，成为此深度时，以装配中的目标力成为基本数据“装配力”的方式使得目标力变化。

（但是，如果将“装配力开始深度”设置为 0，或者设置为比（“装配深度（目标值）”–“装配深度个体差异（–）”）更大的值，则将（“装配深度（目标值）”–“装配深度个体差异（–）”）作为“装配力开始深度”。此外，如果将“装配力开始深度”设置为比“初始力保持深度”更小的值，则将“初始力保持深度”的值作为“装配力开始深度”的值。）

“标准值：0 mm”

26 恒定速度开关

为了在反作用力突然消失的情况下，速度也不会成为过大，用来防止撬动的功能开关。圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配中如果将此开关置于“ON”，就可以使得装配中的速度不会超过基本数据“装配速度”。

（即使高级数据“速度调整开关”处于“ON”，也会做到不超过“装配速度”。）

“标准值：ON”

27 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配中如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的力判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“装配时间上限”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”两者都处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在两者的判断“成功”时就能结束。）

“标准值：OFF”

28 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“装配方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“装配力”/100 更大，则判断为“成功”。

“标准值：80 %”

力判断结果

显示结束了圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配时的力判断结果。如果结束时的“装配方向”的力大小比“最小力比率”×“装配力”/100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。

“标准值：-----”

力平均值

显示“装配方向”的轴、和结束了圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配时的“装配方向”的力大小的平均值。

“标准值：Z: 0 N”

29 扭矩结束判断开关

用来确认所发生的扭矩是否小至适当的值而结束的功能开关。圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配中如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的扭矩判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“装配时间上限”，如果如下的扭矩判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”两者都处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在两者的判断“成功”时就能结束。）

“标准值：OFF”

30 最大扭矩

将此值用于扭矩的判断。所发生的扭矩如果在此“最大扭矩”以下左右，则判断为“成功”。

“标准值：0.05 N*m”

力判断结果

显示结束了圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配时的扭矩的判断结果。结束时的扭矩的大小如果在“最大扭矩”以下左右则显示“成功”，否则就显示“失败”。

“标准值：-----”

扭矩平均值

显示绕“装配方向”的轴以外的轴旋转、和结束了圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配时绕各自的轴旋转的扭矩大小的平均值。（譬如，如果“装配方向”的轴为Ｚ，则显示表示绕Ｘ轴旋转的Ｗ、和表示绕Ｙ轴旋转的Ｐ。同样，如果是Ｘ，则显示Ｐ和Ｒ；如果是Ｙ，则显示Ｗ和Ｒ。）

“标准值：W: 0 N*m
P: 0 N*m”

31 高速化开关

使得姿势的修改动作高速化的功能开关。

“标准值：ON”

32 高速化倍率

表示姿势的修改动作速度的参数。“高速化开关”处于 ON 时，如果增大此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.5 左右逐渐增大。

“标准值：2”

33 高速化加速时间

姿势的修改动作用的加速时间。“高速化开关”处于 ON 时，如果减小此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.1 左右逐渐减小。

“标准值：0.4sec”

34 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。

“单位：sec”

35 装配加速时间

力超过基本数据“接触力阈值”后，直至速度到达基本数据“装配速度”的时间。

“单位：sec”

36 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。

是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用具有振动源的工具的情形

“标准值：OFF”

37 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。

“标准值：OFF”

38 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。

可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

39 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

40 用数值寄存器结束力觉控制

在“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”如果深度到达“装配深度（目标值）”就会结束。再者，“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”处于 ON 时不会结束，直至判断结果成功。如果将本开关置于 ON，则不管上述条件如何，由“结束用数值寄存器编号”所指定的寄存器成为 1 时就结束。

“标准值：OFF”

41 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。

“标准值：0”

3.5.4 相位匹配后装配

概要

“相位匹配后装配”功能的菜单中，可进行附带按键的装配和诸如汽车的变速箱那样的花键装配等、适合于先进行相位匹配后再进行的装配之设置。设置画面包括两种，即用户必须进行设置的基本参数设置画面、和只在需要时进行设置的高级参数设置画面。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 -下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    23/23
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 相位匹配后装配
 2 注释              : [                ]
 3 装配方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :   10.00 N
 5 接近速度              :    1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 相位匹配深度          :   20.00 mm
 9 相位匹配时推压力      :  100.00 N
10 相位匹配时装配速度    :    0.00 mm/s
11 相位匹配时角速度      :    3.00 deg/s
12 装配力                :  100.00 N
13 装配速度              :    2.00 mm/s
14 装配深度(目标值)      :   20.00 mm
15 装配深度个体差异(+)   :    3.00 mm
16 装配深度个体差异(-)   :    0.00 mm
17 装配后推压时间        :    0.00 sec
18 姿势变化检查开关            : ON
19   姿势变化上限        :    3.00deg
20 装配时间上限          :   20.00 sec
21 相位匹配时间上限      :   30.00 sec
22 力觉控制增益自动修改开关 :          OFF
     上一次结果          :          无更改
23 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]  组     编号   默认值   高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面(1/2)

```
力觉控制/高级
                                     1/39
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 相位匹配后装配
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数             :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 用户坐标系补偿          :  OFF
 8 相位匹配阻尼系数      :    1.00
 9 相位匹配扭矩          :    1.00 N*m
10 相位匹配减速深度比率 :   80.00 %
11 冷却开关                   : OFF
12   冷却时间            :    1.00 sec
13   冷却比率            :  100.00 %
14 初始装配力            :  100.00 N
15 速度调整开关               : ON
16   调整增益            :    2.00
17   开始深度比率        :   30.00 %
18   结束深度比率        :   90.00 %
   相位匹配时力的上限
19  X: 3000.00 Y: 3000.00 Z: 3000.00 N
20  W:  600.00 P:  600.00 R:  600.00N*m
   装配时力的上限
21  X: 3000.00 Y: 3000.00 Z: 3000.00 N
22  W:  600.00 P:  600.00 R:  600.00N*m
23 结束条件开关               : OFF
     装配深度            :    0.00 mm
     接近长度            :    0.00 mm
     装配方向
    [     0.000,     0.000,    -1.000]

[ 类型 ]  组     编号   默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                     1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 相位匹配后装配
 1 相位匹配阻抗        : [主控频率      ]
 2 装配阻抗            : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.4(a) “相位匹配后装配”的画面(1/2)

高级参数设置画面(2/2)

```
力觉控制/高级
                                        1/39
24 扭矩偏移补偿开关            : OFF
      扭矩偏移量
       W:      0.000 N*m
       P:      0.000 N*m
       R:      0.000 N*m
      扭矩偏移取得时推力 :  100.00 N
 25 恒定速度开关                : ON
 26 力结束判断开关              : OFF
 27    最小力比率        :      80.00 %
      力判断结果         :        -------
       力平均值        Z:       0.00 N
 28 扭矩结束判断开关:            OFF
 29    最大扭矩          :     0.50 N*m
      力判断结果         :        -------
       扭矩平均值      W:     0.00 N*m
                       P:     0.00 N*m
 30 接近加速时间              :  1.00 sec
 31 相位匹配加速时间          :  1.00 sec
 32 装配加速时间              :  1.00 sec
    相位匹配力觉控制开关
 33     X: OFF          Y: OFF
 34 力降噪开关              :   OFF
 35 出错时信号输出开关       : OFF
 36    输出信号类型         :   DO
 37    输出信号编号         :      0
 38 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
 39    结束用数值寄存器编号:      0

 [ 类型 ]   组      编号   默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.4(b) “相位匹配后装配”的画面(2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

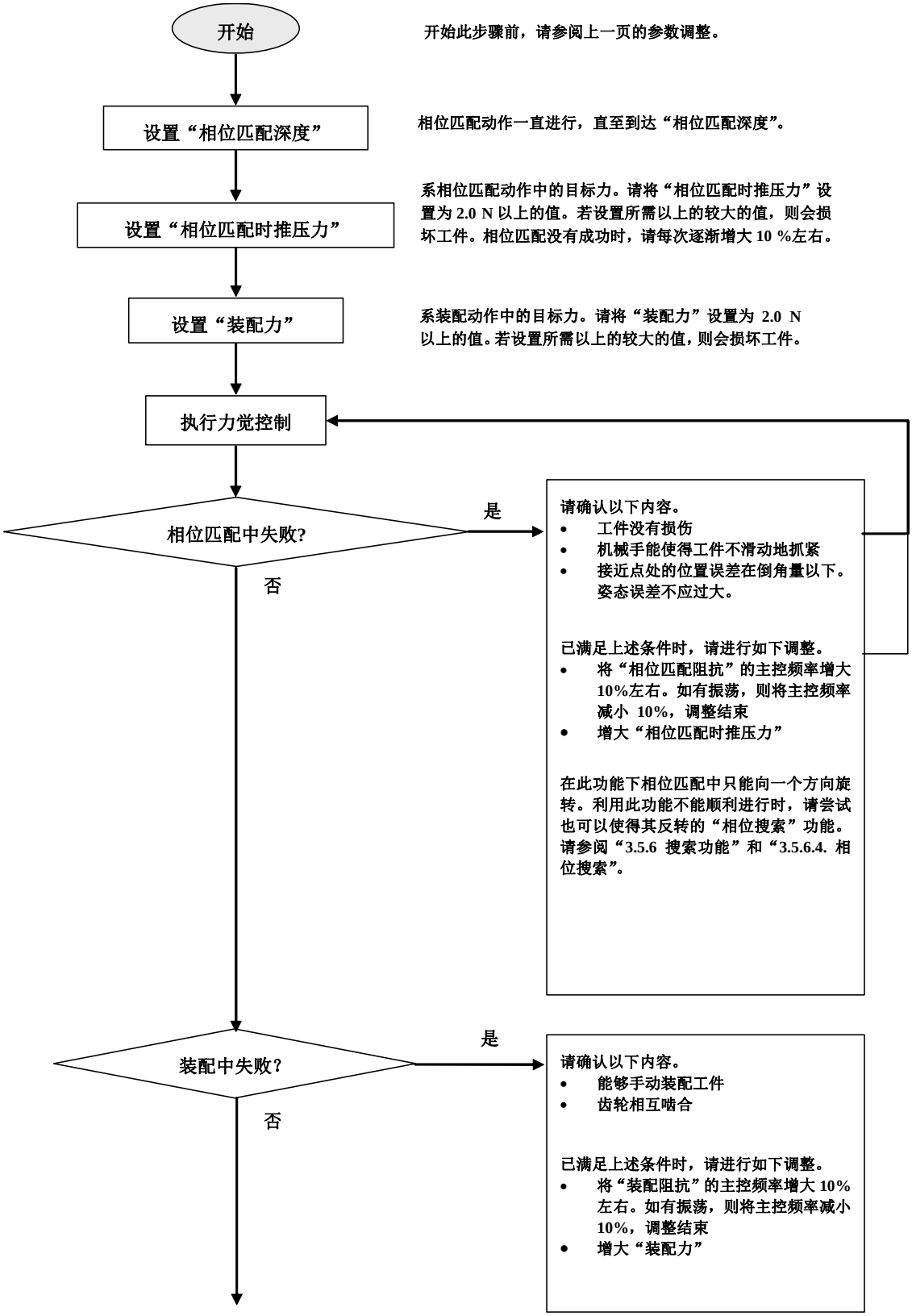
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

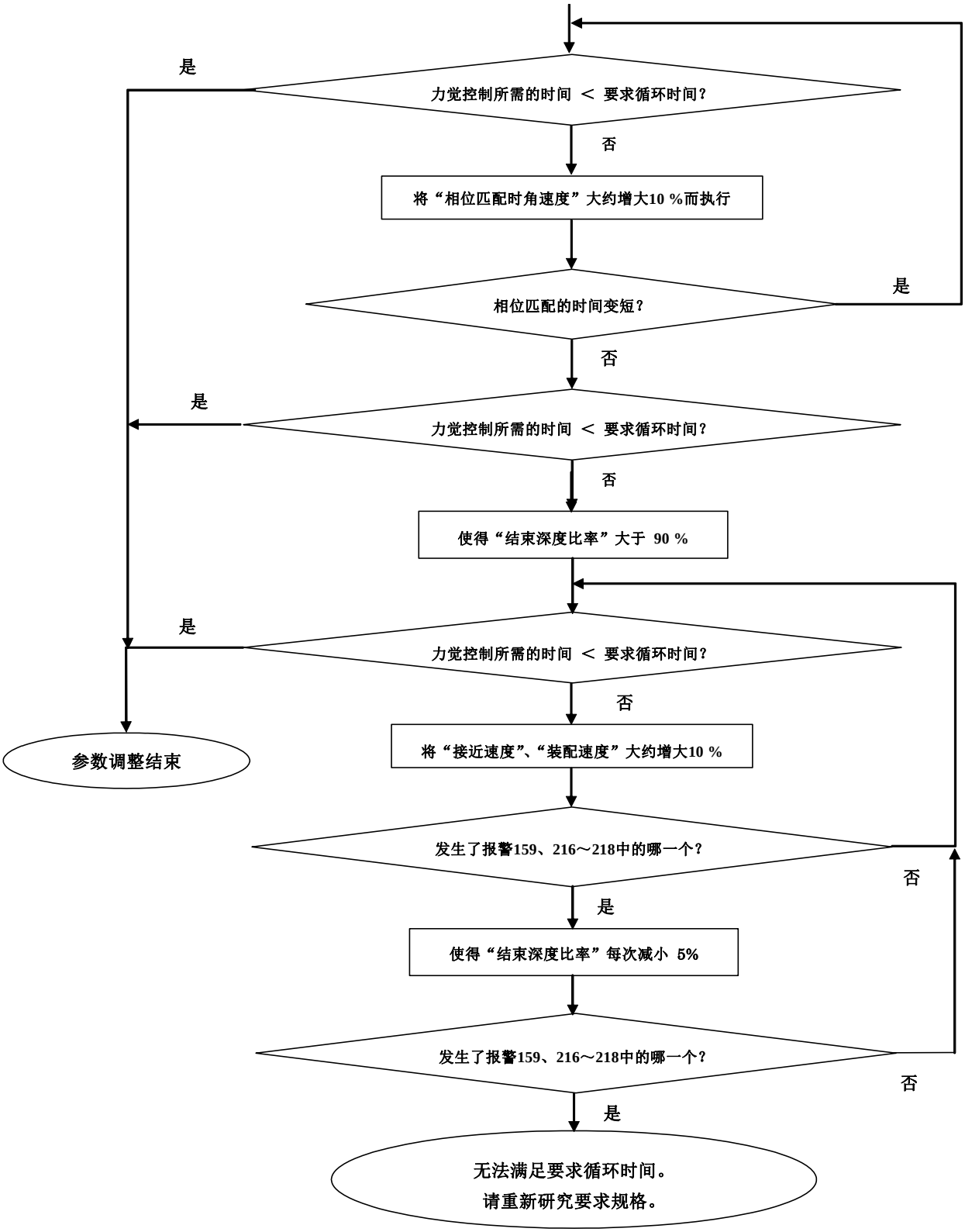
参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“装配深度(目标值)”。
2 执行力觉控制增益自动调整。（见 3.10.2.）
3 设置基本参数设置画面上的参数。
4 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。




是
力觉控制所需的时间 ＜ 要求循环时间？
否
将“相位匹配时角速度”大约增大10 %而执行
是
相位匹配的时间变短？
否
是
力觉控制所需的时间 ＜ 要求循环时间？
否
使得“结束深度比率”大于 90 %
是
力觉控制所需的时间 ＜ 要求循环时间？
否
参数调整结束
将“接近速度”、“装配速度”大约增大10 %
发生了报警159、216～218中的哪一个？
否
是
使得“结束深度比率”每次减小 5%
发生了报警159、216～218中的哪一个？
否
是
无法满足要求循环时间。
请重新研究要求规格。

［基本参数设置画面］

1 功能

从图 3.5.4(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“相位匹配后装配”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 装配方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的装配动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

装配时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

装配时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 相位匹配深度

在相位匹配时，只要插入到如此的程度，就判断相位匹配，并向装配动作转移的阈值。
“标准值：20 mm”

9 相位匹配时推压力

相位匹配时，向装配面推压工件时的目标力。
“单位：N”

10 相位匹配时装配速度

在相位匹配时，用来插入工件的目标速度。
“标准值：0 mm/sec”

11 相位匹配时角速度

相位匹配时使得工件旋转时的目标旋转速度。
“标准值：3 deg/sec”

12 装配力

实际进行装配动作时的目标装配力。
“单位：N”

13 装配速度

实际进行装配动作时的目标速度。
“标准值：2 mm/sec”

14 装配深度（目标值）

从力觉控制开始（接近点）到结束工件插入的深度。

“标准值：20 mm”

15 装配深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在装配进入到“装配深度（目标值）”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（装配深度（目标值）–装配深度个体差异（–）+此值）进行装配，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

16 装配深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在装配没有到达“装配深度（目标值）”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（装配深度（目标值）–此值），则判断为装配成功。
“标准值：0 mm”

17 装配后推压时间

在判断装配成功时，为了吸收上述装配深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。
“标准值：0 sec”

18 姿势变化检查开关

相比示教姿势，是否检查装配中姿势发生了多大变化的开关。通常在设为“ON”下使用。
“标准值：ON”

19 姿势变化上限

在上述“姿势变化检查开关”处在“ON”时，装配中在多大程度上允许从示教姿势的姿势变化的上限值。如果姿势变化超过此值，则会发出报警。
“标准值：3 deg”

20 装配时间上限

装配时间，是指在接触到作业对象开始装配动作后，直至判断为装配成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“装配深度（目标值）”时会发出报警。另外，在判断为装配成功后进行的推压动作的时间（见“装配后推压时间”），不包含在装配时间中。
“标准值：20 sec”

21 相位匹配时间上限值

相位匹配时间，是指在接触到作业对象开始装配动作后，直至判断为相位匹配成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“相位匹配深度”时会发出报警。
“标准值：30 sec”

22 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

23 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.4(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“相位匹配后装配”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。

“标准值：OFF”

4 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。

“标准值：1”

5 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。

“标准值：0”

6 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。

“标准值：OFF”

7 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。

“标准值：OFF”

8 相位匹配阻尼系数

相位匹配时的力觉控制增益（阻抗），基于“装配阻抗”而被设置。此值表示为此而需要的、“相位匹配时的力觉控制增益”相对于“装配阻抗”之比。此值越大，相位匹配时的动作越慢。另外，此值只有在进行了力觉控制增益自动调整后才可设置。

“标准值：1”

9 相位匹配扭矩

相位匹配时使得工件旋转时的目标扭矩。

“标准值：1 N*m”

10 相位匹配减速深度比率

只要插入进展到基本数据“相位匹配深度”×“此值”/100，就将旋转速度减速至基本数据“相位匹配时角速度”×0.3。在尽管相位匹配，仍然继续试图勉强地转动而损伤工件，或停止装配时，减小此值将会有效。

“标准值：80 %”

11 冷却开关

将装配结束后使得推压的力减弱叫做“冷却”。装配结束后，在松开机械手时，冲击大且工件振动的情况下有效。

“标准值：OFF”

12 冷却时间

在此时间内进行“冷却”。

“标准值：1 sec”

13 冷却比率

最终力减少为“装配力”×“冷却比率”/100。100 %时，实质上不进行冷却，在 0 %下力完全成为 0。

“标准值：100 %”

14 初始装配力

装配开始时的目标力。在最初希望以较小的力装配时有效。伴随着装配的进程，装配中的目标力将会逐渐靠近基本数据“装配力”。

“单位：N”

15 速度调整开关

在装配中调整基本数据“装配速度”的开关。在最初希望慢慢地装配，等装配进展到某种程度后提高速度时有效。但是，25 号的“恒定速度开关”处于 ON 时，不管 16 号的“调整增益”值如何，都会被限制在基本数据“装配速度”上。

“标准值：ON”

16 调整增益

速度调整中，基本数据“装配速度”上乘以此值而得的值为实际的“装配速度”。

“标准值：2”

17 开始深度比率

装配进展到基本数据“装配深度（目标值）”×“此值”/100 的深度后，开始速度调整。

“标准值：30 %”

18 结束深度比率

装配进展到基本数据“装配深度（目标值）”×“此值”/100 的深度后，结束速度调整。为了避免施加过大的力，此深度以后的速度指令将会成为 0。

“标准值：90 %”

19 相位匹配时力的上限
20

相位匹配中发生的力满足下式时会发出报警（FORC-216 - FORC-221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。就 X, Y, Z 这 3 个方向的力和 W, P, R 这 3 个方向的力矩予以设置。

譬如，就 X 方向示出如下：

$Fx < -FLx$ 或者 $Fx > Fdx + FLx$ （$Fdx > 0$ 时）

$Fx > FLx$ 或者 $Fx < Fdx - FLx$ （$Fdx < 0$ 时）

Fx： 相位匹配中产生的力（X 方向）

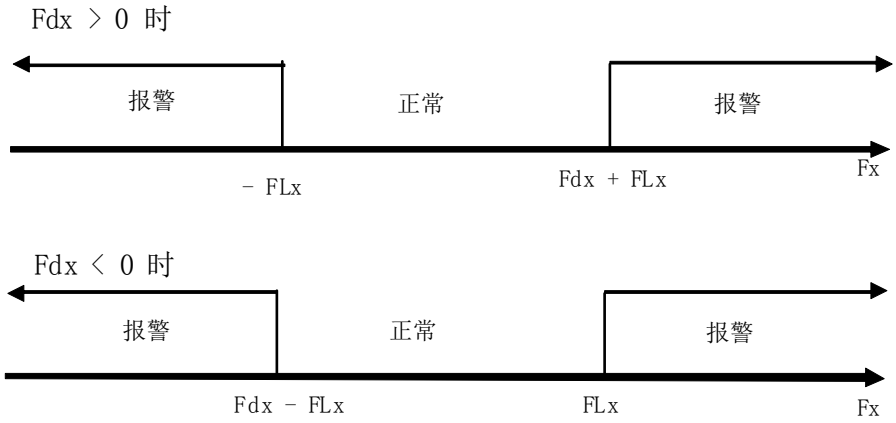
FLx： 相位匹配时力的上限的 X 分量

Fdx： X 方向的目标力

装配方向为“X” 或 “-X”时， Fdx 为“相位匹配时推压力”；除此以外时，Fdx = 0。

有关 Y, Z, W, P, R，同样的关系也成立。

“单位：N, N*m”



21 装配时力的上限
22

相位匹配中相对于使用相位匹配时力的上限检查力的值，此参数在装配中使用。发出报警的区域与相位匹配时力的上限相同。

“单位：N, N*m”

23 结束条件开关

如果将此开关置于“ON”，则如下的“装配深度”会取代基本数据“装配深度（目标值）”被用于装配成功的判断，“装配方向”取代基本数据“装配方向”而被使用。请在将此开关置于 ON 之前，执行结束条件取得命令。（详情请参阅“3.10.4 结束条件取得命令”。）
“标准值：OFF”

装配深度

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，测量已插入可多少。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则此值会取代基本数据“装配深度（目标值）”而被用于装配成功的判断。（此值无法变更。）
“标准值：0 mm”

接近长度

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，推算直至工件接触到作业对象的距离是多少。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则在每次的装配中，在直至工件接触到作业对象的距离没有到达此值时，会被判断为与障碍物碰撞而发出报警。（此值无法变更。）
“标准值：0 mm”

装配方向

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，在现在的用户坐标系上，测量已被向哪个方向装配。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则此值取代基本数据“装配方向”，表示要装配的方向。（这些值无法变更。）
“标准值：[0, 0, -1]”

24 扭矩偏移补偿开关

如果将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）
“标准值：OFF”

扭矩偏移量 W P R

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）
“标准值：0 Nm”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）
“单位：N”

25 恒定速度开关

为了在反作用力突然消失的情况下，速度也不会成为过大，用来防止撬动的功能开关。如果将此开关置于“ON”，就可以使得装配中的速度不会超过基本数据“装配速度”。
（即使高级数据“速度调整开关”处于“ON”，也会做到不超过“装配速度”。）
“标准值：ON”

26 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的力判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“装配时间上限”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”两者都处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在两者的判断“成功”时就能结束。）
“标准值：OFF”

27 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“装配方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“装配力”/100 更大，则判断为“成功”。
“标准值：80 %”

力判断结果

显示命令结束时的力判断结果。如果结束时的“装配方向”的力大小比“最小力比率”×“装配力”/100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。
“标准值：-----”

力平均值

显示“装配方向”的轴、和命令结束时的“装配方向”的力大小的平均值。
“标准值：Z: 0 N”

28 扭矩结束判断开关

用来确认所发生的扭矩是否小至适当的值而结束的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的扭矩判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“装配时间上限”，如果如下的扭矩判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”两者都处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在两者的判断“成功”时就能结束。）
“标准值：OFF”

29 最大扭矩

将此值用于扭矩的判断。所发生的扭矩如果在此“最大扭矩”以下左右，则判断为“成功”。
“标准值：0.5 N*m”

力判断结果

显示命令结束时的扭矩的判断结果。结束时的扭矩的大小如果在“最大扭矩”以下左右则显示“成功”，否则就显示“失败”。
“标准值：-----”

扭矩平均值

显示绕“装配方向”的轴以外的轴旋转、和命令结束时绕各自的轴旋转的扭矩大小的平均值。（譬如，如果“装配方向”的轴为Ｚ，则显示表示绕Ｘ轴旋转的Ｗ、和表示绕Ｙ轴旋转的Ｐ。同样，如果是Ｘ，则显示Ｐ和Ｒ；如果是Ｙ，则显示Ｗ和Ｒ。）
“标准值： W: 0 N*m
P: 0 N*m”

30 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。
“单位：sec”

31 相位匹配加速时间

力超过基本数据“接触力阈值”后，直至速度到达基本数据“装配速度”的时间。
“单位：sec”

32 装配加速时间

深度超过基本数据“相位匹配深度”后，直至速度到达基本数据“相位匹配时装配速度”的时间。
“单位：sec”

33 相位匹配力觉控制开关

相位匹配动作时用于向并进方向进行力觉控制的开关。对于此开关处于 ON 的方向进行力觉控制。不会向此开关处于 OFF 的方向移动。
“标准值：X:OFF Y: OFF”

34 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。
是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形

- 使用具有振动源的工具的情形

“标准值：OFF”

35 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。

“标准值：OFF”

36 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。

可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

37 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

38 用数值寄存器结束力觉控制

在“相位匹配后装配”中如果深度到达“装配深度（目标值）”就会结束装配。再者，“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”处于 ON 时不会结束装配，直至判断结果成功。如果将本开关置于 ON，则不管上述条件如何，由“结束用数值寄存器编号”所指定的寄存器成为 1 时就结束。

“标准值：OFF”

39 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。

“标准值：0”

3.5.5 装配后相位匹配

概要

“装配后相位匹配”功能的菜单中，可在圆柱部件的精密装配后进行适合于齿轮等相位匹配状况的设置。通过组合“圆柱装配”功能和“相位搜索”功能，可进行同样的动作，但是通过使用本功能，可以缩短总体的时间。设置画面包括两种，即用户必须进行设置的基本参数设置画面、和只在需要时进行设置的高级参数设置画面。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                   1/24
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 装配后相位匹配
 2 注释              : [                ]
 3 装配方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :   10.00 N
 5 接近速度              :    1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 装配深度              :   20.00 mm
 9 装配力                :   50.00 N
10 装配速度              :    2.00 mm/s
11 相位匹配时推压力      :   50.00 N
12 相位匹配时装配速度    :    0.00 mm/s
13 相位匹配时角速度      :    3.00 deg/s
14 总深度(目标值):           20.00 mm
15 装配深度个体差异(+)   :    3.00 mm
16 装配深度个体差异(-)   :    0.00 mm
17 匹配后推压时间        :    0.00 sec
18 姿势变化检查开关            : ON
19   姿势变化上限        :    3.00deg
20 相位匹配角度上限        :  10.00 deg
21 装配时间上限          :   20.00 sec
22 总时间上限            :   30.00 sec
23 力觉控制增益自动修改      :        OFF
     上一次结果          :          无更改
24 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]   组      编号    默认值   高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面(1/2)

```
力觉控制/高级
                                   1/43
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 装配后相位匹配
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                : OFF
 4   最多连续重试次数            :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 用户坐标系补偿          :  OFF
 8 相位匹配扭矩          :    1.00 N*m
 9 相位匹配反向开关            : ON
10   重试次数            :  10000
11   重试倍率            :     1.00
12 相位匹配范围边界      :     3.00 deg
13 相位匹配减速深度比率 :   95.00 %
14 冷却开关                   : OFF
15   冷却时间            :    1.00 sec
16   冷却比率            :  100.00 %
17 初始装配力            :   50.00 N
18 速度调整开关               : ON
19   调整增益            :    2.00
20   开始深度比率        :   30.00 %
21   结束深度比率        :   90.00 %
   装配时力的上限
22  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
23  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
   相位匹配时力的上限
24  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
25  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
26 结束条件开关               : OFF
     装配深度            :    0.00 mm
     接近深度            :    0.00 mm
     装配方向
    [     0.000,      0.000,     -1.000]

[ 类型 ]   组      编号    默认值    基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                   1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 装配后相位匹配
 1 装配阻抗            : [主控频率      ]
 2 相位匹配阻抗        : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组      编号    [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.5(a) “装配后相位匹配”的画面(1/2)

高级参数设置画面(2/2)

```
力觉控制/高级
                                        1/43
 27 扭矩偏移补偿开关            : OFF
      扭矩偏移量
       W:      0.000 N*m
       P:      0.000 N*m
       R:      0.000 N*m
      扭矩偏移取得时推力 :    50.00 N
 28 恒定速度开关                : ON
 29 力结束判断开关              : OFF
 30   最小力比率        :       80.00 %
      力判断结果        :         -------
       力平均值       Z:        0.00 N
 31 高速化开关          :         OFF
 32   高速化倍率            :      2.00
 33   高速化加速时间      :      0.70 sec
 34 接近加速时间             :  0.70 sec
 35 装配加速时间             :  0.70 sec
 36 相位匹配加速时间         :  0.70 sec
    相位匹配力觉控制开关
 37    X: OFF          Y: OFF
 38 力降噪开关             :   OFF
 39 出错时信号输出开关       : OFF
 40   输出信号类型         :   DO
 41   输出信号编号         :      0
 42 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
 43   结束用数值寄存器编号:      0

[ 类型 ]  组      编号     默认值    基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.5(b) “装配后相位匹配”的画面(2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/ 基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

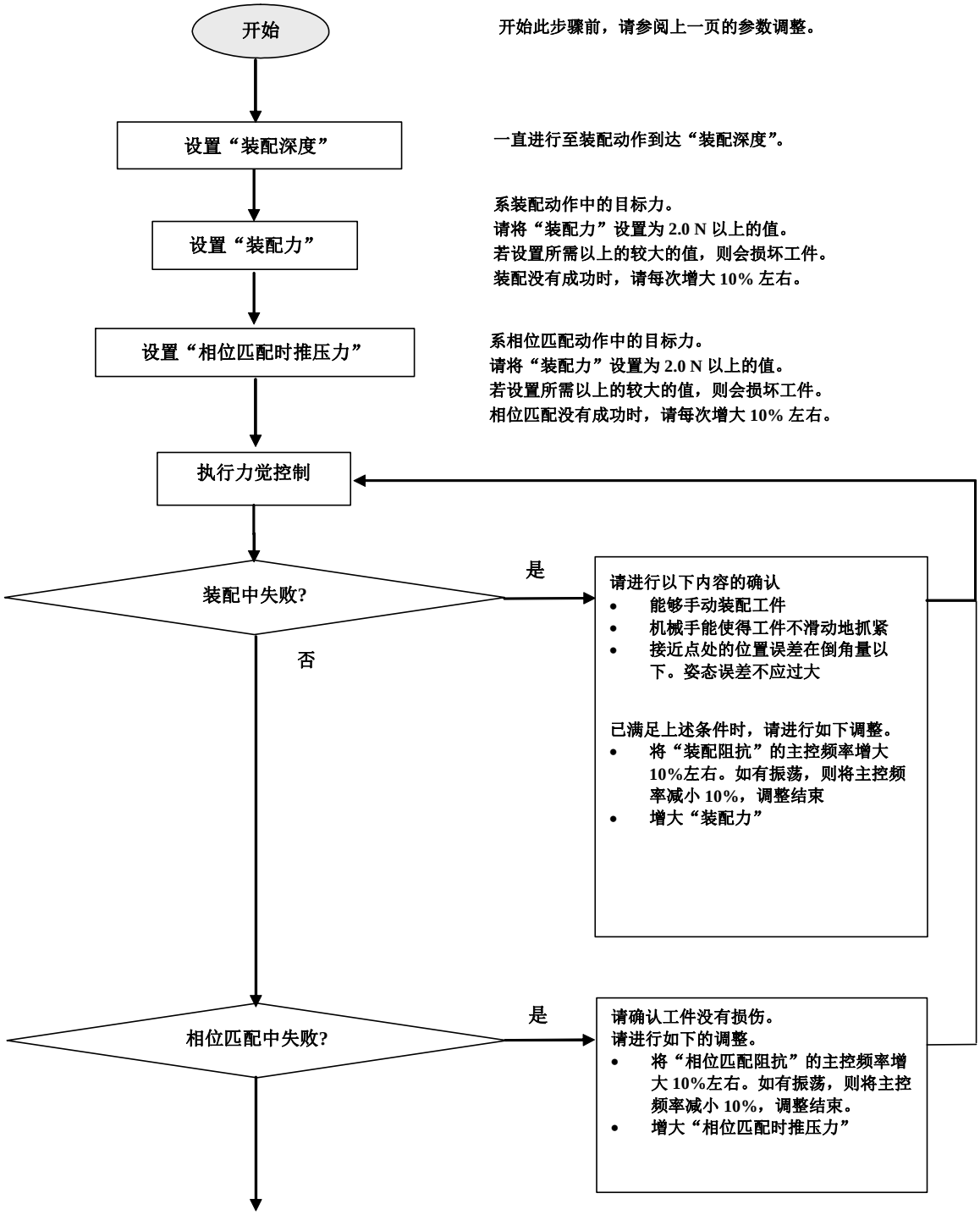
参数调整

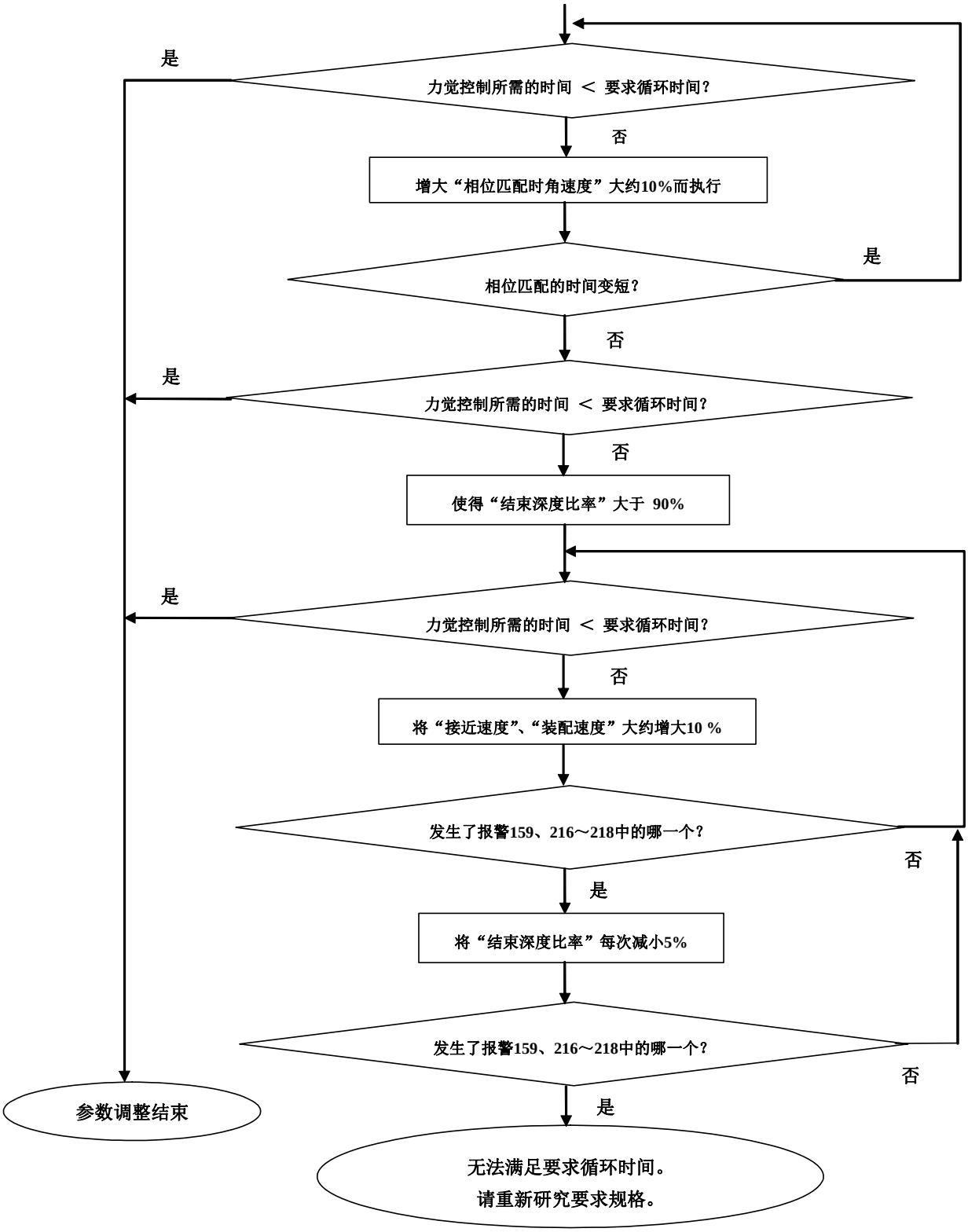
设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“总深度(目标值) ”。
2 执行力觉控制增益自动调整。(见 3.10.2.)
3 设置基本参数设置画面上的参数。
4 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。

各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。





[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.5(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。本次的情况下选择“装配后相位匹配”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 装配方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的装配动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

装配时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

装配时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 装配深度

从力觉控制开始（接近点）直至结束装配的深度。如果到达此深度，就向相位匹配动作转移。
“标准值：20 mm”

9 装配力

进行装配动作时的目标装配力。
“单位：N”

10 装配速度

进行装配动作时的目标速度。
“标准值：2 mm/sec”

11 相位匹配时推压力

进行相位匹配动作时的目标力。
“单位：N”

12 相位匹配时装配速度

进行相位匹配动作时的目标速度。
“标准值：0 mm/sec”

13 相位匹配时角速度

相位匹配时使得工件旋转的目标旋转速度。
“标准值：3 deg/sec”

14 总深度（目标值）

从力觉控制开始（接近点）到结束工件插入的深度。装配动作和相位匹配动作合起来的插入距离。
“标准值：20 mm”

15 装配深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在插入进入到“总深度（目标值）”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（总深度（目标值）–装配深度个体差异（–）+此值）进行插入，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

16 装配深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在插入没有到达“总深度（目标值）”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（总深度（目标值）–此值），则判断插入成功。

“标准值：0 mm”

17 匹配后推压时间

在判断为插入成功时，为了吸收上述装配深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。

“标准值：0 sec”

18 姿势变化检查开关

相比示教姿势，是否检查装配中姿势发生了多大变化的开关。此确认只在装配动作时发挥作用。

“标准值：ON”

19 姿势变化上限

在上述“姿势变化检查开关”处在“ON”时，装配中在多大程度上允许从示教姿势的姿势变化的上限值。如果姿势变化超过此值，则会发出报警。

“标准值：3 deg”

20 相位匹配角度上限

在此参数中所设置的角度范围内进行相位匹配。如果将高级参数设置画面的“相位匹配反向开关”置于 ON，则在到达此值的一半就会反转而继续相位匹配。

“标准值：10 deg”

21 装配时间上限

装配时间，是指在接触到作业对象开始装配动作后，直至判断为装配成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“装配深度”时会发出报警。

“标准值：20 sec”

22 总时间上限

装配时间，是指在接触到作业对象开始装配动作后，直至判断为相位匹配成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“总深度（目标值）”时会发出报警。另外，在判断为相位匹配成功后进行的推压动作的时间（见上述“匹配后推压时间”），不包含在此时间中。

“标准值：30 sec”

23 力觉控制增益自动修改

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。

“标准值：OFF”

24 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.5(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。本次的情况下选择“装配后相位匹配”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。

“标准值：OFF”

4 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

5 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

6 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

7 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
“标准值：OFF”

8 相位匹配扭矩

相位匹配时使得工件旋转的目标扭矩。
“标准值：10 N*m”

9 相位匹配反向开关

在到达旋转范围的上限时指定是否使得旋转方向反转的开关。此开关处于 OFF 时，如果到达旋转范围的上限，则在该处发出报警而相位匹配结束。处于 ON 时，一旦到达旋转范围上限的一半，就会使得方向反转而继续进行相位匹配。
“标准值：ON”

10 重试次数

“相位匹配反向开关”处于 ON 时，在到达旋转范围的上限或者扭矩到达“相位匹配扭矩”时，反复执行反转，相当于此参数中指定的次数。反转的次数如果在这里指定的值以上，则会发出“FORC-420：搜索重试次数超出”错误。频繁发生此错误时，请将此参数变更为较大的值。
“标准值：10000”

11 重试倍率

“相位匹配反向开关”处于 ON 时，如果到达旋转范围的上限或者扭矩到达“相位匹配扭矩”就会反转，但是每次进行此反转时，将“目标扭矩”乘以“此值”而得的值作为新的目标扭矩。相位匹配中的失败频繁发生时，请将这里指定的值增大（或减小）10 %左右。
“标准值：1”

12 相位匹配范围边界

在由基本参数设置画面的“相位匹配角度上限”所指定的范围内进行相位匹配。“相位匹配反向开关”处于 OFF 时，旋转到“相位匹配角度上限”+此参数时会发出报警。“相位匹配反向开关”处于 ON 时，旋转到“相位匹配角度上限”/2+“此值”时会发出报警。
“标准值：3 deg ”

13 相位匹配减速深度比率

插入只进行到基本参数设置画面的“总深度（目标值）”×“此值”/100 后，将相位匹配角速度减速至基本参数设置画面的“相位匹配时角速度”×0.1。在尽管相位匹配，仍然继续试图勉强地移动而损伤工件，或停止装配时，减小此值将会有效。
“标准值：95％”

14 冷却开关

将插入结束后使得推压的力减弱叫做“冷却”。在本功能结束后，松开机械手时，冲击大且工件振动的情况下有效。
“标准值：OFF”

15 冷却时间

在此时间内进行“冷却”。
“标准值：1 sec”

16 冷却比率

最终力减少为“装配力”×“冷却比率”/100。100 %时，实质上不进行冷却，在 0 %下力完全成为 0。
“标准值：100 %”

17 初始装配力

装配开始时的目标力。在最初希望以较小的力装配时有效。伴随着装配的进程，装配中的目标力将会逐渐靠近基本参数设置画面上的“装配力”。此功能只在装配动作时发挥作用。
“单位：N”

18 速度调整开关

在装配中调整基本数据“装配速度”的开关。在最初希望慢慢地装配，等装配进展到某种程度后提高速度时有效。但是，28 号的“恒定速度开关”处于 ON 时，不管 19 号的“调整增益”值如何，都会被限制在基本数据“装配速度”上。
“标准值：ON”

19 调整增益

速度调整中，基本数据“装配速度”上乘以此值而得的值为实际的“装配速度”。
“标准值：2”

20 开始深度比率

装配进展到基本数据“装配深度”×“此值”/100 的深度后，开始速度调整。
“标准值：30 %”

21 结束深度比率

装配进展到基本数据“装配深度”×“此值”/100 的深度后，结束速度调整。为了避免施加过大的力，此深度以后的速度指令将会成为 0。
“标准值：90 %”

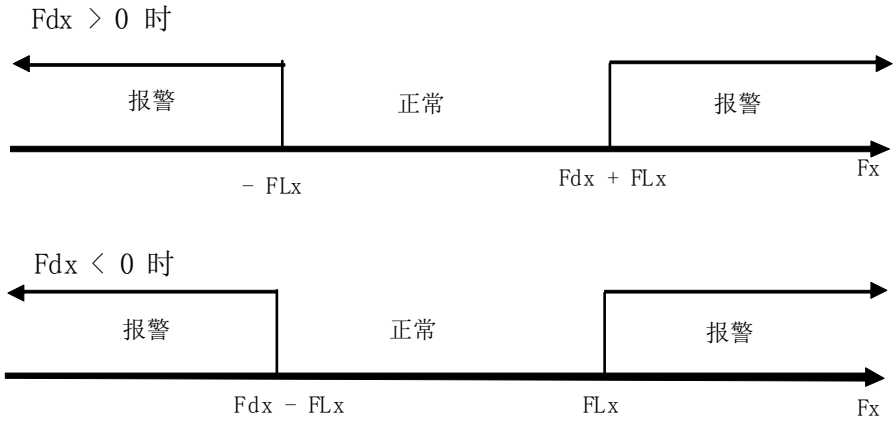
22 装配时力的上限
23

装配中发生的力满足下式时会发出报警（FORC-216 - FORC-221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。就 X, Y, Z 这 3 个方向的力和 W, P, R 这 3 个方向的力矩予以设置。
譬如，就 X 方向示出如下：

$Fx < -FLx$ 或者 $Fx > Fdx + FLx$ （$Fdx > 0$ 时）
$Fx > FLx$ 或者 $Fx < Fdx - FLx$ （$Fdx < 0$ 时）

Fx： 装配中产生的力（X 方向）
FLx： 装配时力的上限的 X 分量
Fdx： X 方向的目标力
装配方向为“X” 或 “-X”时， Fdx 为“装配力”；除此以外时，Fdx = 0。

有关 Y, Z, W, P, R，同样的关系也成立。
“单位：N, N*m”



24 相位匹配时力的上限
25

装配中相对于使用装配时力的上限而检查力的值，此参数在相位匹配中使用。发出报警的区域与装配时力的上限相同。
“单位：N, N*m”

26 结束条件开关

如果将此开关置于“ON”，则如下的“装配深度”会取代基本数据“总深度（目标值）”被用于装配成功的判断，“装配方向”取代基本数据“装配方向”而被使用。请在将此开关置于 ON 之前，执行结束条件取得命令。（详情请参阅“3.10.4 结束条件取得命令”。）
“标准值：OFF”

装配深度

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，测量已插入可多少。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则此值会取代基本数据“总深度（目标值）”而被用于装配成功的判断。（此值无法变更。）
“标准值：0 mm”

接近深度

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，推算直至工件接触到作业对象的距离是多少。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则在每次的装配中，在直至工件接触到作业对象的距离没有到达此值时，会被判断为与障碍物碰撞而发出报警。（此值无法变更。）
“标准值：0 mm”

装配方向

通过“结束条件取得”而设置的值。实际尝试进行装配，在现在的用户坐标系上，测量已被向哪个方向装配。如果将“结束条件开关”置于“ON”，则此值取代基本数据“装配方向”，表示要装配的方向。（这些值无法变更。）
“标准值：[0, 0, -1]”

27 扭矩偏移补偿开关

如果将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）
“标准值：OFF”

扭矩偏移量

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）
“标准值：W: 0 N*m　P: 0 N*m　R: 0 N*m”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）
“单位：N”

28 恒定速度开关

为了在反作用力突然消失的情况下，速度也不会成为过大，用来防止撬动的功能开关。如果将此开关置于“ON”，就可以使得装配中的速度不会超过基本数据“装配速度”。
（即使高级数据“速度调整开关”处于“ON”，也会做到不超过“装配速度”。）
“标准值：ON”

29 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。即使经过基本参数设置画面的“总时间上限”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。
“标准值：OFF”

30 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“装配方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“装配力”/100 更大，则判断为“成功”。
“标准值：80 %”

力判断结果

显示命令结束时的力判断结果。如果结束时的“装配方向”的力大小比“最小力比率”×“装配力”/100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。
“标准值：-----”

力平均值

显示“装配方向”的轴、和命令结束时的“装配方向”的力大小的平均值。
“标准值：Z: 0 N”

31 高速化开关

使得姿势的修改动作高速化的功能开关。
“标准值：OFF”

32 高速化倍率

表示姿势的修改动作速度的参数。“高速化开关”处于 ON 时，如果增大此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.5 左右逐渐增大。
“标准值：2”

33 高速化加速时间

姿势的修改动作用的加速时间。“高速化开关”处于 ON 时，如果减小此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.1 左右逐渐减小。
“标准值：0.4 sec”

34 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。
“单位：sec”

35 装配加速时间

力超过基本数据“接触力阈值”后，直至速度到达基本数据“相位匹配时装配速度”的时间。
“单位：sec”

36 相位匹配加速时间

深度超过基本数据“装配深度”后，直至速度到达基本数据“装配速度”的时间。
“单位：sec”

37 相位匹配力觉控制开关

相位匹配动作时用于向并进方向进行力觉控制的开关。对于此开关处于 ON 的方向进行力觉控制。不会向此开关处于 OFF 的方向移动。

“标准值：X:OFF　Y: OFF”

38 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。

是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用具有振动源的工具的情形

“标准值：OFF”

39 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。

“标准值：OFF”

40 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。

可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

41 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

42 用数值寄存器结束力觉控制

在“装配后相位匹配”中如果深度到达“总深度（目标值）”就会结束装配。再者，“力结束判断开关”处于 ON 时不会结束，直至判断结果成功。如果将本开关置于 ON，则不管上述条件如何，由“结束用数值寄存器编号”所指定的寄存器成为 1 时就结束。

“标准值：OFF”

43 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。

“标准值：0”

3.5.6 搜索功能

3.5.6.1 搜索功能的概要

力觉控制功能具有使用上的限制，如接近点中定位误差应在倒角量以下，角度误差要尽量小。但是现实中还存在着几乎没有倒角的情形，以及难于在倒角量以下进行定位的情形。在进入装配之前，使得定位误差和角度误差减小到可允许的值就是搜索功能。如果在紧跟搜索功能执行装配功能，即使在接近点处有较大的误差也可以执行力觉控制。

搜索功能的种类

搜索功能中，可以就装配方向以外的最多 5 个方向进行搜索。5 个方向是指，2 个并进方向+3 个旋转方向。
但是，几乎不存在对 5 个方向都进行搜索的情形，通常只要搜索 1~3 个方向即可。根据在哪个方向搜索，提供有如下 4 种功能。

1 “搜索”
可以进行最多 5 个方向的搜索。实际进行搜索的是用户在参数中设置的方向。参数的详情请参阅“3.5.6.3 搜索”。
2 “相位搜索”
对于绕装配轴的旋转方向进行搜索。如图 3.5.6.1(a) 中所示，可以使用于使得两个齿轮的轮齿对合的用途。参数的详情请参阅“3.5.6.4 相位搜索”。
3 “孔搜索”
如图 3.5.6.1(b) 所示，通过在与装配方向垂直的平面内运动来搜索孔的位置。参数的详情请参阅“3.5.6.5 孔搜索”。
4 “离合器搜索”
在组装汽车的自动变速箱部件也即离合器时使用。如图 3.5.6.1(c)所示，将外周有切齿的离合器轮毂插入到内侧有轮齿的多枚离合器板上的作业。离合器板尚未固定，因而在与装配轴垂直的平面内会有某种程度的运动（譬如 2 mm 左右）。此外，轮齿的初始相位在各板上也有所偏差。
“离合器搜索”中，同时进行绕装配轴的旋转、和在与装配轴垂直的平面内的搜索。参数的详情请参阅“3.5.6.6 离合器搜索”。

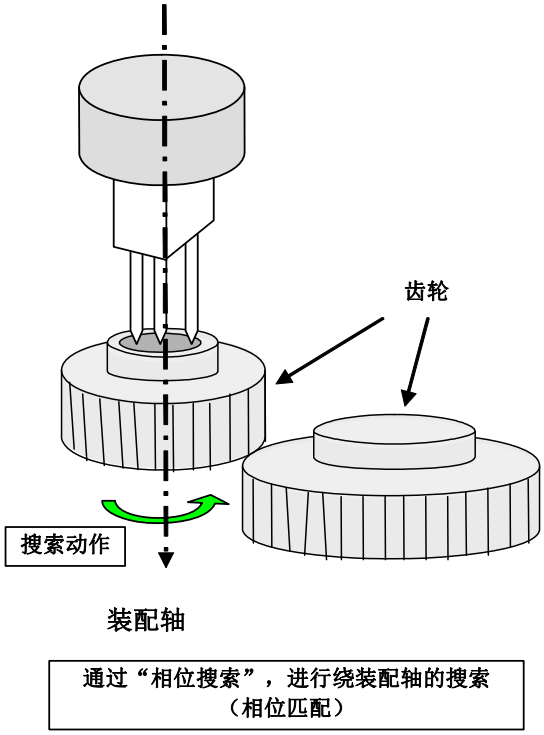


图 3.5.6.1(a) 相位的搜索

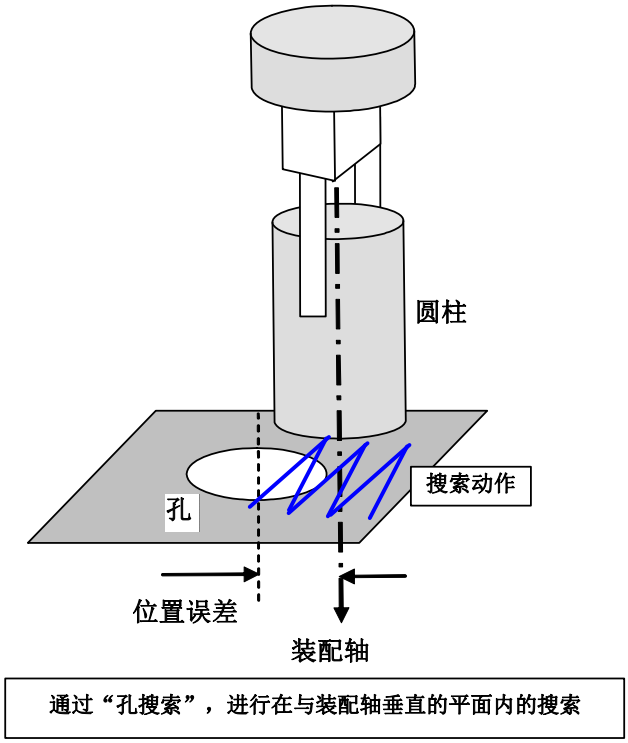


图 3.5.6.1(b) 平面内的位置搜索

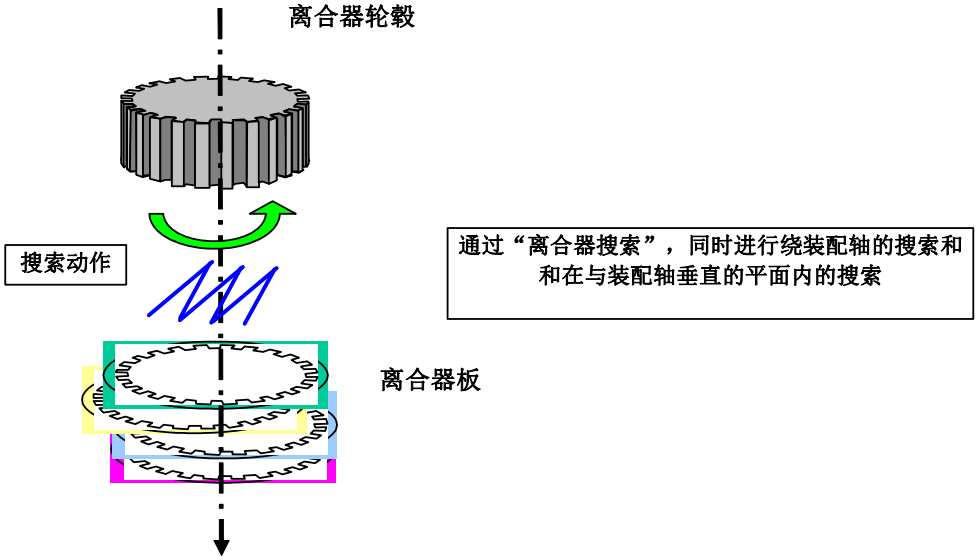


图 3.5.6.1(c) 离合器组装（同时进行相位搜索和平面内的位置搜索）

3.5.6.2 参数调整

搜索范围的设置

使用 4 个搜索功能中的任何一个的情况下，都需要设置搜索的范围。本节中就搜索范围的确定方法进行说明。

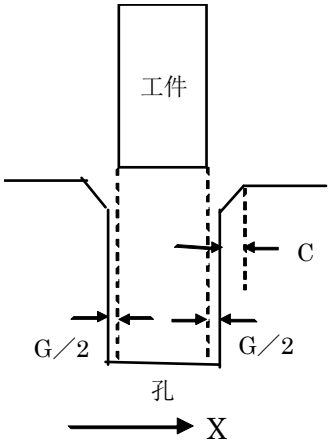


图 3.5.6.2(a)

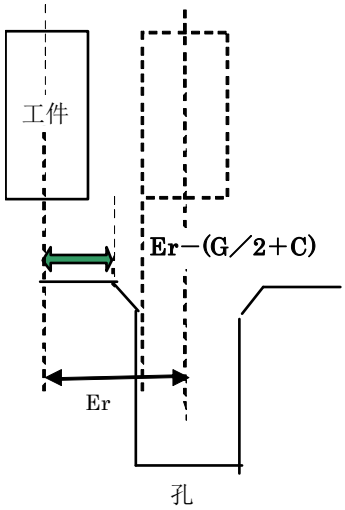


图 3.5.6.2(b)

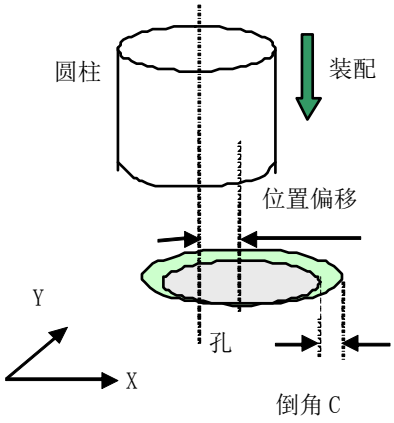


图 3.5.6.2(c)

如图 3.5.6.2(a)所示，思考将工件插入孔的情形。
假设

G：工件与孔的间隙（间距）

C：{ 孔（或者工件）的倒角量
孔和工件上都有倒角时，两个倒角量之和

图 3.5.6.2(b) 表示 X 方向存在定位误差的情形。开始力觉控制前，如果工件的 X 方向的误差量 Er 在（C+G/2）以下，则即使不使用搜索功能也可进行装配，但是误差量超过此值时则需要搜索功能。

为了正确使用搜索功能，必须设置具有所需的足够大小的搜索范围。
如果搜索范围过小，则会导致搜索容易失败，而搜索范围较大时需要过长的时间。

图 3.5.6.2(b) 中的示例中，如果不至少运动 Er–（G/2+C），就不会到达可进行装配的位置。
此外，由于弄不清在正负的哪个方向发生了偏移，因而
搜索范围的长度只需要 2×（Er–（G/2+C））。

如果加上适量的边界，则搜索范围为
2×（Er–（G / 2+C））＋α
如果增大α，搜索的成功率将会提高，但是如果增加得过大，则搜索所需的时间将会延长。

上例中，示出了只在一个方向（X 方向）存在初始位置误差，而实际上如图 3.5.6.2(c)所示，有时会在两个方向（X 和 Y）发生误差。这种情况下，就 X 和 Y 这两者，以同样的方法设置搜索范围。

搜索频率、间隙和倒角的设置

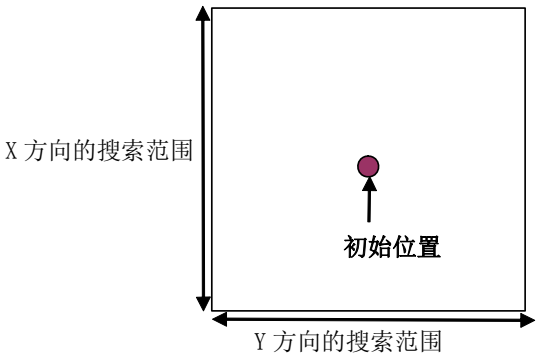


图 3.5.6.2(d)

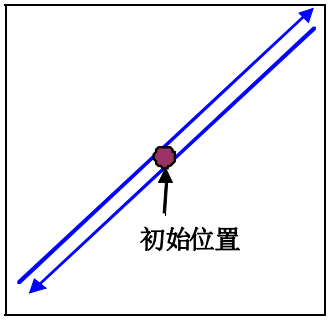


图 3.5.6.2(e)

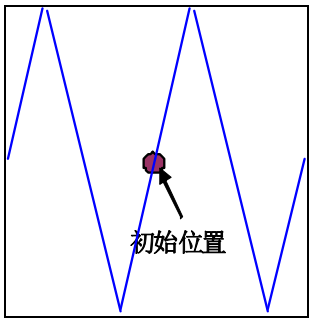


图 3.5.6.2(f)

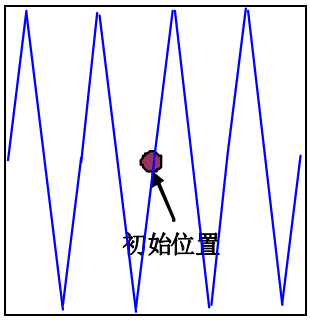


图 3.5.6.2(g)

如同在平面内进行的位置搜索那样，同时搜索多个方向时，不仅搜索范围重要，搜索的轨道也同样重要。只要在搜索范围内彻底地进行搜索，找到目的位置的概率就会提高，但是如果过于彻底进行搜索，搜索所需的时间将会延长。
设置为沿着最佳的轨道需要繁琐的计算，因而搜索功能中根据“搜索范围大小”、“搜索频率”、“间隙和倒角”等参数自动进行计算。

这里以 X 和 Y 这两个方向的搜索为例。
首先，像如图 3.5.6.2(d) 那样设置 X 和 Y 的搜索范围。

如果 X 方向和 Y 方向的搜索速度相等，则会如图 3.5.6.2(e)所示，搜索轨道只会在对角线上往返而无法对整个范围进行搜索。
图 3.5.6.2(f)表示将 X 方向的速度设为 Y 方向的速度的 4 倍，图 3.5.6.2(g)表示将 X 方向的速度设为 Y 方向的速度的 8 倍时的搜索轨道。

越增大 X 和 Y 的速度比，搜索轨道将变得越细，可望提高搜索的成功率。但是，如果过于增大速度比，缓慢动作方向的速度将会随之放慢，导致搜索时间延长。

决定 X 和 Y 的最佳速度时必须考虑各种条件而非常繁琐。
搜索功能中，为了自动计算搜索方向的速度指令值，提供有“间隙和倒角”、“搜索范围大小”、“搜索频率”等参数。
“间隙和倒角”是上节“搜索范围的设置”中出现的（C+G/2）的值。
“搜索频率”是最快运动方向的、往返运动的频率。
如果设置这些值，系统就会自动计算各方向的“目标速度”。

目标力、目标扭矩

目标力、目标扭矩是向搜索方向施加的力（或者扭矩）的目标值。搜索方向的力（或者扭矩）到达此参数中指定的值时，将速度（或者角速度）设为 0，按如下所示方动作。

1 参数的反向开关处于 ON 时（通常处于 ON）
向摆动动作转移。摆动动作，是使得力（或者扭矩）微少振动的动作。振动的频率由参数的“摆动频率”指定，只在“摆动时间”内继续此动作。即使经过“摆动时间”，在没有到达“搜索结束深度”时，也会使得速度反转而重新开始搜索。
反转的次数超过“重试次数”时，会发出报警 420。
2 参数的反向开关处于 OFF 时
向摆动动作转移。即使经过“重试次数”×“摆动时间”，在没有到达“搜索结束深度”时，也会发出报警 420。

3.5.6.3 搜索

概要

可以在最多 5 个方向进行搜索。
必须对基本参数设置画面和搜索基本参数画面上的参数进行设置。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

```
                    2
1 搜索
2 相位搜索
3 孔搜索
4 离合器搜索
5 四棱柱装配
6 仿形
7 仿形结束
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    1/18
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 搜索
 2 注释              : [                ]
 3 插入方向                        : -Z
 4 接触力阈值          :   10.00 N
 5 接近速度            :    1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 搜索结束深度        :    5.00 mm
 9 搜索推压力          :   50.00 N
10 搜索插入速度        :    0.00 mm/s
11 搜索频率            :    1.00 Hz
12 搜索基本参数        :   详细
13 插入深度个体差异(+)  :    3.00 mm
14 插入深度个体差异(-)  :    0.00 mm
15 搜索后推压时间      :    0.00 sec
16 搜索时间上限        :   20.00 sec
17 力觉控制增益自动修改开关 :        OFF
     上一次结果        :        无更改
18 力觉控制增益        :        详细

[ 类型 ]   组    编号 [ 选择 ]  高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                    1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 搜索
 1 搜索阻抗            : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组    编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面

```
力觉控制/高级
                                    1/34
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 搜索
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 自定义自动连续执行开关         : OFF
 8   自动连续执行子级编号         :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿           :  OFF
11 搜索加减速时间     :      0.100 sec
12 搜索减速深度比率  :      95.00 %
13 搜索高级参数               : 详细
14 冷却开关                   : OFF
15   冷却时间             :    1.00 sec
16   冷却比率             :  100.00 %
17 初始推压力             :   50.00 N
   力的上限
18  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
19  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
20 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :     50.00 N
21 恒定速度开关                : ON
22   速度常数             :     5.00 mm/s
23 力结束判断开关             : OFF
24   最小力比率         :      80.00 %
     力判断结果         :        -------
      力平均值        Z:       0.00 N
25 扭矩结束判断开关:             OFF
26   最大扭矩           :     0.50 N*m
     力判断结果         :        -------
      扭矩平均值      W:      0.00 N*m
                      P:      0.00 N*m
27 接近加速时间            :   0.70 sec
28 搜索加减速时间          :   0.70 sec
29 力降噪开关            :   OFF
30 出错时信号输出开关       : OFF
31   输出信号类型         :   DO
32   输出信号编号         :      0
33 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
34   结束用数值寄存器编号:       0

[ 类型 ]   组    编号  默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.6.3(a) “搜索”的画面 (1/2)

搜索基本参数

```
搜索/基本
                                        1/16
 搜索参数 基本
    搜索开关
 1   X: ON     Y: ON     Z: OFF
 2   W: OFF    P: OFF    R: OFF
    力觉控制开关
 3   X: ON     Y: ON     Z: ON
 4   W: OFF    P: OFF    R: OFF
    速度顺序
 5   X: 1      Y: 2      Z: 0
 6   W: 0      P: 0      R: 0
    目标速度 [mm/s]
 7   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     0.00
    目标角速度 [deg/s]
 8   W:     0.00 P:     0.00 R:     0.00
    目标力 [N]
 9   X:    20.00 Y:    20.00 Z:   -50.00
    目标扭矩 [N*m]
10   W:     0.00 P:     0.00 R:     0.00
    间隙和倒角 [mm]
11   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     1.00
    间隙 [deg]
12   W:     1.00 P:     1.00 R:     1.00
    搜索范围大小 [mm]
13   X:    10.00 Y:    10.00 Z:    10.00
    搜索范围大小 [deg]
14   W:    10.00 P:    10.00 R:    10.00
    重试次数
15   X:        1 Y:        1 Z:        1
16   W:        1 P:        1 R:        1
```

搜索高级参数

```
搜索/高级
                                        1/16
 搜索参数 高级
    速度振动中心
 1   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     1.00
 2   W:     1.00 P:     1.00 R:     1.00
    速度振动频率 [Hz]
 3   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     1.00
 4   W:     1.00 P:     1.00 R:     1.00
    摆动时间 [sec]
 5   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     1.00
 6   W:     1.00 P:     1.00 R:     1.00
    摆动频率 [Hz]
 7   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     1.00
 8   W:     1.00 P:     1.00 R:     1.00
    反向开关
 9   X: ON     Y: ON     Z: ON
10   W: ON     P: ON     R: ON
    重试次数
11   X:    10000 Y:    10000 Z:    10000
12   W:    10000 P:    10000 R:    10000
    重试倍率
13   X:     1.00 Y:     1.00 Z:     1.00
14   W:     1.00 P:     1.00 R:     1.00
    搜索范围边界 [mm]
15   X:     3.00 Y:     3.00 Z:     3.00
    搜索范围边界 [deg]
16   W:     3.00 P:     3.00 R:     3.00
```

图 3.5.6.3(b) “搜索”的画面 (2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

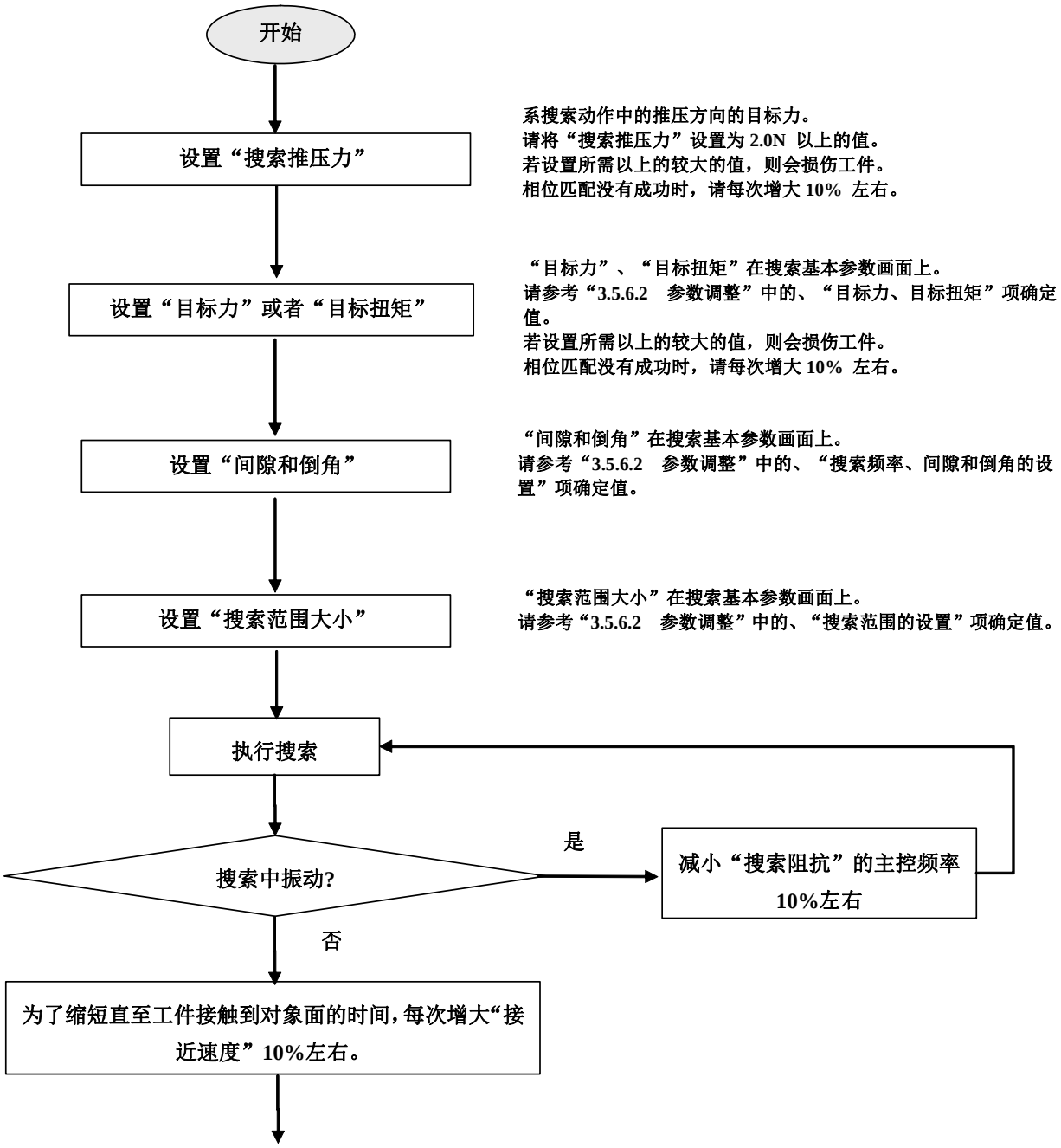
参数调整

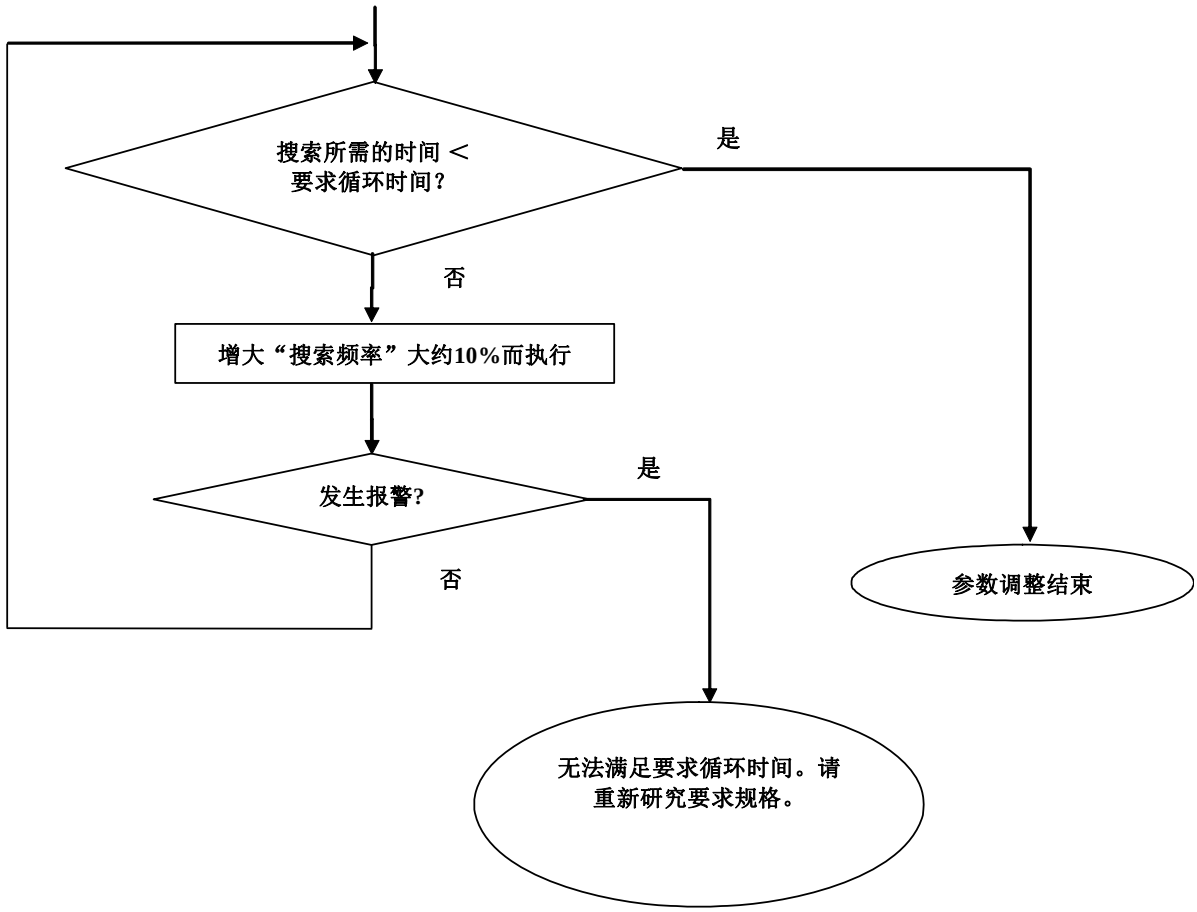
设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“搜索结束深度”。
2 确定希望搜索的方向，设置搜索基本参数画面的“搜索开关”、“力觉控制开关”。将“搜索开关”置于 ON 的方向，务必将“力觉控制开关”也置于 ON。
3 对于搜索有效的方向设置“速度顺序”。
4 执行力觉控制增益自动调整。（见“3.10.2”项）

5 设置基本参数设置画面上的参数。
6 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。





［基本参数设置画面］

1　功能

从图 3.5.6.3(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“搜索”。

2　注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3　插入方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

4　接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的搜索动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：10 N”

5　接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6　用户坐标系编号

在搜索时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2　示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7　工具坐标系编号

在搜索时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2　示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 搜索结束深度

在搜索时，只要插入进展到如此程度就判断为搜索成功而结束的阈值。
“标准值：5 mm”

9 搜索推压力

在搜索时，向装配面推压工件的力的目标值。
虽然位置和相位相互匹配但插不进去时增大此值，被装配工件与装配工件一起转动时减小此值，每次分别以 1 成左右予以变更。
“单位：N”

10 搜索插入速度

在搜索时，用来插入工件的目标速度。
“标准值：0 mm/sec”

11 搜索频率

确定搜索速度的参数。进行多个方向的搜索时，根据“搜索范围大小”、“间隙和倒角”和此频率，自动计算搜索的速度。进行一个方向的搜索时，不使用此参数。
“标准值：1 Hz”

12 搜索基本参数

向用来确定搜索轨道的参数中设置基本项的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“搜索基本参数”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“搜索基本参数画面”项。

13 插入深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在装配进入到“搜索结束深度”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（搜索结束深度–插入深度个体差异（-）+此值）进行装配，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

14 插入深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在装配没有到达“搜索结束深度”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（搜索结束深度–此值），则判断为装配成功。
“标准值：0 mm”

15 搜索后推压时间

在判断为搜索成功时，为了吸收上述插入深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。
“标准值：0 sec”

16 搜索时间上限

搜索时间，是指在接触到作业对象开始搜索动作后，直至判断为搜索成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“搜索结束深度”时会发出报警。另外，在判断为搜索成功后进行的推压动作的时间（见“搜索后推压时间”），不包含在装配时间中。
“标准值：20 sec”

17 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

18 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[搜索基本参数画面]

此画面的参数，在使用“搜索”时必须进行设置。

各参数包括 X、Y、Z、W、P、R 这 6 个方向。

1 搜索开关

2

对于此开关处于 ON 的方向进行搜索。譬如，如果对 X、Y、W 方向进行搜索，则将该方向设为 ON，将除此以外的 Z、P、R 方向设为 OFF。
如果将其置于 ON，则还与该方向的“力觉控制开关”联动而成为 ON。
即使将其置于 OFF，“力觉控制开关”的值也不会变化。

3 力觉控制开关

4

对于此开关处于 ON 的方向进行力觉控制。
不会向此开关处于 OFF 的方向移动。

5 速度顺序

6

搜索方向为多个时，决定其中的动作速度顺序。设置为 1 的方向最快，设置为 2 的方向次之，随着数字增大，速度减慢。请设置从 1 开始依次连续的整数。如果设置 1 和 3 等不连续的值，则会出错。此外，对于两个以上的方向即使设置相同的速度顺序也会出错。请务必设置为不同的值。
一个方向的搜索时，将该方向设置为 1。

7 目标速度

8 目标角速度

使得工件动作的速度（角速度）的目标值。
搜索方向为多个时，无需设置此参数。根据“速度顺序”、“搜索频率”、“间隙和倒角”、“搜索范围大小”、“重试次数”自动计算值并进行设置。
搜索为 X、Y、Z 方向时的
“标准值：1 mm/sec”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：0 deg/sec”

9 目标力

10 目标扭矩

搜索方向的目标力(目标扭矩)。请参考“3.5.6.2　参数调整”中的、“目标力、目标扭矩”项确定值。
在几乎没有运动下发生 FORC-264 或者 FORC-420 错误这样的情况下，请每次增大此值 1~2 成左右。
搜索高级参数画面的“反向开关”处于 ON（标准值），发生力或者发生扭矩成为此值时会自动地使得工件的行进方向或者旋转方向反转。相反，在经过位置或者相位一致的场所时，将此值每次减小 1~2 成左右。
“单位：N, N*m”

11 间隙和倒角

12 间隙

倒角量，是装配工件上附带的倒角量和被装配工件上附带的倒角量之和。
间隙是装配工件与被装配工件之间的间距。请参阅图 3.5.6.2(a)和“3.5.6.2　参数调整”中的“搜索频率、间隙和倒角的设置”项。
任何一种情况下都对要搜索的方向的值进行测量。
计算（所测得的倒角量+间隙/2）而设置到此参数中。
搜索为 X、Y、Z 方向时的
“标准值：1 mm”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：1 deg”

13 搜索范围大小

14

针对各个搜索方向，确定搜索的范围，将此大小设置到此参数中。
请参考“3.5.6.2　参数调整”中的、“搜索范围的设置”项确定值。
搜索为 X、Y、Z 方向时的

“标准值：10 mm”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：10 deg”

15 重试次数
16

对象物如同齿轮的轮齿那样采用相同模式反复的结构时，设置其模式数。譬如，在绕装配轴的旋转方向中，如果搜索范围大小为 30 度，轮齿的间距为 5 度，则将重试次数 6 设置到此参数中。没有特殊的反复模式时，请设置 1。
“标准值：1”

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.6.3(a)的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“搜索”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

4 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

5 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

6 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

7 自定义自动连续执行开关（自定义自动连续执行）

只指定顶层的父级编号，自动地连续执行通过自定义功能连接起来的一系列的力觉控制参数表数据的功能开关。在进行自定义自动连续执行的参数表数据中，不管父级、子级如何，都要将其设置为“ON”。详情请参阅“3.7.5 自定义自动连续执行功能”。
“标准值：OFF”

8 自动连续执行子级编号（自定义自动连续执行）

通过自定义自动连续执行，指定后续要执行的参数表数据的编号。对于由此参数指定的参数表数据，请在高级数据的“自定义父级编号”中指定此参数表数据的编号。
能够通过自定义自动连续执行而连接起来的力觉控制的参数表数据数至多为 10 个。

9 参数表编号输出数值寄存器编号（自定义自动连续执行）

指定输出自定义自动连续执行的执行状态的、寄存器的编号。
执行自定义自动连续执行时，输出执行中的参数表数据的编号。通过自定义自动连续执行而连接起来的一系列的参数表，直至最后正常结束时，向寄存器输出 0。
“参数表编号输出数值寄存器编号”的值，只使用通过自定义功能连接起来的一系列力觉控制参数表的顶层父级值。子级值即使予以设置也不会被使用。
顶层父级的“参数表编号输出数值寄存器编号”的值如果是 0，则不会向寄存器输出值。
自定义自动连续执行下的力觉控制失败时，通过浏览这里指定的寄存器中设置的值，就可以了解失败的参数表数据的编号。

10 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
“标准值：OFF”

11 搜索加减速时间

指定搜索速度的加减速时间常数。
“标准值：0.1 sec”

12 搜索减速深度比率

只要插入进展到基本数据“搜索结束深度”×“此值”/100，就将搜索方向的速度（角速度）减速至基本数据“目标速度（角速度）”×0.1。在尽管位置和相位匹配，仍然继续试图勉强地移动而损伤工件，或停止装配时，减小此值将会有效。
“标准值：95 %”

13 搜索高级参数

用来确定搜索轨道的参数。如果将光标指向此行按下“ENTER”（输入）键，就会切换到为提高搜索性能而设置所需参数的画面。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“搜索高级参数画面”项。

14 冷却开关

将装配结束后使得推压的力减弱叫做“冷却”。装配结束后，在松开机械手时，冲击大且工件振动的情况下有效。
“标准值：OFF”

15 冷却时间

在此时间内进行“冷却”。
“标准值：1 sec”

16 冷却比率

最终力减少为“搜索推压力”×“冷却比率”/100。100%时，实质上不进行冷却，在 0 %下力完全成为 0。
“标准值：100 %”

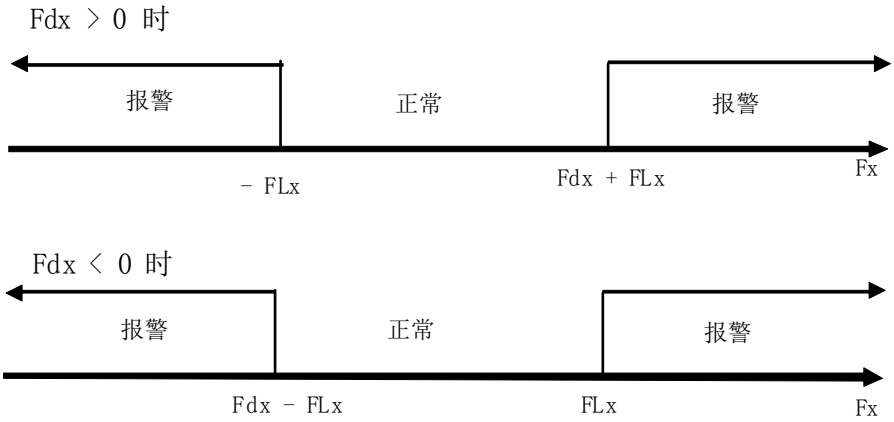
17 初始推压力

插入开始时的目标力。在最初希望以较小的力装配时有效。伴随着插入的进程，插入中的目标力将会逐渐靠近基本数据“搜索推压力”。
“单位：N”

18 力的上限
19

搜索中发生的力满足下式时会发出报警（FORC-216 - FORC-221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。
譬如，如果 X 方向的力的上限为 FLx，X 方向的力指令值为 Fdx，X 方向的检测力为 Fx，

Fdx>0 时， Fx<–FLx 或者 Fx>Fdx+FLx
Fdx<0 时，Fx>FLx 或者 Fx<Fdx–FLx
时会发出报警。有关 Y, Z, W, P, R 方向，也进行同样的确认。
“单位：N, N*m”



20 扭矩偏移补偿开关

如果将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）

“标准值：OFF”

扭矩偏移量 W P R

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）

“标准值：0 N*m”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）

“单位：N”

21 恒定速度开关

为了在反作用力突然消失的情况下，速度也不会成为过大，用来防止撬动的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则按如下所示方式限制搜索中的“插入方向”的速度。

- 基本数据“搜索插入速度”在 0 时，不超过如下的“速度常数”。
- 基本数据“搜索插入速度”非 0 时，与“速度常数”值无关，不超过基本数据“搜索插入速度”。

“标准值：ON”

22 速度常数

将搜索中的“插入方向”的速度设为在此值以下。目标速度大于此值时，设为此值。

“标准值：5 mm/sec”

23 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的力判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“搜索时间上限”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”两者都处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在两者的判断“成功”时就能结束。）

“标准值：OFF”

24 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“插入方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“搜索推压力”／100 更大，则判断为“成功”。

“标准值：80 %”

力判断结果

显示命令结束时的力判断结果。如果结束时的“插入方向”的力大小比“最小力比率”×“搜索推压力”／100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。

“标准值：-----”

力平均值

显示“插入方向”的轴、和命令结束时的“插入方向”的力大小的平均值。
“标准值：Z: 0 N”

25 扭矩结束判断开关

用来确认所发生的扭矩是否小至适当的值而结束的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的扭矩判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“搜索时间上限”，如果如下的扭矩判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”两者都处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在两者的判断“成功”时就能结束。）
“标准值：OFF”

26 最大扭矩

将此值用于扭矩的判断。所发生的扭矩如果在此“最大扭矩”以下左右，则判断为“成功”。
“标准值：5 N*m”

力判断结果

显示命令结束时的扭矩的判断结果。结束时的扭矩的大小如果在“最大扭矩”以下左右则显示“成功”，否则就显示“失败”。
“标准值：-----”

扭矩平均值

显示绕“插入方向”的轴以外的轴旋转、和命令结束时绕各自的轴旋转的扭矩大小的平均值。（譬如，如果“插入方向”的轴为Ｚ，则显示表示绕Ｘ轴旋转的Ｗ、和表示绕Ｙ轴旋转的Ｐ。同样，如果是Ｘ，则显示Ｐ和Ｒ；如果是Ｙ，则显示Ｗ和Ｒ。）
“标准值： W: 0 N*m
P: 0 N*m”

27 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。
“单位：sec”

28 搜索加减速时间

力超过基本数据“接触力阈值”后，直至速度到达基本数据“搜索插入速度”的时间。
“单位：sec”

29 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。
是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用具有振动源的工具的情形

“标准值：OFF”

30 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。
“标准值：OFF”

31 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。
可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

32 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

33 用数值寄存器结束力觉控制

在“搜索”中如果深度到达“搜索结束深度”就会结束。再者，“力结束判断开关”和“扭矩结束判断开关”处于 ON 时不会结束，直至判断结果成功。如果将本开关置于 ON，则不管上述条件如何，由“结束用数值寄存器编号”所指定的寄存器成为 1 时就结束。

“标准值：OFF”

34 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。

“标准值：0”

[搜索高级参数画面]

此画面的参数包括 X、Y、Z、W、P、R 这 6 个方向。

1 速度振动中心
2

希望使得搜索中的目标速度（角速度）振动时，设置 0~1 的值。
使得搜索中的目标速度（角速度）按下式变化。

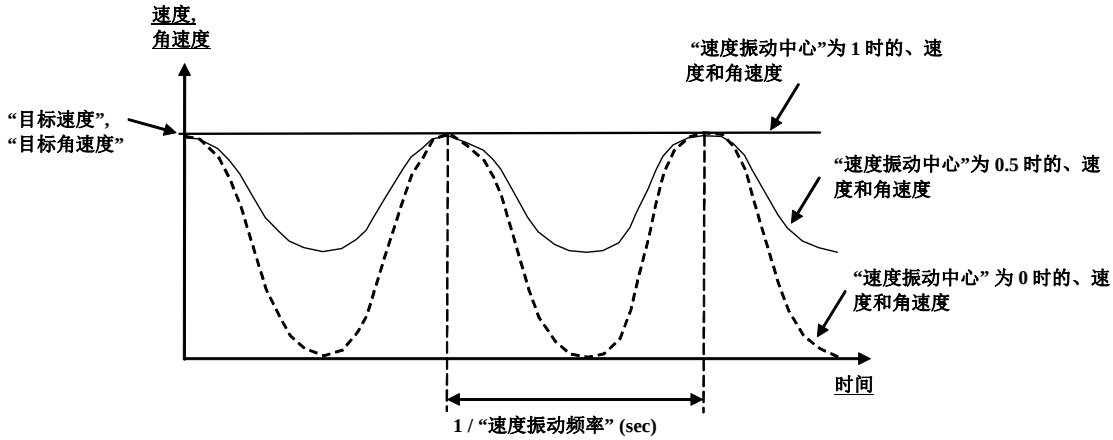
$V = Vd * \{ (1-C)*\cos(2\pi ft) + C \}$

V ：搜索中的目标速度（角速度）
Vd ：目标速度（角速度）…搜索基本参数画面的参数
C ：速度振动中心
f ：速度振动频率
t ：时间

设置了 0 时，“目标速度（角速度）”成为速度的振幅，未经移动当场就振动。设置了 1 时，振幅为 0，在“目标速度（角速度）”下成为恒速（角速度）的动作。
“标准值：1”（不振动的设置）

3 速度振动频率
4

“速度（角速度）振动中心”为不到 1 的值时，目标速度（角速度）以此参数中规定的频率振动。请在 0.1~3Hz 的范围内进行设置。
“标准值：1 Hz”



5 摆动时间
6

摆动动作在搜索中，在位置或者角度一致的位置使得力或者扭矩进行微小振动的动作。只在此参数中指定的时间内进行摆动动作。
“标准值：1 sec”

7 摆动频率
8

摆动动作下的振动频率。
“标准值：1 Hz”

9 反向开关
10

在即使进行摆动动作也无法插入时、或到达了搜索范围的上限时，指定是否使得搜索方向反转的开关。此开关处于 OFF 时，如果到达搜索范围的上限，则在该处搜索结束。处于 ON 时，即使到达搜索范围的上限，也会使得方向反转而继续搜索。
“标准值：ON”

11 重试次数
12

在即使进行摆动动作也无法装配时、或到达搜索范围的上限而“反向开关”处于 ON 时，反复进行反转，其次数相当于在此参数中所指定的值。反转的次数如果在这里指定的值以上，则会发出“FORC-420：搜索重试次数超出”错误。频繁发生此错误时，请将此参数变更为较大的值。
“标准值：10000”

13 重试倍率
14

在即使进行摆动动作也无法装配时、或到达搜索范围的上限而“反向开关”处于 ON 时，反复进行反转，其次数相当于由“重试次数”所指定的值。每次进行反转，将“目标力”或者“目标扭矩”乘以这里指定的倍率而得的值设为新的搜索时的力或者扭矩目标值。搜索的重试频繁发生时，请将这里指定的值增大（或减小）1~2 成左右。
“标准值：1”

15 搜索范围边界
16

在由搜索基本数据“搜索范围大小”所指定的范围内进行搜索。移动至搜索范围的上限+此参数时会发出报警。
搜索为 X、Y、Z 方向时的
“标准值：3 mm”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：3 deg”

3.5.6.4 相位搜索

概要

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

```
                    2
1 搜索
2 相位搜索
3 孔搜索
4 离合器搜索
5 四棱柱装配
6 仿形
7 仿形结束
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    1/19
 参数表[3]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 相位搜索
 2 注释              : [                ]
 3 插入方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :   10.00 N
 5 接近速度              :    1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 相位搜索结束深度      :    5.00 mm
 9 相位搜索推压力        :   50.00 N
10 相位搜索插入速度      :    0.00 mm/s
11 相位搜索角速度        :    1.00 deg/s
12 相位搜索扭矩          :    1.00 N*m
13 相位搜索角度上限      :   10.00 deg
14 插入深度个体差异(+)   :    3.00 mm
15 插入深度个体差异(-)   :    0.00 mm
16 搜索后推压时间        :    0.00 sec
17 相位搜索时间上限      :   20.00 sec
18 力觉控制增益自动修改开关 :        OFF
     上一次结果          :          无更改
19 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]  组     编号  [ 选择 ] 高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                    1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 相位搜索
 1 相位匹配阻抗        : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号  [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面

```
力觉控制/高级
                                    1/33
 参数表[3]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 相位搜索
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 自定义自动连续执行开关          : OFF
 8   自动连续执行子级编号          :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿            :  OFF
11 相位搜索加速时间  :       0.100 sec
12 搜索减速深度比率  :       95.00 %
13 相位搜索高级参数           : 详细
14 冷却开关                   : OFF
15   冷却时间             :    1.00 sec
16   冷却比率             :  100.00 %
17 初始推压力             :   50.00 N
   力的上限
18  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
19  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
20 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :    50.00 N
21 恒定速度开关                : ON
22   速度常数             :    5.00 mm/s
23 力结束判断开关              : OFF
24   最小力比率         :     80.00 %
     力判断结果         :       -------
      力平均值        Z:       0.00 N
25 接近加速时间               : 0.70 sec
26 相位搜索加速时间           : 0.70 sec
   相位搜索力觉控制有效开关
27  X:OFF Y:OFF W:OFF P:OFF
28 力降噪开关             :   OFF
29 出错时信号输出开关        : OFF
30   输出信号类型         :   DO
31   输出信号编号         :      0
32 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
33   结束用数值寄存器编号:      0

[ 类型 ]  组     编号    默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.6.4 “相位搜索”的画面(1/2)

搜索高级参数

```
搜索参数 高级
  1 角速度振动中心      :     1.00
  2 角速度振动频率      :     1.00 Hz
  3 摆动时间            :     1.00 sec
  4 摆动频率            :     1.00 Hz
  5 反向开关              : ON
  6 重试次数            :    10000
  7 重试倍率            :     1.00
  8 搜索范围边界        :     3.00 deg
```

图 3.5.6.4 “相位搜索”的画面(2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

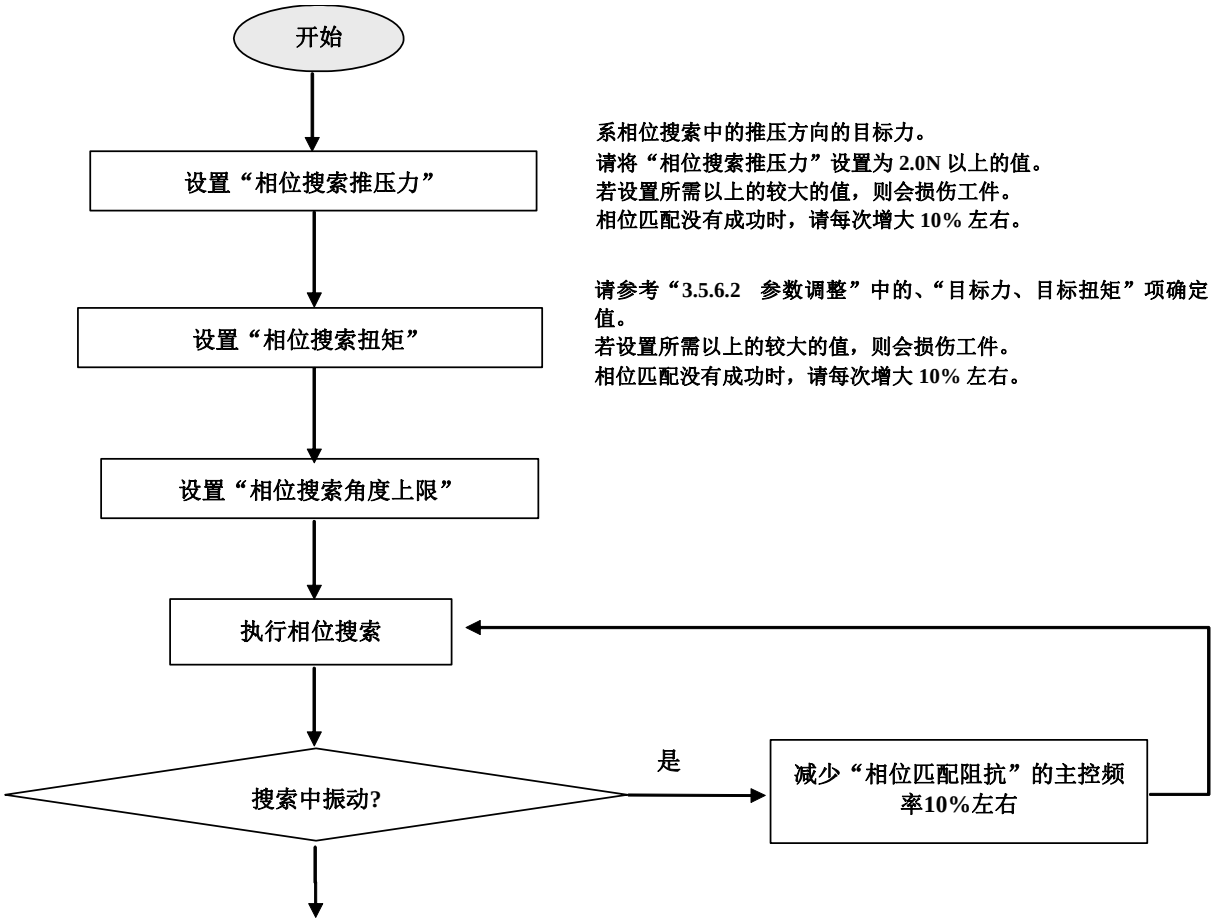
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ： １１１”

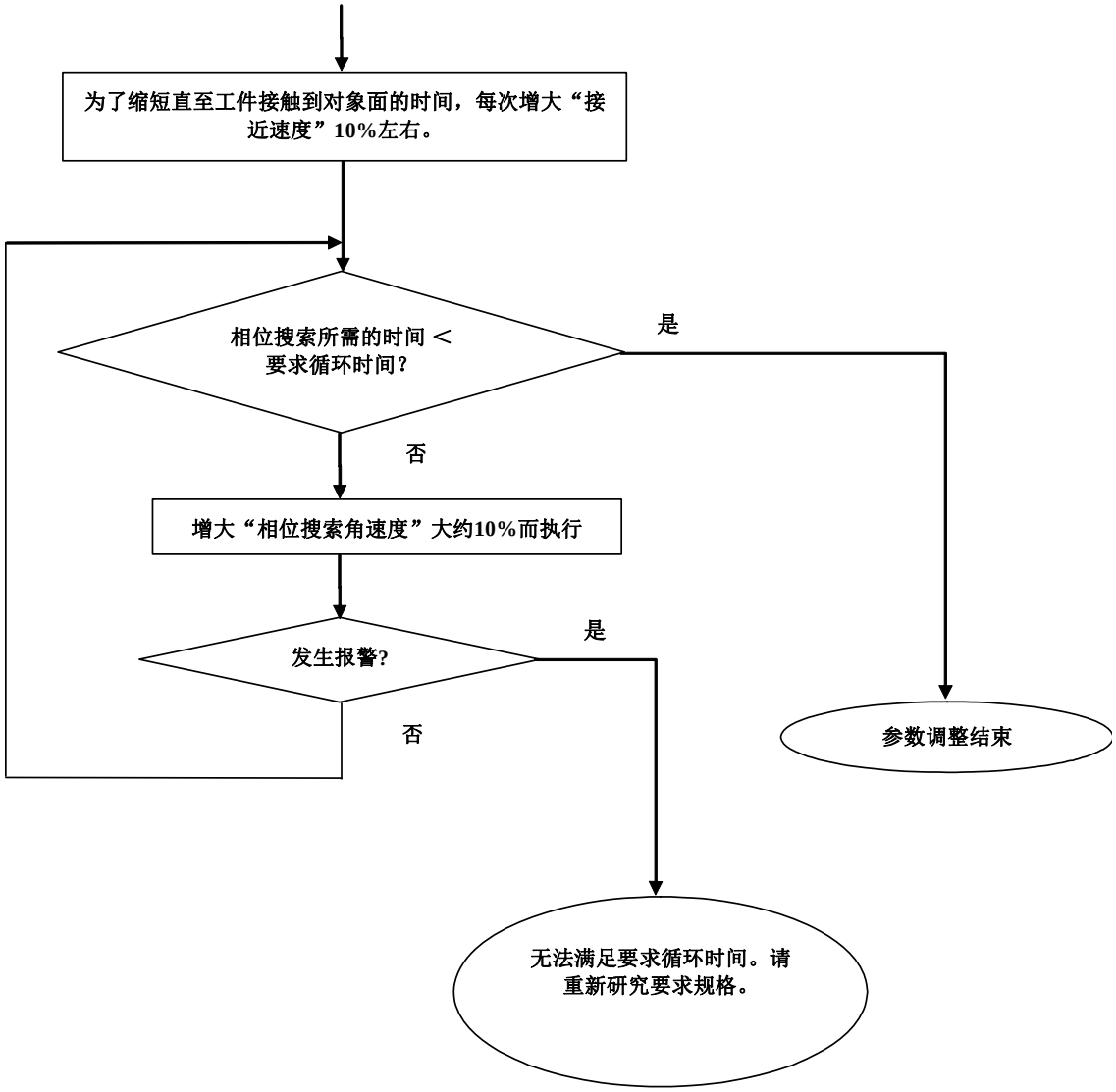
参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“相位搜索结束深度”。
2 执行力觉控制增益自动调整。（见“3.10.2”项）
3 设置基本参数设置画面上的参数。
4 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。


开始
设置“相位搜索推压力”
系相位搜索中的推压方向的目标力。
请将“相位搜索推压力”设置为 2.0N 以上的值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
相位匹配没有成功时，请每次增大 10% 左右。
设置“相位搜索扭矩”
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“目标力、目标扭矩”项确定值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
相位匹配没有成功时，请每次增大 10% 左右。
设置“相位搜索角度上限”
执行相位搜索
搜索中振动?
是
减少“相位匹配阻抗”的主控频率10%左右



[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.6.4 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“相位搜索”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 插入方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的搜索动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

在搜索时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

在搜索时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 相位搜索结束深度

在相位匹配时，只要插入进展到如此程度就判断为相位匹配成功而结束的阈值。
“标准值：5 mm”

9 相位搜索推压力

在相位匹配时，向装配面推压工件的力的目标值。
虽然相位相互匹配但插不进去时增大此值，被装配工件因相位匹配的旋转而一起转动时减小此值，每次分别以 1 成左右予以变更。
“单位：N”

10 相位搜索插入速度

在相位匹配时，用来插入工件的目标速度。
“标准值：0 mm/sec”

11 相位搜索角速度

相位匹配中的角速度的目标值。
搜索虽然成功但耗费时间时，请增大此值。此外，搜索失败时，请减小此参数。
“标准值：1 deg/sec”

12 相位搜索扭矩

相位匹配时使得工件旋转时的目标扭矩。请参考“3.5.6.2 参数调整”中的“目标力、目标扭矩”项确定值。搜索高级参数画面（相位匹配高级参数画面）的“反向开关”处于 ON（标准值），发生扭矩成为此值时会自动地使得工件的旋转方向反转。在几乎没有旋转而发生 FORC−264 或者 FORC−420 错误这样的情况下，请每次增大此值 1~2 成左右。相反，在经过相位一致的场所时，将此值每次减小 1~2 成左右。
“标准值：1 N∗m”

13 相位搜索角度上限

在此参数中所设置的角度范围内进行相位匹配。如果将“搜索高级参数画面”上的反向开关置于 ON，则在到达角度上限时就会反转而继续相位匹配。
“标准值：10 deg”

14 插入深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在装配进入到“相位搜索结束深度”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（相位搜索结束深度–插入深度个体差异（-）+此值）进行装配，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

15 插入深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在装配没有到达“相位搜索结束深度”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（相位搜索结束深度–此值），则判断为装配成功。
“标准值：0 mm”

16 搜索后推压时间

在判断为搜索成功时，为了吸收上述插入深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。
“标准值：0 sec”

17 相位搜索时间上限

相位搜索时间，是指在接触到作业对象开始搜索动作后，直至判断为搜索成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“相位搜索结束深度”时会发出报警。另外，在判断为搜索成功后进行的推压动作的时间（见“搜索后推压时间”），不包含在装配时间中。
“标准值：20 sec”

18 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

19 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.6.4 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“相位搜索”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

4 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

5 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

6 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

7 自定义自动连续执行开关（自定义自动连续执行）

只指定顶层的父级编号，自动地连续执行通过自定义功能连接起来的一系列的力觉控制参数表数据的功能开关。在进行自定义自动连续执行的参数表数据中，不管父级、子级如何，都要将其设置为“ON”。详情请参阅“3.7.5 自定义自动连续执行功能”。
“标准值：OFF”

8 自动连续执行子级编号（自定义自动连续执行）

通过自定义自动连续执行，指定后续要执行的参数表数据的编号。对于由此参数指定的参数表数据，请在高级数据的“自定义父级编号”中指定此参数表数据的编号。
能够通过自定义自动连续执行而连接起来的力觉控制的参数表数据数至多为 10 个。

9 参数表编号输出数值寄存器编号（自定义自动连续执行）

指定输出自定义自动连续执行的执行状态的、寄存器的编号。
执行自定义自动连续执行时，输出执行中的参数表数据的编号。通过自定义自动连续执行而连接起来的一系列的参数表，直至最后正常结束时，向寄存器输出 0。
“参数表编号输出数值寄存器编号”的值，只使用通过自定义功能连接起来的一系列力觉控制参数表的顶层父级值。子级值即使予以设置也不会被使用。

顶层父级的“参数表编号输出数值寄存器编号”的值如果是 0，则不会向寄存器输出值。
自定义自动连续执行下的力觉控制失败时，通过浏览这里指定的寄存器中设置的值，就可以了解失败的参数表数据的编号。

10 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
“标准值：OFF”

11 相位搜索加速时间

指定相位搜索角速度的加减速时间常数。
“标准值： 0.1 sec”

12 搜索减速深度比率

只要插入进展到基本数据“相位搜索结束深度”×“此值”/100，就将相位搜索角速度减速至基本数据“相位搜索角速度”×0.1。在尽管相位匹配，仍然继续试图勉强地移动而损伤工件，或停止装配时，减小此值将会有效。
“标准值：95 %”

13 相位搜索高级参数

向“搜索高级参数”画面转移。在此画面上，可以进行用于相位匹配的更加高度的参数设置。请参阅“搜索高级参数画面”项。

14 冷却开关

将装配结束后使得推压的力减弱叫做“冷却”。装配结束后，在松开机械手时，冲击大且工件振动的情况下有效。
“标准值：OFF”

15 冷却时间

在此时间内进行“冷却”。
“标准值：1 sec”

16 冷却比率

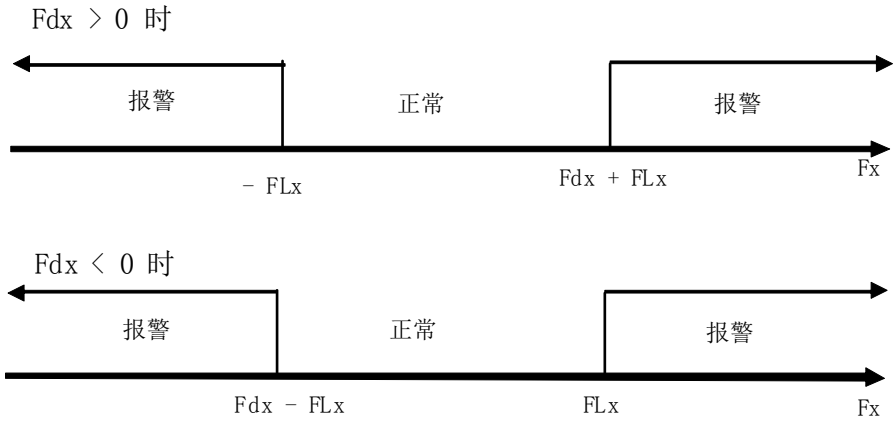
最终力减少为“相位搜索推压力”×“冷却比率”/100。100%时，实质上不进行冷却，在 0 %下力完全成为 0。
“标准值：100 %”

17 初始推压力

插入开始时的目标力。在最初希望以较小的力装配时有效。伴随着插入的进程，插入中的目标力将会逐渐靠近基本数据“相位搜索推压力”。
“单位：N”

18 力的上限
19

搜索中发生的力满足下式时会发出报警（FORC-216 - FORC-221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。譬如，如果 X 方向的力的上限为 FLx，X 方向的力指令值为 Fdx，X 方向的检测力为 Fx，
Fdx>0 时， Fx<–FLx 或者 Fx>Fdx+FLx
Fdx<0 时，Fx>FLx 或者 Fx<Fdx–FLx
时会发出报警。有关 Y, Z, W, P, R 方向，也进行同样的确认。
“单位：N, N*m”



20 扭矩偏移补偿开关

如果将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）

“标准值：OFF”

扭矩偏移量 W P R

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）

“标准值：0 N*m”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）

“单位：N”

21 恒定速度开关

为了在反作用力突然消失的情况下，速度也不会成为过大，用来防止撬动的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则按如下所示方式限制搜索中的“插入方向”的速度。

- 基本数据“相位搜索插入速度”在 0 时，不超过如下的“速度常数”。
- 基本数据“相位搜索插入速度”非 0 时，与“速度常数”值无关，不超过基本数据“相位搜索插入速度”。

“标准值：ON”

22 速度常数

将搜索中的“插入方向”的速度设为在此值以下。目标速度大于此值时，设为此值。

“标准值：5 mm/sec”

23 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则在将工件插入至指定深度后，如果如下的力判断“成功”就能结束。即使经过基本数据“相位搜索时间上限”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。（如果“力结束判断开关”处在“ON”，则在将工件插入至指定深度后，在力判断结果显示“成功”时就能结束。）

“标准值：OFF”

24 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“插入方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“相位搜索推压力”／100 更大，则判断为“成功”。

“标准值：80 %”

力判断结果

显示命令结束时的力判断结果。如果结束时的“插入方向”的力大小比“最小力比率”×“相位搜索推压力”／100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。

“标准值：-----”

力平均值

显示“插入方向”的轴、和命令结束时的“插入方向”的力大小的平均值。
“标准值：Z: 0 N”

25 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。
“单位：sec”

26 相位搜索加速时间

力超过基本数据“接触力阈值”后，直至速度到达基本数据“相位搜索插入速度”的时间。
“单位：sec”

27 相位搜索力觉控制有效开关

相位匹配动作时用于向并进方向进行力觉控制的开关。对于此开关处于 ON 的方向进行力觉控制。不会向此开关处于 OFF 的方向移动。
“标准值： X:OFF
Y:OFF”

28 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。
是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用具有振动源的工具的情形

“标准值：OFF”

29 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。
“标准值：OFF”

30 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。
可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

31 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

32 用数值寄存器结束力觉控制

在“相位搜索”中如果深度到达“相位搜索结束深度”就会结束。再者，“力结束判断开关”处于 ON 时不会结束，直至判断结果成功。如果将本开关置于 ON，则不管上述条件如何，由“结束用数值寄存器编号”所指定的寄存器成为 1 时就结束。
“标准值：OFF”

33 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。

“标准值：0”

[搜索高级参数画面]

此画面的参数针对绕装配轴的旋转方向而存在。

1 角速度振动中心

希望使得搜索中的目标角速度振动时，设置 0~1 的值。
使得搜索中的目标速度按照下式变化。

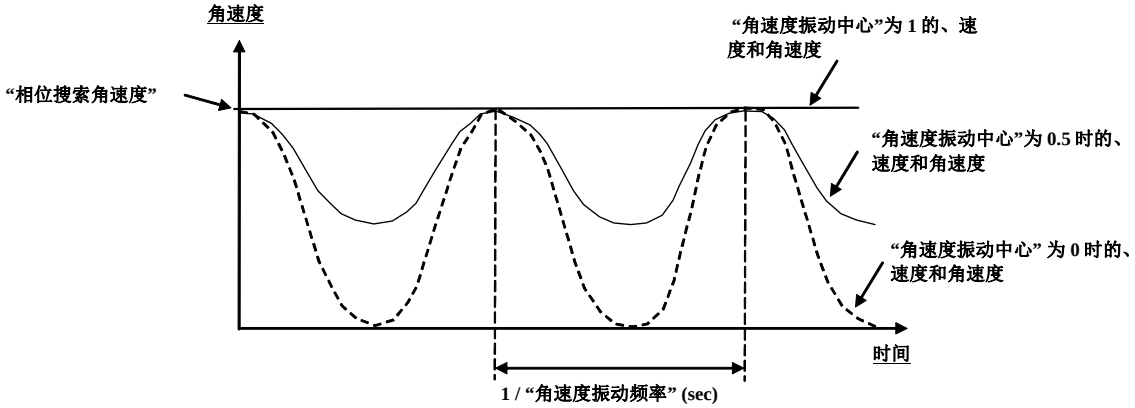
$V = Vd * \{ (1-C)*\cos(2\pi ft) + C \}$

V ：搜索中的目标速度（角速度）
Vd ：目标速度（角速度）…搜索基本参数画面的参数

C ：速度振动中心
f ：速度振动频率
t ：时间
设置了 0 时，“目标角速度”成为速度的振幅，未经移动当场就振动。设置了 1 时，振幅为 0，在“目标角速度”下成为恒定角速度的动作。
“标准值：1”（不振动的设置）

2 角速度振动频率

“角速度振动中心”不到 1 时，目标角速度以此参数中规定的频率振动。请在 0.1~3Hz 的范围内进行设置。
“标准值：1 Hz”



3 摆动时间

摆动动作在搜索中，在角度一致的位置使得扭矩进行微小振动的动作。只在此参数中指定的时间内进行摆动动作。
“标准值：1 sec”

4 摆动频率

摆动动作下的振动频率。
“标准值：1 Hz”

5 反向开关

在即使进行摆动动作也无法插入时、或到达了搜索范围的上限时，指定是否使得搜索方向反转的开关。此开关处于 OFF 时，如果到达搜索范围的上限，则在该处搜索结束。处于 ON 时，即使到达搜索范围的上限，也会使得方向反转而继续搜索。
“标准值：ON”

6 重试次数

在即使进行摆动动作也无法装配时、或到达搜索范围的上限而“反向开关”处于 ON 时，反复进行反转，其次数相当于在此参数中所指定的值。反转的次数如果在这里指定的值以上，则会发出“FORC−420：搜索重试次数超出”错误。频繁发生此错误时，请将此参数变更为较大的值。
“标准值：10000”

7 重试倍率

在即使进行摆动动作也无法装配时、或到达搜索范围的上限而“反向开关”处于 ON 时，反复进行反转，其次数相当于由“重试次数”所指定的值。每次进行反转，将“目标扭矩”乘以这里指定的倍率而得的值设为新的搜索时的力或者扭矩目标值。搜索的重试频繁发生时，请将这里指定的值增大（或减小）1~2 成左右。
“标准值：1”

8 搜索范围边界

在由搜索基本数据“搜索范围大小”所指定的范围内进行搜索。移动至搜索范围的上限+此参数时会发出报警。
“标准值：3 deg”

3.5.6.5 孔搜索

概要

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

⇩

```
                    2
1 搜索
2 相位搜索
3 孔搜索
4 离合器搜索
5 四棱柱装配
6 仿形
7 仿形结束
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    1/18
 参数表[4]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 孔搜索
 2 注释              : [                ]
 3 插入方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :    10.00 N
 5 接近速度              :     1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 搜索结束深度          :     5.00 mm
 9 搜索推压力            :    50.00 N
10 搜索插入速度          :     0.00 mm/s
11 搜索频率              :     1.00 Hz
12 搜索基本参数          :    详细
13 插入深度个体差异(+)   :     3.00 mm
14 插入深度个体差异(-)   :     0.00 mm
15 搜索后推压时间        :     0.00 sec
16 搜索时间上限          :    20.00 sec
17 力觉控制增益自动修改开关 :          OFF
     上一次结果          :          无更改
18 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ] 高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                    1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 孔搜索
 1 搜索阻抗            : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面

```
力觉控制/高级
                                    1/32
 参数表[4]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 孔搜索
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 自定义自动连续执行开关          : OFF
 8   自动连续执行子级编号          :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿            :  OFF
11 搜索加减速时间     :      0.100 sec
12 搜索减速深度比率   :      95.00 %
13 搜索高级参数               : 详细
14 冷却开关                   : OFF
15   冷却时间            :     1.00 sec
16   冷却比率            :   100.00 %
17 初始推压力            :    50.00 N
   力上限
18  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
19  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
20 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :     50.00 N
21 恒定速度开关                : ON
22   速度常数            :     5.00 mm/s
23 力结束判断开关              : OFF
24   最小力比率          :    80.00 %
     力判断结果          :      -------
      力平均值        Z:       0.00 N
25 接近加速时间            :   0.70 sec
26 搜索加减速时间          :   0.70 sec
27 力降噪开关             :   OFF
28 出错时信号输出开关       : OFF
29   输出信号类型         :   DO
30   输出信号编号         :      0
31 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
32   结束数值寄存器编号   :      0

[ 类型 ]  组     编号   默认值  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.6.5 “孔搜索”的画面(1/2)

搜索基本参数

```
搜索/基本
                                1/6
搜索参数 基本
    速度顺序
  1  X: 1  Y: 2
    目标速度 [mm/s]
  2  X:     1.00  Y:     1.00
    目标力 [N]
  3  X:    20.00  Y:    20.00
    间隙和倒角 [mm]
  4  X:     1.00  Y:     1.00
    搜索范围大小 [mm]
  5  X:    10.00  Y:    10.00
    重试次数
  6  X:       1  Y:       1
```

搜索高级参数

```
搜索/高级
                                1/8
搜索参数 高级
    速度振动中心
  1  X:     1.00  Y:     1.00
    速度振动频率 [Hz]
  2  X:     1.00  Y:     1.00
    摆动时间 [sec]
  3  X:     1.00  Y:     1.00
    摆动频率 [Hz]
  4  X:     1.00  Y:     1.00
    反向开关
  5  X:ON      Y:ON
    重试次数
  6  X:    10000  Y:    10000
    重试倍率
  7  X:     1.00  Y:     1.00
    搜索范围边界 [mm]
  8  X:     3.00  Y:     3.00
```

图 3.5.6.5 “孔搜索”的画面(2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

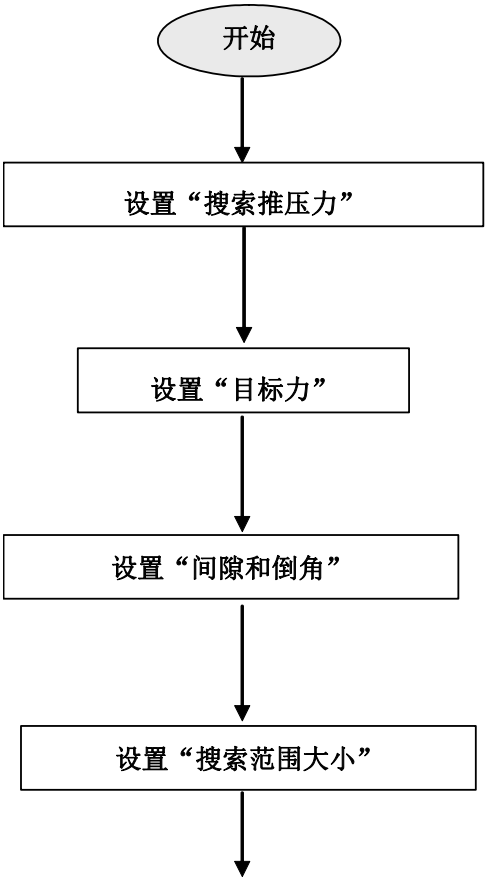
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ： １１１”

参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“搜索结束深度”。
2 对于进行搜索的 2 方向设置“速度顺序”。
3 执行力觉控制增益自动调整。（见“3.10.2”项）
4 设置基本参数设置画面上的参数。
5 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。

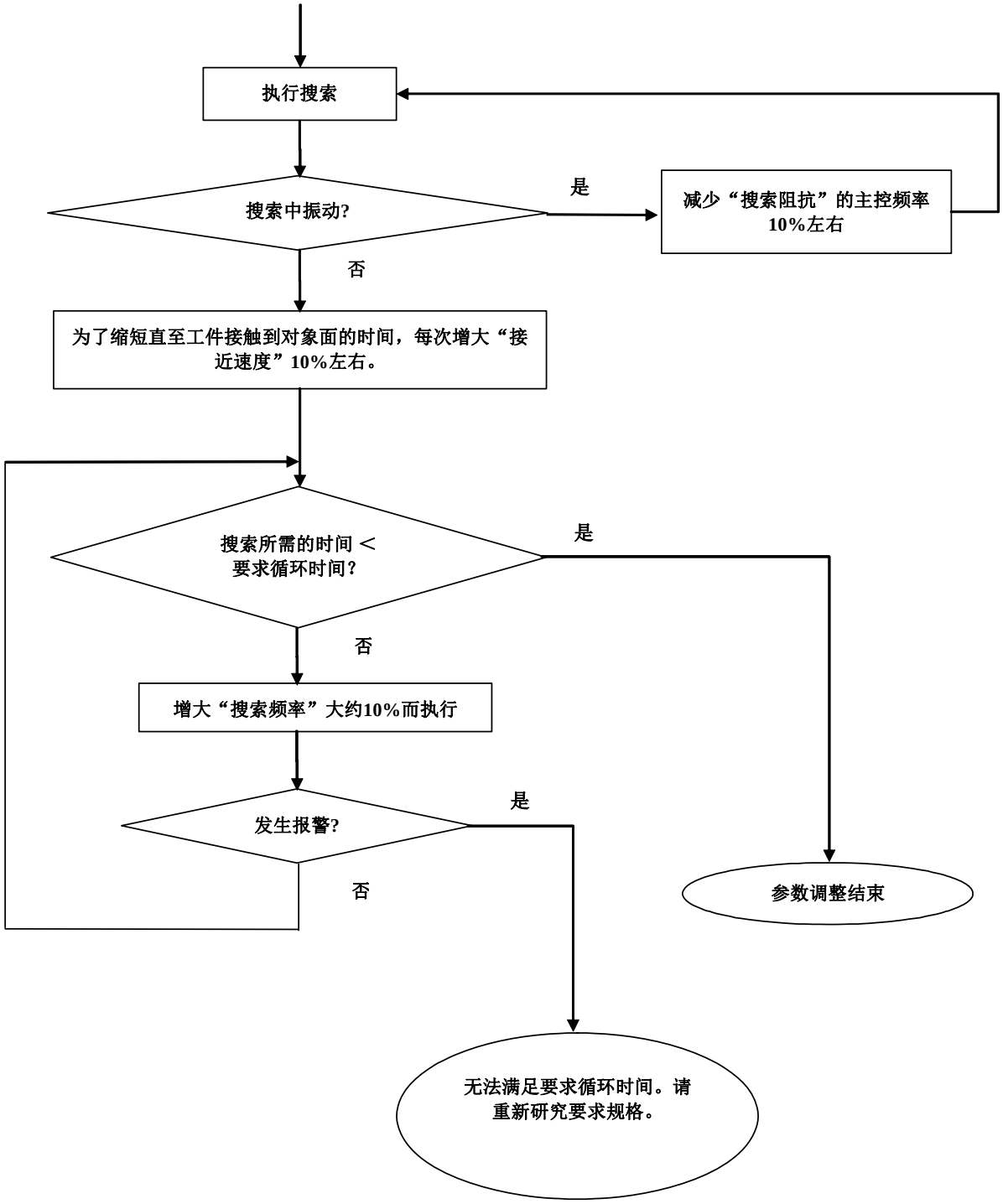


系搜索动作中的推压方向的目标力。
请将“搜索推压力”设置为 2.0N 以上的值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
相位匹配没有成功时，请每次增大 10% 左右。

“目标力”在搜索基本参数画面中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“目标力、目标扭矩”项确定值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
相位匹配没有成功时，请每次增大 10% 左右。

“间隙和倒角”在搜索基本参数画面中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“搜索频率、间隙和倒角的设置”项确定值。

“搜索范围大小”在搜索基本参数画面中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“搜索范围的设置”项确定值。



[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.6.5 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“孔搜索”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 插入方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的搜索动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

在搜索时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

在搜索时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 搜索结束深度

在孔搜索时，只要插入进展到如此程度就判断为搜索成功而结束的阈值。
“标准值：5 mm”

9 搜索推压力

在孔搜索时，向装配面推压工件的力的目标值。
虽然装配工件和孔的位置相互匹配但插不进去而通过时增大此值，被装配工件因相位匹配的旋转而一起转动时减小此值，每次分别以 1 成左右予以变更。
“单位：N”

10 搜索插入速度

在孔搜索时，用来插入工件的目标速度。
“标准值：0 mm/sec”

11 搜索频率

确定搜索速度的参数。譬如，向 Z 方向插入时，搜索方向为 X 和 Y，但是根据 X 方向和 Y 方向的“搜索范围大小”、X 方向和 Y 方向的“间隙和倒角”以及此频率，自动计算 X 方向和 Y 方向的“目标速度”。“搜索范围大小”、“间隙和倒角”从下面的“搜索基本参数”进行设置。
“标准值：1 Hz”

12 搜索基本参数

向用来确定搜索轨道的参数中设置基本项的画面切换。
请参阅搜索基本参数画面项。

13 插入深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在装配进入到“搜索结束深度”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（搜索结束深度–插入深度个体差异（-）+此值）进行装配，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

14 插入深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在装配没有到达“搜索结束深度”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（搜索结束深度–此值），则判断为装配成功。
“标准值：0 mm”

15 搜索后推压时间

在判断为搜索成功时，为了吸收上述插入深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。
“标准值：0 sec”

16 搜索时间上限

搜索时间，是指在接触到作业对象开始搜索动作后，直至判断为搜索成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“搜索结束深度”时会发出报警。另外，在判断为搜索成功后进行的推压动作的时间（见“搜索后推压时间”），不包含在装配时间中。
“标准值：20 sec”

17 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

18 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[搜索基本参数画面]

此画面的参数，在使用“孔搜索”时必须进行设置。
各参数包括两个方向部分。

1 速度顺序

“孔搜索”中搜索方向有两个，确定其中动作速度的顺序。设置为 1 的方向动作速度较快，设置为 2 的方向动作速度较慢。如果输入 1、2 以外的数字则会出错。此外，即使对两者都设置相同的速度顺序，也会出错。请务必设置为不同的值。

2 目标速度

使得工件动作的速度的目标值。
此参数将被自动计算，因而用户无需进行设置。
“标准值：1 mm/sec”

3 目标力

搜索方向的目标力。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的“目标力、目标扭矩”项确定值。搜索高级参数画面的“反向开关”处于 ON（标准值），发生力成为此值时会自动地使得工件的行进方向反转。
在几乎没有运动下发生 FORC-264 或者 FORC-420 错误这样的情况下，请每次增大此值 1~2 成左右。
相反，在经过位置或者相位一致的场所时，将此值每次减小 1~2 成左右。
“单位：N”

4 间隙和倒角

倒角量，是装配面上的、装配工件或者被装配工件上附带的倒角量。
间隙是装配工件与被装配工件之间的间距。
任何一种情况下都对要搜索的方向的值进行测量。
计算所测得的倒角量的 2 倍+间隙而设置到此参数中。
“标准值：1 mm”

5 搜索范围大小

针对各个搜索方向，确定搜索的范围，将此大小设置到此参数中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“搜索范围的设置”项确定值。
“标准值：10 mm”

6 重试次数

“孔搜索”时，请将此参数设置为 1。
“标准值：1”

[高级参数设置画面]

“孔搜索”的高级参数设置画面，与“相位搜索”的高级参数设置画面几乎相同。请参阅“3.5.6.4　相位搜索”的高级参数设置画面项。

但是，相位搜索中名为“搜索高级参数”（相位匹配高级参数画面）的画面，在“孔搜索”中是名为“搜索高级参数”的画面。

[搜索高级参数画面]

向“搜索高级参数”画面转移。在此画面上，可以进行有关搜索方向的更加高度的参数设置。

参数的种类与“搜索”的搜索高级参数画面和“相位搜索”的搜索高级参数画面（相位匹配高级参数画面）共同。详情请参阅“3.5.6.3　搜索” 或者“3.5.6.4　相位搜索”。但是，“孔搜索功能”中进行搜索的只限于平面上的两个方向，因而画面上只显示用于该两个方向的参数。

3.5.6.6 离合器搜索

概要

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

⇩

```
                    2
1 搜索
2 相位搜索
3 孔搜索
4 离合器搜索
5 四棱柱装配
6 仿形
7 仿形结束
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    1/18
 参数表[5]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 离合器搜索
 2 注释              : [                ]
 3 插入方向                        : -Z
 4 接触力阈值            :   10.00 N
 5 接近速度              :    1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 搜索结束深度          :    5.00 mm
 9 搜索推压力            :   50.00 N
10 搜索插入速度          :    0.00 mm/s
11 搜索频率              :    1.00 Hz
12 搜索基本参数          :   详细
13 插入深度个体差异(+)   :    3.00 mm
14 插入深度个体差异(-)   :    0.00 mm
15 搜索后推压时间        :    0.00 sec
16 搜索时间上限          :   20.00 sec
17 力觉控制增益自动修改开关 :        OFF
     上一次结果          :          无更改
18 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ] 高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                    1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 离合器搜索
 1 搜索阻抗            :[主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面

```
力觉控制/高级
                                    1/32
 参数表[5]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 离合器搜索
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数             :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 自定义自动连续执行开关         : OFF
 8   自动连续执行子级编号         :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿           :  OFF
11 搜索加减速时间     :      0.100 sec
12 搜索减速深度比率   :      95.00 %
13 搜索高级参数              : 详细
14 冷却开关                  : OFF
15   冷却时间            :    1.00 sec
16   冷却比率            :  100.00 %
17 初始推压力            :   50.00 N
   力的上限
18  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
19  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
20 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :    50.00 N
21 恒定速度开关                : ON
22   速度常数            :    5.00 mm/s
23 力结束判断开关              : OFF
24   最小力比率        :      80.00 %
     力判断结果        :        -------
      力平均值       Z:       0.00 N
25 接近加速时间            :   0.70 sec
26 搜索加减速时间          :   0.70 sec
27 力降噪开关             :   OFF
28 出错时信号输出开关       : OFF
29   输出信号类型         :   DO
30   输出信号编号         :      0
31 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
32   结束用数值寄存器编号:      0

[ 类型 ]  组     编号  默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.6.6 “离合器搜索”的画面 (1/2)

搜索基本参数

```
搜索/基本
                                    1/10
 搜索参数 基本
    速度顺序
 1  X: 2  Y: 3  R: 1
    目标速度 [mm/s]
 2  X:     1.00  Y:     1.00
    目标角速度 [deg/s]
 3  R:     1.00
    目标力 [N]
 4  X:    20.00  Y:    20.00
    目标扭矩 [N*m]
 5  R:     1.00
    间隙和倒角 [mm]
 6  X:     1.00  Y:     1.00
    间隙 [deg]
 7  R:     1.00
    搜索范围大小 [mm]
 8  X:    10.00  Y:    10.00
    搜索范围大小 [deg]
 9  R:    10.00
    重试次数
10  X:       1  Y:       1  R:       1
```

搜索高级参数

```
搜索/高级
                                    1/15
 搜索参数 高级
    速度振动中心
 1  X:     1.00  Y:     1.00
 2  R:     1.00
    速度振动频率 [Hz]
 3  X:     1.00  Y:     1.00
 4  R:     1.00
    摆动时间 [sec]
 5  X:     1.00  Y:     1.00
 6  R:     1.00
    摆动频率 [Hz]
 7  X:     1.00  Y:     1.00
 8  R:     1.00
    反向开关
 9  X:ON     Y:ON     R:ON
    重试次数
10  X:    10000  Y:    10000
11  R:    10000
    重试倍率
12  X:     1.00  Y:     1.00
13  R:     1.00
    搜索范围边界 [mm]
14  X:     3.00  Y:     3.00
    搜索范围边界 [deg]
15  R:     3.00
```

图 3.5.6.6 “离合器搜索”的画面 (2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

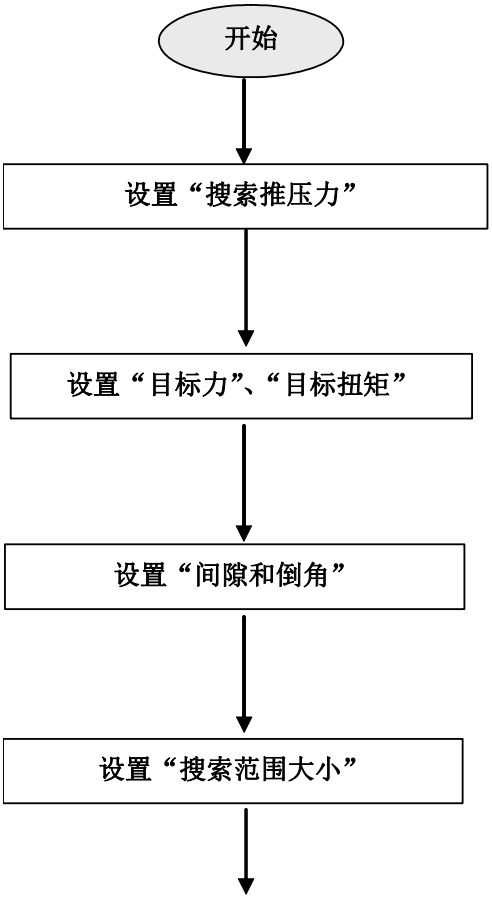
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“插入方向”、“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”、“搜索结束深度”。
2 对于进行搜索的 3 个方向设置“速度顺序”。
3 执行力觉控制增益自动调整。（见“3.10.2”项）
4 设置基本参数设置画面上的参数。
5 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。

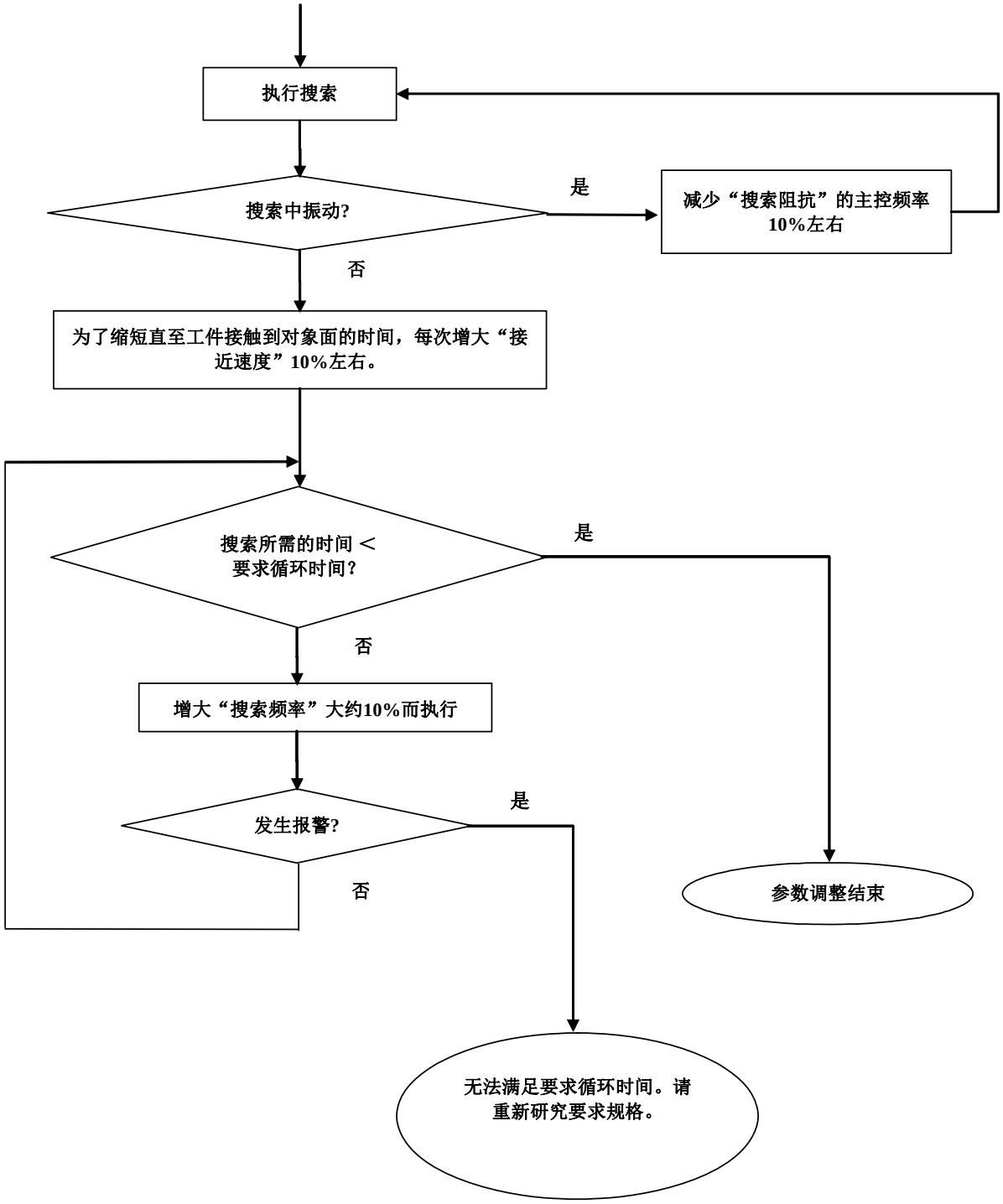


系搜索动作中的推压方向的目标力。
请将“搜索推压力”设置为 2.0N 以上的值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
相位匹配没有成功时，请每次增大 10% 左右。

“目标力”、“目标扭矩”在搜索基本参数画面中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“目标力、目标扭矩”项确定值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
相位匹配没有成功时，请每次增大 10% 左右。

“间隙和倒角”在搜索基本参数画面中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“搜索频率、间隙和倒角的设置”项确定值。

“搜索范围大小”在搜索基本参数画面中。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的、“搜索范围的设置”项确定值。



[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.6.6 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“离合器搜索”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 插入方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的搜索动作在发生接触后开始，因而如果此值过大，可能会导致循环时间延长。
“标准值：1 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/sec”

6 用户坐标系编号

在搜索时使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

7 工具坐标系编号

在搜索时使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2 示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

8 搜索结束深度

在装配中，只要插入进展到如此程度就判断为装配成功而结束的阈值。
“标准值：5 mm”

9 搜索推压力

在装配中，向装配面推压工件的力的目标值。
虽然装配工件和孔的位置相互匹配但插不进去时增大此值，被装配工件因相位匹配的旋转而一起转动时减小此值，每次分别以 1 成左右予以变更。
“单位：N”

10 搜索插入速度

在装配中，用来插入工件的目标速度。
“标准值：0 mm/sec”

11 搜索频率

确定搜索速度的参数。譬如，向 Z 方向插入时，搜索方向为 X、Y、R，但是根据 X、Y、R 方向的“搜索范围大小”、X、Y、R 方向的“间隙和倒角”以及此频率，自动计算 X、Y、R 方向的“目标速度”。
“搜索范围大小”、“间隙和倒角”从下面的“搜索基本参数”进行设置。
“标准值：1 Hz”

12 搜索基本参数

向用来确定搜索轨道的参数中设置基本项的画面切换。
请参阅搜索基本参数画面项。

13 插入深度个体差异（+）

因工件的个体差异而在装配进入到“搜索结束深度”以上时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果超过（搜索结束深度–插入深度个体差异（-）+此值）进行装配，则会发出报警。
“标准值：3 mm”

14 插入深度个体差异（–）

因工件的个体差异而在装配没有到达“搜索结束深度”时，表示在多大程度上允许的允许容量。如果到达（搜索结束深度–此值），则判断为装配成功。
“标准值：0 mm”

15 搜索后推压时间

在判断为搜索成功时，为了吸收上述插入深度个体差异，向着装配进行中的方向执行推压动作。此值为该推压的时间。
“标准值：0 sec”

16 搜索时间上限

搜索时间，是指在接触到作业对象开始搜索动作后，直至判断为搜索成功的时间。在经过此时间后，仍然没有到达“搜索结束深度”时会发出报警。另外，在判断为搜索成功后进行的推压动作的时间（见“搜索后推压时间”），不包含在装配时间中。
“标准值：20 sec”

17 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。详情请参阅“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”。
“标准值：OFF”

18 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[搜索基本参数画面]

此画面的参数，在使用“离合器搜索”时必须进行设置。
各参数总共包括 3 个方向，绕装配轴的旋转方向、与装配轴垂直的平面内的 2 个方向。

1 速度顺序

离合器搜索的搜索方向包括 3 个。确定其中的动作速度的顺序。设置为 1 的方向最快，设置为 2 的方向次之，随着数字增大，速度减慢。请设置 1～3 的值。如果对于两个以上的方向设置相同的速度顺序就会出错。请务必设置为不同的值。

2 目标速度
3 目标角速度

使得工件动作的速度（角速度）的目标值。
此参数将被自动计算，因而用户无需进行设置。
搜索为 X、Y、Z 方向时的
“标准值：1 mm/sec”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：1 deg/sec”

4 目标力
5 目标扭矩

搜索方向的目标力(目标扭矩)。
请参考“3.5.6.2 参数调整”中的目标力、目标扭矩值而确定值。搜索高级参数画面的“反向开关”处于 ON（标准值），发生力或者发生扭矩成为此值时会自动地使得工件的行进方向或者旋转方向反转。
在几乎没有运动下发生 FORC−264 或者 FORC−420 错误这样的情况下，请每次增大此值 1~2 成左右。
相反，在经过位置或者相位一致的场所时，将此值每次减小 1~2 成左右。
“单位：N, N*m”

6 间隙和倒角
7 间隙

倒角量，是装配面上的、装配工件或者被装配工件上附带的倒角量。
间隙是装配工件与被装配工件之间的间距。
任何一种情况下都对要搜索的方向的值进行测量。
计算所测得的倒角量的 2 倍+间隙而设置到此参数中。
搜索为 X、Y、Z 方向时的
“标准值：1 mm”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：1 deg”

8 搜索范围大小
9

针对各个搜索方向，确定搜索的范围，将此大小设置到此参数中。

请参考“3.5.6.2　参数调整”中的、“搜索范围的设置”项确定值。
搜索为 X、Y、Z 方向时的
“标准值：10 mm”
搜索为 W、P、R 方向时的
“标准值：10 deg”

10　重试次数

对象物如同齿轮的轮齿那样采用相同模式反复的结构时，设置其模式数。譬如，在绕装配轴的旋转方向中，如果搜索范围大小为 30 度，轮齿的间距为 5 度，则将重试次数 6 设置到此参数中。没有特殊的反复模式时，请设置 1。
“标准值：1”

[高级参数设置画面]

“离合器搜索”的高级参数设置画面，与“相位搜索”的高级参数设置画面几乎相同。请参阅“3.5.6.4　相位搜索”的高级参数设置画面项。
但是，相位搜索中名为“搜索高级参数画面”（相位匹配高级参数画面）的画面，在“离合器搜索”中是名为“搜索高级参数画面”的画面。

[搜索高级参数画面]

向“搜索高级参数”画面转移。在此画面上，可以进行有关搜索方向的更加高度的参数设置。
参数的种类与“搜索”的搜索高级参数画面和“相位搜索”的搜索高级参数画面（相位匹配高级参数画面）共同。详情请参阅“3.5.6.3　搜索” 或者“3.5.6.4　相位搜索”。但是，“离合器搜索功能”中进行搜索的，总共只限于 3 个方向，即绕装配轴的旋转方向、和与装配轴垂直的平面上的两个方向，因而画面年上只显示用于该 3 个方向的参数。

3.5.7　仿形功能

3.5.7.1　仿形功能的概要

仿形功能，是一边施加所指定的力一边对工件表面进行仿形的功能。
通过将此功能与磨床等的工具进行组合，即可进行研磨和磨削作业。
一般来说，要加工的工件质量和体积较大时，将工件固定工作台等上，并在机器人上安装磨床。被加工工件小而工具大时，将工具固定在工作台等上，由机器人来抓住工件。任何一种情况下，都以所设置的力一边进行推压一边进行作业。

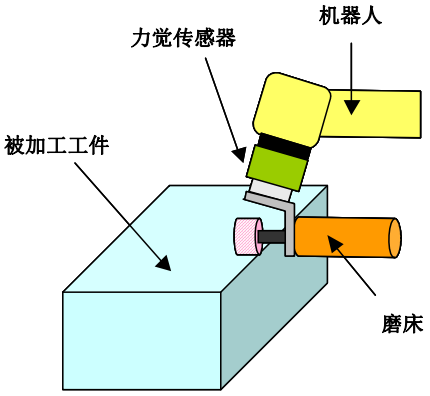


图 3.5.7.1(a)　表面研磨例（工具抓住）

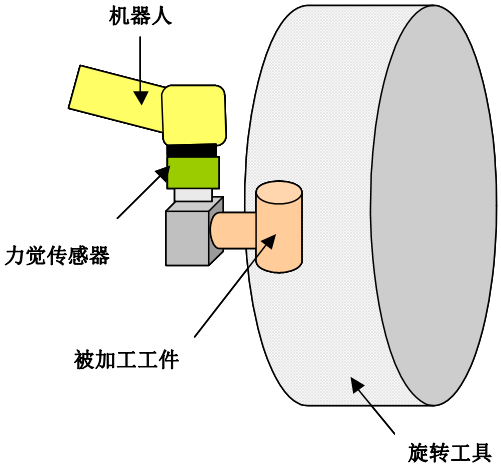


图 3.5.7.1(b)　抛光例（工件抓住）

3.5.7.2 仿形功能中的示教

示教点的设置

仿形功能中，通过使用通常的动作指令设置示教点来确定大致的轨道。

示教点除了开始仿形的点、结束仿形的点外，还要在行进方向反转或姿势大幅度变化等的位置进行设置。图 3.5.7.2(a)表示姿势在中途变化的示例，图 3.5.7.2(b)表示行进方向反转的示例。

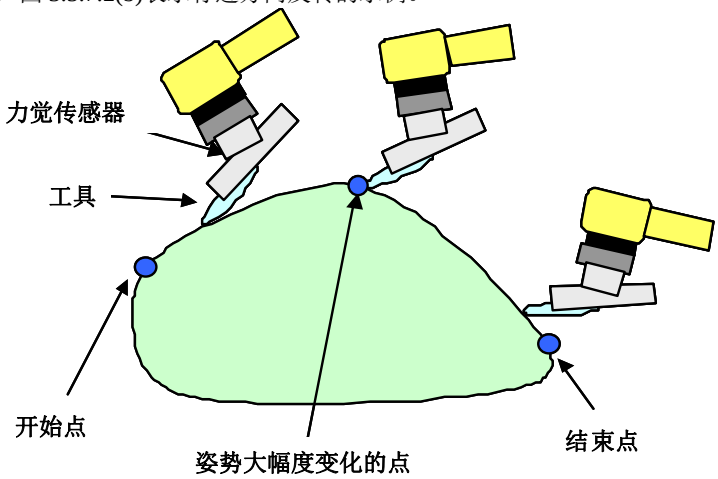


图 3.5.7.2(a) 在姿势变化的位置设置示教点

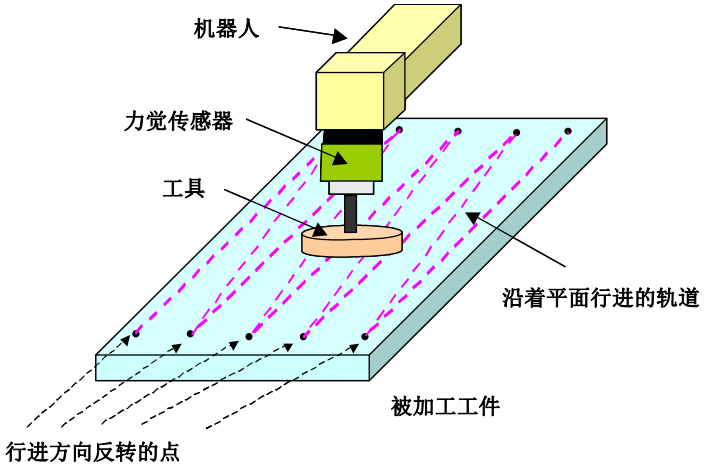


图 3.5.7.2(b) 在行进方向反转位置设置示教点

设置示教点时需要考虑如下两个项目。

- 仿形中的控制坐标系
- 示教点处的姿势

详情请参阅以下内容。

仿形中的控制坐标系

首先确定仿形动作是在工具坐标系中进行，还是在用户坐标系中进行。

推压方向不变时，譬如，在对于被固定的磨床和抛光轮，一边向相同的方向推压一边研磨工件时，选择用户坐标系。（见图 3.5.7.2(c)）

在推压方向时时刻刻变化的应用中选择工具坐标系。（图 3.5.7.2(d)所示的情形）

请设置坐标系，使得要使用的坐标系的 XYZ 轴任何一个与推压方向一致。

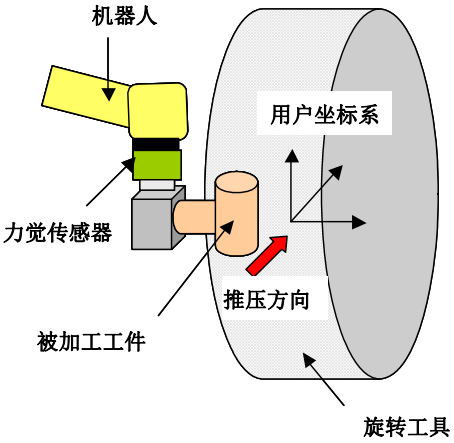


图 3.5.7.2(c)　基于用户坐标系的控制

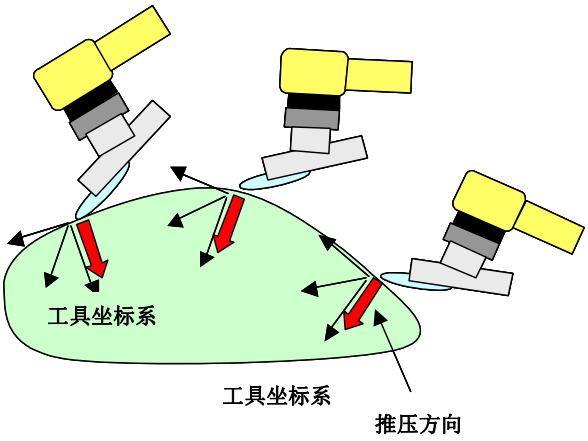


图 3.5.7.2(d)　基于工具坐标系的控制

示教点处的姿势

研磨和磨削时，工具和工件始终以相同的姿势接触极为重要。在图 3.5.7.2(e)的示例中，示教为使得θ1 和θ2 尽量成为相同。

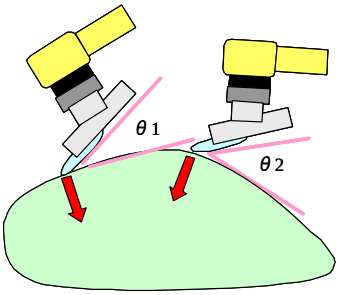


图 3.5.7.2(e)　示教点处的姿势

示教点的设置例

各示教点设置在工具前端相距加工工件表面 1 mm 左右的位置。（图 3.5.7.2(f)）即使示教点离开工件表面，也会因力觉控制的作用而在仿形动作中工具和工件会相互接触。

如果在工具前端接触到加工工件表面的状态下进行示教，则实际的推压力会大于设置值，请予注意。

在对复杂形状的工件进行示教时，需要设置多个示教点。为了获得充分的仿形性能，对于所有的点都尽量正确地进行示教是很重要的。

为了减轻示教所需的工时，提供有最初对比较少的点进行示教，据此慢慢地进行描绘来自动设置正确的示教点的功能。详情请参阅“7　TP 程序自动生成功能”。

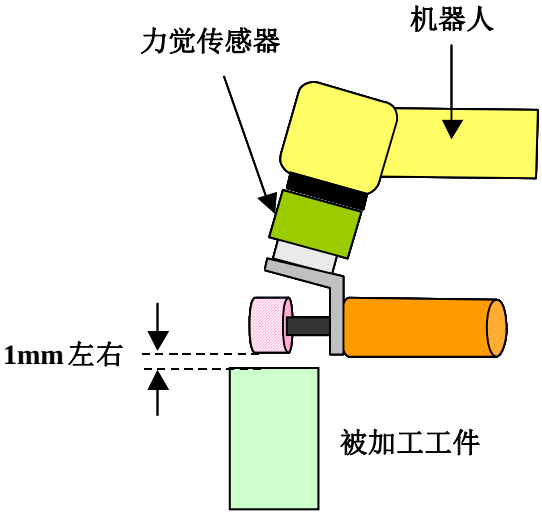


图 3.5.7.2(f)　示教点的设置例

要将各示教点设置在相距工件表面尽量离开相同距离的位置。
如图 3.5.7.2(h) 所示，从仿形开始点至后续的示教点的方向与推压方向相同或者接近推压方向时，接触时会施加过大的力。如图 3.5.7.2(g) 所示，也要使得仿形开始点与其它示教点离开相同的距离。

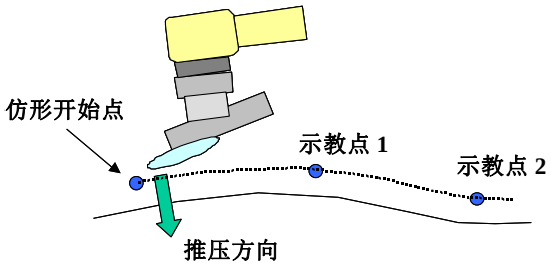


图 3.5.7.2(g) 好的例子

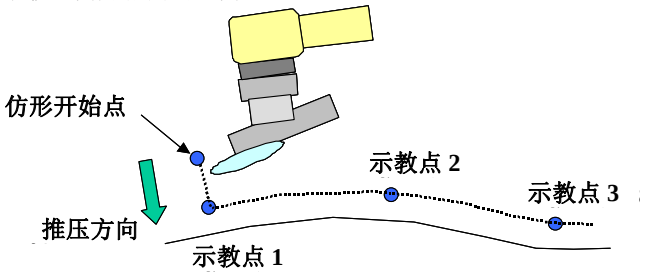


图 3.5.7.2(h) 不好的例子

从仿形开始点接触

从仿形开始点的接触方法有两种。一种是如图 3.5.7.2(i)所示，如果开始仿形，行进方向和推压方向就会同时开始运动的方法，另外一种是如图 3.5.7.2.(j)所示，先向着推压方向运动，感测到接触后向着行进方向开始运动的方法。（请参阅“3.5.7.6 参数”的“开始行进于”）
图 3.5.7.2(i)的方法中，在自开始点起的短暂时间内，不会与工件表面接触。不接触的距离 d，受到自开始点至工件表面的距离 h、接近速度 Va（在“3.5.7.6 参数”项中说明）、行进方向的速度 V 的影响。
h 和 V 的值越大，d 将越长；Va 的值越大，d 将越短。请预测不接触的距离 d 来确定开始点的位置。
工具接触到工件表面后，机器人一边保持设置的作用力一边移动。

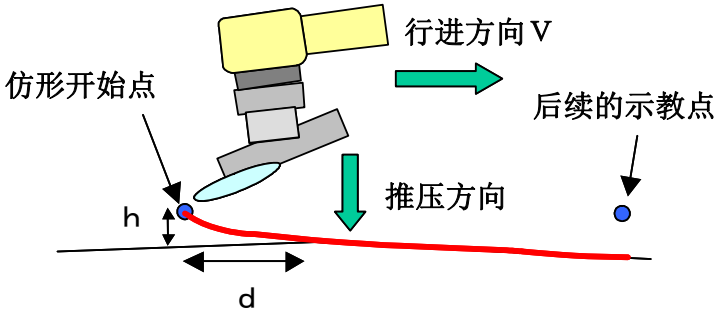


图 3.5.7.2(i) 自仿形开始点向着行进方向和推压方向同时运动

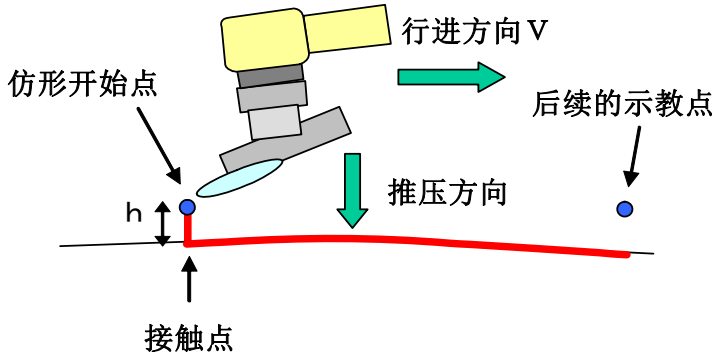


图 3.5.7.2(j) 自仿形开始点首先向着推压方向运动，接触后向着行进方向运动

3.5.7.3 力觉传感器的重力补偿

对于力觉传感器不仅施加工具和工件之间作用的力，而且还施加重力。仿形中如果机器人前端的姿势发生变化，作用于力觉传感器的重力也会变动。对这部分变动进行补偿，正确求得工具与工件之间实际作用的力之操作，叫做力觉传感器的重力补偿。
如果不进行重力补偿就无法求得正确的推压力，因而如果施加设置值以上的力，或工具和工件相互离开，将会导致磨削和研磨的性能恶化。
在图 3.5.7.1(a) 所示的工具抓住的情况下，务必在力觉传感器的前端安装了工具的状态下进行重力补偿；在图 3.5.7.1(b) 所示的工件抓住的情况下，务必在力觉传感器的前端安装机械手抓住工件的状态下进行重力补偿。

为了进行重力补偿，需要求取位于取力觉传感器前端的工具或者工件的质量和重心位置。提供有自动地对这些值进行计算的功能。有关此功能的使用法，请参阅“6 工具质量和重心位置测量功能”。

> 注释
> 此重力补偿，用于对力觉传感器上所施加的重力进行补偿。其对力觉控制以外的动作性能不会产生影响。

3.5.7.4 程序

仿形功能中使用参数表数据中的“仿形”和“仿形结束”。
在开始仿形动作的点之后，设置“仿形命令”，在结束仿形的点之后，设置“仿形结束命令”。
但是，“仿形”以及“仿形结束”功能中，即使在执行中发生错误，也无法跳转至所设置的错误标签编号。

```
TEST

  1:J @P[1:START] 100% FINE
  2:  FORCE CTRL[1: 仿形]
   :  ErrorLBL[0]
  3:C @P[2]
   :   P[3] 50mm/sec CNT100
  4:J @P[4:END] 50msec FINE
  5:  FORCE CTRL[2: 仿形结束]
   :  ErrorLBL[0]
[END]
```

图 3.5.7.4 程序例

上例中，仿形动作从程序的位置 1 开始，经由位置 2 和 3 附近，在位置 4 的附近结束。仿形中，由于工具和加工工件一边接触一边运动，因而会成为与示教点稍许偏离的轨道。

有关仿形中的推压力等设置方法，请参阅“3.5.7.6 参数”项。

3.5.7.5 仿形功能的注意事项

仿形动作中如果发生报警和急停等情况，则会按如下所示方式动作。
此时，磨床和外围设备的停止等操作，在仿形功能下不会进行，请通过系统予以应对。

仿形动作中发生了错误的情形
1 仿形动作中断，机器人停止。
2 TP 上显示“FORC-279：仿形异常中止”的信息。
3 如果在排除错误的原因后，进行复位，机器人就会通常的位置控制下动作。要重新开始仿形动作，请从“FORCE CTRL”(力觉控制)命令重新操作。

仿形动作中进行了急停的情形
1 仿形动作中断，机器人停止。
2 TP 上显示“FORC-211：伺服错误”和“FORC-279：仿形异常中止”的信息。
3 如果进行复位，机器人就会在通常的位置控制下动作。要重新开始仿形动作，请从“FORCE CTRL”命令重新操作。

仿形动作中进行了暂时停止（保持）的情形
1 机器人停止。
2 重新开始后，仿形动作继续。
3 如果在暂时停止后从别的行执行，则仿形动作中断，TP 上显示“FORC-279：仿形异常中止”的信息。

仿形动作中执行了点动的情形
1 仿形动作中断。
2 TP 上显示“FORC-279：仿形异常中止”的信息。
3 机器人在通常的位置控制下进行点动动作。要重新开始仿形动作，请从“FORCE CTRL”命令重新操作。

仿形动作中执行了后退的情形

1 仿形动作中断。
2 TP 上显示“FORC-279：仿形异常中止”的信息。
3 之后，机器人在通常的位置控制下动作。要重新开始仿形动作，请从“FORCE CTRL”命令重新操作。

3.5.7.6 参数

概要

“仿形”的参数

图 3.5.7.6 (a)中示出“仿形”的参数。但是，3 轴力觉传感器专用设置，只有在使用 3 轴力觉传感器时在基本参数设置画面上显示。务必设置基本参数设置画面上的参数。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

```
                    2
1 搜索
2 相位搜索
3 孔搜索
4 离合器搜索
5 四棱柱装配
6 仿形
7 仿形结束
8 －下页--
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    1/11
 参数表[6]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 仿形
 2 注释              : [                ]
 3 推压方向                    工具: -Z
 4 接触力阈值          :     10.00 N
 5 接近速度            :      1.00 mm/s
 6 控制坐标系        : 工具坐标系
 7 用户坐标系编号              UF:  0
 8 工具坐标系编号              TF:  1
 9 推压力              :     50.00 N
10 推压距离上限        :     50.00 mm
11 力觉控制增益        :         详细

[ 类型 ]   组     编号 [ 选择 ]  高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

3 轴力觉传感器专用设置画面

```
........
 11 3 轴力觉传感器接触点位置      : 工具
 12   设置方法              : 坐标系
 13   [-]位置寄存器编号  :            0
 14   [-]距离            :        0.0 mm
........
```

力觉控制/增益画面

```
力觉控制/增益
                                    1/1
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 仿形
 1 仿形阻抗            : [主控频率      ]

[ 类型 ]  组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面(1/2)

```
力觉控制/高级
                                    1/58
 参数表[6]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 仿形
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数            :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 用户坐标系补偿          :  OFF
 8 最小误差方向       : 无
   力的上限
 9  X:  500.00 Y:  500.00 Z:  500.00 N
10  W:   50.00 P:   50.00 R:   50.00N*m
   力变化的上限
11  X:  200.00 Y:  200.00 Z:  200.00 N
12 推压方向速度          :     0.00 mm/s
13 开始行进于          : 接触前
14 过载检查 行进速度变化开关    : OFF
15   监控力                :  行进方向
16   最小力                :    2.00 N
17   最大力                :    8.00 N
18   最小速度比率          :      1.00 %
19 过载力检测开关          :   OFF
20   输出数值寄存器编号  :            0
21   监控力                :  行进方向
22   过载力判断阈值        :   30.00 N
23 推压方向运动无效化开关:   OFF
24   输入数值寄存器编号  :            0
25 推压力变化开关          :   OFF
26   最小速度              :     2.0 mm/s
27   最大速度              :    50.0 mm/s
28 推压方向自动变化      : OFF
29 推压力检查 行进速度变化开关: OFF
30   最小力比率                :   5.0 %
31   最大力比率                :  70.0 %
32   最小速度比率              :  1.00 %

[ 类型 ]   组     编号  [ 选择 ]  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.7.6 (a) “仿形”的画面(1/2)

高级参数设置画面(2/2)

```
力觉控制/高级
                                    49/58
 33 最小推压力监控开关      :    OFF
 34    最小力比率           :       10.0 %
 35    监控时间             :      1.0 sec
 36 推压方向深度监控开关    :  OFF
 37    监控运动输入数值寄存器编号:      0
 38    监控运动输出数值寄存器编号:      0
 39    最终深度             :       2.0 mm
 40    单次加工最大深度     :       0.5 mm
 41    最多重复次数         :          10
 42    监控区域比率         :      80.0 %
 43 力降噪开关              :    OFF
 44 出错时信号输出开关       : OFF
 45    输出信号类型         :    DO
 46    输出信号编号         :       0
 47 第 2 方向推压            :    OFF
 48    第 2 推压方向                : -Z
 49    第 2 推压力          :     10.00 N
 50    第 2 接近速度        :      0.00 mm/s
 51    第 2 推压速度        :      0.00 mm/s
       第 2 推压距离上限(个别)
 52     X:OFF      Y:OFF      Z:OFF
 53     X:    10.0 Y:    10.0 Z:    10.0 mm
 54 平面匹配            OFF:      设置
 55 自动仿形            OFF:      设置
 56 TP 程序自动生成开关 :      OFF
 57    TP 程序自动生成参数表编号 :     0
 58    位置取得条件 :          接近后

[ 类型 ]   组      编号 [ 选择 ]  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

仿形/平面匹配画面

```
仿形/平面匹配
                                     1/9
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 仿形
 2 注释              : [                ]
 3 平面匹配开关            :  OFF
 4   平面匹配方向:      W: OFF  P: OFF
     从轴到接触点的距离          :
 5              W:   0.0  P:   0.0  mm
     平面匹配最大旋转速度            :
 6              W:  1.0   P:  1.0 deg/s
     从接触开始到平面匹配的时间上限  :
 7                              20.0 sec
 8   姿势变化检查开关 :          ON
 9    姿势变化上限          :   30.0 deg

[ 类型 ]   组      编号 [ 选择 ]  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

仿形/自动仿形画面

```
仿形/自动仿形
                                     1/14
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 仿形
 2 注释              : [                ]
 3 自动仿形开关          : OFF
 4   推压方向相对于行进方向  : 向左
     移动上限              :
 5    1: 从接触开始的距离:     100.0 mm
 6    2: 总移动距离       :    100.0 mm
 7    3: 总移动时间       :     20.0 sec
 8   指定结束位置         : 无
 9    位置寄存器编号      :           0
10    结束位置阈值        :      0.0 mm
11   输入接近方向角度的寄存器编号:   0
12   到达移动上限时正常结束  :  无
13   用数值寄存器结束     :  OFF
14    结束用数值寄存器编号:          0

[ 类型 ]   组      编号 [ 选择 ]  基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.7.6 (b)　“仿形”的画面(2/2)

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 GFS： 111”

“仿形结束”的参数

下面示出“仿形结束”的画面，但是注释以外无需进行设置。

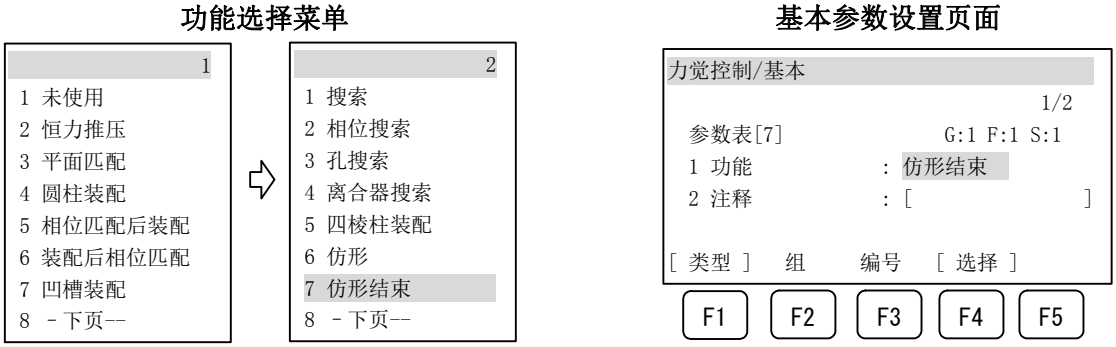


图 3.5.7.6(c) “仿形结束”的画面

参数设置和调整

要使用仿形功能，需按如下所示方式设置参数。

1 设置基本参数设置画面上的参数。

a) 设置“控制坐标系”。
选择工具坐标系或用户坐标系的任何一方。
请参阅“3.5.7.2 仿形功能中的示教”项。

b) 设置“工具坐标系编号”、“用户坐标系编号”。
设置仿形中使用的工具坐标系的编号和用户坐标系的编号。

c) 设置“推压方向”。
将“控制坐标系”的±X、±Y、±Z 的任何一个设为推压方向。

d) 设置“推压力”和“接触力阈值”。
根据所使用的磨床、进行加工的工件材质等，适当的推压力不同。弄不清适当的值时，从 5.0 N~10 N 左右的较小的值开始每次少许增大值，求出适当的值。
接触力阈值要设置为推压力以下的值。

e) 设置“接近速度”。
接近速度是自仿形的开始点直至接触向推压方向行进的速度。如果增大此值则可缩短直至接触的时间，但是在接触的一瞬间会施加大于设置值的外力而恐会导致过度切削。

f) 设置“推压距离上限”。
仿形中从所示教的轨道向着稍许离开推压方向的位置运动。指定能够向推压方向运动的最大值。超过此值运动时，机器人会发出报警而停止。

g) 设置“力觉控制增益”。
仿形功能下无法执行力觉控制增益自动调整（见“3.10.2”项），因而请手动进行设置。力觉控制增益值越大，相对于仿形动作中的工件表面的跟踪性能越高。
有关设置方法，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。从 0.5 Hz 左右每次以 0.25 Hz 左右的刻度逐渐增大主控频率值。一旦稍微出现类似振动的动作，请勿将增益增大到此值以上。

2 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。
有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。

[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.7.6(a) 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这里选择“仿形”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 推压方向

向所设置的控制坐标系中的哪个方向推压。
“标准值：-Z”
推压方向的设置值之前的显示表示以下内容：
自动变化：高级参数设置画面的“推压方向自动变化”有效
工具　　：基本数据的“控制坐标系”为工具坐标系
用户　　：基本数据的“控制坐标系”为用户坐标系

4 接触力阈值

用来判断与作业对象发生接触时的作用力的阈值。实际的仿形动作在发生接触后开始，请将其设置为“推压力”以下的值。
“标准值：10 N”

5 接近速度

直至接触到作业对象的相对于推压方向的目标动作速度。如果增大此值则可缩短直至接触的时间，但是在接触的一瞬间会施加大于设置值的外力而恐会导致过度切削。
“标准值：1 mm/sec”

6 控制坐标系

选择在工具坐标系中进行推压，还是在用户坐标系中进行推压。对于被固定的磨床和抛光轮，始终一边向着相同的方向推压抓住工件一边进行研磨时，选择用户坐标系。在推压方向时时刻刻变化的应用中选择工具坐标系。此外，在诸如远程 TCP 那样，在一边以与被固定在工具上的某 1 点接触的方式改变工件姿势一边进行推压时，选择用户坐标系固定。
“标准值：工件坐标系”

7 用户坐标系编号

在仿形中使用的用户坐标系的编号。请输入按照“3.2　示教的步骤”而设置的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

8 工具坐标系编号

在仿形中使用的工具坐标系的编号。请输入按照“3.2　示教的步骤”而设置的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

9 推压力

进行推压动作时的目标推压力。目标推压力如果在使用仿形执行中变更推压力的功能（见 3.5.7.7“仿形功能的其它功能”之（ 1 ））等，则会被改变。
“单位：N”

10 推压距离上限

仿形中从所示教的轨道稍许离开也向着推压方向运动。指定能够向推压方向运动的最大值。
超过此值运动时，机器人会发出报警而停止。
“标准值：50 mm”

[非 3 轴力觉传感器基本功能的情形]

11 力觉控制增益

手动设置此值。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[3 轴力觉传感器基本功能的情形]

如下的“3 轴力觉传感器接触点位置”～“距离（3 轴力觉传感器接触点）”是 3 轴力觉传感器特有的设置项目。“3.9 3 轴力觉传感器的设置”中也有使用概念图的说明，请结合参阅。

11 3 轴力觉传感器接触点位置（3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，用来将作为接触点的位置设置为与机器人一起移动，或者固定于空间的参数。

3 轴力觉传感器检测 Fz、Mx、My，但是 3 轴力觉传感器功能，则进一步根据作为接触点的位置，推算 Fx、Fy、Mz。这里，设置将此接触点作为机械接口坐标系上的值，或者将其作为世界坐标系上的值。

各选择项的含义如下所示：

工具：

从世界坐标系上看时，使得接触点的位置如同工具坐标系原点那样与机器人的移动一起移动。将机械接口坐标系上的、由后述的参数赋予的值作为接触点的位置。

用户：

从世界坐标系上看时，将接触点的位置如同用户坐标系原点那样作为固定的位置。将世界坐标系上的、由后述的参数赋予的值作为接触点的位置。

12 设置方法（3 轴力觉传感器接触点）（3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，指定作为接触点的位置的确定方法。

如下的坐标系和位置寄存器值，与参数表数据的其他参数一样，使用力觉控制开始时被设置的值。

各选择项的含义如下所示：

坐标系：

“3 轴力觉传感器接触点位置”为工具时，将由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的工具坐标系的原点值作为接触点的位置。“3 轴力觉传感器接触点位置”为用户时，将由基本数据的“用户坐标系编号”所指定的用户坐标系的原点值作为接触点的位置。此时的用户坐标系，在高级数据的“用户坐标系补偿”有效时，使用经过补偿的值。

位置寄存器：

将执行力觉控制命令时的、由后述的“位置寄存器编号”所指定的位置寄存器的 X, Y, Z 的值作为接触点的位置。

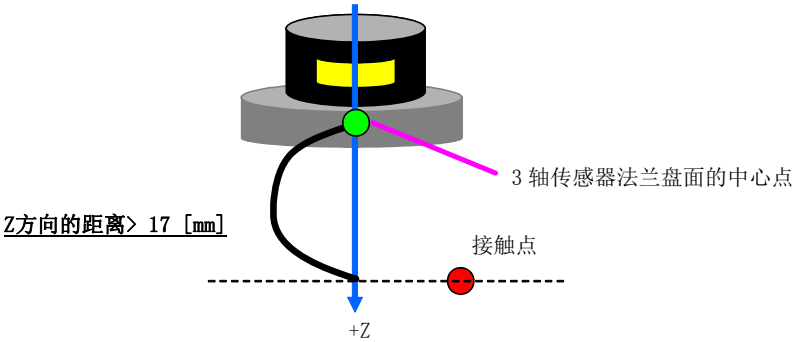
“3 轴力觉传感器接触点位置”为工具时，将机械接口坐标系上的、位置寄存器值的位置作为接触点的位置。“3 轴力觉传感器接触点位置”为用户时，将世界坐标系上的、位置寄存器值的位置作为接触点的位置。

推压方向变换：

“3 轴力觉传感器接触点位置”为工具时，对于由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的工具坐标系的原点位置，将向着由基本数据的“推压方向”所指定的方向只移动了后述的“距离”mm 的位置值作为接触点的位置；或者在高级数据的“推压方向自动变化”有效时，将向着已被更改的推压方向只移动了后述的“距离”mm 的位置值作为接触点的位置。

“3 轴力觉传感器接触点位置”为用户时，对于由基本数据的“用户坐标系编号”所指定的用户坐标系的原点位置，将向着由基本数据的“推压方向”所指定的方向只移动了后述的“距离”mm 的位置值作为接触点的位置；或者在高级数据的“推压方向自动变化”有效时，将向着已被更改的推压方向只移动了后述的“距离”mm 的位置值作为接触点的位置。

力觉控制中，接触点与 3 轴力觉传感器的法兰盘中心点的 Z 方向（力觉传感器本体上标明了此方向）的距离必须大于 17mm。此距离因机器人动作而变动时，特别要予以注意。



（力觉传感器上标明了此方向）

13 位置寄存器编号（3 轴力觉传感器接触点）（3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，将前述的“设置方法”设置为位置寄存器时使用的位置寄存器的编号。

14 距离（3 轴力觉传感器接触点）（3 轴力觉传感器基本功能的情形）

利用 3 轴力觉传感器功能，将前述的“设置方法”设置为推压方向变换时使用的距离。
“单位：mm”

15 力觉控制增益（3 轴力觉传感器基本功能的情形）

手动设置此值。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。有关可从此画面进行设置的参数，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。

[高级参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.7.6(a) 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。这里选择“仿形”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

4 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

5 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

6 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

7 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
“标准值：OFF”

8 最小误差方向

只有在将基本参数设置画面的“控制坐标系”设为工具坐标系时才有意义的参数。仿形中少许离开所示教的轨道而运动，但是有关推压方向以外的一个方向，则可使其沿着所示教的轨道运动。指定该方向。
“标准值：无”

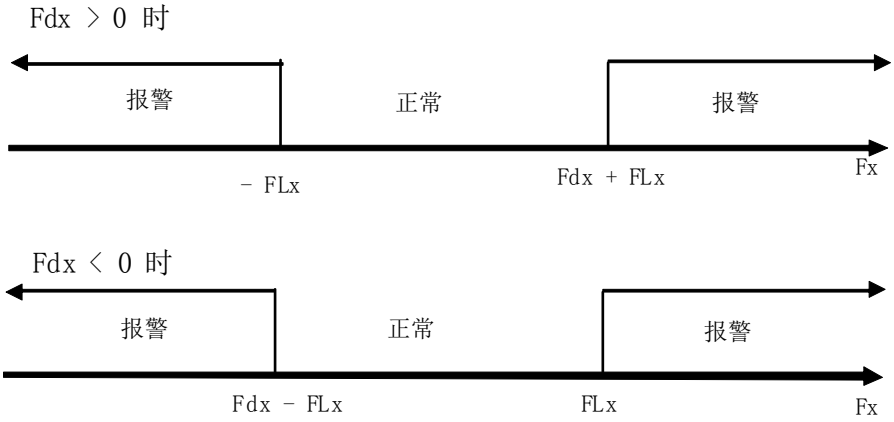
9 力的上限
10

发生的力满足下式时会发出报警（FORC-216 - FORC-221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。就 X, Y, Z 这 3 个方向的力和 W, P, R 这 3 个方向的力矩予以设置。
“单位：N, N*m”
譬如，就 X 方向示出如下：

$Fx < -FLx$ 或者 $Fx > Fdx + FLx$ （$Fdx > 0$ 时）
$Fx > FLx$ 或者 $Fx < Fdx - FLx$ （$Fdx < 0$ 时）

Fx ： 推压中或者平面匹配中发生的力（X 方向）
FLx ： 力的上限的 X 分量
Fdx ： X 方向的目标力

推压方向为“X” 或 “-X”时， Fdx 为“推压力”；除此以外时，Fdx = 0。
有关 Y, Z, W, P, R，同样的关系也成立。



11 力变化的上限

发生的力的变化值如果超过此值，则会发出报警。在从安装在机器人上的磨床和螺母自动紧固装置等上受到过大的外力时、和力觉控制增益过大而机器人振荡时容易发生报警。首先请排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。对于 X, Y, Z 这 3 个方向的力进行设置。
“单位：N”

12 推压方向速度

推压方向的速度指令。通常为 0 不成问题，但是在工件的曲率大而在仿形动作中工件与工具离开的情况下，设置 1 mm/sec 至 10 mm/sec 左右的值。
“标准值：0 mm/sec”

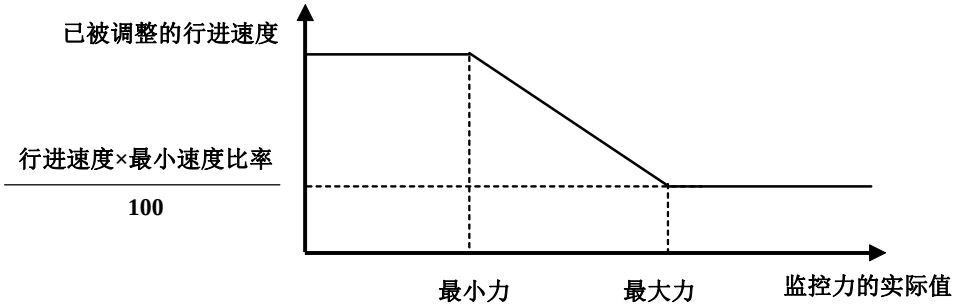
13 开始行进于

设置仿形的开始动作。如果在接触前开始，则设置为“接触前”；如果在接触后开始，则设置为“接触后”。请参阅图 3.5.7.2(i)和图 3.5.7.2(j)。
“标准值：接触前”

14 过载检查 行进速度变化开关

根据发生的力调整行进速度的功能开关。此过载检查行进速度变化功能，根据所发生的力减小行进速度，以免在工具和工件上造成过载。此外，只有在负荷较大的情况下放慢行进速度，因而可以在总体上缩短循环时间。
“标准值：OFF”

根据“最小力”、“最大力”、“最小速度比率”和实际发生的力，按如下所示方式，计算已被调整的速度指令。



15 监控力（过载检查行进速度变化）

利用过载检查行进速度变化功能进行监控的监控力的种类。如果是“合力”，则是从 X, Y, Z 方向施加的力的合力；如果是“X, Y, Z”，则是“控制坐标系”中从 X, Y, Z 各方向施加的力；如果是“行进方向”，则是从行进方向施加的力。

16 最小力（过载检查行进速度变化）

利用过载检查行进速度变化功能进行监控的监控力大小比此值小时，不调整行进速度。
“标准值：2.0 N”

17 最大力（过载检查行进速度变化）

利用过载检查行进速度变化功能进行监控的监控力大小在此值以上时，根据由后述的“最小速度比率”（过载检查行进速度变化）所设置的比率来放慢行进速度。监控力大小在“最小力”以上、未满“最大力”时，根据力大小调整行进速度。
“标准值：8.0 N”

18 最小速度比率（过载检查行进速度变化）

利用过载检查行进速度变化功能，将调低行进速度时的最低速度作为动作中的行进速度×最小速度比率 / 100。
将要此值设为 0.001 以上 100 以下。
“标准值：1 %”

19 过载力检测开关

对所发生的力大小和阈值进行比较，向指定的寄存器持续输出值的功能开关。过载力检测功能中，通过同时使用高速跳过功能，预先监视该寄存器的值，可检测已发生过载力的情况而执行别的命令。
“标准值：OFF”

20 输出数值寄存器编号（过载力检测）

利用过载力检测功能输出值的、寄存器的编号。发生的力在后述的“过载力判断阈值”以上时，将所指定的寄存器的值设为 1；除此以外时将其设为 0。

21 监控力（过载力检测）

利用过载力检测功能进行监控的监控力的种类。如果是“合力”，则是从 X, Y, Z 方向施加的力的合力；如果是“X, Y, Z”，则是“控制坐标系”中从 X, Y, Z 各方向施加的力；如果是“行进方向”，则是从行进方向施加的力。

22 过载力判断阈值（过载力检测）

利用过载力检测功能检测出所发生的力如果在此值以上，则向所指定的寄存器输出 1；如果未满此值，则输出 0。
“标准值：30 N”

作为“过载力检测功能”的应用例，这里在图 3.5.7.6(c)中示出使用“过载力检测功能”和高速跳过命令，在与已知大小在某种程度以下的障碍物碰撞时，用来尽快予以规避而运动的 TP 程序例。（此例中，也使用后述的“推压方向运动无效化功能”，以免在规避障碍物的动作中向推压方向运动）

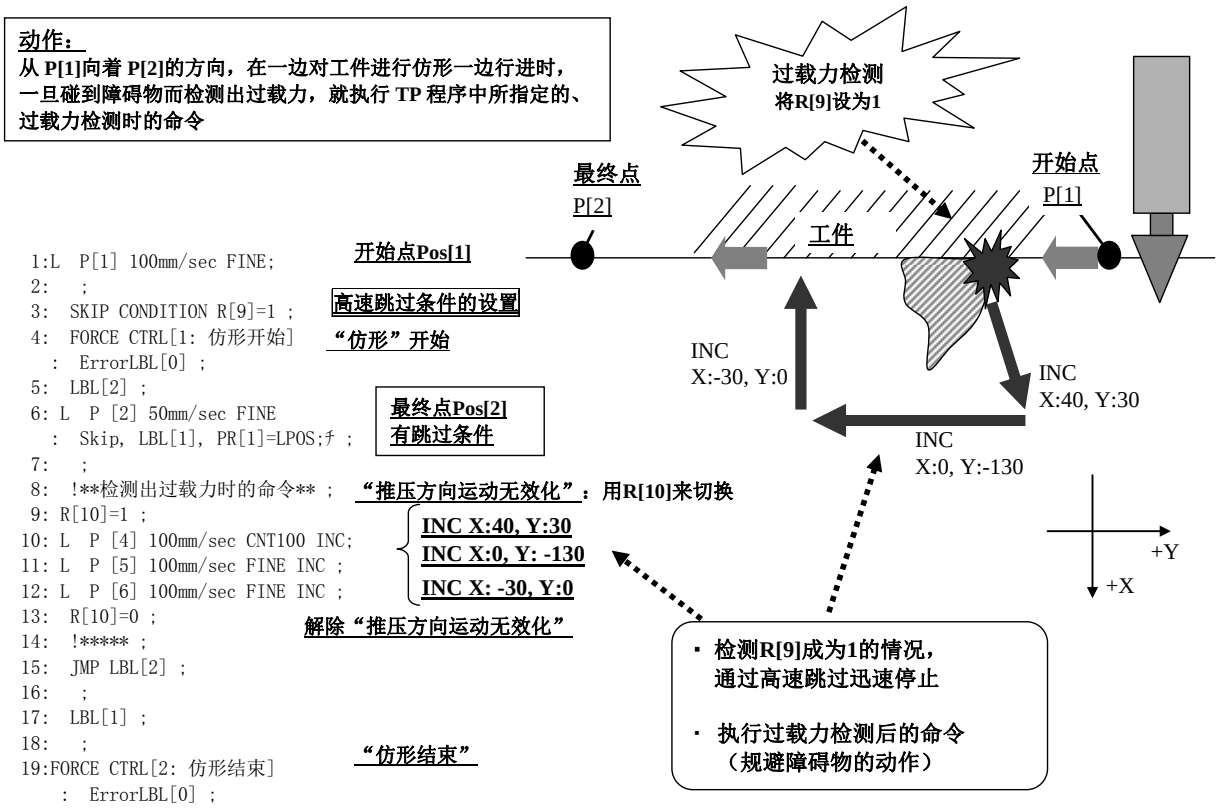


图 3.5.7.6(d) 组合了“过载力检测功能”和高速跳过命令的 TP 程序例

23 推压方向运动无效化开关

在执行仿形功能时，根据寄存器的值，将通过力觉控制向着推压方向运动的作用暂时无效化的功能开关。

“标准值：OFF”

24 输入数值寄存器编号（推压方向运动无效化）

如果利用推压方向运动无效化功能，将此寄存器编号的、寄存器的值设为 1，则可使得通过力觉控制向着推压方向运动的作用无效化。

25 推压力变化开关

根据行进速度来调整推压力的功能开关。在推压力变化功能下，行进速度慢时，减小作为目标的推压力。

“标准值：OFF”

26 最小速度（推压力变化）

在行进速度小于此值时，利用推压力变化功能，尽量减小推压作用。

“标准值：2 mm/sec”

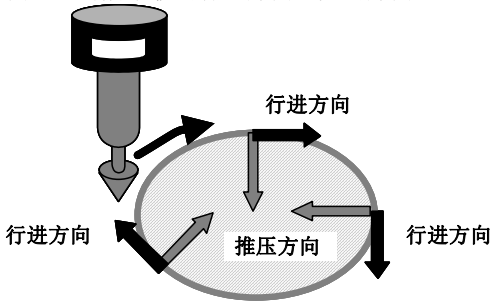
27 最大速度（推压力变化）

行进速度在此值以上时，推压力变化功能不会改变推压力的目标值。行进速度在“最小速度”以上、未满“最大速度”时，根据行进速度，减小作为目标的推压力。

“标准值：50 mm/sec”

28 推压方向自动变化

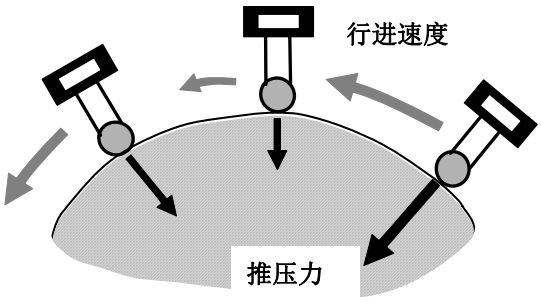
根据行进方向，自动改变推压方向的功能开关。
为了保持仿形开始时的推压方向和行进方向的关系，根据工具坐标系原点的运动而自动改变推压方向。此时的推压方向，是与所示教的行进方向正交的方向。



此功能受到如下的制约：
指定的工件平面是用户坐标系的 X-Y 平面。
基本数据的“控制坐标系”是用户坐标系。
基本数据的“推压方向”是±X、±Y 的任何一方。
请勿使仿形开始时的推压方向和行进方向平行。
请勿进行仿形开始前以及仿形动作中的、3.5.7.7 (1) 的推压力变更。
请勿进行仿形开始前以及仿形动作中的、3.5.7.7 (2) 的控制坐标系变更。
无法与如下功能并用：
力觉控制命令的连续执行（自定义功能）
与如下功能并用而执行仿形功能时，无法从暂时停止重新开始：
推压力检查行进速度变化功能
推压方向深度监控功能
使用此功能时，4.3 的力觉数据日志功能的数据如下所示：
“推压方向”为±X 时，Fx：推压方向的力、Fy：行进方向的力、Fz：用户坐标系 Z 方向的力
“推压方向”为±Y 时，Fx：行进方向的力、Fy：推压方向的力、Fz：用户坐标系 Z 方向的力
即使在执行此功能的情况下，高级数据的“力的上限”、过载检查行进速度变化功能、过载力检测功能的、X、Y、Z 方向根据用户坐标系进行。
利用此功能时，推压方向在内部被改变，因而在此功能动作中，推压方向会与基本数据的“推压方向”的设置不同，请予注意。
“标准值：OFF”

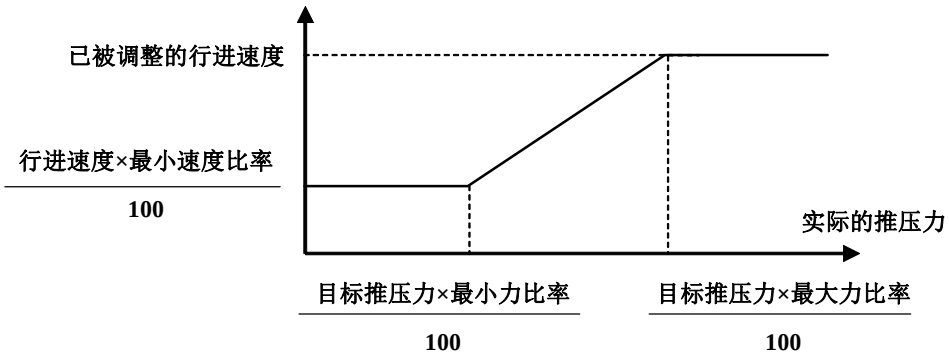
29 推压力检查行进速度变化开关

实际的推压力小于目标推压力时，根据推压方向的力调整行进速度的功能开关。此推压力检查行进速度变化功能，在推压方向的力较小时，可通过减小行进速度，进行推压的确认，以免工件和工具从推压方向偏离。



此功能受到如下的制约：
功能有效，是在工件与目标物接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后）。接触前不进行对应推压方向的力的行进速度的调整。
禁止与以下功能并用：
推压方向运动无效化功能
推压力变化功能
推压方向深度监控功能
“标准值：OFF”

根据“最小力比率”、“最大力比率”、“最小速度比率”和实际产生的推压力，按如下所示方式，计算已被调整的速度指令。



30 最小力比率（推压力检查行进速度变化）

在实际的推压力小于目标推压力×“最小力比率”/100 时，利用推压力检查行进速度变化功能，根据由后述的“最小速度比率”（推压力检查行进速度变化）设置的比率放慢行进速度。
“标准值：5 %”

31 最大力比率（推压力检查行进速度变化）

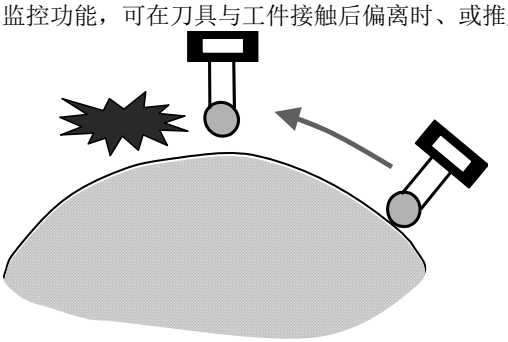
实际的推压力在目标推压力×“最小力比率”/100 以上、且小于目标推压力×“最大力比率”/100 时，利用推压力检查行进速度变化功能，根据“最小力比率”、“最大力比率”、后述的“最小速度比率”，放慢行进方向的速度。实际的推压力在目标推压力×“最大力比率”/100 以上时，不调整行进速度。“标准值：70 %”

32 最小速度比率（推压力检查行进速度变化）

利用推压力检查行进速度变化功能，将调低行进速度时的最低速度设为动作中的行进速度×最小速度比率 / 100。
将要此值设为 0.001 以上 100 以下。
“标准值：1 %”

33 最小推压力监控开关

监控推压力是否已变小的功能开关。在推压力在通过后述的“监控时间”所指定的时间内连续，小于由后述的“最小力比率”（最小推压力监控）所指定的值时，发出报警并使得机器人的移动动作停止。通过此最小推压力监控功能，可在刀具与工件接触后偏离时、或推压力不充分时，使得机器人停止。



此功能受到如下的制约：

功能有效，是在工件与目标物接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后）。接触前不进行推压力的监视。

禁止与以下功能并用：

推压方向运动无效化功能
推压力变化功能
推压方向深度监控功能

“标准值：OFF”

34 最小力比率（最小推压力监控）

利用最小推压力监控功能，将推压力、和目标力×“最小力比率”/100 的值进行比较。

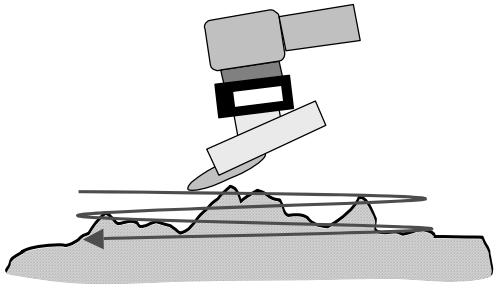
“标准值：10 %”

35 监控时间（最小推压力监控）

在推压力在此“监控时间”[sec]以上连续地小于目标力×“最小力比率”（最小推压力监控）/100 时，利用最小推压力监控功能，发出报警并使得机器人的移动动作停止。
“标准值：1 sec”

36 推压方向深度监控开关

为了避免超过推压方向上所指定的深度行进，并对是否已经到达指定深度进行监控的功能开关。此推压方向深度监控功能，对于诸如铸件毛刺的粗削那样，以通过加工工具将工件切削至指定深度为目的的应用为对象。



此推压方向深度监控功能，通过进行深度监控动作、以及是否已经到达指定深度的结果判定，以避免超过指定深度而行进，并可确认是否已经到达指定深度。
请设置“仿形”的参数，并在 TP 程序中设置为向由“监控运动输入数值寄存器编号”所指定的寄存器输入值而切换深度监控动作，根据向由“监控运动输出数值寄存器编号”所指定的寄存器输出的结果来改变处理。
深度监控动作包括“开始”、“继续”、“结束”的动作。通过指定此动作，进行深度监控动作的切换、和结果判断的输出。也请参阅图 3.5.7.6(e)、图 3.5.7.6(f) 的 TP 程序例。

- 关于深度监控动作的“开始”、“继续”、“结束”
  - 使用寄存器，指定深度监控动作的“开始”、“继续”、“结束”。
  - 用来设置深度监控动作的寄存器的编号，由“监控运动输入数值寄存器编号”来指定。
  - 在由“监控运动输入数值寄存器编号”所指定的寄存器中，如果是“开始”则输入“1”，如果是“继续”则输入“2”，如果是“结束”则输入“3”。
  - 开始深度监控动作时，或者从“继续”重新开始时，在由“监控运动输入数值寄存器编号”指定的寄存器中输入表示“开始”的“1”。
  - 在虽然继续深度监控动作但输出结果判断时，向由“监控运动输入数值寄存器编号”所指定的寄存器输入表示“继续”的“2”。
  - 在结束深度监控动作，输出结果判断时，向由“监控运动输入数值寄存器编号”所指定的寄存器输入表示“结束”的“3”。另外，在执行“仿形结束”时，或者中断“仿形”时，深度监控动作结束。
- 关于结果判断
  - 结果判断中，在从“开始”到“继续”或者“结束”的期间，判断是否已到达由“最终深度”所指定的深度。
  - 深度是指推压方向的距离。
  - 结果判断中，以 TP 程序中设置的轨道为基准，在实际移动的轨道中，已到达“最终深度”的部分在“监控区域比率”以上时，判断为 OK；未满该值时，判断为 NG。
  - 用于输出结果判断的寄存器的编号，由“监控运动输出数值寄存器编号”来指定。
  - 在由“监控运动输出数值寄存器编号”所指定的寄存器中，如果结果为 OK 就输出“1”，如果结果为 NG 就输出“2”。
- 关于深度监控动作
  - 深度监控动作中，使得向推压方向移动的位置不超过指定的深度。
  - 在不超过指定深度的动作中，包括有避免超过“单次加工最大深度”的动作、和避免超过“最终深度”的动作。
  - “单次加工最大深度”，是在单次加工动作中避免超过的深度。
  - 单次加工动作，是指从“开始”到“继续”或者“结束”的动作。
  - “单次加工最大深度”，如果是“继续”之后的动作，则以上次最浅的部分为基准。
  - “最终深度”是在深度监控动作中避免超过的深度。
  - 要将“单次加工最大深度”设置为不大于“最终深度”。

- 在推压方向的深度到达“单次加工最大深度”或者“最终深度”时，避免继续向推压方向行进。如果在与推压方向相反的方向施加了目标推压力以上的力时，此功能使工具向着与推压方向相反的方向移动。
- 如果在“开始”之后指定“继续”，则重复次数增加 1。
- 重复次数增加至“最多重复次数”时，此功能发出报警而使得机器人停止。
- “最多重复次数”如果是“0”，则不进行前述的重复次数确认。
- 在指定了“继续”之后，通过指定“开始”，就会重新开始深度监控动作。

- 此功能受到如下的制约：
  - 将基于 TP 程序的轨道设为作为目标的最终轨道，也就是说，要使其与加工后的目标轨道平行。
  - 对于基于 TP 程序的轨道，要使得推压方向成为正交的方向。
  - 作为没有满足前述条件的 TP 程序，请勿示教为进行规避障碍物等的移动动作，譬如，在深度监控动作中，使用高速跳过，利用增量命令，使其向着包含与此前的推压方向相反方向的分量在内的方向退避，在规避障碍物之后，使其向着包含与此前的推压方向相同方向的分量在内的方向行进。
  - “推压方向深度监控开关”处于 ON 时，即使没有指定深度监控动作的“开始”，在“开始行进于”为“接触后”且没有接触的状态下，在向推压方向移动了“最终深度”以上时，此功能会发出报警而使得机器人停止。
  - 禁止与以下功能并用：
    推压方向运动无效化功能
    力觉控制命令的连续执行（自定义功能）
    推压力检查行进速度变化功能
    最小推压力监控功能
    第 2 方向推压

“标准值：OFF”

37 监控运动输入数值寄存器编号（推压方向深度监控）

利用推压方向深度监控功能，用来设置深度监控动作的寄存器的编号。在由“监控运动输入数值寄存器编号”所指定的寄存器中，如果将深度监控动作设为“开始”则输入“1”，如果将其设为“继续”则输入“2”，如果将其设为“结束”则输入“3”。仿形开始时，指定的寄存器被初始化为 0。

38 监控运动输出数值寄存器编号（推压方向深度监控）

利用推压方向深度监控功能，用来输出结果判断的寄存器的编号。在由“监控运动输出数值寄存器编号”所指定的寄存器中，如果结果为 OK 就输出“1”，如果结果为 NG 就输出“2”。
仿形开始时，指定的寄存器被初始化为 0。

39 最终深度（推压方向深度监控）

利用推压方向深度监控功能，在深度监控动作中避免超过的深度。
“标准值：2 mm”

40 单次加工最大深度（推压方向深度监控）

利用推压方向深度监控功能，在自“开始”至“继续”或者“结束”的动作中避免超过的深度。
“标准值：0.5 mm”

41 最多重复次数（推压方向深度监控）

利用推压方向深度监控功能，在将深度监控动作从“开始”设为“继续”计数为 1 次时，允许的执行次数。

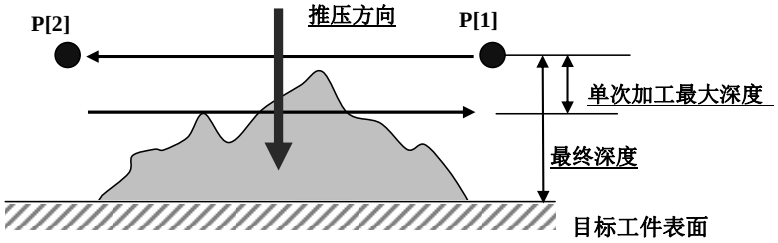
42 监控区域比率（推压方向深度监控）

在基于推压方向深度监控功能的、结果判断中，在移动的轨道中，已到达“最终深度”的部分在“监控区域比率”以上时，判断为 OK；未满该值时，判断为 NG。
“标准值：80 %”

作为“推压方向深度监控功能”的应用例，图 3.5.7.6(e)、图 3.5.7.6(f)中示出使用加工工具切削工件的例子。

动作：

根据 **P[1]**和 **P[2]**的示教位置、“单次加工最大深度”、“最终深度”，一边进行往返移动，一边向着推压方向一直切削到目标工件表面的位置



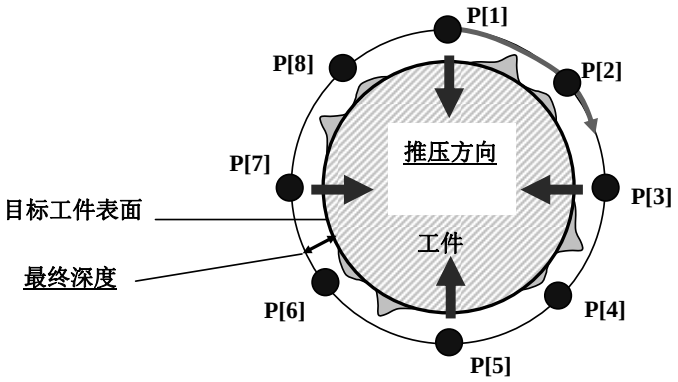
监控运动输入数值寄存器编号: **1**
监控运动输出数值寄存器编号: **2**

```
 9: L P[1] 500mm/sec FINE ;
10:   !***  仿形开始***;
11:   FORCE CTRL[1:  仿形开始] : ErrorLBL[0] ;      //  “仿形”开始
12:   !***  从 P[1]行进到 P[2]***;
13:   LBL[1] ;
14:   R[1:  动作输入]=1 ;            //  开始深度监控动作
15:L P[2] 50mm/sec FINE ;
16:   R [2:  结果输出]=0 ;            //  将结果输出的寄存器设为 0
17:   R[1:  动作输入]=2 ;            //  深度监控动作没有结束，但是输出判定结果
                                                重复次数增加 1
18:   WAIT R[2:  结果输出]<>0 ;  //  等待向寄存器输出结果
19:   IF R[2:  结果输出]=1,JMP LBL[2]            //  若结果为 OK，则结束“仿形”
20:   !***  从 P[2]行进到 P[1]***;
21:   R[1:  动作输入]=1 ;            //  开始深度监控动作
22:L P[1] 50mm/sec FINE ;
23:   R[2:  结果输出]=0 ;            //  将结果输出的寄存器设为 0
24:   R[1:  动作输入]=2 ;            //  深度监控动作没有结束，但是输出判断结果
                                                重复次数增加 1
25:   WAIT R[2:  结果输出]<>0 ;            //  等待向寄存器输出结果
26:   IF R[2:  结果输出]=1,JMP LBL[2] ;            //  若结果为 OK，则结束“仿形”
27:   IF R[2:  结果输出]=2,JMP LBL[1] ;            //  若结果为 NG，则从最初重复操作
28:   !***  仿形结束***;
29:   LBL[2] ;
30:   FORCE CTRL[2: Contouring End] : ErrorLBL[0] ;          //  “仿形结束”
```

图 3.5.7.6(e)　“推压方向深度监控功能”的 TP 程序例 1 (使得直线形状的工件往返移动而进行切削的情形)

动作：

根据自 **P[1]**至 **P[8]**的示教位置、“单次加工最大深度”、“最终深度”，对工件一边进行旋转移动一边向推压方向切削至目标工件表面的位置



监控运动输入数值寄存器编号: **1**
监控运动输出数值寄存器编号: **2**

```
15:L P[1] 100mm/sec FINE ;
16:   !***仿形开始 ***;
17:  FORCE CTRL[1: 仿形开始] : ErrorLBL[0] ;  // “仿形”开始
18:   !*** 围绕着工件从 P[1]行进到 P[1] ***;;
19:  LBL[1] ;
20:  R[1: 动作输入]=1 ;                      // 开始监视深度
21:C P[2]
  :  P[3] 50mm/sec CNT100 ;
22:C P[4]
  :  P[5] 50mm/sec CNT100 ;
22:C P[6]
  :  P[7] 50mm/sec CNT100 ;
22:C P[8]
  :  P[1] 50mm/sec FINE ;
23:  R[2: 结果输出]=0 ;                      // 将结果输出的寄存器设为 0
24:  R[1: 动作输入]=2 ;                      // 深度监控动作没有结束，但是输出判定结果
                                            // 重复次数增加 1
                                            // 等待向寄存器输出结果
25:  WAIT R[2: 结果输出]<>0 ;                // 若结果为 OK，则结束“仿形”
26:  IF R[2: 结果输出]=1,JMP LBL[2] ;
27:  JMP LBL[1] ;
28:  !*** 仿形结束***;
29:  LBL[2] ;                               // “仿形结束”
30:  FORCE CTRL[2: 仿形结束] : ErrorLBL[0] ;/
```

图 3.5.7.6(f) “推压方向深度监控功能”的 TP 程序例 2 (使得圆形状的工件旋转移动而进行切削的情形)

43 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。

是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用磨床等工具时，工具的振动较大的情形

“标准值：OFF”

44 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。
“标准值：OFF”

45 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。
可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

46 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

47 第 2 方向推压

与基本数据的“推压方向”不同的、向第 2 方向的方向推压的功能开关。
如果仿形的其他功能也使用第 2 方向，则将此功能设为有效。
此功能受到如下的制约：

由高级数据的“最小误差方向”所指定的轴、和由后述的“第 2 推压方向”所指定的方向的轴相同时，最小误差方向功能优先于第 2 方向推压。

高级数据的“推压方向自动变化”有效的情形

- 对于第 2 推压方向，请设置±Z。
- 由第 2 推压方向所指定的方向不会被自动变更。

禁止与以下功能并用：

推压方向深度监控功能
仿形执行中变更推压方向的功能

“标准值：OFF”

48 第 2 推压方向（第 2 方向推压）

以所使用的控制坐标系的轴来表示在第 2 方向，向哪个方向推压。请设置与基本数据的“推压方向”不同的轴的值。
高级数据的“推压方向自动变化”有效的情形

- 对于第 2 推压方向，请设置±Z。
- 由第 2 推压方向所指定的方向不会被自动变更。

49 第 2 推压力（第 2 方向推压）

对于第 2 方向的推压方向，进行推压动作时的目标推压力。目标推压力如果在使用仿形执行中变更推压力的功能（见 3.5.7.7“仿形功能的其它功能”之（ 1 ））等，则会被改变。
“单位：N”

50 第 2 接近速度（第 2 方向推压）

直至接触到作业对象的、相对于第 2 方向的推压方向的目标动作速度。如果增大此值则可缩短直至接触的时间，但是在接触的一瞬间会施加大于设置值的力而恐会导致过度切削。
“标准值：0 mm/sec”

51 第 2 推压速度（第 2 方向推压）

接触到作业对象后的、相对于第 2 方向的推压方向的、推压方向的速度指令。通常设为 0 不成问题，但是仿形动作中工件和工具偏离的情况下设置值。
“标准值：0 mm/sec”

52 第 2 推压距离上限(个别) （第 2 方向推压）
53

本功能就所使用的控制坐标系的 X, Y, Z 这 3 个方向，个别监控从所示教的轨道偏移的距离是否在上限值以下。仿形动作中，在与所示教的轨道不同的轨道上移动。针对每个方向，指定设置是否监控此时偏移的距离的开关、和进行监控时允许的上限值。
对于监控有效的方向，偏移量超过指定了的上限值时，机器人发出报警而停止。
“监控开关的标准值 ： X：OFF、Y：OFF、Z：OFF”

54 平面匹配

向设置“仿形”的“平面匹配”功能的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“仿形/平面匹配”画面切换。
但是，M-710iC/20L 或 LRM200iD 以外的机器人、或者 3 轴力觉传感器上不予显示。
“平面匹配”后的显示表示以下内容：

- OFF ：“仿形”的“平面匹配”功能无效
- ON ：“仿形”的“平面匹配”功能有效

详情请参阅如下的[仿形/平面匹配画面]的说明。

55 自动仿形

向设置“仿形”的“自动仿形”功能的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“仿形/自动仿形”画面切换。
但是，LRM200iD 以外的机器人上不予显示。
“自动仿形”后的显示表示以下内容：

- OFF ：“仿形”的“自动仿形”功能无效
- ON ：“仿形”的“自动仿形”功能有效

详情请参阅如下的[仿形/自动仿形画面]的说明。

56 TP 程序自动生成开关

在仿形执行后自动生成 TP 程序的功能开关。第 7 章中说明的、在 KAREL 中执行的“TP 程序自动生成”功能，将此功能叫做“仿形 TP 程序自动生成”功能。

- “TP 程序自动生成开关”处于“ON”时，在仿形动作中接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后）结束仿形动作时，生成 TP 程序。在仿形动作接触前结束时，不生成 TP 程序。如果仿形动作在接触后结束，不管是正常结束还是异常结束，都生成 TP 程序。
- TP 程序根据由“TP 程序自动生成参数表编号”所指定的参数来生成。请配合由“TP 程序自动生成参数表编号”所指定的参数予以设置。有关参数的详情，请参阅“7.TP 程序自动生成功能”。
- TP 程序，在由基本数据的“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”所设置的、用户坐标系、工具坐标系中生成。
- 生成 TP 程序时，以由“TP 程序自动生成参数表编号”所指定的参数中所设置的“DT 文件”的名称，输出参数的设置、以及所获取的位置。输出的文件格式，请参阅“TP 程序自动生成功能”的“7.4 向文本文件输出参数设置和记录的位置”。
- 根据“TP 程序自动生成”功能的参数生成 TPP 时的注意事项，与“7.5 注意事项”相同，但是在“自动仿形”执行时无法进行速度调整。
- 以所生成的 TP 程序来移动机器人时，有的情况下机器人会在与实际移动的轨道不同的轨道上移动，因而在执行前，务必要确认所生成的 TP 程序的位置。
- 通过“仿形 TP 程序自动生成”功能获得的位置，无法在“TP 程序自动生成”功能中使用。
- “仿形 TP 程序自动生成”功能，与“TP 程序自动生成”功能的以下内容不对应：
  - “7.3 改变参数而再生成 TP 程序”
  - “7.4 向文本文件输出参数设置和记录的位置”
- 请勿在力觉控制命令“仿形”执行中改变由“TP 程序自动生成参数表编号”所指定的参数。
- 光标位于此行时，如果按下显示“组”的功能键，则可以向“TP 程序自动生成”功能的设置画面移动。

“标准值：OFF”

57 TP 程序自动生成参数表编号（TP 程序自动生成）

指定仿形 TP 程序自动生成功能生成 TP 程序时使用的、TP 程序自动生成参数的编号。仿形 TP 程序自动生成功能，按照由此参数指定的 TP 程序自动生成参数表编号所设置的参数，生成 TP 程序。
光标位于此行时，如果按下显示“组”的功能键，则可以向“TP 程序自动生成”功能的设置画面移动。

58 位置取得条件（TP 程序自动生成）

设置仿形 TP 程序自动生成功能在生成 TP 程序时取得作为依据的位置时的条件。通过此参数的设置，按如下所示的方式生成 TP 程序：

- “接近后”： 取得接近后的仿形动作中的位置，基于该位置生成 TP 程序。
- “接触”： 取得施加了超过“接触力阈值”的力时的位置，基于该位置生成 TP 程序。
- “全部”： 取得开始仿形动作后直至仿形动作结束的全部位置，基于该位置生成 TP 程序。

“自动仿形”处于“ON”时，“接近后”时，取得接近后的接触时的位置。
光标位于此行时，如果按下显示“组”的功能键，则可以向“TP 程序自动生成”功能的设置画面移动。
“标准值：接近后”

［仿形/平面匹配画面］

用来设置“仿形”的“平面匹配”功能之画面。
M-710iC/20L 或 LRM200iD 以外的机器人、或者 3 轴力觉传感器上不予显示。

1 功能

将功能变更为其它功能时，从图 3.5.7.6 (a) 所示的功能选择画面那样的辅助菜单予以选择。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 平面匹配开关

在执行仿形功能时，针对指定方向进行平面匹配的功能开关。此开关“ON”时，针对指定方向进行平面匹配动作。

- 设置、执行时的注意：
  - 与其它仿形的功能一样，设置安装在力觉传感器上的物体的质量、重心，并将“重力补偿”功能设为有效。
  - 请将高级数据的“推压方向速度”设置为不会导致机器人振荡程度的较大的值(10～20 mm/sec 左右)。通过将高级数据的“推压方向速度”设置为不会导致机器人振荡程度的较大的值，有的情况下平面匹配的动作将会加快，且会稳定地动作。
  - 直至根据基本数据的“接触力阈值”判断为接触，姿势不会移动。
  - 由基本数据的“工具坐标系编号”所指定的作为工具坐标系原点的 TCP，将会成为平面匹配动作的旋转中心点。为了使旋转中心点成为如下所示的点，请设置工具坐标系编号、工具坐标系。另外，有的情况下只要在平面匹配部分的平面内有 TCP 即可：
    平面匹配时，其旋转中心点周围的力矩相平衡的点
    平面匹配部分的几何中心点
  - 希望调整各旋转方向的力觉控制的动作时，请对基本数据的“力觉控制增益”的“个别频率”、“平面匹配最大旋转速度”等进行调整。
  - 与其它的力觉控制的功能一样，请勿在相互接触的状态下开始力觉控制。在相互接触的状态下开始力觉控制时，请并用高级数据的“简易自定义”功能、或者“自定义”功能。
- 禁止并用：
  禁止与以下机器人、力觉传感器、功能并用。
  - M-710iC/20L 或者 LRM200iD 以外的机器人
  - 3 轴力觉传感器(FS-15iAe)
  - 基本数据：
    “控制坐标系”为“用户坐标系固定”
  - 高级数据：
    “推压力变化开关”
    “推压方向自动变化”
    “推压方向深度监控开关”
    “自动仿形”
  - “仿形执行中变更推压方向的功能”
  - “仿形执行中变更接触点的功能(3 轴力觉传感器的情形)”

“标准值：OFF”

4 平面匹配方向

在执行仿形功能时，指定是否针对各方向进行平面匹配动作。显示有可设置的方向，针对可设置的平面匹配方向，选择“ON”或“OFF”。针对各方向，如果处于“ON”则执行平面匹配，如果是“0FF”则不执行平面匹配。
可设置的平面匹配方向如下所示：

- 基本数据的“推压方向”为±X 的情形： “P”、“R”
- 基本数据的“推压方向”为±Y 的情形： “W”、“R”
- 基本数据的“推压方向”为±Z 的情形： “W”、“P”

“标准值：OFF、OFF”

5 从轴到接触点的距离

针对各平面匹配方向，设置从各旋转轴至接触部分的设想的最大距离。有关“从轴到接触点的距离”，请针对进行各平面匹配的每个方向设置从设想平面匹配的物体彼此之间最初接触的部分至各旋转轴的最大距离。通过适当设置“从轴到接触点的距离”，有的情况下可以使得平面匹配的动作更加高速、稳定。

各平面匹配方向如下所示：

- 基本数据的“推压方向”为±X 的情形： “P”、“R”
- 基本数据的“推压方向”为±Y 的情形： “W”、“R”
- 基本数据的“推压方向”为±Z 的情形： “W”、“P”

6 平面匹配最大旋转速度

针对各平面匹配方向旋转时的、旋转速度的最大值[deg/sec]。以此值为上限对平面匹配动作中的旋转速度进行调整。如果“平面匹配最大旋转速度”较大，则接触时的冲击会较大，或会作为平面匹配动作频繁地改变姿势。这种情况下，请根据状况调整“平面匹配最大旋转速度”的值。

“标准值：1.0 deg/s、 1.0 deg/s”

7 从接触开始到平面匹配的时间上限

高级数据的“开始行进于”为“接触后”时，接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后）进行平面匹配的时间上限[sec]。即使是在这里指定的时间上限内，只要平面匹配完成，就会开始仿形动作。

作为使用例，通过在“开始行进于”中设置“接触后”，在“从接触开始到平面匹配的时间上限”中设置适当的值，并在紧靠力觉控制“仿形”命令之后执行力觉控制“仿形结束”，就可以只执行平面匹配动作。

“标准值：20 sec”

8 姿势变化检查开关

用来检查针对仿形动作中的示教姿势的姿势变化的功能开关。处于“ON”时，检查姿势变化。在检查姿势变化时，在仿形动作中，相对于示教姿势的姿势超过由“姿势变化上限”所设置的值而变化时，系统会输出报警而停止仿形动作。

“标准值：ON”

9 姿势变化上限（姿势变化检查）

在检查姿势变化时允许的上限值。“姿势变化检查开关”处于“ON”时，在仿形动作中，相对于示教姿势的姿势超过此上限值[deg]而变化时，系统会输出报警而停止仿形动作。请设置一个比在平面匹配中使得姿势移动的移动量更大的值。

“标准值：30 deg/s”

［仿形/自动仿形画面］

用来设置“仿形”的“自动仿形”功能的画面。

LRM200iD 以外的机器人上不予显示。

1 功能

将功能变更为其它功能时，从图 3.5.7.6 (a) 所示的功能选择画面那样的辅助菜单予以选择。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 自动仿形开关

自动地进行仿形的功能开关。此开关为“用户坐标系 X-Y”时，功能有效，在将所设置的用户坐标系上的＋Z 方向作为上方向的 X-Y 平面上，对于工件等其他物体，自动地进行仿形。如果执行力觉控制命令“仿形”，机器人会向着接近方向移动，接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后），对于其他物体自动地进行仿形。通过与“仿形 TP 程序自动生成”并用，就可对工件、导槽构件等形状自动地进行仿形，并生成沿着该形状移动的 TP 程序。

- 设置、执行时的注意：
  - “自动仿形”功能执行中，机器人会自动地仿形工件、导槽构件等的形状而移动，因而务必在确认机器人系统的周围状况的同时，注意机器人的移动动作进行使用。
  - 请勿在与其它的力觉控制的功能一样相互接触的状态下开始力觉控制。在相互接触的状态下开始力觉控制时，请并用“简易自定义”功能。

- 在将基本数据的“接近速度”设置为大于 10mm/sec 时，在系统内部假设为 10mm/sec。
- “输入接近方向角度的寄存器编号”为 0 时，请将基本数据的“推压方向”设置为±X、±Y。
- 自动仿形功能中包括多个禁止并用的功能，因而最好新建参数表，只设置必要的项目。
- 根据仿形物体的形状和安装力觉传感器上的物体的状况，有的情况下无法顺畅地进行放行。

- 设置项目：
  请设置如下项目。
  - 基本数据：
    “推压方向”(不使用“输入接近方向角度的寄存器编号”的情形)
    “接近速度”。但是，“接近速度”为 0 mm/sec 时，使用在系统内部已被确定的值。
    请将“控制坐标系”设置为“用户坐标系”
    “用户坐标系编号”
    “工具坐标系编号”
    “力觉控制增益”。通过“主控频率”进行设置，并设置为使得“个别频率”的 X、Y 的值成为相同的值。
  - 高级数据：
    “力的上限”
    “力变化的上限”
    “自动仿形”部分的设置项目
- 可并用的功能：
  可以与以下功能并用。
  - 高级数据：
    “简易自定义开关”
    “力降噪开关”
    “出错时信号输出开关”
    “TP 程序自动生成开关”
- 禁止并用的功能：
  禁止与以下机器人、功能并用。
  - LRM200iD 以外的机器人
  - 基本数据：
    “控制坐标系”为“工具坐标”或者“用户坐标系固定”
  - 高级数据：
    “自定义父级编号”为 0 以外
    “用户坐标系补偿”
    “最小误差方向”
    “过载检查行进速度变化开关”
    “过载力检测开关”
    “推压方向运动无效化开关”
    “推压力变化开关”
    “推压方向自动变化”
    “推压力检查行进速度变化开关”
    “最小推压力监控开关”
    “推压方向深度监控开关”
    “第 2 方向推压”
    “平面匹配”
  - “仿形执行中变更推压力的功能”
  - “仿形执行中变更推压方向的功能”
  - “仿形执行中变更接触点的功能（3 轴力觉传感器的情形）”
  - “仿形执行中变更力觉控制增益的功能”
- 忽略设置：
  以下功能的设置不会被反映出来。
  - 基本数据：
    “接触力阈值”
    “推压力”
    “推压距离上限”
  - 高级数据：
    “推压方向速度”
    “开始行进于”
- 结束方法：

- 进行了如下操作等时，系统会异常结束。**(**“TP 程序自动生成开关”处于“ON”时，即使是如下所示的异常结束，只要是接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后）并已被判断为接触后，就会生成 TP 程序**)**：
  非 AUTO 模式时，在仿形动作中松开 SHIFT 按钮或者安全开关。
  仿形中按下 HOLD（暂停）按钮。
- 如下操作时，系统会正常结束：
  在由“指定结束位置”所指定的结束位置结束的情形。
  有关移动上限中设置的项目，在到达上限时，且在“到达移动上限时正常结束”中指定了其上限的情形。
  “用数值寄存器结束”处于“ON”，在仿形动作中，指定的寄存器处于 ON 的情形。

“标准值：OFF”

4 推压方向相对于行进方向

设置行进方向相对于推压方向的关系。

- “向左” ：相对于接近方向、推压方向向左，也就是说，在所设置的用户坐标系上相对于接近方向、推压方向，将绕＋Z 轴旋转的＋90[deg]的方向设为行进方向。
- “向右” ：相对于接近方向、推压方向向右，也就是说，在所设置的用户坐标系上相对于接近方向、推压方向，将绕＋Z 轴旋转的－90[deg]的方向设为行进方向。

移动上限

在“移动上限”中设置 3 种上限。仿形动作中，如果到达 3 种上限中的任何一个上限，则会作为异常结束输出报警而停止。但是，有关由后述的“到达移动上限时正常结束”所指定的上限，到达上限时就正常结束。

5 1：从接触开始的距离（移动上限）

移动上限的第 1 上限。针对仿形动作中的位置，设置相距判断为最初接触（发生的力超过“接触力阈值”）的位置的距离的上限值[mm]。

“标准值：100 mm”

6 2： 总移动距离（移动上限）

移动上限的第 2 上限。将判断为最初接触（发生的力超过了“接触力阈值”）的位置作为开始位置，设置沿着仿形的物体的总移动距离的上限值[mm]。

作为使用例，通过“到达移动上限时正常结束”设置为到达此上限时正常结束，就可以使得工具沿着工件等的形状只移动指定距离而结束。

“标准值：100 mm”

7 3： 总移动时间（移动上限）

移动上限的第 3 上限。设置从判断为最初接触（发生的力超过了“接触力阈值”）的时点起的经过时间的上限值[sec]。

“标准值：20 sec”

8 指定结束位置

在仿形动作中的位置到达指定的位置时，使得力觉控制命令“仿形”正常结束时予以设置。

- “无” ：不指定正常结束的位置。
- “一周” ：从判断为最初接触（发生的力超过了“接触力阈值”）的位置开始移动并离开，返回最初接触的位置时，正常结束。
- “位置寄存器” ：在仿形动作中的 X、Y 的位置到达由后述的“位置寄存器编号”所指定的、位置寄存中所设置的位置时，正常结束。

“标准值：无”

9 位置寄存器编号（指定结束位置）

指定将“指定结束位置”设置为“位置寄存器”，到达在指定的位置寄存器中所设置的位置时结束时的、位置寄存器的编号。

请在指定的位置寄存器中设置结束时的位置。请在指定的位置寄存器设置由基本数据的“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”所指定的、用户坐标系、工具坐标系上的位置。

- 设置、执行时的注意：
  执行力觉控制命令“仿形”时，根据指定的位置寄存器的、X、Y 中所设置的值，设置结束位置。执行力觉控制命令“仿形”后，即使变更指定的位置寄存器的值也不会被反映出来。

10 结束位置阈值（指定结束位置）

在“指定结束位置”不是“无”时，判断是否已到达指定位置时的阈值[mm]。设置值为 0 mm 时，系统内部将 2 mm 左右的值作为阈值。在靠近所指定的位置后，只偏离“结束位置阈值”的值时，结束力觉控制“仿形”。

- 设置的注意：
  指定的值较小时，不视为在移动中已进入到所设置的范围内，有时即使在看似已到达所指定的位置附近的情况下，也不会结束。

“标准值：0 mm”

11 输入接近方向角度的寄存器编号

在使用寄存器设置开始“自动仿形”时移动的接近方向时使用的寄存器的编号。设置为 0 时，将基本数据的“推压方向”作为接近方向。执行力觉控制命令“仿形”时，以指定的寄存器中所设置的值，来设置接近方向。请在指定的寄存器中，设置绕＋Z 轴旋转的、自＋X 方向的角度[deg]。

- 设置的注意：
  - “输入接近方向角度的寄存器编号”为 0 时，请将基本数据的“推压方向”设置为±X、±Y。
  - 寄存器的值要设置为-360 以上、且 360 以下。
  - 执行力觉控制命令“仿形”后，即使变更指定的寄存器的值也不会被反映出来。

12 到达移动上限时正常结束

到达移动上限时，不进行异常结束而将其作为正常结束的设置。指定到达第 1 (从接触开始的距离)、第 2 (总移动距离)、第 3 (总移动时间)的移动上限中的、哪一个移动上限时作为正常结束。

- “无”： 到达哪一个移动上限都作为异常结束。
- “1”： 到达第 1 移动上限，从最初接触的位置起去至仿形动作中的位置的距离超过了上限值时，不作为异常结束，而作为正常结束。
- “2”： 到达第 2 移动上限，将最初接触的位置作为开始位置，沿着仿形物体的总移动距离超过了上限值时，不作为异常结束，而作为正常结束。
- “3”： 到达第 3 移动上限，从最初接触（发生的力超过了“接触力阈值”）时点起的经过时间超过了上限值时，不作为异常结束，而作为正常结束。
- “1, 2”： 仿形动作中到达的移动上限为第 1 移动上限、或者第 2 移动上限时，不作为异常结束，而作为正常结束。
- “2, 3”： 仿形动作中到达的移动上限为第 2 移动上限、或者第 3 移动上限时，不作为异常结束，而作为正常结束。
- “1, 3”： 仿形动作中到达的移动上限为第 1 移动上限、或者第 3 移动上限时，不作为异常结束，而作为正常结束。
- “1, 2, 3”： 不管仿形动作中到达的移动上限如何，在到达移动上限时，不作为异常结束，而作为正常结束。

“标准值：无”

13 用数值寄存器结束

使用寄存器，正常结束力觉控制命令“仿形”的功能开关。在“自动仿形开关”处于“ON”且“用数值寄存器结束”处于“ON”时，可以使用寄存器，使得力觉控制命令“仿形”正常结束。开始力觉控制命令“仿形”时，指定的寄存器的值被设为 0。而后，在指定的寄存器的值被设置为 1 时，正常结束力觉控制命令“仿形”。

“标准值：OFF”

14 结束用数值寄存器编号（用数值寄存器结束）

使用寄存器，正常结束力觉控制命令“仿形”时使用的寄存器的编号。

3.5.7.7 仿形功能的其它功能

这里就如下功能进行说明。

(1) 仿形执行中变更推压力的功能
(2) 仿形执行中变更推压方向的功能
(3) 仿形执行中变更接触点的功能（3 轴力觉传感器的情形）
(4) 仿形执行中变更力觉控制增益的功能
(5) 将仿形执行中变更的推压力、推压方向、接触点、力觉控制增益复原为基本数据设置的功能

(1) 仿形执行中变更推压力的功能

可在仿形动作中变更作为目标的推压力的功能。

通常，作为目标的推压力由基本数据的“推压力”、高级数据的“第 2 推压力”来确定，在执行该参数表期间不会变化。如果使用此功能，就可以在动作中途变更作为目标的推压力。

推压力的变更方法

- 在 TP 程序中插入名为 FCNCHPFN 的 KAREL 程序。可在仿形执行中，通过执行该 KAREL 程序来变更目标推压力。
- 在“仿形”命令执行前执行 FCNCHPFN 时，在“仿形”开始后反映该设置。（但是，在“仿形”命令开始前执行了多个 FCNCHPFN、后述的 FCNCHCFR、FCNCH3CTP 和 FCNCHOFF 时，只反映最后执行的一个。）因而，为了预防预料外的变更，只要没有必要，请在仿形执行中而非“仿形”命令执行前执行 FCNCHPF。（有关仿形中执行的 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHOFF，随时都会被反映）
  FCNCHPFN 的设置，在“仿形”命令结束时、或者“仿形结束”命令执行时，会被自动复位（返回基本数据的设置）。如果在力觉控制命令前执行后述的 FCNCHOFF，就可预防预料外的变更，确保安全。

关于 FCNCHPFN（参数 1、参数 2）的参数

- 参数 1 的设置如下所示：
  - 0：复原为基本数据的“推压力”的设置。这种情况下无需进行参数 2 的设置。
  - 1：改变由基本数据的“推压方向”所指定的推压方向的、推压力。
  - 2：改变由高级数据的“第 2 推压方向”所指定的推压方向的、推压力。这种情况下，请将高级数据的“第 2 方向推压”设为有效。
- 指定通过参数 2 来变更目标推压力时的推压力。由参数 2 所指定的值的单位为 N。
- 参数 1、参数 2 也可以使用寄存器。

FCNCHPFN 的参数设置例

- 复原为基本数据的“推压力”设置的情形：
  设为 FCNCHPFN（0）。
- 将由基本数据的“推压方向”所指定的推压方向的、目标推压力设为 30 N 的情形：
  设为 FCNCHPFN（1、30）。
- 在高级数据的“第 2 方向推压”有效，将由高级数据的“第 2 推压方向”所指定的推压方向的、目标推压力设为 30 N 的情形：
  设为 FCNCHPFN（2、30）。

TP 程序例

在移动中变更推压力的 TP 程序例。在执行第 4 行的动作指令时调用 FCNCHPFN。P［3］中不管基本数据的“推压力”值如何，由基本数据的“推压方向”所指定的推压方向的、目标推压力被变更为 30 N。

```
 1:L  P[1: Start] 50mm/sec FINE
 2:  FORCE CTRL[1: Contouring Start]
  :  ErrorLBL[0]
 3:L  P[2] 100mm/sec CNT100
 4:L  P[3] 100mm/sec CNT100
  :  TB    .20sec,
  :  CALL FCNCHPFN (1,30)
 5:L  P[4:END] 100mm/sec FINE
 6:  FORCE CTRL[2: Contouring End]
  :  ErrorLBL[0]
```

图 3.5.7.7(a) 变更推压力的 TP 程序例

> 注释
> 在此例的第 4 行中使用了先执行命令。在动作速度较快时，如果没有先执行命令，有时会在示教位置［3］瞬间停止。

(2) 仿形执行中变更推压方向的功能

在仿形中通过旋转或变更控制坐标系，可变更作为目标的推压方向的功能。

（以后的说明中，假设基本数据的“推压方向”的设置值为“推压方向 Pd”（值为 ±X、±Y、±Z），基本数据的“控制坐标系”的设置值为“控制坐标系 Cf”（值为“工具坐标系”或者“用户坐标系”））

通常，仿形中的推压方向由基本数据的“控制坐标系 Cf”和“推压方向 Pd”来确定，执行该参数表期间不会变化。此功能通过旋转或变更控制坐标系，根据该变更的控制坐标系和“推压方向 Pd”的设置重新确定推压方向，可以在动作中途变更仿形中的推压方向。可通过本功能变更的推压方向为由基本数据的“推压方向”所指定的方向，并禁止本功能与第 2 方向推压功能并用。

推压方向的变更方法

- 在 TP 程序中，插入名为 FCNCHCFR 的 KAREL 程序。可在仿形执行中，通过执行该 KAREL 程序来变更目标推压方向。
- 在“仿形”命令执行前执行 FCNCHCFR 时，在“仿形”开始后反映该设置。（但是，在“仿形”命令开始前执行了多个 FCNCHPFN、FCNCHCFR、后述的 FCNCH3CTP、FCNCHOFF 时，只反映最后执行的一个。）因而，为了预防预料外的变更，只要没有必要，请在仿形执行中而非“仿形”命令执行前执行 FCNCHCFR。（有关仿形中执行的 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHOFF，随时都会被反映）
  FCNCHCFR 的设置，在“仿形”命令结束时、或者“仿形结束”命令执行时，会被自动复位（返回基本数据的设置）。如果在力觉控制命令前执行后述的 FCNCHOFF，就可预防预料外的变更，确保安全。

关于 FCNCHCFR（参数 1、参数 2、参数 3）

- 通过参数 1、2，进行用于使得控制坐标系旋转的设置。
  进行旋转的控制坐标系，由参数 3 来确定。
- 通过参数 3，来指定使用基本数据的“控制坐标系 Cf”作为控制坐标系，或者变更为另外一方的坐标系。进行旋转的控制坐标系也会成为此值。
- 控制坐标系的旋转方法包括如下 3 种：
  - 将基本数据的“工具坐标系”作为基准，使得控制坐标系只旋转指定的角度
  - 将基本数据的“用户坐标系”作为基准，使得控制坐标系只旋转指定的角度
  - 为了使得推压方向成为指定的方向，使得控制坐标系旋转

  通过参数 1 来指定控制坐标系的旋转方法。
  通过参数 2 来指定使得控制坐标系向着哪个方向旋转。

有关参数 1、2、3 的详细设置，在表 3.5.7.7(a)、表 3.5.7.7(b)中予以记述。

表 3.5.7.7(a) 通过参数 1、2 的设置使得控制坐标系旋转的方法

参数 1 的设置	控制坐标系的旋转方法
参数 1 为 0	**将已被旋转或变更的控制坐标系复原为基本数据的设置。 （控制坐标系的种类（“工具坐标系”或“用户坐标系”）也会复原为基本数据的设置。） 此时，与参数 2、3 的值无关，可以省略参数 2、3。**
参数 1 为 1	**将由基本数据所指定的“工具坐标系”作为基准，使得控制坐标系只旋转指定的旋转角度 W、P、R deg。 此时，在参数 2 中指定已设置了使得控制坐标系旋转的角度 W、P、R deg 的、位置寄存器的编号。 （X、Y、Z）中无需进行任何设置。 控制坐标系如果是“工具坐标系”，则会在变更后，一边保持变更时的“工具坐标系”的姿势、和已变更的推压方向的关系，一边使得推压方向变化。 可以通过参数 3，从由基本数据所指定的“控制坐标系 Cf”变更进行旋转的控制坐标系。**
参数 1 为 2	**将由基本数据所指定的“用户坐标系”作为基准，使得控制坐标系只旋转指定的旋转角度 W、P、R deg。 此时，在参数 2 中指定已设置了使得控制坐标系旋转的角度 W、P、R deg 的、位置寄存器的编号。 （X、Y、Z）中无需进行任何设置。 控制坐标系如果是“工具坐标系”，则会在变更后，一边保持变更时的“工具坐标系”的姿势、和已变更的推压方向的关系，一边使得推压方向变化。 可以通过参数 3，从由基本数据所指定的“控制坐标系 Cf”变更进行旋转的控制坐标系。**

参数 1 的设置	控制坐标系的旋转方法
参数 1 为 3	使得控制坐标系旋转，以使将 TCP 作为原点的、在与世界坐标系平行的坐标系上所指定的矢量的方向成为推压方向。 此时，在参数 2 中指定设置了希望作为推压方向的方向之、位置寄存器的编号。 按以下方式，在位置寄存器中设置希望设置为推压方向的方向： 在指定的位置寄存器的 X、Y、Z 中，设置将 TCP 作为原点的、在与世界坐标系平行的坐标系上希望进行变更的方向的矢量值。其与位置寄存器（X、Y、Z）中的单位 mm 无关。譬如，如果在世界坐标系中，希望将+X 方向作为推压方向，则在（X、Y、Z）中输入（1、0、0）。（W、P、R）中无需任何设置。此外，矢量的大小可任选。 控制坐标系如果是“工具坐标系”，则会在变更后，一边保持变更时的“工具坐标系”的姿势、和已变更的推压方向的关系，一边使得推压方向变化。 可以通过参数 3，从由基本数据所指定的“控制坐标系 Cf”变更进行旋转的控制坐标系。

表 3.5.7.7(b) 通过参数 3 的设置来变更控制坐标系的方法

参数 3 的设置	控制坐标系的变更方法
参数 3 省略或者为 0	将控制坐标系设为由基本数据所指定的“控制坐标系 Cf”。 （如果参数 3 为此设置，则控制坐标系会成为由基本数据所指定的“控制坐标系 Cf”，所以要予以注意）
参数 3 为 1	与基本数据的“控制坐标系 Cf”的设置无关，将控制坐标系作为“工具坐标系”。
参数 3 为 2	与基本数据的“控制坐标系 Cf”的设置无关，将控制坐标系作为“用户坐标系”。

- 参数 1、参数 2、参数 3 也可以使用寄存器。

FCNCHCFR 的参数设置例

- 将控制坐标系的设置（种类或旋转）复原为基本数据设置的情形：
  FCNCHCFR（0）。
- 将控制坐标系作为基本数据中设置的值，以由基本数据所指定的“工具坐标系”为基准，使得由基本数据的“控制坐标系 Cf”和“推压方向 Pd”所确定的推压方向只旋转 W1、P1、R1 deg 的情形：
  将位置寄存器 PRN 的（W、P、R）设置为（W1、P1、R1）。
  将 KAREL 程序的参数设为 FCNCHCFR（1、PRN）。
- 将控制坐标系作为基本数据中设置的值，以由基本数据所指定的“用户坐标系”为基准，使得由基本数据的“控制坐标系 Cf”和“推压方向 Pd”所确定的推压方向只旋转 W1、P1、R1 deg 的情形：
  将位置寄存器 PRN 的（W、P、R）设置为（W1、P1、R1）。
  将 KAREL 程序的参数设为 FCNCHCFR（2、PRN）。
- 将控制坐标系作为基本数据中设置的值，并将与世界坐标系的–Y 方向平行的方向作为推压方向的情形：
  将位置寄存器 PRN 的（X、Y、Z）设置为（0、–1、0）。
  将 KAREL 程序的参数设为 FCNCHCFR（3、PRN）。
- 将基本数据中设为“工具坐标系”的控制坐标系变更为“用户坐标系”，并将由该“用户坐标系”和基本数据的“推压方向 Pd”所确定的方向作为推压方向的情形：
  将位置寄存器 PRN 的（W、P、R）设置为（0、0、0）。
  将 KAREL 程序的参数设为 FCNCHCFR（2、PRN、2）。

TP 程序例

在移动中变更推压方向的 TP 程序例。在执行第 4 行的动作指令时调用 FCNCHCFR。在 P［3］中，将推压方向变更为位置寄存器［10］中指定的方向。

```
1:L  P[1:start] 50mm/sec FINE
2:  FORCE CTRL[1: Contouring Start]
 :  ErrorLBL[0]
3:L  P[2] 100mm/sec CNT100
4:L  P[3] 100mm/sec CNT100
 :  TB    .20sec,
 :  CALL FCNCHCFR(1,10,0)
5:L  P[4:end] 100mm/sec FINE
6:  FORCE CTRL[2: Contouring End]
 :  ErrorLBL[0]
```

图 3.5.7.7(b) 变更推压方向的 TP 程序例

> 注释
> 在此例的第 4 行中使用了先执行命令。在动作速度较快时，如果没有先执行命令，有时会在示教位置［3］瞬间停止。

无法并用的功能

无法与如下功能并用。

- 第 2 方向推压功能
- 自定义功能　（有关此功能，请参阅“3.7 力觉控制命令的连续执行（自定义功能）”）

(3) 仿形执行中变更接触点的功能（3 轴力觉传感器的情形）

在仿形动作中，可以变更利用 3 轴力觉传感器执行力觉控制时使用的、接触点的功能。
但是，此功能变更相当于基本数据的“设置方法”的参数，不会变更相当于基本数据的“3 轴力觉传感器接触点位置”的参数。
通常，接触点是由基本数据的“3 轴力觉传感器接触点位置”、“设置方法”来确定的，在执行该参数表期间不会变化。
如果使用此功能，就可以在仿形动作中途变更接触点。

接触点的变更方法

- 在 TP 程序中，插入名为 FCNCH3CTP 的 KAREL 程序。可在仿形执行中，通过执行该 KAREL 程序来变更接触点。
- 在“仿形”命令执行前执行 FCNCH3CTP 时，在“仿形”开始后反映该设置。（但是，在“仿形”命令开始前执行了多个 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHOFF 时，只反映最后执行的一个。）因而，为了预防预料外的变更，只要没有必要，请在仿形执行中而非“仿形”命令执行前执行 FCNCH3CTP。（有关仿形中执行的 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHOFF，随时都会被反映）
  FCNCH3CTP 的设置，在“仿形”命令结束时、或者“仿形结束”命令执行时，会被自动复位（返回基本数据的设置）。如果在力觉控制命令前执行后述的 FCNCHOFF，就可预防预料外的变更，确保安全。

关于 FCNCH3CTP（参数 1、参数 2）的参数

- 参数 1 的设置如下所示：
  - 0：将接触点复原为基本数据的设置。这种情况下无需进行参数 2 的设置。基本数据的“设置方法”为位置寄存器时，位置寄存器的值使用执行力觉控制命令时设置的值。这在 FCNCHOFF 中也相同。
  - 1：将设置方法设为位置寄存器，使用 FCNCH3CTP 执行时的、由参数 2 所指定的位置寄存器的值。
    如果在希望将基本数据的“设置方法”设置为“位置寄存器”而反映该位置寄存器值的变更时，通过执行 FCNCH3CTP 来反映值。
  - 2：将设置方法设为推压方向变换，作为使得由参数 2 所指定的值（单位为 mm）变换的距离来使用。
    如果在将基本数据的“设置方法”设置为“推压方向变换”而希望变更该“距离”时，可通过执行 FCNCH3CTP 来变更值。
- 参数 2 的设置如下所示：
  - 参数 1 为 1 时，在参数 2 中指定要使用的位置寄存器的编号。
  - 参数 1 为 2 时，在参数 2 中，指定向推压方向变换的距离。这种情况下，请在参数 2 中设置大于 0 的值。这种情况下，由参数 2 所指定的值的单位为 mm。
- 参数 1、参数 2 也可以使用寄存器。

FCNCH3CTP 的参数设置例

- 将接触点复原为基本数据设置的情形：
  设为 FCNCH3CTP（0）。
- 将设置方法设为位置寄存器，使用编号为 10 的位置寄存器的情形：
  设为 FCNCH3CTP（1、10）。
- 将设置方法设为推压方向变换，将进行变换的距离设为 30mm 的情形：
  设为 FCNCH3CTP（2、30）。

TP 程序例

在移动中变更接触点的 TP 程序例。在执行第 4 行的动作指令时调用 FCNCH3CTP。接触点被变更为在 P［3］中由基本数据的“3 轴力觉传感器接触点位置”所指定的坐标系上(机械接口坐标系或世界坐标系)的、在编号 10 的位置寄存器中指定的值。

```
1:L  P[1: 开始点] 50mm/sec FINE
2:  FORCE CTRL[1: 仿形开始] ErrorLBL[0]
3:L  P[2] 100mm/sec CNT100
4:L  P[3] 100mm/sec CNT100
 :  TB    .20sec,
 :  CALL FCNCH3CTP(1,10)
5:L  P[4: 结束点] 100mm/sec FINE
6:  FORCE CTRL[2: 仿形结束] ErrorLBL[0]
```

图 3.5.7.7(c) 变更接触点的 TP 程序例

注释
在此例的第 4 行中使用了先执行命令。在动作速度较快时，如果没有先执行命令，有时会在示教位置［3］瞬间停止。

(4) 仿形执行中变更力觉控制增益的功能

可在仿形动作中，变更接触后（发生的力超过了“接触力阈值”后）的力觉控制增益的功能。此功能变更相当于基本数据的“力觉控制增益”的参数。有关力觉控制增益，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。
通常，仿形动作中的力觉控制增益是由基本数据的“力觉控制增益”来确定的，在执行该参数表数据期间不会变化。如果使用此功能，就可以在仿形动作中途变更力觉控制增益。如果在接触前通过此功能变更了力觉控制增益时，在接触后应用该已被变更的值。如果在接触后通过此功能变更了力觉控制增益时，马上就应用该已被变更的值。

力觉控制增益的变更方法

- 在 TP 程序中，插入名为 FCNCHFCG 的 KAREL 程序。可在仿形执行中，通过执行该 KAREL 程序来变更力觉控制增益。
- 在“仿形”命令执行前执行 FCNCHFCG 时，在“仿形”开始后反映该设置。（但是，在“仿形”命令开始前执行了多个 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHFCG、FCNCHOFF 时，只反映最后执行的一个。）因而，为了预防预料外的变更，只要没有必要，请在仿形执行中而非“仿形”命令执行前执行 FCNCHFCG。（有关仿形中执行的 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHFCG、FCNCHOFF，随时都会被反映）
  FCNCHFCG 的设置，在“仿形”命令结束时、或者“仿形结束”命令执行时，会被自动复位（返回基本数据的设置）。如果在力觉控制命令前执行后述的 FCNCHOFF，就可预防预料外的变更，确保安全。

关于 FCNCHFCG（参数 1、参数 2、参数 3、参数 4）

- 通过参数 1，进行力觉控制增益的变更方法的设置。参数 1 的设置如下所示：
  - 0: 将力觉控制增益复原为基本数据的“力觉控制增益”的设置。这种情况下无需进行参数 2 以后的设置。即使通过 FCNCHOFF 也可复原为基本数据的“力觉控制增益”的设置，但在这种情况下，将通过 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP 变更的所有值复原为参数表数据的设置。
  - 1: 在“输入主控频率”下，变更力觉控制增益。有关“输入主控频率”，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。
  - 2: 在“输入个别频率”下，变更力觉控制增益。有关“输入个别频率”，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。
- 参数 1 为 0 时，不需要参数 2 以后的参数。
- 参数 1 为 1 时，需要参数 2。
- 参数 1 为 2 时，需要参数 2、参数 3、参数 4。
- 也可以在参数中使用寄存器。

表 3.5.7.7(c) 通过参数的设置变更力觉控制增益

变更动作	参数	说明
复原	参数 1 为 0 FCNCHFCG(0)	将控制增益复原为基本数据的“力觉控制增益”的设置。 参数 1：0
变更“主控频率”	参数 1 为 1 FCNCHFCG (1, 参数 2[Hz])	在“输入主控频率”下，变更力觉控制增益。 参数 1：1 参数 2：主控频率的值[Hz] 要将参数 2 的值设置为大于 0。

变更动作	参数	说明
变更“个别频率”	参数 1 为 2 FCNCHFCG (2, 参数 2[Hz], 参数 3[Hz], 参数 4[Hz])	在“输入个别频率”下，变更力觉控制增益。 参数 1：2 参数 2：个别频率 X 的值[Hz] 参数 3：个别频率 Y 的值[Hz] 参数 4：个别频率 Z 的值[Hz] 要将参数 2、参数 3、参数 4 的值设置为大于 0。

注释
要注意不要在变更后的力觉控制增益的值中设置较大的值。
请在执行 FCNCHFCG 前，确认参数是否适当。

FCNCHFCG 的参数设置例

- 将力觉控制增益复原为基本数据的“力觉控制增益”设置的情形：
  设为 FCNCHFCG（0）。
- 在“输入主控频率”下将力觉控制增益变更为 0.1[Hz]的值之情形：
  设为 FCNCHFCG（1、0.1）。
- 在“输入个别频率”下将力觉控制增益设为 X：0.1[Hz], Y：0.2[Hz], Z：0.3[Hz]的情形：
  设为 FCNCHFCG（2、0.1、0.2、0.3）。

TP 程序例

在仿形动作中变更力觉控制增益的 TP 程序例。在执行第 4 行的动作指令时调用 FCNCHFCG。在 P［3］中不管基本数据的“力觉控制增益”值如何，都会在“输入主控频率”下变更为 0.1[Hz]的值。

```
1:L  P[1: 开始点] 50mm/sec FINE
2:  FORCE CTRL[1: 仿形开始]
 :  ErrorLBL[0]
3:L  P[2] 100mm/sec CNT100
4:L  P[3] 100mm/sec CNT100
 :  TB    .20sec,
 :  CALL FCNCHFCG (1,0.1)
5:L  P[4: 结束点] 100mm/sec FINE
6:  FORCE CTRL[2: 仿形结束]
 :  ErrorLBL[0]
```

图 3.5.7.7(d)　变更力觉控制增益的 TP 程序例

注释
在此例的第 4 行中使用了先执行命令。在动作速度较快时，如果没有先执行命令，有时会在示教位置［3］瞬间停止。

无法并用的功能

无法与如下功能并用。

- 自定义功能　（有关此功能，请参阅“3.7 力觉控制命令的连续执行（自定义功能）”）

(5) 将仿形执行中变更的推压力、推压方向、接触点、力觉控制增益复原为基本数据设置的功能

可在上述名为 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHFCG 的 KAREL 程序中，将仿形中变更的目标推压力、推压方向、接触点、力觉控制增益复原为基本数据设置的功能。在希望在仿形中变更了推压力和推压方向、接触点、力觉控制增益后，通过一个命令将这些值复原为基本数据的设置时有效。

执行方法

- 在 TP 程序中，插入名为 FCNCHOFF 的 KAREL 程序。在仿形执行中，通过执行该 KAREL 程序，就可以将推压力、推压方向、接触点、力觉控制增益复原为基本数据的设置。
- 在“仿形”命令执行前执行 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHFCG、FCNCHOFF 时，在“仿形”开始后反映该设置。（但是，在“仿形”命令开始前执行了多个 FCNCHPFN、FCNCHCFR、FCNCH3CTP、FCNCHFCG、FCNCHOFF 时，只反映最后执行的一个。）在“仿形”命令前执行 FCNCHOFF，就可以将这些设置全部复位（返回基本数据的设置），预防预料外的变更。

TP 程序例

将移动中变更的、推压力、推压方向、接触点复原为基本数据设置的 TP 程序例。在示教位置［4］返回原先的设置。

```
 1:L  P[1: 开始点] 50mm/sec FINE
 2:  FORCE CTRL[1: 仿形开始]
  :  ErrorLBL[0]
 3:L  P[2] 100mm/sec CNT100
 4:L  P[3] 100mm/sec CNT100
 5:  CALL FCNCHPF(1,3)
 6:  CALL FCNCHCFR(1,10,0)
 7:L  P[4] 100mm/sec CNT100
 8:  CALL FCNCHOFF
 9:L  P[5:end] 100mm/sec FINE
10:  FORCE CTRL[2: 仿形结束]
  :  ErrorLBL[0]
```

图 3.5.7.7(e) 将已变更的推压力、推压方向、接触点、力觉控制增益复原为基本数据设置的 TP 程序例

注释

在此例的第 7 行中使用了先执行命令。在动作速度较快时，如果没有先执行命令，有时会在示教位置［4］瞬间停止。

3.5.8 拧螺丝

概要

“拧螺丝”功能，是使得两个工件中的其中一方旋转的同时，通过对于另外一个工件执行推压动作而进行拧螺丝的功能。在旋转方向的扭矩到达设置值的位置停止，因而可进行做好了扭矩管理的拧螺丝。此功能可以选择在机器人单体上使得工件绕 TCP 旋转进行拧螺丝，或使用附加轴使得工件旋转而进行拧螺丝。此外，使用附加轴时，可以选择将附加轴安装在机械手上而使得抓住工件旋转，或将附加轴固定在架台上而使得固定工件旋转。

设置画面包括两种，即用户必须进行设置的基本参数设置画面、和只在需要时进行设置的高级参数设置画面。

使用附加轴时的制约

使用附加轴时受到如下制约。

・附加轴相对于目标扭矩具有充分的额定扭矩
・旋转工件和附加轴可无干涉、无限制地旋转
・螺纹部的中心位于附加轴的旋转轴上
・具有连续旋转选项（J613），已适当进行连续旋转的设置

3.5.8.1 参数

概要

“拧螺丝”的参数

图 3.5.8.1 (a)中示出“拧螺丝”的参数。务必设置基本参数设置画面上的参数。

功能选择菜单

```
                    1
1 未使用
2 恒力推压
3 平面匹配
4 圆柱装配
5 相位匹配后装配
6 装配后相位匹配
7 凹槽装配
8 －下页--
```

```
                    2
1 搜索
2 相位搜索
3 孔搜索
4 离合器搜索
5 四棱柱装配
6 仿形
7 仿形结束
8 －下页--
```

```
                    3
1 拧螺丝
2
3
4
5
6
7
8
```

基本参数设置画面

```
力觉控制/基本
                                    1/20
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 拧螺丝
 2 注释              : [                ]
 3 旋转机构              : 机器人
 4 插入方向                        : -Z
 5 螺纹旋向              : 右旋
 6 旋转方向              : 拧紧
 7 接触力阈值             :   10.00 N
 8 接近速度               :    1.00 mm/s
 9 用户坐标系编号                UF:  0
10 工具坐标系编号                TF:  1
11 目标扭矩              :    1.00 N*m
   最终扭矩              :    0.00 N*m
12 旋转速度              :    1.00 deg/s
13 最大旋转角度          :    0.00 deg
14 插入力                :   30.00 N
15 插入速度              :    2.00 mm/s
16 最小插入深度          :   20.00 mm
17 最大插入深度          :   30.00 mm
18 最大旋转时间          :   20.00 sec
19 力觉控制增益自动修改开关 :        OFF
     上一次结果          :          无变化
20 力觉控制增益          :          详细

[ 类型 ]   组     编号   默认值   高级
```

F1 F2 F3 F4 F5

```
力觉控制/增益
                                    1/1
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
   功能              : 拧螺丝
 1 装配阻抗              : [主控频率     ]

[ 类型 ]   组     编号   [ 选择 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

高级参数设置画面(1/2)

```
力觉控制/高级
                                    1/32
 参数表[2]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 拧螺丝
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数             :   1
 6 自定义父级编号             :       0
 7   自定义参数连动           :OFF
 8 自定义自动连续执行开关          : OFF
 9   自动连续执行子级编号         :   0
10   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
11 用户坐标系补偿            :  OFF
12 紧固减速开关               :OFF
13   减速开始深度         :    20.00 mm
14   减速速度比           :    30.00 %
   力的上限
15  X:  200.00 Y:  200.00 Z:  200.00 N
16  W:   15.00 P:   15.00 R:   15.00N*m
   力觉控制开关
17  X:ON  Y:ON  W:ON  P:ON
18 扭矩偏移补偿开关            : OFF
     扭矩偏移量
      W:      0.000 N*m
      P:      0.000 N*m
      R:      0.000 N*m
     扭矩偏移取得时推力 :    30.00 N
19 恒定速度开关                : ON
20 力结束判断开关              : OFF
21   最小力比率         :     80.00 %
     力判断结果         :       -------
      力平均值        Z:       0.00 N
22 高速化开关           :        ON
23   高速化倍率             :    2.00
24   高速化加速时间      :     0.40 sec
25 接近加速时间         :     0.40 sec
26 旋转加速时间         :     0.40 sec
27 力降噪开关              :  OFF
28 出错时信号输出开关       : OFF
29   输出信号类型         :  DO
30   输出信号编号         :     0
31 用数值寄存器结束力觉控制: OFF
32   结束用数值寄存器编号:      0

[ 类型 ]   组     编号   默认值   基本
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.5.8.1(a) “拧螺丝”的画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉控制以外的菜单
F2	组	切换运动组
F3	编号	切换到其他的参数表数据编号的画面
SHIFT＋F4	默认值	把参数表的设置恢复到标准值
F5	高级/基本	高级参数设置画面与基本参数设置画面之间的切换

G F S

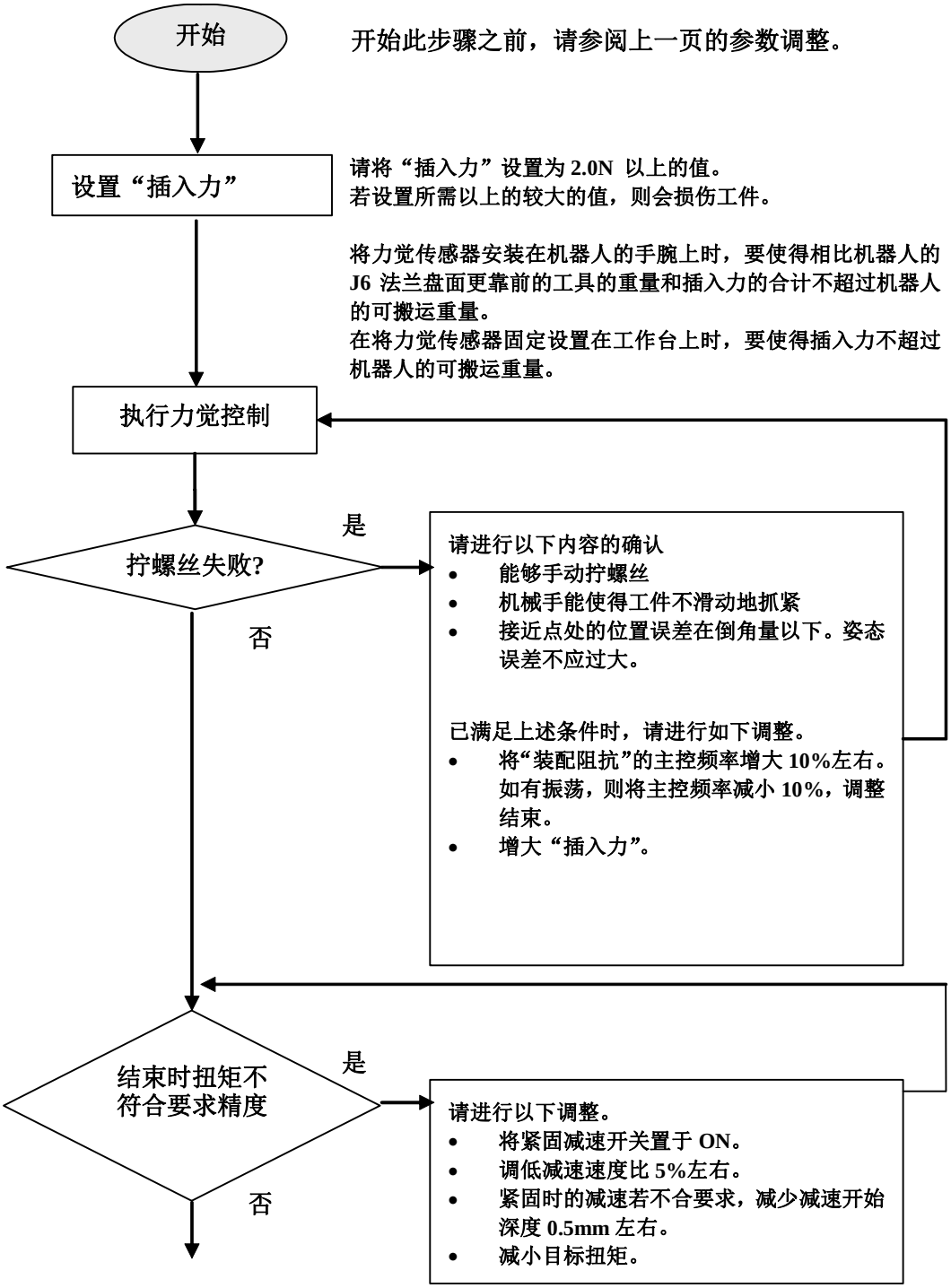
G 表示示教时的运动组，F 表示力觉控制的编号，S 表示力觉传感器的编号。（这些值无法变更。）
“标准值 ＧＦＳ ： １１１”

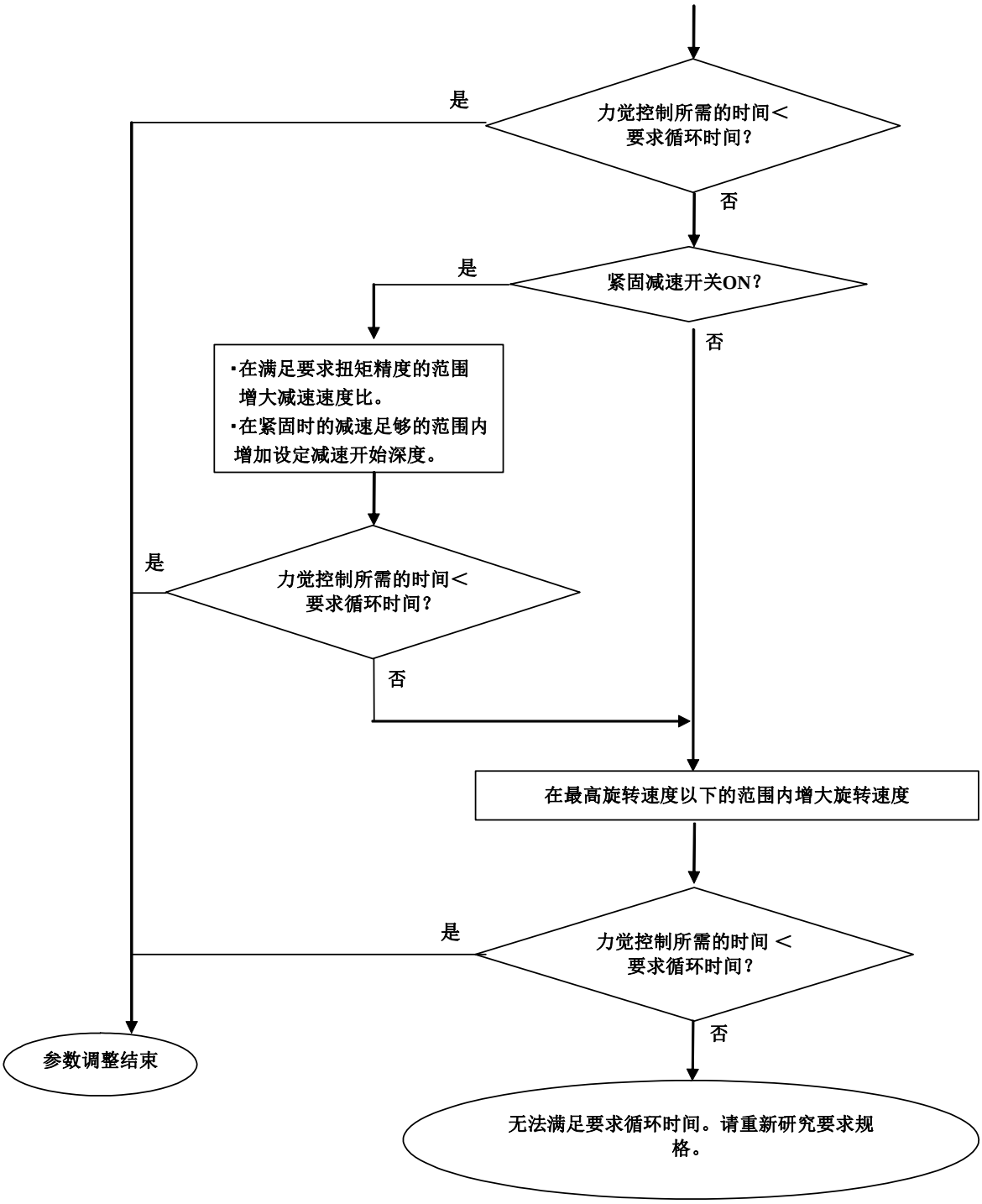
参数调整

设置参数的顺序如下所示。

1 设置“旋转机构”、“插入方向”、“螺纹旋向”、“旋转方向”。
2 设置“用户坐标系编号”、“工具坐标系编号”。
3 设置“目标扭矩”、“旋转速度”、“最小插入深度”、“最大插入深度”。
4 执行力觉控制增益自动调整（见 3.10.2.）。
5 根据需要调整高级参数设置画面上的参数。

有关力觉控制命令的编程概要，请参阅“3.1 注意事项、限制事项”、“3.2 示教的步骤”。
各参数的详情，请参阅下页以后的内容。
下面示出在力觉控制增益自动调整完成后，调整其他参数的方法。


开始
开始此步骤之前，请参阅上一页的参数调整。
设置“插入力”
请将“插入力”设置为 2.0N 以上的值。
若设置所需以上的较大的值，则会损伤工件。
将力觉传感器安装在机器人的手腕上时，要使得相比机器人的 J6 法兰盘面更靠前的工具的重量和插入力的合计不超过机器人的可搬运重量。
在将力觉传感器固定设置在工作台上时，要使得插入力不超过机器人的可搬运重量。
执行力觉控制
拧螺丝失败?
是
否
请进行以下内容的确认
• 能够手动拧螺丝
• 机械手能使得工件不滑动地抓紧
• 接近点处的位置误差在倒角量以下。姿态误差不应过大。
已满足上述条件时，请进行如下调整。
• 将“装配阻抗”的主控频率增大 10%左右。如有振荡，则将主控频率减小 10%，调整结束。
• 增大“插入力”。
结束时扭矩不符合要求精度
是
否
请进行以下调整。
• 将紧固减速开关置于 ON。
• 调低减速速度比 5%左右。
• 紧固时的减速若不合要求，减少减速开始深度 0.5mm 左右。
• 减小目标扭矩。



[基本参数设置画面]

1 功能

从图 3.5.8.1(a) 的功能选择画面中所示的辅助菜单选择要设置的功能。本次的情况下选择“拧螺丝”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 旋转机构

请选择对工件赋予旋转的机构。不使用附加轴时，请选择“机器人”；使用附加轴，请从“J7 轴”、“J8 轴”、“J9 轴”选择。
“标准值：机器人”

4 插入方向

向所设置的用户坐标系中的哪个方向插入。
“标准值：-Z”

5 螺纹旋向

选择要紧固的螺丝是右旋还是左旋。用于确定旋转方向。
“标准值：右旋”

6 旋转方向

选择项拧紧方向旋转，还是向拧松方向旋转。用于确定旋转方向，判断动作模式。选择“拧松”时，成为拔出模式。
“标准值：拧紧”

7 接触力阈值

用来判断与作业对象接触的阈值。
“单位：N”

8 接近速度

直至接触到作业对象的目标动作速度。
“标准值：1 mm/s”

9 用户坐标系编号

拧螺丝或者拔出螺丝时使用的用户坐标系的编号。
“标准值：0”

10 工具坐标系编号

拧螺丝或者拔出螺丝时使用的工具坐标系的编号。
“标准值：1”

11 目标扭矩

用于力觉控制的结束判断的扭矩值。方向根据“插入方向”、“螺纹旋向”、“旋转方向”来确定，因而要以绝对值来输入。

最终扭矩

上次执行此参数表时的结束时扭矩。因为不是设置参数，所以光标不会停下。

12 旋转速度

这是旋转方向的目标速度。不使用附加轴时，以 deg/s 来输入；使用附加轴时，以 rpm 来输入。方向根据“插入方向”、“螺纹旋向”、“旋转方向”来确定，因而要以绝对值来输入。
“标准值：1 deg/s”

13 最大旋转角度

不使用附加轴时的动作上限。从旋转开始如果以这里设置的角度动作，则会发出报警而停止。因与机械手等外围设备的干涉而需要设置动作范围时，请设置适当的值。不需要时，请设置 0。默认情况下已被设置为 0。使用附加轴时无法进行设置（光标不停下。此外，此时项目编号连接不上，以后的编号逐个向前偏离 1）。
“标准值：0 deg”

14 插入力

插入方向的目标力。
“单位：N”

15 插入速度

插入方向的目标速度。请设置比根据旋转速度与螺丝的螺距计算出的行进速度大数 mm/s 左右的值。
“标准值：2 mm/s”

16 最小插入深度

在力觉控制结束时没有到达此深度的情况下会发出报警。拔出模式时，如果到达此深度，力觉控制就会正常结束。
“标准值：20 mm”

17 最大插入深度

在超过此深度扭矩也没有到达目标值时，会发出报警。
“标准值：30 mm”

18 最大旋转时间

在经过此时间力觉控制仍没有结束时，会发出报警。
“标准值：20 sec”

19 力觉控制增益自动修改开关

在力觉控制增益自动调整中使用的开关。
“标准值：OFF”

20 力觉控制增益

向设置力觉控制增益的画面切换。如果将光标指向此行，按下“ENTER”（输入）键，则会向“力觉控制增益”画面切换。

[高级参数设置画面]

1 功能

从“功能选择画面”的辅助菜单选择要设置的功能。这种情况下选择“拧螺丝”。

2 注释

请输入用于识别参数表数据的注释。

3 简易自定义开关

连续执行力觉控制时进行设置。如果将此开关置于 ON，则可在任意的力觉控制参数表后执行。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

4 重试开关

将此力觉控制参数表用于之前执行的参数表的重试时进行设置。如果是“OFF”，则只移动由基本参数设置画面的“最小插入深度”所指定的距离。
如果是“返回位置 1 ”，则返回到之前执行的参数表的开始点。之前执行的参数表中如果已经设置了父级参数表，则返回到父级参数表的开始点。
如果是“返回位置 2 ”，则不管是否已经设置了父级参数表，都会返回到之前执行的参数表的开始点。
详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：OFF”

5 最多连续重试次数

指定能够连续几次执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表。详情请参阅“3.7.3 简易自定义功能”。
“标准值：1”

6 自定义父级编号

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：0”

7 自定义参数连动

连续执行力觉控制时进行设置。详情请参阅“3.7.4 自定义功能”。
“标准值：OFF”

8 自定义自动连续执行开关（自定义自动连续执行）

只指定顶层的父级编号，自动地连续执行通过自定义功能连接起来的一系列的力觉控制参数表数据的功能开关。在进行自定义自动连续执行的参数表数据中，不管父级、子级如何，都要将其设置为“ON”。详情请参阅“3.7.5 自定义自动连续执行功能”。
“标准值：OFF”

9 自动连续执行子级编号（自定义自动连续执行）

通过自定义自动连续执行，指定后续要执行的参数表数据的编号。对于由此参数指定的参数表数据，请在高级数据的“自定义父级编号”中指定此参数表数据的编号。
能够通过自定义自动连续执行而连接起来的力觉控制的参数表数据数至多为 10 个。

10 参数表编号输出数值寄存器编号（自定义自动连续执行）

指定输出自定义自动连续执行的执行状态的、寄存器的编号。
执行自定义自动连续执行时，输出执行中的参数表数据的编号。通过自定义自动连续执行而连接起来的一系列的参数表，直至最后正常结束时，向寄存器输出 0。
“参数表编号输出数值寄存器编号”的值，只使用通过自定义功能连接起来的一系列力觉控制参数表的顶层父级值。子级值即使予以设置也不会被使用。
顶层父级的“参数表编号输出数值寄存器编号”的值如果是 0，则不会向寄存器输出值。
自定义自动连续执行下的力觉控制失败时，通过浏览这里指定的寄存器中设置的值，就可以了解失败的参数表数据的编号。

11 用户坐标系补偿

使用 *i*RVision 来对在作业对象面中设置的用户坐标系进行补偿的开关。在作业对象的倾斜有可能变化时有效。需要与位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令并用。详情请参阅“3.8 用户坐标系补偿”。
“标准值：OFF”

12 紧固减速开关

在到达由减速开始深度所指定的深度后减速的功能开关。
“标准值：OFF”

13 减速开始深度

在紧固减速开关处于 ON 时开始减速的深度。
“标准值 20 mm”

14 减速速度比

紧固减速开关处于 ON 时减速的比率。减速开始深度以后，将旋转速度乘以此比率而得的速度作为目标值。
“标准值：30 %”

15 力的上限
16

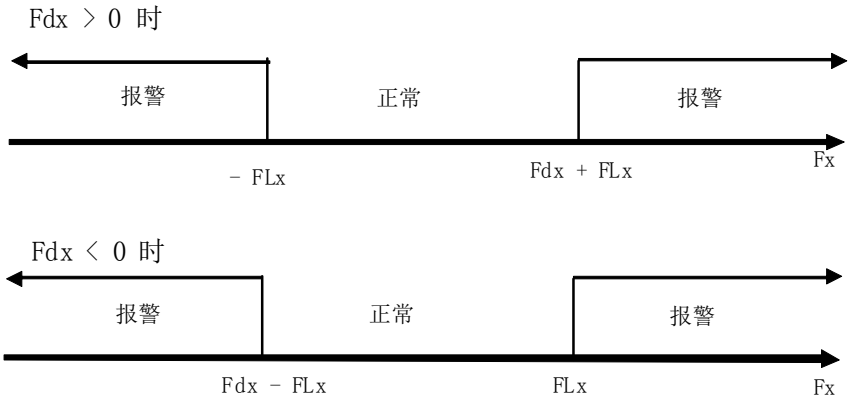
发生的力满足下式时会发出报警（FORC-216 - FORC-221）。首先，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”，排除报警的原因。报警难于消除时，请增大此值。就 X, Y, Z 这 3 个方向的力和 W, P, R 这 3 个方向的力矩予以设置。
譬如，就 X 方向示出如下：

$Fx < -FLx$ 或者 $Fx > Fdx + FLx$ （$Fdx > 0$ 时）
$Fx > FLx$ 或者 $Fx < Fdx - FLx$ （$Fdx < 0$ 时）

Fx： 装配中产生的力（X 方向）
FLx： 力的上限的 X 分量
Fdx： X 方向的目标力
装配方向为“X” 或 “-X”时， Fdx 为“装配力”；除此以外时，Fdx = 0。

有关 Y, Z, W, P, R，同样的关系也成立。

“单位：N, N*m”



17 力觉控制开关

插入模式时，在插入方向、旋转方向以外时选择是否进行力觉控制。如果处于 ON 则进行力觉控制，如果处于 OFF 则力觉控制无效。如果将 XYZ 方向设为有效，则会在修改位置误差的同时进行拧螺丝；如果将 WPR 方向设为有效，则会在修改姿势误差的同时进行拧螺丝。

“标准值：X:ON Y:ON W:ON P:ON”

18 扭矩偏移补偿开关

如果将此开关置于“ON”，则使用如下的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。请在将此开关置于 ON 之前，执行扭矩误差取得命令。（详情请参阅“3.10.3 扭矩误差取得命令”。）

“标准值：OFF”

扭矩偏移量 W P R

通过“扭矩误差取得”，根据实际以“扭矩偏移取得时推力”推压时的力觉传感器的力矩信息进行推算、设置的值。W, P, R 表示所使用的用户坐标系（UF）分别绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴旋转。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（这些值无法变更。）

“标准值：0 Nm”

扭矩偏移取得时推力

“扭矩误差取得”时实际推压的力，被作为此值设置。如果将“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”，则使用这些值，进行扭矩误差的补偿。（此值无法变更。）

“单位：N”

19 恒定速度开关

在反作用力突然消失的情况下，用来避免速度过大的功能开关。如果将此开关置于“ON”，就可以使得拧螺丝中的速度不会超过基本数据“插入速度”。

“标准值：ON”

20 力结束判断开关

用来确认是否产生了适当的力而结束的功能开关。如果将此开关置于“ON”，则在到达目标扭矩后以下的力判断如果是“成功”就可结束操作。即使经过基本数据“最大旋转时间”，如果如下的力判断没有“成功”，则会发出报警。

“标准值：OFF”

21 最小力比率

将此值用于力判断。产生的“插入方向”的力大小如果比此“最小力比率”×“插入力”／100 更大，则判断为“成功”。

“标准值：80 %”

力判断结果

显示结束了拧螺丝功能时的力判断结果。如果结束时的“插入方向”的力大小比“最小力比率”×“插入力”／100 更大，则显示“成功”；如果在上述值以下，则显示“失败”。

“标准值：-----”

力平均值

显示“插入方向”的轴、何结束了拧螺丝功能时的“插入方向”的力大小的平均值。
“标准值：Z: 0 N”

22 高速化开关

使得姿势的修改动作高速化的功能开关。
“标准值：ON”

23 高速化倍率

表示姿势的修改动作速度的参数。“高速化开关”处于 ON 时，如果增大此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.5 左右逐渐增大。
“标准值：2”

24 高速化加速时间

姿势的修改动作用的加速时间。“高速化开关”处于 ON 时，如果减小此值，姿势的修改动作就会加快，但是考虑到安全，请每次以 0.1 左右逐渐减小。
“单位：sec”

25 接近加速时间

从力觉控制命令开始直至速度到达基本数据“接近速度”的时间。
“单位：sec”

26 旋转加速时间

力超过基本数据“接触力阈值”后，直至旋转方向的速度到达基本数据“旋转速度”的时间。
“单位： sec”

27 力降噪开关

从力觉数据除掉较大噪声的功能开关。
是在如下情况下有用的功能：

- 工具和工件较重的情形
- 使用具有振动源的工具的情形

但是，如果利用拧螺丝功能将此功能设为有效，则在力觉数据中会出现推延，并因惯性而紧固扭矩大幅度超过目标值。
“标准值：OFF”

28 出错时信号输出开关

在力觉控制执行中出错时，输出所指定信号的功能开关。
“标准值：OFF”

29 输出信号类型（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号类型。
可指定的信号的种类为 DO、RO、FLAG（旗标）。

30 输出信号编号（出错时信号输出）

在出错时信号输出功能下，在力觉控制执行中出错时输出的信号编号。

31 用数值寄存器结束力觉控制

在力觉控制中监控寄存器值，除通常的结束条件外，还在寄存器的值发生变化时用来结束力觉控制的开关。请在希望将用户独自的条件加入到结束条件中等情况下使用。
“标准值：OFF”

32 结束用数值寄存器编号

“用数值寄存器结束力觉控制”处于 ON 时，按如下方式动作。

- 此编号的寄存器在此参数表的力觉控制命令开始时会自动地成为 0。
- 如果此编号的寄存器成为 1，则使用了此参数表的力觉控制命令就会结束。。

“标准值：0”

3.6 力觉控制的增益（阻抗参数）

概要

把光标移动到各功能的基本数据中的“力觉控制增益：详细”项目，按下 ENTER（输入）键打开“力觉控制/增益”画面。在此画面中把光标移动到“○○阻抗”，按下 ENTER 键，就会显示如下画面。

力觉控制功能为“仿形”以外的功能时，只要力觉控制增益自动调整（→ 见“3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”项）处在完成的状态，通常不需要使用此功能。在自动调整后，力觉控制中的振动很明显、或者力觉控制中的动作迟缓时，可以手动进行设置。此外，力觉控制功能为“仿形”时，由于无法进行自动调整，所以必须手动进行设置。此画面根据“○○阻抗”的不同，包括了 3 种设置方法，即“主控频率”、“个别频率”和“阻尼和弹性系数”。标准值为“主控频率”，只要不需要特别微小的调整，就可以在“主控频率”的设置下进行使用。

```
阻抗详细
                                    1/1
 输入主控频率
    推压方向              :Z
  1 主控频率              :      0.100 Hz

[ 类型 ]
```

图 3.6(a) “主控频率”设置画面

```
阻抗详细
                                    1/6
 输入个别频率(Hz)
  1                       X:       0.100
  2                       Y:       0.100
  3                       Z:       0.100
  4                       W:       0.100
  5                       P:       0.100
  6                       R:       0.100

[ 类型 ]
```

图 3.6(b) “个别频率”设置画面

```
阻抗详细
                                    1/6
 阻尼和弹性系数
   阻尼   (XYZ:Ns/m WPR:Nsm)
  1     X:    156078.0     W:      1560.8
  2     Y:    156078.0     P:      1560.8
  3     Z:    156078.0     R:      1560.8
   环境弹性系数
          (XYZ:N/m)          (WPR:N*m)
  4     X:     98066.5     W:       980.7
  5     Y:     98066.5     P:       980.7
  6     Z:     98066.5     R:       980.7

[类型]
```

图 3.6(c) “阻尼和弹性系数”设置画面

“主控频率”设置画面

推压方向

显示要进行推压的方向。无法变更此值。

主控频率

决定力觉控制响应性的参数。特别将决定推压方向响应性的参数叫做主控频率。若增大此值，力觉控制的响应性将会提高，但振动有可能变大。若减小此值，振动将会得到控制，但是力觉控制中的响应性下降，动作变得迟缓。若变更主控频率的值，则推压方向以外的 5 个方向的频率也会以相同的比率变化。

力觉控制功能为“仿形”时，机器人为 LR Mate 200iD、M-10iA、M-20iA 的情况下，请将 0.5Hz 左右的值作为初始值；机器人为 M-710iC、R-1000iA、R-2000iB、R-2000iC 的情况下，将 0.1Hz 左右的值作为初始值。请在力觉控制中一边确认不会振动，一边每次以 0.1Hz 左右增大值。

“个别频率”设置画面

个别频率

决定力觉控制响应性的参数之一。不同于主控频率，可以按照每个方向改变响应性。在增大了此值的方向，力觉控制的响应性会提高，但振动有可能变大。若减小此值，振动将会得到控制，但是力觉控制中的响应性会下降，动作变得缓慢。

“阻尼和弹性系数”设置画面

阻尼

决定力觉控制响应性的参数之一。若减小此值，力觉控制的响应性将会提高，但振动有可能变大。若增大此值，振动将会得到控制，但是力觉控制中的响应性会下降，动作变得缓慢。

环境弹性系数

决定力觉控制响应性的参数之一。若执行力觉控制增益自动调整命令，则会自动设置值。无需进行变更。

3.7 力觉控制命令的连续执行（自定义功能）

“力觉控制”命令如“3.3 力觉控制命令” 中所示，总共提供有 13 种。除了通过一个力觉控制命令使其动作外，通过连续执行多个力觉控制命令，可以进行复杂的组装作业（见 3.7.1）、和装配失败时的重试动作（见 3.7.2）。
由于用户可自由组合地执行力觉控制命令，因而将其叫做自定义功能。
自定义功能包括如下 3 种。

(1) 简易自定义功能
本功能有效的力觉控制参数表，可以在任意的力觉控制参数表后执行。作为基准值使用之前的参数表执行时取得的力觉传感器的初始值。有关详情，请参阅 3.7.3。

(2) 自定义功能
通过在多个的力觉控制命令中设置父子关系，可以连续执行力觉控制命令。将执行父级参数表时取得的力觉传感器的初始值作为基准值，在全部子级参数表中也进行使用。此外，在 1 个参数表中变更了力觉控制增益的值时，可在处于父子关系的参数表间联动地进行变更。有关详情，请参阅 3.7.4。

(3) 自定义自动连续执行功能
通过在将本功能设为有效的多个力觉控制命令中设置父子关系，即可自动地连续执行。在 TP 程序中只配置与父级参数表对应的力觉控制命令，子级参数表不会在表中显示出来。组合多个力觉控制命令，如同 1 个力觉控制命令那样地执行。有关详情，请参阅 3.7.5。

3.7.1 力觉控制的复合动作

图 3.7.1 表示

1 将齿轮插入圆柱。直至接触到另外 1 个齿轮继续插入

2 在接触到齿轮后，为了进行轮齿的相位匹配而使其旋转

这样的动作。

对于如此的复合动作，通过连续执行力觉控制即可对应。

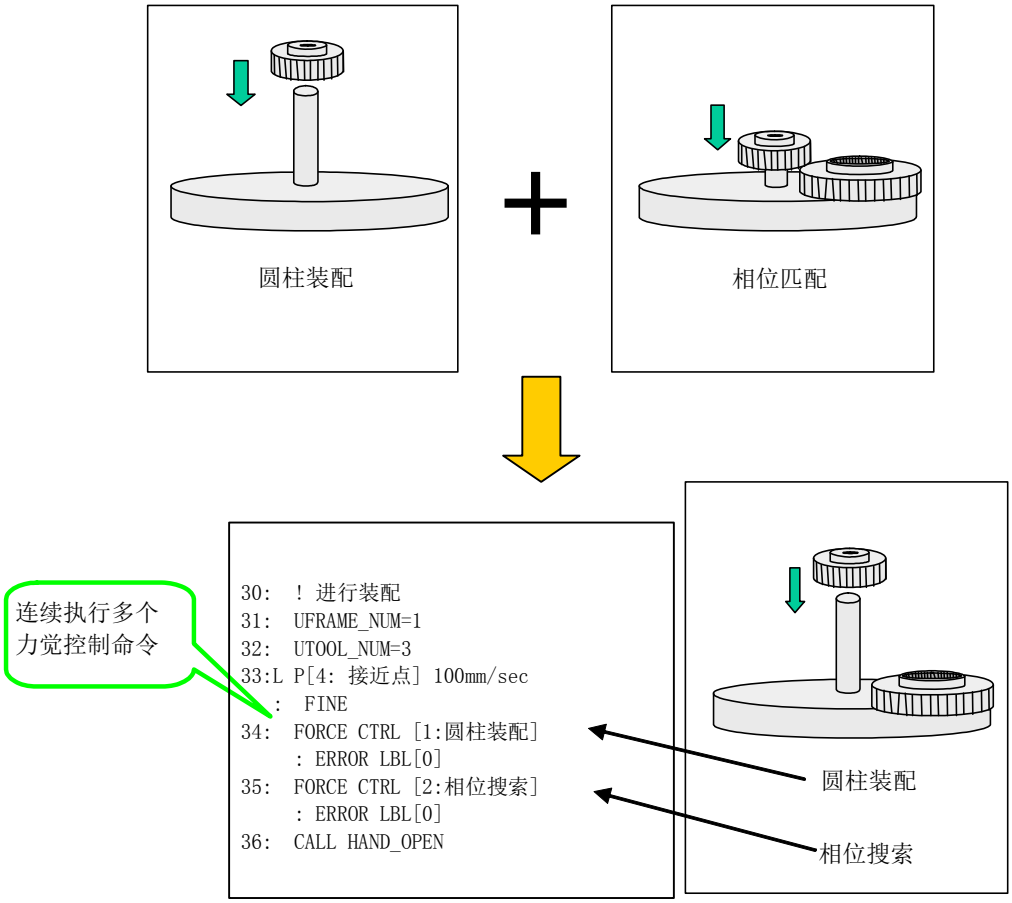


图 3.7.1 基于力觉控制的复合动作

3.7.2 重试

图 3.7.2 表示在力觉控制中失败时，通过连续执行向反方向动作的力觉控制命令拔出工件的例子。
通过如此地进行重试，即可提高成功率。

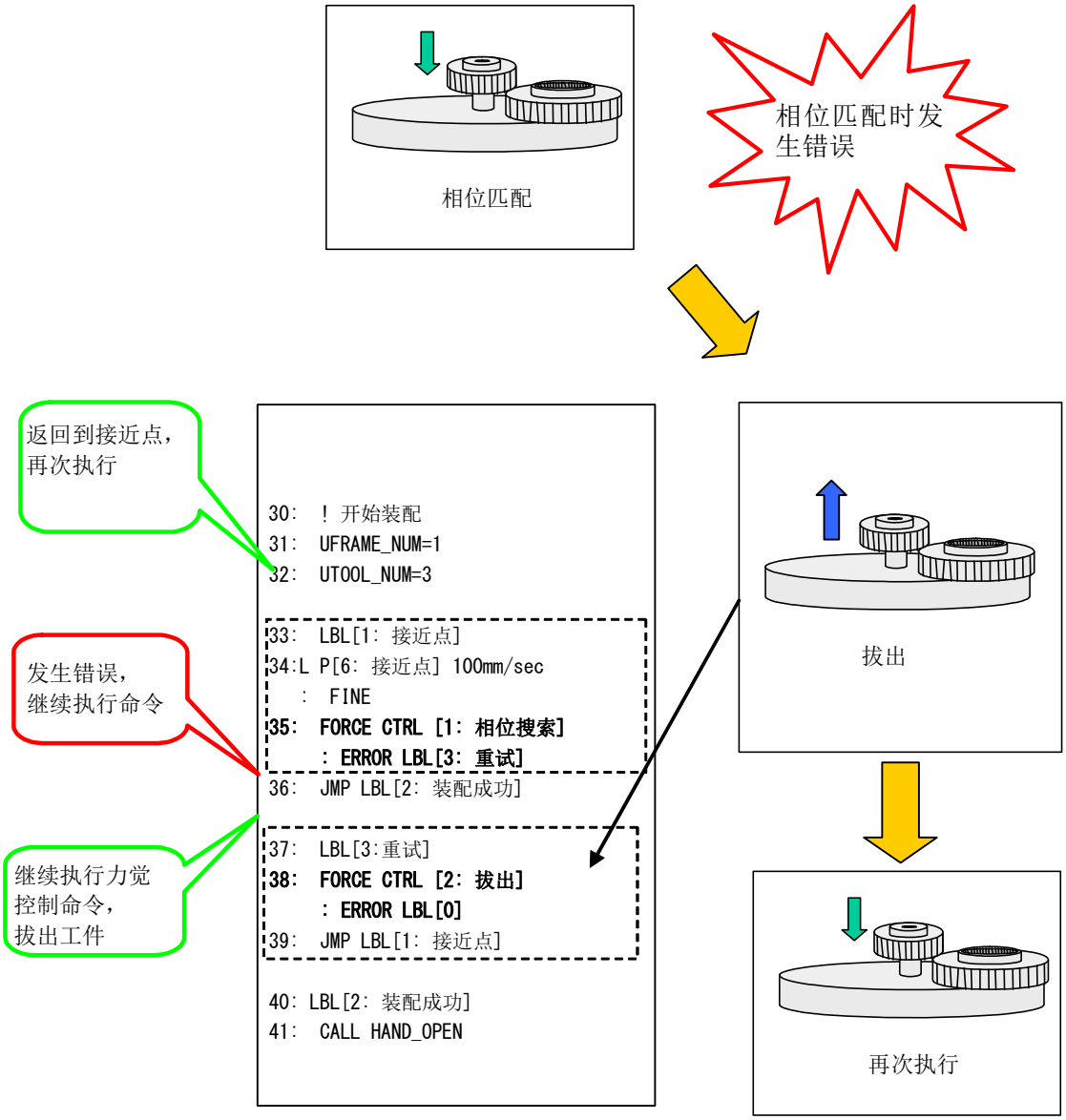


图 3.7.2 重试

3.7.3 简易自定义功能

本功能有效的力觉控制参数表，可以在任意的力觉控制参数表后执行。下项中，说明 3.7.1 中所示的复合动作、3.7.2 中所示的重试中使用的方法。但是，可作为重试动作的力觉控制参数表的种类，只限于“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”。

3.7.3.1 基于简易自定义功能的复合动作

以图 3.7.3.1(a) 中的示例程序为例进行说明。这里，按照圆柱装配→相位搜索→圆柱装配 这样的顺序执行力觉控制命令。第一个力觉控制命令（1 号参数表的圆柱装配）将简易自定义功能设为无效，与单独的参数表一样设置参数。

在第二个（2 号参数表的相位搜索）和第三个（3 号参数表的圆柱装配）力觉控制参数表中，设置高级设置画面上的如下参数。

```
          :            :
 30:  !进行装配
 31:  UFRAME_NUM = 1
 32:  UTOOL_NUM = 3
 33:L P[6: 接近点] 100mm/sec
   :  FINE

 34:  FORCE CTRL[1: 圆柱装配]
   :  ErrorLBL[0]
 35:  FORCE CTRL[2: 相位搜索]
   :  ErrorLBL[0]
 36:  FORCE CTRL[3: 圆柱装配]
   :  ErrorLBL[0]

 37:  CALL HAND_OPEN
 38: L P [7] 100mm/sec FINE
[End]
```

图 3.7.3.1(a) 通过简易自定义执行 3 个参数表数据时的 TP 程序例

```
力觉控制/高级
                                  5/41
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数              :   1
 6 自定义父级编号            :        0
```

```
力觉控制/高级
                                  1/33
 参数表[3]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 相位搜索
 2 注释              : [                ]
 3 简易自定义开关                  : ON
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
```

```
力觉控制/高级
                                  5/41
 参数表[3]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [圆柱装配        ]
 3 简易自定义开关                  : ON
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数              :   2
 6 自定义父级编号            :        0
```

图 3.7.3.1 (b) 执行简易自定义时的、参数表数据的设置例

高级数据设置画面

简易自定义开关

在其它参数表数据后执行编辑中的参数表数据使其进行复合动作时，将本开关置于 ON。处于 ON 时，作为基准值使用之前执行的参数表的力觉传感器初始值。若在处于 OFF 的状态下继之前的参数表连续执行，**实际的推压力会大于设置值，**请予注意。

自定义父级编号为 0 以外时无法将本开关置于 ON（无法在相同的参数表中同时使用自定义（见 3.7.4）和简易自定义）。在画面的下方显示“自定义和简易自定义不能同时使用”。

若将自定义自动连续执行开关与本开关两者都置于 ON 则可同时使用（在相同的参数表中可同时使用自定义自动连续执行（见 3.7.5）和简易自定义）。但是，“重试开关”必须处在 OFF。若没有处在 OFF，则会在画面的下方显示“自定义自动执行时不能进行自动重试”。

“标准值：OFF”

重试开关（只存在“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”）

将编辑中的参数表数据作为通常的复合动作使用而不是作为重试动作使用时，请将本开关置于 OFF。

“标准值：OFF”

最多连续重试次数

指定可以连续多少次执行简易自定义开关有效的力觉控制参数表。图 3.7.3.1(a) 中所示的程序中，1 号参数表简易自定义功能无效，2 号参数表和 3 号参数表简易自定义功能有效，因而在执行 2 号参数表时执行 1 次，执行 3 号参数表时连续执行 2 次。3 号参数表中，必须将此参数设为 2 以上的值。

“标准值：1”

3.7.3.2 基于简易自定义功能的重试

这里就重试动作，以图 3.7.3.2(a)中所示的示例程序为例进行说明。这里首先与 3.7.3.1(a)一样，按照圆柱装配→相位搜索→圆柱装配 这样的顺序执行力觉控制命令。在各自的力觉控制命令的中途发生错误时，执行重试用的力觉控制参数表（4 号参数表）并自动进行拔出。可作为重试动作的力觉控制参数表的种类为“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”。

为了进行重试，按如下所示的方式设置 4 号参数表的基本设置画面和高级设置画面中的参数。

```
          :                :
 30:  ! 进行装配
 31:  UFRAME_NUM = 1
 32:  UTOOL_NUM = 3

 33:  LBL[1: 接近点]
 34:L P[6: 接近点] 100mm/sec
  :   FINE
 35:  FORCE CTRL[1: 圆柱装配]
  :   ErrorLBL[2]
 36:  FORCE CTRL[2: 相位搜索]
  :   ErrorLBL[2]
 37:  FORCE CTRL[3: 圆柱装配]
  :   ErrorLBL[2]
 38:  JMP LBL[3: 装配完成]

 39:  LBL[2: 重试]
 40:  FORCE CTRL[4: 拔出]
  :   ErrorLBL[0]
 41:  JMP LBL[1: 接近点]

 42:  LBL[3: 装配完成]
[End]
```

图 3.7.3.2(a) 通过简易自定义执行重试时的 TP 程序例

```
力觉控制/高级
                                    5/41
 参数表[4]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [ 拔出          ]
 3 简易自定义开关                  : ON
 4   重试开关                  :返回位置 1
 5   最多连续重试次数              :   3
 6 自定义父级编号            :        0
```

图 3.7.3.2 (b) 重试用参数表数据的设置例

基本设置画面

插入方向

使得编辑中的参数表数据的插入方向，与之前执行的参数表数据的插入方向相反。譬如，之前执行的参数表数据的插入方向若是“＋Z”，这里就设置“－Z”。之前执行的参数表数据将自定义功能（见 3.7.4）和自定义自动连续执行（见 3.7.5）设为有效时，被设置为与其处于父子关系的所有参数表的插入方向都相同，编辑中的参数表数据的插入方向必须与它们相反。

用户坐标系编号

使得编辑中的参数表数据的用户坐标系编号，与之前执行的参数表数据的用户坐标系编号相同。譬如，之前执行的参数表数据的用户坐标系编号若是 3，这里就设置 3 。之前执行的参数表数据将自定义功能（见 3.7.4）和自定义自动连续执行（见 3.7.5）设为有效时，被设置为与其处于父子关系的所有参数表的用户坐标系编号相同，编辑中的参数表数据的用户坐标系编号也必须与它们相同。

工具坐标系编号

使得编辑中的参数表数据的工具坐标系编号，与之前执行的参数表数据的工具坐标系编号相同。譬如，之前执行的参数表数据的工具坐标系编号若是 2，这里就设置 2。之前执行的参数表数据将自定义功能（见 3.7.4）和自定义自动连续执行（见 3.7.5）设为有效时，被设置为与其处于父子关系的所有参数表的工具坐标系编号相同，编辑中的参数表数据的工具坐标系编号也必须与它们相同。

高级数据设置画面

简易自定义开关

要使得编辑中的参数表数据作为其它的参数表数据的重试动作，将本开关置于 ON。处于 ON 时，作为基准值使用之前执行的参数表的力觉传感器初始值。若在处于 OFF 的状态下继之前的参数表连续执行，将无法顺畅拔出，请予注意。
自定义父级编号为 0 以外时无法将本开关置于 ON（无法在相同的参数表中同时使用自定义（见 3.7.4）和简易自定义）。
在画面的下方显示“自定义和简易自定义不能同时使用”。
“标准值：OFF”

重试开关（只存在“圆柱装配”、“凹槽装配”、“四棱柱装配”）

要使得编辑中的参数表数据作为其它的参数表数据的重试动作，将本开关设置在“返回位置 1 ”或者“返回位置 2 ”。即使设为“OFF”，也可进行重试动作，但是移动的距离将会成为在基本数据设置画面的“装配深度(目标值)”中设置的值。

“返回位置 1 ”时
根据之前执行的参数表的设置，要返回的位置不同。任何一种情况下，编辑中的参数表的“装配深度(目标值)”的值都将被忽略。

- 之前执行的参数表的“自定义父级编号”若是 0 ，返回至其开始点附近。
- 之前执行的参数表的“自定义父级编号”为 0 ，且 3.7.5 中说明的自定义自动连续执行功能有效的情况下，也会返回至其开始点附近。也包括其参数表的全部子级参数表在内，不管在何处发生错误，都会返回至相同的位置。
- 之前执行的参数表的“自定义父级编号”为 0 以外的值，若是 3.7.4 中说明的自定义功能的子级参数表，则会返回至顶层父级参数表的开始点附近。譬如，图 3.7.3.2(a)中从 1 号参数表至 3 号参数表设置了 3.7.4 中说明的自定义功能的父子关系而非简易自定义时，若在 3 号参数表发生错误，则会返回至 1 号参数表的开始点附近。

“返回位置 2 ”时
根据之前执行的参数表的设置，要返回的位置不同。任何一种情况下，编辑中的参数表的“装配深度(目标值)”的值都将被忽略。

- 之前执行的参数表的“自定义父级编号”若是 0 ，返回至其开始点附近。

- 之前执行的参数表的“自定义父级编号”为 0，且 3.7.5 中说明的自定义自动连续执行功能有效的情况下，也会返回至其开始点附近。也包括其参数表的全部子级参数表在内，不管在何处发生错误，都会返回至相同的位置。
- 之前执行的参数表的“自定义父级编号”为 0 以外的值，若是 3.7.4 中说明的自定义功能的子级参数表，则会返回至其参数表的开始点附近。再者，父级参数表中行进的部分不会返回。譬如，图 3.7.3.2(a)中从 1 号参数表至 3 号参数表设置了 3.7.4 中说明的自定义功能的父子关系而非简易自定义时，若在 3 号参数表发生错误，则会返回至 3 号参数表的开始点附近。

“标准值：OFF”

最多连续重试次数

指定可以连续多少次执行简易自定义开关有效的力觉控制参数表。图 3.7.3.2(a) 中所示的程序中，若 1 号参数表简易自定义功能无效，2 号至 4 号参数表简易自定义功能有效，则在执行 2 号参数表时执行 1 次，执行 3 号参数表时连续执行 2 次，在执行 3 号参数表期间发生错误，在执行 4 号参数表时连续执行 3 次。4 号参数表中，必须将此参数设为 3 以上的值。
“标准值：1”

> 注释
> 之前执行的参数表数据必须是“仿形”、“仿形结束”以外。之前执行的参数表数据和与其处于父子关系的参数表数据若是“仿形”或者“仿形结束”，而试图执行基于简易自定义的重试，则会发出报警。

3.7.4 自定义功能

通过在多个力觉控制命令中设置父子关系，即可在 3.7.1 中所示的复合动作、3.7.2 中所示的重试中使用。虽然与 3.7.3 中描述的简易自定义功能类似，但是本功能中明确规定执行力觉控制参数表的顺序而使用。此外，在 1 个参数表中变更了力觉控制增益的值时，可在处于父子关系的参数表间联动地进行变更。

3.7.4.1 父子关系的指定

连续执行力觉控制命令时，将先执行的力觉控制命令叫做**父级参数表**，将后执行的力觉控制命令叫做**子级参数表**。通过子级力觉控制命令的高级画面上的“自定义父级编号”来指定父级参数表编号，设置父子关系。“自定义父级编号”的初始设置值为 0。0 表示：作为独立的动作来执行该力觉控制；或者在连续执行时，是最早执行的参数表数据。

这里以图 3.7.4.1 (a) 中所示的示例程序（3 个力觉控制命令的连续执行）为例进行说明。这里，按照圆柱装配、相位搜索、圆柱装配的顺序连续执行。最初的圆柱装配设置在 1 号参数表数据中，相位搜索设置在 2 号参数表数据中，第二个圆柱装配设置在 3 号参数表数据中。
1 号参数表数据没有父级，因而如图 3.7.4.1 (b) 所示，将“自定义父级编号”设为 0。
2 号参数表数据将 1 号参数表数据作为父级，因而如图 3.7.4.1 (c) 所示，在“自定义父级编号”中指定 1。
同样，3 号参数表数据将 2 号参数表数据作为父级，因而如图 3.7.4.1 (d) 所示，在“自定义父级编号”中指定 2。

```
          :            :
 30:  !进行装配
 31:  UFRAME_NUM = 1
 32:  UTOOL_NUM = 3
 33:L P[6: 接近点] 100mm/sec
   :  FINE

 34:  FORCE CTRL[1: 圆柱装配]
   :  ErrorLBL[0]
 35:  FORCE CTRL[2: 相位搜索]
   :  ErrorLBL[0]
 36:  FORCE CTRL[3: 圆柱装配]
   :  ErrorLBL[0]

 37:  CALL HAND_OPEN
 38: L P [7] 100mm/sec FINE
[End]
```

图 3.7.4.1(a) 通过自定义执行 3 个参数表数据时的 TP 程序例

```
力觉控制/高级
                                    5/41
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [                  ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数              :   1
 6 自定义父级编号            :        0
```

```
力觉控制/高级
                                    1/33
 参数表[3]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 相位搜索
 2 注释              : [                  ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        1
```

```
力觉控制/高级
                                    5/41
 参数表[3]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [圆柱装配        ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数              :   1
 6 自定义父级编号            :        2
```

图 3.7.4.1 (b) 执行自定义时的、参数表数据的设置例

高级数据设置画面

自定义父级编号

将编辑中的参数表数据作为其它参数表数据的子数据来使用时，指定父级参数表数据编号。进行了指定时，按照如下所示的“自定义连动开关”，从父到子、或者从子到父复制力觉控制增益。

初始状态下已被设置为 0，此时表示作为单独或者其它参数表之父级来执行。将执行此参数表时取得的力觉传感器的初始值作为基准值，在子级参数表中也进行使用。

“标准值：0”

自定义参数连动

处于父子关系的参数表数据通过如下任何一个操作，复制力觉控制增益。

变更了力觉控制增益时

设置了前述“自定义父级编号”时

通过此参数来指定在父子间朝着哪一个方向进行复制。可从以下 4 种中选择方向。

(1) 双方向　　即使父、子任何一方被变更，都会向另外一方复制
(2) 父到子　　从父级参数表向子级参数表复制
(3) 子到父　　从子级参数表向父级参数表复制
(4) OFF　　即使连动参数被变更也不予复制

“标准值：OFF”

3.7.4.2 基于自定义功能的复合动作

通过自定义功能连续执行力觉控制命令时，务必如图 3.7.4.1 (b)中所示指定父子关系。若没有指定父子关系就连续执行多个力觉控制命令，则在第二个以后的力觉控制命令中有时**实际的推压力会大于设置值，**请予注意。

3.7.4.3 基于自定义功能的重试

使用与父级参数表数据相同的用户坐标系、工具坐标系，将装配方向相反的子级参数表数据视为重试用的参数表数据。
（例：父级的装配方向为 －Z ，子级的装配方向为 ＋Z）
但是，仿形功能中没有重试用的子级参数表。

3.7.4.4 注意和限制事项

(1) 1 个参数表数据可拥有的子级参数表数据最多为 2 个，即重试用 1 个，非重试用 1 个。
但是，仿形功能只可拥有一个非重试的子参数。
(2) 重试用的参数表数据，无法拥有其自身的子级参数表数据。

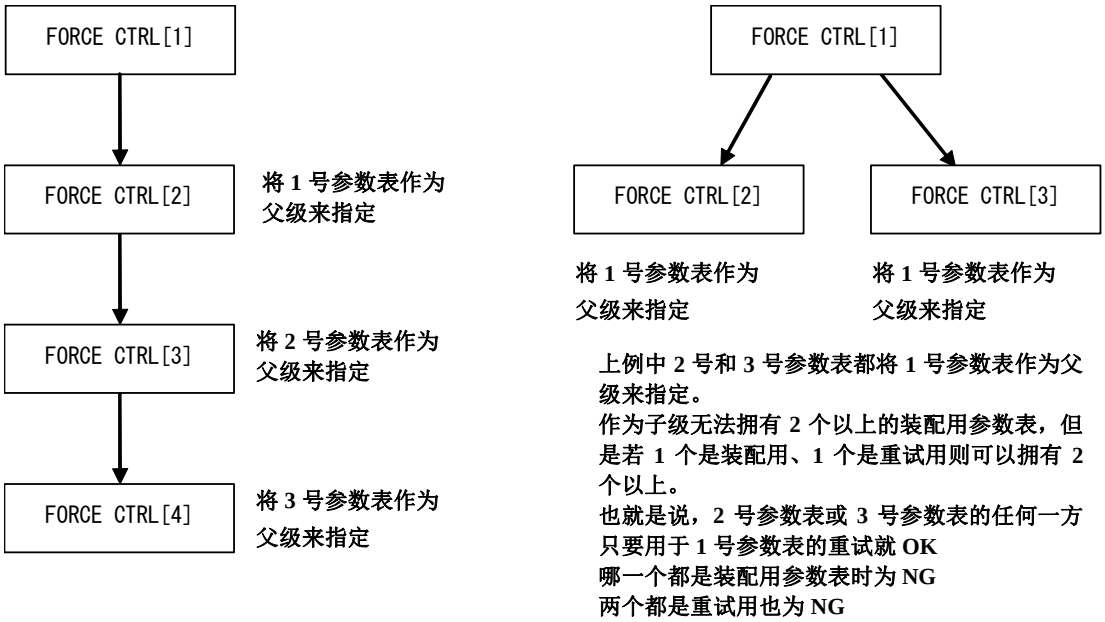
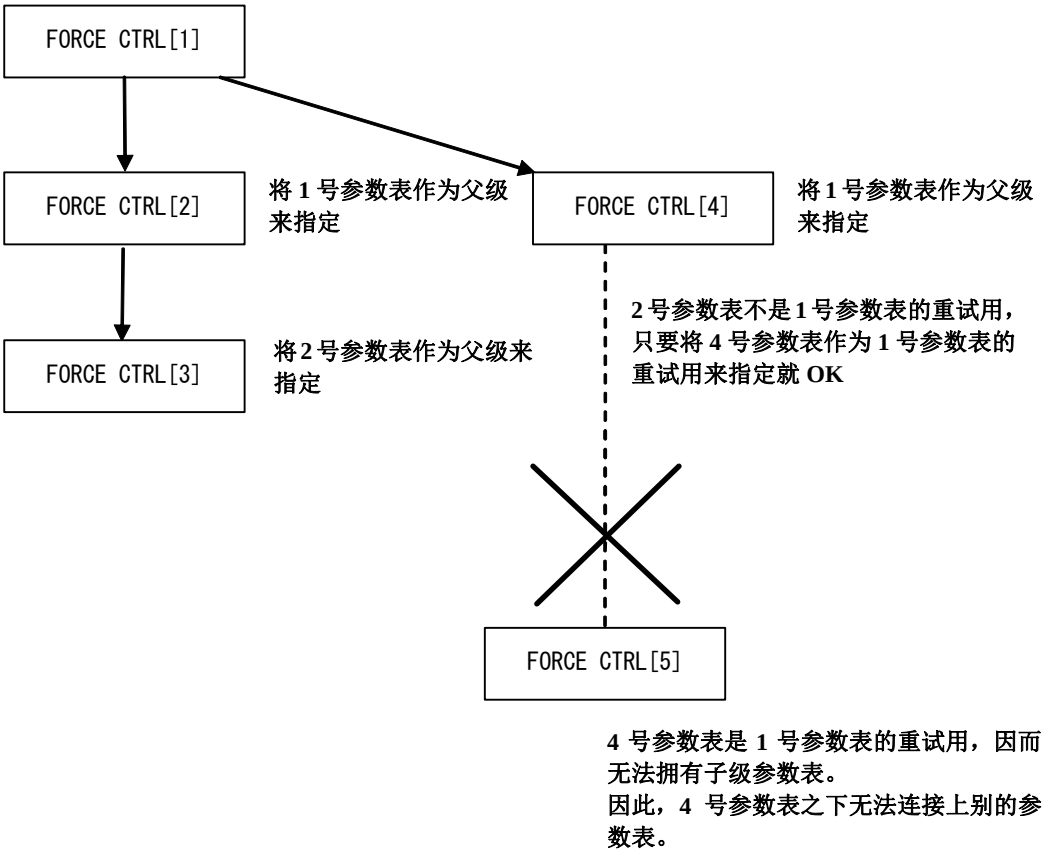


图 3.7.4.4(a) 力觉控制的连续执行例 (1/2)



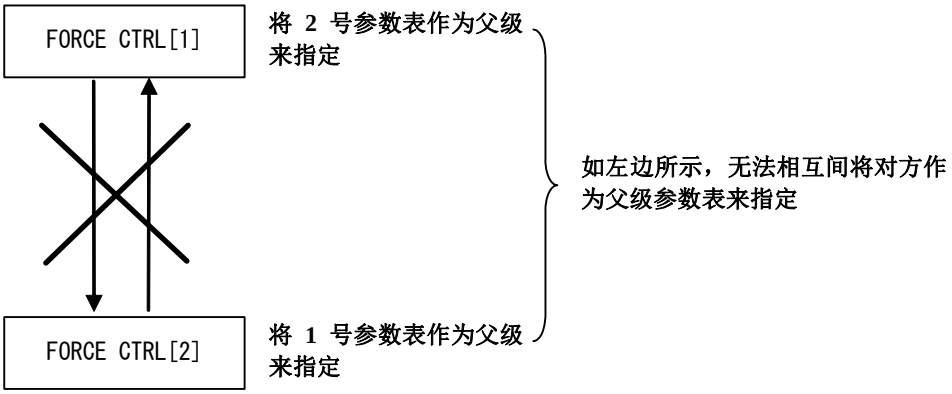
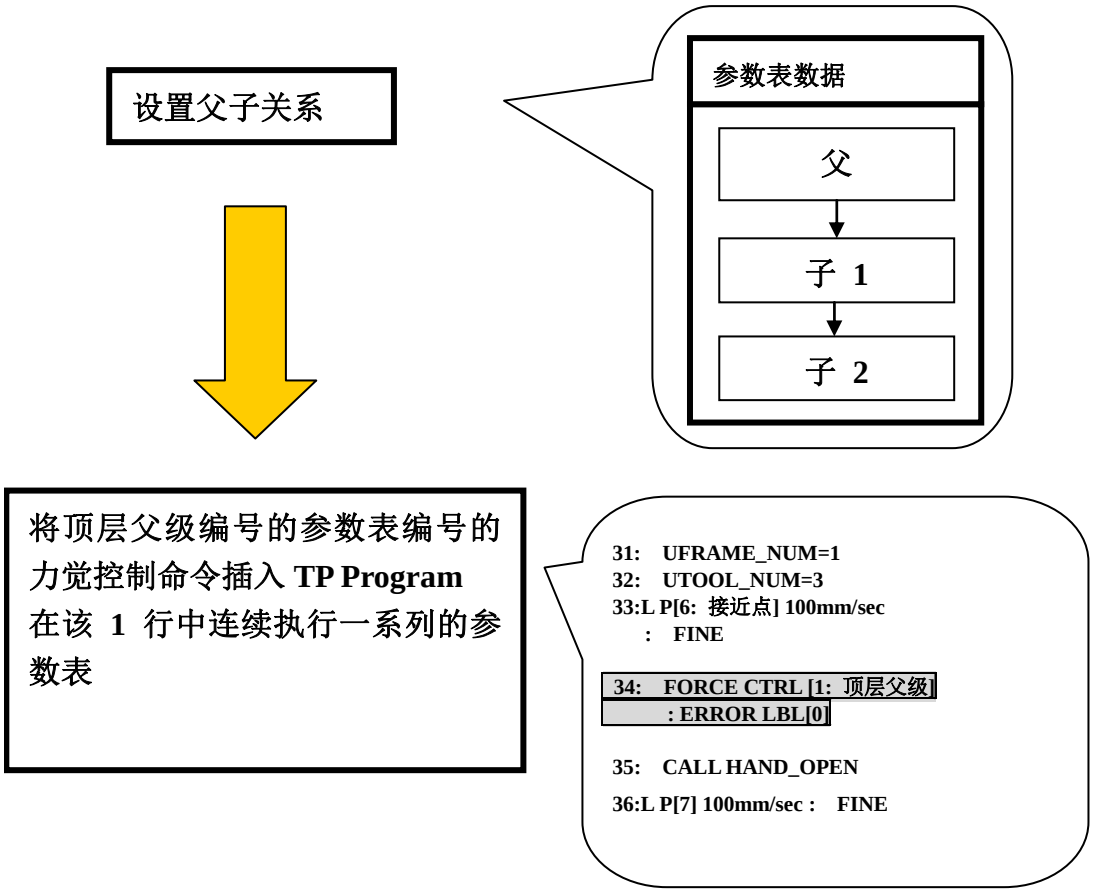


图 3.7.4.4(b) 力觉控制的连续执行例 (2/2)

3.7.5 自定义自动连续执行功能

此功能只在 TP 程序上指定顶层父级编号的参数表，自动地连续执行通过自定义功能连接起来的一系列的力觉控制参数表数据。

如同将通过父子关系连接起来的一系列的力觉控制命令作为 1 个新的力觉控制命令那样地执行。



自定义自动连续执行功能具有如下特点：

- 上一节中说明的自定义功能中，需要在 TP 程序中插入要执行的全部父子级力觉控制命令。
  自定义自动连续执行功能中，在 TP 程序只插入一个顶层父级力觉控制命令。也就是说，从父级追溯到子级，可自动地连续执行参数表数据中设置的力觉控制。
- 上一节中说明的自定义功能中，在连续不间断地执行力觉控制命令时，从父级连接到子级时需要一定的时间（0.3 秒左右）。
  在自定义自动连续执行功能中则不需要此时间。
- 可以向寄存器输出执行中的参数表数据的编号。
  一系列的参数表数据全都正常结束时，向寄存器输出 0。
  执行一系列的参数表数据时，通过确认寄存器的值，就可了解是否直至最后的参数表数据已正常结束，或者，在力觉控制失败时，在哪个编号的力觉控制中失败。
  力觉控制在一系列的参数表数据的中途失败时，可根据寄存器的值，编制 TP 程序，以便进行对应失败的参数表数据编号的处理。

与自定义自动连续执行功能相关的参数，请按如下所示方式进行设置：

- 设置参数表数据时，在自定义功能中，通过“自定义父级编号”来指定父级，将参数表数据连接起来。
  自定义自动连续执行功能中，通过指定父级、子级，将参数表数据连接起来。
  父级参数表数据编号，通过“自定义父级编号”来指定。子级参数表数据编号，通过“自动连续执行子级编号”来指定。没有指定子级编号时，将“自动连续执行子级编号”设为 0。
  请在通过“自动连续执行子级编号”指定的参数表数据的高级数据的“自定义父级编号”中，设置指定了子级的上述参数表数据的编号。也就是说，要使得通过“自动连续执行子级编号”指定父级的子级、与通过“自定义父级编号”指定子级的父级保持一致。
- 自定义自动连续执行功能中，一系列的参数表数据执行中失败时的跳跃，不管该时刻执行的参数表数据的编号如何，都使用 TP 程序中插入顶层父级的力觉控制命令时指定的错误标签的编号。
- 在进行自定义自动连续执行的、一系列的参数表数据中，不管父级、子级如何，都要将“自定义自动连续执行开关”设置为“ON”。
- 能够通过自定义自动连续执行而连接起来的参数表数据数至多为 10 个。也就是说，顶层父级之后，最多可以将 9 个子级连接起来。
- 一系列的参数表数据的、顶层父级“参数表编号输出数值寄存器编号”的值若是 0，则不会向寄存器输出值。

- 一系列的参数表数据中，要使得与如下的坐标系的设置相关的参数相同：
  - “用户坐标系”的设置
  - “工具坐标系”的设置
  - “用户坐标系补偿”的设置
- 能够通过自定义自动连续执行功能连接起来的力觉控制功能的种类包括：
  “恒力推压”、“平面匹配”、“圆柱装配”、“四棱柱装配”、“凹槽装配”、“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”、“相位搜索”、“拧螺丝”。
  无法指定除此以外的功能的参数表数据。
- 在进行自定义自动连续执行时，请在一系列的参数表数据中，将如下功能设为无效：
  - 扭矩误差取得
  - 结束条件取得
  - 力觉控制增益自动调整
- 使用一系列的参数表数据的、顶层父级设置，从该父级连接的子级设置中，不使用的设置如下(即使进行设置也不会被使用)：
  - 自定义自动连续执行功能的、“参数表编号输出数值寄存器编号”
  - 重力补偿开关
  - “力降噪开关”
  - “出错时信号输出开关”
  - “用数值寄存器结束力觉控制”、“结束用数值寄存器编号”
- 与上述相关，若予以特别记述，一系列参数表数据的如下设置使用各自的参数表数据的设置：
  - 扭矩误差补偿的数据
  - 结束条件的数据
  - 接触判断阈值
  - 力结束判断、扭矩结束判断的设置
- 一系列的参数表数据中，即使插入方向不相同也无妨。
- “自定义自动连续执行开关”有效的参数表数据中，在自定义功能中，通常将被视为重试用的子级参数表数据的参数表数据，视为非重试用的子级参数表数据。
- TP 程序中，在执行自定义自动连续执行的、顶层父级参数表数据的力觉控制命令之后，无法执行以其为父级的自定义功能的子级力觉控制命令。(自定义功能中，无法拥有两个非重试用的子级)
- 在执行一系列的参数表数据时，执行某个参数表数据时，力的大小超过该参数表数据的接触判断阈值时，在执行之后的参数表数据时，作为接触后被执行。
  在执行某个参数表数据期间，力的大小没有超过接触判断阈值而正常结束时，在执行后续的参数表数据时，作为尚未接触来对待，执行力觉控制。
- 姿势变化检查的“姿势变化上限”，根据执行该参数表数据时的姿势观察其变化。
- 搜索功能的搜索范围，将执行该参数表数据时的位置作为基准。
- 自定义自动连续执行时，力觉控制命令的执行历史中，
  - 在一系列的参数表数据中，显示直至已执行的参数表数据的结果。(在自定义自动连续执行的中途失败时，不显示已失败的参数表数据以后的结果。一直执行到最后的参数表数据时，在力觉控制命令的执行历史中显示所有参数表数据的结果)
  - 顶层父级以后的参数表数据的执行时刻，显示执行顶层父级参数表数据时的执行时刻。
    除此以外的执行历史的数据，是执行该参数表数据时的值。

这里以图 3.7.5 (a)中所示的的示例程序（通过 1 个力觉控制命令执行 3 个参数表数据的、自定义自动连续执行）为例进行说明。这里，按照圆柱装配、相位搜索、圆柱装配的顺序连续执行。最初的圆柱装配设置在 1 号参数表数据中，相位搜索设置在 2 号参数表数据中，第二个圆柱装配设置在 3 号参数表数据中。
如图 3.7.5 (b)所示，将进行自定义自动连续执行的、1、2、3 号参数表数据的“自定义自动连续执行开关”设为“ON”。
由于 1 号参数表数据没有父级，因而如图 3.7.5 (b) 所示，将“自定义父级编号”设为 0。由于将 1 号参数表数据的子作为 2 号参数表数据，因而如图 3.7.5 (b) 所示，将“自动连续执行子级编号”设置为 2。
由于 2 号参数表数据将 1 号参数表数据作为父级，因而如图 3.7.5 (b) 所示，在“自定义父级编号”中指定 1。由于将 2 号参数表数据的子级作为 3 号参数表数据，因而如图 3.7.5 (b) 所示，将“自动连续执行子级编号”设置为 3。
同样，由于 3 号参数表数据将 2 号参数表数据作为父级，因而如图 3.7.5 (b) 所示，在“自定义父级编号”中指定 2。由于没有 3 号参数表数据的子级，因而如图 3.7.5 (b) 所示，将“自动连续执行子级编号”设置为 0。
“参数表编号输出数值寄存器编号”由于使用一系列参数表数据的顶层父级值，因而只设置 1 号参数表数据。

```
30:
31:  UFRAME_NUM=1
32:  UTOOL_NUM=3
33:L P[6: 接近点] 100mm/sec
   :  FINE

34:  FORCE CTRL [1: 顶层父级]
     : ERROR LBL[0]

35:  CALL HAND_OPEN
36:L P[7] 100mm/sec :  FINE
```

图 3.7.5(a) 通过自定义自动连续执行来执行 3 个参数表数据时的 TP 程序例

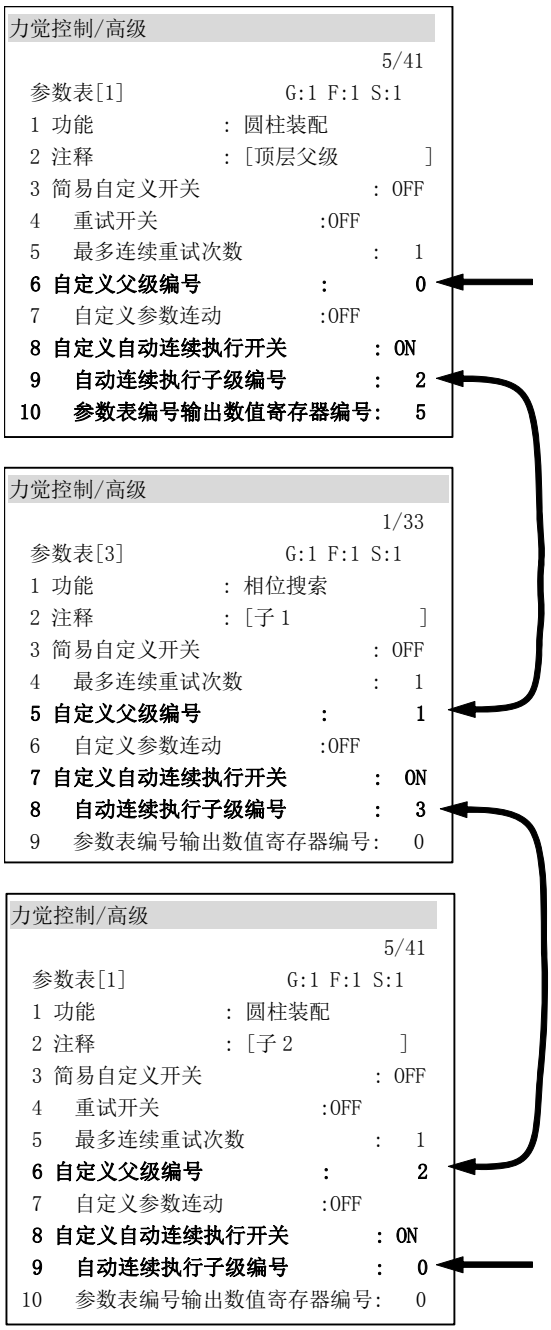


图 3.7.5 (b) 执行自定义自动连续执行时的、参数表数据的设置例

3.8 用户坐标系补偿

概要

“仿形”功能以外的力觉控制功能沿着参数表中指定的用户坐标系的轴方向（X, Y, Z）动作。“仿形”功能中一边沿着示教轨道运动，一边向着参数表中指定的用户坐标系或者工具坐标系的轴向推压。

本功能可以与发那科的视觉系统 *i*RVision 并用，对在力觉控制中使用的用户坐标系进行补偿。譬如，在“圆柱装配”功能下进行精密装配时，可通过 *i*RVision 根据被装配物的基准位置检测出倾斜并对行进方向进行补偿。

此外，借助本功能，无需变更参数表中指定的用户坐标系的设置值，可通过对用户坐标系进行补偿，来变更推压的方向和插入方向等。

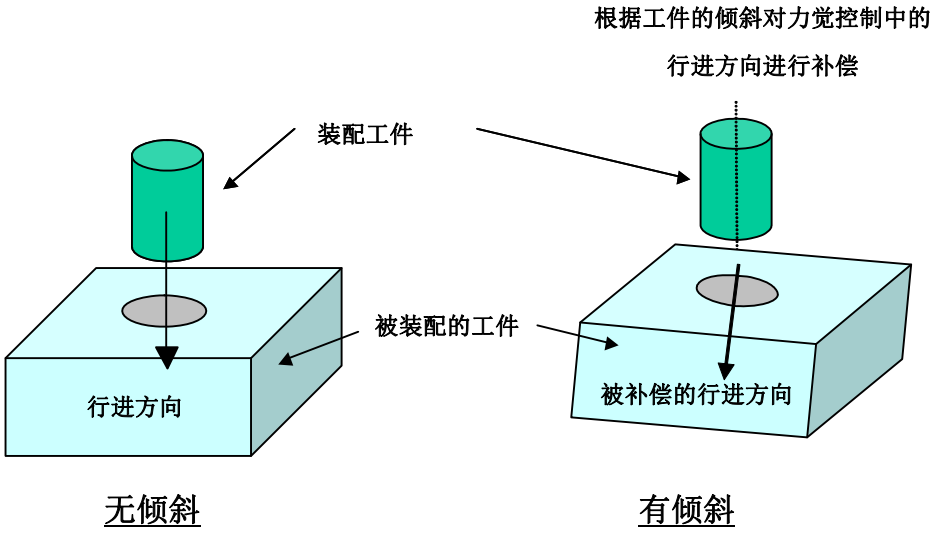


图 3.8(a) 使用用户坐标系补偿对行进方向进行补偿

使用方法

包括两种使用方法：使用位置补偿条件命令的方法 1 和使用视觉补偿条件命令的方法 2。此外，在“恒力推压”功能中，还有根据工具坐标系进行补偿的方法 3。

在方法 1 中使用指定的位置寄存器对行进方向进行补偿。在方法 2 中使用指定的视觉寄存器对行进方向进行补偿。有关使用视觉在位置寄存器和视觉寄存器中设置补偿量的方法，请参阅 *i*RVision 操作说明书　参考篇（B-83304CM）等内容。

方法 3(“恒力推压”的情形) 中，通过选择“工具坐标系”进行补偿，以使用户坐标系的位置姿势与力觉控制开始时的、由基本数据的“工具坐标系编号”指定的工具坐标系成为相同的位置姿势。由此，可以将“恒力推压”功能的推压方向设为基于工具坐标系的方向。另外，在利用“恒力推压”功能，“用户坐标系补偿”被设置为“工具坐标系”时，在基本数据的“推压方向”中显示“工具”，“用户坐标系补偿”被设置为“工具坐标系”以外时，显示“用户”。

方法 1　使用位置补偿条件命令的方法

1-1　通过位置补偿条件命令指定使用于补偿的位置寄存器编号。TP 程序例如图 3.8(b)所示。

1-2　将通过 *i*RVision 检测出的补偿量存储在位置寄存器中。具体方法，请参阅 *i*RVision 操作说明书　参考篇（B-83304CM）。

1-3　将力觉控制命令的“用户坐标系补偿”设为位置寄存器。（图 3.8(c)）

```
TEST
                                    1/4
  1: UFRAME_NUM=1
  2: OFFSET CONDITION PR[1]   ←  1 号位置寄存器使用于补偿
  3: L P[1: 接近点] 100mm/sec
   :  FINE Offset
  4:  FORCE CTRL[1]   ←  力觉控制命令
   :  ERROR LBL[0]
[END]
```

图 3.8(b) 使用位置补偿条件命令时的 TP 程序例

```
力觉控制/高级
                                        5/41
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [                  ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数              :   1
 6 自定义父级编号             :        0
 7   自定义参数连动           :OFF
 8 自定义自动连续执行开关          : OFF
 9   自动连续执行子级编号          :   0
10   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
11 用户坐标系补偿            :  位置寄存器
12 冷却开关                  :OFF
13   冷却时间            :     1.00 sec
14   冷却比率            :   100.00 %
```

图 3.8(c)　力觉控制命令的用户坐标系补偿（使用位置寄存器）

方法 2　使用视觉补偿条件命令的方法

2-1　通过视觉补偿条件命令指定使用于补偿的视觉寄存器编号。TP 程序例如图 3.8(d)所示。

2-2　将通过 *i*RVision 检测出的补偿量存储在视觉寄存器中。有关具体的方法，请参阅 *i*RVision 操作说明书　参考篇（B-83304CM）。

2-3　将力觉控制命令的“用户坐标系补偿”设为视觉寄存器。（图 3.8 (e)）

```
TEST
                                        1/4
  1: UFRAME_NUM=1
  2: VOFFSET CONDITION VR[1]   <------ 1 号视觉寄存器使用于补偿
  3: L[1: 接近点] 100mm/sec
   :  FINE VOFFSET
  4:  FORCE CTRL[1]   <------ 力觉控制命令
   :  ERROR LBL[0]
[END]
```

图 3.8(d)　使用视觉补偿条件命令时的 TP 程序例

```
力觉控制/高级
                                        5/41
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 圆柱装配
 2 注释              : [                  ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   重试开关                 :OFF
 5   最多连续重试次数              :   1
 6 自定义父级编号             :        0
 7   自定义参数连动           :OFF
 8 自定义自动连续执行开关          : OFF
 9   自动连续执行子级编号          :   0
10   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
11 用户坐标系补偿            :  视觉寄存器
12 冷却开关                  :OFF
13   冷却时间            :     1.00 sec
14   冷却比率            :   100.00 %
```

图 3.8(e)　力觉控制命令的用户坐标系补偿（使用视觉寄存器）

> ⚠ 注意
> **1 要使用视觉补偿条件，需要 *i*RVision 选项。**
> **2 将视觉补偿命令设为有效。从[MENU]（菜单）键选择“设置”→“常规”。将其中的“启用视觉补偿命令”设置为有效。**
> **3 请将要使用的视觉寄存器的补偿类型设为“固定坐标系偏移”。**

方法 3 使用工具坐标系的方法(恒力推压的情形)

3-1 将力觉控制命令的“用户坐标系补偿”设为工具坐标系。（图 3.8 (f)）。

```
力觉控制/高级
                                    1/25
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 恒力推压
 2 注释              : [                  ]
 3 简易自定义开关                  : OFF
 4   最多连续重试次数              :   1
 5 自定义父级编号            :        0
 6   自定义参数连动          :OFF
 7 自定义自动连续执行开关          : OFF
 8   自动连续执行子级编号          :   0
 9   参数表编号输出数值寄存器编号:   0
10 用户坐标系补偿            :  工具坐标系
11 冷却开关                   :OFF
12   冷却时间             :     1.00 sec
13   冷却比率             :   100.00 %
```

图 3.8(f) 力觉控制命令的用户坐标系补偿（使用工具坐标系）

3.9 3 轴力觉传感器的设置

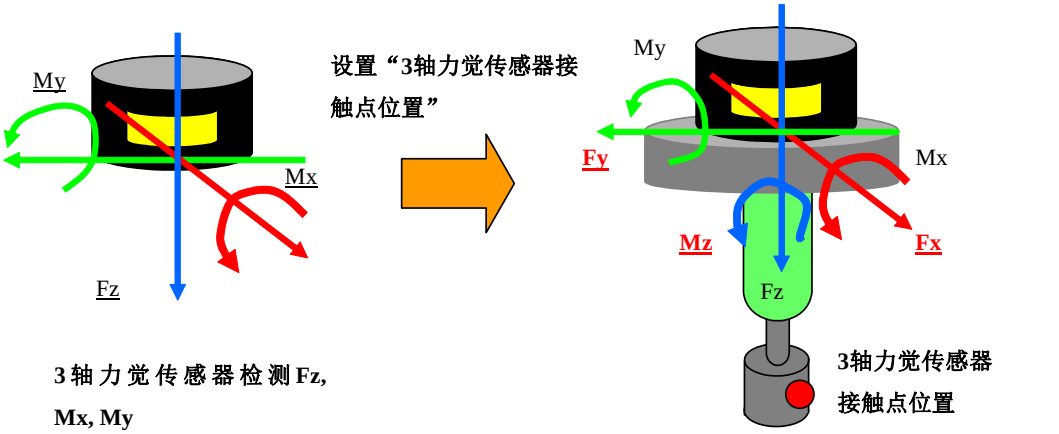
发那科的 3 轴力觉传感器检测 Fz(Z 方向的力)、Mx(X 周围的力矩)、My(Y 周围的力矩)。
为推算 Fx(X 方向的力)、Fy(Y 方向的力)、Mz(Z 周围的力矩)，需要设置工件和作业工具的“3 轴力觉传感器接触点位置”，力觉控制中要始终示教为在此位置接触。
作为“接触点位置”，可选择如同工具坐标系的原点那样随着机器人手腕的移动而运动的位置、和如同用户坐标系的原点那样固定的位置。
若实际的接触点从“3 轴力觉传感器接触点位置”离开，或者在中途偏移，则 Fx、Fy、Mz 的推算误差将会增大，从而导致力觉控制性能恶化，请予注意。
另外，3 轴力觉传感器上能够对应的力觉控制功能只限于“恒力推压”和“仿形”。它们的基本画面上备有如下参数。

- 3 轴力觉传感器接触点位置
- 设置方法（3 轴力觉传感器接触点位置）
- 位置寄存器编号（3 轴力觉传感器接触点位置）
- 距离（3 轴力觉传感器接触点位置）

有关“恒力推压”，“3.5.2 恒力推压、平面匹配”中也进行了说明；有关仿形，“3.5.7.6 参数”中也进行了说明，请结合参阅。本节中就这些参数的含义，使用概念图进行说明。

图 3.9 (a)和图 3.9 (b)示出使用 3 轴力觉传感器必须理解的内容，请务必阅读。
接触点位置被固定在机器人手腕上时，请参阅图 3.9 (c)、图 3.9 (e)、图 3.9 (f)、图 3.9 (g)。但是，“恒力推压”时，与图 3.9 (g)无关。
接触点位置被固定在地板面上时，请参阅图 3.9 (d)、图 3.9 (h)、图 3.9 (i)。

在3轴力觉传感器中设置“3轴力觉传感器接触点位置”。
力觉控制中，工件和作业工具必须在此位置接触。

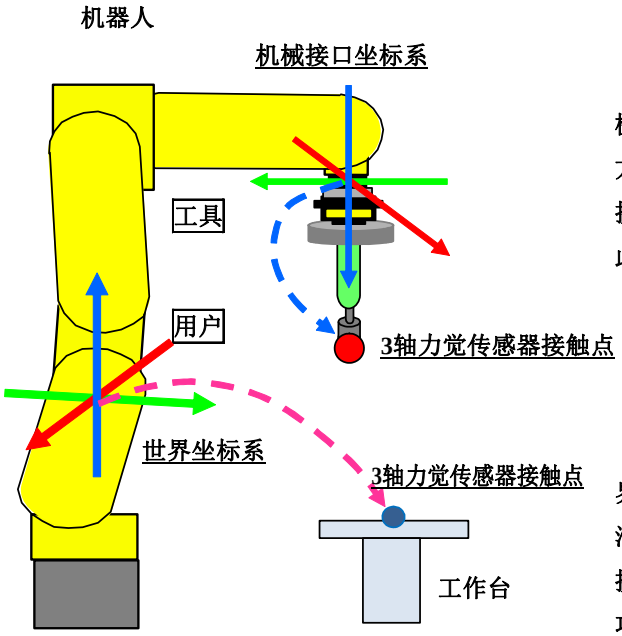


3 轴 力 觉 传 感 器 检 测 Fz, Mx, My

根据“3轴力觉传感器接触点位置”和 Fz, Mx, My推算 Fx, Fy, Mz。
由此，机器人可以向任意方向推压。

图 3.9 (a) 3 轴力觉传感器接触点位置

“3轴力觉传感器接触点位置”的设置　　“工具”或者“用户”



选择了“工具”的情形:

“3轴力觉传感器接触点”的位置成为在机械接口坐标系中的值。实际值通过“设置方法”来指定。
接触点与机械接口坐标系一起运动时选择此项。

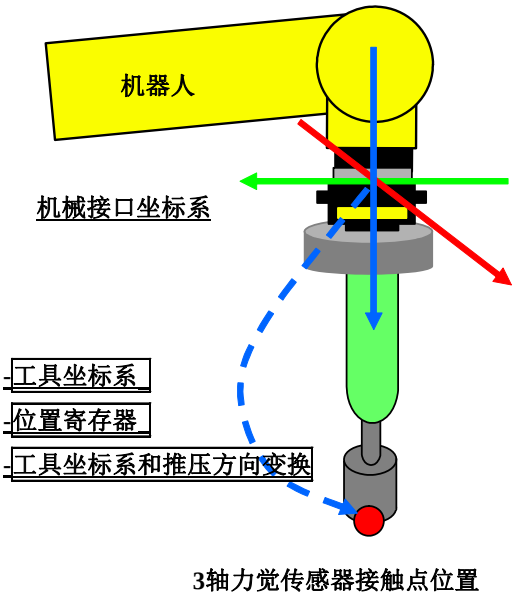
选择了“用户”的情形 ：

“3轴力觉传感器接触点”的位置成为世界坐标系中的值。实际值通过“设置方法”来指定。
接触点相对世界坐标系被固定时选择此项。

图 3.9 (b) “3 轴力觉传感器接触点位置”的设置

“3轴力觉传感器接触点位置”为“工具”时的接触点设置

3轴力觉传感器接触点位置作为机械接口坐标系上的位置被赋予



“设置方法”为“坐标系”的情形

3轴力觉传感器接触点位置，成为由基本画面的“工具坐标系编号”指定的工具坐标系的原点。

“设置方法”为“位置寄存器”的情形

3轴力觉传感器接触点位置的X,Y,Z分量，成为由“位置寄存器编号”指定的位置寄存器的X,Y,Z分量。

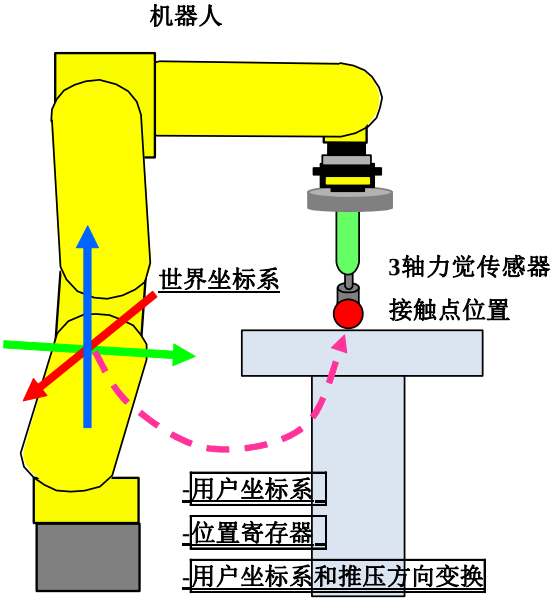
“设置方法”为“推压方向变换”的情形

3轴力觉传感器接触点位置，成为将由基本画面的“工具坐标系编号”指定的工具坐标系的原点向着推压方向只位移由“距离”指定的距离的点。

图 3.9 (c) “3 轴力觉传感器接触点位置”为工具的情形

“3轴力觉传感器接触点位置”为“用户”时的接触点设置

3轴力觉传感器接触点位置作为世界坐标系上的位置被赋予



“设置方法”为“坐标系”的情形

3轴力觉传感器接触点位置，成为由基本画面的“用户坐标系编号”指定的用户坐标系的原点。

“设置方法”为“位置寄存器”的情形

3轴力觉传感器接触点位置的X,Y,Z分量，成为由“位置寄存器编号”指定的位置寄存器的X,Y,Z分量。

“设置方法”为“推压方向变换”的情形

3轴力觉传感器接触点位置，成为将由基本画面的“用户坐标系编号”指定的用户坐标系的原点向着“推压方向”只位移由“距离”指定的距离的点。

图 3.9 (d) “3 轴力觉传感器接触点位置”为用户的情形

将3轴力觉传感器接触点位置设为“工具”的例 1　　“设置方法”为坐标系或者位置寄存器

接触点作为机械接口坐标系上的位置被赋予

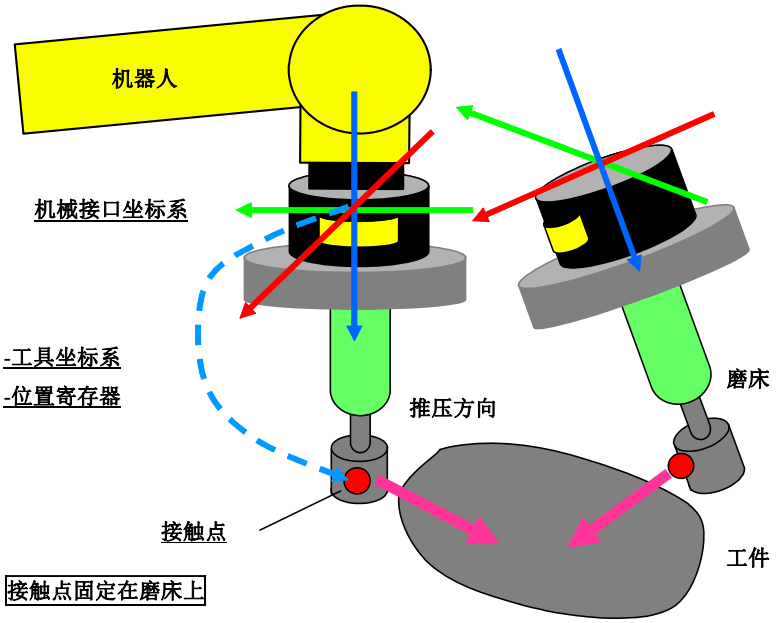


图 3.9 (e) “3 轴力觉传感器接触点位置”为“工具”的例 1

将3轴力觉传感器接触点位置设为“工具”的例 2　　“设置方法”为推压方向变换

接触点作为机械接口坐标系上的位置被赋予

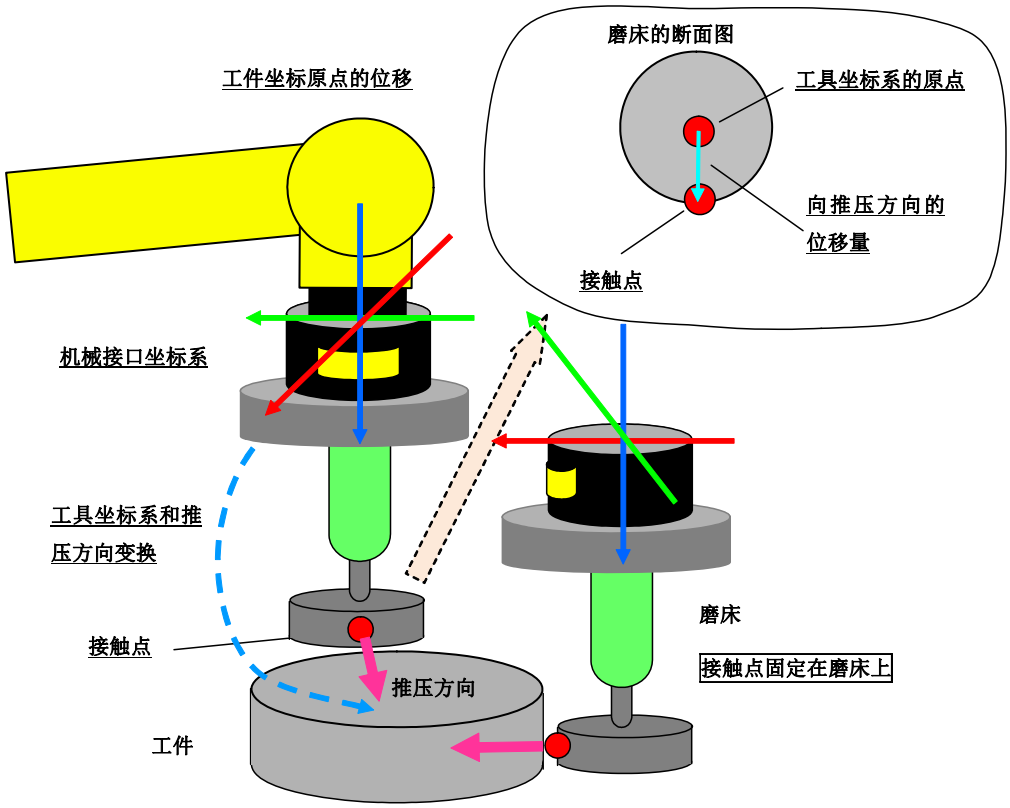


图 3.9 (f) “3 轴力觉传感器接触点位置”为“工具”的例 2

将3轴力觉传感器接触点位置设为“工具”的例 3

“仿形”的“推压方向自动变化”处于ON，“设置方法”为推压方向变换时

接触点作为机械接口坐标系上的位置被赋予

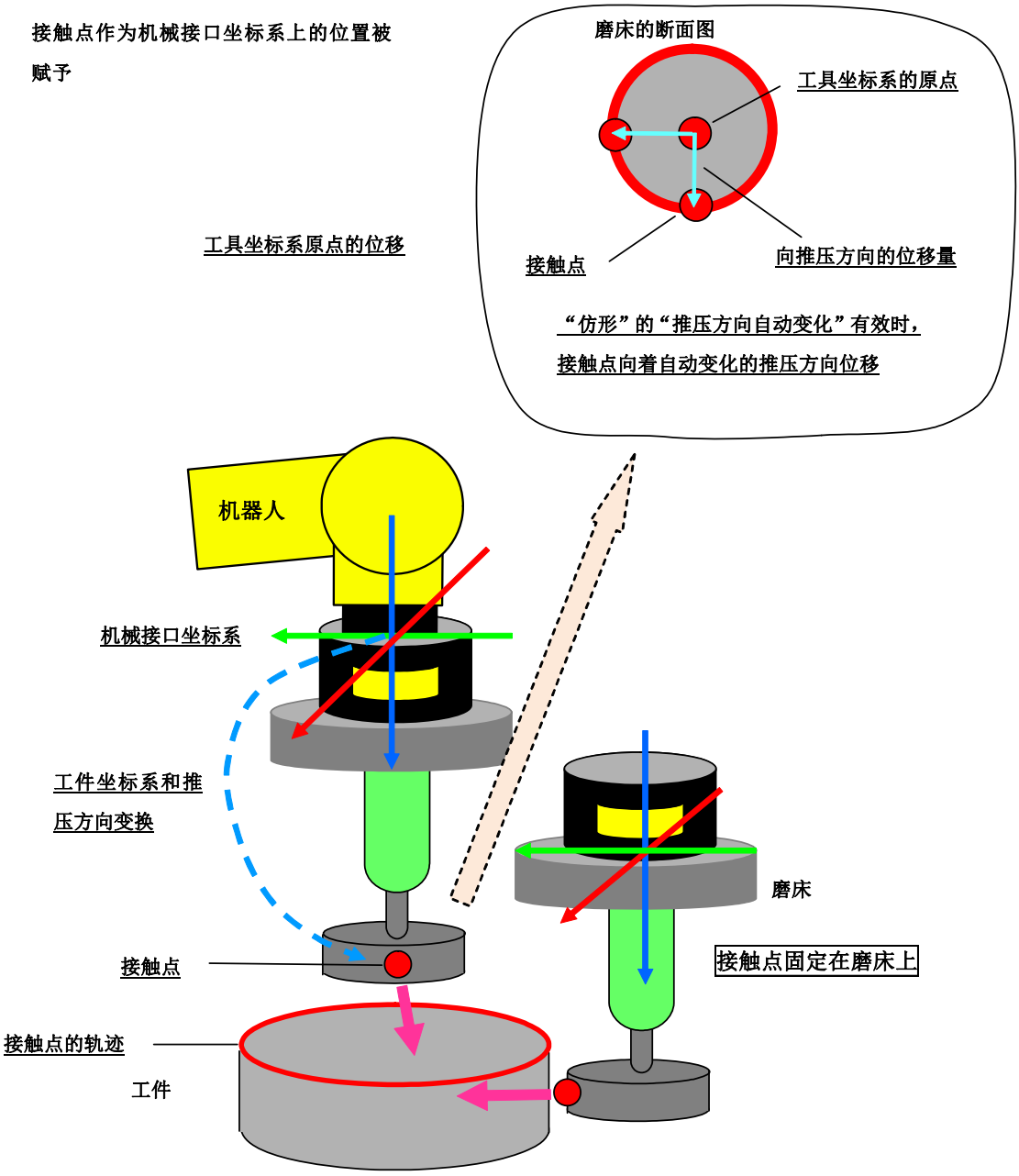


图 3.9 (g) “3 轴力觉传感器接触点位置”为“工具”的例 3

将3轴力觉传感器接触点位置设为“用户”的例 1　　“设置方法”为坐标系或者位置寄存器

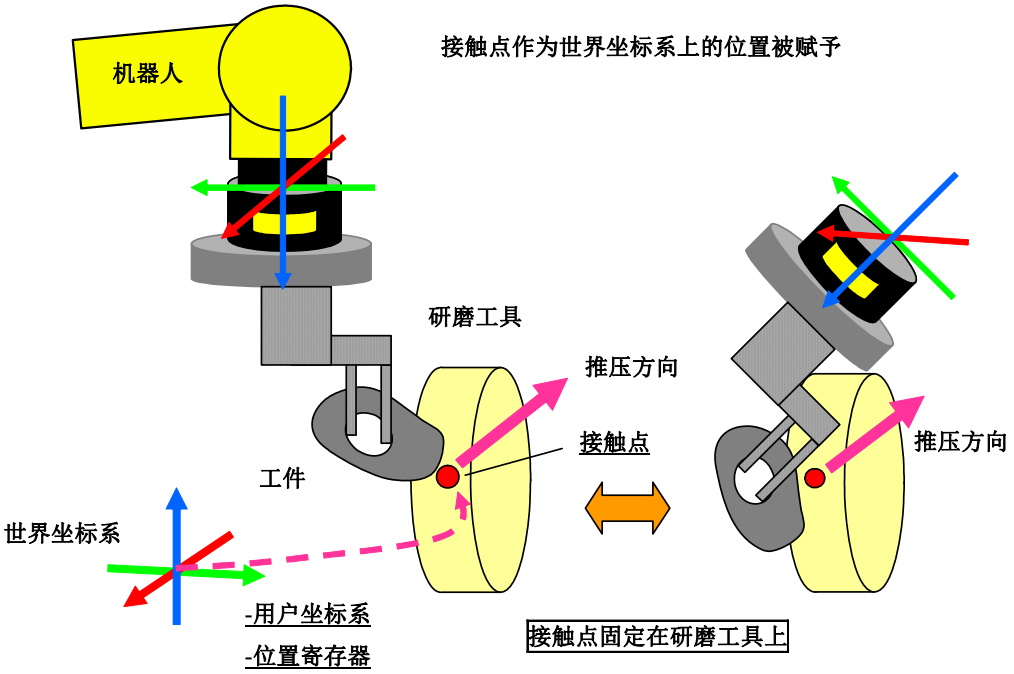


图 3.9 (h) “3 轴力觉传感器接触点位置”为“用户”的例 1

将3轴力觉传感器接触点位置设为“用户”的例 2　　“设置方法”为推压方向变换

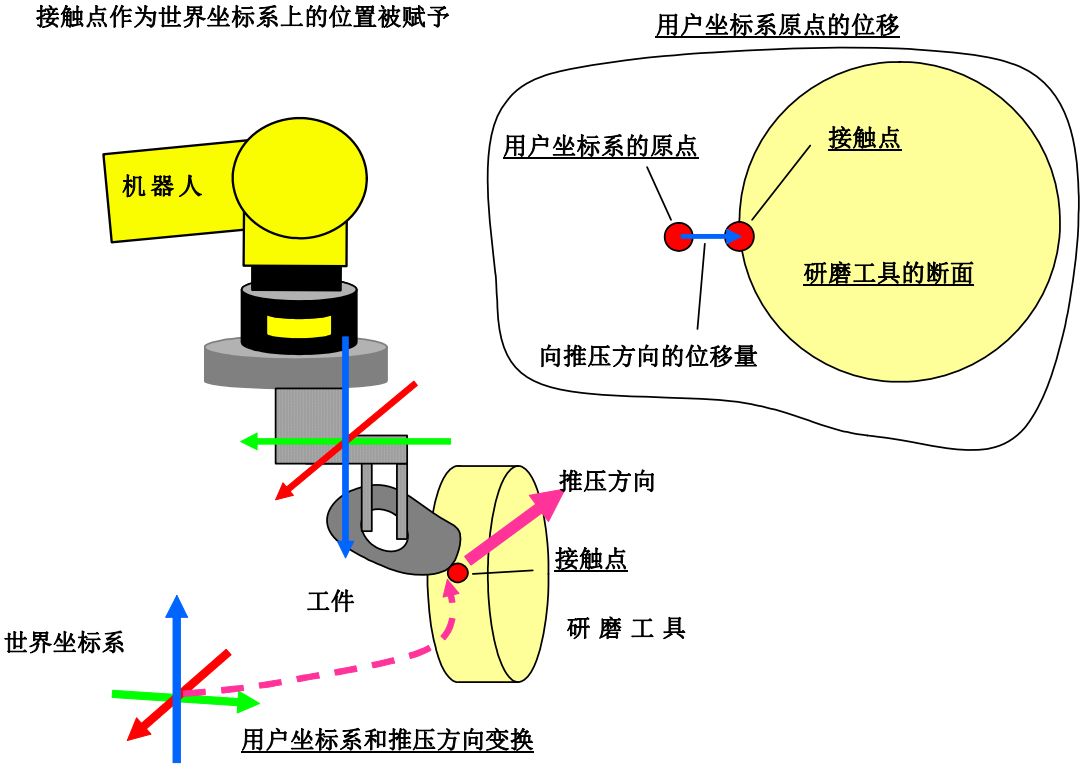


图 3.9 (i) “3 轴力觉传感器接触点位置”为“用户”的例 2

3.10 力觉控制的其他命令

图 3.10(a)和图 3.10(b)显示了力觉控制相关命令的选择方法。

```
                指令 1
 1 数值寄存器
 2 I/O
 3 力觉控制
 4 IF/SELECT
 5 WAIT
 6 JMP/LBL
 7 调用
 8 ---下页---
```

图 3.10(a) 力觉控制相关命令的选择

选择“3 力觉控制”，显示如下所示的选择项。

```
力觉控制命令 1
  1 力觉控制
  2 传感器诊断
  3 获得诊断数据
  4 自动调整开
  5 自动调整关
  6 扭矩误差取得开
  7 扭矩误差取得关
  8 ——下页——
```

```
力觉控制命令 2
  1 结束条件开
  2 结束条件关
  3
  4
  5
  6
  7
  8 ——下页——
```

图 3.10(b) 力觉控制相关命令的选择项

从 9 个选择项中选择必要的命令。图 3.10(c)为在图 3.10(b)中选择了“自动调整开”时的程序的显示。

```
TEST
                                    1/2
   1:  AUTO TUNING ON


[End]
```

图 3.10(c) 力觉控制相关命令的示教

各自的选择项的详情，请参阅下一项以后的内容。

传感器诊断
获得诊断数据 ⇒ “3.10.1 力觉传感器自诊断命令”

自动调整开
自动调整关 ⇒ “3.10.2 力觉控制增益自动调整命令”

扭矩误差取得开
扭矩误差取得关 ⇒ “3.10.3 扭矩误差取得命令”

结束条件开
结束条件关 ⇒ “3.10.4 结束条件取得命令”

3.10.1 力觉传感器自诊断命令

概要

力觉传感器自诊断命令，是用来诊断是否因示教中的操作失误等原因引起的碰撞而在力觉传感器发生了异常的功能。命令包括“传感器诊断”和“获得诊断数据”，按图 3.10.1.1 所示的方式使用。

３轴力觉传感器上，传感器本体具有诊断功能，因而无需使用本功能。即使执行本功能也不会进行诊断，但是进行力觉传感器数据的获取，并可在图 3.10.1.2 上确认值。

格式

GET DIAGNOSIS DATA

首次使用力觉传感器时，在用户确定的位置执行本命令，获得力觉传感器数据。务必在执行“传感器诊断”命令前执行。

执行完成后，显示“FORC –026　初始数据已设置”。

原则上只在最初执行 1 次，但是在变更工具时，要在之后再次执行。

SENSOR DIAGNOSIS

希望接着进行力觉传感器的诊断时，使得机器人移动到相同的位置，执行“传感器诊断”命令。此命令通过将执行“获得诊断数据”命令时的力觉传感器数据与现在的力觉传感器数据进行比较，来诊断现在的力觉传感器的状态。请在与执行“获得诊断数据”命令时相同的状态（机械手、工件的有无等）下执行。诊断的结果

正常时，显示“FORC-016　诊断正常结束”

异常时，显示“FORC-015　力觉传感器误差超过极限值”。

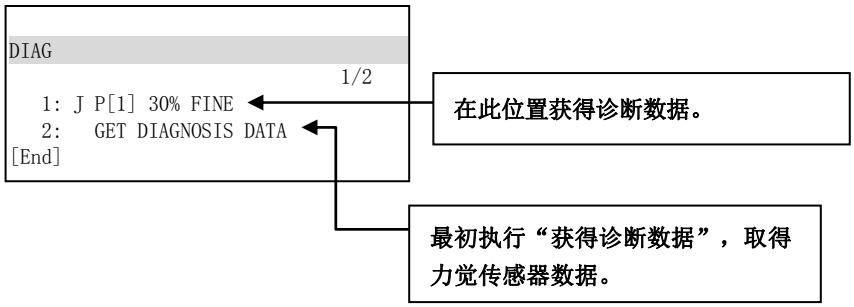
3 轴力觉传感器时，只进行力觉传感器数据的获取，不进行诊断。

显示“FORC-017　已经设置诊断数据”。

3.10.1.1 力觉传感器自诊断的执行方法

如下所示，在确定的位置，执行“获得诊断数据”命令。请在此位置确认力觉传感器以及安装在其上的工具和工件在任何位置都没有接触。若接触到某处就无法正确进行判断。

此操作只进行 1 次。



为了确认力觉传感器的状态，执行如下所示的程序。

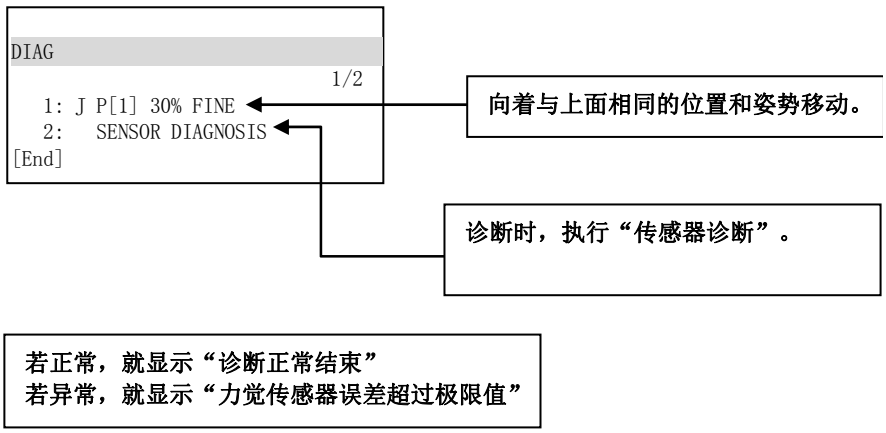


图 **3.10.1.1**　力觉传感器自诊断命令的示教

3.10.1.2 力觉传感器自诊断的结果显示

可以在力觉传感器自诊断的结果画面上，参照 3.10.1.1 中取得的力觉传感器数据等。
此画面从力觉传感器的实用工具画面打开。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。
在实用工具画面上将光标指向“6 力觉传感器诊断结果”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，出现图 3.10.1.2 所示的画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [6 力觉传感器诊断结果]

```
力觉传感器诊断结果
                                        1/3
 1 初始值
   Fx     56.3 Fy     23.7 Fz    341.1 N
   Mx    14.62 My      9.24 Mz    13.58 N*m
   温度              34.7  C

 2 诊断数据
   Fx     68.2 Fy     35.9 Fz    330.2 N
   Mx    13.08 My      1.06 Mz    17.22 N*m
   温度              33.6  C

 3 力过大报警的发生次数   :          5

 退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 3.10.1.2 力觉传感器自诊断的结果画面

初始值

显示执行“获得诊断数据”命令时的、力（Fx, Fy, Fz, 单位为 N）、力矩（Mx, My, Mz, 单位为 N*m）和传感器温度（单位为℃）。

诊断数据

显示执行“传感器诊断”命令时的、力（Fx, Fy, Fz, 单位为 N）、力矩（Mx, My, Mz, 单位为 N*m）和传感器温度（单位为℃）。

力过大报警的发生次数

虽然与力觉传感器自诊断没有直接关系，但是显示 FORC-159“力觉传感器超过力极限值”报警的累计发生次数。若频繁发生此报警，则有可能力觉传感器已经损坏。

3.10.2 力觉控制增益自动调整命令

概要

力觉控制增益，是力觉控制中规定机器人响应性的参数之一。实际的力觉控制响应性，除了此力觉控制增益外，还根据作为力觉控制对象的工件、机器人的姿势、工具的刚性等来确定。工件、机器人的姿势、工具等每项作业都不同，因而为提高响应性，还需要针对每项作业将力觉控制增益设置为适当的值。此命令是用来自动调整此力觉控制增益的命令。另外，通过自动调整而设置的力觉控制增益是一个保守值，是一个相比最佳值性能方面略为下降的安全值。要求得最佳值，在手动执行自动调整后还需要进行手动调整。

⚠ **警告**

在力觉控制增益自动调整的“自动调整开”命令后的力觉控制命令中，将在当前位置进行±1 mm、 ±1 deg 左右的往返动作。请确认机器人在此位置运动时不会与周边接触。

注意

“仿形”“仿形结束”中无法进行自动调整。

格式

AUTO TUNING ON
AUTO TUNING OFF

在力觉控制增益自动调整的步骤中，执行“自动调整开”命令后，直至执行“自动调整关”命令的期间，具有执行“力觉控制”命令的步骤。实际的作业步骤，如下述“力觉控制增益自动调整步骤”所示。

力觉控制增益自动调整步骤

1 参照“3.2 示教的步骤”之 1～5，进行示教。

```
TEST
                                    1/3
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
[End]
```

2 将使用的参数表的“力觉控制增益自动修改开关”置于 ON。

```
力觉控制/基本
                                    1/12
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 恒力推压
 2 注释              : [                ]
 3 推压方向                    用户: -Z
 4 接触力阈值            :     10.00 N
 5 接近速度              :      1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 推压力                :     50.00 N
 9 接近距离上限          :      5.00 mm
10 接触后推压时间        :     20.00 sec
11 力觉控制增益自动修改开关 :          ON
     上一次结果         :          无变化
12 力觉控制增益         :          详细
                                    1/12

[ 类型 ]  组      编号   [ 选择 ] 高级
```

设置成 ON

3 将“AUTO TUNING ON”（自动调整开）、“AUTO TUNING OFF”（自动调整关）、“PAUSE”（暂时停止）的各命令插入到“FORCE CTRL”（力觉控制）命令的前后。

```
TEST
                                    1/6
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  AUTO TUNING ON
  4:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
  5:  AUTO TUNING OFF
  6:  PAUSE
[End]
```

增加这些命令

4 执行上述程序。此时，在力觉控制命令中，**将在当前位置**执行±1 mm、 ±1 deg 左右的往返动作。请在不会与周边接触的位置执行。

5 只要“FORCE CTRL”命令正常结束，在第六行的“PAUSE”处停止，此前的步骤就结束。→请跳到步骤 6。“FORCE CTRL”命令因与力觉控制增益自动调整相关的报警而结束，在第五行停止时，执行修改参数表数据等操作，并再度执行程序。有关报警的处理方法，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”。→请跳到步骤 4。

6 按照如下步骤进行确认。

(1) 从程序中删除 3.中增加的命令。

(2) 执行程序。在力觉控制命令执行中，自动持续监视不稳定化的征兆，根据需要下调增益。

(3) 直至参数表数据的“上一次结果”持续成为“无变化”，反复执行几次程序。但是，力觉控制命令结束时，基本数据的“力觉控制增益自动修改开关”会成为 OFF，因而在进行调整时，请每次都将其置于 ON。

```
TEST
                                    1/3
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
[End]
```

删除 步骤 3 增加的命令

```
力觉控制/基本
                                    1/12
 参数表[1]                G:1 F:1 S:1
 1 功能              : 恒力推压
 2 注释              : [                  ]
 3 推压方向                    用户: -Z
 4 接触力阈值            :     10.00 N
 5 接近速度              :      1.00 mm/s
 6 用户坐标系编号                UF:  0
 7 工具坐标系编号                TF:  1
 8 推压力                :     50.00 N
 9 接近距离上限          :      5.00 mm
10 接触后推压时间        :     20.00 sec
11 力觉控制增益自动修改开关 :          ON
     上一次结果          :        无变化
12 力觉控制增益          :          详细
                                    1/12

[ 类型 ]  组      编号    [ 选择 ] 高级
```

力觉控制命令结束时会成为 **OFF**。
再度进行调整时，请每次都将其置于 **ON**。

执行几次，直至成为“无变化”。

7 只要能够顺畅执行力觉控制动作就结束。

8 力觉控制动作的响应缓慢，或者出现振动时，执行如下任何一个操作。

(1) 在基本数据画面上，进行“装配阻抗”或者“推压阻抗”参数的修改。有关修改方法，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”。
(2) 返回 2.，再度重新进行“力觉控制增益自动调整”。

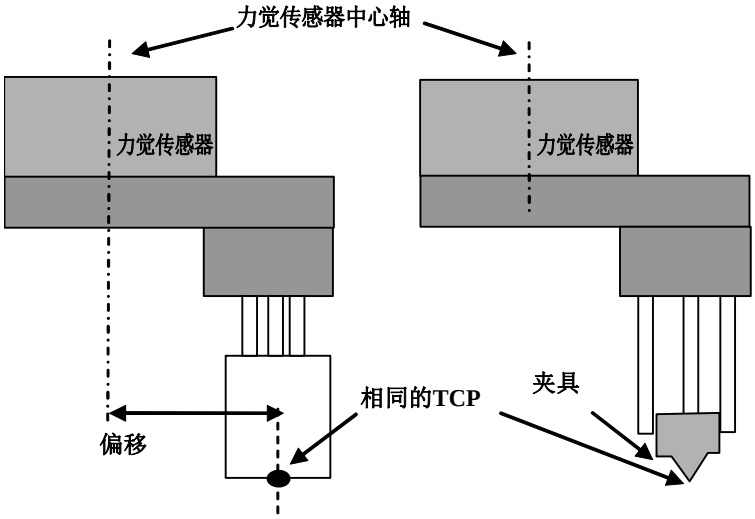
3.10.3 扭矩误差取得命令

概要

力觉控制功能计算工具中心点（TCP）周围发生的扭矩，但是 TCP 从力觉传感器的中心轴偏移的工具形状时，因 TCP 的设置误差等原因，有时将无法正确计算。若扭矩不正确，则在“平面匹配功能”、“圆柱装配”功能等中无法充分发挥性能。“扭矩误差取得”，是自动取得正确的计算所需参数的功能。具体而言，就是取得并设置后述的高级数据中的“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”的值。

准备

准备具有与实际装配时和推压时相同的 TCP 的特殊夹具。通过在与装配或者推压时相同的姿势下，使得该 TCP 在力觉控制中与平面 1 点接触，取得扭矩误差。



格式

TORQUE ERROR ON
TORQUE ERROR OFF

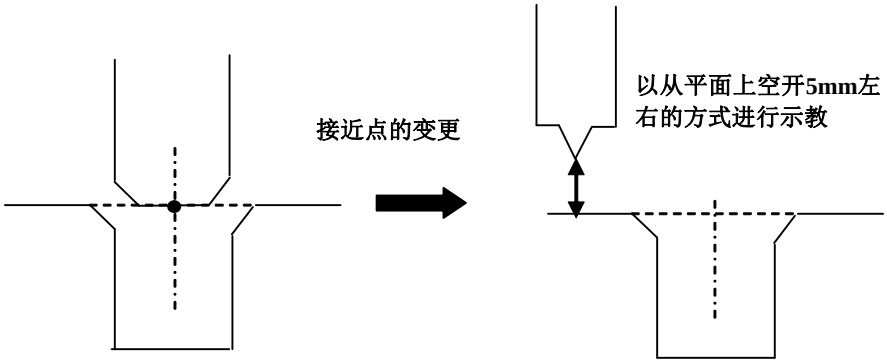
对于在执行“扭矩误差取得开”命令后，执行“扭矩误差取得关”期间所执行的“力觉控制”命令，取得扭矩误差。实际步骤如下所示。

扭矩误差取得步骤

1 参照“3.2 示教的步骤”，进行通常的示教。

```
TEST
                                    1/3
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
 [End]
```

2 安装“准备”中所述的夹具。
这里，功能名为“圆柱装配”“凹槽装配”“相位匹配后装配”“四棱柱装配”“搜索”“相位搜索”“孔搜索”“离合器搜索”时，将程序复制到别的程序中，将接近点变更到在要装配的部位附近。
功能名为“恒力推压”“平面匹配”时，直接使用程序。也无需进行接近点的变更。



3　将“TORQUE ERROR ON”（扭矩误差取得开）、“TORQUE ERROR OFF”（扭矩误差取得关）的各命令插入“FORCE CTRL”（力觉控制）命令的前后。

```
TEST
                                1/6
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  TORQUE ERROR ON
  4:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
  5:  TORQUE ERROR OFF
[End]
```

增加这些命令

4　执行所创建的上述程序。

5　只要“FORCR CTRL”命令正常结束，扭矩误差取得就结束。→至 6。“FORCR CTRL”命令因报警而结束，并在第五行停止时，执行修改参数表数据等操作，并再度执行程序。有关报警的处理方法，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”。→至 4。

6　功能名为“恒力推压”“平面匹配”时，从程序中删除 3.中增加的命令。
除此以外的功能时，请直接使用复制前的程序。

```
TEST
                                1/3
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
[End]
```

删除 步骤 3 增加的命令

为使用已取得的扭矩误差的步骤

1　上述步骤中取得的扭矩误差，可以在参数表数据的高级画面上看到。有关此画面的查阅方法，请参阅“3.5　参数表数据”。

显示“扭矩偏移量 WPR”中取得的扭矩值。W, P, R 分别表示各自使用的用户坐标系（UF）绕 X 轴、绕 Y 轴、绕 Z 轴的力矩。

2　将高级画面的“扭矩偏移补偿开关”置于“ON”。使用“扭矩偏移量 W”“扭矩偏移量 P”“扭矩偏移量 R”“扭矩偏移取得时推力”，进行扭矩误差的补偿。

3.10.4 结束条件取得命令

概要

结束条件，是判断通过力觉控制来结束作业的要素。这些数据是通常应该被设置在参数表数据画面（请参阅“3.5 参数表数据”。）上的数据。结束条件取得，是就上述结束条件，在设置与实际作业并非完全一致的情况下，通过实际作业，自动取得这些数据并进行设置的功能。具体而言，取得并设置后述的高级数据“装配深度”“接近深度”“装配方向”的值。

格式

END CONDITION ON
END CONDITION OFF

对于在执行“结束条件开”命令后，执行“结束条件关”期间所执行的“力觉控制”命令，取得结束条件。实际步骤如下所示。

结束条件取得步骤

1 参照“3.2 示教的步骤”，进行通常的示教。

```
TEST
                                    1/3
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
[End]
```

2 将“END CONDITION ON”（结束条件开）“END CONDITION OFF”（结束条件关）的各命令插入到“FORCE CTRL”（力觉控制）命令的前后。

```
TEST
                                    1/6
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  END CONDITION ON
  4:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
  5:  END CONDITION OFF
[End]
```

增加这些命令

3 执行所创建的上述程序。
4 只要“FORCE CTRL”命令正常结束，结束条件取得就结束。→至 5。“FORCR CTRL”命令因报警而结束，并在第五行停止时，执行修改参数表数据等操作，并再度执行程序。有关报警的处理方法，请参阅“附录 B 力觉控制报警代码”。→至 3。
5 从程序中删除 2.中增加的命令。

```
TEST
                                    1/3
  1:J P[1] 100% CNT50
  2:L P[2: 接近点] 100mm/sec
    :  FINE
  3:  FORCE CTRL[1]
    :  ErrorLBL[0]
[End]
```

删除 步骤 2 增加的命令

为使用已取得的结束条件的步骤

1 上述步骤中取得的结束条件，可以在参数表数据的高级画面上看到。有关此画面的查阅方法，请参阅“3.5 参数表数据”。

“装配深度”中显示实际尝试进行装配而插入的深度。“接近深度” 中显示工件接触到作业对象为止的深度。“装配方向”中显示实际以用户坐标系的矢量形式装配的方向。

2 将高级画面的“结束条件开关”置于“ON”。
从下次的执行开始，“装配深度”中显示的值将会成为深度的设计值。
此外，装配在“装配方向”中显示的方向进行。

4 力觉传感器状态画面

在力觉传感器的状态画面上，可以确认力觉传感器的当前值、力觉传感器的安装方式、力觉控制命令的执行历史、力觉控制中的力和力矩的变化等。

◇ 本章的内容

4.1 力觉传感器当前值画面
4.2 力觉控制命令的执行历史
4.3 力觉数据日志功能

4.1 力觉传感器当前值画面

```
力觉传感器
                                        1/1
    传感器组:  1   工具: 1 传感器坐标系
    安装方式: 手持
          当前值 /     平均值
    Fx:   -8.135 /    -8.138 N
    Fy:   -6.227 /    -6.241 N
    Fz:  -22.981 /   -22.804 N
    Mx:    1.533 /     1.531 N*m
    My:   -0.232 /    -0.233 N*m
    Mz:   -1.099 /    -1.101 N*m

    温度:       37.1 C

[ 类型 ]  组    执行历史  工具  传感器  >
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 4.1(a) 力觉传感器当前值画面

力觉传感器当前值画面（图 4.1(a)），可通过如下所示的操作来打开。

MENU → [0 --下页--] → [4 状态]

→ F1 [类型] → [力觉传感器]

在力觉传感器当前值画面上，可以确认力觉传感器的安装方式、力觉传感器的当前值、力觉传感器内部的温度等。

力觉传感器的安装方式包括两种：手持安装和固定设置。（请参阅“2.1 力觉传感器的概要”）
手持安装时如图 4.1(a)所示。固定设置时如图 4.1(b)所示。

Fx, Fy, Fz 的单位是 N；Mx, My, Mz 的单位是 N*m。

```
力觉传感器
                                        1/1
    传感器组:  1   用户: 1  传感器坐标系
    安装方式: 固定
          当前值 /     平均值
    Fx:  -13.398 /   -13.365 N
    Fy:   -2.706 /    -2.712 N
    Fz:   -2.566 /    -2.573 N
    Mx:    2.197 /     2.187 N*m
    My:   -2.078 /    -2.065 N*m
    Mz:    3.972 /     3.949 N*m

    温度:       37.1 C

[ 类型 ]   组   执行历史  用户   传感器 >
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 4.1(b)　固定设置时的力觉传感器当前值画面

功能键

手持安装时，使用的功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉传感器状态画面以外的菜单。
F2	组	切换传感器的组。（目前，只能安装 1 个力觉传感器，因而无法切换）
F3	执行历史	显示所执行的力觉控制命令的历史。（请参阅 4.2）
F4	工具	显示基于当前选中的工具坐标系的力觉传感器的输出。
F5	传感器	显示基于传感器坐标系的力觉传感器的输出。（默认使用传感器坐标系）
[F→]+F1	重置	将当前值和平均值全都设为 0。

固定设置时，F1、F2、F3、F5 键的使用方法，与手持安装共同，只有 F4 不同。

按键	显示名	说明
F4	用户	显示基于当前选中的用户坐标系的力觉传感器的输出。

4.2　力觉控制命令的执行历史

在力觉控制命令的执行历史画面上，可以确认力觉控制命令的执行时间、力觉控制中到达的深度、姿势变化量、所发生的力和力矩的最小值和最大值等。

执行历史包括两种。

- 显示已执行的所有力觉控制命令的执行历史　→“请参阅 4.2.1”
- 只显示发生了报警的力觉控制命令的执行历史　→“请参阅 4.2.2”

4.2.1　所有执行历史

4.2.1.1　所有执行历史的列表画面

在力觉传感器当前值画面（图 4.1(a)或图 4.1(b)）上按下 F3“执行历史”，则会显示如图 4.2.1.1 所示的力觉控制命令的执行历史的列表画面。
各行显示 1 个力觉控制命令。包含所执行的力觉控制命令在内的 TP 程序名和力觉控制的参数表编号。最上面 1 行是最近执行的力觉控制命令，越向下是越早执行的力觉控制命令。只记录过去 20 次的力觉控制命令。

```
力觉控制执行历史
  列表 ( 所有 )                          1/20
编号 程序名称        参数表      执行时间
  1 SAMPLE3          [  3]  5-22 15:30:22
  2 SAMPLE1          [  1]  5-22 15:11:13
  3 A0000            [  2]  5-22 14:32:31
  4 A0000            [  5]  5-21 12:10:45
  5                  [  0]
  6                  [  0]
  7                  [  0]
  8                  [  0]
  9                  [  0]
 10                  [  0]

 [ 类型 ]           详细     报警    当前值 >
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 4.2.1.1 力觉控制命令的执行历史的列表画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉传感器状态画面以外的菜单。
F3	详细	显示执行历史的详细。（请参阅 **4.2.1.2**）
F4	报警	切换到只显示发生了报警的执行历史。（请参阅 **4.2.2**）
F5	当前值	切换到力觉传感器的当前值画面。（请参阅 **4.1**）

4.2.1.2 所有执行历史的详细画面

在执行历史的列表画面（图 4.2.1.1）上选择要看的行，按下 F3“详细”键，则会显示执行历史的详细画面（图 4.2.1.2）。

```
力觉控制执行历史
                                        1/17
  历史[  1] (   全部    )
  1 执行日期和时间  2015- 4-23  13:49:52
  2 程序名称        SAMPLE3
  3 参数表编号      [  3]
  4 功能            圆柱装配
  5 报警号码
    1:   0 2:   0 3:   0 4:   0 5:   0
  6 到达深度         5.002  mm
  7 动作时长         5.300  sec
  8 姿势变化         .005  deg
    结束力      (   轴向[N]/  旋转[N*m])
  9           X (     0.080/     0.8000)
 10           Y (     0.020/     0.0700)
 11           Z (     0.100/    -1.0100)
    作用力             最小 /     最大
 12 X轴方向 [N]      -1.081/     2.148
 13 Y轴方向 [N]      -0.129/     3.015
 14 Z轴方向 [N]      -0.260/     1.189
 15 X轴旋转 [N*m]    -0.008/     4.003
 16 Y轴旋转 [N*m]     0.000/     0.117
 17 Z轴旋转 [N*m]    -2.001/     0.008


[ 类型 ]            编号            当前值
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 4.2.1.2 力觉控制执行历史的详细画面

表 4.2.1.2 中说明执行历史的详细画面（图 4.2.1.2）上的项目。

表 4.2.1.2　所有执行历史的详细画面上的项目说明

项目	说明
执行日期和时间	力觉控制命令的开始时刻。
程序名称	TP 程序名称。
参数表编号	参数表数据编号。
功能	所执行的参数表的功能。
报警号码	所发生的报警的编号（最多 5 个）。
到达深度	力觉控制中机器人向指定的方向移动的距离（单位：毫米）。
动作时长	力觉控制命令的执行时间（单位：秒）。
姿势变化	力觉控制中在 TCP 周围变化的角度（单位：度）。
结束力	力觉控制结束时的力（力觉控制中使用的用户坐标系中的 X, Y, Z 方向的力、单位：N）和力矩（用户坐标系中的 X, Y, Z 周围的力矩、单位：N*m）。
作用力	力觉控制中产生的力（力觉控制中使用的用户坐标系中的 X, Y, Z 方向的力、单位：N）和力矩（用户坐标系中的 X, Y, Z 周围的力矩、单位：N*m）的最小值和最大值。

功能键

要使用的功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉传感器状态画面以外的菜单。
F3	编号	切换到别的执行历史编号的画面。此编号相当于图 4.2.1.1 的行编号。
F5	当前值	切换到力觉传感器的当前值画面。（请参阅 4.1）

4.2.2　发生报警的执行历史

4.2.2.1　发生报警的执行历史的列表画面

在所有执行历史的列表画面（图 4.2.1.1）上按下 F4“报警”，则会显示只抽取出发生了如图 4.2.2.1 所示发生了报警的力觉控制命令的执行历史。

各行显示 1 个力觉控制命令。包含所执行的力觉控制命令在内的 TP 程序名和力觉控制的参数表编号。最上面 1 行是最后发生报警的力觉控制命令，越向下是越早执行的力觉控制命令。只记录过去 40 次的力觉控制命令。

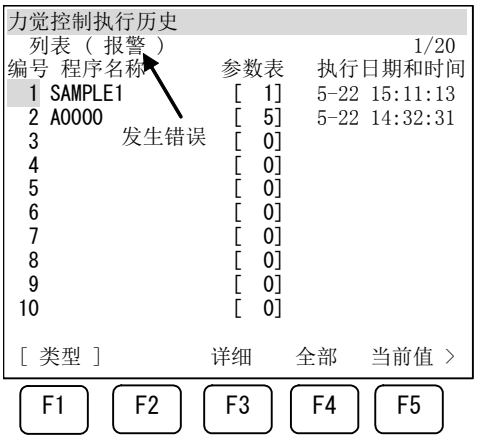


图 4.2.2.1　报警发生执行历史的列表画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉传感器状态画面以外的菜单。
F3	详细	显示发生了如图 4.2.2.2 所示报警的执行历史的详细。
F4	全部	切换到所有执行历史的列表画面。
F5	当前值	切换到力觉传感器的当前值画面。（请参阅 4.1）

4.2.2.2 发生报警的执行历史的详细画面

若在执行历史的列表画面（图 4.2.2.1）上选择要看的行，按下 F3“详细”键，则会显示执行历史的详细画面（图 4.2.2.2）。

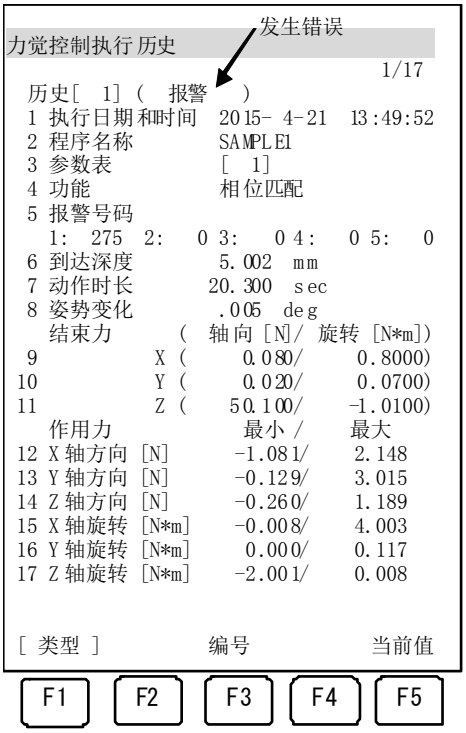


图 4.2.2.2 发生了报警的执行历史的详细画面

表 4.2.2.2 中说明执行历史的详细画面（图 4.2.2.2）上的项目。

表 4.2.2.2 报警发生执行历史的详细画面上的项目说明

项目	说明
执行日期和时间	力觉控制命令的开始时刻。
程序名称	TP 程序名称。
参数表	参数表数据编号。
功能	所执行的参数表的功能。
报警号码	所发生的报警的编号（最多 5 个）。
到达深度	直至发生报警时，向机器人指定的方向移动的距离（单位：毫米）。
动作时长	直至发生报警时，力觉控制命令的执行时间（单位：秒）。
姿势变化	直至发生报警时，TCP 周围变化的角度（单位：度）。
结束力	发生了报警时的力（力觉控制时使用的用户坐标系中的 X, Y, Z 方向的力、单位：N）和力矩（用户坐标系中的 X, Y, Z 周围的力矩、单位：N*m）。
作用力	力觉控制中产生的力（力觉控制中使用的用户坐标系中的 X, Y, Z 方向的力、单位：N）和力矩（用户坐标系中的 X, Y, Z 周围的力矩、单位：N*m）的最小值和最大值。

可以从此画面中的信息，推测发生了报警的原因。

例如，图 4.2.2.2 中到达深度为 5.002 mm，动作时长为 20.3 秒。
如果参数表数据的插入深度(目标值) 为 10 mm，插入时间上限为 20 sec，则可知在指定时间内未能到达指定的插入深度(目标值)。

在图 4.2.2.2 的画面上按下“PREV”（返回）键，则会切换到发生了报警的执行历史的列表画面（图 4.2.2.1）。

4.3 力觉数据日志功能

力觉数据日志功能，记录力觉控制执行中的力觉传感器数据（力觉数据），并在 *i*Pendant 上对该数据进行图形显示。每执行一次力觉控制，就将其记录在一个数据文件中。在力觉控制执行结束后指定要看的数据文件，就可以显示力和力矩的图形。

力觉数据日志功能的画面，通过如下所示操作来打开。

1 在图 4.1(a)或图 4.1(b)的力觉传感器当前值画面上按下“NEXT”键，则功能键的显示会像图 4.3(a)那样发生变化。

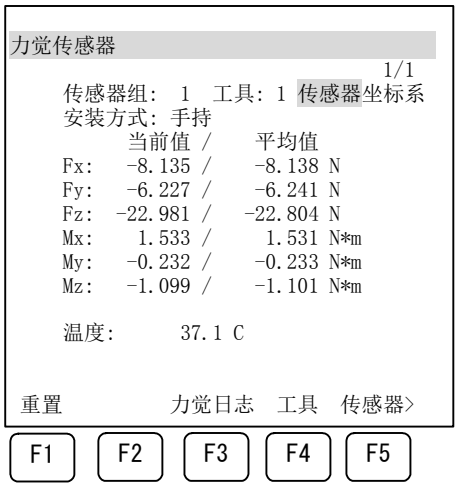


图 4.3(a) 力觉传感器当前值画面

2 在此画面上按下 F3“力觉日志”键，则会显示如图 4.3(b)所示的“力觉数据日志”画面。

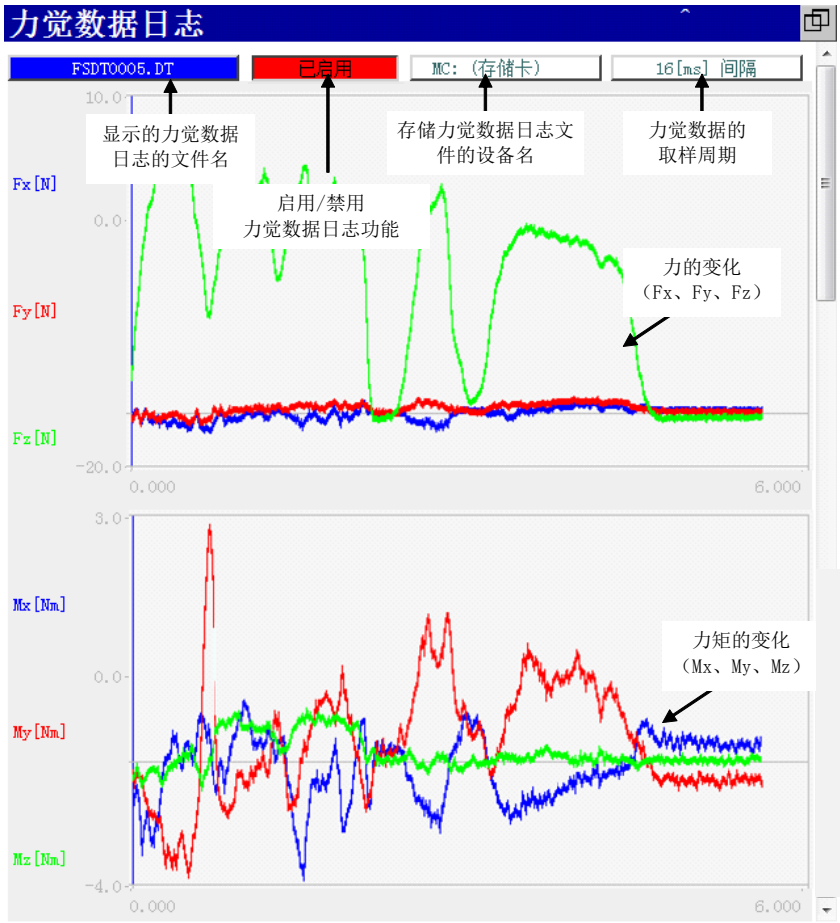


图 4.3(b) 力觉数据日志画面

在“力觉数据日志”画面上，除了显示力和力矩的图形外，还可以进行如下设置。

- 选择记录了力的数据文件 →“请参阅 4.3.1”
- 启用/禁用力觉数据日志功能 →“请参阅 4.3.2”
- 选择存储力觉数据文件的设备 →“请参阅 4.3.3”
- 设置力觉数据的取样周期 →“请参阅 4.3.4”

在力觉数据的图形显示中，将力觉控制开始时刻作为基准，显示自此以后的变化部分。图 4.3(b)上半部分的图形中，纵轴为力的 Fx、Fy、Fz 分量（单位：N），横轴为时间（单位：秒）。图 4.3(b)下半部分的图形中，纵轴为力矩的 Mx、My、Mz 分量（单位：N*m），横轴为时间（单位：秒）。

除了“仿形”功能以外，X、Y、Z 的方向和参数表中指定的用户坐标系的轴的方向相同。
“仿形”功能的情况下，控制坐标系如果是工具坐标系，则是参数表中指定的工具坐标系的轴向；控制坐标系如果是用户坐标系，则是参数表中指定的用户坐标系的轴向。但是，将“推压方向自动变化”设为“用户坐标系 X－Y”时， Fx、Fy 将会成为与自动变更后的推压方向一致的值。也就是说，参数表的“推压方向”为±X 时，Fx 为推压方向的力，Fy 为与其垂直方向的力；参数表的“推压方向”为±Y 时，Fy 为推压方向的力，Fx 为与其垂直方向的力。

在“力觉数据日志”画面上按下“PREV”（返回）键，就会打开力觉传感器当前值画面。

注释
- **Fx, Fy, Fz 的单位是 N，Mx, My, Mz 的单位是 N*m。**
- **“力觉数据日志”画面只在使用 *i*Pendant 时显示。无法在黑白示教器上显示“力觉数据日志”画面。**
- **力矩 Mx、My、Mz 的图形最初会被隐藏起来。若持续按箭头键“↓”，画面就会向上卷动，从而可以看到力矩的图形。**

4.3.1 选择记录了力的数据文件

在“力觉数据日志”画面上点击左上角的按钮“FSDT****.DT”，则会如图 4.3.1 所示，显示已记录的力觉数据文件。选中希望显示的文件，按下 ENTER（输入）键，则会显示此力觉数据的图形。

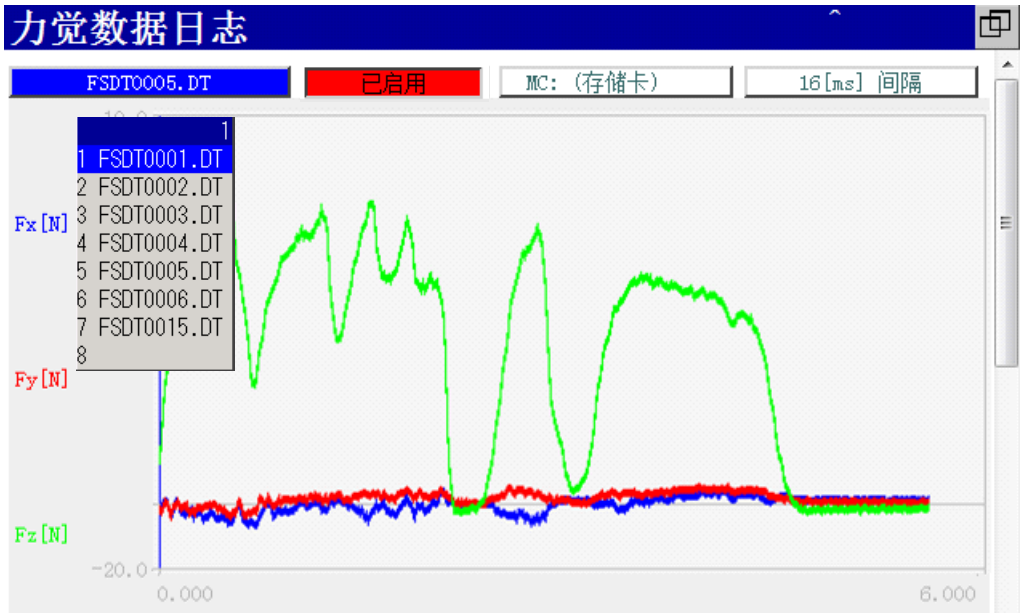


图 4.3.1 图形显示的力觉数据文件的选择

注释
- **记录文件名为“FSDT”+4 位数的数字+“.DT”。4 位数的数字在 0001～9999 的范围内按照日志记录的顺序自动递增，如果超过 9999，则会自动返回 0001，覆盖之前保存的文件。**
- **如果取样周期过短，或力觉控制的时间过长，有时会忽略掉部分数据来描绘图形。**
- **如果希望确认力觉数据的图形细节部分时，可以把力觉数据文件复制到 PC 上，通过表格处理软件或数值解析软件进行处理。**

力觉数据文件例

下例中显示通过 Microsoft Excel 打开的力觉数据文件。力觉数据文件成为用制表符隔开的文本文件。力觉数据文件中的力、力矩、姿势的数据，为将力觉控制开始时刻作为基准，自此以后的变化部分的数据。软件版本为 7DC2/07 或更早版中，位置数据是将力觉控制开始时作为基准的位置变化部分；软件版本为 7DC2/08 或更新版中，位置数据是机器人的世界坐标系中的位置。

力觉控制开始的日期和时间
调用力觉控制命令的 TP 程序名
力觉控制命令使用的参数表编号

Time	2009/2/19	9:21:54												
Program name	FCTEST													
Schedule	20													

Gtime	Time	Fx[N]	Fy[N]	Fz[N]	Mx[Nm]	My[Nm]	Mz[Nm]	Px[m]	Py[m]	Pz[m]	Rx[rad]	Ry[rad]	Rz[rad]	
22247	0.008	1.26E+00	3.35E+00	-1.44E+01	3.91E-01	-4.06E-02	-2.16E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	6.21E-22	-1.81E-20	1.74E-21	
22249	0.012	-9.25E-01	-7.81E+00	1.49E+01	3.43E-01	-4.84E-02	-9.18E-01	-1.33E-07	2.63E-07	-6.80E-08	3.64E-12	5.12E-08	2.74E-07	
2224b	0.016	-8.08E-01	5.09E+00	7.96E-01	-2.06E+00	1.49E-01	-1.67E-01	-9.39E-08	4.35E-07	6.74E-08	2.96E-12	-5.07E-08	3.79E-07	
2224d	0.02	-6.04E+00	-8.20E+00	8.37E+01	-1.09E+01	7.79E-01	1.09E+00	-8.30E-08	2.58E-07	-3.10E-10	1.51E-15	2.33E-10	1.57E-07	
2224f	0.024	-7.10E+00	-3.04E+00	3.26E+01	-4.48E+00	-2.26E+00	-2.04E-01	8.03E-09	5.74E-09	6.77E-08	2.96E-12	-5.09E-08	1.17E-07	
22251	0.028	5.95E-01	-4.51E+00	1.06E+01	-5.05E-01	4.46E-01	1.24E-01	-1.13E-07	7.33E-13	-1.36E-07	6.62E-13	1.02E-07	3.50E-20	
22253	0.032	-3.07E-01	-2.06E-01	9.36E+00	-8.24E-01	7.30E-01	8.03E-01	-9.56E-08	-8.01E-08	-6.80E-08	3.64E-12	5.12E-08	6.49E-08	
22255	0.036	-4.67E+00	-4.63E+00	-9.22E+00	3.93E+00	-2.84E+00	-3.36E-01	8.39E-08	-5.44E-13	6.80E-08	-3.32E-13	-5.12E-08	1.02E-20	
22257	0.04	-3.55E-01	-3.45E+00	5.11E+01	-7.05E+00	2.37E+00	1.70E+00	-1.32E-07	1.72E-07	-1.36E-07	6.62E-13	1.02E-07	1.05E-07	
22259	0.044	-1.48E+00	-2.54E+00	3.97E+01	-6.49E+00	7.96E-01	5.53E-01	-6.40E-08	1.15E-08	2.02E-07	5.57E-12	-1.52E-07	2.34E-07	
2225b	0.048	4.49E+00	2.54E+00	1.21E+01	-3.30E+00	3.10E+00	1.36E+00	-2.36E-08	-8.58E-08	-2.03E-07	9.90E-13	1.53E-07	-5.23E-08	
2225d	0.052	-1.24E-02	-4.56E+00	3.26E+01	-4.78E+00	8.59E-01	7.55E-01	7.02E-08	5.74E-09	3.38E-07	1.62E-12	-2.54E-07	1.17E-07	
2225f	0.056	3.21E+00	4.62E+00	-1.27E+01	4.54E-01	1.25E+00	5.89E-01	-7.96E-08	5.74E-09	-1.35E-07	3.97E-12	1.02E-07	1.17E-07	
22261	0.06	3.20E+00	2.14E+00	-1.07E-01	-7.22E-01	1.80E+00	4.29E-01	2.93E-08	-7.44E-08	2.70E-07	5.23E-12	-2.04E-07	1.82E-07	
22263	0.064	-9.09E-02	-2.05E+00	3.72E+01	-5.72E+00	1.61E+00	1.29E+00	-1.17E-07	-7.44E-08	-6.80E-08	6.94E-12	5.12E-08	1.82E-07	

时间 [sec]　力的 X,Y,Z 方向分量 [N]　力矩的 X,Y,Z 方向分量 [N*m]　位置的 X,Y,Z 方向分量 [m]　姿态的 X,Y,Z 方向分量 [rad]

4.3.2 启用和禁用力觉数据日志功能

在“力觉数据日志”画面上选择“已禁用”按钮并按下 ENTER 键，则会如图 4.3.2 所示，“已禁用”按钮变为“已启用”，力觉数据日志功能将会被启用。如果在此状态下执行力觉控制命令，力觉控制中的力觉数据就会被记录下来。

选择“已启用”按钮并按下 ENTER 键，按钮就会变为“已禁用”，力觉数据日志功能将会被禁用。在此状态下即使执行力觉控制命令，力觉控制中的力觉数据也不会被记录下来。

图 4.3.2　启用和禁用力觉数据日志功能

> 注释
> 启用了力觉数据日志功能的状态下，执行力觉控制命令，则力觉控制命令的执行时间会比禁用了力觉数据日志功能时的作业时间要长。请只在力觉控制的示教时启用本功能。

4.3.3 选择存储力觉数据文件的设备

点击“力觉数据日志”画面的“MC：（存储卡）”按钮，则会如图 4.3.3 所示，显示选择力觉数据文件的保存位置的画面。保存力觉数据文件的设备，可以从“MC：（存储卡）”、“UD1：（USB 盘）”、“RD：（RAM 盘）”和“FR：（FROM 盘）”中进行选择。建议用户选择处理速度快的“MC：（存储卡）”或“UD1：（USB 盘）”。请预先准备好本公司指定的存储卡或 USB 盘。如果是 R-30iB Mate 控制器，则无法使用存储卡。

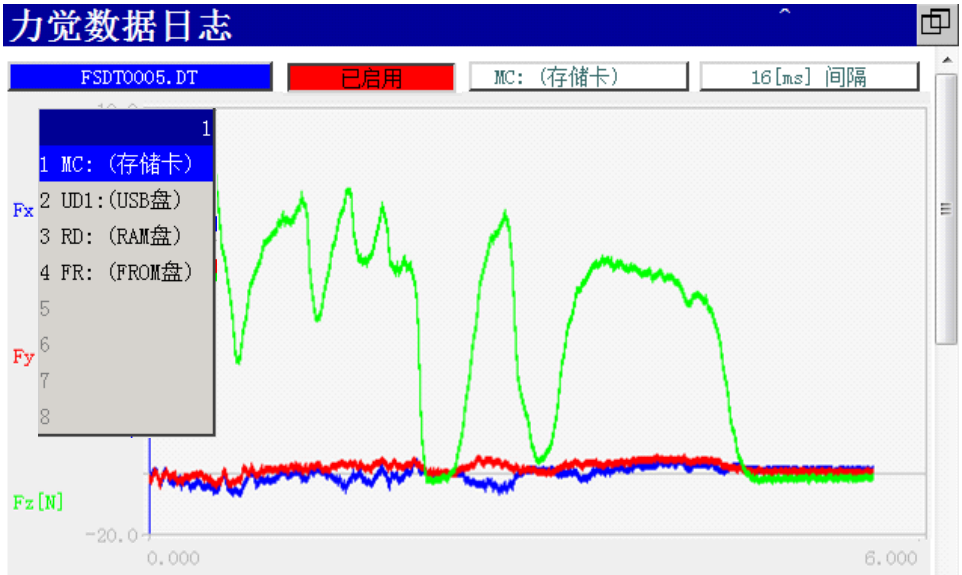


图 4.3.3 存储力觉数据的设备的选择画面

> 注释
> 已记录的力觉数据文件，将被存放在所选设备的名为“FSDT1”的目录下。文件名为“FSDT”+4 位数的数字+“.DT”。 4 位数的数字在 0001～9999 的范围内按照日志记录的顺序自动递增，若超过 9999，则会自动返回 0001，并覆盖之前保存的文件。

4.3.4 设置力觉数据取样周期

点击“力觉数据日志”画面的“16[ms] 间隔”按钮，则会显示如图 4.3.4 所示的“数字输入”窗口。输入整数并按下 ENTER 键，则会设置力觉数据的取样周期。单位为“ms”。

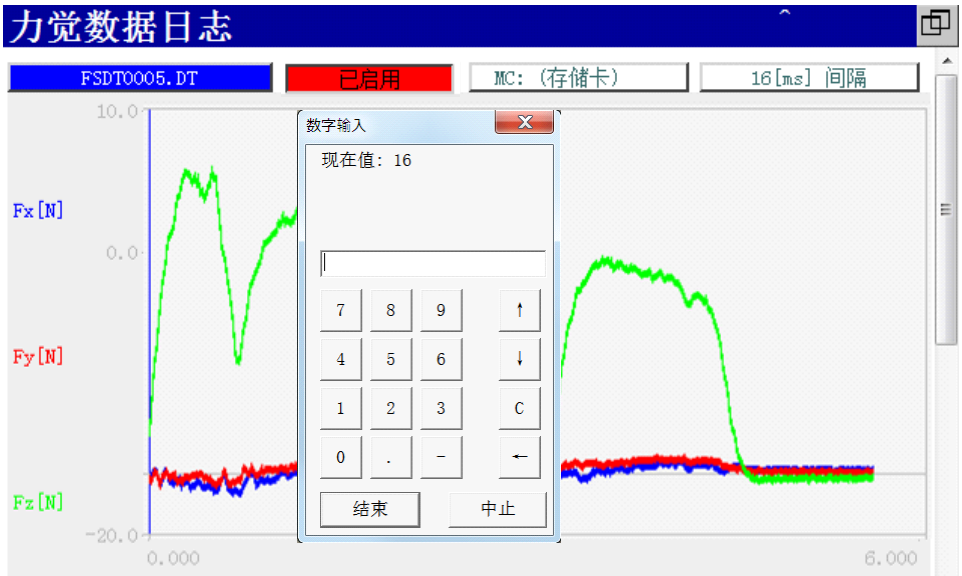


图 4.3.4 力觉数据取样周期的设置画面

> 注释
> 每一次获取的最大数据量受到限制。如果要长时间获得力觉数据，请延长取样周期。

5 力觉传感器的实用工具画面

可以在力觉传感器的实用工具画面上，打开工件质量测量功能、工具质量和重心测量功能、力觉传感器安装方式设置、TP 程序自动生成功能、自动生成去毛刺程序功能、力觉传感器自诊断功能的画面。
本章中对力觉传感器实用工具画面上的操作进行说明。

力觉传感器实用工具画面的操作

力觉传感器的实用工具画面，通过如下操作打开。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

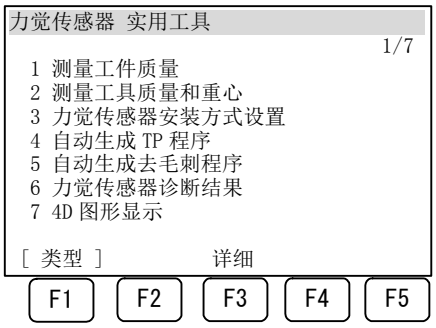


图 5 菜单画面

在力觉传感器实用工具画面上选择各项目，按下“F3 详细”或者 ENTER（输入）键，即可打开各功能的画面。表 5 是力觉传感器实用工具画面上所显示项目的概要。各功能的详情，请参阅各相关功能的章节。

表 5 力觉传感器实用工具画面

项目	说明
测量工件质量	打开工件质量测量功能的画面。详情请参阅“8 工件质量测量功能”。
测量工具质量和重心	打开工具质量和重心测量功能的画面。详情请参阅“6 工具质量和重心位置测量功能”。
力觉传感器安装方式设置	打开设置力觉传感器安装方式的画面。详情请参阅“C 力觉传感器安装方式设置功能”。
自动生成 TP 程序	打开自动生成 TP 程序功能的设置画面。详情请参阅“7 TP 程序自动生成功能”。
自动生成去毛刺程序	打开自动生成机器人去毛刺程序功能的设置画面。该去毛刺程序用来去掉将铸件等进行加工后的平面上所出现的加工毛刺。在 ROBOGUIDE 上指定去毛刺线，利用 *i*RVision 相机或者 *i*RVision 立体传感器，检测加工面上的工件的棱线，自动生成去毛刺工具在该棱线上动作的机器人程序。可以对应个体差异较大的铸件工件。 要使用本功能，需要安装“力觉控制去毛刺软件包”（J840）。 详情请参阅 R-30*i*B/R-30*i*B Mate Controller Force Control Deburring Package Operator’s Manual (R-30*i*B/R-30*i*B Mate 控制装置 力觉控制去毛刺软件包操作说明书（B-83424EN-1）。
力觉传感器诊断结果	打开力觉传感器自诊断功能的画面。详情请参阅“3.10.1 力觉传感器自诊断命令”。
4D 图形显示	打开力觉传感器 4D 图形功能的画面。详情请参阅“9 力觉传感器 4D 图形功能”。

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	类型	切换到力觉传感器以外的菜单。
F3	详细	打开表 5 所示的各功能的画面。

6 工具质量和重心位置测量功能

使用本程序可以测量安装在力觉传感器前端的工具和工件的质量和重心位置，并对力觉控制中所施加的重力的影响进行补偿。
使用仿形功能前，必须先执行本程序。执行仿形以外的力觉控制功能时，如果姿势发生了较大的变化，不进行基于力觉传感器的重力补偿时，有可能无法获得良好的性能。

◇ 本章的内容

6.1. 主菜单画面
6.2 示教测量位置
6.3 测量工具的质量和重心
6.4 显示计算结果
6.5 设置重力补偿开关
6.6 更改参数
6.7 注意事项

6.1 主菜单画面

从力觉传感器的实用工具画面可以打开测量工具质量和重心功能的主菜单画面。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。
在力觉传感器的实用工具画面上将光标指向“2 测量工具质量和重心”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，打开图 6.1 所示的画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [2 测量工具质量和重心]

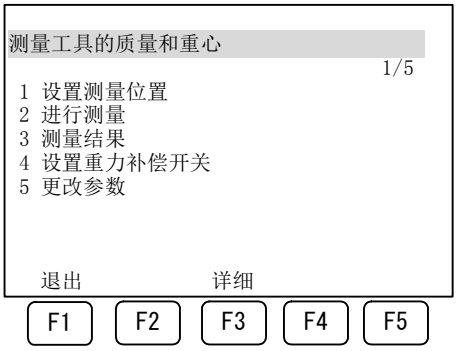


图 6.1 主菜单画面

在此画面上选择 1～5 的各项目，按下“F3”或 ENTER 键，就可以打开各自功能的详细画面。

表 6.1 主菜单画面的项目

项目	说明
设置测量位置	对 3 个测量用的位置进行示教。
进行测量	在 3 个示教点进行测量，计算工具质量和重心。
测量结果	确认计算结果。
设置重力补偿开关	设置是否将计算结果应用到参数表数据中。
更改参数	设置与测量相关的参数。

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	返回力觉传感器实用工具画面。
F3	详细	打开表 **6.1** 中的各功能的详细画面。

6.2 示教测量位置

在主菜单画面上选择“1：设置测量位置”，打开如图 6.2(a)所示的“设置测量位置”画面。

- 未示教的位置显示“未示教”。
- 已示教的位置显示“已示教”。

```
                                    1/3
*** 设置测量位置 ***
请设置 3 个不同位置。
1 位置 1:            [已示教  ]
2 位置 2:            [未示教  ]
3 位置 3:            [未示教  ]

退出    详细    清除    移至    记录
F1      F2      F3      F4      F5
```

图 6.2(a) 设置测量位置画面

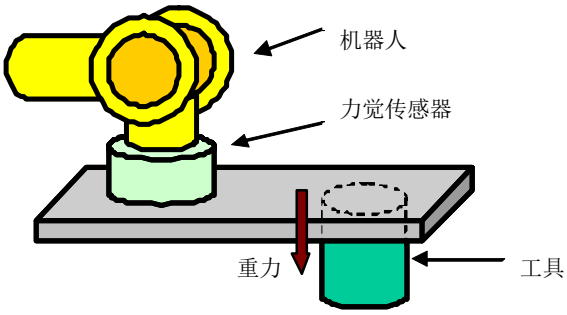
功能键

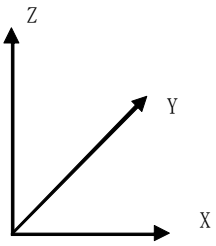
功能键如下所示。说明中的 X 表示 1, 2, 3 的任何一个。

按键	显示名	说明
F1	退出	按下此键或“**PREV**”（返回），则会返回主菜单画面。
F2	详细	打开光标所在位置 **X** 的详细画面。
SHIFT＋**F3**	清除	清除光标所在位置 **X** 的数据，显示“未示教”。
SHIFT＋**F4**	移至	光标所在位置 **X** 为“已示教”时，把示教器的 **ON/OFF** 开关置于“**ON**”，在一边按住安全开关和 **SHIFT** 键一边按下 **F4**“移至”时，机器人会向着位置 **X** 移动。**ON/OFF** 开关处于“**OFF**”时，画面最上部的错误信息显示部将显示错误信息“请打开开关”。如果对“未示教”的位置执行此操作，则会在画面最上部的错误信息显示部显示错误信息“请先设置位置!”。
SHIFT＋**F5**	记录	在光标所在位置 **X** 以各关节形式保存当前位置，状态将从“未示教”变为“已示教”。

需要设置 3 个示教点。如果没有正确设置 3 点的位置，将无法计算质量和重心位置。为了使得施加于力觉传感器的力和力矩变化较大，需要较大幅度地改变姿势。
建议的示教姿势如图 6.2(b)所示。请从该 5 个姿势中任意选择 3 个进行示教。

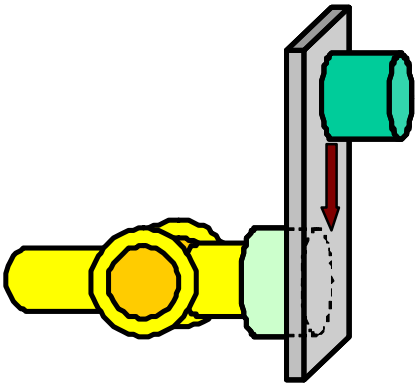
姿势	各关节（**J1,J2,J3,J4,J5,J6**）的值（单位 **deg**）	机器人手腕的朝向
1	**0, 0, 0, 0, –90, 0**	世界坐标系的**–Z** 轴方向（向下）
2	**0, 0, 0, 0, 0, 0**	世界坐标系的**+X** 轴方向（向前）
3	**0, 0, 0, 0, 90, 0**	世界坐标系的**+Z** 轴方向（向上）
4	**0, 0, 0, 90, –90, 0**	世界坐标系的**–Y** 轴方向（向旁）
5	**0, 0, 0, –90, –90, 0**	世界坐标系的**+Y** 轴方向（向旁）



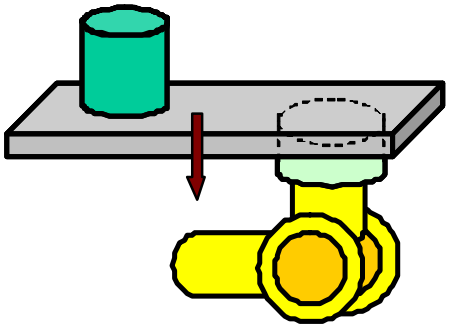


姿势1
各关节角度(0,0,0,0,-90,0)

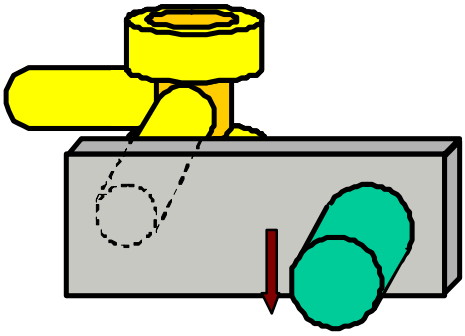
世界坐标系



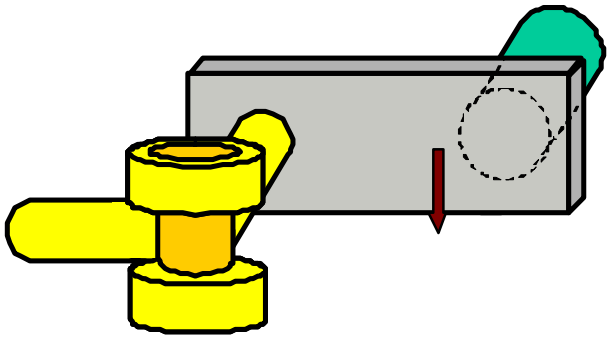
姿势2
各关节角度(0,0,0,0,0,0)



姿势3
各关节角度(0, 0, 0, 0, 90, 0)



姿势4
各关节角度(0,0,0,90,–90,0)



姿势5
各关节角度(0,0,0,–90,–90,0)

图 6.2(b)　示教测量时的姿势

注释

本功能利用向力觉传感器施加的重力在 3 个不同姿势下的特性进行测量和计算。
但是，如果姿势只是绕世界坐标系的 Z 轴变化，此时重力方向相对于传感器不会发生变化，因此无法完成测量。
因此要像上述姿势 1 至 5 那样，使得姿势绕世界坐标系的 X 或 Y 轴变化。

详细画面

在如图 6.2(c)所示的详细画面上，对于在“设置测量位置”画面上所选的位置 X 的 J1-J6，显示各关节形式的值。各关节的位置单位，旋转轴以“deg”显示，直动轴则以“mm”显示。

```
                                        1/6
 *** 设置测量位置 ***
位置            1
  1     J1 :      0.000   deg
  2     J2 :      0.000   deg
  3     J3 :      0.000   deg
  4     J4 :      0.000   deg
  5     J5 :    -90.000   deg
  6     J6 :      0.000   deg

退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.2(c)　已示教的情形

对于未完成示教位置中的未设置的值，如图 6.2(d)所示，在其数据部分显示“*”字符。

```
                                        1/6
 *** 设置测量位置 ***
位置            2
  1     J1 : **********  deg
  2     J2 : **********  deg
  3     J3 : **********  deg
  4     J4 : **********  deg
  5     J5 : **********  deg
  6     J6 : **********  deg

退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.2(d)　未示教的情形

按下 F1“退出”或“PREV”（返回），则在 J1-J6 中全都设置完成时，会将这些值存储起来，返回“设置测量位置”画面，并显示“已示教”。这里设置的值即使再启动控制装置后也不会消失。
在按下 F1“退出”或“PREV”时，已输入到 J1-J6 的值不在各关节的限制范围内时，则会重设为所输入值之前的值，如图 6.2(e)所示，并在画面的最上面一行显示“各关节角度的输入值错误!”。

```
各关节角度的输入值错误
TEST    行 0   自动  中止 TED 关节
                                        1/6
 *** 设置测量位置 ***
位置            1
  1     J1 :      0.000   deg
  2     J2 :      0.000   deg
  3     J3 :      0.000   deg
  4     J4 :      0.000   deg
  5     J5 :    -90.000   deg
  6     J6 :      0.000   deg

退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.2(e)　输入值错误时的错误信息

6.3 测量工具的质量和重心

在主菜单画面上选择“2：进行测量”，则会显示如图 6.3(a)所示的“进行测量”画面。

```
***      进行测量      ***
开始测量吗？

 是       否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3(a) 进行测量画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	是	执行程序，显示执行中画面。
F2	否	按下此键或“**PREV**”（返回），则会返回主菜单画面。

按下 F1“是”键，则会开始测量。机器人会按照顺序向“6.2 示教测量位置”中设置的 3 点移动，获取力觉传感器数据。移动到第三点后，计算工具的质量和重心位置。
请将控制装置设置为 T1/T2 模式，示教器的 ON/OFF 开关置于“ON”后执行。

⚠ 注意
- **速度的倍率将自动成为 10 %，并且机器人会移动，因此要非常注意。**
- **在本程序的执行中，机器人会按照顺序向着已示教的 3 点移动，因此要确认机器人不会与周围物体发生干涉。**

在获取位置 X（X 为 1, 2, 3）的力觉传感器的值时，如图 6.3(b)所示，在“测量中!!”的下方显示“正在获取位置 X 的力觉传感器数据!”。

```
***      进行测量      ***
测量中!!
正在获取位置 1 的力觉传感器数据!

停止
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3(b) 向示教位置移动，获取力觉传感器数据

根据已获取的力觉传感器值，在计算质量和重心时，如图 6.3(c)所示，在“测量中!!”的下方显示“正在计算!”。

```
***      进行测量      ***
测量中!!
正在计算!



停止
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3(c)　正在计算工具质量和重心

计算正常结束时，显示计算结果，或显示如下信息并进行等待，直至按下 F1“停止”。若按下 F1“停止”，则会显示结果。

信息
测量完成！ **按 F1 停止 显示测量结果。**

6.3.1 确认计算结果

可以在计算结果的显示画面上，在“1 注释”中输入注释。计算结果至多可以保持 9 个。请在“2 结果保存编号”输入 1 至 9 的数字。通过指定编号，即可在以后使用本次的结果。要看其它编号的计算结果时，请参阅“6.4 显示计算结果”项。

```
                                    1/3
***      进行测量      ***
测量完成!
质量          :          1.6  kg
重心          :      传感器坐标系
            X :         -4.6  mm
            Y :          5.5  mm
            Z :         46.9  mm
  1 注释      :
  2 结果保存编号        :    1 [1-9]
  3 设置为重力补偿值吗?      : Yes

退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3.1　工具质量和重心的计算结果

按下 F1“退出”或“PREV”（返回），则在所指定的“2 结果保存编号”中保存结果，并返回主菜单画面。此时，如果将“3 设置为重力补偿值吗?”设为“Yes”，则会在今后执行的力觉控制中使用此质量和重心位置。要使用其它编号的质量和重心位置，请参阅“6.4 显示计算结果”项。

6.3.2 显示执行开始时的错误信息

在按下 F1“是”开始测量时，有可能会发生如下所示的错误。

(1) 示教器的 ON/OFF 开关如果处在 OFF，则会如图 6.3.2(a)所示，在画面的最上面一行显示“请打开示教器开关”的错误信息。

```
请打开示教器开关
TEST        行 0      自动  中止 TED 关节

***      进行测量      ***
开始测量吗？



是        否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3.2(a)　示教器的 ON/OFF 开关处于 OFF 时的错误信息

(2) 所有位置的示教尚未完成时，如图 6.3.2(b)所示，画面上会显示“请先设置所有位置。”的错误信息。

```
请先设置所有位置.
TEST        行 0      T2  中止 TED 关节

***      进行测量      ***
请先设置所有位置。



退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3.2(b)　存在未示教位置时的错误信息

(3) 存在两个以上相同的位置时，如图 6.3.2(c)所示，画面上会显示“存在相同的位置，请先改变位置。”的错误信息。

```
存在相同的位置，请先改变位置。
TEST        行 0      T2  中止 TED 关节

***      进行测量      ***
存在相同的位置，请先改变位置。



退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3.2(c)　存在相同示教位置时的错误信息

(4) 3 个示教位置之间的姿势变化量不足时，如图 6.3.2(d)所示，画面上显示“姿势变化不足。请先改变位置。”的错误信息。

```
位置2和3之间的姿势变化量不够。
TEST        行 0        T2 中止 TED 关节

***      进行测量      ***
姿势变化不足。
请先改变位置。


退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3.2(d) 姿势变化量不足时的错误信息

上述姿势变化量不足时，在画面的最上面一行显示如下错误信息。请按照右侧所示的处理方法进行处理。

错误信息	发生原因和处理方法
位置 1 和 2 之间的姿势变化量不够。	示教点 1 和示教点 2 的姿势变化过小。以使得 2 个姿势离开“姿势变化阈值”以上的方式进行示教。（见“6.6 更改参数”项）
位置 2 和 3 之间的姿势变化量不够。	示教点 2 和示教点 3 的姿势变化过小。以使得 2 个姿势离开“姿势变化阈值”以上的方式进行示教。（见“6.6 更改参数”项）
位置 1 和 3 之间的姿势变化量不够。	示教点 1 和示教点 3 的姿势变化过小。以使得 2 个姿势离开“姿势变化阈值”以上的方式进行示教。（见“6.6 更改参数”项）

6.3.3 计算误差显示

```
***      进行测量      ***
出现计算误差。

质量计算结果小于阈值。


退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.3.3 计算结果有误差时的错误信息

在发生了如图 6.3.3 所示的计算误差时，根据误差内容显示如下错误信息。请按照右侧所示的处理方法进行处理。

错误信息	发生原因和处理方法
质量计算结果小于阈值。	质量计算结果小于质量误差阈值。请减小“质量误差阈值”。（见“6.6 更改参数”）
力没有发生变化。	各示教点处的力觉传感器的力分量的输出没有差异。请确认力觉传感器已经正确设置。请确认工具是否已被安装。有可能工具质量过小。
扭矩没有发生变化。	各示教点处的力觉传感器的力矩分量的输出没有差异。请确认力觉传感器已经正确设定。请确认工具是否已被安装。有可能工具质量过小。
质量计算结果为负。	质量计算结果为负。请确认机器人坐标系或者力觉传感器已正确设置。
其他错误。	因上述以外的原因而发生。

6.4 显示计算结果

在主菜单画面上选择“3：测量结果”，则会显示如图 6.4(a)所示的“结果”画面。可以查看已经测量的结果。对于结果 1～9，显示质量、重心的 X、Y、Z 分量。尚未设置值的数据，将在各数据的显示部分显示“*”。此外，在最左侧带有“+”的行的数据，将在基于力觉传感器的重力补偿中被使用。

```
结果: 质量   重心 X    Y       Z     注释
+ 1:   6.3     2.5    11.2    91.4 Tool1
  2:   9.5     7.2   -33.1   -78.0 Tool2
  3: ***** ****** ****** ****** ********
  4: ***** ****** ****** ****** ********
  5: ***** ****** ****** ****** ********
  6: ***** ****** ****** ****** ********
  7: ***** ****** ****** ****** ********
  8: ***** ****** ****** ****** ********
  9: ***** ****** ****** ****** ********

退出      详细      清除
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.4(a) 计算结果的列表画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	按下此键或“**PREV**”（返回），则会返回主菜单画面。
F2	详细	显示现在光标所在位置的结果的详细。
F3	清除	清除现在光标所在位置的结果。

注释
- 无法在程序执行时清除结果或者显示结果的详细画面。

详细画面

在图 6.4(b)中所示的结果的详细画面上，显示注释、质量、重心的 X 坐标值、重心的 Y 坐标值、重心的 Z 坐标值、是否将此结果使用于基于力觉传感器的重力补偿中。重心的单位为“mm”，质量的单位为“kg”。对于 1-6 的各项目，可以移动光标，进行输入或更改。

```
***  结果  ***
结果编号      :              1
  1 注释      :     Tool1
  2 质量      :            6.3  kg
  重心              :  传感器坐标系
  3        X :            2.5  mm
  4        Y :           11.2  mm
  5        Z :           91.4  mm
  6 设置为重力补偿值吗?   :  Yes

退出
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.4(b) 已设置了值的情形

尚未设置任何值时，如图 6.4(c)所示，在注释以外的各值的显示部分显示“*”。

```
***  结果  ***
结果编号      :                1
  1 注释      :      ********
  2 质量      :            *****  kg
  重心                :  传感器坐标系
  3         X :          ******  mm
  4         Y :          ******  mm
  5         Z :          ******  mm
  6 设置为重力补偿值吗?   :  ***



退出

F1   F2   F3   F4   F5
```

图 6.4(c)　尚未设置值的情形

将光标指向“6 设置为重力补偿值吗? ”并按下 F2“是”，则在以后的力觉控制中，使用此结果进行基于力觉传感器的重力补偿。按下 F3“否”，则不使用此结果。
在进行基于力觉传感器的重力补偿时，还需要针对每个参数表数据将“重力补偿开关”设置为 ON。（请参阅“6.5 设置重力补偿开关”项。）

按下 F1“退出”或“PREV”（返回）键，则会显示“结果”画面。

在 TP 程序中切换计算结果的方法

通过如下命令语句，可以在 TP 程序中切换将结果 1～9 中的哪一个用于重力补偿。在利用机械手更换装置等来更换工具的系统中，只要预先求取各工具中的结果，就可以进行适当的重力补偿。

```
1:  CALL SET_WCG(1)
```

参数是计算结果的编号。(1～9)
指定编号的结果不存在时，将发生错误。

6.5　设置重力补偿开关

要使用直至“6.4 显示计算结果”中所求得的质量和重心位置进行基于力觉传感器的重力补偿，还需要设置“重力补偿开关”。此项中说明针对每个力觉控制的参数表编号设置开关的方法。

在主菜单画面上选择“4：设置重力补偿开关”，显示“设置重力补偿开关”画面。

```
                                        1/8
*** 设置重力补偿开关 ***
设置每个参数表的重力补偿开关
   1:  OFF   2:  OFF   3:  OFF   4:  OFF
   5:  OFF   6:  OFF   7:  OFF   8:  OFF
   9:  OFF  10:  OFF  11:  OFF  12:  OFF
  13:  OFF  14:  OFF  15:  OFF  16:  OFF
  17:  OFF  18:  OFF  19:  OFF  20:  OFF
  21:  OFF  22:  OFF  23:  OFF  24:  OFF
  25:  OFF  26:  OFF  27:  OFF  28:  OFF
  29:  OFF  30:  OFF

退出      ON       OFF    全部 ON   全部 OFF

F1   F2   F3   F4   F5
```

图 6.5 (a)　重力补偿开关的设置画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	按下此键或“**PREV**”（返回），则会返回主菜单画面。
F2	**ON**	将光标所在位置的参数表编号的设置变更为“**ON**”。
F3	**OFF**	将光标所在位置的参数表编号的设置变更为“**OFF**”。
F4	全部 **ON**	将全部参数表编号的设置变更为“**ON**”。
F5	全部 **OFF**	将全部参数表编号的设置变更为“**OFF**”。

通过箭头键来移动光标，选择参数表编号。或者，若通过数字键输入参数表编号，按下“ENTER”（输入）键，则所输入的参数表编号会显示在最上面一行，光标移动。

```
                                        1/8
*** 设置重力补偿开关 ***
设置每个参数表的重力补偿开关
  17:  OFF  18:  OFF  19:  OFF  20:  OFF
  21:  OFF  22:  OFF  23:  OFF  24:  OFF
  25:  OFF  26:  OFF  27:  OFF  28:  OFF
  29:  OFF  30:  OFF

退出      ON       OFF    全部 ON  全部 OFF
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.5(b)　输入了“20”的情形

按下“NEXT”键，则 F1 键会成为“返回”。再次按下“NEXT”键，则会返回“设置重力补偿开关”画面。
按下 F1“返回”，则会使得全重力补偿开关的设置返回到从主菜单画面选择了“4：设置重力补偿开关”时的设置状态。

注释
- **无法在程序执行时更改重力补偿开关的设置。**

6.6　更改参数

```
                                        1/5
 *** 更改参数 ***
力觉传感器参数:
  1   开始前等待时间      :   5000 ms
  2   取样间隔时间        :    100 ms
  3   测量时间            :   3000 ms
计算参数:
  4   质量误差阈值        :   0.10 kg
  5   姿势变化阈值        :  20.00 deg

  退出     默认值
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 6.6　更改参数画面

在主菜单画面上选择“5：更改参数”，则会如图 6.6 所示，显示各参数及标准值。

参数名	说明	标准值
开始前等待时间	开始获取力觉传感器值之前等待的时间。	**5000 ms**
取样间隔时间	获取力觉传感器值的取样周期。	**100 ms**
测量时间	获取力觉传感器值的时间。	**3000 ms**
质量误差阈值	能够测量的工件质量的最小值。	**0.1 kg**
姿势变化阈值	**6.2** 中所示教的 **3** 点中的任意 **2** 点的姿势变化量的最小值。	**20.0 deg**

要更改各项目的值时，利用箭头键将光标指向 1-5 的各项目，输入数值，按下“ENTER”（输入）键进行设置。或者，按下“ENTER”键，输入数值，按下“ENTER”键进行设置。

功能键

要使用的功能键如下所示。

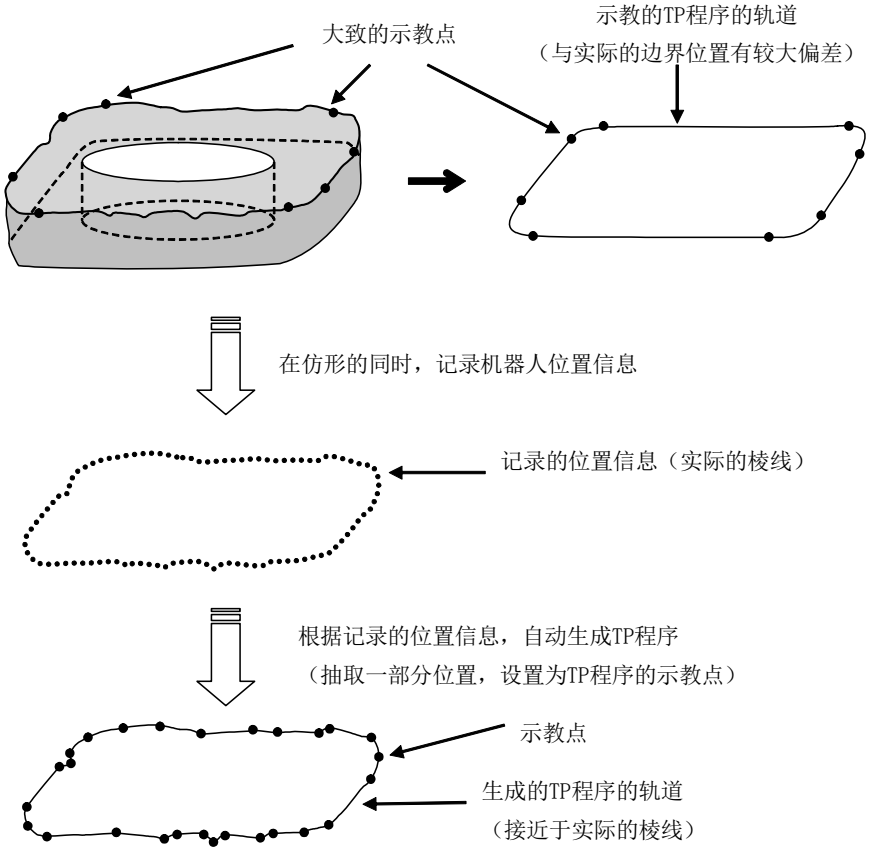
按键	显示名	说明
F1	退出	若按下此键或“**PREV**”（返回），则会返回主菜单画面。
F2	默认值	在全部参数中设置标准值。

6.7 注意事项

- 按下“SELECT”（列表）键，或在主菜单画面上选择“F1：退出”，则退出本程序。
- “PREV”、“NEXT”的各按键，在按下了“SHIFT”键期间不会动作。

7 TP 程序自动生成功能

使用机器人去除复杂形状的工件的毛刺时，需要正确设置多个示教点，示教作业中要耗费大量的人力和时间。本功能通过实际仿形工件，自动生成能够再现此轨道的 TP 程序来缩短示教时间。
如下图所示，首先示教大致的轨道，然后利用力觉控制的仿形功能来仿形所示教的轨道。本功能将记录仿形时的机器人位置信息，自动生成适合该轨道的 TP 程序。



本功能中包含有如下 3 个 KAREL 程序。

程序名称	说明
MTPMONIT	记录仿形期间的位置，自动生成 TP 程序。
MTPEND	结束位置记录。
MTPGENTP	利用改变后的参数再次生成 TP 程序。

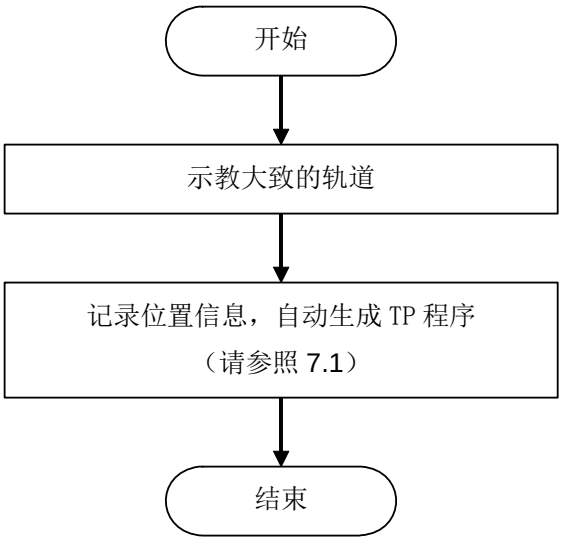
◇ 本章的内容

7.1 记录位置并自动生成 TP 程序
7.2 参数的设置画面
7.3 改变参数并再次生成 TP 程序
7.4 输出参数设置和记录的位置到文本文件
7.5 注意事项

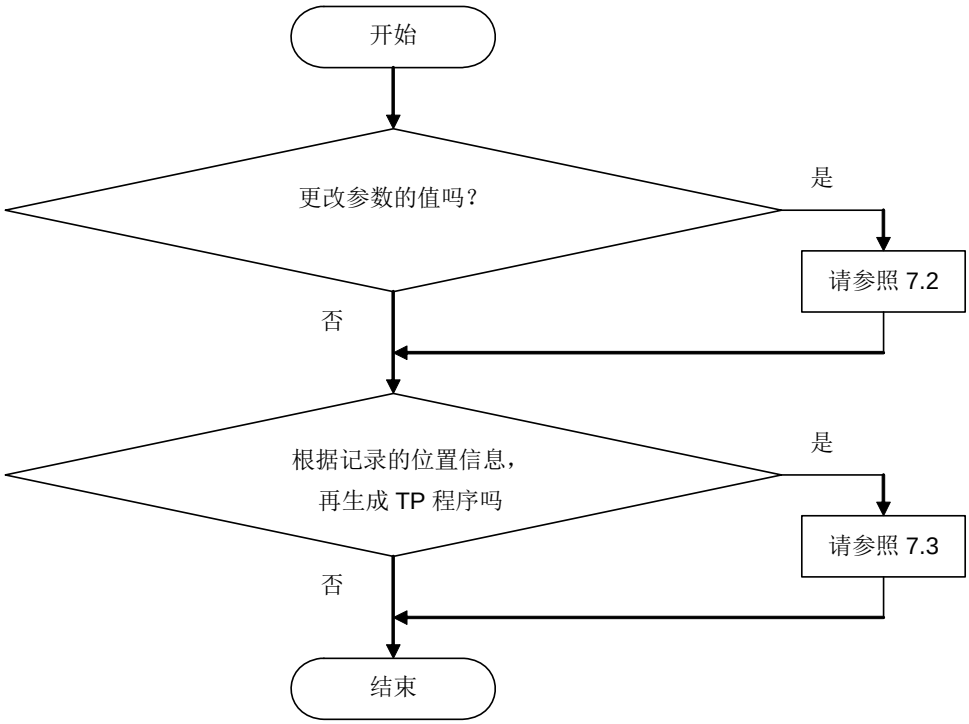
本功能的使用方法

大致上包括如下两种使用方法。请按照如下步骤，参阅对应的项目。

1 仿形实际工件的形状，自动生成能够再现此轨道的 TP 程序。



2 利用步骤 1 中已记录的位置，再生成 TP 程序。1 中创建的 TP 程序中与实际工件的误差较大时，通过改变参数进行再生成有可能得到改善。



7.1 记录位置并自动生成TP程序

利用力觉控制的仿形功能，在仿形工件期间记录位置，然后生成适合该轨道的 TP 程序。

1 创建如下所示的 TP 程序 M_MAIN_01.TP 和 M_MONT_01.TP。利用 M_MAIN_01.TP，基于大致的示教点和力觉控制的仿形功能仿形工件。其中，也指定了开始记录位置的点和结束记录位置的点。M_MONT_01.TP 记录仿形期间的位置，它调用了记录位置并自动生成 TP 程序的程序 MTPMONIT.PC。

```
M_MAIN_01.TP

 1:J  P[1] 30% FINE          ← 仿形的接近点
 2:  RUN M_MONT_01           ← 执行 M_MONT_01.TP 开始记录位置
                                （选择“指令”→“多轴控制”→ “运行”来插入“RUN”命令）
 3:  FORCE CTRL[1:]          ← 仿形开始
  :  ErrorLBL[0] ;               （设置参数表[1]为“仿形”）
 4:L  P[2] 50mm/sec CNT100 ┐
 5:L  P[3] 50mm/sec CNT100 ├ 示教的大致轨道
 6:L  P[4] 50mm/sec CNT100 ┘
        …
 7:  FORCE CTRL[2:]          ← 仿形结束
  :  ErrorLBL[0] ;               （设置参数表[2]为“仿形结束”）
 8:  CALL MTPEND             ← 结束记录位置
 9:L  P[5] 50mm/sec FINE     ← 仿形的离开点
[END]
```

```
M_MONT_01.TP

1:  CALL MTPMONIT(1)    ← 参数“1”是参数设置编号
                            （参数的范围是 1～50，请参考 7.2）
```

注释

需要按照如下步骤，设置程序 M_MONT_01.TP 的属性。

1 在程序列表画面上向 M_MONT_01.TP 移动。

2 按下“NEXT”键，而后按下 F2“详细”，显示程序 M_MONT_01.TP 的详细。

3 将光标移动到“组掩码”行，把所有的值设置为“*”。

2 执行程序 M_MAIN_01.TP，在仿形工件的同时记录位置。位置记录结束后，将自动生成 TP 程序（文件名的标准值为 M_PROG_01.TP）。在 TP 程序的生成完成后，显示“已生成 M_PROG_01.TP 程序。”的信息。

⚠ 注意

1 位置记录的中途暂停后希望重新开始时，请结束程序，并从程序 M_MAIN_01.TP 的开头重新开始执行。

2 执行所生成的 TP 程序，机器人向各示教点移动时，请确认机器人是否与外围设备干涉。

7.2 参数的设置画面

可以从力觉传感器的实用工具画面来打开参数的设置画面。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。

7.2.1 参数设置的列表画面

在力觉传感器实用工具画面上将光标指向“4 自动生成 TP 程序”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，出现图 7.2.1 所示的“自动生成 TP 程序/列表”画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [4 自动生成 TP 程序]

此画面上显示 50 个参数设置的编号和注释。

```
自动生成 TP 程序/列表
                                        1/50
 编号  注释
   1 [                ]
   2 [                ]
   3 [                ]
   4 [                ]
   5 [                ]
   6 [                ]
   7 [                ]
   8 [                ]
   9 [                ]
  10 [                ]

[退出]   [复制]   [详细] [输出 DT] [读取 DT]
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 7.2.1 参数设置的列表画面

功能键

要使用的功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	返回力觉传感器的实用工具画面。
F2	复制	将参数设置复制到其他编号中。 （**TP** 程序名、输出目的地的 **DT** 文件名和记录的位置不予复制。）
F3	详细	打开参数设置的详细画面。
SHIFT＋F4	输出 **DT**	向文本文件输出参数设置和记录的位置。
SHIFT＋F5	读取 **DT**	从文本文件读取参数设置。 （不读取已记录的位置。）

7.2.2 参数设置的详细画面

在图 7.2.1 的列表画面上将光标指向任意的编号，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，就会显示如图 7.2.2 所示的“参数设置”画面。

```
自动生成 TP 程序/参数设置
                                        1/12
  位置记录的设置
    1 注释          [                ]
    2 间隔                :       48 ms

  TP 程序生成的设置
    3 TP 程序名  :       M_PROG_01
    4 示教点最小间距      :      1.5 mm
    5 示教点间夹角阈值    :      3.0 deg
    6 示教点间姿势变化阈值:     10.0 deg
    7 行进速度            :       50 mm/s
    8 连续                :       85
    9 使用圆弧            :      禁用
   10 使用角速度          :      禁用
   11 角速度              :      100 deg/s

  读取/写入数据和设置从/到
   12 DT 文件     :       MTPDAT_01

[ 退出 ] [ 默认值 ]
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 7.2.2 TP 程序自动生成用参数设置画面

功能键

要使用的功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	返回参数设置的列表画面。
F2	默认值	将参数值设置为默认值。

参数设置

可以在“参数设置”画面上，设置 TP 程序生成和与位置记录相关的参数。

变量名	说明	标准值
注释	参数设置说明	
间隔	位置记录的取样周期	**48 ms**
TP 程序名	生成的 **TP** 程序名	**M_PROG_**** **(**表示参数设置的编号)**
示教点最小间距	生成的 **TP** 程序中相邻示教点的距离的最小值。若减小此值，则在曲线部分示教点数会增加，从而接近实际的工件形状。	**1.5 mm**
示教点间夹角阈值	生成的 **TP** 程序中连续的 **3** 个示教点的角度的最小值。若减小此值，则在曲线部分示教点数会增加，从而接近实际的工件形状。	**3.0 deg**
示教点间姿势变化阈值	生成的 **TP** 程序中连续两点的姿势角的变动量的最小值。若减小此值，则在曲线部分示教点数会增加，从而接近实际的工件形状。	**10.0 deg**
行进速度	生成的 **TP** 程序的示教速度	**50 mm/s**
连续	直线或者圆弧运动的连续值	**85**
使用圆弧	拐角部等处是否使用圆弧命令的开关（本功能将会自动判断是否为拐角部） • 禁用：在所有的示教点使用直线命令 • 启用：在拐角部使用圆弧命令	禁用

变量名	说明	标准值
使用角速度	拐角部等处是否使用角速度的开关（本功能将会自动判断是否为拐角部） ● 禁用：在拐角部不使用下述“角速度”。 ● 启用：在拐角部使用下述“角速度”。	禁用
角速度	拐角部的 TP 程序的角速度。 在“使用角速度”为“启用”时，且拐角部等工具姿势大幅变化时使用。	**100 deg/s**
DT 文件	参数设置和记录的位置的输出/读取目的地的文本文件名	**MTPDAT_**** **(**表示参数设置的编号)**

7.3 改变参数并再次生成TP程序

可使用已记录的位置，只改变参数设置，再次生成 TP 程序。

如下所示，创建 TP 程序 M_REGEN_01.TP。
执行 TP 程序 M_REGEN_01.TP，则会利用所指定编号的参数设置和位置记录，再次生成 TP 程序。在 TP 程序的再生成完成后，显示“已生成 M_PROG_01.TP 程序。”的信息。

```
M_REGEN_01.TP

1:  CALL MTPGENTP(1)  ←参数“1”是参数设置编号
```

7.4 输出参数设置和记录的位置到文本文件

在图 7.2.1 的参数设置的列表画面上，将光标指向任意的编号，按下 SHIFT＋F4 键，则可向文本文件输出参数设置和记录的位置数据。文本文件名为 MTPDAT_**.DT。譬如，参数设置的编号为“1”时，文件名为 MTPDAT_01.DT。输出结束后，显示“写入文件 MTPDAT_01.DT 已完成。”的信息。

输出的文本文件的详细

下面是输出的文本文件 MTPDAT_01.DT 的示例。

```
Version,1
Comment,''
Interval,48
Mtp_prog,'M_PROG_01'
Tol_dist,1.5
Tol_angle,3.0
Tol_rot,10.0
Velocity,50
Cnt,85
Crc_cmd_enb,0
Rot_vel_enb,0
Rot_vel,100
DT_file,'MTPDAT_01'
Uf_num,5
Utool_num,5
Num_points,565
72.074,98.542,149.595,179.941,.757,-141.526,N,U,T,0,0,0
72.074,98.542,149.595,179.941,.757,-141.526,N,U,T,0,0,0
72.074,98.542,149.595,179.941,.757,-141.526,N,U,T,0,0,0
72.074,98.542,149.595,179.941,.757,-141.526,N,U,T,0,0,0
72.074,98.542,149.595,179.941,.757,-141.526,N,U,T,0,0,0
72.073,98.540,149.593,179.941,.757,-141.527,N,U,T,0,0,0
71.643,97.979,149.101,179.938,.753,-141.732,N,U,T,0,0,0
69.317,94.939,146.427,179.926,.730,-142.848,N,U,T,0,0,0
63.516,87.315,139.654,179.898,.670,-145.652,N,U,T,0,0,0
53.132,73.504,127.057,179.861,.560,-150.759,N,U,T,0,0,0
39.091,54.469,108.781,179.842,.407,-157.860,N,U,T,0,0,0
24.464,34.112,87.783,179.862,.249,-165.548,N,U,T,0,0,0
12.228,16.576,67.997,179.911,.123,-172.262,N,U,T,0,0,0
…
```

注释

在输出/读取参数设置和位置记录之前，需要按如下所示方式向存储了文本文件的位置移动。（希望输出到存储卡中时，请确认是否已将存储卡插入控制装置。）

MENU → [7 文件] → [1 文件]

7.5 注意事项

- 无法在程序执行时更改参数值。
- 可记录的位置的最大数，依赖于控制装置的可用空间。
- 要生成的 TP 程序的最大示教点数为 2000。
- 为了切实仿形工件，建议用户在曲线部分等处把记录位置时的仿形速度设置为 5 mm/s 以下。
- 请把示教点间最小间距设置为不超过工件的拐角部的最小曲率半径。
- 启用“使用角速度”时，请根据工件的拐角部的曲率半径设置拐角部角速度。
- 向文本文件中输出记录的位置数据时，首先要确认输出目的地的可用空间。（必要空间的概算值为已记录的位置数×100 字节）

8 工件质量测量功能

本功能使用力觉传感器，对机器人抓住或者吸附的工件质量进行测量。由于在机器人运动中进行测量，因而对作业的循环时间不会产生影响。
在测得的质量与标准值有显著不同时，将其判断为不良品，或者可在判断吸附机械手尚未抓取规定个数以上的工件时使用。

◇ 本章的内容

8.1 概要和使用方法
8.2 质量测量的设置画面
8.3 质量测量的结果画面
8.4 TP 程序例
8.5 不能获得正确的质量时

8.1 概要和使用方法

概要

工件质量测量功能由两个步骤构成。
即在尚未抓取工件的状态下进行的“基准值测量”、和在抓住或吸附工件后进行的“质量测量”。从这两个测量值之差计算工件的质量。
计算出的工件质量将被写入指定的数值寄存器中，因而可使用该值来进行不良品的判断。
通过在去抓取工件的动作中进行“基准值测量”，在抓取了工件后进行“质量测量”，因而质量测量几乎不再需要延长循环时间。
在进行测量期间，要使得工件在水平面上的直线轨道上动作。若包含有偏离水平面的倾斜轨道或曲线，则获得的质量误差将会增大。

使用方法

1 由参数设置画面设置用于测量的参数。有关详情，请参阅“8.2 质量测量的设置画面”。
2 创建用于质量测量的 TP 程序。对用于“基准值测量”的动作、和用于“质量测量”的动作进行示教，在动作指令中追加测量用的附加命令。如上所述，使得进行测量的区间成为直线轨道。具体的方法，请参阅“8.4 TP 程序例”。
3 在尚未抓取工件的状态下进行“基准值测量”。（图 8.1(a)）。
4 在已抓取工件的状态下进行“质量测量”（图 8.1(b)）。使用步骤 3 中获得的基准值自动计算工件质量，并写入到参数设置画面上所指定的数值寄存器中。此外，在结果画面上显示工件质量、测量时间、力的变化范围、标准偏差。获得的质量不正确时，参考这里显示的信息对动作程序进行微调整。详情请参阅“8.3 质量测量的结果画面”、“8.5 不能获得正确的质量时”。

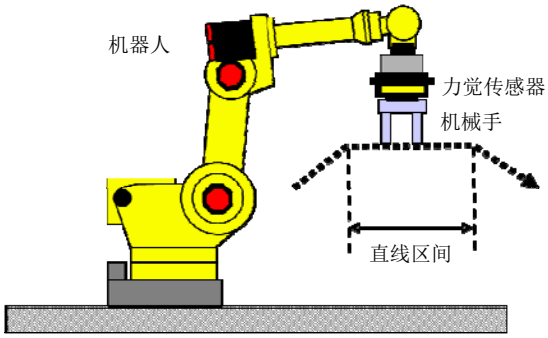


图 8.1(a) 基准值测量（尚未抓取工件）

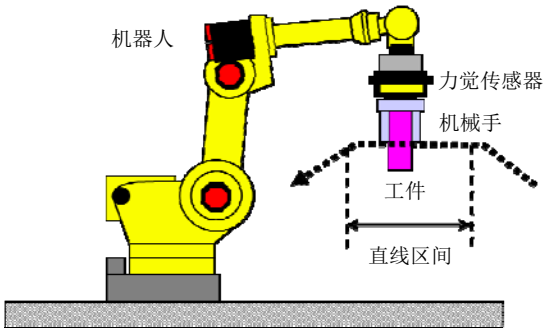


图 8.1(b) 质量测量（已抓取工件）

⚠ 注意
- 不仅要针对每个工件每次执行“质量测量”，而且还要执行“基准值测量”。若在只求取一次基准值后一直继续使用该值，有时质量误差将会增大。
- 在“基准值测量”动作和“质量测量”动作中，要使得机器人手腕的姿势相同。此外，在测量中途要保持姿势不变。
- 3 轴力觉传感器时，要在力觉传感器的 Z 方向与重力方向一致的姿势下使其动作。6 轴力觉传感器时，只要中途没有变化，可以使用任意的姿势。

8.2 质量测量的设置画面

在设置画面上设置用于质量测量所需的参数。
设置画面，可以从力觉传感器的实用工具画面来打开。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。
在实用工具画面上将光标指向“1 测量工件质量”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，出现图 8.2 所示的画面。此外，在已经打开了“8.3 质量测量的结果画面”中说明的结果画面时，只要按下 F3“设置”就可以打开。

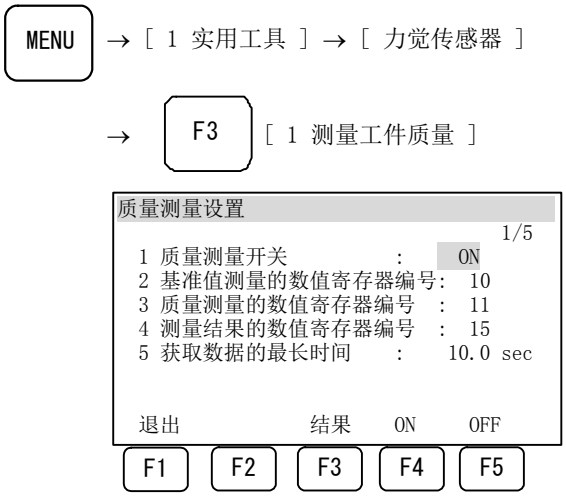


图 8.2 质量测量的设置画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	返回力觉传感器的实用工具画面。
F3	结果	切换到结果画面。请参阅“**8.3** 质量测量的结果画面”。

1 质量测量开关

进行质量测量时，请将此开关置于 ON。
但是，在变更如下的“基准值测量的数值寄存器编号”、“质量测量的数值寄存器编号”、“测量结果的数值寄存器编号”值时，要在此开关处于 OFF 的状态下进行。
此开关为 ON 时，将根据如下的“基准值测量的数值寄存器编号”、“质量测量的数值寄存器编号”的值进行实际的质量测量。
“标准值：OFF”

2 基准值测量的数值寄存器编号

指定用来决定基准值测量状态的数值寄存器编号。如“8.4 TP 程序例”中所示，此寄存器成为 1 时开始基准值测量，成为 2 时结束基准值测量。基准值的计算完成后，本功能将此寄存器值设为 3。请在尚未抓取工件的状态时以测量基准值的方式创建程序。
“标准值：0”

3 质量测量的数值寄存器编号

指定用来决定质量测量状态的数值寄存器编号。如“8.4 TP 程序例”中所示，此寄存器成为 1 时开始质量测量，成为 2 时结束质量测量。质量的计算完成后，本功能将此寄存器值设为 3。请在已抓取工件的状态时以测量质量的方式创建程序。

“标准值：0”

4 测量结果的数值寄存器编号

将计算得到的质量写入到由此编号所示的数值寄存器中。

“标准值：0”

5 获取数据的最长时间

系基准值测量或者质量测量的最大时间。测量超过此时间时中断测量，根据其前所获得的数据计算质量，并写入到由“测量结果的数值寄存器编号”所示的寄存器中。

“标准值：10 秒”

> 注释
> - 无法在程序执行时变更质量测量开关的设置。

8.3 质量测量的结果画面

在结果画面上显示计算得到的质量和测量中的力平均值等项。

在“8.2 质量测量的设置画面”中所说明的设置画面上按下 F3“结果”来打开如图 8.3(a)所示的结果画面。

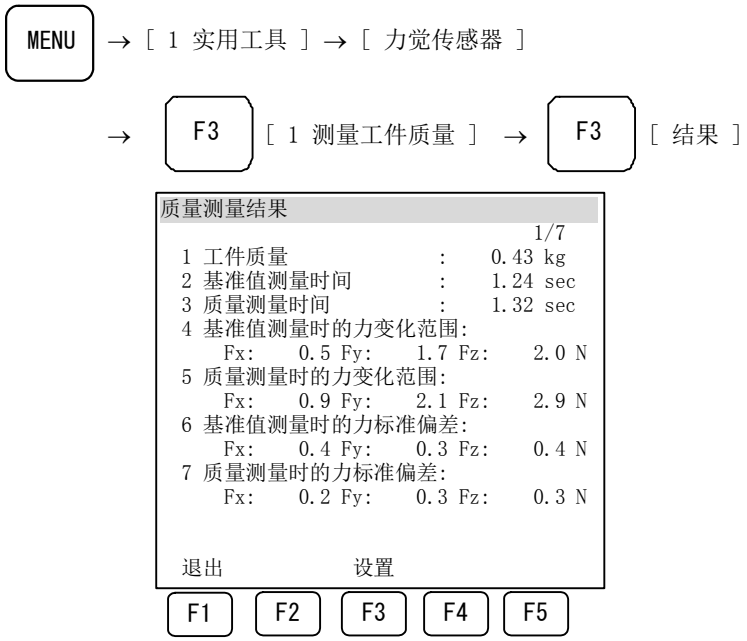


图 8.3(a) 质量测量的结果画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	返回力觉传感器的实用工具画面。
F3	设置	切换到设置画面。请参阅“**8.2** 质量测量的设置画面”。

1 工件质量

进行基准值测量和质量测量而计算得到的工件质量。与写入到由设置画面的“测量结果的数值寄存器编号”所指定的寄存器中的值相同。

“单位：kg”

2 基准值测量时间

通过“基准值测量”获得力觉传感器数据的实际时间。若此时间过短（0.3 秒以下左右），工件质量的误差有可能增大。请延长测量中的直线轨道，或者减小移动速度。
“单位：秒”

3 质量测量时间

表示通过“质量测量”获得力觉传感器数据的实际时间。若此时间过短（0.3 秒以下左右），工件质量的误差有可能增大。请延长测量中的直线轨道，或者减小移动速度。
“单位：秒”

4 基准值测量时的力变化范围

表示在“基准值测量”时所获得的力觉数据（Fx,Fy,Fz）的最大值和最小值之差（图 8.3(b)）。这些值越小，测量的质量将越正确。3 轴力觉传感器时，只写入 Fz，而 Fx,Fy 始终为 0。
“单位：N”

5 质量测量时的力变化范围

表示在“质量测量”时所获得的力觉数据（Fx,Fy,Fz）的最大值和最小值之差（图 8.3(b)）。这些值越小，测量的质量将越正确。3 轴力觉传感器时，只写入 Fz，而 Fx,Fy 始终为 0。
“单位：N”

6 基准值测量时的力标准偏差

表示在“基准值测量”时所获得的力觉数据（Fx,Fy,Fz）的标准偏差（图 8.3(b)）。这些值越小，测量的质量将越正确。3 轴力觉传感器时，只写入 Fz，而 Fx,Fy 始终为 0。
“单位：N”

7 质量测量时的力标准偏差

表示在“质量测量”时所获得的力觉数据（Fx,Fy,Fz）的标准偏差（图 8.3(b)）。这些值越小，测量的质量将越正确。3 轴力觉传感器时，只写入 Fz，而 Fx,Fy 始终为 0。
“单位：N”

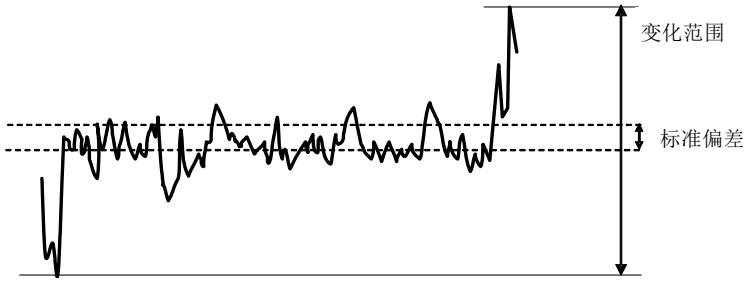


图 8.3(b) 变化范围和标准偏差

8.4 TP程序例

对水平面上的直线轨道进行示教。实际移动的轨道如图 8.4 (a)和图 8.4 (b)所示，由于在示教点附近包含曲线。此例中为了只在直线部进行测量，在动作指令中附加先执行命令。有关先执行命令，请参阅“R-30*i*B 控制装置 基本操作篇 操作说明书”（B-83284CM）第 9 章的先执行命令功能章节。

基准值测量

从示教点 1 经由示教点 2、3 向示教点 4 移动。在示教点 4 抓取工件。在示教点 2 和 3 之间进行测量。

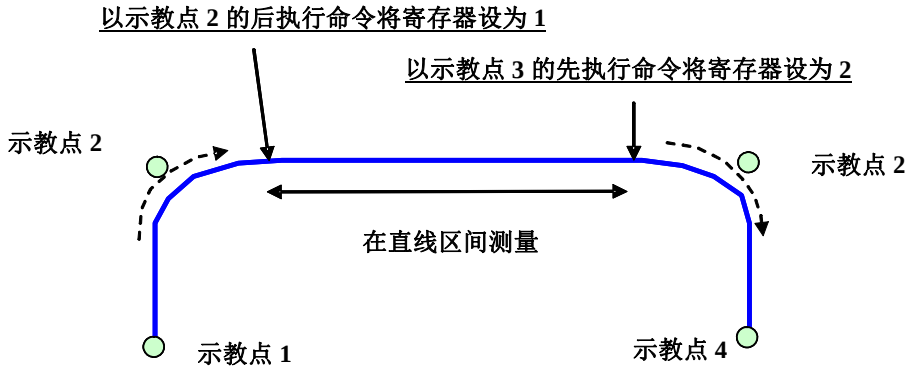


图 8.4(a) 基准值测量例

质量测量

在示教点 4 抓取工件后，经由示教点 3、2 向示教点 1 移动。在示教点 1 放置工件。在示教点 3 和 2 之间进行测量。

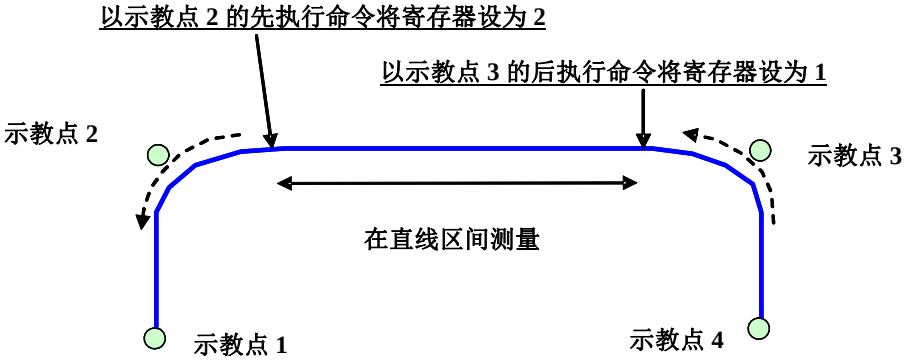


图 8.4(b) 质量测量例

图 8.4(a)和图 8.4(b)的动作的 TP 程序例如下所示。

```
预先在"质量测量设置"画面中，设置如下：
    质量测量开关 = ON
    基准值测量的数值寄存器编号 = 1
    质量测量的数值寄存器编号 = 2
    测量结果的数值寄存器编号 = 3

主程序

  基准值测量（尚未抓取工件）
      1 L   P[1] 500mm/sec FINE
      2 L   P[2] 300mm/sec CNT100                 '在点 2 的 0.2 秒后执行 MEAS_ST
          TA   .20sec, CALL   MEAS_ST(1)          'R[1]=1
      3 L   P[3] 300mm/sec CNT100                 '在点 3 的 0.2 秒前执行  MEAS_FN
          TB   .20sec, CALL   MEAS_FN(1)          'R[1]=2
      4 L   P[4] 500mm/sec FINE
      5 WAIT   R[1] = 3                           '等待至计算基准值
  抓取工件
          .....

  质量测量（已抓取工件）
      11 L   P [3] 300mm/sec CNT 100              '在点 3 的 0.2 秒后执行 MEAS_ST
          TA   .20sec, CALL   MEAS_ST(2)          'R[2]=1
      12 L   P [2] 300mm/sec CNT 100              '在点 2 的 0.2 秒前执行 MEAS_FN
          TB   .20sec, CALL   MEAS_FN(2)          'R[2]=2
      13 L   P [1] 500mm/sec FINE
      14 WAIT   R[2] = 3                          '等待至计算质量
                                                  '将质量写入到 R[3]中

  质量确认
      21 IF   R[3] <R[5 : Min],                   '在 R[5]中设置质量的最小值
          JMP LBL[10]
      22 IF   R[3] >R[6 : Max],                   '在 R[6]中设置质量的最大值
          JMP LBL[10]
          .....
      31 LBL[10 : 质量错误]                       '质量在范围外时进行报警处理
      32 UALM[1]

子程序

    MEAS_ST.TP                                    '开始数据获取
      1 R[100]=AR[1]
      2 R[R[100]] = 1

    MEAS_FN.TP                                    '结束数据获取
      1 R[100]=AR[1]
      2 R[R[100]] = 2
```

图 8.4(c) TP 程序例

8.5 不能获得正确的质量时

求得的质量误差较大，或者每次测量结果都大幅度偏离时，请确认以下项目。

1 动作中工件以及机器人没有接触到周围的物体。
2 力觉传感器电缆上没有施加过大的负载。
3 “基准值测量”和“质量测量”的动作为水平面上的直线轨道。
4 不仅已针对每个工件执行“质量测量”，而且已执行“基准值测量”。并且不只是一次求取基准值，之后继续使用相同的值。
5 “基准值测量”和“质量测量”的动作中的机器人手腕的姿势相同，在中途姿势不变。
6 3 轴力觉传感器时，在沿着“基准值测量”和“质量测量”的直线轨道动作中使得力觉传感器的 Z 方向与重力方向保持一致。6 轴力觉传感器时，只要中途没有变化，可以使用任意的姿势。
7 结果画面的“基准值测量时间”和“质量测量时间”过小时（0.3 秒以下左右）误差有时会增大。请延长直线部，或者放慢动作速度。
8 结果画面的“基准值测量时的力变化范围”、“质量测量时的力变化范围”表示沿着直线轨道动作中的力的最大值和最小值之差（单位：N）。变化范围 / 9.8 和质量（单位：Kg）相比是不可忽略的大小时，测量中有可能也包含有加减速动作（见图 8.5(a)、图 8.5(b)）。以上一节的 TP 程序例而言，请延长先执行命令的执行开始时间（0.2sec）。但是若执行开始时间过长，测量区间就会缩短，请予注意。
9 结果画面的“基准值测量时的力标准偏差”、“质量测量时的力标准偏差”。标准偏差 / 9.8 与质量（单位：Kg）相比是不可忽略的大小时，有可能在测量中机器人发生振动，或尚未成为直线轨道。

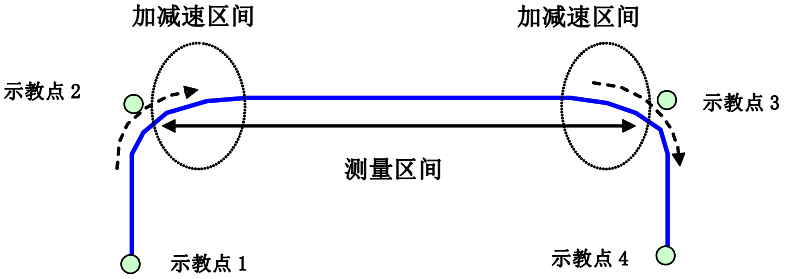


图 8.5(a) 包含加减速区间的测量

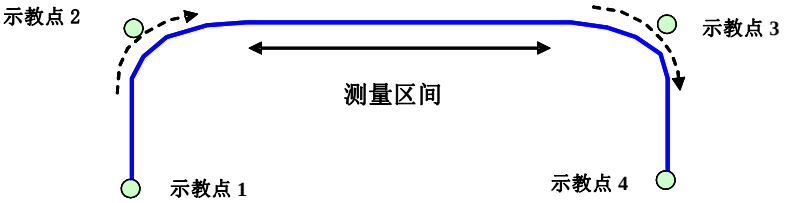


图 8.5(b) 不包含加减速区间的测量

9 力觉传感器 4D 图形功能

本功能是将机器人、工具、部件等作为 3D 图形在 iPendant 上予以显示的“4D 图形功能”的一个子功能。将 3D 图形模型上加入了机器人的内部数据（1D）的图形叫做 4D 图形，而这里的 4 维信息，是从力觉传感器获得的力觉数据。在 4D 图形的画面上，用线段来显示由力觉控制参数表所指定的工具坐标系原点在力觉控制执行中的轨迹和该位置处的力的大小。
可以一边与工件和工具的位置进行对照一边确认力觉控制中发生的力。

要使用本功能，需要“4D 图形功能”（R764）。有关 4D 图形功能的详情请参阅“R-30*i*B/R-30*i*B Mate CONTROLLER Optional Function OPERATOR'S MANUAL”（R-30*i*B/R-30*i*B Mate 控制装置 选项功能 操作说明书）（B-83284EN-2）。

◇ 本章的内容

9.1 使用方法
9.2 力显示的设置画面
9.3 4D 图形画面

9.1 使用方法

力觉传感器 4D 图形功能的使用方法如下所示。此功能的画面，由力显示的设置画面和 4D 图形画面构成。

1 首先，请利用“力觉数据日志功能”（请参阅 4.3 节），记录力觉控制执行中的力觉数据。本功能使用“力觉数据日志功能”下生成的力觉数据文件。
2 从实用工具的力觉传感器画面选择 4D 图形显示。打开力显示的设置画面，设置参数。（请参阅 9.2 节）
3 打开力觉传感器 4D 图形画面，确认力觉数据。（请参阅 9.3 节）

9.2 力显示的设置画面

通过如下步骤打开用于力显示的设置画面，设置所需的参数。
设置画面可以从力觉传感器的实用工具画面来打开。请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。
在实用工具画面上将光标指向“7 4D 图形显示”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，出现图 9.2(a)所示的画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [7 4D 图形显示]

图 9.2 (a) 力显示的设置画面

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	返回力觉传感器的实用工具画面。
F3	更新	**4D** 图形画面已经打开时，通过现在的参数设置更新 **4D** 图形画面。**4D** 图形画面尚未打开时，则首先请打开此画面。（请参阅 **9.3** 节） 此外，**iPendant** 为 **2** 个画面或者 **3** 个画面时，若本设置画面被分配在右侧（第 **2** 个画面或者第 **3** 个画面），“更新”的字符将不予显示，也不进行 **4D** 图形画面的更新。
F4	选择/文件夹	光标指向“设备名称”、“显示的力”、“显示方向”时，分别表示各自的选择项。除此以外的情况下，向表示所选设备的文件夹列表的画面转移。
F5	文件	向表示所选设备和文件夹的文件列表的画面转移。

1 设备名称

指定力觉数据文件所在的设备。从 MC:（存储卡）或者 UD1:（USB 存储器）中选择。
“标准值：MC:”

2 文件夹

在上述设备中指定力觉数据文件所在的文件夹名。若按下 F4（文件夹），则会如图 9.2(b)那样按照名称的升序显示设备中保存的文件夹的列表。若将光标指向所需项按下 F3（选择），则会返回图 9.2(a)的画面，文件夹名会被自动改写。也可以直接输入/变更文件夹名。
“标准值：FSDT1”

图 9.2 (b) 文件夹列表画面

> 注释
> - 能够在图 **9.2(b)**的画面上显示的文件夹数最多为 **100** 个。文件夹数超过 **100** 个时、或文件夹一个也没有时，会发生报警（**FORC-455** 或者 **FORC-459**）。

3 文件名

请指定上述文件夹中的力觉数据文件名。若按下 F5（文件），则会如图 9.2(c)那样按照名称的降序显示文件夹中保存的扩展名为 DT 的文件列表。“力觉数据日志功能”下生成的力觉数据文件，其新文件的名称中所包含的数字将会增大，因而是此顺序。若将光标指向所需项按下 F3（选择），则会返回图 9.2(a)的画面，数据文件名会被自动改写。也可以直接输入/变更文件名。（请去掉扩展名.DT）
“标准值：FSDT”

```
力觉传感器 4D 图形/文件列表                    ^ i
  文件列表                                  1/17
编号  文件名          生成时间
  1   FSDT0010    2015- 6-25  15:56
  2   FSDT0009    2015- 6-25  15:53
  3   FSDT0008    2015- 6-25  15:51
  4   FSDT0007    2015- 6-25  15:49
  5   FSDT0006    2015- 6-25  15:48
  6   FSDT0005    2015- 6-25  15:45
  7   FSDT0004    2015- 6-23  10:36
  8   FSDT0003    2015- 6-23  10:25
  9   FSDT0002    2015- 6-22  18:15
 10   FSDT0001    2015- 6-22  18:11

退出              选择     文件夹
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 9.2 (c) 文件列表画面

> 注释
> - **能够在图 9.2(c)的画面上显示的文件数最多为 1000 个。扩展名为 DT 的文件超过 1000 个时、或一个也没有时，会发出报警（FORC-456 或者 FORC-459）。**

4 显示的力

选择显示哪个方向的力。选择项有 4 个，即 Fx、Fy、Fz、合力。
X、Y、Z 的方向除了“仿形”功能以外的情况下，是由参数表数据所指定的用户坐标系的轴向。
“仿形”功能的情况下，控制坐标系是工具坐标系时，则是由参数表数据所指定的工具坐标系的轴向；控制坐标系若是用户坐标系，则是由参数表数据所指定的用户坐标系的轴向。
但是，将“推压方向自动变化”设为“用户坐标系 X－Y”时的 Fx、Fy，将会成为与自动变更的推压方向配合的值。也就是说，参数表数据的“推压方向”为±X 时，Fx 为推压方向的力，Fy 为与其垂直方向的力；参数表数据的“推压方向”为±Y 时，Fy 为推压方向的力，Fx 为与其垂直方向的力。
合力为 3 个方向的力的均方根，与力的大小相同。
“标准值：Fz”

5 显示方向

选择在 4D 图形画面的世界坐标系的哪个轴向，显示表示力的线段。请指定在画面内便于看清的方向。建议用户采用与力觉控制执行中的工具坐标系原点的轨迹垂直或者接近垂直的方向。
“标准值：Z”

6 显示的力的比例

指定在 4D 图形画面内的、表示力的线段的长度。表示以画面中几 mm 长的线来显示 1N 的力。
“标准值：1 mm/N”

7 显示间隔

指定在 4D 图形画面内的、表示力的线段的显示间隔。力觉数据文件中记录有工具坐标系原点的位置。显示间隔长度之间有多个数据时，显示其中力的大小的绝对值为最大的。
“标准值：10 mm”

8 力过大的阈值

力的绝对值若大于（参数表数据的“装配力”或者“推压力”）×（力过大的阈值）／100，则在 4D 图形画面内以红色线段来显示该力。
“标准值：120 %”

9 力过小的阈值

力的绝对值若小于（参数表数据的“装配力”或者“推压力”）×（力过小的阈值）／100，则在 4D 图形画面内以白色线段来显示该力。
“标准值：80 %”

注释
- 力的绝对值如果在“力过小的阈值”以上以及“力过大的阈值”以下，则以蓝色线段来显示该力。
- 软件版本为 7DC2/07 或更早版本的控制装置上所创建的力觉数据文件中，不管力的大小如何，始终以蓝色线段来显示。
- 仿形中使用变更推压力的功能（请参阅 3.5.7.7 节）变更了推压力的情况下，也使用参数表数据的“推压力”来确定线段的颜色。

9.3 4D图形画面

如 9.2 所示在设置完参数后，打开 4D 图形画面。
有两种方法：按下用于力显示的设置画面的标题条的^*i* 从相关视图打开，或者从位置画面打开。

9.3.1 从相关视图打开的方法

若按下用于力显示的设置画面的标题条的^*i*，则会出现如下所示的相关视图的菜单。

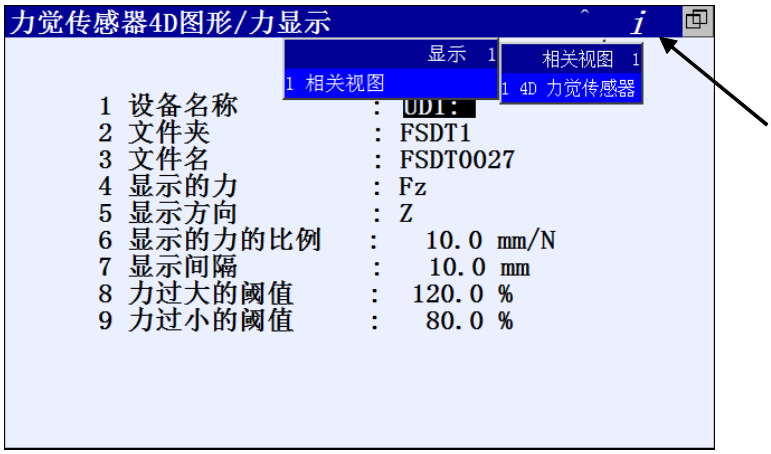


图 9.3.1 (a) 从相关视图选择 4D 图形画面

选择了此项后，会如图 9.3.1(b)所示，在右侧自动打开“4D 图形 力觉传感器”画面。已经打开时会再度打开。读入 9.2 节中选择的力觉传感器数据文件，显示力。
以黑色线条来表示由力觉控制参数表所指定的工具坐标系原点在力觉控制中的轨迹。以蓝色、红色、白色中任何一种颜色的线段的长度来表示该位置处的力的大小。红色线条表示超过“力过大的阈值”的部分，白色线条表示低于“力过小的阈值”的部分。
此图中还同时显示点动坐标系。

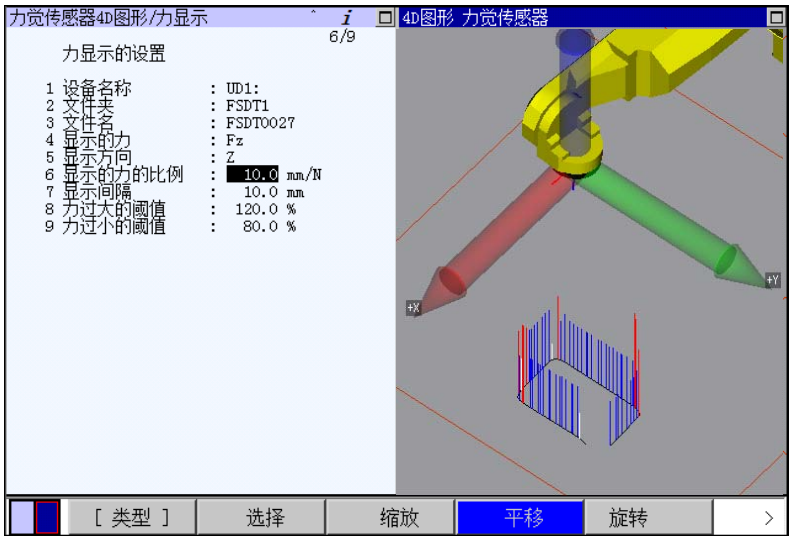


图 9.3.1 (b) 从相关视图选择 4D 图形画面

注释
- 力觉传感器数据文件中尚未记录力觉数据时，不显示力觉数据而发出报警（FORC-457）。
- 能够显示的线段最大数为 500。第 501 个以后不予显示而发出报警（FORC-458）。

9.3.2 从位置画面打开的方法

也可以从位置画面打开 4D 图形画面。
利用 F1“类型”选择“4D 显示”。

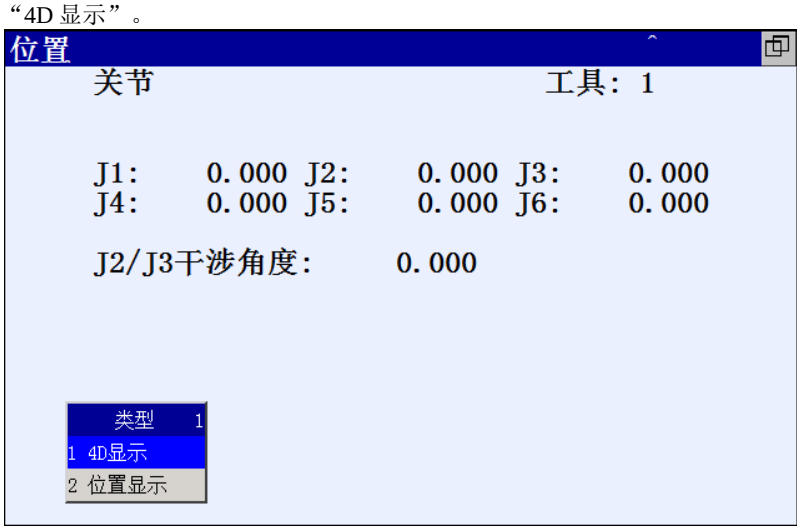


图 9.3.2 (a) 从位置画面选择 4D 图形画面

再利用 F1“类型”选择“4D 力觉传感器”。向“4D 图形 力觉传感器”画面切换。已经打开时会再次打开。读入 9.2 节中选择的力觉传感器的数据文件，显示力。

图 9.3.2 (b) 从 4D 图形画面的列表选择 4D 图形力觉传感器画面

注释
- 力觉传感器数据文件中尚未记录力觉数据时，不显示力觉数据而发出报警（FORC-457）。
- 能够显示的线段最大数为 500。第 501 个以后不予显示而发出报警（FORC-458）。

10 常见问题处理方法

本章中说明了发生报警时应该采取的处理方法。

◇ 本章的内容

10.1 所有报警都通用的处理方法
10.2 发生了超时错误时
10.3 发生了力的极限报警时

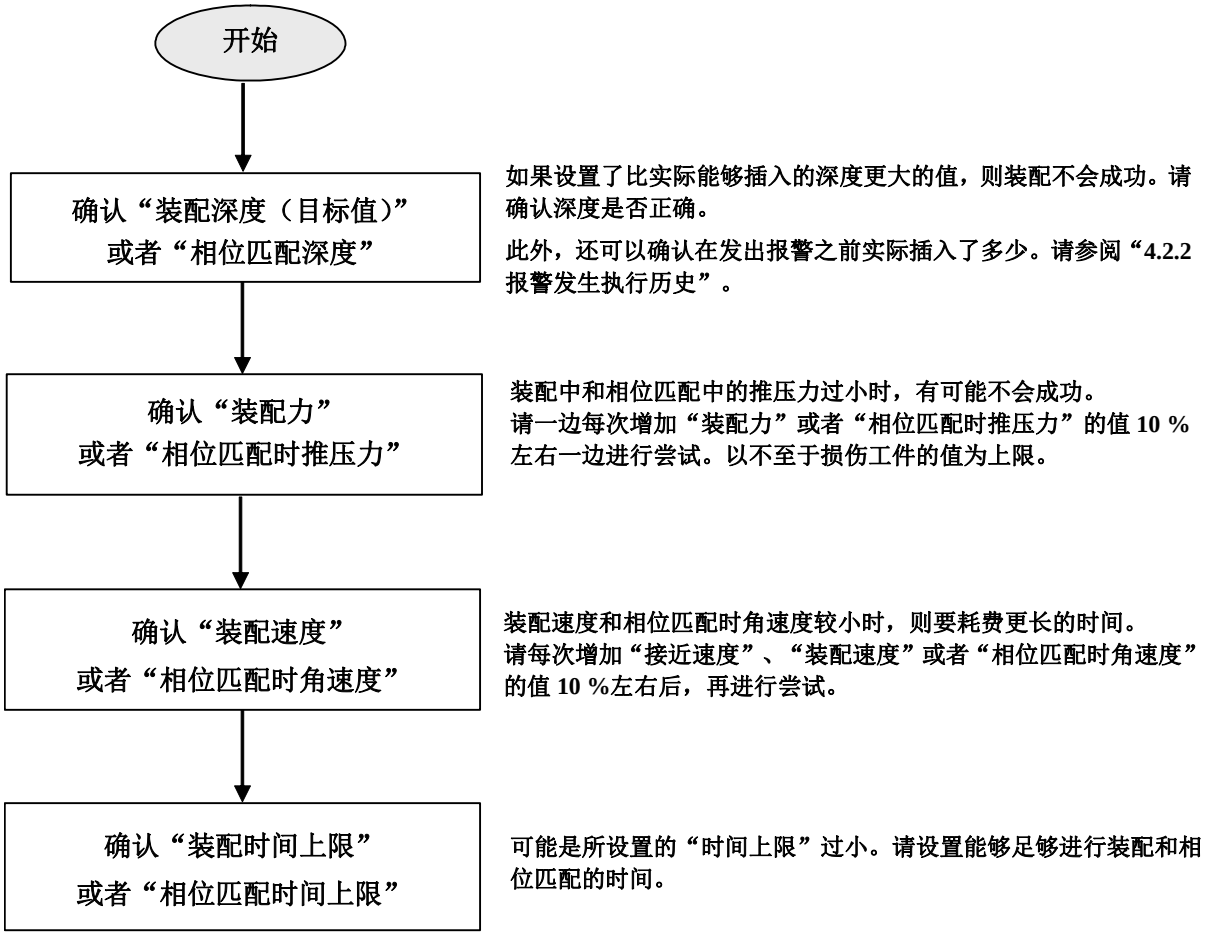
10.1 所有报警都通用的处理方法

力觉控制中发生了报警时，首先请确认以下项目。

- 工具坐标系和用户坐标系是否正确 →请参阅“3.2 示教的步骤”
- 机械手是否紧紧抓住工件 →请参阅“3.1 注意和限制事项”
- 是否已正确示教了接近点 →请参阅“3.2 示教的步骤”

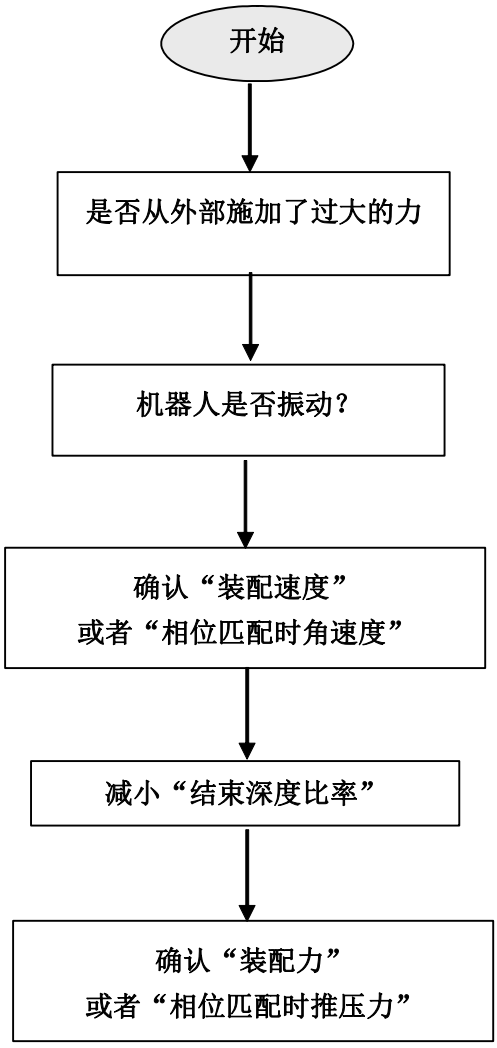
10.2 发生了超时错误时

在所设置的时间以内力觉控制没有结束时会发出报警。相位匹配时发生的是“FORC-275 相位匹配超时”，装配中发生的是“FORC-264 插入超时错误”。发生这些报警时，请按以下的步骤确认参数值。



10.3 发生了力的极限报警时

对力觉传感器施加了过大的力时发生的报警包括 No.158, 159, 175, 216, 217, 218, 219, 220, 221 等几个种类。
不是在力觉控制命令中发生，而是在示教点之间移动中发生 No.158 或者 No.159 时，其原因可能是加减速引起的惯性力过大。请减小安装在力觉传感器上的工具的重量，或者降低报警发生时的位置处的动作速度或者加速度。



请确认是否从安装在机器人上的磨床或螺母自动紧固装置等处施加了过大的力。
可以确认力觉控制中所施加的最大力和紧靠报警停止前的力值等项。请参阅“**4.2.2** 报警发生执行历史”。
也可进一步对力觉控制中的力和力矩进行图形显示。请参阅“**4.3** 力觉数据日志功能”。

仿形功能以外的情况下，请重新进行力觉控制增益自动调整（见 **3.10.2**）。
即使进行上述操作仍然无法排除振动时，在使用仿形功能期间手动减小力觉控制增益的值。（有关值的变更方向，请参阅 **3.6**）

有可能“装配速度”和“相位匹配时角速度”过大。请每次减少 **10 %** 左右后，再进行尝试。

“结束深度比率”位于高级参数设置画面。
请每次减小此值 **5 %**左右进行尝试。

“装配力”和“相位匹配时推压力”过大时，容易发生力极限报警。
请每次减少 **10 %**左右后，再进行尝试。

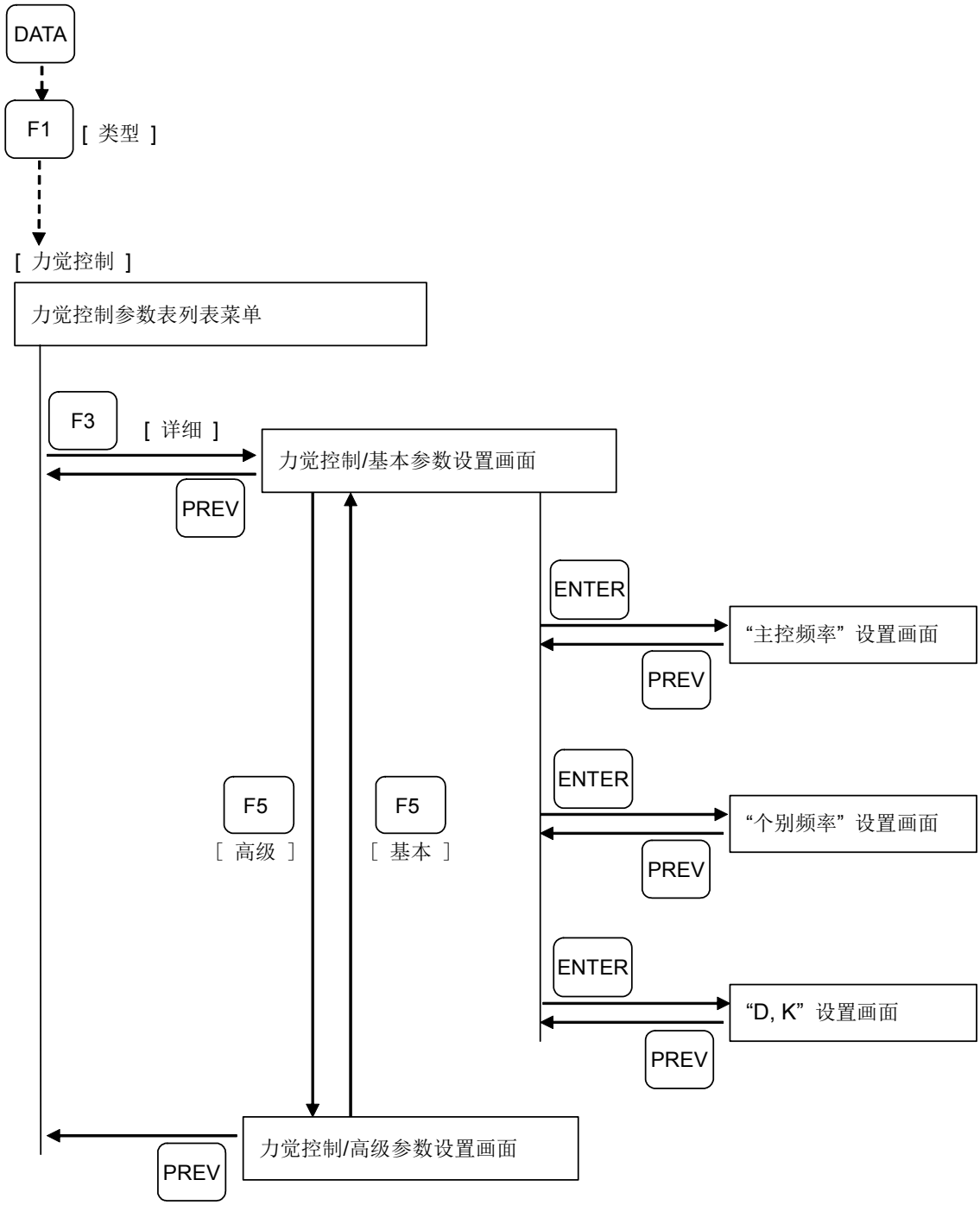
特别是，发生了“FORC-216”～“FORC-221”的报警时，请增大高级参数设置画面上的力的上限。

若 216 号报警，则变更 X 分量；
若 217 号报警，则变更 Y 分量；
若 218 号报警，则变更 Z 分量；
若 219 号报警，则变更 W 分量；
若 220 号报警，则变更 P 分量；
若 221 号报警，则变更 R 分量。

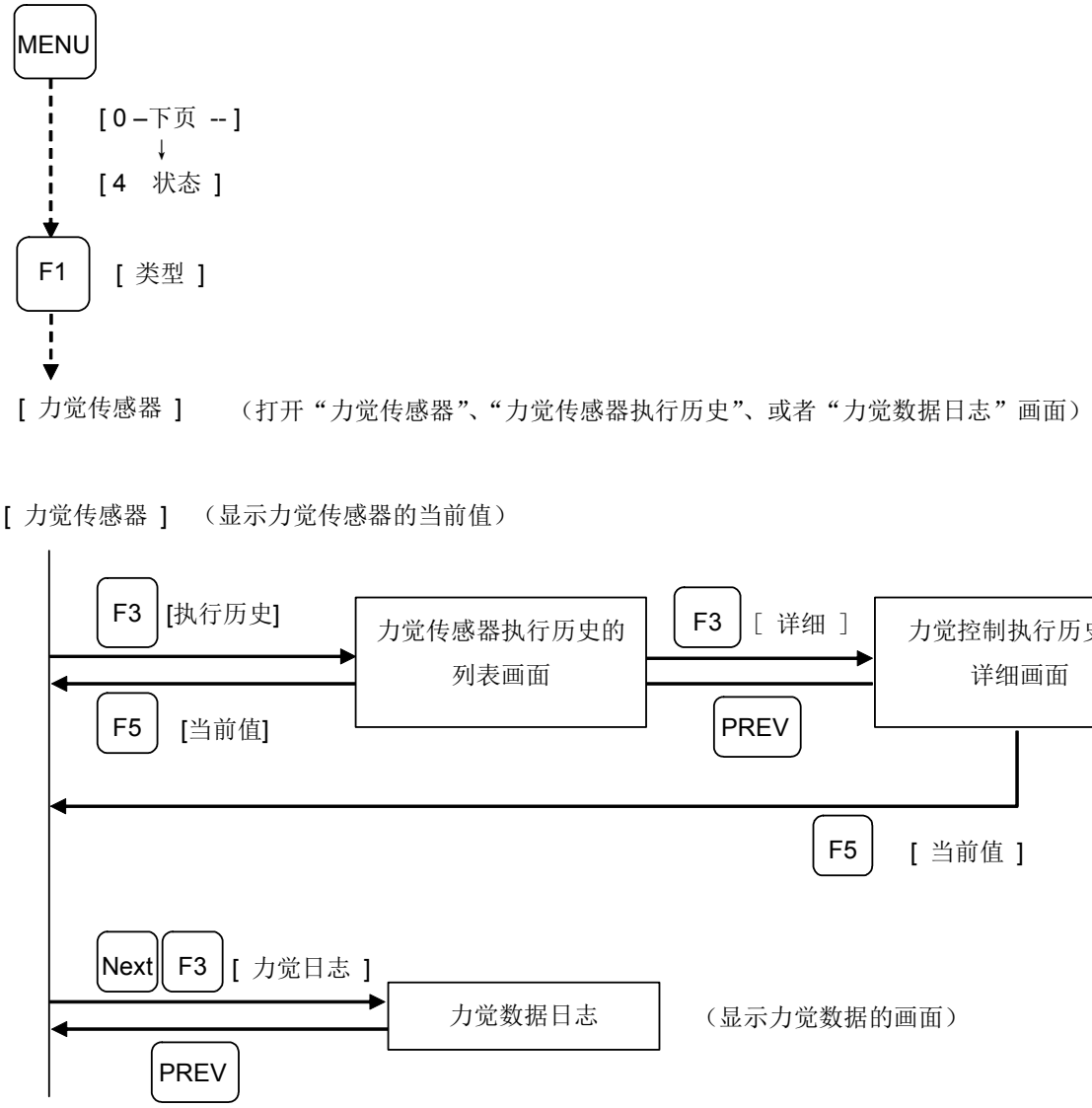
附 录

A 力觉控制画面构成

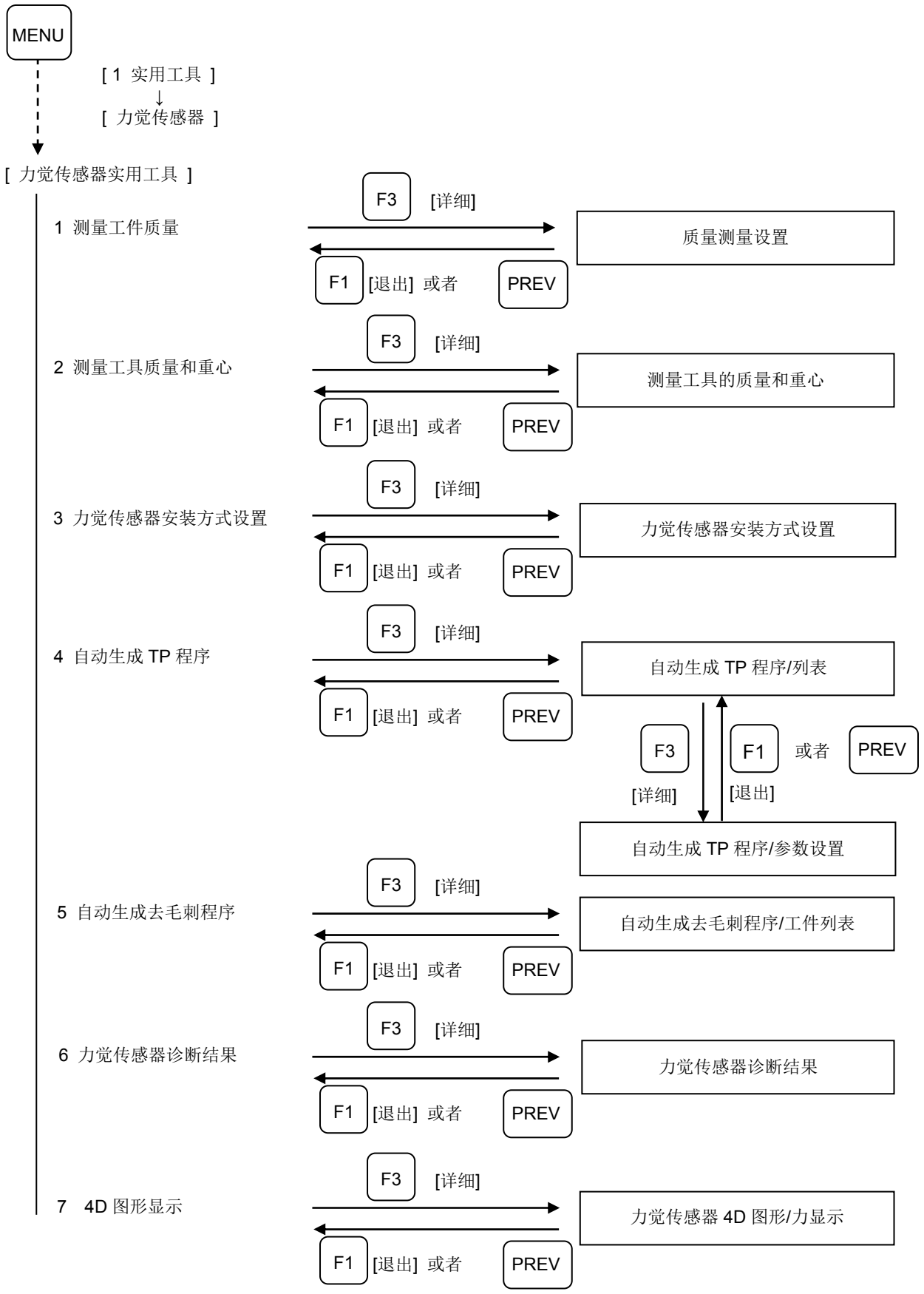
力觉控制参数表画面



力觉传感器状态画面


MENU
[0 –下页 --]
[4 状态]
F1
[类型]
[力觉传感器]
（打开“力觉传感器”、“力觉传感器执行历史”、或者“力觉数据日志”画面）
[力觉传感器]
（显示力觉传感器的当前值）
F3
[执行历史]
力觉传感器执行历史的列表画面
F3
[详细]
力觉控制执行历史的详细画面
F5
[当前值]
PREV
F5
[当前值]
Next
F3
[力觉日志]
力觉数据日志
（显示力觉数据的画面）
PREV

力觉传感器实用工具画面



B 力觉控制报警代码

发生了下表中没有列举的报警时，请向我公司咨询。

FORC-001 WARN 传感器电路板不存在

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 1 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。

2 即使采取了上述对策而仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-004 SYSTEM 通讯错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 1 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。

2 即使采取了上述对策而仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-005 WARN 未校准机器人的零点

［原因］ 机器人的零点标定未完成。力觉控制指令在零点标定未完成时无法执行。

［对策］ 请执行零点标定。

FORC-006 WARN 传感器电路板禁用 2

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 1 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。

2 即使采取了上述对策后，仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-007 WARN 内存初始化错误

［原因］ 这是与软件内部的内存初始化相关的错误。可能是因为内存的容量不足，或者内存已经损坏所致。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-008 STOP.G 选项未安装

［原因］ 试图执行装配命令，但是力觉控制装配功能选项尚未安装在控制装置中。或者，试图执行自动生成去毛刺程序功能，但是自动生成去毛刺程序功能选项尚未安装在控制装置中。

［对策］ 请追加力觉控制装配功能选项或者自动生成去毛刺程序功能选项。要追加选项时，请向发那科公司的营业担当部门联系。

FORC-011 STOP.G 力觉传感器的组不匹配

［原因］ 程序的运动组与进行力觉控制的运动组不匹配。

［对策］ 请把程序的运动组与力觉控制的运动组进行匹配。

FORC-012 STOP.G 出现超时错误

［原因］ 软件内部错误。

［对策］ 1 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，更换 R-30*i*B 控制装置的主板。

2 即使采取了上述对策而仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-013 STOP.G 通讯错误

［原因］ 软件内部错误。

［对策］ 1 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。

2 即使采取了上述对策而仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-014 STOP.G 无效的工具坐标系编号

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-015 STOP.G 力觉传感器误差超过极限值

［原因］ 力觉传感器的自诊断结果，力觉传感器的误差超过了允许量。

［对策］ 请确认力觉传感器的值。输出值有异常时，请向我公司咨询。

FORC-016 WARN 诊断正常结束

［原因］ 力觉传感器的自诊断结果，力觉传感器正常。

［对策］ 这不是错误。

FORC-017 WARN 已经设置诊断数据

［原因］ 在 3 轴力觉传感器上执行“传感器诊断”命令，记录了此时的力觉传感器数据。可以在实用工具→力觉传感器→力觉传感器诊断结果 中参照该值。

［对策］ 这不是错误。

FORC-018 STOP.G 未初始化的数据

［原因］ 进行了力觉传感器的自诊断，但是尚未设置力觉传感器的初始输出值。

［对策］ 请进行自诊断数据的加载。

FORC-019 STOP.G 允许值为零或更小

［原因］ 尚未正确设置力觉传感器的误差允许量。

［对策］ 设置$CCS_GRP[1].$INIT_TOL[1]=6，$CCS_GRP[1].$INIT_TOL[2]=40。

FORC-020 STOP.G 伺服未准备就绪

［原因］ 在紧靠执行力觉控制之后发生了急停，或者发生了伺服错误。

［对策］ 请确认周围是否有异常。如果没有异常就在解除报警后重新执行，或者重新接通电源。即使这样操作后仍然无法执行时，请向我公司咨询。

FORC-022 STOP.G 补偿/视觉补偿未执行

［原因］ 尚未执行视觉补偿所需的位置补偿条件命令或者视觉补偿条件命令。有可能指定的视觉寄存器编号不正确。

［对策］ 请利用位置补偿条件命令来指定使用于视觉补偿的位置寄存器编号。或者，请利用视觉补偿条件命令来指定使用于视觉补偿的视觉寄存器编号。请确认视觉寄存器的编号。

FORC-023 STOP.G 力觉传感器错误

［原因］ 力觉传感器处于错误状态。

［对策］ 发生与力觉传感器相关的报警，尚未被解除。请采取相应对策解除报警。

FORC-024 STOP.G 力觉控制错误

［原因］ 发生了力觉控制错误。因标签编号为 0 而没有进行标签跳转。

［对策］ 请参阅同时发生的其他力觉控制错误的对策。

FORC-025 STOP.G 功能类型为未使用

［原因］ 力觉控制功能处于“未使用”状态时，执行了力觉控制命令。

［对策］ 请设置适当的力觉控制功能。

FORC-026 WARN 初始数据已设置

［原因］ 设置了力觉传感器初始输出值。

［对策］ 这不是错误。

FORC-027 STOP.G 另一个调整已启用

［原因］ 其他调整模式已被启用。

［对策］ 请结束运行程序，从程序中删除其他的调整命令。

FORC-028 STOP.G 出现内部错误

［原因］ 软件内部错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-029 STOP.G 附加轴设置错误

［原因］ “拧螺丝”功能的旋转机构中设置的附加轴不可使用。

［对策］ 请进行以下内容的确认。

1 已订购 J518。
2 所选编号的轴已经连接。
3 所选编号的轴不是内嵌附加轴。

4 所选编号的轴是旋转轴。
5 所选编号的轴已被设置为可连续旋转。

FORC-034 STOP.G 视觉寄存器不存在

［原因］ 高级参数设置画面的用户坐标系补偿已被设置为“视觉寄存器”，但是 *i*RVision 选项尚未被安装到控制装置中。

［对策］ 1 将用户坐标系补偿置于“OFF”或者“位置寄存器”。
2 请追加 *i*RVision 选项。要追加选项时，请向发那科公司的营业担当部门联系。

FORC-035 STOP.G 视觉补偿无效

［原因］ 高级参数设置画面的用户坐标系补偿已被设置为“视觉寄存器”，但是视觉补偿命令无效。

［对策］ 请将视觉补偿命令设为有效。从［MENU］（菜单）键选择“设置”→“常规”。将其中的“启用视觉补偿命令”设置为有效。

FORC-036 STOP.G 视觉寄存器类型不正确

［原因］ 高级参数设置画面的用户坐标系补偿已被设置为“视觉寄存器”，但是视觉寄存器的补偿类型尚未成为固定坐标系偏移。

［对策］ 视觉寄存器的补偿类型只有在固定坐标系偏移时进行装配方向的补偿。视觉寄存器的补偿类型为“工具坐标系偏移”和“检出位置”时不予补偿。补偿类型请使用固定坐标系偏移的视觉寄存器。

FORC-037 STOP.G 固定式传感器选项未安装

［原因］ 没有固定式传感器选项。

［对策］ 请追加固定式传感器选项。要追加选项时，请向发那科公司的营业担当部门联系。

FORC-038 STOP.G 请设置传感器坐标系

［原因］ 尚未设置用于固定式传感器的传感器坐标系。

［对策］ 请采取以下的任何一项对策：
1 要将力觉传感器固定设置到工作台上时，请参阅“C.4 将力觉传感器固定到工作台上时的设置”，并设置传感器坐标系。
2 要将力觉传感器安装到机器人手腕上时，请参阅“C.5 只更改安装方式时的设置”，更改安装方式。

FORC-039 STOP.G 请重启控制装置

［原因］ 在利用力觉传感器安装方式设置功能变更了传感器坐标系后，需要重启控制装置。

［对策］ 请重启控制装置。即使这样操作后仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-040 STOP.G 只能使用固定式传感器

［原因］ 在机器人 M-1*i*A/0.5A 上试图进行把力觉传感器安装在机械手上的设置。

［对策］ 机器人 M-1*i*A/0.5A 上，力觉传感器只可在固定设置下使用。请参阅“C.4 将力觉传感器固定在工作台上时的设置”。

FORC-041 STOP.G 不支持此机器人

［原因］ 机器人和控制装置的组合不正确。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-042 STOP.G 视觉寄存器未设置

［原因］ 在视觉补偿条件命令指定的视觉寄存器中尚未设置值。

［对策］ 请确认视觉寄存器编号后，再执行视觉操作。

FORC-050 STOP.G 力觉传感器无法连接

［原因］ 无法安装（连接）力觉传感器。

［对策］ 请勿在机器人动作时执行传感器安装命令。

FORC-051 STOP.G 力觉传感器无法断开

［原因］ 无法拆除（断开）力觉传感器。

［对策］ 请勿在机器人动作时执行传感器拆除命令。

FORC-052 STOP.G 力觉传感器断开

［原因］ 执行力觉控制时尚未连接力觉传感器。

［对策］ 请在连接力觉传感器后再执行力觉控制。

FORC-053 STOP.G 力觉传感器断开内部错误
［原因］ 软件内部的错误。
［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-101 WARN 默认数据不正确
［原因］ 软件内部的错误。
［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-103 WARN 索引值不正确
［原因］ 尚未正确设置力觉控制命令的索引值。
［对策］ 请正确设置力觉控制命令的索引值。

FORC-105 WARN 力觉传感器的组不正确
［原因］ 该系统中不存在要进行力觉控制的运动组。
［对策］ 在该系统中对该命令进行再示教。

FORC-106 WARN 质量数据超出范围
［原因］ 计算的质量值超出范围。
［对策］ 请重新输入适当的值。

FORC-107 WARN 阻尼数据超出范围
［原因］ 计算的阻尼值超出范围。
［对策］ 请重新输入适当的值。

FORC-108 WARN 输入数据超出下限值
［原因］ 输入的值超出下限值。
［对策］ 请重新输入适当的值。

FORC-109 WARN 输入数据超出上限值
［原因］ 输入的值超出上限值。
［对策］ 请重新输入适当的值。

FORC-110 WARN 不能使用存储卡
［原因］ 试图在 R-30iB Mate 控制装置上选择存储卡。
［对策］ 在 R-30iB Mate 控制装置上无法使用存储卡。请选择 UD1 等设备。

FORC-114 WARN 转换个体差异
［原因］ 因结束条件开关已被更改而转换了装配深度个体差异值。
［对策］ 确认基本数据“装配深度个体差异（－）”的值是否合适。

FORC-115 WARN 插入方向已更改
［原因］ 更改槽方向的结果，与插入方向不一致，因而更改了插入方向。
［对策］ 请确认基本数据“装配方向”是否合适。

FORC-116 STOP.G 禁止并用随动功能
［原因］ 无法同时执行力觉控制和软浮动（随动功能）。
［对策］ 请勿同时执行力觉控制和软浮动（随动功能）。

FORC-117 WARN 自动调整未完成
［原因］ 因尚未进行阻尼参数自动调整而未能设置相位匹配阻尼比率。
［对策］ 首先请执行阻尼参数自动调整。

FORC-118 WARN 槽方向已更改
［原因］ 更改槽方向的结果，与插入方向一致，因而更改了插入方向。只在“凹槽装配”中发生。
［对策］ 确认基本数据“装配方向”是否合适。

FORC-119 WARN 自定义无限循环

［原因］ 在力觉控制的连续执行中，从作为父级编号被指定的参数表，相反地作为父级编号而被指定。

［对策］ 进行父子关系循环那样的父级编号指定。请在确认参数表的基础上，更改为正确的父级编号的指定。

FORC-120 WARN 自定义超出重试子过程数

［原因］ 在力觉控制的连续执行中，在重试（拔出用）中设置的过程的高级数据“自定义父级编号”中，试图设置已经具有重试（拔出用）用的子过程的过程编号。

［对策］ 针对一个过程，只能指定一个重试（拔出用）子过程。请进行以下任何一个更改操作。

1 希望将新的过程作为重试（拔出）子过程进行设置时，将现有的重试（拔出）过程的“自定义父级编号”设为 0，并在新的过程中重新指定“自定义父级编号”。

2 指定的父级过程编号不正确时，请指定正确的父级过程编号。

FORC-121 WARN 自定义超出插入子过程数

［原因］ 在装配中设置的过程的的高级数据“自定义父级编号”中，试图设置已经具有装配用的子过程的过程编号。

［对策］ 针对一个过程，只能指定一个装配子过程。请进行以下任何一个更改操作。

1 希望将新的过程设置为装配子过程时，将现有的装配子过程的“自定义父级编号”设为 0 后，并在新的过程中重新指定“自定义父级编号”。

2 指定的父过程编号不正确时，请指定正确的父过程编号。

3 在本想指定重试（拔出）子过程的情况下，重试（拔出）子过程具有如下特征。①用户坐标系、工具坐标系与父过程相同；②装配方向相同，朝向相反（例：父级的装配方向若是－Ｚ，则重试（拔出）子过程的装配方向为＋Ｚ）；在正确设置①②后，设置“自定义父级编号”。

FORC-122 WARN 自定义超出重试次数

［原因］ 将重试用子过程作为父过程进行了指定。

［对策］ 无法将重试用的子过程作为父过程来指定。

1 使用多个过程进行重试（拔出）时，请将与重试（拔出）成对的装配过程作为父过程来指定。

2 弄错过程编号时，请指定正确的装配用过程数据。

3 弄错了作为父过程指定的过程装配方向时，父过程的装配方向进一步与其父过程的装配方向方向相同而朝向不同，因而将之判断为重试（拔出）的子过程数据。请重新正确设置父过程数据的装配方向。

FORC-123 WARN 自定义同步化更改完成

［原因］ 这不是错误。在处于父子关系的过程数据之间复制了参数。

［对策］ 不是错误，因而无需采取任何对策。

FORC-124 WARN 自定义同步化更改失败

［原因］ 这不是错误。没有在处于父子关系的过程数据之间复制参数。

［对策］ 不是错误，因而无需采取任何对策。

FORC-125 WARN 自定义内部错误 TP0

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-126 STOP.G 自定义自动执行设置错误

［原因］ 自定义自动连续执行的设置不正确。

［对策］ 请确认功能、坐标系、父级编号、子级编号、用户坐标系补偿等的设置。有关详情，请参阅“3.7.5 自定义自动连续执行功能”。

FORC-127 STOP.G 错误设置的信号输出

［原因］ 错误时信号输出的设置不正确。

［对策］ 请确认信号类型、信号编号的设置。

FORC-128 WARN 开启增益自动修改

［原因］ 力觉控制增益自动修改开关处于 OFF。自动调整开命令和自动调整关命令之间的力觉控制命令中，必须开启力觉控制增益自动修改开关。

［对策］ 力觉控制增益自动调整中的情况下，在相应的参数表数据画面上，将力觉控制增益自动修改开关置于 ON。在理应没有进行力觉控制增益自动调整时，可能是因为在某处不适当地执行了自动调整开命令所致。对程序进行修改，以避免不适当地执行自动调整开命令的方式修改程序。

FORC-129 WARN 方向与插入方向相同

［原因］ 在“搜索”功能的搜索基本参数画面、搜索高级参数画面上试图对装配方向设置参数。这是只在“搜索”功能中会发生的报警。

［对策］ 在搜索基本参数画面、搜索高级参数画面上，无法对装配方向进行参数设置。请确认装配方向和要搜索的方向是否正确。

FORC-130 STOP.G 内部错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-131 WARN 无法执行增益自动调整

［原因］ 尚未做好执行力觉控制增益自动调整的准备。

［对策］ 使得机器人在 X、Y、Z 这 3 个方向，分别以数 100mm/sec 左右的速度暂时移动后，返回到相同的位置。请再次执行力觉控制增益自动调整。

FORC-151 STOP.G 力觉传感器 FPGA 版本错误

［原因］ FPGA 的版本不正确。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-158 STOP.G 力觉传感器计量数据溢出

［原因］ 传感头的输出有异常。

［对策］
1 请确认是否传感头处在施加了过大负载的状态。这种情况下，请移动机器人排除负载。
2 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 3 步的对策。
3 有可能因剧烈的加减速而发生了报警。请减少安装在力觉传感器上的工具的重量，或降低报警发生时位置的动作速度或者加速度。
4 机器人上安装有磨床和螺母自动紧固装置等时，有可能从这些装置受到较大的外力。请研讨是否可通过降低旋转速度等办法来减轻外力。
5 请更换传感头。

FORC-159 STOP.G 力觉传感器超过力极限值

［原因］ 对传感头施加了过大的外力。

［对策］
1 请确认机器人是否与外围设备接触。有可能因碰撞而发生了报警。
2 没有接触时，有可能因剧烈的加减速而发生了报警。请减少安装在力觉传感器上的工具的重量，或降低报警发生时位置的动作速度或者加速度。
3 机器人上安装有磨床和螺母自动紧固装置等时，有可能从这些装置受到较大的外力。请研讨是否可通过降低旋转速度等办法来减轻外力。
4 力觉控制执行中发生时，请确认参数的力指令值是否过大。
5 若非上述情形的情况下，有可能力觉控制增益不适当而导致振荡。请每次稍许减小力觉控制增益的“主控频率”值。
6 请将机器人移动到基准位置，从力觉传感器当前值画面（见“4.1 力觉传感器当前值画面”）执行力觉传感器的清零。请执行力觉传感器自诊断命令（见“3.10.1 力觉传感器自诊断命令”），确认力觉传感器正常。

FORC-160 STOP.G 力觉传感器电缆切断

［原因］ 力觉传感器电缆切断。或者，有可能连接器部发生接触不良、或传感头故障。

［对策］
1 请确认传感器电缆的连接器部是否已被切实固定。
2 请更换传感器电缆。
3 请更换传感头。

FORC-161 STOP.G 力觉传感器标定数据未载入

［原因］ 尚未载入力觉传感器的标定数据。

［对策］ 请输入或载入力觉传感器的标定数据。

FORC-162 STOP.G 力觉传感器温度数据溢出

［原因］ 传感器内部的温度输出异常。

［对策］
1 请将机器人移动到不会与目标接触的位置。
2 请重新通电。再次发生报警时，采取第 3 步的对策。

3 请更换传感头。

FORC-164 STOP.G 力觉传感器温度低于下限值

［原因］ 传感器温度降低到了允许值以下。

［对策］ 1 请确认传感头的周围是否过于低温。若非如此，则采取第 2 步的对策。
2 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 3 步的对策。
3 请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 4 步的对策。
4 请更换传感头。

FORC-165 STOP.G 力觉传感器温度高于上限值

［原因］ 传感器温度上升到了允许值以上。

［对策］ 1 请确认传感头的周围是否过于高温。若非如此，则采取第 2 步的对策。
2 请重新通电。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 3 步的对策。
3 请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 4 步的对策。
4 请更换传感头。

FORC-171 STOP.G 力觉传感器数据输出停止

［原因］ 力觉传感器的输出已停止。

［对策］ 1 请在 TP（力觉传感器状态画面）上确认力觉传感器的输出。如果值时刻变化就 OK，但是若一直显示相同的值，就采取第 2 步的对策。
2 请确认是否已正确连接传感器电缆，是否断线。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 3 步的对策。
3 请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 4 步的对策。
4 请更换传感头。

FORC-175 STOP.G 力觉传感器力微分值过大

［原因］ 力觉控制中外力的变化量过大。

［对策］ 1 请确认机器人是否与外围设备接触。有可能因碰撞而发生了报警。
2 机器人上安装有磨床和螺母自动紧固装置等时，有可能从这些装置受到较大的外力。请研讨是否可通过降低旋转速度等办法来减轻外力。或者，与这样的工具一起使用时，请将高级数据“力降噪开关”置于 ON。
3 非上述情况下，有可能机器人发生振荡。请每次稍许减小力觉控制增益的“主控频率”值。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 4 步的对策。
4 请减小基本数据“装配力”或者“推压力”值。
5 “仿形”功能时，请增大高级数据“力变化的上限”值。

FORC-180 STOP.G 力觉传感器 ITP 计数器错误

［原因］ 通讯失败。

［对策］ 1 请将机器人移动到不会与目标接触的位置。
2 请重新通电。再次发生报警时，采取第 3 步的对策。
3 请确认是否已正确连接传感器电缆，是否断线。
即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 4 步的对策。
4 请更换 R-30*i*B 控制装置的主板。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 5 步的对策。
5 请更换传感头。

FORC-181 STOP.G 力觉传感器类型错误

［原因］ 无法正确判别力觉传感器的类型。

［对策］ 1 请重新通电。再次发生报警时，采取第 2 步的对策。
2 请确认是否已正确连接力觉传感器电缆，是否断线。即使这样操作后仍然发生报警时，采取第 3 步的对策。
3 请更换力觉传感器。

FORC-183 WARN 质量测量错误

［原因］ 基于力觉传感器的质量测量功能（见第 8 章）的“基准值测量的数值寄存器编号”、“质量测量的数值寄存器编号”、“测量结果的数值寄存器编号”值不正确。或者，同时执行了基于力觉传感器的质量测量功能和力觉控制功能。

［对策］ 1 将“质量测量开关”置于 ON 时，请勿更改“基准值测量的数值寄存器编号”、“质量测量的数值寄存器编号”、“测量结果的数值寄存器编号”值。更改时，首先请将“质量测量开关”置于 OFF。
2 请确认“基准值测量的数值寄存器编号”、“质量测量的数值寄存器编号”、“测量结果的数值寄存器编号”值完全不同。

3 请确认“基准值测量的数值寄存器编号”、“质量测量的数值寄存器编号”、“测量结果的数值寄存器编号”值为 1 以上的整数。
4 请勿同时执行“基准值测量”和“质量测量”。
5 请勿同时执行基于力觉传感器的质量测量功能和力觉控制功能。

FORC-184 WARN 质量测量超时

［原因］ 在基于力觉传感器的质量测量功能（见第 8 章）中，“基准值测量”或者“质量测量”的经过时间超过了“获取数据的最长时间”。

［对策］ 请确认“基准值测量”或者“质量测量”的开始时机和结束时机。或者，请增大“获取数据的最长时间”。

FORC-188 WARN 未打开自动调整开关

［原因］ 力觉控制增益自动修改功能已开启而自动地关闭。

［对策］ 这不是错误。还需要调整时，再次开启该功能并执行力觉控制命令。不需要调整时请勿开启该功能。

FORC-199 STOP.G 单奇异点错误

［原因］ 力觉控制中成为单奇异状态的轴接近奇异点。

［对策］ 成为单奇异点的姿势有两种。J5 的角度为 0°时，和 J2、J3、J5 位于一直线上时。请在充分远离这些状态的位置和姿势下进行力觉控制。

FORC-201 STOP.G 复合奇异点错误

［原因］ 力觉控制中成了复合奇异状态。

［对策］ J1 的旋转轴和 J6 的旋转轴一致的状态为复合奇异状态。请勿在 J6 来到 J1 正方上的姿势下执行力觉控制动作。

FORC-203 STOP.G 动作极限值错误

［原因］ 关节角度接近可动范围的极限。

［对策］ 请勿在靠近轴极限值的位置执行力觉控制动作。

FORC-211 SERVO 伺服错误

［原因］ 发生了伺服错误。

［对策］ 已同时发生了伺服错误。请采取已发生的错误之必要对策。

FORC-216 STOP.G X 方向力过大

［原因］ 力的 X 分量超过了极限值。

［对策］ 请按顺序确认 1～6。

1 请确认接近点的位置（开始力觉控制命令之前尚未接触）。
2 请确认是否从工具施加了过大的外力。作为有可能施加过大外力的工具，可能是因为磨床和螺母自动紧固装置等所致。与这样的工具一起使用时，请将高级参数设置画面的“力降噪开关”置于 ON。
3 若非上述情形的情况下，有可能力觉控制增益不适当而导致振荡。请每次稍许减小力觉控制增益的“主控频率”值。
4 有可能插入方向的速度过速而施加了碰撞力。请每次减小基本参数设置画面的“装配速度”或者“相位搜索插入速度”或者“搜索插入速度”10%。
5 请每次减小基本参数设置画面的“装配力”10%。
6 请以每次增大 10%的方式逐渐增大高级参数设置画面的“力的上限”或者“相位匹配时力的上限”或者“装配时力的上限”的 X 分量。

FORC-217 STOP.G Y 方向力过大

［原因］ 力的 Y 分量超过了极限值。

［对策］ 请采取与 FORC-216 相同的对策。

FORC-218 STOP.G Z 方向力过大

［原因］ 力的 Z 分量超过了极限值。

［对策］ 请采取与 FORC-216 相同的对策。

FORC-219 STOP.G W 方向力矩过大

［原因］ 力矩的 W 分量超过了极限值。

［对策］ 请采取与 FORC-216 相同的对策。

FORC-220 STOP.G P 方向力矩过大

［原因］ 力矩的 P 分量超过了极限值。

［对策］ 请采取与 FORC-216 相同的对策。

FORC-221 STOP.G R 方向力矩过大

［原因］ 力矩的 R 分量超过了极限值。

［对策］ 请采取与 FORC-216 相同的对策。

FORC-223 STOP.G 力觉控制异常结束

［原因］ 力觉控制中发生了报警。

［对策］ 还同时发生了其它的力觉控制报警。请参阅该报警的对策。

FORC-224 STOP.G 逆运动学计算错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请改变姿势重新操作。报警消除不了时，请向我公司咨询。

FORC-225 STOP.G 顺运动学计算错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请改变姿势重新操作。报警消除不了时，请向我公司咨询。

FORC-260 STOP.G 结束力不正常

［原因］ 将力结束判断开关置于“ON”而执行了力觉控制时，力尚未在限制时间内成为比（“最小力比率”×“推压力”）更大的值。

［对策］ 1 请增大装配深度的设置，或者
2 增大“接触后推压时间”或者“装配时间上限”，或者
3 减小高级数据“最小力比率”，或者
4 改变是否改变力觉控制的增益设置等参数表数据的设置，或确认工件是否有异常。

FORC-261 STOP.G 结束扭矩不正常

［原因］ 在将扭矩结束判断开关置于“ON”而执行了力觉控制时，扭矩尚未在限制时间内成为比最大扭矩更小的值。

［对策］ 1 请改变力觉控制增益的设置，或者
2 增大高级数据“最大扭矩”，或者
3 改变是否增大“接触后推压时间”或者“装配时间上限”等参数表数据的设置，或确认工件是否有异常。

FORC-262 STOP.G 结束力和扭矩不正常

［原因］ 在将力结束判断开关和扭矩结束判断开关置于“ON”而执行了力觉控制时，力尚未在限制时间内变得比最小力比率（“最小力比率”×“推压力”）更小，扭矩尚未成为比最大扭矩更小的值。

［对策］ 请参阅 FORC-260、FORC-261。

FORC-263 STOP.G 接近超时错误

［原因］ 未能在限制时间内接触到作业对象。

［对策］ 1 请确认接近点是否过于离开应该装配的点或者应该进行推压的点。
接近点和接触点的距离大致上应设置为 5mm 左右。
2 请将基本数据“接近速度”调为比现在的值更大。
3 仿形功能的“自动仿形”时，请将基本数据“接近速度”调为为现在的值更大，或者进行接近方向的确认、修改，或者将相比进行接触的物体更靠近的位置作为力觉控制的开始位置。另外，在修改开始位置时，将会影响到仿形动作，因而要同时对其它的示教点也进行确认、修改。

FORC-264 STOP.G 插入超时错误

［原因］ 装配尚未在控制时间内结束。

［对策］ “圆柱装配”时，请确认以下 1～4。
1 请确认装配中工件的姿势是否大幅度变化，
2 装配物和被装配物之间的间隙是否过小，
3 基本数据“装配速度”的值是否过小，
4 基本数据“装配时间上限”值是否过小，
“相位搜索”时，请确认以下的 5～7。
5 “相位搜索角度上限”是否过小，

6 “相位搜索推压力”是否过小，
7 “相位搜索扭矩”是否过小，
“孔搜索”、“离合器搜索”时，请确认以下的 8～10。
8 “搜索范围大小”（搜索基本参数画面）是否过小，
9 “搜索推压力”是否过小，
10 “目标力”或者“目标扭矩”（搜索基本参数画面）是否过小。

FORC-265 STOP.G 角度变化过大

［原因］ 装配中，抓住部件的角度变为指定值以上。或者，在仿形功能的“平面匹配”功能下，仿形动作中的工具坐标系的姿势，从对应该位置的示教点的姿势变为指定值以上。

［对策］ 1 请确认装配中工件的姿势是否大幅度变化。
2 请确认基本数据“姿势变化上限”值是否过小。
3 仿形功能的“平面匹配”功能时，请确认“姿势变化上限”值，或者进行示教点的确认，或者确认工件和工具等的系统状况。

FORC-266 STOP.G 插入深度异常

［原因］ 虽然到达了目标扭矩，但是拧螺丝中的插入深度尚未到达最小插入深度。

［对策］ 请进行以下内容的确认。
1 用手拧紧螺丝，直至超过最小插入深度拧紧螺丝。
2 “目标扭矩”不会过小。

FORC-267 STOP.G 旋转超时

［原因］ 尚未在控制时间内结束拧螺丝。

［对策］ 请进行以下内容的确认。
1 要用手拧紧螺丝。
2 拧螺丝中工件的姿势没有大幅度的变化。
3 “旋转速度”不会过小。
4 “最大旋转时间”不会过小。

FORC-269 STOP.G 插入方向错误

［原因］ “结束条件取得”中获得的“装配方向”不正确。

［对策］ 请重新进行“结束条件取得”操作。

FORC-270 STOP.G 插入长度错误

［原因］ “结束条件取得”中获得的“装配深度”不正确。

［对策］ 请重新进行“结束条件取得”操作。

FORC-271 STOP.G 无效的扭矩误差示教

［原因］ 获取扭矩误差时的力目标值与控制时的力目标值符号相反。

［对策］ 获取扭矩误差时的力的方向与力觉控制执行时的力的方向不同。要使得力觉控制时的力的方向相反，或者重新获取扭矩误差。

FORC-272 STOP.G 简易自定义错误

［原因］ 在执行简易自定义功能无效的力觉控制参数表之前，执行了简易自定义功能有效的力觉控制参数表。或者简易自定义功能有效的力觉控制参数表，被连续执行了比由参数“最多连续重试次数”所指定的值更多的次数。

［对策］ 1 请在执行简易自定义功能有效的力觉控制参数表之前，执行简易自定义功能无效的力觉控制参数表。通过简易自定义功能无效的参数表求出力觉传感器的初始值，在有效的参数表中将此值作为基准值来使用。
2 请增大简易自定义功能有效的力觉控制参数表的“最多连续重试次数”值。
3 即使采取了上述对策而仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-273 STOP.G 重试设置错误

［原因］ 简易自定义功能有效且重试的参数表与其之前执行的参数表的、用户坐标系、工具坐标系和插入方向不一致。或者，与简易自定义功能相关的内部数据为错误的值。

［对策］ 1 要使得重试用的参数表与其之前执行的参数表的、用户坐标系和工具坐标系相同，插入方向相反。
请确认之前执行的参数表不是“仿形”或者“仿形结束”。
2 之前执行的参数表中设置了父级编号时，请逆溯到最上面的父级编号，确认是否满足所有上述条件。
3 之前执行的参数表为自定义自动连续执行有效时，请确认与其连接的全部子过程是否满足上述条件。

4 即使采取了上述对策而仍然发生报警时，请向我公司咨询。

FORC-275 STOP.G 相位匹配超时

［原因］ 相位匹配后装配中，相位匹配动作超时。

［对策］ 1 请增大基本数据“相位匹配时角速度”值。
2 请增大高级数据“相位匹配扭矩”值。
3 可进行相位匹配的角度大致为 20 度左右。请确认相位匹配的开始位置在 20 度以内的旋转中是否处在相位匹配的位置。
4 请确认装配工件和被装配工件的间隙是否过小。

FORC-276 STOP.G 数值寄存器编号错误

［原因］ “用数值寄存器结束力觉控制”功能的“结束用数值寄存器编号”值不正确。

［对策］ 请将“结束用数值寄存器编号”设为 1 以上且寄存器的最大数以下的值。

FORC-277 STOP.G 接触点太接近传感器坐标系原点

［原因］ 接触点的设置不正确。

［对策］ 接触点要自 3 轴力觉传感器的法兰盘面离开 Z 方向 17mm 以上。

FORC-278 STOP.G 超时错误

［原因］ 机器人在力觉控制命令执行中超出指定长度而移动。

［对策］ 1 请确认从接近点到完成装配的位置为止的深度是否适当。
2 请确认基本数据“装配深度(目标值)”是否为适当的值。
3 增大基本数据“装配深度个体差异(+) ”值。

FORC-279 WARN 仿形异常中止

［原因］ 仿形执行中发生了错误或者急停、程序强制结束。或者，在仿形中执行了点动。

［对策］ 1 发生了错误时，请在排除其原因后，返回仿形开始点而进行重启。
2 发生了急停时，请在复位后返回仿形开始点而进行重启。
3 执行了点动时，请返回仿形开始点而进行重启。

FORC-280 STOP.G 仿形 并用禁止功能错误

［原因］ 执行了并用禁止的功能。

［对策］ 请将并用禁止的功能设为无效。
以下情况下并用禁止：
- 推压方向自动变化功能、和力觉控制命令连续执行（自定义）功能
- 推压力检查行进速度变化功能、和推压方向运动无效化功能或者推压力变化功能或者推压方向深度监控功能
- 最小推压力监控功能、和推压方向运动无效化功能或者推压力变化功能或者推压方向深度监控功能
- 推压方向深度监控功能、和推压方向运动无效化功能或者力觉控制命令连续执行（自定义）功能或者推压力检查行进速度变化功能或者最小推压力监控功能
- 推压方向变更功能（FCNCHCFR）、和力觉控制命令连续执行（自定义）功能
- 平面匹配功能、和 3 轴力觉传感器或者控制坐标系在用户坐标系固定或者推压力变化或者推压方向自动变化或者推压方向深度监控或者自动仿形或者仿形执行中变更推压方向的功能（FCNCHCFR）或者在仿形执行中变更接触点的功能(FCNCH3CTP)
- 自动仿形、和控制坐标系在工具坐标系或者控制坐标系在用户坐标系固定或者自定义或者用户坐标系补偿或者最小误差方向或者过载检查行进速度变化或者过载力检测或者推压方向运动无效化或者推压力变化或者推压方向自动变化或者推压力检查行进速度变化或者最小推压力监控或者推压方向深度监控或者第 2 方向推压或者平面匹配或者仿形执行中变更推压力的功能(FCNCHPFN)或者在仿形执行中变更推压方向的功能(FCNCHCFR)或者在仿形执行中变更接触点的功能(FCNCH3CTP)或者在仿形执行中变更力觉控制增益的功能(FCNCHFCG)

FORC-281 WARN 仿形开始

［原因］ 仿形已开始。

［对策］ 这是表示仿形已开始的信息，并非错误。

FORC-282 WARN 仿形结束

［原因］ 仿形已结束。

［对策］ 这是表示仿形已结束的信息，并非错误。

FORC-283 STOP.G 仿形中位置误差过大

［原因］ 仿形执行中过于离开所示教的轨道。

［对策］ 1 请确认工件或者工具是否已被固定在正确的位置。

2 请确认工件和工具是否在示教点处过于偏离。

3 请增大基本数据的“推压距离上限”值。第 2 方向推压功能中使用第 2 推压距离上限(个别)时，请增大“第 2 推压距离上限(个别)”值。

FORC-284 STOP.G 仿形的推压力不足错误

［原因］ 仿形动作执行中，推压力在指定时间内连续低于指定值。

［对策］ 请确认示教位置和 TP 程序、推压力、力觉控制增益等。

FORC-285 STOP.G 无法使用自动调整

［原因］ 仿形功能下无法执行力觉控制增益自动调整功能（见“3.10.2”项）。

［对策］ 用手改写力觉控制增益。有关设置方法，请参阅“3.6 力觉控制增益（阻抗参数）”项。在 LRMate、M-10iA、M-20iA 系列的机器人上，请从 0.5Hz 左右每次以 0.25Hz 左右的刻度逐渐增大主控频率值。在 M-710iC、R-1000iA、R-2000iB、R-2000iC 系列的机器人上，请从 0.1Hz 左右每次以 0.1Hz 左右的刻度逐渐增大主控频率值。一旦稍微出现类似振动的动作，请勿将增益增大到此值以上。

FORC-286 STOP.G 仿形 用户坐标系固定 并用错误

［原因］ 备有将控制坐标系的原点设为用户坐标系原点的功能、和并用禁止的设置。

［对策］ 请更改作为并用禁止而被禁止的设置。

以下情况下并用禁止：

- “过载检查行进速度变化开关”有效，且“监控力”为“行进方向”
- “过载力检测开关”有效，且“监控力”为“行进方向”
- “推压力变化开关”有效
- “推压方向自动变化”的开关有效
- “推压方向深度监控开关”有效

FORC-287 STOP.G 仿形的深度监控功能错误

［原因］ 仿形深度监控功能中发生了错误。

［对策］ 无接触地超过最终深度时，请确认设置。

单次加工最大深度，应在最终深度以下。

FORC-288 STOP.G 仿形的深度监控重复次数超出

［原因］ 仿形深度监控功能中，重复次数超出了设置的最多重复次数。

［对策］ 请确认示教位置、TP 程序、或者最多重复次数的设置。

FORC-289 STOP.G 仿形的自动推压方向更改错误

［原因］ 仿形的推压方向自动变化功能中发生了错误。

［对策］ 请将推压方向设置为±X、±Y 的任何一方。

请将控制坐标系设为用户坐标系。

请设置为在仿形开始时，行进方向和推压方向不会成为相同的方向。

要将推压方向自动变化功能与推压力检查行进速度变化功能或者推压方向深度监控功能并用而执行时，请勿在推压方向自动变化中从暂时停止重启。

FORC-290 WARN 仿形开始时参数更改

［原因］ 仿形开始时，执行了更改参数的功能。

［对策］ 这是仿形开始时，表示“3.5.7.7 仿形功能的其它功能”中说明的功能参数被更改的信息，并非错误。

FORC-291 STOP.G 仿形参数更改错误

［原因］ 仿形执行中在更改参数的功能中有不正确的设置。

［对策］ 1 请确认变更值的设置是否适当。

2 请确认并用禁止的功能（见“3.5.7.7”项）是否有效。

FORC-292 STOP.G 第 2 方向推压功能错误

［原因］ 第 2 方向推压功能的设置不正确。

［对策］ 请确认如下事项，根据各自的情形采取对策。

1 推压力检查行进速度变化开关为“方向 2”或者“方向 1 和 2”时，请将第 2 方向推压功能设置为启用。
2 最小推压力监控开关为“方向 2”或者“方向 1 和 2”时，请将第 2 方向推压功能设置为启用。
3 第 2 方向推压功能启用时，请将第 2 方向推压功能的第 2 推压力设为 0.01[N]以上。
4 第 2 方向推压功能启用，且推压方向自动变化功能启用，且控制坐标系为用户坐标系时，请将推压方向设为±Z 方向。
5 第 2 方向推压功能启用时，请勿将基本数据的“推压方向”和第 2 推压方向设为相同轴的方向。

FORC-293 STOP.G 仿形/平面匹配的设置不正确

［原因］ 仿形功能的“平面匹配”功能中有不正确的设置。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-294 STOP.G 自动仿形的设置不正确

［原因］ 仿形功能中的“自动仿形”功能设置不正确。

［对策］ 1 输入接近方向角度的寄存器编号为 0 时，请将推压方向设置为±Z。
2 输入接近方向角度的寄存器编号为 0 以外的情况下，请在指定的寄存器中设置-360 以上、且 360 以下的值。

FORC-295 STOP.G 仿形中 TPP 自动生成的设置不正确

［原因］ 仿形功能的“TP 程序自动生成”功能的设置不正确。

［对策］ 请确认“TP 程序自动生成参数表编号”值，并正确地进行设置。

FORC-296 STOP.G 仿形过程中力觉控制

［原因］ 仿形执行中，执行了圆柱装配等其它类型的力觉控制命令。

［对策］ 无法同时执行仿形和圆柱装配等其它类型的力觉控制命令。请去掉其它种类的力觉控制命令。

FORC-297 STOP.G 仿形选项未安装

［原因］ 控制装置中没有力觉控制仿形选项。

［对策］ 请追加力觉控制仿形选项。要追加选项时，请向发那科公司的营业担当部门联系。

FORC-298 STOP.G 更改移动速度设置错误

［原因］ 仿形功能中的过载检查行进速度变化或者推压力检查行进速度变化的设置不正确。

［对策］ 要将最小力设置得比最大力更小。要将最小力比率设置得比最大力比率更小。

FORC-299 STOP.G I/O 或数值寄存器编号错误

［原因］ 仿形功能中的参数设置不正确。

［对策］ 1 仿形功能中，改变为使得在已启用的功能中使用的寄存器编号成为不同的值。
2 请将寄存器编号设置为 1 以上且寄存器的最大数以下的值。
3 仿形功能的“自动仿形功能”中，“指定结束位置”为位置寄存器时，请确认所指定的位置寄存器的 X、Y 中值是否已被正确设置。

FORC-300 STOP.G 更改推压力设置错误

［原因］ 这是仿形功能中的推压力变化的设置错误。

［对策］ 要将最小速度（推压力变化）设置得比最大速度（推压力变化）更小。

FORC-301 SYSTEM 物理 ITP 不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-316 SYSTEM 力觉控制轴数不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-320 STOP.G 未标定机器人的零点

［原因］ 尚未执行零点标定。

［对策］ 进行零点标定。而后，重新接通电源。

FORC-324 SYSTEM 奇异点不正确

［原因］ 系统的初始变量错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-326 SYSTEM 力觉传感器坐标系统不正确

［原因］ 系统的初始变量错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-329 STOP.G 不支持此机器人

［原因］ 仿形功能的“平面匹配”功能中，使用机器人为 LRMate200iD、M-710iC/20L 以外的机器人。或者，仿形功能的“自动仿形”功能中，使用机器人为 LRMate200iD 以外的机器人。

［对策］ LRMate200iD、M-710iC/20L 以外的机器人时，无法使用仿形功能的“平面匹配”功能。此外，LRMate200iD 以外的机器人时，无法使用仿形功能的“自动仿形”功能。

FORC-330 STOP.G 到达自动仿形的移动上限

［原因］ 在仿形功能的“自动仿形”功能下，仿形动作中到达了移动上限。

［对策］ 1 请确认移动上限 1(从接触开始的距离)、移动上限 2(总移动距离)、移动上限 3(总移动时间)的设置，有不正确的值时，请更改值。

2 在到达移动上限时希望使其不发出报警时，请设置“到达移动上限时正常结束”。

FORC-331 STOP.G 自动仿形 连续非接触错误

［原因］ 在仿形功能的“自动仿形”功能下，仿形动作中非接触状态持续。

［对策］ 1 请确认重力补偿是否有效，是否在开始时在接触的状态下开始。

2 请更改开始位置，或者更改力觉控制增益。

3 在现在的系统状况下无法顺利进行仿形。

FORC-332 STOP.G 自动仿形 无法继续仿形

［原因］ 在仿形功能的“自动仿形”功能下，未能对作为对象的物体进行仿形。

［对策］ 1 请确认重力补偿是否有效，是否在开始时在接触的状态下开始。

2 请更改开始位置，或者更改力觉控制增益。

3 在现在的系统状况下无法顺利进行仿形。

FORC-333 STOP.G 仿形 TPP 生成 记录位置数太多

［原因］ 在仿形功能的“TP 程序自动生成”功能执行中，获取的位置数超过了上限。

［对策］ 1 请确认由“TP 程序自动生成参数表编号”所指定的 TP 程序自动生成参数的设置，并予以更改。

2 请以基于仿形的示教点的移动距离缩短的方式进行示教。

FORC-334 WARN 仿形 成功生成 TP 程序

［原因］ 通过仿形功能的“TP 程序自动生成”功能，生成了 TP 程序。

［对策］ 系表示生成了 TP 程序的信息，并非错误。

FORC-420 STOP.G 搜索重试次数超出

［原因］ 超过了搜索执行次数的上限。这是在“搜索”、“相位搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 1 请确认工件是否有异常。

2 虽然位置或者相位不一致，但是机器人不执行搜索动作而在短时间内发生该错误时，参数“目标力”或者“目标扭矩”的值有的情况下会过小。请每次以 2 成左右的方式更改为更大的值，直到机器人动作。

3 被装配工件尚未被固定时，搜索时被装配工件有时会与装配工件一起移动（被带动）。在观察工件，能够确认被带动时，请将“搜索推压力”（“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”的情形）或者“相位搜索推压力”（“相位搜索”的情形）减小到不会发生被带动的值。即使减小值但仍然有被带动的情况下，无法通过参数的调节来解决问题。请固定被装配工件。

4 机械手的抓住力较弱时，被装配工件有的情况下会与装配工件一起转动（被带动）而导致位置或者相位不匹配。观察工件，在能够确认被带动时，请改良机械手以便能够切实抓住工件。

5 虽然搜索能够正常进行但是搜索命令没有结束时，有可能“搜索结束深度”（“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”的情形）或者“相位搜索结束深度”（“相位搜索”的情形）的值过大。请输入正确的值。

6 请在搜索高级参数画面上确认“重试次数”。节拍有富余时，请增加该次数。通过增加重试次数，该错误的发生频度将会减少。

FORC-421 STOP.G 搜索范围超出

［原因］ 即使超过参数中设置的“搜索范围大小”＋“搜索范围边界”也没有结束搜索。这是在“搜索”、“相位搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 1 请确认应予搜索的范围和参数的“搜索范围大小”是否一致。

2 有可能搜索方向的速度过快。

“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”的情形・・・请减小“搜索频率”。

“相位搜索”的情形・・・请减小“相位搜索角速度”。

3 有的情况下在到达搜索范围的上限后取代发出报警，使行进方向反向会解决问题。循环时间如有富余，请使行进方向反向。请将“反向开关”置于 ON。

FORC-422 STOP.G 搜索力/速度 错误

［原因］ 搜索时的目标力（扭矩）或者目标速度（角速度）已被设置为 0 。这是在“搜索”、“相位搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 搜索时的目标力（扭矩）或者目标速度(角速度)为 0 时，无法执行搜索动作。请设置 0 以外的值。

目标力（扭矩）或者目标速度（角速度）的参数为

“搜索”、“离合器搜索”的情形

搜索基本参数画面的目标力（搜索方向为 X, Y, Z 时）或者目标扭矩（搜索方向为 W, P, R 时）、目标速度（搜索方向为 X, Y, Z 时）或者目标角速度（搜索方向为 W, P, R 时）

“相位搜索”的情形

基本参数设置画面的相位搜索扭矩、相位搜索角速度

“孔搜索”的情形

搜索基本参数画面的目标力、目标速度

FORC-423 STOP.G 搜索速度顺序错误

［原因］ 参数“速度顺序”的值不正确。这是在“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 请以速度最快的方向中设置 1 ，次之的方向中设置 2 这样的方式，对于要搜索的每个方向设置不同的整数。请将不予搜索的方向设置为 0 。参数“速度顺序”位于搜索基本参数画面。

FORC-425 STOP.G 搜索范围的参数错误

［原因］ 参数“搜索范围大小”和“间隙和倒角”的关系错误。这是在“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 请设置为搜索基本参数画面的“搜索范围大小”≧“间隙和倒角”。

FORC-426 STOP.G 搜索速度计算错误

［原因］ 参数“搜索频率”或“搜索范围大小”或者“间隙和倒角”的值错误。这是在“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 请设置为基本参数设置画面的“搜索频率”≠ 0 。请设置为搜索基本参数画面的“搜索范围大小”≠ 0 、“间隙和倒角”≠0。

FORC-427 STOP.G 搜索反转开关无效

［原因］ 参数“反向开关”的设置错误。这是在“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 进行多个方向的搜索时，速度顺序最大方向（动作最慢的方向）以外的反向开关必须处于 ON。该开关处于 OFF 时，要将其置于 ON。“反向开关”位于搜索高级参数画面。

FORC-428 STOP.G 搜索最大速度错误

［原因］ 自动计算的速度的绝对值过大。这是在“搜索”、“孔搜索”、“离合器搜索”中发生的报警。

［对策］ 1 请减小基本参数设置画面的“搜索频率”。

2 请减小搜索基本参数画面的“搜索范围大小”。

3 请减小搜索基本参数画面的“间隙和倒角”。

FORC-452 STOP.G 非法的冷却速度

［原因］ 冷却比率超过了设置范围（0～100）。

［对策］ 请将高级数据“冷却比率”设置为 0～100 的值。

FORC-453 STOP.G 非法的工具重量获取时间

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-454 STOP.G 未安装 4D 图形选项

［原因］ 控制装置中没有 4D 图形功能选项。

［对策］ 请追加 4D 图形功能（R764）。要追加选项时，请向发那科公司的营业担当部门联系。

FORC-455 WARN 文件夹不存在

［原因］ 4D 图形功能的设置画面（见“9.2”项）中不存在指定的文件夹。

［对策］ 1 请确认是否已经安装由设置画面的“设备名称”所指定的文件输入输出装置，并确认文件输入输出装置是否为发那科公司指定的装置。（有关文件输入输出装置，请参阅 R-30iB/R-30iB Mate 控制装置 操作说明书（基本操作篇））

2 请确认由设置画面的“设备名称”所指定的文件输入输出装置中是否有文件夹。

FORC-456 WARN 文件不存在

［原因］ 4D 图形功能的设置画面（见“9.2”项）中不存在指定的文件。

［对策］ 1 请确认是否已经安装由设置画面的“设备名称”所指定的文件输入输出装置，并确认文件输入输出装置是否为发那科公司指定的装置。（有关文件输入输出装置，请参阅 R-30iB/R-30iB Mate 控制装置 操作说明书（基本操作篇））

2 请确认存在由设置画面的“文件夹”所指定的文件夹。

3 请确认在由设置画面的“文件夹”所指定的文件夹中是否存在扩展名为 DT 的文件。

FORC-457 WARN 数据错误

［原因］ 4D 图形功能下，数据文件中没有必要的信息。

［对策］ 1 请确认由设置画面的“文件名”所指定的文件是否为“力觉数据日志功能”下生成的文件。

2 请利用“力觉数据日志功能”重新获取数据。

FORC-458 WARN 数据太多

［原因］ 4D 图形功能下，数据数超过画面上能够显示的最大数（500），因而无法全部显示。

［对策］ 请增大设置画面的“显示间隔”。

FORC-459 WARN 文件夹或者文件数太多

［原因］ 4D 图形功能下，超过了文件夹列表画面上能够显示的文件夹的最大数（100），或者超过了文件列表画面上能够显示的文件的最大数（1000）。

［对策］ 1 指定的文件输入输出装置的文件夹有 101 个以上时，请减少至 100 个以下。

2 指定的文件夹中，扩展名为 DT 的文件有 1001 个以上时，请减少至 1000 个以下。

FORC-479 STOP.G 视觉用户补偿数据不正确

［原因］ 视觉补偿数据不正确。

［对策］ 请重新根据视觉获取位置补偿数据。

FORC-481 STOP.G 插入方向不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-484 STOP.G 推压力不正确

［原因］ 推压力低于下限值。

［对策］ “仿形”以外的情况下，请将基本数据“装配力”或者“推压力”的绝对值设置为 0.3 [N] 以上。“仿形”的情况下，请将基本数据“推压力”的绝对值设置为 0.01 [N] 以上。

FORC-485 STOP.G 设置扭矩误差失败

［原因］ 获取扭矩误差失败。

［对策］ 1 请确认接近点和接触点是否过于离开。

2 请增大基本数据“接近速度”值。

FORC-487 STOP.G 设置结束条件失败(使用)

［原因］ 使用结束条件时的初始化中，装配方向大幅度偏离单位矢量。

［对策］ 请重新进行结束条件获取动作，确认中途装配方向是否会大幅度偏离。

FORC-489 STOP.G 推压深度不正确

［原因］ 推压开始深度比装配长度大，或者为负值。

［对策］ 请将基本数据“装配深度个体差异（－）”的值设置为正值，且将其设置为比基本数据“装配深度(目标值) ”的值更小。

FORC-490 STOP.G 回转角不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-491 STOP.G 减速时间不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-492 STOP.G 减速深度率不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-493 STOP.G 回转方向不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-494 STOP.G 初始推压力不正确

［原因］ 初始装配力的符号与装配力不同。

［对策］ 请将高级数据“初始装配力”的符号设置为与基本数据“装配力”的符号相同。

FORC-495 STOP.G 速度调节增益不正确

［原因］ 速度调节增益不正确。

［对策］ 请将高级数据“调整增益”设置为 0～3 的值。

FORC-496 STOP.G 初始速度不正确

［原因］ 速度调整开始比率不正确。

［对策］ 请将高级数据“开始深度比率”设置为 12.5 以上。

FORC-497 STOP.G 结束速度不正确

［原因］ 速度调整结束比率不正确。

［对策］ 请将高级数据“结束深度比率”设置为 95 以下。

FORC-500 STOP.G 减速比不正确

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-502 STOP.G 超时长度不正确

［原因］ 尚未正确设置超时长度。

［对策］ 请将基本数据“装配深度个体差异（＋）”设置为 0～10000 的值。

FORC-508 STOP.G AIT X 方向环境错误

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能获取 X 方向的环境特性。

［对策］ 请按如下顺序更改力觉控制参数，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能为获取环境特性的阻尼更改过于粗劣。请将系统变量$CCSCH_GRPxx[i].$TD. $NUM_KEI[1]（可由系统变量的 xx 和 i，将参数表编号计算为(xx-10)*5+i。请更改对应所使用的参数表数据编号的系统变量。）增大为比现在的值更大。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

3 有可能目标力过大。请每次减小几成更改目标力。

FORC-509 STOP.G AIT Y 方向环境错误

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能获取 Y 方向的环境特性。

［对策］ 请按如下顺序更改力觉控制参数，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能为获取环境特性的阻尼更改过于粗劣。请将系统变量$CCSCH_GRPxx[i].$TD. $NUM_KEI[2]（可由系统变量的 xx 和 i，将参数表编号计算为(xx-10)*5+i。请更改对应所使用的参数表数据编号的系统变量。）增大为比现在的值更大。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。
3 有可能目标力过大。请每次减小几成更改目标力。

FORC-510 STOP.G AIT Z 方向环境错误

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能获取 Z 方向的环境特性。
［对策］ 请按如下顺序更改力觉控制参数，并再次执行阻尼自动调整。
1 有可能为获取环境特性的阻尼更改过于粗劣。请将系统变量$CCSCH_GRPxx[i].$TD. $NUM_KEI[3]（可由系统变量的 xx 和 i，将参数表编号计算为(xx-10)*5+i。请更改对应所使用的参数表数据编号的系统变量。）增大为比现在的值更大。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。
3 有可能目标力过大。请每次减小几成更改目标力。

FORC-511 STOP.G AIT W 方向环境错误

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能获取 W 方向（绕 X 轴）的环境特性。
［对策］ 请按如下顺序更改力觉控制参数，并再次执行阻尼自动调整。
1 有可能为获取环境特性的阻尼更改过于粗劣。请将系统变量$CCSCH_GRPxx[i].$TD. $NUM_KEI[4]（可由系统变量的 xx 和 i，将参数表编号计算为(xx-10)*5+i。请更改对应所使用的参数表数据编号的系统变量。）增大为比现在的值更大。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。
3 有可能目标力过大。请每次减小几成更改目标力。

FORC-512 STOP.G AIT P 方向环境错误

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能获取 P 方向（绕 Y 轴）的环境特性。
［对策］ 请按如下顺序更改力觉控制参数，并再次执行阻尼自动调整。
1 有可能为获取环境特性的阻尼更改过于粗劣。请将系统变量$CCSCH_GRPxx[i].$TD. $NUM_KEI[5]（可由系统变量的 xx 和 i，将参数表编号计算为(xx-10)*5+i。请更改对应所使用的参数表数据编号的系统变量。）增大为比现在的值更大。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。
3 有可能目标力过大。请每次减小几成更改目标力。

FORC-513 STOP.G AIT R 方向环境错误

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能获取 R 方向（绕 Z 轴）的环境特性。
［对策］ 请按如下顺序更改力觉控制参数，并再次执行阻尼自动调整。
1 有可能为获取环境特性的阻尼更改过于粗劣。请将系统变量$CCSCH_GRPxx[i].$TD. $NUM_KEI[6]（可由系统变量的 xx 和 i，将参数表编号计算为(xx-10)*5+i。请更改对应所使用的参数表数据编号的系统变量。）增大为比现在的值更大。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。
3 有可能目标力过大。请每次减小几成更改目标力。

FORC-514 STOP.G AIT X 方向不稳定

［原因］ 阻尼参数自动调整中，在获取 X 方向的环境特性中力量过大。
［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。
1 有可能在阻尼自动调整中，机器人或者工件上产生了过大的力。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-515 STOP.G AIT Y 方向不稳定

［原因］ 阻尼参数自动调整中，在获取 Y 方向的环境特性中力量过大。
［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。
1 有可能在阻尼自动调整中，机器人或者工件上产生了过大的力。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。
2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-516 STOP.G AIT Z 方向不稳定

［原因］ 阻尼参数自动调整中，在获取 Z 方向的环境特性中力量过大。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能在阻尼自动调整中，机器人或者工件上产生了过大的力。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-517 STOP.G AIT W 方向不稳定

［原因］ 阻尼参数自动调整中，在获取 W 方向（绕 X 轴）的环境特性中力量过大。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能在阻尼自动调整中，机器人或者工件上产生了过大的力。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-518 STOP.G AIT P 方向不稳定

［原因］ 阻尼参数自动调整中，在获取 P 方向（绕 Y 轴）的环境特性中力量过大。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能在阻尼自动调整中，机器人或者工件上产生了过大的力。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-519 STOP.G AIT R 方向不稳定

［原因］ 阻尼参数自动调整中，在获取 R 方向（绕 R 轴）的环境特性中力过大。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能在阻尼自动调整中，机器人或者工件上产生了过大的力。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-520 STOP.G AIT 所有开关关闭

［原因］ 阻尼参数自动调整中，指定进行力觉控制的方向的开关全都处在关闭状态。

［对策］ 请再次重新设置与所使用的功能对应的默认数据。

FORC-521 STOP.G AIT X 方向失败

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能调整 X 方向的参数。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能因某种原因，未能适当进行环境特性的获取。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-522 STOP.G AIT Y 方向失败

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能调整 Y 方向的参数。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能因某种原因，未能适当进行环境特性的获取。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-523 STOP.G AIT Z 方向失败

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能调整 Z 方向的参数。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能因某种原因，未能适当进行环境特性的获取。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-524 STOP.G AIT W 方向失败

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能调整 W 方向（绕 X 轴）的参数。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能因某种原因，未能适当进行环境特性的获取。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-525 STOP.G AIT P 方向失败

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能调整 P 方向（绕 Y 轴）的参数。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能因某种原因，未能适当进行环境特性的获取。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-526 STOP.G AIT R 方向失败

［原因］ 阻尼参数自动调整中，未能调整 R 方向（绕 Z 轴）的参数。

［对策］ 请按如下顺序采取对策，并再次执行阻尼自动调整。

1 有可能因某种原因，未能适当进行环境特性的获取。机器人周围有振动源时，要使这些振动源静止下来。

2 有可能目标力过小。请每次增大几成更改目标力。

FORC-527 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-528 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-529 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-530 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-531 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-532 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-533 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-534 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-535 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-536 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-538 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-539 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-540 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-541 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-542 STOP.G 超过了回转角度上限

［原因］ “相位匹配后装配”中，回转角度超过了上限。

［对策］ 1 请增大基本数据“相位匹配时推压力”的值。

2 请确认装配工件和被装配工件的间隙是否过小。

FORC-543 STOP.G AIT 系统错误

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-546 STOP.G 无自定义连续执行

［原因］ 连续执行了尚未设置父子关系的力觉控制。

［对策］ • 忘记了父子关系的指定之情形

利用第 2 个执行的力觉控制参数，将第 1 个力觉控制命令作为父级编号指定后，执行（高级参数设置画面：在自定义父级编号中设置第 1 个参数表数据编号）。

• 分别独立执行 2 个力觉控制的情形

在执行第 2 个力觉控制前需要移动到开始力觉控制的位置（接近位置）。请对接近位置进行示教。

FORC-547 STOP.G 自定义主程序未执行

［原因］ 在紧靠其前尚未执行作为父级指定的力觉控制的状态下，执行了子级的力觉控制。

［对策］ 请在刚刚执行完作为父级指定的力觉控制之后，执行子级的力觉控制。请勿在父级和子级的力觉控制之间执行其它的力觉控制。

FORC-549 STOP.G 自定义主程序报警停止

［原因］ 父级的力觉控制错误结束时，执行了非重试（拔出）的子级的力觉控制。

［对策］ 1 利用连续的多个力觉控制命令执行组装时，若父级的力觉控制没有正常结束，就无法执行用于装配的子级力觉控制（可执行重试的子级力觉控制）。请检查父级的力觉控制中发生的错误，修改后重新操作以免错误发生。

2 为进行重试动作而执行子级的力觉控制时，用户坐标系、工具坐标系必须与父级相同，且必须已指定相反的装配方向。请在基本参数设置画面上确认坐标系、装配方向。

FORC-550 STOP.G 自定义内部错误 0

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-631 STOP.G 力觉传感器异常

［原因］ 力觉传感器异常。

［对策］ 请确认下列项目。

1 已完成零点标定。

2 已加载力觉传感器的校准数据。

3 已连接上力觉传感器电缆。

FORC-632 STOP.G 无法获得系统变量

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-633 STOP.G 无法设置系统变量

［原因］ 软件内部的错误。

［对策］ 请向我公司咨询。

FORC-634 STOP.G 固定式力觉传感器无法使用 WCG

［原因］ 固定式力觉传感器的情况下，无法执行工具质量和重心位置获取功能。

［对策］ 固定式力觉传感器的情况下，无法执行本功能。
力觉传感器已被安装在机器人手腕上时，请将根据力觉传感器安装方式设置功能设置安装方式，由“固定”更改为“手持”。

FORC-635 STOP.G 该机器人无法使用 WCG

［原因］ 试图在机器人 M-1*i*A/0.5A 上执行工具质量和重心位置获取功能。

［对策］ 请勿在机器人 M-1*i*A/0.5A 上执行工具质量和重心位置获取功能。

FORC-641 STOP.G 记录位置失败

［原因］ 位置记录失败。报警历史中，在紧靠其前还记录了成为该报警原因的报警。

［对策］ 请确认报警信息，再次尝试。

FORC-642 STOP.G 记录的位置太多

［原因］ 位置记录的点数（记录的位置）太多。

［对策］ 请减少位置记录的时间，或者增大参数“间隔”值。

FORC-643 STOP.G 记录的位置太少

［原因］ 位置记录尚未完成，或者位置记录的点数（记录的位置）太少。

［对策］ 请完成位置记录。或者请增加位置记录的时间。

FORC-644 STOP.G 检出的棱线点数太少

［原因］ iRVision 去毛刺线输出功能尚未执行，或者检出的棱线的点数太少。

［对策］ 1 请执行 iRVision 去毛刺线输出功能。
2 请确认 iRVision 去毛刺线输出视觉程序。

FORC-645 STOP.G 检出的棱线点数太多

［原因］ iRVision 去毛刺线输出功能下检出的棱线的点数太多。

［对策］ 1 请设置能够检出的棱线的最大点数。
2 请确认 iRVision 去毛刺线输出视觉程序。

FORC-646 STOP.G 更新初始数据失败

［原因］ 初始数据的计算失败。报警历史中，在紧靠其前还记录了成为该报警原因的报警。

［对策］ 请确认报警信息，再次尝试。

FORC-647 STOP.G 生成 TP 程序失败

［原因］ 生成 TP 程序失败。报警历史中，在紧靠其前还记录了成为该报警原因的报警。

［对策］ 请确认报警信息，再次尝试。

FORC-648 STOP.G 示教点太多

［原因］ 生成的 TP 程序的示教点数太多。

［对策］ 请增大参数“示教点最小间距”或“示教点间夹角阈值”或“示教点间姿势变化阈值”的值。

FORC-649 STOP.G 参数设置错误

［原因］ 可能的错误原因如下。报警历史中，在紧靠其前还记录了成为该报警原因的报警。
1. 参数设置尚未初始化，或者参数的类型、值不正确。
2. 使用的仿形参数表的编号被指定为 0。
3. 3 个实际目标位置之间的相互距离和数据文件中的值相差太大，可能没有正确检测出实际的目标位置。

［对策］ 请确认报警信息，再次尝试。

FORC-650 STOP.G 不支持附加轴

［原因］ 本功能不支持带有附加轴的机器人。

［对策］ 要执行本功能，请更改为不带附加轴的机器人。

FORC-651 STOP.G 找不到指定的棱线

［原因］ 在利用 iRVision 去毛刺线输出功能检出的棱线中，找不到与初始数据的棱线一致的棱线。

［对策］ 请确认 iRVision 去毛刺线输出的视觉程序。

FORC-652 STOP.G 仿形的参数表设置错误

［原因］ 仿形的参数表设置错误，可能为以下原因。

1. 没有设置“仿形结束”的参数表，并且，不存在“未使用”的参数表。
2. 指定编号的参数表被设置为了“仿形”以外的功能。
3. 指定编号的参数表被手动设置了“仿形”功能。

［对策］ 请正确设置仿形的参数表。

FORC-653 STOP.G 数据文件错误

［原因］ 数据文件不存在，或者数据文件的格式不正确。

［对策］ 请确认数据文件。

C 力觉传感器安装方式设置功能

C.1 概要

工厂出货时，力觉传感器已被安装在机器人手腕部，在不更改该安装位置而使用，并且使用需要扭矩扳手类型的安装用标准适配器时（见“2.1 力觉传感器的概要”），无需执行本章中的操作。

以下情况需要使用本功能进行设置。
- 力觉传感器在固定设置下使用时。
- 使用不需要扭矩扳手类型的安装用标准适配器或者非标准适配器把力觉传感器安装在机械手上时。
- 使用需要扭矩扳手类型的安装用标准适配器并且把传感器安装到机械手的前端等与标准的安装位置不同的场所时。

使用本功能可以进行与力觉传感器相关的如下两个设置。
- 力觉传感器的安装方式
- 传感器坐标系

在力觉传感器安装方式设置画面上，进行力觉传感器安装在机器人手腕上、或固定在工作台上的设置。
此外，在传感器坐标系设置画面上，进行表示力觉传感器的位置姿势的传感器坐标系的设置。此传感器坐标系是被固定在力觉传感器本体上的坐标系，如下图所示，传感器底面的中心点是原点，其 Z 轴为力觉传感器的中心轴方向，X, Y 轴是与其垂直的方向。有关+X、-X、+Y、-Y、+Z、-Z 方向，还记载在贴在传感器上的标签上。(以图 C.1 为首的下图中，假设 Y 方向是与纸面垂直的方向)
通过传感器坐标系设置，将传感器坐标系与机器人的坐标系关联起来。

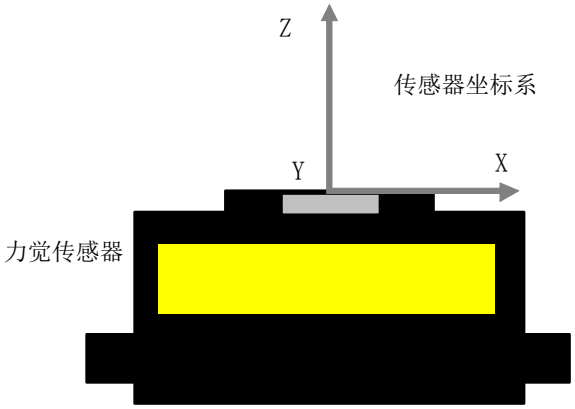
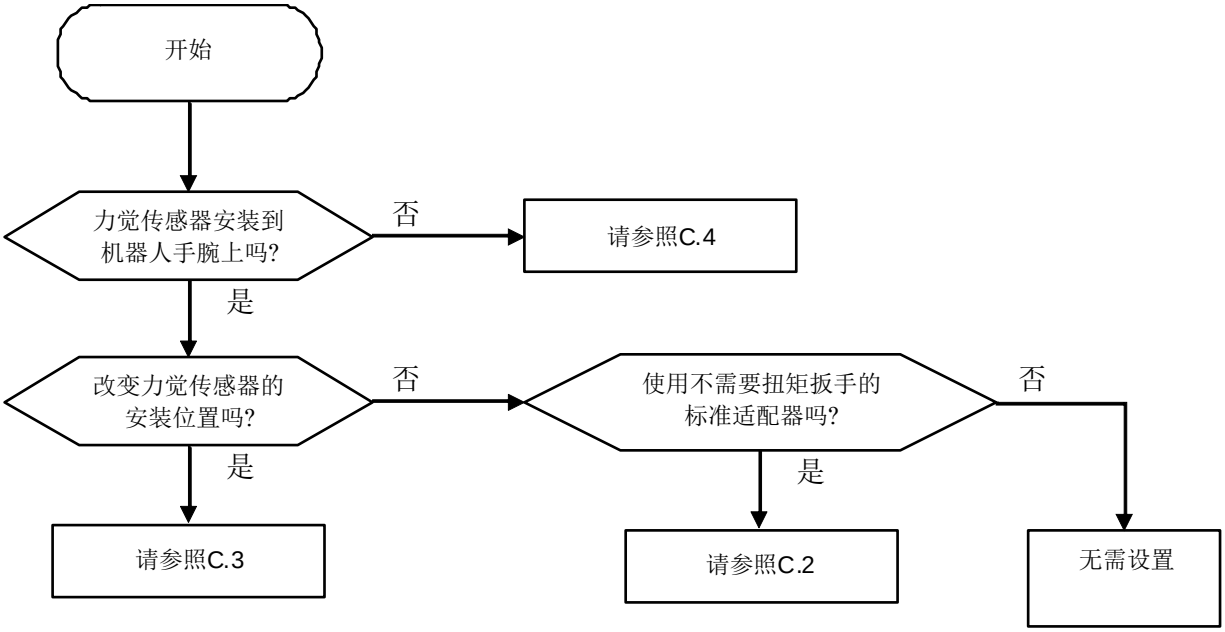


图 C.1 力觉传感器的传感器坐标系

请按照如下流程图，参照必要的项目。



⚠ 注意

在传感器安装方式和传感器坐标系的设置不适当的状态下执行力觉控制命令时，有可能会导致机器人进行预料外的动作。因此，要特别小心地进行设置。

C.2 使用不需要扭矩扳手类型的标准适配器时的设置

使用不需要扭矩扳手类型的标准适配器时，需要利用本功能设置传感器坐标系。如下图所示，在工厂出货时已被设置了用于需要扭矩扳手类型的传感器坐标系，需要将其更改为用于不需要扭矩扳手的类型。下面为设置步骤。

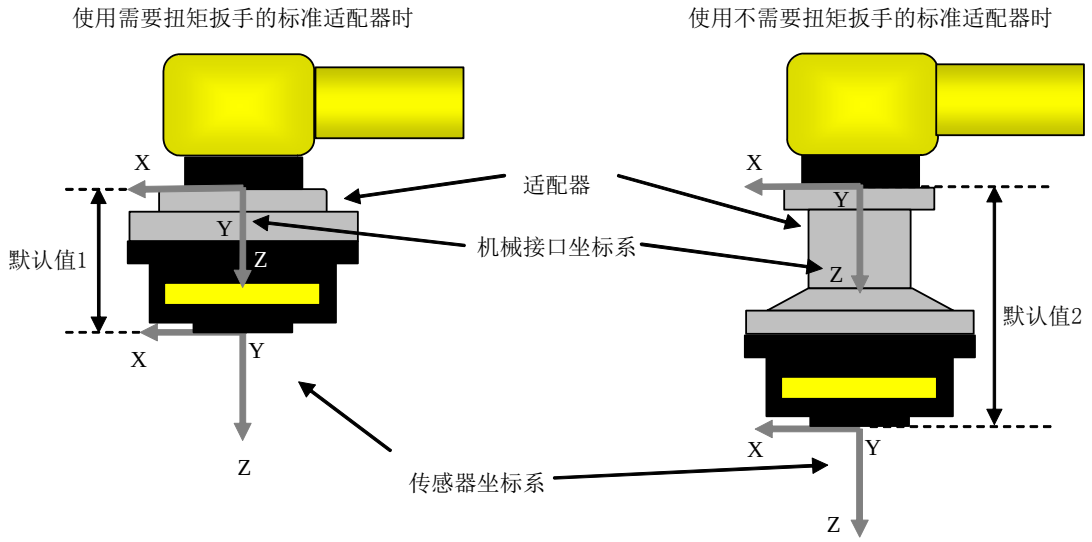


图 C.2 将力觉传感器安装在机器人手腕上时的传感器坐标系

C.2.1 设置程序的启动

从力觉传感器的实用工具画面启动设置程序。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。在实用工具画面上将光标指向“3 力觉传感器安装方式设置”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，显示设置画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [3 力觉传感器安装方式设置]

C.2.2 安装方式的设置

在此画面上可以进行力觉传感器的安装方式的设置。力觉传感器的安装方式包括“固定”和“手持”。标准设置为“固定”。启动设置程序后马上就显示图 C.2.2(a) 中所示的安装方式设置画面，需要将安装方式设置为“手持”。没有显示此画面时，安装方式已被设置为“手持”，从而可进入后述的“C.2.3 传感器坐标系的设置”。

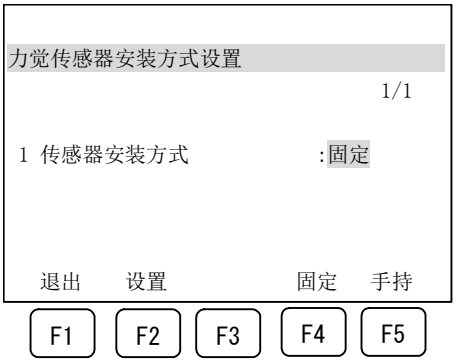


图 C.2.2(a) 安装方式设置画面 1

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	反映画面上的安装方式的设置。
F4	固定	将安装方式设为“固定”。
F5	手持	将安装方式设为“手持”。

安装方式的设置方法

- 选择 F5“手持”后，按下 F2“设置”。
- 若按下 F2“设置”，则会显示“设置传感器安装方式?”的确认信息，若选择 F4“是”，就会反映现在画面上的设置，进入到传感器坐标系设置画面。（请参阅“C.2.3　传感器坐标系的设置”。）若选择 F5“否”，则不会反映安装方式而返回设置画面。

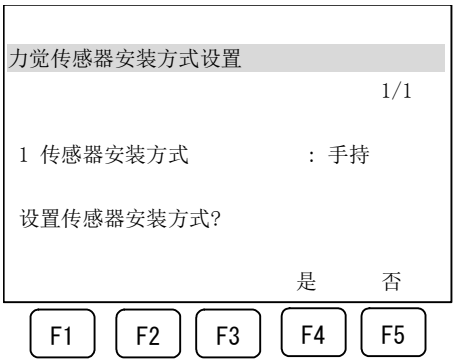


图 C.2.2(b)　安装方式设置画面 2

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。这种情况下，也不会进行此后进行的传感器坐标系的设置。
- 在更改了安装方式的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器安装方式并退出?”的确认信息。选择 F4“是”就会退出程序，选择 F5“否”就会返回设置画面。

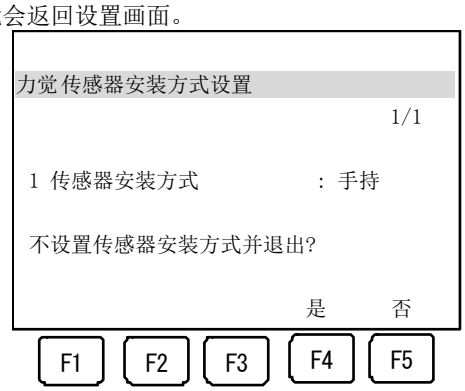


图 C.2.2(c)　安装方式设置画面 3

C.2.3 传感器坐标系的设置

在此画面上，进行力觉传感器已被安装在机器人的手腕上时的传感器坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号     UT: 1
 2 传感器坐标系偏移    :          0.00 mm

默认值 1 : 需要扭矩扳手
默认值 2 : 不需要扭矩扳手

   退出     设置  默认值 1 默认值 2
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.2.3(a) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 1

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	进行传感器坐标系的设置。
F3	默认值 1	设置为使用了需要扭矩扳手类型的标准适配器时的传感器坐标系值。（只存在需要扭矩扳手类型的标准适配器的力觉传感器时，显示“默认值”。）
F4	默认值 2	设置为使用了不需要扭矩扳手类型的标准适配器时的传感器坐标系值。（不需要扭矩扳手类型的标准适配器不存在的力觉传感器时，此键上什么也不显示。）

传感器坐标系的设置方法

- 要设置不需要扭矩扳手类型的传感器坐标系时，按下 F4“默认值 2”。若按下 F4“默认值 2”，则会显示“设置默认值?”的确认信息。若选择 F4“是”，则会设置安装了标准适配器时的传感器坐标系；若选择 F5“否”，则不进行任何操作而返回设置画面。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置默认值?

                          是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.2.3(b) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 2

- 默认值的设置完成后，显示“设置完成。退出？”的确认信息。这里若选择 F4“是”则退出本程序，并显示“[SETFSAT] 请重启控制装置”的信息，请重启控制装置。若选择 F5“否”，则继续传感器坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置完成。退出?

                              是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.2.3(c) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 3

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。不进行传感器坐标系的设置就退出程序。
- 若在更改了传感器坐标系设置用参数值的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器坐标系并退出?”的确认信息。若选择 F4“是”就会退出程序，若选择 F5“否”就会返回设置画面而不进执行任何操作。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号     UT: 1
 2 传感器坐标系偏移    :          15.00 mm

不设置传感器坐标系并退出?

                              是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.2.3(d) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 4

C.3 更改力觉传感器的安装位置时的设置

将力觉传感器安装在与工厂出货时不同的场所时，需要利用本功能设置传感器坐标系。如下图所示，在工厂出货时已设置了用于标准适配器的传感器坐标系，需要将其更改为所要使用的适配器。下面为设置步骤。

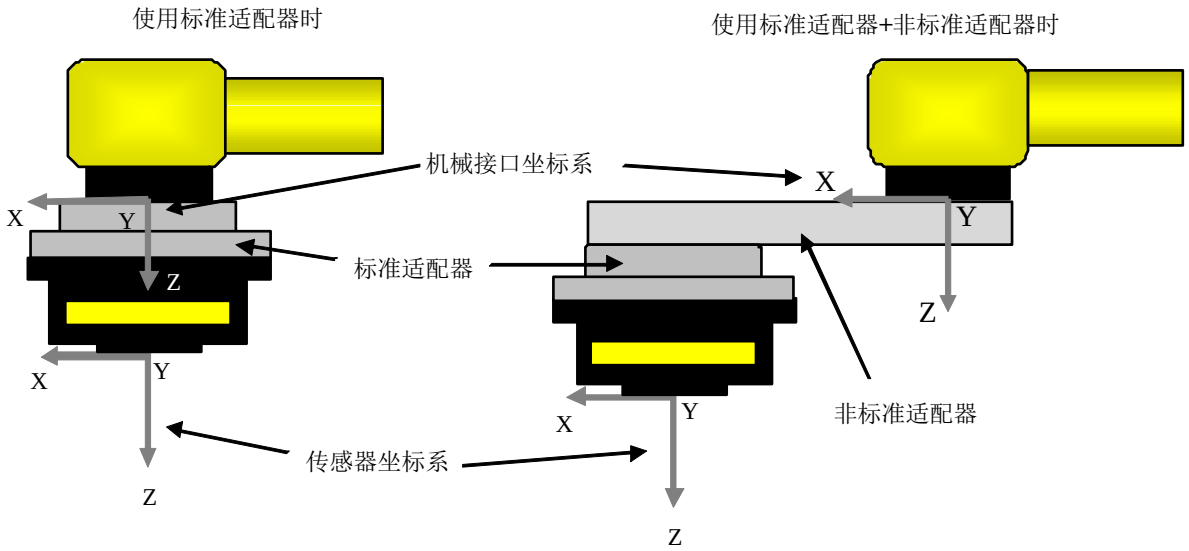


图 C.3 将力觉传感器安装在机器人手腕上时的传感器坐标系

C.3.1 准备

为了进行传感器坐标系的设置，暂时使用一个工具坐标系。在可根据图纸值计算出以机械接口坐标系为基准的、传感器坐标系的位置时，将该位置直接输入到工具坐标系中。此工具坐标系相对于传感器坐标系，其所有轴都必须一致。此外，在以下说明的程序中设置此工具坐标系编号。设置完成后不使用此工具坐标系。

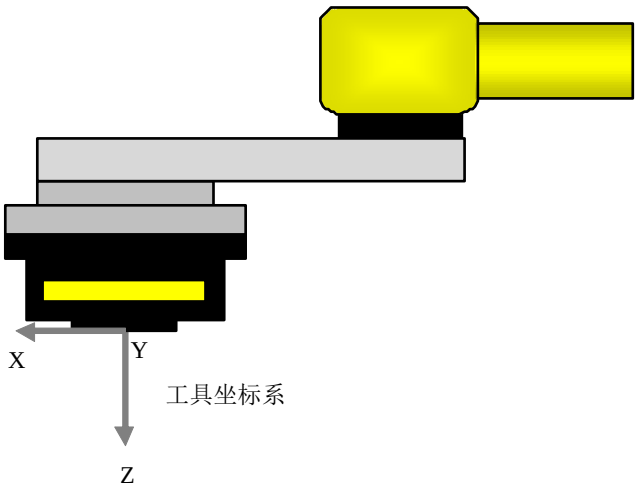


图 C.3.1(a) 工具坐标系的示教例 1

无法根据图纸值计算出时，譬如，请准备下图所示的前端突出的夹具进行安装。这里，夹具的前端位置必须位于力觉传感器的中心轴上。对于此夹具的前端位置示教工具坐标系（图 C.3.1(b)）。这里，此工具坐标系相对传感器坐标系，其 Z 方向必须一致，其 X, Y 方向必须平行。此外，在利用本功能的设置中，需要已示教的工具坐标系的编号与夹具长度的信息。此工具坐标系，在设置完成后不使用。

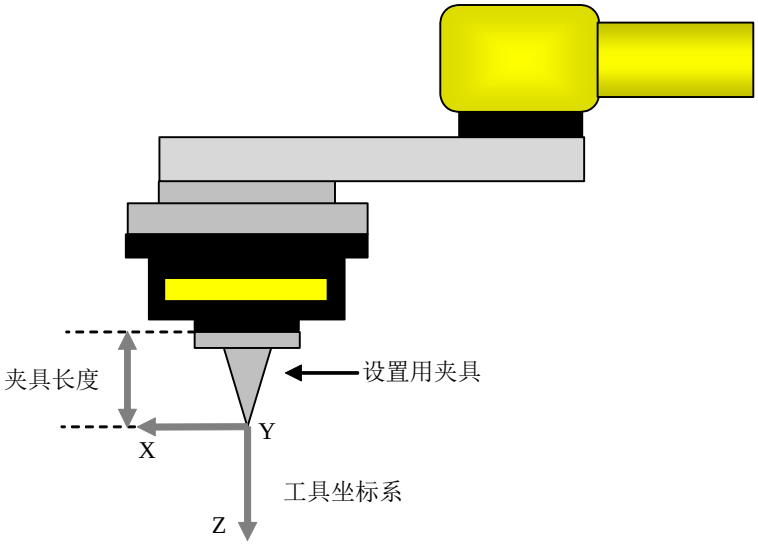


图 C.3.1(b)　工具坐标系的示教例 2

C.3.2　设置程序的启动

从力觉传感器的实用工具画面启动设置程序。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。在实用工具画面上将光标指向“3 力觉传感器安装方式设置”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，显示设置画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [3 力觉传感器安装方式设置]

C.3.3　安装方式的设置

在此画面上，进行力觉传感器的安装方式的设置。力觉传感器的安装方式包括“固定”和“手持”。标准设置为“固定”。启动设置程序后马上就显示图 C.3.3(a) 中所示的安装方式设置画面时，需要将安装方式设置为“手持”。没有显示时，安装方式已被设置为“手持”，因而可进入后述的“C.3.4　传感器坐标系的设置”。

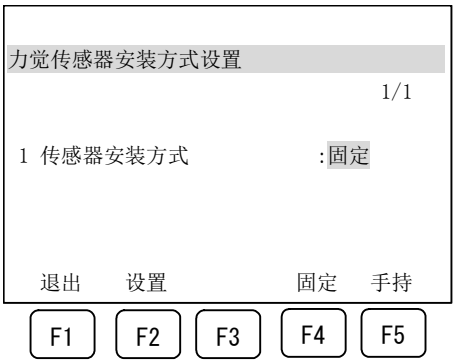


图 C.3.3(a)　安装方式设置画面 1

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	反映画面上的安装方式的设置。
F4	固定	将安装方式的设置设为“固定”。
F5	手持	将安装方式的设置设为“手持”。

安装方式的设置方法

- 选择 F5“手持”后，按下 F2“设置”。
- 若按下 F2“设置”，则会显示“设置传感器安装方式?”的确认信息，若选择 F4“是”，就会反映现在画面上的设置，转移到传感器坐标系设置画面。（请参阅“C.3.4 传感器坐标系的设置”。）若选择 F5“否”，则不会反映安装方式而返回设置画面。

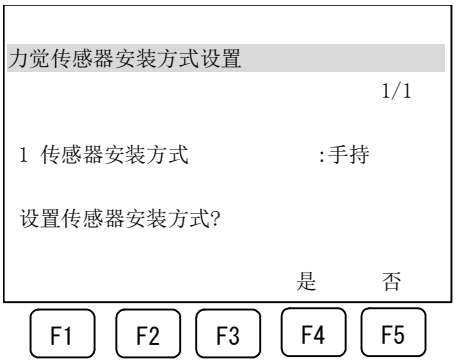


图 C.3.3(b) 安装方式设置画面 2

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。这种情况下，也不会进行此后进行的传感器坐标系的设置。
- 若在更改了安装方式的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器安装方式并退出?”的确认信息。若选择 F4“是”就会退出程序，若选择 F5“否”就会返回设置画面。

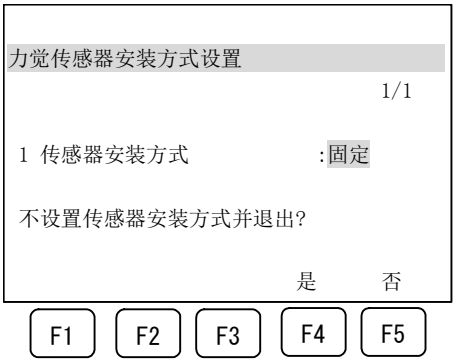


图 C.3.3(c) 安装方式设置画面 3

C.3.4 传感器坐标系的设置

在此画面上，进行力觉传感器已被安装在机器人的手腕上时的传感器坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号     UT: 1
 2 传感器坐标系偏移    :          0.00 mm

默认值 1 : 需要扭矩扳手
默认值 2 : 不需要扭矩扳手

   退出     设置  默认值 1 默认值 2
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.3.4(a)　手持式传感器用传感器坐标系设置画面 1

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	进行传感器坐标系的设置。
F3	默认值 **1**	设置为使用了需要扭矩扳手类型的标准适配器时的传感器坐标系值。（只存在需要扭矩扳手类型的标准适配器的力觉传感器时，显示“默认值”。）
F4	默认值 **2**	设置为使用了不需要扭矩扳手类型的标准适配器时的传感器坐标系值。（不需要扭矩扳手类型的标准适配器不存在的力觉传感器时，此键上什么也不显示。）

设置参数

设置参数如下所示。

参数名	默认值	说明
传感器坐标系的工具坐标系编号	**1**	系对传感器坐标系进行示教时使用的工具坐标系的编号。
传感器坐标系偏移	**0.00 mm**	表示传感器坐标系和设置用工具坐标系的 **Z** 方向的偏移量。相对于上述编号的工具坐标系，**Z** 方向有偏移时，输入偏移量。（见图 **C.3.1(b)**）

传感器坐标系的设置方法

- 进行两个设置参数的输入。这里，在“传感器坐标系偏移”中，对传感器的底面示教工具坐标系时输入 0；使用示教用夹具时，输入该夹具的长度。
- 若按下 F2“设置”，则会显示“设置传感器坐标系?”的确认信息。若选择 F5“否”，则返回设置画面而不执行任何操作。若选择 F4“是”，则会显示如图 C.3.4(c)所示的坐标系确认画面。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号      UT:8
 2 传感器坐标系偏移    :          15.00 mm

设置传感器坐标系?

                              是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.3.4(b) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 2

- 请尝试向图 C.3.4(c)中显示的工具坐标系的 X,Y,Z 方向移动，确认工具坐标系与传感器坐标系的朝向是否一致。若一致，就按下 F4“确定”，转移到后续的画面。不一致时，请按下 F5“取消”，重新进行工具坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号      UT: 8
 2 传感器坐标系偏移    :          15.00 mm

请确认设置的工具坐标系和传感器坐标系
方向相同.如果坐标系设置错误,
机器人可能会错误动作.

                              确定    取消
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.3.4(c) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 3

- 如图 C.3.4(d)所示，显示力觉数据。可按照此画面上的指示，确认力觉数据的输出。确认完成后，请按下 F4“设置”。设置新的传感器坐标系。力觉数据的输出不正确时，请按下 F5“取消”，予以取消。请确认工具坐标系和力觉传感器校准数据等。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
力觉数据(基于机械接口坐标系)
 X:  32.287 Y:  -9.012 Z: -24.031 N
 W:  33.123 P:   0.541 R:  14.204 N*m

向机械接口坐标系的 +X 和 +Y 施加作用力,
并确认力的变化.
如果力的变化不正确,
请重新设置传感器坐标系.

                              设置    取消
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.3.4(d) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 4

- 传感器坐标系的设置完成后，显示“设置完成。退出?”的确认信息。这里若选择 F4“是”则退出本程序，并显示“[SETFSAT] 请重启控制装置”的信息，请重启控制装置。若选择 F5“否”，则继续传感器坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X: 210.223 Y:  54.457 Z: 109.210 mm
 W:  91.321 P:  -4.231 R:  88.332 deg

设置完成。退出?

                          是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.3.4(e) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 5

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。也不进行使用了传感器坐标系设置用参数值的传感器坐标系的计算而退出程序。
- 若在更改了传感器坐标系设置用参数值的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器坐标系并退出?”的确认信息。若选择 F4“是”就会退出程序，若选择 F5“否”就会返回设置画面而不进执行任何操作。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:   0.000 Y:   0.000 Z: 118.000 mm
 W:   0.000 P:   0.000 R:   0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号     UT: 8
 2 传感器坐标系偏移    :          15.00 mm

不设置传感器坐标系并退出?

                          是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.3.4(f) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 4

默认值的设置方法

- 要使得传感器坐标系复原为默认值时，按下 F3“默认值 1”或者 F4“默认值 2”。若按下 F3“默认值 1”或者 F4“默认值 2”，则会显示“设置默认值?”的确认信息；若选择 F4“是”，则设置在标准的适配器上安装的传感器坐标系；若选择 F5“否”，则返回设置画面而不执行任何操作。复原为默认值后，上述步骤中设置的传感器坐标系将会被删除，请予注意。

图 C.3.4(g) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 5

- 默认值的设置完成后，显示“设置完成。退出?”的确认信息。这里若选择 F4“是”则退出本程序，并显示“[SETFSAT] 请重启控制装置”的信息，请重启控制装置。若选择 F5“否”，则继续传感器坐标系的设置。

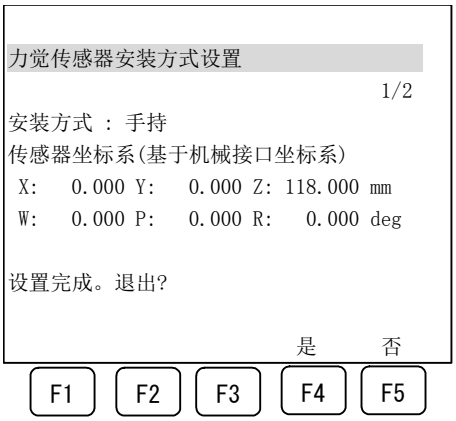


图 C.3.4(h) 手持式传感器用传感器坐标系设置画面 6

C.4 将力觉传感器固定在工作台上时的设置

将力觉传感器固定在工作台上时，传感器坐标系的设置以世界坐标系为基准而进行。固定设置时，务必设置传感器坐标系。下面为设置步骤。

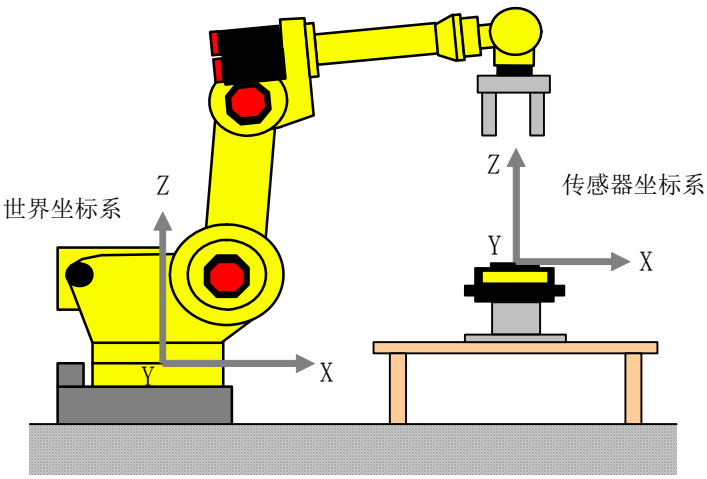


图 C.4 将力觉传感器固定到工作台上时的传感器坐标系

C.4.1 准备

为了进行传感器坐标系的设置，暂时使用一个用户坐标系。在可根据图纸值计算出以世界坐标系为基准的、传感器坐标系的位置时，将该位置直接输入到此用户坐标系中。此用户坐标系相对于传感器坐标系，其所有轴都必须一致。此外，在以下说明的程序中设置此用户坐标系编号。设置完成后不使用此用户坐标系。

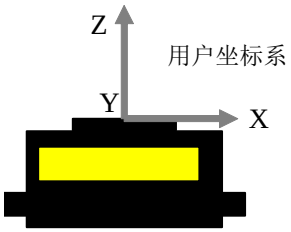


图 C.4.1(a)　用户坐标系的示教例 1

无法根据图纸值计算出时，请获取下表中记载的坐标系设置夹具。

表 C.4.1　坐标系设置夹具的图号

名称	图号
坐标系设置夹具、FS-10iA 用	A05B-1407-K001
坐标系设置夹具、FS-40iA 用	A05B-1407-K101
坐标系设置夹具、FS-100iA 用	A05B-1407-K201
坐标系设置夹具、FS-250iA 用	A05B-1407-K301

在此夹具上示教用户坐标系（图 C.4.1(b)）。这里，此用户坐标系相对传感器坐标系，其 Z 轴必须一致，其 X, Y 轴必须平行。此外，在程序内的设置中，需要已示教的用户坐标系的编号与夹具厚度的信息。此用户坐标系，在设置完成后不使用。

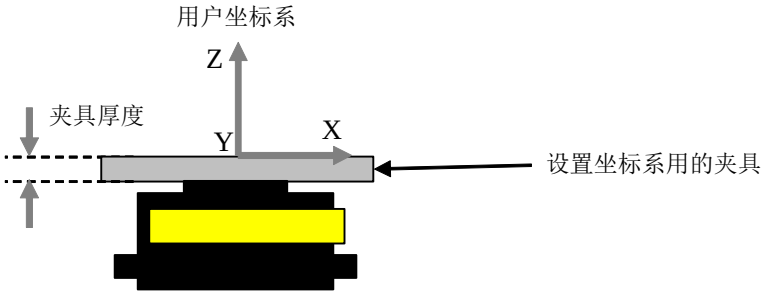


图 C.4.1(b)　用户坐标系的示教例 2

C.4.2 设置程序的启动

从力觉传感器的实用工具画面启动设置程序。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。在实用工具画面上将光标指向“3 力觉传感器安装方式设置”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，显示设置画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [3 力觉传感器安装方式设置]

C.4.3 安装方式的设置

在此画面上，进行力觉传感器的安装方式的设置。力觉传感器的安装方式包括“固定”和“手持”。标准设置为“固定”。

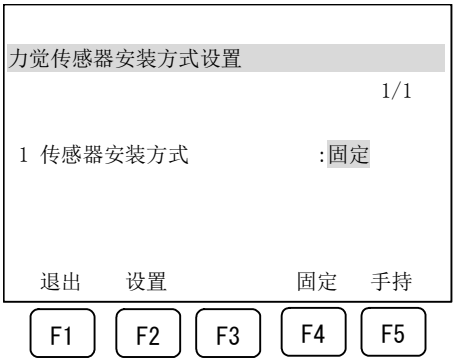


图 C.4.3(a) 安装方式设置画面 1

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	反映画面上的安装方式的设置。
F4	固定	将安装方式的设置设为“固定”。
F5	手持	将安装方式的设置设为“手持”。

安装方式的设置方法

- 选择 F4“固定”后，按下 F2“设置”。
- 若按下 F2“设置”，则会显示“设置传感器安装方式?”的确认信息，若选择 F4“是”，就会反映现在画面上的设置，转移到传感器坐标系设置画面。（请参阅“C.4.4 传感器坐标系的设置”。）若选择 F5“否”，则不会反映安装方式而返回设置画面。

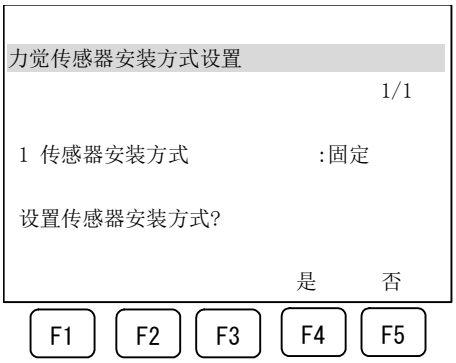


图 C.4.3(b) 安装方式设置画面 2

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。这种情况下，也不会进行此后进行的传感器坐标系的设置。
- 若在更改了安装方式的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器安装方式并退出?”的确认信息。若选择 F4“是”就会退出程序，若选择 F5“否”就会返回设置画面。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/1

 1 传感器安装方式              :固定

 不设置传感器安装方式并退出?

                              是      否
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.4.3(c)　安装方式设置画面 3

C.4.4　传感器坐标系的设置

在此画面上，进行力觉传感器被固定设置在工作台上时的传感器坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 :固定
传感器坐标系(基于世界坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z:    0.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的用户坐标系编号     UF: 1
 2 传感器坐标系偏移    :          0.00 mm



  退出      设置
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.4.4(a)　固定式传感器用传感器坐标系设置画面 1

功能键

功能键的显示如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	进行传感器坐标系的设置。

设置参数

固定设置时的设置参数如下所示。

参数名	默认值	说明
传感器坐标系的用户坐标系编号	**0**	系用于示教传感器坐标系的用户坐标系的编号。
传感器坐标系偏移	**0.00 mm**	表示传感器坐标系和设置用用户坐标系的 Z 方向的偏移量。相对于上述编号的用户坐标系，Z 方向有偏移时，输入偏移量。

传感器坐标系的设置方法

- 进行两个设置参数的输入。这里，在“传感器坐标系偏移”中，对传感器的底面示教用户坐标系时输入 0；使用示教用夹具时，输入该夹具的厚度。
- 若按下 F2“设置”，则会显示“设置传感器坐标系?”的确认信息。若选择 F5“否”，则返回设置画面而不执行任何操作。若选择 F4“是”，则会显示如图 C.4.4(c)所示的坐标系确认画面。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 :固定
传感器坐标系(基于世界坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z:    0.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的用户坐标系编号      UF: 7
 2 传感器坐标系偏移    :          20.00 mm

设置传感器坐标系?

                                 是      否
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.4.4(b) 固定式传感器用传感器坐标系设置画面 2

- 请尝试向图 C.4.4(c)中显示的用户坐标系的 X,Y,Z 方向移动，确认用户坐标系与传感器坐标系的朝向是否一致。若一致，就按下 F4“确定”，转移到后续的画面。不一致时，请按下 F5“取消”，重新进行用户坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 固定
设置参数
 1 传感器坐标系的用户坐标系编号      UF: 7
 2 传感器坐标系偏移    :          20.00 mm

请确认设置的用户坐标系和传感器坐标系
方向相同.
如果坐标系设置错误，
机器人可能会错误动作.

                               确定      取消
```

F1 F2 F3 F4 F5

图 C.4.4(c) 固定式传感器用传感器坐标系设置画面 3

- 如图 C.4.4(d)所示，显示力觉数据。可按照此画面上的指示，确认力觉数据的输出。确认完成后，请按下 F4“设置”。设置新的传感器坐标系。力觉数据的输出不正确时，请按下 F5“取消”，予以取消。请确认用户坐标系和力觉传感器校准数据等。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
力觉数据(基于世界坐标系)
 X:  32.287 Y:  -9.012 Z: -24.031 N
 W:  33.123 P:   0.541 R:  14.204 N*m

向通用坐标系的 +X 和 +Y 方向施加作用力,
并确认力的变化.
如果力的变化不正确,
请重新设置传感器坐标系.

                          设置     取消
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.4.4(d)　固定式传感器用传感器坐标系设置画面 4

- 传感器坐标系的设置完成后，显示“设置完成。退出?”的确认信息。这里若选择 F4“是”则退出本程序，并显示“[SETFSAT] 请重启控制装置”的信息，请重启控制装置。若选择 F5“否”，则继续传感器坐标系的设置。

```
力觉传感器安装方式设置

安装方式 :固定
传感器坐标系(基于世界坐标系)
 X: 712.530 Y:  -3.138 Z: 305.468 mm
 W:   0.296 Y: -90.246 R:   0.122 deg


设置完成。退出?

                          是       否
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.4.4(e)　固定式传感器用传感器坐标系设置画面 3

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。
- 若在更改了传感器坐标系设置用参数值的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器坐标系并退出?”的确认信息。若选择 F4“是”就会退出程序，若选择 F5“否”就会返回设置画面而不进执行任何操作。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 :固定
传感器坐标系(基于世界坐标系)
 X: 712.530 Y:  -3.138 Z: 305.468 mm
 W:   0.296 Y: -90.246 R:   0.122 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的用户坐标系编号     UF: 7
 2 传感器坐标系偏移    :          20.00 mm

不设置传感器坐标系并退出?

                          是       否
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.4.4(f)　固定式传感器用传感器坐标系设置画面 4

C.5 只更改安装方式时的设置

下面为不更改传感器坐标系，只更改安装方式时的设置步骤。

C.5.1 设置程序的启动

从力觉传感器的实用工具画面启动设置程序。有关力觉传感器的实用工具画面，请参阅“5. 力觉传感器的实用工具画面”。
在实用工具画面上将光标指向“3 力觉传感器安装方式设置”，按下 F3“详细”或者 ENTER（输入）键，显示设置画面。

MENU → [1 实用工具] → [力觉传感器]

→ F3 [3 力觉传感器安装方式设置]

C.5.2 安装方式的设置

在此画面上，进行力觉传感器的安装方式的设置。力觉传感器的安装方式包括“固定”和“手持”。标准设置为“固定”。

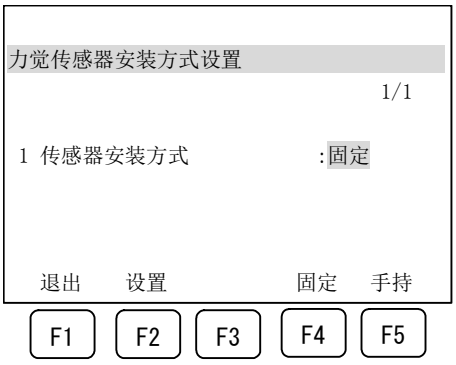


图 C.5.2(a) 安装方式设置画面 1

功能键

功能键如下所示。

按键	显示名	说明
F1	退出	退出本程序。
F2	设置	反映画面上的安装方式的设置。
F4	固定	将安装方式的设置设为“固定”。
F5	手持	将安装方式的设置设为“手持”。

安装方式的设置方法

- 根据 F4“固定”和 F5“手持”选择安装方式后，按下 F2“设置”。
- 若按下 F2“设置”，则会显示“设置传感器安装方式?”的确认信息，若选择 F4“是”，就会反映现在画面上的设置，转移到传感器坐标系设置画面。若选择 F5“否”，则返回设置画面而不反映安装方式。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/1

1 传感器安装方式                :手持

设置传感器安装方式?

                              是      否
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.5.2(b)　安装方式设置画面 2

C.5.3　传感器坐标系的设置

在此画面上进行传感器坐标系的设置，但是在不更改传感器坐标系时，按以下步骤操作。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号      UT: 1
 2 传感器坐标系偏移    :            0.00 mm

   退出      设置     默认值
```

F1　F2　F3　F4　F5

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 :固定
传感器坐标系(基于世界坐标系)
 X: 712.530 Y:  -3.138 Z: 305.468 mm
 W:   0.296 Y: -90.246 R:   0.122 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的用户坐标系编号      UF: 1
 2 传感器坐标系偏移    :           20.00 mm

  退出      设置
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.5.3(a)　传感器坐标系设置画面 1

程序的退出方法

- 按下 F1“退出”，退出本程序。不进行传感器坐标系的设置就退出程序。
- 若在更改了传感器坐标系设置用参数值的状态下按下 F1“退出”，则会显示“不设置传感器坐标系并退出?”的确认信息。选择 F4［是］，退出程序。

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 : 手持
传感器坐标系(基于机械接口坐标系)
 X:    0.000 Y:    0.000 Z: 118.000 mm
 W:    0.000 P:    0.000 R:    0.000 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的工具坐标系编号      UT: 1
 2 传感器坐标系偏移    :            0.00 mm

不设置传感器坐标系并退出?
                              是      否
```

F1　F2　F3　F4　F5

```
力觉传感器安装方式设置
                                    1/2
安装方式 :固定
传感器坐标系(基于世界坐标系)
 X: 712.530 Y:  -3.138 Z: 305.468 mm
 W:   0.296 Y: -90.246 R:   0.122 deg

设置参数
 1 传感器坐标系的用户坐标系编号      UF: 1
 2 传感器坐标系偏移    :           20.00 mm

不设置传感器坐标系并退出?
                              是      否
```

F1　F2　F3　F4　F5

图 C.5.3(b)　传感器坐标系设置画面 2

D 力觉传感器和力觉控制的系统文件

力觉传感器和力觉控制使用了如下的系统文件。
从示教器的“文件”画面点击 F4“备份”→“系统文件”或者 F4“备份”→“以上所有”，就会把文件保存到外部存储装置中。

文件名	说明
SYSFSCDL.SV	存储力觉控制参数表数据。
SYSFSCB2.SV	存储 **6** 轴力觉传感器（**FS-15iA**、**FS-40iA**、**FS-100iA**、**FS-250iA**）的校准数据等的数据。
SYSFSCB3.SV	存储 **3** 轴力觉传感器（**FS-15iAe**）的设置数据。
SYSFFLR.SV	存储力觉控制命令的执行历史。
SYSFORCE.SV	存储力觉控制相关的系统设置数据、工件质量测量功能的设置数据、工具质量重心测量功能的测量结果等数据。
SYSMTPGN.SV	存储 **TP** 程序自动生成功能的参数。
SYSPTPGN.SV	存储力觉控制去毛刺软件包的参数。

索引

<数字>

3 轴力觉传感器的设置 161
4D 图形画面 215

< A >

安全使用须知 s-1
安装方式的设置 249,254,261,265

< B >

不能获得正确的质量时 211

< C >

参数 107,136
参数表数据 17
参数的设置画面 201
参数调整 64
参数设置的列表画面 201
参数设置的详细画面 202
测量工具的质量和重心 190
常见问题处理方法 217
程序 106
传感器坐标系的设置 251,256,262,266
从位置画面打开的方法 216
从相关视图打开的方法 215

< F >

发生报警的执行历史 179
发生报警的执行历史的列表画面 179
发生报警的执行历史的详细画面 180
发生了超时错误时 217
发生了力的极限报警时 218
仿形功能 102
仿形功能的概要 102
仿形功能的其它功能 128
仿形功能的注意事项 106
仿形功能中的示教 103
父子关系的指定 152

< G >

改变参数并再次生成 TP 程序 203
概要 247
概要和使用方法 205
更改参数 196
更改力觉传感器的安装位置时的设置 253
工件质量测量功能 205
工具质量和重心位置测量功能 186

< H >

恒力推压、平面匹配 20

< J >

基于简易自定义功能的复合动作 148
基于简易自定义功能的重试 150
基于力觉传感器的质量测量 6
基于自定义功能的复合动作 154
基于自定义功能的重试 154
计算误差显示 193
记录位置并自动生成 TP 程序 200
简易自定义功能 148
将力觉传感器固定在工作台上时的设置 259
结束条件取得命令 174

< K >

孔搜索 89

< L >

离合器搜索 96
力觉传感器 4D 图形功能 212
力觉传感器安装方式设置功能 247
力觉传感器当前值画面 176
力觉传感器的概要 2
力觉传感器的实用工具画面 185
力觉传感器的重力补偿 105
力觉传感器和力觉控制的概要 2
力觉传感器和力觉控制的系统文件 267
力觉传感器状态画面 176
力觉传感器自诊断的结果显示 169
力觉传感器自诊断的执行方法 168
力觉传感器自诊断命令 168
力觉控制报警代码 224
力觉控制的复合动作 147
力觉控制的其他命令 167
力觉控制的增益（阻抗参数） 145
力觉控制画面构成 221
力觉控制命令 10
力觉控制命令的编程和示教 7
力觉控制命令的连续执行（自定义功能） 146
力觉控制命令的执行历史 177
力觉控制命令的种类 4
力觉控制能够完成的作业 3
力觉控制增益自动调整命令 169
力觉数据日志功能 181
力显示的设置画面 212

< N >

拧螺丝 135
扭矩误差取得命令 172

< Q >

启用和禁用力觉数据日志功能 183
前言 1
确认计算结果 191

< S >

设置程序的启动 249,254,260,265
设置力觉数据取样周期 184
设置重力补偿开关 195
使用不需要扭矩扳手类型的标准适配器时的设置 249
使用方法 212

示教测量位置.....187
示教的步骤.....8
示例程序.....16
输出参数设置和记录的位置到文本文件 204
搜索.....66
搜索功能.....63
搜索功能的概要.....63
所有报警都通用的处理方法.....217
所有执行历史.....177
所有执行历史的列表画面.....177
所有执行历史的详细画面.....178

< *T*>

TP 程序例 209
TP 程序自动生成功能 198

< *W*>

未使用.....18

< *X*>

显示计算结果.....194
显示执行开始时的错误信息.....191
相位匹配后装配.....41
相位搜索.....79
选择存储力觉数据文件的设备.....184
选择记录了力的数据文件.....182

< *Y*>

用户坐标系补偿.....159
圆柱装配、凹槽装配、四棱柱装配 30

< *Z*>

只更改安装方式时的设置.....265
质量测量的结果画面.....207
质量测量的设置画面.....206
重试.....148
主菜单画面.....186
注意和限制事项.....7,154
注意事项.....197,204
装配后相位匹配.....52
准备.....253,260
自定义功能.....152
自定义自动连续执行功能.....155

说明书改版历史

版本	日期	更改的内容
02	2015 年 10 月	
01		

B-83424CM/02

* B - 8 3 4 2 4 C M / 0 2 *