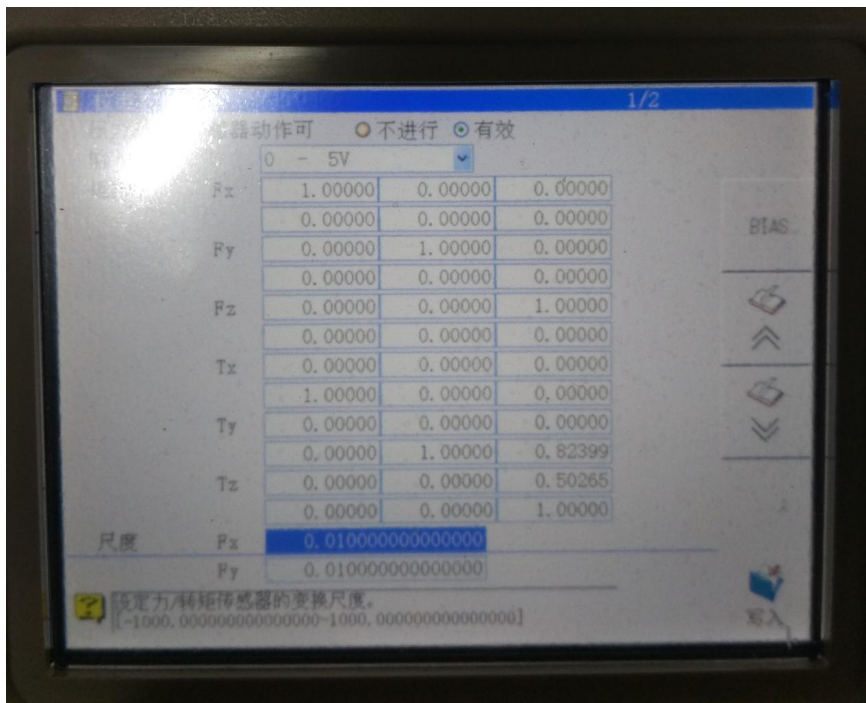


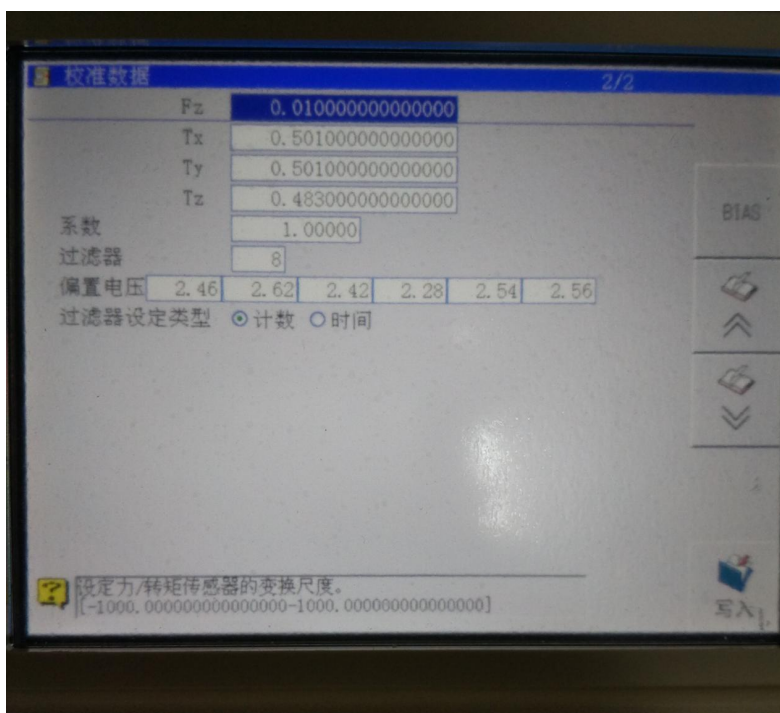
力传感器培训总结

一、力传感器的相关设置

1、校准数据设定（CFD 控制装置时）

- 1) 将操作员模式设定为专家模式（SPECIALIST 资格）；
- 2) 选择示教模式；
- 3) 选择 [常数设定]→34 力/转矩传感器 →2 校准数据；
- 4) 然后按照下图所示进行设置，将压力/转矩传感器动作设置为：“有效”，在输入范围中：选择“0-5V”，**注意**更改之后，要进行断电**重启控制装置**才会生效，并输入力传感器所对应的矩阵、尺度、系数等参数，过滤值设为 8。





- ◆ 该设置是否正确的检验方法：按下<BIAS>键之后，将当前电压被设定成偏置电压。对于[WEF-6A 系列]力传感器，无负荷状态时，这个值应该在 2.5V 左右才是正常的，否则说明力传感器本身有问题或者安装有误等。

5) 设置完成后，按下<写入>键。

2、零点设定（零位置数据设定）

在一开始时力传感器在空载状态下的读数并不为零，为了消除已经存在的误差和干扰，需要在正式使用力传感器之前进行清零，对零点进行设定，具体操作如下：

- 1) 设定 SPECIALIST 操作资格；
- 2) 选择示教模式；
- 3) 选择<常数设定> → 【34 力/转矩传感器】 → 【3 零位置数据】；
- 4) 按下右边的<读入>，设定完成之后按下<写入>键。

检查方法：打开【力/转矩传感器监视器】，查看目前的各个力/转矩的分量的读数是否为零，若为零则说明设置正确，否则设置有误。

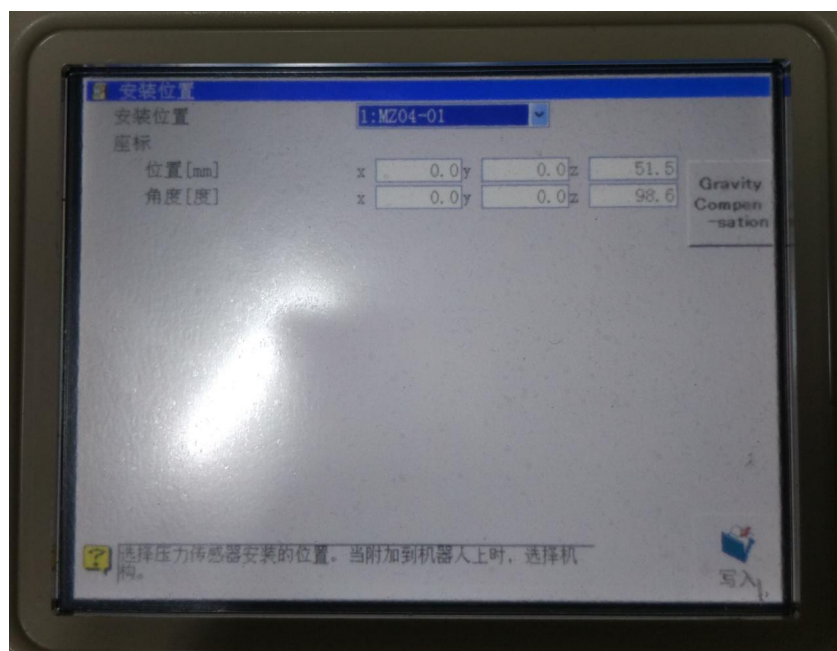
此外，零位置数据设定也可以通过指令 FN379（力传感器零点修正）来实现力传感器数据的清零，这个指令一般在程序中使用，在触碰指令/压力控制之前先对已有的数据进行清零。

3、设置位置与重力修正

设置力传感器的安装位置，并把设定的位置作为力传感器坐标系的原点。而重力修正是指，通常力传感器即使未与对象物体接触，也会因工具和法兰等

物体的重力而使它检测到力/转矩，通过进行重力修正的设定，可修正重力的影响，提升机器人动作的精度。但是重力修正在实际中一般用零点修正（零点设定）指令 FN379 在实际接触对象前对力/转矩的数据进行清零。这一过程的具体操作如下：

- 1) 设定 SPECIALIST 操作资格；
 - 2) 选择示教模式；
 - 3) 选择<常数设定> → 【34 力/转矩传感器】 → 【4 安装位置】；
- 出现如下所示界面



- 4) 在安装位置中，选择：“1：MZ04-01”，关于坐标的设置有两项：位置和角度，实际上是指力传感器坐标系与机器人末端手腕坐标系的相对位置和姿态。可以通过游标卡尺来测量机器人末端手腕中心到力传感器中心的距离来确定力传感器坐标系的位置，而用量角器或者其他高精度角度测量仪器可以测出坐标轴之间的偏转角，从而知道它们两个坐标系之间的位姿关系。关于手腕坐标系与力传感器坐标系之间的关系请参照后面的说明。
 - 5) 按下<重力修正>，可以对工具的重心和重量进行修正和补偿。
- ◆ 说明：力传感器安装在机器人末端手腕时，手腕坐标系（凸缘坐标系）与力传感器坐标系之间的关系

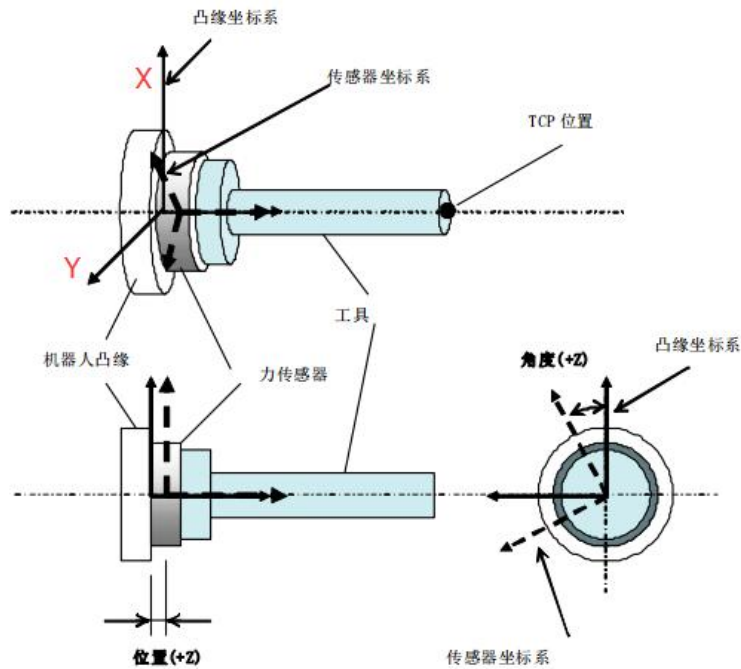
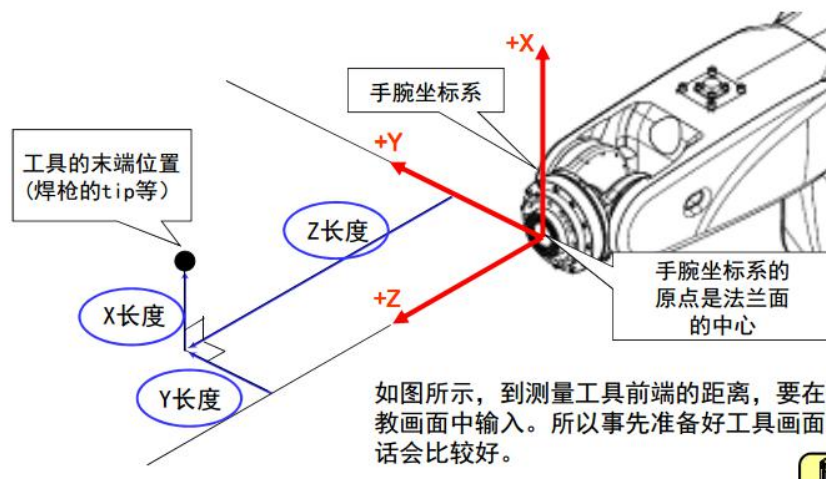
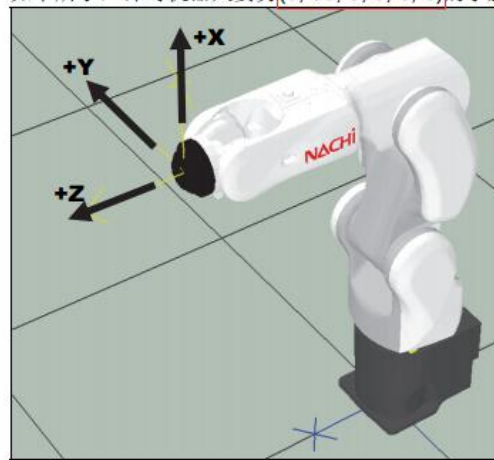


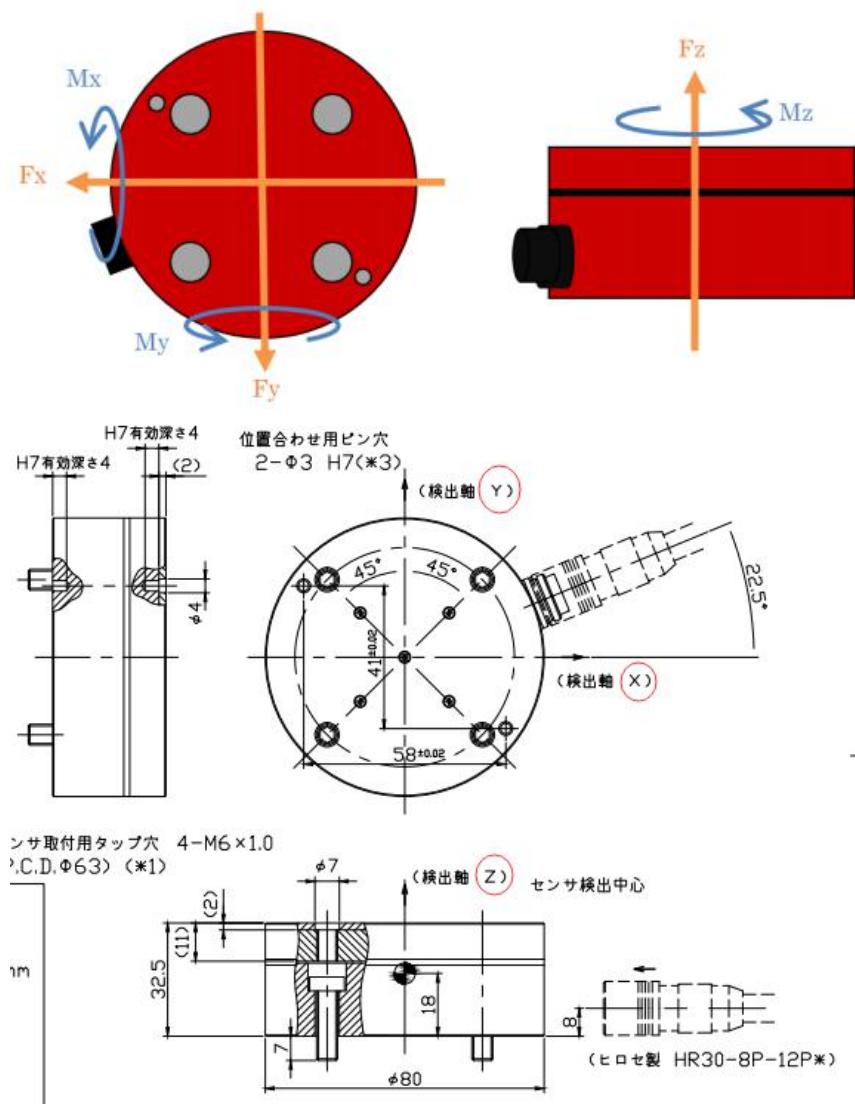
图 2.1.2 机器人的凸缘坐标系与传感器坐标系

图中凸缘坐标系即指的是机器人的末端手腕坐标系，查阅机器人的相关文档，可以得到其规定的坐标系原点和各坐标轴方向，如下图所示。

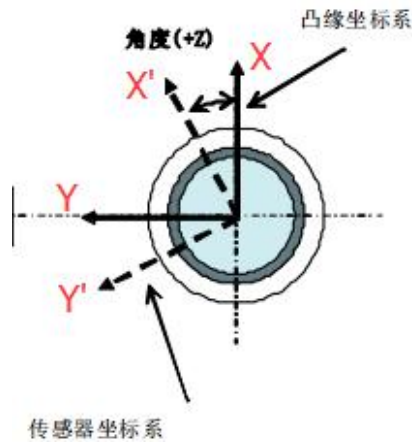
如下所示，针对机器人姿势(0, 90, 0, 0, 0, 0)的手腕法兰坐标系。



此外，力传感器的传感器坐标系的原点和各坐标轴方向的规定如下图所示：



从而，得到两个坐标系之间的关系图如下：



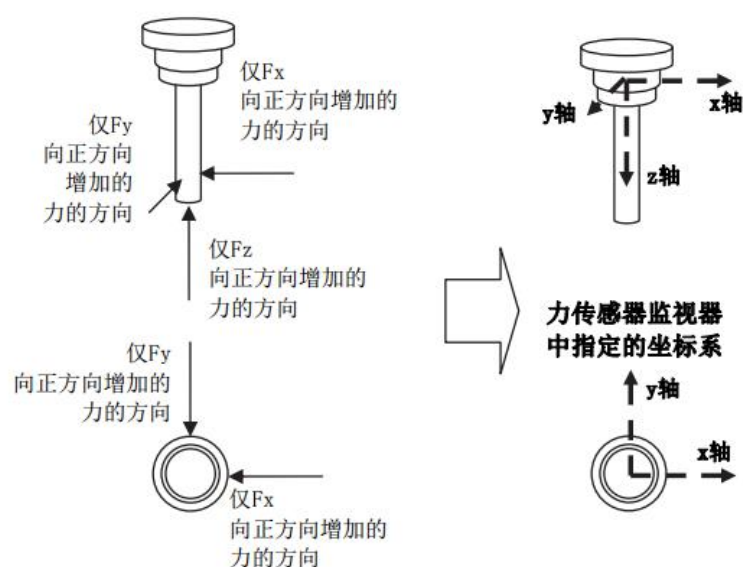
对于两个坐标系的姿态来说，Z 轴方向是一致的，因此，两个坐标系只在绕 Z 轴方向有一个偏转角（+Z），并规定由手腕坐标系（凸缘坐标系）逆时针转向传感器坐标系的角度的正，于是有了上图所示的结果。

4、坐标系的确认

- 1) 选择<维修>→<监视器 2~4>→【54 力/转矩传感器监视器】；
- 2) 在力/转矩传感器监视器中→按<编辑>键；
- 3) 按下紧急停止按钮→点击界面左上角的坐标系切换，切换到期望的坐标系下→对工具施加某一个方向的力，同时在监视画面中观察力的变化是否正确。

◆ 注意：若是在力传感器坐标系下进行测试，则力的正负与坐标系的正负是一致的；若是在其他的坐标系下，例如机械坐标系、工具坐标系等，进行测试，则力的正负与坐标轴的正负相反，如下图所示。

施加力的方向与指定坐标系间的关系如下例所示。
(例)



二、工具坐标系的建立

1、新建程序，例如：80 号程序，通过手动示教的方式记录 6 个点（使机器人末端工具尖端的某一特定点从 6 个不同的方向去靠近和接触实验台上已有的固定好的尖端）；

2、长度设定（实质上是工具坐标系原点相对于机器人手腕坐标系的坐标值）

选择<常数设定>→【3 机械常数】→【1 工具设定】→【简单设定】→【仅工具长度】→输入程序号：80→按下<执行>键，系统会自动计算各个坐标值，并显示计算的误差值。若误差值满足我们所需的要求，则选择<可行>，完成工具长度的设定；若误差值过大则说明对点不够准确，需要重新返回程序对记录

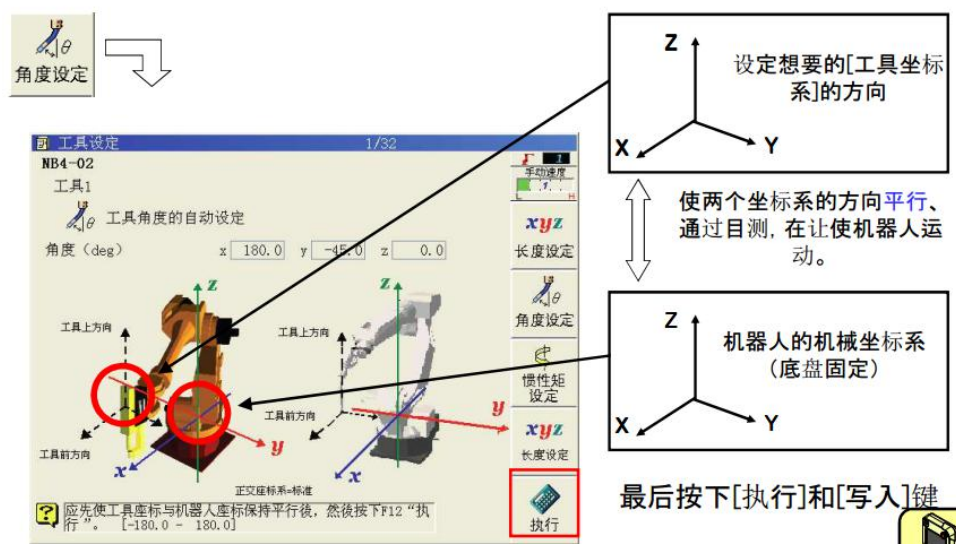
的点进行修正或者重新记录点直到长度误差值满足所要求为止（误差值可以达到 0.1mm 以下），如下图所示。



3、角度设定（实质上是工具坐标系与机器人坐标系的相对姿态，即两坐标系各坐标轴的偏转角）

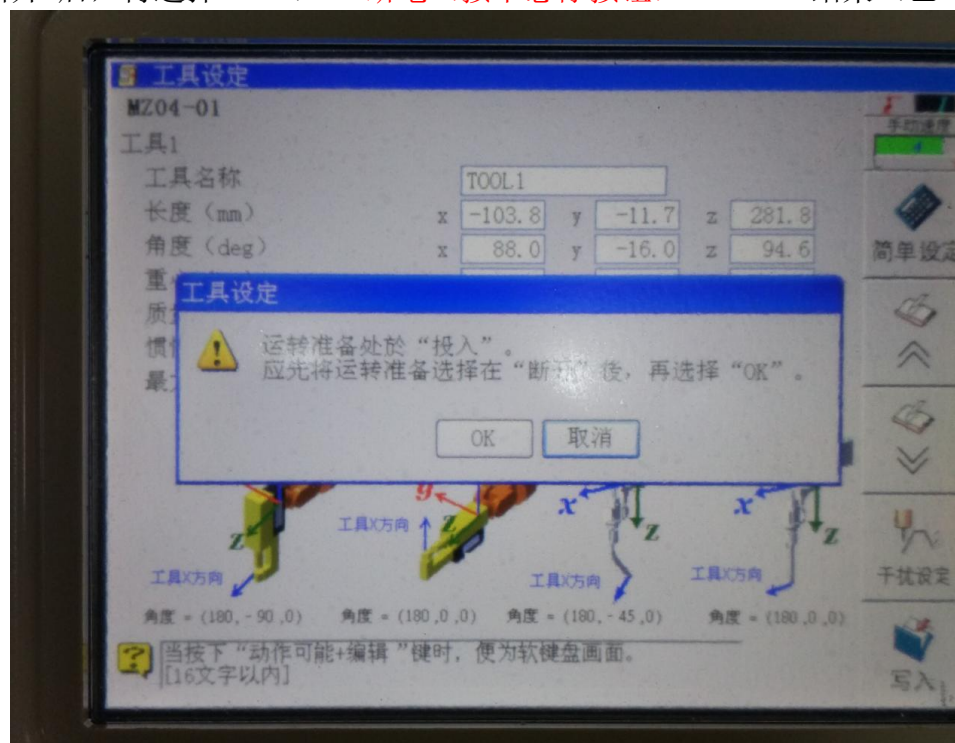
在进行角度设定时，要先通过手动示教把末端工具坐标系调整为我们所期望的姿态。因为工具坐标系默认的坐标轴的方向与机器人机械坐标系是一致的。如下图所示。

[工具角度]的简单设定



选择<常数设定>→【3 机械常数】→【1 工具设定】→【简单设定】→【角度设定】→<执行>（会自动计算工具坐标系的旋转角度）→确认显示（选可行）

→ <写入> → 会出现一个工具设定的警告提示，见下图（应先将运转准备选择在“断开”后，再选择“OK”）→ 断电（按下急停按钮）→ OK → 结束（已写入）。

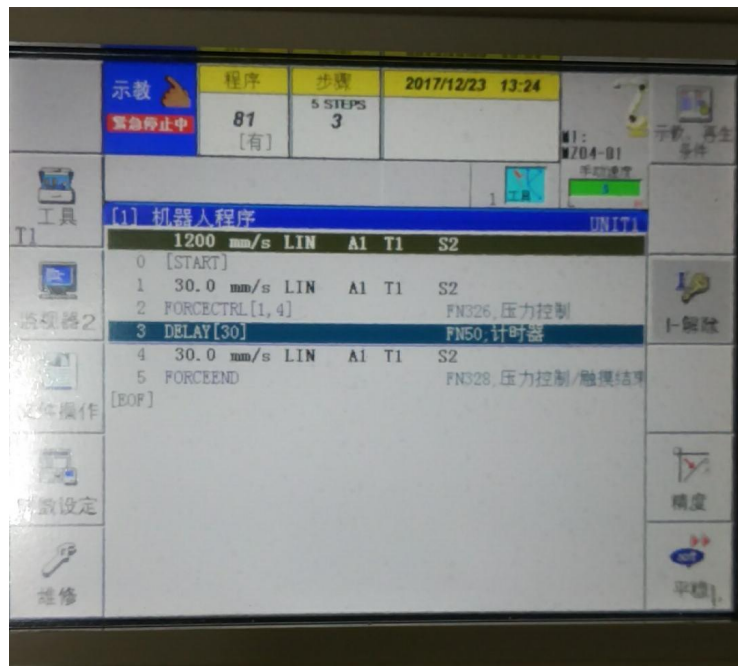


三、力控制的随动实验

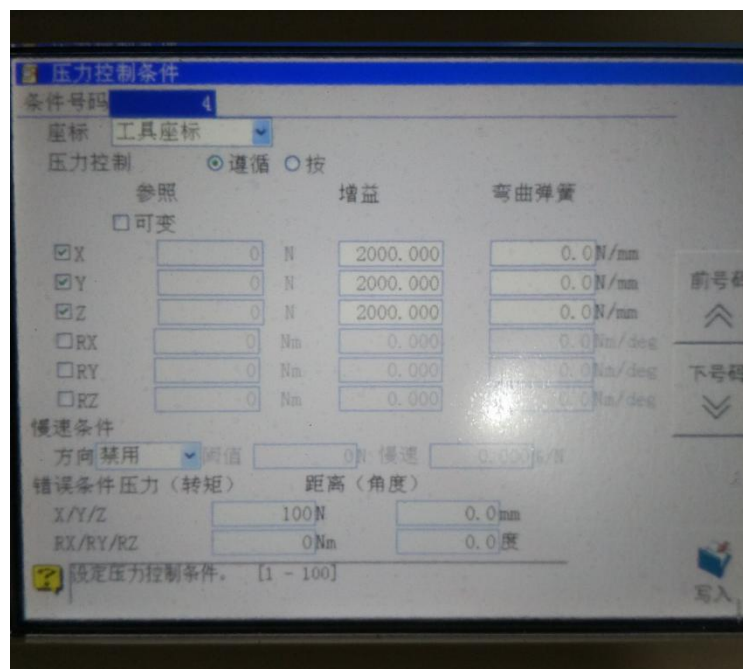
1、编程步骤（程序号：81 号）

- 1) MOVE [P1]; 移动到起始点 P1 点
- 2) FORCECTRL[1,4]; FN326 压力控制：第一个参数 1 表示力控制的机构号（1~9），第二个参数 4 表示压力控制的条件设定中的条件号码（1~100）。
- 3) DELAY[30]; FN50 计时器，表示力控制（随动）的持续时间为 30 秒。
- 4) MOVE [P2]; 移动到终止点 P2 点
- 5) FORCEEND; FN328 压力控制/触摸结束；**注意在 FORCEEND 之前不能有任何应用命令，应该是移动命令。**
- 6) END; FN92 终端，结束程序

具体程序代码见下图：



2、压力控制的条件设定见下图：



条件号码：4

坐标：工具坐标系

压力控制：遵循

将 X、Y、Z 前面的勾都勾选上，表示机器人末端工具可以在 X、Y、Z 三个方向进行随动控制，同时设置增益：2000 左右（可以在 0~9999 范围内进行设置），增益值越大，响应速度越快，同时误差越小，对外力变得越敏感。

四、实际项目中力控制指令（CTRL）和触碰指令（TOUCH）的使用

1、力控制基本步骤：

- 1) 建立用户坐标系（三点：OZX）
- 2) touch 指令使用（方向、速度、结束条件<方向、力>）
- 3) Ctrl 指令使用（控制方式<遵循、按压>，受力方向、大小，增益设定）
- 4) touch 指令循环使用，解决向工具运动方向施加恒定力的问题。

2、出现的问题

- 1) 力控制指令使用用户坐标系时会报错；
- 2) touch 指令如何跳出循环，需要对用户坐标进行实时监控。

3、力控制指令总结

- 1) FN: 326 FORCECTRL 力控制开始；
- 2) FN: 327 FORCETOUGH 触碰控制，在指定的方向运动时检测到预先设定的压力时停止；
- 3) FN: 328 FORCEEND 力控制结束；
- 4) FN: 379 FORCEZERO 零点修正。

4、示例一：打磨作业

打磨作业的示教操作示意图如下：

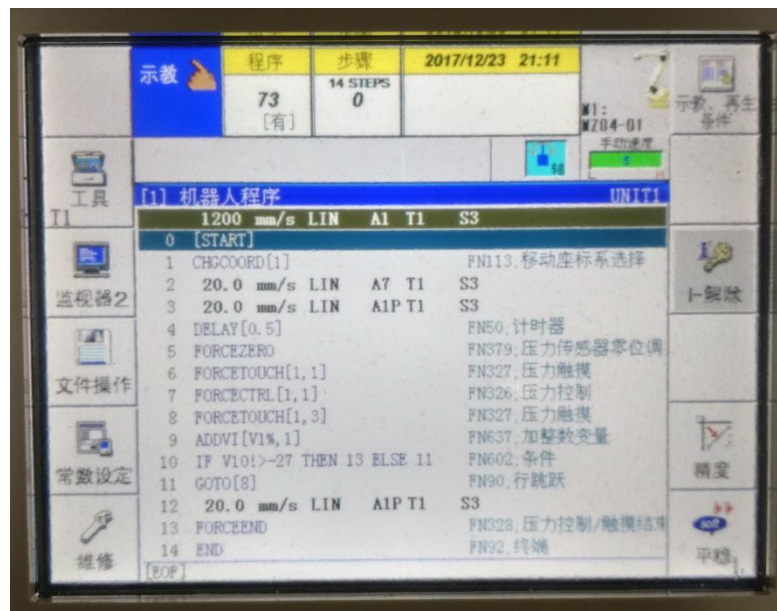


基本流程如下：

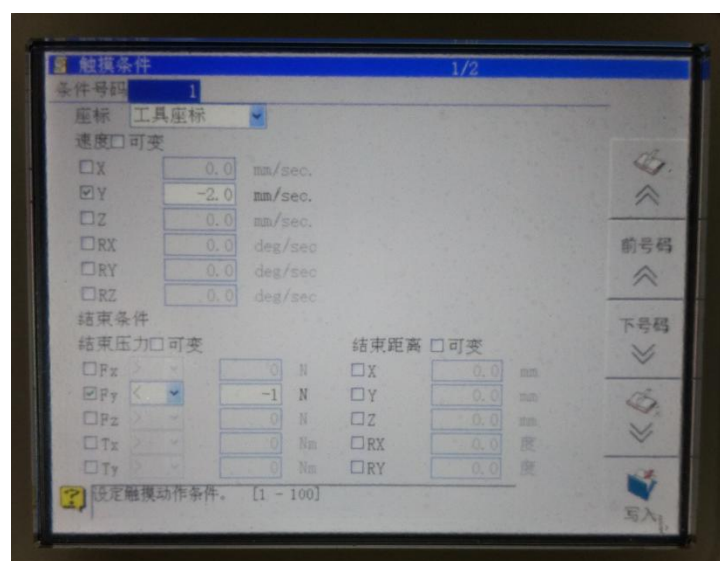
- 1) 工具移至工件表面上方 P1 点，进行零点修正；
- 2) touch 指令（速度方向：+y，大小：10mm/s；结束条件，方向：+y，力大小：>+1N）；
- 3) ctrl 指令（控制方式：按压；力大小：1N，方向：+y；增益：3000）；
- 4) 结束位置：P2 点；
- 5) 力控制结束：FN328

5、实际项目的力控制程序

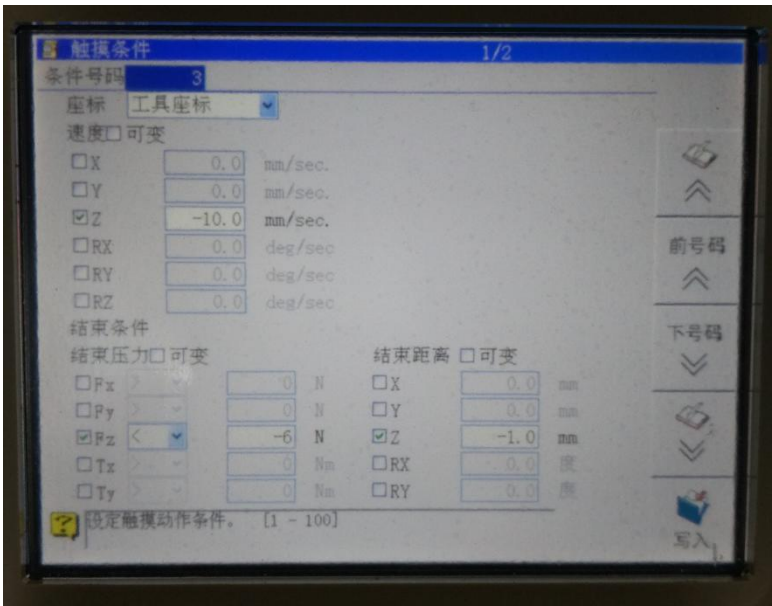
- 1) ；
 - 2) ；
 - 3) 同上述示例的 1、2、3；
 - 4) touch 指令（速度方向：+Z，大小：20mm/s，结束条件，方向：+Z，力大小：>5N）；
 - 5) GETPOS（坐标值→变量 V21！）；
 - 6) IF V21！>设定的坐标值→STEP 8，ELSE →STEP 7；
 - 7) GOTO STEP 4；
 - 8) 结束位置：P2 点；
 - 9) 力控制结束：FN328.
- 具体的程序代码如下：



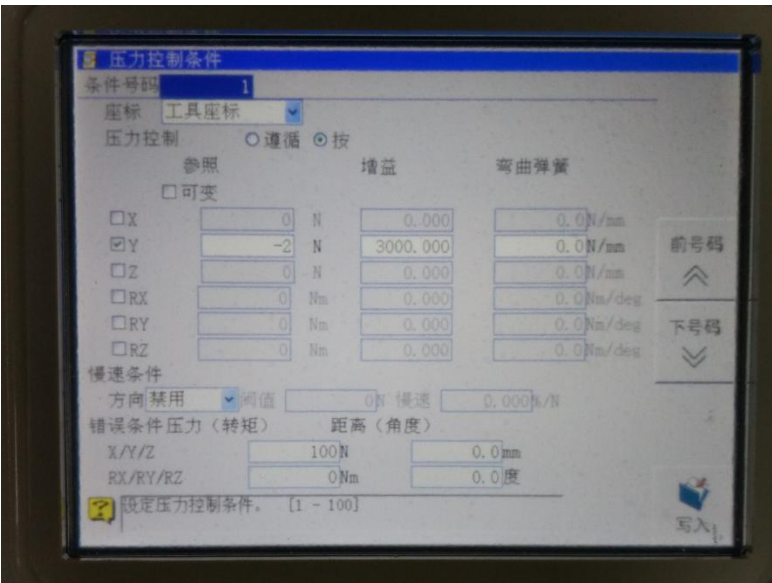
touch 指令的条件设定 1 如下：



touch 指令的条件设定 3 如下：



Ctrl 指令的条件设定 1 如下：



关于电机电流和转矩的监测和获取

电流的监测和获取：

(1) 用示教器监测

<常数设定>→【6 输出输入信号】→【16 轴状态输出设置】→显示如下图所示的界面，可以最多同时监测 4 个轴的电流或转速。

轴状态输出设置 UNIT1

机械	轴	数据	系数
1:	1	1	电流[A] 1.00
2:	1	2	电流[A] 0.00
3:	1	3	电流[A] 0.00
4:	1	4	电流[A] 0.00

输入轴号。(0: 禁用) [0 - 6]

写入

然后到轴状态 1~4 里面去查看数值变化: <常数设定>→【6 输出输入信号】→【3 输出信号分配】→【1 基本输出信号】→ 下翻找到<轴状态 1>~<轴状态 4> (12 位二进制数表示)

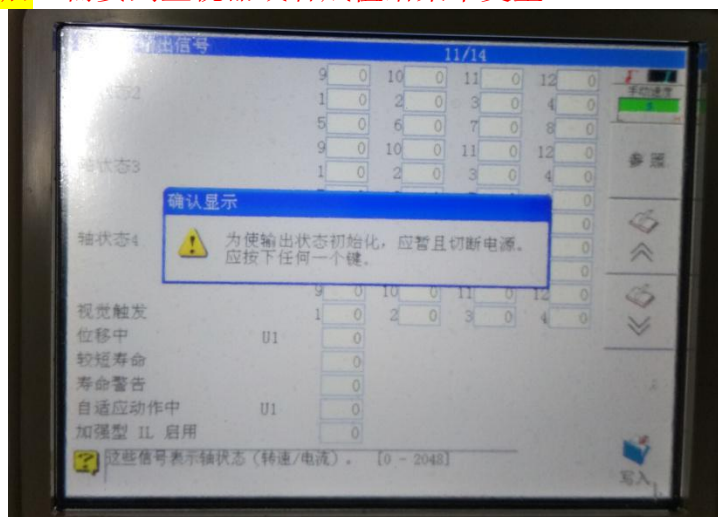
基本输出信号 10/14

视觉外部触发器	0
有视觉预约	0
视觉缓冲区已满	0
视觉缓冲区警告	0
超出视觉传送带限位	0
机器人风扇停止	0
Driveunit fan stop	0
自动备份失败	0
暂停有效	U1 1 0 2 0 3 0 4 0
输出暂停I	U1 1 0 2 0 3 0 4 0
CPU风扇警告	0
CPU热警告	0
G-STOP	0
G-STOP 中	0
轴状态1	1 0 2 0 3 0 4 0
	5 0 6 0 7 0 8 0

该信号表示视觉传感器现在为外部触发器模式。 [0-2048]

写入

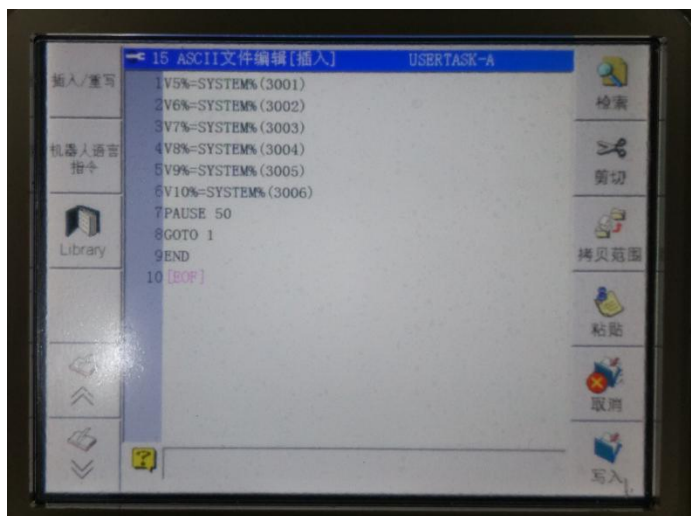
注意: 但是实际操作时却看不到轴状态 1~4 的任何变化, 猜想应该是先写入之后还需要到监视器或者赋值给某个变量。



(2) 使用用户任务程序通过系统函数来获取各关节的电流值

<维修> → 【15 ASCII 文件编制】 → 进入内部存储器中，选择一个未使用的用户程序（USERTASK-A.077），按 Enable + 编辑键进行编辑，程序如下：

```
V5%=SYSTEM%(3001)
V6%=SYSTEM%(3002)
V7%=SYSTEM%(3003)
V8%=SYSTEM%(3004)
V9%=SYSTEM%(3005)
V10%=SYSTEM%(3006)
PAUSE 50
GOTO 1
END
```



注意：编辑完程序之后，要进行写入，之后选择可行，若是出现不能执行可行操作的时候，就说明已经有用户程序在运行了，则需要将已运行的用户任务程序关闭，然后再执行可行操作。

然后打开监视器，首先在用户任务监视器中将 77 号用户程序打开，接着用另一个监视器来监视整型变量，可以看到 V5% ~ V10% 输出的电流变化，如下图所示：



关节电机转矩的监测和获取：

(1) 用示教器监测

<监视器 2> → **【60 转矩监视器】**，之后便可以看到各个关节的输出转矩（通过计算得来，并没有在关节处加转矩传感器），并且该值是实时刷新的，更新周期为 100ms，显示的转矩输出如下图所示：



(2) 使用**用户任务**程序通过**系统函数**来获取