

实验 1 六轴工业机器人基本原理

1.1 实验目的

通过本章学习，能够了解机器人系统、控制柜，掌握示教盒的操作，准确识别示教盒上的按键/按钮，清楚每个按键/按钮的特定功能，并能根据要求进行安全操作。明确机器人安全操作规程。

1.2 实验内容

- (1) 机器人系统
- (2) 控制柜
- (3) 工业机器人的示教盒
- (4) 工业机器人的操作界面

1.3 实验设备

机器人本体、控制柜、示教盒

1.4 实验方法（参考通用手册）

1.4.1 机器人系统

新松机器人系统主要包括：机器人本体、控制柜、编程示教盒三部分。配件有控制柜与机械本体的电缆连线，包括：码盘电缆、动力电缆，还有为整个系统供电的电源电缆、变压器。机器人本体上一般有 6 个轴，6 个轴都是旋转轴。（图 1）



图 1 机器人系统构成图

1.4.2 控制柜

新松机器人控制柜前面板上有控制柜电源开关、门锁以及各按钮/指示灯，示教盒悬挂在按钮下方的挂钩上，控制柜底部是互联电缆接口。（图 2）

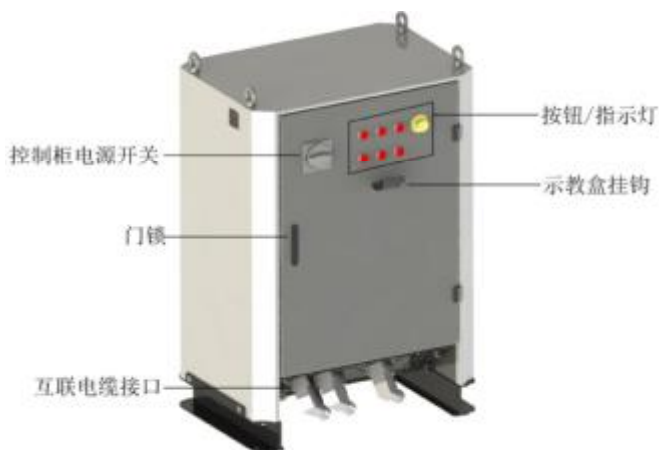


图 2 控制柜

控制柜上的按钮/指示灯包括：控制电源开关、电源、故障、机械手上电、启动/运行、暂停、本地/远程、急停。



图 3 控制柜按钮/指示灯

1.4.3 示教盒

示教盒是一个人机交互设备。通过它操作者可以操作机器人运动、完成示教编程、实现对系统的设定、故障诊断等。



图 4 示教盒外观

示教盒按钮、按键功能说明以及显示屏界面布局详见操作手册 p19—p22。

按键	说明
急停 	按下此键，伺服电源切断，屏幕上显示急停信息。
Servo on 	伺服上电。示教模式下仍需配合 3 档使能开关才能操作机器人。
deadman (3 档使能开关) 	电机上电。在示教盒背面，当轻轻按下时电源接通，用力按下时或者完全松开时电源切断。

图 5 示教盒按键/按钮功能

1.4.4 显示屏界面布局

编程示教盒的显示屏的大小为 12 行×40 列。显示屏分为状态提示行（第 1 行），数据信息区（第 2-8 行），语句提示行（第 9 行），参数输入行（第 10 行），信息提示行（第 11 行）和软键提示行（第 12 行）。



图 6 界面布局

- (1) 状态提示行包括：模式、作业名、轴组、伺服上电、使能、运动类型、机器人程序状态。
- (2) 数据信息区显示作业内容、参数设置、IO 状态等信息。
- (3) 语句提示行：在指令记录的时候，该行显示将被记录的指令。不记录指令的时候，该行不显示任何内容。
- (4) 参数输入行：在指令记录或参数修改的时候，参数的输入在参数输入行上完成。其它时候该行不显示任何内容。
- (5) 信息提示行：错误信息、提示信息在信息提示行显示。
- (6) 软键提示行：该行显示当前可选择的菜单，每页最多显示 5 个菜单，用快捷功能键选择相应菜单。

1.4.5 菜单构成

示教模式下菜单如图 7，执行模式下菜单如图 8。

实验 2 六轴工业机器人坐标系

2.1 实验目的

为了确定机器人的位置和姿态，需明确机器人的 4 大坐标系：关节坐标系、直角坐标系、工具坐标系、用户坐标系。

2.2 实验内容

坐标系的认识与标定。

基于不同坐标系下的运动操作。

2.3 实验方法

在示教模式下，手动移动机器人时轴的运动与当前选择的坐标系有关。新松机器人支持 4 种坐标系：关节坐标系、直角坐标系、工具坐标系、用户坐标系。

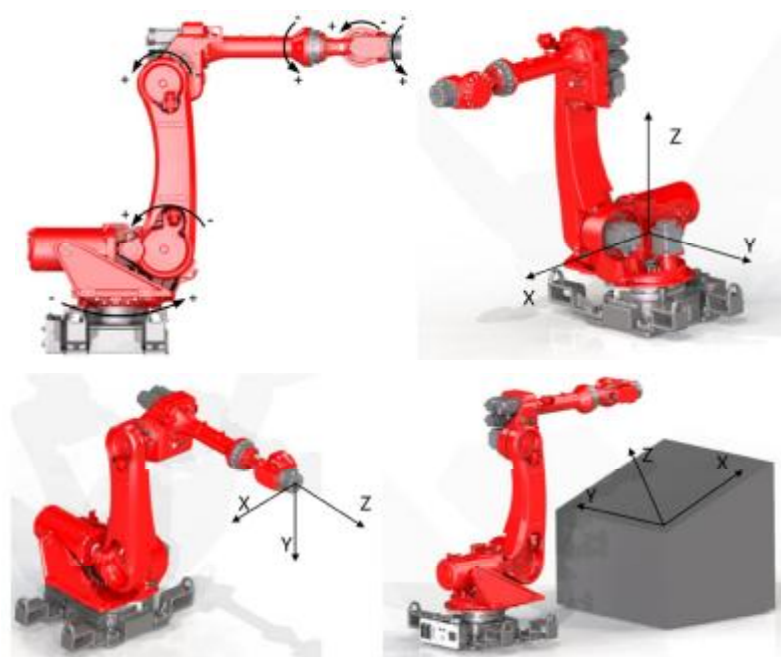


图 1 机器人坐标系

机器人缺省的运动坐标为关节坐标。按下示教盒上的【坐标】键，每按一次该键，机器人运动的坐标系按如下顺序切换：



图 2 坐标系的切换

(1) 关节坐标系下，机器人各轴进行单独动作。

(2) 直角坐标系的方向规定：**X** 轴方向向前，**Z** 轴方向向上，**Y** 轴按右手定则确定。在直角坐标系中，机器人的运动指机器人控制中心点的运动，机器人的控制中心点沿设定的 **X**、**Y**、**Z** 方向运行。

(3) 工具坐标系定义在工具上，由用户自己定义，原点位于机器人手腕法兰盘的夹具上，一般将工具的有效方向定义为工具坐标系的 **Z** 轴方向，**X** 轴、**Y** 轴方向按右手定则定义。

——“五点法”工具坐标系的末端姿态标定 (p34)

——工具坐标系的姿态标定 (p35)

——工具坐标系的设定 (p37)



图 2 工具坐标系设定示意图

(4) 用户坐标系定义在工件上，由用户自己定义，原点位于机器人抓取的工件上，坐标系的方向根据客户需要任意定义。

——“三点法”用户坐标系的标定

2.4 实验任务

- (1) 利用示教器在直角坐标系与关节坐标系运动六轴机器人。
- (2) 标定工具坐标系。
- (3) 标定用户坐标系。

实验 3 六轴工业机器人运动规划与轨迹控制

3.1 实验目的

通过本章学习，学会机器人的操作，掌握机器人轨迹、位置控制和编程的方法。

3.2 运动指令

通常运动指令记录了位置数据、运动类型和运动速度。如果在示教期间，不设定运动类型和运动速度，则默认使用上一次的设定值。

位置数据记录的是机器人当前的位置信息，记录运动指令的同时，记录位置信息。

运动类型指定了在执行时示教点之间的运动轨迹。机器人一般支持 3 种运动类型：关节运动（MOVJ）、直线运动（MOVL）、圆弧运动（MOV C）。

运动速度指机器人以何种速度执行在示教点之间的运动。

机器人默认的运动速度为低速。按下示教盒上的【速度+】键，每按一次该键，机器人运动的速度按如下顺序切换：



图 1 速度切换

按下示教盒上的【速度-】键，每按一次该键，机器人运动的速度按上面的相反顺序切换。

（1）关节运动类型

当机器人不需要以指定路径运动到当前示教点时，采用关节运动类型。关节运动类型对应的运动指令为 MOVJ。一般说来，为安全起

见，程序起始点使用关节运动类型。

关节运动类型的特点是速度最快、路径不可知，因此，一般此运动类型运用在空间点上，并且在自动运行程序之前，必须低速检查一遍，观察机器人实际运动轨迹是否与周围设备有干涉。

(2) 直线运动类型

当机器人需要通过直线路径运动到当前示教点时，采用直线运动类型。直线运动类型对应的运动指令为 **MOVL**。直线运动的起始点是前一运动指令的示教点，结束点是当前指令的示教点。对于直线运动，在运动过程中，机器人运动控制点走直线，夹具姿态自动改变如下图所示：

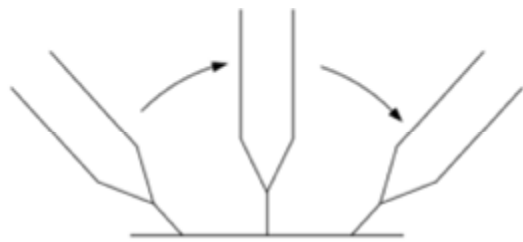
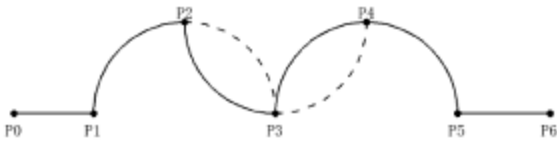
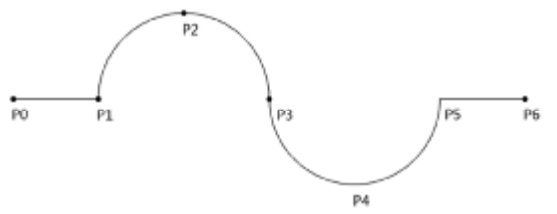


图 2 直线运动

(3) 圆弧运动类型

当机器人需要以圆弧路径运动到当前示教点时，采用圆弧运动类型。圆弧运动类型对应的运动指令为 **MOVC**。

圆弧运动类型	示意图	指令举例
单个圆弧		NOP MOVJ VJ=10 MOVJ VJ=10 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVJ VJ=10 MOVJ VJ=10 END

连续多个圆弧		<pre> NOP MOVJ VJ=10 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVL VL=100 END </pre>
有间隔点的连续 多个圆弧运动		<pre> NOP MOVJ VJ=10 MOVL VL=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVJ VJ=10 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVC VC=100 MOVL VL=100 END </pre>

3.3 记录运动点

每当示教一个位置点，就要记录一条运动指令，有两种示教方法，即记录位置点和插入位置点。记录位置点就是一步一步按顺序示教位置点，如图 3 所示。插入位置点就是新的位置点在已有的位置点之间，如图 4 所示。



图 3 记录位置点

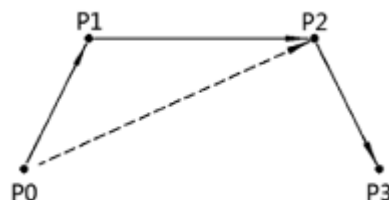


图 4 插入位置点

两种示教方法区别在于光标所在的位置，如果光标在最后一行，则直接记录位置点；如果光标在程序的中间行，则需要插入位置点。记录位置点和插入位置点的基本操作是相同的，只是在记录指令时，

插入位置点需要按【插入】键。

3.4 指令

指令包括：运算类指令、计算类指令、运动类指令、IO 类、控制类 1、控制类 2。详见通用手册第 9 章。

3.5 作业编辑

详见通用手册第 4 章

3.6 作业自动执行

详见通用手册第 5 章

3.7 实验任务

编写作业，完成以 10mm/s 的速度实现在空间画圆。