

# 教 案

2025-2026 学年第二学期

课程名称 工业机器人编程与操作

专业班级 机电一体化技术 241、241(3+)

总学时数 64 学时

任课教师 徐其航、吴佳楷

## 课程基本信息

<b>课程名称</b>	工业机器人编程与操作			
<b>课程性质</b>	专业必修	<b>学分</b>	4	
<b>学 时</b>	总学时： 64 学时      其中：课堂讲授 10 学时；      课内实验 54 学时			
<b>开课部门</b>	机电工程系	<b>任课教师</b>	吴佳楷、徐其航	
<b>授课专业、班级</b>	机电一体化技术 241、241 (3+)	<b>开课学期</b>	2025-2026 第二学期	
<b>成绩评定</b>	平时成绩占 <u>50</u> %；期末成绩占 <u>50</u> %		<b>考核方式</b>	考查
<b>选用教材</b>	书      名	主 编	出版社	出版日期
	工业机器人编程与操作	许志才	西北工业大学出版社	2023. 1
<b>本课程在本专业人才培养方案中的地位和作用</b>	<p>《工业机器人编程与操作》课程的开设符合企业对工业机器人技术人才的需求。随着工业 4.0 和智能制造的快速发展，工业机器人在生产线上的应用越来越广泛，对具备工业机器人编程与操作技能的人才的需求也日益增加。通过学习《工业机器人编程与操作》课程，学生能够具备从事工业机器人应用系统的编程、调试、运行、维护、销售及技术服务等工作的能力，满足企业对高素质技术技能人才的需求。</p>			
<b>本课程教学目标</b>	<p>通过学习，全面提高学生的理论素养和实践能力，使其具备从事工业机器人编程与操作工作的基本能力和素质，为未来的职业发展打下坚实的基础。</p>			
<b>素质（思政）内容与要求</b>	<p>将思政元素融入《工业机器人编程与操作》课程，旨在培养学生的爱国情怀、科学精神、辩证思维以及社会责任感。</p> <p>一、结合我国的发展历程，讲述工业机器人在我国工业现代化过程中的重要地位，激发学生的爱国情怀；</p>			

	<p>二、结合“中国制造 2025”“智能制造”等政策，增强学生对产业升级的使命感。</p> <p>三、强调核心技术自主可控，鼓励突破“卡脖子”技术（如国产工业机器人操作系统研发）。</p>
<b>学生用主要参考资料</b>	许志才，工业机器人编程与操作，西北工业大学出版社，2023

# 第一章 认识广数工业机器人（10 学时）

## 学习目标：

- 1、认识机器人与机器人分类；
- 2、掌握工业机器人的工作原理、组成、功能；
- 3、工业机器人的工作原理、组成、功能。

## 素质（思政）内容与要求：

责任意识：强调安全操作的重要性，遵守工业机器人操作规范，保障人身和设备安全（如《安全生产法》相关要求）。

## 学习重点与难点：

- 1、机器人的结构组成及各结构的作用；
- 2、工业机器人的工作原理—示教
- 3、掌握不同坐标系的转换，及在不同坐标系下对机器人进行操作

## 第一节 广数工业机器人介绍（4 学时）

### 素质（思政）内容与要求：

技术伦理：引导学生思考工业机器人替代人工的伦理问题（如就业影响、技术公平性）。

### 学习重点与难点：

- 1、机器人的结构组成及各结构的作用；
- 2、工业机器人的工作原理—示教

**教学方法：**问答法、讲授法、情景再现法

**学时数：**4 学时

### 教学内容设计：

- 1、通过观看几组机器工作视频，判断哪个属于机器人？他们又分别具有什么样的特征？引导学生探索工业机器人的定义。
- 2、开始讲授工业机器人的定义：

#### 一、工业机器人

机器人是典型的机电一体化装置，它不是机械、电子的简单组合，而是有机械、电子、控制、检测、通信和计算机的有机融合。

国际定义：工业机器人是一种具有自动控制的操作和移动功能，能完成各种作业的可编程操作机”

美国定义：一种可以反复编程和多功能的，用来搬运材料，零件，工具的操作机；或者为了执行不同的任务而具有可改变的和可编程的动作的专门系统。

我国定义：机器人是一种自动化的机器，所不同的是这种机器具备一些与人或动物相似的智能能力，如感知能力、规划能力、动作能力和协同能力。是一种具有高度灵活性的自动化机器。（重点：具有人或生物的某些功能，由程序控制）

#### 机器人特性：

- 1、类人性：具有类似人或者其他生物体某些器官的功能
- 2、通用性：工作种类多样，动作程序灵活易变
- 3、智能性：其智能程序不同，如记忆、感知、推理、决策、学习等。

4、独立性：完整的机器人系统中可以不依赖于人的干预。

(1) 1940 年科幻作家阿西莫夫提出了“机器人学三原则”：

- 1) 机器人不得伤害人类或由于故障而使人遭受不幸。
- 2) 机器人应执行人们下达的命令，除非这些命令与第一原则相矛盾
- 3) 机器人应能保护自己的生存，只要这种保护行为不与第一或第二原则相矛盾。

(2) 发展（以扫地机器人为例）

现在广泛应用的工业机器人属于第一代机器人，基本工作原理是 示教 再现。第二代（感知机器人，可感知周围的环境），第三代（智能机器人：具有记忆、推理、决策的能力）

机器人未来的发展方向：（1）智能化（2）微型化（3）仿生化（工具型机器人与类人型机器人研究逐渐冷落（娱乐向居多），动物形态仿生机器人的研究不断取得进展）

二、广州数控（广数）工业机器人

这台机器人不是说只是一个用在校园学习的简化版，而是已经真正投入到工业生产线上，应用于搬运，切割，弧焊等领域。以后如果从事工业机器人相关的岗位，就需要掌握操作机器人的技能。那各个公司的机器人操作原理其实是差不多，基本相同。

所以我们前几周，先学习这一台机器人，掌握操作的基本技能后。会到 3 楼那间实验室，学习巨轮公司的机器人。

机器人的主要参数：自由度、分辨率、精度、重复定位精度、工作范围、承载能力及最大速度

3、安全问题（书本 1-4 页）

- (1) 人安全
- (2) 设备安全

4、机器人的构造（书本 8-10）

三、广数机器人的构造：

(1) 机器人本体。

采用的是关节型结构，类似人的肢体的仿生结构。由伺服电机及减速机构组成，各关节有一个关节坐标系。

工作原理：示教再现：

机械臂各关节变量空间和末端执行器的位置和姿态之间的关系，这就是机器人运动学模型。起点位姿到终点位姿，叫路径。轨迹规划的任务是用一种函数来内插或逼近给定的路径。

- (2) 电气控制柜（主机、io 单元，保护模块，电源模块）
- (3) 示教盒（人机交互界面）
- (4) 末端执行器

四、找一位同学参与表演，释放示教的过程，从而让学生更好的理解工业机器人的工作原理，工作原理：示教—再现

进而描述工业机器人进行单个搬运的运动轨迹，如下图所示：

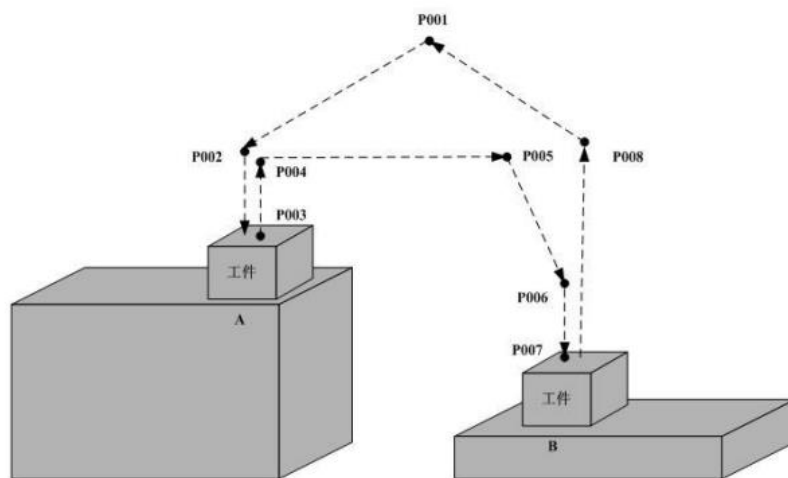


图 4-51 机器人轨迹图示

## 第二节 机器人坐标系与运动指令（4 学时）

**素质（思政）内容与要求：**

在实训中模拟企业生产场景，要求学生遵守“6S 管理”（整理、整顿、清洁、规范、素养、安全）。

**学习重点与难点：**

- 1、机器人的关节坐标系 J，工具坐标系 T
- 2、运动指令 MOVJ,MOVL

**教学方法：**问答法、讲授法、情景再现法

**学时数：**4 学时

**教学内容设计：**

1、坐标系

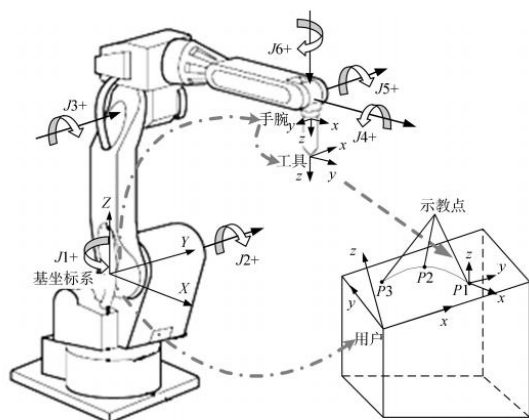


图 3-1 机器人的坐标系

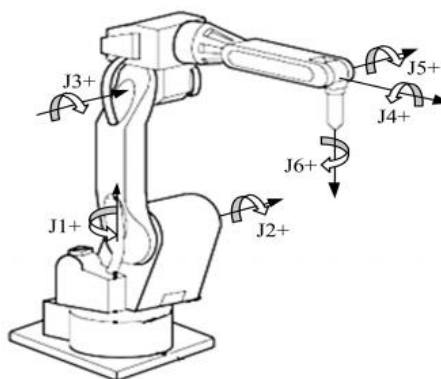


图 3-2 关节坐标系

2、运动指令

(1) MOVJ 指令 P79

功能:以点到点(P T P)方式移动到指定位姿。机器人在未规定采用何种轨迹运动时,使用关节插补。出于安全考虑,程序的第一个运动点应采用关节插补。

格式:MOVJ 位姿变量名, V<速度>, Z<精度>

### (2) MOVL 指令 P80

功能:以直线插补方式移动到指定位姿。

格式:MOVL 位姿变量名, V<速度>, Z<精度>

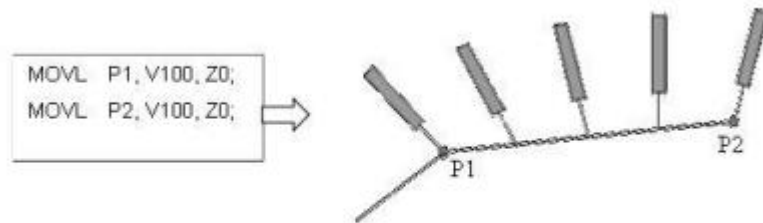


图 5-2 直线插补运动轨迹

### (3) MOVC 指令 P81

功能:以圆弧插补方式移动到指定位姿。

格式:MOVC 位姿变量名, V<速度>, Z<精度>

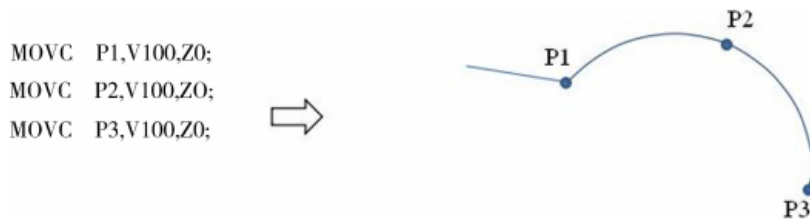


图 5-4 圆弧轨迹

## 实训一 认识广数工业机器人与操作机械臂 (2 学时)

### 实验目的

- 1、了解广数工业机器人的结构组成;
- 2、初步认识机器人示教盒,能用示教盒操作机械臂移动到目标位置

### 素质(思政)内容与要求:

在编程教学中加入典型案例(如因操作失误导致的安全事故),强化责任意识。

### 安全注意事项

机械安全与自身安全,两方面都要注意,请认真阅读课本 1-4 页机器人操作安全注意事项:

以下是平时操作时需要特别注意的点:

- 1、不要强制地扳动机器人各轴;
- 2、不要依靠在控制柜;随意按按钮;
- 3、用完机器人,需要将机械臂归为原位,示教盒放回原处;
- 4、进行以下作业时,请**确认机器人的动作范围内没人,并且操作者处于安全位置操作;**
- 5、在点动操作机器人时要**采用较低的倍率、速度**以增加对机器人的控制机会;
- 6、在按下示教盒上的**点动键之前要考虑到机器人的运动趋势;**

(特别特别特别强调：在实验室不要触碰实验室内其他设备)

### 课堂实训

#### 1、示教盒操作练习

(1) 学会“坐标系切换”，“速度调节”，如图所示，更多内容见课本第二章；

(2) 在关节坐标系下，操作机械臂完成指导老师要求的目标位姿。由指导老师签名表示通过测试。

(3) 在工具坐标系下，操作机械臂完成指导老师要求的目标位姿。由指导老师签名表示通过测试。

### 课后作业

通过阅读课本与上课的内容，小组讨论回答下列问题

1、机器人由哪些结构组成，各结构有何作用？

2、在操作机器人时，为何需要将速度倍率调低，速度过快有何影响？

3、在关节坐标系、工具坐标系下操作机械臂完成位姿动作，各有什么优缺点，谈谈你的见解？

## 第二章 广数工业机器人—单个搬运（12学时）

### 学习目标：

- 1、了解广数机器人的概况
- 2、掌握广数机器人的编程及其操作方式
- 3、掌握机器人的编程特点
- 4、能够使用广数机器人完成搬运工作案例

### 素质（思政）内容与要求：

安全意识：在操作广数工业机器人进行单个搬运时，教导学生树立严格的安全观念，如严格遵守操作规程，避免因误操作导致设备损坏、人员伤亡等事故，让学生明白安全是工业生产的基石。

### 学习重点与难点：

- 1、单个材料搬运的原理及运动轨迹
- 2、学会使用延时指令跟等待指令，对机器人的运作进行保护
- 3、学会调试机器人的程序，出现问题懂得如何修改，完成调速后对机器人进行再现

### 教学方法：讲授法，实操演示法

学时数：12 学时

### 教学内容设计：

## (1) 单个材料搬运原理与程序代码讲解

### 1、单个搬运的原理与步骤 P79—99

示教—再现的步骤

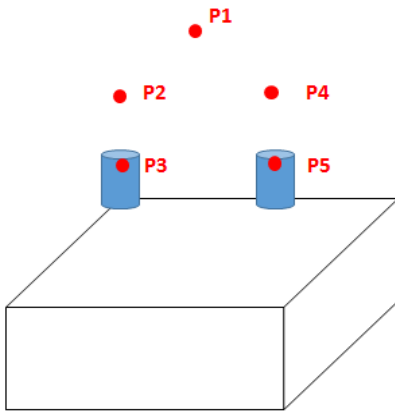
(1) 理论分析：分析路径，画图描点

(路径是否合理，定点的数目)

(2) 手动示教：新建程序 — 定点 + 运动指令 — 调试

(3) 再现：自动完成编程的步骤

### 2、单个搬运的“路径与描点”



### 3、启动夹与输出指令说明

DOUT OT8 (夹紧信号)

DOUT OT9 (松开信号)

### 4、整个程序

```
MAIN;  
DOUT OT8, OFF;  
DOUT OT9, ON;  
MOVJ P1, V20, Z0;  
MOVJ P2, V20, Z0;  
MOVL P3, V100, Z0;  
DOUT OT8, ON;  
DOUT OT9, OFF;  
MOVL P2, V100, Z0;  
MOVJ P4, V20, Z0;  
MOVL P5, V100, Z0;  
DOUT OT8, OFF;  
DOUT OT9, ON;  
MOVL P4, V100, Z0;  
MOVJ P1, V20, Z0;  
END;
```

## 实训二 示教盒编程与动作指令

实验目的:

- 1、熟练操作机器人示教盒，能用示教盒新建程序，完成定点与指令编写；
- 2、掌握机器人示教的原理，学会画运动图，指令编程；
- 3、掌握移动指令 MOVJ, MOVL, MOVC 的区别。

素质（思政）内容与要求:

工匠精神：培养学生对搬运工作的精益求精态度，例如精确设置机器人的搬运路径、速度、抓取力度等参数，使搬运工作达到高效、稳定、精准的要求，追求每一次搬运任务的高质量完成。**实验重点与难点**：示教器操作使用

教学方法：实操演示

由学生变成操作，完成单个搬运，并完成实验报告，作为作业：

学时数：4 学时

操作步骤:

### 1、新建程序步骤（课本 P46）

(1) 按 [TAB] 键和左、右方向键，将光标切换到{程序管理}菜单上，按[选择]键会显示新建程序、程序一览子和外部存储菜单，如图 4-1 所示；

(2) 通过按上、下方向键选择{新建程序}，按[选择]键进入新建程序界面，如图 4-2 所示；

(3) 给程序命名，按[TAB] 键切换光标到按钮【新建】上，按[选择]键完成文件名的新建。



图 4-1 [主页面] 菜单



图 4-2 新建程序界面

### 2、指令操作（课本 P55）

【添加】、【修改】、【删除】、【复制】、【剪切】都学一学，自己看书熟练下；

### 3、运动指令（课本 P79）

(1) **MOJ 指令**：功能:以点到点（PTP）方式移动到指定位姿；

移动时，机器人从起始位姿到结束位姿的整个运动过程中，各关节移动的行程相对于总行程

的比例是相等的：

(2) **MOL 指令**：以直线插补方式移动到指定位姿；

(3) **MOC 指令**：以圆弧插补方式移动到指定位姿；

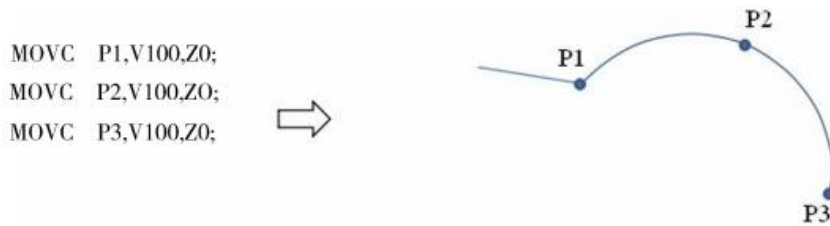


图 3（2） 圆弧插补运动轨迹

### 三、课堂实训

1、新建程序，学会插入运动指令，用 MOVJ 指令， MOVL 指令，完成两点间的运动。感受两者的不同。

2、用 MOVJ, MOVL, MOVL 指令，让机械臂完成画爱心的动作。

### 四、课后复习

通过阅读课本与上课的内容，小组讨论回答下列问题

1、通过对 MOVJ, MOVL, MOVL 指令的学习，三种指令分别在哪些情况下可以用到，举例进行说明？

2、画出机械臂完成画爱心的动作步骤图，并标点，并写出程序指令代码。

## 实训三 单个材料搬运

### 实验目的

- 1、熟练掌握机器人单个材料搬运的方法与编程；
- 2、掌握输出指令、等待指令的使用；

### 素质（思政）内容与要求：

创新意识：鼓励学生思考如何对机器人的搬运方式、程序等进行优化创新，以提高生产效率、降低成本等，适应不断发展的工业生产需求。

### 实验重点与难点：

- 1、单个材料搬运的示教过程
- 2、运动指令、输出指令、等待指令的使用

### 教学方法：实操演示

由学生变成操作，完成单个搬运，并完成实验报告，作为作业：

学时数：8 学时

### 教学设计：

## (1) 先进行基础理论

### 1、气动夹控制与输出指令

本台机器人使用的末端执行器为气动手指。气动手指又名气动夹爪或气动夹指，是利用压缩空气作为动力，用来夹取或抓取工件的执行装置。由两个输出信号对气动夹进行控制：

**OT8：夹紧信号**

**OT9：松开信号**

若想让气动夹**夹紧**，则“打开夹紧信号，关闭松开信号”，指令如下：

**DOUT OT8, ON ;**

**DOUT OT9, OFF;**

若想让气动夹**松开**，则“关闭夹紧信号，打开松开信号”，指令如下：

**DOUT OT8, OFF ;**

**DOUT OT9, ON ;**

### 2、等待指令与延时指令（课本 P85）

看书理解，并回答课后题

### 3、单个材料搬运步骤

(1) 画出轨迹路线与位姿点

—> (2) 写出执行步骤与指令程序

—> (3) 示教器操作与编程，调试改进

—> (4) 程序再现

**(完成课后题第二题后，再开始进行示教器操作)**

## 二、课堂实训

完成单个材料搬运，**要求每位同学**都要完成该任务，并由指导老师签名。

## 三、课后练习

通过阅读课本与上课的内容，小组讨论回答下列问题

1、延时指令与等待指令有何区别，有什么作用；

## 第三章 广数工业机器人—堆叠材料搬运（6学时）

学习目标：

1、掌握工业机器人循环指令、平移指令的使用

2、能够使用广数机器人完成搬运工作案例

素质（思政）内容与要求：

团队协作精神：虽然是单个机器人搬运，但在整个生产系统中，它与其他环节（如物料准备、后续加工等）紧密相连。教导学生要有团队协作意识，理解自己的工作在整个生产流程中

的作用，与团队成员相互配合。

### 学习重点与难点：

- 1、循环指令、判断指令、平移指令的使用
- 2、堆叠材料搬运的原理，及对应的程序编写
- 3、程序调试与再现

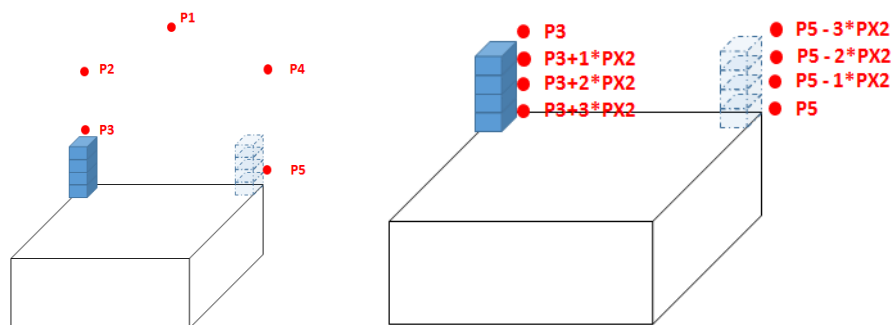
教学学时：6 学时

教学方法：讲授法，讨论分析法，实操演示法

### 教学内容设计：

#### 第一节 堆叠材料搬运原理与程序代码

##### 1、单个搬运的“路径与描点”



##### 2、重点原理说明

循环多次：需要学一个循环结构

有个数： 需要有变量来进行计数，已经数值运算

有平移： 定义平移量，平移量计算

注意：实数 R0， 位姿量 PX0, PX1 ,PX2 均为全局变量，可以对数值进行查看与设置。

（编程前，需要先根据物件的高度，设置平移量 PX2 的参数）

##### 4、整个程序

```

MAIN ;
//初始化
SET R0, 0; //设置一个实数 R0，用于保存搬运几次
PX0 = PX0 - PX0; //PX0 为点 P3 的平移量，刚开始平移量为 0
PX1 = PX1 - PX1; //PX1 为点 P5 的平移量，刚开始平移量为 0
DOUT OT8, OFF;
DOUT OT9, ON; // 确保一开始松开夹子
//搬运程序
LAB0; //循环起始点
MOVJ P1, V20, Z0;
MOVJ P2, V20, Z0;
MOVL P3, V100, Z0; SHIFTON PX0;
MOVJ P3, V100, Z0; //P3 点位置偏移 PX0
SHIFTONOFF;
PX0 = PX0 + PX2; //PX0 叠加平移量
DOUT OT8, ON;
DOUT OT9, OFF;
MOVJ P2, V100, Z0;
MOVJ P4, V20, Z0;
MOVL P5, V100, Z0; SHIFTON PX1;
MOVJ P5, V100, Z0; //P5 点位置偏移 PX1
SHIFTONOFF;
PX1 = PX1 - PX2; //PX1 叠加平移量
DOUT OT8, OFF;
DOUT OT9, ON;
MOVJ P4, V100, Z0;
MOVJ P1, V20, Z0;
INC R0; //搬运完成次数 R0 计数+1
JUMP LAB0, IF R0 < 2; //修改数值可改变循环次数
END ;

```

## 第四章 巨轮流水线机器人（8 学时）

学习目标：

- 1、认识巨轮视觉检查机器人的基本构造
- 2、能够熟练掌握巨轮机器人示教器的操作
- 3、掌握在各种坐标系下移动机械臂，并完成示教点定位

素质（思政）内容与要求：

环保理念：引导学生认识到工业生产中的环保重要性，在搬运过程中，考虑如何减少能源消耗、降低废弃物产生等，树立绿色制造的意识。

学习重点与难点：

- 1、完成巨轮机器人的单个材料搬运
- 2、学会使用延时指令跟等待指令，对机器人的运作进行保护
- 3、学会调试机器人的程序，出现问题懂得如何修改，完成调速后对机器人进行再现

教学学时：8 学时

教学方法：讲授法，实操演示法

教学内容：

“快速入门”的资料：

## 第七章 快速操作入门

### 7.1 坐标系的选择

在示教模式下，选择机器人运动坐标系：

按手持操作示教器上的【坐标系】键，每按一次此键，坐标系按以下顺序变化，通过状态区的显示来确认。

关节→机器人→工具→世界→用户1→用户2

### 7.2 手动速度调整

示教模式下，选择机器人运动速度：

按手持操作示教器上【高速】键或【低速】键，每按一次，手动速度按以下顺序变化，通过状态区的速度显示来确认。

- 按手动速度【高速】键，每按一次，手动速度按以下顺序变化：  
微动1%→微动2%→低5%→低10%→中25%→中50%→高75%→高100%
- 按手动速度【低速】键，每按一次，手动速度按以下顺序变化：  
高100%→高75%→中50%→中25%→低10%→低5%→微动2%→微动1%

#### 7.3.1 接通主电源

- 把电控柜前门上部控制面板上的主电源开关扳转到接通 (ON) 的位置，此时主电源接通。
- 按下电控柜面板上的绿色伺服启动按钮。



### 7.3.2 接通伺服电源

示教模式和回放模式、远程模式的伺服电源接通步骤是不一样的。

- 示教模式下：

按下手持操作示教器上的【伺服准备】键，轻握手持操作示教器背面的【三段开关】，这时手持操作示教器上的【伺服准备】指示灯亮起，表示伺服电源接通。

- 回放和远程模式下：

按下手持操作示教器上的【伺服准备】键，这时手持操作示教器上的【伺服准备】指示灯亮起，表示伺服电源接通。

## 7.5 轴操作

示教模式下，按下轴操作键，机器人各轴可移动至所希望的位置，各轴的运动根据所选坐标系而变化。

各轴只在按住轴操作键时运动。

伺服电源接通后（按下【伺服准备】键后，握住【三段开关】，此时伺服指示灯常亮），通过按手持操作示教器上的每个轴操作键，使机器人的每个轴产生所需的动作。下图表明了每个轴在关节坐标系下的动作示意。

请操作机器人前注意关节运动速度状态，通过高低速按键调节至适当速度。



## 第五章 巨轮流水线机器人— 传感器判断与循环（18 学时）

学习目标：

- 1、掌握使用巨轮机器人完成单个材料搬运任务
- 2、掌握传感器技术，并完成判断与循环

素质（思政）内容与要求：

巨轮流水线机器人传感器判断与循环系统的技术原理；如何从技术原理中提炼思政教育内容，如科技创新精神、责任意识、团队合作等。

学习重点与难点：

- 1、各种传感器的原理与使用
- 2、利用传感器完成流水线的拆垛码垛子程序

3、学会使用流水线，完成整个流水线任务

## 5.1 传感器介绍与使用

### 素质（思政）内容与要求：

强调传感器在各领域的关键作用，像在医疗设备中，传感器数据的准确性关乎患者生命健康；在航空航天领域，影响着飞行安全。通过这些案例，让学习者明白在使用传感器时，严谨操作、精确校准的重要性，培养其对工作高度负责的态度，杜绝因疏忽导致的严重后果。

### 教学重点难点：

- （1）常见传感器的类型与原理
- （2）如何使用传感器

**教学方法：**讲授法，问答法

**教学学时：**2 学时

### 教学内容设计：

#### 一、机器人与传感器

##### 1.人与机器人的感官

研究机器人，首先从模仿人开始，通过考察人的劳动我们发现，

- （1）人类是通过五种熟知的感官（视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉）接收外界信息的；
- （2）这些信息通过神经传递给大脑，大脑对这些分散的信息进行加工、综合；
- （3）之后发出行为指令，调动肌体（如手足等）执行某些动作。

如果希望机器人代替人类劳动，则发现

- （1）大脑可与当今的计算机相当，
- （2）肌体与机器人的机构本体（执行机构）相当，
- （3）五官可与机器人的各种外部传感器相当。

##### 2.机器人的感觉

（1）机器人是通过传感器得到感觉信息的。其中，传感器处于连接外界环境与机器人的接口位置，是机器人获取信息的窗口。

（2）要使机器人拥有智能，对环境变化做出反应，

首先，必须使机器人具有感知环境的能力，用传感器采集信息是机器人智能化的第一步；

其次，如何采取适当的方法，将多个传感器获取的环境信息加以综合处理，控制机器人进行智能作业，则是提高机器人智能程度的重要体现。

因此，传感器及其信息处理系统，是构成机器人智能的重要部分，它为机器人智能作业提供决策依据。

（1）触觉：作为视觉的补充，触觉能感知目标物体的表面性能和物理特性：柔软性、硬度、弹性、粗糙度和导热性等。

（2）力觉：机器人力传感器就安装部位来讲，可以分为关节力、腕力和指力传感器。

(3) 接近觉：研究它的目的是使机器人在移动或操作过程中获知目标（障碍）物的接近程度  
例如：移动机器人可以实现避障，操作机器人可避免手爪对目标物由于接近速度过快造成的冲击。

(4) 嗅觉：检测空气中的化学成分、浓度、等功能，采用气体传感器及射线传感器等。

(5) 味觉：对液体进行化学成分的分析。实现的味觉方法有 pH 计、化学分析器等。

(6) 听觉：具有接近人耳的功能，目前还相差很远；

(7) 视觉：是机器人中最重要的传感器之一，发展十分迅速。

其他传感器：如磁传感器、安全用传感器和电波传感器等。

## 二、传感器的分类

### 1、传感器定义：

传感器是一种以一定精度将被测量（如位移、力、加速度、温度等）转换为与之有确定对应关系、易于精确处理和测量的某种物理量（如电量）的测量部件或装置。

根据一般传感器在系统中所发挥的作用，完整的传感器应包括敏感元件、转换元件、信号调理电路三部分。

### 2、传感器分类

从安装上看，机器人的传感器可分为内部安装的和外部安装的：

内部传感器：是用来确定机器人在其自身坐标系内的姿态位置，如用来测量位移、速度、加速度和应力的通用型传感器。几乎所有的机器人都使用内部传感器，如为测量回转关节位置的编码器，和测量速度以控制其运动的测速计。

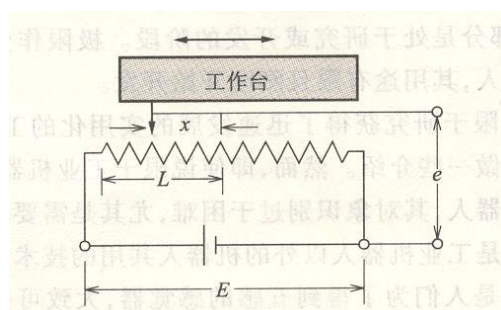
外部传感器：则用于机器人本身相对其周围环境的定位。外部传感机构的使用使机器人能以柔性方式与其环境互相作用。负责检验诸如距离、接近程度和接触程度之类的变量，便于机器人的引导及物体的识别和处理。

## 三、机器人的内部传感器

### 1、机器人的位置传感器

位置感觉是机器人最基本的感觉要求，它可以通过多种传感器来实现。

典型的位置传感器是电位计（电位差计或分压计）



在载有物体的工作台下面有同电阻接触的触头，当工作台在左右移动时接触触头也随之左右移动，从而移动了与电阻接触的位置。检测的是以电阻中心为基准位置的移动距离。

定输入电压为  $E$ ，最大移动距离（从电阻中心到一端的长度）为  $L$ ，在可动触头从中心

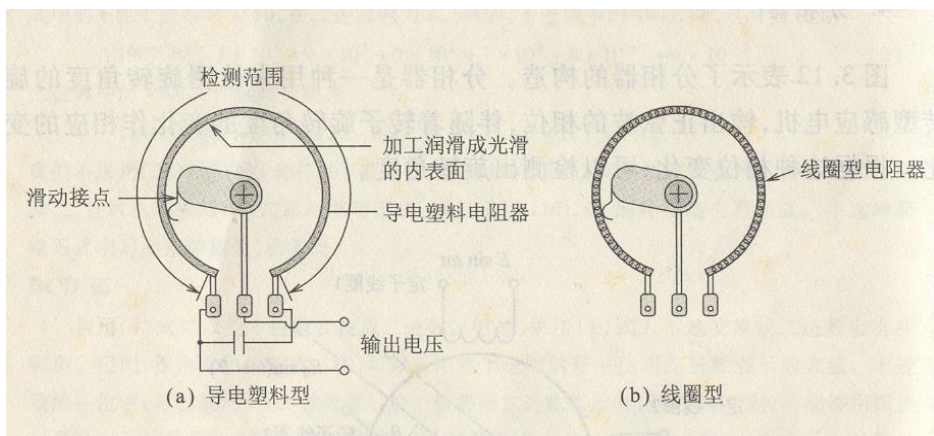
向左端只移动  $x$  的状态，假定电阻右侧的输出电压为  $e$ 。

$$(E - e)/e = (L - x)/(L + x)$$

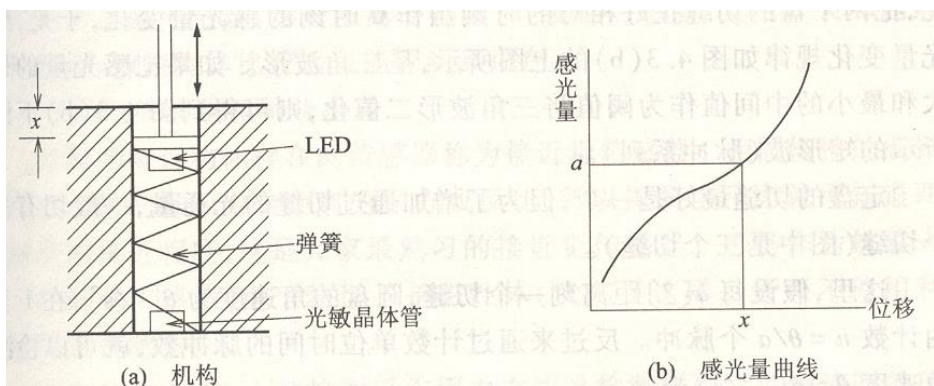
可得移动距离为

$$x = \frac{L(2e - E)}{E}$$

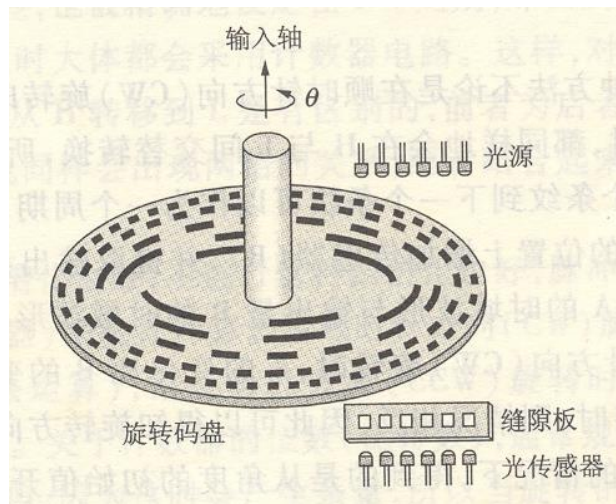
位置传感器（角度型）



位置传感器（光电位置传感器）



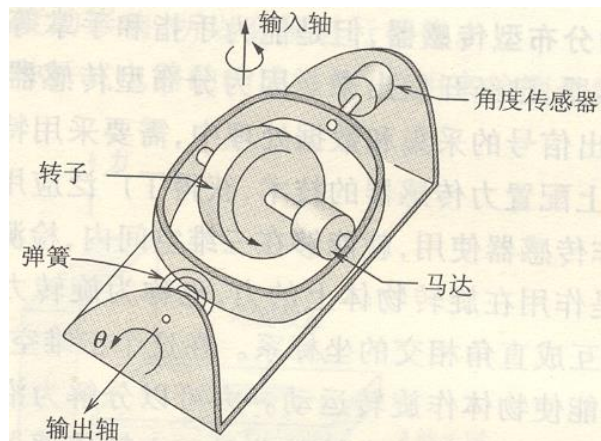
## 2、角度传感器（编码器）



### 3、姿态传感器（陀螺仪）

姿态传感器是用来检测机器人与地面相对关系的传感器。

当机器人被限制在工厂的地面时，没有必要安装这种传感器，如大部分工业机器人。但是当机器人脱离了限制，并且能够进行自由的移动，如移动机器人，安装姿态传感器就成为必要的了。



作业布置：

- (1) 常见的传感器有哪些，列举说明？
- (2) 你希望未来出现什么新的传感器，可以实现什么新功能？

## 5.2 机器人的控制系统

**素质（思政）内容与要求：**

在讲解机器人控制系统时，阐述从早期简单的编程控制到如今智能化、自适应控制的演变过程。列举我国科研团队在机器人控制系统领域的创新成果，如在工业机器人中实现高精度运动控制算法，突破国外技术封锁，展现创新对于国家科技进步和产业升级的重要性，激发学习

者的创新热情和民族自豪感。

### 教学重点难点：

- (1) 自动控制系统的原理
- (2) 自动控制原理在机器人控制系统的应用

教学方法：讲授法，问答法

教学学时：2 学时

### 教学内容设计：

#### 1、机器人控制系统概述

机器人的控制系统主要对机器人工作过程中的动作顺序、应到达的位置及姿态、路径轨迹及规划、动作时间间隔以及末端执行器施加在被作用物上的力和力矩等进行控制。

目前广泛使用的工业机器人中，控制机多为微型计算机，外部有控制柜封装。人一般采用示教-再现的工作方式。

机器人配有简单的内部传感器，用来感知运行速度、位置和姿态等，还可以配备简易的视觉、力传感器感知外部环境。

近年来，智能机器人的研究如火如荼。

这类机器人的控制机多为计算机，处理的信息量大，控制算法复杂。

同时配备了多种内部、外部传感器，不但能感知内部关节运行速度及力的大小，还能对外部的环境信息进行感知、反馈和处理。

#### 2、自动控制系统

##### 2.1 自动控制

自动控制是在没有人的直接干预下，利用物理装置对生产设备和工艺过程进行合理的控制，使被控制的物理量保持恒定或者按照一定的规律变化。

学生思考：思考生活中有哪些是人工控制/哪些是自动控制？

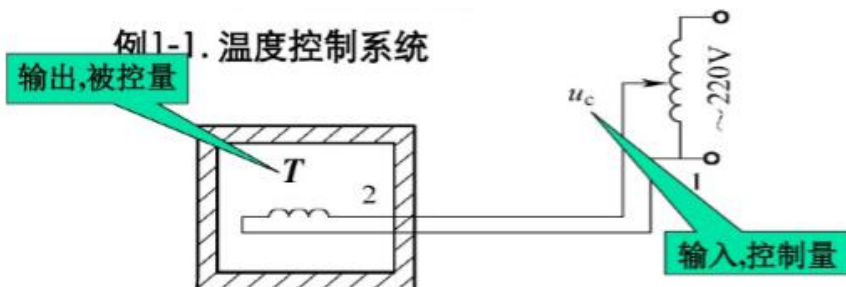
人工控制：如煤气灶煮饭、热水器、驾驶汽车、音量调节

自动控制：电饭煲、洗衣机、空调

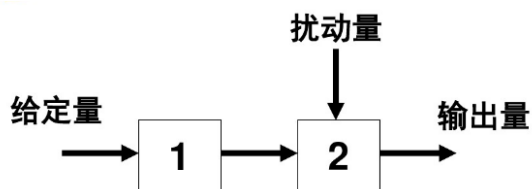
##### 2.2 开环控制系统

工业系统根据有无反馈作用可分为：

开环控制系统、闭环控制系统



控制目标：要求炉子的温度恒定在期望的数值上。

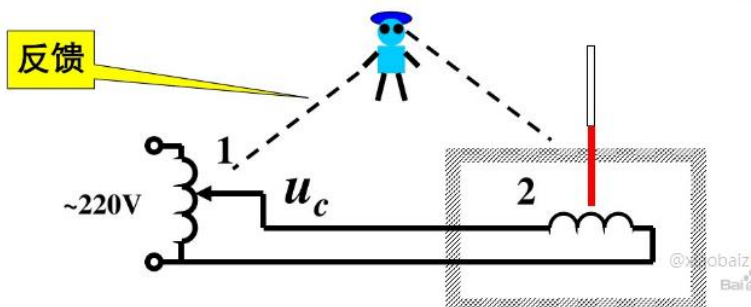


被控量（输出量）—— 系统要控制的物理量  
 给定量或控制量 —— 决定被控制的物理量  
 被控对象 —— 被空量所对应的控制装置或过程  
 干扰 —— 当输入不变时，使输出发生变化的量

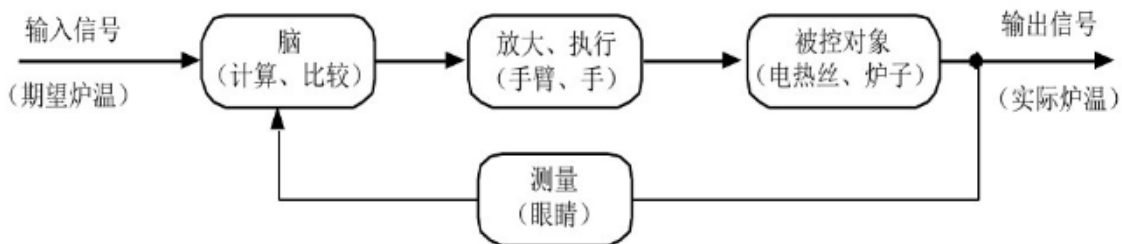
### 2.3 闭环控制系统

#### 例1-2 温度闭环控制系统 (1) 人工闭环控制

人的功能用一些物理装置来实现



控制目标：要求炉子的温度恒定在期望的数值上。

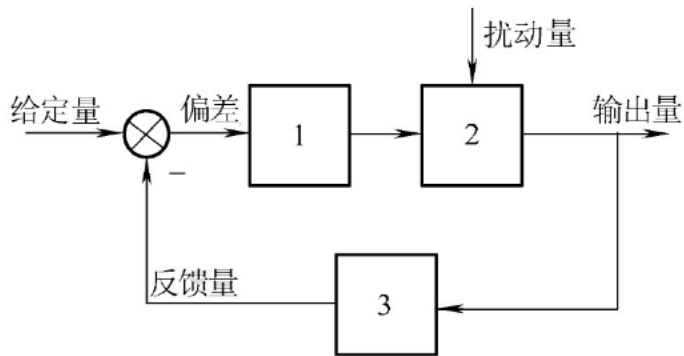


(1) 闭环控制：系统输出信号与测量元件之间存在反馈回路的系统叫闭环控制系统。闭环控制系统也叫反馈控制系统。“闭环”的含义就是输出信号通过测量元件反馈到系统的输入端，通过比较、控制来减小系统误差。

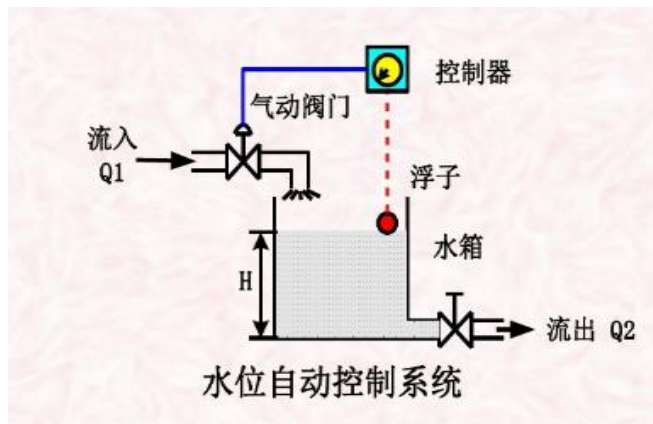
反馈信号与给定信号极性相反为负反馈，反之为正反馈。

(2) 闭环控制特点：

- 1、结构复杂
- 2、输出参与控制
- 3、系统有抗干扰能力



学生思考练习：



### 5.3 巨轮机器人多个材料循环搬运与判断

**素质（思政）内容与要求：**

巨轮机器人多个材料搬运的运作并非孤立，它与整个建造团队紧密配合。从材料的供应、机器人的操作到最终的组装，各个环节需要团队成员协同合作。以巨轮建造项目为例，讲解不同岗位人员如何围绕机器人搬运工作进行沟通协作，培养学生的团队协作能力和集体主义精神，使其明白个人的发展离不开集体，只有融入集体才能实现更大价值。

**教学重点难点：**

- (1) 传感器的使用，条件判断语句
- (2) 循环指令，如何完成 N 次循环与无限循环

**教学方法：**讲授法，实操

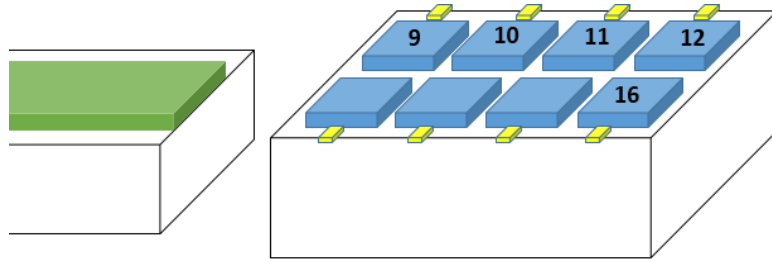
**教学学时：**2 学时

**教学内容设计：**

#### 1、任务

如果流水线没东西，从 9，10，11，12 搬运材料到流水线；

如果流水线有东西，把东西搬运到 13，14，15，16 没有材料的位置；



## 2. 分析

### LAB1

如果流水线没有材料，就！

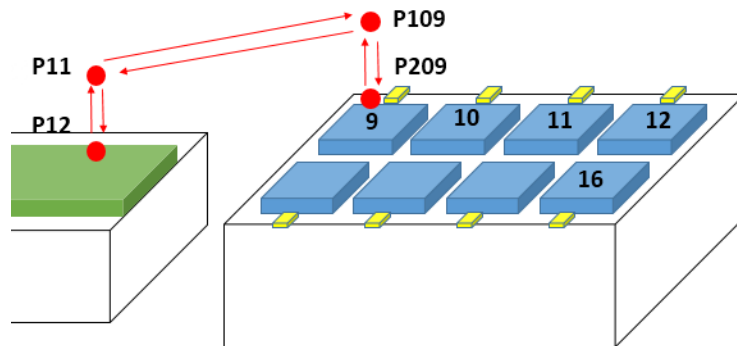
9-12 号若有材料，把材料搬运到流水线

否则

13-16 号若有空位，把材料从流水线搬运到空位

结束判断

JUMPLAB1



(9-12 号若有材料，把材料搬运到流水线)

如果 9 号有材料，就

把 9 号位材料搬运到流水线

否则如果 10 号有材料，就

把 10 号位材料搬运到流水线

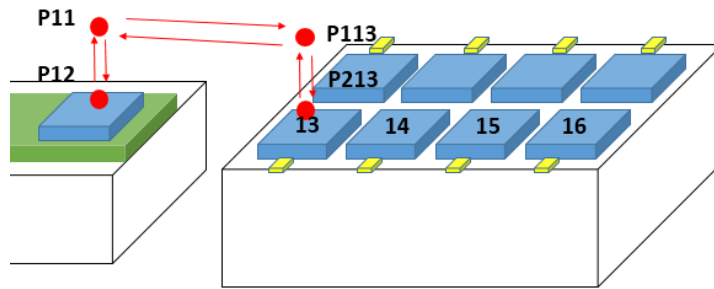
否则如果 11 号有材料，就

把 11 号位材料搬运到流水线

否则

把 12 号位材料搬运到流水线

结束判断



(13-16 号若有空位，把材料从流水线搬运到空位)

如果 13 号没材料，就

    把材料搬运到 13 号位

否则如果 14 号有材料，就

    把材料搬运到 14 号位

否则如果 15 号有材料，就

    把材料搬运到 15 号位

否则如果 16 号有材料，就

    把材料搬运到 16 号位

否则

结束判断

总共需要写的程序：

- 1、4 个拆垛搬运子程序：9 号，10 号，11 号，12 号
- 2、4 个堆垛搬运子程序：13 号，14 号，15 号，16 号
- 3、拆垛程序
- 4、堆垛程序
- 5、主程序

4 个拆垛搬运子程序：9 号，10 号，11 号，12 号

```

NOP                                MOVJ P11 V=20.00%
MOVJ P11 V=20.00%                  MOVL P12 V=20.00%
MOVL P109 V=200.00mm/s           DOUT DO0.00=1
MOVL P209 V=200.00mm/s           DOUT DO0.01=0
                                     TIMER T=1000ms
DOUT DO0.00=0                       WAIT DI0.00=0 T=0.00
DOUT DO0.01=1                       MOVL P11 V=20.00%
TIMER T=1000ms                      DOUT DO0.00=0
WAIT DI0.00=1 T=0.00
MOVL P109 V=200.00mm/s           END

```

4 个码垛搬运子程序：13 号，14 号，15 号，16 号

```

NOP                                MOVJ P11 V=20.00%
```

MOVL P12 V=200.00mm/s

DOUT DO0.00=0

DOUT DO0.01=1

TIMER T=1000ms

WAIT DI0.00=1 T=0.00

MOVL P11 V=200.00mm/s

MOVJ P113 V=20.00%

MOVL P213 V=200.00mm/s

DOUT DO0.00=1

DOUT DO0.01=0

TIMER T=1000ms

WAIT DI0.00=0 T=0.00

MOVL P113 V=200.00mm/s

DOUT DO0.00=0

MOVJ P11 V=20.00%

END

### 拆垛程序

如果 9 号有材料，就

    把 9 号位材料搬运到流水线

否则如果 10 号有材料，就

    把 10 号位材料搬运到流水线

否则如果 11 号有材料，就

    把 11 号位材料搬运到流水线

否则如果 12 号有材料，就

    把 12 号位材料搬运到流水线

否则

结束判断

NOP

IF DI0.09 == 0 THEN

    CALL PROG = cd1\_9

ELSEIF DI0.10==0 THEN

    CALL PROG = cd1\_10

ELSEIF DI0.11==0 THEN

    CALL PROG = cd1\_11

ELSEIF DI0.12==0 THEN

    CALL PROG = cd1\_12

ELSE

END\_IF

### 码垛程序

如果 13 号没材料，就

    把材料搬运到 13 号位

否则如果 14 号有材料，就

    把材料搬运到 14 号位

否则如果 15 号有材料，就

    把材料搬运到 15 号位

否则如果 16 号有材料，就

    把材料搬运到 16 号位

否则

结束判断

NOP

```

IF DI0.13 == 1 THEN
CALL PROG = cd1_13
IF DI0.16==1 THEN
CALL PROG = cd1_14
IF DI0.17==1 THEN
CALL PROG = cd1_15
IF DI0.18==1 THEN
CALL PROG = cd1_16
ELSE
END_IF

```

### 主程序

```

WHILE I1<=8 DO
IF DI0.20=1 T=0.00
CALL PROG=md1
ELSE
CALL PROG=cd1
END_IF
END
END WHILE

```

如果流水线有东西  
码垛

如果流水线没东西  
拆垛

## 第六章 巨轮视觉检测机器人（10 学时）

### 学习目标：

- 1、认识图像处理技术与通信技术
- 2、完成下料区放料任务

### 素质（思政）内容与要求：

介绍视觉检测机器人从基础图像识别到如今高精度、智能化检测的发展历程，讲述科研人员突破技术瓶颈，研发出先进算法与硬件设备的故事，如我国在工业视觉检测领域打破国外技术垄断，成功研发出适用于多种复杂场景的视觉检测机器人，让学生深刻认识到创新对国家科技发展的关键作用，激发同学们投身科技创新、助力科技强国建设的热情。

### 学习重点与难点：

- 1、机器视觉与图像处理技术的基本原理
- 2、利用视觉处理技术完成检测机器人的总任务

**教学方法：**讲授法，演示法，实操法

**教学内容：**

## 1.机器视觉介绍

每个人都能体会到，眼睛对人来说是多么重要。人类从外界获得的信息，大多数都是由眼睛得到的。

人类视觉细胞的数量大约在 10 亿数量级，是听觉细胞的 3000 多倍，是皮肤感觉细胞的 100 多倍。从这个角度来说，也可以看出视觉系统的重要性。

举例说说现实生活中运用到机器视觉的例子：



**智能机器人为了具有人的一部分智能：**

就必须了解周围的环境，

获取机器人周围世界的信息，

**赋予机器人较为高级的智能，离开视觉系统是无法做到的**

**一般机器视觉系统，包括：图像获取、图像处理、人工智能**

### (1) 图像获取：

机器人视觉系统需要处理三维图像，

不仅需要了解物体的大小、形状，还要知道物体之间的关系。

以机器人的视觉也必须能够理解三维空间的信息，

实现这个目标，要克服很多困难。

因为视觉传感器只能得到二维图像，

从不同角度上来看同一物体，就会得到不同的图像。

光源位置不同，得到的图像明暗程度与分布情况也不同：

实际的物体虽然互不重叠，但是从某一个角度上看，却能得到重叠的图像。

为了减轻视觉系统的负担：

人们总是尽可能地改善外部环境条件，对视角、照明、物体的放置方式作出某种限制。

### (2) 图像信息：

图像信号由像素矩阵构成，每个像素有 256 级别灰度。

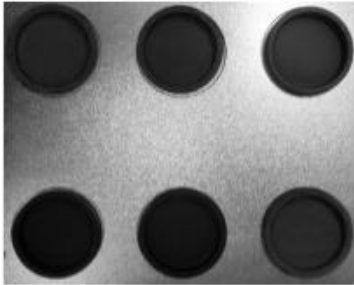
像素点：0~255      8bit

彩色图：3 X 8bit



292x363x3 uint8  
Columns 1 through 21

65	67	67	68	67	61	60	64	67	65	62	62	66	66	67	69	71	72	71	74	72
64	67	65	64	68	61	61	63	65	64	61	65	67	66	65	65	68	69	73	72	71
64	68	66	67	71	67	66	64	66	67	65	67	68	68	68	68	68	64	66	67	
64	65	64	65	67	65	68	63	63	68	67	67	65	65	66	66	64	62	65	69	74
66	66	62	63	62	60	66	62	61	65	65	66	67	67	69	68	66	64	68	69	71
69	66	63	65	62	62	65	62	62	62	61	66	65	64	64	64	64	70	69	67	
67	63	61	64	61	64	64	63	63	62	61	68	67	66	63	64	67	67	68	66	64
63	61	62	62	57	65	66	64	66	66	64	70	70	69	64	65	68	65	66	69	76
65	62	63	63	60	67	68	69	72	70	63	63	67	70	68	69	70	65	68	69	71
66	62	63	67	64	70	69	68	72	71	64	64	67	70	70	72	74	67	63	64	66
67	63	63	67	66	71	71	69	71	69	63	65	67	69	68	71	74	71	64	63	63
68	64	63	67	65	69	70	70	74	73	66	67	64	67	68	73	75	70	68	63	58
68	64	61	66	65	68	59	61	68	68	63	61	59	65	67	70	73	66	64	55	48
63	62	61	63	63	69	66	72	72	68	69	67	59	61	59	61	67	65	49	44	43
59	59	64	61	57	65	57	62	65	63	64	65	61	57	60	61	54	46	44	44	44
64	62	60	58	59	68	59	62	67	66	64	66	62	57	59	53	38	34	40	43	41
61	58	58	62	62	62	58	61	67	65	59	60	61	58	55	43	33	34	38	37	34
55	54	59	61	58	59	57	59	67	66	57	59	58	55	47	40	39	35	32	29	30
57	57	58	57	57	62	57	57	60	61	55	54	50	45	39	40	43	34	29	27	30



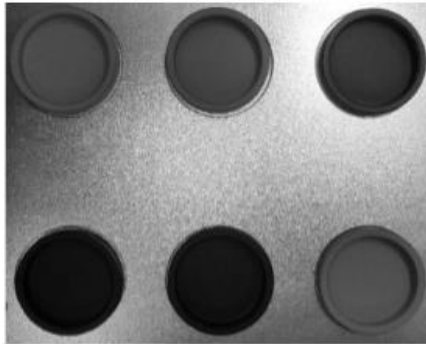
R红色通道



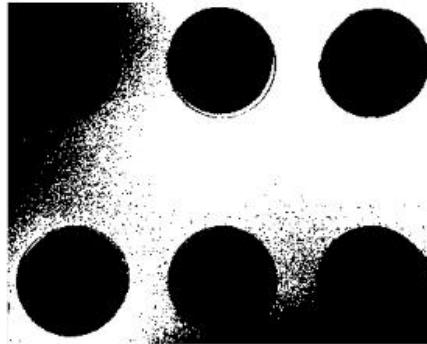
G绿色通道



B蓝色通道

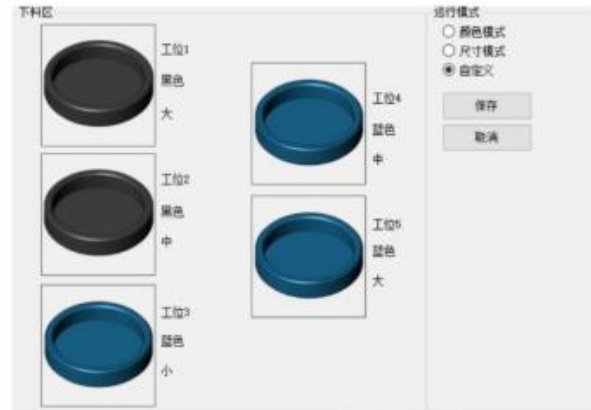


灰度图



二值图

(3) 软件界面



## 6.2 完成下料区放料任务

主程序：

```
DOUT DO0.00=0    //关闭松开
DOUT DO0.01=0    //关闭夹紧
SET I36=0
SET I35=0
SET B10=0
```

```
WHILE I36<=5 DO
DOUT DO0.00=1
DOUT DO0.01=0
WAIT DI0.11=1 T=0.00
```

```
CALL PROG=slget ( )
INC I36++
```

```
IF B10 == 1 THEN 检测区有东西
CALL PROG=get
IF I3==6 THEN
CALL PROG=put_back
ELSE
CALL PROG=xlput
ELSE
END_IF
SET B10=0
ELSE
END_IF
END WHILE
```