

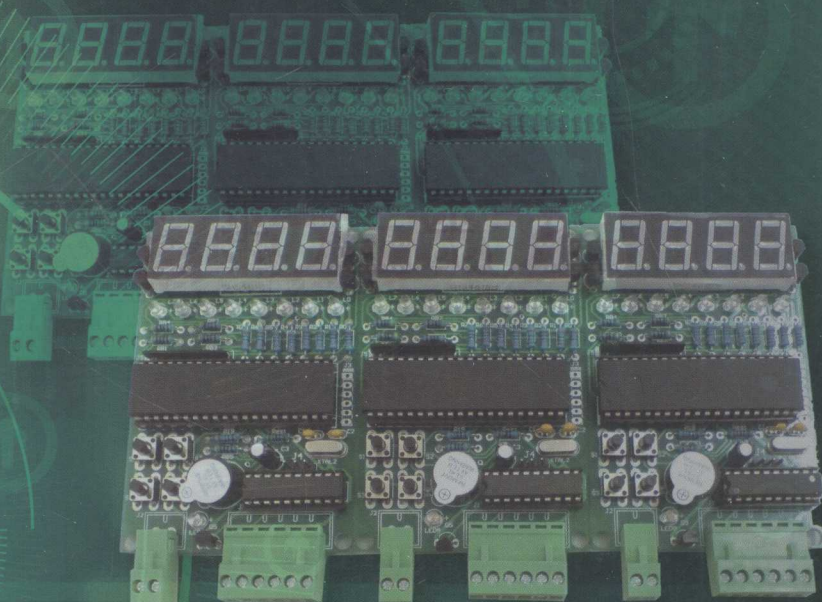


普通高等教育“十二五”规划教材

# 机电综合实验教程

牛雪娟 主编

杜玉红 刘欣 副主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

# 机电综合实验教程

牛雪娟 主编

杜玉红 刘 欣 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本教程是为“液压与气压传动”、“机电传动”、“可编程控制器原理及应用”、“工业机器人”等课程配套的实验课程指导教材,讲解了液压缸、气缸、直流电机、步进电机以及交流电机等各种执行部件的工作原理、选型方法和驱动控制;单片机、PLC以及多轴运动控制卡等多种设备控制器的工作方式、编程控制和配套系统设计方法。

本教材适合本科、高职机械电子专业、机电一体化专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

机电综合实验教程/牛雪娟主编. —北京:化学工业出版社,

2014.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-18955-4

I. ①机… II. ①牛… III. ①机电工程-实验-高等学校-教材 IV. ①TH-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 267176 号

责任编辑:刘哲 崔俊芳

装帧设计:史利平

责任校对:宋夏

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张15½ 字数384千字 2014年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:30.00 元

版权所有 违者必究

# PREFACE

## 前言

机械电子工程专业是将控制、微电子以及计算机等相关领域的技术应用于机械系统设计和制造过程。通过项目设计的手段,培养具有扎实的专业理论基础、实验技能、工程实践能力,满足科技发展需要的机电复合型和应用型工程技术人才。

本教程是为配套高等院校机械电子专业本科生的《液压与气压传动》、《机电传动》、《可编程控制器原理及应用》、《工业机器人》等多门课程编写的实验课程指导教材,是在紧密结合机电专业基础理论知识的同时,又综合考虑社会需求、学生动手能力和学生兴趣等多方面情况而编写的。

要保障机械电子专业学生的培养质量,达到预期的培养目标,实验教学是关键环节,尤其是综合实验的教学。本教程注重学生创新思维和能力的培养。一项综合控制实验,除了考虑专业知识和手段的综合性,还要突出实验内容的趣味性和应用性,即把课堂的理论知识与实际问题有效结合起来,提高学生的工程实践技能,使学生具备理论联系实际的工作能力,并使學生能够根据实验结果,通过理论分析,找出内在的联系,从而完成对实验有关参数的调整,使其符合性能指标的要求。通过实验,使学生能够对实验的数据和结果具有初步的分析能力,并能够根据测量出来的数据结果,绘制出工整的关系曲线及写出符合规范的实验报告及分析结果。

通过实验课的进行,使学生能够熟练掌握液压缸、气缸、直流电机、步进电机以及交流电机等各种执行部件的工作原理、选型方法和驱动控制,能够掌握单片机、PLC 以及多轴运动控制卡等多种设备控制器的工作方式、编程控制和配套系统设计方法。

参与本书撰写工作的有牛雪娟(第1、6、7章及附录1、2、3)、杜玉红(第4、5章)、刘欣(第2章)和岳剑锋(第3章)。

由于编者的学识所限,教程中难免存在疏漏之处,恳请批评指正。

编者

2013年9月

# CONTENTS

# 目 录

## 第 1 章 实验设备

1

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1.1 FESTO 气动实验台 .....    | 1  |
| 1.1.1 FESTO 气动平台概述 ..... | 1  |
| 1.1.2 可进行的实验项目 .....     | 2  |
| 1.1.3 实验装置组成 .....       | 3  |
| 1.2 机电一体化实训平台 .....      | 3  |
| 1.2.1 机电一体化实训平台概述 .....  | 4  |
| 1.2.2 可进行的实验项目 .....     | 4  |
| 1.2.3 实验装置组成 .....       | 5  |
| 1.3 机器人设备简介 .....        | 5  |
| 1.3.1 工业级六自由度机器人 .....   | 5  |
| 1.3.2 开放六自由度教学机器人 .....  | 8  |
| 1.3.3 竞赛型中小型移动机器人 .....  | 10 |

## 第 2 章 机电传动控制基础

13

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 2.1 机电一体化实训平台认知 ..... | 13 |
| 2.2 交流电机控制与变频调速 ..... | 18 |
| 2.3 步进电机控制 .....      | 21 |
| 2.4 双闭环直流调速 .....     | 27 |
| 2.5 伺服电机控制与调速 .....   | 31 |

## 第 3 章 计算机控制技术

38

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.1 键盘显示系统实验 .....       | 38 |
| 3.2 单片机的功率接口实验 .....     | 43 |
| 3.3 A/D 与 D/A 转换实验 ..... | 48 |
| 3.3.1 A/D 转换实验 .....     | 48 |
| 3.3.2 D/A 转换实验 .....     | 50 |
| 3.4 插补实验 .....           | 53 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 3.4.1 步进电机插补实验           | 53 |
| 3.4.2 圆弧插补实验             | 56 |
| 3.5 倒立摆 PID 控制实验         | 60 |
| 3.5.1 倒立摆数控平台 PID 位置控制实验 | 60 |
| 3.5.2 一级倒立摆建模及控制         | 61 |

## 第 4 章 气压传动

65

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 4.1 气动元件实验                    | 65  |
| 4.1.1 气动三（二）联件                | 65  |
| 4.1.2 气缸                      | 67  |
| 4.1.3 单向节流阀                   | 68  |
| 4.1.4 快速排气阀                   | 70  |
| 4.1.5 机械控制换向阀                 | 71  |
| 4.1.6 气控换向阀                   | 74  |
| 4.1.7 延时阀                     | 77  |
| 4.1.8 梭阀和双压阀                  | 79  |
| 4.2 气动基本回路实验                  | 82  |
| 4.2.1 压力控制回路                  | 82  |
| 4.2.2 换向回路                    | 85  |
| 4.2.3 速度控制回路                  | 87  |
| 4.2.4 顺序动作回路                  | 92  |
| 4.2.5 安全保护回路                  | 93  |
| 4.2.6 计数回路                    | 96  |
| 4.3 气动程序系统设计实验                | 97  |
| 4.3.1 无障碍回路                   | 97  |
| 4.3.2 有障碍回路                   | 99  |
| 4.3.3 有障碍回路 $A_1 A_0 B_1 B_0$ | 103 |
| 4.4 电控回路实验                    | 106 |
| 4.4.1 电磁换向阀元件                 | 106 |
| 4.4.2 电气控制系统                  | 109 |
| 4.4.3 PLC 控制回路                | 110 |

## 第 5 章 液压元件拆装和分析

114

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 5.1 液压动力元件拆装和分析实验         | 114 |
| 5.1.1 CB-B 型外啮合齿轮泵拆装      | 114 |
| 5.1.2 BB-B 型内啮合齿轮泵拆装      | 116 |
| 5.1.3 YB1 型双作用叶片泵拆装       | 118 |
| 5.1.4 YBX 型内反馈式单作用变量叶片泵拆装 | 119 |
| 5.1.5 SCY14 型手动变量轴向柱塞泵拆装  | 121 |

|       |                          |     |
|-------|--------------------------|-----|
| 5.2   | 液压执行元件拆装分析实验 .....       | 123 |
| 5.2.1 | HSGL 型单杠双作用活塞缸拆装实验 ..... | 123 |
| 5.2.2 | 柱塞缸拆装实验 .....            | 125 |
| 5.2.3 | CM-F 型齿轮马达拆装 .....       | 126 |
| 5.3   | 控制元件拆装实验 .....           | 127 |
| 5.3.1 | P 型直动式中压溢流阀拆装实验 .....    | 128 |
| 5.3.2 | Y 型先导式溢流阀拆装实验 .....      | 129 |
| 5.3.3 | J 型减压阀拆装 .....           | 130 |
| 5.3.4 | XF 型顺序阀拆装 .....          | 132 |
| 5.3.5 | LA 型节流阀拆装 .....          | 133 |
| 5.3.6 | DIF 型单向阀拆装实验 .....       | 134 |
| 5.3.7 | A1Y 型液控单向阀拆装 .....       | 135 |
| 5.3.8 | 34S 型三位四通手动换向阀拆装 .....   | 136 |
| 5.3.9 | 34D 型三位四通电磁换向阀拆装 .....   | 137 |

## 第 6 章 可编程控制器

139

|       |                             |     |
|-------|-----------------------------|-----|
| 6.1   | 西门子 S7-200PLC 基础知识介绍 .....  | 139 |
| 6.1.1 | S7-200PLC 实验台简介 .....       | 139 |
| 6.1.2 | S7-200 PLC 的工作方式及内部资源 ..... | 142 |
| 6.2   | 基本指令实验 .....                | 145 |
| 6.2.1 | 常用基本指令 .....                | 145 |
| 6.2.2 | PLC 控制气动执行实验 .....          | 146 |
| 6.2.3 | 定时器功能实验 .....               | 148 |
| 6.2.4 | 计数器功能实验 .....               | 150 |
| 6.3   | PLC 之间 PPI 网络通信 .....       | 152 |
| 6.4   | 工程应用实例 .....                | 154 |
| 6.4.1 | 交通信号灯的自动控制 .....            | 154 |
| 6.4.2 | PLC 控制步进电机的实验 .....         | 156 |
| 6.4.3 | 不同颜色工件分拣控制 .....            | 163 |
| 6.4.4 | 天塔之光模拟实验 .....              | 164 |
| 6.4.5 | 水塔水位模拟实验 .....              | 166 |

## 第 7 章 工业机器人

168

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 7.1   | 教学用六自由度机器人实验 .....  | 168 |
| 7.1.1 | 六自由度机器人认知实验 .....   | 168 |
| 7.1.2 | 六自由度机器人控制系统实验 ..... | 175 |
| 7.1.3 | 机器人示教编程与再现控制 .....  | 180 |
| 7.2   | 工业用六自由度机械手实验 .....  | 182 |
| 7.2.1 | FANUC 机器人 .....     | 182 |

|       |                                          |     |
|-------|------------------------------------------|-----|
| 7.2.2 | ABB 机器人 .....                            | 189 |
| 7.3   | TVT-99D 机械手模型 .....                      | 197 |
| 7.3.1 | TVT-99D 模型简介 .....                       | 197 |
| 7.3.2 | 控制原理及基本工作流程 .....                        | 198 |
| 7.3.3 | 四自由度机械手 TVT-99D 控制实验 .....               | 200 |
| 7.4   | 移动机器人系统实验 .....                          | 202 |
| 7.4.1 | 两轮差动移动机器人系统 AS-R .....                   | 202 |
| 7.4.2 | 全方位移动机器人系统 AS-RO .....                   | 205 |
| 7.5   | Robotics Toolbox for Matlab 的机器人仿真 ..... | 212 |
| 7.5.1 | 机器人坐标系的建立 .....                          | 212 |
| 7.5.2 | 机器人正运动学分析 .....                          | 217 |
| 7.5.3 | 机器人逆运动学分析 .....                          | 218 |

## 附录

221

|      |                               |     |
|------|-------------------------------|-----|
| 附录 1 | Step7-Micro/Win 软件的使用说明 ..... | 221 |
| 附录 2 | S7-200 指令一览表 .....            | 227 |
| 附录 3 | 特殊辅助继电器和数据寄存器表 .....          | 230 |

## 参考文献

239

# 第1章

## 实验设备

DLMPS-727S2 机电一体化实训平台是基于西门子 S7-200PLC 控制系统基础上开发而成的,作为模块化生产线,对工业现场设备进行提炼和浓缩,有机地融合光、机、电、气于一体。

实训平台的执行机构包括送料单元、加工检测单元、搬运单元、装配单元和分类储存单元五部分,包含了直流电机、交流电机、三相异步电机、步进电机及气缸等多种执行装置。

实训平台的控制系统包括三台 PLC (其中有两台为 S7-200-224AC/DC/RLY, 一台为 S7-200-224DC/DC/DC)、变频器模块、触摸屏模块、伺服驱动模块、双闭环调速模块和步进电机模块。

实训平台上的传感器有光纤放大器、光电传感器和电容传感器和限位开关等传感器。下面先介绍 FESTO 气动实验平台,如图 1-1 所示。

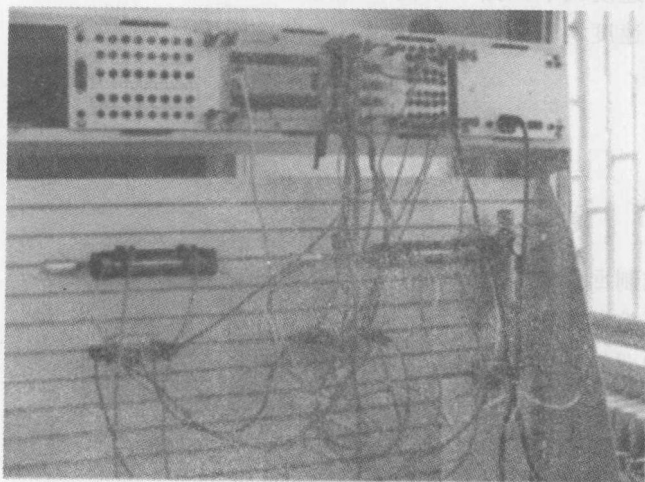


图 1-1 FESTO 双面气动实验台

### 1.1 FESTO 气动实验台

#### 1.1.1 FESTO 气动平台概述

FESTO 气动实验台采用双面结构,即一个实验工作台配备两套气动元器件,如此,一

个工作台可供两组学生同时进行各自独立的实验。实验室共有 4 个实验台, 可供 8 组学生同时进行独立的实验。实验室的 4 个实验工作台 (8 组独立实验系统) 公用一个气泵, 充分利用现有实验设备, 实现资源共享。

该实验台为气动 PLC 控制综合教学实验台, 除了可以进行常规的气动基本控制回路实验外, 还可以进行模拟气动控制技术应用实验、气动技术课程设计等。实验设备采用 PLC 控制方式。利用 PLC 控制系统与电脑连接, 从学习简单的 PLC 指令编程、梯形图编程, 深入到 PLC 控制的应用, 与计算机通信、在线调试等实验功能, 是气动技术和电气 PLC 控制技术的充分结合。该实验台的特点主要有以下几点:

- ① 工作台采用双面结构, 可以供两组学生同时进行实验, 具有很高的产品性能价格比;
- ② 模块化结构设计搭建实验简单、方便, 各个气动元件成独立模块, 配有方便安装的底板, 实验时可以随意在工业级 6063-T5 铝合金型材板上组装各种实验回路, 操作简单、方便;
- ③ 可靠的连接接头, 安装连接简便、省时;
- ④ 标准工业用元器件, 性能可靠、安全;
- ⑤ 低噪声的工作泵站, 提供一个安静的实验环境 [噪声  $< 60\text{dB}$ ]。

### 1.1.2 可进行的实验项目

#### ① 用气动元件功能演示实验。

#### ② 常见气动回路演示实验:

- ◇ 单作用气缸的换向回路;
- ◇ 双作用气缸的换向回路;
- ◇ 单作用气缸的速度调节回路 (单向、双向);
- ◇ 双作用气缸的速度调节回路 (进口调速, 出口调速);
- ◇ 速度换接回路;
- ◇ 缓冲回路;
- ◇ 互锁回路;
- ◇ 过载保护回路;
- ◇ 卸荷回路;
- ◇ 单缸单往复控制回路;
- ◇ 单缸连续往复控制回路;
- ◇ 用行程阀的双缸顺序动作回路;
- ◇ 用电气开关 (磁性开关、接近开关) 的双缸顺序动作回路;
- ◇ 三缸联动回路;
- ◇ 二次压力控制回路;
- ◇ 低压转换回路;
- ◇ 计数回路;
- ◇ 延时回路;
- ◇ 逻辑阀的应用回路;
- ◇ 双手操作回路。

#### ③ 可程序控制器 (PLC) 电气控制实验 (机-电-气一体控制实验):

- ◇ Omron CPM1A 系列 PLC 指令编程、梯形图编程学习;

- ◇ PLC 编程软件的学习与使用;
- ◇ PLC 与计算机的通信、在线调试;
- ◇ PLC 与气动相结合的控制实验。

④ 学生自行设计、组装的扩展回路实验 (可扩展 80 多种)。

### 1.1.3 实验装置组成

实验装置由实验工作台、工作泵站、常用气动元件、电气控制单元等几部分组成。

#### (1) 实验工作台

实验工作台由实验安装面板 (工业级 6063-T5 铝合金型材——双面)、实验操作台等构成。安装面板为带“T”沟槽形式的铝合金型材结构,可以方便、随意地安装气动元件,搭接实验回路。

#### (2) 工作泵站

- ① 气泵输入电压 AC 220V/50Hz, 额定输出压力 0.8MPa。
- ② 气泵容积 20L, 低噪声空气压缩机 (WY5.2 双头静音气泵)。
- ③ 工作噪声 <60dB。
- ④ 外形尺寸 1370mm×900mm×1750mm。
- ⑤ 质量 约 220kg。

#### (3) 气动元件

配置两套元件,以台湾亚德客气动元件为主。气动元件均配有过渡底板 (铝合金型材+工程塑料),可方便、随意地将元件安放在实验面板 (铝合金型材) 上。回路搭接采用快换接头,拆接方便。

#### (4) 电气控制单元

电气控制单元整体采用模块化设计,由电源模块、PLC 控制模块、输入模块、输出模块、继电器控制模块组成。

- ① 电源单元 输入电压: AC 220V 50Hz; 输出: DC 24V/2A。
- ② 控制单元 采用日本欧姆龙 CPM1A-20CDR-A, I/O 口 20 点, 继电器输出形式。
- ③ 输入模块 与 PLC 采用电缆 9 针 232 接口连接。连接后为 PLC 提供主令输入信号,通过信号插孔为 PLC 提供自动控制信号 (如行程开关位置信号等)。
- ④ 输出模块 与 PLC 采用电缆 9 针 232 接口连接。通过输出接口插孔控制电磁阀通断。
- ⑤ 继电器控制模块 与电源模块连接后,进行主令信号控制,提供自动控制信号接口进行自动控制,通过接输出插孔控制电磁阀通断。

另外,还有漏电脱扣器、直流 24V 电源、电磁阀输出控制口、接近开关、磁性开关、连接线缆、插座、按钮、指示灯等。

## 1.2 机电一体化实训平台

DLMP5-727S2 机电一体化实训平台由挂箱模块和实验桌组成。挂箱模块上挂接各实验组件,构成组件式结构的实验装置。使用此装置可完成 PLC 基本指令和功能指令的操作训练和各种 PLC 应用实验实训课题。

### 1.2.1 机电一体化实训平台概述

DLMP5-727S2 型光机电一体化实训装置是模拟工业现场的流程环境,对不同类型的工件进行识别检测并进行搬运与自动分拣的实训系统,其中大量应用的各种传感器实现对工件的检测识别,然后通过机械手臂和传送机构进行工件搬运,最终由分拣机构对搬运到位的工件完成分拣。

设备整体由铝合金实训平台、上料机构、搬运机械手、物料传送和分拣机构等部件构成。

控制系统采用模块组合式,由 PLC 模块、变频器模块、触摸屏模块、电源模块和各种传感器等组成,可按实训需要对模块进行灵活组合、安装和调试。

使用过程中需用到电机驱动、机械传动、气动控制、可编程控制器、传感器、变频调速等多项应用技术,为学生提供了一个典型的系统综合实训环境。

技术参数如下:

- ◇ 外形尺寸 1500mm×750mm×1750mm;
- ◇ 交流电源 单相 AC 220V±10% 50Hz;
- ◇ 温度 -10~40℃, 环境湿度 ≤90% (25℃);
- ◇ 整机容量 ≤1kV·A。

### 1.2.2 可进行的实验项目

#### (1) 传感器技术实验

实验台上包含有以下传感器:

- ◇ 磁力式接近开关 (简称磁性开关);
- ◇ 光纤光电接近开关;
- ◇ 光电开关;
- ◇ 电容式和电涡式接近开关。

#### (2) 气动技术实验

实验台上包含有以下气缸、电磁阀和气泵等装置:

- ◇ 旋转气缸;
- ◇ 笔形气缸;
- ◇ 手指气缸;
- ◇ 铝合金迷你气缸;
- ◇ 带接近开关的双作用气缸;
- ◇ 单作用气缸;
- ◇ 带吸盘的真空阀;
- ◇ 位 5 通双作用气控换向阀;
- ◇ 位 3 通单向气控阀;
- ◇ 气源过滤器;
- ◇ 气泵。

#### (3) 可编程控制器实验

- ◇ 触摸屏技术应用实验
- ◇ 系统通信技术应用实验

- ◇ 三菱 PLC 编程与控制实验
- ◇ 西门子 PLC 编程与控制实验

#### (4) 机电传动实验

- ◇ 变频器技术应用实验
- ◇ 交流异步电动机控制技术实验
- ◇ 交流伺服驱动器控制实验
- ◇ 步进电机控制实验

### 1.2.3 实验装置组成

如图 1-2 所示, 实验台包括供料站、搬运站、加工站、安装站和仓储站等。

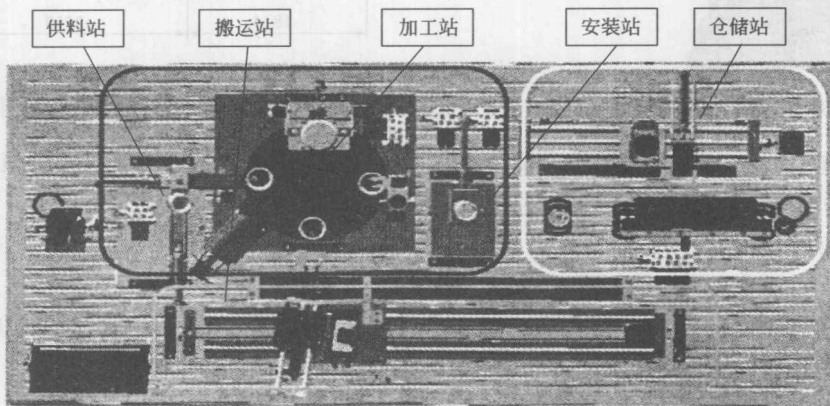


图 1-2 DLMP5-727S2 机电一体化实验平台布局图

- ① 供料站 用迷你气缸从料仓 1 中推出工件, 为加工站提供待加工件。
- ② 加工站 传感器检测到工件到达转盘后, 转盘旋转  $90^\circ$  把工件送到加工工位, 钻孔加工工件内径, 然后转盘旋转工件  $90^\circ$  到达该工作站的下一个工位, 这一工位利用检测气缸检测工件内径是否钻孔且合格。如果气缸前进到底, 说明加工正常, 否则是次品。
- ③ 搬运站 完成加工站的工作之后, 通过通信 (CC-Link) 开始搬运分拣站的工作。加工结束后搬运分拣站的气手爪选择把加工合格工件移送到下一站 (安装站), 加工不合格的工件放置在中间的滑轨为废料, 处理完后重新回到初始位置。
- ④ 安装站 将搬运站的机械手传送来的工件 1 与另一工件仓的工件 2 进行装配和挤压成形。
- ⑤ 仓储站 用不同传感器通过检测装配件的材质和颜色等, 识别工件的类别, 将工件分类摆放, 如第一列放金属工件, 第二列放红色工件, 第三列放黑色工件。工件入库原则从下到上、从左至右。

## 1.3 机器人设备简介

### 1.3.1 工业级六自由度机器人

#### (1) ABB 公司的 IRB6640-180-255 重型机器人 (图 1-3)

IRB 6640 是一款高产能且适合各类应用的机器人产品, 具有以下特点。



图 1-3 IRB6640 机器人本体结构

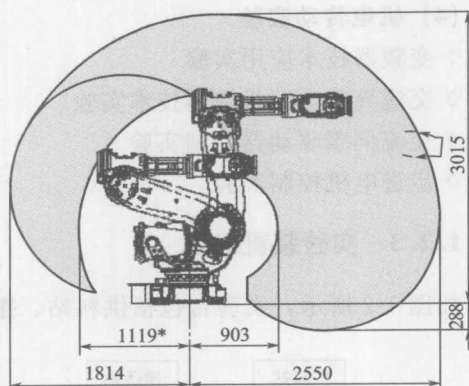


图 1-4 IRB 6640-180-255 机器人工作空间表示

◇ 更高有效载荷。有效载荷 235kg，使其适合众多重型工件搬运。IRB 6640ID (internal Dressing) 的有效载荷为 200kg，满足点焊应用的最大需求。

◇ 提高路径精度。IRB 6640 配备第二代 TrueMove 和 QuickMove 技术。机器人具备更精确的运动，使编程时间更少，且工艺效果更好。

◇ 安装维修简便。此种机器人有一些新特点，如简化的铲车叉槽和机器人底部空间更大，使维修变得更方便。

◇ 为方便吊装，质量减轻近 400kg。

◇ 机器人的具体性能参数如下：

自由度（关节数） 6；

最大臂展 2.55m；

承载能力 180kg；

腕部最大力矩输出 180N·m；

重复定位精度 0.07mm；

轨迹重复精度 0.7mm；

输入电源 200~600V, 50/60Hz；

能耗 ISO-Cube 2.7kW；

本体质量 1310~1405kg。

◇ 各运动关节的关节角范围，见表 1-1。

表 1-1 IRB 6640-180-255 各关节运动范围

| 关节              | 关节运动范围      | 关节速度极限 |
|-----------------|-------------|--------|
| Axis 1 Rotation | +170°~-170° | 100°/s |
| Axis 2 Arm      | +85°~-65°   | 90°/s  |
| Axis 3 Arm      | +70°~-180°  | 90°/s  |
| Axis 4 Wrist    | +300°~-300° | 190°/s |
| Axis 5 Bend     | +120°~-120° | 140°/s |
| Axis 6 Turn     | +360°~-360° | 190°/s |

◇ 工作空间，如图 1-4 所示。

(2) FANUC 公司的 ArcMate-M6iB 轻型机器人 (图 1-5)

◇ ArcMate-M6iB 机器人的特点 FANUC M-6iB 型工业机器人为 6R 型工业机器人，即机器人的自由度为 6，且全部为转动关节。第 1 个关节即腰关节的运动，是由伺服电机传递动力和变速给腰关节，产生回转运动。腰关节上对称布置的 2 个伺服电机，之一通过轮系驱动大臂的俯仰运动，另一个通过轮系驱动小臂的俯仰运动。后 3 个关节的伺服电机驱动着手腕的回转、夹持器的摆动以及夹持器的周转运动。前 3 个关节 J1、J2、J3 控制着机器人末端执行器的位置，而后 3 个关节 J4、J5、J6 控制机器人末端执行器的姿态。如图 1-6 所示。



图 1-5 ArcMate-M6iB 轻型机器人

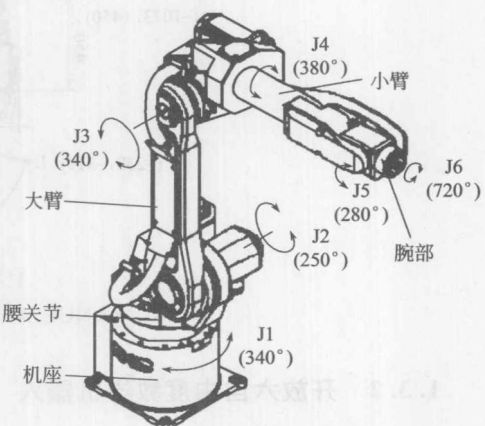


图 1-6 FANUC 公司的 ArcMate-M6iB 结构图

FANUC M-6iB 型工业机器人综合了紧凑的结构、细长型手臂、更强的表现性等各种先进功能。FANUC M-6iB 型工业机器人的运动半径较之旧型号增加了 8%，这样机器人就能涉及到更远的地方，搬运工件到更广阔的空间。由于紧凑的结构、细长型手臂，使安装空间较之以往减少了 50%，机器人 J2 轴的干涉范围也减少了，这样就能利用到更有效的空间。同时机器人的运动速度增加，提高了生产率。

◇ 机器人的具体性能参数如下：

自由度（关节数） 6；

承载能力 6kg；

最大臂展 1.373m；

重复定位精度 ±0.08mm；

本体质量 135kg。

◇ 各运动关节的关节角范围，见表 1-2。

表 1-2 FANUC ArcMate-M6iB 各关节运动范围

| 关节              | 关节运动范围      | 关节速度极限 |
|-----------------|-------------|--------|
| Axis 1 Rotation | +170°~-170° | 150°/s |
| Axis 2 Arm      | +160°~-90°  | 160°/s |
| Axis 3 Arm      | +70°~-170°  | 170°/s |
| Axis 4 Wrist    | +190°~-190° | 400°/s |
| Axis 5 Bend     | +140°~-140° | 400°/s |
| Axis 6 Turn     | +360°~-360° | 520°/s |

◇ 工作空间，如图 1-7 所示。

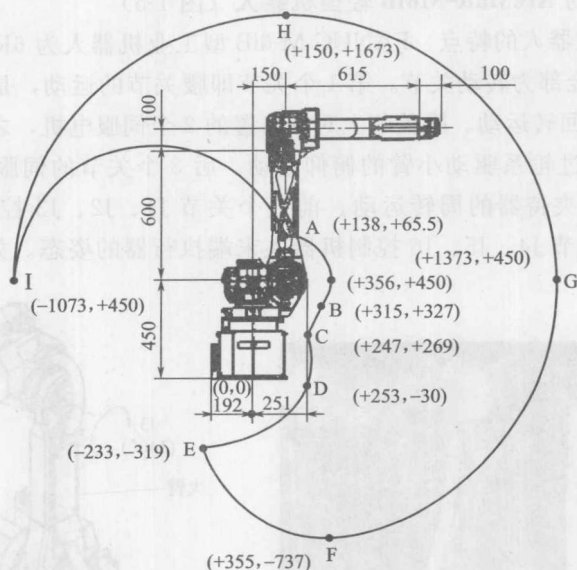


图 1-7 FANUC ArcMate-M6iB 机器人工作空间表示

### 1.3.2 开放六自由度教学机器人

#### (1) 设备简要说明

REBot-V-6R-650 机器人是专门为大中专院校、职业培训技术机构教学实验目的而设计的高精度多自由度机器人，适合机械制造及其自动化、机械电子工程、机械设计与理论、数控技术、机器人学、自动控制等相关专业的教学和培训，如图 1-8 所示。

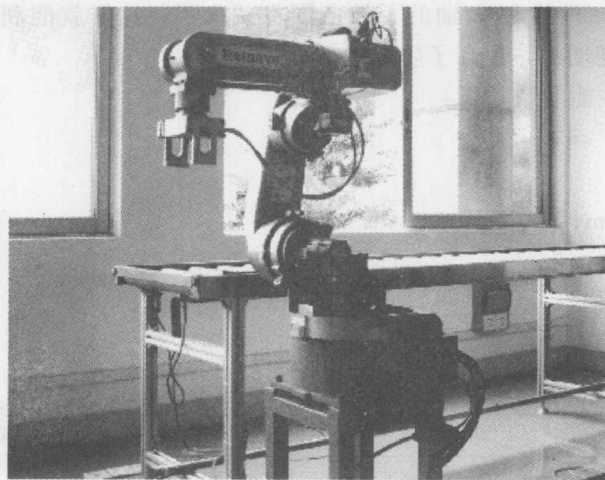


图 1-8 REBot-V-6R-650 机器人

REBot-V-6R-650 系列机器人提供了一个开放性、创新性的实验研究平台，学生可以通过对机器人的亲自组装、调试和应用开发等创新实验，全面掌握机电一体化技术的基本原理、典型应用、集成技术和应用开发，从机械结构整体设计、传动部件的选择、驱动电机的

选择和使用、传感器的选用和集成、运动控制系统的搭建和调试、机器人的运动学和动力学分析、机器人的实际操作训练、机器人应用程序的二次开发和拓展等多层次、多角度地运用于教学研究和综合训练中。

REBot-V-6R 系列机器人具有 6 个自由度，结构上类似人的手臂，作业空间大，动作灵活，主要用于工件搬运、装配、模拟焊接等作业。

(2) 机器人特点

- ① 创新结构设计 机器人本体创新结构设计，主要机构可拆装，更加便于教学实践。
- ② 开放体系结构 开放的机械、电气、控制、软件结构，便于二次开发和扩展。
- ③ 工业标准器件 进口交流伺服电机，工业级滚珠丝杠、谐波减速机、同步带、复合滚珠丝杠及齿轮，工业级传感器和电气元件，运动控制器核心。
- ④ 丰富软件配套 Windows GUI 机器人软件，REVision 机器视觉软件平台用于机器人视觉扩展平台，配套完善的实验指导书，可选配三维仿真实体模型软件用于机器人离线编程。
- ⑤ 具有 6 自由度空间姿态，作业范围大，姿态灵活。
- ⑥ 驱动部分采用绝对式交流伺服电机，不需要机器每次启动都实现回零动作。
- ⑦ 采用高精度精密谐波减速机作为传动部件。
- ⑧ 采用工业铝合金铸造结构，重量轻。
- ⑨ 高速高精度：速度可达 1.5m/s；重复定位精度：±0.1mm。
- ⑩ 系统采用 PC+运动控制器，控制器为美国 GALIL 六轴嵌入式伺服控制卡，具有模拟量和脉冲量两种模式，模拟量用于动力学算法研究使用。
- ⑪ 机器人控制系统和计算机通过网线相连，便于实现局域网控制功能。
- ⑫ 配有电控柜和相关配套电缆。
- ⑬ 配机器人底座和电磁手爪。
- ⑭ 标准工具安装接口。

(3) 设备主要参数

如表 1-3 所示。

表 1-3 REBot-V-6R-650 机器人性能参数

|        |           |               |
|--------|-----------|---------------|
| 基本技术指标 | 机械结构      | 垂直多关节型(6 自由度) |
|        | 载荷质量      | 5kg           |
|        | 定位精度      | ±0.1mm        |
|        | 本体质量      | 68kg          |
|        | 电源容量      | 220V 1kV·A    |
| 最大动作范围 | 作业半径      | 725mm         |
|        | S 轴(回旋)   | ±160°         |
|        | L 轴(下臂倾动) | +45°~ -135°   |
|        | U 轴(上臂倾动) | +70°~ -135°   |
|        | R 轴(手臂横摆) | ±165°         |
|        | B 轴(手腕俯仰) | ±115°         |
|        | T 轴(手腕回旋) | ±360°         |