



国家示范性高等职业院校重点建设专业教材（自动化类）
卓越系列·21世纪高职高专精品规划教材



模块化生产加工系统 应用教程

MODULARIZATION MANUFACTURE
SYSTEM APPLICATION
TUTORIAL

主 编 何 瑞



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材(自动化类)
卓越系列·21世纪高职高专精品规划教材

模块化生产加工系统 应用教程

Modularization Manufacture System
Application Tutorial

主编 何 瑞

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

模块化生产加工系统应用教程/何瑞主编. —天津:天津大学出版社, 2008. 8

ISBN 978 - 7 - 5618 - 2761 - 1

I. 模… II. 何… III. 机电一体化-模块化-加工-教材 IV. TH - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 128872 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
印 刷 廊坊市长虹印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 169mm×239mm
印 张 14
字 数 299 千
版 次 2008 年 8 月第 1 版
印 次 2008 年 8 月第 1 次
印 数 1 - 3 000
定 价 25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

目前许多高校都已开设了模块化生产加工系统这门课程,本着以就业为导向,以工作过程来序化教学内容,针对教学安排和自动化技术的发展与应用,我们组织编写了这本教材。

本书以德国 FESTO 公司生产的 MPS 教学设备为基础,体现了机电一体化的实际应用,涉及气动、传感器、PLC 等多门技术,在编写过程中力求语言流畅、叙述清楚,内容符合实际应用和教学,并加入了许多日常的教学实践内容。

本书共分 12 章,第 0 章(绪论)简单介绍了机电一体化技术的基本概念和课程的学习目标;第 1 章概述了 MPS 设备的组成和基本功能;第 2 章介绍了气动技术的基础知识;第 3 章介绍了常用的传感器的结构、工作原理及应用;第 4 章介绍了 SIMATIC S7—300 PLC 的硬件结构、STEP7 软件包的使用;第 5 章介绍了 S7—300 软件常用基本指令和编程语言以及顺序功能图的设计方法;第 6~10 章围绕 MPS 教学设备,剖析各个工作单元的结构和功能,循序渐进地介绍 PLC 控制程序的设计方法;第 11 章主要以综合应用为重点,强调知识与能力的应用。为了更好地培养学生的实际操作技能,本书在每章中穿插了大量的技能训练内容,实用性较强。

本书编写的目的是使学生学以致用,提高学生实际应用和动手能力。“讲、学、做、练”一体是本书的特点,教材中的技能训练较好地体现了这一点。在教学过程中,适宜采用边讲边练、学做结合的教学方法和手段,通过学生技能训练环节可将理论与实践有机结合。在实际教学中,可根据具体的教学安排和实训环境灵活掌握学生的技能训练内容。

本书由国家示范性高等职业院校黄河水利职业技术学院何瑞主编,负责全书的组织、统稿和改稿,并编写了绪论、第 2、6 章;王进编写了第 1、11 章;鲁俊婷编写了第 3 章;杜广朝编写了第 4 章;刘玉宾编写了第 5 章;刘金浦编写了第 7、8 章;刘云瀑编写了第 9、10 章及附录。

在本书的编写中得到了胡健同志的大力帮助,在此深表感谢。

本教材虽经反复修改和推敲,但由于作者水平有限,仍难免会有错误和不当之处,恳请读者批评指正。欢迎通过 E-mail 与我们联系:herui0416@163.com。

编 者

2008 年 5 月

目 录

第 0 章 绪论	(1)
0.1 机电一体化技术概论	(1)
0.1.1 机电一体化技术的定义	(1)
0.1.2 机电一体化的相关技术	(1)
0.1.3 机电一体化技术的分类	(2)
0.1.4 机电一体化系统的基本结构	(2)
0.1.5 MPS 教学系统技术特征	(3)
0.2 本课程的内容和任务	(3)
第 1 章 MPS 教学系统概述	(5)
1.1 系统基本组成及功能	(5)
1.1.1 系统基本组成	(6)
1.1.2 系统基本功能	(6)
1.2 工作单元概述	(7)
1.2.1 供料单元	(7)
1.2.2 检测单元	(9)
1.2.3 加工单元	(11)
1.2.4 操作手单元	(13)
1.2.5 成品分装单元	(14)
1.3 MPS 系统学习任务	(16)
第 2 章 气动技术基础	(17)
2.1 气动技术概述	(17)
2.1.1 气压传动的特点	(17)
2.1.2 气动系统的组成	(18)
2.2 气源装置	(19)
2.2.1 压缩空气	(19)
2.2.2 气源装置结构	(20)
技能训练 1	(22)
2.3 气动执行元件	(23)
2.4 气动控制元件	(28)
2.4.1 方向控制阀	(28)
2.4.2 流量控制阀	(33)
2.4.3 压力控制阀	(35)
2.4.4 真空元件	(36)

2.5 气动回路	(37)
2.5.1 气动回路的表示	(37)
2.5.2 常用气动回路	(38)
2.6 电气气动控制	(42)
第3章 传感器应用基础	(46)
3.1 传感器的基本知识	(46)
3.1.1 传感器的组成	(46)
3.1.2 传感器的分类	(47)
3.1.3 传感器的技术术语与指标	(48)
3.2 光电传感器	(49)
3.2.1 对射式光电传感器	(51)
技能训练 2	(51)
3.2.2 反射式光电传感器	(52)
技能训练 3	(52)
技能训练 4	(53)
3.2.3 光电传感器的应用	(53)
3.3 电感式传感器	(54)
3.3.1 电感式传感器的工作原理	(54)
3.3.2 电感式传感器的应用	(54)
技能训练 5	(55)
3.4 电容式传感器	(56)
3.4.1 电容式传感器工作原理	(56)
3.4.2 电容式传感器的应用	(57)
技能训练 6	(57)
3.5 磁感应传感器	(57)
3.5.1 磁感应传感器工作原理	(58)
3.5.2 磁感应传感器的应用	(58)
技能训练 7	(59)
第4章 S7—300 PLC 硬件结构与系统特性	(60)
4.1 PLC 的结构与工作原理	(60)
4.1.1 PLC 的分类	(60)
4.1.2 S7—300PLC 的基本结构	(61)
4.1.3 PLC 的工作原理	(63)
4.2 S7—300 PLC 硬件安装与维护	(65)
4.2.1 S7—300 PLC 的系统组件	(65)
4.2.2 S7—300 PLC 的安装	(70)

4.2.3 S7—300 PLC 的信号模块地址	(72)
4.3 STEP7 应用基础	(73)
4.3.1 SIMATIC 管理器	(74)
技能训练 8	(77)
技能训练 9	(80)
4.3.2 硬件组态	(80)
技能训练 10	(82)
技能训练 11	(84)
4.3.3 CPU 属性设置	(84)
技能训练 12	(87)
4.3.4 符号表	(88)
技能训练 13	(89)
4.3.5 块结构和块逻辑	(90)
技能训练 14	(95)
4.3.6 S7—PLCSIM 仿真软件的应用	(97)
技能训练 15	(98)
第 5 章 S7—300 编程语言和指令系统	(99)
5.1 S7—300 编程语言与数据类型	(99)
5.1.1 STEP7 编程语言	(99)
5.1.2 S7—300 PLC 的数据类型	(101)
5.2 S7—300 CPU 的存储区	(103)
5.2.1 存储器	(103)
5.2.2 寄存器	(104)
5.3 S7—300 指令系统	(105)
5.3.1 位指令	(105)
技能训练 16	(109)
技能训练 17	(109)
5.3.2 定时器指令	(110)
技能训练 18	(116)
技能训练 19	(116)
技能训练 20	(117)
5.3.3 计数器指令	(117)
技能训练 21	(121)
技能训练 22	(121)
5.3.4 数字指令	(122)
5.3.5 逻辑控制指令	(124)

5.4 顺序功能图	(126)
5.4.1 顺序功能图的结构	(126)
5.4.2 顺序功能图的类型	(127)
技能训练 23	(128)
技能训练 24	(128)
5.4.3 S7 Graph 的应用	(129)
5.4.4 S7 Graph 编程示例	(133)
技能训练 25	(134)
第 6 章 供料单元的 PLC 控制	(136)
6.1 供料单元结构与功能剖析	(136)
技能训练 26	(140)
6.2 供料单元的安装	(140)
6.2.1 安装步骤	(140)
6.2.2 安装、使用注意事项	(140)
6.3 供料单元气动控制	(142)
6.4 供料单元 PLC 控制	(142)
6.4.1 PLC 的 I/O 接口地址	(143)
6.4.2 供料单元工艺流程	(144)
6.4.3 程序设计方法	(144)
6.4.4 使用 S7 Graph 设计顺序控制程序	(147)
技能训练 27	(149)
技能训练 28	(153)
技能训练 29	(155)
6.4.5 置位/复位指令设计顺序控制程序	(157)
技能训练 30	(159)
第 7 章 检测单元的 PLC 控制	(160)
7.1 检测单元的结构和功能剖析	(160)
7.2 检测单元的安装	(163)
7.3 检测单元独立运行 PLC 控制	(164)
技能训练 31	(165)
技能训练 32	(165)
7.3.1 检测单元的工艺流程	(166)
7.3.2 检测单元的程序设计	(167)
技能训练 33	(167)
技能训练 34	(169)

第 8 章 加工单元的 PLC 控制	(170)
8.1 加工单元的结构和功能剖析	(170)
8.2 加工单元的安装	(174)
8.2.1 安装步骤	(174)
8.2.2 安装、使用注意事项	(175)
8.3 加工单元 PLC 控制	(175)
技能训练 35	(175)
8.3.1 加工单元生产工艺流程	(176)
8.3.2 加工单元 PLC 控制程序设计	(177)
技能训练 36	(177)
技能训练 37	(177)
第 9 章 操作手单元的 PLC 控制	(180)
9.1 操作手单元结构与功能剖析	(180)
9.2 操作手单元的安装	(182)
9.2.1 安装步骤	(182)
9.2.2 安装、使用注意事项	(182)
9.3 操作手单元气动控制回路	(183)
技能训练 38	(183)
9.4 操作手单元 PLC 控制	(184)
9.4.1 操作手单元 PLC 输入/输出接口地址	(184)
技能训练 39	(184)
9.4.2 操作手单元生产工艺流程	(185)
9.4.3 操作手单元程序设计	(186)
技能训练 40	(186)
技能训练 41	(188)
第 10 章 成品分装单元的 PLC 控制	(189)
10.1 成品分装单元的结构与功能剖析	(189)
10.2 成品分装单元的安装	(192)
10.2.1 安装步骤	(192)
10.2.2 安装、使用注意事项	(192)
10.3 成品分装单元气动控制回路	(193)
技能训练 42	(193)
10.4 成品分装单元 PLC 控制	(194)
10.4.1 成品分装单元 PLC 输入/输出接口地址	(194)
技能训练 43	(194)

10.4.2 成品分装单元生产工艺流程.....	(195)
10.4.3 成品分装单元程序设计.....	(196)
技能训练 44	(197)
技能训练 45	(197)
第 11 章 工作单元的组合控制	(199)
11.1 两个工作单元的组合控制.....	(199)
技能训练 46	(202)
技能训练 47	(202)
11.2 三个工作单元的组合控制.....	(203)
技能训练 48	(204)
技能训练 49	(204)
11.3 四个工作单元的组合控制.....	(205)
技能训练 50	(205)
11.4 MPS 整体控制	(205)
技能训练 51	(206)
附录.....	(207)
附录 1 常用气动元件图形符号	(207)
附录 2 STEPT LAD/FBD 编程语言常用指令	(209)
参考文献.....	(212)

第 0 章

绪论

0.1 机电一体化技术概论

0.1.1 机电一体化技术的定义

机电一体化的定义,国内外说法不一,一般包括技术和产品两个方面。机电一体化技术就是微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术相结合的综合性高新技术,是机械技术与微电子技术的有机结合。日本对其的解释是:“机电一体化是指在机构的主功能、信息处理功能和控制功能上引入电子技术,并将机械装置和电子设备以及软件等有机结合起来构成的产品或系统。”机电一体化产品一般是在机械产品的基础上采用电子技术、控制技术和计算机技术等通过相互渗透和融合所产生出来的新一代产品和系统。

0.1.2 机电一体化的相关技术

机电一体化技术是综合应用了机械技术、微电子技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、传感与检测技术、伺服驱动技术、接口技术及系统技术等群体技术,在高质量、高精度、高可靠性、低能耗意义上实现多种技术功能复合的最佳功能价值的系统工程技术。和机电一体化相关的技术如下。

(1)机械技术。机械技术是机电一体化的基础,其着眼点在于如何与机电一体化技术相适应,利用其他高新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上的变更,满足减小重量、缩小体积、提高精度、提高刚度及改善性能的要求。

(2)计算机与信息处理技术。计算机与信息处理技术包括信息交换、存取、运算、判

断与决策、人工智能技术、专家系统技术和神经网络技术等。

(3) 自动控制技术。自动控制技术在控制理论指导下,进行系统设计、设计后的系统仿真以及现场调试等。它包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断校正、补偿、再现和检索等。

(4) 传感与检测技术。传感与检测技术是系统的“感受器官”,是实现自动控制、自动调节的关键环节,其功能越强,系统的自动化程度就越高。现代工程要求传感器能快速、精确地获取信息,并能经受严酷环境的考验,它是机电一体化系统达到高水平的保证。

(5) 伺服传动技术。伺服传动技术包括电动、气动、液压等各种类型的传动装置,伺服系统是实现电信号到机械动作的转换装置与部件,对系统的动态性能、控制质量和功能有决定性的影响。

(6) 系统技术。系统技术即以整体的概念组织应用各种相关技术,从全局角度和系统目标出发,将总体分解成相互关联的若干功能单元。接口技术是系统技术中的一个重要方面,它是实现系统各部分有机连接的保证。

0.1.3 机电一体化技术的分类

机电一体化技术可分类如下。

(1) 在原有的机械本体上,采用电子控制设备实现高性能和多功能的系统,如数控机床、机器人、发动机控制系统和自动洗衣机等。

(2) 与电子设备有机结合的信息设备,如电报机、传真机、打印机、复印机、录音机、磁盘存储器及办公自动化设备等。

(3) 用电子设备全面置换机械结构的信息处理系统,如石英电子表、电子计算机、电子秤、电子交换机和电子计数器等。

(4) 与电子设备有机结合的检测系统,如自动探伤机、形状识别机装置、CT 扫描仪和生物化学分析仪等。

(5) 利用电子设备代替机械本体工作的系统,如电火花加工机床、线切割放电加工机、激光测量机和超声波缝切机等。

(6) 用电子设备局部置换机械控制结构形成的产品,如电子缝纫机、电子打印机、自动售货机、电子电动机和无整流电动机等。

0.1.4 机电一体化系统的基本结构

机电一体化系统一般包括 5 个基本结构要素:机械本体、检测传感部分、执行机构、控制及信息处理单元及动力源,如图 0.1 所示。

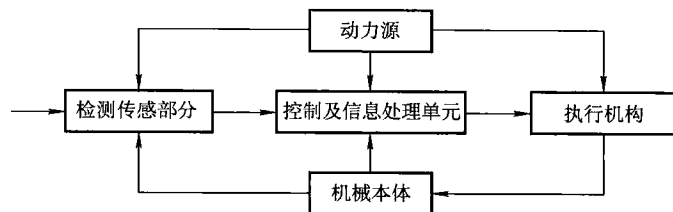


图 0.1 机电一体化系统结构

(1)机械本体。机械本体包括机架、机械连接、机械传动等,它是机电一体化基础,起着支撑系统中其他功能单元、传递运动和动力的作用。

(2)检测传感部分。检测传感部分包括各种传感器及其信号检测电路,其作用就是检测机电一体化系统工作过程中本身和外界环境有关参量的变化,并将信息传递给控制及信息处理单元,控制及信息处理单元根据检查到的信息向执行机构发出相应的控制。

(3)控制及信息处理单元。控制及信息处理单元是机电一体化系统的核心,负责将来自各传感器的检测信号和外部输入命令进行集中、存储、计算和分析,根据信息处理结果,按照一定的程度和节奏发出相应的指令,控制整个系统有目的地运行。

(4)执行机构。执行机构的作用是根据电子控制单元的指令驱动机械部件运动。执行机构是运动部件,通常采用电力驱动、气压驱动和液压驱动等几种方式。

(5)动力源。动力源是机电一体化产品能量供应部分,其作用是按照系统控制要求向机械系统提供能量和动力使系统正常运行。提供的能量方式包括电能、气能和液压能,以电能为主。

0.1.5 MPS 教学系统技术特征

模块化生产加工系统,简称 MPS(Modular Production System)是由德国 FESKO 公司出品的教学设备,体现了机电一体化技术的实际应用。MPS 设备是一套开放式的设备,用户可根据自己的需要选择设备组成单元的数量和类型,最多可由 9 个单元组成,最少是一个单元即可自成一个独立的控制系统。由多个单元组成的系统可以体现出自动生产线的控制特点。

MPS 系统综合应用了多种技术知识,如气动技术、机械技术(机械传动、机械连接等)、电工电子技术、传感器应用技术、PLC 控制技术等。其中气动技术广泛应用于各种机械和生产线上,并越来越多地应用于各行业的自动装配和自动加工小件、特殊物品的设备上,已经成为自动化生产线的主要组成部分。传感器是感知、获取信号的窗口,是自动化系统不可缺少的组成部分,是实现自动控制的主要环节。可编程控制器的飞速发展和强大的功能,使它成为实现自动化的重要手段。

利用该系统,可以模拟一个与实际生产情况十分接近的控制过程,使学习者处于一个非常接近于实际工程应用的教学设备环境,在学习过程中很自然的就将理论应用到实际中,实现了理论与实践的完美结合,从而缩短了理论教学与实际应用之间的距离。

0.2 本课程的内容和任务

本课程是一门实践性很强的专业课,以 MPS 教学设备为对象,主要介绍气动技术、传感器应用及可编程控制器的工作原理和实际应用。本课程的目标是让学生掌握一门非常实用的机电一体化设备(如 MPS)控制技术,培养学生具备一定的实际应用和动手能力。

机电一体化控制技术是电类及机电类专业学生应掌握的基础应用知识,具体要求

如下。

- (1)熟悉基本气动元件的结构和应用,能够阅读和设计简单的气动控制回路。
- (2)了解传感器的基本结构和工作原理,能够正确使用传感器。
- (3)理解可编程控制器的工作原理,熟悉 PLC 的基本指令系统和程序设计方法,掌握 PLC 顺序功能图的编程方法与应用。
- (4)掌握 STEP7 软件包的使用,熟练应用 SIMATIC 管理器,掌握梯形图编程语言和 S7—Graph 编程语言。
- (5)掌握 MPS 各组成单元的组成和基本功能,能够针对实际控制对象应用 PLC 实现控制程序设计。
- (6)掌握 PLC 实现通信的方法。

第 1 章

MPS 教学系统概述

学习目标

1. 了解 MPS 教学系统的组成和基本功能。
2. 了解各工作单元的基本结构。
3. 了解 MPS 系统所涉及的相关技术。

MPS 模块化生产加工系统是一套采用德国先进技术、能模拟实际工业生产中大量复杂控制过程的教学培训装置。该系统采用现代气动技术及计算机控制技术,对生产线进行模块化及标准化,从基础部分的简单功能及加工顺序扩展到复杂的集成控制系统。系统各模块间通过现场总线互相通讯,可大大缩短设计、加工、安装及调试的周期。

MPS 装置是一套开放式的设备,可以根据需要选择设备组成单元的类型和数量。设备最多可由 9 个单元组成,最少可以是一个单元自成一个独立的系统。应用 MPS 系统可以自由选择学习及培训的项目、内容和深度;可以完成加工系统中设计、组装、调试、操作、维护和纠错等不同的培训要求。并且通过 MPS 系统,不仅可以增长学员的技术知识,而且能够促进团队精神、合作精神、学习技巧、独立能力和组织能力等个人素质的发展。

1.1 系统基本组成及功能

MPS 系统每一个工作单元都能够实现多种功能,将独立的工作单元互相连接可以形成各种不同形式的复杂系统。本书介绍的 MPS 系统由 5 个单元组成,综合应用了多种技术知识,如气动技术、机械技术(机械传动、机械连接等)、电工电子技术、传感器应用

技术和 PLC 控制技术等,能够真实地模拟出一条生产加工线的工作过程。

1.1.1 系统基本组成

5 个工作单元的 MPS 系统如图 1.1 所示,由供料、检测、加工、操作手和成品分装单元组成。

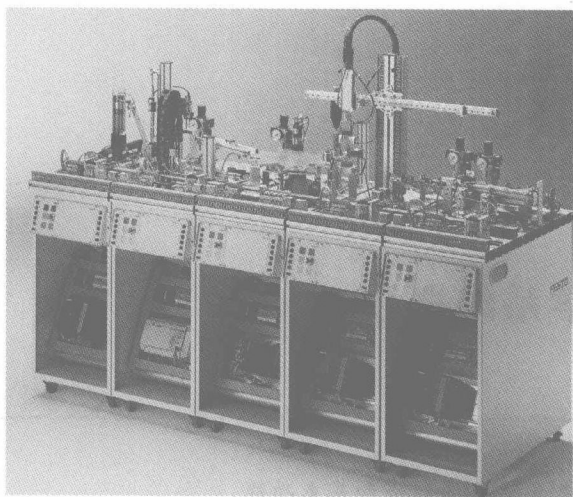


图 1.1 5 个工作单元的 MPS 系统结构

MPS 系统采用 PLC 控制。PLC 作为通用工业控制器,是专为在工业环境应用而设计的,既可用于单台设备的控制,也可用于多机群控及自动化流水线。MPS 安装了多种类型的传感器,分别用于判断物体运动的位置、物体的形状、颜色和材质等。各单元大都采用了气动执行机构,其运动位置通过安装在其上面的传感器的信号来判断。

1.1.2 系统基本功能

MPS 系统各组成工作单元的基本功能描述如下。

(1) 供料单元的基本功能。供料单元主要为加工过程提供加工工件,按照需要将放置在料仓中的待加工工件从料仓中自动取出,并将其送到下一个工作单元,即检测单元。

(2) 检测单元的基本功能。检测单元主要是检测加工工件的特性,对前一工作单元提供的工件进行材质、颜色、高度的检测,由传感器完成检测工作。

(3) 加工单元的基本功能。加工单元将前一工作单元提供的工件在旋转工作台上进行机械加工和检测,并将加工后的工件输送到下一工作单元。

(4) 操作手单元的基本功能。操作手单元将加工好的合格工件送入成品分装单元,不合格工件送入废料仓。

(5)成品分装单元的基本功能。成品分装单元根据检测模块的检测结果,将放置在传送带上的工件分别送入不同的滑槽。

1.2 工作单元概述

1.2.1 供料单元

MPS 的每一工作单元由各种独立的模块组成。供料单元的结构如图 1.2 所示,主要由送料模块、转运模块、I/O 接线端子、真空发生器、气源处理组件、传感器、CP 阀组、消声器、线槽及铝合金底板等组成。

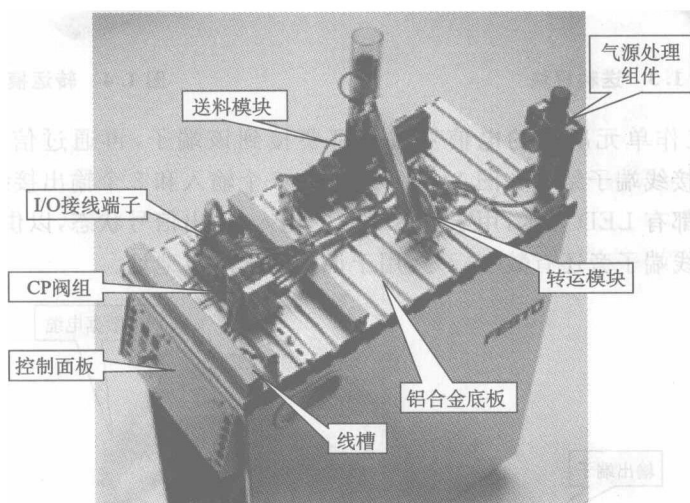


图 1.2 供料单元

1. 送料模块

送料模块的主要作用是对料仓中的加工工件分开进料。送料模块如图 1.3 所示,主要由料仓、推料杆、双作用汽缸(简称为推料缸)和传感器组成。管装料仓中最多可存放 8 个工件,在送料过程中,双作用汽缸从料仓底部逐一推出工件,每推出一个工件传感器产生一个信号。

2. 转运模块

转运模块的主要功能是抓取工件,并将工件传送到下一个工作单元,如图 1.4 所示。转运模块是一个气动操作装置,从料仓推出的工件被转运模块上的真空吸盘吸起,由可旋转 180° 的摆臂传送到下一个工作单元。

3. I/O 接线端子

I/O 接线端子通过导轨固定在铝合金板上,是工作单元与 PLC 之间进行通信的线