



浙江省“十一五”重点教材建设项目

高职高专机电类
工学结合模式教材

模块化生产加工系统(MPS) 运行、调试及维修

高龙士 主编

唐 鸣 吕原君 副主编

清华大学出版社





浙江省“十一五”重点教材建设项目

高职高专机电类
工学结合模式教材



模块化生产加工系统(MPS) 运行、调试及维修

高龙士 主 编
唐 鸣 吕原君 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书从实际应用出发,以实际操作和企业应用案例对模块化生产加工系统(MPS)和库卡(KUKA)机器人进行了介绍,基于工作任务的课程设计理念把 PLC 技术、传感器技术、气压传动技术等领域的知识和操作技能进行了有机融合。每个工作任务都包含了工作原理、过程分析、工作准备、工作实施、成果检验和任务总结 6 个环节,并针对该工作任务所涉及的专业知识和技能进行了较详细的阐述。

本书可作为高等职业院校机电一体化技术、工业自动化、电气工程及其自动化、生产过程自动化等专业的教材,也可供工程技术人员自学使用和作为培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

模块化生产加工系统(MPS)运行、调试及维修/高龙士主编. —北京:清华大学出版社,2012.12
(高职高专机电类工学结合模式教材)

ISBN 978-7-302-29802-1

I. ①模… II. ①高… III. ①机电一体化—模块化—加工—高等教育—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 190141 号

责任编辑:刘翰鹏

封面设计:刘艳芝

责任校对:袁 芳

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14 字 数:314 千字

版 次:2012 年 12 月第 1 版 印 次:2012 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00 元

产品编号:041953-01



本书以德国 FESTO 公司生产的模块化生产加工系统(MPS)教学设备为基础,针对 MPS 的组成结构、技术体系进行了较为详细的介绍。根据学习过程的一般规律,对学习内容采用了基于工作过程的方式进行编排。本书针对气压传动技术、传感器技术和 PLC 技术 3 方面内容,按照知识和技能的学习顺序分为基础篇和任务篇,对 MPS 的运行、调试、维护及相关知识和技能做出了较为全面的介绍。基础篇分 4 个专题,主要讲述必要的基础知识;任务篇精心设计了 8 个任务,每个任务中“任务实施过程”部分是核心内容,其余部分是相应知识和技能的拓展、补充和完善。

全书通过完成 8 个任务,力求启发读者去思考、探询、解决一些机电设备运行、调试及维修方面的实际问题,突出处理生产实际问题能力的培养,以提高学生对知识的综合应用能力;同时,通过完成组装、编程、设计流水线的任务,突出创新意识的培养,进一步激发学生的创新潜能。

本书注重实际,强调应用,努力以“模块导向、任务驱动、理实一体”的教学理念进行课程设计,是一本偏重工程实践性的应用类教程,可作为高等职业院校机电一体化技术、工业自动化、电气工程及其自动化、生产过程自动化等专业的教材,也可供工程技术人员自学使用和作为培训教材,对了解和掌握模块化的生产加工过程具有较大的参考价值。

本书由浙江工业职业技术学院高龙士担任主编,唐鸣、吕原君担任副主编,吴雄喜、高奇峰、卢民等参加了编写。在编写过程中得到了许多同行的大力帮助和支持,在此深表感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月



基 础 篇

第 1 讲 模块系统的构成	3
1.1 MPS 教学系统技术特征	3
1.2 PLC 及其控制系统概述	4
1.2.1 PLC 型号的选取: 西门子 S7-300	5
1.2.2 应用软件 STEP 7	6
1.2.3 数据接口卡	6
1.3 气动系统及传感器系统构成	6
1.3.1 气压传动系统	6
1.3.2 MPS 中的传感器系统	9
1.4 MPS 各单元联机通信及总体控制结构	10
第 2 讲 软件基础知识	12
2.1 西门子自动化系统基础	12
2.1.1 工业自动化	12
2.1.2 西门子 PLC	14
2.1.3 S7-300 硬件系统	16
2.1.4 PLC 的调试	19
2.2 S7-300 PLC 软件系统及编程	19
2.2.1 PLC 编程基础	20
2.2.2 内部资源	23
2.2.3 语言和指令系统	24
2.3 PLC 的编程软件	26
2.3.1 程序编制	28
2.3.2 编写程序的步骤	29
2.3.3 调试及运行监控	32
2.4 梯形图	34
2.5 FluidSIM 气压仿真软件	35

第 3 讲 机电设备维护及检修的基本知识	37
3.1 机电设备的特点和管理制度	37
3.2 机电设备的安装、调试、维修和保养	38
3.2.1 设备的准备环节	38
3.2.2 设备合理使用及故障	39
3.2.3 设备维修的基本内容	40
3.2.4 设备的更新与改造	41
第 4 讲 KUKA 机器人简介	42
4.1 KUKA(库卡)机器人基本情况	42
4.2 坐标系及其控制屏	45
4.3 库卡机器人编程基础	46
4.3.1 程序编辑	46
4.3.2 运动程序命令	49
4.3.3 输出程序命令	58
4.4 库卡机器人控制屏的操作	61
4.4.1 机器人的校正	61
4.4.2 机器人的校准	64
4.4.3 外部运动系统的校准	67
4.4.4 机器人的命名	71

任 务 篇

任务 1 根据功能原理分析 MPS 的结构组成及技术特点	75
1.1 任务实施过程	75
1.1.1 工作原理	75
1.1.2 过程分析	76
1.1.3 工作准备	77
1.1.4 工作实施	77
1.1.5 成果检验	78
1.1.6 任务总结	78
1.2 模块化设计的思路	79
1.3 MPS 的主要技术	80
1.3.1 动力和传递	80
1.3.2 工作单元及其内部结构	81
1.3.3 工作单元的组成方式	83
1.3.4 工作单元的连接与 PLC 的安装	84

1.4 气压系统的安装与维护	85
1.4.1 模块化生产系统的技术体系气压设备的日常维护	85
1.4.2 模块化生产系统的运行、设计及维护原则	86
任务2 分析供料单元功能、设计及其单元结构	87
2.1 任务实施过程	87
2.1.1 工作原理	87
2.1.2 过程分析	87
2.1.3 工作准备	88
2.1.4 工作实施	89
2.1.5 成果检验	90
2.1.6 任务总结	90
2.2 机电一体化系统安装、运行及维护概述	90
2.2.1 光机电一体化技术特征	90
2.2.2 机电一体化系统的设备维修简介	91
2.3 光机电一体化设备故障特点综述	93
2.3.1 机械与电子之间的相互关系	93
2.3.2 机电一体化设备的故障特点	94
2.3.3 机电一体化设备的故障诊断方法	94
2.3.4 常见故障分类	95
2.4 液压及气压系统的维护	96
2.4.1 气压设备的日常维护	96
2.4.2 气压系统维护及常见故障	97
任务3 供料单元的气压传动系统设计、安装及调试	99
3.1 任务实施过程	99
3.1.1 工作原理	99
3.1.2 过程分析	100
3.1.3 工作准备	101
3.1.4 工作实施	102
3.1.5 成果检验	104
3.1.6 任务总结	105
3.2 MPS 动力构成	105
3.2.1 速度控制回路	106
3.2.2 位置控制回路	106
3.2.3 同步控制回路	108
3.2.4 操作回路和安全保护回路	108
3.3 供料单元	109

3.3.1	气源及气源处理组件	109
3.3.2	常用气动执行及控制元件	111
3.3.3	真空发生器、真空吸盘和真空检测传感器	112
3.3.4	气动执行元件的状态检测传感器	113
任务 4	送料单元 PLC 手动单循环控制程序设计及调试	116
4.1	任务实施过程	116
4.1.1	工作原理	116
4.1.2	过程分析	116
4.1.3	工作准备	117
4.1.4	工作实施	118
4.1.5	成果检验	123
4.1.6	任务总结	125
4.2	系统、设备的控制	126
4.2.1	控制方式的分类	126
4.2.2	继电器控制的常见形态	127
4.2.3	PLC 基本元件及概念	129
4.2.4	PLC 梯形图逻辑语言(LAD)	129
4.3	PLC 的梯形图程序	131
4.3.1	程序的顺序结构和选择设计	131
4.3.2	位逻辑指令：常开触点和常闭触点	132
4.3.3	位逻辑指令：输出线圈、中间输出	133
4.3.4	置位线圈和复位线圈	133
4.3.5	梯形图程序的调试	134
任务 5	检测单元的结构与设计	135
5.1	任务实施过程	135
5.1.1	工作原理	135
5.1.2	过程分析	136
5.1.3	工作准备	137
5.1.4	工作实施	139
5.1.5	成果检验	139
5.1.6	任务总结	144
5.2	检测单元	145
5.2.1	常用致电传感器	145
5.2.2	气动执行、控制元件	148
5.3	送料单元及检测单元的常用设备维护	149
5.3.1	动力传递的系统维护	149

5.3.2	气动元件的维护原则	150
5.3.3	PLC 的常见故障诊断	152
任务 6	检测单元和供料单元自动化系统设计及调试	155
6.1	任务实施过程	155
6.1.1	工作原理	155
6.1.2	过程分析	156
6.1.3	工作准备	156
6.1.4	工作实施	157
6.1.5	成果检验	159
6.1.6	任务总结	160
6.2	工业自动化及其系统	161
6.3	PLC 自动化生产系统程序设计	162
6.3.1	程序的循环结构	162
6.3.2	比较指令：整数、双整数和实数比较	162
6.3.3	算术指令：加、减等基本运算指令	164
6.3.4	定时器指令：脉冲 S5 定时器	165
6.3.5	装入指令	166
6.4	自动化系统的故障诊断技术应用	166
6.4.1	故障诊断综述	166
6.4.2	机电设备系统的运行维护	167
任务 7	加工单元的 PLC 控制系统设计及调试	171
7.1	任务实施过程	171
7.1.1	工作原理	171
7.1.2	过程分析	171
7.1.3	工作准备	173
7.1.4	工作实施	175
7.1.5	成果检验	180
7.1.6	任务总结	180
任务 8	操作手单元、分拣单元的控制系统设计及调试	181
8.1	任务实施过程	181
8.1.1	工作原理	181
8.1.2	过程分析	181
8.1.3	工作准备	183
8.1.4	工作实施	184
8.1.5	成果检验	197

8.1.6	任务总结	197
8.2	PLC 的电气控制结构	198
8.2.1	继电器控制的基本原理	198
8.2.2	PLC 的 I/O 驱动	198
8.2.3	PLC 的接口卡	199
8.3	加工单元、操作手单元和分拣单元	200
8.3.1	旋转工作台	200
8.3.2	电感式接近开关传感器	200
8.3.3	漫反射式光电传感器	202
8.4	MPS 设备的常规养护技术及养护管理制度	203
8.4.1	电气设备与维护	205
8.4.2	机械设备维护与保养	208
参考文献		211

基础篇

第1讲 模块系统的构成

第2讲 软件基础知识

第3讲 机电设备维护及检修的基本知识

第4讲 KUKA机器人简介



模块系统的构成

1.1 MPS 教学系统技术特征

常用的 MPS(模块化生产加工系统)具有 5 个工作单元,按照工序流程依次为供料单元、检测单元、加工单元、操作手单元和分拣单元,如图 1-1-1 所示。

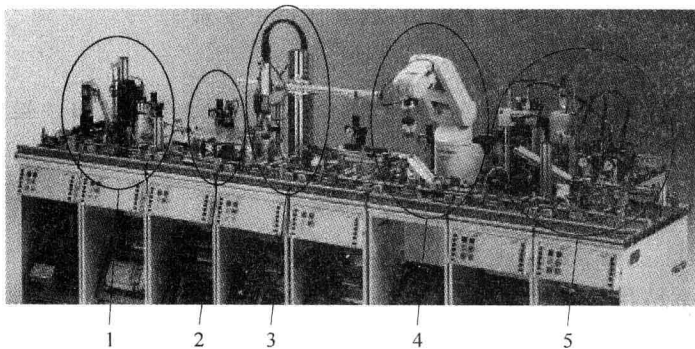


图 1-1-1 MPS 的组成单元

1—供料单元; 2—检测单元; 3—加工单元; 4—操作手单元; 5—分拣单元

5 个单元功能相对独立,在工序流程上又存在着一定的联系,如图 1-1-2 所示。前述 5 个工作单元作为一个功能独立的模块出现,每个模块拥有各自对应的软件处理系统用以完成独立的工作,而生产线中所存在的产品在被每个模块“处理”之后,即一道工序完成之后,必须得到软件的确认、判断和处理,之后进入后一道工序,即下一个模块。图 1-1-2 中的“放行”意义即此。通过“工序”使 5 个模块之间产生联系。

如图 1-1-2 所示,各个模块拥有自己独立的软件系统,然而各个软件处理系统之间同样存在着联系,即信息的交换。交换的信息对应于各个模块,对于智能系统而言,这种信息交换称为“通信”,将在 1.4 节中进行

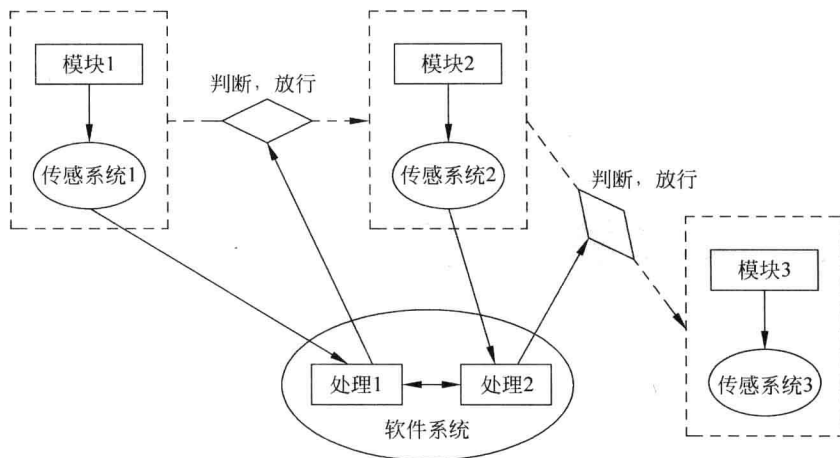


图 1-1-2 模块之间通过工序相互联系

详细讲述。

各个单元的基本功能如下。

1. 供料单元

依照顺序将放置在料仓中的毛坯料依次取出,放置在特定位置。

2. 检测单元

通过机构获取到物料,对物料进行颜色、材质的辨识以及高度的检测,对于辨别符合要求的物料,将其送入到下一个环节,对于不符合要求的物料则将其通过滑槽送出工作站。

3. 加工单元

对物料进行加工,包括钻孔等加工过程,并对加工效果进行检测。

4. 操作手单元

将加工完毕后的工件取走,并进行辨别——符合加工要求的工件送入下一个环节,否则通过滑槽送出工作站。

5. 分拣单元

将成品工件进行分类,从不同的滑槽送出工作站。

1.2 PLC 及其控制系统概述

“软件是核心”,作为功能完整的机电一体化系统,软件需要担负起系统中各个功能元件的控制、信息采集、任务协调等工作。由此可知,软件设计的合理程度将是整个系统是否能够稳定工作的前提和保障。MPS 以 PLC 作为软件的载体,所采用的 PLC 的型号为 SIMATIC S7-300。

1.2.1 PLC 型号的选取：西门子 S7-300

西门子的产品 SIMATIC S7-300 属于中小型 PLC 系统,在模块化编程设计方面相对于其他品牌 PLC 而言具有独到之处。同时,S7-300 在便于安装、自由扩展方面具有较强的优势,适用于作为中小型应用系统的 MPS,如图 1-1-3 所示。因此,S7-300 在工程领域的诸多行业中均有较为广泛的使用。S7-300 本身共包含电源(PS)、中央处理器(CPU)、信号模板(SM)、功能模板(FM)、通信处理器(CP)5 个常用模块。此外,S7-300 与编程器或者安装了针对 S7-300 的编程软件的 PC 组合则构成一个完整的 PLC 系统。

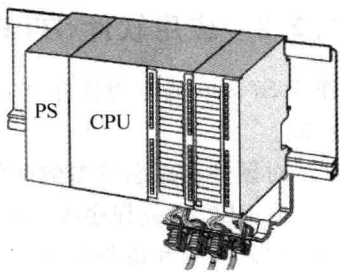


图 1-1-3 安装在机架上的 S7-300

1. S7-300 的特点

(1) 由一个中央处理单元(CPU)和一个或多个扩展模块组成(EM)。如果已用完所有 CU 的插槽,则可以使用 EM。其所有模块可装在一个导轨上。

(2) S7-300 信号模板种类较多,几乎拥有所有类别信号的模板、功能模板、通信处理器模板、接口模板、空位模板。

(3) S7-300 是一个面维护的系统,仅仅需要将操作系统备份在微型存储卡(MMC)上即可。

(4) 相对于其他品牌的 PLC 而言,SIMATIC S7-300 系列的 CPU 在工作过程中具有更高的安全性:CPU 所具有的 4 种工作模式的选择均需要通过一个钥匙开关进行控制,只有当钥匙开关插上时,才可改变工作模式,可有效防止因无关人员改变运行模式或改变用户程序而造成安全事故。

2. CPU 的 4 种工作模式

(1) RUN-P 模式

在 RUN-P 模式下,允许用户向 CPU 下载用户程序,一般用于程序调试,在使用进程中,钥匙开关不能拔出。

(2) RUN 模式

在 RUN 模式下,PLC 正常工作,程序被扫描、执行,在进程中不能下载或者修改程序,且可以取出钥匙以保护程序不被更改。

(3) STOP 模式

在 STOP 模式下,用户程序不被扫描和执行,程序可被下载或加载,可取出钥匙以防止误操作。

(4) MERS 模式

在 MERS 模式下,可以复位,清除所有内部存储器的用户程序,但需要复杂的操作动作。

由此可见,S7-300 具有比较突出的工作和安全性能。除此之外,用户所使用的市售人机接口、触摸屏、组态软件绝大部分均是利用 S7-300 编程电缆(适配器)结合编程软件

STEP 7 原理开发出来的,故而利用西门子 STEP 7 软件能够对 S7-300 方便、安全而快捷地编程。事实上,STEP 7 或者 STEP 7-Lite 能够以简单的方式和友好的界面实现 S7-300 的全部功能。下面对 STEP 进行简单介绍。

1.2.2 应用软件 STEP 7

作为 S7-300 的专用软件,STEP 7 除了具有基本的程序创建和修改功能之外,还拥有以下功能。

- (1) 对硬件和组态的参数赋值。
- (2) 向 PLC 加载程序或者从 PLC 下载程序。
- (3) 测试系统和诊断设备常见故障。
- (4) 拥有 SIMATIC 管理器、硬件和网络组态、符号编辑器等实用工具。

与其他应用软件相同,STEP 7 对 PC 具有基本的安装要求: CPU 80486 以上, RAM 在 32MB 以上,硬盘空间至少 100MB,操作系统为 Windows 95/98/Me/NT。

STEP 7 采用了与诸多高级语言类似的结构化编程环境。作为 PLC 的程序编辑器,STEP 7 采用 PLC 固有的编程语言进行编程,然后将编写的程序文件导入到 PLC 的 ROM 中。

1.2.3 数据接口卡

数据接口卡的作用是为系统中的信息进出 PLC 提供专用的通道。

一个功能完备的机电一体化系统必然包含各种数据信息。其中,PLC(或其他形式的智能终端,例如 PC、微型机、工控机等)负责传感器系统的信息汇聚、外设的命令发布等涉及信号输入/输出的控制,可能存在着相对于 PLC 自有接口而言需要接入的设备数量众多的问题。因此,必须采用一种手段进行接口的扩展。另外,PLC 驱动能力的限制、信号制式的不统一(例如串行和并行数据)等问题均存在于实际的数据采集和命令发布通道的设计中,因而采用数据接口卡,使得具有独立编程能力的接口卡能够进行数据通信的操作,以减轻 PLC 的负担,保证系统工作的高效率。

数据接口卡实际上是能够内置通信协议的芯片组。

1.3 气动系统及传感器系统构成

通过前面对 MPS 结构的简要介绍可知,气压传动结构为 MPS 的主要硬件体系之一。每个独立的工作单元都是 MPS 中功能完整的组成部分,其中的气动系统均与传感器系统相配合。组成部分中的每个气动元件均采用了与电子元件相结合的方式以便于进行检测,使得 MPS 中的每个组成部分都能够受到来自 PLC 的实时监控,从而实现完整的系统功能。因此,要对 MPS 的硬件组织进行分门别类的介绍,应包含两个系统,即气压传动系统和传感与检测系统。

1.3.1 气压传动系统

气压传动系统是 MPS 硬件系统的主要组成部分,通过气动回路组成 MPS 的整个工

作流程。本节将介绍气压传动的基本原理,分类别对气压元件进行概括介绍,从气压回路方面进一步介绍 MPS 结构。MPS 中所涉及的具体元件及其应用将在后续章节的对应部分做出具体说明。

1. 气压传动系统结构

气压传动系统的工作原理是利用空气压缩机将电动机或其他原动机输出的机械能转换为空气的压力能,然后在控制元件的控制和辅助元件的配合下,通过执行元件把空气的压力能转换为机械能,如图 1-1-4 所示。

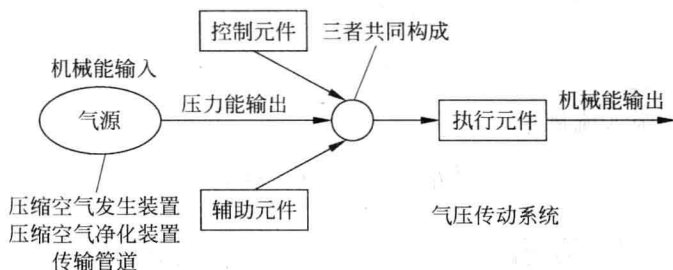


图 1-1-4 气压传动系统原理简图

气压传动系统的计量参数意义及定义如下。

(1) 计量单位

国际单位制: 帕斯卡(简称帕, Pa)

常用的单位: 大气压(atm)或千克力每平方厘米(kgf/cm²)

实际应用单位: 兆帕(MPa)或巴(bar)

(2) 压力单位换算

$1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$, $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$, $1\text{bar}=10^5\text{Pa}=0.1\text{MPa}$

$1\text{atm}=1.033\text{kgf}/\text{cm}^2=1.0133\text{bar}=101330\text{Pa}$

(3) 表压力

表压力是指相对于大气压的压力差。在工程领域中常用表压力来表示。表压力为 0 时, 绝对压力即为大气压。

(4) 压力的正负

以大气压力作为参考零点, 大于大气压力的压力为正压力, 小于大气压力的压力则为负压力。负压力也称为真空。

2. 气源(空气压缩机的选择)

如图 1-1-4 所示, “气源”是气动系统提供符合一定要求的压缩空气的系统, 包含了压缩空气发生装置、压缩空气净化装置和传输管道等装置。

压缩空气发生装置主要为空气压缩机(Air Compressor)。空气压缩机简称空压机, 是气源装置中的主体, 是将原动机(通常是电动机)的机械能转换成气体压力能的装置。空气压缩机主要依据气动系统的工作压力和流量选择。由于要考虑到供气管道的沿程损失和局部损失, 空气压缩机的工作压力应比气动系统中的最高工作压力高 20% 左右。如