

# 现代机械设备设计手册

## 第2卷 机电系统与控制

主 编 陆元章  
副主编 钟廷修 蔡建国 王显正  
主 审 徐炳辉 汤季安



机械工业出版社

为适应由计划经济向市场经济的转化,厂矿企业要不断调整自身产品;不断引进、消化先进技术设备,并对原有产品进行更新、改进;而设计院、大专院校等在承接这些任务过程中又积累了相当丰富的经验和成果。为将这些成果、经验及时介绍给广大设计、科研人员,我社特组织编写了这套《现代机械设备设计手册》以飨读者。

本手册具有先进性、实用性、突出功能的特点,有强烈的现代特色,图文并茂,便于查找。本手册共 25 篇,分 3 卷陆续出版。

本书为第 2 卷,共 5 篇。内容有液压传动与控制,气压传动与控制,电气传动与控制,机电一体化常用元器件与相关电路,机电一体化系统的设计与实例等。

本手册可供机械设计人员、科技人员及大专院校师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代机械设备设计手册 第 2 卷:机电系统与控制/陆元章主编. —北京:机械工业出版社,1996,6  
ISBN 7-111-05058-4

I. 现… II. 陆… III. ①机械设备-机械设计-手册②机电系统-机械元件-机械设计-手册 IV. TH122-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 23466 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:林 松等 版式设计:霍永明 责任校对:肖新民  
封面设计:姚 毅 责任印刷:路 琳  
高等教育出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
1996 年 7 月第 1 版第 1 次印刷  
787mm×1092mm<sup>1</sup>/16·113.5 印张·2 插页·3551 千字  
0 001-5 000 册  
定价:162.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

《现代机械设备设计手册》  
编辑委员会

主 任	翁史烈		
副 主 任	陈瑞藻	贝季瑶	范祖尧
	陆元章	辛一行	高文龙
委 员	翁史烈	陈瑞藻	贝季瑶
	范祖尧	陆元章	辛一行
	高文龙	常燕宾	奚绍申
	汪 恺	徐履冰	宋学义
	郑光锐	黄振青	王运江
	方明伦		
主任助理	沈德和		
总 编	贝季瑶		
副 总 编	奚绍申	汪 恺	
总编助理	沈德和		
主任编辑	常燕宾		

## 前 言

在加速建立社会主义市场经济体制的新形势下,厂矿企业需要不断调整自身的产品,并且随之对原有设备进行改进和改造,甚至设计制造专用新设备。毫无疑问,这些改进、改造或新设计的设备大多数将是机、电、液相结合的现代化机械设备。因此,将国内外设计院所、高等学校、厂矿企业在从事现代化机械设备设计中获得的成果、积累的经验 and 所用的数据等等,归纳整理出来,汇编成一套现代机械设备设计手册实在是非常必要的。

本手册在内容选取和篇幅分配上注意满足现代化非标准机械设备设计的特殊需要,突出机、电、液的一体化。此外,它还有几个特点:首先是以实用为主,尽量减少理论与原理的阐述比重,尽可能用图、表作具体介绍;二是按功能分类介绍一些现代机械设备的设计原则、设计数据和设计实例。这有利于读者查阅、参考以至直接选用;三是体现先进性。无论是所列举的各类标准,还是所介绍的各种器件以至整台设备,都是最新的、有代表性的。

整套手册共分3卷25篇,分3卷出版。

第1卷是“设计基础”,共10篇。除了将很少能在一般手册上见到的新颖、特殊元器件、零部件,以及机构系统方案的构思与拟定、机构系统的选型与评价等等列为主要内容外,还专门编写了“现代设计方法”篇。

第2卷是“机电系统与控制”,共5篇。机电液一体化是本卷的重点内容。除了“液压传动与控制”、“气压传动与控制”以及“电气传动与控制”等篇外,还专门编写了“机电一体化常用元器件与相关电路”篇和“机电一体化系统的设计与实例”篇。

第3卷是“非标准机械设备设计”,共10篇。除了介绍9类不同功能的非标准机械设备的设计原则、设计数据和设计实例外,还编列了有关机械设备设计的强制性国家标准。

由于我们缺少编写涉及面很广的大型技术工具书的经验,本手册在内容和形式方面都会存在不少遗漏或缺点、错误之处,我们热忱希望读者在使用中予以审查和验证,提出批评和建议。

《现代机械设备设计手册》编委会

# 目 录

## 第 11 篇 液压传动与控制

### 第 1 章 液压传动常用标准 与计算公式

1 液压气动图形符号 .....	11-3
1.1 符号要素和功能要素 .....	11-3
1.2 管路、管路联接口和接头 .....	11-5
1.3 控制机构和控制方法 .....	11-6
1.4 旋转式能量转换元件——泵和马达 .....	11-9
1.5 缸和特殊能量转换器 .....	11-12
1.6 能量贮存器 .....	11-14
1.7 动力源 .....	11-15
1.8 能量控制和调节元件 .....	11-15
1.9 流体贮存和调节元件 .....	11-26
1.10 辅助元器件 .....	11-27
1.11 图例对照 .....	11-28
2 基础标准 .....	11-30
2.1 液压气动系统及元件——公称压力系列 .....	11-30
2.2 液压泵及马达公称排量系列参数 .....	11-30
2.3 液压元件螺纹联接的油口形式和尺寸 .....	11-30
3 液压传动常用计算公式 .....	11-32
3.1 雷诺数 $Re$ .....	11-32
3.2 小孔和缝隙中的流量 .....	11-32
3.3 液流的压力损失 .....	11-35

### 第 2 章 液压泵与液压马达

1 概述 .....	11-43
1.1 容积式液压泵的工作原理 .....	11-43
1.2 液压泵与液压马达的分类 .....	11-43
1.3 液压泵与液压马达的常用计算公式 .....	11-44
2 液压泵与液压马达的主要性能参数 .....	11-45
3 液压泵与液压马达的变量方式 .....	11-45
4 齿轮泵与齿轮马达 .....	11-47
4.1 齿轮泵的结构特点 .....	11-47
4.2 齿轮泵与齿轮马达产品汇总 .....	11-49

5 叶片泵与叶片马达 .....	11-66
5.1 叶片泵的结构特点 .....	11-66
5.2 单作用叶片泵的变量方式 .....	11-67
5.3 叶片泵和叶片马达产品汇总 .....	11-68
6 螺杆泵 .....	11-84
6.1 螺杆泵的结构特点 .....	11-84
6.2 螺杆泵产品汇总 .....	11-84
7 柱塞泵与柱塞马达 .....	11-90
7.1 轴向柱塞泵与马达 .....	11-90
7.2 径向柱塞泵与马达 .....	11-109
7.3 中速中扭矩液压马达 .....	11-116
8 液压泵与液压马达的选用 .....	11-121
8.1 液压泵的选用 .....	11-121
8.2 液压马达的选用 .....	11-123

### 第 3 章 液 压 缸

1 液压缸的分类及安装方式 .....	11-125
1.1 液压缸的分类 .....	11-125
1.2 液压缸的安装方式 .....	11-126
2 液压缸的设计与计算 .....	11-127
2.1 液压缸的设计步骤 .....	11-127
2.2 液压缸主要参数确定 .....	11-127
2.3 液压缸的结构设计 .....	11-128
3 液压缸的选用 .....	11-139
3.1 液压缸主要参数的选定 .....	11-139
3.2 使用工况及安装条件 .....	11-140
3.3 缓冲装置的选用 .....	11-140
3.4 密封件选用 .....	11-140
3.5 对工作介质的要求 .....	11-140
4 液压缸产品汇总 .....	11-141
4.1 工程用液压缸 .....	11-141
4.2 冶金用液压缸 .....	11-143
4.3 车辆用液压缸 .....	11-145
4.4 G 型车辆液压缸 .....	11-147
4.5 农业机械用液压缸 .....	11-148
4.6 摆动液压缸 .....	11-153

### 第 4 章 液压控制阀

1 压力控制阀 .....	11-154
---------------	--------

1.1	压力控制阀的结构原理与应用	11-154	4	管道	11-274
1.2	压力控制阀的主要性能	11-156	4.1	硬管选用	11-274
1.3	压力控制阀的选用	11-160	4.2	软管选用	11-275
1.4	压力控制阀产品汇总	11-172	5	管接头	11-277
2	流量控制阀	11-173	5.1	管接头分类及特点	11-277
2.1	流量控制阀的结构原理与应用	11-173	5.2	管接头产品汇总	11-277
2.2	流量控制阀的主要性能	11-174	6	密封件	11-298
2.3	流量控制阀的选用	11-177	6.1	密封的分类和材料	11-299
2.4	流量控制阀产品汇总	11-184	6.2	密封件产品汇总	11-300
3	方向控制阀	11-185	<b>第6章 液压传动系统</b>		
3.1	方向控制阀的结构原理与应用	11-185	1	液压基本回路	11-322
3.2	方向控制阀的选用	11-187	1.1	压力控制回路	11-322
3.3	方向控制阀产品汇总	11-209	1.2	速度控制回路	11-328
4	三通插装阀	11-210	1.3	方向控制回路	11-334
4.1	三通插装阀的工作原理及特点	11-210	1.4	其它基本回路	11-337
4.2	三通插装阀的结构及图形符号	11-210	2	典型液压传动系统	11-346
4.3	三通插装阀的安装连接尺寸	11-214	2.1	压机液压传动系统	11-346
4.4	三通插装阀的选用	11-215	2.2	注塑机液压传动系统	11-346
5	叠加阀	11-223	2.3	工程机械液压传动系统	11-348
5.1	叠加阀的型号编制说明	11-223	2.4	步行机械液压系统	11-351
5.2	叠加阀的系列型谱	11-227	3	液压传动系统的设计计算	11-352
5.3	不同系列叠加阀的型谱与性能对照	11-232	3.1	液压传动系统的设计步骤与工况分析	11-352
6	比例阀	11-232	3.2	确定液压系统方案	11-353
6.1	比例阀的结构与特点	11-232	3.3	确定液压系统的主要技术参数	11-363
6.2	比例阀产品汇总	11-241	3.4	绘制液压执行元件的工况图	11-365
<b>第5章 液压辅件</b>			3.5	拟定液压系统草图	11-366
1	蓄能器	11-248	3.6	选择液压元件	11-366
1.1	蓄能器的分类、特点及用途	11-248	4	液压系统的验算	11-371
1.2	气体加载蓄能器的容积计算	11-249	4.1	液压系统压力损失计算	11-371
1.3	蓄能器产品汇总	11-252	4.2	液压系统效率计算	11-371
2	滤油器	11-253	4.3	液压系统发热温升验算	11-371
2.1	滤油器的分类、特点及应用	11-253	4.4	液压冲击验算	11-372
2.2	滤油器的安装方式	11-253	5	绘制工作图, 编制技术文件	11-372
2.3	滤油器的选用	11-254	6	液压传动系统设计计算举例	11-373
2.4	滤油器产品汇总	11-255	6.1	技术要求	11-373
3	油箱及其附件	11-263	6.2	液压系统工况分析	11-373
3.1	油箱的设计要点及其容积计算	11-263	6.3	确定主要技术参数	11-374
3.2	空气滤清器产品汇总	11-265	6.4	确定液压系统方案和拟定液压系统图	11-375
3.3	液位计产品汇总	11-265	6.5	液压元件的选择	11-377
3.4	冷却器和加热器	11-266	6.6	液压系统的验算	11-378
3.5	压力表及测压软管	11-269			
3.6	温度计	11-273			

7 液压液选用及其污染控制 .....	11-379	2.4 国内外主要电液伺服阀产品 及性能汇总 .....	11-407
7.1 液压液的分类及代号 .....	11-379	2.5 小结 .....	11-423
7.2 液压液的性质 .....	11-380	3 液压动力机构 .....	11-424
7.3 液压液的质量指标及应用 .....	11-382	3.1 液压动力机构的基本方程 .....	11-424
7.4 液压液的选用 .....	11-390	3.2 液压动力机构的传递函数 .....	11-424
7.5 液压液的污染控制 .....	11-393	4 典型液压伺服系统 .....	11-428
<b>第7章 液压伺服系统</b>		4.1 电液位置伺服系统 .....	11-428
1 概述 .....	11-396	4.2 电液速度伺服系统 .....	11-429
1.1 液压伺服系统的组成 .....	11-396	4.3 电液力(压力)控制系统 .....	11-432
1.2 液压伺服系统的类型 .....	11-397	5 液压伺服系统设计 .....	11-434
2 电液伺服阀 .....	11-397	5.1 液压伺服系统设计步骤中的 一些要点 .....	11-434
2.1 电液伺服阀的组成 .....	11-397	5.2 液压伺服系统的内回路设计 .....	11-437
2.2 电液伺服阀的类型 .....	11-402	5.3 液压伺服系统设计实例 .....	11-438
2.3 电液伺服阀的选择、使用与 试验 .....	11-403	参考文献 .....	11-443

## 第12篇 气压传动与控制

### 第1章 气压传动基础

1 系统组成及传动特点 .....	12-3	1.1 气缸的分类与基本特性 .....	12-12
1.1 气压传动及控制系统组成 .....	12-3	1.2 气缸的典型结构形式 .....	12-17
1.2 气压传动的优点与缺点 .....	12-4	1.3 气缸的设计与选用计算 .....	12-30
2 空气、湿空气和压缩空气 .....	12-4	1.4 气缸主要零件的材料和技术条件 .....	12-34
2.1 空气 .....	12-4	1.5 气缸的使用与维护 .....	12-34
2.2 湿空气 .....	12-4	2 摆动式气马达 .....	12-36
2.3 压缩空气 .....	12-6	2.1 摆动式气马达的结构形式与特点 .....	12-36
2.4 自由空气流量、露点和析水量 .....	12-6	2.2 摆动式气马达的使用注意事项 .....	12-38
3 气体力学基本方程 .....	12-7	3 气动马达 .....	12-38
3.1 理想气体状态方程 .....	12-7	3.1 气动马达的特点 .....	12-39
3.2 连续性方程 .....	12-7	3.2 气动马达的结构类型 .....	12-39
3.3 能量方程 .....	12-7	3.3 气动马达的特性与选用 .....	12-41
4 气体在管道中的流动 .....	12-8	<b>第3章 气动控制阀</b>	
4.1 气体在管道中的流动特性 .....	12-8	1 压力控制阀 .....	12-45
4.2 气体在管道中流动的压力损失 .....	12-8	1.1 减压阀 .....	12-45
5 节流孔口的流量计算——有效 截面积 .....	12-9	1.2 溢流阀 .....	12-49
6 气阻、气容及充、放气温度与 时间计算 .....	12-10	1.3 顺序阀 .....	12-49
6.1 气阻 .....	12-10	2 流量控制阀 .....	12-50
6.2 气容及充、放气温度与时间计算 .....	12-10	2.1 流量控制阀的节流形式与调节特 性 .....	12-50

### 第2章 气动执行元件

1 气缸 .....	12-12	2.2 流量控制阀的结构原理和应用 .....	12-50
		2.3 流量控制阀的使用 .....	12-52
		3 方向控制阀 .....	12-52
		3.1 方向控制阀的分类及阀心的基本 结构形式 .....	12-52

3.2	电磁控制阀 .....	12-54	2.4	油雾分离器和空气过滤器 .....	12-124
3.3	气压控制阀 .....	12-60	2.5	排污装置 .....	12-127
3.4	机械控制阀 .....	12-65	3	气动辅件 .....	12-127
3.5	人力控制阀 .....	12-69	3.1	空气过滤器 .....	12-127
3.6	时间控制换向阀 .....	12-73	3.2	油雾器 .....	12-128
3.7	单向型控制阀 .....	12-74	3.3	空气滤油组件 .....	12-132
3.8	方向控制阀的性能参数及选用 .....	12-76	3.4	消声器 .....	12-135
			3.5	气动管道与管接头 .....	12-136
<b>第4章 气动逻辑元件</b>					
1	分类与特点 .....	12-81	<b>第6章 气动逻辑控制回路设计</b>		
1.1	气动逻辑元件的分类 .....	12-81	1	逻辑代数 .....	12-140
1.2	气动逻辑元件的特点 .....	12-81	1.1	基本逻辑运算 .....	12-140
2	截止式逻辑元件 .....	12-81	1.2	逻辑代数的基本运算规律 .....	12-141
2.1	截止式逻辑元件的基本原理 .....	12-81	1.3	三个规则 .....	12-141
2.2	高压截止式逻辑元件 .....	12-81	1.4	逻辑函数的代数化简法 .....	12-142
3	膜片式逻辑元件 .....	12-93	2	卡诺图 .....	12-142
3.1	膜片式逻辑元件的基本原理和特点 .....	12-93	2.1	两个基本概念 .....	12-142
3.2	高压膜片式逻辑元件 .....	12-95	2.2	卡诺图的构成 .....	12-143
4	滑柱式逻辑元件 .....	12-99	2.3	卡诺图的化简 .....	12-144
5	球式逻辑元件 .....	12-100	3	组合逻辑回路 .....	12-144
6	气动逻辑元件的选择和使用注意事项 .....	12-101	3.1	逻辑代数设计组合回路 .....	12-145
6.1	气动逻辑元件的一般选用原则 .....	12-101	3.2	卡诺图设计组合回路 .....	12-145
6.2	气动逻辑元件使用时应注意的问题 .....	12-101	3.3	“或非”回路的设计 .....	12-146
7	气动通用程序控制器 .....	12-102	4	X—D线图设计法 .....	12-147
7.1	信号分配回路的工作原理 .....	12-103	4.1	工作行程顺序图的绘制 .....	12-148
7.2	叠加式模块控制 .....	12-104	4.2	绘制X—D线图 .....	12-148
			4.3	判别障碍信号 .....	12-150
			4.4	障碍信号的排除方法 .....	12-151
			4.5	求主控执行信号并考虑其他相关要求 .....	12-151
			4.6	绘制气控逻辑原理图 .....	12-155
			4.7	绘制气动回路图 .....	12-155
<b>第5章 气源装置与气动辅件</b>					
1	空气压缩机 .....	12-106	5	扩展卡诺图设计法 .....	12-157
1.1	压缩机的分类 .....	12-106	5.1	行程发信下的卡诺图 .....	12-157
1.2	各类工业用空气压缩机的工作原理 .....	12-107	5.2	画顺序循环线 .....	12-158
1.3	容积式压缩机型号说明 .....	12-108	5.3	卡诺图的简化及执行信号的确定 .....	12-159
1.4	空气压缩机的技术性能和特点 .....	12-109	5.4	绘制气动控制逻辑原理图与气动回路图 .....	12-159
1.5	活塞式压缩机的基本形式及特点 .....	12-112	5.5	X—D线图法与扩展卡诺图法的特点说明 .....	12-162
1.6	后冷却器和气罐 .....	12-113	<b>第7章 气动系统的设计</b>		
2	气源处理装置 .....	12-116	1	气动基本回路 .....	12-163
2.1	工业用压缩空气的质量要求 .....	12-116			
2.2	压缩空气净化处理系统的配置 .....	12-118			
2.3	空气干燥机 .....	12-119			



1.1 速度控制回路 .....	12-163	1 应用范围及评价 .....	12-188
1.2 换向回路 .....	12-166	2 应用实例 .....	12-189
1.3 往复动作回路 .....	12-167	2.1 气动夹紧装置 .....	12-189
1.4 多缸协同动作回路 .....	12-170	2.2 气动程式控制自动车床 .....	12-190
1.5 位置控制回路 .....	12-172	2.3 转塔车床气控系统 .....	12-190
1.6 压力控制回路 .....	12-174	2.4 气控半自动钻床 .....	12-192
1.7 放大回路 .....	12-174	2.5 显象管转运机械手气动系统 .....	12-193
1.8 安全互锁回路 .....	12-175	2.6 胶印轮转机张力控制系统 .....	12-195
1.9 供气选择回路 .....	12-176	2.7 利勃海尔挖掘机气动系统 .....	12-196
2 气动系统设计的主要内容和一般步骤 .....	12-177	2.8 气动木材加工机床 .....	12-197
2.1 弄清工作任务,明确设计要求 .....	12-177	2.9 船用气动-液压控制系统 .....	12-199
2.2 气动回路设计 .....	12-177	2.10 敞口容器液位的气动控制 .....	12-199
2.3 气动元件和辅件的选择 .....	12-177		
3 气动系统设计中应注意的问题 .....	12-179	<b>第9章 电-气比例和伺服控制系统</b>	
3.1 压缩空气的处理 .....	12-179	1 电-气比例控制系统 .....	12-200
3.2 管道安装 .....	12-180	1.1 电-气比例控制阀 .....	12-200
3.3 元、辅件的使用参数和质量的匹配 .....	12-180	1.2 电-气比例控制系统应用实例 .....	12-211
3.4 安全性 .....	12-180	2 电-气伺服控制系统 .....	12-216
3.5 环境保护 .....	12-180	2.1 电-气伺服控制系统的组成、类型和特点 .....	12-216
4 气动系统设计实例 .....	12-181	2.2 电-气伺服控制系统中的控制元件及其特性 .....	12-216
4.1 明确设计依据和要求 .....	12-181	2.3 电-气伺服控制系统的理论分析 .....	12-220
4.2 气动、液压系统原理图的拟定 .....	12-182	2.4 电-气伺服控制系统的应用实例 .....	12-226
4.3 元件选择 .....	12-184	参考文献 .....	12-228
<b>第8章 气压传动与控制应用实例</b>			

## 第13篇 电气传动与控制

### 第1章 电气传动

1 传动电动机的运行性能 .....	13-3
1.1 交流异步电动机的运行性能 .....	13-3
1.2 交流同步电动机的运行性能 .....	13-10
1.3 直流电动机的运行性能 .....	13-11
2 电气传动基础 .....	13-15
2.1 电气传动系统中的转矩平衡 .....	13-15
2.2 传动电动机类型的选择 .....	13-19
2.3 传动电动机功率的选择 .....	13-21
3 电工常用符号 .....	13-25
3.1 电气图用图形符号 .....	13-25
3.2 电气技术中的文字符号 .....	13-41

### 第2章 电动机

1 三相交流异步电动机 .....	13-46
1.1 三相交流异步电动机型号及分类 .....	13-46
1.2 三相交流异步电动机技术数据 .....	13-49
2 直流电动机 .....	13-71
2.1 直流电动机型号及分类 .....	13-71
2.2 直流电动机技术数据 .....	13-72
3 分马力电动机 .....	13-77
3.1 分马力电动机型号及分类 .....	13-77
3.2 分马力电动机技术数据 .....	13-77

### 第3章 变压器与电磁铁

1 变压器的铭牌数据与常用术语 .....	13-82	5.6 时间继电器 .....	13-139
1.1 变压器的铭牌数据说明 .....	13-82	5.7 电磁计数继电器 .....	13-145
1.2 变压器的常用术语 .....	13-83	6 主令电器 .....	13-147
2 常用工业变压器 .....	13-84	6.1 控制按钮 .....	13-147
2.1 配用电力变压器 .....	13-84	6.2 行程开关 .....	13-149
2.2 配用电干式变压器 .....	13-86	6.3 微动开关 .....	13-151
2.3 特种变压器 .....	13-86	6.4 接近开关 .....	13-153
2.4 调压变压器 .....	13-90	6.5 光电开关 .....	13-156
3 小型电源变压器与控制变压器 .....	13-92	6.6 主令控制器 .....	13-157
3.1 小型电源变压器 .....	13-92	6.7 万能转换开关 .....	13-159
3.2 控制变压器 .....	13-97	6.8 脚踏开关 .....	13-161
4 仪用互感器 .....	13-97	7 起动机 .....	13-161
4.1 电压互感器 .....	13-97	7.1 交流异步电动机起动方式的选	
4.2 电流互感器 .....	13-98	择 .....	13-161
5 常用电磁铁 .....	13-100	7.2 起动器的结构形式 .....	13-163
5.1 电磁离合器 .....	13-100	8 接线座 .....	13-165
5.2 阀用电磁铁 .....	13-101	8.1 JH 及 JF 型接线座 .....	13-165
5.3 牵引电磁铁 .....	13-102	8.2 JDY 系列印制板接线端子 .....	13-167
5.4 制动电磁铁 .....	13-103	8.3 JDMD 系列多功能电子模块接线	
5.5 电力液压推动器 .....	13-104	座 .....	13-167
5.6 起重电磁铁 .....	13-105	9 灯光与音响信号 .....	13-174
<b>第 4 章 低压控制电器</b>			
1 低压熔断器 .....	13-107	9.1 信号灯 .....	13-174
2 刀开关与转换开关 .....	13-110	9.2 电铃、蜂鸣器 .....	13-176
2.1 HD、HS 系列刀开关 .....	13-111	10 电阻器及变阻器 .....	13-176
2.2 HH 系列负荷开关 .....	13-111	10.1 电阻器 .....	13-176
2.3 熔断器式刀开关、隔离器 .....	13-112	10.2 变阻器 .....	13-179
2.4 组合开关 .....	13-113	10.3 频敏变阻器 .....	13-181
3 低压空气断路器 .....	13-114	<b>第 5 章 电动机起动和驱动装置</b>	
3.1 万能式断路器 .....	13-115	1 直流电动机驱动装置 .....	13-183
3.2 塑料外壳式断路器 .....	13-116	1.1 直流电动机调速方式 .....	13-183
3.3 漏电断路器 .....	13-118	1.2 美国 A-B 公司 1395 直流电动	
3.4 断路器的选用 .....	13-119	机驱动装置 .....	13-183
4 接触器 .....	13-120	2 智能型异步电动机控制器	
4.1 国内常用的接触器系列 .....	13-120	(SMC) .....	13-185
4.2 接触器的主要技术数据 .....	13-121	2.1 工作原理 .....	13-185
4.3 接触器的选用 .....	13-127	2.2 美国 A-B 公司 SMC 技术性能 .....	13-185
5 控制继电器 .....	13-127	3 交流变频调速器 .....	13-188
5.1 热继电器 .....	13-128	3.1 变频调速器工作原理 .....	13-188
5.2 温度继电器 .....	13-132	3.2 变频调速器应用举例 .....	13-192
5.3 通用电磁继电器 .....	13-133	3.3 日本三菱 FR-A240 系列交流变频	
5.4 中间继电器 .....	13-134	器 .....	13-194
5.5 固体继电器 .....	13-137	3.4 几种变频调速器型号及技术规	
		格 .....	13-219

## 第6章 供电系统与安全用电

1 低压供电及控制 .....	13-245
1.1 低压配电屏 .....	13-245
1.2 动力配电箱 .....	13-246
2 通用低压电线电缆 .....	13-249
3 供电线路导线截面与熔断器的选择 .....	13-255
3.1 导线截面的选择 .....	13-255
3.2 熔断器熔体电流的选择 .....	13-259
4 电气设备的接地与接零 .....	13-260
4.1 低压电网的电源端接地形式 .....	13-260
4.2 接地保护 .....	13-261
4.3 接零保护 .....	13-262
4.4 在 IT 系统中的保护 .....	13-263
4.5 设备本身的接地措施 .....	13-264

4.6 保护接地装置 .....	13-264
4.7 接地装置的施工 .....	13-266
5 电气设备的防雷、防火与防爆 .....	13-267
5.1 电气设备的防雷保护 .....	13-267
5.2 电气设备的防火 .....	13-269
5.3 电气设备的防爆 .....	13-270

## 第7章 电气控制线路

1 基本控制环节 .....	13-276
2 常用控制线路 .....	13-279
3 电气控制系统实例 .....	13-286
3.1 CA6140 卧式车床电气控制线路 .....	13-286
3.2 T68 卧式镗床电气控制线路 .....	13-288
3.3 15/3t 桥式起重机电气控制线路 .....	13-288
参考文献 .....	13-293

## 第14篇 机电一体化常用元器件与相关电路

### 第1章 常用检测及控制仪表

1 温度检测仪表 .....	14-3
1.1 温度检测仪表的选用 .....	14-3
1.2 双金属温度计 .....	14-5
1.3 热电阻温度计 .....	14-6
1.4 热电偶温度计 .....	14-8
1.5 非接触式温度计 .....	14-12
2 压力检测仪表 .....	14-13
2.1 压力检测仪表的选用 .....	14-13
2.2 弹性元件压力表 .....	14-16
2.3 远传压力表和压力变送器 .....	14-20
3 流量检测仪表 .....	14-20
3.1 流量检测仪表的选用 .....	14-20
3.2 工业玻璃转子流量计 .....	14-23
3.3 涡街流量计 .....	14-24
3.4 电磁流量计 .....	14-25
3.5 椭圆齿轮流量计 .....	14-26
3.6 腰轮流量计 .....	14-28
3.7 流量检测节流装置 .....	14-30
4 物位检测仪表 .....	14-30
4.1 物位检测仪表的选用 .....	14-30
4.2 浮力式液位计 .....	14-33
4.3 超声物位计 .....	14-35
4.4 电容物位计 .....	14-36
5 显示仪表 .....	14-37

5.1 显示仪表的选用 .....	14-37
5.2 动圈式显示仪表 .....	14-37
5.3 自动平衡式显示仪表 .....	14-39
5.4 数字式显示仪表 .....	14-43
5.5 引进国外技术生产的显示仪表 .....	14-45
6 变送器 .....	14-55
6.1 差压(压力)变送器 .....	14-55
6.2 温度变送器 .....	14-56
6.3 智能型差压(压力)变送器 .....	14-57
7 模拟式控制仪表 .....	14-60
8 数字式控制仪表 .....	14-64
8.1 概述 .....	14-64
8.2 SSC 系列单回路调节器 .....	14-65
8.3 YS-80 系列单回路调节器 .....	14-66
附录 A 热电阻、热电偶分度表 .....	14-73

### 第2章 传感器

1 位移传感器 .....	14-89
1.1 线位移式位移传感器分类及特点 .....	14-89
1.2 角度和角位移传感器 .....	14-119
2 厚度检测用传感器 .....	14-131
2.1 电阻应变计式厚度传感器 .....	14-131
2.2 电涡流式厚度传感器 .....	14-131
2.3 电容式厚度传感器 .....	14-132
2.4 微波式厚度传感器 .....	14-132
2.5 激光式厚度传感器 .....	14-132

2.6	超声厚度传感器	14-132	12.3	锗霍尔元器件	14-165
2.7	X射线测厚仪	14-133	13	红外传感器	14-165
2.8	红外测厚仪	14-133	13.1	红外发光二极管	14-165
3	速度传感器	14-133	13.2	2CU型硅光敏二极管	14-166
3.1	线速度传感器	14-133	13.3	红外光电晶体管	14-167
3.2	转速传感器	14-135	13.4	红外CCD传感器	14-167
4	加速度传感器	14-139	14	光敏元件与传感器	14-168
4.1	惯性加速度传感器	14-139	14.1	光敏电阻器	14-168
4.2	振动和冲击传感器	14-140	14.2	发光二极管	14-168
5	压力传感器	14-145	14.3	光电二极管	14-168
5.1	应变式压力传感器	14-145	14.4	雪崩光敏二极管	14-171
5.2	压阻式压力传感器	14-150	14.5	光电三极管	14-171
5.3	压电型压力传感器	14-152	14.6	光电断路器	14-172
6	荷重传感器	14-154	14.7	色敏传感器	14-172
6.1	荷重传感器	14-154	14.8	硅光电池	14-173
6.2	称重传感器	14-155	15	声和超声传感器	14-173
6.3	电子秤	14-156	15.1	传声器	14-173
6.4	测力与称重传感器	14-156	15.2	超声和超声换能器	14-173
7	压差传感器	14-158	<b>第3章 常用电子元件与半导体器件</b>		
7.1	高灵敏度差压传感器	14-158	1	常用电子元件	14-175
7.2	微差压传感器	14-158	1.1	电阻器、电容器的型号命名方法 及标志方法	14-175
7.3	电容式差压传感器	14-158	1.2	电阻器	14-177
7.4	电感式差压传感器	14-158	1.3	电容器	14-181
8	力矩与转矩传感器	14-159	1.4	电感器	14-182
8.1	力矩传感器	14-159	1.5	电位器	14-184
8.2	扭矩传感器	14-159	1.6	继电器	14-186
8.3	转矩转速传感器	14-160	2	半导体二极管	14-192
8.4	起重力矩限制器	14-160	2.1	常用二极管的型号和主要参数	14-192
9	流量传感器	14-160	2.2	特殊二极管的主要型号和参数	14-195
9.1	超声流量计	14-160	3	半导体三极管	14-197
9.2	涡流传感器	14-161	3.1	三极管的技术参数说明	14-197
9.3	电磁流量计	14-161	3.2	晶体三极管的技术参数	14-197
9.4	转子流量计	14-161	4	光电器件	14-199
10	物位传感器	14-162	4.1	光电发射器件	14-199
10.1	液体深度传感器	14-162	4.2	光电探测器件	14-200
10.2	超声液位传感器	14-162	4.3	光耦合器	14-202
10.3	光电液位传感器	14-162	5	场效应管	14-208
10.4	料位计	14-163	6	电力电子器件	14-210
11	热敏传感器	14-163	6.1	硅晶闸管	14-210
11.1	热敏电阻	14-163	6.2	功率场控晶体管(P-MOSFET)	14-217
11.2	电阻式温度传感器	14-164	6.3	双极型功率晶体管(GTR)	14-218
12	磁传感器	14-164	6.4	绝缘门极双极晶体管(IGBT)	
12.1	磁敏电阻	14-164			
12.2	硅霍尔器件	14-165			

及其驱动模块 .....	14-221	6.3 十进制计数器 .....	14-280
6.5 静电感应晶体管(SIT) .....	14-225	7 移位寄存器 .....	14-287
6.6 静电感应晶闸管(SITH) .....	14-227	7.1 移位寄存器的功能及选用 .....	14-287
6.7 MOS 栅控晶闸管(MCT) .....	14-227	7.2 4 位移位寄存器 .....	14-287
6.8 智能功率模块(IPM) .....	14-228	7.3 8 位移位寄存器 .....	14-290
6.9 触发器件 .....	14-229	7.4 16 位移位寄存器 .....	14-294
6.10 集成触发器件 .....	14-230	8 数据选择器 .....	14-295
7 显示器件 .....	14-236	8.1 数据选择器的功能和选用 .....	14-295
7.1 LED 数字显示器件 .....	14-236	8.2 2 选 1 数据选择器 .....	14-295
7.2 LED 光柱模拟显示器件 .....	14-236	8.3 4 选 1 数据选择器 .....	14-297
7.3 液晶显示器件(LCD) .....	14-239	8.4 8 选 1 及 16 选 1 数据选择器 .....	14-298
<b>第 4 章 数字集成电路</b>			
1 半导体集成电路型号及性能 .....	14-243	9 数值比较器 .....	14-301
1.1 半导体集成电路型号命名方法 .....	14-243	9.1 4 位数值比较器 .....	14-301
1.2 常用数字集成电路基本性能比较 .....	14-244	9.2 8 位数值比较器 .....	14-302
2 门电路 .....	14-245	10 电平变换器 .....	14-302
2.1 门电路的功能与选用 .....	14-245	11 可编程逻辑器件 .....	14-303
2.2 非门 .....	14-245	11.1 可编程逻辑器件的基本单元 .....	14-303
2.3 缓冲器 .....	14-247	11.2 可编程阵列逻辑(PAL) .....	14-303
2.4 与非门 .....	14-248	11.3 通用阵列逻辑(GAL) .....	14-307
2.5 与门 .....	14-251	11.4 现场可编程门阵列(FPGA) .....	14-310
2.6 或门及或非门 .....	14-252	11.5 在系统可编程器件(ISP) .....	14-312
2.7 异或门及异或非门 .....	14-254	<b>第 5 章 模拟集成电路</b>	
2.8 组合门电路 .....	14-255	1 集成运算放大器 .....	14-314
3 触发器 .....	14-257	1.1 通用型集成运算放大器 .....	14-314
3.1 触发器的功能及选用 .....	14-257	1.2 特殊型集成运算放大器 .....	14-316
3.2 D 触发器 .....	14-258	2 集成信号放大器件 .....	14-320
3.3 JK 触发器 .....	14-262	2.1 仪表放大器 .....	14-320
4 译码器 .....	14-265	2.2 隔离放大器 .....	14-325
4.1 译码器的功能及选用 .....	14-265	2.3 程控增益放大器 .....	14-329
4.2 2 线-4 线译码器 .....	14-266	2.4 斩波稳零(CAZ)型放大器 .....	14-332
4.3 3 线-8 线译码器 .....	14-267	3 集成信号处理器件 .....	14-333
4.4 4 线-10 线译码器 .....	14-269	3.1 集成电压比较器 .....	14-333
4.5 4 线-16 线译码器 .....	14-271	3.2 集成信号滤波器 .....	14-337
5 编码器 .....	14-272	3.3 集成信号调理器件 .....	14-344
5.1 编码器的功能及选用 .....	14-272	4 集成信号运算电路 .....	14-353
5.2 8 线-3 线优先编码器 .....	14-272	4.1 集成对数放大器 .....	14-353
5.3 8 线-8 线优先编码器 .....	14-273	4.2 集成乘法/除法器件 .....	14-356
5.4 10 线-4 线优先编码器 .....	14-273	5 集成信号发生器件 .....	14-358
6 计数器 .....	14-274	5.1 集成定时电路 .....	14-358
6.1 计数器的功能及选用 .....	14-274	5.2 集成函数发生器 .....	14-360
6.2 二进制计数器 .....	14-274	6 集成信号采集和转换器件 .....	14-360
		6.1 采样保持器件 .....	14-360
		6.2 D/A 和 A/D 转换器件 .....	14-365

6.3	F/V 转换器件	14-376
6.4	V/F 转换器件	14-378
6.5	有效值转换器	14-382
7	集成信号控制器件	14-383
8	集成电源器件	14-393
8.1	集成固定式稳压器件	14-394
8.2	集成可调输出稳压器件	14-395
8.3	特殊型集成稳压器件	14-397
8.4	集成开关电源控制器	14-399
8.5	集成稳压模块	14-403
8.6	电压监视保护器件	14-405

## 第6章 可编程序控制器

1	概述	14-406
1.1	可编程序控制器的特点	14-406
1.2	可编程序控制器的分类	14-406
1.3	可编程序控制器的应用	14-407
2	可编程序控制器的结构原理	14-407
2.1	PLC 基本组成和功能	14-407
2.2	PLC 结构简介	14-408
2.3	PLC 的工作方式	14-410
3	可编程序控制器的编程	14-410
3.1	概述	14-410
3.2	编程元件	14-411
3.3	梯形图绘制的一般原则	14-411
3.4	功能图	14-412
4	几种常见的可编程序控制器	14-412
5	三菱 FX2 系列可编程序控制器	14-413
5.1	F1 系列 PLC 简介	14-413
5.2	FX2 系列 PLC 基本性能	14-417
5.3	FX2 系列的基本逻辑指令	14-419
5.4	步进顺控指令与功能图(SFC)	14-421
5.5	功能指令	14-423
6	OMRON C 系列可编程序控制器	14-429
6.1	C200H PLC 的系统构成	14-429
6.2	C200H PLC 的 I/O 通道配置和数据存储区	14-432
6.3	C200H PLC 指令系统	14-434
7	SIMATIC S5 系列可编程序控制器	14-439
7.1	SIMATIC S5 系列 PLC 简介	14-439
7.2	S5-100U 可编程序控制器	14-439

7.3	S5-100U 编程概要	14-443
7.4	S5-115U 可编程序控制器	14-445
8	东芝 EX100 可编程序控制器简介	14-454
9	国产 MPC 系列、ACMY-S80 系列可编程序控制器简介	14-455
9.1	MPC 系列可编程序控制器	14-455
9.2	ACMY-S80 系列可编程序控制器	14-455

## 第7章 单片微型计算机

1	单片微型计算机概述	14-458
1.1	单片机简介	14-458
1.2	单片机产品介绍	14-458
2	MCS-96 系列单片机	14-462
2.1	MCS-96 系列单片机型号及引脚功能	14-462
2.2	8098 单片机的总体结构	14-462
2.3	中央处理器 CPU	14-462
2.4	时钟发生器	14-462
2.5	存储器及其使用方法	14-465
2.6	并行输入/输出	14-468
2.7	复位	14-468
2.8	MCS-96 指令系统	14-469
2.9	定时器	14-474
2.10	I/O 控制寄存器和 I/O 状态寄存器	14-475
2.11	高速输入单元	14-475
2.12	高速输出单元	14-477
2.13	串行口	14-478
2.14	A/D 及 D/A 转换器	14-480
2.15	中断系统	14-482
3	单片机系统扩展	14-486
3.1	总线的驱动扩展	14-486
3.2	程序存储器扩展	14-486
3.3	数据存储器扩展	14-491
3.4	并行 I/O 口扩展	14-495
3.5	8279 键盘显示扩展	14-499

## 第8章 机电一体化系统中的控制微电机

1	自整角机	14-509
1.1	概述	14-509
1.2	新系列自整角机	14-511

1.3	ZKL 系列自整角机 .....	14-516	4.11	SZJ 系列电磁式直流伺服齿轮减 速电动机 .....	14-559
1.4	DI、SS 系列自整角机 .....	14-517	4.12	ZY 系列永磁式直流减速伺服电 动机 .....	14-560
1.5	BD、BS 系列无接触式自整角 机 .....	14-519	4.13	KC 系列直流减速伺服电动 机 .....	14-560
1.6	S 型自整角机 .....	14-521	5	交流伺服电动机 .....	14-561
1.7	ZFM、ZBM、ZSM 型自整角 机 .....	14-521	5.1	概述 .....	14-561
1.8	SGS-1、SMS-1、SDS-1 型自整 角机 .....	14-522	5.2	SL 系列笼型转子两相交流伺服 电动机 .....	14-566
1.9	ND、NS 系列自整角机 .....	14-522	5.3	空心杯转子两相交流伺服电动 机 .....	14-569
1.10	NED 系列自整角接收机 .....	14-522	5.4	带减速器的笼型转子两相交流伺 服电动机 .....	14-571
1.11	ZSG 型三相功率式自整角机 .....	14-522	5.5	2ACM 系列两相交流伺服电动 机 .....	14-572
2	旋转变压器 .....	14-524	5.6	QSL 系列单相电容运转伺服电动 机 .....	14-572
2.1	概述 .....	14-524	5.7	1FT5 系列交流伺服电动机 .....	14-573
2.2	新系列旋转变压器 .....	14-525	5.8	YS 系列异步伺服电动机 .....	14-578
2.3	多极和双通道旋转变压器 .....	14-533	5.9	FANUC 系列交流伺服电动机 .....	14-579
2.4	无接触式旋转变压器 .....	14-534	6	步进电动机 .....	14-580
2.5	XF、XC、XB 型旋转变压器 .....	14-535	6.1	概述 .....	14-580
2.6	SVT 系列正余弦旋转变压器 .....	14-535	6.2	反应式步进电动机 .....	14-585
2.7	VT、LVT 系列线性旋转变压 器 .....	14-537	6.3	感应子式永磁步进电动机 .....	14-591
2.8	MVT 系列比例式旋转变压器 .....	14-537	6.4	BY 系列永磁式步进电动机 .....	14-591
2.9	45XS-01 型三角波旋转变压器 .....	14-538	6.5	JBF 系列齿轮减速步进电动机 .....	14-594
2.10	锯齿波旋转变压器 .....	14-538	6.6	BX 型直线步进电动机 .....	14-594
3	感应同步器 .....	14-538	7	直流测速发电机 .....	14-594
3.1	概述 .....	14-538	7.1	概述 .....	14-594
3.2	旋转式感应同步器 .....	14-538	7.2	电磁式直流测速发电机 .....	14-595
3.3	直线式感应同步器 .....	14-539	7.3	永磁式直流测速发电机 .....	14-597
3.4	感应同步器-旋转变压器机组 .....	14-539	7.4	CYD 系列永磁式低速直流测速 发电机 .....	14-600
4	直流伺服电动机 .....	14-540	7.5	CYS 系列永磁式直流双输出测速 发电机 .....	600
4.1	概述 .....	14-540	7.6	CYM 型永磁脉冲测速发电机 .....	14-601
4.2	SZ 系列直流伺服电动机 .....	14-545	7.7	CYB 系列带温度补偿永磁式直流 测速发电机 .....	14-601
4.3	SY 系列永磁式直流伺服电动机 .....	14-551	7.8	无刷直流测速发电机 .....	14-601
4.4	S 系列电磁式直流伺服电动机 .....	14-553	8	交流测速发电机 .....	14-601
4.5	SYK 系列空心杯电枢永磁式 直流伺服电动机 .....	14-555	8.1	概述 .....	14-601
4.6	SW 系列无刷直流伺服电动机 .....	14-556	8.2	CK 系列空心杯转子异步测速发电 机 .....	14-602
4.7	SWC 系列无槽电枢直流伺服电动 机 .....	14-557			
4.8	SN 系列印制绕组电枢永磁直流 伺服电动机 .....	14-558			
4.9	SXP 系列线绕盘式电枢直流伺服 电动机 .....	14-558			
4.10	SZ、SZK、SZD 系列宽调速直流 伺服电动机 .....	14-559			

8.3	CG 系列感应子式测速发电机	14-603	10.1	直流力矩电动机	14-610
8.4	AT 型交流测速发电机	14-604	10.2	交流力矩电动机	14-614
8.5	JCY 型永磁式三相交流同步测速发电机	14-604	10.3	直流力矩-测速机组	14-615
9	伺服-测速机组	14-604	11	同步电动机	14-616
9.1	概述	14-604	11.1	同步电动机的特性及应用范围	14-616
9.2	交流伺服-测速机组	14-604	11.2	磁滞式同步电动机	14-616
9.3	直流伺服-测速机组	14-604	11.3	永磁式同步电动机	14-620
10	力矩电动机	14-610	11.4	磁阻式同步电动机	14-623
				参考文献	14-624

## 第15篇 机电一体化系统的设计与实例

### 引 言

#### 第1章 机电一体化系统设计综述

1	机电一体化系统(或产品)的类型	15-4
1.1	系统的设计类型	15-4
1.2	实现机电一体化系统设计可考虑的途径	15-4
1.3	机电一体化系统的功能结构形式	15-4
1.4	系统的控制类型	15-5
2	机电一体化系统设计构思	15-5
2.1	系统内部功能	15-5
2.2	机电一体化系统主要功能部件的组成	15-6
3	机电一体化系统的设计步骤与方法	15-10
3.1	系统的设计步骤	15-10
3.2	机械系统设计	15-11
3.3	控制系统设计	15-11
4	机电一体化系统(或产品)的可靠性设计	15-15
4.1	可靠性的基本概念	15-15
4.2	可靠性的常用指标	15-15
4.3	可靠性设计的主要内容	15-16
4.4	保证机电一体化系统可靠性的具体措施	15-18

#### 第2章 伺服系统的设计与实例

1	伺服系统设计中的几个问题	15-20
1.1	电液转换问题	15-20
1.2	执行元件	15-20
1.3	液压谐振	15-20

1.4	结构谐振	15-20
1.5	传动链齿隙	15-21
1.6	大信号振荡问题	15-21
1.7	多回路系统的分析与设计问题	15-21
1.8	敏感和控制元件的选择	15-32
2	光电跟踪器液压伺服系统设计	15-33
2.1	技术指标与要求	15-33
2.2	系统的特点分析	15-33
2.3	静态设计	15-34
2.4	动态设计	15-35
3	火炮电液跟踪系统的设计	15-40
3.1	火炮自动跟踪瞄准电液伺服系统的主要性能	15-40
3.2	电液跟踪系统的主要功能	15-40
3.3	动态计算	15-40
4	伺服系统在冶金工业应用实例及设计	15-45
4.1	板带轧机液压压下板厚伺服系统	15-45
4.2	连铸机结晶器金属液面的控制及拉辊的速度控制	15-47
4.3	钢带跑偏电液控制系统设计	15-49
5	电液力控制系统设计	15-54
5.1	负载力控制系统设计	15-55
5.2	轿车转向机磨损试验用加载装置设计	15-58
6	数控机床中电气伺服系统的设计	15-59
6.1	数控机床伺服驱动的任务和要求	15-59
6.2	交流电动机的变速控制技术	15-60
6.3	位置控制伺服系统的设计	15-67

#### 第3章 可编程逻辑控制系统设计与实例

1	可编程逻辑控制系统设计基础	15-75
---	---------------	-------



1.1	可编程逻辑控制系统的组成	15-75	5.3	B 机能方式刀补和 C 机能刀补	15-143
1.2	PLC 所用的应用程序语言	15-75	5.4	C 机能刀具半径补偿的基本设计思想	15-143
1.3	梯形图程序设计的规则	15-75	5.5	直线过渡的转接情况分析	15-144
1.4	梯形图的逻辑设计方法	15-76	5.6	转接矢量计算和刀具半径矢量计算	15-147
1.5	梯形图的顺序控制设计法	15-81	5.7	转接交点矢量的计算	15-147
2	机床强电逻辑控制系统	15-84	6	CNC 装置加减速控制	15-149
2.1	机床强电逻辑控制的任务	15-84	6.1	概要	15-149
2.2	数控机床中应用的 PLC	15-85	6.2	前加减速控制	15-150
2.3	数控机床顺序程序的设计和调试	15-87	6.3	后加减速控制	15-151
2.4	梯形图和顺序程序设计实例	15-89	7	CNC 装置的通信功能	15-152
3	气动搬运机械手和注塑机的可编程程控制	15-93	7.1	CNC 装置的异步串行接口——RS-232C/20mA 和 RS-422	15-152
3.1	可编程程序控制气动搬运机械手实验装置	15-93	7.2	近代 CNC 装置的网络通信接口	15-153
3.2	注塑机顺序动作的可编程控制	15-94	8	CNC 装置的故障诊断	15-155
4	多工位半自动双管钎焊机的 PLC 控制系统	15-97	8.1	CNC 装置故障诊断的基本要求	15-155
4.1	系统的控制要求	15-97	8.2	CNC 装置的故障诊断方法	15-155
4.2	系统设计	15-98	9	国内外 CNC 装置主要产品型号和生产厂	15-155
4.3	梯形图设计和 PLC 程序	15-101			

#### 第 4 章 数字控制系统

1	概述	15-114
1.1	CNC 系统的基本组成	15-114
1.2	数控机床的主要构成	15-114
1.3	数控机床的分类	15-115
1.4	CNC 装置的功能	15-118
2	CNC 装置硬件结构和主要接口	15-119
2.1	单微处理机结构的基本组成	15-119
2.2	CNC 装置的主要接口	15-122
2.3	多微处理机结构的主要特点	15-126
3	CNC 装置软件综述和主要特点	15-127
3.1	多任务并行处理	15-127
3.2	实时中断处理	15-130
4	CNC 装置插补原理	15-133
4.1	逐点比较法	15-133
4.2	数字积分法	15-136
4.3	数据采样法	15-138
5	CNC 装置的刀具半径补偿	15-141
5.1	刀具半径补偿的基本概念	15-141
5.2	刀具半径补偿计算	15-142

#### 第 5 章 机电一体化的典型产品与系统

1	工业机器人	15-165
1.1	工业机器人的分类	15-165
1.2	工业机器人的系统构成	15-166
1.3	工业机器人的性能参数	15-167
1.4	工业机器人实例	15-167
1.5	工业机器人的应用	15-170
2	加工中心	15-171
2.1	概述	15-171
2.2	加工中心基本类型和主要构成	15-171
2.3	加工中心的主传动和关键部件	15-172
2.4	加工中心的进给系统和关键部件	15-175
2.5	自动换刀系统	15-178
3	柔性制造系统	15-189
3.1	概述	15-189
3.2	FMS 的基本概念	15-190
3.3	FMS 的几个定义	15-190
3.4	FMS 的规模和组成	15-191
3.5	一套回转体类零件加工的	