

2-33
16.10.15
1

机电一体化技术手册

(第 2 版)

第 1 卷

上 册

机电一体化技术手册编委会 编

Y0001



机械工业出版社

全书围绕机械技术与电子技术有机结合这个中心,详细系统地论述了机电一体化关键技术、相关元器件和产品的选择原则、使用方法及其组成系统。在第1版的基础上删去了陈旧的内容,增加了新的技术与新的研究成果。全书分两卷,第1卷由上下两册组成。本卷主要内容有总论、机电一体化常用电路、工业控制机及其应用、检测技术、电力电子与电气传动技术、机电一体化中的传动与执行装置、数字控制技术、工业机器人、计算机辅助设计与制造系统及计算机集成制造系统等。本手册取材广泛、内容丰富、技术实用,适合从事机电产品开发与技术改造的技术人员、研究人员及有关管理人员使用,对工科大专院校有关师生也是一部重要的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化技术手册:第1卷/机电一体化技术手册编委会编.第2版.—北京:机械工业出版社,1999.9

ISBN 7-111-07027-5

I. 机… I. 机… III. 机电一体化-手册 IV. TH-62

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第07494号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:孙本绪等 版式设计:冉晓华 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1999年7月第2版第1次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·135.75印张·4插页·4411千字

0 001-5000册

上、下册定价:236.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

编辑委员会

主任委员	唐仲文				
副主任委员	(以姓氏笔划为序)				
	王信义	刘巽尔	朱森第	吴关昌	姚福生
常务委员	(以姓氏笔划为序)				
	王信义	刘巽尔	朱森第	吴关昌	吴本奎
	陈令	陈瑜	张国雄	姚福生	俞忠钰
	唐仲文	龚炳铮	潘鑫瀚	樊力	魏庆福
委员	(以姓氏笔划为序)				
	王信义	甘锡英	冯之敬	冯辛安	刘巽尔
	朱良漪	朱森第	孙本绪	毕承恩	李宜春
	李家俊	李鹤轩	吴关昌	吴本奎	吴柏青
	佟传恩	杨俊	杨叔子	杨荫溥	张国雄
	张福学	陈令	陈宝彦	陈瑜	陈元舫
	依英奇	林其骏	林奕鸿	赵松年	俞忠钰
	段明祥	姚福生	唐仲文	钱文瀚	龚炳铮
	曹名扬	黄义源	程瑞全	谢存禧	蔡青
	蔡礼君	蔡鹤皋	潘鑫瀚	樊力	魏庆福
	王信义				
主编	(以姓氏笔划为序)				
副主编	甘锡英	冯之敬	张国雄	李鹤轩	赵松年
	黄义源	蔡鹤皋	蔡青	魏庆福	

序

建国近 50 年以来,我国的机械工业虽然已经有了较大的发展,具备了一定的基础和规模,初步满足国民经济和人民生活的需要。但随着世界科学技术的迅速发展,我国机械工业的技术水平和生产能力与工业发达国家相比还有相当大的差距。因此,如何以新技术改造传统产业和开发高技术含量的新产品,已成为当前机械工业以至各传统产业部门面临的一个十分重要的课题。

70 年代发展起来的机电一体化技术,是将机械、电子与信息技术进行有机结合,以实现工业产品和生产过程整体优化的一种新技术。典型的机电一体化产品有:数控机床,机器人以及用微电子技术装备的自动化生产设备、动力设备、交通运输设备、生产过程自动化设备、办公设备和家用电器等。广泛地应用机电一体化技术可以促进机械工业以至整个国民经济各部门的技术进步,改善企业素质,提高产品质量和性能,将传统工业转移到新技术的基础上,满足国民经济发展和人民生活水平提高的要求。同时还可以扩大机电产品的出口,促进对外贸易和技术交流,因而对于振兴我国机械工业将发挥重大作用,对于推动我国科学技术的进步和国民经济的发展也具有深远的战略意义。

为了帮助广大科技人员迅速掌握机电一体化技术,使他们根据市场需求从系统的观点出发,正确应用机械、电子、信息等有关技术进行有机的组织和结合,实现整体优化,提高设计人员自主开发机电一体化产品的能力。原机械电子部科技司、中国机械工程学会组织有关专家、学者于 1994 年 2 月编写了《机电一体化技术手册》和《机电一体化技术应用实例》。它们的出版受到了广大读者的欢迎和好评,取得了很大的社会效益和经济效益。由于机电一体化技术发展十分迅速,新产品新技术日新月异,层出不穷,需要对它们进行及时的修改、补充和完善。因此机电一体化技术手册编委会组织编写了机电一体化技术手册修订版。全手册分为两卷,第一卷为机电一体化技术手册,第二卷为机电一体化技术应用实例。它的问世,将促进我国机电一体化事业的发展;促进机电一体化技术和产品的研究、开发、推广和应用;促进机电一体化技术人才的培养;促进各行各业对机电一体化技术的了解和运用。

何龙超

前 言

机电一体化技术是机械技术与电子技术的有机结合,它包括机械、电子、计算机和自动控制等技术。它从系统的观点出发,使产品或系统实现整体优化。当今的世界经济是一个国际化、信息化的全球经济,每个国家、每个行业都处在充满变化、充满机遇的挑战性格局之中。在未来的竞争中,谁掌握了先进的机电一体化技术,谁就掌握了机电行业市场,谁就能在国际竞争中立于不败之地。因此,世界上各发达国家竞相发展机电一体化技术,以提高制造技术水平,实现生产系统向集成化、柔性化、智能化发展。机电一体化技术给传统的机械产业带来了革命性的变革和惊人的效益,使产业结构、生产方式和管理体制发生了深刻的变化。机电一体化是当今世界机械工业技术和产品发展的主要趋势,也是我国机械工业发展的必由之路,广大工程技术人员及有关主管部门都在高度重视和关注国内外机电一体化技术的发展和应用情况。为了适应社会需求,满足科研、生产和教学工作的需要,普及和应用先进的机电一体化技术,推动机械电子工业进步,由原机械电子工业部科技司和中国机械工程学会联合组织从事机电一体化技术的专家、学者编写了《机电一体化技术手册》。于1994年2月正式出版后受到了广大读者的欢迎和好评,并获1995年全国优秀科技图书奖。机电一体化技术的发展日新月异,第1版《机电一体化技术手册》中有些章节的内容已经陈旧需要删除,某些新技术、新研究成果需要补充。为此,编委会组织编写机电一体化技术手册第2版。新版取材广泛,内容丰富新颖,技术实用,详细介绍了国内外先进的机电一体化技术、产品和系统。围绕机械、电子深度结合这个中心,除了阐明机电一体化技术的基本原理和关键技术外,还提供了机电一体化相关的元器件和产品及其选择原则、使用方法以及构成系统所使用的技术等。手册第1卷分上下册共9篇,分别为总论,机电一体化常用电路,工业控制机及其应用,检测技术,电力电子与电气传动技术,机电一体化中的传动与执行装置,数控技术,工业机器人和CAD/CAM与CIMS。第2卷为机电一体化技术应用实例。本手册既适合从事机电一体化产品或系统设计的总工程师、设计师,从事企业改造、技术革新、机电设备维修、新产品开发工作的领导、管理人员、广大工程技术人员使用,也适合大专院校相关专业师生学习参考。

在手册编写过程中得到了原机械部领导、科技司、中国机械工程学会、北京理工大学、机械工业出版社以及全体参编人员所在单位领导与工作人员的大力协助和支持。手册中吸取和参考了许多专家、学者的研究成果,在此谨致谢意。机电一体化技术手册编委会办公室秘书杨大勇,编辑人员孙本绪、孙流芳、熊万武、贺麓鑫、徐彤、张亚秋对手册的编写也付出了艰辛的劳动,在此也一并表示感谢。

由于机电一体化技术发展十分迅速,手册内容涉及的技术领域广泛以及作者水平所限,书中难免有缺点和不足之处,欢迎读者批评指正。

机电一体化技术手册编委会

目 录

上 册

序
前言

第 1 篇 总 论

第 1 章 机电一体化技术与现代制

造产业 1-3

1.1 新技术革命与产业竞争 1-3

1.2 传统机械工业的技术革命——机电
一体化 1-4

1.2.1 高新技术与传统机械工业的
技术革命 1-4

1.2.2 机电一体化基本概念、技
术特征及分类 1-6

1.2.3 机电一体化系统的基本结构
要素 1-6

1.2.4 机电一体化相关技术 1-8

1.2.5 机电一体化的技术、经济和社会
效益 1-9

1.3 机电一体化在现代制造产业结构中
的地位和作用 1-10

1.3.1 机床产业数控化 1-10

1.3.2 机器人产业的兴起 1-12

1.3.3 制造系统自动化 1-13

1.4 发达国家发展机电一体化产业的
政策和策略 1-13

1.4.1 机电一体化与高技术发展战
略 1-13

1.4.2 资金支持与政策优惠 1-14

1.4.3 市场开拓与保护的政策 1-14

1.4.4 紧密联合的科研生产体系 1-14

1.5 我国机电一体化产业现状和发展
战略 1-15

1.5.1 发展现状 1-15

1.5.2 发展战略 1-17

第 2 章 机电一体化技术发展方向 1-18

2.1 机电一体化系统的理论基础 1-18

2.2 微型计算机技术及其在机电一
体化中的地位 1-18

2.2.1 微型计算机技术 1-18

2.2.2 微型计算机在机电一体化
化中的地位 1-22

2.2.3 机电一体化中使用计算
机应注意的问题 1-22

2.2.4 未来计算机的发展方向及对
机电一体化技术的影响 1-23

2.3 机械制造工程的机电一体化技术
方向 1-23

2.3.1 机械产品的机电一体化技术
方向 1-23

2.3.2 机械制造生产过程的机电一体
化方向 1-24

2.3.3 普通设备的机电一体化改造 1-24

2.4 提高制造产业竞争力的技术方法 1-24

2.5 科学研究与生产应用 1-25

2.5.1 专门人才的培养 1-25

2.5.2 技术融合、学科交叉 1-25

2.5.3 科研与生产并举，相辅相成 1-25

2.5.4 促进科研成果向产业的转移 1-26

第 3 章 机电一体化系统设计和工 程路线 1-27

3.1 现代系统设计的特征 1-27

3.2 系统设计的评价 1-27

3.3 评价分析方法 1-27

3.3.1 技术经济性分析 1-27

3.3.2 可靠性分析 1-29

3.3.3 柔性、功能扩展及再组合性
分析 1-30

3.3.4 系统匹配性分析 1-30

3.3.5 操作性分析 1-30

3.3.6 维修性分析 1-31

3.3.7 安全性分析 1-31

3.4 机电一体化产品设计与工
程路线 1-31

3.4.1 基本设计和工程路线 1-31

3.4.2 市场调查与预测	1-31	2.3 触发器和时序逻辑电路	2-88
3.4.3 构思比较	1-33	2.3.1 触发器	2-88
3.4.4 方案的评价	1-33	2.3.2 计数器	2-91
3.4.5 详细设计	1-33	2.3.3 寄存器	2-96
3.4.6 系统设计中的质量控制	1-33	2.3.4 定时电路	2-99
3.4.7 制造工程质量管理	1-34	2.4 数-模和模-数转换电路	2-101
3.5 机电一体化的系统工程观		2.4.1 数字-模拟转换器	2-101
念和方法	1-34	2.4.2 模拟-数字转换器	2-108
参考文献	1-36	2.4.3 单片集成数据采集器	2-115
		2.5 微处理器	2-117
		2.5.1 微处理器的结构	2-117
		2.5.2 存贮器	2-119
		2.5.3 MCS-51 单片机的结构	2-122
		2.5.4 单片机系统的扩展	2-126
第 2 篇 机电一体化常用电路		第 3 章 可编程专用集成电路	2-130
第 1 章 模拟电路及其应用	2-3	3.1 可编程专用集成电路概述	2-130
1.1 常用半导体器件及其参数	2-3	3.1.1 可编程专用集成电路的进展	2-130
1.1.1 分立器件及其参数	2-3	3.1.2 可编程专用集成电路的分类	2-130
1.1.2 运算放大器及其参数	2-22	3.1.3 可编程专用集成电路中有关	
1.1.3 其它模拟集成电路简介	2-29	名词注释	2-131
1.2 模拟信号处理电路	2-30	3.1.4 可编程 ASIC 中的逻辑表示	2-131
1.2.1 基本放大电路	2-30	3.2 可编程阵列 PAL 和通用阵列	
1.2.2 模拟运算电路	2-33	逻辑 GAL	2-132
1.2.3 模拟乘法器	2-36	3.2.1 FPLA 的构成	2-132
1.2.4 检波电路	2-38	3.2.2 PAL 的结构及应用	2-132
1.2.5 电压电流变换电路	2-39	3.2.3 GAL 的工作原理	2-137
1.2.6 比较器	2-41	3.2.4 GAL 的开发工具和编程写入	2-144
1.2.7 模拟开关	2-42	3.2.5 GAL 的编程原理	2-146
1.2.8 采样保持电路	2-45	3.2.6 GAL 的应用	2-147
1.3 振荡电路	2-46	3.2.7 GAL 的特点及器件命名方法	2-151
1.3.1 正弦振荡器	2-46	3.2.8 GAL 使用中应注意的问题	2-151
1.3.2 多谐振荡器	2-48	3.3 现场可编程逻辑门阵列 FPGA	2-152
1.3.3 石英晶体振荡器	2-51	3.3.1 FPGA 概述	2-152
1.4 功率放大电路	2-53	3.3.2 FPGA 的基本结构	2-153
1.4.1 功率放大器的特点	2-53	3.3.3 FPGA 的开发和设计	2-157
1.4.2 低功率放大器	2-53	3.3.4 FPGA 的组态配置方式	2-159
1.4.3 脉冲功率放大器	2-55	3.3.5 FPGA 应用举例	2-162
1.4.4 功放管的保护	2-57	3.4 在系统可编程大规模集成	
第 2 章 数字电路及其应用	2-60	电路 ispLSI	2-163
2.1 数字电路概述	2-60	3.4.1 Lattice 公司的 ispLSI 系列	
2.1.1 数字集成电路的种类	2-60	简介	2-163
2.1.2 TTL 集成电路	2-60	3.4.2 ispLSI 器件的基本结构	2-164
2.1.3 CMOS 集成电路	2-61	3.4.3 ispLSI 的开发和应用	2-168
2.1.4 其它数字集成电路	2-67	第 4 章 电源	2-172
2.2 逻辑门和组合逻辑电路	2-68	4.1 直流稳压电源	2-172
2.2.1 基本逻辑门电路	2-68		
2.2.2 运算电路	2-74		
2.2.3 译码器与编码器	2-80		
2.2.4 数据选择器和数据分配器	2-87		

设计	3-32	业计算机	3-88
2.3.3 32位 STD 总线——STD 32		3.1 工业计算机的发展与 Compact PCI 的	
总线	3-34	出现	3-88
2.3.4 单板机模式(即 All-in-one)	3-36	3.1.1 概述	3-88
2.3.5 STD 总线与单片机	3-36	3.1.2 工业计算机的特点	3-88
2.4 工业控制机中的存贮器	3-38	3.1.3 无源底板工业计算机	3-89
2.4.1 工业控制对存贮器的要求	3-38	3.1.4 Compact PCI 工业计算机	3-89
2.4.2 工业控制中常用的存贮器芯片	3-39	3.2 PCI 局部总线	3-90
2.4.3 STD 总线系统的存贮器	3-40	3.2.1 PCI 的特点	3-90
2.4.4 半导体虚拟磁盘	3-41	3.2.2 PCI 信号定义	3-90
2.5 基本系统组成和系统组合模式	3-43	3.2.3 PCI 总线的基本原理	3-93
2.5.1 工业控制机的基本系统	3-43	3.2.4 PCI 总线仲裁	3-94
2.5.2 工业控制机系统组合模式	3-45	3.2.5 64 位总线扩展	3-95
2.6 STD 总线的 I/O 子系统	3-47	3.2.6 PCI 配置空间	3-96
2.6.1 概述	3-47	3.3 Compact PCI 工业计算机	3-101
2.6.2 开关量输入/输出	3-48	3.3.1 概述	3-101
2.6.3 A/D、D/A 及模拟信号调理	3-49	3.3.2 模板尺寸	3-102
2.6.4 运动控制接口	3-55	3.3.3 系统	3-102
2.6.5 GPIB 和 SBX 支持	3-56	3.3.4 连接器	3-102
2.7 STD 总线的多处理机系统	3-57	3.3.5 Compact PCI 引脚信号的	
2.7.1 主从式多 CPU 系统——智能		分配	3-103
I/O 模板	3-57	3.3.6 电气特性	3-103
2.7.2 总线仲裁与多主 CPU 系统	3-61	3.3.7 Compact PCI 的扩展	3-105
2.8 分布式工业测控系统组成——串行		3.3.8 Compact PCI 的发展——热	
数据通信和工业局域网	3-63	切换	3-107
2.9 Watchdog、电源掉电检测及软件		第 4 章 VME 和 VXI 总线工业控	
可靠性措施	3-70	制机	3-109
2.9.1 Watchdog 及其应用	3-70	4.1 概述	3-109
2.9.2 电源掉电检测及其应用	3-72	4.1.1 VME 总线的发展	3-109
2.9.3 提高可靠性的某些软件措施	3-72	4.1.2 VME 总线特点	3-109
2.10 STD 总线工业控制机的支持软件	3-73	4.2 VME 总线信号	3-109
2.10.1 概述	3-73	4.3 机械特性	3-112
2.10.2 STD DOS	3-74	4.4 VME 总线功能结构	3-113
2.10.3 嵌入式操作系统 ROM-DOS	3-75	4.4.1 数据传输总线	3-113
2.10.4 VRTX 嵌入式实时多任务操作		4.4.2 优先级中断总线	3-114
系统	3-76	4.4.3 仲裁总线	3-114
2.10.5 AMX 实时多任务操作系统	3-79	4.4.4 公用总线	3-116
2.10.6 QNX 实时多任务多用户网络		4.4.5 信号协议	3-116
操作系统	3-80	4.5 电气特性	3-117
2.10.7 高级语言的分离和固化运行	3-81	4.5.1 VME 总线信号线驱动器	3-117
2.10.8 在控制系统中的开发应用	3-82	4.5.2 底板连接	3-117
2.11 国内外先进产品介绍	3-83	4.5.3 配电	3-117
2.11.1 国内典型产品	3-83	4.6 VME 总线的能力	3-117
2.11.2 国外典型产品	3-85	4.6.1 寻址能力	3-117
第 3 章 PCI 和 Compact PCI 总线与工		4.6.2 基本的数据传输能力	3-117

4.6.3 “不结盟的”(Unaligned) 传输能力	3-118	4.16.4 基于 VXI 总线的虚拟仪 器软件技术	3-151
4.6.4 地址流水线能力	3-119	4.17 VXI 总线系统的配电、冷却和 电磁兼容	3-152
4.6.5 中断能力	3-119	4.17.1 VXI 总线系统的配电	3-152
4.6.6 建立虚拟通信通路	3-121	4.17.2 VXI 总线系统的冷却	3-153
4.7 VME 总线的应用	3-121	4.17.3 VXI 总线系统的电磁兼 容(EMC)	3-153
4.7.1 改善 CPU 性能	3-121	4.18 VXI 总线系统的集成	3-156
4.7.2 及时地响应重要事件	3-121	4.18.1 概述	3-156
4.7.3 系统初始化和诊断	3-122	4.18.2 组成 VXI 总线系统需要特 别考虑的问题	3-156
4.8 VME 总线的规范形式	3-122	4.18.3 零槽控制方案的比较及选择	3-157
4.8.1 关键词	3-122	4.18.4 系统开发平台的比较及选择	3-159
4.8.2 定时要求	3-123	4.19 VXI 总线应用及实例	3-160
4.8.3 信号互连的专用符号	3-123	4.19.1 概述	3-160
4.9 VME 总线系列的 UNIX System V/68 操作系统及其实时环境	3-124	4.19.2 基于 VXI 总线的综合仿真测控 系统	3-160
4.9.1 UNIX 的产生、发展及主要 特点	3-124	第 5 章 微控制器技术及其发展	3-164
4.9.2 UNIX System V/68 的功能 及组成	3-125	5.1 概述	3-164
4.9.3 UNIX 向实时领域的迈进	3-126	5.1.1 单片机、微控制器及嵌入式 控制器	3-164
4.9.4 System V/68 下的实时环 境 VMEexec	3-126	5.1.2 单片机的产生和发展	3-164
4.9.5 System V/68 下的网络环境	3-128	5.1.3 单片机的应用	3-166
4.10 VME 总线系统——国产 0604 微型 计算机系统	3-128	5.1.4 单片机系统的扩展和配置	3-166
4.11 国外 VME 总线系列新产品	3-129	5.1.5 单片机技术发展的趋势	3-167
4.12 虚拟仪器与 VXI 总线	3-133	5.2 单片机产品及性能介绍	3-168
4.12.1 关于虚拟仪器	3-133	5.2.1 概述	3-168
4.12.2 基于 VXI 总线的虚拟仪器 平台	3-135	5.2.2 4 位单片机	3-168
4.12.3 VXI 总线概述	3-136	5.2.3 8 位单片机	3-171
4.13 VXI 总线系统的机械规范	3-137	5.2.4 16 位单片机	3-178
4.13.1 引言	3-137	5.2.5 32 位单片机	3-180
4.13.2 VXI 总线模板机械规范概要	3-138	5.2.6 模糊单片机	3-182
4.14 VXI 总线的构成	3-140	5.3 单片机的开发环境	3-182
4.15 VXI 总线系统的系统控制 和资源管理	3-144	5.3.1 概述	3-182
4.15.1 VXI 总线系统的系统控制	3-145	5.3.2 单片机程序设计语言及 支持软件	3-183
4.15.2 VXI 总线的公共系统资源	3-147	5.3.3 开发环境中的人-机界面	3-184
4.16 VXI 总线系统的软件	3-147	5.3.4 开发环境的硬件种类	3-186
4.16.1 概述	3-147	5.3.5 单片机开发环境发展趋势	3-187
4.16.2 软件标准化是自动测试领域的 重要事件	3-148	5.4 单片机的多机与网络系统	3-188
4.16.3 编程自动化提高了自动 测试的水平	3-150	5.4.1 工业测控领域的多机与网络 系统	3-188
		5.4.2 单片机的串行接口与多机系 统 μ lan	3-188

5.4.3	μlan 网	3-188	7.2.2	分散型控制系统体系结构	3-253
5.4.4	位总线	3-191	7.2.3	典型系统配置	3-254
5.4.5	I ² C 总线	3-195	7.3	分散型控制系统的通信网络	3-255
5.4.6	CAN 总线	3-198	7.3.1	概述	3-255
5.5	单片机的应用	3-199	7.3.2	通信协议	3-257
5.5.1	单片机应用系统设计概述	3-199	7.3.3	工业局部网络的选型考虑	3-273
5.5.2	单片机应用系统的类型	3-199	7.3.4	几种 DCS 系统通信网络 举例	3-274
5.5.3	单片机在仪器仪表中的应用	3-200	7.4	过程级设备	3-275
5.5.4	单片机在机电一体化设备控制 中的应用	3-202	7.4.1	过程级设备功能及分类	3-275
5.5.5	单片机在家用电器中的应用	3-203	7.4.2	过程控制设备的构成	3-278
第 6 章	PLC 及其应用	3-206	7.4.3	过程级设备的可靠性设计 措施	3-280
6.1	概述	3-206	7.4.4	典型过程级设备介绍	3-280
6.1.1	PLC 发展概况	3-206	7.5	监控级设备	3-283
6.1.2	PLC 的特点	3-208	7.5.1	监控级设备的功能及类型	3-283
6.1.3	PLC 的分类	3-208	7.5.2	监控级设备构成	3-284
6.1.4	PLC 的技术发展趋势	3-209	7.5.3	典型监控级设备介绍	3-284
6.1.5	国外 PLC 的典型应用概况	3-210	7.6	分散型控制系统软件系统	3-285
6.1.6	国产 PLC 及其在生产中的 应用	3-211	7.6.1	概述	3-285
6.2	PLC 硬件体系	3-212	7.6.2	实时操作系统	3-286
6.2.1	硬件结构	3-212	7.6.3	组态软件	3-287
6.2.2	CPU 和中央存储器	3-212	7.6.4	应用软件	3-292
6.2.3	I/O 接口	3-215	7.7	典型分散型控制系统介绍	3-296
6.2.4	电源、机架及扩展箱	3-218	7.7.1	国外典型分散型控制系统 介绍	3-296
6.2.5	PLC 的工作原理	3-219	7.7.2	国内典型分散型控制系统 介绍	3-302
6.2.6	智能 I/O 模板	3-222	7.8	分散型控制系统应用举例	3-308
6.2.7	远程 I/O 模板	3-224	7.8.1	概述	3-308
6.2.8	通信及网络	3-225	7.8.2	工艺简介	3-308
6.2.9	编程器	3-226	7.8.3	系统构成及系统功能	3-308
6.3	PLC 软件体系	3-227	7.8.4	控制策略	3-309
6.3.1	PLC 系统软件和应用软件	3-227	附录	典型 DCS 产品及其主要性能	3-310
6.3.2	系统软件框图	3-227	第 8 章	现场总线和现场总线控制 系统	3-314
6.3.3	应用软件用编程语言	3-227	8.1	现场总线概述	3-314
6.3.4	应用软件模块化——PLC 功能模块介绍	3-241	8.1.1	现场总线应运而生	3-314
6.4	PLC 产品介绍	3-242	8.1.2	现场总线的产生背景	3-314
第 7 章	分散型控制系统	3-251	8.1.3	现场总线的产生历程	3-315
7.1	概述	3-251	8.1.4	现场总线控制系统 FCS	3-317
7.1.1	分散型控制系统的发展	3-251	8.1.5	现场总线控制系统的体系 结构	3-319
7.1.2	分散型控制系统的特点及 类型	3-251	8.2	现场总线的网络结构	3-320
7.2	分散型控制系统的体系结构	3-252	8.2.1	关于现场总线网络模型的	
7.2.1	建立分散型控制系统体系 结构的原则	3-252			

讨论..... 3-320

8.2.2 现场总线的网络结构..... 3-322

8.3 HART 协议 3-325

8.3.1 概述..... 3-325

8.3.2 HART 协议简介 3-325

8.3.3 HART 对互操作性的解决 3-326

8.4 CAN 总线 3-327

8.4.1 概述..... 3-327

8.4.2 CAN 控制器简介 3-327

8.4.3 CAN 协议 3-328

8.4.4 CAN 的应用 3-328

8.5 LONWORKS 3-329

8.5.1 概述..... 3-329

8.5.2 LONTALK 协议的特点 3-329

8.5.3 LONTALK 协议的基本功能 ... 3-330

8.5.4 NEURON 芯片 3-330

8.5.5 结论..... 3-332

8.6 PROFIBUS 3-332

8.6.1 概述..... 3-332

8.6.2 PROFIBUS 基本特性 3-333

8.6.3 PROFIBUS 的实现 3-333

8.6.4 结论..... 3-334

8.7 基金会现场总线 FF 3-334

8.7.1 概述..... 3-334

8.7.2 基金会现场总线技术..... 3-334

8.7.3 基金会现场总线优点..... 3-336

参考文献 3-336

第4篇 检测技术

第1章 传感器及其使用技术 4-3

1.1 传感器的基本知识..... 4-3

1.1.1 传感器及其组成..... 4-3

1.1.2 传感器的分类..... 4-3

1.1.3 传感器的特性..... 4-5

1.1.4 传感器的性能指标 4-14

1.1.5 传感器的输入、输出特性和对环境的要求 4-14

1.1.6 传感器的标定和校准 4-15

1.2 位移和长度传感器 4-15

1.2.1 位移和长度传感器的选用 4-15

1.2.2 电感式(自感式)传感器 4-16

1.2.3 变压器式(互感式)传感器 4-24

1.2.4 电涡流式传感器 4-27

1.2.5 电容式传感器 4-30

1.2.6 电触式传感器 4-36

1.2.7 电位器式传感器 4-39

1.2.8 应变式传感器 4-40

1.2.9 感应同步器 4-40

1.2.10 磁栅式传感器..... 4-45

1.2.11 光栅式传感器..... 4-47

1.2.12 光学码盘式传感器..... 4-52

1.2.13 激光式传感器..... 4-54

1.2.14 光电式传感器..... 4-56

1.2.15 气电转换传感器..... 4-61

1.2.16 压电式位移传感器..... 4-62

1.2.17 霍尔式传感器..... 4-63

1.3 速度传感器 4-67

1.3.1 速度传感器的主要性能和特点 ... 4-67

1.3.2 磁电感应式速度传感器 4-68

1.3.3 陀螺式角速度传感器 4-70

1.3.4 差动变压器式速度传感器 4-72

1.3.5 光电式速度和转速传感器 4-73

1.3.6 多普勒效应测速传感器 4-73

1.3.7 转速传感器 4-74

1.3.8 流速传感器 4-75

1.3.9 其它测速方法 4-76

1.4 力、扭矩和压力传感器 4-76

1.4.1 力、扭矩和压力传感器的类型和特点 4-76

1.4.2 弹性敏感元件 4-78

1.4.3 电阻应变片式力、扭矩和压力传感器 4-82

1.4.4 压阻式力、压力传感器 4-88

1.4.5 压电式力、压力传感器 4-92

1.4.6 压磁式力传感器 4-97

1.4.7 谐振式力、力矩和压力传感器 4-99

1.4.8 位移式力、压力传感器 4-104

1.4.9 其它类型压力和扭矩传感器 4-105

1.5 惯性角参数传感器..... 4-106

1.5.1 压电射流速率传感器..... 4-106

1.5.2 三维压电射流姿态传感器..... 4-110

1.6 惯性加速度和倾角传感器..... 4-111

1.6.1 石英挠性伺服加速度传感器..... 4-111

1.6.2 压电石英谐振式加速度传感器..... 4-112

1.6.3 哥氏惯性速度和加速度传感器..... 4-113

1.6.4 参量式倾斜传感器 4-113

1.6.5 振弦式倾斜传感器 4-115

1.6.6 力平衡式倾斜传感器	4-115	器	4-136
1.6.7 气体线加速度传感器	4-115	1.15 生物传感器	4-137
1.6.8 气体摆式倾角传感器	4-117	1.15.1 生物传感器的原理	4-137
1.7 振动加速度传感器	4-121	1.15.2 电化学生物传感器	4-137
1.7.1 压电振动加速度传感器	4-121	1.15.3 生物电子传感器	4-138
1.7.2 压阻式振动加速度传感器	4-121	1.15.4 光生物传感器	4-138
1.7.3 磁致伸缩式振动加速度传感器	4-122	1.15.5 微生物传感器	4-138
1.7.4 PVDF 心音脉搏传感器	4-122	1.15.6 离子敏场效应晶体管传感器	4-140
1.8 物位传感器	4-123	1.15.7 半导体化学集成传感器	4-141
1.8.1 放射性同位素物位传感器	4-123	第2章 测量电路	4-142
1.8.2 超声物位传感器	4-124	2.1 测量电路总论	4-142
1.8.3 超声界面传感器	4-124	2.1.1 测量电路的类型与组成	4-142
1.8.4 微波物位传感器	4-124	2.1.2 基本转换电路	4-144
1.8.5 流量式液位传感器	4-125	2.2 测量放大器	4-147
1.8.6 玻璃管式液位传感器	4-125	2.2.1 测量放大器的主要特点与要求	4-147
1.8.7 平衡浮子式液位传感器	4-126	2.2.2 低噪声放大器	4-148
1.9 声敏传感器	4-126	2.2.3 高稳定度放大器	4-150
1.9.1 声敏传感器的分类	4-126	2.2.4 高输入阻抗放大器	4-150
1.9.2 炭粒送话器	4-126	2.2.5 高共模抑制比放大器	4-152
1.9.3 压电声敏传感器	4-127	2.2.6 参量放大器与电荷放大器	4-154
1.9.4 静电扬声器	4-127	2.2.7 放大器的线性化与量程切换	4-156
1.10 半导体彩色传感器	4-127	2.2.8 放大器的频率特性	4-158
1.11 热敏传感器	4-128	2.3 调制与解调电路	4-159
1.11.1 半导体热敏电阻	4-128	2.3.1 调制的功用与类型	4-159
1.11.2 二极管热敏传感器	4-128	2.3.2 信号的幅值调制与解调	4-159
1.11.3 晶体管热敏传感器	4-129	2.3.3 信号的频率调制与解调	4-169
1.11.4 光纤温度传感器	4-129	2.3.4 信号的相位调制与解调	4-171
1.12 磁敏传感器	4-130	2.3.5 信号的脉宽调制与解调	4-171
1.12.1 磁敏传感器的种类及其检测极限	4-130	2.4 滤波器	4-175
1.12.2 霍尔效应型传感器	4-130	2.4.1 滤波器的基本知识	4-175
1.12.3 超导量子干涉器件	4-130	2.4.2 常用二阶有源滤波器电路	4-176
1.13 气体传感器	4-131	2.4.3 有源滤波器设计方法	4-176
1.13.1 半导体气体传感器	4-131	2.5 模拟运算电路	4-202
1.13.2 固体电解质气体传感器	4-133	2.5.1 线性加减电路	4-202
1.13.3 真空度传感器	4-133	2.5.2 微分与积分运算电路	4-204
1.13.4 微波气体成分传感器	4-133	2.5.3 绝对值、平均值、峰值运算电路	4-209
1.13.5 光学气体成分传感器	4-133	2.5.4 乘、除、乘方、开方电路	4-211
1.13.6 谐振微桥传感器	4-133	2.5.5 函数电路	4-213
1.14 湿度和水分传感器	4-134	2.6 细分、辨向、当量变换与编码变换电路	4-219
1.14.1 湿度传感器的分类	4-134	2.6.1 细分、辨向电路的选用	4-219
1.14.2 水分子亲和力型湿度传感器	4-134	2.6.2 细分、辨向常用电路	4-219
1.14.3 非水分子亲和力型湿度传感器	4-134		

2.6.3 脉冲当量变换电路	4-234	4.4.2 卡尔曼滤波	4-325
2.6.4 二进制与循环码的变换	4-240	4.4.3 自适应滤波	4-326
第3章 机床数显装置	4-242	4.5 时间序列分析	4-326
3.1 数显装置的工作原理	4-242	4.5.1 时间序列分析基础	4-326
3.2 数显装置常用的位移传感器	4-242	4.5.2 ARMA模型的时域特性	4-327
3.3 国内外数显表的型谱	4-253	4.5.3 ARMA模型的频域特性	4-328
3.4 数显装置实例	4-266	4.5.4 ARMA模型的建模	4-328
3.4.1 感应同步器数显装置	4-266	4.5.5 ARMA模型的最佳预测	4-329
3.4.2 光栅数显装置	4-269	4.6 信号的时间-频率联合分析	4-329
3.4.3 磁尺数显装置	4-269	4.6.1 维格纳分布	4-329
3.4.4 单片机数显装置	4-275	4.6.2 小波变换	4-334
3.5 数显装置的应用	4-275	第5章 智能化检测设备	4-341
3.5.1 国产三种类型数显装置的 对照分析	4-275	5.1 概述	4-341
3.5.2 数显装置的选用方法	4-275	5.1.1 智能化检测设备的基本结构	4-341
3.5.3 数显装置的安装和调试	4-276	5.1.2 智能化检测设备的特点	4-341
3.5.4 数显装置的应用实例	4-289	5.2 微型机与检测设备的接口技术	4-342
3.6 数显装置的维护与修理	4-292	5.2.1 传感器与微型机的接口技术	4-342
3.6.1 日常维护	4-292	5.2.2 智能化检测设备显示器件与 微机的接口	4-349
3.6.2 数显装置的故障判断和处理	4-292	5.2.3 智能化检测设备的人-机接口	4-351
第4章 信号分析与处理技术	4-297	5.3 智能化检测设备的基本运算与 处理	4-357
4.1 信号处理基础	4-297	5.3.1 基本函数近似计算	4-357
4.1.1 信号概述	4-297	5.3.2 几种常用数值计算方法	4-358
4.1.2 信号处理中的数学变换	4-298	5.3.3 常用非数值计算处理方法	4-359
4.1.3 信号的描述	4-308	5.3.4 信号预处理	4-362
4.1.4 信号通过线性系统的响应	4-310	5.3.5 静态误差修正	4-366
4.1.5 数字信号处理的参数选择	4-311	5.4 人工智能在检测技术中的应用	4-369
4.2 谱分析与谱估计	4-311	5.4.1 基本概念	4-369
4.2.1 FFT算法	4-311	5.4.2 设备故障诊断技术	4-370
4.2.2 ZOOM-FFT	4-314	5.4.3 图像识别技术在检测中的 应用	4-373
4.2.3 基于傅里叶变换的谱分析	4-315	5.5 精密量仪的微机化	4-373
4.2.4 最大熵谱估计	4-315	5.5.1 精密圆度仪	4-373
4.3 数字滤波器	4-319	5.5.2 齿轮量仪	4-376
4.3.1 数字滤波器的原理与结构	4-319	5.5.3 表面粗糙度量仪	4-385
4.3.2 IIR数字滤波器设计	4-322	5.5.4 三坐标测量机	4-389
4.3.3 FIR数字滤波器设计	4-324	参考文献	4-408
4.3.4 IIR与FIR滤波器的比较	4-324		
4.4 最小均方线性滤波	4-325		
4.4.1 维纳滤波	4-325		

第4篇 检测技术

主 编 张国雄

副主编 庄葆华

编写人员

第1章 金篆芷 张爱萍 张福学

第2章 张国雄

第3章 陈正岳 方建滨 王子砚 谭世忠

第4章 杜润生 曹玉珍

第5章 庄葆华 杜润生 李 真

YDOP/1104

第 1 章 传感器及其使用技术

1.1 传感器的基本知识

1.1.1 传感器及其组成

1. 传感器

传感器是一种以一定的精确度将被测量(如位移、力、加速度等)转换为与之有确定对应关系的、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。

目前,由于电子技术的进步,使电学量具有便于传输、转换、处理、显示等特点,因此通常传感器是将非电量转换成电量输出。

2. 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和基本转换电路三部分组成,如图 4.1-1 所示。

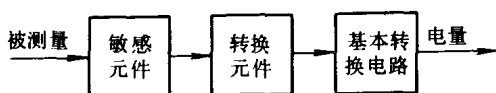


图 4.1-1 传感器组成框图

(1) 敏感元件 直接感受被测量,并以确定关系输出某一物理量。如弹性敏感元件将力转换为位移或应变输出。

(2) 转换元件 将敏感元件输出的非电物理量(如位移、应变、光强等)转换成电路参数(如电阻、电感、电容等)量。

(3) 基本转换电路 将电路参数量转换成便于测量的电量,如电压、电流、频率等。

实际的传感器、有的很简单,有的则较复杂。有些传感器(如热电偶)只有敏感元件,感受被测温差时直

接输出电动势。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,无需基本转换电路,如压电式加速度传感器。还有些传感器由敏感元件和基本转换电路组成,如电容式位移传感器。有些传感器,转换元件不只一个,要经过若干次转换才能输出电量。大多数传感器是开环系统,但也有个别的是带反馈的闭环系统。

当前,由于空间的限制或技术等原因,基本转换电路一般不和敏感元件、转换元件装在一个壳体内,而是装入电箱中。但不少传感器需通过基本转换电路才能输出便于测量的电量,而基本转换电路的类型又与不同工作原理的传感器有关。因此常把基本转换电路作为传感器的组成环节之一。

1.1.2 传感器的分类

目前较多采用的传感器的分类方法有如下几种。

1. 按被测物理量分类

这种分类方法明确地表示了传感器的用途,便于使用者选择。如位移传感器用于测量位移,温度传感器用于测量温度等。一些常见的非电基本物理量与其对应的派生量见表 4.1-1。

2. 按传感器工作原理分类

这种分类方法清楚地表明了传感器的工作原理,有利于传感器设计和应用(表 4.1-2)。

3. 按传感器转换能量的情况分类

(1) 能量转换型 又称发电型,不需要外加电源而将被测量转换成电能输出。这类传感器有压电式、磁电感应式、热电偶、光电池等。

(2) 能量控制型 又称参量型,需外加电源才能输出电能。这类传感器有电阻式、电容式、电感式、霍尔式等传感器,还有热敏电阻、光敏电阻、湿敏电阻

表 4.1-1 基本物理量与其派生物理量

基本物理量		派生物理量		基本物理量		派生物理量	
位移	线位移	长度、厚度、位置、振幅、表面波度、表面粗糙度、应变、磨损		加速度	线加速度	振动、冲击、质量、重量、应力、力	
	角位移	角度、偏转角、俯仰角			角加速度	角振动、角冲击、力矩、转矩、转动惯量	
速度	线速度	振动、动量、流量		温度	热量、比热容		
	角速度	角动量、转速、角振动		湿度	水分、露点		
力、压力		重量、密度、推力、力矩、应力、真空度、声压、噪声		光度	光通量、色、透明度、光谱、红外光、照度、可见光		