



高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材



机电一体化控制技术与系统

主编 计时鸣
主审 赵松年



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

机电一体化控制技术与系统

主 编 计时鸣

副主编 赵章风

参 编 郑欣荣 高 峰 艾青林

张 利 袁巧玲

主 审 赵松年

西安电子科技大学出版社

2009

内 容 简 介

本书以机电一体化系统的组成为主线,系统介绍了机电一体化系统各主要组成部分及其控制技术和控制策略,并通过实例详细介绍了机电一体化系统的设计方法。

全书共10章,内容包括:机电一体化概论、精密机械技术、工业控制计算机、基于单片机的控制器、可编程控制器、传感器与计算机接口、动力驱动及其计算机控制、生产过程自动化技术、机电一体化系统的常用控制策略和机电一体化系统设计方法与实例。每章后均有习题与思考题,便于学生课后练习。

本书内容翔实、图文并茂,注重理论联系工程设计与应用,将最新科研成果和发展动态融入教材内容之中,可作为机械工程及自动化、机械电子工程、机电控制工程、自动控制及相关机电类专业的高年级本科生、研究生教材,也可供相关工程技术人员参考。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化控制技术与系统/计时鸣主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2009.6

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2238-5

I. 机… II. 计… III. 机电一体化—控制系统—高等学校—教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 053508 号

策 划 毛红兵

责任编辑 邵汉平 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2009年6月第1版 2009年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 23.5

字 数 555千字

印 数 1~4000册

定 价 33.00元

ISBN 978-7-5606-2238-5/TP·1141

XDUP 2530001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

高等学校

自动化、电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化专业

“十一五”规划教材编审专家委员会名单

主任：张永康

副主任：姜周曙 刘喜梅 柴光远

自动化组

组长：刘喜梅（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

韦 力	王建中	巨永锋	孙 强	陈在平	李正明
吴 斌	杨马英	张九根	周玉国	党宏社	高 嵩
秦付军	席爱民	穆向阳			

电气工程组

组长：姜周曙（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

闫苏莉	李荣正	余健明
段晨东	郝润科	谭博学

机械设计制造组

组长：柴光远（兼）

成员：（成员按姓氏笔画排列）

刘战锋	刘晓婷	朱建公	朱若燕	何法江	李鹏飞
麦云飞	汪传生	张功学	张永康	胡小平	赵玉刚
柴国钟	原思聪	黄惟公	赫东锋	谭继文	

项目策划：马乐惠

策 划：毛红兵 马武装 马晓娟

前 言

机电一体化是在以大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高速发展并逐步向传统机械工业渗透过程中形成的新概念。机电一体化已逐步发展成为融机械技术、微电子技术、信息技术等多种技术为一体的新兴交叉学科。机电一体化系统实现了机械技术与微电子、信息、软件等技术的有机结合，极大地扩展了机械系统的发展空间。

机电一体化的发展改变着人们的传统观念，机电一体化技术已经渗透到世界经济与技术发展的各个领域，成为世界技术竞争的制高点。技术竞争的关键是人才的竞争，因此，机电一体化领域的人才培养和专业教育具有重要的意义。目前，许多高等院校开设了有关机电一体化方面的相关课程，同时有大量的工程技术人员在从事机电一体化方面的研究和技术开发工作，编写本书的目的在于为机电一体化教学和研究领域提供一本内容较丰富新颖、体系较完整清晰、有一定特色的教材和参考书。

本书是在编者总结高等院校本科与研究生相关课程教学和科研经验，并借鉴机电一体化领域已经出版的教材和参考书籍的基础上编写而成的。书中汇集了编者多年的教学讲义和教案资料，并力求将机电一体化领域近年来的最新发展成果引入教材。本书内容的选择和章节的设置力求适应机械工程及自动化等专业的现行课程体系，将繁杂分散的教学内容用清晰简洁的方式融合起来，注重理论与实践相结合，突出案例教学特色。

本书共 10 章，具体内容包括：第 1 章机电一体化概论；第 2 章精密机械技术；第 3 章工业控制计算机；第 4 章基于单片机的控制器；第 5 章可编程序控制器；第 6 章传感器与计算机接口；第 7 章动力驱动及其计算机控制；第 8 章生产过程自动化技术；第 9 章机电一体化系统的常用控制策略；第 10 章机电一体化系统设计方法与实例。每章后均有习题与思考题，便于学生课后练习。

本书可作为高等院校机械工程及自动化、机械电子工程、机电控制工程、自动控制及相关机电类专业的高年级本科生、研究生学习有关机电一体化相关课程的教材，同时也可供相关工程技术人员参考。学习本书之前，读者应具备机械原理、机械设计、电工学、电子学、微型计算机原理、测试技术、自动控制原理等方面的知识。教师在使用本书教学时，应按学生已学过的课程情况有所取舍、补充和侧重。

本书由计时鸣担任主编，赵章风担任副主编。第 1 章由计时鸣、高峰编写，第 2 章由郑欣荣、计时鸣编写，第 3 章由计时鸣、张利、袁巧玲编写，第 4 章和第 9 章由艾青林编写，第 5 章和第 6 章由赵章风编写，第 7 章由高峰编写，第 8 章由郑欣荣编写，第 10 章由计时鸣、赵章风、高峰编写。全书统稿工作由计时鸣、赵章风完成。

本书在编写过程中得到了浙江工业大学机械工程学院、机械电子工程研究所、机械制造及自动化教育部重点实验室的同事和同学们的大力支持和热忱指导，阮健教授、张宪教授、欧长劲教授、胥芳教授、杨庆华教授、熊四昌副教授、王忠飞副研究员为本书提供了丰富的教学和科研实例资料。书稿经上海理工大学赵松年教授审阅，并提出了许多修改意

见。本书的出版得到了西安电子科技大学出版社的大力支持及浙江工业大学校重点教材基金的资助。在此，作者谨对给予本书编写和出版工作支持、帮助的所有朋友们，表示最衷心的感谢！

限于作者的水平和经验，加之机电一体化技术发展日新月异，书中错误与不足在所难免，敬请广大读者和同行批评指正。

编者

2009年5月于浙江工业大学

目 录

第 1 章 机电一体化概论	1	2.4.2 电磁执行机构	34
1.1 机电一体化的概念	1	2.4.3 压电驱动器与超声电机	39
1.1.1 机电一体化的发展历史	1	2.4.4 微动机构	47
1.1.2 机电一体化系统的特征	2	2.4.5 液压机构	51
1.1.3 机电一体化的意义	5	2.4.6 气动机构	57
1.2 机电一体化的技术基础	6	习题与思考题	62
1.2.1 机械设计和制造技术	6	第 3 章 工业控制计算机	64
1.2.2 微电子技术	6	3.1 概述	64
1.2.3 传感器技术	6	3.1.1 机电一体化对控制系统的基本 要求	64
1.2.4 软件技术	7	3.1.2 机电一体化控制系统的类型、 特点与选用	64
1.2.5 通信技术	7	3.2 工控机的特点、组成及总线	67
1.2.6 驱动技术	7	3.2.1 工控机及其特点	67
1.2.7 自动控制技术	7	3.2.2 工控机的组成	67
1.2.8 系统技术	8	3.2.3 工控机的 ISA 总线和 PCI 总线	69
1.3 机电一体化的发展及应用概况	8	3.3 工控机的主板	79
习题与思考题	10	3.4 工控机的接口卡	79
第 2 章 精密机械技术	11	3.4.1 模拟量输入/输出卡	79
2.1 概述	11	3.4.2 数字量输入/输出卡	85
2.1.1 机电一体化对机械系统的 基本要求	11	3.4.3 运动控制卡	85
2.1.2 机械系统的主要组成	12	3.4.4 RS-232/RS-485 模块	89
2.2 传动机构	12	3.4.5 CAN 总线接口卡	91
2.2.1 传动机构的性能要求	12	3.5 工业组态软件	94
2.2.2 精密传动机构——滚珠丝杠副	12	3.5.1 工业组态软件简介	94
2.2.3 齿轮传动	18	3.5.2 工业组态软件设计的基本步骤	96
2.2.4 同步带传动	20	3.5.3 工业组态软件的设备连接 与测试	96
2.2.5 间歇传动	22	3.5.4 工业组态软件的报警显示	97
2.3 导向机构	23	3.5.5 工业组态软件实现实时数据、 历史数据、实时曲线与 历史曲线的显示	97
2.3.1 导轨副的组成及种类	23	3.5.6 工业组态软件的工程安全机制	97
2.3.2 导轨的基本要求	24	3.6 工控机与组态软件的应用	98
2.3.3 滑动导轨副	27	习题与思考题	99
2.3.4 滚动直线导轨副和圆柱直线 滚动导轨副	31		
2.3.5 静压导轨副	33		
2.4 执行机构	34		
2.4.1 执行机构及其技术特点	34		

第4章 基于单片机的控制器	101	5.5 可编程序控制器的高级应用	173
4.1 MCS-51 单片机	101	5.5.1 可编程序控制器的通信及网络	173
4.2 模拟数据采集	101	5.5.2 可编程序控制器的人机界面	175
4.2.1 传感器	102	习题与思考题	176
4.2.2 多路模拟开关	102	第6章 传感器与计算机接口	179
4.2.3 放大器	103	6.1 概述	179
4.2.4 采样/保持器	103	6.1.1 传感检测装置在机电一体化系统中的作用	179
4.2.5 A/D 转换器及其与单片机接口	103	6.1.2 传感检测装置的组成	179
4.3 模拟数据输出	112	6.2 机电一体化系统中的常用传感器	180
4.4 功率输出	115	6.2.1 传感器的定义与分类	180
4.4.1 功率晶体管接口	115	6.2.2 机电一体化系统中的常用传感器	180
4.4.2 光电耦合器隔离	116	6.2.3 智能传感器	193
4.4.3 双向晶闸管接口	117	6.3 传感器与计算机接口技术	194
4.5 单片现场控制器	117	6.3.1 数字型传感器与计算机的接口及实例	194
4.6 其他嵌入式处理器	119	6.3.2 模拟型传感器与计算机的接口	195
习题与思考题	120	习题与思考题	197
第5章 可编程序控制器	122	第7章 动力驱动及其计算机控制	198
5.1 顺序控制系统及其实现	122	7.1 概述	198
5.1.1 顺序控制系统	122	7.1.1 机电一体化系统中执行装置的特点	198
5.1.2 顺序控制系统的实现	124	7.1.2 电力电子技术在执行装置中的应用	198
5.2 可编程序控制器基础	124	7.1.3 机电传动系统建模	199
5.2.1 可编程序控制器的结构及分类	124	7.2 电力电子技术应用基础	203
5.2.2 可编程序控制器的输入/输出模块	127	7.2.1 晶闸管及其驱动电路	203
5.2.3 可编程序控制器的工作机制	130	7.2.2 功率晶体管及其驱动电路	206
5.2.4 可编程序控制器的编程语言	131	7.2.3 功率场效应晶体管及其驱动电路	208
5.2.5 与其他顺序逻辑控制系统的比较	134	7.2.4 IGBT 及其驱动电路	211
5.2.6 可编程序控制器的应用概况	135	7.3 直流传动控制系统	213
5.3 三菱 FX _{2N} 系列可编程序控制器及其指令系统	136	7.3.1 直流电机的晶闸管驱动控制	213
5.3.1 三菱可编程序控制器概述	136	7.3.2 直流电机的全桥驱动控制	216
5.3.2 三菱 FX _{2N} 系列可编程序控制器的软件及其功能	138	7.3.3 直流电机调速和伺服控制	217
5.3.3 三菱 FX _{2N} 系列可编程序控制器的指令系统	147	7.4 交流传动控制系统	218
5.4 可编程序控制器的基本应用	159	7.4.1 交流电机控制原理	218
5.4.1 PLC 控制系统设计的基本内容和步骤	159	7.4.2 交流伺服电机的驱动原理	219
5.4.2 编程方法及编程规则与技巧	160	7.5 步进传动控制系统	221
5.4.3 常用和基本环节编程	163	7.5.1 步进电机的原理和结构	221
5.4.4 应用实例	168	7.5.2 步进电机控制	223
		习题与思考题	226

第 8 章 生产过程自动化技术	228
8.1 概述	228
8.1.1 基本概念	228
8.1.2 自动化制造系统的常见类型	229
8.2 自动化加工设备	231
8.2.1 组合机床	231
8.2.2 一般数控机床	231
8.2.3 车削中心	232
8.2.4 加工中心	233
8.3 工件储运系统	234
8.3.1 存储设备	234
8.3.2 工件输送装置	239
8.4 检验过程自动化	253
8.4.1 概述	253
8.4.2 加工过程中的自动检验装置	255
8.4.3 自动补偿装置	259
8.4.4 检验自动机	261
8.5 辅助设备	264
8.5.1 提升装置	264
8.5.2 分路装置	265
8.5.3 小零件的转向和定向装置	267
8.5.4 大零件的转位装置	269
8.5.5 断屑装置	271
8.6 自动化制造系统的控制系统	273
8.6.1 FMS 的信息流	273
8.6.2 制造过程的协调控制	275
8.6.3 加工过程监控	279
8.7 计算机集成制造系统	279
8.7.1 基本定义	279
8.7.2 计算机集成制造系统的基本组成	279
8.7.3 计算机集成制造系统的递阶控制模式	282
习题与思考题	284
第 9 章 机电一体化系统的常用控制策略	285
9.1 模拟 PID 调节器	285
9.2 数字 PID 控制器	286
9.2.1 数字 PID 位置型控制算法	286
9.2.2 数字 PID 增量型控制算法	288
9.3 数字 PID 控制算法的改进	290
9.3.1 积分分离 PID 控制算法	290
9.3.2 遇限削弱积分 PID 控制算法	292
9.3.3 不完全微分 PID 控制算法	293
9.3.4 微分先行 PID 控制算法	295
9.3.5 带死区的 PID 控制算法	296
9.4 数字 PID 控制技术的应用实例	297
9.4.1 直线电机的数字 PID 控制	297
9.4.2 运动控制系统中位置环数字 PID 控制算法的改进实现	300
9.5 其他智能控制	302
9.5.1 模糊控制	302
9.5.2 专家智能控制	317
9.5.3 自学习智能控制系统	318
9.5.4 基于神经网络的智能控制	318
习题与思考题	319
第 10 章 机电一体化系统设计方法与实例	320
10.1 机电一体化系统设计方法学概论	320
10.1.1 机电一体化系统设计原则	320
10.1.2 机电一体化系统设计类型	321
10.1.3 机电一体化系统设计方法	321
10.1.4 机电一体化系统设计步骤	322
10.1.5 机电一体化系统的性能评价	325
10.2 基于单片机的机电一体化控制系统设计案例	327
10.2.1 基于 89C52 单片机的连续纸胶印机控制系统	327
10.2.2 基于 P87C591 单片机的温室控制单元	329
10.2.3 基于压力平衡原理的汽车燃油检漏仪	330
10.3 基于 PC 机的机电一体化控制系统设计案例	332
10.3.1 基于机器视觉的晶振外壳缺陷在线抽检系统	332
10.3.2 基于 PC 的并联机床控制系统	334
10.3.3 基于 PC 的开放式数控系统	336
10.4 基于 PLC 的机电一体化控制系统设计案例	338
10.4.1 锅炉膜式水冷壁管屏自动焊接生产线控制系统	338
10.4.2 气动机械手控制系统	340
10.5 机器人及其控制系统设计案例	343

第1章 机电一体化概论

机电一体化是在以大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高速发展并逐步向传统机械工业渗透的过程中形成的新概念。机电一体化实现了机械技术与微电子、信息、软件等技术的有机结合,极大地扩展了机械系统的发展空间。

1.1 机电一体化的概念

1.1.1 机电一体化的发展历史

机械技术是人类所掌握的最古老的技术之一,人类从开始制造工具起就与机械技术结下了不解之缘。机械技术的发展贯穿了人类的进步过程。

远在中国的西周时期,就有了指南车和能自动歌舞的自动人的记载。在近代,自动化机器一直吸引着人们在机械技术上不断发展,出现了能自动绘画、写字、弹琴的机械人。早期的纯机械式的控制技术,主要是基于凸轮原理实现自动控制。值得一提的是,纺织机械中的自动提花机基于凸轮原理实现机械设备的控制,从而在纺织品上织出不同的花纹。

19世纪,电的发现为机械技术的发展提供了巨大的推动力,主要表现是,在机械的驱动上开始采用电动机,在控制上开始采用继电器,机械开始与电气相结合。进入20世纪,控制理论的发展又为机械系统的进一步发展提供了坚实的理论基础。

人们对机械技术不断探索的另一个缘由是对信息处理自动化的迫切需求。为此,英国人巴比奇发明了机械式的计算机、卡片机、密码机等。在巴比奇的机械式计算机中,以穿孔卡片作为程序和数据的输入,实现了以穿孔卡片的形式进行信息记录。密码机作为一种机械加密装置,其内部由复杂的齿轮系统、继电器系统和电路系统组成,对这种加密系统的解密研究直接导致了现代计算机的诞生。这种解密计算机也是机械与电气系统的结合体,其发明者是波兰数学家雷臼斯基和英国数学家图灵。

在20世纪40年代,计算机的出现为机械系统的复杂控制提供了更坚实的基础。随着微电子技术的发展,电子控制技术与机械技术日益紧密地结合在一起,由此诞生了数控机床、自动化生产线等现代机械系统。

进入20世纪70年代,机械技术与电子技术的结合已经成为一种非常普遍的做法,相继在工业机器人、各种生产设备和汽车、飞机等领域得到了广泛应用。这一时期,日本工程界专门提出了“机械电子学”这一概念,并创造了一个新的英文单词“Mechatronics”,该词的前半部分取自“Mechanics”的词头,表示机械学;后半部分取自“Electronics”的词尾,

表示电子学或电子装置。我国则习惯将“Mechatronics”一词翻译为机电一体化。

从机械系统的发展过程看,其控制手段经历了从凸轮控制到穿孔卡片控制,又从穿孔卡片控制到继电器控制,再从继电器控制到计算机控制,最后由计算机控制过渡到微电子技术程序控制,控制功能经历了从简单到复杂(从简单的凸轮控制过渡到复杂的程序控制),功能改变则经历了从复杂到简单的过程(从更换凸轮过渡到更换程序),机械系统始终伴随着控制功能的发展而发展。机电一体化虽然在机械系统的控制上大量采用了现代信息技术的发展成果,但始终没有脱离机械系统的范畴。可以说,机电一体化是机械系统发展的必然趋势,是机械系统的发展和进化。

目前,机电一体化已逐步发展成为融机械技术、微电子技术、信息技术等多种技术为一体的新兴交叉学科,机电一体化实际上涵盖“技术”和“产品”两个方面。

从技术角度来看,机电一体化是指按系统工程观点,将机械、电子、信息等有关技术进行有机地组织与综合,以实现机电系统整体最佳化的技术方法。所谓的“有机地组织与综合”,表明机电一体化代表了多学科先进技术相互交叉、渗透复合的技术思想。“整体最佳化”则阐明了实现机电一体化的基本目的,机电一体化系统应从整体上,包括功能、效率、能耗、精度、可靠性、适应性等多方面形成综合最优化。

机电一体化产品(或系统)是指机械系统和微电子系统有机结合,从而产生新功能和性能的新产品。此类产品与传统的机电系统相比,其主要特点是实现了机电系统在微电子技术基础上的信息驱动,在工作过程中可以对本身和外界环境的各种信息进行采集、处理和分析,系统的行为则完全取决于在信息分析基础上所做出的控制决策。微电子技术的应用是实现信息采集、处理、分析和智能化控制决策的根本保证。

随着机电一体化技术的发展和完善,机电一体化产品的概念已不再局限于某一具体产品的范围,而是逐步扩大到控制系统和被控制系统相结合的产品制造和过程控制的大系统,例如柔性制造系统(FMS)、计算机辅助设计/制造系统(CAD/CAM)、计算机辅助工艺规划系统(CAPP)、计算机集成制造系统(CIMS)以及各种工业过程控制系统。

机电一体化技术的发展最终将使机电产品向多功能化、高效率化、高度自动化、高智能化、高可靠性、省材料和省能源的方向发展。现代信息论、控制论和系统论的诸多学术思想都在机电一体化技术中得到了很好的体现。

1.1.2 机电一体化系统的特征

1. 机电一体化系统的基本组成

在机电一体化系统中,存在着能量流、物料流、信息流三种动态因素,机械系统的结构、组成都是围绕着这三个方面实现的。其中,物料流是机械系统需要处理的对象,能量流是处理物料过程中所需要的动力,而信息流则用来控制机械系统如何利用能量对物料进行处理。作为机械系统范畴的机电一体化系统,其结构和工作运行过程同样也是围绕着能量、物料和信息三个方面进行的,其中信息的处理过程尤其复杂,具有强大的功能,可使整个系统具有更好的柔性,这是机电一体化系统区别于普通机械系统最显著的地方。

机电一体化系统的基本结构要素由机械本体(机构)、动力(动力源)、检测传感(传感器)、信息处理(计算机)、执行与驱动(如各类电机)等五大部分组成,如图 1-1 所示。

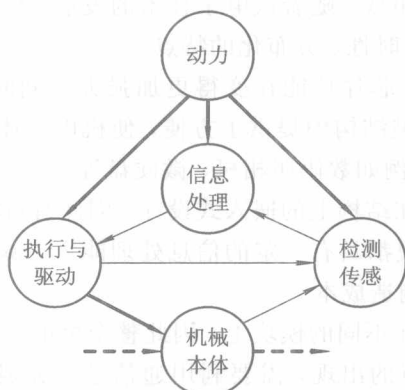


图 1-1 机电一体化系统的基本结构要素

图 1-1 中虚线箭头表示物料流，粗线箭头表示系统中能量的流向，细线箭头表示系统中信息的流向。能量通过执行与驱动部分作用于机械本体，实现对物料流的处理作用，而这一作用是在信息处理部分的控制下实现的。图 1-1 所示系统包括以下五部分：

(1) 机械本体：包括机身、框架、运动机构和机械连接等，是系统所有功能元素的机械支承结构。

(2) 动力部分：包括电源、气源、液源等，它可以按照系统控制的要求为系统提供所需的能量和动力，保证系统的正常运行。

(3) 检测传感部分：包括各类传感器和变送器等，用于检测系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数和状态，并将它们转换为信息处理部分可以接收的电信号。

(4) 信息处理部分：包括各类微型计算机、PLC、数控装置等，是机电一体化系统的核心，主要负责对来自检测传感部分的电信号和外部输入命令进行处理、分析、存储，并做出控制决策，指挥系统运行以实现相应的控制目标。

(5) 执行与驱动部分：执行机构包括机械、电磁、电液等执行元件，如电磁离合器、电机、液压缸等，由于执行机构的动作需要较大的驱动功率，而信息处理部分输出的控制信号又不能直接驱动执行机构的动作，因此在执行机构与信息处理部分之间需要相应的驱动电路。目前，驱动电路一般借助电力电子技术加以实现。执行与驱动部分起能量放大作用，可将系统的控制决策转化为系统具体的机械行为。

除以上五个方面之外，人机界面在机电一体化系统中也占有重要地位，它负责实现操纵人员与机电一体化设备的交互，从而更好地完成设备功能，毕竟人的因素在设备运行过程中始终占有重要作用。

2. 机电一体化系统的信息特征

信息技术在复杂机械系统中一直处于核心地位，如精密的钟表、各种机械式天文仪器、纺织机械、卷烟机和灯泡机等轻工机械、农业中的联合收割机、打字机、机关枪等。在这些机械系统中，其信息处理能力是依靠凸轮、连杆、齿轮等机械机构来完成的，这些机构不但承担了将动力分配到各终端执行机构的工作，同时也实现了各终端执行机构的特定动作。在机电一体化时代，机械系统内的信息化特征更加明显，信息处理能力也更加强大。在这种系统中，信息系统通常由用于信息处理的计算机系统、用于信息获取的传感器系统

和实现信息传递的通信系统组成。随着微电子技术的发展,信息系统在机电一体化系统中还呈现出微型化、嵌入式、实时性、分布化的特点。

随着微电子技术的发展,芯片功能在变得更加强大的同时,其体积也变得越来越小,这就为把控制系统嵌入到机械结构中提供了方便,使机电一体化产品变得更加紧凑,容易实现短、小、轻、薄的目标,例如数码照相机、微硬盘等。

由于容易实现信息系统在结构上的嵌入式设计,因此有可能使机电一体化系统的模块化程度提高,并使得每个模块都具有一定的信息处理能力。模块化程度的提高非常有利于设备的维护,同时可以降低制造成本。

由于信息处理功能分布在不同的模块上,因此整个机电一体化系统的信息处理结构呈现出分布化的特点。这种特点的出现,需要利用通信系统完成不同模块之间的信息传递,以协调各模块之间的工作。目前,机电一体化系统中的通信越来越多地采用现场总线技术,这种技术采用串行总线将不同模块上的信息处理单元连接起来,实现多点之间的高速串行通信,同时提高了系统的可靠性,简化了模块之间的通信连接,还有利于各模块控制单元以及通信线路的故障诊断。此外,无线传感器网络技术也是实现信息处理分布化的重要技术手段,在机电一体化系统中正逐步得到推广和应用。

3. 机电一体化系统的动力特征

与传统的机械系统相比,机电一体化系统中的动力系统正逐步呈现出分散化、智能化的特征,主要表现为执行部件的位置、速度、加速度等参数可以直接通过现代伺服驱动技术进行控制,省去了传统的变速机构和凸轮机构等机械传动链,使动力系统更加紧凑、独立。目前的趋势是动力系统以模块的形式供货,上面集成有功率驱动和电子控制单元,具有编程接口和通信接口,能完成主控计算机传来的各种位置和速度指令,同时具有自诊断功能和自我保护功能,便于维护和提高可靠性。

正确认识机电一体化系统中动力系统结构分散化、功能智能化的发展趋势,对系统功能的理解和设计有很大的帮助。

4. 机电一体化系统的结构特征

由于采用了动力分散的结构以及微电子控制技术,省去了大量传统机械结构中用于处理信息和动力传递的传动链结构,因而,系统的模块化程度得到了很大的提高,集中体现在结构、动力和信息处理三个方面。

结构的模块化使机电一体化系统的整机结构趋于简单,结构刚度大为加强,不但提高了整机的几何精度,而且在工作过程中与纯机械系统相比,在相同的负载下具有更小的变形。动力系统的模块化使传动结构大为简化,不同的动力驱动之间的协调关系不再由传动链完成,而是通过电子控制完成,实现了由物理联系到逻辑联系转变。同时对于单个驱动而言,位置、速度以及加速度的控制可以直接通过电子控制完成,省去了很大一部分变速机构和凸轮机构。例如,在现代数控机床设计中,由于不必考虑复杂的传动链布置,整个设备结构简单,比传统机床具有更高的结构刚度和传动精度,因此具有很高的工作性能。

由于机电一体化系统多采用分布式智能驱动器和智能传感器,而且往往可以买到成熟的产品,如通用控制器、通用驱动器等,因此其模块化发展趋势也是显而易见的。

1.1.3 机电一体化的意义

1. 对机械系统功能的影响

微电子技术和信息处理技术的应用,赋予传统机械产品许多新的功能,同时创造出许多现代机电新产品,这些产品所具备的多种复合功能已成为一个显著的技术特征。在机电一体化系统中,不同的动力驱动部件之间可以不再有物理上的联系,而是演变为逻辑上的联系,且每一个驱动部件都可以具有一定的智能化,能直接控制位置和速度。逻辑联系的可编程性以及单个驱动部件的智能化,是机电一体化系统的功能得到丰富和提高的主要原因,通过软件设计,机电一体化系统可以完成极其复杂的任务。

2. 对机械系统性能的影响

机电一体化系统的动力智能化、分散化,不但使传动链缩短,提高了传动精度,而且使整个机电一体化系统的机械结构更为简单,机械部件数量减少,使系统的刚度更好。由于这些因素,使得机电一体化系统的运动特性和动力特性都得到很大的提高,同时也使由机械磨损、配合间隙和受力变形等机械因素引起的误差得到有效的控制,直接表现为系统的运动精度提高和响应速度加快。

机电一体化系统在工作精度上远高于纯机械系统,主要得益于以下几点:第一,机械结构的简化使结构刚度大幅度提高;第二,传动链的缩短使传动刚度大幅度提高;第三,嵌入式的信息处理系统和各种传感器的大量采用,使系统的运行处在闭环控制中,可以通过控制算法对工作过程加以控制以补偿各种干扰引起的工作误差,并提高响应速度和工作效率。

3. 对机械系统操纵性的影响

随着人机交互技术的发展,机电一体化系统可选用各种输入/输出设备,设备的操纵、工作状态的显示都非常简便明了;电子技术的发展使得操纵系统不再受机械结构的限制,可以将操纵设备和显示设备安装在任何方便操作的地方,并可以通过互联网或无线网络完成远程操作。在设备操纵方面的这种进步更加符合人机工程,进一步降低了操作人员的工作强度,提高了工作效率,还大幅度提高了危险环境下操纵的安全性。

机电一体化系统通过建立良好的人机界面,可以对操作参量加以监视,因而可以通过简便的操作得到复杂的功能控制和使用效果。在工作过程中,可以通过被控对象的数学模型和目标函数,以及各种运行参数的变化情况,随机自寻最佳工作过程,协调对内、对外关系,以实现自动最优控制。在机电一体化系统中,人的智力活动和资料数据记忆查找工作改由计算机来完成,通过程序控制,代替了人类高度紧张和单调重复的操作。机电一体化系统的先进性是和技术密集性与操作使用的简易性和方便性联系在一起的。

4. 对机械系统可靠性的影响

机械装置的运动部分一般都伴随着磨损及运动部件配合间隙所引起的动作误差,这将导致可动摩擦、撞击、振动等问题的发生,影响装置的寿命、稳定性和可靠性。在机电一体化系统中由于大量采用了高可靠性的电子元件来代替纯机械式的控制结构,因此使得系统的可动部件减少,磨损也大为减少,在控制上的可靠性也得到大幅度提高。

由于动力系统分散化以及伺服驱动技术的应用,从而缩短了机械传动链,提高了传动

系统的可靠性。传动链的缩短和嵌入式电子控制系统的应用,使系统结构大幅度简化,进一步提高了机械系统的强度、刚度和过载能力,从而提高了可靠性。

传感器的大量应用则有助于对系统内部的工作状态进行监测,可及时发现系统的工作隐患,对各种故障和危险情况自动采取保护措施,及时修正运行参数,提高系统的安全性和可靠性。

1.2 机电一体化的技术基础

1.2.1 机械设计和制造技术

机械技术是机电一体化的基础。随着高新技术被引入机械行业,机械技术面临着挑战和变革。在机电一体化产品中,机械部分既是系统控制的对象,也是实现系统行为的执行装置,因此,机械设计与制造技术对于机电一体化系统的结构、重量、体积、动态性能、耐用性等诸多方面均有重要影响。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术发展相适应,综合利用其它高新技术实现机械结构、材料、性能上的变革,满足减少重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能的要求。机电一体化系统的发展,使得整个系统结构呈现出宏观简单、微观复杂、精度要求提高的特点。

1.2.2 微电子技术

微电子技术是信息技术的基础,机电一体化系统与纯机械系统差别最大的地方在于信息处理能力。在机电一体化系统中利用微处理器处理信息,可以方便高效地实现信息的交换、存取、运算、判断和决策等,而这在传统的机械结构中是很难实现的。微处理器除了具有强大的信息处理能力外,还具有体积小、重量轻、可靠性高的特点,这为控制系统的嵌入式设计提供了方便,使整个机电一体化系统更加紧凑。

1.2.3 传感器技术

传感器在机电一体化系统中占有非常重要的地位,甚至发展成为一个独立的学科。在机电一体化系统中,为了能够可靠实现系统功能,通常要用到较多的传感器来检测自身的工作状况和外部的的工作环境,如位移、速度、压力、流量、方位等。目前,传感器正向着微型化、集成化、智能化方向发展,能更好地与机械结构、动力结构集成在一起,为机电一体化系统的发展提供了有利的条件。

微型化使传感器的体积变得越来越小,很容易与机械结构和动力系统集成在一起,形成嵌入式设计结构,从而减小整个系统的体积。集成化使传感器与信号处理电路集成于一体,从而提高信号处理性能,降低成本。智能化传感器具有对自身工况进行诊断的功能和自动识别信号量程的功能,保证了传感器工作更可靠,检测结果更准确。

根据传感器在机电一体化系统中的作用,可以分为内部传感器和外部传感器。内部传感器负责系统内部参数的检测,如同步模块本身的速度、位置信号等;外部传感器负责检测外部环境参数或所要处理的工件、物品的参数,如物体的位置、重量,环境温度、自身坐标等。通过人机界面将系统参数设置好之后,整个机电一体化系统将会自动运行,这种自

动运行可以看做是传感器驱动的过程。

1.2.4 软件技术

机电一体化系统的功能主要在软件的控制下实现。因此从某种程度上讲,机电一体化系统的设计已经变成软件功能设计为主,机械设计为辅的一种过程,是典型的软件密集型产品。系统中的人机界面、动力模块的伺服控制、动力模块间的协调控制、系统功能的决策控制等,都需要用微控制器中的软件来实现,甚至某些硬件模块也需要用硬件描述语言等软件工具来设计实现。

机电一体化系统要求其软件具有响应速度快,实时性好,可靠性高,占用资源少,同时要求开发简便,可维护性好。鉴于这种要求,在机电一体化系统软件开发中普遍采用实时操作系统,将系统的各种功能分解为不同的任务,在操作系统的控制下以很高的实时性运行。

1.2.5 通信技术

由于在功能复杂的机电一体化系统中,不但有着多个动力驱动单元,而且还有着众多的传感器,因而信息处理系统需要同时与众多的传感器和驱动器通信,以保证系统的正常运行。这就需要在信息处理系统、动力驱动系统和传感器系统三者之间建立起一种有效的通信机制。现场总线技术就是为适应这一需求而诞生的。现场总线从本质上讲是一种串行总线,它可以将所有的信息部件用一条总线串联起来,利用高速串行通信实现对系统的实时监测和控制。

除了用于控制的现场总线外,无线通信技术、互联网通信技术,甚至最普通的 RS232 通信,都在机电一体化系统中发挥着重要的作用。

1.2.6 驱动技术

在机电一体化系统中,电力驱动占有很重要的地位,其中不仅包括电机拖动,还包括电磁铁驱动、压电晶体驱动等。由于这些驱动需要消耗较大功率,因此在电子技术中专门发展出了用于功率驱动的电子技术——电力电子技术。相应的,用于功率驱动的电子元件被称为电力电子元件,其特征是可以通过较大的电流,能承受较高的电压,可以直接用于电机和功率电磁铁的控制。由于这种功率器件以大电流、高电压为特征,因此微电子信号一般不能直接对这种元件进行控制,需要对信号进行变换和放大。另外,这种功率元件通常比较昂贵,有效地保护其在工作过程中不受损害十分重要,这进一步催生了功率元件的驱动和保护技术。

目前,电力电子技术在电机拖动中的应用已经比较成熟,尤其在交流电机驱动中,可以实现与直流电机相媲美的控制效果。技术的进步也使功率元件进一步向小型化、智能化方向发展,成为实现机电一体化系统分散式动力结构的一个重要的技术基础。

1.2.7 自动控制技术

机电一体化系统具有信息采集与信息处理的功能,如何利用系统所获得的信息实现系统的工作目标,需要借助自动控制技术。一般而言,被控制对象的固有特性与主观上要求