

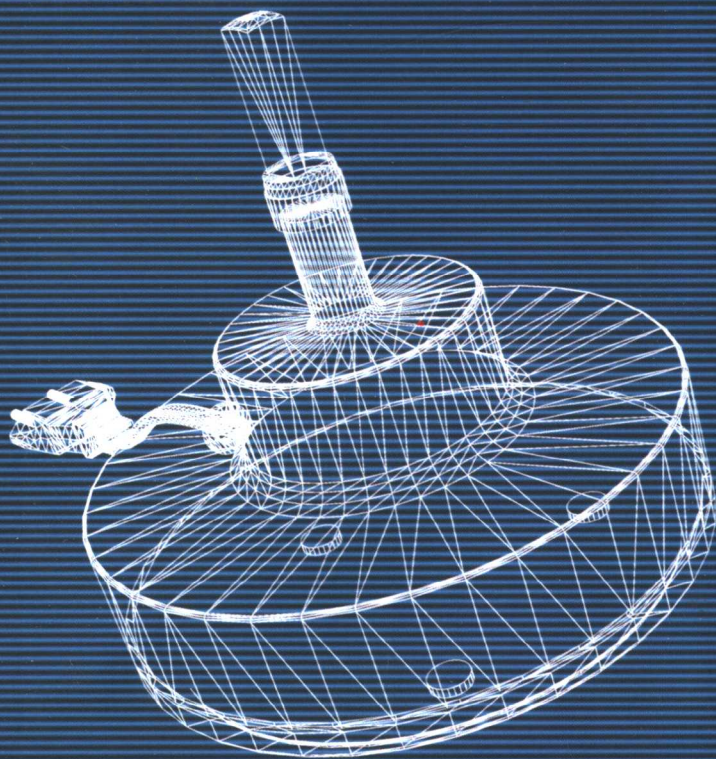
机械工程



国防科工委「十五」规划教材

# 机电一体化系统设计与应用

●张训文 编著



北京理工大学出版社

北京航空航天大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

西北工业大学出版社

哈尔滨工程大学出版社



国防科工委“十五”规划教材·机械工程

# 机电一体化系统设计与应用

张训文 编著

**北京理工大学出版社**

北京航空航天大学出版社 西北工业大学出版社  
哈尔滨工业大学出版社 哈尔滨工程大学出版社

## 内容简介

本书比较系统、全面地介绍了机电一体化系统的设计原理、设计方法、多种应用电路、计算机接口电路、控制系统设计原理及设计方法、计算机软件设计方法等内容。全书共八章。

本书内容丰富、翔实,题材新颖、图文并茂,注重理论联系工程设计与应用,将最新科研成果和国家制定的有关标准内容纳入教材内容之中,可作为机械电子工程,机电控制工程,机械设计及自动化,自动控制及相关机电类专业的本科生、大专生及研究生教材,也可供有关工程技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计与应用/张训文编著. —北京: 北京理工大学出版社, 2006. 1

国防科工委“十五”规划教材. 机械工程

ISBN 7-5640-0485-1

I. 机… II. 张… III. 机电一体化-系统设计-高等学校-教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 118490 号

## 机电一体化系统设计与应用

张训文 编著

责任编辑 刘志实

责任校对 张 宏

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街 5 号(100081)

电话:010-68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

<http://www.bitpress.com.cn>

E-mail:chiefeditor@bitpress.com.cn

北京圣瑞伦印刷厂印制 各地新华书店经销

开本:787×960 1/16

印张:21.25 字数:439 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

印数:3000 册。

ISBN 7-5640-0485-1 定价:35.00 元

# 国防科工委“十五”规划教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任:张华祝

副主任:王泽山 陈懋章 屠森林

编 委:王 祁 王文生 王泽山 田 蔚 史仪凯  
乔少杰 仲顺安 张华祝 张近乐 张耀春  
杨志宏 肖锦清 苏秀华 辛玖林 陈光祚  
陈国平 陈懋章 庞思勤 武博祎 金鸿章  
贺安之 夏人伟 徐德民 聂 宏 贾宝山  
郭黎利 屠森林 崔锐捷 黄文良 葛小春



## 总 序

国防科技工业是国家战略性产业,是国防现代化的重要工业和技术基础,也是国民经济发展和科学技术现代化的重要推动力量。半个多世纪以来,在党中央、国务院的正确领导和亲切关怀下,国防科技工业广大干部职工在知识的传承、科技的攀登与时代的洗礼中,取得了举世瞩目的辉煌成就。研制、生产了大量武器装备,满足了我军由单一陆军,发展成为包括空军、海军、第二炮兵和其他技术兵种在内的合成军队的需要,特别是在尖端技术方面,成功地掌握了原子弹、氢弹、洲际导弹、人造卫星和核潜艇技术,使我军拥有了一批克敌制胜的高技术武器装备,使我国成为世界上少数几个独立掌握核技术和外层空间技术的国家之一。国防科技工业沿着独立自主、自力更生的发展道路,建立了专业门类基本齐全,科研、试验、生产手段基本配套的国防科技工业体系,奠定了进行国防现代化建设最重要的物质基础;掌握了大量新技术、新工艺,研制了许多新设备、新材料,以“两弹一星”、“神舟”号载人航天为代表的国防尖端技术,大大提高了国家的科技水平和竞争力,使中国在世界高科技领域占有了一席之地。十一届三中全会以来,伴随着改革开放的伟大实践,国防科技工业适时地实行战略转移,大量军工技术转向民用,为发展国民经济作出了重要贡献。

国防科技工业是知识密集型产业,国防科技工业发展中的一切问题归根到底都是人才问题。50多年来,国防科技工业培养和造就了一支以“两弹一星”元勋为代表的优秀的科技人才队伍,他们具有强烈的爱国主义思想和艰苦奋斗、无私奉献的精神,勇挑重担,敢于攻关,为攀登国防科技高峰进行了创造性劳动,成为推动我国科技进步的重要力量。面向新世纪的机遇与挑战,高等院校在培养国防科技人才,生产和传播国防科技新知识、新思想,攻克国防基础科研和高技术研究难题当中,具有不可替代的作用。国防科工委高度重视,积极探索,锐意改革,大力推进国防科技教育特别是高等教育事业的发展。

高等院校国防特色专业教材及专著是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但受种种客观因素的影响,现有的教材与专著整体上已落后于当





今国防科技的发展水平,不适应国防现代化的形势要求,对国防科技高层次人才的培养造成了相当不利的影响。为尽快改变这种状况,建立起质量上乘、品种齐全、特点突出、适应当代国防科技发展的国防特色专业教材体系,国防科工委全额资助编写、出版 200 种国防特色专业重点教材和专著。为保证教材及专著的质量,在广泛动员全国相关专业领域的专家学者竞投编著工作的基础上,以陈懋章、王泽山、陈一坚院士为代表的 100 多位专家、学者,对经各单位精选的近 550 种教材和专著进行了严格的评审,评选出近 200 种教材和学术专著,覆盖航空宇航科学与技术、控制科学与工程、仪器科学与工程、信息与通信技术、电子科学与技术、力学、材料科学与工程、机械工程、电气工程、兵器科学与技术、船舶与海洋工程、动力机械及工程热物理、光学工程、化学工程与技术、核科学与技术等学科领域。一批长期从事国防特色学科教学和科研工作的两院院士、资深专家和一线教师成为编著者,他们分别来自清华大学、北京航空航天大学、北京理工大学、中北大学、(原华北工学院)、沈阳航空工业学院、哈尔滨工业大学、哈尔滨工程大学、上海交通大学、南京航空航天大学、南京理工大学、苏州大学、华东船舶工业学院、东华理工学院、电子科技大学、西南交通大学、西北工业大学、西安交通大学等,具有较为广泛的代表性。在全面振兴国防科技工业的伟大事业中,国防特色专业重点教材和专著的出版,将为国防科技创新人才的培养起到积极的促进作用。

党的十六大提出,进入 21 世纪,我国进入了全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化新的发展阶段。全面建设小康社会的宏伟目标,对国防科技工业发展提出了新的更高的要求。推动经济与社会发展,提升国防实力,需要造就宏大的人才队伍,而教育是奠基的柱石。全面振兴国防科技工业必须始终把发展作为第一要务,落实科教兴国和人才强国战略,推动国防科技工业走新型工业化道路,加快国防科技工业科技创新步伐。国防科技工业为有志青年展示才华,实现志向,提供了缤纷的舞台,希望广大青年学子刻苦学习科学文化知识,树立正确的世界观、人生观、价值观,努力担当起振兴国防科技工业、振兴中华的历史重任,创造出无愧于祖国和人民的业绩。祖国的未来无限美好,国防科技工业的明天将再创辉煌。

张华祝



# 前言

《机电一体化系统设计与应用》一书是经国防科工委重点教材建设委员会审批的普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本教材是根据 1998 年全国高等教育本科专业目录的修订精神,为适应拓宽专业,培养出设计型、应用型、复合型人才,进行教学改革的需要而编写的。本教材内容丰富,系统、全面地介绍了机电一体化系统的设计原理、设计方法、现代设计方法、系统单元设计方法、多种典型系统设计方法、计算机应用系统及软件设计等。并且结合工程设计和应用研究,反映当今机电系统设计的新技术、新成果。

本教材适应机械电子工程、机械设计制造及自动化、机电控制、机电一体化专业和其他相关专业的大学本、专科机电类教材,同时也可供从事机电产品设计、制造与生产管理等技术人员参考。

本书以机电系统的设计及应用为主要内容,包括机电系统的设计原理,设计方法,现代设计方法,总体设计方法,可靠性及安全性设计方法;应用电路、计算机控制接口电路、多种电机控制系统设计方法,多种典型系统设计及应用程序设计方法;常用传感器、开关器件、电机、驱动器、测试仪、控制器、标准件选择使用方法等。本书附有习题与思考题,以利于读者学习并掌握书中的设计内容。

本书在取材方面体现了新颖的特点,在内容编排上体现了全面、系统及重点突出的特点,重于设计理论与工程设计相结合,设计理论与工程应用相结合,单元部件设计与系统设计应用相结合,系统设计 with 工程实际设计相结合,给出了大量的设计实例,详细的应用软件设计。本书图文并茂、深入浅出、可读性强、设计应用性强。典型的电路设计和系统设计实例,以利于增强读者的学习兴趣和设计知识的应用。

本书由北京理工大学张训文副教授编写。作者根据长期从事教学、科研及教材建设工作、教学实验中心建设工作的成果和经验,参考了国内外近期出版的有关机电一体化系统设计等专著和文献资料,国家计量标准,科研总结和学术论文等,完成了本书的编写。在编写本书的过程中,既注意到各章内容的独立完整性,又考虑到各章之间内容的联系和应用,有利于课程的系统学习和选择性的讲授。



本书在编写过程中,得到北京理工大学机电工程学院领导和同事的大力支持与帮助。向丁建中、唐胜景、王春利、方继明等老师表示感谢。向参考文献中所有的作者表示感谢。主审老师为本书提出许多宝贵意见,这里表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编著者

2005年6月



# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第一章 机电一体化系统设计基础知识.....         | 1   |
| 第一节 机电一体化系统设计基本知识 .....        | 1   |
| 第二节 机电一体化系统设计原理与设计方法 .....     | 9   |
| 第三节 现代设计方法在机电一体化系统设计中的应用 ..... | 21  |
| 习题与思考题 .....                   | 27  |
| 第二章 机电一体化系统总体设计技术 .....        | 28  |
| 第一节 机电一体化系统总体设计概述 .....        | 28  |
| 第二节 机电系统设计技术参数与技术指标制定方法 .....  | 28  |
| 第三节 机电一体化系统原理方案设计 .....        | 30  |
| 第四节 机电一体化系统结构方案设计 .....        | 34  |
| 第五节 机电一体化系统总体布局与应用设计 .....     | 37  |
| 第六节 机电一体化系统总体设计 .....          | 41  |
| 习题与思考题 .....                   | 51  |
| 第三章 检测传感器原理与应用 .....           | 53  |
| 第一节 传感器的基础知识 .....             | 53  |
| 第二节 角位移检测传感器 .....             | 58  |
| 第三节 线位移检测传感器 .....             | 61  |
| 第四节 压力检测传感器 .....              | 64  |
| 第五节 温度检测传感器 .....              | 71  |
| 第六节 转速检测传感器 .....              | 83  |
| 第七节 其他信号检测传感器 .....            | 85  |
| 习题与思考题 .....                   | 89  |
| 第四章 机电一体化系统应用电路设计 .....        | 91  |
| 第一节 电桥电路设计 .....               | 91  |
| 第二节 检测信号放大电路设计 .....           | 93  |
| 第三节 多功能式信号放大器设计 .....          | 110 |
| 第四节 计算机输出接口电路设计 .....          | 112 |
| 第五节 V/F - F/V 转换器设计 .....      | 119 |
| 第六节 开关量控制电路设计 .....            | 129 |
| 第七节 直流稳压电源电路设计 .....           | 135 |
| 第八节 常用测试仪表选择方法 .....           | 141 |



|                               |            |
|-------------------------------|------------|
| 习题与思考题 .....                  | 145        |
| <b>第五章 计算机控制接口技术 .....</b>    | <b>146</b> |
| 第一节 计算机控制接口技术设计分析 .....       | 146        |
| 第二节 PLC 可编程控制器原理及应用 .....     | 150        |
| 第三节 单片机控制系统设计 .....           | 160        |
| 第四节 AK 可编程序控制器原理及应用 .....     | 175        |
| 第五节 A/D、D/A 转换控制器原理及设计 .....  | 180        |
| 习题与思考题 .....                  | 196        |
| <b>第六章 伺服驱动控制系统设计 .....</b>   | <b>197</b> |
| 第一节 伺服驱动控制系统设计分析 .....        | 197        |
| 第二节 步进电动机控制系统设计 .....         | 201        |
| 第三节 直流电动机调速控制系统设计 .....       | 213        |
| 第四节 交流电动机伺服驱动控制系统设计 .....     | 229        |
| 习题与思考题 .....                  | 232        |
| <b>第七章 机电一体化典型系统设计 .....</b>  | <b>234</b> |
| 第一节 检测系统的设计方法 .....           | 234        |
| 第二节 检测控制系统设计 .....            | 239        |
| 第三节 计算机控制系统设计 .....           | 241        |
| 第四节 计算机数据采集与控制组合系统设计 .....    | 267        |
| 第五节 计算机多机控制系统设计 .....         | 295        |
| 习题与思考题 .....                  | 305        |
| <b>第八章 机电一体化系统设计与应用 .....</b> | <b>306</b> |
| 第一节 机电一体化系统机械部分的设计 .....      | 306        |
| 第二节 工业锅炉节能计算机控制系统设计 .....     | 310        |
| 第三节 高速线材轧钢机测控系统设计 .....       | 315        |
| 第四节 单片机控制电风扇系统设计 .....        | 321        |
| 第五节 温度控制系统设计 .....            | 323        |
| 习题与思考题 .....                  | 327        |
| <b>参考文献 .....</b>             | <b>328</b> |

# 第一章 机电一体化系统设计基础知识

机电一体化系统设计技术是一门综合性学科,即机械技术、传感器技术、测试技术、电子技术、控制技术、信息与计算机技术相结合,设计出各种各样的机电一体化系统及设备,极大地推动了机械工业、兵器行业及其他行业的发展,其技术结构、产品结构、技术功能与构成、生产方式及管理体系均发生了巨大变化。使工业生产由“机械电气化”迈入了以“机电一体化”为特征的数字化、自动化、高精度、微型化、多功能化、智能化时代。现代科学技术的发展,极大地推动了不同学科的相互交叉与渗透,推动了机电一体化系统设计技术的发展,又促进了多项科学技术的发展。

机电一体化系统设计技术是一门应用性及设计性学科,运用机电一体化技术,设计机电一体化系统,提高了机电产品功能及性能,满足了工业生产和生活的需要。本章将论述机电一体化系统设计的基本知识,机电一体化系统设计方法,现代设计方法,设计技术文件的编写方法。

## 第一节 机电一体化系统设计基本知识

### 一、机电一体化系统的基本概念

“机电系统”这个名词,使用非常广泛。在不同的词典、手册和专著中对机电系统的定义大都是:机电系统是由相互作用和依赖的若干组成部分按一定要求和性质组合成的、具有特定功能的有机整体。

#### 1. 机电系统的特征

- (1) 集合性。机电系统是由许多不同功能单元的集合体。
- (2) 关联性。机电系统的各个组成部分之间是具有互相联系和互相制约的单元。
- (3) 功能性。机电系统各部分具有特定的功能,特别是人们根据工程要求所设计或改造的各种系统,总是具有一定的功能性和应用性。
- (4) 环境适应性。机电系统总是存在并运用到一个特定的工作环境中,与环境不断进行物质、能量、信息的交换。设计任何系统都必须适应不同环境工作要求。

#### 2. 机电系统工程设计的基本原则

机电系统工程是为更好地达到系统设计目标,而对系统的构成要素、组织结构、信息传输和控制机理等进行理论分析与综合设计的技术;机电系统工程也是一门把已有的各学科分支中的先进技术,最佳地组合起来用以解决综合性的工程设计问题的技术。由于机电系统工程是研究系统共性的跨学科的设计方法性技术,那么它在研究和处理任何技术性问题时都应遵



循以下基本原则:

(1) 整体性原则。也就是说要把机电系统当作一个整体,应具有整体大于它的各部分的总和的思想,这就准确地反映了整体性原则的本质。整体大于它的各部分的总和不是一种量与量之间的换算,而是一种质变,各部分组成系统后,形成了系统的整体性能,实现了新的功能及作用。

(2) 综合性原则。任何机电系统都具有多方面的特性,涉及多方面的技术知识。综合性原则就是要把这些特性、所应用的设计知识综合起来加以研究和利用,不能顾此失彼,因小失大。应充分发挥系统中各个单元的作用,达到满足系统的综合技术要求。

(3) 科学性原则。在处理设计问题时应按照科学的顺序和步骤进行,环环相扣,并不断通过信息反馈加以分析检查改进,且尽量使用定量方法。充分利用当代先进的科学技术,根据设计要求,开发创造新的设计理论,新的设计方法,充分地应用到系统设计中。建立系统模型和进行优化设计是按科学性原则处理设计系统问题的主要工作。

根据机电系统的设计原理可知,我们总可以把所设计的各种简单和复杂的设备或产品看成一个系统,因而可运用机电系统工程的方法去分析和设计。机电一体化系统就是应用机电系统工程的方法设计出的产品或设备,其突出的特点是:构成机电一体化系统的单元一般包括机、电、液、磁、光、计算机等,且这些单元之间存在着有机的组织与结合,以实现该系统功能的整体最佳化。

机电一体化系统可分为两大类:一类是以机械为主体的机电系统,另一类是以电子为主体的机电系统。它们的实体部分,主要是由机械部分与电子部分组成,又通过信息技术和测控技术把这些部分有机地结合在一起,从而构成更为先进的产品。按照系统分析的观点,机电一体化系统在设计过程中,是将机械部分与电子部分融合在一起进行通盘考虑的,哪些功能应采用机械部分实现,哪些功能应采用电子部分或其他更恰当的部分实现,在设计中必须根据实际要求确定。例如:电子、计算机、液、磁、光等部分,然后通过信息传输与处理技术将这些部分有机地结合起来。因而,可以说,机电一体化系统设计是机电系统工程学在机械电子领域中的具体运用。机电一体化系统设计正是这种应用的结果。

## 二、机电一体化系统各组成单元的基本功能

在机电一体化系统设计中,由于设计技术指标要求不同,功能作用不同,应用场合不同,相应的设计组成也不同。具体设计由机电系统或产品设计自身要求所决定。机电一体化系统主要组成是机械单元、动力单元,传感器检测单元、信号转换单元、驱动单元、控制单元、执行单元、计算机单元、接口电路单元等。

在机电一体化系统设计中,根据设计实际要求提出功能目标,合理选择和配置不同的各种单元,可组成多功能、高精度、高可靠性、高稳定性、低功耗的最佳系统或产品。在设计前需要对各组成单元提出基本功能要求,才能进行系统设计。



### 1. 机械单元功能

机械单元是机电系统或设备的组成部分之一,机械单元的设计必须结构合理,减轻质量和提高精度。为了减轻质量,除了合理进行结构设计外,主要应考虑采用非金属复合材料。只有减轻了机械主体的质量,才可能实现系统的小型化。减小质量必须在满足刚性的要求条件下进行。在设计机械单元结构时,结合设计系统特点,技术指标要求,进行性能分析,力争实现单元部件的标准化、系列化和组件通用化。

### 2. 传感器单元功能

传感器单元是实现物理信号的检测,转换输出功能。传感器检测信号有:压力、温度、加速度、流量、位移、速度、角度、高度、湿度等。各种传感器与其他仪器配合可组成检测系统,检测控制系统,多参数测试系统等,是机电系统设计的主要部分。

### 3. 控制单元功能

控制单元一般包括计算机主体、可编程序控制器及其配套的输入输出接口设备。可实现程序控制、检测信号判别计算控制、多参数控制功能等。在机电一体化系统设计中,存在着处理计算速度、可靠性、抗干扰以及标准化问题。要进一步提高机电一体化产品的质量及可靠性,必须提高控制单元的自身可靠性及精度。一方面要合理选择控制单元,采用最佳组合方法,确定最佳工作条件;另一方面要研制小型、大容量、高精度、高速处理的计算机,控制单元部件及开发多功能软件。

### 4. 驱动单元功能

驱动单元按不同的动力源,一般可分为三类:电动、气动、液压,主要功能是驱动各种执行设备,例如,各种电动机、各种开关元件、机械装置等。在设计机电系统及设备中,选用驱动单元时,应注意它们还存在不同的问题,需要研制控制专用驱动单元,开发新型驱动单元。

### 5. 动力单元功能

机电一体化系统常用的动力源有三类:电源、液压源、气压源。目前电源是动力源中应用最多的动力源,已有许多种专用电源,可供机电一体化系统设计选择。随着电子技术的发展,抗干扰技术的成熟,高精度、高抗干扰性、高稳定性的各种电源将得到更广泛的应用。液压源、气压源在许多子系统设计同样得到广泛应用,可供系统设计选择。

### 6. 执行单元功能

在机电一体化系统设计中,执行单元是实现控制的关键。它包括各种电动机,带动机械负载完成各种动作,各种电磁开关完成多种参数的控制。所以,执行单元必须与驱动单元匹配,提高控制精度及控制的可靠性。在提高刚度,减轻质量,实现组件化、标准化和系列化等方面开发各种新型执行单元。随着机电一体化系统设计向微型化发展的同时,执行单元正向微型化、集成化、高精度发展。

### 7. 接口单元功能

将机电一体化系统各组成部分连接起来的元件或电路称为接口。接口设计应采用同一标



准规格,这不仅给信息传输和维修带来方便,而且可以简化设计。采用标准接口可使成本降低,最基本的要求是输入、输出接口要标准,特别是计算机系统,输入输出硬件必须采用标准化接口。软件的设计与硬件接口设计必须采用标准化方式。计算机输出信号要实现多参数控制,必须通过接口电路实现各种状态控制。在设计机电一体化系统或设备时接口单元设计要合理,前后单元要实现最佳匹配。

### 三、机电一体化系统设计中的关键技术

机电一体化技术是多学科技术领域综合交叉,用以解决综合性工程问题的技术,能设计出更好的机电一体化系统或设备。与机电一体化系统设计的关键技术也是多学科的。所以,对于机电一体化系统设计者,先要掌握一般产品的设计知识,更要掌握现代机电一体化系统设计的关键技术,开发出各种先进的系统单元及机电产品。大力发展机电一体化技术的关键技术,包括检测与传感器技术、电子技术、信息处理技术、伺服驱动技术、计算机控制技术、接口技术、精密机械技术及机电系统总体设计技术等。

#### 1. 传感器与检测技术

传感器技术是机电一体化的关键性技术。机电一体化系统或产品的柔性化、功能化和智能化都与传感器的品种多少,性能好坏,结构尺寸密切相关。传感器技术自身就是一门多学科、知识密集的应用技术。传感器新原理、新材料及加工制造装配技术是传感器开发研究的三个重要内容。作为一个检测装置,传感器的发展正进入集成化、智能化、高精度、微型化、多功能研究阶段。把传感器信号放大电路、信号转换电路、信号处理电路集成在一体,就构成了信息型传感器。若再把微处理器集成到信息型传感器芯片上,就构成了智能型传感器。例如:压阻式智能型传感器、加速度式智能型传感器等已应用到机电一体化系统或产品的设计中。传感器技术的发展与微电子技术、计算机技术的迅速发展相比较,传感器无论是种类,数量,还是性能、规格等仍不能满足生产、科研与人民生活的需要。同样不能满足机电一体化系统的产品设计要求。不仅制约信息处理技术的发展,妨碍了控制技术的进一步实施,而且也影响到计算机技术更广泛的应用,直接影响到微型化、智能化机电产品的发展。

检测技术在机电一体化系统设计中,应用十分广泛,例如:信号的检测显示,信号的检测控制,信号的检测显示与控制等。实现实时检测显示与控制作用,可提高系统的可靠性、安全性。计算机技术、电子技术的发展,推动了检测技术的发展。检测系统中的二次仪表,记录仪表正向数字化、集成化、高精度、多功能方向发展,为机电一体化系统设计提供了良好的检测系统单元。

随着人类对自然界的不断探索,对客观世界研究的逐步深入,待测信息的类型日益增多,待测信息的内容日益丰富,加之微电子技术的迅速发展,计算机应用技术的发展,人们已充分认识到传感器技术的重要作用。传感器技术需要研究开发的内容很多,例如:探索新的传感器机理;开发各种传感器的敏感材料;提高传感器灵敏度、可靠性、抗干扰等技术的研究;信息型、



多功能型、智能型、数字型传感器的开发;新型传感器,如模糊量传感器、光纤传感器、模式识别用传感器、图像传感器、感知传感器等的研究;传感器结构、制造加工与制造工艺超精化技术的开发研究;传感器动态性能校准技术的开发研究等。传感器与检测技术的发展,为机电一体化系统或产品的设计提供了最佳系统单元。

## 2. 信息处理技术

信息处理技术包括信息的输入、识别、变换、运算、存储及输出技术。信号的分析与处理是否准确,可靠、稳定、快速性,直接影响到机电一体化系统或产品的性能,因而也是机电一体化系统设计的关键技术。信息处理的硬件设备主要有输入和输出设备、显示器、磁盘、计算机、可编程序控制器及接口电路等。以微电子技术为基础的微机技术与信号分析处理软件技术的迅速发展极大地丰富了信息处理技术,为机电一体化系统的数字化,提供了良好基础。在信息处理技术方面需要研究开发的课题有:提高硬件制造工艺,保证产品的可靠性,提高抗干扰性能,信号分析处理速度。研究计算机接口装置的信息处理智能化、数字化、可编程序控制器的标准化、分析处理软件的系列化等。

## 3. 自动控制技术

自动控制是指在没有人直接参与的情况下,通过控制器使被控对象或过程自动地按照预定的工作规律运行。自动控制技术的广泛应用,在机电一体化系统或产品中起着极为重要的作用。在自动控制技术应用研究中,主要以传递函数为基础,研究单输入、单输出线性自动控制系统,分析与设计问题的古典控制技术发展较早,且已应用在工程上,比较成功地解决了诸如伺服及自动控制系统的实际应用问题。

随着科学技术的发展和工程设计需要而发展起来的现代控制技术主要以状态空间法为基础,研究多参数输入、多参数输出、变参数、非线性、高精度等控制系统的分析和设计问题。最优控制、最佳滤波、系统识别、自适应控制等都是这个领域研究的主要课题。近年来由于计算机技术和现代应用数学研究的快速发展,促进了现代控制技术及机电系统控制设计等领域的发展。

在机电一体化系统设计中,诸如高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、再现、实时控制等自动控制技术是重要的关键技术。现代控制理论的工程化与实用化以及优化控制模型的建立、复杂控制系统的模拟仿真、自诊断监控技术及容错技术,多参数、多功能控制软件设计技术等都是进一步开发研究的课题。以上多项技术的研究成功将为机电一体化系统的优化设计提供优良的控制系统单元。

## 4. 伺服驱动技术

伺服系统是实现电信号到机械动作的控制转换系统,对机电一体化系统的动态性能,控制质量和功能具有决定性的影响。伺服传动装置是伺服系统的一部分,主要包括伺服驱动器和伺服机械传动装置两个内容。常见的伺服驱动器有电液电机、脉冲油缸、步进电机、直流伺服电机、交流伺服电机等。几年来变频技术的迅速发展,使交流伺服传动技术取得了突破性进





展,成为机电一体化系统高精度的驱动单元。伺服机械传动装置落后于驱动器的发展,虽然已有一些较成功的技术和产品但仍满足不了机电一体化系统的设计需求,深入研究伺服机械传动技术,用伺服机械传动代替传统的机械传动,是机电一体化技术对传统机械系统进行改造更新的必然结果。为了提高直流伺服电机的控制性能、速度与转矩特性的稳定性,交流电机系统的变频调速和电流逆变技术,电磁铁的体积减小,工作可靠问题;液压与气动执行机构的精度、响应速度等技术问题都是机电一体化系统设计中必须研究的关键技术。

### 5. 接口技术

机电一体化系统是机械、电子和信息等性能不同的技术有机地结合一体的集合系统,其构成单元或子系统之间的接口极其重要。从系统整体看,机电一体化系统是通过许多接口将各组成单元的输入/输出联系为一体的系统。接口技术包括:电路单元匹配、信息传输和计算机输入及软硬件最佳组合、计算机输出信号转换等。因此,系统组成各个单元及各个系统之间的接口性能就成为系统性能好坏的决定性因素。多数的机电一体化系统的设计其实就是接口技术设计。深入研究接口技术是十分重要的。

### 6. 机械技术

在机电一体化系统设计中,各种机电产品的结构设计,都需要利用机械设计技术,例如:智能式静态压力标定系统、工业机器人、正弦压力校准系统、动态力校准系统,各种自动化生产线系统,磁带机,打印机等,这些系统的机械结构的设计和制造问题,都属于机械技术的范畴。在设计系统中不但要充分利用传统的机械技术,而且要开发新的机械单元,解决机电一体化系统设计与制造的关键机械技术。充分利用新材料、新工艺、新的设计计算方法,设计制造出体积小、质量轻、精度高、使用维修方便、可靠性高、价格低廉的机械单元产品。特别是那些关键零部件,如导轨、滚珠丝杠、轴承、传动等部件的材料、精度对机电一体化产品的性能、控制精度影响极大。所以,在机电一体化系统设计中,要利用现代的机械设计技术,优化结构设计、外形设计等。

### 7. 机电系统总体技术

机电系统总体技术是以整体目标出发,用系统的观点和方法,把机械与电子的功能在结构上用机电一体化的技术结合。机电一体化系统的多功能、高精度、高性能要求不可避免地要使产品复杂化。所以,在设计机电系统中要求组成单元的功能、精度、性能都要好,如果整体系统不能很好协调,系统照样难以正常运行而不能发挥其应有的性能和作用。在机电一体化系统中,机械和电气性能,是规律截然不同的物理模型,因而存在匹配上的困难;电气又有强电与弱电,模拟与数字之分,必然遇到相互干扰与耦合的问题;机械负载与电机功率,机械负载工作特性与控制工作特性,必然遇到功率匹配与工作响应特性问题;系统的外界磁场、电场的干扰问题;系统的复杂性带来的可靠性问题;产品的小型化及智能化增加了状态监测与维修的问题;多功能化造成诊断技术的多样性等等。因此,在设计中就要考虑系统整个使用寿命周期的总体综合技术。为了设计出具有较强竞争能力的机电一体化系统,系统总体设计除了考虑优化



设计外,还包括可靠性设计、标准化设计、系列化设计以及造型设计等。

#### 四、机电一体化系统(产品)的分类

##### 1. 按机电一体化产品的用途分类

(1) 工业大型成套设备。大型火力、水力发电设备;大型电站;大型冶金轧钢设备;大型煤化、石化设备;制造大规模及超大规模集成电路设备等。

(2) 工业机电设备。工业机械设备即用于生产的电子控制机械。如数控机床、微机控制的注塑机、焊割机械、纺织机械、服装裁剪机械、工业机器人等。

(3) 信息机电设备。信息机械设备即用于信息处理、存储的机械。如传真机、打印机、刻录机、磁盘存储器、绘图机及其他办公自动化设备等。

(4) 民用机电设备。民用机械即用于人民生活领域的机械电子产品。如录像机、摄像机、VCD、全自动洗衣机、全自动静态压力标定设备、全自动动态压力校准设备、汽车电子设备和医疗器械等。

##### 2. 按机械和电子的功能和含量分类

机电一体化产品中,相对地以机械装置为主体的产品,可称为机械电子产品,如工业机械;以电子装置为主体的产品,可称为电子机械产品,如信息机械等。

##### 3. 按机电结合的程度分类

可分为功能附加型、功能替代型和机电融合型。

#### 五、现代机电一体化系统设计技术的发展

##### 1. 现代机电一体化系统的发展目标

机电一体化系统设计综合利用传感器、机械、电子、计算机、控制等各种相关技术优势,扬长补短,实现机电系统设计优化的效果,达到显著的社会效益和经济效益,使机电产品性能、功能达到了应用目标。

(1) 提高机电系统精度。机电一体化技术使机械传动部件减少,使机械磨损、配合间隙及受力变形等而引起的误差大大减小,由于机电一体化技术采用电子技术实现了自动检测、控制和补偿校正因各种干扰因素造成的动态误差,从而达到单纯机械装备所不能实现的工作准确度。如采用微机分离技术的电子化圆度仪,其测量准确度可由原来的  $0.25\ \mu\text{m}$  提高到  $0.01\ \mu\text{m}$ ;大型镗铣床装上感应同步器数显装置,可将加工精度从  $0.06\ \text{mm}/1\ 000\ \text{mm}$  提高到  $0.02\ \text{mm}/1\ 000\ \text{mm}$ 。

(2) 提高机电系统功能。现代高新技术的引入可以使机械产品具备多种复合功能。例如,加工中心机床可以在一次装夹中完成要由多台普通机床才能实现的多道工序,同时还有自动检测工件和刀具、自动显示刀具运动轨迹图形、自动保护和自动故障诊断等多种功能。如超市中使用的电子秤,不仅能正确称出质量,还能计价并打印出购买清单等。