



普通高等教育规划教材

机电系统设计

赵先仲 主编

39
9

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

机电系统设计

主 编 赵先仲
副主编 李 伟 林定笑
参 编 刘立伟
主 审 郭铁良



机械工业出版社

本书是为数控技术应用专业的机电系统设计课程编写的规划教材。从应用角度出发,介绍了机电一体化产品组成和原理,产品特点;主要零部件和元器件的原理、作用和选用;主要控制元件与控制电路的介绍、分析、选择;机电一体化产品应用实例等。书中内容新颖、符合专业应用要求。

主要应用内容为数控机床、机器人、灌装机和三种微机检测系统,深浅适中,特别适合数控技术应用专业和机电一体化专业的学生学习使用。本书也可作为从事计算机控制、机电一体化工作的技术人员的参考资料。

全书共分8章,第1章介绍了机电一体化的概念和主要特征、机电一体化系统的组成、机电一体化系统的分类;第2章介绍了机电一体化系统总体设计;第3章介绍了机电一体化系统中的机械设计;第4章介绍了机电一体化系统常用传感器;第5章介绍了控制系统设计;第6章介绍了机电一体化系统控制;第7章介绍工业机器人技术;第8章介绍了机电一体化产品实例。

图书在版编目(CIP)数据

机电系统设计/赵先仲主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-14270-5

I. 机… II. 赵… III. 机电系统—系统设计—高等学校—教材 IV. TH1-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第026208号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:王小东、王玉鑫

责任编辑:王小东 版式设计:张世琴 责任校对:程俊巧

封面设计:陈沛 责任印制:闫焱

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004年5月第1版·第1次印刷

787mm×1092mm $1/16$ 13印张·330千字

定价:18.00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、88379646

封面无防伪标均为盗版

普通高等教育应用型人才培养规划教材

编审委员会委员名单

主任：刘国荣 湖南工程学院
副主任：左健民 南京工程学院
陈力华 上海工程技术大学
鲍 泓 北京联合大学
王文斌 机械工业出版社

委员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院
任淑淳 上海应用技术学院
何一鸣 常州工学院
陈文哲 福建工程学院
陈 峻 扬州大学
苏 群 黑龙江工程学院
娄炳林 湖南工程学院
梁景凯 哈尔滨工业大学(威海)
童幸生 江汉大学

数控技术应用专业分委员会委员名单

主 任：朱晓春 南京工程学院
副主任：赵先仲 华北航天工业学院
 龚仲华 常州工学院
委 员：（按姓氏笔画排序）
 卜云峰 淮阴工学院
 汤以范 上海工程技术大学
 朱志宏 福建工程学院
 李洪智 黑龙江工程学院
 吴 祥 盐城工学院
 宋德玉 浙江科技学院
 钱 平 上海应用技术学院
 谢 骐 湖南工程学院

序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来,科学技术突飞猛进,国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO,世界制造业将逐步向我国转移。有人认为,我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此,工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止,我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才,为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMD1998年的调查,我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位,与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下,国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校,并于2001、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”,对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的,以适应经济、社会发展对工程教育的新要求,满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的马·卡门教授有句名言:“科学家研究已有的世界,工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律,所以科学强调分析,强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学(包括自然科学、技术科学和社会科学)理论和技术手段去改造客观世界的实践活动,所以它强调综合,强调方案优缺点的比较并作出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案,采用不同的培养模式,采用具有不同特点的教材。然而,我国目前的工程教育没有注意到这一点,而是:①过分侧重工程科学(分析)方面,轻视了工程实际训练方面,重理论,轻实践,没有足够的工程实践训练,工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象,导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一,课程结构不合理,知识面过窄,导致知识结构单一,所学知识中有一些内容已陈旧,交叉学科、信息学科的内容知之甚少,人文社会科学知识薄弱,学生创新能力不强。③教材单一,注重工程的科学分析,轻视工程实践能力的培养;注重理论知识的传授,轻视学生个性特别是创新精神的培养;注重教材的系统性和完整性,造成课程方面的相互重复、脱节等现象;缺乏工程应用背景,存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验,自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展,培养更多优秀的工程技术人才,我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材,目的在于改革传统的高等工程教育教材,建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材,满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是:

1. 保证基础,确保后劲

科技的发展,要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此,从内容安排上,保证学生有较厚实的基础,满足本科教学的基本要求,使学生日后具有较强的发展后劲。

2. 突出特色, 强化应用

围绕培养目标, 以工程应用为背景, 通过理论与工程实际相结合, 构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针: 知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为: “精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上, 挑选出最基本的内容、方法及典型应用; “新”指在将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容, 以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容, 并将这些按新的教学系统重新组织; “广”指在保持本学科基本体系下, 处理好与相邻以及交叉学科的关系; “用”指注重理论与实际融会贯通, 特别是注入工程意识, 包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

3. 抓住重点, 合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课(专业基础课、专业课)教材的建设, 并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设, 力争做好与之配套的电子教材的建设。

4. 精选编者, 确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验, 又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务, 以确保教材质量。

我们相信, 本套系列教材的出版, 对我国工程应用型人才培养质量的提高, 必将产生积极作用, 会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光, 高瞻远瞩, 及时提出并组织编写这套系列教材, 他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作, 并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件, 在此深表衷心感谢!

编 委 会 主 任 刘国荣教授
湖南工程学院院长

前 言

机电一体化在大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高度发展、精密机械高速发展、机械与电子技术高度结合的现代工业基础上, 综合应用机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术, 从根本上改变了产品的结构, 为人类带来了巨大的经济效益。

本书是为数控技术应用专业的机电系统设计课程编写的规划教材。从应用角度出发, 介绍了机电一体化产品组成和原理, 产品特点; 主要零部件和元器件的原理、作用和选用; 主要控制元件与控制电路的介绍、分析、选择; 机电一体化产品应用实例等。书中内容新颖、符合专业应用要求。

主要应用内容为数控机床、机器人、灌装机和三种微机检测系统, 深浅适中, 特别适合数控技术应用专业和机电一体化专业的学生学习使用。本书也可作为从事计算机控制、机电一体化工作的技术人员的参考资料。

通过本书的学习, 可以使学生在全面了解典型机电一体化产品的基础上, 培养对一般机电一体化产品运行原理、故障等初步分析、判断的能力, 提高初步的维护、维修能力, 也为深入学习和从事机电一体化设计工作打下良好的基础。

本书第1章、第2章、第3章由李伟编写, 第4章、第6章由林定笑编写, 第5章、第7章由赵先仲编写, 第8章由刘立伟编写。全书由赵先仲统稿。

郭铁良教授对本书进行了细致的审阅, 并提出了许多宝贵意见, 在此表示感谢。

由于我们水平有限, 书中所涉及的内容多范围广, 难免存在不少缺点, 敬请读者批评指正。

编者

2004年2月

目 录

序

前言

第1章 概述 1

1.1 机电一体化概念和主要特征 1

1.1.1 机电一体化的基本概念 1

1.1.2 机电一体化技术的主要特征 2

1.1.3 机电一体化的共性和关键技术 2

1.2 机电一体化的作用和目的 3

1.2.1 机电一体化的作用 3

1.2.2 机电一体化的目的 4

1.2.3 机电一体化的社会效益 4

1.3 机电一体化系统的组成 5

1.3.1 机电一体化系统的基本组成要素 5

1.3.2 机电一体化系统(产品)的功能构成 6

1.4 机电一体化系统的分类 8

1.4.1 按机电一体化产品的用途(服务领域)分类 8

1.4.2 按机电一体化产品的功能分类 8

1.4.3 按机电结合程度和形式分类 9

1.5 机电一体化的展望 9

1.5.1 机电一体化技术的发展战略 9

1.5.2 机电一体化发展趋势 11

习题与思考题 14

第2章 机电一体化系统

总体设计 15

2.1 机电一体化系统的设计要点 15

2.1.1 机电一体化系统设计

考虑方法 15

2.1.2 机电一体化系统的设计类型 16

2.1.3 机电一体化总体设计的主要内容 16

2.2 机电一体化系统的设计过程 17

2.2.1 机电一体化产品基本开发工程路线 17

2.2.2 机电一体化系统设计工作流程 18

2.3 系统评价与系统决策 22

2.4 系统调试 26

2.4.1 硬件调试 26

2.4.2 软件调试 26

2.4.3 模拟调试 27

2.4.4 现场试运行 27

2.5 抗干扰设计 27

2.5.1 干扰源 27

2.5.2 抗干扰措施 28

习题与思考题 30

第3章 机电一体化系统中的

机械设计 32

3.1 机械系统设计基础 32

3.1.1 精度和误差的概念 32

3.1.2 减少误差的方法 34

3.1.3 精度设计中的主要原则 35

3.2 传动系统设计 35

3.2.1 传动系统的作用 36

3.2.2 传动系统的性能要求 36

3.2.3 传动系统的类型 36

3.2.4 齿轮传动 37

3.2.5 同步带 42

3.2.6 滚珠丝杠副传动机构 45

3.2.7 其他机械传动 51

3.3 机械设计中的基本问题	51	第5章 控制系统设计	90
3.3.1 材料选择	51	5.1 控制系统的组成及其作用	90
3.3.2 动平衡	52	5.2 控制系统的设计要求	90
3.4 机械系统结构特点	52	5.3 控制系统中的输入装置	91
3.4.1 轴与支撑	53	5.3.1 通用键盘的使用	91
3.4.2 轴上零件的固定	55	5.3.2 矩阵键盘的使用	98
3.4.3 联轴器	57	5.4 控制系统中的信息显示	101
3.4.4 制动器	60	5.4.1 CRT 显示	101
3.5 滚动导轨	61	5.4.2 数码管显示	105
习题与思考题	64	5.5 控制系统中的信息输入、输出	109
第4章 机电一体化系统常用		5.5.1 并行输入/输出	109
传感器	65	5.5.2 串行输入/输出	112
4.1 传感器概述	65	5.6 控制系统中的数据处理	116
4.1.1 传感器的定义	65	5.6.1 数制的转换处理	116
4.1.2 传感器的组成	65	5.6.2 数字滤波	116
4.1.3 传感器的分类	65	习题与思考题	119
4.2 位移传感器	66	第6章 机电一体化系统控制	120
4.2.1 光栅式传感器	66	6.1 顺序控制	120
4.2.2 编码器	69	6.1.1 实现顺序控制的程序形式和	
4.2.3 磁栅	71	工作方式	120
4.2.4 感应同步器	72	6.1.2 顺序控制的实现	121
4.2.5 旋转变压器	73	6.2 时间控制	123
4.3 速度传感器	75	6.2.1 时间继电器	124
4.3.1 速度传感器分类	75	6.2.2 FX2 系列 PLC 中的定时器	125
4.3.2 机电一体化系统中常用的		6.2.3 时间继电器控制线路	126
速度传感器	75	6.2.4 (FX2 系列) PLC 定时指令	
4.4 压力传感器	79	及编程方法	127
4.4.1 压力检测的方法	79	6.3 速度控制	128
4.4.2 力检测的基本方法	79	6.3.1 直流伺服系统的调速	128
4.4.3 常用的压力传感器和		6.3.2 交流伺服电动机的调速	133
力传感器	79	6.4 轨迹控制	136
4.5 温度传感器	82	6.4.1 脉冲增量插补原理	136
4.5.1 测温传感器分类	82	6.4.2 数据采样插补原理	142
4.5.2 一体化系统中常用		习题与思考题	144
的温度计	83	第7章 工业机器人技术	145
4.6 视觉、听觉传感器	88	7.1 工业机器人分类	145
4.6.1 视觉传感器	88	7.2 工业机器人中的传动	147
4.6.2 听觉传感器	88	7.2.1 电力传动	147
习题与思考题	89	7.2.2 机械传动	147

7.3 工业机器人的结构	148	8.1.1 典型灌装封口机结构分析	172
7.3.1 机器人末端执行器	148	8.1.2 控制部分	181
7.3.2 机器人手腕	154	8.2 自动检测系统	184
7.3.3 机器人手臂	156	8.2.1 概述	184
7.4 机器人的计算机控制系统	158	8.2.2 数控加工过程中的 在线检测	186
7.4.1 计算机控制系统软、硬件的 任务分配	158	8.2.3 智能型声发射刀具监 控仪 AEM-2000	188
7.4.2 示教盒、操作盘	159	8.2.4 花键分度误差自动 检测装置	191
7.4.3 计算机控制系统软件结构	160	习题与思考题	193
7.4.4 示教、编程与再现	162	附录	194
7.5 工业机器人作业实施	164	附录 A 通用键盘布局和正常编码	194
7.6 机器人语言	169	附录 B 与 Shift、Ctrl 组合的 键盘编码	195
7.6.1 机器人编程语言和基本要求	169	附录 C 与 Alt 组合的键盘编码	196
7.6.2 机器人操作语言介绍	169	参考文献	197
习题与思考题	171		
第 8 章 机电一体化产品实例	172		
8.1 灌装封盖机械	172		

第 1 章 概 述

1.1 机电一体化的概念和主要特征

1.1.1 机电一体化的基本概念

“机电一体化”是微电子技术向机械工业渗透过程中逐渐形成的一个新概念，是从系统的观点出发，将机械技术、微电子技术、信息技术等多门技术学科在系统工程的基础上相互渗透、有机结合而形成和发展起来的一门新的边缘技术学科。机电一体化是机械技术与其他领域的先进技术特别是微电子技术有机结合的新领域。

1952 年美国麻省理工学院研制出世界上第一台数控机床，1962 年美国研制出第一台机器人，这些都是机电一体化的典型产品。但当时没有给这一新兴的技术赋予新的技术名词。善于引进、吸收国外新技术的日本，一面积极应用和推广机电一体化技术，一面大力开展宣传，机电一体化产品很快达到世界一流水平。1971 年，日本《机械设计》杂志副刊提出了“Mechatronics”这一名词，它是由 Mechanics（机械学）的前半部与 Electronics（电子学）的后半部组合而成的，用日文汉字“机电一体化”来表示，也称机械电子学。日本机械振兴协会经济研究所对机电一体化所作的解释是：“机电一体化乃是在机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术，并将机械装置与电子装置用相关软件有机结合而构成系统的总称”。

机电一体化是在大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术迅速发展，向机械工业领域迅猛渗透，机械电子技术深度结合的现代工业的基础上，综合应用机械技术、微电子技术、信息技术、自动控制技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术，从系统的观点出发，根据系统功能目标和优化组织结构目标，以智能、动力、结构、运动和感知组成要素为基础，合理配置布局机械本体、执行机构、动力驱动单元、传感测试元件、微电子信息接收、分析、加工、处理、生产、传输单元和线路，以及衔接接口等硬件要素，对各组成要素间的信息处理、接口耦合、运动传递、物质运动、能量变换机理进行研究，并使之在软件程序和微电子电路的有序信息流控制下，使得整个系统有机融合与综合集成，形成物质和能量的有序规则运动，在高功能、高质量、高可靠性、高精度、低能耗的意义上实现特定功能价值的系统工程技术。由此而产生的功能系统，则成为一个以微电子技术为主导的、在现代高新技术支持下的机电一体化系统或机电一体化产品。

机械技术和电子技术的有机结合，包括机械和电子、强电和弱电、硬件和软件、控制和信息等技术的有机结合，形成新的机械电子产品或系统，实行计算机全面控制和管理，是机械电子科学技术进步和发展的必然趋势。代表着机械工业技术革命的前沿方向。机电一体化是一门跨学科的边缘科学，它将在我国科学技术及国民经济建设中占据重要的战略地位。

微电子指的是大规模及超大规模的集成电路（LSI 及 VLSI），以及由他们所构成的微处

理器（单片机或单板机）、微型计算机和相应的信息处理技术及通信技术。随着以 LSI、VLSI 等为代表的微电子技术的惊人发展，计算机本身也发生了根本变革，以微型计算机为代表的微电子技术逐步向机械领域渗透，并与机械技术有机地结合，为机械增添了“头脑”，增加了新的功能和性能，从而进入以机电有机结合为特征的“机电一体化时代”。

如今的机械工业在产品结构、设计方法、制造工艺、生产系统结构等方面都发生了质的飞跃。在现代机械生产中，大量应用电子计算机进行经营和管理，利用 CAD 进行产品设计，使用数控机床和柔性生产线进行零部件加工，使用机器人从事喷漆、焊接、组装、搬运等工作。机械与电子在深层次上结合所产生的机电一体化产品，其结构、信息处理方式、控制方法等的改变导致了产品功能、产品性能、甚至产品设计方法的极大变化。

机电一体化是一个综合的概念，包含了技术和产品两方面内容。首先是机电一体化技术，主要是指包括技术基础、技术原理在内的、使机电一体化产品（或系统）得以实现、使用和技术发展的技术。机电一体化产品是指采用机电一体化技术，产品的机械系统（或部件）与微电子系统（或部件）相互置换或有机结合而构成新的系统，且赋予其新的功能和性能的新一代产品。

机电一体化不仅在机械产品中注入了过去所没有的新技术，把电子器件的信息处理和自动控制功能“揉和”到机械装置中去，而更重要的实质是应用系统的观点和方法来分析和研究机电一体化产品或系统，综合运用各种现代高新技术进行产品的设计与开发，通过各种技术的有机结合、渗透，实现产品内部各组成部分的合理匹配和外部的整体效能最佳。机电一体化不是机械和电子技术的简单叠加，也不是各种新技术的简单组合、拼凑，而是有机地相互结合或融合，是有其客观规律的。

1.1.2 机电一体化技术的主要特征

(1) 整体结构最优化 机电一体化技术及产品具有系统性、综合性、完整性和科学性。在设计机电一体化系统时，可以从机械、电子、硬件和软件等方面去实现同一种功能，从而设计出整体结构最优的系统。用电子装置取代机械装置，使机械结构简化，操作性能改善。

(2) 系统控制智能化 大多数机电一体化系统都具有自动控制、自动检测、自动信息处理、自动修正补偿、自动诊断、自动记录、自动显示及自适应控制等功能。

(3) 操作性能柔性化 在生产对象变更需要改变传动机构的动作规律时，无需改变其硬件结构，只要改变软件程序即可。

(4) 产品高性能化 具有高精度、高可靠性、高稳定性和高寿命。节约能源，改善劳动条件，增强竞争能力，具有多种复合功能。

1.1.3 机电一体化的共性关键技术

(1) 精密机械技术 机电一体化技术要求精密机械减轻重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能、增加功能。使零部件模块化、标准化、规格化。

(2) 信息处理技术 信息处理技术包括信息的输入、交换、存取、运算、判断、决策和输出技术。实现信息处理技术的硬件包括输入、输出设备、显示器、磁盘、计算机、可编程序控制器和数控装置等。实现信息处理的工具是计算机，因此计算机技术与信息处理技术是密切相关的。计算机技术包括计算机的软件技术和硬件技术，网络与通信技术，数据技术等。

(3) 自动控制技术 自动控制技术包括基本控制理论、控制系统设计、系统仿真、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、检索等。

(4) 检测传感技术 传感与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统的输入端相联,并将检测到的信息输入到信息处理部分。传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度就越高。传感与检测的关键元件是传感器。

(5) 伺服驱动技术 伺服驱动技术主要是执行系统和机构中的一些技术问题。伺服驱动的动力类型包括电动、气动、液动等。由微型计算机通过接口输出信息至伺服驱动系统,再由伺服驱动器控制执行元件的运动,带动工作机械作回转、直线以及其他各种复杂的运动。

(6) 系统总体技术 系统总体技术是一种从整体目标出发,用系统的观点和方法,将总体分解为若干个功能单元,找出能完成各个功能的技术方案,再把功能与技术方案组成方案组进行分析、评价和优选的综合应用技术。系统总体技术包括的内容很多,例如接口转换、软件开发、微机应用技术、控制系统的成套性和成套设备自动化技术等。接口技术是系统总体技术中的一个重要方面。

1.2 机电一体化的作用和目的

1.2.1 机电一体化作用

1. 机电一体化技术可为改造传统设备开辟新的发展途径

制造业是国民经济最重要的支柱产业。传统的机电工业在满足经济建设和人民生活需要方面仍然起重要的作用。随着经济全球化和信息化的迅猛发展,我国传统制造业面临着严峻的挑战和新的发展机遇。大部分机电设备比较陈旧,主要表现在质量较差、生产效率低、能耗高、经济效益低、成套能力不强等方面。运用现代信息技术、数字技术和现代管理技术改造传统机电工业,成为实现制造业跨越式发展的重要途径。利用微电子技术改造传统的机电产品,提高其质量和性能、降低材料和能源消耗、降低成本、提高性能价格比,可以使传统设备发生质的变化,扩大其使用价值。机电一体化使产品实现更新的升级换代,技术性能指标大幅度提高,使原来的低、中档产品上升为高档产品,在功能、水平、质量、品种、使用效果和价格等方面能更好地满足国内外市场需求,增强了产品的竞争性。采用微机数控技术和数字显示技术进行旧机床的改造,可以获得显著的技术经济效益。其他一些能耗高的工业设备,如工业锅炉、电动机、风机、泵类等,采用微电子控制装置,则可节约大量能源,同时降低污染物排放量、减少环境污染。用微电子技术改造传统机电设备的范围广、潜力大、投资少、见效快,是一条符合我国国情的道路,也是振兴和发展机电工业必不可少的条件。

2. 机电一体化技术将加快机电工业赶超国际水平的步伐

我国机械制造业和装备工业的总体水平与国外相比差距明显,主要机械产品中达到当代世界先进水平的所占比例很小,产品结构不能满足市场需求变化。一些低档次普通机电产品严重积压,生产能力过剩,而市场急需的机电一体化技术装备和产品严重短缺,不得不长期依赖进口。我国成套技术装备的开发、技术含量较高的数控机床、高档仪表等与国外先进水平相比差距十分明显。

机电一体化技术产业以其特有的技术带动性、融合性和广泛适用性成为高新技术产业中的主导产业,将成为新世纪经济发展的重要支柱。当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力。大力发展以数控技术

为核心的先进制造技术已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

面临发达国家新技术产品的严重挑战,机电工业应当在重大技术装备、数控机床、农业机械、工程机械、大型电子精密测量仪器等重点行业,尽快提高生产集中度和技术水平,提高产品质量和档次,努力扩大市场份额,增强替代进口和工程成套的能力,提高与国外同类先进产品抗衡的能力。

3. 机电一体化技术将加速改善我国的出口产品结构

我国出口产品中许多与高科技相关的技术、设备、配件等,仍需要进口才能解决。中国出口产品中属高技术产品的比例较低,知识化水平不高。据2001年统计,我国高技术和中高技术产业中的知识型制造业产品占有所有出口产品的46%,而同期美国是75%,日本是83%,韩国是62%,台湾是68.4%。

加入世贸组织以后,如果把国内市场的“保护围墙”拆掉,发达国家首先输入的就是这些深加工、精加工、高附加值的高新技术机电产品,如计算机、录像机、复印机、汽车、摩托车、数控机床、广播电视设备、通信设备、自动化精密印刷机械、精密加工机械、工业用各种控制仪表、自动化仪表、照相机等。从我国机电行业的现状看,正在兴起的高新技术产品具备与国外同类先进产品抗衡的能力。用机电一体化技术提高机械制造、电器设备、轻工、纺织等行业的素质,可以生产出质量优良、品种多样的产品投放国际市场。机电一体化产品知识密集、技术密集,在国际市场上具有较强的竞争力,创汇效益高。

4. 机电一体化可增强企业的生产经营能力

机电一体化以其本身特有的技术优势迅速改变现代制造生产的产品结构和生产装备结构,促进经营管理体制发生根本性的变化,使生产方式具有柔性。机电一体化产品的技术经济效益显著。机电一体化的生产装备易于根据市场需求组织和改变产品生产,缩短新产品开发和生产周期,降低能耗和生产成本,使企业增强生产经营的竞争能力。

1.2.2 机电一体化的目的

机电一体化的目的是使产品多功能化、高效率化、高智能化、高可靠化、省材料省能源化,并使产品的结构向轻、薄、细、小巧化方向发展,不断满足人们生活的多样化要求和生产的省力化、自动化需求。

1.2.3 机电一体化的社会效益

(1) 满足人们对商品的新要求 人们希望产品的品种多样,突出个性。利用数控加工中心或柔性制造系统就可以方便灵活地组织中小批量多品种的自动化生产。

(2) 产品生产的高效率和高质量 机电一体化产品可以模拟最佳操作的技巧,使之不受人的主观因素的影响,自动实现最佳操作,保证最佳质量。机电一体化生产系统能够减少生产准备和辅助时间,缩短新产品的开发周期,提高产品的合格率,减少操作人员,降低生产成本。

(3) 节约能源,降低原材料消耗 机电一体化产品通过采用低能耗的驱动机构、最佳的调节控制和提高设备的能源利用率,来达到显著的节能效果。

(4) 信息社会的物质前提 各种声音、图像、文字等信息的存储、检索、复制、传递、加工整理、分类排序等是信息化社会必须具备的基本功能。它们都需要由机电一体化产品高效、自动地去实现。

(5) 方便人民生活 各种家用电器、交通工具、通信设备、办公设备等机电一体化产品，使人民生活更丰富多彩；机电一体化的医疗设备为人们的生命安全提供了更先进、更有效的治疗诊断手段。

(6) 减轻劳动强度和改善劳动条件 机电一体化产品可代替人的紧张和单调重复的操作，以及在危险或有害环境下的工作，大大减轻了人的劳动强度，改善了人的工作环境。

(7) 提高安全性和可靠性 具有自动检测监控的机电一体化系统，能够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，提高系统的安全可靠性。

其他还有提高精度、增强功能、改善操作性和使用性、简化结构、减轻重量、降低价格、增强柔性应用功能等。

1.3 机电一体化系统的组成

1.3.1 机电一体化系统的基本组成要素

机电一体化产品的形式多种多样，其功能也各不相同。一个较完善的机电一体化系统，应包含以下几个基本要素：机械本体、动力与驱动部分、执行机构、传感测试部分、控制及信息处理部分。可以将这些部分归纳为：结构组成要素、动力组成要素、运动组成要素、感知组成要素、智能组成要素。这些组成要素内部及其之间，通过接口耦合、运动传递、物质流动、信息控制、能量转换有机融合集成一个完整系统。从系统的角度来看，可以说机电一体化系统是由机械系统（机构）、电子信息处理系统（计算机）、动力系统（动力源）、传感检测系统（传感器）、执行元件系统（如电动机）等五个子系统组成，如图 1-1 所示。通过传感器直接检测目标运动并进行反馈控制的系统为全闭环系统（见图 1-1a）。而通过传感器检测某一部位（如伺服电动机等）运动并进行反馈、间接控制目标运动的系统为半闭环系统（见图 1-1b）。

(1) 机械本体 系统所有功能元素的机械支持结构，包括机身、框架、机械联接等。属于基础部分，实现产品的构造功能。要求尽量采用新结构、新材料、新工艺，以适应机电一体化产品在高效、多功能、可靠和节能、小型、轻量、美观等方面的要求。

(2) 动力与驱动部分 向系统提供能量，并将输入的能量转换成需要的形式，实现动力功能。用尽可能小的动力输入获得尽可能大的功能输出，是机电一体化产品的显著特征之一。可靠性好，效率高是对动力源的主要要求。

驱动部分在控制信息作用下，提供动力、驱动各执行机构完成各种动作和功能。

(3) 传感测试部分 对系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数及状态进行

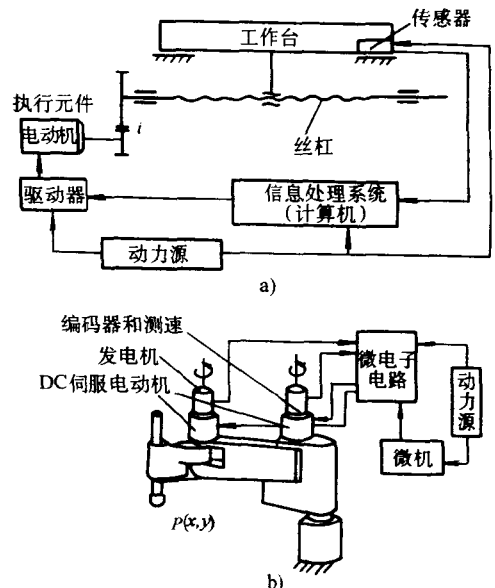


图 1-1 系统（产品）基本组成
a) 闭环控制系统 b) 半闭环控制系统

检测, 变成可识别信号, 传输到信息处理单元, 经过分析、处理后产生相应的控制信息, 实现计测功能。其功能一般由专门的传感器、仪器仪表和信号检测电路完成。要求检测与传感装置体积小、便于安装与联接、检测精度高、抗干扰、受环境变化影响小。

(4) 控制与信息处理部分 将来自各传感器的检测信息和外部输入命令进行集中、储存、分析、加工、运算和决策, 按照一定的程序和节奏发出相应的指令, 控制整个系统有目的地运行, 实现控制功能。一般由计算机、可编程控制器、数控装置以及逻辑电路、A/D、与 D/A 转换、I/O (输入输出) 接口和计算机外围设备等组成。机电一体化系统对控制和信息处理单元的基本要求是: 提高信息处理速度, 提高可靠性, 增强抗干扰能力以及完善系统自诊断功能, 实现信息处理智能化和小型、轻量、标准化等。

(5) 执行机构 根据控制信息和指令, 完成要求的动作, 实现产品的主功能。执行机构是运动部件, 一般采用机械、电磁、电液等机构。它是实现产品目的功能的直接参与者, 其性能好坏决定着整个产品的性能, 要求提高刚性、减轻重量、实现组件化、标准化和系列化, 提高系统整体可靠性等。

1.3.2 机电一体化系统 (产品) 的功能构成

任何一种产品都是为满足人们的某种需要而开发和生产的, 也就是说, 都具有相应的目的功能。概括地讲, 都能对输入的物质、能量和信息 (工业三大要素) 进行某种处理, 输出具有所需形式或所需特性的物质、能量和信息。机电一体化系统 (产品) 是由若干具有特定功能的机械与微电子要素组成的有机整体, 具有满足人们使用要求的功能 (目的功能)。

因此, 系统必须具有以下三大“目的功能”: ①变换 (加工、处理) 功能; ②传递 (移动、输送) 功能; ③储存 (保持、积蓄、记录) 功能。图 1-2 为系统目的功能图。

系统 (产品) 的目的功能是通过其内部功能实现的。不管哪类系统, 其系统内部必须具备图 1-3 所示的五种内部功能, 即主功能、动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。其中主功能是实现系统目的功能直接必需的功能, 主要是对物质、能量、信息或其相互结合进行变换、传递和存储。例如机床进给系统的主功能是使工作台产生进给运动, 主功能亦称为执行功能。动力功能是向系统提供动力, 让系统得以运转的功能。检测功能和控制功能的作用是不断感知系统内部和外部信息, 对整个系统进行控制, 使系统正常运转, 实施目的功能。构造功能则是使构成系统的子系统及元、部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。数控机床是机电一体化的典型产品, 其内部功能构成如图 1-4 所示。切削加工是 CNC 机床

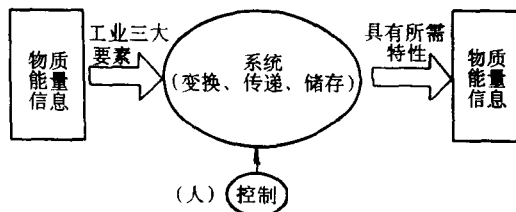


图 1-2 系统目的功能

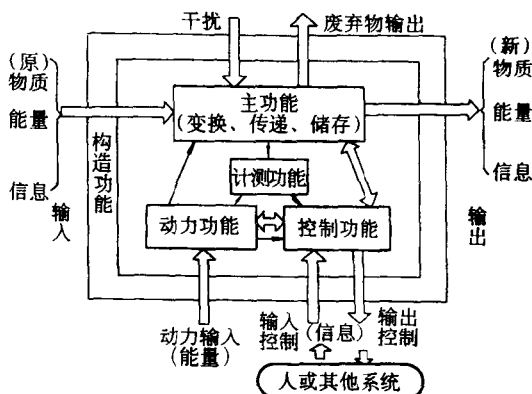


图 1-3 系统的五种内部功能