



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

机电一体化 系统设计

曾 励 主编



高等教育出版社

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

机电一体化系统设计

主 编	曾 励		
副主编	朱派龙	宁立伟	孙新学
参 编	王安民	王海鹏	杨 平
	王新琴	黄崇林	张道远

高等教育出版社

内容简介

本书是教育科学“十五”国家规划课题之一——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”机械类子课题的研究成果。

本书全面、系统地论述了机电一体化技术的基本原理、机电一体化系统的构成以及设计计算。全书除总论外共8章。内容包括:机电一体化技术及机电一体化系统的基本概念,机电一体化系统中的机械系统、检测系统、控制系统、伺服系统、电液控制系统及计算机控制的生产系统设计等。本书注意理论与实际的结合,重视解决工程实际问题,并力求做到突出重点,层次分明,语言易懂,便于读者自学。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化专业教材,也可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校相关专业教材,还可供研究生及从事机电一体化产品设计、制造与研究的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/曾励主编. —北京:高等教育出版社,2004.4
ISBN 7-04-014517-0

I. 机... II. 曾... 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(2004)第013270号

策划编辑 龙琳琳 责任编辑 李京平 封面设计 于涛 责任绘图 朱静
版式设计 王艳红 责任校对 康晓燕 责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 涿州市星河印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 31.75
字 数 590 000

版 次 2004年4月第1版
印 次 2004年4月第1次印刷
定 价 39.20元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才培养需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型人才工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

II 总序

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施,具有示范性和适应应用型人才培的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

本书是教育科学“十五”国家规划课题之一——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题的研究成果。在新技术革命浪潮中,电子(包括微电子)技术的飞速发展并向机械工业的渗透形成了机械、电子、微电子的复合技术——机电一体化技术。

“机电一体化”是日本创造的英语名词“Mechatronics”的中译,该词原意为“机械电子学”。但是,机电一体化和机械电子学实际上代表的是一个事务的两个方面:机械电子学是学科,而机电一体化是技术,是产业。作为学科,机械电子学的理论基础是系统论、控制论和信息论。作为技术,机电一体化是群体技术,其主干是机械技术、电气电子(包括微电子)技术、自动控制技术、检测传感(包括信号变换及处理)技术、计算机(包括接口和软件)技术以及系统总体技术。作为产品,机电一体化机械与非机电一体化机械的本质区别在于前者是计算机(包括单片机和可编程控制器)控制的机械,而后者不是。

高等工科院校机械类专业机电一体化方向的学生在三年的课程学完之后已具有机械设计、电工学、电子学、自动控制原理、测试技术、计算机语言和微机原理与应用等方面的基础知识,但在如何运用这些知识元素构造机电一体化系统方面遇到很大困难。发生这种现象有四方面的原因。一是缺乏对系统总体技术的掌握,不懂得如何从功能原理设计开始,对众多可利用技术进行优化组合,构造一个能完成既定任务的相对最优系统。二是在系统各单元、环节之间发生能量、物质和信息交换时不懂得如何构造接口。三是在综合一个实际系统时还有专业知识上的空白,必须补充一些专业知识才能把已学的基础连成片。最后,缺乏实践经验。设计是一种综合,是对未有事务的创造,没有惟一的答案。即使在科学高度发达的今天,设计也不是完全理性的,它需要跳跃的、非逻辑的思维和想像,学生在学习阶段惟有通过较多的实例学习来弥补实践的不足。

鉴于上述,我们在广泛收集资料,并结合教学和科研方面取得的成果的基础上编写了此教材。该教材主要阐述构成机电一体化系统的各子模块系统、关键技术及系统设计方法、设计实例,可作为大专院校机械设计制造及其自动化专业及相关专业的专业课或选修课教材。

本书由曾励任主编,朱派龙、宁立伟、孙新学任副主编。全书由扬州大学曾励和广东轻工职业技术学院朱派龙统稿和定稿,具体编写分工:总论由曾励和朱

II 前言

派龙编写;第1章由宁立伟编写;第2章第2.3节、2.5节、2.6节以及第4章和第6章由曾励编写;第2章第2.1节由王新琴和张道远编写;第2章的第2.2节由王安民和黄崇林编写;第2章的第2.4节和第2.6节由朱派龙编写;第3章由杨平编写;第5章由王海鹏编写;第7章由朱派龙编写;第8章由孙新学编写。由刘正勋教授审阅。

本书在编写过程中得到了扬州大学出版基金的资助,并参考了许多同类教材和著作,在此对有关人员表示深深的谢意。限于编者的水平,书中错误疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者
2003.8

目 录

总 论	1
0.1 概述	1
0.2 机电一体化系统设计方法	10
0.3 机电一体化系统开发工程路线	20
习题	21
第 1 章 机械系统设计	22
1.1 概述	22
1.2 常用传动支承系统设计	23
1.3 机械系统载荷的类型及确定	42
1.4 常用动力机的选择和参数计算	50
1.5 机械系统参数设计	59
1.6 机械系统的动态特性分析基础	73
习题	76
第 2 章 检测系统设计	78
2.1 概述	78
2.2 基本转换电路	80
2.3 信号放大电路	84
2.4 信号的调制与解调	93
2.5 信号处理电路	101
2.6 机电一体化中常用检测装置	118
习题	139
第 3 章 控制系统设计	142
3.1 概述	142
3.2 控制系统的数学模型	144
3.3 控制系统性能分析	150
3.4 控制系统的综合与校正	155
3.5 数字控制系统分析	166
3.6 数字控制器设计	181

习题	195
第4章 伺服系统设计	197
4.1 概述	197
4.2 伺服控制系统中常用电力电子器件	202
4.3 伺服系统中的执行元件	209
4.4 步进伺服系统	225
4.5 直流伺服系统	235
4.6 交流伺服系统	248
习题	263
第5章 计算机控制机电系统的设计	265
5.1 概述	265
5.2 机电系统控制微机的选择	269
5.3 过程输入通道接口设计	273
5.4 过程输出通道接口设计	296
5.5 计算机控制机电系统的设计	311
习题	323
第6章 电液控制系统设计	325
6.1 概述	325
6.2 电液控制元件	326
6.3 液压动力元件的动态数学模型	345
6.4 系统的负载特性与负载的匹配	353
6.5 电液控制系统的实例	361
6.6 电液控制系统设计	370
习题	383
第7章 机电一体化生产系统设计	385
7.1 概述	385
7.2 物流系统设计	386
7.3 能量流系统设计	412
7.4 信息流系统设计	416
7.5 机电一体化生产系统设计举例	428
习题	444
第8章 机电一体化系统设计实例	445
8.1 液压试验车的设计	445

8.2 喷漆机器人的改造设计.....	453
8.3 三自由度转台的虚拟设计.....	475
习题	492
参考文献	493
后记	495

总 论

0.1 概 述

0.1.1 机电一体化基本概念

机电一体化是随着生产和技术的发展,在以机械、电子技术等为主的多门技术学科相互渗透、相互结合过程中逐渐形成和发展起来的一门新兴边缘技术学科。

机电一体化(Mechatronics)一词最早(20世纪70年代初)起源于日本,这个词的前半部分“Mecha”表示mechanic(机械学),后半部分“tronics”表示Electronics(电子学)。因此,字面上表示机械学与电子学两个学科的综合,我国通常称为机电一体化或机械电子学。但是,机电一体化并非是机械技术与电子技术的简单叠加,而是有着自身的新体系的新型学科。

机电一体化的产生与迅速发展的根本原因在于生产的发展和科学技术的进步,其中特别是自动化技术与计算机科学起了主要作用。第二次世界大战以后,几乎是同时诞生的系统工程、控制论和信息论这三门科学既是自动化与机电一体化的理论基础,也是机电一体化技术的方法论。而微电子技术的发展,半导体大规模集成电路制造技术的进步,则为机电一体化与自动化技术奠定了物质基础。反过来,机械制造技术也对微电子学和自动化技术做出了重大贡献。如大规模集成电路芯片的制造就是以超精密机械加工为基础的。而这种加工设备本身又是一种计算机控制的自动化系统,即机电一体化系统。由此可见,机电一体化的产生既是微电子技术 with 自动化技术发展的结果,又是信息论、控制论和系统工程付诸生产实践的结果。

随着生产和科学技术的发展,机电一体化本身的含义还在被赋予新的内容。因此,机电一体化这一术语尚无统一的定义,不过其基本概念和涵义可概括为:

机电一体化是从系统的观点出发,将机械技术、微电子技术、计算机信息技术、自动控制技术等系统工程的基础上有机地加以综合,实现整个机械系统最优化而建立起来的一门新的科学技术。机电一体化是一种崭新的学术思想,它除了强调机与电的有机结合,还有更深刻、更广泛的含义。按照机电一体化思想,凡是由各种现代高新技术与机械和电子技术相互结合而形成的各种技术、产品以及系统都属于机电一体化范畴。例如,机电液(液压)一体化、机电光(光学)一体化、机电仪(仪器仪表)一体化以及机电信(信息)一体化等,实质上都可归结为机电一体化。机电一体化包含机电一体化技术和机电一体化系统两方面的内容。机电一体化技术是指包括技术基础、技术原理在内的、使机电一体化系统得以实现、使用和发展的技术。机电一体化系统有机电一体化产品和机电一体化生产系统。机电一体化产品是指采用机电一体化技术,在机械产品基础上创造出来的新一代产品或设备;机电一体化生产系统是运用机电一体化技术把各种机电一体化设备按目标产品的要求组成的一个高生产率、高柔性、高质量、高可靠性、低能耗的生产系统。

目前,机电一体化产品及系统已经渗透到国民经济和日常工作、生活的各个领域。电冰箱、全自动洗衣机、录像机、照相机等家用电器,电子打字机、复印机、传真机等办公自动化设备,核磁共振成像诊断仪、纤维光束内窥镜等医疗器械,数控机床、工业机器人、自动化物料搬运车等机械制造设备,以及生产制造机电产品或非机电产品的 CIMS(计算机集成制造系统)、FMS(柔性制造系统)等都是典型的机电一体化产品或系统。机电一体化产品和系统的种类繁多。随着科学技术的蓬勃发展,新的机电一体化产品和系统不断涌现出来。目前机电一体化系统的主要类型如图 0.1 所示。

科学技术的进步为机电一体化的产生和发展创造了条件,社会需求则为之提供了动力。反过来,机电一体化的发展又不断促进科学技术的进步和社会需求。其总的发展趋势可概括为以下三个方面:

1) 性能上,向高精度、高效率、高性能、智能化的方向发展。以数控机床为例,其控制精度能实现 $0.1\ \mu\text{m}$ 的高精度,进给速度可达 $24\sim 100\ \text{m}/\text{min}$ 甚至更高,联动和控制的轴数能实现 $9\sim 15$ 轴,同时增加了人-机对话功能,设备具有智能 I/O 通道和智能工艺数据库,给使用、操作和维护带来了极大的方便。今后,随着专用集成电路特别是超大规模集成电路的发展,机电一体化产品将越来越向高性能方向发展。

2) 功能上,向小型化、轻型化、多功能化方向发展。小型化、轻型化乃是精细加工技术发展的必然,也是提高效率的需要。通过结构优化设计和精细加工,可使机械的重量减轻到与人体重量相称的程度。多功能也是自动化发展的要求和必然结果。一般机电一体化产品,为适应自动化控制规模的不断扩大和高技

术的发展,不仅要求它们具有数据采集、检测、记忆、监控、执行、反馈、自适应、自学习等多种功能,甚至还具有神经系统功能,以便能实现整个生产系统的最佳化和智能化。机械制造工业,决不只是要求单机自动化,而是要求能实现一条生

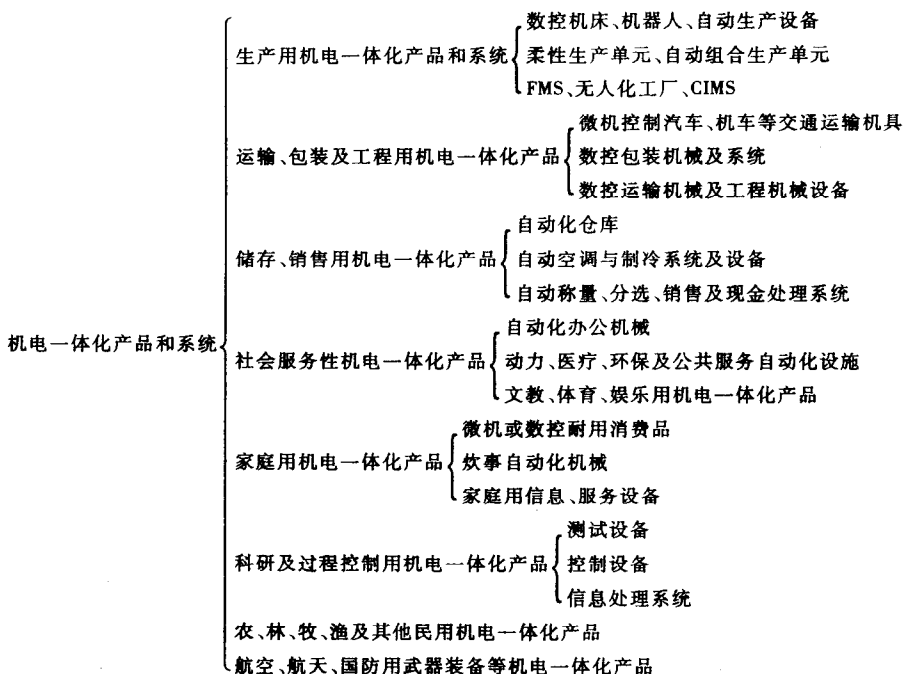


图 0.1 机电一体化产品和系统分类

产线、一个车间、一个工厂甚至更大规模全盘自动化。因此,以数控机床为例,就不仅要求数控机床应具备计算机通信和联网的功能,还应有很强的图形功能、刀具轨迹描述、CAD/CAM 一体化等多种功能。

3) 层次上,向系统化、复合集成化的方向发展。复合集成,既包含各种分技术的互相渗透、互相融合和各种产品不同结构的优化与复合,又包含在生产过程中同时处理加工、装配、检测、管理等多种工序。为了实现多品种、小批量生产的自动化与高效率,应使系统具有更广泛的柔性。首先可将系统分为若干个层次,使系统功能分散,并使各部分协调而又安全地运转,然后,再通过硬、软件将各个层次有机地连接起来,使其性能最优、功能最强。柔性制造系统就是这种层次结构的典型。

0.1.2 机电一体化技术体系

机电一体化技术是 20 世纪 50 年代以来,在传统技术基础上,随着电子技

术、计算机技术,特别是微电子技术和信息技术的发展而发展起来的新技术。它是建立在机械技术、微电子技术、计算机和信息处理技术、自动控制技术、传感与检测技术、电力电子技术、伺服驱动技术、系统总体技术等现代高新技术群体基础之上的一种高级综合技术。

由于机电一体化技术对工业发展具有巨大推动力,因此世界各国均将其作为工业技术发展的一项重要战略。20世纪70年代起在发达国家兴起了一股机电一体化热,应用范围从一般数控机床、加工中心发展到智能机器人和FMS,将设计、制造、销售、管理集成为一体的CIMS,并渗透到自动生产线、激光切割、印刷机械等领域。

1. 机电一体化技术的主要特征

(1) 整体结构最优化 在传统机械产品中,为了增加功能,或实现某一种控制规律,往往靠增加机械机构的办法来实现。例如,为了达到变速的目的,出现了由一系列齿轮组成的变速箱;为了控制机床的走刀轨迹而出现了各种形状的靠模;为了控制柴油发动机的喷油规律出现了凸轮机构等。随着电子技术的发展,人们逐渐发现,过去笨重的齿轮变速箱可以用轻便的电子调速装置来代替;精确的运动规律可以通过计算机的软件来调节。由此看来,在设计机电一体化系统时,可以从机械、电子、硬件、软件四个方面去实现同一种功能。

(2) 系统控制智能化 这是机电一体化技术与传统的工业自动化技术最主要的区别之一。电子技术的引入,显著地改变了传统机械那种单纯靠操作人员,按照规定的工艺顺序或节拍,频繁、紧张、单调、重复的工作状况。可以依靠电子控制系统,按照预定的程序一步一步地协调各相关机构的动作及功能关系。有些高级的机电一体化系统,还可以通过控制对象的数学模型,根据任何时刻外界各种参数的变化情况,随机自寻最佳工作程序,以实现最优化工作和最佳操作。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、自动诊断、自动记录、自动显示等功能。在正常情况下,整个系统按照人的意图(通过给定指令)进行控制,一旦出现故障,就自动采取应急措施,实现自动保护。

(3) 操作性能柔性化 计算机软件技术的引入,能使机电一体化系统的各个传动机构的动作通过预先给定的程序,一步一步地由电子系统来协调。在生产对象变更需要改变传动机构的动作规律时,无须改变其硬件机构,只要调整由一系列指令组成的软件,就可以达到预期的目的。这种软件可以由软件工程人员根据要求动作规律及操作事先编好,使用磁盘或数据通信方式,装入机电一体化系统里的存储器中,进而对系统机构动作实施控制和协调。

2. 机电一体化的相关技术

当代科学技术的发展出现了纵向分化、横向综合的重要趋势。机电一体化

就是机械技术和电子技术相互交叉、渗透和综合发展的产物。它是一门新兴的学科,支撑它的主要有机械学、电子学(包括微电子学)、控制论等。就其技术体系而言,机电一体化技术主要涉及机械技术、计算机与信息处理技术、检测与传感技术、自动控制技术、伺服驱动技术以及系统总体技术等众多的共性关键技术。各种技术之间的关系如图 0.2 所示。

(1) 机械技术 机械技术是机电一体化的基础。随着高新技术引入机械行业,机械技术面临着挑战和变革。在机电一体化产品中,它不再是单一地完成系统间的连接,而是在系统结构、重量、体积、刚性与耐用方面对机电一体化系统有着重要的影响。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术相适应,利用其他高新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上的变更,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。

在制造过程的机电一体化系统中,经典的机械理论与工艺应借助于计算机技术,同时采用人工智能与专家系统等,形成新一代的机械制造技术。这里原有的机械技术以知识技能的形式存在,是任何其他技术代替不了的。如计算机辅助工艺规程编制(CAPP)是目前 CAD/CAM 系统研究的瓶颈,其关键在于如何将广泛存在于各行业、企业、技术人员中的标准、习惯和经验进行表达和陈述,从而实现计算机的自动工艺设计与管理。

(2) 计算机与信息处理技术 信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策等,实现信息处理的主要工具是计算机。计算机技术包括计算机硬件技术和软件技术、网络与通信技术、数据库技术等。在机电一体化系统中,计算机与信息处理装置指挥整个系统的运行。信息处理是否正确、及时,直接影响到产品工作的质量和效率。因此,计算机应用及信息处理技术已成为促进机电一体化技术和系统发展的最活跃的因素。人工智能、专家系统、神经网络技术等都属于计算机与信息处理技术。

(3) 检测与传感技术 检测与传感技术的研究对象是传感器及其信号检测装置。传感器与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统的输入端相连,并将检测到的信号输送到信息处理部分。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。传感器是将被测量(包括各种物理量、化学量和生物量等)变换成系统可以识别的、与被测量有确定对应关系的有用

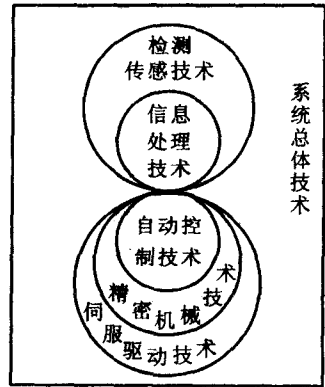


图 0.2 机电一体化共性关键技术之间的关系

电信号的一种装置。机电一体化技术要求传感器能快速、精确地获得信息,并能在相应的应用环境中,具有高可靠性。

(4) 自动控制技术 自动控制技术范围很广,主要包括:基本控制理论;在此理论指导下,对具体控制装置或控制系统的设计;设计后的系统仿真、现场调试;最后使研制的系统能可靠地投入运行。由于控制对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富,例如高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断校正、补偿、再现、检索等。由于微机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机控制技术联系在一起,成为机电一体化中十分重要的关键技术。

(5) 伺服驱动技术 伺服驱动技术的主要研究对象是执行元件及其驱动装置。执行元件主要有电动、气动、液压元件等多种类型,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它们的运动,带动工作机械做回转、直线以及其他各种复杂的运动。伺服驱动技术是直接执行操作的技术,伺服系统是实现电信号到机械动作的转换装置与部件。它对系统的动态性能、控制质量和功能具有决定性的影响。常见的伺服驱动装置有电液马达、脉冲液压缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。近年来由于变频技术的进步,交流伺服驱动技术取得了突破性进展,能为机电一体化系统提供高质量的伺服驱动单元,促进了机电一体化技术的发展。

(6) 系统总体技术 系统总体技术是一种从整体目标出发,用系统工程的观点和方法,将系统总体分解成相互有机联系的若干功能单元,并以功能单元为子系统继续分解,直至找到可实现的技术方案,然后再把功能和技术方案组合进行分析、评价和优选的综合应用技术。系统总体技术所包含的内容很多,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。

0.1.3 机电一体化系统的组成

1. 机电一体化系统的功能构成

机电一体化系统主要有:① 自成系统的机电一体化产品、设备;② 由机电一体化产品组成的生产制造各种机电产品或非机电产品的机、电、信、管一体化系统,即机电一体化生产系统。

任何一种产品或系统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。不同的产品或系统具有不同具体使用的目的功能,根据不同的使用目的,要求系统能对输入的物质、能量和信息(即工业三大要素)进行某种处理,输出所需要的物质、能量和信息,如图 0.3 所示。也就是说,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。以物料搬运、加工为主,输入物质

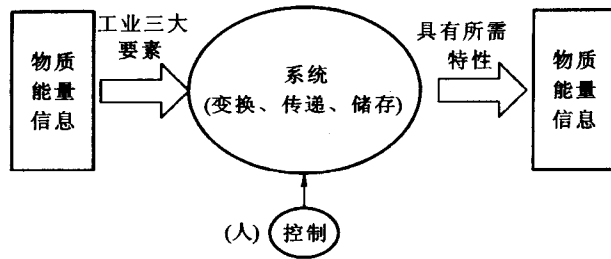


图 0.3 系统目的功能

(原料、毛坯等)、能量(电能、液能、气能等)和信息(操作及控制指令等),经加工处理,主要输出改变了位置和形态的物质的系统(或产品),称为加工机。例如各种机床、交通运输机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机械、轻工机械等。

产品的目的功能是通过其内部功能实现的。机电一体化产品一般都具备四种内部功能,即主功能、动力功能、控制功能和构造功能,如图 0.4 所示。其中主功能是实现产品目的功能直接必需的功能,主要对物质、能量、信息或其相结合进行变换、传递和储存。动力功能是向系统提供动力,让系统得以运转的功能。控制功能包括信息检测、处理及控制,其作用是根据产品内部信息和外部信息对整个产品进行控制,使系统正常运转,实施目的功能。而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,并保证系统工作中的强度和刚度所必需的功能。

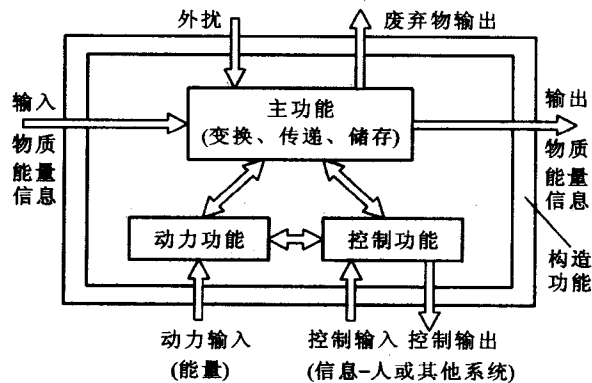


图 0.4 系统内部功能

例如,计算机控制的自动化轧钢机系统原理如图 0.5 所示。被轧制的钢锭在高温状态下进入轧机,经过多次轧制,最后达到所要求的尺寸。为了精确控制