

高等院校机电类 工程教育 系列规划教材

机电一体化导论

■ 主编 杜建铭

→ **机电一体化导论：**本书介绍了机电一体化的基本概念、基础理论和关键技术，阐述了机电一体化系统典型部件、重要构成要素及相互之间的关系，并着重讲述了设计与选用的基本方法。同时，书中还穿插了“应用点评”等栏目，有利于读者加深理解，并免费为采用本书授课的教师提供电子课件和书中所有插图。详细内容请见目录与索引>>>



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等院校机电类工程教育系列规划教材

机电一体化导论

主 编 杜建铭

副主编 程 涛 石红雁 曾劲松

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书介绍了机电一体化的基本概念、基础理论和关键技术,阐述了机电一体化系统典型部件、重要构成要素及相互之间的关系,并着重讲述了设计与选用的基本方法。全书共分6章,主要内容包括:机电一体化技术概述、机电一体化系统中的典型机械部件、机电一体化系统中的常用传感器及其选用、机电一体化系统中的典型执行部件、典型机电一体化系统的控制器、典型机电一体化技术应用实例介绍等。本书的配套教学资源包括电子课件和书中所有插图,采用本书授课的教师通过 yuy@phei.com.cn 可免费获取。

本书可作为本科院校机械设计制造及其自动化专业及相关专业高年级本科生的教学用书,也适合专科生、研究生、教师和从事机电一体化设计制造的工程技术人员阅读参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有·侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化导论/杜建铭主编. —北京:电子工业出版社,2011.6

(高等院校机电类工程教育系列规划教材)

ISBN 978-7-121-13875-1

I. ①机… II. ①杜… III. ①机电一体化—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第117807号

策划编辑:余 义

责任编辑:余 义

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:10.75 字数:275千字

印 次:2011年6月第1次印刷

印 数:3000册 定价:23.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

序

2008年7月间,电子工业出版社邀请全国20多所高校几十位机电领域的老师,研讨符合“工程教育”要求的教材的编写方案。大家认为,这适应了目前我国高等院校工科教育发展的趋势,特别是对工科本科生实践能力的提高和创新精神的培养,都会起到积极的推动作用。

教育部于2007年1月22日颁布了教高(2007)1号文件《教育部财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》。同年2月17日,紧接着又颁布了教高(2007)2号文件《教育部关于进一步深化本科教学改革全面提高教学质量的若干意见》。由这两份文件,可以看到国家教育部已经决定并将逐步实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称质量工程),而质量工程的核心思想就在于培养学生的实践能力和创新精神,提高教师队伍整体素质,以及进一步转变人才培养模式、教学内容和方法。

教学改革和教材建设从来都是相辅相成的。经过近两年的教改实践,不少老师都积累了一定的教学经验,借此机会,编写、出版符合“工程教育”要求的教材,不仅能够满足许多学校对此类教材的需求,而且将进一步促进质量工程的深化。

近一年来,电子工业出版社选派了骨干人员与参加编写的各位教授、专家和老师进行了深入的交流和研究。不仅在教学内容上进行了优化,而且根据不同课程的需要开辟了许多实践性、经验性和工程性较强的栏目,如“经验总结”、“应用点评”、“一般步骤”、“工程实例”、“经典案例”、“工程背景”、“设计者思维”、“学习方法”等,从而将工程中注重的理念与理论教学更有机地结合起来。此外,部分教材还融入了实验指导书和课程设计方案,这样一方面可以满足某些课程对实践教学的需要,另一方面也为教师更深入地开展实践教学提供丰富的素材。

随着我国经济建设的发展,普通高等教育也将随之发展,并培养出适合经济建设需要的人才。“高等院校机电类工程教育系列规划教材”就站在这个发展过程的源头,将最新的教改成果推而广之,并与之共进,协调发展。希望这套教材对更多学校的教学有所裨益,对学生的理论与实践的结合发挥一定的作用。

最后,预祝“高等院校机电类工程教育系列规划教材”项目取得成功。同时,也恳请读者对教材中的不当、不贴切、不足之处提出意见与建议,以便重印和再版时更正。



中国工程院院士、西安交通大学教授

教材编写委员会

主任委员 赵升吨(西安交通大学)

副主任委员 (按姓氏笔画排序)

芮延年(苏州大学)

胡大超(上海应用技术学院)

钱瑞明(东南大学)

袁清珂(广东工业大学)

参编院校

(按拼音排序)

※ 安徽工业大学

※ 沈阳工业大学

※ 长安大学

※ 苏州大学

※ 东南大学

※ 苏州科技学院

※ 广东工业大学

※ 同济大学

※ 华南理工大学

※ 五邑大学

※ 华南农业大学

※ 武汉科技学院

※ 淮海工学院

※ 西安电子科技大学

※ 吉林师范大学

※ 西安工程大学

※ 南通大学

※ 西安工业大学

※ 山东建筑大学

※ 西安交通大学

※ 陕西科技大学

※ 西安科技大学

※ 上海应用技术学院

※ 西安理工大学

※ 深圳大学

※ 西安文理学院

前 言

“经济全球化趋势进一步发展,科技进步日新月异,知识经济初见端倪,综合国力竞争日趋激烈,世界经济处在深刻的调整之中,这种形势带来了新的挑战,也带来了新的发展机遇。”作为现代国民经济发展和综合国力重要支柱的制造业正不断面临着新问题、挑战和发展机遇,对制造业注入新学科、新理论、新技术、新思想,以使其具有灵捷的响应和适应市场快速变化的应变能力已刻不容缓。

作为制造装备、制造系统中重要的基础技术,机电一体化技术正是借助于现代系统工程、电力电子、微电子、传感检测、接口、自动控制、计算机、信息、光学等科学技术的迅猛发展及其在机械制造领域中的广泛应用、交叉融合和衍生而产生的一种新思想、新方法和新型综合技术,也因此被赋予新的内涵、内容和外延,在远比过去更广泛的领域中得到了良好的应用,取得了极其巨大的经济效益,使工业生产由“机械电气化”迈入了“(光)机电一体化”为特征的发展阶段。

为了使学生掌握机电一体化的基本概念、基础理论知识和应用能力,了解机电一体化技术的最新发展,多位编者在各自教学和研究的基础上共同编写,完成了本书。本书共分为6章。第1章介绍机电一体化的基本概念、内涵与发展,阐释机电一体化系统的组成、目的、功能及相关技术;第2章以机电一体化系统中的机械传动部件和机械支撑部件为对象,具体介绍典型的传动部件、旋转和导向支撑部件等的总体布局、机构选型、结构设计等基本问题;第3章在阐释传感器基本概念、组成和分类方法的基础上,介绍机电一体化系统中常用的各类传感器的基本原理、主要性能指标和特点,机电一体化系统对传感器主要性能的要求,以及选用的步骤、原则与方法;第4章结合最新产品发展和工程应用,介绍以电动机为代表的电动执行部件和以液压缸、气缸为代表的机械、液压和气动执行部件的结构原理、应用场合及使用要点;第5章介绍机电一体化控制系统中常用的PLC、单片机、工业控制计算机、开放式运动控制器的特点、分类、性能指标、发展趋势,以及选择与应用的思路、方法;第6章以机器人技术、机械滚齿机数控改造和立体化车库为典型实例,介绍机电一体化技术的典型应用及其工作原理、设计方法和设计思路。

为使学生学习和掌握机电一体化的思想、基础理论知识、基本方法、典型部件与技术及实际应用能力,本书围绕机电一体化的系统体系组织全书内容,以实际工程应用背景引入每一章节,在介绍和阐释相关内容时,对一些重点内容进行小结和点评,并配以实际的应用案例进行分析、讨论。本书的内容全面,体系新颖,启迪性强,注重工程上的实际应用,同时注重介绍机电一体化的理念和科学方法,培养学生的科学思维和技术创新能力。因此,本书可作为本科院校机械工程相关专业“机电一体化导论”、“机电一体化技术应用”、“机电一体化技术与系统设计”等课程的教学用书,也适合研究生、专科学学生、教师和从事机电一体化设计制造的工程技术人员阅读参考。本书的配套教学资源包括电子课件和书中所有插图,

采用本书授课的教师通过 yuy@phei.com.cn 可免费获取。

本书由杜建铭教授担任主编，程涛副教授、石红雁副教授、曾劲松讲师担任副主编。本书的具体编写分工是：杜建铭编写第1、3章和第6章的3.2节，石红雁编写第2、4章，曾劲松编写第5章，程涛编写前言和第6章的3.1节和3.3节。本书在编写过程中得到了深圳市模具先进制造技术重点实验室、深圳大学机械基础实验教学示范中心和电子工业出版社的大力支持和帮助，在此谨向有关老师和同志表示衷心的感谢。在本书的编写中，参考、借鉴了一些相关的国内外教材、专著、论文、资料和文献，对此特向各位作者表示真诚的敬意和感谢。深圳大学的李积彬教授、王华权教授和郑三元副教授对本书的编写提出了许多宝贵的意见，在此也一同致以诚挚的谢意！

限于编者的知识、能力，书中难免有错误和不妥之处，恳请广大师生与读者批评指正、不吝赐教。

编 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 机电一体化基本概念	2
1.2 机电一体化系统的组成	3
1.3 机电一体化的相关技术	5
1.4 机电一体化时代所面临最迫切的问题	6
1.5 机电一体化的发展	8
1.6 习题	8
第 2 章 机电一体化系统中的典型机械部件	9
2.1 机电一体化系统对机械部件的性能要求	10
2.1.1 机电一体化系统中机械部件的组成	10
2.1.2 机电一体化系统对机械传动机构的基本要求	10
2.1.3 机电一体化系统对机械支撑机构的基本要求	10
2.2 齿轮传动机构	11
2.2.1 齿轮传动机构的作用及特点	11
2.2.2 齿轮传动机构的设计	11
2.2.3 齿轮传动间隙的消除方法	13
2.2.4 差动齿轮传动机构	16
2.2.5 谐波齿轮传动机构	18
2.3 挠性传动机构	20
2.3.1 同步带传动机构	20
2.3.2 钢带传动	21
2.4 滚珠丝杠传动机构	22
2.4.1 滚珠丝杠传动机构的特点和作用	22
2.4.2 滚珠丝杠传动机构的结构形式	24
2.4.3 滚珠丝杠传动机构的主要结构参数	26
2.4.4 滚珠丝杠的传动形式	27
2.4.5 消除轴向间隙的调整与预紧方式	27
2.4.6 滚珠丝杠副的支撑装置	29
2.5 导轨	30
2.5.1 导轨的结构	30
2.5.2 导轨的类型	30
2.5.3 滑动导轨	31
2.5.4 滚动导轨	33
2.5.5 磁悬浮导轨	35

2.6 习题	35
第3章 机电一体化系统中的常用传感器及其选用	37
3.1 传感器的基本概念	38
3.1.1 传感器的组成和分类	38
3.1.2 各类传感器的主要性能指标及特点	40
3.1.3 机电一体化系统对传感器主要性能的要求和选用	43
3.2 机电一体化系统中常用的传感器	48
3.2.1 常用位置传感器	48
3.2.2 常用位移传感器	49
3.2.3 常用速度、加速度传感器	52
3.2.4 常用力和力矩传感器	54
3.2.5 其他类型传感器	56
3.3 传感器技术的发展	59
3.3.1 传感器固态化	59
3.3.2 传感器多功能化和集成化	60
3.3.3 传感器技术的微处理机化	60
3.3.4 传感器图像化	61
3.3.5 多传感器信息融合技术	62
3.4 习题	63
第4章 机电一体化系统中的典型执行部件	65
4.1 概述	66
4.2 液压执行部件	66
4.2.1 液压缸的类型和特点	67
4.2.2 液压马达类型和主要参数	69
4.2.3 液压执行元件的控制方式	71
4.3 气动执行元件	75
4.3.1 气缸的类型和特点	75
4.3.2 气液压马达的类型和特点	77
4.4 电动执行部件	79
4.4.1 概述	79
4.4.2 交直流电动机的特点和选型	79
4.4.3 步进电动机	83
4.4.4 直线电动机	85
4.4.5 超声波电动机	87
4.4.6 电动机的选型与应用	88
4.5 习题	90
第5章 典型机电一体化系统的控制器	91
5.1 控制器概述	92
5.2 PLC 控制系统	92

5.2.1 PLC 的定义	92
5.2.2 PLC 的主要特点及功能	93
5.2.3 PLC 的分类及其性能指标	95
5.2.4 PLC 的选择及应用	96
5.2.5 PLC 的发展	103
5.3 单片机控制系统	104
5.3.1 单片机控制系统的特点	105
5.3.2 单片机的分类及其性能指标	106
5.3.3 单片机的选择及其应用	110
5.4 工控机控制系统和开放式运动控制技术	114
5.4.1 工控机控制系统的特点	115
5.4.2 工控机在递阶控制系统中的应用	117
5.4.3 开放式运动控制技术发展现状及其应用	120
5.5 习题	123
第 6 章 典型机电一体化技术应用实例介绍	125
6.1 机器人技术	126
6.1.1 机器人的定义、分类	128
6.1.2 机器人的组成与结构	129
6.1.3 机器人的应用与发展展望	130
6.1.4 直角坐标机器人及其应用与设计	133
6.2 机械滚齿机 YG3612 数控改造方案分析	141
6.2.1 滚齿加工	142
6.2.2 案例分析	144
6.3 立体化车库	150
6.3.1 机械式立体车库的主要类型、基本参数	150
6.3.2 升降横移机械式停车库	151
6.3.3 循环式停车库	152
6.3.4 平面移动式机械停车库	154
6.3.5 巷道堆垛机械式停车库	155
6.3.6 垂直升降机械式停车库	155
6.3.7 电梯式立体车库	156
6.3.8 发展趋势	157
6.4 习题	157
索引	159
参考文献	160

工程背景

从 20 世纪五六十年代开始,科学技术飞速发展,电视机和电冰箱等家用电器开始进入家庭,人类对物质的需求日益增加,对于设计和制造业而言,必须通过不断的技术创新和大幅度的生产率提高才能适应日趋激烈的市场竞争,因此发达国家掀起了工厂自动化的研究热潮。

1) 大规模集成电路制造工艺的提高

1959 年,德州仪器公司首先宣布建成世界上第一条集成电路生产线。1962 年,世界上出现了第一件正式的集成电路产品。20 世纪 60 年代初,国际上出现的集成电路产品,每个芯片上的元件数在 100 个左右;到 1967 年,一个芯片上可集成 1000 个晶体管,这标志着大规模集成阶段的开端;到 1976 年,一个芯片上可集成 1 万多个晶体管;进入 20 世纪 80 年代,一个芯片上有几万个晶体管的大规模集成电路已经很普遍了,并且正向超大规模集成电路发展。如今,已出现属于第五代的产品,在不到 50 mm^2 的芯片上集成的晶体管数激增到 200 万个以上。

2) 微处理器和计算机技术的进步

随着 VLSI 大规模集成电路和计算机技术的飞速发展,微处理器的面貌日新月异,从单片集成上升到系统集成,性能价格比不断提高,微处理器字长从 4 位、8 位、16 位、32 位一直发展到 64 位,工作频率从不到 1 MHz 上升到数 GHz。目前,以最新微处理器为核心的第五代计算机将把信息采集、存储、处理、通信和人工智能结合在一起,具有形式推理、联想、学习和解释能力。它的系统结构已突破传统的冯·诺依曼机器的概念,实现高度的并行处理。

3) 传感器技术的进步

传感器是新技术革命和信息社会的重要技术基础,是现代科技的开路先锋,美国早在 20 世纪 80 年代就声称世界已进入传感器时代。如果说计算机是人类大脑的扩展,那么传感器就是人类五官的延伸。当集成电路、计算机技术飞速发展时,人们才逐步认识到信息摄取装置——传感器没有跟上信息技术的发展,而惊呼“大脑发达、五官不灵”。从 20 世纪 80 年代起,传感器开始受到普遍重视,逐步在世界范围内掀起了一股“传感器热”。美国国防部将传感器技术视为关键技术之一,日本把传感器技术与计算机、通信、激光半导体、超导并列为 6 大核心技术,德国视军用传感器为优先发展技术,英、法等国对传感器的开发投资逐年升级,前苏联军事航天计划中的第 5 条列有传感器技术。正是由于世界各国普遍重视和投入开发,传感器发展十分迅速,近十几年来其产量及市场需求年增长率均在 10% 以上。传感器技术已成为当今世界令人瞩目的高新技术之一,也是当代科学技术发展的一个重要标志,它与通信技术、计算机技术一起构成信息产业的三大支柱。

正是计算机技术、通信技术和传感器技术的高速发展,为机电一体化相关领域技术的进步奠定了基础。目前,典型的机电一体化产品从机器人、汽车、数控机床、飞机、导弹、航天飞机到智能冰箱、空调、数字电视机、DVD、数码相机等,已遍及人类生产、生活的各个领域。

1.1 机电一体化的基本概念

“机电一体化”一词起源于日本,1971年日本《机械设计》杂志副刊提出了“mechatronics”一词。该词由 mechanics (机械学) 的前半部分与 electronics (电子学) 的后半部分拼合而成,我国通常把它译为“机电一体化”或“机械电子学”,涵盖着“产品”和“技术”两个方面。

作为机械产品,由纯机械发展到机械电气化仍然属于传统机械,主要功能依然是代替和放大人的体力。但是发展到机电一体化产品以后,其中的微电子装置除可取代某些机械部件的原有功能外,还能赋予产品许多新的功能,如自动检测、自动处理信息、自动显示记录、自动调节与控制、自动诊断与保护等,从而使这些产品具有了智能的特征。

就机电一体化技术而言,它是由机械技术、计算机技术、伺服驱动技术、传感器技术、接口技术、先进控制技术、信息处理技术等群体技术有机融合而形成的一种综合性技术,而不是上述各种技术的简单组合、拼凑。这是机电一体化与机械加电气所形成的机械电气化——“电气机械”在概念上的根本区别。机电一体化技术的构成如图 1-1 所示。

“日本机械振兴协会经济研究所”于 1981 年对机电一体化概念所做的解释是:机电一体化是在机械主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术,并将机械设计与电子装置用相关软件有机结合而构成系统的总称。

1996 年美国机械工程师学会 (ASME) 与国际电气与电子工程师学会 (IEEE) 联合创刊的《机电一体化学报》(IEEE/ASME Transaction on Mechatronics),将机电一体化定义为:在工业产品和过程的设计与制造中,机械工程与电子和智能计算机控制的协同集成。

此时的机电一体化产品或系统已不仅是人类肢体的延伸,而且是人的感官与大脑的延伸,具有“智能化”的特征。图 1-2 所示的是典型的机电一体化产品——七自由度机械手。

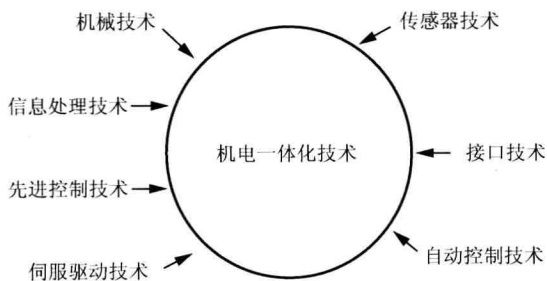


图 1-1 机电一体化技术的构成

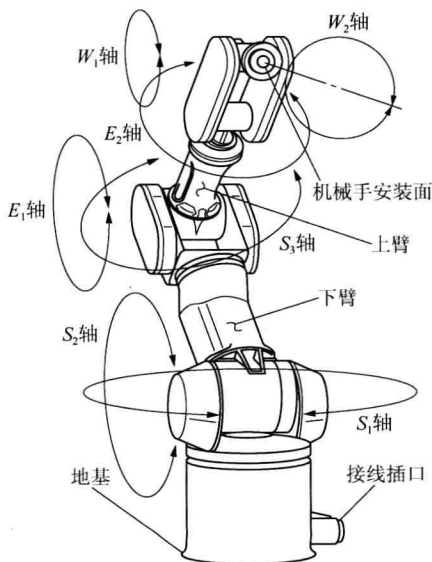


图 1-2 七自由度机械手

1.2 机电一体化系统的组成

任何一种产品或一个系统都具有一定的功能,以便满足人们的使用要求,传统的机械产品主要是解决物质流和能量流的问题,而机电一体化产品或系统除了解决物质流和能量流的问题之外,还要解决信息流的问题。物质、能量和信息是构成当今工业的三大要素。

机电一体化产品或系统的主要功能就是对输入的物质、能量与信息按照要求进行处理,然后输出具有所需特性的物质、能量与信息。因此,就要求机电一体化产品或系统必须具备变换、传递或存储三大目的功能:①变换——就是进行加工、处理;②传递——就是移动、输送;③存储——就是保持、积蓄和记录,如图1-3所示。

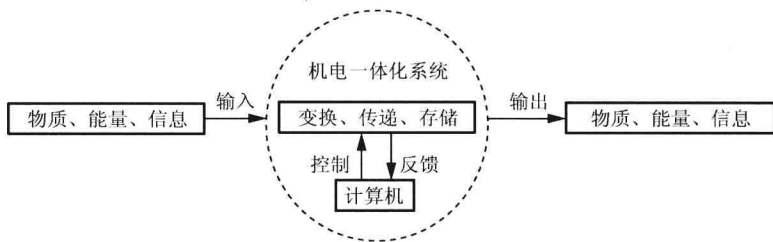


图 1-3 机电一体化系统的目的功能

【应用点评 1-1】 机电一体化产品或系统三大目的功能举例

(1) 以物料搬运、加工为主要功能,其输入物质可以是原材料、毛坯等,输入的能量可以是电能、液能或气能等,输入的信息往往是一系列操作及控制指令等,上述输入的物质经过机电一体化产品或系统的加工处理,输出改变了位置、尺寸和形态的物质,这样的系统(或产品)称为加工机。例如,各种数控机床、自动化流水线等都是典型的机电一体化产品或系统。

(2) 以能量转换为主要功能,其将输入的一种能量转换成另外一种能量输出,这样的机电一体化产品或系统称为动力机。例如,采用计算机控制的内燃机就是把电能、热能转换成机械能。

(3) 以信息处理为主要功能,其输入信息和能量经过机电一体化产品或系统的处理,输出所需的某种信息,如数据、声音、图像等,这样的机电一体化产品或系统称为信息机。具体实例包括各种智能仪器、仪表,数码照相机、传真机等。

为了实现上述功能,典型的机电一体化产品或系统通常由以下几个部分组成。

(1) 动力部分 按照系统控制要求,为机电一体化产品或系统提供能量和动力,驱动执行机构工作以完成预定的主功能。动力系统包括电、液、气等多种动力源。

(2) 执行部分 在控制信息的作用下完成要求的动作,实现产品的主功能。执行部件一般是运动部件,常采用机械、电液、气动等机构。执行机构因机电一体化产品的种类和作业对象的不同而有较大的差异,它们可以是伺服电动机,也可以是液压缸或气缸等。执行机构是实现产品目的功能的直接执行者,其性能好坏决定着整个产品的性能,因而是机电一体化产品中重要的组成部分。

(3) 机械部分 首先它是控制的对象,除了用于传递动力之外,还用于支撑和连接其他组成部分,并把各部分合理地结合起来,形成有机的整体。机电一体化产品或系统的种类繁多,但都离不开机械本体部分,要求其工作时刚度高、强度大、振动小、噪声低、安全可靠。

(4) 传感检测部分 将机电一体化产品或系统在运行过程中所需的自身和外界环境的各种参数及状态转换成可以测定的物理量,同时利用检测系统的功能对这些物理量进行测定,为机电一体化产品或系统提供运行控制所需的各种信息。传感与检测系统的功能一般由传感器或仪表来实现,对其要求是体积小、便于安装与连接、检测精度高、抗干扰等。

(5) 信息处理与控制部分 根据机电一体化产品或系统的功能和性能要求,信息处理及控制部分接收传感与检测系统反馈的信息,并对其进行相应的处理、运算和决策,以对产品的运行施以按照要求的控制,从而实现控制功能。机电一体化产品中,信息处理及控制部分主要是由计算机软件、硬件及相应的接口电路和信号传输部分组成。硬件一般包括输入/输出设备、可编程控制器和数控装置。该部分要求信息处理速度快,A/D和D/A转换及时,输入/输出可靠,系统的抗干扰能力强。

机电一体化产品或系统的五个组成部分在工作时相互协调,共同完成所规定的目的功能。在结构上,各组成部分通过各种接口及其相应的软件有机地结合在一起,构成一个内部匹配合理、外部效能最佳的完整产品。图 1-4 所示的是典型机电一体化产品——数控机床的组织结构框图,它很好地表达了机电一体化产品上述五大组成部分之间的相互关系。

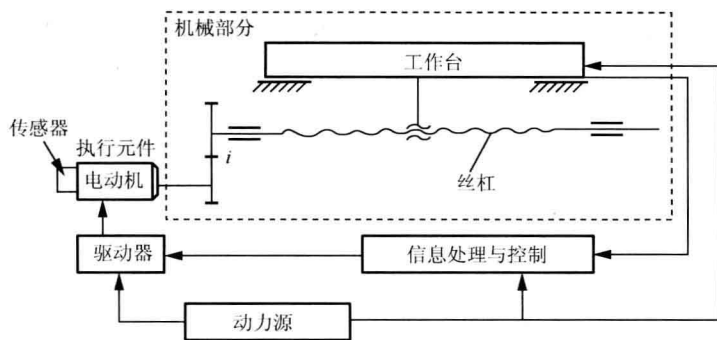


图 1-4 典型机电一体化产品的五大组成部分

如果把上述机电一体化产品或系统与人体相比较,可得出如表 1-1 所示的对应关系。

表 1-1 机电一体化产品或系统与人体各部分功能对照表

人 体	机电一体化系统	举 例	功 能
消化系统和心脏	动力部分	电源, 气源、液压源	提供能量
骨骼和关节	机械部分	齿轮、滚珠丝杆等	传递运动、动力, 变速和支撑
五官和皮肤	传感检测部分	光电编码器等	信息反馈
肌肉	执行部分	电动机、液压或气压缸	驱动机械部分
大脑	信息处理与控制部分	控制系统硬件	指挥中心(信息处理与控制)
思维逻辑		控制系统软件	逻辑判断、控制算法等
神经元		接口电路	信号转换、放大等
神经网络系统		信号传输网络	为信息传输提供通道

1.3 机电一体化相关技术

发展机电一体化所面临的共性关键技术包括机械技术、计算机技术、伺服驱动技术、传感器技术、接口技术、自动控制技术、信息处理技术和网络技术等,以及由于上述各种技术的综合应用而产生的系统集成技术。

1) 机械技术

机械技术是机电一体化的基础,机电一体化产品的主功能和构造功能往往以机械技术为主得以实现。在机械与电子相互结合的实践中,不断对机械技术提出更高的要求,使现代机械技术相对于传统机械技术发生了很大变化。新材料、新工艺、新原理、新机构等不断出现,现代设计方法不断发展和完善,以满足机电一体化产品对减轻重量、缩小体积、提高精度和刚度、改善性能等多方面的要求。

2) 信息处理技术

所谓信息处理技术,主要是指利用计算机、网络、通信等技术对信息进行搜集、编码、压缩、展开等处理技术。从信息的开发、存储、传输到利用,由一系列的机械硬件与计算机软件相互支撑而实现。信息处理是否及时、准确,直接影响机电一体化产品或系统的质量和效率,因而也是机电一体化的关键技术。

3) 计算机技术

在机电一体化产品中,实现信息处理技术的主要工具是计算机。计算机技术包括硬件和软件技术、网络与通信技术、数据处理技术和数据库技术等。在机电一体化产品中,计算机信息处理装置是产品的核心,它控制和指挥整个机电一体化产品的运行。信息处理是否正确、及时,直接影响到系统工作的质量和效率,因此计算机技术及信息处理技术已成为促进机电一体化技术发展和变革的最活跃的因素。

4) 伺服驱动技术

伺服驱动技术主要是指机电一体化产品中的执行元件和驱动装置设计中的技术问题,它涉及设备执行操作的技术,对所加工产品的质量具有直接的影响。机电一体化产品中的执行元件有电动、气动和液压等类型,其中多采用电动式执行元件,驱动装置主要是各种电动机的驱动电源电路,目前多由电力电子器件及集成化的功能电路构成。执行元件通过接口电路与计算机相连,以实现规定的动作。因此,伺服驱动技术直接影响着机电一体化产品的功能执行和操作,对产品的动态性能、稳定性能、操作精度和控制质量等产生决定性的影响。

5) 自动控制技术

所谓自动控制技术,就是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规律运行。自动控制技术的广泛应用,不仅大大提高了劳动生产率 and 产品质量,改善了劳动条件,而且在人类征服大自然、探索新能源、发展空间技术与改善人类物质生活等方面起着极为重要的作用。自动控制技术这一学科主要讨论控制原理,包括控制规律、

分析方法和系统构成等。机电一体化将自动控制作为重要的支撑技术，自动控制装置是它的重要组成部分。

随着科学技术发展和工程实践的需要而发展起来的现代自动控制技术主要以状态空间为基础，研究多输入、多输出、变参量、非线性、高精度、高效能等控制系统的分析和设计问题。最优控制、最佳滤波、系列识别、自适应控制等都是这一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，现代控制理论在系统工程和模仿人类活动的智能控制等领域取得了重大进展。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等都是有待开发研究的课题。

6) 传感器技术

在机电一体化产品中，工作过程的各种参数、工作状态及与工作过程有关的相应信息都要通过传感器进行接收，并通过相应的信号检测装置进行测量，然后送入信息处理装置及反馈给控制装置，以实现产品工作过程的自动控制。机电一体化产品要求传感器能快速和准确地获取信息，并且不受外部工作条件和环境的影响，同时检测装置能不失真地对信号进行放大、输送和转换。

7) 接口技术

机电一体化系统是机械、电子和信息等性能各异的技术融为一体的综合性能，其构成要素和子系统之间的接口极其重要。从系统外部看，输入/输出是系统与人、环境或其他系统之间的接口；从系统内部看，机电一体化系统是通过许多接口将各组成部分的输入/输出联系成一体。因此，各子系统之间的接口性能就成为系统综合性能好坏的决定因素。机电一体化系统最重要的设计任务之一往往就是接口设计。

8) 系统集成技术

机电一体化产品或系统的多功能、高精度、高效能要求和多领域技术的交叉，不可避免地使产品本身及其开发设计技术复杂化。系统的总体性能不仅与各组成部分的功能、精度、性能相关，而且有赖于各组成部分是否进行了很好的协调和融合。系统集成技术就是从整体目标出发，用系统的观点和方法，将机电一体化产品的总体功能分解成若干功能单元，找出能够完成各个功能的可能技术方案，再把各个功能与技术方案组合成方案组进行分析、评价，综合优选出适宜的技术方案。系统集成技术的目的是通过协调各组件的相互关系和所用技术的一致性来保证产品实现经济、可靠、高效率和操作方便等的。系统集成技术是最能体现机电一体化特点的技术，也是保证其产品工作性能和技术指标得以实现的关键技术。

1.4 机电一体化时代所面临最迫切的问题

机电一体化产品或系统是由机械产品随着科学和技术的不断进步演化发展而来的，因而其早期产品的设计只需要与机械相关的理论和知识，由具有丰富实践经验的机械工程师单独进行设计即可完成。图 1-5 所示的是一个早期机械式调速器控制系统。

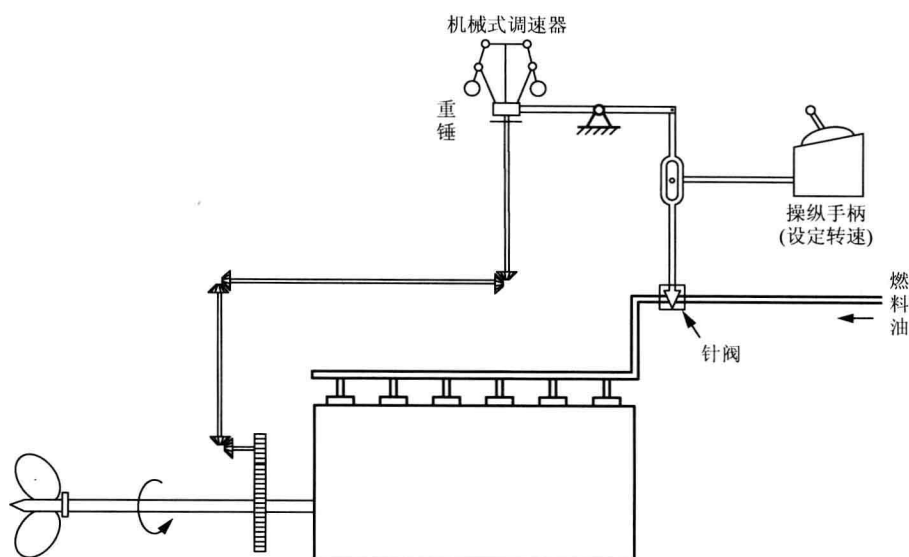


图 1-5 早期机械式调速器控制系统

到机械电气化阶段，仅仅具有机械方面的知识已经不够，还需要电气控制方面的理论和知识，其产品设计通常由机械工程师和电气工程师共同协作完成，这主要源于传统的学科分类，不同学科培养出来的工程师所具备的知识和经验完全不同，很少交叉，不过由于仅涉及机械工程师和电气工程师，所以产品设计和开发的组织、协调工作相对比较容易。

到了机电一体化时代，由于其产品涉及多个学科，包括机械、电气、计算机和信息四个基本学科，而机电一体化技术是由机械技术、计算机技术、伺服驱动技术、传感器技术、接口技术、自动控制技术、信息处理技术等群体技术有机融合而形成的一种综合性技术，因此机电一体化产品或系统通常是一个复杂系统。图 1-6 所示的是一个采用微电子技术进行反馈调速的机电一体化系统，此时传统的机械工程师和电气工程师已无法胜任其设计工作，迫切需要培养能够协调机械、电气、控制、计算机软硬件设计工程师开展联合设计的具有机电一体化综合知识和技能的人才。

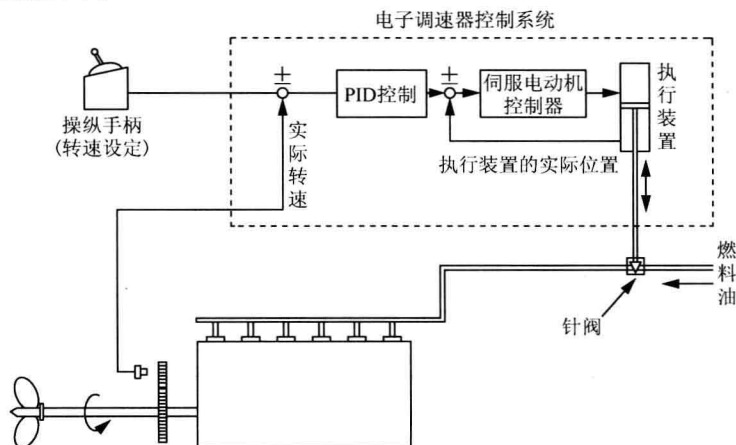


图 1-6 采用微电子技术进行反馈调速的机电一体化系统