

普通高等院校“十三五”规划教材

普通高等院校“十二五”规划教材

普通高等院校机械类精品教材



顾 问 杨叔子 李培根

机电一体化系统设计

JIDIAN YITIHUA XITONG SHEJI

(第三版)

冯 浩 汪建新 赵书尚 杨 威 主编

孙庆鸿 主审



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

内 容 提 要

本书在论述机电一体化系统分析方法和设计步骤的基础上,重点介绍了目前在机械系统、电动执行器、检测系统、控制系统中常用和主流的技术,并且结合了实际的案例,体现了本书实用性强的特点。最后提供了三个机电一体化系统设计实例可供参考。

本书兼顾了课堂教学及自学的特点和需要,每章都有适量的习题,并且书后附有部分习题答案,以供读者加深对机电一体化概念的理解,进一步检验学习的效果。

本书可作为普通高校机械及机械电子工程专业的专业课或选修课教材,也可供函大及职大等学校的相关专业使用及有关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/冯浩等主编. —3 版. —武汉: 华中科技大学出版社, 2020. 7
普通高等院校“十三五”规划教材 普通高等院校机械类精品教材
ISBN 978-7-5680-6249-7

I. ①机… II. ①冯… III. ①机电一体化-系统设计-高等学校-教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 090428 号

机电一体化系统设计(第三版)

Jidian Yitihua Xitong Sheji(Di-san Ban)

冯 浩 汪建新 赵书尚 杨 威 主编

策划编辑: 俞道凯

责任编辑: 程 青

封面设计: 陈 静

责任监印: 周治超

出版发行: 华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话: (027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编: 430223

录 排: 武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷: 湖北新华印务有限公司

开 本: 787mm×960mm 1/16

印 张: 16 插页: 2

字 数: 350 千字

版 次: 2020 年 7 月第 3 版第 1 次印刷

定 价: 39.80 元



本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循，有规可依，有鉴可借，有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高等学校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。和而不同,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 机电一体化	(1)
1.2 机电一体化系统	(6)
1.3 知识扩展	(10)
习题	(10)
第 2 章 机电一体化系统设计和分析方法	(11)
2.1 机电一体化系统设计概述	(11)
2.2 产品功能分析和设计	(14)
2.3 性能指标及分配方法	(19)
2.4 机电一体化系统的建模和仿真	(22)
2.5 系统的分析方法	(31)
2.6 知识扩展	(38)
习题	(39)
第 3 章 机械系统设计	(41)
3.1 机械系统设计概述	(41)
3.2 机械传动部件设计	(42)
3.3 支承部件设计	(62)
3.4 精密机械的精度设计和误差分配	(79)
3.5 知识扩展	(82)
习题	(82)
第 4 章 伺服系统设计	(84)
4.1 概述	(84)
4.2 伺服系统中的执行器及其控制	(86)
4.3 伺服系统中执行器的选择	(111)
4.4 闭环控制的伺服系统设计举例	(114)
4.5 知识扩展	(119)
习题	(120)
第 5 章 检测系统设计	(122)

5.1	概述	(122)
5.2	机电一体化系统常用的传感器和信号输出类型	(124)
5.3	模拟信号的检测	(133)
5.4	数字信号的检测	(161)
5.5	数据采集设计	(168)
5.6	知识扩展	(173)
	习题	(174)
第 6 章	控制系统及接口设计	(175)
6.1	概述	(175)
6.2	单片机接口及控制系统设计	(177)
6.3	PLC 控制系统设计	(198)
6.4	基于运动控制器的控制系统设计	(219)
6.5	知识扩展	(228)
	习题	(229)
第 7 章	机电一体化系统实例	(231)
7.1	光电跟踪切割机	(231)
7.2	GCP-87 型电子皮带秤	(235)
7.3	运动目标的模拟器和干扰器	(239)
	习题	(246)
	部分习题参考答案	(247)
	参考文献	(251)

第 1 章 绪 论

近年来,世界各国政府和企业界更加重视工业发展,重视工业与互联网的融合,形成互联网时代的工业新思维。在这个背景下,诞生了德国的“工业 4.0”,我国的工业化和信息化的“两化”融合及“中国制造 2025”。机电一体化产品作为信息与物理系统连接的关键节点或界面,在各个领域得到了广泛应用和极大发展;生物电子、量子计算机、纳米和皮秒系统,以及其他可能出现的新技术与机械系统的一体化过程又为机电一体化带来了更加光明的未来。

本章从机电一体化和机电一体化系统及其相关的基本概念出发,帮助读者建立起机电一体化的基本理念。

1.1 机电一体化

1.1.1 机电一体化的基本概念

机电一体化从 20 世纪 70 年代提出概念开始至今,其内涵一直在不断更新和发展。在国内外,对机电一体化的含义也有不同的理解,但由日本机械振兴协会经济研究所于 1983 年 3 月所作的解释被大家所普遍接受,即“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。”对这个概念可以从一体化特征和柔性化及智能化目标等几个层面来理解。

1. 一体化特征的理解

一体化特征即系统集成的特征。根据系统学的观念,系统集成后的标准是:多个元素按照预定的目标组织起来,使整体的功能和性能大于各组成元素功能和性能之和。机电一体化是以机械为主体,利用电子和信息技术对产品进行优化。

在传统的机械产品中,为了达到变速的目的,通常使用一系列齿轮来实现,但现代数控车床的变速箱结构已大大简化,调速功能由电子调速实现,并采用程序控制方式实现不同部件之间的联动。简化的机械传动结构不仅提高了传动精度,也提高了机床的整体性能。在传统机床中,只有高等级机床的精度才能达到 $10\ \mu\text{m}$,而现在的普通数控机床精度就可达到 $1\ \mu\text{m}$ 。

机电一体化不仅包含机电一体化产品的一体化特征,还包含机电一体化技术的内容。机电一体化技术主要包括技术原理和使机电一体化产品(系统)得以实现、使用和发展的

技术,所涉及的共性关键技术有:检测传感技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、机械和系统总体技术等。这些技术在机电一体化的概念下,交叉融合,形成了机电一体化系统的技术总成。

机电一体化除了强调机与电的有机结合,还被赋予了更深刻、更广泛的含义。由各种现代高新技术与机械和电子技术相结合而形成的所有技术、产品(或系统)都应属于机电一体化范畴。目前所衍生出的机电液(液压)一体化、机电光(光学)一体化、机电仪(仪器仪表)一体化及机电信(信息)一体化等,实质上都可归结为机电一体化。

2. 机电一体化的作用

机械产品的机电一体化可以在多个方面让产品的品质提高,如操作性能改善、体积减小、重量减轻、可靠性和加工精度提高及节能省力等,但是机电一体化的最初目标,亦即其所产生的最大作用,在于扩展功能、增强柔性和提高机器智能(自动化)程度。

智能化是机电一体化系统的重要外在特征之一。譬如:现代移动机器人可以通过传感器获取对外界环境变化的感知;行动决策部分根据感知,利用已有的知识和规则(软件),面向要达到的目标进行动态的路径规划,决定移动策略(送给移动控制指令);移动机构按指令实现移动。现代移动机器人与传统工业机器人重要的不同点在于,决策能力的提升,使得机器人可以在未知环境下完成任务,这是机器智能的重要体现。但无论机电一体化系统智能程度如何,显然引入电子技术和信息技术都是实现智能化的重要基础。

柔性是机电一体化系统的又一个重要外在特征,所体现的是机电一体化系统为面向多任务的系统。例如,现代柔性加工系统——各类加工中心,可在一个工位上实现不同的加工任务,而传统的机械加工车间由不同功能的车、削、铣、刨、磨等专业机床完成不同的加工面 and 不同精度的加工任务。现代柔性加工系统尽可能缩短了加工路线,极大地提高了工作效率。

概括地讲,机电一体化是利用电子、信息技术使机械柔性化和智能化的技术和产品的总称。

1.1.2 机电一体化技术构成

机电一体化技术的重要实质是应用系统工程的观点和方法来分析和研究机电一体化产品或系统(以往统称为机电一体化产品),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,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。机电一体化技术的构成和应用领域如图 1-1 所示。要深入进行机电一体化研究及产品开发,就必须了解并掌握这些技术。这些技术主要有机械技术、检测与传感技术、计算机及信息处理技术、自动控制技术、伺服驱动技术和系统总体技术。



图 1-1 机电一体化技术的构成和应用领域

1. 机械技术

机械技术是机电一体化的基础,是关于机械的机构及利用这些机构传递运动的技术。机电一体化产品中的主功能和构造功能往往是以机械技术为主实现的。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,尤其是精密机械技术和现代机械设计方法不断发展和完善,满足了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. 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。传感器作为感受元件,将各种内、外部信息通过相应的信号检测装置反馈给控制及信息处理装置。因此检测装置与传感器是机电一体化系统与外界环境之间的接口,提供的是系统进行决策所必需的原始信息,是实现自动控制的关键环节。机电一体化要求传感器能快速、精确地获取信息,并经受各种严酷环境条件的考验。但是目前检测与传感技术还不能与机电一体化的发展相适应,使得不少机电一体化产品不能达到满意的效果或无法实现设计。因此,如何增强传感器功能和提高性能,如何适当使用各种传感器,将成为今后技术研究的重点问题。

3. 计算机及信息处理技术

信息处理技术包括信息的交换、存储、运算、判断、估计和决策等,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。计算机及信息处理技术的应用决定了机电一体化产品的智能程度,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。在机电一体化产品中,计算机与

信息处理装置指挥着整个产品的运行。信息处理是否正确、及时,直接影响机电一体化产品工作的质量和效率。因此,计算机及信息处理技术的应用已成为促进机电一体化技术和产品发展最活跃的因素。

4. 自动控制技术

自动控制技术的范围很广,包括自动控制理论,在理论指导下进行控制系统设计,设计完成后的系统仿真技术、现场调试技术直至研制系统可靠运行等,贯穿于从理论到实践的整个过程。由于被控对象种类繁多,因此控制技术的内容极其丰富,包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制及自诊断、校正、补偿、示教再现、检验等。

自动控制技术是机电一体化系统总体设计中的主要技术,控制单元对各种信息的处理、加工,并根据加工结果发出控制指令等一系列重要的工作程序都是应用自动控制技术进行设计的结果。由于计算机的广泛应用,自动控制技术已经和计算机控制技术紧密联系在一起,成为机电一体化系统设计的重要支撑技术之一。

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,是研究使执行元件在控制指令下迅速、准确地完成目标运动和动作的技术。执行元件有电动、气动、液压等多种类型,机电一体化产品中多采用电动式执行元件,其驱动装置主要是指各种电动机的驱动电源电路,目前多采用电力电子器件及集成化的功能电路构成。执行元件一方面通过电气接口向上与微机相连,以接收微机的控制指令;另一方面又通过机械接口向下与机械传动和执行机构相连,以实现规定的动作。伺服驱动技术是直接执行操作的技术,对机电一体化产品的动态性能、稳态精度、控制质量等具有决定性的影响。

6. 系统总体技术

系统总体技术是指从整体目标出发,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。

系统总体技术所包含的内容很多,主要包括系统设计技术、系统评价技术、系统调试技术及接口技术,机电一体化产品的各功能单元通过接口连接成一个有机的整体。系统总体技术是最能体现机电一体化设计特点的技术,其原理和方法还在不断发展和完善。

1.1.3 机电一体化技术的产生背景和发展趋势

1. 机电一体化技术的产生背景

机电一体化技术是社会生产力发展的需要,它有着深刻的技术背景。推动机电一体化技术发展的进程中,微电子和计算机技术可以认为是它得以产生的前提。微电子技术的突飞猛进是现代技术进步的一个源泉,计算机技术和信息处理技术等都在它的影响下高速发展。图 1-2 所示为机电一体化技术的发展时间表。

	微电子技术	微处理器	机电一体化
1947	半导体晶体管诞生		
1950'	半导体集成电路		
1952			第一台数控机床
1959			第一台可编程机器人
1970'	大规模集成电路		
1971		4位微处理器	
1973		8位微处理器	
—			
1977			
1978			
1979		16位微处理器	
1980'	超大规模集成电路		
1983		高性能16位微处理器	数控机床、工业机器人、汽车电子、
1985		32位微处理器	航空航天、武器系统等
1990'	巨大规模集成电路		
1993		64位微处理器	通信技术引入网络化产品,在各 个领域渗透
			微机械电子

图 1-2 机电一体化技术的发展时间表

在图 1-2 中,微处理器的发展代表着计算机发展的标志性阶段。在微电子技术尚处于小、中规模集成电路的年代,人们就已经使用这些集成电路生产各种各样的工业控制机、程序机,使各种各样的生产设备达到了不同程度的自动化,大幅度地提高了劳动生产率。进入大规模集成电路年代,各种功能强劲的专用和通用芯片被开发出来,使机器设备有了“电脑”的武装,机器的功能加强、性能提高、操作性更强,同时原材料和能源的消耗也降低了,人们开始认识到机器是人手延伸和电子计算机是人脑延伸的真正含义。到了超大规模和巨大规模集成电路年代,人们已经在各个领域内采用机电一体化技术,甚至开始讨论机械与电子在芯片级的集成问题,即现在的一个研究的热点领域——微机械电子。

机电一体化的发展有一个从自发状况向自为方向发展的过程。一直到 19 世纪 70 年代,日本人把“mechanic”和“electronics”组合在一起发明了“mechatronics”这个单词,机电一体化技术才作为独立的技术为大家所认识和研究。机电一体化技术应用领域很广,但它本身的定义并不确定,它的基础研究工作还需要大量的投入。

从机电一体化产生的背景和发展过程可进一步认识到,它是多种技术互相渗透的结果,同时它在社会生活中无孔不入,必将对未来的生活和生产方式产生巨大的影响。

2. 机电一体化技术的发展趋势

正如机电一体化技术的产生一样,机电一体化技术今后的发展和进步必须依赖相关

技术并反过来促进相关技术的发展和进步,它的发展也必然与社会发展的需求相契合。机电一体化技术的发展趋势可以从三个方面进行归纳:性能上,向高精度、高效率、高性能、智能化等方向发展;功能上,向小型化、轻型化、多功能等方向发展;层次上,向系统化、复合集成化等方向发展。

1) 智能化

智能化是机电一体化技术的重要特征。今后,机电一体化技术必将朝着更高的智能化程度发展。在控制理论的基础上,吸收人工智能、运筹学、计算机科学、模糊数学、心理学、生理学和混沌动力学等学科中的新思想、新方法,模拟人类智能,使它具有推理、逻辑思维、自主决策等能力,以实现更高的控制目标。随着人工智能等相关技术的进步,机电一体化产品的智能化发展也将从单个产品的智能化向由机电一体化产品构成的大系统智能化方向发展。

2) 网络化

网络技术的兴起和飞速发展给社会生活的各方面都带来了巨大的变革。基于网络的各种远程控制和监视技术方兴未艾,机电一体化产品的远程控制就是其中一种形式。现场总线和局域网技术使生产设备网络化已成趋势,利用网络可将各种独立的机电一体化产品联系起来,成为一个大的复杂系统,为企业制造系统的形成提供物质基础。现在,就是家用电器也可以连接成以计算机为中心的计算机集成家电系统(computer integrated appliance system, CIAS),使人们在家里分享各种高技术带来的便利与快乐。

3) 微型化

微型化兴起于20世纪80年代末,是指机电一体化产品向微型机器和微观领域发展的趋势。国外称其为微电子机械系统(MEMS),泛指几何尺寸不超过 1 cm^3 的机电一体化产品,并向微米、纳米级发展。微型机电一体化产品体积小、耗能少、运动灵活,在生物医疗、军事、信息等方面具有不可比拟的优势。微型机电一体化产品发展的瓶颈在于微机械技术。微型机电一体化产品的加工采用精细加工技术,即超精密技术,它包括光刻技术和蚀刻技术两类。

4) 系统化

系统化的主要特征是系统体系结构进一步采用开放式和模式化的总线结构。产品被分解为若干层次,系统功能分散;在各个小系统中,各种分技术又相互渗透和相互融合。各种系统可以灵活组态,进行任意剪裁和组合,同时寻求实现多子系统协调控制和综合管理。

1.2 机电一体化系统

1.2.1 系统构成

机电一体化系统是由计算机信息网络协调与控制,用于完成包括机械力、运动和能量流传递等动力学任务的机械和(或)机电部件相互联系的系统。即机电一体化产品是具有

特定目标的有机整体,这个目标对应系统的主体功能。其主体功能是对系统的输入(如物质、信息和能量等)完成特定的转换(如变换、传递和储存等)。但是,机电一体化系统要实现其目的,还要具备动力、检测、信息与控制等其他四个功能。

机电一体化系统的功能结构如图 1-3 所示。主功能是必须具备的,表明系统的主要特征。例如:电动机、水轮机和内燃机等原动机以能量转换为主;各种仪器、仪表、传真机和各种办公机械等以信息处理为主;对各种机床来说,输入物质经加工处理,输出为改变了位置和形态的物质。

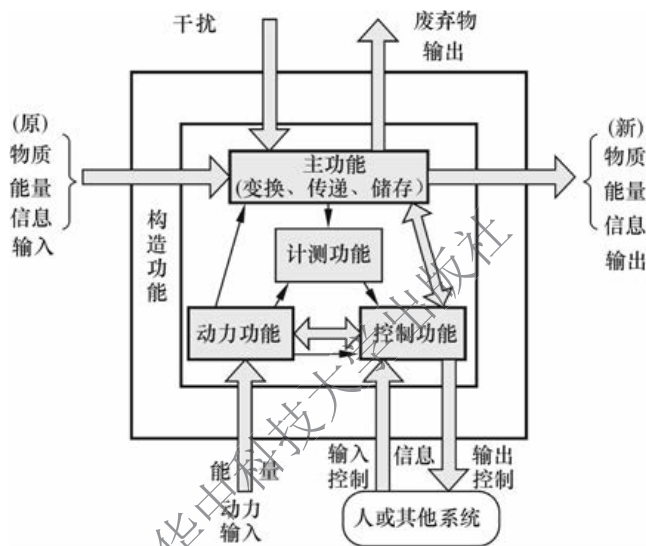


图 1-3 机电一体化系统的功能结构

机电一体化系统的组成要素与功能对应有机械本体、动力、控制与信息处理、传感器检测、执行元件等五个。

机械本体包括机架、机械连接等在内的系统支持结构,属于基础部分,用于实现产品的构造功能。动力包括电源、电动机等执行元件及其驱动电路,用于实现能量的转换,即把输入的能量转换成需要的形式,实现动力功能。控制与信息处理主要是指由计算机及其相应的硬、软件所构成的控制系统,它根据产品的功能和性能要求及传感器的反馈信息,进行处理、运算和决策,对产品运行施以相应的控制,实现控制功能。传感器检测包括各种传感器及其信号检测电路,用于对产品运行时的内部状态和外部环境进行检测,提供运行控制所需的各种信息,实现计测功能。执行元件包括机械传动与操作机构,用于在控制信息作用下完成要求的动作,实现产品的主功能。

机电一体化系统的五个基本组成要素之间并非彼此无关或只是简单拼凑、叠加在一起,而是在各司其职的同时互相补充、互相协调,共同完成所规定的任务,即在机械本体的

支持下,由传感器检测产品的运行状态及环境变化,将信息反馈给控制与信息处理装置,控制与信息处理装置对各种信息进行处理,并按要求控制动力源驱动执行机构进行工作。在结构上,各组成要素通过各种接口及相关软件有机地结合在一起,构成一个内部合理匹配、外部效能最佳的完整产品。

各要素或系统之间的联系被称为接口(interface)。如图 1-4 所示,在系统的层次上,系统与人、外部环境及其他系统之间的接口是系统的输入/输出,而各构成要素或子系统之间也通过各类接口实现信息、能量和物质的交换。因此,机电一体化系统的接口性能是综合系统性能评价的决定性因素。在某种意义上,机电一体化设计就是“接口设计”。

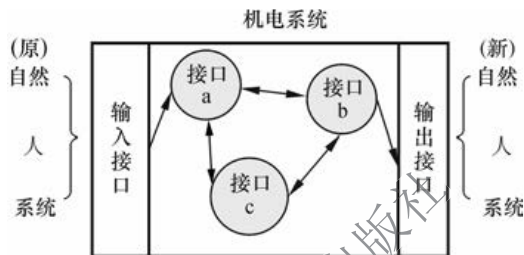


图 1-4 系统内外部接口

根据接口的输入/输出功能,可将接口分为以下四种。

(1) 机械接口 它是指通过形状、尺寸精度、配合、规格等机械量实现各系统之间的机械连接的接口。如联轴器、管接头、万能插口等。

(2) 物理接口 它是指通过接口部位的物质、能量与信息的具体形态和物理条件约束的接口。如受电压、频率、电流、电容、传递扭矩和功率的大小约束的接口。

(3) 信息接口 它是指受规格、标准、法律、语言、符号等逻辑、软件约束的接口。

(4) 环境接口 它是指对周围环境条件(如温度、湿度、磁场、火、振动、放射线、水、气等)等有保护作用和隔绝作用的接口。如防尘过滤器、防水连接器、防爆开关等。

1.2.2 机电一体化系统分类及其应用

对机电一体化系统(产品)的分类,可以从机电一体化系统的机电集成度和应用领域两个角度来阐述。

根据机电集成度,机电一体化产品可划分为机电融合型、功能附加型和功能替代型三类。

机电融合型产品的主要特征是,根据产品的功能和性能要求及技术规范,以系统的方法分配“机”与“电”的功能和性能指标,设计方案不受已有产品的约束,并且通常采用专门设计的或具有特定用途的集成电路来实现产品的控制和信息处理等功能,因而产品结构更加紧凑,设计更加灵活,成本进一步降低。换句话说,机电融合型产品是机与电在更深层次上有机结合的产品,如传真机、复印机、磁盘驱动器、CNC 数控机床等。

功能附加型产品的主要特征是,在原有机械产品的基础上,采用微电子技术,使产品功能增加和增强,性能得到适当的提高。如经济型数控机床、电子秤、数显量具、全自动洗衣机等都属于这一类机电一体化产品。

功能替代型产品的主要特征是,采用微电子技术及装置取代原产品中的结构来完成机械控制功能、信息处理功能或主功能,使产品结构简化,性能提高,柔性增加。如电子缝纫机用微电子装置取代了原来复杂的机械控制机构;电子石英钟、电子式电话交换机等用微处理器取代了原来机械式信息处理机构;线切割加工机床、激光手术器等则是因微电子技术的应用而产生的新功能,取代了原来机械的主功能。

从机电一体化的定义看,机电一体化融合型产品才真正符合机电一体化的发展方向,而其他两类则是机电一体化的中间过程。

机电一体化产品的应用领域十分广泛,从应用领域产品的分类概况可以看出,机电一体化产品遍布社会生产和生活的各个领域,图 1-5 所示为机电一体化产品的部分应用领域举例。

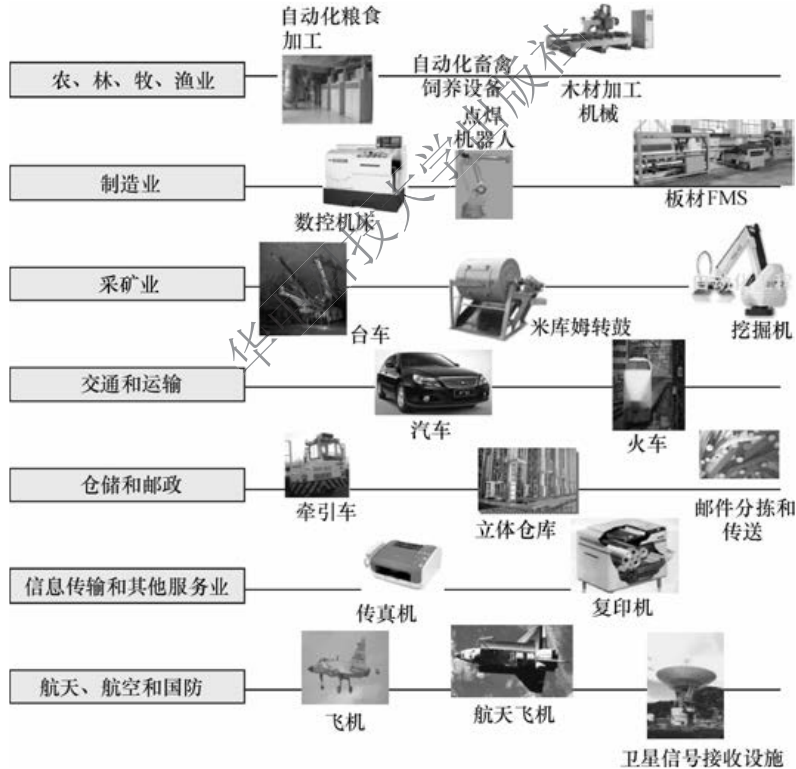


图 1-5 机电一体化产品的部分应用领域

机电一体化产品的广泛应用代表了人类社会的智能化需求,人们希望有各类机器能代替人类完成较简单的智力劳动,而从这些单调的劳动中脱离出来,投入更富有挑战性的工作中。

1.3 知识扩展

最初由美国科学家在 2005 年提出的信息物理系统(cyber-physical systems, CPS)是指协同计算元素控制物理实体的系统,其内涵和外延处在不断的发展中,目前没有公认准确和全面的定义。但总的看,CPS 应该具备的关键特征是能感知,信息处理能力强,信息过程与物理过程之间通过交互,相互作用、相互影响,采用智能的机制形成两者之间的密切联系或融合。CPS 应该是一个适应性强、高度自治、高效、可靠、安全、易用的系统。在 MIT(麻省理工)有一组机器人在看管一个番茄园,番茄园里的每个植物都配备了传感器,用来监测它们各自的生长状态,机器人与机器人、机器人与环境、机器人与植物之间通过无线网络进行交互,机器人在番茄园中能自主移动和进行操作管理。

CPS 的设计和应用可以基于“5C”(连接(connection)、转换(conversion)、计算(compute)、认知(cognition)、配置(configuration))结构。连接层,设备具有自连接和自感知的属性。转换层,利用自意识能力,依靠来自连接的设备 and 传感器数据对关键问题特征进行测定,机器根据自意识信息预测其可能存在的问题。计算层,每台机器利用仪器特征,在虚拟空间建立一个“相同”的自己,以便自我比较,得到对等的性能和更多的综合。认知层,自评估和评价的结果通过信息图(Infographic)的形式反映出潜在问题的内容和因果。配置层,机器或产品系统可按照优先和风险准则进行重组,从而得到产品的柔性。

习 题

- 1-1 机电一体化主要特征是什么?
- 1-2 机电一体化包括哪些技术?
- 1-3 机电一体化技术的发展趋势是什么?
- 1-4 为什么说机电一体化设计在某种意义上说是“接口设计”?
- 1-5 机电一体化的接口有哪些?
- 1-6 简述机电一体化系统的构成及工作原理。
- 1-7 试列举 20 种常见的机电一体化产品。

第 2 章 机电一体化系统设计和分析方法

在工业化时代,设计的理念已贯穿于各领域,如机械设计、电子设计、建筑设计和工业造型设计等,设计方法本身也在不断完善和发展。通过学习设计方法,我们能在较短时间内完成设计,使设计过程更有效。机电一体化设计是一个自上而下的过程,系统的功能和性能指标在各子系统合理分配是机电系统集成基础;机电一体化系统分析则是自下而上的过程,是以系统动态分析理论为基础,对系统的稳定性和动态响应能力等进行验证的过程,形式上有理论分析和仿真分析等;设计和分析的基础条件是系统的理论模型的建立。本章的另一个主要内容是机电元件的数学模型举例和由元件构建系统模型的方法。

2.1 机电一体化系统设计概述

2.1.1 机电一体化系统设计的描述

从现代设计方法的观念看,“设计”就是一个信息系统,输入的是需求,输出的是设计结果。工程设计的内容是根据科学技术的原理,创造性地将需求转化为具体的产品(硬件或软件)模型,并提出具体的实现方案。从系统工程的观点分析,设计是一个由时间、逻辑和方法组成的三维系统,如图 2-1 所示。时间维——描述按时间排列的设计目标流程;逻辑维——解决问题的逻辑步骤,是在设计的工作流程中的每一个阶段内所要进行的工作内容和遵循的思维程序;方法维——设计过程的各种思维方法、工作方法和涉及的相关领域知识。设计过程中的每一个行为可以反映为此三维空间中的一个点。本课程以机电一体化系统的设计工作流程为主要线索,介绍机电一体化产品的正向设计方法。

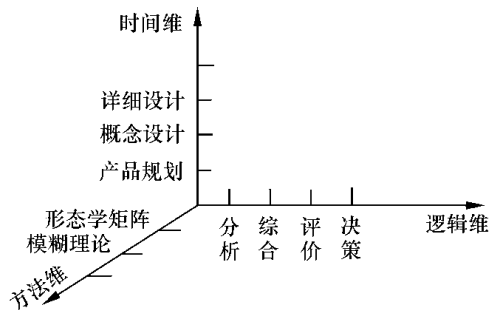


图 2-1 三维系统图示