

机电一体化技术及应用

姚安佑 张飞猛 王建中 编著



武汉工业大学出版社

机电一体化技术及应用

姚安佑 张飞猛 王建中 编著

武汉工业大学出版社

内 容 简 介

本书共分五章,系统介绍机电一体化技术及应用,主要包括机电一体化的基本概念及发展情况、机电一体化系统的基本构成、机电一体化的基础理论及技术、机电一体化系统(或产品)的设计方法、机电一体化的应用等内容。为了加深理解,书中列举了大量典型机电一体化系统(或产品)实例。

本书以应用为目的,理论联系实际、深入浅出,具有较强的针对性、系统性和实用性,且图文并茂,简明易懂,可供从事机电一体化设计、制造的科技人员及相关管理人员参考,也可作为大专院校机械、电子、自动化、自动控制、机电工程、检仪等相关专业的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化技术及应用/姚安佑、张飞猛、王建中编著,一武汉:
武汉工业大学出版社,1996.5
ISBN 7-5629-1164-9

I. 机… II. 姚… III. 机电一体化 IV. TH—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 01801 号

武汉工业大学出版社出版发行

(武汉市武昌珞狮路 14 号)

武汉工业大学出版社印刷厂印刷

*

1996 年 5 月第 1 版 1996 年 5 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:337 千字

印数:1—1 000

定价:20.00 元

前 言

在机械的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引入电子技术,将机械装置、电子设备以及相关技术构成有机整体,使机械技术和电子技术的优点及功能集于一体,形成新的机械电子产品或系统,日本将此称为机械电子学(Mechatronics),我国则多称为机电一体化。

机电一体化是一个综合性交叉学科,涉及的技术范围很广,是当今世界高技术产业发展的重要基础技术之一,也是改造传统机械工业的主要技术手段,它可以大大提高机电产品在国际市场上的竞争能力,已成为世界各国竞相发展的科学技术领域。

目前,国内外对机电一体化的认识愈来愈深刻,机电一体化技术的应用也日益广泛。我国政府对机电一体化技术的发展也极为重视,国务院成立了机电一体化领导小组,机电一体化成为 863 计划中七大领域之一。近年来,在机电一体化领域已取得了许多理论及应用成果,但与发达国家相比,差距很大,尤其是美国、日本、德国等国家机电一体化技术发展很快,水平很高。它们的机电一体化产品具有众多的优越性,成为社会和市场追求的理想产品。在这种形势的推动下,国内管理机关、广大工程技术人员都高度重视和关注国内外机电一体化的发展趋势和应用情况,希望有一本能帮助他们更新知识,了解机电一体化方面的基本理论和应用技术,尽快掌握机电一体化系统(或产品)构思、设计的关键技术和设计思想的著作;国内许多单位急需大量的既懂机又懂电、机电结合的复合型“两栖”人才,为此,许多高等院校相继开办了机电一体化(机械电子工程)专业或机电一体化技术培训、进修班,他们需要介绍机电一体化技术及应用的教材或教学参考书。基于上述原因,我们编著该书,供从事这方面研究、应用、学习及管理的科技人员、教师、学生以及相关管理人员使用、参考。

本书共分五章,首先概述了机电一体化的基本概念及发展情况,其次介绍了机电一体化系统的基本构成、机电一体化的基础理论和技术以及机电一体化系统(或产品)的设计方法,最后结合大量典型机电一体化系统(或产品)实例介绍机电一体化技术的应用。全书以应用为目的、理论联系实际、深入浅出,具有较强的针对性、系统性和实用性,且图文并茂,易于自学。

本书参考和引用了不少国内外公开发表的论文及资料,在此对这些论文和资料的作者表示衷心的感谢。

感谢中国兵器工业总公司第二〇二研究所杨葆新、王文同同志,他们为本书的出版提供了热情的支持和帮助。

沈学雷、郭高荣等研究生描绘了本书的部分插图,特此致谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

1996.1

目 录

第一章 绪 论	
§ 1-1 机电一体化的基本概念	(1)
§ 1-2 机电一体化的发展	(3)
§ 1-3 机电一体化对装备和产品的影响	(6)
第二章 机电一体化系统的基本构成	(9)
§ 2-1 机械本体部分	(11)
§ 2-2 检测传感部分	(12)
一、检测系统	(12)
二、常用的传感器	(13)
§ 2-3 信息处理系统	(25)
一、微型计算机(硬件)	(25)
二、微型计算机软件系统	(31)
三、机电一体化中的微机控制系统	(36)
四、计算机网络和数据通信	(39)
§ 2-4 执行部分	(43)
一、驱动装置	(43)
二、执行器	(49)
三、驱动执行机构的控制和系统	(50)
§ 2-5 接口部分	(51)
一、传动接口	(52)
二、驱动接口——驱动控制电路	(53)
三、变送接口	(58)
第三章 机电一体化的基础理论和技术	(61)
§ 3-1 系统技术	(61)
一、系统与系统工程	(61)
二、系统分析与系统设计	(64)
三、系统仿真	(67)
四、系统工程技术的应用	(68)
五、机电一体化与系统工程	(70)
§ 3-2 自动控制技术	(70)
一、自动控制的概念、组成及分类	(70)
二、线性控制系统的数学模型	(73)
三、控制系统的分析	(77)
四、线性控制系统的校正	(82)
§ 3-3 优化技术	(83)
一、优化设计的数学模型	(84)

二、优化设计的几何解释	(85)
三、最优化算法	(87)
四、机电一体化系统的优化	(89)
§ 3-4 可靠性技术	(91)
一、可靠性及其评价指标	(92)
二、机电一体化系统可靠性计算	(96)
三、保证机电一体化产品可靠性的方法	(99)
§ 3-5 故障诊断技术	(102)
一、故障诊断技术与状态维修制度	(102)
二、故障诊断的内容与方法	(104)
三、诊断信号的来源与获取	(107)
四、故障诊断中的振动信号处理	(107)
§ 3-6 计算机辅助设计和制造技术	(110)
一、计算机辅助设计系统	(111)
二、计算机辅助设计技术基础	(114)
三、计算机辅助制造系统	(115)
四、CAD/CAM 技术	(117)
§ 3-7 人工智能技术	(117)
一、人工智能概述	(118)
二、知识工程与专家系统	(121)
三、模式识别	(124)
第四章 机电一体化系统(或产品)设计方法	(127)
§ 4-1 机电一体化产品设计的基本方法	(127)
§ 4-2 机电一体化产品的设计类型	(128)
§ 4-3 机电一体化产品设计的程序、准则及规律	(129)
一、设计程序	(129)
二、设计准则	(129)
三、设计规律	(130)
§ 4-4 机电一体化产品的设计步骤	(130)
§ 4-5 机电一体化产品设计与现代设计方法	(132)
§ 4-6 机电一体化产品的功效学设计	(134)
一、功效学设计及其对象	(134)
二、功效学设计模型	(134)
三、功效学设计的目标	(136)
四、功效学设计的基本原则	(136)
五、作业空间设计	(136)
六、显示系统设计	(137)
七、控制系统设计	(139)
八、作业环境安排	(140)

第五章 机电一体化技术的应用.....	(142)
§ 5-1 数控机床	(142)
一、数控机床的基本组成和主要特点	(142)
二、数控系统的类型	(143)
三、插补原理	(146)
四、机床的机电一体化改造	(147)
§ 5-2 工业机器人	(151)
§ 5-3 柔性制造系统和计算机集成制造系统	(158)
一、柔性制造系统	(158)
二、计算机集成制造系统	(160)
§ 5-4 汽车电子化	(162)
§ 5-5 智能化仪表	(163)
§ 5-6 机电一体化在建材工业中的应用	(165)
一、生料配料控制系统	(166)
二、微机控制预加水成球系统	(166)
三、微机控制纤维缠绕机	(167)
§ 5-7 其它典型机电一体化系统(或产品)简介	(169)
一、邮件自动处理系统	(169)
二、LQ-1600K 汉字打印机.....	(173)
三、全自动洗衣机	(180)
四、自动售票机	(182)
五、NP-270 静电复印机	(186)
六、TLGA-213 图象重合鉴别系统	(195)
§ 5-8 发展我国机电一体化的对策	(200)
参考文献.....	(202)
常用缩写词英汉对照.....	(204)

第一章 绪 论

当前,我们正处在世界新技术革命的浪潮之中。这场新技术革命以新材料、新能源、微电子技术、信息技术和生物工程为中心,几乎涉及到自然科学、技术科学、生产工程和人类社会生活的各个方面,当然,对机械工业也有深刻而广泛的影响。

科学技术的飞速发展,任何一项新技术的产生,都不是偶然的、孤立的,而是在原有的基础上,各种技术相互渗透的结果。机电一体化就是这样发展起来的新技术。世界上各工业发达国家,特别是美国、日本等国,都把发展机电一体化技术及其应用放在重要的战略地位。机电一体化引起世界各国的工业、农业、科学技术、经济、军事以及人们的生活的巨大变化,促进了各国经济和社会的发展。我们对机电一体化的作用和意义、它的历史地位不可低估。我们必须了解、掌握、研究、发展机电一体化技术。

机电一体化是一门跨学科的边缘学科,它涉及许多基础技术和基础学科,是多种技术和学科的互相渗透和彼此交叉。为了学习机电一体化理论和应用,必须掌握有关的学科和技术的基本知识。

§ 1-1 机电一体化的基本概念

由于机电一体化作为一门学科和技术门类诞生的时间不长,正在迅速发展,因此,目前尚无确切的、统一的定义。各个国家、各位学者的看法和提法不尽相同。在日本就有许多论述。例如,日本机械振兴协会经济研究所在一份报告中提出:机电一体化指的是机械装置和电子设备适当地组合起来,构成机械产品或机电一体化与机信一体的新趋势;《日经产业新闻》则称之为:将机械技术的机械学和电子技术的电子学组合起来的技术进步总称;日本机械振兴协会指出:“机电一体化是在机构的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进了电子技术,并将机械装置和电子设备及软件等有机结合起来构成系统的总称。”

上述这些说法,由于各自的出发点和着眼点不同而有所区别,但是,机电一体化的基本含义和内容大体是一致的、明确的。

机电一体化是机械、电子计算机、信息和自动控制等技术有机结合的一门复合技术,它从系统工程的观点出发,使产品或系统实现整体最佳化。

在机械设备中,往往会用到一些电机和电器。机械与一般的电机和电器的结合不是机电一体化。机电一体化指的是机械与微电子技术的结合。所谓“微电子技术”是以大规模集成电路为基础发展起来的新的技术领域。它主要是指在半导体材料的芯片上通过微细加工制作电子电路。这种电子电路的应用技术和应用产品,一般称为微电子技术。美国政策最近在组织开发集成电路制造新技术,研究 X 光投影平板印刷技术。与可见光和紫外线相比,X 光有着更短的波长,因而可以投影出更细小的图案,预计到 2000 年可以把现有相当于头发粗细二百分之一的 $0.5\mu\text{m}$ 电路线宽减小为 $0.05\mu\text{m}$,并相应增加电路密度。微电子技术是一个国家科技发展水平的重要标志。

机电一体化也不是机械与电子技术简单的迭加。它是通过信息技术把机械技术与电子技术有机地结合在一起构成一个系统。即从系统观点出发,把机械部分和电子部分融合在一起进行通盘考虑,哪些应该采用机械技术,哪些应该采用电子技术,并通过信息传输与处理,把二者有机地结合起来。

一般的机电一体化系统应该包含由硬件和软件共同组成的信息处理技术,即用电子线路和计算机(硬件)对信号进行传递、储存和运算,用各种工作程序(软件)来实现对不同情况的及时处理和完成各种工作过程。机电一体化系统的自动化程度是很高的。

利用钟表机构控制电扇开关,就产生了定时电扇。把洗衣机的各个功能电路依次通断,就能使洗涤、漂净、脱水等步骤依次自动完成。这些,虽然能自动实现某些动作,但并不是我们现在所说的机电一体化。

从功能上看,机电一体化不仅能取代人的体力劳动(传统的机械已能实现这一点),还要能代替一部分脑力劳动。进行分析、推理、判断,主动适应环境。机电一体化系统是一个能实现生产过程的物质流、能量流和信息流的系统。传统的机械在一定程度和水平上可以实现物质流和能量流。机电一体化系统还要同时实现信息流,即解决识别和控制问题。机电一体化是这“三流”有机结合构成的系统。

机电一体化系统为了实现它的功能,必然包含相应的检测仪器和仪表,因此,有人将机电一体化称为机电仪一体化。如果检测技术和仪器是用光学原理和光学仪器,则也可称为光机电一体化。在机电一体化系统中,其驱动和控制采用液压,则可称为机电液一体化。可以说,各种具体情况纷繁无穷,我们不必罗列每种实例并各冠名号。目前,机电一体化这一术语,足以概括这方面的内容。

机电一体化按其功能和技术水平,有初级和高级之分。

初级的机电一体化系统是采用一般集成电路来提高机械产品的性能和功能,如微机控制激光连续加工的线切割机床、电子照像机、电子钟表、电子秤、数控机床等。

高级的机电一体化系统是采用微型计算机实现智能化的系统,如工业机器人、传真复印机、电子式自动售货机、形状识别装置、柔性加工系统等。

机电一体化,就其工程对象而言,主要有以下三个方面:

- (1)机械制造的机电一体化,如数控加工、计算机辅助制造、柔性制造系统等等;
- (2)机械(包括电工)产品设计的机电一体化,如计算机辅助设计、绘图、设计专家系统;
- (3)机械成套装置的机电一体化,如工厂自动化、办公自动化等等。

机电一体化包含机电一体化技术、机电一体化产品、装置或系统。

就机电一体化产品而言,根据日本机械振兴协会“关于机械工业实施政策的调查研究”报告,机械电子产品,可分为四种类型。

第一类:在现有机械结构的产品上,采用电子装置来控制其性能,使之性能提高或功能增强。例如数控机床、工业机器人、电子控制发动机和防滑制动器等;

第二类:把机械产品中一部分机械控制机构用电子装置来代替,使机械装置和电子装置有机结合在一台设备中,例如电子缝纫机就是用微型机等电子装置来代替凸轮机构;

第三类:以电子装置完全取代机械结构中的信息处理机构,例如数字式电子钟表、台式计算机、按键电话等;

第四类:基本上是电子技术,机械本身比较简单,如装有微型机的家用电话;或者以电子

装置为主,电子与机械共存的设备,如信息处理设备、复印机等。

这四种类型,也可以概括为两大类:以机械装置为主,加上电子装置;或者以电子装置为主,加上机械装置。机电一体化就是要把机械技术与电子技术复合在一起,常常不能明确划分它们的范围和界限,而完成单靠机械或单靠电子技术所不能完成的功能。

§ 1-2 机电一体化的发展

机电一体化(Mechatronics)这一术语 70 年代初期首先在日本使用,这是一个日本造的英语单词,用英语 Mechanics(机械学)的词头和 Electronics(电子学)的词尾构成,日语是メカトロクス,美国称为机械系统(Mechanical System)。

机电一体化的思想,从电子计算机问世就开始酝酿,直到 70 年代,微电子技术日趋成熟,特别是微型计算机已经商品化,才使机电一体化的设想变成现实,才得到广泛的工业应用和迅速发展。开始时,是把利用机械装置进行信息处理的机器改变成利用电子电路处理信息的机器,以减轻装置的重量和缩小其体积,进而赋予装置比过去高得多的功能和柔性。机电一体化崭露头角,就表现出巨大的生命力和优越性,因此引起世界各国的重视,纷纷在这个新兴领域展开激烈竞争。

美国发展机电一体化技术最早,在本世纪 60 年代就研制出第一台机器人。此外,数控机床、轿车电子化燃料喷射装置也是美国发明的。这些都是机电一体化产品(装置)。美国政府十分重视对机电一体化产业的激励,主要措施有两项,一是“促进技术型企业风险资本循环投资的税收结构”(即优惠的税收政策),二是加强“政府采购”——首先是用于军事的订货,庞大的军事开支激励了美国机械电子技术和产业的发展。1991 年 3 月,美国政府根据海湾战争中运用高技术装备的经验,列出了 22 项应当予以扶植的关键技术,认为这些技术“对于国家繁荣与国家安全至关重要”。白宫报告中所列 22 项关键技术有:陆上运输技术(包括开发人工智能车辆/公路系统)、灵活的计算机一体化制造技术(CIMS)、智能加工设备、纳诺制造技术等,这些都属于机电一体化技术。

善于引进、吸收和消化国外技术的日本,能直接采用国内外原有和新兴的科技成果组成新产品,迅速打入市场,一方面积极应用和推广机电一体化技术,同时积极进行研究和开发,使日本的机电一体化技术和产品很快达到一流水平,并在许多方面处于世界领先地位。日本政府 1971 年到 1978 年颁发并执行了“机电法——特定电子工业及特定机械工业临时振兴措施法”,1978 年开始执行“机信法——特定机械信息产业临时措施法”。在投资方面,坚持“官”(政府)、“民”(企业)、“学”(大学)共举的方针。这些措施对促进日本机电一体化的发展、使日本在八十年代成为“数控王国”、“机器人王国”发挥了极为重要的作用。日本尤其注意大力宣传 and 提倡机电一体化,并开发生产了许多机电一体化电器产品,被人们视为名牌货而畅销世界各地。他们善于仿造别人的新发明,常常把世界各国同类的创造发明及新技术加以“综合利用”,加以剖析、消化、改进,以便成为一种属于自己的崭新产品或新技术。这样既省力又快捷,而且往往将几国该类产品的优点集于一身,故可比各国同类产品更先进。这些做法很值得我们研究和借鉴。

世界上先进的工业国家机电一体化的发展情况,可以概括为以下几个主要特点。

(1)机电一体化技术及其产业发展的速度明显加快。以典型的机电一体化产品——机器

人发展情况为例,可以清楚地看出这一特点。表1-1列出了几个主要发达国家在80年代和1998年(预测)机器人运行台数。全世界机器人运行的总台数1980年为3.3万台,1984年为11.3万台,1986年为26.7万台,1993年达到59.2万台,1994年为61万台(其中日本拥有一半以上)。根据联合国欧洲经济委员会预测,到1998年,全世界工业机器人销售量可达10.7万台,全球工业机器人总数将达到82万台。

表1-1 近十余年世界主要发达国家机器人运行台数

年份 国家	1980年	1984年	1986年	1998年(预测)
美国	4100	14500	25000	84000
日本	14250	67300	118000	470000
德国	1255	6600	12400	75000
英国	371	2623	约4000	14000

关于数控机床的发展,美国1983年金属切削机床总拥有量比1973年下降23.1%,而同期数控机床的拥有量却增加了2.6倍。日本1983年比1981年金属切削机床拥有量下降6.9%,而同期数控机床拥有量却增加了2.7倍。

(2)提高对机电一体化产业的投资强度。对技术的支持和促进作用中,投资强度是十分重要的。据统计,1980—1985年,美国在这方面的投资181亿美元,占同期社会科研投资的3.5%。

(3)许多国家的政府加强了对机电一体化产业发展的激励。这主要制定一些法规和鼓励性的税收政策。如前所述,美国和日本就制定了许多这方面的法规和政策。

(4)发达国家国内和国际间的机电一体化学术活动十分活跃。日本、美国、英国相继频繁举行机电一体化国际学术会议和成果展览会。

总之,发达国家机电一体化能够如此迅速发展,其原因可以归纳为:“政企学界重视,制定政策法规,强化资金投入,积极研究开发,加速人才培养,基础工作扎实,开展技术交流,做好组织规划”。

我国政府、科技界和产业部门对发展我国机电一体化也十分重视。

1985年10月国家科委综合局下达了软科学研究课题“我国机电一体化发展途径与对策”。1988年3月,中国机械工程学会举办了“全国机电一体化学术研讨会”。1988年5月,中国电子学会、中国机械工程学会等13个学会联合召开了“全国第一次机电一体化学术讨论会”。为了加强我国与世界上在这一领域的交流和合作,1991年10月,由中国机械工程学会在北京召开了机电一体化国际学术会议,同时举办了机电一体化展览会。

我国机电一体化技术研究起步不晚,也取得相当的成就。以机器人为例,我国50年代研制出机械手,70年代开始机器人的研究,先后研制了约150台机器人。“七·五”期间,独立研制出6类10种工业机器人,其中,喷漆、点焊、弧焊、搬运、装配、冲压、压铸等7种机器人填补了国内空白,达到国际80年代中期水平。再如,通过对柔性制造系统(FMS)的研究应用,改变了过去只适应生产大批量单一品种产品的局面,可以根据所需的性能、形状、花色生

产出小批量、多品种的产品。国家科委在十年规划中,将“建设好CIMS实验工程研究中心和机器人装配试验线”列为2000年我国高技术研究的目标之一。这些都说明我国政府、科技界、产业部门对机电一体化十分重视,做了大量工作。

在机电一体化的发展过程中,机械技术和电子技术是相辅相成、互相支持、彼此促进的。微电子技术、微机技术的迅速发展,有赖于机械技术的发展。

比较一下电子元器件的允许加工误差就十分清楚(见表1-2)。

表中,0.001 μm 即1nm,nm即纳米,n-nano纳诺,前面曾提到的纳诺制造技术就是加工精度达到纳米级的制造技术。1nm的精度已接近极限加工精度,因为材料的原子晶格间距为0.2~0.4nm。

表1-2 电子元器件的允许加工误差

电子元器件	允许加工误差
晶体管	50 μm
磁盘	5 μm
磁鼓	0.5 μm
集成电路	0.05 μm
超大规模集成电路	0.01 μm
合成半导体	0.001 μm

可见没有高超的精密制造技术是决不会有微电子技术如此发展的,精密加工技术保证了微电子技术的发展。

然而,这种保证也只能在微电子技术的发展促进了机械技术的发展这一相互作用的条件下来实现。在不同年代,加工级别的内涵有很大不同,如表1-3。

现在,对工业发达的国家,加工误差在1~10 μm 之间的加工已可作为一般加工,这在本世纪初是难以想像的。微电子技术的发展才使得加工中微小误差的测量、控制、补偿成为可能,相应的加工方法才能实现。

表1-3 不同年代机械加工的精度等级

年代 加工误差	精度级		
	超精密级	精密级	一般级
10 μm	1910年	1930年	1970年
1 μm	1930年	1950年	1995年
0.1 μm	1940年	1970年	—
0.01 μm	1960年	(2000年以后)	—

总之,发展高新技术,要求机械装备的水平必须相应地迅速提高;机械装备水平的提高

又要求电子技术的发展和广泛应用。二者密切配合,就可使机械产品的性能和功能提高,能源和原材料消耗降低,从而使整个国民经济的发展产生巨大飞跃,形成新的产业群,形成新的国民经济结构和实力。因此,无论是在技术上还是在产量上,机械电子工业的发展都应该先行,都应有一定的超前量,才能使国民经济发展的速度加快。我们自觉地加速用机电一体化改造装备和产品,正是适应国民经济发展的需要。我们必须认清这一发展趋势。

§ 1-3 机电一体化对装备和产品的影响

机械工业是国民经济的装备部,是实现国家现代工业、现代农业、现代科学技术和现代国防的重要保证,也是不断提高人们物质和文化生活的重要基础。因此,机械工业的发展对国计民生有着十分深远的影响。

机械技术与电子技术的结合,进一步促进了机械工业的飞跃,机电一体化开辟了机械工业的新天地。

机电一体化技术可以用来设计新型的机电一体化产品或工艺装备,也可以用来改造旧的机电产品或工艺装备,采用机电一体化技术,可以使产品或装备的面貌大为改观,取得明显的效果。

机电一体化对产品装备的主要影响是:

1. 性能提高,功能增强

产品和装置的技术性能包括多方面的内容,如工作精度和灵敏度。

精度有加工精度、测量指示精度等。在机电一体化的设备中,用电子技术代替一部分机械装置,减少了摩擦和磨损,减少了机械间隙和传动误差,可以显著提高加工和测量精度。由于电子元器件没有机械部件那种很大的惯性,反应快速、灵敏,因此灵敏度也有显著提高。

机电一体化装置,由于采用电子信息技术,增加或增强了自动控制、自动检测、信息采集及处理、调节、修正、补偿、自诊断、自动保护、自动记录、显示、打印等功能。

2. 提高了可靠性

机电一体化装置和产品能显著提高可靠性、增加稳定性和延长使用寿命。

传统的机械装置的运动部件,往往有摩擦、磨损、振动、冲击、影响了装置的可靠性、稳定性和寿命。机电一体化用电子技术取代一部分机械运动,就使这些性能得到改善。自诊断、自修复也能改善可靠性和延长寿命。

电子装置虽然无可支构件和磨损,但它是由许多电子元器件组合而成,它们工作的可靠性和寿命往往与工作温度、湿度、电场、磁场、环境气体、粉尘以及电流的波动有关,也会产生某些故障和早期失效。

因此,在机电一体化装置中,无论是机械部件还是电子器件,都要从可靠性角度进行慎重考虑和筛选。

3. 简化了机械结构,减小了体积重量

机电一体化可用电子技术代替原来庞大的机械传动装置。例如,工厂大量使用交流异步电动机,通过减速器减速,带动工作机。如果采用微机对交流异步电机实现矢量控制,不仅使异步电机具有直流电机一样的调节性能,而且还具有结构简单可靠、电机容量不受限制、机械惯性小、体积小、效率高等一系列优点。

用单片机程序控制,可以代替原来复杂、笨重的凸轮机构。例如,在一台缝纫机内,利用一块单片集成电路控制针脚花样,可以代替老式缝纫机内约 350 个机械部件。

4. 改善了操作性

机电一体化产品自动化程度高、普遍采用数字显示,操作人员操作按钮、键盘,由指示灯和显示器观察进行作业活动,减轻了工作人员的劳动强度,降低了工人技术等级的要求。

研制开发机电一体化产品往往要涉及许多学科和专业基础知识,如数学、物理学、化学、声学、光学、机械学、电子学、电工学、系统工程学、控制论、信息论和计算机科学等多门学科以及各门类的专业知识。大家熟知的静电复印机,就是一种由机、电、光、磁、化学等多种学科和技术复合的技术产品。设计这类产品的工作技术人员要有深厚的基础理论、广博的专业知识、丰富的工程实践经验。因此,对工程技术人员知识结构和工作能力有很高的要求。但是,对用户而言,所需要的是功能强、操作简便、安全可靠的产品。不论产品多么高级、先进和复杂,使用者都希望操作越简单越好。静电复印机操作起来就十分简单,并有各种显示符号,为使用者指明了操作步骤和排除故障的方法。

5. 节约能源、降低材料消耗

机电一体化产品可以有明显的节约能源和材料的效果。

如在汽车中装有电子燃料喷射装置之后,由于燃料和空气按照合理配比进行燃烧,不但可以节省燃料,而且降低污染的排放。

我们使用的电风扇的调速器,目前大多为电磁机械式,如果用电子调速器和定时器代替,估计每台风扇可节电 5W 以上。按我国现有电扇使用量,保守的粗略估计,每年至少可节电 600 万度。

水泥厂选粉机上用的离心式鼓风机,由于过去常设计成在定速下工作,靠调节风门等办法来调节风量,即使在低负荷下运行,电机消耗的功率也并不减小。如果采用可用于调速的大规模集成电路,根据负荷自动调节电机转速,使电机始终在高效率下工作,可大量节约能源。

6. 提高了灵活性(柔性)

随着经济的发展和科技进步,各种产品更新换代越来越快。要满足市场经济发展的需要,使产品具有强大的竞争力,必须使生产适应产品变化的要求,具有更大的灵活性,生产方式必须柔性化。过去,为了变更产品,必须重新制造工装、量仪和模具,有时甚至要更换全套机械装备,使新产品投产周期长、费用高,不能适应产品快速变化的需要。

所谓生产方式柔性化,是指采用计算机、自动控制,通过程序(软件)来变更产品结构和调整工艺过程,产品和生产过程的调整非常迅速而灵活,这对多品种、小批量生产有重要意义。当前,多品种、中大批量及轮换生产方式也迫切要求柔性自动化。机电一体化正是为实现柔性化生产的一种技术和装备。

机电一体化除了对产品和装备的直接影响以外,对机械工程的基础技术也有很大的影响。

机械技术的主要基础包括工程力学、机械设计、制造工艺和控制系统技术,由于与电子技术和信息技术的结合,产生的新的机电一体化系统,使机械技术的主要基础发生了深刻的变化。

工程力学主要包含材料力学、弹性力学、流体力学、工程热力学等,是机械学科的重要基

础,这些学科的建立和发展,推动了机械技术的发展,在机械设计、制造和使用中都起着十分重要的作用。但是,随着现代科学技术的进步,对机械结构和工作条件的要求越来越高,原有的一些力学方法已不能满足机械技术发展的要求。例如,对机械结构原来采用静力分析和简单的强度条件进行计算,不能解决复杂结构和高精度的受力分析和强度计算。为此,现在采用的有限元分析和利用计算机进行计算,可以迅速、有效地解决这类问题。解决力学问题有了新方法,机械技术有了新的进展。

机械设计包括结构设计、强度计算和绘图,还有材料选择、工艺设计等。传统的建立在经验基础上的机械设计已远不能满足现代生产的要求。现在,采用模块化设计、优化设计、可靠性设计以及CAD(计算机辅助设计)等现代设计方法,可显著提高设计水平、质量、效率、缩短设计周期,提高一次性设计成功率。利用计算机辅助绘图,可以把设计人员从繁重的绘图、描图工作中解放出来。

机械制造工艺基本上是由两大过程组成:一是毛坯成型,二是精加工,这是传统的机械工艺的核心,它们各自在不断地发展,如精密铸造、模锻、滚压加工等,实现了少无切削加工,自动化水平提高,生产效率成倍增长,产品质量也显著改善。但是,这些进步仍然没有摆脱传统工艺的框架。

现在,机械与电子技术、信息技术等密切结合,产生了许多新的加工方法,对传统的加工也有许多根本性的改变。例如,电火花加工、激光加工、线切割等。它们除了采用全新的加工原理外,加工过程采用微电子技术、信息技术和控制技术,使得自动化程度、加工精度、柔性和生产效率都得到显著提高。机电一体化甚至把传统的车床、冲床、刨床、铣床、磨床、镗床、钻床等机床的类别划分也冲破了,一台机床可以有多种功能,并用程序控制实现自动化加工。传统的机床结构布局发生了很大变化。

控制系统从1788年瓦特发明飞球调节器至今已有200多年。本世纪40年代建立的经典控制理论,时域分析法、频域分析法和根轨迹法等,已难以解决现代控制系统中的一系列难题。现代控制理论应运而生,状态空间法为在时域内对各种非线性系统、时变系统、多变量系统进行研究提供了有效的工具。现代控制论以矩阵为数学工具。计算机技术从硬件和软件两个方面为系统分析、研究、控制提供了可能。

机电一体化还引起生产、经营、管理的变革。

市场经济的发展,生产和生活水平的不断提高,用户和消费者的多种多样的要求,使市场供需关系成为组织生产、灵活地改变品种规格和批量的主要依据。

由于产品在市场的寿命周期缩短,为了抢先占据市场,企业必须十分重视信息的收集与分析,迅速作出决策,因此,使企业从传统的生产型转向以经营为中心的决策管理体制。

机电一体的生产过程,由于产品质量高而且稳定,不需要人为地、过多地去管理,柔性化的生产也使得迅速变换品种规格成为可能。

机电一体化带给机械工业很大的、甚至是质的变化,使机械工业的理论基础、技术构成、产品结构与功能、生产方式、管理体制都产生新的飞跃,导致机械工业进入一个新的发展时期。

机电一体化不仅对各国机械工业、电子工业有重大、深远的影响,而且对各国社会、经济的发展也是一个严重的考验与挑战。

第二章 机电一体化系统的基本构成

机电一体化产品、装备和系统的大小、功能、结构有很大的差别,大至一个工厂,小至一架电子照像机,功能和结构是不同的。但是,作为机械和微电子技术密切结合的机电一体化产品,它主要是由哪几部分组成的呢?作为可以实现一定功能的与一般单纯机械或单纯电子产品相区别的机电一体化装置(产品或系统)基本上都是由五大部分组成,这就是:

- ①机械本体部分
- ②检测传感部分
- ③信息处理部分
- ④执行部分(包括能源驱动)
- ⑤接口部分

它们之间的关系示意如图 2-1。

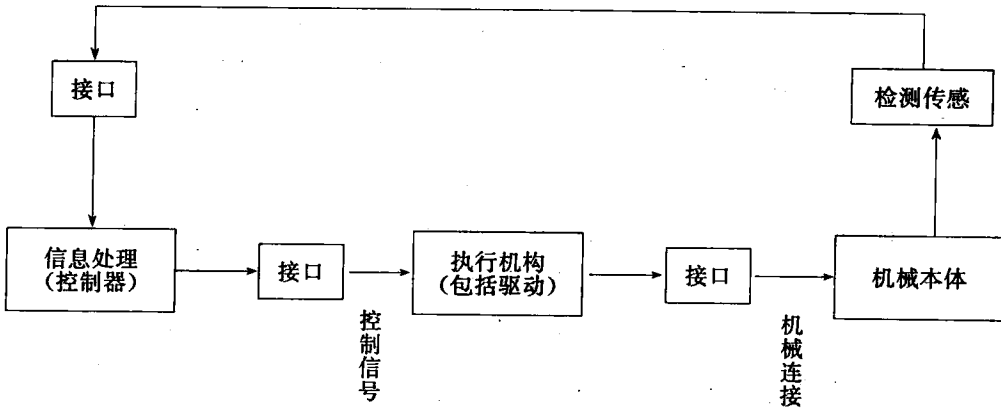


图2-1 机电一体化系统基本组成部分框图

对于一些大型、复杂、功能多的机电一体化系统,它可能还包含其它一些组成部分;对于一些结构简单、功能单一的机电一体化产品,有可能这五个部分也并不完善。但是,一般来说,机电一体化产品应该都包含这五个基本组成部分。各个部分都具有特定的功能,它们组成一个有机的整体,来达到人们的使用要求,即目标功能。

根据不同的使用目的和要求,机电一体化装置应该提供某种形态的物质、能量或信息,作为装置的输出。为了得到这些输出,就必须输入作为原始形态的物质、能量和信息。装置的功能不过是完成它们(输入和输出)之间的转换而已。

以物料加工为主,输入物质(原材料、毛坯)、能量(如电能、水能)和信息(操作、控制指令),主要输出改变了形态的物质,称为加工机,如各种机床、食品加工机械、纺织缝纫机械等。

以能量转换为主,输入能量(或物质)和信息,输出某种形式的能量(或物质)的装置,称为动力机(或原动机)。例如,电动机、油缸、水轮机、内燃机等。

以信息处理为主,输入信息和能量,主要输出某种信息(如数据、图像、文字、声音)的装置称为信息机。例如,各种仪器、仪表、钟表、电子计算机等。

作为机电一体化装置或系统,往往是上述三种功能的组合,并且一般都具有五个基本组成部分。

简单机械可以取代人的体力劳动,那只是人的手足的延伸和能力的增强。机电一体化装置不仅可以代替人的体力劳动,而且可以代替部分人的脑力劳动。从结构和功能上看,经过长期的进化和自然选择,人在结构和功能上,可以说是最高级、最完善的一种动物。机电一体化装置如何代替人工作,可以将其结构和功能与人体进行比较。

人体是由大脑、感官(眼、耳、鼻、舌、皮肤)、内脏、手足、骨骼以及它们之间的联系(界面、接口)组成。内脏是维持人体活动、提供人体所需要的能量(动力)必不可少的要素;感官通过表面或其它方式与外界联系,获取各种外部信息;大脑集中处理各种信息、与其它各要素联系并进行控制。骨骼支撑并把各部分联系为一体;手足等执行大脑的指令完成各种动作和任务;人体几部分之间的联系转化还必须通过一定的方式,这就是“接口”。人体的六个基本组成部分与机电一体化装置的六个基本组成部分大体上是对应的,如表 2-1 所列。

表 2-1 机电一体化系统与人体构成的关系

机电一体化系统机构	功 能	人体构成
控制器(计算机等)	控制(信息存贮、处理、传送)	大脑
检测传感	信息收集与变换	感官
执行机构	动作(运动或操作)	肌肉(手、足)
驱 动	提供动力(能量)	内脏
接 口	联系、转换	“接口”
机械本体	固定、支撑、联结	骨骼

在此需要特别说明的是,对于单纯的机械系统,虽然也有接口问题,例如从驱动装置(电动机等)到主轴,需要联轴器或减速器等,联轴器或减速器就是一种机械传动接口。但是,它们本身作为机械的一种,无须特别给以“接口”的概念。但是,机电一体化是由不同技术有机结合形成的一种复合技术,电信号与机械信号的转换与传递,电信号的变换、以及机械动力和运动的转换与传递等,就都可以归入“接口”这一类部件中。人也一样,大脑的指令由中枢神经传递到四肢,如何产生肌肉的张紧和松弛,怎样使手足运动,神经和肌肉之间的联系,也是一种“接口”。因此,接口是机电一体化系统中极其重要的一个组成部分。许多机电一体化系统的设计其实就是接口的设计,接口性能的好坏成为系统性能好坏的决定因素,因此,我们把接口作为机电一体化系统的基本组成部分之一。

机电一体化系统的组成、结构等与机电一体化的基础技术是相关的。我们将在第三章专门介绍机电一体化的基础技术。本章在介绍机电一体化的基本构成的时候,也将同时介绍其相关的技术,如机械技术、驱动技术、接口技术等,这些内容在第三章中就不另作说明了。