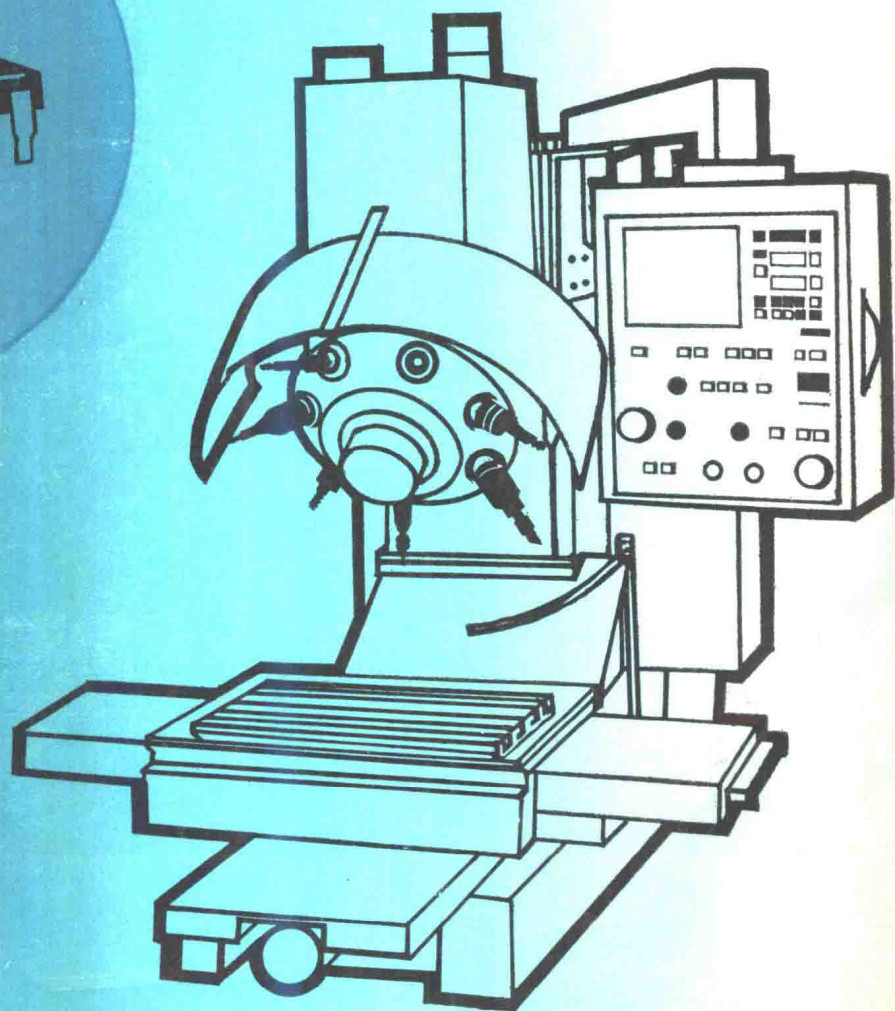
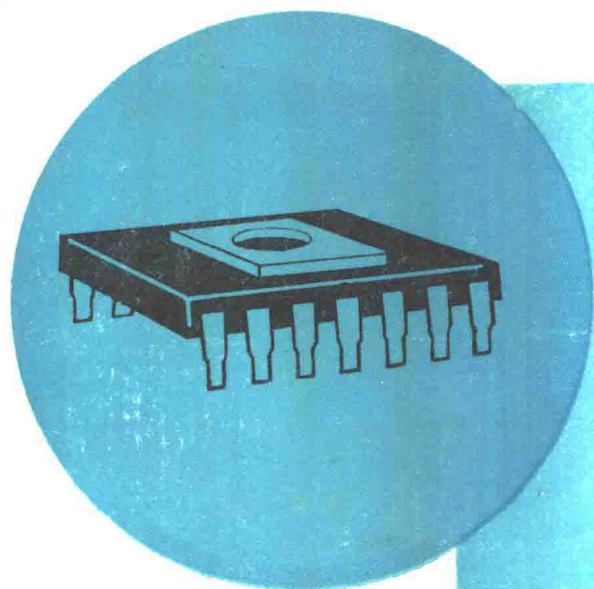


机电一体化原理与应用

JIDIAN YITIHUA YUANLI YU YINGYONG

张建民 编著



防工业出版社

机电一体化原理与应用

张建民 编著

国防工业出版社

(京)新登字 106 号

内 容 简 介

“机电一体化”是一门新兴的综合性学科，是将机械与电子有机融为一体的技术。

本书系统介绍了机电一体化出现的技术背景及基本知识。主要内容有：机电一体化的基本概念，机电一体化产品设计与制造的考虑方法，机电一体化的关键技术，机电一体化的技术基础，机电一体化产品的组成要素及其联接方法，我国发展机电一体化的原则与优先发展机电一体化的领域。为加深读者对机电一体化的理解，书中列举了大量机电一体化典型产品（或系统）实例。

本书图文并茂、简明易懂，不仅可用作大专院校机、电专业学生的入门教材，也可供夜大、函大、职大及培训班等相关专业使用，还可供从事机电一体化设计、制造的工程技术人员、技术干部自学参考。

机电一体化原理与应用

张建民 编著

*

国防工业出版社 出版发行

（北京市海淀区紫竹院南路 23 号）

（邮政编码 100044）

新华书店经售

北京理工大学印刷厂印装

*

787×1092 1/16 印张 16 1/2 401 千字

1992 年 1 月第 1 版 1992 年 1 月第 1 次印刷 印数：0 001—8 700 册

ISBN 7-118-00953-9/TP·122

定价 10.50 元

前 言

“机电一体化”是在机械的主功能、动力功能、信息处理功能和控制功能上引进电子技术，将机械装置、电子设备以及相关技术构成为有机整体的总称。它是一个新兴学科，该学科主要研究机械技术与电子技术及其他领域的相关技术有机结合的规律，以实现产品（或系统）的多功能化、高效率化和智能化，并使产品结构朝着轻、薄、细、灵巧方向发展，以节省原材料、减少能量消耗，提高产品的性能/价格比。

目前，国内外对机电一体化的认识愈来愈深刻，对机电一体化技术的应用也愈来愈广泛，并不断向深度和广度发展。一些工厂已把机电一体化与车间的技术改造、产品的换代更新，以及提高产品的性能/价格比与参加国内外市场竞争联系起来。某些大专院校已经或正在把机电一体化的相关内容列入教学计划，有的已建立了机电一体化专业或机电一体化系。我们相信，随着对机电一体化的理解的不断深入和机电一体化技术的普及应用，该技术必将对国民经济的发展发挥巨大的推动作用。

机电一体化是一个综合性学科，涉及的技术范围很广。本书作为机电一体化入门教材，不可能也没必要详细介绍某一专门技术，因为这些技术在专门课程都有较详细地叙述。因此，本书仅从机电一体化角度对各相关技术及其相互之间联系的基本原理与应用方法，做了简明论述。

本书是根据机电部教育司制定的专业人材培养规格并通过专家讨论定稿的编写大纲编写的。首先概述了机电一体化概念的出现和机电一体化技术的发展情况，并从机电一体化技术革命的发展背景分析了机电一体化技术革命的基础、内容及其重要意义，然后对机电一体化工程、所用关键技术、发展机电一体化的技术基础、机电一体化设计的内容以及我国发展机电一体化的目标、原则与途径做了简要分析。为使读者加深对机电一体化的理解，特对发展机电一体化的优先领域及机电一体化典型产品实例做了简明介绍。本书图文并茂，便于自学。这本入门教材，可使学生和工程技术人员加深对机电一体化的了解和认识，为改造旧设备、开发新产品开拓思路。

为扩大适用面，本书从不同角度对机电一体化技术基础、机电一体化中的控制理论、机电一体化系统中的微型计算机作了扼要叙述。在使用本教材时，可根据不同对象做适当取舍。

本书由北京理工大学张建民编著，其中第三章的部分内容由冯淑华同志编写。全书由机电部北京自动化研究所总工程师陈瑜同志审校，并对初稿提出了许多宝贵的修改意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中可能有不少缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 著 者

目 录

第一章 总论	1
§ 1-1 机电一体化涵义	1
§ 1-2 机电一体化技术革命	3
一、第二次钟表时代与机电一体化技术革命	3
二、机电一体化技术革命的基础	3
三、机电一体化技术革命对振兴机电工业的作用	5
§ 1-3 机电一体化系统与人体功能	7
一、机电一体化系统的功能构成	7
二、机电一体化系统与人体要素及功能	8
三、机电一体化系统要素之联接	10
四、机电一体化系统的评价	11
§ 1-4 发展机电一体化的原则	14
一、国内外机电一体化发展概况	14
二、发展机电一体化的目标、原则与途径	14
三、发展机电一体化的支持系统	15
四、优先发展机电一体化的领域	16
§ 1-5 机电一体化的共性关键技术	34
一、检测传感技术	34
二、信息处理技术	34
三、自动控制技术	34
四、伺服驱动技术	35
五、精密机械技术	35
六、系统总体技术	35
§ 1-6 机电一体化工程	36
一、机电一体化工程与系统工程	36
二、机电一体化工程的业务体系	37
第二章 机电一体化系统(或产品)的基本要素	40
§ 2-1 机电一体化系统中的微型计算机	40
一、微型计算机的系统构成与种类	40
二、微处理器(CPU)与微型计算机的工作过程	49
三、工业控制微型机的系统构成及其特点	52
四、微型计算机软件与程序设计语言	54
五、用微型计算机控制机械时应考虑的问题	56
六、微型计算机的应用领域及应用要点	57
七、可编程控制器(PC)	58
§ 2-2 机电一体化产品(或系统)中的执行元件	63
一、机电一体化产品(或系统)对执行元件的要求	63
二、执行元件的种类及其基本特点	64
三、机电一体化产品(或系统)常用的控制用电机	67

§ 2-3 机电一体化系统中的传感器	75
一、人体五感与传感器	75
二、位置检测传感器	77
三、速度、加速度传感器	81
四、力、力矩传感器	82
五、视觉传感器	84
六、人工视觉及其应用	87
第三章 机电一体化技术基础	97
§ 3-1 机电一体化用电子电路技术	97
一、模拟电路基础	97
二、模拟电路应用	99
三、数字电路基础	101
四、数字电路应用	108
§ 3-2 机电一体化中的接口技术	113
一、微型机与机械装置间的联接方法	113
二、专用输入/输出接口电路的种类	115
三、通用接口及其使用方法	117
四、接口的应用例	121
§ 3-3 机电一体化中的控制理论	127
一、控制理论与机电一体化	127
二、拉普拉斯变换与传递函数	127
三、系统的过渡过程特性	129
四、伺服机构	130
五、比例、积分、微分控制 (PID)	132
六、采样控制	136
第四章 机电一体化系统 (或产品) 设计	141
§ 4-1 机电一体化系统 (或产品) 设计与制造的考虑方法	141
一、概述	141
二、机电一体化产品的设计类型	142
三、机电一体化产品设计与现代设计方法	142
四、机电一体化系统 (或产品) 的设计步骤	146
§ 4-2 机电一体化产品的机构设计	148
一、执行 (或操作) 机构	148
二、传动机构	149
三、执行机构与传动机构的设计要点	150
四、机体与整机结构	150
§ 4-3 机电一体化产品的控制系统设计	151
一、概述	151
二、控制系统中的基本概念	156
三、动作控制方式及其特点	159
§ 4-4 机电一体化产品 (或系统) 的安全性、可靠性设计	162
一、安全性设计	162
二、可靠性设计	164
§ 4-5 机电一体化系统 (或产品) 设计的考虑方法实例	170
一、开环控制系统的机电一体化设计的考虑方法	170

二、闭环伺服系统机电一体化设计的考虑方法	171
第五章 机电一体化系统（或产品）典型实例	183
§ 5-1 工业机器人	183
一、概述	183
二、工业机器人实例简介	186
§ 5-2 数据（NC）机床	195
一、概述	195
二、数控机床工作原理	195
三、数控机床分类	196
四、机床的机电一体化改造	197
§ 5-3 自动化生产系统	204
一、机电一体化与自动化生产系统	204
二、工厂自动化系统（FA System）	206
三、工厂自动化系统实例简介	214
§ 5-4 其他机电一体化系统（或产品）简介	219
一、邮件自动处理系统	219
二、自动售票机	224
三、自动售货机	227
四、电子秤	229
五、传真机	233
六、照相机	236
七、全自动洗衣机	240
八、自动绘图系统	243
九、三坐标测量机	246
十、无人搬运小车	249
十一、计算机数控（CNC）机床	251
参考文献	257

第一章 总 论

§ 1-1 机电一体化涵义

“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,是各相关技术有机结合的一种新形式。可以说,机电一体化是机械技术、微电子技术相互融合的产物(图 1-1-1)。它具有“技术”与“产品”两方面的内容,首先是机电一体化技术,主要包括技术原理和使机电一体化产品(或系统)得以实现、使用 and 发展的技术。其次是机电一体化产品,主要是指机械系统(或部件)与微电子系统(或部件)相互置换和有机结合,从而赋予新的功能和性能的新一代产品。

关于“机电一体化”(Mechatronics)这个名词的起源,说法很多,早在 1971 年,日本“机械设计”杂志副刊就提出了“Mechatronics”这一名词。1976 年以广告为主的杂志“Mechatronics design news”(日本)开始使用。“Mechatronics”是 Mechanics(机械学)与 Electronics(电子学)组合而成的日本造英语。

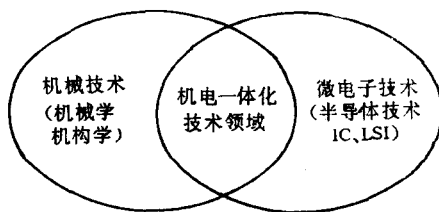


图 1-1-1 机电一体化涵义

目前,国内对“机电一体化”的涵义有各种各样的认识,即使在最先提出这一新概念的日本也有众多说法。日本“机械振兴协会”经济研究所在其“关于机械工业施政调查研究报告”中指出:“机电一体化是指机械与电子装置适当结合、构成机械产品或机电一体、机械信息一体的新趋势。”日本“产业新闻”则把机电一体化称之为“机械技术的机械学与电子技术的电子学有机结合的技术进步的总称。”富士通“法纳克(FUNAC)公司”技术管理部长小岛利夫指出:“机电一体化是将机械学与电子学有机结合而提供的更为优越的一种技术。”东京大学名誉教授渡边茂指出:“机电一体化是在机械工程中采用微电子技术的体现。”而日本“机械设计”杂志 1984 年增刊的一文中指出:“机电一体化就是利用微电子技术、最大限度地发挥机械能力的一种技术。”由于各自的出发点和着眼点不尽相同,再加上“机电一体化”本身的涵义还在随着生产和科学技术的发展不断被赋予新的内容,所以,到目前为止,还没有一个统一的定义,而较为人们所接受的是“日本机械振兴协会”经济研究所 1981 年 3 月的解释:“机电一体化乃是机械的主功能、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。”随着微电子技术、传感器技术、精密机械技术、自动控制技术以及微型计算机技术、人工智能技术等新技术的发展,以机械为主体的工业产品和民用产品,不断采用诸学科的新技术,在机械化的基础上,正向自动化和智能化方向发展,以机械技术、微电子技术的有机结合为主体的机电一体化技术是科学技术发展的必然趋势。

人类在生产实践中为了提高劳动生产率,不断采用高效、省力、高速和多功能的工具,这正

是从事系统和产品的设计和生产的专业技术人员所关心并提倡“机电一体化”的重要原因。

机电一体化技术的发展有一个从自发状况向自为方向发展的过程。早在“机电一体化”这一概念出现之前,世界各国从事机械总体设计、控制功能设计和生产加工的科技工作者,已为机械与电子的有机结合自觉不自觉地做了许多工作,如电子工业领域的通信电台的自动调谐系统、计算机外围设备和雷达伺服系统、天线系统,机械工业领域的数控机床,以及导弹、人造卫星的导航系统等,都可以说是机电一体化系统。目前人们已经开始认识到机电一体化并不是机械技术、微电子技术以及其它新技术的简单组合、拼凑,而是有机地相互结合或融合,是有其客观规律的。简言之,机电一体化这一新兴学科有其技术基础、设计理论和研究方法,只有对其有了充分理解,才能正确地进行机电一体化工作。

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。因此,机电一体化的研究方法应该改变过去那种拼拼凑凑的“混合”设计法,应该从系统的角度出发,采用现代设计分析方法,充分发挥边缘学科技术的优势。

机电一体化的结果表现为以下两种形式:

1. 机械的电子化

机械的电子化之后即原有机机械产品采用微电子技术之后,应使产品在质量、性能和功能、效率和节能等方面都有高水平发展,甚至使产品结构发生质的变化,具有新的功能。

(1)采用微电子控制实现产品的多功能和高性能(代替人的判断功能和作业功能)。例如:微型计算机控制的数控(CNC)机床、加工中心(MC)、电子式自动变速器、微型机控制的指挥仪、电子控制的防滑制动装置、微型机控制的电机调速装置、全自动洗衣机等。

(2)机械式控制机构被电子装置所取代。例如:电子缝纫机中的微处理器取代了传统的凸轮连杆机构,打印机、电子式照相机、发电机组的电子控制,在燃料喷射装置和加热炉中采用微型机进行程序控制。

(3)机械式信息处理机构被电子装置所取代。如:石英钟表取代机械式钟表,全电子式电话交换机代替机械式电话交换机,电子计算器代替手摇或电动的机械式计算器等。

(4)机械本身的主要功能被新的功能所取代。如线切割加工机床、激光手术器的主要功能以及电子式照相机的电子快门、自动曝光、自动对焦等功能代替了传统的主要机械功能。

2. 机械技术与电子技术有机结合开辟了两者单独都不能达到的新领域

(1)信息设备中的微电子装置与机械装置的有机结合、相互补充。如电报传真机、黑白与彩色复印机、录像机、液晶显示电子打印机、磁盘驱动器、激光打印机、摄像机、激光照排系统等信息设备就是如此。

(2)检测设备中微电子装置与机械装置的有机结合产生了一代新产品。如:CT(计算机断层扫描诊断装置)、自动探伤仪、物体识别系统、电磁式无胶片照相机、声音合成装置等。

(3)其它产品中的机电有机结合,如工业机器人、电子式自动售货机、分时计价电度表、银行的自动存取系统等等。

上述这些产品单靠机械技术或微电子技术都是无法制成的,必须综合应用机械技术和微电子技术才有可能实现。这就需要机电一体化设计人员,根据产品的目的(预期)功能和要求,权衡机械技术和微电子技术的各自优劣,进行系统优化,并使机械参数与电子参数相互匹配,以达产品优化之目的。

§ 1-2 机电一体化技术革命

一、第二次钟表时代与机电一体化技术革命

从具有代表性的尖端科学技术来看,其发展的历史大致可以分为钟表时代、内燃机时代和计算机时代。在工业革命前的远洋航海时代,其尖端科学技术的代表是钟表制造技术,当时,制造精确钟表的技术是工匠激烈竞争的一种技术。而工业革命后,内燃机成为尖端科学技术的中心,以战争为转机,用于飞机、船舶、汽车的内燃机获得了飞跃发展。计算机的出现和发展,不但改变着社会也在改变着人类生活及知识结构。由于光刻技术、腐蚀与蒸镀技术、超精密机械加工等精密机械技术的发展,使 IC、LSI、VLSI 等微电子技术获得惊人发展,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。

钟表是与人类生活最密切的产品之一,而机电一体化的产物——电子钟表,利用石英振子、液晶显示以及微电子驱动电路,完全废除了传统钟表的齿轮、发条、游丝,其产量已远远超过钟表世界总产量的一半以上,大有替代机械式钟表之势。为此,有第二次回到钟表时代之说。这种说法虽然有点牵强附会,但可以说明,随着微电子技术的发展,像钟表出现了新的变革一样,其他各种机、电产品也将出现新的变革。

众所周知,一克铀能够释放出相当于 10^6 克(一吨)石油所具有的能量,这 10^6 的变化可称得上是能源技术的变革。最早电子计算机“ENIAC”,全机装了 1.8 万只电子管,每秒运算 5000 次,占地 167 平方米,现在的 VLSI、单片微机芯片上集成了数十万个晶体管,每个晶体管相当于一只电子管,而芯片的体积是电子管计算机的百万分之一(10^{-6}),此外,目前的超大规模集成电路计算机具有每秒 50×10^6 次以上的运算能力,比电子管计算机提高了近百万倍。

如果说 10^6 的变革称得上革命的话,那么计算机已完成了这种革命性的变化,这种变革与单纯的改良、改善有本质的区别。曾以机械为主的产品,如机床、汽车、缝纫机、打字机、照相机等,由于应用了微型计算机等微电子技术,使它们都提高了性能并增添了智能。这种将微型计算机等微电子技术用于机械并给机械以智能的技术革新潮流可被称之为“机电一体化技术革命”。

二、机电一体化技术革命的基础

机电一体化技术革命的基础是精密机械技术与微电子技术的进步,而更重要的是微电子技术的进步。1948 年,半导体晶体管的问世,揭开了微电子时代的序幕,到 1959 年出现了应用半导体元器件的计算机。1960 年研制成 IC(Integrated Circuit),十年之后的 1970 年就出现了全 IC 型计算机(IBM/370),整个 70 年代,微电子技术获得了惊人的发展。Intel 公司 1971 年推出了四位通用微处理器($\mu P4004$),接着 1972 年就推出了八位微处理器($\mu P8008$),以及相应的 MCS-8 微型计算机系统,从而进入了微型机时代。表 1-2-1 列出了半导体与微型计算机的发展概况及其相关技术的发展。 $\mu P4004$ 、 $\mu P8008$ 以及相应的 MCS-8 微机系统均是以 PMOS 工艺为基础制成的第一代微型计算机。1973 年,Intel 公司又研制出功能更强的八位微处理器(8080)以及相应的 MCS-80 微机,开创了第二代微型计算机,它主要是采用 NMOS 工艺制成的。1978 年,Intel 公司又首先推出了第三代微型计算机产品——Intel 8086 微处理器及相应的

表 1-2-1 半导体与微型计算机的发展

年 代	半导体的发展	计算机的进步	相关技术的发展
1948	晶体管发表		
51	↑ 电子管	UNIVAC I (5000 个电子管)	试制 VTR(美)
52	↓	IBM701	NC 铣床(MIT)
54	硅晶体管(TI)	IBM704, IBM650	
57	↑	FORTRAN	日本产 NC(富士通)
59	↓		苏联发射人造卫星
60	晶体管	IBM/1401(全 IC)	
61	IC 发表		加加林宇宙航行(苏)
62	↓ MOSIC	FORTRAN IV	阿波罗计划开始
63	↑	BASIC	
64	DIP 型 IC	IBM/360(hybrid IC microprogram)	
65	↓	DEC PDP-8 小型计算机	
67	IC		机床群管理(System24)(英)
68	ROM(64bit)		
69	1024bit ROM		
70	磁泡	最初的微处理器(Intel)	Armstrong 月着陆
71	↑	IBM/370(全 IC)	DNC
72	1K RAM(MOS)	μP4004(Intel)	
73	EPROM(2K Intel 1702)	HPIP	CNC
74	4K RAM	μP8008(Intel)	
75	↓	μP8080(Intel)	
76	VLSI 技术研究组织成立	μP6800(Motorola)	
77	16K RAM	最早的单片微机 8048 (Intel)	VTR(B-MAX)
78		8086(16bit)	VTR(VHS)
79		PET2001(微型机)	
		TRS-80	汽车的微型机控制(GM)
		PC-8000(NEC)	

(续)

年 代	半导体的发展	计算机的进步	相关技术的发展
1980	V L S I ↑ ↓	64K DRAM(超大型)	VTR 生产 450 万台
81		FACOM-M380(超大型)	工业机器人达 7 万台(日本)
83		十六位微型计算机	装配机器人
84		三十二位微型计算机	

MCS-86 微型计算机。与此同时,美国、日本等国的一些厂商竞相投产微型计算机,使微机技术获得迅猛发展,产量则每年增长数倍。微型计算机虽然仅有十多年的发展史,但已经经历了三代更新,现已进入第四代了。

- 1971~1972: 四位机、八位微型机以及 PMOS 为主的 μP 。
 1973~1977: 八位中档微型机、8080/8085、6800、Z80 以 NMOS 为主的 μP 。
 1978~1981: 十六位高档微型机、8086、Z8000、MC68000。
 1981 年以后: 三十二位高档微型机、如 HP 公司研制的 45 万个元器件/片的 μP 。
 目前正在研制第五代智能计算机。

微型计算机已经渡过了摇篮期,正处于旺盛成长的青年期,有人把微型计算机比作又一次工业革命,如果说引起第一次工业革命的蒸汽机给“机械”以“动力”的话,那么就可以说,引起机电一体化技术革命的微型计算机给“机械”以“智能”。

目前,微处理器(microprocessor)与半导体存储器的高集成化(小型化)、高性能化、高可靠化、低价格化打破了以往计算机(大型、小型)的形象,无限扩大了其应用范围。计算机的基本原理与功能,不论是大型计算机还是微型计算机都是相同的,但是,既小又便宜的微型机被用作机械系统的一部分,就等于给机械系统增加了“头脑”,正是有了微型机,才使机械、电子、信息一体化开始成为可能。另一方面,在机械技术发展过程中,不可低估超精密加工技术对机电一体化化的贡献,录像机、放像机、激光打印机、电传机、复印机、电子式照相机等机电一体化产品,不少重要零件都是超精密加工的。日本磁带录像机(VTR)独占世界市场的首要原因,是对磁头和磁鼓等精密零部件具有独特的生产能力。这是日本重视以超精密机械技术,特别是精密加工系统研究的重要成果。如果说这些精密加工系统是机电一体化技术结晶的话,那么就可以说,机电一体化技术的应用推动了超精密加工技术的进步,其成果又促进了机电一体化技术革命的发展。这种发展规律也符合微电子技术的发展,LSI 制造中的微细加工技术就是精密机械技术的发展成果,其加工设备正是计算机控制的机电一体化系统,机电一体化的超精密加工技术还在不断推动微电子技术向前发展。

三、机电一体化技术革命对振兴机电工业的作用

1. 我国机电工业面临的挑战

建国以来,我国虽然已经形成了一个门类比较齐全、具有一定规模和水平的机电工业体系,在满足经济建设和人民生活需要方面起了重要作用,但与工业发达国家相比,我国机电工业发展水平还有较大差距,大部分机电设备比较陈旧,只相当于国际 60 年代,甚至 50 年代水平,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,不但不能满足国民

经济日益增长的需要,出口产品也缺乏竞争能力。尽管近年来通过引进先进技术和自行开发取得了若干可喜的成果,但由于基础薄弱、财力、物力不足,特别是管理体制的弊病和认识上的原因,已开发的技术成果许多尚未形成生产能力,未产生普遍的社会经济效益。据粗略估计,1985年我国机电一体化产品产值仅占机械工业总产值的10%左右。1984年我国机械工业全员劳动生产率1.12万元/人,约为美国的1/30;每千万美元工业产值所消耗钢材,1984年我国约为450吨,相当于日本的三倍多;单位工业产值耗煤,我国约为2.13吨,比日本多耗近五倍。如果机电工业不利用微电子技术来使传统的机电产品提高质量和焕发青春、提高性能、降低材料和能源消耗、降低成本、提高性能价格比,那么机电工业的差距就会越来越大,赶超世界先进水平也将成为一句空话。

2. 机电一体化技术革命可为改造传统设备开辟新的发展途径

2000年以前是我国全面实现工业现代化的重要时期,传统的机电工业仍将是我国国民经济的主体、创造物质财富的主力。以前虽然从国外引进了一些先进设备,但是杯水车薪,并未改变机电工业的落后面貌,也曾开发了一些机电一体化产品,结果不是未形成商品,就是成本高、价格贵,多数企业在经济上难以承受,故形不成批量生产。而采用现有机电产品进行同一水平的批量更新,技术上不合理、经济上不合算,因此,多数仍靠小修小补的办法维护大量旧设备的使用。随着机电一体化技术革命的发展,用“旧设备加微电脑控制”的方法,投资不多就可以让传统设备发生质的变化、扩大其使用价值。到目前为止,我国机床拥有量约320万台,其中可采用微机数控技术和数字显示技术进行改造的旧机床大约占1/4~1/5,到1985年已用数控技术改造了2000多台,用数显技术改造了4000多台,均收到显著的效益。我国许多能耗高的旧设备,采用微电子控制装置进行改造后,则效益更加显著。例如,截至1984年,我国第一批改造传统工业炉窑15台,仅节约燃料和减少钢材烧损两项,每年经济效益达1000万元以上;工业锅炉用微电子技术改造后,炉温稳定、燃烧效率高,一台10~20t工业锅炉平均煤耗可下降6~10%。我国年发电量的60%消耗在中小型电动机上,其中风机、水泵用电量占一半左右。如果采用微电子技术使在节流情况下运行的风机、泵类变速运行,则节电潜力很大。目前我国内燃机效率比国外约低5~15%,如果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。总之,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。

3. 机电一体化技术革命将加快机电工业赶超国际水平的步伐

在今后10到15年内,使主要机电产品达到工业发达国家70年代末和80年代初的水平,部分产品争取接近国际水平,是我国机电工业的振兴目标。“七五”规划规定,全国机电工业总产值比1985年增长50%;并使50%的主要产品的质量和性能同工业发达国家的差距缩短到10年左右。发展机电一体化、开发与国际水平相近的数控机床,用数控锻压、铸造、焊接等机电一体化设备和大型电子精密测量仪器武装机电工业,逐步批量生产符合现行国际评价指标标准的机电一体化产品,推动机电产品的更新换代,满足国民经济发展的新需求。

4. 机电一体化技术革命将加速改善我国的出口产品结构

用机电一体化技术提高机械制造、电气设备、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。同时有助于推动初级产品进行深度加工,提高出口产品的产值。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,因此,机电一体化技术革命将改变我国历年来以石油、煤等原材料以及初级产品为主的低效益出

日产品结构。

§ 1-3 机电一体化系统与人体功能

一、机电一体化系统的功能构成

机电一体化系统(或产品)是由若干具有特定功能的机械和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)。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。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

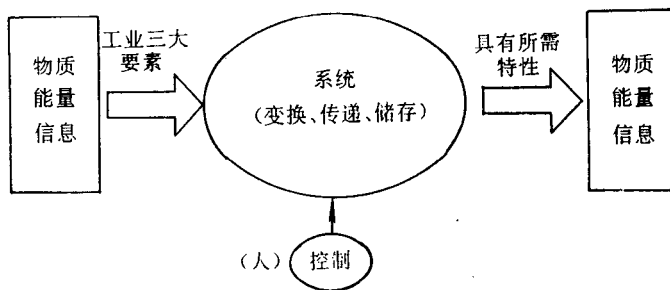


图 1-3-1 系统的目的功能图

送)功能;③储存(保持、积蓄、记录)功能。图 1-3-1 为系统目的功能图。以物料搬运、加工为主,输入物质(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),经过加工处理,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(切削、锻压、铸造、电加工、焊接设备、高频淬火等)、交通运输机械、工程机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机械、轻工机械等。

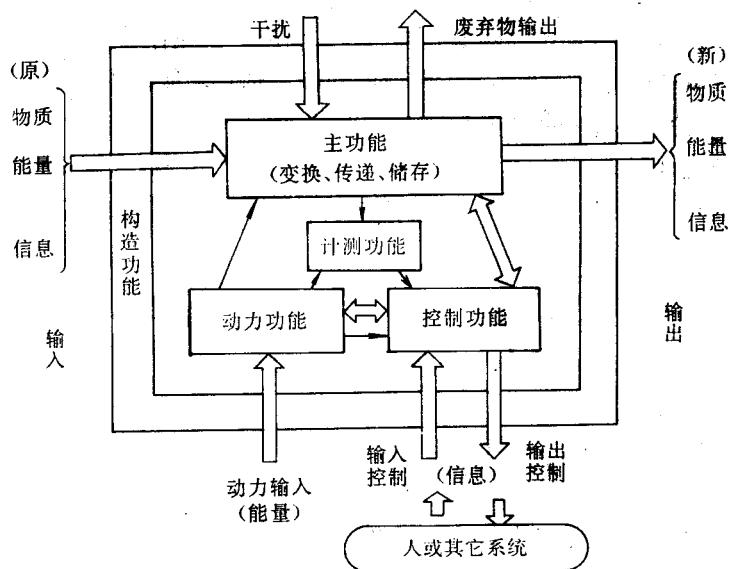


图 1-3-2 系统内部功能

以能量转换为主,输入能量(或物质)和信息,输出不同形式能量(或物质)的系统(或产品),称为动力机。其中输出机械能的为原动机,例如电动机、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、声音等)的系统(或产品),称为信息机。例如各种仪器、仪表、钟表、电子计算机、电报传真机以及各种办公机械等。

不管哪类系统(或产品),系统内部必须具备图 1-3-2 所示的五种内部功能,即主功能、动力功能、计测功能、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、传递和储存。“动力功能”是向系统提供动力、让系统得以运转的功能。“计测功能和控制功能”的作用是根据系统内部信息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”。而“构造功能”则是使构成系统的子系统及元、

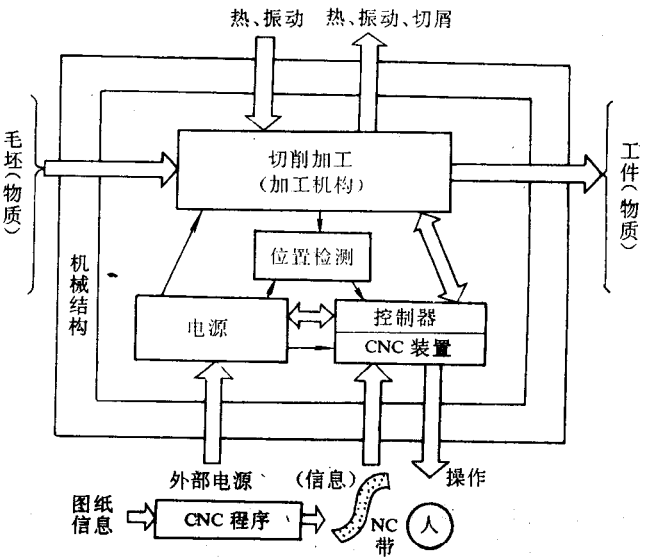


图 1-3-3 CNC 机床的内部功能构成

部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。从系统的输入/输出来看,除有主功能的输入/输出之外,还需要有动力输入和控制信息的输入/输出。此外,还有因外部环境引起的干扰输入以及非目的性输出(如废弃物等)。例如汽车的废气和噪音对外部环境影响也很大,从系统设计时开始就应予以考虑。图 1-3-3 是 CNC 机床的内部功能构成实例。

二、机电一体化系统与人体的要素及功能

机电一体化系统是代替人工作的,从功能强、性能好这一点来看,人体是这种系统最好的蓝本。因此,首先分析一下人体的构成要素与功能,进而说明机电一体化系统的构成要素。

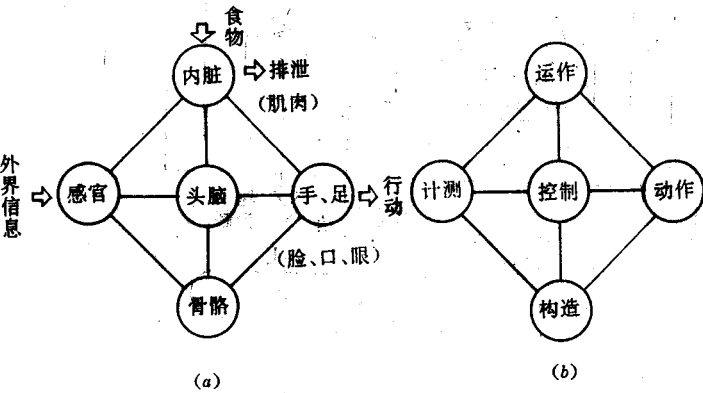


图 1-3-4 人体五大要素与功能

众所周知,人体是由头脑、感官(眼、耳、鼻、舌、皮肤)和手足构成的,加上内脏和骨骼可成

为人体的五大要素,如图 1-3-4(a)所示。内脏是维持人体活动、提供人体所需要的能量(动力)与各种激素必不可少的要素,感官和手足、口等与外界作用并获取各种外界信息,头脑集中处理各种信息并与其它各要素进行联系、实施控制,骨骼是把各要素联系为一体进行运动的机构。这些要素的有机结合使人体具有运作(消化食物吸取营养)、计测、控制、构造和动作五大功能,如图 1-3-4(b)所示。这些功能与机电一体化系统内部的五大功能相比较几乎完全相同。系统的动力功能与人体的运作功能相适应,人体的“运作功能”不只是提供能量,它具有维持人体正常生命的各种复杂功能,与此相对应,系统的动力功能除供给系统动力之外,还包括提供系统所必须的润滑、冷却、保温、除湿及防尘等正常运转的动力。

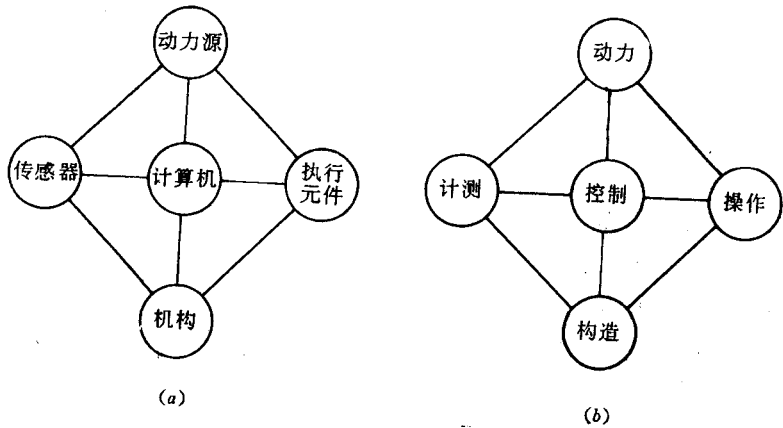


图 1-3-5 机电一体化系统的五大要素与功能

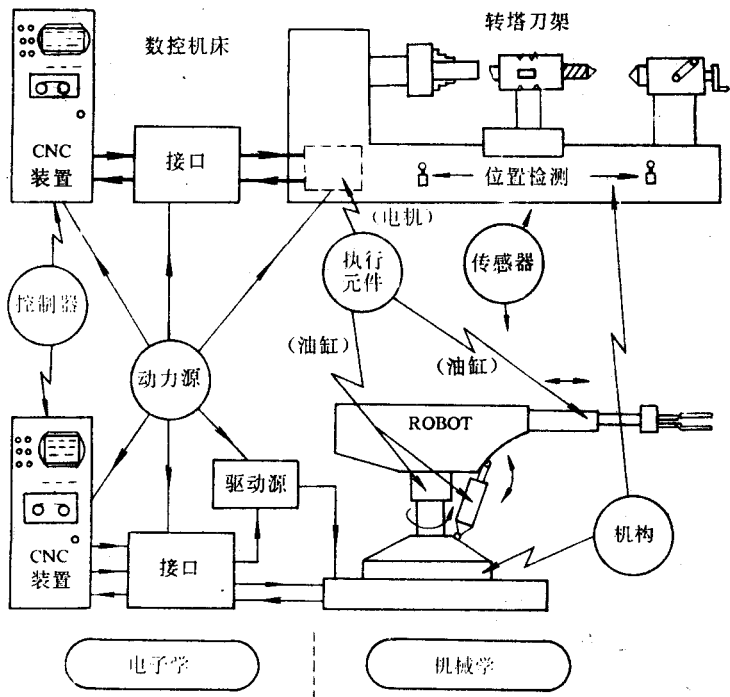


图 1-3-6 机电一体化系统五要素实例

机电一体化系统的五大要素与五大功能如图 1-3-5 所示。图 1-3-6 为机电一体化系统五要素实例。表 1-3-1 列出了人体要素与机电一体化系统要素的关系。

表 1-3-1 机电一体化系统与人体要素的关系

机电一体化系统要素	功 能	人 体 要 素
控制器(计算机等)	控制(信息存储、处理、传送)	头 脑
检测传感器	计测(信息收集与变换)	感 官
执行元件(执行机构)	驱 动(操作)	肌 肉(手、足)
动力源	提供动力(能量)	内 脏
机 构	构造(将各要素联为一体)	骨 骼

三、机电一体化系统要素之联接

机电一体化系统由许多要素或子系统构成,各要素和子系统之间必须能顺利进行物质、能量和信息的传递与交换,为此,各要素和各子系统相接处必须具备一定的联系条件,这个联系条件就可称为接口(interface)。历来的纯机械系统和纯电气回路系统,“接口”概念并不太重要,但在不同技术的融合或复合的机电一体化系统中,“接口”概念就成为很重要的问题。这里就广义的“接口”概念作一分析。人体内部各要素之间需要接口,同时,人为生存必须与外部环境相互联系,如图 1-3-7(a)所示,人是自然、社会的一员,必须在与自然、社会及其他人的相互联系中生存。所谓“相互联系”就是两者之间进行物质、能量和信息的交换,交换使两者可能直接或间接“接触”,这样的“接触面”,广义上也被称做“接口”。机电一体化系统不外乎是帮助人与自然、人与社会、人与人相互联系的一种接口系统。如图 1-3-7(b)所示,从系统外部看,机电一体化系统的输入/输出是与人、自然及其它系统之间的接口;从系统外部看,机电一体化系统是由许多接口将系统组成要素的输入/输出联系为一体的系统。从这一观点出发,系统的性能取决于接口的性能,各要素和各子系统之间的接口性能就成为综合系统性能好坏的决定性因素。机电一体化系统是机械、电子和信息等功能各异的技术融为一体的综合系统,其构成要素或子系统之间的接口极其重要,多数机电一体化系统设计就是接口设计。

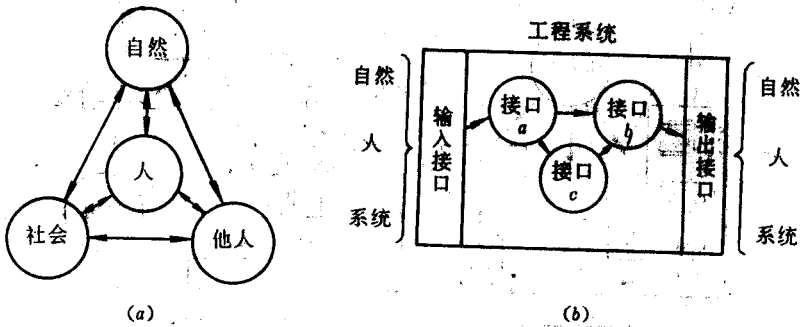


图 1-3-7 “相互联系”与系统接口
(a)“相互联系”; (b)工学系统接口。