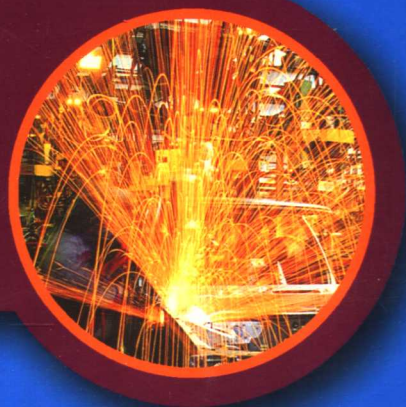




普通高等教育“十五”国家级规划教材

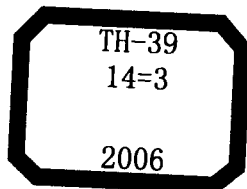
# 机电一体化系统设计

(修订版)



张建民等 编著

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 机电一体化系统设计

(修订版)

张建民等 编著

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

机电一体化系统设计是从“系统”的观点出发,利用机械技术、微机控制技术和信息技术,通过“一体化”即机电有机结合的方法,构造最佳的系统(或产品)。本书对组成产品机械系统的元、部件和微机控制系统的元、器件的工作原理、特点、选用原则与方法进行了论述,对其静、动态特性进行了简要分析,并从机电有机结合(机电一体化)的角度,对系统(产品)的稳态设计与动态设计方法做了较详细介绍并列举了设计实例。书中还简要介绍了一些典型的机电一体化系统。书后附有常用基本逻辑符号的中外及新旧标准对照表。

本书特色明显、条理清晰、内容丰富、图文并茂、深浅适宜,不仅可作为大学本科相关专业的专业课教材,也可供夜大、函大、职大等相关专业选用,还可供从事机电一体化系统设计、制造的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/张建民等编著. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2006.2

ISBN 7-81045-117-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 03748 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

电子邮箱 / [chiefeditor@bitpress.com.cn](mailto:chiefeditor@bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京国马印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 22.75

字 数 / 542 千字

版 次 / 2006 年 2 月第 2 版 2006 年 2 月第 8 次印刷

印 数 / 31001 ~ 35000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 张 宏

责任印制 / 李绍英

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换

## 再版前言

本书于1996年出版第一版后,经过许多学校十年的使用,对本书提出了一些很好的修改建议。根据这些建议,我们对相关内容做了适当删减与补充。由于该书是对学生所学理论课和专业基础课内容的综合运用,所以根据作者多年的教学、科研实践与教学需要,除在控制系统设计章节增加了8086/8088CPU的相关内容之外,还对检测传感器与机电一体化系统元、部件特性分析以及典型机电一体化系统实例等章节的内容,做了适当的补充和修改,并在各章之后增补了相关的思考题和习题。

“机电一体化”是新兴的交叉学科,是机械工业的发展方向。所谓“机电一体化”并不是机械技术、微电子技术和信息技术的简单组合,而是相互取长补短、有机结合(融合),以实现系统构成及其性能的最佳化。随着机械技术、微电子技术和信息技术的飞速发展,机械技术、微电子技术和信息技术的相互渗透越来越快。“机电一体化”是实现系统或产品的短、小、轻、薄和智能化,从而达到节省能源、节省材料、实现多功能、高性能和高可靠性目的的最根本的技术手段。本书的最大特点是,从机电有机结合的角度较系统地阐述了机电一体化系统的设计原理与设计方法,充分体现了“以机为主、以电为用、机电有机结合”的原则。

全书共分8章,内容包括:总论——概述了机电一体化原理及机电一体化系统设计的相关技术;机电一体化系统的机械系统部件的选择与设计;机电一体化系统的执行元件的选择与设计;机电一体化系统的微机控制系统的选择与设计;机电一体化系统的元、部件的特性分析;机电一体化系统的机电有机结合分析与设计;常用机械加工设备的机电一体化改造分析与设计;典型机电一体化系统设计简介等。参加本书编写工作的有:张建民、唐水源、冯淑华、郝娟、牛志刚,由张建民任主编、唐水源任副主编。本书曾得到清华大学王先逵教授、北京工业大学费仁元教授、北京机械工业学院徐小力教授、北京理工大学王信义教授的审阅指导和帮助,在此向他们表示深切谢意。

由于编著者水平和经验有限,书中存有的不足之处,敬请读者批评指正。

编著者  
2005年9月

# 目 录

<b>第 1 章 总论</b> .....	1
§ 1.1 “机电一体化”涵义 .....	1
§ 1.2 优先发展机电一体化领域及共性关键技术 .....	2
§ 1.3 机电一体化系统构成要素及功能构成 .....	5
§ 1.4 机电一体化系统构成要素的相互连接 .....	9
§ 1.5 机电一体化系统的评价 .....	10
§ 1.6 机电一体化系统的设计流程 .....	11
§ 1.7 机电一体化系统设计的考虑方法及设计类型 .....	13
一、机电一体化系统设计的考虑方法 .....	13
二、机电一体化系统的设计类型 .....	14
§ 1.8 机电一体化工程与系统工程 .....	14
§ 1.9 机电一体化系统设计的设计程序、准则和规律 .....	15
§ 1.10 机电一体化系统的开发工程与现代设计方法 .....	16
一、机电一体化系统的开发工程 .....	16
二、机电一体化系统设计与现代设计方法 .....	18
思考题和习题 .....	20
<b>第 2 章 机电一体化系统的机械系统部件选择与设计</b> .....	22
§ 2.1 机械系统的选择与设计的要求 .....	22
§ 2.2 机械传动部件的选择与设计 .....	22
一、机械传动部件及其功能要求 .....	22
二、丝杆螺母机构的基本传动形式 .....	23
三、滚珠丝杠副传动部件 .....	25
四、齿轮传动部件 .....	35
五、挠性传动部件 .....	42
六、间歇传动部件 .....	44
§ 2.3 导向支承部件的选择与设计 .....	46
一、导轨副的组成、种类及其应满足的要求 .....	46
二、滑动导轨副的结构及选择 .....	50
三、滚动导轨副的类型与选择 .....	56
四、静压导轨副工作原理 .....	61
§ 2.4 旋转支承部件的选择与设计 .....	63
一、旋转支承部件的种类及基本要求 .....	63
二、圆柱支承 .....	63
三、圆锥支承 .....	66
四、填入式滚动支承 .....	66
五、其他形式支承 .....	67

§ 2.5 轴系部件的选择与设计	70
一、轴系设计的基本要求	70
二、轴(主轴)系用轴承的类型与选择	71
三、提高轴系性能的措施	78
§ 2.6 机电一体化系统的机座或机架	78
一、机座或机架的作用及基本要求	78
二、机座或机架的结构设计要点	80
思考题和习题	84
<b>第 3 章 机电一体化系统执行元件的选择与设计</b>	<b>86</b>
§ 3.1 执行元件的种类、特点及基本要求	86
一、执行元件的种类及特点	86
二、执行元件的基本要求	88
§ 3.2 常用的控制用电动机	88
一、控制用电动机的基本要求	88
二、控制用电动机的种类、特点及选用	89
§ 3.3 步进电动机及其驱动	91
一、步进电动机的特点与种类	91
二、步进电动机的工作原理	93
三、步进电动机的运行特性及性能指标	96
四、步进电动机的驱动与控制	101
§ 3.4 直流(DC)和交流(AC)伺服电动机及其驱动	111
一、直流(DC)伺服电动机及其驱动	111
二、交流(AC)伺服电动机及其驱动	114
思考题和习题	117
<b>第 4 章 机电一体化系统的微机控制系统选择及接口设计</b>	<b>118</b>
§ 4.1 专用与通用、硬件与软件的权衡与抉择	118
§ 4.2 微机控制系统的设计思路	119
§ 4.3 微型计算机的系统构成及种类	123
一、微型计算机的系统构成	123
二、微型计算机的种类	125
§ 4.4 微型计算机软件与程序设计语言	127
§ 4.5 微型计算机的应用领域及选用要点	128
§ 4.6 8086/8088CPU 微机的硬件结构特点	129
一、8086/8088CPU 的主要结构特点	129
二、8086/8088CPU 的最大与最小工作模式	129
三、8086/8088CPU 引脚的功能定义	130
四、8086CPU 最小、最大工作模式系统的典型配置	133
§ 4.7 Z80CPU 微机的结构特点及存储器、输入/输出扩展接口	136
一、Z80CPU 的结构特点	136
二、总线驱动器	137
三、存储器	138
四、输入/输出接口	142
五、Z80CPU 的存储器及 I/O 接口扩展举例	146

§ 4.8 单片机的结构特点及最小应用系统	147
一、MCS-51 系列单片机的结构特点	149
二、MCS-51 系列单片机的最小应用系统及其扩展	151
§ 4.9 数字显示器及键盘的接口电路	154
一、数字显示器的结构及其工作原理	154
二、键盘、显示器的接口电路	156
§ 4.10 可编程逻辑控制器(PLC)的构成及应用举例	159
一、PLC 的构成及工作原理	159
二、PLC 的应用举例	161
§ 4.11 微机应用系统的输入/输出控制的可靠性设计	164
一、光电隔离电路设计	164
二、信息转换电路设计	167
§ 4.12 常用检测传感器的性能特点、选用及微机接口	169
一、检测传感器的分类与基本要求	169
二、各类传感器的主要性能及优缺点	172
三、传感器的选用原则及注意事项	181
四、检测传感器的测量电路	182
五、检测传感器的微机接口	183
思考题和习题	186
<b>第 5 章 机电一体化系统的元、部件的特性分析</b>	<b>187</b>
§ 5.1 自动控制理论与机电一体化系统	187
§ 5.2 机电一体化系统元、部件的动态特性分析	196
一、机械系统特性及变换机构	196
二、机械系统的机构静力学特性分析	198
三、机械系统的机构动力学特性分析	200
四、两自由度机器人运动轨迹生成所需转矩分析	205
§ 5.3 传感器的动态特性分析	206
一、动电式变换器的特性分析	207
二、压电式变换器的特性分析	207
§ 5.4 执行元件的动态特性分析	209
一、电磁变换执行元件的特性分析	210
二、具有反馈环节的驱动电路电磁变换执行元件的特性分析	211
三、压电式执行元件及其特性分析	211
四、执行元件与机械惯性阻转矩的匹配方法	213
五、凸轮曲线理论	214
思考题和习题	216
<b>第 6 章 机电一体化系统的机电有机结合分析与设计</b>	<b>217</b>
§ 6.1 机电一体化系统的稳态与动态设计	217
§ 6.2 机电有机结合之一——机电一体化系统的稳态设计考虑方法	217
一、典型负载分析	217
二、执行元件的匹配选择	220
三、减速比的匹配选择与各级减速比的分配	221
四、检测传感装置、信号转换接口电路、放大电路及电源等的匹配选择与设计	222

五、系统数学模型的建立及主谐振频率的计算 .....	222
§ 6.3 机电有机结合之二——机电一体化系统的动态设计考虑方法 .....	230
一、机电伺服系统的动态设计 .....	230
二、系统的调节方法 .....	230
三、机械结构弹性变形对系统特性的影响 .....	237
四、传动间隙对系统特性的影响 .....	243
五、机械系统实验振动模态参数识别 .....	244
§ 6.4 机电一体化系统的可靠性、安全性设计 .....	245
一、可靠性设计 .....	245
二、安全性设计 .....	251
思考题和习题 .....	253
<b>第 7 章 常用机械加工设备的机电一体化改造分析与设计 .....</b>	<b>255</b>
§ 7.1 机床的机电一体化改造分析 .....	255
一、机械传动系统的改造设计方案分析 .....	255
二、机械传动系统的简化 .....	260
三、机床机电一体化改造的性能及精度选择 .....	261
四、机床进给系统的有机结合的匹配计算 .....	262
§ 7.2 微机控制系统的设计分析 .....	265
一、选择 Z80CPU 单板机的控制系统设计(以车床为例) .....	265
二、选择 8031 单片机的控制系统设计(以 X-Y 工作台为例) .....	275
三、XA6132 型铣床的多 CPU 直流伺服系统设计 .....	277
思考题和习题 .....	279
<b>第 8 章 典型机电一体化系统(产品)设计简介 .....</b>	<b>281</b>
§ 8.1 工业机器人 .....	281
一、简述 .....	281
二、电动喷砂(多关节型)机器人 .....	282
三、装配机器人(SCARA 型) .....	287
§ 8.2 计算机数字控制(CNC)机床设计简介 .....	291
一、简述 .....	291
二、CNC 机床的分类及控制方式 .....	292
三、CNC 系统的组成和作用 .....	294
四、CNC 控制程序编制基础 .....	295
五、BKX-I 型变轴计算机数控(CNC)机床设计 .....	304
六、PRS-XY 型混联 CNC 机床设计 .....	313
七、CNC 机械加工中心(MC) .....	321
§ 8.3 汽车的机电一体化 .....	326
一、简述 .....	326
二、汽车用传感器 .....	326
三、数字式电子点火系统 .....	330
四、电子控制的自动变速器 .....	333
五、汽车自动空调系统 .....	334
§ 8.4 电子秤 .....	336
§ 8.5 三坐标测量机 .....	339



## 目 录

---

§ 8.6 电子灶烹调自动化·····	342
§ 8.7 自动售票机·····	344
§ 8.8 自动售货机·····	348
思考题和习题·····	350
<b>附录 常用基本逻辑符号的中外及新旧标准对照表</b> ·····	<b>351</b>
<b>参考文献</b> ·····	<b>353</b>

# 第 1 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,是精密机械技术、微电子技术和信息技术等各相关技术有机结合的一种新形式。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 年以广告为主的日本杂志“Mechatronics design news”开始使用,其中的“Mechatronics”是 Mechanics(机械学)与 Electronics(电子学)组合而成的日本造英语。到目前为止,较为人们所接受的“机电一体化”的涵义是日本“机械振兴协会经济研究所”提出的解释:“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”。可以说,“机电一体化”是机械技术、微电子技术及信息技术相互交叉、融合(有机结合)的产物(图 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,主要包括技术原理使机电一体化产品(或系统)得以实现、使用和发展的技术。其次是机电一体化“产品”,该“产品”主要是机械系统(或部件)与微电子系统(或部件与软件)相互置换或有机结合而构成的新的“系统”,且赋予其新的功能和性能的新一代产品。

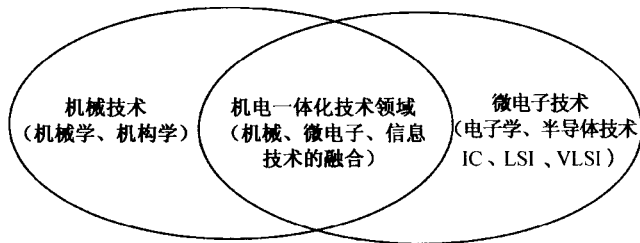


图 1-1 机电一体化技术领域

“机电一体化”打破了传统的机械工程、电子工程、信息工程、控制工程等旧学科的分类,形成了融机械技术、电子技术、信息技术等多种技术为一体,从系统的角度分析与解决问题的一门新兴的交叉学科。

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。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,已为机械技术与电子技术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、软件技术以及其他新技术的简单组合、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。

随着以 IC、LSI、VLSI 等为代表的微电子技术的惊人发展,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”。

众所周知,1 g 铀能够释放约相当于  $10^6$  g(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。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(从计算速度和体积上看)革命性变化。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头脑。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称之为“机电一体化技术革命”。

机电一体化的目的是使系统(产品)高附加价值化,即多功能化、高效率化、高可靠化、省材料省能源化,并使产品结构向轻、薄、短、小巧化方向发展,不断满足人们生活的多样化需求和生产的省力化、自动化需求。因此,机电一体化研究的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。

## § 1.2 优先发展机电一体化领域及共性关键技术

机电一体化技术的发展受到社会、经济和科学技术的影响,机电一体化技术内部联系与外部影响如图 1-2 所示,其中机电一体化技术内部的主要技术作为发展的必备条件,但没有各种相关技术的发展和外部影响因素的相互配合,发展机电一体化技术将是不可能的。图 1-3 是机电一体化技术和产品获得发展的支持系统,机电一体化技术的发展主要受技术基础、经济

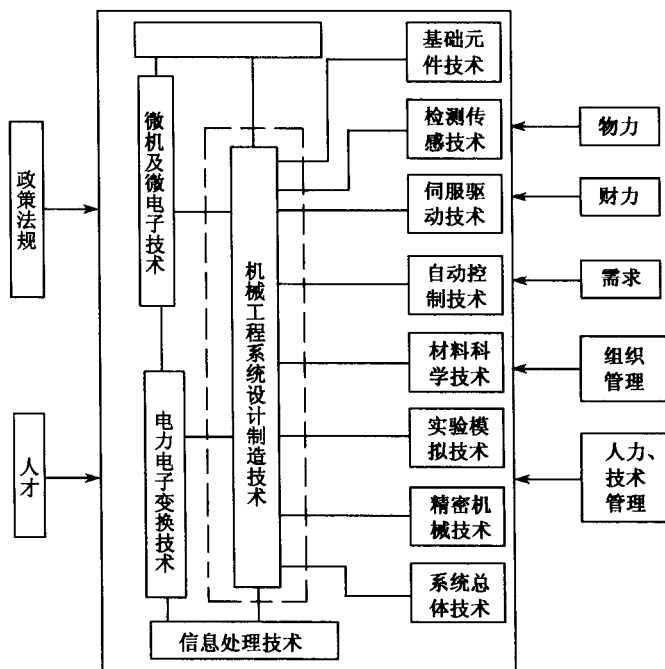


图 1-2 机电一体化技术的内部联系与外部影响

基础和社会环境等条件的影响。因此,阻碍我国机电一体化技术革命发展的主要问题不是在技术内部,而是技术发展的需求与外部条件的支持能力。在许多外部条件中,主要受振兴机电工业的政策法规、人才培养和有利的组织、协调、规划的限制。尽管资金的筹集及人才的培养还不够适应,但只要政策对头、组织得当、合理使用,依靠现有力量,机电一体化技术对我国的经济技术的发展是大有作为的。

微电子技术在机电工业中的应用涉及领域极其广泛,但优先发展的机电一体化领域必须同时具备下述三个条件:①短期或中期普遍需要;②具有显著的经济效益,例如:大大提高产品质量和性能、有效地节省能源和材料、进口产品国产化、扩大出口、带动其他行业机电一体化技术的发展、促进其他产品质量和性能的提高、显著提高管理水平;③具备或经过短期努力能具备必需的物质技术基础。

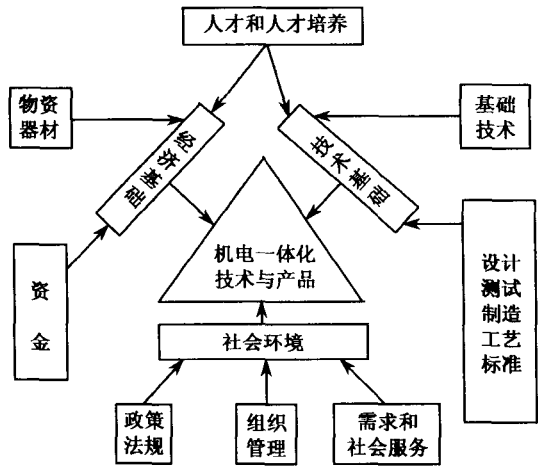


图 1-3 发展机电一体化技术和产品的支持系统

另外,在社会效益十分显著的领域也要优先发展。根据我国实际情况,所有符合上述条件的领域还应按层次、有重点、有步骤地发展。据有关资料分析,优先发展机电一体化领域及其具备优先发展机电一体化技术的条件如表 1-1 所示。

优先发展的产品(或系统)领域实现机电一体化,必须解决这些产品(或系统)采用微电子技术所面临的共性关键技术,这些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、精密机械技术及系统总体技术等。目前这些技术包括的内容如下:

1) 检测传感技术:检测传感器属于机电一体化系统(或产品)的检测传感元件。检测传感器的检测对象有温度、流量、压力、位移、速度、加速度、力和力矩等物理量以及物品的几何参数等,其检测精度的高低直接影响机电一体化产品的性能好坏。因此,要求检测传感器具有高精度、高灵敏度和高可靠性。检测传感器集机、光、电、声、信息等各种技术之大成,从其传感机理、元器件结构设计到制造工艺等都有需要研究和解决的问题。没有精度、质量、品种和数量能满足要求且廉价的检测传感元器件,就不能将机电一体化技术革命推向前进。检测传感技术的主要难点是提高可靠性、精度和灵敏度,需研究的问题有:①提高各种敏感材料和元件的灵敏度及可靠度;②改进传感器结构,开发温度与湿度、视觉与触觉同时存在的复合传感器等;③研究在线检测技术,提高抗干扰能力;④研究具有自动诊断与自动补偿功能的传感器(智能化传感器)等。

2) 信息处理技术:信息处理技术包括信息的输入、变换、运算、存储和输出技术。信息处理的硬件包括输入/输出设备、显示器、磁盘、计算机、可编程序控制器和数控装置等。信息处理是否正确及时,直接影响机电一体化产品的质量和效率,因而成为机电一体化产品的关键技术。在信息处理技术方面存在的问题有减轻重量、提高处理速度、提高可靠性和抗干扰能力以及标准化、提高操作性及便于维修保养等。需要研究的问题有:①提高大规模集成电路(包括

微芯片和专用集成电路)的制造工艺水平,保证产品的可靠性,降低成本;②提高 I/O、A/D、D/A 转换的速度和可靠性;③开发高速处理技术(如开发高速运算的微处理器和高速处理图像技术等);④通信与传递(包括联机、信道分配、传递速率等);⑤加速软盘机、可编程控制器、微机的标准化,提高维修性;⑥在信息处理部分,加上自动诊断功能,在人机接口设备上,利用声音或图像识别等方式实现信息处理部分的智能化,柔性自动化仿真技术。

表 1-1 机电一体化优先发展领域及应具备的条件

优先发展产品领域		数控机床及其他设备	电子化量具量仪	工业自动化控制仪表	中小型电机与电气	传动控制装置	电子化低压电器	工业机器人	电子化家用电器	电子控制的轻工机械	电子控制的纺织机械	机电一体化医疗器械	控制内燃机汽车电子化和电子	办公机械一体化的	控制系统电子化自动	电子式照相机	的印刷机械采用微电子技术的
优先发展条件																	
1	短期或中期普遍迫切需要	★	★	★	★	★			★	★	★	★	★	★	★	★	★
2	提高产品的质量和技术水平及效益投资比	★	★	★	★	★				★	★		★	★	★	★	
	有效地节省能源或钢材等	★		★	★	★			★				★		★		★
	促进产品的国产化	★	★	★				★	★				★	★		★	
	扩大外贸出口	★							★	★	★		★				★
	能带动其他领域的机电一体化的发展			★	★	★							★				
	促进其他领域产品质量和水平的提高	★	★	★				★		★	★						★
	显著提高管理水平											★		★	★	★	
3	已经具有或经过短期努力便具有必需的物质技术基础	★	★	★	★	★	★	★	★		★		★	★		★	★
4	社会效益十分显著							★	★			★	★				★

3) 自动控制技术:自动控制技术包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、再现、检索等技术。这些都是机电一体化技术中十分重要的关键技术。其技术难点是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等。需研究的问题有:①多功能、全功能数控技术与装置(包括多轴联动 CNC 等);②分级控制系统;③复杂控制系统的模拟仿真;④智能控制技术;⑤自诊断监控技术及容错技术等。

4) 伺服驱动技术:伺服驱动技术主要是指执行元件中的一些技术问题。伺服驱动包括电动、气动、液动等各种类型。伺服驱动技术对产品质量产生直接影响。在机电一体化产品(系统)中,对机电转换部件,如电磁螺线管、电动机、液压马达等执行元件的精度要求更高、可靠性更好、响应速度更快;对直流伺服电动机,要求控制性能更好(高分辨率和高灵敏度)、速度和扭矩特性更稳定;交流调速系统的难点在于变频调速、电子逆变技术、矢量变换技术等。气动和液压系统中,各种元件都存在提高性能、可靠性、标准化以及减轻重量、小型化等多方面的问题。此外,希望执行元件满足小型、重量轻和输出功率大等三个方面的要求,以及提高其对环境的适应性和可靠性。其研究的问题有:①提高机电转换部件的精度、可靠性和快速响应性;②提高直流伺服电动机的性能(高分辨率、高灵敏度);③对交流调速系统的研究(包括变频调速、电子逆变、矢量变换控制等技术);④大功率晶体管(GTR)和晶闸管(SCR、GTO)等功率器件的研制;⑤中、小惯量伺服电动机的研制;⑥气动伺服技术;⑦微型电磁离合器的研制等。

5) 精密机械技术:机电一体化产品对精密机械提出的新要求有:减轻重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善动态性能等。减轻重量、缩小体积不能降低机械的刚度,除考虑静态、动态的刚度及热变形的问题外,还要提高导轨面的刚度。因此,在设计时,要考虑采用新型复合材料和新型结构。为便于维修,要使零件模块化、标准化、规格化。需研究的问题有:①研究机械零、部件的静态、动态刚性和热变形问题(既要求重量轻、体积小,又要求刚性好。如对结构进行优化设计、采用新型复合材料等);②提高关键零部件的精度(包括高精度导轨、精密滚珠丝杆、高精度主轴轴承和高精度齿轮等)并使之能批量生产,提高可靠性、降低成本;③超精加工与精密测量技术;④提高刀具、磨具质量,改进材质(高性能、超硬、复合刀具材料的开发和生产等);⑤摩擦、磨损与润滑问题;⑥零部件的模块化、标准化和规格化(提高互换性,保证维修方便)。

6) 系统总体技术:系统总体技术是一种从整体目标出发,用系统的观点和方法,将总体分解成若干功能单元,找出能完成各个功能的技术方案,再把功能与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。系统总体技术包括的内容很多,例如接插件、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。即使各个部分的性能、可靠性都很好,如果整个系统不能很好协调,系统与产品也很难保证正常运行。需要研究的问题有:①软件开发与应用技术,包括过程参数应用软件,实时精度补偿软件,CAD/CAM及FMS软件,各种专用语言(如机器人语言),实时控制语言,人-机对话编程技术,专用数据库的建立等;②研究接插件技术,提高可靠性;③通用接口和数据总线标准化;④控制系统成套性和成套设备自动化;⑤软件的标准化问题。

### § 1.3 机电一体化系统构成要素及功能构成

机电一体化系统(产品)由机械系统(机构)、电子信息处理系统(计算机)、动力系统(动力源)、传感检测系统(传感器)、执行元件系统(如电动机)等五个子系统组成,如图1-4所示。通过传感器直接检测目标运动并进行反馈控制的系统为全闭环系统(图a)。而通过传感器检测某一部位(如同服电动机等)运动并进行反馈、间接控制目标运动的系统为半闭环系统(图b)。机电一体化系统的基本特征是给“机械”增添了头脑(计算机信息处理与控制),因此是要求传感器技术、控制用接口元件、机械结构、控制软件水平较高的系统。其运动控制不仅仅是

线性控制,还有非线性控制、最优控制、学习控制等各种各样的控制。

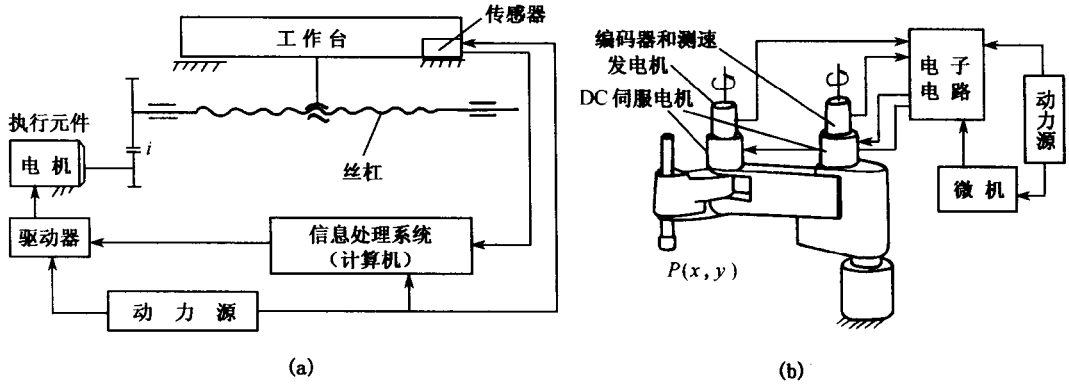


图 1-4 系统(产品)基本构成

机电一体化系统是由若干具有特定功能的机械与微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、输送)功能;③储存(保持、积蓄、记录)功能。图 1-5 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、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机械、轻工机械等。

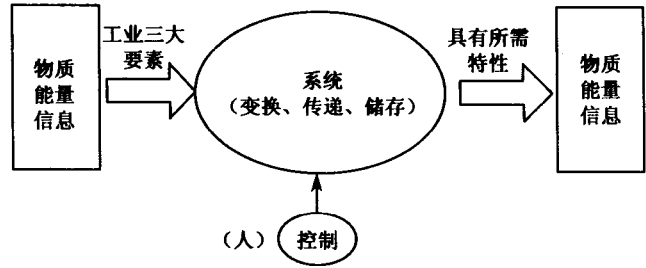


图 1-5 系统目的功能

以能量转换为主,输入能量(或物质)和信息,输出不同能量(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、计算机、传真机以及各种办公机械等。

不管哪类系统(或产品),其系统内部必须具备图 1-6 所示的五种内部功能,即主功能、动力功能、检测功能、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、传递和存储。“动力功能”是向系统提供动力、让系统得以运转的功能;“检测功能和控制功能”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、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

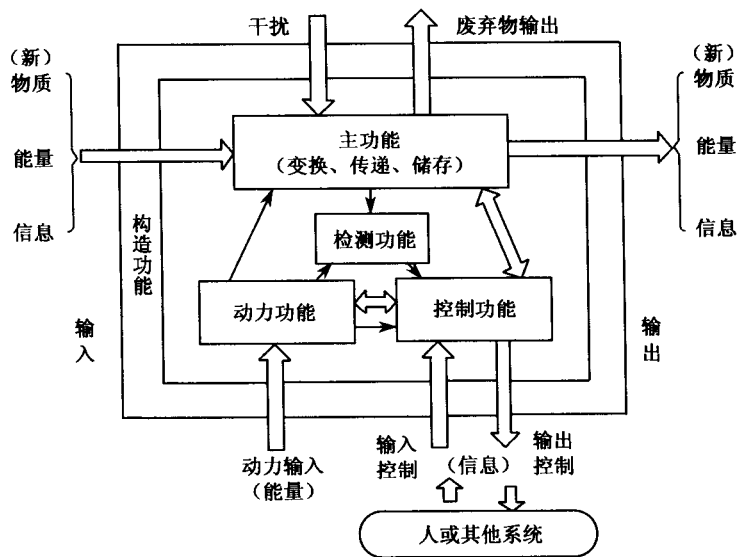


图 1-6 系统的五种内部功能

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的影响,从系统设计开始就应予以考虑。图 1-7 是 CNC 机床内部功能构成实例。

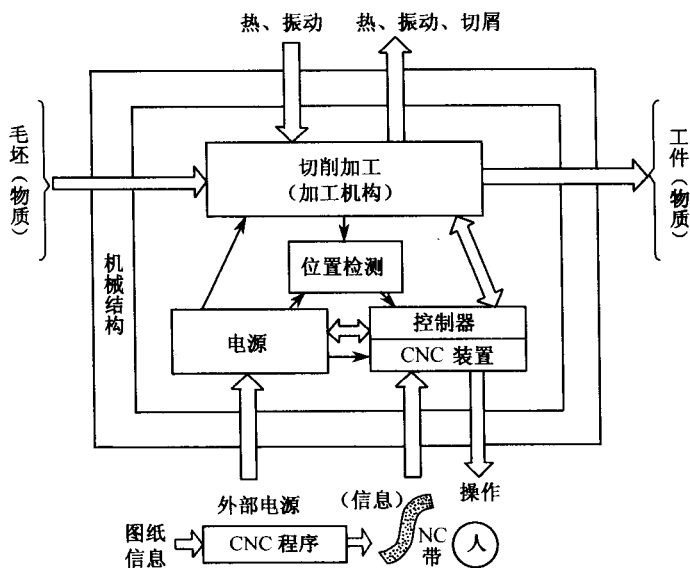


图 1-7 CNC 机床的内部功能构成

综上所述,机电一体化系统的五大要素及其相应的五大功能如图 1-8(a)、(b)所示。机电一体化系统五大要素实例如图 1-9 所示。

表 1-2 列出了机电一体化系统(产品)构成要素与人体构成要素相对应关系。



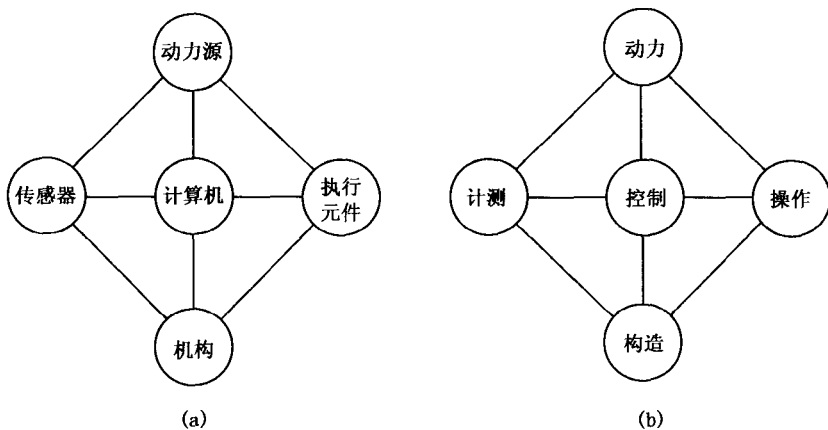


图 1-8 机电一体化系统(产品)的五大要素及其相应的五大功能

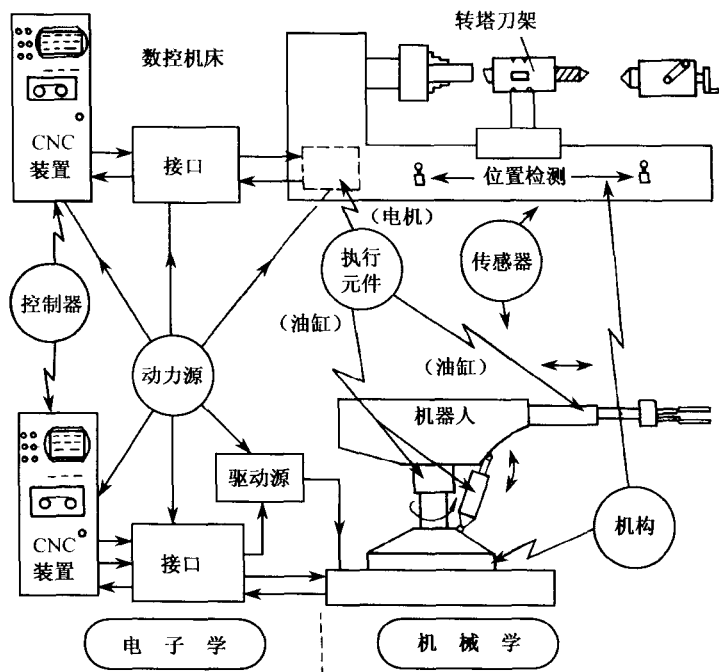


图 1-9 机电一体化系统(产品)五大要素实例

表 1-2 机电一体化系统(产品)构成要素与人体构成要素相对应关系

机电一体化系统(产品)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	驱动(操作)	肌肉
动力源	提供动力(能量)	内脏
机构	构造	骨骼