

21 世纪高等院校教材

# 机电一体化技术

李建勇 主编



Mechatronics

 科学出版社  
www.sciencep.com

21 世纪高等院校教材

# 机电一体化技术

李建勇 主编

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书介绍了机电一体化技术所必须的基础、典型知识,论述了机电一体化技术的系统层面知识,强调了机电一体化系统应具有的整体性和集成性。内容包括机电一体化技术导论和单元技术,机电一体化系统的建模与仿真、系统的电磁兼容技术和智能化,基于典型结构的机电一体化系统和系统设计。

本书可作为高等院校机械、电子、自动化等相关专业的本科生教材,也可供教师和工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

---

机电一体化技术/李建勇 主编. —北京: 科学出版社, 2004  
(21世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-012425-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 106919 号

---

责任编辑:段博原/文案编辑:邱 璐 贾瑞娜/责任校对:刘小梅

责任印制:安春生/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年4月第一版 开本:B5(720×1000)

2004年4月第一次印刷 印张:29 1/2

印数:1—3 000 字数:566 000

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

## 前 言

机电一体化是微电子技术和计算机应用技术向机械工业渗透的过程中逐渐形成并发展起来的一门新型综合型学科。机电一体化技术的应用不仅提高和拓展了机电产品的性能和功能,而且使机械工业的技术结构、生产方式及管理体系均发生了巨大变化,极大地提高了生产系统的工作质量。目前机电一体化技术已得到普遍重视和广泛应用,并成为高等院校机电类专业一门重要的专业课程。

机电一体化所涉及的知识领域非常广泛。但是,机电一体化绝非是相关技术的简单组合,其重要的技术特征是突出强调这些技术的相互渗透和有机融合,从而使设计和生产出来的机电一体化系统具有应用单一技术无法达到的优良性能。

目前,高等院校的相关专业对于机电一体化所涉及的单元性技术大多已设置了相应的课程。因此,本教材不拘泥于追求这些技术的完整性和具体的细节,而是本着在机电一体化系统设计和生产时,能够“合理选用”的原则,介绍一些机电一体化技术所必需的典型、共性的知识,避免“机电一体化教材只是机、电、气、液等知识的简单罗列”和课程内容大量重复的现象。为此,在本教材的内容组织时,将主要的“单元性技术”精简压缩成一章,而用大量篇幅介绍和论述机电一体化技术系统层面上的知识,强调机电一体化系统应该具有的整合性和集成性,着重培养系统设计、开发的综合运用能力。

本书是在参考了大量的现有文献、教材和著作的基础上,结合作者多年的科研成果与教学实践写作而成。全书一方面注重基础,起到机电一体化技术入门学习的作用;另一方面立足应用和理论联系实际,对实际工作起到指导作用;同时兼顾机电一体化技术的发展,介绍一些新的技术,开阔视野;不仅注意本身内容的有机联系,也考虑到与其他相关课程的合理衔接。

全书共分7章:第一章,机电一体化技术导论;第二章,机电一体化的单元技术;第三章,机电一体化系统的建模与仿真;第四章,机电一体化系统的电磁兼容技术;第五章,机电一体化系统的智能化;第六章,基于典型机构的机电一体化系统;第七章,机电一体化系统的设计。

参加本书编著的有李建勇(第一章、第二章、第3.4节),李长春(第三章),鄂明成(第五章),姚燕安(第六章),孙卫青(第四、七章)。全书由李建勇任主编,起草大纲并进行全书统稿。

本教材作为北京市精品教材项目,受到北京市教委的资助,编写过程中得到了北京市教委、北京交通大学教务处、科学出版社有关领导和工作人员的关心和帮

助,在此一并表示衷心的感谢。同时,向本书所参考和引用的资料和文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编著者水平和经验有限,书中不足之处,敬请读者和专家批评指正。

编 者  
2004年3月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 机电一体化技术导论</b> .....	1
1.1 概述 .....	1
1.2 机电一体化系统的基本组成 .....	3
1.2.1 机电一体化系统的功能组成 .....	3
1.2.2 机电一体化系统的构成要素 .....	5
1.3 机电一体化系统的分类 .....	8
1.4 机电一体化的优点和效益 .....	9
1.5 机电一体化的理论基础与关键技术.....	12
1.5.1 理论基础 .....	12
1.5.2 关键技术 .....	14
1.6 机电一体化的发展.....	18
1.6.1 机电一体化的发展状况 .....	18
1.6.2 机电一体化的发展趋势 .....	19
思考题与习题 .....	20
<b>第二章 机电一体化的单元技术</b> .....	21
2.1 概述.....	21
2.2 精密机械技术.....	21
2.2.1 机电一体化中的机械系统及其基本要求 .....	21
2.2.2 机械传动机构 .....	23
2.2.3 机械导向机构 .....	34
2.2.4 机械执行机构 .....	40
2.2.5 轴系 .....	46
2.2.6 机座或机架 .....	50
2.3 传感检测技术.....	54
2.3.1 传感器及其组成.....	54
2.3.2 传感器的分类 .....	55
2.3.3 传感器的特性及选用原则 .....	58
2.3.4 传感器的标定与校准 .....	69
2.3.5 传感器的测量电路及其计算机接口 .....	70

2.4 伺服驱动技术·····	72
2.4.1 伺服驱动系统的种类及其特点·····	72
2.4.2 伺服驱动系统的基本要求·····	74
2.4.3 机电一体化系统常用的控制用电动机·····	74
2.5 自动控制技术·····	78
2.5.1 机电一体化系统的控制形式·····	78
2.5.2 自动控制技术的发展·····	79
2.5.3 控制系统的基本要求和一般设计方法·····	80
2.5.4 计算机控制技术·····	81
2.5.5 可编程序控制器·····	96
思考题与习题·····	113
<b>第三章 机电一体化系统的建模与仿真·····</b>	<b>115</b>
3.1 概述·····	115
3.1.1 模型的基本概念·····	115
3.1.2 系统仿真的基本概念·····	116
3.2 机电一体化系统的数学模型·····	118
3.2.1 数学模型的表现形式·····	118
3.2.2 数学模型的建立方法·····	120
3.3 仿真理论基础·····	123
3.3.1 实现问题·····	123
3.3.2 微分方程的数值解法·····	125
3.3.3 离散相似法数字仿真·····	139
3.4 MATLAB/Simulink 环境下的建模与仿真·····	141
3.4.1 Simulink 模块库简介·····	141
3.4.2 Simulink 模型的建立·····	142
3.4.3 Simulink 模型举例·····	152
3.4.4 线性系统的计算机仿真·····	155
3.4.5 SimMechanics——机构系统模块集及应用·····	159
3.5 基于功率键图的建模与仿真·····	166
3.5.1 方块图与键图·····	166
3.5.2 键图语言·····	169
3.5.3 键图应用举例·····	178
3.5.4 20SIM 建模仿真平台·····	206
思考题与习题·····	214

<b>第四章 机电一体化系统的电磁兼容技术</b> .....	217
4.1 概述 .....	217
4.1.1 引言 .....	217
4.1.2 电磁兼容技术的有关定义 .....	217
4.1.3 电磁兼容性设计 .....	219
4.2 电磁干扰的形式和途径 .....	223
4.2.1 电磁干扰的分类 .....	223
4.2.2 电磁噪声耦合途径 .....	224
4.3 常用的干扰抑制技术 .....	232
4.3.1 屏蔽技术 .....	233
4.3.2 接地技术 .....	237
4.3.3 滤波技术 .....	242
4.3.4 隔离技术 .....	246
4.3.5 浪涌吸收器 .....	246
4.3.6 软件的抗干扰设计 .....	247
4.4 电源系统的抗干扰 .....	251
4.4.1 对交流电源采取综合措施 .....	251
4.4.2 合理的直流电源方案 .....	253
4.5 电磁兼容标准与测试 .....	253
4.5.1 概述 .....	253
4.5.2 电磁兼容标准 .....	254
4.5.3 电磁兼容性测试 .....	257
思考题与习题 .....	259
<b>第五章 机电一体化系统的智能化</b> .....	261
5.1 概述 .....	261
5.1.1 智能化的内涵 .....	261
5.1.2 机电一体化系统的智能化 .....	263
5.1.3 智能控制及智能控制系统 .....	264
5.2 智能控制的知识工程基础 .....	267
5.2.1 知识的基本概念 .....	267
5.2.2 知识的表示 .....	269
5.2.3 知识的获取 .....	274
5.2.4 知识的处理 .....	275
5.3 专家控制系统 .....	279
5.3.1 专家系统 .....	279
5.3.2 专家控制系统 .....	283



5.3.3 直流调速专家控制系统 .....	289
5.4 模糊控制系统 .....	292
5.4.1 模糊集合及其运算 .....	293
5.4.2 模糊推理 .....	297
5.4.3 模糊控制原理及组成 .....	299
5.4.4 集装箱吊车的模糊控制 .....	300
5.5 人工神经网络 .....	304
5.5.1 神经网络的基本概念 .....	305
5.5.2 神经控制的工作原理 .....	309
5.5.3 神经网络控制的分类 .....	310
5.5.4 基于神经网络的机器人控制 .....	314
5.6 遗传算法 .....	317
5.6.1 遗传算法概述 .....	317
5.6.2 遗传算法的基本操作 .....	319
5.6.3 遗传算法在智能控制中的应用 .....	325
思考题与习题 .....	328
<b>第六章 基于典型机构的机电一体化系统</b> .....	<b>330</b>
6.1 典型机构与机械系统 .....	330
6.1.1 机构与传统机械 .....	331
6.1.2 机构与现代机电一体化系统 .....	332
6.1.3 机电集成与协同 .....	337
6.2 变输入速度伺服机构系统 .....	341
6.2.1 基本思想 .....	341
6.2.2 系统结构 .....	342
6.2.3 设计程序 .....	343
6.2.4 运动设计 .....	347
6.3 机构的振动主动控制系统 .....	351
6.3.1 改善机构动力特性的方法 .....	351
6.3.2 凸轮机构的振动主动控制系统 .....	353
6.3.3 连杆机构的振动主动控制系统 .....	358
6.4 混合动力机器 .....	360
6.4.1 可调整机构 .....	360
6.4.2 混合动力机器 .....	363
6.4.3 控制系统 .....	367
6.5 机构与控制的协同工作 .....	368

思考题与习题	369
<b>第七章 机电一体化系统的设计</b>	<b>371</b>
7.1 概述	371
7.1.1 机电一体化系统设计流程	371
7.1.2 设计思想、类型、准则和规律	373
7.2 机电一体化系统的产品规划	375
7.2.1 产品规划	375
7.2.2 需求分析	376
7.2.3 需求设计	379
7.3 机电一体化系统的概念设计	380
7.3.1 概念设计的内涵和特征	381
7.3.2 概念设计的过程	383
7.3.3 产品的功能-原理-结构设计	384
7.4 机电一体化系统接口设计	402
7.4.1 概述	402
7.4.2 人机接口设计	405
7.4.3 机电接口设计	411
7.5 机电一体化系统的造型与环境设计	416
7.5.1 艺术造型设计	416
7.5.2 人-机-环境系统设计	418
7.6 机电一体化系统的评价与决策	420
7.6.1 系统的评价	420
7.6.2 系统的决策	433
7.7 机电一体化系统的试制与调试	435
7.7.1 系统调试的一般规律	435
7.7.2 系统在线调试	436
7.7.3 故障诊断的方法	437
7.8 机电一体化系统的现代设计方法	438
7.8.1 可靠性设计	438
7.8.2 优化设计	448
7.8.3 反求设计	452
7.8.4 绿色设计	455
7.8.5 虚拟设计	458
思考题与习题	460
<b>参考文献</b>	<b>461</b>

# 第一章 机电一体化技术导论

## 1.1 概 述

现代科学技术的发展,极大地推动了不同学科的相互交叉与渗透,导致了工程领域的技术革命与改造。在机械工程领域,由于微电子技术和计算机技术的飞速发展及其向机械工业的渗透所形成的机电一体化,使机械工业的技术结构、产品结构、功能与构成、生产方式及管理体系发生了巨大变化,使工业生产由“机械电气化”迈入了以“机电一体化”为特征的发展阶段。

1971年,日本《机械设计》杂志副刊提出了“mechatronics”这一名词。它是由mechanics(机械学)与electronics(电子学)组合而成,即机械电子学或机电一体化。该词被1996年版的“WEBSTER”大词典收录。这就意味着不仅“mechatronics”这个词得到了世界各国学术界和企业界的认可,而且意味着机电一体化的哲理和思想为世人所接受。

迄今为止,机电一体化尚没有明确统一的定义,就连最早提出这一概念的日本也是说法不一。这是由于:①人们看问题的角度不同,对其理解也就各异;②随着生产活动和科学技术的迅猛发展,机电一体化的具体内容不断发展与更新。

20世纪90年代国际机器与机构理论联合会(the International Federation for the Theory of Machines and Mechanism, IFTMM)成立了机电一体化技术委员会(Technical Committee on Mechatronics),它给出了这样的定义:机电一体化是精密机械工程、电子控制和系统思想在产品设计和制造过程中协同结合。

1996年美国机械工程师学会(ASME)与跨国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),在第一卷1期“编者的话”中,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。

目前,较为普遍的提法是“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: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。

机电一体化发展到今日已经成为一门有着自身体系的新型学科,随着生产和科学技术的发展,还将不断被赋予新的内容。但其基本的特征可概括为:机电一体化是从系统的观点出发,综合运用机械技术、微电子技术、自动控制技术、计算机

技术、信息技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术,根据系统功能目标和优化组织结构目标,合理配置与布局各功能单元,在多功能、高质量、高可靠性、低能耗的意义上实现特定功能价值并使整个系统最优化的系统工程技术。由此而产生的功能系统,则成为一个机电一体化系统或机电一体化产品。

因此,“机电一体化”涵盖“技术”和“产品”两个方面。需要强调的是,机电一体化技术是基于上述群体技术有机融合的一种综合性技术,而不是机械技术、微电子技术以及其他新技术的简单组合、拼凑。这是机电一体化与机械加电气所形成的机械电气化在概念上的根本区别。除此以外,其他主要区别为:①电气机械在设计过程中不考虑或少考虑电器与机械的内在联系,基本上是根据机械的要求,选用相应的驱动电机或电气传动装置;②机械和电气装置之间界限分明,它们之间的联结以机械联结为主,整个装置是刚性的;③装置所需的控制以基于电磁学原理的各种电器,如接触器、继电器等来实现,属于强电范畴,其主要支撑技术是电工技术。机械工程技术由纯机械发展到机械电气化,仍属传统机械,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。即机电一体化产品不仅是人的手与肢体的延伸,还是人的感官与头脑的延伸,具有“智能化”的特征是机电一体化与机械电气化在功能上的本质差别。

同时,机电一体化产品既不同于传统的机械产品,也不同于普通的电子产品,它是机械系统和微电子系统,特别是与微处理器或微机有机结合,从而赋予新的功能和性能的一种新产品。机电一体化产品的特点是产品功能的实现是所有功能单元共同作用的结果,这与传统机电设备中机械与电子系统相对独立,可以分别工作具有本质的区别。随着科学技术的发展,机电一体化已从原来以机械为主的领域拓展到目前的汽车、电站、仪表、化工、通信、冶金等领域。而且机电一体化产品的概念不再局限于某一具体产品的范围,如数控机床、机器人等,现在已扩大到控制系统和被控制系统相结合的产品制造和过程控制的大系统,例如柔性制造系统(FMS)、计算机辅助设计/制造系统(CAD/CAM)、计算机辅助工艺规划(CAPP)和计算机集成制造系统(CIMS)以及各种工业过程控制系统。此外,对传统的机电设备作智能化改造等工作也属于机电一体化的范畴。

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,只有对其充分理解,才能正确地进行机电一体化方面的工作。机电一体化的目的是使系统(产品)高附加值化,即多功能化、高效率、高可靠性、省材料、省能源,不断满足人们生活和生产的多样化需求。所以,一方面,机电一体化既是机械工程发展的继续,同时也是电子技术应用的必然;另一方面,机电一体化的研究方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 机电一体化系统的基本组成

### 1.2.1 机电一体化系统的功能组成

传统的机械产品主要是解决物质流和能量流的问题,而机电一体化产品除了解决物质流和能量流外,还要解决信息流的问题。如图 1-1 所示,机电一体化系统的主要功能就是对输入的物质、能量与信息(即所谓工业三大要素)按照要求进行处理,输出具有所需特性的物质、能量与信息。

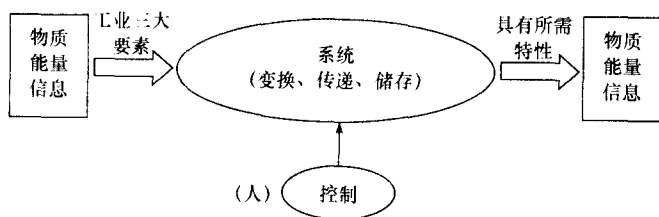


图 1-1 机电一体化系统的主功能

系统的主功能包括 3 个目的功能: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。主功能是系统的主要特征部分,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。

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,如各种机床、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。

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,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,如各种仪器、仪表、计算机、传真机以及各种办公机械等。

机电一体化系统除了具备上述必需的主功能外,还应具备图 1-2 所示的其他内部功能,即动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。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是解决各种信息的获取、传输、处理和利用,从而能够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。构造功能则是使构成系统的子系统及元、部件维持所定的

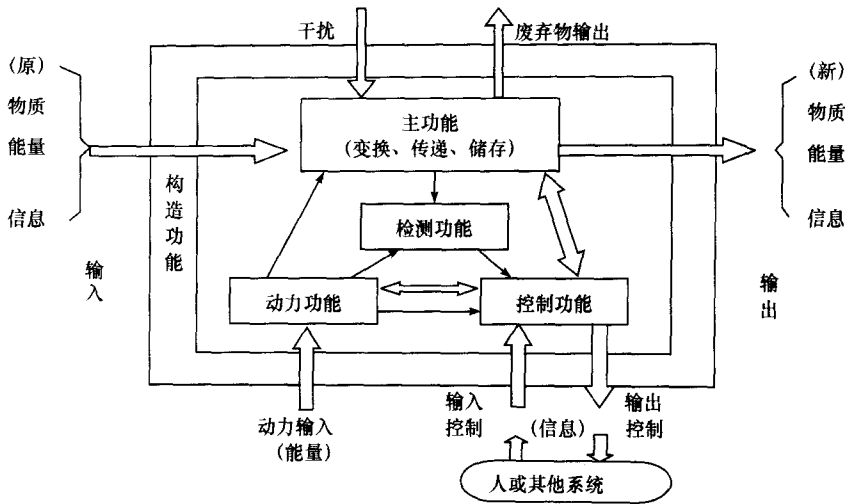


图 1-2 系统的内部功能

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),这些都是系统设计时应当考虑的。例如汽车的废气和噪声对外部环境的影响,从系统设计开始就应予以考虑。

上述抽象的功能构成原理,既有利于设计或分析各种机电一体化系统或产品,又有利于开拓思路,便于创造发明。例如,根据 3 种不同的主功能及其不同的输入,组合起来可形成 9 大类型的系统或产品,但不一定都是机电一体化的产品,见表 1-1。

表 1-1 不同主功能及输入的组合

主功能		输入-输出	组合实例
1	变换	物质	材料加工或处理机
2	传递	物质	交通运输机
3	保存	物质	自动化仓库、包装机
4	变换	能量	动力机械
5	传递	能量	机械或流体传动
6	保存	能量	机械或流体蓄能器
7	变换	信息	电子计算机、仪器
8	传递	信息	通信系统、传真机
9	保存	信息	存储器、录像机

此外,对于不同主功能的加工机构,其运动方式不同,也可构成不同用途的机械。例如,金属切削机床是根据工件与刀具相对运动产生切削作用的原理来进行的。工件与刀具的运动方式不同,以产生不同用途的机床。

对于现有的机电一体化系统,我们可以利用功能原理图来进行研究分析。图 1-3 是 CNC 机床的功能原理构成的实例。由于未指明主功能的加工机构,它代表了具有相同主功能及控制功能的一大类型的机电一体化系统,如金属切削数控机床、电加工数控机床、激光加工数控机床以及冲压加工数控机床等。显然,由于主功能的具体加工机构不同,其他功能的具体装置也会有差别,但其本质是数控加工机床。

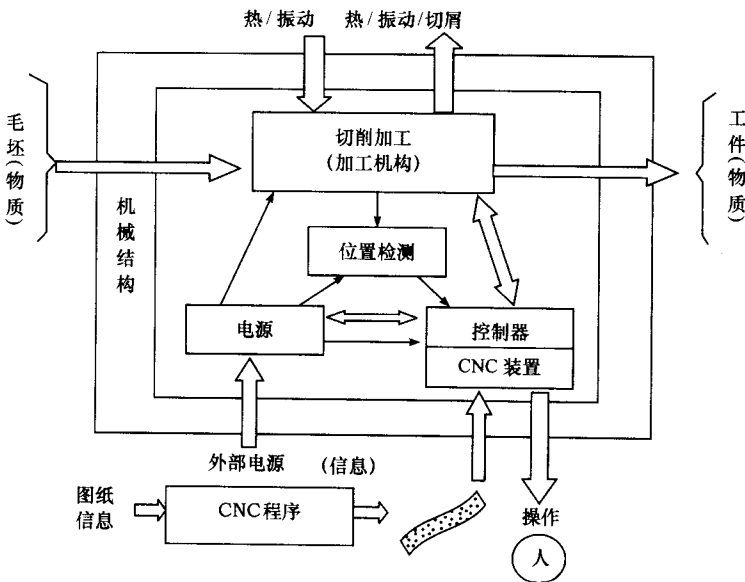


图 1-3 CNC 机床的内部功能构成

### 1.2.2 机电一体化系统的构成要素

从机电一体化系统的功能看,人体是机电一体化系统理想的参照物。

如图 1-4(a)所示,构成人体的五大要素分别是头脑、感官(眼、耳、鼻、舌、皮肤)、四肢、内脏及躯干。相应的功能如图 1-4(b)所示,内脏提供人体所需要的能量(动力)及各种激素,维持人体活动;头脑处理各种信息并对其他要素实施控制;感官获取外界信息;四肢执行动作;躯干的功能是把人体各要素有机地联系为一体。通过类比就可发现,机电一体化系统内部的五大功能与人体的上述功能几乎是一样的,而实现各功能的相应构成要素如图 1-4(c)所示。机电一体化系统五大

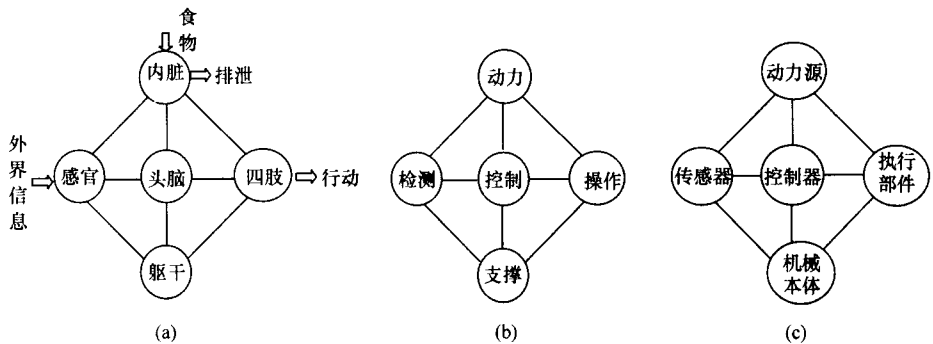


图 1-4 组成人体与机电一体化系统的对应要素及相应功能关系

要素实例如图 1-5 所示。

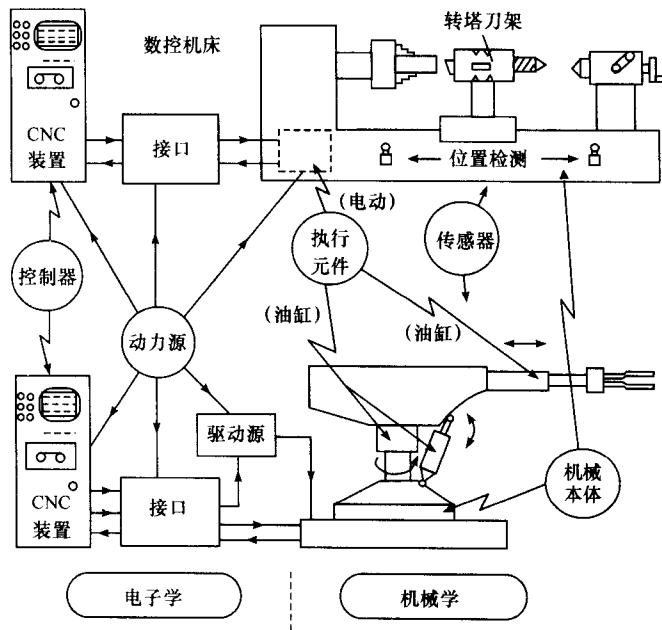


图 1-5 机电一体化系统五大要素实例

表 1-2 列出了机电一体化系统构成要素与人体构成要素的对应关系。

因此,一个较完善的机电一体化系统,应包括以下几个基本要素:机械本体、动力系统、检测传感系统、执行部件、信息处理及控制系统,各要素和环节之间通过接口相联系。



表 1-2 机电一体化系统构成要素与人体构成要素的对应关系

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
传感器	检测(信息收集与变换)	感官
执行部件	驱动(操作)	四肢
动力源	提供动力(能量)	内脏
机械本体	支撑与连接	躯干

1) 机械本体。用于支撑和连接其他要素,并把这些要素合理地结合起来,形成有机的整体。机电一体化技术应用范围很广,其产品及装置的种类繁多,但都离不开机械本体。例如,机器人和数控机床的本体是机身和床身;指针式电子手表的本体是表壳。因此,机械本体是机电一体化系统必要的组成部分。没有它,系统的各部件就支离破碎,无法构成具有特定功能的机电一体化产品或装置。

2) 动力系统。按照系统控制要求,为机电一体化产品提供能量和动力功能,去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。

3) 传感与检测系统。将机电一体化产品在运行过程中所需要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。

4) 信息处理及控制系统。根据机电一体化产品的功能和性能要求,信息处理及控制系统接收传感与检测系统反馈的信息,并对其进行处理、运算和决策,以对产品的运行施以按照要求的控制,实现控制功能。机电一体化产品中,信息处理及控制系统主要是由计算机的软件和硬件以及相应的接口所组成。硬件一般包括输入/输出设备、显示器、可编程控制器和数控装置。机电一体化产品要求信息处理速度快,A/D和D/A转换及分时处理时的输入/输出可靠,系统的抗干扰能力强。

5) 执行部件。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不同而有较大的差异。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。

机电一体化产品的5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