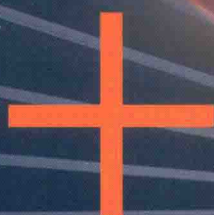


“互联网+”
新形态教材

普通高等教育“十三五”精品规划教材



机械设计制造及其自动化专业课程群系列

机电一体化技术

- ◎ “互联网+”时代，让学习可以移动互联
- ◎ 扫二维码，链接海量资源，随时随地学习
- ◎ 提供丰富教学资源（课件 / 视频 / 文档等），方便教与学

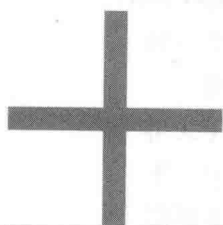
主 编 张发军
副主编 杜 轩



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

“互联网+”
新形态教材

普通高等教育“十三五”精品规划教材



机械设计制造及其自动化专业课程群系列

机电一体化技术

主 编 张发军
副主编 杜 轩



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

• 北京 •

内 容 提 要

本书叙述了机电一体化系统的组成；结合机电一体化对传动机构精度的需求，分别介绍了精密传动技术和运动执行装置的种类；考虑专业特点，简单地介绍了机电一体化控制技术基础，并全面分析了机电一体化感知与检测技术；结合伺服元件具体说明了机电一体化伺服控制技术；根据机电技术的发展状况介绍了典型的工业机器人；系统地介绍了机电一体化技术总体设计准则和应用实例。

为便于读者学习，全书每章开头都由目标与解惑引入主题知识点，并配有对相关设备提出问题的图片，每章结束部分均有对本章知识点的小结与拓展，并附有思考与习题。

本书可作为高等院校“机械制造及其自动化”“机械设计及理论”“机械电子工程”和“电气工程及其自动化”等专业“机电一体化技术”课程的本科生与研究生教材，也可适合从事机电传动及其自动控制领域的工程技术人员阅读与参考。

本书提供免费的教学课件，可以到中国水利水电出版社网站下载，网址为：<http://www.waterpub.com.cn/>。

图书在版编目（CIP）数据

机电一体化技术 / 张发军主编. -- 北京：中国水利水电出版社，2018.7

普通高等教育“十三五”精品规划教材. 机械设计制造及其自动化专业课程群系列

ISBN 978-7-5170-6117-5

I. ①机… II. ①张… III. ①机电一体化—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第302631号

书 名	普通高等教育“十三五”精品规划教材 机电一体化技术 JIDIAN YITIHUA JISHU
作 者	主 编 张发军 副主编 杜 轩
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京智博尚书文化传媒有限公司
印 刷	三河市龙大印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 12.5印张 299千字
版 次	2018年7月第1版 2018年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	35.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

PREFACE

很早以前，作者就想依据一个有着时代特征与专业鲜明的系统装置来将机电一体化技术的相关内容集成整合为一本专业教材以飨读者，而眼前，就有这样一个代表性很强的系统装置——机器人。

机器人是典型的机电一体化产品，其广泛应用极大地提高了劳动生产率，扩大了人类认知活动的范围，因此世界上许多发达国家都投入巨资发展机器人技术。作为一名技术人员，不仅要熟悉机械结构、光学系统、传感器、信息处理和控制等方面的知识，而且要熟悉计算机的硬件接口和软件设计方面的知识。

本书围绕机电一体化的七大支撑技术解剖机器臂中的各个关键部件，从而引入各个章节的学习内容。书中每一章节主要是针对一个初学者看着神通广大的机械臂而思索的几个相关问题而展开系统讲述，围绕机电一体化技术的精密机械技术、信息处理技术、检测与传感器技术、自动控制技术、伺服驱动技术、接口基础技术和系统总体技术而展开编写。

本书特色主要是以一个初学者面对机器人的众多疑问为主线，向读者传授机电一体化基本概念、基本理论、基本方法和典型应用实例，将编者的科研成果与现代机器人学的发展现状及其发展趋势紧密结合起来。在内容安排上考虑到机械专业特点，对涉及过深的电机学、计算机控制以及信息处理等方面的内容仅仅从概念上加以说明，并在相关地方印有二维码，以便需要更深入了解的读者快速索引。在内容上不求高深，力求做到循序渐进、由浅入深，既能让读者全面掌握机电一体化技术的基本知识，又能让读者对现代机电一体化技术领域的发展前景有一个较全面的了解。前言后附有本书二维码资源列表。



图书资源总码

本书是以编者 20 多年来在机电一体化技术教学与研究中的心得、体会与成果为基础，借鉴国内外同行最新研究成果，为满足新时期本科与研究生教学改革与发展的具体要求而编写的。

在编写过程中，硕士研究生张烽、杨先威、杨晶晶、余奕、明晓杭、宋钰青、邓安禄等协助编者做了大量的编辑工作，在此深表感谢。

由于编者水平所限，敬请读者对书中的不足之处提出宝贵批评和意见。

编者
2018 年 5 月

机电一体化技术全书二维码资源表

序号	章目	资源名称	资源种类	页码
1	第1章	机电一体化概述	视频	1
2	第2章	传动比准则	视频	20
3		齿轮传动间隙的消除方法	视频	33
4		滚珠丝杠	视频	37
5		同步带	视频	41
6	第3章	液压马达	视频	48
7		直流伺服电动机	视频	51
8		电枢回路的电压平衡方程	文档	51
9		无刷电机与有刷电机	视频	52
10		直线电机	视频	56
11		音圈电机	视频	57
12	第4章	总线规范	视频	71
13		RS-232 和 RS-485 总线	文档	72
14		并行总线	文档	72
15		同轴电缆	文档	73
16		Keil 编程软件介绍	文档	75
17		Proteus 仿真软件介绍	文档	75
18		Keil 编程软件	视频	75
19		Proteus 仿真软件	视频	75
20		51 系列单片机	文档	76
21		PIC 系列单片机	文档	76
22		AVR 系列单片机	文档	76
23		ARM 微处理器	文档	77
24		DSP 微处理器	文档	77
25		MIPS 处理器	文档	77
26		嵌入式系统	文档	84
27	第5章	传感器的动态特性	文档	88
28		传感器	视频	90
29		莫尔条纹	视频	93
30		光电式接近传感器	视频	97
31	第6章	幅值与相位控制	视频	113
32		PWM 脉宽调制放大器	视频	118
33		PWM 逆变电路	文档	119
34	第7章	机器人分类	视频	133
35		关节型机器人	视频	135
36		机器人编程语言	文档	141
37		机器人控制总线	文档	141
38		工业机器人的驱动方式	文档	141
39	第8章	机电一体化设计步骤	视频	147
40	第9章	变频原理	视频	173

C▶▶▶▶▶ 目录 CONTENT

第1章 机电一体化技术导论	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 一体化理论和设计思想	7
1.3.1 质、能、信息一体化设计	7
1.3.2 功能结构一体化设计	7
1.3.3 广义机电一体化设计	7
1.3.4 虚实一体化设计	8
1.3.5 人一机—环境一体化设计	8
1.4 系统构成要素的相互连接	8
1.4.1 按接口功能分类	9
1.4.2 按变换与调整功能分类	9
1.5 机电一体化系统的分类	9
1.5.1 数控机械类	9
1.5.2 电子设备类	9
1.5.3 机电结合类	9
1.5.4 电液伺服类	10
1.5.5 信息控制类	10
1.6 机电一体化的作用与应用	10
1.6.1 生产能力和工作质量提高	10
1.6.2 使用安全性和可靠性提高	10
1.6.3 调整和维护方便,使用性能改善	10
1.6.4 具有复合功能,适用面广	11
1.6.5 改善劳动条件,有利于自动化生产	11
1.6.6 节约能源,减少耗材	11

1.7 机电一体化理论基础与支撑技术	12
1.7.1 理论基础	12
1.7.2 支撑技术	12
1.8 机电一体化的发展前景	15
1.8.1 机电一体化的发展状况	15
1.8.2 机电一体化的发展趋势	15
第2章 机电一体化精密传动技术	18
2.1 机械系统设计概述	18
2.1.1 机电一体化对传动精度基本要求	19
2.1.2 机械机构主要种类	19
2.1.3 精度设计两个环节	19
2.2 精密机械传动比设计原则	20
2.2.1 机电一体化系统对机械传动的要求	20
2.2.2 总传动比的确定	20
2.2.3 传动链的级数和各级传动比的分配	21
2.3 转动惯量对传动精度的影响	25
2.3.1 数学模型建立	25
2.3.2 机械参数对传动精度的影响	30
2.3.3 间隙对传动精度的影响	32
2.4 几种特殊的精密传动装置	33
2.4.1 谐波齿轮传动	33
2.4.2 滚珠传动装置	36
2.4.3 同步带传动	40
第3章 机电一体化运动执行装置	45
3.1 执行装置概述	45
3.1.1 执行机构的组成及要求	45
3.1.2 执行装置及其分类	46
3.1.3 执行装置的基本动作原理	48
3.1.4 执行装置的特点与性能	49
3.1.5 新型执行装置	50
3.2 电动执行装置	51
3.2.1 直流伺服电动机	51
3.2.2 交流伺服电动机	52
3.2.3 步进电动机	53
3.2.4 直接驱动电动机	55
3.2.5 超声波电动机	55
3.2.6 直线电动机	56
3.2.7 音圈电动机	56

3.3 液压系统执行装置	58
3.3.1 液压系统的组成	58
3.3.2 液压系统的优缺点	59
3.4 气动系统执行装置	60
3.4.1 气动系统的组成	60
3.4.2 气动控制系统优缺点	61
3.5 液压与气动常见装置	62
3.5.1 液压执行装置	62
3.5.2 气动执行装置	63
3.6 其他新型执行装置	64
第4章 机电一体化控制技术基础	66
4.1 控制系统的分类	66
4.1.1 以自动控制方式分类	66
4.1.2 以参与控制方式分类	67
4.1.3 以调节规律分类	68
4.2 控制器的典型系统	69
4.2.1 工控机的定义	69
4.2.2 工控机的组成	69
4.2.3 工控机总线技术	70
4.2.4 常用总线特点	72
4.2.5 数据通信技术	72
4.2.6 工控机的发展	73
4.3 单片微控制器	74
4.3.1 单片机简介	74
4.3.2 单片机特点及应用	75
4.3.3 常用的单片机产品种类	76
4.4 可程序控制器基础	78
4.4.1 PLC 概述	78
4.4.2 PLC 特点	79
4.4.3 PLC 的分类	80
4.4.4 PLC 应用领域	81
4.5 国内外 PLC 产品介绍	82
第5章 机电一体化感知与检测技术	87
5.1 检测系统的功用与特性	87
5.1.1 检测系统的基本功能	87
5.1.2 检测系统的基本要求	88
5.2 常用传感器	90
5.2.1 线位移传感器	90

5.2.2	角位移传感器及转速传感器	93
5.2.3	加速度与速度传感器	95
5.2.4	力传感器	96
5.2.5	接近传感器与距离传感器	97
5.2.6	温度、流量传感器	98
5.3	检测系统组成及检测原理	99
5.3.1	模拟量检测系统组成及工作原理	99
5.3.2	脉冲信号的检测系统	103

第6章 机电一体化伺服控制技术 106

6.1	伺服系统的基本结构形式及特点	106
6.1.1	伺服系统的基本概念	106
6.1.2	对伺服系统的基本要求	106
6.1.3	伺服系统的基本结构形式	108
6.1.4	伺服系统的分类	109
6.2	伺服系统的执行元件	110
6.2.1	执行元件的种类及特点	110
6.2.2	直流伺服电动机	110
6.2.3	交流伺服电动机	112
6.2.4	步进电动机	113
6.2.5	其他种类执行元件	115
6.3	执行元件的控制与驱动	116
6.3.1	步进电动机的控制与驱动	116
6.3.2	直流伺服电动机的控制与驱动	117
6.4	伺服系统设计方案	120
6.4.1	系统设计方案	120
6.4.2	伺服系统设计方案	123
6.4.3	伺服系统误差分析	126

第7章 机电一体化典型设备机器人 129

7.1	机器人的组成及特征	129
7.1.1	机器人的组成	129
7.1.2	机器人的特征	130
7.1.3	机器人的发展	131
7.2	机器人的分类及应用	133
7.2.1	按信息输入形式分类	133
7.2.2	按坐标类型分类	133
7.2.3	按受控运动方式分类	136
7.2.4	按照机器人的用途分类	137

7.3 机器人系统	138
7.3.1 机器人定义	138
7.3.2 机器人相关概念	138
7.4 机器人控制的组成与分类	139
7.4.1 对机器人控制系统一般要求	139
7.4.2 机器人控制系统的组成	140
7.4.3 机器人控制系统分类	140
7.4.4 机器人控制系统结构	141
7.5 工业机器人概述	141
7.5.1 FANUC 机器人	142
7.5.2 ABB 机器人	142
7.5.3 安川机器人	143
7.5.4 KUKA 机器人	144
第8章 机电一体化技术总体设计准则	147
8.1 机电一体化技术总体设计概述	147
8.1.1 机电一体化总体设计内容	147
8.1.2 机电一体化产品的使用要求与性能指标	149
8.1.3 机电一体化产品功能及性能指标的分配	151
8.1.4 设计思想、类型、准则和规律	154
8.2 机电一体化系统抗干扰技术	156
8.2.1 干扰的定义	156
8.2.2 干扰形成三个要素	157
8.2.3 电磁干扰的种类	157
8.2.4 干扰存在的形式	158
8.3 抑制系统抗干扰技术措施	159
8.3.1 屏蔽	159
8.3.2 隔离	160
8.3.3 滤波	161
8.3.4 接地	162
8.3.5 软件抗干扰设计	164
8.4 提高系统抗干扰能力的方法	164
8.4.1 逻辑设计力求简单可靠	164
8.4.2 硬件自检测和软件自恢复的设计	165
8.4.3 从安装和工艺等方面采取措施以消除干扰	165
第9章 机电一体化技术应用实例	168
9.1 机电一体化技术研发要点	168
9.1.1 基本开发思路	168
9.1.2 用户要求	170

9.1.3	功能要素和模块	170
9.1.4	接口设计要点	171
9.1.5	系统整体方案拟订和评价	171
9.1.6	制作与调试	172
9.2	电机变频控制应用技术	172
9.2.1	常用分类	172
9.2.2	工作原理	173
9.2.3	调节方法	175
9.3	视觉传感式变量施药机器人	175
9.3.1	系统的组成	176
9.3.2	工作原理	177
9.3.3	设计模块	177
9.4	步进电动机单片机控制	178
9.4.1	步进电动机的工作原理	178
9.4.2	步进电动机单片机驱动原理	179
9.4.3	软件设计	180
9.5	机械手 PLC 控制的实现	183
9.5.1	工程实例详述	183
9.5.2	控制分析与硬件设计	183
9.5.3	逻辑分析与程序设计	184
9.5.4	PLC 与单片机简要比较	187
参考文献		189

第1章

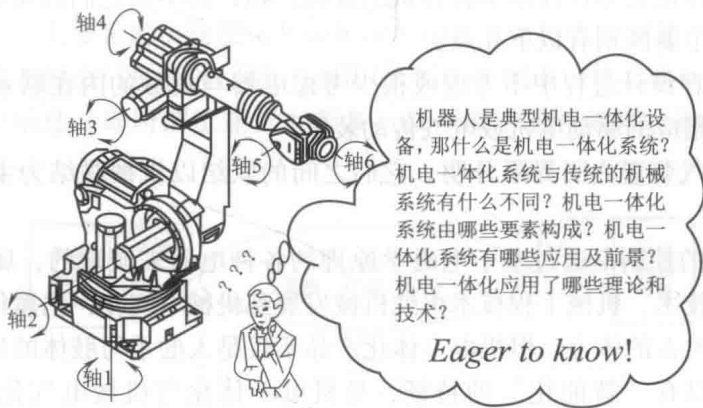
机电一体化技术导论

【目标与解惑】

- (1) 熟悉机电一体化技术系统的组成；
- (2) 掌握机电一体化技术总体设计思想；
- (3) 掌握机电一体化技术系统分类方法；
- (4) 理解机电一体化技术关键支撑技术；
- (5) 了解机电一体化技术发展前景。



视频：机电一体化概述



1.1 概述

机电一体化又称机械电子学，英文称为 Mechatronics，它是由英文机械学 Mechanics 的前半部分与电子学 Electronics 的后半部分组合而成的。机电一体化最早出现在 1971 年日本《机械设计》杂志的副刊上，随着机电一体化技术的快速发展，机电一体化的概念被人们广泛接受和普遍使用。1996 年出版的 WEBSTER 大词典收录了这个日本造的英文单词，这不仅意味着“Mechatronics”这个单词得到了世界各国学术界和企业界的认可，而且还意味着“机电一体化”的哲理和思想为世人所接受。

那么到底什么是机电一体化呢？

到目前为止，就机电一体化这一概念的内涵国内外学术界还没有一个完全统一的表述。目前，较普遍的提法是日本机械振兴协会经济研究所于 1981 年的解释：“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。”机电一体化是以机械学、电子学和信息科学为主的

多门技术学科在机电产品发展过程中相互交叉、相互渗透而形成的一门新兴边缘性技术学科。这里面包含了三重含义：首先，机电一体化是机械学、电子学与信息科学等学科相互融合而形成的学科。图 1-1 形象地表达了机电一体化与机械学、电子学和信息科学之间的相互关系。其次，机电一体化是一个发展中的概念，早期的机电一体化就像其字面所表述的那样，主要强调机械与电子的结合，即将电子技术“溶入”到机械技术中而形成新的技术与产品。随着机电一体化技术的发展，以计算机技术、通信技术和控制技术为特征的信息技术（即所谓的“3C”技术：Computer、Communication 和 Control Technology）“渗透”到机械技术中，丰富了机电一体化的含义，现代的机电一体化不仅仅指机械、电子与信息技术的结合，还包括机电光（光学）一体化、机电气（气压）一体化、机电液（液压）一体化、机电仪（仪器仪表）一体化等。最后，机电一体化表达了技术之间相互结合的学术思想，强调各种技术在机电产品中的相互协调，以达到系统总体最优。

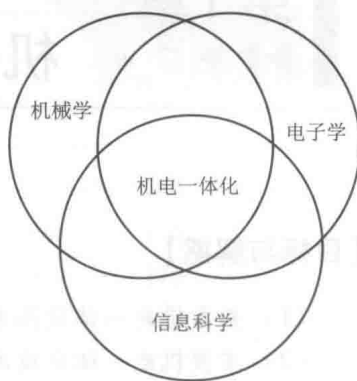


图 1-1 机电一体化与其他学科的关系

因此，机电一体化是多种技术学科有机结合的产物，而不是它们的简单叠加。机电一体化与机械电气化的主要区别有以下几点：

(1) 电气机械在设计过程中不考虑或很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) 装置所需的控制是通过基于电磁学原理的各种电器来实现的，属强电范畴，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。

从概念的外延来看，机电一体化包括机电一体化技术和机电一体化产品两个方面。机电一体化技术是从系统的观点出发，将机械、电子和信息等有关技术有机结合起来，以实现系统或产品整体最优的综合性技术。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、使用和发展的技术。机电一体化技术是一个技术群（族）的总称，包括检测传感技术、信息处理技术、伺服驱动技术、自动控制技术、机械技术及系统总体技术等。机电一体化产品有时也称为机电一体化系统，它们是两个相近的概念，通常机电一体化产品指独立存在的机电结合产品，而机电一体化系统主要指依附于主产品的部件系统，这样的系统实际上也是机电一体化产品。机电一体化产品是由机械系统（或部件）与电子系统（或部件）及信息处理单元（硬件和软件）有机结合，并赋予了新功能和性能的高科技产品。由于在机械本体中“溶入”了电子技术和信息技术，与纯粹的机械产品相比，机电一体化产品的性能得到了根本的提高，具有满足人们使用要求的最佳功能。

现实生活中的机电一体化产品比比皆是。我们日常生活中使用的全自动洗衣机、空调及全自动照相机，都是典型的机电一体化产品；在机械制造领域中广泛使用的各种数控机床、

工业机器人、三坐标测量仪及全自动仓储,也是典型的机电一体化产品;而汽车更是机电一体化技术成功应用的典范,目前汽车上成功应用和正在开发的机电一体化系统达数十种之多,特别是发动机电子控制系统、汽车防抱死制动系统、全主动和半主动悬架等机电一体化系统在汽车上的应用,使得现代汽车的乘坐舒适性、行驶安全性及环保性能都得到了很大的改善;在农业工程领域,机电一体化技术也在一定范围内得到了应用,如拖拉机自动驾驶系统、悬挂式农具的自动调节系统、联合收获机工作部件(如脱粒清选装置)的监控系统、温室环境自动控制系统等。如今,机电一体化不但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,而且其产品的概念不再局限在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,如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)以及各种工业过程控制系统。

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要解决物质流和能量流外,还要解决信息流的问题。如图1-2所示,机电一体化系统的主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。

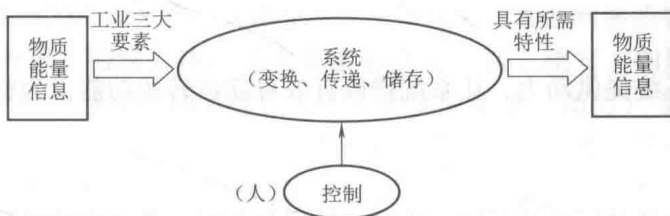


图 1-2 机电一体化系统的主功能

系统的主功能围绕三个目的,即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。主功能是机电一体化系统的主要特征部分,是直接实现系统目的功能的必须功能,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。

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,主要输出为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,输出可利用的能量可能是电能、机械功或是热量。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、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,在上述三个目的功能上也可进一步划分为以下五大功能,即主功能、动力功能、检测功能、控制功能和构造功能,如图 1-3 所示。

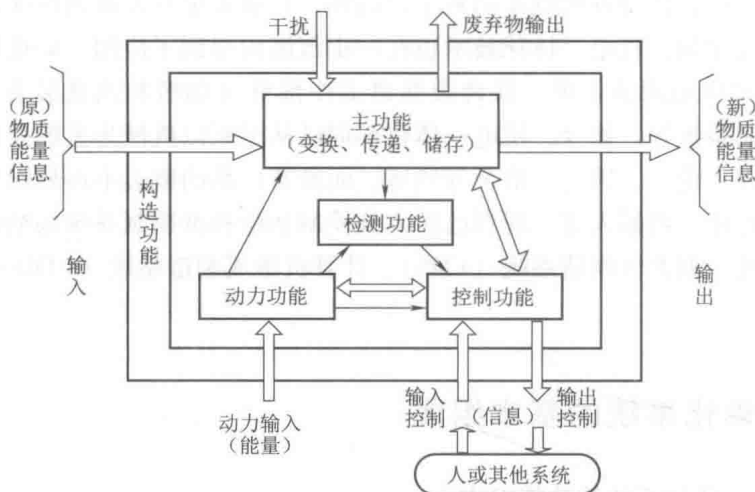


图 1-3 系统的五种内部功能

1. 主功能

对输入的物质、能量和信息进行预定的变换(含加工、处理)、传递(含移动、输送)和保存(含保持、储存、记录),这些变换及其组合就构成了系统的主功能,它表明了系统的主要特征。

2. 动力功能

动力功能是向系统提供动力,让系统得以有效可靠运转的功能,为整个系统的正常运行提供能量上的保障。

3. 检测功能

检测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。

4. 控制功能

控制功能是将来自传感器的检测信息和外部输入命令进行处理,并按工程要求发出指令控制整个系统有目的地运行做功。

5. 构造功能

构造功能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联所必需的功能。即提供各种接口而配置形成统一体,便于系统功能的扩展与延伸。

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,汽车的废气和噪声对外部环境的影响,从系统设计开始就应予以考虑。

图 1-4 所示为 CNC 机床的内部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所差别，但其本质是数控加工机床。

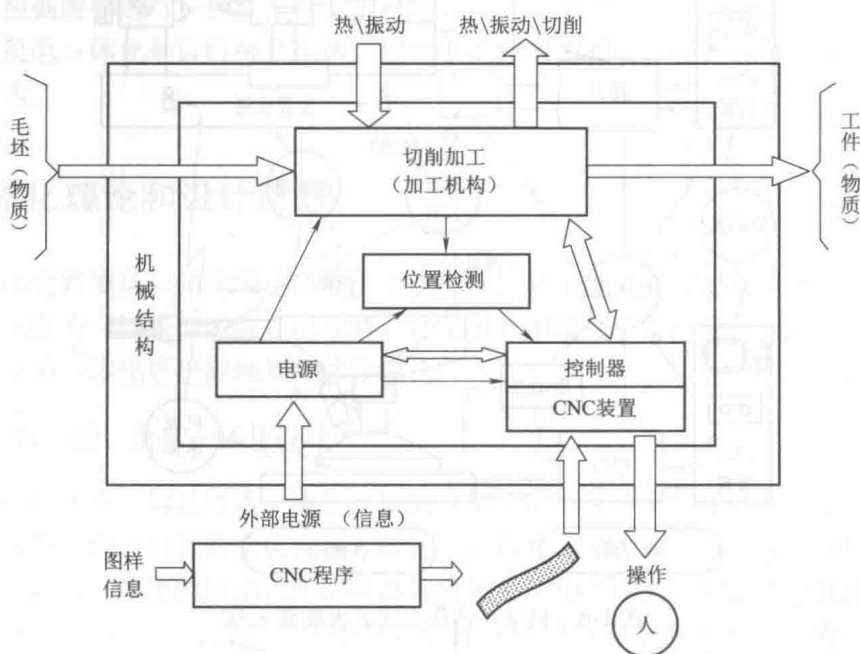


图 1-4 CNC 机床的内部功能原理构成

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来看，人体是机电一体化系统理想的参照物。

如图 1-5（a）所示，构成人体的五大要素分别是头脑、感官、四肢、内脏及躯干等。相应的功能如图 1-5（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 1-5（c）所示。机电一体化系统五大要素示意如图 1-6 所示。

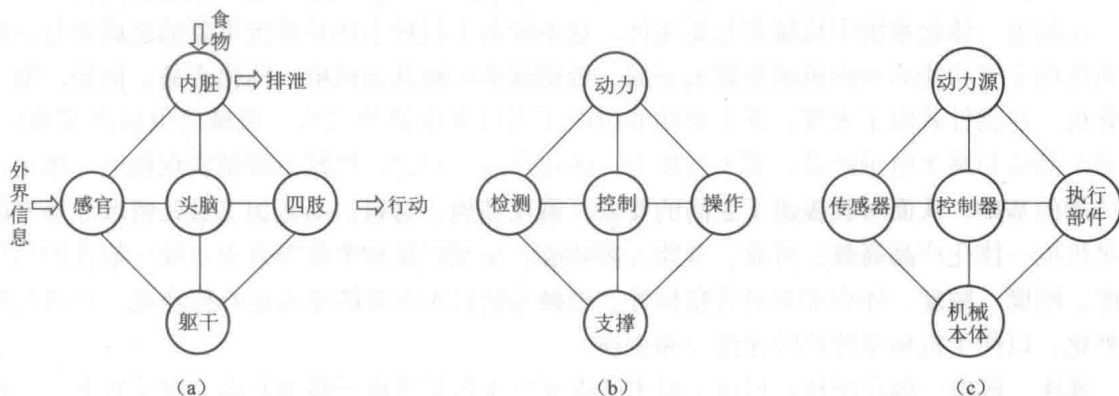


图 1-5 人体与机电一体化系统对应要素及相应功能关系

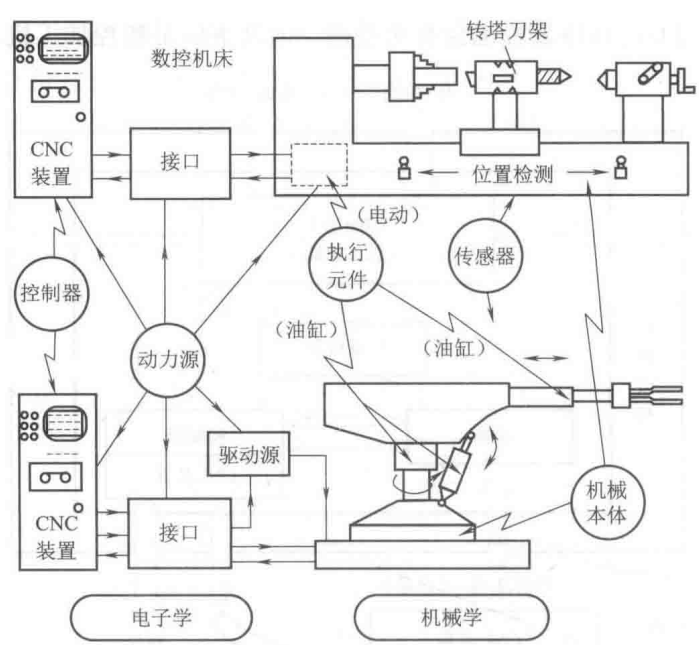


图 1-6 机电一体化系统五大要素示意

表 1-1 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。

表 1-1 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

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。

在机电一体化系统中机械部分是主体，这不仅由于机械本体是系统重要的组成部分，而且系统的主要功能必须由机械装置来完成，否则就不能称其为机电一体化产品。例如，电子计算机、非指针式电子表等，其主要功能由电子器件和电路等完成，机械已退居次要地位，这类产品应归属于电子产品，而不是机电一体化产品。因此，机械系统是实现机电一体化产品功能的基础，从而对其提出了更高的要求，需在结构、材料、工艺加工及几何尺寸等方面满足机电一体化产品高效、可靠、节能、多功能、小型轻量 and 美观等要求。除一般性的机械强度、刚度、精度、体积和重量等指标外，机械系统技术开发的重点还有模块化、标准化和系列化，以便于机械系统的快速组合和更换。

其次，机电一体化的核心是电子技术，电子技术包括微电子技术和电力电子技术，但重点是微电子技术，特别是微型计算机或微处理器。机电一体化需要多种新技术的结合，但首要的是微电子技术，不和微电子结合的机电产品不能称为机电一体化产品。例如，非数控机