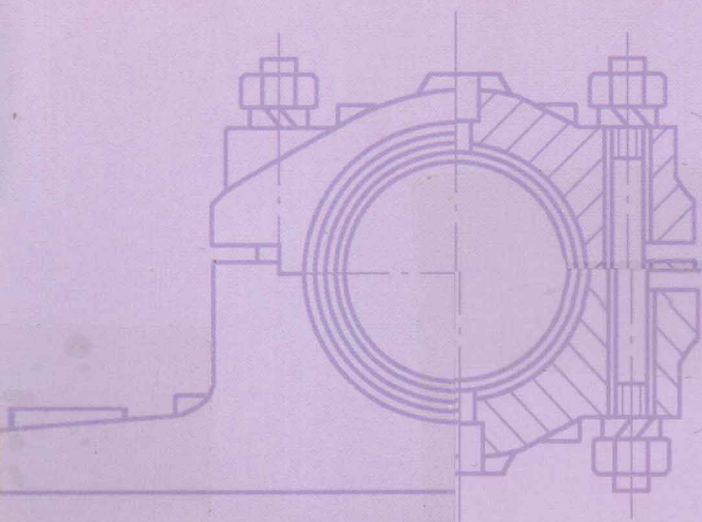


深入浅出机电一体化技术应用丛书

机电一体化 系统设计

李永海 主 编
张艳芹 李 闯 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

深入浅出机电一体化技术应用丛书

机电一体化 系统设计

	李永海	主 编
张艳芹	李 闯	副主编
刘 洋	黄湘镇	参 编
李 岳	倪世钱	



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《深入浅出机电一体化技术应用丛书》之一,书中全面、系统地介绍了机电一体化系统的基本概念、关键技术、设计方法及应用。主要内容包括机电一体化系统设计基础、机械系统部件、执行部件及其驱动、传感器及其检测系统、微机控制系统、接口技术、伺服系统、机电一体化总体设计及机电一体化系统应用。本书的特点在于利用通俗的语言,全面介绍了机电一体化系统设计的思想、方法和内容,力求使读者对机电一体化有全面的认识。

本书可作为机电一体化系统的设计人员与研究人员的参考书,也可作为相关专业高等院校师生的学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/李永海主编. —北京:中国电力出版社, 2012. 3

(深入浅出机电一体化技术应用丛书)

ISBN 978 - 7 - 5123 - 2852 - 5

I. ①机… II. ①李… III. ①机电一体化-系统设计
IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第052147号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012年8月第一版 2012年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 20印张 485千字

印数0001—3000册 定价38.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

机电一体化技术是多学科综合交叉的技术，它是融合了机械技术、检测与传感技术、信息处理技术、自动控制技术、电力电子技术、伺服驱动技术、计算机接口技术和系统总体技术等多种技术的综合体。机电一体化技术的发展，使传统机械进入了智能化、柔性化、多功能化、全自动化和微机数字化的全新时代，已成为当今世界工业发展的主要趋势。机电一体化技术的应用范围极其广泛，典型的产品有：数控机床、智能机器人、新型武器装备、航空航天飞行器、自动化生产设备、动力设备、交通运输设备、生产过程自动化设备、通信设备、办公设备和家用电器等，几乎涉及了各个方面，因此，世界各国都把机电一体化技术列入本国的高新技术发展的前沿。

本书是《深入浅出机电一体化技术应用丛书》之一，在编写过程中既考虑通俗性、基础性、系统性和应用性，同时还兼顾理论联系实际、学以致用原则，使读者对机电一体化有系统全面的认识。

本书由哈尔滨理工大学机械动力工程学院李永海担任主编，哈尔滨理工大学机械动力工程学院张艳芹、黑龙江职业学院机械系李闯担任副主编，参加编写的还有哈尔滨剑桥学院刘洋、黄湘镇，哈尔滨电站设备成套设计研究所有限公司李岳，哈尔滨地铁集团有限公司运营分公司倪世钱。其中，第1、5、9章及第6章第6.2节由李永海编写，第2、7章由李闯编写，第3章第3.1、3.4、3.5节由刘洋编写，第3章第3.2、3.3节由黄湘镇编写，第4、8章由张艳芹编写，第6章第6.1、6.5节由倪世钱编写，第6章第6.3、6.4节由李岳编写。全书由李永海统稿。

本书在编写过程中参阅并引用了部分相关文献和教材的内容，在此向相关作者表示衷心的感谢，同时还要感谢为本书编写做了大量的资料收集、打字、绘图等工作的研究生周立民、耿利威、周军等。

由于编者的水平所限，书中难免有疏漏、不足之处，恳请广大读者和专家批评指正。

编者

2011年12月

前言

第1章 机电一体化系统设计基础	1
1.1 机电一体化系统的基本概念	1
1.2 机电一体化系统的构成	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和发展	7
1.3.1 机电一体化系统的分类	7
1.3.2 机电一体化系统的发展	8
1.4 机电一体化系统设计的理论基础与关键技术	10
1.4.1 机电一体化系统的理论基础	10
1.4.2 机电一体化系统的关键技术	11
1.5 机电一体化系统设计的设计思想及类型	14
1.5.1 机电一体化系统的设计思想	14
1.5.2 机电一体化系统的设计类型	15
1.6 机电一体化系统设计的设计准则和规律	15
1.6.1 机电一体化系统的设计准则	15
1.6.2 机电一体化系统的设计规律	15
1.7 机电一体化系统设计的流程与工程路线	16
1.7.1 机电一体化系统设计流程	16
1.7.2 机电一体化工程路线	20
第2章 机械系统部件	21
2.1 机械系统部件分类	21
2.1.1 机械系统定义	21
2.1.2 机电一体化对机械系统的要求	21
2.1.3 机械系统部件分类	22
2.2 传动机构	22
2.2.1 齿轮传动机构	23
2.2.2 滚珠丝杠传动机构	29
2.2.3 挠性传动机构	35
2.2.4 间歇传动机构	36

2.3 支承导向机构·····	38
2.3.1 导轨副的组成、种类及其应满足的要求·····	38
2.3.2 滑动导轨·····	40
2.3.3 滚动导轨·····	43
2.3.4 静压导轨·····	45
2.4 执行机构·····	47
2.4.1 微动机构·····	47
2.4.2 定位机构·····	49
2.4.3 数控机床自动回转刀架·····	50
2.4.4 工业机器人末端执行器·····	51
2.5 轴系部件·····	53
2.5.1 轴·····	54
2.5.2 轴承·····	57
第3章 执行部件及其驱动 ·····	62
3.1 直流电动机及其驱动·····	62
3.1.1 直流伺服电动机的基本结构与工作原理·····	62
3.1.2 直流伺服电动机的主要技术参数·····	63
3.1.3 直流伺服电动机的分类·····	63
3.1.4 直流伺服电动机的特点·····	64
3.1.5 直流伺服电动机的特性·····	64
3.1.6 直流伺服电动机驱动方式·····	65
3.2 交流电动机及其驱动·····	68
3.2.1 交流电动机的基本结构与工作原理·····	68
3.2.2 交流电动机的分类·····	69
3.2.3 交流伺服电动机的特点及应用·····	70
3.2.4 交流伺服电动机的运行特性·····	71
3.2.5 交流伺服电动机的控制方法·····	71
3.3 步进电动机及其驱动·····	74
3.3.1 步进电动机的分类和结构·····	74
3.3.2 步进电动机的工作原理·····	75
3.3.3 步进电动机的特点·····	76
3.3.4 步进电动机的主要机械特性·····	77
3.3.5 步进电动机的驱动与控制·····	78
3.4 其他常用电动机·····	85
3.4.1 直线电动机·····	85
3.4.2 超声波电动机·····	88
3.5 执行机构的选择·····	91
第4章 传感器及其检测系统 ·····	95
4.1 传感器及其分类·····	95

4.1.1	传感器及其组成	95
4.1.2	传感器的分类	96
4.1.3	传感器性能与选用原则	98
4.2	位移传感器	100
4.2.1	电感式传感器	100
4.2.2	电容式传感器	103
4.2.3	感应同步器	105
4.2.4	光栅位移传感器	106
4.2.5	旋转变压器	107
4.2.6	光电编码器	108
4.3	速度、加速度传感器	109
4.3.1	测速发电机	109
4.3.2	磁电式转速计	110
4.3.3	光电式转速传感器	110
4.3.4	加速度传感器	110
4.4	位置传感器	111
4.4.1	接触式位置传感器	111
4.4.2	接近式位置传感器	112
4.5	力、扭矩和压力传感器	113
4.5.1	测力传感器	113
4.5.2	扭矩传感器	115
4.5.3	压力传感器	116
4.6	温度传感器	117
4.6.1	热电偶传感器	118
4.6.2	热电阻传感器	121
4.7	传感器前期信号处理	122
4.7.1	测量放大器	122
4.7.2	程控增益放大器	123
4.7.3	隔离放大器	125
4.8	传感器的补偿	126
4.8.1	传感器非线性补偿	126
4.8.2	传感器的温度补偿	129
4.9	数字滤波	131
第5章	微机控制系统	134
5.1	微机控制系统及分类	134
5.1.1	微机控制系统的组成及特点	134
5.1.2	Z变换	135
5.1.3	微机控制系统的分类	138
5.2	单片机系统	139

5.2.1 单片机结构特点	140
5.2.2 AT89S51/P87LPC76x 单片机的最小应用系统	141
5.2.3 单片机的系统扩展	141
5.2.4 单片机选型	145
5.2.5 单片机的应用	146
5.3 可编程控制器 (PLC)	146
5.3.1 可编程控制器的定义和特点	146
5.3.2 可编程控制器的结构及各部分的作用	147
5.3.3 可编程控制器的工作方式	149
5.3.4 PLC 的选用	150
5.3.5 PLC 控制系统的设计方法和步骤	151
5.3.6 PLC 应用系统设计实例	152
5.4 数字 PID 控制器	155
5.4.1 PID 控制的基本原理	155
5.4.2 比例、积分和微分控制作用对过程控制品质的影响	156
5.4.3 数字 PID 控制算法	157
5.4.4 数字 PID 控制器的基本结构	159
5.4.5 数字 PID 控制算法的改进	160
5.4.6 数字 PID 控制器的参数整定	162
第 6 章 接口技术	166
6.1 概述	166
6.1.1 接口的重要性	166
6.1.2 接口的功能和主要类型	166
6.2 人机接口	169
6.2.1 输入接口	169
6.2.2 输出接口	173
6.3 机电接口	177
6.3.1 信息采集接口	178
6.3.2 控制输出接口	182
6.4 模拟量输入/输出	185
6.4.1 模拟量输入	185
6.4.2 模拟量输出	189
6.5 数字量输入/输出	189
6.5.1 数字量输入	190
6.5.2 数字量输出	191
第 7 章 伺服系统	193
7.1 系统方案	193
7.1.1 伺服系统的结构组成及分类	193
7.1.2 伺服系统的基本要求	193

7.1.3 伺服系统设计的内容和步骤	195
7.2 数学模型	196
7.2.1 系统的常见数学模型表示方法	196
7.2.2 一般伺服系统数学模型	197
7.2.3 简单机电一体化系统模型	200
7.3 开环控制的伺服系统	204
7.3.1 开环伺服系统	204
7.3.2 开环伺服系统方案设计	205
7.3.3 驱动元件	206
7.3.4 系统误差分析	209
7.3.5 控制系统设计	210
7.4 闭环控制的伺服系统	210
7.4.1 闭环控制系统	210
7.4.2 闭环伺服系统方案设计	211
7.4.3 伺服电动机	212
7.4.4 检测反馈元件	216
7.4.5 系统参数设计	218
7.4.6 校正环节	220
第8章 机电一体化总体设计	224
8.1 性能指标分析	224
8.1.1 性能指标对设计方法的影响	224
8.1.2 机电一体化优化设计的条件和方法	225
8.2 功能及性能指标的分配	230
8.2.1 功能分配	230
8.2.2 性能指标的分配	233
8.3 稳态设计	235
8.3.1 稳态设计和动态设计	235
8.3.2 典型负载分析	237
8.3.3 执行元件的匹配选择	239
8.3.4 减速比的匹配选择与各级减速比的分配	241
8.3.5 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	241
8.4 动态设计	243
8.4.1 机电伺服系统的动态设计	243
8.4.2 闭环机电伺服系统调节器设计	243
8.4.3 进给传动系统弹性变形对系统特性的影响	247
8.4.4 进给传动系统的运动误差分析	254
8.5 可靠性、安全性设计	257
8.5.1 系统可靠性	257
8.5.2 安全性设计	262

第 9 章 机电一体化系统应用	265
9.1 机械设备的机电一体化改造	265
9.1.1 数控车床的改造方案组成框图	265
9.1.2 机械结构改造设计方案	265
9.1.3 数控车床计算机控制系统改造硬件设计	267
9.1.4 数控车床计算机控制系统改造软件设计	272
9.2 数控机床	273
9.2.1 数控机床的产生与特点	273
9.2.2 数控机床的组成与分类	275
9.2.3 CNC 机械加工中心 (MC)	278
9.3 机器人	282
9.3.1 机器人概况	282
9.3.2 机器人的结构和分类	283
9.3.3 SCARA 型机器人的系统设计	288
9.4 办公及家电自动化	291
9.4.1 办公设备	291
9.4.2 家用电器	299
参考文献	309

机电一体化系统设计基础

1.1 机电一体化系统的基本概念

“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。机电一体化的英文名称是 Mechatronics，最初是由日本人通过截取英文机械学（Mechanics）的词头和电子学（Electronics）的词尾组合在一起而创造出来的一个新的英文名词。这一名词最早出现在 1971 年日本的《机械设计》杂志副刊上，后来随着机电一体化发展而被广泛引用，目前已在世界范围内得到普遍接受和承认。

1984 年美国机械工程协会（ASME）的一个专家组在给美国国家科学基金会的报告中，明确地提出了现代机械系统的定义：“由计算机信息网络协调与控制的，用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械和（或）机电部件相互联系的系统。”其含义实质上是指机电一体化系统，它与这一定义是一致的。

在国内，对于机电一体化的含义也有不同的理解，但大家普遍接受由日本机械振兴协会经济研究所于 1983 年 3 月所作的解释，即“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的基础上引进微电子技术，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。”

目前，机电一体化这一术语尚无统一的定义，其基本概念和含义可概括为：“机电一体化”就是在大规模集成电路和微型计算机高度发展，并向传统工业领域迅速渗透及与机械电子技术深度结合的现代工业基础上，从系统的观点出发，综合运用机械、微电子、自动控制、计算机、信息、传感测试、电力电子、接口、信号变换以及软件编程等群体技术，根据系统功能目标和优化组织结构目标，合理配置与布局机械本体，执行机构，动力驱动单元，传感测试元件，控制元件，微电子接收、分析、加工、处理、生产、传输单元、线路以及接口元件等硬件元素，并使之在软件程序和微电子电路逻辑的有目的信息流向引导下，相互协调、有机融化和集成，形成物质、能量和信息三要素的有序运动，在多功能、高质量、高可靠性、低能耗的前提下，实现特定功能价值并使整体系统最优化的系统工程技术。一句话，就是将机械、电子与信息技术进行有机结合，以实现工业产品和生产过程整体最优化的一种高新技术。它的发展，使传统的机械如虎添翼，超越了操作机械和动力机械的范畴，进入了智能化、柔性化、信息化、绿色化、人格（性）化、多功能化、全自动化、微机数字化和远程操作控制管理网络化的新时代，不仅极大地解放了人类的体力劳动，还极大地解放了人类的脑力劳动。因此，“机电一体化”已成为当今世界工业发展的主要趋势，也带动了传统机械工业的一场新的革命。其典型产品为：数控机床、智能机器人、新型武器装备和作战指挥系统、高精尖的航空航天飞行器，以及使用微电子（尤其是微机）技术装置的自动化生产设备、动力设备、交通运输设备、生产过程自动化设备、通信设备、办公设备和家用电器，甚至包括各种微电脑控制的智能化儿童玩具等。这些都是当今世界高新技术的核心和应用成果

的集中体现。

机电一体化是一种崭新的学术思想，它除了强调机械与电子的有机结合外，还具有更深刻、更广泛的含义。按照机电一体化思想，凡是由各种现代高新技术与机械和电子技术相互结合而形成的各种技术、产品（或系统）都属于机电一体化范畴。因此，目前人们广泛谈论的机电液（液压）一体化、机电光（光学）一体化、机电仪（仪器仪表）一体化以及机电信（信息）一体化等，实质上也都可归结为机电一体化。

机电一体化是一个综合的概念，涵盖了技术和产品两方面内容。它首先是指机电一体化技术，其次是指机电一体化产品。机电一体化技术是指包括技术基础、技术原理在内的，使机电一体化产品得以实现、使用 and 发展的技术。机电一体化产品是指采用机电一体化技术，在机械产品基础上创造出来的新一代机电产品。

机电一体化又是一种复杂的系统工程。“系统”这个名词，使用非常广泛。在不同的词典、手册和专著中系统的定义大多是：由相互作用和依赖的若干组成部分按一定规律结合成的、具有特定功能的有机整体。系统一般具有如下特征：①“集合性”，系统是由许多元素的集合；②“关联性”，系统的各个组成部分之间是互相联系和互相制约的；③“目的性”，系统总是具有特定的功能，特别是人所创造或改造的系统，总是有一定的目的性；④“环境适应性”，系统总是存在并活动于一个特定的环境中，与环境不断进行物质、能量、信息的交换，系统必须适应环境。对于系统工程目前还很难给出一个公认的定义，这里仅列举两个较典型的解释：①“系统工程是为了更好地达到系统目标，而对系统的构成要素、组织结构、信息流动和控制机理等进行分析与设计的技术”（日本工业标准 H5）；②“系统工程是一门把已有的学科分支中的知识有效地组合起来用以解决综合性的工程问题的技术”（大英百科全书）。由于系统工程是研究系统共性的跨学科的方法性技术，那么它研究和处理任何问题时应遵循以下基本原则：

（1）整体性原则。也就是说要把系统当做一个整体，不要只见树木不见森林。希腊哲学家亚里士多德曾提出过“整体大于它的各部分的总和”的思想，就准确地反映了整体性原则的内涵本质。“整体大于它的各部分的总和”不是一种量与量之间的换算，而是一种质变，各部分组成系统后，形成了系统的整体功能，这是一种新的质。

（2）综合性原则。任何系统都具有多方面的属性，涉及多方面的因素。综合性原则就是要把这些属性、因素综合起来加以研究，不能顾此失彼，因小失大。

（3）科学性原则。即在处理问题时应按照科学的顺序和步骤进行，环环相扣，并不断通过信息反馈加以检查改进，且尽量使用定量方法。建立模型和进行优化是按科学性原则处理系统问题的主要工作。

从系统的观点出发，总可以把我们所设计的各种简单和复杂的设备或产品看成一个系统，因而可运用系统工程的方法去分析和设计。机电一体化系统设计就是应用系统工程的方法设计出产品和设备。其突出的特点是，构成机电一体化系统的要素一般包括机、电、仪、液、气、磁、光，通过将这些要素进行有机地组织与结合，以实现该系统功能的整体最佳化。

机电一体化系统的实体部分，主要是机械部分与电子部分，又通过信息技术把这些部分有机地结合在一起，从而构成更为先进的产品。按照系统分析的观点，机电一体化系统在设计过程中，是将机械部分与电子部分融合在一起进行通盘考虑的，哪些应采用机械部分，哪

些应采用电子部分或其他更恰当的部分,例如液、气、磁、光等部分,然后通过信息传输与处理技术将这些部分有机地结合起来。因而,可以说:机电一体化系统设计是系统工程学在机械电子领域中的具体应用;机电一体化系统正是这种应用的效果;它对改造传统老产品有着“妙手回春”的作用,对于新产品的开发研制也效果显著。

总之,机电一体化技术是建立在精密机械技术、微电子技术、计算机和信息处理技术、自动控制技术、传感与测试技术、电力电子技术、伺服驱动技术、系统总体技术等现代高新技术群体基础之上的一种技术,已形成了“机械+电气+计算机”三分天下的实际格局。机电一体化技术的突出特点在于它在机械产品中注入了过去所没有的新技术,把电子器件的信息处理和自动控制等功能“融合”到机械装置中去,从而获得了过去单靠某一种技术而无法实现的功能和效果。机电一体化技术的重要实质是应用系统的观点和方法来分析和研究机电一体化产品或系统,综合运用各种现代高新技术进行产品的设计与开发,通过各种技术的有机结合,实现产品内部各组成部分的合理匹配和外部的整体效能最佳。机电一体化产品是具有高技术含量的产品,其技术附加值随机电结合程度的加深而提高。在当代产品中,单纯机械技术的附加值含量越来越少,而微电子技术的附加值含量却越来越多。随着时代的发展,这种趋势还将更明显。但这并不等于说,微电子技术可以脱离机械技术而在机械领域获得更大的经济效益,而是意味着,机械技术只有同微电子技术相结合、传统的机械产品只有向机电一体化产品方向发展,才是机械工业发展的唯一出路。

1.2 机电一体化系统的构成

1.2.1 机电一体化系统的功能组成

机电一体化系统(产品)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。根据不同的使用目的,要求系统都能对输入的物质、能量和信息(即所谓工业三大要素)进行某种处理,输出具有所需形式或所需特性的物质、能量和信息,如图1-1所示。

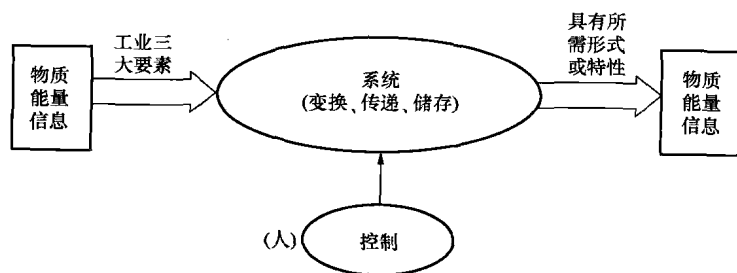


图 1-1 机电一体化系统的功能组成

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储存功能(保持、积蓄、记录)。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，如各种机床设备、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设备等。

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操作控制，使系统正常运转、实施目的的功能。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该给予考虑。

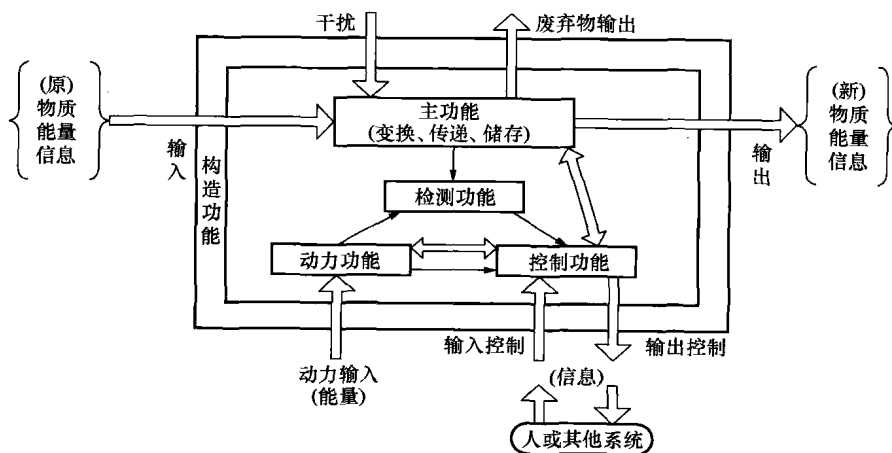


图 1-2 机电一体化系统的内部功能

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 传递 保存	物质	材料加工或处理机 交通运输机 自动化仓库、包装机
2		物质	
3		物质	

续表

主功能		输入、输出	组合实例
4	变换 传递 保存	能量	动力机械
5		能量	机械或流体传动
6		能量	机械或流体蓄能器
7	变换 传递 保存	信息	电子计算机、仪器
8		信息	通信系统、传真机
9		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制造的。工件与刀具的运动方式不同，可制成不同用途的机床。

对于现有的机电一体化系统，可以利用功能原理图来进行研究分析。图 1-3 是 CNC 数控机床的功能原理构成实例。由于未指明主功能的加工机构，它代表了具有相同功能的一大类型机电一体化系统，诸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。

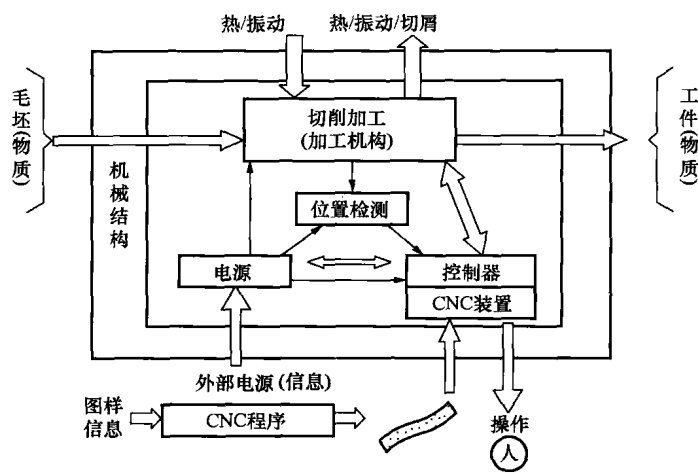


图 1-3 CNC 数控机床的内部功能构成

1.2.2 机电一体化系统的构成要素

机电一体化系统（产品）由机械本体、控制器、动力源、传感器和执行部件五大要素构成。从机电一体化系统的功能来看，人体功能结构及五大要素的匹配与协调是一种尽善尽美的体现。因而人体是机电一体化产品发展的最好蓝本。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要素实例如图 1-5 所示。表 1-2 给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、检测与传感系统、信息处理及控制系统、执行部件，各要素和环节之间通过接口相联系。

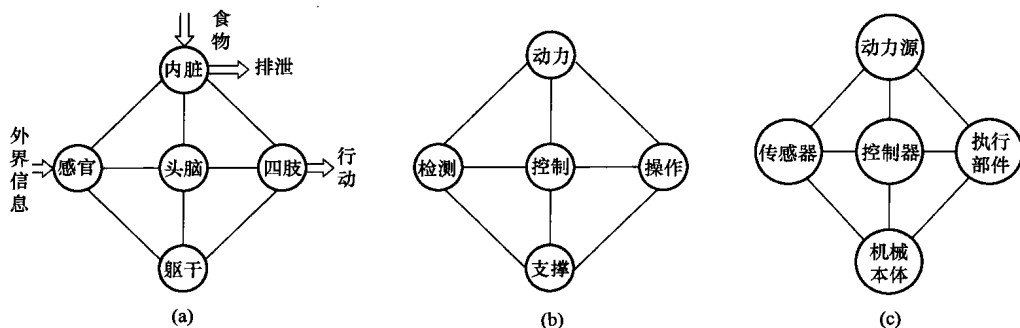


图 1-4 组成人体与机电一体化系统的对应要素及相应功能关系

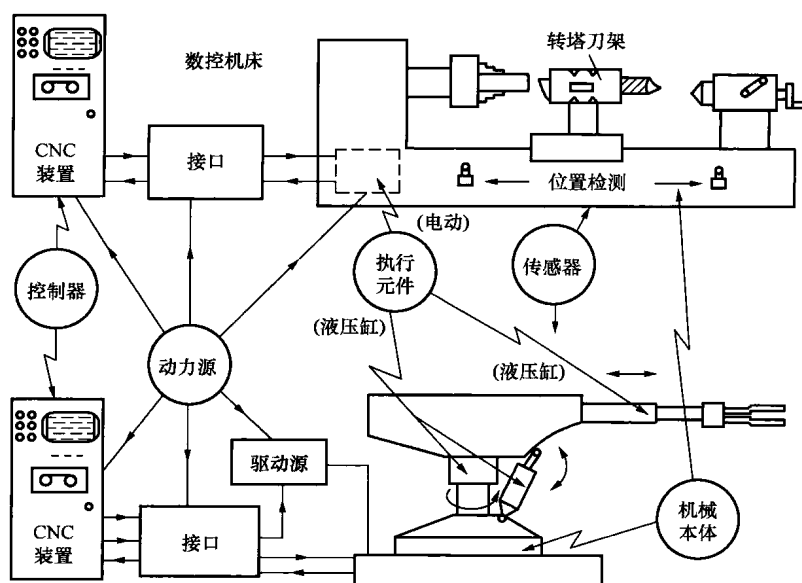


图 1-5 机电一体化系统五大要素实例

表 1-2

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	人体构成要素
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分别是机身和床身；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、抗干扰及控制性能好等。

(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,并对其进行相应的处理、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由计算机硬件和软件以及相应的接口组成。硬件一般包括输入/输出设备、显示器、可编程序控制器和数控装置。机电一体化产品要求信息处理速度高,A/D和D/A转换及分时处理时的输入/输出可靠、精度高,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。

机电一体化产品的五个基本组成要素之间并非彼此无关或简单拼凑、叠加在一起,工作中它们各司其职,互相补充、互相协调,共同完成所规定的目的功能,即在机械本体的支持下,由传感器检测产品的运行状态及环境变化,将信息反馈给信息处理及控制装置,信息处理及控制装置对各种信息进行处理,并按要求控制动力源驱动执行部件进行工作。在结构上,各组成要素通过各种接口及相关软件有机地结合在一起,构成一个内部合理匹配、外部效能最佳的完整产品。

1.3 机电一体化系统的分类和发展

1.3.1 机电一体化系统的分类

机电一体化技术及产品的应用领域极其广泛,除了机电一体化产品本身充分体现了机械与电子的紧密结合及其效果外,几乎所有的工业生产过程都离不开机电一体化技术及产品的应用。机电一体化产品的种类繁多,目前还在不断扩展,但仍可以按产品的功能划分为以下几类:

(1) 数控机械类。数控机械类主要产品为数控机床、工业机器人、发动机控制系统和自动洗衣机等。其特点为执行机构是机械装置。

(2) 电子设备类。电子设备类主要产品为电火花加工机床、线切割加工机床和激光测量仪等。其特点为执行机构是电子设备。

(3) 机电结合类。机电结合类主要产品为自动探伤机、形状识别装置和CT扫描仪、自动售货机等。其特点为执行机构是机械和电子装置的有机结合。

(4) 电液伺服类。电液伺服类主要产品为机电一体化的伺服装置。其特点为执行机构是液压驱动和机械装置,控制机构是接受电信号的液压伺服阀。