



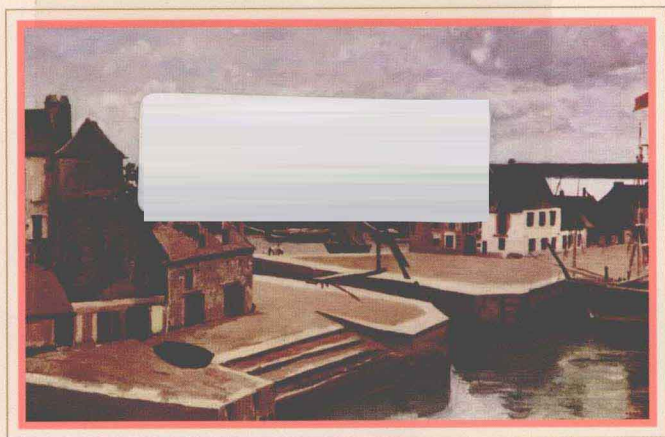
机电一体化专业系列

机电一体化概论

(第2版)

□ 冯细香 主 编
□ 王黎黎 副主编
□ 张 燊 主 审

- ▶ 理论和实践紧密结合
- ▶ 突出应用能力的培养
- ▶ 体现新知识，新技术



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

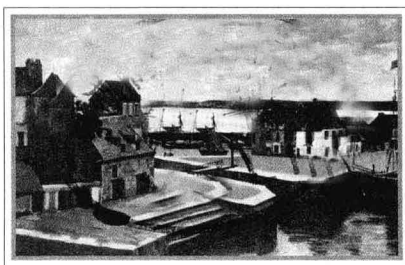


高级

❁ 机电一体化专业系列

机电一体化概论 (第2版)

□ 冯细香 主 编
□ 王黎黎 副主编
□ 张 燊 主 审



人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

机电一体化概论 / 冯细香主编. -- 2版. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2013. 5
职业教育机电类技能人才培养规划教材
ISBN 978-7-115-30788-0

I. ①机… II. ①冯… III. ①机电一体化—职业教育—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第024599号

内 容 提 要

本书从机电一体化系统的组成出发, 介绍其各个组成部分的相关概念、技术原理、特点和作用。全书共 7 章, 主要内容包括导论、机电一体化系统中的机械系统、现代检测技术的应用、机电一体化系统中的执行装置、接口技术、控制器及工业控制网络技术、机电一体化技术的应用。每章后都附有相关习题, 供读者课后练习。

本书内容通俗易懂, 理论紧密结合实践, 可作为技工学校、技师学院和职业院校机电类专业基础课教材, 也可作为相关从业人员的参考书。

职业教育机电类技能人才培养规划教材

机电一体化专业系列

机电一体化概论 (第 2 版)

-
- ◆ 主 编 冯细香
副 主 编 王黎黎
主 审 张 燊
责任编辑 刘盛平
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11.25 2013 年 5 月第 2 版
字数: 285 千字 2013 年 5 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-30788-0

定价: 25.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号



随着机电一体化技术的发展,职业院校机电专业教学中存在的主要问题是传统的教学内容与其他专业课程重复较多。本书打破原来的学科知识体系,按机电一体化技术的结构来构建本课程的体系,用专业基础知识引导出相关专业知识,并用阐述相关设备的构造引出专业知识如何应用到专业实践中,以更好地做到理论与实践相结合。此次修订本着理论为实践服务,加强实践;应知为应会服务,加强应会;定量为定性服务,加强定性;基础知识为专业实践服务,加强专业实践的原则进行,删除陈旧过时、抽象的内容;努力直观反映新元件、新产品;加强定性分析和专业实践的阐述;突出专业技术的融合性、实用性、先进性。

本书是依据“机电一体化专业”课程的教学要求,并参考了企业的实际制造与控制机构的应用情况编写而成的。内容主要包括机电一体化系统导论,机电一体化系统中的机械部分、检测部分、控制器部分、执行装置和接口的介绍以及机电一体化技术的典型应用。每章后有大量的课后习题来指导学生自学本书内容和引导学生自学本课程相关专业技术知识,提高学生对机电一体化技术的自学能力。通过本课程的学习,使学生在今后的工作中具有多学科知识综合应用的能力。

本书既强调基础,又力求体现新知识、新技术和新工艺,文字表述简练、准确,采用大量实物图片,直观明了。本书所取的案例主要来自于企业。

本课程的参考教学课时为 60 学时,各章的教学课时可参考下面的课时分配表。

章 节	课 程 内 容	课 时 分 配
第 1 章	导论	4
第 2 章	机电一体化系统中的机械系统	6
第 3 章	现代检测技术的应用	8
第 4 章	机电一体化系统中的执行装置	8
第 5 章	接口技术	8
第 6 章	控制器及工业控制网络技术	8
第 7 章	机电一体化技术的应用	14
	机动	4
课 时 总 计		60

本书由冯细香主编,并编写第 1 章、第 3 章、第 6 章、第 7 章和负责全书的统稿工作;王黎黎任副主编,并编写第 4 章、第 5 章;陈大浪编写第 2 章。张燊担任主审。本书的编写和审稿过程中,得到广东工业大学唐露新、顺德职业技术学院张钟、广东工业大学李锻能、广东技术师范学院杨振野、广东仲恺农业工程学院陈赛克、鹤山市信科电机有限公司技术主管罗祥明的大力支持。

持，并提出了许多宝贵的建议，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者
2012年10月



目录

CONTENTS

第1章 导论 1

- 1.1 什么是机电一体化 1
 - 1.1.1 机电一体化产品 1
 - 1.1.2 机电一体化概念 3
 - 1.1.3 机电一体化技术特点 4
- 1.2 机电一体化系统的基本构成 5
- 1.3 机电一体化相关技术 7
- 1.4 机电一体化的发展状况 9
 - 1.4.1 机电一体化技术的发展历程 9
 - 1.4.2 机电一体化技术的展望 10
- 1.5 机电一体化实例 13
- 小结 14
- 思考与练习 15

第2章 机电一体化系统中的机械系统 17

- 2.1 机械系统 17
- 2.2 机械运动 18
- 2.3 机械零部件 18
 - 2.3.1 传动零部件 19
 - 2.3.2 支撑零部件 26
- 小结 34
- 思考与练习 35

第3章 现代检测技术的应用 39

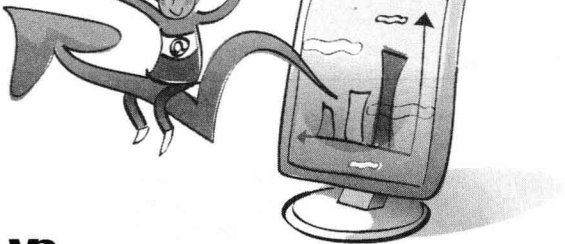
- 3.1 什么是传感器 39
- 3.2 常见传感器 40
 - 3.2.1 线位移检测传感器 40
 - 3.2.2 角位移检测传感器 43
 - 3.2.3 速度、加速度传感器 45
 - 3.2.4 测力传感器 48
 - 3.2.5 其他传感器 52

- 3.3 传感器的基本特性 53
 - 3.3.1 传感器的静态特性 54
 - 3.3.2 传感器的动态特性 54
- 3.4 传感器的发展方向 55
- 3.5 传感器的正确选择和使用 55
- 3.6 检测信号采集与处理 57
- 小结 61
- 思考与练习 62

第4章 机电一体化系统中的执行装置 65

- 4.1 什么是执行装置 65
 - 4.1.1 执行装置 65
 - 4.1.2 伺服系统 67
 - 4.1.3 传动机构 70
 - 4.1.4 执行元件 70
 - 4.1.5 驱动部件 72
- 4.2 电磁式执行装置 72
 - 4.2.1 步进电动机 73
 - 4.2.2 直流伺服电动机 75
 - 4.2.3 交流伺服电动机 79
- 4.3 液压执行装置 81
 - 4.3.1 什么是液压执行装置 82
 - 4.3.2 液压伺服系统 83
 - 4.3.3 液压伺服系统实例 84
- 4.4 气动执行装置 85
 - 4.4.1 什么是气动执行装置 85
 - 4.4.2 气动执行装置的控制 86
 - 4.4.3 气动执行装置的驱动部件 86
 - 4.4.4 气动执行装置实例 87
- 4.5 变频器 88
 - 4.5.1 变频器的基本结构 88
 - 4.5.2 变频器的输出调制方式 90
- 小结 92

思考与练习	93	6.3 工业控制网络	136
第5章 接口技术	97	6.3.1 主干网	137
5.1 接口技术概述	97	6.3.2 网络与三维 CAD/CAE/ CAM/CAT/网络系统	139
5.1.1 接口的定义	97	6.4 控制网络实例	140
5.1.2 接口的分类	98	小结	142
5.2 人一机接口	99	思考与练习	143
5.2.1 人一机接口的类型及特点	99	第7章 机电一体化技术的应用	146
5.2.2 输入接口	100	7.1 智能玩具机器人	146
5.2.3 输出接口	103	7.2 变频式空调	148
5.3 机电接口	106	7.3 数控机床	152
5.3.1 机电接口的类型及特点	106	7.3.1 数控机床的产生	152
5.3.2 A/D 转换接口	107	7.3.2 数控机床的组成	153
5.3.3 D/A 转换接口	111	7.3.3 数控机床的基本工作 原理	154
5.3.4 控制量输出接口	115	7.3.4 数控机床的分类	154
小结	119	7.3.5 数控机床的加工特点	156
思考与练习	119	7.3.6 数控机床的发展趋势	156
第6章 控制器及工业控制网络 技术	123	7.4 机器人	157
6.1 工业控制计算机	123	7.5 雷达跟踪系统	163
6.1.1 概述	124	7.6 某光机电一体化实训考核装置	166
6.1.2 单片机控制器	125	7.7 某流水线铆接工位自动生产 设备	167
6.1.3 可程序控制器	128	小结	169
6.2 智能控制理论	134	思考与练习	169
6.2.1 智能控制的发展	134	参考文献	172
6.2.2 典型系统介绍	134		



本章介绍了机电一体化定义、机电一体化的作用、成熟的机电一体化系统，以及机电一体化基础知识和展望等内容，还将介绍一些相关知识、应用实例等。

通过本章的学习，读者能够理解机电一体化与其他自动机械有什么关系，模仿和吸取了其中的哪些东西。

知识目标

- ◎ 了解机电一体化技术的产生与发展
- ◎ 掌握机电一体化系统的构成、基本功能要素及其相互之间的关系
- ◎ 了解机电一体化共性关键技术

1.1

什么是机电一体化

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，如图 1.1 所示。现实生活中的机电一体化产品比比皆是，本节从机电一体化产品入手，使读者对机电一体化技术有一个基本了解。

1.1.1 机电一体化产品

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是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）、电子系统（或部件）及信息处理单元（硬件和软件）有机结合、而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，因此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性的提高，具有满足人们使用要求的最佳功能。机电一体化的实例如图 1.1 所示。

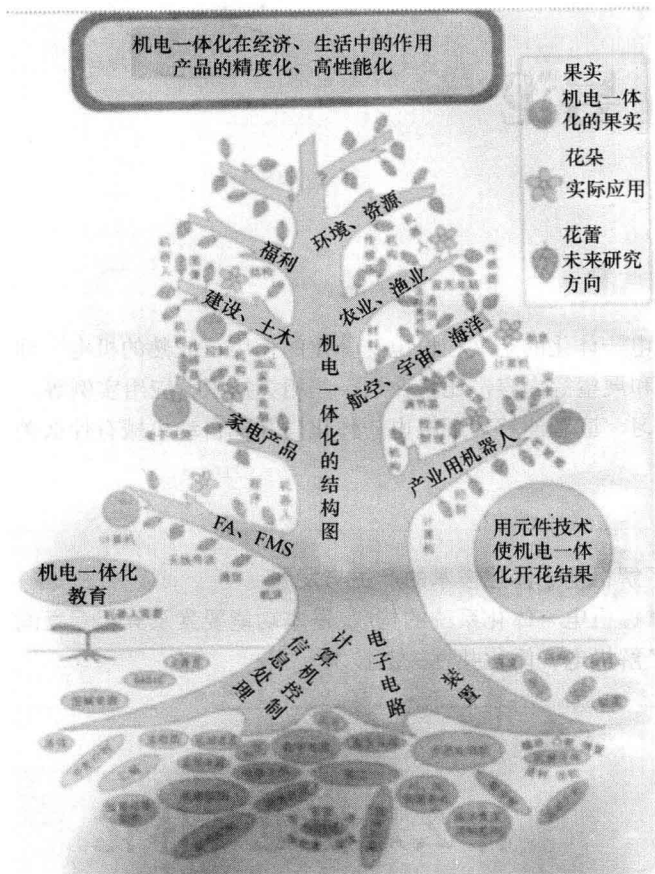


图 1.1 机电一体化技术

表 1.1 机电一体化的实例

由机械实现动作的装置	→	机 电 装 置
发条式钟表	→	石英钟表
手动照相机	→	自动（微机控制）照相机
机械式缝纫机	→	电动（电子式）缝纫机
机械式游戏机	→	电动（电子式）游戏机
机械式调速器	→	电子式调速器
由人来判断决定动作装置转变为无人操作的装置		
自动售货机、自动出纳机 ATM、自动售票机、无人仓库、自动导航装置等		
按程序来实现灵活动作的装置		
数控机床（CNC）、各种机器人等		

机电一体化产品应用很广，在生产上用的机电产品有数控机床、机器人、自动生产设备、自动组合生产单元、柔性制造系统（FMS）、无人化工厂、计算机集成制造系统（CIMS）等；运输、包装及工程用的机电产品有微机控制汽车、机车等交通运输工具、数控包装机械及系统、数控运

输机械及工程机械设备等；储存、销售用的机电产品有自动仓库、自动空调与制冷系统及设备、自动称量、分选、销售及现金处理系统等；社会服务性用的机电产品有自动化办公设备、动力、医疗、环保及公共服务自动化设备、文教、体育、娱乐用机电一体化产品等；家庭用的机电产品有微机或数控型耐用消费品、炊事自动化机械、家庭用信息、服务设备等，在科研及过程控制用的机电产品有测试设备、控制设备、信息处理系统等。机电产品在农、林、牧、渔及其他民用设施中也应用很广，在航空、航天、国防用武器装备等领域更是大显身手。



提示

我们日常生活中使用的全自动洗衣机、空调器及全自动照相机，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、联合收割机工作部件（如脱粒清选装置）的监控系统、温室环境自动控制系统等。

1.1.2 机电一体化概念

机电一体化又称机械电子学，英文为 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。机电一体化最早出现在 1971 年日本杂志《机械设计》的副刊上，随着计算机技术的迅猛发展和广泛应用，机电一体化技术获得前所未有的发展。现在的机电一体化技术，是机械和微电子技术紧密集合的一门技术，它的发展使冷冰冰的机器具有了人性化和智能化（见图 1.2）。

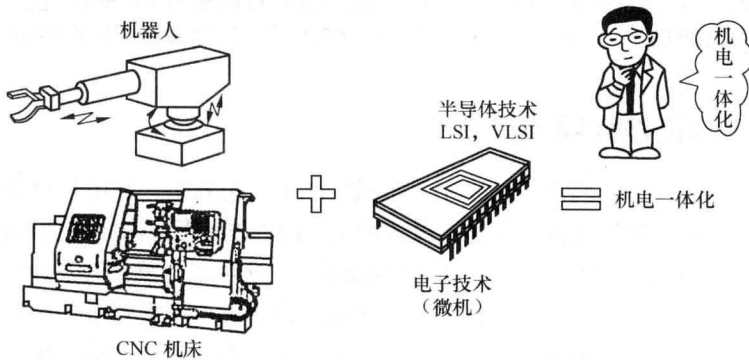


图 1.2 机电一体化概念

机电一体化技术是从系统的观点出发，将机械、电子、信息等相关技术有机地结合起来，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、使用和技术发展的技术。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。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“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，还包括光（光学）机电一体化、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。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。换句话说，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。图 1.3 所示为机械手的组成结构。

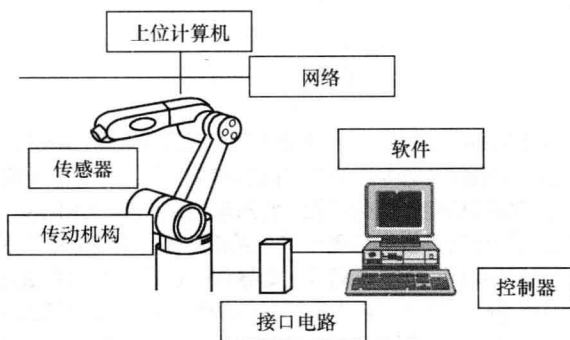


图 1.3 机械手的组成结构



提示

装有微型计算机的电视机和电饭煲等因为其工作原理在本质上是无运动的，所以不属于机电一体化产品。

使用机电技术应用名称时，注意不要与机电公司的机电相混，因为机电公司经营的水泵、电机不属于机电一体化技术的范围，因此在理解机电一体化的含义时，可以将“机电”一词模糊为“先进技术”。



提示

机械的强度较高，输出功率大，可以承受较大的载荷，但实现微小运动和复杂运动比较困难。而在电子领域，利用传感器和计算机可以实现复杂的检测和控制，但只利用电子技术无法实现重载运动。将机械技术和电子技术相结合，可以在重载条件下实现微小运动和复杂运动。

1.1.3 机电一体化技术特点

机电一体化技术的本质是将电子技术引入机械控制中，也就是“利用传感器检测机械运动，将检测信息输入计算机，经计算得到能够实现预期运动的控制信号，由此来控制执行装置”，其中最关键的是“经计算得到能够实现预期运动的控制信号”。这项工作就是开发计算机软件。软件开发是指研究计算机程序的内容，并通过键盘将程序输入计算机，不需要用螺栓和螺母来重新组装机械，只用电烙铁焊接电子线路或者修改程序就可灵活地改变机械的运动。在计算机上，利用适当的软件进行控制，无论如何复杂的运动都可以实现。机电一体化技术具有以下的一些特点。

(1) 体积小、重量轻。由于半导体、集成电路（Integrated Circuit, IC）技术和液晶技术的发展，使得控制装置和测量装置可以做成原来重量和体积的几分之一甚至几十分之一，迅速向轻型化和小型化发展。

(2) 速度快、精度高。随着半导体和集成电路的飞速发展，出现了大规模集成电路（Large Scale Integrated circuit, LSI）和超大规模集成电路（Very Large Scale Integrated circuit, VLSI）。在电路集成度提高的同时，处理速度和响应速度也迅速提高，这样机电一体化装置总的处理速度就能够充分满足实际应用的需要。同时，由于机电一体化技术的应用，推动了超精密加工技术的进步，

使其与高精度加工和精密运动控制相适应。

(3) 可靠性高。由于激光和电磁应用技术的发展,传感器和驱动控制器等装置已采用非接触式代替接触式,避免了原来机械接触式存在的注油、磨损、断裂等问题,使可靠性得到大幅度提高。

(4) 柔性好。从CNC机床和机器人的例子可以知道,通过计算机软件就可以任意确定动作。例如,只要改变程序就可以实现最佳运动;同样也可以很容易地增加新的运动,具有很强的可扩展性。因为不需要变更硬件就能够调整运动,所以能够很容易地适应多样化的新用途,在应用上非常方便。

机电一体化技术的上述各项特点,使得其产品具有节能、高质、低成本的共性。



机电一体化系统开发的主要内容是计算机软件开发,由于软件开发需要的时间比较短,改变程序也比较容易,通过程序控制可以实现各种复杂的运动,所以系统具有很强的柔性,设计也比较灵活。

1.2

机电一体化系统的基本构成

机电一体化系统是在传统机械产品的基础上发展起来的,是机械与电子、信息技术结合的产物,它除了包含传统机械产品的组成部分以外,还含有与电子技术和信息技术相关的组成要素。一般而言,一个较完善的机电一体化系统包括以下几个基本要素:机械本体、检测传感部分、电子控制单元、执行器和动力源,各要素之间通过接口联系。

机器人(见图1.4)是典型的机电一体化产品。下面以机器人为例来分析机电一体化系统的基本构成。

(1) 机械本体。机器人的手指、手臂、手臂的连接部分和机座等是使机器人能够运动的机械结构。机械本体包括机架、机械连接、机械传动等。所有的机电一体化系统都含有机械部分,它是机电一体化系统的基础,起着支撑系统中其他功能单元,传递运动和动力的作用。

与纯粹的机械产品相比,机电一体化系统的技术性能得到了提高、功能得到了增强,这就要求机械本体在机械结构、材料、加工工艺性、几何尺寸等方面能够与之相适应,具有高效、多功能、可靠和节能、小型、轻量、美观等特点。

(2) 检测传感部分。在机电一体化系统中,检测传感部分包括各种传感器及其信号检测电路,其作用就是监测机电一体化系统工作过程中本身和外界环境有关参量的变化,并将信息传递给电子控制单元,电子控制单元根据检测到的信息向执行器发出相应的控制指令。机电一体化系统要求传感器的精度、灵敏度、响应速度和信噪比高;漂移小、稳定性高;可靠性好;不易受被测对象特征(如电阻、导磁率等)的影响;对抗恶劣环境条件(如油污、高温、泥浆等)的能力强;体积小、重量轻、对整机的适应性好;不受高频干扰和强磁场等外部环境的影响;操作性能好,现场维修处理简单;价格低廉。

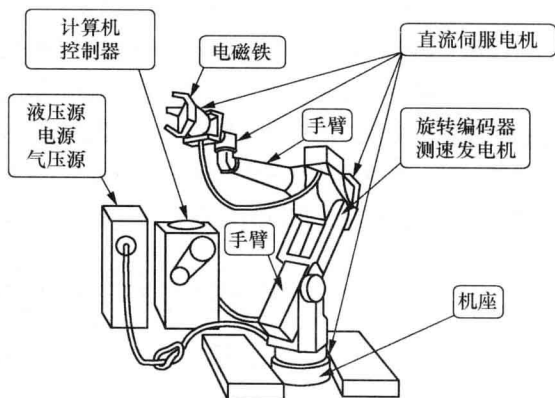


图 1.4 机器人

(3) 电子控制单元。电子控制单元(Electrical Control Unit, ECU)是机电一体化系统的核心,负责将来自各传感器的检测信号和外部输入命令进行集中、存储、计算、分析,根据信息处理结果,按照一定的程序和节奏发出相应的指令,控制整个系统有序地运行。机器人(见图 1.4)根据来自旋转编码器或测速发电机的信号,判断机器人的当前状态,并计算和判断要达到所希望的状态,或者移动到某一目标如何动作。电子控制单元由硬件和软件组成,系统硬件一般由计算机、可编程控制器(PLC)、数控装置以及逻辑电路、A/D 与 D/A 转换、I/O 接口、计算机外部设备等组成;系统软件为固化在计算机存储器内的信息处理和控制程序,根据系统正常工作的要求编写。机电一体化系统对控制和信息处理单元的基本要求是提高信息处理速度、提高可靠性、增强抗干扰能力以及完善系统自诊断功能、实现信息处理智能化和小型、轻量、标准化等。

(4) 执行器。执行器的作用是根据电子控制单元的指令驱动机械部件的运动,如图 1.4 中所示的驱动电机座上的机体、手臂、手指等运动的电机和电磁铁等。执行器是运动部件,通常采用电力驱动、气压驱动和液压驱动几种方式。机电一体化系统一方面要求执行器效率高、响应速度快,同时要求对水、油、温度、尘埃等外部环境的适应性好,可靠性高。由于几何尺寸上的限制,动作范围狭窄,还需考虑维修和实行标准化。由于电工电子技术的高度发展,高性能步进驱动、直流和交流伺服驱动电机已大量应用于机电一体化系统。

(5) 动力源。动力源是机电一体化产品能量供应部分,其作用就是按照系统控制要求向机器系统提供能量和动力,使系统正常运行,如图 1.3 中所示的驱动电机的电源和驱动液压系统、气压系统的液压源和气压源。提供能量的方式包括电能、气能和液压能,以电能为主。除了要求可靠性好以外,机电一体化产品还要求动力源的效率高,即用尽可能小的动力输入获得尽可能大的功率输出。

机电一体化产品的 5 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,将信息反馈给电子控制单元,电子控制单元对各种信息进行处理,并按要求控制执行器的运动,执行器的能源则由动力部分提供。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。机电一体化系统的构成如图 1.5 所示。

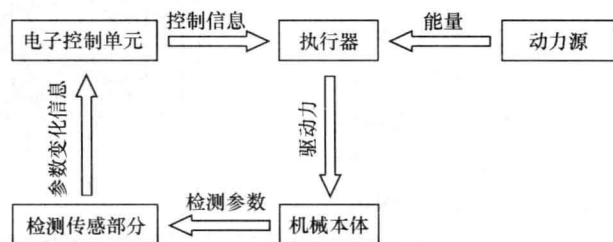


图 1.5 机电一体化系统的构成

例如,我们日常使用的全自动照相机就是典型的机电一体化产品,其内部装有测光测距传感器,测得的信号由微处理器进行处理,根据信息处理结果控制微型电动机,由微型电动机驱动快门、变焦及卷片倒片机构,从测光、测距、调光、调焦、曝光到卷片、倒片、闪光及其他附件的控制都实现了自动化。

又如,汽车上广泛应用的发动机燃油喷射控制系统也是典型的机电一体化系统。分布在发动机上的空气流量计、水温传感器、节气门位置传感器、曲轴位置传感器、进气歧管绝对压力传感器、爆燃传感器、氧传感器等连续不断地检测发动机的工作状况和燃油在燃烧室的燃烧情况,并将信号

传给电子控制装置（ECU），ECU 首先根据进气歧管绝对压力传感器或空气流量计的进气量信号及发动机转速信号，计算基本喷油时间，然后再根据发动机的水温、节气门开度等工作参数信号对其进行修正，确定当前工况下的最佳喷油持续时间，从而控制发动机的空燃比。此外，根据发动机的要求，ECU 还具有控制发动机的点火时间、怠速转速、废气再循环率、故障自诊断等功能。

再如，在敌方的导弹正向我方飞来的千钧一发时，一个理想的办法就是将这颗导弹在到达我方目标之前击落。但是，导弹飞行速度非常快，从发现它到反导弹系统瞄准它，发射出拦截导弹，并击中它，这一系列动作不仅要在瞬间完成，而且不得有丝毫差错。任何迟疑或差错都将造成重大灾难，因此，只有采用由计算机指挥的随动控制系统，即只有机电一体化的反导弹系统才能完成这项任务。反导弹系统的组成如图 1.6 所示。

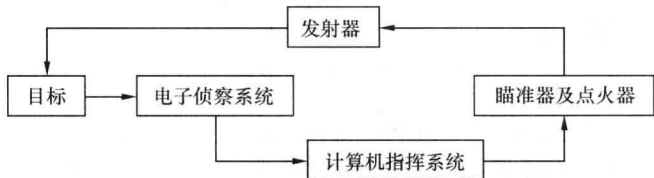


图 1.6 反导弹系统的组成

首先，电子侦察系统应及时地捕捉到敌方导弹正向我方飞来的信息，并将导弹的飞行参数、规格、性能等参数准确、迅速地送入计算机指挥系统。计算机指挥系统立即做出判断和决定，并将命令送到反导弹系统发射器的瞄准器和点火器，反导弹系统立即发射拦截导弹，并击中敌方导弹。

这里，反导弹系统中的发射器就是机械本体，整个系统的目的就在于使反导弹发射器能及时、准确地击中目标。计算机的控制指挥系统用来做决策和下达命令，电子侦察系统用做检测系统，执行机构是反导弹发射器中的瞄准器和点火器，它们根据计算机送来的命令，调整好瞄准器以控制导弹发射器的角度，并完成点火的动作，从而准确地拦截敌方的导弹。

1.3 机电一体化相关技术

机电一体化发展至今，已成为一门有着自身体系的新型学科，随着科学技术的不断发展，还将被赋予新的内容。

机电一体化是从系统的观点出发，综合运用机械技术、信息处理技术、系统技术、自动控制技术、传感检测技术、伺服传动技术等相关技术，根据系统功能目标和优化组织目标，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。机电一体化的相关技术如图 1.7 所示。

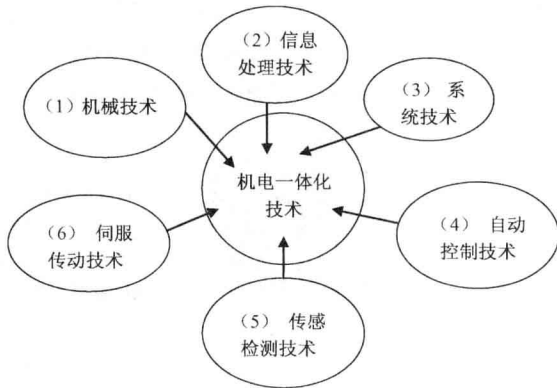


图 1.7 机电一体化的相关技术

(1) 机械技术。机械技术是机电一体化技术的基础,机械技术的着眼点在于如何与机电一体化技术相适应,利用其他高新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上的变更,满足减小重量、缩小体积、提高精度、提高刚度及改善性能的要求。机械手与人手的比较如图 1.8 所示。

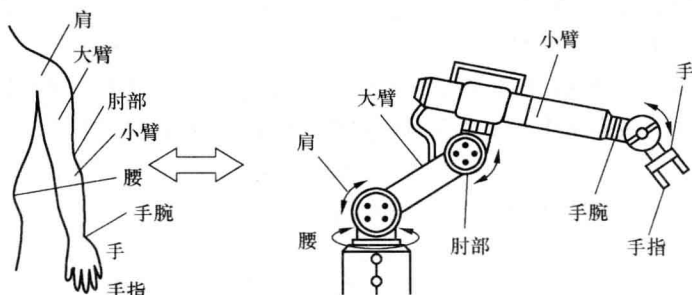


图 1.8 机械手与人手的比较

在制造过程的机电一体化系统中,经典的机械理论与工艺应借助于计算机辅助技术,同时采用人工智能与专家系统等,形成新一代的机械制造技术。在这里,原有的机械技术以知识和技能的形式存在,是任何其他技术代替不了的,如计算机辅助工艺规程编制(CAPP)是目前 CAD/CAM 系统研究的瓶颈,其关键问题在于如何将广泛存在于各行业、企业、技术人员中的标准、习惯和经验进行表达和陈述,从而实现计算机的自动工艺设计与管理。

(2) 信息处理技术。信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断、决策等,实现信息处理的主要工具是计算机,因此,计算机技术与信息处理技术是密切相关的。计算机技术包括计算机硬件技术和软件技术、网络与通信技术、数据库技术等。在机电一体化产品中,计算机与信息处理装置指挥整个产品的运行,信息处理是否正确、及时,直接影响到产品工作的质量和效率,因此,计算机应用及信息处理技术已成为促进机电一体化技术和产品发展的最活跃的因素。人工智能、专家系统、神经网络技术等都属于计算机与信息处理技术。

(3) 系统技术。用系统工程的观点和方法,将系统技术分解成相互有机联系的若干功能单元,并以功能单元为子系统继续分解,直至找到可实现的技术方案,然后再把功能和技术方案组合进行分析、评价、优选的综合应用技术。系统技术所包括的内容很多,接口技术是其重要内容之一,机电一体化产品的各功能单元通过接口连接成一个有机的整体。接口包括电气接口、机械接口和人—机接口。电气接口实现系统间电信号连接;机械接口则完成机械与机械部分、机械与电气装置部分的连接;人—机接口提供了人与系统间的交互界面。系统技术是最能体现机电一体化设计特点的技术,其原理和方法还在不断地发展和完善之中。机电一体化系统接口功能如图 1.9 所示。

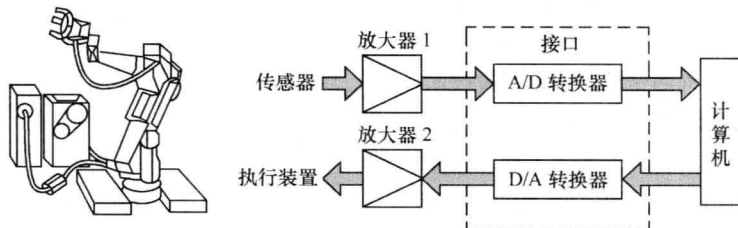


图 1.9 机电一体化系统接口功能

(4) 自动控制技术。自动控制技术包括自动控制理论、控制系统设计、系统仿真、现场调试、可靠运行等从理论到实践的整个过程。由于被控对象种类繁多,所以自动控制技术的内容极其丰

富,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、示教再现、检索等控制技术,自动控制技术的难点在于自动控制理论的工程化与实用化,这是由于现实世界中的被控对象往往与理论上的控制模型之间存在较大差距,使得从控制设计到控制实施往往要经过多次反复调试与修改,才能获得比较满意的结果。由于微型机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机控制技术联系在一起,成为机电一体化中十分重要的关键技术。

(5) 传感检测技术。传感与检测技术指与传感器及其信号检测装置相关的技术。在机电一体化产品中,传感器就像人体的感觉器官一样,将各种内、外部信息通过相应的信号检测装置感知并反馈给控制及信息处理装置,因此传感与检测是实现自动控制的关键环节。机电一体化要求传感器能快速、精确地获取信息并经受各种严酷环境的考验,它是机电一体化系统达到高水平的保证。

(6) 伺服传动技术。伺服传动技术的主要研究对象是执行元件及其驱动装置。执行元件有电动、气动、液压等多种类型,机电一体化产品中多采用电动式执行元件,其驱动装置主要是指各种电动机的驱动电源电路,目前多采用电力电子器件及集成化的功能电路构成。执行元件一方面通过电气接口向上与微型机相连,以接受微型机的控制指令;另一方面又通过机械接口向下与机械传动和执行机构相连,以实现规定的动作。伺服驱动技术是直接执行操作的技术,对机电一体化产品的动态性能、稳态精度、控制质量等具有决定性的影响。常见的伺服驱动有电液电动机、脉冲液压缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。由于变频技术的进步,交流伺服驱动技术取得突破性进展,为机电一体化系统提供高质量的伺服驱动单元,极大地促进了机电一体化技术的发展。

综上所述,机电一体化是在传统技术的基础上由多种技术学科相互交叉、渗透而形成的一门综合性边缘性技术学科,所涉及的技术领域非常广泛。要深入进行机电一体化研究及产品开发,就必须了解并掌握这些技术。

1.4

机电一体化的发展状况

机电一体化是集机械、电子、光学、控制、计算机、信息等多学科的交叉综合,它的发展和进步依赖并促进相关技术的发展和进步。

1.4.1 机电一体化技术的发展历程

与其他科学技术一样,机电一体化技术的发展也经历了一个较长期的过程。有学者将这一过程划分为萌芽阶段、快速发展阶段和智能化阶段3个阶段,这种划分方法真实客观地反映了机电一体化技术的发展历程。

(1) 萌芽阶段。20世纪70年代以前的时期为萌芽阶段。在这一时期,尽管机电一体化的概念没有正式提出来,但人们在机械产品的设计与制造过程中总是自觉或不自觉地应用电子技术的初步成果来改善机械产品的性能,特别是在第二次世界大战期间,战争刺激了机械产品与电子技术的结合,出现了许多性能优良的军事用途的机电产品。这些机电结合的军用技术在战后转为民用,对战后经济的恢复和技术的进步起到了积极的作用。

(2) 快速发展阶段。20世纪70年代到80年代为快速发展阶段。在这一时期,人们自觉地、主动地利用3C技术的成果创造新的机电一体化产品。在这一阶段,日本在推动机电一体化技术的发展方面起了主导作用。日本政府于1971年3月颁布了《特定电子工业和特定机械工业振兴临时措

施法》，要求企业界“应特别注意促进为机械配备电子计算机和其他电子设备，从而实现控制的自动化和机械产品的其他功能”。经过几年的努力，取得了巨大的成就，推动了日本经济的快速发展。其他西方发达国家对机电一体化技术的发展也给予了极大的重视，纷纷制定了有关的发展战略、政策和法规。我国机电一体化技术的发展也始于这一阶段，从20世纪80年代开始，原国家科委和原机械电子工业部分别组织专家根据我国国情对发展机电一体化的原则、目标、层次、途径等进行了深入而广泛的研究，制定了一系列有利于机电一体化发展的政策法规，确定了数控机床、工业自动化控制仪表、工业机器人、汽车电子化等15个优先发展领域及6项共性关键技术的研究方向和课题，并明确提出要在2000年使我国的机电一体化产品产值比率（即机电一体化产品总产值占当年机械工业总产值的比值）达到15%~20%的发展目标。

（3）智能化阶段。从20世纪90年代开始为智能化阶段。在这一阶段，机电一体化技术向智能化方向迈进，其主要标志是模糊逻辑、人工神经网络、光纤通信等领域的研究成果应用到机电一体化技术中。模糊逻辑与人的思维过程相类似，用模糊逻辑工具编写的模糊控制软件与微处理器构成的模糊控制器，它广泛应用于机电一体化产品中，进一步提高了产品的性能。例如，采用模糊逻辑的自动变速箱控制器，可使汽车性能与司机的感觉相适应，用发动机的噪声、道路的坡度、速度、加速度等作为输入量，控制器可以根据这些输入数据找出汽车行驶的最佳方案。除了模糊逻辑理论外，人工神经网络（Artificial Neural Network, ANN）也开始应用于机电一体化系统中。ANN是研究了生物神经网络（Biological Neural Network, BNN）的结果，是对人脑的部分抽象、简化和模拟，反映了人脑学习和思维的一些特点。同时，ANN是一种信息处理系统，它可以完成一些计算机难以完成的工作，如模式识别、人工智能、优化等；也可以用于各种工程技术，特别适用于过程控制、诊断、监控、生产管理、质量管理等方面。可以说，智能化将是本世纪机电一体化技术发展的方向。光纤通信是光纤传送信号的一种通信手段。光纤通信的特点是通信容量大，比电通信容量大千万倍，在两根光纤上可以传递万路电话，或上千路电视；保密性能好，抗干扰性很强。光纤通信已广泛用于电信、电视等部门。它还用于工业生产现场监视和调度、交通监视控制指挥，如在飞机内、飞船内、舰艇内、矿井下、电力部门、军事及有腐蚀和有辐射等地方使用。



3C 技术是计算机技术，通信技术和电子技术。

1.4.2 机电一体化技术的展望

1. 智能化

智能化是21世纪机电一体化技术发展的一个重要发展方向。人工智能在机电一体化建设中的研究日益得到重视，机器人与数控机床的智能化就是重要应用。这里所说的“智能化”是对机器行为的描述，是在控制理论的基础上，吸收人工智能、运筹学、计算机科学、模糊数学、心理学、生理学、混沌动力学等新思想、新方法，模拟人类智能，使它具有判断推理、逻辑思维、自主决策等能力，以求得到更高的控制目标。

图1.10所示为移动机器人的组成系统。在这个系统中包括传感器、移动机构、决策路径的计算机、移动控制器等部分，构成了完整的机电一体化系统。这种机器人被设计成智能型机器人，其中在计算机内部实现的知识库、路径规划、导向指令、移动导向等路径处理部分占了整个系统