

# 机电一体化 系统设计

JIDIAN YITIHUA XITONG SHEJI

曾海峰 张立新 / 主编



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press



# 机电一体化 系统设计

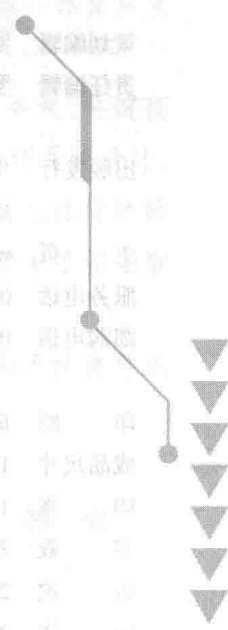
曾海峰 张立新 / 主编



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成都 ·



图书在版编目 (CIP) 数据

机电一体化系统设计 / 曾海峰, 张立新主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2018.5  
ISBN 978-7-5647-6119-6

I. ①机… II. ①曾… ②张… 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 (2018) 第 079280 号

机电一体化系统设计

曾海峰 张立新 主编

策划编辑 罗 雅

责任编辑 罗国良

出版发行 电子科技大学出版社  
成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 11.25

字 数 260 千字

版 次 2018 年 5 月第一版

印 次 2018 年 5 月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-6119-6

定 价 38.00 元

版权所有 侵权必究

# 前 言

机电一体化是在微电子技术向机械工业渗透过程中逐渐形成并发展起来的一门新兴的综合性技术学科。目前,机电一体化技术正日益得到普遍重视和广泛应用,已成为现代技术、经济发展中不可缺少的一种高新技术。由于机电一体化技术的应用而生产出来的机电一体化产品,已遍及人们日常生活和国民经济的各个领域。为了在当今国际范围内剧烈的技术、经济竞争中占据优势,世界各国纷纷将机电一体化的研究和发展作为一项重要内容而列入本国的发展计划。

机电一体化是多学科领域综合交叉的技术密集型系统工程,所涉及的知识领域非常广泛,现代各种先进技术构成了机电一体化的技术基础。随着机电一体化技术的产生与发展,在世界范围内掀起了机电一体化热潮,它使机械产品向着高技术密集的方向发展。当前,以柔性自动化为主要特征的机电一体化技术发展迅速,水平越来越高。任何一个国家、地区、企业若不拥有这方面的人才、技术和生产手段,就不具备国际、国内竞争所必需的基础。要彻底改变目前我国机械工业面貌,缩小与国外先进国家的差距,必须走发展机电一体化技术之路,这也是当代机械工业发展的必然趋势。

本书共分七章。第1章概述了机电一体化的基本概念、典型机电一体化系统、关键技术、设计流程、设计办法;第2至第6章分别介绍了机械系统设计、接口设计、检测系统设计、伺服系统设计以及控制系统设计;第7章从系统整体的角度介绍了机电一体化总体设计的思想和方法。本书内容丰富,介绍深入浅出,既注意与先修课内容的衔接,又避免了相互重复,并将重点放在了实际应用上。

机电一体化是一门仍在不断向前发展的技术,相关应用也在日益深入。由于作者学识水平有限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏不当之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 第1章 概 论 .....                  | 1   |
| 1.1 机电一体化基本概念 .....            | 1   |
| 1.2 典型机电一体化系统 .....            | 2   |
| 1.3 机电一体化关键技术 .....            | 9   |
| 1.4 机电一体化系统的评价及设计流程 .....      | 13  |
| 1.5 机电一体化系统设计的设计程序、准则及规律 ..... | 16  |
| 1.6 机电一体化系统的开发工程与现代设计办法 .....  | 17  |
| 第2章 机械系统设计 .....               | 20  |
| 2.1 概 述 .....                  | 20  |
| 2.2 传动机构设计 .....               | 22  |
| 2.3 支承部件设计 .....               | 40  |
| 第3章 接口设计 .....                 | 56  |
| 3.1 概 述 .....                  | 56  |
| 3.2 人机接口设计 .....               | 57  |
| 3.3 机电接口设计 .....               | 78  |
| 第4章 检测系统设计 .....               | 99  |
| 4.1 概 述 .....                  | 99  |
| 4.2 常用的传感器和信号输出类型 .....        | 105 |
| 4.3 检测信号处理技术 .....             | 115 |
| 4.4 传感器的正确选择和使用 .....          | 121 |
| 第5章 伺服系统设计 .....               | 124 |
| 5.1 概 述 .....                  | 124 |



|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 5.2 伺服系统中执行器的选择 ..... | 129 |
| 第6章 控制系统设计 .....      | 133 |
| 6.1 概 述 .....         | 133 |
| 6.2 微型机控制技术 .....     | 140 |
| 6.3 智能控制技术 .....      | 152 |
| 第7章 总体设计 .....        | 158 |
| 7.1 概 述 .....         | 158 |
| 7.2 性能指标分析 .....      | 162 |
| 7.3 功能及性能指标的分配 .....  | 167 |
| 参考文献 .....            | 173 |

# 第 1 章 概 论

## 1.1 机电一体化基本概念

机电一体化是随着生产和技术的发展,在以机械、电子技术为主的多门技术学科相互渗透、相互结合过程中逐渐形成和发展起来的一门新兴边缘技术学科。机电一体化的英文名称是 Mechatronics,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的发展而被广泛引用,目前已在世界范围内得到普遍承认和接受。

简单地讲,机电一体化是机械与电子技术有机结合的产物。机电一体化还处在不断发展和完善的过程中,到目前为止,国际上还没有统一的关于机电一体化的详尽解释。不同的个人、学术团体或工业企业部门,由于各自的出发点或着眼点不同,所作出的解释也不相同。日本机械振兴协会经济研究所在其“关于机械工业施政调查研究报告”中提出:“机电一体化是指机械装置和电子设备适当地组合起来,构成机械产品或机电一体与机信一体的新趋势。”日经产业新闻把机电一体化称为“机械技术的机械学和电子技术的电子学组合起来的技术进步的总称”。日本富士通法纳克公司技术管理部长小岛利夫则认为:“机电一体化是把机械学和电子学有机地结合起来,提供更加优越技术的一种技术。”尽管众说纷纭,却都强调了机械与电子有机结合的思想。

在国内,对于机电一体化的含义也有不同的理解,但由日本机械振兴协会经济研究所于 1983 年 3 月所做的解释被大家所普遍接受,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。”

机电一体化是一种崭新的学术思想,它除了强调机与电的有机结合,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)都应属于机电一体化范畴。因此,目前人们谈论的机电液(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,实质上都可归结为机电一体化。



机电一体化是一个综合的概念,包含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。

机电一体化技术是建立在机械技术、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高新技术。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“揉和”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工程的观点和方法来分析和研究机电一体化产品或系统(以下统称为机电一体化产品),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。图 1-1 反映了不同年代的产品技术附加值和技术构成比例的发展情况。可见,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。随着时间的推进,这种趋势还将增加。但并不等于说,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。

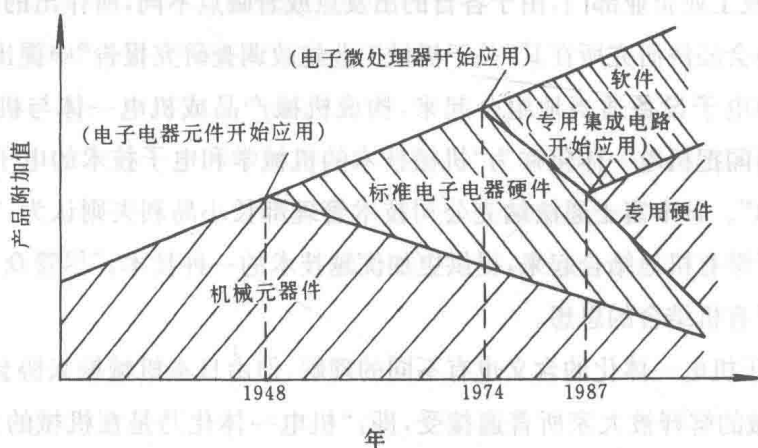


图 1-1 产品技术附加值与技术构成比例的发展情况

## 1.2 典型机电一体化系统

从传统的机电系统向机电一体化系统的过渡主要是依靠引用不断完善控制技术加以实现的,其范围包括监控、开环控制、闭环控制、自适应控制、模糊控制以及智能控制等。但是控制技术和机电一体化技术两者之间存在着基本的区别,机电一体化伴随着机械系统的

再设计,机电一体化系统往往是将复杂的功能(如精密定位)由机械转移给电子,从而产生更加简单的机械系统。

根据机电一体化系统的定义概念,在工厂自动化中,典型的机电一体化系统有以下几种形式。

### 1.2.1 机械手关节伺服系统

图 1—2 是机械手的一个关节伺服系统,它的受控过程是机器人的关节运动。

伺服系统(Servosystem)又称为随动系统,它是一种反馈控制系统,它的受控变量是机械运动,如位置、速度及加速度。多数伺服系统用来控制运动机械的输出位置紧紧跟随电的输入参考信号。

关节伺服系统可采用微处理机作为控制器,关节轴的实际位置由旋转变压器测量,转换为电的数字信号后,反馈给微处理机控制器。微处理机经过控制算法运算后,输出控制指令,再经过数/模(D/A)转换和伺服功率放大,供给关节轴上的伺服电机。伺服电机根据控制指令驱动关节轴转动,直至机器人手爪到达输入参考信号设定的希望位置为止。

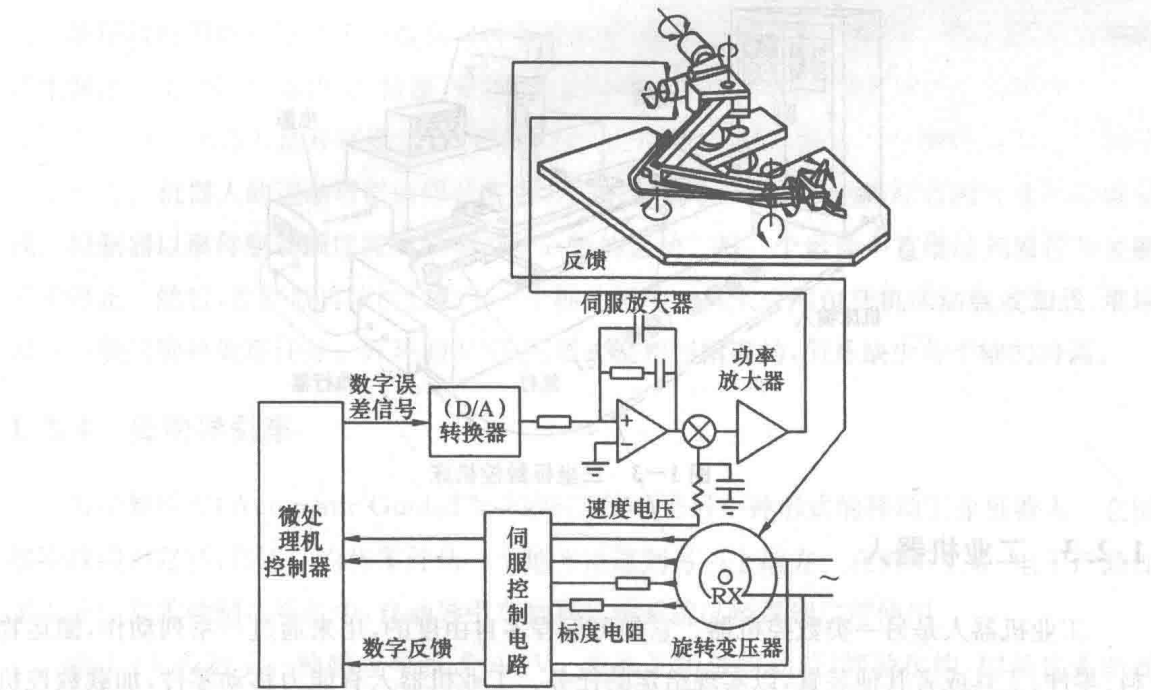


图 1—2 机械手关节伺服系统

### 1.2.2 数控机床

通过数字控制(NC)系统控制加工过程的机床称为数控机床。数控系统是一种利用预先决定的指令控制一系列加工作业的系统。指令以数码的形式储存在某种形式的输入介质上,如磁带、磁卡等。指令确定位置、方向、速度以及切割速度等。零件程序包含加工零件所



要求的全部指令。数控机床可以形成镗、钻、磨、铣、冲、锯、车、刨、弯、焊以及特种加工等加工作业。

数控通过编制程序以替代原机械凸轮、模具及样板等,显示出柔性及机电一体化的优越性。同一数控机床采用不同的程序可以生产各种不同的零件。数控加工最适合在同一机床上加工大量不同的零件,而极少在同一机床上连续生产单一零件。当一个零件或一个加工过程能由数学定义的时候,数控是最理想的。随着计算机辅助设计(CAD)的应用日益增加,由数学定义的过程和产品越来越多。

图 1-3 表示了一种三坐标闭环数控机床。它利用闭环系统控制  $x$ 、 $y$  及  $z$  三个坐标位置。 $x$  位置控制器沿  $x$  方向水平移动工件。 $y$  位置控制器沿  $y$  方向水平移动铣床头。 $z$  位置控制器沿  $z$  方向垂直运动铣刀。图中,箭头表示改变  $x$  位置的信息传递过程。计算机转换符号程序为零件程序或者机器程序。零件或机器程序存储在磁带或磁卡上。数控机床操作人员将数据输进机床,并且监视操作。如果需要改变,必须编制新程序。现在,可以把程序储存在公共数据库内,按需要分配给数控机床。加工中心的图形终端容许操作人员评阅程序,必要时可以加以修改。

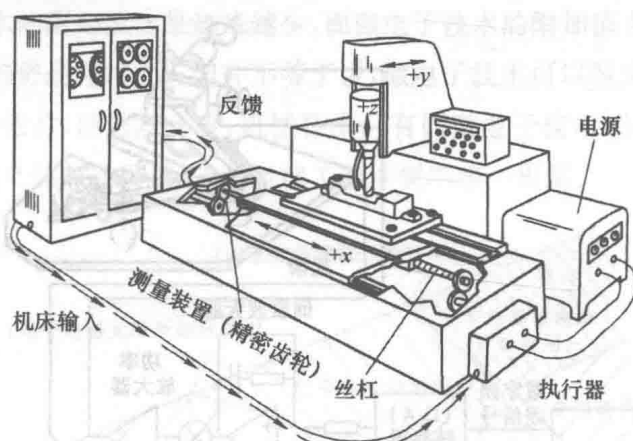


图 1-3 三坐标数控机床

### 1.2.3 工业机器人

工业机器人是另一类数控机器。它是可编程多自由度的,用来通过一系列动作,搬运物料、零件、工具或者其他装置,以实现给定的任务。工业机器人有能力移动零件,加载数控机床,操作压铸机,装配产品,焊接、喷漆、打毛刺,以及包装产品。最典型的工业机器人是具有六自由度的机械手,如图 1-4 所示。



图 1-4 六自由度工业机器人

每一个运动轴都有自己的执行器,连接到机械传动链,以实现关节运动。执行器最常用的是伺服电机,也可以是汽缸、气动马达、液压缸、液压马达或者步进电机。

气动执行器便宜、快速、清洁,但是气体可压缩性限制了它的精度和保持负载不动的能力。液压执行器能够驱动重负载和保持负载不动,但是价格昂贵、有噪声、比较慢,并且可能产生漏油。电动执行器快速、精密、安静,但是如果配减速器,其游隙会限制它的精度。

最简单的机器人是开环搬运(PNP)机器人。PNP 机器人搬取一个物件并将它运到另一个地方。机器人的运动可以由限位开关、凸轮作用阀或者机械挡块控制的气动执行器实现。控制器以事件驱动顺序按时启动沿着一轴的运动。每一个运动一直继续到限位开关断开才停止。然后,控制器再依次启动下一个轴的运动。典型应用包括机床加载或卸载、堆垛以及一般的物料处理任务。开环的 PNP 机器人是相当精确的,但是缺少各个轴的协调。

#### 1.2.4 自动导引车

自动导引车(Automatic Guided Vehicle, AGV)是另一种形式的移动工业机器人。它能够跟踪编程路径,在工厂内将零件从一个地方运送到另一个地方。在汽车工业、电子产品加工工业以及柔性制造系统中,自动导引车物料运输系统已经得到广泛使用。

图 1-5 表示了一种感应导线式 AGV。该车采用单驱动轮/驾驶机构,即前轮为驱动轮,它能够绕驾驶轴转动,因而又是驾驶轮。两个后轮安装在固定轴上,允许沿车身纵轴方向滚动。

#### 1.2.5 顺序控制系统

顺序控制系统是按照预先规定的次序完成一系列操作的系统。在顺序控制系统中,每一步操作是一个简单的二进制作,如电源开关的通断或制造设备专用控制器的启停站等。



实现顺序控制功能可有多种手段,如继电器逻辑、集成电路、通用微型计算机等。

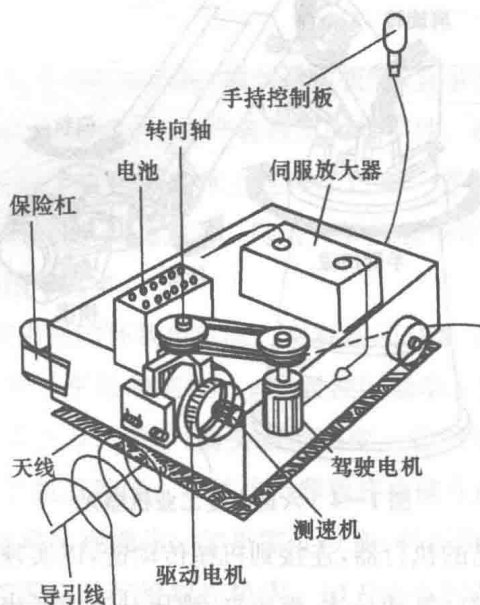


图 1-5 感应导线式自动导引车

当前,普遍采用可编程序逻辑控制器(Pro-gramming Logical Controller,PLC)作为顺序控制器。PLC 具有足够数量的输入/输出(I/O)端口,带有专用的逻辑编程语言,还有通信接口,与制造设备和系统连接十分方便,因而实际使用非常广泛。

根据如何开始和终结操作,顺序控制可以分为两类:①当某一事件发生时,开始或结束操作的称为事件驱动顺序控制;②在某一时刻或一定时间间隔之后,开始或结束操作的称为时间驱动顺序控制。自动洗衣机是最常见的时间驱动顺序控制的实例。洗衣周期以某一操作开始,当某人按压启动按钮时,注水操作开始,直到洗衣桶灌水到设定值时结束。而后,剩下的所有操作都是按计时器开始和结束的。这些操作包括洗衣、放水、漂清以及甩干等全部操作过程。多数批处理控制系统都是属于时间驱动顺序控制系统。时间驱动顺序控制系统由示意图和定时图描写。示意图表示物理方案,而定时图定义顺序操作。

制造工业存在大量事件驱动顺序控制系统。描写事件驱动顺序控制逻辑常用的是梯形图和布尔代数方程。梯形图最常用的元件是开关、触点、继电器、接触器、马达起动机、延时继电器、气动电磁阀、汽缸、液压电磁阀以及液压缸等。

图 1-6 表示了一个自动加工过程的事件驱动顺序控制系统。它由供料和卸料传送带、上料和下料机器人、加工机床、自动装配机以及编码转台等制造设备组成。这些制造设备都与可编程序逻辑控制器(PLC)相连,进行 I/O 信息交换。PLC 根据各个输入、输出状态,通过逻辑运算,决定各个输出状态的变化,控制相应设备的启停,从而实现制造过程的自动化。

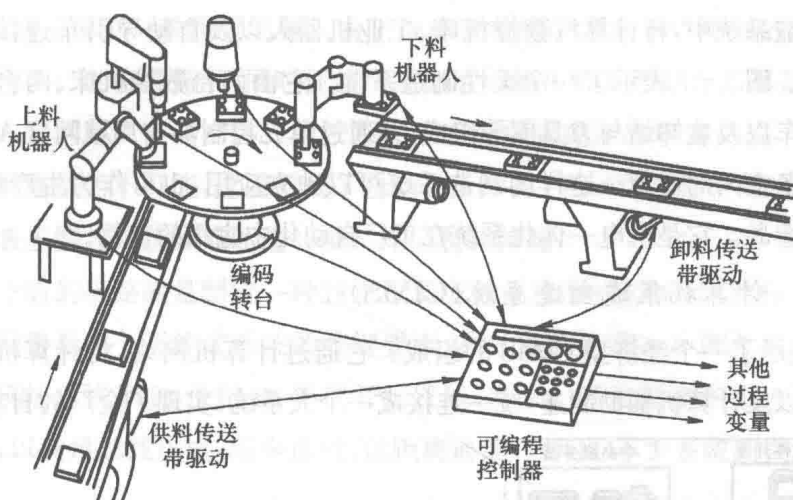


图 1-6 加工过程顺序控制系统

### 1.2.6 数控自动化制造系统

在制造业中,要求生产系统有能力适应不断变化的市场,以很短的周期生产出各种形式的小批量新产品。不管是手工生产,或者是大批量生产线,都是不能满足这些要求的。前者虽然适应性强,但是生产率低;后者固有的装配与传送线缺少柔性,改变起来耗费时间和代价。这种在制造过程中增加柔性的要求,必然导致柔性制造系统概念的发展。

#### 1.2.6.1 柔性制造系统(FMS)

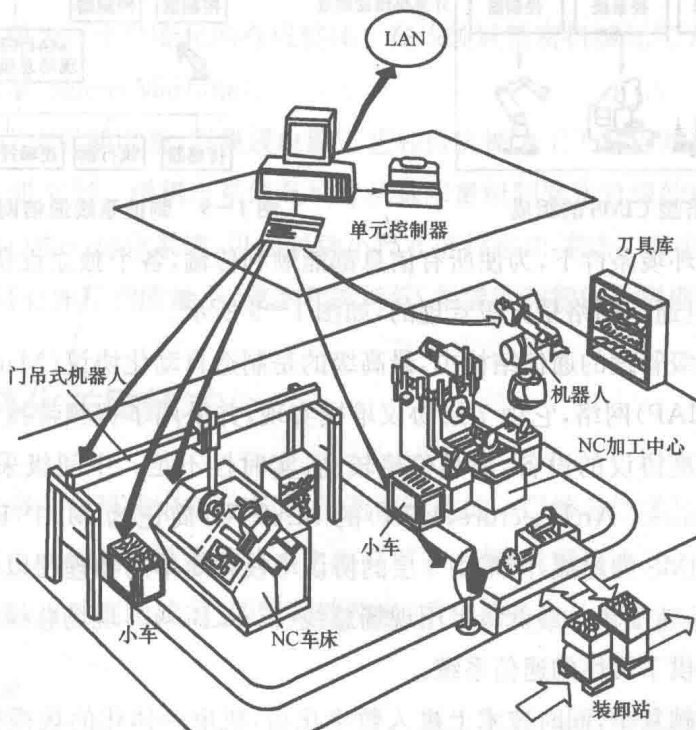


图 1-7 柔性制造系统



在柔性制造系统中,将计算机数控机床、工业机器人以及自动导引车连接起来,以适应加工成组产品。图 1-7 表示了一个柔性制造系统。它由两台数控机床、两台工业机器人、三辆自动导引车以及装卸站与刀具库等组成,并通过单元控制器与局域网(LAN)相连,以实现各个独立设备之间的通信。这样的制造系统可以独立应用,也可作为生产线中的一个独立的自动化制造岛。它是机电一体化系统在工厂自动化中应用的范例。

### 1.2.6.2 计算机集成制造系统(CIMS)

图 1-8 表示了一个经济型 CIMS 的组成。它通过计算机网络,将计算机辅助设计、计算机辅助规划以及计算机辅助制造,统一连接成一个大系统,实现了全厂的自动化。

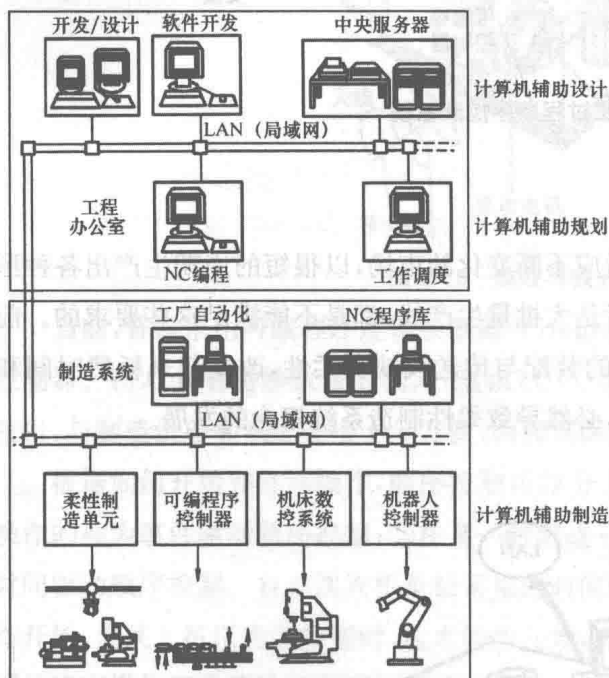


图 1-8 经济型 CIMS 的组成

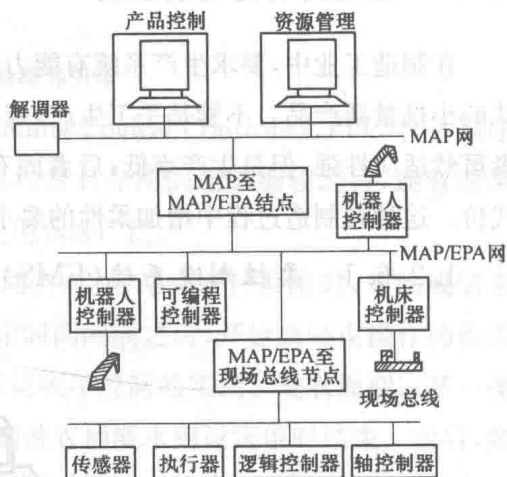


图 1-9 制造系统通信网络分级管理

在 CIMS 制造环境条件下,为使所有信息都能顺利传输,各个独立设备之间的通信是由局域网实现的,并且通信网络是分级管理的,如图 1-9 所示。

在这样一个分级管理的通信结构中,最高级的是制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol, MAP)网络,它由 7 层协议堆栈实现,并采用了宽频带技术,能连接不同厂商提供的各种非标准协议的设备,但是价格较高、实时性不足。中间级采用增强性能结构(Enhanced Performance Architecture, EPA)的 MAP 网,简记为 MAP/EPA。MAP/EPA (图 1-9 经济型 CIMS 的组成)网采用 3 层的协议堆栈和简单的物理层以及载波频带技术,因此价格便宜,响应速度快。最低级采用现场总线(Field Bus)。现场总线给传感器、执行器以及底层控制器提供了柔性的通信系统。

随着系统越来越复杂,同时技术上进入数字化后,机电一体化的规模越来越大,各厂家便开始独立创建相互关联产品相互连接的专有协议。不同厂家的产品由于协议不同而缺乏



互操作性,这样就出现了一系列新问题。由于很难有单独厂家能不依赖别的厂家提供所有产品来满足应用工厂的全部需求,同时任何厂家都不可能在所有产品方面都是最好的,因此常常需要选择一些其他厂家的产品。由于不同厂家设备采用不兼容的协议,导致将各个部分集成于同一网络成为不可能,这就形成了自动化生产的一个个“孤岛”。由于协议的不同,造成了现场仪表不能与系统集成而进一步发挥仪表的智能。

解决以上矛盾的出路就是制定一种独立于卖方的系统集成标准,因此标准化的总线网络顺势而生。网络是一个开放式系统的关键要素,在此基础上进一步开发出具有互操作性的现场总线。现场总线于20世纪80年代开始发展,专家们开发新技术作为标准的国际通行的现场总线,以满足总线供电、安全运行、远距离通信等要求,不少系统的供应商都参加了标准的开发。

### 1.2.7 微机电系统

机电一体化在微型化领域的发展产生了微机电系统(Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS)。关于微机电系统一个较普遍的定义为:“微机电系统是电子和机械元件相结合的微装置或系统,采用与集成电路(IC)兼容的批加工技术制造,尺寸可从毫米量级到微米量级范围内变化。这些系统结合了传感和执行功能并进行运算处理,改变了我们感知和控制物理世界的方式。”这一新的领域在欧洲多称为微系统技术(Micro-Systems-Technology, MST),这一称谓更强调系统的观点,即如何将多个微型化的传感器、执行器、处理电路等元部件集成为一个智能化的有机整体。在该领域精密机械加工方面有传统优势的日本则之称为微机器(Micro-Machine)。

20世纪80年代中后期以来,以集成电路工艺和微机械加工工艺为基础制造的微机电系统平均年增长率达到30%。微机电系统是尺寸从毫米量级到微米量级的将电子元件和机械元件集成到一起的机电一体化系统,可以对微小尺寸进行感知、控制、驱动,单独地或配合地完成特定的功能;具有体积和质量小、成本和能耗低、集成度和智能化程度高等一系列特点。

## 1.3 机电一体化关键技术

机电一体化是多种学科技术相互交叉、渗透而形成的一门综合性学科,所涉及的领域非常广泛。概括说机电一体化共性关键技术主要有下述六项:机械技术、计算机与信息处理技术、检测与传感技术、自动控制技术、伺服驱动技术、系统总体设计技术。

### 1.3.1 机械技术

机电一体化系统的主功能、构造功能主要靠机械技术实现,因此机械技术是机电一体化

的基础。相对于传统的机械技术,机电一体化对机械技术提出了更高的要求。随着新材料、新工艺、新原理、新机构等的不断出现,现代设计与制造方法的不断发展完善,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,满足减轻重量、缩小体积、提高精度和刚度、改善性能等多方面的要求。例如,对结构进行优化设计,采用新型复合材料,在减轻机械本体的重量、缩小体积、减小惯性的同时,又保证了必要的机械强度和静、动刚度;开发高精度导轨、轴承、齿轮以及精密滚珠丝杠等,提高关键部件的精度和可靠性;研究新型传动机构和减速器,减小传动误差、提高传动效率等。

机械技术的核心是考虑力作用下物体的特性。机械系统按性质可分为刚性的、可变形的(柔性的)和可流动的(液体)。刚体系统假定系统中所有的物体和连接都是完全刚性的。在实际系统中,完全刚性的系统是不存在的,当施加各种各样的载荷时,总会有一些变形。变形很微小不至于影响系统的运动特性时,可视为刚体系统。当变形较大,尤其是出现材料失效特性时,系统的柔性不可忽略。大多数机电一体化系统都可近似为刚体系统。近年来,随着非金属复合材料、新型驱动器、仿生机械等新兴技术的发展与应用,越来越多的刚柔混合机械系统向经典的机械设计理论提出了挑战,推动了多刚体和刚柔混合机械系统的分析理论与仿真设计方法的发展。为了使机电一体化产品安全可靠地工作,其结构系统必须具有良好的静、动态特性,为此,必须对其进行动态分析与动态设计,以满足机械结构静态、动态特性的要求。针对不同的性能要求与使用环境,从静强度、静刚度设计到动强度、动刚度设计,从单元零部件可靠性分析到整机系统的可靠性研究,以及机械结构的损伤容限设计、动力优化设计、低噪声设计、抗磨防蚀设计等,机电一体化产品的机械设计内容与方法在不断拓展和发展中。

### 1.3.2 计算机与信息处理技术

信息处理技术包括信息的交换、存取、运算、判断和决策等,实现信息处理的主要工具是计算机。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。在机电一体化系统中计算机与信息处理装置相当于人的大脑,指挥整个系统的运行。基于微电子技术和计算机技术的信息处理技术是使机电一体化产品具有自动化、数字化和智能化的关键所在,也是促进机电一体化技术和产品发展最活跃的因素。近年来备受关注的的人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术等均属于计算机信息处理技术。

机电一体化系统中常用的计算机与信息处理装置包括微型计算机、单片机、可编程序控制器 PLC、数字信号处理器 DSP 和其他与之配套的输入/输出器件、显示器、存储芯片等。信息处理是否正确、及时,直接影响到机电一体化系统的工作质量和效率。因此,提高信息处理的速度,如采用小型大容量高速处理计算机或高速小功率运算部件;提高系统的可靠



性,如采用自诊断、自恢复和容错技术;提高智能化程度,如采用人工智能技术、专家系统和神经网络技术等,都是机电一体化中信息处理技术的发展方向。

### 1.3.3 检测与传感技术

检测与传感技术的研究对象是传感器及其信号检测装置。机电一体化系统中,传感器作为感受器官,将系统各种内外信息通过相应的信号检测装置反馈给控制及信息处理装置。传感器可用来监测过程或系统中的一个或多个变量,评价设备的运行和健康状况,检查工作的进展情况,以及确认零部件和工具。检测与传感是实现自动控制的关键环节,其功能越强,系统的自动化程度就越高。例如,刀具磨损是影响加工中心的加工质量与效率的一个重要因素,研究刀具磨损检测系统,对机床的安全运行与提高加工质量有重要意义。刀具磨损情况可利用多维力传感器或声发射传感器来检测,当由于刀具磨损而引起负荷转矩增大并超过允许值时,检测系统将发出警示信号,提醒控制系统发出换刀机械手的操作指令。

机电一体化系统中使用的传感器种类很多,最常测量的一些变量是位置、速度、力、扭矩、加速度、温度、流量、声音、光度等。在测量这些变量时,传感器本身的动态特性、稳定性、分辨率、精度、鲁棒性、尺寸及信号处理等性能指标是很重要的。其中精度、灵敏度和可重复性是传感器的关键性能,而可重复性与传感器的可靠性和抗干扰能力有直接关系。现代工程要求传感器能快速、精确地获取信息并能经受严酷环境的考验,它是机电一体化系统达到高水平的保证。

随着微电子、新材料和传感技术的发展,集成化与智能化成为传感器发展趋势。例如,集成了压力、压差和温度于一体的多功能集成传感器,采用微细加工技术 MEMS 制作微型传感器,采用厚膜和薄膜技术制作新型传感器,带微处理器的具有判断能力、学习能力的智能传感器,以及各种模拟人的感觉器官的生物传感器等。从构成上看,智能式传感器是一个典型的以微处理器为核心的计算机检测系统。同一般传感器相比,智能式传感器具有信息处理和可编程能力,因此不但可感知信息而且可处理信息,还可通过算法软件修正各种确定性系统误差、适当地补偿随机误差,进行自诊断、自校准和数据存储,具有精度高、稳定可靠性好、检测与处理方便、功能广和性价比高的显著特点。

### 1.3.4 自动控制技术

自动控制技术是能够在没有人直接参与的情况下,利用附加装置(自动控制装置)使生产过程或生产机械(被控对象)自动地按照某种规律(控制目标)运行,使被控对象的一个或几个物理量(如温度、压力、流量、位移和转速等)或加工工艺按照预定要求变化的技术。它以自动控制理论为基础,以电子技术、电力电子技术、传感器技术、计算机技术、网络与通信技术为主要工具,实现机电一体化产品的自动化。由于微型计算机的广泛应用,自动控制技