



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机电一体化技术基础 与产品设计

(第2版)

刘杰 主编

JIDIAN YITIHUA JISHU JICHU
YU CHANPIN SHEJI



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

机电一体化 技术基础与产品设计

(第2版)

编著 刘 杰 赵春雨
宋伟刚 张 镭 李允公

北 京
冶金工业出版社
2010

内 容 提 要

本书系统地讲述了机电一体化技术基础以及机电一体化产品的设计方法。

全书共分9章。主要内容有：机电一体化的概念、意义、内容、效果、范围、发展概况以及机电一体化产品设计的基本方法；工业控制机及其总线，工业控制机的原理及应用；可编程控制器的原理及其在机电一体化领域中的应用；单片机的原理，基于单片机的微控制器的设计方法；机电一体化产品的其他主要组成部分，包括传感器、执行器、传动及执行机构等部分的种类、特点、选型及应用；机电一体化产品中经常采用的一些控制方法和策略以及机电一体化系统设计实例。书中主要章节均附有习题，便于学习和巩固知识。

本书为高等学校机电类专业本科教材，也可作为相关专业工程技术人员的培训教材和参考书。

图书在版编目（CIP）数据

机电一体化技术基础与产品设计/刘杰主编. —2版.

—北京：冶金工业出版社，2010.6

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5024-5143-1

I. ①机… II. ①刘… III. ①机电一体化—高等学校—教材 ②机电一体化—工业产品—设计—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第053086号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号，邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjchs@cnmip.com.cn

责任编辑 宋 良 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5143-1

北京百善印刷厂印刷；冶金工业出版社发行；各地新华书店经销

2003年1月第1版，2010年6月第2版，2010年6月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16；23.5印张；624千字；360页

46.00元

冶金工业出版社发行部 电话：(010)64044283 传真：(010)64027893

冶金书店 地址：北京东四西大街46号(100711) 电话：(010)65289081

(本书如有印装质量问题，本社发行部负责退换)

第2版前言

机电一体化技术是机械技术与电子技术的有机结合,是现代机械技术发展的必然结果,同时也是20世纪末出现的高新技术之一。它极大地提高了机电产品在国际市场上的竞争能力,世界各发达国家都给予高度重视。它使生产系统柔性化,机电产品智能化,从根本上改变了生产(特别是机械制造业)的面貌。

为了深入研究机电一体化的原理,加强机电一体化的技术基础,加速机电一体化专门人才的培养,国内外各高等院校都有相应的专业,把机电一体化原理、技术及设计方法纳入教学计划并进行研究。为了适应形势的发展,我们在1997年编写了《机电一体化系统设计》作为本科生和研究生的教材,基本上满足了教学的需要。随后,于2002年,我们在原教材的基础上,结合多年来本科生和研究生的教学经验,专为本科生编写了《机电一体化技术基础与产品设计》一书,2003年1月由冶金工业出版社正式出版。该书浅显易懂,更适合本科生的教学需要。书中充分考虑了机械类学生和工程技术人员在计算机和自动化方面的基础、习惯和接受能力,实用性很强。这次我们对书中的某些内容作了必要的修改,作为国家级“十一五”规划教材再次与广大读者见面,希望对机电一体化的教学工作会有所帮助。

本书共分9章,第1章介绍了机电一体化的概念、意义、内容、效果、范围以及发展概况,并介绍了机电一体化产品设计的基本方法。第2章介绍了工业控制机及其总线,工业控制机的原理及应用等。第3章介绍了可编程序控制器的原理及其在机电一体化领域中的应用。第4章介绍了单片机的原理、基于单片机的微控制器设计方法。第5章至第7章分别介绍了机电一体化产品的其他主要组成部分,包括传感器、执行器、传动及执行机构等,重点论述了这几个组成部分的种类和特点,以便于从事机电一体化产品设计时选型及应用。第8章介绍了机电一体化产品中经常采用的一些控制方法和策略。第9章比较详细地介绍了两个机电一体化系统设计的实例。书中主要章节后附有部分习题,便于学生复习和巩固所学的知识。

本书由刘杰主编,第1章、第4章的第4.1~4.3节和第9章的第9.1节由刘杰、李允公编写,第4章的第4.4节和第9章的第9.2节由刘杰和赵春雨编写。第2章、第5章、第7章的第7.3、7.4节以及第8章由宋伟刚编写,第3

章、第7章的第7.1、7.2节由张镭编写，第6章由赵春雨编写。

中国科学院院士闻邦椿教授、东北大学博士研究生导师柳洪义教授、中国科学院沈阳自动化研究所博士研究生导师赵明扬研究员对本书进行了细致的审阅并提出了许多宝贵的意见，在此表示衷心的感谢。本书的出版，得到了东北大学教材出版基金的资助，以及学校教务处和机械工程与自动化学院的大力支持，对此表示衷心的感谢。我们还要感谢所有关心、支持和帮助过我们的同事们和朋友们。

限于作者水平，书中不当之处，诚请读者批评指正。

作 者
2010年1月

第 1 版前言

机电一体化技术是机械技术与电子技术的有机结合,是现代机械技术发展的必然结果,同时也是 20 世纪末出现的高新技术之一,为此世界各工业发达国家都给予高度重视。机电一体化技术使生产系统柔性化,机电产品智能化,从根本上改变了生产(特别是机械制造业)的面貌,为人类带来了巨大的经济效益。

近年来,为了深入研究机电一体化的原理,发展机电一体化的技术基础,加速机电一体化专门人才的培养,国内外各高等院校纷纷成立了相应的专业,把机电一体化原理、技术及设计方法纳入教学计划并进行研究。为了适应教学改革形势的发展,我们在以前编写的《机电一体化系统设计》的基础上,结合近年来本科生和研究生的教学经验,把本科生和研究生的内容分开,使本教材浅显易懂,更适合本科生的教学需要。书中充分考虑了机械类学生和工程技术人员在计算机和自动化方面的基础、习惯和接受能力。

本书第 1 章、第 4 章的第 1~3 节和第 9 章的第 1 节由刘杰编写,第 4 章的第 4 节和第 9 章的第 2 节由刘杰、韩卫光、赵春雨编写。第 2 章、第 5 章、第 7 章的第 3、4 节以及第 8 章由宋伟刚编写,第 3 章、第 7 章的第 1、2 节由张镭编写,第 6 章由赵春雨编写。全书由刘杰统稿。

中国科学院院士闻邦椿教授、东北大学博士研究生导师柳洪义教授、中国科学院沈阳自动化研究所博士研究生导师赵明扬研究员对本书进行了细致的审阅并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。我们还要感谢东北大学教务处对本书出版所给予的大力支持,感谢所有关心、支持和帮助过我们的同事们和朋友们。

最后,我们感谢东北大学对本书的出版所提供的资助。

由于作者水平有限,书中所涉及的许多技术还处在不断发展之中,难免存在不少缺点,敬请读者批评指正。

作 者
2002 年 10 月

目 录

1 机电一体化概述	1
1.1 机电一体化概念	1
1.1.1 机电一体化的基本概念	1
1.1.2 机电一体化技术的发展	1
1.1.3 机电一体化系统的构成	6
1.1.4 机电一体化的意义	6
1.2 机电一体化技术的分类	7
1.2.1 机电一体化技术分类概述	7
1.2.2 机械制造过程的机电一体化	8
1.2.3 机电产品的机电一体化	10
1.3 机电一体化相关技术	10
1.3.1 机械技术	11
1.3.2 传感技术	11
1.3.3 信息处理技术	11
1.3.4 接口技术	11
1.3.5 伺服驱动技术	12
1.3.6 系统总体技术	12
1.4 机电一体化设计方法	12
1.4.1 模块化设计方法	13
1.4.2 柔性化设计方法	13
1.4.3 取代设计方法	13
1.4.4 融合设计方法	14
1.4.5 优化设计方法	14
思考题与习题	15
2 工业控制计算机	16
2.1 工业控制计算机的种类与选择	16
2.1.1 工业控制计算机概述	16
2.1.2 工业控制计算机的分类	17
2.1.3 工业控制计算机的选择	19
2.2 工业控制计算机的总线	20
2.2.1 STD 总线	21
2.2.2 IBM PC 总线和 AT 总线	22

2.2.3	PCI 总线	22
2.2.4	USB 总线	24
2.2.5	现场总线	24
2.3	工业 PC 机	28
2.3.1	工业 PC 机的组成和特点	28
2.3.2	工业 PC 机常用 I/O 模板及选择	32
2.3.3	工业 PC 机在机电一体化产品中的应用	38
	思考题与习题	44
3	可编程序控制器 PLC	45
3.1	可编程序控制器 PLC 概述	45
3.1.1	可编程序控制器的发展与定义	45
3.1.2	可编程序控制器的特点和应用	45
3.1.3	可编程序控制器的基本类型	48
3.1.4	可编程序控制器的发展趋势	49
3.2	可编程序控制器的基本组成和工作原理	50
3.2.1	可编程序控制器的基本组成	51
3.2.2	可编程序控制器的工作原理	54
3.2.3	可编程序控制器的编程语言	57
3.3	三菱 FX _{2N} 系列可编程序控制器及其指令系统	61
3.3.1	FX _{2N} 系列可编程序控制器概述	61
3.3.2	FX _{2N} 系列可编程序控制器的基本逻辑指令	75
3.3.3	FX _{2N} 系列可编程序控制器的功能指令	83
3.4	常用基本环节编程	100
3.4.1	延时断开电路	101
3.4.2	双延时电路	101
3.4.3	分频电路	102
3.4.4	不同占空比的多谐振荡电路	103
3.4.5	报警电路	103
3.4.6	比较电路	103
3.4.7	保持电路	105
3.4.8	两个输入信号的优先电路	105
3.4.9	多个输入信号的优先电路	105
3.5	可编程序控制器系统设计的内容和步骤	107
3.5.1	PLC 系统设计的内容和步骤	107
3.5.2	PLC 系统的硬件配置	109
3.5.3	PLC 的软件系统	113
3.5.4	PLC 的应用实例——半自动液压车床	118
	思考题与习题	121

4 基于单片机的微控制器及其设计	123
4.1 MCS-51 单片机的硬件结构	123
4.1.1 MCS-51 的微处理器	124
4.1.2 MCS-51 的存储器	125
4.1.3 MCS-51 的并行口和串行口	126
4.1.4 MCS-51 的定时器	127
4.1.5 MCS-51 的中断系统及其控制	128
4.1.6 单片机硬件结构的新进展	129
4.2 MCS-51 的寻址方式	130
4.3 MCS-51 的指令系统	132
4.3.1 数据传送指令	132
4.3.2 算术运算指令	134
4.3.3 逻辑运算指令、移位指令和空操作指令	136
4.3.4 控制转移指令	138
4.3.5 布尔变量操作指令	140
4.4 微控制器硬件系统的设计与开发	141
4.4.1 MCS-51 单片机存储器的扩展	141
4.4.2 单片机常用并行接口电路	147
4.4.3 单片机的人机接口设计	159
4.4.4 D/A 转换器及其接口电路	169
4.4.5 A/D 转换器及其接口电路	173
4.4.6 MCS-51 单片机与外围电路的匹配技术	179
4.4.7 单片机的编程语言	181
4.4.8 基于单片机的微控制器开发步骤	182
4.5 嵌入式系统简介	183
4.5.1 嵌入式系统的特点与应用	183
4.5.2 单片机与嵌入式系统	184
4.5.3 嵌入式系统软件技术	184
4.5.4 实时多任务操作系统	185
4.5.5 嵌入式系统的发展动向	187
思考题与习题	187
5 机电一体化产品中的传感器	190
5.1 传感器概述	190
5.1.1 传感器的概念	190
5.1.2 传感器的特性和技术指标	191
5.2 机电一体化中常用传感器	192
5.2.1 位置传感器	192

5.2.2 位移、角度、距离测量传感器	193
5.2.3 速度和加速度测量传感器	196
5.2.4 力和力矩测量传感器	198
5.2.5 视觉传感器	200
5.3 传感器与计算机的接口设计	202
5.3.1 输入放大器	203
5.3.2 V/I、I/V 转换电路	204
5.3.3 采样/保持电路	204
5.3.4 模拟多路开关	205
5.3.5 传感器与微机的连接	206
5.4 智能传感器	207
5.4.1 智能传感器的含义	207
5.4.2 智能网络化传感器及其系统的结构	207
思考题与习题	208
6 常用驱动器及其控制	209
6.1 步进电动机开环位置控制系统	209
6.1.1 步进电动机的工作原理	209
6.1.2 步进电动机的主要特性	211
6.1.3 步进电动机的结构类型	213
6.1.4 步进电动机的环行分配器	213
6.1.5 功率放大器	216
6.1.6 步进电动机的单片机控制	218
6.2 直流电动机的调速	220
6.2.1 直流电动机的机械特性和调速指标	220
6.2.2 相控变流的直流电动机调速系统	224
6.2.3 直流斩波传动	228
6.2.4 晶体管脉宽调速控制系统	232
6.2.5 直流电动机闭环控制系统	236
6.2.6 直流电动机调速微机控制系统	239
6.3 交流电动机速度控制	240
6.3.1 交流电动机分类	240
6.3.2 交流电动机的机械特性	241
6.3.3 交流电动机的传统调速方式	243
6.3.4 交流电动机的变频调速与变频器	245
6.3.5 SPWM 波调制	248
6.3.6 交流电动机控制方式	250
6.3.7 交流电动机的矢量控制	251
思考题与习题	257

7 常用的传动部件与执行机构	258
7.1 精密齿轮传动	258
7.1.1 齿轮传动分类及选用	259
7.1.2 齿轮传动形式及其传动比的最佳匹配选择	260
7.1.3 齿轮传动间隙的调整方法	261
7.1.4 谐波齿轮传动	263
7.2 滚珠丝杠螺母副	264
7.2.1 滚珠丝杠螺母副的传动原理	264
7.2.2 滚珠丝杠副的精度等级及标注方法	268
7.3 挠性传动	268
7.3.1 平形带传动	268
7.3.2 绳传动	269
7.3.3 链传动	269
7.3.4 同步齿型带传动	270
7.4 常用执行机构	271
7.4.1 连杆机构	271
7.4.2 凸轮机构	272
7.4.3 间歇机构	272
7.4.4 机器人的典型机构	276
思考题与习题	279
8 机电一体化系统的控制策略	280
8.1 传统控制策略	280
8.1.1 PID (比例-积分-微分) 控制	280
8.1.2 串级控制	281
8.1.3 纯滞后对象的控制	281
8.1.4 解耦控制	283
8.2 现代控制策略	285
8.2.1 自适应控制	285
8.2.2 变结构控制	286
8.2.3 鲁棒控制	287
8.2.4 预测控制	287
8.3 智能控制策略	288
8.3.1 模糊控制	288
8.3.2 专家控制	289
8.3.3 神经网络控制	290
8.3.4 遗传算法	291
8.4 控制策略的渗透和结合	292

8.4.1 几种常用的控制策略	292
8.4.2 控制策略渗透和结合的特点	294
8.5 模糊控制系统设计	295
思考题与习题	298
9 机电一体化设计实例	299
9.1 柔索驱动并联机器人设计	299
9.1.1 柔索驱动并联机器人机构组成及位置分析	299
9.1.2 运动影响系数及运动学分析	303
9.1.3 力学分析	307
9.1.4 工作空间分析	310
9.1.5 轨迹规划	310
9.1.6 系统构成及驱动控制	318
9.1.7 机器人语言	321
9.2 基于 MCS-51 单片机的振动定量给料机控制系统设计实例	324
9.2.1 MCS-51 单片机控制系统的设计方法	325
9.2.2 电磁振动定量给料控制系统	327
9.2.3 电磁振动定量给料控制系统的方案确定	330
9.2.4 系统硬件设计	331
9.2.5 系统软件设计	340
参考文献	359

1 机电一体化概述

1.1 机电一体化概念

1.1.1 机电一体化的基本概念

机电一体化技术又称机械电子技术，是机械技术、电子技术和信息技术有机结合的产物。机电一体化在国外被称为 Mechatronics，是日本人在 20 世纪 70 年代初提出来的，它是用英文 Mechanics 的前半部分和 Electronics 的后半部分结合在一起构成的一个新词，意思是机械技术和电子技术的有机结合，现已得到包括我国在内的世界各国的承认。我国的工程技术人员习惯上称它为机电一体化技术。

机械技术是一门古老的学科，它发展到今天经历了一个漫长的历史时期。机械是现代工业的物质基础，国民经济的各个部门都离不开机械。机械种类繁多，功能各异，不论哪一种机械，从诞生以来都经历了使用—改进—再使用—再改进，不断革新和逐步完善的过程。对于某一种形式的机械，一般来说都有一定的局限性，或者说都有一定的适用范围，存在某些固有的缺点，这就迫使人们寻找新的工作原理，发明新型的机械，从而使得具有同一用途的机械具有不同的种类。机械本身的发展也是无止境的，但是这种发展却是缓慢的。各种机械发展到今天，单从机械角度对它们进行改进是越来越不容易了。随着科学技术的发展，一个比较年轻的学科——电子技术正在蓬勃发展，从分立电子元件到集成电路（IC），从集成电路到大规模集成电路（LSI）和超大规模集成电路（VLSI），特别是微型计算机的出现，使电子技术与信息技术相结合并向其他学科渗透，把人类带入了一个神话般的世界。信息技术（3C 技术）的主体包括计算机技术（Computerization）、控制技术（Control）和通信技术（Communication）。电子技术与计算机技术同机械技术相互交叉，相互渗透，使古老的机械技术焕发了青春。在原有机械基础上引入电子计算机高性能的控制机能，并实现整体最优化，就使原来的机械产品产生了质的飞跃，变成功能更强、性能更好的新一代的机械产品或系统，这正是机电一体化的意义所在。

1.1.2 机电一体化技术的发展

机电一体化技术是现代科学技术发展的必然结果。由于大规模集成电路和超大规模集成电路的出现，特别是微型电子计算机的空前发展，促进了机械技术和电子技术的相互交叉和相互渗透，并使机械技术和电子技术在系统论、信息论和控制论的基础上有机地结合起来，形成了今天的机电一体化技术。可以说电子技术在机电一体化的形成和发展过程中起到了关键性的作用。

1.1.2.1 微电子器件的发展

集成电路是机电一体化的基础。近年来，集成电路的集成度越来越高，目前单片集成已达

1.4 亿个元器件以上,能够用 $0.1 \sim 0.25\mu\text{m}$ 工艺制成 1000MB 的 DRAM。

在机电一体化产品中,大量采用专用集成电路 ASIC (Application Specific Integrated Circuit),特别是可编程逻辑器件和现场可编程门阵列 (Gate Array) 应用广泛。门阵列是指一种预先在芯片上整齐地生成由“与非”门或者“或非”门等基本单元组成的基阵列,然后随时根据用户的需要在各基本单元之间进行布线,以实现具有逻辑处理功能的集成电路。据国外报道,美国 LSI 逻辑公司采用 $0.5\mu\text{m}$ 工艺已完成 150 万门阵列的设计。VLSI 技术公司声称可以用单元设计制成 200 万门阵列。日本东芝公司提出用 $0.35\mu\text{m}$ 工艺可以制成 500 万门阵列,VLSI 公司和日立公司则宣布已能设计出 500 万门阵列的实用芯片,引出脚可达 1280 个。

1.1.2.2 微控制器

机电产品的机电一体化的核心是微控制器的设计。近年来,以单片机应用系统为代表的微控制器发展特别迅速,应用也越来越广泛。

自从 1974 年 12 月美国仙童 (Fairchild) 公司第一个推出单片机 F8 以后,单片机的发展速度十分惊人,从 4 位机、8 位机发展到 16 位机、32 位机,集成度愈来愈高,功能愈来愈强,应用范围愈来愈广。目前,世界上单片机的年销售量已达数亿片以上。近年来,为了不断提高单片机的技术性能以满足不同用户的要求,各公司竞相推出能满足不同需要的产品:

(1) 采用双 CPU 结构以提高处理能力。如 Rockwell 公司的单片机 R6500/21 和 R65C29 采用了双 CPU 结构,其中每一个 CPU 都是增强型的 6502。

(2) 增加数据总线的宽度。例如,NEC 公司的 $\mu\text{PD-7800}$ 系列单片机将做成一个 16 位运算部件,内部采用 16 位数据总线,使其处理能力明显优于一般 8 位机。

(3) 采用串行总线结构。如飞利浦公司开发的 IZC (Intel-ICBUS) 总线和 DDB (Digital Data BUS) 总线。它们都采用三条数据总线代替现行的 8 位数据总线,从而大大减少了单片机引线,降低了成本。

(4) 采用流水线结构。指令以队列形式出现在 CPU 中,从而有很高的运算速度,如 Sharp 公司的单片机 SM-812。有的单片机甚至采用了多流水线结构,因而具有极高的运算速度。这类单片机的运算速度要比标准的单片机高出 10 倍以上,特别适合作数字信号处理用。

(5) 双单片机结构。如 Intel 公司的 RUPI-44 系列单片机 8044/8744/8344。它是一个双单片机结构,其中一个为 8051/8751,另一个用以构成 SDLCH/LC 串行接口部件 (SIU)。片内程序存储器中装有加电诊断、任务管理、数据传送和对用户透明的并行、串行通讯服务程序。

1.1.2.3 先进制造技术

先进制造技术 (Advanced Manufacturing Technology, AMT) 是当代制造技术的最新发展阶段,是机电一体化技术的重要组成部分。它是传统制造技术与信息技术、综合自动化技术和现代企业管理技术有机结合而产生的高技术群。

先进制造技术的核心和前沿是制造系统集成技术,制造系统集成技术正在由企业内部信息的集成 (计算机集成制造系统 CIMS) 逐步走向产品开发过程的集成 (并行工程 CE) 和企业间的集成 (敏捷制造 AM)。

计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing System, CIMS) 就是在自动化技术、信息技术及制造技术的基础上,通过计算机网络及数据库,将制造工厂全部生产活动所需的各种分散的自动化系统有机地集成起来,完成从采购原材料到售出产品的一系列生产过程的高效益、高柔性的制造系统。在功能上,CIMS 包含了一个工厂的全部生产经营活动,即从市场预测、产品设计、加工制造、经营管理到售后服务的全部活动。

20 世纪 60 年代末期,在集成化 CAD/CAM 的基础上,国外有关专家提出了计算机集成制

造系统的概念。接着,在 70 年代,美国、日本、联邦德国、英国、法国等一些发达国家对 CIMS 的关键技术进行了比较全面的研究,从 80 年代开始逐步建成了一批采用 CIMS 技术的自动化工厂。近年来我国的有关专家也对 CIMS 技术进行了深入的研究,建立了像成都飞机制造公司、沈阳鼓风机厂这样一批 CIMS 工程的示范企业,为我国跟踪世界科技前沿作出了贡献。

1.1.2.4 数控技术

随着对数控机床高速度、高精度的需要,数控装置必须能够高速处理输入的指令数据并计算出伺服机构的位移量,而且要求伺服电机能高速度地作出反应。目前高速主轴单元(电主轴)转速已达 $15000 \sim 100000 \text{r/min}$ 以上;进给运动部件不但要求高速度,而且要具有高的加、减速功能,其快速移动速度达 $60 \sim 120 \text{m/min}$ 以上,工作进给速度已高达 60m/min 以上。目前国内外学者正在开放式的 PC(微机)平台上进行“开放式数控系统”的研究,包括标准、结构、编程、通讯、操作系统以及样机的研制等。为数控系统配置多种遥控接口和智能接口。大量采用高集成度的芯片、专用芯片及混合式集成电路,提高了硬件质量,减少了元器件数量,这样降低了功耗,提高了可靠性。新型大规模集成电路采用表面贴装技术,实现了三维高密度安装工艺。元器件经过严格筛选,建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系,使得数控系统的平均无故障时间达到 $10000 \sim 36000 \text{h}$ 。

为适应数控技术的发展,机械结构也发生了很大的变化。为缩小体积,减少占地面积,更多地采用机电一体化结构,如“数控夹盘”、“数控回转工作台”、“动力刀架”和“数控夹具”等。

随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展,数控系统的智能化也在不断提高:

(1) 应用自适应控制(Adaptive Control)技术 数控系统检测加工过程中的一些重要信息,并自动调整系统的有关参数,达到改进系统运行状态的目的。

(2) 引入专家系统指导加工 将熟练工人和专家的经验,加工的一般规律与特殊规律存入系统中,以工艺参数数据库为支撑,建立具有人工智能的专家系统。当前已开发出模糊逻辑控制和带自学习功能的人工神经网络数控系统和其他数控加工系统。

(3) 引入故障诊断专家系统。

(4) 智能化伺服驱动装置 可以通过自动识别负载来自动调整参数,使驱动系统获得最佳的运行状态。

1.1.2.5 机器人技术

机器人集中了机械工程、电子技术、计算机技术、自动控制理论以及人工智能等多学科的最新研究成果,代表了机电一体化的最高成就,是当代科学技术发展最活跃的领域之一。

目前,传统机械,如数控机床、工程机械、采掘机械等已开始向机器人化方向发展,进一步的发展将会带来这些机械本身的革命。机器人的发展已不局限于机器人本身,而将作为新一代整个机器的发展方向。

智能机器人是机器人发展的最高阶段。智能机器人是人工智能研究的一个重要分支。智能机器人的研究和应用体现了广泛的学科交叉,涉及众多的课题,如机器人的体系结构、机构、控制、职能、视觉、触觉、力觉、听觉、机器人装配、恶劣环境下的机器人以及机器人语言等。严格地讲,智能机器人是具有感知、思维和动作的机器。

由于在机器人的发展历史上,首先大量出现,并且已被人类广泛应用的机器人,如弧焊、点焊、喷漆等机器人,并不具有任何智能,所以,为了加以区分,又有智能机器人这一名词的出现。然而,即使对智能机器人也不能期望它完全实现人的智能。目前人工智能的能力还很有限,对能在一定程度上感知环境,具有一定适应能力和解决问题的本领的机器人就称之为具有

“智能”。

人类需要智能机器人去拓宽生产和活动的领域,例如到深水下、深地层、强放射或高真空的环境、太空和外星去作业,到危险有害的环境去工作,完全或部分地取代人。同时也期待智能机器人,在工业中逐步把人解放出来,提高生产效率。随着智能技术的进步,人将进一步“远离”作业对象,从而使人由原来的直接生产,过渡到指挥、监督的位置上。这种生产模式的转变,必将对社会生产体系以至人类生产方式、社会关系产生巨大影响,极大地推动社会的进步。

工程机械机器人化特别是智能机器人化是智能机器人的重要分支,其中比较典型的就是工程机械拟人操作系统。工程机械拟人操作需要具有高度智能水平的人工智能系统,以便在那些必要的场合能够代替人去执行各种任务。这样的系统具有自学习能力、自组织能力、自适应能力以及容错性、鲁棒性、实时性等,系统还应具有友好的人机界面,以保证人机通讯、人机互助和人机协同工作。

对某些工程机械采用专家控制、神经网络控制、模糊控制和遗传控制等人工智能控制方法模拟具有最高技术水平的操作技术人员的操作。这种拟人操作很少需要或根本不需要人的干预,在必要时(如有毒和危险场合),实现无人操作。目前,国外已有装载机、挖掘机等实现了无人操作。国内一些高校也正在开展这方面的研究。

1.1.2.6 微机电系统

微机电系统(Micro Electro Mechanical System, MEMS)技术最早是从集成电路的生产技术发展起来的。自1959年世界上出现第一块集成电路之后的几十年时间,它已深入到一切产业的各种产品中,集成的规模也越来越大。从分立电子元件到集成电路(IC),从集成电路到大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI),集成电路的生产工艺也越来越先进,越来越完善。20世纪80年代,硅材料集成电路工艺渐趋成熟。1988年,美国加州大学首先研制成功 $\phi 60\mu\text{m}$ 的静电马达,随后MIT也制成 $\phi 100\mu\text{m}$ 的静电马达,轰动了整个世界。

微机电系统一般泛指特征尺度在亚微米至亚毫米范围的装置。微型机械,在微小尺寸范围内,机械依其特征尺寸可以划分为 $1\sim 10\text{mm}$ 的小型机械, $1\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ 的微型机械以及 $1\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ 的纳米机械。图1-1为微电机与微减速器集成模块,比较图中普通缝纫用的针可以看出该集成模块的相对大小。

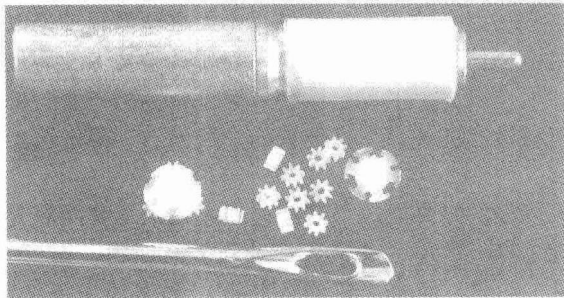


图 1-1 微电机与微减速器集成模块

微机电系统技术包括微结构、微传感器、微控制器、微能源及其集成等设计技术,还包括微加工、微测量、微装配和封装等微机电系统制作技术。它涉及微动力学、微电子学、微机械学、微光学、微流体力学、微热力学、微生物学和化学等广泛的学科领域。

微机电系统技术使人们从宏观走向微观,并由于其诱人的应用前景被誉为 21 世纪的高新技术。它在航空航天、现代汽车、信息和通信技术、军事科学、医疗器械、化工等诸多领域将发挥越来越大的作用。

在汽车领域,人们追求安全、舒适、节能、无污染,正在逐步走向智能化。但车上安装的传感器和仪器仪表也越来越多,人们很自然地希望传感器和仪器仪表体积小、重量轻、灵敏可靠。

在军事领域,除安装在军用飞机和各种军车上的微型仪器仪表外,将广泛用于军事侦察方面,如微型照相机、微型录像机、微型窃听器和各种战地侦察设备。如掌上飞机(又称迷你飞机)已经问世,不久将投入使用。它和大一点的蜻蜓大小差不多,可以在前沿阵地从侦察兵的手掌上起飞,执行侦察任务后自动返回。

在医学领域,微系统技术更能大显身手。在病理诊断方面,研制了一种微型诊断仪器,只有速效感冒胶囊般大小。病人可以像吞食药丸一样把它吞入腹中,由它直接对消化系统进行诊断后,再排出体外。将来还可以制成微型机器人,也像吃药丸一样把它吃下去,在 X 光或超声波的引导下进行消化道系统肿瘤切除手术。人们还设想用微型机器人进行心脏瓣膜和心脑血管的修复手术。

1.1.2.7 虚拟现实

虚拟现实 VR (Virtual Reality) 是一种高级的人机交互系统,它采用高性能的计算机和先进的电子技术产生逼真的视、听、触、力环境,给人以身临其境的感受。

该系统采用计算机图形仿真技术或立体摄像技术产生虚拟景物,用三维位置传感器跟踪人体的运动,用数据手套感知虚拟物体的几何、物理性质,并对它们进行操作,用立体声发声器产生虚拟的声音,用立体显示形成一种真三维的景象。

以数据手套为例,最初的数据手套只是一种手运动跟踪器。它们把手指的运动变化和手在 3D 中的位置传给计算机。为了提高手套的性能,实现触觉和力反馈,美国 Advanced Robotics Research Ltd. 和 Airmuacle Ltd. 设计了如图 1-2 所示的气动触/力觉反馈装置,在适当的位置上安装有可以充放气的气囊,小气囊用于产生触觉,大气囊用于产生力觉。它将光纤、发光二极管、光传感器组合起来,光纤的光强就随手指弯曲程度而变化,由此即可测出手的姿态。为了提供力位反馈,Burdea 开发了一个可移动的“主手”,如图 1-3 所示。它由 4 个直接驱动的微型气缸组成,安装在位于手套掌心一 L 形小平面上。每个气缸有一锥形工作区间。总质量为 40~60g。数据手套可用于控制远处机器人进行灵巧操作或在虚拟人体上进行手术训练。

虚拟现实技术是机械电子技术中的又一新技术,在医学、科研、军事、航空航天和机器人

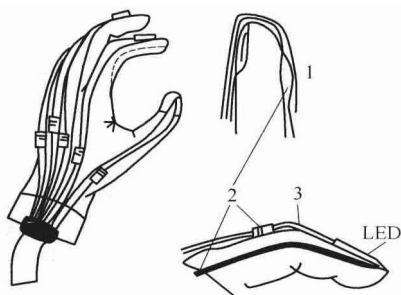


图 1-2 光纤、气囊式触/力觉手套

1—气囊；2—光传感器；3—光纤

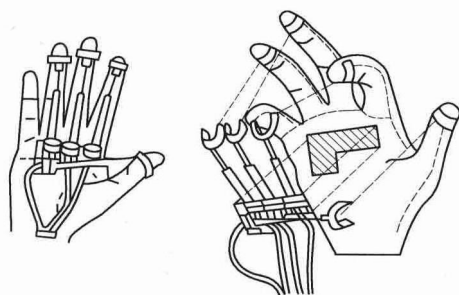


图 1-3 气缸式移动主手