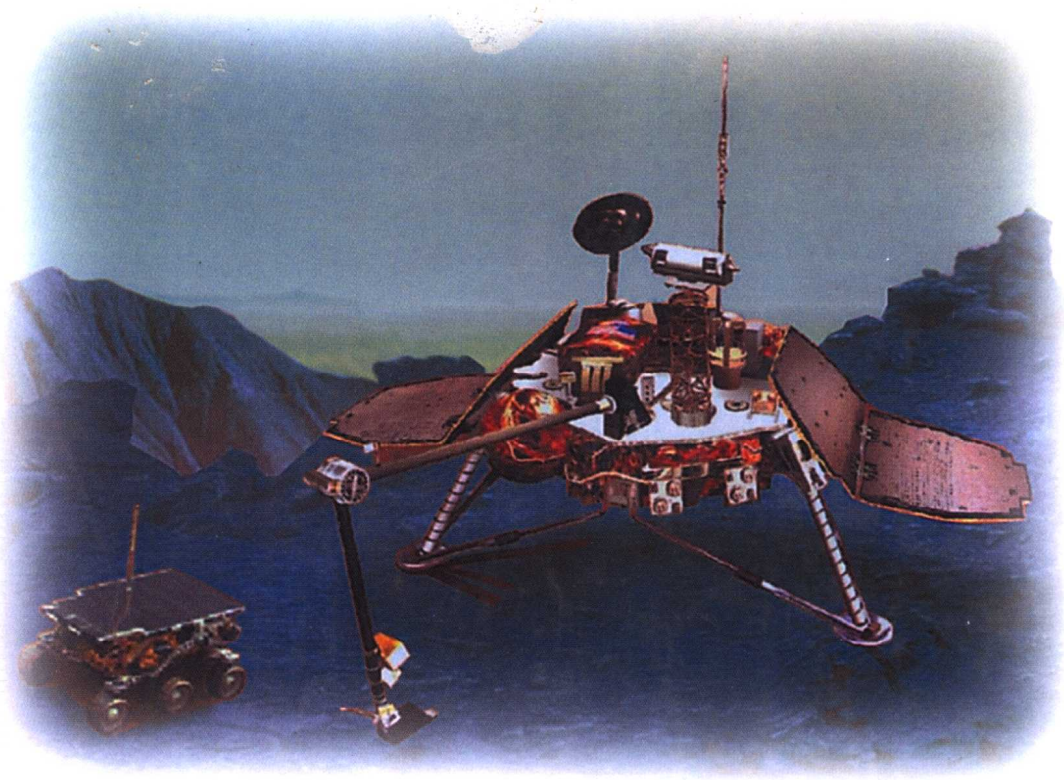




机械科学与工程研究生系列教材

机械电子工程

王孙安 杜海峰 任 华 编著



 科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书主要论述了机械电子工程中的系统设计问题。全书分为四篇。第一篇论述了传感器、信号处理和干扰抑制问题;第二篇论述了接口、通道和控制策略的设计,介绍了机电系统网络监控的基本内容;第三篇介绍了电器、液压和气动执行器;第四篇介绍了机械电子系统中机构、结构和人机界面设计的原则。全书站在机械电子系统设计的立场,以信息的眼光阐述了广泛的相关内容,给出了若干个设计案例剖析。

本书是普通高等院校机电工程或机电一体化、机械工程、能源动力工程、工业自动化等专业的高年级本科生或硕士研究生教材,也可供相关领域的工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

机械电子工程/王孙安,杜海峰,任华编著. —北京:科学出版社,2003
(机械科学与工程研究生系列教材)

ISBN 7-03-011546-5

I. 机… II. ①王… ②杜… ③任… III. 机电一体化-研究生-教材
IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 039630 号

责任编辑:段博原/文案编辑:邱璐 贾瑞娜/责任校对:朱光光

责任印制:刘秀平/封面设计:陈敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2003年8月第一次印刷 印张:21 3/4

印数:1—3 000 字数:426 000

定价:30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

物质、能量和信息始终伴随着人类社会。生产力水平低下时,人类的生存和发展较大程度上依靠物质和能量,随着生产力水平的提高,信息的作用日益突出。尤其是第一台电子计算机诞生,人类步入信息社会后,信息技术因其在应用中所具有的强渗透性和高附加值而成为信息时代的核心技术和发展的中坚力量,它影响并决定了现代技术的总体走向。

机械电子工程(mechatronics)是 20 世纪 70 年代由日本提出来的用于描述机械工程和电子工程一体化的一个技术术语。机械电子成为一门新兴学科也仅仅始于 20 世纪 80 年代。近些年来,由于以信息处理为核心的人工智能技术的渗透,机械电子工程在传统机械系统动力传递和机构连接基础上,更强调信息的连接和驱动作用,并逐步向智能方向发展,已经逐渐成为机械工程的重要研究领域和技术革命的前沿方向。机械电子工程学科已经发展成为一门集机械、电子、控制、信息、计算机技术为一体的工程技术学科。该学科涉及的技术是现代机械工业最主要的基础技术和核心技术之一,是衡量一个国家机械装备发展水平的重要标志。

在日本提出机械电子工程这一术语后,日、美、英各国先后有一些专著出版。国际自动控制联合会(IFAC)、美国电气和电子工程师协会(IEEE)先后创办了名为 *Mechatronics* 的期刊。近几年来,国内也有教科书和期刊问世。这些出版物的论述内容各有侧重,风格迥异。

本教材是在参考国内外相关文献的基础上,结合作者从事机械电子工程教学、研究成果和我国实际情况,按照理论联系实际的原则编写而成的。全书分别从测量、嵌入式微处理器、运动转换和执行机构以及机械电子系统设计实例等方面详细阐述了机械电子工程的基本思想、系统组成和实际应用。全书分为 16 章,第一章阐述了机械电子工程的基本概念、发展和设计思想;第二章介绍了测量常用的指标、误差的形成和分类、常用测量方法以及测量系统的设计;第三章讨论了传感器和转换器的分类以及传感器技术的发展,介绍了常用的传感器;第四章给出了常见的信号处理电路,介绍了信号处理的相关内容;第五章探讨了干扰和噪声的形成与抑制;第六章介绍了机械电子中的微处理器系统;第七章从内存、I/O 接口电路、过程通道、模拟量 I/O 通道、D/A 与 A/D 转换技术等方面介绍了机械电子系统中的嵌入式微处理器的设计;第八章主要以 PID 调节器和模糊控制器为例探讨了机械电子系统中的微机控制;第九章介绍了机械电子系统的网络监控;第十章概述了驱动器和执行机构;第十一章和第十二章分别介绍了电器执行元件和液压气动执行

装置;第十三章系统阐述了机械电子系统的总体设计;第十四章至第十六章从机械电子的观点,分别分析了软盘驱动器、关节式机器人系统以及飞机动力训练模拟系统等几个典型机械电子系统的设计,这几个案例基本能够体现机械电子工程的精要,满足教学的需要。各章后的习题有的是帮助读者回顾本章要点,有的则是引导读者进一步思考,不一定能在书中找到现成的答案。

本书作为本科生相关课程的讲义已经使用多年,相信几经修改后的正式出版物,将更加适合作为机械工程、能源动力工程、电子工程、工业自动化等专业本科生或硕士研究生的教材。作者力求使学生通过本课程的学习,获得必要的机械电子工程系统设计的基本知识,掌握设计方法和基本技能,为将来从事机械电子工程的设计工作和研究工作打下一定的基础。另外,本书也可供从事机械电子工程等专业的工程技术人员参考。

本书由王孙安、杜海峰、任华合作编著。其中王孙安编写了第一、二、三、四、五、十、十三、十五章;杜海峰编写第十二章;任华编写了第十一、十四章;第八、九、十六章由王孙安、杜海峰合作编写;第六、七章由王孙安和任华合作编写;全书由王孙安和杜海峰统一审校和定稿。

作为我国最早倡导建立机械电子工程学科的学者之一,西安交通大学史维祥教授对本书作者给予了很大帮助。北方车辆研究所张相麟教授为本书提供了相关资料,并就一些观点与作者进行了有益的探讨。何望云等参与了资料的收集和翻译工作,王和康、陈巍巍、张文明等研究生参与了资料收集、翻译和整理工作,在此一并表示感谢。另外,本书还受到西安交通大学“十五”系列教材出版规划的资助。

机械电子工程是发展最为活跃的技术领域之一,正处于快速发展阶段。虽然机械电子工程的思想已经被逐渐接受,并且应用日益广泛,但需要探索和研究的问题还很多,本书中每一章都涉及一个很大的领域。由于编著者水平有限,所做的工作不可能涵盖机械电子工程研究和工程应用所有方面,疏漏之处在所难免,对此恳请读者给予批评指正。

编 者

2003年3月

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 什么是机械电子工程	1
1.2 机械电子工程在制造业中的应用	7
1.3 机械电子工程在产品中的应用	9
1.4 机械电子工程与工程设计	10
1.5 机械电子工程对工程技术人员的要求	12
1.6 机械电子工程与现代技术	14
习题	14

第一篇 测量系统

第二章 测量系统	17
2.1 测量系统的基本性能	18
2.2 测量方法	21
2.3 测量误差	22
2.4 信号处理和信息管理	24
2.5 测量系统的设计	25
习题	29
第三章 传感器和转换器	30
3.1 概述	30
3.2 电阻型的传感器	33
3.3 电容式传感器	37
3.4 电感式传感器	40
3.5 热电传感器	43
3.6 光电传感器	44
3.7 固体传感器	50
3.8 压电传感器和超声换能器	54
3.9 传感器的线性化	59
习题	60

第四章 信号处理	62
4.1 运算放大器基本电路	62
4.2 实用运算放大器	70
4.3 信号隔离	74
4.4 相敏检波器和锁相环	75
4.5 多路复用	76
4.6 滤波器	76
4.7 数字信号的处理和分析	81
4.8 信号处理技术的发展	82
习题	83
第五章 干扰与噪声	84
5.1 干扰源和噪声源	84
5.2 干扰传播途径	89
5.3 干扰对敏感设备的影响	93
5.4 干扰抑制和防护技术	94
5.5 系统内部器件产生的干扰及其抑制	100
5.6 软件抗干扰技术	105
习题	107

第二篇 嵌入式微处理器

第六章 机械电子系统中的微处理器	111
6.1 嵌入式实时微处理器系统	111
6.2 机械电子系统	114
6.3 嵌入式实时微处理器系统的设计	115
习题	120
第七章 嵌入式微处理器的设计	121
7.1 微处理器与内存及 I/O 接口电路的连接	122
7.2 微处理器与数字式外部设备的接口	133
7.3 过程通道	139
7.4 模拟量输入通道	143
7.5 数/模与模/数转换技术	150
7.6 模拟量输出通道	155
习题	160

第八章 机械电子系统中的微机控制	161
8.1 控制对象的数学模型	161
8.2 顺序控制器和数值控制器	164
8.3 闭环控制系统的构成及其模拟 PID 调节器	164
8.4 模糊控制器及其特点	169
8.5 模糊控制器的设计	175
8.6 模糊控制方法在快时变液压伺服系统中的应用	181
习题	186
第九章 机械电子系统的网络监控	187
9.1 控制系统和通信系统的分层体系	188
9.2 数据通信基础	189
9.3 数据通信网络体系结构	196
9.4 局域网	200
9.5 工业现场中的通信	204
习题	209

第三篇 驱动器、执行器与系统总体

第十章 驱动器和执行器	213
习题	217
第十一章 电器执行元件	218
11.1 直流电动机	218
11.2 交流异步电动机	221
11.3 步进电机	228
11.4 直线电动机	234
11.5 电力电子器件	238
习题	239
第十二章 液压与气动执行系统	240
12.1 系统能源装置	242
12.2 执行元件	244
12.3 控制元件	250
12.4 辅助元件	257
12.5 基本回路	260
习题	265

第十三章 机械电子系统的总体设计	266
13.1 机械电子系统设计概述.....	266
13.2 机械电子系统中的机构.....	273
13.3 机械电子系统的结构.....	279
13.4 机械电子系统人-机界面的设计	283
13.5 安全性.....	287
习题.....	289

第四篇 系统应用

第十四章 软盘驱动器	293
14.1 磁头系统.....	293
14.2 主轴系统.....	295
14.3 磁头系统与主轴系统的协同工作.....	298
14.4 磁盘进出机构.....	301
14.5 软驱主板.....	302
14.6 盘片和盘套.....	303
14.7 主要技术特性.....	304
习题.....	305
第十五章 关节式机器人系统设计	306
15.1 引言.....	306
15.2 总体设计.....	307
15.3 机器人本体系统设计.....	317
15.4 机器人控制系统设计.....	318
习题.....	319
第十六章 飞机动力训练模拟系统的设计	320
16.1 引言.....	320
16.2 初步设计.....	320
16.3 具体设计.....	324
16.4 小结.....	335
习题.....	336
参考文献	337

第一章 绪 论

1.1 什么是机械电子工程

机械电子工程(mechatronics 或机械电子学)是 20 世纪 70 年代由日本提出来的用于描述机械工程和电子工程有机结合的一个术语。这个词的英文名是取机械学(mechanics)的前半部分和电子学(electronics)的后半部分组合而成的。

在工业发达国家,人们已经认识到,未来的工业系统,尤其是先进的机电系统的设计、制造和运行,将属于那些懂得怎样去优化机械和电子系统之间联系的人。在这些系统中,信息将起到至关重要的作用;人工智能、专家系统、智能机器人将构成未来机械电子系统的驱动、监测、控制和诊断的主导技术。

机械系统从有史以来就进入了人类社会的每个角落。最简单的机械装置,如齿轮、滑轮、弹簧及车轮组成了工具的基础;18 世纪末第一次技术革命以后,机械工程逐步发展成为重要的基础工业部门,并为其他工业部门提供基本装备。机械工程可分为两大类,即制造类的机械工程和动力类的机械工程。制造类的机械工程可分为毛坯制造、机械加工和装配等三个生产过程;动力类的机械工程主要研究的是各种发动机,如蒸汽发动机、内燃机、燃气轮机和喷气发动机等。

制造类的机械工程发展可划分为四个时期:手工机械时期、蒸汽动力的简单机械时期、电机驱动的精密化和半自动化时期、数控和群控的自动化时期。

手工机械时期主要是用铸造和锻压技术来制造毛坯。我国早在夏朝和商朝就采用泥型铸造毛坯,在战国时期开始使用金属型。到 20 世纪中期,国际上开始推广可供成批生产和重复使用的合成树脂砂型,而小批量和单件生产则使用水玻璃砂型和流态砂型。锻压是制造可塑性材料毛坯的一种传统技术,很久以来一直采用手工自由锻的方法来进行加工。此外,一些以人力为动力的加工机床也被广泛地使用。

蒸汽机的发明标志着人类历史进入了工业社会。第一台蒸汽机是手工机械制成的,而蒸汽机的发明和使用又引起了从手工机械向简单机械的转变。蒸汽机不仅很快地应用于矿井抽水、纺织机、轮船和机车,而且为机械制造业的发展创造了物质条件。19 世纪的蒸汽锤已达百吨,陆续发明的各种锻压设备和各种简单的金属加工机床(如车床、铣床、刨床、钻床、磨床等)可以制造金属部件,并建立起了具有一定规模的机械制造业。

20 世纪前期(约 1900~1920 年),机床开始采用单独的电机驱动。在同一时期,汽车和飞机工业发展很快,由于其各种零部件及发动机的生产对精密化机床提出了相当高的要求,在加工大批形状复杂、对精度及光洁度都有很高要求的零件时,迫切需要精密和自动化的铣床及磨床。随后,在 1920~1950 年,机械制造技术进入半自动化时期,主要表现在液压和电器元件在机床及其他机械上的应用。液压系统的动力装置是液压泵,液压泵将水或油输送给液压马达或液压缸驱动机器进行工作,还可用液压阀或电磁液压阀分别进行近控或远控。液压传动和操纵首先应用于飞机起落架的收放和襟翼、副翼的操纵,并取得了成功,同时也促进了机床和其他机械半自动化的发展。

1950 年以后,由于电子计算机的出现,使机床的发展开始走向数控和自动生产线的方向。数控机床是一种运用数控原理,把加工程序、加工要求和更换刀具等操作指令以数字码或文字码信息进行存储,并按其指令进行工作的机床。

1951 年,美国麻省理工学院的伺服机构研究所正式制成了第一台电子管数控机床样机“Hydrotel”铣床,成功地解决了多品种小批量复杂零件加工的自动化问题。由于数控机床可以一次装卡定位,加工精度高,并缩短了辅助时间,大大减少了人为误差,减轻了体力劳动,特别适用于中小批量、多工序零件的加工。在加工复杂曲面零件时,其生产率比普通机床高几十倍,因此发展很快。在第一台数控铣床诞生后,麻省理工学院的伺服机构研究所又把数控原理从铣床扩展到镗铣床、钻床和车床。

20 世纪 50 年代末以后,数控机床随着计算机硬件的发展,开始从电子管向晶体管过渡。随着小型机和微型机的出现,计算机的性能不断提高、价格一再降低,使数控机床向可以更换刀具和多种工序自动加工的综合性数控加工中心发展,并出现了由数控机床组成的自动生产线。

动力类的机械工程发展始于蒸汽发动机(包括蒸汽机和蒸汽轮机)。蒸汽发动机为舰船、机车和纺织机等各种机械提供动力,从而使人类历史进入了工业社会。内燃机在 20 世纪 20 年代初发展起来,并很快成为大功率的动力装置,成为船舶、飞机、坦克、重型汽车、建筑机械和筑路机械等主要的动力源。燃气轮机和喷气发动机的特点是推力大,是军用飞机最普通的动力装置。蒸汽机已经完成了它们的使命,其他各种发动机在发展过程中按各自的特点,在有关的领域内成为重要的动力装置,在核动力和氢燃料成为主要能源前,这种局面将继续维持下去。

随着科学技术的发展,机械系统变得越来越复杂,对动力或动作控制的精确度和自动化程度要求也越来越高,因此,机械工程越来越紧密地和电子技术,尤其是计算机技术联系在一起。尽管控制理论和计算机技术早期主要运用于数控机床,但现在整个机械工程领域中都越来越多地使用计算机控制理论,而且这个趋势

还会不断地、进一步地快速发展。

电子学的发展才经历了 100 多年。1831 年法拉第发现了电磁感应现象;1864 年麦克斯韦提出了电磁场理论;1888 年赫兹用实验证实了麦克斯韦的预言;1897 年汤姆逊发现了电子。在物理学这些伟大的成就和 19 世纪电工技术相结合基础上,1895 年成功地进行了无线电波传递的试验,我们一般就把这一年作为电子学诞生的年代。

电子学开始只是研究自由电子在真空、空气、液体和固体中的运动规律,取得了许多成果。1906 年三极管的发明是电子学发展史上一个重要里程碑,它使人们掌握了电信号放大的原理。1923 年出现的光电摄像管是电子技术史上另一个关键发明,它使得人们能够对图像进行扫描,并把图像的像素转换成相应的电流。这两种器件很快在通讯(电报、电话、广播)、电视和雷达等领域得到了广泛应用。电子器件本身经历了电子管、晶体管、集成电路的发展过程,从模拟电路到数字电路再到微波电路不断地改进,电路理论也随之不断地发展。在集成电路发展的同时,电子设备另一个引人注目的变化是数字化。将信息数字化有很多优点,如精度高、抗干扰能力强等。此外,数字化电路易于集成也是促使电子设备数字化的原因。

电子技术完全是属于 20 世纪的。迄今为止,电子技术一直被用来提高机械系统的性能,但重点仍放在机械系统上,从来没有实现机械和电子一体化的主导计划。过去,机械和电子一体化是通过相互没有直接联系的“块和块”之间的结合来完成的。最近由于电子学和用它来简化机械结构方面引人注目的进展,技术界和学术界开始重新评价机械和电子这两种原理的有机结合。

人类所发明的机械和动力装置,在很大程度上使人的体能得到了延伸;由电子技术的发展带来的电报、电话、广播、电视和雷达,使人感官的功能得到了延伸;电子计算机的出现,则使人脑的功能得以延伸,所以也有人将计算机称为“电脑”。

人类某些机械性的智力活动是由反应、计算、判断和记忆这四种基本功能组成的。在电子计算机中,各种门电路以及由门电路构成的运算电路、逻辑电路以及存储电路,可以将上述四种智能物化,并通过复杂而巧妙的方式组合起来。由于这些电路的反应、计算、判断的速度都比人要快得多,而存储器的存取速度很快、存储容量非常大,所以计算机实际上实现了对人类智能的某种放大。

1944 年 8 月到 1945 年 6 月,在冯·诺伊曼的参与下,制定了一个“离散变量自动电子计算机”(electronic discrete variable automatic computer)方案。它由计算器 CA、逻辑控制装置 CC、存储器 M、输入 I 和输出 O 五个部分组成,这个被称为 EDVAC 的方案是目前所有计算机设计的基础,按这个方案制成的计算机通称为冯·诺伊曼机。

计算机由硬件和软件两大部分组成,所谓硬件指的是构成计算机的各种电路

及其他一些物理器件,而软件指的是能够完成各种智能活动的程序。

如果以硬件划分,计算机的发展大致经历了以下四个时期:第一代(1946~1957)计算机以电子管作为逻辑单元,其主存容量为 1KB(存取时间 500 μ s)、计算速度每秒几千次;第二代(1958~1964)以晶体管电路作为逻辑单元,主存 100K,速度提高到几十万次,并且采用了体系结构,为向第三代计算机过渡作好了准备;第三代(1965~1973)的计算机硬件使用了集成电路,主存为几百 KB,运算速度达每秒千万次,体系结构最重要的特点是系列兼容;第四代(1974~1990)与第三代没有明显的区别,硬件使用了大规模集成电路,它最突出的特点是向运算巨型化和体积微型化发展。

巨型机的运算速度快、体积小,如 Gray-1 巨型机的最高运算速度为每秒 2.5 亿次,而这台当时世界上最大的计算机占地仅 7 平方米。计算机发展史上最重大的事件就是 20 世纪 70 年代微型计算机的诞生和发展。

随着计算机硬件技术的飞速发展,人们对计算机软件的要求也相应越来越高。最初编制程序使用的是机器指令,因此程序很难阅读和交流。计算机软件发展的一个突破是出现了符号语言和汇编程序,符号语言增加了程序的可读性,而汇编程序能够把用符号语言所编写的程序自动转换成机器能识别的代码。但符号语言只是一种低级语言,它是与具体的机器联系在一起的,为了程序能在不同的机器上应用和交流,又出现了高级语言。高级语言的使用扩大了计算机应用的范围,简化了程序设计的复杂度,开始出现了大型的计算机程序。

由于大型程序规模太大,复杂性不断增加,其带来的错误越来越多,错误性质也越来越严重,最终导致出现了软件危机。人们对软件危机的反省对计算机技术产生了深刻的影响。首先改变了程序设计思想,以往的设计是软件支持硬件,而现在则要求硬件支持软件;其次,对软件的复杂性有了认识,提出了软件工程的概念。

展望计算机的发展,在硬件方面,正如阿姆达尔(G. M. Amdahl)1982 年预言的那样,硅的时代就要过去,计算机器件将有新的突破;在软件方面,软件的作用将越来越重要,计算机更新换代的标志不再是硬件方面,而是软件方面的变化。它将具备处理自然语言的能力,具备学习和归纳能力,用户只需说明要程序做什么,而不必规定怎样做,微机将走上以软件为主的发展道路。

现在对机械电子系统的看法是:除了“块与块”之间的动力(肌肉)联系之外,还有信息(神经)之间的相互联系,并由具有数值运算和逻辑推理能力的计算机来对机械电子系统的所有信息进行智能处理。

我们能够从汽车工业的发展过程中观察到机械和电子一体化改革最明显的趋势。在很长一段时间内,汽车是一项机械方面的奇迹,它只有少量的电子附件。最初是启动电机,后来是发电机,每种附件都使原先产品的性能比过去提高一点。随

着半导体和微电子学的出现,今天的汽车由微处理器控制,机器人制造,并可通过计算机进行故障分析,从而使机械奇迹变成了机械电子奇迹。

在当今的世界市场中,产品制造和销售的成功,越来越多地取决于将电子技术和计算机技术与产品及其生产过程相结合的能力。当前许多产品(如汽车、机器人、家用电器)的性能及其制造都依靠工业领域内技术开发的能力,并且在设计初期就要考虑产品的性能及工艺过程。其结果是,与先前的制造系统相比,现在的系统更经济、简单、可靠,且在操作方面具有更大的灵活性。在激烈竞争的形势下,以往机械工程和电子工程的划分逐渐被两者的交叉学科——机械电子工程所代替。

机械电子工程的本质是:机械与电子技术的规划应用和有效的结合,以构成一个最优的产品或系统。

在激烈竞争的环境中,只有将电子学和机械工程有效结合生产出来的产品才更有可能取胜。一般说来,在这种结合过程中,一个易犯的错误是:电子学在工业中的应用受到遏制。在许多产品的革新中,人们总是先从机械部分(硬件)着手,但实际上最好的方法应该是在设计初期用电子学、控制工程和计算机等技术进行设计。这种打破传统束缚的机械和电子工程结合的核心就在于采用机械电子工程的方法进行设计。

如图 1-1 和图 1-2 所示,工程设计和产品开发是包括许多技术和学科在内的相互作用的复杂过程。机械电子工程并不是一门有严格界线并且独立的工程学

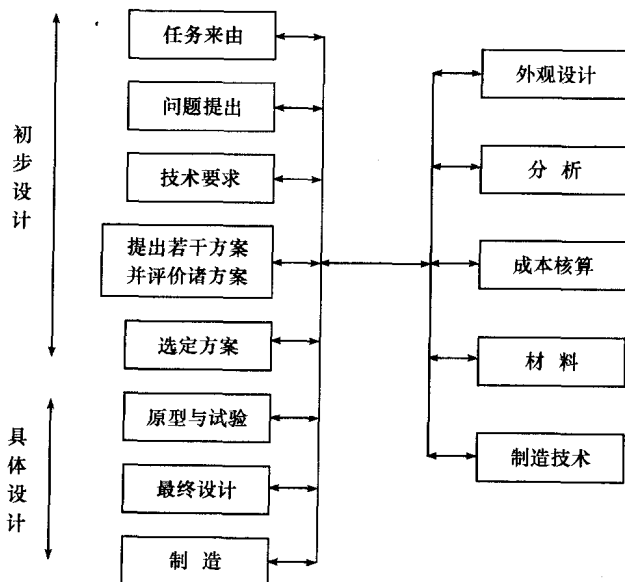


图 1-1 工程设计过程

科,而是在设计过程中一个综合的思想。在完成这种综合的过程中,机械电子工程把它的核心部分(机械工程、电子工程、计算机技术)与许多种不同的领域,如制造技术、管理技术和生产加工实践等结合在一起,图 1-3 所示为机械和电子工程有机结合的示意图。

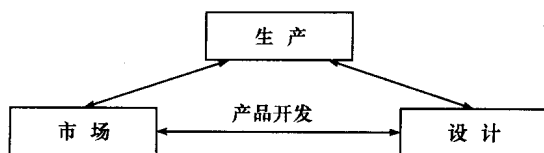


图 1-2 产品开发过程

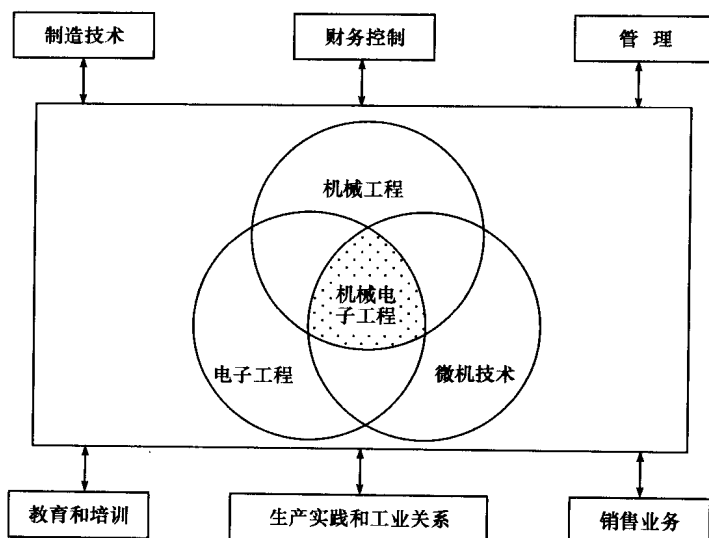


图 1-3 机械电子工程的组成部分

机械电子方法在工程设计应用中的基础是信息处理和控制。有些人可能对“机械电子学”产生反感,认为它“仅仅是控制工程的改头换面”,这种观点没有认识到采用和结合电子技术与计算机技术对机械系统设计方法产生的直接影响。事实上,用机械电子工程的设计方法设计出来的机械系统比全部采用机械装置的方法更简单,所包含的元件和运动部件更少。例如,在以机械电子方法设计的一台缝纫机内,利用一块单片集成电路控制针脚花样,可以代替老式缝纫机约 350 个部件。由于将复杂的功能(如机械系统的精确定位)转化为由电子来实现,因此带来了很方便。

成功的机械电子工程设计方法,应在理论设计阶段初期就建立机械电子的设

计思想,这样在具体设计阶段,就有较多方案可供选择。

在机械电子工程的一些早期应用中,机械电子系统显得有些笨拙,性能也较差,且缺乏适应能力,但在数控机床(CNC)和大规模自动加工过程(如化工厂和轧钢厂)中还是很成功的。遗憾的是,大多数机械电子系统的设计并没有因为电控系统的加入而显著改变。事实上,正是由于许多设计者认为控制系统带有神秘和令人怀疑的色彩,因而限制了他们(尤其是机械工程师)在机械系统中应用电子技术的能力。

1.2 机械电子工程在制造业中的应用

要使制造业能快速适应市场,要求生产的产品品种多、转产快,就需要有与之相适应的制造系统。手工制造和大规模生产线加工系统都不能满足这种要求。对于手工制造来说,尽管其适应力强,但生产效率低下。而大规模流水线作业则缺乏灵活性,且转产周期很长。

在制造业的广大领域内,采用机械电子方法设计的主要优点是:制造系统的结构易于改变,且产品的质量可以顺利地上档次。近年来,英、美等国的基础制造业由于缺乏应变能力而受到了严重的影响,尤其是机床、注塑机、制鞋机、纺织机等产品,在与日本同行竞争中处于劣势,即使政府给予大力扶持,进口还是呈增加的趋势。

产品或系统的功能缺陷是导致这种失败的主要原因。如英国生产的产品很耐用,但与国外产品相比,缺乏基于传感技术和先进工艺水平上的控制系统,所以生产的产品在转产和产品质量保证等方面缺乏应变能力。

与此相对,我们可以看看日本是如何将产品的设计、制造、采购和销售有机地组织起来,进行产品和制造系统的设计的。日本人认为产品革新的未来属于那些能将电子系统和机械系统有机地结合起来的人,并已经在这些方面卓有成效。日本的公司充分考虑市场需求,将机械电子方法用于高速纺织机械、计量和检测系统以及诸如集成电路自动检测等具有特殊用途的机械的设计中,并开创了新的局面。在许多情况下,打开新局面的主要因素是:电子技术(通常是以在系统中嵌入微处理器的形式)与机械系统的有机结合。

增加加工过程灵活性的要求,导致了柔性制造系统(FMS)的产生和发展。柔性制造系统包括许多单元,如数控机床、机器人和无人小车等,用这些单元的組合可以成批加工产品。系统中各个单元之间的信息传递是由局域网络(LAN)实现的。在生产环境内部,这些相互联系的部分都是作为自动化系统的独立单元使用的。

由于自动化水平的提高,信息交换量也随之增加,所以在建立整个加工过程信息交换模型时,使用了制造自动化通讯协议(MAP)、技术管理通讯协议(TOP)和开放系统互联标准(OSI)等标准。如图1-4所示,这也对运动系统(如车辆工具)的设计产生了重要的影响。例如,汽车中采用模块化电子控制器来选择不同的系统(如半主动悬挂系统和防锁制动系统)。重要的是,要让模块与数据总线之间有接口,以便进行通讯。特别在每个传感器用于不同目的(如各轮子的转速)的情况下尤其如此。车辆中这种复杂技术的广泛使用推动了被控区域网络(CAN)技术的发展。被控区域网络技术是一系列标准,每个子系统都必须遵守它。

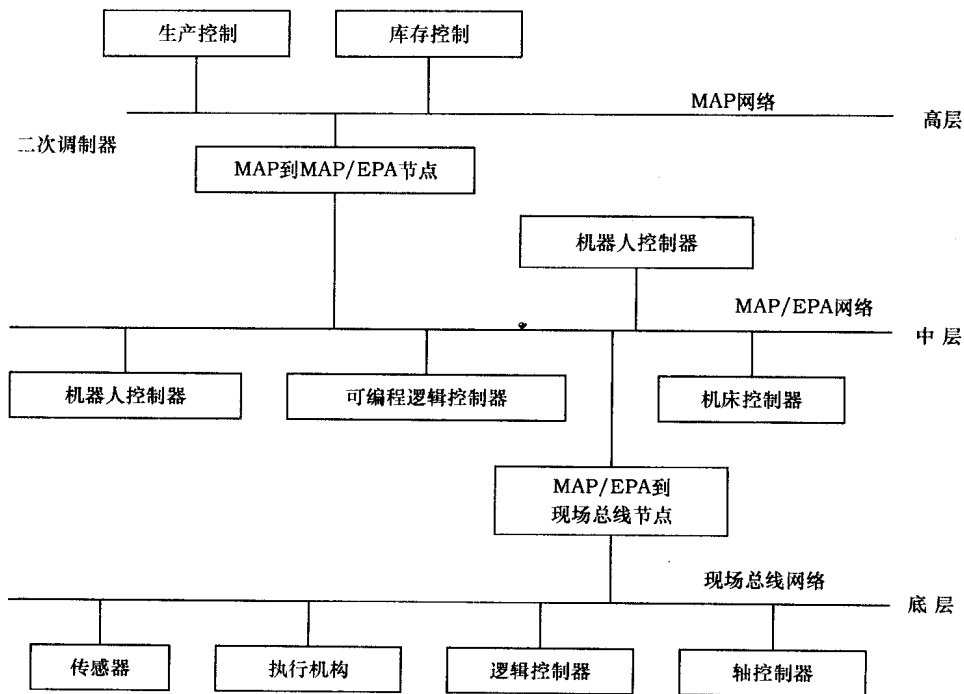


图 1-4 用于生产控制的分层通讯系统

多年来,机械工程、电气工程和电子工程早已相互结合。特别是对于石化工业中的“湿”加工,这种结合格外重要。许多世界著名的石油化学公司所采用的高水平控制技术,就是这种结合的典范。就化工厂本身而言,可以看作是一个机械电子系统,微处理机和相关信息处理技术的使用,对分布式控制和局部决策能力都起了重要的作用。分布式系统的使用,也使工厂的优化、基于故障诊断的维护 and 数据处理方面都发生了巨大的变化。

在加工业中,基于可编程控制器的廉价微处理机多年前就已作为许多工厂的

基本控制单元。目前传感技术方面也有了长足的发展,为了满足高精度的自校正、监控、检测技术要求,大规模集成电路(VLSI)技术也被广泛使用。

采用机械电子方法设计产品,其功能发生的变化如表 1-1 所示。

表 1-1 过程控制和制造系统设计中传统方法与机械电子方法的比较

	传统方法	机械电子方法
化工过程	· 计算机集中控制 · 全部仪表和传感器用导线连接到中心控制计算机 · 过程的各部分缺乏灵活性 · 出于安全考虑大量采用电-气动元件	· 具有局部决策能力的分布式处理 · 采用局部控制回路减少电缆连接 · 既可全过程优化,也可分段优化 · 大规模集成电路的使用降低了功耗系统本身的安全性得到改善,从而可以使用电控手段
充瓶过程	· 程序控制为主 · 整个过程用继电器控制 · 产品规格型号很难变更,更换传送带、导槽需大量手工操作 · 广泛使用由行程开关控制的电-气动装置和双位气缸 · 在过程结束后或接近结束时进行质量检验工作	· 采用可变速比例控制 · 采用带微处理器的 PLC 分布式控制可实现一定的智能化 · 传动装置广泛采用位置反馈和无级变速,增加了柔性,减少停工改装时间 · 采用位置反馈和可调速大功率的电力驱动,也用一些电-气动装置 · 过程中自动检查质量
机械制造系统	· 专用数控机床控制器 · 基本上是独立工作方式 · 人工完成质量检验和质量保证 · 手工装卸工件和刀具 · 设备损坏后才进行修理	· 网络化的数控机床控制器,能够遥控 · 构成柔性制造系统 · 加工过程中自动进行质量检验、数据采集和报告 · 由机械手自动装卸工件和变换刀具 · 在线诊断和工作状态监测,能预测故障

1.3 机械电子工程在产品中的应用

从目前情况来看,有以下两类产品:

- 1) 将现有产品进行机械电子改造以提高其性能;
- 2) 用机械电子方法设计开发全新的产品。

针对第一种情况,列举如下:

自动发动机和传动装置:发动机和动力控制系统可以减少排放物、提高燃料效率、防止在低速状态下注入过多的燃料而引起驱动装置误动作,并且具有反锁制动和换挡等特点。

照相机:增加自动调焦、调光圈和快门系统,因此,拍照时只需找到被摄物体的位置而不需要掌握任何专门摄影技术。