

# 机电一体化

实 用 技 术

徐志毅 主编

上海科学技术文献出版社

# 机电一体化实用技术

徐志毅 主编

上海科学技术文献出版社

(沪)新登字 301 号

**机电一体化实用技术**

徐志毅 主编

\*

上海科学技术文献出版社出版发行

(上海市武康路 2 号 邮政编码 200031)

岳王印刷厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印张 20.75 字数 572,000

1995 年 4 月第 1 版 1995 年 4 月第 1 次印刷

印数:1—5,000

ISBN 7-5439-0697-X/T · 385

定 价: 35.00 元(精)  
28.80 元(平)

## 内 容 提 要

电子技术、信息技术和计算机技术的日益发展及其向机械工业的渗透、结合,产生了全新的机电一体化技术。本书从实用的角度介绍了机电一体化的总体概念,组成部分及其原理、元器件、设计思路,并举出许多应用实例。全书的各部分,既有各有关技术概述,又有具体的设计公式、应用电路以至调试方法。

全书包括:机电一体化概论、机电一体化产品的机械系统、信息检测、传递,各种现代的工业控制技术,自动化的驱动技术以及 14 个应用实例。

本书可供管理人员、工程技术人员和大中专师生以及对机电一体化技术感兴趣的读者阅读。

## 前 言

机械工业是国民经济的装备部门。因此,国民经济生产技术的进步与所采用机电装备的性能、质量、效率密切相关。

机械工业的重要发展方向是和电子技术、信息技术、计算机技术相结合,也就是通常所称的机电一体化,从而使传统机械产品的功能发生质的变化,成为智能化机械产品。机械工业应用机电一体化技术一方面改造传统产品,加强自身设计、制造、检测和管理等方面的计算机应用;另一方面大力开发机电一体化的新产品,同时研制和提供数字控制系统、可编程序控制器系统、电力电子系统与之配套。近年来,机床行业、冷冻空调行业、印刷机械行业、轻工机械行业、重型矿山行业等在机电一体化技术应用方面都取得了不少成果,对加速机电工业产品结构调整起到了重要作用。应用了机电一体化技术,使机械产品功能增强、性能提高、降耗节能、结构优化,并使传统的机械超越操作机械和动力机械的范畴,进入智能化领域。

本书于1993年初由许多长期在机电一体化应用领域工作的学者和专业科技人员共同编写,汇集了在此之前机械行业应用机电一体化技术的主要内容。编者想以较短的篇幅和较易理解的文字介绍机电一体化的实用技术,阐明这些技术的原理、特点、元器件、国内外发展状况、设计调试思路和应用实例;并希望通过本书加强交流以及推进机电一体化技术广泛应用,从而促进机械工业向更高层次发展。

本书主要内容分六章,第一章阐述了机电一体化的基本概念和机电一体化技术的发展情况及趋势;第二章通过伺服系统的分析来阐明机电一体化产品机械系统的总体设计思路;第三章重点讨论了控制系统,即单片机控制系统、可编程序控制器系统、数字控制系统、STD工业控制总线系统、CAD/CAM技术、多机系统、接口技术和显示技术;第四章分析了检测系统,介绍了各种传感器原理和应用;第五章的驱动系统,叙述了电力电子器件、交直流电动机调速系统、步进电动机及控制、电液及电气伺服系统;第六章重点介绍了14个比较典型的应用实例。

本书可供管理人员、工程技术人员、大中专学生和对机电一体化感兴趣的读者阅读和参考。本书可以使管理人员在机电一体化产品的研制和开发管理中有一个较系统的依据,工程技术人员在实际工作中可以将本书作为深入研究机电一体化技术应用的综合性技术索引,大中专学生则可以把它作为一本实用的技术参考读物。

由于机电一体化技术及其应用内涵丰富、发展迅速,本书仅收集属于机械行业有关的主要内容和部分典型产品,读者可在阅读本书基础上结合本身工作,收集最新技术资料,做到既掌握整体内容,又掌握最新成果。

参加本书编写的有70位专家和学者,由夏毓灼、范懋基、芮均如任顾问,由徐志毅任主编,茅祖相、林淦秋任副主编,姜根林、童天雄、侯松涛、唐金森、韩国璋、余鹿延、黄学汀、徐兴康、顾之骥、庄道瑛、朱念任编委。

本书第一章由仲葆文编写;第二章由龚振邦编写;第三章第一节由沈启珍、胡纲衡编写,第二节由姚文编写,第三节由姜继明、黄建康、邬国卿、高上品、蔡立、陈耀敏、程滋源等编写,第四节由朱悦、戴巧明编写,第五节由张侯国编写,第六节由顾鸿飞、李曼红编写,第七节由李红、陈建、朱念编写;第四章由钟根荣编写;第五章第一节由陈泽声编写,第二节由金锡华、施菊明、许耀敏编写,第三节由许伟华、周肇敬、许耀敏编写,第四节由林建华编写,第五节由钟录国、邴云龙编写;第六章第一节由徐志毅编写,第二节由邓德星编写,第三节由王华伟编写,第四节由陈永强编写,第五节由翁悦根编写,第六节由戎惠汉编写,第七节由李同、沈龙德编写,第八节由张耐春编写,第九节由李兆先编写,第十节由张然忠、韩成纪编写,第十一节由张子伟、顾国荣编写,第十二节由高庭荪、李林龙编写,第十三节由徐兴康、童梁、黄佩玉、朱庆骥、汤为平、朱浩翔、张敏编写,第十四节由张友根编写。

全书由茅祖相、林淦秋统稿和审校,由林淦秋、庄道瑛编辑加工,张敏、邴云龙、王静三、程滋源、金巩成、华人杰、沈文龙、洪鑫新、程丽娜等同志参加了本书组织、组稿和校对工作。

本书作者众多,内容丰富,但因篇幅有限,对作者原稿作了较大幅度删节和压缩,并将相近内容进行了组合和编辑,特此说明。

本书在编辑出版中得到了《电世界》杂志社大力支持。

本书内容如有错漏、不足之处,敬请读者批评指出。

编 者

1994年12月

# 目 录

## 前 言

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| <b>第一章 机电一体化概论</b> .....                | 1  |
| <b>第一节 机电一体化基础</b> .....                | 1  |
| 一、机电一体化的基本概念 .....                      | 1  |
| 二、发展机电一体化的意义 .....                      | 2  |
| 三、机电一体化产品的优先发展领域 .....                  | 3  |
| 四、国外机电一体化技术的发展 .....                    | 6  |
| <b>第二节 机电一体化产品的主体结构 with 主要技术</b> ..... | 9  |
| 一、机电一体化产品的主体结构 .....                    | 9  |
| 二、机电一体化产品的技术支柱 .....                    | 13 |
| <b>第三节 机电一体化产品的研制</b> .....             | 17 |
| 一、机电一体化产品的设计思想 .....                    | 17 |
| 二、机电一体化产品的研制工具 .....                    | 18 |
| <b>第二章 机电一体化产品的机械系统</b> .....           | 21 |
| <b>第一节 机械系统和机电一体化</b> .....             | 21 |
| 一、传统机械产品中机械的机电一体化改造 .....               | 21 |
| 二、典型机电一体化产品的机械系统 .....                  | 22 |
| <b>第二节 机械结构因素对伺服系统性能的影响</b> .....       | 27 |
| 一、摩擦对伺服性能的影响 .....                      | 27 |
| 二、传动间隙——齿隙的影响 .....                     | 32 |
| 三、结构弹性变形的影响 .....                       | 37 |
| 四、惯量的影响 .....                           | 41 |
| <b>第三节 伺服电动机与机械负载的匹配</b> .....          | 41 |
| 一、电动机与总传动比的选择 .....                     | 41 |
| 二、级数和各级传动比的选择 .....                     | 51 |
| <b>第三章 机电一体化产品的控制系统</b> .....           | 56 |
| <b>第一节 单片机控制</b> .....                  | 56 |
| 一、概述 .....                              | 56 |
| 二、典型单片机的应用特点 .....                      | 58 |
| 三、单片机的最小应用系统 .....                      | 60 |
| 四、单片机系统的扩展 .....                        | 61 |
| 五、单片机的操作和显示——人机对话 .....                 | 64 |
| 六、检测和控制通道 .....                         | 70 |
| 七、应用实例——磨床单片机控制系统 .....                 | 74 |
| <b>第二节 可编程序控制器</b> .....                | 78 |
| 一、PLC 的发展和特点 .....                      | 78 |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 二、PLC 系统的简介 .....                       | 80         |
| 三、PLC 的接口模块 .....                       | 83         |
| 四、PLC 的软件结构 .....                       | 85         |
| 五、PLC 的通信与联网 .....                      | 87         |
| 六、PLC 的选用 .....                         | 89         |
| <b>第三节 数控系统 .....</b>                   | <b>96</b>  |
| 一、数控系统概述 .....                          | 96         |
| 二、数控机床 .....                            | 98         |
| 三、数控系统实例(FANUC-BESK 7CM CNC 系统) .....   | 112        |
| <b>第四节 STD 工业控制总线 .....</b>             | <b>121</b> |
| 一、STD 工业控制总线简介 .....                    | 121        |
| 二、STD 总线模板产品 .....                      | 124        |
| 三、STD 总线系统产品 .....                      | 126        |
| 四、STD 总线系统应用实例(锻压机械在线监测与微机实时控制系统) ..... | 132        |
| <b>第五节 CAD/CAM 技术 .....</b>             | <b>135</b> |
| 一、CAD/CAM 技术概述 .....                    | 135        |
| 二、CAD/CAM 关键技术 .....                    | 138        |
| 三、CAD/CAM 软件工程技术 .....                  | 143        |
| 四、CAD/CAM 开发实施方案的编制 .....               | 144        |
| <b>第六节 多机控制 .....</b>                   | <b>146</b> |
| 一、多机控制概述 .....                          | 146        |
| 二、多机控制的应用范围和特点 .....                    | 148        |
| 三、多机控制的结构和功能 .....                      | 150        |
| 四、选型原则 .....                            | 152        |
| 五、多机控制的调试 .....                         | 154        |
| 六、应用实例(立体仓库控制系统) .....                  | 156        |
| <b>第七节 接口技术和显示技术 .....</b>              | <b>163</b> |
| 一、接口技术 .....                            | 163        |
| 二、显示技术 .....                            | 172        |
| <b>第四章 机电一体化产品的检测系统 .....</b>           | <b>181</b> |
| <b>第一节 非电量检测与传感器 .....</b>              | <b>181</b> |
| 一、非电量检测 .....                           | 181        |
| 二、传感器简介 .....                           | 182        |
| <b>第二节 传感器的应用 .....</b>                 | <b>184</b> |
| 一、位移传感器 .....                           | 184        |
| 二、角度(角速度)传感器 .....                      | 193        |
| 三、光电跟踪传感器 .....                         | 196        |
| 四、压力传感器 .....                           | 198        |
| 五、流量传感器 .....                           | 200        |
| 六、温度传感器 .....                           | 203        |



|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| <b>第五章 机电一体化产品的驱动系统</b>            | 208 |
| <b>第一节 电力电子技术</b>                  | 208 |
| 一、电力电子器件                           | 208 |
| 二、国内外产品的互换                         | 216 |
| <b>第二节 直流电动机调速</b>                 | 218 |
| 一、直流调速原理及直流调速装置的构成                 | 218 |
| 二、直流调速装置                           | 220 |
| 三、直流调速系统设计                         | 223 |
| 四、直流调速系统的调试                        | 225 |
| 五、晶体管脉宽(PWM)直流调速系统                 | 225 |
| <b>第三节 交流电动机调速</b>                 | 234 |
| 一、交流调速原理及交流调速电路的构成                 | 234 |
| 二、SPWM 变频调速                        | 238 |
| 三、SPWM 变频调速装置的效益和市场                | 241 |
| <b>第四节 步进电动机及控制</b>                | 242 |
| 一、步进电动机的基本构造与工作原理                  | 242 |
| 二、步进电动机控制系统及功率驱动电源                 | 244 |
| 三、步进电动机的选用原则                       | 247 |
| 四、步进电动机在带材生产线纠偏控制中的应用              | 249 |
| <b>第五节 电液伺服控制系统</b>                | 250 |
| 一、电液伺服控制系统概述                       | 250 |
| 二、电液伺服阀                            | 251 |
| 三、电液伺服系统的调试                        | 259 |
| 四、电液伺服系统常见故障分析                     | 261 |
| 五、电液伺服系统的维护                        | 263 |
| 六、电液比例控制技术                         | 263 |
| 七、电气比例技术                           | 268 |
| <b>第六章 机电一体化产品及系统实例</b>            | 273 |
| <b>第一节 交联聚乙烯绝缘电力电缆生产线的自控系统</b>     | 273 |
| 一、三相整流子电动机自动稳速控制                   | 273 |
| 二、温度自动控制                           | 273 |
| 三、上下牵引电动机同步传动调节系统                  | 276 |
| <b>第二节 KC 型窗式空调器</b>               | 277 |
| 一、控制系统特点                           | 277 |
| 二、主要性能指标                           | 277 |
| 三、控制模式及功能                          | 278 |
| 四、系统组成                             | 279 |
| <b>第三节 微处理机在电除尘器高压硅整流器设备控制中的应用</b> | 281 |
| 一、概述                               | 281 |
| 二、设备的工作原理                          | 282 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第四节 中型 PLC 在制氧机电控装置中的应用</b>       | 282 |
| 一、制氧机电控装置控制要求                        | 282 |
| 二、配置                                 | 284 |
| 三、系统功能                               | 285 |
| 四、程序编制方法                             | 285 |
| <b>第五节 CNC-4A 数控气割机</b>              | 288 |
| 一、气割和气割机                             | 288 |
| 二、数控气割机                              | 288 |
| 三、CNC-4A 数控气割机                       | 288 |
| 四、控制器的结构和原理                          | 289 |
| 五、控制器的接口及软件                          | 289 |
| 六、CNC-4A 数控气割机控制器的主要功能               | 291 |
| 七、CNC-4A 数控气割机的机架设计                  | 291 |
| 八、CNC-4A 数控气割机的传动设计                  | 291 |
| 九、CNC-6000 数控气割机                     | 291 |
| <b>第六节 导轨磨床的数控化</b>                  | 293 |
| 一、数控导轨磨床的基本概念                        | 293 |
| 二、控制系统分析                             | 294 |
| <b>第七节 压敏胶生产线二级计算机控制系统</b>           | 299 |
| 一、生产过程简介                             | 299 |
| 二、控制系统构成特点                           | 299 |
| <b>第八节 PLC 在大中型制冷机组上的应用</b>          | 301 |
| 一、系统硬件                               | 301 |
| 二、系统软件                               | 303 |
| 三、PLC 控制的离心式冷水机组主要功能                 | 304 |
| <b>第九节 GJ-2 高频高压电子加速器 PLC 控制器的应用</b> | 305 |
| 一、系统总体设计原则                           | 305 |
| 二、硬件选用                               | 305 |
| 三、程序流程                               | 306 |
| 四、效果                                 | 307 |
| <b>第十节 PLC 在高速钢球自动冷磨机中的应用</b>        | 307 |
| 一、控制原理                               | 308 |
| 二、使用效果                               | 309 |
| <b>第十一节 BPY 系列交流变频调速器及配套电动机</b>      | 310 |
| 一、BPY 系列变频器的主要指标                     | 310 |
| 二、变频器的控制方式                           | 310 |
| <b>第十二节 增强型小型 PLC 及其在冷冻行业的应用</b>     | 311 |
| 一、PC2-20A 的基本组成                      | 311 |
| 二、用于水冷机组的温度控制                        | 311 |
| 三、PC2-20A 用于印刷厂打样机钢板床湿度控制            | 312 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| <b>第十三节 分布式能源监测系统</b> .....          | 313 |
| 一、分布式能源监测系统的总体结构 .....               | 314 |
| 二、分布式能源监测系统的软件 .....                 | 315 |
| <b>第十四节 注塑机的机电一体化</b> .....          | 316 |
| 一、注塑机采用 PLC 控制的两种型式 .....            | 316 |
| 二、专用 PLC 控制的 SZ-2500/5000 型注塑机 ..... | 317 |

# 第一章 机电一体化概论

## 第一节 机电一体化基础

### 一、机电一体化的基本概念

#### 1. 什么是机电一体化

当今世界微电子技术迅速发展,微处理器、微型计算机在各个技术领域得到了广泛应用,对各个领域技术的发展起到了极大推动作用。在机械技术领域,由于微电子技术广泛应用,不仅使各种机械设备和产品以崭新的面貌出现,而且涌现了一批单纯靠机械技术或电子技术都难以实现的功能优良的新产品。在这种形势下,首先在日本出现了“机电一体化”这一名词。近年来,在我国也大量地出现这一名词。这个特定的名词——“机电一体化”,就是机械技术与微电子技术有机结合的结果。

机电一体化的英文拼法为 MECHATRONICS,这个术语的形成,是根据英文单词 MECHANICS(机械学)或 MECHANISM(机构或机械装置)的前半部分和 ELECTRONICS(电子学)的后半部分构成;在日文中用片假名メカトロニクス表示,或用日文汉字“机电一体化”表示。“机电一体化”这个日文汉字词比较确切地表达了一个新的概念,而且与我们中文“机电一体化”的意义是一致的,因此被我国的科技界直接引用并流传开来。

目前,尽管人们对“机电一体化”存在着各种不同的认识,再加上“机电一体化”本身的涵义还在随着生产和科学技术的发展不断被赋予新的内容,因此对“机电一体化”尚无统一的定义;但其基本概念和涵义是一致的,即从系统的观点出发,将机械技术、微电子技术、信息技术等在系统工程的基础上有机地加以结合而建立起来的一门新的科学技术。“机电一体化”并非是机械技术与电子技术的简单叠加,而是一种全新的技术发展趋势。

“机电一体化”应包括以下要点:

(1)机电一体化是科学技术发展的必然趋势 随着微电子技术、传感器技术、精密机械技术、自动控制技术、微机控制技术等新技术的发展和各种新型材料及基础元器件的出现,以机械为主体的各种工业产品和民用产品,已从机械化向自动化和智能化方向发展。机械技术与微电子技术有机结合而产生了机电一体化的理论、技术和产品,可以认为机电一体化是科学技术发展的一种新趋势。正因为如此,国际上一些大公司纷纷把注意力放到发展机电一体化产品上来。如日本横河电机公司把工业机器人和大型医疗设备作为该公司产品开发的主攻方向;日本日立公司把 3C 技术[即计算机(Computer)、通信(Communication)和控制(Control)三大技术]作为该公司的主体技术。

(2)机电一体化是机械技术与其它领域的先进技术特别是微电子技术有机结合的新领域 机械技术与微电子技术有机地结合,互相渗透,可使整个系统最优化,从而产生出一大批功能更强、性能更好的新一代的机械产品和系统,如柔性制造系统(FMS)和自动化工厂(FA)等。

(3)机电一体化有自身的客观规律 早在“机电一体化”这一名词出现之前,从事机械总体设计、控制功能设计和生产加工的技术人员,已为机械技术与电子技术的有机结合做了许多工作,如通信电台的机电自动调谐系统、电传机、轿车自动点火装置、雷达伺服系统等。随着机电一体化技术的发展和机电一体化产品的不断产生,人们已认识到机电一体化有其特有的技术基础、设计理论和研究方法,并具有自身的客观规律。机电一体化产品是一个系统,哪些部分应利用电子技术,哪些部

分应利用机械技术;它们之间如何连成一体应全面考虑,以达到最优化设计目标。因此,在进行产品开发时,要把主机功能、辅机功能和过程控制组成一个相互关联和协调的系统。

## 2. 微电子技术与机电一体化

微电子技术的飞跃发展是新技术革命的重要标志。1947年诞生了第一个晶体管,1959年出现了集成电路[IC(Integrated Circuit)],1970年出现了集成电路组成的计算机(IBM/370)。整个70年代微电子技术获得了惊人的发展,1971年Intel公司制造出第一台微处理器(Intel 4040),1972年就推出了八位微处理器(Intel 8008)以及相应的MCS-8微型计算机系统,从而进入了微型计算机时代。这些微机系统均是以PMOS工艺为基础制成的第一代微型计算机。1973年Intel公司又研制出功能更强的八位微处理器(8080)以及相应的MCS-80微机,这些是采用NMOS工艺制成的第二代微型计算机。1978年,Intel公司又首先推出了第三代微型计算机产品——Intel 8086微处理器及相应的MCS-86微型计算机。与此同时,美国、日本等国的一些厂商竞相投产微型计算机,使微机技术获得迅猛发展,微机产量也飞速增长。据统计,全世界1977~1985年的8年间,微处理器的年产量从近1000万个增长到31000万个,增长约30倍;微型计算机的年产量从6万台增长到460万台,增长约75倍,可见增长之快。微型计算机虽然仅有20年的发展史,但已经历了三代更新,目前正处在第四代32位高档微型机并向第五代智能计算机发展的时期。

微型计算机所以能得到这样迅速的发展是与大规模集成电路LSI(Large Scale Integration)技术的迅速发展分不开的。微型计算机每次在技术上的新突破都直接反映了LSI技术所取得的新进展。反映集成电路制造水平的芯片上元件的集成数与芯片能存储二进制数的位数(bit)成正比,故一般用存储位数的大小来表示芯片上元件的集成度和制造水平。从1959年出现的IC,经过MSI(中规模集成电路)、LSI到80年代的VLSI(超大规模集成电路),其集成度从每个芯片约10位到1970年的每芯片1000位,发展到VLSI每芯片 $10^6$ 位以上。同时,它的性能不断提高,而价格却不断下降。

目前,由于微处理器与半导体存储器等电子元件的高度集成、高可靠性、低价格,改变了以往计算机的“大”和“重”的形象。既轻巧又便宜的微型计算机,特别是在一块芯片上集成了微处理器、存储器、输入/输出接口的单片微型计算机,被用作机械系统的一部分,就等于给机械系统增加了“头脑”。正是有了微型计算机,才使机械、电子、信息一体化成为可能。微型计算机用于机械产品,促使机械产品向性能更好、结构更简单、体积更小、重量更轻的方向发展。

各种功能的大规模集成电路芯片和微型机在机械产品中的应用,不仅使一些原有机电产品的性能得到改善和提高,而且涌现出一大批具有全新功能的机电一体化产品。如数控机床,机器人,智能化的量具量仪,微型机和电子控制的铸、锻、冲压、电加工设备,柔性制造系统(FMS),集成制造系统(CIMS),电子缝纫机,全自动照相机,新型医疗设备(如CT机、核磁共振扫描机)等。机电一体化产品的发展也对大规模集成电路的功能提出更高的要求。于是,各种新型功能的集成芯片,如语言处理集成电路、伺服控制专用集成电路、液晶显示专用集成电路、电机控制专用集成电路等应运而生。各种性能更强、集成度更高、价格更低的集成电路,如电可擦可编程只读存储器(EEPROM)、可编程逻辑阵列(PAL)、门阵列(GAL)、高速CMOS芯片、CHMOS等也不断产生。

由上述可见,微电子技术的发展使机械技术与微电子技术融于一体——机电一体化成为可能,而机电一体化发展又促进了机械技术与微电子技术的发展。这种互相融合,互相促进的发展规律使机电一体化具有旺盛的生命力和远大的发展前途。

## 二、发展机电一体化的意义

### 1. 机电一体化是机械工业发展的方向

机械工业至今在国民经济中仍占相当大的比重。机械设备从简单到复杂,精度从粗糙到精密,性能从单一到综合,始终在不断发展。单靠机械本身进一步完善设备必将消耗更大的精力,投入更多的资金,花费更长的时间,是颇为困难的甚至是不可能的。因此,要想使机械设备的性能大幅度提高,就必须另找出路,微电子技术 with 机械技术的有机结合恰好提供了这种可能性。

近年来,随着 LSI/VLSI 技术的发展,计算机在成本、体积、速度、存储容量、外部设备、系统软件以及运行可靠性等各方面都有了很大的进步。与此同时,控制理论也有了重大突破,从频率法发展到时域法,产生了现代控制理论。早在 70 年代初期,人们就已把先进的计算机技术作为工具与控制理论相结合,在空间技术、机械、电力、钢铁、化工、石油等工业生产领域中用计算机来控制生产过程,例如巡回检测、自动记录、统计制表、监视报警等。应用最广泛的是直接数字控制系统,即 DDC 系统(Direct Digital Control)。它是用计算机取代模拟调节器,对几十个乃至几百个回路的生产过程进行比例-积分-微分(PID)控制。在机械领域,自 70 年代以来,也产生过以电子技术、数控(NC)、群控等为中心内容的机械设备改造高潮。但由于当时电子元件的发展还不能满足实际应用的需要,人们对如何用电子技术对机械设备进行改造的认识也只是停留在局部的、较肤浅的水平上,因此当时这些机电结合的萌芽并未发展成势头。随着微电子技术的飞速发展和微型计算机于工业控制领域的广泛应用,机电一体化的机械产品得到了迅速发展,其作用和成就也日益明显。

目前微型计算机应用于机械设备、生产过程和各种产品之中已成为机械工业发展的主流。在许多领域之中原来用机械装置、电器装置和普通电子电路来实现的功能(例如速度控制、精度控制等)已不能适应新的要求,需要与微型计算机相结合,构成新型的机电一体化产品,这样就可在不增加成本的情况下,大大增强原设备的功能和技术指标。而且,这种机电一体化产品的设计工作与原来类型繁多的机械部件和控制电路相比,要方便得多,能大量选用标准化设计。一旦要改变或增删某些功能,只需对计算机控制软件作部分修改即可,不需再对硬件作复杂的改动。特别是在选用单片微型计算机来进行控制的场合,可以将单片计算机直接附加在其他装置或机器内部;这不仅缩小了产品体积,并且比原来用电子电路所需器件的数量显著减少,明显地提高了系统的可靠性。

## 2. 机电一体化产品的特点

(1)控制性能提高 机电一体化产品使用微型计算机作为控制部件,具有记忆、运算和处理信息的功能;它的控制和度量检测灵敏度、精度以及范围都有很大的提高;它还可实施用其他方法较难实现的各种现代控制策略,如自适应控制、非线性控制、前馈控制、去耦控制等。因此,产品的控制性能可以得到很大的提高,可以从单机控制发展到生产系统的全面控制。

(2)操作性能改善 机电一体化普遍采用数字显示,装有如键盘及显示器(CRT)等人机对话装置,操作人员可很方便地了解工作情况和发布操作命令。通过程序控制,设备的按钮和手柄减少了,操作方法还可由 CRT 提示,设备操作很容易,并能减少操作错误。

(3)具有柔性 可通过改变软件配置而无须改变硬件来满足市场需求。

(4)具有适用面广的多种复合功能

(5)能够提高生产的安全性 机电一体化设备具有自动监视、自动诊断的功能,是一种智能化产品。遇到过载、失步、漏油和失电等不正常工作状况时能自动采取对策,防止设备在运转中可能产生的危险,从而提高了生产的安全性,而且维护和检修都很方便。

(6)可靠性提高 大规模集成电路、涂塑导轨等新器件、新结构,使设备的构造大为简单,故障率降低,提高了产品的可靠性。

## 三、机电一体化产品的优先发展领域

### 1. 确定机电一体化产品优先发展领域的原则

开发机电一体化产品必须集中人力、物力、财力,优先发展最有成功把握、最有市场和能取得显著效益的机电一体化产品,并在发展过程中积累经验、积聚资金和培养专业人才。如果急于求成而不顾条件一哄而上,不仅耗费了资金,而且极有可能出现由于基础技术和产品配套情况未能具备充足条件而陷于进退两难的境地。因此,必须确定一个机电一体化产品优先发展的领域。

机电一体化产品的优先发展领域必须同时具备下列条件:

- ①短期或中期对该产品有迫切需要且需要量很大;
  - ②具有显著的经济效益,例如能大大提高原有种类产品质量和性能,能有效地节省原材料和能源,能扩大产品出口,能促进其他产品性能和质量的提高,能显著提高管理水平等;
  - ③已具备(或经过短期努力就能具备)必要的技术基础和物质基础。
- 此外,对于某些具有显著社会效益的领域也应优先予以考虑。

根据上述原则和机械行业实际情况,可以确定 15 类产品为优先发展机电一体化的领域。表 1-1-1 列出了 15 类产品优先发展的领域及其具备优先发展的条件。

表 1-1-1 15 类机电一体化产品优先发展领域及优先发展条件

| 优 先 发 展 条 件 |                   | 机电一体化产品的优先发展顺序 |         |        |          |         |       |         |          |          |        |            |         |           |        |          |
|-------------|-------------------|----------------|---------|--------|----------|---------|-------|---------|----------|----------|--------|------------|---------|-----------|--------|----------|
|             |                   | 1              | 2       | 3      | 4        | 5       | 6     | 7       | 8        | 9        | 10     | 11         | 12      | 13        | 14     | 15       |
|             |                   | 数控机床及工艺设备      | 电子化量具量仪 | 智能仪器仪表 | 电气传动调速装置 | 电子化低压电器 | 工业机器人 | 电子化家用电器 | 电子控制轻工机械 | 电子控制纺织机械 | 电子医疗器械 | 电子控制汽车与内燃机 | 自动化办公设备 | 电子化电端自动装置 | 电子式照相机 | 电子控制印刷机械 |
| 1           | 迫切需要、量大面广         | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
| 2           | 经济效益              | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
|             | 提高产品质量,提高产值       | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
|             | 节能、节材             | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
|             | 扩大出口创汇            | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
|             | 促进其它领域的机电一体化发展    | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
| 3           | 社会效益              | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
|             | 促进其它领域的产品质量提高     | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
| 4           | 显著提高管理水平          | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
| 3           | 物质、技术条件已具备或努力后可具备 | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |
| 4           | 社会效益十分显著          | ✓              | ✓       | ✓      | ✓        | ✓       | ✓     | ✓       | ✓        | ✓        | ✓      | ✓          | ✓       | ✓         | ✓      | ✓        |

2. 优先发展的机电一体化产品

根据我国机电工业发展的实际情况,按照上述 15 类产品目前实际发展的状况和今后发展的紧迫性、可能性和效益来考虑,我们在其中选取部分产品简略地加以介绍,并探讨微电子技术在这些产品中应用的可能性和范围。

(1)数控机床及其它机械制造工艺设备

①数显、数控机床:机床工业是为机器制造业提供基础设备的部门,是机械工业的基础。它的产品质量、生产效率和技术水平的提高,对整个机械工业产品水平的提高有极大的影响。

数显机床应用数显装置直接显示加工情况,可以提高并保证加工精度,降低废品率,提高生产效率。应用数显装置是旧机床改造和新机床提高性能的重要措施。

数控机床是用计算机的指令来控制的一种自动化机床,是典型的机电一体化产品。在工业发达国家,数控机床已成为机床行业的主导产品。1988 年日本机床数控化率已达 70%,原西德为 62%、英国为 56%、美国为 44%,而我国在 1990 年才只有 8%,可见差距甚大。随着电子技术和计算机技

术的发展及其加速向机床产品的渗透,目前数控机床发展的总趋势是朝“精密化、高效化、柔性化、集成化、智能化和模块化”方向发展。同时,根据我国机械工业还在使用大量的旧机床并不可能在短期内更新的现状,采用简易数控装置对旧机床进行技术改造是一项可以大有作为的任务。因此,我国发展数控机床的重点是放在两头,即经济型数控和全功能数控。

②铸造机械:铸造机械采用微电子技术是改变铸造生产的落后面貌,提高铸件质量,节省能源和大幅度提高经济效益的有效途径之一。

在铸造方面采用微电子技术主要的有:数据处理——包括成分检测、熔炼数据和能耗控制等;系统控制——主要用于大型熔化作业的控制,控制内容包括最优配料、多台电炉的功率控制、控制球化和孕育处理,存储球铁浇注情况、铁水成份、型砂质量的监控。还可应用计算机进行铸造工艺设计,铸件检验及尺寸测量等等。

③焊接设备:目前,焊接技术已成为金属加工的主要方法之一。焊接结构越来越复杂,焊接材料越来越多样化,对焊接条件要求更为苛刻。因此,为了保证焊接质量,提高劳动生产率,改善劳动条件和减少对熟练技术工人的依赖,逐步把焊接技术从一种依靠人的技艺变为一种依靠工艺科学的过程,必须研制自动的、适应性强的设备。

在焊接领域中可以采用微电子技术的主要有以下几方面:在焊接设备方面,可用微机控制晶闸管的导通角,并在焊接过程中根据所存储的各种标准焊接规范选择合适的焊接规范进行操作;又可通过以微机控制选取某种合适的电流波形以适应不同焊接工艺的需要。在钨极氩弧焊及等离子焊的微机控制方面,可按照所编好的程序正确、可靠地重复焊接参数,以微机实现多台焊机的群控;计算机控制焊接机器人,可以实施恶劣环境下的焊接或大大提高劳动生产率;微处理器控制的焊接测试仪表等。

④柔性制造设备及柔性制造系统:该类产品是由计算机中心管理系统和输送系统连接起来的一组加工设备(包括数控机床,材料和工具的自动搬运设备,自动测量及试验设备等)。它们不仅能进行自动化生产,而且还能在一定范围内完成不同工件的加工任务。柔性制造系统是机电一体化的典型产品,是比较理想的高效率、高柔性、高精度的加工系统。

(2)电子化量具量仪 量具量仪是机械制造行业中使用最广泛的基本工具。量具量仪应用微电子技术可使量具量仪的面貌发生变革,可以使传统量具变得易操作、读数直观、视觉误差小。例如,数显式卡尺,它以光栅为标尺,数显电路采用大规模集成电路,测量结果直接由液晶显示,十分精巧;又如一种带微处理器、打印机的数显千分尺,在生产过程中每小时抽检一定数量的同类工件,随即可打印出测量结果的最大值、最小值、平均值和 $\sigma$ 值。这对于成批加工产品十分有用,经其抽样检验的产品,可自动打印出全面质量管理所需的各种统计数据,甚至自动画出直方图。还有如三坐标测量机、齿轮量仪、圆度仪、表面粗糙度检查仪等大型精密量仪。此外,原来一些测量线路很复杂的测量装置如感应同步器、光栅、磁栅及数显表,可利用微电子技术进一步简化其硬件电路并增强其功能。

(3)中小型电机驱动控制装置 各种类型的交、直流电动机及其驱动控制装置是大部分机电一体化产品中必须使用的执行部件。它们的性能优劣及技术水平的高低,对整个机电一体化产品的性能有极大的影响。

在50年代之前,电机的驱动控制主要采用电动机-发电机组的调速方法。随着电力电子技术的兴起,特别是晶闸管及大功率晶体管(GTR)发展,电力电子元件所组成的变流器取代了电动机-发电机组,而且发展迅速。在电机控制系统中使用微机,使控制系统不但具有完善的保护监视功能,而且在出现故障时具有自诊断功能,从而提高了装置的可靠性。在交流驱动装置方面,利用微机控制



的各种高性能交流驱动系统,使得以前一些仅在理论上能解释而技术上无法实现的控制方法(如交流电动机的矢量控制方法等)能得以迅速发展。目前,微机控制的全数字直流调速系统和交流调速控制系统的应用正在发展。

在电机及驱动控制系统方面,推荐予以优先发展的产品品种如下:电子式电动机节能器、微机控制晶闸管直流调速装置、异步电机功率因数控制器、调频调压电动机及调速装置、直流伺服驱动装置、PWM 交直流调速装置及专用电机、交流同步伺服电机、无触点起动器及电动机保护装置、交流无换向器电机。

(4)电子低压电器 低压电器是关系到各行各业的电气化、自动化的重要基础器件,是量大面广、品种繁多的通用产品。由于低压电器存在着广阔的国内外市场,经济效益显著,我国又有一定的发展基础,因而应大力开发。电子化低压电器的优先发展产品品种推荐如下:漏电保护开关、电子接近开关、光电开关、电子保护起动器、断路器电子脱扣器、电子式热继电器、电动工具用电子开关、电子式电动机保护装置、计数式电子时间继电器、多功能断路器、无触点开关。

(5)机电一体化的轻工机械 轻工机械是轻工业生产的专用技术设备,微电子技术应用于轻工机械已日趋广泛。如微机控制的造纸机械,具有自动控制纸页含水量,车速,纸浆流量,蒸汽温度、流量和压力等功能;又如饼干生产线、香皂生产线等均采用微机控制。塑料挤出机也普遍使用 PLC(可编程序控制器)进行温度、压力、转速的控制,并可进行 CRT 显示。

轻工机械涉及的面很宽、品种多、专业性强,优先发展的为塑料机械、食品机械、制糖机械、造纸机械、橡胶机械等。

(6)机电一体化的印刷机械 印刷是信息社会一种主要交流手段,印刷需要各类印刷机械、装订机械、包装装潢机械等设备。

在印刷机械中,用计算机和微处理器控制已成为确保印刷质量的重要措施。以卷筒纸胶印机和单张纸胶印机为代表的印刷机械目前正在向高精度、高速度、高质量、多色组、多功能方向发展;采用计算机对张力、墨色、套准、喷粉、输纸、收纸等各个环节进行自动控制,以提高印刷质量,缩短装版印刷周期,从而产生最大的经济效益。

在制版机械方面,目前国际上已发展到第四代激光扫描数字化自动照相排版机,它利用计算机对文字和图象进行编辑、排版处理,并采用激光扫描技术在胶片或照相纸上作高精度曝光记录,文字质量好、输出速度快、幅面不受限制,已成为世界上制版的发展方向。此外,电子分色机、电子雕刻机可以逼真地再现原稿的色彩。

在装订机械方面,发展趋势是按装订工序组成完整的柔性生产线,可以适应不同规格的书籍装订。为适应多品种小印数的装订、切纸的要求,装订机械、切纸机械均应采用计算机来加以控制,并相应提高车速,将辅助时间压缩到最低限度。

目前,我国已成功地开发了当前世界上较为先进的卷筒纸胶印机、单张纸胶印机、骑马装订线以及微机控制的打样机、切纸机等设备。

#### 四、国外机电一体化技术的发展

世界上工业发达的国家,尤其是美国、日本、德国等均把发展微电子技术及其应用放在重要的地位。它们的国民生产总值中的 60% 以上与微电子技术紧密相关。下面将国外机电一体化技术在机械、电器、仪器仪表、调速装置、可编程序控制器等方面的应用和发展作一简单介绍。

##### 1. 机电一体化技术在电机、电器产品中的应用

国外电机、电器等量大面广的电工产品,正在迅速走上电子化的道路。如美国的通用电气公司