



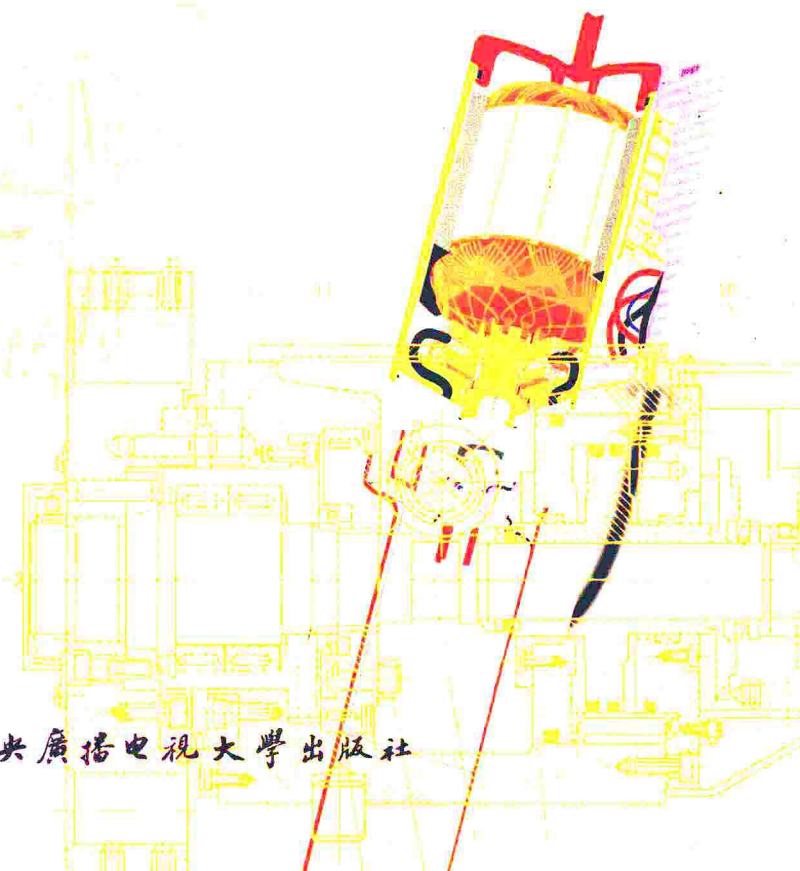
教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

机电一体化系统设计基础

机械设计制造及其自动化专业系列教材

张立勋 主编

中央广播电视大学出版社



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材
机械设计制造及其自动化专业系列教材

机电一体化系统设计基础

张立勋 主编

中央广播电视大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机电一体化系统设计基础/张立勋主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2003.7

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材. 机械设计制造及其自动化专业系列教材

ISBN 7-304-02407-0

I. 机… II. 张… III. 机电一体化—系统设计—电视大学—教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 065175 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

机械设计制造及其自动化专业系列教材

机电一体化系统设计基础

张立勋 主编

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京云浩印刷有限责任公司

开本/787×1092 1/16 印张/18.25 字数/416 千字

版本/2003 年 7 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印数/0001—3000

社址/北京市复兴门内大街 160 号 邮编/100031

电话/66419791 68519502 (本书如有缺页或倒装, 本社负责退换)

网址/http://www.crtvup.com.cn

书号: ISBN 7-304-02407-0/TH·54

定价: 24.00 元

前 言

机电一体化技术,是由微电子技术、计算机技术、伺服传动技术与机械技术相结合的综合性技术,是微电子技术、计算机技术向机械技术不断渗透的产物。机电一体化概念始于20世纪70年代,至今也不过20多年的历史,但是,这一概念一经提出就被社会普遍接受。这门技术的出现对于机电一体化产品的发展起到巨大的推动作用。

本书介绍了机电一体化的基本概念和系统构成,重点介绍了机电一体化系统设计的基本理论和方法,目的是使读者建立起系统化设计的思想方法。围绕系统技术的中心内容,着重介绍了机电一体化系统中的机械技术、计算机技术、传感器技术和伺服传动技术,最后通过五个典型机电一体化产品实例的分析,进一步阐述了机电一体化系统设计思想,以此来加深读者对机电一体化系统基本概念和基本设计方法的理解。

机电一体化技术涉及知识面很宽,是一门新兴边缘学科,它的工程性强,内容更新快。因此本书在选材上力求内容精练,避免不必要的重复,吸收更多的先进技术资料充实本书的内容。本书可作为机电一体化研究方向的本科生的教科书和研究生的参考书,也可作为有关工程技术人员的参考材料。

全书共分七章,第一章、第二章、第四章和第七章由哈尔滨工程大学张立勋教授编写,第三章由中央广播电视大学冼健生副教授编写,第五章和第六章由哈尔滨工业大学张今瑜教授编写,最后由张立勋负责统稿。

哈尔滨工程大学孟庆鑫教授、王立权教授和哈尔滨理工大学杨守成教授对书稿进行了审定,孟庆鑫教授任主审。他们提出了许多宝贵意见。同时,本书在编写过程中,得到了哈尔滨工程大学机械电子工程教研室王岚副教授和路敦民老师的支持和帮助。在此一并向他们表示感谢。

由于作者水平有限,经验不足,加之时间比较仓促,因此书中难免存在许多缺点,热忱希望读者批评指教。

编 者

2003年4月

内容简介

本书是中央广播电视大学机械设计制造及其自动化专业（专科起点本科）必修的专业课教材。本书以机电一体化系统设计为主线，介绍了机电一体化系统中的机械技术、计算机控制技术、传感检测技术和伺服传动技术等相关技术。通过对机电一体化基本要素进行分析与综合，从系统化的角度介绍了各要素之间的相互作用关系，通过五个典型的机电一体化产品实例，进一步阐述了机电一体化技术的系统化设计方法。本书可作为“机电控制及自动化”专业的本科生教材，还可作为机类其他专业学生及有关工程技术人员的学习参考书。

目 录

第一章 概 论	(1)
1.1 机电一体化系统的基本概念.....	(1)
1.1.1 机电一体化的定义	(1)
1.1.2 机电一体化系统的基本结构要素	(2)
1.1.3 机电一体化产品的分类	(3)
1.2 机电一体化系统的相关技术.....	(4)
1.2.1 机电一体化发展的技术基础	(4)
1.2.2 机电一体化相关技术	(4)
1.3 机电一体化系统的技术、经济和社会效益.....	(6)
1.4 机电一体化技术的发展趋势.....	(8)
1.4.1 机电一体化技术现状	(8)
1.4.2 机电一体化发展趋势	(11)
1.5 本章小结	(16)
 第二章 系统设计方法及工程路线	(20)
2.1 现代系统设计的特征	(20)
2.2 系统设计的评价分析方法	(21)
2.2.1 技术经济性分析	(22)
2.2.2 可靠性分析	(23)
2.2.3 系统匹配性分析	(25)
2.2.4 操作性分析	(26)
2.2.5 维修性分析	(26)
2.2.6 安全性分析	(26)
2.3 机电一体化产品设计与工程路线.....	(27)
2.3.1 基本设计和工程路线	(27)

2.3.2	市场调查与预测	(27)
2.3.3	构思比较	(30)
2.3.4	方案评价	(30)
2.3.5	详细设计	(30)
2.3.6	系统设计中的质量控制	(31)
2.3.7	制造工程质量管理	(32)
2.4	典型机电一体化产品开发的工程路线	(32)
2.4.1	工业机器人	(32)
2.4.2	家用电器	(36)
2.5	本章小结	(38)
第三章	机械系统设计	(41)
3.1	机械传动系统概述	(41)
3.1.1	机械传动系统的特点	(41)
3.1.2	机电一体化对机械传动系统的要求	(42)
3.2	机械传动系统的主要特性	(44)
3.2.1	转动惯量	(44)
3.2.2	阻尼	(49)
3.2.3	刚度	(50)
3.2.4	传动精度	(52)
3.3	机械传动装置	(60)
3.3.1	齿轮传动及系统传动比的分配方法	(60)
3.3.2	谐波齿轮减速器	(63)
3.3.3	滚珠丝杠传动	(65)
3.3.4	同步带传动	(72)
3.3.5	滚珠花键	(75)
3.4	导轨	(75)
3.5	本章小结	(81)
第四章	动力驱动及定位	(83)
4.1	驱动装置的特点及技术要求	(83)
4.1.1	驱动装置的特点	(83)
4.1.2	驱动装置的技术要求	(83)
4.2	动力驱动元件	(90)
4.2.1	步进电机	(91)

4.2.2	直流电动机	(98)
4.2.3	交流电动机	(105)
4.2.4	液压与气压伺服元件	(111)
4.3	常用动力驱动元件的特性及选择方法	(113)
4.4	定位机构	(115)
4.4.1	概述	(115)
4.4.2	直接驱动定位	(118)
4.4.3	直线运动直接驱动定位	(119)
4.4.4	刚性传动定位机构	(121)
4.4.5	挠性传动定位机构	(124)
4.5	本章小结	(129)

第五章 计算机技术 (134)

5.1	微型计算机在机电一体化中的地位	(134)
5.2	工业控制计算机分类	(135)
5.2.1	分类	(135)
5.2.2	工业控制机与信息处理机的区别	(139)
5.2.3	开放式体系结构和总线系统	(140)
5.2.4	常用微机总线介绍	(142)
5.3	STD 总线系统	(152)
5.3.1	STD 总线信号描述及规范	(152)
5.3.2	STD 总线工作模式	(156)
5.4	STD 总线的 I/O 子系统	(158)
5.4.1	概述	(158)
5.4.2	开关量输入/输出模块	(159)
5.4.3	A/D、D/A 及模拟信号处理	(163)
5.4.4	运动控制接口	(170)
5.5	控制系统的选用	(171)
5.5.1	单板和单片微机控制系统	(171)
5.5.2	普通 PC 机组成的控制系统	(172)
5.5.3	STD 总线微机控制系统	(172)
5.5.4	工业 PC 机	(173)
5.5.5	可编程序控制器	(173)
5.5.6	几种控制装置的性能比较	(174)
5.6	本章小结	(179)

第六章 传感器技术	(182)
6.1 传感器组成及分类	(182)
6.1.1 传感器的组成	(182)
6.1.2 传感器的分类	(183)
6.2 传感器的特性	(186)
6.2.1 传感器的动静特性	(186)
6.2.2 传感器的性能指标	(191)
6.2.3 传感器的输入、输出特性和对环境的要求	(192)
6.2.4 传感器的标定与校准	(193)
6.3 常用传感器	(194)
6.3.1 位移传感器	(194)
6.3.2 速度传感器	(203)
6.3.3 温度传感器	(207)
6.3.4 力传感器	(211)
6.3.5 物位传感器	(217)
6.4 本章小结	(220)
第七章 机电一体化系统设计与综合	(223)
7.1 典型机电一体化系统实例分析	(223)
7.1.1 工业机器人	(223)
7.1.2 输送、搬运设备	(229)
7.1.3 数控设备	(232)
7.1.4 办公设备	(249)
7.1.5 家用电器	(257)
7.2 机电一体化系统设计与综合	(264)
7.2.1 执行机构与驱动元件	(264)
7.2.2 驱动方式与传感器	(269)
7.2.3 控制方式与计算机	(272)
7.2.4 系统与工作环境	(277)
7.3 本章小结	(279)
参考文献	(281)

第一章 概 论

学习内容与基本要求

1. 了解机电一体化技术的发展历程及发展趋势,机电一体化相关技术以及它们的作用。
2. 熟悉机电一体化各基本要素的相互关系以及它们在机电一体化系统中所起的作用。熟悉机电一体化技术带来的技术经济效益和社会效益。
3. 掌握机电一体化技术的定义、机电一体化系统的基本组成要素和机电一体化产品的主要分类方法。

重 点

1. 机电一体化技术的基本概念。
2. 机电一体化系统的基本要素和它们在系统中所起的作用。

1.1 机电一体化系统的基本概念

1.1.1 机电一体化的定义

机电一体化技术是在大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高度发展并向传统机械工业领域迅速渗透、机械技术与电子技术深度结合的现代化工业基础上,综合运用机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号变换技术以及软件编程技术等群体技术,根据系统功能目标和优化组织结构目标,合理配置机械本体、执行结构、动力驱动单元、传感测试元件、控制计算机及接口元等硬件要素,并使之在软件程序和微电子电路逻辑的有目的的信息流向引导下,相互协调、有机融合和集成,形成物质和能量的有序规则运动,在高功能、高质量、高可靠性、低能耗的意义上实现特定功能价值的系统工程技术。由此而产生的功能系统,则成为一个以微电子技术为主导的,以现代高新技术支持下的机电一体化系统或机电一体化产品。机电一体化技术和机电一体化产品可分别定义为:

(1) 机电一体化技术是微电子技术、计算机技术、信息技术与机械技术相结合的新兴的综合性高新技术,是机械技术与微电子技术的有机结合。

(2) 机电一体化产品是新型机械与微电子器件,特别是微处理器、微型机相结合而开发

出来的新一代电子化机械产品。

日本在 20 世纪 70 年代初开始使用“机电一体化”这个新名词，这个词是根据英文 Mechanics（机械学）的前半部和 Electronics（电子学）的后半部相结合而构成的，即 Mechatronics（日本造的英文组合词），用日本汉字“机电一体化”来表示。“机电一体化”这组汉字比较恰当地表述了一个新的概念，因而能迅速直接被我国接受和使用。1984 年美国机械工程协会（ASME）的一个专家组在给美国国家科学基金会的报告中，明确地提出现代机械系统的定义为：“由计算机信息网络协调与控制的，用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械和（或）机电部件相互联系的系统。”这一含义实质上是指机电一体化系统，它与以上的定义是一致的。

1.1.2 机电一体化系统的基本结构要素

一个较完善的机电一体化系统，应包括以下几个基本要素：机械本体、能源、测试传感部分、执行机构、驱动部分、控制及信息处理单元。各要素和环节之间通过接口相联系。

(1) 机械本体 即系统所有功能元素的机械支持结构，包括机身、框架、机械连接等。由于机电一体化产品在技术性能、水平和功能上的提高，机械本体要在机械结构、材料、加工工艺性以及几何尺寸等方面适应产品的高效、多功能、可靠、节能、小型、轻量化和美观等要求。

(2) 能源 其作用是按照系统的控制要求，为系统提供能量和动力，使系统正常运行。常用的能源有电源、液压源和气压源等。用尽可能小的动力输入，获得尽可能大的功率输出，是机电一体化产品的显著特征之一。

(3) 测试传感部分 测试传感部分对系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数及状态进行检测，变成可识别的信号，传输到信息处理单元，经过分析和处理后产生相应的控制信息，其功能一般由专门的传感器和仪表来完成。

(4) 执行机构 其作用是根据控制信息和指令，完成要求的动作。执行机构是运动部件，一般采用机械、电磁、电液等机构。根据机电一体化系统的匹配性要求，需要考虑改善性能，如提高刚性，减轻重量，实现模块化、标准化和系列化，提高系统整体可靠性等。

(5) 驱动部分 驱动部分在控制信息作用下提供动力，驱动各种执行机构完成各种动作和功能。机电一体化系统一方面要求驱动的高效率和快速响应特性，同时要求对水、油、温度、尘埃等外部环境的适应性和工作可靠性。由于几何尺寸上的限制，动作范围狭窄，还需考虑维修和标准化。随着电力电子技术的高速发展，高性能步进驱动、直流和交流伺服驱动方法已经大量地应用于机电一体化系统。

(6) 控制及信息处理单元 该单元将来自各传感器的检测信息和外部输入命令进行集中、储存、分析、加工，根据信息处理结果，按照一定的程度和节奏发出相应的指令，控制整个系统有目的地运行。一般由计算机、可编程序控制器（PLC）、数控装置以及逻辑电路、A/D 与 D/A 转换、I/O（输入/输出）接口和计算机外部设备等组成。机电一体化系统对控制

和信息处理单元的基本要求是：提高信息处理速度和可靠性，增强抗干扰能力，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。

机电一体化系统的6个结构要素的有机结合构成了机电一体化系统，各个要素之间的关系如图1.1所示。一个机电一体化系统正如我们一个人的身体一样，各个部分都有不同的分工，它们之间有着密切的联系，只有各个部分分工协作才能完成预期的作业任务。血液就是人体的能源，它把能量通过血管输送到人体的各个部分，为各种人体组织提供营养和能量；肌肉是人体的驱动元件，人的任何动作都是肌肉的收缩膨胀运动的结果，而肌肉要从血液中获得能量，它的动作指令则来自于人的大脑；人的皮肤和耳、鼻、口、舌等器官相当于机电一体化系统中的传感器，它们把外部信息通过神经系统传递给大脑，为大脑决策提供信息来源；人的神经系统则相当于机电一体化系统中的信号传输网络系统；人的大脑则相当于机电一体化系统中的控制及信息处理单元，它把传感器的反馈信号进行采样、存储、分析、处理、判断，根据人的想法指挥肌肉运动，使得各个器官产生相应的动作；人的骨骼则相当于机电一体化系统中的机械本体，对人的身体起到支撑、造型和美观的作用。

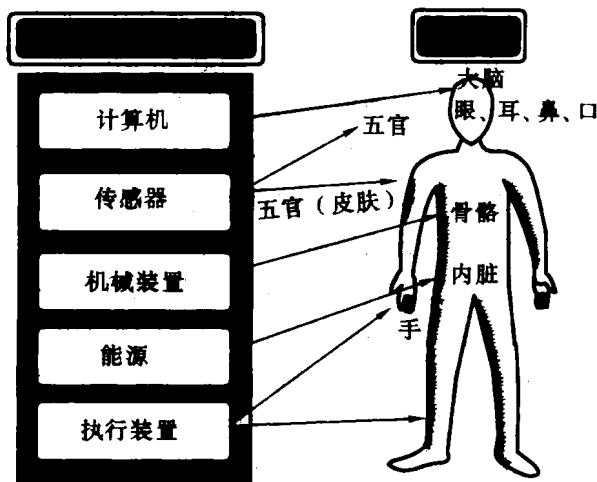


图 1.1 机电一体化系统的组成原理图

1.1.3 机电一体化产品的分类

机电一体化产品的种类非常多，应用范围也非常广泛，可以从不同角度对其进行分类。

(1) 从机电一体化技术的发展水平来看，可以分为3类系统：功能附加型初级系统、功能代替型中级系统和机电融合型高级系统。

(2) 从机电一体化系统的应用范围来看，也可以分为3类系统：用于人们日常生活的机电一体化产品（系统），如自动洗衣机、自动照相机等，称为民机电产品；用于社会生产的机电一体化产品，如数控机床、工业机器人等，称为产业机电产品；用于办公自动化的机电一体化产品，如复印机、打字机等，称办公机电产品。

1.2 机电一体化系统的相关技术

1.2.1 机电一体化发展的技术基础

机电一体化以各种各样的形式渗透到了社会的各个角落,社会生产、家庭生活、交通运输、航空航天及海洋开发都在使用机电一体化产品,都离不开机电一体化技术。机电一体化概念也普遍被人们所接受。机电一体化技术是机械技术向自动化、智能化方向发展的必然产物,它的产生和发展具有广泛的技术基础和社会基础。机电一体化技术的核心是机械技术和电子技术,而力学、机械学、加工工艺学和控制构成了机械技术的四大支柱学科,即使一个简单的机械产品的设计也都需要以上技术的支持。如人们熟悉的自行车是一个非常典型的机械产品。设计自行车首先要从结构设计入手,要使其具有一定的功能、外观和负载能力就必须进行力学计算和机械设计,这就离不开力学和机械学;要使其具有一定的运动性能,如方向控制、速度控制、刹车制动等,就离不开控制技术。与现代控制技术不同的是它所采用的是手动控制而不是自动控制;要制造一辆自行车,制造工艺学当然也是不可缺少的技术。可见机械技术离不开力学、机械学、控制和加工工艺学的支持。近年来,由于超大规模集成电路技术的发展,计算机技术得到了快速发展,机械技术的4个支持学科也随之发生了很大的变化。如有限元技术的出现,依靠快速、大存储量和高精度的计算机几乎使任何复杂的力学计算成为了可能。机械优化设计、计算机辅助设计技术的发展使得原来主要靠人工完成的机械设计任务大部分可以由计算机来完成。数控技术、计算机辅助制造技术的出现使得加工工艺产生了一次革命,微电子技术和信息技术成了加工工艺过程的重要技术。变化最明显的是控制技术,它经历了从古老的机械式手动控制到继电器逻辑控制,到计算机自动控制,再到智能控制的发展历程,它的每一次技术进步都是微电子技术和计算机技术发展的产物。可见机械技术的4个支柱学科无一不渗透了电子技术和信息技术。正是由于这些技术有机的结合使得传统的机械技术发展成今天的机电一体化技术。

1.2.2 机电一体化相关技术

机电一体化是系统技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、伺服传动技术和机械技术等多学科技术领域综合交叉的技术密集型系统工程技术,它主要包括以下6个相关技术。

1. 机械技术

机械技术是机电一体化技术的基础。随着高新技术引入机械行业,机械技术面临着挑战和变革。在机电一体化产品中,它不再是单一地完成系统间的连接,而是在系统结构、重量、体积、刚性与耐用方面对机电一体化系统有着重要的影响。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术相适应,利用其它高新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上

的变更,满足减少重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能的要求。

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的辅助技术,采用人工智能与专家系统等,形成新一代的机械制造技术。这里原有的机械技术以知识和技能的形式存在,是任何其它技术代替不了的。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,从而实现计算机自动工艺设计与管理。

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,实现信息处理的工具是计算机,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的软件技术和硬件技术、网络与通信技术、数据库技术等。

在机电一体化系统中,计算机与信息处理部分指挥整个系统的运行。信息处理是否正确、及时,直接影响到系统工作的质量和效率,因此计算机及信息处理技术已成为促进机电一体化技术发展的最活跃的因素。人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术等都属于计算机信息处理技术。

3. 系统技术

系统技术就是以整体的概念组织应用各种相关技术,从全局角度和系统目标出发,将总体分解成相互有机联系的若干概念单元,以功能单元为子系统进行二次分解,生成功能更为单一和具体的子功能单元。这些子功能单元同样可继续逐级分解,直到能够找出一个可实现的技术方案。深入了解系统内部结构和相互关系,把握系统外部联系,对系统设计和产品开发十分重要。

接口技术是系统技术中一个重要方面,它是实现系统各个部分有机连接的保证。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的连接;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。

4. 自动控制技术

自动控制技术范围很广,主要包括:基本控制理论,在此理论指导下,对具体控制装置或控制系统进行设计;设计后的系统仿真、现场调试;系统控制实验,最后使研制的系统能可靠地投入运行。由于控制对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富,例如位置控制,速度控制,自适应控制,自诊断校正、补偿,示教再现控制等。

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关键的技术。

5. 传感与检测技术

传感与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统的输入端相连,并将检测到的信号输送到信息处理部分。传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度越高。传感与检测的关键元件是传感器。传感器是将被测量(包括各种物理量、化学量和生物量等)变换成系统可识别的,与被测量有确定对应关系的有用电信号的一

种装置。

现代工程技术要求传感器能快速、精确地获取信息,并能经受各种严酷环境的考验。与计算机技术相比,传感器的发展显得缓慢,难以满足技术发展的要求。不少机电一体化装置不能达到满意的效果或无法实现设计的关键原因,在于没有合适的传感器,因此大力开展传感器研究,对于机电一体化技术的发展具有十分重要的意义。

6. 伺服驱动技术

伺服驱动包括电动、气动、液压等各种类型的驱动装置。由微型计算机通过接口与这些驱动装置相连接,控制它们的运动,带动执行机构做回转、直线以及其它各种复杂的运动。伺服驱动技术是直接执行操作的技术,伺服系统是实现电信号到机械动作的转换的装置和部件,对系统的动态性能、质量控制和功能具有决定性的影响。常见的伺服驱动元件有电液马达、油缸、步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机。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了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。

1.3 机电一体化系统的技术、经济和社会效益

机电一体化技术综合利用各相关技术优势,扬长避短,取得系统优化效果,有显著的社会效益和技术经济效益。具体可概括为以下 10 个方面。

1. 提高精度

机电一体化技术使机械传动部件减少,因而使机械磨损、配合间隙及受力变形等所引起的误差大大减小,同时由于采用电子技术实现自动检测、控制、补偿和校正因各种干扰因素造成的动态误差,从而可以达到单纯机械装置所不能达到的工作精度。如采用微型计算机误差分离技术的电子化圆度仪,其测量精度可由原来的 $0.025\ \mu\text{m}$ 提高到 $0.01\ \mu\text{m}$;大型镗铣床安装感应同步器数显装置可将加工精度从 $0.006\ \text{mm}$ 提高到 $0.002\ \text{mm}$ 。

2. 增强功能

现代高新技术的引入,极大地改变了机械工业产品的面貌,具备多种复合功能,成为机电一体化产品和应用技术的一个显著特征。例如,加工中心可以将多台普通机床上的多道工序在一次装夹中完成,并且还有刀具磨损自动补偿、自动显示刀具动态轨迹图形、自动控制 and 自动故障诊断等极强的应用功能;配有机器人的大型激光加工中心,能完成自动焊接、划线、切割、钻孔、热处理等操作,可加工金属、塑料、陶瓷、木材、橡胶等各种材料。这种极强的复合功能,是传统机械加工系统所不能比拟的。

3. 提高生产效率,降低成本

机电一体化生产系统能够减少生产准备时间和辅助时间,缩短新产品的开发周期,提高产品合格率,减少操作人员,提高生产效率,降低成本。例如数控机床生产效率要比普通机床高 5~6 倍,柔性制造系统可使生产周期缩短 40%,生产成本降低 50%。

4. 节约能源, 降低消耗

机电一体化产品通过采用低能耗的驱动机构、最佳的调节控制和提高设备的能源利用率来达到显著的节能效果。例如汽车电子点火器, 由于控制最佳点火时间和状态, 可大大节约汽车的耗油量; 若将节流工况下运行的风机、水泵随工况变速运行, 平均可节电 30 %; 工业锅炉若采用微机精确控制燃料与空气的混合比, 可节煤 5 % ~ 20 %; 还有被称为电老虎的电弧炉, 是最大的耗电设备之一, 如改用微型计算机实现最佳功率控制, 可节电 20 %。

5. 提高安全性、可靠性

具有自动检测监控的机电一体化系统, 能够对各种故障和危险情况自动采取保护措施, 及时修正运行参数, 提高系统的安全可靠性。例如大型火力发电设备中锅炉和汽轮机的协调控制、汽轮机的电液调节系统、自动启停系统、安全保护系统等, 不仅提高了机组运行的灵活性, 而且提高了机组运行的安全性和可靠性, 使火力发电设备逐步走向全自动控制。又如大型轧机多极计算机分散控制系统, 可以解决对大型、高速冷热轧机的多参数测量和控制问题, 保证系统可靠运行。

6. 改善操作性和使用性

机电一体化装置中相关传动机构的动作顺序及功能协调关系, 可由程序控制自动实现, 并建立良好的人—机界面, 对操作参量加以提示, 因而可以通过简便的操作实现复杂的控制功能, 获得良好的使用效果。如一座高度复杂的现代大型熔炉作业控制系统, 其控制内容包括最优配料、多台电炉的功率控制、球化和孕育处理、记忆球铁浇铸情况、铁水成分、计划熔化和造型之间的协调平衡等, 从整个系统的启动到熔炉全部作业完毕, 只需操作几个按钮就能完成。有些机电一体化装置, 可实现操作全部自动化, 如示教再现工业机器人, 在由人工进行一次示教操作后, 即可按示教内容自动重复实现全部动作。有些更高级的机电一体化系统, 还可通过被控对象的数学模型和目标函数, 以及各种运行参数的变化情况, 随机自寻最佳工作过程, 协调对内对外关系, 以实现自动最优控制。如微型计算机控制的钢板测厚自动控制系统、电梯全自动控制系统、智能机器人等。机电一体化系统的先进性是和技术密集性与操作使用的简易性和方便性相互联系在一起的。

7. 减轻劳动强度, 改善劳动条件

机电一体化系统一方面能够将制造和生产过程中极为复杂的人的智力活动和资料数据记忆查找工作改由计算机来完成, 一方面又能由程序控制自动运行, 代替人的紧张和单调重复的操作, 以及在危险或有害环境下的工作, 因而大大减轻了人的脑力和体力劳动, 改善了人的工作环境条件。例如 CAD 和 CAPP 极大减轻了设计人员的劳动复杂性, 提高了设计效率; 搬运、焊接和喷漆机器人取代了人的单调重复劳动; 武器弹药装配机器人、深海机器人、太空工作机器人、在核反应堆和有毒环境下的自动工作系统, 则成为人类谋求解决危险环境中的作业问题的最佳途径。

8. 简化结构, 减轻重量

由于机电一体化系统采用新型电力电子器件和新型传动技术, 代替笨重的老式电气控制

的复杂机械变速传动机构,由微处理机和集成电路等微电子元件和程序逻辑软件,完成过去靠机械传动链来实现的关联运动,从而使机电一体化产品体积减小,结构简化,重量减轻。例如,无换向器电机,将电子控制与相应的电机电磁结构相结合,取消了传统的换向电刷,简化了电机的结构,提高了电机的寿命和运行特性,并缩小了体积;数控精密插齿机可节省齿轮等传动部件 30%;一台现金出纳机用微处理机控制可取代几百个机械传动部件。采用机电一体化技术来简化结构,减轻重量,对于航天航空技术而言更具有特殊的意义。

9. 降低成本

由于结构的简化,材料消耗的减少,制造成本的降低,同时由于微电子技术的高速度发展,微电子器件价格迅速下降,因此机电一体化产品价格低廉,而且维修性能得到改善,使用寿命得到延长。例如石英晶振电子表以其多功能、使用方便及低价格优势,迅速占领了计时商品市场。

10. 增强柔性

机电一体化系统可以根据使用要求的变化,对产品的功能和工作过程进行调整和修改,满足用户多样化的使用要求。例如工业机器人具有较多的运动自由度,手爪部分可以换用不同工具,通过修改程序,改变运动轨迹和运动姿态可以适应不同的作业过程和工作内容;利用数控加工中心或柔性制造系统,可以通过调整系统运行程序,适应不同零件的加工工艺。机械工业约有 75% 的产品属中小批量,利用柔性生产系统,能够经济、迅速地解决中小批量、多品种产品的自动化生产,对机械工业发展具有划时代的意义。

通过编制用户程序,实现工作方式的改变,可以适应各种用户对象及现场参数变化的需要,机电一体化的这种柔性应用功能,构成了机械控制“软件化”和“智能化”的特征。

1.4 机电一体化技术的发展趋势

1.4.1 机电一体化技术现状

由于机电一体化技术的发展使得机电一体化产品的应用范围越来越广,从人们日常生活用品到交通运输工具,从办公自动化到生产自动化设备的发展进步都可以看出机电一体化技术的发展和应用情况。其中最显著的就是在产业自动化方面的应用,从机床数控化和机器人产业的兴起,制造工业自动化就可以看出机电一体化的发展现状和机电一体化技术所起到的作用。

1. 机床产业数控化

机床是机械工业的基础制造装备和工作母机,是决定机械工业生产能力和水平的关键。数控机床的技术经济效益显著,主要表现在:缩短新产品试制和生产周期,节约大量工装,生产效率高,辅助生产时间减少;减少人为误差,加工精度和稳定性显著提高,零件互换性好;能加工那些用普通机床很难甚至无法加工的大型复杂零件;数控机床开辟了机床结构大