

机电技术概论

主 编◎滕士雷 邢丽华

机电技术概论

主 编 滕士雷 邢丽华



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要包括机电技术概述、机电产品的主要制造技术、机电产品与系统的应用与维护及机电技术应用的职业面向与职业发展四个方面。机电技术概述主要包括机电技术的基本概念、机电一体化设备的构成与主要特点、典型机电一体化产品简介、机电产品的主要技术与要求及机电技术的发展趋势展望等内容。机电产品的主要制造技术主要包括机械装调技术、传感检测技术、系统接口技术、机电产品的常用控制技术、机电产品的典型执行装置等。机电产品与系统的应用与维护包括工业机器人及其应用、数控机床简介、自动生产线简介等。

本书可作为高等院校机电等相关专业教材,也可作为相关行业岗位的培训教材及有关人员的自学用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机电技术概论/滕士雷,邢丽华主编.—北京:北京理工大学出版社,2016.1

ISBN 978-7-5682-1560-2

I. ①机… II. ①滕… ②邢… III. ①机电设备 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第292779号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010) 68914775 (总编室)
82562903 (教材售后服务热线)
68948351 (其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京通县华龙印刷厂

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/12.75

字 数/296千字

版 次/2016年1月第1版 2016年1月第1次印刷

定 价/45.00元

责任编辑/封 雪
文案编辑/张鑫星
责任校对/周瑞红
责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

FOREWORD

本书结合机电类专业人才培养方案的要求,按照实用、够用、扩展知识面、打牢基础的原则进行编写,图文并茂,深入浅出,通俗易懂。

本书主要有以下几个特点:

(1) 以培养读者专业知识的实际应用能力为主线,强调内容的应用性和实用性,体现“以能力为本位”的编写指导思想。

(2) 将相关的理论知识与实践相结合,突出基本概念、基本原理的实际应用,引导学生理解专业知识。

(3) 在内容安排上,注重吸收新技术、新产品、新内容。

(4) 在内容设计上,增加了对专业知识的介绍,使得学生在学习专业之初能够很好地了解所学专业,便于为后续专业学习打下基础。

此外,本书在编写的过程中得到亚龙集团和天煌教仪科研人员的大力支持,在此一并感谢。由于编者水平有限,书中存在的错误与疏漏,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

CONTENTS

第 1 章 机电技术概述

1.1 机电技术的基本概念	1
1.2 机电一体化设备的构成与主要特点	2
1.2.1 机械本体	2
1.2.2 动力单元	2
1.2.3 传感检测单元	3
1.2.4 执行单元	3
1.2.5 控制单元	3
1.2.6 驱动单元	4
1.2.7 接口	4
1.3 典型机电一体化产品简介	4
1.4 机电产品的主要技术与要求	7
1.4.1 检测传感技术	7
1.4.2 信息处理技术	7
1.4.3 自动控制技术	8
1.4.4 伺服驱动技术	8
1.4.5 机械技术	8
1.4.6 系统总体技术	9
1.4.7 可靠性与抗干扰技术	9
1.5 机电技术的发展趋势和展望	9
1.5.1 智能化	9
1.5.2 模块化	10
1.5.3 网络化	10
1.5.4 微型化	10

1.5.5 绿色化	11
1.5.6 系统化	11
本章小结	12
思考题	12

第2章 机电产品的主要制造技术简介

2.1 机械装调技术	13
2.1.1 机电设备装调的基础知识	13
2.1.2 主要机械部件的装调技术	16
2.2 传感检测技术	38
2.2.1 机电产品中的常用传感器简介	38
2.2.2 机电产品中常用传感器的选择和应用	46
2.3 机电一体化接口技术	52
2.3.1 接口的含义、功能与分类	52
2.3.2 数字量输入输出接口技术	55
2.3.3 A/D 转换接口	58
2.3.4 模拟量输入输出通道	63
2.3.5 D/A 转换接口	66
2.3.6 接口技术在机电产品中的应用实例	70
2.4 机电产品的常用控制技术	74
2.4.1 单片机控制技术	74
2.4.2 可编程控制器 (PLC) 控制技术	78
2.4.3 工控机简介	84
2.4.4 典型工控机系统介绍	94
2.5 机电产品的典型执行装置简介	95
2.5.1 常见执行机构 (装置) 简介	95
2.5.2 三相交流异步电动机的控制与调速	96
2.5.3 步进电动机的控制与应用	100
2.5.4 伺服系统简介	107
2.5.5 直流伺服电动机简介	109
2.5.6 交流伺服电动机简介	111

2.5.7 液压传动控制技术简介	115
2.5.8 气动技术简介	122
2.5.9 常用的机械传动装置	137
本章小结	143
思考题	146

第3章 机电产品与系统的应用与维护简介

3.1 工业机器人及应用	148
3.1.1 工业机器人的定义与发展过程	148
3.1.2 工业机器人的结构和分类	149
3.1.3 工业机器人的控制系统	153
3.1.4 工业机器人的应用	155
3.2 数控机床简介	161
3.2.1 数控技术	161
3.2.2 数控机床的组成与工作原理	161
3.2.3 数控机床的特点	164
3.2.4 数控机床的分类	166
3.2.5 数控系统的发展趋势	169
3.3 自动化生产线简介	170
3.3.1 自动化生产线基础知识	170
3.3.2 自动化生产线的组成	171
3.3.3 自动化生产线的类型	173
3.3.4 自动化生产线的发展趋势	173
本章小结	174
思考题	176

第4章 机电技术应用的职业面向与职业发展

4.1 机电技术应用专业的特点	178
4.2 机电技术应用专业的主要职业面向	180
4.2.1 机电设备安装与调试	181

4.2.2 机电产品维修	182
4.2.3 机电产品销售	183
4.2.4 机电产品的售后服务与技术支持	188
本章小结.....	191
思考题.....	192
参考文献.....	193

机电技术概述

1.1 机电技术的基本概念

21 世纪的产业竞争归根结底是人才的竞争。随着我国跻身工业制造大国, 各行业新形势下产业的升级及经济发展方式转变, 都进入全新的快速发展阶段, 因此, 行业的发展急需大量高技术人才。机电产业作为工业的“左右手”必不可缺, 对人才的渴求自然也不言而喻。

机电技术是将机械技术、电工电子技术、微电子技术、信息技术、传感器技术、接口技术、信号变换技术等多种技术进行有机地结合, 并综合应用到实际中去的综合技术。如图 1.1.1 所示, 现代化的自动化生产设备都是机电一体化的设备, 机电一体化设备广泛地应用于各个行业, 企业为了在日益激烈的市场竞争中占有一席之地, 大量引进高新技术设备, 因此, 对人才的需求量大增, 尤其是机电技术应用的人才需求量更大。

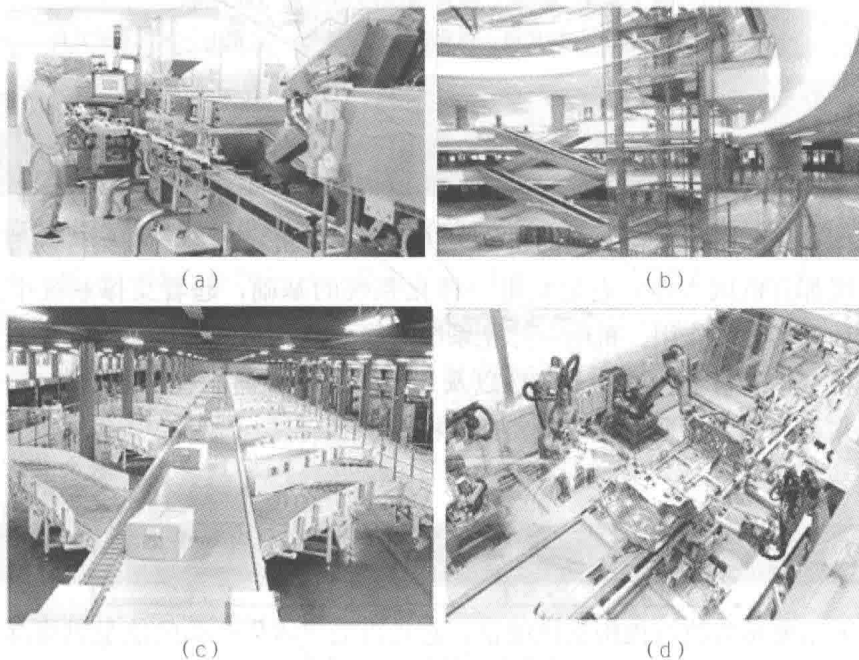


图 1.1.1 机电技术在各行业的应用实例

(a)医药制剂自动化生产线; (b)电梯运行与维护;

(c)用于卷烟厂及烟草仓储物流和邮政分拣系统的自动化分拣设备; (d)焊装车间自动化生产线

1.2 机电一体化设备的构成与主要特点

机电一体化系统是在传统机械产品的基础上发展起来的,是机械与电子、信息技术结合的产物。其形式多种多样,其功能也各不相同,一个较完善的机电一体化系统应包括以下几个基本组成部分:机械本体、动力单元、传感检测单元、执行单元、驱动单元、控制及信息处理单元,各组成部分之间通过接口相联系,这些基本组成部分的关系及功能如图 1.2.1 所示,与人体的五大组成部分进行对比,从而得到启发的。

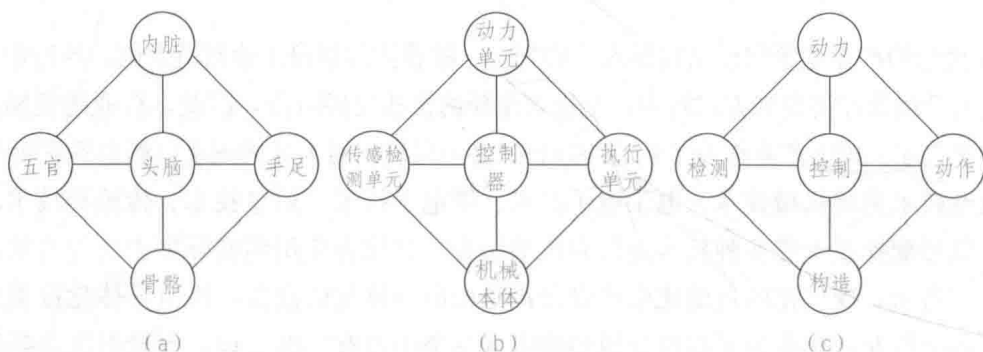


图 1.2.1 机电一体化系统的组成及系统功能

(a)人的五大组成部分；(b)机电一体化系统组成部分；(c)机电一体化系统功能

1.2.1 机械本体

机械本体是能够实现某种运动的机构,包括机架、机械连接、机械传动等。所有的机电一体化系统都有机械本体,它是机电一体化系统的基础,起着支撑系统中其他功能单元、传递运动和动力的作用。机电一体化系统性能要求提高、功能得到增强,这就要求机械本体在机械结构、材料、加工工艺性以及几何尺寸等方面能够与之相适应,具有高效、多功能、可靠、节能、小型、轻量、美观等特点。

1.2.2 动力单元

动力单元主要是为执行机构提供能量。它是机电一体化产品的能量供应部分,其作用就是按照系统控制要求向机器系统提供能量和动力,使系统正常运行。提供的能量类型包括电能、气压能和液压能。以电能为例,除了要求可靠性好以外,机电一体化产品还要求动力源的效率高,即用尽可能小的动力输入获得尽可能大的功率输出。

1.2.3 传感检测单元

传感检测单元包括各种传感器组成的信号检测电路,其作用就是监测系统工作过程中本身和外界环境有关的参量的变化,并将检测信息传递给电子控制单元,电子控制单元根据检测到的信息向执行器发出相应的控制指令。机电一体化系统要求传感器及其信号检测电路的精度、灵敏度、响应速度和信噪比高,而且需要设备漂移小,稳定性、可靠性好;不易受被测对象特征(如电阻、磁导率等)的影响;对抗恶劣环境的能力强;体积小、质量小、对整机的适应性好;受外部环境干扰的影响小;操作性能好,便于现场维修;价格低廉。

1.2.4 执行单元

执行单元是驱动机械装置运动的机构,作用是根据电子控制单元的指令来驱动机械部件的运动。执行器是运动部件,通常采用电力电子执行装置、气动执行装置和液压执行装置几种方式。机电一体化系统对执行器的要求一方面要响应速度快、效率高;另一方面对温度、油、尘埃等外部环境的适应性好、可靠性高。电力电子执行装置可实现高速、高精度控制;气动执行装置适用于对较轻的物体进行推拉等简单操作;液压执行装置适用于实现大功率驱动。

1.2.5 控制单元

控制单元是运动控制的计算和判断部分。控制技术主要是软件方面的技术,研究如何根据传感器信号使执行装置和机械装置能很好的运动,并编制出能够实现这种目标的计算机程序的技术。机电一体化系统的核心是电子控制单元,又称 ECU(Electrical Control Unit)。其作用是将来自各传感器的检测信号和外部输入命令进行集中、存储、计算、分析,根据信息处理的结果,按照一定的程序和节奏发出相应的指令,控制整个系统有目的地运行。但是由传感器检测的运动信号一般都是连续的模拟信号,而计算机处理信息的信号是数字信号,因此必须经过 A/D 与 D/A 转换达到数字模拟的转换,实现传感信号与计算机的互通,如图 1.2.2 所示。



图 1.2.2 信息处理流程

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,提高可靠

性,增强抗干扰能力以及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。

1.2.6 驱动单元



驱动单元的功能是在控制信息作用下,驱动各种执行机构完成各种动作和功能。机电一体化技术一方面要求驱动单元具有高频率和快速响应等特性,同时又要求其对水、油、温度、尘埃等外部环境具有适应性和可靠性;另一方面由于受几何上动作范围狭窄等限制,还需考虑维修方便,并且尽可能实现标准化。随着电力电子技术的高度发展,高性能步进电动机、直流和交流伺服电动机将大量应用于机电一体化系统。

1.2.7 接口



机电一体化系统由许多组成部分或子系统组成,各子系统之间要能顺利地进行物质、能量和信息的传递和交换,必须在各组成部分或各子系统的相接处具备一定的连接部件,这个连接部件称为接口。接口的作用是将各组成部分或子系统连接成为一个有机整体,使各个功能环节有目的地协调一致运动,从而形成机电一体化的系统工程。

接口的基本功能主要有三个:一是变换,在需要进行信息交换和传输的环节之间,由于信号的模式不同(如数字量与模拟量、串行码与并行码、连续脉冲与序列脉冲等)无法直接实现信息或能量的交流,必须通过接口完成信号或能量的转换和统一;二是放大,在两个信号强度相差悬殊的环节间,经接口放大,达到能量匹配;三是传递,变换和放大后的信号要在环节间能可靠、快速、准确地交换,必须遵循协调一致的时序、信号格式和逻辑规范。接口具有保证信息传递的逻辑控制功能,使信息按规定模式进行传递。

1.3 典型机电一体化产品简介

如图 1.3.1 所示,浙江亚龙公司 YL-235A 型光机电一体化实训装置包含了机电专业所涉及的电机驱动、机械传动、气动、触摸屏控制、可编程控制器、传感器,变频调速等多项基础知识和专业知识,模拟了当前先进技术在企业中的实际应用。它为学生提供了一个典型的、可进行综合训练的工程环境,为学生构建了一个可充分发挥潜能和创造力的实践平台。

亚龙 YL-235A 型光机电一体化实训装置由铝合金导轨式实训台、典型的机电一体化设备的机械部件、PLC 模块单元、触摸屏模块单元、变频器模块单元、按钮模块单元、电

源模块单元、模拟生产设备实训模块、接线端子排和各种传感器等组成。该装置各单元均采用标准结构和抽屉式模块放置架,还可以根据需要,配置不同品牌的(PLC)模块和变频器模块以及触摸屏模块,因此,具有较强的互换性。

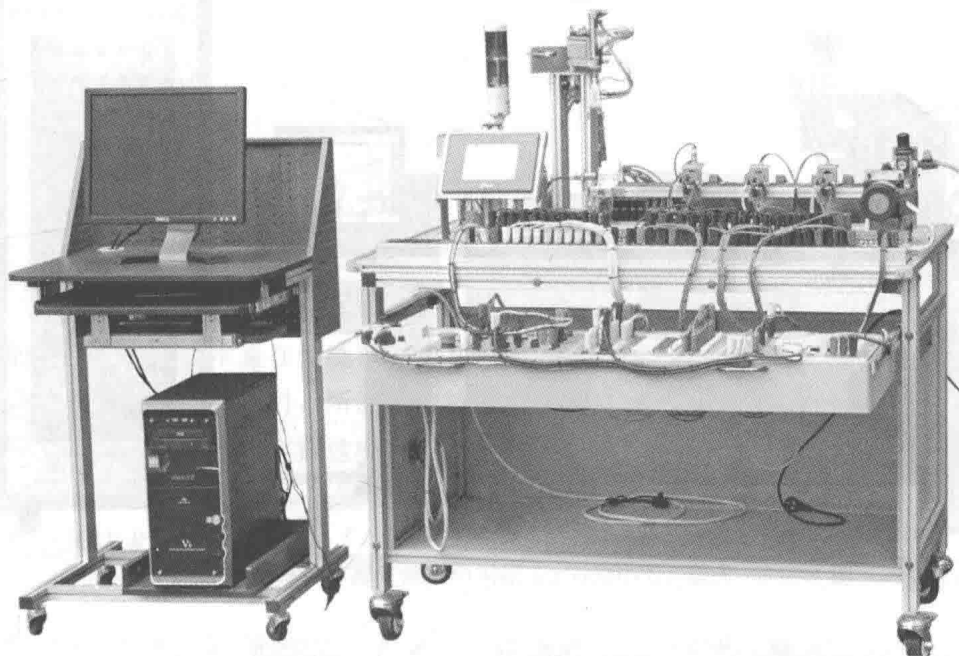


图 1.3.1 浙江亚龙公司 YL-235A 型光机电一体化实训装置

如图 1.3.2 所示,天煌 THMDZW-2 型机电设备安装与维修综合实训平台是一台典型的机电技术应用设备。本实训平台包括电气控制部分和机械装调部分,主要由实训台、电气控制柜(包括电源控制模块、可编程控制器模块、变频器模块、触摸屏模块、步进电动机驱动模块、伺服电动机驱动模块、电气扩展模块等)、动力源(包括三相交流电动机、步进电动机、伺服电动机等)、气动定位装置、二维送料机构(十字滑台)、转塔部件、模具、自动冲压机构、自动上下料机构(仓库)、装调工具、常用量具、钳工台、型材电脑桌等组成。

平台把机械装配和电气控制系统有效融合,满足职业院校加工制造类相关专业所规定的教学内容中涉及现代机械制造技术、机械制图、机械基础、机械设计基础、电工电子技术、自动检测技术、PLC 与变频器应用技术、机电设备控制技术、自动控制系统技术、设备电气控制与维修技术、传感器技术、低压电气控制技术、机电设备运行与控制技术等方面的知识和技能要求;通过训练可提高学生在机械制造企业及相关行业一线工艺装配与实施、机电设备的安装与调试、机械加工质量分析与控制、自动控制系统和生产过程领域的技术和管理工作的能力,生产企业计算机控制系统及设备的运行、通用机电设备维护与管理工作的能力,机电设备的技术销售与制造等岗位的就业能力。

如图 1.3.3 所示,工业机器人是典型的机电一体化产品。工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置,它能自动执行工作,是靠自身动力和控制能力来

实现各种功能的一种机器。它可以接受人类指挥,也可以按照预先编排的程序运行,现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。

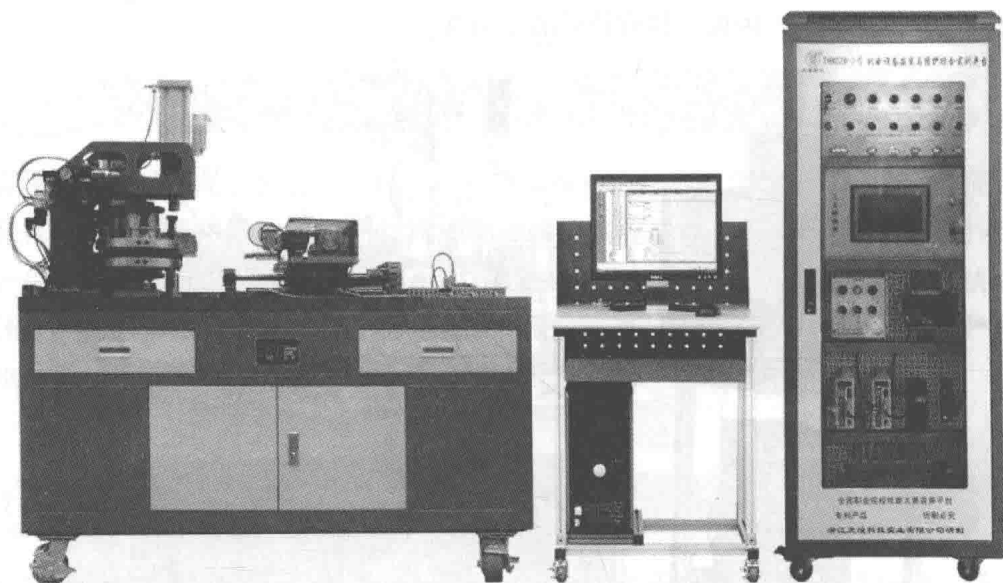


图 1.3.2 天煌 THMDZW-2 型机电设备安装与维修综合实训平台

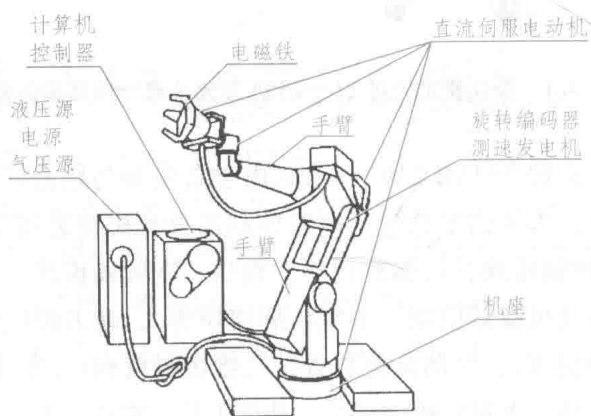


图 1.3.3 工业机器人

工业机器人的系统构成如下:

- (1)能源:驱动电动机的电源和驱动液压系统、气动系统的液压源和气压源。
- (2)机械装置:机器人的手指、手臂、手臂的连接部分和机座等能够让机器人运动的机械结构。
- (3)执行机构:驱动机座上的机体、手臂、手指等运动的电磁铁和电动机等。
- (4)传感器:检测旋转编码器和测速发电机等的旋转角度和旋转角速度。
- (5)控制机构:根据来自旋转编码器或测速发电机的信号,判断机器人当前的状态,并计算和判断要达到所希望的状态应该如何操作。

工业机器人是实现人类一部分技能的机械,很容易由上述五个部分与人体相对应。对于其他机电一体化系统如集成电路芯线焊接机、硅钢片横剪线控制系统、数控车床、信息化的车铣加工中心、FMS(柔性制造系统)、机械手臂、五轴加工中心、自动变焦照相机等。

1.4 机电产品的主要技术与要求

如前所述,机电技术是在传统技术的基础上由多种技术学科相互交叉、渗透而形成的一门综合性、边缘性技术学科,所涉及的技术领域非常广泛。要深入进行机电一体化研究及产品开发,就必须了解并掌握这些技术。概括起来,机电一体化共性关键技术主要有检测传感技术、信息处理技术、控制技术、伺服驱动技术、机械技术、可靠性与抗干扰技术、系统总体技术。

1.4.1 检测传感技术

检测传感技术是指与传感器及其信号检测装置相关的技术。在机电一体化产品中,传感器就像人体的感觉器官,将各种内、外部信息通过相应的信号检测装置感知并反馈给控制及信息处理装置,因此检测与传感是实现自动控制的关键环节。机电一体化要求传感器能快速、精确地获取信息并经受各种严酷环境的考验。由于目前检测与传感技术还不能与机电一体化的发展相适应,不少机电一体化产品不能达到满意的效果或无法实现设计,因此,大力开展检测与传感技术的研究对发展机电一体化具有十分重要的意义。

1.4.2 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,因此计算机技术与信息处理技术密切相关。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。在机电一体化产品中,计算机与信息处理装置指挥整个产品的运行,信息处理是否正确、及时,直接影响产品工作的质量和效率。因此,计算机应用及信息处理技术已成为促进机电一体化技术和产品发展的最活跃的因素。人工智能、专家系统、神经网络技术等都属于计算机与信息处理技术。

1.4.3 自动控制技术

自动控制技术范围很广,包括自动控制理论、控制系统设计、系统仿真、现场调试、可靠运行等。由于被控对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富,包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、示教再现、检索等控制技术,自动控制技术的难点在于自动控制理论的工程化与实用化,这是由于现实世界中的被控对象往往与理论上的控制模型之间存在较大差距,使得从控制设计到控制实施往往要经过多次反复调试与修改,才能获得比较满意的结果。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重要的关键技术。

1.4.4 伺服驱动技术

伺服驱动技术的主要研究对象是执行元件及其驱动装置。执行元件有电动、气动、液压等多种类型,机电一体化产品中多采用电动式执行元件,其驱动装置主要是指各种电动机的驱动电源电路,目前多采用电力电子器件及集成化的功能电路。执行元件一方面通过电气接口向上与微型机相连,以接受微型机的控制指令;另一方面又通过机械接口向下与机械传动和执行机构相连,以实现规定的动作。因此,伺服驱动技术是直接执行操作的技术,对机电一体化产品的动态性能、稳态精度、控制质量等具有决定性的影响。常见的伺服驱动装置有电液电动机、脉冲液压缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。由于变频技术的进步,交流伺服驱动技术取得了突破性进展,为机电一体化系统提供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。

1.4.5 机械技术

机械技术是机电一体化的基础。机电一体化产品中的主功能和构造功能往往是以机械技术为主实现的。在机械与电子相互结合的实践中,机电一体化产品不断对机械技术提出更高的要求,使现代机械技术相对于传统机械技术而发生了很大变化。新机构、新原理、新材料、新工艺等不断出现,现代设计方法不断发展和完善,以满足机电一体化产品对减小质量、缩小体积、提高精度和刚度、改善性能等多方面的要求。

在机电一体化系统的制造过程中,经典的机械理论与工艺应借助计算机辅助技术,同时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,是其他技术代替不了的。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,其关键问题是如何对广泛存在于各行业、企业、技术人员中的标准、习惯和经验进行表达和陈述,从而实现计算机的自动工艺设计与管理。

1.4.6 系统总体技术

系统总体技术是一种从整体目标出发,用系统的观点和方法,将系统总体分解成有机联系的若干功能单元,并以功能单元为子系统继续分解,直至找到可实现的技术方案,然后把功能和技术方案组合成方案组进行分析、评价和优选的综合应用技术。系统总体技术所包含的内容很多,接口技术是其重要内容之一,机电一体化产品的各功能单元通过接口连接成一个有机的整体。接口包括电气接口、机械接口、人-机接口。电气接口实现系统间电信号连接;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。系统总体技术是最能体现机电一体化设计特点的技术,其原理和方法还在不断地发展和完善之中。

1.4.7 可靠性与抗干扰技术

机电一体化系统及产品要能正常发挥其功能,首先必须稳定、可靠的工作。可靠性是系统和产品的重要属性之一,是考虑到时间因素的产品质量,对于提高系统的有效性、降低寿命期费用和防止产品发生故障具有重要意义。可靠性高,意味着故障少、寿命长、维修费用低;可靠性低,意味着故障多、寿命短、维修费用高。

任何机电一体化系统都在一定的电磁环境中工作。电磁干扰现象在我们的日常生活中是常见的。例如,附近的汽车点火系统会使电视机的图像跳动并出现爆裂声;使用电钻或电焊机会使计算机运行不正常;接通或断开电源开关时会使收音机发出“扑扑”的声音等。因此,要使机电一体化系统正常的工作,达到预期的功能,具有较高的可靠性,必须保证设备具有较高的抗干扰性能。特别是工业用机电一体化系统及产品,大多工作在干扰弥漫的车间现场,电磁环境恶劣,对其抗干扰性能要求更高。

1.5 机电技术的发展趋势和展望

机电一体化是集机械、电子、光学、控制、计算机、信息等多学科的交叉综合,它的发展和进步依赖并促进相关技术的发展和进步。因此,机电一体化的主要发展方向如下。

1.5.1 智能化

智能化是 21 世纪机电一体化技术发展的一个重要发展方向。人工智能在机电一体化