

机电一体化系统设计原理与应用

张军 于明 张虹 编著





清华大学百年校庆
TSINGHUA UNIVERSITY
CENTENARY CELEBRATION

谨以此书献给母校清华大学百年华诞!

机电一体化系统 设计原理与应用

张军 于明 张虹 编著



机械工业出版社

本书从项目统筹到具体的软件应用,详细讲解了机电一体化系统设计的各个环节与流程。本书共12章,第1章描述了作者对机电一体化人才培养方法的粗浅考虑;第2章详细介绍了机电一体化系统发展的重点方向与产业情况;第3章介绍了现代设计方法学的核心内容;第4章介绍了常用的设计工具软件;第5、6章介绍了机电一体化系统设计方法和试验;第7~11章分别介绍了各种常用功能单元的特性和最新产品;第12章介绍了11个设计案例。

本书适合机电一体化技术应用的相关学科师生,机电一体化行业入门者学习使用。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计原理与应用/张军,于明,张虹编著. —北京:机械工业出版社,2010.7

ISBN 978-7-111-30955-0

I. ①机… II. ①张…②于…③张… III. ①机电一体化—系统设计
IV. ①TH—39

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第107303号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:牛新国 责任编辑:王欢 版式设计:霍永明

责任校对:樊钟英 封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2010年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·373千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-30955-0

定价:38.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
电话服务 网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

序

应用机电一体化技术,可以开发出功能更强、性能更好的新一代机电产品和装备,可以提高产品的自动化和智能化水平、扩大使用范围、降低能耗、缩小体积、减轻重量、提高可靠性,使产品具备更好的性能价格比和市场竞争能力。为了开发具有国际竞争力的产品和装备,我国需要培养具有以现代控制技术为手段的智能化产品设计和自动化生产设备研制能力的高级工程技术人员。

在现有高等教育本科工程类专业中,机械设计与制造、电气工程等专业的教学要涉及自动化的基本内容和方法,从而开设综合性强、实践性强的机电一体化系统设计课程,其内容融合多学科的知识和技术,是培养机电一体化系统设计人才的关键性教学环节。通过该课程讲授、实验和课程设计,使学生掌握一般工业自动化设备和机电一体化产品的设计方法,基本掌握市场上常用功能元器件的技术特性,能够正确选用各种零部件,能够参照典型系统完成一般工业自动化生产设备和机电一体化产品的方案设计,从而使学生毕业后能从事多种工业自动化设备产品(如注塑机、食品包装机械、绣花机、绘图机、数控机床、热工过程系统、轻工业自动生产线、城市供水系统等)的设计和技术改造等,成为社会急需的技术创新人才。

另外,由于知识的更新和技术的发展,成人的职业技能继续教育是十分必要的。机电一体化系统设计课程,可以结合相关产业特点,开展短期的职业培训,进行深入的专用知识和特种技术教育。另外,也可对有一定机械设计经验和电子技术基础的在职技术人员,进行现代实用产品设计技术培训,为大批中小型企业,培养适应现代化生产需要的设计师、工程师。

本书第1章描述了作者对机电一体化人才培养方法的粗浅考虑;第2章浓缩了科技型中小企业技术创新基金10年来培育科技型中小企业发展的经验,详细介绍了机电一体化技术发展的重点方向、重点应用领域和我国制造业的集聚发展模式,可以开阔学生的视野;第3章集中概括了现代设计方法学的核心内容;第4章介绍了常用的设计工具软件;第5、6章介绍了机电一体化系统设计方法和试验;第7~11章分别介绍了各种常用功能单元的特性和最新产品;第12章介绍了11个设计案例。

伴随改革开放的 30 年,我们这一代人目睹了祖国的巨变。同窗挚友回忆起 1978 年跨入清华大学的时代,那些经历过农村插队锻炼的“老三届”同学,一心想“背着麻袋装知识”,拼命挽回失去的时光;那些经历过历史磨难的老教师,尽管头发斑白,仍然充满工作和生活的热情;实现四个现代化的希望激励了我们。人到中年,奉上此书,以表达对新一代的寄托,愿中国创造的理想将会点燃新一代的创新激情。

感谢清华大学的黄靖远教授在大学的启蒙教育,为本书的构思奠定了基础,特别是本书的第 3 章引用了黄教授的设计方法学的内容,在此深表感谢。

张 军

2010 年 4 月 10 日

机械工业出版社相关图书

序号	书号	书 名	定价	作 者
1	30487	变频器应用——专业技能入门与精通	33	王兆义 等编著
2	30463	开关稳压电源的设计和应用	39	裴文庆 杨旭 王兆安 编著
3	30268	高性能变频调速及其典型控制系统	49	马小亮 编著
4	29884	可编程序控制器与工业现场总线	49	陈忠华 编著
5	29856	变频器、PLC 及组态软件实用技术速成教程	59.8	姚福来 孙鹤旭 杨鹏 等编著
6	29808	变频器原理与维修	46	李方园 编著
7	29756	LOGO! 控制器实训教程	39	张子义 译
8	29752	电器控制与 PLC (西门子 S7-300 机型)	40	柳春生 编著
9	29592	三菱可编程序控制器应用技术	33	高春甫 等编著
10	29452	智能建筑设备自动化系统	47	齐维贵 王艳敏 李战赠 李喆 编著
11	29102	模糊控制器设计理论与应用	98	胡玉玲 张力权 刘艳军 陈一民 译
12	28956	脉冲功率器件及其应用	40	余岳辉 梁琳 编著
13	28716	可编程序控制器原理与应用	40	薛逆成 编著
14	26701	低压变频器应用手册	188	仲明振 赵相宾 主编
15	26564	高压变频器应用手册	88	仲明振 赵相宾 主编
16	26319	PLC 编程理论、算法及技巧 (第 2 版)	88	宋伯生
17	25144	电压型 PWM 整流器的非线性控制	27	王久和
18	24495	集散系统及系统开放 (第 2 版)	40	张新薇
19	16508	西门子工业网络通信指南 (下册) (含 1CD)	58	崔坚 主编
20	15177	西门子工业网络通信指南 (上册) (含 1CD)	49	崔坚 主编
21	14979	常用变频器功能手册	27	张燕宾 编著
22	14478	电气控制与可编程序控制器的原理及应用	43	陈立定 等编著
23	14261	电力电子技术手册	118	(美) Muhammad H. Rashid 主编
24	12516	可编程序控制器原理及应用 (第 2 版)	28	吴中俊 等主编
25	11084	可编程序控制器选择、设计与维护	26	殷洪义 主编
26	08569	变频调速应用实践	22	张燕宾 主编
27	07808A	调速用变频器及配套设备选用指南 (第 2 版)	40	吴忠智 黄立培 等编著
28	06298A	谐波抑制和无功功率补偿 (第 2 版)	29	王兆安 杨君 刘进军 王跃
29	05831	SPWM 变频调速应用技术 (第 3 版)	27	张燕宾 编著
30	04453	电气传动的脉宽调制控制技术 (第 2 版)	22	吴守箴 臧英杰 等著
31	27870	PLC 及 I/O 设备应用教程 (松下 FPI 系列)	33	杨晓萍 主编

以上图书在全国各地书店均有销售,您也可在中国科技金书网 (www. golden-book. com, 电话: 010-88379639) 联系购书事宜。

图书内容垂询电话: 010-68326336 010-88379765

E-mail: dgdz@mail. machineinfo. gov. cn

地址: 北京市西城区百万庄大街 22 号

机械工业出版社 电工电子分社

邮编: 100037

目 录

序	
第1章 绪论	1
1.1 机械与电子信息技术相结合	1
1.2 机电一体化的创新设计方法	1
1.2.1 系统设计方法	1
1.2.2 机电知识和技能的结合	2
1.2.3 课程设计和毕业设计	2
1.2.4 机电一体化系统实验室	3
第2章 机电一体化技术与现代制造业	5
2.1 机电一体化技术的重点发展方向	5
2.1.1 工业生产过程控制系统	5
2.1.2 智能化仪器仪表与测试技术	7
2.1.3 先进制造技术	8
2.2 机电一体化技术的重点应用产业	10
2.2.1 医疗仪器技术、设备与医学专用软件	10
2.2.2 电力系统自动化技术	11
2.2.3 汽车工业相关技术产品	12
2.3 我国现代制造业集聚发展的机制与模式	13
2.3.1 我国现代制造业集聚发展情况	13
2.3.2 我国高技术产业集聚发展的机制分析	14
2.3.3 我国高技术产业集聚发展的模式	15
第3章 创新设计原理	16
3.1 系统设计的环节和合理步骤	16
3.1.1 完成一项设计的主要环节	17
3.1.2 设计步骤	18
3.2 功能分析原理	18
3.2.1 功能分析概念	19
3.2.2 功能分类	19
3.2.3 关键技术功能设计	20
3.2.4 工艺功能设计	21
3.3 系统设计的基本原则	23
3.3.1 功能原理设计的创造性思维	23
3.3.2 创造性的思维规律	24
3.3.3 类比	26
3.3.4 模块化组合设计	26
3.3.5 动态设计分析	28
3.3.6 热效应设计	30
第4章 CAD 工具软件	34
4.1 三维立体结构设计	34
4.1.1 三维 CAD 技术的发展历程	34
4.1.2 常用的 CAD 系统介绍	35
4.1.3 专业 CAD 系统	37
4.1.4 AutoCAD 的使用方法	39
4.2 Protel 电路设计软件	44
4.2.1 Protel 99 SE 的功能	44
4.2.2 Protel 99 SE 电路板设计的操作步骤	45
4.2.3 电路原理图设计	47
4.2.4 印制电路板图的设计	48
4.3 MCGS 控制工程组态软件	50
4.3.1 国内外主要产品与功能	51
4.3.2 MCGS 组态软件介绍	51
4.3.3 MCGS 的主要功能及特性	52
4.3.4 MCGS 组态软件的系统构成	53
4.3.5 MCGS 组态软件各组成部分的功能	54

4.4 控制系统仿真软件——MATLAB/ Simulink	55	5.5.4 遥控技术	113
4.4.1 计算机仿真基本步骤	55	第6章 试验与调试	115
4.4.2 MATLAB的发展历史	56	6.1 模型试验的相似理论	115
4.4.3 MATLAB的主要功能及特点	57	6.1.1 相似概念	115
4.4.4 MATLAB的常用工具箱	58	6.1.2 相似定理	116
4.4.5 Simulink 初步	59	6.2 试验设计	117
4.5 项目管理	61	6.2.1 试验设计原则	117
4.5.1 项目管理的基本概念	62	6.2.2 模型设计	119
4.5.2 PMI 项目管理体系	64	6.3 检测和调试	119
4.5.3 项目规划	66	6.3.1 试验的准备	119
4.5.4 项目活动的图形表示法	72	6.3.2 系统调试过程	120
4.5.5 项目实施	73	6.3.3 板材加工系统调试过程	121
第5章 机电一体化系统设计	76	第7章 基础单元设计	123
5.1 设计原理	76	7.1 支撑件设计	123
5.1.1 基本构成与功能单元	76	7.1.1 转动支承——轴承	123
5.1.2 机电一体化系统的基本类型 与关键技术	78	7.1.2 移动支承——导轨	124
5.2 顺序控制系统	79	7.2 传动件设计	125
5.2.1 可编程序控制器自动送料车试 验系统	79	7.2.1 转动	126
5.2.2 运料车系统的设计	79	7.2.2 运动变换	127
5.2.3 变频调速加减速控制	80	7.2.3 特定轨迹运动	128
5.3 轨迹控制系统	80	7.3 结构件设计	128
5.3.1 绘图机试验系统	80	7.3.1 结构设计	128
5.3.2 步进电动机的速度控制系统	80	7.3.2 结构材料与制造工艺	129
5.3.3 插补的基本原理	81	7.3.3 连接与连接方法	132
5.3.4 步进电动机插补程序设计	83	7.3.4 外表装饰技术	133
5.4 过程控制系统	84	第8章 驱动及其控制单元设计	135
5.4.1 PID 控制的基本原理	85	8.1 电动机驱动	135
5.4.2 复杂控制系统	92	8.1.1 电动机品种与选型设计	135
5.4.3 智能温控器电热炉控制系统	98	8.1.2 小型电动机	137
5.4.4 双容水箱液位控制系统	98	8.1.3 动力电动机	138
5.5 综合控制系统	107	8.1.4 伺服电动机	138
5.5.1 实验室设备集成控制系统	107	8.1.5 步进电动机	141
5.5.2 多级综合系统的通信管理 技术	108	8.1.6 直线电动机	144
5.5.3 无线数据传输	408	8.1.7 电池移动供电技术	145
		8.2 气液驱动	148
		8.2.1 气动	148

8.2.2 液压驱动	149	10.3.1 操作面板的功能	188
8.3 其他电驱动形式	152	10.3.2 设备操作面板	189
8.3.1 电磁铁	152	10.3.3 薄膜开关操作面板	190
8.3.2 泵	154		
8.3.3 加热器	156	第 11 章 控制单元设计	193
8.3.4 电功率调节	158	11.1 继电器与可编程序控制器	193
第 9 章 检测单元设计	160	11.1.1 逻辑控制与继电器	193
9.1 位置检测	160	11.1.2 可编程序控制器	196
9.1.1 行程开关	160	11.1.3 可编程序控制器的使用	199
9.1.2 微动开关	161	11.2 单片机	203
9.1.3 接近开关	161	11.2.1 单片机的功能	203
9.2 位移检测	163	11.2.2 MCS-51 系列单片机	205
9.2.1 位移测量	163	11.2.3 单片机编程与仿真开发系统	209
9.2.2 料位测量	164	11.3 智能控制仪表	210
9.2.3 角度测量	165	11.3.1 智能控制仪表技术	210
9.2.4 激光测距仪	165	11.3.2 智能温控器的功能	212
9.3 速度和加速度测量	166	11.4 工控机	214
9.3.1 速度和频率	166	11.4.1 工控机的发展	214
9.3.2 加速度和振动	167	11.4.2 研华工控机产品系列	215
9.4 物理量的检测	168	第 12 章 典型应用系统	220
9.4.1 温度检测	168	12.1 顺序控制系统	220
9.4.2 压力、力矩、扭矩	170	12.1.1 智能控制注塑机系统	220
9.4.3 流量	172	12.1.2 单片机控制水浴仪	221
9.4.4 其他检测方法	174	12.1.3 全自动智能包装机	224
第 10 章 显示与操作单元设计	176	12.2 轨迹控制系统	225
10.1 人机工程学指导显示与操作 设计	176	12.2.1 数控冲床	225
10.1.1 人机系统	176	12.2.2 激光雕刻机	226
10.1.2 显示与操作在人机系统中的 协调性	177	12.2.3 电脑绣花机	226
10.1.3 显示与操作的设计要求	178	12.3 过程控制系统	228
10.2 显示与操作产品	179	12.3.1 室内环境控制系统	228
10.2.1 显示产品	179	12.3.2 智能控制热处理系统	229
10.2.2 操作产品	183	12.3.3 智能印染系统	229
10.2.3 显示与操作集成模块	185	12.4 综合控制系统	230
10.3 操作面板	188	12.4.1 生产物流系统	230
		12.4.2 激光导引 AGV 系统	232

第 1 章

绪 论

1.1 机械与电子信息技术结合

机械设计和制造技术的发展经历了漫长的岁月,历史久远,在社会生产和人民生活中占据着重要的地位。从齿轮到汽车,机械在人类的工业革命中发挥了重要的作用。

电子技术出现较晚,但发展迅速、日新月异,带来了一场前所未有的电子信息技术革命,使通信技术等实现了跨越式发展。

以电子信息技术为核心的高新技术的发展,使自动化设备和产品从尖端技术走到了中小型企业 and 人们的家庭生活中。控制技术逐渐成为简单实用、质优价廉的民用技术,给人们的生活带来了巨大的变化。精准的石英电子表、随机应变的“傻瓜”照相机、舒适豪华的高级轿车等机电一体化的产品使人们的生活更舒适。可完成精密加工的数控机床、智能的电脑绣花机、高速的食品加工流水线等自动化生产设备,带来了现代化生产的高质量和高效率。

用途广泛的微电子技术、飞速发展的计算机软件技术以及光电技术、电磁技术、电子测量技术的综合应用,为机器提供了先进的驱动、检测和控制手段,产生了机电一体化产品和自动化生产设备这样的智能化系统。

展望未来,不仅还有许多领域可依靠自动化、大规模生产技术进一步提高生产效率、降低成本,而且还需要满足个性化需求、小批量、多品种的产品及相应的生产设备,更有生物技术的发展带来的新兴产业对自动化技术提出更高的需求。展现在大学生面前的,是一个充满希望的时代,他们将成为社会的栋梁,机电一体化技术将迎来辉煌的历史发展机遇。

1.2 机电一体化的创新设计方法

1.2.1 系统设计方法

智能机器的设计需要利用系统设计方法。伴随智能机器的大量涌现,20 世纪 70 年代出现了一门“机械电子工程”学科,为机电一体化的发展奠定了基础。完整的智能机器通常是多学科技术综合应用的产物,其设计过程是比较复杂的。同时,应运而生的现代设计方法提供了有效的工具。

从设计的角度看,运用系统论和控制论的方法,可以把一个复杂的机器看成是由许多模块组合而成,把各个模块看成是具有某些功能的“黑箱”,通过分析模块之间的相互关系与作用,从而把握系统的整体功能。新功能模块的出现,可以带来技术革命,例如移动通信和网络;将已有功能模块的重新组合,则可能开发许多新的产品;许多功能模块有机地组合在一起,还可以形成一个复杂的系统,可以创造出与原来完全不同的产品。

从制造的角度看,模块式组合设计方法体现了设计与制造的完美结合。这样,在产品试制和规模生产的过程中,可以充分利用现代生产的特点——社会化分工、专业化协作、规模化生产,最大限度地借用标准零件、通用部件和专业技术服务,从而降低成本、节省时间、方便维修。

从投资的角度看,不仅要考虑产品开发费用、产品制造成本和产品交易成本,还要考虑产品的售后服务成本;不仅要考虑资金的动态需求,还要为多元化融资创造条件;不仅要考虑单一产品的利润,还要考虑对社会的长期贡献。这就要求要定量地分析、计算产品的性价比,在设计系统方案时对许多可行方案进行系统优化设计,并最终达到社会价值和经济价值的最优。

1.2.2 机电知识和技能的结合

面向社会需求的机电产品设计,需要机电知识和技能的结合。进行消费类机电产品和工业自动化设备的设计、技术改造、使用和维修等,要求设计者在掌握机械设计、机械制造和工业控制技术这三方面知识的基础上,能够综合运用所学知识,紧密结合实际的应用需求进行系统设计。

机械类的知识体系和技能体系的内容是通用性的,知识体系包括物理学、机械设计基础和机械制造基础等,技能体系包括工程制图、钳工、切削加工和电加工等。

电类知识体系和技能体系教学的主要难点是技术发展快、新技术层出不穷,教学内容难免滞后。其知识体系包括普通物理、电工学、电子学、计算机原理、微机操作系统原理、工业控制计算机原理及接口,技能体系包括简单电器配电及维修基础技术、仪器仪表使用技术、常用元器件的选用技术、控制系统开发工具的使用和常规电路设计等。

机电一体化系统设计的知识体系和技能体系教学的主要难点是最新技术的综合。其知识体系包括控制工程基础、现代设计方法学,技能体系包括典型智能机器系统设计、常用功能部件的选型、科学研究的能力。充分掌握以上知识才能保证学生在毕业后,能够通过市场调研、市场需求分析提出新产品的设计方案,进而进行开发设计和相应的试验,最终完成具有市场竞争力的新产品。

1.2.3 课程设计和毕业设计

学生设计能力的提高还需要通过实际演练,也就是课程设计和毕业设计。现有高等教育本科工程类学校中,机械设计与制造、电气工程等专业的教学涉及了自动化的基本内容和方法,培养机电一体化系统设计能力成为最后一个关键教学环节。机电一体化系统设计这一实践性教学环节需要解决以下四个主要矛盾。

(1) 继承和发展之间的矛盾:机械学历史久远,所以以继承为主、发展为辅;电子学是新兴学科并且日新月异,所以以发展为主。随着新的知识和技术不断补充,要淘汰过时的

知识和技术,并且要提前进行一些基础知识和基本技能的教育。

(2) 知识和技术之间的矛盾:知识的学习要以理解和记忆为主,以实验为辅;而技术必须经过一段时间的反复实践才能掌握,要以实践教学为主,知识则是重要的辅助手段。德国和日本比较重视职业技术教育,表现为产业技术比较扎实。英国更重视基础理论,表现为原始创新能力更强一些。

(3) 通用和专用之间的矛盾:各种行业中的实用技术是许多学科知识和相关专业技能的综合,需要从业者全面地掌握通用知识和专业技术;而各门学科和专业技术都有相当的深度,需要专用的知识和技术。

(4) 发展潜力和现有能力之间的矛盾:为使学生既有一定的发展潜力又有必要的实际工作能力,必须进行必要的知识储备。

解决这些矛盾,需要在学的过程中,充分利用机电一体化系统设计综合性强、实践性强的特点,加强实践教学环节。

对于本科教学安排方面,可以先安排参观实验室或展览会,在讲授过程中再安排必要的实验。课程设计要求学生掌握一般工业自动化设备和机电一体化产品的设计方法,基本掌握常用功能部件的技术特性和市场情况,正确选用各种元器件,参照典型系统完成一般工业自动化生产设备或机电一体化产品的方案设计,并至少在实验室完成原理实验。毕业设计时,可以结合就业单位的具体项目,在教师指导下,开发产品原理样机,从而向就业单位交上一份合格的答卷。

对于其他工科专业的研究生,开设机电一体化系统设计课程也有一定的现实意义。一方面,以完成实验系统设计为目标,对研究生完成实验系统设计提供帮助。另一方面,也可以了解借鉴其他行业的技术成果,构思新的产品或设备,在实验室完成原理实验。

对在职技术人员进行现代实用技术的短期职业培训,要有实用性。课程中,讲授的知识和技术可以结合某些产业特点,进行深入的专用知识和特种技术的讲授。由于学员有一定的机械设计经验和电子技术基础,课程设计的题目可以结合在职人员的任务,完成一个自动化生产设备或机电一体化产品的方案设计。并在教师指导下,在实验室完成原理实验,为进一步实现产品开发打好基础。

1.2.4 机电一体化系统实验室

机电一体化系统设计实验室是本课程设计的实践教学基地,也是技术开发的科研基地。实验室分为测试技术部、驱动技术部、控制技术部和结构技术部,由从事智能机器系统科技开发工作的教师担任该课程的主讲教师和实验教学的主讲教师,并负责指导课程设计或毕业设计。

本实验室将配置一批常用的测试、驱动、控制设备和机械标准件,并随着市场的变化,与生产企业合作不断更新这些设备。

实验室还将建立一批设备技术性能检测实验系统,包括:①导轨性能实验,该实验可以完成滑动导轨的摩擦特性、动力特性和精度特性等的特性实验;②驱动性能实验,该实验可以进行交流电动机、直流伺服电动机和步进电动机驱动系统等的动力特性和精度特性测试;③位置检测性能实验,该实验可以完成微动开关、光电开关、光栅数显等的测量精度和动态特性实验;④温度检测性能实验,该实验可以进行热电偶、热电阻等

的精度和动态特性的测试；⑤显示与操作性能实验，该实验可以进行常用操作元件和显示元件的使用培训。

实验室将构建四种典型的控制系统，这些控制系统可以完成新型产品的原理实验和演示，从而提高产品开发的效率，包括：①以可编程控制器为核心的顺序控制系统；②以单片机为核心的轨迹控制系统；③以单片机和智能仪表为核心的过程控制系统；④以工业控制计算机为核心的多级综合控制系统。

第 2 章

机电一体化技术与 现代制造业

机电产品和相应生产装备的技术水平是国家工业基础能力的重要标志之一。机电一体化技术的进一步广泛应用,可以开发具有国际竞争力的智能型产品 and 高度自动化的技术装备,可以进一步提高机电产品的性能、质量、品种结构和配套现状,增强企业的技术创新能力和产品开发能力,提升企业的市场竞争力。

机电一体化技术的重点发展方向主要在下列三个方面:工业生产过程控制系统、智能化仪器仪表和先进制造技术。目前,机电一体化技术的重点应用产业包括医疗电子设备、电力系统和汽车制造等。我国制造业集聚发展的格局已经基本形成。围绕战略性新兴产业的发展和传统产业振兴,许多有基础、有条件、有优势的地方政府,以高新区、特色产业基地等为载体,制定各种优惠政策,提供各种配套服务措施,鼓励发展具有带动作用的关键技术、关键创新产品,引导产业集群快速发展,为技术创业提供了发展的舞台。

2.1 机电一体化技术的重点发展方向

2.1.1 工业生产过程控制系统

目前,国际上把工厂自动化(Factory Automatic, FA)分为三层:最上层是企业级生产管理层(Enterprise Resource Planning, ERP);工业生产过程控制位于最底层,主要功能是实现自动化生产控制任务和设备的监控与管理;中间层为制造执行系统(Manufacturing Execution System, MES),它是车间级的生产管理系统,也是将 ERP 和底层工业生产过程控制连接起来的信息系统。由于控制对象、特点、功能要求的不同,工业生产过程控制可分为连续生产过程控制(如电力、石化等行业)、断续(即离散)生产过程控制(如机械、汽车、家电等行业)以及介于两者之间的混合型生产过程控制(如水泥、制药等行业)。目前,工业生产过程控制已从单变量控制发展到多变量的优化控制,可以完成设备的动态监控、设备间的协调控制、生产过程的优化控制、生产状态的在线监控、产品质量的在线监控等。并且能够大大提高企业的生产自动化水平和生产效率、提高产品质量和经济效益。近些年,自动化领域更加重视如功能安全(Functional Safety)等新技术。这些新技术影响到工业网络技术、控制器(如 PLC)技术、自动化仪表技术、自动化系统集成技术等自动化领域的各个方面。未来几年重点发展的方向如下。

1. 现场总线及工业以太网技术产品

现场总线技术在我国自动化领域方兴未艾,其应用推广为我国经济建设做出了重大贡献。工业以太网技术是在 IT 行业成熟技术基础上,结合现场总线技术而形成的工业控制网络。与现有的现场总线技术相比,它功能更强、技术指标更先进、与 IT 结合更紧密,是未来工业控制网络发展的主要方向之一。普遍采用的主流技术标准包括 IEC 61158、PROFIBUS、FF、DeviceNet、PROFINET、EtherNet/IP、EPA、MODBUS/TCP 等。

2. 工业无线网络产品

工业无线技术是继现场总线之后,工业控制网络技术领域中的又一个技术热点。工业无线网络标准处在快速发展阶段,主流工业无线网络技术标准产品包括 Wireless HART、ISA100.11a、WIA-PA 及符合 IEEE 802.11 标准的产品。工业无线技术可以大大降低控制系统的布线成本。系统应用范围灵活、易于改造,可覆盖有线网络不可达的区域。

3. 可编程序控制器产品

可编程序控制器(PLC)产品及技术发展已有较长的历史,但在国内外市场经久不衰。近年来,PLC 吸收了嵌入式系统、单片机、模数混合等新技术成果,与计算机、现场总线、工业以太网等进一步融合,出现了很多新的概念和产品,主要体现在具有现场总线及工业以太网功能的网络型 PLC、壳体结构具有高防护等级 PLC、面向特定行业应用的 PLC 和面向专业化控制要求的 PLC(如运动控制、定位控制、防爆、功能安全型等)。

4. 基于 PC 的控制系统

基于 PC 的控制系统是自动化技术发展的一个新的方向,具有成本低、开放性好、与 IT 技术兼容性好等优点。近年来,在此基础上又发展出可编程序先进控制器的技术概念和产品,以“工业 PC + Soft PLC”为控制器或以可编程序先进控制器为控制器,以现场总线及工业以太网为网络,连接远程 I/O 及其他现场设备从而组成分布式控制系统。

5. 面向行业的自动化车间设备集成系统

面向行业的控制系统利用先进控制技术和设备(如现场总线、工业以太网、基于 PC 控制等)或新型电子元器件,采用具有专业技术特点、符合行业工艺要求的优化控制算法及应用软件,构成自动化车间设备集成系统。设备集成系统是企业上层生产管理与底层过程控制系统之间的接口,采用各种通信接口、远程 I/O、网桥或网关设备,将车间生产设备的控制系统、条码(或其他)识别设备、数据终端设备、打印设备等连接实现数据通信,由计算机实现车间级生产监控和车间级生产管理。

6. 专用控制装置

专用控制装置是指企业自主开发,采用单片机或嵌入式控制器的硬件、软件的平台,面向行业专用设备批量配套,能够满足某些特殊工艺要求(如高速、严格的时间性、高精度、高防护等级、特殊信号处理等)。这些专用控制装置和检测装置应该具有先进的技术特性,能够适合恶劣工业环境,具有较高可靠性。

7. 新一代的工业控制计算机

外围设备互连(Peripheral Component Interconnect, PCI)总线是具有地址、数据多路复用的高性能 32 位或 64 位总线,解决了处理器和显示设备之间的瓶颈问题,能满足面向图形的操作系统和应用要求。紧凑的 PCI(Compact PCI)是指 PCI 总线的电气和软件加上欧式卡。CPCI 总线工控机定义了两种板卡尺寸,3U(100mm × 160mm)和 6U(233mm ×

160mm), 具有在不关闭系统情况下的“即插即用”功能。该功能的实现对高可用系统和容错系统非常重要。CPCI 总线工控机具有 PCI 总线的高性能又具有欧式卡结构的高可靠性, 是符合国际标准的真正工业型计算机, 适合在对可靠性要求较高的工业和军事设备上应用。

2.1.2 智能化仪器仪表与测试技术

仪器仪表在许多工业领域和科技领域中是信息获取、传输及处理的重要手段, 是保证产品质量、提高劳动生产率、实现生产过程自动化的重要工具。当前, 仪器仪表技术正向着计算机化、网络化、智能化、微型化、多功能化的方向发展。

1. 新型自动化仪表

新型自动化仪表主要以石油、化工、冶金、机械、电力、交通运输、国防安全、节能、环保、轻工、水利等重大工程项目应用为目标; 技术发展特点是智能化、高精度、高可靠性、大量程、耐腐蚀、全密封和防爆等; 包括满足现场要求的各类检测仪表, 实时流程分析仪器及在线分析技术, 满足新型现场控制系统、e 网控制系统、以工业控制计算机、可编程序控制为基础的开放式控制系统及先进控制技术所需的控制仪表, 及特种测控装备和测控技术和系统成套集成技术等需求的自动化仪器仪表。

2. 新型传感器

新型传感器的发展对于促进信息技术和仪器仪表行业的发展起到了关键作用, 新型传感器的发展重点是新型阵列传感器(如触觉阵列传感器等)、多维传感器(如多维位置传感器、多维力传感器等)、复合型(非简单组合)传感器、直接输出数字量或频率量的新型敏感元件(如 Z 元件等)、采用新传感转换原理的光敏(包括红外、紫外)传感器、磁传感器、力学量传感器、温度传感器、气体传感器、湿度传感器和功能型光纤传感器等。

3. 微机电技术产品

微机电技术是指以微光机电系统、加工技术和材料为基础制造出微电子器件、微型光学器件和微机械器件等组成微机电系统。微机电系统将微电路、微机械功能要求集成在芯片或微模块中。它具有重量轻、功耗低、尺寸小、价格低和耐用性好等优点。近 10 年来已开发出各类微机械、微传感器和微执行器。其中, 微压力传感器、微加速度计、打印机的微喷嘴和数字镜面显示器件等已批量生产, 并取得了巨大的经济效益。预计微机电技术将有数百亿美元的市场容量。近几年的重点发展方向是基于微纳米技术的新型传感器、微型射频信息传输系统、微型光学成像集成系统和声振探测集成系统、微机电惯性导航系统、微型无线传感器网络系统等。

4. 分析检测仪器

分析检测仪器是非常基础的必备测试设备。对新型精密分析检测仪器的开发应用, 可提高各工业领域的安全监控、产品质量控制和科学管理水平。近几年的重点发展方向为: ①等离子光谱仪、近红外光谱仪、非制冷红外焦平面热像仪、微型专用色谱仪等; ②微分析仪器, 即将生物芯片技术、新型化学传感器技术、多组分(多参数)集成传感器技术应用于微分析仪器; ③农产品品质和食品营养成分检测、农药及残留量检测、土壤速测等农业和食品等行业专用仪器, 大气、水和固体废弃物安全监测和预警等专用仪器, 各种灾害监测仪器以及生命科学用分离分析仪器。

5. 空间信息获取及综合应用集成系统

此类系统是指通过遥感、卫星定位等技术获取空间信息,并与各行业的应用紧密结合形成的综合性应用系统。其主要技术特征是信息获取技术、通信技术和计算机技术的紧密结合,将系统数据、软件和硬件等高度集成,并进行应用综合。空间信息应用系统在我国已经初步形成了具有生命力的新技术产业,并带动资源环境、电力、通信、交通、生产安全等行业的升级和改造,促进了其他高新技术产业的发展。近几年的重点发展方向为:①空间数据获取系统,如低空遥感系统、基于导航定位的精密测量与检测系统、与个人数字助理(Personal Digital Assistant, PDA)及移动通信部件一体化的数据获取设备等产品;②导航定位综合应用集成系统,如基于其卫星导航定位系统的主动/被动的导航、定位设备及公众服务等产品;③支持基于位置服务(Location Based Service, LBS)功能的应用系统平台和相应的便携终端等产品;④进行时空数据库的构建并加以应用,例如国土行业的地籍库和历史库的构建及其应用等。

2.1.3 先进制造技术

先进制造技术是传统意义上的制造技术与信息技术、材料技术、新能源技术和现代管理技术等相关领域交叉、渗透、融合的基础上实现质的飞跃而形成的。它集机械、电子、信息、材料和管理技术为一体,能实现制造过程的优化。它是加速高新技术发展的主要技术支撑之一,也是改造传统产业,调整制造业的产业结构,增强其技术创新能力、产品开发能力和市场竞争能力的关键因素之一。发展以微电子和软件技术为特征的先进制造技术,用以构成自动化、柔性化、精密化和智能化的装置、设备、单元和系统,从而实现优质、高效、低耗、清洁和敏捷制造业的目标。

1. 先进制造系统

先进制造系统是指综合多种先进技术、工艺、单元设备,构成满足特定行业需要的自动化、柔性化、精密化的制造系统,产品数字化设计制造系统,现代集成制造系统,实现产品的优质、高效、低耗、环保、全局优化的生产。先进制造系统的目标是用信息技术改造传统产业,实现产品设计、制造和企业管理的信息化,生产过程控制的智能化,生产装备的数字化,社会服务和咨询的网络化,促进提升我国制造业的综合竞争能力。具有先进技术和工艺的单元设备、制造系统、生产线等,如复合加工、组合加工、绿色制造等相关装备和系统。先进制造系统包括 CAD/CAPP/CAM/PDM 在内的产品数字化设计制造系统、现代集成制造系统应用软件平台及工具、生产计划与实时优化调度系统企业资源计划(Enterprise Resource Planning, ERP)管理软件系统、网络制造系统和快速成形技术等。

2. 数控加工技术及其装备

数控加工技术是一项能够大幅度提高机械加工件精度和生产效率的先进制造技术。近几年的重点发展方向是高可靠性的数控系统和驱动器、高性能加工编程软件和应用软件、中高档数控设备和关键功能部件(如刀库、机械手、转塔刀架、高速主轴单元、高速滚动元件、高速切削工具等)。

3. 机器人开发及应用

机器人是典型的机电一体化产品,是制造业的新型智能工作母机。它作为新一代的生产工具,在提高生产效率、保证产品质量、改善劳动条件、增加生产线“柔性”以及增强企