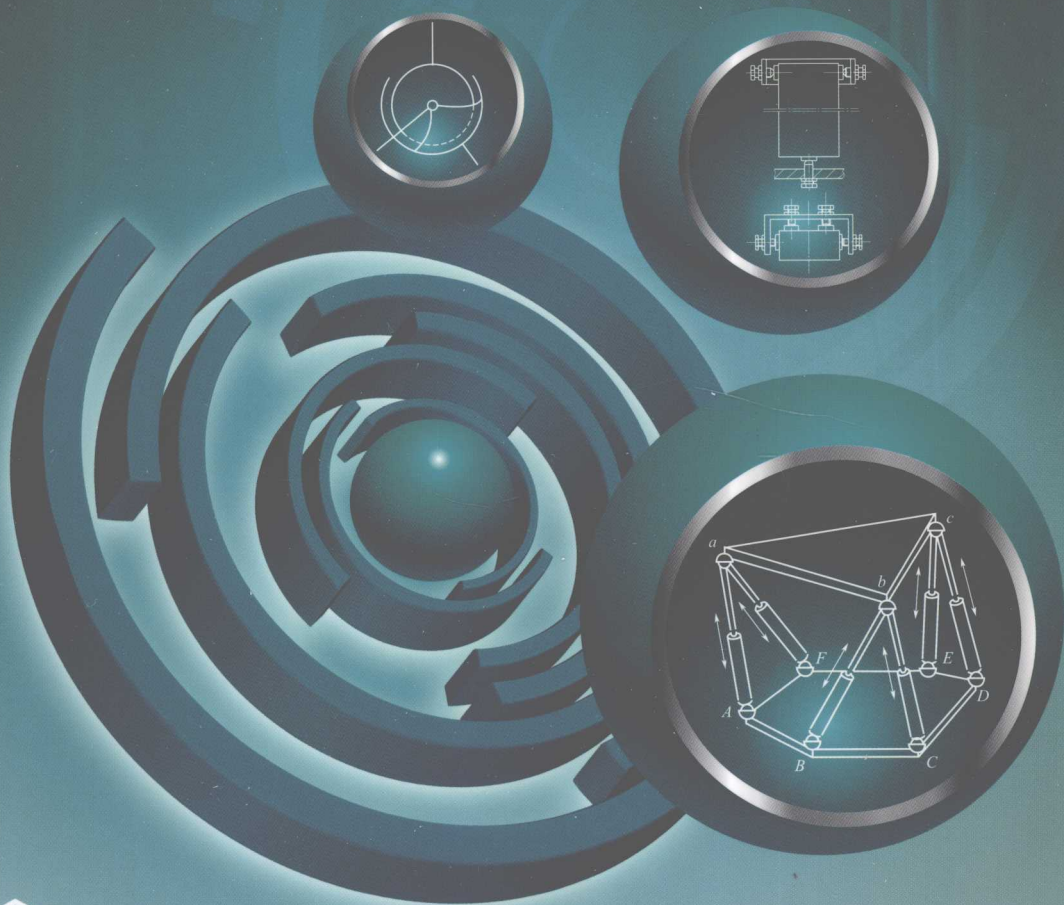




机电一体化技术应用丛书

机电一体化系统设计

石祥钟 主编



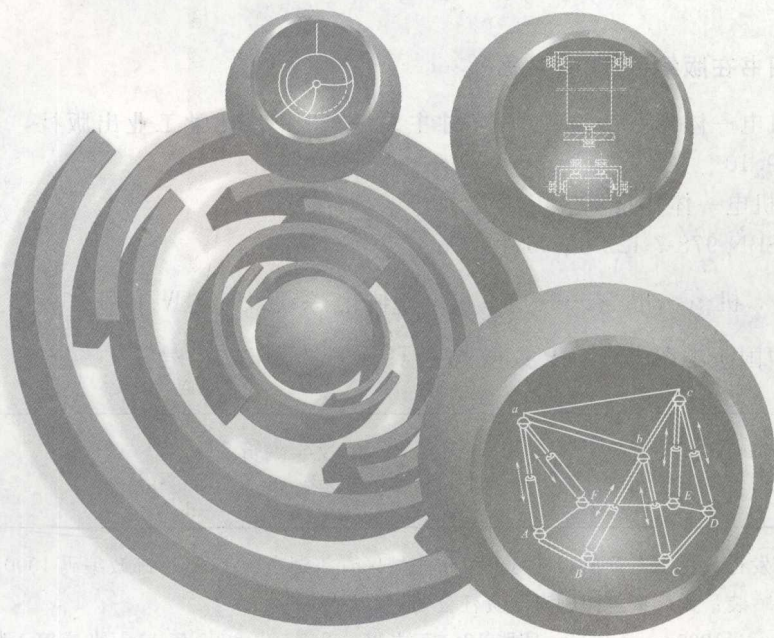
化学工业出版社



机电一体化技术应用丛书

机电一体化系统设计

石祥钟 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/石祥钟主编. —北京: 化学工业出版社,
2009. 10

(机电一体化技术应用丛书)

ISBN 978-7-122-06571-1

I. 机… II. 石… III. 机电一体化-系统设计 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 153500 号

责任编辑: 周 红

文字编辑: 陈 喆

责任校对: 王素芹

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 18 字数 358 千字 2009 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 39.00 元

版权所有 违者必究



【 序 】

机电一体化技术是在微电子技术向机械工业渗透过程中逐渐形成并发展起来的一门新兴的综合性技术，由于对促进社会生产力方面所发挥的巨大作用，目前机电一体化技术正日益受到社会各界的普遍重视和广泛关注，已成为现代科技、经济发展中不可缺少的重要支撑，特别是现代计算机技术的迅猛发展，有力地推动了机电一体化技术的进步与普及，机电一体化产品已遍及国民经济的各个领域和人们日常生活的各个方面。

二十世纪九十年代以来，整个社会对机电一体化技术的需求日趋旺盛，介绍机电一体化技术的书籍也越来越多，但是机电一体化技术是一门不断创新的高新技术，其创新速度之快令人眼花缭乱、目不暇接，是其他学科与技术领域所少有的，从事机电一体化技术与开发的科技工作者，必须不断学习才能跟上当今机电一体化技术发展的步伐。同时机电一体化技术是一门实践性非常强的综合性技术，所涉及的知识领域非常广泛，涵盖机械、电子、光学、计算机、控制、信息等多个学科，但机电一体化并非是这些技术的简单叠加，它的优势较多地体现在这些技术的相互渗透和有机结合，从而形成某一单项技术所无法达到的高度，并将这种高度通过性能优异的机电一体化产品而体现出来。机电一体化技术的这些特性决定了一个性能优异的机电一体化产品的设计者必须是一个基础理论扎实、掌握最新发展动态、见多识广且具有丰富实践经验的优秀科技工作者。

应广大科技工作者热切期望系统学习机电一体化技术的需要，我们根据当今机电一体化技术发展的前述特点，组织编写了这套《机电一体化技术应用丛书》，丛书的作者都是多年从事机电一体化技术教学与研究的科技工作者，并且在此之前大多参加过有关机电一体化技术书籍的编写工作，这套丛书的编写吸取了他们多年的教学经验、科研工作经验和同类书籍的编写经验。

与以往同类书籍相比，本套丛书内容新颖，文字精练，通俗易懂，实用性强。全套丛书共包括机电一体化控制技术、机电一体化测试技术、机电一体化接口技术、机电一体化执行元件、机电一体化系统设计和机电一体化技术应用等几个方面，通过大量实例分析，使读者能对当代最新机电一体化的理论和技术融会贯通，从而灵活地运用这些技术进行机电一体化产品的分析、设计与开发。本丛书的内容定位侧重于工程应用，重点讲解各种理论与技术的应用与实现，力求避开泛泛的理论分析与论述，并突出强调相应领域的最新进展。

本丛书主要面向从事机电一体化技术开发的科技人员，包括刚刚步入工作岗位

的高等学校毕业生和具有一定工作经验的科技人员。本丛书可作为广大机电工程及相关领域的技术人员使用的工具书，也可作为机械电子工程等相关专业的高年级本科生与研究生的教学参考书。

衷心地期望通过本套丛书的出版能够为广大机电一体化科技工作者提供一个了解与学习当今世界先进机电一体化技术的窗口，通过阅读本丛书能够为读者开阔视野、增长才干起到启迪与借鉴作用。

赵丁选



【前言】

随着科学技术的快速发展,机电一体化系统在许多行业得到了广泛应用。机电一体化是集机械、电子、光学、控制、计算机、信息等多学科为一体的交叉综合学科。近年来,我国机械自动化技术发展十分迅速,自动控制理论、液压传动技术、微电子及计算机控制技术的相互融合,有力地推动了我国机电一体化技术的飞速发展。

机电一体化技术是现代化装备向大型化、高效化、智能化方向发展的客观需要。随着工业高度发展,迫切要求大幅度地提高机电一体化系统设计工作的质量和速度,因此,推广和运用现代设计方法,提高设计水平,是机电一体化系统设计的必然趋势。

一个典型的机电一体化系统,包含机械本体、动力与驱动、执行机构、传感测试、控制及信息处理等基本组成部分。这些部分可归纳为结构组成要素、动力组成要素、运动组成要素、感知组成要素、智能组成要素,这些组成要素之间通过接口耦合来实现运动传递、信息控制、能量转换等,有机地融合为一个完整的系统。为使工程技术人员在机电一体化系统(产品)设计开发时具有一个整体设计思路,本书结合多年的教学和科研经验,从系统工程的理论出发,以追求系统的最优化为目标,介绍了利用现代设计方法和技术,进行机电一体化系统分析和设计的关键技术。针对机电一体化系统,在系统工程思想的指导下,从整体上考虑系统的功能和性能,对机械、检测、控制、驱动和执行等子系统进行设计,并具体阐述机械部件、传感器、控制器、系统接口和信息处理等方面的设计问题。

本书由河北工程大学的石祥钟主编,集美大学的陈宁编写第1章、第6章、第8章和9.3节,河北工程大学的侯瑞生编写第2章、第7章和9.1节,河北工程大学的李菊梅编写第3章、第4章和9.2节,厦门厦工机械股份有限公司的刘春编写第5章。

本书在编写过程中参考了一些书籍资料中的相关知识,在此表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者



【目 录】

第 1 章 绪论

1.1 机电一体化系统的基本概念及发展概况	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组成	2
1.1.3 机电一体化系统的发展状况及发展趋势	3
1.2 机电一体化系统的设计	6
1.2.1 机电一体化系统的设计思想	6
1.2.2 机电一体化系统的设计目标	9
1.2.3 机电一体化系统的现代设计方法	9
1.3 机电一体化系统的设计步骤	13
1.4 机电一体化系统的应用	14

第 2 章 机电一体化系统分析方法

2.1 机电一体化系统分析和建模的方法	16
2.2 机电一体化系统的控制	17
2.2.1 系统结构图	17
2.2.2 运动微分方程的建立	19
2.2.3 传递函数及环节连接计算方法	21
2.2.4 系统的频率特性	23
2.2.5 系统的稳定性及误差分析	25
2.3 机电一体化系统的建模与仿真	30
2.3.1 模型与仿真的基本概念	30
2.3.2 机械系统建模与仿真	33
2.3.3 电气系统建模与仿真	34
2.3.4 液压、气动系统建模与仿真	37
2.4 机电一体化系统分析软件	41
2.5 典型机电一体化系统实例分析	43
2.5.1 MATLAB/Simulink 建模软件的应用实例	43
2.5.2 机构系统仿真举例	44

第 3 章 机电一体化系统的设计方法

3.1 系统工程概述	47
3.1.1 系统的基本概念	47
3.1.2 系统工程的概念及特点	47
3.1.3 系统工程方法论	47
3.1.4 系统的描述方法	50
3.1.5 计算机系统仿真	52
3.2 功能设计	52
3.2.1 功能设计方法	53
3.2.2 功能设计工具	55
3.2.3 机电一体化系统的功能分析与设计实例	55
3.3 结构设计	57
3.3.1 传动结构设计	58
3.3.2 支承结构设计	59
3.3.3 结构的整体布局	60
3.3.4 机电一体化系统的结构设计实例	61
3.4 控制系统的设计	62
3.4.1 控制系统的组成	63
3.4.2 控制系统的分类	63
3.4.3 控制系统的设计	64
3.4.4 机电一体化系统的控制系统设计实例	65
3.5 信息流设计	67
3.5.1 机电一体化系统的基本模型	67
3.5.2 分析信息流的工具	68
3.5.3 面向数据流图的软件结构设计	70
3.5.4 软件的详细设计和编码	71

第 4 章 机械系统设计

4.1 概述	73
4.2 机械传动系统	73
4.2.1 机械传动系统的功能	73
4.2.2 机械传动系统的种类	74
4.2.3 机械传动部件的设计与选择	75
4.3 支承系统	92

4.3.1	支承系统的功能及分类	92
4.3.2	框架支承结构设计	92
4.3.3	导向支承设计	93
4.3.4	旋转支承设计	101
4.4	机械系统设计参数	105
4.4.1	机械零部件的强度和刚度	105
4.4.2	机械系统的稳定性	107
4.4.3	机械部件的运动精度	108
4.4.4	机械结构的工艺性	111
4.5	机械系统设计软件	114
4.6	机械系统设计实例	116

第 5 章 电气系统的设计

5.1	电气控制系统设计的基本内容和一般原则	119
5.1.1	电气控制系统设计的基本内容	119
5.1.2	电气控制线路设计的一般原则	120
5.2	电力拖动方案确定原则和电机的选择	120
5.2.1	确定拖动方式	120
5.2.2	确定调速方案	121
5.2.3	电动机的选择和电动机的启动、制动和反向要求	121
5.3	常用低压电器元件的选用	122
5.3.1	熔断器	123
5.3.2	断路器	124
5.3.3	接触器	125
5.3.4	继电器	127
5.3.5	电磁阀	130
5.4	电气设计中应注意的问题	132
5.5	典型车床电气控制线路分析	135
5.5.1	普通车床的主要工作情况	135
5.5.2	C650 型普通车床的电气控制	136
5.5.3	C650 普通车床电气控制线路的特点	137

第 6 章 液压、气动控制系统设计

6.1	概述	138
6.2	液压控制系统设计	139

6.2.1	液压控制系统的组成	139
6.2.2	液压控制元件	141
6.2.3	液压执行元件	141
6.2.4	液压控制系统的计算	149
6.2.5	液压控制系统实例	165
6.3	气动控制系统设计	166
6.3.1	气动控制系统的组成	167
6.3.2	气动控制元件及其应用	167
6.3.3	气动执行元件及其应用	169
6.3.4	气动控制系统的设计	174
6.4	液压、气动控制系统仿真	175
6.4.1	仿真技术在液压、气动领域的应用	176
6.4.2	液压、气动仿真软件	176

第 7 章 检测系统的设计

7.1	概述	179
7.1.1	传感测量系统的含义	179
7.1.2	传感检测技术的地位和作用	179
7.1.3	传感检测系统设计	180
7.1.4	传感检测系统在机电一体化系统中的应用	182
7.2	传感器的分类、选型及实用技术	183
7.2.1	传感器及其组成	183
7.2.2	传感器的分类	184
7.2.3	传感器的性能指标	185
7.2.4	传感器选型的一般原则	185
7.2.5	传感器的实用技术	188
7.3	检测系统的接口及其设计	200
7.3.1	数据采集技术	200
7.3.2	传感器与计算机接口的关键技术	203
7.3.3	A/D 转换器及其接口	205
7.3.4	抗干扰技术	207
7.4	检测系统的应用实例——数控机床在线检测系统	212
7.4.1	数控机床在线检测系统的组成	212
7.4.2	数控机床在线检测系统的工作原理	213
7.4.3	数控机床在线检测系统编程	214

7.4.4 数控机床在线检测系统仿真	215
--------------------------	-----

第 8 章 计算机控制系统的设计

8.1 概述	216
8.2 计算机控制系统的控制策略	217
8.2.1 数字 PID 控制	217
8.2.2 自适应控制	218
8.2.3 鲁棒控制	222
8.2.4 非线性系统控制	224
8.2.5 智能控制	226
8.3 常用微处理器的特点及应用技术	231
8.3.1 单片机的特点及应用	232
8.3.2 DSP 的特点及应用	234
8.3.3 可编程控制器的特点及应用	236
8.4 控制电动机	239
8.4.1 步进电动机	239
8.4.2 直流伺服电动机	242
8.4.3 交流伺服电动机	245
8.5 计算机控制系统的设计实例	247

第 9 章 机电一体化系统(产品)设计应用实例

9.1 虚拟轴机床	253
9.1.1 概述	253
9.1.2 虚拟轴机床的特点	255
9.1.3 虚拟轴机床技术体系	256
9.1.4 虚拟轴机床并联机构结构形式	258
9.2 液压挖掘机的机电液控制系统	261
9.2.1 液压挖掘机的组成结构及机电液控制形式	261
9.2.2 液压挖掘机的控制系统	262
9.3 工程车辆自动变速系统	268
9.3.1 工程车辆自动变速系统的特点	268
9.3.2 工程车辆自动变速系统的组成	269
9.3.3 自动变速系统的电控系统	270
9.3.4 自动变速系统的液压系统	272
参考文献	276



第1章 绪论

1.1 机电一体化系统的基本概念及发展概况

随着科学技术的高速发展,机电一体化系统在各个行业得到了广泛应用。在建筑施工领域,机电一体化系统用于电液自动控制的工程机器人,替代人完成海底作业和有毒现场的施工。在机械制造领域,机电一体化系统用于自动生产线的位置、速度与时间的控制,用于加工中心(数控机床)实现机械零件的高精度自动加工,用于电液控制的机械手替代人完成自动生产线上的焊接、喷漆、装配等。在汽车及工程车辆中,机电一体化系统用于机械伺服转向系统,用于汽车的无人驾驶、自动换挡控制。在军事工业中,机电一体化系统用于飞机的操纵系统、雷达跟踪和舰船的舵机装置、导弹的位置控制和发射架自动控制等。近年来,我国机械自动化技术发展十分迅速,自动控制理论、液压传动技术、微电子及计算机控制技术的相互融合,有力地推动了我国机械工业的飞速发展。

1.1.1 机电一体化的定义

“机电一体化技术”这一概念最早是由日本企业界在1970年左右提出,当时他们取名为“Mechatronics”,即结合应用机械技术和电子技术于一体。随着计算机技术的迅猛发展和广泛应用,机电一体化技术获得前所未有的发展,成为一门综合计算机与信息技术、自动控制技术、传感检测技术、伺服传动技术和机械技术等交叉的系统技术,目前正向光机电一体化技术(opto-mechatronics)方向发展,应用范围愈来愈广。

机电一体化技术具体包括以下内容:

(1) 机械技术

机械技术是机电一体化的基础,机械技术的着眼点在于如何与机电一体化技术相适应,利用其他高、新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上的变更,满足减小重量、缩小体积、提高精度、提高刚度及改善性能的要求。在机电一体化

系统制造过程中,经典的机械理论与工艺应借助于计算机辅助技术,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。

(2) 计算机与信息技术

其中信息交换、存取、运算、判断与决策、人工智能技术、专家系统技术、神经网络技术均属于计算机信息处理技术。

(3) 系统技术

系统技术即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,将总体分解成相互关联的若干功能单元。接口技术是系统技术中一个重要方面,它是实现系统各部分有机连接的保证。

(4) 自动控制技术

其范围很广,在控制理论指导下进行系统设计、设计后的系统仿真、现场调试等。控制技术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、再现、检索等。

(5) 传感检测技术

传感检测技术是系统的感受器官,是实现自动控制、自动调节的关键环节。其功能越强,系统的自动化程序就越高。现代工程要求传感器能快速、精确地获取信息并能经受严酷环境的考验,它是机电一体化系统达到高水平的保证。

(6) 伺服传动技术

包括电动、气动、液压等各种类型的传动装置,伺服系统是实现电信号到机械动作的转换装置与部件,对系统的动态性能、控制质量和功能有决定性的影响。

1.1.2 机电一体化系统的基本组成

机电一体化系统各基本组成部分的功能如下:

(1) 机械本体

机电一体化系统的机械本体包括机身、框架、连接等。由于机电一体化产品技术性能、水平和功能的提高,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高效率、多功能、高可靠性和节能、小型、轻量、美观等要求。

(2) 动力与驱动

动力部分是按照系统控制要求,为系统提供能量和动力,保证系统正常运行。用尽可能小的动力输入获得尽可能大的功能输出,是机电一体化产品的显著特征之一。驱动部分是在控制信息作用下提供动力,驱动各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可靠性。由于电力电子技术的高度发展,高性能的步进驱动、直流伺服和交流伺服驱动方式大量应用于机电一体化系统。



(3) 传感测试部分

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, 变成可识别信号, 传输到信息处理单元, 经过分析、处理后产生相应的控制信息。其功能一般由专门的传感器及转换电路完成。

(4) 执行机构

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, 需要考虑改善系统的动、静态性能, 如提高刚性、减小重量和采用适当的阻尼, 应尽量考虑组件化、标准化和系列化, 提高系统整体可靠性等。

(5) 控制及信息处理

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, 按照一定的程序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、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。

1.1.3 机电一体化系统的发展状况及发展趋势

机电一体化系统的发展大体可以分为三个阶段。20 世纪 60 年代以前为第一阶段, 这一阶段称为初级阶段。在这一时期, 人们自觉或不自觉地利用电子技术的初步成果来完善机械产品的性能。特别是在第二次世界大战期间, 战争刺激了机械产品与电子技术的结合, 这些机电结合的军用技术, 战后转为民用, 对战后经济的恢复起了积极作用。那时研制和开发从总体上看还处于自发状态。由于当时电子技术的发展尚未达到一定水平, 机械技术与电子技术的结合还不可能广泛和深入发展, 已经开发的产品也无法大量推广。20 世纪七八十年代为第二阶段, 可称为蓬勃发展阶段。这一时期, 计算机技术、控制技术、通信技术的发展, 为机电一体化的发展奠定了技术基础。大规模、超大规模集成电路和微型计算机的迅猛发展, 为机电一体化发展提供了充分的物质基础。这个时期的特点是:

① Mechatronics 一词首先在日本被普遍接受, 大约到 20 世纪 80 年代末期在世界范围内得到比较广泛的承认;

② 机电一体化技术和产品得到了极大发展;

③ 各国均开始对机电一体化技术和产品给予很大的关注和支持



法,以及机电一体化的学科体系和发展趋势都进行了深入研究。同时,由于人工智能技术、神经网络技术及光纤技术等领域取得的巨大进步,为机电一体化技术开辟了发展的广阔天地。这些研究,将促使机电一体化进一步建立完整的基础和逐渐形成完整的科学体系。我国从20世纪80年代初才开始在这方面进行研究和应用,国务院成立了机电一体化领导小组,并将该技术列为“863计划”,在制定“九五”规划和2010年发展纲要时,充分考虑了国际上关于机电一体化技术的发展动向和由此可能带来的影响。许多大专院校、研究机构及一些大中型企业对这一技术的发展及应用做了大量的工作,取得了一定成果,但与日本等先进国家相比仍有相当的差距。

机电一体化是集机械、电子、光学、控制、计算机、信息等多学科为一体的交叉综合学科,它的发展和进步依赖并促进相关技术的发展和进步。机电一体化的主要发展趋势如下:

(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方向。人工智能在机电一体化系统中的研究日益得到重视,机器人与数控机床的智能化就是其重要应用。这里所说的“智能化”是对机器行为的描述,是在控制理论的基础上,吸收人工智能、运筹学、计算机科学、模糊数学、心理学、生理学和混沌动力学等新思想、新方法,模拟人类智能,使它具有判断推理、逻辑思维、自主决策等能力,以求得到更高的控制目标。诚然,使机电一体化产品具有与人完全相同的智能,是不可能的,也是不必要的。但是,高性能、高速的微处理器使机电一体化产品赋有低级智能或人的部分智能,则是完全可能而又有必要的。

(2) 模块化

模块是具有一定功能和特定结合要素的零件、组件和部件。模块化产品是由一组特定模块在一定范围内组成不同的功能或功能相同而性能不同的产品。设计模块和模块化产品,可以满足日益增长的多品种、多规格的要求。模块系统的特点是便于发展变型产品,更新换代,缩短设计和供货周期,提高性能价格比,便于维修,但对结合部位和形体设计有特殊要求。

模块化是一项重要而艰巨的工程。由于机电一体化产品种类和生产厂家繁多,研制和开发具有标准机械接口、电气接口、动力接口、信息接口的机电一体化产品单元是一项十分复杂但又是非常重要的事。如研制集减速、智能调速、电机于一体的动力单元,具有视觉、图像处理、识别和测绘等功能的控制单元,以及各种能完成典型操作的机械装置。这样,可利用标准单元迅速开发出新产品,同时也可以扩大生产规模。这需要制定各项标准,以便各部件、单元的匹配和接口。由于利益冲突,近期很难制定国际或国内这方面的标准,但可以通过在一些大企业试行推广,发展成熟后逐渐形成。显然,从电气产品的标准化、系列化带来的好处可以肯定,无论是对生产标准机电一体化单元的企业,还是对生产机电一体化产品的企业,模



块化将给机电一体化企业带来美好的前程。

(3) 网络化

20 世纪 90 年代, 计算机技术等的突出成就是网络技术。网络技术的兴起和飞速发展给科学技术、工业生产、政治、军事、教育和人们日常生活都带来了巨大的变化。各种网络将全球经济、生产连成一片, 企业间的竞争也将全球化。机电一体化新产品一旦研制出来, 只要其功能独到, 质量可靠, 很快就会畅销全球。由于网络的普及, 基于网络的各种远程控制和监视技术方兴未艾, 而远程控制的终端设备本身就是机电一体化产品。现场总线和局域网技术使家用电器网络化已成大势, 利用家庭网络 (homenet) 将各种家用电器连接成以计算机为中心的计算机集成家电系统 (computer integrated appliance system, CIAS), 使人们可以在家里分享各种高新技术带来的便利与快乐。因此, 机电一体化产品必须朝着网络化方向发展。

(4) 微型化

微型化兴起于 20 世纪 80 年代末, 指的是机电一体化向微型机器和微观领域发展的趋势。国外称其为微电子机械系统 (MEMS), 泛指几何尺寸不超过 1cm^3 的机电一体化产品, 并向微米、纳米级方向发展。微机电一体化产品体积小、耗能少、运动灵活, 在生物医疗、军事、信息等方面具有不可比拟的优势。微机电一体化发展的瓶颈在于微机械技术, 微机电一体化产品的加工采用精细加工技术, 即超精密技术, 它包括光刻技术和蚀刻技术两类。

(5) 绿色化

工业的不断发展给人们生活带来了巨大变化。一方面, 物质丰富, 生活舒适; 另一方面, 资源减少, 生态环境受到严重污染。于是, 人们呼吁保护环境资源, 回归自然。绿色产品概念在这种呼声下应运而生, 绿色化是时代的趋势。绿色产品在其设计、制造、使用和销毁的生命过程中, 符合特定的环境保护和人类健康的要求, 对生态环境无害或危害极少, 资源利用率极高。设计绿色的机电一体化产品, 具有无限的发展前途。机电一体化产品的绿色化主要是指使用时不污染生态环境, 报废后能回收利用。

(6) 系统化

系统化的表现特征之一就是系统体系结构进一步采用开放式和模式化的总线结构。系统可以灵活组织, 进行任意剪裁和组合, 同时寻求实现多子系统协调控制和综合管理。表现特征之二是通信功能大大加强, 一般除 RS232 外, 还有 RS485、DCS 人格化。未来的机电一体化更加注重产品与人的关系, 机电一体化的人格化有两层含义, 一层是机电一体化产品的最终使用对象是人, 如何将人的智能、情感、人性赋予机电一体化产品显得越来越重要, 特别是家用机器人, 其高层境界就是人机一体化; 另一层是模仿生物机理, 研制各种机电一体化产品, 事实上, 许多机电一体化产品都是受动物的启发研制出来的。

1.2 机电一体化系统的设计

由于机电一体化技术是一门跨学科的综合技术，其产品或系统是多层次、多类型的，涉及的技术内容十分丰富。因此，要求设计人员必须具有广博的机械知识和电子知识，并掌握现代设计方法，根据产品的性能和使用要求，综合运用机械技术和电子技术，相互协调，相互补充，充分体现机电一体化的优越性。

1.2.1 机电一体化系统的设计思想

无论是开发一个机电一体化系统，还是设计单台机电一体化产品，都应面向经济建设，面向社会和市场。以先进技术为选择标准，以能否明显改进产品性能、不至于提高产品成本、有效提高经济效益为依据，使产品设计与用户愿望相吻合。在此设计思想指导下，应合理确定系统或产品内部功能的基本设计原则，即：在主要功能上，系统误差要小，抗干扰能力要强，变换效率要高；在动力功能上，输入功率要小，动力源应内装；在控制功能上，控制 I/O 数要少，手动操作要少；在结构功能上，几何尺寸和重量要小，强度要高；除以上内容之外，还应考虑安全可靠、维修方便、造型美观等问题。

机电一体化系统（或产品）的设计过程中，一定要坚持贯彻机电一体化技术的系统思维方法，要从系统整体的角度出发分析研究各个组成要素间的有机联系，从而确定系统各环节的设计方法，并用自动控制理论的相关手段，进行系统的静态特性和动态特性分析，实现机电一体化系统的优化设计。

机电一体化系统的设计思想反映在以下几个方面：

（1）集成化概念

传统的机电产品设计往往是由机械工程师和电气工程师协作进行，各司其职，专业范围泾渭分明；产品是机械和电气的硬性连接，在机械的内在结构中，机械和电气部分相对独立。而机电一体化则将机械和电子、电气部分纳入一个系统内，作为整体考虑，综合机械本体、执行机构、驱动部件、信息系统和控制系统等主要部分，统一规划，协调进行。其技术密集性高、覆盖面广，包含着丰富而复杂的内容。例如：工业机器人是典型的机电一体化产品，它综合了精密机械技术、微电子技术、检测传感技术和自动控制等领域的最新成果。在该类产品的设计过程中，要考虑各运动部件间的力耦合；各运动轴伺服系统的干扰和影响；驱动控制与执行机构之间响应速度匹配问题；操作手末端的位置精度问题等。

就集成化的概念进行设计，还体现在综合考虑机械和电子的分工与协调，尽可能地以电子的功能替代机械的功能，以减少或简化庞大笨重的机械系统。表 1-1 为传统的机械产品与机电一体化产品的比较。