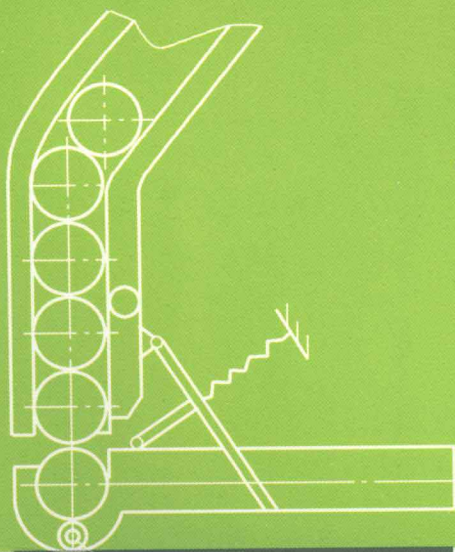


深入浅出机电一体化技术应用丛书

机电一体化系统 综合设计及应用实例

主 编 芮延年
副主编 蒋晓梅



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

深入浅出机电一体化技术应用丛书

机电一体化系统 综合设计及应用实例

主 编 芮延年
副主编 蒋晓梅
参 编 王广勋 胡朝斌 李江澜
主 审 闻邦椿



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是《深入浅出机电一体化技术应用丛书》之一。

本书从机电一体化技术角度出发,按照“以机为主、电为机用、机电结合”的编写原则,系统阐述了机电一体化系统和产品设计过程原理、方法与应用。根据机电一体化产品设计过程中涉及到的内容,先后分别介绍了机电一体化系统设计基本原理、机械系统设计与选择、机电一体化驱动系统设计、传感器与检测系统、可编程控制器(PLC)原理及应用、单片机原理及接口技术、机电一体化系统设计实例等内容。教材编写努力做到理论与实际相结合,深入浅出,通俗易懂。

本书可作为机械工程及自动化等相关专业的教材,同时也可作为机电一体化产品开发设计人员、制造人员、生产管理人员学习和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统综合设计及应用实例/芮延年主编. —北京:
中国电力出版社, 2011. 1

(深入浅出机电一体化技术应用丛书)

ISBN 978-7-5123-1363-7

I. ①机… II. ①芮… 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(2011)第015077号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011年7月第一版 2011年7月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16.75印张 402千字

印数0001—3000册 定价35.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

现代科学技术的迅猛发展,尤其是微电子技术、信息技术、传感与检测技术和机械技术的相互渗透,传统的机械工业产生了深刻的变革。机械装备的面貌已经焕然一新,一些被广泛应用的传统机械运动系统,逐渐被机械电子机构所取代,传感器和微电子控制系统已成为机电产品的重要组成部分。现代机电产品已成为机与电高度融合的整体机电一体化产品。

本书主要介绍了在机电一体化产品设计与控制过程中,怎样利用机电一体化设计基本原理及方法,通过机电一体化系统建模、机械传动与机电驱动、传感器与检测、PLC 控制及单片机控制技术,进行机电一体化系统综合设计。本书以“以机为主、电为机用、机电结合”的原则进行编写。全书共 8 章,主要内容如下:

第 1 章概论。主要介绍机电一体化基本概念、关键技术及发展趋势。

第 2 章机电一体化系统设计基本原理。主要介绍机电一体化系统设计的一般步骤与方法,以及机电一体化系统的功能设计、结构设计和控制系统设计的基本原理及方法。

第 3 章机械系统设计与选择。主要介绍机电一体化系统设计中机械传动部件、导向支承部件、轴系部件和机座或机架的设计与选择。

第 4 章机电一体化驱动系统设计。主要介绍机电一体化系统设计中普通电动机、步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机、直线电动机、压电驱动器以及电液伺服驱动系统的设计与选择。

第 5 章传感器与检测系统。主要介绍常用传感器,包括位移传感器,速度与加速度传感器,力、压力和扭矩传感器的工作原理及接口设计技术。

第 6 章可编程控制器(PLC)原理及应用。主要介绍可编程控制器(PLC)基本原理、指令系统、编程技术与方法,以及 PLC 控制应用。

第 7 章单片机原理及接口技术。主要介绍单片机基本原理、单片机扩展与接口技术,以及单片机控制应用。

第 8 章机电一体化系统设计实例。主要通过几个产品开发设计实例,介绍机电一体化产品开发设计过程与方法。

本书第 1 章、第 7 章、第 8 章由芮延年编写;第 2、第 3 章由王广勋和李江澜编写;第 4~6 章由蒋晓梅和胡朝斌编写。全书由芮延年统稿,闻邦椿院士主审。本书在编写过程中参阅了国内外同行的图书和期刊文献,在此谨致谢意。刘开强、沈铭、夏威等为本书的插图、整理做了大量工作,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加上作者水平有限,错漏及不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月

前言

1 概论	1
1.1 机电一体化基本概念	1
1.1.1 机电一体化定义	1
1.1.2 机电一体化系统的基本构成	1
1.2 机电一体化技术分类与应用	3
1.2.1 机电一体化技术分类	3
1.2.2 机电一体化技术应用	4
1.3 机电一体化系统关键技术	6
1.4 机电一体化设计方法	7
1.4.1 优势设计	9
1.4.2 创新设计	9
1.4.3 优化设计	9
1.4.4 可靠性设计	10
1.4.5 虚拟设计	10
1.4.6 智能设计	10
1.4.7 协同设计	11
1.4.8 绿色设计	11
1.5 机电一体化技术发展方向	11
1.5.1 机电一体化技术发展主要模式	11
1.5.2 从典型机电一体化产品看机电一体化发展趋势	13
1.5.3 机电一体化的轻量化及微型化发展趋势	14
习题与思考题	14
2 机电一体化系统设计基本原理	15
2.1 机电一体化系统设计一般步骤与方法	15
2.1.1 市场调查	15
2.1.2 初步设计	16
2.1.3 详细设计	17
2.2 机电一体化系统功能设计	20
2.2.1 功能的概念	20
2.2.2 确定总功能	21

2.2.3	总功能分解	22
2.2.4	功能元(分功能)求解	26
2.3	机电一体化系统结构设计	29
2.3.1	结构设计的基本过程	30
2.3.2	结构设计的基本原理	31
2.4	机电一体化控制系统设计	36
2.4.1	机电一体化控制系统设计的基本要求	36
2.4.2	控制系统设计的内容和步骤	37
2.4.3	控制器选型	38
2.4.4	总线技术	40
2.4.5	PC总线工控机	40
	习题与思考题	41
3	机械系统设计与选择	42
3.1	机械传动部件的设计与选择	42
3.1.1	机械传动部件及其功能要求	42
3.1.2	齿轮传动部件的设计与选择	43
3.1.3	丝杠螺母传动部件的设计与选择	50
3.1.4	挠性传动部件的设计与选择	57
3.1.5	间隙传动部件的设计与选择	62
3.1.6	自动上料机构的设计与选择	65
3.2	导向支承部件的设计与选择	69
3.2.1	导轨副的组成、种类及其应满足的要求	69
3.2.2	滑动导轨的类型与选择	71
3.2.3	滚动导轨的类型与选择	76
3.2.4	静压导轨副工作原理	79
3.3	轴系部件的设计与选择	82
3.3.1	概述	82
3.3.2	轴系用滚动轴承的类型与选择	84
3.3.3	轴系用滑动轴承的类型与选择	89
3.3.4	主轴组件的布局	95
3.4	机电一体化系统(产品)的机座或机架	99
3.4.1	机座或机架的作用及基本要求	99
3.4.2	机座或机架的设计要点	100
	习题与思考题	104
4	机电一体化驱动系统设计	105
4.1	概述	105
4.2	电动机的选择	106
4.2.1	电动机结构形式的选择	106
4.2.2	电动机类型的选择	106

4.2.3	电动机转速的选择	107
4.2.4	电动机容量的选择	107
4.3	步进电动机驱动与控制	107
4.3.1	步进电动机的工作原理	107
4.3.2	步进电动机的驱动控制	110
4.3.3	步进电动机的选用	111
4.4	直流伺服电动机及其控制	111
4.4.1	直流伺服电动机的特点	111
4.4.2	直流伺服电动机的分类与结构	112
4.4.3	直流伺服电动机的驱动及控制	112
4.5	交流伺服电动机及其控制	115
4.5.1	交流伺服电动机的种类和结构特点	115
4.5.2	交流伺服电动机的控制方法	115
4.5.3	交流伺服电动机的选择	118
4.6	直线电动机	121
4.6.1	直线感应电动机	121
4.6.2	直线直流电动机	123
4.6.3	直线步进电动机	124
4.7	压电驱动器	126
4.7.1	压电材料的特性	126
4.7.2	双压电型驱动元件	128
4.7.3	积层压电驱动元件	129
4.8	电液伺服驱动系统	130
4.8.1	电液伺服阀的概念和功能	131
4.8.2	电液伺服阀的工作原理	131
	习题与思考题	133
5	传感器与检测系统	134
5.1	概述	134
5.1.1	传感器及其组成	134
5.1.2	传感器的静态特性	134
5.1.3	传感器的动态特性	136
5.1.4	传感器的性能指标	136
5.2	位移传感器	136
5.2.1	电感式传感器	136
5.2.2	电容式位移传感器	139
5.2.3	光栅数字传感器	141
5.2.4	感应同步器	143
5.2.5	角数字编码器	144
5.3	速度与加速度传感器	146

5.3.1	速度传感器	146
5.3.2	加速度传感器	147
5.4	力、压力和扭矩传感器	148
5.4.1	测力传感器	148
5.4.2	压力传感器	150
5.4.3	转矩(扭矩)传感器	151
5.5	位置传感器	152
5.5.1	接触式位置传感器	152
5.5.2	非接触式位置传感器	153
5.6	红外、图像传感器	154
5.6.1	红外辐射的基本知识	154
5.6.2	红外探测器分类	155
5.6.3	热释电型红外传感器	156
5.6.4	固体电荷耦合成像器件(CCD)	157
5.7	传感器应用举例	160
5.7.1	高频涡流测厚仪	160
5.7.2	压差式液位传感器	160
5.7.3	电容式料位传感器	161
5.7.4	摩托车电子速度表	162
5.7.5	CCD技术应用	163
	习题与思考题	165
6	可编程控制器(PLC)原理及应用	167
6.1	概述	167
6.1.1	PLC的产生	167
6.1.2	PLC的发展	168
6.1.3	PLC的基本功能	168
6.1.4	PLC的特点	169
6.1.5	PLC与微机(MC)及继电器控制的区别	170
6.2	PLC的基本构成	171
6.2.1	PLC的硬件组成	171
6.2.2	PLC的工作过程	173
6.2.3	可编程控制器的软件系统	175
6.3	FX系列可编程控制器概述	175
6.3.1	FX系列PLC的型号	175
6.3.2	FX _{2N} 系列PLC的配置	176
6.3.3	FX _{2N} 系列PLC内部软元件	178
6.4	FX系列PLC基本指令及编程	183
6.4.1	FX系列PLC基本指令	183
6.4.2	基本逻辑指令	184

6.4.3	应用指令、步进指令和返回指令	191
6.5	PLC 基本逻辑指令应用编程	196
6.5.1	电动机控制实例	196
6.5.2	定时器的应用	197
6.5.3	振荡电路与分频电路	198
6.6	PLC 控制应用实例——运料小车控制	199
	习题与思考题	201
7	单片机原理及接口技术	202
7.1	单片机的工作原理	202
7.1.1	概论	202
7.1.2	MCS-51 单片机管脚及总线结构	203
7.1.3	MCS-51 单片机内部结构	205
7.1.4	MCS-51 系列单片机指令系统	213
7.2	单片机扩展与接口技术	217
7.2.1	单片机系统扩展	218
7.2.2	人机通道配置及接口技术	226
7.2.3	单片机开发系统简介	231
7.3	单片机应用实例——控制步进电动机	232
	习题与思考题	236
8	机电一体化系统设计实例	237
8.1	机电一体化系统(产品)设计基本方法	237
8.2	喷气织机电电子开口机械机构设计	238
8.2.1	设计思路	238
8.2.2	设计要求	239
8.2.3	电子开口机械机构方案设计	239
8.2.4	电子开口机构方案确定	241
8.2.5	电子开口系统分析	241
8.2.6	电子开口机构机械结构设计	242
8.3	机械手自动控制系统设计	244
8.3.1	控制要求	244
8.3.2	控制方案	244
8.4	机械预缩机预缩量的控制	247
8.4.1	预缩量的数字控制	247
8.4.2	用 MCS-51 单片机实现预缩量控制	248
	习题与思考题	255
	参考文献	256

概 论

1.1 机电一体化基本概念

1.1.1 机电一体化定义

机电一体化技术又称为机械电子技术,是机械技术、电子技术、信息技术、自动控制技术等相关技术的综合。“机电一体化”在国外被称为“Mechatronics”,是日本人在 20 世纪 70 年代提出来的,它是取机械学(Mechanics)的前半部分和电子学(Electronics)的后半部分组合起来构成的,意思是机械技术和电子技术的有机结合。

机械技术是一门古老的学科,它为人类社会的进步与发展做出了卓越贡献,直到今天机械技术仍然是现代工业的基础,国民经济的各个部门都离不开它。机械种类繁多,功能各异,不论哪一种机械,从诞生以来都经历了使用→改进→再使用→再改进,即不断革新和逐步完善的过程,可以说机械技术本身的发展是无止境的。

随着社会发展,人们认识到机械学科发展到今天,与其他新兴学科相比,其发展速度越来越缓慢,有些问题单从机械角度对它们进行改进是越来越不容易了。

机电一体化是在以大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术迅速发展、向机械工业领域迅猛渗透、机械和电子技术深度结合的基础上,综合应用了机械技术、微电子技术、信息技术、自动控制技术、传感测试技术、电力电子技术、接口技术、信号转换技术以及软件编程技术等群体技术,由此而产生的机电一体化集成技术。

机电一体化是一个综合的概念,包含了技术和产品两方面内容。机电一体化技术主要是指包括技术基础、技术原理在内的,使机电一体化产品(或系统)得以实现、使用 and 发展的技术。机电一体化产品是指采用机电一体化技术,产品的机械系统(或部件)与微电子系统或部件,相互置换或有机结合而构成新的系统,且赋予其新的功能和性能的新一代机电一体化产品。

1.1.2 机电一体化系统的基本构成

一个较完善的机电一体化系统,应包含机械本体、动力与驱动、执行机构、传感与检测、信息处理及控制等五个基本要素。这些组成部分内部及其相互之间,通过接口耦合、运动传递、物质流动、信息控制、能量转换有机结合集成一个完整的机电一体化系统,如图 1-1(a)所示。它与构成人体的头脑、感官(眼、耳、鼻、舌、皮肤)、手足、内脏及骨骼等五大部分相类似,如图 1-1(b)所示。机械本体相当于人的骨骼,动力源相当于人的内脏,执行机构相当于人的手足,传感器相当于人的感官,信息处理及控制相当于人的大脑。由此可见,机电一体化系统内部的五大功能与人体的功能几乎是一样的,因而,人体是机电一体化产品发展的最好蓝本,实现各功能的相应构成要素如图 1-1(c)所示。

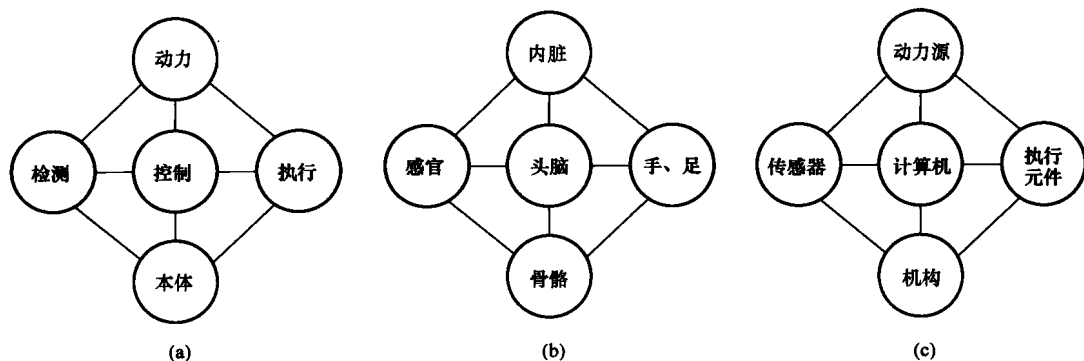


图 1-1 构成机电一体化系统与人体对应部分及相应功能的关系

1. 机械本体

机械本体是机电一体化系统的基本支持体，它主要包括机身、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，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适应产品高效、多功能、可靠和节能、小型、轻量、美观等要求。

2. 动力与驱动

机电一体化产品的显著特征之一，是用尽可能小的动力输入，获得尽可能大的功能输出。机电一体化产品或系统不但要求驱动效率高、反应速度快，而且要求对环境适应性强和可靠性高。由于电力电子技术的发展，高性能步进驱动、直流和交流伺服驱动等技术在机电一体化产品或系统中的应用，使得动力与驱动更加简洁方便。

3. 传感与检测

传感与检测是机电一体化中的关键技术。传感器将力、位移、速度、加速度、角度、角速度、角加速度、距离等机械运动量转换成电信号，即引起电阻、电流、电压、电场及频率的变化。通过相应的信号检测装置将其反馈给信息处理与控制装置，因此，传感与检测是实现自动控制的关键环节。

4. 执行机构

通常执行机构是根据控制信息和指令，完成要求的动作。执行机构一般采用机械、液压、气动、电磁以及机电相结合的结构方式。在设计机电一体化系统的执行机构时，通过提高执行机构的刚性，减轻重量，提高可靠性，实现标准化、系列化和模块化等方式来改善执行机构的性能。

5. 信息处理与控制

对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、加工等信息处理，使之符合控制要求，实现信息处理的主要工具是计算机。在机电一体化产品中，计算机与信息处理装置指挥着整个产品的运行，信息处理是否正确、及时，将直接影响到系统工作的质量和效率。因此，计算机应用和信息处理技术已成为促进机电一体化技术和产品发展最活跃的因素。信息处理一般由计算机、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）接口及外部设备等组成。

机电一体化系统的基本特征是给“机械”增添了头脑（计算机信息处理与控制），信

息处理只是把传感器检测到的信号转化成可以控制的信号,系统如何运动还需要通过控制来进行,其运动控制有线性控制、非线性控制、最优控制、学习控制等各种各样的控制技术。

典型机电一体化系统的构成,如图 1-2 所示。

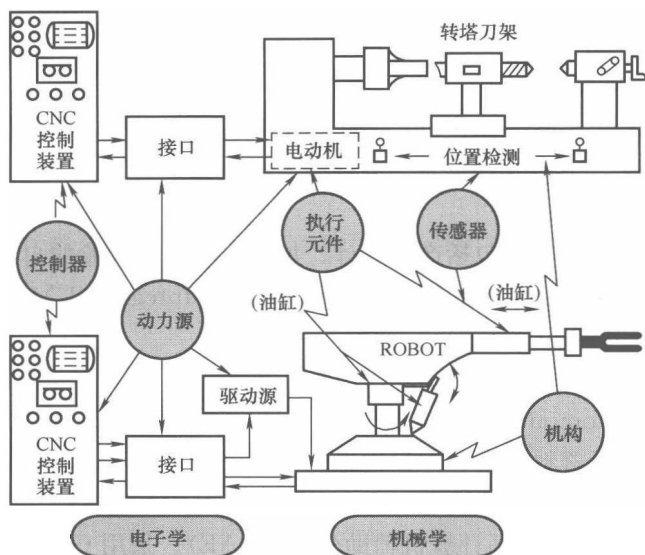


图 1-2 机电一体化系统（产品）五大基本要素构成实例

1.2 机电一体化技术分类与应用

1.2.1 机电一体化技术分类

由于在机电一体化产品中往往会使用到光学、仪器仪表、液压和气动等技术,所以国内外也有些人提出光机电一体化(如数码照相机)、机电仪一体化(如核磁共振扫描仪)、机电液一体化(如液压挖掘机)等技术或者产品。但是,我们认为不管是光机电一体化、机电仪一体化,还是机电液一体化都表明产品采用了机电相关新技术,所以统称为机电一体化技术较为简洁、合适。因此,可以说机电一体化技术有着极其广泛的含义,自动化的机电产品、自动化的生产工艺、设备的故障监测与诊断技术、数控技术、CAD 技术、CAPP 技术、CAM 技术、集成化的 CAD/CAPP/CAM 技术、专家系统、计算机仿真、企业的计算机管理、机器人等都属于机电一体化技术的范畴。

目前世界上普遍认为机电一体化技术可以分成两大类,即生产过程的机电一体化和机电产品的机电一体化。

生产过程的机电一体化意味着工业生产体系的机电一体化,如机械制造过程的机电一体化,化工生产过程的机电一体化,冶金生产过程的机电一体化,纺织与印染生产过程的机电一体化,电子产品生产过程的机电一体化,排版与印刷过程机电一体化等。生产过程的机电一体化又可根据生产过程的特点(如生产设备和生产工艺是否连续)划分为离散制造过程的机电一体化和连续生产过程的机电一体化。前者以机械制造业为代表,后者以化工生产流程

为代表。生产过程的机电一体化还包含着诸多的自动化生产线、计算机集中管理和控制。

机电产品的机电一体化是机电一体化技术的核心，是生产过程机电一体化的物质基础。传统的机电产品加上微机控制即可转变为新一代的产品，而新产品较之旧产品功能强、性能好、精度高、体积小、重量轻、更可靠、更方便、经济效益显著。机电一体化产品小到儿童玩具、家用电器、办公设备，大到数控机床、机器人、自动化生产线、航空航天器，因此，可以说机电一体化技术几乎涉及到社会的各个方面。

1.2.2 机电一体化技术应用

从上述介绍可以看出机电一体化技术的应用主要在两个方面，生产过程的机电一体化和机电产品的机电一体化，下面分别再对其进行深入一点的介绍。

1. 生产过程的机电一体化

生产过程的机电一体化主要包括产品设计、加工、装配、检验的自动化和经营管理自动化等。其高级形式是计算机集成制造系统（Computer Integrated Manufacturing System, CIMS），其主要涉及到以下几个方面。

(1) 计算机辅助设计

计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD），是指计算机和相关软件应用于产品设计的全过程，其中包括资料检索、方案构思、计算分析、工程绘图和编制文件等。计算分析主要是指利用计算机的强大数据处理能力和存储能力对产品进行静态分析、优化设计和计算机仿真，广义的 CAD 还包括计算机辅助分析（CAE）。采用 CAD 的目的是使整个设计过程实现自动化，CAD 系统可以把设计人员从繁重的计算、绘图工作中解放出来，使他们有更多的时间去从事创造性活动。

(2) 计算机辅助工艺设计

计算机辅助工艺设计（Computer Aided Process Planning, CAPP），是指在计算机系统的支持下，根据产品设计要求，选择加工方法、确定加工顺序、分配加工设备等整个生产加工工艺过程。CAPP 的目的是实现生产准备工作的自动化，由于工艺过程的设计复杂，工艺方法往往又与企业设备、工人和技术人员水平等因素有关，在多数情况下，把 CAPP 看作 CAM 的一个组成部分。

(3) 计算机辅助制造

计算机辅助制造（Computer Aided Manufacturing, CAM）。从广义来说，CAM 是指在机械制造过程中，利用计算机通过各种设备，如机器人、加工中心、数控机床、传送装置等，自动完成产品的加工、装配、检测和包装等制造过程，同时也包括计算机辅助工艺设计 CAPP 和 NC 编程。采用计算机辅助制造零部件，可改善对产品多变的适应能力，提高加工效率和生产自动化水平，缩短加工准备时间，降低生产成本，提高产品质量。

(4) CAD/CAPP/CAM 集成系统

随着技术进步和计算机技术的发展，现在制造过程中，CAD、CAPP、CAM 独立存在的情况已越来越少，基于在计算机网络环境下的协同设计与制造技术是今后的发展方向。CAD/CAPP/CAM 集成系统技术越来越受到人们的重视，一些发达国家和著名公司和企业都给予极大的重视，投入了大量人力物力进行研究和开发。统计数据表明，CAD/CAPP/CAM 集成系统不但方便设计、查询和修改，而且可以大幅度的提高工效。

(5) 柔性制造系统

柔性制造系统 (Flexible Manufacturing System, FMS) 又称为计算机化的制造系统。其主要由计算机、数控机床、机器人、自动化仓库、自动搬运小车等组成。它可以随机地、实时地按照工艺要求进行生产, 特别适合于多品种小批量和离散零件生产。

FMS 需要数据库的支持, FMS 所用的数据库一般有两种: 一种是零件数据库, 用于存储零件加工相关信息, 如工件尺寸、工夹具要求、成组代码、材料、加工计划、进给量和速度等数据。另一种是信息管理和控制数据库, 主要用于存储、管理和控制设备信息状态等。

(6) 计算机集成制造系统

计算机集成制造系统 (Computer Integrated Manufacturing Systems, CIMS), 就是计算机辅助生产管理与 CAD/CAM 及车间自动化设备的集成。所谓车间自动化设备是指 FMS、FMC、数控机床、数控加工中心、机器人等一系列自动化生产设备。换言之, CIMS 是在柔性制造技术、信息技术和系统科学的基础上, 将制造工厂经营活动所需的各种自动化系统有机地集成起来, 使其能适应市场多品种、小批量、高效益、高柔性的智能生产系统要求。

2. 机电产品的机电一体化

当传统机电产品引入电子技术、计算机技术、自动控制技术等新技术, 就可能形成新一代机电一体化产品, 也有人称机电一体化产品为带有微处理器的机电产品。

近年来新开发的机电一体化产品大多都采用了全新的工作原理, 集中了各种高新技术, 并把多种功能集成在一起, 具有体积小、重量轻、成本低、效率高和环保节能等优点, 在市场上具有极强的竞争能力。

在机电一体化产品中又可分为机械产品电子化 (取代设计) 和产品机电一体化 (融合设计) 两种形式。

机械产品电子化是原有的机械产品采用了微电子技术之后, 其性能和功能都有了很大的提高, 甚至在结构上也发生了变化。这类产品为数不少, 它们又可细分如下:

(1) 机械本身的主要功能被电子取代, 如激光雕铣机采用激光连续加工的方法代替了传统方式的金属切削加工; 数码照相机的电子曝光、对焦方式代替传统的机械式照相机等。

(2) 机械式信息处理机构被电子元件代替, 如电子钟表、电子计算器、电子交换机等。

(3) 机械传动与控制机构被电子电路代替, 如缝纫机的凸轮机构被微型伺服电动机等代替; 燃料喷射装置、加热炉中的机械顺序控制被 PLC 或单片机程序替代。

(4) 采用微电子技术可以增加系统和产品功能, 如数控机床、汽车防滑制动装置、微机控制的电动机调速装置、微机控制的播种机、微机控制的联合收割机、微机控制的孵化器。

产品机电一体化是指机械与电子融合的产品, 这类产品属于机电一体化的高级形式, 如工业机器人、传真复印机、声音合成装置、电子自动售货机、计算机断层扫描装置、彩色复印机、自动探伤仪、形状识别装置、分时计价电能表等。这些产品单靠机械技术或单靠电子技术往往都难以实现, 而通过机械与电子技术的有机结合很容易实现。机电一体化技术与产品所涉及到的主要内容如图 1-3 所示。

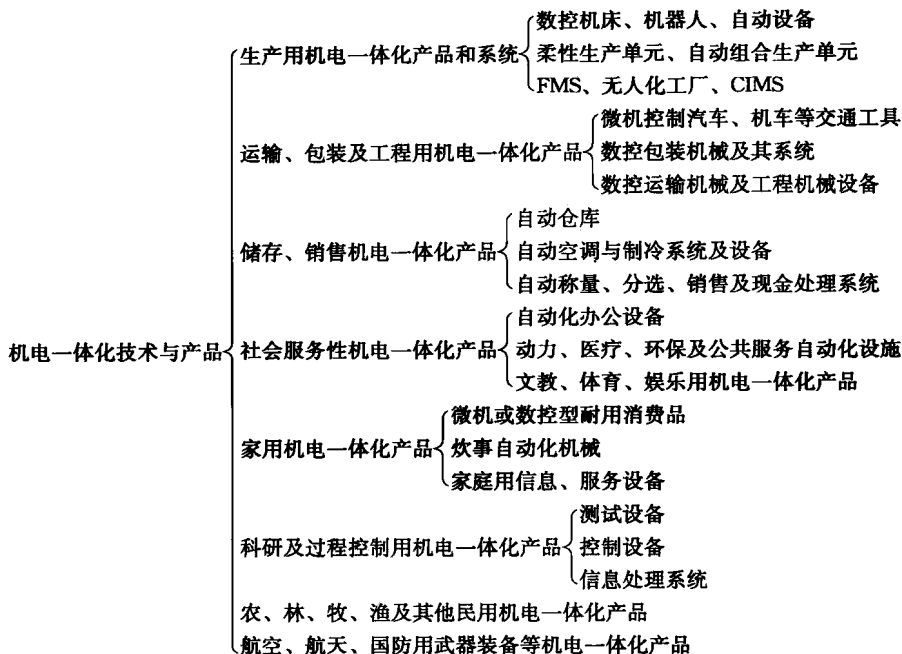


图 1-3 机电一体化技术与产品所涉及内容

1.3 机电一体化系统关键技术

当代科学技术的发展出现了纵向分化、横向综合的重要趋势。从工程学角度来看，机电一体化技术是利用多学科方法对机械产品与制造系统进行设计的一种集成技术，所涉及到的技术领域非常广泛。普遍认为，机电一体化技术主要涉及到四大基础学科，即机械学、控制论、电子学和计算机科学。

机电一体化技术包括硬件技术和软件技术两大方面。硬件通常由机械本体、传感器、接口单元、信息处理单元和驱动单元等部分组成。而软件又由具有各种不同功能的模块或标准化模块组成。因此，与机电一体化技术相关的关键技术应包括以下几个方面。

1. 机械技术

对于绝大多数的机电一体化产品，如原动机、工作机和传动装置一般都采用机械结构。这些机械结构的设计和制造问题，都属于机械技术的范畴。在进行机电一体化系统和产品设计时除了要充分利用传统的机械技术外，还要大力发展精密加工技术，采用现代设计方法对系统和产品进行设计，如优化设计、动态设计、虚拟设计、绿色设计等；研究开发新型复合材料，在保证结构强度、刚度的前提下，尽量减轻构件重量，缩小体积，以改善其响应特性；研究高精度导轨、高精度滚珠丝杠、高精度齿轮和轴承，以提高关键零部件的精度和可靠性；通过使零部件标准化、系列化、模块化来提高其设计、制造和维修的水平。

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、判断和决策等，实现信息处理的主要工具是计算机。计算机技术包括计算机硬件和软件技术、网络与通信技术、数据库技术等。在机电一体化产品中，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

计算机应用和信息处理技术是推动机电一体化技术和产品发展最关键、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。

3. 传感与检测技术

传感与检测技术的研究对象是传感器及其信号检测装置。机电一体化产品中,传感器作为感受器官,将各种内、外部信息通过相应的信号检测装置反馈给控制与信息处理装置,因此,传感与检测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、准确地获取信息,并能经受各种严酷环境的考验,但是,由于目前传感与检测技术还不能很好地与机电一体化技术发展相适应,使得不少机电一体化产品不能很好地实现设计要求,因此,大力开展传感与检测技术的研究对发展机电一体化技术具有十分重要的意义。

4. 自动控制技术

自动控制技术的范围很广,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,从理论到实践的过程。由于被控对象种类繁多,所以控制技术的内容十分丰富,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、示教再现等控制技术等。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技术相结合对机电一体化系统和产品进行控制。

5. 伺服驱动技术

伺服驱动技术的主要研究对象是伺服驱动单元及其驱动装置。伺服驱动单元有电动、气动、液压等多种类型,机电一体化产品中多数采用步进电动机、直流伺服电动机、交流伺服电动机、电液马达等,其驱动装置即驱动电源电路,目前多数采用电力电子器件及集成化功能电路。伺服驱动单元,一方面通过电气接口向上与计算机相联,以接受计算机的控制指令;另一方面又通过机械接口向下与机械传动和执行机构相联,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。实际上,机电一体化系统与非机电一体化系统的主要区别在于,其是否具有计算机控制的伺服驱动系统。

6. 系统总体技术

系统总体技术是按照系统的观点和方法,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,将系统总体分解成相互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。系统总体技术包含的内容很多,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。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发展和完善中。

1.4 机电一体化设计方法

机电一体化系统(产品)种类繁多,涉及的技术领域及其技术的复杂程度不同,系统(产品)设计的类型也有区别。现代设计方法与用经验公式、图表和手册为设计依据的传统设计方法不同,它是以计算机为辅助手段进行机电一体化系统(产品)设计的有效方法。其设计步骤通常是:技术预测→市场需求→信息分析→科学类比→系统设计→创新性设计→因时制宜地选择各种具体的现代设计方法,如相似设计法、模拟设计法、有限元设计法、可靠性设计法、动态分析设计法、优化设计法、设计质量综合评价方法等。

由于设计方法具有时序性和继承性，之所以冠以“现代”二字是为了强调其科学性和前沿性以引起重视，其实有些方法也并非是现代的，当前传统设计与现代设计正处在共存性阶段，图 1-4 所示为现代设计的基本作业过程。与传统设计方法相比，它则是一种以动态分析、精确计算、优化设计为特征的设计方法。

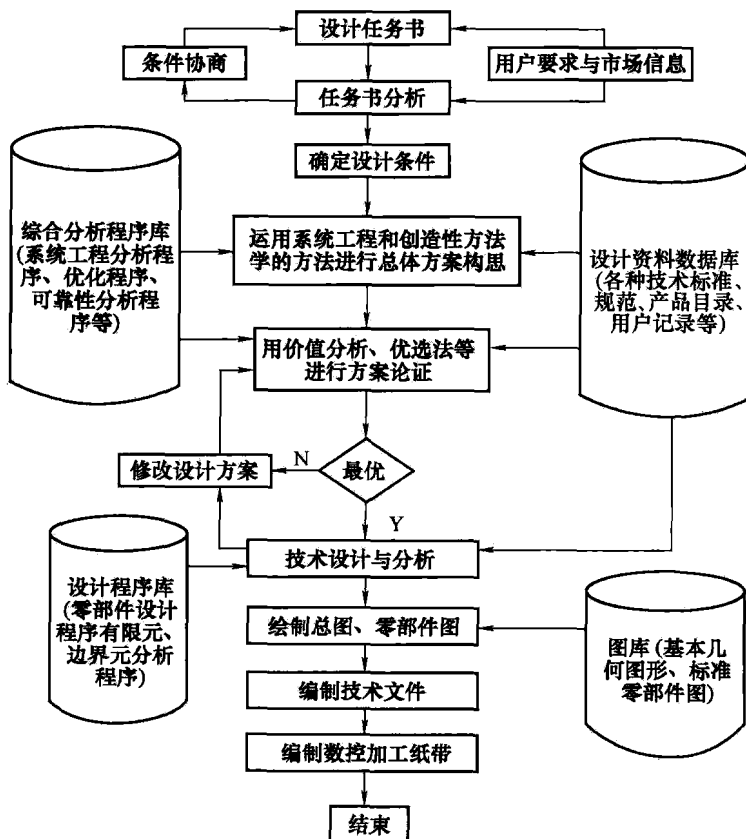


图 1-4 现代设计作业过程

上述步骤的顺序不是绝对的，只是一个大致的设计路线。但是现代设计方法对传统设计中的某些精华必须予以承认，在各个设计步骤中应考虑传统设计的一般原则，如技术经济分析、造型设计、市场需求、类比原则、冗余原则、自动原则（能自动完成目的功能并具有自诊断、自动补偿、自动保护功能等）、经验原则（考虑以往经验）以及模块原则（积木式、标准化设计）等。

正像前面所定义的那样，机电一体化是机械技术、电子技术和信息技术的有机结合。因此，在从事机电一体化系统和产品设计时需考虑哪些功能由机械技术实现，哪些功能由电子技术实现的同时，还需要考虑在电子技术中哪些功能由硬件实现，哪些功能由软件实现，以及机、电、液传动如何匹配，机电一体化系统如何进行整体优化等问题。这就要求在从事机电一体化产品设计时，能够采用现代设计方法，综合运用机械技术和电子技术的特长使其充分发挥机电一体化的优越性。

随着科学技术的进步与发展，现代设计方法的内涵在不断扩展，新概念层出不穷，如优势设计、创新设计、优化设计、可靠性设计、虚拟设计、智能设计、协同设计、快速响应设