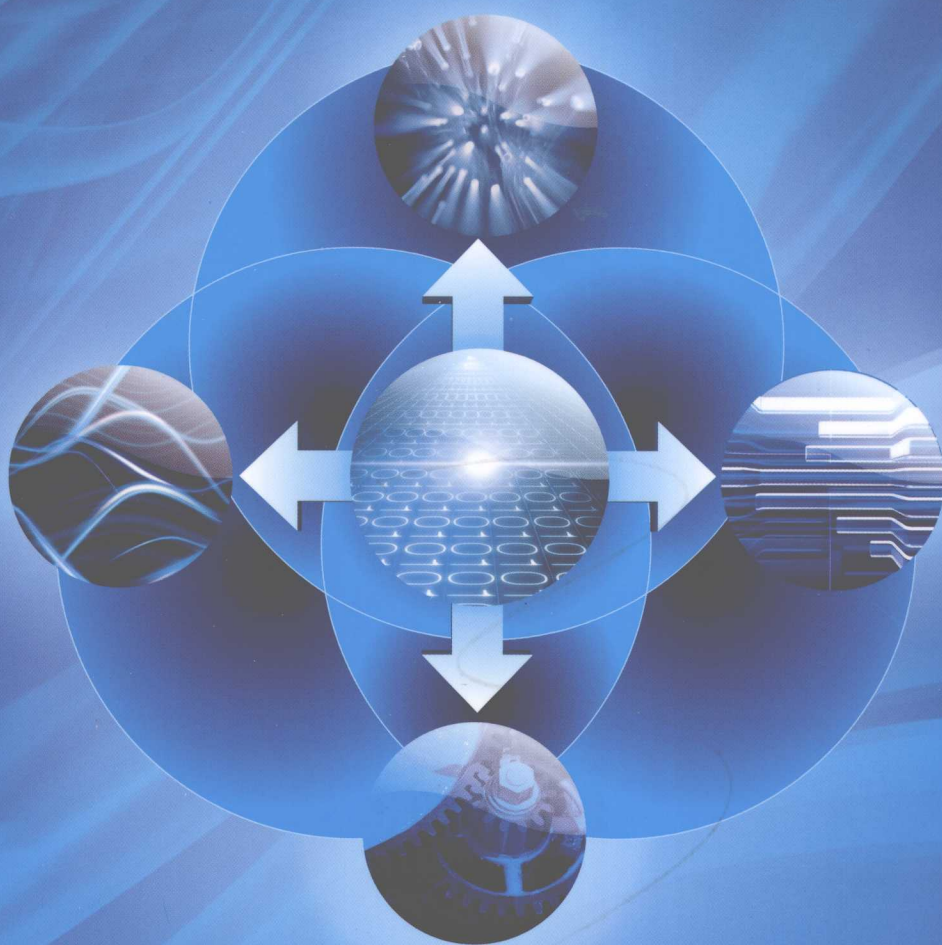


机电一体化 系统设计及实践

于金 主编 赵树国 李跃中 副主编



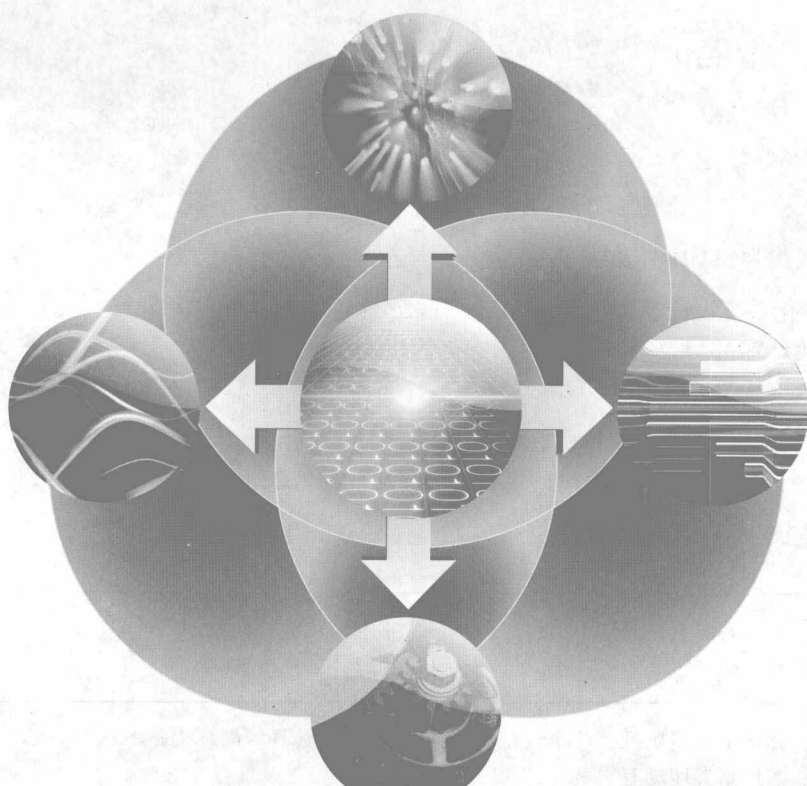
化学工业出版社

TH-39/98

2008

机电一体化 系统设计及实践

于金 主编 赵树国 李跃中 副主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在介绍机电一体化基本概念、组成及共性关键技术的基础上,重点讲述了机电一体化系统的总体设计及机械系统、伺服系统、控制系统及接口技术和检测系统的设计原理和设计方法。本书的突出特点是理论联系实际,注重应用和技能的培训,书中列举有大量的实例,并在第7章给出了两个较为完整的设计实例。本书兼顾了课堂教学及自学的特点和需求,每章的后面都附有习题和思考题,这有助于读者加深对书中内容的理解及检验学习的效果。

本书可作为高等院校机械电子工程、机电一体化、数控等专业教材,也可供成人教育、社会培训用作教材。书中的第7章可作为相关专业学生进行课程设计、毕业设计参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计与实践/于金主编. —北京:化学工业出版社, 2008.1

ISBN 978-7-122-01698-0

I. 机… II. 于… 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(2007)第195256号

责任编辑:张兴辉

文字编辑:陈 喆

责任校对:郑 捷

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 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张15¼ 字数416千字 2008年2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:36.00元

版权所有 违者必究

前 言

机电一体化是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学科。目前机电一体化技术正日益得到普遍重视和广泛应用,已成为现代技术和经济发展中不可缺少的一种高新技术。

机电一体化是一门实践性非常强的综合性技术学科,所涉及的知识领域非常广泛,各种先进技术构成了机电一体化的技术基础。但机电一体化并非是这些技术的简单组合,而是取其所长、相互渗透、有机融合,以实现系统的最佳化,它的灵魂是突出强调这些技术的相互渗透和有机结合,从而形成某一单项技术无法达到的优势,并将这种优势通过性能优异的机电一体化产品体现出来,实现产品或系统的短小轻薄和智能化,达到节省能源、节省材料、多功能、高性能和高可靠性的目的。

本书是在参考了大量文献、著作和教材的基础上,结合作者多年的科研成果和教学实践写作而成。本书以机为主,机电结合,重在应用,比较全面地介绍了机电一体化的基本概念、总体设计和各组成要素的设计原理和设计方法,书中给出了大量实例。本书可作为高等院校机电一体化、数控等相关专业的教材使用,也可作为后续相关课程设计的指导书。

本书共7章。第1章由于金编写,第2章由刘云龙、李跃中编写,第3章由张彦富、赵树国编写,第4章由钦兰云、高霁编写,第5章由刘云龙、曹国强编写,第6章由钦兰云、赵树国编写,第7章由张彦富、于金编写,袁琪对书中插图进行了绘制和编辑,全书由于金主编。

由于作者水平和经验有限,书中可能存在不足之处,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第1章 机电一体化系统设计概述	1
1.1 机电一体化基本概念	1
1.1.1 什么是机电一体化	1
1.1.2 机电一体化的支撑学科	1
1.1.3 机电一体化产品的特点	1
1.2 机电一体化的基本组成要素	3
1.2.1 机电一体化系统的构成	3
1.2.2 机电一体化系统的功能构成	4
1.2.3 机电一体化系统的分类	5
1.3 机电一体化的共性关键技术	7
1.4 机电一体化系统的评价	8
1.5 机电一体化系统的发展趋势	9
1.5.1 机械技术发展的总趋势	9
1.5.2 机电一体化技术的发展方向	10
1.6 本书内容和学习方法	12
习题与思考题	13
第2章 机电一体化系统的总体设计	14
2.1 机电一体化系统的设计思想	14
2.1.1 机电一体化系统总体设计内容	14
2.1.2 机电一体化系统（或产品）的设计类型	15
2.1.3 机电一体化系统（或产品）设计时应注意的问题	15
2.2 机电一体化系统的设计方法	16
2.2.1 机电互补法	16
2.2.2 结合法	17
2.2.3 组合法	17
2.3 总体布局与环境设计	17
2.3.1 人机系统设计	17
2.3.2 艺术造型设计	17
2.3.3 总体布局设计	18
2.4 总体方案设计的一般步骤	19
2.4.1 详尽搜集用户对所设计产品的需求	19
2.4.2 设计对象工作原理的设计	19
2.4.3 主要结构方案的选择	19
2.4.4 摩擦形式的选择	21
2.4.5 系统简图的绘制	21
2.4.6 总体精度分配	21
2.4.7 总体设计报告	21

习题与思考题	21
第3章 机械系统设计	23
3.1 概述	23
3.2 常用传动机构的设计与选用	24
3.2.1 同步带传动机构设计	24
3.2.2 精密齿轮传动机构设计	31
3.2.3 谐波齿轮传动	39
3.2.4 滚珠螺旋传动	41
3.3 导向支承机构设计	54
3.3.1 导轨	54
3.3.2 轴系支承机构	60
3.4 执行机构设计	64
3.5 机械设计实例	72
习题与思考题	78
第4章 伺服系统设计	79
4.1 伺服系统概述	79
4.1.1 伺服系统基本概念	79
4.1.2 伺服系统的基本类型	79
4.1.3 伺服系统构成	79
4.1.4 伺服系统的基本要求	80
4.1.5 伺服系统设计方法	80
4.2 伺服系统中的执行元件	81
4.2.1 执行元件的种类及特点	81
4.2.2 机电控制系统对执行元件的基本要求	83
4.2.3 常用的控制电机	83
4.3 执行元件的控制与驱动	87
4.3.1 步进电机控制与驱动	87
4.3.2 直流伺服控制与驱动	90
4.3.3 交流伺服控制与驱动	94
4.4 开环控制的伺服系统设计	98
4.5 闭环控制的伺服系统设计	103
4.5.1 闭环伺服系统的构成	103
4.5.2 闭环伺服系统设计	103
4.6 开环控制伺服系统设计实例(步进电机驱动系统)	106
习题与思考题	108
第5章 控制系统设计及接口技术	110
5.1 概述	110
5.1.1 控制系统概述	110
5.1.2 接口概述	111
5.2 微型机控制技术基础	112
5.2.1 微型机控制系统的组成及特点	113
5.2.2 微机控制系统的基本功能	113
5.2.3 微机控制系统的组成模式	114
5.2.4 微机控制系统的基本组成	115

5.2.5	工控机	117
5.2.6	z 变换	129
5.2.7	z 反变换	130
5.2.8	传递函数	131
5.3	微型机控制系统的设计步骤	131
5.3.1	确定运动规律	131
5.3.2	运动循环图的设计及修订	131
5.3.3	确定系统整体控制方案	131
5.3.4	控制算法的选用	132
5.3.5	选择微型计算机	132
5.4	数字控制装置设计	133
5.4.1	数字控制器的连续设计法	134
5.4.2	数字控制器 $D(z)$ 在计算机系统实现方法	137
5.4.3	PID 数字控制器的设计	139
5.5	人机接口设计	145
5.5.1	人机接口类型及特点	145
5.5.2	输入接口设计	146
5.6	机电接口设计	155
5.6.1	信息采集接口	156
5.6.2	模拟量输出接口	161
5.6.3	开关型功率接口	165
5.7	控制系统设计实例	170
5.7.1	自动化立体仓库概述	170
5.7.2	巷道堆垛机控制系统	171
5.7.3	DeviceNet 网络结构及其网络配置	177
	习题与思考题	181
第 6 章	检测系统设计	183
6.1	概述	183
6.1.1	检测系统的功能、分类及组成	183
6.1.2	机电一体化对检测系统的基本要求	184
6.1.3	检测系统的设计	184
6.2	模拟式传感器信号的检测	185
6.2.1	模拟信号检测系统的组成	185
6.2.2	基本转换电路	186
6.2.3	信号放大电路	188
6.2.4	滤波器	191
6.2.5	运算电路	198
6.3	数字式传感器信号的检测	202
6.3.1	数字信号检测系统的组成	202
6.3.2	多路采集细分与辨向	203
6.3.3	电阻链移相细分与辨向	205
6.3.4	锁相倍频细分与辨向	207
6.3.5	脉冲填充细分与辨向	211
6.4	检测信号的采集和预处理	211

6.4.1	模拟量的转换输入方式	211
6.4.2	模拟多路开关	212
6.4.3	信号采样与保持	213
6.4.4	数字信号的预处理	214
6.5	传感器的非线性补偿	217
6.6	零位误差和增益误差补偿	218
	习题与思考题	219
第7章	设计实例	220
7.1	工业机器人设计	220
7.1.1	总体设计	221
7.1.2	详细设计	224
7.1.3	机器人语言简介	227
7.1.4	示教、编程与再现实例	227
7.2	数控 X-Y 工作台微机控制系统设计	228
7.3	数控系统硬件电路设计	234
7.4	系统控制软件设计	236
	习题与思考题	240
参考文献		241

第1章 机电一体化系统设计概述

1.1 机电一体化基本概念

1.1.1 什么是机电一体化

机电一体化是微电子技术在向传统机械工业渗透过程中逐渐形成的一个新概念，是机械和微电子两种技术相互融合的产物，如图 1-1 所示。机电一体化打破了传统的机械工程、电子工程、信息工程、化学工程、建筑工程等旧模块的划分，形成了融机械技术、微电子技术、信息技术、传感器技术、自动控制技术、电力电子技术、接口技术及软件编程技术等群体技术为一体的一门新兴的交叉学科。



图 1-1 机电一体化技术的形成

“机电一体化”的英文是“mechatronics”，它是机械（mechanics）和电子（electronics）两个词的合成词，本词在 20 世纪 70 年代中期由日本首先开始使用，现在已得到很多国家的普遍认同，并得到广泛使用。虽然其精确定义还不明确，但从广义上可以概括为“机械工程与电子工程相结合的技术，以及应用这些技术的机械电子装置”。再简单地说，就是“机械的电子化或者机械电子工程”的意思。

必须明确，“机电一体化”具有“技术”与“产品”两方面的内容。机电一体化技术主要是指其技术原理和机电一体化系统（或产品）得以实现、使用 and 发展的技术。机电一体化产品主要是指机械系统和微电子系统的有机结合，从而赋予了新功能和性能的新一代产品。

1.1.2 机电一体化的支撑学科

按照上述机电一体化一词的定义，机械工程学科和电子工程学科是机电一体化的两大支柱。除此之外，机电一体化还是控制工程和信息工程等的多学科综合技术。图 1-2 表示出构成和支撑机电一体化的学科和技术。

1.1.3 机电一体化产品的特点

与传统的机械产品比较，机电一体化产品具有以下特点。

（1）综合性与系统性

机电一体化是微电子技术、计算机技术、信息技术等群体技术与机械技术结合而成的综合技术。各种技术的综合及多个部分的组合，使得机电一体化技术和产品更具有系统性、完整性和科学性。机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感技术、电力电子技术、接口技术、模拟量与数字量交换技术以及软件技术等各个组成部分在综合成一个完整系

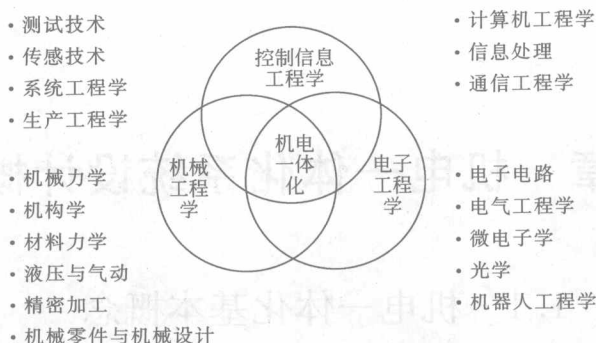


图 1-2 构成机电一体化的学科

统中相互配合时有严格的要求，这就需要在原来各种技术的基础上扬长避短，更趋于合理，不断向理想化方向发展。

（2）多层次，覆盖面广

机电一体化技术不仅体现在一些单机产品中，而且贯穿于工程系统设计之中。从简单的单台机电一体化产品，到现代工业中的柔性制造系统；从简单的单参数显示，到复杂的多参数、多级控制；从简单的零件自动加工生产线，到各种现代机械设备、交通工具的自动化生产线等，机电一体化技术都有其不同层次、覆盖面很广的应用领域。对于机电一体化单机产品（设备），应采用多层次的开发途径，对于工程系统，需成套地进行开发和制造。

（3）结构简单，操作方便

机电一体化系统采用了新型器件和装置，代替了笨重而复杂的机械或电子装置，如光盘驱动器、条形码读出器、图像传感器和激光印刷机等机电一体化产品都是利用光学读出和读入部件代替了电气和机械部件。微处理器控制装置可方便地完成过去靠机械传动链和机构实现的关联运动，使机械结构简化，体积减少，重量减轻，不仅提高了自动化程度，而且能大大提高产品质量。机电一体化技术使得操作人员摆脱了以往必须按操作规程或节拍频率紧张地进行单调重复操作的工作方式，能灵活方便地控制和改变生产操作程序，如数控机床、柔性制造系统等。有些机电一体化装置，可实现操作的全自动化，如工业机器人、印刷电路板、数控高速钻床等。有些更高级的机电一体化系统，还可实时监测外界和内部各种参数的变化情况，根据优化目标，自动寻找最佳参数、工作程序以及动作的协调关系，以实现最优工作及最佳操作，例如微机控制的热轧机钢板测厚自控系统、电梯群控系统、智能机器人等。

（4）精度高，功能强

机电一体化技术使机械传动部件减少，因而使机械磨损、配合间隙和受力变形等所引起的动作误差大大减少。由于采用了电子技术，反馈控制水平得到提高，并能进行高速处理，通过电子自动控制系统可使机械机构按预先设定精确地动作，各种因干扰因素造成的误差，可通过自动控制系统自动诊断、校正、补偿，从而达到工作要求。机电一体化技术的应用不仅使产品的精度提高，而且功能增加。如进行地震勘探的数字式地震仪，能将传感器接收到的地震反射波和噪声干扰送入微机进行处理，经过筛选后的信息可供地质学家准确了解地层结构和地质结构，而机械式勘探仪则无抗干扰能力，预报精度较低。

（5）高可靠性、高稳定性和高使用寿命

传统机械装置的运动一般都伴随着磨损及运动部件配合间隙所引起的动作误差，同时发出由于摩擦、撞击、振动等引起的噪声，影响装置的寿命、稳定性和可靠性。而机电一体化技术的应用，使装置的运动部件减少，磨损也大为减少，例如集成化接近开关甚至无机械磨

损。因此,装置的寿命提高,故障率降低,从而提高了产品的可靠性和稳定性,有些机电一体化产品甚至做到不需要维修或者具有自诊断功能。

(6) 节省能源,减少耗材

节约一次和二次能源是国家的战略目标,也是用户十分关心的问题。机电一体化产品通过采用低能耗驱动机构和最佳的调节控制,提高了设备的能源利用率,达到了明显的节能效果。同时,由于多种学科的交叉融合,机电一体化系统的许多功能一方面从机械系统转移到了微电子、计算机等系统,另一方面从硬件系统转移到了软件系统,从而使得机电一体化系统朝着轻小型方向发展,减少了材料消耗。

(7) 产品开发上的知识密集性

研制开发机电一体化产品往往要涉及跨学科的专业知识,如数学、物理学、化学、声学、机械工程学、电力电子学、电工学、系统工程学、光学、控制论、信息论和计算机科学等多门学科的专业知识。如人们熟知的静电复印机、彩色印相机等,都是由机、电、光、磁、化学等多种学科和技术复合创新的新型产品。开发这类产品对设计团队中工程技术人员相互合作以及知识结构提出了更高的要求。而产品一旦实现机电一体化,便具有很高的功能水平和附加价值,可提高企业的效益和竞争力。

1.2 机电一体化的基本组成要素

1.2.1 机电一体化系统的构成

一个较完善的机电一体化系统由机械系统(机构)、电子信息处理系统(计算机)、动力系统(动力源)、传感检测系统(传感器)、执行元件系统(如电动机)五个子系统组成,如图 1-3 所示,各组成要素和环节之间通过接口相联系。

(1) 机械系统

用于支撑和连接其他要素,并把这些要素合理地结合起来,形成一个有机的整体。机电一体化技术的应用范围很广,其产品及系统的种类繁多,但都离不开机械系统。例如,工业机器人和数控机床的本体就是机身和床身;指针式电子表的本体是表壳。机械系统是机电一体化系统必要的组成部分,没有它,系统的各个部分就会支离破碎,无法构成具有特定功能的机电一体化产品或系统。

(2) 计算机信息处理与控制系统

机电一体化系统的基本特征是给“机械”增添了头脑,根据机电一体化产品的功能和性能要求,信息处理与控制系统接收传感与检测系统反馈的信息,并对其进行相应的处理、运算和决策,以对系统的运行施以控制,实现预定的控制功能。机电一体化产品中,信息处理与控制系统主要是由计算机硬件和软件以及相应的接口所组成。硬件一般包括输入/输出设备、显示器、可编程控制器和数控装置。软件一般包括系统软件和应用软件。机电一体化产品要求信息处理速度快,A/D 和 D/A 转换及分时处理时的输入/输出可靠,系统的抗干扰能力强。

(3) 动力系统

按照系统的控制要求,为机电一体化产品或系统提供能量和动力。去驱动执行机构工作,以完成预定的主功能。动力系统包括电、液、气等多种动力源。

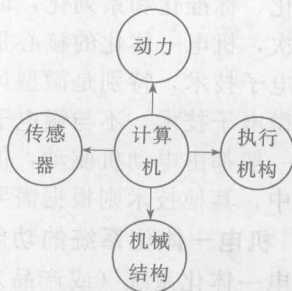


图 1-3 机电一体化系统的五大要素

(4) 传感检测系统

将机电一体化产品在运行过程中自身和外界环境的各种参数及状态按一定精度要求转化成便于测定的物理量,为机电一体化产品的运行控制提供所需要的各种信息。传感与检测系统的功能一般由传感器或仪表来实现,对其要求是体积小、便于安装与连接、检测精度高、抗干扰能力强等。

(5) 执行元件

在控制信息的作用下完成要求的动作,实现产品的主功能。执行元件一般是运动部件,常采用机械、电液、气动等机构。执行机构因机电一体化产品的类型和作业对象不同而有较大的差异。执行机构是实现产品目的功能的直接执行者,其性能好坏决定着整个产品的性能,因而是机电一体化产品中重要的组成部分。

实际中的机电一体化系统是比较复杂的,有时某些构成要素是复合在一起的,不是分立的。它们在工作时相互协调,共同完成所规定的目的功能。在结构上,各组成部分通过各种接口以及相应的软件有机地结合在一起,构成一个内部匹配合理、外部效能最佳的完整产品。

应当明确,构成机电一体化系统的几个部分并不是并列的,其中机械部分是主体,这不仅是由于机械本体是系统的重要组成部分,而且因为系统的主要功能必须由机械装置来完成,否则就不能称其为机电一体化产品。如电子计算机、数显电子表等,其主要功能由电子器件和电路等来完成,机械已退居次要地位,这类产品应归属于电子产品。因此,机械系统是实现机电一体化产品功能的基础,从而对其提出了更高的要求,需在材料、结构、几何尺寸以及加工工艺等方面满足机电一体化产品高效、可靠、节能、多功能、小型轻量化和美观等要求。除一般性的机械强度、刚度、精度、体积和重量等指标外,机械系统技术开发的重点是模块化、标准化和系列化,以便于机械系统的快速组合和更换。

其次,机电一体化的核心是电子技术,电子技术包括微电子技术和电力电子技术,但重点是微电子技术,特别是微型计算机或微处理器。机电一体化需要多种新技术的结合,但首要的是微电子技术,不与微电子结合的机电产品不能称其为机电一体化产品。例如,非数控机床,一般都由电动机驱动,但它不是机电一体化产品。除了微电子技术以外,在机电一体化产品中,其他技术则根据需要进行结合,可以是一种,也可以是多种。

1.2.2 机电一体化系统的功能构成

机电一体化系统(或产品)是由若干具有特定功能的机械和微电子要素组成的有机整体,具有满足人们使用要求的功能(目的功能)。根据不同的使用目的,要求系统能对输入的物质、能量和信息(即工业三大要素)进行某种处理,输出所需要的物质、能量和信息。因此,系统必须具有以下三大“目的功能”:变换(加工、处理)功能;传递(移动、输送)功能;储存(保持、积蓄、记录)功能,如图1-4所示。

以物料搬运、加工为主,输入物质(原料、毛坯等)、能量(电能、液能、气能等)和



图 1-4 系统目的功能

信息（操作及控制指令等），经过加工处理，主要输出改变了位置和形态的物质系统（或产品），称为加工机。例如：各种金属切削机床、交通运输机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、轻工机械等。

以能量转换为主，输入能量（或物质）和信息，输出不同形式能量（或物质）的系统（或产品），称为动力机。其中输出机械能的为原动机，例如电动机、水轮机、内燃机等。

以信息处理为主，输入信息和能量，主要输出某种信息（如数据、图像、文字、声音等）的系统（或产品），称为信息机。例如各种仪器、仪表、电子计算机、电报传真机以及各种办公设备等。

不管哪类系统（或产品），系统内部必须具备图 1-5 所示的五种内部功能，即主功能、动力功能、检测功能、控制功能、构造功能。其中“主功能”是实现系统“目的功能”直接必需的功能，主要对物质、能量、信息或其相互结合进行变换、传递和存储。“动力功能”是向系统提供动力、让系统得以运转的功能。“检测功能和控制功能”的作用是根据系统内部信息和外部信息对整个系统进行控制，使系统正常运转，实施“目的功能”。而“构造功能”则是使构造系统的子系统及元、部件维持所定的时间和空间上的相互关系所必需的功能。从系统的输入/输出来看，除有主功能的输入/输出之外，还需要动力输入和控制信息的输入输出，此外，还有因外部环境引起的干扰输入以及非目的性输出（如废弃物等）。

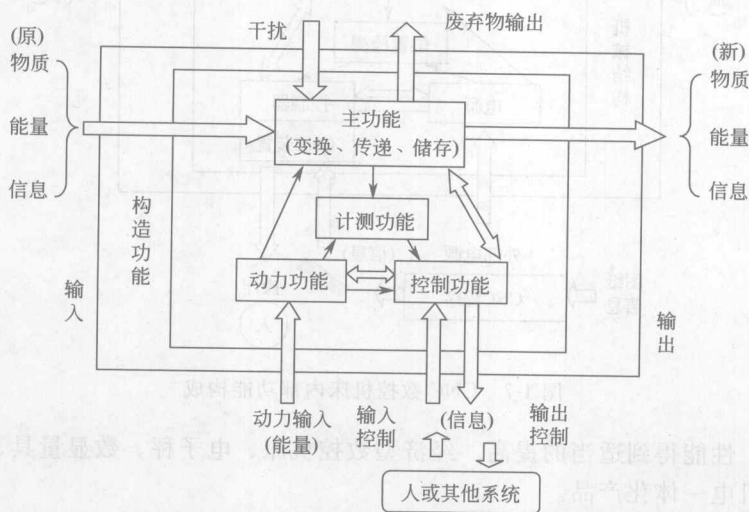


图 1-5 系统内部功能

综上所述，机电一体化系统的五大要素及其相应的五大功能如图 1-6 所示。

下面以 CNC 机床为例，画出其功能原理构成，此图是研究分析机电一体化系统的有效工具。在图 1-7 中，由于未指明主功能的加工机构，所以它代表了一大类具有相同主功能及控制功能的机电一体化系统，如金属切削数控机床、电加工数控机床、激光数控加工机床以及冲压加工数控机床等。显然，由于主功能的具体加工机构不同，其他功能的具体装置也会有差别，但其本质是数控加工机床。

1.2.3 机电一体化系统的分类

机电一体化产品的种类繁多，而且还在不断增加，对其分类可以按照不同的分类原则。按照机电结合程度和形式的不同，机电一体化产品可划分为功能附加型、功能替代型和机电融合型三类。

功能附加型产品的主要特征是，在原有机电产品的基础上，采用微电子技术，使产品功

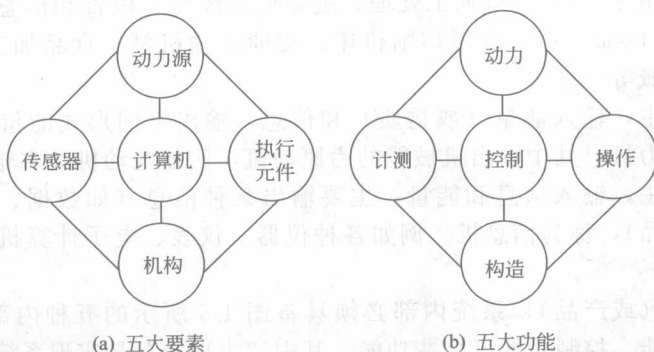


图 1-6 机电一体化系统的五大要素与功能

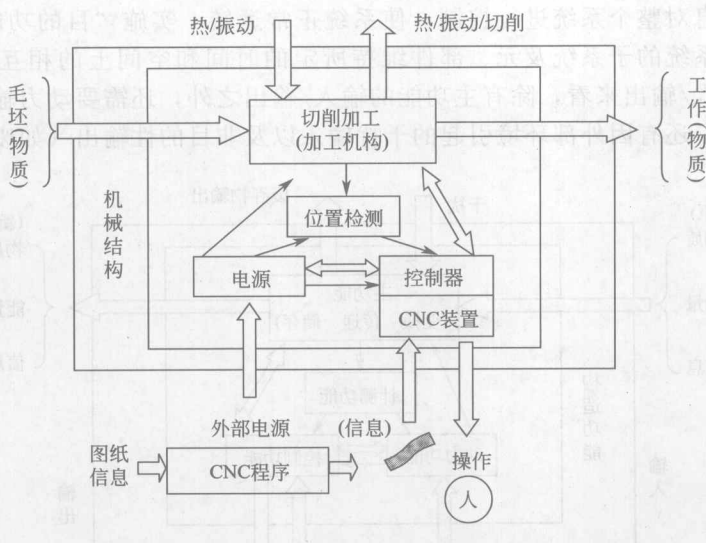


图 1-7 CNC 数控机床内部功能构成

能增加和增强，性能得到适当的提高。经济型数控机床、电子秤、数显量具、全自动洗衣机等属于这一类机电一体化产品。

功能替代型产品的主要特征是，采用微电子技术及装置取代原产品中的机械控制功能、信息处理功能或主功能，使产品结构简化，性能提高，柔性增强。如电子缝纫机、自动照相机等微电子装置取代了原来复杂的机械控制系统；电子石英钟、电子式电话交换机等用微处理器取代了原来机械式信息处理机构；线切割机床、激光手术器等则因为微电子技术的应用而产生了新的功能，取代了原来机械的主功能。

机电融合型产品的主要特征是，根据产品的功能和性能要求及技术规范，采用专门设计的或具有特定用途的集成电路来实现产品中的控制和信息处理等功能，因而使产品结构更加紧凑、设计更加灵活、成本进一步降低。换一句话说，机电融合型产品是机与电在更深层次上有机结合的产品。传真机、复印机、摄像机、磁盘驱动器、CNC 数控机床等都是这一类机电产品。

应当指出，上述三类机电一体化产品中，机电融合型产品的技术附加值最高，而且真正符合内部有机匹配、外部效能最佳的系统整体优化要求，是机电一体化产品的主要发展方向。

除此之外,按照机电一体化的功能,可以将机电一体化产品分为数控机床类、电子设备类、机电结合类、电液伺服类、信息控制类。按照产品的服务领域和对象,可将机电一体化产品分为工业生产类、运输包装类、存储销售类、社会服务类、家庭日常类、科研仪表类、国防武器类以及其他用途类等。

1.3 机电一体化共性关键技术

机电一体化是多种技术学科相互交叉、渗透而形成的一门综合性边缘技术学科,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下述六项。

(1) 精密机械技术

精密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过程中,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发生了很大的变化。目前新材料、新工艺、新原理、新机构等不断出现,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轻重量、缩小体积、提高精度和刚度、改善性能等多方面的要求。

在机械系统的制造过程中,经典的机械理论与工艺借助于计算机辅助技术、人工智能和专家系统等,形成了新一代的机械制造技术。原有的机械技术以知识和技能的形式存在,它是任何其他技术替代不了的,而计算机辅助工艺规划(CAPP)是目前CAD/CAM系统研究的关键,因此,应广泛开展此项研究,将存在于各行各业、技术人员中的标准、习惯和经验进行表述,从而实现计算机的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,直接影响到产品工作的质量和效率。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。

(3) 检测与传感技术

检测与传感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、精确地获取信息并能经受各种严酷环境的考验。与计算机技术相比,目前传感器的发展还显得缓慢,检测与传感技术还不能与机电一体化的发展相适应,使得不少机电一体化产品无法实现设计或不能达到满意的效果。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。

(4) 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、可靠运行等从理论到实践的整个过程。由于被控对象种类繁多,所以控制技术的内容非常丰富,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,这是由于现实中的被控对象往往与理论上的控制模型之间存在较大的差距,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。近年来,由于计算机技术和现代应用

数学研究的快速发展,控制技术发展迅速,现代控制技术在系统工程和模仿人类活动的智能控制领域也取得了重大进展。

但是随着机电一体化系统规模和复杂性的增加以及对控制系统的要求不断提高,应进一步研究新的技术,开发新的课题,如多输入、多输出、变参数、非线性、高精度、高效能等控制系统的分析和设计,优化控制模型的建立、复杂控制系统的模拟仿真、自诊断监控技术以及容错技术等。

(5) 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,目前多由电力电子器件及集成化的功能电路构成。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。

(6) 系统总体技术

机电一体化系统的多功能、高精度、高效率要求和多领域技术的交叉不可避免地使产品本身及其开发设计技术复杂化。系统的总体性能不仅与各构成要素的功能、精度、性能相关,而且有赖于各构成要素是否进行了很好的协调和融合。另外,在机电一体化产品中,机械、电气和电子是性能、规律截然不同的物理模型,因而存在匹配上的困难;电气、电子又有强电与弱电、模拟与数字之分,必然遇到相互干扰与耦合的问题;系统的复杂性带来的可靠性问题;产品的小型化增加了状态监测与维修的困难;多功能化造成诊断技术的多样化等。因此就要考虑产品整个寿命周期的总体综合技术。

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,将系统总体分解成相互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,然后再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。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。

1.4 机电一体化系统的评价

机电一体化的目的是提高系统的附加值,所以附加价值就成了机电一体化系统的综合评价

评价指标。机电一体化系统的主要评价内容如图 1-8 所示。除此之外,还应考虑操作的宜人性、人机安全性、环境完善性、造型艺术性和成果规范性。

那么从哪些方面来评价设计水平的高低和系统各项功能的优劣呢?通常采取一些评价参数,具体参数和系统的价值可参考表 1-1。

如果系统的目的功能未定,那么其具体的评价项目也不好定,此时系统的高性能化就成为主要评价项目。当然高可靠性和低价格化是对系统整体而言的。

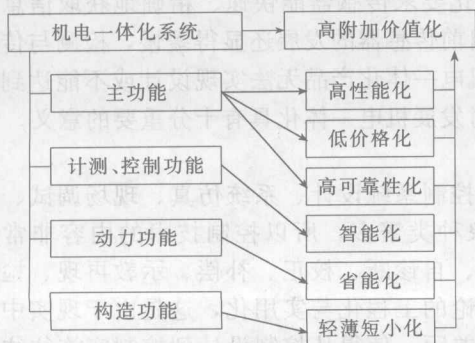


图 1-8 机电一体化系统的评价内容

表 1-1 系统的内部功能与系统的价值

系统内部功能	评 价 参 数	系统的价值	
		高	低
主功能	系统误差 抗干扰能力 废弃物输出 变换效率	小 强 少 高	大 弱 多 低
动力功能	输入能量 能源	少 内装	多 外设
控制功能	控制输入/输出口个数 手动操作	多 少	少 多
构造功能	尺寸、重量 强度	少、轻 高	大、重 低
计测功能	精度	高	低

机电一体化系统的一大特点是由于机电一体化系统的微电子装置取代了人对机械的绝大部分的控制功能，并加以延伸和扩大，克服了人体能力的不足和弱点。另一大特点是节省能源和材料消耗。这些特点正是实现机电一体化系统高性能、智能化、省能省资源化及轻薄短小化的重要原因，也正是对工业三大要素（物质、能量和信息）的具体贡献，如图 1-9 所示，机电一体化的三大效果是与我国工业发展方向相一致的，也是我国机电一体化技术革命发展的重要原因。



图 1-9 工业三大要素与机电一体化三大效果

1.5 机电一体化系统的发展趋势

1.5.1 机械技术发展的总趋势

关于机械技术的发展，可以用表 1-2 来概括，它经历了四个阶段。在这四个阶段中分别赋予了机械不同的功能。进入机电一体化阶段，就是使机械技术智能化，更好地替代人进行各项工作。

表 1-2 机械技术的发展

阶段	机 械 技 术 的 发 展		赋予机械的功能
第一阶段	机构的发明	凸轮、齿轮、联轴器、轴承、传动带、螺钉、螺母等	作业功能
第二阶段	使作业机构动作的动力机械的发明	水力、风力、蒸汽动力、内燃机、电动机等	动力功能
第三阶段	自动控制技术的发明	传感器、伺服系统等	测定功能
第四阶段	微电子学的发明	大规模集成电路、微型计算机、各种接口等	智能功能