



普通高等教育电气信息类规划教材



免费电子教案下载

www.cmpedu.com



机电一体化技术

主 编 郭文松 刘媛媛

副主编 雷福祥 张治娟 周 岭



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电气信息类



机电一体化技术

主 编 郭文松 刘媛媛
副主编 雷福祥 张治娟 周 岭
参 编 刘润泽 杨丙辉

机械工业出版社

本书详细介绍了机电一体化技术的相关技术,共8章。第1章是机电一体化技术的概述部分,讲解了机电一体化技术概念、产品分类、技术组成、技术发展现状及发展趋势等内容;第2章为机械技术,重点讲解机械系统组成,机械系统建模(以传动系统为例),典型的传动机构、导向机构和执行机构;第3章为计算机控制技术,重点讲解计算机控制系统的组成、特点,典型的计算机控制系统,典型的工业控制计算机(Arduino、PLC、IPC)工作原理及其实例应用;第4章为PID控制技术,重点讲解典型的PID控制算法(位置型算法和增量型算法)、PID各参数对控制系统的影响规律,以Arduino为控制器讲解了液位PID算法程序;第5章为传感器技术,重点讲解机械量测量传感器,包括位置、位移、速度、力矩测量传感器;第6章为伺服技术,讲解了伺服概念、分类,伺服系统的组成和要求,重点讲解了步进电动机的组成、工作原理、驱动器与步进电动机的使用方法,交流伺服电动机的基本工作原理及伺服驱动器;第7章为MCGS组态软件技术,介绍了MCGS组态软件,以液位控制为实例重点讲解了MCGS如何构建上位机程序;第8章为典型机电一体化产品——工业机器人,介绍了工业机器人的分类、组成、控制系统及编程。

本书可作为普通高等院校和高职高专机械工程、电子工程、工业工程、农业机械化工程、机电一体化工程等相关专业的教材,也可作为机电一体化专业技术人员的学习和参考用书。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 308596956, 电话: 010-88379753)。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化技术 / 郭文松, 刘媛媛主编. —北京: 机械工业出版社, 2017.4
普通高等教育电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-56503-1

I. ①机… II. ①郭… ②刘… III. ①机电一体化—高等学校—教材
IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第069765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: 汤枫 责任编辑: 汤枫

责任校对: 张艳霞 责任印制: 李飞

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2017年5月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·15印张·365千字

0001—3000册

标准书号: ISBN 978-7-111-56503-1

定价: 42.00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

服务咨询热线: (010) 88379833

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

读者购书热线: (010) 88379649

教育服务网: www.cmpedu.com

封面防伪标均为盗版

金书网: www.golden-book.com

前 言

机电一体化技术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方向发展,目前机电一体化产品已遍及人们日常生活和国民经济的各个领域。

随着科学技术的发展,机电一体化产品的概念不再局限于某一具体产品的范围,已扩大到控制系统和被控制系统相结合的产品制造和过程控制。为了在当今国际范围内激烈的技术、经济竞争中占据优势,世界各国纷纷将机电一体化的研究和发展作为一项重要内容而列入本国的发展计划。

为推进我国由“制造大国”向“制造强国”的转变,2016年4月6日国务院总理李克强主持召开国务院常务会议,会议通过了《装备制造业标准化和质量提升规划》,要求对接《中国制造2025》。《中国制造2025》是我国实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。我国在实施制造强国战略的转变过程中,需要能够掌握核心与关键技术的人才进行自主创新,增强核心竞争力。目前,我国很多高校和高职高专院校在机械工程类专业中设立了机电一体化技术方向;企业及科研院所也有相当多的工程技术人员从事机电一体化技术方面的研究与开发工作。

本书以机电一体化共性关键技术为基础,围绕各种技术的融合与综合应用撰写知识体系,使读者了解和掌握机电一体化的实质、理论和基本方法,从而能够综合运用共性关键技术进行机电一体化产品乃至系统的分析、设计与开发。

本书适用于普通高等院校、高职机电类和自动化类专业,具有实用性和适用性强等特点。在编写过程中重点考虑了以下几点:一是着重体现机电一体化领域中多学科融合与交叉,本书知识点衔接性好,避免内容的简单堆砌;二是重点突出本门技术应用性强的特点,本书简单介绍了技术原理,重点阐述了技术的实例应用;三是注重于知识的与时俱进,例如本书中增设了Arduino模块,Arduino是近年来兴起的开源电子原型平台,相对于51单片机而言,该技术简单易学,更能引起学生的兴趣,另外本书增加了MCGS工业控制组态软件,以水箱液位控制实例详细讲述了MCGS上位机的开发过程;四是内容精简,俗语说“样样会不如一样通”,本书精简文字、突出重点,力求将最实用的知识呈现给学生。

本书由郭文松、刘媛媛、雷福祥、张治娟、周岭编写完成,杨丙辉参与了机械方面的编写与审核,刘润泽参与了电气方面的编写与审核。

随着机电一体化技术发展的日新月异,加之作者水平有限,本书难免存在错误和不足之处,真诚希望得到广大专家和读者的批评和指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 机电一体化技术概述	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 机电一体化产品分类	1
1.2 国内外机电一体化发展现状	2
1.2.1 国外机电一体化发展现状	2
1.2.2 国内机电一体化发展现状	3
1.3 机电一体化技术基本组成	4
1.4 机电一体化技术体系	5
1.5 机电一体化技术发展趋势	7
习题	9
第 2 章 机械系统设计理论	10
2.1 概述	10
2.1.1 机电一体化对机械系统的基本要求	10
2.1.2 机械系统的组成	10
2.1.3 机械系统的设计思想	11
2.2 机械系统性能分析	11
2.2.1 数学模型的建立	12
2.2.2 力学性能参数对系统性能的影响	16
2.3 传动机构	19
2.3.1 机电一体化系统对机械传动的要求	19
2.3.2 无侧隙齿轮传动机构	19
2.3.3 谐波齿轮传动机构	24
2.3.4 滚珠花键传动机构	26
2.3.5 同步齿形带传动机构	27
2.3.6 滚珠丝杠螺母副传动机构	31
2.4 导向机构	37
2.4.1 导轨的分类和基本要求	37
2.4.2 滑动导轨	38
2.4.3 滚动导轨	40
2.4.4 导轨的润滑与防护	41
2.4.5 提高导轨耐磨性的措施	43

2.5 执行机构	43
2.5.1 执行机构的基本要求	44
2.5.2 微动执行机构	44
2.5.3 工业机械手末端执行器	46
习题	48
第3章 计算机控制技术	50
3.1 计算机控制系统	50
3.1.1 计算机控制系统概述	50
3.1.2 计算机控制系统的组成	51
3.1.3 计算机控制系统的特点	53
3.1.4 计算机控制系统的类型	54
3.2 工业控制计算机	58
3.2.1 工业控制计算机概述	58
3.2.2 工业控制计算机的特点	58
3.2.3 工业控制计算机的常用类型	59
3.3 Arduino	59
3.3.1 Arduino 概述	59
3.3.2 Arduino 硬件分类	62
3.3.3 Arduino IDE 介绍	64
3.3.4 常用的 Arduino 第三方软件介绍	67
3.3.5 Arduino 使用方法	68
3.3.6 Arduino 应用实例	70
3.4 可编程序控制器	80
3.4.1 PLC 概述	80
3.4.2 PLC 的组成结构和工作原理	82
3.4.3 PLC 应用实例	85
3.5 总线工业控制机	91
3.5.1 总线工业控制机的组成与特点	91
3.5.2 工控机的总线结构	94
3.5.3 工控机 I/O 模块	99
3.5.4 总线工控机 I/O 模块应用实例	104
习题	107
第4章 PID 控制算法	108
4.1 PID 控制的原理和特点	108
4.1.1 模拟 PID	108
4.1.2 数字 PID	109
4.2 PID 各环节对控制系统的影响	113

4.3	数字 PID 参数整定方法	115
4.4	PID 控制算法应用实例	117
4.4.1	单容水箱恒液位值控制	117
4.4.2	PID 智能控制器	118
4.4.3	Arduino 控制器	119
	习题	121
第 5 章	检测技术	122
5.1	概述	122
5.1.1	传感器组成	122
5.1.2	机械量测量传感器	122
5.2	位置测量传感器	123
5.2.1	位置传感器的主要技术指标	123
5.2.2	常用的位置测量传感器	124
5.3	位移测量传感器	129
5.3.1	电感式位移传感器	129
5.3.2	电容式位移传感器	132
5.3.3	霍尔式位移传感器	133
5.3.4	光栅位移传感器	134
5.4	速度测量传感器	137
5.4.1	测速发电机	137
5.4.2	光电式转速传感器	137
5.4.3	机械式转速传感器	139
5.5	力、力矩测量传感器	140
5.5.1	电阻应变式力传感器	140
5.5.2	压电式测力传感器	141
5.5.3	电阻应变式力矩传感器	142
5.5.4	相位差式转矩测量仪表	143
	习题	144
第 6 章	伺服技术	145
6.1	伺服概述	145
6.1.1	伺服的概念	145
6.1.2	伺服系统的分类	146
6.2	伺服系统的组成及要求	149
6.2.1	伺服系统的组成	149
6.2.2	伺服系统的基本要求	150
6.2.3	伺服电动机概述	151
6.3	步进电动机	152

6.3.1	步进电动机分类	152
6.3.2	步进电动机的工作原理	153
6.3.3	步进电动机的运行特性	155
6.3.4	步进电动机的选用	158
6.3.5	步进电动机的驱动器	159
6.4	伺服电动机	162
6.4.1	交流伺服电动机	163
6.4.2	交流伺服驱动器	166
6.4.3	伺服控制系统结构	167
	习题	168
第7章	MCGS 组态软件技术	169
7.1	MCGS 组态软件概述	170
7.1.1	MCGS 组态软件的系统构成	170
7.1.2	MCGS 组态软件的工作方式	171
7.2	MCGS 通用版组态软件初步	172
7.2.1	建立一个新工程	172
7.2.2	设计画面流程	175
7.3	让动画动起来	179
7.3.1	定义数据变量	179
7.3.2	动画连接	181
7.3.3	模拟设备	187
7.3.4	编写控制流程	188
7.4	报警显示与报警数据	190
7.4.1	定义报警	191
7.4.2	报警显示	191
7.4.3	报警数据	192
7.4.4	修改报警限值	194
7.4.5	报警动画	197
7.5	报表输出	198
7.5.1	实时报表	199
7.5.2	历史报表	200
7.6	曲线显示	204
7.6.1	实时曲线	204
7.6.2	历史趋势	205
7.7	安全机制	206
7.7.1	操作权限	206
7.7.2	系统权限管理	207

7.7.3 工程加密	211
7.8 设备在线调试	212
习题	216
第8章 典型机电一体化产品——工业机器人	217
8.1 工业机器人概述	217
8.1.1 工业机器人分类	217
8.1.2 工业机器人的基本组成及机能	217
8.1.3 工业机器人的主要技术参数	218
8.2 典型工业机器人组成	219
8.2.1 工业机器人本体	219
8.2.2 工业机器人控制系统	220
8.2.3 工业机器人编程	224
习题	230
参考文献	231

第1章 绪 论

1.1 机电一体化技术概述

1.1.1 基本概念

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的一个新概念，是各相关技术有机结合的一种新形式。关于机电一体化（Mechatronics）这个名词的起源，说法很多。早在 1971 年，日本《机械设计》杂志副刊就提出了“Mechatronics”这一名词，1976 年以广告为主的日本杂志《Mechatronics Design News》开始使用，其中的“Mechatronics”由“Mechanics”的前半部和“Electronics”的后半部组合而成，表示机械学与电子学两种学科的综合。在我国通常翻译为机电一体化或机械电子学。机电一体化是机械、电子、光学、控制、计算机、信息等多学科的交叉融合，它的发展和进步依赖于也促进相关技术的发展和进步。

机电一体化是一个新兴的边缘学科，正处于发展阶段，代表着机械工业技术革命的发展方向。一般认为，机电一体化技术是一门跨学科的综合性高技术，是由微电子技术、计算机技术、信息技术、机械技术及其他技术相融合而构成的一门独立的交叉学科。美国 IEEE/ASME 曾于 1996 年给出了一个较为全面的定义：“我们对机电一体化初步定义为‘在工业产品和过程的设计和制造中，机械工程和电子与智能计算机控制的协同集成’，包括以下 11 个方面：①成型和设计；②系统集成；③执行器和传感器；④智能控制；⑤机器人；⑥制造；⑦运动控制；⑧振动和噪声控制；⑨微器件和光电子系统；⑩汽车系统；⑪其他应用”。

目前，国际上普遍采用日本机械振兴协会的定义：“机电一体化是在机械的主功能、动力功能、信息功能和控制功能上引进微电子技术，并将机械装置与电子装置用相关软件有机结合而构成的系统的总称”，涉及机械制造技术、电子技术、信息处理技术、测试和传感器技术、控制技术、接口技术、计算机技术、伺服驱动等多种技术。机电一体化技术对现代工业的发展有巨大的推动力，因此世界各国都在大力推广机电一体化技术。

1.1.2 机电一体化产品分类

机电一体化技术和产品的应用范围非常广泛，涉及工业生产过程的所有领域，因此，机电一体化产品的种类很多，而且还在不断地增加。按照机电一体化产品的功能，可以将其分成下述几类：

1. 数控机械类

主要产品包括数控机床、机器人、发动机控制系统以及全自动洗衣机等。这类产品的特点是执行机构为机械装置。

2. 电子设备类

主要产品包括电火花加工机床、线切割机、超声波加工机以及激光测量仪等。这类产品的特点是执行机构为电子装置。

3. 机电结合类

产品包括自动探伤机、形状自动识别装置、CT 扫描诊断机以及自动售货机等。这类产品的特点是执行机构为电子装置和机械装置的有机结合。

4. 电液伺服类

主要产品为机电液一体化的伺服装置，如电子伺服万能材料试验机。这类产品的特点是执行机构为液压驱动的机械装置，控制机构是接收电信号的液压伺服阀。

5. 信息控制类

信息控制类包括传真机、磁盘存储器、磁带录像机、录音机、复印机等。这类产品的主要特点是执行机构的动作由所接收的信息类信号来控制。除此之外，机电一体化产品还可根据机电技术的结合程度分为功能附加型、功能替代型和机电融合型三类。

1.2 国内外机电一体化发展现状

1.2.1 国外机电一体化发展现状

机电一体化的发展大体可以分为三个阶段。第一阶段（又称初级阶段）是 20 世纪 60 年代以前，这一时期人们不自觉地利用电子技术并使之得到比较广泛的认可。第二阶段，机电一体化技术和产品得到了极大发展。第三阶段，各国均开始极大关注和支持机电一体化技术和产品。

1989 年在日本东京召开的第一届国际先进机电一体化学术会议，是机电一体化向纵深发展的标志，各国政府也开始有计划地推动和发展机电一体化技术和产品。目前，日本和美国在机电一体化产品开发和应用方面处于世界领先地位。美国商务部曾发表过一份关于日本机电一体化的研究报告，对日美两国机电一体化技术的基础研究、超前开发与形成产品三方面进行了比较，结论是除机器视觉与软件外，日本的基础研究与美国是可以比拟的。当前，他们都将智能传感器、计算机芯片制造技术、具有触觉和人机对话功能的人工智能工业机器人、柔性制造系统等列为高技术领域的重大研究课题，并投入大量资金支持发展相关技术。

20 世纪 90 年代后期，机电一体化进入了深入发展时期。光学、通信技术、微细加工技术等进入了机电一体化，出现了光机电一体化和微机电一体化的新分支。同时对机电一体化系统的建模设计、分析和集成方法，以及学科体系和发展趋势都进行了深入研究。人工智能技术、神经网络技术及光纤技术也为机电一体化技术开辟了广阔的发展天地。

因此，机电一体化产品得以迅猛发展，主要表现在以下四个方面：

1) 机电一体化产品几乎遍及所有制造业领域。在工业发达国家，数控机床占机床总数的 30%~40%。工业机器人正向智能化和智能系统的方向发展，数量在未来十年将以 25%~30% 的速度增长。智能机器人将逐步进入办公、管理、娱乐、家庭等各个领域。

2) 机电一体化从单机向整个制造业的集成化过渡。计算机集成制造系统（CIMS）是当今世界制造业发展的总趋势，它打破原有部门之间的界限，以制造为基干来控制“物流”和

“信息流”，实现从经营决策、产品开发、生产准备、生产实验到生产经营管理的有机结合。CIMS 的实现是全局动态的最优综合。

3) 激光技术进入机电一体化领域。光机电一体化是激光技术与机械、电子技术相结合，不仅大大扩展了机电一体化的应用领域，而且使一些行业出现重大变革，是当今信息业与制造业的最佳结合点。

4) 微细加工技术与设备发展迅猛。微电子技术及其产业的高速发展，带动了大量高新技术的兴起，微细加工技术和装备不仅支持了电子产业的发展，而且对微机械的诞生和发展也起了决定性的作用。

1.2.2 国内机电一体化发展现状

我国从 20 世纪 80 年代初开始进行机电一体化的研究和应用，国务院成立了机电一体化领导小组并将其列为“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。虽然目前国内机电一体化技术与日本、欧美等先进国家相比仍有一定差距，但随着新技术革命的迅猛发展，我国加大了机电一体化技术的研究力度，并将其确定为国家高技术重点研究领域，给予优先支持，并取得了一定的成绩。

1) 数控技术方面。我国数控技术起步于 1958 年，在“九五”末期，国产数控机床的国内市场占有率达 50%，配国产数控系统（普及型）也达到了 10%。纵观我国数控技术近 50 年的发展历程，特别是经过 4 个五年计划的攻关，总体来看取得了很好成绩。目前，已具有年产数控系统 3000 多套、主轴与进给装置 5000 多套的生产能力。近十年来，普通级数控机床的加工精度已由 $10\mu\text{m}$ 提高到 $5\mu\text{m}$ ，精密级加工中心则从 $3\sim 5\mu\text{m}$ 提高到 $1\sim 1.5\mu\text{m}$ ，并且超精密加工精度已开始进入纳米级（ $0.01\mu\text{m}$ ）。

2) 工业机器人方面。我国 1986 年将机器人的研究开发列入国家科技计划，现已掌握了机器人操作机的设计制造技术、控制系统和软件编程技术、运动学和轨迹规划技术，生产了部分机器人的关键元器件，并进入实用化阶段，开发出弧焊、点焊、喷漆、装配、搬运、注塑、冲压及能前后行走、爬墙、水下作业的多种机器人。目前，国内相关科研机构和企业已掌握了工业机器人操作机的优化制造技术，解决了工业机器人控制、驱动系统的设计技术，机器人软件的设计和编程等关键技术，还掌握弧焊、点焊及大型机器人自动生产线（工作站）与周边配套设备的开发和制备技术。现在，我国从事机器人研究的单位有 200 多家，专门从事机器人产业开发的企业有 50 家以上，中国市场上总共拥有近万台工业机器人，其中完全国产的工业机器人（行业内规模比较大的前三家工业机器人企业）行业集中度占 30% 左右。

3) 计算机集成制造系统方面。我国经过多年的理论和技术准备，CIMS 已经有了较快发展。目前，已在清华大学建成国家 CIMS 工程研究中心，在著名高校和研究单位建立了 7 个 CIMS 单元技术实验室和 8 个 CIMS 培训中心。2000 年，全国已有 20 多个省市、10 多个行业、200 多家不同规模和类型的企业通过实施 CIMS 应用示范工程，取得了巨大的经济效益。当前，CIMS 的进一步试点推广应用已经扩展到机械、电子、航空、航天、轻工、纺

织、冶金、石油化工等诸多领域，正得到各行各业越来越多的关注和投入。

1.3 机电一体化技术基本组成

人类在自然环境中经历了长期的进化过程，可以说人体功能结构及五大要素的匹配与协调是一种尽善尽美的体现。因而人类是机电一体化产品发展的最好蓝本。如果把人体看成系统或产品，则人体也具有前面所述的五种内部功能，并且通过人体五大要素加以实现。人体五大要素及其功能的对应关系和机电一体化产品的组成要素分别如图 1-1 和图 1-2 所示。

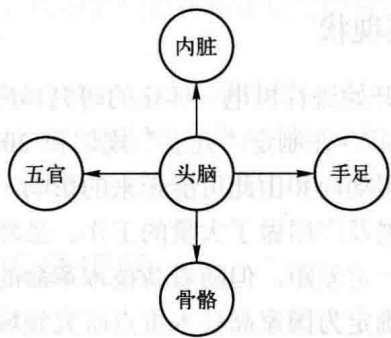


图 1-1 人体五大要素

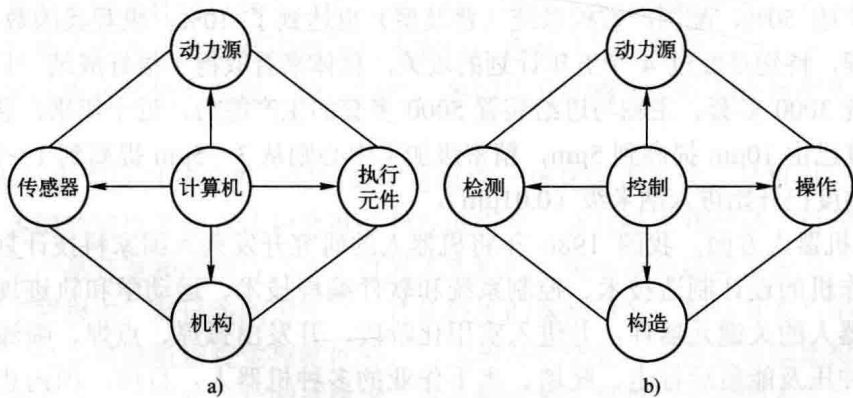


图 1-2 机电一体化产品基本组成要素

a) 机电一体化产品五大要素 b) 机电一体化产品五大功能

机电一体化系统由五个子系统构成，即机械系统（指机构）、电子信息处理系统（指计算机）、动力系统（指动力源）、传感检测系统（指传感器）、执行元件系统（如电动机）等。机电一体化的构成要素很多，但其中五大要素是必需的。这是与人体的五大要素进行对比时，从中得到启发的。

1. 机械本体

机械本体包括机身、框架、机械连接等在内的产品支持结构，属于基础部分，实现产品的构造功能。在机电一体化产品中，机械本体往往占有较大体积和质量，因而要求尽量采用新结构、新材料、新工艺，以适应机电一体化产品在高效、多功能、可靠和节能、小型、轻量、美观等方面的要求。

2. 动力源

动力源向系统提供能量，并将输入的能量转化成需要的形式，实现动力功能。机电一体化产品以电能利用为主，其目的功能则多数通过机械动作来实现，因此动力源应包括电源、电动机等执行元件及其驱动电路。效率高、可靠性好是对动力源的主要要求。

3. 检测和传感装置

检测和传感装置包括各种传感器及其信号检测电路，用于对产品运行时内部状态和外部环境进行检测，提供运行控制所需的各种信息，实现计测功能。体积小、便于安装与连接、检测精度高、抗干扰、受环境变化影响小是机电一体化产品对检测与传感装置的主要要求。

4. 控制与信息处理装置

控制与信息处理装置根据产品的功能和性能要求以及传感器的反馈信息，进行处理、运算和决策，对产品运行施以相应的控制，实现控制功能。机电一体化产品中，这一组成要素主要是指由计算机及其相应硬、软件所构成的控制系统，目前正向着高可靠性、柔性和智能化方向发展。

5. 执行机构

执行机构包括机械传动与操作机构，在控制信息作用下，完成要求的动作，实现产品的主功能。执行机构因作业对象不同而形式各异。由于它是实现产品目的功能的直接参与者，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最重要组成要素之一。

机电一体化产品的五个组成要素之间并非彼此无关或简单拼凑、叠加在一起，工作中它们各司其职、相互补充、相互协调，共同完成所规定的目的功能，即在机械本体的支持下，由传感器检测产品的运行状态及环境变化，将信息反馈给控制及信息处理装置，控制及信息处理装置对各种信息进行处理，并按要求控制动力源驱动执行机构进行工作。在结构上，各组成要素通过各种接口及相关软件有机地结合在一起，构成一个内部合理匹配、外部效能最佳的完整产品。

例如：数控机床（Computer Numerical Control, CNC）属于典型的机电一体化产品，它同样由五大部分（系统）构成。

1) 机械系统：数控机床的机械本体部分（机架）、传动部分（齿轮传动）、导向部分（导轨）等是机床的机械结构部分。

2) 信息处理系统：数控机床的 CPU 板、CRT 显示器、纸带输入机或键盘及打印机等构成信息处理部分。

3) 动力系统：数控机床的主要动力来源于电能。

4) 传感检测系统：数控机床刀具的位置状态，用直线感应同步器或者直线光栅进行检测，直线感应同步器或者直线光栅就是传感器。

5) 执行元件系统：数控机床的走刀运动就是利用步进电动机或者伺服电动机驱动滚珠丝杠完成的，所以步进电动机或者伺服电动机为执行元件。

1.4 机电一体化技术体系

机电一体化是多种技术学科相互交叉、渗透而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关键技术有下述七项。

1. 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要功能和构造功能，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，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变化。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。

2. 计算机与信息处理技术

信息处理技术包括信息的交换、存储、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。因此检测和传感器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。但是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，使得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器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大，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各个过程，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、示教再现及检索等控制技术。自动控制技术的难点是自动控制理论的工程化和实用化，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和修改，才能获得满意的结果。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。

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。执行元件有点动、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，以接收微型机的控制指令；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. 接口技术

机电一体化系统是机械、电子和信息等性能各异的技术融为一体的综合系统，其构成要

素和子系统之间的接口极其重要。从系统外部看,输入/输出是系统与人、环境或者其他系统之间的接口;从系统内部看,机电一体化系统是通过许多接口将组成要素的输入/输出装置联系成一体的系统。因此,各要素及各子系统之间的接口性能就成为整体系统性能好坏的决定因素。机电一体化系统最重要的设计任务之一就是接口技术。

7. 软件技术

计算机控制系统的硬件是完成控制任务的设备基础,而计算机的操作系统和各种应用程序是执行控制任务的关键,统称为软件。计算机控制系统的软件程序不仅决定其硬件功能的发挥,而且也决定着控制系统的控制品质和操作管理水平。

软件和硬件必须协调一致地发展。为了减少软件的研制成本,提高生产维护效率,要逐步推行软件标准化,包括子程序标准化、程序模块化、软件程序的固化、推行软件工程等。

1.5 机电一体化技术发展趋势

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。纵观国内外机电一体化的发展现状和高新技术的发展动向,机电一体化将朝着以下几个方向发展:

1. 绿色化

工业的发达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。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。工业的发展使得资源减少,生态环境受到严重污染。绿色化成了时代的趋势,产品的绿色化更成了适应未来发展的一大特色。

如果把机械产品和制造机械产品的机械装置统称为机械系统,则机电一体化技术的功能可归结为:提高机械系统的性能,完成传统机械系统不能完成的功能;提高机械系统的智能化程度,使人在更舒适的环境中工作;提高机械系统的可回收性;降低机械系统的原材料消耗;降低机械系统的能耗;降低机械系统对环境的污染。可以看出其中至少有三条是和环境保护有关的。因而,进入 21 世纪,机电一体化技术的使命是要能提供一种高性能、高原料利用率、低能耗、低污染、环境舒适和可回收的智能化机械产品,即提供一种能满足可持续性发展的绿色产品。

2. 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。人工智能系统是一个知识处理系统,它包括知识表示、知识利用和知识获取三个基本问题,其最终的目标是模拟人的问题求解、推理、学习。人工智能在机电一体化建设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。“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。目前,专家系统、模糊系统、神经网络以及遗传算法,是机电一体化产品(系

统)实现智能化的四种主要技术,它们各自独立发展又彼此相互渗透。随着制造自动化程度的不断提高,将会出现智能制造系统控制器来模拟人类专家的智能制造活动,并会对制造中出现的问题进行分析、判断、推理、构思和决策。

3. 网络化

20 世纪 90 年代,计算机技术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、教育等人们的日常生活都带来了巨大的变革,同样也给机电一体化技术带来了重大影响,例如通过网络对机电一体化设备进行远程控制。

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(Home Net)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),使人们在家里分享各种高技术带来的便利与快乐。因此机电一体化产品无疑将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,是机电一体化向微型机器和微观领域发展的趋势。近十余年来,微机电系统(Micro Electro Mechanic System, MEMS)作为机电一体化技术的新尖端分支而备受重视,它泛指几何尺寸不超过 1cm^3 的机电一体化产品,并向微米、纳米级发展。微机电系统高度融合了微机械技术、微电子技术和软件技术,发展难点在于微机械并不是简单地将大尺寸的机械按比例缩小,由于结构的微型化,在材料、机构设计、摩擦特性、加工方法、测试与定位及驱动方式等方面都产生了一些特殊问题。

微机电一体化产品体积小、耗能少、运动灵活,可进入一般机械无法进入的空间,并易于进行精细操作,因此在生物医疗、军事、信息等方面具有不可比拟的优势。目前,利用半导体器件制造过程中的蚀刻技术,在实验室中已制造出亚微米级的机械元件。

5. 模块化

机电一体化产品和技术可分为机械、电子和软件三大部分。模块化技术是这三者的共同技术。模块化技术可以减少产品的开发和生产成本,提高不同产品间的零部件通用化程度,提高产品的可装配性、可维修性和可扩展性等。融合机械、电子和软件三大部分的机电一体化模块代表了未来产品的发展方向,具有高度自主性、良好的协调性和自组织性的特点。总之,模块化设计与制造是机电一体化系统的基本方法和发展趋势。随着微处理器性能价格比的迅速提高和 MEMS 技术的飞速发展,各种机电一体化模块将越来越多地出现在市场上。利用这些模块,可以迅速方便地设计和制造出各种新的机电一体化产品。

21 世纪,机电一体化技术将成为机械工业的主角,在各方面均可带来显著的经济效益和社会效益。机电一体化的出现不是孤立的,它是许多科学技术发展的结晶,是社会生产力发展到一定阶段的必然要求。随着科学技术的发展,各种技术相互融合的趋势将越来越明显,以机械技术、微电子技术的有机结合为主体的机电一体化技术是机械工业发展的必然趋势,机电一体化技术的广阔发展前景也将越来越光明。