

高等学校应用型特色规划教材

机电一体化 系统设计

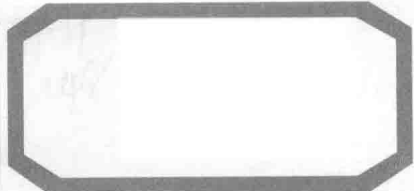
丁金华 王学俊 魏鸿磊 编 著



- 面向应用型人才培养
理论知识与实训内容紧密结合
- 案例导向型的内容设置
典型案例+实际工作过程+课后习题
- 立体化的教材体系
免费提供电子教案、习题答案和相关资料

清华大学出版社





高等学校应用型特色规划教材

机电一体化系统设计

丁金华 王学俊 魏鸿磊 编 著

本书主要介绍机电一体化系统的设计方法，包括机械、电气、控制、计算机、通信、检测、驱动、执行等各个环节的设计。本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

“机电一体化系统”是一个综合性的概念，它涉及机械、电气、控制、计算机、通信、检测、驱动、执行等多个方面。本书从系统设计的角度出发，详细介绍了机电一体化系统的设计方法和步骤。本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中，参考了国内外大量的文献资料，力求做到概念清晰、重点突出、循序渐进。本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

本书共分8章，第1章介绍机电一体化系统的组成、分类及应用；第2章介绍机电一体化系统的机械部分设计；第3章介绍机电一体化系统的电气部分设计；第4章介绍机电一体化系统的控制部分设计；第5章介绍机电一体化系统的检测部分设计；第6章介绍机电一体化系统的驱动部分设计；第7章介绍机电一体化系统的执行部分设计；第8章介绍机电一体化系统的集成设计。

本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。本书在编写过程中，参考了国内外大量的文献资料，力求做到概念清晰、重点突出、循序渐进。本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

本书共分8章，第1章介绍机电一体化系统的组成、分类及应用；第2章介绍机电一体化系统的机械部分设计；第3章介绍机电一体化系统的电气部分设计；第4章介绍机电一体化系统的控制部分设计；第5章介绍机电一体化系统的检测部分设计；第6章介绍机电一体化系统的驱动部分设计；第7章介绍机电一体化系统的执行部分设计；第8章介绍机电一体化系统的集成设计。

本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。本书在编写过程中，参考了国内外大量的文献资料，力求做到概念清晰、重点突出、循序渐进。本书可作为高等院校机电一体化专业及相关专业的教材，也可供从事机电一体化工作的工程技术人员参考。

清华大学出版社

北京



内 容 简 介

本书讲解机电一体化系统设计的基本概念、基本原理、方法和应用,为辽宁省精品资源共享课“机电系统设计”的配套教材。全书共分8章,前6章介绍机电一体化系统设计的基本原理与应用,包括机电一体化系统概论、位置控制的数学方法、机械系统部件的选择与设计、传感检测系统、执行元件和机电参数的相互匹配;后两章为机电一体化系统的典型应用案例,包括自动纠偏及其控制系统、XY数控工作台,内容涉及系统说明及控制系统软、硬件设计等。

本书可作为高等院校机械、机电、自动化、测控等专业的教材,也可作为相关专业的研究生和工程技术人员的专业参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。
版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化系统设计/丁金华,王学俊,魏鸿磊编著. —北京:清华大学出版社,2019
(高等学校应用型特色规划教材)
ISBN 978-7-302-51120-5

I. ①机… II. ①丁… ②王… ③魏… III. ①机电一体化—系统设计—高等学校—教材
IV. ①TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第201341号

责任编辑:陈冬梅
装帧设计:王红强
责任校对:吴春华
责任印制:沈露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:14.25 字 数:343千字

版 次:2019年1月第1版

印 次:2019年1月第1次印刷

定 价:45.00元

产品编号:076181-01

清华大学出版社
北京



前 言

为适应部分高等院校及高职、高专院校向应用技术型人才培养迅速转型的趋势，在此出版本书。机电一体化系统设计是随着生产和技术的发展，在以机械技术、电子技术、计算机技术为主的多门学科相互渗透、互相结合的过程中逐渐形成和发展起来的一门新兴边缘技术。

“机电一体化系统”是一个综合的概念，包含技术和产品两方面的内容。“机电一体化技术”是指包括技术基础、技术原理在内的，使机电一体化产品得以实现、使用发展的技术。“机电一体化产品”是指采用机电一体化技术在基本产品的基础上创造出来的新一代产品。

在工程技术学科系谱中，机械电子学仍属于机械工程范畴。按照机械电子学的观点，凡是由各种现代高新技术与机械和电子技术相结合而形成的各种技术、产品(或系统)都应属于机电一体化的范畴。机器人、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)及自动化生产工程都在机电一体化的范畴之内。

可以说，机电一体化系统或产品已深入社会的各个方面。例如，数控机床、机器人、加工中心、自动生产设备等生产用机电一体化产品和系统；自动仓库、自动空调与制冷系统及设备；自动称量、分选、销售及现金处理系统等储存、销售用机电一体化产品；复印机、打字机、扫描仪等办公自动化设备；CT机、心电图机、X光机等医疗设备；自动清扫机器人、取款机、取票排队机等环保及公共服务产品；全自动洗衣机、数字化空调、冰箱等家电产品；航天器、宇宙飞船、探月车等航天科研设备，都是机电一体化产品。在未来的发展中，机电一体化技术是工业机械化发展的必然趋势。

传统的机械设计主要以解决运动学和动力学为主，现代机械系统及装备都是光、机、电、液等高度一体化的复杂技术系统。本书围绕机电一体化系统(产品)的机械系统、传感检测系统、信息处理系统、动力源、执行元件系统五个子系统，讲解各部分之间的相互关系、相互作用，阐明机械系统应具有良好的伺服性能，以满足小型、轻量、高速、低噪声和高可靠性等要求。机电控制系统部分采用常用的上、下位机控制方式，从上位机的人机界面设计到下位机的嵌入式系统编程，以及上、下位机的MODBUS通信协议，在“人一机—环境”这个大系统中进行较为详细的说明。传感检测系统部分重点介绍传感器的后续电路及与微处理器的接口电路。执行元件部分着重讲解步进(或伺服)电动机的工作原理，说明驱动器与微处理器之间的接口电路，给出插补运算的软件设计。全书着重强调机电一体化系统的应用技术。

本书分8章，前6章介绍机电一体化系统基础知识，后两章采用案例形式系统说明两个典型机电一体化产品的功能及应用，包括软、硬件设计。

第1章介绍机电一体化系统的基础知识，阐述机电一体化系统的组成及功能，分类及应用，以及机电一体化系统各要素之间的关系，等等。第2章介绍机电一体化系统中常用的位置控制的数学方法，重点讲解逐点比较法的直线和圆弧的插补原理。第3章介绍机械系统部件的选择与设计，针对机电一体化系统对机械部分的要求和设计原则，阐述机械传

动和支撑的设计,重点介绍传动系统中的间隙调整,包括齿轮副传动间隙和滚珠丝杠副间隙调整的方法。第4章传感检测系统,介绍机械中常用传感器及其信号预处理电路,检测变换接口电路、工业上常用的DC 4~20mA变换电路和隔离的IO口输入、输出电路的设计等;对常用电路,如电压跟随器、同相放大器、反相放大器、差动放大电路、仪器仪表放大器、DC 4~20mA变换电路及恒流恒压电路,从运放的三个基本特点进行了深入浅出的说明,让读者很容易得出输出与输入的关系。第5章执行元件,介绍执行元件的分类与特点,重点介绍步进(伺服)电动机及其驱动,步进电动机的运行特性及性能指标、步进电动机的控制电路及驱动控制器。第6章介绍机电参数的相互匹配,说明伺服电机与机械负载的惯量匹配、容量匹配和速度匹配方法,重点介绍等效转动惯量的折算方法。

第7章,以食品、轻工、印刷、塑料、橡胶和钢铁等行业中机电设备常用的纠偏系统为例,说明典型机电一体化系统的工作原理及应用,给出自动纠偏机械执行机构及自动纠偏控制电路原理,并通过上、下位机控制方式详细说明上、下位机的MODBUS通信协议、接口原理和软件设计;上位机采用MCGS工业触摸屏,在此详细介绍上位机自动纠偏控制系统的组态软件设计和下位机STM32的Keil C软件设计,目的在于通过简单的实例,说明典型的机电一体化系统控制系统的实现。第8章,XY数控工作台是数控车床、数控铣床和数控钻床的工作台,是激光加工设备的工作台,是表面贴装设备、刻字机、3D打印雕刻的基本部件,本章利用案例介绍数控工作台的工作原理,说明其控制方式及实现方法,详细给出直线插补和圆弧插补的C语言程序。

本书内容比较多,教师在具体的教学内容安排上,可根据实际情况进行选择或取舍,也可将书中部分内容作为某一课程的教材或作为课程设计的辅助教材。例如,第4章传感检测系统可作为机械工程测试相关课程的教材内容;后两章案例部分可作为机电一体化系统设计课程设计的辅助教材。

本书由大连工业大学机械工程与自动化学院的丁金华和王学俊老师共同编写。其中,丁金华完成第1、4、5、6、7和8章内容的编写工作;王学俊完成第2、3章内容的编写工作。全书由丁金华和魏鸿磊统稿,并对习题及习题答案进行了整理与编辑。

因编者能力有限,不妥之处在所难免,希望各位读者提出宝贵意见,以便今后修订时进一步完善。

编者



目 录

第1章 机电一体化系统概论	1
1.1 机电一体化系统基础知识	1
1.2 机电一体化系统的组成及功能	2
1.3 机电一体化技术与其他技术关系	3
1.3.1 与传统机电技术的区别	3
1.3.2 与自动控制技术的区别	3
1.3.3 与计算机应用技术的区别	3
1.3.4 对应的共性关键技术	3
1.4 机电一体化系统的分类及应用	5
1.4.1 生产用机电一体化产品和系统	5
1.4.2 运输、包装及工程用机电一体化产品	6
1.4.3 储存、销售用机电一体化产品	6
1.4.4 社会服务及家庭用机电一体化产品	7
1.4.5 科研及民用机电一体化产品	7
1.5 机电一体化系统各要素之间的关系	7
1.5.1 机电一体化系统的功能构成	8
1.5.2 机电一体化系统中接口的定义	9
1.6 机电一体化的发展	10
1.6.1 智能化	11
1.6.2 系统化	12
1.6.3 微型化	12
1.6.4 模块化	12
1.6.5 网络化	13
1.6.6 绿色化	13
复习思考题	13
第2章 位置控制的数学方法	15
2.1 概述	15
2.2 插补运算	15

2.3 逐点比较法的直线和圆弧的插补原理	15
2.3.1 逐点比较法插补原理	16
2.3.2 圆弧插补原理	19
2.3.3 逐点比较法圆弧插补举例	21
2.3.4 多段组合位置控制说明	22
2.4 轮廓步长法插补	22
2.4.1 轮廓步长法直线插补	23
2.4.2 轮廓步长法圆弧插补(逆时针)	23
复习思考题	25
第3章 机械系统部件的选择与设计	28
3.1 概述	28
3.2 机械传动部件的设计要求和原则	28
3.3 齿轮副传动	29
3.3.1 齿轮副等效惯量计算和传动比分配	29
3.3.2 齿轮副间隙的调整	30
3.4 滚珠丝杠副传动部件	32
3.4.1 滚珠丝杠副的组成	32
3.4.2 滚珠丝杠副的典型结构类型和尺寸	32
3.5 同步齿形带传动	39
3.5.1 同步齿形带传动的特点	39
3.5.2 带和带轮结构	39
3.6 谐波齿轮传动	40
3.6.1 特点	40
3.6.2 组成和工作原理	40
3.7 导轨副的设计与选择	41
3.7.1 导轨副的组成、分类及其应满足的条件	41
3.7.2 滚动导轨副的结构及其选择	46
3.8 导轨的润滑与防护	51

3.8.1 导轨的润滑.....	51	4.14.1 恒压恒流电路的应用.....	77
3.8.2 导轨的防护.....	52	4.14.2 TL431 可控精密稳压源.....	78
复习思考题.....	52	4.14.3 恒流电路.....	80
第4章 传感检测系统.....	55	4.15 DC 4~20mA 电路.....	81
4.1 传感器与检测技术基础知识.....	55	4.15.1 非共地的可控 DC 4~20mA	81
4.1.1 传感器的概念.....	55	电路.....	81
4.1.2 检测系统.....	55	4.15.2 共地可控 DC 4~20mA	82
4.1.3 传感与检测系统的基本特性.....	56	电路.....	82
4.2 行程开关.....	58	4.16 电源电路.....	83
4.2.1 行程开关的功能和作用.....	59	4.16.1 三端稳压电路.....	83
4.2.2 行程开关的工作原理及接口	59	4.16.2 LM2575 开关稳压电路.....	84
电路.....	59	4.16.3 3.3V 微处理器所用电源.....	85
4.3 光电传感器.....	60	4.17 IO 口的隔离输入、输出.....	86
4.3.1 光电管.....	60	4.17.1 输入光电隔离电路.....	86
4.3.2 光敏电阻.....	61	4.17.2 输出光电隔离电路.....	87
4.3.3 光敏二极管.....	61	4.17.3 采用光电隔离电路驱动感性	87
4.3.4 光敏三极管.....	61	负载.....	87
4.4 电阻应变传感器.....	62	4.18 Pt100 温度测量.....	88
4.5 电感传感器.....	64	4.18.1 基本原理.....	88
4.6 电容传感器.....	66	4.18.2 测量电路.....	89
4.7 磁电传感器.....	66	复习思考题.....	91
4.8 磁敏传感器.....	67	第5章 执行元件.....	95
4.8.1 霍尔元件.....	67	5.1 执行元件的分类及特点.....	95
4.8.2 磁敏电阻、磁敏二极管和磁敏	68	5.1.1 执行元件介绍.....	95
三极管.....	68	5.1.2 执行元件的分类.....	96
4.9 光栅传感器.....	69	5.1.3 执行元件的特点.....	97
4.10 光电编码器.....	69	5.2 机电一体化系统常用的控制电动机... 99	
4.10.1 绝对式编码器.....	70	5.2.1 常用控制电动机.....	99
4.10.2 增量式编码器.....	70	5.2.2 伺服的概念.....	99
4.11 旋转变压器.....	71	5.2.3 伺服电动机控制方式的基本	100
4.12 检测变换基本电路.....	71	形式.....	100
4.12.1 发光二极管基本电路.....	71	5.2.4 对控制用电动机的基本	101
4.12.2 电压跟随电路.....	72	要求.....	101
4.12.3 同相放大器.....	74	5.3 步进电动机及其驱动.....	102
4.12.4 反相放大器.....	74	5.3.1 步进电动机的特点、种类.....	102
4.12.5 差动放大电路.....	75	5.3.2 步进电动机的工作原理.....	103
4.13 仪器仪表放大器.....	76	5.4 步进电动机的运行特性及性能	110
4.14 恒压恒流电路.....	77	指标.....	110

5.4.1	分辨率	110	7.1	自动纠偏的应用、分类、组成	139
5.4.2	静态特性	110	7.2	自动纠偏的工作原理说明	140
5.4.3	动态特性	113	7.2.1	边缘位置控制型	141
5.5	步进电动机的控制电路及驱动		7.2.2	线条位置控制型	142
	控制器	115	7.3	自动纠偏机械执行机构	144
5.5.1	步进电动机的控制电路	115	7.4	自动纠偏控制接口电路	144
5.5.2	功率放大器	116	7.4.1	光电传感器及其接口电路	145
5.5.3	细分驱动	118	7.4.2	同步电动机及其接口电路	147
5.5.4	步进电动机的微机控制	119	7.4.3	自动纠偏上、下位机接口	
5.5.5	步进电动机的加、减速			电路	151
	控制	120	7.5	自动纠偏控制电路原理	152
5.6	伺服电动机及其驱动	121	7.5.1	自动纠偏控制器所用微处理器	
5.6.1	直流(DC)伺服电动机的工作			芯片	152
	原理	121	7.5.2	自动纠偏控制系统的接口电路	
5.6.2	直流(DC)伺服电动机的			原理图	152
	驱动	123	7.6	上位机触摸屏软件 MCGS 介绍	155
5.6.3	常用交流伺服电动机	124	7.6.1	人机界面触摸屏的选用	155
复习思考题		125	7.6.2	人机界面的功能	155
第 6 章 机电参数的相互匹配		129	7.6.3	生产人机界面的厂家	155
6.1	机电一体化系统装备对伺服系统的		7.6.4	TPC1062KX 触摸屏	155
	要求	129	7.6.5	开发环境	156
6.2	惯量分析	130	7.6.6	MCGS 软件构成	157
6.2.1	联动回转体的等效转动惯量的		7.6.7	MODBUS 协议说明	158
	折算	130	7.6.8	自动纠偏控制系统上位机监控	
6.2.2	直线运动的惯量折算	131		界面设计	170
6.2.3	惯量的合理匹配	133	7.7	自动纠偏控制器软件设计	173
6.3	容量匹配和速度匹配	135	7.7.1	自动纠偏控制系统的 RS-232	
6.3.1	一般说明	135		通信说明	174
6.3.2	等效负载转矩的计算	135	7.7.2	电动机纠偏速度的调整	178
6.3.3	转动等效负载转矩的计算	135	7.7.3	纠偏工作台移动程序说明	180
6.3.4	直线移动等效负载转矩的		7.7.4	自动纠偏控制程序流程	183
	计算	136	复习思考题		184
6.3.5	等效摩擦转矩 T_{fe} 的计算	136	第 8 章 XY 数控工作台		187
6.3.6	等效惯性转矩 T_{ie} 的计算	136	8.1	XY 数控工作台的结构及工作原理	187
6.3.7	容量匹配的建议	137	8.1.1	XY 数控工作台的结构	187
6.3.8	速度匹配的建议	137	8.1.2	XY 数控工作台的工作原理	188
复习思考题		137	8.1.3	XY 数控工作台的构成	189
第 7 章 自动纠偏及其控制系统		139	8.2	直线插补程序说明	192

第1章 机电一体化系统概论

学习要点及目标

- 掌握机电一体化系统的基本概念及特点。
- 掌握机电一体化系统的组成及其相互关系。
- 了解机电一体化技术与其他技术的相互关系，了解机电一体化技术的发展。
- 了解工业三大元素，熟悉系统具有的三大目的功能。
- 重点掌握机电一体化系统各要素之间的关系，接口的定义、功能和分类。

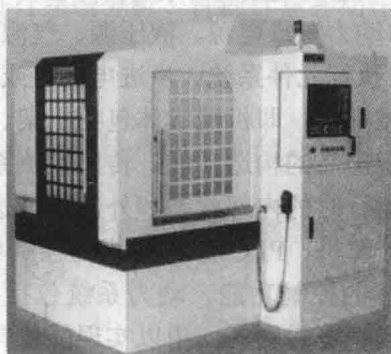
1.1 机电一体化系统基础知识

机电一体化技术是在生产、制造机电一体化产品过程中使用的各种现代先进技术，它是一门面向应用的技术，代表了机械产品柔性化和智能化的发展方向。早在 1971 年，日本《机械设计》杂志副刊提出了“机电一体化”(Mechatronics)是由 Mechanics(机械学)与 Electronics(电子学)组合而成。机电一体化系统通常包括机电一体化技术和机电一体化产品两个方面，具有自动化、智能化，功能、性能强大，灵活性好，节能、省材，体积小、重量轻等特点。

如图 1-1 所示为典型的机电一体化产品，图 1-1(a)为家用全自动洗衣机，图 1-1(b)为工业用数控机床。其他如照相机、全自动的玩具小车、无人驾驶的汽车、工厂加工流水线作业设备、航天器、火星探测器以及机器人等，都属于典型的机电一体化产品。



(a) 全自动洗衣机



(b) 数控机床

图 1-1 典型的机电一体化产品

机电一体化系统随着生产和科学技术的发展不断被赋予新的内容。用日本“机械振兴协会经济研究所”于 1981 年 3 月提出的解释来说明机电一体化系统的概念：“机电一体化乃是在机械的主功能、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。”

1.2 机电一体化系统的组成及功能

机电一体化系统(产品)主要由以下 5 个子系统组成:机械系统(机构,起支承和连接作用),传感检测系统(传感器、信号变换电路),信息处理系统(计算机、可编程逻辑控制器、单片机),动力系统(动力源)和执行元件系统(如电动机、汽缸、电磁阀)。

以图 1-2 所示的一维数控工作台为例加以说明。一维数控工作台,可用作纠偏系统,如制袋机、皮带输送机的左右纠偏装置等。

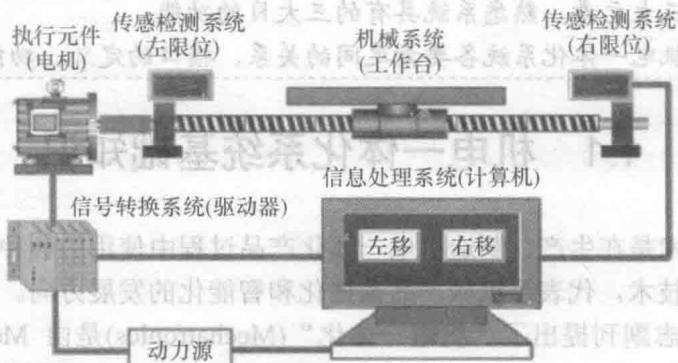


图 1-2 一维数控工作台

一维数控工作台的组成能够体现典型机电一体化系统(产品)的 5 个子系统。

- (1) 机械系统: 工作台, 滚珠丝杠、轴承、导轨、联轴器、步进电动机或伺服电动机等。
- (2) 传感检测系统: 左右限位光电传感器等。
- (3) 信息处理系统: 采用计算机、PLC 或单片机为控制单元, 也包含驱动器及人机界面。
- (4) 动力源: 电源、液压源、气源。
- (5) 执行元件系统: 步进电动机或伺服电动机。

机械系统,即机械本体包括机架、机械连接等在内的系统支持结构,属于基础部分,用以实现产品的构造功能。传感检测系统包括各种传感器及信号检测变换电路,用于对机电产品运行时的内部状态和外部环境进行检测,提供运行控制所需要的信息。信息处理系统采用计算机、PLC 或单片机为控制单元,也包含驱动器及 HMI 人机界面,用以实现对产品运行的控制功能。动力系统包括电源、液压源、气源等。执行元件系统包括各种电机、汽缸、电磁阀等,用以实现能量转换,把输入的能量转换成需要的形式,在控制信息作用下完成要求的动作。

机电一体化系统的 5 个基本组成不是被简单地拼凑在一起,而是在工作中互相补充、互相协调,共同完成所需要的任务。如图 1-3 所示,整个机电一体化系统各部分之间,是通过计算机系统(含计算机、PLC、嵌入式系统等)联系起来的,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,将信息反馈给信息处理装置(计算机),信息处理系统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。一般利用人机交互形式实现人的参与控制。

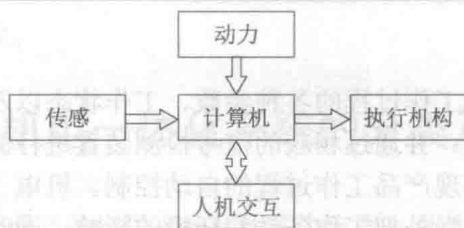


图 1-3 机电一体化系统各部分的相互关系

可以说，计算机技术、电子技术和信息技术为机械增添了“头脑”和“神经”，给机械以“智能”，并提供了新的功能和性能。

1.3 机电一体化技术与其他技术关系

1.3.1 与传统机电技术的区别

传统机电技术的操作控制主要通过具有电磁特性的电器如继电器、接触器等来实现，在设计中不考虑或很少考虑彼此间的内在联系，机械本体和电气驱动界限分明，不涉及软件和计算机控制。

机电一体化技术是以计算机为控制中心，在设计过程中强调机械部件和电气部件间的相互作用和影响，整个装置在计算机控制下具有一定的智能性。

1.3.2 与自动控制技术的区别

自动控制技术的侧重点是讨论控制原理、控制规律、分析方法和自动系统的构造等。

机电一体化技术是将自动控制原理及方法作为重要支撑技术，将自控部件作为重要控制部件，应用自控原理和方法，对机电一体化装置进行系统分析、性能计算和动作实现。

1.3.3 与计算机应用技术的区别

计算机在机电一体化系统中的应用仅仅是计算机应用技术的一部分，它还可以在办公、管理及图像处理等其他很多方面得到广泛应用。

机电一体化技术将计算机作为核心部件应用，目的是提高和改善系统性能。机电一体化技术研究的是机电一体化系统，而不是计算机应用本身。

1.3.4 对应的共性关键技术

1. 精密机械技术

机械技术是机电一体化技术的基础，因为机电一体化产品的主功能和构造功能大都以机械技术为主来实现。在机械传动和控制与电子技术相互结合的过程中，对机械技术提出了更高的要求，如对传动的精密性和精确度的要求与传统机械技术相比有了很大的提高。在机械系统技术中，新材料、新工艺、新原理以及新结构等方面在不断发展和完善，以满足机电一体化产品对缩小体积、减轻重量、提高精度和刚度以及改善工作性能等方面的要求。



2. 检测与传感器技术

在机电一体化产品中,工作过程的各种参数、工作状态以及与工作过程有关的相应信息都要通过传感器进行接收,并通过相应的信号检测装置进行测量,然后送入信息处理装置并反馈给控制装置,以实现产品工作过程的自动控制。机电一体化产品要求传感器能快速、准确地获取信息并且不受外部工作条件和环境的影响,同时检测装置能不失真地对信息信号进行放大、输送及转换。

3. 自动控制技术及信息处理技术

机电一体化产品中的自动控制技术包括高精度定位控制、速度控制、自适应控制、校正、补偿等。由于机电一体化产品中自动控制功能的不断加强,使产品的精度和效率迅速提高。通过自动控制,使机电一体化产品在工作过程中能及时发现故障,并自动实施切换,减少了停机时间,使设备的有效利用率得以提高。由于计算机的广泛应用,自动控制技术越来越多地与计算机控制技术结合在一起,它已成为机电一体化技术中十分重要的关键技术。该技术的难点在于现代控制理论的工程化和实用化,控制过程中边界条件的确定,优化控制模型的建立以及抗干扰等。

机电一体化产品中的信息处理技术是指在机电一体化产品工作过程中,与工作过程各种参数和状态以及自动控制有关的信息的交换、存取、运算、判断和决策分析等。在机电一体化产品中,实现信息处理技术的主要工具是计算机。计算机技术包括硬件和软件技术、网络与通信技术、数据处理技术和数据库技术等。在机电一体化产品中,计算机信息处理装置是产品的核心,它控制和指挥整个机电一体化产品的运行。因此,计算机应用及其信息处理技术是机电一体化技术中最关键的技术,它包括目前被广泛研究并得到实际应用的人工智能技术、专家系统技术以及神经网络技术等。

4. 伺服驱动技术

伺服驱动技术主要是指机电一体化产品中的执行元件和驱动装置设计中的技术问题,它涉及设备执行操作的技术,对所加工产品的质量具有直接的影响。机电一体化产品中的执行元件有电动、气动和液压等类型,其中多采用电动式执行元件,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接口电路与计算机相连,接受控制系统的指令;另一方面通过机械接口与机械传动机构和执行机构相连,以实现规定的动作。因此,伺服驱动技术直接影响着机电一体化产品的功能执行和操作,对产品的动态性能、稳定性能、操作精度和控制质量等具有决定性的影响。

5. 系统总体技术

系统总体技术是从整体目标出发,用系统的观点和方法,将机电一体化产品的总体功能分解成若干功能单元,找出能够完成各个功能的可能技术方案,再把功能与技术方案组合成方案组进行分析、评价,综合优选出适宜的功能技术方案。系统总体技术的主要目的是在机电一体化产品各组成部分的技术成熟、组件的性能和可靠性良好的基础上,通过协调各组件的相互关系和所用技术的一致性来保证产品的经济、可靠、高效率和操作方便等。系统总体技术是最能体现机电一体化设计特点的技术,也是保证其产品工作性能和技

术指标得以实现的关键技术。

1.4 机电一体化系统的分类及应用

目前,机电一体化系统或产品已深入社会的各个方面。具体地说,包括以下几个方面。

1.4.1 生产用机电一体化产品和系统

生产用机电一体化产品和系统如数控机床、机器人、加工中心、自动生产设备、柔性生产单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)、自动组合生产单元、柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)、无人化工厂、计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)等。如图 1-4 所示为产品生产线上使用的一种码垛机器人,如图 1-5 所示为计算机集成制造系统(CIMS)示意图。

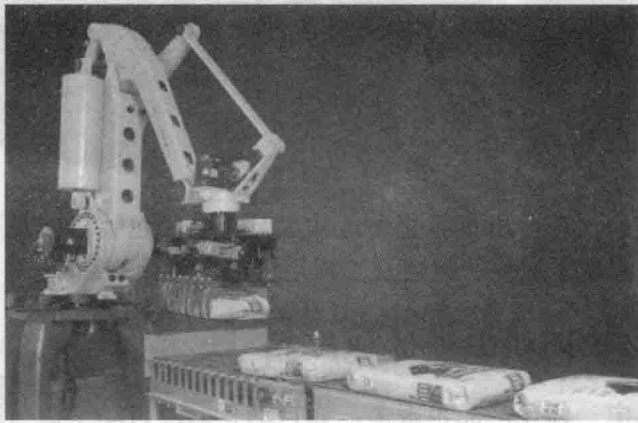


图 1-4 产品生产线上使用的码垛机器人

由图 1-5 可见, CIMS 体系结构是用来描述研究对象整个系统各个部分和各个方面的相互关系和层次结构的。从功能层方面来看, CIMS 大致可以分为 6 层: 生产/制造系统、硬事务处理系统、技术设计系统、软事务处理系统、信息服务系统、决策管理系统。

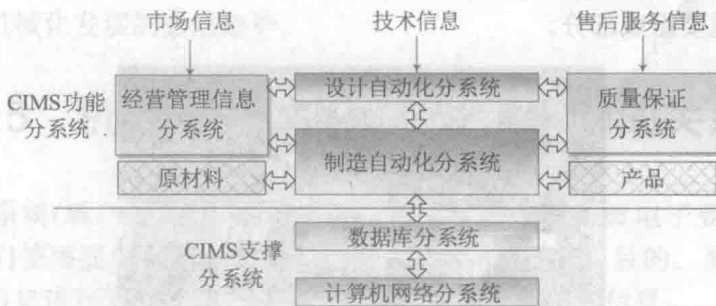


图 1-5 CIMS 示意图



1.4.2 运输、包装及工程用机电一体化产品

食品、医药、饮料、线缆和电子等行业常采用不同规格的纸箱进行产品装箱运输。早期基本采用人工进行纸箱封箱，工人劳动强度大，封箱操作单调，效率低。现在基本可以用自动、半自动的封箱机进行封箱，封箱速度可在 20 箱/min 左右。如图 1-6 所示的纸箱封箱机，可以根据不同纸箱规格自动调节宽度及高度，通过两侧皮带驱动上下封箱。

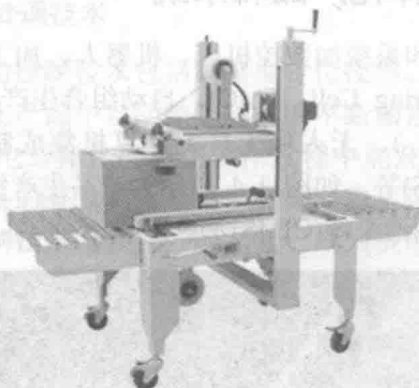


图 1-6 纸箱封箱机

再如，微机控制的汽车、机车等交通运输工具，数控包装机械及系统，数控运输机械及工程机械设备等，都属于运输、包装及工程用机电一体化产品。

1.4.3 储存、销售用机电一体化产品

储存、销售用机电一体化产品也很多，如自动仓库，自动空调与制冷系统及设备，自动称量、分选、销售及现金处理系统。

如图 1-7 所示为智能仓储系统。智能仓储系统是由立体货架、有轨巷道堆垛机、出入库输送系统、信息识别系统、自动控制系统、计算机监控系统、计算机管理系统以及其他辅助设备组成的智能化系统。通过对控制、总线、通信和信息技术的应用，智能仓储系统协调各类设备动作，以实现物品的自动出入库作业。智能仓储系统也是智能制造工业 4.0 快速发展的一个重要组成部分。



图 1-7 智能仓储系统

1.4.4 社会服务及家庭用机电一体化产品

机电一体化技术在社会服务及家用产品中有很多应用,自动化办公设备中的复印机、打字机、扫描仪等,医疗设备中的CT机、心电图机、X光机等,环保及公共服务自动化设备中的自动清扫机、取款机、取票排队机等;文教、体育、娱乐等领域中的机电一体化产品如投影仪、跑步机、游戏机等;家电产品中除了全自动洗衣机、数字化空调、冰箱等,自动扫地机器人、服务型机器人也得到越来越广泛的应用。

图1-8为一种带定位导航的扫地机器人系统。扫地机器人(见图1-8(a))带有轻触传感器,轻轻碰触家具后,能够自动避开并绕行清扫。由于带有导航定位系统(见图1-8(b)),扫地机器人可以记录清扫路径,因此在导航范围内其清扫轨迹可以覆盖家庭的各个角落。



(a) 扫地机器人

(b) 扫地机器人导航盒

图 1-8 一种带定位导航的扫地机器人

1.4.5 科研及民用机电一体化产品

科研工作离不开测试设备、控制设备和信息处理系统,如各种分析仪器、测量与控制设备等,航空航天中的航天器、宇宙飞船、探月车等都是机电一体化产品。民用机电一体化产品包括挖掘机、收割机等。

虽然机电一体化产品深入到生活的各个方面,但机电一体化技术主要应用在数控机床、工业机器人、计算机集成与制造系统以及一些控制系统中。在未来的发展中,机电一体化技术是工业机械化发展的必然趋势。

1.5 机电一体化系统各要素之间的关系

机电一体化系统(或产品)是由若干具有特定功能的机械与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、能量和信息进行某种处理,输出所需要的物质、能量和信息。

物质、能量和信息被称为“工业三大要素”。机电一体化系统的功能主要是对工业三大要素进行变换、传递和储存,其功能构成包括主功能、动力功能、检测功能、控制功能和构造功能。



1.5.1 机电一体化系统的功能构成

1. 主功能

(1) 变换(加工、处理)功能。

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的系统(或产品),被称为“加工机”。例如,各种机床(切削、锻压、铸造、电加工、焊接设备、高频淬火等)、交通运输机械、食品加工机械、起重机械、纺织机械、印刷机械、轻工机械等。

(2) 传递(移动、输送)功能。

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),被称为“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。

(3) 储存(保持、积蓄、记录)功能。

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),被称为“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机械等。

2. 动力功能

动力功能是为系统提供所需动力、让系统得以运转的功能,其主要参数有输入能量、能源。

3. 检测功能

检测功能的作用是检测系统内部信息和外部信息,其主要参数有精度和速度。

4. 控制功能

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,以实现“目的功能”,其主要参数有控制输入/输出口个数、手动操作、自动操作。

5. 构造功能

构造功能是将组成系统的各要素组合起来,进行空间匹配,以形成一个统一整体,其主要参数有尺寸、重量、强度。

图 1-9 表明了机电一体化系统对工业三大要素进行变换、传递和储存的功能。表 1-1 表明了机电一体化系统要素及功能与人体要素的对应关系。

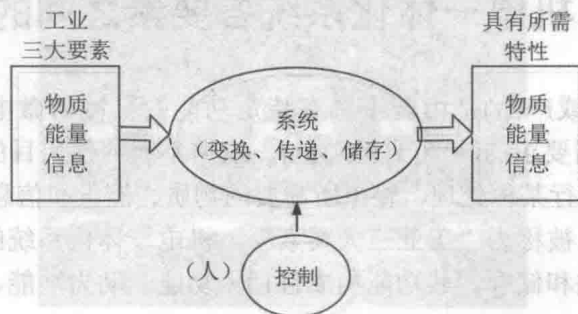


图 1-9 机电一体化系统的功能