



职业教育教学改革规划教材

机电一体化技术与系统

吴晓苏 范超毅 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业教育教学改革规划教材

机电一体化技术与系统

吴晓苏 范超毅 编



机械工业出版社

本书突破了以往的教材编写结构,以项目式的教学模式为导向,但又不失传统教材的严谨性和知识体系的完整性。本书针对高职、高专机电类专业传统教学模式进行了大胆尝试,引用大量生产第一线的实践内容,并在每章最后一节设计具体的实践项目,将各章知识按照项目式教学要求进行综合实训。全书内容丰富,深入浅出,结构严谨、清晰,突出教学的可操作性。

全书共分6章,分别是绪论、机电一体化系统中的机械传动、机电一体化控制系统的组成与接口、传感器信号处理及其与微机的接口、机电一体化中的伺服系统、机电一体化项目教学案例。

本书可作为高职、高专院校机电一体化技术、数控技术及相关专业的教学用书,是机电一体化技术专业的“双证课程”教材,也可作为从事机电一体化、数控专业的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化技术与系统/吴晓苏,范超毅编. —北京:机械工业出版社, 2009.7

职业教育教学改革规划教材

ISBN 978-7-111-27206-9

I. 机… II. ①吴…②范… III. 机电一体化-职业教育-教材
IV. TH-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第080771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:崔占军 责任编辑:王佳玮 版式设计:霍永明

责任校对:李秋荣 封面设计:鞠杨 责任印制:邓博

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2009年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.25印张·374千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-27206-9

定价:26.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379201

封面无防伪标均为盗版

前言

机电一体化是机械与电子的一体化技术，是机械与电子的融合，它以特有的技术带动性、融入性和广泛适用性，逐渐成为高新技术产业中的主导技术和制造业的发展方向，并成为新世纪经济发展的重要支柱。

机电一体化技术与系统的任务是：采用微电子技术完成特定任务，去武装传统的机械电气产品。本书围绕机床工作台的驱动这一大项目，以进给传动机械系统、工作台单片机控制系统、数据采集系统、步进电动机的环形分配系统四个分项目来串接整个教学内容，并在最后一章列举了机电一体化项目教学案例。

各项目中，“项目一：卧式车床数控化改造进给传动机械系统设计”使读者学会站在伺服机械传动系统的角度去选择及设计精密机械传动系统，充分体现伺服传动系统的重要性；“项目二：XY工作台单片机控制系统设计”以单片机为核心控制器，构建伺服控制线路；“项目三：数据采集系统设计”围绕信号的采样、保持、转换、放大、线性处理、干扰抑制等方面进行实践；“项目四：步进电动机的环形分配系统”通过硬、软件环形分配方法展现机电一体化技术的魅力。第6章是编者所在学校实施项目式教学后的部分学生作品，对开展项目式教学起着案例示范作用。

本书是浙江省社会科学界联合会研究课题成果和中国职业技术教育学会“十一五”规划课题组“职业教育与职业资格证书推进策略与‘双证课程’的研究与实践”课题的双证书课程教学用书。本书积累了作者多年的心血。

本书第1、3、4、5、6章由杭州职业技术学院吴晓苏编写，第2章由江汉大学、武汉数控博威机械有限公司范超毅编写，全书由吴晓苏统稿。本书的编写得到武汉数控博威机械有限公司、友嘉实业集团的支持，对在编写过程中给予帮助的友嘉实业集团机床培训中心的吴世东、姚西平同志表示衷心的感谢，同时感谢积极参与重点课程建设和课题研究的老师与同学。

书中难免出现错误和不足之处，读者在使用过程中如发现不妥之处，欢迎提出批评和建议。

编者

目 录

前言

第1章 绪论	1
1.1 机电一体化系统	1
1.1.1 机电一体化概念的产生	1
1.1.2 机电一体化系统的组成	3
1.1.3 机电一体化系统的相关技术	4
1.1.4 机电一体化技术与其他相关技术的区别	6
1.1.5 机电一体化技术的特点	7
1.2 机电一体化系统的设计	8
1.2.1 机电一体化产品的分类	8
1.2.2 机电一体化系统（产品）设计的类型	9
1.2.3 机电一体化系统（产品）设计的常用方法	9
1.2.4 机电一体化系统设计的程序与途径	10
1.3 机电一体化技术的发展	11
1.3.1 机电一体化技术的发展历程	11
1.3.2 机电一体化技术的发展趋势	13
1.4 机电一体化技术的具体应用实例	15
1.4.1 机电一体化技术在机电产品中的应用	15
1.4.2 机电一体化技术在机械制造中的应用	16
思考与练习题	18
第2章 机电一体化系统中的机械传动	19
2.1 概述	20
2.1.1 传动系统的概念与任务	20
2.1.2 伺服机械传动系统的指标	20
2.1.3 伺服机械传动系统的传动特性	20
2.2 齿轮传动副的设计	29
2.2.1 齿轮传动装置的设计内容	29
2.2.2 齿轮传动副间隙的消除	35
2.3 三种精密传动机构	38
2.3.1 谐波齿轮传动	38

2.3.2 滚珠花键传动	41
2.3.3 同步齿形带传动	42
2.4 滚珠丝杠副传动	45
2.4.1 滚珠丝杠副的工作原理	45
2.4.2 滚珠丝杠副的结构与调整	46
2.4.3 滚珠丝杠副的选型与计算	51
2.4.4 滚珠丝杠副的结构参数与标注	58
2.5 联轴器	62
2.5.1 一般联轴器	62
2.5.2 锥环无键联轴器	63
2.5.3 膜片弹性联轴器	65
2.5.4 安全联轴器	66
2.6 导轨	67
2.6.1 导轨概述	67
2.6.2 导轨的类型和特点	68
2.6.3 贴塑滑动导轨	70
2.6.4 滚动直线导轨	75
2.7 进给传动系统的误差与动态特性分析	81
2.7.1 进给传动系统的误差分析	81
2.7.2 进给传动系统的动态特性分析	82
2.8 项目一：卧式车床数控化改造进给传动机械系统设计	85
2.8.1 概述	85
2.8.2 设计参数	86
2.8.3 实施方案	86
2.8.4 横向进给传动链的设计计算	88
2.8.5 滚珠丝杠副的承载能力校验	89
2.8.6 计算机械传动系统的刚度	91
2.8.7 驱动电动机的选型与计算	91
2.8.8 机械传动系统的动态分析	94
2.8.9 机械传动系统的误差计算与分析	94
2.8.10 确定滚珠丝杠副的精度等级和规格型号	95
思考与练习题	95
第3章 机电一体化控制系统的组成与	

接口	97	转换	156
3.1 控制系统的设计思路	97	4.2.5 集成电压/电流转换电路	156
3.1.1 专用与通用、硬件与软件的抉择 与权衡	97	4.3 多通道模拟信号输入	157
3.1.2 控制系统的一般设计思路	98	4.3.1 多路开关	157
3.2 控制系统中的微型计算机	102	4.3.2 常用多路开关	158
3.2.1 微型计算机概述	102	4.3.3 集成模拟多路开关	159
3.2.2 微型计算机在机电一体化系统中 的核心地位	105	4.4 传感器信号的采样/保持	162
3.3 基于单片机的控制系统设计	108	4.4.1 采样/保持原理	162
3.3.1 单片机控制系统的结构形式	108	4.4.2 集成采样/保持器	163
3.3.2 单片机控制系统的设计要点	111	4.5 传感器与微机的接口	164
3.3.3 单片机芯片的选择与系统扩展	112	4.6 传感器的非线性补偿	166
3.3.4 前向通道接口	116	4.6.1 非线性补偿环节特性的获取方 法	166
3.3.5 后向通道接口	123	4.6.2 非线性补偿环节的实现办法	167
3.4 执行元件的功率驱动接口	133	4.7 传感器的干扰抑制与数字滤波	171
3.4.1 功率驱动接口的分类	133	4.7.1 中值滤波	172
3.4.2 功率驱动接口的一般组成形式	134	4.7.2 算术平均滤波	173
3.4.3 功率驱动接口的设计要点	134	4.7.3 滑动平均滤波	174
3.4.4 功率驱动接口实例	135	4.7.4 低通滤波	175
3.5 项目二: XY 工作台单片机控制系统 设计	138	4.7.5 防脉冲干扰平均值法	177
3.5.1 XY 工作台的基本原理	138	4.8 项目三: 数据采集系统设计	179
3.5.2 存储系统扩展设计	139	4.8.1 模拟输入通道的组成	179
3.5.3 键盘显示器接口设计	142	4.8.2 设计示例	180
3.5.4 步进电动机接口设计	143	思考与练习题	181
思考与练习题	146	第5章 机电一体化中的伺服系统	182
第4章 传感器信号处理及其与微机 的接口	147	5.1 概述	182
4.1 传感器前级信号的放大与隔离	147	5.2 步进电动机驱动及控制	183
4.1.1 运算放大器	147	5.2.1 步进电动机	183
4.1.2 测量放大器	148	5.2.2 步进电动机的性能指标	186
4.1.3 程控测量放大器	150	5.2.3 步进电动机的选用	188
4.1.4 隔离放大器	152	5.2.4 步进电动机的脉冲驱动电源	190
4.2 电压/电流转换	153	5.2.5 步进电机与微机的接口	195
4.2.1 电压 (0~5V) / 电流 (0~10mA) 转换	154	5.3 项目四: 步进电动机的环形分配系 统	197
4.2.2 电压 (1~5V) / 电流 (4~20mA) 转换	155	5.3.1 步进电动机的硬件环形分配系 统	197
4.2.3 电流 (0~10mA) / 电压 (0~5V) 转换	155	5.3.2 步进电动机的软件环形分配系 统	198
4.2.4 电流 (4~20mA) / 电压 (1~5V)		5.3.3 提高开环进给伺服系统精度的 措施	201
		5.4 直流伺服驱动系统	203
		5.4.1 直流伺服电动机	203
		5.4.2 晶闸管直流伺服驱动装置	206

5.4.3 直流脉宽调制伺服驱动装置	210	6.1 数控加工中心刀具换刀系统的设计 ...	223
5.5 交流伺服驱动系统	214	6.2 控制系统的设计药物配制	226
5.5.1 交流伺服电动机	214	6.3 汽车尾灯控制设计	229
5.5.2 交流异步电动机伺服驱动装置 ...	215	6.4 交通信号灯控制系统的设计	230
思考与练习题	221	6.5 四中断彩色广告灯控制系统的设计 ...	232
第6章 机电一体化项目教学案例	223	参考文献	236

第1章 绪论

1.1 机电一体化系统

1.1.1 机电一体化概念的产生

20 世纪 80 年代初,世界制造业进入一个发展停滞、缺乏活力的萧条期,几乎被人们视作夕阳产业。90 年代后,微电子技术在该领域的广泛应用,为制造业注入了生机。机电一体化产业以其特有的技术带动性、融入性和广泛适用性,逐渐成为高新技术产业中的主导产业,成为新世纪经济发展的重要支柱之一。

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种综合技术,是一门集机械技术、电子技术、信息技术、计算机及软件技术、自动控制技术及其他技术互相融合而成的多学科交叉的综合技术。以这种技术为手段开发的产品,既不同于传统的机械产品,也不同于普通的电子产品,而是一种新型的机械电子器件,称为机电一体化产品。

机电一体化 (Mechatronics) 一词,最早在 1971 年日本《机械设计》杂志副刊中提出,1976 年日本《Mechatronics design news》杂志开始使用。“Mechatronics”是 Mechanics (机械学) 的前半部分与 Electronics (电子学) 的后半部分组合而成的日本造英语单词。我国通常称为机电一体化或机械电子学。实质上它是指机械工程与电子工程的综合集成,应视为机械电子工程学。但是,机电一体化并非是机械技术与电子技术的简单叠加,而是有着自身体系的新型学科。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,目前正向光电一体化技术 (Opto-mechatronics) 方向发展,应用范围愈来愈广。

到目前为止,机电一体化一词较为人们所接受的涵义是日本“机械振兴协会经济研究所”于 1981 年 3 月提出的解释:“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系统的总称。”随着微电子技术、传感器技术、精密机械技术、自动控制技术以及微型计算机技术、人工智能技术等新技术的发展,以机械为主体的工业产品和民用产品,不断采用诸学科的新技术,在机械化的基础上,正向自动化和智能化方向发展,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。

美国也是机电一体化产品开发和应用最早的国家之一,如世界上第一台数控机床 (1952 年)、工业机器人 (1962 年) 都是美国研制成功的。美国机械工程师协会 (ASME) 的一个专家组,于 1984 年在给美国国家科学基金会的报告中,提出了“现代机械系统”的定义:“由计算机信息网络协调与控制的、用于完成包括机械力、运动和能量流等动力学任务的机械和机电部件相互联系的系统”。这一含义实质上是指多个计算机控制和协调的高级机电一体化产品。

1981年,德国工程师协会、德国电气工程技术人员协会及其共同组成的精密工程技术专家组的《关于大学精密工程专业建议书》中,将精密工程技术定义为光、机、电一体化的综合技术,它包括机械(含液压、气动及微型机械)、电工与电子技术、光学及不同技术的组合(电工与电子机械、光电子技术与光学机械),其核心为精密工程技术。这一观点促进了精密工程技术中各学科的相互渗透,是培养机电一体化复合人才的关键。

“机电一体化技术与系统”具有“技术”与“系统”两方面的内容。机电一体化技术主要是指其技术原理和使机电一体化系统(或产品)得以实现、使用 and 发展的技术。机电一体化系统主要是指机械系统和微电子系统有机结合,从而赋予新的功能和性能的新一代产品。机电一体化的共性包括检测传感技术、信息处理技术、计算机技术、电力电子技术、自动控制技术、伺服传动技术、精密机械技术以及系统总体技术等。各组成部分(即要素)的性能越好,功能越强,各组成部分之间配合越协调,则产品的性能和功能就越好。这就要求将上述多种技术有机地结合起来,也就是人们所说的融合。只有实现多种技术的有机结合,才能实现整体最佳,这样的产品才能称得上是机电一体化产品。如果仅用微型计算机简单取代原来的控制器,其产品不能称为机电一体化产品。

随着以IC、LSI、VLSI等为代表的微电子技术的惊人发展,计算机本身也发生了根本变革,以微型计算机为代表的微电子技术逐步向机械领域渗透,并与机械技术有机地结合,为机械增添了“头脑”,增加了新的功能和性能,从而进入以机电有机结合为特征的机电一体化时代。曾以机械为主的产品,如机床、汽车、缝纫机、打字机等,由于应用了微型计算机等微电子技术,使它们都提高了性能并增添了头脑。这种将微型计算机等微电子技术用于机械并给机械以智能的技术革新潮流可称之为“机电一体化技术革命”。这一革命使得机械闹钟、机械照相机及胶卷等产品遭到淘汰。又如:以往的化油器车辆,发动机的供油是靠活塞下行后形成的真空吸力来完成的,并且节气门开度越大,进气支管的压力越高,发动机转速越高,化油器供油量也就越多。而现在的电子燃油喷射车辆,都已将上述机械动作转变为传感器的信号(如节气门开度用节气门位置传感器来测量,进气支管压力用绝对压力传感器来测量),并将这些信号送到发动机控制计算机后,经过计算机的分析、比较、处理、计算出精确的喷油脉宽,控制喷油嘴开启时间的长短,从而控制喷油量的多少,将以往的机械供油转为电控,这样不仅有效地发挥了燃油经济性,动力性,又使尾气排放降到了最低。

机电一体化的目的是使系统(产品)功能化、高效率、高可靠性、省材料、省能源,并使产品结构向轻、薄、短、小巧化方向发展,不断满足人们生活的多样化需求和生产的省力、自动化需求。因此,机电一体化的研究方法应该改变过去那种拼拼凑凑的“混合”设计法,应该从系统的角度出发,采用现代设计分析方法,充分发挥边缘学科技术的优势。

机电一体化技术在制造业的应用从一般的数控机床、加工中心和机械手发展到智能机器人、柔性制造系统(FMS)、无人生产车间和将设计、制造、销售、管理集于一体的计算机集成制造系统(CIMS)。机电一体化产品涉及工业生产、科学研究、人民生活、医疗卫生等各个领域,如集成电路自动生产线、激光切割设备、印刷设备、家用电器、汽车电子、微型机械、飞机、雷达、医学仪器、环境监测等。

机电一体化技术是其他高新技术发展的基础,机电一体化的发展依赖于其他相关技术的发展。可以预料,随着信息技术、材料技术、生物技术等新兴学科的高速发展,在数控机床、机器人、微型机械、家用智能设备、医疗设备、现代制造系统等产品及领域,机电一体

化技术将得到更加蓬勃的发展。

1.1.2 机电一体化系统的组成

一个典型的机电一体化系统应包含以下几个基本要素：机械本体、动力与驱动单元、执行机构单元、传感与检测单元、控制及信息处理单元、系统接口等部分。我们将这些部分归纳为：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；这些组成要素内部及其之间，形成通过接口耦合来实现运动传递、信息控制、能量转换等有机融合的一个完整系统。机电一体化系统的组成要素关系如图 1-1 所示。

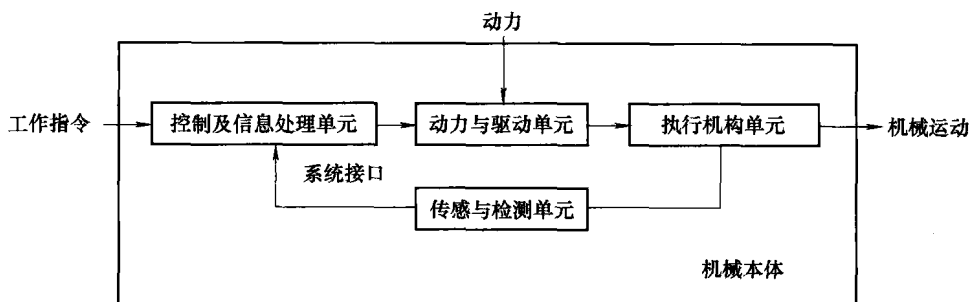


图 1-1 机电一体化系统的组成要素关系

1. 机械本体

机电一体化系统的机械本体包括机械传动装置和机械结构装置，机械子系统的主要功能是为构造系统的各子系统、零部件按照一定的空间和时间关系安置在一定的位置上，并保持特定的关系。为了充分发挥机电一体化的优点，必须使机械本体部分具有高精度、轻量化和高可靠性。过去的机械均以钢铁为基础材料，要实现机械本体的高性能，除了采用钢铁材料以外，还必须采用复合材料或非金属材料。机械传动装置应有高刚度、低惯量、较高的谐振频率和适当的阻尼性能，从而对机械系统的结构形式、制造材料、零件形状等方面都相应提出了特定的要求。机械结构是机电一体化系统的机体。各组成要素均以机体为骨架进行合理布局，有机结合成一体，这不仅是系统内部结构的设计问题，而且也包括外部造型的设计问题。机电一体化系统应整体布局合理，使用、操作方便，造型美观，色调协调。

2. 动力与驱动单元

动力单元的功能是按照系统控制要求，为系统提供能量和动力，使系统正常运行。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。

驱动单元的功能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，另一方面要求对水、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，高性能的功率驱动放大器应用在步进驱动、直流伺服和交流伺服驱动领域。

3. 传感与检测单元

传感与检测单元的功能是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物理量进行检测，生成相应的可识别信号，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。这一功能一般由专门的传感器及转换电路完成。

4. 执行机构单元

执行机构单元的功能是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，它将输入的各种形式的能量转换为机械能。常用的执行机构可分为两类：一是电气式执行部件，按运动方式的不同又可分为旋转运动元件和直线运动元件，旋转运动元件主要指各种电动机；直线运动元件有电磁铁、压电驱动器等。二是液压式执行部件，主要包括液压缸和液压马达等执行元件。根据机电一体化系统的匹配性要求，执行机构需要考虑改善系统的动、静态性能，如提高刚性、减小重量和保持适当的阻尼，应尽量考虑组件化、标准化和系列化，以提高系统的整体可靠性等。

5. 控制及信息处理单元

控制及信息处理单元是机电一体化系统的核心部分，其功能是完成来自各传感器检测信息的数据采集和外部输入命令的集中、储存、分析、判断、加工、决策，根据信息处理结果，按照一定的程序和节奏发出相应的控制信息，通过输出接口送往执行机构，控制整个系统有目的地运行，并达到预期的信息控制目的。对于智能化程度高的系统，还包含了知识获取、推理及知识自学习等以知识驱动为主的信息控制。该单元一般由计算机、可编程逻辑控制器（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和可靠性，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。

以上五部分通常称为机电一体化的五大组成要素。在机电一体化系统中这些单元和它们内部各环节之间都遵循接口耦合、运动传递、信息控制、能量转换的原则。

6. 系统接口

机电一体化系统由许多要素或子系统构成，各子系统之间必须能顺利进行物质、能量和信息的传递与交换，为此各要素或各子系统相接处必须具备一定的联系部件，这个部件称为接口，其基本功能主要有三个。

（1）变换 两个需要进行信息交换和传输的环节之间，由于信息的模式不同（数字量与模拟量、串行码与并行码、连续脉冲与序列脉冲等），无法直接实现信息或能量的交流，需要通过接口完成信息或能量的统一。

（2）放大 在两个信号强度相差悬殊的环节间，经接口放大，达到能量的匹配和电平的匹配。

（3）传递 包括信息传递和运动传递。对于信息传递，变换和放大后的信号在环节间必须能可靠、快速、准确地交换，必须遵循协调一致的时序、信号格式和逻辑规范。接口具有保证信息传递的逻辑控制功能，使信息按规定模式进行传递。运动传递是指运动各组成环节之间的不同类型运动的变换与传输，如位移变换、速度变换、加速度变换及直线运动和旋转运动变换等。运动传递还包括以运动控制为目的的运动优化设计，目的是提高系统的伺服性能。

接口的作用是使各要素或子系统联接成为一个有机整体，使各个功能环节有目的地协调一致运动，从而形成了机电一体化的系统工程。

1.1.3 机电一体化系统的相关技术

机电一体化系统是多学科领域技术的综合交叉应用，是技术密集型的系统工程。其主要相关技术包括机械技术、传感检测技术、计算机与信息处理技术、自动控制技术、伺服驱动

技术和系统总体技术等,现代机电一体化产品甚至还包含了光、声、化学、生物等技术的应用。

1. 机械技术

机械技术是机电一体化的基础。随着高新技术引入机械行业,机械技术面临着挑战和变革。在机电一体化产品中,机械技术不再是单一地完成系统间的连接,而是要优化设计系统的结构、重量、体积、刚性和寿命等参数对机电一体化系统的综合影响。机械技术的着眼点在于如何与机电一体化的技术相适应,利用其他高新技术来更新概念,实现结构上、材料上、性能上以及功能上的变更,以满足减少重量、缩小体积、提高精度、提高刚度、改善性能和增加功能的要求。

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,原有的机械技术以知识和技能的形式存在。

2. 传感检测技术

传感与检测装置是系统的感受器官,它与信息系统的输入端相连并将检测到的信息输送到信息处理部分。传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,它的功能越强,系统的自动化程度就越高。传感与检测的关键元件是传感器。传感器是将被测量(包括各种物理量、化学量和生物量等)变换成系统可识别的,与被测量有确定对应关系的有用电信号的一种装置。

现代工程技术要求传感器能快速、精确地获取信息,并能经受各种环境的影响。与计算机技术相比,传感器的发展显得迟缓,难以满足机电一体化技术发展的要求。不少机电一体化装置不能达到满意的效果或无法实现预期的设计,关键原因在于没有较好的传感器。传感检测技术研究的内容包括两方面:一是研究如何将各种被测量(物理量、化学量、生物量等)转换为与之成正比的电量;二是研究如何对转换后的电信号进行加工处理,如放大、补偿、标定、变换等。大力开展传感器的研究对于机电一体化技术的发展具有十分重要的意义。

3. 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,实现信息处理的工具是计算机,相当于人的大脑,指挥整个系统的运行。计算机技术包括计算机的软件技术和硬件技术,网络与通信技术,数据技术等。在机电一体化系统中,主要采用工业控制机(包括可编程控制器、单片机、总线式工业控制机)进行信息处理。

在机电一体化系统中,计算机信息处理部分指挥整个系统的运行。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。计算机与信息处理技术已成为促进机电一体化技术发展和变革的最活跃的因素。

4. 自动控制技术

自动控制技术范围很广,机电一体化系统设计在基本控制理论的指导下,对具体控制装置或控制系统进行设计;对设计后的系统进行仿真和现场调试;最后使研制的系统可靠地投入运行。由于控制对象种类繁多,所以控制技术的内容极其丰富,例如高精度位置控制、速度控制、自适应控制、自诊断、校正、补偿、再现、检索等。

随着微型机的广泛应用,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”(Serve)即“伺候服侍”的意思。伺服驱动技术就是在控制指令的指挥下,控制驱动元件,使机械运动部件按照指令要求进行运动,并保持良好的动态性能。伺服驱动技术指电动、气动、液压等各种类型的驱动装置,由微型计算机通过接口与这些传动装置相连接,控制它们的运动,带动工作机械作回转、直线以及其他各种复杂的运动。伺服驱动技术是直接执行操作的技术,伺服系统是实现电信号到机械动作的转换装置或部件,对系统的动态性能、控制质量和功能具有决定性的影响。常见的伺服驱动设备有电液马达、脉冲油缸、步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电机等。由于变频技术的发展,交流伺服驱动技术取得突破性进展,为机电一体化系统提供了高质量的伺服驱动单元,极大地促进了机电一体化技术的发展。

6. 系统总体技术

系统总体技术是一种从整体目标出发,用系统的观点和全局角度,将总体分解成相互有机联系的若干单元,找出能完成各个功能的技术方案,再把功能和技术方案组成方案组进行分析、评价和优选的综合应用技术。系统总体技术解决的是系统的性能优化问题和组成要素之间的有机联系问题,即使各个组成要素的性能和可靠性很好,但如果整个系统不能很好地协调,系统也很难正常运行。

接口技术是系统总体技术的关键环节,主要有电气接口、机械接口、人机接口。电气接口实现系统间的信号联系;机械接口则完成机械与机械部件、机械与电气装置的连接;人机接口提供人与系统间的交互界面。

1.1.4 机电一体化技术与其他相关技术的区别

机电一体化技术有着自身的显著特点和技术范畴,为了正确理解和运用机电一体化技术,必须认识机电一体化技术与其他技术之间的区别。

1. 机电一体化技术与传统机电技术的区别

传统机电技术的操作控制主要是通过具有电磁特性的各种电器来实现,如继电器、接触器等,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,整个装置是刚性的,不涉及软件和计算机控制。机电一体化技术以计算机为控制中心,在设计过程中强调机械部件和电器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。机电一体化的本质特性仍然是一个机械系统,其最主要的功能仍然是进行机械能和其他形式的能量转换,利用机械能实现物料搬移或形态变化以及实现信息传递和变换。机电一体化系统与传统机械系统的不同之处是充分利用计算机技术、传感检测技术和可控驱动元件特性,实现机械系统的现代化、智能化、自动化。

2. 机电一体化技术与并行工程的区别

机电一体化技术将机械技术、微电子技术、计算机技术、控制技术和传感检测技术在设计和制造阶段就有机地结合在一起,十分注意机械和其他部件之间的相互作用。而并行工程将上述各种技术尽量在各自范围内齐头并进,只在不同技术内部进行设计制造,最后通过简单叠加完成整体装置。

3. 机电一体化技术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和性能测算。机电一体化技术侧重于用微电子技术改变传统的控制方法与方案,采用更适合于被控对象的新方法进行优化设计,而不仅仅是把传统控制改变成计算机控制,所提出的新方法、新方案往往是“革命性”的、具有创新性的,例如:从异步电动机控制机床进给到用计算机控制伺服电机控制机床进给,从机床主轴的反转制动到现代数控机床的主轴准停和主轴进给,从机床内链环的螺纹加工到具有编码器的自动控制与检测的螺纹加工;从汽车工业发动机化油器供油到电子燃油喷射;从纺织工业的有梭织机到喷气、喷水无梭织机,从纹板笼头控制提花方式到电子计算机提花方式的转变等等。

4. 机电一体化技术与计算机应用技术的区别

机电一体化技术只是将计算机作为核心部件应用,目的是提高和改善机电一体化系统性能。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中的一部分,它还可以在办公、管理及图像处理等方面得到广泛应用。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。

1.1.5 机电一体化技术的特点

机电一体化技术体现在产品的设计、制造以及生产经营管理各方面的特点。

1. 简化机械结构,提高精度

在机电一体化产品中,通常采用伺服电机来驱动机械系统,从而缩短甚至取消了机械传动链,这不但简化了机械结构,还减少了由于机械摩擦、磨损、间隙等引起的动态误差,而且可以用闭环控制来补偿机械系统的误差,从而提高了系统精度。

2. 易于实现多功能和柔性自动化

在机电一体化产品中,计算机控制系统不但可以取代其他的信息处理和控制装置,而且易于实现自动检测、数据处理、自动调节和控制、自动诊断和保护,还可以自动显示、记录和打印等。此外,计算机硬件和软件结合能实现柔性自动化,并且有很大的灵活性。

3. 产品开发周期缩短、竞争能力增强

机电一体化产品可以采用专业化生产的、高质量的机电部件,通过综合集成技巧来设计和制造,因而不但产品的可靠性高,甚至在使用期限内无需修理,从而缩短了产品开发周期,增强了产品在市场上的竞争能力。

4. 生产方式向高柔性、综合自动化方向发展

各种机电一体化设备构成的 FMS 和 CIMS,使加工、检测、物流和信息流过程融为一体,可形成人少或无人化生产线、车间和工厂。仅 20 年来,日本有些大公司已采用所谓“灵活的生产体系”,即根据市场需要,在同一生产线上可分时生产批量小、型号或品种多的“系列产品家族”,如计算机、汽车、摩托车、肥皂和化妆品等系列产品。

5. 促进经营管理体制发生根本性的变化

由于市场的导向作用,产品的商业寿命日益缩短。为了占领国内、外市场和增强竞争能力,企业必须重视用户信息的收集和分析,迅捷作出决策,这迫使企业从传统的生产型向以经营为中心的决策管理体系转变,实现生产、经营和管理体系的全面计算机化。

1.2 机电一体化系统的设计

在机电一体化系统（或产品）的设计过程中，要坚持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和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，采用微电子技术控制方式，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。

1.2.1 机电一体化产品的分类

机电一体化产品所包括的范围极为广泛，几乎渗透到我们日常生活与工作的每一个角落，主要有以下产品：

1) 大型成套设备：大型火力、水力发电设备；大型核电站；大型冶金轧钢设备；大型煤化、石化设备；制造大规模及超大规模集成电路设备等。

2) 数控机床：数控车床；加工中心；柔性制造系统（FMS）；柔性制造单元（FMC）；计算机集成制造系统（CIMS）。

3) 仪器仪表电子化：工艺过程自动检测与控制系统；大型精密科学仪器和试验设备；智能化仪器仪表等。

4) 自动化管理系统。

5) 电子化量具量仪。

6) 工业机器人、智能机器人。

7) 电子化家用电器。

8) 电子医疗器械：病人电子监护仪；生理记录仪；超声成像仪；康复理疗仪器；数字X射线诊断仪；CT成像设备等。

9) 微电脑控制加热炉：工业锅炉；工业窑炉；电炉等。

10) 电子化控制汽车及内燃机。

11) 微电脑控制印刷机械。

12) 微电脑控制食品机械及包装机械。

13) 微电脑控制办公机械：复印机、传真机、打印机、绘图仪等。

14) 电子式照像机。

15) 微电脑控制农业机械。

16) 微电脑控制塑料加工机械。

17) 计算机辅助设计、制造、集成制造系统。

对于如此广泛的机电一体化产品可按用途和功能进行分类，按用途可分为三类：第一类是生产机械，以数控机床、工业机器人和柔性制造系统（FMS）为代表的机电一体化产品；第二类是办公设备，主要包括传真机、打印机、电脑打字机、计算机绘图仪、自动售货机、自动取款机等办公自动化设备；第三类是家电产品，主要有电冰箱、摄像机、全自动洗衣机、数码照相机、汽车电子化产品等。

还有如军事武器、航空航天设备、医疗器械、智能传感器，及环境、考古、探险、玩具等领域的机电一体化产品等。

1.2.2 机电一体化系统（产品）设计的类型

机电一体化系统（产品）设计的类型依据该系统与相关产品比较的新颖程度和技术独创性，可分为开发性设计、适应性设计和变参数设计。

1. 开发性设计

所谓开发性设计，就是在没有参考样板的情况下，通过抽象思维和理论分析，依据产品性能和质量要求设计出系统原理和制造工艺。开发性设计属于产品发明专利范畴，最初的电视机和录像机等都属于开发性设计。

2. 适应性设计

所谓适应性设计，就是在参考同类产品的基础上，在主要原理和设计方案保持不变的情况下，通过技术更新和局部结构调整使产品的性能、质量提高或成本降低的产品开发方式。这一类设计属于实用新型专利范畴，如用电脑控制的洗衣机代替机械控制的半自动洗衣机，用照相机的自动曝光代替手动调整等。

3. 变参数设计

所谓变参数设计，就是在设计方案和结构原理不变的情况下，仅改变部分结构尺寸和性能参数，使之适用范围发生变化的设计方式。例如，同一种产品的不同规格型号的相同设计即属此类设计。

1.2.3 机电一体化系统（产品）设计的常用方法

在进行机电一体化系统（产品）设计之前，要依据该系统的通用性、可靠性、经济性和防伪性等要求合理地确定系统的设计方案。拟定设计方案的方法通常有取代法、整体设计法和组合法。

1. 取代法

取代法就是诸如用电气控制取代原系统中的机械控制机构的方法。该方法是改造旧产品、开发新产品或对原系统进行技术改造的常用方法，也是改造传统机械产品的常用方法，如用伺服调速控制系统取代机械式变速机构，用可编程序控制器取代机械凸轮控制机构及中间继电器等。这不但大大简化了机械结构和电气控制，而且提高了系统的性能和质量。

2. 整体设计法

整体设计法主要用于新系统（或产品）的开发设计。在设计时完全从系统的整体目标出发，考虑各子系统的设计。由于设计过程始终围绕着系统整体性能要求，各环节的设计都兼顾了相关环节的设计特点和要求，因此使系统各环节间接口有机融合、衔接方便，且大大提高了系统的性能指标和制约了仿冒产品的生产。该方法的缺点是设计和生产过程的难度较大，周期较长，成本较高，维修和维护难度较大，例如：机床的主轴和电动机转子合为一体；直线式伺服电动机的定子绕组埋藏在机床导轨之中；带减速装置的电动机和带测速的伺服电机等。

3. 组合法

组合法就是选用各种标准功能模块组合设计成机电一体化系统。例如设计一台数控机床，可以依据机床的性能要求，通过对不同厂家的计算机控制单元、伺服驱动单元、位移和速度测试单元及主轴、导轨、刀架、传动系统等产品的评估分析，研究各单元间接口关系和

各单元对整机性能的影响,通过优化设计确定机床的结构组成。用此方法开发的机电一体化系统(产品)具有设计研制周期短、质量可靠、生产成本低、有利于生产管理和系统的使用维护等优点。

1.2.4 机电一体化系统设计的程序与途径

所谓系统设计,就是用系统思维综合运用各有关学科的知识、技术和经验,在系统分析的基础上,通过总体研究和详细设计等环节,落实到具体的项目上,以实现满足设计目标的产品研发过程。系统设计的基本原则是使设计工作获得最优化效果,在保证目的功能要求与适当使用寿命的前提下不断降低成本。

系统设计的过程是“目标—功能—结构—效果”的多次分析与综合的过程。综合可理解为各种解决问题要素的拼合的模型化过程,这是一种高度的创造行为。分析是综合的反行为,也是提高综合水平的必要手段。分析就是分解与剖析,对综合后的解决方案提出质疑、论证和改革。通过分析,排除不合适的方案或方案中不合适的部分,为改善、提高和评价作准备。综合与分析是相互作用的。当一种基本设想(方案)产生后,接着就要分析它,找出改进方向。这个过程一直持续进行,直到一个方案继续进行或被否定为止。

1. 机电一体化系统的设计程序

机电一体化系统设计的流程,具体说明如下:

(1) 确定系统的功能指标 机电一体化系统的功能是用来改变物质、信号或能量的形式、状态、位置或特征,归根结底应实现一定的运动并提供必要的动力。所实现运动的自由度、度数、轨迹、行程、精度、速度、稳定性等性能指标,通常要根据工作对象的性质,特别是根据系统所能实现的功能指标来确定。对用户提出的功能要求系统一定要满足,反过来对于产品的多余功能或过剩功能则应设法剔除,即首先进行功能分析,明确产品所应具有的工作能力,然后提出产品的功能指标。

(2) 总体设计 机电一体化系统总体设计的核心是构思整机原理方案,即从系统的观点出发把控制器、驱动器、传感器、执行器融合在一起通盘考虑,各器件都采用最能发挥其特长的物理效应实现,并通过信息处理技术把信号流、物质流、能量流与各器件有机地结合起来,实现硬件组合的最佳形式——最佳原理方案。

(3) 总体方案的评价、决策 通过总体设计的方案构思与要素的结构设计,常可以得出不同的原理方案与结构方案,必须对这些方案进行整体评价,择优采用。

(4) 系统要素设计及选型 对于完成特定功能的系统,其机械主体、执行器等一般都要自行设计,而对驱动器、检测传感器、控制器等要素,既可选用通用设备,也可设计成专用器件。另一方面,接口设计问题也是机械技术和电子技术的具体应用问题。驱动器与执行器之间、传感器与执行器之间的传动接口一般都是机械传动机构,即机械接口;控制器与驱动器之间的驱动接口是电子传输和转换电路,即电子接口。

(5) 可靠性、安全性复查 机电一体化产品,既可能产生机械故障,又可能产生电子故障,而且容易受到电噪声的干扰,可靠性和安全性问题显得特别突出,也是用户最关心的问题之一,因此,不仅在产品设计的过程中要充分考虑必要的可靠性设计与措施,在产品初步设计完成后,还应进行可靠性与安全性的检查和分析,对发现的问题采取及时的改进措施。