



新世纪高职高专教改项目成果教材

XINSHIJI GAOZHI GAOZHUAN JIAOGAI XIANGMU CHENGGUO JIAOCAI

机械制造及机电一体化系列

机电一体化控制技术

陈瑞阳 主编



高等教育出版社

新世纪高职高专教改项目成果教材

机电一体化控制技术

陈瑞阳 主编

陈瑞阳 刘长青 席巍 编

高等教育出版社

内容提要

本书是新世纪高职高专教改项目成果教材,比较全面、系统地对机电一体化控制技术进行了介绍。主要内容包 括:绪论、机电一体化控制系统的相关技术、继电器接触器控制技术、可编程控制器控制技术、电机控制技术、机电设备电气故障诊断与维修,特别是以在中国市场占有率较高的西门子小型可编程控制器 S7-200 系列为例,详细介绍了 PLC 编程软件的使用。每章配有复习思考题,书中最后一章为实验实训指导。

本书以培养机电一体化应用型人才为目标,在注重基础理论教育的同时,突出实用性、针对性和先进性,书中给出了大量的工程实例,力图做到内容新颖、深入浅出、重在实践能力的培养,能够解决工程中常见的控制问题,体现高等职业教育的特点。

本书适用于高职高专教育、成人高等教育的机电技术应用、数控技术应用等机电一体化类专业教学使用,也可供从事机电控制的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机电一体化控制技术 / 陈瑞阳主编. — 北京: 高等教育出版社, 2004. 8

ISBN 7-04-015105-7

I. 机... II. 陈... III. 机电一体化-控制系统-高等学校: 技术学校-教材 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 067235 号

策划编辑	赵 亮	责任编辑	卞莉莉	封面设计	于 涛	责任绘图	尹 莉
版式设计	胡志萍	责任校对	俞声佳	责任印制	杨 明		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 17.25
字 数 410 000

版 次 2004 年 8 月第 1 版
印 次 2004 年 8 月第 1 次印刷
定 价 21.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

出版说明

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》（教高[2000]3 号，以下简称《计划》）。《计划》的目标是：“经过五年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究项目涉及高职高专教育的地位、作用、性质、培养目标、培养模式、教学内容与课程体系、教学方法与手段、教学管理等诸多方面，重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。与此同时，为了贯彻落实《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》（教高[2000]2 号）的精神，教育部高等教育司决定从 2000 年起，在全国各省市的高等职业学校、高等专科学校、成人高等学校以及本科院校的职业技术学院（以下简称高职高专院校）中广泛开展专业教学改革试点工作，目标是：在全国高职高专院校中，遴选若干专业点，进行以提高人才培养质量为目的、人才培养模式改革与创新为主题的专业教学改革试点，经过几年的努力，力争在全国建成一批特色鲜明、在国内同类教育中具有带头作用的示范专业，推动高职高专教育的改革与发展。

教育部《计划》和专业试点等新世纪高职高专教改项目工作开展以来，各有关高职高专院校投入了大量的人力、物力和财力，在高职高专教育人才培养目标、人才培养模式以及专业设置、课程改革等方面做了大量的研究、探索和实践，取得了不少成果。为使这些教改项目成果能够得以固化并更好地推广，从而总体上提高高职高专教育人才培养的质量，我们组织了有关高职高专院校进行了多次研讨，并从中遴选出了一批较为成熟的成果，组织编写了一批“新世纪高职高专教改项目成果”教材。这些教材结合教改项目成果，反映了最新的教学改革方向，很值得广大高职高专院校借鉴。

新世纪高职高专教改项目成果教材适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

高等教育出版社

2002 年 11 月 30 日

前 言

本书以培养机电一体化应用型人才为目标,在注重基础理论教育的同时,突出实用性、针对性和先进性,书中给出了大量的工程实例,力图做到深入浅出地培养学生实践动手能力,能够解决工程中常见的控制问题,体现高等职业教育的特点。

机电一体化控制技术是在信息论、控制论和系统论的基础上发展起来的一门综合应用技术。在利用现有发达的微电子技术、网络通信与信息技术以及人工智能技术的基础上,将相关的新理论、新概念、新方法和新技术融入现代制造系统中的各控制环节并贯穿于整个制造过程中,进而形成了机电一体化控制技术这一全新的学科。本书比较全面、系统地对机电一体化控制技术进行了介绍,特别是从实用的角度详细介绍了现代机电控制系统中的新技术——可编程控制器技术、PLC 网络通信技术、电动机变频驱动技术等。

全书共 8 章,第 1 章为绪论,对机电一体化控制系统作了概述。第 2 章介绍了机电一体化控制系统的相关技术,包括传感器技术、驱动执行机构、精密机械技术、计算机接口技术和常见的控制技术。给出了机电控制系统中常见被测量所使用的传感器,电动式、液压式、气动式驱动执行机构的特点,典型的精密机械机构,计算机的人机接口(键盘、显示器)和机电接口(A/D、D/A 转换等),机电一体化控制系统中常用控制方式的比较。第 3 章介绍了电动机控制线路中主电路常用的继电器接触器控制技术,给出了常用低压电器元器件,基本控制电路和电气控制电路的读图方法及应用。第 4 章介绍了可编程控制器控制技术,并以在我国市场占有率较高的西门子小型可编程控制器 S7-200 系列为例,详细介绍了基本指令系统、PLC 控制系统设计方法、PLC 网络通信技术和应用等。第 5 章详细介绍了电动机常用的控制方法,包括交直流电动机的启动和制动控制、步进电机的控制以及电动机的变频调速控制,给出了西门子变频器的应用实例,S7-200 PLC 与变频器的通信控制方法。第 6 章介绍了常见的机电设备电气故障的诊断与维修方法。第 7 章介绍了 S7-200 PLC 编程软件的使用方法,为学生上机调试程序完成实验作准备。第 8 章为实验实训指导,是培养学生实践和动手能力的实践性教学环节。

全书由北京联合大学机电学院陈瑞阳、刘长青、席巍编写,三位教师均为西门子北京自动化培训中心客座教师。陈瑞阳任主编,其中刘长青撰写了第 3 章及第 5 章的 5.1 节和 5.2 节,编写了第 4 章的初稿;席巍撰写了第 7、8 章及第 5 章的 5.3 节,编写了第 2 章的 2.2 节和 2.3 节初稿;其余各章节由陈瑞阳撰写,并负责全书的统稿与修改。本书由山东潍坊学院杨祖效老师主审。

鉴于业务水平有限,而且由于机电一体化控制技术发展得很快,不断有新的理论和方法产生,因此,本书中的错误和不妥之处在所难免,希望同行专家和读者不吝指教,以期将此书进一步完善。

本书在编写过程中参考了已有机电一体化技术方面的教材和资料,一并在书后的参考文献中列出。这些宝贵的资料对完成本书的编写起到了非常重要的作用,本书作者对参考文献的作者表示衷心的感谢。

编 者

2004 年 4 月

目 录

第1章 绪论	1	3.1 常用的电气符号	53
1.1 机电一体化控制技术概述	1	3.2 常用低压电器	54
1.2 机电一体化控制系统组成	1	3.2.1 接触器	54
1.3 机电一体化控制系统分类	2	3.2.2 继电器	55
1.4 本课程研究的主要内容及要求	4	3.2.3 低压开关	59
复习思考题	4	3.2.4 熔断器	62
第2章 机电一体化控制系统的相关技术	5	3.2.5 主令电器	63
2.1 传感器技术	5	3.3 基本控制电路	66
2.1.1 基本概念	5	3.3.1 三相异步电动机的正转直接起动控制线路	66
2.1.2 位移传感器	6	3.3.2 三相异步电动机的正反转直接起动控制线路	69
2.1.3 速度检测传感器	12	3.3.3 多地控制线路	71
2.1.4 位置传感器	13	3.3.4 位置控制	71
2.1.5 温度传感器	15	3.3.5 顺序控制	73
2.1.6 压力传感器	16	3.4 电气控制电路的读图方法及应用	73
2.2 驱动执行机构	16	3.4.1 分析电气线路图的方法	73
2.2.1 电动式驱动执行机构	17	3.4.2 电气线路图标的识符	74
2.2.2 液压式驱动执行机构	21	3.4.3 C650 卧式车床电气控制线路分析	75
2.2.3 气压式驱动执行机构	23	复习思考题	80
2.3 精密机械技术	25	第4章 可编程控制器控制技术	83
2.3.1 传动机构	25	4.1 可编程控制器概述	83
2.3.2 导向机构	28	4.1.1 可编程控制器的产生和定义	83
2.3.3 执行器	29	4.1.2 可编程控制器的特点	84
2.4 计算机接口技术	33	4.1.3 可编程控制器的分类	85
2.4.1 接口的分类和特点	33	4.1.4 可编程控制器的结构及硬件组成	86
2.4.2 人机接口	34	4.1.5 可编程控制器的工作原理	90
2.4.3 机电接口	39	4.2 西门子 S7-200 系列可编程控制器	92
2.5 控制技术	47	4.2.1 系统结构	92
2.5.1 继电器接触器控制系统	47	4.2.2 系统内部资源	94
2.5.2 可编程控制器	48	4.2.3 数值表示方法	97
2.5.3 工业控制计算机	48	4.3 西门子 S7-200 的编程语言及程序结构	98
2.5.4 PLC 控制系统与其他工业控制系统的比较	49	4.3.1 梯形图(LAD)	99
复习思考题	51		
第3章 继电器接触器控制技术	53		

4.3.2 语句表(STL)	102	6.2 电路故障的检查方法	199
4.3.3 功能块图(FBD)	102	6.2.1 直观法	199
4.3.4 程序结构	102	6.2.2 测量电压法	200
4.4 西门子 S7-200 PLC 的指令		6.2.3 测量电阻法	203
系统	103	6.2.4 强迫闭合法	204
4.4.1 基本逻辑指令	103	6.2.5 短接法	206
4.4.2 基本功能指令	116	6.2.6 其他检查方法	208
4.4.3 程序控制指令	127	复习思考题	209
4.4.4 中断指令	129	第7章 S7-200 PLC 编程软件的使用	210
4.4.5 典型的简单应用程序	132	7.1 软件的安装	210
4.5 PLC 的程序设计方法及应用	138	7.1.1 系统最小需求	210
4.5.1 随机逻辑控制一般编程方法		7.1.2 安装	210
及应用	138	7.2 硬件的连接	210
4.5.2 顺序控制的功能图法及应用	144	7.3 通信的建立	211
4.6 PLC 的网络通信技术的应用	153	7.4 编程软件功能	213
4.6.1 PLC 工业网络概述	153	7.4.1 界面	214
4.6.2 通信基础知识	154	7.4.2 各部分功能简介	215
4.6.3 S7-200 的网络通信协议	155	7.5 编程	216
4.6.4 S7-200 网络通信应用实例	156	7.5.1 程序文件操作	216
复习思考题	165	7.5.2 编辑程序	218
第5章 电机控制技术	167	7.6 调试及运行监控	223
5.1 交直流电动机的控制	167	7.6.1 程序的监视	223
5.1.1 交流电动机的起动和制动控制	167	7.6.2 运行模式下编辑	224
5.1.2 直流电动机的起动和制动控制	174	7.6.3 状态图监控	225
5.2 步进电机的控制	177	7.6.4 调试程序的其他方法	225
5.2.1 步进电机的工作原理	177	第8章 机电一体化控制系统实验实训	
5.2.2 步进电机的微机控制	178	指导	227
5.2.3 步进电机的 PLC 控制	180	8.1 继电器接触器控制实验	227
5.3 变频调速控制	182	8.2 PLC 控制实验	228
5.3.1 变频调速的基础知识	183	8.2.1 实验设备简介	228
5.3.2 西门子 MM440 型变频器	185	8.2.2 S7-200 PLC 编程软件使用实验	229
5.3.3 MM440 变频器的运行	189	8.2.3 基本逻辑指令实验	229
5.3.4 S7-200 PLC 和 MM440 变频器		8.2.4 定时器指令实验	231
之间的通信	191	8.2.5 计数器指令实验	231
复习思考题	197	8.2.6 功能指令实验	232
第6章 机电设备电气故障诊断与维修	198	8.2.7 十字路口交通信号灯控制实验	234
6.1 电气控制线路分析基础	198	8.2.8 混料罐控制实验	235
6.1.1 电气控制线路分析的内容与要求	198	8.2.9 传输线控制实验	235
6.1.2 电气原理图阅读分析的方法		8.2.10 两台 PLC 的通信实验	236
与步骤	198	8.3 机电一体化控制系统综合实训	237

8.3.1	MPS——模块化生产加工系统		8.3.4	机电一体化控制系统综合实训	255
	概述	237	附录 1	常用电气图形、文字符号表	257
8.3.2	MPS——模块化生产加工系统		附录 2	常用基本文字符号	261
	各站介绍	239	附录 3	常用辅助文字符号	262
8.3.3	MPS——模块化生产加工系统的		参考文献		264
	调试过程	254			

第 1 章 绪 论

1.1 机电一体化控制技术概述

机电一体化技术的思想酝酿于 20 世纪 60 年代,超大规模集成电路及计算机的发展,不断向各个领域渗透,使机械与电子已经变成密不可分的一个整体。机电一体化一词(Mechatronics)最早起源于日本,这个词的前半部分,“mecha”表示 mechanic(机械学),后半部分“tronics”表示 electronics(电子设备或电子学),因此,从字面上讲应该是机械电子学,通常称之为机电一体化技术。

机电一体化技术不是机械与电子的简单叠加,而是微电子技术、计算机技术、信息技术和自动控制技术与机械技术有机结合的一门复合技术,它是在大规模集成电路和微型计算机为代表的微电子技术高度发展并向传统机械工业领域迅速渗透、与机械电子技术深度结合的现代工业基础上,综合运用机械、微电子、自动控制、信息、传感测试、电力电子、接口、信号变换以及软件编程等技术的群体技术。

随着社会生产和科学技术的发展与进步,机电一体化技术正在不断地深入到各个领域并迅猛地向前进,特别是近几年来在机械加工领域引起了许多深刻的改革。机械制造工业中,已不再是仅仅要求单机自动化,而是要求能实现一条生产线、一个车间、一个工厂甚至更大规模的全盘自动化。因此,学习和掌握机电一体化的控制技术,不仅是机电一体化技术本身发展的需要,而且也是为了更好的应用高新技术改造传统产业的需要。

1.2 机电一体化控制系统组成

一个较完整的机电一体化控制系统,包括以下几个基本要素:机械本体、动力源、传感装置、驱动执行机构、控制器,如图 1-1 所示。各要素和环节之间通过接口相联系。

1. 机械本体

是系统所有功能元素的机械支承结构,包括机身、框架、机械连接等。例如数控车床的机械本体部分就是车床的机械结构部分(床身、主轴箱、尾架等)。

2. 动力源

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。动力源包括电力源、液压源、气压源等。数控车床的主动力主要来自于电能。

3. 传感装置

对系统运行中所需要的本身和外界环境的各种参数

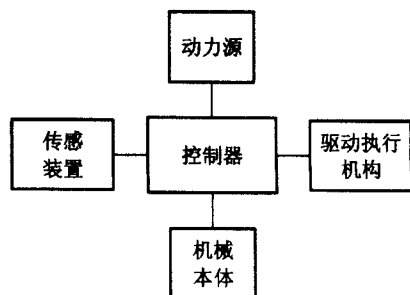


图 1-1 机电一体化控制系统组成

及状态进行检测,变成可识别信号,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,其功能一般由专门的传感器和仪表完成。例如,数控车床刀具的位置状态,用直线感应同步器进行检测,直线感应同步器就是传感装置。

4. 控制器

控制器是所有机电一体化控制系统的核心,它来自各传感器的检测信息和外部输入命令进行集中、存储、分析、加工,根据信息处理结果,按照一定的程序和节奏发出相应的指令,控制整个系统有目的地运行。控制器一般由计算机、可编程控制器(PLC)、数控装置以及逻辑电路等构成。例如,CNC(计算机数字控制)系统和 PLC 构成了数控车床的控制器部分。

5. 驱动执行机构

根据控制信息和指令,驱动各种执行机构完成要求的动作和功能。执行机构的工作方式有电动式、液压式、气动式等三种。数控车床刀具的走刀运动就是利用伺服电机驱动滚珠丝杠来完成的。

6. 接口

实现系统中各单元和环节之间进行物质、能量和信息的交换,使各组成要素连接成为一个有机的整体。接口包括人机接口和机电接口。数控车床中的 CRT 显示器、键盘、打印机等构成了人机接口部分。

1.3 机电一体化控制系统分类

机电一体化系统在工作过程中,各执行机构应根据生产要求,以一定的顺序和规律运动。在自动化程度要求较高的系统中,这些运动的开始、顺序及结束常由控制系统保证。因此,系统的控制对保证工作质量、改善条件、提高生产率、改善系统的动态性能和工作可靠性等都起着重要的作用。

对于机械系统,一般控制的主要任务是:

- ① 使各执行机构按一定的顺序和规律运动。
- ② 改变各运动部件的运动方向和速度。
- ③ 使各运动部件之间协调一致动作,完成给定的作业循环要求。
- ④ 对产品进行检测、分类以及防止事故,对工作中出现的不正常现象及时报警并消除。

控制系统的基本构成如图 1-2 所示,它是由控制装置、执行机构、被控对象及传感与检测装置所构成的整体。被控对象可以是一种过程(如化工生产过程)、一台机电设备(如机床)或整个生产企业(如自动化工厂),它由控制装置进行控制,在执行机构的驱动下,按照预定的规律或目

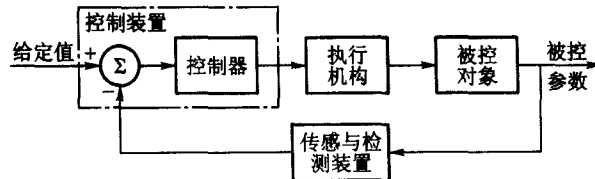


图 1-2 控制系统的基本构成

的运行。应用于不同被控对象的控制装置在原理和结构上往往具有很大差异,因而所构成的控制系统也往往千差万别,可以根据不同的分类原则对机电控制系统进行分类。

按照有无输出量的反馈,可以将机电控制系统分为开环式机电控制系统和闭环式机电控制系统。前者组成简单,但精度低。后者精度高,但构成比较复杂,是机电控制系统的主要形式。典型的实例为铣床工作台的控制,如图 1-3 所示。图 1-3(a) 开环控制是从指令输入到位置输出的这一通道,没有测量位置的反馈信号。一般在机电一体化系统精度要求不高的情况下采用这种开环控制方式。图 1-3(b) 半闭环控制和图 1-3(c) 闭环控制中增加了位置检测装置,定位精度高。

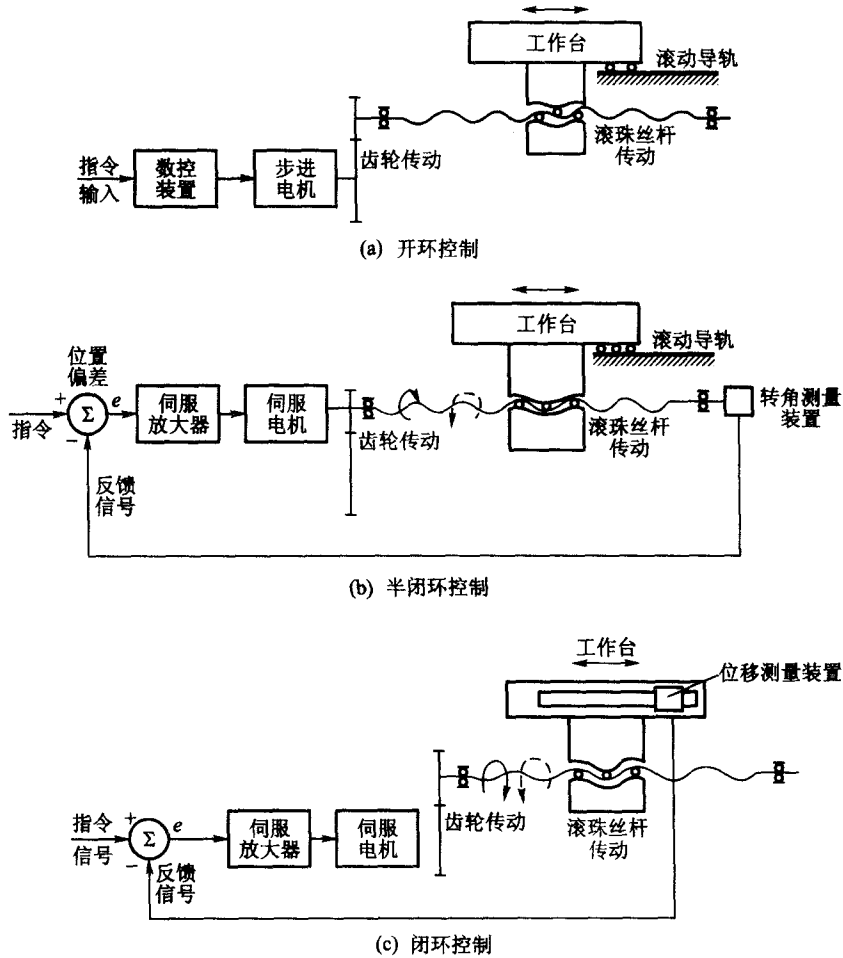


图 1-3 铣床工作台控制方式

按照系统中控制器的工程实现方式不同,可以将机电控制系统分为模拟式机电控制系统和数字式机电控制系统(或基于计算机控制的机电控制系统)。模拟式机电控制系统中的控制器一般是以运算放大器和分立元件为基本单元所构成的模拟电路。其优点是实时性好、构成简单、成本低、开发难度小;其缺点是灵活性差、温漂大、不易实现复杂控制规律,不易监督系统异常状态等。数字式机电控制系统中的控制器一般采用微处理机(可以是可编程控制器 PLC、单片机或

工控微机等),并通过软件算法和接口电路实现。其优点是精度高,灵活性强,数据处理功能强,易于实现复杂控制算法和能够监督系统异常状态并及时处理等;其缺点是实现高精度和高响应时成本高,设计和开发一般需要专门的开发工具和环境,重现连续信号过程有信息丢失,采样保持器会产生滞后问题和设计方法复杂等。

按照系统中机电动力机构的不同,机电控制系统可分为机械式、电气式和流体式(包括液压式和气压式)。

1.4 本课程研究的主要内容及要求

机电一体化控制技术在生产过程、机电一体化产品开发和其他各个领域的应用十分广泛,涉及的范围包括机电设备、自动化生产线、家用电器、办公自动化等,在此无法一一介绍。本书主要介绍现代制造业领域的机电一体化控制系统的相关技术,包括检测传感技术、驱动执行机构、精密机械技术、接口技术,重点论述现代自动化生产线上普遍应用的控制方式,即继电器接触器控制和可编程控制器控制,阐述这些技术的基本原理、特点、典型装置及其在机电一体化中的实际应用。

本课程是一门实用性很强的专业课,其目的是让学生掌握一门非常实用的工业控制技术,以及培养和提高学生的实际应用和动手能力。具体要求是:

- ① 熟悉机电一体化控制系统的组成及各组成部分的作用,了解机电一体化控制系统的类型。
- ② 掌握机电一体化控制系统相关技术中各装置的特点及应用场合。
- ③ 熟悉电气控制线路的基本环节,熟悉典型生产设备的继电器接触器控制系统的工作原理。
- ④ 熟悉可编程控制器的基本概况和工作原理。
- ⑤ 熟练掌握可编程控制器的基本指令系统和典型实例的编程,掌握可编程控制器的程序设计方法。熟练掌握顺序控制功能图的编程方法。熟悉和掌握可编程控制器基本功能指令的使用。
- ⑥ 了解机电一体化控制技术的应用,如可编程控制器技术、变频调速技术、网络通信技术。
- ⑦ 了解一般机电设备故障诊断与维修的方法。

复习思考题

- 1-1 什么是机电一体化,它是由什么名词合成的?
- 1-2 机电一体化控制系统的基本构成要素是什么?
- 1-3 机电一体化控制的相关技术有哪些?
- 1-4 机电控制系统是如何分类的,各自的特点是什么?
- 1-5 机电一体化控制技术的发展前景如何?

第 2 章 机电一体化控制系统的相关技术

2.1 传感器技术

2.1.1 基本概念

由于机电一体化系统中有各种不同的物理量(如位移、压力、速度等)需要控制和监测,而计算机系统又只能识别电量,因此能把各种不同的非电量转换成电量的传感器便成为机电一体化系统中不可缺少的组成部分。其功能是对系统运行中所需的自身和外界环境参数及状态进行检测,将其转换成系统可识别的电信号,传递给控制单元。如果把机电一体化系统中的机械系统看作是人的手足,控制系统看作是人的大脑,则检测系统好比是人的感觉器官,用来获取外界的信息。

1. 传感器的分类

传感器的种类很多,而且随着新的物理效应的发现和新的传感材料的应用,具有不同特性、不同功能、不同结构和用途的传感器不断出现。传感器的分类方法目前尚无统一的标准,基本分类如表 2-1 所示。

表 2-1 传感器的分类

分类方法	传感器的种类	说 明
按用途分类	位移、速度、加速度、位置、温度、压力、流量、湿度、图像等	传感器以被测物理量命名,如位移传感器
按工作原理分类	应变式、电容式、电感式、压电式、磁电式、光电式、热电式等	传感器以工作原理命名,如电容式传感器
按变换原理分类	参量型	传感器在感受被测量后输出的是自身参量的变化,如应变式、电容式、电感式等传感器
	发电型	传感器在感受被测量后输出的是电压或电流,如压电式、磁电式、光电式、热电式等传感器
按输出信号性质分类	开关型 模拟型 数字型	传感器输出 0、1 两种状态信号 传感器输出随时间连续变化的模拟信号 传感器输出没有幅值意义的脉冲信号

2. 传感器输出信号的处理

(1) 开关型传感器

开关型传感器分为接触型(如微动开关、行程开关、接触开关等)和非接触型(如光电开关、接近开关等)。所谓开关量是指接通(ON)或断开(OFF),高电平或低电平,1或0两种状态。当传感器输入的物理量达到某个值以上时,其输出为1(ON状态),在该值以下时,输出为0(OFF状态),其临界值就是接通和断开的设定值。对于这类信号,只需经放大、整形和电平转换等处理,然后即可直接送到计算机控制系统进行处理,使用方便。

(2) 模拟型传感器

模拟型传感器的输出是与输入物理量变化相对应的连续变化的电量。它们可能是线性的,也可能是非线性的。对于这类信号的处理较为复杂,在进行小信号放大、滤波等处理中,需考虑干扰信号的抑制、转换精度及线性化等诸多因素。在将信号送入计算机之前,还需先将这些模拟信号进行模/数(A/D)转换,变成数字信号。

(3) 数字型传感器

数字型传感器包括计数型和代码型两大类。计数型又称脉冲数字型,它可以是任何一种脉冲发生器,所发出的脉冲数与输入量成正比,利用计数器对输入量进行计数,这样就可用来检测自动线上通过输送带的产品个数,也可用来检测执行机构的位移量,即执行机构每移动一定的距离或转动一定角度就会发出一个脉冲信号,如增量式光码盘和光栅检测器。代码型传感器又称编码器,它输出的信号是数字代码,每一个代码对应一个输入量的值,如输入量的值为 k_1 时,输出代码为1010,而输入量的值为 k_2 时,输出代码为1011。代码的1为高电平,0为低电平,高、低电平可用光电元件或机械接触式元件输出。代码型传感器通常用来检测执行元件的位置或速度,如绝对值型光电编码器、接触式编码板等。

目前市场上出售的传感器类型虽然很多,但在机电一体化系统中常用的主要有:位移传感器、速度传感器、位置传感器、物位传感器、温度传感器和压力传感器等几种。下面分别介绍它们的工作方式及特点。

2.1.2 位移传感器

位移传感器是一种非常重要的传感器,它直接影响着机电一体化设备的控制精度。在开环伺服系统中,此信息用作数字显示及误差补偿;而在闭环伺服系统中,此信息则作为反馈信号与给定指令值进行比较后实现闭环数字控制,是整个系统中不可缺少的组成部分。位移可分为角位移和直线位移两种,因此位移传感器也有与其对应的两种形式:直线位移传感器和角位移传感器。直线位移传感器主要有:电感式传感器、差分变压器传感器、电容式传感器、感应同步器和光栅传感器等。角位移传感器主要有:电容式传感器、旋转变压器、圆形感应同步器和编码器等。

1. 电感式传感器

电感式传感器是一种把微小位移变化量转变成电感变化量的位移传感器。它具有结构简单、精度高、性能稳定和工作可靠等优点。分为可变磁阻式、电涡流式和差分式三种类型。

图2-1为差分电感式线位移传感器的结构原理图,它是利用磁心在感应绕组中位置的变化引起两个绕组电感改变的原理,实现位移检测。接线如图2-1(a)所示,可将两绕组接入交流电桥的邻臂,当两绕组电感不相同,电桥失去平衡。进而通过电桥的输出检测出磁心的位移。

电感式线位移传感器具有动态范围宽、分辨率高及线性度好等特点,缺点是回程误差较大。动态范围最大一般可达500~1000 mm,非线性度一般小于1%,分辨率可以达到0.01 μm 。

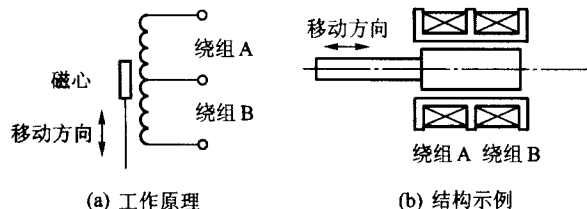


图 2-1 差分电感式线位移传感器

2. 差分变压器传感器

差分变压器传感器是把位移量的变化转变为两个线圈之间的互感变化,其结构及原理如图 2-2 所示。给一次线圈施加一个交流电压时,磁心中的磁通量将会随之发生变化,通过电磁感应,在二次线圈中将会产生一个与磁通量成正比的感应电动势。利用这一原理,若在一次线圈上加一个稳定的励磁交流电压,则会在二次线圈上产生一个与磁心位置成正比的电压。将这个电压整流成直流信号后取出,则可制成能检测磁心前端位移量的传感器。

差分变压器传感器两绕组反向串接,当磁心处在中心位置时,两绕组的电压相同,方向相反,输出端无输出;当磁心偏离中心位置时,两绕组的电压不等,输出端输出它们的电压差。偏离越大,输出的电压差就越大。通过检测输出端的电压值,即可检测磁心在绕组中的位置。

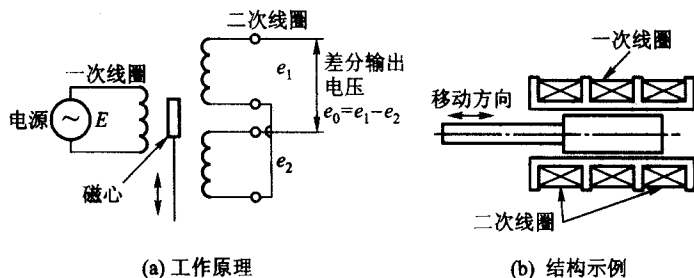


图 2-2 差分变压器传感器

差分变压器的检测范围通常在 5 mm 至 200 mm 左右,也有的差分变压器只能检测 ± 1 mm 范围内的位移量。

此外,差分变压器的灵敏度一般为每毫米位移能输出 80 ~ 300 mV 电压。由于它的信号电平高、输出阻抗低,因此具有很强的抗干扰能力。而且,若采用在一次线圈两侧反向缠绕二次线圈的结构,还可以根据输出电压的“+”、“-”,轻易地判别出物体的位移方向。

为了抑制励磁电源造成一次线圈发热,此类传感器多在 1 ~ 5 V、20 mA 以内的条件下使用。

3. 电容式传感器

电容式传感器由两块平行的金属板构成。一般通过改变板间距离、相对面积或介质特性所引起的电容量变化来反映相应的位移量的变化。

电容式传感器有下列特点:

① 所需的作用能量小 由于板间的静电引力小,所以与其他变换方式相比,它所需要的作用能量要小得多,因此特别适合于低输入能量的场合。

② 能在恶劣的环境下工作 由于这种传感器不需要采用有机材料或磁性材料,因此它在高

温、低温或强磁辐射等恶劣环境下都能正常工作。

③ 本身发热影响小 电容式传感器用真空、空气或其他气体作绝缘介质时,介质损耗非常小,因此其发热影响可忽略不计。

④ 动态响应快 由于电容式传感器具有较小的质量和作用能量,因此它的固有频率较高。同时它的介质损失非常小,故可工作在兆赫级的频率范围内,从而响应速度快。

电容式传感器的缺点是存在着非线性和泄漏等。

电容式传感器具有结构简单、动态特性好、灵敏度高等特点,并可用于非接触检测,故被广泛应用于检测系统中。

4. 感应同步器

感应同步器是一种电磁式检测传感器,它利用两个平面形绕组的互感随位置变化的原理,把线位移或角位移变为电信号,以作为位置检测或反馈控制。

感应同步器按其结构形式可分为直线感应同步器(测量直线位移,图2-3)和圆感应同步器(测量角位移,图2-4)两种。直线感应同步器由定尺和滑尺组成;圆感应同步器由转子和定子组成。定尺和转子上有连续的单相绕组,滑尺和定子上有分段的两组正弦绕组(S)和余弦绕组(C),两者节距相同,只是在空间位置的布置上错开 90° ,即当正弦绕组与定尺(或转子)绕组准确对正时,余弦绕组则相对定尺(或转子)绕组错开 90° 电气角。所有的正弦绕组和余弦绕组各自串联构成两相绕组。

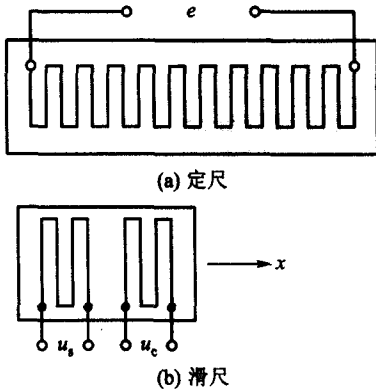


图 2-3 直线感应同步器绕组结构

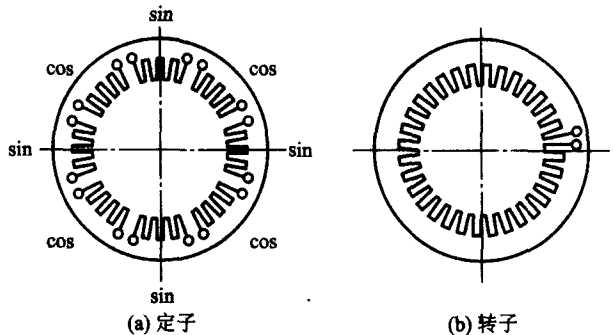


图 2-4 圆感应同步器绕组结构

分段绕组和连续绕组相当于变压器的一次绕组和二次绕组,利用交变电磁场中的互感作用,一次绕组通以交流激励电压,电磁耦合使二次绕组产生感应电动势,其大小随两绕组的相对位置不同而不同。可以通过鉴别输出感应电动势的相位和幅值确定相对位移量。

感应同步器是一种高精度的位置检测元件,在机电一体化系统中被广泛地用作位移的测量,下面是感应同步器在镗床上的应用,如图2-5所示。

镗床在加工零件前常使用块规确定零件的加工中心以保证加工精度。这种方法烦琐、效率低。在镗床的垂直方向和纵向安装感应同步器,用感应同步器和数显表可直接准确地确定零件的加工中心,既保证了精度又提高了效率。

5. 旋转变压器

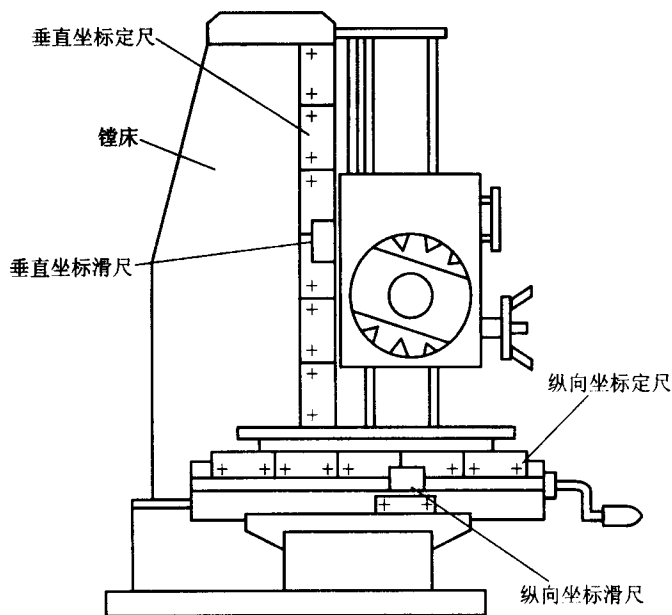


图 2-5 镗床安装感应同步器示意图

旋转变压器和感应同步器的工作原理大致相同,不过前者是一种角位移传感器。旋转变压器实际上是一次和二次绕组之间的角度可以改变的变压器,如图 2-6 所示。常规变压器的两个绕组之间是固定的,其输入电压和输出电压之比保持常数。旋转变压器励磁绕组和输出绕组分别安装在定子和转子上,两绕组的相对位置随转子的角位移变化而变化,因此输出电压的大小也随转角 θ 的变化而变化。当两绕组的磁轴平行时,转子绕组输出电压最大;当两绕组的磁轴垂直时,转子绕组输出电压为 0。

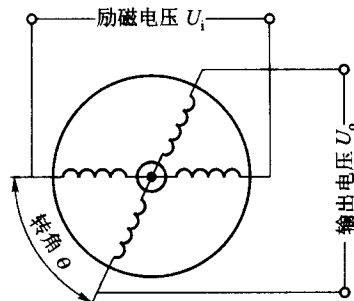


图 2-6 旋转变压器传感器原理图

用旋转变压器测量角位移有两种方式:调幅和调频方式。

旋转变压器具有精度高、可靠性好等特点,广泛应用在各种机电一体化系统中。

6. 光电编码器

编码器又称脉冲发生器(PG),它是一种直接用数字代码表示角位移及直线位移的检测器。编码器有回转型和直线型,根据检测原理,可分为光电式、电刷式和磁感应式。由于光电编码器具有非接触和体积小的特点,且分辨率很高,在旋转一周内能产生数百万个脉冲,因此,是目前应用最为广泛的一种编码器。光电编码器在数控机床、机器人的位置控制、机床进给系统的控制以及角度的测量、通信及自动化控制等方面都发挥着重要的作用。

按光电编码器的结构,可分为增量式和绝对式两种。

(1) 增量式光电编码器

增量式编码器又称脉冲编码器,它由编码圆盘、指示标度盘、发光二极管、光电晶体管等组成,如图 2-7 所示。