

高等职业技术教育机电类规划教材

机电设备控制技术

JIDIAN SHEBEI KONGZHI JISHU

徐德凯 王丽洁 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



www.cmpedu.com

配 电 子 课 件

高等职业技术教育机电类教材

机电设备控制技术

主 编	徐德凯	王丽洁	
副主编	史卫朝	呼刚义	张 丽
参 编	朱明辉	梅小宁	杨 鹏
主 审	吴 东		

常州大学图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书是根据高职高专机电类专业“机电设备控制技术”课程教学基本要求,并结合近几年高职教育的经验编写而成的。本书在编写上以实用为主、够用为度,主要内容有机电设备传动控制系统概述、液压传动与控制技术、气压传动与控制技术、低压电气控制系统、智能电气控制系统。对于书中的部分模块,不同专业可根据教学实际情况选用。本书内容力求叙述清楚、简明扼要、图文并茂,并附有习题,以便于学生自学和巩固所学的知识。

本书可作为高职高专院校机电类及相近专业的教材,也可作为技术人员岗位技能培训用书,还可供从事机电类专业工作的工程技术人员参考。

本书配有电子课件,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。咨询邮箱: cmpgaozhi@sina.com。咨询电话: 010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

机电设备控制技术/徐德凯,王丽洁主编. —北京:机械工业出版社, 2015. 9

高等职业技术教育机电类规划教材

ISBN 978-7-111-51253-0

I. ①机… II. ①徐… ②王… III. ①机电设备-控制系统-高等职业教育-教材 IV. ①TP271

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第189374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:刘良超 责任编辑:刘良超 版式设计:赵颖喆

责任校对:张晓蓉 封面设计:鞠杨 责任印制:乔宇

唐山丰电印务有限公司印刷

2016年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19.5印张·477千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-51253-0

定价:39.80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

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

【知识准备】	180	【项目任务】	238
【项目任务】	197	任务一 识读并检修 C2000 型数控机床电气控制系统	238
任务一 三相笼型异步电动机点动控制	197	任务二 三相笼型异步电动机正反转控制	239

前言

本书是根据高职高专机电类专业“机电设备控制技术”课程教学基本要求，并结合近几年高职教育的经验编写而成的。本书在编写上以实用为主、够用为度，主要内容有机电设备传动控制系统概述、液压传动与控制技术、气压传动与控制技术、低压电气控制系统、智能电气控制系统。对于书中的部分模块，不同专业可根据教学实际情况选用。本书内容力求叙述清楚、简明扼要、图文并茂，并附有习题，以便于学生自学和巩固所学的知识。

在本书编写过程中，编者注重机电设备控制的典型性、代表性、实用性和先进性，主要介绍了控制元件的工作原理及应用，常见故障及其排除方法；在液压与气压传动控制方面介绍了液压与气动系统的使用维护、安装调试、故障诊断和维修方面的知识；在电气控制方面既介绍了继电器-接触器控制技术，又介绍了可编程序控制器（PLC）的原理及应用。书中的术语、图形符号均采用最新的国家标准；书中采用了较多的原理图、结构图、产品图片、系统图及表格，实现了文字、图表的有机结合，达到图文并茂的效果，使教材具有直观性，便于学生深入理解和掌握课程内容，以提高学习效果。

本书由西安理工大学高等技术学院徐德凯、王丽洁担任主编，西安理工大学高等技术学院史卫朝、呼刚义、北京电子科技职业学院张丽担任副主编，西安理工大学高等技术学院朱明辉、梅小宁、杨鹏担任参编，西安航空发动机公司培训中心吴东担任主审。其中模块一由王丽洁编写；模块二由史卫朝编写；模块三中的项目一、二、四，模块四由徐德凯编写；模块三中的项目三由朱明辉编写；模块五中的项目一及附录由张丽编写；模块五中的项目二由呼刚义、梅小宁、杨鹏编写。全书由徐德凯统稿。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以便修正。

编者

【知识准备】	180	【项目任务】	238
【项目任务】	197	任务一 识读并检修 C2000 型数控机床电气控制系统	238
任务一 三相笼型异步电动机点动控制	197	任务二 三相笼型异步电动机正反转控制	239
任务二 三相笼型异步电动机正反转控制	239		

目 录

前言		
绪论	1	
模块一 机电设备传动控制系统概述	3	
【学习目标】	3	
【知识准备】	3	
知识小结	7	
习题	7	
模块二 液压传动与控制技术	8	
项目一 认识液压元件	8	
【学习目标】	8	
【知识准备】	8	
【项目任务】	69	
任务一 齿轮泵的拆装及选用	69	
任务二 单杆活塞缸的拆装	71	
知识小结	73	
习题	73	
项目二 液压基本控制回路	73	
【学习目标】	73	
【知识准备】	74	
【项目任务】	86	
任务一 纸箱抬升、推出装置的设计	86	
任务二 零件装配设备的设计	88	
任务三 小型液压钻床液压控制系统的设计	91	
知识小结	94	
习题	94	
项目三 液压系统的安装和调试	94	
【学习目标】	94	
【知识准备】	95	
知识小结	98	
习题	98	
模块三 气压传动与控制技术	99	
项目一 认识气动元件	99	
【学习目标】	99	
【知识准备】	99	
【项目任务】	119	
任务 识别常用气动元件	119	
知识小结	121	
习题	121	
项目二 气动基本控制回路	122	
【学习目标】	122	
【知识准备】	122	
【项目任务】	128	
任务一 行程阀控制气缸连续往返气控回路	128	
任务二 气缸进给(快进→慢进→快退)控制回路	130	
知识小结	131	
习题	132	
项目三 典型气压传动系统	132	
【学习目标】	132	
【知识准备】	132	
习题	135	
项目四 气压传动系统的安装调试和故障分析	136	
【学习目标】	136	
【知识准备】	136	
知识小结	141	
习题	141	
模块四 低压电气控制系统	142	
项目一 认识机床常用低压电器	142	
【学习目标】	142	
【知识准备】	142	
【项目任务】	171	
任务一 识别并检测低压开关、熔断器	171	
任务二 识别并检测主令电器	173	
任务三 识别、拆装与检修交流接触器	175	
任务四 识别并检测常用继电器	177	
知识小结	179	
习题	180	
项目二 电气基本控制电路	180	
【学习目标】	180	

【知识准备】	180	【项目任务】	238
【项目任务】	197	任务一 识读并检修 CK0630 型数控车床 电气控制系统	238
任务一 三相笼型异步电动机点动控制 电路	197	知识小结	239
任务二 三相笼型异步电动机起停控制 电路	199	习题	239
任务三 三相笼型异步电动机正反转 控制电路	201	模块五 智能电气控制系统	241
任务四 两台三相电动机顺序起动、逆序 停止控制电路	204	项目一 PLC 控制的基本知识	241
任务五 三相笼型异步电动机Y-Δ减压 起动控制电路	206	【学习目标】	241
任务六 三相笼型异步电动机能耗制动 控制电路	208	【知识准备】	241
知识小结	210	知识小结	255
习题	211	习题	256
项目三 识读并检修普通车床电气控制 电路	213	项目二 PLC 控制指令及应用	256
【学习目标】	213	【学习目标】	256
【知识准备】	213	【知识准备】	256
【项目任务】	217	【项目任务】	264
任务一 CA6140 型卧式车床电气控制 电路的安装与调试	217	任务一 电动机起停控制电路	264
任务二 CA6140 型卧式车床电气控制 电路的检修	219	任务二 电动机正反转控制电路	266
知识小结	222	任务三 Y-Δ减压起动电动机控制 电路	269
习题	222	知识小结	272
项目四 识读并检修数控车床电气控制 系统	223	习题	272
【学习目标】	223	附录	273
【知识准备】	223	附录 A 液压控制元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	273
		附录 B 气动控制元件图形符号 (摘自 GB/T 786.1—2009)	288
		附录 C 电气图常用图形及文字符号 一览表	300
		参考文献	303

6) 了解可编程逻辑控制器的的工作原理,具有使用可编程序控制器的初步能力。

二、机电设备控制技术的发展概况 最早的机械设备是采用手动控制。20 世纪初电动机的出现,使得机械设备的驱动发生了变革,用电动机代替了蒸汽机。机械的电气驱动技术随电动机的发明而逐步提高。以后逐渐发展到用按钮、继电器、接触器和行程开关等电器组成的控制线路对电动机进行控制。由于这种控制方式结构简单,容易掌握,价格便宜,便于维修,所以得到了广泛应用。目前,很多机械设备的电动机还是用这种方法控制。随着工业自动化和生产过程控制技术的不断发展,电气控制技术逐步被程序控制技术取代。所谓程序控制,就是对生产过程预先规定的逻辑顺序自动地进行工作的一种控制。20 世纪 60 年代出现了由分立元件组成的顺序控制器、可编程序控制器(PLC)等,并已经开始在一系列机械设备中得到应用。它集自动技术、计算机技术、通信技术于一身,具有编程灵活、功能齐全、使用方便、体积小及抗干扰能力强等一系列优点。它不但可以进行开关量控制,而且

绪 论

机械设备种类繁多,功能各异,大都是由原动机、传动机构、控制系统和工作机构四个部分组成的。显然,生产中各种设备的动作运行都离不开设备控制技术。机电设备控制技术是机械设备制造技术的主要内容,实现设备控制的手段是多种多样的,可以用电气、机械、液压、气动、数字等方法来实现。机械设备控制技术主要涉及液压、气动、电气和数字控制技术。

(1) 机电设备控制技术课程的性质与任务 机电设备控制技术课程是机电专业的一门主干课程,其主要内容是机电设备的电气、数字控制和液压、气压传动控制原理及其应用。本课程主要介绍机床液压、气动控制技术,电气和数字控制技术的基本原理,实际控制电路及其常见故障与排除方法,以控制元件的基本结构、作用、主要技术参数、应用范围、选用为基础,从应用角度出发,讲授上述几方面的内容,培养学生对机电设备控制系统进行日常维护、分析排除常见故障及正确选用常用元器件的基本能力。

本课程的主要学习内容是液压、气压传动控制,电气和数字控制。具体学习任务如下。

1) 理解液压传动的基本概念,掌握液压系统基本回路的组成及工作原理,具有阅读机械设备说明书中液压传动系统图和分析、排除系统常见故障的初步能力。

2) 了解气压传动的基本知识,掌握气动基本回路的组成及工作原理,具有阅读机械设备说明书中气动系统图的能力,并具有分析、排除气动系统常见故障的初步能力。

3) 了解常用低压电气元件的结构、工作原理、用途、型号,达到能正确选择和使用的目的。

4) 掌握继电器、接触器控制电路基本组成环节的工作原理、维护常识、常见故障排除方法;具有阅读、分析一般机电设备电气控制电路图的能力,并初步具有设计简单电气控制系统的能力。

5) 了解数控机床电气控制的工作原理,具有使用数控机床可编程序控制器的初步能力。

6) 了解可编程序控制器的工作原理,具有使用可编程序控制器的初步能力。

(2) 机电设备控制技术的发展概况 最早的机械设备是采用手动控制,20世纪初电动机的出现,使得机械设备的拖动发生了变革,用电动机代替了蒸汽机,机床的电气拖动技术随电动机的发展而逐步提高,以后逐渐发展到用按钮、继电器、接触器和行程开关等电器组成的控制电路对电动机进行控制。由于这种控制方式结构简单,容易掌握,价格低廉,便于维修,所以得到了广泛应用。目前,很多机械设备的电动机还是用这种方法控制。随着工业自动化和生产过程控制技术的不断发展,电气控制技术逐步被程序控制技术取代。所谓程序控制,就是对生产过程按预先规定的逻辑顺序自动地进行工作的一种控制。20世纪60年代出现了由分立元件组成的顺序控制器、可编程序控制器(PLC)等,并已经开始在一系列机械设备中得到应用,它集自动技术、计算机技术、通信技术于一身,具有编程灵活、功能齐全、使用方便、体积小及抗干扰能力强等一系列优点。它不但可以进行开关量控制,而且

还具有逻辑和算术运算、数据传递以及对模拟量进行采集和控制的功能,为机电设备控制技术的发展开辟了广阔的前景。

自18世纪末,英国制造出世界上第一台水压机算起,液压技术已有两百多年的历史,第二次世界大战后,液压技术在机床、工程机械、农业机械、汽车行业中逐步得到推广。近年来,液压技术得到了很大的发展,液压技术与传感技术、微电子技术密切结合,出现了许多诸如电液比例阀、数字阀、电液伺服液压缸等机(液)电一体化元件,使液压技术向高压、高速、大功率、高效、低噪声、低能耗、经久耐用、高度集成化方向迅速发展,液压技术在机电设备控制技术中的作用也越来越重要。

在科技飞速发展的当今世界,气动技术的发展更加迅速。随着工业的发展,气动技术的应用领域已从汽车、采矿、钢铁等行业迅速扩展到化工、轻工、食品、军事工业等各行各业。气动技术已发展成为包含传动、控制与检测在内的自动化技术。气动元件当前发展的特点和研究方向主要是节能化、小型化、轻量化、位置控制高精度化以及与电子技术相结合的综合控制技术。

随着科学技术的不断发展,机电设备控制技术也在不断进步。生产技术和生产力的高速发展,要求机器具有更高的精度、更高的效率、更多的品种、更高的自动化程度及可靠性。机电设备控制技术的发展在控制方法上,主要是从手动控制到自动控制;在控制功能上,从简单到复杂;在操作规程上,由笨重到轻巧;在控制系统组成上,由单一的电气控制、液压控制和气动控制转向电、液联合控制或电、气联合控制;在控制原理上,由电气、液压、气动元件组成的硬件控制系统转向以微处理器为中心的软件控制系统。随着新的控制理论和新型电气、液压、气动元件的出现,机电设备控制技术将日新月异。

近年来出现的各种机电一体化产品,如数控机床、机器人、柔性制造单元及系统等均是控制技术现代化的硕果。现代企业的生产水平、产品质量和经济效益等各项指标,在很大程度上取决于生产设备的先进性和控制的自动化程度。可见机电设备控制技术对于现代机床的发展有极其重要的作用,机电类专业的学生以及从事机电设备操作的工程技术人员都必须掌握机电设备控制技术的理论和方法。

模块一 机电设备传动控制系统概述

【学习目标】

知识目标

- 了解典型机电设备的结构组成和功能分工。
- 了解机电设备的常见传动和控制形式及其特点。
- 了解机电设备的当前技术状态及发展趋势。

【知识准备】

一、机电设备的结构组成

任何机电设备都是由设备的本体和设备的功能实现部分组成的。

设备的本体是设备的基础部分，对设备其他部分起到连接、固定和承载的作用，将设备构成一个整体。设备的机体、壳体、支架、外观装饰都属于设备的本体。对于设备的本体，除了要符合实用、美观的要求外，更重要的是要满足质量、刚度、工作精度、工作稳定性等方面的要求。

传统机电设备的功能实现部分一般可以分为动力部分、传动部分、工作部分。动力部分是设备的动力来源，如机电设备中的电动机；工作部分是完成预定功能的终端部分，如普通车床的主轴、溜板，升降机的平台，洗衣机的波轮等；传动部分则是中间环节，负责把动力部分的运动和动力传递给工作部分，一般通过机械传动和液压、气压传动来实现。

现代机电设备已经渗透到人类生产和生活领域的各个方面，技术越来越先进，功能越来越强大，它们的构成也发生了很大的变化，对动力部分和工作部分提出了新的要求，传动部分在很大程度上实现了机、电、液一体化。现代机电设备的功能实现部分不仅有动力部分、传动部分、工作部分，还包括自动检测和自动控制部分。

机电设备的各个组成部分是相辅相成、密不可分的。但对于每一个组成部分来讲，又有其本身的工作特点和结构形式。熟悉机电设备的基本构成，有助于我们深入、系统地分析机电设备的结构特点、工作原理，进而正确地使用、维护和维修机电设备。

本模块将从动力源、传动装置、检测与传感装置、控制系统等方面来介绍机电设备的基本构成。

1. 动力源

任何机电设备的工作都离不开动力。电能、风能、热能、化学能等都可以作为机电设备的动力。机电设备中最常见的动力源是电动机。在现代机电设备中，电动机不仅是动力的提供者，它在自动控制系统中还具有检测、反馈、执行等方面的作用。

电动机广泛应用于各种机械加工设备、农业机械、家用电器等各种机电设备。电动机的输出功率有百万分之几瓦到 1000MW 以上，转速有数天一到每分钟几十万转，品种和规格越来越多，可适用于高山、平原、高温、低温、陆地、水下或其他液体中等各种各样的工作环境。

2. 传动装置

传动装置是一种将动力源输出的运动和动力传递给设备工作终端的装置。常用的传动装置有带传动、螺旋传动、齿轮传动等形式的机械传动，以及液压与气压传动。机电设备的传动装置可以采用其中一种，也可以是几种传动装置的组合，比如螺旋传动与齿轮传动的组合、带传动与齿轮传动的组合等。机、电、液（气）一体化是一种技术先进的组合方式。有检测系统、控制系统的机电设备，其传动装置一般比较简单，如普通机床的进给机构是由轮系组成的进给箱，而数控机床的进给机构一般由伺服电动机、简单的齿轮传动和滚珠丝杠副组成。现代机电设备对传动部分的传动精度、运动平稳性、快速响应性、可靠性、效率等都提出了更高的要求，同时，还希望传动装置体积小、质量轻。

3. 检测与传感装置

(1) 自动检测系统的组成 自动检测系统由检测对象、传感器、测量与转换电路及显示和记录装置组成，如图 1-1 所示。

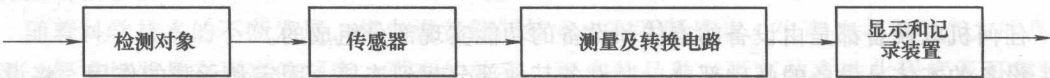


图 1-1 自动检测系统框图

其中：

检测对象——随时为传感器提供相应的物理量。

传感器——完成检测对象信息的采集，并实时监控检测对象物理量的变化。

测量与转换电路——将传感器采集的物理信息转化成电路可以识别的信号，并及时传递给显示和记录装置。

显示和记录装置——随时记录测量及转换电路所传递来的设备运行的信息。

(2) 传感器 传感器通常由敏感元件、传感元件和测量转换电路三部分组成。传感器按被测量对象分类，可分为位移、力矩、转速、振动、加速度、温度、流量、流速等传感器；按测量原理分类，可分为电阻、电容、电感、电压、光栅、热电偶、光电、超声波、光导纤维等传感器；按输入、输出特性分类，可分为线性传感器和非线性传感器；按输入信号的方式分类，有开关式、模拟式、数字式传感器。

传感器的信号转换见表 1-1。

表 1-1 传感器的信号转换

效应现象	信号转换	工 作 原 理
光电效应	光→电	PN 结部分的半导体用短波长的光照射时产生电子和空穴,并产生电动势
光电导效应	光→电阻	半导体用光照射时电阻发生变化
热电效应	温度→电	某些晶体温度升高时表面会出现电荷
压阻效应	力→电阻	外力作用在半导体或金属材料上,使材料电阻发生变化
压电效应	压力→电	介质受压力时产生极化或电位差

4. 控制系统

控制系统是现代机电设备重要的组成部分之一，主要用来处理检测与传感装置传递的信息，并能及时对机电设备相应运动参数进行调整或修改，达到预期设计的功能。机电设备中

其他部分的功能需要在控制系统的协调和控制下才能实现。如果检测与传感装置相当于人体的五官,那么控制系统就相当于人体的大脑和四肢。

在日常生活中,机电设备的控制无处不在,如电熨斗加热温度的控制、微波炉加热时间的控制、全自动洗衣机的洗衣全过程的控制、遥感卫星的控制等。由于控制对象不同,控制的要求也

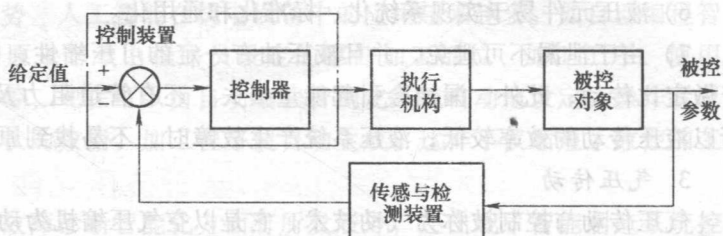


图 1-2 控制系统的基本组成

不同,因此控制装置的工作原理与结构也有很大的差别,但它们的基本组成是相同的。

(1) 控制系统的基本组成 如图 1-2 所示。

(2) 控制系统的分类

1) 按照执行机构的控制方式分类,有开环控制系统、闭环控制系统、半闭环控制系统。

2) 按照控制系统所使用的器件分类,有电器元件控制系统、电子及半导体控制系统。

二、机电设备常用传动及其特点

1. 机械传动

(1) 带传动 根据带的横截面形状,带传动可分为平带传动、V 带传动、圆带传动和同步带传动。其特点是:两中心距较远,外廓尺寸大,结构不紧凑;过载打滑,有安全保护作用;传动比不准确,效率低;传动平稳,无噪声;结构简单,成本低,安装维护方便。

(2) 链传动 链传动是由两个具有特殊齿形的链轮和一条具有挠性的闭合链条所组成的。其特点是:传动比准确,结构紧凑,承载能力大,效率高,振动和噪声大,无过载保护,但铰链易磨损,链条会伸长,易发生脱链现象。主要用于要求传动比准确且两轴相距较远的场合,目前广泛应用于农业机械、轻工机械、交通运输机械和国防工业各部门。

(3) 齿轮传动 根据齿轮轴线的相对位置关系可分为平行轴的直齿轮传动、斜齿轮传动和齿轮齿条传动、锥齿轮传动,交错轴圆柱斜齿轮传动和蜗杆传动,此外还有人字齿轮传动、行星齿轮传动等。其特点是:传动比恒定,功率大,效率高,结构紧凑,制造与安装精度要求高;但精度较低的齿轮在高速运转时会产生较大的振动噪声,且不适用于中心距较大的传动。

(4) 滚珠丝杠传动 滚珠丝杠副由螺母、丝杠、滚珠和滚珠循环装置构成,具有运动稳定、动作灵敏的特点。

2. 液压传动

液压传动是以油液为工作介质、依靠密封容器的受压油液来传递运动和压力的一种传动方式,由动力装置、执行装置、控制装置、辅助装置构成。其特点是:

1) 易于获得很大的力和力矩。

2) 易于在较大范围内实现无级变速。

3) 传动平稳,便于实现频繁换向和自动防止过载。

4) 便于采用电液联合控制以实现自动化。

5) 工件在油液中工作, 润滑好, 寿命长。

6) 液压元件易于实现系统化、标准化和通用化。

7) 由于泄漏不可避免, 并且液压油有一定的可压缩性, 因而传动比不是恒定的, 不适于做定比传动; 此外, 漏油会引起能量损失, 还有管道阻力及机械摩擦也会造成能量损失, 所以液压传动的效率较低; 液压系统产生故障时, 不易找到原因。

3. 气压传动

气压传动与控制被称为气动技术, 它是以空气压缩机为动力源, 以空气为工作介质, 进行能量传递的一门技术。气压传动系统由气源设备、执行元件、控制元件、辅助元件等组成。气压传动的特点如下。

1) 气动装置结构简单、轻便, 安装维护简单。

2) 因空气黏度小, 流动时能量损失小, 所以便于集中供应。

3) 气动动作迅速、调节容易, 不存在介质变质及补充问题。

4) 具有防火、防爆、耐潮的能力, 能适应多种恶劣的环境。

5) 由于空气具有较大的可压缩性, 因而运动平稳性较差。

6) 输出力或力矩比液压传动方式小。

7) 有较大的排气噪声。

4. 电气传动

(1) 三相异步电动机 三相异步电动机主要由定子和转子组成。定子和转子都是由表面涂有绝缘漆的硅钢片叠压而成的, 定子铁心上都装有三相对称绕组。转子绕组分为笼型和绕线转子型, 工作时转子将产生感应电流。

异步电动机的调速方法有三种, 即变极调速、变频调速和变压调速。其中变频调速方法应用越来越广泛。

(2) 同步电动机 电动机转子转速始终与定子旋转磁场的转速相同, 这类电动机称为同步电动机。同步电动机主要分为三相同步电动机和微型同步电动机两大类, 作为驱动与控制装置, 机电设备中常使用同步电动机。

(3) 伺服电动机。伺服电动机将输入信号转换成轴上的角位移或角速度输出, 在自动控制系统中通常作为执行元件使用, 又称为执行电动机。伺服电动机按使用电源的不同分为交流伺服电动机和直流伺服电动机两大类。

(4) 步进电动机 步进电动机又称为脉冲电动机, 每当输入一个脉冲时, 电动机就旋转一个固定的角度。所以, 它是一种把输入的电脉冲信号转换成机械角位移的执行元件。

三、机电设备的发展趋势

机电设备的发展趋势也就是机电一体化技术的发展趋势, 典型的机电一体化产品——数控机床的发展方向便具有代表性。

(1) 机电设备的高性能化趋势 高性能化一般包括高速度、高精度、高效率和高可靠性。为了满足“四高”的要求, 新一代数控系统采用了 32 位多 CPU 结构, 在伺服系统方面使用了超高数字信号处理器, 以达到对电动机的高速、高精度控制。为了提高加工精度, 采用高分辨率、高响应的检测传感器和各种误差补偿技术; 在提高可靠性方面, 新型数控系统

大量使用大规模和超大规模集成电路,从而减小了元器件数量和它们之间连线的焊点,以降低系统的故障率,提高可靠性。

(2) 机电设备的智能化趋势 人工智能在机电设备中的应用越来越多,如自动编程智能化系统在数控机床上的应用。原来必须由程序员设定的零件加工部位、加工工序、使用刀具、切削用量、刀具使用顺序等,现在可以由自动编程智能化系统自动地设定,操作者只需输入工件素材的形状和加工形状的数据,加工程序便自动生成。这样不仅缩短了数控加工的编程周期,而且简化了操作。

目前,除了在数控编程和故障诊断智能化方面有所发展外,还出现了智能制造系统控制器,这种控制器可以模拟专家的智能制造活动,对制造中的问题进行分析、判断、推理、构想和决策。因此,随着科学技术的进步,各种人工智能技术将普遍应用于机电设备之中。

(3) 机电设备的系统化发展趋势 由于机电一体化技术在机电设备中的应用,机电设备的构成已不再是简单的“机”和“电”,而是由机械技术、微电子技术、自动控制技术、信息技术、传感技术、软件技术构成的一个综合系统,各技术之间相互融合,彼此取长补短,其融合得越好,系统就越优化。所以,系统化发展可以使机电设备获得最佳性能。

(4) 机电设备的轻量化发展趋势 随着机电一体化技术在机电设备中广泛应用,机电设备正在向轻量化方向发展,这是因为构成机电设备的机械主体除了使用钢铁材料之外,还广泛使用复合材料和非金属材料。随着电子装置组装技术的进步,设备的总体尺寸也越来越小。

知识小结

任何机电设备都是由设备的本体和设备的功能实现部分组成的。

设备的本体是设备的基础部分,对设备其他部分起到连接、固定和承载的作用,将设备构成一个整体。传统机电设备的功能实现部分一般可以分为动力部分、传动部分、工作部分。动力部分是设备的动力来源,如机电设备中的电动机;工作部分是完成预定功能的终端部分,如普通车床的主轴、溜板,升降机的平台,洗衣机的波轮等;传动部分则是中间环节,负责把动力部分的运动和动力传递给工作部分,一般通过机械传动和液压、气压传动来实现。

机电设备由动力源、传动装置、检测与传感装置、控制系统四个部分构成。

机电设备常用的传动方式有:机械传动、液压传动、气压传动和电气传动等。

习 题

1. 机电设备由哪几部分组成?各有什么作用?
2. 常用控制电动机有哪几种类型?简述其工作原理。
3. 液压传动的主要优点有哪些?
4. 传感器由哪几部分构成?有哪些类型的传感器?
5. 机电一体化产品未来的发展趋势是什么?

模块二 液压传动与控制技术

项目一 认识液压元件

【学习目标】

知识目标

- 掌握液压传动的工作原理、力学基础和流量特性。
- 掌握液压泵的工作原理和分类。
- 掌握蓄能器的工作原理和结构。
- 识读控制阀的结构图及工作原理。

技能目标

- 会识读简单液压原理图。
- 能阐述齿轮泵的结构，在此基础上能完成齿轮泵的拆装。

【知识准备】

一、液压系统的基本知识

(一) 识别液压系统元器件

图 2-1a 所示为一种半结构式的液压系统工作原理图，虽然直观但绘制起来比较麻烦。目前我国国家标准 GB/T 786.1—2009《流体传动系统及元件图形符号和回路图 第 1 部分：用于常规用途和数据处理的图形符号》规定了液压元件的图形符号，图形符号脱离元件的具体结构，只表示元件的图形。使用这些符号可使液压系统简单明了，便于阅读、分析、设计和绘制。按照规定，液压元件的图形符号应以元件的静止位置或中间零位置来表示。当液压元件无法用图形符号表示时，仍允许采用半结构原理图表示。对于这些图形符号有以下几条基本规定：

- 1) 图形符号只表示元件的图形及连接系统的通路，不表示元件的具体结构和参数，也不表示元件在机器中的实际安装位置。
- 2) 图形符号内的液流方向用箭头表示，线段两端都有箭头的，表示流动方向可逆。
- 3) 图形符号均以元件的静止位置或中间零位置表示，当系统的动作另有说明时，可作例外。

图 2-1b 所示为用液压元件图形符号绘制的磨床工作台系统工作原理图。

如图 2-1a 所示，磨床工作台液压系统由油箱、过滤器、液压泵、溢流阀、开停阀、换向阀、液压缸以及连接这些元件的油管、接头等组成，其工作原理如下：液压泵由电动机驱动后，从油箱中吸油；油液经过滤器进入液压泵，在图 2-1a 所示状态下，通过开停阀、节流阀、换向阀进入液压缸左腔，推动活塞使工作台向右移动，同时，液压缸右腔的油经换向阀和回油管排回油箱。

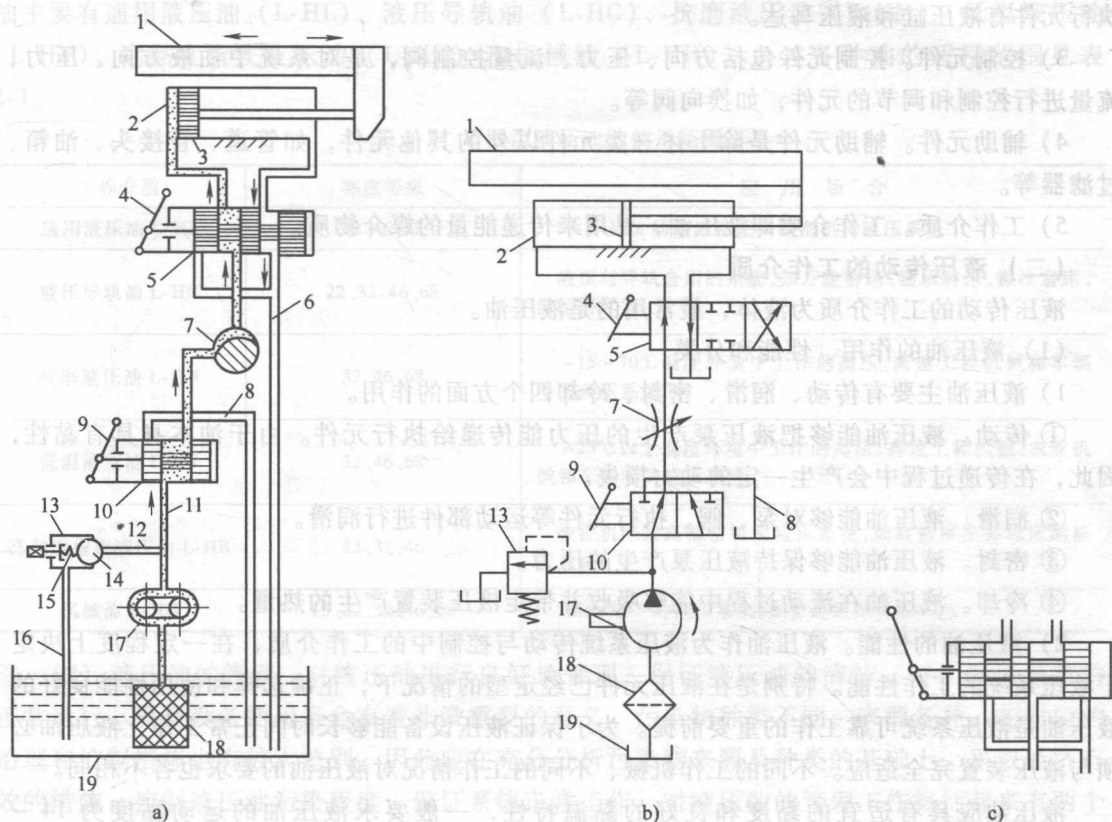


图 2-1 磨床工作台液压系统工作原理图

- 1—工作台 2—液压缸 3—活塞 4—换向手柄 5—三位四通手动换向阀
6、8、16—回油管 7—节流阀 9—开停手柄 10—开停阀 11、12—压力管
13—溢流阀 14—钢球 15—弹簧 17—液压泵 18—过滤器 19—油箱

如果将换向阀手柄转换成图 2-1c 所示状态,则压力管中的油将经过开停阀和换向阀进入液压缸右腔,推动活塞使工作台向左移动,并使液压缸左腔的油经换向阀回路油管排回油箱。

工作台的移动速度是通过节流阀来调节的。当节流阀开大时,进入液压缸的油量增多,工作台的移动速度将增大;当节流阀关小时,进入液压缸的油量减少,工作台的移动速度将减小。为了克服移动工作台时所受到的各种阻力,液压缸必须产生一个足够大的推力,这个推力是由液压缸中的油液压力产生的。要克服的阻力越大,缸中的油液压力越高;反之,压力就越低。这种现象说明了液压传动的一个基本原理——压力取决于负载。

从上述例子可以看出,液压传动是以液体作为工作介质进行工作的,一个完整的液压传动系统由以下几部分组成:

1) 动力元件。动力元件是将原动机输出的机械能转换为液体压力能的元件,其作用是向液压系统提供压力油。常用的动力元件是液压泵。

2) 执行元件。执行元件是将液体压力能转换为机械能以驱动工作机构的元件。常用的执行元件有液压缸和液压马达。

3) 控制元件。控制元件包括方向、压力、流量控制阀, 是对系统中油液方向、压力、流量进行控制和调节的元件, 如换向阀等。

4) 辅助元件。辅助元件是除上述三类元件以外的其他元件, 如管道、管接头、油箱、过滤器等。

5) 工作介质。工作介质即液压油, 是用来传递能量的媒介物质。

(二) 液压传动的工作介质

液压传动的工作介质为液体, 最常用的是液压油。

(1) 液压油的作用、性能和分类

1) 液压油主要有传动、润滑、密封、冷却四个方面的作用。

① 传动。液压油能够把液压泵产生的压力能传递给执行元件。由于油本身具有黏性, 因此, 在传递过程中会产生一定的动力损失。

② 润滑。液压油能够对泵、阀、执行元件等运动部件进行润滑。

③ 密封。液压油能够保持液压泵产生的压力。

④ 冷却。液压油在流动过程中能够吸收并带走液压装置产生的热量。

2) 液压油的性能。液压油作为液压系统传动与控制中的工作介质, 在一定程度上决定了液压系统的工作性能。特别是在液压元件已经定型的情况下, 正确选择和使用性能良好的液压油是液压系统可靠工作的重要前提。为了保证液压设备能够长时间正常工作, 液压油必须与液压装置完全适应。不同的工作机械、不同的工作情况对液压油的要求也各不相同。

液压油应具有适宜的黏度和良好的黏温特性, 一般要求液压油的运动黏度为 $14 \sim 68 \text{ mm}^2/\text{s}$ (40°C); 良好的热稳定性和氧化稳定性; 良好的抗泡沫性和空气释放性; 在高温环境下具有较高的闪点, 起防火作用, 在低温环境下具有较低的凝点。

3) 液压油的分类及选用。随着液压技术的发展, 液压油的使用条件日益复杂, 液压油的种类也日益繁多。我国制定了 GB/T 7631.2—2003《润滑剂、工业用油和相关产品 (L类) 的分类 第2部分: H组 (液压系统)》, 对液压油进行了品种分类。我国各种液压设备所采用的液压油, 按抗燃烧性可分为矿物油型 (石油基液压油) 和不燃或难燃油型 (抗燃油型)。

矿物油型液压油是由提炼后的石油制品加入各种添加剂精制而成的。这种液压油润滑性好, 腐蚀性小, 化学稳定性好, 是目前最常用的液压油, 几乎 90% 以上的液压设备都使用这种类型的液压油。为满足液压装置的特别要求, 可以在基油中配合添加剂来改善性能。液压油的添加剂主要有抗氧化剂、防锈剂、抗磨剂、消泡剂等。

不燃或难燃型液压油可分为水基液压油 (含水液压油) 和合成液压油两种。水基液压油的主要成分是水, 再加入某些具有防锈、润滑等作用的添加剂。水基液压油具有价格便宜、抗燃等优点, 但润滑性能差, 腐蚀性强, 适用温度范围小。因此, 水基液压油一般用于水压机、矿山机械和液压支架等特殊场合。合成液压油是用多种磷酸酯和添加剂经化学方法合成的, 其优点是润滑性能好、凝固点低、防火性能好; 缺点是黏温性能和低温性能差、价格昂贵、有毒。因此, 这种合成液压油一般用于钢铁厂、压铸车间、火力发电厂和飞机等有高等级防火要求的场合。目前以水作为液压传动介质的研究, 也得到了越来越多的重视。

不同种类的液压油精制的程度不同，添加剂也不同，故适用的场合也不同。石油型液压油主要有通用液压油（L-HL）、液压导轨油（L-HG）、抗磨液压油（L-HM）、低温液压油（L-HV）、高黏度指数液压油（L-HR）和机械油（L-HH）。上述各种油的适用范围见表 2-1。

表 2-1 石油型液压油的使用范围

工作介质	黏度等级	应 用 场 合
通用液压油 L-HL	32、46、68	7~14MPa 的液压系统及精密机床液压系统
液压导轨油 L-HG	22、32、46、68	液压与导轨合用的系统,如万能磨床、轴承磨床、螺纹磨床、齿轮磨床等
抗磨液压油 L-HM	32、46、68	-15~70℃ 温度环境中工作的高压、高速工程机械和车辆等的液压系统
低温液压油 L-HV	32、46、68	-25℃ 以上温度环境中工作的高压、高速工程机械、农业机械和车辆等的液压系统
高黏度指数液压油 L-HR	22、32、46	数控机床及高精精密机床液压系统,如高精度坐标镗床的液压系统
机械油 L-HH	15、22、32、46、68	7MPa 以下的液压系统,如普通机床液压系统

(2) 液压油的管理 对液压油进行良好地管理，保证液压油的清洁，对于保证设备的正常运行，提高设备使用寿命有着非常重要的意义。污染物种类不同，来源各异，相对应的治理和控制措施也有较大差别。因此应在充分分析污染物来源及种类的基础上，采取经济有效的措施，控制液压油污染程度，保证系统正常工作。对液压油的管理工作概括起来有两个方面：一是防止污染物侵入液压系统；二是把已经侵入的污染物从系统中清除出去。污染控制贯穿于液压系统的设计、制造、安装、使用、维修等各个环节。在实际工作中污染控制主要有以下几种措施。

- 1) 在使用前保持液压油清洁。液压油进厂前必须取样检验，加入油箱前应按规定进行过滤并注意加油管、加油工具及工作环境的影响。储运液压油的容器应清洁、密封，系统中漏出来的油液未经过滤不得重新加入油箱。
- 2) 做好液压元件和密封元件清洗，减少污染物侵入。所有液压元件及零件装配前应彻底清洗，特别是细管、细小不通孔及死角的铁屑、锈片和灰尘、沙粒等应清洗干净，并保持干燥。零件清洗后一般应立即装配，暂时不装配的则应妥善防护，防止二次污染。
- 3) 使液压系统在装配后、运行前保持清洁。液压元件加工和装配时要认真清洗和检验，装配后进行防锈处理。油箱、管道和接头应在去除毛刺、焊渣后进行酸洗以去除表面氧化物。液压系统装配好后应做循环冲洗并进行严格检查后再投入使用。液压系统开始使用前，还应将空气排尽。
- 4) 在工作中保持液压油清洁。液压油在工作中会受到环境的污染，所以应采用密封油箱或在通气孔上加装高效能空气过滤器，可避免外界杂质、水分和空气的侵入。控制液压油的工作温度，防止过高油温引起油液氧化变质。
- 5) 防止污染物从活塞杆伸出端侵入。液压缸活塞工作时，活塞杆在油液与大气间往返，易将大气中的污染物带入液压系统中。设置防尘密封圈是防止这种污染侵入的有效