



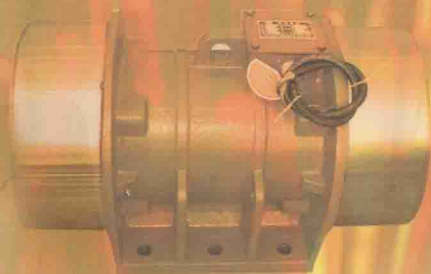
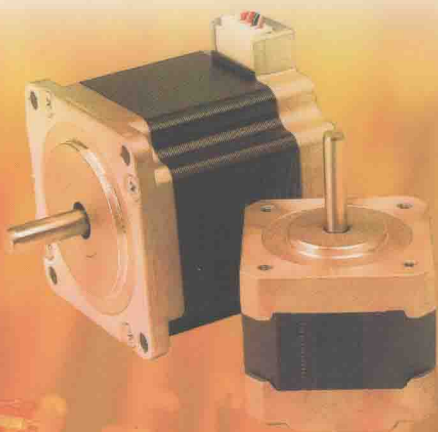
高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

# 电机与电气控制技术

葛金印 组编

汪石平 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

高等职业院校教材  
“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

# 电机与电气控制技术

Dianji yu Dianqi Kongzhi Jishu

葛金印 组编  
汪石平 主编



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一,是根据职业教育改革进程中研发制订的电气自动化技术专业人才培养方案中“电机与电气控制技术核心课程标准”,并参照相关的国家职业技能标准及有关行业的职业标准规范编写而成的。

本书主要内容包括电气控制与低压电器、变压器、交流电动机、直流电动机、常用特殊电机、电动机的基本控制电路、电气控制技术应用以及电气控制电路的维护与设计。本书以电动机为原动机,以低压电器为控制、保护器件,以典型机械电力拖动的基本控制为主线来学习、实践电机与电气控制技术的基本理论与基本技能,注重讲明道理、讲清结构、讲求实践,为学生进一步学习电气自动控制技术和将来从事相关工作打下一定基础。

本书可作为高等职业院校电气自动化技术专业的教材,也可作为机电类其他专业、相关行业岗位培训及有关人员自学等用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电机与电气控制技术/汪石平主编.--北京:高等教育出版社,2011.12  
ISBN 978-7-04-025988-9

I. ①电… II. ①汪… III. ①电机学-高等职业教育-教材②电气控制-高等职业教育-教材IV. ①TM3②TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 230278 号

策划编辑 王素霞 责任编辑 魏芳 封面设计 张楠 版式设计 马敬茹  
责任绘图 尹莉 责任校对 杨雪莲 责任印制 田甜

---

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社址	北京市西城区德外大街4号	网址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
邮政编码	100120		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
印刷	北京民族印务有限责任公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
开本	787mm×1092mm 1/16		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
印张	19.5	版次	2011年12月第1版
字数	470千字	印次	2011年12月第1次印刷
购书热线	010-58581118	定价	31.60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

物料号 25988-00

# 前 言

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一。在职业教育改革的进程中,来自高等职业院校教学工作一线的骨干教师和学科带头人通过社会调研,对劳动力市场人才进行需求分析和课题研究,在企业有关人员积极参与下研发了电气自动化技术专业人才培养方案,并制订了相关核心课程标准。本书就是根据电机与电气控制技术核心课程标准编写的。

## 一、课程性质和任务

本课程是高等职业院校电气自动化技术专业重要的应用技术课程,对培养应用型电气工程和自动化控制类高级一线人才具有十分重要的作用,也是进一步深入学习电气自动化技术及控制的重要基础。

通过本课程的学习和实践,使学生认识企业电力拖动系统如何运用电动机驱动工作机械来实现生产及工艺的基本过程和基本结构,基本熟悉组成电力拖动系统的各种电器、设备、控制电路的结构、接线、应用及工作原理,基本掌握电力拖动设备和控制系统的运行操作、安装调试、维护维修的基本技能。为学生全面提高素质,增强专业能力和继续学习打下基础。

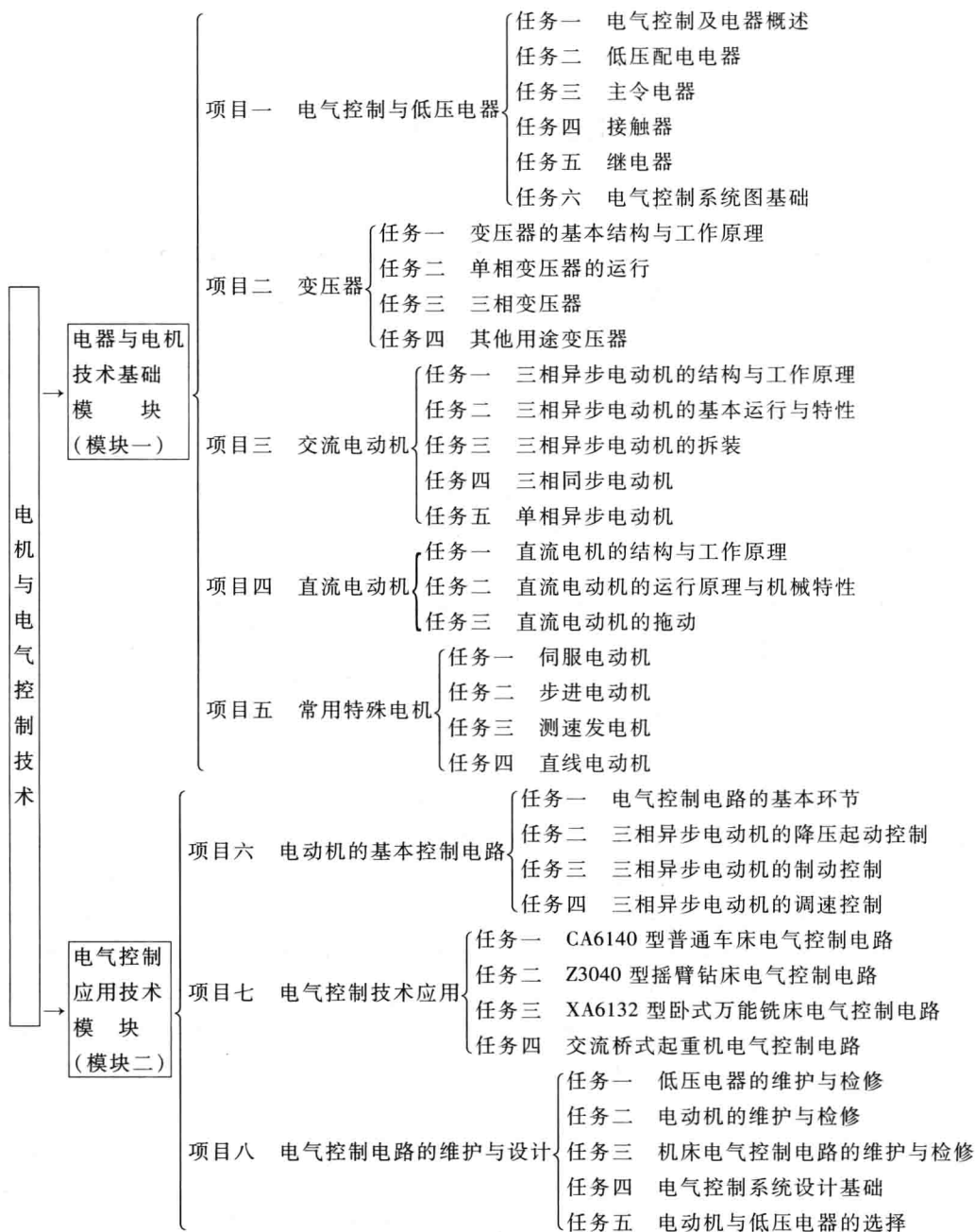
## 二、课程理念与设计思路

1. 坚持以就业为导向、以能力为本位的职教思想,坚持以工作过程为导向,以生产岗位需求为方向,理论联系实际,培养学生必要的理论基础、规范的职业技能和适应专业发展的职业素养。

2. 本课程以电动机为原动机,以低压电器为控制、保护器件,以典型机械电力拖动的基本控制为主线来学习、实践电机与电气控制技术的基本理论与基本技能。其中又以三相异步电动机拖动及其控制技术为重点,以低压电器及其组成的基本控制电路为主线,把课程分为电器与电机技术基础、电气控制应用技术两个教学模块,每个模块又按电力拖动的知识体系设置若干项目,再在各个项目中依据拖动装置的结构,组织体现相应知识和技能的各个具体任务,最后以任务来引领教学过程,通过讲练结合、学做相辅、理实一体,使学生对知识融会贯通,让学生有效地掌握电机与电气控制的知识和技能。

3. 立足于高等职业院校人才培养目标,充分体现高等职业院校教育的特点。本课程以电气控制技术应用型人才为出发点,把电机学、电力拖动基础、工厂设备电气控制等课程进行了有机整合,遵循理论够用、内容实用、学了能用、突出能力培养的原则,精简了偏深、偏多的理论性论述、实验及一些繁冗公式的演绎推导,对电机与电气控制在讲明道理、讲清结构的基础上,突出讲求实践,力求让学生对电机、电器及控制系统做到原理清楚、结构明了、学会装调、能够操作、具备应用知识解决实际问题的专业技能。

本课程的结构框图如下:



4. 本课程在内容组织形式上强调学生的主体性学习,在每个任务教学前,先提出任务目标,使学生在实施每个任务开始时就知道学习要求,然后针对各任务目标进行相关知识介绍、技能实践,最后教师启发并给出相关评价体系,让学生全过程目标明确地进行学习、实践和自我评价。

### 三、课程目标

1. 熟悉企业电力拖动系统及其电气控制结构,掌握电机与电气控制的基本知识和基本技能,具备电气控制系统图的识读、分析能力,初步具备设计一般电气原理图的能力。

2. 熟悉常用低压电器的名称、规格、图形符号、文字符号和使用的基本常识,掌握常用低压电器的基本结构、接线和工作原理。

3. 熟悉变压器与交、直流电机的基本结构和工作原理,理解其基本运行和特性。

4. 掌握交、直流电动机在电气控制系统中的应用,能正确选用交、直流电动机,并对其控制。

5. 了解特种电机结构、原理及其在电气控制系统中的应用。

6. 掌握电气控制基本环节的控制电路,基本具备分析、检测、安装、调试基本控制电路及故障分析与排除的能力。

7. 熟悉常用机床电气控制电路,初步具备常用机床电气控制电路的故障分析与维修能力。

8. 基本具备分析、安装和调试机床电气控制电路的能力,能根据机械电气原理图组织安装和调试电气控制柜(板)。

#### 四、课程教学建议

1. 学习本课程前,学生应具备电工、电子技术基础知识、电工工艺装接训练和电工识图初步能力。

2. 本课程以项目化设计为系统,以任务引领知识学习,重视专业技能培养,强调技能训练,因此希望尽量采用理论实践一体化的教学方法,要创造条件多在实验室和生产现场进行教学,让学生充分认识电力拖动及电气控制系统,熟悉系统的装置、元器件,基本掌握电力拖动及控制系统的结构、安装和操作运行。

3. 本课程突出学生的技能培养,并把技能训练分散到各项目的任务中与相关知识紧密衔接,促进理论与实践相结合。这些技能训练,教师可根据具体情况,有的安排在理论教学中进行,有的安排在相关任务后进行,有的也可安排在项目后一并进行。

4. 在教学过程中,应加强学生实际能力的培养,通过技能训练、任务的完成来提高学生的学习兴趣,激发学生的成就感,要发挥学生学习的主动性,鼓励学生自己动手、自己搜集资料,积极提出自己的建议、想法,努力培养学生主动获取知识、自主分析和解决问题的能力。在教学过程中,还要注意应用多媒体、投影等教学资源辅助教学,进一步加深学生对电力拖动系统及其控制技术的认识和理解。

5. 学时分配建议如下表所示。

项目	内容	学时		
		理论	实践	总学时
项目一	电气控制与低压电器	12	12	24
项目二	变压器	8	6	14
项目三	交流电动机	10	12	22
项目四	直流电动机	6	4	10
项目五	常用特殊电机	6	2	8
项目六	电动机的基本控制电路	10	10	20
项目七	电气控制技术应用	14	16	30
项目八	电气控制电路的维护与设计	10	10	20
机动	机动	6	6	12
总计		82	78	160

6. 本书可作为机电类其他专业教材,使用时可根据专业自身特点对实践学时数予以选择。

#### 五、考核评价建议

建议考核评价方法要注重过程考核,职业教育的特点有别于传统教育,理论实践一体化教学也有别于纯理论教学。注重过程考核能在很大程度上调动学生主动学习的积极性,可反映学生学习的实际效果,起到促进掌握知识和技能的作用。

本书共分八个项目,项目一、二由汪石平编写,项目三、六由朱臻编写,项目四、五由刘玲、闵立中编写,项目七由赵亮编写,项目八由夏云编写,全书由汪石平任主编并统稿。

本书承蒙沈雪梅女士审阅,由江苏省联合技术学院机电协作会葛金印先生最终审定,他们对书稿提出了许多宝贵的修改意见和建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错误与疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。同时,非常希望得到本书教学适用性的反馈意见,以便不断改进与完善。

编者

2011年6月

# 目 录

<b>项目一 电气控制与低压电器</b> .....	1	任务一 伺服电动机	167
任务一 电气控制及电器概述	1	任务二 步进电动机	173
任务二 低压配电电器	10	任务三 测速发电机	179
任务三 主令电器	26	任务四 直线电动机	183
任务四 接触器	35	练习与思考题	185
任务五 继电器	42	<b>项目六 电动机的基本控制电路</b> .....	187
任务六 电气控制系统图基础	59	任务一 电气控制电路的基本环节	187
练习与思考题	66	任务二 三相异步电动机的降压起动控制	198
<b>项目二 变压器</b> .....	68	任务三 三相异步电动机的制动控制	204
任务一 变压器的基本结构与工作原理	68	任务四 三相异步电动机的调速控制	214
任务二 单相变压器的运行	77	练习与思考题	223
任务三 三相变压器	86	<b>项目七 电气控制技术应用</b> .....	225
任务四 其他用途变压器	95	任务一 CA6140 型普通车床电气控制电路	225
练习与思考题	100	任务二 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路	232
<b>项目三 交流电动机</b> .....	102	任务三 XA6132 型卧式万能铣床电气控制电路	242
任务一 三相异步电动机的结构与工作原理	102	任务四 交流桥式起重机电气控制电路	254
任务二 三相异步电动机的基本运行与特性	111	练习与思考题	260
任务三 三相异步电动机的拆装	123	<b>项目八 电气控制电路的维护与设计</b> .....	261
任务四 三相同步电动机	130	任务一 低压电器的维护与检修	261
任务五 单相异步电动机	133	任务二 电动机的维护与检修	269
练习与思考题	140	任务三 机床电气控制电路的维护与检修	274
<b>项目四 直流电动机</b> .....	141	任务四 电气控制系统设计基础	279
任务一 直流电机的结构与工作原理	141	任务五 电动机与低压电器的选择	291
任务二 直流电动机的运行原理与机械特性	150	练习与思考题	297
任务三 直流电动机的拖动	155		
练习与思考题	166		
<b>项目五 常用特殊电机</b> .....	167		



附录 .....	299	附录二 电气安装基本步骤和	
附录一 低压电器触点类别代号及其		工艺规范 .....	299
对应的用途 .....	299	参考文献 .....	301

## 电气控制与低压电器

---

电气控制是工业自动化的重要平台,是经济现代化发展的必由之路,低压电器是组成电气控制系统的基本器件,因此学习并掌握这些知识十分重要。本项目主要通过介绍电气控制概况和常用低压电器的功能、结构、原理、符号、型号、使用及由其组成的电气控制原理图的初步识读等知识,让学生对电气控制有一个宏观认识,熟悉并能正确选用、维护低压电器,学会识读电气控制系统图的基本方法,为后续项目的学习打好基础。

### 任务一 电气控制及电器概述

任务目标:

- 
1. 理解电气控制概念,认识电力拖动系统的组成,了解电力拖动系统的发展历程。
  2. 知道低压电器的分类、作用和主要技术参数,掌握电磁式低压电器的基本结构和工作原理。
  3. 了解电力拖动系统的实际布局 and 结构。
- 

#### 一、电机与电气控制概述

##### (一) 电机

电能是能量的一种形式,与其他形式的能量相比,电能具有生产转换经济、输送分配容易、使用控制方便等比较明显的优越性,尤为可贵之处是电能使用不会产生有毒有害物质,不会污染环境,因此,电能作为一种洁净绿色的能源在工农业生产和国民经济建设中愈发显得重要。

电机是一种将电能与机械能相互转换的电磁机械装置,自奥斯特、安培、法拉第相继发现电流磁效应、安培定则及电磁感应定律后,就出现了电机的雏形并迅速获得发展和应用。电机一般有三种应用形式,第一种把机械能转换为电能,称为发电机,它通过不同途径先把各类一次能源蕴藏的能量转换为机械能,然后由发电机把机械能转换为电能,再经输电网络送往各地、各处。

第二种是变压器,这是一种静止的电机,它把发电机生产的电能按人们的要求实施经济的输送,传递至各地、各工矿企业、家庭等各种用电场所,合理地进行分配以供用户使用,变压器是电力网络中重要的电气设备。第三种把电能转换为机械能,称为电动机,它用来驱动各种用途的生产机械和其他装置以满足其对不同动力的要求。电动机将电能转换成机械能的效率高、运行经济、易于操作、便于控制,而且可以根据不同要求制造成各种类型和形式,可充分满足各种不同类型生产机械的需求,目前已成为使用最为普遍的原动机。

电机与国家的经济建设和人们的生活息息相关,在工业、农业、军事等各行业乃至家庭中的应用已极为广泛。电机的种类繁多、型号各异,要想进一步认识、使用、掌握电机,就必须对电机进行必要的分类。

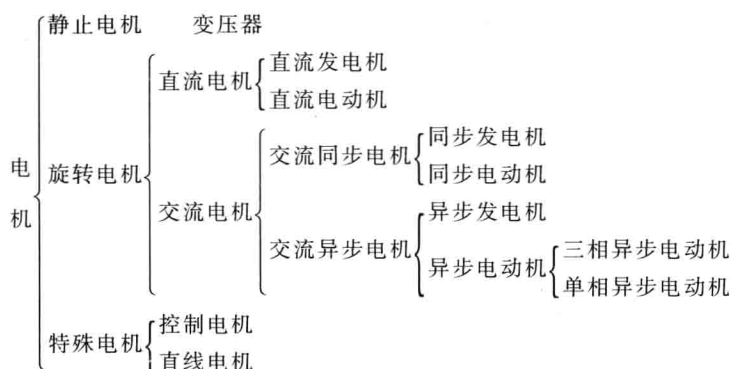
从能量转换的角度分类,电机可分为:

- ① 发电机,将机械能转换成电能的电气设备。
- ② 变压器,对电能进行输送、分配的电气设备。
- ③ 电动机,将电能转换成机械能的电气设备。
- ④ 控制电机,主要用于信号传递和变换的特殊性能电机,根据控制需要可将电能转换成机械能,也可将机械能转换成电能。

按电机的结构和运动方式分类,电机又可分为静止电机、旋转电机和直线电机等。

- ① 静止电机,变压器就是一种静止的电机。
- ② 旋转电机,根据使用电源种类的不同又可分为交流电机和直流电机两类,其中:
  - a. 直流电机,又分为直流发电机和直流电动机。
  - b. 交流电机,又分为交流同步电机,包括同步发电机和同步电动机;交流异步电机,包括异步发电机和异步电动机,异步电动机又包括三相异步电动机和单相异步电动机。
- ③ 直线电机,一种把电能转换成被控机械直线运动的特殊电机,又可分为直线异步电机、直线同步电机、直线直流电动机和其他直线电动机等。

综上所述,电机分类大致可归纳为:



## (二) 电气控制

### 1. 电力拖动系统

在国民经济各部门中广泛地使用着各种各样的生产机械,这些生产机械在工作过程中,为了实现各种工艺流程都需要有原动机对其实施驱动、控制。由于电动机所具有的优越性,早在19世纪末期,它就逐渐替代了蒸汽机等其他原动机。这种用电动机拖动、控制机械设备的生产方式

称为电力拖动,而实现电力拖动,完成生产工艺过程及其各种控制要求的装置系统就称为电力拖动系统。电力拖动系统是电气控制的重要组成部分,按照电动机分类,又分为直流电力拖动系统和交流电力拖动系统。整个电力拖动系统包括电动机、控制设备、传动机构、工作机械和电源等基本环节,其相互关系如图 1-1 所示。

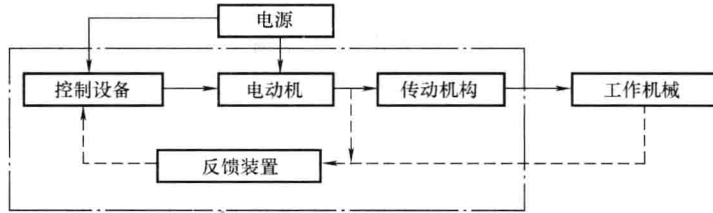


图 1-1 电力拖动系统

其中,电动机将电能转换成机械能,称为系统的驱动装置;传动机构用于传递动力,并实现运转方式和运转速度的转换,满足不同工作机械的需求;工作机械是执行某一生产任务的机械设备,是电力拖动的对象;控制设备由各种低压电器、控制电机、电子元件、控制计算机等组成,用以控制电动机,从而拖动工作机械按设定的工作方式运行,完成规定的生产任务;电源向电动机和控制设备供电,是电力拖动系统中不可缺少的组成部分。

此外,电力拖动系统为提高控制水平,还采用反馈装置,并按有无反馈装置分为闭环电力拖动系统和开环电力拖动系统。

## 2. 电力拖动系统的演变

电力拖动系统开始是由一台电动机拖动一台生产机械的系统,称为单电动机拖动。由于生产技术的发展,又制造出了各种复杂机械设备,在一台生产机械上就具有多个工作机构同时运动的形式,这时如果仍由一台电动机拖动,则生产机械内部的传动机构就会变得异常复杂,因此出现了多电动机拖动系统,即一台生产机械中的每一个工作机构分别由一台电动机拖动,这样不仅大大简化了生产机械的机械结构,而且可以使每一工作机构各自采用最合理的运动速度,从而进一步提高生产率。多电动机拖动目前仍是现代机械最基本的拖动方式,较大型的生产机械(如龙门刨床、摇臂钻床、铣床等)都是采用多电动机拖动系统。

随着生产的不断发展,对电力拖动系统又提出更高、更新的要求,如要求提高加工的精度和工作的速度,要求快速启动、制动和逆转,要求实现很宽范围内的调速及整个生产过程的自动化等,要满足这些要求,就需要有一整套自动控制设备组成自动化的电力拖动系统。现在这些自动化的电力拖动系统随着自动控制理论的发展、半导体器件和电力电子技术的采用以及数控技术和计算机技术的发展与应用,正在不断地发展、深化、完善和提高。

当前实现各种运行、控制的特殊电机不断发展,电力拖动的优越性日益彰显,它启动、制动、反转、调速等控制简便,高效快捷;可实现拖动系统各参数的检测、信号的变换与传送;可满足各种类型生产机械的运作需求。所以,电力拖动已成为当今各行业电气控制自动化的基础。

## 3. 电力拖动自动化控制的发展

随着科学技术的进步,电力拖动的控制也经历了一个从低级到高级的演变过程,其控制方式由手动控制正逐步向全自动化控制方向发展。

最初采用一些手动电器(如刀开关、控制器等)来控制执行电器。这种以手动为主的控制方式仅适合那些容量小、动作单一、不需要频繁操作的场合。

最早的自动控制是20世纪30年代出现的继电器控制,它可以实现对控制对象的起动、停止、调速、自动循环以及保护等控制。它所使用的控制器件结构简单、价格低廉、控制方式直观、易掌握、工作可靠、易维护,因此在机床控制中得到长期、广泛的应用,至今仍是许多生产机械广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。但它的缺点是体积大、功耗大、控制速度慢,不能满足工艺程序经常变动、控制要求比较复杂的系统的需求,在控制程度复杂时可靠性低。

为适应复杂的和程序可变的控制对象的需要,20世纪60年代出现了顺序控制器。它是继电器和半导体元件综合应用的控制装置,具有操作程序可变、工作可靠性高、使用维护方便等特点,它能根据生产需要,通过编码、逻辑组合,灵活地改变控制程序,实现程序经常变动的控制要求,使控制系统具有较大的灵活性和通用性,因此广泛应用于组合机床、自动生产线上。

随着计算机技术的发展,20世纪70年代又出现了用软件手段来实现各种控制功能,以微处理器为核心的可编程控制器(PLC)。PLC将传统的继电器控制技术、计算机控制技术和通信技术融为一体,控制功能更趋完善,其设计以工业控制为目标,具备结构简单、编程容易、抗干扰性强、工作可靠、通用性强等一系列优点,而且研制和装配成生产系统的过程十分快捷,具有较强的工作环境适应性,因此它一问世即以强大的生命力迅速地占领着传统的控制领域。

数控机床用计算机按预先编制好的程序,对机床进行自动化的数字控制,是电气控制自动化发展的又一个重要方面。数控机床集高效率、高精度、高柔性于一身,成为当今机床自动化的理想形式。数控机床也随着微型计算机的发展获得了迅速发展,先后产生了由硬件逻辑电路组成的专用数控装置NC、小型计算机控制系统MNC,近年来又出现了柔性制造系统FMS,最新还发展起来一种以数控机床为基本单元的计算机集成制造系统CIMS,可用以实现无人自动化工厂。

## 二、低压电器概述

“电机与电气控制技术”对培养应用型电气工程及自动化控制人才起着十分重要的作用。它既是一门很实际的专业课,又是一门进一步学习自动控制技术的专业基础课。因此本书以三相异步电动机控制及其电力拖动技术为重点,以继电器、接触器等低压电器控制电路的基本环节为主线,介绍传统的、目前仍广泛使用的典型机械的电气控制技术。

首先介绍组成机械设备电气控制系统的低压电器。凡是经手动或自动切断或接通电路,以及实现对电路中被控制对象进行调节、变换、检测、保护的基本元件统称为电器,按工作电压的高低,电器可分为高压电器和低压电器两大类,本书主要介绍低压电器的概况,因为它是电机与电气控制系统的基本组成元件。

### (一) 低压电器的功用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变电路的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。因此低压电器具有以下作用:

- ① 控制作用 如控制设备的起动、停止和速度的快、慢的切换等。
- ② 保护作用 根据设备特点对设备、环境、人身实行自动保护,如短路、过载、漏电保护等。

③ 测量作用 利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网参数或其他非电参数进行测量,如电压、电流、功率、频率、转速、温度等。

④ 调节作用 低压电器可对一些电气量和非电气量进行调节,以满足用户的要求。

⑤ 指示作用 利用低压电器的控制、保护等功能,检测和显示电路、设备运行状况等。

⑥ 转换作用 在用电设备间进行转换或使低压电器、控制线路分时投入运行以实现功能切换。

当然,低压电器的作用远不止这些,随着科学技术的发展,新功能、新设备会不断出现。

## (二) 常用低压电器的分类

高压电器是用于交流电压 1 200 V、直流电压 1 500 V 及以上电路的电器,如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

低压电器是用于交流 50 Hz(或 60 Hz)、额定电压 1 200 V 以下,直流额定电压 1 500 V 以下的电路的电器,如接触器、继电器等。

低压电器种类繁多,功能多样,用途广泛,结构各异,下面介绍几种常用的低压电器分类。

### 1. 按操作方式分类

① 手动电器 用手或依靠机械力进行操作的电器,如手动开关、控制按钮、行程开关等。

② 自动电器 借助于电磁力或某个物理量的变化自动进行操作的电器,如接触器、各种类型的继电器、电磁阀等。

### 2. 按用途分类

① 控制电器 用于各种控制电路及系统的电器,如接触器、继电器、电动机起动器等。

② 主令电器 用于自动控制系统中发送动作指令的电器,如按钮、行程开关等。

③ 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器,如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

④ 执行电器 用于完成某种动作或传动功能的电器,如电磁铁、电磁离合器等。

⑤ 配电电器 用于电能的承载、输送和分配的电器,如低压断路器、刀开关、熔断器等。

### 3. 按工作原理分类

① 电磁式电器 依据电磁感应原理工作的电器,如接触器、各种类型的电磁式继电器等。

② 非电量控制电器 依靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器,如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、温度继电器等。

### 4. 按电器执行功能分类

① 有触点电器 电器通断电路的执行功能由触点来实现。

② 无触点电器 电器通断电路的执行功能根据输出信号的逻辑电平来实现。

③ 混合电器 有触点和无触点结合的电器。

## (三) 低压电器的应用与额定工作制

### 1. 低压电器的应用

低压电器在低压配电电路或动力装置中主要用于对电路或设备进行保护、控制以及通断、转换电源负载。在电力拖动系统中,低压电器是构成机械设备自动化的主要控制器件和保护器件。图 1-2 为某机床电气控制柜照片,其中包含了众多低压电器、控制变压器和接线端子板,用来对动力电路和电动机有效地进行通断、控制、保护、调节等,以保证电力拖动系统安全、可靠地操作

和运行。

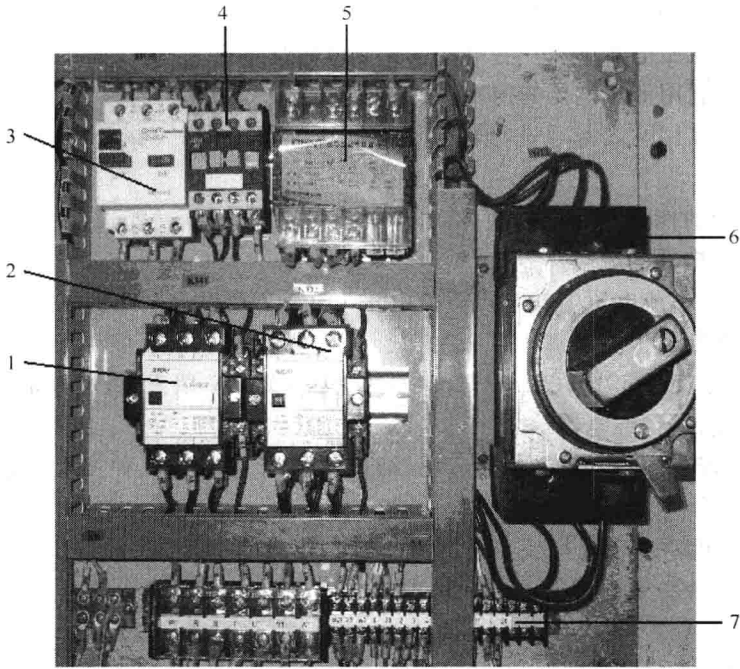


图 1-2 某机床电气控制柜照片

1,2—接触器;3,6—低压断路器;4—继电器;5—控制变压器;7—端子板(排)

## 2. 低压电器额定工作制

低压电器的额定工作制是其所承受一系列运行条件的分类,它必须与使用场合的工作制相一致,正常情况下,低压电器的额定工作制有:

① 8 小时工作制:电器的导电电路通过一稳定电流,通电时间足够长以达到热平衡,但超过 8 小时必须分断。

② 长期工作制:没有空载时间的工作制。电器的载流回路通以稳定电流,通电时间可超过 8 小时不分断,并且不会超过电器本身所允许的温升。

③ 短期工作制:有载时间与空载时间相互交替,且有载时间比空载时间短的工作制。其通电时间不足以使电器达到热平衡,而两次通电时间间隔却足以使电器温度恢复到等于环境温度。

④ 断续周期工作制:有载时间与空载时间循环交替,且有一定比值的工作制。由于循环周期很短,电器不能达到热平衡。

## 三、电磁式低压电器基本结构

很多低压电器都是电磁式电器,利用电磁现象来工作,它的结构如图 1-3 所示。当线圈 1 通电后,在铁心 2 中产生磁通,因此产生吸力吸引衔铁 3 向下运动,使动触点 5 动作改变其与静触点的接触状态,以接通或断开电路。当线圈 1 失电后,衔铁 3 在弹簧 4 的作用下恢复到线圈通电前的状况,触点系统回归原位,电路也恢复原状。由此可见,电磁式低压电器主要是由电磁机

构和触点系统组成的。

低压电器一般由感受部件和执行部件两个基本部分组成。感受部件能感受外部信号并做出相应的反应,进行自动切换,由电磁机构组成。执行部件根据指令,执行电路的接通和切断等任务,由触点系统(含灭弧装置)组成。对于自动开关类的电器还有中间传递结构,用以把感受部件和执行部件有机联系起来,使它们协调一致,按一定规律动作。

下面对电磁机构和触点系统及灭弧装置再作进一步分析。

### (一) 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的感受部件,电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量,将电磁机构中吸引线圈的电流转换成电磁力,带动触点动作,完成通断电路的控制作用。

电磁机构由铁心、衔铁和线圈三个基本部分组成,常用的电磁机构如图 1-4 所示。常用电磁机构按磁路形状可分为 U 形拍合式(如图 1-4(a)、(c)、(d)所示)和 E 形拍合式(如图 1-4(b)、(e)所示)两种形式;按衔铁的运动方式可分为衔铁直线运动式(如图 1-4(a)、(b)、(c)所示),即衔铁 1 在线圈 3 内作直线运动,一般用于中、小容量交流低压电器,以及衔铁绕轴转动拍合式(如图 1-4(d)所示)和衔铁绕棱角转动拍合式(如图 1-4(e)所示)。

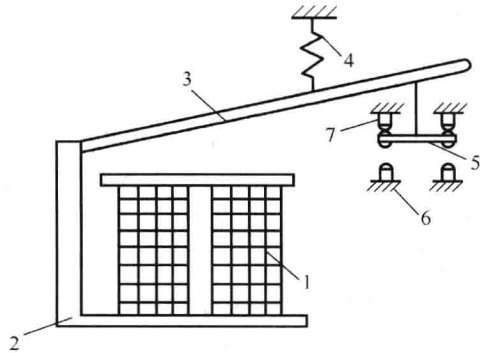


图 1-3 电磁式低压电器结构示意图

1—线圈;2—铁心;3—衔铁;4—弹簧;5—动触点;  
6—动合静触点;7—动断静触点

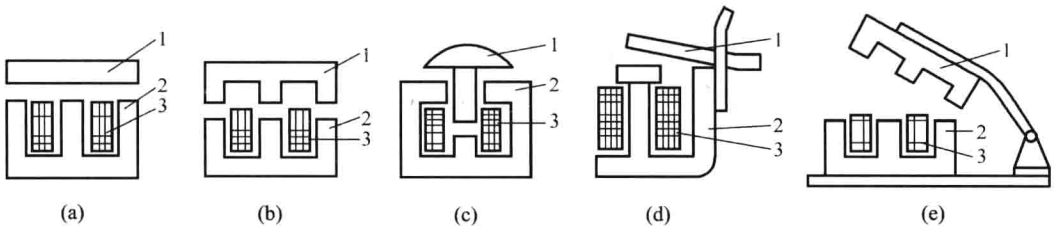


图 1-4 常用的电磁机构

1—衔铁;2—铁心;3—线圈

交流低压电器在运行过程中,线圈中通入的交流电在铁心中产生交变磁通,因而铁心与衔铁间的吸力是变化的。这会使衔铁产生振动,发出噪声,更主要的是会影响触点的闭合。为消除这一现象,在交流低压电器铁心柱的端面上开槽,槽内嵌装短路铜环 4,如图 1-5 所示。加装短路铜环 4 后,当线圈 3 通以交流电时,线圈电流  $I_1$  产生磁通  $\Phi_1$ ,  $\Phi_1$  的一部分穿过短路铜环 4,环中感应出电流  $I_2$ ,  $I_2$  又会产生一个交变磁通  $\Phi_2$ ,两个磁通的相位不同,因而  $\Phi_1$ 、 $\Phi_2$  不会同时过零,只要设计合理,两相磁通产生的合成电磁力只要大于弹簧反力,就能保证静铁心 2 与衔铁 1 在任何时刻都可靠吸合,这样就消除了振动和噪声。

### (二) 触点系统及灭弧装置

#### 1. 触点系统



触点是电器的执行部分,触点系统通过动触点和静触点的分、合作用来接通或分断电路,因此要求触点具有良好的接触性能,其导电性能和使用寿命将是考虑的主要因素。电流容量较小的电器(如接触器、继电器)常采用银质材料作为触点,这是因为银的氧化膜电阻率与纯银相似,可以避免触点表面氧化膜电阻率增加而造成接触不良。触点按其原始状态可分为动合触点和动断触点。原始状态是指电磁式低压电器的电磁线圈未通电的状态,此时触点是断开的称为动合触点,此时触点是闭合的称为动断触点。当然,电磁线圈通电,电磁机构动作后,动合触点将闭合,动断触点将断开。电磁线圈断电后,电磁机构释放,所有触点将恢复原始状态。

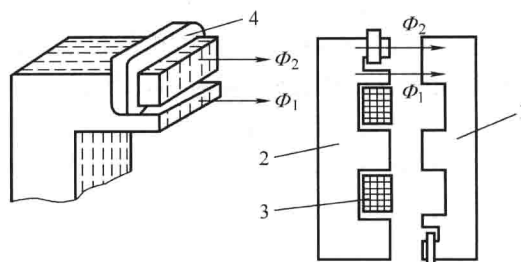
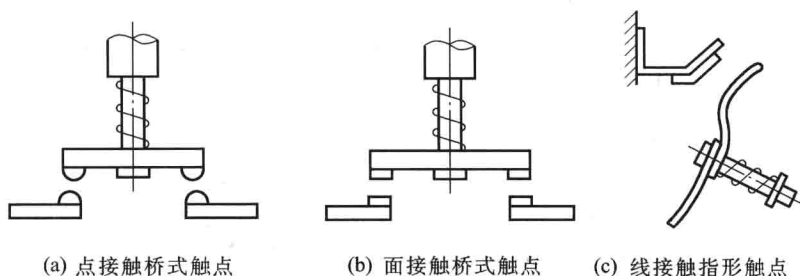


图 1-5 交流低压电器的短路铜环

1—衔铁(动铁心);2—静铁心;3—线圈;4—短路铜环

按触点控制的电路可将触点分为主触点和辅助触点。主触点用于接通和断开主电路,允许通过较大电流,辅助触点用于接通和断开控制电路,只能通过较小的电流。触点主要有桥式触点和指形触点两种结构形式,如图 1-6 所示。



(a) 点接触桥式触点

(b) 面接触桥式触点

(c) 线接触指形触点

图 1-6 触点的结构形式

桥式触点在通断电路时由两个触点共同完成,有利于灭弧,桥式触点有点接触和面接触两种接触形式。指形触点在通断电路时能沿静触点滚动并产生滚动摩擦,这样能去掉触点表面氧化膜,有利于减小接触电阻,指形触点一般采用线接触形式。

## 2. 灭弧装置

在大气中分断电路时,如果触点之间的电压达 12 ~ 20 V、电流达 0.25 ~ 1 A,触点间隙内就会产生电弧。电弧实际上是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象,此时触点间隙中绝缘的气体变成了导体,在强电场作用下,气体被游离产生大量的电子和离子,电子和离子做定向移动形成电流,电流通过这个游离区时,电能转换为热能和光能,产生高温并发出强光,使触点烧蚀,并使电路的切断时间延长,甚至不能断开,造成严重事故。为此,必须采取灭弧措施,快速并可靠地熄灭电弧。灭弧的主要措施和常用方法(如图 1-7 所示)有以下几种。

① 拉长电弧:依靠触点的分开拉长电弧,使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭,如图 1-7(a)、(b)所示。图中  $v_1$  为动触点移动速度, $v_2$  为电弧在磁场力作用下移动速度。