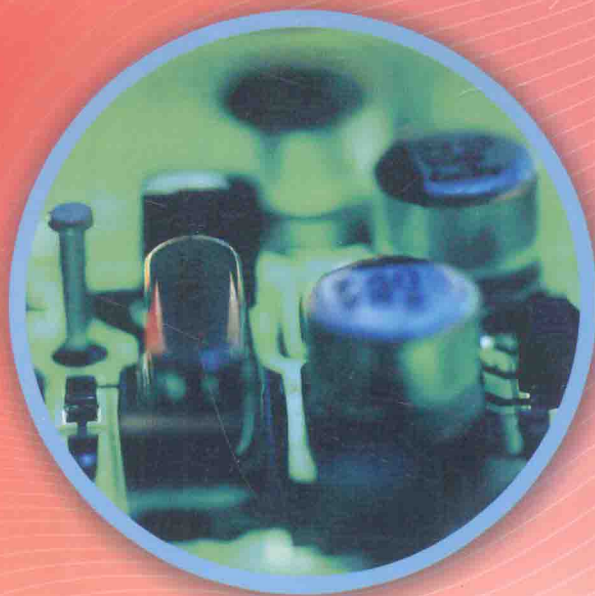


高等学校 **电气工程及其自动化专业** 应用型本科系列规划教材

电气控制与PLC应用技术

DIANQI KONGZHI YU PLC YINGYONG JISHU

主 编 郭利霞 李正中 陈龙灿
主 审 胡文金



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

电气控制与 PLC 应用技术

主 编	郭利霞	李正中	陈龙灿	
副主编	罗 平	高国芳	马冬梅	晁晓洁
参 编	罗 好	李光平	赵 悦	
主 审	胡文金			

重庆大学出版社

内容简介

全书共分为十章,内容涵盖了电气控制和 PLC 应用技术两部分内容。前一部分主要介绍常用低压电器的基本类型、工作原理、主要用途以及由低压电器构成的典型电气控制系统;后一部分以西门子 S7-200 系列 PLC 为例介绍了 PLC 的原理、控制技术以及 PLC 应用系统的设计方法。为了便于学习和教学,书中安排了大量的实例,每章之后还附有适量的习题,便于读者学习和掌握本章的内容。

本书可作为高等院校本科自动化、电气工程及其自动化专业及相近专业的教材,也可作为电气、机电等领域的工程技术人员的参考书或培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 应用技术/郭利霞,李正中,陈龙灿主编. —重庆:
重庆大学出版社,2015.1

高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材

ISBN 978-7-5624-8726-5

I. ①电… II. ①郭…②李…③陈… III. ①电气控制—高等学校—
教材②plc 技术—高等学校—教材 IV. ①TM571.2
②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 280393 号

电气控制与 PLC 应用技术

主 编 郭利霞 李正中 陈龙灿
副主编 罗 平 高国芳 马冬梅 晁晓洁
参 编 罗 妤 李光平 赵 悦
主 审 胡文金

策划编辑:曾令维

责任编辑:文 鹏 版式设计:曾令维

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址: <http://www.cqup.com.cn>

邮箱: fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆五环印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:24.25 字数:605 千

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-8726-5 定价:42.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

电气控制与 PLC 应用技术是普通高等院校电类专业最重要的专业基础课程之一。随着科学技术的不断发展,电气控制与 PLC 应用技术在机械制造、冶金、化工、电力、建筑、交通运输等领域的应用越来越广泛。PLC 源于电气控制,是在电子技术、计算机技术、自动控制技术和通信技术发展的基础上产生的一种新型工业自动控制装置,具有工作可靠、功能丰富、使用方便、经济合算等一系列优点,不仅可以用于开关量控制、运动控制、过程控制,还可以用于联网通信。目前,PLC 技术已成为现代工业控制的重要支柱之一。

本书立足于应用型本科教育的教学需求,从实际工程应用出发,以电气控制技术和西门子 S7-200 系列 PLC 为背景,遵循“结合工程实际,突出技术应用”的编写思想,精选内容、突出应用、培养能力,充分体现教材的科学性、实用性和可操作性。

全书内容分为两部分,共 10 章。前两章主要介绍了常用低压电器以及常用的新型低压电器的基本类型、工作原理、用途、选用规则、图形和文字符号,以及电气控制线路的基本环节、典型机床电气控制线路分析。后 8 章介绍了 PLC 应用技术,选择了以西门子 S7-200 系列 PLC 为例,详述了 PLC 的工作原理,西门子 S7-200 系列 PLC 的硬件配置、指令系统,在此基础上结合工程实际,介绍了 PLC 模拟量信号的采集和控制方法,PLC 的通信及应用以及典型工程应用实例。

此外,本书在内容阐述上力求简明扼要、层次清楚、图文并茂、通俗易懂;在结构上遵循秩序渐进、由浅入深的原则;实例的选择上强调实用性、可操作性和可选择性。

本书由重庆科技学院郭利霞、李正中和重庆邮电大学移通学院陈龙灿主编,重庆大学城市科技学院罗平、重庆科技学院高国芳、重庆邮电大学移通学院马冬梅和晁晓洁任副主编,重庆科技学院罗好、南宁学院李光平和成都大学赵悦参加编写。全书由郭利霞完成统稿工作,全书由胡文金教授主审,并提出了许多好的建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免出现错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 低压电器基本知识	2
1.2 配电电器	9
1.3 控制电器	18
1.4 继电器	25
1.5 新型智能低压电器	32
本章小结	36
习题	36
第 2 章 基本电气控制系统	38
2.1 电气图基础知识	39
2.2 电动机直接启动控制	45
2.3 电动机降压启动控制	51
2.4 异步电动机的制动控制	57
2.5 异步电动机的调速控制	61
2.6 典型设备电气控制电路分析	67
本章小结	78
习题	78
第 3 章 可编程控制器概述	80
3.1 可编程控制器的发展历程	80
3.2 可编程控制器的性能特点与分类	84
3.3 可编程控制器的基本结构与工作原理	91
3.4 PLC 与其他典型控制系统的比较	96
本章小结	99
习题	100
第 4 章 S7-200 系列 PLC 的硬件技术	101
4.1 S7-200 PLC 的硬件构成	101
4.2 S7-200 PLC 的系统配置	110
本章小结	113
习题	114

第 5 章 STEP7-Micro/WIN 编程软件的使用	115
5.1 编程软件的安装	115
5.2 编程软件的功能介绍	118
5.3 编程软件的使用	125
本章小结	134
习题	135
第 6 章 S7-200 PLC 的指令系统与编程	136
6.1 S7-200 PLC 编程基础	136
6.2 S7-200 PLC 基本逻辑指令及编程	148
6.3 S7-200 PLC 的功能指令	172
6.4 其他功能指令及其应用	213
本章小结	226
习题	227
第 7 章 顺序控制	229
7.1 顺序控制概述	229
7.2 顺序控制指令	231
7.3 顺序控制功能图的结构形式	234
7.4 顺序控制指令应用举例	238
本章小结	245
习题	246
第 8 章 S7-200 PLC 的数据采集与回路控制	247
8.1 S7-200 PLC 的模拟量模块	247
8.2 S7-200 PLC 的数据采集应用举例	260
8.3 S7-200 PLC 的回路控制	267
本章小结	280
习题	280
第 9 章 S7-200 PLC 的网络通信及其应用	281
9.1 PLC 数据通信基础知识	281
9.2 S7-200 PLC 的网络通信协议及指令	287
9.3 PPI 通信应用举例	295
9.4 MPI 通信及其应用	304

9.5 自由口通信及其应用	312
9.6 PROFIBUS-DP 通信及应用	320
本章小结	327
习题	328
 第 10 章 PLC 的工程应用实例	329
10.1 PLC 在步进电机控制系统中的应用	329
10.2 PLC 在砂处理生产线上的应用	337
10.3 PLC 在生产过程联锁报警控制中的应用	342
10.4 变频恒压供水控制系统	345
 附录	355
附录 A 低压电器产品型号编制方法	355
附录 B 电气简图用图形及文字符号一览表	357
附录 C S7-200 的 SIMATIC 指令集简表	360
附录 D 特殊存储器(SM)标志位	366
附录 E S7-200 的错误代码	374
 参考文献	377

第 1 章

常用低压电器

【知识要点】

电器的定义、分类、表示方法;电磁式低压电器的结构和工作原理;开关电器、熔断器、主令电器、继电器、接触器及其他新型智能电器的符号、作用、结构、工作原理、技术指标及选用方法。

【学习目标】

了解电气控制技术的发展概况;了解电磁式电器的结构与原理;了解开关电器、熔断器及接触器、热继电器、主令电器、控制电器与保护电器的构造、原理及其符号应用;掌握这几种电器的动作原理和文字符号和图形符号;了解其技术参数,掌握选用方法;能识别电磁式电器和其他类型的电器。

【本章讨论的问题】

1. 什么叫低压电器,低压电器有哪些分类方式? 常用低压电器用途和表示方法如何?
2. 电磁式低压电器由哪几部分构成,它们是如何工作的?
3. 常用低压电器中哪些是低压配电电器,它们的符号怎么表示? 它们是怎样工作的? 在电路中有何作用? 我们该如何去选用它们?
4. 常用低压电器中哪些是控制电器,它们的符号怎么表示? 它们是怎样工作的? 在电路中有何作用? 我们该如何去选用它们?
5. 常用的继电器有哪些类型,它们的符号怎么表示? 它们是怎样工作的? 在电路中有何作用? 我们该如何去选用它们?
6. 什么叫新型智能继电器? 有何特点?

电器是能够根据外部信息,自动或手动接通或断开局部或全部电路,以达到改变电路的参数和状态,实现人们对控制对象的控制、保护、调节及传递信息所使用的电气装置。电气控制技术是应用电气设备(包括电器)对生产机械实现控制的一种电气自动化技术。本章主要介绍常用低压电器的结构和工作原理,以便于正确选择和使用。

1.1 低压电器基本知识

1.1.1 低压电器概述

低压电器是指使用在交流额定电压 1 200 V、直流额定电压 1 500 V 及以下的电路中,根据外界施加的信号和要求,通过手动或自动方式,断续或连续地改变电路参数,以实现对电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电器。

低压电器广泛应用于工业、农业、交通、国防以及人们日常生活中。低压电的输送、分配和保护是依靠刀开关、自动开关以及熔断器等低压电器来实现的,而低压电力的使用则是将电能转换为其他能量,其过程中的控制、调节和保护都是依靠各类接触器和继电器等低压电器来完成的。无论是低压供电系统还是控制生产过程的电力拖动控制系统,均是由用途不同的各类低压电器所组成。

(1) 低压电器的分类

低压电器种类繁多,按其结构用途及所控制的对象不同,可以有不同的分类方式,常用的有以下三种分类方式。

1) 按用途和控制对象不同,可将低压电器分为配电电器和控制电器

①用于低压电力网的配电电器。这类电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是断流能力强,限流效果在系统发生故障时保护动作准确,工作可靠;有足够的热稳定性和动稳定性。

②用于电力拖动及自动控制系统的控制电器。这类电器包括接触器、启动器和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高、寿命长,有相应的转换能力。

2) 按操作方式不同,可将低压电器分为自动电器和手动电器

①自动电器。通过电磁(或压缩空气)操作来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

②手动电器。通过人力做功直接操作来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

3) 按工作原理可分为非电量控制电器和电磁式电器

①非电量控制电器。靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器叫非电量控制电器,如行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

②电磁式电器。根据电磁感应原理来工作的电器叫电磁式电器,如接触器、各类电磁式继电器等。电磁式电器在低压电器中占有十分重要的地位,在电气控制系统中应用最为普遍。

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类,对不同类型低压电器的防护形式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

(2) 低压电器的基本用途

电器是构成控制系统的最基本元件,它的性能将直接影响控制系统能否正常工作。电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求,自动或手动地改变系统的状态、参数,实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示、调节。它的工作过程是将一些电量信号或非电信号转变为非通即断的开关信号或随信号变化的模拟量信号,实现对被控对象的控制。电器的主要作用如下:

①控制作用。如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

②保护作用。能根据设备的特点,对设备、环境以及人身安全实行自动保护,如电动机的过热保护、电网的短路保护、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、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、压力等。

④调节作用。低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如电动机速度的调节、柴油机油门的调整、房间温度和湿度的调节、光照度的自动调节等。

⑤指示作用。利用电器的控制、保护等功能,显示检测出的设备运行状况与电器电路工作情况。

⑥转换作用。在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如被控装置操作的手动与自动的转换、供电系统的市电与自备电源的切换等。

当然,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。

常用低压电器的主要种类及用途见表 1.1。

(3) 低压电器的全型号表示法及代号含义

为了生产销售、管理和使用方便,我国对各种低压电器都按规定编制型号,即由类别代号、组别代号、设计代号、基本规格代号和辅助规格代号几部分构成低压电器的全型号。每一级代号后面可根据需要加设派生代号。产品全型号的意义如图 1.1 所示。

低压电器全型号各部分必须使用规定的符号或数字表示,其含义为:

1) 类组代号

类组代号包括类别代号和组别代号,用汉语拼音字母表示,代表低压电器元件所属的类别,以及在同一类电器中所属的组别。

表 1.1 常用低压电器的主要种类及用途表

序号	类别	主要品种	主要用途
1	断路器	框架式断路器	主要用于电路的过负载、短路、欠电压、漏电保护,也可用于不需要频繁接通和断开的电路。
		塑料外壳式断路器	
		快速直流断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
2	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负载,切断带负荷电路。
		直流接触器	

续表

序 号	类 别	主要品种	主要用途
3	继电器	电磁式继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号。
		时间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
		速度继电器	
		干簧继电器	
4	熔断器	瓷插式熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护。
		螺旋式熔断器	
		有填料封闭管式熔断器	
		无填料封闭管式熔断器	
		快速熔断器	
		自复式熔断器	
5	主令电器	控制按钮	主要用于发布控制命令,改变控制系统的工作状态。
		位置开关	
		万能转换开关	
		主令控制器	
6	刀开关	胶盖闸刀开关	主要用于不频繁地接通和分断电路。
		封闭式负荷开关	
		熔断器式刀开关	
7	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路切换。
		换向开关	
8	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换。
		平面控制器	
9	启动器	电磁启动器	主要用于电动机的启动。
		Y-△启动器	
		自耦减压启动器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场合。
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

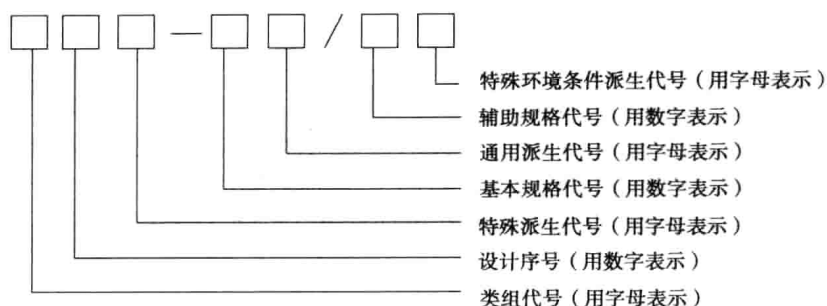


图 1.1 低压电器全型号的意义

2) 设计代号

设计代号用数字表示,表示同类低压电器元件的不同设计序列。

3) 基本规格代号

基本规格代号用数字表示,表示同一系列产品中不同的规格品种。

4) 辅助规格代号

辅助规格代号用数字表示,表示同一系列、同一规格产品中的有某种区别的不同产品。

其中,类组代号与设计代号的组合表示产品的系列,一般称为电器的系列号。同一系列电器元件的用途、工作原理和结构基本相同,而规格、容量则根据需要可以有多种。例如:JR16 是热继电器的系列号,同属这一系列的热继电器的结构、工作原理都相同;但其热元件的额定电流从零点几安培到几十安培,有十几种规格。其中,辅助规格代号为 3D 的有三相热元件,装有差动式断相保护装置,因此能对三相异步电动机有过载和断相保护功能。

(4) 低压电器的主要技术指标

为保证电器设备安全可靠地工作,国家对低压电器的设计、制造规定了严格的标准,合格的电器产品具有国家标准规定的技术要求。我们在使用电器元件时,必须按照产品说明书中规定的技术条件选用。低压电器的主要技术指标有以下几项:

1) 绝缘强度

绝缘强度指电器元件的触头处于分断状态时,动静头之间耐受的电压值(无击穿或闪络现象)。

2) 耐潮湿性能

耐潮湿性能指保证电器可靠工作的允许环境潮湿条件。

3) 极限允许温升

电器的导电部件通过电流时将引起发热和温升,极限允许温升指为防止过度氧化和烧熔而规定的最高温升值(温升值=测得实际温度-环境温度)。

4) 操作频率

操作频率指电器元件在单位时间(1 小时)内允许操作的最高次数。

5) 寿命

电器的寿命包括电寿命和机械寿命两项指标。电寿命指电器元件的触头在规定的电路条件下,正常操作额定负荷电流的总次数。机械寿命指电器元件在规定使用条件下,正常操作的总次数。

(5) 低压电器的结构要求

低压电器产品的种类多、数量大,用途极为广泛。为了保证不同产地、不同企业生产的低压电器产品的规格、性能和质量一致,通用和互换性好,低压电器的设计和制造必须严格按照国家的有关标准,尤其是基本系列的各类开关电器必须保证执行三化(标准化、系列化、通用化),四统一(型号规格、技术条件、外形及安装尺寸、易损零部件统一)的原则。我们在购置和选用低压电器元件时,也要特别注意检查其结构是否符合标准,防止给今后的运行和维修工作留下隐患和麻烦。

1.1.2 电磁式低压电器的结构和工作原理

低压电器一般都有两个基本组成部分,即检测部分和执行部分。检测部分接受外界输入的信号,通过转换、放大与判断作出一定的反应,使执行部分动作,输出相应的指令,实现控制的目的。对于有触点的电磁式电器,检测部分是电磁机构,执行部分是触头系统。

(1) 电磁机构

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁组成,其结构形式按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式。图 1.2 是直动式和拍合式电磁机构的常用结构形式,图(a)和(b)为拍合式电磁机构,图(c)为直动式电磁机构。

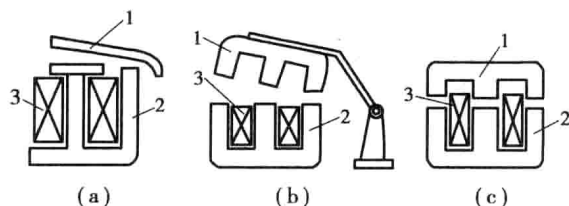


图 1.2 常见的电磁机构

1—衔铁;2—铁芯;3—吸引线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能,即产生磁通,衔铁在电磁吸力作用下产生机械位移使铁芯吸合。线圈根据在电路中的连接方式可分为串联线圈(即电流线圈)和并联线圈(即电压线圈)。串联(电流)线圈串接在线路中,流过的电流大,为减少对电路的影响,线圈的导线粗,匝数少,线圈的阻抗较小。并联(电压)线圈并联在线路上,为减少分流作用,降低对原电路的影响,需要较大的阻抗,因此线圈的导线细且匝数多。

1) 直流电磁铁和交流电磁铁

按吸引线圈所通电流性质的不同,电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

直流电磁铁由于通入的是直流电,其铁芯不发热,只有线圈发热,因此,线圈与铁芯接触以利散热,线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型,以改善线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电,铁芯中存在磁滞损耗和涡流损耗,这样线圈和铁芯都发热,所以交流电磁铁的吸引线圈设有骨架,使铁芯与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖型,有利于铁芯和线圈的散热。铁芯用硅钢片叠加而成,以减小涡流损耗。

电磁铁工作时,线圈产生的磁通作用于衔铁,产生电磁吸力,并使衔铁产生机械位移。衔铁在复位弹簧的作用下复位,衔铁回到原位。因此,作用在衔铁上的力有两个:电磁吸力与反力。电磁吸力由电磁机构产生,反力则由复位弹簧和触头弹簧所产生。铁芯吸合时要求电磁吸力大于反力,即衔铁位移的方向与电磁吸力方向相同;衔铁复位时要求反力大于电磁吸力。电磁铁的电磁吸力公式为

$$F = 4B^2S \times 10^5 \quad (1.1)$$

式中 F ——电磁吸力, N;

B ——气隙磁感应强度, T;

S ——磁极截面积, m^2 。

当线圈中通以直流电时, B 不变, F 为恒值。当线圈中通以交流电时, 磁感应强度为交变量, 即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1.2)$$

由式(1.1)和式(1.2)可得:

$$\begin{aligned} F &= 4B^2 S \times 10^5 \\ &= 4S \times 10^5 B_m^2 \sin^2 \omega t \\ &= 2B_m^2 S \times 10^5 (1 - \cos^2 \omega t) \end{aligned} \quad (1.3)$$

由式(1.3)可知: 交流电磁铁的电磁吸力在 0 (最小值) ~ F_m (最大值) 之间变化, 其吸力曲线如图 1.3 所示。在一个周期内, 当电磁吸力的瞬时值大于反力时, 铁芯吸合; 当电磁吸力的瞬时值小于反力时, 铁芯释放。所以电源电压变化一个周期, 电磁铁吸合两次、释放两次, 使电磁机构产生剧烈的振动和噪声, 因而不能正常工作。

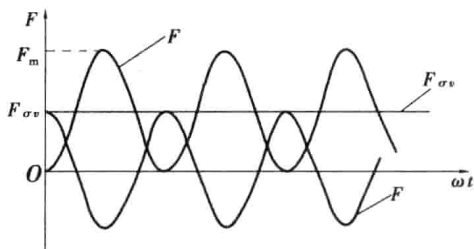


图 1.3 交流电磁铁吸力变化情况

2) 短路环的作用

为了消除交流电磁铁产生的振动和噪声, 铁芯的端面开有一小槽, 在槽内嵌入铜制短路环, 如图 1.4 所示。加上短路环后, 磁通被分成大小相近、相位相差约 90° 电角度的两相磁通 ϕ_1 和 ϕ_2 , 因此两相磁通不会同时为零。由于电磁吸力与磁通的平方成正比, 所以由两相磁通产生的合成电磁吸力较为平坦, 在电磁铁通电期间电磁吸力始终大于反力, 使铁芯牢牢吸合, 这样就消除了振动和噪声。

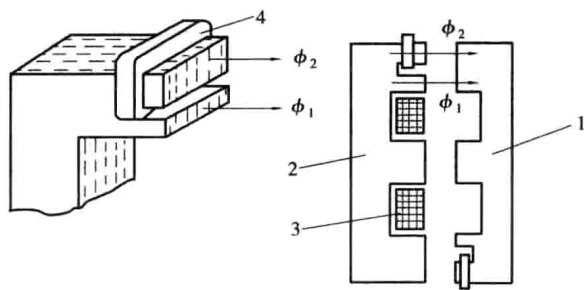


图 1.4 交流电磁铁的短路环

1—衔铁; 2—铁芯; 3—线圈; 4—短路环

(2) 触头系统

触头是电磁式电器的执行部分, 电器就是通过触头的动作来分合被控制的电路。触头在闭合状态下动、静触点完全接触, 并有工作电流通过时, 称为电接触。电接触的情况将影响触头的工作可靠性和使用寿命。影响电接触工作情况的主要因素是触头的接触电阻, 接触电阻大时, 易使触头发热而温度升高, 从而易使触头产生熔焊现象, 这样既影响工作可靠性又降低了触头的寿命。触头的接触电阻不仅与触头的接触形式有关, 而且还与接触压力、触头材料及

表面状况有关。

触头主要有两种结构形式：桥式触头和指形触头，如图 1.5 所示。

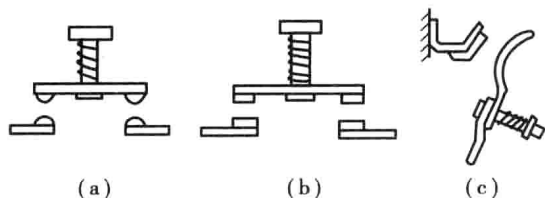


图 1.5 触头的结构形式

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种，如图 1.6 所示。

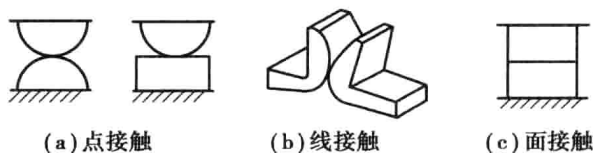


图 1.6 触点的接触形式

当动、静触点闭合后，不可能是全部紧密地接触，从微观来看，只是在一些突出的凸起点存在着有效接触，从而造成了从一个导体到另外一个导体的过渡区域。在过渡区域里，电流只通过一些相接触的凸起点，因而使这个区域的电流密度大大增加。另外，由于只是一些凸起点相接触，使有效导电面积减少，因此该区域的电阻远远大于金属导体的电阻。这种由于动、静触点闭合时在过渡区域所形成的电阻，称为接触电阻。由于接触电阻的存在，不仅会造成一定的电压损失，还会使铜耗增加，造成触点温升超过允许值。这样，触点在较高的温度下很容易产生熔焊现象而使触点工作不可靠，因此，在实际中，应采取相应措施来减少接触电阻，限制触头的温升。

(3) 电弧与灭弧方法

触点在通电状态下，动、静触点脱离接触时，由于电场的存在，使触点表面的自由电子大量溢出而产生电弧。电弧的存在既会烧损触点金属表面，降低电器的寿命，又延长了电路的分断时间，所以须采取一定的措施使电弧迅速熄灭。

常用的灭弧方法有增大电弧长度、冷却弧柱、把电弧分成若干短弧等。灭弧装置就是根据这些原理设计的。

1) 电动力灭弧

电动力灭弧如图 1.7 所示。桥式触点在分断时本身就具有电动力灭弧功能。当触头打开时，在断口中产生电弧，同时也产生如图 1.7 所示的磁场。根据左手定则，电弧电流要受到一个指向外侧的力 F 的作用，使其向外运动并拉长，迅速离开触头而熄灭。这种灭弧方法多用于小容量交流接触器中。

2) 磁吹灭弧

在触点电路中串入吹弧线圈，如图 1.8 所示。该线圈产生的磁场由导磁夹板引向触点周围，其方向由右手定则确定（如图 1.8 所示）。触点间的电弧所产生的磁场，其方向由 $\odot$ 和 $\otimes$ 所示。这两个磁场在电弧下方方向相同（叠加），在弧柱上方方向相反（相减），所以弧柱下方的磁场强于上方的磁场。在下方磁场作用下，电弧受力的方向为 F 所指的方向。在 F 的作用

下,电弧被吹离触点,经引弧角引进灭弧罩,使电弧熄灭。

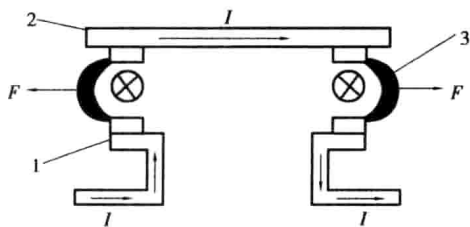


图 1.7 电动力灭弧示意图

1—静触头;2—动触头;3—电弧

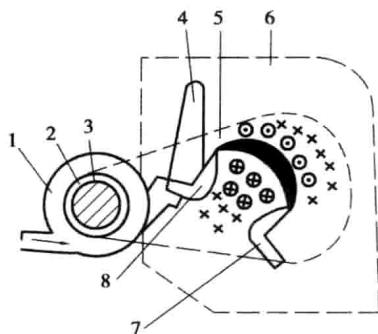


图 1.8 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈;2—绝缘套;3—铁芯;4—引弧角;
5—导磁夹板;6—灭弧罩;7—动触点;8—静触点

3) 栅片灭弧

灭弧栅是一组薄铜片,它们彼此间相互绝缘,如图 1.9 所示。电弧进入栅片后被分割成一段段串联的短弧,而栅片就是这些短弧的电极。每两片灭弧片之间都有 150~250 V 的绝缘强度,使整个灭弧栅的绝缘强度大大加强,以致外加电压无法维持,电弧迅速熄灭。此外,栅片还能吸收电弧热量,使电弧迅速冷却。基于上述原因,电弧进入栅片后就会很快熄灭。由于栅片灭弧装置的灭弧效果在交流时要比直流时强得多,因此在交流电器中常采用栅片灭弧。

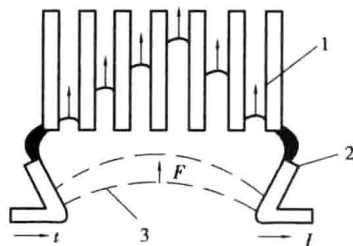


图 1.9 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片;2—触点;3—电弧

1.2 配电电器

低压配电电器是指正常或事故状态下接通和断开用电设备和供电电网所用的电器,广泛用于电力配电系统,实现电能的输送和分配以及系统的保护。这类电器一般不经常操作,机械寿命的要求比较低,但要求动作准确迅速、工作可靠、分断能力强,操作过电压低、保护性能完善,动作稳定和热稳定性高。常用的低压配电电器包括开关电器和保护电器等。

1.2.1 刀开关

刀开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的电器,主要用在低压成套配电装置中,可不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关用。也可以用于不频繁地接通与分断额定电流 15 A 以下的负载,如小型电动机等。

(1) 刀开关的结构

刀开关的典型结构如图 1.10 所示,它由手柄、触刀、静插座和底板组成。

刀开关按极数分为单极、双极和三极;按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式;按刀开关转换方向分为单投和双投等。

(2)常用的刀开关

目前常用的刀开关型号有 HD(单投)和 HS(双投)等系列。其中,HD 系列刀开关按现行新标准应该称 HD 系列刀形隔离器,而 HS 系列为双投刀形转换开关。在 HD 系列中,HD11、HD12、HDI3、HDI4 为老型号,HDI7 系列为新型号,产品结构基本相同,功能相同。

HD 系列刀开关、HS 系列刀形转换开关,主要用于交流 380 V、50 Hz 电力网路中作电源隔离或电流转换之用,是电力网路中必不可少的电器元件,常用于各种低压配电柜、配电箱、照明箱中。电源首先是接刀开关,之后再接熔断器、断路器、接触器等其他电气元件,以满足各种配电柜、配电箱的功能要求。当其以下的电器元件或线路中出现故障,切断隔离电源就靠它来实现,以便对设备、电器元件的修理更换。HS 刀形转换开关主要用于转换电源,即当一路电源不能供电,需要另一路电源供电时就由它来进行转换,当转换开关处于中间位置时,可以起隔离作用。

刀开关的型号及其含义如下:

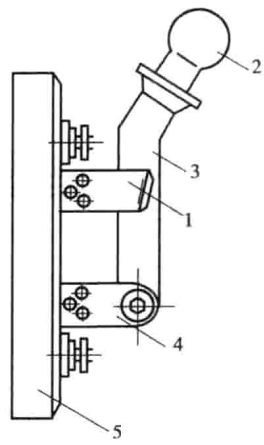
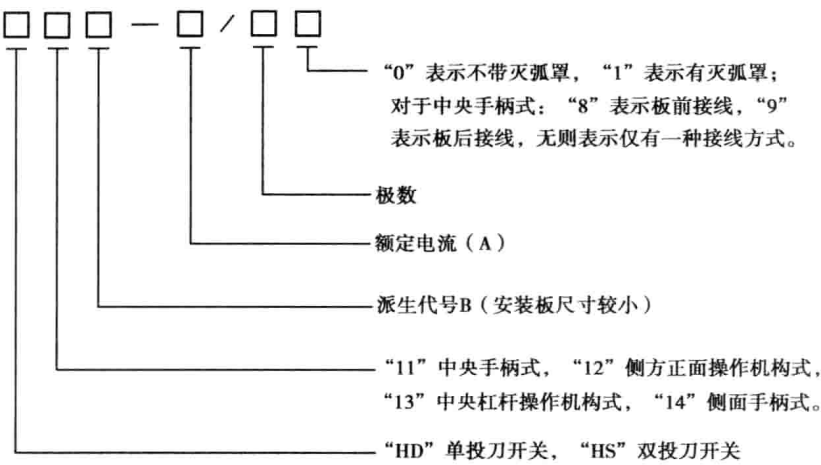


图 1.10 刀开关典型结构

1—静插座;2—手柄;3—触刀;
4—铰链支座;5—绝缘底板

HD17 系列刀开关的主要技术参数见表 1.2。

表 1.2 HD17 系列刀开关的主要技术参数

额定电 流/A	通断能力(A)			在 AC380 V 和 60%额 定电流时,刀开 关的电气寿命/次	电动稳定性 电流峰值/kA	1 s 热稳定性 电流/kA
	AC 380 V cos φ= 0.72~0.8	DC				
		220 V	440 V			
		T=0.01~0.011 s				
200	200	200	100	1 000	30	10
400	400	400	200	1 000	40	20
600	600	600	300	500	50	25
1 000	1 000	1 000	500	500	60	30
1 500	—	—	—	—	80	40