国家示范性高等职业院校建设计划资助项目

设备电气控制与维修

主编　李献智　竺伟华　沈一兵　马晓莉

黄河出版传媒集团
阳光出版社

国家示范性高等职业院校建设计划资助项目

设备电气控制与维修

主编 李献智 竺伟华 沈一兵 马晓莉

黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目（CIP）数据

设备电气控制与维修／李献智等主编. —银川：阳光出版社，2011.1(2013.4 重印)
ISBN 978-7-80620-769-7

Ⅰ. ①设… Ⅱ. ①李… Ⅲ. ①机械设备－电气控制－职业技能鉴定－教材②机械维修－职业技能鉴定－教材Ⅳ. ①TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 015347 号

设备电气控制与维修 李献智 竺伟华 沈一兵 马晓莉 主编

责任编辑 姚发国 陈文军
封面设计 狄多强
责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团
阳 光 出 版 社 出版发行

地　　址 银川市北京东路 139 号出版大厦(750001)
网　　址 www.yrpubm.com
网上书店 www.hh-book.com
电子信箱 yangguang@yrpubm.com
邮购电话 0951-5044614
经　　销 全国新华书店
印刷装订 宁夏捷诚彩色印务有限公司
印刷委托书号(宁)0010585

开　　本 787mm×1092mm 1/16　　印　　张 15.25
字　　数 280 千　　版　　次 2011 年 1 月第 1 版
印　　次 2013 年 4 月第 2 次印刷
书　　号 ISBN 978-7-80620-769-7/T·1

定　　价 31.00 元

版权所有　翻印必究

宁夏职业技术学院国家示范性
高职院校建设项目教材编写委员会

主　任
张怀斌　撒承贤

副主任
孔　斌

委　员
任全录　赵晓瑞　任　杰　李慧云　马锦才
詹发荣　冷晓红　徐　军　张　敏　殷正行

编委会办公室主任
孔　斌
编委会办公室副主任
任全录　吴轶勤　李　强

前言

宁夏职业技术学院于2007年被国家教育部、财政部确定为国家一百所示范性高等职业院校立项建设单位。项目实施以来，学院以专业建设为龙头，围绕自治区经济发展战略定位。按照“专业对接市场、课程对接能力、质量对接需求”的理念，有针对性地设置和调整专业。积极实践工学结合、校企合作人才培养模式改革和课程体系改革。以“开放、合作、包容、共赢”为原则，与区域内近二百家企业实施校企合作、人才共育。在工作过程系统化的课程体系建构和工学结合专业课程建设中，以设备、工作对象、案例、典型产品等为载体，组织教学内容，实施教学，取得了一批标志性成果。为了推广在课程建设中取得的成效，决定编辑出版部分教材和实训指导书。

特别感谢合作企业给予学校的大力支持。由于编者水平所限和时间仓促，书中难免有不妥之处，恳请业内专家和广大读者指正。

宁夏职业技术学院国家示范性
高职院校建设项目教材编写委员会
2010年3月18日

目录

项目一　三相异步电动机基本控制线路的安装与检修 …… 1

任务 1　三相异步电动机单向运行控制线路的安装与检修 …… 1

任务 2　三相异步电动机正反转运行控制线路的安装与检修 …… 35

任务 3　三相异步电动机降压启动控制线路的安装与检修 …… 43

任务 4　三相异步电动机制动控制线路的安装与检修 …… 56

任务 5　双速电动机控制线路的安装与检修 …… 67

思考题与习题 …… 72

项目二　常用机床控制线路的检修 …… 77

任务 1　普通卧式车床控制线路的检修 …… 77

任务 2　万能铣床控制线路的检修 …… 91

思考题与习题 …… 103

项目三　PLC 控制线路的安装与调试 …… 104

任务 1　初步认识 PLC …… 104

任务 2　PLC 控制的一灯双控照明线路的安装 …… 118

任务 3　三相异步电动机连续控制线路的编程与实现 …… 135

任务 4　三相异步电动机正反转控制线路的编程与实现 …… 160

任务 5　三相异步电动机 Y–△降压启动控制线路的编程与实现 … 177

任务 6　送料小车控制线路的编程与实现 …… 184

任务 7　十字路口交通灯控制线路的编程与实现 …… 197

任务 8　机械手控制线路的编程与实现 …… 207

思考题与习题 …… 216

附录 …… 224

参考文献 …… 238

后记 …… 239

项目一　三相异步电动机基本控制线路的安装与检修

继电接触控制系统是由继电器、接触器等低压电器构成的“硬接线”控制系统，主要实现对电路和用电设备的通断、保护、控制或调节，是现代工业生产的重要环节。

本项目以三相异步电动机基本控制线路的安装与检修为任务，旨在让学生掌握低压电器的基本知识和常用低压电器的结构及工作原理，掌握常用低压电器元件的选用、检测和调整技术，提高继电接触电气控制系统的设计、安装和调试能力。

任务 1　三相异步电动机单向运行控制线路的安装与检修

一、工作任务

(一)任务要求

根据三相异步电动机单向运行控制线路的电气原理图，进行实际控制电路安装和调试。

(二)任务目标

1. 能力目标

(1)能看懂继电接触电气控制电路的常用电气图纸。

(2)能根据给定的控制电路图进行实际电路的装接。

(3)初步掌握根据电机的容量和控制要求设计控制电路、选择电气元件的方法，并完成元件的装接。

(4)掌握常用电气控制线路的调试和维修方法。

2. 知识目标

(1)熟悉常用电气控制图纸的作用、绘制原则和读图方法。

(2)掌握三相异步电动机单向转动控制电路的控制原理。

(3)了解控制电路设计的基本方法。

二、相关知识

(一)低压电器基础知识

1. 低压电器的定义

低压电器是指在交流1200V、直流1500V以下的电路内起通断、保护控制或调节作用的电器。

2. 低压电器的分类

低压电器种类繁多,分类方法有很多种。

(1)按操作方式可分为:手控电器(刀开关、按钮开关、转换开关等)、自控电器(接触器、低压断路器、继电器等)。

(2)按用途可分为:低压配电电器(刀开关、低压断路器、熔断器等)、低压控制电器(转换开关、按钮、接触器、继电器、电磁阀、热继电器、熔断器)、低压保护电器(熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器等)、低压主令电器(按钮、主令开关、行程开关、主令控制器、转换开关等)、低压执行电器(电磁铁、电磁离合器等)。

(3)按种类可分为:刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器、主令电器和自动开关等。

(4)按电器的工作条件可分为:一般用途低压电器、牵引低压电器、矿用低压电器、航空低压电器及船用低压电器等。

3. 低压电器的基本结构

低压电器在结构上一般都有两个基本部分:一个是感受部分,它感受外界输入的信号,并通过转换、放大与判断,作出有规律的反应,使执行部分动作,输出相应的指令,实现控制的目的。在自控电器中,感受部分大多由电磁机构组成,在手控电器中,感受部分通常为操作手柄等;另一个是执行部分,它根据指令进行电路的接通或切断,如触点连同灭弧系统。

4. 低压电器的型号含义

我国低压电器型号是按产品种类编制的,产品型号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合表示,其组合方式如图1-1-1所示。

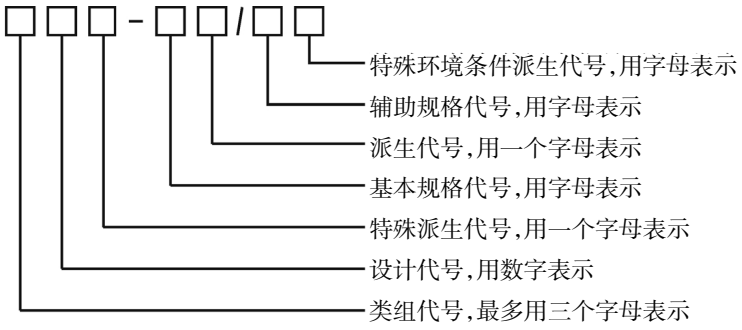


图 1-1-1　低压电器型号含义

(二)低压配电电器

1. 熔断器:熔断器俗称保险丝,是一种最简单有效的保护电器。使用时串联在被保护的电路中,当电路发生短路故障,通过熔断器的电流达到或超过某一规定值时,以其自身产生的热量使熔体熔断,从而自动分断电路,起到保护作用。

(1)熔断器的结构

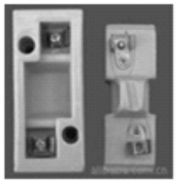
熔断器主要由熔体(俗称熔丝)、安装熔体的熔管(或熔座)两部分组成。熔体由铅、锡、锌、银、铜及其合金制成,常做成丝状、片状或栅状。熔管是装熔体的外壳,由陶瓷、绝缘纸制成,在熔体熔断时兼有熄灭电弧(简称灭弧)的作用。

(2)熔断器的种类与型号

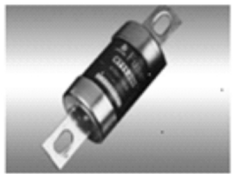
熔断器按结构形式分为瓷插式、螺旋式、无填料封闭管式、有填料封闭管式、自动恢复式等几类。特点及用途见表1-1-1所示,外形结构及图形符号如图1-1-2。

表 1-1-1　熔断器特点及用途

名称	类别	特点、用途	主要技术数据
瓷插式熔断器	RC1A	价格便宜,更换方便。广泛用于照明和小容量电动机短路保护	额定电流为 5A ~ 200A，分 7 种规格
螺旋式熔断器	RL	熔丝周围石英砂可熄灭电弧，熔断管上端红点随熔丝熔断而自动脱落。体积小,用于机床电气设备中	RL1 系列额定电流有 4 种规格:15A、60A、100A、200A
无填料封闭管式	RM	在熔体中人为引入窄截面熔片，提高断流能力。用于低压电力网络和成套配电装置中的短路保护	RM-10 系列额定电流为 15A ~ 1000A,分 7 种规格
有填料封闭管式	RT0	分断能力强,使用安全,特性稳定,有明显指示器。广泛用于短路电流较大的电力网或配电装置中	RT0 系列额定电流为 50A ~ 1000A,分 6 种规格


RC 型

RL 型


RM 型

RT0 型

图 1-1-2　熔断器外形结构及图形符号

RC1A系列瓷插式熔断器结构简单,由熔断器瓷底座和瓷盖两部分组成。熔丝用螺钉固定在瓷盖内的铜闸片上,使用时将瓷盖插入底座,拔下瓷盖便可更换熔丝。由于该熔断器使用方便、价格低廉因而应用广泛。RC1A系列熔断器主要用于交流380V及以下的电路末端作线路和用电设备的短路保护,在照明线路中还可起过载保护作用。RC1A系列熔断器额定电流为5~200A,但极限分断能力较差。由于该熔断器为半封闭结构,熔丝熔断时有声光现象,对易燃易爆的工作场合应禁止使用。

RL1系列螺旋式熔断器由瓷帽、瓷套、熔管和底座等组成。熔管内装有石英砂、熔丝和带小红点的熔断指示器。当从瓷帽玻璃窗口观测到带小红点的熔断指示器自动脱落时,表示熔丝熔断了。熔管的额定电压为交流500V,额定电流为15~200A,常用于机床控制线路。

RM10系列无填料密封管式熔断器由熔断管、熔体及插座组成。熔断管为钢纸制成，两端为黄铜制成的可拆式管帽，管内熔体为变截面的熔片，更换熔体较方便。RM10系列的极限分断能力比RC1A熔断器有所提高,适用于小容量配电设备。

RT0系列有填料密封管式熔断器由熔断管、熔体及插座组成,熔断管与RM10熔断器类似,为白瓷质的,但管内充填石英砂,石英砂在熔体熔断时起灭弧作用,在熔断管的一端还设有熔断指示器。该熔断器的分断能力比同容量的RM10型大2.5~4倍。RT0系列熔断器适用于交流380V及以下、短路电流大的配电装置中,作为线路及电气设备的短路保护。

熔断器的型号含义如图1-1-3所示。

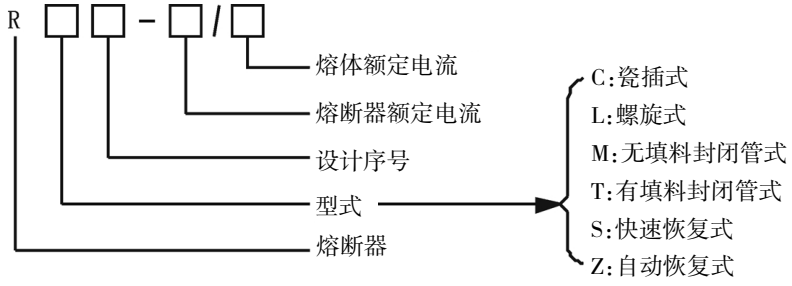


图 1-1-3　熔断器型号含义

(3)熔断器的主要技术参数

①额定电压:这是从灭弧角度出发,保证熔断器能长期正常工作的电压。如果熔断器的实际工作电压超过额定电压,则一旦熔体熔断,可能发生电弧不能及时熄灭的现象。

②熔体额定电流:是指在规定的工作条件下,电流长时间通过熔体而熔体不熔断的最大电流。

③熔断器额定电流:是指保证熔断器能长期正常工作的电流,是由熔断器各部分长期工作时所允许的温升决定的。该额定电流应不小于所选熔体的额定电流,且在额定电流范围内不同规格的熔体可装入同一熔壳内。

④极限分断能力:指熔断器在额定电压下所能分断的最大短路电流值。它取决于熔断器的灭弧能力,与熔体的额定电流大小无关。一般有填料的熔断器分断能力较高,可大至数十到数百千安。较重要的负载或距离变压器较近时,应选用分断能力较大的熔断器。

(4)熔断器的选择

熔断器的额定电压和额定电流应不小于线路的额定电压和所装熔体的额定电流。类型根据线路要求和安装条件而定。熔断器的分断能力必须大于电路中可能出现的最大故障电流。

熔体的额定电流选择如表1-1-2所示。

表 1-1-2　熔体额定电流的选择

负载性质		熔体额定电流(I_{FU})
电炉和照明等电阻性负载		$I_{FU} \geqslant I_N$(负载额定电流)
单台电动机	线绕式电动机	$I_{FU} \geqslant (1 \sim 1.25) I_N$(电机额定电流)
	笼型电动机	$I_{FU} \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_N$(电机额定电流)
	起动时间较长的笼型电动机	$I_{FU} \geqslant 3I_N$(电机额定电流)
	连续工作制直流电动机	$I_{FU} = I_N$(电机额定电流)
	反复短时工作制直流电动机	$I_{FU} = 1.25I_N$(电机额定电流)
多台电动机		$I_{FU} \geqslant (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$; I_{Nmax} 是最大一台电动机额定电流; $\sum I_N$ 是其他电动机额定电流之和

(5)熔断器使用维护注意事项

①熔断器的插座和插片的接触应保持良好。

②熔体烧断后,应首先查明原因,排除故障。更换熔体时,应使新熔体的规格与换下来的一致。

③更换熔体或熔管时,必须将电源断开,以防触电。

④安装螺旋式熔断器时，电源线应接在瓷底座的下接线座上，负载线应接在螺纹壳的上接线座上。这样可保证更换熔管时，螺纹壳体不带电，保证操作者人身安全。

2. 刀开关

刀开关又称闸刀开关，主要用作电源引入开关或不频繁接通与分断容量不太大的负载。

(1)刀开关的外形结构及符号

根据结构形式，刀开关可分为不带熔断器式和带熔断器式两大类。它们用于隔离电源和无负载情况下的电路转换，其中后者还具有短路保护功能。常用的有以下两种。

①胶盖刀开关

胶盖刀开关又称开起式负荷开关，由瓷底座、静触头、触刀、瓷柄、熔体和胶盖等构成。其结构简单，价格低廉，常用作照明电路的电源开关，也可用来控制5.5kW以下异步电动机的启动与停止。因其无专门的灭弧装置，故不宜频繁分、合电路。图1-1-4所示为HK系列负荷开关的结构。

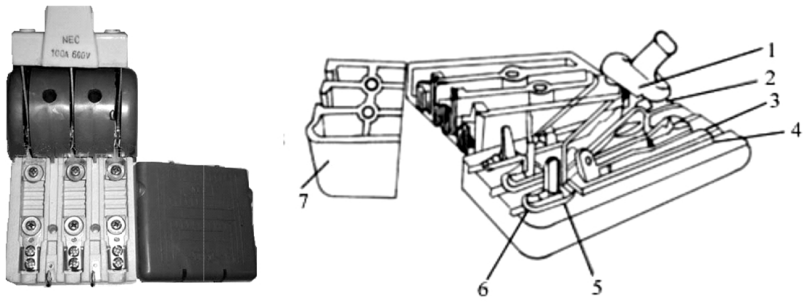


图 1-1-4　HK 系列胶底瓷盖刀开关

1—瓷柄；2—触刀；3—出线座；4—瓷底座；5—静触头；6—出线座；7—胶盖

胶盖刀开关在安装时，手柄要向上，不得倒装或平装，避免由于重力而自动下落，引起误合闸。接线时，应将电源线接在上端，负载线接在下端，这样拉闸后刀开关的刀片与电源隔离，既便于更换熔丝，又可防止可能发生的意外事故。

②封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又称铁壳开关，如图1-1-5所示为常用的HH系列封闭式负荷开关的结构外形。这种负荷开关由刀开关、熔断器、灭弧罩、操作手柄、操作机构和外壳构成。此操作结构有两个特点：一是采用储能合闸方式，即利用一根弹簧以执行合闸和分闸之功能，使开关的闭合和分断时的速度与操作速度无关。它既有助于改善开关的动作性能和灭弧性能，又能防止触点停滞在中间位置；二是设有联锁装置，以保证开关合闸后便不能打开箱盖，而在箱盖打开后，不能再合闸开关。

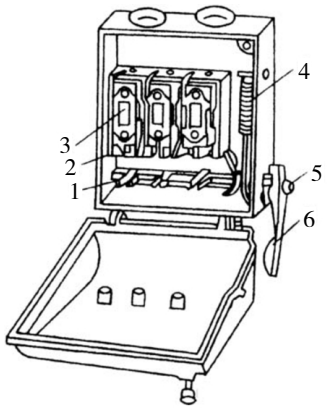


图 1–1–5　封闭式负荷开关的结构图

1—触刀；2—夹座；3—熔断器；4—速断弹簧；5—转轴；6—手柄

封闭式负荷开关用来控制照明电路时，其额定电流可按电路的额定电流来选择，而用于控制不频繁操作的小功率电动机时，额定电流可按大于电动机额定电流的1.5倍选择。但不宜用于电流超过60A以上负载的控制，以保证可靠灭弧及使用安全。

图1–1–6所示为刀开关的电气符号。

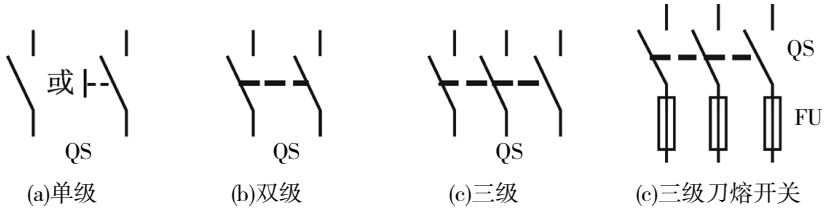


图 1–1–6　刀开关的图形符号及文字符号

(2)刀开关的型号含义

刀开关有HD(单投)系列和HS(双投)系列，它们都适用于交流50Hz、额定电压至500V，直流额定电压至440V、额定电流至1500A的成套配电装置中，作为非频繁地手动接通和分断电路使用，或作为隔离开关使用，其型号含义如图1–1–7所示。

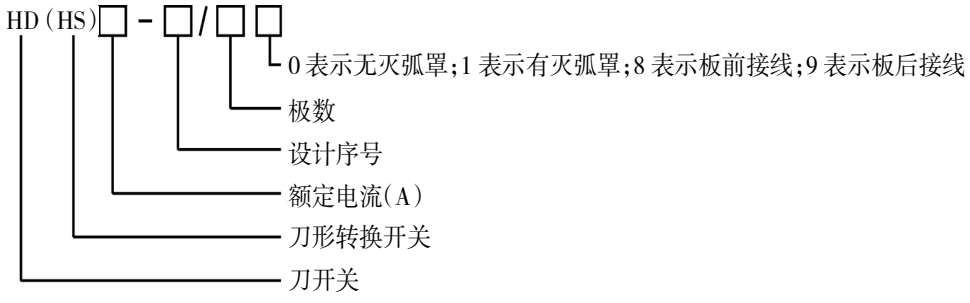


图 1–1–7　刀开关型号含义

3. 组合开关

组合开关又称转换开关，是一种多触点、多档位，可控制多个回路的电器。组合开关也是一种刀开关，它的刀片（动触片）是转动的，比刀开关轻巧而且组合性强，能组合成各种不同的线路。一般用于电气设备中非频繁地通断电路、换接电源和负载，测量三相电压以及控制小容量感应电动机。常用的型号有HZ等系列。图1-1-8所示是HZ-10/3型转换开关的外形结构及型号。

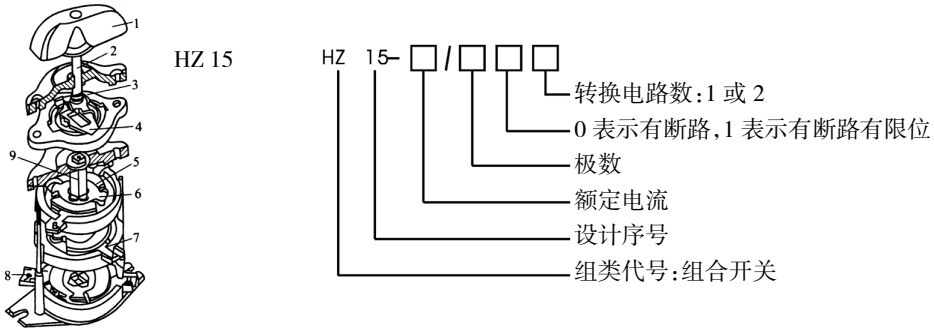


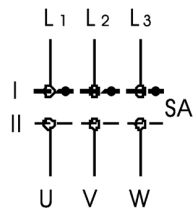
图 1-1-8　HZ-10/3 型转换开关的外形结构及型号

1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘杆；6—绝缘垫板；7—动触片；8—静触片；9—接线柱

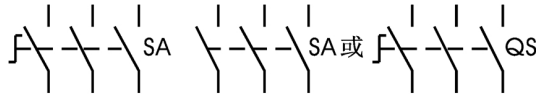
组合开关有三副静触片，每一副静触片的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外，并附有接线柱，以便和电源线及用电设备的导线相连。三个动触片装在另外的绝缘垫板上，垫板套装在附有绝缘手柄的绝缘杆上，手柄能沿任何方向每次旋转90°，带动三个动触片分别与三个静触片接通或断开。为了使开关在切断负荷电流时所产生的电弧能迅速熄灭，在开关的转轴上都装有弹簧储能机构，使开关能快速闭合与分断，其分断与闭合速度与手柄旋转速度无关。

组合开关的各触点状态可用文字叙述法、闭合表法和图示法三种方式表达。

组合开关电气符号的表示方法有两种：一种是触点状态图结合通断表，另一种与手动刀开关图形符号相似，如图1-1-9所示。在触点状态图中，用横向虚线表示组合开关的档位，用带圆圈的竖向直线表示触点，当开关打在某一档位时，若触点旁边有实圆点，代表在该档位此触点处于闭合状态；若触点旁边没有圆点，代表在该档位此触点处于断开状态。



触点	开关位置	
	I	II
L1-U	+	-
L2-V	+	-
L3-W	+	-



（用作控制开关）　　（用作电源开关）

（a）触点状态图及表　　（b）文字符号及图形符号

图 1-1-9　组合开关的电气符号

4. 低压断路器

低压断路器又称为空气开关,可用来分配电能、不频繁地起动电动机、对供电线路及电动机等进行保护,在正常情况下,用以人为地闭合或断开供电的电路,当它们发生严重的过载、短路或欠压等故障时能自动切断电路。

低压断路器按结构可分为框架式断路器和塑料外壳式断路器两种。框架式断路器所有结构元件都装在同一框架或底板上，可有较多结构变化方式和较多类型脱扣器,一般大容量断路器多采用框架式结构。塑料外壳式断路器所有结构元件都装在一个塑料外壳内,结构紧凑、体积小,一般小容量断路器多采用塑料外壳式结构。常用断路器如图1-1-10所示,其内部结构及电气符号如图1-1-11所示。

框架式　　塑料外壳式

图 1-1-10　常用断路器

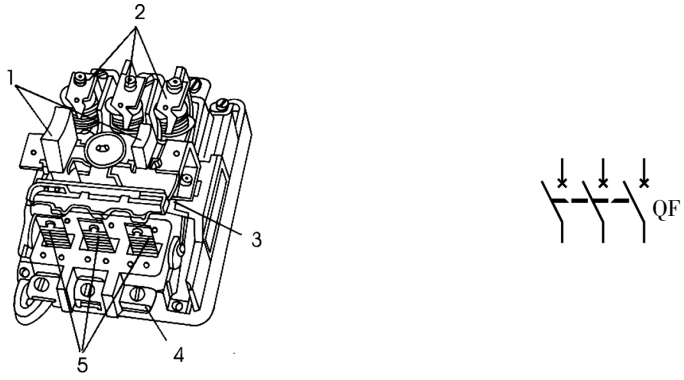


图 1-1-11　低压断路器内部结构及电气符号

1—按钮;2—电磁脱扣器;3—自由脱扣器;4—接线柱;5—热脱扣器

(1)低压断路器的分类

低压断路器按用途分有配电(照明)、限流、灭磁、漏电保护等几种;按动作时间分有一般型和快速型;按结构分有框架式(万能式DW系列)和塑料外壳式(装置式DZ系列);按使用类别可分为非选择型(A型)和选择型(B型)两类;按极数可分为单极、双极、三极和四极;按灭弧介质可分为空气式和真空式。

(2)低压断路器的工作原理

低压断路器工作原理示意如图1-1-12所示。低压断路器的主触点是靠操作机构

手动或电动合闸的，并且自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。如果电路发生故障，自由脱扣机构在有关脱扣器的推动下动作，使钩子脱开，于是主触点在弹簧作用下迅速分断。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联，失压脱扣器的

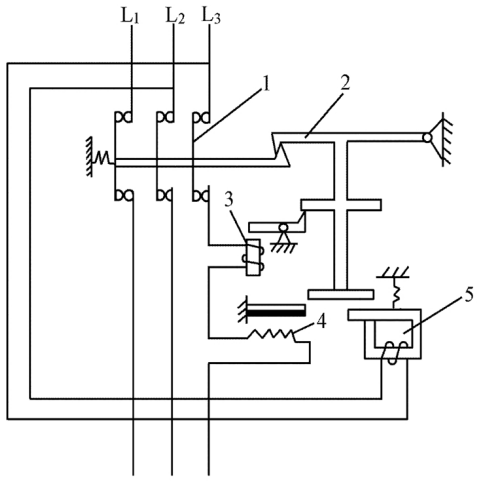


图 1-1-12　低压断路器工作示意

1—主触点；2—自由脱扣机构；3—过电流脱扣器；4—热脱扣器；5—失压脱扣器

线圈与电路并联。当电路发生短路或严重过载时，过电流脱扣器的衔铁被吸合，使自由脱扣机构动作；当电路过载时，热脱扣器的热元件产生的热量增加，使双金属片向上弯曲，推动自由脱扣机构动作；当电路失压时，失压脱扣器的衔铁释放，也使自由脱扣机构动作。

(3)型号含义

低压断路器的型号含义如图1-1-13所示。

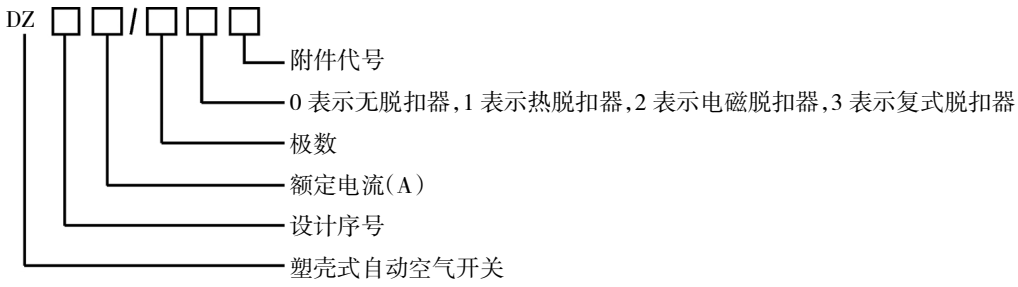


图 1-1-13　低压断路器型号含义

(4)低压断路器的的主要技术参数

①额定电压

额定电压分额定工作电压、额定绝缘电压和额定脉冲耐压。

额定工作电压U_N是指保证电器正常工作的工作电压值，对于多相电路是指相间的电压值。

额定绝缘电压是断路器的最大额定工作电压。

额定脉冲耐压是指系统发生最大过电压时所能耐受的能力。

②额定电流I_N

额定电流就是持续电流，也就是脱扣器能长期通过的电流，对带有可调式脱扣器的断路器为可长期通过的最大工作电流。

③额定短路分断能力I_M

断路器的额定分断能力是指在规定的条件（电压、频率、功率因数及规定的试验程序等）下，能够分断的最大短路电流值。

（5）低压断路器的选用

低压断路器的一般选用原则为：

①低压断路器的额定电压和额定电流应不小于线路的正常工作电压和负载电流。

②热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。

③电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载正常工作时可能出现的峰值电流；用于控制电动机的断路器，其瞬时脱扣整定电流应按$I_Z \geqslant KI_{st}$选择，式中K为安全系数，可取1.5~1.7，I_{st}为电动机的启动电流。

④欠压脱扣器的额定电压应等于线路的额定电压。

⑤断路器的极限通断能力应不小于电路最大短路电流。

（6）低压断路器的安装与使用

①低压断路器应垂直安装，固定后，断路器应安装平整，不应有附加机械应力。

②电源进线应接在断路器的上母线上，而接往负载的出线则应接在下母线上。

③为防止发生飞弧，安装时应考虑到断路器的飞弧距离，并注意在灭弧室上方接近飞弧距离处不跨接母线。如果是塑壳式产品，进线端的裸母线宜包上200mm长的绝缘物，有时还要求在进线端的各相间装隔弧板。设有接地螺钉的产品，均应可靠接地。

（三）主令电器

主令电器是控制电路中用来发出命令的电器，即用它来控制接触器、继电器等电器的线圈得电与失电，从而控制电力拖动系统的起动与停止，以及改变系统的工作状态，如正转与反转等。其主要类型有控制按钮、行程开关、万能转换开关、主令控制器、脚踏开关。

1. *按钮*

按钮是一种用人力操作，并具有储能复位的开关电器。按钮的触头允许通过的电