



电气与PLC控制技术



.....

主编 马正强 廖 成



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

电气与 PLC 控制技术

主编 马正强 廖 成



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气与 PLC 控制技术/马正强,廖成主编. —武汉:武汉大学出版社,2015. 4
ISBN 978-7-307-15433-9

I. 电… II. ①马… ②廖… III. ①电气控制 ②plc 技术 IV. ①TM571. 2
②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 056464 号

责任编辑:王 蕾 郭 芳 责任校对:方竞男 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:421 千字

版次:2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15433-9 定价:42.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

由于 PLC 日益广泛的应用和其在工业自动化控制领域中的重要地位,电气与 PLC 控制技术的知识和技能是每个从事机电技术应用岗位人员必须掌握的内容。在“以职业为导向、以岗位能力为本位、以学生为主体”的职业教育改革引领下,教师从“教”学转向“导”学,以加强学生创新精神和实践能力的培养。本书遵循中华人民共和国人力资源和社会保障部、中华人民共和国教育部的培养目标要求,以学习基础知识、培养基本技能、训练基本功为原则,采用项目教学的编写模式,紧紧抓住任务目标、任务过程、任务评价等基本要素,将传统的电气控制技术与 PLC 控制技术充分融合。

本书由凉山州职业技术学校马正强、廖成主编,其中廖成编写第一篇,马正强编写第二篇。本书在编写过程中得到了学校领导、西昌合力锌业股份有限公司维修电工技师王洪斌、机电教研室教师张云和吴建川的大力支持,在此一并感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不妥和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月

目 录

第一篇 电力拖动技术

项目一 常用的低压电器	(2)
任务一 低压熔断器的识别与检修	(2)
任务二 低压开关与主令电器的识别	(7)
任务三 交流接触器的拆装与维修	(14)
项目二 电动机的基本控制电路及其安装、调试与维修	(23)
任务一 点动控制电路	(23)
任务二 连续运转控制电路	(29)
任务三 点动与连续运转的混合控制电路	(33)
任务四 接触器联锁正反转控制电路	(37)
任务五 工作台自动往返控制电路	(41)
任务六 时间继电器控制的星三角降压启动控制电路	(46)
项目三 常用生产机械的电气控制电路及其安装、调试与维修	(54)
任务一 CA6140 车床电气控制电路	(54)
任务二 M7130 平面磨床电气控制电路	(62)
任务三 X62W 万能铣床电气控制电路	(68)

第二篇 PLC 控制技术

项目四 走进 PLC 的世界	(77)
任务一 认识 PLC 实训设备	(77)
任务二 认识 PLC 的硬件组成和工作原理	(85)
任务三 认识 PLC 的电路接口	(91)
任务四 搭接 PLC 的输入输出接口电路	(95)
任务五 点亮一盏灯	(101)
任务六 让一盏灯按规定的方式亮灭	(104)
项目五 三菱 PLC 的基本指令	(114)
任务一 三相异步电动机的点动-连续控制电路	(114)
任务二 三相异步电动机的正反转控制电路	(123)
任务三 三相异步电动机的顺启逆停控制电路	(129)

任务四	三相异步电动机的 Y- Δ 降压启动电路	(134)
任务五	双速电动机控制电路	(139)
项目六	PLC 的编程方式	(151)
任务一	“传送带驱动”控制(I)	(151)
任务二	“传送带驱动”控制(II)	(156)
任务三	交通灯控制	(160)
任务四	不同尺寸部件的分拣	(168)
任务五	金属切削机床控制	(172)
任务六	水塔自动控制	(181)
任务七	电镀生产线控制(STL 方式)	(183)
任务八	电镀生产线控制(SFC 方式)	(188)
任务九	同一开关控制几盏灯	(193)
项目七	三菱 PLC 功能指令和特殊功能模块	(200)
任务一	自动售货机	(200)
任务二	LED 时钟显示控制	(207)
任务三	认识 PLC 特殊功能模块	(212)
项目八	PLC 综合实训	(223)
任务一	化学反应过程控制	(223)
任务二	四层电梯控制	(225)
附录一	FX 系列 PLC 软元件	(245)
附录二	FX 系列 PLC 指令简表	(251)
附录三	FX 系列 PLC 扩展指令	(252)
参考文献		(257)

第一篇 电力拖动技术

项目一 常用的低压电器

项目编号:LZJD-04

任务名称	任务编号
低压熔断器的识别与检修	LZJD-DLTD-01-1
低压开关与主令电器的识别	LZJD-DLTD-01-2
交流接触器的拆装与维修	LZJD-DLTD-01-3

任务一 低压熔断器的识别与检修

【任务介绍】

- ① 仔细观察不同形状、规格熔断器的外形和结构特点。
- ② 写出给出的 5 个熔断器的具体名称和型号。
- ③ 根据给出的负载大小选择相应的熔断器及熔断体。

【任务目标】

- ① 熟悉常用低压电器的分类方法。
- ② 熟悉常用术语的含义。
- ③ 了解熔断器的结构与主要技术参数。
- ④ 了解常用低压熔断器的分类及选择方法。
- ⑤ 掌握熔断器的安装与使用方法。
- ⑥ 掌握熔断器的常见故障及处理方法。

【知识链接】

1. 电力拖动简介

(1) 电力拖动的概念

电力拖动是指以电动机为原动机拖动机械设备运动的一种拖动方式,又称电气传动。其系统包含电动机,生产机械的工作机构、传动机构、电气控制电路及电源。

(2) 电力拖动的发展

19 世纪末,在生产机械的拖动系统中,电动机逐渐代替蒸汽机,出现了电力拖动。按电力拖动的组合数量分,电力拖动经历了三个阶段。

第一阶段为成组拖动,即一台电动机拖动多个机械设备。

第二阶段为单机拖动,即一台电动机拖动一个机械设备。

第三阶段为多机拖动,即多台电动机拖动一个机械设备。

在电力拖动方式的演变中,电力拖动控制方式也得到不断发展和改变,其发展经历了四个阶段:继电式有触点断续控制,直流电动机连续控制,可编程无触点断续控制,采样控制。

2. 低压电器的分类及常用术语

(1) 低压电器的分类

电器是指在电能的产生、输送、分配和应用中,起着开关、控制、调节和保护作用的电气设备。低压电器是指工作在交流电压 1200 V、直流电压 1500 V 以下的各种电器。

低压电器的种类和分类方法很多,常见的分类方法见表 1-1-1。

表 1-1-1 低压电器的分类

分类方法	种类	用途
按用途和所控制的对象分	低压配电电器(如低压开关等)	主要用于低压配电系统及动力系统中
	低压控制电器(如接触器等)	主要用于电力拖动及自动控制系统中
按动作的方式分	自动切换电器 (如接触器、继电器等)	依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作
	非自动切换电器 (如按钮、低压开关等)	主要依靠外力(如手控)直接操作来进行电器的切换
按执行机构分	有触点电器 (如接触器、继电器等)	具有可分离的动、静触点,主要利用触点的接触和分离来实现电路的通断控制
	无触点电器 (如接近开关、固态继电器等)	没有可分离的触点,主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制

(2) 低压电器的常用术语

低压电器的常用术语见表 1-1-2。

表 1-1-2 低压电器的常用术语

常用术语	含义
通断时间	开关电器的一个极开始流过电流瞬间起到所有电弧最终熄灭瞬间止的时间间隔
闭合时间	开关电器从闭合操作开始瞬间起到所有极的触点都接触瞬间止的时间间隔
断开时间	开关电器从断开操作开始瞬间起到所有极的触点都分开瞬间止的时间间隔
分断能力	电器在规定条件下,能在给定电压下分断的预期分断电流值
接通能力	电器在规定条件下,能在给定电压下接通的预期接通电流值
通断能力	电器在规定条件下,能在给定电压下接通和分断的预期电流值
操作频率	开关电器在每小时内可能实现的最高操作循环次数
通电持续率	电器有载时间和工作周期之比,常用百分数表示
机械寿命	机械开关电器在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作循环次数
电气寿命	在规定的正常工作条件下,机械开关电器不需要修理或更换零件的负载操作循环次数

3. 低压熔断器

熔断器是一种保护电器,在电路中起短路保护的作用。熔断器串接于被保护电路中,能在电路发生短路或严重过电流时快速自动熔断,从而切断电路电源,起到保护作用。图 1-1-1 和图 1-1-2 为常见的两种熔断器。

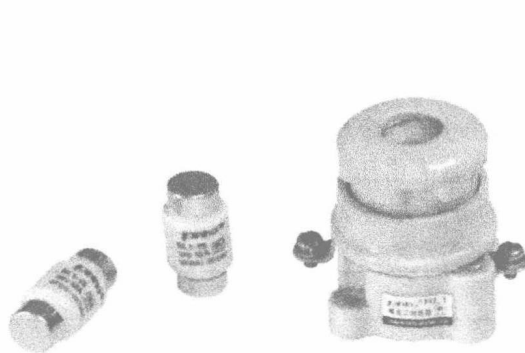


图 1-1-1 螺旋式熔断器

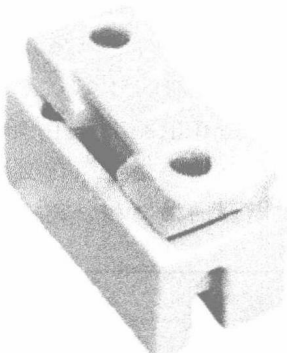


图 1-1-2 瓷插式熔断器

(1) 低压熔断器的结构

熔断器由熔断管(或座)、熔断体、填料、导电部件等组成。

熔断管:由硬质纤维或瓷质绝缘材料制成封闭或半封闭式管状外壳,熔断体装于其内,有利于熔断体熔断时熄灭电弧。

熔断体:由金属材料制成不同的丝状、带状、片状或笼状。

填料:广泛应用的填料是石英砂,主要有两个作用,即作为灭弧介质和帮助熔断体散热,有助于提高熔断器的限流能力和分断能力。

(2) 低压熔断器的额定参数

① 熔断器额定电流:指能保证熔断器长期安全工作的额定电流。

② 熔断体额定电流:指在正常工作时熔断体不熔断的工作电流。

(3) 低压熔断器的型号、含义及符号

低压熔断器的型号、含义及符号见图 1-1-3。

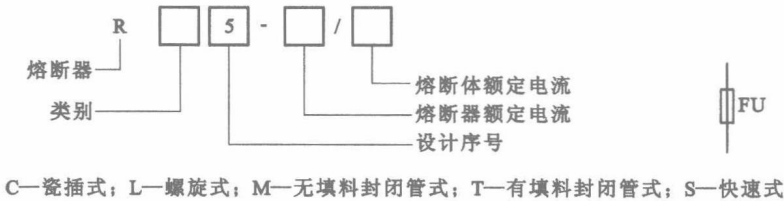


图 1-1-3 低压熔断器的型号、含义及符号

(4) 低压熔断器的选用

① 根据使用环境和负载性质选择熔断器。对于容量较小的照明电路或电动机的简易保护,可采用 RC1A 系列瓷插式熔断器,如图 1-1-4 所示;在开关柜或配电屏中可采用 RM 系列无填料封闭式熔断器;对于短路电流相当大或有易燃气体的地方,应选用 RT0 系列有填料封闭式熔断器;在机床控制电路中,应采用 RL1 系列螺旋式熔断器;对于硅整流元件及晶闸管的保护,应采用 RSL 或 RS0 系列快速熔断器。

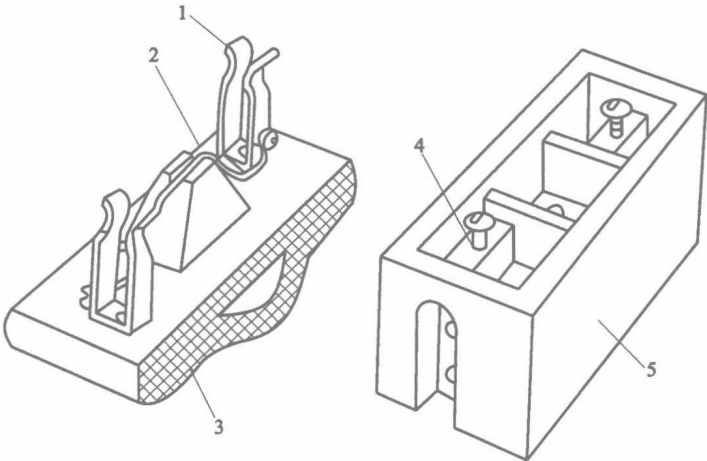


图 1-1-4 RC1A 系列瓷插式熔断器

1—动触点；2—熔丝；3—瓷盖；4—静触点；5—瓷座

- ② 熔断器的额定电压必须大于电路的额定电压。
- ③ 熔断器的额定电流必须大于所装熔断体的额定电流。
- ④ 熔断器的分断能力应大于电路可能出现的最大短路电流。
- ⑤ 熔断器在电路中上、下级的配合应有利于实现选择性保护。通常，上一级熔断器的熔断体额定电流应大于下一级熔断器的熔断体额定电流 1~2 个级差。
- ⑥ 对于一般的电阻性负载和照明电路，熔断体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。通常为负载额定电流的 1~1.1 倍。
- ⑦ 对于电动机控制电路，一般选取熔断体的额定电流为电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。当有多台电动机时，熔断体的额定电流应为容量最大的那台电动机额定电流的 1.5~2.5 倍再加上其余电动机的额定电流。

【任务过程】

1. 任务准备

工具：尖嘴钳、螺钉旋具。

仪表：MF47 型万用表。

器材：在常用的熔断器中选取 5 种不同的熔断器各两个。

2. 熔断器的识别训练

- ① 仔细观察各种不同类型、规格熔断器的外形和结构特点。
- ② 从所给的熔断器中任选 5 只并编号，写出其名称、型号并填表(表 1-1-3)。

表 1-1-3 熔断器的识别表

序号	1	2	3	4	5
名称					
型号					

3. 更换 RC1A 系列和 RL1 系列熔断器的熔断体

- ① 检查所给熔断器的熔断体是否完好。对于 RC1A 系列可拔下瓷盖检查,对于 RL1 系列应先检查熔断指示器。
- ② 若熔断体已断,应按原规格选配熔断体。
- ③ 更换熔断体时,对于 RC1A 系列,安装熔丝时的绕向必须顺着螺钉旋紧的方向,在安装过程中不得损伤熔丝。对于 RL1 系列,熔断管不能倒装。
- ④ 用万用表检查更换熔断体后的熔断器各部分是否接触良好。

【任务评价】

班级：		姓名：	学号：	成绩：	日期：	年	月	日
序号	内容	配分/分	评分标准		学员自检	得分		
1	学习纪律 和态度	10	遵守课堂纪律,不迟到、早退					
2		5	态度端正,学习积极认真					
3		5	服从组长和教师管理					
4	学习过程	10	元件名称书写正确,每错一个扣 2 分					
5		10	元件型号书写正确,每错一个扣 2 分					
6		10	熔断体检查方法不正确,1 次扣 5 分					
7		10	选配熔断体错误,1 次扣 5 分					
		10	损伤熔断体,扣 10 分					
		20	更换熔断体后,熔断器断路,扣 20 分					
8	安全文明	5	正确使用设备和工具,遵守实训室相关规程					
9		5	课后工位卫生,设备归位					
过程记录								
备注								

任务二 低压开关与主令电器的识别

【任务介绍】

- ① 仔细观察不同形状、规格的低压开关和主令电器的外形和结构特点。
- ② 写出给出的 5 个低压开关和主令电器的具体名称和型号。
- ③ 根据给出的负载大小选择相应的熔断器及熔断体。

【任务目标】

- ① 了解低压开关的结构与主要技术参数。
- ② 了解常用低压开关的分类及选择方法。
- ③ 掌握低压开关的常见故障及处理方法。
- ④ 了解常用主令电器的结构与主要技术参数。
- ⑤ 了解常用主令电器的分类及选择方法。
- ⑥ 掌握主令电器的常见故障及处理方法。

【知识链接】

1. 低压开关

低压开关是一种非自动切换的低压电器,其主要作用是隔离、转换、接通和分断电路。在电力拖动电路中,低压开关通常用作电路的电源开关和局部照明电路的控制开关,有时也可用来直接控制小容量电动机的启动、停止和正反转。

常用的低压开关主要有低压断路器、刀开关和组合开关等。

(1) 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关或自动空气断路器,简称断路器。断路器是低压配电网络和电力拖动系统中非常重要的一种电器,集控制和多种保护功能于一身,具有操作安全、使用方便、工作可靠、安装简单、动作值可调、分断能力较强、动作后无须更换元件等优点,被广泛应用于各领域。图 1-2-1 为常见的几种低压断路器。

① 低压断路器的分类。

低压断路器按极数分为单极、两极、三极和四极。

低压断路器按保护形式分为电磁脱扣式、热脱扣式、复式脱扣式和无脱扣式。

低压断路器按分断时间分为一般式和快速式。

低压断路器按结构形式分为塑壳式、框架式、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式。

低压断路器按安装方式分为固定式、插入式和抽屉式。

② 低压断路器的结构。

低压断路器由触点系统、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及绝缘外壳组成。

图 1-2-2 为模数化小型低压断路器内部结构示意图。

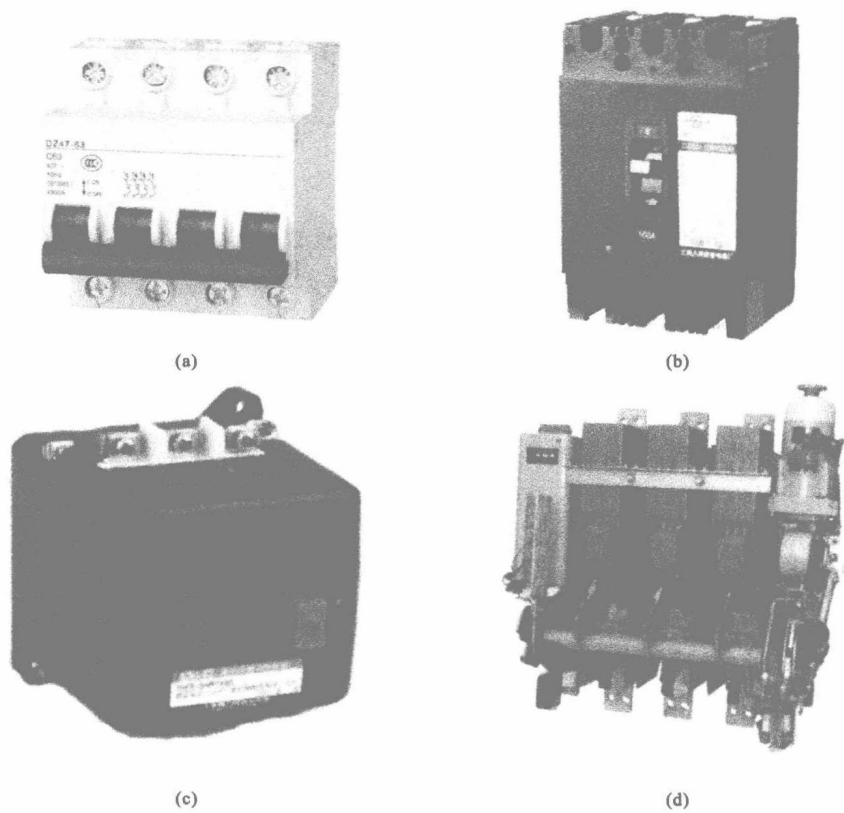


图 1-2-1 常见的低压断路器

(a) DZ47 系列塑壳式断路器；(b) DZ15 系列塑壳式断路器；
(c) DZ5 系列塑壳式断路器；(d) DW16 系列万能式断路器

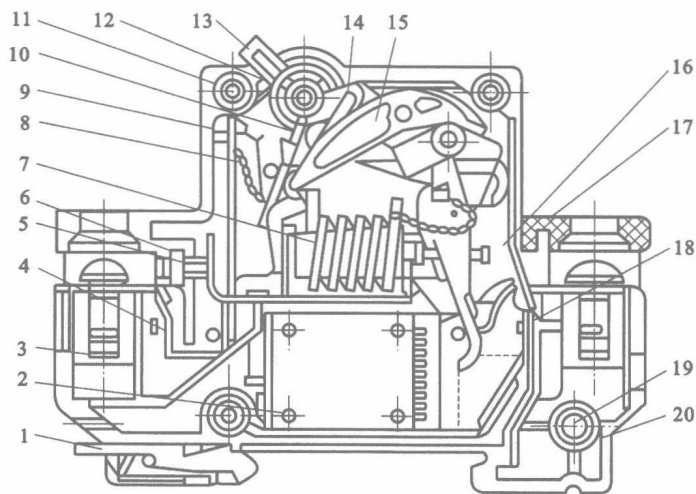


图 1-2-2 模数化小型低压断路器内部结构示意图

1—安装卡子；2—灭弧罩；3—接线端子；4—连接排；
5—热脱扣调节螺栓；6—嵌入螺母；7—电磁脱扣器；8—热脱扣器；
9—锁扣；10、11—复位弹簧；12—手柄轴；13—手柄；14—U形连杆；
15—脱钩；16—盖；17—防护罩；18—触点；19—铆钉；20—底座

③ 低压断路器的型号、含义及符号。

低压断路器的型号、含义及符号见图 1-2-3。

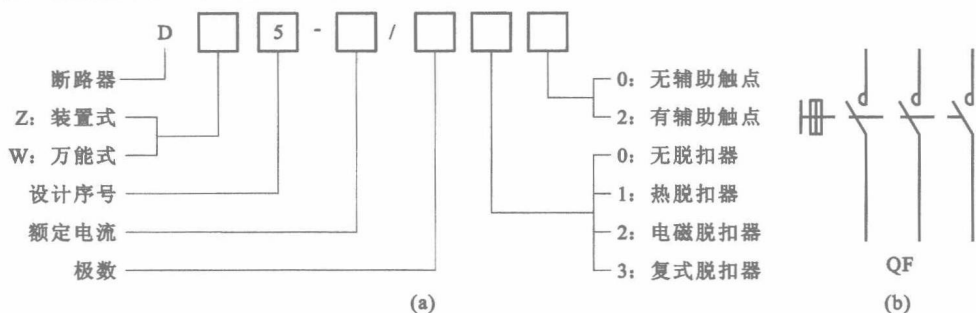


图 1-2-3 低压断路器的型号、含义及符号

④ 低压断路器的选用。

- 低压断路器的额定电压和额定电流应不小于电路、设备的正常工作电压和工作电流。
- 热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。
- 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的峰值电流。用于控制电动机的断路器，其瞬时脱扣整定电流 $I_z \geq K I_{st}$ 。其中 K 为安全系数，可取 $1.5 \sim 1.7$ ， I_{st} 为电动机的启动电流。

- 欠压脱扣器的额定电压应等于电路的额定电压。
- 断路器的极限通断能力应不小于电路的最大短路电流。

⑤ 断路器的安装使用要求。

- 低压断路器应垂直安装，电源线接在上端，负载线接在下端。
- 低压断路器用作电源总开关或电动机的控制开关时，在电源的进线侧必须加装刀开关或熔断器，以形成明显的断点。
- 在使用低压断路器前，应将脱扣器工作面上的防锈油脂擦干净，以免影响其正常工作。同时，应定期检修，清除断路器上的灰尘，并给操作机构添加润滑油。
- 各脱扣器的动作值调好后，不允许随意改动，并应定期检查各脱扣器的动作值是否满足要求。
- 断路器的触点使用一定次数或分断短路电流后，应及时检查触点系统是否烧蚀，如有，应及时维修或更换。

(2) 刀开关

普通的刀开关是一种结构最简单且应用最广泛的低压电器，其由操作手柄、动触刀、静夹座、进线座、出线座和绝缘底板组成。图 1-2-4 为刀开关外形图。

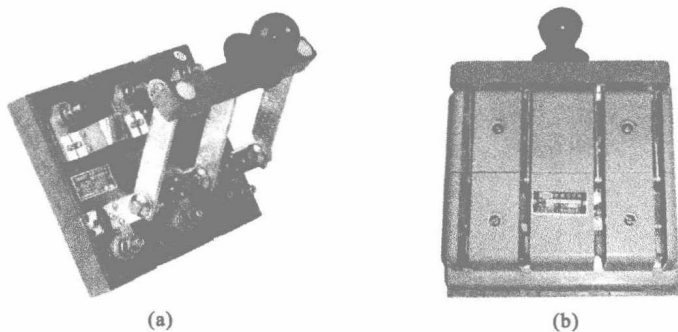


图 1-2-4 刀开关外形图

常用的刀开关主要有瓷底胶盖闸刀开关和铁壳开关。

① 瓷底胶盖闸刀开关。

瓷底胶盖闸刀开关又称为开启式负荷开关,简称闸刀开关。它由刀开关和熔断器组成,刀开关装在上部,由进线座和静夹座组成;熔断器装在下部,由出线座、动触刀和熔丝组成;

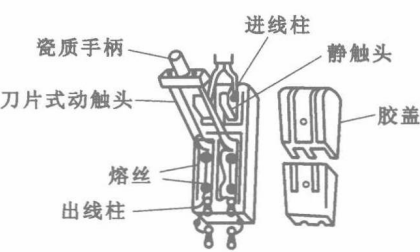


图 1-2-5 HK 系列瓷底胶盖闸刀开关

罩住以防止电弧或触及带电体伤人,胶盖上开有与动触刀数(极数)相同的槽,便于动触刀上下运动与静夹座分合操作。图 1-2-5 所示为 HK 系列瓷底胶盖闸刀开关。

开启式负荷开关一般用于照明电路和功率小于 5 kW 非频繁启动的电动机控制电路中。当用于照明或电热负载时,选用额定电压 220 V 或 250 V、额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关;当直接用于控制电动机的启动和停止时,选用额定电压 380 V 或 500 V、额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

开启式负荷开关必须垂直安装在控制屏或开关板上,且合闸时手柄必须向上;电源进线必须接在上接线座上,下接线座为出线端;当用于控制电动机时,开关的熔断体部分必须用铜线短接,并在出线端另外加装熔断器;在分闸和合闸时,动作要迅速,更换熔断体时必须拉断开关。

② 铁壳开关。

铁壳开关又称为封闭式负荷开关,主要由操作机构、熔断器、触点系统和铁壳组成。操作机构具有快速分断装置,开关的闭合和分断速度与操作者手动速度无关;触点系统全部封装在铁壳内,并带有灭弧室以保证安全;罩盖与操作机构设置了联锁装置且罩盖可以加锁,确保操作安全。图 1-2-6 为铁壳开关外形与结构图。

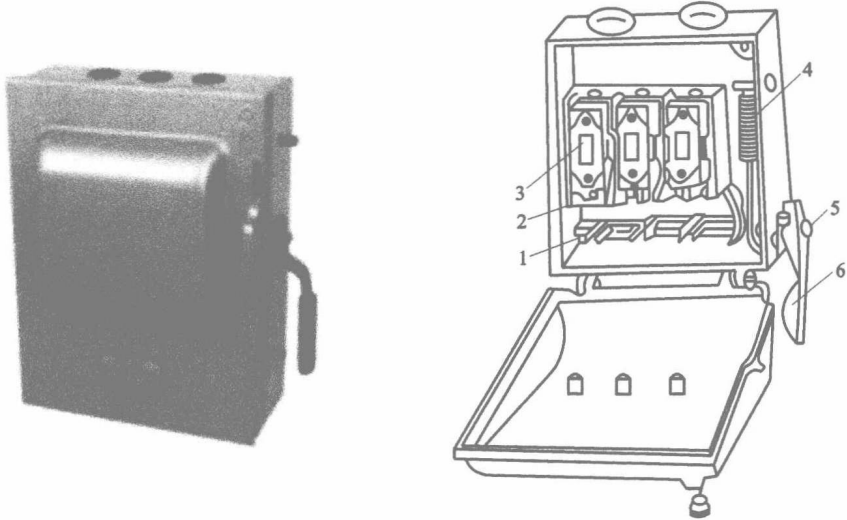


图 1-2-6 铁壳开关外形与结构图

1—刀式触点;2—夹座;3—熔断器;4—速断弹簧;5—转轴;6—手柄

选用封闭式负荷开关时,开关额定电压应不小于工作电路的额定电压;额定电流应不小于电路的工作电流。用于控制电动机时,其额定电流应不小于电动机额定电流的3倍。

封闭式负荷开关在使用时必须垂直安装于无强烈冲击的场合,安装的高度一般离地不低于1.3~1.5 m,且外壳必须可靠接地;接线时,应将电源进线接在静夹座一边的端子上,负载引线接在熔断器一边的接线端子上,且进出线必须都穿过开关的进出线孔;在进行分、合闸操作时,不能面对开关,以免开关因意外故障爆炸,铁壳飞出伤人。

③ 组合开关。

组合开关又称为转换开关。其特点是体积小,触点对数多,接线方式灵活,操作方便。其适用于交流380 V、直流220 V及220 V以下的电气电路中,常在机床电路中作为电源开关使用。

组合开关应根据电源种类、电压等级、所需触点数量、接线方式和负载容量进行选用。直接控制电动机时,开关的额定电流应为电动机额定电流的1.5~2.5倍。

HZ10系列组合开关应安装在控制箱(或壳体)内,其操作手柄最好伸出在控制箱的前面或侧面。开关处于断开状态时,应使手柄在水平旋转位置;若需在箱内操作,开关应装在箱内的右上方;当操作频率过高或负载功率因数较低时,应降低开关的容量。

2. 按钮

按钮是一种短时接通或断开小电流电路的电器,它不直接控制主电路的通断,而是在控制电路中发出手动“指令”去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路,故称主令电器。

(1) 按钮的结构及分类

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点、支柱连杆及外壳等部分组成。图1-2-7为按钮的外形和结构图。

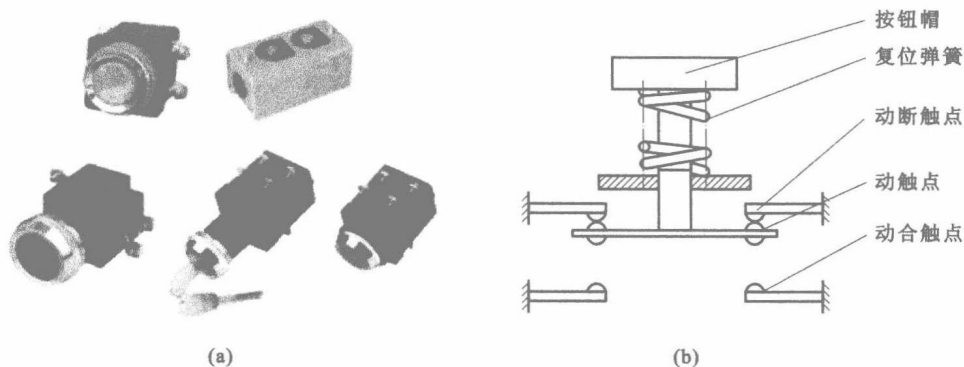


图 1-2-7 按钮的外形和结构图

(a) 外形;(b) 结构

按钮按其静态时触点的分合状态,可分为常开按钮(启动按钮)、常闭按钮(停止按钮)和复合按钮(即常开、常闭组合成一体按钮)。

(2) 按钮的工作原理

常态下,按钮有一对常开触点和一对常闭触点。按下按钮时,常闭触点先断开,常开触点后闭合。松开手后,在反力弹簧的作用下,两对触点复位。

(3) 按钮的型号、含义和符号

按钮的型号、含义和符号见图1-2-8。