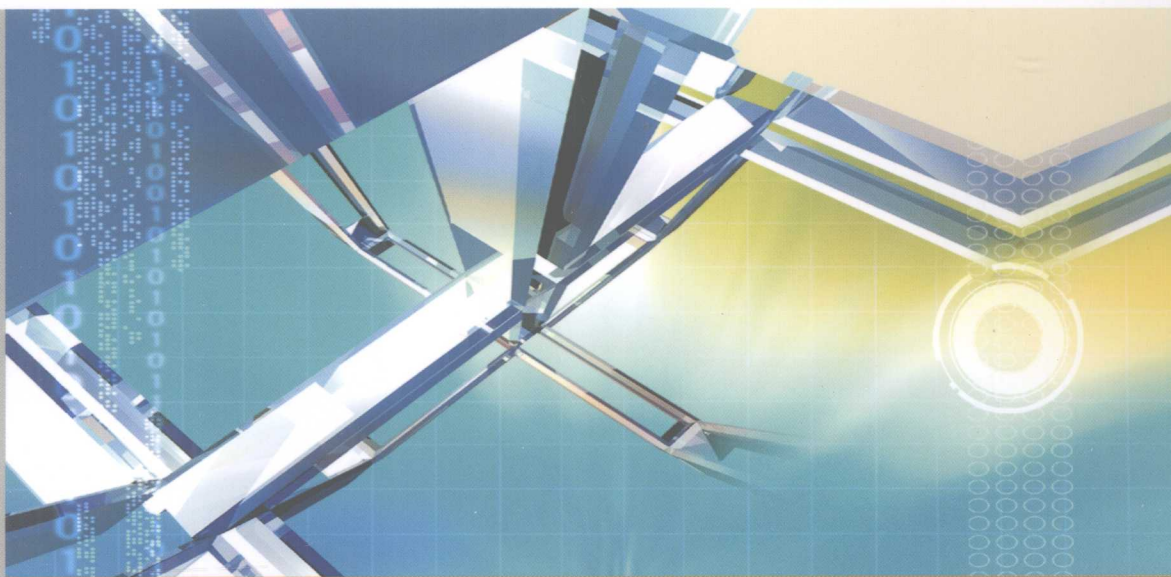


DIANQI
KONGZHI
JISHU

电气控制技术实训



SHI XUN

主审/张全庄
主编/王纳林



西北大学出版社
NORTHWEST UNIVERSITY PRESS

电气控制技术实训

主 审 张全庄
主 编 王纳林

西北大学出版社

【内容提要】全书共分为四大部分：第一部分为常用低压电器元件认识与检修技能训练；第二部分为电动机控制电路原理认识与安装调试技能训练；第三部分为电气控制柜的设计、安装改造与调试技能训练；第四部分为维修电工考前综合培训技能训练。书后附录了生产厂家部分常用低压电器元件产品观察与认识、几种常用的可编程控制器的指令及参数、变频器的配套设备及安装等相关技术资料，以备查阅。

本教材适合高职、高专、中职、中专电类专业及中职教师培训使用，也可作初、中、高级维修电工培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

电气控制技术实训/王纳林主编.—西安：西北大学出版社，
2008.8

ISBN 978-7-5604-2522-1

I. 电… II. 王… III. 电气控制 IV. TM921.5

中国版本图书馆CIP数据核字（2008）第121213号

书 名	电气控制技术实训
主 编	王纳林
出版发行	西北大学出版社
通信地址	西安市太白北路229号 邮编 710069 电话 029-88303059
经 销	新华书店经销
印 刷	西安交通大学印刷厂
开 本	787mm×1092mm 1/16
印 张	10
字 数	230千字
版 次	2008年8月第1版 2008年8月第1次印刷
书 号	ISBN 978-7-5604-2522-1
定 价	18.00元

前 言

电气控制技术实训教材是根据教育部高职、高专电气类各专业实施项目化教学方法和实训教学改革的培养目标,结合现代工矿企业生产一线现场控制设备现状和维护管理工作岗位群所需技能要求,在我院国家级教改试点专业——电气自动化专业三轮试用教材的基础上进行了全面修订而形成的。

书中主要内容以突出培养学生实际操作技能和分析解决问题的能力为出发点,注重培养动手操作能力及创新能力和自动化技术应用能力。全书共分为四大部分:第一部分在常用低压电器类元件认识与拆装技能训练基础上增补了开关类电器低压断路器内容以及常用低压电器维修方法等。第二部分为电动机基本控制电路板制作与调试技能训练。以常用的电动机基本控制电路原理认识为主,以小型电动机基本控制电路盘制作工艺要求技能训练为重点,让读者了解和掌握控制电路盘的元件安装、布线工艺及调试与检修技能。第三部分为电气控制柜安装与调试技能训练。(以 X62W 万能铣床为例)除安装、调试步骤外,还补充了电气柜整个安装工艺流程以及各环节的工艺要求,除此之外通过增补 PLC 技术应用与镗床电路设计与改造技能训练,对强弱电的紧密结合有了更新的了解和认识。第四部分为维修电工考前综合培训技能训练。列举了维修电工实操考核要求及内容、模拟试题等作为技能训练考核标准。书后附录了生产厂家部分常用低压电器元件产品观察与认识、还有几种常用的可编程序控制器的指令及参数、变频器的配套设备及安装等相关技术资料,以备查阅。

全书由陕西工业职业技术学院电气工程系王纳林编写并定稿,张全庄副教授主审。在编写过程中宋定珍副教授、卢庆林教授等提出了建设性修改意见和帮助,对此表示衷心的感谢!

在本书编写过程中参考了部分相关资料文献,书稿虽经反复斟酌,多次修改,但由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 8 月

目 录

第一部分 常用低压电器元件认识与检修技能实训

基础知识 常用低压电器元件认识	(3)
预习一 常用开关类电器元件认识	(3)
预习二 常用低压断路器元件认识	(6)
预习三 常用低压熔断器元件认识	(9)
预习四 交流接触器元件认识	(12)
预习五 常用继电器类元件认识	(16)
预习六 主令电器元件认识	(21)
项目一 常用低压电器元件拆装与检修技能实训	(24)
引导 常用低压电器元件的日常维修	(24)
任务一 常用开关类电器拆装技能实训	(27)
任务二 交流接触器拆装技能实训	(28)
任务三 热继电器、时间继电器拆装与调整技能实训	(28)

第二部分 电动机控制电路原理认识与安装调试技能实训

基础知识 三相异步电动机基本控制电路原理认识	(33)
预习一 三相异步电动机的正转控制电路原理认识	(33)
预习二 三相异步电动机的正、反转控制电路原理认识	(38)
预习三 位置控制与自动往返控制电路原理认识	(40)
预习四 三相异步电动机降压启动控制电路原理认识	(42)
预习五 三相异步电动机反接制动控制电路原理认识	(44)
项目二 电动机控制电路板制作调试与检修技能实训	(46)
引导 电控板元件设计与布线工艺认识	(46)
任务一 电动机单向运转控制电路板制作调试与检修技能实训	(48)

任务二 电动机正、反转控制电路板制作调试与检修技能实训	(50)
任务三 电动机行程控制电路板制作调试与检修技能实训	(52)
任务四 电动机 Y - Δ 降压启动控制电路板制作调试与检修技能实训	(54)
任务五 电动机反接制动控制电路板制作调试与检修技能实训	(56)

第三部分 电气控制柜的设计、安装改造与调试技能实训

项目三 电气控制柜的设计、安装与调试技能实训	(61)
引导 电气控制柜设计安装工艺要求	(61)
任务一 X62W 万能铣床电气柜的设计、安装与调试技能实训	(62)
任务二 T611 镗床 PLC 技术改造电气柜的设计、安装与调试技能实训	(66)

第四部分 维修电工考前综合培训技能实训

项目四 维修电工实操培训内容、试题、维修常识	(77)
引导一 电气控制线路维修常识	(77)
引导二 中级维修电工实操培训内容	(80)
任务 维修电工实操培训综合模拟试题技能实训	(81)
附录一 常用低压电器类元件观察与认识	(92)
附录二 可编程序控制器的指令及参数	(107)
附录三 变频器的配套设备及安装技术	(134)
附录四 常用工具使用说明	(147)
参考文献	(151)

第一部分

常用低压电器元件认识与检修技能实训

基础知识 常用低压电器元件认识

低压电器是工作在交流 1000V、直流 1200V 及以下的电器。它的作用是对供、用电系统进行开关、控制、保护和调节。按其控制对象不同,低压电器分为配电电器和控制电器两大类。低压配电电器主要用于低压配电系统和动力回路,它具有工作可靠,热稳定性和电动力稳定性好,能承受一定电动力作用等优点。低压控制电器主要用于电力传输系统中,它具有工作准确、可靠、操作效率高、寿命长、体积小等优点。下面将讲述常用低压电器的用途、结构、工作原理和选用、安装要求。

预习一 常用开关类电器元件认识

一、刀开关

1. 胶盖开关

这种开关结构简单、价格低廉,安装、使用、维护方便,广泛用作照明电路和小容量(5.5 千瓦以下)动力电路不频繁启动的控制开关。它的主要结构如图 1-1 所示。

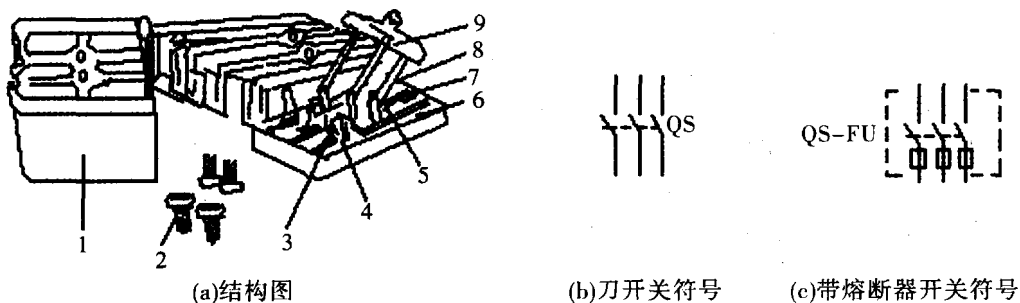


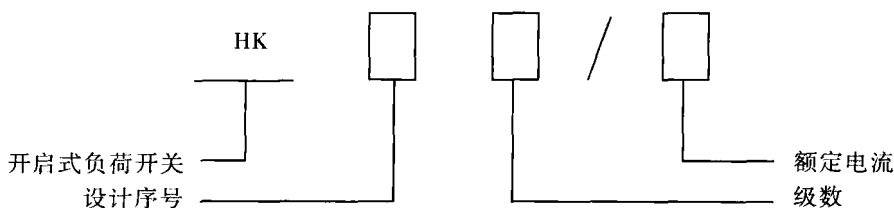
图 1-1 开启式负荷开关结构

1 - 胶盖; 2 - 胶盖紧固螺丝; 3 - 进线座; 4 - 静触点; 5 - 熔丝; 6 - 瓷底; 7 - 出线座; 8 - 动触点; 9 - 瓷柄

广泛使用的胶盖闸刀开关为 HK 系列,其型号的含义如下:

胶盖闸刀开关安装时,瓷底应与地面垂直,手柄向上为合闸,不得倒装和平装。因为闸刀带负荷分断电路时,刀片与夹座间将产生电弧。如果闸刀正装,电弧在电磁力和上升热气流作用下会拉长,容易冷却,便于灭弧。倒装和平装不具备拉长电弧的作用,灭弧困难,容易烧坏触头。再则,处于倒装和平装状态的闸刀分闸后,由于刀片自重或震动,可能导致误合

闸，会危及人身安全。



接线时，电源进线必须接闸刀上方的静触头接线柱，通往负载的线接下方的接线柱。接线时螺丝必须拧紧，保证接线桩与导线良好接触。

选用胶盖开关时应注意以下三点：第一，根据电压和极数选择。用于控制单相负载时，选用 220V 或 250V 二极开关；用于控制三相负载时选用 380V 三极开关。第二，根据额定电流之和选择。若用于控制电动机或其他电感性负载时，其开关额定电流是最大一台电动机额定电流的 2.5 倍。第三，选择开关时，应注意检查各刀片与对应夹座是否直线接触，有无歪扭，有无各刀片与夹座开合不同步的现象，夹座对刀片接触压力是否足够。如有问题，应修理或更换。

2. 铁壳开关

铁壳开关又叫封闭式负荷开关。它的优点是操作方便、使用安全、通电性能好，可不频繁的启动、接通和分断负荷电路，也可用作 15kW 以下的电动机不频繁启动的控制开关。它的基本结构是在铸铁壳内装有由刀片和夹座组成的触头系统，熔断器和速断弹簧，30A 以上的还装有灭弧罩。其内部结构如图 1-2 所示。

铁壳开关的选用可参照胶盖闸刀的选用原则进行。安装时，先预埋紧固件，并将木质配电板用紧固件固定在柱子上，再将铁壳

开关固定在木质配电板上。铁壳开关也应垂直于地面安装，其安装高度以手动操作方便为宜，通常在 1.3 ~ 1.5m 左右。外壳上的接地螺栓应就近可靠接地。接线时，电源进、出线都应分别穿入铁壳开关上方进出线孔。100A 以下的铁壳开关，电源进线应接开关的下接线柱，出线接开关上接线柱。100A 以上的铁壳开关接线则与此相反。

常用铁壳开关为 HH 系列，其型号的含义如下：

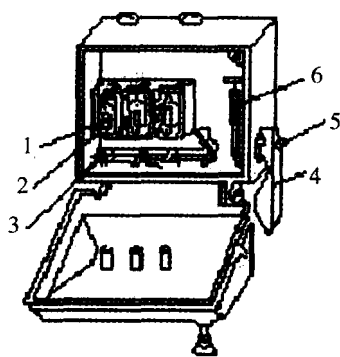
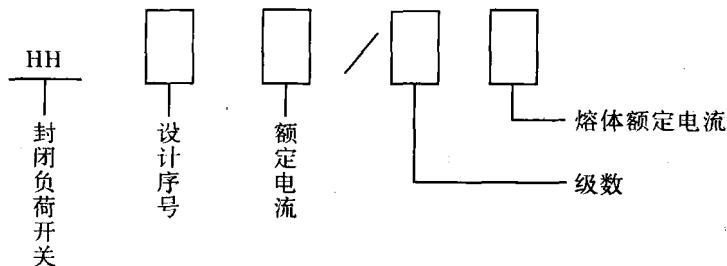


图 1-2 铁壳开关结构

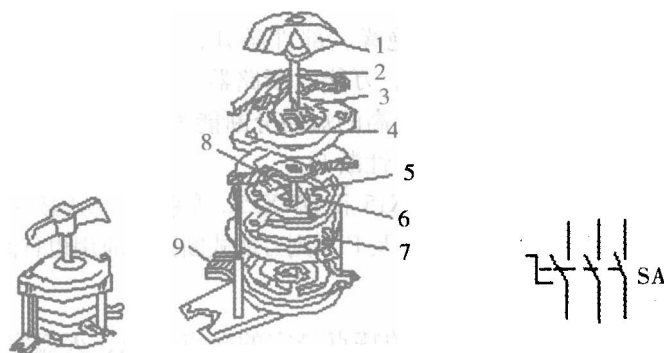
- 1 - 熔断器；2 - 夹座；3 - 闸刀；
4 - 手柄；5 - 转轴；6 - 速度弹簧

操作时，不得面对铁壳开关拉闸或合闸，一般用左手掌握柄。若更换熔丝，必须在分闸时进行，而且只能换上同规格熔丝。

二、转换开关

转换开关又叫组合开关，与前述刀开关一样，同属于手动控制电器。可作为电源线进入开关，或作 5.5kW 以下电动机的直接启动、停止、反转和调速等之用。其优点是体积小、寿命长、结构简单、操作方便、灭弧性能较好，多用于机床控制电路。其额定电压为 380V，额定电流有 6A、10A、15A、25A、60A、100A 等多种。

转换开关有两种形式，如图 1-3 所示。内部有三对静触头分别用三层绝缘板相隔，各自附有连接线路的接线柱，三个动触头互相绝缘，与各自的静触头对应，套在共同的绝缘杆上，绝缘杆的一端装有操作手柄和转动手柄，即可完成三组触头之间的开合或切换。开关内装有速断弹簧，用以加速开关的分断速度。



预习二 常用低压断路器元件认识

断路器是指能接通、分断线路正常承载电流，也能在规定的异常电路条件下（例如短路）在一定时间内接通、分断承载电流的机械式开关电器。低压断路器适用于交流 1200V、直流 1500V 及以下电路，是低压配电系统中的主要电器元件。低压断路器主要用于保护交、直流低压电网内电器设备，使之免受过电流、短路、欠电压等不正常情况的危害，同时也可用于不频繁启动的电动机操作或电路。

低压断路器一般由触点系统、灭弧式、自由脱扣机构、操作机构、各种脱扣器和基础部件等构成。常用的有万能式断路器和塑料外壳式断路器等。

一、万能式断路器

万能式断路器又称框架式断路器，它的特点是所有部件都装在一个钢制框架（小容量的也有用塑料底板）内，导电部件需加绝缘，部件敞开，大都是可拆卸式，便于装配和调整。万能式断路器的结构如图 1-4 所示。万能式断路器一般具有可维修的特点。它可装设较多的附件，也有较多的结构变化；有较高的短路分断能力，也有较高的动稳定性；同时又可实现短延时的短路分断，使电路能选择性断开。

万能式断路器有 DW15、DW15C、DWX15 和 DWX15C 等系列，从国外引进的 ME（DW17）、AE-S（DW18）、3WE、AH（DW914）、M 及 F 系列万能式断路器应用也日渐增多。

二、塑料外壳式断路器

塑料外壳式（简称塑壳式）断路器的特点是它的触点系统、灭弧室、结构及脱扣器等元件均装在一个塑料壳体内，结构紧凑简单、防护性能好，可独立安装。塑壳式断路器大多是非选择型的，宜用作配电支路负载端开关或电动机保护用。

如图 1-5 所示，触点系统由动触点组成，为了使动触点灵活、减少发热，采用多股编织铜线电焊而成的软连接与动触点相连；灭弧装置在结构上与万能式基本相同，但灭弧室壁有很多是采用钢制板制造，因为钢制板不仅耐弧、耐高温，而且在电弧作用下能产生气体吹弧；操作机构为五连杆机构，具有使触点快速合闸的功能，其“合”、“分”、“再扣”和“自由脱扣”位置以手柄位置来区分；外壳采用机械强度高、电气绝缘性能好的 DMC 玻璃纤维增强不饱和聚酯材料而成。

DZ20 系列断路器的过电流脱扣器分为瞬时脱扣器和复式脱扣器（即瞬间脱扣器和过载脱扣器），断路器可加装分励脱扣器、欠电压脱扣器、辅助触点及报警触点等附件。DZ20 系列断路器按断路器分断能力不同分为 Y 型（一般型）、J 型（较高型）、C 型（经济型）、G 型（最高型）和 H 型（高级型）。

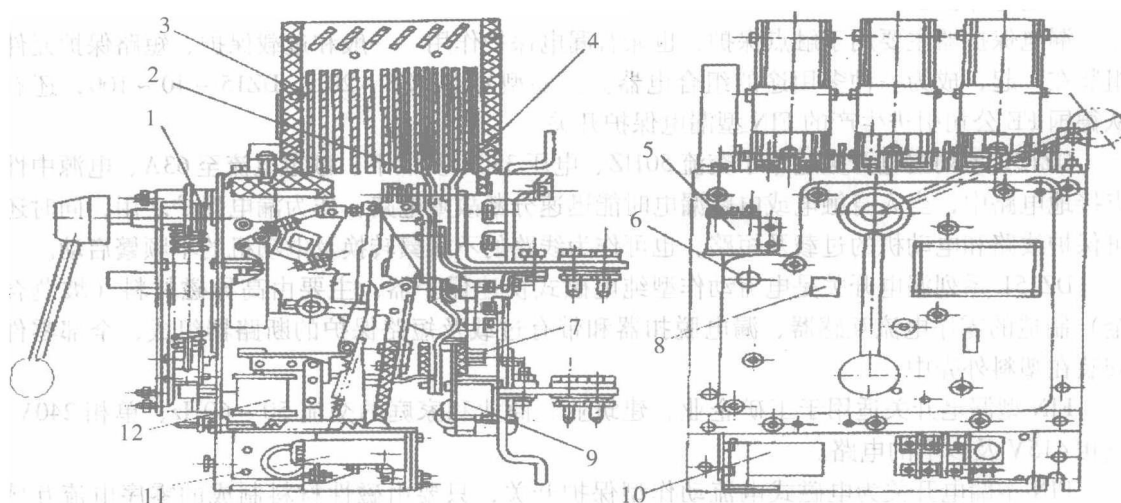


图 1-4 万能式断路器结构

- 1 - 操作机构; 2 - 动弧触点; 3 - 灭弧室; 4 - 静弧触点; 5 - 分离拖扣器; 6 - 拖扣轴;
7 - 电磁拖扣器; 8 - 分合指示器; 9 - 互感器; 10 - 失电压延时装置; 11 - 热继电器或导体式拖扣器; 12 - 电压脱扣器

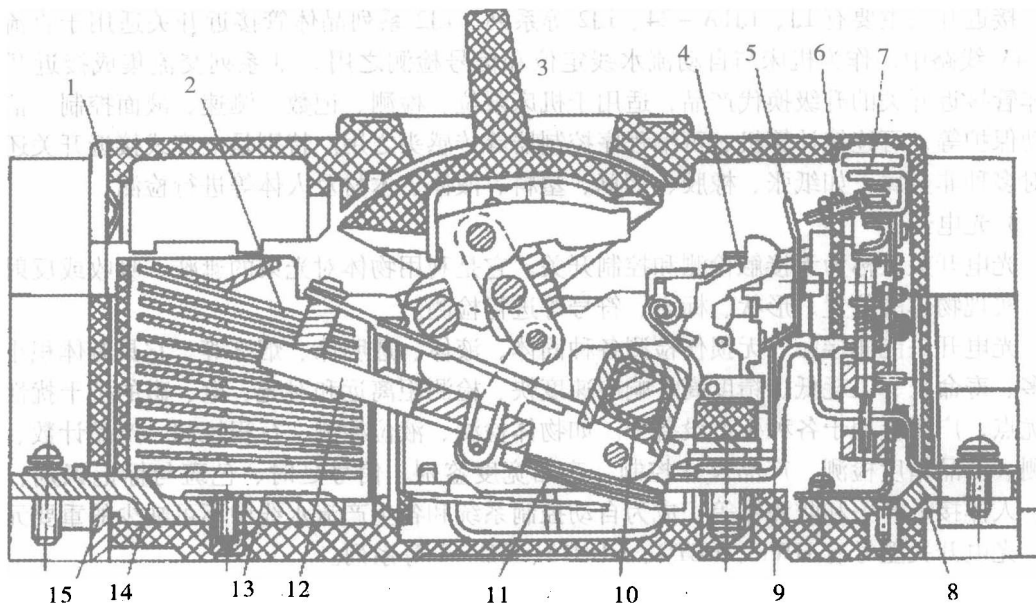


图 1-5 塑料外壳短路器

- 1 - 盖; 2 - 灭弧室; 3 - 手柄; 4 - 扣板; 5 - 双金属片; 6 - 调节螺钉; 7 - 瞬时调节旋钮; 8 - 下母线;
9 - 发热元件; 10 - 主轴; 11 - 软连接; 12 - 动触点; 13 - 静触点; 14 - 上母线; 15 - 机座

三、电子电器

1. 漏电保护器

漏电保护器主要用于触点保护,也兼有漏电保护作用。一般和过载保护、短路保护元件组装在一起,成为一种多用途的组合电器。主要型号有 DZ5-20L、DZ15-40~100,还有从德国 FE 公司引进生产的 FIN 型漏电保护开关。

DZ15L 系列漏电开关适用于交流 50HZ、电压 380V 及以下、额定电流至 63A、电源中性点接地电路中,当人身触电或电路漏电时能迅速分断故障电路,作为漏电保护之用,同时还可保护线路和电动机的过载及短路,也可作为线路的不频繁转换及电动机的不频繁启动。

DZ15L 系列漏电开关是电流动作型纯电磁式快速保护器,主要由高导磁材料(坡莫合金)制造的零序电流互感器、漏电脱扣器和带有过载及短路保护的断路器组成,全部零件安装在塑料外壳中。

FIN 型漏电开关适用于工矿企业、建筑业、商业和家庭的交流 50~60Hz、单相 240V、三相 415V 及以下的电路。

FIN 型漏电开关为电磁式电流动作型保护开关,只要由磁性材料制成的零序电流互感器、高灵敏脱扣器、动作机构及漏电实验装置组成,全部零件安装在一密封外壳中。

2. 接近开关

接近开关是一种无接触式物体检测装置,及某一物体接近某一信号机构时,信号机构就发出“动作”信号的开关。它不需要像机械式行程开关必须施以机械力。接近开关的用途以远超出一般行程控制和限位保护范围,它还可以用作高速记数、测数、液面控制、检测金属与非金属、检测零件尺寸及用作无触点按钮等。

接近开关主要有 LJ、LJ1A~24、LJ2 等系列。LJ 系列晶体管接近开关适用于直流 12V 和 24V 线路中,作为机床与自动流水线定位和信号检测之用。LJ 系列交流集成接近开关是晶体管接近开关的升级换代产品,适用于机床限位、检测、记数、测速、液面控制、信号及自动保护等,可连接计算机、可编程控制器等传感头之用。特别是电容式接近开关还适用于对多种非金属,如纸张、橡胶、烟草、塑料、液体、木材及人体等进行检测。

3. 光电开关

光电开关又称为无接触检测和控制开关。它是利用物体对光束的遮蔽、吸收或反射等作用,实现物体的位置、形状、标志、符号等进行检测。

光电开关能非接触、无损伤检测各种固体、液体、透明体、烟雾等。它具有体积小、功能多、寿命长、工耗低、精度高、响应速度快、检测距离远和对光、电、磁的抗干扰性能好等优点,广泛应用于各种生产设备中。如物体检测、液位检测、行程控制、产品计数、速度监测、产品精度检测、产品尺寸控制、产品宽度鉴别、信号延时、色斑与标记识别、自动门、人体接近开关和防盗器等,成为自动控制系统和各生产流水线中不可缺少的重要元件。

光电开关型号有 HWK、FETO、GDN15、GD-T 等系列。

HWK 系列光电开关采用主动式红外系统,由调制脉冲发生器产生的调制脉冲,经发射管 GL 辐射出 $9.1 \sim 9.4 \times 10^{-7} \text{m}$ 红外线脉冲。当被检测体进入传感头作用范围时,反射红外线脉冲被反射回来,进入接收管,接收管的光电效应加上控制器的解调放大器,将红外线脉冲解调成脉冲信号,并选通放大,整流为直流电平,在由抗干扰网络滤去干扰脉冲后,去触发驱动器,带动负载。同时传感器上的红色发光管 LED 发光,指示工作状态。它的工作原

理框图如图 1-6 所示。

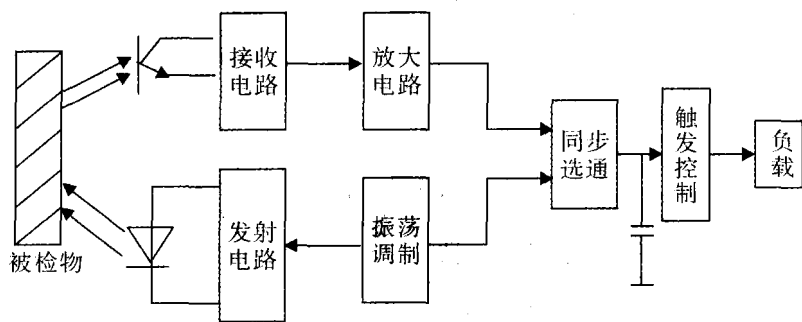


图 1-6 光电开关电路

预习三 常用低压熔断器元件认识

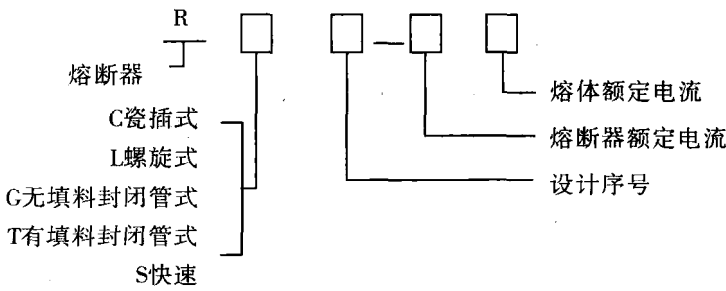
熔断器是低压线路和电动机控制电路中最简单最常用的过载和短路保护电器。它的主要工作部分是熔体，串联在被保护电器或电路的前端，当电路或设备过载或短路时，大电流将熔体熔化，分断电路而起保护作用。

熔体的材料有两种：在小容量电路中，多用分断力不高的低熔点材料，如铅-锡合金，铅等；在大容量电路中，用分断力高的高熔点材料，如铜、银等。熔断器种类很多，常用的低压熔断器有瓷插式、螺旋式、无填料封闭管式、有填料封闭管式等。

一、瓷插式熔断器

瓷插式熔断器主要用于 380V 三相交流电路和 220V 单相电路作保护电器。它具有结构简单，价格低廉，更换熔丝方便等优点。主要由瓷座、瓷盖、静触头和熔丝等组成，如图 1-7 所示。瓷座中部有一空腔，与瓷盖的凸出部分组成灭弧室。60A 以上的瓷插式熔断器空腔中还垫有编织石棉层，用以加强灭弧功能。

熔断器型号的含义如下：



二、螺旋式熔断器

螺旋式熔断器用于交流 380V 以下，电流在 200A 以内的线路中用作电设备的过载和短路保护。它具有熔断快、分断能力强、体积小、结构紧凑、更换熔丝方便、安全可靠和熔丝

断后标志明显等优点。主要由瓷帽、熔体（熔芯）、瓷套、上（下）接线柱及底座等组成，如图 1-8 所示。熔芯内除装有熔丝外，还填满灭弧作用的石英砂。熔芯的上盖中心装有红色熔断指示器，既可从熔芯上盖中脱出，又可从瓷盖上的玻璃口直接发现，以便更换熔芯。

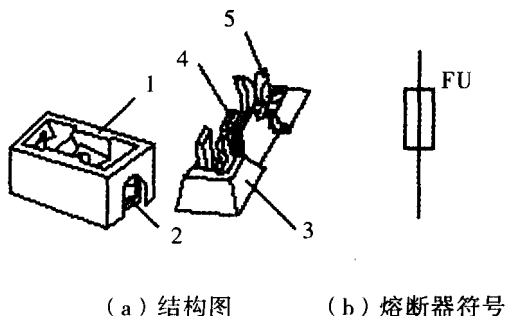


图 1-7 瓷插式熔断器结构

1 - 底座；2 - 静触点；3 - 瓷插件；4 - 熔体；5 - 动触点

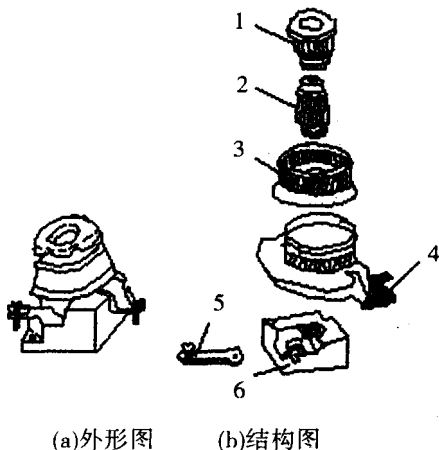


图 1-8 螺旋式熔断器内部结构

1 - 瓷帽；2 - 熔断管；3 - 瓷套；4 - 上接线柱；5 - 下接线柱；6 - 底座

螺旋式熔断器接线时，电源进线必须与熔断器中心触片接线柱相连，与负载的连线应接在与螺口相连的上接线柱上，这样在旋出瓷帽更换熔芯时，金属螺口不带电，有利于操作人员的安全。

三、无填料封闭管式熔断器

无填料封闭管式熔断器用于 380V，额定电流 100A 以内的低压线路及成套配电设备的过载与短路保护。它具有分断能力强，保护性能好，更换熔体方便等优点，但有造价高，结构复杂和材料消耗大等缺点。

无填料封闭管式熔断器主要结构如图 1-9 所示。当有大电流通过熔体时，熔片在狭窄处被熔断，钢制管在熔片分断处产生的电弧在高温作用下，分解出大量气体增大管内压力，以加强灭弧。为保证这类熔断器的保护功能，凡是熔片被熔断和拆换三次以后，应更换新熔管。

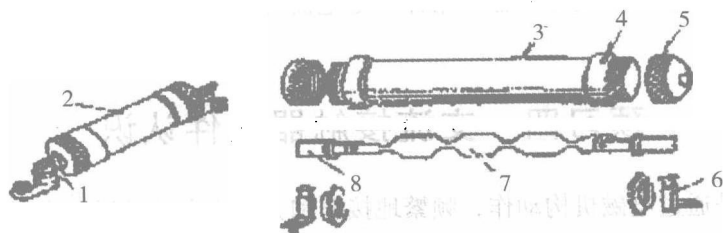


图 1-9 无填料封闭管式熔断器结构

1-夹座；2-熔管；3-钢制管；4-黄铜套管；5-黄铜帽；6-夹座；7-熔体；8-插刀

四、有填料封闭管式熔断器

有填料封闭管式熔断器，多用于交流电压 380V，额定电流 1000A 以内的高短路电流的电力网络和配电装置中作为电路、电机、变压器及其他设备的过载与短路保护。它具有分断能力强、保护性能好、使用安全、带有明显的熔断指示等优点，但有造价高，熔体不能单独更换等缺点。

有填料封闭管式熔断器由熔管、插刀、夹座等部分组成，如图 1-10 所示。熔管由高频瓷制成封闭状方形管，管内穿过工作熔体和指示器熔体。工作熔体由冲有网孔的稀薄紫铜片制成，中间焊有锡桥，并围成笼形，两端与金属盖板固定。指示器熔体为康铜片制造。中间焊有锡桥，并围成笼形，两端与线路电流全部加在指示器熔体上，使其迅速熔毁，并将红色熔断指示器弹开，伸出金属盖板外，以利观察。熔管内填满直径为 0.5~1.0mm 的石英砂，用以加强灭弧功能。

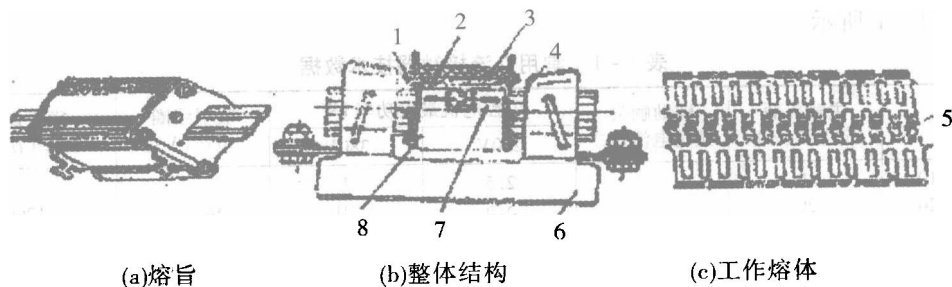


图 1-10 有填料封闭管式熔断器结构

1-熔断显示器；2-石英砂填料；3-指示器熔丝；4-插刀；5-锡桥；6-底座；7-熔体；8-熔管

五、低压熔断器的选用

低压熔断器多用于保护照明电路及其他非电感用电设备、单台电动机、多台电动机、配电变压器低压侧等。对低压熔断器的选择也因保护对象不同而有所区别。

对保护照明电路和其他非电感设备的熔断器，其熔体额定电流应大于电路工作电流。如果熔体装在电度表出线端熔断器上时，则熔体的额定电流应按 0.9~1 倍电度表额定电流选用。

保护单台电动机的熔断器，熔体额定电流可按 1.5~2.5 倍电动机额定电流来选择。对轻载电动机取较小值，重载电动机取较大值。

保护多台电动机的熔断器，熔体额定电流可根据最大一台电动机额定电流的 1.5~2.5 倍加上其余电动机额定电流之和来考虑。