



高等职业教育“十三五”规划教材



维修电工

潘世丽 薛守强 肖剑 主编



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

高等职业教育“十三五”规划教材

维修电工

主 编 潘世丽 薛守强 肖 剑
副主编 赵大勇 卢美鸿
参 编 赵立普 戴 娟
主 审 张 盛

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

维修电工/潘世丽, 薛守强, 肖剑主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 1

高等职业教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5184-0763-7

I. ①维… II. ①潘… ②薛… ③肖… III. ①电工—维修—高等职业教育—教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 310817 号

责任编辑: 张文佳 责任终审: 劳国强 封面设计: 锋尚设计
责任校对: 李 靖 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 8.75

字 数: 200 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0763-7 定价: 25.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

151338J2X101ZBW

前 言

为推动维修电工职业培训和职业技能鉴定工作的开展,在维修电工从业人员中推行国家职业资格证书制度,本教材从职业能力培养的角度出发,力求体现职业培训的规律,满足职业技能培训与鉴定考核的需要。

本教材紧紧围绕江苏省职业技能鉴定《维修电工》的考核要求编写。在编写中贯穿“以职业标准为依据,以企业需求为导向,以职业能力为核心”的理念,采用项目化的编写方式。全书按职业技能分为10个项目,主要内容包括常用低压电器的认识与排故、三相异步电动机基本线路的安装及排故、三相异步电动机启动线路的安装及排故、三相异步电动机停车线路的安装及排故、三相异步电动机调速线路的安装及排故、常见机床(车床、磨床、镗床、铣床、钻床)控制线路的分析与检修、基于PLC控制的各种电机线路设计及接线排故、中级PLC实操训练、常用电子测量仪器的使用、典型电子产品的装接与调试。每一单元内容在涵盖国家职业技能鉴定考核基本要求的基础上,详细介绍了本职业岗位工作中要求掌握的新实用知识和技术。

在该书的编写过程中,我们始终坚持了以下几点原则:

(1) 严格遵照国家职业标准中关于各专业和等级的标准,坚持标准化,力求使内容覆盖职业技能鉴定的各项要求。

(2) 坚持以培养技能型人才为方向,从职业(岗位)分析入手,将考核国家技能鉴定题库作为该书的编写重点,注重理论联系实际,力求系统而又全面,以满足各个级别考证人员的需求,突出该书的实用性。

(3) 内容新颖,突出时代感,力求较多地介绍新知识、新技术、新工艺、新方法等内容,力求使该书的内容有所创新,使其简明易懂,为广大的读者所乐用。

本书项目一到项目四以及项目六由潘世丽编写,项目五由肖剑编写,项目七由赵大勇编写,项目八由卢美鸿编写,项目九与项目十由薛守强编写。赵立普提供了部分电气图纸,戴娟进行了文字校对,张盛担任主审,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中缺点、疏漏及不足之处在所难免,恳请读者、同仁予以指正,以便进一步完善本书。

编 者

2015年11月

目 录

项目一 常用低压电器的认识及排故	1
任务一 低压开关	1
任务二 熔断器、主令电器	5
任务三 接触器	9
任务四 常用继电器	13
项目二 三相异步电动机基本线路的安装及排故	25
任务一 正转控制电路	25
任务二 正反转控制电路	27
项目三 三相异步电动机启动线路的安装及排故	32
任务一 接触器控制的串电阻启动控制电路	32
任务二 Y- Δ 形降压启动控制电路	34
任务三 自耦变压器降压启动控制电路	36
任务四 延边三角形降压启动控制电路	38
项目四 三相异步电动机停车线路的安装及排故	41
任务一 电磁抱闸制动	41
任务二 反接制动	42
任务三 能耗制动	46
项目五 三相异步电动机调速线路的安装及排故	49
任务一 三相异步电动机的变极调速	49
任务二 三相异步电动机的变频调速	52
项目六 常见机床(车床、磨床、镗床、铣床、钻床)控制线路的分析与检修	55
任务一 CA6140 型车床电路的控制	55
任务二 M7120 型平面磨床电路的控制	59
任务三 X62W 万能铣床电路的控制	67
任务四 T68 卧式镗床电路的控制	73
任务五 Z3040 钻床电路的控制	80
项目七 基于 PLC 控制的各种电机线路设计及接线排故	85
任务一 电动机起保停控制线路的 PLC 设计	85
任务二 电动机正反转控制线路的 PLC 设计	86
任务三 电动机 Y/ Δ 降压启动的 PLC 控制	88
任务四 电动机顺序启动的 PLC 设计	89
项目八 中级 PLC 实操训练	91
任务一 加工中心换刀控制线路的 PLC 设计	91
任务二 机械手的 PLC 设计	95

任务三 运料小车控制线路的 PLC 设计	98
任务四 交通灯控制线路的 PLC 设计	100
项目九 常用电子测量仪器的使用	104
任务一 示波器的使用	104
任务二 函数信号发生器的使用	110
任务三 交流毫伏表的使用	112
项目十 典型电子产品的装接与调试	114
任务一 稳压电源的装接与调试	114
任务二 OTL 功放电路的装接与调试	122
任务三 调光灯电路的装接与调试	128
参考文献	133

项目一 常用低压电器的认识及排故

项目目标

- 掌握开关电器的原理与作用
- 掌握熔断器、主令电器的原理与作用
- 掌握接触器的原理与作用
- 掌握继电器的原理与作用

【知识目标】

掌握低压电器的结构原理与作用。

【技能目标】

会使用万用表对低压电器进行测量及排故。

任务一 低压开关

知识链接 1 结构及原理

刀开关的种类很多，在电力拖动控制线路中最常用的是由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关。负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖开关，简称闸刀开关。适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路中，供手动不频繁地接通和分断电路，并起短路保护作用。

(1) 型号及含义 如图 1-1 所示。

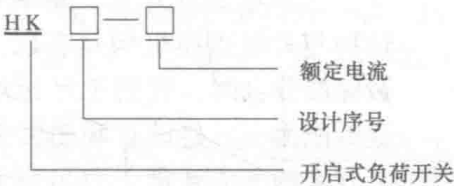


图 1-1

(2) 结构 HK 系列负荷开关由刀开关和熔断器组合而成，结构和电路符号如图 1-2 所示。开关的瓷底座上装有进线座、静触头、熔体、出线座和带瓷质手柄的刀式动触头，上面盖有胶盖以防止电弧飞出灼伤人手。

(3) 选用 这种开关分有两极和三极两种，用于照明和电热负载时，选用额定电压 220V 或 250V，额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关。开关用于控制电动机的直接启动和停止时，选用额定电压 380V 或 500V，额定电流不小于电动机额定电流

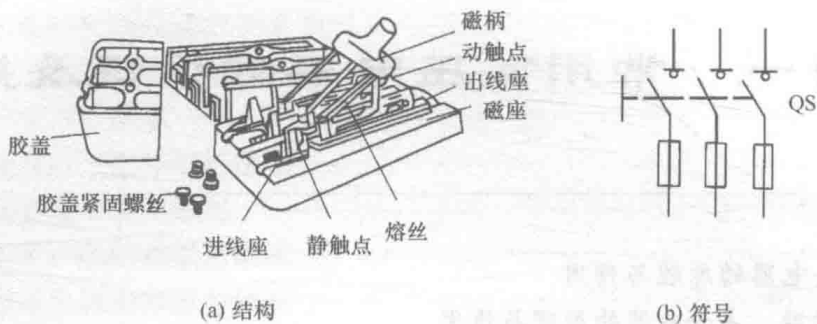


图 1-2 HK 系列开启式负荷开关及符号

3 倍的三极开关。

(4) 安装与使用 在安装开启式负荷开关时，应注意将电源进线装在静触点上，将用电负荷接在开关下的出线端上。这样当开关断开时，闸刀和熔丝均不带电，保证更换熔丝安全。闸刀在合闸状态时，手柄应向上，不可倒装或平装，以防误合闸。

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关又称铁壳开关，主要用于手动不频繁的接通和断开带负载的电路，也可用于控制 15kW 以下的交流电动机不频繁的直接启动和停止。

(1) 型号及含义

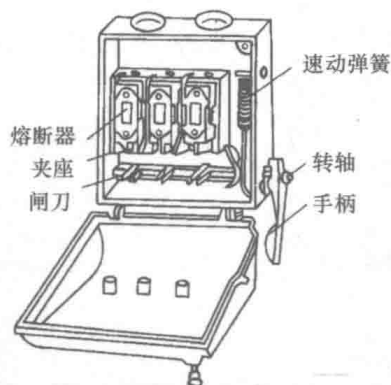
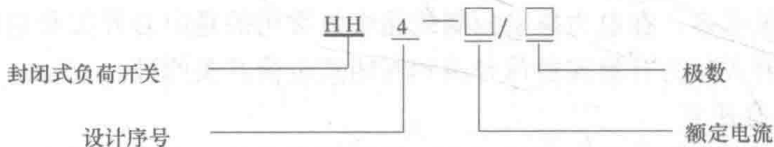


图 1-3 封闭式负荷开关

(2) 结构 常用封闭式负荷开关结构如图 1-3 所示。

它主要由刀开关、熔断器、操作机构和外壳组成。这种开关的操作机构具有以下两个特点：一是采用了弹簧储能分合闸，有利于迅速熄灭电弧，从而提高开关的通断能力；二是设有联锁装置，以保证开关在合闸状态下开关盖不能开启，而当开关盖开启时又不能合闸，确保操作安全。

(3) 安装与使用 在安装封闭式负荷开关时，应保证开关的金属外壳可靠接地或接零，防止因意外漏电而发生触电事故。接线时，应将电源线接在静触点的接线

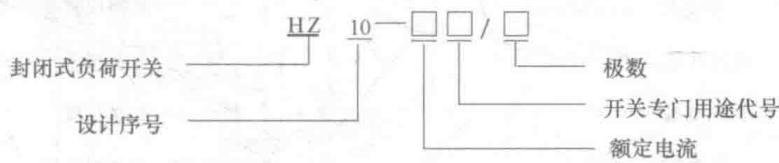
端上，负荷接在熔断器一端。

知识链接 2 转换开关

转换开关又叫组合开关，它体积小、灭弧性能比刀开关好，接线方式多，操作方便，

常用于交流 380V、直流 220V 以下的电气线路中，供手动不频繁的接通或分断电路，也可控制 5kW 以下小容量异步电动机的启动、停止和正反转。

1. 型号及含义



2. 结构

HZ10-10/3 型转换开关内部结构与外形如图 1-4 所示。

这种转换开关有三对静触点，每一静触点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接。三对动触点由两个磷铜片或紫铜片和灭弧性能良好的绝缘钢纸板铆接而成，和绝缘垫板一起套有附有手柄的绝缘杆上，手柄能沿任何一个方向每次旋转 90°，带动三个动触点分别与三对静触点接通或断开，顶盖部分由凸轮、弹簧及手柄等构成操作机构，此操作机构由于采用了弹簧储能使开关快速闭合及分断，保证开关在切断负荷电流时所产生的电弧能迅速熄灭，其分断与闭合的速度和手柄旋转速度无关。

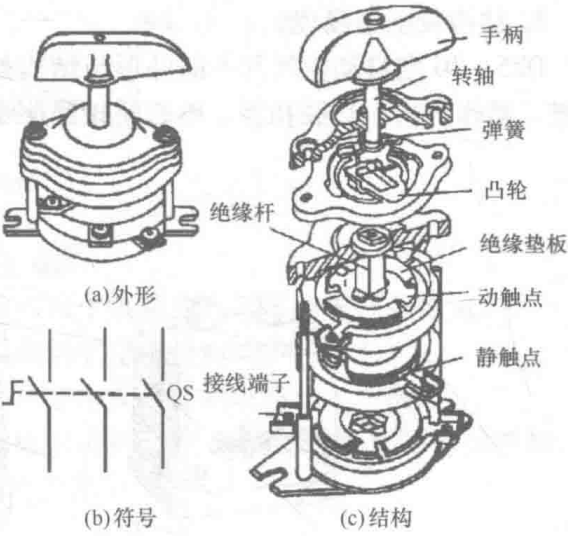


图 1-4 HZ10-10/3 型转换开关

3. 选用

转换开关应根据电源种类、电压等级、所需触点数、接线方式和负载容量进行选择。用于直接控制异步电动机的启动和正、反转时，开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

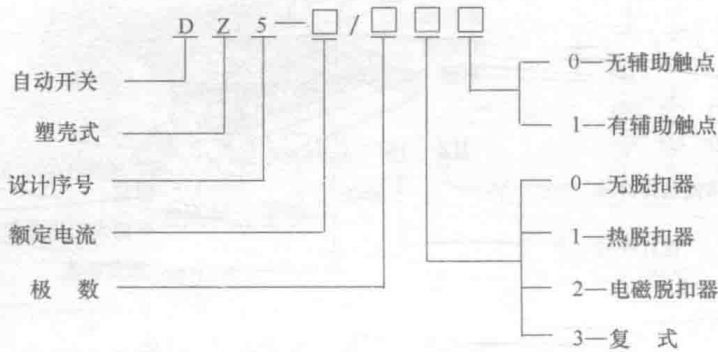
知识链接 3 自动空气开关

自动空气开关又称自动开关或自动空气断路器。在低压电路中，用于分断和接通负荷电路，控制电动机运行和停止。当电路发生过载、短路、失压、欠压等故障时，它能自动切断故障电路，保护电路和用电设备的安全。

自动空气开关具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力强、兼顾多种保护、动作后不需要更换元件等优点，因此得到广泛应用。

自动空气开关种类很多，本书仅介绍用于电力拖动自动控制线路中的塑壳式（又称装置式）自动开关。

1. 型号及含义



2. 结构及工作原理

DZ5-20 型自动空气开关的外形与结构如图 1-5 所示。它主要由动、静触点、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及外壳等部分组成。

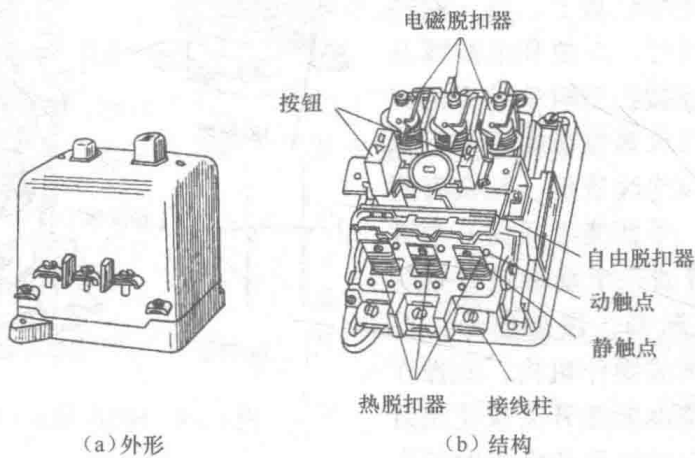


图 1-5 DZ5-20 型自动空气开关

其结构采用立体布置，操作机构在中间，上面是由加热元件和双金属片等构成的热脱扣器，作为过载保护，配有电流调节装置，调节整定电流。下面是由线圈和铁心等构成的电磁脱扣器，作短路保护，它也有一个电流整定装置，调节瞬时脱扣整定电流。主触点在操作机构后面，配有栅片灭弧装置，用以接通和分断主回路的大电流。另外还有常开和常闭辅助触点各一对。在外壳顶部还伸出接通（绿色）和分断（红色）按钮，通过储能弹簧和杠杠机构实现自动开关的手动接通和分断操作。

自动空气开关的工作原理和电路符号如图 1-6 与图 1-7 所示。

图中开关的三对主触点串接在被保护的三相主电路中，当按下绿色按钮时，主电路中的三对主触点由锁扣钩住搭钩，克服弹簧的拉力，保持闭合状态，搭钩可绕轴转动。若主电路工作正常，热脱扣器的发热元件温度不高，不会使双金属片弯曲到顶动连杆的程度。电磁脱扣器的线圈磁力不大，不能吸引衔铁去拨动连杆，自动开关正常吸合，向负载供电。若主电路发生过载或短路，电流超过热脱扣器或电磁脱扣器整定值时，双金属片或衔铁将拨动连杆，使搭钩被顶离锁扣，弹簧的拉力使主触点系统分离而切断主电路。一旦电

源电压低于整定值（或失去电压），线圈的磁力减弱，衔铁受弹簧拉力向上运动，顶起连杆，使搭钩与锁扣脱离而断开主触点，起欠（失）压保护作用。

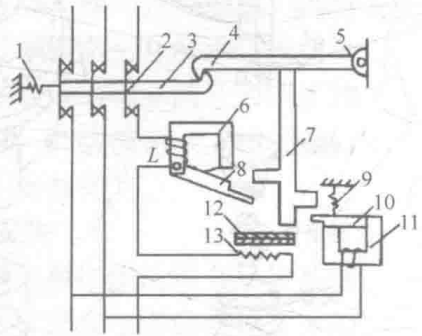


图 1-6 自动开关工作原理图

- 1—弹簧 2—主触点 3—锁扣 4—搭钩
- 5—转轴 6—电磁脱扣器 7—连杆 8—衔铁
- 9—拉力弹簧 10—欠压脱扣器衔铁
- 11—欠压脱扣器 12—双金属片 13—热元件

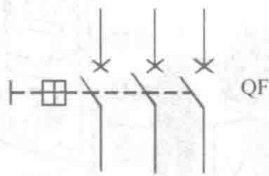


图 1-7 自动开关电路符号

3. 一般选用原则

- (1) 自动空气开关的额定电压和额定电流应高于线路的正常工作电压和电流。
- (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不小于电动机起动电流的 1.7 倍。

另外选用自动开关时，在类型、等级、规格等方面要配合上、下级开关的保护特性，不允许因本级保护失灵导致越级跳闸，扩大停电范围。

任务二 熔断器、主令电器

知识链接 1 瓷插式熔断器

RC1A 系列瓷插式熔断器主要用于 380V 三相电路和 220V 单项电路作保护电器。它具有结构简单、价格低廉、更换熔丝方便等优点。

其主要由瓷座、瓷盖、静触点、动触点和熔丝等组成，如图 1-8 所示。瓷座中部有一空腔，与瓷盖的凸出部分构成灭弧室。60A 以上的瓷插式熔断器空腔还垫有编织石棉层，用以加强灭弧功能。

知识链接 2 螺旋式熔断器

RL1 系列螺旋式熔断器用于交流电压 380V 及以下，电流在 200A 以内的线路和用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、熔断管（熔芯）、瓷套、上下接线桩及底座等组成，如图 1-9 所示。熔断管内除装有熔丝外，还填满起灭弧作用的石英砂。熔断管的上盖中心装有红色熔断指示器，一旦熔丝熔断，指示器即从熔断管上盖中脱落，并可从瓷盖上的玻璃窗口直接发现，以便拆换熔断管。

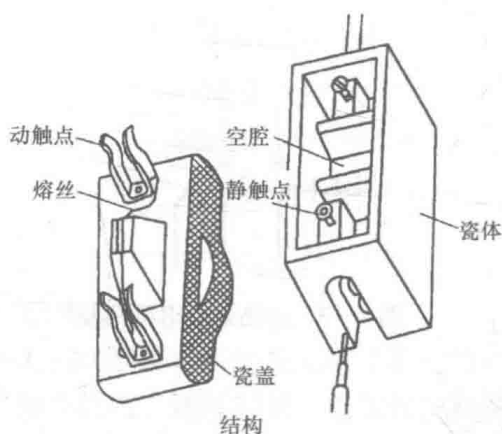


图 1-8 瓷插式熔断器

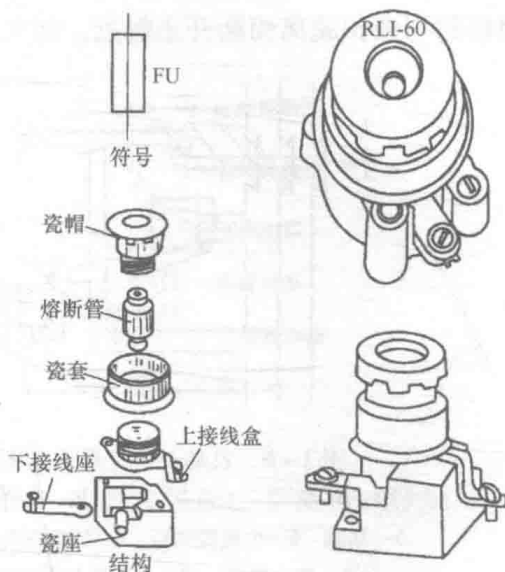


图 1-9 螺旋式熔断器

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桩相连，与负载的连线应接在与螺口相连的上接线桩上，这样在旋出瓷帽并更换熔断管时，金属螺口不带电，有利于操作人员的安全。

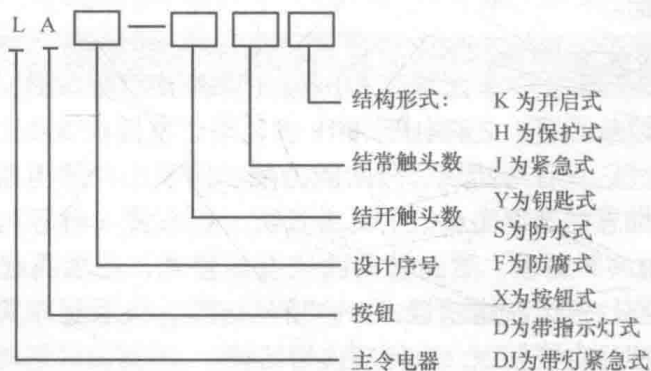
知识链接 3 主令电器

主令电器是一种非自动切换的小电流开关电器，它在控制电路中的作用是发布命令去控制接触器、继电器或其他电器执行元件的电磁线圈，使电路接通或分断，从而达到控制电力拖动系统的启动与停止以及改变系统的工作状态，如正转与反转等，实现生产机械的自动控制。由于它专门发送命令或信号，故称为“主令电器”，也称“主令开关”。

一、按钮

按钮又称按钮开关，是一种手动控制电器。它只能短时接通或分断 5A 以下的交流电路，向其他电器发出指令性的电信号，控制其他电器动作。由于按钮载流量小，不能直接用它控制主电路的分断。

1. 常用按钮型号含义



2. 结构

按钮开关一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点和外壳等组成，其外形、结构及符号如图 1 - 10 所示。按钮开关按照用途和触点的结构不同分为停止按钮（常闭按钮）、启动按钮（常开按钮）及复合按钮（组合按钮）。

3. 选用与安装

按钮的选用应根据使用场合、被控制电路所需触点数目及按钮帽的颜色等方面综合考虑。使用前，应检查按钮帽弹性是否正常，动作是否自如，触点接触是否良好可靠。按钮安装在面板上时，应布置合理，排列整齐，安装应牢固，停止按钮用红色，起动按钮用绿色或黑色。

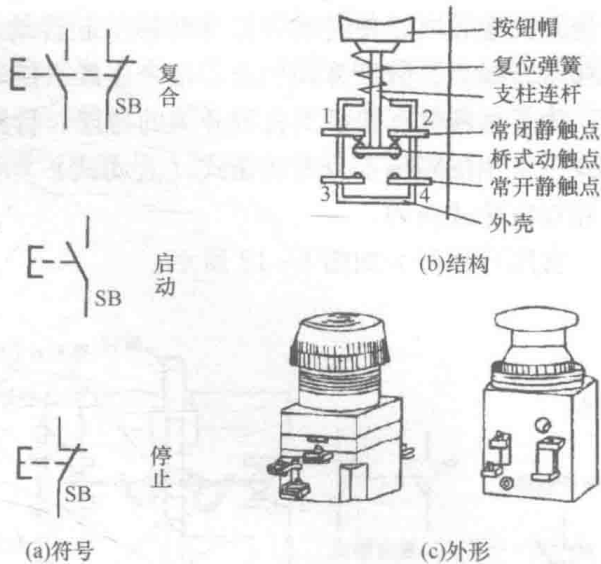


图 1 - 10 按钮开关

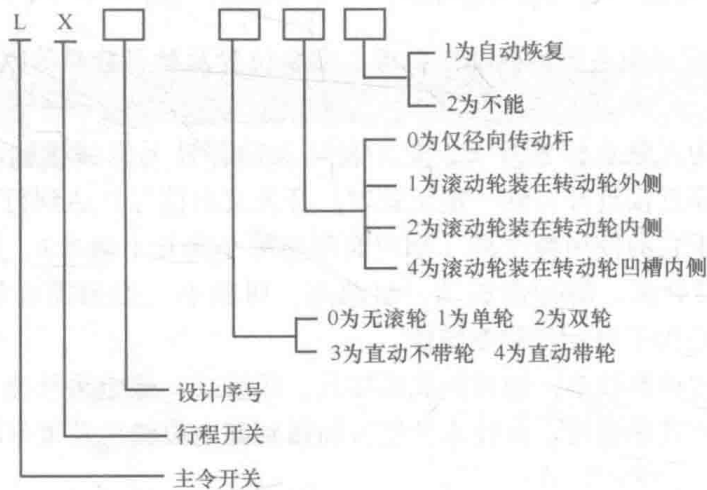
二、位置开关

位置开关是操动机构在机器的运动部件到达一个预定位置时操作的一种指示开关，它包括行程开关、接近开关等。

1. 行程开关

行程开关又称限位开关，是一种利用生产机械某些运动部件的碰撞来发出控制指令的主令电器，用于控制生产机械的运动方向、行程大小或位置保护。

(1) 行程开关型号含义



(2) 结构及工作原理 各系列行程开关的基本结构大体相同，都是由触点系统、操作机构及外壳组成。

行程开关的工作原理和按钮相同，区别只是它不靠手指的按压，而利用生产机械运动

部件的挡铁碰压而使触点动作。其结构和动作原理如图 1-11 所示，当生产机械撞块碰触行程开关滚轮时，使传动杠杆和转轴一起转动，转轴上的凸轮推动推杆使微动开关动作，接通常开触点，分断常闭触点，指令生产机械停车、反转或变速。

为了适应生产机械对行程开关的碰撞，行程开关与生产机械的碰撞部分有不同的结构形式，常用的碰撞部分有按钮式（直动式）和滚轮式（旋转式），其中滚轮式又有单滚轮式和双滚轮式两种。

常用行程开关如图 1-12 所示。

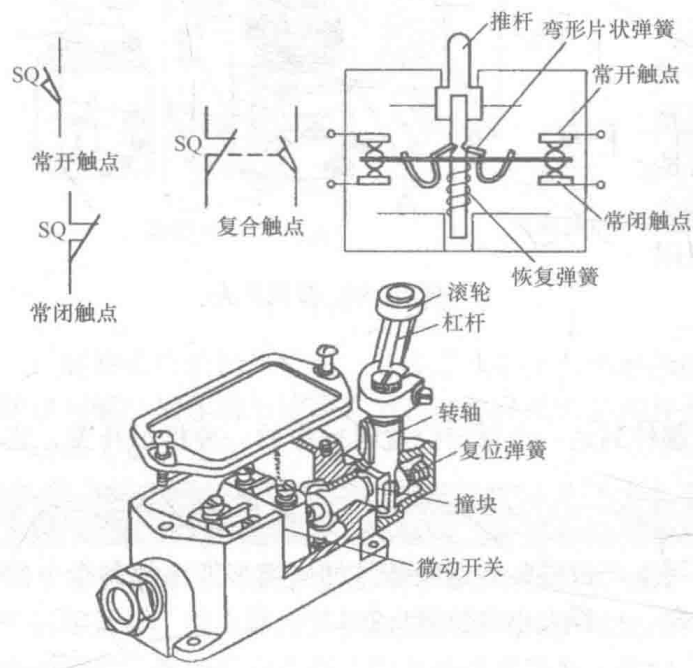


图 1-11 行程开关符号及动作原理

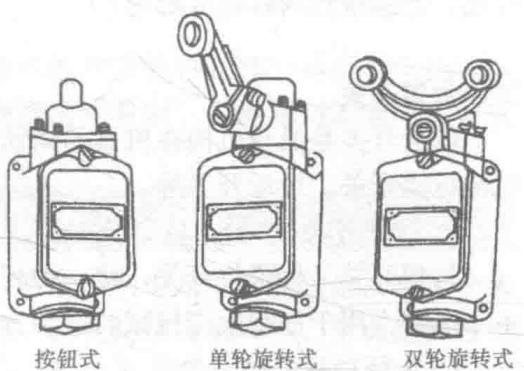


图 1-12 常用行程开关外

(3) 选用 行程开关主要根据动作要求、安装位置及触点数量等因素考虑选择。

2. 接近开关

接近开关又称为无触点位置开关，是一种与运动部件无机械接触而能操作的位置开关。当运动的物体靠近接近开关到一定位置时，开关发出信号，达到行程控制、计数及自动控制的作用。由于它的使用精度高（感应面距离可小到几十微米）、操作频率高（每秒几十至几百次）、寿命长、耐冲击震动、耐潮湿、体积小（但另需有触点继电器做输出器）等优点，广泛应用于自动控制系统中。

接近开关的结构种类较多，通常做成插接式、螺纹式、感应头外接式等，主要根据不同使用场合和安装方式来确定。在技术性能方面做到高电位输出及带延时动作。

三、凸轮控制器

凸轮控制器是按照预定的顺序接通和切断电路的电器，常用于控制电动机的起动、调速、正反转和制动等。它由手柄、定位机构、框架、灭弧罩、转轴、凸轮和触点等组成，是一种手动电器。图 1-13 是凸轮控制器的结构原理图。

凸轮控制器的图形符号及触点通断表示方法如图 1-14 所示。万能转换开关的手柄操作位置是以角度表示的。不同型号的万能转换开关的手柄状态有不同的触点闭合方式。由于万能转换开关触点的分合状态与操作手柄的位置有关，因此，除在电路图中画出触点图形符号外，还应画出操作手柄与触点分合状态的关系。图 1-14 中当万能转换开关打向左 45°时，触点 1-2、3-4、5-6 闭合，触点 7-8 打开；打向 0°时，只有触点 5-6 闭合；打向右 45°时，触点 7-8 闭合，其余打开。

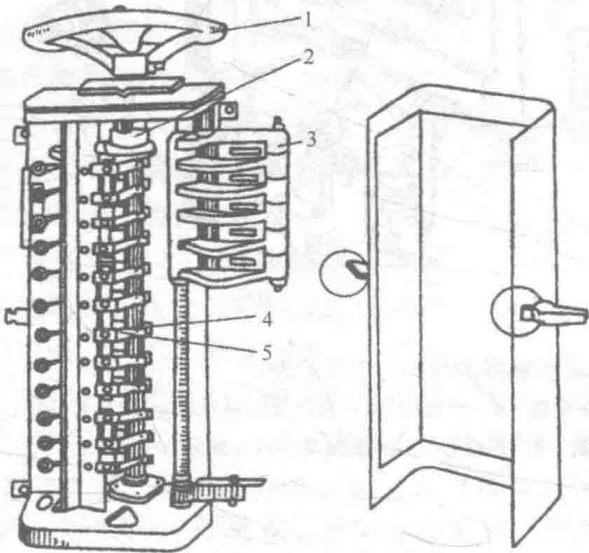


图 1-13 凸轮控制器机构原理图
1—手轮 2—转轴 3—灭弧罩 4—动触头 5—静触点

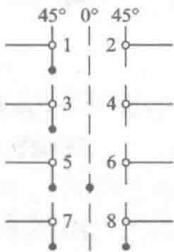


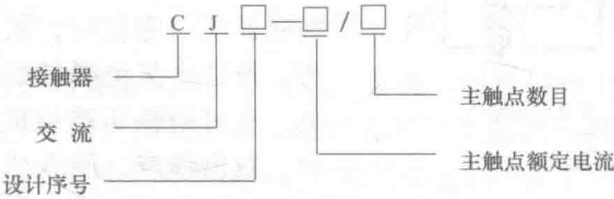
图 1-14 凸轮控制器图形符号

任务三 接触器

知识链接 1 交流接触器

常用的交流接触器有 CJ0、CJ10 和 CJ20 等系列产品，本节以 CJ10 为例介绍交流接触器。

1. 型号及含义



2. 基本结构

交流接触器的结构主要由触头系统、电磁系统、灭弧装置三大部分组成，另外还有反作用力弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧和传统机构部分。图 1-15 (a) 是 CJ10-20 型交

流接触器的结构图。

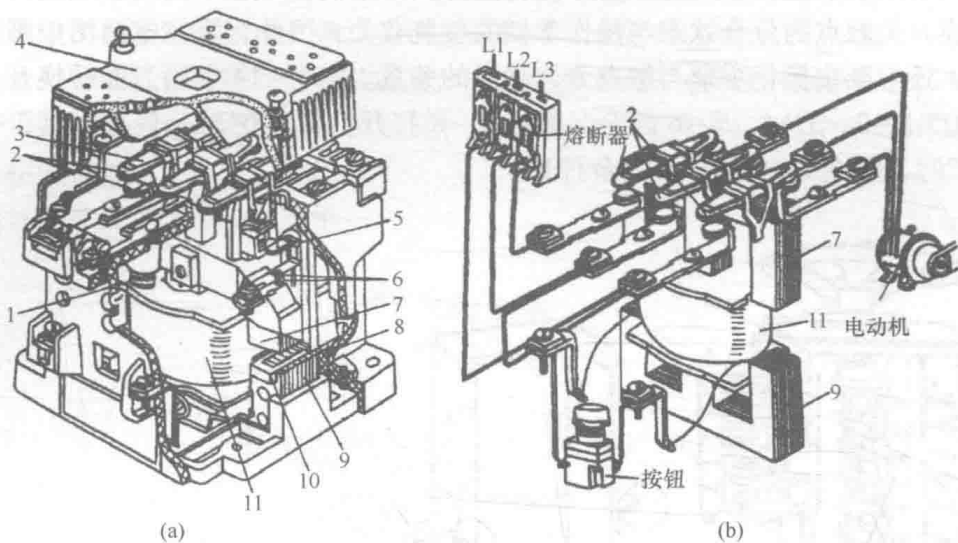


图 1-15 交流接触器的结构与工作原理

1—反作用弹簧 2—主触点 3—触点压力弹簧 4—灭弧罩 5—辅助常闭触点 6—辅助常开触点
7—动铁心 8—缓冲弹簧 9—静铁心 10—短路环 11—线圈

(1) 电磁系统 电磁系统由电磁线圈、静铁心、动铁心（衔铁）等组成。其中动铁心与动触点支架相连。电磁线圈通电时产生磁场，使动、静铁心磁化而相互吸引，当动铁心被吸引向静铁心时，与动铁心相连的动触点也被拉向静触点，令其闭合接通电路。电磁线圈断电后，磁场消失，动铁心在复位弹簧作用下回到原位，牵动动触点与静触点分离，分断电路。交流接触器动作原理如图 1-15（b）所示。

为了减少工作过程中交变磁场在铁心中产生的涡流及磁滞损耗，避免铁心过热，交流接触器的铁心和衔铁一般用 E 形硅钢片叠压铆成。

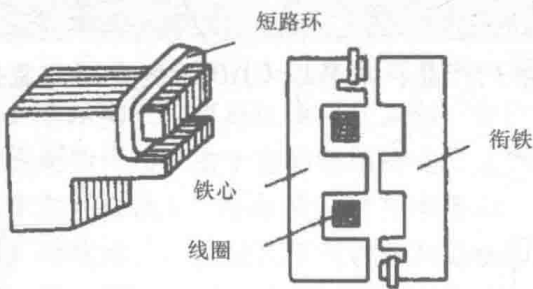


图 1-16 铁心上的短路环

交流接触器的铁心上有一个短路铜环，称为短路环，如图 1-16 所示。短路环的作用是减少交流接触器吸合时产生的震动和噪声。当线圈中通以交流电流时，铁心中产生的磁通也是交变的，对衔铁的吸力也是变化的。当磁通过最大值时，铁心对衔铁的吸力最大；当磁通过零值时，铁心对衔铁的吸力也为零，衔铁受复位弹簧的反作用力有释放的趋势，这时衔铁不能被铁心吸牢，造成铁心震动，发出噪声，使人感到疲劳，并使衔铁与铁心磨损，造成触头接触不良，产生电弧灼伤触头。为了消除这种现象，在铁心上装有短路铜环。

当线圈通电后，产生线圈电流的同时，在短路环中产生感应电流，两者由于相位不同，各自产生的磁通的相位也不同，在线圈电流产生的磁通为零时，感应电流产生的磁通

不为零而产生吸力，吸住衔铁，使衔铁始终被铁心吸牢，这样会使震动和噪声显著减小。气隙越小，短路环的作用越大，震动和噪声也越小。

(2) 触点系统 触点系统按功能不同分为主触点和辅助触点两类。主触点用以通断电流较大的主电路；辅助触点用以通断电流较小的控制电路，还能起自锁和联锁等作用，一般由两对常开和两对常闭触点组成。所谓触点的常开和常闭，是指电磁系统在未通电动作时触点的状态。常开触点和常闭触点是联动的。

按结构形式划分，交流接触器的触头有桥式触点和指形触点两种，如图 1-17 所示。无论是桥式触点或指形触点，在触点上都装有压力弹簧以减小接触电阻并消除开始接触时产生的有害震动。

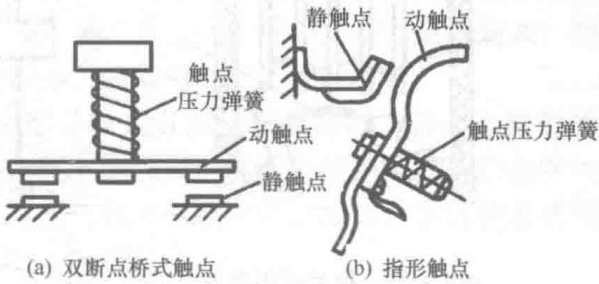


图 1-17 触点的结构形式

(3) 灭弧装置 交流接触器在分断较大电流电路时，在动、静触点之间将产生较强的电弧，它不仅会烧伤触点、延长电路分断时间，严重时还会造成相间短路。因此在容量稍大的电气装置中，均加装了一定的灭弧装置用以熄灭电弧。交流接触器中常用的灭弧方法有以下几种：

- 1) 电动灭弧 利用触点断开时，本身的电动力把电弧拉长，以扩大电弧散热面积，使电弧在拉长过程中，大量散热而迅速熄灭。电弧灭弧如图 1-18 所示。
- 2) 双断口灭弧 这种灭弧方法适用于桥式触点。它将电弧自然分成两段，在各段上利用电动力加快散热速度而灭弧。其装置如图 1-19 所示。
- 3) 纵缝灭弧 这种灭弧方法是借助于灭弧罩来完成灭弧任务。灭弧罩制成纵缝，且上宽下窄，如图 1-20 所示。触点伸入灭弧罩下部宽缝中。触点分断时产生的电弧随热气流上升，在窄缝中传给室壁降温而熄弧。



图 1-18 电动灭弧

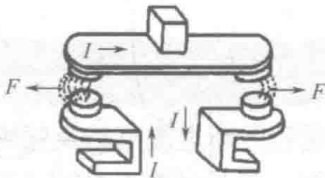


图 1-19 双断口灭弧

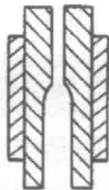


图 1-20 纵缝灭弧

4) 栅片灭弧 栅片灭弧要借助灭弧罩完成。这种灭弧罩用陶土或石棉水泥制成。灭弧罩内装有镀铜薄铁片组成的灭弧栅，各灭弧栅之间相互绝缘，触点分断电路时产生电弧，电弧又产生磁场，灭弧栅片是导磁材料，它将电弧上部的磁通通过灭弧栅片形成闭合回路。由于电弧的磁通上部稀疏、下部稠密，这种下密上疏的磁场分布将对电弧产生由下至上的电磁力，将电弧推入灭弧栅片中去，被灭弧栅片分割成几段短电弧，这不仅使栅片之间的电弧电压低于燃弧电压，而且通过栅片吸收电弧热量，使电弧很快熄灭。栅片灭弧示意图如图 1-21 所示。