



本单元学习目标

- (1) 熟悉按钮、刀开关、接触器、中间继电器、热继电器、熔断器等常用低压电器的结构、工作原理、型号及正确选用的基础知识。
- (2) 能识读相关的电气原理图和安装接线图。
- (3) 懂得电气控制技术常规的控制原则与控制环节。

电气控制广泛用于工业生产和民用生活等领域。电气控制所涉及的内容包括控制器件及控制电路系统,本单元主要针对电气控制技术的基础知识进行入门学习。

任务1 认识常用低压电器

电器即电能的控制器件,可以根据外界特定的信号或要求,对电路或非电信号进行分配、控制、切换、保护、检测和调节。其中,“控制”作用就是接通或断开电路,因此,“通”和“断”是电器最基本和最典型的功能。



想一想

- (1) 生产中常用的低压电器有哪些?它们有什么样的结构?又是如何实现控制功能的?
- (2) 生活中用来接通和断开电路的电器还有哪些?插座、灯开关属于电器吗?

一、电器的概念和分类

低压电器(电器)是电力拖动与自动控制系统的基本组成元件,控制系统的优劣与所选用低压电器的性能有直接的关系。

低压电器是指工作于交流 50 Hz 额定电压 1 200 V 以下、直流额定电压 1 500 V 以

下的,在电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。低压电器的分类如下。



微课
电器概述与
分类

1. 按用途或所控制的对象分类

1) 低压配电电器

低压配电电器是主要用于配电电路,对电路及设备进行保护以及通断、转换电源或负载的电器,如刀开关、转换开关、熔断器和断路器。

2) 低压控制电器

低压控制电器是主要用于控制电气设备,使其达到预期要求的工作状态的电器,如接触器、控制继电器、主令控制器。

2. 按动作方式分类

1) 非自动切换电器

依靠外力直接操作的电器称为非自动切换电器,如按钮、刀开关等。

2) 自动切换电器

依靠电器本身参数变化或外来信号(如电、磁、光、热等)而自动完成接通或分断的电器称为自动切换电器,如接触器、继电器和电磁铁。

3. 按低压电器的执行机理分类

1) 有触点电器

有触点电器具有机械可分断的触点系统,利用动、静触点的接触和分离来实现电路的通断控制。

2) 无触点电器

无触点电器没有可分断的机械触点,主要利用功率晶体管的开关效应,即导通或截止来控制电路的阻抗,以实现电路的通断与保护。

二、非自动切换电器

生产和生活中的非自动切换电器主要有控制按钮、行程开关、刀开关,分述如下。

1. 控制按钮

控制按钮简称按钮,是最常用的发布命令控制其他电器动作,以及短间接通或断开小电流电路的电器。

1) 按钮的结构与原理

按钮为手动控制,可做远距离电气控制使用。以 LA18、LA19 系列按钮为例,其外形与电气符号如图 1-1 所示,其结构如图 1-2 所示。

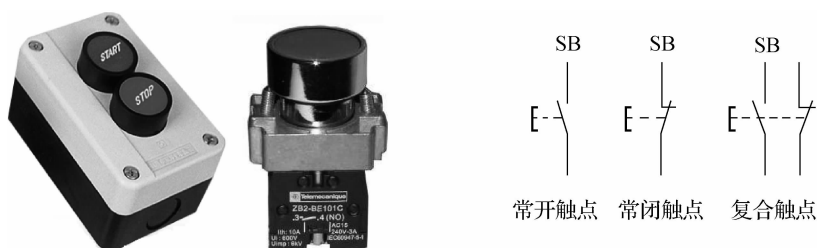


图 1-1 按钮的外形与电气符号

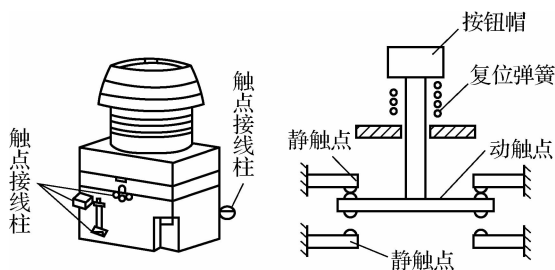


图 1-2 按钮的结构

由于按钮的触点允许通过的电流不超过 5 A, 所以不能用按钮直接控制大电流电路, 而是由按钮发出命令给其他电器(如接触器、继电器等), 再由它们来控制大电流电路。

常态(未施加外力), 即按钮帽未受力时, 静触点与动触点保持断开的触点称为常开触点, 静触点与动触点保持闭合的触点称为常闭触点。

当需要发出指令, 有外力施加于按钮帽上时, 常闭触点分断, 所以常闭触点也称为动断触点; 常开触点闭合, 所以常开触点也称为动合触点。当外力消失时, 触点在复位弹簧的作用下自动复位。

按钮的工作过程如下: 按下按钮时, 常闭触点先断开, 常开触点再闭合; 释放按钮时, 在复位弹簧的作用下, 常开触点先恢复至断开状态, 常闭触点再复位。

2) 按钮的技术参数与型号含义

常用按钮主要的技术参数如下。

(1) 额定电压。额定电压是指触点长期正常工作能承受的最大电压。

(2) 额定电流。额定电流是指在额定环境条件下, 触点长期连续工作的允许电流。

按钮的型号含义如图 1-3 所示, 常用按钮的主要技术参数见表 1-1。

3) 按钮的选用

按钮通常用作短时间通、断小电流电路的控制开关。其主要根据使用场合、所需的触点数、触点类型及颜色来选用。



微课
认识按钮



动画
按钮工作过程

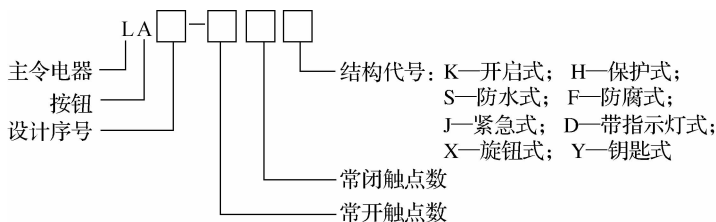


图 1-3 按钮的型号含义

表 1-1 常用按钮的主要技术参数

型 号	额定电压/V	额定电流/A	结构形式	触点对数		按钮颜色
				常 开	常 闭	
LA2	交流:500 直流:400	5	元件	1	1	红、绿、黑
LA10-2K			开启	2	2	红、绿、黑
LA10-3H			保护	3	3	红、绿、黑
LA18-44J			元件(紧急)	4	4	红
LA18-22Y			元件(钥匙)	2	2	本色
LA18-22X			元件(旋钮)	2	2	黑
LA18-11D			元件(带灯)	1	1	红、绿、黄



温馨提示

为便于识别各个按钮的作用,避免误操作,通常在按钮帽上做出不同标志或涂以不同颜色,用来表示不同作用。国标 GB 5226.1—2008《机械电气安全 机械电气设备 第一部分:通用技术条件》中对其颜色规定如下。

- (1)停止和急停按钮:红色,按红色按钮时,使设备断电、停车。
- (2)起动按钮:绿色。
- (3)点动按钮:黑色。
- (4)起动与停止交替按钮:必须是黑色、白色或灰色,不得使用红色和绿色。
- (5)复位按钮:必须是蓝色;当其兼有停止作用时,必须是红色。



知识提升

脚踏开关。脚踏开关是将脚踏板、弹簧、操作钮和触点装置组合在一起,通过脚踏板可以直接施加外力到操作钮上,经过一定行程实现通、断电路的控制开关。脚踏开关的外形与结构如图 1-4 所示,其图形、文字符号与型号含义如图 1-5 所示。

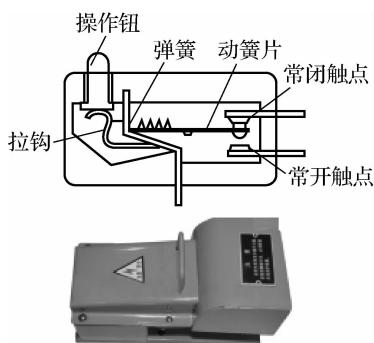


图 1-4 脚踏开关的外形与结构

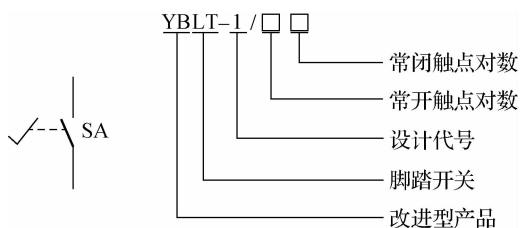


图 1-5 脚踏开关的图形、文字符号与型号含义

2. 行程开关

行程开关又称位置开关或限位开关,是一种利用机械外力的碰触接通或分断小电流电路的电器。

1) 行程开关的结构与原理

行程开关在电路中的作用主要是限定运动部件的行程,从结构来看,包括操作机构、触点机构和外壳。

行程开关的种类很多,按其操作机构的不同可以分为直动式、滚动式和微动式,按其触点性质不同可以分为有触点式和无触点式,按其运动方式的不同可以分为直动式和转动式。行程开关的外形与电气符号如图 1-6 所示,其内部结构如图 1-7 所示。



图 1-6 行程开关的外形与电气符号



微课
认识行程开关



动画
行程开关工作
过程

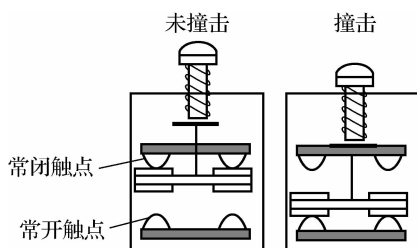


图 1-7 行程开关的内部结构

本节重点介绍有触点式行程开关。在生产或生活中利用行程开关使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。

行程开关的工作过程如下：碰触时，常闭触点先断开，常开触点再闭合；释放按钮时，在复位弹簧的作用下，常开触点先恢复断开状态，常闭触点再复位。

2)行程开关的技术参数

行程开关的主要的技术参数如下。

(1)额定电压。额定电压是指触点正常工作能承受的最大电压。

(2)额定电流。额定电流是指在额定工作条件下，触点长期连续工作的允许电流。

行程开关的型号含义如图 1-8 所示，其主要技术参数见表 1-2。

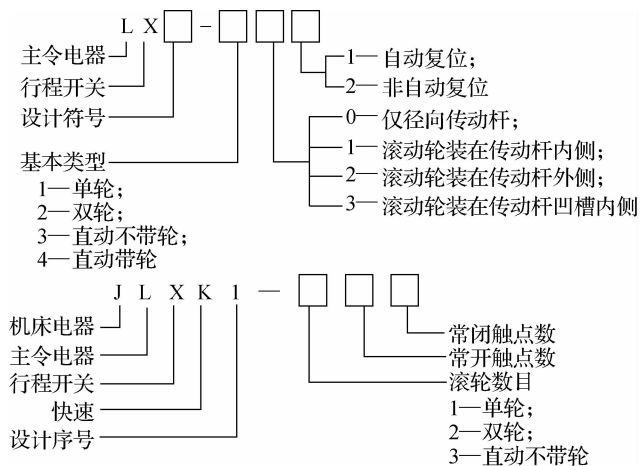


图 1-8 行程开关的型号含义

3)行程开关的选用

行程开关通常用作生产或生活装置的运动方向、行程大小的位置控制，主要根据使用场合、行程或角度大小、环境条件等来选用。

表 1-2 行程开关的主要技术参数

型 号	额定电压/V	额定电流/A	结构形式	触点对数		工作行程
				常 开	常 闭	
LX19K	交流:380 直流:220	5	元件	1	1	3 mm
LX19-001			无滚轮,传动杆	1	1	4 mm
LXK19-111			单轮(内侧装)	1	1	30°
LX19-131			单轮(外侧装)	1	1	30°
LX19-212			双轮(内侧装)	1	1	30°
LX19-222			双轮(外侧装)	1	1	30°
JLXK1-111	交流:500 直流:220	5	单轮防护式	1	1	12°~15°
JLXK1-211			双轮防护式	1	1	45°
JLXK1-311			直动防护式	1	1	1~3 mm



温馨提示

- (1)行程开关应牢固地安装在设备的安装板或机械本体上。
- (2)行程开关上的触碰挡块、推杆及滚轮的安装位置要与设备控制的行程距离吻合。



知识提升

用于位置控制和限位控制的电器还有接近开关。接近开关是一种利用信号检测实现行程控制的无触点电子开关。

接近开关的结构是内部嵌入了一块电气线路板和必要的电子器件,然后用环氧树脂进行封装,最后通过引线进行连接。常用的接近开关有电感式接近开关、电容式接近开关、磁感应式接近开关、超声波开关、光电开关等。

接近开关分为传感接收、信号处理、驱动输出三部分,形状有方形、圆形、槽形等,如图 1-9 所示。其电气与文字符号如图 1-10 所示。



(b) 对射式光电开关 (c) 漫反射光电开关 (d) 镜反射光电开关

图 1-9 接近开关的外形

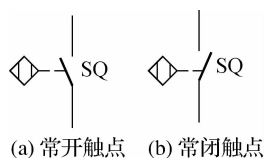


图 1-10 接近开关的电气与文字符号

接近开关的主要技术参数:电压 DC 0~30 V,输出电流 100~500 mA,接近距离 0~50 mm,输出形式有 NPN、PNP 型。

接线方式有两线式(棕+、蓝-)、三线式(棕+、蓝-、黑或白)、四线式(棕+、蓝-、黑、白),三线式接线方式如图 1-11 所示。

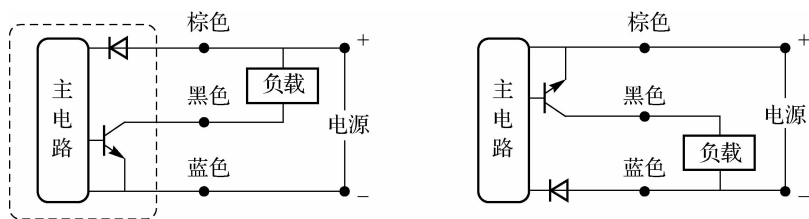


图 1-11 三线式接线方式

3. 刀开关

低压刀开关简称刀开关,是具有明显分断点的常用电气开关,用于实现电路的不频繁分断及切换,以及负载与电源的隔离。

1) 刀开关的结构与原理

刀开关是手动电器中结构最简单且应用最早的低压电器。它由操作手柄、动触点、静触点和绝缘底座等组成。手动推压操作手柄,将动触点插入静触点的弹性夹槽中,电路就被接通。刀开关的外形与结构如图 1-12 所示。



动画
刀开关的结构



图 1-12 刀开关的外形与结构

刀开关种类很多,按操作手柄转换方向可分为单掷和双掷,按结构不同分为封闭式、开启式熔断器式等,按触点数分为单极、双极和三极。各型刀开关的电气与文字符号如图 1-13 所示。

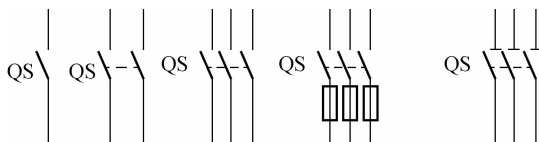


图 1-13 各型刀开关的电气与文字符号

由于刀开关允许通断的操作频次较低,因此主要用在配电电路中作为电源引入的开关通常称为隔离开关。

刀开关开放式的结构决定了它不具备灭弧功能,所以刀开关禁止带负荷操作。

2) 刀开关的技术参数

刀开关的主要技术参数如下。

(1) 额定电压。额定电压是指主触点设备长期正常工作能承受的最大电压。

(2) 额定电流。额定电流是指在额定环境条件下,主触点长期连续工作的允许电流。

(3) 分断能力。分断能力是指设备允许通过的最大工作电流。

刀开关的型号含义如图 1-14 所示,其主要技术参数见表 1-3。

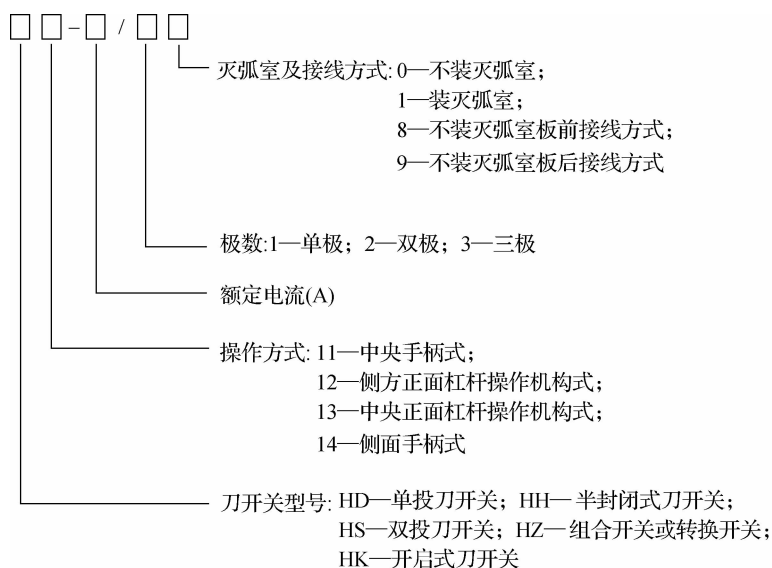


图 1-14 刀开关的型号含义



微课
认识刀开关

表 1-3 刀开关的主要技术参数

型 号	极 数	额定电压/V	额定电流/A	可控制电动机最大容量/kW	配用熔丝规格		
					铅	锡	锑
HK1-15/2	2	220	15	1.5	98%	1%	1%
HK1-30/2	2	220	30	3			
HK1-60/2	2	220	60	4.5			
HK1-15/3	3	380	15	2.2			
HK1-30/3	3	380	30	4			
HK1-60/3	3	380	60	5.5			

3) 刀开关的选用

选用刀开关时,应使其额定电压大于或等于电路的额定电压,其额定电流大于或等于电路的额定电流。当用刀开关控制电动机时,其额定电流要大于电动机额定电流的2~3倍。

4) 转换开关

转换开关也称组合开关,是刀开关的一种,但是其电气符号为SA,不同于刀开关的QS。转换开关是一种多触点、多挡式,可以控制多条回路的电器。常见的转换开关有HZ10、HZ5系列,其结构、外形和电气符号如图1-15所示。



微课
认识转换开关



动画
HZ型转换开关的工作过程

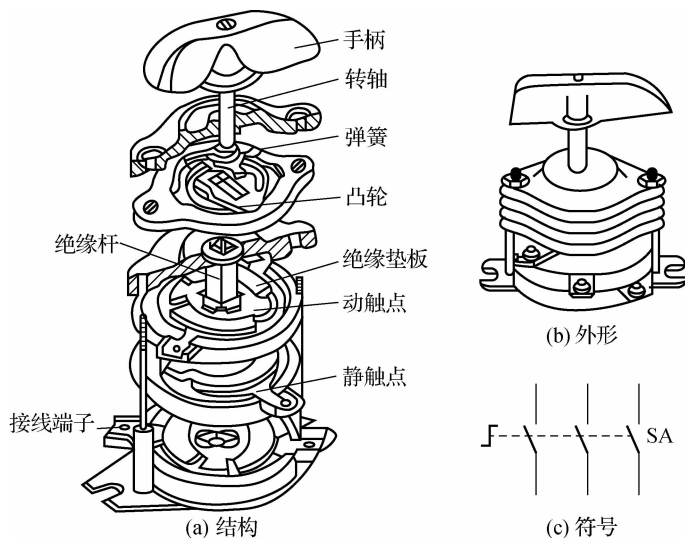


图 1-15 转换开关的外形、结构和电气符号

转换开关在电路中的触点状态如图1-16所示。图中的虚线表示操作位置,与虚线相交的位置上涂黑点表示触点接通,没有涂黑点表示触点断开。不同操作位置的各对触点的通断状态表示在图中的状态表中(+表示闭合,-表示断开)。

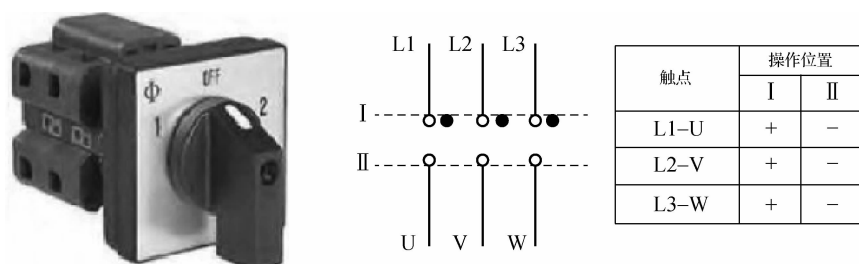


图 1-16 转换开关在电路中的触点状态

转换开关主要用于电源引入开关,或用于控制 5 kW 以下小容量电动机的直接起动、停止。应根据电源的种类、电压等级、所需触点数及电动机的容量选用转换开关,其额定电流应取电动机额定电流的 1.5~2 倍。

电灯开关是最简单的转换开关。转换开关与按钮都可以实现通断电路,但是转换开关通过外力转换挡位后,即使外力撤销,触点动作也保持状态不变。



温馨提示

(1) 刀开关安装时,手柄要向上,不得倒装或平装,避免刀开关手柄由于重力自动下落引起无动作合闸。

(2) 接线时,电源线接在刀开关的上端触点,负载线接在刀开关的下端触点。



知识提升

1. 铁壳开关

铁壳开关又称半封闭负荷开关,常用的 HH 系列铁壳开关的结构与型号含义如图 1-17 所示。

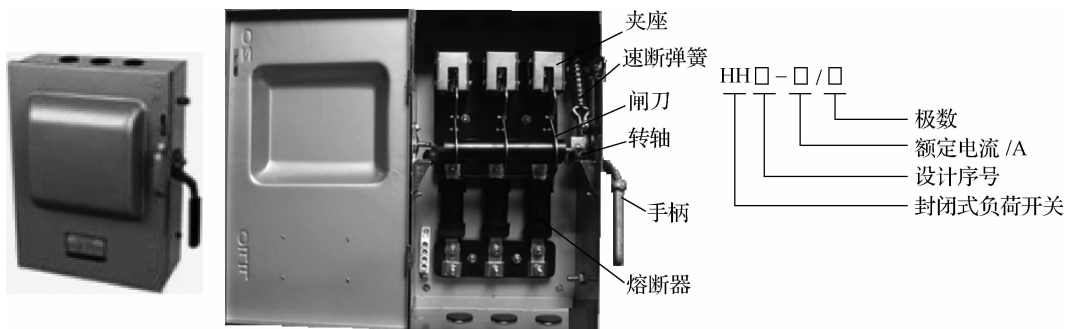


图 1-17 常用的 HH 系列铁壳开关的结构与型号含义

选择铁壳开关时,应使其额定电压等于或大于电路的额定电压,额定电流等于或大

于电路的额定电流；控制电动机时，其额定电流应该选择为电动机额定电流的 2 倍。

使用时注意，铁壳开关的外壳应该可靠接地，防止壳体漏电；接线时电源进线在静触点的接线端子，负载接在熔断器一侧。

2. 倒顺开关

倒顺开关又称可逆转换开关，通过改变电源相序控制电动机的正反转及停止，其结构与图形符号、文字符号如图 1-18 所示，控制过程如图 1-19 所示。

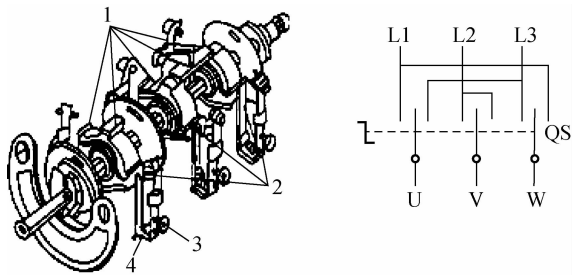


图 1-18 倒顺开关的结构与图形符号、文字符号

1—定位机构；2—带动触点的鼓轮；3—静触点；4—带静触点的基座

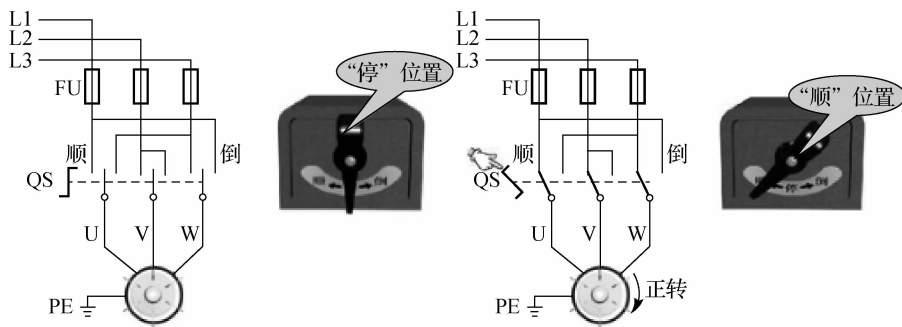


图 1-19 倒顺开关的控制过程

三、自动切换电器

依靠电器感测部件的参数或信号变化而自动执行接通或分断电路的电器主要有低压断路器、熔断器、接触器、继电器等。

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，用来分配电能、不频繁地起动异步电动机，是低压系统中常用的一种配电电器，集控制和多种保护功能于一体。

低压断路器在电路中的作用是实现电路的短路、过载、欠压和失压保护。低压断路器的外形与电气符号如图 1-20 所示。



图 1-20 低压断路器的外形与电气符号

1) 低压断路器的结构与原理

低压断路器主要由三部分组成:触点和灭弧装置,各种脱扣器(包括电磁脱扣器、欠压脱扣器、热脱扣器),操作机构和自由脱扣机构(包括锁扣和搭钩),如图 1-21 所示。低压断路器的按钮和触点接线柱分别引出壳外,其余各组成部分均在壳内。

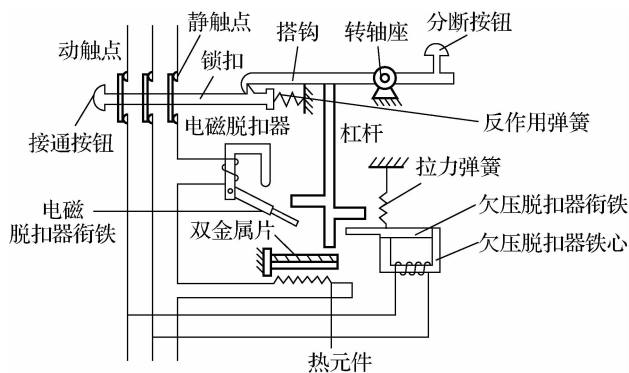


图 1-21 低压断路器的结构

低压断路器在使用时,接通按钮闭合后,动、静触点闭合,搭钩被锁扣钩住,将触点保持在闭合状态。发热元件与主电路串联,有电流流过时发出热量,使热脱扣器向上弯曲,发生过载时,热脱扣器弯曲通过杠杆将搭钩推离锁扣,动、静触点受反作用弹簧的作用而迅速分开。电磁脱扣器有一个匝数很少的线圈与主电路串联,发生短路时,电磁脱扣器使铁心脱扣器的吸力小于拉力弹簧的反力,从而向上推动杠杆,将搭钩推离锁扣,最后也使触点断开。欠压脱扣器有欠压保护功能,这样断路器在电路发生过载、短路和欠压时起到保护作用。

如果要求手动分断时,按下分断按钮就可手动使触点断开。当低压断路器由于过载而断开后,应等待 2~3 min 才能重新合闸,以保证热脱扣器回复原位。

2) 低压断路器的技术数据与型号含义

- (1) 额定电压。额定电压是指断路器的最大工作电压。
- (2) 额定电流。额定电流一般是指断路器的额定持续电流。
- (3) 通断能力。通断能力是指在规定的条件下接通和分断的最大电流值,也称额定短路通断能力。



微课
认识低压断路器



动画
DZ 系列断路器工作过程

(4)分断时间。分断时间是指切断故障电流所需的时间,包括固有的断开时间和燃弧时间。

低压断路器的型号含义如图 1-22 所示,DZ20 系列塑壳式低压断路器的主要技术数据见表 1-4。

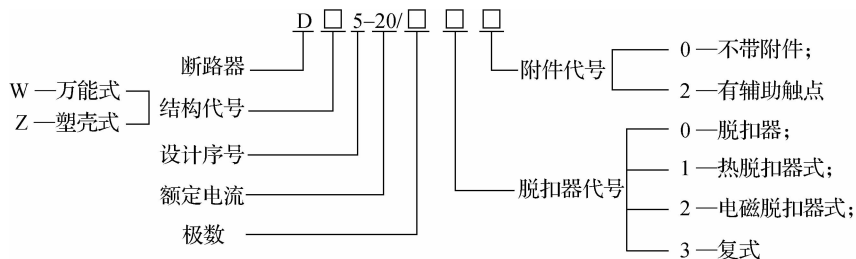


图 1-22 低压断路器的型号含义

表 1-4 DZ20 系列塑壳式低压断路器的主要技术数据

型 号	额定电压/V	断路器额定电流 I_N /A	瞬时脱扣器整定电流倍数
DZ20Y-100	交流 220、380	16、20、25、32、40、50、63、80、100	配用电用 $10I_N$ 保护电动机用 $12I_N$
DZ20J-100			
DZ20G-100			
DZ20Y-225		100、125、160、180、200、225	配用电用 $5I_N$ 、 $10I_N$ 保护电动机用 $12I_N$
DZ20J-225			
DZ20G-225			
DZ20Y-400		250、315、400	配用电用 $10I_N$ 保护电动机用 $12I_N$
DZ20J-400			
DZ20G-400			
DZ20Y-630		400、500、630	配用电用 $5I_N$ 、 $10I_N$
DZ20J-630			

3) 低压断路器的选择

(1) 低压断路器的额定电压和额定电流应大于或等于线路、设备的正常工作电压和工作电流。

(2) 低压断路器的极限通断能力大于或等于线路最大短路电流。

(3) 低压断路器的欠电压脱扣器额定电压等于线路额定电压。

(4) 低压断路器的过电流脱扣器额定电流应大于或等于线路的最大负载电流。



温馨提示

(1) 低压断路器的电流分为额定电流和电磁脱扣器电流,电磁脱扣器电流小于或等

于额定电流。

(2)正常时的工作电流应该小于或等于电磁脱扣器电流。如果工作电流大于电磁脱扣器电流,则称为过载。

(3)安装的三极低压断路器的电路中只要发生短路,都会使断路器跳闸,分断三相电路。



知识提升

漏电保护断路器。漏电保护断路器通常称为漏电开关,是一种安全保护电器,在线路或设备出现对地漏电或人身触电时迅速自动断开电路,能有效地保证人身和线路的安全。常用的漏电保护断路器的外形与电气符号如图 1-23 所示。

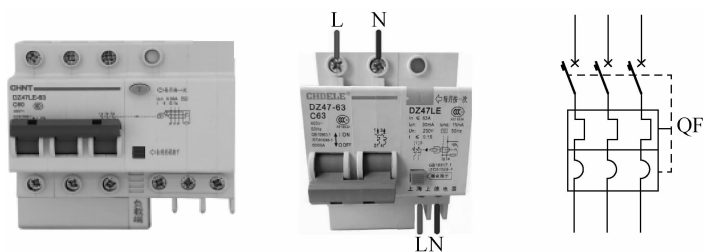


图 1-23 常用的漏电保护断路器的外形与电气符号

1. 结构与原理

漏电保护断路器主要由零序电流互感器(TA)、漏电脱扣器(WS)、试验按钮(SB)、操作机构和外壳等组成,如图 1-24 所示。

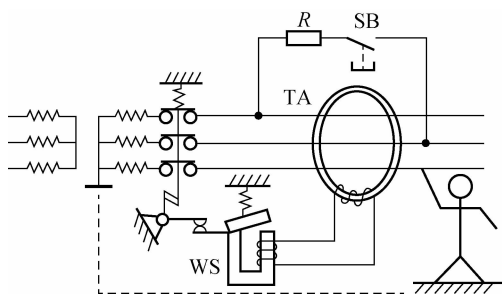


图 1-24 漏电保护断路器的结构

在电路正常工作时,无论三相负载电流是否平衡,通过零序电流互感器一次侧的三相电流相量和为零,二次侧没有电流。

当出现漏电和人身触电时,漏电或触电电流将经过大地流回电源的中性点,因此零序电流互感器一次侧三相电流的相量和不为零,二次侧会感应出电流,此电流使漏电脱扣器线圈动作,则低压断路器分闸,从而切断了主电路,保障了人身安全。

2. 选择

选择漏电保护断路器时,参照普通低压断路器进行。

3. 注意事项

为了经常检测漏电保护断路器的可靠性,断路器上设有试验按钮,与一个限流电阻(R)串联后跨接于两相线路上。当电源接入后,连续按压试验按钮,漏电断路器应立即分闸,才能证明该断路器的保护功能良好。

2. 熔断器

熔断器广泛用于供电线路和电气设备中,是一种简单、有效的在短路和严重过载时起保护作用的保护电器。其种类很多,常用的有螺旋式、瓷插式、封闭式、快速熔断式等。熔断器的外形与电气符号如图 1-25 所示。



图 1-25 熔断器的外形与电气符号

1) 熔断器的结构与原理

熔断器主要由熔体和熔座两部分组成,其结构如图 1-26 所示。熔体由低熔点的金属材料(铅、锡、锌、银、铜及合金)制成丝状或片状,俗称保险丝。工作中,熔体串接于被保护电路,既是感测元件,又是执行元件。

熔座(或熔管)是由陶瓷、硬质纤维制成的管状外壳。熔座的作用主要是便于熔体的安装并作为熔体的外壳,在熔体熔断时兼有灭弧的作用。

当电路发生短路或严重过载故障时,通过熔体的电流使熔体发热,当达到熔点时,熔体自行熔断,从而分断故障电路,起到保护作用。

2) 熔断器的技术参数和型号含义

(1)熔断器额定电压。熔断器额定电压是指熔断器长期工作时和分断后能够承受的电压,其值一般大于或等于电气设备的额定电压。

(2)熔体额定电流。熔体额定电流是指熔体长期通过而不会熔断的电流。

(3)熔断器额定电流。熔断器额定电流是指熔断器长期工作时,设备部件温升不超过规定值所能承受的电流。熔体额定电流不得超过熔断器额定电流。



微课
认识熔断器

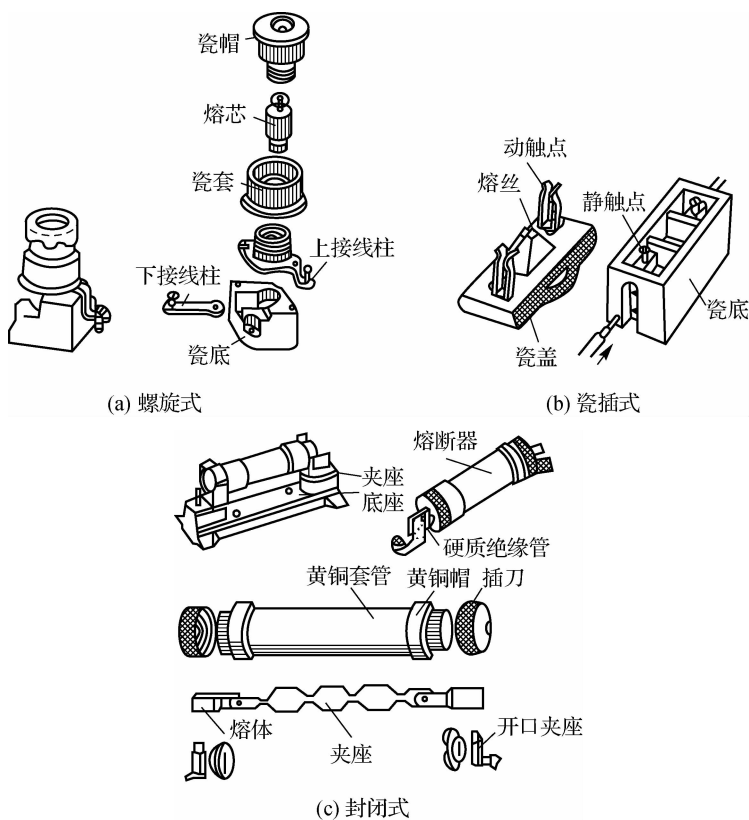


图 1-26 熔断器的结构

(4) 极限分断能力。极限分断能力是指熔断器在规定的额定电压和功率因数(或时间常数)的条件下,能分断的最大短路电流值。在电路中出现的最大电流值一般是指短路电流值。

熔断器的型号含义如图 1-27 所示,常用熔断器的主要技术参数见表 1-5。

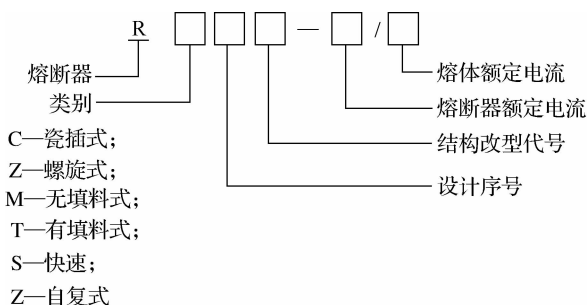


图 1-27 熔断器的型号含义

表 1-5 常用熔断器的主要技术参数

型 号	熔断器额定电流/A	熔断器额定电压/V	熔体额定电流/A	额定分断电流/kA
RC1A-5	5	380	1、2、3、5	300($\cos \varphi=0.4$)
RLI-15	15	380	2、4、5、10、15	25($\cos \varphi=0.35$)
RM10-15	15	220	6、10、15	1.2
RS3-50	50	500	10、15、30、50	50($\cos \varphi=0.3$)
NT0	160	500	6、10、20、50、100、160	120
NGT1	250	380	100、160、250、	100
RT0-50	50	AC 380,DC 440	5、10、15、20、30、40、50	AC 50,DC 25

3) 熔断器的选择

熔断器的选择主要包括熔断器类型、熔断器额定电压、熔断器额定电流和熔体额定电流的确定。

熔断器的类型主要由电气控制系统整体设计确定;熔断器额定电压应该大于或等于实际电路的工作电压;熔断器额定电流大于所装熔体的额定电流。

确定熔体电流是选择熔断器的主要任务,具体有如下几条原则。

(1)照明或电阻性负载线路的熔体:熔体额定电流 \geq 支线中的工作电流之和。

(2)一台电动机的熔体:熔体额定电流 \geq 电动机的起动电流 $\div 2.5$ 。

如果电动机起动频繁,则为:熔体额定电流 \geq 电动机的起动电流 $\div (1.6\sim 2)$ 。

(3)几台电动机合用的总熔体:熔体额定电流 $= (1.5\sim 2.5) \times$ 容量最大的电动机的额定电流 $+ 其余电动机的额定电流之和$ 。



温馨提示

(1)熔断器的极限分断能力取决于熔断器的灭弧能力,与熔体的额定电流无关。

(2)为了防止发生熔断器的越级熔断,供电干线、支线间的熔断器应有良好的配合,即干线熔断器的熔体电流应该比支线大1~2个级差。



微课

认识接触器

3. 接触器

接触器是用于远距离频繁地接通或断开交、直流主电路及大容量控制电路的一种自动切换电器。在大多数情况下,其控制对象是电动机,也可用于其他电力负载,如电热器、电焊机、电炉变压器等。常用接触器的外形与图形、文字符号如图 1-28 所示。

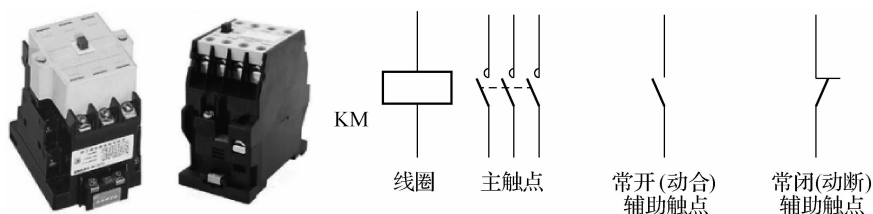


图 1-28 常用接触器的外形与图形、文字符号

1) 接触器的结构与原理

根据接触器主触点通过电流的种类,接触器可分为交流接触器和直流接触器。

(1) 交流接触器。CJ20 系列交流接触器的结构如图 1-29 所示。其中,电磁机构包括电磁线圈、铁心和衔铁。触点系统中的主触点通常为常开触点,用于控制主电路的通断;辅助触点包括常开、常闭触点两种,用于控制电路。其他部件还包括反力弹簧、触点压力弹簧、传动机构和外壳等。为了减少涡流与磁滞损耗,铁心用硅钢片叠压而成;电磁线圈做得短而厚,铁心与电磁线圈之间留有空隙方便散热。

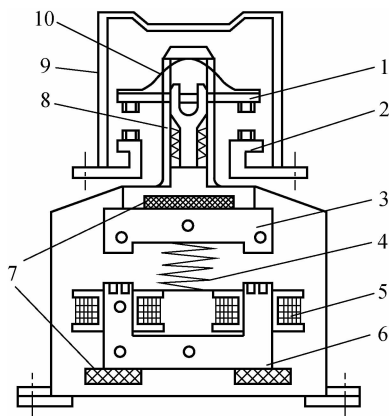


图 1-29 CJ20 系列交流接触器的结构

1—动触点; 2—静触点; 3—衔铁; 4—反力弹簧; 5—电磁线圈; 6—铁心;

7—垫毡; 8—触点弹簧; 9—灭弧罩; 10—触点压力弹簧

交流接触器的工作原理如图 1-30 所示,当线圈通电后,线圈中的电流产生磁场,使铁心形成电磁吸力将衔铁吸合。衔铁带动动触点动作,使常闭触点断开、常开触点闭合。当线圈断电时,电磁吸力消失,衔铁在反力弹簧的作用下释放,各触点复位。

(2) 直流接触器。直流接触器的结构、工作原理与交流接触器类似。在结构上也是由触点系统、电磁机构和灭弧装置等部分组成,只不过铁心由整块钢或铸铁制成,线圈是长而薄的圆筒形。

直流接触器主要用来接通和分断直流额定电压 440 V 以下、直流额定电流 630 A 以下的直流电路或控制直流电动机频繁起动、停止、反转及反接制动。



动画
CJT1-10 型接
触器工作过程

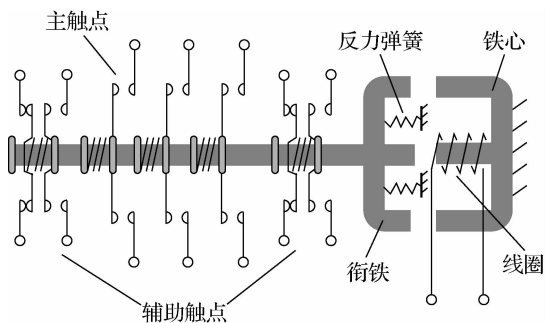


图 1-30 交流接触器的工作原理

2)接触器的技术参数和型号含义

接触器的主要技术参数有额定电压、额定电流、额定操作频率等。

(1)额定电压。接触器铭牌上标注的额定电压是指主触点的额定电压。交流接触器常用的额定电压等级有 110 V、220 V、380 V、500 V 等,直流接触器常用的额定电压等级有 110 V、220 V 和 440 V。

(2)额定电流。接触器铭牌上标注的额定电流是指主触点的额定电流,即允许长期通过的最大电流。交流接触器常用的额定电流等级有 5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A 和 600 A。

(3)线圈的额定电压。线圈的额定电压即吸引线圈的额定电压。交流接触器线圈常用的额定电压等级有 36 V、110 V、220 V 和 380 V,直流接触器线圈常用的额定电压等级有 24 V、48 V、220 V 和 440 V。

(4)额定操作频率。额定操作频率是指每小时的操作次数(次/h)。交流接触器最高为 600 次/h,而直流接触器最高为 1 200 次/h。

(5)接通和分断能力。接通和分断能力是指接触器主触点在规定条件下能可靠地接通和分断的电流值。

以国产 CJ20 系列交流接触器为例,接触器的型号含义如图 1-31 所示。

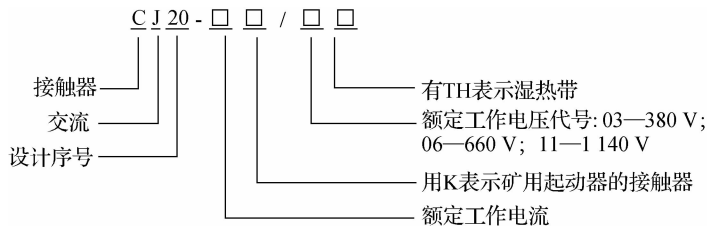


图 1-31 接触器的型号含义

3)接触器的选用

(1)接触器类型的选择。根据接触器所控制的负载性质选择直流或交流接触器。

(2) 额定电压的选择。接触器的额定电压大于或等于所控制线路的电压。

(3) 额定电流的选择。接触器额定工作电流应大于或等于所控制负载的计算电流。负载的计算电流要考虑实际工作环境和工况。在电动机频繁起动、正反转、反接制动控制线路中选择接触器时,将接触器主触点的额定电流降低一个等级使用;在低压控制系统中,380 V 的三相异步电动机是主要控制对象,如果已知电动机的额定功率,则控制该电动机的接触器额定电流大约是电动机功率的 2 倍。

(4) 吸引线圈的额定电压选择。根据现场控制回路的电压选择。

(5) 接触器主辅触点数量、种类选择。触点数量、种类应该满足主辅电路控制线路的要求。



温馨提示

(1) 根据操作次数校验接触器所允许的操作频率。

(2) 接触器的动作值是指接触器的吸合电压(大于线圈额定电压的 85%)和释放电压(小于或等于线圈额定电压的 70%)。

(3) 对于起动时间长的负载,半小时峰值电流不能超过约定发热电流。

4. 继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化,使其执行机构动作的自动控制电器。它具有感测元件和执行元件,当感测元件的电量或非电量变化到要求值时,执行机构便接通或断开小电流(一般小于 5 A)控制电路,在电路中起着调节、保护、转换电路等作用。

继电器在传统电气系统中应用广泛,随着可编程控制器(PLC)的发展,控制继电器逐渐被 PLC 的软触点代替。下面重点介绍几种常用的继电器。

1) 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理来切断电路的保护电器。热继电器是专门用来对连续运行的电动机实现过载及断相保护,以防止电动机因过热而烧毁的一种保护电器。热继电器的外形与电气符号如图 1-32 所示。

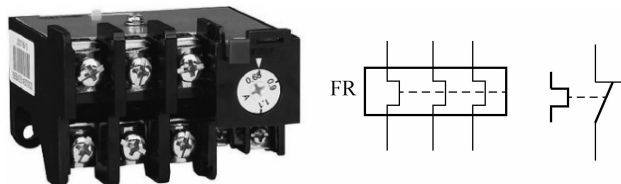


图 1-32 热继电器的外形与电气符号



微课
认识热继电器

(1) 热继电器的结构与原理。热继电器主要由热元件、双金属片和触点等组成,如图 1-33 所示。



动画

JR36-20 热继电器动作过程

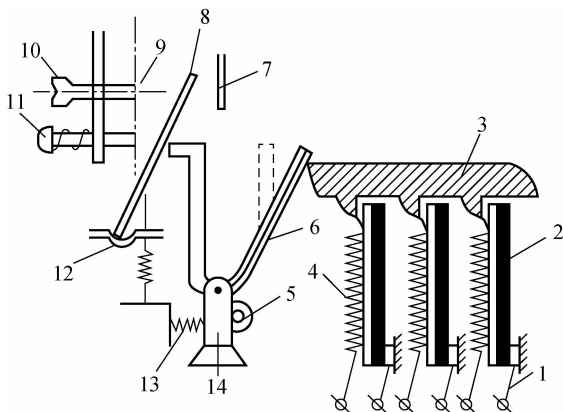


图 1-33 热继电器的结构

- 1—接线端；2—双金属片；3—绝缘导板；4—发热元件；5—调节旋钮；6—补偿双金属片；
7—静触点；8—动触点；9—常开触点；10—复位螺钉；
11—复位按钮；12—推杆；13—压簧；14—支撑件

使用时,发热元件 4 串接在电动机定子绕组中,当电动机正常运行时,发热元件 4 产生的热量虽能使双金属片 2 弯曲,但还不足以使继电器动作;当电动机过载时,发热元件产生的热量增大,使双金属片弯曲位移增大,经过一定时间后,双金属片弯曲到推动绝缘导板 3,并通过补偿双金属片 6 与推杆 12 将动触点 8 和静触点 7 分开,动触点和静触点为热继电器串联于接触器线圈回路的常闭触点,断开后使接触器线圈失电,接触器主触点断开电动机的电源以保护电动机。调节旋钮 5 是一个偏心轮,它与支撑件 14 构成一个杠杆。转动偏心轮,改变压簧 13 的半径即可改变补偿双金属片 6 与绝缘导板 3 的接触距离,达到调节整定动作电流的目的。此外,靠调节复位螺钉 10 来改变常开触点 9 的位置,使热继电器能工作在手动复位和自动复位两种状态。采用手动复位时,在故障排除后要按下复位按钮 11 才能使动触点恢复到与静触点相接触的位置。

(2)热继电器的技术参数和型号含义。

①热继电器整定电流。热继电器整定电流是指热元件允许长期通过又不致引起热继电器动作的电流值。

②热继电器额定电流。热继电器额定电流是指热继电器中可以安装的热元件的最大整定电流值。

③热元件额定电流。热元件额定电流是指发热元件的最大的整定电流值。

以 JR20 型热继电器为例,热继电器的型号含义如图 1-34 所示。

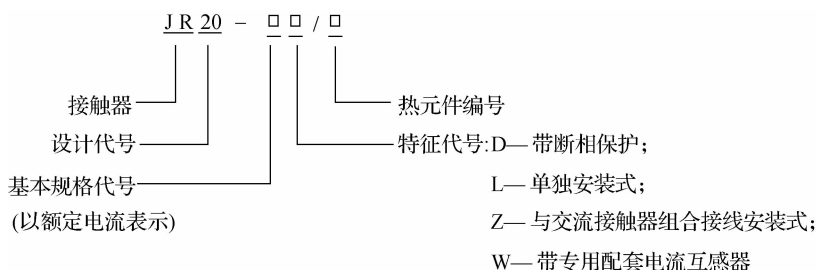


图 1-34 热继电器的型号含义

(3)热继电器的选择。热继电器选择时,主要是根据电动机的使用场合和额定电流来确定热继电器的型号及热元件的额定电流等级。

①一般情况可以选用两相结构的热继电器。对于三角形接法或电网均衡性差的电动机,宜选用三相结构的热继电器。

②热元件额定电流 $= (0.95 \sim 1.05) \times$ 电动机额定电流。



温馨提示

(1)满足电动机起动运行的要求。由于热继电器双金属片受热膨胀的热惯性及动作机构传递信号的惰性原因,热继电器触点动作需要一定的时间,电动机起动时间很短,热继电器触点还未达到动作时间起动已经结束,所以在电动机起动过程中或短时过载时热继电器不会动作。

(2)热元件串接在电动机定子绕组中,定子绕组电流即为流过热元件的电流。

2)时间继电器

时间继电器是一种根据电磁原理或机械动作原理来实现触点系统延时接通或断开的自动切换电器。按其动作原理与结构不同,可分为电磁式、空气阻尼式(气囊式)、电子式和电动式等时间继电器。按延时方式分为通电延时型与断电延时型时间继电器。常用的时间继电器的外形与电气符号如图 1-35 所示。



微课
认识时间继电器

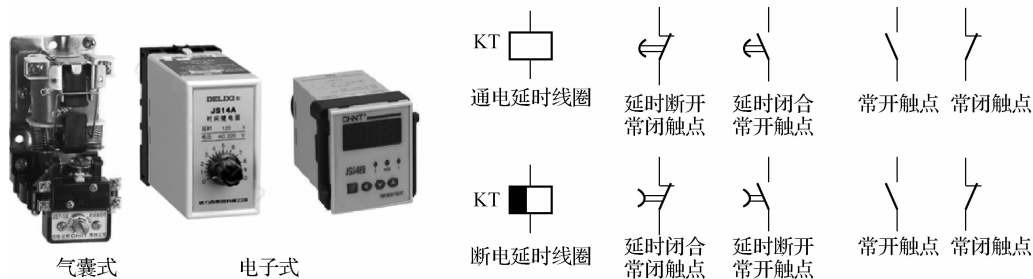


图 1-35 常用的时间继电器的外形与电气符号

(1)时间继电器的结构与原理。时间继电器利用控制机构与触点之间的错位动作(控制环节与触点动作存在时间差)实现对电气设备的控制操作。

①空气阻尼式时间继电器。这里以 JS7-A 型时间继电器为例说明空气阻尼式时间继电器的结构与原理,具体结构如图 1-36 所示。空气阻尼式时间继电器是靠空气的阻尼作用来进行延时的。



动画
JS7-A 时间继电器工作过程

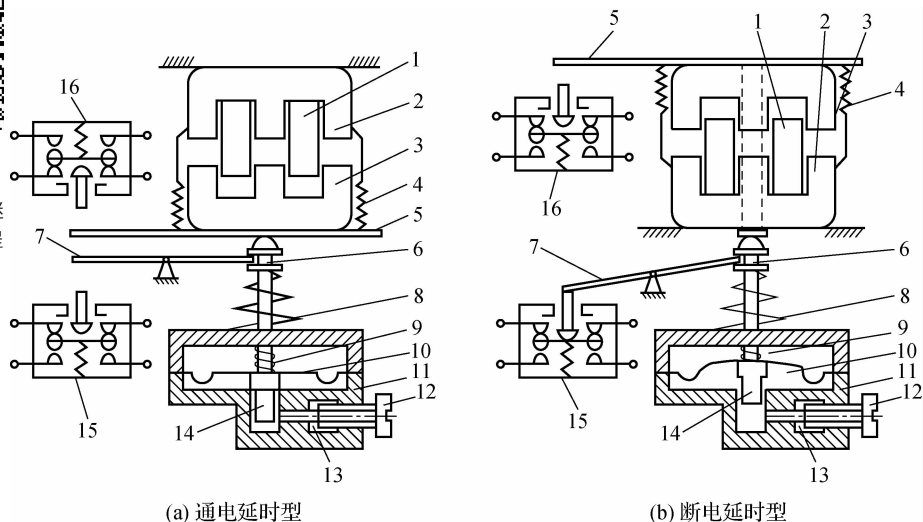


图 1-36 JS7-A 型时间继电器的结构

- 1—线圈；2—铁心；3—衔铁；4—反力弹簧；5—推板；6—活塞杆；7—杠杆；8—塔形弹簧；9—弱弹簧；
10—橡皮膜；11—空气室壁；12—调节螺钉；13—进气孔；14—活塞；15、16—微动开关

图 1-36(a)为通电延时型时间继电器,当线圈 1 通电后,铁心 2 将衔铁 3 吸合,同时推板 5 使微动开关 16 立即动作。活塞杆 6 在塔形弹簧 8 的作用下,带动活塞 14 及橡皮膜 10 向上移动。由于橡皮膜下方气室的空气稀薄,形成负压,因此活塞杆不能迅速上移。当空气由进气孔 13 进入时,活塞杆才逐渐上移,当移到最上端时,杠杆 7 才使微动开关 15 动作。延时时间为自电磁铁吸合线圈通电时刻起到微动开关动作为止的这段时间。通过调节螺钉 12 来改变进气孔的大小,就可以调节延时时间。

当线圈断电时,衔铁在反力弹簧 4 的作用下将活塞推向最下端。因活塞被往下推时,橡皮膜下方气室内的空气都通过橡皮膜 10、弱弹簧 9 和活塞肩部所形成的单向阀,经上气室缝隙顺利排掉,因此延时与不延时的微动开关 15 与 16 都能迅速复位。

将电磁机构翻转 180°安装后,可得到图 1-36(b)所示的断电延时型时间继电器。它的工作原理与通电延时型相似,微动开关 15 是在吸合线圈断电后延时动作的。

空气阻尼式时间继电器结构简单、寿命长、价格低,还有不延时的触点,但准确度低、延时误差大,一般适用于延时精度要求不高的场合。

②电子式时间继电器。电子式时间继电器也称晶体管式时间继电器,具有延时范围广(最长 3 600 s)、精度高(一般为 5%左右)、体积小、耐冲击、调节方便和寿命长等优势。其是利用 RC 电路中电容电压不能跃变、只能按照指数规律逐渐变化的规律(电阻尼特

性)获得延时的。所以,只要改变充电回路的时间常数即可改变延时时间。

现以电子式时间继电器(通电延时型)为例进行说明,其电路如图 1-37 所示。

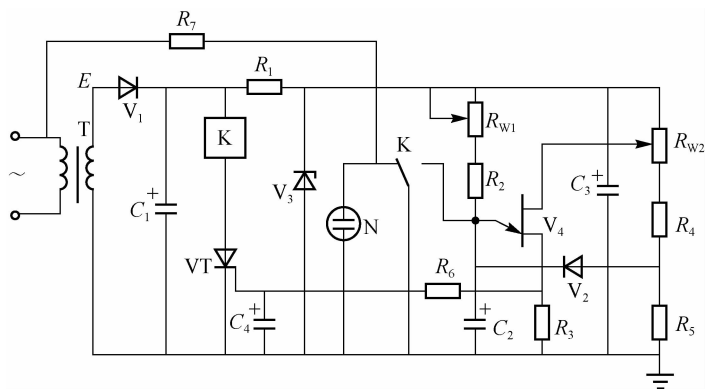


图 1-37 电子式时间继电器通电延时电路

电源的稳压部分由 R_1 和稳压管 V_3 构成。输出电路中的晶闸管 VT 和继电器 K 则由整流电源直接供电。电容 C_2 的充电回路有两条:一条通过电阻 R_{w1} 和 R_2 ,另一条是通过由低阻值 R_{w2} 、 R_4 、 R_5 组成的分压器经二极管 V_2 向电容 C_2 提供的预充电路。

电路的工作原理是:当接通电源后,经二极管 V_1 整流、电容 C_1 滤波以及稳压管 V_3 稳压的直流电压通过 R_{w2} 、 R_4 、 V_2 向电容 C_2 以极小的时间常数充电。与此同时,也通过 R_{w1} 和 R_2 向电容充电。电容 C_2 上电压相当于 R_5 两端预充电压的基础上按指数规律逐渐升高。当此电压大于单结晶体管 V_4 的峰值电压时,单结晶体管导通,输出电压脉冲触发晶闸管 VT,VT 导通后使继电器 K 吸合。除用其触点来接通或断开电路外,还利用其另一常开触点将 C_2 短路,使之快速放电,为下次使用做准备。此时氖指示灯 N 启辉。当切断电源时 K 释放,电路恢复原态,等待下次动作。

常用的电子式时间继电器产品有 JS13、JS14 型等。

(2)时间继电器的技术参数和型号含义。

- ①触点额定电压、额定电流。
- ②线圈额定电压。线圈额定电压常采用交流 36 V、127 V、220 V、380 V。
- ③延时范围。常用的延时范围有 0.1~1.5 s、0.5~5 s、1~10 s、2~20 s 等规格。

以我国生产的 JS23 系列时间继电器为例,继电器的型号含义如图 1-38 所示。

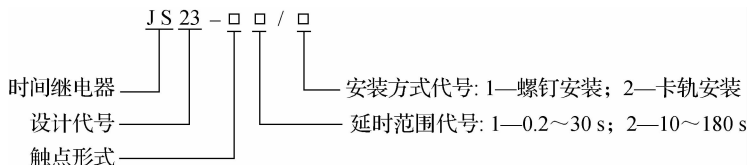


图 1-38 继电器的型号含义

(3)时间继电器的选用。

①时间继电器的延时方式:通电延时、断电延时。

②接点返回时间:小于 0.2 s。

③时间继电器的延时范围和精度:当延时时间短、精度低时可以选用空气阻尼式时间继电器;当延时时间长、精度要求高时可以选用电子式或电动式时间继电器。



温馨提示

(1)除满足延时和精度的要求外,还要考虑控制系统对可靠性、经济性、工艺安装尺寸等的要求。

(2)电动式时间继电器的精度高,但是体积大、成本高,应酌情选用。

3)电磁继电器

电磁继电器是根据输入(励磁线圈)电流信号或电压信号的变化而动作的继电器,其触点用于切换小电流控制电路。根据电磁继电器励磁信号的不同分为电流继电器(过电流或欠电流继电器)和电压继电器(过电压或欠电压继电器)。电磁继电器的外形如图 1-39 所示,其电气符号如图 1-40 所示。



图 1-39 电磁继电器的外形

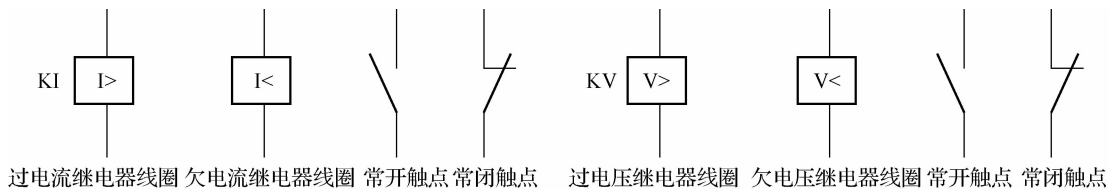


图 1-40 电磁继电器的电气符号

(1)电磁继电器的结构与工作原理。电磁继电器的结构和工作原理与接触器相似,如图 1-41 所示。感测部分是电磁系统,执行部分是触点系统。

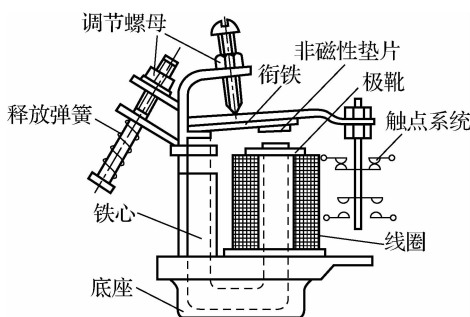


图 1-41 电磁式继电器的结构

①电流继电器。电流继电器串联在电路中,根据线圈电流的大小而动作,特点是线圈导线粗、匝数少、阻抗小。

过电流继电器的作用是当电路发生短路及过电流时立即将电路切断。

正常工作时,线圈中通过正常负荷电流,继电器不动作,衔铁不吸合。当线圈中通过的电流超过正常负荷电流,达到整定电流时,继电器才动作,衔铁吸合,触点动作。

过电流继电器的动作电流整定范围,交流过电流继电器为 $110\% I_N \sim 350\% I_N$,直流过电流继电器为 $70\% I_N \sim 300\% I_N$ 。

欠电流继电器正好相反,正常工作时,线圈中通过正常负荷电流,继电器动作,衔铁吸合。当线圈中通过的电流降低到整定电流时,继电器复位,衔铁释放,触点复位。

欠电流继电器的动作电流整定范围,吸合电流为 $30\% I_N \sim 50\% I_N$,释放电流为 $10\% I_N \sim 20\% I_N$ 。欠电流继电器一般是自动复位的。

②电压继电器。电压继电器并联在电路中,特点是导线匝数多、导线细。常用于电动机失电压与欠电压保护(交直流电压继电器)、绕线式电动机制动和反转控制(交流电压继电器)、直流电动机反转及反接制动(直流电压继电器)。

过电压继电器正常工作时,线圈电压是额定电压,继电器不动作,衔铁不吸合。当线圈电压超过额定电压,达到整定电压时,继电器才动作,衔铁吸合,触点动作。

过电压继电器的吸合电压整定范围为 $105\% U_N \sim 120\% U_N$ 。

欠电压继电器正常工作时,线圈电压是额定电压,继电器动作,衔铁吸合。当线圈电压降低到整定电压时,继电器复位,衔铁释放,触点复位。

欠电压继电器的吸合电压整定范围为 $40\% U_N \sim 70\% U_N$,释放电压调整范围为 $7\% U_N \sim 20\% U_N$ 。

(2)电磁继电器的技术参数。

此处只介绍使用频率较高的过电流继电器的技术参数,具体如下。

①过电流继电器的动作电流:使电流继电器动作的最小电流。

②过电流继电器的返回电流:继电器动作后,当线圈中的电流减小到某一值时,因磁

力小于弹簧力而复位的最大电流。

以 JL18 系列电流继电器为例,电流继电器的型号含义如图 1-42 所示,常用继电器的技术数据见表 1-6 和表 1-7。

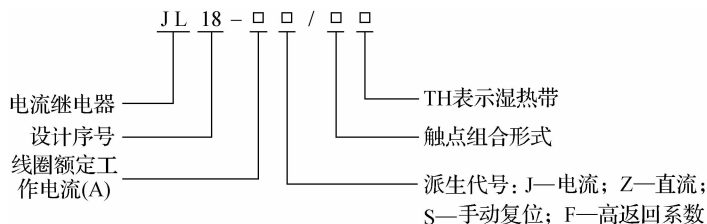


图 1-42 电流继电器的型号含义

表 1-6 JL18 系列过电流继电器的技术数据

额定工作电压 U_N/V	AC 380, DC 220
线圈额定工作电流 I_N/A	1.0、1.6、2.5、4.0、6.3、10、16、25、40、63、100、250、400、630
触点主要额定参数	额定工作电压: AC 380 V, DC 220 V 额定发热电流: 10 A 额定工作电流: AC 2.6 A, DC 0.27 A
调整范围	交流: 吸合电流为 $110\%I_N \sim 350\%I_N$ 直流: 吸合电流为 $70\%I_N \sim 300\%I_N$
动作与调整误差	$\leq \pm 10\%$
返回系数	高返回系数型 > 0.56 , 普通类型不做规定
操作频率/(次·小时 ⁻¹)	1 200
复位方式	自动和手动
触点对数	一对常开触点, 一对常闭触点

表 1-7 JT18 系列直流通用继电器的技术数据

额定工作电压 U_N/V	24、48、110、220、440(电压继电器、时间继电器)	
额定电流 I_N/A	1.6、2.5、4、6、10、16、25、40、63、100、160、250、400、630	
延时等级 t/s	1、3、5(时间继电器)	
额定操作频率/(次·小时 ⁻¹)	1 200(时间继电器除外), 额定通电持续率为 40%	
动作特性	电压继电器	冷态线圈: 吸合电压为 $30\%U_N \sim 50\%U_N$ (可调), 释放电压为 $7\%U_N \sim 20\%U_N$ (可调)
	时间继电器	断电延时: 0.3~0.9 s, 0.8~3 s, 2.5~5 s
	欠流继电器	吸合电流: $30\%I_N \sim 65\%I_N$ (可调)

续表

误差	延时误差	重复误差 $<\pm 9\%$, 温度误差 $<\pm 20\%$, 电流波动误差 $<\pm 15\%$, 精度稳定误差 $<\pm 20\%$
	电压继电器、 欠流继电器误差	重复误差 $<\pm 10\%$, 整定值误差 $<\pm 15\%$
触点参数	额定发热电流	10 A
	额定工作电压	AC 380 V, DC 220 V

(3) 电磁继电器的选择。电磁继电器主要根据线圈的电流种类、额定电压来选择。



温馨提示

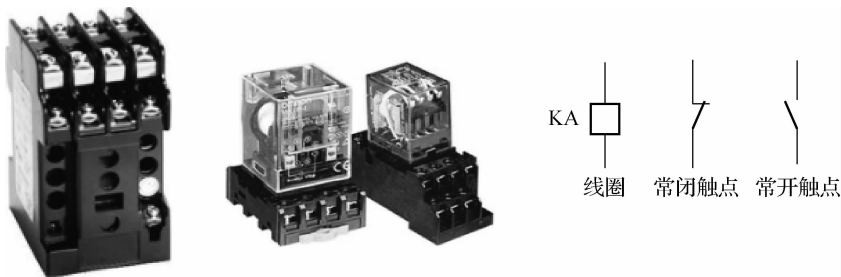
(1) 过电流继电器由于具有短时工作特点, 所以交流过电流继电器不用装短路环。

(2) 交流欠电流或欠电压继电器只有达到吸合电流或电压时, 衔铁才能正常吸合, 吸合的和释放的电流、电压并不是同一组数据, 具有滞后性。

4) 中间继电器

中间继电器是通过电压控制其线圈, 从而带动触点动作的一种电气器件。其主要由电磁机构、触点系统、外壳组成。就工作原理而言, 它仍属于电磁式电压继电器。

中间继电器的作用主要是扩大触点的数量及容量。中间继电器的外形与电气符号如图 1-43 所示。



微课
认识中间继电器

图 1-43 中间继电器的外形与电气符号

(1) 中间继电器的结构与工作原理。中间继电器的结构和工作原理与接触器类似, 其结构与电气符号如图 1-44 所示。不同之处在于中间继电器没有主触点, 触点数量多; 线圈为电压线圈, 当电压为 0 V 时, 衔铁应可靠释放; 没有弹簧调节装置。

(2) 中间继电器的技术参数与型号含义。

① 中间继电器的触点数量。

② 中间继电器的线圈电压类型: 交/直流型、直流型。

以我国生产的 JZ 系列中间继电器为例, 中间继电器的型号含义如图 1-45 所示。

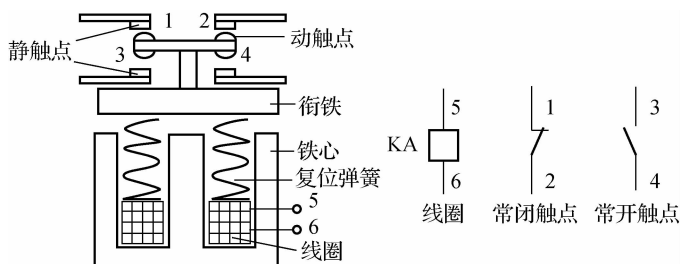


图 1-44 中间继电器的结构与电气符号

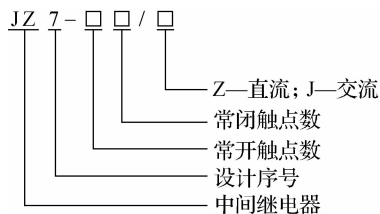


图 1-45 中间继电器的型号含义

(3)中间继电器的选择。主要依据被控制电路的电压等级、触点数量、种类来选择适合的中间继电器。



温馨提示

- (1)中间继电器的触点允许控制 5 A 以下的小电流电路,不需要灭弧装置。
- (2)中间继电器的主要作用是扩充辅助触点的数量,当其他电器的触点对数不够用时,可借助中间继电器来扩展触点数。

5. 速度继电器

速度继电器常用于三相感应电动机按速度原则控制的反接制动线路中,亦称反接制动继电器。速度继电器的外形与电气符号如图 1-46 所示。



微课
认识速度继电器

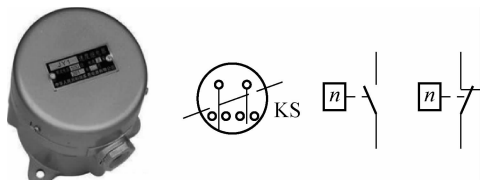


图 1-46 速度继电器的外形与电气符号

1)速度继电器的结构与原理

速度继电器主要由转子、定子和触点三部分组成。转子是一个圆柱形永久磁铁,定子是一个笼型空心圆环,由硅钢片叠成,并装有笼型绕组,如图 1-47 所示。

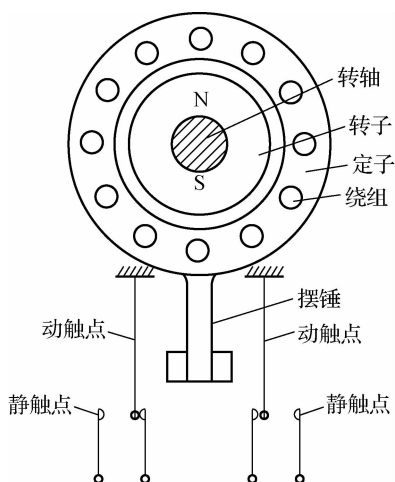


图 1-47 速度继电器的结构

速度继电器的转子与被控电动机同轴相连,定子空套在转子上。当电动机转动时,转子随之转动,定子内的短路导体切割磁场而感应电动势并产生电流,此电流与旋转的转子磁场相作用产生电磁转矩,定子带动摆锤开始转动。当定子转到一定角度时,可以拨动触点簧片,改变其通断状态。当电动机转速低于某一值时,定子产生的转矩减小,动触点复位。



动画
JY1 速度继电器
工作过程

2) 速度继电器的技术参数和型号含义

- (1) 速度继电器的触点数量。
- (2) 速度继电器的触点容量:额定电压、额定电流。
- (3) 速度继电器的额定工作转速(r/min)。
- (4) 速度继电器的允许操作频率(次/小时)。

以我国生产的 JFZ 系列为例,速度继电器的型号含义如图 1-48 所示。JY1 型和 JFZ0 型速度继电器的主要技术参数见表 1-8。

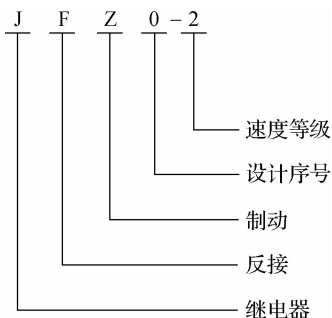


图 1-48 速度继电器的型号含义

表 1-8 JY1 型和 JFZ0 型速度继电器的主要技术参数

型号	触点容量		触点数量		额定工作转速/ ($r \cdot \min^{-1}$)	允许操作频率/ (次·小时 $^{-1}$)
	额定电压/V	额定电流/A	正转动作	反转动作		
JY1	380	2	1 组转换触点	1 组转换触点	100~3 600	<30
JFZ0					300~3 600	

3) 速度继电器的选择

主要根据被控电动机的额定转速、控制要求等合理选择。



温馨提示

(1) 速度继电器通常用在反接制动的场合。

(2) 一般情况下速度继电器转轴转速在 120 r/min 左右即能动作, 在 100 r/min 以下触点复位。

6. 信号灯

信号灯是用来指示电气运行状态、生产节拍、机械位置、控制命令等的电气器件。其发光光源有白炽灯、氖管、LED 发光元件等, 通常在低电压中采用白炽灯、LED 发光元件, 而在高压中采用氖管。只要控制电压适合, 信号灯可以单独使用, 也可以和按钮组合使用。信号灯的外形与电气符号如图 1-49 所示。



微课

认识信号灯



图 1-49 信号灯的外形与电气符号

1) 信号灯的结构与原理

一般情况下, 信号灯由灯座、灯罩、灯泡和外壳组成。灯罩由有色玻璃或塑料制成, 通常的颜色有红、黄、绿、白、橙、无色等。

2) 信号灯的技术参数和型号含义

我国常用信号灯的型号有国产系列 AD1、AD2、AD11、XDJ1 等。AD1 灯泡有白炽灯和氖灯两种, 采用变压器或电阻降压; AD2 为白炽灯, 采用电容降压; AD11 为半导体节能灯信号灯; XDJ1 采用二极管作为灯泡。

(1) 额定电压: 确保信号灯正常工作时所需的电压。

(2) 额定电流: 信号灯长期工作时通过的允许电流。

(3) 灯光颜色: 有红色、黄色、绿色、蓝色、白色等。

信号灯的型号含义如图 1-50 所示。

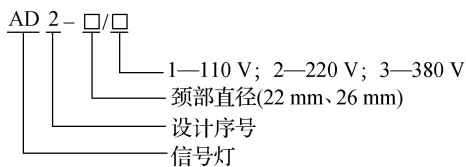


图 1-50 信号灯的型号含义

3) 信号灯的选择

选择信号灯时应该遵循如下原则。

- (1) 根据使用场合选择种类。
- (2) 根据工作状态指示和工作情况的要求选择颜色。
 - ① 红色: 紧急、危险状态, 必须立即采取措施。
 - ② 黄色: 提醒注意不正常状态。
 - ③ 绿色: 表示设备在安全、正常状态。
 - ④ 蓝色: 表示强制性需要, 需要操作人员采取措施或输入指令。
 - ⑤ 白色: 没有特殊意义的状态, 如对红、黄、绿或蓝存在不确定时, 允许使用白色。



温馨提示

(1) 单靠颜色不能表示操作功能或运行状态时, 可在器件上或器件近旁补加必要的图形或文字符号。

(2) 在一般工作运用中常将红色信号灯作为电源指示, 绿色信号灯作为合闸指示, 如在不可逆控制回路中。根据标准化的要求, 应使用白色信号灯作为电源状态指示, 绿色信号灯作为正常运行指示; 对于只有合闸的指示要求, 应采用绿色。



知识提升

1. 端子排

接线端子排简称端子排, 是实现电气连接的一种连接器。它其实是一段封装在绝缘塑料里面的金属片, 为了可靠接触, 具有一定的压接面, 如图 1-51 所示。两端都有导线孔, 可以插入适当的导线, 用螺丝可以紧固或松开。

如两根导线, 需要连接时紧固好、需要断开时松开螺丝就可以分断, 相比缠绕或焊接操作方便、快捷, 适合大量导线的互联。



图 1-51 端子排实物与压接操作

2. 绝缘端子

绝缘端子又称冷压端子,是用来实现电气连接的一种配件,常用于导线的端接。

导线端部连接端子时,应严格执行端接规范,如选择匹配的端子绝缘厚度、内径等。绝缘端子与压接操作如图 1-52 所示。



图 1-52 绝缘端子与压接操作

技能训练 1:常用电器的认识及检测



想一想

真正操作电气器件时如何判别其性能好坏?

- (1)非自动转换电器,从何入手?
- (2)自动转换电器又如何检查?
- (3)检查出问题如何排除?

1. 实践器材

断路器 1 台、接触器 1 台、热继电器 1 台、按钮 1 个、万用表 1 台、电工工具 1 套。主要实践器材如图 1-53 所示。

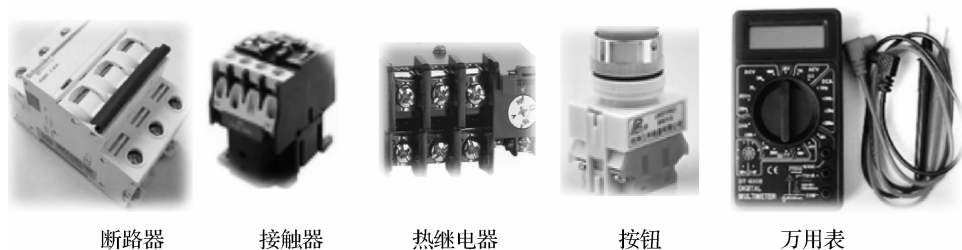


图 1-53 主要实践器材

2. 实践目的

- (1) 熟悉器件的基本结构,了解各组成部分的作用。
- (2) 了解器件的拆装方法,能进行简单维护。
- (3) 学会检测器件的性能。

3. 实践过程

1) 低压断路器的认识与检测

(1) 外观检查。

- ① 观察断路器的外观、型号,用万用表测试器件触点的接触情况,记录在表 1-9 中。

表 1-9 断路器检测记录表

型 号	额定电压/V	额定电流/A	极 数
主要部件	名 称	作 用	检查记录

- ② 观察触点有无杂物、毛糙、炭化现象。

处理:如有毛糙等烧毛情况,应用 0 号砂纸或锉刀修整。

- ③ 用适合的螺丝刀旋转断路器入口、出口的接线螺丝,检查螺丝有无脱扣现象。

处理:如有脱扣现象,利用尖嘴钳等工具更换螺丝,确实无法更换一定要做好损坏的标记。

(2) 操作检测。

- ① 拉、合断路器手柄,分别测试各触点的接触情况,记录在表 1-9 中。
- ② 合上手柄模拟工作状态,按压断路器的分断按钮,观测断路器动作情况并记录。
- ③ 清点、整理现场。



动画
万用表的使用 1



动画
万用表的使用 2

2) 接触器的认识与检测

(1) 拆卸和组装交流接触器的电磁系统, 观察其组成, 将结果记录在表 1-10 中。

表 1-10 交流接触器检测记录

型 号			容 量		
触点系统	主 触 点		辅 助 触 点		
	数量	结构	常开触点	常闭触点	常开触点
	触点测试	动 作 前		动 作 后	
		常开触点	常闭触点	常开触点	
电磁系统	电磁线圈				
	工作电压/V		直流电阻/ Ω		
	电磁铁				
	铁心形状	闭合情况		短路环位置	

①观察接触器内部的结构, 记录主触点和常开、常闭辅助触点的数量, 用万用表检测触点的通断情况, 并记录。

②用手或工具压下主触点机架, 模拟触点吸合, 观察辅助触点动作情况, 并再次用万用表测量其通断情况。

③拆下底盖螺钉, 取下盖板, 取出铁心(注意衬垫纸片不要丢弃)铁皮支架和缓冲弹簧。用尖嘴钳拔出线圈与接线柱之间的连接线, 取出电磁线圈、反作用弹簧、衔铁和胶木支架。检查动静铁心结合处是否紧密, 检查短路环是否良好。

④按与拆卸的相反顺序进行安装。装反作用弹簧, 装电磁线圈, 装缓冲弹簧, 装铁心, 装底盖, 上螺钉。

(2) 更换和修整触点。

①更换辅助触点。

• 拆下辅助触点: 松开压线螺钉, 拆下静触点, 用尖嘴钳夹住动触点向外拆, 拆下动触点。

• 安装辅助触点: 将静触点插在应装位置上, 将螺钉拧紧, 用镊子或尖嘴钳夹住动触点插入原位, 注意应插在触点弹簧两端的金属片与胶木框之间。

②更换主触点。首先拆下固定螺钉, 取下静触点, 然后将金属框向上拉起, 触点弹簧被压缩, 再将动触点翻转一定角度即可撤出动触点。检查触点的磨损状况, 决定是否需要修整或调换触点。

组装时应注意各部分零件必须到位,无卡阻现象。在整个拆装过程中不允许硬撬,拆装灭弧罩时要轻拿轻放,避免碰撞。

③装配后进行通断试运行,测量主触点和辅助触点的接触电阻。

(3)清点、整理用具。

3)热继电器和按钮的认识与检测

(1)外观检查。

①观察其型号,并记录在表 1-11 中。

表 1-11 热继电器检测记录

型 号	额定电压/V	额定电流/A	整定电流范围
主要元件	作 用		
加热元件			
调节旋钮			
手动复位按钮			
辅助常闭触点			

②记录热继电器的电流整定值范围。

(2)拆卸测试。

①拆开热继电器的外壳。

②用螺丝刀轻轻推动双金属片,模拟其动作,观察触点动情况,记录在表 1-12 中。

表 1-12 按钮检测记录

型 号	额定电压				
触点系统	常开触点		常闭触点		
	数量	结构	数量	结构	
	触点测试	按 压 前		按 压 后	
		常开触点		常闭触点	

③调整热继电器整定值旋钮,观察内部结构的动作。

(3)清点、整理用具。

4)按钮的测试

拆开按钮或通过透明塑料观察内部结构,测量触点动作情况,记录在表 1-12 中。

5)清理现场

检测结束后,检查、清理现场;所用的仪器、仪表、元器件、设备全部复位。

4. 完成实践报告

完成实践报告,总结实践过程的收获。



温馨提示

- (1) 所有器件轻拿轻放,规范操作。
- (2) 万用表必须安放平稳,防止测试时产生滑动而损坏。
- (3) 拆卸器件必须顺序进行,严禁强撬硬拉。
- (4) 注意规范使用工具。

任务2 识读电气控制系统图

电气控制是指通过电气自动控制方式来控制生产过程。电气控制线路是把各种有触点的接触器、继电器及断路器、按钮等电气元件,用导线按一定方式连接起来组成的控制线路。

电气控制线路能够实现对电动机或其他执行电器的起停、正反转、调速和制动等运行方式的控制,以实现生产过程自动化的要求。电气控制通常称为继电器接触器控制。

继电器接触器控制的优点是电路图直观形象、装置结构简单、价格便宜、抗干扰能力强,因此被广泛应用于各类生产设备及控制系统中。它可以方便地实现简单和复杂的、集中和远距离生产过程的自动控制。

继电器接触器控制的缺点主要是由于采用固定的接线形式,其通用性和灵活性较差,在生产工艺要求提出后才能制作,做好后不易变更,另外,不太容易实现系列化生产。由于采用有触点的开关电器,触点易发生故障,维修量较大。尽管如此,目前继电器接触器控制仍然是各类机械设备最基本的电气控制形式之一。



想一想

- (1) 家用电器的说明书中有什么样的图形符号? 各种符号代表什么含义?
- (2) 电气元件的“通”“断”电路的功能是怎样描述的?

电气控制系统是由若干电气元件按照一定要求连接而成的。为了表述设备电气控制系统的构造、原理等设计意图,同时为了方便电气元件的安装、调试和维修,需要将电气控制系统中各电气元件的连接关系用规定的图形反映出来,这个图形称为电气图。

电气图中所有的电气元件用规定的电气符号(文字符号和图形符号)表示,用线号(或连接点编号)表示各元器件触点之间的导线和连接位置等。

为了便于交流与沟通,我国参照国际电工委员会(IEC)颁布的有关文件,制定了电气设备有关国家标准,颁布了 GB/T 4728《电气简图用图形符号》和 GB/T 20939—2007《技术产品及技术产品文件结构原则字母代码按项目用途和任务划分的主类和子类》系列标准,规定从 2009 年 1 月 1 日起,电气图中的图形符号和文字符号必须符合最新的国家标准(常用元件电气文字与图形符号见附录 II)。

本书电气元件的文字和图形符号全部符合最新的国家标准。

一、电气控制系统图

在电气控制系统中,首先是由配电电器将电能分配给不同的用电设备,再由控制电器使电动机按设定的规律运转,实现由电能到机械能的转换,满足不同生产机械的要求。电气控制系统图中的元件均应采用国家统一规定的图形符号和文字符号进行绘制,具体参考 GB/T 4728《电气简图用图形符号》、GB/T 6988《电气技术用文件的编制》等。



微课
学习电气系
统图

1. 电气原理图

电气原理图全称电气控制原理图,简称电路图。电气原理图是根据控制电路的工作原理采用电气元件展开的形式绘制的,如图 1-54 所示。

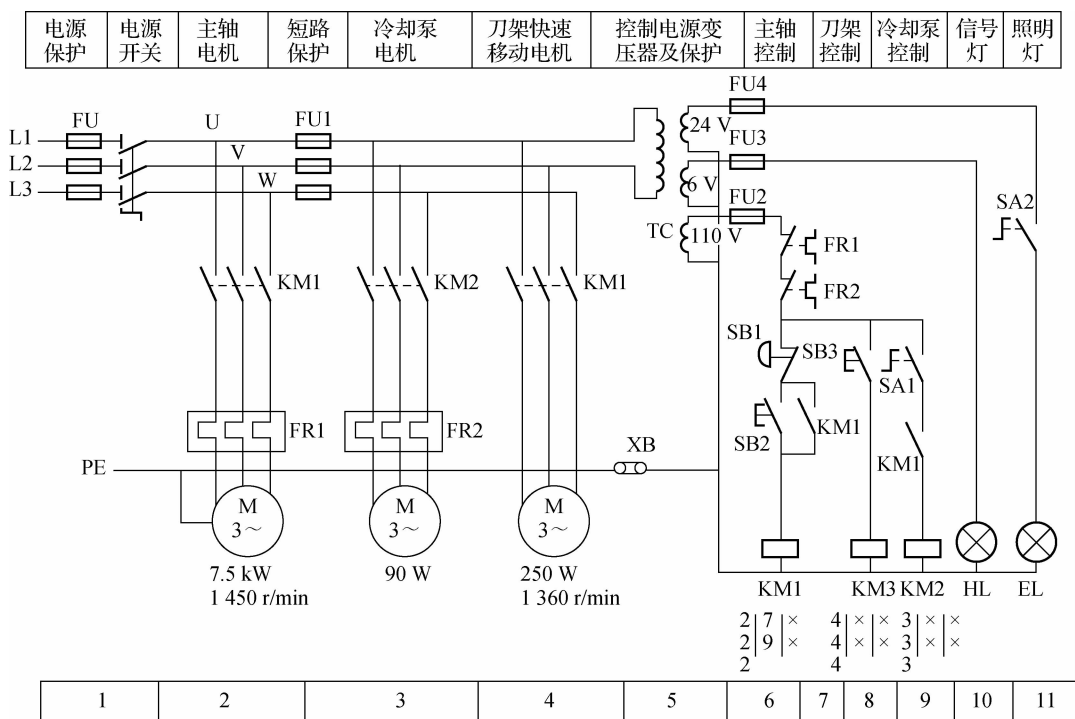


图 1-54 电气原理图示例

电气原理图的绘制原则如下。

(1) 电气原理图按照方便阅读的原则,按照元件动作顺序从上到下、从左到右依次排列,可以是水平布置,也可以是垂直布置。

(2) 所有电器的触点都应按没有通电和没有外力作用时的初始开闭状态画出。

(3) 电气原理图包括主电路和辅助电路两大部分。主电路是从电源到负载(电动机)的大电流所通过的电路;辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路和保护电路等,辅助电路流过的电流一般为 5 A 左右。

(4) 电气原理图中图形符号的大小、线条的粗细可以放大或缩小,但是在同一张图中,同一个图形符号的大小应该保持一致,各符号间以及符号本身的比例应该保持不变。



知识提升

(1) 在电气原理图下方附图表示接触器和继电器的线圈与触点的从属关系。在 KM 或 KA 的文字符号下面会表述其触点所在位置的索引代号。对于未使用的触点用“×”表示。具体如图 1-55 和图 1-56 所示。

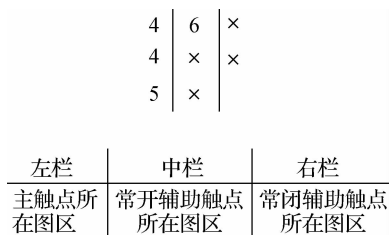


图 1-55 接触器线圈与触点的从属关系

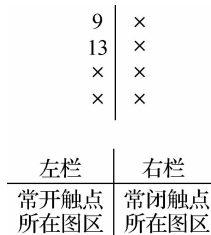


图 1-56 继电器线圈与触点的从属关系

(2) 电气元件的数据和型号,一般用小号字体标注在电气元件附近。

如图 1-57 所示就是热继电器动作电流值范围和整定值的标注。

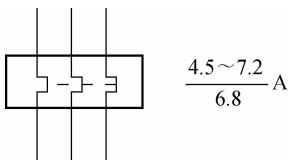


图 1-57 热继电器动作电流值范围和整定值的标注

2. 电气元件布置图

电气元件布置图是根据电气元件在控制板或控制柜上的实际安装位置,采用简化的外形符号(如方形等)绘制的一种简图,如图 1-58 所示。

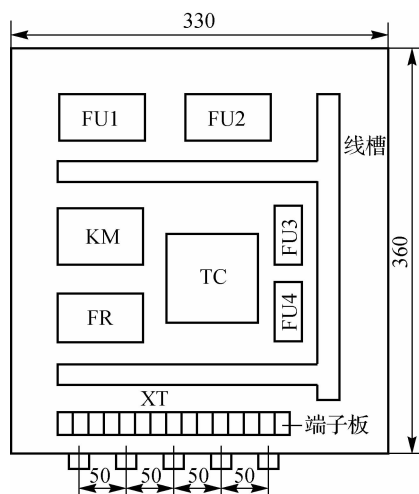


图 1-58 电器布置图示例

电器布置图的绘制原则如下。

- (1)同一类电器要尽可能画在一起。
- (2)外形尺寸与结构类似的电器安装在一起,方便安装、接线。
- (3)标示各元件的间距、孔距和过线、进出线方式。
- (4)保证运行安全、操作方便。

3. 电气安装接线图

电气安装接线图是表示电气设备及元件之间的连接关系,用以进行接线或检修线路的简图,如图 1-59 所示。

电气安装接线图的绘制原则如下。

- (1)同一电器的各个部件要画在一起,其布置要求尽可能地符合电器的实际情况。
- (2)各个电气元件的图形符号、文字符号和回路的标记均以电气原理图为准,并与之保持一致。
- (3)不在同一个控制箱、同一个配电屏上的各个电气元件,必须通过接线端子排进行连接。连接导线应该注明导线的规格(导线的数量、导线的截面积等)。
- (4)控制系统的外部接线应该在电气安装接线图上标出线路引入端。

电气控制系统图是电气工程技术的通用语言。为了便于信息交流与沟通,图中的图形和文字符号必须统一,即符合国家强制执行的国家标准。电气控制系统图的比较如表 1-13 所示。

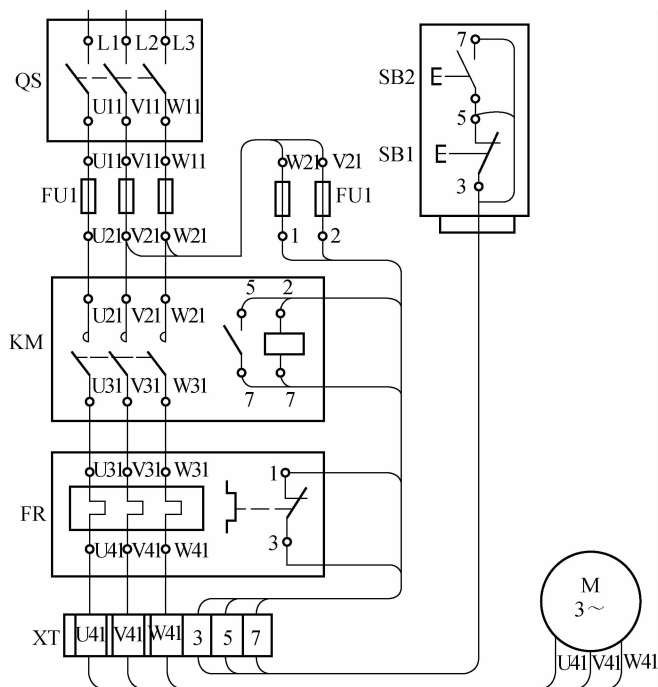


图 1-59 电气安装接线图示例

表 1-13 电气控制系统图的比较

比较项目	电气原理图	电器布置图	电器安装接线图
图中内容	所有电气元件的导电部分和接线端点,遵循电器动作顺序。不反映电气元件的形状、大小和安装位置	所有电气设备的实际安装位置,反映电气元件的形状、大小和安装位置	所有电气元件之间的接线关系(端子号、导线类型和截面)
作用	分析电气控制原理、绘制及识读电气控制系统图的主要依据	主要用于电气元件或设备的布置和安装	用于安装接线、线路检查和线路维修
特点	结构简单、层次分明,适于研究、分析电路的工作原理	整齐、美观、对称。利于加工、安装、配线	合理、经济、标识清晰,方便接线
制图原则	简单、清晰,便于阅读与分析控制线路。采用电气元件展开的形式绘制	所有能见到的以及需要表示清楚的电气设备用粗实线绘制出简单的外形轮廓	各元件集中在一起,清晰表明电气设备之间或线路实际连接关系

二、电气原理图的识读方法

电气控制系统图中电气原理图应用最多,电气原理图也是设计和绘制电器布置图与电气安装接线图的依据,因此本节重点讲解识读电气原理图的方法。

阅读电气原理图应掌握一定的方法和技巧。正确识读和分析电气控制电路,对电气控制逻辑的理解和电气故障的排除具有十分重要的意义。

电气原理图主要包括主电路、控制电路、辅助电路及照明电路等几部分。在阅读、分析之前,应首先对被控对象的总体结构、运动形式、控制流程、控制要求、电动机拖动形式、传动方式(机械、电气、液压)、操作方法、电动机和电气元件的安装位置、工作状态及自动控制要求等技术资料进行收集、整理和分析。

1. 电气原理图的阅读方法

1) 电路原理分析先主后辅

主电路能够直接反映出机械传动结构和执行动作的原理,先对电气原理图的主电路进行阅读,可以了解被控对象有哪些用电设备(电动机或电磁阀等),它们的主要作用,需要由哪些电器来控制,采用的保护措施有哪些等。

而控制电路能够更加细化出被控对象的动作顺序和控制逻辑关系,通过对控制电路的分析来确定被控对象的起动、转向、调速和制动等控制要求,最后分析辅助电路。

2) 电路结构分析化整为零

电气控制电路有时控制内容比较多,控制逻辑也比较烦琐,但无论多么复杂的控制电路都是由典型的控制环节组成的。对电气控制电路进行功能划分和逻辑控制关系的梳理,就是常说的化整为零。

分析电路时,应从电源侧入手,从主令控制开关到接触器、继电器的线圈,由上至下、由左至右逐一进行分析,并注意各个局部控制电路之间的联锁和互锁关系,梳理控制顺序的流程,简洁明了地将控制电路的工作原理及过程表示出来。

辅助电路包括照明电路、电源显示电路、工作状态显示电路及故障报警电路等。这部分电路只起到辅助作用,由于它们也都是由控制电路中的电气元件来控制的,因而在分析这部分电路时,还要结合整个电路一起进行分析。

3) 积零为整综合分析

经过化整为零的分析过程之后,初步对电气控制电路的各个环节有所了解,但最终还需进行积零为整的综合分析。从控制电路的整体角度去考虑,清楚各个控制环节之间的内在关系、互锁关系、联锁关系,清楚机械、电气、液压之间协调配合的情况以及各种保护环节的设置情况。能够对整个电气控制电路有一个总体的认识,对整个电气工作原理和加工过程的实现有进一步的理解和认识,从而理解和掌握电路中的每个电器及其触点所起的作用。

2. 电气原理图的识图步骤

首先要看图样说明,搞清设计内容和施工要求,这有助于了解图样的大体情况、抓住识图重点。

1) 看主电路

先看主电路有几台电动机,各有什么特点,如是否有正、反转,时间或顺序控制,采用



微课
识读电气图



微课
举例讲解电气
图的识读方法

什么方法起动,有无制动等典型控制线路。

2)看控制电路

分析控制电路最基本的方法是查线读图法。一般参考主电路的接触器入手,按动作的先后次序(通常自上而下)逐个分析,主要是明白它的回路构成,各元件的联系、控制关系和在什么条件下构成通路或断路,即搞清楚它们的动作条件和作用。控制电路一般都由一些基本环节组成,阅读时可把它们分解出来,便于分析。此外,还要看有哪些保护环节。

3)看信号及照明、辅助电路

看清楚辅助电路的电源。分清负载类型、电源类型和电压等级。



温馨提示

电气识图步骤口诀:

- | | | |
|---------|---------|---------|
| a. 先机后电 | b. 先主后辅 | c. 化整为零 |
| d. 集零为整 | e. 统观全局 | f. 总结特点 |

任务3 掌握电气控制原则与环节

电气控制系统由多个典型控制环节组合而成,这些控制环节对不同的电气控制电路起着各自不同的控制作用。本任务是以电气控制中的典型控制环节为例进行讲解,学生通过学习与研究,掌握电气控制的基本控制环节与控制原则,为电气识图、电气控制的设计应用打下良好的基础。



想一想

- (1)生活中常见风扇的连续旋转、定时控制是如何实现的?
- (2)生产过程中的多人、多地控制同一个设备需要怎样的控制电路?

一、电气控制环节

1. 点动控制

点动控制通常由操作者直接操作控制信号(起动按钮)实现电动机的运转。

(1)动作过程:当起动按钮被按下时,电动机运行;当起动按钮被释放时,电动机停止运行。点动控制示意图如图 1-60 所示。

(2)适用场合:点动控制一般不能作为连续运行的控制方式,主要用来实现生产设备

的点动调整、定位、检修处理等。

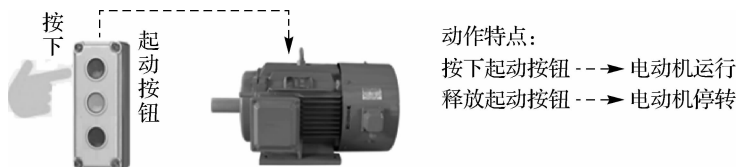


图 1-60 点动控制示意图

2. 长动控制

长动控制是通过控制起动信号(操作者或其他相关信号)实现电动机的连续运转。

(1)动作过程:当起动信号接通时,电动机运行;当起动信号释放时,由于电路存在自锁功能(详见温馨提示),所以电动机仍继续运行,只有按下停止按钮,电动机才停止运行。长动控制示意图如图 1-61 所示。

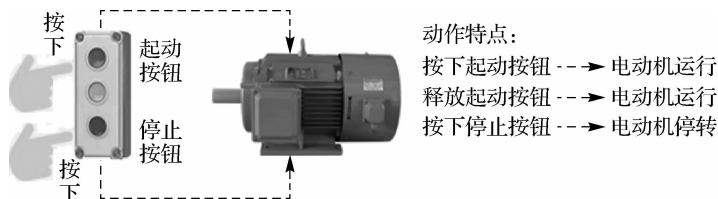


图 1-61 长动控制示意图

(2)适用场合:长动控制可以实现电动机驱动设备的连续运行。



温馨提示

起动按钮与接触器的常开辅助触点并联,释放起动按钮后,由接触器的常开辅助触点继续为其线圈供电,这种控制方式称为自锁,它是电动机连续运转的基本控制方式。

3. 多地控制

多地控制是指操作者可以在不同的地点对电动机实施起动、停止的操作控制。

(1)动作过程:如图 1-62 所示,操作者在甲地按下起动、停止按钮实现电动机的运行和停止,操作者在乙地也可以按下起动、停止按钮实现电动机的运行和停止。

(2)适用场合:多地控制一般用来控制比较庞大的现场设备或设备工位比较多的生产现场。

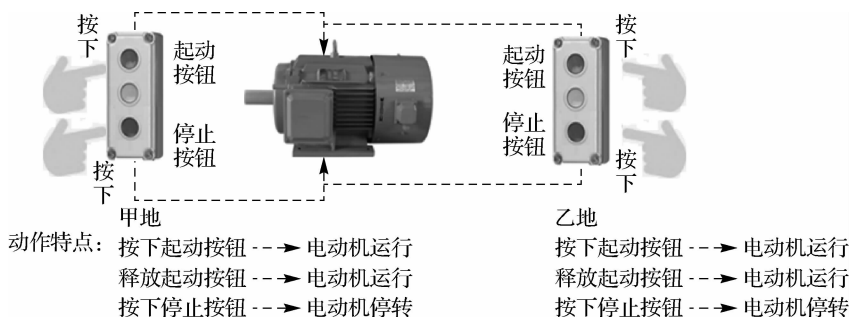


图 1-62 多地控制示意图

4. 顺序控制

顺序控制是指多台电动机按照控制要求的顺序实施起动、停止的操作。实际应用的顺序控制有:顺序起动、同时停止;顺序起动、顺序停止;顺序起动、逆序停止;逆序起动、同时停止;逆序起动、顺序停止;逆序起动、逆序停止等。下面通过“顺序起动、逆序停止”的控制要求说明顺序动作过程,如图 1-63 所示。

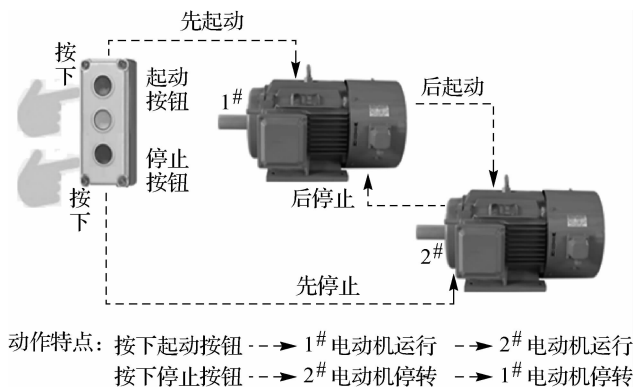


图 1-63 顺序控制示意图

(1)动作过程。

起动时,1# 电动机可以直接起动,1# 电动机起动后才允许 2# 电动机起动。

停止时,顺序反过来,2# 电动机可以直接停止,1# 电动机在 2# 电动机停止后才允许停止。控制过程见图 1-63。

(2)适用场合。顺序控制一般用来控制运输物料的传送带、流水作业或工艺复杂的现场设备。

5. 互锁控制

三相异步电动机的正、反转运行需要实施电源换相的操作。为了防止电源相间短路,应禁止电动机正、反向控制的电器同时接通线路供电,这种电器间相互禁止或制约的

措施就是互锁控制(详见温馨提示)。

当按下正向起动按钮时,电动机处于正向运行状态,此时反向控制应被制约;反之同理。当需要反向起动时,应先使电动机停止运行,再起动反向运行。



温馨提示

(1)电气系统中的相互制约关系就是互锁。

(2)工程上通常分别用两个接触器控制电动机的正、反转的供电,为防止电源相间短路,必须满足:甲接触器工作时乙接触器不能工作,乙接触器工作时甲接触器不能工作。

措施:在两个接触器线圈回路中交叉串联对方的常闭辅助触点,从而达到相互制约的互锁关系。

6. 联锁控制

联锁控制是多个控制信号之间建立的逻辑控制关系,是电气设备之间的一种联动控制方式。

(1)动作过程:某控制信号出现或某设备动作时,可以对其他的信号或设备进行联动控制。

(2)适用场合:电动机正反转控制(详见温馨提示),降压起动、顺序控制等电气控制系统。目前,使用较多的是按钮、接触器辅助触点的联锁控制。

联锁控制还体现在多个控制信号之间的制约关系。



温馨提示

(1)电气系统中相互联系又相互制约的关系就是联锁。

(2)电动机正反转控制系统:正反转起动的两个按钮(常开、常闭)分别控制电动机的正、反转起停,则需要对两个按钮(常开、常闭)的触点进行相互交叉的联锁控制。

二、电气控制原则

1. 时间原则控制

时间原则控制是采用时间继电器对生产机械设备实现定时控制。

(1)工作过程:时间继电器线圈得电后,经通电延时或断电延时的常开(或常闭)触点实现线路的通断,从而控制线路中各电器的动作顺序。

(2)适用场合:生产或生活设备运行需要时间控制或定时的场合。如图 1-64 所示,送料小车的左行撞到 1# 行程开关后停止运行,经过(延时一段时间)某段工艺处理后返回右行。

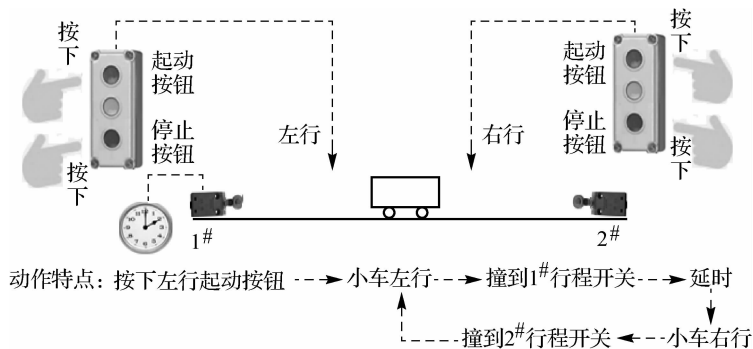


图 1-64 时间原则控制示意图

2. 条件原则控制

条件原则控制是指按照电气控制系统满足某个条件后实施的控制，控制条件一般为温度、压力、流量、液位、位移等。

(1)工作过程：当模拟量(温度、液位、速度、压力等)继电器或变送器的感测值达到其设定值时，触点(执行机构)动作来控制线路的通断，系统切换到不同的工作状态。

(2)适用场合：条件控制一般用于自动化生产线、过程控制的电气系统。如对某一水箱实施恒定液位的控制。水箱液位低时，水泵加速运行，水箱开始进水；液位达到设定值时控制水泵停止运行，水箱不再进水。

3. 行程原则控制

行程原则控制也称位置原则控制，是根据生产设备运动部件的行程和位置变化来控制工作状态的切换。行程原则控制是采用行程开关(或接近开关)完成的。

(1)工作过程：通过机械外力对行程开关实施碰撞来发出信号(接近开关是通过与外部设备之间的非接触发出信号)，从而控制线路进入不同的工作状态。

(2)适用场合：设备往返运行、限位运行等。如图 1-65 所示，送料小车实现左右行驶，在左右端部设有行程的限位(设置行程开关做限位)，所以小车在左右行驶过程中均会受到行程开关的位置限制，也即撞上行程开关后小车返回运行。

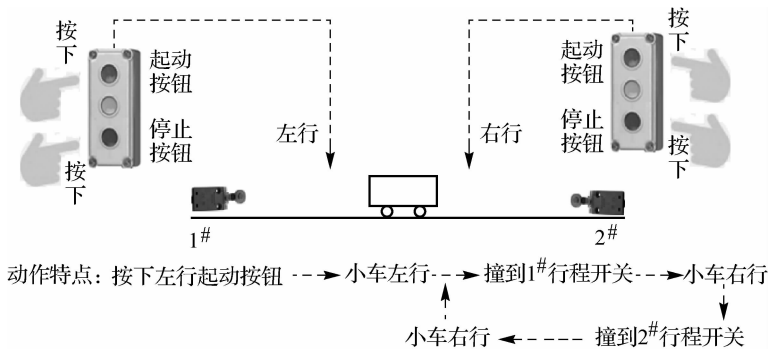


图 1-65 行程原则控制示意图

4. 电流原则控制

电流原则控制是根据电路中的电流变化来控制不同工作状态的切换。

(1)工作过程:当电流继电器线圈(感测元件)通过的电流值达到设定值时,其触点(执行机构)完成电气线路的通断,线路切换进入下一个工作状态。

(2)适用场合:工控过程中电动机等设备中流过的电流有明显变化的控制系统,如电动机起动过程的控制。



知识提升

- (1)电气联锁包含电气互锁。
- (2)任何一种控制线路,都是由一些比较简单的基本控制环节组成的。

单元小结

本单元在介绍了常用低压电器用途、基本构造、工作原理、主要参数、型号与电气符号的基础上,说明了电气系统图的组成、特点及绘制原则,明确电气原理图的识图方法和步骤。任务3中讲解了电气控制的基本控制环节与控制原则,为后期结合具体的生产工艺要求,按照由浅入深、由易到难的步骤,完成电气控制线路的分析、设计、装接和排故夯实基础。



学习引导与习题

1. 填空题

- (1)常用的低压电器是指工作电压在交流_____V以下、直流_____V以下的电器。
- (2)选择低压断路器时,额定电压或额定电流应_____电路正常工作时的电压和电流。
- (3)行程开关也称_____开关,可将(机械位移)信号转化为电信号,通过控制其他电器来控制运动部分的行程大小、运动方向或进行限位保护。
- (4)按钮常用于控制电路,_____色表示起动,_____色表示停止。
- (5)熔断器是由_____和_____两部分组成的。
- (6)多台电动机由一个熔断器保护时,熔体额定电流的计算公式为_____。
- (7)交流接触器是一种用来_____接通或分断_____电路的自动控制电器。
- (8)时间继电器是一种触点_____的控制电器。
- (9)试举出两种主令电器:_____、_____。
- (10)电气原理图主要由_____等部分组成。

- (11) 电气原理图按通过电流的大小分为_____和_____电路。
- (12) 原理图中的各电器触点按_____画出。
- (13) 主电路是_____电流通过的电路。
- (14) 起动按钮与接触器的常开辅助触点并联, 释放起动按钮后, 由接触器的常开辅助触点继续为其线圈供电, 这种控制方式称为_____。
- (15) 电气系统中相互制约的关系就是_____。

2. 判断题

- (1) 一台额定电压为 220 V 的交流接触器在交流 220 V、直流 220 V 的电源上均可使用。 ()
- (2) 交流接触器通电后如果铁心吸合受阻, 将导致线圈烧毁。 ()
- (3) 电气原理图设计中, 应尽量减少通电电器的数量。 ()
- (4) 直流接触器比交流接触器更适用于频繁操作的场合。 ()
- (5) 低压断路器又称为自动空气开关。 ()
- (6) 热继电器在电路中既可做短路保护, 又可做过载保护。 ()
- (7) 接触器按主触点通过电流的种类分为直流和交流两种。 ()
- (8) 电气接线图中, 同一电气元件的各部分不必画在一起。 ()
- (9) 刀开关安装时, 手柄要向上装。接线时, 电源线接在上端, 下端接用电器。 ()
- (10) 电气接线图中, 同一电气元件的各部分应该画在一起, 而不可以根据设计者的喜好画在不同的位置。 ()
- (11) 低压断路器具有失压保护的功能。 ()
- (12) 在原理图中, 各电气元件必须画出实际的外形图。 ()
- (13) 电气原理图绘制中, 不反映电气元件的大小。 ()
- (14) 分析控制电路最基本的方法是查线读图法。 ()
- (15) 电气原理图中所有电器的触点都按没有通电或没有外力作用时的开闭状态画出。 ()

3. 选择题

- (1) 下列元件中, 主令电器有()。
- A. 熔断器 B. 按钮 C. 刀开关 D. 速度继电器
- (2) 欲使接触器 KM1 动作后接触器 KM2 才能动作, 需要()。
- A. 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常开触点
- B. 在 KM1 的线圈回路中串入 KM2 的常闭触点
- C. 在 KM2 的线圈回路中串入 KM1 的常开触点
- D. 在 KM2 的线圈回路中串入 KM1 的常闭触点