

# 模块 1

## 典型电气控制系统认识

### 1.1 电气控制系统介绍

电气控制系统一般称为电气设备二次控制回路,不同的设备有不同的控制回路,而且高压电气设备与低压电气设备的控制方式也不相同。为了保证一次设备运行的可靠与安全,需要有许多辅助电气设备为之服务,能够实现某项控制功能的若干个电器组件的组合,称为控制回路或二次回路。这些设备应具备以下功能。

(1) 自动控制功能: 高压和大电流开关设备的体积是很大的,一般都采用操作系统来控制分、合闸,特别是当设备出了故障时,需要开关自动切断电路,要有一套自动控制的电气操作设备,对供电设备进行自动控制。

(2) 保护功能: 电气设备与线路在运行过程中会发生故障,电流(或电压)会超过设备与线路允许工作的范围与限度,这就需要一套检测这些故障信号并对设备和线路进行自动调整(断开、切换等)的保护设备。

(3) 监视功能: 电是眼睛看不见的,一台设备是否带电或断电,从外表看无法分辨,这就需要设置各种视听信号,如灯光和音响等,对一次设备进行电气监视。

(4) 测量功能: 灯光和音响信号只能定性地表明设备的工作状态(有电或断电),如果想定量地知道电气设备的工作情况,还需要有各种仪表测量设备,测量线路的各种参数,如电压、电流、频率和功率的大小等。

在设备操作与监视当中,传统的操作组件、控制电器、仪表和信号等设备大多可被计算机控制系统及电子组件所取代,但在小型设备和局部控制的电路中传统的设备仍有一定的应用范围。这也都是电路实现微机自动化控制的基础。

常用的控制线路的基本回路由以下几部分组成。

(1) 电源供电回路: 供电回路的供电电源有 AC380V 和 220V 等多种。

(2) 保护回路: 保护(辅助)回路的工作电源有单相 220V、36V 或直流 220V、24V 等多种,对电气设备和线路进行短路、过载和失压等各种保护,由熔断器、热继电器、失压线圈、整流组件和稳压组件等保护组件组成。

(3) 信号回路: 能及时反映或显示设备和线路正常与非正常工作状态信息的回路,如不同颜色的信号灯、不同声响的音响设备等。

(4) 自动与手动回路: 电气设备为了提高工作效率,一般都设有自动环节,但在安装、调试及紧急事故的处理中,控制线路中还需要设置手动环节,通过组合开关或转换开关等实现自动与手动方式的转换。

(5) 制动停车回路: 切断电路的供电电源,并采取某些制动措施,使电动机迅速停车的

控制环节,如能耗制动、电源反接制动,倒拉反接制动和再生发电制动等。

(6) 自锁及闭锁回路:启动按钮松开后,线路保持通电,电气设备能继续工作的电气环节称为自锁环节,如接触器的动合触点串联在线圈电路中。两台或两台以上的电气装置和组件,为了保证设备运行的安全与可靠,只能使一台通电启动、另一台不能通电启动的保护环节,称为闭锁环节,如两个接触器的动断触点分别串联在对方线圈电路中。

## 1.2 Z3040 摇臂钻床系统简要分析

钻床是一种非常典型的电气控制系统所对应的机床设备,钻床的种类很多,有台钻、立钻、卧钻、专门化钻床和摇臂钻床。台钻和立钻的电气电路比较简单,其他形式的钻床在控制系统上也大同小异。

摇臂钻床适合于在大、中型零件上进行钻孔、扩孔、铰孔及攻螺纹等工作,在具有工艺装备的条件下还可以进行镗孔。摇臂钻床的主轴旋转运动和进给运动由一台交流异步电动机拖动,主轴的正反向旋转运动是通过机械转换实现的。故主电动机只有一个旋转方向。

摇臂钻床除了主轴的旋转和进给运动外,还有摇臂的上升、下降及立柱的夹紧和放松。摇臂的上升、下降由一台交流异步电动机拖动,主轴箱、立柱的夹紧和放松由另一台交流电动机拖动。通过电动机拖动一台齿轮泵,供给夹紧装置所需要的压力油。而摇臂的回转和主轴箱的左右移动通常采用手动。此外,还有一台冷却泵电动机对加工的刀具进行冷却。

在分析 Z3040 摇臂钻床的电气控制原理图之前,下面先来学习一下常用低压电器元件吧。

## 1.3 电气控制系统分析必备知识

### 1.3.1 低压电器的电磁机构和执行机构

#### 1. 低压电器的分类

低压电器是指工作在交流电压 1200V、直流电压 1500V 以下的各种电器。生产机械上大多用低压电器。

低压电器种类繁多,按其结构、用途及所控制对象的不同,可以有不同的分类方式。

(1) 按用途和控制对象不同可分为低压配电电器和控制电器。

用于电能的输送和分配的电器称为低压配电电器,这类电器包括刀开关、转换开关、空气断路器和熔断器等。

用于各种控制电路和控制系统的电器称为控制电器,这类电器包括接触器、启动器和各种控制继电器等。

(2) 按操作方式不同可分为自动电器和手动电器。

通过电器本身参数变化或外来信号(如电、磁、光、热等)自动完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。

通过人力直接操作来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和主令电器等。

(3) 按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器是依据电磁感应原理来工作的电器,如接触器、各类电磁式继电器等。非电量控制电器的工作是靠外力或某种非电量的变化而动作的电器,如行程开关、速度继电器等。

2. 低压电器的作用

(1) 控制作用: 如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。

(2) 保护作用: 能根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(3) 测量作用: 利用仪表及与之相适应的电器,对设备、电网或其他非电参数进行测量,如电流、电压、功率、转速、温度、湿度等。

(4) 调节作用: 低压电器可对一些电量和非电量进行调整,以满足用户的要求,如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。

(5) 指示作用: 利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护掉牌指示等。

(6) 转换作用: 在用电设备之间转换或对低压电器、控制电路分时投入运行,以实现功能切换,如励磁装置手动与自动的转换,供电的市电与自备电的切换等。

当然,低压电器作用远不止这些,随着科学技术的发展,新功能、新设备会不断出现,常用低压电器的主要种类和用途如表 1-1 所示。

表 1-1 常见的低压电器的主要种类及用途

序号	类别	主要品种	用途
1	断路器	塑料外壳式断路器	主要用于电路的过负荷保护、短路、欠电压、漏电压保护,也可用于不频繁接通和断开的电路
		框架式断路器	
		限流式断路器	
		漏电保护式断路器	
		直流快速断路器	
2	刀开关	开关板用刀开关	主要用于电路的隔离,有时也能分断负荷
		负荷开关	
		熔断器式刀开关	
3	转换开关	组合开关	主要用于电源切换,也可用于负荷通断或电路的切换
		换向开关	
4	主令电器	按钮	主要用于发布命令或程序控制
		限位开关	
		微动开关	
		接近开关	
		万能转换开关	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁控制负荷,切断带负荷电路
		直流接触器	
6	启动器	磁力启动器	主要用于电动机的启动
		星—三角启动器	
		自耦减压启动器	

续表

序号	类别	主要品种	用途
7	控制器	凸轮控制器	主要用于控制回路的切换
		平面控制器	
8	继电器	电流继电器	主要用于控制电路中,将被控量转换成控制电路所需电量或开关信号
		电压继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		温度继电器	
		热继电器	
9	熔断器	有填料熔断器	主要用于电路短路保护,也用于电路的过载保护
		无填料熔断器	
		半封闭插入式熔断器	
		快速熔断器	
		自复熔断器	
10	电磁铁	制动电磁铁	主要用于起重、牵引、制动等场所
		起重电磁铁	
		牵引电磁铁	

### 3. 低压电器的基本结构

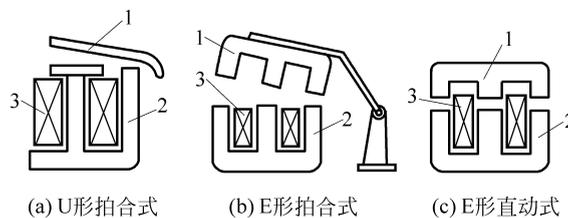
电磁式低压电器大都由两个主要组成部分,即感测部分(电磁机构)和执行部分(触点系统)。

#### 1) 电磁机构

电磁机构的主要作用是将电磁能量转换成机械能量,带动触点动作,从而完成接通或分断电路的功能。

电磁机构由吸引线圈、铁芯和衔铁 3 个基本部分组成。

常用的电磁机构如图 1-1 所示,可分为 U 形拍合式、E 形拍合式与 E 形直动式 3 种形式。



1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸引线圈

图 1-1 常用的电磁机构

#### 2) 直流电磁铁和交流电磁铁

按吸引线圈所通电流性质的不同,电磁铁可分为直流电磁铁和交流电磁铁。

直流电磁铁由于通入的是直流电,其铁芯不发热,只有线圈发热,因此线圈与铁芯接触以利散热,线圈做成无骨架、高而薄的瘦高形,以改善线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢和工程纯铁制成。

交流电磁铁由于通入的是交流电,铁芯中存在磁滞损耗和涡流损耗,线圈和铁芯都发

热,所以交流电磁铁的吸引线圈有骨架,使铁芯与线圈隔离并将线圈制成短而厚的矮胖形,以利于铁芯和线圈的散热。铁芯用硅钢片叠加而成,以减小涡流。

当线圈中通以直流电时,气隙磁感应强度不变,直流电磁铁的电磁吸力为恒值。当线圈中通以交流电时,磁感应强度为交变量,交流电磁铁的电磁吸力  $F$  在 0 (最小值)~ $F_m$  (最大值)之间变化,其吸力曲线如图 1-2 所示。在一个周期内,当电磁吸力的瞬时值大于反力时,衔铁吸合;当电磁吸力的瞬时值小于反力时,衔铁释放。所以电源电压每变化一个周期,电磁铁吸合两次、释放两次,使电磁机构产生剧烈的振动和噪声,因而不能正常工作。

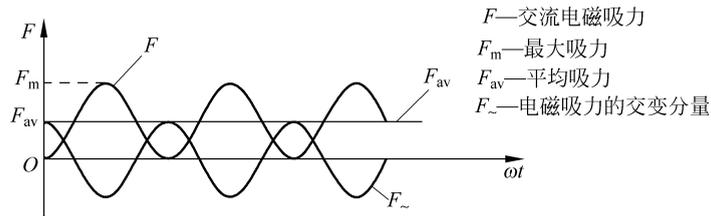
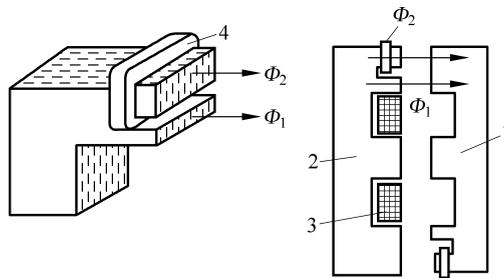


图 1-2 交流电磁铁吸力变化情况

为了消除交流电磁铁产生的振动和噪声,在铁芯的端面开一小槽,在槽内嵌入铜制短路环,如图 1-3 所示。短路环是利用磁通分相的作用,使合成后的吸力在任一时刻都大于反力,消除振动和噪声。



1—衔铁; 2—铁芯; 3—线圈; 4—短路环

图 1-3 交流电磁铁的短路环

### 3) 触点系统

触点是电器的执行部分,起接通和分断电路的作用。

触点主要有两种结构形式:桥式触点和指形触点,具体如图 1-4 所示。

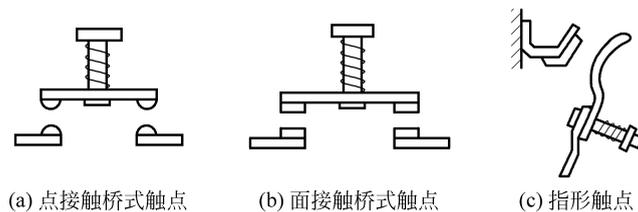


图 1-4 触点的结构形式

### 4) 灭弧装置

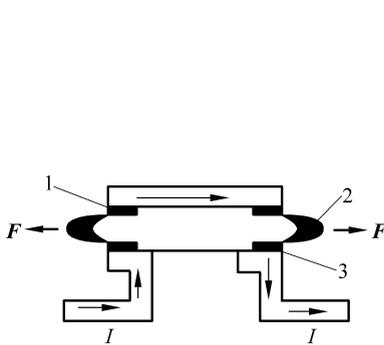
在大气中分断电路时,电场的存在使触点表面的大量电子溢出从而产生电弧。电弧一经产生,就会产生大量热能。电弧的存在既烧蚀触点金属表面,降低电器的使用寿命,又延

长了电路的分断时间,所以必须迅速把电弧熄灭。

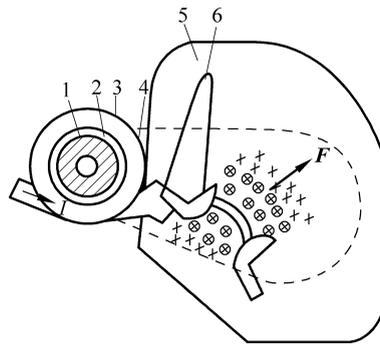
常用的灭弧方法如下。

(1) 机械灭弧:通过机械将电弧迅速拉长,用于开关电路,如图 1-5 所示。

(2) 磁吹灭弧:在一个与触点串联的磁吹线圈产生的磁力作用下,电弧被拉长且被吹入由固体介质构成的灭弧罩内,电弧被冷却熄灭,如图 1-6 所示。



1—动触点; 2—电弧; 3—静触点  
图 1-5 机械灭弧



1—铁芯; 2—绝缘管; 3—吹弧线圈;  
4—导磁火片; 5—灭弧罩; 6—熄弧角  
图 1-6 磁吹灭弧

(3) 金属栅片灭弧:当触点分开时,产生的电弧在电场力的作用下被推入一组金属栅片而被分成数段,彼此绝缘的金属片相当电极,因而就有许多阴阳极压降,对交流电弧来说,在电弧过零时使电弧无法维持而熄灭,如图 1-7 所示,交流电器常用栅片灭弧。

(4) 窄缝灭弧:在电弧形成的磁场、电场力的作用下,将电弧拉长进入灭弧罩的窄缝中,使其分成数段并迅速熄灭,如图 1-8 所示,该方式主要用于交流接触器中。

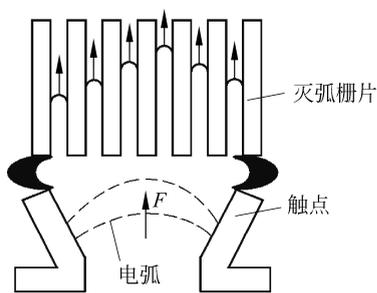


图 1-7 金属栅片灭弧

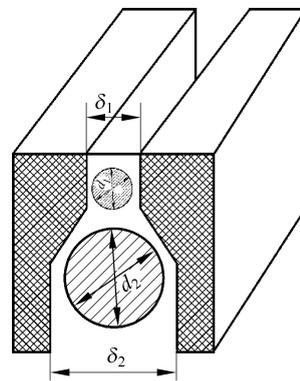


图 1-8 窄缝灭弧

### 1.3.2 刀开关与自动开关

#### 1. 刀开关

刀开关是一种手动电器,在低压电路中用于不频繁地接通和分断电路,或用于隔离电源,故又称为“隔离开关”。

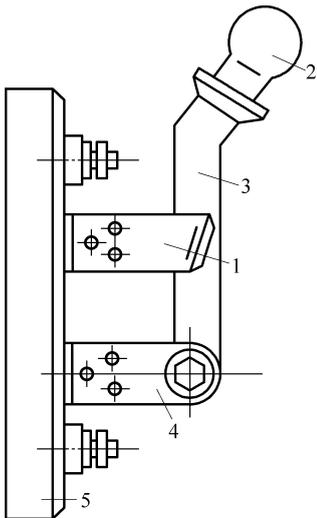
1) 刀开关的结构和安装

刀开关是一种结构较为简单的手动电器,主要由手柄、触刀、静插座和绝缘底板等组成,如图 1-9 所示。

刀开关在切断电源时会产生电弧,因此在安装刀开关时手柄必须朝上,不得倒装或平装。接线时应将电源线接在上端,负载接在下端,这样拉闸后刀片与电源隔离,可防止意外发生。

2) 常用刀开关

常用刀开关有 HD 系列及 HS 系列板用刀开关、HK 系列开启式负荷开关和 HH 系列封闭式负荷开关。刀开关的外形如图 1-10 所示。



1—静触点; 2—手柄; 3—动触点;  
4—铰链支座; 5—绝缘底板

图 1-9 刀开关结构示意图

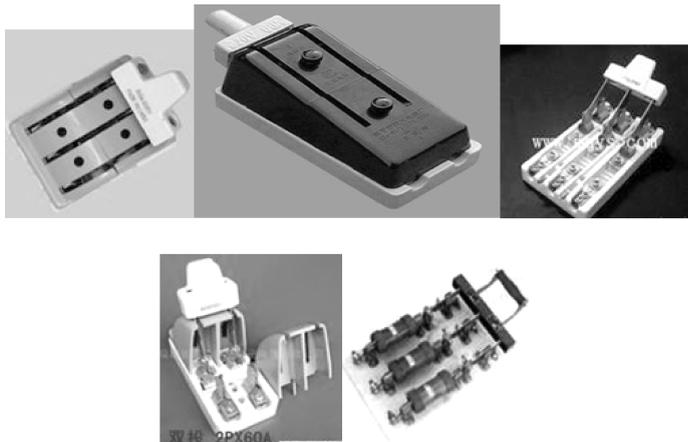


图 1-10 刀开关的外形图

刀开关的型号含义和电气符号如图 1-11 所示。

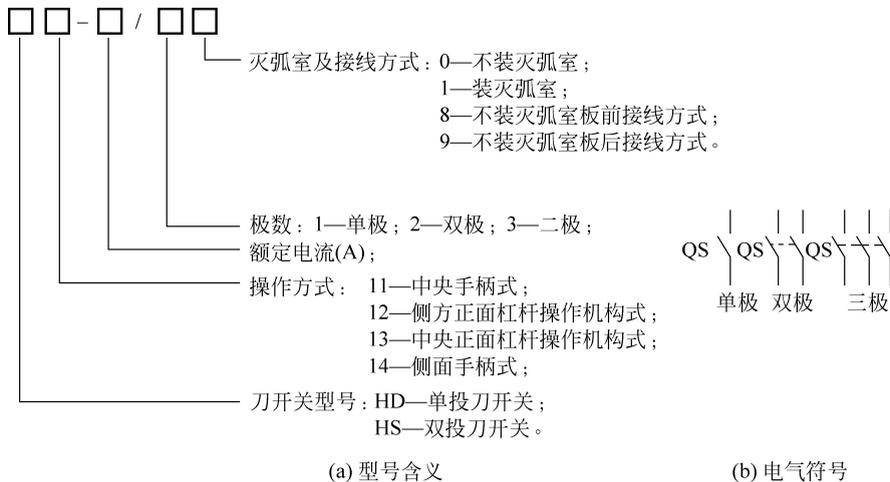


图 1-11 刀开关的型号含义和电气符号

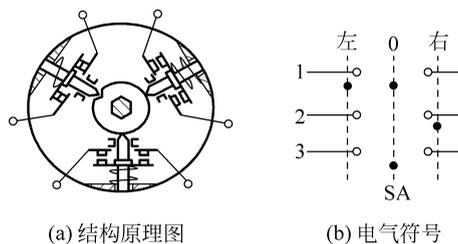
## 2. 组合开关

组合开关又称为万能转换开关,一般用于电气设备中不频繁地通断电路、换接电源和负载,小容量电动机不频繁的起停控制。万能转换开关是一种多挡式,控制多回路的主令电器,一般可作为多种配电装置的远距离控制,也可作为电压表、电流表的换相开关,还可作为小容量电动机的启动、制动、调速及正反向转换的控制。其触点挡数多、换接线路多、用途广泛,故有“万能”之称。

万能转换开关主要由操作机构、面板、手柄及数个触点座等部件组成,并用螺栓组装成为一个整体,如图 1-12 所示。万能转换开关的结构原理图及电气符号如图 1-13 所示,图中水平方向的数字 1~3 表示触点编号,垂直方向的数字及文字“左”、“0”、“右”表示手柄的操作位置(挡位),虚线表示手柄操作的联动线。在不同的操作位置,各对触点的通、断状态的表示方法为:在触点的下方与虚线相交位置有黑色圆点表示在对应操作位置时触点接通,没涂黑色圆点表示在该操作位置不通。



图 1-12 转换开关外形图



(a) 结构原理图

(b) 电气符号

图 1-13 万能转换开关的结构原理图及电气符号

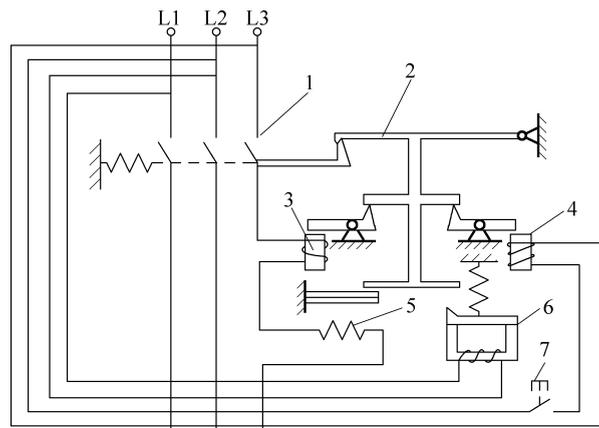
### 3. 低压断路器

低压断路器也称为自动空气开关,可用来接通和分断负载电路,也可用来控制不频繁启动的电动机。它的功能相当于闸刀开关、过电流继电器、失压继电器、热继电器及漏电保护器等电器部分或全部的功能总和,是低压配电网中一种重要的保护电器。

低压断路器具有多种保护功能(过载、短路、欠电压保护等)、动作值可调、分断能力高、操作方便、安全等优点,所以目前被广泛应用。

#### 1) 结构和工作原理

低压断路器由操作机构、触点、保护装置(各种脱扣器)、灭弧系统等组成。低压断路器工作原理图如图 1-14 所示。



1—主触点; 2—自由脱扣机构; 3—过电流脱扣器; 4—分励脱扣器;  
5—热脱扣器; 6—欠电压脱扣器; 7—停止按钮

图 1-14 低压断路器工作原理图

低压断路器的主触点是靠手动操作或电动合闸的。主触点闭合后,自由脱扣机构将主触点锁在合闸位置上。过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联,欠电压脱扣器的线圈和电源并联。当电路发生短路或严重过载时,过电流脱扣器的衔铁吸合,使自由脱扣机构动作,主触点断开主电路。当电路过载时,热脱扣器的热元件发热使双金属片上弯曲,推动自由脱扣机构动作。当电路欠电压时,欠电压脱扣器的衔铁释放。也使自由脱扣机构动作。分励脱扣器则作为远距离控制用,在正常工作时,其线圈是断电的,在需要距离控制时,按下启动按钮,使线圈通电,衔铁带动自由脱扣机构动作,使主触点断开。

#### 2) 低压断路器典型产品

低压断路器主要分类方法是以结构形式分类,即开启式和装置式两种。开启式又称为框架式或万能式,装置式又称为塑料壳式。

(1) 装置式断路器。装置式断路器由绝缘塑料外壳,内装触点系统、灭弧室及脱扣器等组成,可手动或电动(对大容量断路器而言)合闸,如图 1-15 所示。有较高的分断能力和动稳定性,有较完善的选择性保护功能,广泛用于配电线路。

目前常用的有 DZ10、DZ20、DZX19 和 C45N(目前已升级为 C65N)等系列产品。其中 C45N(C65N)断路器具有体积小、分断能力高、限流性能好、操作轻便,型号规格齐全、可以方便地在单极结构基础上组合成二极、三极、四极断路器的优点,广泛使用在 60A 及以下的

民用照明支干线及支路中(多用于住宅用户的进线开关及商场照明支路开关)。

(2) 框架式低压断路器。框架式断路器一般容量较大,具有较高的短路分断能力和较高的动稳定性,如图 1-16 所示。适用于交流 50Hz,额定电压 380V 的配电网中作为配电干线的主保护。

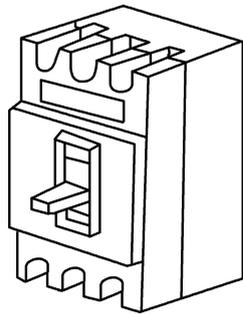


图 1-15 装置式断路器的外形图

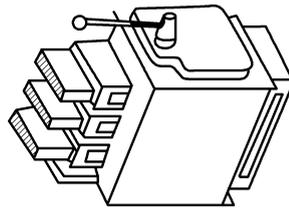


图 1-16 框架式断路器的外形图

框架式断路器主要由触点系统、操作机构、过电流脱扣器、分励脱扣器及欠压脱扣器、附件及框架等部分组成,全部组件进行绝缘后装于框架结构底座中。

目前我国常用的有 DW15、ME、AE、AH 等系列的框架式低压断路器。DW15 系列断路器是我国自行研制生产的,全系列具有 1000A、1500A、2500A 和 4000A 等几个型号。

ME、AE、AH 等系列断路器是利用引进技术生产的。它们的规格型号较为齐全(ME 开关电流等级从 630~5000A 共 13 个等级),额定分断能力较 DW15 更强,常用于低压配电干线的主保护。

(3) 智能化断路器。目前国内生产的智能化断路器有框架式和塑料外壳式两种。框架式智能化断路器主要用于智能化自动配电系统中的主断路器,塑料外壳式智能化断路器主要用在配电网中分配电能和作为线路及电源设备的控制与保护,亦可用作三相笼型异步电动机的控制。智能化断路器的特征是采用了以微处理器或单片机为核心的智能控制器(智能脱扣器),它不仅具备普通断路器的各种保护功能,同时还具备实时显示电路中的各种电气参数(电流、电压、功率、功率因数等),对电路进行在线监视、自行调节、测量、试验、自诊断、可通信等功能,能够对各种保护功能的动作参数进行显示、设定和修改,保护电路动作时的故障参数能够存储在非易失存储器中以便查询,国内 DW45、DW40、DW914(AH)、DW18(AE-S)、DW48、DW19(3WE)、DW17(ME)等智能化框架断路器和智能化塑壳断路器,都配有 ST 系列智能控制器及配套附件,ST 系列智能控制器是国家机械部“八五”至“九五”期间的重点项目。产品性能指标达到国际先进水平。它采用积木式配套方案,可直接安装于断路器本体中,无须重复二次接线,并可多种方案任意组合。

### 3) 主要技术参数和电气符号

#### (1) 断路器的主要技术参数。

- ① 额定电压: 断路器长期工作的允许电压,通常等于或大于电路的额定电压。
- ② 额定电流: 指断路器在电路中长期工作时的允许持续电流。
- ③ 通断能力: 断路器在规定的电压、频率以及规定的线路参数(交流电路为功率因数,直流电路为时间常数)下,所能接通和分断的短路电流值。

④ 分断时间：指切断故障电流所需的时间，包括固有断开时间和燃弧时间。

(2) 断路器电气符号，如图 1-17 所示。

4) 低压断路器的选用原则

(1) 根据线路对保护的要求确定断路器的类型和保护形式，确定选用框架式、装置式或限流式等。

(2) 断路器的额定电压  $U_N$  应等于或大于被保护线路的额定电压。

(3) 断路器欠压脱扣器额定电压应等于被保护线路的额定电压。

(4) 断路器的额定电流及过流脱扣器的额定电流应大于或等于被保护线路的额定电流。

(5) 断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流的有效值。

(6) 配电线路中的上、下级断路器的保护特性应协调配合，下级的保护特性应位于上级保护特性的下方且不相交。

(7) 断路器的长延时脱扣电流应小于导线允许的持续电流。

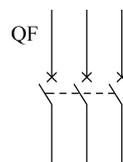


图 1-17 断路器电气符号

### 1.3.3 熔断器

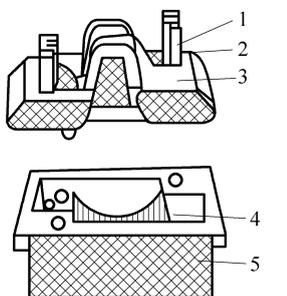
熔断器是一种简单而有效的保护电器。在电路中主要起短路保护作用。

#### 1. 熔断器的结构与工作原理

熔断器主要由熔体和安装熔体的绝缘管(绝缘座)组成。使用时，熔体串接于被保护的电路中，当电路发生短路故障时，熔体被瞬时熔断而分断电路，起到保护作用。其工作原理为电流热效应，即正常时电流等于额定电流→温度大于熔点→熔体不熔断；短路时电流大于或远大于额定电流→温度大于熔点→熔体熔断→切断电路。

#### 2. 常用熔断器

(1) 插入式熔断器。如图 1-18 所示，它常用于 380V 及以下电压等级的线路末端，作为配电支线或电气设备的短路保护用。



1—动触点；2—熔体；3—瓷插件；  
4—静触点；5—瓷座

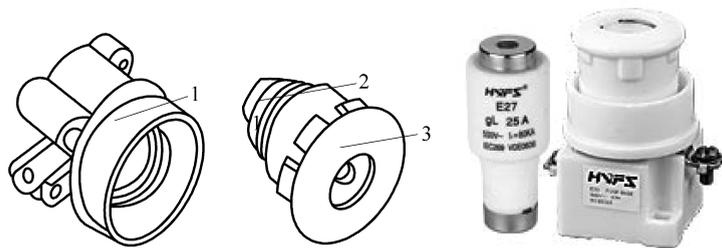
图 1-18 插入式熔断器

(2) 螺旋式熔断器。如图 1-19 所示，熔体上的上端盖有一熔断指示器，一旦熔体熔断，指示器马上弹出，可透过瓷帽上的玻璃孔观察到，它常用于机床电气控制设备中。螺旋式熔断器。分断电流较大，可用于电压等级 500V 及其以下、电流等级 200A 以下的电路中，作短路保护。

(3) 封闭式熔断器。封闭式熔断器分有填料熔断器和无填料熔断器两种，如图 1-20 和图 1-21 所示。有填料熔断器一般用方形瓷管，内装石英砂及熔体，分断能力强，用于电压等级 500V 以下、电流等级 1kA 以下的电路中。无填料密闭式熔断器将熔体装入密闭式圆筒中，分断能力稍小，用于

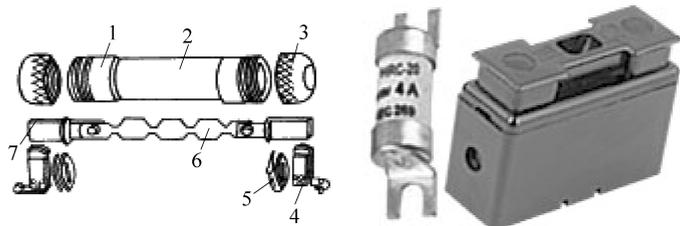
500V 以下、600A 以下电力网或配电设备中。

(4) 快速熔断器。它主要用于半导体整流元件或整流装置的短路保护。由于半导体元件的过载能力很低。只能在极短时间内承受较大的过载电流，因此要求短路保护具有快速熔断的能力。快速熔断器的结构和有填料封闭式熔断器基本相同，但熔体材料和形状不同，它是以银片冲制的有 V 形深槽的变截面熔体。



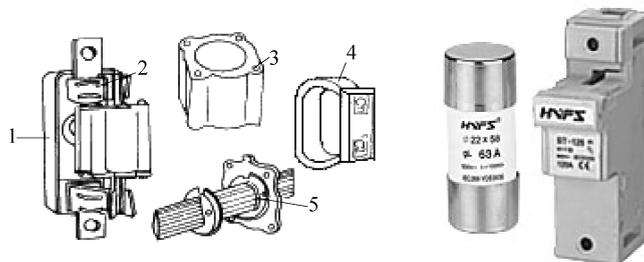
1—底座；2—熔体；3—瓷帽

图 1-19 螺旋式熔断器



1—铜圈；2—熔断管；3—管帽；4—插座；5—特殊垫圈；6—熔体；7—熔片

图 1-20 无填料封闭管式熔断器



1—瓷底座；2—弹簧片；3—管体；4—绝缘手柄；5—熔体

图 1-21 有填料封闭管式熔断器

(5) 自复熔断器。采用金属钠作熔体，在常温下具有高电导率。当电路发生短路故障时，短路电流产生高温使钠迅速汽化，气态钠呈现高阻态，从而限制了短路电流。当短路电流消失后，温度下降，金属钠恢复原来的良好导电性能。自复熔断器只能限制短路电流，不能真正分断电路。其优点是不必更换熔体，能重复使用。

### 3. 熔断器的选择

(1) 熔断器的安秒特性。熔断器的动作是靠熔体的熔断来实现的，当电流较大时，熔体熔断所需的时间就较短。而电流较小时，熔体熔断所需的时间就较长，甚至不会熔断。因此对熔体来说，其动作电流和动作时间特性即熔断器的安秒特性，为反时限特性，如图 1-22 所示。

每一熔体都有一最小熔化电流。相应于不同的温度，最小熔化电流也不同。虽然该电流受外界环境的影响，但在实际应用中可以

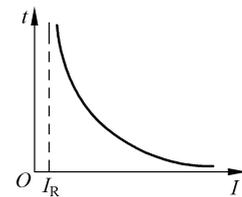


图 1-22 熔断器的安秒特性

不加考虑。一般定义熔体的最小熔断电流与熔体的额定电流之比为最小熔化系数,常用熔体的熔化系数大于 1.25,也就是说额定电流为 10A 的熔体在电流 12.5A 以下时不会熔断。熔断电流与熔断时间之间的关系如表 1-2 所示。

表 1-2 熔断电流与熔断时间之间的关系

熔断电流	1.25~1.3I <sub>N</sub>	1.6I <sub>N</sub>	2I <sub>N</sub>	2.5I <sub>N</sub>	3I <sub>N</sub>	4I <sub>N</sub>
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

从这里可以看出,熔断器只能起到短路保护作用,不能起过载保护作用。如确需在过载保护中使用,必须降低其使用的额定电流,如 8A 的熔体用于 10A 的电路中,作短路保护兼作过载保护用,但此时的过载保护特性并不理想。

(2) 熔断器的选择。主要依据负载的保护特性和短路电流的大小选择熔断器的类型。对于容量小的电动机和照明支线,常采用熔断器作为过载及短路保护,因而希望熔体的熔化系数适当小些。通常选用铅锡合金熔体的 RQA 系列熔断器。对于较大容量的电动机和照明干线,则应着重考虑短路保护和分断能力。通常选用具有较高分断能力的 RM10 和 RL1 系列的熔断器;当短路电流很大时,宜采用具有有限流作用的 RT0 和 RT12 系列的熔断器

熔体的额定电流可按以下方法选择:

① 保护无启动过程的平稳负载,如照明线路、电阻、电炉等时,熔体额定电流略大于或等于负荷电路中的额定电流。

② 保护单台长期工作的电机熔体电流,可按最大启动电流选取,也可按下式选取:

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5)I_N$$

式中, I<sub>RN</sub> 为熔体额定电流; I<sub>N</sub> 为电动机额定电流。如果电动机频繁启动,式中系数可适当加大至 3~3.5,具体应根据实际情况而定。

③ 保护多台长期工作的电机(供电干线)

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5)I_{Nmax} + \sum I_N$$

式中, I<sub>Nmax</sub> 为容量最大单台电机的额定电流;  $\sum I_N$  为其余电动机额定电流之和。

(3) 熔断器的级间配合。为防止发生越级熔断、扩大事故范围,上、下级(即供电干、支线)线路的熔断器间应有良好配合。选用时,应使上级(供电干线)熔断器的熔体额定电流比下级(供电支线)的大 1~2 个级差。

常用的熔断器有管式熔断器 R1 系列、螺旋式熔断器 RL1 系列、填料封闭式熔断器 RT0 系列及快速熔断器 RS0、RS3 系列等。熔断器的型号含义和电气符号如图 1-23 所示。

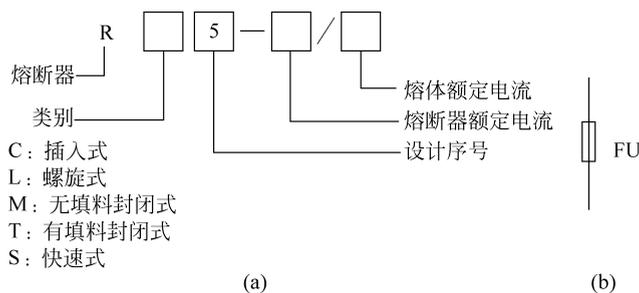


图 1-23 熔断器的型号含义和电气符号

### 1.3.4 主令电器

在电气控制系统中,主令电器是一种专门发布命令、直接或通过电磁式电器间接作用于控制电路的电器。常用来控制电力拖动系统中电动机的启动、停车、调速及制动等。常用的主令电器有控制按钮、行程开关、接近开关,万能转换开关、主令控制器及其他主令电器如脚踏开关、倒顺开关、紧急开关、钮子开关等。本节仅介绍几种常用的主令电器。

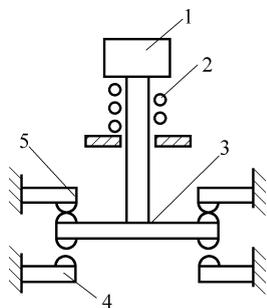
#### 1. 控制按钮

控制按钮是一种结构简单、使用广泛的手动主令电器,它可以与接触器或继电器配合,对电动机实现远距离的自动控制,用于实现控制线路的电气联锁。

如图 1-24 所示,控制按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成,通常做成复合式,即具有常闭触点和常开触点。按下按钮时,先断开常闭触点,后接通常开触点;按钮释放后,在复位弹簧的作用下,按钮触点自动复位的先后顺序相反。通常,在无特殊说明的情况下,有触点电器的触点动作顺序均为“先断后合”。

在电气控制线路中,常开按钮常用来启动电动机,也称为启动按钮,常闭按钮常用于控制电动机停车,也称为停车按钮,复合按钮用于联锁控制电路中。

控制按钮的种类很多,在结构上有掀钮式、紧急式、钥匙式、旋钮式、带灯式和打碎玻璃按钮,部分按钮实物图如图 1-25 所示。



1—按钮帽; 2—复位弹簧; 3—动触点;  
4—常开静触点; 5—常闭静触点

图 1-24 按钮开关结构示意图

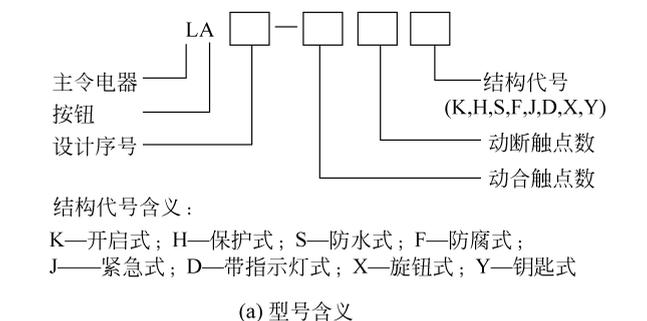


图 1-25 部分按钮实物图

常用的控制按钮有 LA2、LA18、LA20、LAY1 和 SFAN-1 型系列按钮。其中 SFAN-1 型为消防打碎玻璃按钮。LA2 系列为仍在使用的老产品,新产品有 LA18、LA19、LA20 等系列。其中 LA18 系列采用积木式结构,触点数目可按需要拼装至六常开六常闭,一般装成二常开二常闭。LA19、LA20 系列有带指示灯和不带指示灯两种,前者按钮帽用透明塑料制成,兼作指示灯罩。

按钮选择的主要依据是使用场所、所需要的触点数量、种类及颜色。其中颜色具体含义为红——停止、绿——启动、黑——点动;结构具体含义为蘑菇——急停、指示灯式——指

示、钥匙——安全、平钮——一般。控制按钮的型号含义和电气符号如图 1-26 所示。



结构			
符号			
名称	常闭按钮 (停止按钮)	常开按钮 (启动按钮)	复位按钮

(b) 电气符号

图 1-26 控制按钮的型号含义和电气符号

## 2. 行程开关

行程开关又称为限位开关,用于控制机械设备的行程及限位保护。在实际生产中,将行程开关安装在预先安排的位置,当装于生产机械运动部件上的模块撞击行程开关时,行程开关的触点动作,实现电路的切换。因此,行程开关是一种根据运动部件的行程位置而切换电路的电器,它的作用原理与按钮类似。行程开关广泛用于各类机床和起重机械,用以控制其行程、进行终端限位保护。在电梯的控制电路中,还利用行程开关来控制开关轿门的速度、自动开关门的限位,轿厢的上、下限位保护。其部分实物图如图 1-27 所示。

行程开关按其结构可分为直动式、滚轮式、微动式和组合式。

(1) 直动式行程开关。其结构原理如图 1-28 所示,其动作原理与按钮开关相同,但其触点的分合速度取决于生产机械的运行速度,不宜用于速度低于

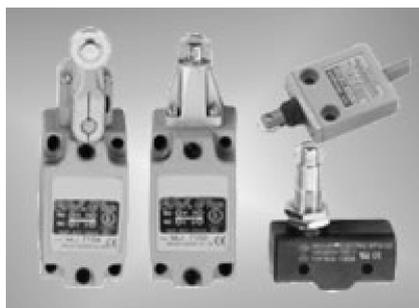
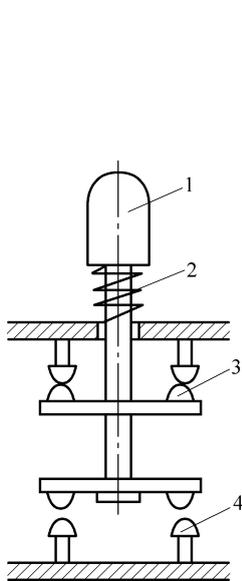


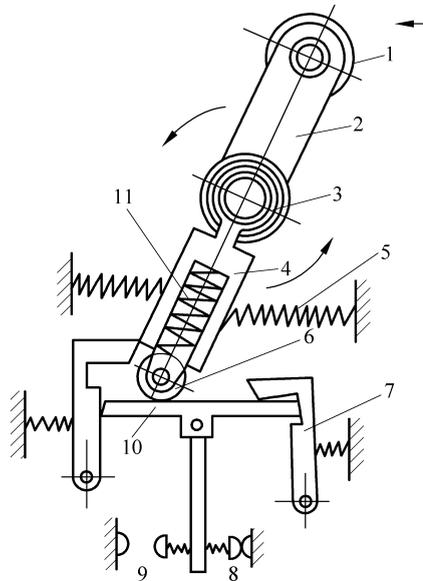
图 1-27 行程开关部分实物图

0.4m/min 的场所。

(2) 滚轮式行程开关。其结构原理如图 1-29 所示,当被控机械上的撞块撞击带有滚轮的撞杆时,撞杆转向右边,带动凸轮转动,顶下推杆,使微动开关中的触点迅速动作。当运动机械返回时,在复位弹簧的作用下,各部分动作部件复位。



1—推杆; 2—弹簧;  
3—动断触点; 4—动合触点  
图 1-28 直动式行程开关



1—滚轮; 2—上转臂; 3、5、11—弹簧;  
4—套架; 6—滑轮; 7—压板; 8、9—触点; 10—横板  
图 1-29 滚轮式行程开关

滚轮式行程开关又分为单滚轮自动复位和双滚轮(羊角式)非自动复位式,双滚轮行程开关具有两个稳态位置,有“记忆”作用,在某些情况下可以简化线路。

(3) 微动开关式行程开关。其结构如图 1-30 所示。常用的有 LXW-11 系列产品。

行程开关的型号含义和电气符号如图 1-31 所示。

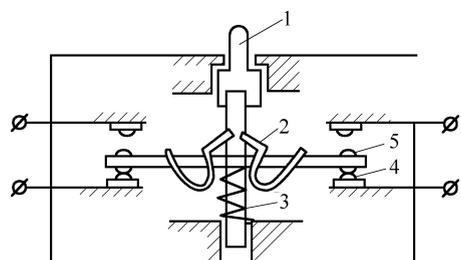


图 1-30 微动式行程开关  
1—推杆; 2—弹簧; 3—压缩弹簧;  
4—动断触点; 5—动合触点

### 3. 接近开关与红外线光电开关

#### 1) 接近开关

接近式位置开关是一种非接触式的位置开关,简称接近开关。它由感应头、高频振荡器、放大器和外壳组成。当运动部件与接近开关的感应头接近时,就使其输出一个电信号。

接近开关分为电感式和电容式两种。

电感式接近开关的感应头是一个具有铁氧体磁心的电感线圈,只能用于检测金属体。振荡器在感应头表面产生一个交变磁场,当金属块接近感应头时,金属中产生的涡流吸收了振荡的能量,使振荡减弱以至停振,因而产生振荡和停振两种信号,经整形放大器转换成二

进制的开关信号,从而起到“开”、“关”的控制作用。

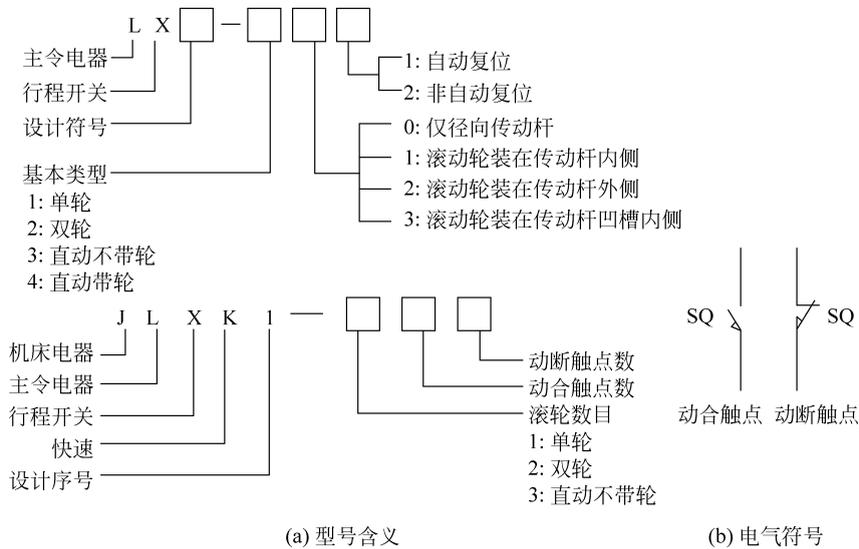


图 1-31 行程开关的型号含义和电气符号

电容式接近开关的感应头是一个圆形平板电极,与振荡电路的地线形成一个分布电容,当有导体或其他介质接近感应头时,电容量增大而使振荡器停振,经整形放大器输出电信号。电容式接近开关既能检测金属,又能检测非金属及液体。

常用的电感式接近开关型号有 LJ1、LJ2 等系列,电容式接近开关型号有 LXJ15、TC 等系列产品。接近开关的外形如图 1-32 所示。

接近开关的电气符号如图 1-33 所示。



图 1-32 接近开关的外形图

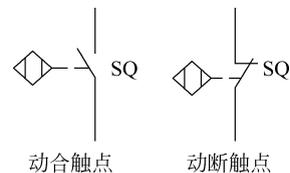


图 1-33 接近开关的电气符号

## 2) 红外线光电开关

红外线光电开关分为对射式和反射式两种。

反射式光电开关是利用物体对光电开关发射出的红外线反射回去,由光电开关接收,从而判断是否有物体存在。如有物体存在,光电开关接收到红外线,其触点动作,否则其触点复位。

对射式光电开关是由分离的发射器和接收器组成的。当无遮挡物时,接收器接收到发射器发出的红外线,其触点动作;当有物体挡住时,接收器便接收不到红外线,其触点复位。

光电开关和接近开关的用途已远超出一般行程控制和限位保护,可用于高速计数、测速、液面控制、检测物体的存在、检测零件尺寸等许多场合。

#### 4. 主令控制器

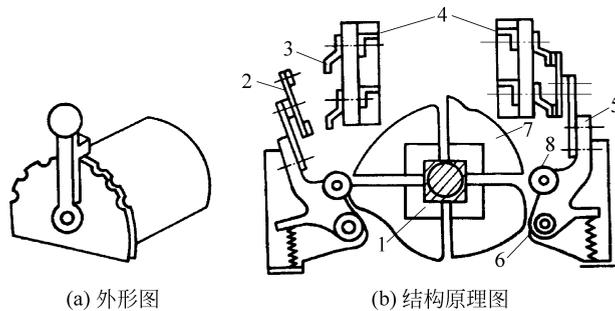
主令控制器是一种频繁对电路进行接通和切断的电器。通过它的操作,可以对控制电路发布命令,与其他电路联锁或切换。常配合磁力启动器对绕线式异步电动机的启动、制动、调速及换向实行远距离控制,广泛用于各类起重机械的拖动电动机的控制系统中。

主令控制器一般由外壳、触点、凸轮、转轴等组成,与万能转换开关相比,它的触点容量大些,操纵挡位也较多。主令控制器的动作过程与万能转换开关相类似,也是由一块可转动的凸轮带动触点动作。

常用的主令控制器有 LK5 和 LK6 系列,其中 LK5 系列有直接手动操作、带减速器的机械操作与电动机驱动三种形式的产品。LK6 系列是由同步电动机和齿轮减速器组成的定时元件,由此元件按规定的顺序,周期性地分合电路。

在控制电路中,主令控制器触点的图形符号及操作手柄在不同位置时的触点分合状态表示方法与万能转换开关相似。

从结构上讲,主令控制器分为两类:一类是凸轮可调式主令控制器;另一类是凸轮固定式主令控制器。图 1-34 所示为凸轮可调式主令控制器。



1、7—凸轮块; 2—动触点; 3—静触点; 4—接线端子; 5—支杆; 6—转动轴; 8—小轮

图 1-34 凸轮可调式主令控制器

### 1.3.5 接触器

接触器是一种用来自动接通或断开大电流电路的电器。它可以频繁地接通或分断交直流电路,并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于电热设备、电焊机、电容器组等其他负载。它还具有低电压释放保护功能,接触器具有控制容量大、过载能力强、寿命长、设备简单经济等特点,是电力拖动自动控制线路中使用最广泛的电器元件。按照所控制电路的种类,接触器可分为交流接触器和直流接触器两大类。

#### 1. 交流接触器

##### 1) 交流接触器结构与工作原理

图 1-35 所示为交流接触器的外形与结构示意图。交流接触器由电磁机构、触点系统、灭弧装置与其他部件四部分组成。

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、动铁芯(衔铁)和静铁芯组成,其作用是将电磁能转换