



全国高职高专规划教材

工业电气 控制基础

主 编/林向义



北京出版社出版集团
北京出版社



全国高职高专规划教材

工业电气 控制基础

主 编 林向义
副主编 黄波达
参 编 应明富

叶文杰



北京出版社出版集团
北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工业电气控制基础/林向义主编. —北京: 北京出版社, 2007. 8

ISBN 978-7-200-06886-3

I. 工… II. 林… III. 电气控制—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 101343 号

工业电气控制基础

GONGYE DIANQI KONGZHI JICHU

林向义 主编

*

北京出版社出版集团 出版
北 京 出 版 社

(北京北三环中路6号)

邮政编码: 100011

网 址: www.bph.com.cn

北京出版社出版集团总发行

北京市通县华龙印刷厂印刷

*

787×1092 16开本 11.5印张 231千字

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

ISBN 978-7-200-06886-3

G·3452 定价: 18.00元

目 录

第 1 章 电气控制系统中常用的低压电器	1
1.1 概述	1
1.2 电磁式低压电器	4
1.3 刀开关	10
1.4 接触器	14
1.5 熔断器	17
1.6 继电器	21
1.7 主令电器	27
1.8 低压断路器	29
第 2 章 典型机床的电气控制	34
2.1 电气控制线路图的识读和绘制	34
2.2 三相交流异步电动机	38
2.3 电气线路的基本控制方式	44
2.4 典型机床电气控制线路分析	52
第 3 章 供配电技术	66
3.1 概述	66
3.2 电力系统	67
3.3 工业、企业供配电系统	69
3.4 供配电系统接地和防雷	77
3.5 无功功率补偿及谐波抑制	84
3.6 室内供配电和电气照明	86
第 4 章 数控技术基础	93
4.1 概述	93
4.2 数控机床控制原理	102
4.3 检测装置	113
4.4 伺服驱动系统	125
第 5 章 交流变频调速器	148
5.1 电动机调速及变频器分类	148
5.2 变频器的基本原理及结构特点	152
5.3 变频器应用举例	156
5.4 变频器的性能指标和主要参数	158
5.5 台达变频器	160

第1章 电气控制系统中常用的低压电器

1.1 概述

电器是一种能够根据外界的信号和要求,自动或手动接通和断开电路,断续或连续地改变电路参数,实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节作用的电气设备,简单说,电器是一种能控制电的设备。

电器按其使用的电压范围不同可分为低压电器和高压电器,按我国现行标准规定,低压电器通常指工作在交流 1200 V、直流 1500 V 级以下的电器,高压电器常指工作在交流 1200 V 以上、直流 1500 V 以上的电器。

1.1.1 低压电器的作用与分类

低压电器广泛应用于工业、农业、交通、国防以及人们生活等一切用电部门中,其质量及选用将直接影响到低压供电系统的可靠性。目前低压电器已向高性能、小型化、电子化、智能化、模块化、组合化、多功能化等发展。

低压电器的用途广泛,作用多样,品种规格繁多,原理结构各异。为了概括地了解这些低压电器,可以从以下几个方面加以分类。

1. 按操作方式分类

(1) 手动电器 由人工直接操作才能完成任务的电器称为手动电器,如刀开关、按钮和转换开关等。

(2) 自动电器 不需人工直接操作,按照电的或非电的信号自动完成接通、切断电路任务的电器称为自动电器,如低压断路器、接触器和继电器等。

2. 按用途分类

(1) 低压配电电器 主要用于配电系统,起着对线路的通断、控制、调节和保护等作用,如低压断路器、熔断器和刀开关等

(2) 低压控制电器 主要用于电力拖动控制系统,起控制及保护等作用。如接触器、继电器控制器、控制按钮、行程开关、主令控制器和万能转换开关等。

3. 按工作原理分类

①电磁式电器 根据电磁感应原理来工作的电器,如交直流接触器、电磁式继电器等。

②非电量控制电器 电器的工作是靠外力或非电物理量的变化而动作的电器。如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器和温度继电器等。

表 1-1 为常用低压电器用途及按用途分类表。

表 1-1 低压电器的作用及分类表

电器名称		主要品种	用 途
配 电 电 器	刀开关	大电流刀开关 熔断器式刀开关 开关板用刀开关 负荷开关	主要用于电路隔离，也能接通和分断额定电流
	转换开关	组合开关 换向开关	用于两种以上电源或负载的转换和通断电路
	断路器	框架式（万能式）断路器 塑料外壳式断路器 限流式断路器 漏电保护断路器	用于线路过载、短路或欠压保护，也可用作不频繁接通和切断电路
	熔断器	有填料熔断器 无填料熔断器 快速熔断器 自动熔断器	用于线路或电气设备的短路和过载保护
控 制 电 器	接触器	交流接触器 直流接触器	主要用于远程距离频繁起动或控制电动机，以及接通和切断正常工作的电路。
	控制继电器	电流继电器 电压继电器 时间继电器 中间继电器 热继电器	主要用于控制系统中，控制其它电器或作主电路的保护
	起动器	磁力起动器 减压起动器	主要用于电动机的起动和正反向控制
	控制器	凸轮控制器 平面控制器	主要用于电器控制设备中转换主回路或励磁回路的接法，以达到电动机起动、换向和调速的目的
	主令电器	按钮 限位开关 微动开关 万能转换开关	主要用于接通和切断控制电路
	电阻器	铁基合金电阻	用于改变电路的电压、电流等参数或变电能热能
	变阻器	励磁变阻器 起动变阻器 频敏变阻器	主要用于发电机调压以及电动机的减压起动和调速
	电磁铁	起重电磁铁 牵引电磁铁 制动电磁铁	用于起重、操纵或牵引机械装置

1.1.2 低压电器电路的几个基本概念

1. 欠压保护

在配电电路中,由于短路故障或大电机起动等原因,可能出现电路电压大幅度降低,称为欠电压,此时可能损坏设备,因此,当电路电压降到规定值以下时,保护电器应动作,自动断开电路,称为欠压保护。

2. 过压保护

当电源电压超过额定值一定程度时,保护装置能在一定时间之后将电源切断,以免造成设备绝缘击穿和过流损坏,这种保护称为过压保护。

3. 失压保护

电路电压意外消失称失压。有些场合要求失压后恢复供电时电气设备不得自动投入运行,否则无法恢复供电甚至造成事故。因此,当电路电压消失时,保护电器应自动断开电路,称为失压保护。

4. 过载保护

广义的过载是,由于机械过载、缺相运行、欠压、散热不良、环境温度过高等原因,造成用电器过热的现象称过载或过流。过载和过流字面含义有区别,但习惯上都称过载。当发生过载现象时,保护装置能在一定时间以后将电源切断,以防止设备长时间过热运行而损坏,这种保护称过载保护。

5. 短路保护

由于绝缘损坏等原因造成电源被电阻值接近为零的导体连接在一起的现象称为短路。当发生短路现象时,保护电器应能立即将电源切断,称为短路保护。短路电流一般很大,要求瞬时切断,这一点和过载保护不同。

6. 过载电流和短路电流

用电电器的实际电流大于额定电流但小于10倍的额定电流称过载电流,实际电流大于10倍的额定电流称短路电流。

7. 缺相运行

三相用电设备不允许缺相运行(在电源一相断开的情况下运行),如一般指三相交流电机缺少一相运行,电源缺相会使电机过载时一方面会造成自身的过载,另一方面破坏了电网的平衡。这时要求保护装置能迅速切断电源。满足上述要求的保护称缺相保护。

8. 定时限与反时限

为了实现过电流保护的选择性,将线路各段保护装置的动作时限按阶梯原则整定,即离电源端越近者动作时限越长,越远者时限越短,时限级差约0.5秒,这种保护方式称定时限方式。使保护装置的动作时限与过电流的大小有关,电流越大时限越短,电流越小时限越长,这种保护方式称反时限方式。

1.2 电磁式低压电器

电磁式电器类型多；在电气控制线路中使用量大，并且各类电磁式电器的工作原理和结构都基本相同，本节简要介绍电磁式低压电器的一些基本常识。

一般来说，有自动控制功能的电器从结构上看，都具有两个基本组成部分，即感测部分和执行部分。感测部分是接收外界输入的信号，消除干扰，并通过检测、转换、放大，推动执行机构动作。对于电磁式电器，感测部分大都是电磁机构，而执行部分则是触点系统。

1.2.1 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的重要组成部分之一，它将电磁能转换成机械能，带动触点使之闭合或断开。电磁机构由吸引线圈、铁心（静铁心）、衔铁（动铁心）、铁轭和空气隙等组成。电磁机构中的线圈、铁心是静止不动的，只有衔铁是可动的。

电磁机构的形式很多，这里仅介绍按磁路形状和衔铁运动方式分类的电磁机构。电磁机构按磁路形状和衔铁运动方式可分为直动式和拍合式。图 1-1 和图 1-2 是电磁机构中几种常用的结构形式。吸引线圈的作用是将电能转换为磁能，即产生磁通，衔铁在电磁吸力的作用下产生机械位移使铁心吸合。

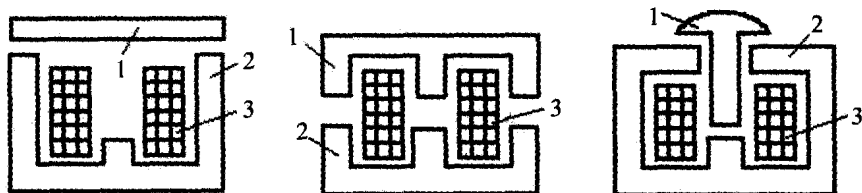


图 1-1 直动式电磁机构
1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

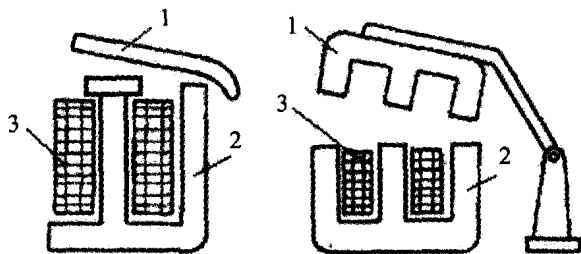


图 1-2 拍合式电磁机构
1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

1.2.2 电接触

触点是电磁式电器的执行元件，电器就是通过触点的动作来分合被控制的电路。触点在闭合状态下动、静触点完全接触，并有工作电流通过时，称为电接触。电接触情况的好

坏将影响触点的工作可靠性和使用寿命。影响电接触工作情况的主要因素是触点的接触电阻，因为接触电阻大，易使触点发热而温度升高，从而使触点易产生熔焊现象，这样既影响工作的可靠性又降低了触点的使用寿命。触点的接触电阻不仅与触点的接触形式有关，而且还与接触压力、触点材料及触点表面状况有关。

1. 触点的接触形式

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种，如图1-3所示。

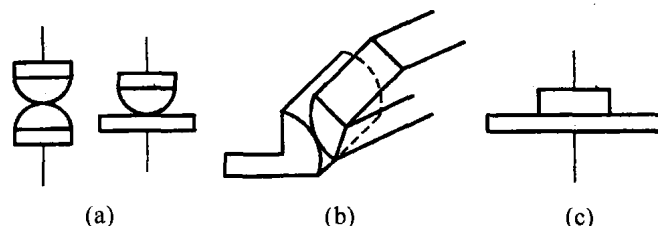


图1-3 触点的三种接触形式

(a) 点接触 (b) 线接触 (c) 面接触

点接触是由两个半球或一个半球与一个平面形触点构成。由于接触区域是一个点或面积很小的面，允许通过电流很小，所以它常用于电流较小的电器中，如继电器的触点和接触器的辅助触点。线接触由两个圆柱面形的触点构成，又称为指形触点。它的接触区域是一条直线或一条窄面，允许通过的电流较大，常用于中等容量接触器的主触点。由于这种接触形式在通断过程中是滑动接触，如图1-4所示，接通时，接触点由A—B—C变化；断开时，接触点则由C—B—A变化。这样可以自动清除触点表面的氧化膜，从而更好地保证触点的良好接触。面接触是两个平面形触点相接触，由于接触区域有一定的面积，可以通过很大的电流，常在大容量的接触器中作主触点用。

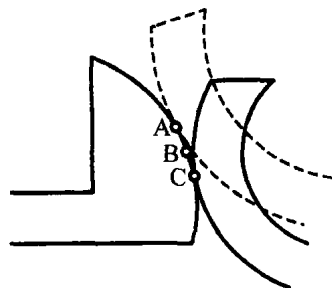


图1-4 指形触点的接触过程

面接触是两个平面形触点相接触，由于接触区域有一定的面积，可以通过很大的电流，常在大容量的接触器中作主触点用。

2. 接触电阻

触点有四种工作状态，即：闭合状态、断开过程、断开状态、闭合过程。在理想情况下，触点闭合时其接触电阻为零；触点断开时接触电阻为无穷大；在闭合过程中接触电阻瞬时由无穷大变为零；在断开过程中接触电阻瞬时由零变为无穷大。但实际上，在闭合状态时耦合触点间有接触电阻存在，若接触电阻太大，就可能导致被控电路压降过大或电路不通；在断开状态时要求触点间有一定的绝缘电阻，若绝缘电阻不足就可能导致击穿放电，致使被控电路导通；在闭合过程中有触点弹跳现象，可能破坏触点的可靠闭合；在断开过程中可能产生电弧破坏触点可靠断开。

从微观观察，不管触点表面如何光洁，实际上表面总是凸凹不平的，所以两个触点接触时总是由许多斑点接触，如图1-5所示。在电接触中，起很大作用的就是所谓的收缩电阻 R_E ，它是由于电流通过真正接触面的微观面（斑点面），导致电力线收缩而产生的，如图1-6所示。触点表面因各种原因而产生表面膜，表面膜进一步增加触点的接触电阻，这部分增量（电阻）称为表面膜电阻 R_F 。

触点电阻 R_K （即接触电阻）就是由收缩电阻 R_E 和表面膜电阻 R_F 的总和组成，即

$$R_K = R_E + R_F$$

因此，实际中应采取相应的措施减小接触电阻。

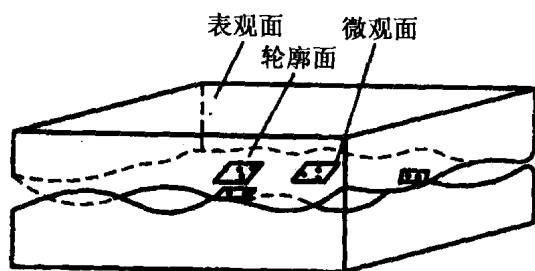


图 1-5 触点的接触状态

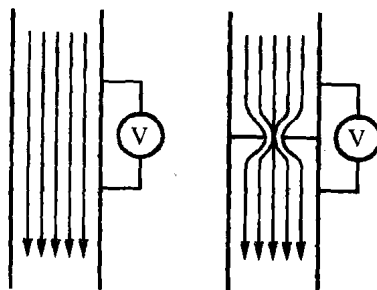


图 1-6 收缩电阻

3. 影响接触电阻的因素及其减小方法

前面已经提到，触点表面总是凹凸不平的，电流的导通是经过大量的非均匀分布的微观面而实现的，微观面的尺寸、数目和分布与触点的形状、接触压力、温度、材料性能等有关，其中，触点压力是一个非常重要的因素。增加接触压力，可以增加接触面积，使接触电阻减小。为此，在动触点上安装一个触点弹簧，如图 1-7 所示。该弹簧预先被压缩了一段，因而产生一个初压力 F_1 ，如图 1-7 (b) 所示。触点闭合后由于弹簧在超行程内继续压缩而产生终压力 F_2 ，如图 1-7 (c) 所示。弹簧压缩的距离 L 为触点的超行程，即从静、动触点刚开始接触到触点向前压紧的距离。有了超行程，触点在有磨损的情况下，仍具有一定的压力，故可使接触电阻减小。当触点磨损严重时可以更换触点。

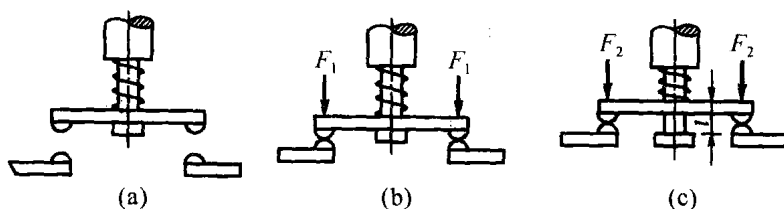


图 1-7 触点的位置示意图

(a) 最终拉开位置 (b) 刚刚接触位置 (c) 最终闭合位置

材料的电阻系数越小，接触电阻也越小。在金属中银的电阻系数最小，但银比铜的价格贵，实际中常在铜基触点上镀银或嵌银，以减小接触电阻。

在空气中触点表面会被氧化而形成表面膜电阻，触点温度升高会加速氧化的进程。由于一般金属氧化物的电阻系数均比金属本身大得多，所以一旦金属表面生成氧化物之后，会使接触电阻增大，严重的氧化会使触点间形成绝缘而导致电路不通。银的氧化物电阻系数比纯银大得不是太多，因此，在小容量的电器中可采用银或镀银触点。在大容量电器中，可采用具有滑动作用的指形触点，这样在每次闭合过程中都可以磨去氧化膜，从而让清洁的金属接触面相互接触，以增强触点的导电性。此外，触点上的尘垢也会影响其导电性，因此，当触点表面聚集了尘垢以后，需用无水乙醇或四氯化碳揩拭干净。如果触点表面被电弧烧灼而出现烟熏状，也需按上述方法处理。

1.2.3 电弧的产生和灭弧方法

1. 电弧的产生

电弧是在触点由闭合状态过渡到断开状态的过程中产生的。触点的断开过程是逐步进行的,开始时接触面积逐渐减少,接触电阻随之增加,温升随之增加。根据试验,当触点切断电路时,如果电路中电压在10—20 V之间,电流在80—100mA之间,触点间便会产生电弧。电弧是气体自持放电形式之一,是一种带电质点(电子或离子)的急流。它的主要特点是外部有白炽弧光,内部有很高的温度和密度很大的电流。

触点分断瞬间,由于间隙很小,电路电压几乎全部加在触点之间,在触点间形成很强的电场,阴极中的自由电子会逸出到间隙中并向阳极加速运动。前进中的自由电子中途碰撞中性粒子(气体分子或原子),使其分裂为电子和正离子,电子在向阳极运动过程中又碰撞其他粒子,这就是碰撞电离。经碰撞电离后产生的正离子向阴极运动,撞击阴极表面并使其温度逐渐升高,当温度达到一定值时,部分电子将从阴极表面逸出并再参与碰撞电离,此时,间隙内产生弧光并使温度继续升高,当弧温达到8 000—10 000 K以后,触点间的中性粒子以很高的速度做不规则的运动并相互剧烈碰撞,也产生电离,这就是由于高温作用使中性粒子碰撞产生的热电离。上述几种电离的结果,在触点间出现大量的离子流,这就是电弧。电弧形成之后,热电离占主导地位。

电弧一方面烧蚀触点,降低电器寿命和电器工作的可靠性;另一方面会使分断时间延长,严重时会引起火灾或其他事故。因此在电路中应采取适当措施熄灭电弧。

2. 常用的灭弧方法和装置

由上述电弧产生的物理过程可知,欲使电弧熄灭,应设法降低电弧温度和电场强度。常用的灭弧装置有以下几种:

(1) 电动力灭弧

双断点也就是桥式结构的触点,当触点分断时,在左右两个弧隙中产生两个彼此串联的电弧,在电动力 F 的作用下,向两侧方向运动,使电弧受到拉长,如图1-8所示,在拉长过程中电弧遇到空气迅速冷却而很快熄灭。

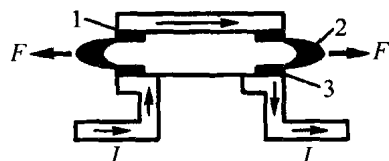


图1-8 电动力灭弧原理图

(2) 灭弧栅灭弧

灭弧栅的灭弧原理如图1-9所示。灭弧栅3由多个镀铜薄钢片组成,彼此之间互相绝缘,片间距离为2~3 mm,这些金属片称为栅片,安放在触点上方的灭弧罩(图中未画出)内。一旦产生电弧,电弧周围产生磁场,导磁的钢片将电弧吸入栅片,电弧被栅片分割成许多串联的短电弧,而栅片就是这些短电弧的电极。栅片的作用在于:能导出电弧的热量;由于电弧被分割成许多段,而每一栅片又相当于一个电极,那么也就要有许多个阳极压降和阴极压降,有利于电弧的熄灭。

(3) 灭弧罩灭弧

比灭弧栅更为简单的是采用一个陶土和石棉水泥做成的耐高温的灭弧罩。电弧进入灭弧罩后,可以降低弧温和隔弧。在直流接触器的主触点上广泛采用这种灭弧装置。

(4) 磁吹式灭弧装置

借助电弧与弧隙磁场相互作用而产生的电磁力实现灭弧的装置,称为磁吹式灭弧装

置,如图1-10所示。在触点电路中串入一个具有铁心的吹弧线圈3,它产生的磁通通过导磁夹片4引向触点周围,其方向如图中“x”所示。电弧产生后,其磁通方向如图中“⊕”和“⊙”所示。产生的电弧可看成是一个载流导体,电流方向由静触点流向动触点。这时,根据左手定则可确定出电弧在磁场中所受电磁力,的方向是向上的。由于电弧向上运动,它一方面被拉长另一方面又被冷却,促使电弧很快熄灭。熄弧角6除了有引导电弧运动的作用外,还能把电弧从触点处引开,从而起到保护触点的作用。

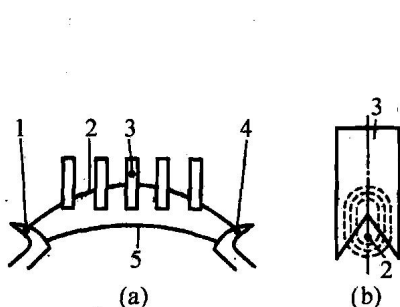


图1-9 灭弧栅灭弧原理

(a) 栅片灭弧原理 (b) 电弧进入栅片的图形

1—静触点 2—短电弧 3—灭弧栅片
4—动触点 5—长电弧

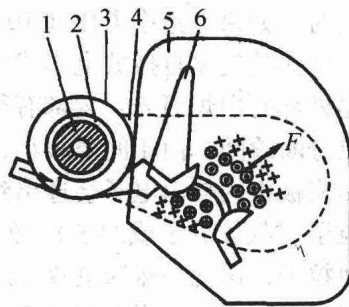


图1-10 磁吹式灭弧装置

1—铁心 2—绝缘管 3—吹弧线圈
4—导磁火片 5—灭弧罩 6—熄弧角

由于磁吹线圈串联于主电路中,所以作用于电弧的磁场力随电弧电流的大小而改变,电流越大,灭弧能力越强。而且磁吹力的方向与电流方向无关。所以,磁吹灭弧装置适用于交、直流控制电器中。

3. 其它几种灭弧方式

(1) 电路灭弧 如图1-11所示是几种常见的灭弧电路,当开关S打开时,与线圈并联的支路导通,线圈中储存的能量部分消耗在电阻上,从而能减轻甚至避免电弧。这种方法一般用于切断电流不大的直流电路电器中。

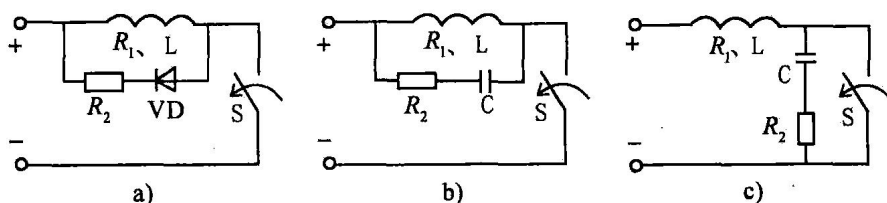


图1-11 灭弧电路

(2) 拉长灭弧 电弧被拉长后能迅速冷却而熄灭,常用的闸刀开关就采用了这种方法。

(3) 冷却介质灭弧 有的熔断器熔丝的周围填满了石英砂,有的开关触头浸在绝缘油中,石英砂和绝缘油能迅速吸收电弧热量而使电弧熄灭。

(4) 气体灭弧 有的熔断器熔断时能产生高压气体,高压气体能将电弧迅速吹灭。

(5) 栅片灭弧 在灭弧装置中设置栅片,如图1-12所示,电弧经过栅片时被分成许多段或股,再加上冷却作用而熄灭。

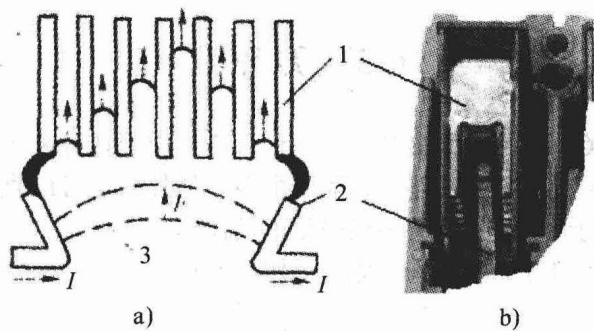


图 1-12 灭弧栅片

a) 栅片灭弧示意图 b) 空气开关灭弧栅片
1—灭弧栅片 2—触头 3—电弧

(6) 多断点灭弧 常用接触器、继电器的触头就是双断点触头。如图 1-13 所示的双断点，若一对断点处要使电弧熄灭后重燃需要 150 ~ 250 伏，现两对断点就需要 $2 \times (150 \sim 250)$ 伏，加上磁场对电弧的作用使电弧变长，电弧熄灭得快。

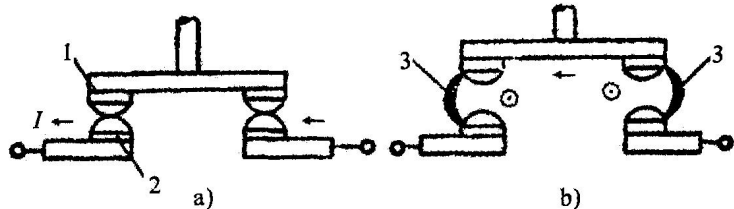


图 1-13 双断点

a) 闭合状态 b) 断开状态
1—动触点 2—静触点 3—电弧

1.2.4 短路环

交流电磁铁的铁心上装有短路环，短路环的作用是减少交流电磁铁吸合时产生的振动和噪声，如图 1-14 所示。当线圈中通以交变电流时，在铁心中产生磁通 ϕ_1 是交变的，对衔铁的吸力时大时小，有时为零，在复位弹簧的反作用下有释放的趋势，造成衔铁振动，对电器正常工作十分不利，同时还产生噪声。装入短路环后，交变磁通 ϕ_1 的一部分穿过短路环，在环中产生感应电流，因此环中的磁通成为 ϕ_2 。 ϕ_1 与 ϕ_2 相位不同，这样就使得线圈的电流和铁心磁通 ϕ_1 经过零时环中磁通 ϕ_2 不为零，仍能将磁铁吸住，从而消除了振动和噪声。只要在设计时注意保证合成吸力始终大于弹簧的反力便可满足减振和消除噪声的要求。

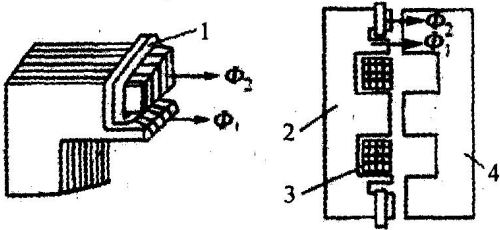


图 1-14 交流电磁铁的短路环结构示意图
1—短路环 2—铁心 3—线圈 4—衔铁

1.3 刀开关

刀开关是手动开关电器中结构最简单的一种，广泛应用在各种配电线路中，用于非频繁地接通和切断容量不大的配电线路，以隔离电源。另外，也可以直接用刀开关起动小容量电动机。对于特殊的大电流刀开关一般采用电动操作。

下面介绍几种常用刀开关的结构、原理、用途及选用。

1.3.1 开启式负荷开关

开启式负荷开关俗称为胶盖瓷底闸刀开关，由瓷质底座、静触座、接装熔丝的接头、上胶盖、下胶盖和瓷质手柄的闸刀等组成，其结构如图 1-15 所示。

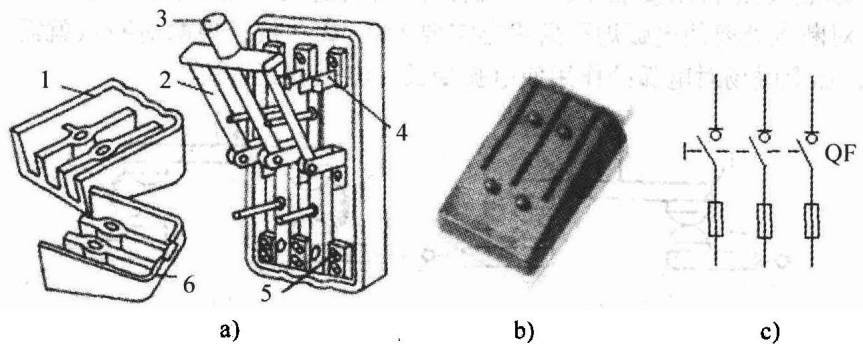


图 1-15 开启式负荷开关

a) 结构示意图 b) 实物图 c) 符号

1—上胶盖 2—闸刀 3—瓷质手柄 4—静触座 5—接装熔丝的接头 6—下胶盖

开启式负荷开关常用的型号有 HK1 和 HK2。均有二极和三极之分，二极的额定电压为 250 伏，三极的额定电压为 380 伏。这种开关没有专门的灭弧装置，拉闸、合闸时操作人员应开关的一侧，动作必须迅速果断，以免电弧烧坏触头和灼伤操作人员。

开启式负荷开关广泛用于各种配电线路，如非频繁地接通和切断容量不太大的低压供电线路（如照明电路），以及作为电源隔离开关使用，还可以用作小容量（5.5KW 及以下）电动机作不频繁的直接启动电源开关。安装时，手柄向上推为合闸，不得倒装和横装。接线时，应将电源线接在上端，负载接在熔丝下端，这样拉闸后便于更换熔丝。HK2 型负荷开关技术数据见表 1-2，开关中的熔丝含铜量不少于 99.9%，线径一般为用户选配。

表 1-2 HK2 型负荷开关技术数据

额定电流 (A)	极数	额定电压 (V)	控制交流感应电动机功率 (KW)	熔丝规格 (线径不大于 mm)	熔丝短路切断能力 (A)	开关最大切断能力 (A)
10	2	250	1.1	0.25	500	两倍额定电流
15			1.5	0.41	500	
30			3.0	0.56	1 000	
15	3	380	2.2	0.45	500	两倍额定电流
30			4.0	0.71	1 000	
60			5.5	1.12	1 500	

1.3.2 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关俗称铁壳开关，由刀开关、瓷插式熔断器或封闭管式熔断器、灭弧装置、侧方操作手柄、操作机构和钢板（60 A 以下由铸铁制成）外壳等组成，其结构及实物如图 1-16 所示。操作机构有机械连锁装置，保证壳盖打开时不能合闸，而手柄处于闭合位置时，不能打开壳盖，以确保人身安全。铁壳开关适用于工矿企业、农村电力排灌和电热、照明等各种配电设备中，供手动不频繁地接通与切断电路，以及作为线路末端的短路保护之用。交流 50 Hz、380 V、60 A 以下等级的开关，还可作为交流感应电动机的不频繁直接起动及切断之用。控制电动机时额定电流的选择原则同上，常用的型号有 HH3、HH4、HH10 和 HH11。

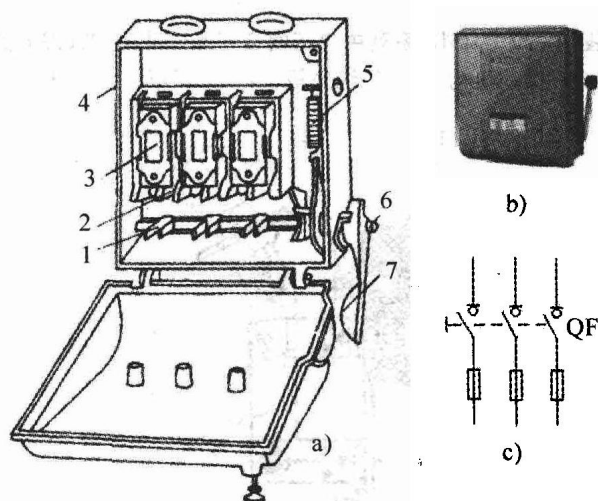


图 1-16 封闭式负荷开关

a) 结构示意图 b) 实物图 c) 符号

1—闸刀 2—夹座 3—熔断器 4—铁壳 5—速断弹簧 6—转轴 7—手柄

1.3.3 刀开关和刀形转换开关

刀开关按极数区分有单极、双极和三极；按结构区分有平板式和条架式；按操作方式区分有直接手柄操作式和电动操作式。一般不可以带电操作，它通过与空气断路器配合使用，在断路器切断电路后才能操作。刀开关和刀形转换开关起隔电作用，造成一个明显的断开点，以确保维修人员的安全，故又称隔离刀开关。装有灭弧罩或在动触刀上装有起灭弧作用的辅助速断触刀的刀开关，可以切断不大于额定电流的负荷。刀开关和刀形转换开关主要由操作手柄或操作机构、动触刀、静触座、灭弧罩和绝缘底板等组成，其结构见图 1-17 和图 1-18 所示，当触刀插入静触座时，电路接通；当触刀与静触座分离时，电路切断。目前，刀开关产品有 HD11 ~ HD14 等系列，刀形转换开关有 HS11 ~ HS14 等系列。它们适用于额定电压为交流 500V (50Hz) 及直流 440V、额定电流为 100 ~ 1500A 的成套配电装置。

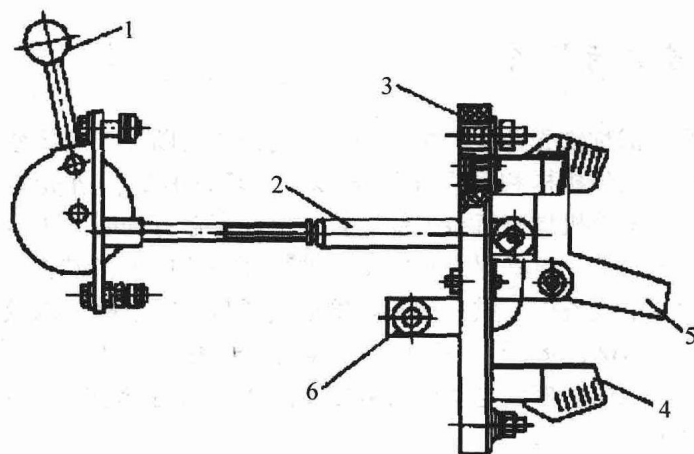


图 1-17 HS13 系列中央正面杠杆操作动机构式刀开关

1—操动手柄 2—操动机构 3—绝缘底板 4—灭弧罩 5—动触刀 6—接线端子

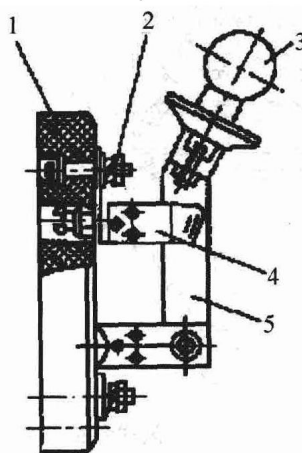


图 1-18 HD11 系列中央手柄式刀开关

1—绝缘底板 2—接线端子 3—操作手柄 4—静触座 5—动触刀

1.3.4 熔断器式刀开关

HR 型熔断器刀开关以具有高切断能力的有填料熔断器（例 RT 型熔断器）作为触刀，并由两个灭弧室和操作机构组成，如图 1-19 所示，其极限切断能力达 50KA。在正常情况下，电路的接通和切断由刀开关完成；当线路短路时，由熔断器切断电路。常用型号有 HR3、HR5、HR11 系列。HR5 系列的熔断器带有撞击器时，任一相熔断体熔断后，撞击弹出，通过横杆触动装在底板的微动开关发出信号或切断接触器的控制回路，以实现缺相保护。

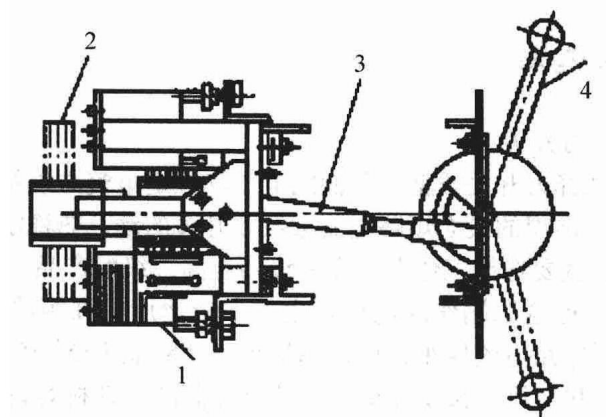


图 1-19 熔断器式刀开关

1—静触座 2—熔断器触刀 3—传动机构 4—操作手柄

1.3.5 组合开关

组合开关俗称转换开关，在机床电气和其他电气设备中使用广泛。其体积小、接线方式多，使用非常方便，常用于交流 50 Hz、380 V 及以下、直流 220 V 及以下的电气线路中，供手动不频繁地接通或分断电路、换接电源、测量三相电压、改变负载的连接方式，控制小容量交、直流电动机正反转、Y— Δ 起动和变速换向等。常用的组合开关有 HZ10、HZ5、HZ15 系列，HZ15 系列组合开关的额定电流为：10A、25A、63A 等，额定电压有 AC220V、AC380V。其外形及符号见图 1-20。

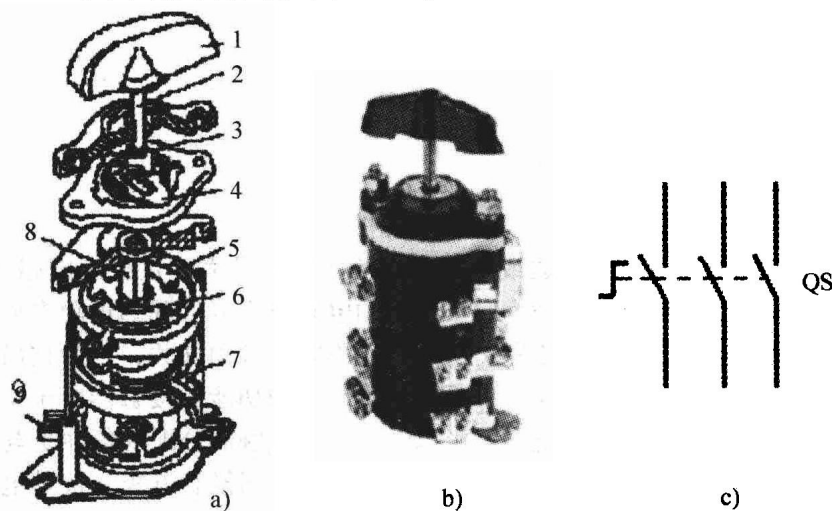


图 1-20 组合开关

a) 结构示意图 b) 实物图 c) 符号

1—手柄 2—转轴 3—储能弹簧 4—凸轮 5—绝缘垫板
6—动触片 7—静触片 8—绝缘杆 9—接线柱