

· 高等专科学学校教学用书 ·

电气控制与PLC

胡学林 宋 宏 主编



G AODENG

ZHUANKE

XUEXIAO

JIAOXUE

YONGSHU

冶金工业出版社

高等专科学校教学用书

电气控制与 PLC

本溪冶金高等专科学校 胡学林
吉林电气化高等专科学校 宋 宏 主编

ND27/12

冶金工业出版社

12.9

内 容 简 介

本书从工程应用角度,系统介绍了工厂常用的继电器-接触器控制系统及可编程序控制器的应用。

本书在常用控制电器方面,大量地介绍了全国统一设计的新型号产品及近年来引进生产线生产的新型号产品的技术数据,并介绍了各种典型控制电路。在可编程序控制器方面,以日本立石(OMRON)公司的小型机C40P为样机,系统介绍了可编程序控制器的工作原理,指令系统,编程方法及安装接线,并有较多的编程举例和工程应用实例,且附有习题。

本书可作为大中专院校电气自动化等相近专业的教材,也可作为工厂电气技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与PLC/胡学林,宋宏主编. -北京:冶金
工业出版社,1997.11
高等专科学校教学用书
ISBN 7-5024-2043-6

I. 电… II. ①胡…②宋… III. ①电气控制系统-专业
学校:高等学校-教材②可编程序控制器-专业学校:高等学
校-教材 IV. TM571

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第19796号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)
北京怀柔东茶坞印刷厂印刷;冶金工业出版社出版;各地新华书店发行
1997年11月第1版,1997年11月第1次印刷
787mm×1092mm 1/16;15.75印张;382千字;246页;1-3000册
18.30元

前 言

本书是根据冶金工业部“九五”专科教材出版规划,由冶金、有色金属系统高等专科学校组织编写的。

电气自动化专业是发展迅速的专业,新产品、新技术层出不穷,知识更新的速度非常快。为加速我国企业的科技进步和设备改造,同时兼顾大量的老企业电气控制的实际情况,本书从工程应用的角度出发,将常规的继电器—接触器控制系统与可编程序控制器的应用分为两篇来编写。

在第一篇继电器—接触器控制系统中,系统地介绍了常用控制电器的选择和整定方法及各种典型控制线路,并以企业中广泛应用的桥式起重机为例,完整地介绍了其电气控制。在第一篇中,还大量地介绍了全国统一设计的新型号常用控制电器以及近年来引进生产线生产的新系列、新型号控制电器的主要技术数据,使读者在进行控制电器的选型时,有更宽的视野和翔实的资料。

可编程序控制器是在80年代初发展起来的,将计算机技术、自动化技术、通讯技术融为一体的一种新型工业自动化控制装置,由于其可靠性高、功能强、编程简单、使用方便等优点,广泛地应用于工业生产过程的自动控制中,将成为今后工业控制的主要手段和重要的基础自动化控制设备。因此专家认为,可编程序控制器技术,机器人技术及计算机辅助设计/计算机辅助生产(CAD/CAM)将成为工业自动化化的三大支柱。

为适应大力普及、推广、应用可编程序控制器形势发展的需要,在本书第二篇中,我们对可编程序控制器的特点、结构和工作原理做了一般介绍,并以国内应用较广泛的日本立石(OMRON)公司生产的系列小型机C40P为样机,详细地介绍了其系统配置、通道分配、基本指令编程、专用指令功能及安装、接线、检查、维护等实际应用问题,并列举了几个应用实例及程序调试方法。虽然目前可编程序控制器的生产厂家和产品型号繁多,但小型机的工作原理和系统功能基本相同,只要掌握一种机型,可起到举一反三的作用。

本书的第一章、第二章由吉林电气化高等专科学校宋宏编写,第三章由长沙工业高等专科学校丁晓力编写,第五章、第六章及附录由本溪冶金高等专科学校胡学林副教授编写,第四章、第七章至第九章由吉林电气化高等专科学校弭洪涛编写,全书由胡学林统稿,由吉林电气化高等专科学校王振和教授主审。

由于编者水平所限,错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1997年4月

目 录

第一篇 继电器—接触器控制系统

第一章 常用控制电器的选择和整定	(1)
第一节 主线路常用电器元件	(1)
第二节 控制线路中常用电器元件	(20)
习 题	(36)
第二章 继电器—接触器自动控制系统	(37)
第一节 控制线路的原理图与接线图	(37)
第二节 三相异步电动机控制线路	(50)
习 题	(80)
第三章 桥式起重机的电气控制	(83)
第一节 概 述	(83)
第二节 15/3t 桥式起重机的控制回路	(90)
第三节 PQY、PQS 系列交流起重机控制站	(106)
习 题	(114)

第二篇 可编程序控制器的原理及应用

第四章 可编程序控制器概论	(115)
第一节 可编程序控制器的产生	(115)
第二节 PC 的特点及主要功能	(118)
第三节 PC 的编程语言	(121)
第四节 可编程序控制器的发展趋势	(123)
习 题	(123)
第五章 可编程序控制器的结构和工作原理	(124)
第一节 可编程序控制器的结构	(124)
第二节 可编程序控制器的工作原理	(128)
第三节 C 系列 P 型机的系统配置	(132)
习 题	(138)
第六章 可编程序控制器程序编制	(139)
第一节 基本指令及编程规则	(139)
第二节 功能指令	(148)
第三节 常用基本程序举例	(168)
第四节 编程器的功能及使用	(175)
第五节 外部设备的使用	(191)

习 题	(194)
第七章 可编程序控制器安装与接线	(200)
第一节 可编程序控制器的安装	(200)
第二节 可编程序控制器的接线	(203)
第八章 可编程序控制器应用设计	(208)
第一节 PC 设计方法及步骤	(208)
第二节 节省 I/O 点数的几种方法	(210)
第三节 设计举例	(211)
习 题	(223)
第九章 可编程序控制器检查与维护	(227)
第一节 检 查	(227)
第二节 故障现象及修复办法	(231)
第三节 错误信息	(232)
附录 I 常用的 PC 型号与功能表	(234)
附录 II F1 系列 PC 器件编号及功能表	(241)
附录 III F1 系列 PC 指令表	(242)
参考文献	(246)

第一篇 继电器—接触器控制系统

第一章 常用控制电器的选择和整定

凡是用来分、合电路，能实现对电路或非电路对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的元件称为电器。电器按其工作电压等级可分为高压电器和低压电器，工作电压在交直流 1200V 以下的电器称为低压电器。低压电器根据它在电器线路中所处的地位和作用，又可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。按照其动作方式又可分为自动切换电器和非自动切换电器两类。由人工直接操作才能完成任务的电器称为非自动切换电器，又称为手动电器，如闸刀开关、按钮、转换开关、控制器等。按照电或非电信号自动完成接通、分断电路任务的电器称为自动电器，如接触器、继电器等。

电器的种类繁多，结构各异，用途广泛。本章中仅介绍用于电力拖动控制系统中常用的低压控制电器。

电力拖动控制系统一般分为两大部分。一部分是主线路，由电动机和接通、分断、控制电动机的电器元件所组成，一般主线路的电流较大。另一部分是控制线路，由接触器线圈、继电器等所组成，它的任务是根据给定的指令，依照自动控制系统的规律和具体的工艺要求对主线路系统进行控制，控制线路的电流较小。

由于主线路和控制线路传送的能量和职能不同，对电器元件的要求也不同。为使读者有一个比较明确的概念，本章将分别对主线路和控制线路低压电器元件进行讨论。

第一节 主线路常用电器元件

一、刀开关

刀开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的电器，主要用在低压成套配电装置中，作为不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关用。也可用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载，如小型电动机等。

刀开关的典型结构如图 1-1 所示。

由图 1-1 可见，刀开关的结构是由手柄、触刀、静插座和底板组成。

为了方便和减少体积，在刀开关上安装上熔丝或熔断器，组成兼有通、断电路和保护作用的开关电器，如胶盖闸刀开

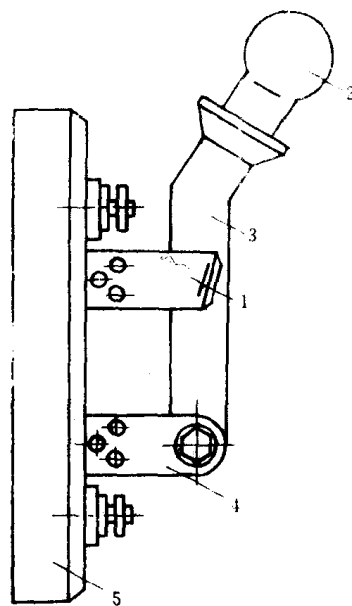


图 1-1 刀开关典型结构

1—静插座；2—手柄；3—触刀；
4—铰链支座；5—绝缘底板

关、熔断器式开关等。

(一) 胶盖闸刀开关

胶盖闸刀开关主要用于交流频率 50 赫兹、电压 380 伏、电流 60 安及以下的线路中，作为一般电灯、电阻、电热等回路的控制开关用，三极刀开关适当降低容量后，可作为小型感应电动机的手动不频繁操作的直接起动及分断用。常用的有 HK1、HK2 系列，胶盖闸刀开关技术数据见表 1-1。

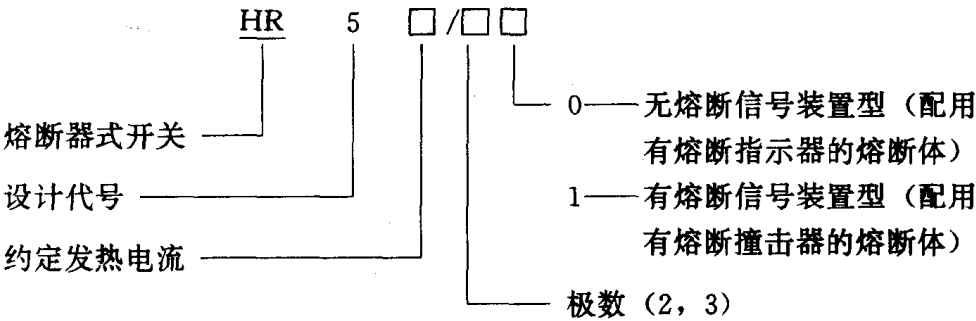
表 1-1 HK2 系列胶盖闸刀开关技术数据

额定电压 (V)	额定电流 (A)	极 数	熔体极限分断 能力 (A)	控制最大电动机 功率 (kW)	机械寿命 (次)	电寿命 (次)
200	10	2	500	1.1	10000	2000
	15		500	1.5		
	30		1000	3.0		
330	15	3	500	2.2	10000	2000
	30		1000	4.0		
	60		1500	5.5		

(二) 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关用于交流频率 50 赫兹、电压至 660V 的有高短路电流的配电电路和电动机电路中，做电动机保护和电源开关、隔离开关及应急开关，但一般不用于直接接通和分断单台电动机。常用型号有：HR5、HR11 系列。HR5 熔断器式刀开关中的熔断器为 NT 型低压高分断型熔断器，其结构比老产品 HR3 型紧凑。NT 型熔断器是由我国专业生产厂家从德国 AEG 公司引进的制造技术而生产的，其分断能力高达 100kA。HR5 型号产品取代 HR3 型号产品，可与国外同类产品互换。

型号意义如下：



HR5 系列的熔断器带有撞击器时，任一极熔断体熔断后，撞击器弹出，通过横杆触动装在底板的微动开关，使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。

HR5 系列熔断器式刀开关的主要技术数据列于表 1-2 中。

表 1-2 HR5 系列熔断器式刀关的主要技术数据

额定绝缘电压 (V)	660			
额定工作电压 (V)	380		660	
约定发热电流 (A)	100	200	400	630
配用熔体电流 (A)	4~160	80~250	125~400	315~630
熔断器型号：RT□ (系列引进德国 AEG 公司 NT 型)				

(三) 刀开关的选用

刀开关的额定电压应等于或大于电路的额定电压。其额定电流应等于或稍大于电路工作电流，若用刀开关来控制电动机，则必须考虑电动机的起动电流比较大，应选用比额定电流大一级的刀开关。此外，刀开关的通断能力，动、热稳定电流值等均应符合电路的要求。

刀开关的图形符号及文字符号如图 1-2 所示。

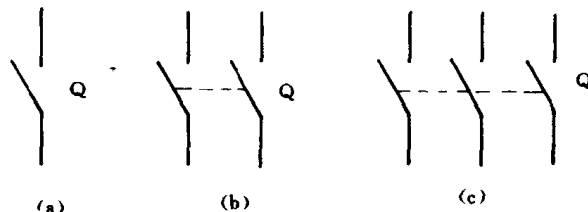


图 1-2 刀开关的图形符号和文字符号

(a) 单极；(b) 双极；(c) 三极

二、组合开关

组合开关（又称转换开关）也是一种刀开关。不过，它的刀片（动触片）是转动式的，比刀开关轻巧而且组合性强，能组成各种不同的线路。

组合开关有若干动触片，分别装于数层绝缘件中，动触片装在附有手柄的转轴上，随转轴旋转而变更其通断位置。顶盖部分由滑板、凸轮、扭簧及手柄等零件构成操作机构。该机构采用扭簧储能使开关快速闭合及分断，使触片闭合及分断的速度与手柄旋转速度无关，因此通断能力很强。

组合开关结构示意图如图 1-3 所示。

由图可见，静止时虽然触片位置不同，但当手柄转动 90 度时，三对动、静触片均闭合，接通 L1-U、L2-V、L3-W 线路。

组合开关可分为单极、双极、多极三类。产品有全国统一设计的新系列组合开关 HZ15 系列，其它常用的组合开关有 HZ5、HZ10 系列。另外还有引进德国西门子公司产品 3LB、3ST 系列，主要用于三相异步电动机负荷起动、变速换向以及作主电路和辅助电路的转换之用，其结构形状与国产组合开关 HZ5 系列相似。

组合开关型号意义如下：

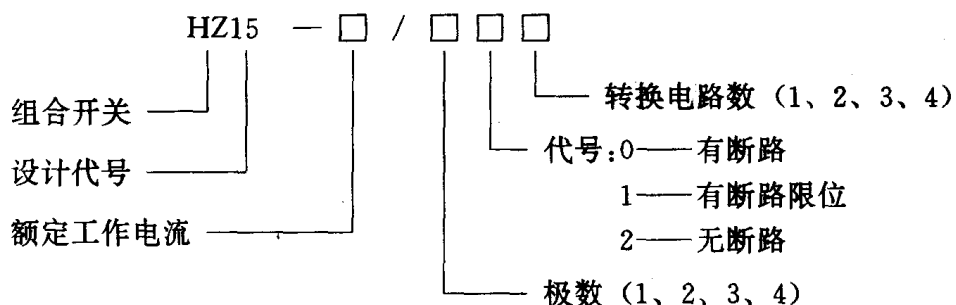


图 1-3 组合开关结构示意图

HZ15 系列组合开关基本数据见表 1-3。

组合开关的图形符号和文字符号如图 1-4 所示。

表 1-3 HZ15 系列组合开关基本数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)
HZ15-10	~380	10
HZ15-25		25
HZ15-63	—220	63

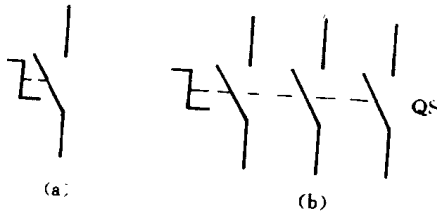


图 1-4 组合开关的图形符号和文字符号

(a) 单极；(b) 三极

三、自动空气开关

自动空气开关也称自动空气断路器，主要用在低压动力线路中。它除了能手动或自动接通动力电源外，还能在发生严重过载、短路及欠电压等故障时自动切断电路，实现对线路、电源设备及电动机的保护。也可用于不频繁地转换及起动电动机。

自动空气开关按结构和用途分为塑料外壳式、框架式、限流式、漏电和快速断路器。框架式自动空气开关为敞开式结构，主要用作配电网路的保护开关，适用于大容量线路。塑料外壳式自动空气开关的结构特点是具有安全保护用的塑料外壳，适用于作配电网路的保护开关和作电动机、照明电路及电热电路的控制开关。

本节主要介绍应用较多的塑料外壳式自动空气开关。

(一) 自动空气开关的简单工作原理

自动空气开关主要由三个基本部分组成，即触头和灭弧系统；各种脱扣器；包括失压脱扣器、过电流脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器；操作机构和自由脱扣机构。

图 1-5 为自动空气开关的工作原理简图，实际的自动空气开关机构比图 1-5 要复杂的多。

自动空气开关的触头 2 是靠操作机构（手动或电动）合闸的。主触头闭合后，触头 2 由锁键 3 保持在闭合状态，锁键 3 由搭钩 4 支持着，搭钩 4 可以绕轴 5 转动，如果搭钩 4 被杠杆 7 顶开，那么触头 2 就被弹簧 1 拉开，电路分断。

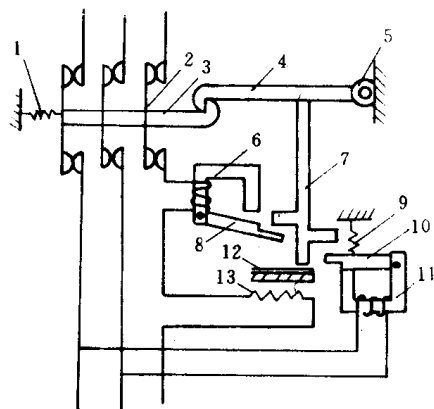


图 1-5 自动空气开关原理图

- 1, 9—弹簧；2—触点；3—锁键；4—搭钩；
5—轴；6—过电流脱扣器；7—杠杆；
8, 10—衔铁；11—欠电压脱扣器；
12—双金属片；13—电阻丝

自动空气开关的自动分断，是由过电流（电磁）脱扣器 6、欠电压脱扣器 11 和热脱扣器 12、13 控制杠杆 7 顶开搭钩 4 而完成的。过电流脱扣器的线圈和主电路串联，当线路正常工作时，过电流继电器的线圈所产生的吸力不能将它的衔铁 8 吸合，只有当电路发生短路时和产生很大的过电流时，过电流脱扣器吸力就增加，将衔铁 8 吸合，这时就撞击杠杆 7，把搭钩 4 顶上去，触头 2 就打开。欠电压脱扣器 11 的线圈是并联在主电路上，当线路电压正常时，欠电压脱扣器产生的吸力能够将它衔铁 10 吸合，如电压下降到某一值时，欠电压脱扣器的吸力减少，衔铁 10 被弹簧 9 拉开，这时同样撞开杠杆 7 把搭钩 4 顶开，触头 2 就打开了。热脱扣器作用和热继电器相同，当线路发生过载时，过载电流流过发热元件 13 使双金属片 12 受热弯曲，同样将搭钩 4 顶开，使触头分断，起过载保护作用。

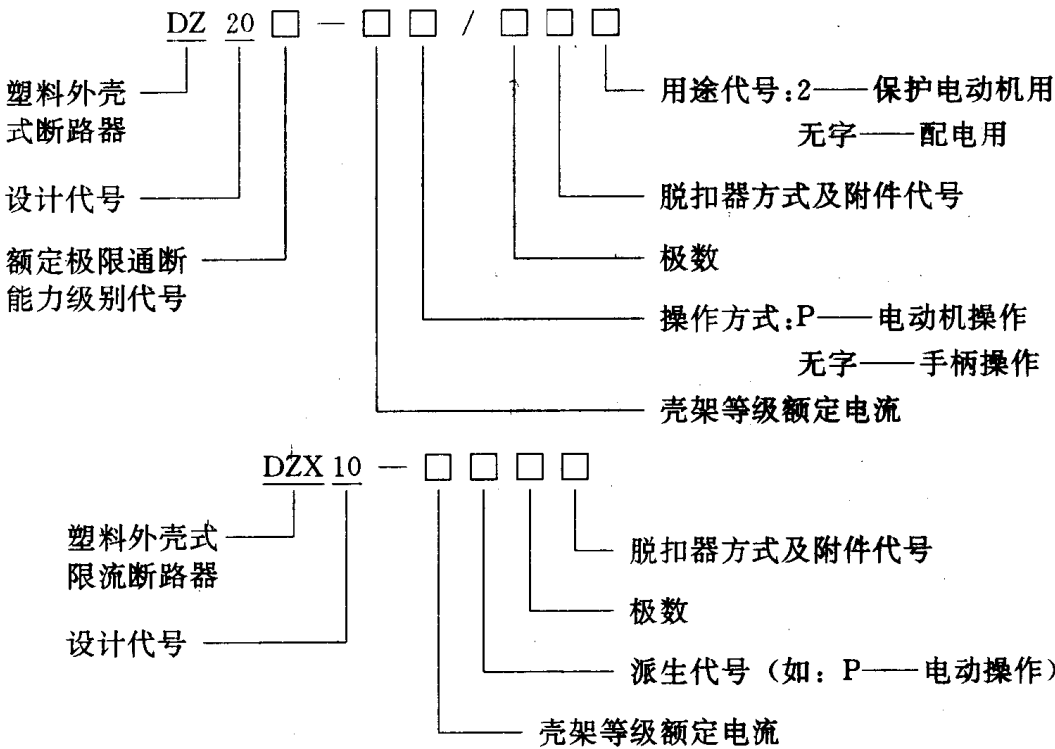
自动空气开关根据不同的用途可配备不同的脱扣器。

(二) 自动空气开关的主要技术参数有：额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型和其额定电流及其整定范围、主触头的分断能力等。

常用的塑壳式自动开关有：DZ20、DZ15、DZ10、DZ5、DZX19、DZX10 等系列。引进生产的有德国 BBC 公司的 S060 系列，美国西屋公司的 H 系列，日本寺崎公司的 TG 系列等。

其中 DZ20、DZ15 等系列为统一设计的新系列自动空气开关。DZX19、DZX10 系列是限流型自动空气开关，在正常条件下它与普通自动开关一样，作线路的不频繁转换之用。当网络短路时，具有限流特性，利用短路电流所产生的电动力使触头迅速断开（约 8~10 毫秒内），限制了可能出现的最大短路电流，适用于分断能力高的场合。

自动空气开关的型号意义为：



在表 1-4 和表 1-5 中给出了 DZ20 系列和 DZX10 系列自动开关的技术数据。

表 1-4 DZ20 系列塑壳式自动空气开关技术数据

型 号	额定电压 (V)	壳架额定电流 (A)	熔断器额定电流 (A)	级 数	瞬时脱扣器整定电流倍数
DZ20Y-100	~380	100	16, 20, 32, 40,	二 级	配电用 $10I_N$
DZ20J-100			50, 63, 80, 100		保护电动机用 $12I_N$
DJ20Y-200		200	100, 125, 160,	或	配电用 $5I_N, 10I_N$
DZ20J-200			180, 200, 225		保护电机用 $8I_N, 12I_N$
DZ20Y-400	—220	400	200, 250, 315, 350, 400	三 级	配电用 $10I_N$
DZ20J-400					保护电机用 $12I_N$
DJ20Y-630		630	500, 630		配电用 $5I_N, 10I_N$
DZ20J-630					

表 1-5 DZX10 系列自动空气开关技术数据

型 号	额定电流 (A)	脱扣器额定电流 (A)	瞬时动作整定电流 (A)	分断能力 (kA)	额定极限分断能力 (kA)
DZX10-100	100	15, 20, 25, 30, 40, 50, 63, 80, 100	$10I_N$	25	30
DZX10-200	200	100, 120	$5\sim 10I_N$	30	40
		140, 170, 200	$3\sim 10I_N$		
DZX10-630	630	200, 250, 300, 350, 400, 500, 630	$5\sim 10I_N$	45	60

(三) 自动空气开关的选择和维护

1. 自动空气开关的选择原则

- ①自动空气开关的额定电压要大于或等于线路或设备的额定电压。
- ②自动空气开关的额定电流要大于或等于负载工作电流。
- ③自动空气开关的脱扣额定电流要大于或等于负载工作电流。
- ④自动空气开关的极限通断能力要大于或等于电路最大的短路电流。
- ⑤自动空气开关的欠电压脱扣器的额定电压要等于主电路额定电压。
- ⑥自动空气开关类型的选择, 应根据电路额定电流对保护的要求来选用。

2. 自动空气开关的维护

①自动空气开关在使用前应将电磁铁工作面的防锈油脂抹净, 以免影响磁系统的正常工作;

②操作机构在使用一定次数以后 (约 $1/4$ 机械寿命), 在机构的转动部分 (小容量塑料外壳式不需要) 应加润滑油;

③定期检修时, 应清除落于自动开关上的灰尘, 以保证良好绝缘;

④灭弧室在因短路分断或较长时期使用后, 应清除其内壁和栅片上的金属颗粒和黑烟。长期未使用的灭弧室 (如配件), 在使用前应先烘一次, 以保证良好的绝缘性;

⑤自动开关的触头在使用一定次数后, 如触头表面发现毛刺、颗粒等应及时清理和修整, 以保证良好的接触;

⑥定期检查各脱扣器的电流整定值和延时。

自动空气开关图形符号及文字符号如图 1-6 所示。

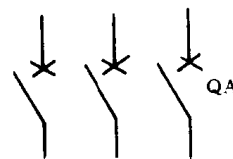


图 1-6 自动空气开关的图形符号和文字符号

四、熔断器

熔断器是电动机或用电线路中一种最简单的保护元件, 主要用作短路或严重过载保护。由于熔断器的结构简单、体积小、重量轻、使用和维护方便、价格低廉、可靠性高, 因此得到广泛应用。

(一) 熔断器的结构原理及种类

熔断器主要有熔体和安装熔体的绝缘管或绝缘座组成。熔体 (或称熔丝) 的材料主要有铅、铅锡合金、铜、银、锌等所组成, 制作成丝状或片状。使用时, 将熔断器串联在被保护

的电气设备或线路中,在正常情况下,通过熔体的电流小于或等于它的额定电流,熔体发热温度低于其熔点,熔体不会熔断,保持电路接通,当电路发生短路或严重过载时,故障电流远远超过额定值,熔体被加热到熔点而烧断,起到保护作用。

低压熔断器按其结构可分为螺旋式、管式、插入式等,如图 1-7 所示。

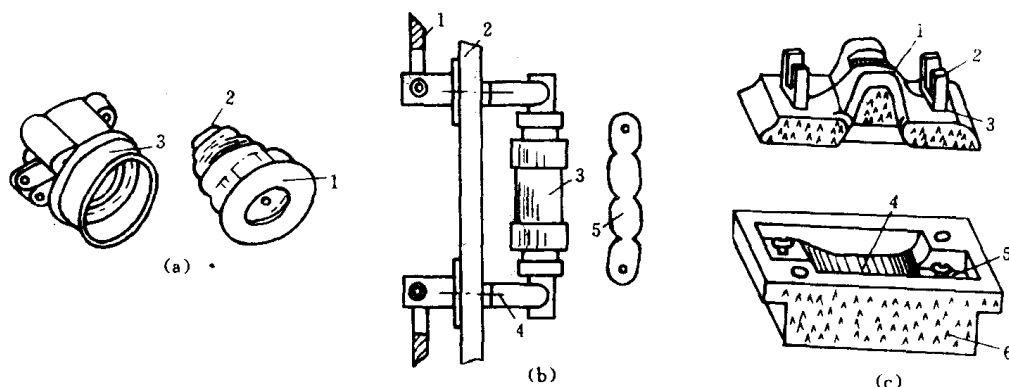


图 1-7 熔断器结构

(a) 螺旋式熔断器: 1—瓷帽; 2—熔心; 3—底座

(b) 管式熔断器: 1—导线; 2—绝缘底板; 3—装有熔片的金属套管; 4—弹性铜片; 5—熔片

(c) 插入式熔断器: 1—熔丝; 2—动触头; 3—瓷盖; 4—石棉带; 5—静触头; 6—瓷座

(二) 熔断器的类型

1. 螺旋式熔断器常用产品有 RL1、RL2、RL6、RL7 系列。一般用于配电线路终端,作为过载或短路保护,其中 RL6、RL7 系列可取代 RL1、RL2 系列。

RLS 系列为螺旋式快速熔断器,其中 RLS2 系列用来保护半导体硅整流元件及晶闸管,可取代 RLS1 系列。

2. 瓷插(插入)式熔断器常用产品有 RC1A 系列,用于 380V 及以下的配电线路末端。作为配电系统导线及电气设备(如电动机、负荷开关)的短路保护,也可作为民用照明等电路的保护。

3. 封闭管式熔断器。该种熔断器分为无填料、有填料和快速三种。RM10 系列为无填料封闭管式熔断器,用于 380V 及以下的成套配电设备中,作短路保护和防止连续过负荷用。RT10、RT11、RT12、RT14、RT15、NGT 为有填料的熔断器,管内装有石英砂,灭弧能力强,断流能力大,用于较大有短路电流的电力输配电系统中,其中 RT12 可取代 RT10,RT15 可取代 RT11。RT12、RT15 系列带有熔断指示器,熔断时红色指示器弹出,作信号显示。RS0、RS3 系列为有填料快速熔断器,用于 750V、700A 电路中,作为硅整流元件和晶闸管及其组成的成套装置的过载和短路保护。

4. NT 型熔断器为引进德国 AEG 公司制造技术,具有 80 年代水平的产品。其产品符合国际标准和我国新制定的低压熔断器标准,具有功率损耗低、保护特性稳定、限流性能好、体积小等特点。可用于 660V、电流到 1000A 的电路,作为工业电气装置配电设备过载和短路保护。

NT 型熔断器规格有 NT00、NT1~NT4,有 160、250、400、630、1000 五个等级,极限分断能力为 50kA 和 120kA。

几种熔断器的主要技术数据列于表 1-6。

表 1-6 几种熔断器的技术数据

型 号	额定电压 (A)	支持件额定电流 (A)	熔 体 额 定 电 流 (A)	极限分断能力 (kA)
RL6	500	25	2, 4, 6, 10, 16, 20, 25	50
		63	35, 50, 63	
		100	80, 100	
		200	125, 160, 200	
RL7	660	25	2, 4, 6, 10, 20, 25	25
		63	35, 50, 63	
		100	80, 100	
RLS-2	500	30	16, 20, 25, 30	
		63	35, (45), 50, 63	
		100	75, 80, (90), 100	
RL1A	380	5	2.5	
		10	2, 5, 10	
		15	10, 15	
		30	20, 25, 30	
		60	40, 50, 60	
		100	60, 80, 100	
		200	100, 120, 200	
RT12	415	20	2, 4, 6, 10, 16, 20	
		32	20, 25, 32	
		63	32, 40, 32	
		100	63, 80, 100	
RT15	415	100	40, 50, 63, 80, 100	
		200	125, 160, 200	
		315	250, 315	
		400	350, 400	

(三) 熔断器的保护特性

每一个熔断体都有一个熔断电流值，熔体允许长期通过额定电流而不熔断。当通过熔体的电流为额定电流的 1.3 倍时，熔体熔断时间约在 1 小时以土；通过 1.6 倍的额定电流时，约经一小时熔断；2 倍额定电流时，约 (30~40) 秒后熔断；当达到 (8~10) 倍额定电流时，熔体几乎瞬时熔断。由此可见，通过熔体的电流与熔断时间的关系具有反时限特性，如图 1-8。它作为电路的短路保护很理想，但不宜作电动机的过载保护。因为交流异步电动机起动电流为额定电流的 4~7 倍，要保证熔体在起动过程中不熔断，其选用的熔体电流比额定电流大的多，这样当电动机过载时，熔断器就不能起到保护作用。

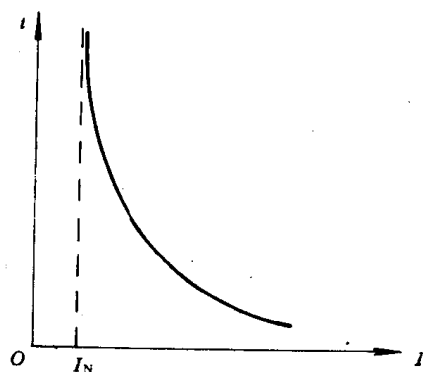


图 1-8 熔断器的保护特性

(四) 熔断器的选择

1. 熔断器类型选择, 其类型应根据线路的要求, 使用场合和安装条件选择。
2. 熔断器的额定电压必须等于或高于熔断器工作点的电压。
3. 熔断器的额定电流必须等于或高于所装熔体的额定电流。
4. 熔断器的额定分断能力必须大于电路可能出现的最大故障电流。
5. 熔断器所装熔体的额定电流可按以下几种条件选择:

①对于电炉、照明等电阻性负载的短路保护, 应该使熔体的额定电流等于或稍大于电路的工作电流, 即:

$$I_{fu} \geq I$$

②保护单台长期工作的电动机时:

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

③保护频繁起动的电动机时:

$$I_{fu} \geq (3 \sim 3.5)I_N$$

④保护多台电动机时:

$$I_{fu} \geq (1.5 \sim 2.5)I_{NM} + \sum I_N$$

式中 I_{fu} ——熔体额定电流;

I_N ——电动机额定电流;

I_{NM} ——容量最大一台电动机的额定电流。

⑤降压起动的电动机选用熔体的额定电流等于或稍大于电动机的额定电流。

熔断器的图形符号及文字符号见图 1-9。

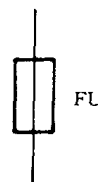


图 1-9 熔断器的图形和文字符号

五、接触器

接触器是一种用来频繁地接通或切断带有负载的交、直流主电路或大容量控制电路的自动切换电器。其主要控制对象是电动机, 也可用于其它电力负载, 如电热器、电焊机、电炉变压器、电容器组等。它的作用和刀开关类似, 但是接触器不仅能接通和切断电路, 还具有低电压释放保护作用, 控制容量大, 适用于频繁操作和远距离控制, 工作可靠、寿命长等特点。而刀开关既无低电压释放保护, 又只能用手直接操作。接触器的运动部分(动铁心、触头等), 可借助于电磁力、压缩空气、液压力的作用来驱动。在此, 我们只介绍电磁力驱动的电磁式接触器。

接触器按其触头通过的电流种类可分为交流接触器和直流接触器两种。

(一) 交流接触器

交流接触器的触头流过交流电流, 但对它的吸引线圈的电压并没有硬性规定, 通常多数是施加交流电压, 也有为了增加接触器的开闭次数和可靠性采用直流吸引线圈的。电磁式接触器主要由电磁机构、触头系统、灭弧装置等部分组成。

1. 电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换成机械能带动触头闭合或断开。电磁机构由线圈、动铁心(衔铁)和静铁心组成。

(1) 交流接触器常用的动、静铁心结构

交流接触器的常用的动、静铁心结构如图 1-10 所示。

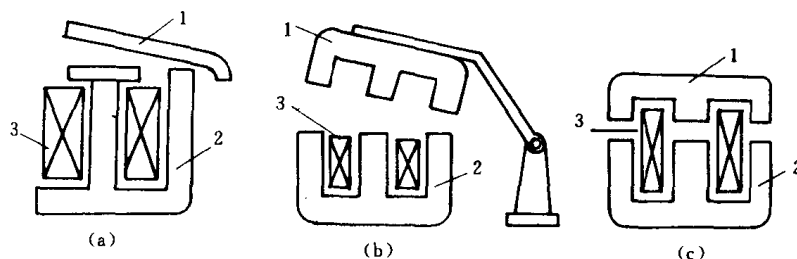


图 1-10 交流接触器常用的动、静铁心结构

1—衔铁；2—铁心；3—吸引线圈

①衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，如图 1-10 (a)。这种形式多用于要求频繁操作的交流接触器中，线圈通直流电。

②衔铁沿轴转动的拍合式铁心，如图 1-10 (b)。其铁心形状有 E 型和 U 型两种。这种形式多用于触头容量较大的交流接触器中。

③衔铁直线运动的双 E 型直动式铁心，如图 1-10 (c)。多用于交流接触器、继电器中。

由于交流接触器的线圈通交流电，在铁心中存在磁滞和涡流损耗，引起铁心发热。为了减少涡流、磁滞损耗，以免铁心发热过甚，铁心用硅钢片叠铆而成。

(2) 吸引线圈

吸引线圈一般用铜线绕成。由于交流接触器的吸引线圈电阻较小（主要靠感抗限制线圈电流）故铜损引起的发热不多，为了增加铁心的散热面积，吸引线圈设有骨架，使铁心与线圈隔离并将线圈制成粗而短的圆桶状。

(3) 电磁吸力与吸力特性

电磁机构的吸力与很多因素有关，准确的计算公式相当复杂，这里只能列出近似的计算式。

当铁心衔铁端面平行，且气隙 δ 比较小时，吸力近似为：

$$F = 4 \times 10^5 B^2 S \quad (1-1)$$

式中 B ——气隙磁感应强度，单位 T；

S ——决定电磁吸力的衔铁端面面积，单位 m^2 。

此式对交、直流和各种形式的电磁机构都适用。对于交流电磁铁，由于外加正弦交流电压，其气隙磁感应强度也按正弦规律变化，即

$$B = B_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

将式 (1-2) 代入式 (1-1) 经整理得出交流电磁铁的电磁吸力为：

$$F = \frac{1}{2} F_m - \frac{1}{2} F_m \cos 2\omega t = F_0 (1 - \cos 2\omega t) \quad (1-3)$$

式中 F_m ——电磁吸力最大值， $F_m = 4 \times 10^5 B^2 S$ ；

F_0 ——电磁吸力平均值， $F_0 = \frac{1}{2} F_m$ 。

由此可知,交流电磁铁的电磁吸力是随时间变化而变化的。交流电磁铁在工作过程中,决定其能否将衔铁吸住的是平均吸力 F_0 的大小。所以我们通常说的交流电磁铁的吸力,就是指它的平均吸力。

对于具有电压线圈的交流电磁机构,当外加电压不变,交流吸引线圈的阻抗主要决定于线圈的电抗,电阻可忽略,则

$$U = E = 4.44f\phi N \quad (1-4)$$

$$\phi = \frac{U}{4.44fN} \quad (1-5)$$

当频率 f 、匝数 N 和电压 U 均为常数时, ϕ 为常数,由式 (1-1) 知 F 为常数,说明 F 与 δ 大小无关。实际上考虑到漏磁的作用, F 随 δ 的减小略有增加。当气隙变化时, I 与 δ 成线性关系,图 1-11 示出了交流电磁铁的吸力特性。

由上述结构可见,在线圈通电而衔铁尚未吸合瞬间, U 型电磁铁机构电流将达到吸合后额定电流的 5~6 倍, E 型电磁机构将达到 10~15 倍。如果衔铁卡住不能吸合,或者频繁操作,线圈可能烧毁。

(4) 交流电磁机构上短路环的作用

根据交流电磁吸力公式可知,交流电磁机构的电磁吸力是一个两倍电源频率的周期性变量。它有两个分量:一个是恒定分量 F_0 ,其值为最大吸力值的一半;另一个是交变分量 $F_m = F_0 \cos 2\omega t$,其幅值也为最大吸力值一半,但二倍于电源频率变化。总的电磁吸力 F ,则是从 0 到 F_m 的范围内变化。

在实际工作中,电磁铁衔铁始终受到释放弹簧及其它阻力之和 F_f 的作用。尽管交流电磁铁的吸力 F_0 大于 F_f ,但在某些时候,电磁铁的电磁吸力 F 仍小于 F_f 。当 F 小于 F_f 时,在释放弹簧的作用下,衔铁开始释放;当 F 大于 F_f 时,衔铁又被吸合,如此周而复始,从而使衔铁产生振动,发出噪音。振动易使电器结构松散、寿命降低,同时使触头接触不良,易于熔焊与烧毁;噪音使工人感到疲劳,恶化工作环境。为了消除这一现象,在铁心柱端面上嵌装一个自成回路的铜环,也称其为短路环。如图 1-12 所示。

由于短路环通常包围 2/3 的动铁心截面,这样当吸引线圈通电后,在短路环中就有感应电流产生,该感应电流又会产生一个磁通 ϕ_2 。其中 ϕ_2 落后于没穿过短路环的磁通 ϕ_1 一个电角度 ψ 。这两个磁通产生各自的吸力,如图 1-13 所示。从图中可见吸力 F_1 和吸力 F_2 不同时到达零,使任何瞬间吸力均不为零(即合力不为零)。从而消除了振动与噪音。

交流接触器的吸引线圈的电压在 85%~105% U_N 能保证可靠工作。应该指出,电压升高时,交流接触器磁路趋于饱和,线圈电流将显著增大,有烧毁线圈的危险。

使用时要特别注意线圈的额定电压,如把额定电压为 220V 的线圈接至 380V 电源上,线圈将烧毁,反之衔铁不动作,线圈也可能因过热而烧毁。

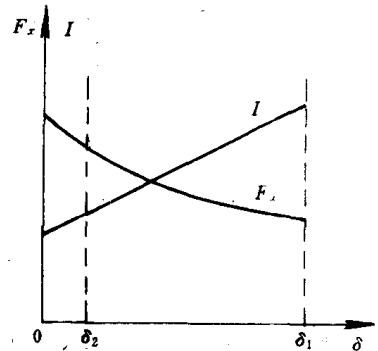


图 1-11 交流电磁铁的吸力特性

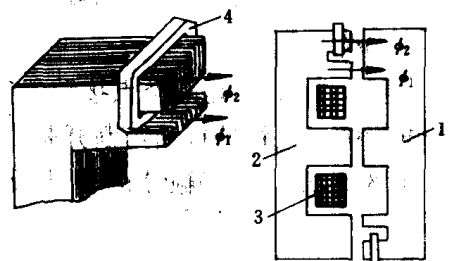


图 1-12 交流电磁机构中短路环
1—衔铁; 2—铁心; 3—线圈; 4—短路环