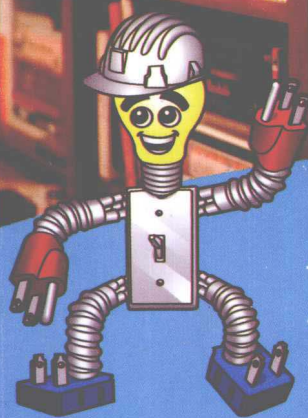




电工书架

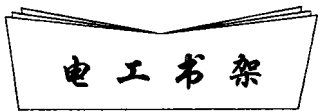
Electrician shelves

王 建 李利军 刘民庆 主编

电工线路 快速入门

DIANGONG XIANLU
KUAISU RUMEN





电工书架

电工线路快速入门

王 建 李利军 刘民庆 主编

河南科学技术出版社

·郑州·

内 容 提 要

本书是根据最新维修电工国家职业标准的基本内容和工厂维修电工的实际工作需要编写的。本书以解决实际工作的技术问题为目标,用大量的图片并配以说明,增强了直观性,便于人们掌握操作技能。其主要内容包括电工线路基础、变配电线路、电动机的控制线路、建筑电气工程线路、常用电气设备的控制线路、电气测量线路和电气保护线路。

本书可作为广大电气安装与维修工作人员的技术参考用书,也可作为电气技术人员的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工线路快速入门/王建,李利军,刘民庆主编. —郑州:河南科学技术出版社,2013.4

ISBN 978-7-5349-5749-9

I. ①电… II. ①王… ②李… ③刘… III. ①电路-基本知识 IV. ①TM13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第037666号

出版发行:河南科学技术出版社

地址:郑州市经五路66号 邮编:450002

电话:(0371) 65737028

网址:www.hnstp.cn

策划编辑:孙 彤

责任编辑:司 芳

责任校对:柯 姣

封面设计:张 伟

责任印制:张艳芳

印 刷:辉县市文教印务有限公司

经 销:全国新华书店

幅面尺寸:140 mm×202 mm 印张:13 字数:340千字

版 次:2013年4月第1版 2013年4月第1次印刷

定 价:29.00元

如发现印、装质量问题,影响阅读,请与出版社联系并调换。



为了落实国家关于高技能人才工作的精神，满足“加强高技能型人才的实践能力和职业技能的培养，高度重视实践环节”的要求，切实解决目前人才市场上电气实用型人才急需的问题，具体针对电气实用型人才的培养，使他们能够顺利上岗并尽快胜任岗位要求，以及对有一定工作经验人员的充电，适应新技术的发展需要，我们编写了本书。

本书编委会组织一批学术水平高、经验丰富、实践能力强的专家，在充分调研的基础上，共同研究培训目标，结合维修电工国家职业标准，编写了本书。

本书的编写特色：一是坚持“以市场为导向，以技能为核心，以满足就业为根本落脚点”的培养方针，突出实践，所有的实例都来自生产一线。二是内容上涵盖国家职业标准对知识和技能的要求，注重现实社会发展和就业需求，以培养职业岗位群的综合能力为目标，从而有效地开展实际操作能力的培养，更好地满足企业用人的需要。三是编写内容充分反应新知识、新技术、新工艺和新方法，具有超前性和先进性。

由于水平有限，书中存在的不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月



第一章 电工线路基础	(1)
第一节 低压电器基础	(1)
一、低压开关	(1)
二、熔断器	(9)
三、交流接触器	(12)
四、主令电器	(15)
五、继电器	(19)
第二节 高压电器基础	(30)
一、高压熔断器	(30)
二、高压隔离开关	(33)
三、高压负荷开关	(34)
四、高压断路器	(36)
第三节 电工识图基础	(38)
一、电气图的分类	(38)
二、电气图的绘制原则	(41)
三、电气图的绘制方法	(45)
四、电气图的识读	(51)
第二章 变配电线路	(59)
第一节 变电所线路	(59)

一、高压变配电所主接线线路	(59)
二、企业一次供电线路	(65)
三、高压集中补偿线路	(68)
第二节 车间配电线路	(70)
一、高压配电线路	(70)
二、二次接线线路	(72)
三、低压集中补偿电容器线路	(74)
四、单独就地补偿电容器线路	(75)
五、24h 自动投切电容器控制线路	(77)
第三节 继电保护线路	(78)
一、断路器控制线路	(78)
二、固定式开关柜交流控制、信号线路	(83)
三、手车式开关设备控制、信号线路	(84)
四、音响监视的断路器控制、信号线路	(86)
五、直流操作电源线路	(86)
六、事故信号线路	(92)
七、自动重合闸装置信号线路	(98)
第三章 电动机的控制线路	(106)
第一节 电动机控制的一般原则和电动机的保护 ..	(106)
一、电动机控制的一般原则	(106)
二、电动机的保护	(107)
第二节 三相异步电动机基本控制线路	(112)
一、点动正转控制线路	(112)
二、自锁控制线路	(113)
三、连续与点动混合控制线路	(115)
四、正反转控制线路	(116)
五、顺序控制线路	(121)
六、多地控制线路	(124)
七、位置控制线路与自动往返控制线路	(125)

八、降压启动控制线路	(128)
九、电气制动控制线路	(140)
十、调速控制线路	(148)
第三节 三相交流绕线异步电动机的典型控制线路 ...	(154)
一、三相绕线转子异步电动机的启动控制线路	(154)
二、转子绕组串联频敏变阻器启动线路	(158)
三、绕线转子异步电动机凸轮控制器控制线路	(160)
第四节 直流电动机的典型控制线路	(164)
一、直流电动机的启动控制线路	(164)
二、直流电动机的正反转控制线路	(166)
三、直流电动机的制动控制线路	(168)
四、直流电动机的调速控制线路	(171)
第五节 电动机的选择	(182)
一、电动机额定功率的选择	(182)
二、电动机额定转速的选择	(185)
三、电动机额定电压的选择	(186)
四、电动机种类的选择	(186)
五、电动机形式的选择	(188)
第六节 电动机控制线路的设计	(189)
一、控制线路设计的一般要求和方法	(189)
二、控制线路的设计步骤	(189)
三、控制线路设计举例	(193)
四、控制线路设计的注意事项	(195)
第四章 建筑电气工程线路	(202)
第一节 建筑电气工程图识读基础	(202)
一、建筑电气工程图的组成、特点及用途	(202)
二、建筑电气工程图的识读步骤	(205)
三、照明工程图的识读	(207)
四、动力工程图的识读	(210)

五、建筑电气平面布置图和安装图的识读	(214)
六、建筑物防雷接地工程图的识读	(221)
第二节 动力及照明工程线路	(225)
一、动力配电控制线路	(225)
二、照明控制线路	(233)
第五章 常用电气设备的控制线路	(237)
第一节 机床设备的控制线路	(237)
一、车床控制线路	(237)
二、钻床控制线路	(241)
三、M7120 磨床控制线路	(248)
四、铣床控制线路	(250)
五、T68 型镗床控制线路	(262)
六、桥式起重机控制线路	(265)
第二节 通用设备的控制线路	(276)
一、电焊机的控制线路	(276)
二、压缩机的控制线路	(279)
三、水泵、油泵的控制线路	(285)
第三节 建筑设备的控制线路	(303)
一、卷扬机的控制线路	(303)
二、搅拌机的控制线路	(304)
第六章 电气测量线路	(307)
第一节 电流和电压的测量线路	(307)
一、电流表及电流的测量线路	(307)
二、电压表及电压的测量线路	(320)
第二节 电阻的测量	(328)
一、兆欧表、电桥及接地电阻仪	(328)
二、电阻的测量线路	(340)
第三节 功率的测量	(341)
一、功率表	(341)

二、有功功率的测量线路	(343)
三、三相无功功率的测量线路	(348)
第四节 电能测量线路	(350)
一、电能表	(350)
二、有功电能的测量线路	(354)
三、无功电能的测量线路	(357)
第七章 电气保护线路	(362)
第一节 电动机缺相保护线路	(362)
一、电动机熔断器、继电器断相保护线路	(362)
二、欠流继电器电动机断相保护线路	(362)
三、零序电压电动机断相保护线路	(363)
四、星形/三角形连接电动机断相保护线路	(367)
五、零序电流断相保护线路	(369)
六、采用继电器控制的电动机缺相保护线路 ...	(370)
七、具有节电功能的电动机缺相保护线路	(371)
八、电动机断相自动保护线路	(372)
九、三相电动机断相过电流保护线路	(377)
第二节 过载、失压、欠压保护线路	(378)
一、过载保护线路	(378)
二、电动机过电流保护线路	(382)
三、过压、欠压保护线路	(384)
四、多功能保护电路的电动机控制线路	(387)
第三节 安全保护线路	(392)
一、漏电保护线路	(392)
二、接地和接零保护	(401)
三、防雷保护	(403)
参考文献	(405)

第一章 电工线路基础

第一节 低压电器基础

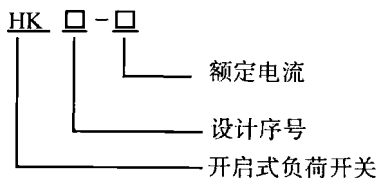
一、低压开关

低压开关主要用来隔离、转换、接通和分断电路，多数用作机床电路的电源开关和局部照明电路的开关，有时也可用来直接控制小容量电动机的启动、停止和正反转。低压开关一般为非自动切换电器，常用的有负荷开关、组合开关和低压断路器。负荷开关又分为开启式和封闭式两种。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称闸刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关，适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路，供手动不频繁地接通和分断电路，并起短路保护。HK 系列负荷开关由刀开关和熔断器组合而成，如图 1-1 所示。

开启式负荷开关型号及其含义如下：



开启式负荷开关的结构简单，价格便宜，在一般的照明电路

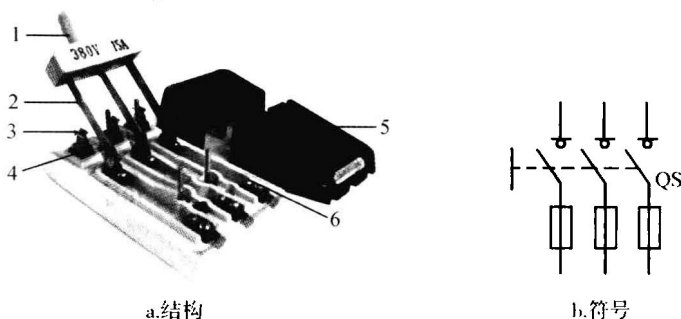


图 1-1 开启式负荷开关

1. 瓷质手柄; 2. 动触头; 3. 静触头; 4. 进线座; 5. 胶盖; 6. 出线座

和功率小于 5.5kW 的电动机控制线路中被广泛采用。但这种开关没有专门的灭弧装置, 其刀式动触头和静夹座易被电弧灼伤引起接触不良, 因此不宜用于操作频繁的电路。具体选用方法如下:

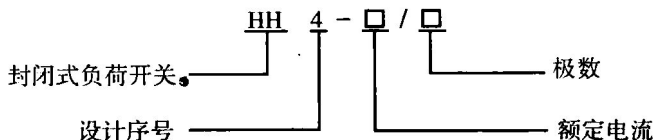
1) 用于照明和电热负载时, 选用额定电压 220V 或 250V、额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关。

2) 用于控制电动机的直接启动和停止时, 选用额定电压 380V 或 500V、额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关是在开启式负荷开关的基础之上改进设计的一种开关, 其灭弧性能、操作性能、通断能力和安全防护性能都优于开启式负荷开关。因其外壳多为铸铁或用薄钢板冲压而成, 俗称铁壳开关。可用于手动不频繁地接通和断开带负荷的电路及作为电路末端的短路保护, 也可用于控制 15kW 以下的交流电动机不频繁的直接启动和停止。

封闭式负荷开关型号及其含义如下:



常用的封闭式开关有 HH3、HH4 系列。其中 HH4 系列为全国统一设计产品，其结构如图 1-2 所示，它主要由刀开关、熔断器、操作机构和外壳组成。封闭式负荷开关具有两个特点：一是采用储能分合闸方式，提高开关的通断能力，延长其使用寿命；二是设置了联锁装置，确保了操作安全。

具体选用方法如下：

1) 选用封闭式负荷开关时，应使其额定电压不小于线路工作电压。

2) 用于照明、电热负荷的控制时，开关额定电流应不小于所有负载额定电流之和。

3) 用于控制电动机时，开关的额定电流应不小于电动机额定电流的 3 倍。

3. 组合开关

组合开关又称转换开关，它体积小，触头对数多，接线方式灵活，操作方便，常用于交流 50Hz、380V 以下及直流 220V 以下的电气线路中，供手动不频繁地接通和断开电路、换接电源和负载，以及控制 5kW 以下的交流电动机的启动、停止和正反转。

组合开关的型号及其含义如下：

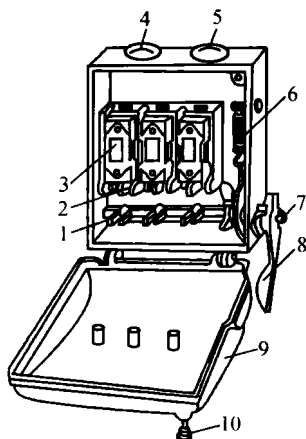
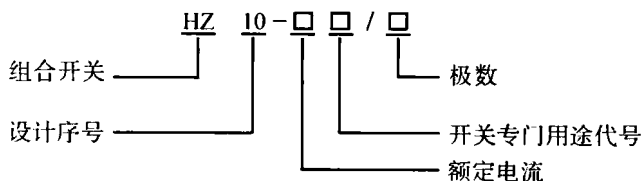


图 1-2 HH4 系列封闭式负荷开关

1. 刀式动触头；2. 静夹座；3. 熔断器；4. 进线孔；5. 出线孔；6. 速断弹簧；7. 转轴；8. 手柄；9. 开关盖；10. 开关盖锁紧螺栓

HZ 系列组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ5 及 HZ10 等系列产品。其中 HZ10 系列是全国统一设计产品, 具有性能可靠、结构简单、组合性强、寿命长等优点, 目前在生产中得到广泛应用。

HZ10-10/3 型组合开关的外形、结构和符号如图 1-3 所示。开关的三对静触头分别装在三层绝缘垫板上, 并附有接线柱, 用于与电源及用电设备相接。动触头由磷铜片 (或硬紫铜片) 和具有良好灭弧性能的绝缘钢纸板铆合而成, 并和绝缘垫板一起套在附有手柄的方形绝缘转轴上。手柄和转轴能在平行于安装面的平面内沿顺时针或逆时针方向每次转动 90° , 带动三个动触头分别与三对静触头接触或分离, 实现接通或分断电路的目的。开关的顶盖部分是由滑板、凸轮、扭簧和手柄等构成的操作机构。由于采用了扭簧储能, 可使触头快速闭合或分断, 从而提高了开关的通断能力。组合开关的绝缘垫板可以一层层组合起来, 并按不同的方式配置触头, 可得到不同的控制要求。

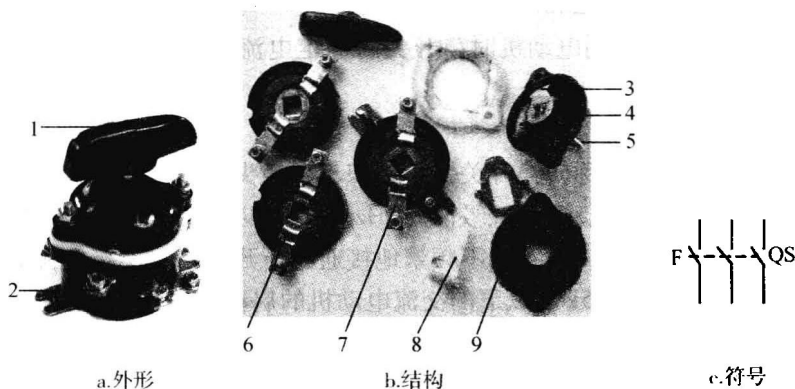


图 1-3 HZ10-10/3 型组合开关

1. 手柄; 2. 接线端子; 3. 凸轮; 4. 弹簧; 5. 转轴;
6. 动触头; 7. 静触头; 8. 绝缘杆; 9. 绝缘垫

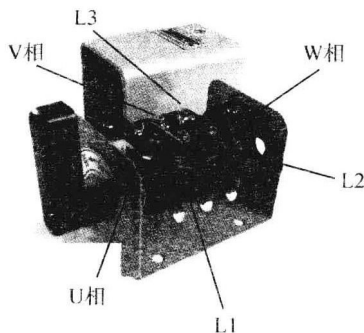
组合开关中, 有一类是专为小容量三相异步电动机的正反转

而设计的,如 HZ3-132 型组合开关,俗称倒顺开关或可逆开关,如图 1-4 所示。倒顺开关电路状态见表 1-1。

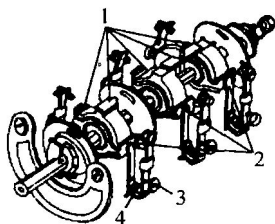
开关手柄有“倒”“停”“顺”三个位置,手柄只能从“停”位置左转 45°或右转 45°。

表 1-1 倒顺开关电路状态

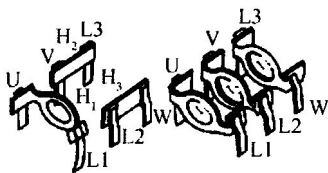
触头	手柄位置		
	倒	停	顺
L1 - U	×		×
L2 - W	×		
L3 - V	×		
L2 - V			×
L3 - W			×



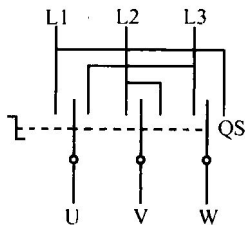
a. 外形



b. 结构



c. 触头开关



d. 符号

图 1-4 倒顺开关

1. 动触头; 2. 静触头; 3. 调节螺钉; 4. 触头压力弹簧

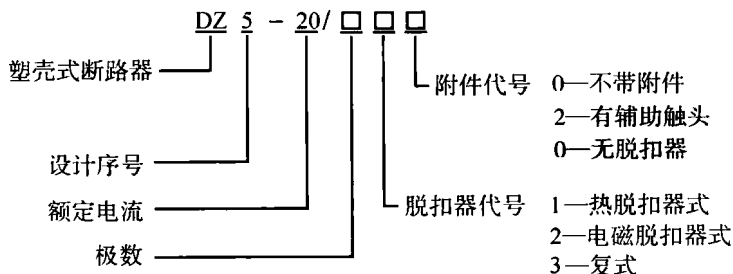
必须注意的是,当电动机处于正转状态时,要使它反转,应先把手柄扳到“停”的位置,使电动机先停转,然后再把手柄扳到“倒”的位置,使它反转。若直接把手柄由“顺”扳到“倒”的位置,电动机的定子绕组会因为电源突然反接而产生很大的反接电流,易使电动机定子绕组因过热而损坏。

4. 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,简称断路器。它是低压配电网络和电力拖动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,在正常情况下可用于不频繁接通、断开电路及控制电动机的运行。当电路发生短路、过载和失压等故障时,能自动切断故障电路、保护电路和电气设备。低压断路器具有操作安全、安装使用方便、工作可靠、动作值可调、分断能力较强、兼顾多种保护、动作后不需要更换元件等优点,因此得到了广泛作用。

低压断路器按结构形式可分为塑壳式、框架式、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式等六类。

常用的低压断路器是 DZ 系列塑壳式断路器,如 DZ5 系列和 DZ10 系列。其中,DZ5 小电流系列,额定电流为 10 ~ 50A。DZ10 为大电流系列,额定电流有 100A、250A、600A 三种。低压断路器的型号及其含义如下:



DZ5-20 型低压断路器如图 1-5 所示。断路器主要由动触头、

静触头、灭弧装置、操作机构、热脱扣器及外壳等部分组成。

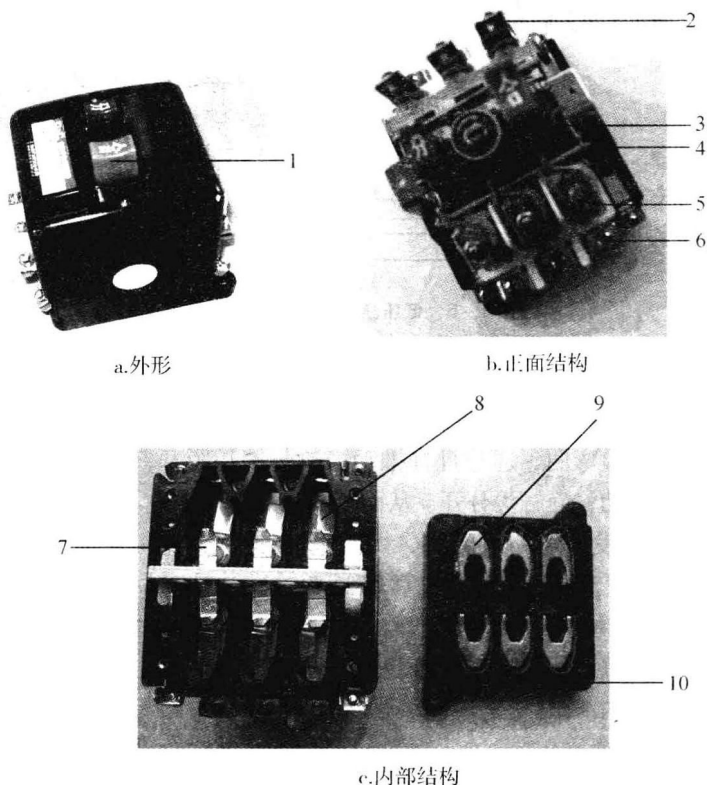


图 1-5 DZ5-20 型低压断路器

1. 按钮；2. 热脱扣器；3. 电流调节；4. 自由脱扣器；5. 电磁脱扣器；
6. 接线柱；7. 动触头；8. 静触头；9. 灭弧罩；10. 底座

低压断路器的工作原理如图 1-6 所示。使用时断路器的三副主触头串联在被控制的三相电路中，按下接通按钮时，外力使锁扣克服反作用弹簧的反力，将固定在锁扣上面的静触头闭合，并由锁扣锁住搭钩使动、静触头保持闭合，开关处于接通状态。

当线路过载时，过载电流流过热元件产生一定的热量，使双金

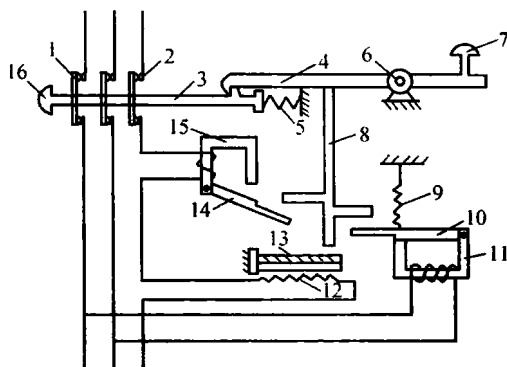


图1-6 低压断路器的工作原理

1. 动触头；2. 静触头；3. 锁扣；4. 搭钩；5. 反作用弹簧；6. 转轴座；7. 分断按钮；8. 杠杆；9. 拉力弹簧；10. 欠压脱扣器衔铁；11. 欠压脱扣器；12. 热元件；13. 双金属片；14. 电磁脱扣器衔铁；15. 电磁脱扣器；16. 接通按钮

属片受热向上弯曲，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开，在反作用弹簧的作用下，动、静触头分开，从而切断线路，保护电气设备。

当线路发生短路故障时，短路电流使电磁脱扣器产生强大的吸力将衔铁吸合，通过杠杆推动搭钩与锁扣分开，从而切断电路，实现短路保护。低压断路器出厂时，电磁脱扣瞬时整定电流一般为额定电流 I_N 的 10 倍。

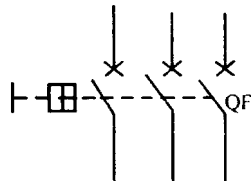


图1-7 低压断路器的符号

欠压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器的动作过程相反。具有欠压脱扣器的断路器在欠压脱扣器两端电压或电压过低时，不能接通电路。低压断路器的符号如图 1-7 所示。

自动空气开关的选用方法如下：

- 1) 自动空气开关的工作电压不小于线路或电动机的额定电压。
- 2) 自动空气开关的额定电流不小于线路的实际工作电流。
- 3) 热脱扣器的整定电流等于所控制的电动机或其他负载的