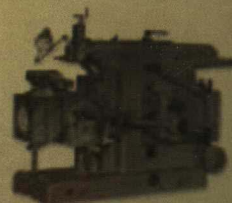
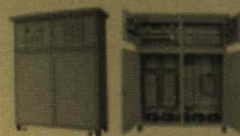
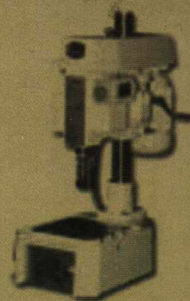


高级技工学校教材

2022.10



劳动保障部中国就业培训技术指导中心 组织编写
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

机床

电气控制



中央广播电视大学出版社

高级技工学校教材

机床电气控制

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会 组织编写

中央广播电视大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机床电气控制/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心,全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织编写. —北京:中央广播电视大学出版社,2004.7

高级技工学校教材

ISBN 7-304-02670-7

I. 机… II. ①劳…②全… III. 机床—电气控制—技工学校—教材 IV. TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 056027 号

版权所有,翻印必究。

机床电气控制

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心
全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组织编写

出版·发行:中央广播电视大学出版社

电话:发行部:010-68519502 62529338 总编室:010-68182524

网址:<http://www.crtvup.com.cn>

地址:北京市海淀区西四环中路 45 号

邮编:100039

经销:新华书店北京发行所

策划编辑:苏 醒

封面设计:王 容

责任编辑:冯 欢

版式设计:张 彦

责任印制:赵联生

责任校对:刘 仙

印刷:北京宏伟双华印刷有限公司

印数:0001-3000 册

版本:2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:15.5

字数:303 千字

书号:ISBN 7-304-02670-7/TH·56

定价:27.00 元

(如有缺页或倒装,本社负责退换)

高级技工学校教材

机电类专业编审工作委员会

主任：陈 宇 郝广发

副主任：孙长庆 张永麟 杨黎明

委员：(按姓氏笔画排序)

于 平	王 军	王兆山	王洪琳	王晓君
付志达	付元胜	冯振君	刘大力	刘亚琴
许炳鑫	孙国庆	李 涛	李长江	李木杰
李鸿仁	李超群	杨耀双	杨君伟	杨柳青
何阳春	张 斌	张仲民	张跃英	陈 蕾
林 青	林爱平	周学奎	单渭水	郝晶卉
赵杰士	贾恒旦	董桂桥	甄国令	

《机床电气控制》编写人员

主 编：巢文元

副主编：覃 斌

主 审：张孝三

编 者：巢文元 覃 斌 毛铁军 周素英 杨杰忠

序

为实施人才强国战略,加快高技能人才培养,劳动和社会保障部组织实施了国家高技能人才培养工程。为配合这项工程实施,我部委托中国就业培训技术指导中心、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会,组织专家编写了高级技工学校机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修 5 个专业的配套教材。

高级技工学校是我国培养高技能人才的重要基地。这次编写的 5 个专业的配套教材,是高级技工学校多年教学实践经验的积累和总结。教材依据《国家职业标准》和《高级技工学校专业教学计划》,瞄准经济发展对技能人才的要求,以职业技能为核心,注重教学内容的科学性、先进性和规范性,突出实践创新能力的培养。本套教材在编写中,特别注意了中、高级技能人才培养的衔接,教材的适用范围为具备中级职业资格水平的读者对象。本套教材同时可作为相关职业(工种)高级工、技师等企业职工培训教材,也可作为相关专业高职院校的课程教材,并且还可为相关专业技术人员作为参考。

本套教材的编写得到了学校、企业等有关方面的大力支持,30 多所高级技工学校和企业的专家参加了教材的编审工作,付出了辛勤的劳动,在此向所有参与教材编审工作的同志和给予大力支持的学校、企业表示感谢。

劳动和社会保障部培训就业司

2004 年 6 月

前 言

本书依据劳动和社会保障部新颁布的《高级技工学校专业教学计划》编写而成。全书共6章,内容包括常用低压电器、三相异步电动机和直流电动机的电气控制线路、步进电动机工作原理及控制,以及典型机床电气控制线路和可编程控制器应用。本书在兼顾理论知识的基础上,适当地增加了技能训练部分,使读者在掌握电气控制线路基本原理和分析方法的同时,又能对该内容所涉及的技能有所了解。本书可供中、高级技工学校工业电气技术、工业电气自动化、通用机械设备、机电维修、机电应用技术及相关专业学员使用。

本书由巢文元、覃斌、毛铁军等编写。主编巢文元,副主编覃斌。第一章及第五章第一节、第三节由毛铁军编写,第二章由周素英编写,第三章由杨杰忠编写,第四章由覃斌编写,第五章第四节、第五节、第六章和附录由巢文元编写。本书承上海市高级技工学校张孝三同志仔细审阅,并指出其不足,同时提出具体可行的修改建议,在此表示衷心感谢!同时,本书的编写还得到了常州高级技工学校、广西机械高级技工学校、上海市高级技工学校及沈蓬、周荣俊、蒋湛、恽琦、冷静燕等同志的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,再加上时间仓促,书中难免有不妥和错误之处,希望使用本书的广大师生和读者批评指正。

编 者

2004年6月

目 录

第一章 常用低压电器	1
第一节 低压开关	1
第二节 主令电器	10
第三节 熔断器	17
第四节 接触器	21
第五节 继电器	30
第六节 其他常用低压电器	43
第二章 三相异步电动机的电气控制线路	52
第一节 三相异步电动机的基本控制线路	53
第二节 三相鼠笼型异步电动机的降压起动控制线路	65
第三节 三相异步电动机的制动控制线路	73
第四节 多速异步电动机的控制线路	80
第三章 直流电动机的电气控制线路	91
第一节 直流电动机起动控制线路	91
第二节 直流电动机的正反转控制	97
第三节 直流电动机制动控制线路	102

第四节 直流电动机调速控制线路	109
第四章 步进电动机工作原理及控制	116
第一节 步进电动机基本知识	116
第二节 磁阻式步进电动机的工作原理和基本特性	120
第三节 磁阻式步进电动机的基本控制	124
第五章 典型机床电气控制线路	129
第一节 CA6140 型车床电气控制线路	129
第二节 Z35 型摇臂钻床电气控制线路	137
第三节 M7120 型磨床电气控制线路	144
第四节 X62W 型万能铣床电气控制线路	151
第五节 T68 型镗床电气控制线路	161
第六章 可编程控制器的应用	172
第一节 可编程控制器概述	172
第二节 PLC 的内部寄存器	178
第三节 基本指令及其编程	189
第四节 PLC 编程及其应用	201
附 录	219
参考文献	240

第一章 常用低压电器

凡是根据外界指令自动或手动接通和断开电路，断续或连续地改变电路参数，实现对电路或非电现象的切换、控制、保护、检测和调节的电气设备均称为电器。

低压电器通常是指工作在交流 1200V 及以下、直流 1500V 及以下电路中的电器。其种类繁多，分类方法有很多种。按动作方式可分为手控电器和自控电器两大类。手控电器是指电器的动作由操作人员手动操作，如闸刀开关、按钮开关等。自控电器是指按照指令或物理参数（如电流、电压、时间、速度等）的变化而自动动作的电器，如接触器、热继电器等。若按照用途可分为控制电器和保护电器。控制电器主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用，如刀开关、低压断路器、接触器等。保护电器主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用，如熔断器、热继电器等。若按执行功能可分为有触点电器和无触点电器。有触点电器有可分离的动、静触头，利用触点的接触和分离来实现电路的通断，如常用的继电接触控制。无触点电器没有触点，主要利用晶闸管的开关效应，即导通或截止来实现电路的通断，如晶体管无触点逻辑元件、电子程序控制、数字控制系统及计算机控制系统等。使用中有点电器占多数，但随着电子技术的发展，无触点电器也日趋广泛。

第一节 低压开关

低压开关主要用作隔离、转换以及接通和分断电路用。多数作为机床电路的电源开关、局部照明电路的控制，有时也可用来直接控制小容量电动机的起动、停止和正反转控制。

常见的低压开关有刀开关、组合开关、自动空气开关及主令控制等。下面具体介绍前 3 种低压开关。

一、刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种结构最简单且应用最广泛的低压电器。适用于交流 500V 以下的小电流电路，主要作为电灯、电阻和电热等回路的控制开关用；三极开关适当降低容量后，可作为小型电动机的手动不频繁操作控制开关用，并具有短路保护作用。

（一）瓷底胶盖闸刀开关（以下简称闸刀开关）

闸刀开关又称开启式负荷开关，HK 系列闸刀开关结构及符号如图 1-1 所示。它由刀开关和熔断器组合而成，均装在瓷底板上。HK 系列闸刀开关不设专门的灭弧装置，仅利用胶盖的遮护以防止电弧灼伤人手。操作者在合闸和拉闸时，应动作迅速，使电弧较快地熄灭，

以减轻电弧对动触刀和静夹座的灼损。

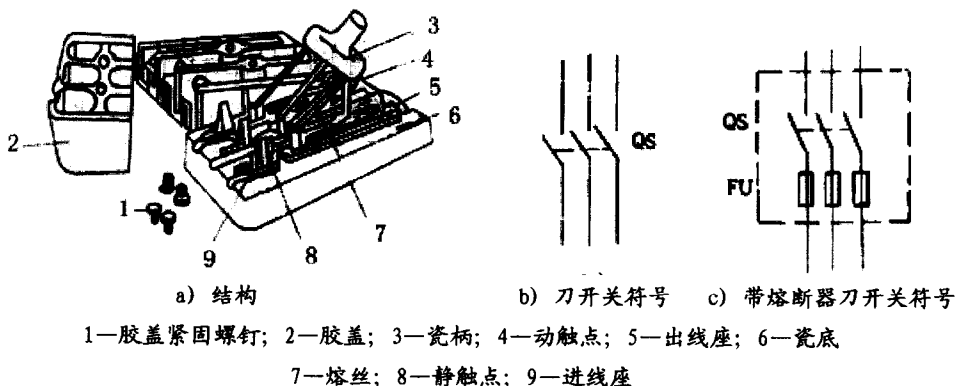
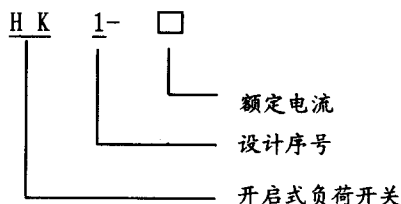


图 1-1 HK 系列闸刀开关

其型号及含义如下：



闸刀开关因其内部安装了熔丝，当它所控制的电路发生短路故障时，熔丝熔断切断故障电路，从而保护供电线路及其他电气设备。

这种开关适用于接通或断开线路，作为明显断开点。不宜分断有较大负载的电路，但因其结构简单、操作方便、价格便宜，在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 不频繁起动的电动机控制电路中仍可采用。用于照明电路时可选用额定电压为 250V、额定电流等于或大于电路最大工作电流的两极开关；用于电动机直接起动时，可选用额定电压为 380V 或 500V，额定电流等于或大于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

在安装闸刀开关时，应注意将电源进线装在静触座上，用电负荷接在闸刀的下出线端上。当开关断开时，闸刀和熔丝上不带电，可保证换装熔丝安全。闸刀在合闸状态时，手柄应向上，不可倒装或平装，以防误合闸。负荷较大时，为防止出现闸刀本体相间短路，可与熔断器配合使用。闸刀本体不再装熔丝，此时闸刀开关只做开关使用，短路保护由熔断器完成。

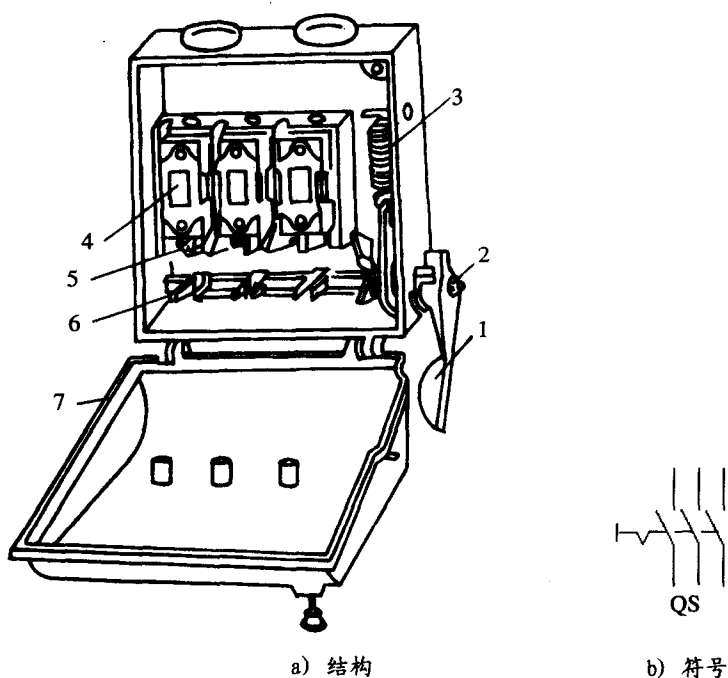
HK1 系列开启式开关基本技术参数如表 1-1 所示。

表 1-1 HK1 系列开启式负荷开关基本技术参数

型号	极数	额定电流 (A)	额定电压 (V)	可控制电动机最大容量 (kW)		熔丝线径 Φ (mm)
				220V	380V	
HK1—15	2	15	220	—	—	1.45~1.59
HK1—30	2	30	220	—	—	2.30~2.52
HK1—60	2	60	220	—	—	3.36~4.00
HK1—15	3	15	380	1.5	2.2	1.45~1.59
HK1—30	3	30	380	3.0	4.0	2.30~2.52
HK1—60	3	60	380	4.5	5.5	3.36~4.00

(二) 铁壳开关

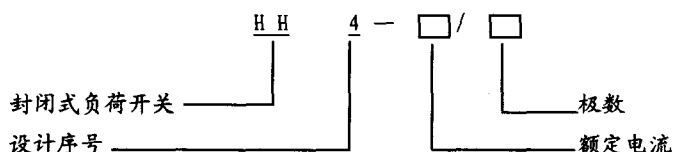
铁壳开关又称封闭式负荷开关，常用的 HH 系列铁壳开关结构、外形及符号如图 1-2 所示。



1—手柄； 2—转轴； 3—速断弹簧； 4—熔断器；
5—夹座； 6—闸刀； 7—外壳前盖

图 1-2 HH 系列铁壳开关

型号及含义:



铁壳开关的操作机构采用贮能分合闸方式, 有一根速断弹簧, 一端装在外壳上, 另一端扣在操作手柄转轴上。当扳动手柄分、合闸时, 在开始阶段 U 形双刀片并不移动, 只拉伸弹簧贮存能量, 当转轴转到一定角度时, 弹簧力使 U 形双刀片迅速地离开或插入静夹座, 其分合速度与手柄操作速度无关。这样有利于迅速熄灭电弧, 从而提高开关的通断能力, 延长其使用寿命。同时, 为了保证操作者的安全, 铁壳开关设有机械联锁装置, 保证开关在合闸状态下开关盖不能打开; 而当开关盖打开时, 不能合闸。

用铁壳开关来控制照明、电热负载时, 开关的额定电流应不小于所有负载额定电流之和。用来控制起动不频繁的小型电动机时, 可按表 1-2 所示数据选用, 但一般不用额定电流 100A 及以上的开关控制大容量电动机, 以免发生电弧伤人等事故。

表 1-2 封闭式负荷开关与可控制电动机容量的配合

额定电流 (A)	可控制电动机最大容量 (kW)		
	220V	380V	500V
10	1.5	2.7	3.5
15	2.0	3.0	4.5
20	3.5	5.0	7.0
30	4.5	7.0	10
60	9.5	15	20

在安装铁壳开关时, 应保证开关外壳的接地螺钉必须可靠接地。接线时应将电源进线接在静夹座的接线端上, 负载引线接在熔断器一端, 且进出线都必须穿过开关的进出线孔。在操作时要站在开关的手柄侧, 不准面对开关, 以免因意外故障电流使开关爆炸, 铁壳飞出伤人 (目前, 铁壳开关的应用已逐渐减少)。

刀开关的常见故障及处理方法如表 1-3 所示。

表 1-3 低压开关常见故障及处理方法

种类	故障现象	可能原因	处理方法
刀开关	合闸后, 控制电路一相或两相无电源	(1) 静触头弹性消失, 开口过大, 使静动触头接触不良 (2) 熔丝熔断或虚连 (3) 静动触头氧化或生垢 (4) 电源进出线氧化后接触不良	(1) 更换静触头 (2) 更换或紧固熔丝 (3) 清洁触头 (4) 清除氧化物
	闸刀短路	(1) 外接负载短路, 熔丝熔断 (2) 金属异物落入开关内引起相间短路	(1) 排除负载短路故障 (2) 清除开关内异物
	动静触头烧坏	(1) 开关容量太小 (2) 拉闸或合闸时动作太慢, 造成电弧过大, 烧坏触头	(1) 更换大容量开关 (2) 改善操作方法
组合开关	手柄转动后内部触头未动	(1) 手柄上的轴孔磨损变形 (2) 绝缘杆变形 (3) 手柄与轴或轴与绝缘杆配合松动 (4) 操作机构损坏	(1) 调换手柄 (2) 更换绝缘杆 (3) 紧固松动部件 (4) 修理
	手柄转动后, 动静触头不能同时接通或分断	(1) 触头角度装配不正确 (2) 触头失去弹性或接触不良	(1) 重新装配 (2) 更换触头或清除氧化层污垢
	接线柱间短路	因铁屑或油污附着在接线柱间形成导电层, 将胶木烧焦, 绝缘损坏后形成	更换开关
自动空气开关	不能合闸	(1) 电源电压太低 (2) 热脱扣器的双金属片未冷却复原 (3) 锁扣和搭钩衔接处磨损, 合闸时滑扣 (4) 杠杆或搭钩卡阻	(1) 将电源电压调到规定值 (2) 待双金属片复位后再合闸 (3) 更换锁扣及搭钩 (4) 检查并排除卡阻
	电流达到整定值时开关不断开	(1) 热脱扣器双金属片损坏 (2) 电磁脱扣器的衔铁与铁心距离太大或电磁线圈损坏 (3) 主触头熔焊后不能分断	(1) 更换双金属片 (2) 调整衔铁与铁心的距离或更换新品 (3) 检查原因并更换主触头
	电流未达到整定值, 开关误动作	(1) 整定电流调得太小 (2) 锁扣或搭钩磨损, 稍受震动即脱钩	(1) 调高整定电流值 (2) 更换磨损部件
	开关温升过高	(1) 触头表面过分磨损, 接触不良 (2) 触头压力过低 (3) 接线柱螺钉松动	(1) 处理接触面或更换触头 (2) 调整触头压力 (3) 拧紧螺钉

二、组合开关

组合开关又称转换开关，是刀开关的一种特殊类型。常用的 HZ10—10/3 型组合开关内部结构、外形及符号如图 1-3 所示。

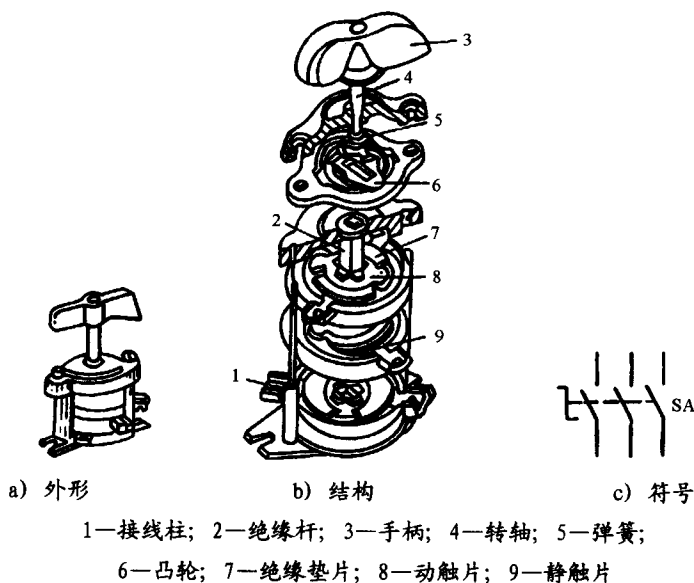
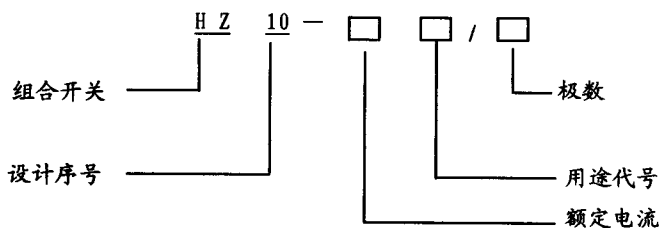


图 1-3 HZ10—10/3 型组合开关

其型号及含义如下：



三极组合开关的 3 对静触头分别装在 3 层绝缘垫板上，并附有接线柱，以便和电源及用电设备相连。3 对动触头由磷铜片或硬紫铜片和具有良好灭弧性能的绝缘铜纸板铆合而成，和绝缘垫板一起套在附有手柄的绝缘杆上。手柄可以沿任何一个方向转动，每转一次为 90° ，带动 3 个动触头分别与 3 对静触头接通或断开，从而接通或分断电路。开关的顶盖部分由滑板、凸轮、扭簧和手柄等构成操作机构，这个机构由于采用扭簧储能，可使触头快速闭合或分断，保证开关在切断负荷电流时迅速熄灭电弧，而闭合与分断的速度和手柄旋转速度无关。

普通组合开关可用于交流 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及切换电源和负载。作为电源引入开关，可用来控制 5kW 及以下的小容量电动机的起动、停止和正反转，也可以作机床照明电路的控制开关。

在使用和安装组合开关时应注意：尽管组合开关的寿命较长，但在使用时也必须按照规定的条件。例如：控制电路的功率因数不能过低、操作频率不能过高等。另外，组合开关不能用来分断故障电流，当用于控制电动机正反转时，必须在电动机完成停转后才允许反方向起动，且每小时的接通次数不能超过 15~20 次。

组合开关的常见故障及处理方法见表 1-3。

三、自动空气开关

自动空气开关又称自动空气断路器、低压断路器等。它可用于不频繁地接通和断开电路以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，有效地保护供电线路及电气设备。

常见的 DZ5 系列自动空气开关外形结构、工作原理图和符号如图 1-4 所示。

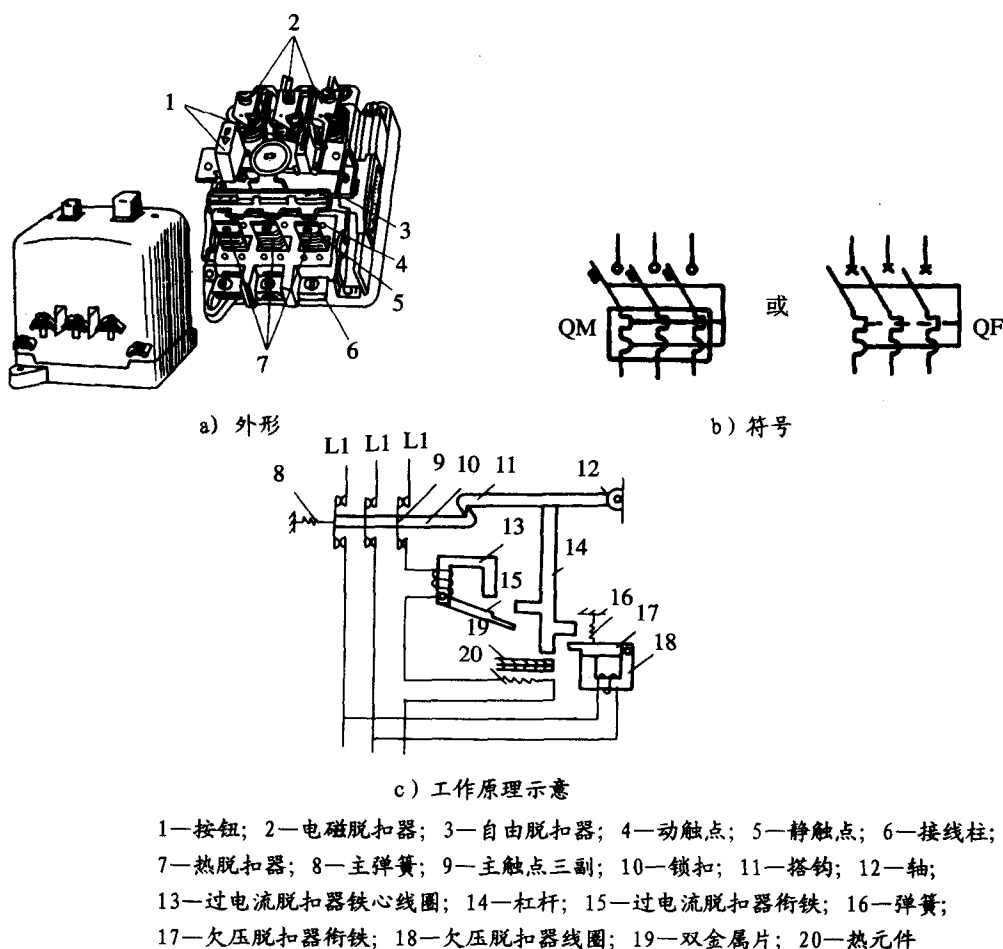
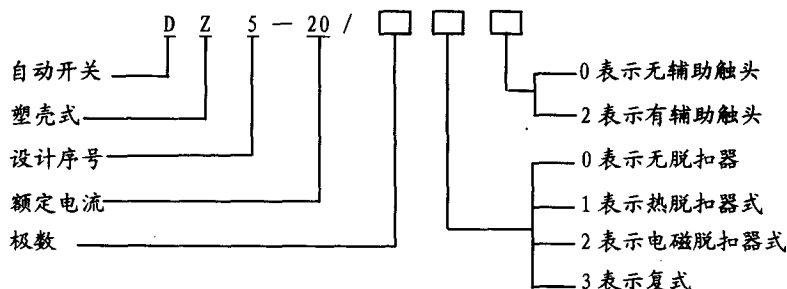


图 1-4 DZ5 系列自动空气开关

其型号及含义如下:



自动空气开关的 3 对主触头串接在被保护的三相电路中,当按下接通(绿色)按钮时,外力使锁扣克服主弹簧的反作用力,将固定在锁扣上面的动触头和静触头闭合,且锁扣钩住搭钩使动、静触头保持闭合,开关处于接通状态。

当线路发生短路故障时,流过电磁脱扣器线圈的短路电流产生足够大的电磁力将衔铁吸合,从而向上撞击杠杆,推动搭钩与锁扣分开,使动、静触头分离,负载的电源被切断,从而实现短路保护。当线路发生过载时,过载电流流过热元件产生的热量达到一定程度时,使双金属片受热向上弯曲通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开,在主弹簧的作用力下,动、静触头分开,从而达到过载保护的目。

欠压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器相反。当线路电压正常时,欠电压脱扣器产生足够的电磁力以克服弹簧拉力而使衔铁吸合,衔铁与杠杆分离,开关的主触头闭合。当线路电压消失或下降到一定程度时,由于电磁吸力消失或下降到不足以克服弹簧的拉力,衔铁被弹簧拉开,撞击杠杆,将搭钩顶开,主触头分断,从而达到失压保护的目。

自动空气开关的选用应使其额定电压和额定电流大于电路的正常工作电压和工作电流,热脱扣器的整定电流应与所控制电动机的额定电流或负载额定电流相等。电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载电路正常工作时的峰值电流;DZ 型自动空气开关用于控制电动机时,电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流为电动机起动电流的 1.7 倍,如选用 DW 型自动空气开关,则电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流为电动机起动电流的 1.35 倍。

自动空气开关的常见故障及处理方法见表 1-3。

四、技能训练

1. 训练目的

了解常用低压开关的结构,熟悉低压开关的拆装过程,并能进行检修和维护。

2. 实训器材

- (1) 电工常用工具: 1 套。
- (2) 各种低压开关: 若干。

3. 训练内容

- (1) 填写表 1-4 和表 1-5。