

中等职业院校机电类专业规划教材

电动机控制线路实训教程

刘真真　郑　健　主编
刘志民　主审

DIANDONGJI KONGZHI XIANLU SHIXUN JIAOCHENG

化学工业出版社



中等职业院校机电类专业规划教材

电动机控制线路实训教程

刘真真　郑　健　主编
刘志民　主审

DIANDONGJI KONGZHI XIANLU SHIXUN JIAOCHENG

化学工业出版社
·北京·

本书是国家中等职业教育改革发展示范学校机电类专业系列教材之一，遵循工学结合的教学理念，吸取当前机电类专业教学改革研究和实践的成功经验，并联合多家生产企业及行业组织，结合行业对人才的实际需求编写而成。

本书内容采用项目任务的教学模式，根据任务驱动和案例教学的思路与方法，用五大项目详细介绍了电动机控制线路操作实训，包括认识低压电器、三相异步电动机控制线路的安装、直流电动机控制线路、三相同步电动机控制线路、单相异步电动机控制线路等内容，用任务来驱动读者动脑解决实际问题。

本书可用作职业院校、技工学校机电类专业的教材，也适合电动机控制线路安装与维护的初学者学习使用。

图书在版编目（CIP）数据

电动机控制线路实训教程/刘真真，郑健主编. —北京：化学工业出版社，2015.6

ISBN 978-7-122-23795-8

Ⅰ. ①电… Ⅱ. ①刘…②郑… Ⅲ. ①电动机-控制电路-中等专业学校-教材 Ⅳ. ①TM321.02

中国版本图书馆CIP数据核字（2015）第086456号

责任编辑：李军亮　　文字编辑：吴开亮
责任校对：边　涛　　装帧设计：史利平

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号　邮政编码100011）
印　　刷：北京云浩印刷有限责任公司
装　　订：三河市瞰发装订厂
787mm×1092mm　1/16　印张12¼　字数304千字　　2015年8月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　售后服务：010-64518899
网　　址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：36.00元

版权所有　违者必究



《中等职业院校机电类专业规划教材》

编委会

主　任　李玉洪　卢立海

副主任　刘桂全　徐光奎　郑世军

成　员　王康元　刘　建　刘继斌　胡顺平　辛　宇
任成霞　李玉洪　卢立海　刘桂全　徐光奎
郑世军　王成江　柳俊林　钱风琦　马连华
刘金梅　闫锡广

《电动机控制线路实训教程》编写人员

主　　编　刘真真　郑　健

主　　审　刘志民

副 主 编　沈培锋　纪献平　闫　昊　李长军

参编人员　张萍萍　王　敏　郝春雪　高相兰　张晓冬
李　磊　赵　亮　周荣国　聂立东　徐廷爱

前言

Preface

本书是国家中等职业教育改革发展示范学校机电类专业系列教材之一，主要介绍了电动机控制线路操作实训。本书编写工作的目标主要体现在以下几个方面。

一、内容全面

本书编写过程中，邀请了企业以及行业的专家参与，并结合机电类专业相关工作岗位的实际需求，合理确定知识结构，力求内容全面，将常用的三相异步电动机、直流电动机、三相同步电动机、单相异步电动机以及在自动控制系统中常用的特种电机等基本控制线路一一进行介绍。

二、重点突出

书中每个项目一开始都有明确的学习目标，将重点内容突出，与前面的提问相呼应，做到“有的放矢”，加深读者对知识点的理解和记忆，并配有技能训练，便于读者进行巩固与提高。

三、形式新颖

书中较多地利用图片将知识点直观地展示出来，将抽象的理论知识形象化，生动化，使阅读变得更加轻松。编写中，力求做到语句简洁、通俗易懂。并加入“注意事项”“知识拓展”等小栏目，使版面更加灵活，增强了阅读的趣味性。

本书内容起点低、通俗易懂，可用作职业院校及技工学校机电类专业的教材，可用40学时进行教学；也可适合电动机使用与维修的初学者及从事电气技术领域的技术人员学习使用。

本书在编写中得到了临沂市电工协会、临沂市电子工业办、山东中瑞电子股份有限公司、山东博胜动力科技股份有限公司等单位和企业专家的大力指导与参与。

由于编写时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正，以便今后修改完善本书。

编　者

目录

Contents

项目一 认识低压电器 1

任务一 认识低压开关 1
任务二 认识熔断器 10
任务三 认识主令电器 16
任务四 认识接触器 24
任务五 认识继电器 29
任务六 认识电动机保护器 39
任务七 认识电动机软启动控制器 43

项目二 三相异步电动机控制线路的安装 49

任务一 电路图的识读 49
任务二 电动机单向运转控制线路的安装 60
任务三 电动机正反转控制线路的安装 66
任务四 位置控制与自动往返控制线路的安装 71
任务五 顺序控制与多地控制线路的安装 77
任务六 降压启动控制线路的安装 81
任务七 三相异步电动机制动控制线路的安装 91
任务八 三相交流异步电动机的多速控制线路的安装 101
任务九 三相异步电动机的变频调速 113
任务十 绕线转子异步电动机控制线路的安装 129

项目三 直流电动机控制线路 138

任务一 并励直流电动机启动控制线路 138
任务二 并励直流电动机正反转控制线路 144
任务三 并励直流电动机制动控制线路 149
任务四 并励直流电动机调速控制线路 155
任务五 串励直流电动机基本控制线路 159

项目四 三相同步电动机控制线路 168

任务一 三相同步电动机的启动控制线路 168
任务二 三相同步电动机的制动控制线路 175

项目五 单相异步电动机控制线路 177

任务一 单相异步电动机的启动控制线路 177
任务二 单相电动机的正反转控制线路 183
任务三 单相异步电动机的调速 186

项目一
认识低压电器

任务一 认识低压开关

知识目标

1. 熟练掌握电器、低压电器的定义及分类。
2. 掌握低压电器型号组成形式、结构作用以及图形符号和文字符号。
3. 熟练掌握各种低压开关的选用原则、安装与使用原则。

能力目标

1. 能够正确识别常用的低压电器。
2. 能够安装调试、维修低压电器。

素质目标

1. 培养学生安全文明生产的意识。
2. 培养学生认真负责的态度。
3. 培养学生的表述与合理辩解能力。
4. 培养学生独立解决问题的能力和电工的责任感。

基础知识

低压电器是指工作在交流额定电压1200V及以下、直流额定电压1500V及以下的电器。低压电器作为基本器件，广泛应用于输配电系统和电力拖动控制系统。常用的低压电器主要有低压开关、熔断器、主令电器、接触器、继电器、电机保护器和变频器等。

低压开关主要用来隔离、转换及接通和分断用，多数用作机床电路的电源开关和局部照

明电路的控制开关，有时也可直接用于控制小容量电动机的启动、停止和正反转。

一、自动空气开关

自动空气开关又称自动空气断路器，是低压配电网络和电力拖动系统中非常重要的一种电器，它集控制和多种保护功能于一身。

自动空气开关在电路中的主要作用是能接通和分断电路；能对电路或电气设备发生的短路、严重过载及欠电压等进行保护；同时也能用于不频繁地启停电动机。

自动空气开关具有操作安全、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。

1. 分类

自动空气开关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六类。

电力拖动与自动控制线路中常用断路器，如图1-1-1所示。其分类方法如下。

（1）按极数：单极、两极和三极。

（2）按保护形式：电磁脱扣器式、热脱扣器式、复合脱扣器式（常用）和无脱扣器式。

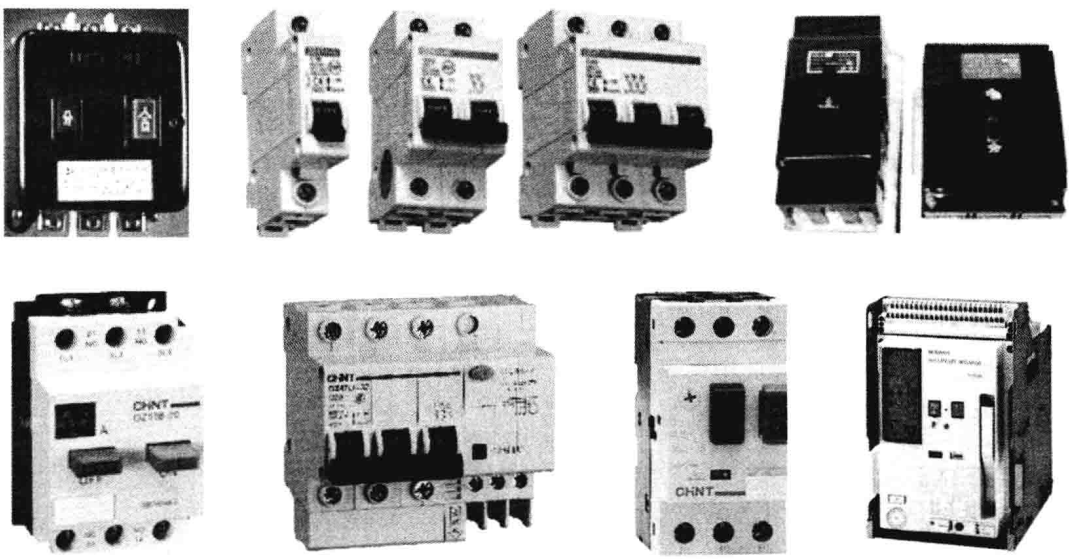
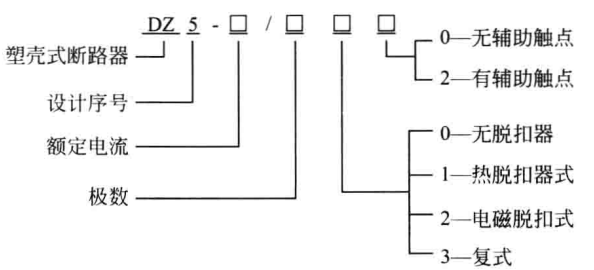


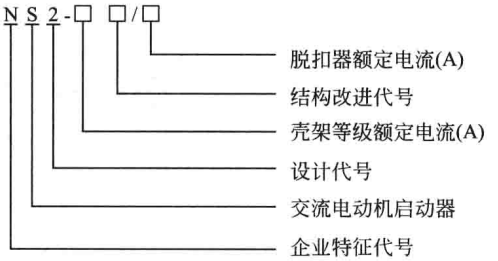
图1-1-1　常用的断路器

2. 自动空气开关的型号及含义

（1）DZ5-20型号及其含义



（2）NS2型号及其含义



3. 结构与原理

自动空气开关主要由三部分组成：触点和灭弧系统、各种脱扣器、操作机构和自由脱扣器。如图1-1-2所示为DZ5-20型低压断路器的结构和电路符号。其结构采用立体布置，操作机构在中间，外壳顶部突出红色按键为分断；绿色按键为合闸。如图1-1-3所示为万能式低压断路器结构图。

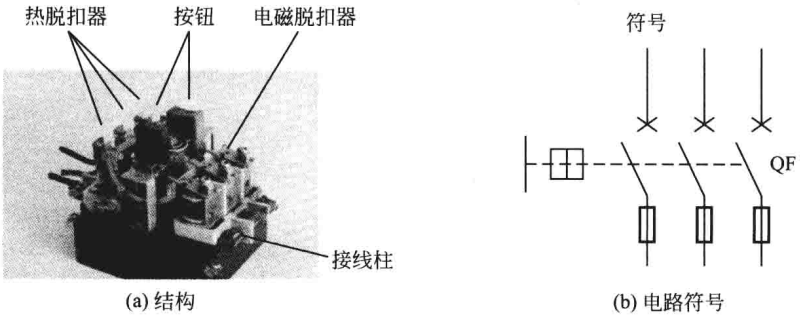


图1-1-2　DZ5-20型低压断路器的结构和电路符号

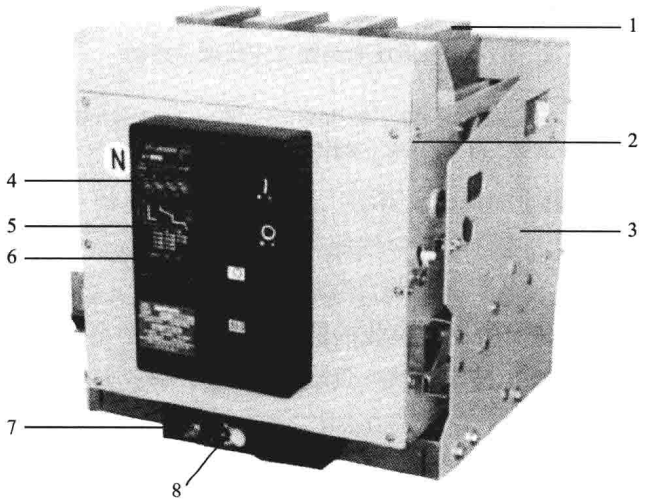


图1-1-3　万能式低压断路器结构图

1—天弧罩；2—开关本体；3—抽屉座；4—合闸按钮；5—分闸按钮；6—智能脱扣器；7—摇匀柄插入位置；8—连接/试验/分离指示

如图1-1-4所示为低压断路器的工作原理示意图。把自动空气开关的三副主触点2串联在被控制的三相电路中。当开关接通电源后，电磁脱扣器、热脱扣器及欠电压脱扣器若无异常反应，开关运行正常。

（1）短路或严重过载时　当线路发生短路或严重过载电流时，短路电流超过瞬时脱扣整定电流值，如图1-1-4所示，电磁脱扣器6产生足够大的吸力，将衔铁8吸合并撞击杠杆7，使搭钩4绕转轴5向上转动与锁扣3脱开，锁扣在主弹簧1的反力作用下将三副主触点分断，切断电源。

（2）线路一般性过载时　当线路发生一般性过载时，过载电流虽不能使电磁脱扣器动作，但能使热元件13产生一定热量，促使双金属片12受热向上弯曲，推动杠杆7使搭钩与锁扣脱开，将主触点分断，切断电源。

（3）线路欠电压时　欠压脱扣器11的工作过程与电磁脱扣器恰恰相反，当线路电压正常时电压脱扣器11产生足够的吸力，克服拉力弹簧9的作用将衔铁10吸合，衔铁与杠杆脱离，锁扣与搭钩才得以锁住，主触点方能闭合。当线路上电压全部消失或电压下降至某一数值时，欠电压脱扣器吸力消失或减小，衔铁被拉力弹簧9拉开并撞击杠杆，主电路电源被分断。

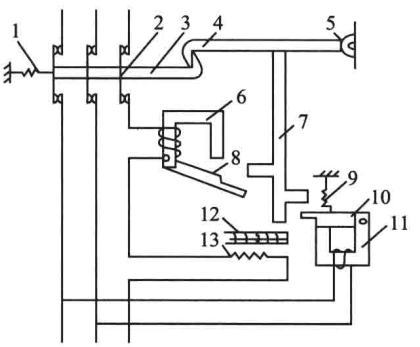


图1-1-4　低压断路器工作原理示意图

1—主弹簧；2—主触点；3—锁扣；4—搭钩；5—轴；6—电磁脱扣器；7—杠杆；
8—电磁脱扣器衔铁；9—弹簧；10—欠压脱扣器衔铁；11—欠压脱扣器；12—双金属片；13—热元件

4. 自动空气开关选用原则

（1）自动空气开关的额定工作电压≥线路额定电压。

（2）自动空气开关的额定电流≥线路负载电流。

（3）热脱扣器的整定电流＝所控制负载的额定电流。

（4）电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流＞负载电路正常工作时的峰值电流。

二、负荷开关

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关简称闸刀开关，生产中常用的是HK系列，其外形如图1-1-5所示。开启式负荷开关主要适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路中，可供手动不频繁地接通和分断电路，并起到短路保护作用。闸刀开关的结构及电路符号如图1-1-6所示。

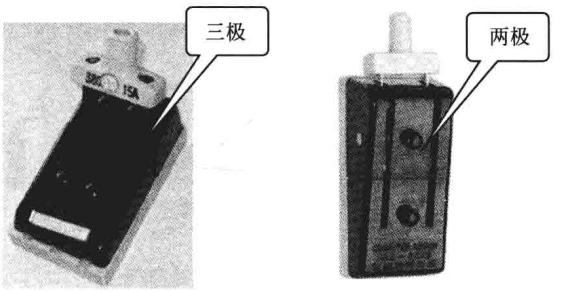


图1-1-5　闸刀开关的外形及电路符号

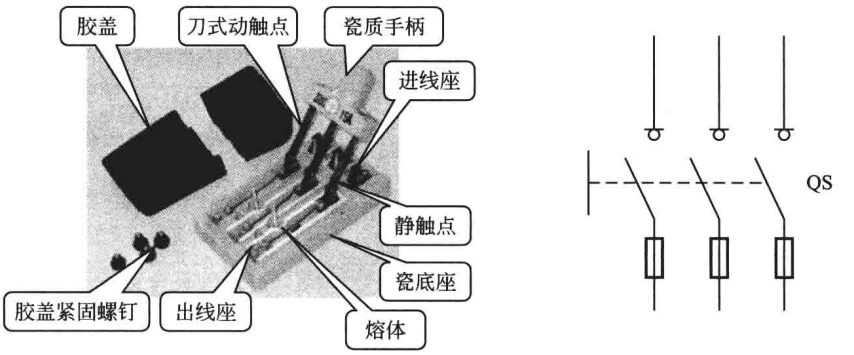
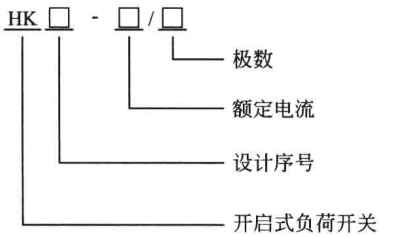


图1-1-6　闸刀开关的结构与电路符号

闸刀开关的型号及含义表示如下。



2. 开启式负荷开关的安装使用

（1）闸刀开关必须垂直安装在控制屏或开关板上且合闸状态时手柄应朝上。

（2）用闸刀开关控制照明和电热负载时，要接熔断器作短路和过载保护。并且电源进线端接在静触点一边的进线端，负载接在动触点一边的出线端。

（3）更换熔体时，必须在闸刀断开的情况下按原规格更换。

（4）分闸和合闸时动作要迅速，以使电弧尽快熄灭。

3. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关俗称铁壳开关，其外形如图1-1-7所示，结构及电路符号如图1-1-8所示。其灭弧性能、操作性能、通断性能和安全防护性能都优于开启式负荷开关。可用于手动不频繁地接通和断开带负载的电路以及作为线路末端的短路保护，也可用于控制15kW以下的交流电动机不频繁地直接启动和停止。

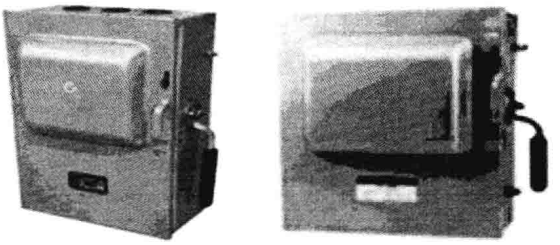
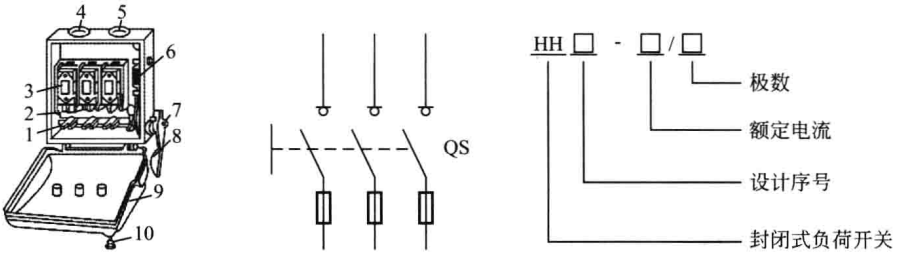


图1-1-7　HH系列封闭式负荷开关



(a) 开关结构　(b) 电路符号　(c) 型号含义

图1-1-8　封闭式负荷开关的结构、电路符号及型号含义

1—动触刀；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—罩盖；10—罩盖锁紧螺栓

4. 封闭式负荷开关的安装使用

（1）封闭式负荷开关必须垂直安装，安装高度一般离地不低于1.3 ～ 1.5m。

（2）外壳的接地螺钉必须可靠接地。

（3）电源进线接在静夹座一边的接线端子上，负载引线接在熔断器一边的接线端子上，且进出线必须穿过开关的进出线孔。

（4）操作时，要站在开关的手柄侧，以防铁壳飞出伤人。

三、组合开关

组合开关又称为转换开关，如图1-1-9所示是常见组合开关的实物图。组合开关具有体积小、触点对数多的特点，常用于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以下小容量异步电动机的启动、停止和正反转。HZ系列组合开关的结构与电路符号如图1-1-10所示。

HZ3-132型组合开关是一种专为控制小容量三相异步电动机的正反转而设计生产的组合开关，俗称倒顺开关。如图1-1-11所示为HZ3-132型组合开关（倒顺开关）示意图。

组合开关的安装使用如下。

（1）HZ10系列组合开关应安装在控制箱内，开关最好装在箱内右上方，并且在它的上方不能安装其他电器。

（2）组合开关安装完后，开关在断开状态下，应使手柄在水平旋转位置。

（3）组合开关的通断能力较低，不能用来分断故障电流。

（4）当操作频率过高时，应降低开关的容量使用。

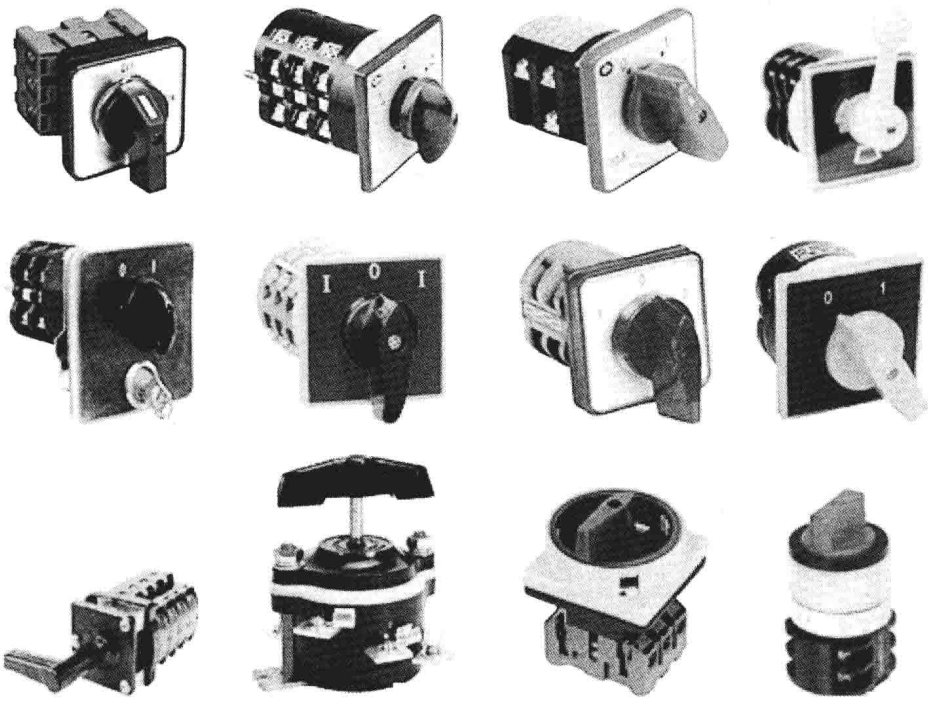
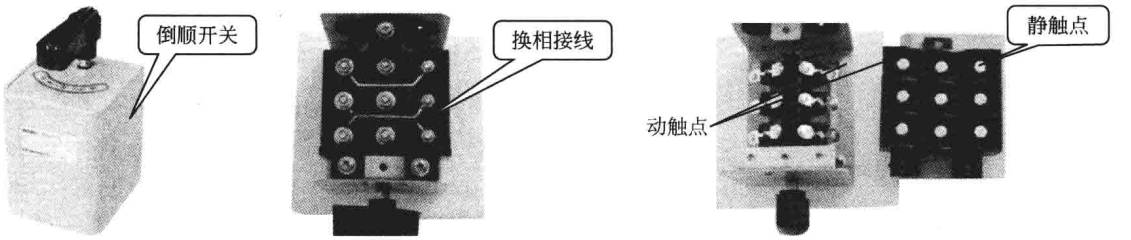
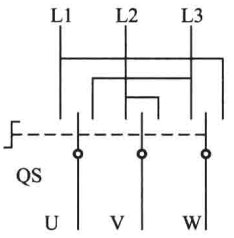


图1-1-9　常见组合开关实物图



图1-1-10　组合开关电路符号及型号含义





手柄位置		
倒（左）	停	顺（右）
L1—U	L1	L1—W
L2—V	L2	L2—V
L3—W	L3	L3—U

图1-1-11　HZ3-132型组合开关示意图

技能实训

一、实训目标

掌握低压开关的识别与检测。

二、实训设备与器材

（1）电工常用工具。

（2）MF47型万用表、断路器。

三、实训内容与步骤

1. 识别低压开关

主要对低压开关的外形及铭牌数据进行识别。如图1-1-12所示是DZ47-60型断路器的铭牌识别。



图1-1-12　DZ47-60断路器的铭牌识别

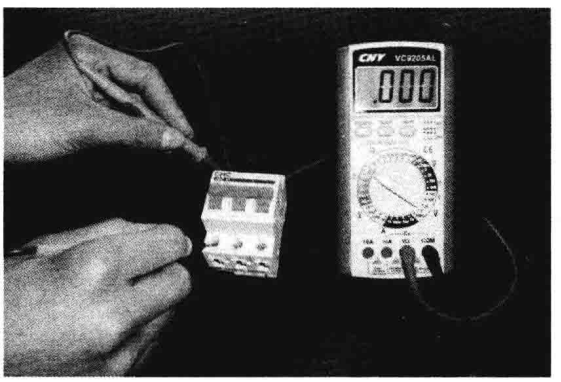


图1-1-13　自动断路器检测示意图

2. 检测低压开关

（1）外观检查低压开关外壳应无破损，接线柱无摔坏或烧焦现象，否则应及时更换。

（2）将自动断路器扳到合闸位置，用万用表电阻挡测量各对触点之间的接触情况。用万用表（欧姆 $R\times1$ 挡）表笔分别接进线端和出线端时 $R=0\ \Omega$；断开手柄 $R=\infty$。以上有一项不合格者，则需要进行修复或更换。如图1-1-13所示为自动断路器的检测示意图。

（3）闸刀开关的检查，应先外观检查动触刀和静触座接触是否歪扭；刀开关手柄转动是否灵活。然后合上手柄，用万用表（欧姆 $R\times1$ 档）表笔分别接进线端和出线端时 $R=0\Omega$；断开手柄 $R=\infty$。以上有一项不合格者，则需要进行修复。

四、考核与评价

（1）按照步骤提示，在教师指导下对低压电器进行识别与检测操作，并填写表1-1-1。

表1-1-1　记录检测表

项目	评分标准	配分	得分
识别低压开关	①写错或漏写名称　每次扣5分 ②写错或漏写型号　每次扣5分 ③写错符号　每次扣5分	40分	
检测低压开关	①仪表使用错误　扣10分 ②检测方法有误　扣20分 ③检测结果有误　扣10分 ④不会检测　扣40分	40分	
低压断路器结构	①不能识别主要部件的作用　每次扣5分 ②参数漏写或写错　每次扣5分	20分	

（2）总结与评价　以小组为单位，选择演示文稿、展板、海报、录像等形式中的一种或几种，向全班展示、汇报学习成果，根据表1-1-2进行总结与评价。

表1-1-2　评价表

评价项目	评价内容	评价标准	评价方式		
			自我评价	小组评价	教师评价
职业素养	学习态度主动	A积极参与教学活动 B缺勤达本任务总学时10% C缺勤达本任务总学时20% D缺勤达本任务总学时30%			
	团队合作意识	A与同学协作融洽，团队合作意识强 B与同学能沟通，协同工作能力较强 C与同学能沟通，协同工作能力一般 D与同学沟通困难，协同工作能力较差			
专业能力	明确工作任务	A按时、完整地完成工作页，问题回答正确 B按时、完整地完成工作页，问题回答基本正确 C未能按时、完整地完成工作页，或内容遗漏，错误较多 D未完成工作页			
	施工前的准备	A学习活动评价成绩90～100分 B学习活动评价成绩75～89分 C学习活动评价成绩60～74分 D学习活动评价成绩0～59分			
	现场施工	A学习活动评价成绩90～100分 B学习活动评价成绩75～89分 C学习活动评价成绩60～74分 D学习活动评价成绩0～59分			
创新能力	学习过程中提出具有创新性、可行性的建议		加分奖励：		

任务二 认识熔断器

知识目标

1. 熟悉熔断器的基本功能、基本结构和工作原理及型号的意义。
2. 熟记低压熔断器的图形符号与文字符号。

能力目标

能够正确识别、选择、安装和使用低压熔断器。

素质目标

1. 培养学生安全文明生产的意识。
2. 培养学生认真负责的态度。
3. 培养学生的表述与合理辩解能力。
4. 培养学生独立解决问题的能力和电工的责任感。

基础知识

低压熔断器是一种应用广泛的最简单有效的保护电器，常在低压配电电路和电动机控制电路中起短路保护，使用时需串联在被保护电路中。如图1-2-1所示为几种常见型号的熔断器。

正常情况下，熔断器的熔体相当于一段导线；当电路发生短路故障时，熔体能迅速熔断而分断电路，起到保护线路和电气设备的作用。

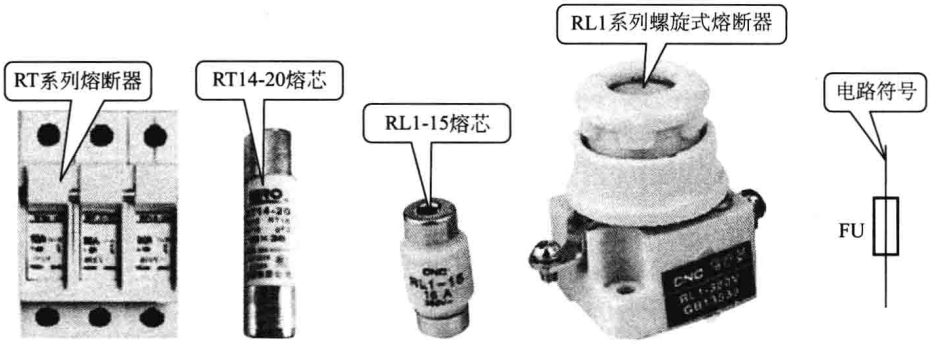


图1-2-1 常见熔断器及电路符号

1. 熔断器的结构

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。

熔体是熔断器的核心，常做成丝状、片状或栅状，制作熔体的材料一般有铅锡合金、锌、铜、银等。