



“十二五”职业教育规划教材

教育改革发展示范校建设成果
行业创新人才培养推荐教材

设备电气控制技术与实训

SHEBEI DIANQI KONGZHI JISHU YU SHIXUN

主编 丁卫民



北京交通大学出版社
<http://www.bjtu.cn>

职业教育规划教材

国家职业教育改革发展示范校建设成果
装备制造行业创新人才培养推荐教材

设备电气控制技术与实训

主编 丁卫民

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书是职业教育课程改革教材,是依据新制定的国家课程标准,同时参考了有关的职业资格标准或行业职业技能鉴定标准编写的。

本书主要包括3个项目,即项目1:常用低压电器的认识与测试;项目2:继电器-接触器基本控制线路的认识与安装、调试;项目3:常用机床的电气控制的认识与接线、测试。全书共有20个任务,包括低压电器及其分类、特点,低压开关的认识、熔断器的认识、主令电器的认识、接触器的认识、继电器的认识;三相异步电动机的点动、连续、顺序、正反转、星三角降压及制动和调速控制线路及其安装调试;常用机床即CA6140车床、X62W铣床、电动葫芦、Z3050摇臂钻床和T68镗床的电气控制电路的认识。

本书内容简明,理实一体,图文并茂,习题丰富,既可作为中等职业技术学校机电类专业“设备电气控制技术”课程的教材,也可作为相关专业技术工程技术人员岗位培训教材或参考书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

设备电气控制技术与实训 / 丁卫民主编. — 北京: 北京交通大学出版社, 2014. 9
ISBN 978-7-5121-2071-6

I. ① 设… II. ① 丁… III. ① 机械设备-电气控制 IV. ① TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 200729 号

策划编辑: 刘建明 责任编辑: 田秀青 特邀编辑: 李晓敏
出版发行: 北京交通大学出版社 电话: 010-51686414
 北京市海淀区高粱桥斜街 44 号 邮编: 100044
印刷者: 北京交大印刷厂
经 销: 全国新华书店
开 本: 185×260 印张: 6.75 字数: 168 千字
版 次: 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5121-2071-6/TH·62
印 数: 1 ~ 1 500 册 定价: 21.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。
投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

2011 年 7 月 25 日，我校被教育部、人力资源社会保障部、财政部定为首批“国家中等职业教育改革发展示范学校建设计划”项目建设学校。机电技术与应用专业被列为“中央财政重点支持专业建设计划”，设备电气控制技术与实训课程被列为重点建设课程。

中等职业教育培养高素质劳动者和技能型人才，中等职业教育的教材必须服务于这个总的培养目标。自承担“设备电气控制技术与实训”课程建设以来，课程建设组全体教师，在企业调研、课程标准制定、案例收集、资料查阅、组稿、审稿、定稿等一系列过程中，始终坚持“以服务为宗旨、以就业为导向”的国家职业教育办学方针，注重课程的职业性、技能性、针对性和服务性。把课程能否为培养学生综合职业能力服务，培养学生的职业能力能否与用人单位的岗位职业标准对接，作为衡量课程建设质量的唯一标准。

本课程主要任务是：

序号	学习情境	任务单元	教学地点	参考学时	
				理论	实践
1	常用低压电器的认识与测试	任务 1 了解低压电器及分类 任务 2 认识与检测低压开关 任务 3 认识与检测熔断器 任务 4 认识与检测主令电器 任务 5 认识与检测接触器 任务 6 认识与检测继电器	实训室	9	7
2	继电器-接触器基本控制线路的认识与安装、调试	任务 1 认识亚龙 YL-WXD-I 型维修电工实训考核装置 任务 2 认识电气控制线路的表示方法 任务 3 三相笼型异步电动机的点动与连续控制的认识与安装、调试 任务 4 三相笼型异步电动机顺序控制的认识与安装、调试 任务 5 三相笼型异步电动机正反转控制的认识与安装、调试 任务 6 三相笼型异步电动机的 Y-△降压起动的认识与安装、调试 任务 7 三相笼型异步电动机制动控制的认识与安装、调试 任务 8 三相笼型异步电动机的调速控制的认识与安装、调试		12	12
3	常用机床电气控制的认识与接线、测试	任务 1 认识电气图的识图方法和步骤 任务 2 CA6140 车床电气控制电路的认识与接线、测试 任务 3 X62W 铣床电气控制电路的认识与接线、测试 任务 4 电动葫芦电器控制线路的认识与接线、测试 任务 5 Z3050 摇臂钻床电路的认识与接线、测试 任务 6 T68 镗床电气控制电路的认识与接线、测试		1	7

续表

序号	学习情境	任务单元	教学地点	参考学时	
				理论	实践
4	综合实训之一 基本控制线路的认识、电器安装、走线设计和正确接线（点动、连续、正反转、顺序运动、Y-△降压起动）	任务1 实训动员、安全教育 任务2 认识工具、学习工具使用 任务3 接线基础练习 任务4 识图练习，基本走线设计 任务5 按电路图或接线图练习接线			26
5	综合实训之二 基本控制线路安装、接线工艺	任务1 器件安装 任务2 了解电工工艺基础知识 任务3 按工艺要求、方法接线练习			26
6	综合实训之三 中级电工技能鉴定（针对性训练和考试）	任务1 认识万用表等检测工具 任务2 了解控制线路检测方法 任务3 练习查找故障 任务4 通电练习 任务5 鉴定模拟考试	实训室		26
7	复习	复习	实训室		2
8	考试	技能鉴定			4
9	机动	机动			10
10	总课时			142	

通过本课程学习，学生在素养、技能和知识方面可以达到：

提高质量、节约意识和团队协作精神及与人交往的能力，以及对专业岗位的认识和敬岗爱业的职业素养。

能正确选择和使用常用电器、电工工具、仪器仪表及辅助设备。能正确识读简单设备的电气原理图和接线图。

能够连接基本电气控制电路，初步进行简单机电设备的电气安装、操作调试与运行维护。

了解基本电器的结构、原理和应用以及简单控制电路和机床电路的故障查找和维修知识。

掌握一定的设备电器以及电气控制技术应用方面的基础知识、基本技能和基本的职业能力。

本教材属于“设备电气控制技术与实训”课程标准的配套教材，特色如下：

1. 内容按项目教学法编写，体现学、做结合，在实践中贯通理论。
2. 注重对学生动手能力的培养，以实现学校和企业的无缝连接。
3. 简明、通俗、循序渐进，符合学生认知规律，且操作性强，便于学生自学，教师讲授。
4. 图文并茂，直观形象，动静交叉，感理结合。

本教材由太原铁路机械学校从事机电技术与应用专业教学的教师编写。丁卫民担任主编并负责全书统稿，陈立平主审。编写人员具体分工：丁卫民编写项目 1；胡慧珍编写项目 2；郭佳编写项目 3。

在本教材的编写过程中，引用太原电务器材厂等企业工作案例，得到张建宏、陈立平等行业企业专家指导，参考多位职教名师和学者论著，学校领导大力支持，在此一并表示感谢。

为便于教学和学生学习，本书还配有学生工作页、电子教案、教学视频、助教课件等教学资源，选择本书作为教材的教师可来电索取。

由于课程建设组教师企业工作经历有限，时间仓促，教材中不当之处在所难免，恳请读者指正，同仁赐教。

编 者
2014 年 6 月

目 录

项目 1 常用低压电器的认识与测试	1
任务 1.1 了解低压电器及分类	2
任务 1.2 认识与检测低压开关	2
任务 1.3 认识与检测熔断器	11
任务 1.4 认识与检测主令电器	14
任务 1.5 认识与检测接触器	19
任务 1.6 认识与检测继电器	23
项目 2 继电器—接触器基本控制线路的认识与安装、调试	32
任务 2.1 认识亚龙 YL-WXD-I 型维修电工实训考核装置	33
任务 2.2 认识电气控制线路的表示方法	37
任务 2.3 三相笼型异步电动机的点动与连续控制的认识与安装、调试	39
任务 2.4 三相笼型异步电动机顺序控制的认识与安装、调试	46
任务 2.5 三相笼型异步电动机正反转控制的认识与安装、调试	50
任务 2.6 三相笼型异步电动机的 Y- Δ 降压起动的认识与安装、调试	56
任务 2.7 三相笼型异步电动机制动控制的认识与安装、调试	59
任务 2.8 三相笼型异步电动机的调速控制的认识与安装、调试	64
项目 3 常用机床电气控制的认识与接线、测试	75
任务 3.1 认识电气图的识图方法和步骤	76
任务 3.2 CA6140 车床电气控制线路的认识与接线、测试	77
任务 3.3 X62W 铣床电气控制线路的认识与接线、测试	81
任务 3.4 电动葫芦电器控制线路的认识与接线、测试	86
任务 3.5 Z3050 摇臂钻床控制线路的认识与接线、测试	89
任务 3.6 T68 镗床电气控制线路的认识与接线、测试	94
参考文献	100

项目 1

常用低压电器的认识与测试

知识目标

- 了解常用低压电器的分类、符号。
- 结合实物，了解熔断器、电源开关、交流接触器、主令电器、继电器等常用低压电器的结构、工作原理及应用场合，会根据工作场所合理选用。

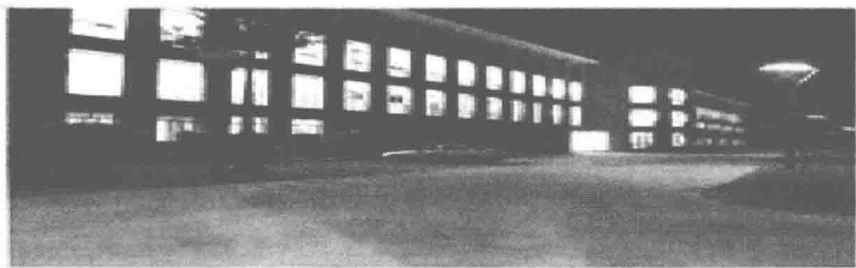
技能目标

- 会检测常用低压电器。

情景实例

数九寒天，学校晚自习下课铃声一响，小军就急忙向宿舍走去，远远看到宿舍楼一片漆黑，楼里的电还没送上。走在路上，小军在想，门卫师傅这时一定要到配电室去关掉教室的灯，再把宿舍的电送上，这么冷的天也够辛苦的了，一天要跑好几趟啊。可当小军走到配电室门口看到门依然锁着，并未看到师傅进去，这时前方一片光明，宿舍来电了。

小军感到很是惊奇，师傅是靠什么东西来断、送电的呢？好奇心驱使他来到门卫室，出现在他眼前的是屋内墙上一排按钮，其他什么装置也没有了，难道师傅就是靠这几个小小的按钮来完成断、送电的吗？教室、宿舍、办公楼等好多好多的照明电器，就只靠这几个按钮就能承担了吗？



任务 1.1 了解低压电器及分类

1.1.1 任务分析

低压电器是组成控制线路的基本单元,熟悉其概念、类型和用途是认识电器的前提基础。

1.1.2 知识点

1. 低压电器

凡是自动和手动接通和断开电路,以及能实现对电路或非电对象进行切换、控制、保护、检测、变换和调节目的的电器元件统称为电器。低压电器是指用于交流额定电压 1 200 V 及以下、直流额定电压 1 500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。

2. 低压电器的分类

1) 按用途分类

- (1) 控制电器:用于各种控制电路和控制系统的电器。如接触器、控制器、起动器等。
- (2) 主令电器:用于自动控制系统中发送控制指令的电器。如按钮开关、主令开关、行程开关等。
- (3) 保护电器:用于保护电路及用电设备的电器。如熔断器、热继电器、避雷器等。
- (4) 配电电器:用于电能输送和分配的电器。如断路器、刀开关等。
- (5) 执行电器:用于完成某种动作或传动功能的电器。如电磁铁、电磁离合器等。

2) 按工作原理分类

- (1) 电磁式电器:依据电磁感应原理来工作的电器。如交直流接触器、各种电磁式继电器等。
- (2) 非电量控制电器:电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器。如刀开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

1.1.3 任务实施

- (1) 上网查阅各种电器用途、制造厂家及型号等信息。
- (2) 分组讨论并归纳各自所见到的电器。

任务 1.2 认识与检测低压开关

1.2.1 任务分析

低压开关电器主要用作电源的隔离、线路的保护与控制。常用的低压开关电器有刀开关、组合开关和低压断路器。认识低压开关就是熟悉其结构、原理、符号,明确适用范围和场合。

1.2.2 知识点

1. 刀开关

刀开关又称闸刀开关，是一种结构最简单、应用最广泛的手动电器。在低压电路中，用作不频繁接通和分断电路，或用来将电路与电源隔离。

刀开关的结构如图 1-2-1 所示。它由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。推动手柄来实现触刀插入插座与脱离插座的控制，以满足接通电路和分段电路的要求。

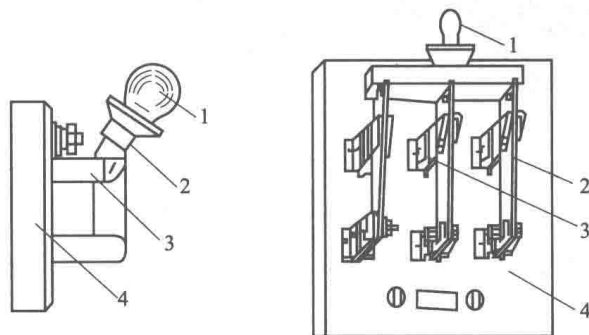


图 1-2-1 刀开关的结构

1—手柄；2—触刀；3—静插座；4—绝缘底板

刀开关的种类很多，按刀的极数可分为单极、双极和三极，其符号如图 1-2-2 所示。按刀的转换方向可分为单掷和双掷；按灭弧情况可分为带灭弧罩和不带灭弧罩；按接线方式可分为板前接线式和板后接线式。下面只介绍由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关，负荷开关分为开启式负荷开关和封闭式负荷开关两种。

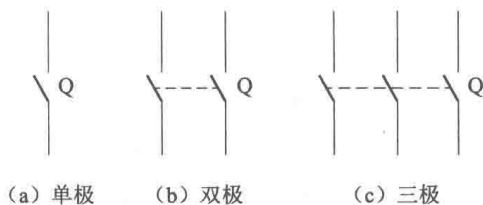


图 1-2-2 刀开关的符号

1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称瓷底胶盖刀开关，简称闸刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关，适用于照明和小容量电动机控制线路中，供手动不频繁地接通和分断电路，并起短路保护作用。

(1) 外形、结构、符号与工作原理。

HK 系列负荷开关由绝缘瓷底座、静触点（静插座）、手柄、触刀（动触点）和铰链支座等部分组成，其外形与结构如图 1-2-3 所示。开关的瓷底座上装有进线座、静触点、熔体、出线座和带瓷质手柄的刀式动触点，上面盖有胶盖以防止操作时触及带电体或分断时产生的电弧飞出伤人。在电路图中 HK 系列开启式负荷开关符号如图 1-2-4 所示。

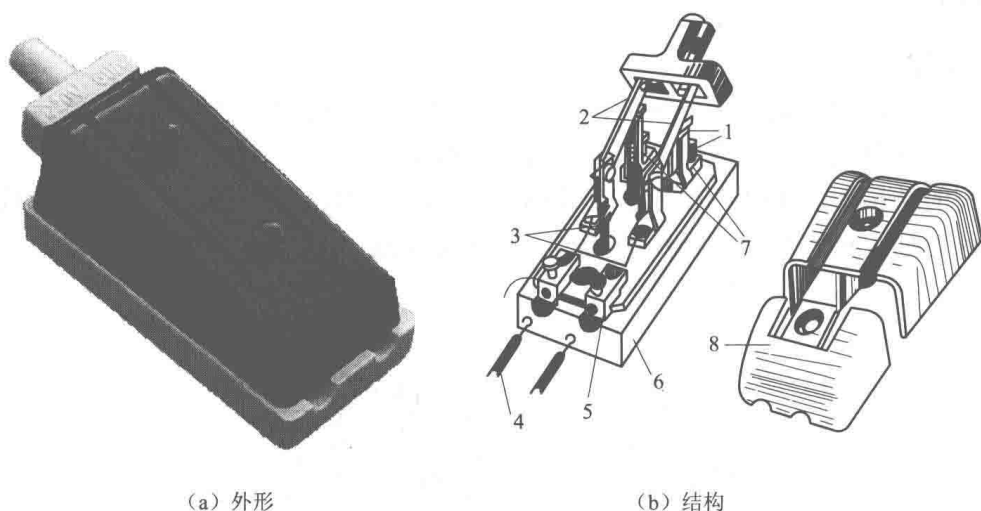


图 1-2-3 HK 系列开启式负荷开关

1—电源进线座；2—动触头；3—熔丝；4—负载线；5—负载接线座；6—瓷底座；7—静触头；8—胶木盖

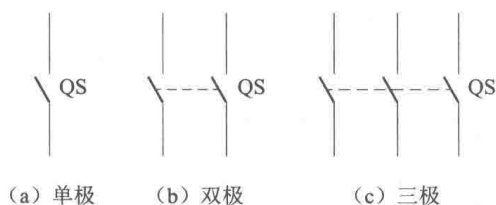


图 1-2-4 HK 系列开启式负荷开关符号

HK 系列负荷开关在工作时，推动手柄使触刀绕铰链支座转动，就可将触刀插入静插座内（动、静触点接触），电路就被接通。若使触刀绕铰链支座做反向转动，脱离插座（动、静触点离断），电路就被切断。为了保证触刀和插座合闸时接触良好，它们之间必须具有一定的接触压力，为此，额定电流较小的刀开关插座多用硬紫铜制成，利用材料的弹性来产生所需压力，额定电流大的刀开关还要通过在插座两侧加弹簧片来增加压力。

刀开关在分断有负载的电路时，其触刀与插座之间会产生电弧。为此采用速断刀刃的结构，使触刀迅速拉开，加快分断速度，保护触刀不致被电弧所灼伤。对于大电流刀开关，为了防止各极之间发生电弧闪烁，导致电源相间短路，刀开关各极间设有绝缘隔板，有的设灭弧罩。

(2) 开关式负荷开关型号的含义如下：



2) 封闭式负荷开关

(1) 外形、结构、符号与工作原理。

常用的封闭式负荷开关有 HH3、HH4 系列，其中 HH4 系列为全国统一设计产品，它的

外形、结构如图 1-2-5 所示。它主要由触及灭弧系统、熔断器及操作机构三部分组成。三把闸刀固定在一根绝缘方轴上，由手柄完成分、合闸的操作。在操作机构中，手柄转轴与底座之间装有速动弹簧，使刀开关的接通与断开速度与手柄操作速度无关。封闭式负荷开关的操作机构有两个特点：一是采用了储能合闸方式，利用一根弹簧使开关的分合速度与手柄操作速度无关，这既改善开关的灭弧性能，又能防止触点停滞在中间位置，从而提高开关的通断能力，延长其使用寿命；二是操作机构上装有机机械联锁，它可以保证开关合闸时不能打开防护铁盖，而当打开防护铁盖时，不能将开关合闸。

封闭式负荷开关在电路图中的符号与开启式负荷开关相同。

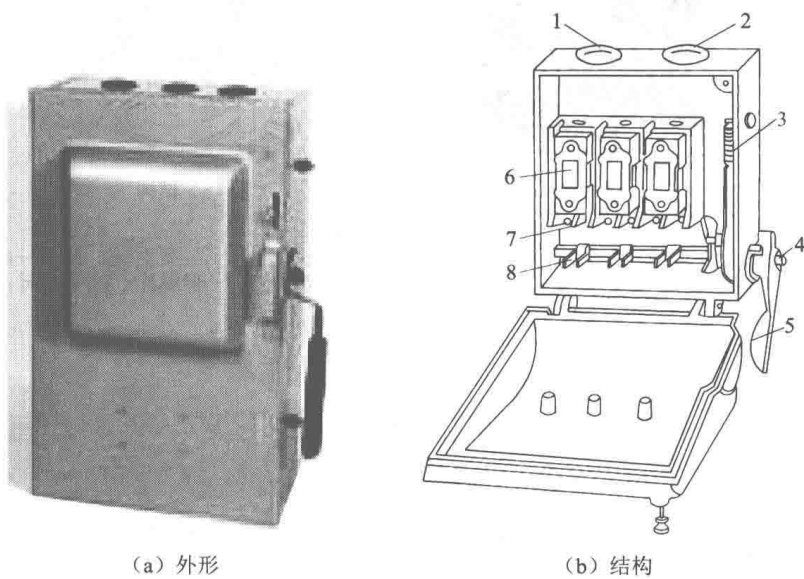
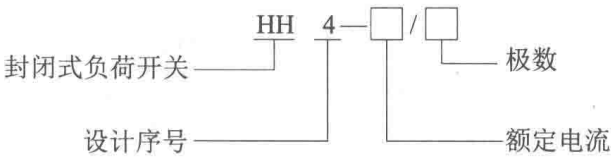


图 1-2-5 HH 系列封闭式负荷开关

1—进线孔；2—出线孔；3—速动弹簧；4—转轴；5—手柄；6—熔断器；7—夹座；8—闸刀

(2) 封闭式负荷开关型号含义如下：



2. 组合开关

组合开关又称转换开关，一般用于非频繁的接通和分断电路、接通电源和负载、测量三相电压及控制小容量异步电动机的正反转和 Y/△ 起动等。

(1) 组合开关的外形、结构与符号。

组合开关实质上也是一种刀开关，只不过一般刀开关的操作手柄是在垂直于其安装面的平面内向上或向下转动，而组合开关的操作手柄则是在平行于其安装面的平面内向左或向右转动而已。它的刀片是转动式的，操作比较轻巧，它的动触头（刀片）和静触头装在封装的绝缘件内，采用叠装式结构，其层数由动触头数量决定，动触头装在操作手柄的转轴上，随转轴旋转而改变各对触头的通断状态。

组合开关的外形与结构如图 1-2-6 所示，文字符号和图形符号如图 1-2-7 所示。

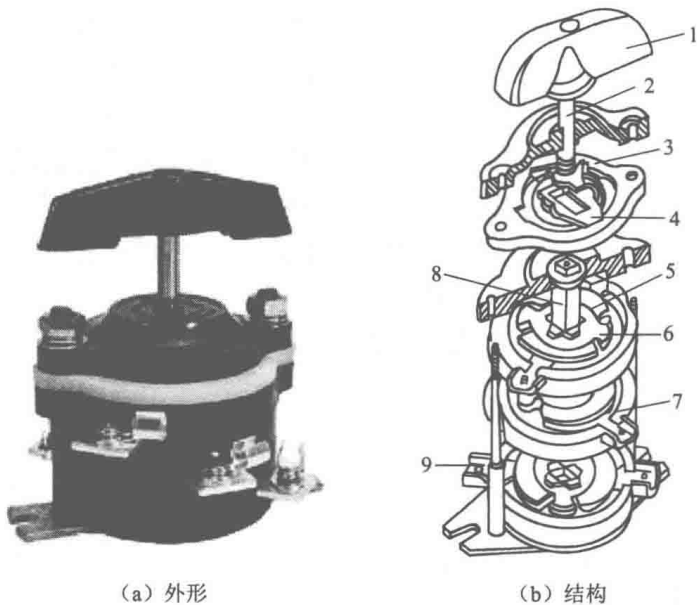


图 1-2-6 组合开关

1—手柄；2—转轴；3—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

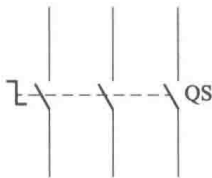
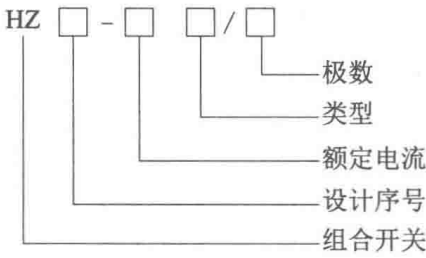


图 1-2-7 组合开关的文字符号和图形符号

(2) 组合开关的型号含义如下：



组合开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、极数等。其中额定电流有 10 A、25 A、60 A 等几级。

3. 低压断路器

低压断路器即低压自动空气开关。它既能带负荷通断电路，又能在失压、短路和过负荷时自动跳闸，保护线路和电气设备，是低压配电网络和电力拖动系统中常用的重要保护电器之一。低压断路器具有操作安全、工作可靠、动作值可调、分断能力较高等优点，因此得到广泛应用。

(1) 结构。

低压断路器的形式、种类虽然很多，但结构和工作原理基本相同，主要由触点系统、灭弧系统；各种脱扣器，包括电磁式过电流脱扣器、失压（欠压）脱扣器、热脱扣器和分励脱

扣器；操作机构和自由脱扣机构几部分组成。低压断路器的外形与结构原理图如图 1-2-8 所示；低压断路器的电路符号如图 1-2-9 所示。

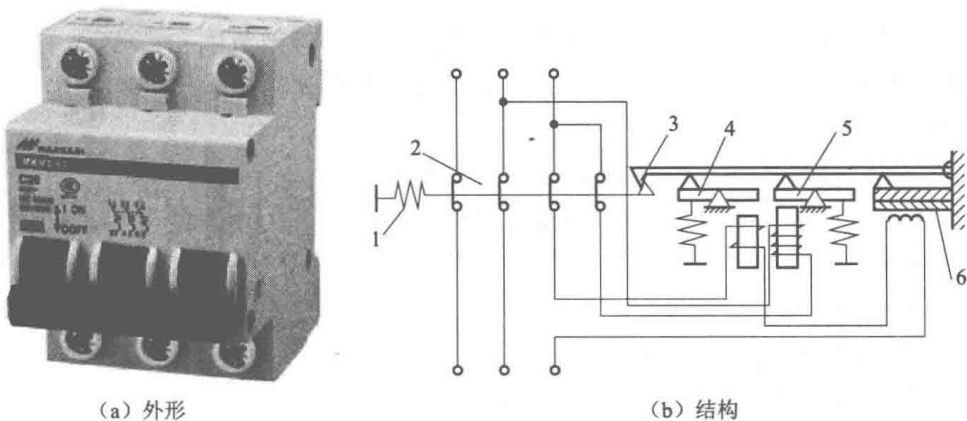


图 1-2-8 低压断路器的外形与结构原理图

1—弹簧；2—主触头；3—搭钩；4—电磁脱扣器；5—欠电压脱扣器；6—热脱扣器

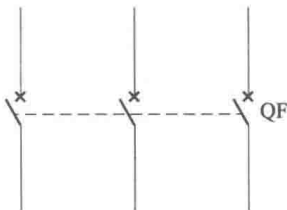
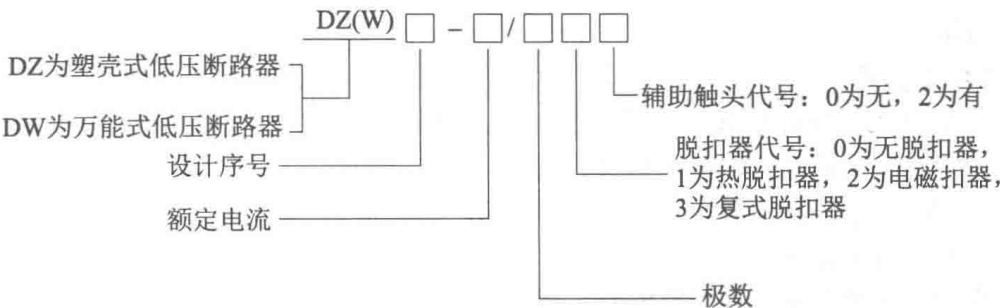


图 1-2-9 低压断路器的电路符号

(2) 工作原理。

低压断路器的 3 副主触头串联在被保护的三相主电路中，由于搭钩钩住弹簧，使主触头保持闭合状态。当线路正常工作时，电磁脱扣器中线圈所产生的吸力不能将它的衔铁吸合；当线路发生短路时，电磁脱扣器的吸力增加，将衔铁吸合，并撞击杠杆，把搭钩顶上去，在弹簧的作用下切断主触点，实现了短路保护；当线路上电压下降或失去电压时，欠电压脱扣器的吸力减小或失去吸力，衔铁被弹簧拉开，撞击杠杆，把搭钩顶开，切断主触头，实现了失压保护；当线路过载时，热脱扣器的双金属片受热弯曲，也把搭钩顶开，切断主触头，实现了过载保护。

(3) 低压断路器型号含义如下：



1.2.3 任务实施

1. 刀开关的拆装

1) 目的

- (1) 熟悉开启式负荷开关、封闭式负荷开关的外形、应用范围和接线。
- (2) 通过对开启式负荷开关的拆装、接线练习，熟悉其结构、原理和使用。

2) 器件与工具

- (1) 废旧开启式负荷开关、封闭式负荷开关各 1 个。
- (2) 螺丝刀（一字、十字）、尖嘴钳各 1 个。
- (3) 保险丝、导线若干。

3) 内容及步骤

- (1) 开启式负荷开关的拆装如图 1-2-10 所示。

- ① 观察开关的瓷柄、胶盖、瓷底座部分。
- ② 旋下胶盖上的螺钉。
- ③ 取下下端胶盖。
- ④ 观察露出的熔丝及接线端。
- ⑤ 取下上端胶盖。
- ⑥ 观察开关的静触片、动触片和熔丝接头。
- ⑦ 观察接电源和接负载端线柱。
- ⑧ 安装复原开关各部。
- ⑨ 进行更换熔丝连线练习。
- (2) 观察封闭式负荷开关。
- ① 打开封闭式负荷开关的铁壳门。
- ② 观察接线端、扳手机构、熔断器和速断弹簧等部分。
- ③ 练习接线和更换熔断器。

2. 组合开关的拆装

1) 目的

- (1) 熟悉组合开关的外形、应用范围和接线。
- (2) 通过对组合开关的拆装、接线练习，熟悉其结构、原理和使用。

2) 器件与工具

- (1) 废旧组合开关 1 个。
- (2) 螺丝刀（一字、十字）、尖嘴钳各 1 个。
- (3) 导线若干。
- (4) 万用表 1 个。

3) 内容及步骤

- (1) 观察组合开关的外形，如图 1-2-11 (a) 所示。
- (2) 旋下胶盖上的螺钉，拆开组合开关。
- (3) 分别取下手柄，如图 1-2-11 (b) 所示。
- (4) 观察露出的接线端。
- (5) 旋动手柄观察动、静触点的开、合过程。

- (6) 用万用表检测触点接通、断开过程。
- (7) 安装复原开关各部。
- (8) 进行接线练习。

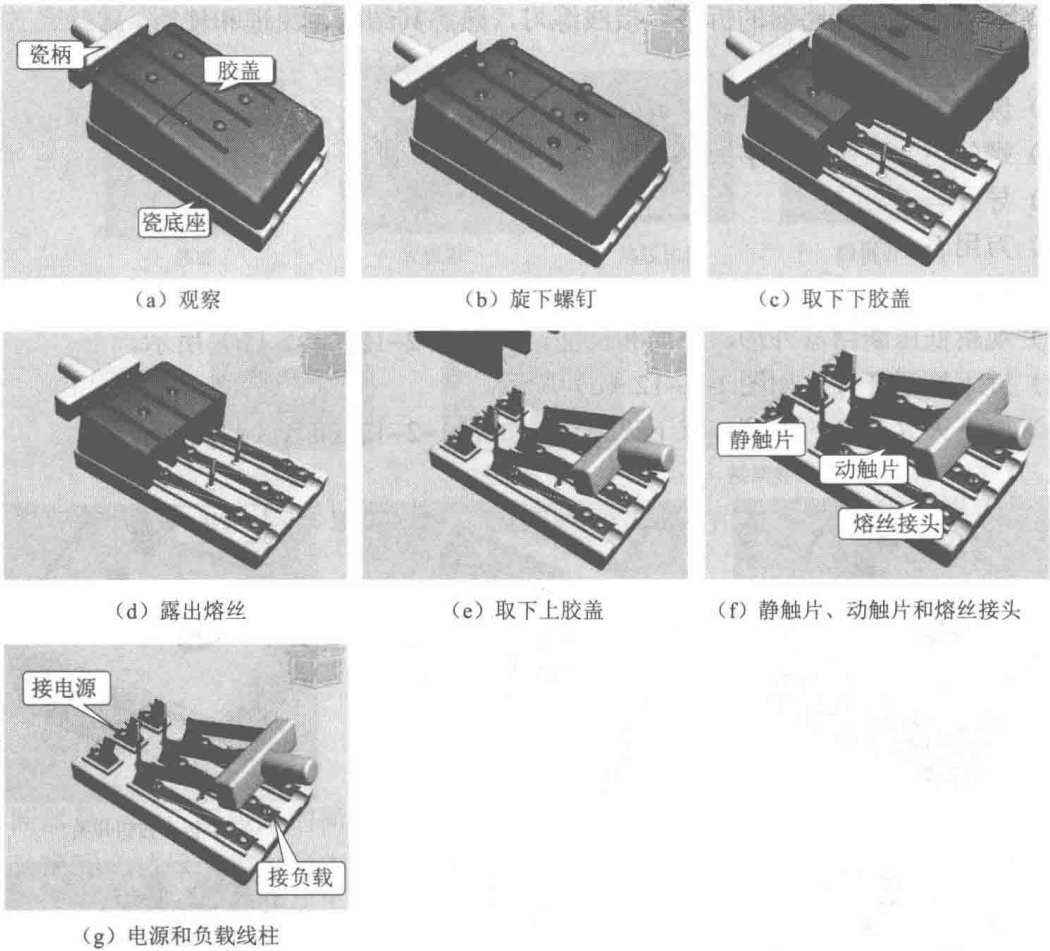


图 1-2-10 开启式负荷开关的拆装

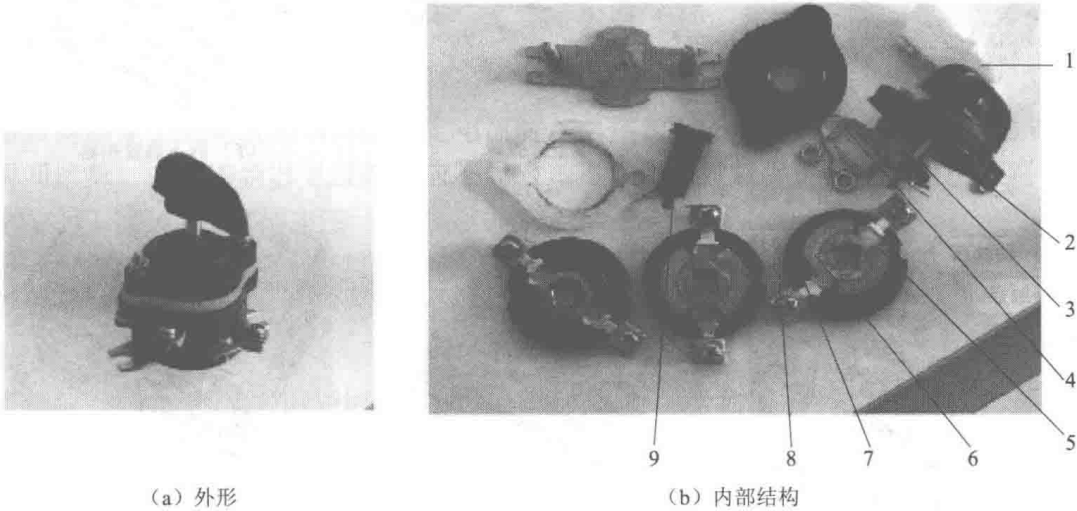


图 1-2-11 组合开关拆装

1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫板；6—动触头；7—静触头；8—接线端子；9—绝缘方轴

3. 低压断路器的拆装

1) 目的

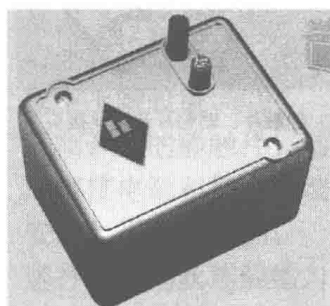
- (1) 熟悉低压断路器的外形、应用范围和接线。
- (2) 通过对低压断路器的拆装、接线练习，熟悉其结构、原理和使用。

2) 器件与工具

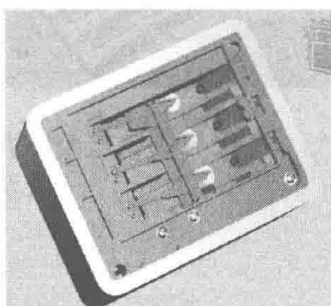
- (1) 废旧低压断路器 1 个。
- (2) 螺丝刀（一字、十字）、尖嘴钳各 1 个。
- (3) 导线若干。
- (4) 万用表 1 个。

3) 内容及步骤

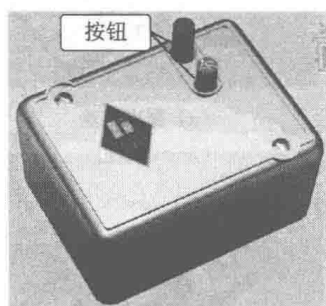
- (1) 观察低压断路器外形、正面和反面，如图 1-2-12 (a)、(b) 所示。
- (2) 拆下按钮开关，如图 1-2-12 (c) 所示。
- (3) 旋下灭弧罩上的螺钉，取下灭弧罩，如图 1-2-12 (d)、(e) 所示。



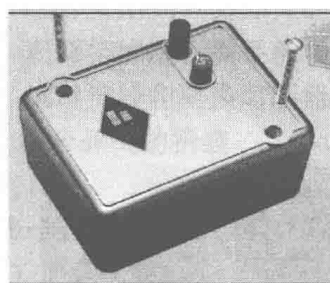
(a) 正面



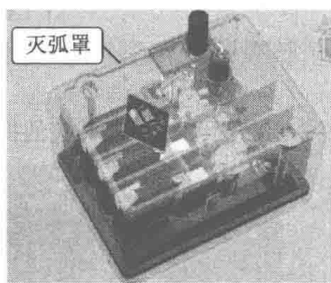
(b) 反面



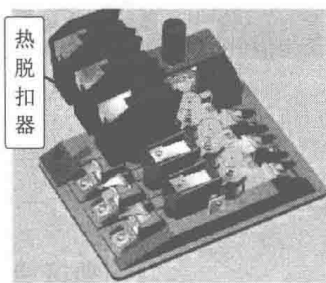
(c) 拆下按钮开关



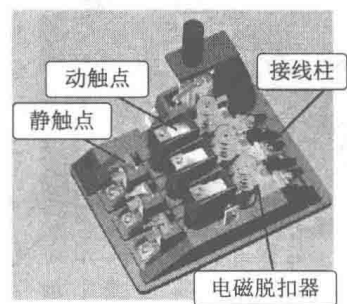
(d) 旋下螺钉



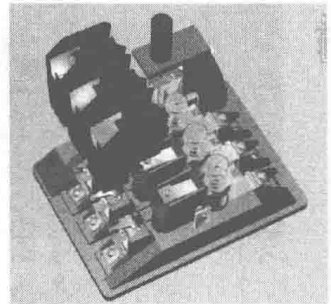
(e) 取下灭弧罩



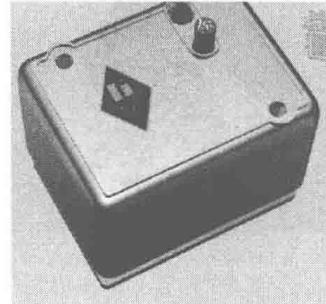
(f) 拆下热脱扣器



(g) 拆下静触点、动触点、电磁脱扣器和接线柱



(h) 复原热脱扣器



(i) 安装灭弧罩

图 1-2-12 低压断路器拆装