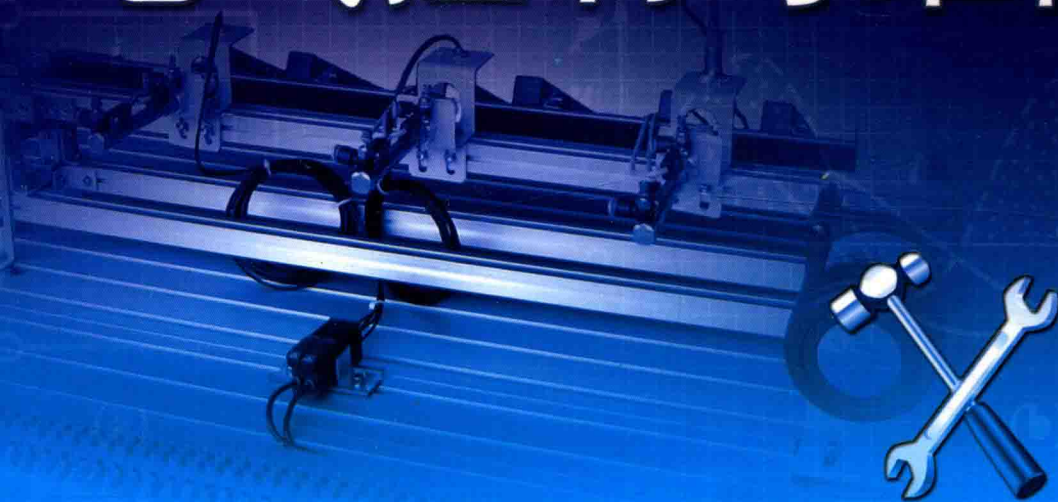




职业教育机电类课程改革新规划教材

机电设备

电气控制与维修



陶运道 ◎ 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



职业教育机电类课程改革新规划教材

机电设备电气控制与维修

主 编 陶运道
副主编 王 凤 方 莹
参 编 刘 巍 刘大威 邓 成
主 审 郭世杰



机械工业出版社

本书适用于项目式教学形式,以任务来引领,以技能培养为主线。全书共分五个学习单元,18个任务,按照从易到难、从简单到复杂的原则进行编排,力争符合学生的认知规律。内容包括低压电器的拆装与检修、三相异步电动机的拆装与控制,三相异步电动机基本电气控制电路的安装与调试、机床电气控制电路的检修及桥式起重机电气控制电路的检修。内容涵盖机电设备典型控制电路的分析、拆装及故障检修方法。

本书内容浅显,可操作性强,立体化配套完善,可作为职业院校电气、机电、数控及电工电子等专业的教学用书,也可作为相关专业工程技术人员的岗位培训教材或参考书。

本书配套免费电子教案和习题答案,选用本书作为教材的学校,均可登录机械工业出版社教材服务网(www.cmpedu.com),注册并下载。

图书在版编目(CIP)数据

机电设备电气控制与维修/陶运道主编. —北京:机械工业出版社, 2013. 10

职业教育机电类课程改革新规划教材

ISBN 978-7-111-44563-0

I. ①机… II. ①陶… III. ①机电设备—电气控制—职业教育—教材
②机电设备—维修—职业教育—教材 IV. ①TM921.5②TM07

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第253746号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:高倩 责任编辑:高倩 版式设计:常天培

责任校对:卢惠英 封面设计:赵颖喆 责任印制:杨曦

北京云浩印刷有限责任公司印刷

2014年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·8印张·197千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-44563-0

定价:18.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工微博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面防伪标均为盗版

前 言

本书是根据中等职业学校“机电设备电气控制与维修”课程要求，并参照有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级标准编写而成的，可作为职业院校电气机电、数控及电工电子等专业的教学用书。

本书立足中职学生的特点，本着理论够用、学了能用、突出能力培养的原则，在教材内容上突出以下特点：

- 1) 简化教材内容，突出够用、好用和实用。
- 2) 采用以技能训练为主线、理论知识为支撑的编写方法，有利于培养学生掌握一定的理论知识和解决问题的能力。
- 3) 按照中职学生的认知规律，注重用图代替大段描述文字，使学生直观认识控制电路，并理解其原理。

本书由安徽化工学校陶运道担任主编，马鞍山工业学校王凤、安徽化工学校方莹担任副主编，安徽经济技术学校邓成、马鞍山工业学校刘巍、安徽工程技术学校刘大威参与编写。安徽化工学校郭世杰担任本书主审。

本书作为中等职业教育改革创新示范教材配套教学用书，非常希望得到各位老师的意见和建议，以便不断改进和提高。由于编者水平有限，书中存在不少缺点、疏漏及其他不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

学习单元一 低压电器的拆装与检修	1
任务一 刀开关和组合开关的拆装	2
任务二 低压断路器的检修	6
任务三 低压熔断器的检修	11
任务四 继电器的拆装与检修	15
任务五 接触器的拆装与检修	24
任务六 主令电器的拆装与检修	30
习题一	34
学习单元二 三相异步电动机的拆装与控制 ..	37
任务一 三相异步电动机的拆装	38
任务二 三相异步电动机的启动、调速和 制动控制	45
习题二	51
学习单元三 三相异步电动机基本电气控制 电路的安装与调试	53
任务一 三相异步电动机直接启动控制电路 的安装与调试	54
任务二 三相异步电动机减压启动控制电路 的安装与调试	59
任务三 三相异步电动机转子串电阻启动控制 电路的安装与调试	66

任务四 三相异步电动机能耗制动控制电路 的安装与调试	70
任务五 三相异步电动机电源反接制动控制 电路的安装与调试	73
任务六 双速笼型三相异步电动机调速控制 电路的安装与调试	77
习题三	80
学习单元四 机床电气控制电路的检修	83
任务一 CA6140 型车床电气控制电路的 检修	84
任务二 Z3040 型摇臂钻床电气控制电路的 检修	91
任务三 XA6132 型万能铣床电气控制电路的 检修	97
习题四	108
学习单元五 桥式起重机电气控制电路的 检修	109
任务 20/5T 桥式起重机电气控制电路的 检修	110
习题五	122
参考文献	124

学习单元一

低压电器的拆装与检修

1. 电器的概念

用于接通和断开电路或对电路和电气设备进行保护、控制和调节的电工器件称为电器。

2. 电器分类

(1) 按工作电压分类

1) 低压电器：用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 以下电路的电器。

2) 高压电器：用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 以上电路的电器。

(2) 按用途分类

1) 配电电器：主要用于供配电系统中实现对电能的输送、分配和保护。

2) 控制电器：主要用于生产设备自动控制系统中对设备进行控制、检测和保护。

(3) 按触点的动力来源分类

1) 手动电器：通过人力实现触点动作的电器。

2) 自动电器：通过非人力实现触点动作的电器。

任务一 刀开关和组合开关的拆装

【任务描述】

刀开关又称为闸刀开关或隔离开关,是手动电器中最简单且使用最为广泛的一种低压电器。在电气控制电路中,组合开关常被作为电源引入的开关,可以用它来直接起动或停止小功率电动机或控制电动机正反转、倒顺等。局部照明电路也常用它来控制。

【学习目标】

- 1) 熟悉刀开关和组合开关的功能。
- 2) 了解刀开关和组合开关的结构。
- 3) 熟悉刀开关和组合开关的维护。

【任务准备】

- 1) 平口螺钉旋具、十字螺钉旋具各一把、0 号砂纸。
- 2) 组合开关 (HZ10—10/3 型)、刀开关各一只。
- 3) 万用表一块。

【实施方案】

一、观察刀开关、组合开关的结构

刀开关和组合开关的外形如图 1-1 所示。

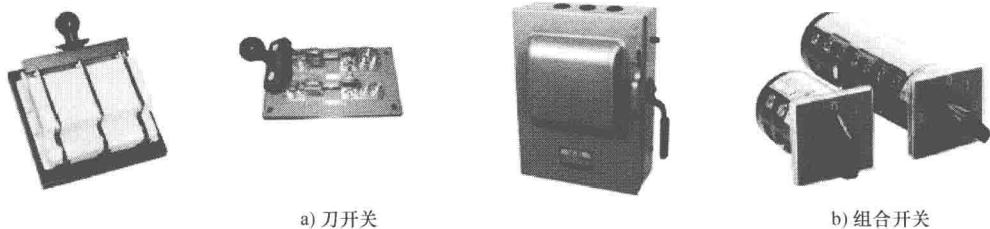


图 1-1 刀开关和组合开关

二、组合开关的拆装

- 1) 松开手柄紧固螺钉,取下手柄。
- 2) 松开支架上的紧固螺母,取下顶盖、转轴、弹簧和凸轮等操纵机构。
- 3) 抽出绝缘杆,取下绝缘垫板上盖。
- 4) 拆卸三对动、静触头。
- 5) 检查触头有无烧毛,如有烧毛,应用 0 号砂纸进行修整,更换损坏的触头。
- 6) 检查转轴弹簧是否松脱,检查消弧垫是否严重磨损,根据情况调换新器件。

- 7) 装配组合开关时，应按拆卸的逆顺序进行。
- 8) 装配时，应注意活动触头和固定触头的相互位置是否正确及叠片连接是否紧密。
- 9) 对于已修复和装配好的组合开关，应进行 10 次通断试运行，若不合格应重新装配。

三、通断试验（数字式万用表检查）

组合开关的通断试验电路如图 1-2 所示。

- 1) 将数字式万用表置于 200Ω。
- 2) 转动手柄，用万用表欧姆挡测量动、静触头的通断情况。

四、刀开关、组合开关安装注意事项

阅读刀开关、组合开关说明，在安装时要注意以下问题：

- 1) 在安装刀开关时，手柄要向上，不得倒装或平装。
- 2) 电源线应接在上端（静触头），负载接在下端（动触头）。

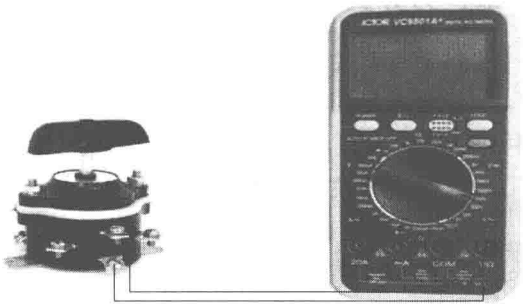


图 1-2 通断试验

【知识链接】

一、刀开关——开启式开关熔断器组

1. 开启式开关熔断器组的作用

开启式开关熔断器组主要用于电源隔离和小容量电动机不频繁起动与停止的控制电路。由于刀开关没有灭弧装置，所以不承担接通和断开电流的任务，而只是将电路与电源隔开，以保证检修人员检修时的安全。

2. 开启式开关熔断器组的结构和电气符号

开启式开关熔断器组的外形、结构及电气符号如图 1-3 所示。

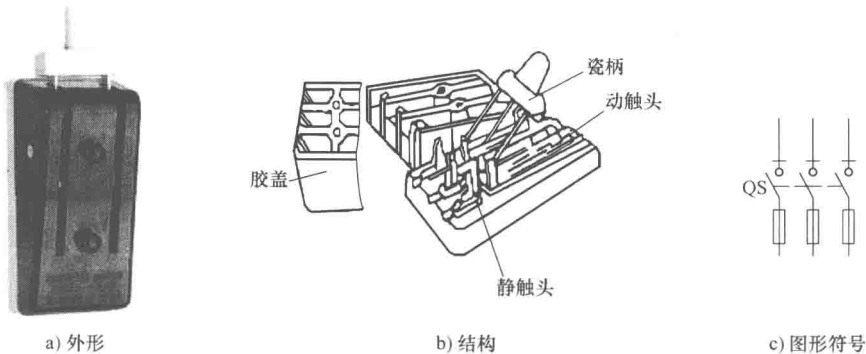


图 1-3 开启式开关熔断器组结构

3. 开启式开关熔断器组的型号和技术参数

开启式开关熔断器组的常用型号有 HK1、HK2、HK4 和 HK8。

开启式开关熔断器组技术参数有：

- 1) 额定电流：刀开关在合闸位置时允许长期通过的最大电流。
- 2) 额定电压：刀开关长期工作时，能承受的最大电压。
- 3) 分断电流：刀开关在额定电压下能可靠分断最大电流的能力。

二、刀开关——封闭式开关熔断器组

1. 封闭式开关熔断器组的作用

封闭式开关熔断器组主要用于配电电路中的电源开关、隔离开关和应急开关。在控制电路中，可用于不频繁起动 28kW 以下的三相异步电动机。

2. 封闭式开关熔断器组的结构

封闭式开关熔断器组的结构如图 1-4b 所示，它由钢板外壳、动触头（刀式触头）、静触头（夹座）、储能操作机构、熔断器、转轴及手柄等组成。

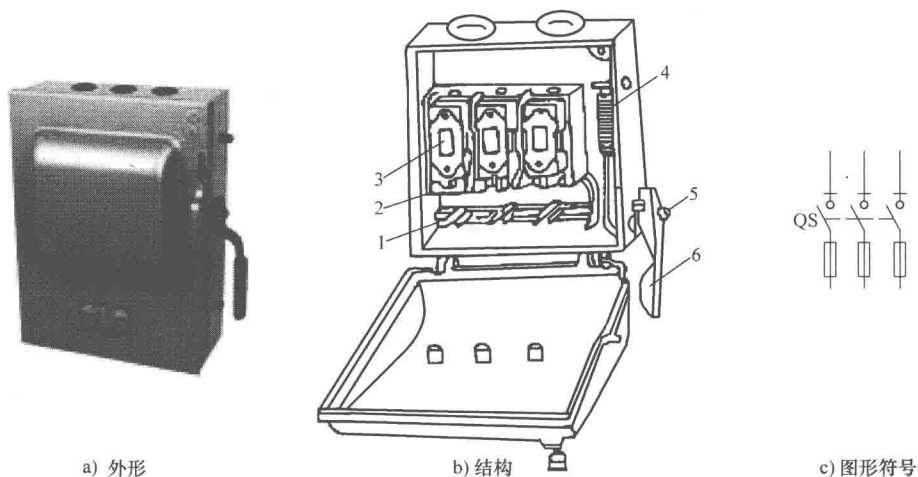


图 1-4 铁壳刀开关实物及结构

1—刀式触头 2—夹座 3—熔断器 4—速断弹簧 5—转轴 6—手柄

3. 封闭式开关熔断器组的选用

- 1) 作为隔离开关或控制电热、照明等电阻性负载时，其额定电流等于或稍大于负载的额定电流。
- 2) 用于控制电动机起动或停止时，其额定电流可按大于或等于两倍电动机的额定电流选取。

三、组合开关

1. 组合开关的作用

组合开关在自动控制系统中一般用于电源引入开关或电路功能切换开关，也可直接用于控制小容量交流电动机的不频繁操作。

2. 组合开关的结构和符号

组合开关的结构如图 1-5b 所示，它由动触头、静触头、绝缘方轴、手柄、凸轮和外壳组成。

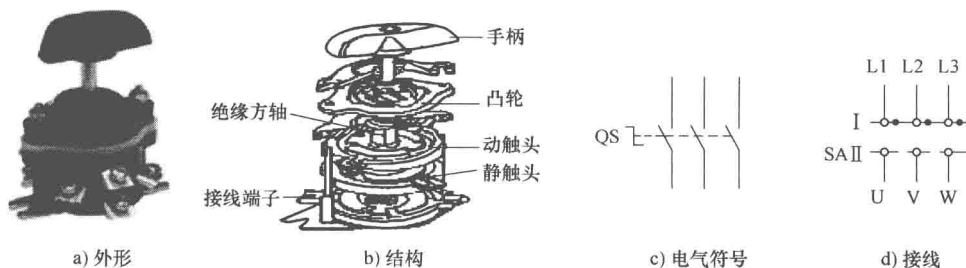


图 1-5 组合开关

根据组合开关在电路中的不同作用，组合开关的图形与文字符号有两种。当在电路中用于隔离开关时，其图形符号如图 1-5c 所示，其文字符号为 QS，机床电气控制电路中一般采用三极组合开关。图 1-5d 所示为用于转换开关使用时的图形符号，图示是一个三极组合开关，图中 I 与 II 分别表示组合开关手柄转动的两个操作位置，位置 I 线上的三个空心点右方画了三个黑点，表示当手柄转动到位置 I 时，L1、L2 与 L3 支路线分别与 U、V、W 支路线接通；而位置 II 线上三个空心点右方没有相应黑点，表示当手柄转动到位置 II 时，L1、L2 与 L3 支路线与 U、V、W 支路线处于断开状态。文字符号为 SA。

3. 组合开关的选用

组合开关用于隔离开关时，其额定电流应低于被隔离电路中各负载电流的总和；用于控制电动机时，其额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

在实际应用中应根据电气控制电路的需要确定组合开关的接线方式，正确选择符合接线要求的组合开关规格。

【任务评价】

任务评价标准见表 1-1。

表 1-1 刀开关和组合开关的拆装评价表

项目内容	配分	评分标准	扣分	得分
组合开关的拆装	60 分	拆装前不进行调查研究,扣 5 分 拆装思路不明确,扣 5 分 装配元件位置错误,每个扣 10 分 损坏电器元件,扣 30 分		
通断试验	30 分	电路连接不正确,扣 25 分 使用仪表和工具不正确,每次扣 5 分 结论不正确,扣 5 分		
安全、文明生产	10 分	防护用品穿戴不齐全,扣 5 分 检修结束后未恢复原状,扣 5 分 检修中丢失零件,扣 5 分 出现短路或触电,扣 10 分		

(续)

项目内容	配分	评分标准	扣分	得分
工时		工时为 1h, 检查故障不允许超时, 修复故障允许超时, 每超过 5min 扣 5 分, 最多可延长 20min		
合计	100 分			
备注	每项扣分最高不超过该项配分			

任务二 低压断路器的检修

【任务描述】

低压断路器又称为自动开关, 是一种既有手动开关作用, 又能自动进行失电压、欠电压、过载和短路保护的电器。它可用来分配电能, 不频繁地起动异步电动机时, 对电源线路及电动机等实现保护。当它们发生严重的过载或短路及欠电压等故障时, 能自动切断电路。

【学习目标】

- 1) 了解低压断路器的结构。
- 2) 掌握低压断路器的工作原理。
- 3) 熟悉低压断路器的安装和维护。

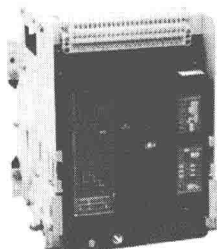
【任务准备】

- 1) 平口螺钉旋具、十字螺钉旋具各一把。
- 2) 万用表一块。
- 3) 低压断路器、电动机。

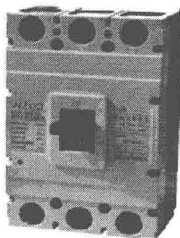
【实施方案】

一、观察低压断路器的结构

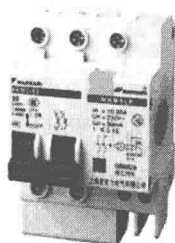
低压断路器实物如图 1-6 所示。



a) 框架式断路器



b) 塑料式断路器



c) 漏电保护式断路器

图 1-6 低压断路器实物

低压断路器的内部结构如图 1-7 所示, 其作用及主要参数见表 1-2。

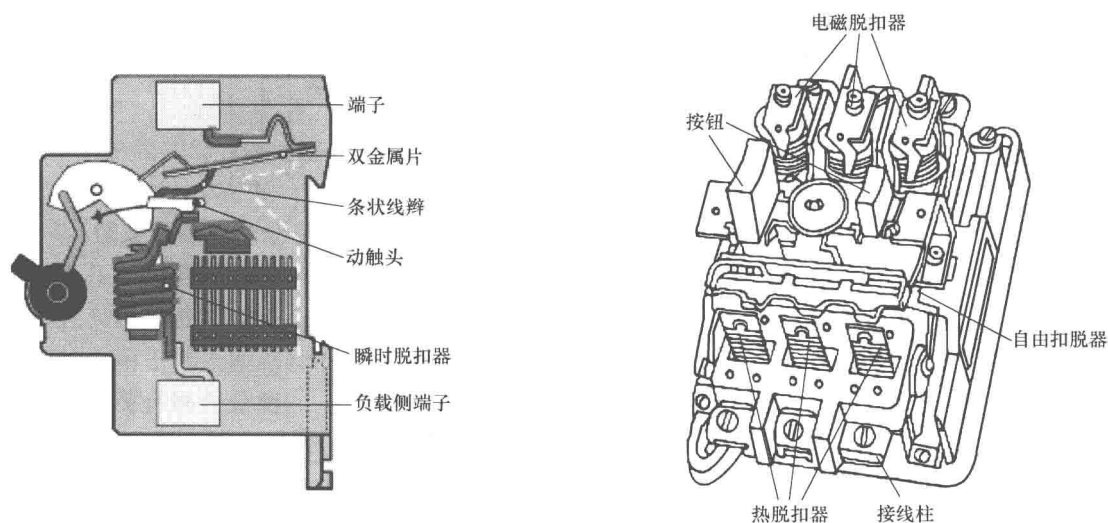


图 1-7 低压断路器的结构

表 1-2 低压断路器结构及作用

主要部件	作 用	参 数
电磁脱扣器	电磁脱扣器与被保护电路串联。电路中通过正常电流时,电磁铁产生的电磁力小于反作用力弹簧的拉力,衔铁不能被电磁铁吸动,断路器正常运行	1. 额定工作电压 2. 额定电流 3. 额定短路分断能力
热脱扣器	热脱扣器与被保护电路串联。电路中通过正常电流时,发热元件发热使双金属片弯曲至一定程度(刚好接触到传动机构),并达到动态平衡状态,双金属片不再继续弯曲。当出现过载现象时,电路中电流增大,双金属片将继续弯曲,通过传动机构推动自由脱扣机构释放主触头,主触头在分闸弹簧的作用下分开,切断电路,起到过载保护的作用	
触头	低压断路器的触头在正常情况下可以接通分断负荷电流,在故障情况下还必须可靠分断故障电流	

二、低压断路器的安装与维护

(1) 低压断路器的安装位置

低压断路器应垂直安装,电源线从上引入,如图 1-8 所示。低压断路器用于控制电动机时,应在其前加开关以形成明显断开点。

(2) 低压断路器的维护

低压断路器使用前应将脱扣器工作面的防锈油脂擦干净,各脱扣器动作值一经调整好,不允许随意变动。应定期清除积尘,并检查各脱扣器动作值,给操作机构添加润滑剂。

三、低压断路器常见故障的检修

低压断路器的常见故障及维修方法见表 1-3。

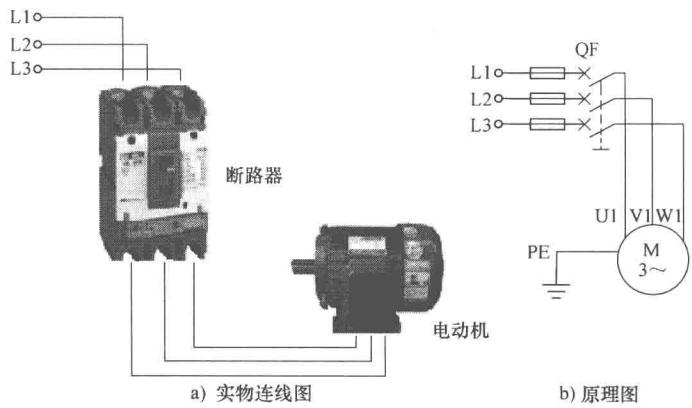


图 1-8 低压断路器的安装

表 1-3 低压断路器常见故障及维修方法

故障现象	故障原因	检修方法
不能合闸	欠电压脱扣器无电压或线圈损坏	检查线路,施加电压或更换线圈
	储能弹簧变形,导致闭合力减小	更换储能弹簧
	反作用弹簧力过大	重新调整弹簧反力
	机构不能复位再扣	调整再扣接触面至规定值
电流达到整定值,断路器不能动作	热脱扣器金属损坏	更换双金属片
	电磁脱扣器衔铁与铁心距离太大或电磁线圈损坏	调整衔铁与铁心距离或更换电磁线圈
	主触头熔焊	检查原因并更换主触头
起动电动机时断路器立即分断	电磁脱扣器瞬时动作整定值过小	调高电磁脱扣器整定值
	电磁脱扣器某些零件损坏	更换电磁脱扣器

【知识链接】

一、低压断路器的工作原理、功能及接线

1. 低压断路器的工作原理

低压断路器的结构示意图如图 1-9 所示。低压断路器的三副主触头串联在被保护的三相主电路中,由搭钩钩住弹簧,使主触头保持闭合状态。当电路正常工作时,电磁脱扣器中线圈不得电,不产生吸力,不能将它的衔铁吸合;但当电路出现故障时,电磁脱扣器线圈得电,产生吸力,使衔铁吸合,从而推动杠杆将搭钩解开,在弹簧作用下,主触头分开,从而断开了电路。

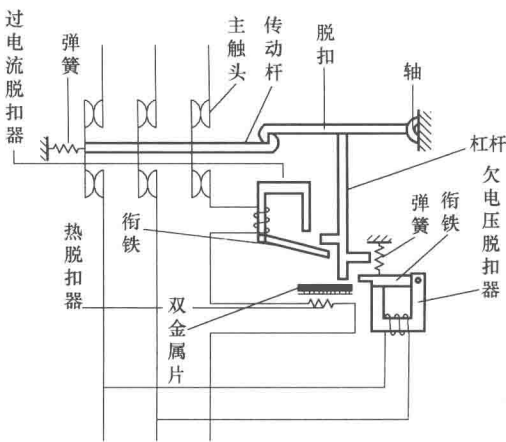


图 1-9 低压断路器的结构示意图

1) 过电流脱扣器: 当电路发生短路

时，过电流脱扣器的吸力增加，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头，实现了短路保护。

2) 欠电压脱扣器：当电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，实现了欠电压和失电压保护。

3) 热脱扣器：当电路过载时，热脱扣器的双金属片受热弯曲，将搭钩顶开，切断主触头，实现了过载保护。

2. 低压断路器的功能

低压断路器又称为自动开关，主要用于交直流低压电网中，既可手动也可电动分合电路，且对电路或用电设备实现过载、短路和欠电压等保护。由于低压断路器有灭弧装置，因而可以安全地带负荷合闸与分闸。

3. 低压断路器的接线

低压断路器的接线分为上进线和下进线。在安装低压断路器时，静触头应始终朝上，如图 1-10 所示。上进线是指电源接在静触头边，下进线是指电源接在动触头边。

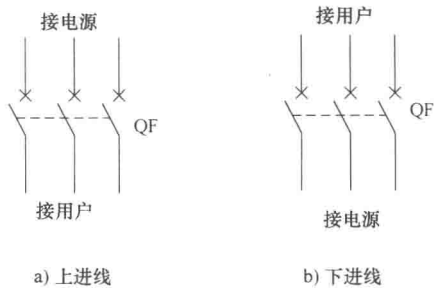


图 1-10 低压断路器的电气符号与接线

二、低压断路器的分类

1. 按结构分类

低压断路器根据结构的不同可分为框架式和塑料外壳式。

2. 按用途分类

低压断路器根据用途的不同可分为配电用、电动机保护用、照明用及漏电保护用断路器。

三、低压断路器的型号说明

低压断路器的型号说明与电气符号如图 1-11 所示。

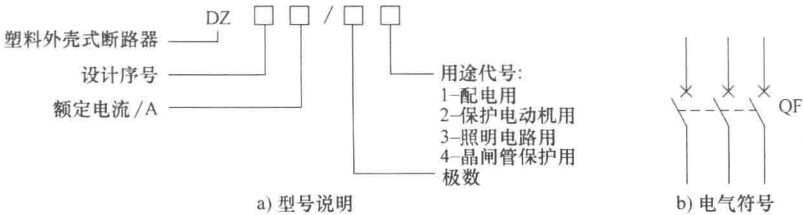


图 1-11 低压断路器的型号说明

四、低压断路器的选用

选用低压断路器时，应根据具体使用条件选择使用类别，选择额定工作电压、额定电

流、脱扣器整定电流和分励、欠电压脱扣器的电压、电流等参数，参照产品样本提供的保护特性曲线选用保护特性，并应对短路特性和灵敏系数进行校验。当与另外的断路器或其他保护电器之间有配合要求时，应选用选择型断路器。

1. 额定工作电压和额定电流

低压断路器的额定工作电压 U_0 和额定电流 I_0 应分别不低于线路、设备的正常额定工作电压、工作电流或计算电流。

2. 长延时脱扣器整定电流 I_{r1}

所选断路器的长延时脱扣器整定电流 I_{r1} 应大于或等于线路的计算负载电流，可按计算负载电流的 1 ~ 1.1 倍整定，同时应不大于线路导体长期允许电流的 0.8 ~ 1 倍。

3. 瞬时或短延时脱扣器的整定电流 I_{r2}

所选断路器的瞬时或短延时脱扣器整定电流 I_{r2} 应大于线路的尖峰电流。

4. 短路通断能力和短时耐受能力校验

低压断路器的额定短路分断能力和额定短路接通能力应不低于其安装位置上的预期短路电流。

5. 灵敏系数校验

所选定的断路器还应按短路电流进行灵敏系数校验。灵敏系数即线路中最小短路电流（一般取电动机接线端或配电线路末端的两相或单相短路电流）和断路器瞬时或延时脱扣器整定电流之比。

6. 分励和欠电压脱扣器的参数确定

分励和欠电压脱扣器的额定电压应等于线路额定电压，电源类别（交、直流）应按控制电路情况确定。

【任务评价】

任务评价标准见表 1-4。

表 1-4 低压断路器的检修评价表

项目内容	配分	评 分 标 准	扣分	得分
低压断路器的安装	30 分	安装前不进行调查研究,扣 5 分 安装思路不正确,扣 5 分 装配位置错误,扣 10 分 损坏电器元件,扣 20 分		
低压断路器常见故障的检修	60 分	切断电源后不验电,扣 5 分 使用仪表和工具不正确,每次扣 5 分 检查故障的方法不正确,扣 10 分 查出故障不会排除,每个故障扣 20 分 检修中扩大故障范围,扣 10 分 少查出故障,每个扣 20 分 损坏电器元件,扣 30 分 检修中或检修后试车操作不正确,每次扣 5 分		

(续)

项目内容	配分	评 分 标 准	扣分	得分
安全、文明生产	10 分	防护用品穿戴不齐全,扣 5 分 检修结束后未恢复原状,扣 5 分 检修中丢失零件,扣 5 分 出现短路或触电,扣 10 分		
工时		工时为 1h,检查故障不允许超时,修复故障允许超时,每超时 5min 扣 5 分,最多可延长 20min		
合计	100 分			
备注	每项扣分最高不超过该项配分			

任务三 低压熔断器的检修

【任务描述】

低压熔断器（以下简称熔断器）是低压配电网络和电力拖动系统中主要用于短路保护的电器。使用时，熔断器应串联在被保护的电路中。正常情况下，熔断器的熔体相当于一段导线；而当电路发生短路故障时，熔体能迅速熔断，从而分断电路，起到保护电路和电气设备的作用。

【学习目标】

- 1) 了解低压熔断器的结构。
- 2) 掌握低压熔断器的工作原理。
- 3) 熟悉低压熔断器的安装和维护方法。

【任务准备】

- 1) 尖嘴钳、螺钉旋具各一把。
- 2) 万用表一只。
- 3) 在 RC1A、RL1、RT0、RM10 及 RS0 各系列选举不少于两种规格的熔断器，具体规格可由指导教师根据实际情况给出。

【实施方案】

一、观察熔断器的结构

在教师指导下，仔细观察各种类型、规格熔断器的外形和结构，熔断器实物如图 1-12 所示。

二、识别熔断器

根据实物写出熔断器名称、型号规格及结构，并填入表 1-5 中。

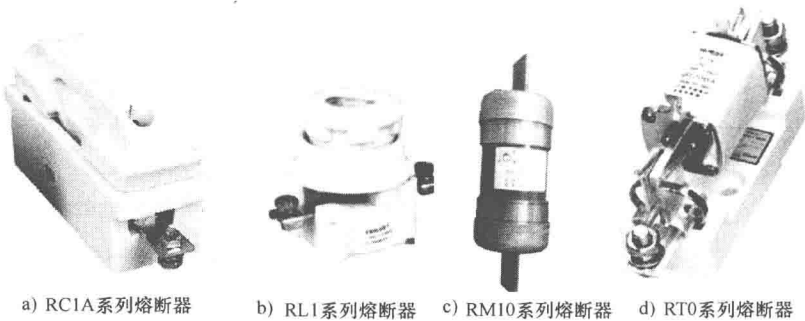


图 1-12 熔断器实物

表 1-5 熔断器的识别

序号	1	2	3	4	5
名称					
型号规格					
结构					

三、更换 RC1A 系列或 RL1 系列熔断器的熔体

熔断器的结构如图 1-13 所示。

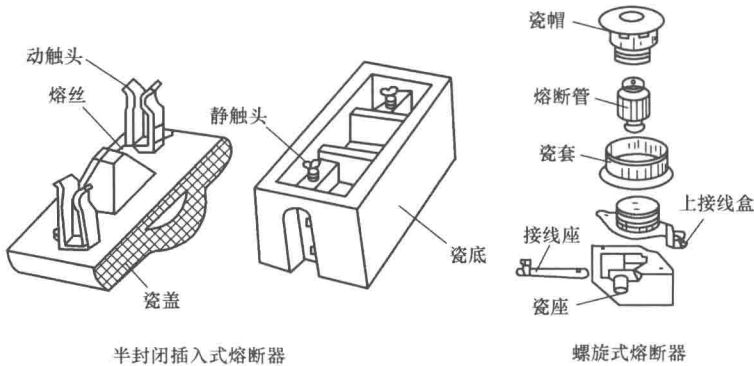


图 1-13 熔断器的结构

- 1) 检查所给熔断器的熔体是否完好。对 RC1A 系列熔断器，可拨下瓷盖进行检查；对 RL1 系列熔断器，应首先检查熔断器的熔体。
- 2) 若熔体已断，按原规格选配熔体。
- 3) 更换熔体。对于 RC1A 系列熔断器，安装熔丝时缠绕方向要正确，安装过程中不得损坏熔丝。对于 RL1 系列熔断器，应注意不能倒装。
- 4) 用万用表检查更换熔体后的熔断器各部分接触是否良好。

四、熔断器的常见故障及处理方法

熔断器的常见故障及处理方法见表 1-6。