

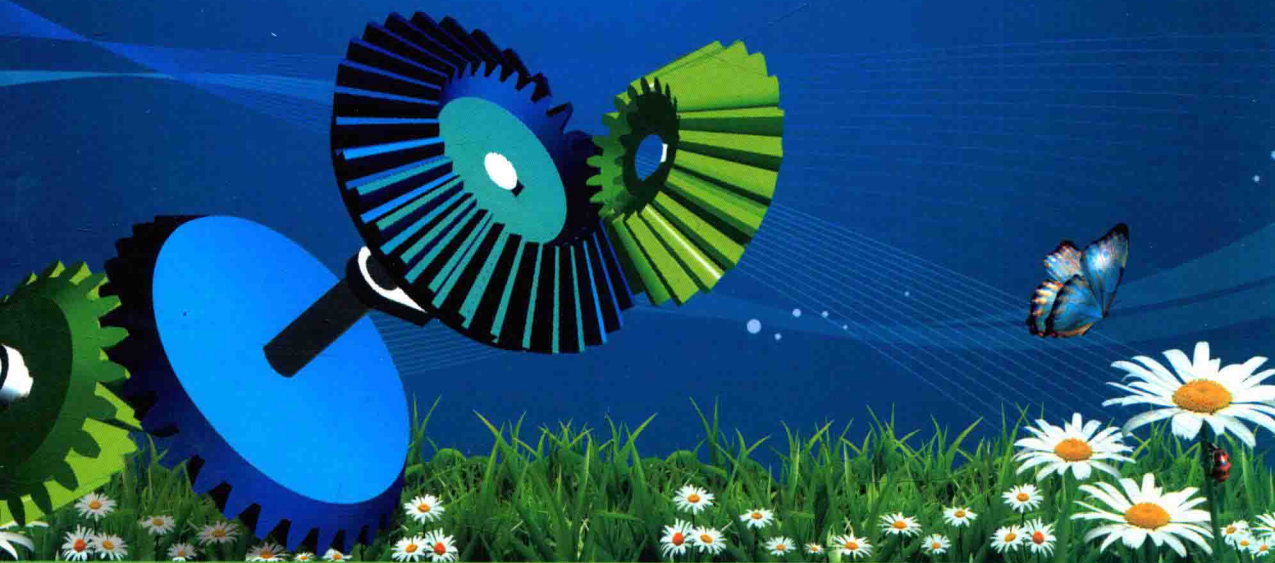


职业教育机电类专业课程改革创新规划教材



电动机控制线路 安装与检修

● 杨杰忠 乔晶涛 蒋智忠 主 编
● 李仁芝 屈远增 邹火军 副主编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

职业教育机电类专业课程改革创新规划教材

电动机控制线路 安装与检修

杨杰忠 乔晶涛 蒋智忠 主 编
李仁芝 屈远增 邹火军 副主编

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是依据《国家职业技能标准 维修电工》中级工的知识要求和技能要求,按照岗位培训需要的原则编写的。本书以任务驱动教学法为主线,以应用为目的,以具体的任务为载体,介绍了三相笼型异步电动机正转控制线路的安装与检修、三相笼型异步电动机正反转控制线路的安装与检修、位置控制与顺序控制线路的安装与检修、三相笼型异步电动机减压启动控制电路的安装与检修、三相笼型异步电动机制动控制电路的安装与检修、多速异步电动机制动控制电路的安装与检修、三相绕线式异步电动机控制电路的安装与检修。

本书可作为技工院校、职业院校及成人高等院校、民办高校的机电技术应用专业、电气自动化专业、电气运行与控制等相关专业一体化教材,也可作为维修电工中级工的培训教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电动机控制线路安装与检修/杨杰忠,乔晶涛,蒋智忠主编. —北京:电子工业出版社,2015.9
职业教育机电类专业课程改革创新规划教材

ISBN 978-7-121-27064-2

I. ①电… II. ①杨… ②乔… ③蒋… III. ①电动机—控制电路—安装—中等专业学校—教材 ②电动机—控制电路—检修—中等专业学校—教材 IV. ①TM320.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 206383 号

策划编辑:张 凌

责任编辑:夏平飞

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:13.5 字数:331 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

印 次:2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价:29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

为贯彻全国职业技术学校坚持以就业为导向的办学方针，实现以课程对接岗位、教材对接技能的目的，更好地适应“工学结合、任务驱动模式”教学的要求，满足项目教学法需要，特编写此书。本书的编写指导思想明确，坚持以达到国家职业技能鉴定标准和就业能力为目标，以专业（工种）的工作内容为主线，以工作任务为引领，由浅入深，循序渐进，精简理论，突出核心技能和实操能力，使理论和实践融为一体，充分体现“教”、“学”、“做”合一的教学思想。

本书共分为七个项目，即三相笼型异步电动机正转控制线路的安装与检修；三相笼型异步电动机正反转控制线路的安装与检修；位置控制与顺序控制线路的安装与检修；三相笼型异步电动机减压启动控制电路的安装与检修；三相笼型异步电动机制动控制电路的安装与检修；多速异步电动机制动控制电路的安装与检修；三相绕线式异步电动机控制电路的安装与检修。每个项目又划分为不同的任务。在任务的选择上，以典型的工作任务为载体，坚持以能力为本位，重视实践能力的培养；在内容的组织上，整合相应的知识和技能，实现理论和操作的统一，有利于实现“理实一体化”教学，充分体现了认知规律。

本书是在充分吸收国内外职业教育先进理念的基础上，总结了众多学校一体化教学改革的经验，集众多一线教师多年的教学经验和企业实践专家的智慧完成的。在编写过程中，力求实现内容通俗易懂，既方便教师教学，又方便学生自学。特别是在操作技能部分，图文并茂，侧重于对电路安装完成后的学生自检过程、通电试车过程和故障检修内容的细化，以提高学生在实际工作中分析问题和解决问题的能力，实现职业教育与社会生产实际的紧密结合。

本书在编写过程中得到了广西柳州钢铁集团、上汽通用五菱汽车有限公司、柳州九鼎机电科技有限公司的同行们的大力支持，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中若有错漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

项目 1 三相笼型异步电动机正转控制线路的安装与检修	1
任务 1 手动控制三相笼型异步电动机正转控制电路的安装与检修	1
任务 2 三相笼型异步电动机点动正转控制电路的安装与检修	18
任务 3 三相笼型异步电动机接触器自锁控制电路的安装与检修	34
项目测试题	53
项目 2 三相笼型异步电动机正反转控制线路的安装与检修	57
任务 1 倒顺开关控制电动机正反转控制电路的安装与检修	57
任务 2 三相笼型异步电动机接触器连锁正反转控制电路的安装与检修	63
项目测试题	75
项目 3 位置控制与顺序控制线路的安装与检修	78
任务 1 位置控制电路的安装与检修	78
任务 2 自动往返循环控制电路的安装与检修	87
任务 3 顺序控制电路的安装与检修	95
项目测试题	109
项目 4 三相笼型异步电动机减压启动控制电路的安装与检修	112
任务 1 定子绕组串接电阻减压启动控制电路的安装与检修	112
任务 2 Y— Δ 减压启动控制电路的安装与检修	124
项目测试题	133
项目 5 三相笼型异步电动机制动控制电路的安装与检修	136
任务 1 电磁抱闸制动器制动控制电路的安装与检修	136
任务 2 反接制动控制电路的安装与检修	142
任务 3 能耗制动控制电路的安装与检修	152
项目测试题	161
项目 6 多速异步电动机制动控制电路的安装与检修	163
任务 1 双速异步电动机控制电路的安装与检修	163
任务 2 三速异步电动机控制电路的安装与检修	173
项目测试题	179

项目 7 三相绕线式异步电动机控制电路的安装与检修	181
任务 1 转子回路串电阻启动控制电路的安装与检修	181
任务 2 转子绕组串联频敏变阻器控制电路的安装与检修	192
任务 3 凸轮控制器控制转子绕组串电阻控制电路的安装与检修	198
项目测试题	205
参考文献	207

项目1 三相笼型异步电动机

正转控制线路的安装与检修

任务1 手动控制三相笼型异步电动机

正转控制电路的安装与检修

知识目标:

1. 掌握低压开关、低压断路器和熔断器等低压电器的结构、用途及工作原理和选用原则。
2. 正确理解三相笼型异步电动机手动正转控制电路的工作原理。
3. 能正确识读手动正转控制电路的原理图、接线图和布置图。

能力目标:

1. 会按照工艺要求正确安装三相笼型异步电动机手动控制正转电路。
2. 初步掌握三相笼型异步电动机手动正转控制电路中运用的低压电器选用方法与简单检修。
3. 能根据故障现象,检修三相笼型异步电动机点动正转控制电路。

素质目标:

养成独立思考和动手操作的习惯,培养小组协调能力和互相学习的精神。



工作任务

本次工作任务就是通过学习掌握低压开关、低压断路器和熔断器等低压电器的结构、用途及工作原理和选用原则,同时掌握三相笼型异步电动机手动正转控制线路的安装与检修。如图 1-1-1 所示是三相笼型异步电动机的手动正转控制。



相关知识

一、常用的低压电器

根据工作电压的高低,电器可分为高压电器和低压电器。通常把工作交流额定电压 1200V 及以下、直流 1500V 及以下的电器称为低压电器。低压电器作为一种基本器件,广泛应用于输配电系统和电力拖动系统中,在实际生产中起着非常重要的作用。



图 1-1-1 三相笼型异步电动机的手动正转控制

1. 低压电器的分类

低压电器的种类繁多，分类方法也很多，常见的分类方法见表 1-1-1。

表 1-1-1 低压电器常见的分类方法

分类方法	类别	说明及用途
按用途和控制对象分	低压配电电器	包括低压开关、低压熔断器等，主要用于低压配电系统及动力设备中
	低压控制电器	包括接触器、继电器、电磁铁等，主要用于电力拖动及自动控制系统中
按动作方式分	自动切换电器	依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作的电器，如接触器、继电器等
	非自动切换电器	主要依靠外力（如手控）直接操作来进行切换的电器，如按钮、低压开关等
按执行机构分	有触头电器	具有可分离的动触头和静触头，主要利用触头的接触和分离来实现电路的接通和断开控制，如接触器、继电器等
	无触头电器	没有可分离的触头，主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制，如接近开关、固态继电器等

2. 低压电器的常用术语

低压电器的常用术语见表 1-1-2。

表 1-1-2 低压电器的常用术语

常用术语	常用术语的含义
通断时间	从电流开始在开关电器的一个极流过的瞬间起，到所有极的电弧最终熄灭的瞬间为止的时间间隔
燃弧时间	电器分断过程中，从触头断开（或熔体熔断）出现电弧的瞬间开始，至电弧完全熄灭为止的时间间隔
分断能力	开关电器在规定的条件下，能在给定的电压下分断的预期分断电流值
接通能力	开关电器在规定的条件下，能在给定的电压下接通的预期接通电流值
通断能力	开关电器在规定的条件下，能在给定的电压下接通和分断的预期电流值
短路接通能力	在规定的条件下，包括开关电器的出线端短路在内的接通能力
短路分断能力	在规定的条件下，包括开关电器的出线端短路在内的分断能力
操作频率	开关电器在每小时内可能实现的最高循环操作次数
通电持续率	开关电器的有载时间和工作周期之比，常以百分数表示
电寿命	在规定的正常工作条件下，机械开关电器不需要修理或更换的负载操作循环次数

在此仅就与本任务有关的低压开关和熔断器进行介绍。

二、低压开关

低压开关主要作隔离、转换及接通和分断电路用，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，常用的有开启式负荷开关、封闭式负荷开关、组合开关和低压断路器。

1. 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关，简称闸刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关，适用于交流频率 50Hz、额定电压单相 220V 或三相 380V、额定电流 10A 至 100A 的照明、电热设备及小容量电动机控制电路中，供手动和不频繁接通和分断电路，并起短路保护。

(1) 结构及符号。HK 系列负荷开关由刀开关和熔断器组合而成，其结构及符号如图 1-1-2 所示。

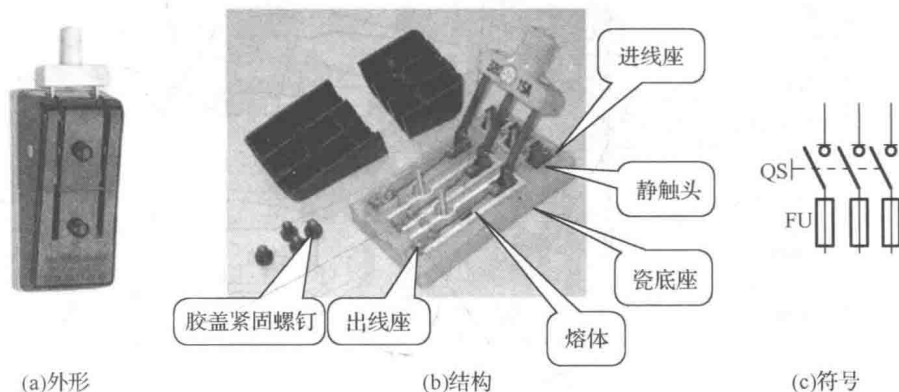
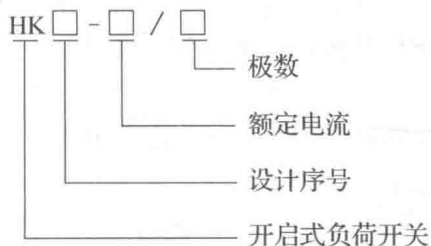


图 1-1-2 HK 系列负荷开关

(2) 型号及含义。开启式负荷开关的型号及含义如下。



HK 开启式负荷开关用于一般的照明电路和功率小于 5.5kW 的电动机控制线路中。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。

2. 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关是在开启式负荷开关基础上改进设计的一种开关，其灭弧性能、操作性、通断能力、安全防护性能等都优于闸刀开关。HH3 系列封闭式负荷开关如图 1-1-3 所示。

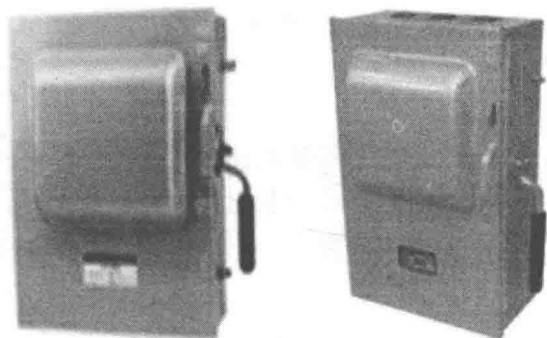


图 1-1-3 HH3 系列封闭式负荷开关

(1) 结构及符号。铁壳开关主要由触头系统（包括动触刀和静夹座）、操作机构（包括手柄、转轴、速断弹簧）、熔断器、灭弧装置和外壳构成。封闭式负荷开关的结构及符号如图 1-1-4 所示。

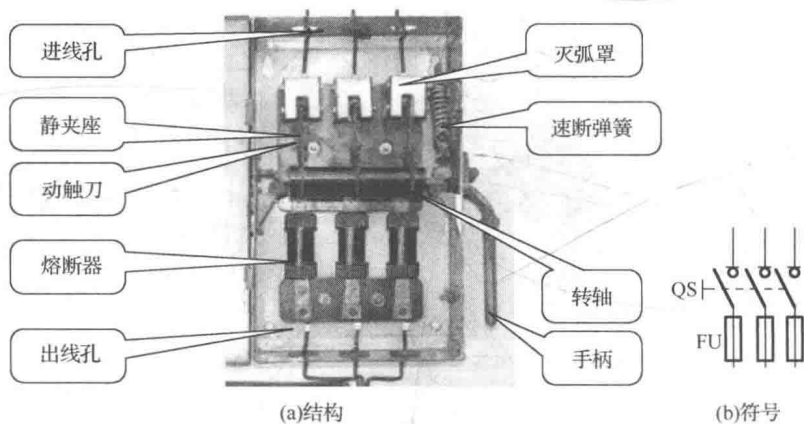
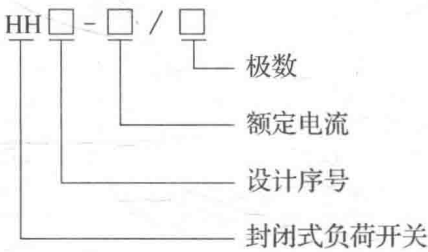


图 1-1-4 封闭式负荷开关

HH 系列铁壳开关的触头和灭弧有两种形式，一种是双断点楔形转动式触头，其动触刀为固定在方形绝缘转轴上的 U 形双刀片，静夹座固定在瓷质 E 形灭弧室上，两断口间还隔有瓷板；另一种是单断点楔形触头，其结构与一般闸刀开关相仿，灭弧室由钢纸板夹上去的离子栅片构成。

(2) 型号及含义。封闭式负荷开关的型号及含义如下。



目前，由于封闭式负荷开关的体积大，操作费力，使用有逐步减少的趋势，取而代之的是大量使用的低压断路器。



3. 组合开关

组合开关又称转换开关，它的操作手柄可以沿着平行于其安装面的平面内顺时针或逆时针转动。它具有多触头、多位置、体积小、性能可靠、操作方便、安装灵活等特点，适用于交流频率 50Hz、额定电压 380V 以下、或直流 220V 及以下的电气线路中，用于手动不频繁地接通和分断电路、换接电源和负载，或控制 5kW 以下小容量电动机的直接启动、停止和正反转。组合开关的种类很多，常用的有 HZ5、HZ10、HZ15 等系列。

(1) 结构及符号。转换开关按操作机构可分为无限位型和有限位型两种，其结构略有不同。如图 1-1-5 所示是 HZ10-10/3 型组合开关的结构及符号。

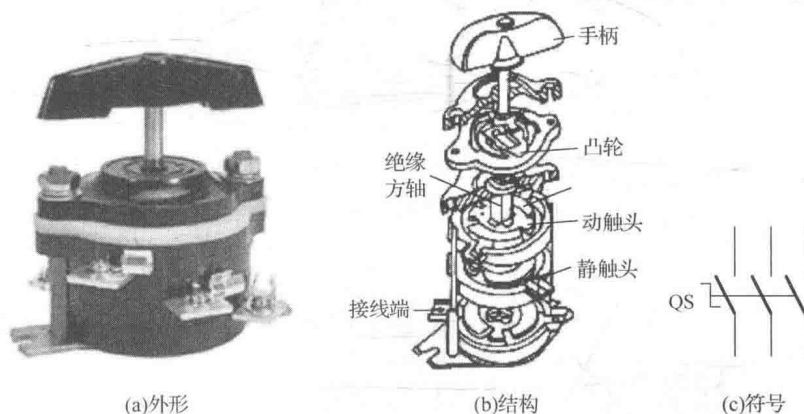
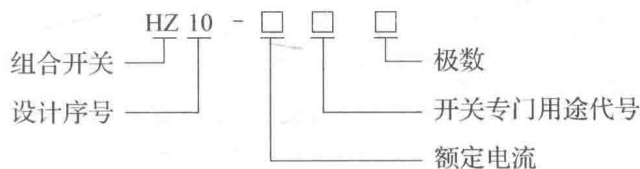


图 1-1-5 HZ10-10/3 型组合开关

(2) 型号及含义。组合开关的型号及含义如下。



4. 低压断路器

低压断路器又叫自动空气开关或自动空气断路器，简称断路器。它集控制和多种保护功能于一体，在线路工作正常时，它作为电源开关不频繁地接通和分断电路；当电路中发生短路、过载和失压等故障时，它能自动跳闸切断故障电路，保护线路和电气设备。

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、兼作多种保护、动作后不需要更换元器件等优点，因此得到广泛应用。如图 1-1-6 所示是几种常见的低压断路器。

(1) 结构及符号。低压断路器主要由触头、灭弧装置、操作机构、热脱扣器、电磁脱扣器及绝缘外壳等部分组成。如图 1-1-7 所示为 DZ5 系列低压断路器的结构及符号。

(2) 低压断路器的工作原理。在电力拖动系统中常用的是 DZ 系列塑壳式低压断路器，下面以 DZ5-20 型低压断路器为例介绍低压断路器的工作原理。如图 1-1-8 所示是低压断路器工作原理示意图。

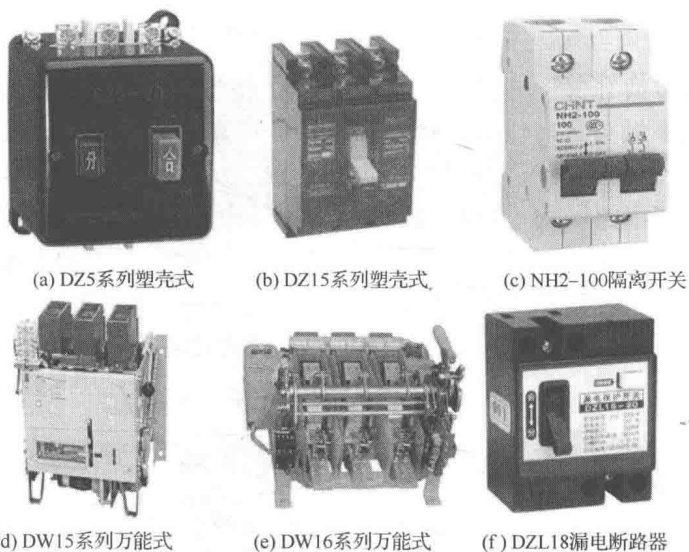


图 1-1-6 常见的低压断路器

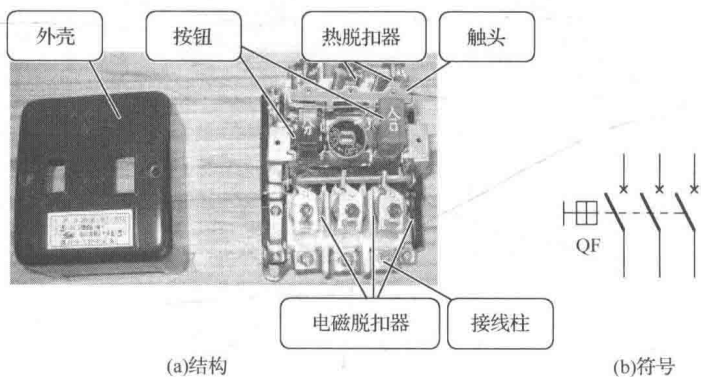
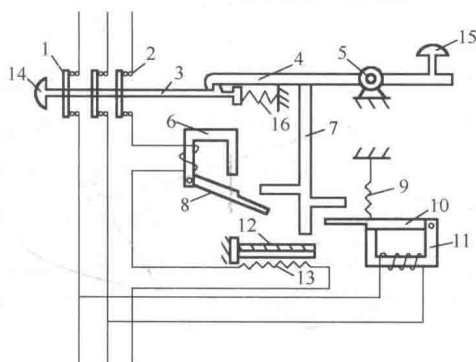


图 1-1-7 DZ5 系列低压断路器



1—动触头；2—静触头；3—锁扣；4—搭钩；5—转轴座；6—电磁脱扣器；7—杠杆；
8—电磁脱扣器衔铁；9—拉力弹簧；10—欠压脱扣器衔铁；11—欠压脱扣器；
12—双金属片；13—热元器件；14—接通按钮；15—停止按钮；16—压力弹簧

图 1-1-8 低压断路器工作原理示意图

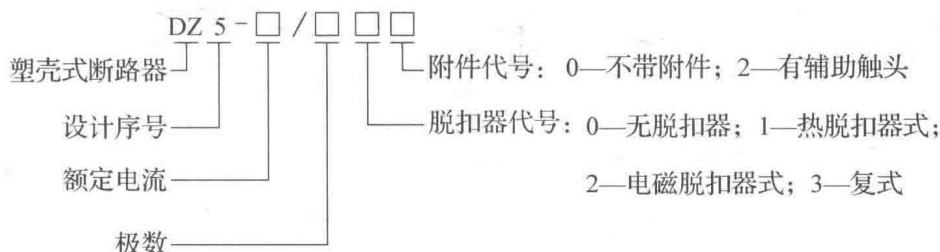
按下绿色“合”按钮时，外力使锁扣克服反作用弹簧力，将固定在锁扣上面的静触头与动触头闭合，并由锁扣锁住搭扣使静触头与动触头保持闭合，开关处于接通状态。

当线路发生过载时，过载电流流过热元器件，电流的热效应使双金属片受热向上弯曲，通过杠杆推动搭扣与锁扣脱扣，在弹簧力的作用下，动、静触头分断，切断电路，完成过流保护。

当电路发生短路故障时，短路电流使电磁脱扣器产生很大的磁力吸引衔铁，衔铁撞击杠杆推动搭扣与锁扣脱扣，切断电路，完成短路保护。一般电磁脱扣的整定电流，低压断路器出厂时定为 $10I_N$ （ I_N 为断路器的额定电流）。

当电路欠压时，欠压脱扣器上产生的电磁力小于拉力弹簧上的力，在弹簧力的作用下，衔铁松脱，衔铁撞击杠杆推动搭扣与锁扣脱扣，切断电路，完成欠压保护。

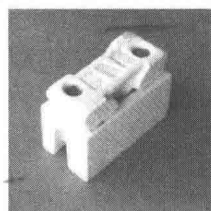
(3) 型号及含义。低压断路器的型号及含义如下。



DZ5 系列低压断路器适用于交流 50Hz、额定电压 380V、额定电流至 50A 的电路中，保护电动机用断路器用于电动机的短路和过载保护；配电用断路器在配电网中用来分配电能和作为线路及电源设备的短路和过载保护之用；也可分别作为电动机不频繁启动及线路的不频繁转换之用。

三、低压熔断器

低压熔断器是低压配电系统和电力拖动系统中的保护电器。如图 1-1-9 所示是几种常用的低压熔断器外形。在使用时，熔断器串接在所保护的电路中，当该电路发生过载或短路故障时，通过熔断器的电流达到或超过了某一规定值，以其自身产生的热量使熔体熔断而自动切断电路，起到保护作用。电气设备的电流保护有过载延时保护和短路瞬时保护两种主要形式。



(a) 瓷插式



(b) RL1、RLS 系列螺旋式



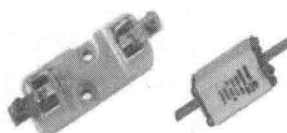
(c) RM10 系列无填料封闭管式



(d) RT18 系列圆筒帽形



(e) RT15 系列螺栓连接



(f) RT0 系列有填料封闭管式

图 1-1-9 几种常用的低压熔断器

1. 结构及符号

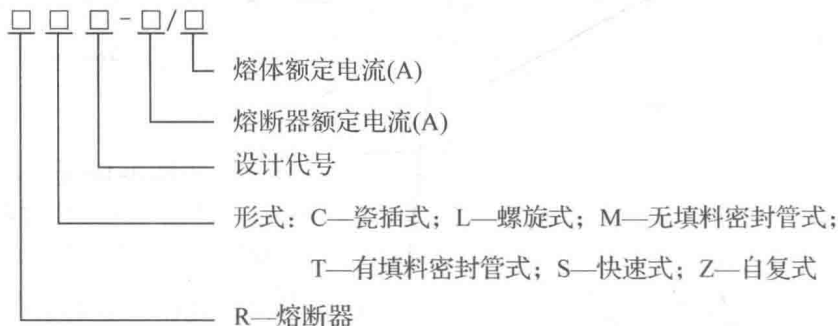
熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座三部分组成。熔体是熔断器的核心，常做成丝状、片状或栅状，制作熔体的材料一般有铅锡合金、锌、铜、银等，根据受保护的要求而定。熔管是熔体的保护外壳，用耐热绝缘材料制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔座是熔断器的底座，作用是固定熔管和外接引线。如图 1-1-10 所示为 RL6 系列螺旋式低压断路器的结构及符号。



图 1-1-10 RL6 系列螺旋式低压断路器

2. 型号及含义

熔断器型号及含义如下。



如型号 RC1A-15/10 中, R 表示熔断器, C 表示瓷插式, 设计代号为 1A, 熔断器的额定电流为 15A, 熔体的额定电流为 10A。

3. 熔断器的主要技术参数

(1) 额定电压。是指熔断器长期工作所能承受的电压。如果熔断器的实际工作电压大于其额定电压, 熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

(2) 额定电流。是指保证熔断器能长期正常工作的电流, 是由熔断器各部分长期工作时的允许温升决定的。

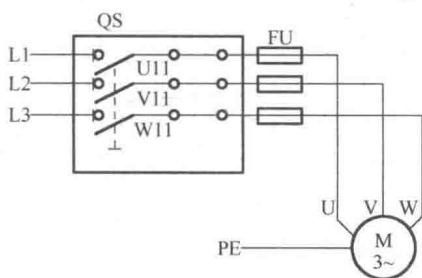
(3) 分断能力。在规定的使用 and 性能条件下, 在规定电压下熔断器能分断的预期分断电流值。常用极限分断电流值来表示。

(4) 时间—电流特性。也称为安—秒特性或保护特性, 是指在规定的条件下, 表征流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系曲线。

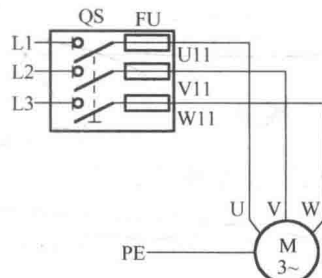


四、手动正转控制线路的工作原理

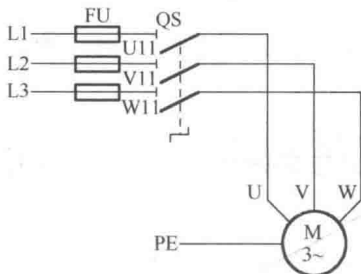
如图 1-1-11 所示的三相交流异步电动机手动正转控制线路是由三相电源 L1、L2、L3，开启式负荷开关（或封闭式负荷开关、组合开关、低压断路器），熔断器和三相交流异步电机构成的。当开启式负荷开关 QS（或 QF）闭合时，三相电源经开启式负荷开关（或封闭式负荷开关、组合开关、低压断路器）、熔断器流入电动机，电动机运转；断开 QS（或 QF），三相电源断开，电动机停转。



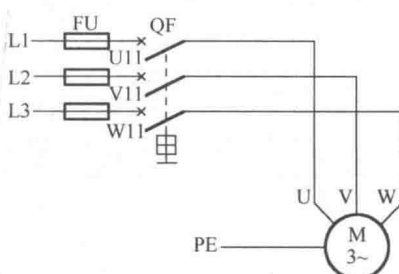
(a) 用开启式负荷开关控制



(b) 用封闭式负荷开关控制



(c) 用组合开关控制



(d) 用低压断路器控制

图 1-1-11 三相笼型异步电动机手动正转控制线路

任务准备

实施本任务教学所使用的实训设备及工具材料可参考表 1-1-3。

表 1-1-3 实训设备及工具材料

序号	名称	型号规格	数量	单位	备注
1	电工常用工具		1	套	
2	万用表	MF47 型	1	块	
3	三相四线电源	~3×380/220V、20A	1	处	
4	三相笼型异步电动机	Y112M-4, 4kW、380V、Y接法；或自定	1	台	
5	配线板	500mm×600mm×20mm	1	块	
6	开启式负荷开关	HK1-30/3, 380V, 30A, 熔体直连	1	只	
7	组合开关	HZ10-25/3	1	只	
8	封闭式负荷开关	HH4-30/3, 380V, 30A, 配 20A 熔体	1	只	
9	低压断路器	DZ5-20/330, 复式脱扣器, 380V, 20A, 整定 10A	1	只	
10	瓷插式熔断器	RC1A-30/20, 380V, 30A, 配 20A 熔体	1	只	
11	木螺钉	φ3×20mm; φ3×15mm	30	个	

续表

序号	名称	型号规格	数量	单位	备注
12	平垫圈	φ4mm	30	个	
13	线号笔	自定	1	支	
14	主电路导线	BVR-1.5, 1.5mm ² (7×0.52mm) (黑色)	若干	m	
15	控制电路导线	BV-1.0, 1.0mm ² (7×0.43mm)	若干	m	
16	按钮线	BV-0.75, 0.75mm ²	若干	m	
17	接地线	BVR-1.5, 1.5mm ² (黄绿双色)	若干	m	
18	劳保用品	绝缘鞋、工作服等	1	套	
19	接线端子排	JX2-1015, 500V、10A、15 节或配套自定	1	条	



任务实施

一、低压熔断器的识别

在教师的指导下，仔细观察各种不同系列、规格的低压熔断器，并熟悉它们的外形、结构、型号规格及技术参数的意义。

教师事先用胶布将要识别的 5 只低压熔断器的型号规格盖住，由学生根据实物写出各低压熔断器的系列名称、型号、文字符号，并画出图形符号，填入表 1-1-4 中。

表 1-1-4 低压熔断器的识别

序号	系列名称	型号规格	文字符号	图形符号	主要结构
1					
2					
3					
4					
5					

二、手动正转控制线路的安装与检修

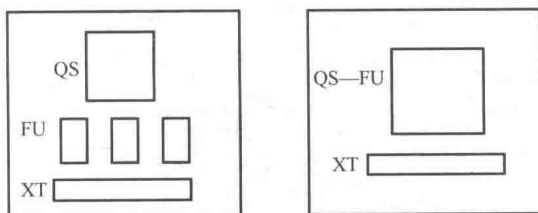
1. 绘制元器件布置图

元器件布置图是根据电器元件在控制板上的实际安装位置，采用简化的外形符号（如正方形、矩形、圆形等）而绘制的一种简图。它不表达各电器的具体结构、作用、接线情况以及工作原理，主要用于电器元件的布置和安装。图中各电器的文字符号必须与电路图和接线图的标注相一致。如图 1-1-12 所示是 4 种三相交流异步电动机手动控制正转电路的元器件布置图。

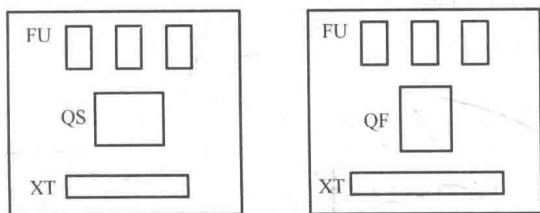
2. 绘制接线图

接线图是根据电气设备和电器元件的实际位置和安装情况绘制的，只用来表示电气设备和电器元件的位置、配线方式和接线方式，而不明显表示电气动作原理。主要用于安装接线、线路的检查维修和故障处理。绘制、识读接线图应遵循以下原则。

(1) 接线图中一般示出如下内容：电气设备和电器元件的相对位置、文字符号、端子号、导线号、导线类型、导线截面积、屏蔽和导线绞合等。



(a)开启式负荷开关控制电路元器件布置图 (b)封闭式负荷开关控制电路元器件布置图



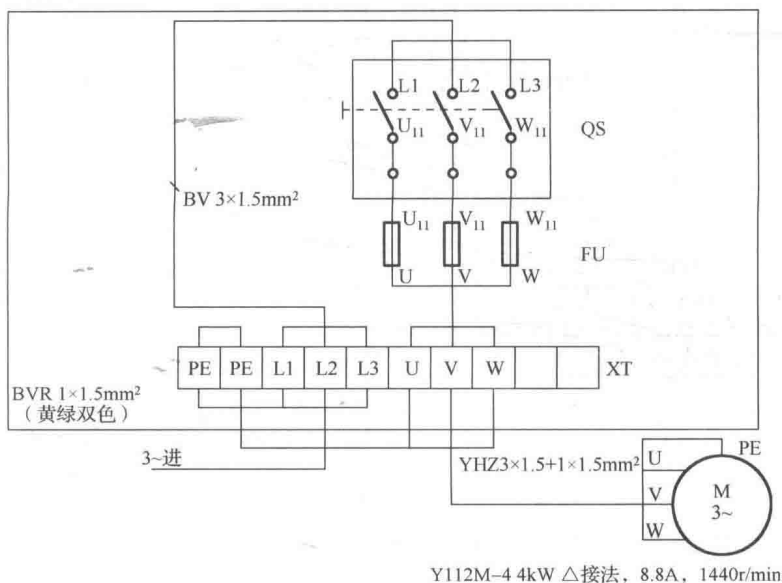
(c)组合开关控制电路元器件布置图 (d)低压断路器控制电路元器件布置图

图 1-1-12 三相交流异步电动机手动控制正转电路的元器件布置图

(2) 所有的电气设备和电器元件都按其所在的实际位置绘制在图纸上，且同一电器的各元器件根据其实际结构，使用与电路图相同的图形符号画在一起，并用点画线框上，其文字符号以及接线端子的编号应与电路图中的标注一致，以便对照检查接线。

(3) 接线图中的导线有单根导线、导线组（或线扎）、电缆等之分，可用连续线和中断线来表示。凡导线走向相同的可以合并，用线束来表示，到达接线端子板或电器元件的连接点时再分别画出。在用线束来表示导线组、电缆等时可用加粗的线条表示，在不引起误解的情况下也可采用部分加粗。另外，导线及管子的型号、根数和规格应标注清楚。

根据绘制接线图的原则可绘制出 4 种三相交流异步电动机手动控制正转电路的接线图，如图 1-1-13 所示。



(a)开启式负荷开关控制电路接线图

图 1-1-13 三相交流异步电动机手动控制正转电路的接线图