



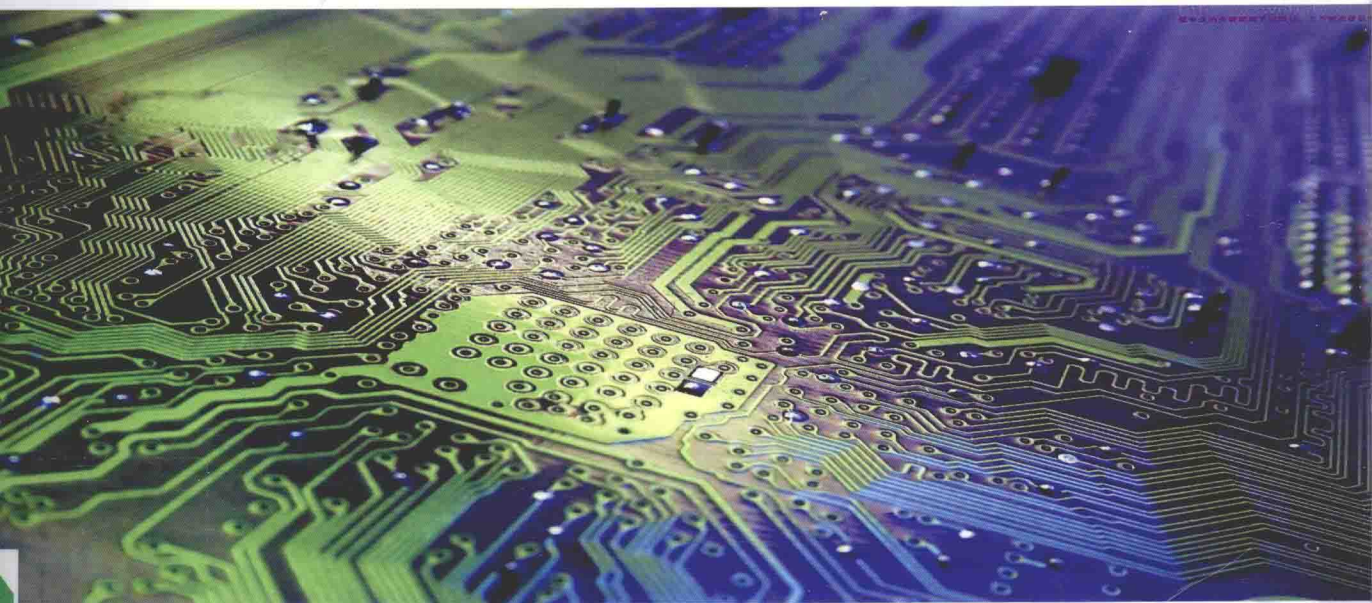
高等教育规划教材



# 工厂电气控制技术的应用

主 编 申玉虹

副主编 张 姣 周启和



西北工业大学出版社

GONGCHANG DIANQI KONGZHI JISHU JI YINGYONG

# 工厂电气控制技术的应用

主 编 申玉虹

副主编 张 姣 周启和

西北工业大学出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

工厂电气控制技术及应用/申玉虹主编. —西安:西北工业大学出版社,2015.8  
ISBN 978-7-5612-4533-0

I. ①工… II. ①申… III. ①工厂—电气控制 IV. ①TM571.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 195072 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:<http://www.nwpup.com>

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:12.5

字 数:301 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版

2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

# 前 言

通过我校在怀化周边和沿海地区对机电技术应用专业的人才市场需求调研,了解到本课程在机电技术专业领域发展中的地位已转变(由专业技能向专业基础技能转变)。为更好地使电动机基本控制线路技术适应市场需求,结合我校的实训条件,根据当前中职学生的认知规律和今后职业生涯发展需求,对我校的《工厂电气控制技术及应用》教材在教学内容上、教学方法上和教材编写模式上进行修订改编,本教材具有下述特点。

(1)突显本课程在机电技术专业中的地位和职能。作为专业基础技能课程,在教学内容上显出其基础性,因此只针对三相异步电动机基本控制线路进行教学,重点培养学生对低压电器在线路中的应用能力;在技能掌握方面显示其实践性,主要培养学生正确的、规范的接线方法和养成安全操作的习惯。

(2)改进本课程的教学模式及教学手段。吸收和借鉴其他示范学校教学改革的成功经验,结合当前中职学生的认知规律和学情状况,采用理论知识与技能一体化的教学模式,同时在教学手段上引进课赛制,在激发学生学习兴趣的同时利用学生好胜心理形成学生相互竞争的学习环境。

(3)完善本课程教材编写模式。在教材编写模式方面,尽可能使用图片、实物照片和图表形式将各个知识点生动地展示出来,力求给学生营造一个直观的认知环境。同时针对每个课题按任务驱动式五步教学法设计,对每一步的完成情况学生进行自检,整个任务完成则由小组和教师进行评价,最后对课题的学习心得和经验进行总结交流,并对资料归档整理,形成教材与训练记录合一的模式。

(4)引进企业工作流程及行业标准。为学生未来职业生涯发展需求设想,本教材引入企业的相关管理制度和行业标准及要求,按照企业的工作流程布置学习任务并按要求实施,使学生在学习技能的同时养成良好的职业习惯,学会团队合作,缩短学生进入社会的适应期。

怀化工业中等专业学校机电技术应用专业项目组

2015年3月

# 目 录

任务一 三相笼型异步电动机手动正转控制线路安装与运行	1
学习活动一 接受工作任务	2
学习活动二 制订工作计划	11
学习活动三 施工前的准备	16
学习活动四 学习任务实施	25
学习活动五 评价与总结	39
任务二 三相笼型异步电动机点动、自锁、正转控制线路安装与运行(多地)	42
学习活动一 接受工作任务	43
学习活动二 制订工作计划	56
学习活动三 施工前的准备	63
学习活动四 学习任务实施	67
学习活动五 评价与总结	73
任务三 三相笼型异步电动机正反转控制线路安装与运行	78
学习活动一 接受工作任务	78
学习活动二 制订工作计划	81
学习活动三 施工前的准备	90
学习活动四 学习任务实施	91
学习活动五 评价与总结	99
任务四 三相笼型异步电动机位置控制线路安装与调试	106
学习活动一 接受工作任务	107
学习活动二 制订工作计划	111
学习活动三 施工前的准备	114
学习活动四 学习任务实施	116
学习活动五 评价与总结	120
任务五 三相笼型异步电动机顺序控制线路安装与运行	124
学习活动一 接受工作任务	125
学习活动二 制订工作计划	129
学习活动三 施工前的准备	133
学习活动四 学习任务实施	134

学习活动五 评价与总结·····	138
<b>任务六 三相笼型异步电动机降压启动控制线路安装与调试·····</b>	<b>142</b>
学习活动一 接受工作任务·····	143
学习活动二 制订工作计划·····	150
学习活动三 施工前的准备·····	152
学习活动四 学习任务实施·····	153
学习活动五 评价与总结·····	161
<b>任务七 综合实训·····</b>	<b>165</b>
学习活动一 接受工作任务·····	165
学习活动二 制订工作计划·····	174
学习活动三 施工前的准备·····	175
学习活动四 学习任务实施·····	177
学习活动五 评价与总结·····	181
<b>附录·····</b>	<b>184</b>

# 任务一 三相笼型异步电动机手动正转控制线路安装与运行

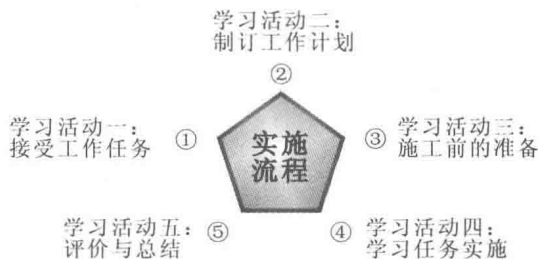
## 学习目标

知识目标	<ul style="list-style-type: none"><li>熟悉电工安全操作规程</li><li>熟记低压开关、熔断器的功能、基本结构、工作原理、型号含义、图形符号和文字符号</li><li>简单识读电气原理图、元件布置图、接线图</li></ul>
技能目标	<ul style="list-style-type: none"><li>能正确使用常用电工工具</li><li>能根据接线图纸正确接线</li></ul>
素养目标	<ul style="list-style-type: none"><li>能根据行业规范正确穿戴劳保用品,执行 6S 制度要求</li></ul>

## 情景描述

在生活中家用小型电动机的运行、停止通常使用低压开关拉合闸来实现的,下面我们来学习怎样将电源通过低压开关与电动机连接起来实现电动机的运行、停止。

## 实施流程





## 学习活动一 接受工作任务

### 一、讨论情景描述中电动机的运行过程

(1)通过对图 1-1-1 中家用打米机的电气运行状况的讨论,回答下列问题。

引导问题 1-1-1 描述出图中电动机操作过程:合上 \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ 转动;  
\_\_\_\_\_ 开关,电动机\_\_\_\_\_。

(2)低压断路器直接控制电动机配电板实物图,如图 1-1-2 所示。

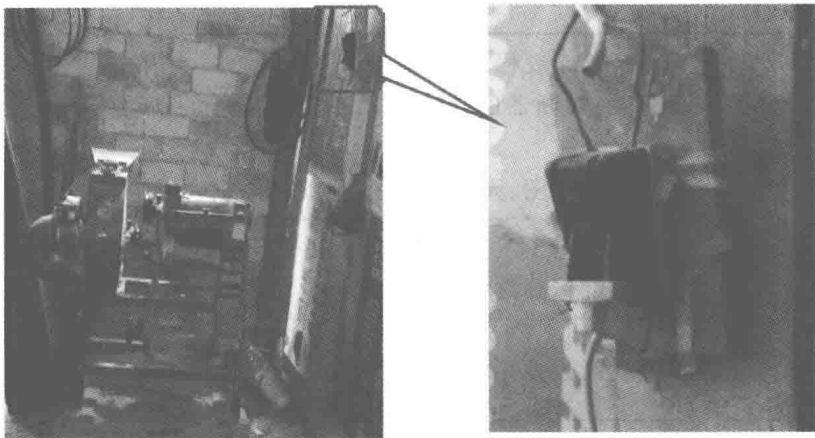


图 1-1-1 家用打米机电路控制实物图

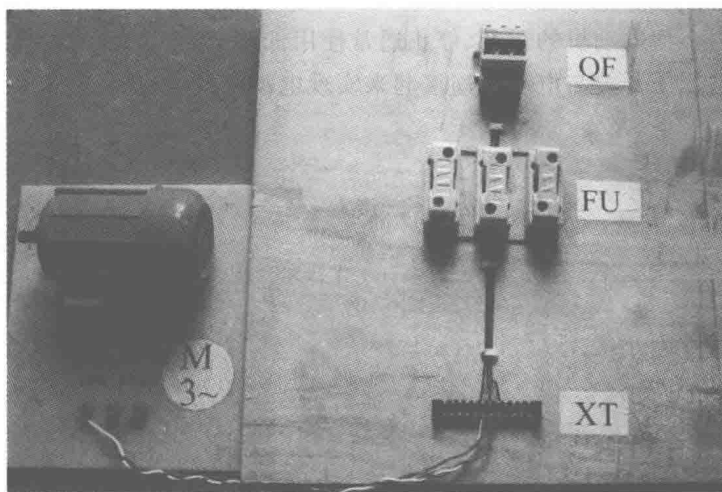


图 1-1-2 手动正转控制实物图

引导问题 1-1-2 观察图 1-1-1 与图 1-1-2 中的连线及元器件有何异同?



## 二、布置任务

1. 任务单见表 1-1-1。

表 1-1-1 安装工作联系单

流水号: 2011-01-037

类别:水 电 暖 土建 其他

日期:2011年1月10日

安装地点	学校数控实训车间		
安装项目	砂轮机的控制线路安装		
需求原因	机床刀具打磨需求		
申报时间	2011年1月10日	完工时间	2011年1月15日
申报单位	学校机械工程系	安装单位	电气工程系
验收意见		安装单位电话	89896666
验收人		承办人	
申报人电话	898955555	承办人电话	
机械工程系负责人	崔××	机械工程系负责人电话	89894444

2. 砂轮机控制线路原理图,如图 1-1-3 所示。

**引导问题 1-1-3** 图 1-1-3 中低压开关的作用。

**引导问题 1-1-4** 图 1-1-3 中标号 L1,L2,L3 是指什么?

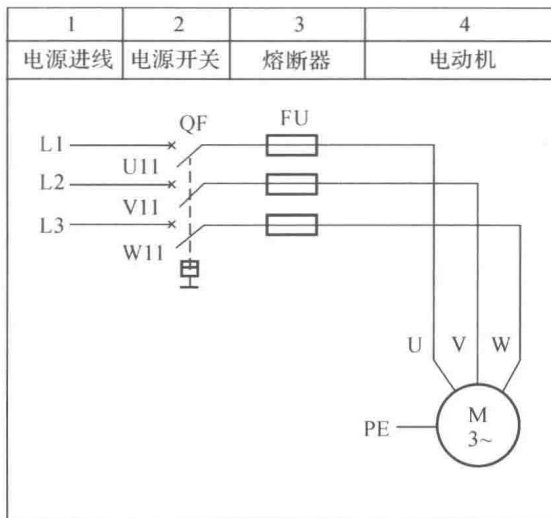


图 1-1-3 砂轮机控制线路原理图



## 小词典

### 一、低压电器

低压电器是指工作在交流 1200V、直流 1500V 电压以下的各种电器以及电气设备。低压电器在工业电气控制系统电路中的主要作用是对所控制的电路或电路中其他电器进行通断、保护、控制或调节。

按用途和控制对象不同,分为以下几种。

**配电电器:**它主要用于低压供电系统中电能的传输或分配,并对电路和用电设备起保护作用(过载、短路、欠压、失压、断相、漏电等)并能通断、转换电源或负载。

**控制电器:**它主要用于控制用电设备,使其达到预期要求的工作状态。如手动电器有转换开关、电钮开关;自动电器有接触器、继电器、电磁阀;自动保护电器有热继电器、熔断器。

**终端电器:**它用于线路末端的一种小型化、模数化的组合开关电器,包括智能单元、信号指示、防护外壳等。

**执行电器:**它用于完成动作或传送功能的电器,如电磁铁,电磁离合器等。

**可通信低压电器:**它带有计算机接口和通信接口,可与智能网络、计算机网络连接,如智能化断路器、智能化接触器、电动机控制器等。

**其他电器:**如变频器、可编程控制器、软启动器、稳压与调压电器等。

按工作原理可分为:

**电磁式电器:**电磁机构控制电器动作,由感测和执行两部分组成。感测部分(电磁机构):接受外界输入的信号,使执行部分动作,实现控制的目的。执行部分:触头系统。

**非电量控制电器:**非电磁式控制电器动作。

### 二、常用低压配电电器

低压配电电器是指在正常或事故状态下接通和断开用电设备或供电电网所用的电器。配电电器一般不经常操作,机械寿命的要求比较低,只有数千次,但要求分断能力强、动作快、动稳定性和热稳定性高、保护性能完善等。

#### 1. 刀开关(QS)

刀开关俗称闸刀开关,是一种结构最简单、价格低廉的手动电器。它主要用于接通和断开长期工作设备的电源及不经常启动和制动、容量小于 7.5 kW 的异步电动机。现在大部分场合,刀开关已被自动开关所取代。

刀开关主要由操作手柄、触刀、触头座、底座组成。按刀数可分为单级、双极、三极刀开关。选择刀开关时,应使其额定电压等于或大于电路的额定电压,其电流应等于或大于电路的额定电流。当用于控制电动机时,其额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。常见刀开关如图 1-1-4 所示。

(1)刀开关安装时手柄要向上,电源线接在上端,负载线接在下端。严禁倒装或平装。避免由于重力自由下落或开关老化而引起误动作和合闸,造成事故。

(2)刀开关严禁带负载拉合。刀开关电气符号如图 1-3-11 所示。单投刀开关的型号含

义如图 1-1-6 所示。

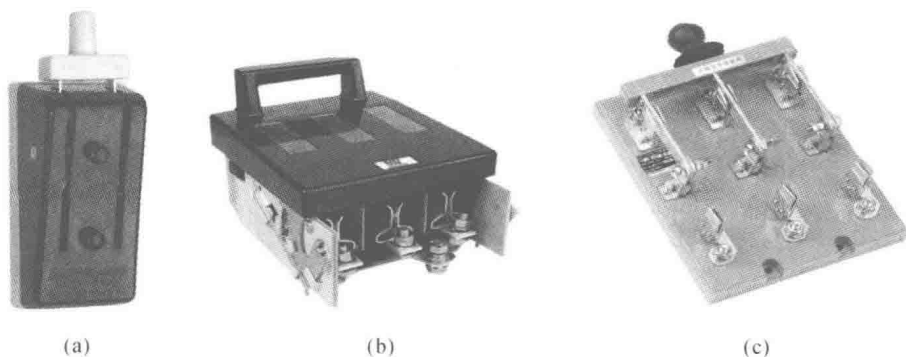


图 1-1-4 常用刀开关

(a)HK2 开启式负荷开关；(b)HR5-400/30 隔离熔断器式刀开关；(c)HS 双投刀开关

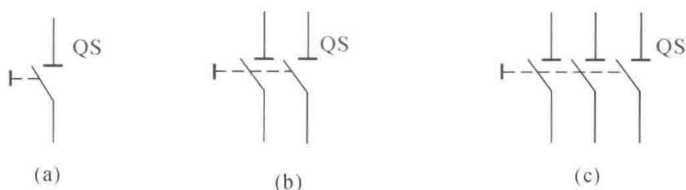


图 1-1-5 刀开关的图形、文字符号

(a)单级手动；(b)双极手动；(c)三级手动单投刀开关

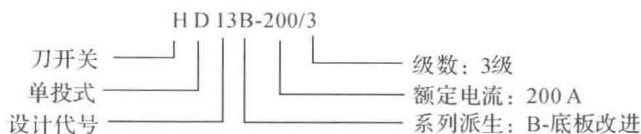


图 1-1-6 单极开关型号含义

设计代号:11—中央手柄式,12—侧方正面杠杆操作机构式

13—中央正面杠杆操作机构式,14—侧面手柄式

## 2. 低压断路器(QF)

低压断路器又称为空气断路器、空气开关或自动开关,用于交流电压 1 200 V、直流 1 500 V 及以下电压范围的断路器,是低压配电网和电力拖动系统中重要的开关电器和保护电器,不仅可以接通和分断正常负荷电流和过负荷电流,还可以接通和分断短路电流的开关电器。除了能完成接通和分断电路外,还能对电路或电气设备发生的短路、严重过载及欠压、漏电等进行保护,也可用于不频繁启动电机;它还可以配合漏电器、测量、远程操作等模块单元使用,完成更高级的保护和控制。

在低压配电系统中,大部分使用场合断路器已经取代了刀开关和熔断器的组合,常作终端开关或支路开关。

低压断路器主要由脱扣器、触头系统、灭弧装置、传动机构、基架和外壳等部分组成。脱扣器包括过流脱扣器、失压(欠压)脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。在电路故障时,

通过各种脱扣器使自由脱扣器机构动作,自动跳闸实现保护作用。其图形和文字符号如图 1-1-7 所示。

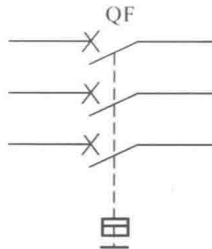


图 1-1-7 低压断路器的图形和文字符号

(1) 低压断路器型号含义如图 1-1-8 所示。

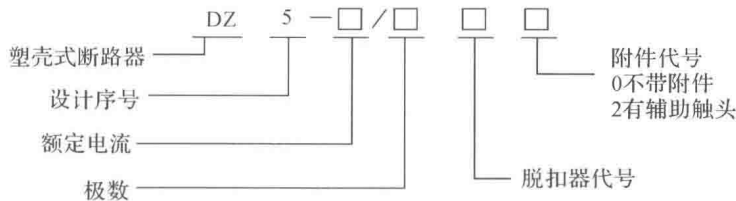


图 1-1-8 低压断路器型号的含义

(2) 分类:

1) 按结构形式分为:框架式断路器(ACB)又称开启式、万能式断路器。比如 ABB 的 F, Emax 系列、施耐德的 M, MT 系列、穆勒的 IZM 系列、西门子的 WL 系列、国产的 DW 系列等。框架式断路器所有零件都装在一个绝缘的金属框架内,常为开启式,可装设多种附件,更换触头和部件较为方便。有手操动、储能式、非储能式以及电动式等操动形式。过电流脱扣器有热磁式、电磁式(单磁)、电子式和智能化脱扣器等几种。断路器具有长延时、短延时、瞬时 3 段保护及接地保护,每种保护整定值均根据其壳架等级在一定范围内可选择或调整。随着微电子技术的发展,现在部分智能型断路器具有区域选择连锁功能,充分保证了动作的灵敏性和选择性。

塑壳式断路器(MCCB)又称装置式断路器,比如 ABB 的 lsomaxS, Tmax 系列、施耐德的 NS, NSX 系列、国产的 DZ20 系列等。所有零件都密封于外壳中,辅助触头、欠压脱扣器以及分励脱扣器等多采用模块化,由于结构非常紧凑,MCCB 基本不能检修。MCCB 多为手动操作,大容量也有选择电动操作。MCCB 的特点是体积小、接触防护好、安装使用方便、价格相对便宜。但与 ACB 比,MCCB 的容量小,短路分断能力低,选择性和短时耐受能力差。近年来新型 MCCB 容量已经做到 3000A,极限短路分断能力高达 150kA 以上,但因结构上的原因,短时耐受能力是最大短板,使选择型 MCCB 的应用受到局限。由于上述原因,MCCB 主要用于末端线路和一些分干线,主要作电动机、小容量配电线路。

微型断路器(MCB)又称微断,比如 ABB 的 S250 系列、施耐德的 C65 系列、国产的 DZ47 系列等。实际上也是塑壳断路器的一种,因其体积很小把它另列,微断的特点是结构紧凑、接触防护好、安装使用方便、价格便宜,与塑壳式断路器相比容量更小,短路分断能力更低,短时耐受能力更差,主要做微小型电动机、小容量配电线路和照明保护和家用。

2)按用途分为:

导线保护用断路器:主要用于照明线路和保护家用电器,额定电流在6~125 A范围内。

配电用断路器:在低压配电系统中作过载、短路、欠电压保护之用,也可用作电路的不频繁操作,额定电流一般为200~4 000 A。

电动机保护用断路器:在不频繁操作场合,用于操作和保护电动机,额定电流一般为6~63 A。

漏电保护断路器:主要用于防止漏电,保护人身安全,额定电流多在63安以下。

3)按性能分为:低压断路器按性能又可分为普通式和限流式两种。

限流式断路器一般具有特殊结构的触头系统,当短路电流通过时,触头在电动力作用下斥开而提前呈现电弧,利用电弧电阻来限制短路电流的增长。限流式断路器比普通断路器有较大的开断能力,并能限制短路电流对被保护线路的电动力和热效应的作用。

低压断路器有较强的分断和接通短路电流的能力,额定电流为100 A的塑料外壳式断路器,短路通断能力约为12 kA,而限流式断路器则可达30 kA。常见低压断路器如图1-1-9所示。

(3)小型断路器的结构及组成如图1-1-10所示。

(4)低压断路器事故的原因分析:经现场多年对断路器的事故统计表明,其运行事故的主要类型有以下几种:

1)操动失灵:表现为断路器拖动或误动。导致操动失灵的主要原因有操动机构缺陷、断路器本体机械缺陷、操作(控制)电源缺陷。

2)绝缘故障:可分为内绝缘事故与外绝缘事故。内绝缘事故造成的危害,通常比外绝缘更大。内绝缘事故主要有套管和电流互感器事故,其原因主要是进水受潮;其次是油质劣化和油量不足。外绝缘事故主要是由于污闪和雷击引起断路器闪络、爆炸事故。

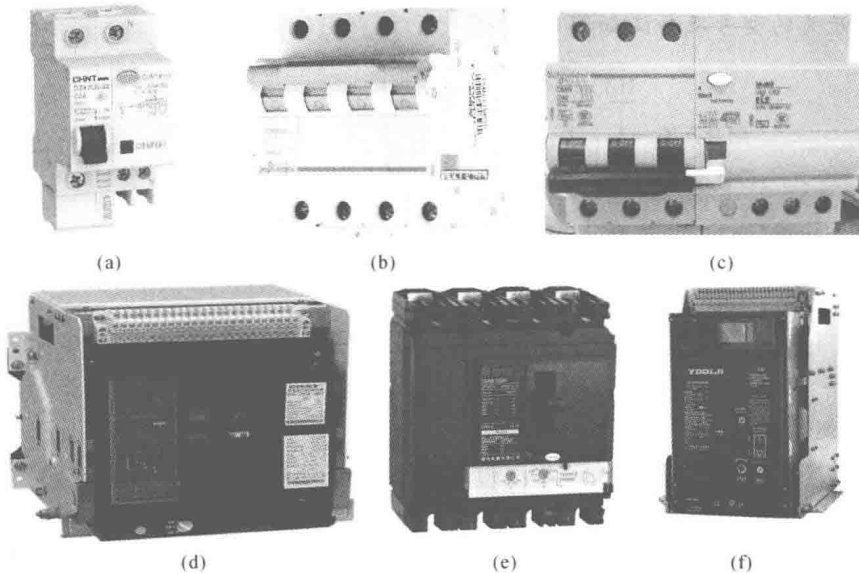


图1-1-9 常用低压断路器

(a)漏电断路器 DZ47LE; (b)EA9-4P-C16A 低压断路器; (c)C65N 2P C63A 低压小型断路器  
(d)MYW1(DW45)系列智能型万能式; (e)NSX160A4P 低压塑壳式; (f)YDDBL-1600 智能型永磁式

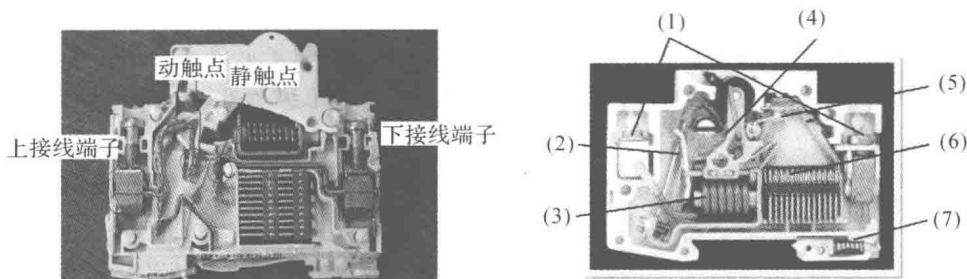


图 1-1-10 小型低压断路器的结构组成

(1)组合型接线端子；(2)用于过载保护的热双金属片；(3)用于短路保护的电磁脱扣器；  
(4)机械锁定和手柄装置；(5)触头系统；(6)快速灭弧系统；(7)外壳和卡轨部件

3) 开断、关合性能不良:绝大多数开断、关合事故的主要原因是由于断路器有明显的机械缺陷,其次是缺油或油质不符合要求。也有是由于断路器断流能力不足。

4) 导电性能不良:导电性能不良故障主要是由机械缺陷引起的。其中有:①接触不良,包括接触面不清洁,接触大小及接触压力不足;②脱落、卡阻。如铜钨触头脱落等;③接触处螺钉松动;④软连接折断等。

### 3. 组合开关(QS)

组合开关又称转换开关,在电气控制线路中,常被作为电源引入的开关,可以用它来直接启动或停止小功率电动机或使电动机正反转,倒顺等。组合开关有单极、双极、三极、四极几种,额定持续电流有 10 A,25 A,60 A,100 A 等多种。

组合开关具有多触点、多位置、体积小、性能可靠、操作方便、安装灵活等优点,多用于机床电气控制线路中电源的引入开关,起着隔离电源作用,用于机床控制电路的电源开关,局部照明电路也常用它来控制,还可作为直接控制小容量异步电动机不频繁启动和停止的控制开关。

(1)组合开关的型号及含义如图 1-1-11 所示。

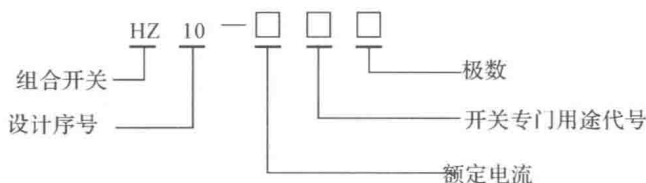


图 1-1-11 组合开关的型号含义

(2)结构。HZ 系列组合开关有 HZ1,HZ2,HZ3,HZ4,HZ5 以及 HZ10 等系列产品,其中 HZ10 系列是全国统一设计产品,具有性能可靠、结构简单、组合性强、寿命长等优点,目前在生产中得到广泛应用。

HZ10-10/3 型组合开关的外形与结构如图 1-1-12 所示。开关的三对静触头分别装在三层绝缘垫板上,并附有接线柱,用于与电源及用电设备相接。动触头是由磷铜片(或硬紫铜片)和具有良好灭弧性能的绝缘钢纸铆合而成,并和绝缘垫板一起套在附有手柄的方形绝缘轴上。手柄和转轴能在平行于安装面的平面内沿顺时针或逆时针方向每次转动 90°,带动 3 个动触头分别与三对静触头接触或分离,实现接通或分断电路的目的。开关的顶盖部分是由滑板、凸轮、扭簧和手柄等构成的操作机构。由于采用了扭簧储能,可使触头快速闭合或分断,从而

提高了开关的通断能力。

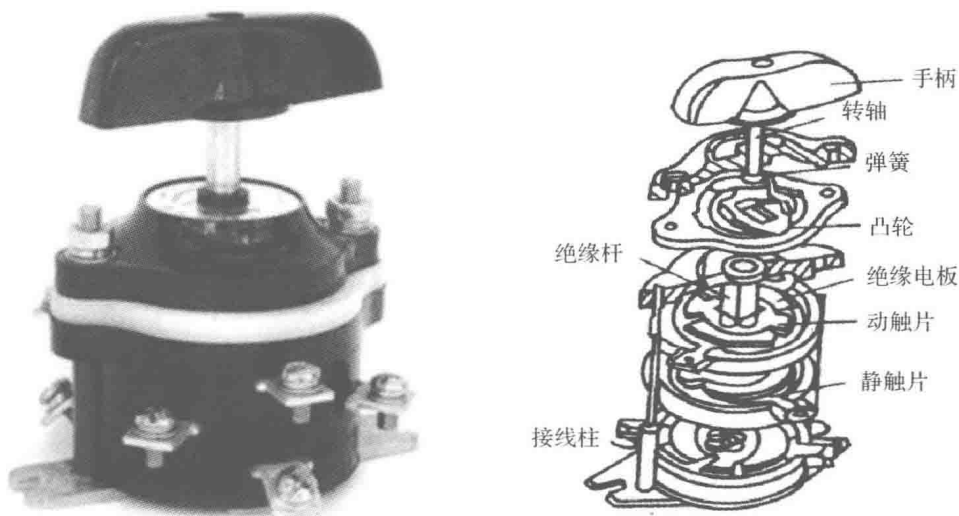


图 1-1-12 HZ10-10/3 型组合开关

(a)外形图； (b)结构图

组合开关的绝缘垫板可以一层层组合起来,按不同方式配置动触头和静触头,可得到不同类型的组合开关,以满足不同的控制要求。

组合开关在电路图中的符号如图 1-1-13 所示。

组合开关中,有一类是专为控制小容量三相异步电动机的正反转而设计生产的,如 HZ3-132 型组合开关,其外形图如图 1-1-14(a)所示。开关的手柄有“倒”“停”“顺”3 个位置,手柄只能从“停”位置左转 45°或右转 45°,其图形符号如图 1-1-14(b)所示。

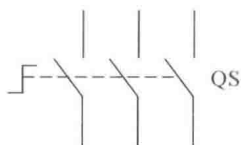


图 1-1-13 组合开关符号

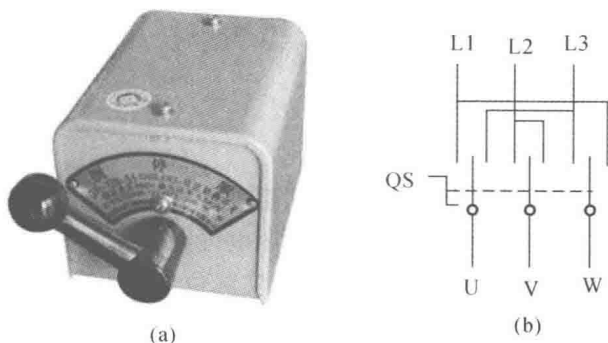


图 1-1-14 倒顺开关

(a)外形图； (b)图形符号

(3)表征组合开关性能的主要技术参数有:

- 1) 额定电压:指在规定条件下,开关在长期工作中能承受的最高电压。
- 2) 额定电流:指在规定条件下,开关在合闸位置允许长期通过的最大工作电流。

3) 通断能力:指在规定条件下,在额定电压下能可靠接通和分断的最大电流值。

4) 机械寿命:指在需要修理或更换机械零件前所能承受的无载操作次数。

5) 电寿命:指在规定的正常工作条件下,不需要修理或更换零件情况下,带负载操作的次数。

#### 4. 熔断器(FU)

熔断器是基于电流热效应原理和发热元件热熔断原理设计的,具有一定的瞬时特性,用于电路的短路保护、过流保护和严重过载保护。常见熔断器如图 1-1-15 所示。

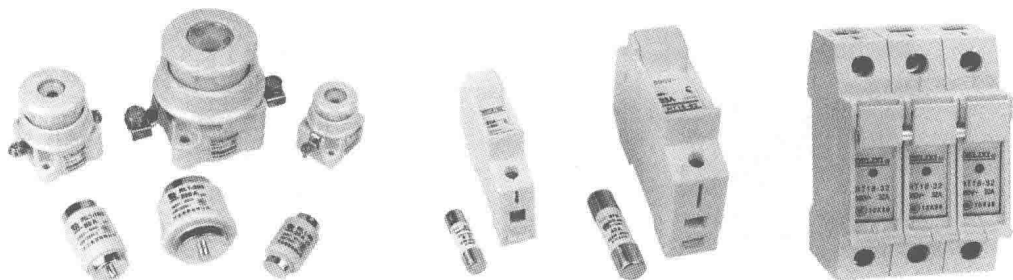


图 1-1-15 常用熔断器

熔断器主要由熔断管(或盖、座)、熔体、填料及导电部件等元件组成。种类很多,按结构分有半封闭插入式、螺旋式、无填料密封管式和有填料密封管式。按用途分有一般工业用熔断器和半导体器件保护用快速熔断器和特殊熔断器。在选择熔断器类型时,主要依据负载的保护特性和短路电流的大小。容量小的照明线路和电动机宜采用熔体为铅锡合金熔体的 RQA 系列熔断器。大容量的供电电路,则应着重考虑短路保护和分断能力,通常选用具有较高分断能力的 RM10 和 RL1 系列的熔断器;当短路电流很大时,宜采用具有限流作用的 RT0 和 RT12 系列的熔断器。

熔断器的电气符号如图 1-1-16 所示。



图 1-1-16 熔断器的图形和文字符号

### 三、识读电气原理图

#### 1. 电气原理图的概念

电气原理图又称电路图,是根据生产机械运动形式对电气控制系统的要求,采用国家统一规定的电气图形符号和文字符号,按照电气设备和电器的工作顺序排列,全面表示控制装置、电路的基本构成和连接关系而不考虑实际位置的一种电气控制系统图样,它包括所有电器元件的导电部件和接线端点,能全面表达电气设备的用途、工作原理。其作用是便于操作者详细了解其控制对象的工作原理,用以指导安装、调试与维修以及为绘制接线图提供依据。

在电气原理图中电气符号包括图形符号和文字符号。电器元件的图形符号是用来表示电器设备、电器元器件的图形标记,电器元件的文字符号在相对应的图形符号旁标注的文字,用来区分不同的电器设备、电器元器件或区分多个同类设备、电器元器件,电气符号按国家标准(如国家标准 GB4728—85《电气图用图形符号》)绘制。



## 2. 绘制、识读电气原理图应遵循的规则

(1) 电源电路画成水平线,三相交流电源 L1, L2, L3 由上而下依次排列画出,中线 N 和保护地线 PE 画在相线之下。直流电源则自上而下画“+”“-”,电源开关要水平画出。

(2) 主电路是指受电的动力装置及保护电路,它通过的是电动机的工作电流,电流较大,主要由熔断器、接触器的主触头、热继电器的热元件以及电动机等组成。主电路要垂直电源电路图在原理图的左侧,其连接线路用粗实线绘制。

(3) 辅助电路包括控制电路、信号电路、照明电路。控制电路是指控制主电路工作状态的电路。信号电路是指显示主电路工作状态的电路。照明电路是指实现机床设备局部照明的电路。这些电路通过的电流都较小,一般不超过 5A。辅助电路一般由主令电器的触头、接触器的线圈和辅助触头、继电器的线圈和触头、指示灯及照明灯等组成。画原理图时,控制电路、信号电路、照明电路要跨接两相电源之间,依次画在主电路的右侧,其连接线路用细实线绘制,且电路中的耗能元件要画在电路的下方,而电器的触头要画在耗能元件的上方。

(4) 所使用的各电器元件必须按照国家规定的统一标准的图形符号和文字符号进行绘制和标注。

(5) 各电器元件的导电部件如线圈和触头的位置,应根据便于阅读和分析的原则来安排,绘在它们完成作用的地方,例如,接触器、继电器的线圈和触头可以不画在一起,但是必须用同一个文字符号。图中相同电器较多时,需要在电器文字符号后面加上数字以示区别。

(6) 所有电器的触头符号都应按照没有通电时或没有外力作用下的常态绘制;分析原理时,应从触头的常态出发。

(7) 有直接联系的交叉导线连接点要用黑圆点表示;无直接联系的交叉导线连接点不画黑圆点。

(8) 图面应标注出各功能区域和检索区域。

(9) 根据需要可在电路图中各接触器或继电器线圈的下方,绘制出所对应的触头所在位置的位置符号图。



## 学习活动二 制订工作计划



### 学习过程

#### 一、团队组合

每个团队 4 名成员,自选组长,自定队名和队语并填于表 1-2-1 中。

表 1-2-1 团队组合表

序号	小队名	组长	组员	队语
1				
2				
3				