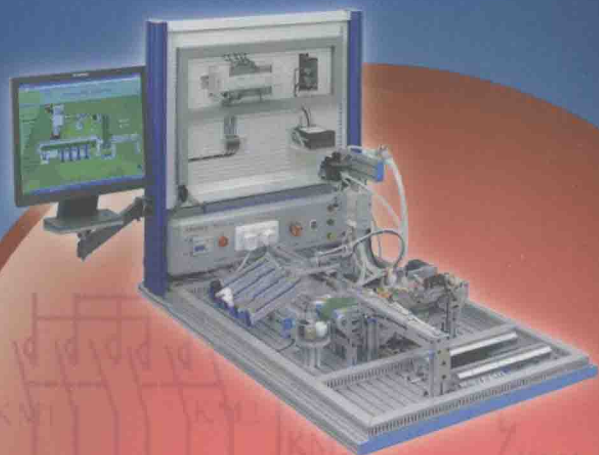


国家示范性高职院校教学改革规划教材

电气控制系统 设计安装调试

刘光起 主编



煤炭工业出版社

国家示范性高职院校教学改革规划教材

电气控制系统设计安装调试

主 编 刘光起
副主编 胡 建 刘 凯
参 编 周凤颖 陈 怡
主 审 刘兰明

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制系统设计安装调试/刘光起主编. --北京:
煤炭工业出版社, 2010

国家示范性高职院校教学改革规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3648 - 5

I. ①电… II. ①刘… III. ①电气控制系统-高等学
校: 技术学校-教材 IV. ①TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 034589 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 21¹/₄ 插页 1

字数 506 千字 印数 1—1,500

2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

社内编号 6458 定价 39.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

内 容 提 要

本书共分6个学习情境。学习情境1主要培养学生继电器-接触器控制系统的接线工艺水平,电气图纸的识读与分析能力,控制系统设计及优化能力、调试能力、故障检测及故障排除能力。学习情境2主要培养学生传感器应用能力。学习情境3主要培养学生PLC应用能力。学习情境4主要培养学生PLC程序设计能力及控制程序优化能力,PLC通信(程序下载和在线监控)能力,机械手电气控制系统安装接线、系统调试、系统运行及故障排除能力。学习情境5主要培养学生PLC高功能模块的选择及应用,模拟量输入/输出信号处理能力。学习情境6主要培养学生对PLC高级指令的应用能力,现场工业总线安装调试能力,复杂控制系统硬件搭建、接线图绘制、系统程序分析及程序设计能力,群控电梯电气控制系统安装接线能力,群控电梯电气控制系统操作及调试能力,控制系统故障检测及故障排除能力。

本书可供高职院校机电专业及相关专业的师生和技术人员使用。

前 言

《电气控制系统设计安装调试》是国家示范性高等职业院校机电一体化技术专业课程体系中的一门核心课程。本书是“国家示范性高职院校教学改革规划教材”之一。

本教材主要以高职教育的社会需求为目标，以就业为导向，坚持培养面向北京机电一体化产业、具有良好职业道德和素质，掌握相应专业知识和专业技能，具有从事机电一体化设备的操作、安装调试、维护维修及技术管理能力的高技能人才。

在编写过程中，根据高职高专职业教育的培养目标，按照“任务驱动、实践主导、能力拓展、教学做一体”的编写思路，侧重培养学生的基本技能，采用任务驱动的项目教学形式。任务的选取围绕生产现场的实例从简到繁、由浅入深地展开，注重于基本操作和实际应用的训练，充分体现了职业教育的特点，着眼于为生产一线培养技术应用型人才的目标。

每个学习情境设有学习目标，包括能力培养目标和知识目标；每个任务设有“任务描述”、“任务分析”、“知识准备”、“任务实施”、“知识拓展”等部分。每个任务基于完整的工作过程，具有可操作性和可行性，内容上安排合理、有规律性。在教学过程中，建议各职业院校根据本学校实训设备、专业设置和教学学时数的情况，选择可操作的任务进行教学。

本书共6个学习情境，其中学习情境1、学习情境3由北京工业职业技术学院刘光起编写，学习情境2由北京工业职业技术学院周凤颖编写，学习情境4由天津龙洲科技仪器有限公司胡建编写，学习情境5由天津龙洲科技仪器有限公司陈怡编写，学习情境6由蒂森克虏伯电梯有限公司刘凯编写。全书由北京工业职业技术学院刘光起任主编，并负责全书统稿工作，天津龙洲科技仪器有限公司胡建、蒂森克虏伯电梯有限公司刘凯任副主编，北京工业职业技术学院教学副院长刘兰明教授主审。

本书在编写前由课程开发团队经过大量的用人单位和企业调研，在制订

提纲和编写过程中得到了企业专家、有关兄弟院校相关专业教师和毕业生的大力支持和鼎力相助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年3月

目 次

学习情境 1	铣床电气控制系统设计安装调试	1
任务 1	万能铣床冷却泵电动机控制系统设计	1
任务 2	万能铣床冷却泵电动机控制系统安装调试	17
任务 3	万能铣床进给电动机控制系统设计	33
任务 4	万能铣床进给电动机控制系统安装调试	39
任务 5	万能铣床主轴电动机控制系统设计	47
任务 6	万能铣床主轴电动机控制系统安装调试	54
任务 7	万能铣床控制系统设计	60
任务 8	万能铣床控制系统安装调试	70
学习情境 2	传感器的安装与调试	78
任务 1	传感器的识别	78
任务 2	传感器的安装与调试	104
学习情境 3	分拣控制系统设计安装调试	115
任务 1	PLC 的识别	116
任务 2	分拣控制系统设计	148
任务 3	分拣控制系统安装调试	167
学习情境 4	机械手电气控制系统设计安装调试	174
任务 1	圆形仓库检测控制系统设计调试	174
任务 2	入库控制系统程序设计调试	182
任务 3	出库控制系统程序设计调试	201
任务 4	库存调度控制系统程序设计调试	208
任务 5	移动控制系统安装调试	218
学习情境 5	过程控制系统设计安装调试	224
任务 1	恒压供水控制系统设计	225
任务 2	流体流量控制系统设计	233
任务 3	流体温度控制系统设计	238
任务 4	水位控制系统安装调试	243

学习情境 6 群控电梯控制系统设计安装调试 249

 任务 1 单台电梯控制系统设计安装调试 250

 任务 2 群控电梯控制系统设计安装调试 298

参考文献 333

学习情境1 铣床电气控制系统设计安装调试

【学习目标】

1. 能力目标

- (1) 能根据工作任务要求, 确定机电一体化设备电气控制系统, 绘制电气图(原理图、布置图、电气互联图、安装接线图), 列电器元件表;
- (2) 能制订任务工作计划, 并选取安装工具和需要的仪器仪表;
- (3) 能识别电器元件, 并利用仪器仪表对电器元件进行检测;
- (4) 能根据电气布置图进行电器元件布置;
- (5) 能根据电气安装接线图, 按照安装工艺标准进行接线;
- (6) 能对设备电气控制系统进行调试和操作;
- (7) 能对设备电气控制系统的故障进行分析判断, 并排除故障;
- (8) 机床继电器-接触器控制系统的维护与修理。

2. 知识要求

- (1) 电气图(原理图、布置图、电气互联图、安装接线图)识读;
- (2) 电气图(原理图、布置图、电气互联图、安装接线图)分析;
- (3) 机床电气控制系统工作过程分析;
- (4) 继电器-接触器控制系统设计;
- (5) 机床继电器-接触器控制系统调试运行的方法与步骤;
- (6) 机床继电器-接触器控制系统的维护与修理方法。

3. 技能目标

- (1) 安装接线工艺水平;
- (2) 万能铣床维修能力;
- (3) 继电器-接触器控制系统设计与安装能力。

任务1 万能铣床冷却泵电动机控制系统设计

【任务描述】

万能铣床冷却泵电动机控制系统在铣床加工时承担提供冷却液任务, 要求必须主轴电动机启动后方可启动运行, 启动方式采用直接启动, 采用继电器-接触器控制方式, 运行方式为单方向运行。需要确定万能铣床冷却泵电动机控制方式, 进行控制电器选择, 完成控制系统电路图(原理图、安装接线图、电气互联图)设计。

【任务分析】

万能铣床冷却泵电动机控制系统电气原理图如图1-1所示, 安装接线图如图1-2所示, 电气互联图如图1-3所示。

1. 电气原理图

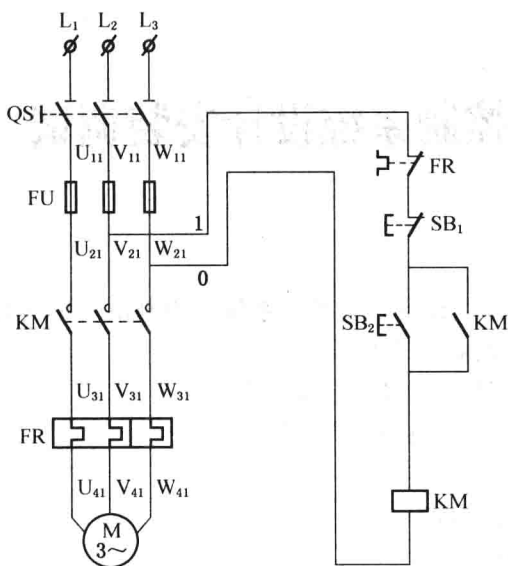


图 1-1 电动机控制系统电气原理图

电气原理图是说明电气设备工作原理的线路图。在电气原理图中并不考虑电气元件的实际安装位置和实际连线情况，只是把各元件按接线顺序用符号展开在平面图上，用直线将各元件连接起来。

在阅读和绘制电气原理图时应注意以下几点：

(1) 电气原理图中各元器件的文字符号和图形符号必须按标准绘制和标注。同一电器的所有元件必须用同一文字符号标注。

(2) 电气原理图应按功能来组合，同一功能的电气相关元件应画在一起，但同一电器的各部件不一定画在一起。电路应按动作顺序和信号流程自上而下或自左向右排列。

(3) 电气原理图分主电路和控制电路，一般主电路在左侧，控制电路在右侧。

路，一般主电路在左侧，控制电路在右侧。

(4) 电气原理图中各电器应该是未通电或未动作的状态，二进制逻辑元件应是置零的状态，机械开关应是循环开始的状态，即按电路“常态”画出。

控制线路动作原理：

启动：

$$SB_2^+ \text{---} KM^+ \text{---} M^+ \text{ (启动)}$$

停止：

$$SB_1^+ \text{---} KM^- \text{---} M^- \text{ (停止)}$$

KM_0^+ 表示“自锁”。接触器的辅助动合触点称为“自锁”触点。所谓“自锁”，是依靠接触器自身的辅助触点来保证线圈继续通电的现象。带有“自锁”功能的控制线路具有失压（零压）和欠压保护作用，从而保证了人身和设备的安全。

2. 电气安装图

电气安装图表示各种电气设备在机械设备和电气控制柜中的实际安装位置。它将提供电气设备各个单元的布局 and 安装工作所需数据的图样。例如，电动机要和被拖动的机械装置在一起，行程开关应画在获取信息的地方，操作手柄应画在便于操作的地方，一般电气元件应放在电气控制柜中。

3. 电气互联图

电气互联图是用来表明电气设备各单元之间的接线关系，一般不包括单元内部的连接，着重表明电气设备外部元件的相对位置及它们之间的电气连接。图 1-3 为笼型异步电动机直接启停控制线路电气互联图。

在阅读和绘制电气互联图时应注意以下几点：

(1) 外部单元同一电器的各部件画在一起，布置尽量符合电器的实际情况。

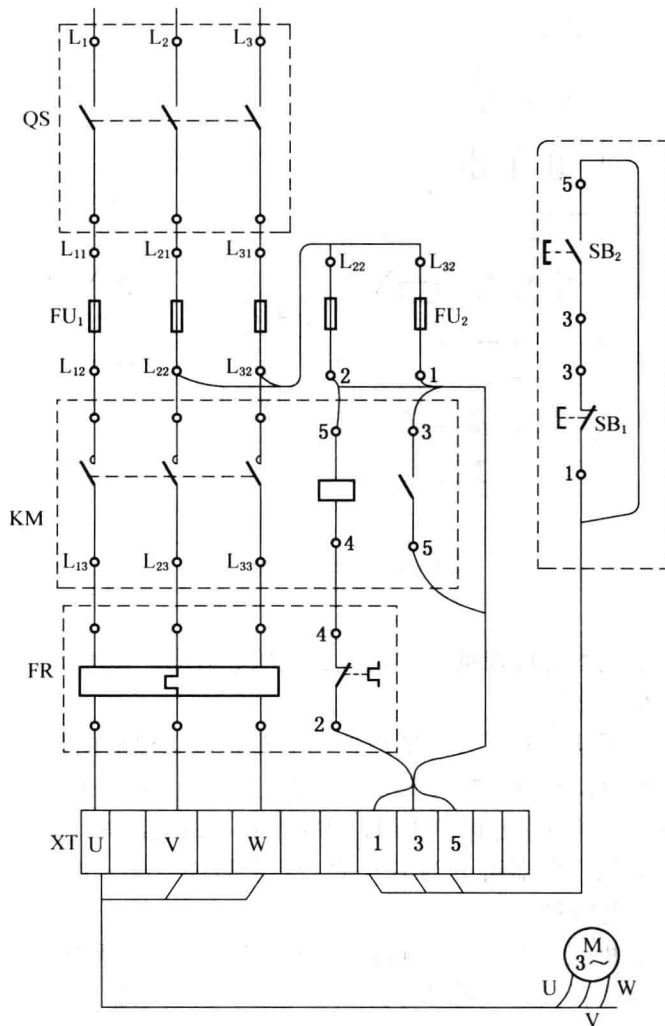


图 1-2 控制线路安装接线图

(2) 不在同一控制柜或同一配电屏上的各电气元件的连接，必须经过接线端子排进行。图中文字符号、图形符号及接线端子排编号应与原理图相一致。

(3) 电气设备的外部连接应标明电源的引入点。

【知识准备】

1. 低压电器的基本知识

1) 低压电器的分类

低压电器种类繁多，按分类的角度不同可以分为以下几种。

(1) 按动作方式分类，低压电器可分为非自动切换电器和自动切换电器。非自动切换电器是依靠外力（如人工）直接操作来进行切换的电器，如刀开关、按钮开关等。自

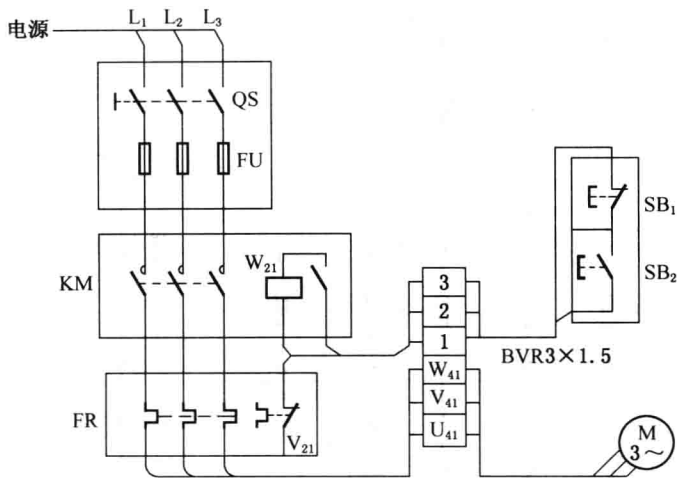


图 1-3 电气互联图

自动切换电器是依靠指令或本身物理量（如电流、电压、时间、速度等）变化而自动动作的电器，如接触器、继电器等。

(2) 按用途分类，低压电器可分为低压控制电器和低压保护电器。低压控制电器主要在低压配电系统及动力设备中起控制作用，如刀开关、低压断路器等。低压保护电器主要在低压配电系统及动力设备中起保护作用，如熔断器、继电器等。

(3) 按种类分类，低压电器可分为刀开关、刀形转换开关、熔断器、低压断路器、接触器、继电器、主令电器和自动开关等。

(4) 按电器的执行机能分类，低压电器可分为有触点电器和无触点电器。

(5) 按控制作用分类，低压电器可分为执行电器、控制电器、主令电器和保护电器等。

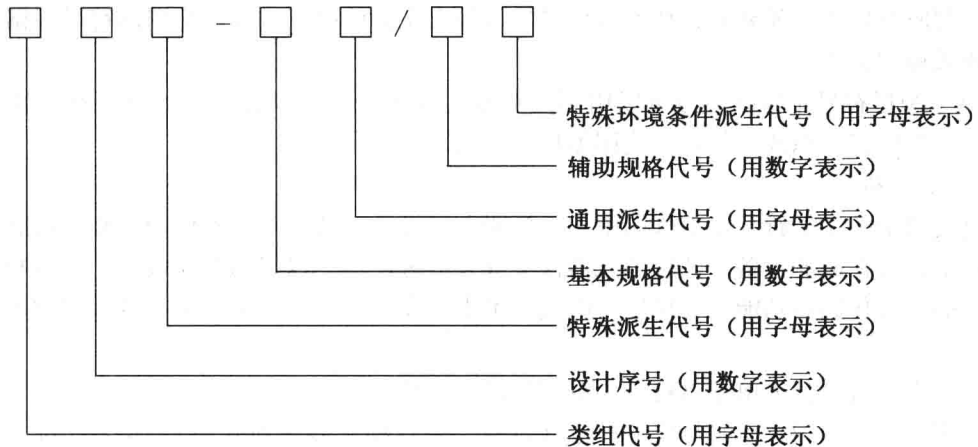
执行电器用来完成某种动作或传递功率，例如电磁铁等。控制电器用来控制电路的通断，例如开关、继电器等。主令电器用来控制其他自动电器的动作，以发出控制“指令”，例如按钮、转换开关等。保护电器用来保护电源、电路及用电设备，保障不在短路、过载等故障状态下长时运行，例如熔断器、热继电器等。

2) 低压电器的基本结构与特点

低压电器一般都有感受部分和执行部分两个基本部分组成。感受部分感受外界的信号，作出有规律的反应，在自动切换电器中大多由电磁机构组成，在非自动切换电器中通常为操作手柄等。执行部分，如触点连同灭弧系统，它根据指令进行电路的接通或切断。但对于熔断器而言，熔体既是感受部分，同时也是执行部分。

3) 低压电器的型号含义

我国低压电器型号是按产品种类编制的，产品型号采用汉语拼音字母和阿拉伯数字组合表示。其组合方式如下：



2. 电气图形符号和文字符号

电气图是用来描述电气控制设备结构、工作原理和技术要求的图，它必须采用符合国家电气制图标准及国际电工委员会颁布的有关文件要求，用统一标准的图形符号、文字符号及规定的画法绘制。

1) 图形符号

图形符号通常是指用于图样或其他文件表示一个设备或概念的图形、标记或字符。图形符号由符号要素、限定符号、一般符号以及常用的非电气操作控制的动作（例如机械控制符号等），根据不同的具体器件等构成。

符号要素是一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合才能构成一个设备或概念的完整符号。例如，三相异步电动机是由定子、转子及各自的引线等几个符号要素构成，这些符号要求有确切的含义，一般不能单独使用，其布置也不一定与符号所表示的设备实际结构相一致。

一般符号是表示同一类产品和此类产品特性的一种很简单的符号，它们是各类元器件的基本符号。例如，一般电阻器、电容器和具有单向导电性的二极管的符号。一般符号不但广义上代表各类元器件，也可以表示没有附加信息或功能的具体元件。

限定符号是用以提供附加信息的一种加在其他符号上的符号。例如，在电阻器一般符号的基础上，加上不同的限定符号就可组成可变电阻器、光敏电阻器、热敏电阻器等具有不同功能的电阻器。也就是说使用限定符号以后，可以使图形符号具有多样性。

限定符号一般不能单独使用。一般符号有时也可以作为限定符号，例如电容器的一般符号加到二极管的一般符号上就构成变容二极管的符号。

图形符号注意事项：

(1) 所有符号均应按无电压、无外力作用的正常状态。例如，按钮未按下，闸刀未合闸等。

(2) 某些设备元件在图形符号中有多个图形符号，在选用时应该尽可能选用优选形。在能够表达其含义的情况下，尽可能采用最简单形式，在同一图号的图中使用时，应采用同一形式。图形符号的大小和线条的粗细应基本一致。

(3) 图形符号可根据需要放大和缩小，但各符号相互间的比例应该保持不变。图形

符号绘制时方位不是强制的，在不改变符号本身含义的前提下，可以将图形符号根据需要旋转或成镜像放置。

(4) 图形符号中导线符号可以用不同宽度的线条表示，以突出和区分某些电路或连接线。一般常将电源或主信号导线用加粗的实线表示。

2) 文字符号

电气图中的文字符号是电气图中用于标明电气设备、装置和元器件的名称、功能、状态和特征，可在电器设备、装置和元器件上或其近旁使用，以表明电器设备、装置和元器件种类的字母代码和功能字母代码。电气技术中的文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。

基本文字符号分为单字母符号和双字母符号两种。

单字母符号是用拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 大类，每一类用一个字母表示。例如，“R”代表电阻器，“M”代表电动机，“C”代表电容器等。

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一字母组成，并且是单字母符号在前，另一字母在后。双字母中在后的字母通常选用该类设备、装置和元器件的英文名词的首位字母，可以较详细和更具体地表述电气设备、装置和元器件的名称。例如，“RP”代表电位器，“RT”代表热继电器，“MD”代表直流电动机，“MC”代表笼型异步电动机。

辅助文字符号是用以表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征的符号，通常由英文单词的前一两个字母构成。例如，“DC”代表直流，“IN”代表输入，“S”代表信号。

辅助文字符号一般放在单字母文字符号后面，构成组合双字母符号。例如，“Y”是电气操作机械装置的单字母符号；“B”是代表制动的辅助文字符号，“YH”代表制动电磁铁的组符号。辅助文字符号也可单独使用，例如“ON”代表闭合，“N”代表中性线。

3. 刀开关

刀开关也称闸刀开关。它主要作为电源引入开关或不频繁接通或分断容量不太大的负载。

1) 外形结构及符号

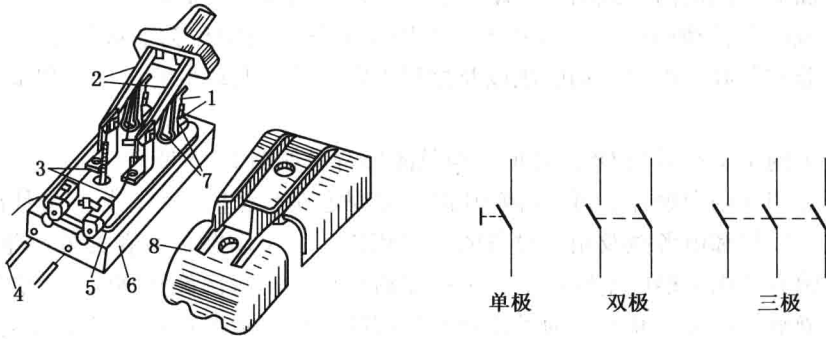
刀开关的种类很多，根据工作原理、使用条件和结构形式的不同，刀开关可分为刀开关、刀形转换开关、开启式负荷开关（胶盖瓷底刀开关）、封闭式负荷开关（铁壳开关）、熔断器式刀开关和组合开关等。

根据刀的极数和操作方式的不同，刀开关也可分为单极、双极和三极。机床上常用的三极开关允许通过的电流有 100A、200A、400A、600A、1000A 共 5 种。除特殊的大电流刀开关采用电机操作方式外，一般都是采用手动操作方式。

刀开关的文字符号为 QS，外形结构及图形符号如图 1-4 所示。

用手握住刀开关手柄，使触刀绕铰链支座转动，推入插座内即可完成刀开关接通操作（合闸）。分断操作（分闸）与接通操作相反，向外拉动手柄，使触刀脱离静插座。

刀开关可靠工作的关键之一是触刀与静插座之间有着良好的接触，这就要求它们之间有一定的接触压力。对于额定电流较小的刀开关，静插座使用硬紫铜制成，利用材料的弹



(a) 外形结构

(b) 符号

1—电源进线座；2—刀片；3—熔丝；4—电源出线；5—负载接线座；
6—瓷底座；7—静触点；8—胶盖

图 1-4 刀开关的外形结构及图形符号

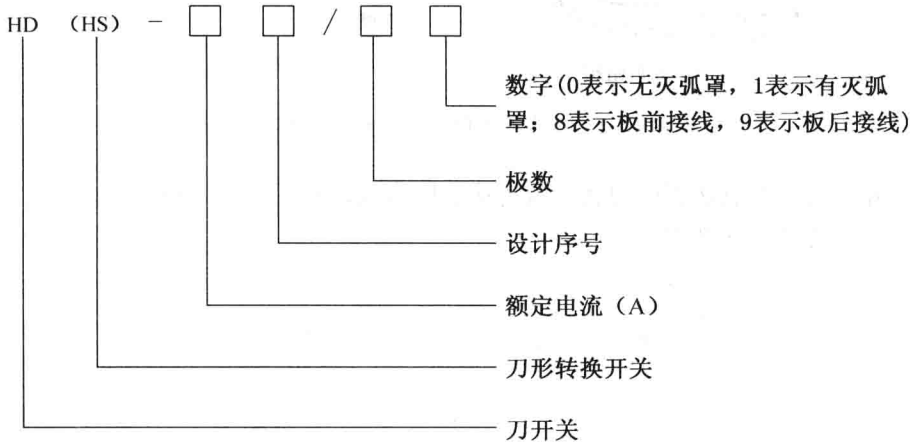
性来产生所需的接触压力；对于额定电流较大的刀开关，可另外在静插座两侧加弹簧的方法进一步增加接触压力。

刀开关安装时，手柄要向上，不得倒装或平装。如果倒装，则拉闸后手柄可能因自重下落引起误合闸，造成人身和设备安全事故。接线时，应将电源进线接在上端，负载出线接在下端。

2) 型号

刀开关有 HD（单投）系列和 HS（双投）系列，它们都适用于交流 50Hz、额定电压至 500V 和直流额定电压至 440V、额定电流至 1500A 的成套配电装置中，作为非频繁地手动接通和分断电路使用，或作为隔离开关使用。

刀开关的型号含义如下：



例如：HD-2511/39 表示手柄在中央、额定电流为 25A、三极、板后接线、单投刀开关。

3) 组合开关

组合开关（转换开关）实质也是一种刀开关，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。组合开关一般用于电气设备中作为非频繁地接通和分断电路、换接电源和负载、测量三相电压以及控制小容量异步电动机的正反转和星形—三角形降压启动等。

组合开关的文字符号为 QS，外形结构及图形符号如图 1-5 所示。

这种开关用 3 副静触片，每一静触片的一端固定在绝缘垫板上，另一端伸出盒外，并附有接线柱，以便和电源线及用电设备的导线相连。三个动触片装在另外的绝缘垫板上，垫板套装在附有绝缘手柄的绝缘杆上，手柄能沿任何方向每次旋转 90°，带动 3 个动触片分别与 3 个静触片接通或断开。为了使开关在切断负荷电流时所产生的电弧能迅速熄灭，在开关的转轴上都装有弹簧储能机构，使开关能快速闭合与分断，其分断跟闭合速度与手柄旋转速度无关。

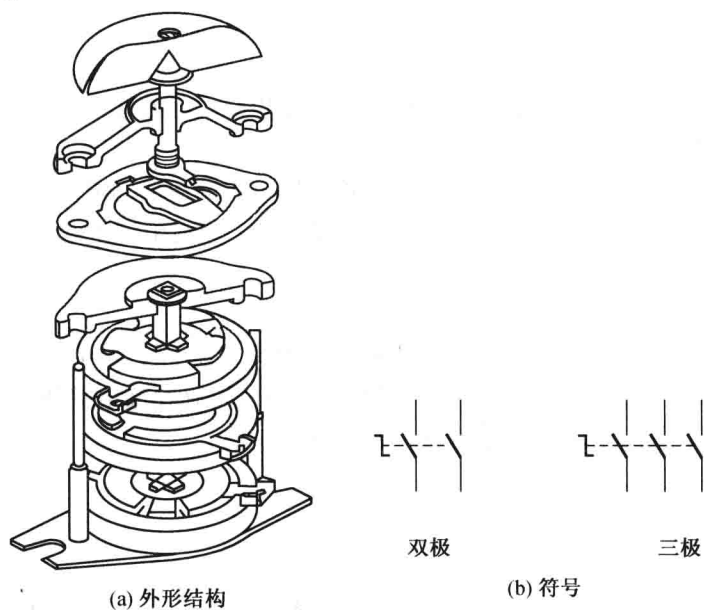
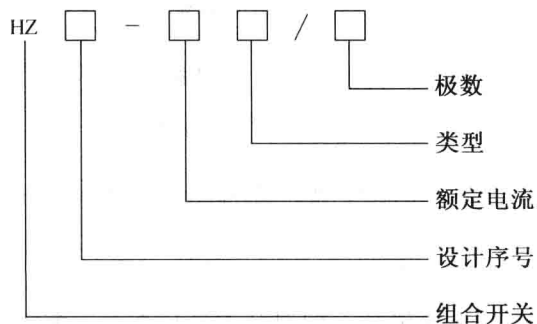


图 1-5 组合开关的外形结构及图形符号

组合开关的各触点状态可用文字叙述法、闭合表法和图示法 3 种方式表达。
组合开关的型号含义如下：



其中类型是指：凡不标出类型代号（拼音字母）者，是同时通断或交替通断的产品；有P代号者，是二位转换的产品；有S代号者，是三位转换的产品；有Z代号者，是供转接电阻用的产品；有X代号者，是控制电动机作星形—三角形降压启动用的产品。

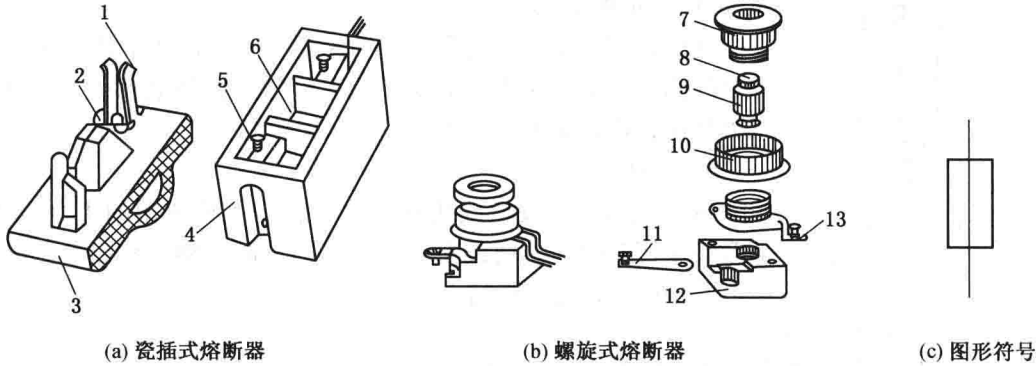
交替通断的产品，其极数标志部分有两位数字。前一位表示在起始位置上接通的电路数；第二位数字表示总的通断电路数。两位转换的产品，其极数标志前无字母代号者，是有一位断路的产品；极数标志前有字母代号B者，是两位断路的产品；极数标志前有数字代号0者，是无断路的产品。

4. 熔断器

熔断器是一种广泛应用、最简单有效的保护电器。在使用中，熔断器中的熔体（也称为保险丝）串联在被保护的电路中，当该电路发生严重过载或短路故障时，通过熔体的电流会达到或超过某一定值，从而产生更高热量温度超过熔体的熔点，导致熔体自行熔断，达到保护目的。

1) 外形结构与符号

常用熔断器文字符号为FU，外形结构及图形符号如图1-6所示。



1—动触片；2—熔体；3—瓷盖；4—瓷底；5—静触点；6—灭弧室；7—瓷帽；8—小红点标志；
9—容体管；10—瓷套；11—下接线端；12—瓷底座；13—上接线端

图1-6 常用熔断器外形结构及图形符号

瓷插式熔断器的电源线和负载分别接在瓷底座两端静触点的接线柱上，瓷盖中间凸起部分可将熔体熔断产生的电弧隔开，使其迅速熄灭。较大容量熔断器的灭弧室中还垫有熄灭电弧用的石棉织物。

螺旋式熔断器电源线应当接在瓷底座的下接线端，负载线接到金属螺纹壳的上接线端。

熔体一般由熔点低、易于熔断、导电性能良好的合金材料制成。在小电流的电路中，常用铅合金或锌做成的熔体（熔丝）。对大电流的电路，常用铜或银作成片状的熔体。

2) 型号含义