

| 高等职业院校“十三五”课程改革优秀成果规划教材 |

数控机床电气控制 与 PLC

● 主 编 饶楚楚 郑国平

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等职业院校“十三五”课程改革优秀成果规划教材

数控机床电气控制与 PLC

主 编 饶楚楚 郑国平
副主编 张晨恺 李东方

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床电气控制与 PLC/饶楚楚, 郑国平主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2019. 1 (2019. 2 重印)

ISBN 978-7-5682-6605-5

I. ①数… II. ①饶… ②郑… III. ①数控机床-电气控制-教材②PLC 技术-教材
IV. ①TG659②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 003909 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 21.25

字 数 / 499 千字

版 次 / 2019 年 1 月第 1 版 2019 年 2 月第 2 次印刷

定 价 / 55.00 元



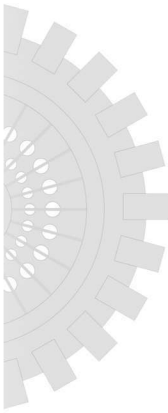
责任编辑 / 张鑫星

文案编辑 / 张鑫星

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李 洋

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换



前言

Qianyan

电气控制技术与 PLC 是通过不同的低压电器的共同作用实现机械运动,同时通过 PLC 硬件的连接与编程来进一步实现复杂运动的技术,本书从高等职业教育人才培养目标出发,贯彻理论与实践并重的高职教育教学理念,采取遵循认识规律、突出基本概念、引入工程案例、注重技能应用、提高职业素养的课程开发思路,以电气控制技术应用能力、PLC 编程能力培养为主线、以最新技术为课程视野,运用理实一体化的教学设计,采用讲练结合的方法,让学生在体验中学习,在实践中提高,突出学生职业素养培养。全书共分 9 章。第 1、2 章为电气控制,主要内容包括常用机床低压电器、电气基本控制电路的基本环节。第 3、4 章为数控机床驱动系统与数控系统的介绍。第 5~8 章为可编程控制器,主要内容包括可编程控制器的构成及工作原理,可编程控制器的指令系统、梯形图及编程方法,可编程控制器应用,可编程控制器通信及应用,可编程控制器的安装与接线及其他类型的可编程控制器简介。第 9 章为典型机床的实例应用。附录提供了一些可编程控制器的功能指令。本书适用于高职高专数控设备应用与维护、自动化、电气技术、应用电子、机电一体化及相近专业的教材,也可供电气工程技术人员参考。

编者根据自己几年的教学经验,结合高等职业教育的特点和普通高中生及“3+2”学生的学习能力要求,对教学内容进行了精选和相应调整,是一本以学生为主体、以技能为核心、以职业素养为目标,基本能实现专业技能抽查与考核目标要求、理实一体、深浅合适、颇具高职特色的规划教材。

本书由衢州职业技术学院饶楚楚讲师任主编,负责全书统稿。第 1 章及第 2 章由衢州职业技术学院李东方编写;第 3 章与第 4 章由衢州职业技术学院张晨恺老师编写;第 5 章由衢州职业技术学院徐文俊编写;第 6 章由衢州职业技术学院兰叶深编写;第 7 章由衢州职业技术学院徐建亮编写;第 8 章由衢州翔宇中等专业学校郑国平编写,郑国平还参加了附录编写并协助统稿工作;第 9 章由衢州职业技术学院王宇星编写。

由于编者水平有限,书中不足和疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

第1章 常用机床低压电器的认识与应用

1.1 低压电器综述

1.1.1 低压电器的定义

1.1.2 低压电器的作用

1.1.3 低压电器的分类

1.1.4 低压电器的基本结构

1.2 开关电器

1.2.1 开关电器的定义

1.2.2 开关电器的作用

1.2.3 开关电器的分类

1.3 熔断器

1.3.1 熔断器的定义

1.3.2 熔断器的分类

1.3.3 熔断器的选择

1.4 低压断路器

1.4.1 低压断路器的定义

1.4.2 低压断路器的结构与工作原理

1.4.3 低压断路器的分类

1.4.4 低压断路器的类型及其主要参数

1.5 主令电器

1.5.1 主令电器的定义

1.5.2 主令电器的分类

1.6 接触器

1.6.1 接触器的定义

1.6.2 接触器的分类

1.7 继电器

1.7.1 继电器的定义



目 录

Contents

1.7.2 继电器的分类

第2章 电气基本控制电路

2.1 电气控制系统图

2.1.1 电气控制系统图

2.1.2 电气图的一般特点

2.1.3 电气图的图形符号和文字符号

2.1.4 电气原理图

2.2 三相异步电动机

2.2.1 三相异步电动机的结构

2.2.2 三相异步电动机的工作原理

2.2.3 三相异步电动机的分类

2.2.4 三相异步电动机的铭牌数据

2.2.5 三相异步电动机的使用

2.3 三相异步电动机基本控制线路

2.3.1 三相异步电动机的单向直接启动控制电路

2.3.2 三相异步电动机的正反转控制

2.3.3 顺序控制

2.3.4 多地控制

2.3.5 自动往返控制

2.3.6 电动机降压启动控制

2.3.7 三相异步电动机的制动控制

2.3.8 三相异步电动机的调速控制电路

第3章 数控机床驱动系统

3.1 数控机床伺服驱动系统

3.1.1 伺服系统的概况

3.1.2 伺服驱动系统的组成

- 3.1.3 伺服系统的分类
- 3.2 步进电动机驱动的进给系统
 - 3.2.1 步进电动机
 - 3.2.2 直流伺服电动机驱动的进给系统
 - 3.2.3 交流伺服电动机驱动的进给系统
 - 3.2.4 伺服驱动硬件装置与连接
 - 3.2.5 伺服电动机的操作
- 3.3 数控机床的主轴系统
 - 3.3.1 数控机床主轴驱动系统
 - 3.3.2 主轴硬件接口与连接
- 3.4 位置检测装置
 - 3.4.1 位置检测元件的要求及分类
 - 3.4.2 增量式光电编码器
 - 3.4.3 绝对式光电编码器
 - 3.4.4 旋转变压器
 - 3.4.5 光栅
- 第4章 数控系统**
 - 4.1 数控系统概述
 - 4.1.1 数控系统的定义
 - 4.1.2 数控系统的功能及工作过程
 - 4.2 FANUC 数控系统及基本连接
 - 4.2.1 数控系统的特点
 - 4.2.2 FANUC OiMate-TD 数控系统的组成
 - 4.2.3 数控系统的接口及相互间的连接
 - 4.2.4 FANUC 系统维护实例
 - 4.3 西门子数控系统及基本连接
 - 4.3.1 西门子 802D 系统的结构组成



目 录

Contents

- 4.3.2 西门子编程软件
- 4.3.3 西门子实例改造
- 4.4 华中世纪星数控系统
 - 4.4.1 华中世纪星 HNC-21MD 数控系统组成
 - 4.4.2 数控系统接口
 - 4.4.3 参数设置
 - 4.4.4 串口通信
- 4.5 数控系统技能训练——FANUC 数控系统参数调试
 - 4.5.1 参数的类型
 - 4.5.2 参数的输入方法
 - 4.5.3 系统的基本参数及设定
 - 4.5.4 伺服参数设定
 - 4.5.5 主轴参数设定

第 5 章 可编程控制器

- 5.1 PLC 的概述
 - 5.1.1 PLC 的定义
 - 5.1.2 PLC 的发展
 - 5.1.3 PLC 的特点
 - 5.1.4 PLC 的应用
- 5.2 PLC 的组成及工作原理
 - 5.2.1 PLC 的组成
 - 5.2.2 PLC 的工作原理
 - 5.2.3 PLC 的分类
 - 5.2.4 PLC 主要性能技术指标
- 5.3 PLC 的编程语言
 - 5.3.1 梯形图
 - 5.3.2 语句表

- 5.3.3 顺序功能图
- 5.3.4 功能块图
- 5.3.5 其他语言
- 5.4 技能篇

第6章 三菱 FX2N 系列 PLC

- 6.1 三菱 PLC 的概述
 - 6.1.1 三菱 FX2N 系列 PLC
 - 6.1.2 三菱 FX PLC 的基本组成
 - 6.1.3 实物认识
- 6.2 三菱 FX2N 系列 PLC 编程元件与实例应用
 - 6.2.1 FX2N 系列可编程控制器主要编程元件
 - 6.2.2 实例——积算型定时器
- 6.3 FX2N 系列可编程控制器基本指令与实例应用
 - 6.3.1 FX2N 系列可编程控制器基本指令
 - 6.3.2 实例——FX2N 系列可编程控制器基本指令
- 6.4 梯形图的设计与编程方法
 - 6.4.1 梯形图的特点
 - 6.4.2 梯形图的格式
 - 6.4.3 编程注意事项及编程技巧

第7章 西门子 S7 系列 PLC

- 7.1 西门子 PLC 的概述
 - 7.1.1 西门子 S7 系列 PLC
 - 7.1.2 西门子 S7-200 系列 PLC 的基本硬件组成
 - 7.1.3 S7-200 的接口模块
 - 7.1.4 S7-200 的工作过程和 CPU 的工作模式
- 7.2 西门子 S7-200 编程软件



目 录

Contents

- 7.2.1 S7-200 可编程控制器 STEP7-Micro/WIN32 编程软件的安装
- 7.2.2 STEP7-Mirco/WIN 窗口组件使用介绍
- 7.2.3 STEP7-Micro/WIN4.0 编写用户程序的方法与步骤示例
- 7.3 西门子 PLC 基本指令功能
 - 7.3.1 西门子 PLC 基本指令功能介绍
 - 7.3.2 实例一
 - 7.3.3 实例二

第 8 章 FANUC 0i 系列 PMC

- 8.1 FANUC PMC 概述
 - 8.1.1 PMC 介绍
 - 8.1.2 PMC 的基本组成
 - 8.1.3 PMC 程序的分级
- 8.2 FANUC 编程软件
 - 8.2.1 LADDER-Ⅲ 的主要功能
 - 8.2.2 软件的使用
- 8.3 PMC 的基本指令和功能指令
 - 8.3.1 PMC 的基本指令
 - 8.3.2 PMC 的功能指令
 - 8.3.3 FANUC 的系统 PMC 编程操作
 - 8.3.4 PLC 程序分析及编程方法
 - 8.3.5 程序分析

第 9 章 典型机床的实例应用

- 9.1 CK6140 数控机床控制结构设计
 - 9.1.1 数控车床控制结构图
 - 9.1.2 系统、模块功能设计
 - 9.1.3 冷却系统

- 9.1.4 换刀控制系统
- 9.1.5 急停开关、限位开关、参考点
- 9.1.6 三色灯
- 9.2 电气电路设计
 - 9.2.1 控制电源与导线的选择
 - 9.2.2 电气原理图的设计
 - 9.2.3 电气安装位置图
- 9.3 可编程控制器应用系统设计步骤
 - 9.3.1 PLC 控制系统设计的基本原则
 - 9.3.2 PLC 控制系统设计的一般步骤
 - 9.3.3 具体功能的 PLC 程序设计

附录

- 附录 1 华中数控系统的 PMC 用户参数
- 附录 2 FANUC 功能指令

参考文献



第1章 常用机床低压电器的认识与应用

本章主要内容

了解常用低压电器的定义、分类、作用、结构及特点；熟悉常用低压电器的工作原理、作用、符号（文字和图形）；熟悉低压电器在机床中的应用。

学习目标

- (1) 掌握常用低压电器的识别、选择、拆装、维修与调整及使用的基本技能。
- (2) 掌握电动机的结构、动作原理，掌握其检测和拆装技能。
- (3) 能按照现场管理要求（整理、整顿、清扫、清洁、素养、安全）安全文明生产。

1.1 低压电器综述

1.1.1 低压电器的定义

低压电器是一种能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元件或设备。控制电器按其工作电压的高低，以交流1 200 V、直流1 500 V为界，可划分为高压控制电器和低压控制电器两大类。总的来说，低压电器可以分为配电电器和控制电器两大类，是成套电气设备的基本组成元件。在工业、农业、交通、国防以及人们用电部门中，大多数采用低压供电，因此电气元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。

1.1.2 低压电器的作用

低压电器能够依据操作信号或外界现场信号的要求，自动或手动地改变电路的状态、参数，实现对电路或被控对象的控制、保护、测量、指示和调节。

低压电器的作用有以下几点：

- (1) 控制作用。如电梯的上下移动、快慢速自动切换与自动停层等。
- (2) 调节作用。低压电器可对一些电量和非电量进行调整，以满足用户的要求，如柴油机油门的调整、房间温湿度的调节、照度的自动调节等。



(3) 保护作用。能根据设备的特点,对设备、环境以及人身实行自动保护,如电机的过热保护、电网的短路保护、漏电保护等。

(4) 指示作用。利用低压电器的控制、保护等功能,检测出设备运行状况与电气电路工作情况,如绝缘监测、保护掉牌指示等。

1.1.3 低压电器的分类

低压电器的种类繁多,分类方法有很多种。

1. 按动作方式划分

(1) 手动电器:依靠外力直接操作来进行切换的电器,如刀开关、按钮开关等。

(2) 自动电器:依靠指令或物理量变化而自动动作的电器,如接触器、继电器等。

2. 按用途划分

(1) 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。

(2) 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、热继电器等。

3. 按种类划分

按种类不同,低压电器有刀开关、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。

1.1.4 低压电器的基本结构

低压电器一般都有两个基本部分:一个是感测部分,用来感测外界的信号,做出有规律的反应,在自控电器中,感测部分大多由电磁机构组成,在受控电器中,感测部分通常为操作手柄等;另一个是执行部分,如触点是根据指令进行电路的接通或切断的。

1. 电磁机构

电磁式电器分为直流和交流两类,都是利用电磁铁的原理制成的。电磁机构由线圈、铁芯和衔铁组成,主要作用是通过电磁感应原理将电能转化成机械能,带动触头动作,完成接通或分断电路的功能,按照衔铁运动方式可分为直动式和合拍式,如图 1-1 和图 1-2 所示。

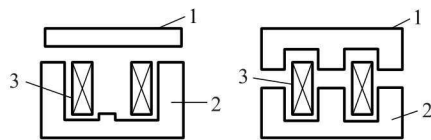


图 1-1 直动式电磁机构

1—铁芯; 2—衔铁; 3—线圈

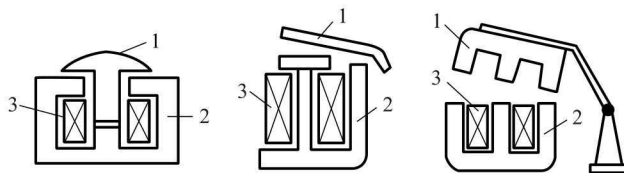


图 1-2 合拍式电磁机构

1—铁芯; 2—衔铁; 3—线圈



2. 触头系统

触头就是“开关”，是有触点电器的执行部分。吸引线圈得电后通过衔铁的动作使触头闭合或断开来控制电路的工作状态。触头是电磁式电器的执行部分，电器就是通过触头的动作来分合被控制的电路。触头在闭合状态下动、静触点完全接触，并有工作电流通过时称为电接触。电接触的情况将影响触头的工作可靠性和使用寿命。影响电接触工作情况的主要因素是触头的接触电阻，接触电阻大时易使触头发热而温度升高，从而易使触头产生熔焊现象，这样既影响工作可靠性又降低了触头的寿命。触头的接触电阻不仅与触头的接触形式有关，而且还与接触压力、触头材料及表面状况有关。触头主要有两种结构形式：桥式触头和指形触头，如图 1-3 所示。

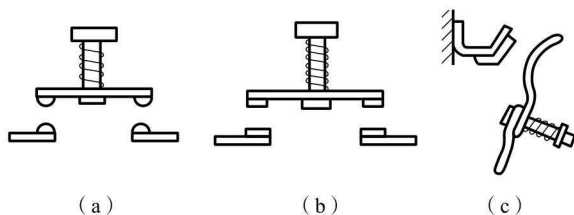


图 1-3 触头的结构形式

(a)、(b) 桥式触头；(c) 指形触头

触点的接触形式有点接触、线接触和面接触三种，如图 1-4 所示。

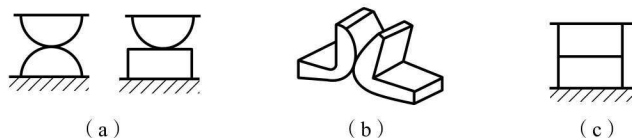


图 1-4 触点的接触形式

(a) 点接触；(b) 线接触；(c) 面接触

当动、静触点闭合后，不可能是全部紧密地接触，从微观上来看，只是在一些突出的凸起点上存在着有效接触，从而造成了从一个导体到另外一个导体的过渡区域。在过渡区域里，电流只通过一些相接触的凸起点，因而使这个区域的电流密度大大增加。另外，由于只是一些凸起点相接触，使有效导电面积减小，因此该区域的电阻远远大于金属导体的电阻。这种由于动、静触点闭合时在过渡区域所形成的电阻，称为接触电阻。由于接触电阻的存在，不仅会造成一定的电压损失，还会使铜耗增加，造成触点温升超过允许值。这样，触点在较高的温度下很容易产生熔焊现象而使触点工作不可靠，因此在实际中应采取相应措施来减少接触电阻，限制触点的温升。

3. 电弧和灭弧方法

触点由闭合状态过渡到断开状态的过程中会产生电弧。电弧一经产生，就会产生大量的热能。电弧的存在既烧蚀触头金属表面，降低电器的使用寿命，又延长了电路的分断时间，所以在电器中应采取措施迅速熄灭电弧。灭弧方法主要有以下几种：

(1) 机械灭弧。通过极限装置将电弧迅速拉长、变薄，增大对空气的散热面积而使其



熄灭,这种方法多用于开关电器中。

(2) 磁吹灭弧。在一个与触头串联的磁吹线圈产生的磁场作用下,电弧受电磁力的作用而拉长,被吹入有固体介质构成的灭弧罩内,与固体介质相接触,电弧被冷却而熄灭,如图 1-5 所示。

(3) 纵缝灭弧。在电弧所形成的磁场电动力的作用下,可使电弧拉长并进入灭弧罩的纵缝中,几条纵缝可将电弧分割成数段并且与固体介质相接触,电弧便迅速熄灭。这种结构多用于交流接触器上。

(4) 栅片灭弧。当触头分开时,产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中而被分割成数段,彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极,因此就有许多个阴阳极间降压,使电弧无法继续维持而熄灭,所以交流电器常常采用栅片灭弧,如图 1-6 所示。

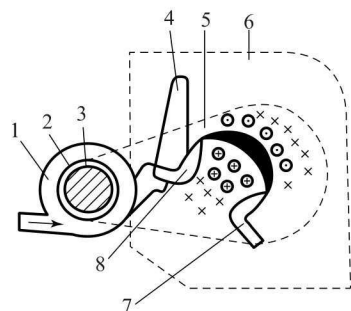


图 1-5 磁吹灭弧示意图

1—磁吹线圈; 2—绝缘套; 3—铁芯; 4—引弧角;
5—导磁夹板; 6—灭弧罩; 7—动触点; 8—静触点

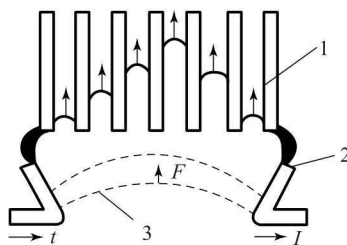


图 1-6 栅片灭弧示意图

1—灭弧栅片; 2—触点; 3—电弧

1.2 开关电器

1.2.1 开关电器的定义

开关电器是指低压电器中作为不频繁地手动接通和分断电路的开关,或作为机床电路中电源的引入开关,又分为刀开关、组合开关等,在工矿企业的电气控制设备上均有应用。

1.2.2 开关电器的作用

刀开关用于设备配电中隔离电源,也用于不频繁地接通与分段额定电流以下负载,如图 1-7 所示。不能切断故障电流,只能承受故障电流引起的电动力。

转换开关是供两种以上电源或负载转换用的电器。可使控制回路或测量线路简化,并避免操作上的失误,如图 1-8 所示。

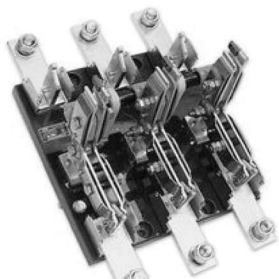


图 1-7 刀开关



图 1-8 转换开关

1.2.3 开关电器的分类

1. 刀开关

刀开关俗称闸刀开关，可分为不带熔断器式和带熔断器式两大类。它们用于隔离电源和无负载情况下的电路转换，其中后者还具有短路保护功能，常用的有以下两种：

1) 开启式负荷开关

开启式负荷开关又称瓷底胶盖闸刀开关，简称刀开关，常用的有 HK1 和 HK2 系列。它由刀开关和熔断器组合而成。瓷底板上装有进线座、静触点、熔丝、出线座和带瓷质手柄的闸刀，其结构如图 1-9 所示。

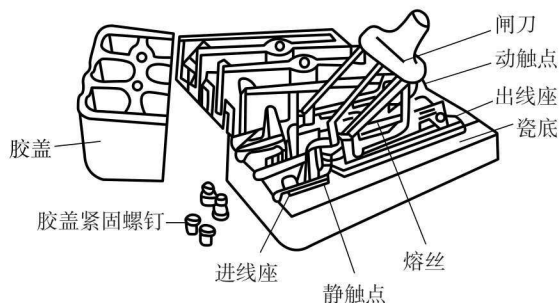


图 1-9 HK 系列刀开关的结构

HK 系列的刀开关因其内部设有熔丝，故可对电路进行短路保护，常用作照明电路的电源开关或用于 5.5 kW 以下三相异步电动机不频繁启动和停止的控制开关。

在选用时，额定电压应大于或等于负载额定电压，对于一般的电路，如照明电路，其额定电流应大于或等于最大工作电流；而对于电动机电路，其额定电流应大于或等于电动机额定电流的 3 倍。

开启式负荷开关在安装时应注意以下两点：

- (1) 闸刀在合闸状态时，手柄应朝上，不准倒装或平装，以防误操作。
- (2) 电源进线应接在静触点一边的进线端（进线座在上方），而用电设备应接在动触点一边的出线端（出线座在下方），“上进下出”，不准颠倒，即以方便更换熔丝及确保用电安全。

2) 封闭式负荷开关



封闭式负荷开关又称铁壳开关,图 1-10 所示为常用的 HH 系列封闭式负荷开关的结构。这种负荷开关由闸刀、熔断器、灭弧装置、操作手柄、速动弹簧和外壳等构成。三把闸刀固定在一根绝缘方轴上,由操作手柄操纵;操作机构设有机械联锁,当盖子打开时,手柄不能合闸,手柄合闸时,盖子不能打开,保证了操作安全。在手柄转轴与底座间还装有速动弹簧,使刀开关的接通、断开速度与手柄动作速度无关,抑制了电弧。

封闭式负荷开关用来控制照明电路时,其额定电流可按电路的额定电流来选择,而用来控制不频繁操作的小功率电动机时,其额定电流可按大于电动机额定电流的 1.5 倍来选择。但不宜用于电流为 60 A 以上负载的控制,以保证可靠灭弧及用电安全。封闭式负荷开关在安装时,应保证外壳可靠接地,以防漏电而发生意外。接线时电源线接在接线端上,负载则接在熔断器一端,不得接反,以确保操作安全。

刀开关的型号及含义如图 1-11 所示。

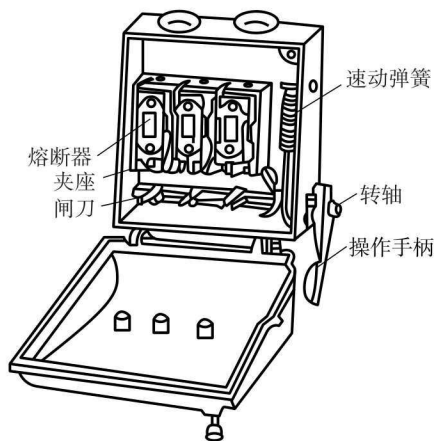


图 1-10 常用的 HH 系列封闭式负荷开关的结构

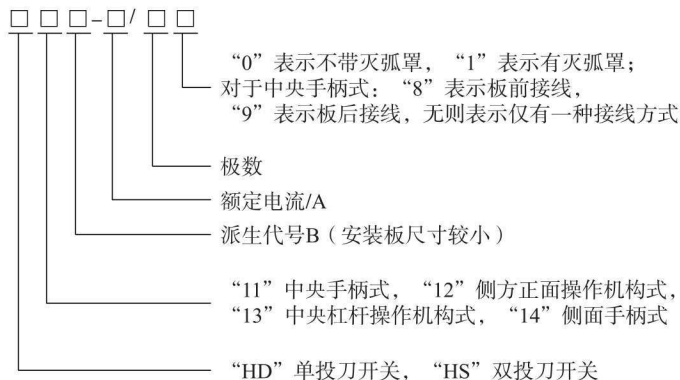


图 1-11 刀开关的型号及含义

3) 刀开关的选用及图形、文字符号

刀开关的额定电压应等于或大于电路额定电压,其额定电流应等于(在开启和通风良好的场合)或稍大于(在封闭的开关柜内或散热条件较差的工作场合,一般选 1.15 倍)电路工作电流。在开关柜内使用还应考虑操作方式,如杠杆操作机构、旋转式操作机构等。当用刀开关控制电动机时,其额定电流要大于电动机额定电流的 3 倍。刀开关的图形符号及文字符号如图 1-12 所示。

2. 转换开关

转换开关又称组合开关,是一种变形刀开关,在结构上是用动触片代替了闸刀,以左右旋转代替了刀开关的上下分合动作,有单极、双极和多极之分,常用的有 HZ 系列等。图 1-13 所示为 HZ-10/3 型转换开关的外形与结构。