



高职高专机电一体化专业规划教材

PLC原理与应用

PLC YUANLI YU YINGYONG

冀建平 主 编
侯艳霞 黄 涛 李秋芳 副主编



赠送
电子课件

本书特色

- 围绕注重对学生新技术应用能力的培养，实现企业和学校的无缝对接。
- 针对每一工作过程组织相关的知识要点，将工作环境与学习环境有机结合。
- 以设计案例导入——基础知识——案例实现过程——常见问题解析为主线，讲解了PLC在工业控制领域的常用应用系统的设计与开发。

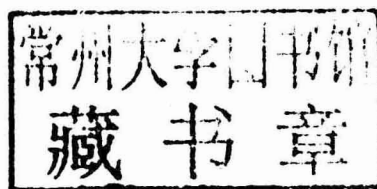
清华大学出版社

高职高专机电一体化专业规划教材

PLC 原理与应用

冀建平 主 编

侯艳霞 黄 涛 李秋芳 副主编



清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以西门子 S7-200 系列 PLC 为对象,在系统介绍 PLC 的结构组成、工作原理、系统的资源配置、指令系统和网络组成的基础上,阐述了 PLC 控制系统的程序设计方法和技巧。以设计案例导入——基础知识——案例实现过程——常见问题解析为主线讲解了 PLC 工业系统中常用的传感器、电磁阀、步进电机、变频器及组态软件的监控模拟和串行通信等应用系统的设计与开发,填补了高职高专教材在这方面的空白。

本书在结构上摒弃以往以学科知识为系统、理论与实践分离的教材结构,以符合职业教育特点的、从具体到抽象、从感性认识到理性认识的“工作过程导向”的知识结构来设计组织教材,融“教、学、做”为一体,工学结合。

本书可作为高职院校机电一体化技术、计算机控制等相关专业的教材,也可以作为从事有关 PLC 技术的工程人员的参考用书,同时还可作为职业培训学校的培训教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

PLC 原理与应用/冀建平主编;侯艳霞,黄涛,李秋芳副主编. —北京:清华大学出版社,2010.9
(高职高专机电一体化专业规划教材)

ISBN 978-7-302-23379-4

I. ①P… II. ①冀… ②侯… ③黄… ④李… III. ①可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 152936 号

责任编辑:孙兴芳 桑任松

装帧设计:杨玉兰

责任校对:王 晖

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.5 字 数:588 千字

版 次:2010 年 9 月第 1 版 印 次:2010 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:37.00 元

产品编号:032347-01

前 言

可编程逻辑控制器(PLC)是在工业控制中应用广泛的控制设备,因此,掌握 PLC 的使用方法是高职院校机电一体化、计算机控制技术等专业的基本要求。

一般本、专科院校的相关专业也有 PLC 的课程,高职院校原来也选用本、专科的 PLC 教材。我们发现,高职院校的学生学习和掌握 PLC 知识显得很困难、学时总觉得不够用。老师教得辛苦,学生学得吃力。其他课程的情况也相似。如何教、如何学是高职院校师生面临的重要课题,需要尽快加以研究和解决,而高职院校师生也在不断探索。目前,以工作过程导向为核心的课程体系改革在高职院校中普遍展开,并取得了一定的效果。

本书基于工作过程导向,具体地说,是以工作案例为核心展开知识体系:首先将学生带入工作情境,让学生知道要做什么,明确工作任务,然后带领学生解决问题,在解决问题的过程中,用到什么知识就教授什么知识,不作抽象的知识演绎,只作具体的知识陈述;之后有检查评价或者拓展训练,让学生自我考核,仔细想想自己是否已经学明白,并在拓展训练中检验自己是否会动手做。

所有工作案例都经过细致遴选,我们努力使其覆盖 PLC 的基本知识范围。我们认为教育的基本功能是教会学生,因此,以学生为本绝对不能是一句空话,重要的是了解学生。但是,了解学生也绝不是一件轻轻松松的事。我们不敢说已经了解了学生,选择的这些案例是否能让学生在规定的课时内学会,并能学得轻松、学得扎实,有待于实际的检验。

本书共分 8 章和 3 个附录。其主要内容说明如下。

第 1 章介绍电气控制技术基础。包括工业控制中常用电气设备的应用知识及三相交流电机的基本控制线路。

第 2 章介绍 S7-200 系列 PLC 的认识基础,通过简单的灯的控制实现使读者理解 PLC 的工作过程。

第 3 章以 S7-200 系列 PLC 的基本指令为主线,以任务实现为核心,使读者在熟悉指令的基础上逐步完成任务,体会完整的控制系统的实现过程。

第 4 章分别以彩环控制系统和机械手控制系统的实现为导向,介绍 S7-200 系列 PLC 功能指令的移位指令、高速计数器指令和高速脉冲指令。

第 5 章以运料小车控制系统设计的实现为导向,介绍 S7-200 系列 PLC 的顺序控制继电器指令。

第 6 章以材料分拣系统和平面仓储设计的实现为导向,分别介绍工业控制中常见的变频器、开关式传感器、电磁阀和步进电机等设备的 PLC 控制系统,并介绍了两台 S7-200 系列 PLC 的通信实现过程。

第 7 章以对 PLC 控制电动机的计算机监控为例介绍了工业控制中常用的组态监控软件力控,以基于 PLC 的抢答器系统设计介绍 MCGS 组态软件的使用过程。

第 8 章以咖啡自动售货机的设计实现为导向,介绍 PLC 的串行通信实现过程及 PLC 与 IC 卡读写器的自由端口通信方法。

本书的附录 A 列出了 S7-200 系列 PLC 的各个端子图,为读者的电气控制图绘制提供



了方便；附录 B 介绍了 S7-200 系列 PLC 的特殊存储器的分配情况；附录 C 介绍了松下 VF0 变频器的参数定义，以方便读者编程使用。

本书可供高职院校机电一体化、计算机控制技术等专业使用，也可供从事有关 PLC 技术的工程技术人员参考。

本书由北京经济管理职业学院冀建平博士担任主编。第 1 章由北京经济管理职业学院机电系姜洪有、魏仁胜编写，第 2 章由北京经济管理职业学院机电系李秋芳编写，第 3 章由河南职业技术学院徐海编写，第 4 章由北京经济管理职业学院机电系侯艳霞、冀建平和渤海钻探工程公司第五钻井工程分公司技术员侯建庆编写，第 5 章由滨州学院黄爱芹编写，第 6 章由侯艳霞编写，第 7、8 章由北京经济管理职业学院冀建平、黄涛编写。

作者尽心尽力而为，但因水平有限，书中难免有错漏之处，恳请专家、同行批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电气控制系统设计..... 1

1.1 电动机点动电气控制设计 1

1.1.1 电动机与开关、按钮、 接触器..... 2

1.1.2 电动机点动控制线路实现 过程..... 15

1.2 电动机连续运行电气控制设计 17

1.2.1 自动空气开关和接触器的 自锁..... 19

1.2.2 自锁控制..... 21

1.2.3 电动机连续运行电气控制的 实现过程..... 22

1.3 电动机正反转电气控制设计 24

1.3.1 继电器..... 25

1.3.2 联锁控制..... 30

1.3.3 电动机正反转电气控制的实现 过程..... 31

1.3.4 拓展实训——工作台自动往返电 气控制设计..... 34

1.4 电动机 Y— Δ 降压启动电气控制 设计..... 39

1.4.1 时间继电器..... 40

1.4.2 电动机 Y— Δ 降压启动电气 控制的实现过程..... 44

1.5 实践中常见问题解析 46

本章小结..... 47

思考与练习..... 47

第 2 章 灯控制系统设计——S7-200 系列 PLC 的认识基础 49

2.1 灯控制系统设计 49

2.2 PLC 基础知识 50

2.2.1 认识 PLC 50

2.2.2 S7-200 系列 PLC 的端子 接线..... 50

2.2.3 S7-200 系列 PLC 编程软件

STEP 7-Micro/WIN 53

2.3 灯控制系统的设计过程..... 54

2.3.1 工作计划 54

2.3.2 操作分析 57

2.4 拓展实训——电动机连续运行

PLC 控制系统 62

2.4.1 电气原理图设计 63

2.4.2 程序编写 64

2.4.3 系统运行 64

2.5 实践中常见问题解析..... 66

本章小结 67

思考与练习 67

第 3 章 西门子 S7-200 系列 PLC 基本 指令和程序设计 69

3.1 灯的两地控制设计 69

3.1.1 指令基础——位逻辑 指令(一)..... 75

3.1.2 两地灯控制系统实现过程..... 87

3.1.3 拓展实训 90

3.2 自动开关门控制系统设计 96

3.2.1 指令基础——位逻辑 指令(二)..... 96

3.2.2 自动开关门控制系统设计实现 过程 98

3.2.3 拓展实训 101

3.3 交通灯控制系统设计 106

3.3.1 定时器指令 106

3.3.2 交通灯控制系统设计 110

3.3.3 拓展实训 113

3.4 啤酒灌装生产线设计..... 114

3.4.1 计数器指令 115

3.4.2 啤酒灌装生产线设计 过程 118



3.4.3 拓展实训.....	120	5.2 S7-200 系列 PLC 的顺序控制继电器指令.....	202
3.5 两台电动机自动和手动控制系统设计.....	123	5.2.1 顺序控制继电器指令.....	202
3.5.1 程序控制指令.....	123	5.2.2 顺序控制指令的使用方法.....	203
3.5.2 两台电动机自动和手动控制系统设计过程.....	129	5.3 运料小车控制系统设计过程.....	211
3.5.3 拓展实训.....	131	5.3.1 工作过程.....	211
3.6 实践中常见问题解析.....	134	5.3.2 操作分析.....	211
本章小结.....	135	5.4 拓展实训.....	216
思考与练习.....	135	5.4.1 运料小车的扩展.....	216
第 4 章 彩环控制系统模拟设计.....	137	5.4.2 三台电动机顺序启动.....	218
4.1 彩环控制系统模拟设计.....	137	5.5 实践中常见问题解析.....	221
4.2 基本功能指令.....	138	本章小结.....	222
4.2.1 传送指令介绍.....	138	思考与练习.....	223
4.2.2 移位指令.....	141	第 6 章 材料分拣和平面仓储系统设计.....	225
4.3 彩环控制系统模拟设计过程.....	146	6.1 传送带系统设计.....	225
4.3.1 工作过程.....	146	6.1.1 材料分拣与平面仓储实验台介绍.....	226
4.3.2 操作分析.....	147	6.1.2 松下 VF0 变频器基础.....	228
4.3.3 检查与评估.....	150	6.1.3 拓展实训.....	232
4.4 机械手控制系统.....	151	6.1.4 S7-200 控制变频器及其传送带系统设计实现过程.....	236
4.5 高速计数器指令和高速脉冲指令.....	153	6.2 基于 S7-200 系列 PLC 的货物分拣系统设计.....	239
4.5.1 高速计数器指令.....	153	6.2.1 常用传感器介绍.....	240
4.5.2 拓展实训——控制机械手底盘旋转 30°.....	163	6.2.2 基于 S7-200 系列 PLC 的货物分拣系统设计过程.....	246
4.5.3 高速脉冲指令.....	168	6.3 S7-200 系列 PLC 的气压驱动系统设计.....	251
4.5.4 拓展实训——驱动机械手臂沿 Y 轴上升 10cm.....	183	6.3.1 电磁阀介绍.....	253
4.6 机械手控制系统设计过程.....	186	6.3.2 S7-200 系列 PLC 的气压驱动系统设计过程.....	255
4.6.1 工作过程.....	186	6.4 两台 PLC 的通信系统设计.....	261
4.6.2 操作分析.....	187	6.4.1 网络通信指令.....	262
4.6.3 检查与评估.....	195	6.4.2 两个 S7-200 系列 PLC 通信实现的设计过程.....	266
4.7 实践中常见问题解析.....	196	6.5 拓展实训——材料分拣和平面仓储系统设计.....	272
本章小结.....	197		
思考与练习.....	197		
第 5 章 运料小车控制系统设计.....	199		
5.1 运料小车控制系统设计.....	199		

6.5.1 工作过程.....	272	第 8 章 PLC 的串行通信	327
6.5.2 操作分析.....	273	8.1 咖啡自动售货机系统.....	327
6.6 实践中常见问题解析.....	281	8.2 PC 与两台 PLC 组成的串行通信	
本章小结.....	282	网络	334
思考与练习.....	283	8.3 两台 S7-200 系列 PLC 通信.....	336
第 7 章 PLC 和工业组态软件.....	284	8.4 S7-200 系列 PLC 与 IC 卡读写器	
7.1 三相鼠笼式异步电动机的控制		自由端口通信	339
系统.....	284	8.5 拓展实训——基于 S7-200 的门禁	
7.1.1 PLC 控制电动机系统.....	284	系统	366
7.1.2 PLC 与组态软件控制电动机		8.5.1 电动门部分	367
系统.....	288	8.5.2 PLC 部分	368
7.1.3 检查与评估.....	302	8.5.3 力控组态软件部分.....	370
7.2 基于 PLC 和 MCGS 组态软件的抢答		8.6 实践中常见问题解析.....	370
系统的设计与实现.....	302	本章小结	371
7.2.1 用 PLC 实现抢答器.....	304	思考与练习	371
7.2.2 用 MCGS 组态软件构建		附录 A S7-200 系列 PLC 接线	
抢答器上位系统.....	308	端子.....	372
7.2.3 检查与评估.....	322	附录 B S7-200 特殊存储器 SM	
7.3 拓展实训——电动机的计算机控制		标志位	375
系统.....	323	附录 C 松下 VF0 变频器功能参数	
7.4 常见问题解析.....	325	一览.....	379
本章小结.....	325	参考文献.....	380
思考与练习.....	326		

第 1 章 电气控制系统设计

本章要点

- 低压电器的基本结构、原理、用途、图形和文字符号。
- 电动机点动运行电气控制设计。
- 电动机连续运行电气控制设计。
- 电动机正反转电气控制设计。

技能目标

- 按照控制任务的要求,设计电气原理图、绘制电气安装接线图、进行元器件的接线。
- 正确选择和使用开关、控制按钮、接触器、继电器、熔断器、自动空气断路器等元器件。
- 借助电工工具和仪器仪表查找故障点,分析故障原因。
- 培养分析问题、解决问题的能力,增强动手实践能力。

项目案例导入

- 本章通过三相交流电动机的点动运行、连续运行、正反转、Y— Δ (星角)降压启动电气控制系统设计的实现过程,来熟悉电动机的控制方式,掌握根据电气原理图进行电气安装的过程。
- 现代化工业生产中的大多数机械设备都是通过电动机进行拖动的,要使电动机按照控制要求正常地运转,就要安装具备相应控制功能的电气线路,这些电路无论是简单还是复杂,一般都是由点动、正反转、自锁等基本控制线路组合而成的。

1.1 电动机点动电气控制设计

1. 控制要求

给定一台三相交流异步电动机 M,设计其点动控制线路并选择电气元件。控制要求为:当按下启动按钮时,电动机启动运行;当松开启动按钮时,电动机停止运行。

2. 设计目的

认识控制系统中常用的电气元件,根据控制要求设计电气原理图并进行电气接线。

3. 设计条件

电工通用工具:测电笔、旋具、尖嘴钳、斜口钳、剥线钳、电工刀、兆欧表、钳形电流表、万用表。

电器元件:三相异步电动机 1 台、组合开关 1 只(低压断路器 1 只)、低压熔断器 5



只、三联按钮 1 个、接触器 1 只、接线端子排 1 个、导线若干。

4. 设计内容及安装操作

- (1) 绘制电气原理图。
- (2) 对控制线路进行元器件安装接线和操作。
- (3) 检查无误, 通电调试运行。

5. 工艺要求

- (1) 各元件的安装位置应整齐、匀称, 间距合理, 便于元件的更换。
- (2) 布线通道要尽可能少。
- (3) 主电路用黑色线, 控制电路用红色线, 接地线用黄绿双色线。
- (4) 同一平面的导线应高低一致或前后一致, 不能交叉, 若非交叉不可, 则该导线应在接线端子引出时, 水平架空跨越, 但必须走线合理。
- (5) 布线应横平竖直, 分布均匀, 变换走向时应垂直转向。
- (6) 布线时严禁损伤线芯和导线绝缘。
- (7) 布线顺序一般以接触器为中心, 由里向外, 由低至高, 先控制线路后主电路, 以不妨碍后续布线为原则。
- (8) 通电试运行前, 必须征得老师的同意, 并由老师接通三相电源 L1、L2、L3, 同时要有老师在现场监护。

6. 注意事项

- (1) 电动机使用的电源电压和绕组的接法, 必须与铭牌上规定的一致。
- (2) 接线时, 必须先接负载端, 后接电源端; 先接接地线, 后接三相电源线。
- (3) 必须在认真检查安装完毕的控制线路后, 才允许通电试运行。
- (4) 电动机外壳必须接地。
- (5) 训练应在规定的时间内完成。

1.1.1 电动机与开关、按钮、接触器

工业生产中常用电动机有三相交流异步电动机、直流电机、同步电机、伺服电机、步进电机等, 本书所讲述的电动机驱动主要指三相交流异步电动机。

1. 三相交流异步电动机介绍

1) 三相交流异步电动机的结构

三相交流异步电动机由定子(固定部分)和转子(旋转部分)两部分组成。

三相交流异步电动机的结构如图 1.1 所示。

定子由铁心、绕组、机座三部分组成。定子铁心是电动机磁路的一部分, 它由硅钢片叠压而成, 片与片之间是绝缘的, 以减少涡流损耗。硅钢片内圆上有均匀槽口, 用于安装定子绕组。机座主要用于固定与支撑定子铁心, 一般用铸铁或钢板制成。

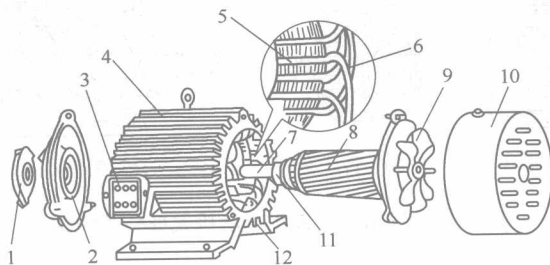


图 1.1 三相交流异步电动机的结构

1—轴承盖；2—端盖；3—接线盒；4—散热筋；5—定子铁心；6—定子绕组；
7—转轴；8—转子；9—风扇；10—罩壳；11—轴承；12—机座

三相交流异步电动机的定子绕组，每相都由许多线圈所组成。定子绕组的首端和末端通常都接在电动机接线盒内的接线柱上，一般按图 1.2 所示的方法排列，这样可以很方便地接成星形(见图 1.3)或三角形(见图 1.4)。

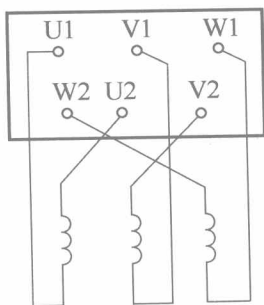


图 1.2 定子绕组接线方式

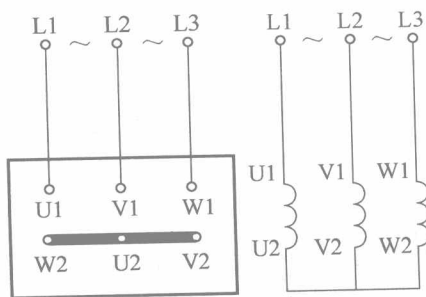


图 1.3 定子绕组星形连接

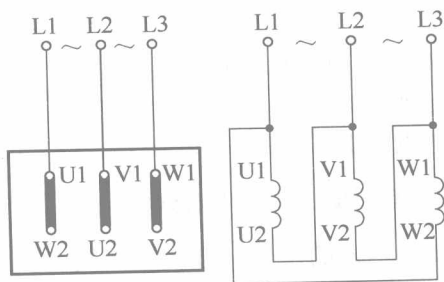


图 1.4 定子绕组三角形连接

三相交流异步电动机的转子由转子铁心、转子绕组和转轴组成。转子铁心是由硅钢片叠压而成，硅钢片外圆上有均匀的槽口，用来嵌入转子绕组，转子铁心与定子铁心构成闭合磁路。转轴用来支撑转子旋转，保证定子与转子间有均匀的气隙。转子绕组由熔铝浇铸而成，形似鼠笼，所以又被称为笼型转子，如图 1.5 所示。

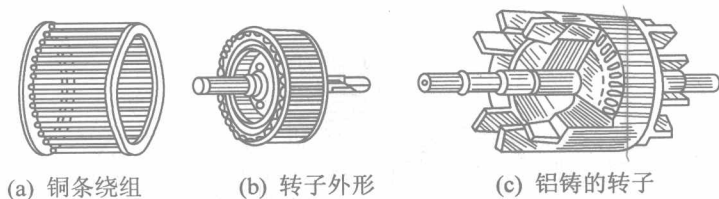


图 1.5 三相交流异步电动机笼形转子绕组

2) 三相交流异步电动机的额定值

三相交流异步电动机和直流电动机一样，机座上都有一个铭牌，铭牌上标注着额定数据。这些数据主要有以下几个。

(1) 额定功率 P_N

这是指电动机在额定运行时轴上输出的机械功率，单位为 kW。

(2) 额定电压 U_N

这是指额定运行时加在定子绕组上的线电压，单位为 V。

(3) 额定电流 I_N

这是指电动机定子绕组加上额定频率的额定电压，且轴上输出额定功率时定子绕组的线电流，单位为 A。

(4) 额定频率 f_N

我国规定标准工业用电的频率为 50Hz。

(5) 额定转速 n_N

这是指电动机定子绕组加上额定频率的额定电压，且轴上输出额定功率时转子的转速，单位为 r/min。

(6) 额定功率因数 $\cos \Phi_N$

这是指电动机在额定运行时定子的功率因数。

则三相异步电动机的功率为

$$P_N = \sqrt{3} U_N I_N \cos \Phi_N \eta_N \times 10^{-3}$$

式中 η_N 为电动机的额定效率。

此外，铭牌上还标明了绝缘等级、温升、工作方式与绕组接法等。额定数据是选择、使用电机的重要依据。

2. 常用低压控制电器分类

低压电器的发展，取决于国民经济的发展和现代工业自动化发展的需要，以及新技术、新工艺、新材料的研究与应用，目前正朝着高性能、高可靠性、小型化、数模化、模块化、组合化和零部件通用化的方向发展。总的来说，低压电器是成套电气设备的基本组成元件。在工业、农业、交通、国防以及日常生活中，大多数采用低压供电，因此电器元件的质量将直接影响到低压供电系统的可靠性。

我国现行标准将工作电压交流 1200V、直流 1500V 及以下电压的电器称为低压电器，其用途是对供电及用电系统进行开关、控制、调节和保护。低压电器的种类繁多，工作原理各异，因而有不同的分类方法。以下介绍三种分类方式。

1) 按用途和控制对象可分为配电电器和控制电器

- 低压配电电器。这类电器主要用于低压供电系统,包括刀开关、转换开关、隔离开关、空气断路器和熔断器等。对配电电器的主要技术要求是断流能力强、限流效果好;在系统发生故障时保护动作准确、工作可靠;有足够的热稳定性和动稳定性。
- 低压控制电器。这类电器主要用于电力拖动及自动控制系统,包括接触器、控制按钮和各种控制继电器等。对控制电器的主要技术要求是操作频率高、电器和机械寿命长、有相应的转换能力。

2) 按操作方式可分为自动电器和手动电器

- 自动电器。通过电磁(或压缩空气)做功来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为自动电器。常用的自动电器有接触器、继电器等。
- 手动电器。通过人力做功来完成接通、分断、启动、反向和停止等动作的电器称为手动电器。常用的手动电器有刀开关、转换开关和控制按钮等。

3) 按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器

- 电磁式电器。这类电器是根据电磁感应原理进行工作的,它包括交直流接触器、电磁式继电器等。
- 非电量控制电器。这类电器是以非电物理量作为控制量进行工作的,它包括按钮开关、行程开关、刀开关、热继电器、速度继电器等。

另外,低压电器按工作条件还可划分为一般工业电器、船用电器、化工电器、矿用电器、牵引电器及航空电器等几类,对不同类型低压电器的防护形式、耐潮湿、耐腐蚀、抗冲击等性能的要求不同。

3. 刀开关

刀开关又称刀闸,属于控制电器,是手动电器中结构最简单的一种,广泛用于各种供电线路和配电设备中,也用于不频繁地接通、分断容量较小的低压供电线路或启动小容量的三相异步电动机中作为电源隔离开关,其熔体可起到短路保护作用。

1) 结构、电路符号和型号规格

刀开关外形如图 1.6 所示。

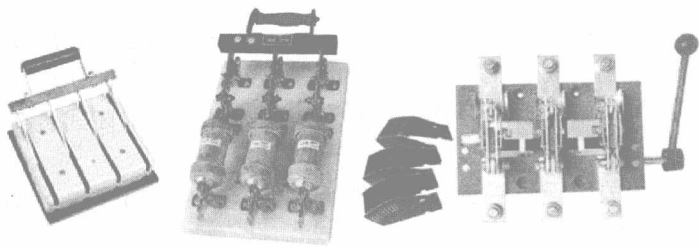


图 1.6 刀开关的外形

一般刀开关的结构如图 1.7 所示,转动手柄(操作杆)后,刀极(动触头)即与刀夹座(静触头)相连接或分离,从而接通或断开电路。

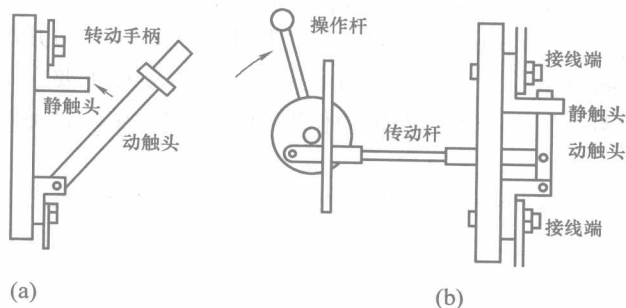


图 1.7 一般刀开关

在电气传动控制系统中刀开关的电路符号如图 1.8 所示。

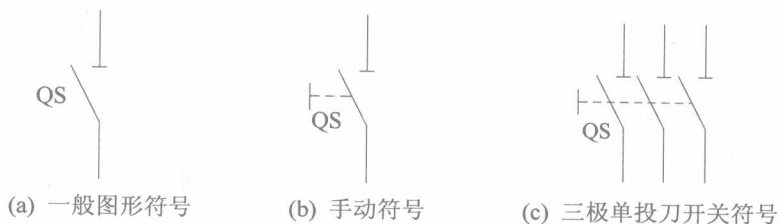


图 1.8 刀开关图形电路符号

单投刀开关的型号规格如图 1.9 所示。

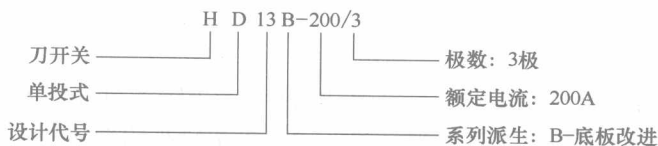


图 1.9 单投刀开关的型号规格

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。

刀开关的种类很多。按刀的极数可分为单极、双极和三极; 按刀的转换方向可分为单投和双投; 按灭弧装置情况可分为带灭弧罩和不带灭弧罩; 按操作形式可分为直接手柄操作式和远距离连杆操作式。常用的刀开关有开启式负荷开关、封闭式负荷开关等。

2) 选用方法

- 开启式负荷开关用于照明负载时, 选用额定电压为 220V 或 250V、额定电流稍大于负载电流的两极刀开关。
- 开启式负荷开关用于电动机直接启动时, 选用额定电压为 380V 或 500V、额定电流大于或等于电动机额定电流 3 倍的三极刀开关。
- 封闭式负荷开关额定电流应大于或等于电动机额定电流的 3 倍, 额定电压应大于线路的工作电压。

4. 组合开关

刀开关作为电源隔离用的配电电器是恰当的,但在小电流的情况下用它作为线路的接通、断开和换接控制时就显得不太灵巧和方便,所以在机床等设备上广泛地采用组合开关(又称转换开关)来代替刀开关。组合开关由多节触点组合而成,结构紧凑、安装面积小、寿命长、灭弧性能较好、操作不是用手扳动而是用手拧转,故操作方便、省力。组合开关可根据接线方式的不同而组合成各种类型,如:同时通断型、交替通断型、两位转换型和四位转换型等。组合开关有 HZ1、HZ2、HZ3、HZ4、HZ5、HZ10 等系列产品。其中 HZ10 系列组合开关具有寿命长、使用可靠、结构简单等优点,可用作交流 50Hz、380V 以下和直流 220V 及以下的电源引入开关,也可以用于 5.5kW 以下小功率电动机的直接启动、停止、正反转和调速控制,以及机床照明电路的控制。

组合开关的外形如图 1.10 所示。

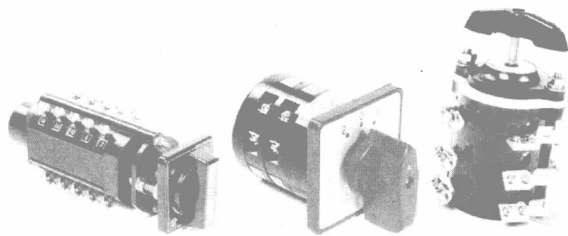


图 1.10 组合开关的外形

1) 组合开关的结构

图 1.11 为常用 HZ10 系列组合开关的示例图。组合开关由动触头、静触头、绝缘方轴、手柄、凸轮和外壳等部分组成。它的动静触头分别叠装在数层绝缘垫板内组成双断点桥式结构。而动触头又套装在有手柄的绝缘方轴上,方轴随手柄而旋转。于是每层动触头随方轴转动而变化位置来与静触头分断和接触。组合开关的顶盖部分由凸轮、弹簧及手柄等零件构成操作机构,这个机构由于采用了弹簧储能,使开关快速闭合及分断,且组合开关的分合速度与手柄的旋转速度无关,有利于灭弧。

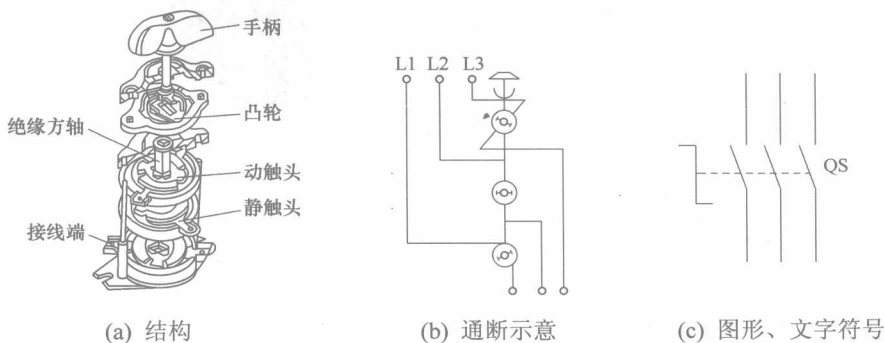


图 1.11 HZ10 系列组合开关



2) 组合开关的规格及型号含义

组合开关应根据电源种类、电压等级、所需触头数和额定电流进行选用。用于三相异步电动机直接启动时,应注意开关的额定电流必须不小于电动机额定电流的 3 倍,并需另外配置熔断器。

HZ10 系列组合开关的额定电压为 380V(直流 220V),额定电流分别有 10A、25A、60A 和 100A 等多种,极数有二极和三极。

组合开关型号规格如图 1.12 所示。

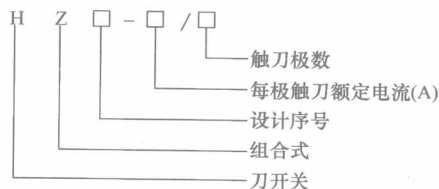


图 1.12 组合开关型号规格

5. 熔断器

1) 熔断器的特点与分类

熔断器是一种低压电路和电动机控制电路中最常用的保护电器。它具有结构简单、使用方便、价格低廉、控制有效的特点。熔断器串联在电路中使用,当电路或用电设备发生短路或过载时,熔体能自身熔断,切断电路,阻止事故蔓延,因而能实现短路或过载保护,无论是在强电系统或弱电系统中都得到广泛的应用。熔断器按结构可分为开启式、半封闭式和封闭式三种。封闭式熔断器又可分为有填料管式、无填料管式及有填料螺旋式等。熔断器按用途可分为:一般工业用熔断器;保护硅元件用快速熔断器;具有两段保护特性、快慢动作熔断器;特殊用途熔断器,如直流牵引用熔断器、旋转励磁用熔断器以及有限流作用并熔而不断的自复式熔断器等。

熔断器的外形如图 1.13 所示。

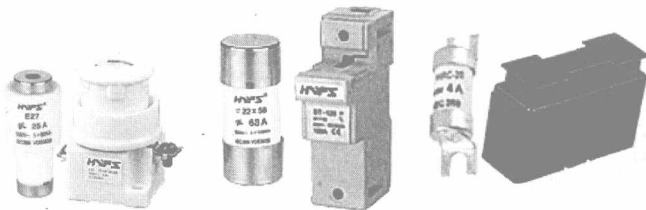


图 1.13 熔断器的外形

2) 熔断器的作用原理及主要特性

(1) 熔断器的作用原理

熔断器主要由熔体(俗称保险丝)和安装熔体的熔管(或熔座)组成。熔体一般由熔点较低、电阻率较高的合金或铅、锌、铜、银、锡等金属材料制成丝或片状。熔管是由陶瓷、玻璃纤维等绝缘材料做成,在熔体熔断时还兼有灭弧作用。熔体串联在电路中,当电路的电流为正常值时,熔体由于温度低而不熔化。如果电路发生短路或过载时,电流大于熔体

的正常发热电流, 熔体温度急剧上升, 超过熔体金属的熔点而熔断, 分断故障电路, 从而保护了电路和设备。熔断器断开电路的物理过程可分为以下四个阶段: 熔体升温阶段、熔体熔化阶段、熔体金属汽化阶段以及电弧的产生与熄灭阶段。

(2) 熔断器的主要特性

① 安秒特性。它表示熔断时间 t 与通过熔体的电流 I 的关系, 熔断器的安秒特性如图 1.14 所示。

熔断器的安秒特性为反时限特性, 即短路电流越大, 熔断时间越短, 这就能满足短路保护的要求。在特性中, 有一个熔断电流与不熔断电流的分界线, 与此相应的电流称为最小熔断电流 I_R 。熔体在额定电流下, 绝不应熔断, 所以最小熔断电流必须大于额定电流。

② 极限分断能力。通常是指在额定电压及一定的功率因数(或时间常数)下切断短路电流的极限能力, 用极限断开电流值(周期分量的有效值)来表示。熔断器的极限分断能力必须大于线路中可能出现的最大短路电流值。

(3) 熔断器的符号及型号所表示的意义

熔断器在电气原理图中的图形符号及文字符号如图 1.15 所示。

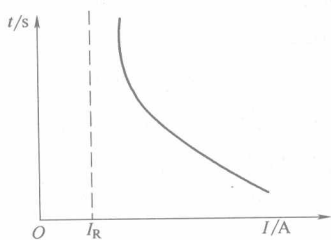


图 1.14 熔断器的安秒特性



图 1.15 熔断器的符号

熔断器的型号规格如图 1.16 所示, 其中形式的表示如下: C 为瓷插式; L 为螺旋式; M 为无填料式; T 为有填料式; S 为快速式; Z 为自复式。如 RC1A-60 为瓷插式熔断器, 额定电流为 60A, 其中 1 为设计序号, A 表示结构改进代号。又如 RL1-60/50 为螺旋式熔断器, 熔断器额定电流为 60A, 所装熔体的额定电流为 50A。

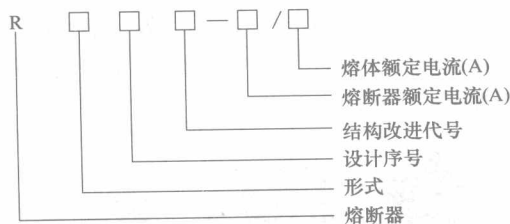


图 1.16 熔断器的型号规格

(4) 熔断器的选用

在选用熔断器时, 应根据被保护电路的需要, 首先确定熔断器的形式, 然后选择熔体的规格, 再根据熔体确定熔断器的规格。

① 熔断器形式的选择。熔断器形式的选择要根据线路的要求和安装条件而定, 例如在墙上明装的配电板上, 常采用 RC1A 系列的瓷插式熔断器, 因为它没有明露的带电部