



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

PLC及电气控制

PLC JI DIANQI KONGZHI

吴亦锋 侯志伟 主 编

陈德为 殷永华 副主编



PLC

Electrical control



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

PLC 及电气控制

吴亦锋 侯志伟 主 编

陈德为 殷永华 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以欧姆龙 CJ1 系列 PLC 和西门子 S7-200/300 系列 PLC 为代表机型,从实际应用出发,在介绍常用低压电器和电气控制线路基本环节的基础上,介绍 PLC 的基本原理、基本指令和功能指令的用法,梯形图程序设计,欧姆龙和西门子编程支持软件,模拟量输入/输出,PLC 通信网络等知识。

全书以 PLC 应用为主线,从继电器控制到 PLC 控制,从基本指令介绍到功能指令的应用,从开关量输入/输出到模拟量应用,从程序设计到应用实例,从单机控制到联网控制,通过具体的应用案例详细介绍 PLC 的基本原理、常用指令、程序设计、应用案例、通信网络等知识。全书内容精心安排,章节编排由浅入深,文字叙述通俗易懂,重点突出,难点分散,易教易学,理论联系实际,具有较强的实用性。

本书可作为高等院校机械设计制造及其自动化、机械电子工程、测控技术及仪器、电气自动化以及相关专业的教学用书,还可供有关工程技术人员参考。

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

PLC 及电气控制 / 吴亦锋,侯志伟主编. —北京:电子工业出版社,2012.1

普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

ISBN 978-7-121-15103-3

I. ①P… II. ①吴… ②侯… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材②电气控制—高等学校—教材

IV. ①TP332.3②TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 235325 号

策划编辑:李 洁

责任编辑:刘 凡

印 刷:

装 订:北京京师印务有限公司

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:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:525 千字

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:38.00 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 zltz@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

可编程控制器（PLC）是综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的一种新型、通用的自动控制产品，具有功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于编程以及适合工业环境下应用等一系列优点，近年来在工业自动化、机电一体化、传统产业技术改造等方面得到广泛应用。

本教材以欧姆龙 CJ1 系列 PLC 和西门子 S7-200 系列 PLC 为主要机型，兼顾西门子 S7-300 系列 PLC，详细介绍 PLC 的基本原理、指令、编程及应用。根据读者的认知规律对章节内容进行精心安排，深入浅出，理论联系实际。在介绍常用低压电器和电气控制线路基本环节的基础上，详尽介绍 PLC 的基本原理、常用指令、梯形图程序设计、模拟量输入/输出、PLC 通信网络等，并结合具体的应用案例介绍 PLC 的实际应用，具有较强的实用性。全书重点突出、难点分散，第 1~10 章末均附有本章小结和练习题，内容安排上易教易学。本书作为本科生教材时，课堂讲授与实验总学时为 40~64 学时，教师在讲授时，可根据各专业特点和需要适当删减部分内容。

全书共分 11 章。前两章简要介绍常用低压电器和电气控制线路基本环节。第 3 章和第 4 章简要介绍 PLC 的发展、特点、基本组成、工作原理以及 PLC 的分类等。第 5 章详细介绍 PLC 的基本指令及其实际应用。第 6 章结合实际案例详细介绍梯形图程序的设计方法，包括经验设计法、逻辑设计法、波形图设计法和流程图设计法。第 7 章简要介绍欧姆龙 PLC 和西门子 PLC 的编程支持软件。第 8 章分别介绍欧姆龙 PLC 和西门子 PLC 的常用功能指令及应用。第 9 章主要介绍 PLC 模拟量输入和输出模块及其应用。第 10 章简要介绍 PLC 的通信网络。第 11 章给出 PLC 课程设计指导及课程设计参考课题。全书章节编排由浅入深，文字叙述通俗易懂。从继电器控制到 PLC 控制，从基本指令介绍到功能指令的应用，从开关量输入/输出到模拟量应用，从程序设计到应用实例，从单机控制到联网控制，详细介绍了 PLC 的基本原理、常用指令、程序设计、应用案例、通信网络等知识，使读者能尽快学会 PLC 应用程序的设计技能。

本书配有课件，请有需要的教师与学生登录华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）免费注册后进行下载。

本书由福州大学吴亦锋、陈德为和淮阴工学院侯志伟、殷永华共同编写。其中第 1 章和第 2 章由陈德为编写，第 3 章、第 6 章和第 11 章由吴亦锋编写。第 4 章、第 5 章、第 7 章~第 10 章由吴亦锋、侯志伟、殷永华共同编写，其中的欧姆龙机型部分由吴亦锋编写，西门子机型部分由侯志伟和殷永华编写。全书由吴亦锋和侯志伟统稿。本书在编写过程中得到电子工业出版社、福州大学和欧姆龙自动化（中国）有限公司的大力支持和帮助。同时，编者还参考和引用了参考文献中有关编著者的部分资料，在此向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间比较仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者通过电子邮箱 yifengwu@126.com 和 zw_hou@163.com 进行联系，提出批评意见和建议。

目 录

第 1 章 常用低压电器	(1)
1.1 刀开关与自动空气开关	(1)
1.1.1 刀开关	(1)
1.1.2 组合开关	(2)
1.1.3 自动空气开关	(2)
1.2 熔断器	(4)
1.2.1 熔断器的结构原理及分类	(4)
1.2.2 熔断器的主要技术参数	(5)
1.2.3 常用熔断器	(6)
1.2.4 熔断器的选择原则	(7)
1.3 按钮与行程开关	(8)
1.3.1 按钮	(8)
1.3.2 行程开关	(9)
1.4 接触器	(10)
1.4.1 交流接触器结构	(10)
1.4.2 交流接触器工作原理	(11)
1.4.3 接触器的技术参数及选用	(11)
1.5 继电器	(13)
1.5.1 热继电器	(13)
1.5.2 中间继电器与固态继电器	(16)
1.5.3 时间继电器	(17)
1.5.4 速度继电器	(18)
1.5.5 磁保持继电器	(19)
本章小结	(20)
思考题和习题	(20)
第 2 章 电气控制线路基本环节	(22)
2.1 电气图基本知识	(22)
2.1.1 电气原理图	(28)
2.1.2 电气元件布置图	(29)
2.1.3 电气设备接线图	(29)
2.2 三相异步电动机的启动控制	(30)
2.2.1 全电压直接启动控制	(30)

2.2.2 降压启动控制·····	(32)
2.3 三相异步电动机的正/反转控制 ·····	(35)
2.3.1 接触器互锁正/反转控制线路 ·····	(35)
2.3.2 双重互锁正/反转控制线路 ·····	(36)
2.3.3 电动机正/反转自动循环控制 ·····	(36)
2.4 三相异步电动机的制动控制·····	(37)
2.4.1 反接制动控制线路·····	(38)
2.4.2 能耗制动控制线路·····	(39)
2.5 顺序启/停控制与多地点控制 ·····	(40)
2.5.1 顺序启/停控制 ·····	(40)
2.5.2 多地点控制·····	(41)
本章小结 ·····	(41)
思考题和习题 ·····	(42)
第3章 PLC 概述 ·····	(43)
3.1 从继电器控制到 PLC 控制 ·····	(43)
3.2 PLC 的主要特点·····	(44)
3.3 PLC 控制系统与其他工业控制系统的比较·····	(45)
3.3.1 PLC 控制系统与继电器控制系统的比较 ·····	(45)
3.3.2 PLC 控制系统与工业计算机控制系统的比较 ·····	(46)
3.4 PLC 的发展趋势·····	(47)
本章小结 ·····	(48)
思考题和习题 ·····	(48)
第4章 PLC 的基本组成和工作原理 ·····	(49)
4.1 PLC 的基本组成·····	(49)
4.1.1 CPU 单元 ·····	(49)
4.1.2 存储器 ·····	(50)
4.1.3 输入/输出单元 ·····	(50)
4.1.4 编程器 ·····	(53)
4.1.5 电源单元·····	(54)
4.2 PLC 的工作原理与编程语言·····	(54)
4.2.1 PLC 的基本工作原理 ·····	(54)
4.2.2 PLC 的循环扫描工作过程 ·····	(55)
4.2.3 PLC 的编程语言 ·····	(56)
4.3 PLC 的分类方法·····	(57)
4.3.1 按结构形式分类·····	(57)
4.3.2 按控制规模分类·····	(58)
4.3.3 按控制功能分类·····	(58)
4.3.4 按生产厂家分类·····	(59)

4.4 欧姆龙 PLC 硬件系统	(59)
4.4.1 欧姆龙 PLC 的分类	(59)
4.4.2 CJ1 系列 PLC 的硬件系统配置	(63)
4.5 西门子 PLC 硬件系统	(68)
4.5.1 西门子 PLC 的分类	(68)
4.5.2 S7-200 系列 PLC 硬件系统配置	(69)
4.5.3 S7-300 系列 PLC 硬件系统简介	(73)
本章小结	(77)
思考题和习题	(78)
第 5 章 PLC 基本指令及应用	(79)
5.1 欧姆龙 PLC 基本指令及应用	(79)
5.1.1 CJ1 系列 PLC 的数据区及其功能	(79)
5.1.2 逻辑条件指令	(86)
5.1.3 输出指令	(88)
5.1.4 定时器计数器指令	(91)
5.1.5 程序结束指令	(96)
5.2 西门子 PLC 基本指令及应用	(96)
5.2.1 S7-200 PLC 编程基础	(97)
5.2.2 S7-300 系列 PLC 基本指令及应用	(112)
5.3 PLC 基本指令应用举例	(122)
5.3.1 电动机正/反转控制	(122)
5.3.2 电动机星形-三角形启动控制	(124)
5.3.3 周期性通/断控制	(125)
5.3.4 小车自动往返运动控制	(126)
5.3.5 自动开关门控制	(128)
5.3.6 分段传送带电动机控制	(130)
5.3.7 液压动力滑台运动控制	(132)
5.3.8 三相电动机变频调速控制	(134)
本章小结	(140)
思考题和习题	(140)
第 6 章 梯形图程序设计	(143)
6.1 编制梯形图程序的规则	(143)
6.2 梯形图程序设计的步骤	(145)
6.3 经验设计法	(149)
6.4 逻辑设计法	(152)
6.5 波形图设计法	(155)
6.6 流程图设计法	(157)
本章小结	(160)

思考题和习题	(160)
第 7 章 PLC 的编程支持软件	(162)
7.1 欧姆龙 PLC 编程支持软件	(162)
7.1.1 CX-Programmer 编程支持软件概况	(162)
7.1.2 CX-Programmer 编程软件使用方法	(163)
7.1.3 CX-Programmer 软件的离线操作	(170)
7.1.4 CX-Programmer 软件的在线操作	(174)
7.2 西门子 PLC 编程支持软件	(178)
7.2.1 S7-200 编程软件 STEP7-Micro/WIN	(178)
7.2.2 S7-300 编程软件 STEP7 V5.4	(184)
本章小结	(190)
思考题和习题	(190)
第 8 章 PLC 功能指令及应用	(191)
8.1 欧姆龙 PLC 功能指令及应用	(191)
8.1.1 欧姆龙 PLC 功能指令概述	(191)
8.1.2 分支与循环控制指令及应用	(200)
8.1.3 数据传送指令及应用	(204)
8.1.4 数据移位指令及应用	(206)
8.1.5 数据比较指令及应用	(209)
8.1.6 数据转换指令及应用	(214)
8.1.7 算术运算指令及应用	(215)
8.2 西门子 PLC 功能指令及应用	(221)
8.2.1 数据运算指令	(221)
8.2.2 数据处理指令	(225)
本章小结	(227)
思考题和习题	(228)
第 9 章 PLC 的模拟量输入与输出	(229)
9.1 欧姆龙 PLC 模拟量模块	(229)
9.1.1 CJ 系列 PLC 模拟量输入模块及应用	(229)
9.1.2 CJ 系列 PLC 模拟量输出模块及应用	(241)
9.2 西门子 PLC 模拟量模块	(249)
9.2.1 西门子 S7-200 PLC 模拟量模块	(249)
9.2.2 西门子 S7-300 模拟量模块	(265)
本章小结	(272)
思考题和习题	(272)
第 10 章 PLC 的通信网络	(273)
10.1 欧姆龙 PLC 通信网络概述	(273)
10.1.1 欧姆龙 PLC 网络概述	(274)
10.1.2 Ethernet	(277)

10.1.3	HOST Link	(278)
10.1.4	Controller Link	(279)
10.1.5	DeviceNet	(283)
10.1.6	CompoNet.....	(285)
10.2	西门子 PLC 通信网络	(287)
10.2.1	西门子 PLC 网络常用协议	(287)
10.2.2	S7-200 PLC 在西门子网络中的应用	(288)
10.2.3	S7-300 PLC 在西门子网络中的应用	(295)
10.3	PLC 通信网络举例	(300)
10.3.1	污水处理系统对测控的要求	(300)
10.3.2	监控系统方案	(301)
10.3.3	监控网络 PLC 的选择	(302)
10.3.4	人机监控界面	(303)
	本章小结	(304)
	思考题和习题	(304)
第 11 章	PLC 课程设计指导	(305)
11.1	PLC 课程设计的目的与要求	(305)
11.2	PLC 课程设计的一般过程	(306)
11.3	PLC 课程设计参考课题	(307)
11.3.1	输送带的 PLC 控制设计	(307)
11.3.2	自动卸料爬斗 PLC 控制设计	(309)
11.3.3	大球、小球分拣传送机械 PLC 控制设计	(310)
11.3.4	小区供水系统 PLC 控制设计	(311)
11.3.5	自动送料装车系统 PLC 控制设计	(312)
11.3.6	箱体加工专用机床 PLC 控制设计	(313)
11.3.7	两工位钻孔攻丝组合机床 PLC 控制设计	(315)
11.3.8	多工步机床 PLC 控制设计	(317)

第1章

常用低压电器

【知识点】

☆ 刀开关与自动空气开关（刀开关、组合开关、自动空气开关）

☆ 熔断器（熔断器的结构原理及分类、熔断器的主要参数、常用熔断器、熔断器的选择原则）

☆ 按钮与行程开关（按钮、行程开关）

☆ 接触器（交流接触器结构、交流接触器工作原理、接触器的技术参数及选用）

☆ 继电器（热继电器、中间继电器与固态继电器、时间继电器、速度继电器、磁保持继电器）

低压电器是指用于交、直流电压 1000V 及以下电路中起通断、控制、保护与调节等作用的电器设备。

低压电器的种类繁多，结构各异，用途不同。按电器的动作性质可分为手动电器和自动电器两大类，如各种接触器、继电器、行程开关等；按电器的性能和用途可分为控制电器和保护电器两大类，如熔断器、热继电器等；按有无触点可分为有触点电器和无触点电器；按工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器。

1.1 刀开关与自动空气开关

1.1.1 刀开关

刀开关的主要作用是隔离电源，或者用于不频繁地接通和断开电路，具有结构简单、操作方便的优点。刀开关的结构和符号如图 1-1 所示，主要由静插座、触刀、手柄、底板组成。静插座由导电材料和弹性材料制成，固定在绝缘材料制成的底板上，推动手柄带动触刀插入静插座中，电路便接通；否则电路断开。

刀开关的种类很多。按刀的级数可分为单级、双级和三级；按灭弧装置可分为带灭弧装置和不带灭弧装置；按刀的转换方向可分为单掷和双掷；按接线方式可分为板前接线式和板后接线式；按操作方式可分为直接手柄操作和远距离联杆操作；按有无熔断器可分为带熔断器式刀开关和不带熔断器式刀开关。

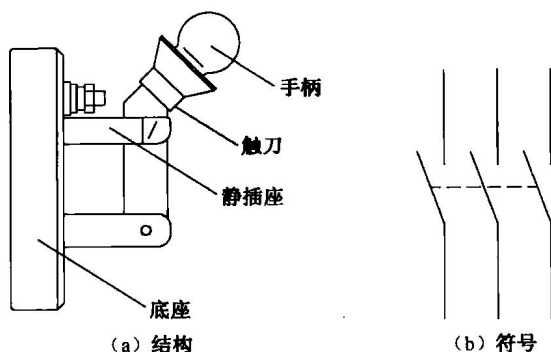


图 1-1 刀开关的结构和符号

1.1.2 组合开关

组合开关又称转换开关，它的结构和符号如图 1-2 所示，由数层动、静触片分别装在胶木盒内组成。动触片装在附有手柄的转轴上，转动手柄，动触片随转轴转动而改变各对触片的通断状态。转轴上装有弹簧和凸轮机构，可使动、静触片迅速离开，快速熄灭切断电路时产生的电弧。组合开关结构简单，体积小，操作可靠。不同规格型号的组合开关各对触片的通断时间不一定相同，可以是同时通断，也可以是顺序通断，应根据具体要求选用。组合开关也可以用来直接控制小容量电动机的启/停。常用的国产 HZ10 系列的组合开关，额定电压有 220V（直流）和 380V（交流）两种，额定电流有 10A、25A、60A、100A 四种。

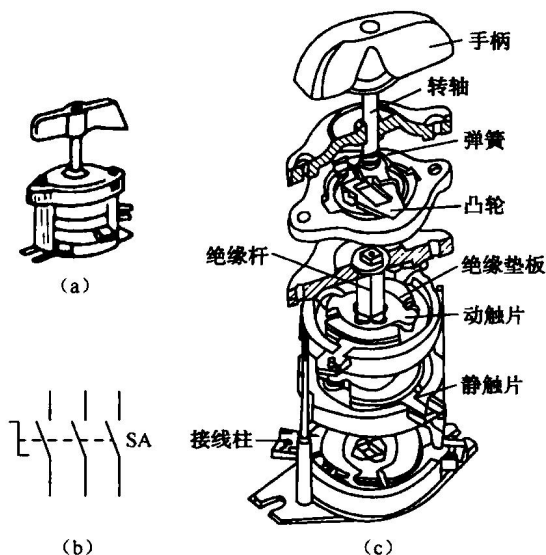


图 1-2 组合开关的结构和符号

1.1.3 自动空气开关

自动空气开关主要在电路正常工作条件下用于频繁接通和分断电路及控制电动机的运行，并在电路发生过载、短路及失压时能自动分断电路。它具有操作安全、分断能力高、兼有多种保护功能、动作可调整等优点，并且一旦发生短路故障，排除故障时一般不需要更换部件，因

此应用较为广泛。

1. DZ 系列自动空气开关的结构和工作原理

自动空气开关由触头系统、灭弧结构、传动结构和脱扣结构几部分组成，如图 1-3 所示。

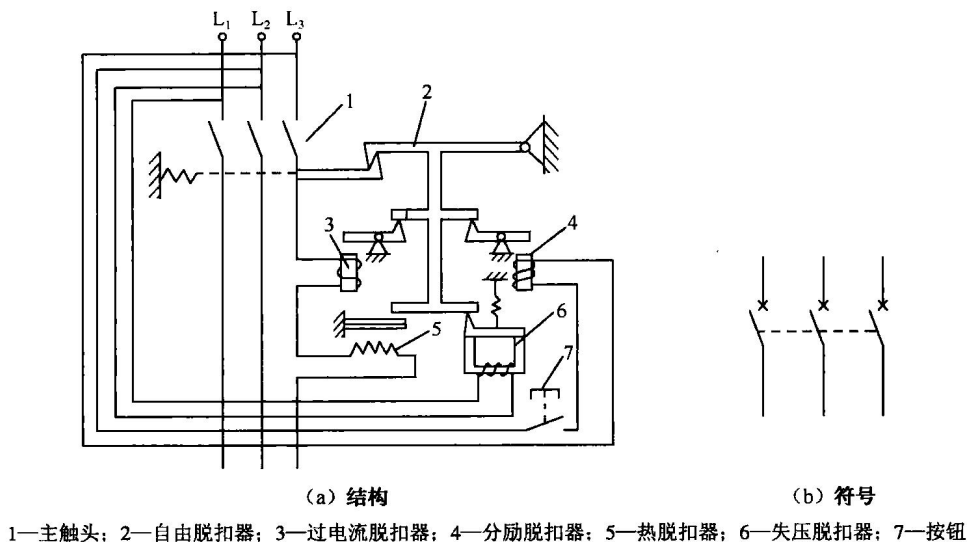


图 1-3 DZ 系列自动空气开关的结构和符号

1) 触头系统

由镶有银基合金的三对动、静触头串于主电路作为主触头，另有常开、常闭辅助触头各一对。触头采用直动式双断口桥式触头。

2) 灭弧结构

开关内装有灭弧罩，罩内有相互绝缘的镀铜钢片组成灭弧栅片，以便于在切断短路电流时加速灭弧和提高断流能力。

3) 传动结构

传动结构有合闸、维持和分闸三部分，在外壳上伸出分、合两个按钮，有手动和自动两种。

4) 脱扣结构

(1) 过流脱扣器（电磁脱扣器）。过流脱扣器上的线圈串联于主电路内，线路正常工作通过正常电流时，产生的电磁吸力不足以使衔铁吸合，脱扣器的上下搭钩钩住，使三对主触头闭合。当线路发生短路或严重过载时，电磁脱扣器的电磁吸力增大，将衔铁吸合，向上撞击杠杆，使上下搭钩脱离，弹簧力把三对主触头的动触头拉开，实现自动跳闸，达到切断电路的目的。

(2) 失压脱扣器。当线路电压下降或失去时，失压脱扣器的线圈产生的电磁吸力减少或消失，衔铁被弹簧拉开，撞击杠杆，搭钩脱离，断开主触头，实现自动跳闸。用于电动机的失压保护。

(3) 热脱扣器。热脱扣器的热元件串联在主电路中，当线路过载时，过载电流流过发热元件，双金属片受热弯曲，撞击杠杆，搭钩分离，主触头断开，起过载保护作用。跳闸后不能立即合闸，须等 1~3min 待双金属片冷却复位后才能再合闸。

(4) 分励脱扣器。分励脱扣器由分励电磁铁和一套机械结构组成，当需要断开电路时，按下跳闸按钮，分励电磁铁线圈通入电流，产生电磁吸力吸合衔铁，使开关跳闸。分励脱扣器只

用于远距离跳闸，对电路不起保护作用。

2. 自动空气开关的选择

选择自动空气开关时应遵循以下原则：

- (1) 自动空气开关的额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和工作电流。
- (2) 热脱扣器的整定电流应与所控制的电动机的额定电流或负载额定电流一致。
- (3) 电磁脱扣器瞬时脱扣额定电流应大于负载电路正常工作时的尖峰电流，对于电动机负载来说，DZ 型自动开关应按下式计算：

$$I_Z \geq KI_q \quad (1.1)$$

式中， K 为安全系数，可取 1.5~1.7； I_q 为电动机的启动电流。

1.2 熔断器

熔断器是一种最常用、最简单有效的严重过载和短路的保护电器。使用时串联在被保护电路的首端，当电路发生短路故障时，便有较大的短路电流流过熔断器，使熔体（熔丝或熔片）发热后自动熔断，从而自动切断电路，起到保护电路及电气设备的作用。它具有结构简单、维护方便、价格便宜、体小量轻的优点。

1.2.1 熔断器的结构原理及分类

熔断器由熔体和安装熔体的绝缘底座（或称熔管）组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、铜、银及其合金制成，形状常为丝状或网状。由铅锡合金和锌等低熔点金属制成的熔体，因为不易灭弧，多用于小电流电路；由铜、银等高熔点金属制成的熔体，易于灭弧，多用于大电流电路。

熔断器串接于被保护电路中，电流通过熔体时产生的热量与电流平方和电流通过的时间成正比，电流越大，则熔体熔断时间越短，这种特性称为熔断器的保护特性或安秒特性。如图 1-4 所示，可见熔断时间与电流成反时限特性。图中 I_N 为熔断器额定电流，熔体允许长期通过额定电流而不熔断，通过熔体电流与熔断时间的数据关系见表 1-1。

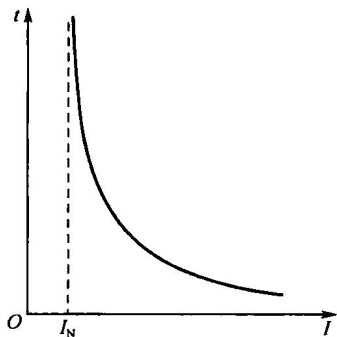


图 1-4 熔断器的保护特性曲线

表 1-1 熔断器安秒特性数值关系

熔断电流	$(1.25 \sim 1.30) I_N$	$1.6 I_N$	$2 I_N$	$2.5 I_N$	$3 I_N$	$4 I_N$	$8 I_N$
熔断时间	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s	1s

熔断器种类很多，按结构可分为开启式、半封闭式和封闭式；按有无填料可分为有填料式和无填料式；按用途可分为工业用熔断器、保护半导体器件熔断器和自复位熔断器等。

1.2.2 熔断器的主要技术参数

熔断器主要技术参数包括额定电压、熔体额定电流、熔断器额定电流、极限分断能力等。其值一般等于或大于电气设备的额定参数。表 1-2 列出了不同型号熔断器的主要技术参数。

表 1.2 熔断器主要技术数据

型 号	熔断器额定电流 (A)	额定电压 (V)		熔体额定电流 (A)	额定分断电流 (kA)	
RC1A-5	5	380		1、2、3、5	300($\cos\phi=0.4$)	
RC1A-10	10	380		2、4、6、8、10	500($\cos\phi=0.4$)	
RC1A-15	15	380		6、10、12、15	500($\cos\phi=0.4$)	
RC1A-30	30	380		15、20、25、30	1500($\cos\phi=0.4$)	
RC1A-60	60	380		30、40、50、60	3000($\cos\phi=0.4$)	
RC1A-100	100	380		60、80、100	3000($\cos\phi=0.4$)	
RC1A-200	200	380		100、120、150、200	3000($\cos\phi=0.4$)	
RL1-15	15	380		2、4、5、10、15	25($\cos\phi=0.35$)	
RL1-60	60	380		20、25、30、35、40、50、60	25($\cos\phi=0.35$)	
RL1-100	100	380		60、80、100	50($\cos\phi=0.25$)	
RL1-200	200	380		100、125、150、200	50($\cos\phi=0.25$)	
RT0-50	50	AC380	DC440	5、10、15、20、30、40、50	AC50	DC25
RT0-100	100	AC380	DC440	30、40、50、60、80、100	AC50	DC25
RT0-200	200	AC380	DC440	80、100、120、150、200	AC50	DC25
RT0-400	400	AC380	DC440	150、200、250、300、350、400	AC50	DC25
RT0-50	50	AC380	DC440	5、10、15、20、30、40、50	AC50	DC25
RT0-100	100	AC380	DC440	30、40、50、60、80、100	AC50	DC25
RT0-200	200	AC380	DC440	80、100、120、150、200	AC50	DC25
RM10-15	15	220		6、10、15	1.2	
RM10-60	60	220		15、20、25、36、45、60	3.5	
RM10-100	100	220		60、80、100	10	
RS3-50	50	500		10、15、30、50	50($\cos\phi=0.3$)	
RS3-100	100	500		80、100	50($\cos\phi=0.5$)	
RS3-200	200	500		150、200	50($\cos\phi=0.5$)	
NT0	160	500		6、10、20、50、100、160	120	
NT1	250	500		80、100、200、250	120	
NT2	400	500		125、160、200、300、400	120	
NT3	630	500		315、400、500、630	120	
NGT1	250	380		100、160、250	100	
NGT2	400	380		200、250、355、400	100	

注：NT 和 NGT 系列熔断器为引进德国 AGC 公司的产品。

- (1) 额定电压：指保证熔断器能长期正常工作的电压。
- (2) 熔体额定电流：指熔体长期通过而不会熔断的电流。
- (3) 熔断器额定电流：指保证熔断器（指绝缘底座）能长期正常工作的电流。

实际应用中，厂家为了减少熔断器额定电流的规格，额定电流等级比较少，而熔体的额定电流等级较多。应该注意的是在使用过程中，熔断器的额定电流应该大于或等于所装熔体的额

定电流。

(4) 极限分断能力：指熔断器在额定电压下所能开断的最大短路电流。在电路中出现最大电流一般是指短路电流值。所以，极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

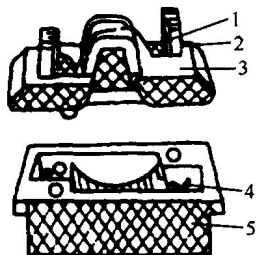
1.2.3 常用熔断器

1. 插入式熔断器

插入式熔断器如图 1-5 所示，常用产品有 RC1A 系列，主要用于低压分支电路的短路保护，因其分断能力较小，多用于照明电路中。

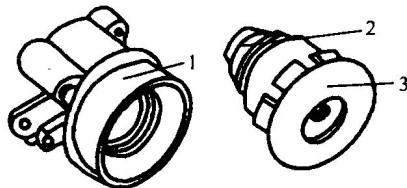
2. 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器如图 1-6 所示，常用产品有 RL6、RL7、RLS2 等系列，该系列产品的熔管内装有石英砂，用于熄灭电弧，分断能力强。熔体上的上端盖有一个熔断指示器，一旦熔体熔断，指示器马上弹出，可透过瓷帽上的玻璃孔观察到。其中，RL6、RL7 多用于机床配电电路；RLS2 为快速熔断器，主要用于保护半导体元件。



1—动触点；2—熔体；3—瓷插件；4—静触点；5—瓷座

图 1-5 插入式熔断器



1—底座；2—熔体；3—瓷帽

图 1-6 螺旋式熔断器

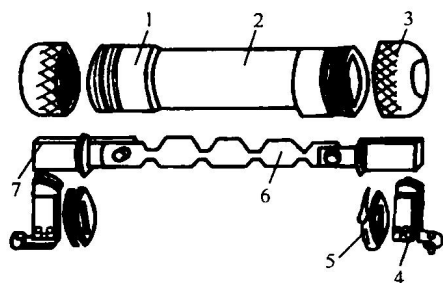
3. 封闭管式熔断器

封闭管式熔断器分为无填料管式、有填料管式和快速熔断器三种（如图 1-7 与图 1-8 所示）常用产品有 RM10、RT12、RT14、RT15、RS3 等系列。其中，RM10 为无填料的，常用于低压电力网或成套配电设备；RT12、RT13、RT14 系列为有填料的熔断器，填料为石英砂，用于冷却和熄灭电弧，常用于大容量电力网或配电设备；RS2 系列为快速熔断器，主要用于保护半导体元件。

4. 新型熔断器

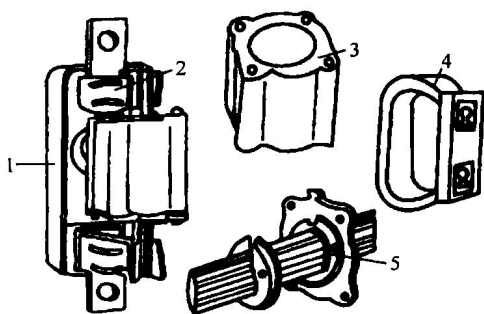
1) 自复式熔断器

这是一种新型熔断器，是利用金属钠作为熔体，在常温下具有高电导率，允许通过正常工作电流，当电路发生短路故障时，短路电流产生高温使金属钠迅速气化，气态钠呈现高阻态，从而限制了短路电流。当故障消除后，温度下降，金属钠重新固化，金属钠又恢复其良好的导电性。其优点是不必更换熔体，能重复使用，但由于只能限流而不能切断故障电路，所以一般不单独使用，均与断路器配合使用。其常用产品有 RZ1 系列。



1—铜圈；2—熔断管；3—管帽；4—插座；
5—特殊垫圈；6—熔体；7—熔片

图 1-7 无填料密闭管式熔断器



1—瓷底座；2—弹簧片；3—管体；
4—绝缘手柄；5—熔体

图 1-8 有填料封闭式熔断器

2) 高分断能力熔断器

随着电网供电容量的不断增加，要求熔断器的性能更好。根据德国 AGC 公司制造技术标准生产的 NT 型系列产品为低压高分断能力熔断器，额定电压至 660V，额定电流至 1000A，分断能力可达 120kA，适用于工业电气设备、配电装置的过载和短路保护。NT 型熔断器规格齐全，具有功率损耗小、性能稳定、限流性能好、体积小等特点。它也可以用做导线的过载和短路保护。

1.2.4 熔断器的选择原则

熔断器的选择主要是选择熔断器的类型、额定电压、熔断器额定电流及熔体的额定电流等。

1. 熔断器类型的选择

实际应用中应根据负载的保护特性、短路电流大小、使用场合、安装条件和各类熔断器的适用范围来选择熔断器类型。

2. 额定电压的选择

熔断器额定电压应大于或等于线路的工作电压。

3. 熔体与熔断器额定电流的确定

1) 熔体额定电流的确定

- (1) 对于电阻性负载，熔体的额定电流应等于或略大于电路的工作电流。
- (2) 对于电容器设备的容性负载，熔体的额定电流应大于电容器额定电流的 1.6 倍。
- (3) 对于电动机负载，要考虑启动电流冲击的影响，计算方法如下。

① 对于单台电动机：

$$I_{NF} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{NM}$$

式中， I_{NF} 为熔体额定电流(A)； I_{NM} 为电动机额定电流(A)。

② 对于多台电动机：

$$I_{NF} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{NM \max} + \sum I_{NM}$$

式中， $I_{NM \max}$ 为容量最大一台电动机额定电流(A)； $\sum I_{NM}$ 为其余各台电动机额定电流之和(A)。

2) 熔断器额定电流的确定

熔断器的额定电流应大于或等于熔体的额定电流。

4. 额定分断能力的选择

额定分断能力必须大于电路中可能出现的最大短路电流。

5. 熔断器上、下级配合

为满足选择保护的要求, 应注意熔断器上、下级之间的配合, 为此要求两级熔体额定电流的比值不小于 1.6:1。

1.3 按钮与行程开关

1.3.1 按钮

按钮是一种手动且可以自动复位的主令电器, 其结构简单, 控制方便, 在低压控制电路中得到广泛应用。

按钮是由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳组成的。按钮的结构示意图如图 1-9 所示, 按钮的图形符号如图 1-10 所示。触点采用桥式触点, 触点额定电流 5A 以下。它分为常开触点、常闭触点两种。在外力作用下, 常闭触点先断开, 常开触点后闭合; 复位时, 常开触点先断开, 常闭触点后闭合。

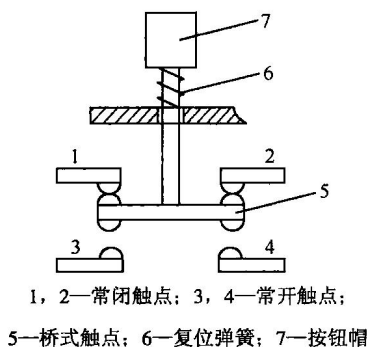


图 1-9 按钮的结构示意图

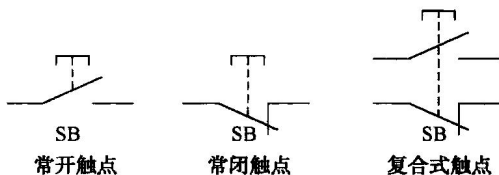


图 1-10 按钮的图形符号

按用途和结构的不同, 按钮可分为启动按钮、停止按钮和复合按钮等。

按使用场合、作用不同, 通常将按钮帽制成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等颜色。国标 GB 5226—85 对按钮颜色做如下规定:

- (1) 停止按钮和急停按钮必须是红色的。
- (2) 启动按钮应是绿色的。
- (3) 启动与停止交替动作的按钮必须是黑白、白色或灰色的。
- (4) 点动按钮必须是黑色的。