



普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

西门子 PLC 应用与设计教程

◎ 柳春生 编著

XIMENZI PLC
YINGYONG YU SHEJI JIAOCHENG



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

西门子 PLC 应用与设计教程

柳春生 编著



机械工业出版社

西门子 S7-300 PLC 型属于中高端机型,在国内已非常流行。本书以西门子 S7-300 PLC 型为基础,以少量且必需的电气控制基础知识、PLC 应用技术与设计、实验指导等为主要内容来编写。其中很多内容为相关最新技术与新设备。此外,为了方便教学和自学,各章叙述详细、全面、易懂,并配有大量例题和习题,书后附有实验指导,可供读者选择。

本书可作为高等院校的电气工程及其自动化、自动化、机电一体化、测控技术与仪器、建筑电气与智能化及相关专业的理论教材和实践性环节的教材,也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用,对 S7-300 PLC 的用户也有很大的参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

西门子 PLC 应用与设计教程/柳春生编著. —北京:机械工业出版社, 2011.2

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-32979-4

I. ①西… II. ①柳… III. ①可编程序控制器—高等学校—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 001313 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王雅新 责任编辑:王雅新 徐 凡

责任校对:李秋荣 封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.25 印张·552 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-32979-4

定价:43.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面防伪标均为盗版

前 言

西门子 S7-300 PLC 型属于中高端机型，在国内已非常流行。目前，很多高校的 PLC 实验设备都在更新换代，采用 PLC 的中高端机型，以满足复杂控制的需要。近年来，西门子公司也在积极采用校企合作的方式加大在高校推广中高端 PLC 的力度，使得使用西门子 PLC 的实验室数量急剧增加，西门子中高端机型 PLC 的教材需求量也随之增大。此外，高校的自动化、电气工程及其自动化、机电一体化、测控技术与仪器和建筑电气与智能化专业及相关的许多专业都开设了“可编程序控制器原理及应用”这门课，故中高端机型 PLC 的教材需求量很大。然而，现在选用的中高端机型 PLC 的教材大多是专业书籍，只适合作教辅用书。因此，编写和出版内容系统、知识全面、讲解详细、应用性强、便于自学和掌握的中高端机型 PLC 的教材迫在眉睫。本教材正是以此为背景编写的。

本教材由少量且必需的电气控制基础知识、PLC 应用技术与设计、实验指导书等内容组成，其中很多内容为相关最新技术与新设备的内容。

本教材符合“优化基础、强化实践能力、提高素质、增强创新能力”的应用型人才培养教学改革要求，符合以学生为本的要求。其主要特色有：应用性强、最新的 PLC 的现状与发展趋势、最新的 PLC 网络技术、原理及指令全，每条指令都有例题，讲解详细，便于自学和掌握、PLC 控制系统设计内容详而全，便于应用。另外，本教材可一书多用，既可以作为理论教材，又可以作为设计指导书、实习指导书和实验指导书等实践性环节的教材。

本书可作为高等院校电气工程及其自动化、自动化、机电一体化、测控技术与仪器、建筑电气与智能化及相关专业的理论教材和实践性环节的教材，也可供工程技术人员自学和作为培训教材使用，对 S7-300 PLC 的用户也有很大的参考价值。

全书由浙江科技学院柳春生教授撰写。本书得到了机械工业出版社及作者所在单位的领导和同仁的全力支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，不妥之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一章 电气控制基础知识	1
第一节 电器的作用与分类	1
一、电器的定义及作用	1
二、电器的分类	1
三、电力拖动自控系统常用的低压电器	2
习题	2
第二节 常用低压电器	2
一、接触器	2
二、继电器	4
三、低压熔断器	6
四、主令电器	7
五、低压断路器	10
习题	11
第三节 电气控制电路	12
一、电气控制电路的绘制	12
二、组成电气控制电路的基本规律	17
习题	19
第二章 PLC 概述	21
第一节 PLC 的产生与发展	21
一、PLC 的产生	21
二、国际上 PLC 的发展过程	22
三、我国 PLC 的发展过程	23
四、PLC 的发展趋势	23
第二节 PLC 的分类	28
一、按 I/O 点数分类	28
二、按功能分类	28
三、按结构形式分类	28
第三节 PLC 的基本特点和主要功能	30
一、PLC 的主要特点	30
二、PLC 的主要功能及应用领域	31
第四节 PLC 与继电器接触器控制系统的比较	32
一、继电器接触器控制系统	32
二、PLC 控制系统	33

习题	34
----------	----

第三章 PLC 的硬件组成及工作原理 .. 35

第一节 PLC 的基本组成及各部分的作用	35
一、PLC 的基本组成	35
二、整体式和模块式 PLC 的组成	35
三、PLC 各部分的作用	35
习题	37
第二节 PLC 的工作原理	37
一、PLC 的系统工作过程	38
二、用户程序的循环扫描过程	40
三、PLC 的 I/O 响应滞后问题	43
四、PLC 的中断	44
习题	45
第三节 PLC 的 I/O 模块和外部设备 .. 45	
一、数字量 I/O 模块	46
二、模拟量 I/O 模块	47
三、特殊 I/O 模块	49
四、外部设备简介	49
习题	51
第四节 西门子 S7-300 PLC 的硬件组成及硬件配置	51
一、S7-300 的概况	52
二、硬件组成	53
三、S7-300 PLC 的模块简介	54
四、分布式 I/O 简介	68
五、硬件配置	70
习题	76
第五节 西门子 PLC 网络通信简介 .. 76	
一、西门子 PLC 网络概述	77
二、西门子全集成自动化简介	82
习题	83
第四章 PLC 的编程基础	84
第一节 PLC 编程语言	84
一、编程语言的种类及其特点	84
二、梯形图语言	84

三、语句表语言	85	一、数据块中存储数据的类型和结构	206
四、梯形图的绘制原则	85	二、数据块的类型与建立	212
习题	86	三、访问数据块	216
第二节 S7-300 PLC 编程基础	86	四、多重背景数据块	219
一、STEP7 的程序结构	86	第三节 功能块编程与调用	219
二、STEP7 的编程语言	87	一、功能块的结构	219
三、结构化程序中的块	88	二、功能块的调用	226
四、STEP7 的数据类型	95	三、块调用时参数传递的限制	229
五、PLC 中的存储器与寄存器	100	四、功能和功能块编程与调用举例	230
六、S7-300 PLC 编址	106	五、系统功能和系统功能块	235
七、STEP7 的指令类型与指令结构	111	六、时间标记冲突与一致性检查	235
习题	117	第四节 组织块及其应用	236
第五章 S7-300 PLC 指令系统及编程	119	一、概述	236
第一节 逻辑指令	120	二、主程序循环组织块	238
一、位逻辑指令	120	三、启动特性组织块	239
二、字逻辑指令	132	四、定期执行的组织块	241
习题	135	五、事件驱动的组织块	248
第二节 定时器与计数器指令	137	第五节 结构化程序设计举例	269
一、定时器指令	137	一、控制对象及其控制要求	269
二、计数器指令	146	二、控制系统的硬件设计	271
习题	151	三、应用程序设计	273
第三节 数据处理与算术运算指令	153	习题	279
一、数据装入与传送指令	153	第七章 PLC 控制系统设计	281
二、数据转换指令	159	第一节 PLC 控制系统的设计原则、	
三、数据比较指令	165	内容与步骤	281
四、算术运算指令	166	一、设计原则	281
五、移位与循环移位指令	173	二、设计内容	282
六、累加器操作指令	177	三、设计步骤	282
七、地址寄存器加指令	179	第二节 PLC 控制系统的硬件设计	284
第四节 程序执行控制指令	180	一、PLC 的选型	284
一、跳转指令	180	二、PLC 容量的估算	286
二、循环指令	186	三、I/O 模块选择	287
三、功能块调用指令与数据块指令	187	四、电源模块选择	289
四、主控继电器指令	191	五、外部接线设计	289
五、显示和空操作指令	192	第三节 PLC 控制系统的软件设计	294
第五节 指令系统综合应用	193	一、PLC 软件设计的一般步骤	294
习题	200	二、西门子 STEP7 程序设计方法	296
第六章 STEP7 结构化程序设计	202	第四节 PLC 控制系统的人机接口	
第一节 结构化编程与中断	202	设计	298
一、结构化编程	202	一、人机接口(界面)概述	298
二、PLC 中断	203	二、人机接口系统的选型	299
第二节 数据块及其数据结构	206	三、系统设计	300

第五节 PLC 控制系统的可靠性与抗 干扰设计	300	附录 B PLC 实验指导	320
一、PLC 的环境适应性设计	301	实验一 实验系统简介及 STEP7 编程软件 编程练习	320
二、PLC 控制系统的冗余性设计	302	实验二 基本指令的编程练习 I ——与或非逻辑功能实验	344
三、PLC 控制系统的抗干扰设计	303	实验三 基本指令的编程练习 II ——定时器功能实验	346
四、PLC 控制系统的故障诊断	307	实验四 基本指令的编程练习 III ——计数器功能实验	347
第六节 PLC 控制系统设计举例	308	实验五 移位指令练习——装配流水 线控制的模拟	348
一、机械手控制系统简介	308	参考文献	350
二、使用起保停电路的编程方法	309		
三、使用置位复位指令的编程方法	313		
习题	314		
附录	315		
附录 A STEP7 语句表指令一览表 ...	315		

第一章 电气控制基础知识

本章主要学习常用低压电器的结构、工作原理和电气控制电路的组成、基本规律，为后面学习可编程序控制器（PLC）的原理及其控制技术打下必要的基础。

第一节 电器的作用与分类

一、电器的定义及作用

凡是能自动或手动接通和断开电路，以及对电路或非电对象能进行切换、控制、保护、检测、变换和调节的电器元件系统称为电器。简单地说，电器就是电的一种控制工具。

由此定义可以看出电器的作用：接通和断开电路，对电路或非电对象进行切换、控制、保护、检测、变换和调节。

电器的用途广泛、功能多样、种类繁多、构造各异，分类方法很多。下面介绍几种常用的分类方法。

二、电器的分类

1. 按工作电压等级

高压电器——指交流额定电压高于 1200V 或直流额定电压高于 1500V 的电器。

低压电器——指交流额定电压为 1200V 及以下或直流额定电压为 1500V 及以下的电器。

2. 按动作原理

手动电器——指需要人直接操作才能完成指令任务的电器，如按钮、转换开关、隔离开关等。

自动电器——指不需要人操作，而是按照电信号或非电信号自动完成指令任务的电器，如接触器、继电器、电磁阀等。

3. 按应用场合

分为一般工业用电器、特殊工矿用电器（如防爆电器）、农用电器、其他场合用电器（如航空及船舶用电器）。

4. 按用途

控制电器——用于各种控制电路和控制系统的电器，如接触器、继电器、电动机起动器等。

主令电器——用于自动控制系统中发送控制指令的电器，如按钮、主令开关、转换开关等。

执行电器——用于某种完成动作或传送功能的电器，如电磁阀、电磁离合器等。

配电电器——用于电能的输送和分配的电器，如高压断路器、隔离开关、母线等。

保护电器——用于保护电路及用电设备的电器，如熔断器、避雷器等。

三、电力拖动自控系统常用的低压电器

电力拖动自控系统常用的低压电器主要有：接触器、继电器、自动空气断路器、行程开关、熔断器及其他电器（如按钮、刀开关等）。

习 题

- 1. 什么叫电器，其作用是什么？
- 2. 电器按用途不同可以分为哪几类？

第二节 常用低压电器

一、接触器

接触器实际上是一个能频繁通断的由电磁铁带动的负荷开关。与别的开关相比，它可以频繁通断主电路的正常工作电流。因此，接触器常用于电路的频繁通断，电气设备（如电动机）的近、远距离控制，程序控制等。

（一）接触器的结构与工作原理

1. 结构

接触器结构如图 1-1 所示。其主要部件有：线圈、铁心、衔铁、主触点、辅助触点、灭弧罩等。在控制电路中只画线圈和触点，并采用图 1-1 上部所示符号。

（1）触点形式 触点形式如图 1-2 所示。点接触允许通过电流小；线接触允许通过电流中等；面接触允许通过电流大。

（2）触点种类

1) 主触点。主触点容量大，用于通断高电压、大电流电路。

常开触点较多见，其符号为 。

常闭触点较少见，其符号为 。

2) 辅助触点。辅助触点容量小，用于通断低电压、小电流电路。如控制电路。

常开触点又称为常开接点，其符号为 。

常闭触点又称为常闭接点，其符号为 。

接触器的触点是最容易损坏的部件。其损坏的原因主要是磨损和电弧烧损，其中电弧烧损最为严重。为了保护触点，提高触点的分断能力，就必须加灭弧装置。如上面的灭弧罩就是灭弧装置之一。接触器能分断电流的大小与灭弧装置的灭弧能力大小有直接关系。

（3）电磁机构的组成与形式 电磁机构由吸引线圈和磁路两部分组成。磁路包括：铁心、衔铁、空气隙等。电磁机构实际上就是一个电磁铁。常用的电磁机构如图 1-3 所示，按衔铁的运动方式可分为：

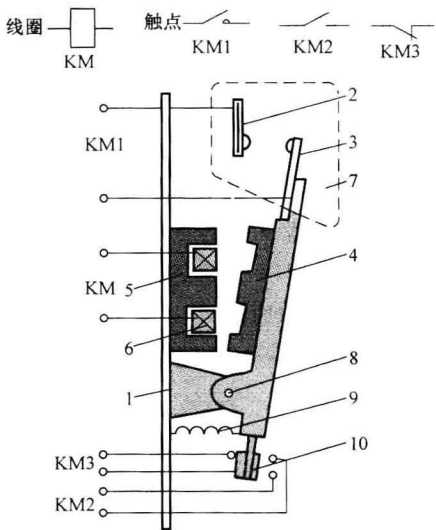


图 1-1 接触器的构造示意图

- 1—绝缘板 2—主静触点 3—主动触点
- 4—衔铁 5—铁心 6—线圈 7—灭弧罩
- 8—转轴 9—反作用弹簧 10—辅助触点

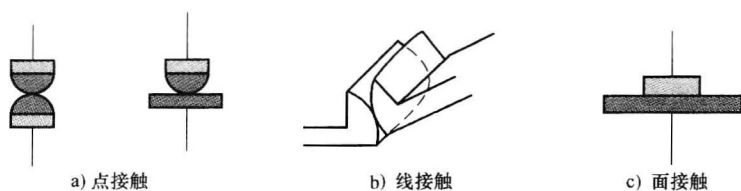


图 1-2 触点的三种接触形式

衔铁绕棱角转动——适用于直流接触器，如图 1-3a 所示。

衔铁绕轴转动——多用于大功率的交流接触器，如图 1-3b 所示。

衔铁直线运动——多用于中、小功率的交流接触器，如图 1-3c 所示。

中小型接触器的外形和结构如图 1-4 所示。

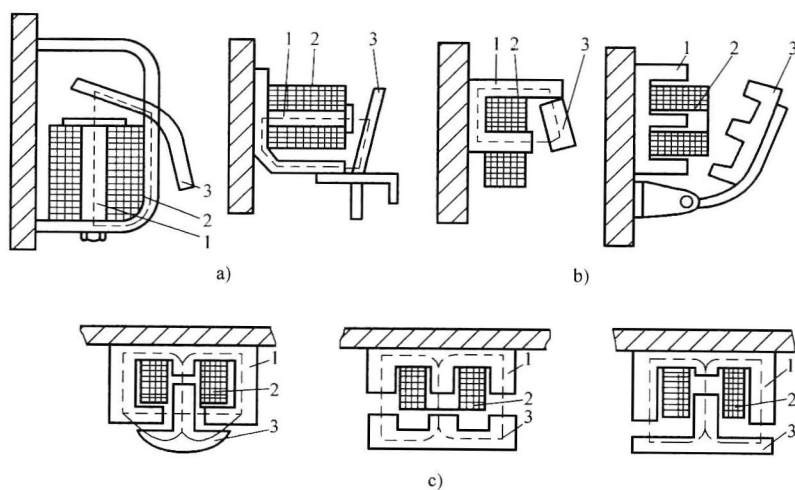


图 1-3 常用电磁机构的形式

1—铁心 2—线圈 3—衔铁

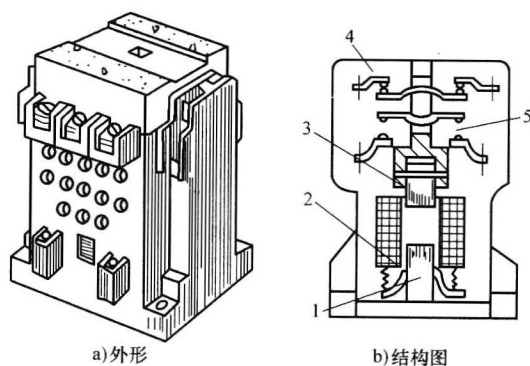
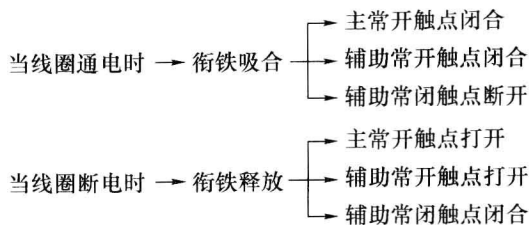


图 1-4 中小型接触器的外形和结构

1—静铁心 2—线圈 3—动铁心 4—常闭触点 5—常开触点

2. 接触器的工作原理

接触器的工作原理可用下面的接触器动作过程来描述：



(二) 交、直流接触器的特点对比

交、直流接触器在结构上基本相同，但各有其特点。

1. 直流接触器

主触点控制直流电路，且线圈也须通入直流电进行控制；衔铁吸合前后，线圈电流不变，适合于频繁动作。但主触点断开时会产生较高的过电压，故工作电压不允许过高（440V 以下）。

2. 交流接触器

主触点控制交流电路，且线圈多采用交流电进行控制，也有用直流电控制的，但须在线圈里串入电阻限流；衔铁吸合前后线圈电流变化很大，可相差 10 ~ 15 倍，当衔铁卡住或频繁动作时线圈易烧坏，不适合频繁动作。

(三) 接触器的主要技术数据

(1) 额定电压 指主触点的工作电压，不是指线圈的电压。

(2) 额定电流 指接触器安装在敞开式控制屏上，触点工作不超过额定温升，负载为间断-长期工作制时的电流值。若上述条件改变，需根据实际情况相应修正其电流。

(3) 间断-长期工作制 指接触器连续通电时间不超过 8h 的工作制。若超过 8h，须空载开闭触点三次以上，以消除触点表面氧化膜。

(4) 过电压 直流接触器断开时会产生较高的过电压（因为直流是强迫为零， di/dt 很大）。过电压倍数可高达 10 ~ 20 倍，故不宜采用高电压等级（440V 已停止生产）。

(5) 额定操作频率 即每小时接通次数。交流接触器最高为 600 次/h；直流接触器可高达 1200 次/h。因此，交流负载频繁动作时可采用直流吸引线圈的接触器。

二、继电器

(一) 继电器的定义及与接触器的区别

1. 定义

继电器实际上是一种由特定形式的电气量（如电流、电压）或非电气量（如速度、温度）自动控制开闭的小开关。

2. 继电器与接触器的区别

继电器没有主、辅触点之分，主要用在低电压、小电流的控制电路中，其控制量可以是电气量，也可以是非电气量。

接触器有主、辅触点之分，其中主触点用在高电压、大电流的主回路中，辅助触点用在低电压、小电流的控制电路中，其控制量仅仅是电气量，即电压控制。

(二) 继电器的种类及其特点

继电器的种类很多，在控制系统中常用的有：

1. 电磁式继电器

其结构与接触器类似，有电流继电器、电压继电器、中间继电器三种形式。

电流继电器线圈匝数少、导线粗。电压继电器线圈匝数多、导线细。电流继电器与电压继电器结构一样，动作灵敏、触点容量小，且只有一个触点。

中间继电器触点容量大且数量多，起中间放大和转换小继电器触点数量和容量的作用。

2. 磁电式继电器

其结构与电流表类似。灵敏度高，能反映信号的极性，触点容量小，常用于微弱信号的检测。

3. 时间继电器

指继电器通电（或断电）到其触点动作有一些延时，不是同步。时间继电器主要有以下四种形式：

电磁式（铜套阻尼式）——靠铜套延时，仅有断电延时，延时误差大，仅延时几秒。

空气阻尼式——靠气囊延时，延时误差大，可延时几秒到几分。

电动机式——靠齿轮变速延时，体积大、价格高，延时准确，可延时几秒到几小时。

半导体式——靠电容充、放电延时，体积小、价格低，延时准确，可延时几秒到几小时。

4. 舌（干）簧继电器

其特点是触点容量小，动作快，灵敏度高，用永磁体驱动可反映非电信号。

5. 热继电器

热继电器的结构类似于由热元件驱动的小开关。作过载保护用，控制量为过载电流。

6. 速度继电器

速度继电器的结构类似于小电动机驱动的小开关。控制量为速度，动作有方向性。

（三）继电器触点的种类

1. 瞬动触点

常开触点（动合触点）

常闭触点（动断触点）

2. 延时触点

延时闭合触点

延时断开触点

（四）继电器的结构及工作原理

继电器的种类很多，下面仅对常用的电磁式继电器的结构及工作原理作简单介绍。

1. 电磁式继电器

结构同接触器类似，靠电磁铁驱动，如图 1-5 所示。

2. 电磁式时间继电器

结构如图 1-6 所示。电磁式时间继电器靠阻尼铜（铝）套延时。当线圈断电时主磁通锐减，磁通变化率最大，铜套上感应出涡流，涡流产生的磁通继续维持衔铁吸合，达到延时释放的目的。

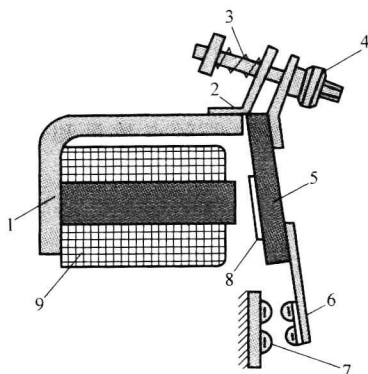


图 1-5 电磁式继电器原理图

1—铁心 2—旋转棱角 3—释放弹簧
4—调节螺母 5—衔铁 6—动触点
7—静触点 8—非磁性垫片 9—线圈

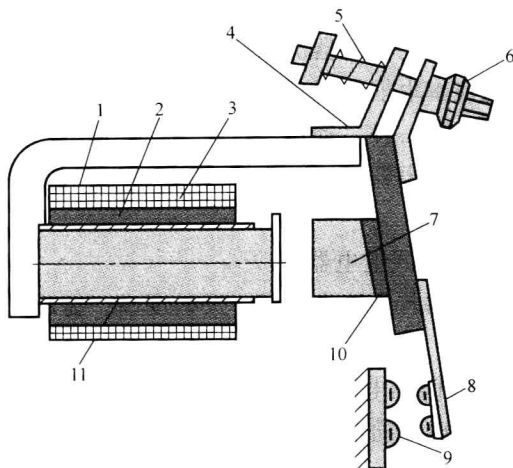


图 1-6 带有阻尼铜套的电磁式时间继电器

1—铁心 2—阻尼铜套 3—线圈 4—旋转棱角
5—释放弹簧 6—调节螺母 7—衔铁 8—动触点
9—静触点 10—非磁性垫片 11—绝缘层

三、低压熔断器

（一）功能

熔断器属于保护电器。它的灭弧能力很强，能分断短路电流。所以，熔断器是一种简单又可靠的过电流（短路、过负荷等）保护装置。它主要由外壳和熔体构成，如图 1-7 所示。熔体用熔点为 $200 \sim 400^{\circ}\text{C}$ 的铅锡锌合金制成。熔体串接在电路中，当电路发生短路或严重过负荷时，大电流产生的高温使熔体熔断，切断故障电流，实现保护目的。

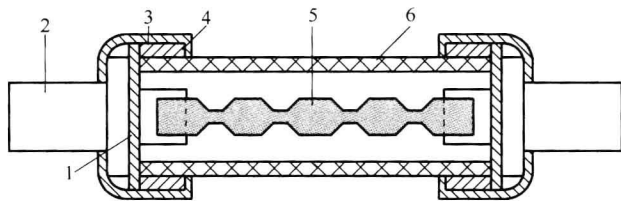


图 1-7 RM 型熔断器的结构图

1—堵盖 2—接触片（电极） 3—铜盖 4—丝环 5—变截面熔片（熔体） 6—管形外壳

（二）种类与型号

1. 熔断器

R 型代表管式熔断器（R—熔断器）。

RM 型代表密闭管式熔断器（M—密闭），无填料，无限流作用。

RT 型代表填料管式熔断器（T—填料），限流式，有限流作用。

NT 型为德国 AEG 公司技术，国内生产。有填料，密闭管式，有限流作用。

RC 型代表瓷插式熔断器（C—瓷插），无填料，无限流作用。

RL 型代表螺塞式熔断器（L—螺塞）无填料，无限流作用。

RZ 型代表自复式熔断器（Z—自复），采用钠熔体，有限流作用。自复式熔断器是熔断

器的发展方向之一。

常用熔断器的结构如图 1-8 所示。

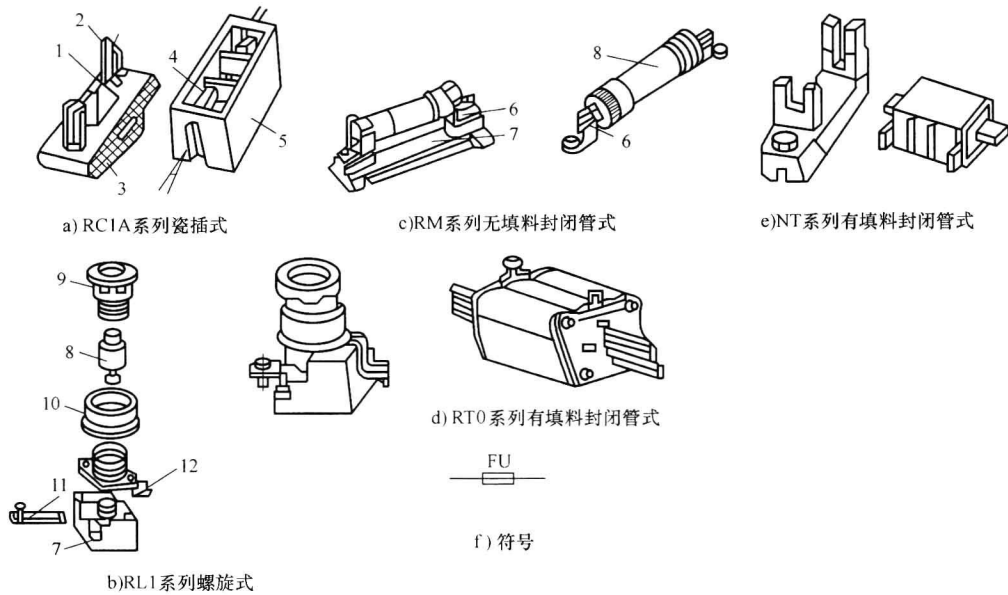


图 1-8 常用的部分熔断器的结构图

1—熔丝 2—动触点 3—瓷盖 4—静触点 5—瓷底 6—夹座 7—底座
8—熔断管 9—瓷帽 10—瓷套 11—下接线端 12—上接线端

2. 熔体

当电流大于规定值并超过规定时间后熔化的熔断器部件称熔体。熔体呈片状者称熔片，呈丝状者称熔丝。熔丝俗称为保险丝。

熔片有变截面的和恒截面的两种。变截面熔片用在 RM 型的熔断器上，有助于灭弧。

笼状（栅状）熔体与 RT0 型熔断器配套使用。金属钠熔体与 RZ 型自复式熔断器配套使用，在大电流的作用下迅速汽化，切断电路。

四、主令电器

主令电器是一种在电气控制电路中起发送或转换控制指令作用的电器，常用于接通或断开控制电路，再通过接触器、继电器间接控制主电路的接通与断开。主令电器不能直接用于主电路的分合。电气控制电路中常用的主令电器主要有控制按钮、行程开关和转换开关等。

（一）控制按钮

控制按钮主要用于低压控制电路中，手动发出控制信号，以控制接触器、继电器等，按钮触点允许通过的电流较小，一般不超过 5A。

1. 控制按钮结构

按钮外形及结构如图 1-9 所示，当手动按下按钮帽时，动断触点断开，动合触点闭合；当手松开时，复位弹簧将按钮的动触点恢复原位，从而实现对电路的控制。

控制按钮有单式按钮、复式按钮和三联式按钮等形式，按钮图形和文字符号如图 1-10 所示。

为便于识别各按钮作用，避免误操作，在按钮帽上制成不同标志并采用不同颜色以示区别。一般红色表示停止按钮，绿色或黑色表示起动按钮。

不同场合使用的按钮制成不同的结构，例如紧急式按钮装有突出的蘑菇形按钮帽以便于紧急操作，旋钮式按钮通过旋转进行操作，指示灯式按钮在透明的按钮帽内装有信号灯进行信号显示，钥匙式按钮必须用钥匙插入方可旋转操作等。

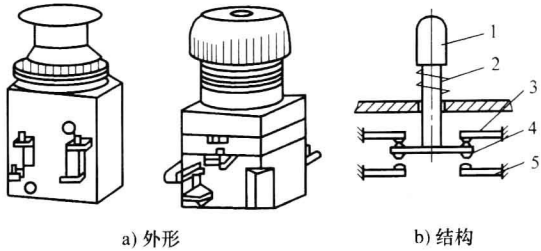


图 1-9 按钮外形和结构
1—按钮帽 2—复位弹簧 3—动断触点
4—动触点 5—动合触点

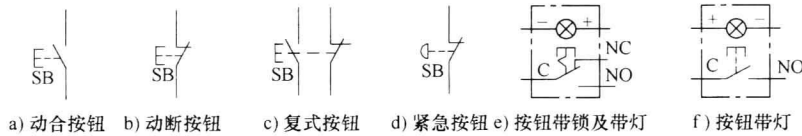


图 1-10 各种按钮图形和文字符号

2. 控制按钮型号

控制按钮型号标注形式为

L A □ - □ □ □
① ② ③ ④ ⑤ ⑥

- ① 为主令电器代号；
- ② 表示按钮；
- ③ 为设计代号；
- ④ 为动合触点数量；
- ⑤ 为动断触点数量；
- ⑥ 为按钮结构形式（K—开启式，H—保护式，S—防水式，F—防腐式，J—紧急式，Y—钥匙式，X—旋钮式，D—带指示灯式，DJ—紧急带指示灯式）。

3. 控制按钮选用

按钮类型选用应根据使用场合和具体用途确定。例如控制柜面板上的按钮一般选用开启式，需显示工作状态则选用带指示灯式，重要设备为防止无关人员误操作就需选用钥匙式。按钮颜色根据工作状态指示和工作情况要求选择，见表 1-1。

表 1-1 按钮颜色及其含义

按钮颜色	含 义	说 明	应用示例
红	紧急	危险或紧急情况时操作	急停
黄	异常	异常情况时操作	干预制止异常情况
绿	正常	正常情况时启动操作	
蓝	强制性	要求强动作情况下操作	复位功能
白	未赋予特定含义	除急停以外的一般功能的启动	启动/接通（优先）、停止/断开
灰			启动/接通、停止/断开
黑			启动/接通、停止/断开（优先）

按钮数量应根据电气控制电路的需要选用。例如需要正、反和停三种控制处，应选用三只按钮并装在同一按钮盒内；只需起动及停止控制时，则选用两只按钮并装在同一按钮盒内等。

(二) 行程开关

行程开关又称限位开关，工作原理与按钮相类似，不同的是行程开关触点动作不靠手工操作，而是利用机械运动部件的碰撞使触点动作，从而将机械信号转换为电信号，再通过其他电器间接控制现场设备运动部件的行程、运动方向或进行限位保护等。

1. 行程开关结构

常用行程开关外形如图 1-11 所示，有直动式、单轮旋转式和双轮旋转式等。

直动式行程开关结构如图 1-12 所示，当运动机械的挡铁撞到行程开关的顶杆 1 时，顶杆受压触动使动断触点 3 断开，动合触点 5 闭合；顶杆上的挡铁移走后，顶杆在弹簧 2 的作用下复位，各触点回至原始通断状态。

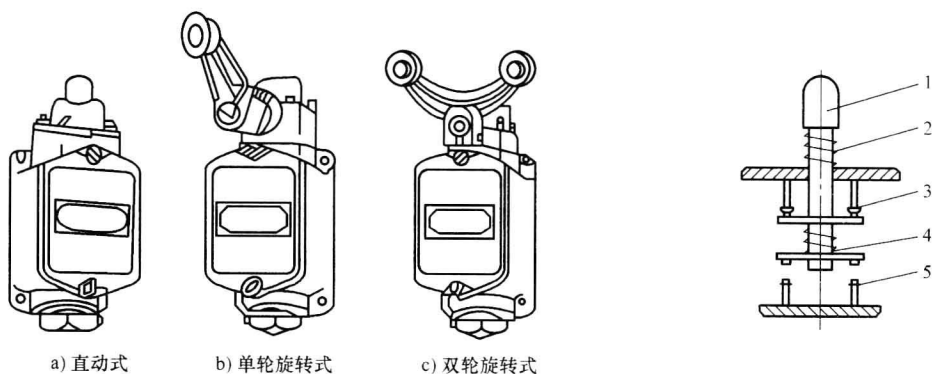


图 1-11 行程开关外形

图 1-12 直动行程开关原理图

1—顶杆 2—弹簧 3—动断触点
4—触点弹簧 5—动合触点

旋转式行程开关结构如图 1-13 所示，当运动机械的挡铁撞到行程开关的滚轮 1 时，行程开关的杠杆 2 连同转轴 3、凸轮 4 一起转动，凸轮将撞块 5 压下，当撞块被压至一定位置时便推动微动开关 7 动作，使动断触点断开，动合触点闭合；当滚轮上的挡铁移走后，复位弹簧 8 就使行程开关各部件恢复到原始位置。

行程开关触点图形和文字符号如图 1-14 所示。

2. 行程开关系列

常用行程开关有 LX19 和 JLXK1 等系列，其型号标注形式为

LX □-□ □

① ② ③ ④

① 为行程开关类别代号；

② 为设计代号；

③ 为操作机构形式（1—直杆型，2—直杆滚轮型，3—单臂滚轮型，4—弹簧万向型）；

④ 为外壳形式（Q—防护型，S—防水型）。

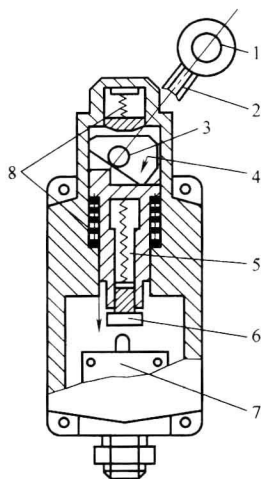


图 1-13 旋转式行程开关结构

1—滚轮 2—杠杆 3—转轴 4—凸轮 5—撞块
6—调节螺钉 7—微动开关 8—复位弹簧

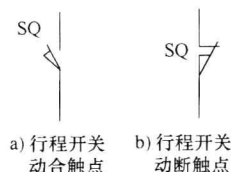


图 1-14 行程开关触点图形和文字符号

行程开关选用时应根据使用场合和控制对象确定行程开关种类。例如，当机械运动速度不太快时，通常选用一般用途的行程开关，在机床行程通过路径上不宜装直动式行程开关而应选用凸轮轴转动式行程开关。行程开关额定电压与额定电流则根据控制电路的电压与电流选用。

随着电子技术的不断发展，目前还广泛使用电子式接近开关作为行程或位置控制。接近开关实际上是一种无触点式的行程开关。常见的无触点式行程开关为高频振荡型接近开关，有电感式和电容式两种。电感式的感应头是一个具有铁氧体磁心的电感线圈，故只能检测金属物体的接近；电容式接近开关的感应头只是一个圆形平板电极，这个电极与振荡电路的地线形成一个分布电容。当有导体或介质接近感应头时，电容量增大而使振荡器停振，输出电路发出信号去进行控制。由于电容式接近开关既能检测金属，又能检测非金属及液体，因而在国外应用得十分广泛，国内也有 LXJ15 和 TC 系列等产品。

五、低压断路器

（一）低压断路器的工作原理

低压断路器俗称自动空气开关或自动开关。它是一种组合电器，即相当于刀开关（隔离开关）、熔断器或过电流继电器、热继电器和欠电压继电器的组合。低压断路器与接触器不同的是能够切断短路电流，但允许操作次数低。其工作

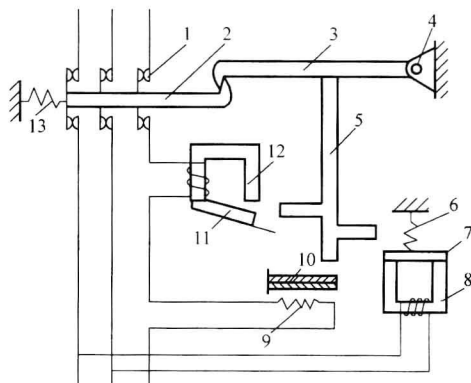


图 1-15 低压断路器原理图

1—触点 2—锁键 3—搭钩 4—转轴 5—杠杆
6—弹簧 7—衔铁 8—欠电压脱扣器 9—加热
电阻丝 10—热脱扣器双金属片 11—衔铁
12—过电流脱扣器 13—弹簧