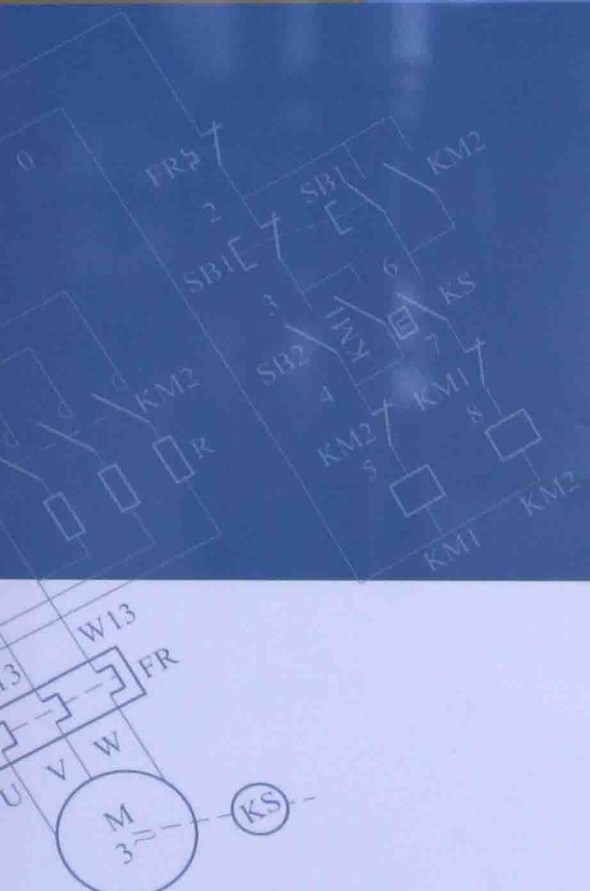


DIANQI KONGZHI YU PLC YINGYONG JISHU

电气控制 与PLC应用技术

徐绍坤 主 编
程加堂 罗 瑞 副主编

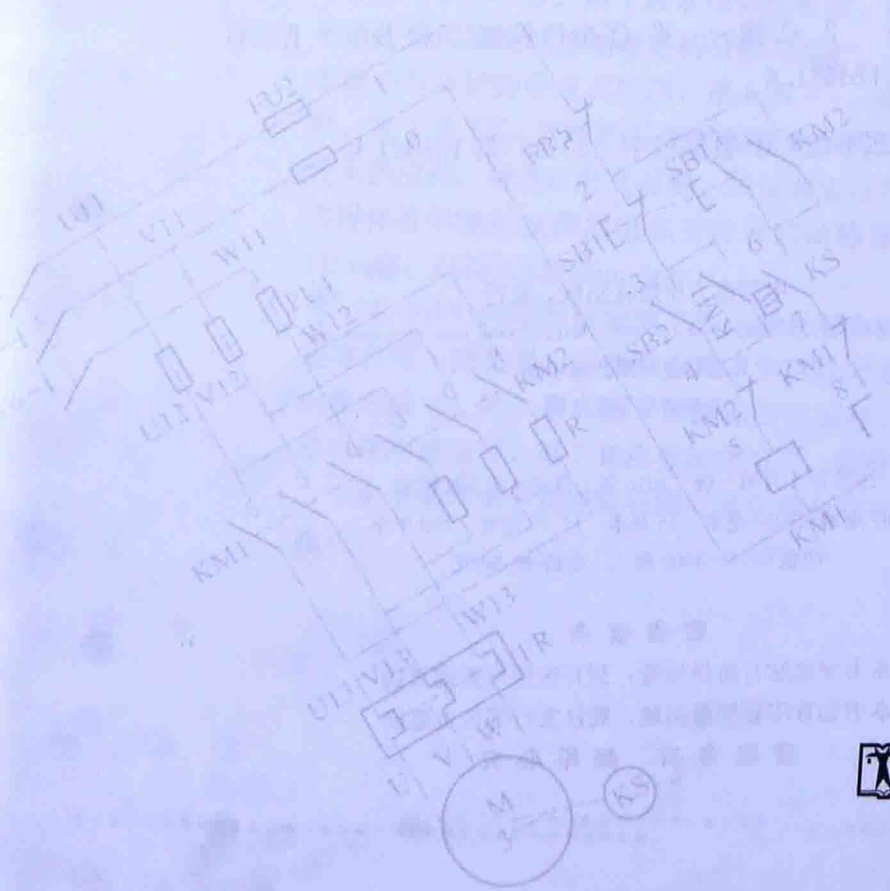


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANQI KONGZHI YU PLC YINGYONG JISHU

电气控制 与PLC应用技术

徐绍坤 主 编
程加堂 罗 瑞 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以工厂电气控制系统为背景,以国内广泛使用的三菱 FX 系列 PLC 为主,从实际应用的角度,集传统继电器控制与现代 PLC 控制及工业网络于一体,整合了电气控制中的多种技术的综合应用;收录并分析了继电器—接触器控制、PLC 与变频器等在工厂自动化系统中的应用实例,进一步阐述电气控制系统的分析方法和设计方法,提高读者的阅图能力和综合设计能力。内容包括常用低压电器、电气控制电路的基本环节、电气控制电路的分析与设计、FX_{2N}系列 PLC 的基本指令与步进指令及其应用、FX_{2N}系列 PLC 的步进指令及其编程、FX_{2N}系列 PLC 的功能指令及其编程、PLC 监控组态技术的应用。本书既保留了传统的控制内容,又介绍了 PLC 网络通信、变频技术、监控组态等新技术的应用,充分表现了控制技术“强弱结合、软件硬件结合”的新思想、新理念。

本书可作为高等学校本科自动化、电气工程、电子信息、机电一体化及相关专业的教材,也可供高职机电类专业和电气、机电等领域的工程技术人员自学或作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据*

电气控制与 PLC 应用技术/徐绍坤主编. —北京:中国电力出版社, 2015. 1

ISBN 978-7-5123-6351-9

I. ①电… II. ①徐… III. ①电气控制②plc 技术 IV. ①TM571. 2②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 189021 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 1 月第一版 2015 年 1 月北京第一次印刷

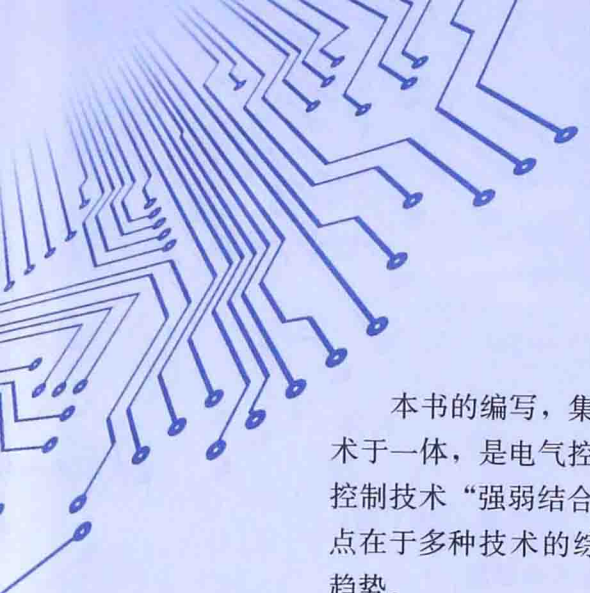
787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.75 印张 399 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

本书的编写,集传统继电控制与现代 PLC 控制及工业网络、组态技术于一体,是电气控制中的多种技术综合应用的有机整合,充分表现了控制技术“强弱结合、软件硬件结合”的控制思想和理念。本书的着重点在于多种技术的综合应用,并符合自动化领域主流技术应用的发展趋势。

本书编写时力求由浅入深、通俗易懂、理论联系实际,编程方法灵活,技巧性强。从应用的角度出发,以国内使用较多的日本三菱公司 FX 系列 PLC 为背景,系统介绍了其指令系统及应用、PLC 程序设计的方法与技巧、PLC 控制系统设计应注意的问题。本书中主控指令在“FX_{2N} 系列 PLC 步进指令及其编程”中的应用有所创新,解决了步进状态编程法中程序可控可停的问题;“FX_{2N} 系列 PLC 多流程控制的程序编制”的编程模式易学易懂;经验编程法和状态编程法的混合使用使 PLC 程序设计更加灵活、设计思想更为丰富。为了适应新的发展需要,本书还介绍了监控组态技术的应用等内容。

全书共分 7 章。第 1 章常用低压电器,第 2 章电气控制电路的基本环节,第 3 章电气控制电路的分析与设计,第 4 章 FX_{2N} 系列 PLC 的基本指令与步进指令及其应用,第 5 章 FX_{2N} 系列 PLC 的步进指令及其编程,第 6 章 FX_{2N} 系列 PLC 的功能指令及其编程,第 7 章 PLC 监控组态技术的应用。每章后附有习题,供读者练习与上机实践。本书同时配有多媒体教学课件及使用组态王开发的动感课件,若需要可与编者联系(E-mail: 442902133@qq.com)。

本书由红河学院徐绍坤主编,副主编为程加堂、罗瑞。参加编写的还有红河学院艾莉、云锡职业技术学院徐天宏。其中,第 1 章、第 2 章由罗瑞编写,第 3 章、第 4 章由徐天宏编写,第 5 章由艾莉编写,第 6 章由徐绍坤编写,第 7 章由程加堂编写,最后由徐绍坤统稿。

由于编者水平及经验有限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2015 年 1 月



目 录

前言

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 低压电器的作用与分类	1
1.2 低压开关	3
1.3 熔断器	7
1.4 主令电器	9
1.5 接触器	14
1.6 继电器	17
习题 1	25
第 2 章 电气控制电路的基本环节	28
2.1 电气控制系统图的基本知识	28
2.2 三相异步电动机的正转控制电路	32
2.3 三相异步电动机的正反转控制电路	37
2.4 位置控制与自动往返控制电路	39
2.5 顺序控制电路	42
2.6 三相交流异步电动机降压起动控制电路	44
2.7 三相交流异步电动机的制动控制电路	55
2.8 多速异步电动机控制电路	62
习题 2	68
第 3 章 电气控制电路的分析与设计	71
3.1 继电器—接触器电气控制系统分析	71
3.2 继电器—接触器控制的典型应用	89
3.3 电气控制电路设计基础	96
习题 3	107
第 4 章 FX_{2N} 系列 PLC 的基本指令与步进指令及其应用	109
4.1 PLC 综述	109
4.2 FX _{2N} 系列 PLC 的基本指令	137

4.3 基本指令编程实例	146
习题 4	162
第 5 章 FX_{2N} 系列 PLC 的步进指令及其编程	166
5.1 步进控制状态编程及状态元件	166
5.2 FX _{2N} 系列 PLC 步进顺控指令及编程实例	168
5.3 FX _{2N} 系列 PLC 的多流程控制	176
习题 5	188
第 6 章 FX_{2N} 系列 PLC 的功能指令及其编程	191
6.1 功能指令概述	191
6.2 传送与比较类指令及其应用	192
6.3 算术与逻辑运算类指令及其应用	201
6.4 循环与移位类指令及其应用	207
6.5 数据处理类指令及其应用	212
6.6 程序流程类指令及其应用	220
6.7 FX _{2N} 系列 PLC 通信	223
习题 6	232
第 7 章 PLC 监控组态技术的应用	235
7.1 概述	235
7.2 新建工程	239
7.3 创建组态画面	246
7.4 命令语言	251
7.5 报警和事件	254
7.6 趋势曲线和报表系统	259
7.7 用户管理权限与系统安全	271
习题 7	274

本章首先介绍了低压电器的分类和常用术语,然后介绍了电气控制系统中常用的刀开关、组合开关、低压断路器、熔断器、接触器、继电器(电磁式继电器、时间继电器、速度继电器等)和主令电器(按钮、行程开关、接近开关、光电开关、万能转换开关、主令控制器等)的结构、基本工作原理、作用、应用场合、主要技术参数、典型产品、图形符号和文字符号及选择、使用方法等。

1.1 低压电器的作用与分类

凡是根据外界特定的信号或要求,自动或手动接通和断开电路,断续或连续地改变电路参数,实现对电路或非电现象的切换、控制、保护、检测和调节的电气元件或设备均称为电器。

所谓电器,就是一种根据外界的信号和要求,手动或自动地接通或断开电路,实现对电路或非电现象的切换、控制、保护、检测和调节的元件或设备。

根据工作电压的高低,电器可分为高压电器和低压电器。高压电器是指工作在交流 1 200 V 以上、直流 1 500 V 以上的电器;低压电器是工作在交流 1 200 V、直流 1 500 V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器。

低压电器作为一种基本器件,广泛应用于输、配电系统和电力拖动系统中,在实际生产中起着非常重要的作用。

1.1.1 低压电器的分类

1. 按操作方式分类

(1) 非自动切换电器。主要依靠外力(如手控)直接操作来进行切换,如刀开关、按钮、转换开关及不具备伺服电动机操作的控制器。

(2) 自动电器。主要依靠电器本身参数的变化或外来信号的作用,自动完成接通或分断等动作,如低压断路器、接触器、继电器。

2. 按用途分类

(1) 低压配电电器。主要用于低压配电系统及动力设备中,如刀开关、低压断路器、熔断器等。

(2) 低压控制电路。主要用于电力拖动与自动控制系统中,如接触器、继电器、控制器、按钮等。

3. 按工作原理分类

(1) 电磁式电器。根据电磁感应原理来工作的电器，如交直流接触器、电磁式继电器等。

(2) 非电量控制电器。主要是靠外力或非电物理量的变化而动作的电器，如刀开关、行程开关、按钮等。

4. 按低压电器的执行机构分类

(1) 有触点电器。主要利用触点的接通和分离来实现电路的接通和断开控制，具有可分离的动合触点和动断触点，如接触器、继电器。

(2) 无触点电器。主要利用半导体元器件的开关效应来实现电路的通断控制，没有可分离的触点，如接近开关、固态继电器等。

5. 其他分类方式

(1) 按工作条件分为低压防爆电器、普通电器、矿用电器、通用电器、热带电器、高原电器等。

(2) 按功能分为刀开关、主令开关、转换开关、自动开关、熔断器、控制器、控制继电器、起动器、接触器、电阻（变阻器）、电磁铁、调整器等。

(3) 按低压电器的灭弧条件及工作制分类。

1) 按灭弧条件可分为空气灭弧装置（消弧罩）、油冷灭弧和灭弧罩灭弧。

2) 按工作制可分为对于低压电器的线圈来说，存在通电时间连续与否的问题，即有长期工作制和短期工作制。

1.1.2 低压电器的常用术语

低压电器常用术语见表 1-1。

表 1-1 低压电器常用术语

常用术语	常用术语的含义
通断时间	从电流开始在开关电器的一个极流过的瞬间起，到所有极的电弧最终熄灭的瞬间为止的时间间隔
燃弧时间	电器分断过程中，从触点断开（或熔体熔断）出现电弧的瞬间开始，至电弧完全熄灭为止的时间间隔
分断能力	电器在规定的条件下，能在给定的电压下分断的预期分断电流值
接通能力	开关电器在规定的条件上，能在给定的电压下接通的预期接通电流值
通断能力	开关电器在规定的条件上，能在给定的电压下接通和分断的预期电流值
短路接通能力	在规定条件下，包括开关电器的出线端短路在内的接通能力
短路分断能力	在规定条件下，包括电器的出线端短路在内的分断能力
操作频率	开关电器在每小时内可能实现的最高循环操作次数
通电持续率	电器的有载时间和工作周期之比，常以百分数表示
电寿命	在规定的正常工作条件下，机械开关电器不需要修理或更换零件的负载操作循环次数

1.1.3 我国低压电器的发展与趋势

我国低压电器产品大致可分为四代。

1. 第一代低压电器（20 世纪 60 年代至 70 年代初）

主要产品为 DW10、DZ10、CJ10 等系列产品为代表的 17 个系列产品，性能水平相

当于国外 20 世纪 50 年代水平,其性能指标低、体积大、耗材、耗能、保护特性单一、规格及品种少。现市场占有率为 20%~30% (以产品台数计算)。

2. 第二代低压电器 (20 世纪 70 年代末至 80 年代)

主要产品以 DW15、DZ20、CJ20 为代表,共 56 个系列。技术引进产品以 3TB、B 系列为代表,共 34 个系列。达标攻关产品 40 个系列,技术指标明显提高,保护特性较完善,体积缩小,结构上适应成套装置要求。现有市场占有率为 50%~60%。

3. 第三代低压电器 (20 世纪 90 年代)

主要产品有 DW45、S、CJ45 (CJ40) 等系列产品。第三代电器产品具有高性能、小型化、电子化、智能化、模块化、组合化、多功能化等特征。但受制于通信能力的限制,不能很好地发挥智能产品的作用。现有市场占有率为 5%~10%,如智能断路器、软起动器等。

4. 第四代低压电器 (20 世纪 90 年代末至今)

不断开发现场总线低压电器产品。这种产品除了具有第三代低压电器产品的特征外,其主要技术特征是可通信,能与现场总线系统连接。

我国从 90 年代起开发的第三代产品已带有智能化功能,但是单一智能化电器在传统的低压配电、控制系统中很难发挥其优越性,产品价格相对较高,难以全面推广。

预计今后 5~10 年内,随着通信电器的开发利用,我国第三代、第四代高档次低压电器产品市场占有率将从目前的 5% 增加到 30% 以上,从而大大促进我国低压电器总体水平的提高。

1.2 低 压 开 关

低压开关是低压配电电器中结构最简单、应用最广泛的电器,主要用在低压成套配电装置中,用于不频繁地手动接通和分断交直流电路或作隔离开关用,也可以用于不频繁地接通与分断额定电流以下的负载,如小型电动机等。

低压开关一般为非自动切换电器,常用的主要类型有刀开关、组合开关和低压断路器。

1.2.1 刀开关

刀开关主要的作用是隔离电源,不频繁通断电路。刀开关按级数分为单极、双极和三极;按灭弧装置分为带灭弧装置和不带灭弧装置;按刀的转换方向分为单掷和双掷;按接线方式分为板前接线和板后接线;按操作方式分为手柄操作和远距离联杆操作;按有无熔断器分为带熔断器和不带熔断器。

1. 开关板用刀开关

(1) 功能。不频繁地手动接通、断开电路和隔离电源用。

(2) 结构与符号。结构如图 1-1 所示,符号如图 1-2 所示。

2. 负荷开关

(1) 开启式负荷开关 (闸刀开关)。

1) 功能。结构简单,价格便宜,手动操作,适用于交流频率 50Hz、额定电压单相

220V 或三相 380V、额定电流 10~100A 的照明、电热设备及小容量电动机等不需要频繁带负荷操作和短路保护用。

2) 结构。由刀开关和熔断器组合而成,如图 1-3 所示。

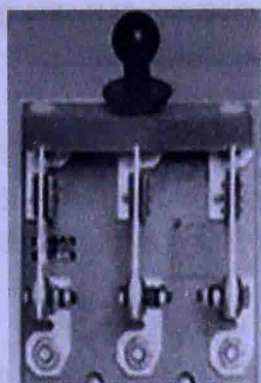


图 1-1 刀开关结构

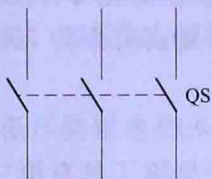


图 1-2 刀开关符号



图 1-3 开启式负荷开关外形、结构

3) 分类。单相双极和三相三极两种。

4) 符号如图 1-4 所示。型号及含义如下:

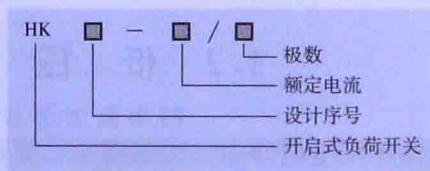
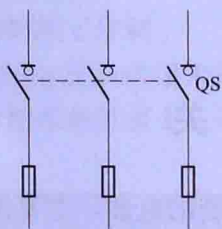


图 1-4 负荷符号

(2) 封闭式负荷开关(铁壳开关)。

1) 功能。封闭式负荷开关适用于交流频率 50Hz、额定工作电压 380V、额定工作电流至 400A 的电路中,用于手动不频繁地接通和分断带负载的电路及线路末端的短路保护,或控制 15kW 以下的小容量交流电动机的直接起动和停止。

2) 结构。主要由操动机构、熔断器、触点系统和铁壳组成。

3) 符号。封闭式负荷开关符号与开启式负荷开关相同。

1.2.2 组合开关

1. 功能

组合开关的结构紧凑,安装面积小,触点对数多,接线方式灵活,操作方便。其适用于交流频率 50Hz、电压至 380V 以下,或直流 220V 及以下的电气线路中,用于手动不频繁地接通和分断电路、换接电源和负载,或控制 5kW 以下小容量电动机起动、停止和正反转。

2. 结构

组合开关的种类很多,常用的有 HZ5、HZ10、HZ15。HZ10 组合开关是全国统一设计产品,性能可靠、结构简易、组合性强、寿命长,在生产中得到广泛应用。HZ10 组合开关静触点一端固定在胶木盒内,另一端伸出盒外,与电源或负载相连。动触片套在绝缘方杆上,绝缘方轴每次作 90° 正或反方向的转动,带动静触点片。如图 1-5 所示。

3. 分类

组合开关按极数分类可分为单极、双极和多极。

按功能、结构、用途分类较多,常见的几种组合开关外形如图 1-6 所示。

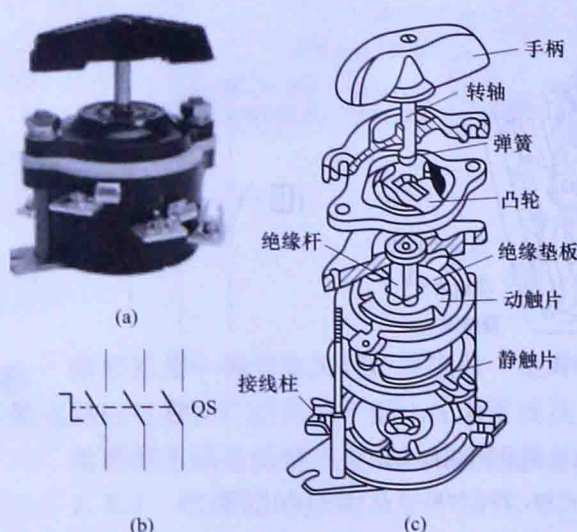


图 1-5 HZ10 系列转换开关

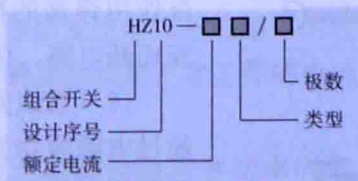
(a) 外形; (b) 符号; (c) 结构



图 1-6 组合开关

4. 符号与型号

组合开关的图形符号如图 1-5 (b) 所示。组合开关的型号如下。



1.2.3 低压断路器

1. 功能

低压断路器又称自动开关或空气开关。它相当于刀开关、熔断器、热继电器和欠电压继电器的组合,是一种既有手动开关作用又能自动进行欠电压、失电压、过载和短路保护的电器。

2. 分类

低压断路器按结构型式分为塑壳式（装置式）、万能式（框架式）、限流式、直流快速式、灭磁式和漏电保护式等 6 类；按操作方式分为人力操作式、动力操作式和储能操作式；按极数分为单极、二极、三极和四极式；按安装方式分为固定式、插入式和抽屉式；按断路器在电路中的用途分为配电用断路器、电动机保护用断路器和其他负载用断路器。

3. 低压断路器结构及工作原理

DZ5 系列低压断路器的结构如图 1-7 所示。它由触点系统、灭弧装置、操动机构、热脱扣器、电磁脱扣器及绝缘外壳等部分组成。

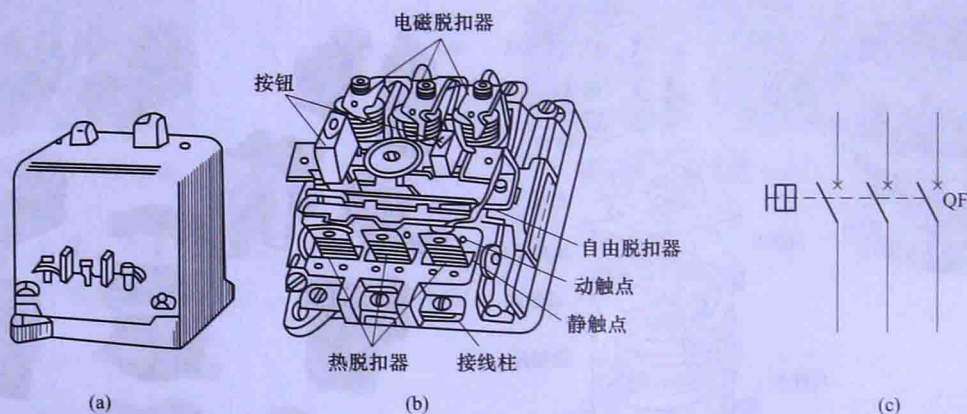


图 1-7 低压断路器的结构和符号

(a) 外形；(b) 结构；(c) 符号

断路器的工作原理如图 1-8 所示。使用时断路器的三副主触点串联在被控制的三相电路中，按下接通按钮时，外力使锁扣克服反作用弹簧的反力，将固定在锁扣上面的动触点与静触点闭合，并由锁扣锁住搭钩使动静触点保持闭合，开关处于接通状态。

(1) 当线路发生过载时，过载电流流过热元件产生一定的热量，使双金属片受热向上弯曲，通过杠杆推动搭钩与锁扣脱开，在反作用弹簧的推动下，动、静触点分开，从而切断电路，使用电设备不致因过载而烧毁。

(2) 当线路发生短路故障时，短路电流超过电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流，电磁脱扣器产生足够大的吸力将衔铁吸合，通过杠杆推动搭钩与锁扣分开，从而切断电路，实现短路保护。低压断路器出厂时，电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流一般整定为 $10I_N$ 。

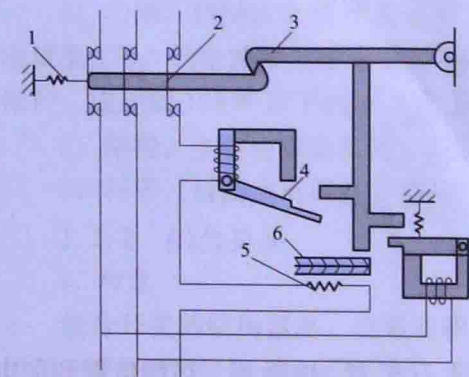


图 1-8 断路器的的工作原理图

1—弹簧；2—触点；3—搭钩；4—过电流脱扣器；
5—欠电压脱扣器；6—热脱扣器

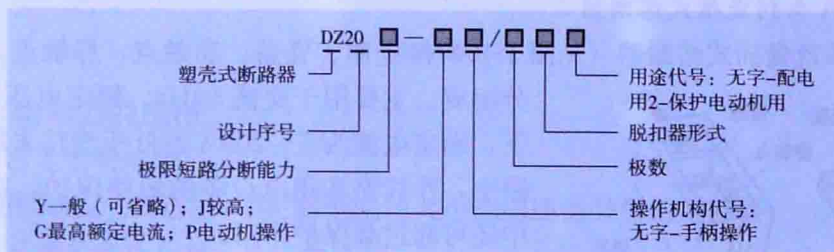
欠电压脱扣器的动作过程与电磁脱扣器恰好相反。当线路电压正常时，欠电压脱扣器的衔铁被吸合，衔铁与杠杆脱离，断路器

的主触点能够闭合。当线路上的电压消失或下降到某一数值时,欠电压脱扣器的吸力消失或减小到不足以克服拉力弹簧的拉力时,衔铁在拉力弹簧的作用下撞击杠杆,将搭钩顶开,使触点分断。由此也可看出,具有欠电压脱扣器的断路器在欠电压脱扣器两端无电压或电压过低时,不能接通电路。

需手动分断电路时,按下分断按钮即可。

4. 符号和型号

低压断路器的符号如图 1-7 (c) 所示。低压断路器的型号如下。



1.3 熔断器

熔断器是一种当电流超过规定值一定时间后,以它本身产生的热量使熔体熔化而分断电路的电器,广泛应用于低压配电系统及用电设备中作短路和过电流保护。

熔断器主体是低熔点金属丝或金属薄片制成的熔体,串联在被保护的电路中。

1.3.1 熔断器的结构及保护特性

熔断器主要由熔体、安装熔体的熔管和熔座组成。熔体是熔断器的核心,常做成丝状、片状或栅状,制作熔体的材料一般有铅锡合金、锌、铜、银等,根据受保护电路的要求而定。熔管是熔体的保护外壳,用耐热绝缘材料制成,在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔管是熔断器的底座,用于固定熔管和外接引线。

1.3.2 熔断器的主要技术参数

(1) 额定电压。指熔断器长期工作所能承受的电压。如果熔断器的实际工作电压大于其额定电压,熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

(2) 额定电流。指保证熔断器能长期正常工作的电流。它由熔断器各部分长期工作时允许的温升决定。

(3) 极限分断能力。在规定的额定电压和功率因数的条件下,能分断的最大短路电流值。

(4) 时间—电流特性(也称保护特性)。指在规定的条件下,表征流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系曲线如图 1-9 所示。

一般熔断器的熔断电流 I_s 与熔断时间 t 的关系见表 1-2。

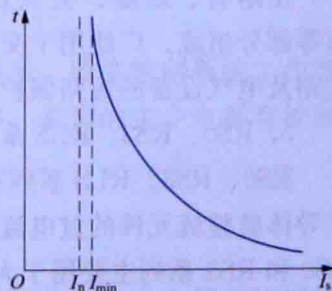


图 1-9 熔断器的保护特性

表 1-2

熔断器的熔断电流 I_s 与熔断时间 t 的关系

熔断电流 I_s (A)	$1.25I_N$	$1.6I_N$	$2.0I_N$	$2.5I_N$	$3.0I_N$	$4.0I_N$	$8.0I_N$	$10.0I_N$
熔断时间 t (s)	∞	3600	40	8.0	4.5	2.5	1.0	0.4

由表 1-2 可知,熔断器对过载的反应是不灵敏的,当电气设备发生轻度过载时,熔断器将持续很长时间才能熔断,有时甚至不熔断。除照明和电加热电路外,熔断器一般不宜作过载保护电器,主要用于短路保护。

1.3.3 常用的熔断器

1. RC1A 系列瓷插式熔断器

RC1A 系统瓷插式熔断器(见图 1-10)由瓷座、瓷盖、动触点、静触点、熔丝五部分组成。主要用于交流 50Hz、额定电压 380V 及以下,额定电流为 5~200A 的低压线路末端或分支电路中,作线路和用电设备的短路保护,在照明线路中还可起过载保护作用。

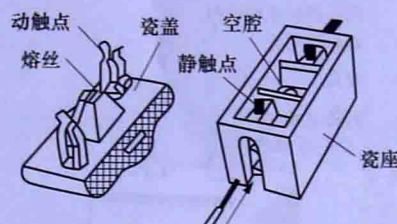


图 1-10 RC1A 系列瓷插式熔断器

图 1-10 RC1A 系列瓷插式熔断器主要用于配电箱、配电屏、机床设备及振动较大的场合,在交流额定电压 500V、额定电流 200A 及以下的电路中作为短路保护器件。

3. RM10 系列无填料封闭管式熔断器

由熔断管、熔体、夹头及夹座等部分组成。主要用于交流额定电压 380V 及以下、直流 440V 及以下、电流在 600A 以下的电力线路中,作导线、电缆及电气设备的短路和连接过载保护。

4. RT0 系列有填料封闭管式熔断器

由熔管、底座、夹头及夹座等部分组成。广泛用于交流 380V 及以下、短路电流较大的电力输配电系统中,作为线路及电气设备的短路保护及过载保护。

5. RS0、RS3、RLS 系列有填料快速熔断器

RS0、RS3、RLS 系列有填料快速熔断器又称半导体器件保护用熔断器。主要用于半导体硅整流元件的过电流保护。RLS 系列主要用于小容量硅元件及成套的短路保护,RS0 和 RS3 系列主要用于大容量晶闸管元件的短路和过载保护。其中 RS3 系列的动作更快,分断能力更高。

2. RL1 系列螺旋式熔断器

如图 1-11 所示,由瓷帽、熔断管、瓷套、上接线座、下接线座及瓷底座等部分组成。主要用于控

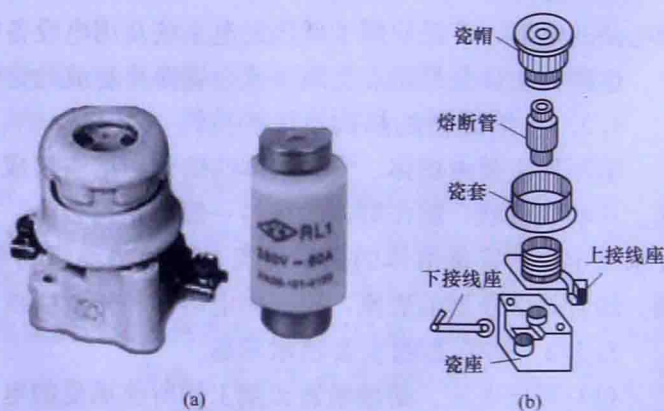


图 1-11 RL1 系列螺旋式熔断器

(a) 外形; (b) 结构

1.3.4 熔断器的符号和型号

熔断器型号如下。熔断器的符号如图 1-12 所示。

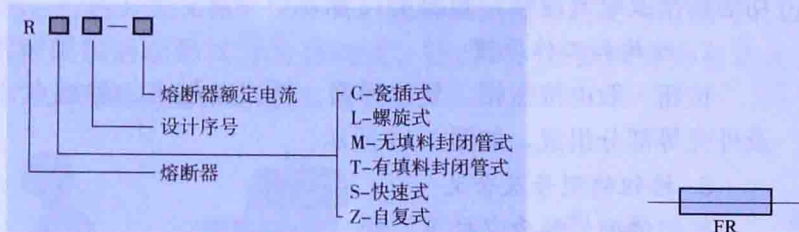


图 1-12 熔断器的符号

1.3.5 熔断器的选择

1. 熔断器类型的选用

根据使用环境、负载性质和短路电流的大小选用适当类型的熔断器。

2. 熔断器额定电压和额定电流的选用

熔断器的额定电压必须等于或大于线路的额定电压，熔断器的额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流，熔断器的分断能力应大于电路中可能出现的最大短路电流。

3. 熔体额定电流的选用

(1) 对于照明和电热等电流较平稳、无冲击电流的负载的短路保护，熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

(2) 单台电动机。电动机能够正常起动，其冲击电流不大时可选用较小的熔件。而机械负载较重电机难以起动，起动电流较大或频繁起动的电动机则选用较大的熔件。一般按下式计算：

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_N$$

(3) 多台电动机。分支电路中主干线上熔断器的选择一般以计算电流 $I_{N\min}$ 为熔断器熔件的最大电流值（额定电流）。按一台容量最大的电动机的起动电流与其余电动机的额定电流的总和来考虑，则

$$I_{RN} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{N\max} + \sum I_N$$

式中： $I_{N\max}$ 为容量最大的一台电动机的额定电流， $\sum I_N$ 为其余电动机额定电流的总和。

1.4 主 令 电 器

主令电器主要用来接通或断开控制电路，以发布命令或信号，改变控制系统工作状态，以获得远距离控制的电器。主令电器应用广泛，种类繁多。常用的主令电器有控制按钮、行程开关、接近开关、万能转换开关、主令控制器等。

1.4.1 控制按钮

1. 功能

发出控制指令和信号的电器开关，是一种手动且一般自动复位的主令电器。按钮的触点允许通过的电流较小，一般不超过 5A。因此，一般情况下，它不直接控制主电路



图 1-13 按钮外形

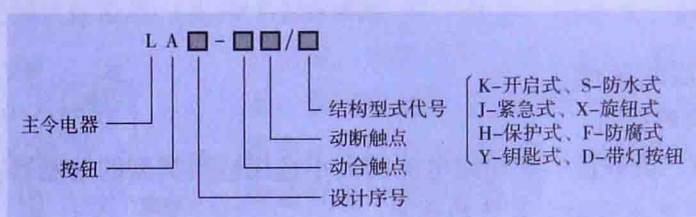
(或大电流电路)的通断,而是在控制电路(小电流电路)中发出指令或信号,控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路的通断、功能转换或电气连锁,如图 1-13 所示。

2. 结构和工作原理

按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点、支柱连杆及外壳等部分组成,如图 1-14 所示。

3. 按钮的型号及含义

按钮的型号及含义如下。



名称	动断按钮 (停止按钮)	动合按钮 (起动按钮)	复合按钮
结构			按钮帽 复位弹簧 支柱连杆 动断静触点 桥式动触点 动合静触点 外壳
符号			

图 1-14 按钮结构与符号

按钮的结构形式多种多样,适用于不同的场合;紧急式装有突出的蘑菇形钮帽,以便于紧急操作。指示灯式在透明的按钮内装入信号灯,用作信号显示。钥匙式为了安全起见,需用钥匙插入方可进行旋转操作等。

为了表明各个按钮的作用,避免误操作,通常将钮帽做成不同的颜色以示区别。

1.4.2 行程开关

1. 功能

行程开关是用以反应工作机械的行程,发出命令控制其运动方向或行程大小的主令电器。

行程开关的作用原理与按钮相同,不同点是利用生产机械运动部件的碰压使其触点动作,从而将机械信号转变为电信号,使运动机械按一定的位置或行程实现自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。

2. 结构与符号

行程开关由操作头、触点系统和外壳组成。常见的行程开关如图 1-15 所示, 符号如图 1-16 所示。行程开关又称限位开关, 能将机械位移转变为电信号, 以控制机械运动。行程开关的种类按运动形式分为直动式、转动式; 按结构分为直动式、滚动式、微动式; 按操作方式有瞬动型和蠕动型。

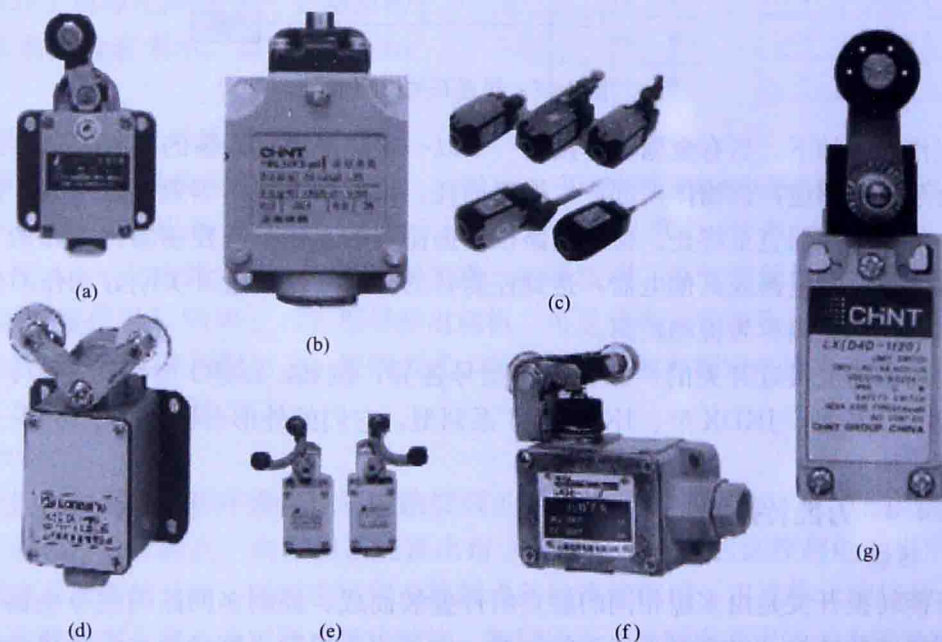


图 1-15 常见的行程开关

(a) LX2 系列行程开关; (b) YBLX 行程开关; (c) LXX3 系列行程开关; (d) LX2-212 行程开关;
(e) LX19 系列行程开关; (f) LX32 系列行程开关; (g) LX (D4D-1120)

3. 行程开关的选用

行程开关的主要参数是型号、工作行程、额定电压及触点的电流容量。主要根据动作要求、安装位置、触点数量以及电流、电压等级进行选择。

1.4.3 接近开关

1. 功能

接近开关是一种无接触式物体检测装置, 也就是某一物体接近某一信号机构时, 信号机构发出“动作”信号的开关。接近开关又称无触点行程开关, 当检测物体接近它的工作面并达到一定距离时, 不论检测体是运动的还是静止的, 接近开关都会自动地发出物体接近而“动作”的信号, 而不像机械式行程开关那样需施以机械力。

接近开关是一种无触点、与运动部件无机械接触而能操作的行程开关, 具有动作可靠、性能稳定、频率响应快、使用寿命长、抗干扰能力强、防水、防震、耐腐蚀等特点, 目前应用范围越来越广泛。

2. 结构和工作原理

接近开关的种类很多, 按工作原理可分为高频振荡型、感应电桥型、霍尔效应型、



图 1-16 行程开关符号