

高职高专机电类专业规划教材
高职高专项目式课程改革教材

三菱 PLC、触摸屏 和变频器应用技术

曹菁◎主编



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

高职高专机电类专业规划教材
高职高专项目式课程改革教材

三菱 PLC、触摸屏和 变频器应用技术



机械工业出版社

全书共分6个模块,包括23个项目。主要以三菱FX_{2N}系列PLC机型为重点,从硬件到软件,从基本逻辑指令、步进顺控指令到功能指令分别进行了介绍,并介绍了常用低压电器和常用控制电路的设计和安装,PLC、三菱F940GOT型触摸屏和FR—520、FR—540变频器的综合应用等。

本书以模块构建教学体系,以具体项目任务为教学主线,以实训场所为教学平台,将理论教学与技能操作训练有机结合,建议4节课连上,采用“项目教学”法完成课程的理论实践一体化教学,通过使教、学、练紧密结合,突出了学生操作技能、设计能力和创新能力的培养和提高。

本书可作为高职高专院校机电类、电气类、数控类等相关专业的教材,选用学校可根据实际需要,灵活选择不同的模块和项目进行教学,也可供有关工程技术人员参考和使用。

为方便老师授课,本书特备有免费电子课件,凡选用本书作为授课教材的学校,均可来电索取:010-88379375, Email: cmpgaozhi@sina.com。

图书在版编目(CIP)数据

三菱PLC、触摸屏和变频器应用技术/曹菁主编. —北京:机械工业出版社, 2010.2

高职高专机电类专业规划教材

高职高专项目式课程改革教材

ISBN 978-7-111-29571-6

I. 三… II. ①曹… III. ①可编程序控制器—高等学校:技术学校—教材②触摸屏—高等学校:技术学校—教材③变频器—高等学校:技术学校—教材 IV. TM571.6 TP334.1 TN773

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第009150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:于宁 责任编辑:王琪 版式设计:霍永明

封面设计:陈沛 责任校对:李秋荣 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(兴文装订厂装订)

2010年3月第1版第1次印刷

184mm×260mm·18.25印张·448千字

0 001—4 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-29571-6

定价:30.00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 封面无防伪标均为盗版

前 言

可编程序控制器（PLC）是以微处理器为核心的通用工业自动化装置，它将传统的继电器控制技术与计算机技术、通信技术融为一体，具有结构简单、功能完善、性能稳定、可靠性高、灵活通用、易于编程、使用方便、性价比高等优点。因此，近年来在工业自动控制、机电一体化、改造传统产业等方面得到了广泛的应用，并被誉为现代工业生产自动化的3大支柱之一。随着集成电路的发展和网络时代的到来，PLC将会获得更大的发展空间。

本书立足高职高专教育人才培养目标，在编写过程中，突出高职高专为生产一线培养技术型管理人才的教学特点，以加强实践能力的培养为原则，精心组织有关内容，力求简明扼要、突出重点，主动适应社会发展需要，使其更具有针对性、实用性和可读性，努力突出高职教材的特点。

本书的主要特点是：

1. 在教材结构的组织方面，以模块构建教学体系，以具体项目任务为教学主线，通过设计不同的项目，巧妙地将知识点和技能训练融于各个项目之中。教学内容以“必需”与“够用”为度，将知识点作了较为精密的整合，由浅入深、循序渐进，强调实用性、可操作性和可选择性。

2. 本书将理论教学与技能操作训练有机结合，以实验与实训场所作为教学平台，采用“项目教学”法完成课程的理论实践一体化教学，通过使教、学、练紧密结合，突出了学生操作技能、设计能力和创新能力的培养和提高，真正符合职业教育的特色。

3. 本书将电气控制基础、PLC、变频器和触摸屏等内容编在一起，体现了知识的系统性和完整性。

全书共分6个模块，包括23个项目。主要以三菱FX_{2N}系列PLC机型为重点，从硬件到软件，从基本逻辑指令、步进顺控指令到功能指令分别进行了介绍，并介绍了常用低压电器和常用控制电路的设计和安装，PLC、三菱F940GOT型触摸屏和FR—520、FR—540变频器的综合应用等。本书教学内容注重实用、联系实际、深入浅出、循序渐进，便于理论实践一体化教学。学生通过这些项目的学习可以实现零距离上岗。

本书内容已制作成用于多媒体教学的PowerPoint课件，并将免费提供给采用本书作为教材的高职高专院校使用。

本书由曹菁任主编、李斌任副主编，其中曹菁编写了模块二的项目2.4、模块三、模块四、模块五及附录，李斌编写了模块一和模块二的项目2.1、项目2.2和项目2.3，



程亦斌编写了模块六，全书由曹菁统稿。在编写过程中，得到了洪雪锋、金卫国、汤焯琳、吴秋琴、陆敏智等老师的大力帮助，在此表示衷心的感谢。

因编者水平和时间有限，书中还有很多不足之处，恳请有关专家、广大读者及同行批评指正，以便改进。同时，对本书所引用的参考文献的作者深表感谢。

编 者

目 录

前言

模块一 电气控制基础 1

项目 1.1 常用低压电器 1

项目 1.2 三相异步电动机正反转控制电路
的设计和安装 26

项目 1.3 三相异步电动机起动控制电路的
设计和安装 35

项目 1.4 三相异步电动机制动控制电路的
设计和安装 41

模块二 可编程序控制器基础 48

项目 2.1 PLC 概述及 FX_{2N} 系列 PLC 的认
识 48

项目 2.2 SWOPC-FXGP/WIN-C 编程
软件的使用 67

项目 2.3 GX Developer 编程软件的使用 75

项目 2.4 PLC 的接线 80

模块三 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 基本逻辑指令及其应用 92

项目 3.1 三相异步电动机的起停控制 92

项目 3.2 三相异步电动机的星形—三角形
减压起动控制 102

项目 3.3 彩灯循环点亮的 PLC 控制 112

项目 3.4 多种液体自动混合装置的 PLC
控制 122

项目 3.5 工作台自动往返的 PLC 控制 132

模块四 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的步进 顺控指令及其应用 142

项目 4.1 运料小车自动往返控制 142

项目 4.2 传送带大、小工件分拣控制
系统 149

项目 4.3 公路交通信号灯控制 158

模块五 三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的功能 指令及其应用 171

项目 5.1 自动送料车的 PLC 控制 171

项目 5.2 三相步进电动机的 PLC 控制 184

项目 5.3 舞台装饰彩灯的 PLC 控制 193

项目 5.4 搬运机械手的顺序控制 202

模块六 PLC 与触摸屏和变频器的 综合控制 218

项目 6.1 知识竞赛抢答控制系统 218

项目 6.2 三相异步电动机 7 段速运行的
综合控制 237

项目 6.3 工业洗衣机的综合控制 253

附录 263

附录 A 常用电气简图用图形符号 263

附录 B FX_{2N} 性能规格 269

附录 C FX_{2N} 的基本顺控指令和步进梯形
图指令一览表 271

附录 D FX_{1S}、FX_{1N}、FX_{2N}、FX_{2NC} 系列
PLC 的功能指令一览表 273

附录 E FR—S500 型变频器扩张功能参
数一览表 277

参考文献 284

模块一 电气控制基础

本章主要介绍常用低压电器设备的基本知识、工作原理、基本结构、主要性能指标和选用原则；几种常见的基本电气控制电路和三相异步电动机的控制电路；并结合当前电气控制技术的发展，介绍了固态继电器、软起动器等现代低压电器元器件及其应用。

知识目标

1. 熟悉常用低压电器的结构、工作原理、型号规格、使用方法及其在控制电路中的作用。
2. 熟悉常用电气控制电路的控制特点和应用。
3. 熟悉三相异步电动机起动、制动和正反转运行控制电路的工作原理。
4. 了解现代低压控制电器及其应用和发展。

技能目标

1. 能根据项目要求，选配合适型号的低压电器。
2. 能根据项目要求，熟练画出控制电路原理图，并进行装配。
3. 掌握常用电气控制电路的调试和维修方法。
4. 能熟练地看懂接触器、继电器控制电路图样。

项目 1.1 常用低压电器

一、项目任务

常用低压电器的识别、拆装。

二、项目分析

该项目主要介绍常用低压电器的结构、型号、参数、工作原理和选用，为以后进行电气控制电路的设计和阅读做好准备。

三、相关知识点

低压电器通常是指在交流额定电压 1200V 及以下、直流额定电压 1500V 及以下的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电器产品。

低压电器的种类很多，分类方法也多。按用途分可分为低压配电电器和低压控制电器两大类。低压配电电器是指正常或事故状态下接通和断开用电设备和供电电网所用的电器；低压控制电器是指电动机完成生产机械要求的起动、调速、反转和停止所用的电器。

按操作方式分可分为手动切换电器和自动切换电器。手动切换电器主要是用手直接操作



来进行切换；自动切换电器是依靠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。

本项目主要介绍熔断器、低压开关、主令电器、接触器和继电器等在电力拖动自动控制系统中常用的低压电器。

1. 低压配电电器

配电电器是主要用于电能输送和分配的电器。常用的低压配电电器包括开关电器和保护电器等，如熔断器、刀开关、组合开关和低压断路器等。

(1) 熔断器 熔断器是在控制系统中主要用作短路和过载保护的电器，使用时串联在被保护的电路中，当电路发生短路故障，通过熔断器的电流达到或超过某一规定值时，以其自身产生的热量使熔体熔断，从而自动分断电路，起到保护作用。

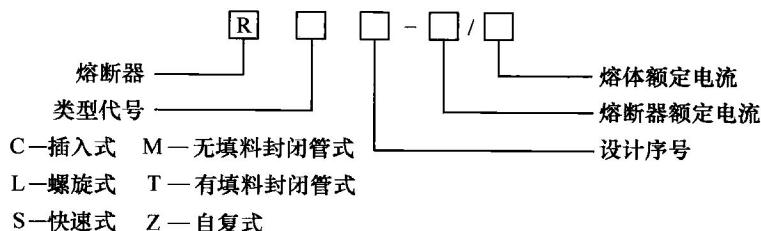
1) 熔断器的结构。熔断器主要由熔体（或称熔丝）和安装熔体的熔管（或称熔座）两部分组成。熔体由铅、锡、锌、银、铜及其合金制成，常做成丝状、片状或栅状；熔管是装熔体的外壳，由陶瓷、绝缘钢纸制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔断器外形及其图形符号和文字符号如图 1-1 所示。



图 1-1 熔断器外形及其图形符号和文字符号

2) 熔断器的种类与型号。熔断器按结构形式分为半封闭瓷插式、无填料封闭管式、有填料封闭管式、螺旋式、自复式熔断器等。其中有填料封闭管式熔断器又分为刀形触头熔断器、螺栓连接熔断器和圆筒形帽熔断器。

熔断器型号说明如下：



常用熔断器型号有 RL1、RT0、RT15、RT16 (NT)、RT18 等，在选用时可根据使用场合酌情选择，如图 1-2 所示。

3) 熔断器的主要技术参数

① 额定电压：指能保证熔断器长期正常工作的电压。若熔断器的实际工作电压大于其额定电压，熔体熔断就可能发生电弧不能熄灭的危险。

② 额定电流：指保证熔断器在长期工作之下，各部件温升不超过极限允许温升所能承载的电流值。它与熔体的额定电流是两个不同的概念，熔体的额定电流是指在规定工作条件下，长时间通过熔体而熔体不熔断的最大电流值。通常一个额定电流等级的熔断器可以配用



图 1-2 常用熔断器

若干个额定电流等级的熔体，但熔体的额定电流不能大于熔断器的额定电流值。

③ 分断能力：指熔断器在规定的使用条件下，能可靠分断的最大短路电流值。通常用极限分断电流值来表示。

④ 时间-电流特性：又称保护特性或安秒特性，表示熔断器的熔断时间与流过熔体电流的关系。一般熔断器的时间-电流特性如图 1-3 所示。熔断器的熔断时间随着电流的增大而减少。

4) 熔断器的选用。熔断器和熔体只有经过正确的选择，才能起到应有的保护作用。选择基本原则如下：

① 根据使用场合确定熔断器的类型。例如，对于功率较小的照明电路或电动机的保护，宜采用 RC1A 系列插入式熔断器或 RM10 系列无填料密闭管式熔断器；对于短路电流较大的电路或有易燃气体的场合，宜采用具有高分断能力的 RL 系列螺旋式熔断器或 RT（包括低压高分断能力熔断器 NT）系列有填料封闭管式熔断器；对于保护硅整流器件及晶闸管的场合，应采用快速熔断器（RLS 或 RS 系列）。

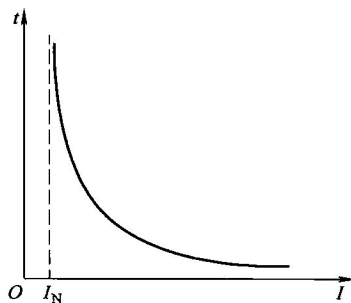


图 1-3 熔断器的时间-电流特性

② 熔断器的额定电压必须等于或高于电路的额定电压。额定电流必须等于或大于所装熔体的额定电流。

③ 熔体额定电流的选择应根据实际使用情况按以下原则进行计算：



对于照明、电热设备等电流较平稳、无冲击电流的负载短路保护，熔体的额定电流应等于或稍大于负载的额定电流。

对一台不经常启动且启动时间不长的电动机的短路保护，熔体的额定电流 I_{RN} 应大于或等于 1.5 ~ 2.5 倍电动机额定电流 I_N 。即

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

对于频繁启动或启动时间较长的电动机，其系数应增加到 3 ~ 3.5，即

$$I_{RN} \geq (3 \sim 3.5) I_N$$

对多台电动机的短路保护，熔体的额定电流应等于或大于其中最大容量电动机的额定电流 I_{Nmax} 的 1.5 ~ 2.5 倍，再加上其余电动机额定电流的总和 $\sum I_N$ ，即

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

④ 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。

5) 熔断器的安装与使用

① 安装熔断器除保证足够的电气距离外，还应保证足够的间距，以保证能够方便地拆卸、更换熔体。

② 安装前应检查熔断器的型号、额定电压、额定电流和额定分断能力等参数是否符合规定要求。

③ 安装熔体必须保证接触良好，不能有机机械损伤。

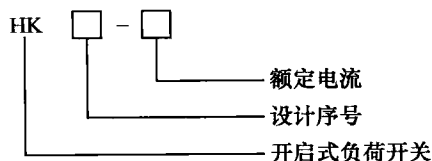
④ 安装引线要有足够的截面积，而且必须拧紧接线螺钉，避免接触不良。

⑤ 插入式熔断器应垂直安装，螺旋式熔断器的电源线应接在瓷底座的下接线座上，负载线接在螺纹壳的上接线座上，这样在更换熔管时，旋出螺帽后螺纹壳上不带电，保证了操作者的安全。

⑥ 更换熔体或熔管时，必须切断电源，尤其不允许带负荷操作，以免发生电弧灼伤。

(2) 刀开关 刀开关的种类很多，最常用的是由刀开关和熔断器组合而成的负荷开关。负荷开关分开启式 (HK 系列) 和封闭式 (HH 系列) 两种。

开启式负荷开关俗称闸刀开关，适用于额定工作电压为 380V (三相) 或 220V (单相)、额定工作电流小于等于 100A、频率为 50Hz 的交流电路中，在照明、电热设备和小功率电动机等控制电路中，供手动不频繁地接通和分断电路，并起短路和过载保护作用。常用的型号为 HK1、HK2 系列。其型号含义说明如下。



HK 系列刀开关的外形、结构与图形符号和文字符号如图 1-4 所示。

封闭式负荷开关又称铁壳开关，适用于额定工作电压 380V、额定工作电流小于等于 400A、频率 50Hz 的交流电路中，可用来手动不频繁地接通和分断有负载的电路，并有过载和短路保护作用。其常用型号为 HH3、HH4 系列，如图 1-5 所示。

选用刀开关时应首先根据刀开关的用途和安装位置选择合适的型号和操作方法，然后根据控制对象的类型和大小，计算出相应负载电流大小，选择相应级额定电流的刀开关。

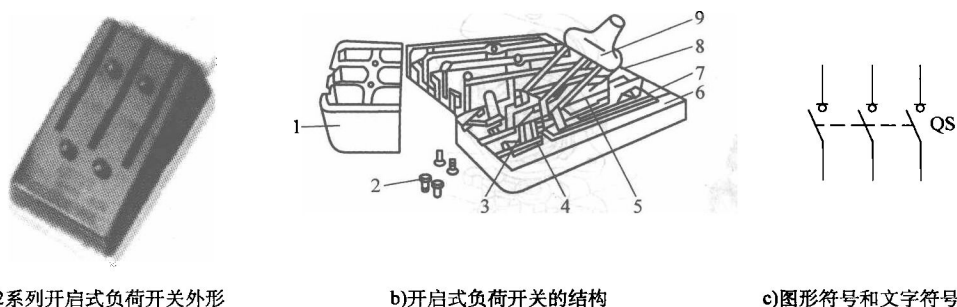


图 1-4 开启式负荷刀开关外形、结构与图形符号和文字符号

1—胶盖 2—胶盖固定螺钉 3—进线座 4—静触头 5—熔体
6—瓷底 7—出线座 8—动触头 9—瓷柄

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。

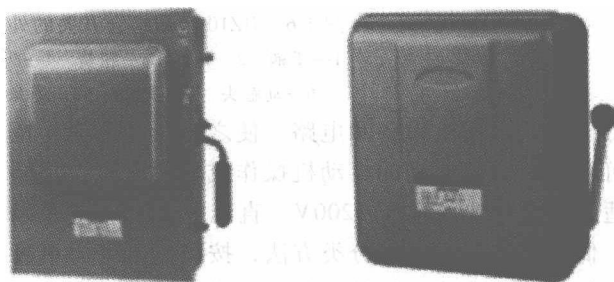
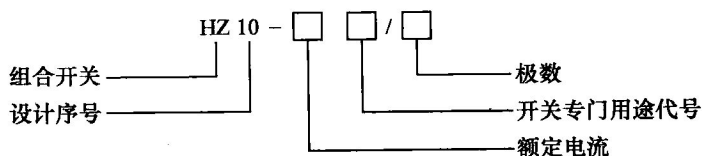


图 1-5 HH3、HH4 系列封闭式负荷开关

刀开关在安装时必须垂直安装，使闭合操作时的手柄操作方向应从下向上合，不允许平装或倒装，以防误合闸；电源进线应接在静触头一边的进线座，负载接在动触头一边的出线座；在分闸和合闸操作时，应动作迅速，使电弧尽快熄灭。

(3) 组合开关 组合开关可用作转换开关，也可用作隔离开关，它体积小、触头对数多、接线方式灵活、操作方便，常用于交流 50Hz、380V 以下及直流 220V 以下的电气控制电路中，供手动不频繁的接通和断开电路、换接电源和负载，以及 5kW 以下小功率异步电动机的起停和运转。

组合开关有单极、双极和三极之分，由若干个动触头及静触头分别装在数层绝缘件内组成，动触头随手柄旋转而变更其通断位置。常用的组合开关有 HZ10 系列，组合开关型号含义说明如下。



HZ10 系列组合开关的外形、结构和符号如图 1-6 所示。

(4) 低压断路器

1) 低压断路器的用途和分类。低压断路器又称自动空气断路器，主要用于保护交、直

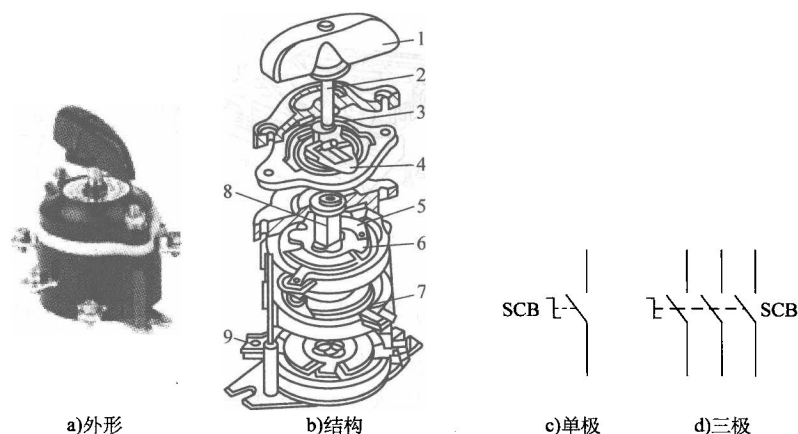
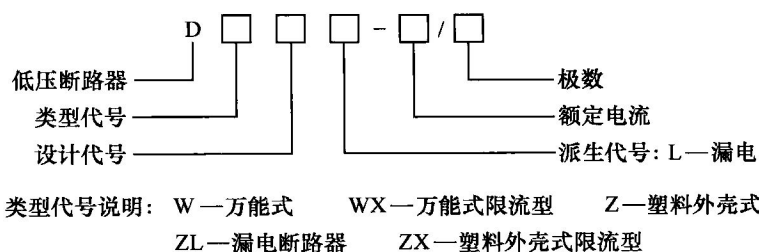


图 1-6 HZ10 系列组合开关的外形、结构和符号

1—手柄 2—转轴 3—扭簧 4—凸轮 5—绝缘垫板
6—动触头 7—静触头 8—绝缘杆 9—接线柱

流低压电网内用电设备和电路，使之免受过电流、短路、欠电压等不正常情况的危害，同时也可用于不频繁起动的电动机操作或转换电路，是低压配电系统中的主要配电电器器件。电压适用范围为交流电压 1200V、直流电压 1500V 及以下电压。

低压断路器有多种分类方法，按极数可分为单极、双极、三极和四极；按灭弧介质可分为空气式和真空式，目前应用最广泛的是空气断路器；按动作速度可分为快速型和一般型；按结构型式分有塑料型外壳式和万能式（也叫框架式）。低压断路器型号及含义说明如下。



2) 低压断路器的工作原理。图 1-7 是低压断路器的工作原理，图中主触头 2 有 3 对，串联在被保护的三相主电路中，手动扳动按钮为“合”位置（图中未画出），这时主触头 2 由锁键 3 保持在闭合状态，锁键 3 由搭钩 4 支持着。要使开关分断时，扳动按钮为“分”位置（图中未画出），搭钩 4 被杠杆 7 顶开（搭钩可绕轴 5 转动），主触头 2 就被弹簧 1 拉开，电路分断。

低压断路器的自动分断，是由过电流脱扣器 6、欠电压脱扣器 11 和双金属片 12（热脱扣器）使搭钩 4 被杠杆 7 顶开而完成的。过电流脱扣器 6 的线圈和主电路串联，当电路工作正常时，所产生的电磁吸力不能将衔铁 8 吸合，只有当电路发生短路或产生很大的过电流时其电磁吸力才能将衔铁 8 吸合，撞击杠杆 7，顶开搭钩 4，使触头 2 断开，从而将电路分断。

欠电压脱扣器 11 的线圈并联在主电路上，电路电压正常时，欠电压脱扣器产生的电磁

吸力能够克服弹簧 9 的拉力而将衔铁 10 吸合；如果电路电压降到某一值以下，电磁吸力小于弹簧 9 的拉力，衔铁 10 被弹簧 9 拉开，衔铁撞击杠杆 7 使搭钩顶开，则主触头 2 分断电路。

当电路发生过载时，过载电流通过热脱扣器的发热元件而使双金属片 12 受热弯曲，于是杠杆 7 顶开搭钩，使触头断开，从而起到过载保护的作用。低压断路器最大的好处是脱扣器可以重复使用，不需要更换。

低压断路器的外形、图形符号和文字符号如图 1-8 中所示。

3) 低压断路器的主要技术参数

① 额定电压 (U_N)：额定电压分额定工作电压、额定绝缘电压和额定脉冲耐压。额定工作电压是指与通断能力以及使用类别相关的电压值，对于多相电路是指相间的电压值；额定绝缘

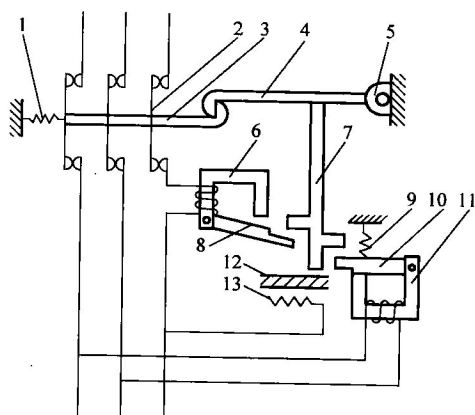
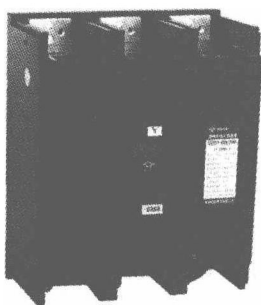
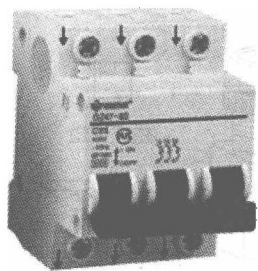


图 1-7 低压断路器工作原理

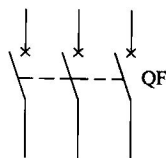
- 1, 9—弹簧 2—触头 3—锁键 4—搭钩
5—轴 6—过电流脱扣器 7—杠杆
8, 10—衔铁 11—欠电压脱扣器
12—双金属片 13—电阻丝



a) DZ20 系列低压断路器外形



b) DZ47 系列低压断路器外形



c) 图形符号和文字符号

图 1-8 低压断路器的外形、图形符号和文字符号

电压是低压断路器的最大额定工作电压；额定脉冲耐压是指工作时所能承受的系统中所发生的开关动作过电压值。

② 额定电流 (I_N)：额定电流就是持续电流，也就是脱扣器能长期通过的电流。对于带有可调式脱扣器的低压断路器，额定电流指可长期通过的最大工作电流。

③ 额定短路分断能力 (I_m)：低压断路器的额定分断能力是指在规定的条件（电压、频率、功率因数及规定的试验程序等）下，能够分断的最大短路电流值。

4) 低压断路器的选用。低压断路器的一般选用原则为：

① 低压断路器的额定电压和额定电流应不小于电路的正常工作电压和负载电流。

② 热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。

③ 电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应大于负载正常工作时可能出现的峰值电流；用于控制电动机的低压断路器，其瞬时脱扣整定电流应按 $I_z \geq KI_n$ 。式中， K 为安全系数，可取 1.5 ~ 1.7； I_n 为电动机的起动电流。



- ④ 欠电压脱扣器的额定电压应等于电路的额定电压。
- ⑤ 低压断路器的极限通断能力应不小于电路最大短路电流。

5) 低压断路器的安装与使用

- ① 低压断路器应垂直安装，固定后，应安装平整，不应有附加机械应力。
- ② 电源进线应接在低压断路器的上母线上，而接往负载的出线则应接在下母线上。
- ③ 为防止发生飞弧，安装时应考虑到低压断路器的飞弧距离，并注意到在灭弧室上方接近飞弧距离处不跨接母线。如果是塑壳式产品，进线端的裸母线宜包上 200mm 长的绝缘物，有时还要求在进线端的各相间装隔弧板。设有接地螺钉的产品，均应可靠接地。

2. 低压控制电器

(1) 主令电器 主令电器是用作接通或断开控制电路，以发出指令或用作程序控制的开关电器。常用的主令电器有按钮、位置开关、万能转换开关和主令控制器等。

1) 按钮。按钮是一种用人力操作，并具有储能复位功能的开关电器。按钮的触头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的通断，而是在电气控制电路中发出指令或信号去控制接触器、继电器等电器，再由它们控制主电路的通断、功能转换或电气联锁。

① 按钮的结构：按钮一般由按钮帽、复位弹簧、常闭触头、常开触头、接线柱及外壳等部分构成，按钮的外形、结构与符号如图 1-9 所示。

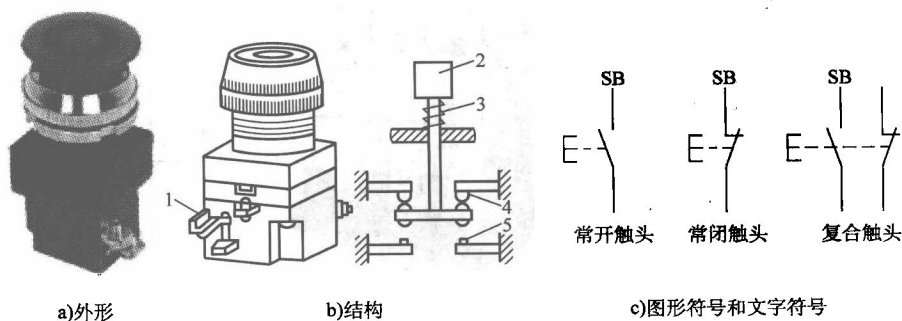
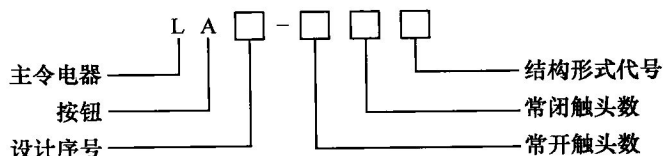


图 1-9 按钮的外形、结构与图形符号和文字符号

1—接线柱 2—按钮帽 3—复位弹簧 4—常闭触头 5—常开触头

② 按钮的型号：按钮的型号说明如下：



结构形式代号说明 K—开启式 H—保护式 S—防水式 F—防腐式

J—紧急式 X—旋钮式 Y—钥匙式 D—带灯按钮

按钮的使用场合非常广泛，规格品种很多，目前生产的按钮产品有 LA10、LA18、LA19、LA25、LAY3、LAY4 系列等，其中 LA25 是通用型按钮的更新换代产品。在选用时可根据使用场合酌情选择不同类型产品，LA18、LA19 系列按钮的外形如图 1-10 所示。

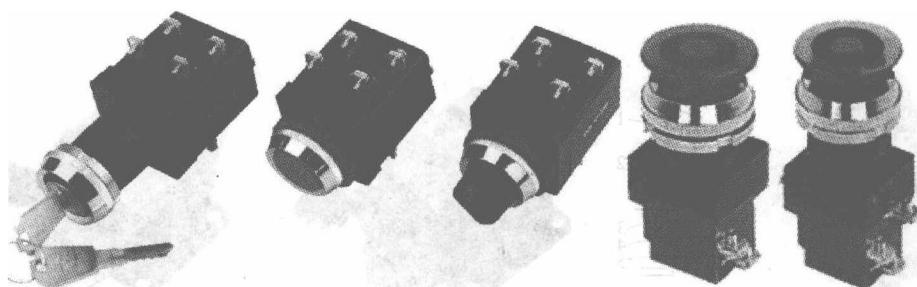


图 1-10 LA18、LA19 系列按钮的外形

为了便于操作人员识别，避免发生误操作，生产中用不同的颜色和符号标志来区别按钮的功能及作用，按钮颜色的含义见表 1-1。

表 1-1 按钮颜色的含义

颜色	含义	说明	应用示例
红	紧急	危险或紧急情况操作	急停
黄	异常	异常情况时操作	干预、制止异常情况
绿	安全	安全情况或为正常情况准备时操作	起动/接通
蓝	强制性的	要求强制动作情况下的操作	复位功能
白	未赋予特定含义	除急停以外的一般功能的起动	起动/接通（优先）停止/断开
灰			起动/接通 停止/断开
黑			起动/接通 停止/断开（优先）

③ 按钮选择的基本原则：

根据使用场合和具体用途选择按钮的种类，如嵌装在操作面板上的按钮可选用开启式。

根据工作状态指示和工作情况要求，选择按钮或指示灯的颜色，如起动按钮可选用绿色、白色或黑色。

根据控制电路的需要选择按钮的数量，如单联钮、双联钮和三联钮等。

2) 位置开关。位置开关主要用于将机械位移转变为电信号，用来控制生产机械的动作。它包括行程开关、微动开关和接近开关等。

① 行程开关：行程开关是一种按工作机械的行程，发出命令的开关。其作用原理与按钮相同，区别在于它不是靠手指的按压动作，而是利用生产机械运动部件的碰压使其触头动作，从而将机械信号转换为电信号，图 1-11a 为直动式行程开关的外形及结构原理。通常，行程开关用于机床、自动生产线和其他生产机械的限位及流程控制。

行程开关的使用场合非常广泛，规格品种很多，但各系列的基本结构大体相同，都是由触头系统、操作机构和外壳组成。各系列中根据结构形式不同又可分为直动式、单轮旋转式和双轮旋转式，如图 1-11 所示。根据触头动作方式可分为蠕动型和瞬动型两种，蠕动型行程开关适用于撞块移动速度大于 0.007m/s 的场合，否则应选用瞬动型行程开关，如 LX19

型。



图 1-11 行程开关的外形及结构原理

1—顶杆 2—弹簧 3—常闭触头 4—触头弹簧 5—常开触头

目前机床中常用的行程开关有 LX19 和 JLXK1 等系列，引进产品有 3SE3 等系列。

行程开关的图形符号和文字符号如图 1-12 所示。

② 微动开关：微动开关是行程非常小的瞬时动作开关，其特点是操作力和操作行程短，用于机械、纺织、轻工、电子仪器等各种机械设备和家用电器中作限位保护和联锁等。

微动开关随着生产发展的需要，向体积小和操作行程小的方向发展，控制电流却有增大的趋势；在结构上有向全封闭型发展的趋势，以避免空气中尘埃进入触头之间影响触头的可靠导电。

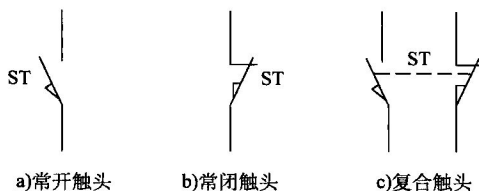


图 1-12 行程开关的图形符号和文字符号

目前使用的微动开关有 LXW2—11 型、LXWS5—11 系列、JW 系列、LX31 系列等，如图 1-13 所示。

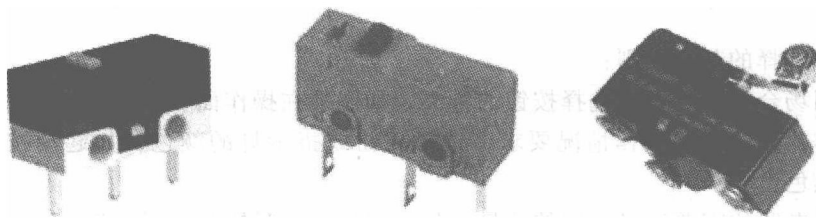
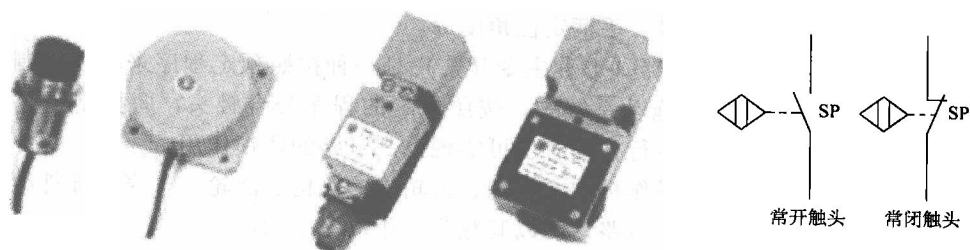


图 1-13 常用微动开关的外形

③ 接近开关：接近开关即无触头行程开关，内部为电子电路，按工作原理分为高频振荡型、电容型和永磁型 3 种。接近开关在使用时对外连接 3 根线，其中红、绿两根线外接直流电源（通常为 24V），另一根黄线为输出线。供电后，输出线与绿线之间为高电平输出；当有金属物靠近该开关的检测头时，输出线与绿线之间翻成低电平，可利用该信号驱动一个继电器或直接将该信号输入 PLC 等控制电路。

接近开关的外形及其图形符号和文字符号如图 1-14 所示。

3) 万能转换开关。万能转换开关是由多组相同结构的触头组件叠装而成的多回路控制电器，主要用于电气控制电路的转换、电气测量仪表的转换和电动机的控制，也可用于小功率笼型异步电动机的起动、换向和变速。由于它能控制多个回路，适应复杂电路的要求，故



a)JM/JG/JR系列接近开关外形

b)图形符号和文字符号

图 1-14 JM/JG/JR 系列接近开关外形及接近开关图形符号和文字符号

称为万能转换开关。

常用的万能转换开关产品有 LW8、LW6、LW5、LW2 等系列。万能转换开关主要由操作机构、面板、手柄、触头座等组成，触头座最多可以装 10 层，每层均能安装 3 对触头。操作手柄有多档停留位置（最多 12 个档位），底座中间凸轮随手柄转动，由于每层凸轮设计的形状不同，所以用不同的手柄档位，可控制各对触头进行一预定规律的接通或分段。图 1-15a 为 LW2、LW6 和 LW8 系列万能转换开关的外形；图 1-15b 为 LW6 系列万能转换开关其中一层的结构示意图；图 1-15c 为万能转换开关的图形符号和文字符号。表达万能转换开关中的触头在各档位的通段状态，有两种方法，一种是列出表格，另一种就是借助于图 1-15c 那样的图形符号。使用图形表示时，虚线表示操作档位，有几个档位就画几根虚线；实线与成对的端子表示触头，使用多少对触头就可以画多少对。在虚实线交叉的下方只要标黑点就表示实线对应的触头在虚线对应的档位是接通的，不标黑点就意味着该触头在该档位被分断。

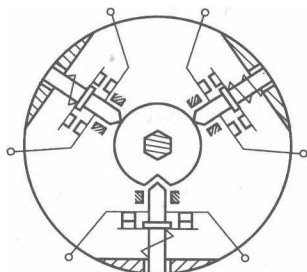


LW2 系列万能转换开关

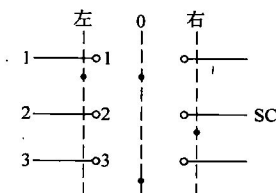
LW6 系列万能转换开关

LW8 系列万能转换开关

a) 万能转换开关的外形



b) LW6 系列万能转换开关其中一层的结构示意图



c) 万能转换开关的图形符号和文字符号

图 1-15 万能转换开关外形、结构示意图及其图形符号和文字符号

万能转换开关的特性参数有：额定电压、额定电流、手柄形式、触头座数、触头对数、