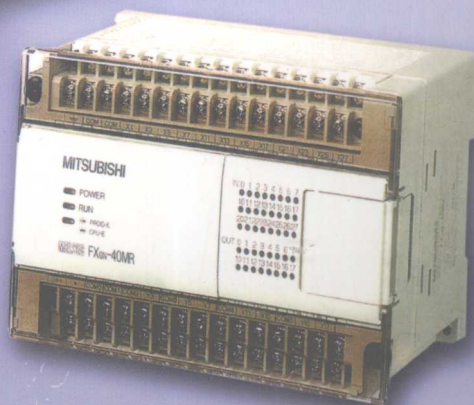
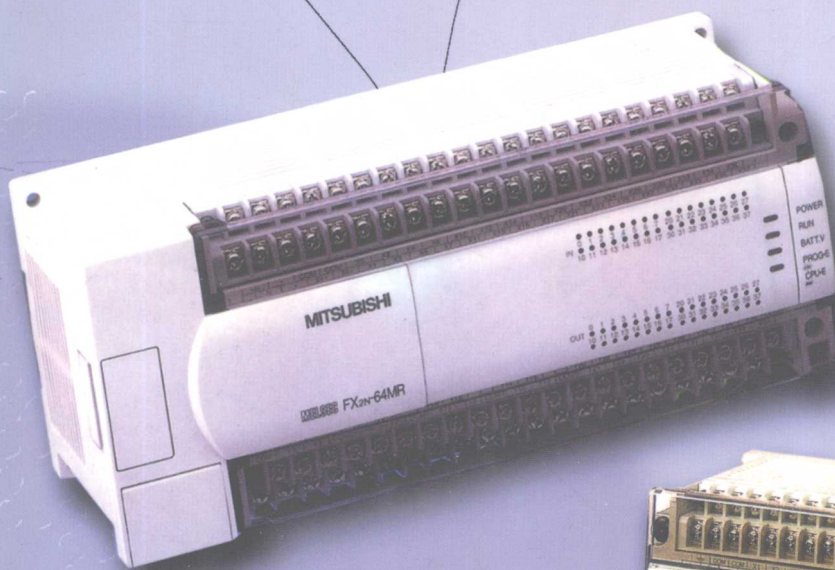


逻辑与可编程 控制系统

LUOJI YU KEBIANCHENG KONGZHI XITONG

© 王兆义 陈治川 陈勇根 编著



上海大学出版社

逻辑与可编程控制系统

王兆义 陈治川 陈勇根 编著

上海大学出版社

·上海·

图书在版编目(CIP)数据

逻辑与可编程控制系统/王兆义,陈治川,陈勇根编
著. —上海: 上海大学出版社, 2003. 6

ISBN 7-81058-466-9

I. 逻... II. ①王... ②陈... ③陈... III. 可编程
程序控制器-高等学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 038184 号

逻辑与可编程控制系统

王兆义 陈治川 陈勇根 编著

上海大学出版社出版发行

(上海市延长路 149 号 邮政编码 200072)

(E-mail: sdcbs@citiz.net 发行热线 56331131)

出版人: 李顺祺

*

上大印刷厂印刷 各地新华书店经销

开本 787×1092 1/16 印张 21.5 字数 528 千

2003 年 6 月第 1 版 2003 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1~1 100

定价: 35.00 元

内 容 简 介

本书简要介绍传统继电接触控制的器件和线路,系统详细介绍可编程控制器(PLC)的原理与应用技术。以三菱电机公司 FX_{2N} 系列和通用电气(GE)公司 PLC 为背景机,介绍其组成、指令、功能模块、编程工具、PLC 网络与通信,以及系统与程序设计的基本方法,还讲解了许多应用举例,并附实训指导。

本书侧重于 PLC 的实际应用技术,实用性强,可作为普通高等工科院校电气工程及自动化、机电一体化、计算机应用、工业自动化技术及其他相关专业的教材,也可供高职高专的相关专业选用,同时也可作为电气技术人员的培训教材和参考书。

前 言

为适应电气控制新技术的发展,编者对以前编著的《小型可编程控制器实用技术》等教材进行了充实、修改,增加了传统的继电器逻辑控制及可编程控制器的内容,既保留了三菱 FX 机型,又增加了通用电气(GE)公司的小型机介绍。

全书内容包括六章和六个附录。

第一章讲述电器控制基础,介绍常用低压控制电器,主要对继电器接触器逻辑控制基本线路以及由此组成的各种典型继电器接触器控制线路的基本原理和分析方法进行说明。

第二章阐明可编程控制器的组成与原理,介绍可编程控制器的产生背景、特点、分类、发展、组成以及运行原理。可编程控制器填平了继电器逻辑控制和计算机控制之间的鸿沟。

第三章讲解三菱小型可编程控制器,介绍了三菱电机公司最新可编程控制器 FX_{2N} 的硬件构成、指令系统、编程工具和程序设计方法及特殊功能模块。

第四章阐述通用电气公司可编程控制器,介绍 GE Fanuc 系列 90 Micro PLC、系列 90 - 30 PLC、系列 90 - 70 PLC 的硬件组成,指令系统,对编程工具进行说明。

第五章介绍可编程控制器的通信及网络,21 世纪的可编程控制器几乎都可以联网通信,本章简要介绍了一些可编程控制器的典型网络。

第六章讲解可编程控制器的工程设计和应用举例,根据多年的教学科研积累,系统介绍了可编程控制器的工程设计方法和应用实例。

附录中给出了三菱电机和通用电气小型可编程控制器应用技术的实训指导及指令补充说明资料等。

本书由王兆义教授任主编,他编写第一、第二、第三和第五章以及附录 A、C、D、E、F;陈治川副教授编写第六章及附录 B;陈勇根老师编写第四章。在编写本书过程中,上海理工大学方承远教授、上海大学俞修海教授、上海工程技术大学魏炳贵副教授都给编者极大帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限,书中难免存在错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

2003. 3

目 录

第一章 电器控制基础	1
第一节 控制电器概述	1
第二节 电器控制线路	15
第二章 可编程控制器的组成及原理	26
第一节 可编程控制器概述	26
第二节 可编程控制器的基本结构和工作原理	29
第三章 三菱小型可编程控制器	41
第一节 三菱小型 PLC 概述	41
第二节 三菱小型 PLC 的指令系统	49
第三节 三菱小型 PLC 特殊功能模块	104
第四节 三菱小型 PLC 编程器、编程软件	110
第四章 通用 GE FANUC 可编程控制器	132
第一节 GE FANUC PLC 概述	132
第二节 GE FANUC PLC 的指令系统	138
第三节 GE FANUC PLC 编程软件简介	175
第五章 可编程控制器的通信及网络	188
第一节 可编程控制器联网通信概述	188
第二节 可编程控制器的典型网络	193
第六章 可编程控制器控制系统的设计和应用	206
第一节 PLC 控制系统的设计思路和步骤	206
第二节 PLC 应用于无强电驱动的小系统	212
第三节 简易的 PLC 工业控制系统	215
第四节 PLC 与上位 PC 机的并行通信	218
第五节 简单四层送货电梯的 PLC 控制	222
第六节 用步进指令控制的交通信号灯	226
第七节 数据的判别和处理	229
第八节 可设置和显示数据的控制系统	231
第九节 能实时修改参数的 PLC 控制系统	235
第十节 功能指令的其他应用	240

附录	246
附录 A 三菱小型 PLC 实训指导书	246
附录 B GE 公司 PLC 实训指导书	274
附录 C FX 系列 PLC 功能指令汇总表	286
附录 D FX 系列 PLC 指令执行时间一览表	296
附录 E FX 系列 PLC 的特殊软元件	305
附录 F GE Fanuc 系列 90 PLC 主要性能一览表	330
参考文献	333

第一章

电器控制基础

自动化技术的不断发展,新的自动化控制器件不断出现,它们在工业控制中发挥着越来越重要的作用。然而,在目前的工业生产现场,许多传统的控制电器,如按钮、各种开关、继电器、接触器等,仍然在继续使用,而且不可能完全被替代。本章所述的电器控制基础知识,一方面是基本控制电器的性能与使用,一些简单的、要求不高的加工机械的电器控制基本上仍由这一类控制电器来实现。另一方面,介绍几种典型的电器控制线路。本章的目的是为读者补充有关的电器控制基础知识,为后面的可编程控制器的编程及应用打下基础。

第一节 控制电器概述

控制电器是一种能根据外界的信号要求,手动或自动地接通或断开电路,断续或连续地改变电路参数,以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节所使用的电气设备。也就是说,控制电器是一种控制电的工具。一般讲的控制电器是指工作在交流 1 200 V 或直流电压 1 500 V 以下的电路中的电气设备。本节所介绍的就是这类用于开关控制的控制电器。

一、控制电器的分类

控制电器可以视为一种具有二值的逻辑元件,即开关器件。这些器件在输入条件的控制下,无论是自动的还是非自动的,其输出或者使电路完全导通(记作 ON),或者使电路完全断开(记作 OFF)。控制电器的品种规格繁多,按工作电压、用途和工作原理不同可进行如下分类。

(一) 按工作电压等级分类

(1) 低压电器 工作电压在交流 1 200 V 或直流 1 500 V 以下的电器。例如继电器、接触器、刀开关、熔断器、起动器等。

(2) 高压电器 工作电压高于交流 1 200 V 或直流 1 500 V 以上的电器。

(二) 按用途分类

(1) 控制电器 用于各种控制电路和控制系统的电器。例如接触器、各种控制继电器、起动器等。

(2) 主令电器 用于自动控制系统中发送控制指令的电器。例如控制按钮、主令开关、

行程开关、转换开关等。

(3) 保护电器 用于保护电设备的电器。例如熔断器、热继电器、避雷器等。

(4) 执行电器 指用于完成某种动作或传动功能的电器。如电磁铁、电磁阀等。

(三) 按工作原理分类

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

(2) 非电量控制电器 电器的工作是靠外力或某种非电物理量的变化而动作的电器。例如刀开关、行程开关、按钮、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

本书不准备系统介绍各类控制电器的设计原理和结构上的细节,而是着眼于从应用角度了解并掌握各种控制电器的主要性能、结构特点及基本用法。因此,本节将着重介绍电气控制系统中的接触器、继电器、主令电器等。读者在学习时应尽量结合生产实践或参观实物,以增加感性认识。

二、常用典型控制电器

(一) 开关电器

常用的开关电器有刀开关、转换开关、断路器等,它们广泛应用于配电线路作电源的隔离、保护与控制。

1. 刀开关

刀开关是一种广泛应用的手动电器。刀开关由操作手柄、触刀、静插座和绝缘底板组成。依靠手动来实现触刀插入插座与脱离插座的控制。刀开关按刀数可分为单极、双极和三极。刀开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、通断能力等。通断能力一般是指在额定条件下,能在额定电压下接通和分断的电流值。

刀开关在安装时,手柄要向上,不得倒装或平装,避免由于重力自动下落而引起误动作合闸。接线时应将电源线接在上端,负载线接在下端,这样拉闸后刀片与电源隔离,防止意外事故发生。

刀开关的图形符号及文字符号如图 1-1 所示。

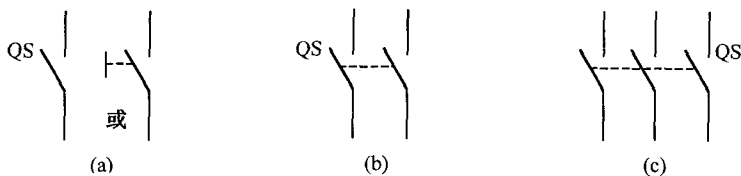


图 1-1 刀开关的符号
(a) 单极 (b) 双极 (c) 三极

2. 转换开关

转换开关又称组合开关,常用于电气设备中非频繁通断的电路、转接电源和负载,控制小容量感应电动机。

转换开关由动触头、静触头、转轴、手柄定位机构等组成。转换开关的结构示意图如图 1-2 所示,转换开关的图形符号和文字符号如图 1-3 所示。

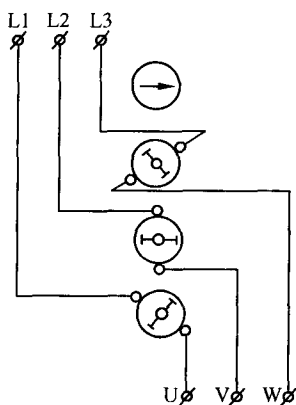
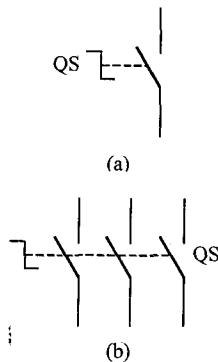


图 1-2 转换开关结构示意图

图 1-3 转换开关的符号
(a) 单极 (b) 三极

3. 断路器

断路器俗称自动开关，常用于低压配电电路的不频繁通断控制。在电路发生短路、过载或欠电压一类故障时，能自动分断故障电路，起保护作用。

断路器的种类很多，图 1-4 是一种塑壳断路器的工作原理图。断路器主要有三个基本部分组成：触头、灭弧系统和各种脱扣器。包括过电流脱扣器、失压脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器。

开关是靠操作机构手动或电动合闸的，触头闭合后，自由脱扣机构将触头锁在合闸位置上。当电路发生故障时，通过各自的脱扣器使自由脱扣机构动作，自动跳闸实现保护作用。

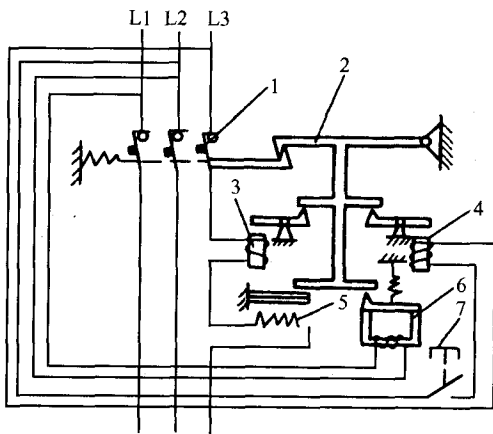


图 1-4 断路器工作原理图

1—主触头 2—自由脱扣机构 3—过电流脱扣器 4—分励脱扣器
5—热脱扣器 6—欠电压脱扣器 7—按钮

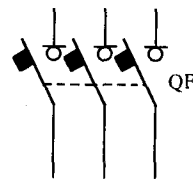


图 1-5 断路器符号

断路器的主要技术参数有：额定电压、额定电流、极数、脱扣器类型等。断路器的图形符号及文字符号如图 1-5 所示。

(二) 熔断器

熔断器是一种利用熔化而切断电路的保护电器。熔断器主要由熔体和熔管等部分组成。其中熔体由易熔金属材料铝、锡、锌、银及其合金制成,通常制成丝状或片状。熔管是安装熔体的外壳,在熔体熔断时兼有灭弧作用。图 1-6 是熔断器的外形图。

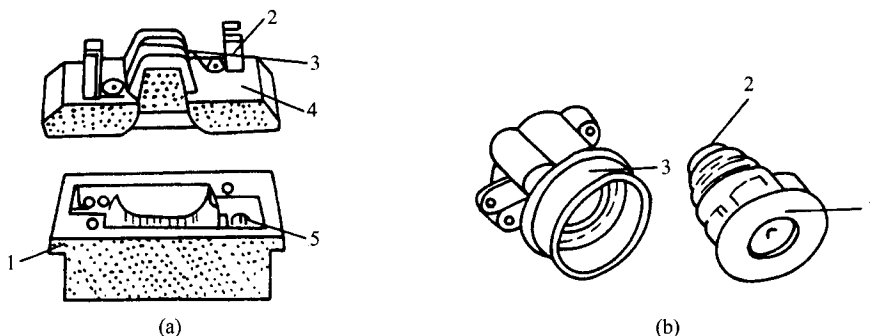


图 1-6 熔断器的外形图

(a) RC1 型

1—瓷底座 2—动触头 3—熔体 4—瓷插件 5—静触头

(b) RL1 型

1—瓷帽 2—熔体 3—底座

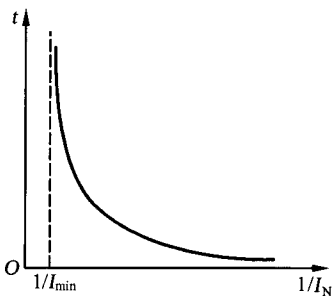


图 1-7 熔断器的安秒特性曲线

熔断器串接在被保护的电路中,当电路正常工作时,熔断器允许通过一定大小的电流而熔体不熔化;但当电路发生短路或过载时,熔体中流过很大的电流,产生的热量达到熔体的熔点时,熔体熔化,自动切断电路,从而达到保护的目。电流通过熔体时产生的热量与电流的平方和电流通过的时间成正比,因此电流越大,熔体熔断的时间越短。这一特性叫熔断器的安秒特性,即熔断器的熔断时间与熔断电流的关系曲线,如图 1-7 所示。图中 $I_{\min}$ 为最小熔化电流,即通过熔断器电流小于此电流时,熔断器不会熔断。 I_N 是熔体熔断的额定电流,所选择的熔体额定电流 I_N 应小于

$I_{\min}$ 。熔断器安秒特性数值关系见表 1-1。

表 1-1 熔断器安秒特性关系

熔断电流	$1.25 \sim 1.3 I_N$	$1.6 I_N$	$2 I_N$	$2.5 I_N$	$3 I_N$	$4 I_N$
熔断时间	∞	1 h	40 s	8 s	4.5 s	2.5 s

熔断器的类型也很多。例如插入式熔断器常用系列 RC1A,常用于民用和工业的照明电路中。螺旋式熔断器常用产品有 RL6、RL7、RLS2 等系列。RL6、RL7 多用于机床配线电路中,RLS2 为快速熔断器,主要用于保护硅整流元件和晶闸管等半导体元件。RZ1 系列是一种自复式新型熔断器,在电路中,这种熔断器只能限制故障电流,而不能切断故障电路,一般与断路器配合使用。

熔断器的图形符号及文字符号示于图 1-8 中。

熔断器的选择分类型选择、额定电压选择、额定电流选择。其类型选择要根据线路要求、使用场合、安装条件来确定；熔断器的额定电压应大于或等于线路的工作电压；熔断器的额定电流大小与负载的大小及性质有关，对于阻性负载的短路电流保护，应使熔断器的熔体额定电流等于或略大于电路的工作电流，电容器设备中，电容器电流是经常变化的，一般情况下，熔体的额定电流应大于电容器额定电流的 1.6 倍。



图 1-8
熔断器
的符号

(三) 主令电器

在自动控制系统中专用于发布控制指令的电器叫主令电器。主令电器的种类很多，按作用分为控制按钮、位置开关、万能转换开关等。

1. 控制按钮

在低压控制电路中，控制按钮发布手动控制指令。控制按钮结构示意图如图 1-9 所示。

控制按钮是由按钮帽、复位弹簧、触头和外壳组成。按钮在外力作用下，首先断开常闭触头，然后再接通常开触头。复位时，常开触头先断开，常闭触头后闭合。

目前使用较多的产品有 LA18、LA20、LA25 系列。随着计算机技术的不断发展，控制按钮又派生出用于计算机系统的弱电按钮新产品，如 SJL 系列弱电按钮，体积小，操作灵敏。

控制按钮一般用红色表示停止按钮，绿色表示起动按钮。控制按钮的图形符号及文字符号示于图 1-10。

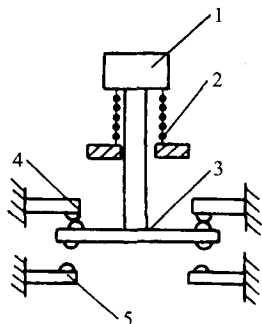


图 1-9 按钮结构示意图

- 1—按钮帽 2—复位弹簧
3—动触头 4—常闭静触头
5—常开静触头

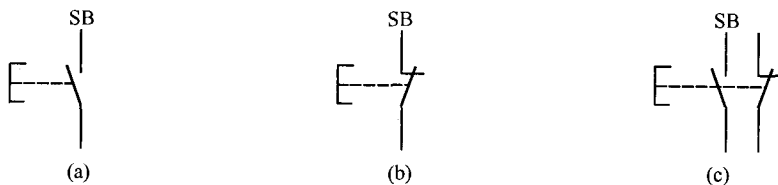


图 1-10 按钮的符号

(a) 常开触头 (b) 常闭触头 (c) 复式触头

2. 位置开关

位置开关在电气控制系统中，用以实现顺序控制、定位控制和位置状态的检测。位置开关又可行程开关、接近开关、光电开关等几种。

(1) 行程开关 行程开关是一种利用生产机械的某些运动部件的碰撞来发出控制指令的主令电器。当行程开关用于位置保护时，也叫限位开关。从结构上看，行程开关可分三部分：操作机构、触头系统和外壳。图 1-11 是 LX19 系列行程开关外形图。

行程开关的品种规格很多。行程开关的操作机构有直动、滚动直动、杠杆单轮、双轮等。行程开关选用时，应根据不同使用场合，满足额定电压、额定电流、复位方式等方面要求。行程开关的图形符号及文字符号如图 1-12 所示。

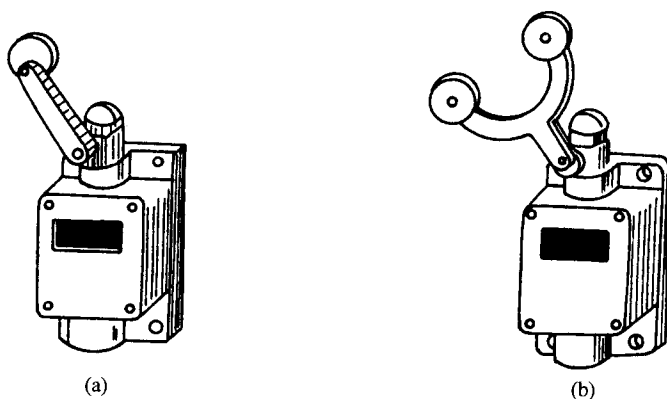


图 1-11 LX19 系列行程开关

(a) 单轮旋转式 (b) 双轮旋转式

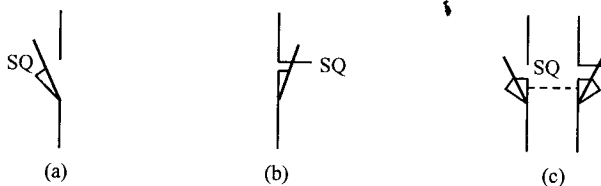


图 1-12 行程开关的符号

(a) 常开触头 (b) 常闭触头 (c) 复式触头

(2) 接近开关 接近开关又称无触点行程开关,是一种不直接接触方式进行控制的位置开关。它不仅能代替有触点行程开关来完成行程控制和限位保护等,还可用于高速计数、测速、检测零件尺寸等。

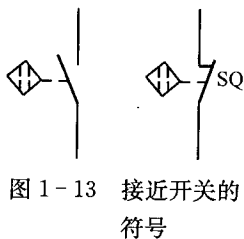


图 1-13 接近开关的符号

接近开关按其工作原理分为高频振荡型、电容型、永磁型等。其中以高频振荡型最为常用。高频振荡型接近开关的电路由振荡器、放大器和输出三部分组成。当有金属物体接近高频振荡器的线圈时,使振荡回路参数变化,振荡减弱直到终止而输出控制信号。接近开关的主要技术参数有:工作电压、输出电流、动作距离等。接近开关的文字符号与行程开关相同,而图形符号如图 1-13 所示。

(3) 光电开关 光电开关是光电传感器的俗称,它也是一种无触点的位置开关,是以不直接接触方式进行控制的器件。光电开关不仅能代替有触点的行程开关来完成行程控制和限位保护,也可用于计数、测速、检测等。由于光电开关体积小、寿命长、工作稳定可靠、重复定位精度高等优点,所以在工业生产方面已获得广泛应用。

光电开关种类繁多,主要技术指标有电源电压、检测距离、输出方式、响应时间、检测方式等。

3. 万能转换开关

万能转换开关是一种多挡位、控制多回路的组合开关。由于转换电路多,用途广泛,又称为万能转换开关。常用的万能转换开关有 LW5、LW6 等系列。

LW6 系列万能转换开关由操作机构、面板、手柄及触头座等主要部件组成,其操作位置有 2~12 个,触头底座有 1~10 层,其中每层底座均可装三对触头,并由底座中间的凸轮进行控制。万能转换开关各档电路通断状况有两种表示方法,一种是图形表示法,另一种是列表表示法。图 1-14(a)是 LW6 系列转换开关中某一层的结构原理示意图。其文字符号为 SA,图 1-14(b)是图形法表示电路通断状况的一个实例,在零位时 1、3 两路接通;在左位时仅 1 路接通;在右位时仅 1 路接通。

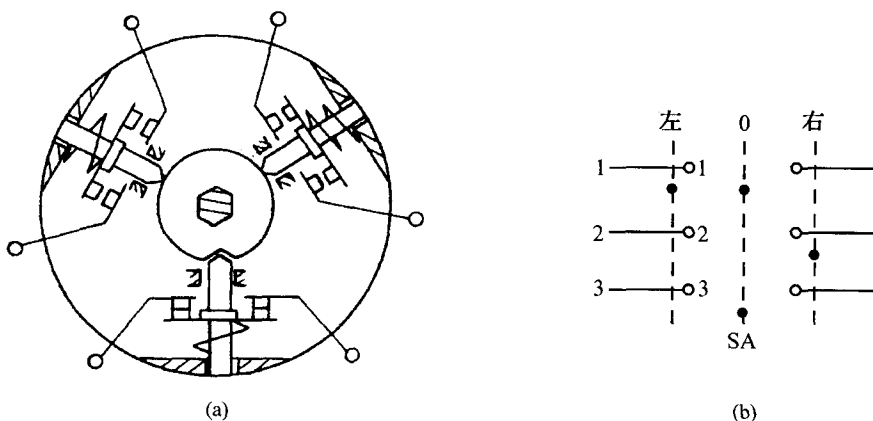


图 1-14 万能转换开关

(a) 结构示意图 (b) 符号

(四) 接触器

接触器是用来接通或切断电动机或其他负载主电路的一种控制电器,在电力拖动自动控制线路中被广泛应用。接触器有交流接触器和直流接触器两大类型。

1. 接触器的结构与原理

一般接触器由以下几部分组成:电磁机构、触头系统、灭弧装置、其他部件。现将主要部件介绍如下。

(1) 电磁机构 电磁机构是接触器及其他电磁式电器的主要组成部分之一,它的主要作用是将电磁能量转换为机械能量,带动触头动作,从而完成接通或分断电路。

电磁机构由吸引线圈、铁心、衔铁等几部分组成。

常用的磁路结构示于图 1-15,可分为三种型式。图 1-15(a)所示的是衔铁沿棱角转动的拍合式铁心,这种型式广泛应用于直流电器中。图 1-15(b)所示是衔铁沿轴转动的拍合式铁

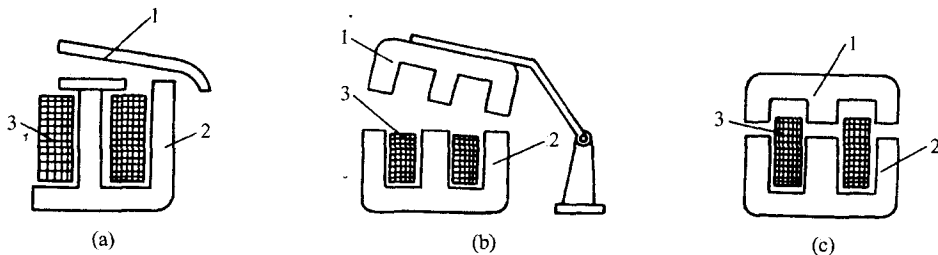


图 1-15 常用的磁路结构

1—衔铁 2—铁心 3—吸引线圈

心,其铁心形状有 E 形和 U 形两种,此种结构多用于触点容量较大的交流电器中。图 1-15(c)所示的是衔铁直线运动的双 E 形直动式铁心,多用于交流接触器和继电器中。通常直流电磁铁的铁心是用整块钢材或工业纯铁制成,而交流电磁铁的铁心则用硅钢片叠铆而成。

吸引线圈 吸引线圈的作用是将电能转换为磁场能量。按电流种类不同可分为直流线圈和交流线圈。

(2) **触头系统** 触头是接触器及其他电器的执行部分,起接通和分断电路的作用。因此,要求触头导电、导热性能良好,其触头常用银质材料。

触头有以下几种结构型式。

① **桥式触头** 图 1-16(a)是两个点接触的桥式触头,图 1-16(b)是两个面接触的桥式触头,两个触点串于同一条电路中。点接触型式触头适用于电流不大且触头压力小的场合,面接触型式适用于大电流的场合。

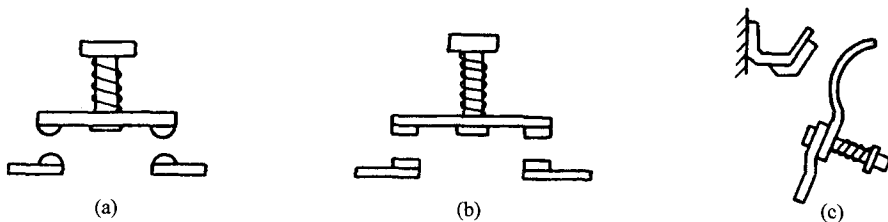


图 1-16 触头的结构型式

② **指形触头** 图 1-16(c)所示为指形触头,其接触区为一直线,触头接通或分断时产生滚动摩擦。这种型式的触头适用于通电次数多、电流大的场合。

为了使触头接触得更加紧密,以减小接触电阻,并消除开始接触时产生的振动,在触头上装有接触弹簧,在刚刚接触时产生压力,并且随着触头闭合增大触头压力。

(3) **电弧的产生及灭弧方法** 接触器的触头在大气中断开电路时,如果被断开电路的电流超过某一数值,断开后加在触头间隙两端电压超过某一数值(12 V~20 V 之间)时,则触头间隙中就会产生电弧。电弧实际上是触头间气体在强电场作用下产生的电离放电现象。当触头间刚出现分断时,两触头间距离极小,电磁场极大,在高热和强电磁场作用下,金属内部的自由电子从阴极表面逸出,奔向阳极,这些自由电子在电场中运动时撞击中性气体分子,使之激励和电离,产生正离子和电子,在触头间隙中产生大量的带电粒子,使气体导电形成了炽热的电子流即电弧。

电弧产生后,伴随高温产生并发出强光,将触头烧损,并使电路的切断时间延长,严重时还会引起火灾。因此,应采取适当措施熄灭电弧。常用的灭弧方法有电动力灭弧、磁吹灭弧、窄缝灭弧、栅片灭弧等。

2. 交流接触器

交流接触器的外形与结构示意图见图 1-17。它由电磁机构、触头系统、灭弧装置等组成。

电磁机构由线圈、动铁心(衔铁)和静铁心组成。交流接触器的触头系统包括主触头和辅助触头。主触头用于通断主电路,有三对或四对常开触头;辅助触头用于控制电路,起电气联锁或控制作用,通常有两对常开常闭触头。容量在 10 A 以上的接触器都有灭弧装置,

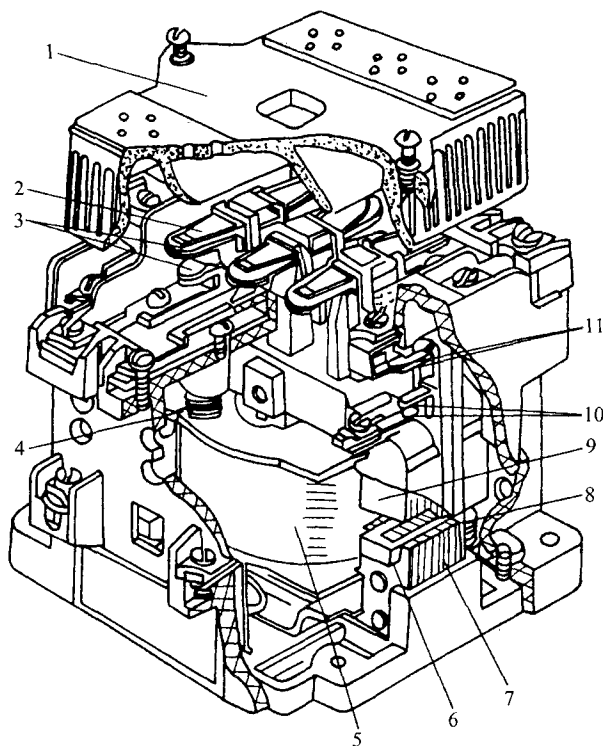


图 1-17 CJ10-20 型交流接触器

- 1—灭弧罩 2—触头压力弹簧片 3—主触头 4—反作用弹簧
5—线圈 6—短路环 7—静铁心 8—弹簧
9—动铁心 10—辅助常开触头 11—辅助常闭触头

小容量的接触器灭弧装置往往是陶土灭弧罩,大容量的接触器常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。另外,交流接触器还有反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构及外壳等。

3. 直流接触器

直流接触器的结构和工作原理基本与交流接触器相同。在结构上也是由电磁机构、触头系统和灭弧装置等部分组成。但也有不同之处,主要区别是铁心结构、线圈形状、触头形状、触头数量和灭弧方式等方面。

4. 接触器的主要技术参数

接触器的主要技术参数有以下几种。

(1) 额定电压 接触器的额定电压是指主触头的额定电压。交流有 220 V、380 V 和 660 V。直流有 110 V、220 V 和 440 V。

(2) 额定电流 接触器的额定电流是指主触头的额定工作电流。目前常用电流等级为 10 A~1 000 A。

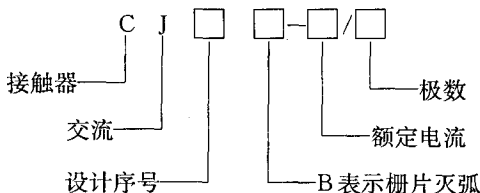
(3) 吸引线圈的额定电压 交流有 36 V、127 V、220 V 和 380 V。直流有 24 V、48 V、220 V 和 440 V。

(4) 额定操作频率 接触器的额定操作频率是指每小时允许的操作次数,一般为

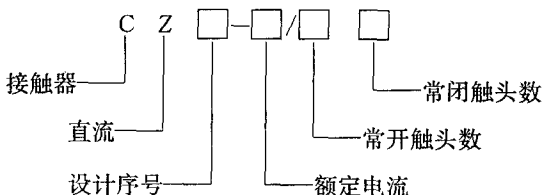
300 次/h、600 次/h 和 1 200 次/h。

常用的交流接触器有 CJ 系列,常用的直流接触器有 CZ 系列。

交流接触器的型号含义:



直流接触器的型号含义:



接触器的图形符号如图 1-18 所示,文字符号为 KM。

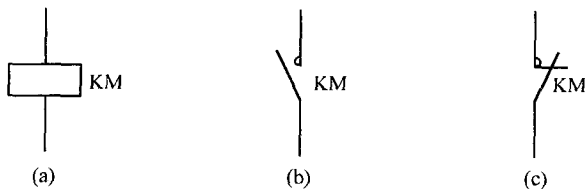


图 1-18 接触器的符号

(a) 线圈 (b) 常开触头 (c) 常闭触头

(五) 继电器

继电器是一种根据特定形式的输入信号而动作的自动控制电器。其输入量可以是电流、电压等电量,也可以是温度、时间、速度、压力等非电量,而输出则是触头的动作或者是电路参数的变化。

继电器的种类很多,按输入信号的性质分为:电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器、压力继电器等。按工作原理可分为:电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器、电子式继电器等。

1. 电磁式继电器

电磁式继电器的结构及工作原理与接触器类似,也是由电磁机构和触头系统组成。主要区别在于:继电器可对多种输入量的变化作出反应,而接触器只有在一定的电压信号下动作;继电器是用于切换小电流的控制电路和保护电路,而接触器是用来控制大电流电路。

电磁式继电器有直流和交流两类。

(1) 电流继电器 电流继电器的线圈与被测量电路串联,以反映电路电流的变化,其线圈匝数少,导线粗,线圈阻抗小。

(2) 电压继电器 电压继电器的线圈与被测量电路并联,以反映电路电压的变化,其线