



劳动和社会保障部职业技能鉴定推荐教材

21世纪 | 规划教材  
高等职业教育 | 双证系列

# 电气控制与PLC 原理及应用

主编 林春方



劳动和社会保障部职业技能鉴定推荐教材

21 世纪 | 规划教材

高等职业教育 | 双证系列

# 电气控制与 PLC 原理及应用

主 编 林春方  
副主编 刘 涛  
参 编 纪圣勇 周 颀  
主 审 张永生

上海交通大学出版社

## 内 容 提 要

本书作为高职“双证课程、加强实训”专业课程体系改革和教材改革的成果之一,是将电气控制技术 with 可编程序控制器控制技术相互贯通,并结合维修电工职业技能鉴定规范,对传统内容进行了压缩和整合而成。本书主要内容有:电气控制电路中的常用电器、电气控制电路、实际控制电路分析与调试、PLC 基础知识、PLC 原理、PLC 的编程语言及基本指令、功能指令、程序设计、PLC 系统设计、实验与实训及维修电工考证指导等。

本书可作为高职高专院校电气工程类、机电一体化类、应用电子技术类专业学生的教学用书,也可作为工程技术人员自学和作为培训教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 原理及应用/林春方主编. —上海:  
上海交通大学出版社,2008

(21 世纪高等职业教育规划教材双证系列)

ISBN978-7-313-04816-5

I. 电... II. 林... III. ①电气控制—高等学校:  
技术学校—教材②可编程序控制器—高等学校:  
技术学校—教材 IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 120748 号

### 电气控制与 PLC 原理及应用

林春方 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:16.75 字数:407 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数:1~3 050

ISBN978-7-313-04816-5/TM·132 定价:28.00 元

---

版权所有 侵权必究

# 前 言

本书立足高职高专教育人才培养目标,本着“淡化理论,够用为度,培养技能,重在实用”的原则,以保证基础,加强应用,体现先进,突出以能力为本位的职教特色为指导思想,在内容上,力求简明扼要,突出重点,主动适应社会发展需要,突出应用性和针对性,加强实践能力培养,努力突出高职教材的特点。本书作为高职“双证课程、加强实训”专业课程体系改革和教材改革的成果之一,是将电气控制技术与可编程序控制器控制技术相互贯通,并结合维修电工职业技能鉴定规范对传统内容进行了压缩和整合而成。本书主要内容有:电气控制电路中的常用电器、电气控制电路、实际控制电路分析与调试、PLC 基础知识、PLC 原理、PLC 的编程语言及基本指令、功能指令、程序设计、PLC 系统设计、实验与实训及维修电工考证指导等。

本书由林春方任主编,负责全书的统稿工作,并编写了第 7 章;刘涛任副主编并编写了第 8,9,10 章;纪圣勇编写了第 1,2,3 章;周颀编写了第 4,5,6 章。全书由安徽电子信息职业技术学院张永生主审。主审以高度负责的态度审阅全书,提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。在本书编写过程中,得到了安徽电子信息职业技术学院的领导和老师们的的大力帮助和支持,在此也向他们表示感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中缺点和错误恳请广大读者批评指正。

编者

2007 年 8 月

# 目 录

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| <b>第 1 章 电气控制电路中的常用电器</b> .....  | 1  |
| 1.1 低压控制电器概述 .....               | 1  |
| 1.2 电磁式控制电器的基本原理 .....           | 2  |
| 1.3 交流接触器 .....                  | 4  |
| 1.4 电磁式继电器 .....                 | 8  |
| 1.5 熔断器.....                     | 11 |
| 1.6 热继电器.....                    | 15 |
| 1.7 自动空气开关.....                  | 18 |
| 1.8 温度继电器.....                   | 20 |
| 1.9 感应式速度继电器.....                | 21 |
| 1.10 漏电继电器 .....                 | 22 |
| 1.11 主令电器 .....                  | 24 |
| 小结 .....                         | 26 |
| 思考与练习 .....                      | 27 |
| <b>第 2 章 电气控制电路</b> .....        | 28 |
| 2.1 电气控制电路的绘图规则及常用符号.....        | 28 |
| 2.2 基本电气控制电路.....                | 31 |
| 小结 .....                         | 40 |
| 思考与练习 .....                      | 40 |
| <b>第 3 章 实际控制电路分析与调试</b> .....   | 42 |
| 3.1 电气控制电路动作流程图.....             | 42 |
| 3.2 直流电动机及其控制电路.....             | 46 |
| 3.3 三相异步电动机及其控制电路.....           | 52 |
| 3.4 多速电动机及其控制电路.....             | 61 |
| 3.5 变频调速.....                    | 62 |
| 3.6 维修电工考证指导(中级) 电机与电气控制部分 ..... | 64 |
| 小结 .....                         | 70 |
| 思考与练习 .....                      | 70 |
| <b>第 4 章 PLC 基础知识</b> .....      | 72 |
| 4.1 概述.....                      | 72 |

|  |            |
|--|------------|
| 4.2 PLC 控制系统与其他控制系统的比较 .....             | 77         |
| 小结 .....                                 | 79         |
| 思考与练习 .....                              | 79         |
| <b>第 5 章 PLC 原理 .....</b>                | <b>80</b>  |
| 5.1 PLC 的基本结构 .....                      | 80         |
| 5.2 PLC 的工作原理 .....                      | 84         |
| 5.3 PLC 的分类及性能指标 .....                   | 89         |
| 5.4 FX 系列 PLC 简介 .....                   | 91         |
| 小结 .....                                 | 94         |
| 思考与练习 .....                              | 95         |
| <b>第 6 章 PLC 的编程语言及基本指令 .....</b>        | <b>96</b>  |
| 6.1 PLC 的编程语言概述 .....                    | 96         |
| 6.2 FX 系列 PLC 的编程元件 .....                | 99         |
| 6.3 FX 系列 PLC 的基本指令 .....                | 109        |
| 小结 .....                                 | 119        |
| 思考与练习 .....                              | 121        |
| <b>第 7 章 功能指令 .....</b>                  | <b>123</b> |
| 7.1 FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 功能指令概述 ..... | 123        |
| 7.2 程序流向控制指令 .....                       | 124        |
| 7.3 比较与传送指令 .....                        | 128        |
| 7.4 四则运算与逻辑运算指令 .....                    | 132        |
| 7.5 循环移位与移位指令 .....                      | 134        |
| 7.6 数据处理指令 .....                         | 138        |
| 7.7 高速处理指令 .....                         | 142        |
| 7.8 方便指令 .....                           | 146        |
| 7.9 外部 I/O 设备指令 .....                    | 151        |
| 7.10 外部设备指令 .....                        | 157        |
| 7.11 浮点数运算指令 .....                       | 160        |
| 7.12 时钟运算与格雷码变换指令 .....                  | 163        |
| 7.13 触点型比较指令 .....                       | 164        |
| 小结 .....                                 | 165        |
| 思考与练习 .....                              | 167        |
| <b>第 8 章 程序设计 .....</b>                  | <b>168</b> |
| 8.1 根据电气控制图设计梯形图 .....                   | 168        |
| 8.2 常见程序分析 .....                         | 171        |

---

|   |            |
|---|------------|
| 8.3 顺序控制设计方法 .....                      | 175        |
| 8.4 使用 STL 指令编写顺序控制梯形图 .....            | 180        |
| 8.5 使用起保停电路的编程方法 .....                  | 186        |
| 8.6 以转换为中心的编程方法 .....                   | 191        |
| 8.7 具有多种工作方式的系统的编程方法 .....              | 194        |
| 小结 .....                                | 203        |
| 思考与练习 .....                             | 204        |
| <b>第 9 章 PLC 系统设计 .....</b>             | <b>208</b> |
| 9.1 PLC 应用系统设计调试方法 .....                | 208        |
| 9.2 降低 PLC 系统费用的方法 .....                | 213        |
| 9.3 提高系统的可靠性 .....                      | 217        |
| 9.4 PLC 的数据通信 .....                     | 222        |
| 9.5 维修电工考证指导(高级)PLC 部分 .....            | 229        |
| 小结 .....                                | 233        |
| 思考与练习 .....                             | 234        |
| <b>第 10 章 实验与实训 .....</b>               | <b>235</b> |
| 10.1 电气控制部分 .....                       | 235        |
| 10.2 PLC 部分 .....                       | 237        |
| <b>附录 中华人民共和国职业技能鉴定规范(中级维修电工) .....</b> | <b>252</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                       | <b>257</b> |

# 第 1 章 电气控制电路中的常用电器

## 1.1 低压控制电器概述

电器是所有电工器件的总称。凡是用来接通和断开电路,以达到控制、调节、转换和保护目的电工器件都称为电器。低压电器是指工作在直流 1200V、交流 1500V 以下的各种电器。

低压电器种类繁多,也有很多分类方法。按用途可分为两类:

(1) 低压配电电器。主要用于配电电路,对电路及设备进行保护以及通断、转换电源和负载的电器。

(2) 低压控制电器。主要用于控制用电设备,使其达到预期要求的工作状态的电器。

按电器工作条件可分为一般用途低压电器、矿用电器、船用电器、牵引电器、航空电器等。

### 1. 国内低压电器的发展概况

解放前,我国的低压电器工业基本上是空白。解放后,从 1953 年到现在,我国低压电器工业的发展经过全面仿苏、自行设计、更新换代、技术引进、跟踪国外新产品等几个阶段,在品种、水平、生产总量、新技术应用、检测技术与国际标准接轨等方面都取得了巨大成就。当前,我国低压电器的发展正向着更高层次迈进,按照国际标准进行新产品的研制、开发工作。对传统新一代产品向着提高电器元件的性能,大力发展机电一体化产品方向发展,并提出了高性能、高可靠、小型化、多功能、组合化、模块化、电子化、智能化的要求。随着计算机网络的发展与应用,正在研制开发、生产和推广应用各种可通信智能化电器(带微处理器的智能化电器的共同特点是具有完善的保护功能、智能脱扣功能、试验、测量、自诊断、显示、通信等多项组合功能),模块化终端组合电器(模块化终端组合电器是一种安装式终端电器装置,主要特点是实现了电器尺寸模块化、安装轨道化、外形艺术化和使用安全化,是理想的新一代配电装置)和节能电器等,也将是今后相当长时间内,低压电器重要发展方向之一。随着国民经济的发展,我国的低压电器工业将会大大缩短与先进国家的差距,发展到更高的水平,以满足国内外市场的需求。

### 2. 国内外低压电器的发展趋势

低压电器的发展方向,取决于现代工业自动化的需要,以及相关新技术的发展与应用,传统低压电器不断更新换代,目前正向着下面几个方向发展:高性能、高可靠性、智能化、小型化、模块化、组合化和零部件通用化。

计算机网络系统的应用,一方面使低压电器智能化;另一方面使智能化电器与中央控制计算机进行双向通信。不仅提高了低压电器与控制系统的自动化程度,并且实现了信息化,提高了整个系统的可靠性。专用应用软件不仅可实现设计与制造的自动化与优化,还能让设计者在计算机上仿真完成零部件设计、装配和运行,大幅度缩短开发周期与开发费用,提高产品性能。

模块化使电器制造过程大为简便,通过不同模块积木式的组合,使电器可获得不同的附加功能,以实现不同的功能要求。组合化使不同功能的电器组合在一起,有利于使电器结构紧



凑,减少线路中所需元件品种,并使保护特性得到良好配合。

开关电器小型化,一方面是指电器本身的尺寸要小,另一方面是指利用新的灭弧和限流技术,减小喷弧距离或实现“无飞弧”以缩小安装这种电器的开关柜尺寸。

## 1.2 电磁式控制电器的基本原理

### 1.2.1 电磁式低压电器的基本组成

电磁式低压电器是利用电磁现象完成电器电路或非电对象的切换、控制、检测、保护、指示等功能的。

电磁式低压电器的结构示意图如图 1-1 所示,它由以下几部分组成:

- (1) 固定支架系统。为触头、线圈、铁心、弹簧等提供支撑、保护、固定等。
- (2) 电磁系统。依靠线圈通电产生的磁通,使铁心产生吸引力,作为触头动作的力量来源。
- (3) 触头系统。用来对电气回路进行切断或接通的电气部分,是电磁低压电器的执行部分。
- (4) 灭弧系统。在负荷较重时,触头动作会产生较强的电弧,灭弧系统就是专门用来熄灭电弧的。

图 1-1 电磁式低压电器的结构示意图  
1—线圈; 2—铁心; 3—衔铁; 4—弹簧;  
5—动触头; 6—静触头

电磁式低压电器的动作过程:当线圈 1 通电后,将会在铁心 2 中产生磁通  $\Phi$ ,因此产生一吸力吸引衔铁 3 向下移动,并带动触头 5 动作,接通或断开电路。当线圈失电后,衔铁在弹簧 4 弹力的作用下,恢复到线圈通电前的状态,触头也同时复位。

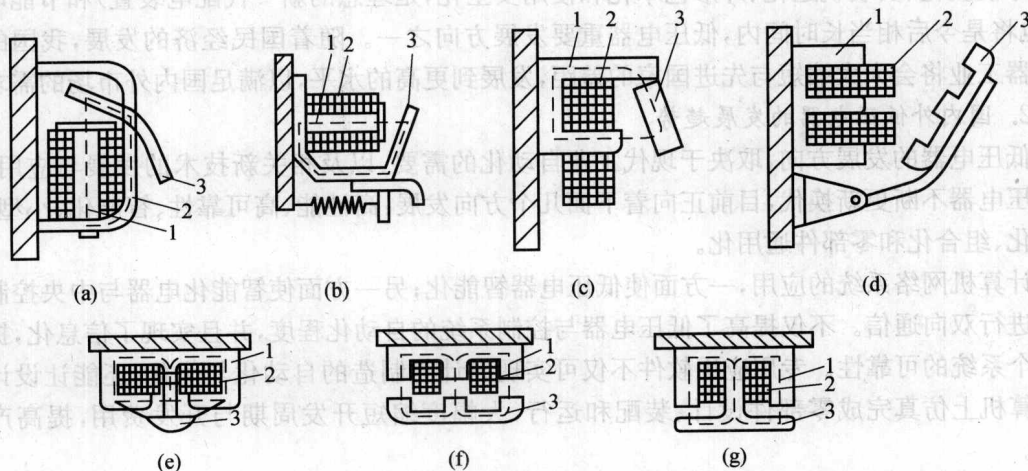


图 1-2 常用电磁机构的型式

1—铁心; 2—线圈; 3—衔铁

## 1.2.2 电磁机构

电磁机构也称电磁系统,它是电磁式继电器和接触器等的主要组成部件之一,其工作原理是将电磁能转换成为机械能,从而带动触头动作。

电磁机构由吸引线圈和磁路两个部分组成。磁路包括铁心、铁轭、衔铁和空气隙。吸引线圈通以一定电压或电流产生激励磁场及吸力,并通过气隙转换为机械能,从而带动衔铁运动使触头动作,以完成触头的断开和闭合。图 1-2 是几种常用的电磁机构示意图。由图可见衔铁在电磁力的作用下可以直动,也可以绕某一支点转动。

## 1.2.3 触头系统

触头是用于切断或接通电器回路的部分。按其接触情况可以分为点接触式、线接触式和面接触式三种,如图 1-3 所示。根据用途不同,触点分为主触点和辅助触点两种:主触点用以通断电流较大的主电路,一般由接触面较大的常开触点组成;辅助触点用以通断电流较小的控制电路,它由常开触点和常闭触点成对组成。

当触头未动作时处于断开状态的触点称为常开(或动合)触点;当触头未动作时处于接通状态的触点称为常闭(或动断)触点。触点材料一般采用银或银的合金,常用的有银-氧化镉、银-钨或铜-钨等。

触头接触时,其基本性能要求接触电阻尽可能小,为了使触头接触得更加紧密,以减小接触电阻,消除开始接触时产生的振动,一般在制造时,在触头上装有接触弹簧,使触头在刚刚接触时产生初压力,并且随着触头的闭合逐渐增大触头互压力。

## 1.2.4 灭弧系统

电器的触头在闭合或断开(包括熔体在熔断时)的瞬时,都会在触头间隙中由电子产生弧状的火花,这种由电器原因产生的火花称为电弧。触头间的电压越高,电弧就越大;负载的电感越大,断开时的火花也越大。电弧会烧坏触头,引起接触不良。因此大容量电器应采取适当措施,将电弧切短、冷却、隔离,以迅速熄灭电弧。为了熄灭电弧,应设法降低电弧温度和电弧强度,常用的灭弧方法有以下几种:

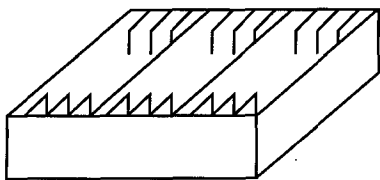


图 1-4 灭弧罩结构图

(1) 罩熄弧。灭弧罩由陶土材料制成,其结构如图 1-4 所示。当电弧发生时,电弧进入灭弧罩内,依靠灭弧罩对触头进行降温,增加带电离子的复合作用,因此使电弧容易熄灭,也防止电弧飞出。

(2) 灭弧栅片熄弧。灭弧栅片是由绝缘材料制成的骨架,再嵌上镀铜的钢片制成(见图 1-5)。安装时,灭弧栅片位于触头的上方,电弧产生后,由于钢片导磁,电弧产生的电磁力使电弧与钢片相吸,电弧进入栅片中,被分成许多串联的短弧。栅片的散热作用和用于交流电流的“阴极效应”使电弧迅速熄灭。

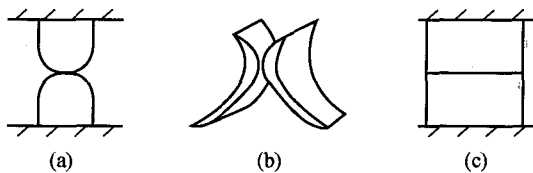


图 1-3 电磁式继电器的触头

(a) 点接触式; (b) 线接触式; (c) 面接触式

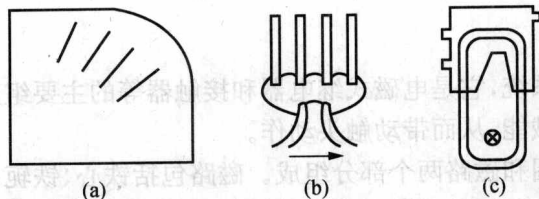


图 1-5 栅片灭弧装置及工作原理

(a)外形图;(b)灭弧过程;(c)电弧的磁场

(3) 磁吹灭弧装置。磁吹装置依靠电弧在磁场中受力,使电弧拉长并得到冷却。磁吹装置由磁吹线圈和触头相串联,即流过磁吹线圈的电流和触头电流相等,因而其导线较粗。灭弧罩由石棉水泥压制而成。磁吹灭弧装置如图 1-6 所示。当触头断开后产生电弧时,在前后两块增磁极板中间将有两个磁场存在:一个是由磁吹线圈产生的磁场,占主要部分;另一个是由电弧产生的磁场,占次要部分。两个磁场相互作用的结果,使电弧沿一定方向受力,合理改变磁吹线圈的绕向,使电弧受力方向一直向外,在此作用力的作用下,电弧被拉长,并受到冷却,复合作用加强,使电弧很快熄灭。采用磁吹灭弧装置,电弧电流越大,电弧受力越大,电弧越容易熄灭;而当电弧电流较小时,电弧受力较小,因此灭弧能力较差,这也是磁吹灭弧装置的缺点。

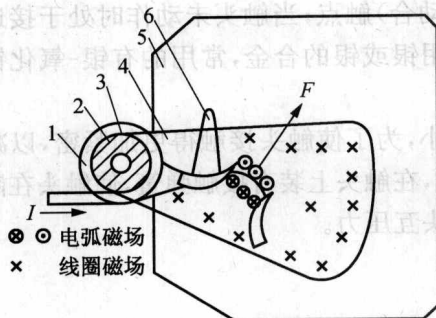


图 1-6 磁吹灭弧

1—磁吹线圈;2—铁心;3—绝缘套管;4—增磁片;  
5—灭弧罩;6—消弧角

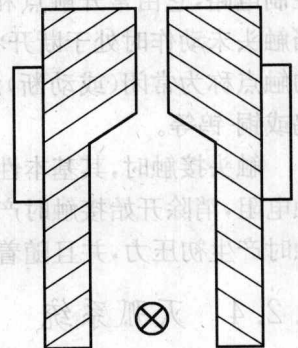


图 1-7 纵缝灭弧

(4) 纵缝灭弧。在产生电弧时,依靠外界磁场或电动力将电弧横吹而进入纵缝,使电弧与纵缝接触而将电弧冷却。图 1-7 所示为纵缝灭弧的一种,缝的下部宽些,以便放置触头。缝的上部较窄,以使电弧能与纵缝壁有良好接触,便于热量交换。

灭弧方法还有很多。低压电器灭弧时,有的只采用上述方法中的一种,也有多种方法并用的,以增加灭弧能力。

### 1.3 交流接触器

接触器是一种用来自动地接通或断开大电流电路的电器,它可以频繁地接通或分断交流电路,并可实现远距离控制。其主要控制对象是电动机,也可用于其他负载。接触器具有控制

量大、过载能力强、操作频繁、工作可靠、设备简单经济等特点,还具有零压保护、欠压释放保护等作用,因此在电器控制中应用十分广泛。

接触器按其流过触点工作电流的种类不同,可分成交流接触器 CJ 型和直流接触器 CZ 型两类。

### 1.3.1 交流接触器的分类

交流接触器的种类很多,其分类方法也不尽相同。按照一般的分类方法,大致有以下几种:

(1) 按主触头极数分,可分为单极、双极、三极、四极和五极接触器。单极接触器主要用于单相负荷,如照明负荷、电焊机等,在电动机能耗制动中也可采用;双极接触器用于绕线式异步电机的转子回路中,启动时用于短接起动绕组;三极接触器用于三相负荷,例如在电动机的控制及其他场合,使用最为广泛;四极接触器主要用于三相四线制的照明线路,也可用来控制双回路电动机负载;五极交流接触器用来组成自耦补偿起动器或控制双笼型电动机,以变换绕组接法。

(2) 按主触头的静态位置分,可分为3种:动合接触器、动断接触器和混合型接触器。主触头为动合触头的接触器用于控制电动机及电阻性负载,用途较广;主触头为动断触头的接触器用于备用电源的配电回路和电动机的能耗制动;而主触头一部分为动合、另一部分为动断的接触器用于发电机励磁回路的灭磁和备用电源。

(3) 按灭弧介质分,可分为空气式接触器、真空式接触器等。依靠空气绝缘的接触器用于一般负载,而采用真空绝缘的接触器常用在煤矿、石油、化工企业及电压在660 V和1140 V等一些特殊的场合。

(4) 按有无触头分,可分为有触头接触器和无触头接触器。常见的接触器多为有触头接触器,而无触头接触器属于电子技术应用的产物,一般采用晶闸管作为回路的通断元件。由于晶闸管导通时所需的触发电压很小,而且回路通断时无火花产生,因而可用于高操作频率的设备和易燃、易爆、无噪声的场合。

### 1.3.2 交流接触器的工作原理

交流接触器的主要结构:

(1) 电磁机构。由铁心、衔铁和电磁线圈组成。

(2) 主触头和灭弧装置。主触头按其容量大小有桥式触头和指形触头两种型式。电流在20 A以上的交流接触器均装有灭弧罩,有的还具有栅片或磁吹灭弧装置。

(3) 辅助触头。它是用在控制电路中起联锁控制作用的触头。触头容量较小,皆为桥式双断点结构且不用装灭弧罩。辅助触头有常开与常闭触头之分。

(4) 反力装置。由释放弹簧和触头弹簧组成,但均不能进行弹簧松紧的调节。

(5) 支架和底座。用于接触器的固定和安装。

交流接触器的工作原理:如图1-8b所示,电磁线圈通电后,在铁心中产生磁通,于是在衔铁气隙处产生电磁力,使衔铁吸合。经传动机构带动主触头和辅助触头动作,主触头接通了主电路,并使常开辅助触头闭合,常闭辅助触头打开,在控制电路中起联锁控制作用。而当电磁线圈断电或电压显著降低时,电磁力吸力消失或减弱,衔铁在释放弹簧作用下释放,使主触头

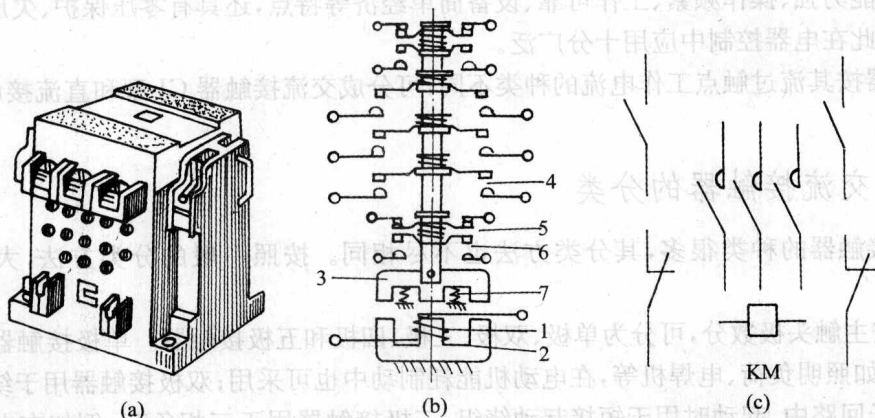


图 1-8 交流接触器的结构和图形符号

(a) 外形；(b) 结构示意图；(c) 图形符号

1—电磁铁线圈；2—静铁心；3—动铁心；4—主触头；5—动断辅助触头；

6—动合辅助触头；7—恢复弹簧

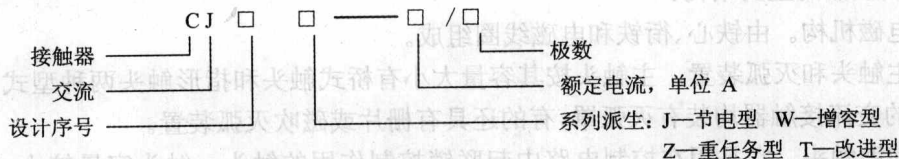
与辅助触头均恢复到原来状态。

### 1.3.3 交流接触器的基本参数

- (1) 额定电压。接触器铭牌上的额定电压是指接触器主触头之间的正常工作电压值。
- (2) 额定电流。接触器铭牌上的额定电流是指接触器主触头之间的正常工作电流值。
- (3) 吸引线圈的额定电压。指接触器电磁线圈正常工作电压值。
- (4) 主触头接通与分断能力。指接触器主触头在规定条件下能可靠地接通和分断的电流值。
- (5) 额定操作频率。指接触器每小时允许的操作次数。

### 1.3.4 交流接触器型号含义与电气符号

交流接触器型号含义：



电气符号：文字符号用 KM 表示，图形符号如图 1-8c 所示。

### 1.3.5 交流接触器的选用方法

交流接触器使用广泛，但随着使用场合及控制对象的不同，接触器的操作条件与工作繁重程度也不同。因此，必须对控制对象的工作情况以及接触器的性能有较全面了解，才能作出正确的选择，保证接触器可靠运行并充分发挥其技术经济效益。为此，应根据以下原则选用接

触器。

- (1) 根据被控电路电压等级来选择接触器的额定电压。
- (2) 根据控制电路电压等级来选择接触器线圈的额定电压等级。
- (3) 主触头的额定电流应大于或等于负载的额定电流。
- (4) 根据所控制负载的工作任务来选择相应使用类别的接触器。

### 1.3.6 交流接触器的常见故障

接触器可能出现的故障很多,表 1-1 列出了一些常见故障、故障原因及故障处理方法。

表 1-1 交流接触器的常见故障

| 故障现象     | 产生故障的主要原因  | 处理方法  |
|----------|--|---|
| 吸不上或吸力不足 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源电压过低或波动过大</li> <li>2. 操作回路电源容量不足,或发生断路,触点接触不良以及接线错误</li> <li>3. 接触器线圈断线,可动部分被卡住</li> <li>4. 触点弹簧压力与超程过大</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电源电压</li> <li>2. 增大电源容量,修理线路和触点</li> <li>3. 更换线圈,修理机械部分</li> <li>4. 按要求调整触点</li> </ol>  |
| 不释放或释放缓慢 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 触点弹簧压力过小</li> <li>2. 触点被熔焊</li> <li>3. 可动部分被卡住</li> <li>4. 反力弹簧损坏</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整触点参数</li> <li>2. 修理或更换触点</li> <li>3. 拆修有关零件再装好</li> <li>4. 更换弹簧</li> </ol>              |
| 线圈过热或烧损  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源电压过高或过低</li> <li>2. 操作频率过高</li> <li>3. 线圈已经损坏或参数不符合要求</li> <li>4. 使用环境特殊,如空气潮湿、含有腐蚀性气体或温度太高</li> </ol>             | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整电源电压</li> <li>2. 按使用条件选用接触器</li> <li>3. 更换或修理线圈或接触器</li> <li>4. 选用特殊设计的接触器</li> </ol>   |
| 噪声较大     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 电源电压过低</li> <li>2. 触点弹簧压力过大</li> <li>3. 铁心截面生锈或粘有油污、灰尘</li> <li>4. 分磁环断裂或铁心磨损过渡</li> </ol>                           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 提高电压</li> <li>2. 调整触点压力</li> <li>3. 清理铁心表面</li> <li>4. 更换铁心或分磁环</li> </ol>                |
| 触点熔焊     | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 操作频率过高或过负荷使用</li> <li>2. 负载侧短路</li> <li>3. 触点弹簧压力过小</li> <li>4. 操作回路电压过低或机械卡住触点停顿在刚接触的位置上</li> </ol>                 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 按使用条件选用接触器</li> <li>2. 排除短路故障</li> <li>3. 调整弹簧压力</li> <li>4. 提高操作回路电压,排除机械卡阻故障</li> </ol> |
| 触点过热或灼伤  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 触点弹簧压力过小</li> <li>2. 触点表面有油污或不平,铜触点氧化</li> <li>3. 环境温度太高,或使用于密闭箱中</li> <li>4. 操作频率过高或工作电流过大</li> </ol>               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 调整触点压力</li> <li>2. 清理触点</li> <li>3. 接触器降容使用</li> <li>4. 选用合适的接触器</li> </ol>               |

(续表)

| 故障现象   | 产生故障的主要原因  | 处理方法                                     |
|--------|--|--|
| 触点过渡磨损 | 1. 接触器选用欠妥<br>2. 负载侧短路<br>3. 三相触点不同步                     | 1. 接触器降容或改用合适的<br>2. 排除短路故障<br>3. 调整使之同步 |
| 相间短路   | 1. 可逆接触器互锁不可靠<br>2. 灰尘、水气、污垢等使绝缘材料导电<br>3. 某些零部件损坏(如灭弧室) | 1. 检修互锁装置<br>2. 经常清理,保持清洁<br>3. 更换损坏的零部件 |

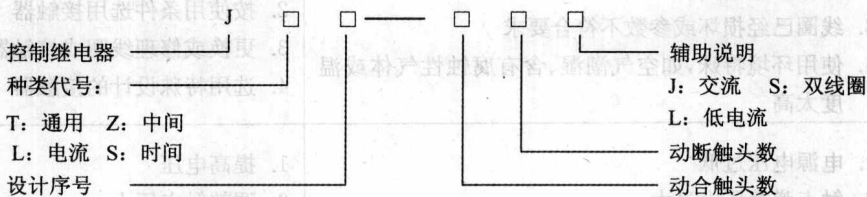
## 1.4 电磁式继电器

继电器是一种当激励输入量的变化达到规定要求时,在电气输出电路中,使被控量发生预定的阶跃变化的开关电器。继电器的输入量可以是电压、电流等电量,也可以是温度、速度等非电量。输出量是触头的动作。

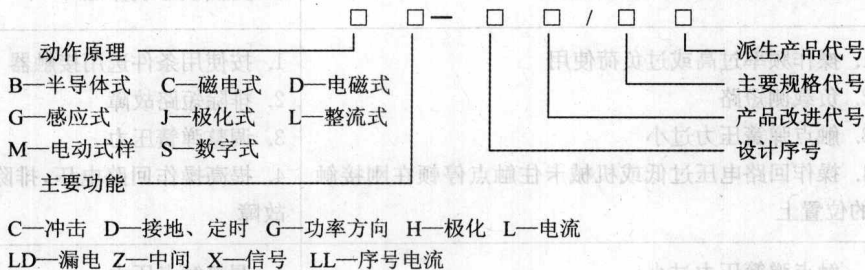
电磁式继电器是输入电压、电流等电量,利用电磁原理使衔铁闭合动作,进而带动触头动作,从而使控制电路接通与断开,实现控制电路状态的改变。继电器的触头容量较小,只能用来接通和分断控制电路,不能用来接通和分断主电路。

### 1.4.1 继电器的型号及电气符号

控制继电器型号编制方法如下:



保护继电器型号命名方法如下:



例如, JT4-11 为通用控制继电器,设计序号 4,动合触头数为 1,动断触头数也为 1。  
 JZ15-62J 为中间继电器,交流操作,设计序号 15,动合触头数为 6,动断触头数也为 6。

### 1.4.2 通用继电器

JT3系列通用型直流继电器,铁心由电工软铁制成,为“U”形。通过更换不同的线圈,可以改变其功用。如可以做成直流电压型继电器、直流电流型继电器及直流中间继电器等。U形铁心上还可装阻尼环,依靠线圈通断时的涡流来阻碍磁场的变化,使继电器在释放时有明显的延时,从而可以做成时间继电器,故称之为“通用型”。其技术指标如表1-2所示。

表 1-2 JT3 系列通用型直流继电器的技术参数

| 动合触头数 | 动断触头数 | 触头电流 | 线圈参数   | 动作值  | 主要用途:用于自动控制电路中 |
|-------|-------|------|--|--|----------------|
| 2     | 2     | 10 A | DC12 V、24 V、48 V、110 V、220 V、400 V                       | 延时:2~5 s<br>电压:吸合电压为30%~85% $U_N$ ;释放电压为7%~20% $U_N$ | 作为电压、中间或时间继电器  |
| 2     | 2     | 10 A |  |  | 作为时间继电器        |
| 2     | 2     | 10 A | DC1.5 A、2.5 A、5 A、10 A、25 A、50 A、100 A、150 A、300 A、600 A | 电流:吸合电流为30%~65% $I_N$ ;释放电流为10%~20% $I_N$            | 作为电流继电器        |

JT4系列为交流继电器。其铁心由硅钢片叠成。同JT3系列相仿,通过更换线圈,可以做成交流电压继电器、交流电流继电器及交流中间继电器。其技术指标如表1-3所示。

表 1-3 JT4 系列通用型交流继电器的技术参数

| 动合触头数 | 动断触头数 | 触头电流 | 线圈参数   | 动作值                                       | 主要用途            |
|-------|-------|------|--|---|-----------------|
| 1     | 1     | 10 A | AC110 V、127 V、220 V、380 V                        | 电压:吸合电压为30%~85% $U_N$ ;释放电压为10%~35% $U_N$ | 作为零电压、过电压、中间继电器 |
| 2     | 0     |      |  |   | 作为电流继电器         |
| 0     | 2     |      | AC5 A、10 A、15 A、25 A、40 A、80 A、150 A、300 A、600 A | 110、200、350 三个刻度                          | 作为电流继电器         |

### 1.4.3 电流继电器

根据线圈中电流大小而动的继电器称为电流继电器。电流继电器可分为过电流继电器和欠电流继电器。它们的线圈串联在主回路中,当电路的电流高于整定值而动作的继电器称为过电流继电器;低于整定值而动作的继电器称为欠电流继电器。过电流继电器常用于电动机的过载及短路保护;欠电流继电器常用于直流电动机磁场控制及失磁保护等场合。

### 1.4.4 中间继电器

中间继电器本质上是电压继电器,它是用来远距离传输或转换信号的中间元件。它输入



的是线圈的通电或断电信号,输出的是多对触头的通断动作。因此,它可用于增加控制信号的数目,因为触头的额定电流大于线圈的额定电流,故它可用来放大信号。

中间继电器的触头对数较多,没有主、辅触头之分,各对触头允许通过的额定电流是一样的,如额定电流都是 5A,而吸引线圈的额定电压有多种,如有 12 V, 24 V, 36 V, 110 V, 127 V, 220 V 和 380 V 等。

#### 1.4.5 时间继电器

当继电器感测部分接受输入信号后,经过一段时间,执行部分才动作,这类继电器称为时间继电器。按它的动作原理可分为电磁式、空气阻尼式、电动式以及电子式等;按延时方式可分为通电延时型和断电延时型两种。下面就以空气阻尼式时间继电器为例说明其工作原理。

阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器。它是利用空气阻尼的作用来延时的。JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器如图 1-9 所示。该时间继电器是由电磁系统、触头系统和延时机构组成的。电磁铁采用直动式双 E 型,触头系统是借助桥式双断点微动开关,从而构成瞬时触头和延时触头两个部分以供控制时选用,延时机构是利用空气通过小孔时可产生阻尼作用的气囊式阻尼器。这种继电器分为通电延时型和断电延时型两种。下面以通电延时型的继电器为例,介绍其动作原理。

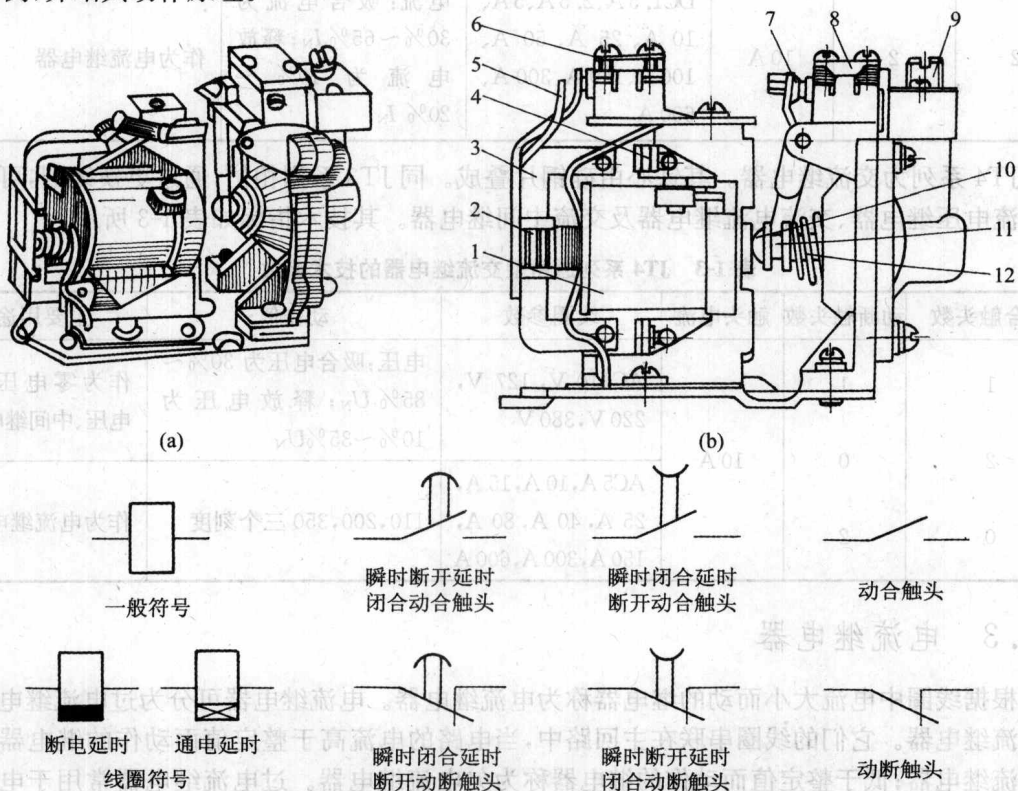


图 1-9 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器

(a) 外形; (b) 结构原理

1—线圈; 2—反作用弹簧; 3—衔铁; 4—静铁心; 5—弹簧片; 6—瞬时触头; 7—杠杆;

8—延时触头; 9—调节螺钉; 10—推板; 11—推杆; 12—螺旋压缩弹簧