

■ 主编 李明河

# 可编程 控制器 原理与应用

KEBIANCHENG  
KONGZHIQI  
YUANLI YU YINGYONG

合肥工业大学出版社

# 可编程控制器原理与应用

主 编 李明河

副主编 金 林



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器原理与应用/李明河主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2008.12

ISBN 978-7-81093-854-9

I. 可… II. 李… III. 可编程序控制器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 201760 号

可编程控制器原理与应用

主编 李明河

责任编辑 陆向军

出版	合肥工业大学出版社	版次	2009年1月第1版
地址	合肥市屯溪路193号	印次	2009年1月第1次印刷
邮编	230009	开本	787毫米×1092毫米 1/16
电话	总编室:0551—2903038 发行部:0551—2903198	印张	15.5
网址	www.hfutpress.com.cn	字数	377千字
E-mail	press@hfutpress.com.cn	印刷	合肥现代印务有限公司
		发行	全国新华书店

ISBN 978-7-81093-854-9

定价:25.00元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

# 前 言

可编程控制器(PLC)自诞生以来,经历了飞速发展的过程,已广泛应用于自动控制系统中。西门子公司的 S7-200、S7-300 分别是应用最广泛的小型 and 中型 PLC。

本书首先简要介绍了低压电器及传统的电气控制技术,为学习 PLC 奠定必要的基础。

本书详细介绍了 PLC 的基本结构和工作原理;介绍了 S7-200、S7-300 系列 PLC 的硬件结构、组态方法、指令系统、程序结构及编程软件的使用;介绍了 S7 系列 PLC 的通信功能,包括 MPI、PROFIBUS 和工业以太网的通信组态、参数设置及编程。每部分内容都给出了大量的例题以帮助读者理解。

本书可作为高等学校工业自动化、电气工程与自动化、计算机科学与技术、机电一体化等专业的教材,也可供相关专业技术人员参考。

本书由安徽工业大学李明河主编,负责全书的统稿及审定工作。其中第 1 章、第 4 章、第 5 章、第 7 章由李明河编写;第 2 章、第 3 章由安徽理工大学金林编写;第 6 章、第 8 章由安徽工业大学查烽炜编写;习题由李明河编写。

因作者水平有限,书中难免有错漏之处,恳请读者指正。

安徽工业大学电气信息学院 李明河

2009 年 1 月

## 目 录

前言	(1)
<b>第 1 章 电器控制基础</b>	
1.1 低压电器	(1)
1.1.1 接触器	(1)
1.1.2 继电器	(4)
1.1.3 熔断器	(8)
1.1.4 开关电器	(10)
1.1.5 主令电器	(11)
1.2 电器控制线路	(13)
1.2.1 电器控制线路图的类型及有关规定	(14)
1.2.2 三相笼型异步电动机全压起动控制线路	(14)
1.2.3 三相笼型异步电动机降压起动控制线路	(17)
1.2.4 三相异步电动机的制动控制线路	(20)
习 题	(23)
<b>第 2 章 可编程控制器的组成及原理</b>	
2.1 可编程控制器概述	(24)
2.1.1 认识可编程控制器	(24)
2.1.2 可编程控制器的发展历程	(24)
2.1.3 可编程控制器控制系统与电器控制系统的区别	(25)
2.1.4 可编程控制器的特点	(26)
2.1.5 可编程控制器的分类	(27)
2.1.6 可编程控制器的应用领域	(27)
2.2 可编程控制器基本结构	(28)
2.2.1 CPU 模块	(28)

2.2.2	存储器	(29)
2.2.3	输入/输出模块	(30)
2.2.4	电源模块	(32)
2.2.5	底板或机架	(32)
2.2.6	可编程控制器系统的其他设备	(32)
2.3	可编程序控制器工作原理	(33)
2.3.1	循环扫描	(33)
2.3.2	可编程控制器工作过程举例	(34)
2.3.3	输入/输出滞后时间	(34)
2.4	可编程控制器编程语言	(35)
2.4.1	可编程控制器程序设计语言简介	(35)
2.4.2	梯形图(Ladder Diagram)	(35)
2.4.3	布尔助记符(Boolean Mnemonic)	(36)
2.4.4	顺序功能图(Sequential Function Chart)	(36)
2.4.5	功能块图(Function Block)	(36)
2.4.6	结构化语句(Structured Text)描述	(37)
	习 题	(37)
<b>第3章 S7-200 的硬件组成及指令系统</b>		
3.1	S7-200 系统概述	(38)
3.1.1	S7-200 系列 PLC 的特点、产品类型及编程软件	(38)
3.1.2	S7-200 系列 PLC 的基本硬件组成	(38)
3.1.3	S7-200 的外形结构	(40)
3.1.4	S7-200 的接口模块	(41)
3.1.5	S7-200 系列的主要技术性能	(41)
3.1.6	S7-200 CPU 模块中的存储器	(44)
3.1.7	S7-200 的运行/停止模式	(49)
3.1.8	程序作业的控制	(50)
3.1.9	S7-200 的外部接线	(51)
3.2	S7-200 指令系统	(51)
3.2.1	指令系统的三种编程语言	(51)
3.2.2	位逻辑指令	(53)
3.2.3	定时器与计数器指令	(58)

3.2.4	程序控制指令	(62)
3.2.5	运算类指令	(65)
3.2.6	数学函数指令	(69)
3.2.7	增减指令	(70)
3.2.8	逻辑运算	(71)
3.2.9	传送类指令	(73)
3.2.10	移位指令	(74)
3.2.11	表功能指令	(77)
3.2.12	转换指令	(78)
3.2.13	中断指令	(82)
3.2.14	通信指令	(83)
3.2.15	高速计数指令和高速脉冲输出指令	(84)
3.3	顺序控制及程序设计	(87)
3.3.1	程序结构	(87)
3.3.2	顺序控制设计法	(87)
3.3.3	顺序功能图	(88)
3.3.4	顺序功能图的基本结构	(90)
3.3.5	顺序功能图中转换实现的基本规则	(92)
3.3.6	绘制顺序功能图的注意事项	(93)
3.3.7	以转换为中心的顺序控制梯形图设计方法	(94)
3.3.8	使用起保停电路设计顺序控制梯形图方法	(98)
3.3.9	使用 SCR 指令的顺序控制梯形图设计方法	(102)
3.3.10	3 个工位旋转工作台控制示例	(104)
3.4	STEP7—Micro/WIN 32 开发环境	(109)
3.4.1	STEP7—Micro/WIN 32 的基本功能	(109)
3.4.2	STEP7—Micro/WIN 32 窗口界面	(109)
3.4.3	编程	(112)
3.4.4	调试和运行	(114)
	习 题	(117)
<b>第 4 章 S7—300 的硬件结构</b>		
4.1	S7—300 系列 PLC 简介	(120)
4.2	I/O 模块地址的确定	(122)

4.3	S7-300 的 CPU 模块	(122)
4.4	S7-300 的输入/输出模块	(125)
4.5	S7-300 的其他模块	(130)
4.6	ET200 分布式 I/O	(132)
4.6.1	ET200 的集成功能	(132)
4.6.2	ET200 的种类	(132)
	习 题	(133)
<b>第 5 章 S7-300 的指令系统</b>		
5.1	S7-300 的编程语言	(134)
5.1.1	PLC 编程语言的国际标准	(134)
5.1.2	STEP7 中的编程语言	(134)
5.2	S7-300 CPU 的存储区	(135)
5.2.1	数制	(135)
5.2.2	基本数据类型	(136)
5.2.3	复合数据类型与参数类型	(137)
5.2.4	CPU 的存储区	(138)
5.2.5	CPU 中的寄存器	(139)
5.3	位逻辑指令	(140)
5.4	定时器指令	(145)
5.5	计数器指令	(148)
5.6	数据处理指令	(151)
5.6.1	装入指令与传送指令	(151)
5.6.2	比较指令	(154)
5.6.3	数据转换指令	(156)
5.7	数学运算指令	(158)
5.7.1	整数数学运算指令	(158)
5.7.2	浮点数数学运算指令	(159)
5.7.3	移位与循环移位指令	(161)
5.7.4	字逻辑运算指令	(164)
5.7.5	累加器指令	(165)
5.8	控制指令	(166)
5.8.1	逻辑控制指令	(166)



5.8.2	程序控制指令	(169)
	习 题	(172)
<b>第 6 章 STEP7 编程软件的应用</b>		
6.1	STEP7 编程软件简介	(174)
6.2	用户程序结构	(175)
6.2.1	用户程序中的块	(175)
6.2.2	线性化编程与结构化编程	(177)
6.3	启动 SIMATIC 管理器并创建项目	(178)
6.3.1	使用向导创建项目	(178)
6.3.2	硬件组态	(179)
6.3.3	编辑符号表	(181)
6.3.4	创建 OB1 块	(182)
6.3.5	对功能块 FB 的编程	(183)
6.3.6	对功能 FC 的编程	(187)
6.3.7	共享数据块的编程	(188)
6.3.8	使用多重背景编程	(189)
6.3.9	下载及在线调试	(192)
6.4	S7-PLCSIM 仿真软件在程序调试中的应用	(194)
	习 题	(195)
<b>第 7 章 S7-300 系列 PLC 的应用</b>		
7.1	电动机单向运行控制	(196)
7.1.1	硬件配置	(196)
7.1.2	程序设计	(197)
7.2	电动机正反向运行控制	(198)
7.2.1	硬件配置	(198)
7.2.2	程序设计	(199)
7.3	自动往返电动机正反转控制	(200)
7.3.1	硬件配置	(200)
7.3.2	程序设计	(201)
7.4	电动机定子串电阻降压起动控制	(202)
7.4.1	硬件配置	(202)

7.4.2	程序设计	(203)
7.5	停车场车辆控制	(203)
7.5.1	停车场车辆控制设计要求	(203)
7.5.2	停车场车辆控制	(204)
	习 题	(207)
<b>第 8 章 S7 系列 PLC 的通信功能</b>		
8.1	计算机通信的国际标准	(208)
8.1.1	开放系统互连模型	(208)
8.1.2	局域网标准 IEEE 802	(209)
8.1.3	现场总线及其国际标准	(210)
8.2	S7 系列 PLC 的通信功能	(210)
8.2.1	现场设备层	(211)
8.2.2	车间监控层	(211)
8.2.3	工厂管理层	(211)
8.3	S7-200 的通信网络	(211)
8.3.1	S7-200 的通信协议	(211)
8.3.2	S7-200 的通信指令	(213)
8.4	S7-300 的通信网络	(214)
8.4.1	概述	(214)
8.4.2	MPI 网络与全局数据通信	(214)
8.4.3	PROFIBUS 现场总线	(220)
8.4.4	西门子工业以太网	(232)
	习 题	(237)
	参考文献	(238)

## 第1章 电器控制基础

随着自动化技术的不断发展,新型自动化控制器件不断出现,在工业控制中发挥着越来越重要的作用。可编程序控制器的产生,取代了老的继电器控制系统。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,作为可编程控制器的输入/输出设备,仍然要被使用。本章的内容包含两个方面:第一,基本控制电器的性能与使用;第二,介绍几种典型的电器控制线路。目的是为读者补充有关的电器控制基础知识,为可编程控制器的应用打下基础。

### 1.1 低压电器

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。简而言之,电器是一种控制电的工具。工作在交流 1200V 或直流 1500V 以下的电路中的电气设备,就是通常所说的低压电器。

大多数的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,或者使电路完全导通,或者使电路完全断开。低压电器的品种规格繁多,按用途可分为 4 类:控制电器、主令电器、保护电器和执行电器。

控制电器是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。

主令电器是用于自动控制系统中发送指令的电器。例如按钮、主令开关、行程开关、转换开关等。

保护电器是用于保护用电设备的电器。例如熔断器、热继电器、避雷器等。

执行电器是用于完成某种动作或传动功能的电器。如电磁铁、电磁阀等。

按工作原理可分为两类:电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器是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。

非电量控制电器是指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。

本书侧重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,着重介绍电气控制系统中的接触器、继电器、主令电器等。

#### 1.1.1 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

接触器由以下几部分组成:电磁机构、触头系统、灭弧装置和其他部件。

(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。常用的磁路结构见图 1-1,可分为三种型式。图 1-1(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 1-1(b)所示的是衔铁沿轴转动的拍合式铁心,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 1-1(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。

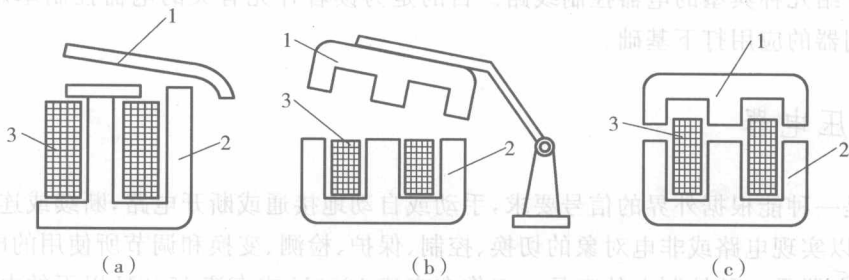


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁 2—铁心 3—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,触头常用银质材料制成。触头有以下几种结构:

①桥式触头 图 1-2(a)是两个点接触的桥式触头,图 1-2(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。

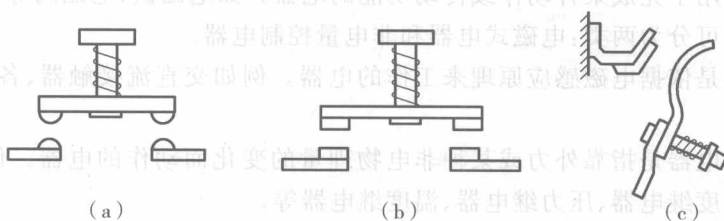


图 1-2 触头的形式

②指形触头 图 1-2(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、窄缝灭弧和栅片灭弧等。

## 2. 交流接触器

图1-3是交流接触器的外形与结构示意图。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,起电气连锁或控制作用,通常有两对常开常闭触头。容量在10A以上的接触器都有灭弧装置,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。

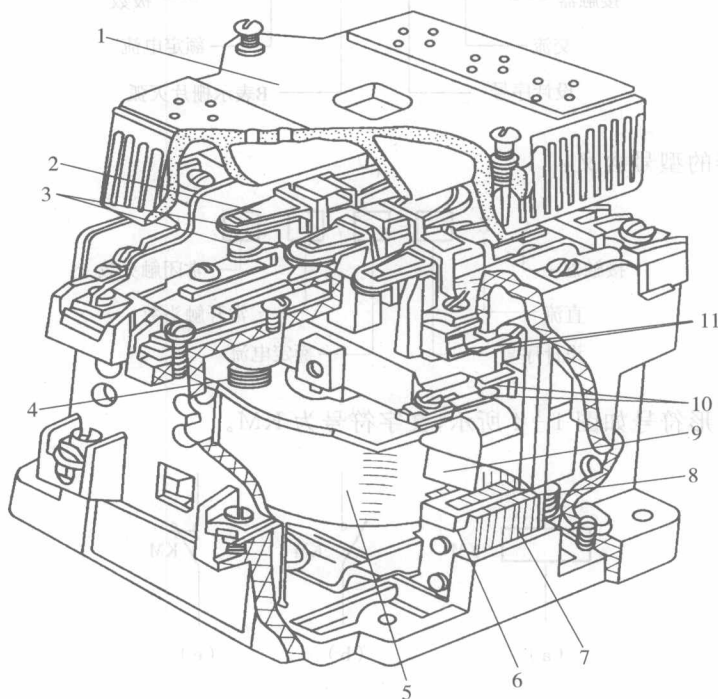


图1-3 CJ10-20型交流接触器

- 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—静铁芯 8—弹簧 9—动铁芯 10—辅助常开触头 11—辅助常闭触头

## 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 220V、380V 和 660V，直流有 110V、220V 和 440V。

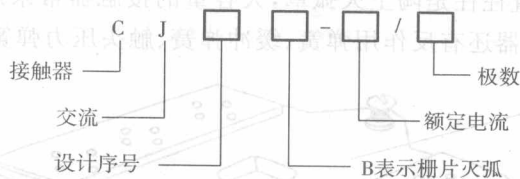
(2) 额定电流 接触器的额定电流是指主触头的额定工作电流。目前常用电流等级为 10—1000A。

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

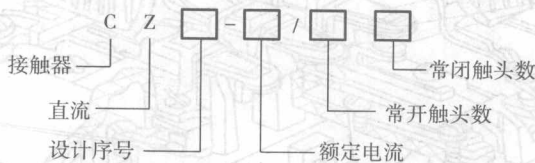
(4) 额定操作频率 接触器的额定操作频率是指每小时允许的操作次数，一般为 300 次/h、600 次/h 和 1200 次/h。

国产常用交流接触器有 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 1-4 所示，文字符号为 KM。

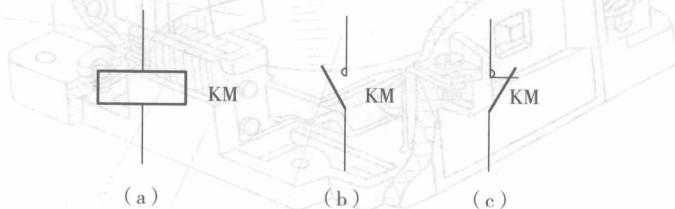


图 1-4 接触器的图形符号

### 1.1.2 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,以反应电路电流的变化,其线圈匝数少,导线粗,线圈阻抗小,不会影响被测量电路的电流。

(2) 电压继电器 电压继电器的线圈与被测量电路并联,以反应电路电压的变化,其线圈匝数多、导线细、线圈阻抗大。

电流继电器和电压继电器根据其用途不同又可分为过电流(或过电压)继电器;欠电流(或欠电压)继电器。前者电流(或电压)超过规定值时铁心吸合,后者电流(或电压)低于规定值时铁心释放。

(3) 中间继电器 中间继电器实质上是一种电压继电器,触头对数多,触头容量较大(额定电流 5~10A),动作灵敏度高。中间继电器主要起信号中继及放大(触点数量及容量)作用。

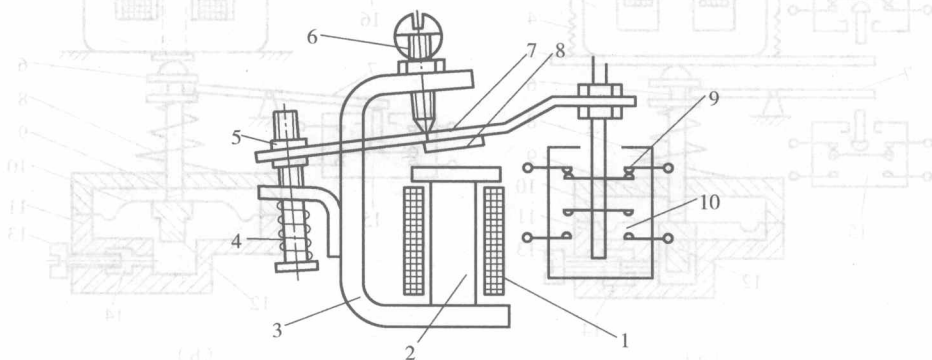


图 1-5 JT3 系列直流电磁式继电器结构示意图

1—线圈 2—铁心 3—磁轭 4—弹簧 5—调节螺钉

6—调节螺钉 7—衔铁 8—非磁性垫片 9—常闭触头 10—常开触头

图 1-5 是 JT3 系列直流电磁式继电器结构示意图。继电器的吸合值和释放值可以根据保护要求在一定范围内调整。电磁继电器的图形符号如图 1-6 所示,电流继电器的文字符号为 KI,电压继电器的文字符号为 KV,中间继电器的文字符号为 KA。

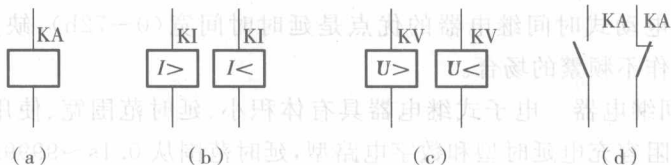


图 1-6 电磁式继电器的符号

(a)线圈一般符号 (b)电流继电器线圈 (c)电压继电器线圈 (d)触头

## 2. 时间继电器

时间继电器是一种利用电磁原理或机械动作原理实现触头延时接通和断开的自动控制电器。按动作原理可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和电子式。

(1) 直流电磁式时间继电器 在直流电磁式电压继电器的铁心上增加一个阻尼铜套,即可构成时间继电器。当线圈通电时,由于衔铁处于释放位置,气隙大,磁阻大,磁通小,铜套阻尼作用相对也小,因此衔铁吸合时延时不显著。而当线圈断电时,磁通变化量大,铜套阻尼作用也大,使衔铁延时释放而起到延时作用,这种继电器仅能作断电延时,延时一般不超过 5s。

(2) 空气阻尼式时间继电器 空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼原理获得延时,它由电磁机构、延时机构和触头系统三部分组成。电磁机构为直动式双 E 形铁心,触头系统是微动开关,延时机构采用气囊式阻尼机构。

空气阻尼式时间继电器可以做成通电延时型,如图 1-7(a)所示;也可以做成断电延时型,如图 1-7(b)所示。电磁机构可以是直流的,也可以是交流的。

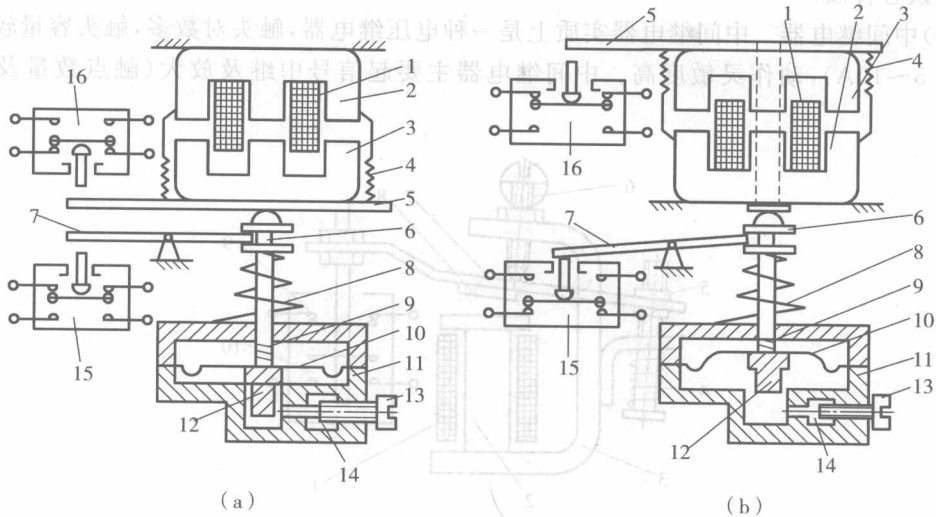


图 1-7 JS7-A 系列时间继电器原理示意图

(a) 通电延时型 (b) 断电延时型

1—线圈 2—铁心 3—衔铁 4—返回弹簧 5—推板 6—活塞杆 7—杠杆 8—塔形弹簧  
9—弱弹簧 10—橡皮膜 11—空气室壁 12—活塞 13—调节螺杆 14—进气孔 15、16—微动开关

空气阻尼式时间继电器结构简单,延时范围大,寿命长,价格低;但这种阻尼式时间继电器的延时误差大,无调节刻度指示,一般适用于于延时精度要求不高的场合。

(3) 电动式时间继电器 电动式时间继电器是由微型同步电动机拖动,有通电延时和断电延时两种类型。电动式时间继电器的优点是延时时间宽(0—72h),缺点是机械结构复杂、价格贵,用于动作不频繁的场所。

(4) 电子式时间继电器 电子式继电器具有体积小、延时范围宽、使用寿命长的优点。就延时原理而论有阻容充电延时型和数字电路型,延时范围从 0.1s~9999min 之间可调。

时间继电器在选择时应根据控制要求选择其延时方式,根据延时范围和精度选择继电器的类型。时间继电器的图形符号如图 1-8 所示,文字符号为 KT。



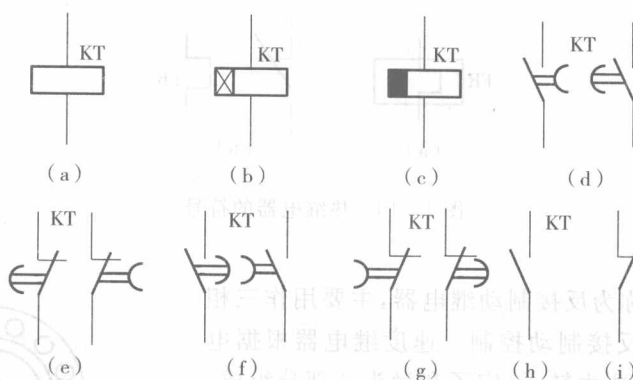


图 1-8 时间继电器符号

(a)线圈一般符号 (b)通电延时线圈 (c)断电延时线圈 (d)延时闭合常开触头 (e)延时断开常闭触头  
(f)延时断开常开触头 (g)延时闭合常闭触头 (h)瞬时常开触头 (i)瞬时常闭触头

### 3. 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理实现电动机过载及断相保护的电器。

热继电器主要由热元件、双金属片、触头系统等组成，双金属片是热继电器的感测元件，它由两种线膨胀系数不同的金属片压焊而成。受热后，两种金属片伸长率不同而弯曲。图 1-9 是热继电器的结构示意图。

热继电器的热元件串在电动机定子绕组中，电动机正常工作时，热元件产生的热量虽然能使双金属片弯曲，但不能使热继电器动作。当电动机过载时，流过热元件的电流增大，经过一定时间后，双金属片推动导板使热继电器触头动作，切断电动机的控制线路。

电动机的断相运行是电动机烧毁的主要原因之一，因此，要求热继电器还应具备断相保护功能，如图 1-9(b)所示。热继电器的导板采用差动机构，在断相工作时，其中两相电流增大，一相逐渐冷却，这样可使热继电器的动作时间缩短，以便更有效保护电动机。热继电器的符号如图 1-10 所示，文字符号是 FR。

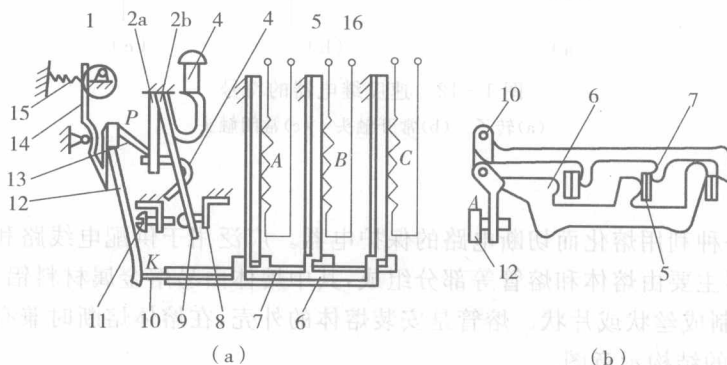


图 1-9 热继电器结构示意图

1—电流调节凸轮 2a、2b—簧片 3—手动复位机构 4—弓簧  
5—主双金属片 6—外导板 7—内导板 8—常闭静触头 9—动触头 10—杠杆  
11—复位调节螺钉 12—补偿双金属片 13—推杆 14—连杆 15—压簧 16—热元件