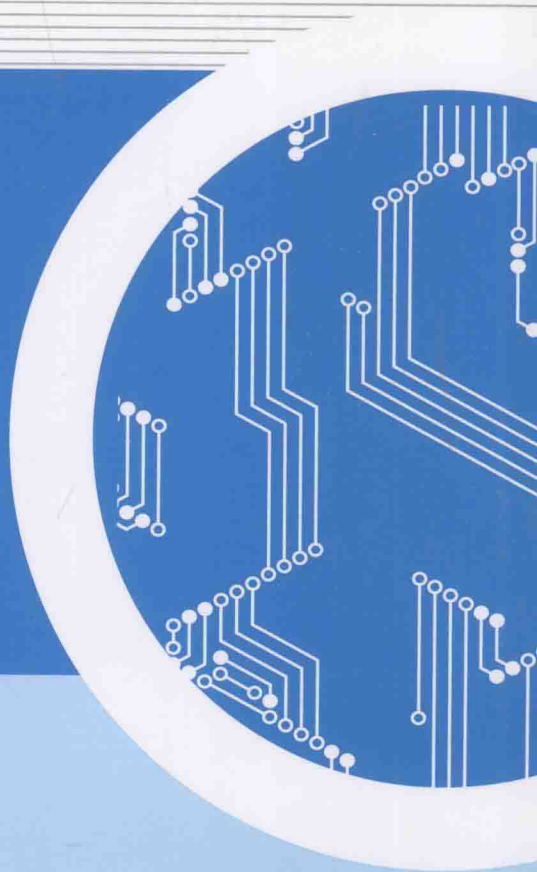


“十二五”规划大学教材

电气控制PLC

主编◎王成旺

PLC



云南出版集团公司
云南科技出版社

电气控制 PLC

主 编 王成旺

副主编 李晓丹

云南出版集团公司

云南科技出版社

• 昆明 •

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制 PLC / 王成旺主编. —昆明: 云南科技出版社, 2013. 8

ISBN 978 - 7 - 5416 - 7406 - 8

I. ①电… II. ①王… 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 (2013) 第 185700 号

责任编辑: 王 韬 王建明 叶佳林

责任校对: 叶水金

责任印制: 翟 苑

封面设计: 魔弹文化

云南出版集团公司

云南科技出版社出版发行

(昆明市环城西路 609 号云南新闻出版大楼 邮政编码: 650034)

三河市新新艺印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 9.5 字数: 202 千字

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定价: 23.00 元

前 言

随着工业自动化和通信技术的蓬勃发展,电气控制技术在各个领域得到越来越广泛的应用。可编程逻辑控制器作为电气控制领域的一项新技术,经过多年的发展,已经形成了完整的工业产品系列。可编程逻辑控制器(PLC)是在计算机技术、通信技术和继电器控制技术的基础上开发出来的,现已广泛应用于工业控制的各个领域。它以微处理器为核心,用编写的程序进行逻辑控制、定时、计数和算术运算等,并通过数字量和模拟量的输入输出来控制机械设备或生产过程。如今 PLC 设计和应用已成为从事工业控制技术的工作人员必须掌握的一门专业技术。

PLC 英文全称 Programmable Logic Controller,中文全称为可编程逻辑控制器,定义是:一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境应用而设计的。PLC 是可编程逻辑电路,也是一种和硬件结合很紧密的语言,在半导体方面有很重要的应用,可以说有半导体的地方就有 PLC。它是专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。PLC 及其有关的外围设备都应该按易于与工业控制系统形成一个整体,易于扩展其功能的原则而设计。

21 世纪,PLC 会有更大的发展。从技术上看,计算机技术的新成果会更多地应用于可编程控制器的设计和制造上,会有运算速度更快、存储容量更大、智能更强的品种出现;从产品规模上看,会进一步向超小型及超大型方向发展;从产品的配套性上看,产品的品种会更丰富、规格更齐全,完美的人机界面、完备的通信设备会更好地适应各种工业控制场合的需求;从市场上看,各国各自生产多品种产品的情况会随着国际竞争的加剧而打破,会出现少数几个品牌垄断国际市场的局面,会出现国际通用的编程语言;从网络的发展情况来看,可编程控制器和其他工业控制计算机组网构成大型的可编程控制器技术的发展方向。伴随着计算机网络的发展,可编程控制器作为自动化控制网络和国际通用网络的重要组成部分,将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。因此掌握 PLC 控制技术对于从事工业控制的专业技术人员来说,已经显得越来越重要。

本书的编写正是为了满足广大初学者对电器及 PLC 技术的学习。包括常用低压电器、电气控制系统的基本电路、控制系统应用实例、可编程序控制器的基本概况、PLC 的基本

结构及工作原理、PLC 机的指令系统及编程方法、FX 系列 PLC 的指令系统及编程方法。并提供了 PLC 应用实例，具有一定的实践性、操作性和应用性。本书重视实践技能的培养，在取材上坚持理论联系实际，同时注意与系列教材的衔接。

本书主编为王成旺，副主编为新乡职业技术学院李晓丹，其中王成旺编写第一章至第四章，李晓丹编写第五章至第六章。

本书深入、细致地教会学生在掌握基本技能的基础上，通晓理论。同时，同步附上理解判断，使得学生能够做到边学、边用和边思考。

可作为机电类、数控类和电气自动化类等专业的教材，也可供各类成人教育和相关技术人员参考。由于时间仓促且编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

第一章 常用低压电器	(1)
第一节 低压电器基础知识	(1)
第二节 接触器	(5)
第三节 继电器	(7)
第四节 熔断器	(13)
第五节 手控电器及主令电器	(15)
第二章 基本的电气控制电路	(24)
第一节 电气控制电路的绘制	(24)
第二节 三相异步电动机的启动电路	(26)
第三节 三相异步电动机的常用制动电路	(35)
第四节 电气控制电路的保护	(37)
第三章 PLC 基本概况	(40)
第一节 PLC 概述	(40)
第二节 PLC 的基本组成	(43)
第三节 PLC 的基本工作原理	(48)
第四节 PLC 的分类	(50)
第五节 常用 PLC 及其性能	(51)
第四章 FX 系列 PLC 的指令系统及编程方法	(57)
第一节 FX 系列 PLC 的内部系统配置	(57)
第二节 FX 系列 PLC 的基本指令	(60)
第三节 常用单元电路及编程	(69)
第四节 步进指令和功能指令	(74)

第五章 PLC 程序设计方法	(89)
第一节 编程方法指导	(89)
第二节 功能表图设计法	(93)
第三节 程序设计举例	(101)
第六章 PLC 的实际应用	(110)
第一节 PLC 控制系统的设计	(110)
第二节 PLC 在化工生产中的应用	(116)
第三节 PLC 在自动生产线上的应用	(120)
第四节 PLC 在机械加工中的应用	(128)
第五节 PLC 在电梯控制中的应用	(134)

第一章 | 常用低压电器

本章概述

本章主要介绍了低压电器的分类,以及主令电器、接触器、继电器、熔断器等常用低压电器的结构和功能特点。

学习目标

了解低压电器的分类,重点掌握接触器、继电器、熔断器的特点。

第一节 低压电器基础知识

电器主要指用于对电路进行接通、分断,对电路参数进行变换,以实现对电路或用电设备的控制、调节、切换、检测和保护等作用的电工装置、设备和元件。

用于交流 50 Hz (或 60 Hz),额定电压为 1 200 V 以下;直流额定电压 1 500 V 及以下的电路中的电器,叫低压电器。

一、低压电器的分类

1. 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。如接触器、各种控制继电器、控制器、启动器等。

(2) 主令电器 用于自动控制系统中发送控制指令的电器。如控制按钮、主令开关、行程开关、万能转换开关等。

(3) 保护电器 用于保护电路及用电设备的电器。如熔断器、热继电器、各种保护继电器、避雷器等。

(4) 配电电器 用于电能的输送和分配的电器。如高压断路器、隔离开关、刀开关、断路器等。

(5) 执行电器 用于完成某种动作或传动功能的电器。如电磁铁、电磁离合器等。

2. 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。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。

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。

3. 按执行机能分类

(1) 有触点电器 利用触点的接触和分离来通断电路的电器。如刀开关、接触器、继电器等。

(2) 无触点电器 利用电子电路发出检测信号, 达到执行指令并控制电路目的的电器。如电感式开关、电子接近开关、晶闸管式时间继电器等。

二、电磁机构

电磁机构由吸引线圈、铁芯、衔铁等几部分组成。

1. 常用的磁路结构

常用的磁路结构可分为三种形式:

- 衔铁沿棱角转动的拍合式铁芯, 如图 1-1 (a) 所示。这种形式广泛应用于直流电器中。

- 衔铁沿轴转动的拍合式铁芯, 如图 1-1 (b) 所示。其铁芯形状有 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。

- 衔铁直线运动的双 E 形直动式铁芯, 如图 1-1 (c) 所示。多用于交流接触器、继电器中。

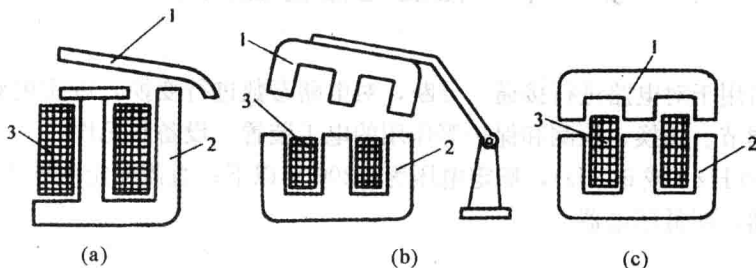


图 1-1 常用的磁路结构

1—衔铁; 2—铁芯; 3—吸引线圈

2. 交流电磁铁的短路环

交流电磁铁磁通是交变的, 当磁通过零时, 电磁铁的吸力也为零, 吸合后的衔铁在反力弹簧的作用下将被拉开, 磁通过零后电磁吸力又增大, 当吸力大于弹簧反力时, 衔铁又吸合。这样反复动作, 使衔铁产生强烈振动和噪声, 甚至使铁芯松散。因此交流电磁铁铁芯端面上都安装一个铜制的短路环。短路环包围铁芯端面约 $2/3$ 的面积, 如图 1-2 所示。短路环把铁芯中的磁通分为两部分, 即不穿过短路环的 Φ_1 和穿过短路环的 Φ_2 , 且 Φ_2 滞后 Φ_1 , 使合成吸力始终大于反作用力, 从而消除了振动和噪声。

三、触点系统和灭弧装置

1. 触点系统

触点是电器的执行部分, 起接通和分断电路的作用。要求触点的导电、导热性能好。触点主要有以下几种结构形式:

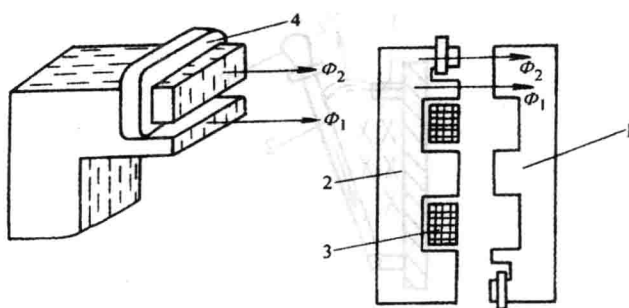


图 1-2 交流电磁铁的短路环

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈；4—短路环

(1) 桥式触点 图 1-3 (a) 是两个点接触的桥式触点，图 1-3 (b) 是两个面接触的触点，均为两个触点串于同一条电路中，电路的接通与断开由两个触点共同完成。点接触形式用于电流不大且触点压力小的场合；面接触形式适用于大电流的场合。

(2) 指形触点 图 1-3 (c) 所示为指形触点，其接触区为一直线，触点接通或分断时产生滚动摩擦，利于去掉氧化膜。此种形式适用于通电次数多、电流大的场合。

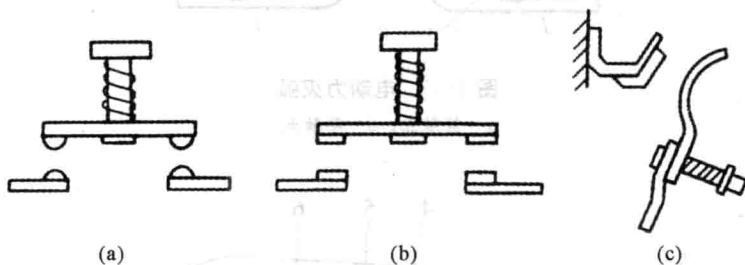


图 1-3 触点的结构形式

2. 灭弧方法

电器采取的灭弧措施，归纳起来主要有下面几种：

(1) 机械力灭弧 依靠触点的分开，机械地拉长电弧，使之冷却并熄灭，如图 1-4 所示。

(2) 电动力灭弧 利用流过导电回路或特制线圈的电流在弧区产生磁场，使电弧受力迅速移动和拉长电弧，如图 1-5 所示。这种灭弧方法一般用于交流接触器等交流电器中。

(3) 磁吹灭弧 在触点电路中串入一个磁吹线圈，负载电流产生的磁场方向如图 1-6 所示。当触点开断产生电弧后，在电动力作用下，电弧被拉长并吹入灭弧罩 6 中，使电弧冷却熄灭。它广泛应用于直流接触器中。

(4) 窄缝灭弧 依靠磁场的作用，将电弧驱入用耐弧材料制成的狭缝中，以加快电弧的冷却，如图 1-7 所示。

(5) 栅片灭弧 将电弧分隔成许多串联的短弧，使电弧迅速冷却而很快灭弧，如图 1-8 所示。

(6) 气吹灭弧 在封闭的灭弧室中，利用电弧自身能量分解固体材料产生气体，来提

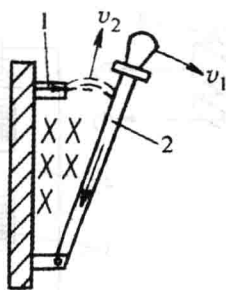


图 1-4 机械力灭弧

1—静触点；2—动触点

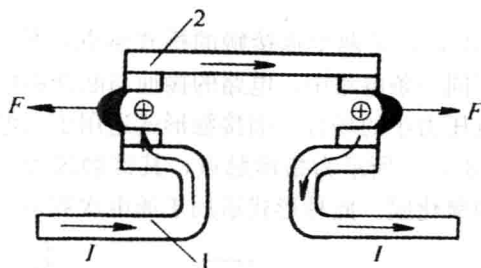
 v_1 —动触点移动速度； v_2 —电弧在磁场力作用下移动速度

图 1-5 电动力灭弧

1—静触点；2—动触点

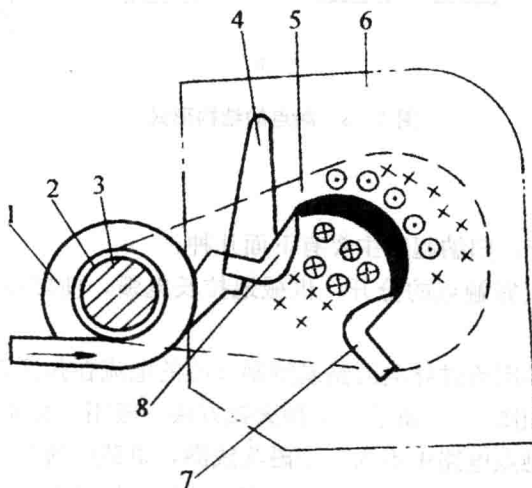


图 1-6 磁吹灭弧

1—磁吹线圈；2—绝缘套；3—铁芯；4—引弧角；

5—导磁夹板；6—灭弧罩；7—动触点；8—静触点

高灭弧室中的压力或者利用产生的气流使电弧拉长和冷却进行灭弧，如图 1-9 所示。

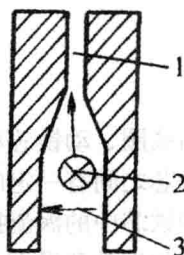


图 1-7 窄缝灭弧

1—窄缝中的电弧；2—电弧电流；3—灭弧磁场

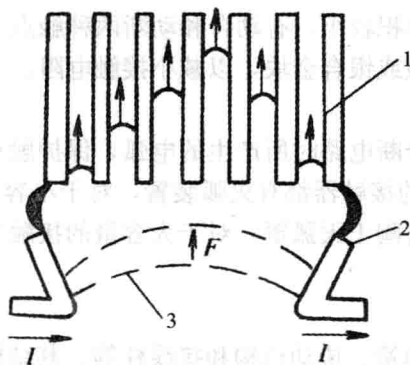


图 1-8 栅片灭弧

1—灭弧栅片；2—触点；3—电弧

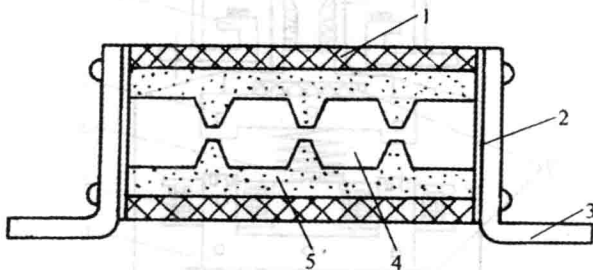


图 1-9 气吹灭弧

1—熔管；2—端盖；3—接线板；4—熔片；5—石英砂

第二节 接触器

接触器主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置组成，是自动控制系统和电力拖动系统中应用广泛的一种低压控制电器。可分为交流接触器和直流接触器两大类型。

一、交流接触器

1. 交流接触器电磁系统

用来操作触点的闭合与分断，包括线圈、动铁芯和静铁芯。线圈由绝缘铜导线绕制而成，一般制成粗而短的圆筒形，并与铁芯之间有一定的间隙，以免与铁芯直接接触而受热烧坏。铁芯由硅钢片叠压而成，以减少铁芯中的涡流损耗，避免铁芯过热。在铁芯上装有短路环，以减少交流接触器吸合时产生的振动和噪声，故又称减振环。

2. 触点系统

分为主触点和辅助触点，用来直接接通和分断交流主电路和控制电路。

主触点用以通断电流较大的主电路，体积较大，一般有三对动合触点；辅助触点用以通断电流较小的控制电路，体积较小，有动合和动断两种触点。触点用导电性能较好的紫铜制成，并在接触部分镶上银或银合金块，以减小接触电阻。

3. 灭弧装置

用来迅速熄灭主触点在分断电路时所产生的电弧，保护触点不受电弧灼伤，并使分断时间缩短。容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置，对于小容量的接触器，常采用双断口桥形触点以利于灭弧，其上有陶土灭弧罩。对于大容量的接触器常采用纵缝灭弧罩及栅片灭弧结构。

4. 其他部件

其他部件包括反作用力弹簧、传动机构和接线柱等。其结构示意图如图 1-10 所示。

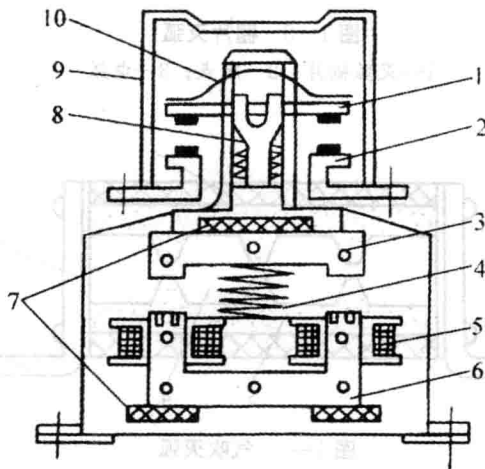


图 1-10 CJ20-63 型交流接触器示意图

1—动触点；2—静触点；3—动铁芯；4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；
6—静铁芯；7—垫毡；8—接触弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力簧片

5. 工作原理

当线圈通入电流后，在铁芯中形成强磁场，动铁芯受到电磁力的作用，便吸向静铁芯。但动铁芯的运动受到反作用力弹簧阻力，故只有当电磁力大于弹簧反力时，动铁芯才能被静铁芯吸住。动铁芯吸下时，带动动触点与静触点接触，从而使被控电路接通。当线圈断电后，动铁芯在反力弹簧作用下迅速离开静铁芯，从而使动、静触点也分离，断开被

控电路。

二、直流接触器

直流接触器在结构与工作原理上与交流接触器基本相同。也是由电磁机构、触点系统和灭弧装置等部分组成。但其铁芯通直流电,不会产生涡流和磁滞损耗,所以不发热。通常将线圈绕制成长而薄的圆筒形,与铁芯直接接触,易于散热。直流接触器灭弧较困难,一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

常用的直流接触器有: CZ0、CZ18 等系列。接触器图形及文字符号如图 1-11 所示。

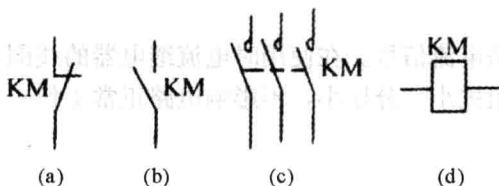


图 1-11 接触器的文字与图形符号

(a) 辅助动断触点; (b) 辅助动合触点; (c) 主触点; (d) 线圈

三、使用接触器的注意事项

- 定期检查接触器的零件,要求可动部分灵活,紧固件无松动,已损坏的零件应及时修理或更换;
- 保持触点表面的清洁,不允许粘有油污,当触点表面因电弧烧蚀而附有金属小珠粒时,应及时去掉,触点若已磨损,应及时调整,消除过大的超程;若触点厚度只剩下 1/3 时,应及时更换;
- 接触器不允许在去掉灭弧罩的情况下使用,因为这样很可能因触点分断时电弧互相连接而造成相间短路事故,用陶土制成的灭弧罩易碎,拆装时应小心,避免碰撞造成损坏;
- 若接触器已不能修复,应予更换,更换前应检查接触器的铭牌和线圈标牌上标出的参数。换上去的接触器的有关数据应符合技术要求,有些接触器还需要检查和调整触点的开距、超程、压力等,使各个触点动作同步;
- 接触器工作条件恶劣时(如:电动机频繁正、反转),接触器额定电流应选大一个等级;
- 避免异物落入接触器内,因为异物可能使动铁芯卡住而不能闭合,磁路留有气隙时,线圈电流很大,时间长了会因电流过大而烧毁。

第三节 继电器

继电器是一种根据外界输入信号来控制电路通断的自动切换电器。继电器种类繁多。随着现代高科技的发展,不断出现高性能、高可靠性、新结构的新型继电器。

- 按用途分:有控制继电器和保护继电器;

- 按动作原理分：有电磁式继电器、电动式继电器、电子式继电器、热继电器等；
- 按输入信号划分：有电流、电压、时间、温度、速度和压力继电器等；
- 按输出形式分：有无触点和有触点继电器等。

一、电磁式继电器

电磁式继电器的结构和工作原理与电磁式接触器相同。主要区别在于：继电器用于切换小电流的控制电路和保护电路，故继电器没有灭弧装置，也无主副触点之分。常用的电磁式继电器有电流继电器、电压继电器和中间继电器。

1. 电流继电器

电流继电器反映的是电流信号。在使用时电流继电器的线圈和被保护的设备串联，其线圈匝数少而线径粗，阻抗小，分压小，不影响电路正常工作。常用的有欠电流继电器和过电流继电器两种。

2. 电压继电器

电压继电器反映的是电压信号。使用时电压继电器的线圈与负载并联，其线圈匝数多而且径细。常用的有过电压、欠电压和零电压继电器。

3. 中间继电器

中间继电器实质是一种电压继电器，它的特点是触点数目较多，触点容量较大，可起到中间扩展触点数或触点容量的作用。

产品系列包括：JL14、JL18、JT18、JZ15、3TH80、3TH82 及 JZC2 等。其中 JL14 系列为交直流欠电流继电器，JL18 系列为交直流过电流继电器，JZ15 为中间继电器，3TH80、3TH82 为接触器式继电器，与 JZC2 系列类似。

电磁式继电器的图形符号如图 1-12 所示。

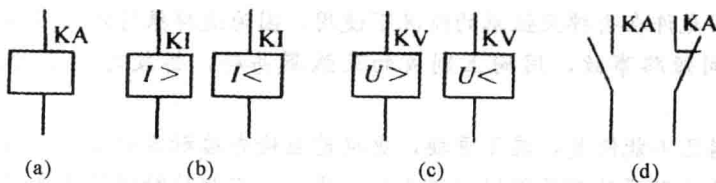


图 1-12 电磁式继电器的符号

(a) 线圈一般符号；(b) 过电流、欠电流继电器线圈；(c) 过电压、欠电压继电器线圈；(d) 动合、动断触点

二、时间继电器

从得到输入信号（线圈的通电或断电）开始，经过一定的延迟后才输出信号（触点的闭合或断开）的继电器，称为时间继电器。时间继电器的种类很多，按其动作原理可分为电磁式、空气阻尼式、电子式等。按触点延时方式可分为通电延时型和断电延时型。

1. 直流电磁式时间继电器

在直流电磁式电压继电器的铁芯上增加一个阻尼铜套，即可构成时间继电器。其铁芯结构如图 1-13 所示。电磁式时间继电器结构简单、可靠性高、寿命长。其缺点是：仅能获得断电延时、延时精度不高且延时时间短，最长不超过 5s。常用产品有 JT3 和 JT18 系列。

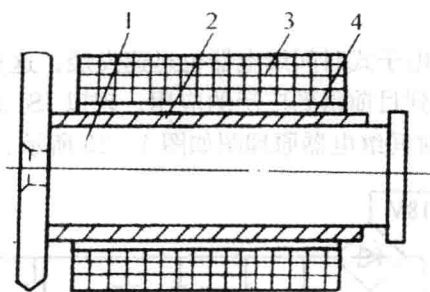


图 1-13 带有阻尼铜套的铁芯结构图

1—铁芯；2—阻尼铜套；3—线圈；4—绝缘层

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的作用而达到延时的目的。它由电磁机构、延时机构和触点系统组成。现以 JS7-A 系列为例介绍其工作原理。其电磁机构为直动式双 E 形铁芯，触点系统采用 LX5 微动开关，延时机构采用气囊式阻尼器。延时方式有通电延时型（如图 1-14 (a) 所示）和断电延时型（如图 1-14 (b) 所示），电磁机构可以有交、直流两种。

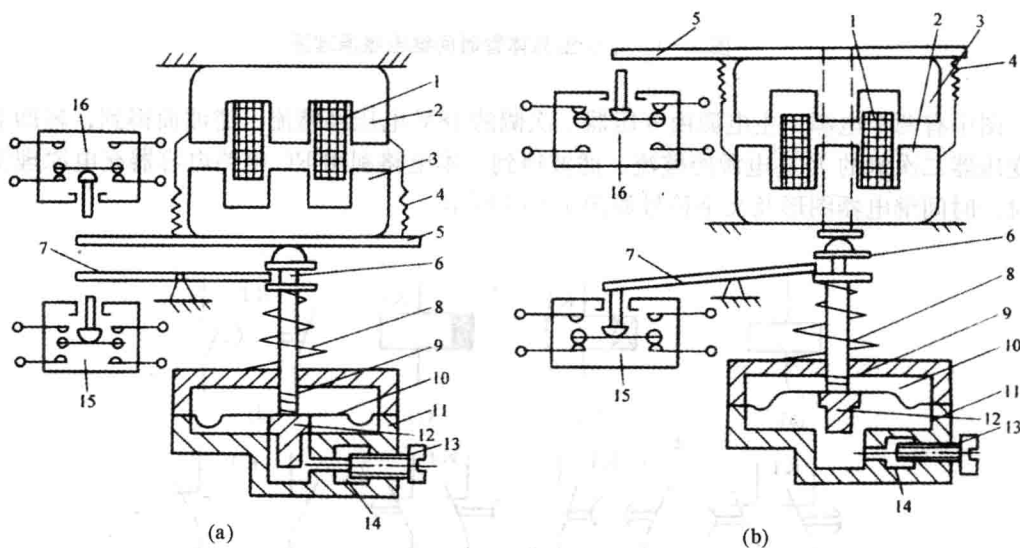


图 1-14 JS7-A 系列时间继电器

(a) 通电延时型；(b) 断电延时型

1—线圈；2—铁芯；3—衔铁；4—反力弹簧；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—调节螺钉；14—进气孔；15、16—微动开关

空气阻尼式时间继电器具有结构简单、调整简便、价格低廉、寿命长的优点，得到广泛的应用。但其延时精度较低，一般应用于要求不高的场合。常用的产品有 JS7-A、JS23 等系列。

3. 电子式时间继电器

随着电子技术的发展,电子式时间继电器也迅速发展。这类时间继电器体积小、延时范围大、精度高、寿命长,到目前得到广泛的应用。现以 JSJ 系列时间继电器为例,说明其工作原理。JSJ 型晶体管时间继电器原理图如图 1-15 所示。

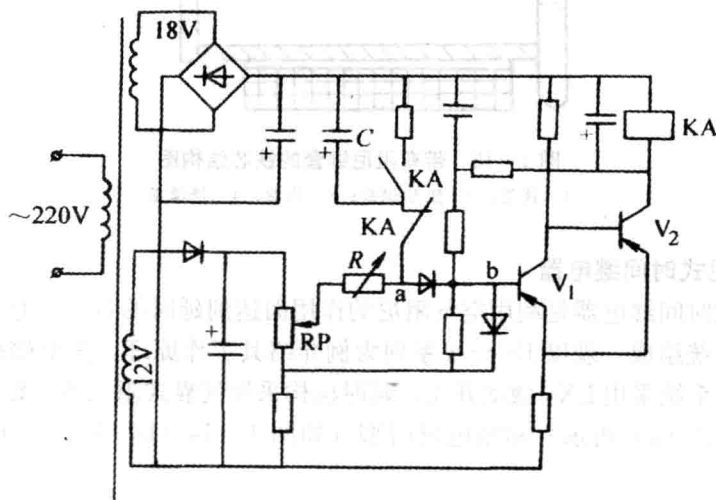


图 1-15 JSJ 型晶体管时间继电器原理图

图中有两个电源,主电源由变压器二次侧的 18V 电压经整流、滤波而得到;辅助电源由变压器二次侧的 12V 电压经整流、滤波得到。本电路利用 RC 电路电容器充电原理实现延时。时间继电器图形及文字符号如图 1-16 所示。

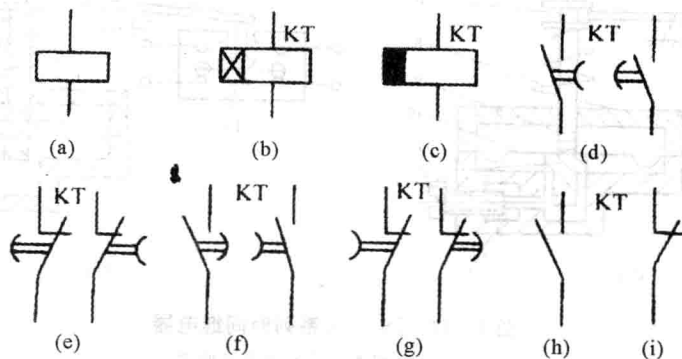


图 1-16 时间继电器符号

(a) 线圈一般符号; (b) 通电延时线圈; (c) 断电延时线圈; (d) 延时闭合常开触点;

(e) 延时断开常开触点; (f) 延时断开常开触点; (g) 延时闭合常开触点;

(h) 瞬时常开触点; (i) 瞬时常闭触点