



应用型本科 机械类专业“十二五”规划教材
“十二五”江苏省高等学校重点教材

电气控制与PLC

主编 王树臣

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 机械类专业“十二五”规划教材

“十二五”江苏省高等学校重点教材

电气控制与 PLC

主 编 王树臣

副主编 姜德晶 李志 王立文 张万利

主 审 刘海宽

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从工程实践的角度出发,以电气控制与可编程序控制器控制为主线,以工厂电气控制设备的电气控制为核心,阐述了电气控制与可编程序控制器控制在生产实际中的应用,较系统地介绍了常用低压电器、电气控制电路基本环节、典型设备电气控制电路分析、电气控制系统设计、西门子可编程序控制器(S7-200)及其工作原理、可编程序控制器的程序设计、可编程序控制器应用系统设计、人机接口设备、变频器等。

本书可作为电气自动化技术、机电一体化等机电类专业的教材,也可供电气工程相关人员自学参考。

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC/王树臣主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2015.6

应用型本科机械类专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3926-0

I. ① 电… II. ① 王… III. ① 电气控制—高等学校—教材 ② plc 技术—高等学校—教材

IV. ① TM571.2 ② TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 290769 号

策 划 高 樱

责任编辑 马武装 牛 帅

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015 年 6 月第 1 版 2015 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 16.875

字 数 395 千字

印 数 1~3000 册

定 价 30.00 元

ISBN 978-7-5606-3926-0/TM

XDUP 4218001-1

如有印装问题可调换

西安电子科技大学出版社

应用型本科机电类专业系列教材

编审专家委员名单

主任：张 杰（南京工程学院 机械工程学院 院长/教授）

副主任：杨龙兴（江苏理工学院 机械工程学院 院长/教授）

张晓东（皖西学院 机电学院 院长/教授）

陈 南（三江学院 机械学院 院长/教授）

花国然（南通大学 机械工程学院 副院长/教授）

杨 莉（常熟理工学院 机械工程学院 副院长/教授）

成 员：（按姓氏拼音排列）

陈劲松（淮海工学院 机械学院 副院长/副教授）

郭兰中（常熟理工学院 机械工程学院 院长/教授）

高 荣（淮阴工学院 机械工程学院 副院长/教授）

胡爱萍（常州大学 机械工程学院 副院长/教授）

刘春节（常州工学院 机电工程学院 副院长/副教授）

刘 平（上海第二工业大学 机电工程学院 教授）

茅 健（上海工程技术大学 机械工程学院 副院长/副教授）

王荣林（南理工泰州科技学院 机械工程学院 副院长/副教授）

王书林（南京工程学院 汽车与轨道交通学院 副院长/副教授）

王树臣（徐州工程学院 机电工程学院 副院长/教授）

吴 雁（上海应用技术学院 机械工程学院 副院长/副教授）

吴懋亮（上海电力学院 能源与机械工程学院 副院长/副教授）

周扩建（金陵科技学院 机电工程学院 副院长/副教授）

周 海（盐城工学院 机械工程学院 院长/教授）

朱龙英（盐城工学院 汽车工程学院 院长/教授）

朱协彬（安徽工程大学 机械与汽车工程学院 副院长/教授）

前 言

根据《江苏省教育厅关于启动“十二五”高等学校重点教材立项建设工作的通知》（苏教高〔2013〕4号），为充分发挥优质教材的示范辐射作用，加强高等教育教材建设工作，推进江苏省高等学校优质教育教学资源共享，根据《江苏省教育厅关于全面提高高等学校人才培养质量的意见》（苏教高〔2013〕1号）精神，我们组织编写了本书，并获得2014年江苏省高等学校重点教材立项。

根据应用型人才培养的要求，本书力图兼顾电气控制技术及可编程序控制器应用技术的教学重点，本着结合工程实际、结合卓越工程师培养的原则，我们精选内容、突出应用、注重培养学生能力，并吸取了相关学校的教改经验，努力做到通俗易懂、便于自学。

本书以电气控制与可编程序控制器控制为主线，以工厂电气控制设备的电气控制为核心，阐述了电气控制与可编程序控制器控制在生产实际中的应用。书中抓住了电气控制与可编程序控制的内在联系，使其前后承接，相互呼应。前者突出了控制原理和逻辑控制思路，后者突出了程序设计和应用系统设计。书中主要内容有常用低压电器、电气控制电路基本环节、典型设备电气控制电路分析、电气控制系统设计、西门子可编程序控制器(S7-200)及其工作原理、可编程序控制器的程序设计、可编程序控制器应用系统设计、人机接口设备、变频器等。

本书可作为电气自动化技术、机电一体化等机电类专业的教材，也可供电气工程相关人员自学参考。

本书由王树臣主编，并负责全书的组织、统稿工作。具体编写分工如下：绪论、第1章由李志编写，第2章、第3章、第4章和附录由姜德晶编写，第5章由王立文编写，第6章由张万利编写，第7章和第8章由王树臣编写。

本书的编写得到了西门子公司的的大力支持，它们为编者提供了大量的资料、编程软件和硬件；江苏师范大学电气工程学院刘海宽教授对本书大纲及全书进行了审定，并提出了许多宝贵意见；在本书的编写过程中还得到了诸多同仁的大力支持与帮助。在此，对以上单位和个人表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2015年4月

目 录

绪论	1		
第 1 章 常用低压电器	2		
1.1 电器的分类	2	2.3.1 鼠笼式异步电动机全压启动控制	30
1.2 电磁式电器的结构及工作原理	3	2.3.2 三相鼠笼式异步电动机降压启动	31
1.3 接触器	4	2.3.3 绕线式异步电动机启动控制	33
1.4 继电器	5	2.3.4 降压启动器的工作原理	37
1.4.1 电流继电器	6	2.4 三相异步电动机的制动	37
1.4.2 电压继电器	7	2.4.1 断电抱闸制动	38
1.4.3 中间继电器	7	2.4.2 反接制动	38
1.4.4 时间继电器	8	2.4.3 能耗制动	41
1.4.5 热继电器	9	2.5 电动机的可逆运行	42
1.4.6 速度继电器	10	2.5.1 电动机可逆运行的手动控制	42
1.5 熔断器	11	2.5.2 电动机可逆运行的自动控制	43
1.6 低压隔离器	12	2.6 三相异步电动机调速控制	44
1.6.1 刀开关	12	2.7 电气保护措施	46
1.6.2 组合开关	13	2.8 电气控制电路实例分析	49
1.7 低压断路器	13	2.8.1 电气控制线路分析的内容	49
1.8 主令电器	15	2.8.2 电气原理图阅读分析的 方法与步骤	50
1.8.1 按钮	15	2.8.3 C650 车床的电气控制电路	51
1.8.2 行程开关	16	2.8.4 Z3040 型摇臂钻床的 电气控制电路	52
1.8.3 接近开关	17	2.8.5 组合机床电气控制电路	55
1.8.4 凸轮控制器	17	2.9 实训	57
习题与思考	18	实训一 电气控制配线实训	57
		实训二 三相异步电动机控制线路实训	58
第 2 章 电气控制基本电路	21		
2.1 控制电路的基本规则	21	第 3 章 PLC 概述	60
2.1.1 电气控制线路图和常用符号	21	3.1 PLC 的发展过程	60
2.1.2 阅读和分析电气控制线路图的 方法	24	3.2 PLC 的基本功能及分类	62
2.2 电气控制的基本控制环节	26	3.2.1 PLC 的基本功能	62
2.2.1 基本的控制环节	27	3.2.2 PLC 的分类	62
2.2.2 线路保护环节	29	3.3 PLC 的基本特点	63
2.3 三相交流电动机的启动控制	30	习题与思考	64

第 4 章 PLC 结构与工作原理	65
4.1 PLC 的基本结构	65
4.1.1 PLC 的硬件组成	65
4.1.2 PLC 的软件组成	67
4.2 PLC 的工作原理	69
4.2.1 可编程序控制系统的等效电路	69
4.2.2 可编程序控制器的工作方式	71
4.3 PLC 的编程语言	72
习题与思考	74
第 5 章 PLC 基本指令系统	75
5.1 S7-200 数据存储与寻址方式	75
5.1.1 I/O 点数扩展和编址	75
5.1.2 S7-200 PLC 的寻址及内部 数据存储区	75
5.1.3 存储器的直接寻址	76
5.1.4 CPU 存储器的间接寻址	80
5.2 PLC 的基本逻辑指令	81
5.2.1 逻辑取及线圈驱动指令	82
5.2.2 触点串联指令	83
5.2.3 触点并联指令	83
5.2.4 串联电路块的并联连接指令	83
5.2.5 并联电路块的串联连接指令	84
5.2.6 置位和复位指令	84
5.2.7 立即指令	85
5.2.8 脉冲生成指令	86
5.2.9 逻辑堆栈操作指令	86
5.2.10 定时器指令	89
5.2.11 计数器指令	92
5.2.12 NOT 及 NOP 指令	94
5.3 程序控制指令	94
5.3.1 结束指令	95
5.3.2 停止指令 STOP	95
5.3.3 跳转及标号指令 JMP、LBL	95
5.3.4 循环指令及其功能	96
5.3.5 子程序指令	96
5.3.6 顺序功能指令	96
5.3.7 顺序功能图基本概念	97

5.4 PLC 初步编程指导	99
5.4.1 梯形图编程的基本规则	99
5.4.2 LAD 和 STL 编程形式的关系	99
5.5 西门子编程软件 STEP 7-Micro/WIN32 简介	100
5.5.1 硬件连接及软件的安装	100
5.5.2 STEP7-Micro/WIN32 软件的 窗口组件	101
5.5.3 编程软件的使用	108
5.6 实训	115
实训一 工作台自动循环控制	115
实训二 物料传送装车控制	115
实训三 喷泉的模拟控制	115
实训四 交通灯的模拟控制	115
实训五 试使用 PLC 控制两台三相异步 电动机	116

第 6 章 S7-200 系列 PLC 功能

指令及应用	117
6.1 数据传送指令	117
6.1.1 单个数据传送指令	117
6.1.2 块传送指令	119
6.1.3 字节交换与填充指令	120
6.2 算术和逻辑运算指令	121
6.2.1 算术运算指令	121
6.2.2 增减指令	126
6.2.3 数学函数指令	126
6.2.4 逻辑运算指令	129
6.3 移位指令	130
6.3.1 左移和右移指令	130
6.3.2 循环左移和循环右移指令	132
6.3.3 移位寄存器指令	132
6.4 表功能指令	134
6.4.1 填表指令	134
6.4.2 查表指令	135
6.4.3 表中取数指令	136
6.5 转换指令	138
6.5.1 数据类型转换指令	138
6.5.2 编码和译码指令	141

6.5.3 七段显示码指令	142	7.2 安装要求与过程	172
6.5.4 字符串转换指令	143	7.3 WinCC flexible 用户界面介绍	178
6.6 中断指令	146	7.4 项目的建立	184
6.6.1 中断源、中断事件号及 中断优先级	146	7.5 创建画面	191
6.6.2 中断指令	148	7.6 组态报警	196
6.6.3 中断设计步骤	149	7.7 创建配方	202
6.7 高速处理指令	150	7.8 画面切换	206
6.7.1 高速计数指令	150	7.9 测试并模拟项目	209
6.7.2 高速脉冲输出	156	7.10 测试项目	211
6.8 PID 操作指令	157	7.11 实训	213
6.8.1 PID 算法	157	实训一 消防供水控制系统实训	213
6.8.2 PID 回路输入转换及标准化数据	158	实训二 电梯调速系统实训(四层电梯)	213
6.8.3 回路输出值转换成标定数据	159		
6.8.4 正作用和反作用回路	159	第 8 章 变频器与 PLC 应用	214
6.8.5 回路输出变量范围、控制方式及 特殊操作	160	8.1 变频器基本知识	214
6.8.6 PID 回路表	161	8.1.1 变频器的发展及应用	214
6.8.7 PID 回路指令	161	8.1.2 变频器的结构与工作原理	217
6.8.8 PID 编程步骤及应用	162	8.2 PLC 与变频器的通信	220
6.9 时钟指令	164	8.3 PLC 与触摸屏、变频器的综合实训	224
6.9.1 读实时时钟指令 TODR	164	8.3.1 预备知识	224
6.9.2 写实时时钟指令 TODW	165	8.3.2 控制实例	230
6.10 实训	165	8.3.3 编写控制程序	232
实训一 中断功能指令编程练习	165	8.4 实训	233
思考与练习	167	实训一 PID 变频调速控制	233
第 7 章 HMI 人机界面	168	实训二 基于触摸屏的温度 PID 控制	235
7.1 HMI 概述	168	实训三 基于 PLC 模拟量方式的 变频闭环调速控制	236
		附录 S7-200 PLC 及接口模块参数	239
		参考文献	260

绪 论

现代机械一般由工作机构、传动机构、原动机及控制系统等几部分组成。当原动机为电动机时，为满足加工工艺要求，常把能使电动机完成启动、制动、反向、调速、快速定位等电气控制和电气操作的部分称为电气自动控制或电气自动控制装置。

最初，我们采用手动电器来控制执行电器，这仅适用于一些容量小、操作单一的场合。

继电-接触器控制系统主要由一些继电器、接触器、按钮、行程开关等组成。该系统结构简单、价格低廉、维护方便，可以实现生产过程自动化、集中控制和远距离控制。

PLC 出现于 20 世纪 70 年代，具有运算功能和功率输出能力。它是由 CPU、大规模集成电路、电子开关、功率输出器件等组成的专用微型电子计算机，用于取代继电-接触器控制。它可以实现开关量(数字量)的控制，也能实现连续量(模拟量)的控制，其设计思想源于继电-接触器控制。



第1章 常用低压电器

在我国经济建设事业和人民的日常生活中，电能得到了越来越广泛的应用。我国要想实现工业、农业、国防和科学技术的现代化，就更离不开电气化。为了安全、可靠地使用电能，电路中就必须装有各种起调节、分配、控制和保护作用的电气设备。这些电气设备统称为电器。从生产或使用的角度来讲，电器可分为高压电器和低压电器两大类。随着科技的进步和生产的发展，电器的种类不断增多，用量非常大，用途也极为广泛。

在我们的日常生活中，输送自来水的管路上及各种用水的地方，都要装上不同的阀门对水流进行控制和调节；在输送电能的输电线路和各种用电的场合，也要使用不同的电器来控制电路通、断，对电路的各种参数进行调节。电能的输送和使用要比自来水的输送和使用复杂得多。

电器能根据外界的信号和要求，手动或自动地接通、断开电路，实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节。

电器的控制作用就是指手动或自动地接通、断开电路。“通”也称为“开”，“断”也称为“关”。因此，“开”和“关”是电器最基本、最典型的功能。

1.1 电器的分类

1. 按工作电压等级分

- (1) 高压电器：用于交流电压 1200 V、直流电压 1500 V 及以上电路中的电器。
- (2) 低压电器：用于交流 50 Hz(或 60 Hz)、额定电压为 1200 V 以下，直流额定电压为 1500 V 及以下电路中的电器。

2. 按动作原理分

- (1) 手动电器：人手操作发出动作指令的电器，例如刀开关、按钮等。
- (2) 自动电器：产生电磁吸力而自动完成动作指令的电器，例如接触器、继电器、电磁阀等。

3. 按用途分

- (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、继电器、电动机启动器等。
- (2) 配电电器：用于电能的输送和分配的电器，例如高压断路器。
- (3) 主令电器：用于自动控制系统中发送动作指令的电器，例如按钮、转换开关等。
- (4) 保护电器：用于保护电路及用电设备的电器，例如熔断器、热继电器等。



(5) 执行电器：用于完成某种动作或传送功能的电器，例如电磁铁、电磁离合器等。

1.2 电磁式电器的结构及工作原理

电磁式电器主要由电磁机构(感测部分)、触头系统(执行部分)和灭弧系统组成。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式电器的感测部分，它的主要作用是将电能转化为机械能，带动触头动作，从而完成电路的接通或分断。

电磁机构由铁芯、衔铁和吸引线圈等几部分组成。

电磁机构的工作原理：当线圈中有电流通过时，将产生足够的磁动势使铁芯获得足以克服弹簧的反作用力的电磁力，使得衔铁与铁芯闭合，带动触头动作。

2. 触头系统

触头是用来接通或断开电路的，因此就有闭合状态、分断过程、接通过程三种工作状态。

触头系统有两种结构：桥式、指式。

触头按其控制的电路可分为主触头、辅助触头，见图1-1。主触头用于接通主电路，允许通过较大的电流；辅助触头用于接通或断开控制电路，只能通过较小的电流。

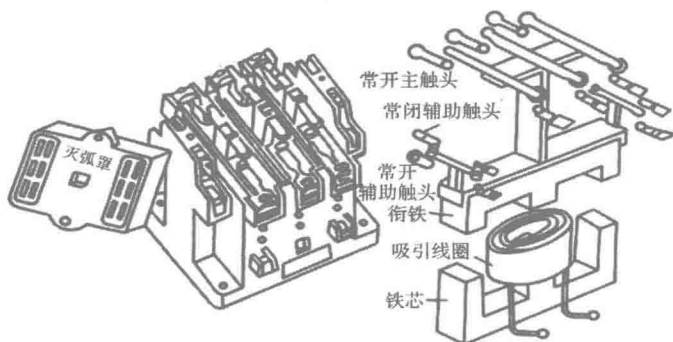


图 1-1 万能式低压断路器结构图

触头按其原始状态可分为常开触头、常闭触头。

触头动作：常开触头闭合；常闭触头断开。

触头复位：恢复到原始状态。

3. 灭弧系统

动、静触头在分断过程中，由于瞬间的电荷密度极高，导致动、静触头间形成大量炽热的电荷流，即电弧。

直流电依靠拉长电弧和冷却电弧来灭弧；交流电由于有自然过零，比直流电弧容易熄灭。

低压控制电器常用的灭弧方法有：① 电动力灭弧；② 磁吹灭弧；③ 金属栅片灭弧。



1.3 接 触 器

接触器是一种用于频繁地接通或断开交直流主电路、大容量控制电路等大电流电路的自动切换电器。

接触器在结构上由电磁机构、触头系统、灭弧系统组成。

接触器按其主触头控制的电路中电流的种类分类,有直流接触器和交流接触器,见图 1-2。对于重要场合使用的交流接触器,为了工作可靠,其线圈可采用直流励磁方式。

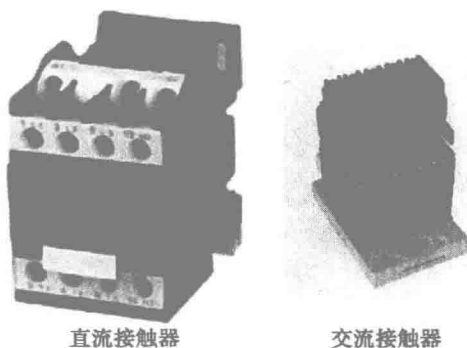


图 1-2 交直流接触器实物图

交直流接触器的触头按其所控制的电路可分为:主触头,可用于主电路和控制电路;辅助触头,用于控制电路。主触头和辅助触头一般情况下采用双断点的桥式触头,由于双断点的桥式触头具有电动力吹弧的作用,所以 10 A 以下的交流接触器一般无灭弧装置,而 10 A 以上的交流接触器则采用栅片灭弧罩灭弧。

一般情况下,交流接触器工作时,当施加于线圈上的交流电压大于线圈额定电压值的 85% 时,接触器就能够可靠地吸合。

触头动作时,常闭触头先断开,常开触头后闭合,主触头和辅助触头是同时动作的。

接触器有一定的失压保护功能。当线圈中电压值降到某一数值,铁芯中的磁通下降,吸力减小到不足以克服复位弹簧的反力,衔铁就在复位弹簧的反力作用下复位,各触点复位。

接触器的图形、文字符号见图 1-3。



图 1-3 接触器图形及文字符号

接触器选用原则如下。

(1) 额定电压:指主触头的额定电压,应等于负载的额定电压。

(2) 额定电流:指主触头的额定电流,应等于或稍大于负载的额定电流(按接触器设计时规定的使用类别来确定)。



(3) 电磁线圈的额定电压：等于控制回路的电源电压。

使用时，一般交流负载用交流接触器，直流负载用直流接触器，但对于频繁动作的交流负载，可选用带直流电磁线圈的交流接触器。

接触器的主要技术指标如下。

(1) 额定电压：

交流接触器：127 V、220 V、380 V、500 V；

直流接触器：110 V、220 V、440 V。

(2) 额定电流：

交流接触器：5 A、10 A、20 A、40 A、60 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A；

直流接触器：40 A、80 A、100 A、150 A、250 A、400 A、600 A。

(3) 吸引线圈额定电压：

交流接触器：36 V、110(127) V、220 V、380 V；

直流接触器：24 V、48 V、220 V、440 V。

1.4 继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化，使其自身的执行机构动作的自动控制电器。它具有输入电路(又称感应元件)和输出电路(又称执行元件)，当感应元件中的输入量(如电压、电流、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作，执行元件便接通或断开控制电路。实物图见图 1-4。

继电器的分类如下。

(1) 按用途分，有控制继电器和保护继电器。

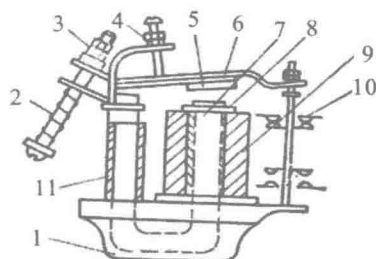
(2) 按动作原理分，有电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、电子式继电器和热继电器。

(3) 按输入信号的不同来分，有电压继电器、中间继电器、电流继电器、时间继电器和速度继电器等。

继电器原理图见图 1-5。



图 1-4 继电器



- | | |
|-----------|----------|
| 1—底座； | 2—反力弹簧； |
| 3、4—调节螺钉； | 5—非磁性垫片； |
| 6—衔铁； | 7—铁芯； |
| 8—极靴； | 9—电磁线圈； |
| 10—触点系统； | 11—磁轭 |

图 1-5 继电器原理图

继电器的主要特性是输入—输出特性，即继电特性。继电特性曲线如图 1-6 所示。在继电器输入量由零增至 x_2 以前，输出量 y 为零；当输入量 x 增加到 x_2 时，继电器吸合，输



出量为 y_1 ；若 x_2 再增大， y_1 值保持不变；当 x 减小到 x_1 时，继电器释放，输出量由 y_1 降至零； x 再减小， y 值均为零。图中， x_2 称为继电器吸合值，欲使继电器吸合，输入量必须大于或等于此值； x_1 称为继电器释放值，欲使继电器释放，输入量必须小于或等于此值。

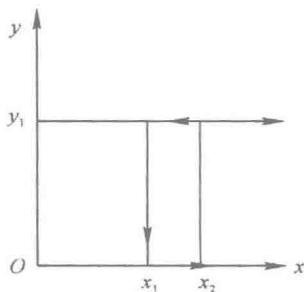


图 1-6 继电器特性曲线

$k = x_1/x_2$ 称为继电器的返回系数，它是继电器的重要参数之一。

继电器的另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指从线圈得电到衔铁完全吸合所需的时间；释放时间是指从线圈失电到衔铁完全释放所需的时间。一般继电器的吸合时间与释放时间为 0.05~0.15 s，快速继电器为 0.005~0.05 s，它的大小影响着继电器的操作频率。

无论继电器的输入量是电量还是非电量，继电器工作的最终目的总是控制触头的分断或闭合，而触头又是控制电路通断的，就这一点来说接触器与继电器是相同的。但是它们又有区别，主要表现在以下两个方面：

(1) 所控制的线路不同。继电器用于控制小电流电路及控制电路；接触器用于控制电动机等大功率、大电流电路及主电路。

(2) 输入信号不同。继电器的输入信号可以是各种物理量，如电压、电流、时间、压力、速度等；接触器的输入量只有电压。

1.4.1 电流继电器

电流继电器反映的是电流信号。使用时，电流继电器的线圈和负载串联，其线圈匝数少而线径粗。这样，线圈上的压降很小，不会影响负载电路的电流。

电流继电器的图形、文字符号见图 1-7。



图 1-7 电流继电器图形及文字符号

常用的电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两种。

欠电流继电器：电路正常工作时，欠电流继电器吸合动作，当电路电流减小到某一整定值以下时，欠电流继电器释放，对电路起欠电流保护作用。



过电流继电器：电路正常工作时，过电流继电器不动作，当电路中电流超过某一整定值时，过电流继电器吸合动作，对电路起过流保护作用。

当电路发生过载或短路故障时，过电流继电器吸合，吸合后立即使所控制的接触器或电路分断，然后自己也释放，因此过电流继电器具有短时工作的特点。

电流继电器的线圈符号也可以明确表达出是过电流继电器还是欠电流继电器，见图 1-8。



过电流继电器线圈 欠电流继电器线圈

图 1-8 过、欠电流继电器的线圈符号

1.4.2 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，其线圈匝数多而线径细。

与电流继电器相似，常用的电压继电器有欠(零)电压继电器和过电压继电器两种。

欠电压继电器：电路正常工作时，欠电压继电器吸合动作，当电路电压减小到某一整定值以下时，欠电压继电器释放，对电路实现欠电压保护。

过电压继电器：电路正常工作时，过电压继电器不动作，当电路电压超过某一整定值时，过电压继电器吸合，对电路实现过电压保护。

零电压继电器：本质上来说属于欠电压继电器，只是其整定值较欠电压继电器的值小得多。当电路电压降低到 $5\% \sim 25\% U_N$ 时，零电压继电器释放，对电路实现零电压保护。

电压继电器的图形、文字符号见图 1-9。

电压继电器的线圈符号也可以明确表达出是过电压继电器、欠电压继电器还是零电压继电器，见图 1-10。



图 1-9 电压继电器的图形、文字符号



图 1-10 过、欠、零电压继电器的线圈符号

1.4.3 中间继电器

中间继电器实质上是一种电压继电器。它的特点是触点数目较多，电流容量可增大，起到中间放大(触头数目和电流容量)的作用。中间继电器的图形、文字符号见图 1-11，实物图见图 1-12。



图 1-11 中间继电器的图形、文字符号



图 1-12 中间继电器实物图

1.4.4 时间继电器

在自动控制系统中，需要有瞬时动作的继电器，也需要延时动作的继电器。时间继电器就是利用某种原理实现触点延时接通或断开的自动控制电器。

时间继电器是一种从得到输入信号(线圈的通电或断电)开始，经过一定的延时后才输出信号(触头的闭合或断开)的继电器。

时间继电器的延时方式有两种：

(1) 通电延时。线圈通电后延迟一定的时间，触点动作；断电后，触点瞬时复位。

(2) 断电延时。线圈通电后，触点瞬时动作；断电后，延迟一定的时间，触点才复位。

时间继电器的文字符号为 KT，其线圈、触点的图形见图 1-13。

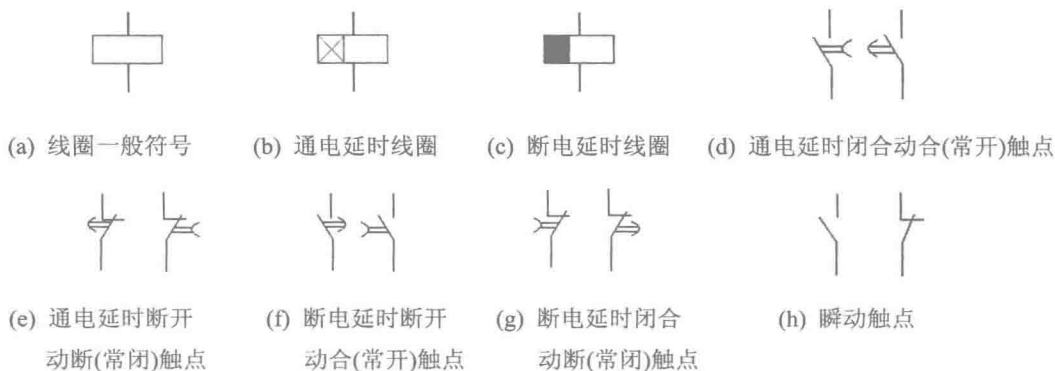


图 1-13 时间继电器线圈、触点图形

时间继电器的各种延时动作触点符号的记忆方法：左括弧表示通电延时，右括弧表示断电延时，配合通电延时和断电延时的定义来记忆。

时间继电器中也有一些无延时功能的触点，其在时间继电器线圈得电时立即动作，在时间继电器线圈断电时立即复位。其符号与普通的常开、常闭符号完全一样，只是用 KT 来表示它是时间继电器，见图 1-11。

时间继电器有空气式、电子式、电动机式等几种形式。

1. 空气式时间继电器

空气式时间继电器利用空气阻尼作用而达到延时的目的。

特点：结构简单，价格低廉，延时范围 0.4~180 s，但是延时误差较大，难以精确地整定延时时间。



2. 电子式时间继电器

电子式时间继电器是利用 RC 电路中电容电压不能跃变, 只能按指数规律逐渐变化的原理, 即电阻尼特性获得延时的。

特点: 延时范围广, 最长可达 3600 s, 精度高, 一般为 5% 左右, 体积小, 耐冲击震动, 调节方便。

3. 电动机式时间继电器

电动机式时间继电器是利用微型同步电动机带动减速齿轮系获得延时的。

特点: 延时范围宽, 可达 72 小时, 延时准确度可达 1%, 同时延时值不受电压波动和环境温度变化的影响。

电动机式时间继电器的延时范围与精度是其他时间继电器无法比拟的, 其缺点是结构复杂、体积大、寿命低、价格贵, 准确度受电源频率影响。

1.4.5 热继电器

热继电器在电路中起过载保护作用。

三相异步电动机在实际运行中, 经常会遇到过载的情况。只要电动机绕组不超过允许的温升, 短时过载是许可的。但过载时间太长, 温升超过了许可值, 将会使电动机损坏, 这种过载是不允许的, 此时需要使用热继电器对电动机进行过载保护。

热继电器就是利用电流的热效应原理, 在出现了电动机不能承受的过载时切断电动机电路, 为电动机提供过载保护。

热继电器可以根据过载电流的大小自动调整动作时间, 具有反时限保护特性, 即当过载电流大时, 动作时间短; 当过载电流小时, 动作时间长。当电动机的工作电流为额定电流时, 热继电器应长期不动作。

热继电器主要由热元件、双金属片和触头三部分组成, 见图 1-14, 其原理图见图 1-15。双金属片是热继电器的感测元件, 由两种线膨胀系数不同的金属片经机械碾压而成。热元件一般为电阻丝绕在双金属片外面, 串接在电动机的定子绕组中。在加热以前, 两金属片长度基本一致。当串联在电动机定子电路中的热元件有电流通过时, 热元件产生的热量使两金属片伸长。由于两金属片线膨胀系数不同, 并且紧密结合在一起, 所以双金属片就会发生弯曲。当电动机正常运行时, 热元件产生的热量虽能使双金属片弯曲, 但还不足以使热继电器的触头动作; 当电动机过载时, 双金属片弯曲位移增大, 推动导板使热继电器的触头动作, 使控制电路对电动机起保护作用。

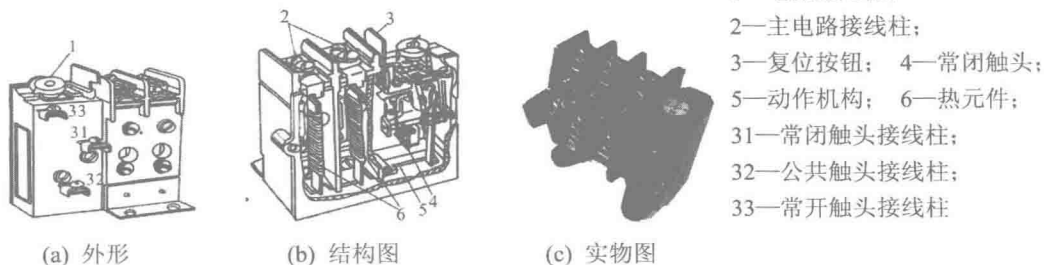


图 1-14 热继电器结构图