

高等院校规划教材

电气控制PLC原理 与组态应用

——基于S7-300PLC及Eview触摸屏

李尚荣 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



中国劳动社会保障出版社

电气控制PLC原理 与组态应用

——基于三菱FX2N-16MR PLC和GX Developer

张明

主编

中国劳动社会保障出版社



高等院校规划教材

电气控制 PLC 原理与组态应用

——基于 S7-300 PLC 及 Eview 触摸屏

李尚荣 主编



机械工业出版社

本书由三部分组成：第一部分为第 1、2 章，介绍了电气控制中常用的低压电器、典型控制电路和典型电气控制系统的分析和设计方法；第二部分为第 3~6 章，介绍了可程序控制器（PLC）的相关知识，主要以西门子 S7-300PLC 为对象，重点介绍了其结构原理，指令系统及其应用、控制系统程序分析和设计方法；第三部分为第 7、8 章，介绍了 PLC 通信和 Eview 触摸屏人机界面的设计方法。

本书可作为高等院校机电一体化、自动化、电气技术及相近专业的电气控制和 PLC 方向的课程教材，同时对电子技术、电气技术及自动化方面的工程技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

电气控制 PLC 原理与组态应用：基于 S7-300PLC 及 Eview 触摸屏/李尚荣主编. —北京：机械工业出版社，2012. 1

ISBN 978-7-111-36556-3

I. ①电… II. ①李… 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（2011）第 253786 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：王 欢 责任编辑：王 欢

版式设计：霍永明 责任校对：张 媛

封面设计：路恩中 责任印制：杨 曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.25 印张·524 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-36556-3

定价：49.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

读者购书热线：(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

微机技术已经并将继续改变世界，以微机技术为基础的可编程序控制器（PLC）也正在改变着工厂自动控制的面貌。当前，我国广大工矿企业正在进行传统设备的技术改造和技术升级，随着我国劳动力成本的逐步提高，自动化设备越来越受到欢迎。PLC以高度的可靠性、强大的逻辑运算能力而成为工业现场自动控制的首选控制器。同时，PLC技术也处于不断发展之中，特别是触摸屏技术的发展，为PLC控制系统提供了更直观的人机交互。目前，与机床电气控制和PLC应用相关教材虽然较多，但介绍触摸屏技术的相对较少，特别是Eview触摸屏应用技术，因此它们不足以满足现有的教学的需要。为此我们编写了本书。本书以目前使用较为广泛的西门子S7-300 PLC和Eview触摸屏为对象，结合传统机床的电气控制需要，从工程实践角度出发，强调宽基础、重应用的特色，将机床电气控制、PLC技术和触摸屏技术有机融合到一起，兼顾PLC技术的最新发展。在本书编写过程中，力求做到如下三点：

（1）强调应用。一般电气控制部分着重介绍常用低压电器、电气控制基本典型电路、电气施工工艺、电气故障检测与判断方法；PLC部分注重介绍指令的应用及编程仿真调试，举例兼顾电气控制相关控制电路；触摸屏部分注重介绍元件设置方法、多窗口设计及人机界面组态设计实例。

（2）反映触摸屏技术应用。以Easybuilder500人机界面设计软件为例，介绍其窗口、元件设计过程及调试方法。

（3）注重基础。在精简内容的基础上，力求深入浅出地介绍PLC控制系统设计中所涉及的主要内容、概念和方法。这样不仅节省学时，适应少学时教学要求，也为有一定电气技术基础的人员自学提供空间。

本书特别适合在较少学时条件下，要求尽可能全面介绍电气控制相关知识的教学课程。例如，普通高等院校机械设计制造及其自动化或相近专业的教学课程。另外，本书对电气控制相关专业的工程技术人员也具有一定的参考价值。

本书共分8章，由李尚荣主编，其中第1、2章由张卫平编写；第4~6、8章由李尚荣编写；第3、7章由张红琴编写。全书由张红琴统稿，张文学（金坛五中）参与书稿的部分编写及图片编辑工作。在本书的编写过程中，参考了兄弟院校的资料及其他相关教材，并得到许多同仁的关心和帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限，书中难免有错漏之处，恳请读者批评指正。

联系 Email: jxlsr_jstu@163.com。

编 者

2011年10月

目 录

前言

第 1 章 常用低压电器	1
1.1 概述	1
1.1.1 电器的定义	1
1.1.2 常用低压电器的分类	1
1.1.3 低压电器的发展概况	2
1.2 接触器	2
1.2.1 交流接触器	3
1.2.2 直流接触器	6
1.2.3 接触器的选择	7
1.3 继电器	7
1.3.1 热继电器	7
1.3.2 中间继电器	9
1.3.3 电流继电器	10
1.3.4 电压继电器	10
1.3.5 时间继电器	11
1.3.6 速度继电器	11
1.4 熔断器	12
1.4.1 熔断器的保护特性	12
1.4.2 熔断器的结构与分类	12
1.4.3 熔断器的符号及选择	13
1.5 低压断路器	14
1.6 低压刀开关、熔断器组合电器和组合开关	16
1.6.1 刀开关	16
1.6.2 熔断器组合电器	17
1.6.3 组合开关	18
1.7 主令电器	18
1.7.1 按钮	19
1.7.2 行程开关	20
1.7.3 万能转换开关	21
1.7.4 主令控制器	21
1.8 低压电器的常见故障与维修	22
1.8.1 电器零部件的常见故障及维修	22
1.8.2 常用电器的故障及维修	24
思考题	26
第 2 章 机床电气控制电路分析	27
2.1 电气图及其制图规范	27
2.1.1 电气图中的图形符号和文字符号	27
2.1.2 电路图	29
2.1.3 元件布置图	30
2.1.4 电气安装接线图	30
2.2 电气控制电路的逻辑代数分析	30
2.3 机床电气控制电路基本环节	31
2.3.1 电动机全压起动控制电路	31
2.3.2 电动机正反转控制电路	32
2.3.3 电动机减压起动控制电路	33
2.3.4 电动机制动控制电路	35
2.3.5 电液组合控制电路	38
2.3.6 其他控制电路	41
2.4 CW6140 型普通车床电气控制电路	44
2.4.1 电力拖动和控制要求	45
2.4.2 CW6140 型普通车床电气控制电路分析	45
2.4.3 CW6140 型普通车床电气控制电路的故障与处理	45
2.5 X62W 型卧式万能铣床电气控制电路	46
2.5.1 电力拖动和控制要求	47
2.5.2 X62W 型万能铣床电气控制电路分析	47
2.5.3 X62W 型万能铣床电气控制电路的故障与处理	51
2.6 电气控制电路的故障检查	51
2.6.1 控制电路故障分析方法	51
2.6.2 电气控制电路的故障检查步骤	58
思考题	60
第 3 章 可编程序控制器基础知识	61
3.1 PLC 的定义、特点、分类与功能	61
3.1.1 PLC 定义	61
3.1.2 PLC 特点	61
3.1.3 PLC 分类	62
3.1.4 PLC 功能	63

3.2 PLC 的结构组成与工作原理	64	5.2 STEP 7 软件使用	160
3.2.1 PLC 一般组成	64	5.2.1 项目的建立	160
3.2.2 PLC 工作原理	67	5.2.2 硬件组态	165
3.3 PLC 编程语言	69	5.2.3 主机架与扩展机架体系的建立	170
3.3.1 梯形图 (LAD)	69	5.2.4 主机架中 CPU 属性设置	170
3.3.2 语句表 (STL)	69	5.2.5 主、扩展机架中 I/O 模块属性 设置	178
3.3.3 功能块图 (FBD)	70	5.2.6 节点主站系统建立	181
3.3.4 结构文本 (ST)	70	5.2.7 程序块的生成和运用	184
3.3.5 顺序功能图 (SFC)	70	5.2.8 生成源文件	187
3.4 PLC 程序结构	71	5.2.9 建立符号表	189
3.4.1 PLC 系统程序	71	5.2.10 块比较功能	192
3.4.2 用户程序	71	5.2.11 编程设备与 PLC 设备的连接	192
3.4.3 PLC 程序运行调用关系	74	5.2.12 STEP 7 软件与设备的连接	193
3.5 二进制数值及基本逻辑运算	75	5.2.13 程序的下载和上传	194
3.5.1 数制	75	5.2.14 程序的调试	196
3.5.2 带点分隔符的十进制记数法	77	5.3 仿真软件 S7-PLCSIM	198
3.5.3 二进制逻辑运算	77	5.3.1 S7-PLCSIM 软件简介	198
3.6 PLC 与继电器控制电路的比较	78	5.3.2 S7-PLCSIM 软件使用介绍	199
思考题	80	5.3.3 S7-PLCSIM 软件应用举例	201
第 4 章 西门子 S7-300 PLC 指令		5.3.4 仿真 PLC 与真实 PLC 的差别	204
系统	81	5.4 S7-PLC 程序在线调试	205
4.1 S7-300 系列 PLC 简介	81	5.4.1 建立在线连接	206
4.1.1 S7-300 PLC 的组成	81	5.4.2 下载与上传	207
4.1.2 S7-300 PLC 的系统结构	84	5.4.3 硬件调试与诊断	208
4.2 S7-300 PLC 指令系统	85	5.4.4 控制和监视变量	209
4.2.1 指令基础	85	5.4.5 测试程序	212
4.2.2 位逻辑指令	94	5.4.6 访问数据块	214
4.2.3 定时器/计数器指令	105	5.5 本章小结	215
4.2.4 数据处理	116	思考题	216
4.2.5 数学运算指令	132	第 6 章 PLC 编程应用举例	217
4.2.6 逻辑控制指令	142	6.1 三相交流电动机正反转控制	217
4.2.7 程序控制指令	145	6.1.1 控制要求	217
4.2.8 主控继电器指令	149	6.1.2 控制系统硬件配置及其接线	217
4.2.9 数据块指令	149	6.1.3 创建工程项目及硬件组态	218
4.2.10 梯形图编程规则	152	6.1.4 编辑程序	220
4.2.11 典型电路环节的梯形图设计	153	6.1.5 电路工作过程及程序设计说明	222
思考题	155	6.1.6 仿真调试	223
第 5 章 STEP 7 编程软件	157	6.2 交通信号灯控制	226
5.1 STEP 7 编程软件概述	157	6.2.1 控制要求	226
5.1.1 STEP 7 简介	157	6.2.2 控制系统硬件配置及接线	228
5.1.2 STEP 7 标准软件包	158	6.2.3 创建项目及硬件组态	228
5.1.3 STEP 7 扩展软件包	160	6.2.4 编辑符号地址表	231

6.2.5 编辑程序	232	8.3 Eview 触摸屏图元介绍	269
6.2.6 交通信号灯仿真调试过程	234	8.3.1 图元及其添加的一般步骤	269
思考题	239	8.3.2 图元属性的基本说明	271
第 7 章 S7-300 通信	240	8.3.3 各种类型图元说明	274
7.1 PLC 的通信基础	240	8.3.4 元件应用举例	289
7.1.1 通信方式	240	8.4 Eview 触摸屏窗口设计	293
7.1.2 PLC 常用的通信接口	241	8.4.1 Eview 触摸屏窗口分类与设计	294
7.1.3 通信标准	243	8.4.2 窗口应用举例	295
7.2 S7-300/400 PLC 的通信功能	245	8.5 Eview 触摸屏与西门子 S7-300 PLC	
7.3 MPI 通信	246	联机应用	299
7.3.1 MPI 概述	246	8.5.1 Eview 触摸屏西门子 S7-300 PLC	
7.3.2 S7-300PLC 的 MPI 通信方法	246	联机在线调试	299
7.4 PLC 与人-机界面	250	8.5.2 三相交流电动机控制	302
7.4.1 组态王对 I/O 设备的管理	250	8.5.3 交通信号灯控制	305
7.4.2 组态王与 S7-300/400 PLC 的		思考题	307
连接	250	附录 A 电气设备常用电气简图用	
7.4.3 软件设置	252	图形符号	308
思考题	258	附录 B 电气技术中常用的文字符号 ...	312
第 8 章 Eview 触摸屏	259	B.1 常用基本文字符号	312
8.1 Eview 触摸屏简介	259	B.2 常用辅助文字符号	317
8.1.1 相关基础知识	259	B.3 电气设备常用基本文字符号补充	
8.1.2 Eview 触摸屏组态软件 EasyBuilder		应用示例	319
500	260	B.4 电气控制电路图中常用颜色字母	
8.1.3 制作一个简单组态界面	262	符号	322
8.2 组态软件介绍	264	附录 C S7-300/400 PLC 指令一览表 ...	323
8.2.1 EasyManager 介绍	264	附录 D 组织块、系统功能与系统功	
8.2.2 组态软件 EasyBuilder	265	能块一览表	328

第 1 章 常用低压电器

本章主要介绍低压电器的基本概念及其分类，常用低压电器的用途、结构、工作原理、文字及图形符号、选择条件，以及低压电器的故障分析与维修。通过学习本章，要掌握常用低压电器的原理与用途，熟悉图形及文字符号，了解各种低压电器的选择条件及常用型号，对低压电器的常见基本故障会分析与维修。

1.1 概述

1.1.1 电器的定义

凡是对电能的生产、输送、分配和根据外界指定的信号和要求，自动或手动地接通或断开电路、断续或连续改变电路参数，实现对电路或非电对象的切换、控制、检测、保护和调节的电工器械称为电器。工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电器称为低压电器。低压电器在低压供配电系统、电力拖动系统和自动控制系统中起着极其重要的作用，其性能的优劣直接影响着系统的可靠性、先进性和经济性，是电气控制技术的基础。

1.1.2 常用低压电器的分类

低压电器种类繁多，结构形式多样，工作原理各异，但一般均有两个共同的基本部分：一是感受部分，它感受外部的信号，并通过转换、放大和判断，做出有规律的反应；二是执行部分，它根据感受部分的指令，执行“开”、“关”等任务。低压电器的分类方法很多，常用的分类方法有下面几种。

1. 按用途分

(1) 配电电器。它主要用于低压供电系统。这类低压电器有刀开关、自动开关、隔离开关、转换开关及熔断器等。在系统发生故障的情况下，这类电器动作要准确、工作要可靠，主要技术要求是分断能力强，限流效果好，动稳定及热稳定性能好。

(2) 控制电器。它主要用于电力拖动控制系统。这类低压电器有接触器、继电器、控制器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力，操作频率高，电气和机械寿命要长。

(3) 保护电器。它主要用于对电路和电气设备进行安全保护的电器。这类低压电器有熔断器、热继电器、电压继电器、电流继电器等。对这类电器的主要技术要求是有一定的通断能力，反应灵敏，可靠性高。

(4) 主令电器。它主要用于发送控制指令的电器。这类电器有按钮、主令开关、行程开关等。这类电器的主要技术要求是操作频率高、抗冲击，电气和机械寿命要长。

(5) 执行电器。它主要用于执行某种动作和传动功能的电器。这类低压电器有电磁铁、电磁离合器等。

2. 按操作方式分

(1) 手动电器。它主要通过人力直接扳动或旋转操作手柄来完成动作。这类电器有刀开关、转换开关、按钮等。

(2) 自动电器。它主要通过电器本身参数的变化或外来信号而自动接通或分断电路。这类低压电器有接触器、继电器、熔断器等。

3. 按工作原理分

(1) 电磁式电器。它主要通过电磁机构将电磁能转换为机械能并带动触头的闭合或断开，完成通断。这类电器有接触器、普通继电器等。

(2) 非电量控制电器。它主要通过其他物理量的变化来改变触头的状态，从而接通或断开电路。这类电器有时间继电器、速度继电器、热继电器、行程开关等。

1.1.3 低压电器的发展概况

低压电器的生产和发展是和电的发明和广泛应用分不开的，从按钮、刀开关、熔断器等简单的低压电器开始，到各种规格的低压断路器、接触器，以及由它们组成的成套电气控制设备，都是随着生产的需要而发展的。

随着国民经济的发展和大规模经济建设的进行，国民经济各部门对低压电器的种类、品种、质量提出了越来越高的要求。低压电器的品种也从少到多，产品质量从低到高逐渐发展。但产品与电工行业的国际标准，即国际电工委员会（International Electrotechnical Commission, IEC）标准仍有一定的差距。

自改革开放以来，我国低压电器制造业有了飞速的发展。通过自行设计新产品和从国外著名厂家引进技术，产品的品种和质量都有明显提高。国产产品如 CJ20 系列接触器、RJ20 系列热继电器、DZ20 系列塑料外壳式断路器等都是我国 20 世纪 80 年代的更新换代产品。它们符合国家标准，有的是按电工行业国际标准设计生产的。之后，我国从德国 BBC 公司、AEG 公司及西门子公司，美国西屋公司，日本寺崎公司等引进了接触器、热继电器、起动器、断路器等电器的先进的产品制造技术，并基本实现国产化。

当前，我国低压电器继续沿着体积小、重量轻、安全可靠、使用方便的方向发展，不断提高其技术参数的性能指标，并在经济性上下功夫。其间，使用新材料、新工艺、新技术对产品质量的提高及性能的改善有着十分重要的作用。同时，我国大力开发新产品，特别是多功能化产品及机电一体化产品，如电子化的新型控制器（接近开关、光电开关、电子式电动机保护器、半导体起动器等）正不断研制、开发出来，以适应控制系统迅速电子化的需要。

本章主要介绍机械设备电气控制中经常用到的低压电器，着重介绍部分技术先进、符合 IEC 标准的电器产品，使学生了解其结构、工作原理、用途、型号、图形符号及文字符号，为阅读和理解电气控制电路并正确使用及选择这些电器打下基础。

1.2 接触器

接触器是一种用来频繁地接通或分断交、直流主电路及大功率、大容量控制电路的自动切换电器。其主要用途是控制电动机的起动、反转、制动和调速等，因此它是电力拖动控制

系统中最重要也是最常用的控制电器之一。它具有低电压释放保护功能，并适用于频繁操作和远距离控制。它具有比工作电流大数倍乃至十几倍的接通和分断能力，但不能分断短路电流。它是一种执行电器，即使在先进的可编程序控制器应用系统中，它一般也不能被取代。

接触器种类很多，按驱动力不同可分为电磁式、气动式和液压式，以电磁式应用最广泛；按接触器主触头控制的电路中电流种类，可分为交流接触器和直流接触器两种；按其主触头的极数（即主触头的个数）分，可分为单极、双极、三极、四极和五极等多种。这里介绍电磁式接触器。

1.2.1 交流接触器

1. 结构及其作用

图 1-1 所示为交流接触器的结构剖面图。它由电磁机构、触头系统、灭弧装置及辅助部件组成。

(1) 电磁机构。电磁机构由线圈、铁心和衔铁组成。交流接触器铁心一般都是双 E 形衔铁直动式电磁机构。在实际运行过程中，交流接触器的电磁机构的衔铁不但受到释放弹簧及其他机械阻力的作用，同时还受到交流励磁电流过零的影响。这些作用和影响都使衔铁有释放的趋势，从而使衔铁产生振动，发出噪声。消除衔铁振动和噪声的措施，是在铁心和衔铁的两个不同端部各开一个槽，槽内嵌装一个称为短路环（或称分磁环）的铜环，如图 1-2 所示。短路环把铁心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 。 φ_2 为原磁通与短路环中感生电流产生的磁通的叠加，且相位上 φ_2 滞后 φ_1 。电磁机构的吸力 F 为它们产生的吸力 F_1 、 F_2 的合力，如图 1-3 所示。此合力始终大于反力，所以衔铁的振动和噪声就消除了。短路环通常包围 2/3 的铁心截面，它一般用铜、康铜或镍铬合金等材料制成。

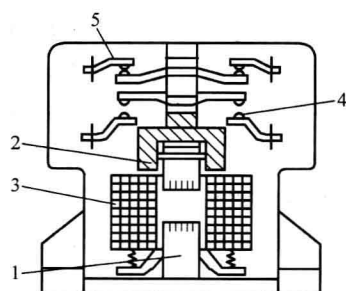


图 1-1 交流接触器的结构剖面

1—铁心 2—衔铁 3—线圈
4—常开触头 5—常闭触头

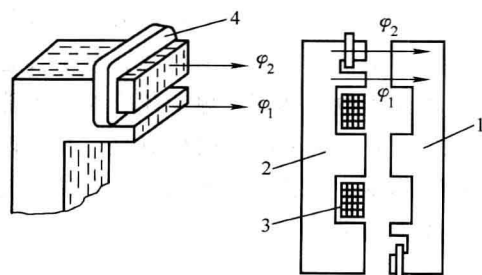


图 1-2 交流电磁铁的短路环

1—衔铁 2—铁心 3—线圈 4—短路环

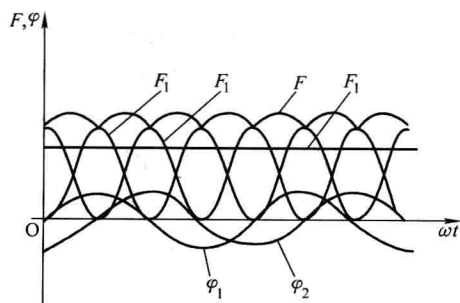


图 1-3 加短路环后的电磁吸力

交流接触器的线圈是利用绝缘性能较好的电磁线绕制而成，是电磁机构动作的关键，一般并接在电源上，线圈的匝数多、阻抗大、额定电流较小。因构成磁路的铁心存在磁滞和涡流损耗，铁心发热是主要的，所以线圈一般做成粗而短的圆筒形且绕在绝缘骨架上，使铁心

与线圈之间隔有一定间隙，这样既增加了铁心的散热面积，又能避免线圈受热损坏。

(2) 触头系统。触头是一切有触头电器的执行部件，这些电器通过触头的动作来接通或断开被控制电路的。触头通常由动、静触头组合而成。

触头的接触形式有点接触（如球面对球面、球面对平面等）、线接触（如圆柱对平面、圆柱对圆柱等）和面接触（如平面对平面）三种，如图 1-4 所示。

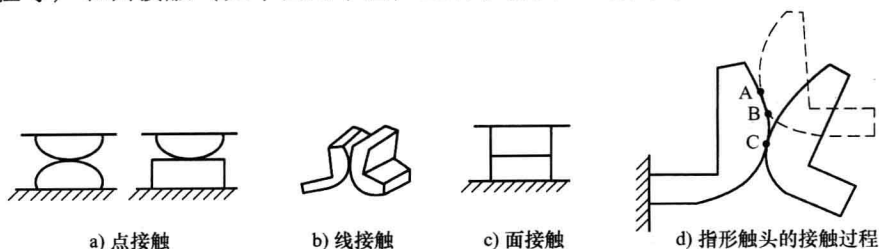


图 1-4 触头的接触形式

三种接触形式中，点接触形式的触头只能用于小电流的电器中，如接触器的辅助触头和继电器的触头；面接触形式的触头允许通过较大的电流，一般在接触表面上镶有合金，以减小触头接触电阻和提高耐磨性，多用于较大容量接触器的触头；线接触形式的触头接触区域是一条直线，其触头在通断过程中有滚动摩擦，可以去掉氧化膜，这种滚动接触多用于中等容量的触头。

在接触器中，触头的结构形式主要有单断点指形触头和双断点桥式触头两种。

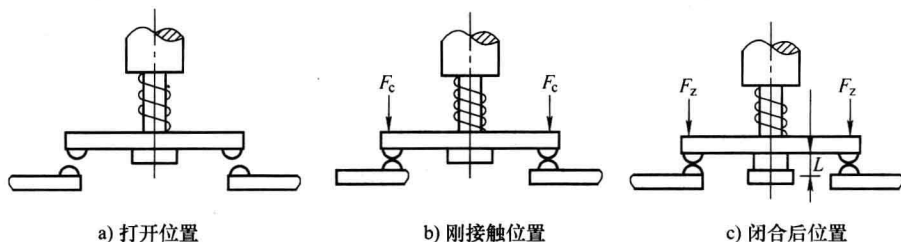


图 1-5 双断点桥式触头的结构

图 1-4a 所示为单断点指形触头。该触头的特点是只有一个断口，一般多用作接触器的触头。其优点是，闭合、断开过程中有滚滑运动，能自动清除表面的氧化物，触头接触压力大，电动稳定性高。其缺点是，触头开距大，从而增大了电器体积；触头闭合时冲击能量大，不利于机械寿命的提高。图 1-5 所示为双断点桥式触头。这种触头的优点是，具有两个有效灭弧区域，灭弧效果好；触头开距小，使电器结构紧凑、体积小；触头闭合时冲击能量小，有利于提高机械寿命。这种触头的缺点是，触头不能自动净化，触头材料必须用银或银的合金；每个触头的接触压力小，电动稳定性较低。

为了减小接触电阻及减弱触头接触时的振动，需要在触头间加一定的压力。此压力一般由弹簧产生。当动触头与静触头刚接触时，由于安装时动触头的弹簧已经被预先压缩了一段，因而产生了一个初压力 F_c ，如图 1-5b 所示。初压力的作用是削弱接触振动，它可以通过调节触头弹簧预压缩量来增减。触头闭合后，弹簧在运动机构的作用下被进一步压缩，运动机构运动终止时，弹簧产生的压力为终压力 F_z ，如图 1-5c 所示。终压力的作用是减小接触电阻。弹簧被进一步压缩的距离 L 称为触头的超程，超程越大终压力亦越大。

在交流接触器中按接通能力将触头分为主触头和辅助触头，主触头用于通断电流较大的主电路，体积较大，一般由三对常开触头组成；辅助触头用以通断电流较小的控制电路，体积较小，一般有两对常开触头和两对常闭触头组成。所谓触头的常开和常闭，是指系统未通电动作前触头的原始状态。

(3) 灭弧装置。交流接触器在断开大电流或高电压电路时，当动、静触头于通电状态下脱离接触的瞬间，动、静触头的间隙很小，电路电压几乎全部落在触头之间，在触头间形成很高的电场强度，触头间的气体在强电场作用下会产生放电效应。根据试验可知，触头开合过程中，电压越高、电流越大，电弧功率也越大；弧区温度越高，气体游离程度越激烈，电弧就越强。电弧的存在既妨碍了电路及时可靠地分断，又会使触头受到损伤。为此，必须采取适当且有效的措施，以保护触头系统、降低它的损伤、提高它的分断能力，从而保证整个电器的工作安全可靠。交流接触器的灭弧方法如下：

1) 多断点灭弧。在交流接触器中常采用桥式触头（见图 1-5），这种触头有两个断点。交流电压在过零后，若一对断点处电弧重燃需要 150 ~ 250V 电压，则两对断点就需要 300 ~ 500V 电压。若断点电压达不到此值，则电弧因不能重燃而熄灭。一般小电流交流接触器采用这种桥式触头灭弧，而不再加设其他灭弧装置。

2) 金属栅片灭弧。灭弧的原理如图 1-6 所示。灭弧栅片是由镀铜薄钢片组成的，灭弧栅则是由许多灭弧栅片组成的，片间距离为 2 ~ 3mm，安放在触头上方的灭弧罩内（图中未画出灭弧罩）。一旦产生电弧，电弧周围产生磁场，导磁的钢片将电弧吸入栅片，电弧被栅片分割成许多串联的短电弧。交流电压过零时，电弧自然熄灭。电弧要重燃，两栅片间必须有 150 ~ 250V 电压。这样，一方面电源电压不足以维持电弧，同时由于栅片的散热作用，电弧自然熄灭后很难重燃。这是一种常用的交流灭弧装置。

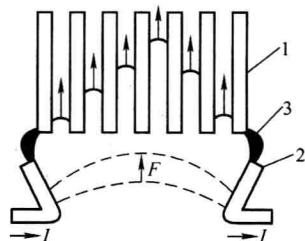


图 1-6 栅片灭弧原理图
1—灭弧栅片 2—触头 3—电弧

3) 灭弧罩灭弧。它通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。其作用有两个：一是分隔各路电弧，以防止发生短路；二是使电弧与灭弧罩的绝缘壁接触，使电弧迅速冷却而熄灭。

(4) 辅助部件。交流接触器的其他零部件包括反作用弹簧、缓冲弹簧、动触头固定弹簧、动触头压力弹簧、传动杠杆及支架等。

2. 工作原理及型号意义

当交流接触器线圈通电后，在铁心中产生磁通。由此在衔铁气隙处产生吸力，使衔铁产生闭合动作，主触头在衔铁的带动下闭合，于是接通了主电路。同时，衔铁还带动辅助触头动作，使原来断开的辅助触头变为闭合，而原来闭合的辅助触头变为断开。当线圈断电或电压显著降低时，吸力消失或减弱，衔铁在释放弹簧作用下打开，主、辅触头又恢复到原来状态。这

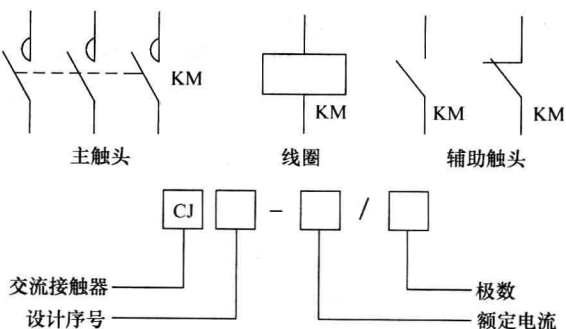


图 1-7 交流接触器的符号及型号意义

就是接触器的工作原理。

交流接触器的符号及型号意义如图 1-7 所示。

1.2.2 直流接触器

直流接触器主要用于远距离接通和分断额定电压至 440V、额定电流至 600A 的直流电路或频繁地操作和控制直流电动机的一种控制电器。其结构和工作原理与交流接触器基本相同，但也有区别，主要表现为如下。

(1) 铁心与衔铁。直流接触器一般采用绕轴转动的拍合式电磁机构。由于线圈通过的是直流电，铁心便不会产生涡流和磁滞损耗，也不会发热，因此铁心和衔铁采用整块铸钢或软铁制成即可。直流接触器正常工作时，衔铁无产生振动和噪声的条件，那么铁心端面也不需要嵌装短路环。在磁路中为保证衔铁的可靠释放，常垫以非磁性垫片，以减少剩磁的影响。

(2) 线圈。线圈的绕制与交流接触器相同，但线圈的匝数比交流接触器的线圈匝数多，电阻值大，铜耗大，所以线圈发热是主要的。为增大线圈的散热面积，通常把线圈做成薄而长的圆筒状，且不设骨架，使线圈与铁心间隙很小，以借助铁心来散发部分热量。

(3) 触头系统。直流接触器的触头系统多制成单极的，只有小电流的制成双极的，触头也有主、辅之分，由于主触头的通断电流较大，多采用滚动线接触的指形触头，如图 1-4d 所示。开始接触时，动静触头在 A 点接触，靠弹簧的压力经 B 点滚到 C 点，分断时作相反运动，这样可以清除触头表面的氧化膜。同时，长期工作的位置是在 C 点而不是在易烧灼的 A 点，从而保证了触头的良好接触。

(4) 灭弧装置。直流接触器一般采用磁吹式灭弧装置，这种灭弧的原理是使电弧处于磁场中间，用电磁力“吹”长电弧，使其进入冷却装置，加速电弧冷却，促使电弧迅速熄灭。图 1-8 所示为磁吹式灭弧的原理图。其磁场由与触头电路串联的吹弧线圈产生，当电流逆时针流经吹弧线圈时，其产生的磁通经铁心和导磁夹板引向触头周围。触头周围的磁通方向为由纸面流入，如图所示的符号“×”。由左手定则可知，电弧在吹弧线圈磁场中受一向上方向的力 F 的作用，电弧向上运动，被拉长并被吹入灭弧罩中。引弧角和静触头相连接，引导电弧向上运动，将热量传递给灭弧罩壁，促使电弧熄灭。这种灭弧装置是利用电弧电流本身灭弧，电弧电流越大，吹弧能力越强，且不受电路电流方向影响（当电流方向改变时，磁场方向随之改变，结果电磁力方向不变）。

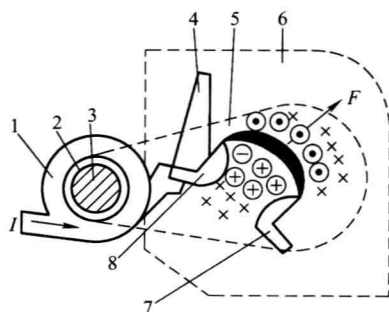


图 1-8 磁吹式灭弧原理图

- 1—吹弧线圈 2—绝缘套 3—铁心
4—引弧角 5—导磁夹板 6—灭弧罩
7—动触头 8—静触头

(5) 型号意义。型号意义如图 1-9 所示。

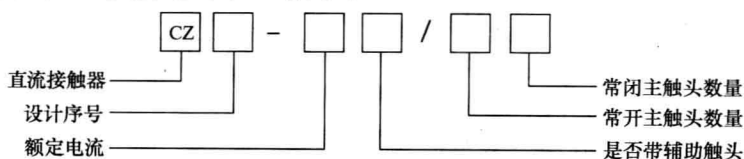


图 1-9 直流接触器型号意义

1.2.3 接触器的选择

接触器使用广泛，其额定工作电流或额定控制功率随使用条件不同而变化，只有根据不同使用条件正确选用，才能保证接触器可靠运行。接触器的选用主要依据以下几个方面。

(1) 选择接触器的类型。通常根据接触器所控制的电动机及负载电流类别来选择相应的接触器类型，即交流负载应使用交流接触器，直流负载应使用直流接触器。

(2) 选择接触器主触头的额定电压。通常所选择的接触器主触头的额定电压应大于或等于负载回路的额定电压。

(3) 选择接触器主触头的额定电流。接触器控制电阻性负载时，主触头的额定电流应等于负载的工作电流。接触器控制电动机时，主触头的额定电流应大于或稍大于电动机的额定电流。接触器如在频繁起动、制动和频繁正反转的场合下使用，容量应增大一倍以上。

(4) 选择接触器吸引线圈的电压。接触器吸引线圈的额定电压应与控制电路电压相一致。

(5) 选择接触器的触头数量及触头类型。通常选择接触器的触头数量应满足控制支路数的要求，触头的类型应满足控制电路的功能要求。

1.3 继电器

继电器是根据某种输入信号来接通或断开小电流控制电路，实现远距离控制和保护的自动控制电器。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，有电压继电器、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；按工作原理分，有电磁式继电器、感应式继电器、电动式继电器、热继电器和电子式继电器等；按输出形式分，有有触头和无触头两类；按用途分，有控制用和保护继电器等。

1.3.1 热继电器

热继电器是利用电流的热效应原理及发热元件热膨胀原理设计，实现三相交流电动机过载保护的装置。由于热继电器中发热元件有热惯性，在电路中不能做瞬时过载保护，更不能做短路保护。因此，它不同于过电流继电器和熔断器。热继电器有单相式、两相式和三相式三种类型，每种类型按发热元件的额定电流的不同又有不同的规格和型号。三相式热继电器常用于三相交流电动机作过载保护。按功能来分，三相式热继电器又有不带断相保护和带断相保护两种类型。

1. 电动机的过载特性和热继电器的保护特性

在不超过允许温升的条件下，电动机的过载电流与电动机通电时间的关系称为电动机的过载特性。当电动机运行中出现过载电流时，必将引起绕组发热。根据热平衡关系，不难得出在允许温升条件下，电动机通电时间与其过载电流的二次方成反比的结论。根据这个结论，可以得知电动机的过载特性具有反时限特性，如图1-9中所示的曲线1。

为了适应电动机的过载特性而又起到过载保护作用，要求热继电器也应具有如同电动机

过载特性那样的反时限特性。为此，热继电器中必须具有电阻性发热元件，利用过载电流通过电阻发热元件产生的热效应使感测元件动作，从而带动触头动作来实现保护作用。热继电器中通过的过载电流与热继电器触头动作时间的关系，称为热继电器的保护特性，如图 1-10 所示的曲线 2。考虑到各种误差的影响，电动机的过载特性和继电器的保护特性都不是一条曲线，而是一条带形区域。因此误差越大，带越宽；误差越小，带越窄。由图 1-10 所示的曲线 1 可知，电动机出现过载时，工作在曲线 1 的下方是安全的。因此，热继电器的保护特性应在电动机过载特性的邻近下方。这样，如果发生过载，热继电器就会在电动机未达到其允许过载极限之前动作，切断电动机电源，使之免遭损坏。

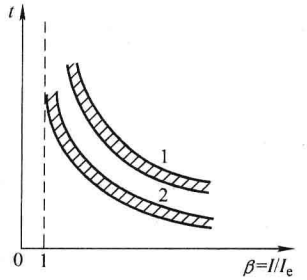


图 1-10 电动机的过载特性和热继电器的保护及其配合

2. 热继电器工作原理

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，它由两种不同线膨胀系数的金属片用机械碾压而成。线膨胀系数大的称为主动层，小的称为被动层。图 1-11 所示为热继电器的结构原理图。

热元件（3）串接在电动机的定子绕组中，电动机定子绕组电流即为流过热元件的电流。当电动机正常运行时，热元件产生的热量虽能使双金属片（2）弯曲，但还不足以使继电器动作。当电动机过载时，热元件产生的热量增大，使双金属片弯曲位移增大，经过一定时间后，双金属片弯曲推动导板（4），并通过补偿双金属片（5）与推杆（14）将两个触头（9 和 6）分开，两个触头（9 和 6）为热继电器串于接触器线圈回路的常闭触头，断开后使接触器线圈失电，接触器的主触头断开电动机的电源以保护电动机。调节旋钮（11）是一个偏心轮，它与支撑件（12）构成一个杠杆，接一个压簧（13），转动偏心轮，改变它的半径即可改变补偿双金属片（5）与导板（4）的接触距离，因而达到调节整定热继电器动作电流的目的。此外，靠调节复位螺钉（8）来改变常开触头（7）的位置使热继电器能工作在手动复位和自动复位两种工作状态。调试手动复位时，在故障排除后要按下按钮（10）才能使动触头（9）恢复与静触头（6）相接触的位置。

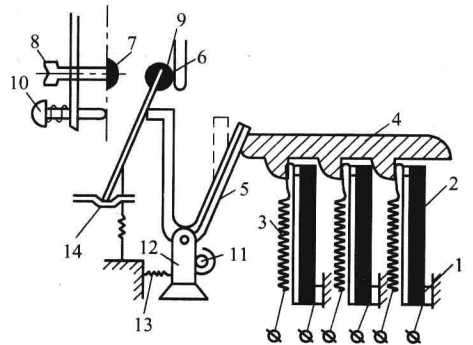


图 1-11 热继电器的结构原理图

- 1—接线柱 2—双金属片 3—热元件 4—导板
- 5—补偿双金属片 6—常闭静触头 7—常开触头
- 8—复位螺钉 9—常闭动触头 10—恢复按钮
- 11—调节旋钮 12—支撑件 13—压簧 14—推杆

是一个偏心轮，它与支撑件（12）构成一个杠杆，接一个压簧（13），转动偏心轮，改变它的半径即可改变补偿双金属片（5）与导板（4）的接触距离，因而达到调节整定热继电器动作电流的目的。此外，靠调节复位螺钉（8）来改变常开触头（7）的位置使热继电器能工作在手动复位和自动复位两种工作状态。调试手动复位时，在故障排除后要按下按钮（10）才能使动触头（9）恢复与静触头（6）相接触的位置。

3. 热继电器的符号及 JR 系列型号意义（见图 1-12）

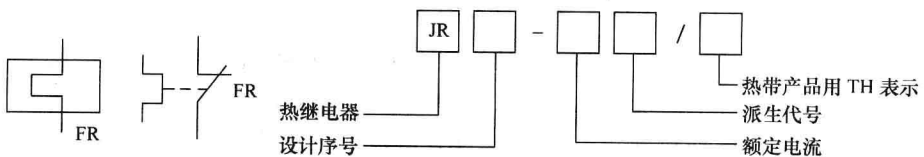


图 1-12 热继电器符号及型号意义

4. 热继电器的主要技术参数及选用

热继电器的主要技术参数有额定电压、额定电流、相数、热元件编号及整定电流调节范围等。

热继电器的整定电流是指热继电器的热元件允许长期通过的又不致引起继电器动作的电流值，对于某一热元件，可通过调节电流旋钮，在一定范围内调节其整定电流。

热继电器选用是否得当，直接影响着对电动机进行过载保护的可靠性。通常选用时应按电动机形式、工作环境、起动情况及负载情况等几方面综合加以考虑。

(1) 原则上热继电器的额定电流应按电动机的额定电流选择。对于过载能力较差的电动机，其配用的热继电器（主要是发热元件）的额定电流可适当小些。通常，选取热继电器的额定电流（实际上是选取发热元件的额定电流）为电动机额定电流的60%~80%。

(2) 在不频繁起动场合，要保证热继电器在电动机的起动过程中不产生误动作。通常，当电动机起动电流为其额定电流6倍及起动时间不超过6s且很少连续起动时，就可按电动机的额定电流选取热继电器。

(3) 当电动机为重复起动且短时工作制时，要注意确定热继电器的允许操作频率。因为热继电器的操作频率是很有限的，如果用它保护操作频率较高的电动机，效果很不理想，有时甚至不能使用。

对于可逆运行和频繁通断电的电动机，不宜采用热继电器保护，必要时可以选用装入电动机内部的温度继电器。

1.3.2 中间继电器

在控制电路中，起信号传递、放大、翻转和分路等中继作用的继电器称为中间继电器。中间继电器原理与接触器相同，只是其触头系统无主、辅触头之分，且触头容量较小，主要作用是扩展触头数量或增加触头容量。对于电动机额定电流不超过5A的电气控制系统，也可以替换接触器来控制。

中间继电器也有交、直流之分，可分别用于交流控制电路和直流控制电路。中间继电器的主要技术参数有额定电压、额定电流、触头对数及线圈电压种类和规格等。选用时，注意线圈的电流种类和电压等级应与控制电路一致。另外，要根据控制电路的需求来确定触头的形式和数量。

中间继电器主要适用以下两方面：当电压或电流继电器触头容量不够时，可借助中间继电器来控制，用中间继电器作为执行元件，这时中间继电器被当做一级放大器用；当其他继电器或接触器触头数量不够时，可利用中间继电器来切换多条电路。

中间继电器的符号及JZ系列型号意义如图1-13所示。

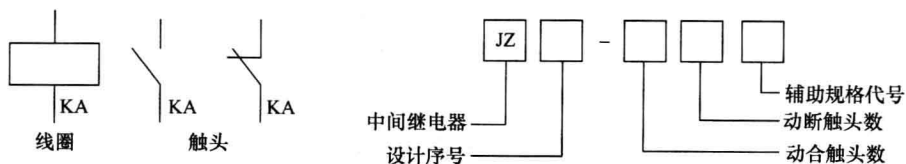


图 1-13 中间继电器符号及型号意义