



普通高等教育规划教材

PLC 控制技术与应用

CONTROL TECHNOLOGY AND APPLICATION OF PLC

魏 伟 编著



中国轻工业出版社

普通高等教育规划教材

PLC 控制技术与应用

魏 伟 编著

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 控制技术与应用/魏伟编著. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 5

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-5019-7523-5

I. ①P… II. ①魏… III. ①可编程序控制器—控制系统—高等学校—教材 IV. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 031459 号

内 容 简 介

全书共分 3 篇 9 章。第 1 篇为电气控制技术篇, 重点介绍了电气控制技术的常用低压控制电器基础知识和电气控制线路的基本原则和基本环节。第 2 篇为可编程序控制器篇, 阐述了可编程序控制器概论、FX 系列 PLC 及其基本指令、FX 系列 PLC 步进梯形指令和 FX 系列 PLC 应用指令。通过大量的设计实例, 详细介绍了 PLC 控制系统的各种开发技术和使用技巧, 每个实例基础实用、易学易懂。第 3 篇为应用与实践篇是本书的重点, 精选出了 9 个 PLC 控制系统综合应用实例, 并给出了完整的设计过程。

责任编辑: 张晓媛 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王培燕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 15.5

字 数: 403 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7523-5 定价: 28.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

91141J1X101ZBW

前 言

本书从常用低压电器的工作原理及应用方法开始,系统地介绍了常规电气线路的基本控制原则和基本控制环节,分析了典型生产机械的常规电气控制电路,叙述了三菱 FX2N 可编程控制器的工作原理及应用方法;介绍了常规电气控制系统、PLC 控制系统的设计方法及设计步骤。

本书紧紧围绕“应用”和“实践”,首先介绍一些相关 PLC 控制技术的基础知识,然后根据不同的模块和应用领域,分篇安排应用实例精讲。基础知识用来为一些初级学者打下一定的知识功底;基础好的读者则可以跳过这一部分,直接进入实例的学习。

本书除介绍了 PLC 控制技术的基础知识之外,还精选了大量的 PLC 控制系统综合性应用设计实例等内容。

全书共分 3 篇 9 章。第 1 篇为电气控制技术篇(包括第 1 章、第 2 章),阐述了常用低压控制电器和电气控制线路的基本原则和基本环节。第 1 章常用低压控制电器,介绍了低压控制电器的概念和分类、接触器的结构和工作原理、继电器的结构和工作原理、熔断器的结构和工作原理、低压开关的结构和工作原理、断路器和主令电器的结构和工作原理,以及对应的文字符号和图形符号。第 2 章电气控制线路的基本原则和基本环节,介绍了电气控制线路的绘制方法、三相异步电动机的启动控制技术、三相异步电动机的正反转控制技术、三相异步电动机的调速控制和制动控制技术、其他典型控制环节和直流电动机控制技术。

第 2 篇可编程序控制器篇(包括第 3~6 章)。第 3 章可编程序控制器概论,介绍了可编程序控制器的产生及发展、可编程序控制器的定义及特点、可编程序控制器工作原理。第 4 章 FX 系列 PLC 及其基本指令,阐述了 FX 系列 PLC 的规格和技术特点、FX 系列 PLC 编程元件、FX 系列 PLC 的指令系统、常用 PLC 单元程序和基本编程举例。第 5 章 FX 系列 PLC 步进梯形指令,介绍了状态编程思想及步进梯形指令、顺序功能图的类型、步进梯形图应用实例和 FX 系列 PLC 的编程操作。第 6 章 FX 系列 PLC 应用指令,介绍了应用指令的基本规则、PLC 程序流程控制应用指令、PLC 传送与比较应用指令、PLC 算术及逻辑运算应用指令、PLC 模拟量和位置控制、PLC 网络与通信和 PLC 跳转应用指令的使用方法。

第 3 篇应用与实践篇(包括第 7~9 章)。第 7 章 PLC 电气控制系统设计,介绍了 PLC 控制系统的设计、PLC 在多层电梯上的应用和 PLC 在多层自动货仓的应用实例,并给出了完整的设计过程。第 8 章电气控制与 PLC 课程设计,叙述了 PLC 在流水灯光控制电路中的应用、十字路口智能交通灯 PLC 电气控制系统、PLC 在彩灯控制电路中的应用、PLC 在灯塔控制电路中的应用和灯塔控制方案的设计与仿真等课程设计应用实例。第 9 章 PLC 控制应用实例,给出了 PLC 在 Z3040 摇臂钻床电气控制系统的应用、PLC 在变频恒压供水系统的应用和 PLC 在大型中频加热弯管机的应用的应用的综合应用实例,并给出了完整的设计过程。

本书特点:

- 从控制技术的相关知识着手讲解 PLC 控制系统知识,使得基础知识扎根于底层控制电路之上,并且涵盖 PLC 控制系统技术领域的主要概念和知识点。

- 例子多。全书通过大量的例子阐述基本问题,通过这些实例的学习,读者可以很容易

掌握 PLC 控制技术的应用开发。

- 原理介绍和控制接口电路介绍并重,并注意理论与实践的结合,通过大量实例帮助读者理解重要的概念和理论。

- 内容精练。本书摒弃了一些较深的理论推导,深入浅出,言简意赅。

- 突出实用性。本书很多实例都取自于作者多年的科研课题,学完本书后,只要把本书的内容稍加修改,串联起来即可构成一个实用的课题。因此,本书对学生毕业设计、首次涉足 PLC 控制系统设计的人员特别有用。

本书是一本关于 PLC 控制技术设计的书籍。全书理论体系完整,内容翔实,语言通俗易懂,实用性和针对性强,既可作为从事 PLC 控制系统应用与产品开发等工作的工程技术人员的一本实用的参考书,也可供广大 PLC 控制系统开发爱好者使用,同时也可以作为高等院校相关专业师生学习 PLC 控制系统的教学用书。

本书免费提供多媒体电子课件和一些扩展资料,欢迎有兴趣的读者索取。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和疏漏之处,恳请读者批评指正。

本书在编写和出版过程中得到张安全、黄冬梅、祖龙起、于海霞、段项宏、吴卫荣、王彦勋、薛红、赵罾、徐兵帮助,在此表示感谢。

(作者电子邮箱:jie_wei8532@mail.hust.edu.cn)

编 者
于华中科技大学

目 录

第 1 篇 电气控制技术

第 1 章 常用低压控制电器	1
1.1 概述	1
1.2 接触器	3
1.3 继电器	5
1.4 熔断器	9
1.5 低压开关	11
1.6 断路器	15
1.7 主令电器	16
1.8 电器的文字符号和图形符号	21
第 2 章 电气控制线路的基本原则和基本环节	27
2.1 电气控制线路的绘制	27
2.2 三相异步电动机的启动控制	29
2.3 三相异步电动机的正反转控制	31
2.4 三相异步电动机的调速控制	35
2.5 三相异步电动机的制动控制	39
2.6 其他典型控制环节	41
2.7 直流电动机控制	44

第 2 篇 可编程序控制器

第 3 章 可编程序控制器概论	48
3.1 可编程序控制器的产生及发展	48
3.2 可编程序控制器的定义及特点	51
3.3 可编程序控制器组成及工作原理	55
第 4 章 FX 系列 PLC 及其基本指令	66
4.1 FX 系列 PLC	66
4.2 FX 系列 PLC 编程元件	70
4.3 FX 系列 PLC 的指令系统	72
4.4 常用的 PLC 单元程序	75
4.5 基本指令编程举例	85
第 5 章 FX 系列 PLC 步进梯形指令	98
5.1 状态编程思想及步进梯形指令	98
5.2 顺序功能图的类型	101
5.3 步进梯形图应用实例	104

5.4 FX 系列 PLC 的操作	113
第 6 章 FX 系列 PLC 应用指令	124
6.1 应用指令的基本规则	124
6.2 PLC 程序流程控制应用指令	125
6.3 PLC 传送与比较应用指令	128
6.4 PLC 算术及逻辑运算应用指令	132
6.5 PLC 模拟量和位置控制	135
6.6 PLC 网络与通信	142
6.7 PLC 跳转应用指令	147

第 3 篇 应用与实践

第 7 章 PLC 电气控制系统设计	151
7.1 PLC 控制系统的设计	151
7.2 PLC 在多层电梯上的应用	155
7.3 PLC 在多层自动货仓的应用	171
第 8 章 电气控制与 PLC 课程设计	176
8.1 PLC 在流水灯光控制电路中的应用	176
8.2 十字路口智能交通灯 PLC 电气控制系统	178
8.3 PLC 在彩灯控制电路中的应用	183
8.4 PLC 在灯塔控制电路中的应用	186
第 9 章 PLC 控制应用实例	189
9.1 PLC 在 Z3040 摇臂钻床电气控制系统的应用	189
9.2 PLC 在变频恒压供水系统的应用	195
9.3 PLC 在大型中频加热弯管机的应用	215
附录	227
附录 1 FX2N 系列 PLC 的特殊元件	227
附录 2 PLC 出错码表	230
附录 3 FX2N 系列 PLC 指令总表	234
参考文献	239

第 1 篇 电气控制技术

第 1 章 常用低压控制电器

1.1 概述

凡是对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用的电工器械均可称为电器。用于交流 1200V、直流 1500V 以下电路,起通断、控制、保护与调节等作用的电器称为低压电器。

在工矿企业的电气控制设备中,采用的基本上都是低压电器。因此,低压电器是电气控制中的基本组成元件,控制系统的优劣和低压电器的性能有直接的关系。作为电气工程技术人員,应该熟悉低压电器的结构、工作原理和使用方法。可编程控制器在电气控制系统中需要大量的低压控制电器才能组成一个完整的控制系统,因此熟悉低压电器的基本知识是学习可编程程序控制器的基础。

低压电器是指额定电压等级在交流 1200V、直流 1500V 以下的电器。在我国工业控制电路中最常用的三相交流电压等级为 380V,只有在特定行业环境下才用其他电压等级,如煤矿井下的电钻用 127V、运输机用 660V、采煤机用 1140V 等。

单相交流电压等级最常见的为 220V,机床、热工仪表和矿井照明等采用 127V 电压等级,其他电压等级如 6V、12V、24V、36V 和 42V 等一般用于安全场所的照明、信号灯以及作为控制电压。

直流常用电压等级有 110V、220V 和 440V,主要用于动力;6V、12V、24V 和 36V 主要用于控制;在电子线路中还有 5V、9V 和 15V 等电压等级。

1.1.1 低压电器的分类

低压电器的功能多、用途广、品种规格繁多,为了系统地掌握,必须加以分类。

1.1.1.1 按电器的动作性质分

(1) 手动电器 人操作发出动作指令的电器。例如刀开关、按钮等。

(2) 自动电器 不需人工直接操作,按照电的或非电的信号自动完成接通、分断电路任务的电器。例如接触器、继电器、电磁阀等。

1.1.1.2 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。例如刀开关、低压断路器等。
- (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。

1.1.1.3 按工作原理分

- (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、速度继电器、压力继电器、温度继电器等。

1.1.2 电磁式电器

电磁式电器类型很多,从结构上看大都由两个基本部分组成,即感测部分和执行部分。

1.1.2.1 电磁机构

电磁机构又称为磁路系统,其主要作用是将电磁能转换为机械能并带动触头动作从而接通或断开电路。电磁机构的结构形式如图 1-1 所示。

电磁机构由动铁芯(衔铁)、静铁芯和电磁线圈三部分组成,其工作原理是:当电磁线圈通电后,线圈电流产生磁场,衔铁获得足够的电磁吸力,克服弹簧的反作用力与静铁芯吸合。

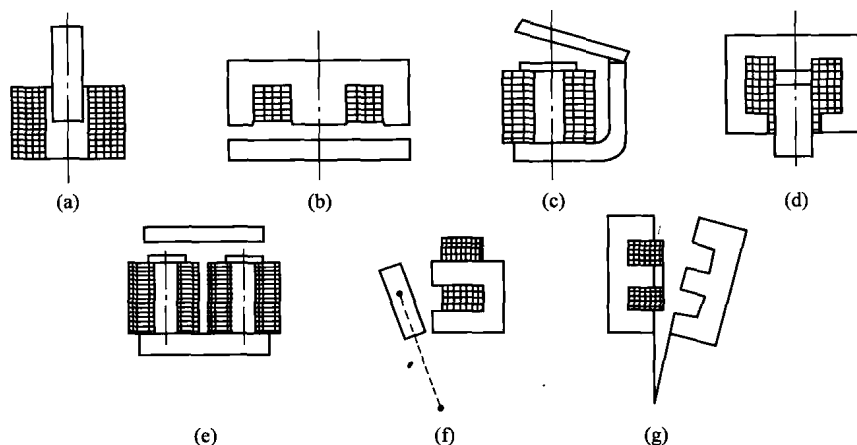


图 1-1 电磁机构的结构形式
(a)、(d)螺管式 (c)、(f)、(g)转动式 (b)、(e)直动式

还应指出,在交流电磁机构中,为避免因线圈中交流电流过零时磁通过零,造成衔铁抖动,需在交流电磁机构铁芯的端部开槽,嵌入一个铜短路环,以消除振动,确保衔铁的可靠吸合。如图 1-2 所示。

1.1.2.2 触头系统

触头是有触点电器的执行部分,通过触头的闭合、断开控制电路通、断。触头的结构形式有桥式触头和指式触头两种,如图 1-3 所示。

1.1.2.3 灭弧系统

(1) 电弧开关电器切断电流电路时,触头间电压大于 10V、电流超过 80mA 时,触头间会产生蓝色的光柱,即电弧。

(2) 电弧的危害延长了切断故障的时间;电弧的高温能将触头烧损;高温引起电弧附近电

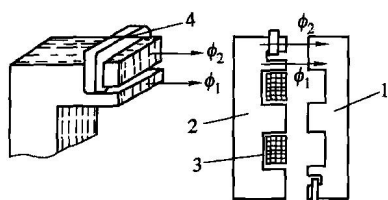


图 1-2 交流电磁铁的短路环
1—衔铁 2—铁芯 3—线圈 4—短路环

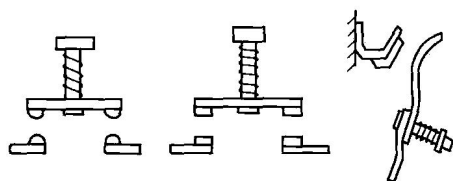


图 1-3 触头的结构形式

气绝缘材料烧坏;形成飞弧,造成电源短路事故。

(3)灭弧措施有吹弧、拉弧、长弧割短弧、多断口灭弧、利用介质灭弧、改善触头表面材料等方法。常采用灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置,如图 1-4 所示。

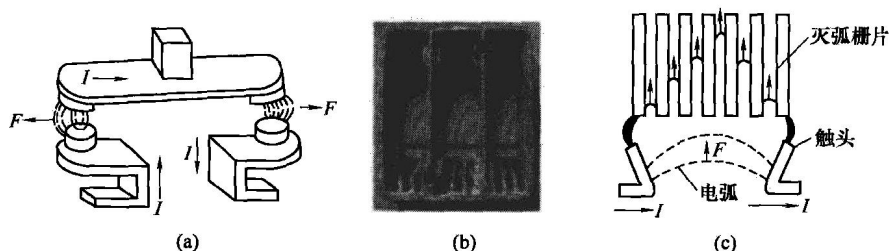


图 1-4 灭弧装置
(a) 双断口灭弧 (b) 灭弧罩 (c) 灭弧栅

1.2 接触器

接触器是机床电气控制系统中使用量大、涉及面广的一种低压控制电器,用来频繁地接通和分断交直流主回路和大容量控制电路。主要控制对象是电动机,能实现远距离控制,并具有欠(零)电压保护。

1.2.1 结构和工作原理

接触器主要由电磁系统、触头系统和灭弧装置组成,外形和结构简图如图 1-5(a)、(c)所示。

工作原理:接触器根据电磁工作原理,当电磁线圈通电后,线圈电流产生磁场,使静铁芯产生电磁吸力吸引衔铁,并带动触头动作,使常闭触头断开,常开触头闭合,两者是联动的。当电磁线圈断电时,电磁力消失,衔铁在释放弹簧的作用下释放,使触头复原,即常开触头断开,常闭触头闭合。接触器的图形符号、文字符号如图 1-5(b)所示。

1.2.2 交、直流接触器的特点

接触器按其主触头所控制主电路电流的种类可分为交流接触器和直流接触器。

1.2.2.1 交流接触器

交流接触器线圈通以交流电,主触头接通、分断交流主电路。

当交变磁通穿过铁芯时,将产生涡流和磁滞损耗,使铁芯发热。为减少铁损,铁芯用硅钢片冲压而成。为便于散热,线圈做成短而粗的圆筒状绕在骨架上。为防止交变磁通使衔铁产生强烈振动和噪声,交流接触器铁芯端面上都安装一个铜制的短路环。交流接触器的灭弧装

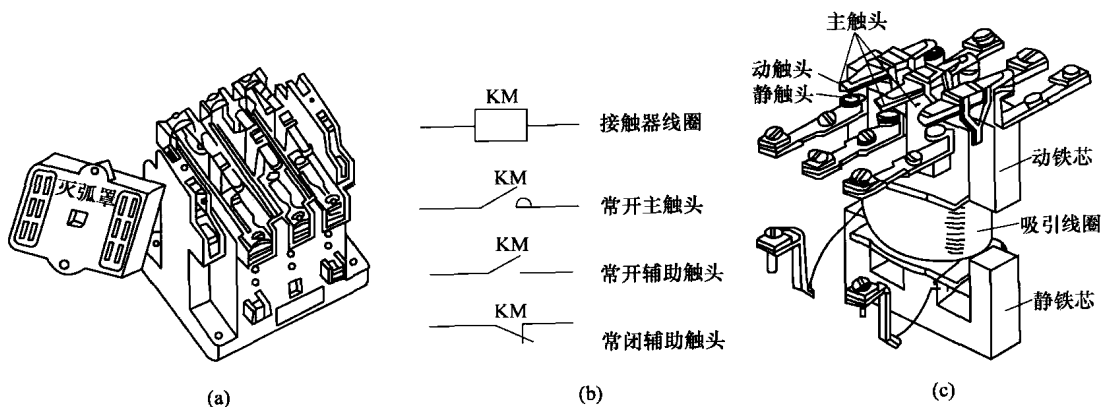


图 1-5 接触器结构和图形、文字符号

置通常采用灭弧罩和灭弧栅。

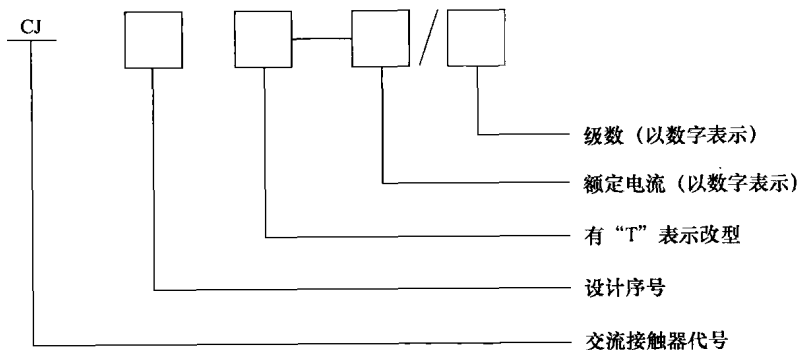
1.2.2.2 直流接触器

直流接触器线圈通以直流电流,主触头接通、切断直流主电路。

直流接触器铁芯中不产生涡流和磁滞损耗,所以不发热,铁芯可用整块钢制成。为保证散热良好,通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状。直流接触器灭弧较难,一般采用灭弧能力较强的磁吹灭弧装置。

1.2.3 接触器型号及主要技术指标

1.2.3.1 型号意义



例如,CJ12—250/3 为 CJ12 系列交流接触器,额定电流 250A,三个主触点。CJ12T—250/3 为 CJ12 系列改型后的交流接触器,额定电流 250A,三个主触点。

1.2.3.2 主要技术指标

(1) 额定电压

交流接触器:127V、220V、380V、500V。

直流接触器:110V、220V、440V。

(2) 额定电流

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

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

(3) 吸引线圈额定电压

交流接触器:36V、110(127)V、220V、380V。

直流接触器:24V、48V、220V、440V。

1.2.4 接触器的使用选择原则

选择接触器时应从其工作条件出发,主要考虑下列因素:

①控制交流负载应选用交流接触器,控制直流负载选用直流接触器。

②接触器的使用类别应与负载性质相一致。

③主触头的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

④主触头的额定工作电流应大于或等于负载电路的电流。还要注意的是:接触器主触头的额定工作电流是在规定条件下(额定工作电压、使用类别、操作频率等)能够正常工作的电流值,当实际使用条件不同时,这个电流值也将随之改变。对于电动机负载可按下列经验公式计算:

$$I_c = \frac{P_N}{KU_N}$$

式中 I_c ——接触器主触点电流(A)

P_N ——电动机额定功率(kW)

U_N ——电动机的额定电压(V)

K ——经验系数,一般取1~1.4

⑤吸引线圈的额定电压应与控制回路电压相一致,接触器在线圈额定电压85%及以上时才能可靠地吸合。

⑥主触头和辅助触头的数量应能满足控制系统的需要。

1.3 继电器

继电器主要用于控制和保护电路中作信号转换用。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(如电流、电压、温度、压力等)变化到某一定值时继电器动作,执行元件便接通和断开控制回路。

控制继电器种类繁多,常用的有电流继电器、电压继电器、中间继电器、时间继电器、热继电器以及温度、压力、计数、频率继电器等。

电压、电流继电器和中间继电器属于电磁式继电器,其结构、工作原理与接触器相似,由电磁系统、触头系统和释放弹簧等组成。由于继电器用于控制电路,流过触头的电流小,所以不需要灭弧装置。

1.3.1 电磁式继电器

1.3.1.1 电流继电器

电流继电器的线圈串接在被测量的电路中,以反映电路电流的变化。为了不影响电路工作情况,电流继电器线圈匝数少、导线粗、线圈阻抗小。

电流继电器有欠电流继电器和过电流继电器两类。欠电流继电器的吸引电流为线圈额定电流的30%~65%,释放电流为额定电流的10%~20%,因此,在电路正常工作时,衔铁是吸合的,只有当电流降低到某一整定值时,继电器释放,输出信号。过电流继电器在电路正常工作时不动作,当电流超过某一整定值时才动作,整定范围通常为1.1~4倍额定电流。

在机床电气控制系统中,电流继电器主要根据主电路内的电流种类和额定电流来选择。

1.3.1.2 电压继电器

电压继电器的结构与电流继电器相似,不同的是电压继电器线圈为并联的电压线圈,所以匝数多、导线细、阻抗大。

电压继电器按动作电压值的不同,有过电压继电器、欠电压继电器和零电压继电器之分。过电压继电器在电压为额定电压的 110% ~ 115% 以上时有保护动作;欠电压继电器在电压为额定电压的 40% ~ 70% 时有保护动作;零电压继电器当电压降至额定电压的 5% ~ 25% 时有保护动作。

1.3.1.3 中间继电器

中间继电器实质上是电压继电器的一种,它的触点数多(有六对或更多),触点电流容量大,动作灵敏。其主要用途是当其他继电器的触点数或触点容量不够时,可借助中间继电器来扩大它们的触点数或触点容量,从而起到中间转换的作用。

中间继电器主要依据被控制电路的电压等级、触点的数量、种类及容量来选用。机床上常用的中间继电器有交流中间继电器和交直流两用中间继电器。

1.3.1.4 电磁式继电器的图形符号

电磁式继电器的图形符号一般是相同的,如图 1-6 所示。电流继电器的文字符号为 KI,线圈方格中用 $I >$ (或 $I <$) 表示过电流(或欠电流)继电器。电压继电器的文字符号为 KV,线圈方格中用 $U <$ (或 $U = 0$) 表示欠电压(或零电压)继电器。

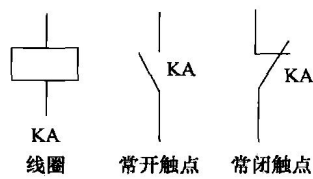


图 1-6 电磁式继电器的图形、文字符号

1.3.2 时间继电器

时间继电器是一种用来实现触点延时接通或断开的控制电器,按其动作原理与构造不同,可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和晶体管式等类型。机床控制线路中应用较多的是空气阻尼式时间继电器,目前晶体管式时间继电器也获得了越来越广泛的应用。

晶体管式时间继电器具有延时范围广、体积小、精度高、调节方便及寿命长等优点,所以发展快,应用广泛。晶体管式时间继电器的外形如图 1-7 所示。

选择时间继电器主要根据控制回路所需要的延时触点的延时方式、瞬时触点的数目以及使用条件来选择。

时间继电器的图形符号如图 1-8 所示,文字符号为 KT。

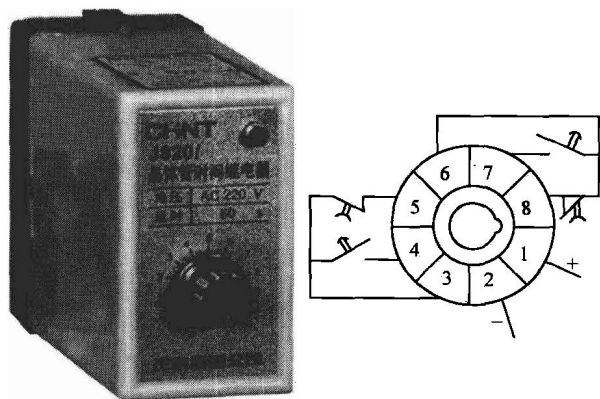


图 1-7 晶体管式时间继电器的外形

1.3.3 热继电器

1.3.3.1 热继电器的结构及工作原理

热继电器是利用电流的热效应原理来保护设备,使之免受长期过载的危害,主要用于电动机的过载保护、断相保护、三相电流不平衡运行的保护及其他电气设备发热状态的控制。它的结构和原理图,如图 1-9 所示。

热继电器主要由热元件、双金属片和触点三部分组成。当电动机过载时,流过热元件的电

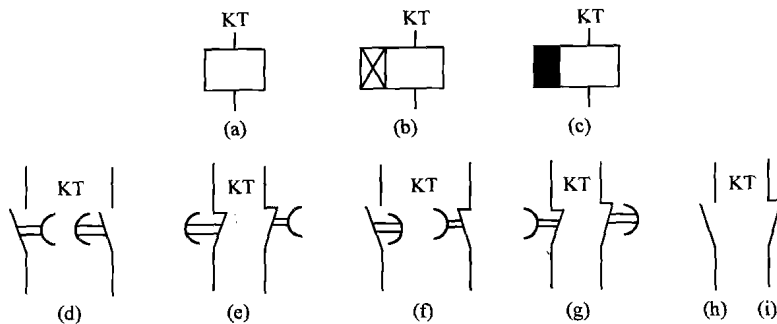


图 1-8 时间继电器的图形符号

- (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)延时闭合常闭触点 (f)延时断开常开触点 (g)延时断开常闭触点
(h)瞬动常开触点 (i)瞬动常闭触点

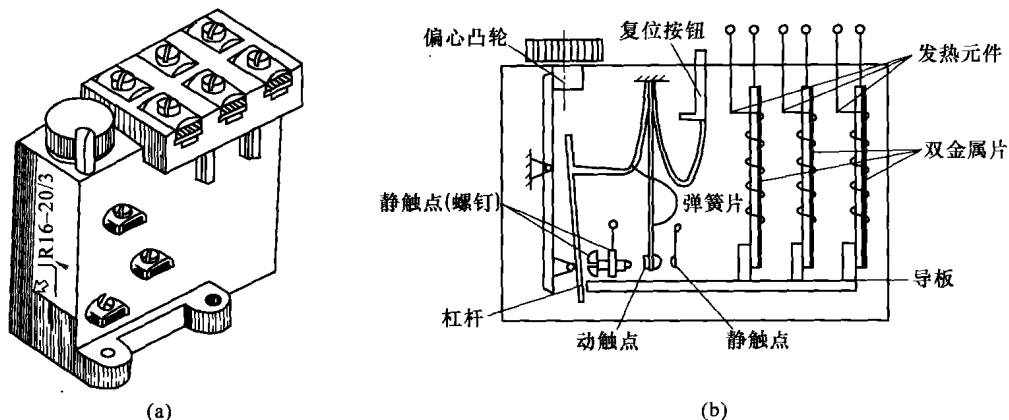


图 1-9 热继电器的外形和结构、原理图

- (a)外形 (b)内部结构和原理示意图

流增大,热元件产生的热量使双金属片向上弯曲,经过一定时间后,弯曲位移增大,推动板将常闭触点断开。常闭触点是串接在电动机的控制电路中的,控制电路断开使接触器的线圈断电,从而断开电动机的主电路。若要使热继电器复位,则按下复位按钮即可。热继电器由于热惯性,当电路短路时不能立即动作使电路立即断开,因此不能作短路保护。同理,在电动机启动或短时过载时,热继电器也不会动作,这可避免电动机不必要的停车。每一种电流等级的热元件,都有一定的电流调节范围,一般应调节到与电动机额定电流相等,以便更好地起到过载保护作用。

热继电器的图形及文字符号,如图 1-10 所示。

1.3.3.2 热继电器的使用与选择

热继电器的选择主要根据电动机的额定电流来确定热继电器的型号及热元件的额定电流等级。

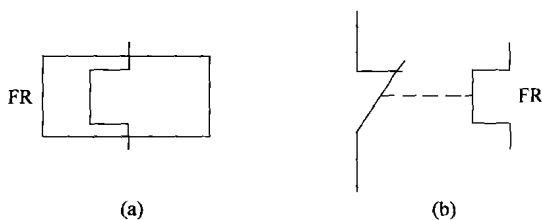


图 1-10 热继电器的图形及文字符号

1.3.4 速度继电器

速度继电器是根据电磁感应原理制成的,用于转速的检测。如用来在三相交流异步电动机反接制动转速过零时,自动断开反相序电源。速度继电器常用于铣床和镗床的控制电路中。

图 1-11 为其外形、结构和符号图。

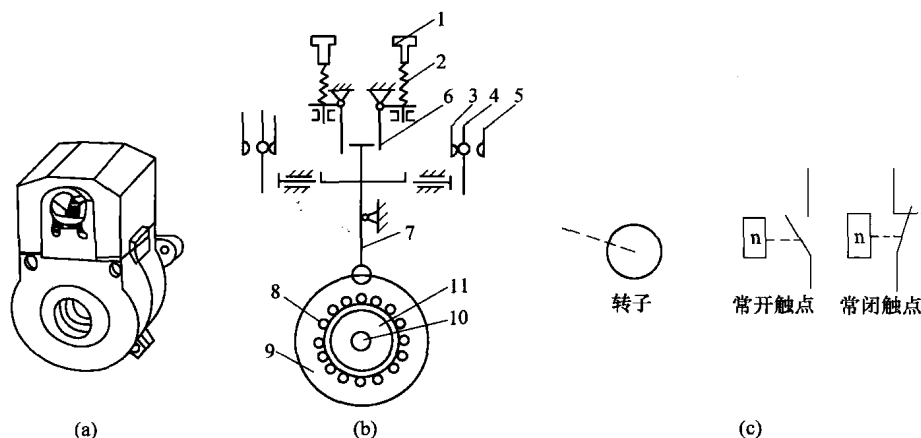


图 1-11 速度继电器外形、结构和符号图

(a)外形 (b)结构 (c)符号

1—调节螺钉 2—反力弹簧 3—常闭触点 4—动触点 5—常开触点 6—返回杠杆
7—摆杆 8—笼形绕组 9—圆环 10—转轴 11—转子

由图 1-11 可知,速度继电器主要由转子、圆环(笼形空心绕组)和触点三部分组成。

转子由一块永久磁铁制成,与电动机同轴相连,用以接受转动信号。当转子(磁铁)旋转时,笼形绕组切割转子磁场产生感应电动势,形成环内电流,此电流与磁铁磁场相作用,产生电磁转矩,圆环在此力矩的作用下带动摆锤,克服弹簧力而顺转子转动的方向摆动,并拨动触点改变其通断状态(在摆锤左右各设一组切换触点,分别在速度继电器正转和反转时发生作用)。

速度继电器的动作转速一般不低于 120r/min ,复位转速约在 100r/min 以下,工作时,允许的转速高达 $1000 \sim 3600\text{r/min}$ 。

速度继电器的图形符号如图 1-11(c)所示,文字符号为 KS。

1.3.5 固态继电器

固态继电器(Solid State Relay,简称 SSR),是 20 世纪 70 年代中后期发展起来的一种新型无触点继电器。由于可靠性高、开关速度快和工作频率高、使用寿命长、便于小型化、输入控制电流小以及与 TTL、CMOS 等集成电路有较好的兼容性等一系列优点,其应用领域正在不断扩大。

固态继电器是具有两个输入端和两个输出端的一种四端器件,其输入与输出之间通常采用光电耦合器隔离,并称其为全固态继电器。

图 1-12 所示为用固态继电器控制三相感应电动机线路图。

1.3.6 液位继电器

液位继电器主要用于对液位的高低进行检测并发出开关量信号,以控制电磁阀、液泵等设备对液位的高低进行控制。液位继电器的种类很多,工作原理也不尽相同,下面介绍 JYF-02 型液位继电器。

JYF-02 型液位继电器的结构示意图及图形符号如图 1-13 所示。浮筒置于液体内,浮筒的另一端为一根磁钢,靠近磁钢的液体外壁也装一根磁钢,并和动触点相连,当水位上升时,受浮力上浮而绕固定支点上浮,带动磁钢条向下,当内磁钢 N 极低于外磁钢 N 极时,由于液体

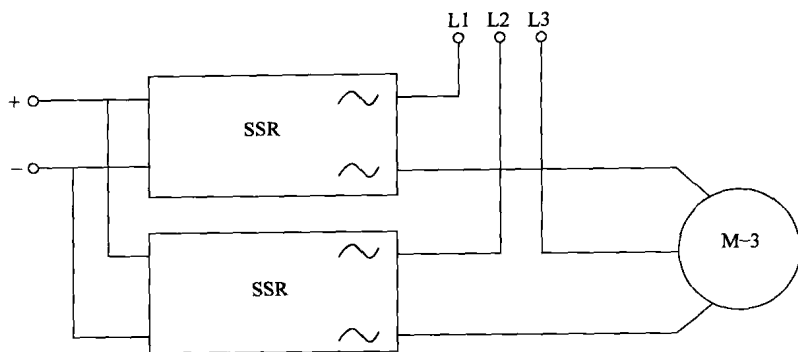


图 1-12 固态继电器控制三相感应电动机

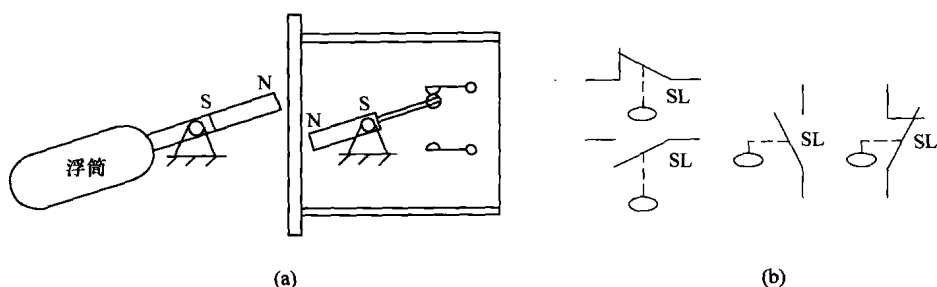


图 1-13 JYF-02 型液位继电器结构示意图及图形符号

(a) 液位继电器(传感器)示意图 (b) 图形符号

壁内外两根磁钢同性相斥,壁外的磁钢受排斥力迅速上翘,带动触点迅速动作。同理,当液位下降,内磁钢 N 极高于外磁钢 N 极时,外磁钢受排斥力迅速下翘,带动触点迅速动作。液位高低的控制是由液位继电器安装的位置来决定的。

1.3.7 压力继电器

压力继电器主要用于对液体或气体压力的高低进行检测并发出开关量信号,以控制电磁阀、液泵等设备对压力的高低进行控制。图 1-14 为压力继电器结构示意图及图形符号。

压力继电器主要由压力传送装置和微动开关等组成,液体或气体压力经压力入口推动橡皮膜和滑杆,克服弹簧反力向上运动,当压力达到给定压力时,触动微动开关,发出控制信号,旋转调压螺母可以改变给定压力。

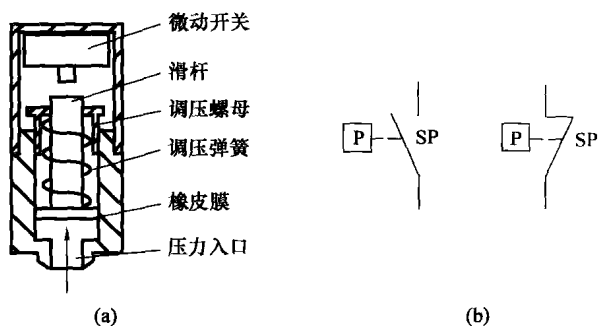


图 1-14 压力继电器结构示意图及图形符号

(a) 压力继电器(传感器)示意图 (b) 图形符号

1.4 熔断器

熔断器在电路中主要起短路保护作用,用于保护线路。熔断器的熔体串接于被保护的电路中,熔断器以其自身产生的热量使熔体熔断,从而自动切断电路,实现短路保护及过载保护。

熔断器具有结构简单、体积小、重量轻、使用维护方便、价格低廉、分断能力较高、限流能力良好等优点,因此在电路中得到广泛应用。

1.4.1 熔断器的结构原理及分类

熔断器由熔体和安装熔体的绝缘底座(或称熔管)组成。熔体由易熔金属材料铅、锌、锡、铜、银及其合金制成,形状常为丝状或网状。由铅锡合金和锌等低熔点金属制成的熔体,因不易灭弧,多用于小电流电路;由铜、银等高熔点金属制成的熔体,易于灭弧,多用于大电流电路。

熔断器串接于被保护电路中,电流通过熔体时产生的热量与电流平方和电流通过的时间成正比,电流越大,则熔体熔断时间越短,这种特性称为熔断器的反时限保护特性或安秒特性,如图1-15所示。图1-15中 I_N 为熔断器额定电流,熔体允许长期通过额定电流而不熔断。

熔断器种类很多,按结构分为开启式、半封闭式和封闭式;按有无填料分为有填料式、无填料式;按用途分为工业用熔断器、保护半导体器件熔断器及自复式熔断器等。

1.4.2 熔断器的主要技术参数

熔断器的主要技术参数包括额定电压、熔体额定电流、熔断器额定电流、极限分断能力等。

(1)额定电压 指保证熔断器能长期正常工作的电压。

(2)熔体额定电流 指熔体长期通过而不会熔断的电流。

(3)熔断器额定电流 指保证熔断器能长期正常工作的电流。

(4)极限分断能力 指熔断器在额定电压下所能开断的最大短路电流。在电路中出现的最大电流一般是指短路电流值,所以,极限分断能力也反映了熔断器分断短路电流的能力。

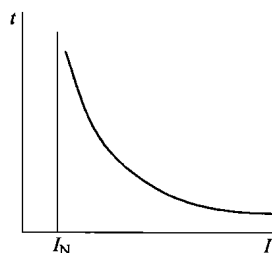


图 1-15 熔断器的反时限保护特性

1.4.3 常用的熔断器

1.4.3.1 插入式熔断器

插入式熔断器如图1-16(a)所示。

常用的产品有RC1A系列,主要用于低压分支电路的短路保护,因其分断能力较小,多用于照明电路和小型动力电路中。

1.4.3.2 螺旋式熔断器

螺旋式熔断器如图1-16(b)所示。熔芯内装有熔丝,并填充石英砂,用于熄灭电弧,分断能力强。熔体上的上端盖有一熔断指示器,一旦熔体熔断,指示器马上弹出,可透过瓷帽上的玻璃孔观察到。

常用产品有RL6、RL7和RLS2等系列,其中RL6和RL7多用于机床配电电路中;RLS2为快速熔断器,主要用于保护半导体元件。

1.4.3.3 RM10型密封管式熔断器

RM10型密封管式熔断器为无填料管式熔断器,如图1-16(c)所示。主要用于供电系统作为线路的短路保护及过载保护,它采用变截面片状熔体和密封纤维管。

由于熔体较窄处的电阻小,在短路电流通过时产生的热量最大,先熔断,因而可产生多个熔断点使电弧分散,以利于灭弧。短路时其电弧燃烧密封纤维管产生高压气体,以便将电弧迅速熄灭。