



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

可编程控制器 应用技术

KEBIANCHENG KONGZHIQI YINGYONG JISHU

主 编 殷 刚 于梦琦

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十二五”创新型规划教材

可编程控制器应用技术

主 编 殷 刚 于梦琦

参 编 侯慧姝 王涌泉

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以强化学生的技能和工程实践能力为目标,融合企业需求、行业标准为一体,将实际工作过程引入教学内容,重在培养学生分析和解决实际问题的能力。

本书内容包括电气控制和可编程控制器应用两部分。第1章和第2章及项目一为电气控制部分,主要介绍常用低压电器的结构、工作原理、图形及电气符号;电气控制系统的典型控制环节;电动机控制项目训练。第3章至第7章及项目二至项目五为可编程控制器应用部分。该部分以OMRON小型机中的P型机和CPM1A PLC为背景,系统阐述可编程控制器的结构、工作原理、硬件配置、指令系统,详细讲解PLC控制系统的设计,对常用的PLC典型电路做了细致介绍,并列举了丰富的应用实例。

本书语言通俗易懂,内容编排由浅入深,理论联系实际,通过项目及任务训练培养、强化学生知识运用能力。各章还配有习题,便于教学及自学。

本书可作为高等院校生产过程自动化技术、电气自动化技术、电力系统自动化技术、机电一体化技术、数控技术等相关专业的理论及实训教材,也可作为技能培训教材及工程技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

可编程控制器应用技术/殷刚,于梦琦主编. —北京:北京理工大学出版社, 2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 5932 - 3

I. ①可… II. ①殷… ②于… III. ①电气控制②可编程序控制器
IV. ①TM921. 5②TM571

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 094801 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京市正合鼎业印刷技术有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 11.25

字 数 / 210 千字

责任编辑 / 多海鹏

版 次 / 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

张慧峰

印 数 / 1 ~ 1500 册

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 26.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换



前言

可编程控制器 (PLC) 是以微处理器为核心, 将微电子技术、自动化控制技术以及通信技术融为一体的新一代工业自动化控制装置。它具有可靠、安全、灵活、方便和经济等特点, 已广泛应用于各行各业的自动控制中。从 PLC 的发展趋势来看, PLC 技术将在未来的工业自动化领域中占据主导地位。

“可编程控制器应用技术”是高等院校生产过程自动化技术、电气自动化技术、电力系统自动化技术、机电一体化技术及数控技术专业的核心专业课程。课程的目标是培养学生在生产一线的 PLC 技术应用能力, 提高学生的综合素质, 使学生掌握电气控制系统设计与维护岗位所需要的可编程控制器应用系统的设计方法、编程能力和应用分析能力。

本书语言通俗易懂、简明扼要; 在内容编排上, 由浅入深, 理论联系实际, 项目任务选择注重实用性、可操作性, 通过项目及任务训练培养、强化学生的知识运用能力。

本书共分为 7 章、5 个项目, 分别是: 第 1 章 常用低压电器、第 2 章 基本电气控制电路、项目一 电动机的控制、第 3 章 可编程控制器概述、第 4 章 欧姆龙 PLC 的硬件配置及内部器件、第 5 章 欧姆龙 PLC 的指令系统和应用、项目二 PLC 基本逻辑指令的应用、项目三 PLC 功能指令的应用、项目四 电动机的 PLC 控制、第 6 章 PLC 控制系统的设计、第 7 章 PLC 控制系统应用举例、项目五 PLC 的综合应用。

本书由殷刚、于梦琦任主编, 侯慧姝、王涌泉参与编写。具体分工为: 第 1 章、第 2 章、第 7 章、项目一、项目二、项目五由殷刚编写; 第 3 章、附录 C 由侯慧姝编写; 第 4 章、附录 A、附录 B 由王涌泉编写; 第 5 章、第 6 章、项目三、项目四由于梦琦编写。全书由殷刚、于梦琦统稿、审定。在教材编写过程中, 编者参阅了相关教材及资料, 在此向参考文献作者表示感谢。

由于编者水平有限, 书中难免有错误和不妥之处, 敬请读者批评指正。

编者



目 录

第1章 常用低压电器	1
1.1 低压电器的基本知识	1
1.2 接触器	5
1.3 继电器	8
1.4 熔断器	15
1.5 开关电器	18
1.6 主令电器	22
习题	27
第2章 基本电气控制电路	28
2.1 电气控制系统的基本知识	28
2.2 电动机的启动控制电路	32
2.3 电动机的制动控制电路	36
2.4 电动机的其他典型控制电路	38
习题	44
项目一 电动机的控制	47
任务一 电动机的延时启动控制	47
任务二 电动机的自动顺序控制	48
第3章 可编程控制器概述	50
3.1 可编程控制器的产生	50
3.2 可编程控制器的特点及分类	51
3.3 可编程控制器的结构与工作原理	55
3.4 可编程控制器的主要性能指标	58
3.5 可编程控制器的应用及发展趋势	59
习题	61
第4章 欧姆龙 PLC 的硬件配置及内部器件	62
4.1 P 型机的硬件配置及内部器件	62
4.2 CPM1A 型机的硬件配置及内部器件	69
习题	74
第5章 欧姆龙 PLC 的指令系统及应用	75

5.1 编程语言	75
5.2 P 型机的指令系统	77
5.3 程序设计指导	98
5.4 常用基本电路	101
5.5 程序设计举例	107
5.6 CPM1A 的指令系统	110
习题	125
项目二 PLC 基本逻辑指令的应用	128
任务三 抢答器的设计	128
项目三 PLC 功能指令的应用	130
任务四 洗手间自动冲水控制	130
任务五 仓库物品的统计监控设计	132
任务六 彩灯循环点亮控制	133
项目四 电动机的 PLC 控制	136
任务七 三台电动机的顺序控制	136
任务八 电动机的循环正反转控制	137
第 6 章 PLC 控制系统的设计	139
6.1 PLC 控制系统设计的基本原则	139
6.2 PLC 控制系统设计的主要内容与步骤	139
6.3 PLC 控制系统的硬件设计与选型	142
6.4 PLC 控制系统的软件设计	145
6.5 PLC 的安装与接线	148
习题	151
第 7 章 PLC 控制系统应用举例	152
7.1 装卸料小车的运行控制	152
7.2 液体混合装置的自动控制	155
习题	159
项目五 PLC 综合控制应用	160
任务九 十字路口交通信号灯控制	160
任务十 全自动洗衣机的自动控制	163
附录	166
附录 A 常用电气设备的图形符号及文字符号	166
附录 B 专用内部辅助继电器功能表	167
附录 C 辅助记忆继电器功能表	169
参考文献	171

第 1 章

常用低压电器

1.1 低压电器的基本知识

电器对电能的生产、输送、分配和使用起控制、调节、检测、转换及保护作用，是所有电工器械的简称。我国现行标准将电器按电压等级分为高压电器和低压电器；凡工作在交流 50 Hz、额定电压 1 200 V 及以下和直流额定电压 1 500 V 及以下电路中的电器统称为低压电器。低压电器种类繁多，它作为基本元器件已广泛应用于发电厂、变电所、工矿企业、交通运输和国防工业等电力输配电系统和电力拖动控制系统中。随着科学技术的不断发展，低压电器将会沿着体积小、质量轻、安全可靠、使用方便及性价比高的方向发展。掌握好常用低压电器的功能、原理与使用方法，是学习电气控制的基础。

1.1.1 低压电器的分类

低压电器的品种、规格很多，作用、构造及工作原理各不相同，因而有多种分类方法。

1. 按动作方式分

低压电器按它的动作方式可分为自动电器和手动电器两大类：前者是依靠本身参数的变化或外来信号的作用，自动完成接通或分断等动作；后者主要是用手直接操作来进行切换。

2. 按性能和用途分

低压电器按它在电路中所处的地位和作用可分为控制电器和配电电器两大类：控制电器是指电动机完成生产机械要求的启动、调速、反转和停止所用的电器；配电电器是指正常或事故状态下接通或断开用电设备和供电电网所用的电器。

3. 按有无触点分

低压电器按它有无触点可分为有触点电器和无触点电器两大类：有触点电器有动触点和静触点之分，利用触点的合与分来实现电路的通与断；无触点电器没有触点，主要利用晶体管的导通与截止来实现电路的通与断。

4. 按工作原理分

低压电器按它的工作原理可分为电磁式电器和非电量控制电器两大类：电磁式电器由感受部分（即电磁机构）和执行部分（即触点系统）组成。电磁式电器由电磁机构控制电器动作，即由感受部分接收外界输入信号，使执行部分动作，实现控制目的；非电量控制电器由非电磁力控制电器触点的动作。

1.1.2 电磁机构及触头系统

低压电器一般都有两个基本部分，即感受部分和执行部分。感受部分感受外界信号，并做出反应。自动电器的感受部分大多由电磁机构组成；手动电器的感受部分通常为电器的操作手柄。执行部分根据控制指令，执行接通或断开电路的任务。下面简单介绍电磁式低压电器的电磁机构和触头系统。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式低压电器的检测部分，它的主要作用是将电磁能量转换成机械能量，带动触头动作，从而实现电路的接通或分断。电磁机构由吸引线圈、铁芯及衔铁组成。其结构形式按电磁机构的形状分有 E 形和 U 形两种；按衔铁的运动方式可分为直动式和拍合式，如图 1-1 所示。

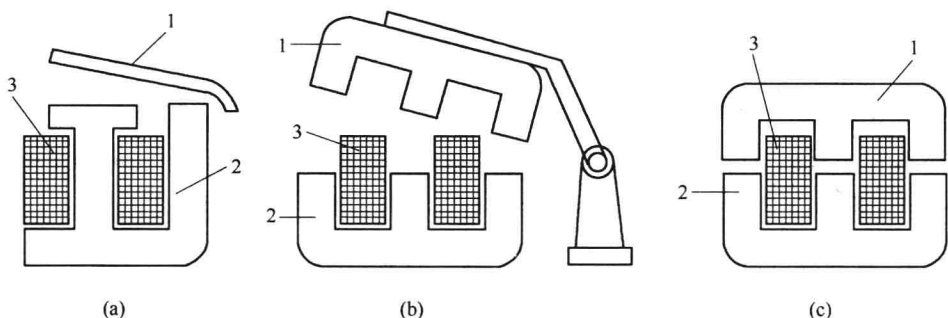


图 1-1 电磁机构的结构

(a) U 形、拍合式；(b) E 形、拍合式；(c) E 形、直动式

1—衔铁；2—铁芯；3—线圈

吸引线圈的作用是将电能转换为磁能，即产生磁通，衔铁在电磁力的作用下产生机械位移使铁芯吸合。通入交流电的线圈称为交流线圈。对于直流线圈，铁芯不发热，直流线圈发热，因此，线圈与铁芯接触以利散热。线圈做成无骨架、高而薄的瘦高型，以改善线圈自身散热。铁芯和衔铁由软钢或工程纯铁制成。对于交流线圈，除线圈发热外，由于铁芯中有涡流和磁滞损耗，铁芯也会发热。为了改善线圈和铁芯的散热情况，在铁芯与线圈之间留有散热间隙，而且把线圈做成有骨架的矮胖型。铁芯用硅钢片叠成，以减少涡流。

对电磁式电器而言，电磁机构的作用是使触头实现自动化操作，因电磁机构

实质上是电磁铁的一种，即电磁铁还有很多其他用途，例如牵引电磁铁，有拉动式和推动式两种，可以用于远距离控制和操作各种机构；阀用电磁铁，可以远距离控制各种气动阀、液压阀以实现机械自动控制；制动电磁铁则用来控制自动抱闸装置，实现快速停车等。

电磁机构工作原理为：当线圈中有电流通过时，产生磁场，经铁芯、衔铁和气隙形成回路，产生电磁力，于是电磁力克服弹簧的反作用力使衔铁与铁芯闭合，由连接机构带动相应的触头动作。

2. 触头系统

触头是电器的执行机构，在衔铁的带动下起接通和分断电路的作用。由于铜具有良好的导电、导热性能，因此，触头通常用铜制成。铜质表面容易产生氧化膜，使触头的接触电阻增大，从而使触头的损耗也增大。有些小容量电器的触头采用银质材料，与铜质触头相比，银质触头除具有更好地导电、导热性能外，触头的氧化膜电阻率与纯银相比相差无几，而且氧化膜的生成温度很高。所以，银质触头的接触电阻较小，而且较稳定。

触头的结构形式有很多种，下面介绍常见的几种分类方式。

1) 按接触形式分

触头按接触形式分为点接触、线接触和面接触三种，如图 1-2 所示。点接触允许通过的电流较小，常用于继电器电路或辅助触点。面接触和线接触允许通过的电流较大，常用于大电流的场合，如刀开关、接触器的主触头等。

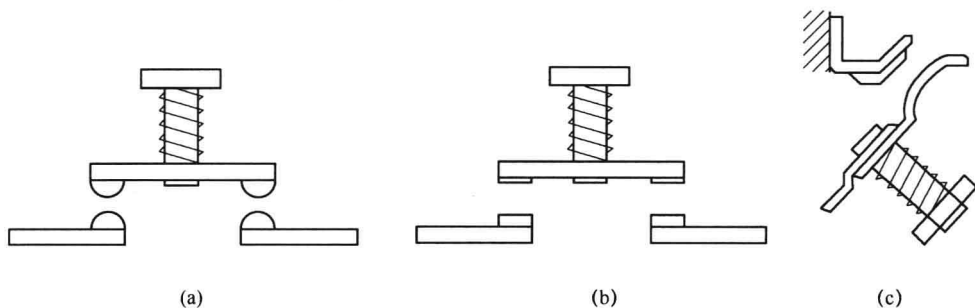


图 1-2 触头的常见结构

(a) 点接触；(b) 面接触；(c) 线接触

2) 按结构形式分

触头按结构形式分为桥式和指式，如图 1-2 中，图 (a) 和图 (b) 为桥式触头，图 (c) 为指式触头。

3) 按是否运动分

触头按是否运动分为动触头和静触头。动触头是指在衔铁的带动下发生运动的触头，静触头是指不发生位置变化的触头。

4) 按控制的电路分

触头按控制的电路分为主触头和辅助触头。主触头用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流。辅助触头用于接通或断开控制电路,只允许通过较小的电流。

5) 按原始状态分

触头按原始状态分为常开触头和常闭触头。当线圈不带电时,动、静触头是分开的,称为常开触头;当线圈不带电时,动、静触头是闭合的,称为常闭触头。

触头的参数主要有:

- (1) 额定电压:触头断路后允许施加的最大电压。
- (2) 额定电流:触头长期工作时所允许的最大电流。
- (3) 触头寿命:触头在额定条件下能正常使用的最多次数。
- (4) 灵敏度:单位时间内,触头允许通断的最高次数。

3. 电弧的产生及灭弧

开关电器切断电流电路时,触头在通电状态下动、静触头脱离接触,若触头间电压大于 10 V,电流超过 80 mA 时,由于电场的存在,会使触头表面的自由电子大量溢出而产生蓝色的光柱,即电弧。电弧的存在既易烧损触头金属表面、降低电器的寿命,又延长了电路的分断时间,严重时还可引起事故或火灾,所以必须迅速消除。

电弧有直流电弧和交流电弧两类,交流电弧又自然过零点,故较易熄灭。灭弧的主要措施有:迅速增加电弧长度(拉长电弧),使得单位长度内维持电弧燃烧的电场强度不够而使电弧熄灭;使电弧与流体介质或固体介质相接触,加强冷却和去游离作用,使电弧加快熄灭。

低压控制电器常用的具体灭弧方法有:

- (1) 机械灭弧法:通过机械装置将电弧迅速拉长。

(2) 磁吹灭弧法:在一个与触头串联的磁吹线圈产生的磁场作用下,电弧受电磁力的作用而拉长,被吹入由固体介质构成的灭弧罩内,与固体介质相接触,电弧被冷却而熄灭。

(3) 窄缝(纵缝)灭弧法:在电弧所形成的磁场电动力的作用下,可使电弧拉长并进入灭弧罩的窄(纵)缝中,几条纵缝可将电弧分割成数段且与固体介质相接触,电弧便迅速熄灭。

(4) 栅片灭弧法:当触头分开时,产生的电弧在电动力的作用下被推入一组金属栅片中并被分割成数段,彼此绝缘的金属栅片的每一片都相当于一个电极,因而就有许多个阴阳极压降。对交流电弧来说,近阴极处,在电弧过零时就会出现一个 150 ~ 250 V 的介质强度,使电弧无法继续维持而熄灭。由于栅片灭弧效应在交流时要比直流时强得多,所以交流电器常常采用栅片灭弧。

1.2 接触器

接触器属于控制类电器，它的作用是将电磁能转换成机械能，通过电磁力吸引衔铁带动触点动作，实现对电路的控制。接触器适用于远距离频繁接通和分断交直流主电路和控制电路的自动控制电器。接触器主要控制对象是电动机，也可用于其他电力负载，如电热器、电焊机等。接触器具有欠压保护、零压保护、控制容量大、工作可靠、寿命长等优点，是自动控制系统中应用最多的一种电器。

1.2.1 结构与工作原理

接触器按其主触点控制电路中电流的种类可分为交流接触器和直流接触器，应用最多的是交流接触器。图1-3所示为CJ20交流接触器实物。

交流接触器主要由电磁机构、触点系统和灭弧装置三部分组成。电磁机构包括线圈、铁芯和衔铁。触点分为两种：三对接在电动机主电路中，允许通过的电流较大，称为主触点；两对接在控制电路中，通过的电流较小，称为辅助触点。主触头为常开触点，用于控制主电路的通断；辅助触点包括常开触点、常闭触点两种，用于控制电路中，起电气联锁作用。其他部件还包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触头压力弹簧、传动机构和外壳等。交流接触器结构如图1-4所示。

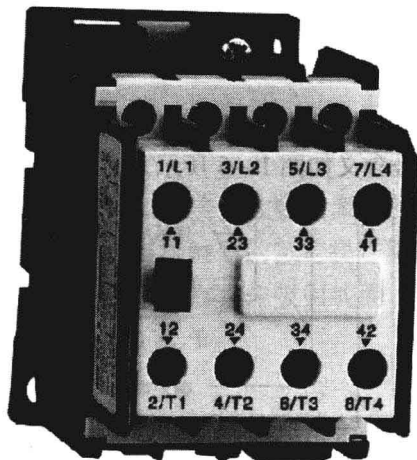


图1-3 CJ20 接触器实物

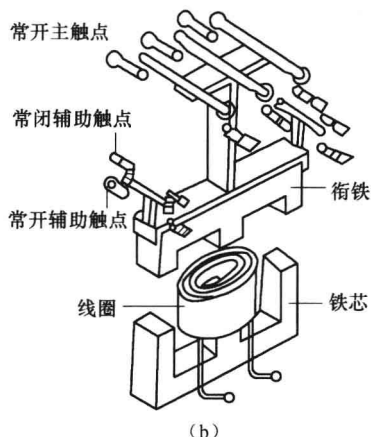
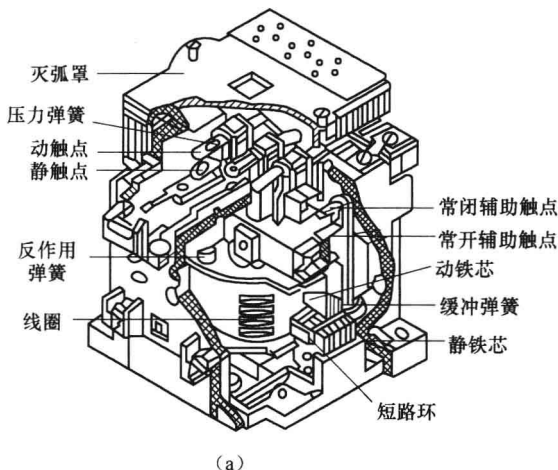


图1-4 交流接触器结构

(a) 结构图；(b) 示意图

接触器的工作原理是利用电磁铁吸力及弹簧反作用力配合动作，使触头接通或断开。当吸引线圈通电时，铁芯被磁化，吸引衔铁向下运动，使得常闭触头断开，常开触头闭合。当线圈断电时，磁力消失，在反力弹簧的作用下，衔铁回到原来位置，也就使触头恢复到原来状态。接触器工作原理示意如图 1-5 所示。

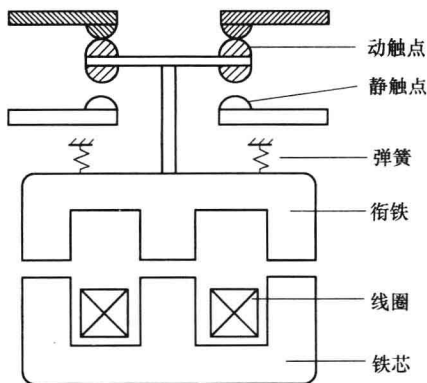


图 1-5 接触器工作原理示意

1.2.2 规格型号及电气符号

我国常用的交流接触器主要有 CJ10、CJ12、CJ20、CJX1 和 CJX2 等系列。其型号含义如图 1-6 所示。

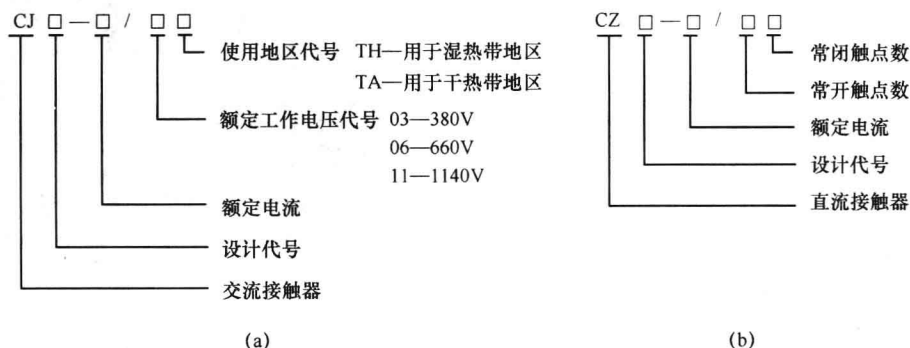


图 1-6 接触器型号含义

(a) 交流接触器；(b) 直流接触器

接触器在电气控制系统中的文字符号用 KM 来表示，其电气符号如图 1-7 所示。

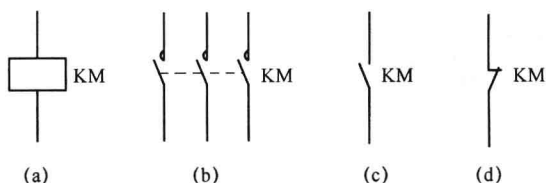


图 1-7 接触器电气符号

(a) 线圈；(b) 主触点；(c) 常开触点；(d) 常闭触点

1.2.3 主要技术参数

1. 额定电压

接触器的额定电压是指主触头的额定电压。电压等级通常有：

交流接触器: 127 V, 220 V, 380 V, 500 V;

直流接触器: 110 V, 220 V, 440 V, 660 V。

2. 额定电流

接触器的额定电流指主触头的额定电流。电流等级通常有:

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

直流接触器: 25 A, 40 A, 60 A, 100 A, 250 A, 400 A, 600 A。

3. 线圈的额定电压

接触器线圈的额定电压指接触器线圈两端所加额定电压。电压等级通常有:

交流线圈: 12 V, 24 V, 36 V, 127 V, 220 V, 380 V;

直流线圈: 12 V, 24 V, 48 V, 220 V, 440 V。

4. 额定操作频率

由于交流吸引线圈在接电瞬间有很大的启动电流, 如果接通次数过多, 会引起线圈过热, 所以限制了每小时的接电次数。一般交流接触器的额定操作频率最高为 600 次/h, 因此, 对于频繁操作的场合, 就采用了具有直流吸引线圈、主触头为交流的接触器。它们的额定操作频率可高达 1 200 次/h。

5. 接通与分断能力

接触器的接通与分断能力是指接触器的主触点在规定的条件下能可靠地接通和分断的电流值, 而不应该发生熔焊、飞弧和过分磨损等。

6. 动作值

接触器的动作值是指接触器的吸合电压与释放电压。国家标准规定接触器在额定电压 85% 以上时, 应可靠吸合, 释放电压不高于额定电压的 70%。

1.2.4 接触器的选用

接触器的选择主要考虑以下技术数据:

(1) 接触器类型选择: 按其所控制的负载性质分为交流和直流。

(2) 主触点额定电压: 接触器的额定电压应大于或等于所控制线路的电压。

(3) 主触点额定电流的选择: 接触器的额定电流应大于或等于所控制线路的额定电流。对于电动机负载一般按经验公式计算:

$$I_c = \frac{P_N}{KU_N} \quad (1-1)$$

式中 I_c ——接触器主触点电流, 单位 A;

P_N ——电动机额定功率, 单位 kW;

U_N ——电动机额定电压, 单位 V;

K ——经验系数, 一般取 1 ~ 1.4。

- (4) 电磁线圈额定电压选择：根据控制电路的电压一般选用 380 V、220 V。
- (5) 接触器触点数量、种类选择：应满足主电路和控制电路对触点的要求。

1.3 继电器

继电器是一种根据某种输入信号的变化接通或断开控制电路，实现控制目的的电器。继电器的输入信号可以是电流、电压等电量，也可以是温度、速度、时间、压力等非电量，而输出通常是触点的接通或断开。

继电器一般不直接控制有较大电流的主电路，而是通过接触器或其他电器对主电路进行控制。因此，同接触器相比较，继电器的触头断流容量较小，一般不需灭弧装置，但对继电器动作的准确性则要求较高。

继电器的种类很多，主要可以按以下方法分类：

- (1) 按用途可分为控制继电器、保护继电器。
- (2) 按动作原理可分为电磁式继电器、感应式继电器、热继电器、机械式继电器、电动式继电器和电子式继电器等。
- (3) 按动作信号可分为电流继电器、电压继电器、时间继电器、速度继电器、温度继电器、压力继电器等。
- (4) 按动作时间可分为瞬时继电器和延时继电器。

本节主要讲述热继电器、时间继电器、电流继电器、电压继电器、中间继电器及速度继电器。

1.3.1 热继电器

电动机在实际运行中，常常遇到过载的情况，若过载电流不太大且过载时间较短，电动机绕组温升不超过允许值，这种过载是允许的。但若过载电流大且过载时间长，电动机绕组温升就会超过允许值，这将会加剧绕组绝缘的老化，缩短电动机的使用年限，严重时会使电动机绕组烧毁，这种过载是电动机不能承受的。因此，需要对电动机进行过载保护。

热继电器是利用流过继电器热元件的电流所产生的热效应而反时限动作的保护继电器。热继电器主要用于电动机的过载、断相、三相电流不平衡运行及其他电气设备发热引起的不良状态而进行的保护控制。

1. 结构与工作原理

图 1-8 所示为 JR36 系列热继电器的外形结构。

热继电器主要由热元件、双金属片和触点三部分组成。热继电器的工作原理示意如图 1-9 所示。

双金属片是它的测量元件，由两种具有不同线膨胀系数的金属通过机械辗压而使之形成一体，线膨胀系数大的称为主动层，小的称为被动层。当电动机过载

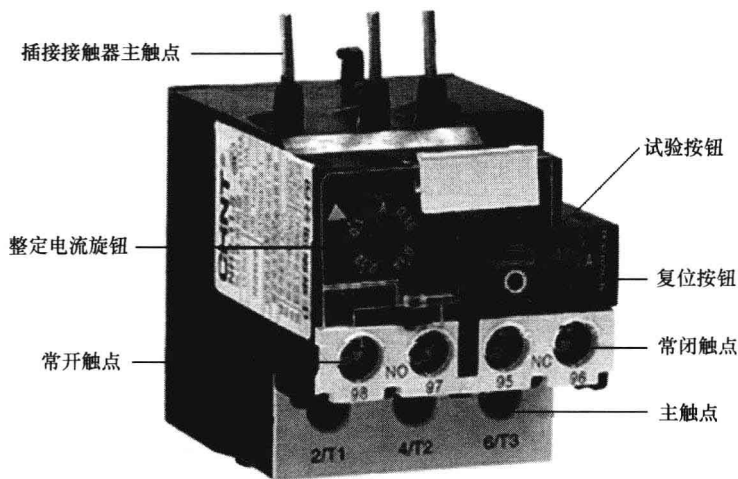


图 1-8 JR36 系列热继电器的外形结构

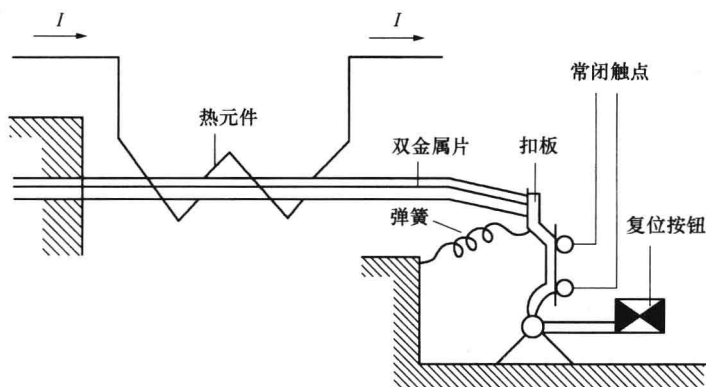


图 1-9 热继电器的工作原理示意

时, 流过热元件的电流增大, 热元件产生的热量使双金属片中的下层金属的膨胀变长速度大于上层金属的膨胀速度, 从而使双金属片向上弯曲。经过一定时间后, 弯曲位移增大, 使双金属片与扣板分离。扣板在弹簧的拉力作用下将常闭触点断开。常闭触点串接在电动机的控制电路中, 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。由此可见, 在控制系统主电路中, 热继电器只能用做电动机的过载保护, 而不能起到短路保护的作用。

2. 型号及电气符号

热继电器的种类繁多, 目前我国生产并广泛使用的热继电器主要有 JR16、JR20、JR36、JRS 等系列产品, 其型号含义如图 1-10 所示。热继电器在电气控制系统中的文字符号用 FR 来表示, 其电气符号如图 1-11 所示。

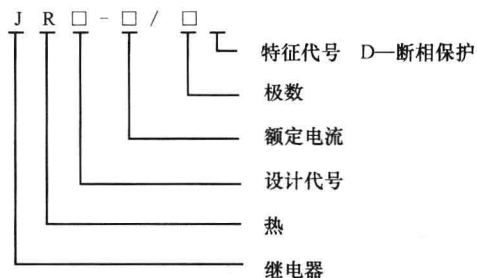


图 1-10 热继电器型号含义

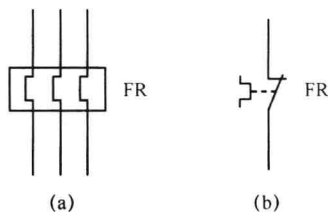


图 1-11 热继电器电气符号

(a) 热元件；(b) 常闭触点

3. 主要参数

热继电器的主要参数有：

(1) 整定电流：指热元件在正常持续工作中不引起热继电器动作的最大电流值。当发热元件中通过的电流超过整定电流值的 20% 时，热继电器应在 20 分钟内动作。热继电器的整定电流大小可通过整定电流旋钮来改变。选用和整定热继电器时应使整定电流值与电动机的额定电流一致。

(2) 额定电流：指热继电器中可以安装的热元件的最大整定电流值。

(3) 热元件的额定电流：指热元件的最大整定电流值。

4. 热继电器的选用

(1) 热继电器的类型选择。轻载启动、长期工作的电动机或间断长期工作的电动机，一般选择两相结构的热继电器；电源电压的均衡性和工作环境较差或较少有人照管的电动机，或多台电动机的功率差别较大时，可选择三相结构的热继电器；而三角形连接的电动机，应选用带断相保护装置的热继电器。

(2) 热继电器的额定电流应略大于电动机的额定电流。

(3) 热继电器的整定电流选择。热继电器的整定电流是指热继电器长期不动作的最大电流，超过此值即动作。一般情况下，将热继电器的整定电流调整到等于电动机的额定电流即可。但对于启动时负载较重的电动机，整定电流可略大于电动机的额定电流。

1.3.2 时间继电器

时间继电器是电路中控制动作时间的继电器，它是一种利用电磁原理或机械动作原理来实现触点延时接通或断开的控制电器。

时间继电器的种类很多，按照构成原理分为电磁式、电子式、空气阻尼式、晶体管式及数字式等。

电磁式时间继电器一般在直流控制电路中应用较广，它是利用电磁阻尼原理，在直流电压继电器的线圈电路或结构上采取措施以达到延时的目的。

数字式时间继电器是目前发展最快、最有前途的电子器件。其特点是延时范

围广、精度高、体积小、便于调节、寿命长。

空气阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器，它是利用空气阻尼作用达到延时的目的，主要由电磁机构、延时机构和触点组成。空气阻尼式时间继电器的电磁机构有交流、直流两种，延时方式有通电延时型和断电延时型两种。

通电延时型时间继电器的动作原理是：线圈通电时使触头延时动作，线圈断电时使触头瞬时复位。通电延时型时间继电器结构示意图如图 1-12 所示。

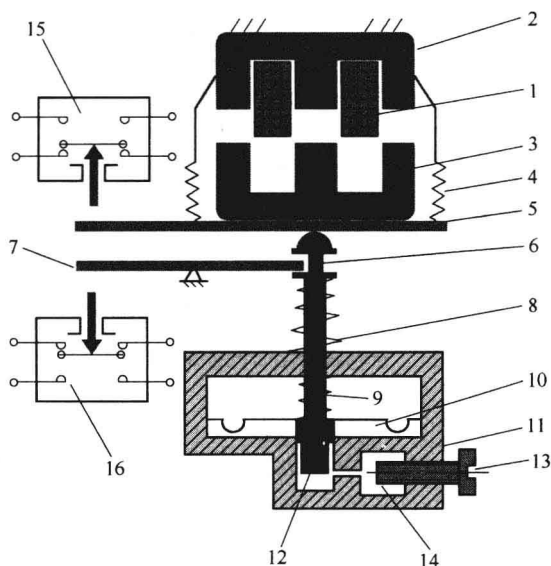


图 1-12 通电延时型时间继电器结构示意图

- 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
螺杆；14—进气孔；15—瞬时触点；16—延时触点

当线圈 1 得电后，铁芯 2 和衔铁 3 吸合，触点 15 在推板 5 的推动下瞬时动作。活塞杆 6 在塔形弹簧 8 的作用下带动活塞 12 及橡皮膜 10 向上移动，橡皮膜下方空气室变得稀薄，形成负压，活塞杆只能缓慢移动，其移动速度由进气孔 14 的气隙大小来决定。经过一段延时后，活塞杆 6 通过杠杆 7 压动触点 16，使其触点动作，起到通电延时的作用。由线圈得电到触点动作的时间为时间继电器的延时时间，其大小可以通过调节螺杆 13 调节进气孔气隙大小来改变。

当线圈断电时，衔铁释放，橡皮膜下方空气室内的空气通过活塞肩部所形成的单向阀迅速地排出，使活塞杆、杠杆、触点等都迅速复位。

断电延时型时间继电器的动作原理是：线圈通电时使触头瞬时动作，线圈断电时使触头延时复位。断电延时型的结构、工作原理与通电延时型相似，只是电磁铁安装方向不同，即当衔铁吸合时推动活塞复位，排出空气。当衔铁释放时活塞杆在弹簧作用下使活塞向下移动，实现断电延时。断电延时型时间继电器结构