

# PLC

## 电气控制技术

——CPM1A系列和S7-200

夏田 陈婵娟 祁广利 编



化学工业出版社

# PLC

## 电气控制技术

——CPM1A系列和S7-200

夏田 陈婵娟 祁广利 编



化学工业出版社

·北京·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 电气控制技术: CPM1A 系列和 S7-200/夏田, 陈婵娟, 祁广利编. —北京: 化学工业出版社, 2007.12  
ISBN 978-7-122-01663-8

I. P… II. ①夏…②陈…③祁… III. 可程序控制  
器 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 191122 号

---

责任编辑: 刘哲 宋辉

文字编辑: 高震

责任校对: 蒋宇

装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京市白帆印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 15 1/4 字数 406 千字 2008 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 33.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

近年来,随着科学技术尤其是微电子技术的迅猛发展,可编程序控制器(简称 PLC)技术已广泛应用于自动化控制领域。它以微处理器为核心,有机地将微型计算机技术、自动化控制技术及通信技术融为一体。PLC 具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点,使用 PLC 进行控制已经形成了一种工业控制趋势。目前,可编程序控制器、计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)、机器人和数控技术已发展成为工业自动化的四大支柱技术。

本书从工程应用的角度出发,突出应用性和实践性,首先介绍了电气控制的基础知识,重点讲述 OMRON 小型机 CPM1A 及 SIEMENS 公司小型机 S7-200 的基本结构、工作原理和编程规则,并详细介绍其基本组成原理、工作方式、系统配置、PLC 指令系统与编程、PLC 控制系统的设计方法和应用;简要介绍了 CX-P 编程软件、PLC 的网络通信知识;并结合工程实例对工程上常用的 PLC 控制系统的设计思想、设计步骤、设计及调试方法等进行了详细介绍。

本书第 1 章、第 4 章、第 8 章由陈婵娟编写,第 2 章、第 3 章的 3.1~3.6 节、第 5 章、第 7 章由夏田编写,第 3 章的 3.7~3.10 节由夏田、祁广利编写,第 6 章由祁广利编写,并由张晓朋、邢海龙、舒蕾、吴鹏、薛恺、边娟鸽、陈参等同志对本书的部分文稿、图稿进行了校对或绘制。

本书可作为高等学校工业自动化、电气工程及其自动化、机电一体化、机械设计制造及其自动化等本科专业教材,也可供相关工程技术人员参考。

由于编者水平和时间有限,书中欠妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

## 化学工业出版社电工电子类图书

书 名	定 价/元
继电器及继电保护装置实用技术手册	85
电缆及其附件手册	72
电气材料手册	70
最新实用电工手册	148
电气工程手册——石化、石油、天然气行业电气工程师用书	69
电气技术丛书——UPS应用技术	28
电气技术丛书——自备电厂	45
电气设备丛书——电气测量仪器	29
电气设备丛书——电热设备	38
电气设备丛书——防爆电器	29
电气设备丛书——防雷与接地装置	23
电气设备丛书——电机原理与应用	32
电气设备丛书——开关电源技术	35
电气设备丛书——低压电器	33
PLC 技术及应用	18
电动机及控制线路	16
电工常用电气线路	18
电工常用工具和仪表	18
电工常用元器件和装置	18
电工必读	23
电工计算 100 例	19
电机应用技术	18
小功率异步电动机维修技术	39
电工技术训练	22
电工电子计算手册	42
注塑机电子电气电路(附光盘)	45
注塑机电路维修(第二版)	45
注塑机操作与调校技术	32
技术工人岗位培训读本——维修电工	28
技术工人岗位培训题库——运行电工	29
职业技能鉴定培训读本(初级工)——电工基础	23
职业技能鉴定培训读本(初级工)——电工识图	20
职业技能鉴定培训读本(技师)——维修电工	36
职业技能鉴定培训读本(高级工)——维修电工	31
电工技术培训读本——电工材料	18
电工技术培训读本——工厂电气试验	19
电工技术培训读本——工厂供配电技术	19
电工技术培训读本——电路与电工测量	18
电工技术培训读本——电气运行与管理技术	14

以上图书由化学工业出版社机械·电气出版分社出版。如要出版新著,请与编辑联系。如要以上图书的内容简介和详细目录,或者更多的专业图书信息,请登录 [www.cip.com.cn](http://www.cip.com.cn)。

地 址:北京市东城区青年湖南街 13 号(100011)

购书咨询:010-64518888 编辑:010-64519263

# 目 录

<b>第 1 章 电气控制基础</b> .....	1
1.1 常用低压电器 .....	1
1.1.1 接触器 .....	1
1.1.2 继电器 .....	3
1.1.3 熔断器 .....	8
1.1.4 低压隔离器 .....	10
1.1.5 低压断路器 .....	11
1.1.6 主令电器 .....	13
1.2 电气控制线路设计基础 .....	18
1.2.1 电气控制线路的图形符号、文字符号 及绘制原则 .....	18
1.2.2 电气控制线路的设计方法 .....	22
1.2.3 设计电气控制线路的一般原则 .....	
1.3 继电器接触控制系统的基本控制电路 .....	25
1.3.1 电动机控制的基本环节 .....	26
1.3.2 按联锁控制的规律 .....	28
1.3.3 按控制过程的变化参量进行控制的 规律 .....	29
1.3.4 直流电动机的控制线路 .....	36
1.4 电气控制线路的实例分析 .....	39
1.4.1 摇臂钻床的电气控制线路 .....	39
1.4.2 铣床的电气控制线路 .....	43
习题 1 .....	49
<b>第 2 章 PLC 概述</b> .....	50
2.1 PLC 的基本组成 .....	50
2.1.1 中央处理单元 .....	50
2.1.2 存储器 .....	51
2.1.3 开关量输入/输出单元 .....	52
2.1.4 模拟量输入/输出模块 .....	55
2.1.5 PLC 的外部设备 .....	56
2.1.6 电源单元 .....	59
2.1.7 I/O 扩展端口 .....	59
2.1.8 智能模块 .....	59
2.1.9 总线 .....	59
2.2 PLC 的基本工作原理 .....	60
2.2.1 PLC 的工作过程 .....	60
2.2.2 用户程序的循环扫描过程 .....	61
2.2.3 输入、输出延迟响应 .....	61
习题 2 .....	63
<b>第 3 章 CPM1A 系列 PLC</b> .....	64
3.1 CPM1A 系列 PLC 的基本组成 .....	64
3.1.1 CPM1A 系列 PLC 的主机 .....	64
3.1.2 I/O 扩展单元 .....	65
3.1.3 编程工具 .....	66
3.1.4 特殊功能单元 .....	66
3.2 CPM1A 系列的继电器区及数据区 .....	66
3.2.1 内部继电器区 (IR) .....	67
3.2.2 特殊辅助继电器区 (SR) .....	67
3.2.3 暂存继电器区 (TR) .....	69
3.2.4 保持继电器区 (HR) .....	69
3.2.5 辅助记忆继电器区 (AR) .....	69
3.2.6 链接继电器区 (LR) .....	69
3.2.7 定时器/计数器区 (TC) .....	69
3.2.8 数据存储区 (DM) .....	69
3.3 CPM1A 系列 PLC 的功能简介 .....	69
3.4 CPM1A 系列 PLC 的通信功能 .....	70
3.5 CPM1A 系列 PLC 的指令系统 .....	70
3.5.1 概述 .....	71
3.5.2 基本指令 .....	71
3.6 常用的应用指令 .....	78
3.6.1 IL/IIC 指令 .....	78
3.6.2 暂存继电器 (TR) .....	79
3.6.3 JMP/JME 指令 .....	80
3.6.4 定时器/计数器指令 .....	81
3.7 数据传送、数据比较指令 .....	85
3.7.1 传送指令 MOV/@MOV (FUN21) 和求反传送指令 MVN/@MVN (FUN22) .....	85

3.7.2 数据比较指令 .....	86	3.9.1 BCD码→二进制数转换指令 .....	91
3.8 数据移位指令 .....	88	3.9.2 二进制数→BCD码转换指令 .....	92
3.8.1 移位寄存器指令 SFT (FUN10) .....	89	3.9.3 4→16译码指令 .....	93
3.8.2 可逆移位寄存器指令 (SFTR/ @SFTR) .....	89	3.9.4 16→4编码器指令 .....	94
3.8.3 数字左移位 (SLD/@SLD) 和 右移位 (SRD/@SRD) 指令 .....	90	3.9.5 七段译码指令 .....	96
3.8.4 字移位指令 (WSFT/@WSFT) .....	90	3.10 数据运算指令 .....	97
3.9 数据转换指令 .....	91	3.10.1 十进制运算指令 .....	97
		3.10.2 二进制运算指令 .....	100
		3.10.3 逻辑运算指令 .....	102
		习题 3 .....	103
<b>第 4 章 S7-200 可编程序控制器</b> .....	105		
4.1 S7-200PLC 组成 .....	105	4.5.1 基本逻辑指令 .....	119
4.1.1 基本单元 (S7-200CPU 模块) .....	105	4.5.2 立即 I/O 指令 .....	120
4.1.2 个人计算机或编程器及 STEP7- Micro/WIN32 编程软件 .....	107	4.5.3 逻辑堆栈指令 .....	122
4.1.3 通信电缆及人机界面 .....	107	4.5.4 取非触点指令和空操作指令 .....	123
4.2 S7-200PLC 的接口模块 .....	107	4.5.5 正/负跳变触点指令 .....	124
4.2.1 数字量模块 .....	107	4.5.6 定时器和计数器指令 .....	124
4.2.2 模拟量模块 .....	110	4.5.7 顺序控制继电器指令 .....	128
4.2.3 智能模块 .....	112	4.5.8 移位寄存器指令 .....	128
4.3 S7-200PLC 的系统配置 .....	113	4.5.9 比较触点指令 .....	130
4.3.1 主机所带扩展模块的数量 .....	113	4.6 S7-200PLC 的功能指令 .....	131
4.3.2 CPU 输入、输出映像区的大小 .....	113	4.6.1 传送指令 .....	131
4.3.2 内部电源的负载能力 .....	114	4.6.2 逻辑运算指令 .....	132
4.4 S7-200PLC 编程基本概念 .....	115	4.6.3 移位和循环移位指令 .....	132
4.4.1 S7-200 编程语言 .....	115	4.6.4 数据转换指令 .....	135
4.4.2 S7-200 数据类型 .....	116	4.6.5 表功能指令 .....	137
4.4.3 存储器区域 .....	117	4.6.6 程序控制指令 .....	138
4.4.4 编程的一般规则 .....	117	4.6.7 中断指令 .....	141
4.5 S7-200PLC 的基本指令及编程方法 .....	118	4.6.8 高速计数器指令 .....	142
		4.6.9 高速脉冲输出指令 .....	142
		4.6.10 时钟指令 .....	145
		习题 4 .....	147
<b>第 5 章 PLC 控制系统设计</b> .....	148		
5.1 PLC 控制系统设计的基本步骤 .....	148	5.4.3 时序图法 .....	157
5.2 PLC 控制系统的硬件配置 .....	149	5.4.4 顺序控制法 .....	159
5.2.1 PLC 机型选择 .....	149	5.4.5 继电器控制电路图转换设计法 .....	161
5.2.2 I/O 分配 .....	150	5.5 PLC 应用程序设计中应注意的几个 问题 .....	163
5.3 PLC 应用程序 .....	151	5.6 提高 PLC 控制系统可靠性措施 .....	164
5.3.1 PLC 应用程序设计的内容 .....	151	5.6.1 PLC 安装环境条件 .....	164
5.3.2 应用程序的质量 .....	151	5.6.2 抗干扰措施 .....	164
5.4 PLC 应用程序设计方法 .....	152	习题 5 .....	165
5.4.1 逻辑设计法 .....	152		
5.4.2 经验设计法 .....	154		

<b>第 6 章 PLC 通信技术</b> .....	167
6.1 通信网络基础知识 .....	167
6.1.1 通信基础 .....	167
6.1.2 通信网络拓扑结构 .....	171
6.2 CPM1A 系列 PLC 的通信与网络 .....	175
6.2.1 Ethernet 通信系统 .....	176
6.2.2 Controller Link 通信系统 .....	179
6.2.3 CompoBus/D 通信系统 .....	182
6.3 S7-200PLC 的通信与网络 .....	186
6.3.1 概述 .....	186
6.3.2 S7-200PLC 的通信协议 .....	187
<b>第 7 章 编程软件 CX-Programmer</b> .....	195
7.1 CX-Programmer 简介 .....	195
7.2 CX-Programmer 的使用 .....	195
7.2.1 启动 CX-Programmer .....	195
7.2.2 CX-Programmer 工程 .....	196
7.2.3 CX-Programmer 视图 .....	196
7.2.4 在 CX-P 中使用 Microsoft Windows	
特性 .....	197
7.3 CX-Programmer 编程 .....	199
7.3.1 生成符号和地址 .....	199
7.3.2 程序编辑 .....	201
7.3.3 程序编译 .....	202
7.3.4 在线工作 .....	203
<b>第 8 章 PLC 的电气控制实践</b> .....	207
8.1 欧姆龙 (OMRON) PLC 在工业控	
制中的应用 .....	207
8.1.1 液体混合装置的控制 .....	207
8.1.2 折板机的控制 .....	209
8.1.3 机械手的控制 .....	212
8.2 西门子 S7-200 PLC 在工业控制中的	
应用 .....	217
8.2.1 三相异步电动机的 PLC 控制 .....	217
8.2.2 深孔钻组合机床的 PLC 控制 .....	221
8.2.3 变频恒压供水控制系统设计 .....	223
习题 8 .....	234
<b>参考文献</b> .....	235



# 第 1 章 电气控制基础

电气控制技术在生产过程、科学研究及其他各个领域中的应用十分广泛。电气控制技术涉及面很广，各种电气控制设备种类繁多，功能各异，但就其控制原理、基本线路、设计基础而言是类似的。本章首先介绍常用低压电器，再以电动机和其他执行电器为控制对象，介绍电气控制的基本原理、线路及设计方法，从应用角度出发，培养对电气控制系统的分析和设计能力。

## 1.1 常用低压电器

低压电器是电力拖动自动控制系统的基本组成元件。随着电子技术、自动控制技术和计算机应用的迅猛发展，一些电气元件可能被电子线路所取代，但是由于电气元件本身也朝着新的领域扩展（表现在提高元件的性能，生产新型的元件，实现机、电、仪一体化，扩展元件的应用范围等），且有些电气元件有其特殊性，所以不可能完全被取代的。另一方面可编程序控制器（PLC）是计算机技术与继电器控制技术相结合的产物，而且 PLC 的输入、输出仍然与低压电器密切相关，因此应熟悉常用低压电器的原理、结构、型号、规格和用途，并能正确选择、使用与维护。掌握继电器控制技术是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通断、保护、控制或调节作用的电气设备，以及利用电能来控制、保护和调节非电过程和非电装置的用电设备。低压电器的用途广，品种规格繁多，为了系统地掌握，必须加以分类。

### (1) 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。

### (2) 按用途或所控制的对象分

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 主要用于低压配电系统中，这类电器包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关。

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。

本章主要从应用的角度介绍电气控制系统中常用低压电器的结构、工作原理和技术规格，不涉及元件的设计。

### 1.1.1 接触器

接触器是电力拖动和自动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。

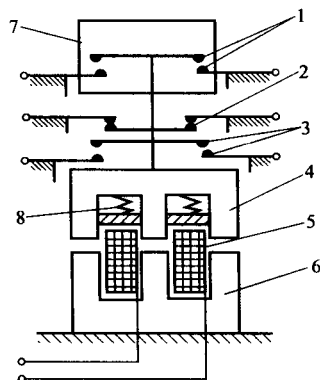


图 1-1 接触器结构简图

- 1—主触点；2—常闭辅助触点；
- 3—常开辅助触点；4—动铁芯；
- 5—电磁线圈；6—静铁芯；
- 7—灭弧罩；8—弹簧

## 1.1.1.1 结构和工作原理

## (1) 结构

接触器主要由电磁系统、触点系统和灭弧装置组成,结构简图如图 1-1 所示。

① 电磁系统 电磁系统包括衔铁(动铁芯)、静铁芯和电磁线圈三部分,其作用是将电磁能转换成机械能,产生电磁吸力带动触点动作。

② 触点系统 触点又称为触头,是接触器的执行元件,用来接通或断开控制电路。触点的结构形式很多,按其所控制的电路可分为主触点和辅助触点。主触点用于接通或断开主电路,允许通过较大的电流;辅助触点用于接通或断开控制电路,只能通过较小的电流。

触点按其原始状态可分为常开触点(动合触点)和常闭触点(动断触点)。原始状态时(即线圈未通电)断开,线圈通电后闭合的触点叫常开触点;原始状态时闭合,线圈通电后断开的触点叫常闭触点。线圈断电后所有触点复位,即回复到原始状态。

③ 灭弧装置 触点在分断电流瞬间,在触点间的气隙中会产生电弧,电弧的高温会烧损触点,并可能造成其他事故。因此,应采用适当措施快速熄灭电弧。常采用灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置。

## (2) 工作原理

接触器根据电磁原理工作: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,并带动触点动作,使常闭触点断开,常开触点闭合,两者是联动的。当线圈断电时,电磁力消失,衔铁在释放弹簧的作用下释放,使触点复原,即常开触点断开,常闭触点闭合。

接触器的图形、文字符号如图 1-2 所示。

## 1.1.1.2 交、直流接触器的特点

接触器按其主触点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) 交流接触器

交流接触器线圈通以交流电,主触点接通、切断交流主电路。

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,铁芯用硅钢片冲压制成。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都安装一个铜制的短路环。

交流接触器的灭弧装置通常采用灭弧罩和灭弧栅。

## (2) 直流接触器

直流接触器线圈通以直流电流,主触点接通、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。为散热良好,通常将线圈绕制成长而薄的圆筒状。

250A 以上的直流接触器采用串联双绕组线圈。

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。

## (3) 技术参数

部分交流接触器的主要技术参数见表 1-1 和表 1-2。

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,控制直流负载则选用直流接触器。
- ② 接触器的使用类别应与负载性质相一致。
- ③ 主触点的额定工作电压应大于或等于负载电路的电压。

④ 主触点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点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。

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% 及以上时应能可靠地吸合。



图 1-2 接触器的图形、文字符号

表 1-1 CJ20 系列交流接触器主要技术参数

型号	频率/Hz	辅助触点额定电流/A	吸引线圈电压/V	主触点额定电流/A	额定电压/V	可控制电动机最大功率/kW
CJ20-10	50	5	AC36、AC127 AC220、AC380	10	380/220	4/2.2
CJ20-16				16	380/220	7.5/4.5
CJ20-25				25	380/220	11/5.5
CJ20-40				40	380/220	22/11
CJ20-63				63	380/220	30/18
CJ20-100				100	380/220	50/28
CJ20-160				160	380/220	85/48
CJ20-250				250	380/220	132/80
CJ20-400				400	380/220	220/115

表 1-2 CJ12 系列交流接触器主要技术参数

型号	额定电流/A	极数	额定电压/V	辅助触点		线圈 额定电压/V
				容量	对数	
CJ12-100	100	1、3、4、5	AC380	交流 1000V·A/380V 直流 90W/220V	6对常开与常 闭点可任意组合	AC36、AC127、 AC220、AC380
CJ12-150	150					
CJ12-250	250					
CJ12-400	400					
CJ12-600	600					

⑥ 主触点和辅助触点的数量应能满足控制系统的需要。

### 1.1.2 继电器

继电器是一种根据外界输入信号（电的或非电的）来控制电路中电流“通”与“断”的自动切换电器。它主要用来反应各种控制信号，其触点通常接在控制电路中。由输入电路（又称感应元件）和输出电路（又称执行元件）组成，当感应元件中的输入量（如电流、电压、温度、压力等）变化到一定值时继电器动作，执行元件便接通或断开控制回路。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、触点系统和释放弹簧等组成。由于继电器用于控制电路，流过触点的电流小，故不需要灭弧装置。

电磁式继电器的主要特性是输入-输出特性，又称继电器特性，继电器特性曲线如图 1-3 所示。

继电器输入量  $x$  由零增至  $x_2$  以前，输出量  $y$  为零。当输入量增加到  $x_2$  时，继电器吸合，输出量为  $y_1$ ，若  $x$  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  $y_1$  降到零。 $x$  再减小， $y$  值均为零。

图 1-3 中， $x_2$  称为继电器吸合值，欲使继电器吸合，输入量必须等于或大于  $x_2$ ； $x_1$  称为继电器释放值，欲使继电器释放，输入量必须等于或小于  $x_1$ 。

$k = x_1/x_2$  称为继电器的返回系数。它是继电器重要参数之一。 $k$  值是可以调节的，可通过调节释放弹簧的松紧程度（拧紧时， $k$  增大；放松时， $k$  减小）或调整铁芯

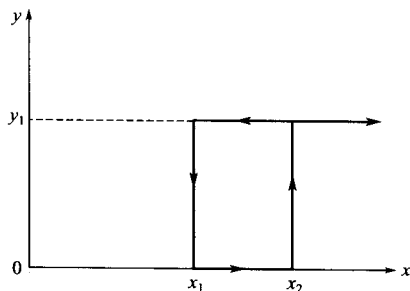


图 1-3 继电器特性曲线

与衔铁间非磁性垫片的厚薄（增厚时  $x_1$  增大， $k$  增大）来达到。在不同场合要求不同的  $k$  值。例如，一般继电器要求低的返回系数， $k$  值应在 0.1~0.4 之间，这样当继电器吸合后，输入量波动较大时不致引起误动作；欠电压继电器则要求高的返回系数， $k$  值应在 0.6 以上。如某继电器  $k=0.66$ ，吸合电压为额定电压的 90%，当电压低于额定电压的 60% 时，继电器释放，起到欠电压保护作用。

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接受电信号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 0.05~0.15s，快速继电器为 0.005~0.05s。

电磁式继电器的图形、文字符号如图 1-4 所示。

1.1.2.1 电压、电流继电器

根据输入（线圈）电流大小而动作的继电器称为电流继电器。按用途还可分为过电流继电器和欠电流继电器。过电流继电器的任务是当电路发生短路及过流时立即将电路切断，因此当过电流继电器线圈通过小于整定电流时继电器不动作，只有超过整定电流时，继电器才动作。过电流继电器的动作电流整定范围，交流为  $(110\% \sim 350\%)I_N$ ，直流为  $(70\% \sim 300\%)I_N$ 。欠电流继电器的任务是当电路电流过低时立即将电路切断，因此欠电流继电器线圈通过的电流大于或等于整定电流时，继电器吸合，只有电流低于整定电流时，继电器才释放。欠电流继电器动作电流整定范围，吸合电流为  $(30\% \sim 50\%)I_N$ ，释放电流为  $(10\% \sim 20\%)I_N$ ，欠电流继电器一般是自动复位的。

电压继电器是根据输入电压大小而动作的继电器，过电压继电器动作电压整定范围为  $(105\% \sim 120\%)U_N$ ，欠电压继电器吸合电压调整范围为  $(30\% \sim 50\%)U_N$ ，释放电压调整范围为  $(7\% \sim 20\%)U_N$ 。

电流继电器、电压继电器的文字符号分别为 KI 和 KV。

表 1-3 所示为 JL18 系列电流继电器的主要技术参数。

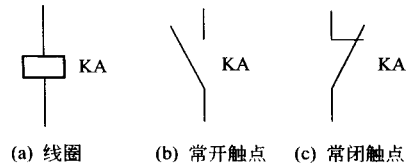


图 1-4 电磁式继电器图形、文字符号

表 1-3 JL18 系列电流继电器的主要技术参数

型 号	线 圈 额 定 值		结 构 特 征
	工作电压/V	工作电流/A	
JL18-1.0	AC380 DC220	1.0	触点工作电压: AC380 DC220 发热电流 10A 可自动及手动复位
JL18-1.6		1.6	
JL18-2.5		2.5	
JL18-4.0		4.0	
JL18-6.3		6.3	
JL18-10		10	
JL18-16		16	
JL18-25		25	
JL18-40		40	
JL18-63		63	
JL18-100		100	
JL18-160		160	
JL18-250		250	
JL18-400		400	
JL18-630	630		

### 1.1.2.2 中间继电器

中间继电器是用来将一个输入信号变成多个输出信号或将信号放大（即增大触点容量）的继电器。

常用的中间继电器有 JZ7 系列。以 JZ7-62 为例，JZ 为中间继电器的代号，7 为设计序号，有 6 对常开触点，2 对常闭触点。表 1-4 所示为 JZ7 系列中间继电器技术数据。

表 1-4 JZ7 系列中间继电器技术参数

型 号	触点额定电压 /V	触点额定电流 /A	触点对数		吸引线圈电压 /V	额定操作频率 /次·h <sup>-1</sup>
			常开	常闭		
JZ7-44	500	5	4	4	交流 50Hz 时 12、36、127、 220、380	1200
JZ7-62			6	2		
JZ7-80			8	0		

新型中间继电器触点闭合过程中动、静触点间有一段滑擦、滚压过程，可以有效地清除触点表面的各种生成膜及尘埃，使接触电阻减小，提高了接触可靠性。有些继电器安装防尘罩或采用密封结构，也是提高可靠性的措施。有些中间继电器还可安装在形式多样的插座上或直接安装在导轨上，给安装和拆卸带来很大方便。常用的中间继电器有 JZ18、MA、K、HH5、RT11 等系列。

### 1.1.2.3 时间继电器

时间继电器有空气式、电动式、电子式等，是一种按照时间原则进行控制的继电器。

#### (1) 空气式时间继电器

它由电磁机构、工作触点及气室三部分组成，它的延时是靠空气的阻尼作用来实现的。常见的型号有 JS7-A 系列，按其控制原理有通电延时和断电延时两种类型。

图 1-5 为 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的工作原理图。

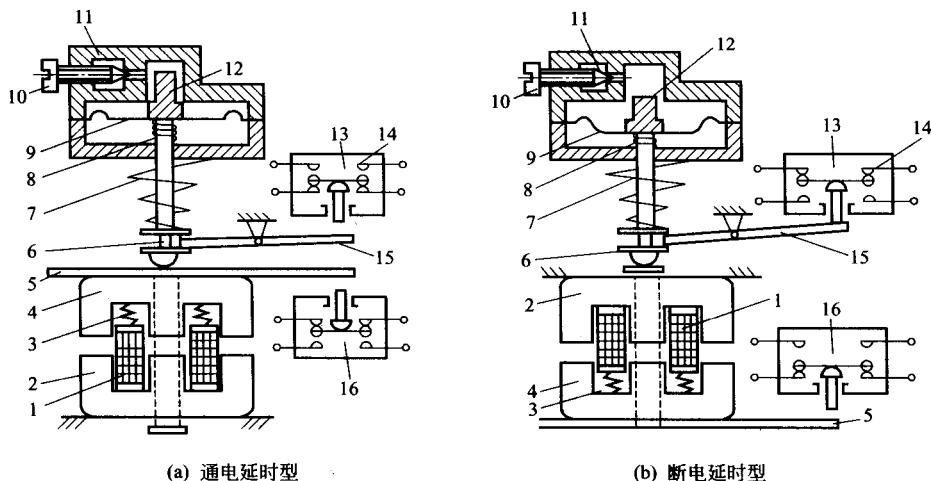


图 1-5 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的工作原理图

1—线圈；2—静铁芯；3,7,8—弹簧；4—衔铁；5—推板；6—顶杆；9—橡皮膜；10—螺钉；11—进气孔；12—活塞；13,16—微动开关；14—延时触点；15—杠杆

当通电延时型时间继电器电磁铁线圈 1 通电后，将衔铁吸下，于是顶杆 6 与衔铁间出现一个空隙，当与顶杆相连的活塞在弹簧 7 作用下由上向下移动时，在橡皮膜上面形成空气稀薄的空间（气室），空气由进气孔逐渐进入气室，活塞因受到空气的阻力，不能迅速下降，在降到一定位置

时, 杠杆 15 使触点 14 动作 (常开触点闭合, 常闭触点断开)。线圈断电时, 弹簧使衔铁和活塞等复位, 空气经橡皮膜与顶杆 6 之间推开的气隙迅速排出, 触点瞬时复位。

断电延时型时间继电器与通电延时型时间继电器的原理与结构相同, 只是将其电磁机构翻转 180° 安装。

空气阻尼式时间继电器延时时间有 0.4~180s 和 0.4~60s 两种规格, 它的延时范围较宽, 且结构简单、工作可靠、价格低廉、寿命长, 是机床交流控制线路中常用的时间继电器。

表 1-5 为 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器技术数据, 其中 JS7-2A 型和 JS7-4A 型既带有延时动作触点, 又带有瞬时动作触点。

表 1-5 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器技术参数

型号	触点额定容量		延时触点对数				瞬时动作触点数量		线圈电压 /V	延时范围 /s
	电压/V	电流/A	线圈通电延时		断电延时		常开	常闭		
			常开	常闭	常开	常闭				
JS7-1A	AC380	5	1	1					AC36、AC127、 AC220、AC380	0.4~60 及 0.4~180
JS7-2A			1	1			1	1		
JS7-3A					1	1				
JS7-4A			1	1	1	1				

(2) 电动式时间继电器

它由同步电动机、减速齿轮机构、电磁离合系统及执行机构构成。电动式时间继电器延时时时间长, 可达数十小时, 延时精度高, 但结构复杂, 体积较大, 常用的有 JS10 系列、JS11 系列和 7PR 系列。

(3) 电子式时间继电器

早期产品多为阻容式, 近期开发的产品多为数字式, 又称计数式, 其结构是由脉冲发生器、计数器、数字显示器、放大器及执行机构组成。此类继电器具有延时时时间长、调节方便、精度高的优点, 有的还带有数字显示, 应用广泛, 可取代阻容式、空气式、电动式等时间继电器。我国生产的产品有 JSS1 系列。

时间继电器的图形、文字符号如图 1-6 所示。

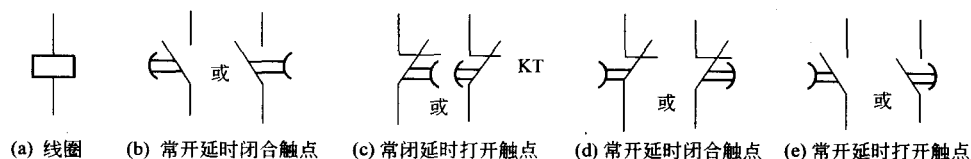


图 1-6 时间继电器的图形、文字符号

1.1.2.4 热继电器

热继电器是专门用来对连续运行的电动机进行过载及断相保护的继电器。

(1) 结构及工作原理

图 1-7 所示是 JR16 型热继电器的结构原理图, 它主要由双金属片、加热元件、动作机构、触点系统、整定调整装置及手动复位装置等组成。

双金属片作为温度检测元件, 由膨胀系数不同的两种金属片压焊而成, 它被加热元件加热后, 因两层金属片伸长率不同而弯曲。加热元件串接在电动机定子绕组中, 在电动机正常运行时, 热元件产生的热量不会使触点系统动作; 当电动机过载, 流过热元件的电流增大, 经过一定的时间, 热元件产生的热量使双金属片的弯曲程度超过一定值, 通过导板推动热继电器的触点动作 (常开触点闭合, 常闭触点断开)。通常用其串接在接触器线圈电路的常闭触点来切断线圈电流, 使电动机主电路失电。故障排除后, 按手动复位按钮, 热继电器触点复位, 可以重新接通控

制电路。

### (2) 热继电器主要参数及常用型号

热继电器主要参数有额定电流、相数、热元件额定电流、整定电流及调节范围等。

热继电器的额定电流是指热继电器中可以安装的热元件的最大整定电流值。

热元件的额定电流是指热元件的最大整定电流值。

热继电器的整定电流是指热元件能够长期通过的并不致引起热继电器动作的最大电流值。通常热继电器的整定电流是按电动机的额定电流整定的。对于某一热元件的热继电器，可手动调节整定电流旋钮，通过偏心轮机构调整双金属片与导板之间的距离，能在一定范围内调节其电流的整定值，使热继电器更好地保护电动机。

JR16、JR20 系列是目前广泛应用的热继电器，表 1-6 为 JR16 系列热继电器的主要参数。热继电器的图形、文字符号如图 1-8 所示。

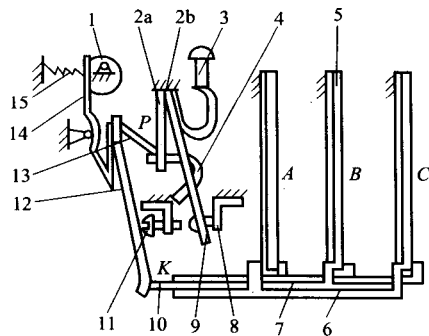
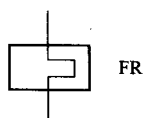


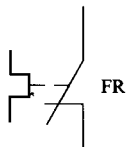
图 1-7 JR16 型系列热继电器结构原理图  
1—电流调节凸轮；2a,2b—簧片；3—手动复位按钮；4—弓簧；5—主双金属片；6—外导板；7—内导板；8—常闭静触点；9—动触点；10—杠杆；11—复位调节螺钉；12—补偿双金属片；13—推杆；14—连杆；15—压簧

表 1-6 JR16 系列热继电器的主要参数

型 号	额定电流/A	热元件规格	
		额定电流/A	电流调节范围/A
JR16-20/3 JR16-20/3D	20	0.35	0.25~0.35
		0.5	0.32~0.5
		0.72	0.45~0.72
		1.1	0.68~1.1
		1.6	1.0~1.6
		2.4	1.5~2.4
		3.5	2.2~3.5
		5.0	3.2~5.0
JR16-60/3 JR16-60/3D	60	7.2	4.5~7.2
		11.0	6.8~11
		16.0	10.0~16
		22	14~22
		22	14~22
		32	20~32
JR16-150/3D JR16-150/3D	150	45	28~45
		63	45~63
		63	40~63
		85	53~85
		120	75~120
		160	100~160



(a) 热元件



(b) 常闭触点

图 1-8 热继电器的图形、文字符号

## 1.1.2.5 速度继电器

速度继电器用于转速的检测,如用来在三相交流异步电动机反接制动转速过零时,自动切除反相序电源。它根据电磁感应原理制成,图 1-9 所示为其结构原理图。由图可知,速度继电器主要由转子、圆环(笼型空心绕组)和触点三部分组成。

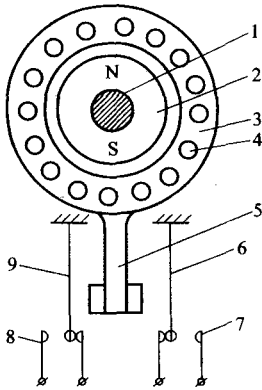


图 1-9 速度继电器结构原理图

- 1—转轴; 2—转子; 3—定子; 4—绕组;  
5—摆锤; 6, 9—簧片;  
7, 8—静触点

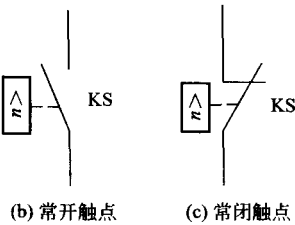
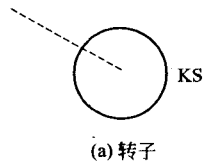


图 1-10 速度继电器的图形、文字符号

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,笼型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杆,使其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(在摆杆左右各设一组切换触点,分别在速度继电器正转和反转时动作)。当调节弹簧弹力时,可使速度继电器在不同转速时切换触点,以便改变通断状态。

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 1000~3600r/min。由速度继电器的正转和反转切换触点的动作,来反映电动机转向和速度的变化。常用的型号有 JY<sub>1</sub> 型和 JFZ<sub>0</sub> 型。速度继电器的图形、文字符号如图 1-10 所示。

## 1.1.3 熔断器

## (1) 熔断器的工作原理

熔断器是一种结构简单、使用方便、价格低廉的保护电器,广泛用于供电线路和电气设备的短路保护。熔断器由熔体和安装熔体的外壳两部分组成。熔体是熔断器的核心,通常用低熔点的铅锡合金、锌、铜、银的丝状或片状材料制成,新型的熔体通常设计成灭弧栅状并具有变截面片状结构。当通过熔断器的电流超过一定数值并经过一定时间时,熔体发热使某处熔化而切断电路,从而保护了电路和设备。

使熔断器熔体熔断的电流值与熔断时间的关系称为熔断器的保护特性曲线,也称为熔断器的安-秒特性,如图 1-11 所示。由特性曲线可以看出,流过熔体的电流越大,熔断所需的时间越短。熔体的额定电流  $I_{FN}$  是熔体长期工作而不致熔断的电流。

熔断器的熔断电流与熔断时间的数值关系如表 1-7 所示。

表 1-7 熔断器的熔断电流与熔断时间的关系

熔断电流	$(1.25 \sim 1.3) I_N$	$1.6 I_N$	$2 I_N$	$2.5 I_N$	$3 I_N$	$4 I_N$
熔断时间	$\infty$	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

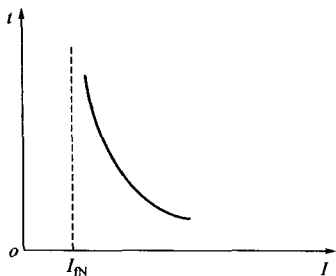


图 1-11 熔断器的保护特性曲线



## (2) 常用熔断器的种类及技术数据

熔断器按其结构形式分为插入式、螺旋式、有填料密封管式、无填料密封管式等,品种规格很多。在电气控制系统中经常选用螺旋式熔断器,它有明显的分断指示,不用任何工具就可取下或更换熔体。新产品有 RL6、RL7 系列,可以取代老产品 RL1、RL2 系列。RLS2 系列是快速熔断器,用以保护半导体硅整流元件及晶闸管,可取代老产品 RLS1 系列。RT12、RT15、NGT 等系列是有填料密封管式熔断器,瓷管两端铜帽上焊有连接板,可直接安装在母线排上,RT12、RT15 系列带有熔断指示器,熔断时红色指示器弹出。RT14 系列熔断器带有撞击器,熔断时撞击器弹出,既可作熔断信号指示,也可触动微动开关以切断接触器线圈电路,使接触器断电,实现三相电动机的断相保护。

表 1-8 列出了 RL6 系列、RLS2 系列、RT14 系列、RT16 系列等常用熔断器的技术数据。

表 1-8 常用熔断器技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A		分断能力 /kA	
		熔断器	熔断体		
RL6-25	AC500	25	2,4,6,10,16,20,25	50	
RL6-63		63	35,50,63		
RL6-100		100	80,100		
RL6-200		200	125,160,200		
RLS2-30	AC500	30	16,20,25,30	50	
RLS2-60		63	35,(45),50,63		
RLS2-100		100	(75),80,(90),100		
RT12-20	AC415	20	2,4,6,10,16,20	80	
RT12-32		32	20,25,32		
RT12-63		63	32,40,50,63		
RT12-100		100	63,80,100		
RT14-20	AC380	20	2,4,6,10,16,20	100	
RT14-32		32	2,4,6,10,16,20,25,32		
RT14-63		63	10,16,20,25,32,40,50,63		
NT00 (RT16)	AC500 AC660	160	4,6,10,16,20,25,32,35,40,50,63, 80,100	500V 120kA	
	AC500		125,160		
NT0 (RT16)	AC500 AC660	160	4,10,16,20,25,32,35,40,50,63, 80,100		
	AC500		125,160		
NT1 (RT16)	AC500 AC660	250	80,100,125,160,200		
	AC500		224,250		
NT2 (RT16)	AC500 AC660	400	125,160,200,224,250,300,315		660V 50kA
	AC500		335,400		
NT3 (RT16)	AC500 AC660	630	315,335,400,425		
	AC500		500,630		
NT4 (RT17)	AC380	1000	800,1000		