

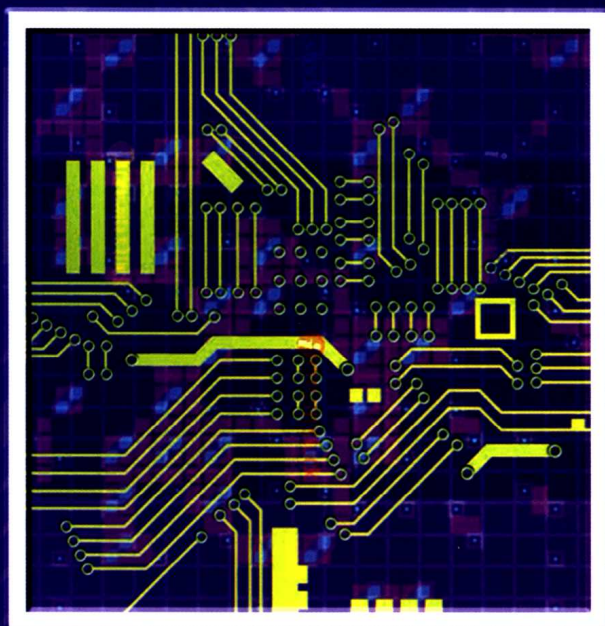


天津市高校“十五”规划教材

电气控制及可编程序控制器

(第二版)

张凤珊 主编 祖龙起 副主编



1.2



中国轻工业出版社



天津市高校“十五”规划教材

电气控制及 可编程序控制器

(第二版)

主 编 张凤珊
副主编 祖龙起
参 编 孙振环 王丽华 张桔苹
保和平 段英宏

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制及可编程序控制器/张凤珊主编.—2版.

北京:中国轻工业出版社,2003.8

天津市高校“十五”规划教材

ISBN 7-5019-3981-0

I. 电… II. 张… III. ①电气设备-自动控制-高等学校-教材②可编程序控制器-高等学校-教材
IV. ①TM762②TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 041243 号

责任编辑:沈力匀 王 淳

策划编辑:沈力匀 责任终审:劳国强 封面设计:赵小云

版式设计:郭文慧 责任校对:李 靖 责任监印:吴京一

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:三河市宏达印刷有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2003年8月第2版 2003年8月第1次印刷

开 本:787×1092 1/16 印张:21.5

字 数:400千字

书 号:ISBN 7-5019-3981-0/TM·020

定 价:40.00元

读者服务部电话(咨询):010—88390187 88390105 传真:88390106

(邮购):010—65241695 85111729 传真:85111730

发行电话:010—65128898

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读者服务部(邮购)联系调换

30280J1X201ZBW

再版前言

《电气控制及可编程序控制器》自1999年出版后,很受欢迎。为适应电气控制新技术的发展,特别是可编程序控制器及其应用技术的迅速发展,我们对本书进行了必要的修改、充实和提高,编写了《电气控制及可编程序控制器》(第2版)。

《电气控制及可编程序控制器》(第2版)介绍了反映新技术的可编程序控制器换代机型,加强了可编程序控制器联网与通信的内容,补充了对新开发的编程软件的介绍,增加了电器控制线路实例分析和电气控制课程设计的内容。

本教材按照“起点高,内容新,典型化,少而精”的总体要求编写。基于普通高等学校本科教育培养“应用型”高级技术人才的定位,为能更好地体现教改成果,便于教学使用,本教材注意精选内容,力求做到既结合生产实际,突出应用;又便于教学,着重基本原理与分析方法;还要深入浅出,通俗易懂,便于自学。

本教材强调实际、实践、实用,体现“浅、宽、精、新、用”。“浅”就是深浅适度;“宽”就是知识面要宽些;“精”就是要少而精,不繁琐;“新”就是要跟踪应用学科前沿,跟踪技术前沿,推陈出新,反映时代要求,反映新理论、新技术;“用”就是要理论联系实际,学以致用。

本教材加强了电气控制课程设计的内容,编写了不同机型可编程序控制器的课程设计题目和实验指导书供各学校根据教学需要和自己的实验设备选择使用。这是本书的一个特点。

本教材是天津市高校“十五”规划教材,可作为高等学校电气工程及其自动化、工业自动化、机械自动化等专业的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

本书由天津科技大学张凤珊主编并编写第八章、各篇小结和习题,大连轻工业学院祖龙起任副主编并编写第七章、第九章,天津科技大学孙振环编写第一章、第二章和第三章,王丽华编写第四章和第六章,张桔苹编写第五章和第十章,保和平编写第十一章和第十四章的第二节,段英宏编写第十二章、第十三章和第十四章的第一节。全书由张凤珊统稿。本书由天津工业大学尤一鸣教授审阅。

编者

2003年3月

目 录

第一篇 电气控制

第一章 常用低压电器	1
第一节 接触器	2
第二节 继电器	4
第三节 熔断器	11
第四节 低压隔离器	13
第五节 低压断路器	15
第六节 主令电器	18
第二章 电气图及电气控制线路的分析	23
第一节 电气图的基本知识	23
第二节 电气控制线路分析基础	32
第三章 继电接触控制系统的基本控制电路	40
第一节 电动机控制的基本环节	40
第二节 按联锁控制的规律	43
第三节 按控制过程的变化参量进行控制的规律	44
第四节 直流电动机的控制线路	58
第四章 电器控制线路的实例分析	65
第一节 摇臂钻床的电器控制线路	65
第二节 铣床的电器控制线路	69
第三节 起重机的电器控制线路	76
第一篇小结	85
第一篇习题	86

第二篇 可编程序控制器 (PLC)

第五章 可编程序控制器的工作原理及组成	89
第一节 概述	89
第二节 可编程序控制器的基本结构及工作原理	93
第三节 可编程序控制器的技术指标、特点及应用	98
第六章 可编程序控制器的编程	101
第一节 可编程序控制器的编程语言	101
第二节 可编程序控制器的编程指导	103
第七章 OMRON 公司 CPMA 系列小型机	120
第一节 CPM2A 系列产品的类型和技术性能	120
第二节 CPM2A 的指令系统	129

第三节 智能模块·····	158
第四节 编程工具简介·····	164
第八章 松下电工 FP1 可编程序控制器 ·····	176
第一节 FP1 的产品及性能简介·····	176
第二节 FP1 的内部寄存器及 I/O 配置 ·····	179
第三节 FP1 的指令系统·····	184
第四节 FP1 的特殊功能及高级模块·····	201
第五节 松下电工 PLC 的编程工具 ·····	221
第九章 PLC 控制系统的设计 ·····	238
第一节 PLC 控制系统的设计原则与设计内容 ·····	238
第二节 PLC 控制系统的设计举例 ·····	240
第二篇小结 ·····	250
第二篇习题 ·····	251

第三篇 电气控制系统设计

第十章 电气控制系统设计基础 ·····	253
第一节 电气控制系统设计的基本原则和内容·····	253
第二节 电气控制系统原理图的设计方法·····	255
第三节 电气控制系统中主要参数的计算及常用电气元件的选择·····	263
第四节 电气保护类型及实现方法·····	268
第五节 电气控制系统工艺设计·····	272
第十一章 课程设计 ·····	276
第一节 课程设计的目的、要求、任务及方法·····	276
第二节 课程设计实际应用举例·····	278
第三节 课程设计参考题选·····	294
第三篇小结 ·····	303
第三篇习题 ·····	304

第四篇 实验指导书

第十二章 概述 ·····	306
第十三章 电器控制实验 ·····	308
第一节 三相异步电动机单向启动、停止及点动控制·····	308
第二节 三相异步电动机可逆运转控制及行程控制·····	309
第三节 三相异步电动机星-三角降压启动控制 ·····	310
第四节 三相异步电动机的制动控制·····	311
第十四章 可编程序控制器控制实验 ·····	313
第一节 基本练习实验·····	313
第二节 程序设计实验·····	322
参考文献 ·····	337

第一篇 电气控制

电气控制技术在生产过程、科学研究及其他各个领域的应用十分广泛。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。本篇主要是以电动机或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的基本能力。

第一章 常用低压电器

电器对电能的生产、输送、分配与应用起着控制、调节、检测和保护的作用。在电力输配电系统和电力拖动自动控制系统中应用极为广泛。

随着电子技术、自控技术和计算机应用的迅猛发展，一些电器元件可能被电子线路所取代。但是由于电器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），且有些电器元件有其特殊性，故是不可能完全被取代的。在今后的电气控制技术中继电器控制技术仍占有相当重要的地位。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，因此掌握继电器控制技术也是学习和掌握 PLC 应用技术所必需的基础。

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. 按工作电压等级分

(1) 高压电器 用于交流电压 1200V、直流电压 1500V 及以上电路中的电器，例如高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器等。

(2) 低压电器 用于交流 50Hz（或 60Hz）、额定电压 1200V 以下及直流额定电压 1500V 以下的电路内起通断、保护、控制或调节作用的电器（简称电器），例如接触器、继电器等。

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。

本章主要介绍电气控制系统中常用的各种低压电器的结构、工作原理和技术规格，不涉及元件的设计，而着重于应用。

第一节 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。

一、结构和工作原理

(一) 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。

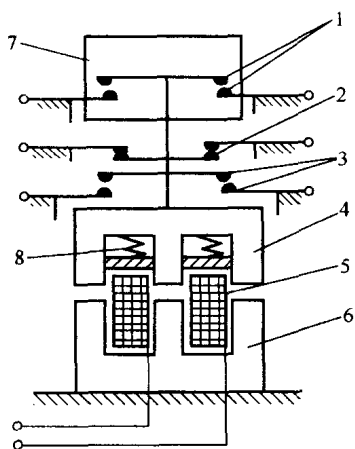


图 1-1 接触器结构简图

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

1. 电磁系统

电磁系统包括动铁心（衔铁）、静铁心和电磁线圈三部分，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，用来接通或断开被控制电路。

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，电弧的高温能将触点烧损，并可能造成其他事故，因此，应采用适当措施迅速熄灭电弧。常采用灭弧罩、灭弧栅和磁吹灭弧装置。

(二) 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，使静铁心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。

接触器的图形符号、文字符号如图 1-2 所示。

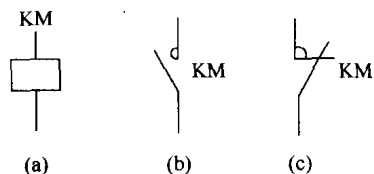


图 1-2 接触器的图形、文字符号

(a) 线圈 (b) 常开触点 (c) 常闭触点

二、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。

当交变磁通穿过铁心时，将产生涡流和磁滞损耗，使铁心发热。为减少铁损，铁心用硅钢片冲压而成。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，交流接触器铁心端面上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。

直流接触器铁心中不产生涡流和磁滞损耗，所以不发热。铁心可用整块钢制成。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。

三、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。

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	~36、127 220、380	10	380/220	4/2.2
CJ20-16				16	380/220	7.5/4.5
CJ20-25				25	380/220	11/5.5
J20-40				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

型号意义：

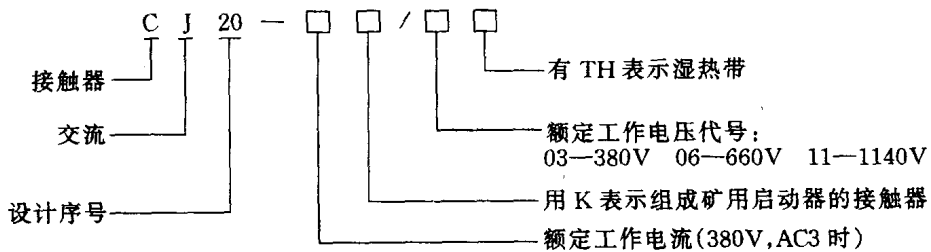


表 1-2

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	辅 助 触 点		线 圈
CJ12-100	100	1、3、4、5	交流 380V	容量	对数	额定电压/V
CJ12-150	150			交 流	6 对常开与常闭	~36 127
CJ12-250	250			1000V·A/380	点可任意组合	220 380
CJ12-400	400			直 流		
CJ12-600	600			90W/220		

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。

⑥ 主触点和辅助触点的数量应能满足控制系统的需要。

第二节 继 电 器

继电器主要用于控制与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、频率继电器等等。

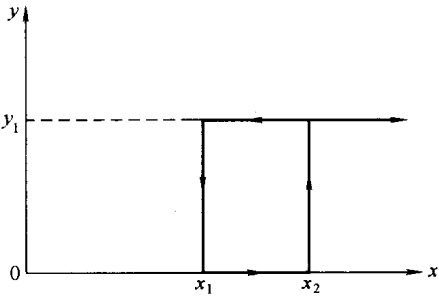


图 1-3 继电特性曲线

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；又称继电特性，继电特性曲线如图 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， x_1 与 x_2 同时增大， k 也随之增大；放松时， k 减小）

或调整铁心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。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%，则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。

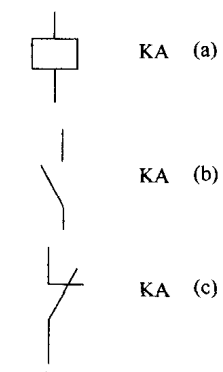


图 1-4 电磁式继电器图形、文字符号
(a) 线圈 (b) 常开触点
(c) 常闭触点

一、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%~350%） I_N ，直流为（70%~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%~50%） I_N ，释放电流为（10%~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%~120%） U_N ，欠电压继电器吸合电压调整范围为（30%~50%） U_N ，释放电压调整范围为（7%~20%） U_N 。

电流、电压继电器的文字符号分别为 KI 和 KV。

下面以 JL18 系列电流继电器为例，介绍其型号表示方法并在表 1-3 上表示其主要技术参数。

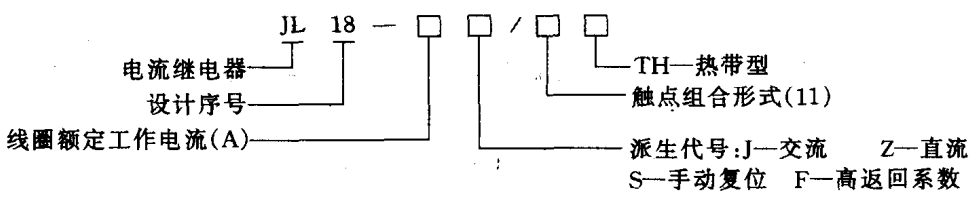


表 1-3 JL18 系列电流继电器技术参数

型 号	线 圈 额 定 值		结 构 特 征
	工作电压/V	工作电流/A	
JL18-1.0	~380 —220	1.0	触点工作电压~380V —220V 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	

续表

型 号	线 圈 额 定 值		结 构 特 征
	工作电压/V	工作电流/A	
JL18-6.3	~380 —220	6.3	触点工作电压~380V —220V 发热电流 10A 可自动及手动复位
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	

二、中间继电器

中间继电器的作用是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 为 JZ7 系列的主要技术数据。

表 1-4 JZ7 系列中间继电器的技术数据

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 ⁻¹
			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，减小了接触电阻，提高了接触可靠性，有的还装了防尘罩或采用密封结构，也是提高可靠性的措施。有些中间继电器安装在插座上，插座有多种型式可供选择，有些中间继电器可直接安装在导轨上，安装和拆卸均很方便。常用的有 JZ18、MA、K、HH5、RT11 等系列。

三、时间继电器

时间继电器有空气式、电动式、电子式等多种，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 型空气阻尼式时间继电器的工作原理图。

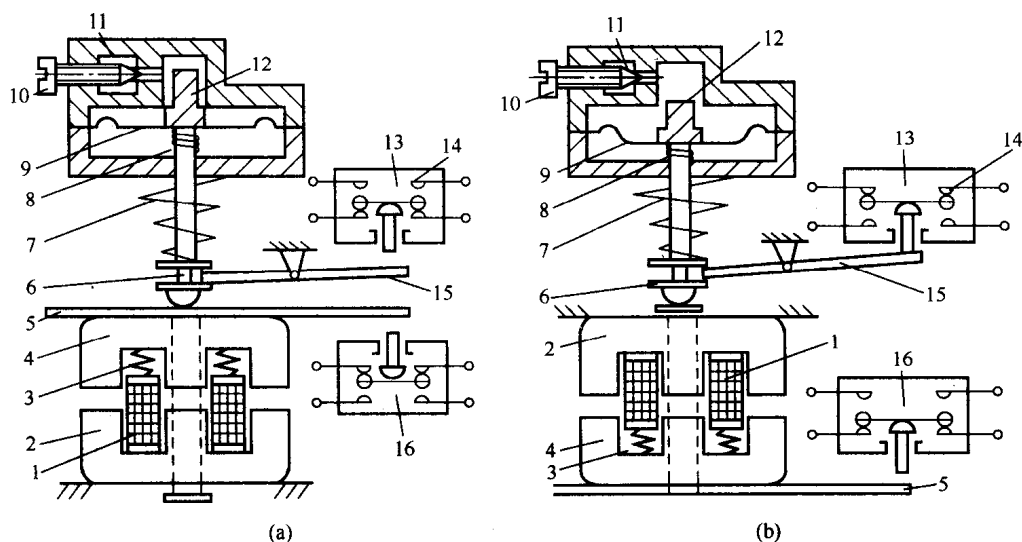


图 1-5 JS7-A 系列时间继电器工作原理图

(a) 通电延时型 (b) 断电延时型

1—线圈 2—静铁心 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均相同，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，具有延时范围较宽、结构简单、工作可靠、价格低廉、寿命长等优点，是机床交流控制线路中常用的时间继电器。

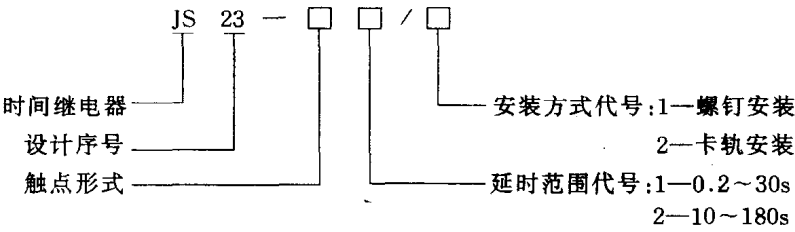
表 1-5 为 JS7-A 型空气阻尼式时间继电器技术数据，其中 JS7-2A 型和 JS7-4A 型既带有延时动作触点，又带有瞬时动作触点。

表 1-5

JS7-A 型空气阻尼式时间继电器技术数据

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	380	5	1	1					交流 36、 127、220、 380	0.4~60 及 0.4~ 180
JS7-2A			1	1			1	1		
JS7-3A					1	1				
JS7-4A					1	1	1	1		

我国生产的新产品 JS23 系列，可取代 JS7-A、B 及 JS16 等老产品。JS23 系列时间继电器的型号意义如下：

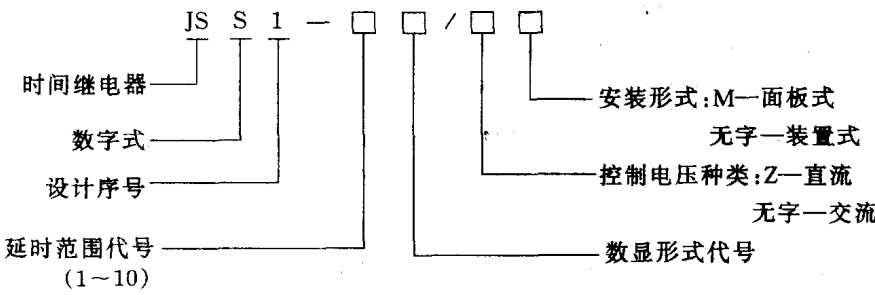


2. 电动机式时间继电器

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、JS11 系列和 7PR 系列。

3. 电子式时间继电器

早期产品多是阻容式，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，具有延时时间长、调节方便、精度高的优点，有的还带有数字显示，应用很广，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，其型号意义为：



代号	无	A	B	C	D	E	F
意义	不带数显	2 位数显递增	2 位数显递减	3 位数显递增	3 位数显递减	4 位数显递增	4 位数显递减

时间继电器的图形、文字符号如图 1-6 所示。

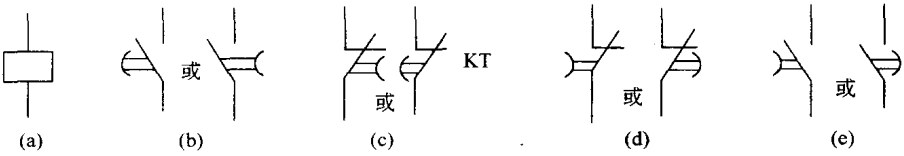


图 1-6 时间继电器的图形、文字符号
 (a) 线圈 (b) 常开延时闭合触点 (c) 常闭延时打开触点
 (d) 常闭延时闭合触点 (e) 常开延时打开触点

四、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，以防止电动机过热而烧

毁的保护电器。

1. 热继电器的结构及工作原理

由图 1-7 热继电器结构原理图可知，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，由两种膨胀系数不同的金属片压焊而成，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，流过热元件的电流加大，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。

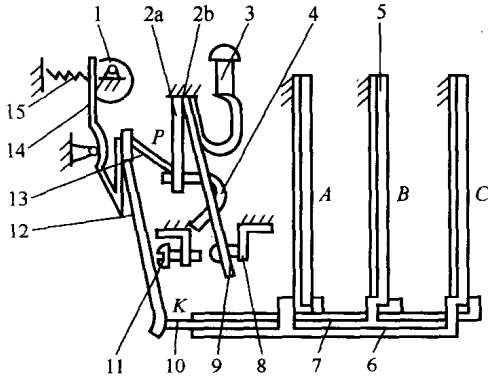


图 1-7 JR16 型系列热继电器结构原理图
1—电流调节凸轮 2a、2b—簧片 3—手动复位按钮
4—弓簧 5—主双金属片 6—外导板 7—内导板
8—常闭静触点 9—动触点 10—杠杆
11—复位调节螺钉 12—补偿双金属片
13—推杆 14—连杆 15—压簧

2. 热继电器主要参数及常用型号

热继电器主要参数有：热继电器额定电流，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。

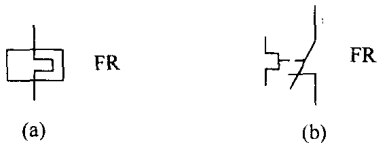


图 1-8 热继电器的图形、文字符号

(a) 热元件 (b) 常闭触点

热继电器的整定电流是指热元件能够长期通过而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，其型号意义如下：

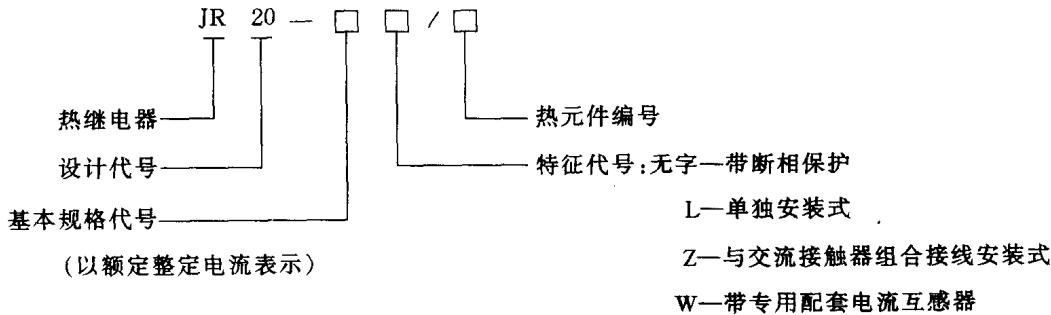


表 1-6 为 JR16 系列热继电器的主要参数。热继电器的图形、文字符号如图 1-8 所示。

表 1-6

JR16 系列热继电器的主要规格参数

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	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
JR16-20/3D		1.6	1.0~1.6
		2.4	1.5~2.4
		3.5	2.2~3.5
		5.0	3.2~5.0
		7.2	4.5~7.2
		11.0	6.8~11
		16.0	10.0~16
		22	14~22
JR16-60/3	60	22	14~22
JR16-60/3D		32	20~32
		45	28~45
		63	45~63
JR16-150/3	150	63	40~63
JR16-150/3D		85	53~85
		120	75~120
		160	100~160

五、速度继电器

速度继电器根据电磁感应原理制成，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。图 1-9 为其结构原理图。

据图知，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。

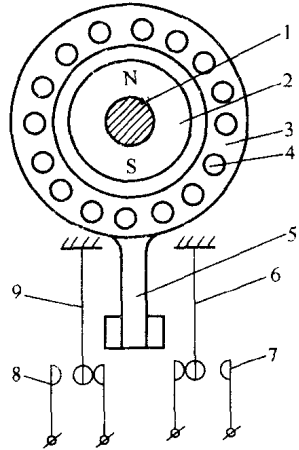


图 1-9 速度继电器结构原理图
1—转轴 2—转子 3—定子 4—绕组
5—摆锤 6、9—簧片 7、8—静触点

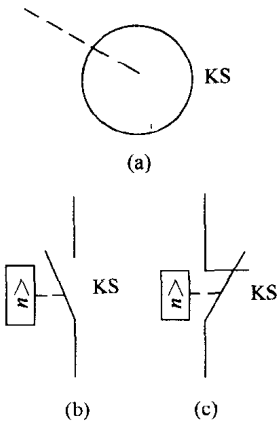


图 1-10 速度继电器的图形、文字符号
(a) 转子 (b) 常开触点 (c) 常闭触点

转子由一块永久磁铁制成，与电动机同轴相联，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，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发生作用）。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 JY₁ 和 JFZ₀ 型。

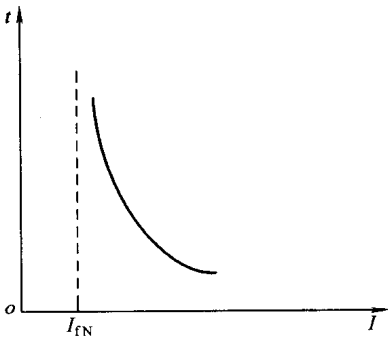
速度继电器的图形、文字符号如图 1-10 所示。

第三节 熔 断 器

一、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和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的时间后，电流在熔体上产生的热量使熔体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_N 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。

图 1-11 熔断器的保护特性曲线

表 1-7 熔断器的熔断电流与熔断时间的数值关系

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	∞	1h	40s	8s	4.5s	2.5s

二、常用熔断器的种类及技术数据

熔断器按其结构型式分为插入式、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和不用任何工具就可取下或更换熔体等优点。最近推出的新产品有 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联结板，可直接安装在母线排上，RT12、RT15 系列带有熔断指示器，