

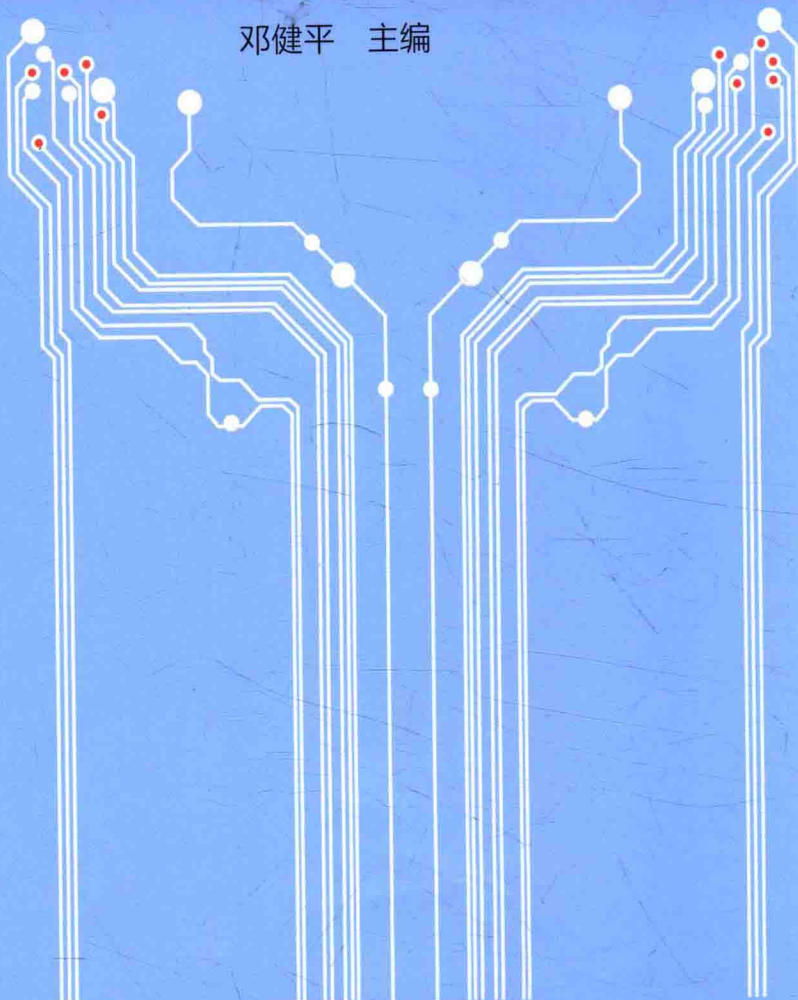


GAODENG ZHIYE JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 高等职业教育规划教材 •

PLC 原理 及应用

邓健平 主编



PLC YUANLI JI YINGYONG



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

高等职业教育规划教材

PLC 原理及应用

主 编 邓健平

副主编 胡仁平

主 审 张若锋



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC 原理及应用/邓健平主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 1

高等职业教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 0792 - 7

I. ①P… II. ①邓… III. ①PLC 技术—高等职业教育—教材
IV. ①TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 311311 号

内 容 提 要

本书共分 7 章, 第 1 章介绍了继电器 - 接触器控制电路的分析方法; 第 2 章介绍了 PLC 的基础知识; 第 3 章介绍了 S7 - 200 系列 PLC 系统特性及硬件构成; 第 4 章介绍了 S7 - 200 系列 PLC 的编程语言及程序结构; 第 5 章介绍了 S7 - 200 系列 PLC 的基本指令及应用; 第 6 章介绍了 S7 - 200 系列 PLC 功能指令及应用; 第 7 章介绍了 PLC 控制系统设计的一般步骤及应用实例。

本书可作为高职高专机电一体化、铁道机车车辆、城市轨道交通车辆等专业的教材, 也可作为机械、电气工程技术人员参考书。

责任编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 宋振全 责任校对: 吴大鹏 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: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 14. 5

字 数: 290 千字

书 号: ISBN 978-7-5184-0792-7 定价: 34. 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

151398J2X101ZBW

前 言

在生产过程、科学研究等领域中，电气控制技术的应用是十分广泛的。随着科学技术的发展，特别是大规模集成电路的问世和微处理器技术的应用，出现了可编程控制器（PLC）。PLC 是以微处理器为核心的工业自动控制通用装置，它具有控制功能强、可靠性高、使用灵活方便、易于扩展、通用性强等优点。尤其现代的 PLC，其功能已经大大超过了逻辑控制的范围，还包括运动控制、闭环过程控制、数据处理、通信网络等。它不仅可以取代传统的继电器-接触器控制系统，还可以进行复杂的过程控制和构成分布式自动化系统。PLC 在我国的应用相当广泛，尤其是小型 PLC，采用类似继电器逻辑的图形编程语言，使用十分方便，深受工程技术人员的欢迎。因此，PLC 应用技术已成为机电一体化、轨道交通类专业学生必须掌握的专业技能。

本书以“必需、够用”为原则，从应用的角度出发，介绍了 PLC 的硬件构成、工作原理、编程语言等基础知识，以现场使用较多的西门子公司 S7-200 系列 PLC 为样机，详细介绍了其指令系统、PLC 程序设计的方法及技巧、PLC 控制系统的设计与调试等。本书在编写时，力求做到深入浅出，通俗易懂，简明扼要，图文并茂，淡化理论，注重应用。

本书共分 7 章，内容包括：继电器-接触器控制系统，PLC 的基础知识，S7-200 系列 PLC 系统特性及硬件构成，S7-200 系列 PLC 的编程语言及程序结构，S7-200 系列 PLC 的基本指令，S7-200 系列 PLC 功能指令，PLC 控制系统设计的一般步骤及应用实例。每章后面附有思考与练习，以利于学生自学和巩固所学的知识。本书还提供了一定的应用实例和实验课题，便于读者将所学知识综合化，具有一定的应用性。

本书可作为高职高专机电一体化、铁道机车车辆、城市轨道交通车辆等专业的教材，也可作为机械、电气工程技术人员参考书。

本书由湖南铁路科技职业技术学院邓健平主编，胡仁平副主编。具体分工

如下：邓健平编写第1、2、4、5章及实验，胡仁平编写第3、6、7章。全书由邓健平统稿。

本书由湖南铁路科技职业技术学院张若锋担任主审，对本书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2015年10月

目 录

第 1 章 继电器 - 接触器控制系统	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	9
1.1.4 开关电器	9
1.1.5 主令电器	12
1.2 电气控制系统图	13
1.2.1 电气原理图	14
1.2.2 电器元件布置图	15
1.2.3 电气安装接线图	15
1.2.4 电气控制电路的逻辑代数分析方法	16
1.3 三相异步电动机的基本控制电路	18
1.3.1 点动与连续控制电路	18
1.3.2 互锁控制电路	19
1.3.3 顺序控制电路	22
1.3.4 多点控制电路	22
1.3.5 减压启动控制电路	23
思考与练习	24
第 2 章 PLC 的基础知识	25
2.1 PLC 的产生及定义	25
2.1.1 PLC 的产生	25
2.1.2 PLC 的定义	26

2.2 PLC 的特点及分类	26
2.2.1 PLC 的特点	26
2.2.2 PLC 的分类	27
2.3 PLC 的应用范围	28
2.4 PLC 的基本组成	29
2.5 PLC 的工作原理	31
2.6 PLC 与继电器 - 接触器控制系统的区别	33
思考与练习	34
第3章 S7-200 系列 PLC 系统特性及硬件构成	35
3.1 S7-200 系列 PLC 的系统特性	35
3.1.1 S7-200 系列 PLC 的系统结构与典型产品特性	35
3.1.2 S7-200 系列 PLC 系统内部资源	39
3.2 S7-200 系列 PLC 的硬件构成	45
3.2.1 CPU 模块 I/O 接线	45
3.2.2 扩展模块简介	47
3.2.3 系统供电	50
思考与练习	50
第4章 S7-200 系列 PLC 的编程语言及程序结构	52
4.1 PLC 的程序设计语言	52
4.1.1 梯形图 (LAD)	52
4.1.2 语句表 (STL)	54
4.1.3 顺序功能图 (SFC)	55
4.1.4 功能块图 (FBD)	56
4.1.5 结构文本 (ST)	56
4.2 PLC 的程序结构	56
4.2.1 用户程序	56
4.2.2 数据块	57

4.2.3 系统块	57
4.3 STEP7 - Micro/WIN 编程软件的使用	57
4.3.1 软件系统概述	57
4.3.2 程序的创建、编辑、下载和运行	61
4.3.3 程序调试及监控	64
思考与练习	65
第5章 S7-200 系列 PLC 的基本指令	66
5.1 基本逻辑指令	66
5.1.1 基本位逻辑指令	66
5.1.2 置位 S、复位 R 指令	76
5.1.3 RS、SR 触发器指令	77
5.1.4 立即指令	78
5.1.5 边沿脉冲指令	80
5.1.6 逻辑堆栈指令	81
5.2 定时器指令	87
5.3 计数器指令	98
5.4 比较指令	103
5.5 程序控制指令	106
5.5.1 暂停、结束指令	106
5.5.2 看门狗复位指令	106
5.5.3 跳转及标号指令	108
5.5.4 循环指令	109
5.5.5 子程序指令	111
5.5.6 顺序控制指令	112
5.6 简单程序编制	115
思考与练习	120

第 6 章 S7-200 系列 PLC 的功能指令	123
6.1 数据处理指令	123
6.1.1 数据传送指令	123
6.1.2 移位指令	128
6.1.3 字节交换与填充指令	133
6.2 算术、逻辑运算指令	134
6.2.1 算术运算指令	135
6.2.2 数学函数指令	140
6.2.3 增/减指令	142
6.2.4 逻辑运算指令	142
6.3 表功能指令	145
6.3.1 表存数指令	145
6.3.2 表取数指令	146
6.3.3 查表指令	146
6.4 转换指令	149
6.4.1 数据类型转换指令	149
6.4.2 编码和译码指令	151
6.4.3 段码指令	152
6.4.4 ASCII 码转换指令	153
6.5 中断指令	155
6.5.1 中断类型	156
6.5.2 中断指令	158
6.6 高速处理指令	160
6.6.1 高速计数指令	161
6.6.2 高速脉冲输出指令	168
6.7 PID 指令	170
6.7.1 PID 算法	172
6.7.2 PID 指令	172
6.7.3 PID 指令的使用	174

6.7.4 PID 的实际应用	175
思考与练习	176
第7章 PLC 控制系统设计	180
7.1 PLC 控制系统的总体设计	180
7.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则和内容	180
7.1.2 PLC 控制系统设计的一般步骤	181
7.2 PLC 应用系统设计实例	183
7.2.1 继电器-接触器控制电路的 PLC 改造	183
7.2.2 十字路口交通信号灯控制系统设计	185
7.2.3 喷泉控制系统设计	190
7.2.4 列车车厢空调控制系统设计	195
思考与练习	211
实验	213
实验1 西门子 S7-200 PLC 编程软件的使用	213
实验2 基本逻辑指令的应用	214
实验3 定时器指令的应用	215
实验4 计数器指令的应用	217
实验5 PLC 控制系统设计	218
参考文献	221

第1章 继电器 - 接触器控制系统

在各行各业广泛使用的电气设备和生产机械中，其自动控制线路大多以各种电动机或其他执行电器为控制对象。以各种有触点的继电器、接触器、按钮、行程开关、保护元件等器件组成的控制线路，通常称为继电器 - 接触器控制系统。

1.1 常用低压电器

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称为电器。用于交流额定电压小于 1200V、直流额定电压小于 1500V 的电路中起通断、控制、调节及保护作用的电器称为低压电器。

低压电器品种繁多，分类方法也很多，一般按用途可分为：

1) 低压配电电器 主要用于低压供电系统。包括刀开关、转换开关、熔断器和自动开关等。对这类电器的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) 低压控制电器 主要用于电力拖动控制系统。包括接触器、继电器、主令电器和电磁离合器等。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，电器和机械寿命长。

1.1.1 接触器

接触器是一种自动的电磁式电器，适用于频繁接通与断开电动机或其他负载主电路的一种自动控制电器。它具有可实现远距离控制、控制容量大、操作频率高、低电压释放保护等特点。

接触器按其主触头流过的电流的种类，可分为交流接触器和直流接触器。

(1) 交流接触器

交流接触器的结构和工作原理如图 1-1 所示。交流接触器主要由以下四部分组成：

1) 电磁机构 电磁机构由线圈、动铁心（衔铁）、静铁心和复位弹簧组成。当线圈通电后，线圈中电流产生电磁力，动铁心在电磁吸力的作用下，克服复位弹簧的反力与静铁心吸合，带动触点动作，从而接通或断开相应电路。当线圈断电后，动作过程与上述相反。

2) 触点系统 触点是电器的执行元件，起接通和断开电路的作用。触点系统包括主触点和辅助触点。主触点用以通断较大电流的主电路，通常由三对常开触点组成，体积较大。辅助触点用以通断小电流控制电路或辅助电路等，体积较小。触点还可分为常开触点和常闭触点两种（“常开”“常闭”是指电磁机构未通电动作前触点的状态），又称为动合和动断触点。

3) 灭弧装置 容量在 10A 以上的接触器都有灭弧装置。因为触点在分断电流的瞬间，在触点间的气隙中就会产生电弧，电弧的温度很高，能将触点烧

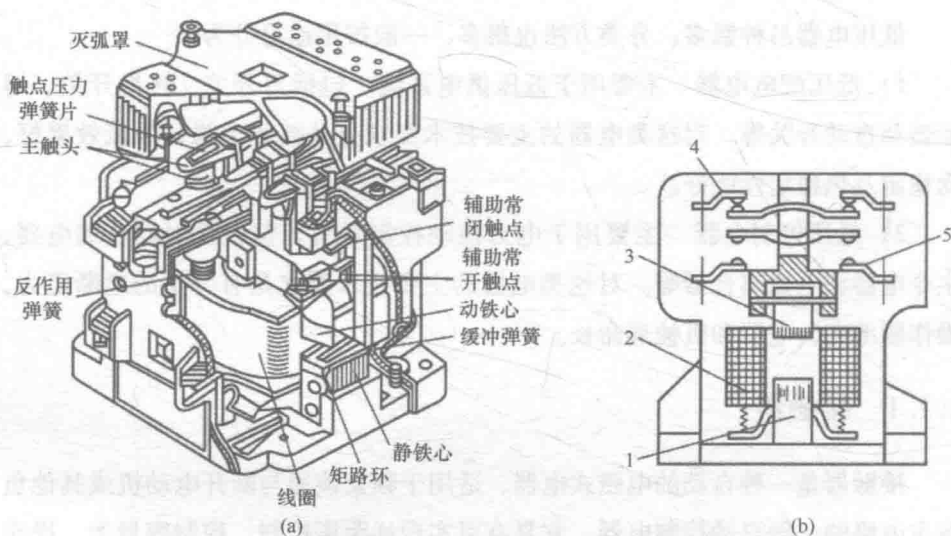


图 1-1 交流接触器的结构和工作原理

(a) 结构 (b) 工作原理

1—静铁心 2—线圈 3—动铁心 4—常闭触点 5—常开触点

损,因此,应采取适当措施迅速熄灭电弧。对于较小容量的接触器可采用电动灭弧;对于大容量的接触器可采用纵缝灭弧及栅片灭弧。

4) 其他部分 包括弹簧、传动机构、接线柱和外壳等。

接触器的图形及文字符号如图 1-2 所示。

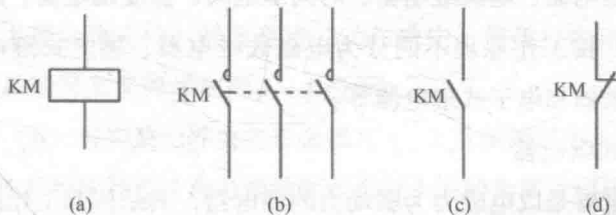


图 1-2 接触器的图形及文字符号

(a) 线圈 (b) 主触点 (带灭弧装置) (c) 辅助常开触点 (d) 辅助常闭触点

(2) 直流接触器

直流接触器用于控制直流供电负载和各种直流电动机,其结构和工作原理与交流接触器相类似,主要由直流电磁机构、触点系统和灭弧装置等组成。

(3) 接触器的选用

接触器的选用主要考虑如下因素:

1) 根据负载性质确定接触器的类型,即直流负载选用直流接触器,交流负载选用交流接触器。

2) 接触器的额定电压与额定电流应大于或等于所控制负载的额定电压与额定电流。

3) 线圈额定电压应与所控制电路的电压相一致。

4) 接触器的触点种类和触点数量应满足主电路和控制电路的控制要求。

1.1.2 继电器

继电器是一种根据电量(电压、电流等)或非电量(压力、转速、时间、热量等)的变化来接通或断开控制电路,以完成控制和保护任务的电器。

继电器和接触器都可用来接通或断开所控制的电路,但其所控制的对象与

能力是有所区别的。继电器用来控制小电流电路，多用于控制电路；而接触器用来控制大电流电路，多用于主电路。因此接触器有灭弧装置，而继电器没有灭弧装置。

继电器品种繁多，按用途分为控制继电器和保护继电器两类；按输入信号不同分为电压继电器、电流继电器、时间继电器、温度继电器、速度继电器和压力继电器等；按工作原理不同分为电磁式继电器、感应式继电器、热继电器、电动式继电器和电子式继电器等。

(1) 电磁式继电器

电磁式继电器是以电磁力为驱动力的继电器，其结构和工作原理与接触器相似。电磁式继电器主要可分为电流继电器、电压继电器、中间继电器。

1) 电流继电器 电流继电器的线圈串联在被测量的电路中，以反映电路电流的变化。为了不影响电路工作情况，电流继电器的线圈匝数少，导线粗，阻抗小。电流继电器分为过电流继电器和欠电流继电器两类。

2) 电压继电器 电压继电器的线圈与负载并联，反映负载电压值，故它的线圈匝数多，导线细，阻抗大。电压继电器分为过电压继电器和欠电压继电器两类。

3) 中间继电器 中间继电器实质上是电压继电器，它在控制电路中主要用来传递信号、扩大信号功率以及增加控制信号的触点数量。

电磁式继电器的一般图形符号是相同的，如图 1-3 所示。电流继电器的文字符号为 KI ，线圈的图形符号中用 $I >$ （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 ，线圈的图形符号中用 $U >$ （或 $U <$ ）表示过电压（或欠电压）继电器。

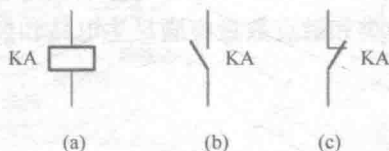


图 1-3 电磁式继电器的图形及文字符号

(a) 线圈 (b) 常开触点 (c) 常闭触点

(2) 热继电器

热继电器是利用电流的热效应来切断电路的保护电器，常用于电动机的过载保护。电动机在实际运行中，由于过载时间过长，绕组温升超过了允许值时，将会加剧绕组绝缘的老化，缩短电动机的使用寿命，严重时会使电动机绕组烧毁，因此，在电动机的电路中应设置有过载保护。

热继电器主要由热元件、触点系统、动作机构、复位按钮和整定电流装置组成。其结构和图形文字符号如图1-4所示。

由图1-4(b)可知热元件由主双金属片1、2及围绕其外面的电阻丝3、4组成。双金属片和温度补偿片皆由两种膨胀系数不同的金属片焊压而成。当电动机过载时，工作电流增大，热元件产生的热量也增多，温度升高，使双金属片受热向右弯曲，并推动导板5向右移动一定距离，导板又推动温度补偿片与推杆，使动触点8与静触点9分断，从而切断电动机控制电路，达到过载保护的目的。

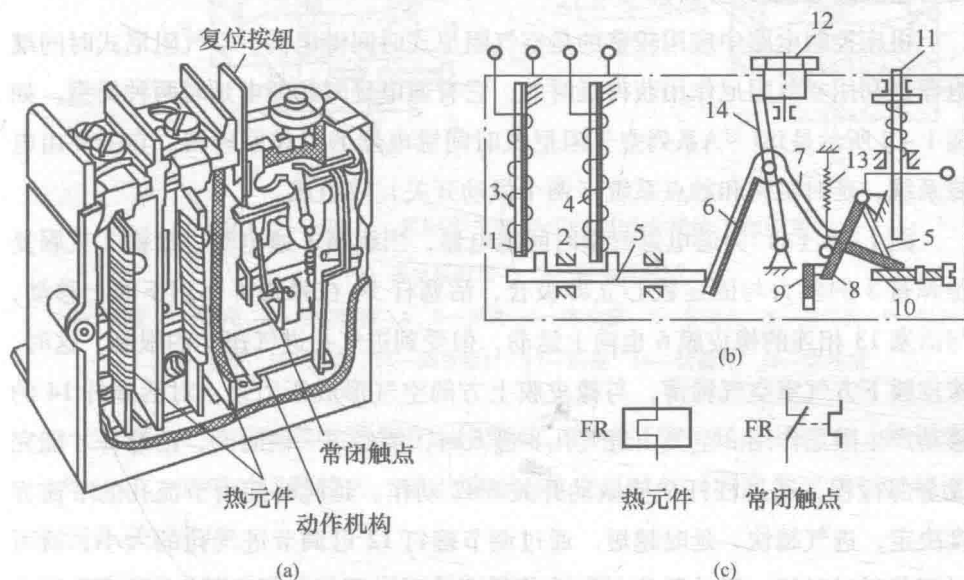


图1-4 热继电器的结构和图形文字符号

(a) 结构 (b) 工作原理 (c) 图形及文字符号

- 1、2—主双金属片 3、4—电阻丝 5—导板 6—温度补偿片 7—推杆 8—动触点
9—静触点 10—螺钉 11—复位按钮 12—旋钮 13—弹簧 14—支撑杆

温度补偿片 6 用于补偿周围环境温度变化的影响, 当周围环境温度变化时, 主双金属片 1、2 和与之采用相同材料的温度补偿片 6 会产生同向弯曲, 可使导板 5 与温度补偿片之间的距离保持不变。

热继电器的复位方式有自动复位和手动复位两种, 自动复位可通过调节螺钉 10 和弹簧 13 来实现; 手动复位则通过按下复位按钮 11 实现。

热继电器由于其热惯性, 当电路短路时不能立即动作切断电路, 因此, 不能用作短路保护; 在电动机启动或短时过载时, 热继电器也不会动作, 这可避免热继电器不必要的停车。

(3) 时间继电器

时间继电器是一种接收信号(线圈通电或断电)后, 经过一定的延时才能输出信号(触点的闭合或断开)的控制电器。按其工作原理与构造不同, 可分为电磁式、空气阻尼式、电动式和晶体管式等; 按其延时方式可分为通电延时型和断电延时型两种。

机床控制电路中应用较多的是空气阻尼式时间继电器。空气阻尼式时间继电器是利用空气阻尼作用获得延时的, 它有通电延时和断电延时两种类型。如图 1-5 所示是 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的工作原理图。它主要由电磁系统、延时机构和触点系统(两个微动开关)等组成。

图 1-5 (a) 为通电延时型时间继电器, 当线圈 1 通电时, 衔铁 2 克服复位弹簧 3 的阻力与固定铁心立即吸合, 活塞杆 14 在弹簧 4 作用下向上移动, 与活塞 13 相连的橡皮膜 6 也向上运动, 但受到进气孔进气速度的限制, 这时, 橡皮膜下方气室空气稀薄, 与橡皮膜上方的空气形成压力差, 对活塞杆 14 的移动产生阻尼作用。空气由进气孔 8 进入时, 需经过一段时间, 活塞杆才能完成全部行程, 通过杠杆 9 使微动开关 SM2 动作。延时时间由节流孔的节流程度决定, 进气越快, 延时越短。通过调节螺钉 12 可调节进气孔的大小, 就可以调节延时时间。微动开关 SM1 在衔铁吸合时, 通过推板 10 的立即动作构成瞬时开关。

当线圈 1 断电时, 衔铁 2 在复位弹簧 3 的作用下, 通过活塞杆 14 将活塞推向最下端, 这时橡皮膜 6 下方气室内的空气通过橡皮膜、弹簧 5 和活塞的局部所形成的单向阀迅速从橡皮膜上气室缝隙中排掉, 使延时微动开关 SM2 和

瞬时微动开关 SM1 都迅速复位。

图 1-5 (b) 为断电延时型时间继电器，它的工作原理与通电延时型相似，但在结构上是将电磁机构翻转 180° 安装，微动开关 SM2 是在线圈断电后延时动作。

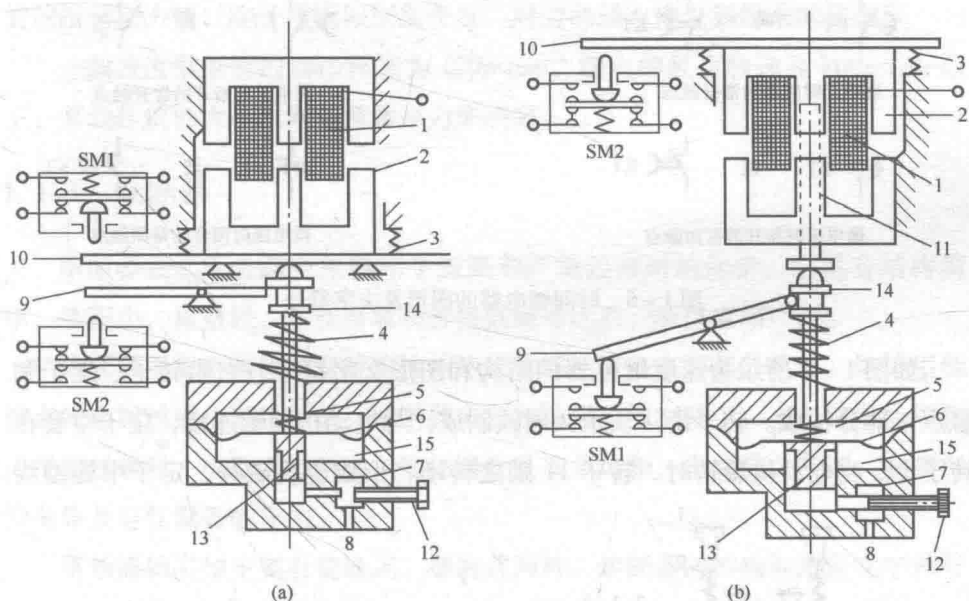


图 1-5 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的工作原理

(a) 通电延时型 (b) 断电延时型

1—线圈 2—衔铁 3—复位弹簧 4、5—弹簧 6—橡皮膜 7—节流孔 8—进气孔 9—杠杆
10—推板 11—推杆 12—调节螺钉 13—活塞 14—活塞杆 15—空气室

空气阻尼式时间继电器具有结构简单、价格低廉、延时范围大、使用寿命长等优点，但延时误差较大，难以精确地整定延时值，因此在要求延时精度高的场合不宜采用。

时间继电器的图形及文字符号如图 1-6 所示。

(4) 速度继电器

速度继电器是当转速达到规定值时触点动作的继电器。主要用于三相异步电动机反接制动控制电路中，当反接制动的转速下降到接近零时，能自动切断反相序电源。