

# 继电器逻辑线路

的

# 图解设计

隆礼湘 编

158-64

机械工业出版社

## 前 言

在“鞍钢宪法”精神的指引下，我国机械制造工业各部门广泛开展了技术革新和技术改造的群众运动，根据本部门的生产对象，设计和制造了各种自动化机床。这种机床，常常是机械、气动、液压和电气技术的综合应用。因为用气动或液压执行装置来驱动执行机构，可以使机床的机械结构大为简化，故上述的自动化机床，常常是用继电器逻辑线路通过电磁阀来控制气缸或油缸的运动，从而满足不同机床的程序要求。在这种情况下，要求从事技术革新工作的同志不仅应当具有机械、气动和液压传动的知识，还应当具有一定的电气设计知识，以便在设计这种自动加工的机床时，充分发挥各种技术的特点。

一般设计继电器逻辑线路，是一边分析，一边作图，用增减开关或继电器的方法试画草图。用这样的方法设计，设计速度和所设计出的线路的质量（逻辑可靠性和经济性），在很大程度上决定于设计人员的经验和技巧。而有些从事机械工作的工人和技术人员不可能有电气设计人员那样多的电气设计实践，设计时往往感到困难。本书介绍的图解设计法，因其设计步骤和方法比较固定，便于掌握，可供机、电工人和机械技术人员学习设计继电器逻辑线路时参考。

本书在编写过程中，得到了有关同志的指导和热情帮助，在此表示衷心感谢。

由于本人技术水平有限，从事电气设计的实践较少，书中难免有不少缺点甚至错误，诚恳地欢迎批评指正。

编者

# 目 录

第一章 基本知识 .....	1
一、继电器逻辑线路的组成 .....	1
二、继电器逻辑线路的基本元件 .....	2
三、逻辑关系图的画法 .....	5
四、逻辑代数和继电器线路 .....	11
第二章 设计要求和条件的表达 .....	17
一、控制原理图 .....	18
二、用逻辑关系图表达设计要求和条件 .....	21
三、逻辑关系图应用举例 .....	31
第三章 继电器的逻辑关系式 .....	36
一、继电器的基本逻辑关系式 .....	37
二、有额外起始和额外终止信号的逻辑关系式 .....	47
三、逻辑关系式的一般表达式 .....	63
四、继电器逻辑关系式的几种特殊形式 .....	66
五、逻辑关系式应用举例 .....	74
第四章 执行元件的逻辑关系式 .....	85
一、执行元件自动工作的逻辑关系式 .....	85
二、对联锁、保护、紧急操作和调整的考虑 .....	88
第五章 布置继电器的工作区间 .....	99
一、用信号元件直接控制执行元件时继电器工作区间的布置 .....	99
二、与执行元件工作区间相同布置 .....	105
三、继电器工作区间成拍节差布置 .....	105

## IV

四、继电器成台阶形布置 .....	117
五、混合布置 .....	119
六、要求紧急停止时继电器的布置方法 .....	119
第六章 逻辑线路的简化 .....	124
一、简化逻辑关系式的方法 .....	124
二、桥接线路 .....	133
三、从线路两端合并触头 .....	134
四、几个逻辑关系式的简化 .....	137
第七章 矩阵图的设计 .....	139
一、正逻辑控制和负逻辑控制 .....	141
二、矩阵线路的控制原理 .....	144
三、写逻辑关系式 .....	147
四、画矩阵图 .....	152
五、设计举例 .....	153

---

# 第一章 基本知识

## 一、继电器逻辑线路的组成

继电器逻辑线路用来对机器进行程序控制，使机器按预定的程序自动工作。它由三部分元件组成：信号元件、运算元件和执行元件。执行元件用来操纵机器的执行机构，这类元件包括电动机、电磁离合器、电磁阀、电磁铁等。信号元件用以把逻辑线路以外的其他物理量（如机械位移、压力）的变化转换为电信号，这类元件有按钮开关、行程开关、压力继电器等。运算元件用来对信号元件的信号进行逻辑运算，判断程序控制过程的不同阶段，使每一阶段都由其所要求的执行元件工作。运算元件包括电磁继电器、时间继电器等。在某些情况下，可以用信号元件直接控制执行元件，这时，信号元件兼有运算元件的功能。

用继电器逻辑线路进行程序控制时，其控制过程如下：操作者按启动按钮，发出“开始工作”的操作命令，线路的信号元件接到指令后经运算元件送到操纵第一程序的执行元件（电磁阀线圈等），使对应于第一程序的执行机构（油缸）动作。当油缸的活塞运动到一定位置，与活塞相连接的撞块撞压信号开关，把执行机构的位置变化转换成电信号而送入逻辑线路。这个信号被送入线路的运算元件，经过运算后使第一程序结束，第二程序的执行元件工作，进行第二个程序。这样，使机器按预定要求一个程序接着一个程序自动进行工作。如果要求机器完成一次工作循环后自动停车，则最

后一个程序结束时发出的信号应使线路恢复到启动以前的状态，重新工作时需要操作者重新发出启动信号。如果，要求机器按工作循环连续重复工作，则一次完整循环的最后一个程序发出的信号，应使机器开始第一个程序的工作。要停止机器的工作，需要操作者对线路发出停车信号。

继电器逻辑线路的各组成部分，在程序控制过程中的作用及其相互关系如图1-1所示。图中虚线方框内即为继电器逻辑线路。

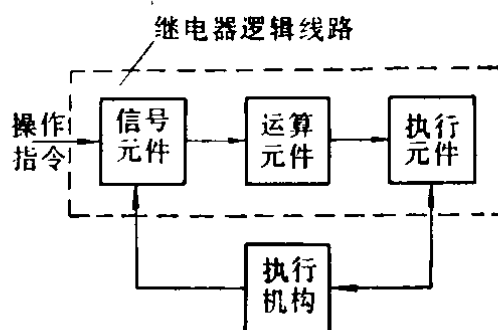


图1-1 行程程序控制过程

## 二、继电器逻辑线路的基本元件

### 1. 按钮开关

按钮开关是手动操作装置，用来向线路发出操作指令，如启动、停车、复位等。压下按钮时，按钮开关的常闭触头断开，常开触头闭合。放开按钮后，常开触头断开，常闭触头闭合。按钮开关常开触头符号如图1-2 a)所示，常闭触头符号如图1-2 b)所示。

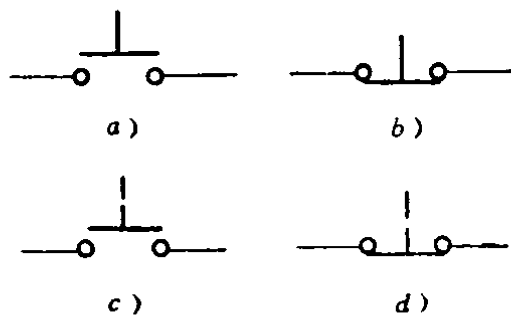


图1-2 按钮开关和行程开关符号

按钮开关的形式和触头数可以根据需要选择。

### 2. 行程开关

在位置程序控制中，行程开关用以将机械位移转换为电信号。执行机构运动到达一定位置，通过行程开关向继电器

线路发出信号，线路即按此信号进行逻辑控制。行程开关的工作原理与按钮开关相似，当行程开关被压下时，其常开触头闭合，常闭触头打开。松开后开关恢复原状。行程开关的触头一般为瞬时变换，即撞块撞压行程开关至一定位置后，其常闭触头快速打开，常开触头快速闭合。行程开关常开触头符号见图 1-2 c)，常闭触头符号见图 1-2 d)。图 1-3 所示为几种行程开关的外观。

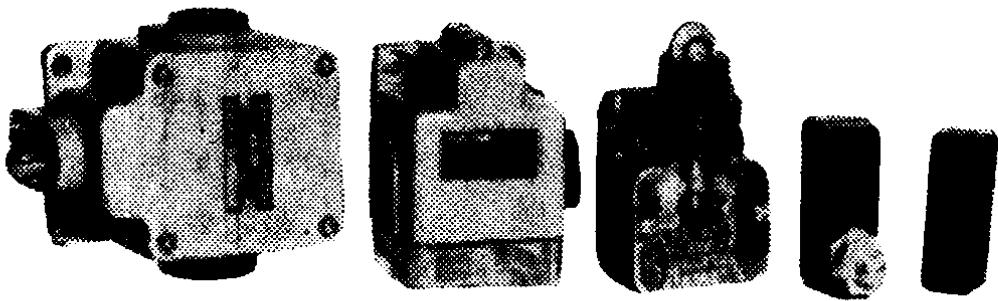


图1-3 行程开关外观

### 3. 压力继电器

压力继电器用来将液压信号变为电信号。当液压力增高至一定值时，推杆在液压力作用下，使信号开关动作，从而发出电信号。压力继电器的画法如图 1-4 所示。图 1-4 a) 为压力继电器在液压系统图中的画法，图 1-4 b) 为压力继电器的常开触头，图 1-4 c) 为压力继电器的常闭触头。

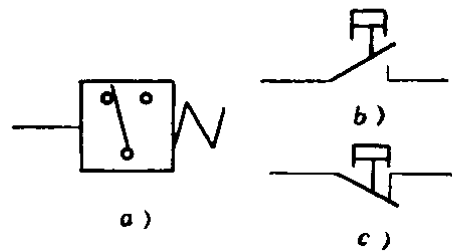


图1-4 压力继电器符号

### 4. 继电器

如果没有特殊说明，本书中所说的继电器都是指电磁继电器。在继电器的逻辑线路中，继电器可以是运算元件，也

可以是执行元件。作为运算元件的继电器，用来对输入信号进行逻辑运算，控制执行元件按预定的程序工作。

电磁式继电器工作原理图，如图 1-5 所示。激磁线圈 3 通电，在衔铁 2 和铁心 1 之间产生电磁力，电磁吸力大于弹簧 4 的拉力时，衔铁向铁心运动，动触头 5 离开静触头 7 而靠向静触头 6，触头 7 断开，触头 6 接通。激磁线圈 3 断电时，铁心和衔铁之间电磁力消失，在弹簧 4 拉力作用下，动触头 5 离开触头 6 而靠向触头 7，触头 6 断开，触头 7 接通。触头 6 叫做常开触头，触头 7 叫做常闭触头。继电器在逻辑线路中的代表符号如图 1-6 所示。图 1-6 a) 为继电器激磁线圈，b) 为继电器的

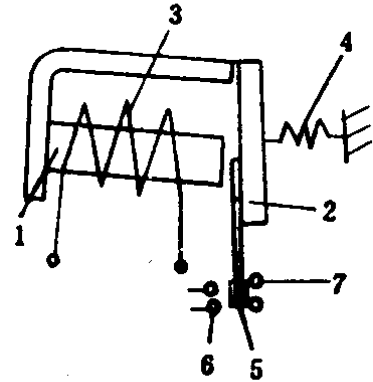


图1-5 继电器工作原理

1—铁心 2—衔铁 3—线圈 4—弹簧  
5—动触头 6—触头 7—触头

1-6 所示。图 1-6 a) 为继电器激磁线圈，b) 为继电器的

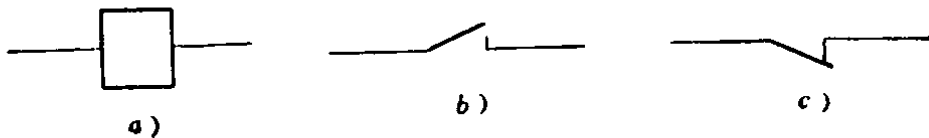


图1-6 继电器的符号

常开触头，c) 为继电器的常闭触头。图 1-7 所示为继电器的外形。

## 5. 时间继电器

时间继电器用来使信号延迟一段时间再起作用。信号输入时间继电器线圈后，经过一段时间，继电器触头才动作。也就是说，其触头动作发出信号比输入信号晚一段时间。时间继电器可以是线圈通电后延时（即时间继电器线圈通电一



段时间后触头才动作),也可以是线圈断电后延时(即时间继电器线圈断电一段时间后触头才动作)。

时间继电器有电磁式、气囊式、摆式、电动机式和晶体管式多种。在机床的继电器线路中,过去常用的是气囊式时间继电器。气囊式时间继电器的工作原理如图 1-8 所示。线

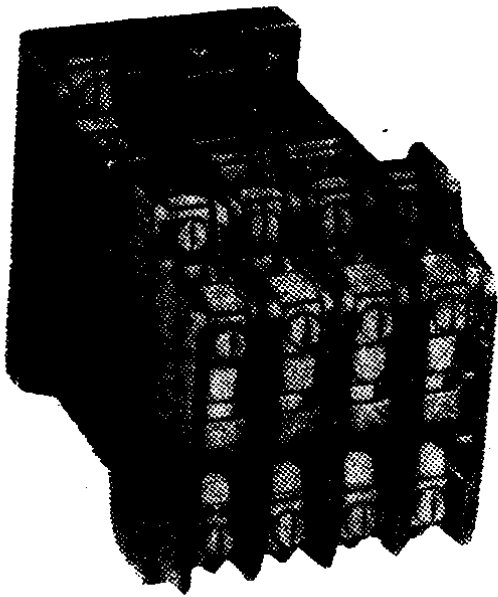


图1-7 继电器外观

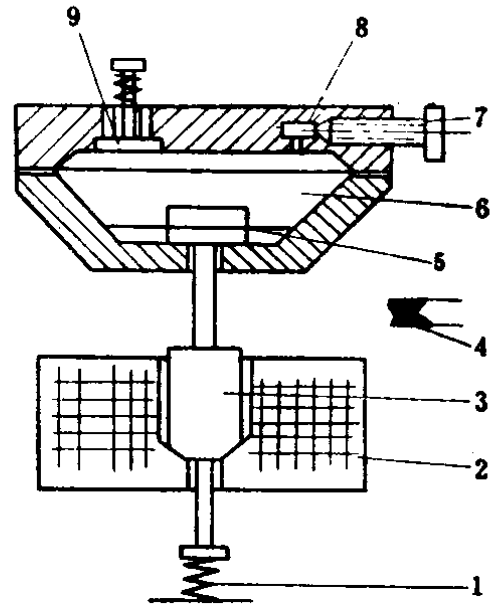


图1-8 时间继电器工作原理

1—弹簧 2—线圈 3—衔铁 4—触头  
5—薄膜 6—气室 7—螺钉 8—小孔  
9—阀门

圈 2 通电,克服弹簧 1 的弹力而吸动衔铁 3,拉动橡皮薄膜 5,使气室 6 容积增加,产生负压。在大气压力作用下,阀门 9 打开,空气进入气室 6。当气室 6 内压力与大气压力平衡时,阀门 9 在弹簧作用下使气室关闭。线圈 2 断电后,衔铁在弹簧 1 和橡皮膜 5 弹力作用下向上移动,恢复原来位置,这时气室 6 内的空气只能通过小孔 8 排入大气,延缓衔铁的移动速度。在衔铁行程的终点,触头 4 闭合。拧动螺钉 7,可以调节小孔 8 的放气面积,从而调整衔铁恢复原位的

时间。图 1-8 所示为线圈断电延时的时间继电器。如果把气室设计成正压气室，则得到线圈通电延时的时间继电器。气囊式时间继电器的延时时间不准确，现在常用晶体管时间继电器。

有的时间继电器只有延时触头，有的除具有延时触头外，还有瞬动触头（不延时的触头）。瞬动触头的作用与普通继电器的触头一样，在线圈通电和断电时触头立即动作。时间继电器的瞬动触头的画法与普通继电器相同（见图 1-6）。延时触头和时间继电器线圈的画法如图 1-9 所示。图 1-9 a) 为通电延时的时间继电器线圈，图 1-9 b) 为断电延时的时间继电器线圈。

图 c) 和 d) 为线圈通电延时的触头，图 c) 为延时闭合的常开触头，图 d) 为延时打开的常闭触头。图 e) 和 f) 为线圈断电延时的触头，图 e) 为延时打开的常开触头，图 f) 为延时闭合的常闭触头。

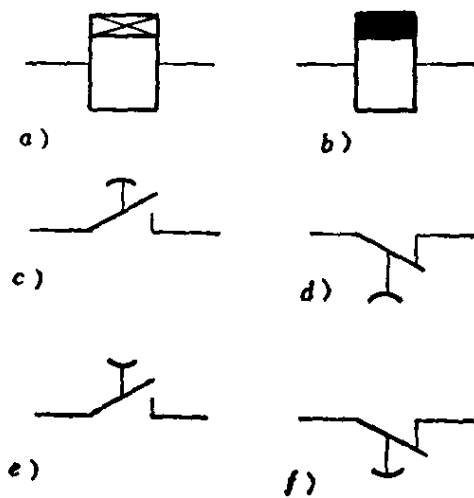


图1-9 时间继电器符号

## 6. 电磁阀

电磁阀用来将电气操作信号转换成液压输出。在液压系统中，电磁阀用来控制液流方向。在继电器逻辑线路中，电磁阀线圈是执行元件，按照运算元件发出的指令通电或断电，从而使油缸在不同的程序阶段进行不同的程序动作。电磁阀的结构性能，用它的位置数和通路数来表示。常用的电磁阀有二位二通、二位三通、二位四通、三位四通几种。

二位四通阀的工作原理如图 1-10 所示。电磁铁线圈通电时吸动衔铁，衔铁克服弹簧阻力而推动滑阀，这时油口 1 与 3 通，2 与 4 通（图 1-10 a）。电磁铁线圈断电后，弹簧使滑阀和衔铁回到右边位置，油口 1 与 2 相通，3 与 4 相通（图 1-10 b）。图 1-10 所示的二位四通电磁阀是弹簧复位式

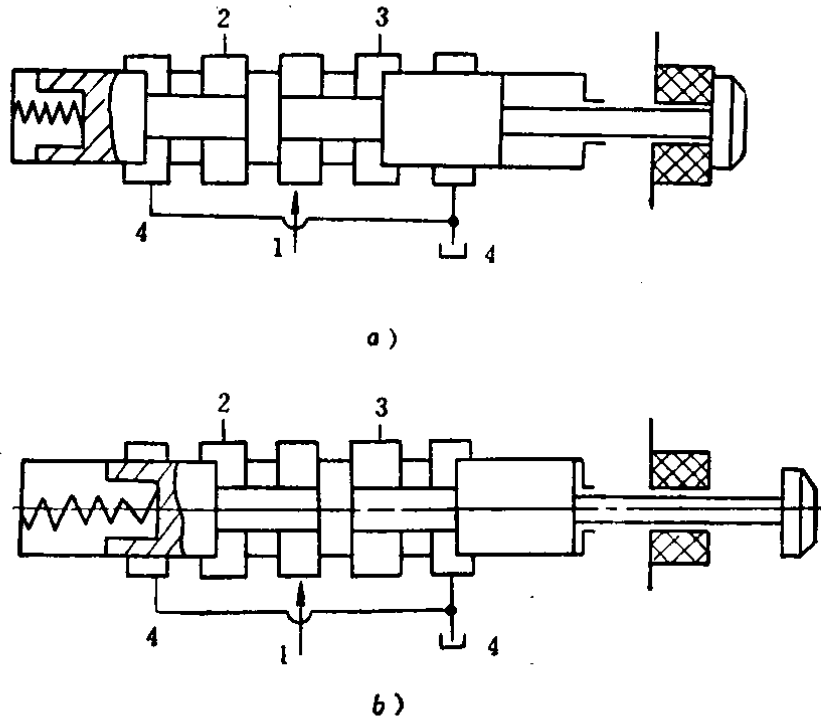


图1-10 二位四通电磁阀的工作原理

的二位四通电磁阀，其上只有一个电磁铁。还有带双电磁铁的二位四通电磁阀，两个电磁铁中，只能有一个电磁铁通电。电磁铁断电后，滑阀仍保持在电磁铁通电时的位置，直到另一边的电磁铁通电为止。

三位四通电磁阀的工作原理如图 1-11 所示。三位四通电磁阀是弹簧对中式的电磁阀，其上有两个电磁铁。两个电磁铁均不通电的时候，滑阀在两边弹簧力相对作用下处于中间位置，这时油口 1、2、3、4 互不相通。如果左边电磁铁通电，则左边电磁铁吸动衔铁，并带动滑阀右移，油口 1 与 2

连通，3与4连通。如果右边电磁铁通电，则右边电磁铁吸引衔铁，并带动滑阀左移，油口1与3连通，2与4连通。

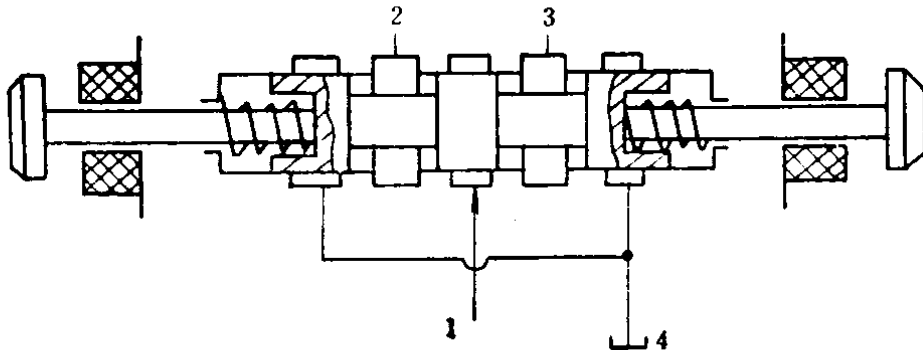


图1-11 三位四通电磁阀原理

这样的电磁阀不允许两边同时通电。因为两边电磁铁同时通电时，最少有一边衔铁不能与磁轭闭合，从而使电磁铁线圈长时间通过很大的启动电流，会导致电磁铁线圈过热甚至烧毁。图1-12为三位四通电磁阀结构简图。

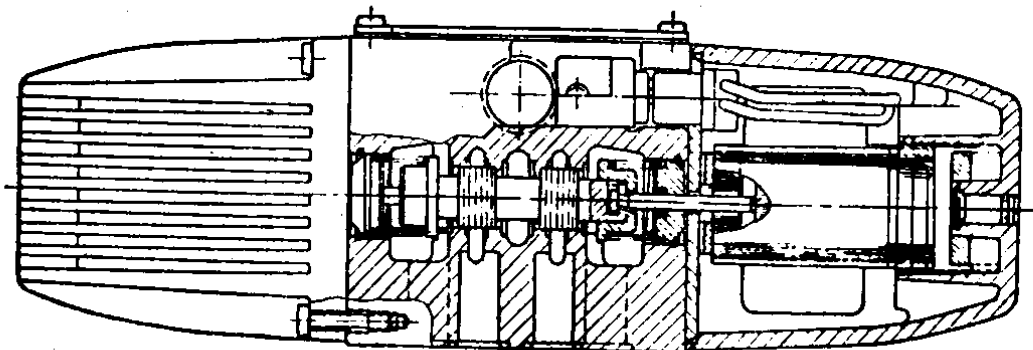


图1-12 三位四通电磁阀结构图

在液压系统中，电磁阀的符号如图1-13所示。其中，图a)为二位二通电磁阀；b)为二位三通电磁阀；c)为弹簧复位的二位四通电磁阀；d)为有双电磁铁的二位四通电磁阀；e)为三位四通电磁阀。在图1-13中，每种电磁阀都画有几个方框，表示滑阀在各种位置下电磁阀通路的通断情况。方框中的油口之间的箭头即表示该两油口互相连通。例

如，对于图 1-13 c)，左边方框表示电磁铁不通电时电磁阀各油口的互相连通情况（1 与 2 通，3 与 4 通）。右边方框表示电磁铁通电时各油口互相连通的情况（1 与 3 连通，2 与 4 连通）。三位四通电磁阀中间的方框为两边电磁铁均不通电时油口的情况。

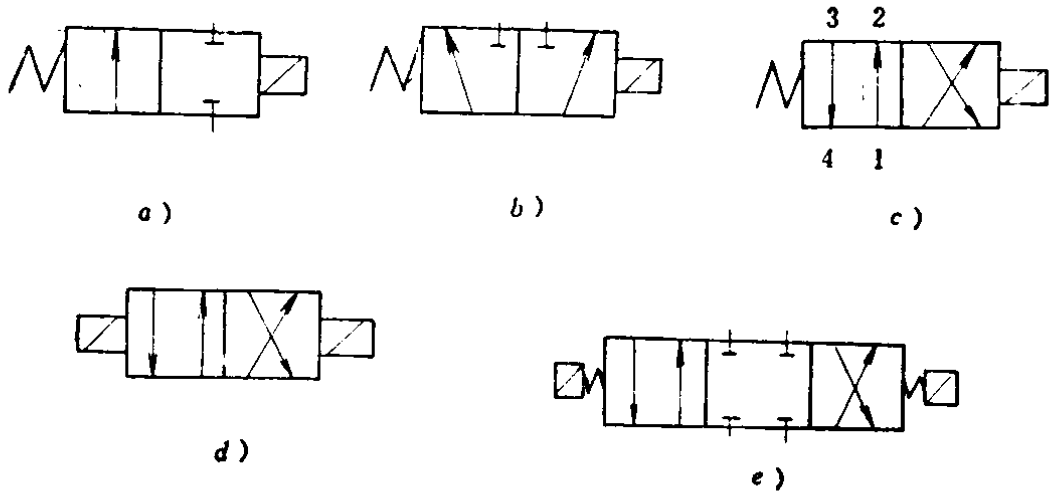


图1-13 电磁阀符号

在逻辑线路图中，电磁阀的电磁铁线圈用粗线条的方框表示，如图 1-14 所示。

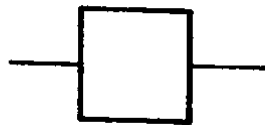


图1-14 电磁铁线圈符号

### 三、逻辑关系图的画法

逻辑线路的画法如图 1-15 所示。用两条纵线代表电源，所有的继电器和电磁阀线圈均画于两电源线之间。本书中只考虑控制逻辑，即只考虑信号元件发出的信号与执行元件动作之间的关系，所以把全部继电器和电磁阀线圈看成是接向

同一电源的，实际设计时要根据所选用的元件分别接向交流、直流和不同电压的电源。

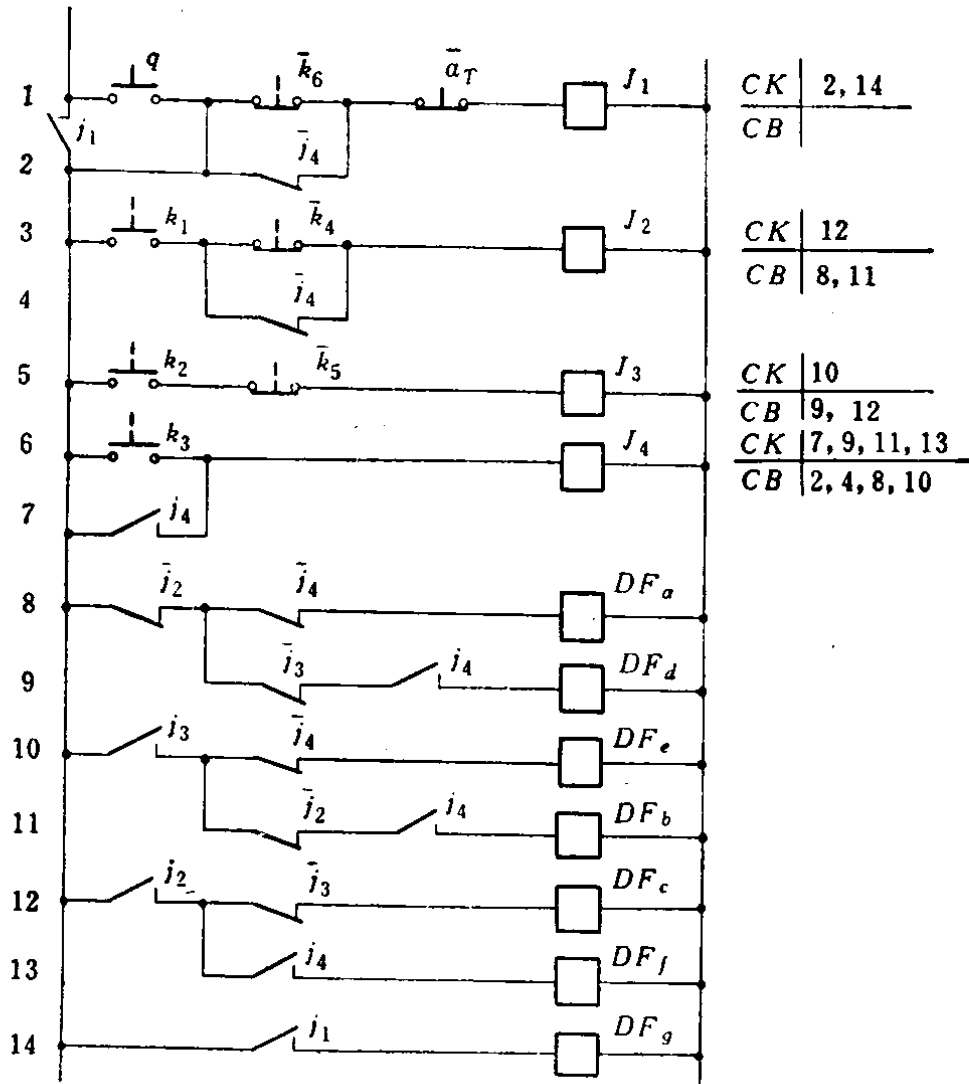


图1-15 逻辑线路画法举例

图中相联结的线路，在线条交叉处用圆点表示二线联结（图 1-16 a），不相联结的线路，线条交叉处不画圆点（图 1-16 b）。

为读图方便，在左边电源线处注明各导线的号数。在右边电源线外，凡是有继电器线圈的地方，均标明其常开触头

和常闭触头所在的线号。例如在图 1-15 中，继电器  $J_1$  右侧标有  $CK$  和  $CB$  两栏， $CK$  栏后之数字为该继电器常开触头  $i_1$  所在的线号， $CB$  栏后之数字为该继电器常闭触头所在的线号。有时在电源线上画有继电器的触头，标注该继电器时，标注该触头下之线号。例如， $J_1$  的常开触头在电源线上处于  $1^*$  和  $2^*$  线之间，标注时标为  $2^*$  线。

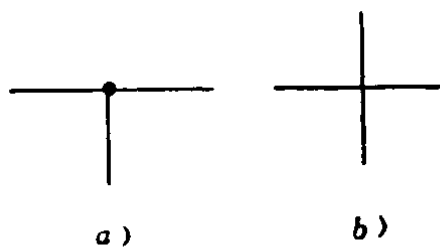


图1-16 线路交叉处的画法

#### 四、逻辑代数和继电器线路

逻辑代数又叫做布尔代数、分类代数、开关代数，是一种适于综合开关线路的数学形式。

逻辑代数的任何变量都只有 0 和 1 两个值。0 和 1 代表两个对立的、非此即彼的概念。如果 1 代表“真”，0 即为“假”；1 代表“有”，0 即为“无”；1 代表“接通”，0 即为“断开”。在继电器逻辑线路中，1 代表继电器线圈和执行元件通电，代表开关或继电器触头闭合；0 代表线圈或执行元件断电，代表开关或继电器触头断开。

逻辑代数有三种基本运算：“非”、“加”、“乘”，没有减和除的运算。

##### 1. 非运算（逻辑非）

非运算用  $\bar{a}$  表示，读作“非  $a$ ”，代表与  $a$  截然相反的状态。在继电器线路中，用  $a$  表示常开触头，用  $\bar{a}$  表示常闭触头。如果  $a = 1$ ，则  $\bar{a} = 0$ ；如果  $a = 0$ ，则  $\bar{a} = 1$ 。即任何一个开关或继电器，其常开触头闭合时，常闭触头一定断开，反之亦然。

## 2. 加运算

加运算又叫做逻辑“和”或逻辑“或”，用  $J = a + b$  表示。加运算表示了一个“或”过程，即  $a$  或  $b$  等于 1 时，函数  $J = a + b$  为 1。它的运算法则为：

$$0 + 0 = 0, \quad 0 + 1 = 1 + 0 = 1, \quad 1 + 1 = 1$$

表 1-1 为加运算的真值表。

表 1-1 加运算的真值表

$a$	$b$	$J = a + b$	$a$	$b$	$J = a + b$
0	0	0	1	0	1
0	1	1	1	1	1

因为  $a$ 、 $b$  等变量是开关或继电器的触头，故从时间上来说， $a$ 、 $b$  等变量为 1（即触头闭合）的时间可能只有某一瞬时，也可能持续一段时间。在图 1-17 所示的几种情况下来看函数  $J = a + b$ ，在第 I 种情况下，触头  $a$  在第 1 秒时瞬时接通，触头  $b$  在第 4 秒时瞬时接通，故只是在第 1 秒和第 4 秒一瞬时  $J = a + b = 1$ 。第 II 种情况为  $a$  持续接通， $b$  瞬时接通，第 1~3 秒这段时间和第 5 秒一瞬时  $J = a + b = 1$ 。第 III、IV 两种情况均为  $a$ 、 $b$  持续接通：在第 III 种情况下  $a + b = 1$  的时间为第 1~2 和 3~4 秒。在第 IV 种情况下  $a + b = 1$  的时间为 1~5 秒。

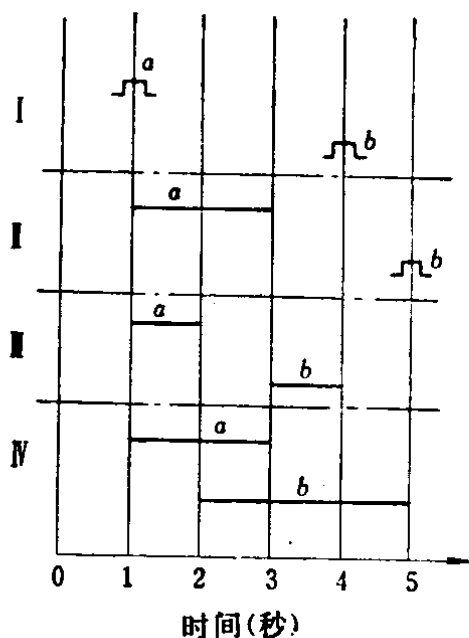
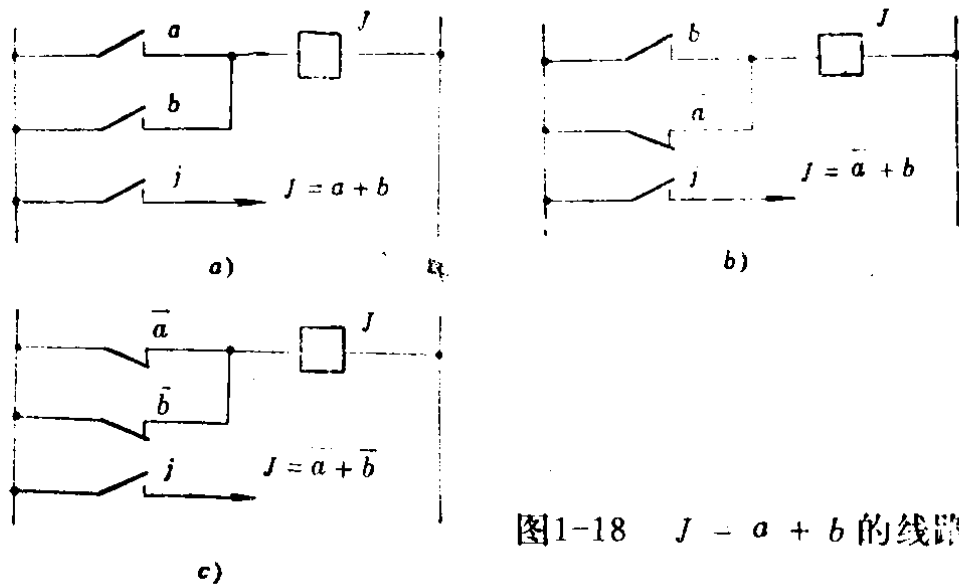


图 1-17  $J = a + b$  的几种情况



图1-18  $J = a + b$  的线路

与加运算对应的线路为触头并联（图 1-18），从图 1-18 可以看出，两个并联触头  $a$  和  $b$ （或  $a$  和  $\bar{b}$ ， $b$  和  $\bar{a}$ ， $\bar{a}$  和  $\bar{b}$ ）之一处于 1 状态（即闭合），继电器的线圈  $J$  就通电（ $J = a + b = 1$ ）。

### 3. 乘运算（逻辑与）

乘运算用  $J = ab$  表示，其运算法则为：

$$0 \times 0 = 0, \quad 0 \times 1 = 1 \times 0 = 0, \quad 1 \times 1 = 1$$

乘运算的真值见表 1-2。

表1-2 乘运算的真值表

$a$	$b$	$J = ab$	$a$	$b$	$J = ab$
0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	1

从  $J = ab = 1$  的时间上说，有三种情况（图 1-19），第 I 种情况为两个同时作用的瞬时信号相乘，输出信号  $J = ab$  仍为瞬时信号，第 II 种情况为持续信号  $a$  与瞬时信号  $b$  相乘，输出信号  $J = ab$  为时间与瞬时信号  $b$  相同的瞬时信号，第 III 种情况为两个持续信号相乘，输出信号  $J = ab$  为信号  $a$