

气 动 技 术

(下册)

上海机械学院射流教研组
北京清华大学力学系气动组

1976.12.

第九章 气动逻辑元件

§ 1	概述	(1)
§ 2	基本逻辑单元简介	(3)
§ 3	高压截止式逻辑元件	(5)
	一、元件的工作原理和结构	(5)
	二、元件设计	(12)
§ 4	高压膜式元件	(15)
	一、基本元件	(16)
	二、组合元件	(17)
	三、元件设计	(23)
	四、应用举例	(24)
§ 5	其它高压逻辑元件	(24)
§ 6	低压逻辑元件	(28)
	一、工作原理	(30)
	二、元件设计	(30)
	三、应用举例	(34)
§ 7	微压逻辑元件	(36)
§ 8	逻辑元件的主要性能参数及其测试	(40)
§ 9	射流逻辑元件	(43)
	一、射流及射流的几种效应	(44)
	二、常用的几种射流元件	(45)
	三、射流元件的性能及其测试	(50)
	四、射流元件的选择	(53)

第十章 气动辅助元件

§ 1	过滤器	(57)
	一、简易过滤器	(57)
	二、二次过滤器	(59)
	三、高效过滤器	(65)
§ 2	油雾器	(66)
	一、概述	(66)
	二、QIU 型油雾器	(68)
	三、二次油雾器	(72)
§ 3	消声器	(73)
	一、消声器概述	(73)
	二、消声器的种类, 结构及其选择	(74)
	三、消声器的测试	(75)
§ 4	转换器	(76)
	一、气电转换器	(77)

二、电气转换器	(79)
三、气液转换器	(81)
四、液气转换器	(81)
§ 5 管路连接件	(82)
一、管子	(82)
二、管接头	(83)
三、管件	(84)
四、快换接头	(85)
§ 6 放大器	(87)
一、膜片式放大器	(89)
二、膜片截止式放大器	(93)
三、微压控制二位五通气控滑阀 (又称膜片滑柱式放大器)	(93)
四、膜片—滑块式放大器	(95)
§ 7 气动显示器	(97)
一、高压微型显示器	(97)
二、低压回转式显示器	(98)
§ 8 延时器	(98)
一、延时器的原理结构	(98)
二、延时器基本环节的分析	(101)
§ 9 程序器	(103)
一、时间程序器	(104)
二、行程程序器	(106)

第十一章 气动传感器

§ 1 概述	(110)
§ 2 探头	(111)
一、喷嘴—挡板特性和背压式探头	(111)
二、反射式探头	(112)
三、动量交换式探头	(114)
四、遮断式探头	(114)
五、涡流式探头	(116)
六、超声波探头	(116)
七、液位测量	(117)
§ 3 压力信号的转换和放大	(120)
一、背压式放大器	(120)
二、膜片—滑阀式放大器	(120)
三、膜片—喷嘴式比例放大器	(121)
四、对冲式放大器	(122)
五、气桥	(123)
§ 4 测量系统	(124)

一、模拟测量系统	(124)
二、数字测量系统	(125)
三、其他参数的气动测量装置	(128)

第十二章 行程程序气动回路的设计方法

§ 1 概述	(130)
§ 2 行程程序的表示方法—程序框图	(131)
§ 3 行程程序气动回路逻辑设计的主要矛盾	(134)
§ 4 障碍的判别方法—“信号—动作状态图”法	(136)
一、引述	(136)
二、信号—动作状态图的绘制	(136)
三、用“状态图”判别障碍的方法	(139)
四、I型障碍的快速判别方法	(140)
五、区间直观法判别障碍	(140)
六、滞消障碍	(141)
七、小结	(142)
§ 5 障碍段的消除	(142)
一、消除障碍的原理	(142)
二、利用逻辑回路消除障碍	(143)
三、用差压阀消除障碍	(145)
四、将控制信号变成脉冲信号	(145)
五、小结	(148)
§ 6 画气动控制逻辑原理图和气动回路原理图	(148)
一、气动控制逻辑原理图	(148)
二、气动(控制)回路原理图的绘制	(148)
§ 7 等效置换	(151)
一、等效置换的含意和目的	(151)
二、消除障碍的等效逻辑回路	(152)
三、用消障后保留着全部自由段的执行信号代替主控阀的输出 以及气缸“记忆”性能的应用	(152)
四、有并列动作的行程中信号的置换	(153)
五、利用气缸自保持状态的等效置换	(154)
六、阀的合并	(154)
七、弹簧复位阀的应用—主控阀的置换	(161)
§ 8 多往复行程程序气动回路的设计	(162)
一、引述	(162)
二、用逻辑回路消除障碍的设计方法	(163)
三、利用辅助机械和辅助行程阀消除障碍	(170)
四、脉冲分配法消除II型障碍	(172)
五、小结	(172)

§ 9	选择程序的行程程序气动回路的设计	(175)
	一、自动选择(条件控制)程序的回路设计	(176)
	二、程序预选六角车床的气动回路设计	(178)
	三、程序预选半自动车床气动回路的设计	(182)
§ 10	分组供气法消除障碍	(186)
	习题汇编	(188)

第十三章 通用程序控制回路

§ 1	概述	(193)
§ 2	信号分配回路的工作原理	(194)
§ 3	气动通用行程程序控制回路的组成	(197)
§ 4	气动通用时间程序及时间、行程混合程序控制回路	(203)
§ 5	用机械式程序器组成通用程序控制回路	(209)
§ 6	用中间继电器组成通用程序控制回路	(213)

第十四章 逻辑运算基础

§ 1	概述	(215)
	一、逻辑运算在生产中的作用	(215)
	二、逻辑运算的基本符号和术语	(215)
§ 2	逻辑函数的写法	(219)
	一、与/或法	(219)
	二、或/与法	(222)
§ 3	逻辑运算的基本性质	(224)
	一、逻辑运算的定律	(224)
	二、形式定理	(225)
§ 4	卡诺图	(226)
	一、卡诺图的画法	(226)
	二、与/或式的写法	(227)
	三、或/与式的写法	(229)
§ 5	或非/或非函数	(230)
§ 6	应用举例	(234)
	一、设计和分析线路举例	(234)
	二、应用逻辑运算求制约函数	(238)

第十五章 应用实例分析

§ 1	回转式气动控制机械手	(244)
§ 2	皮辊壳外圆加工自动车床	(247)
§ 3	射流控制全自动程序预选六角车床	(250)
§ 4	射流控制半自动深孔钻床	(254)
§ 5	气动微震压实半自动造型机	(258)

§ 6	油塞油孔加工半自动风动组合钻床.....	(662)
§ 7	三工位钻攻 (镗) 半自动组合机床.....	(274)
附录 1:	气动系统图形符号.....	(286)
附录 2:	金属切削过程概述及车削力计算.....	(305)
附录 3:	标准化气缸各种参数表.....	(317)
附录 4:	密封圈标准.....	(321)
附录 5:	部分厂家生产的气动元件产品目录(1977年).....	(352)

第九章 气动逻辑元件

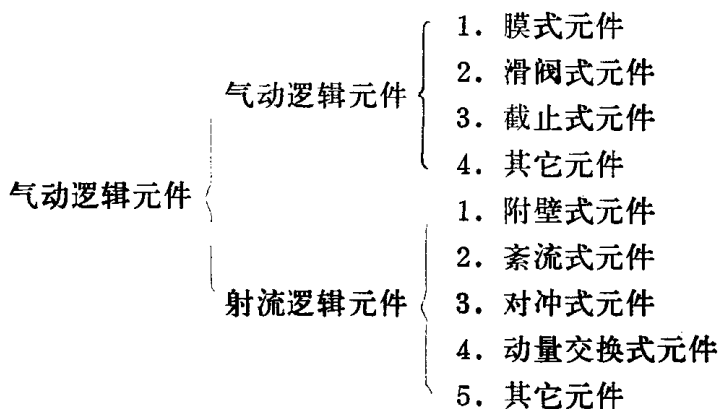
§1 概述

逻辑元件是指在控制系统中能够完成一定逻辑功能的器件。逻辑元件也可称为开关元件，或数字元件。由于所采用的工作介质或能源的不同，逻辑元件种类很多。用气体作为介质工作的气动逻辑元件应包括射流元件在内，但通常所说的气动逻辑元件是指通过一种可动部件的动作进行元件切换而实现逻辑功能的，而无可动部件的射流逻辑元件的切换是靠气流的相互作用和流体流动时的物理效应来实现的。

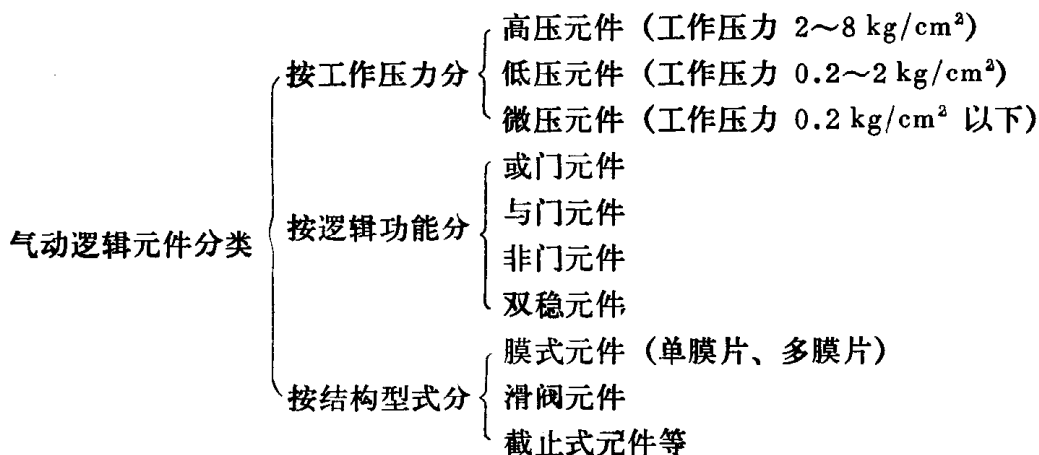
气动逻辑元件和射流元件相比较有如下特点：

由于元件的孔径较大，抗污染能力强，对气流的净化要求低。通常元件在完成切换动作后，能切断气源和排气口之间的通道，即具有关断能力，因此元件的耗气量较低（与工作频率有关）。从理论上讲，元件的输入阻抗无限大，所以元件的负载能力强，可带较多数量的元件。在组成分流时，元件相互之间的连接方便，调试简单。但气动逻辑元件的响应时间一般在几毫秒~十几毫秒（微压元件可在1.5毫秒左右），比射流元件慢一个数量级（射流元件在1毫秒左右），一般不宜组成运算很复杂的控制系统；且由于元件中可动部件的存在，要注意使用场合，在强烈冲击和振动环境中可能产生误动作。

气动逻辑元件大致可用下表表示：



本章主要介绍的是有可动部件的气动逻辑元件，对射流元件也作简要介绍。气动逻辑元件采用压缩空气作为工作介质，可有许多种类，按不同的方式分类有：



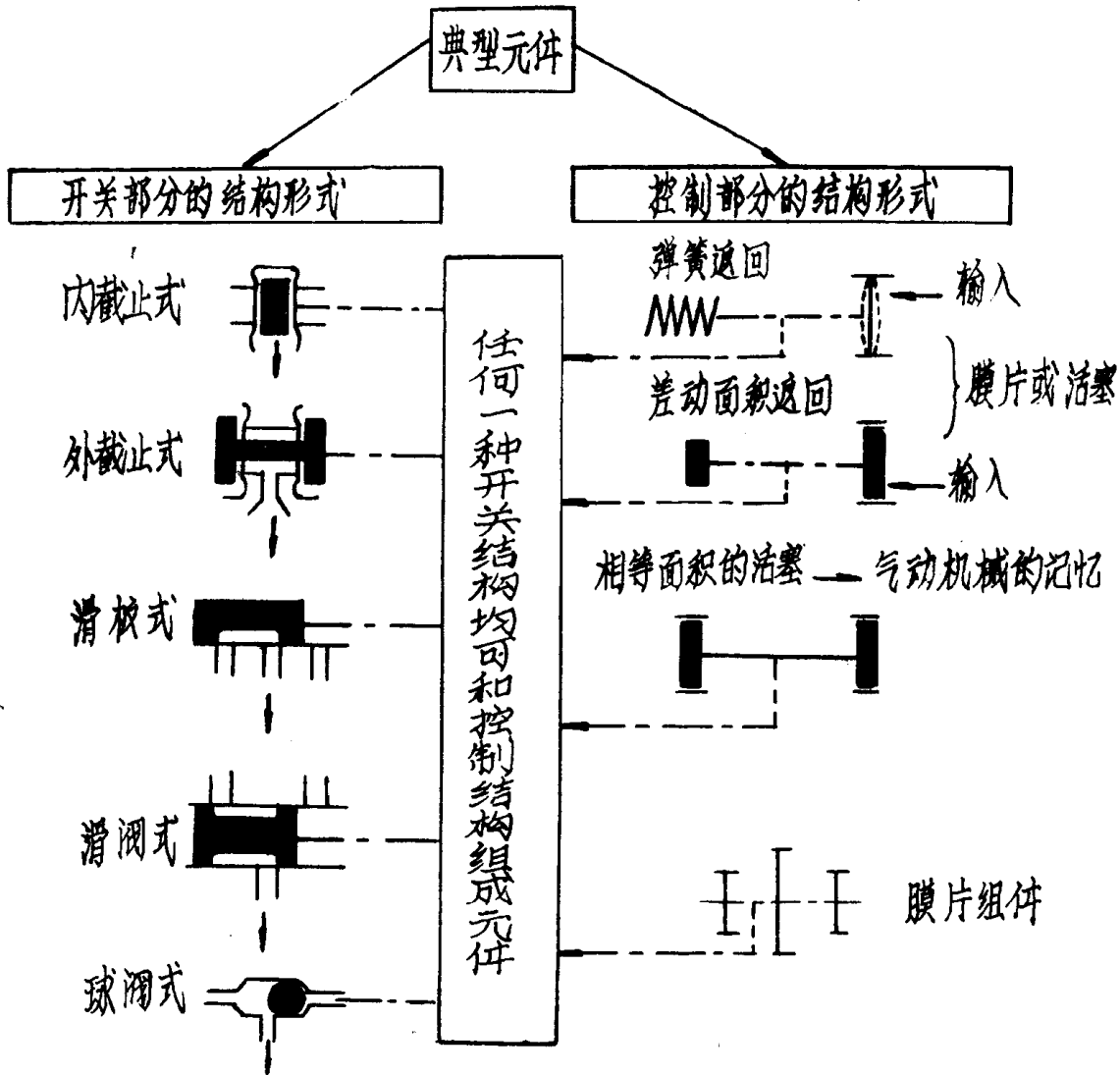


图 9-1 组成逻辑元件的基本结构

气动逻辑元件结构型式很多，一般是由两部分组成。（参见图 9-1）

一是开关部分，其功用是改变气体流动的通道，使一部分管路被封闭，另一部分管路与所要求的管路相通。在完成开关动作时，改变管路之间互相连接的关系。开关结构的形式很多，其关键是密封型式，有截止式、滑板式、滑阀式、球阀式等等。

二是控制部分，其功用是当控制信号状态改变时，使开关部分完成一定的动作。这部份的结构形式也有许多种，如膜片式、活塞式等，要求灵敏，速度快，密封好。

元件的结构划分是人为的，有时这两部分并不能截然分开，随着元件的生产和科研的发展，将会出现新型的元件结构。

除了上述两部分外，还要求有其它部分，如显示机构，可以监视逻辑元件工作情况；各种方式的连接机构（管式或板式连接）；定位机构，以免安装时出差错；手动复位机构等。这些与元件的逻辑功能关系不大，为了今后用元件组成回路方便，在设计逻辑元件时，必须对上述各部分进行认真的考虑和分析。

最后要指出，第八章所讨论的方向控制阀，实质上也是一种逻辑元件，完全可以用设计逻辑元件线路的原理来设计一般的气动控制线路。所以，如果从广义的理解也可以将常规的

气动控制阀称为高压逻辑元件。但从习惯上，还是把它们区分开，二者主要的差别是输出功率和外形尺寸的不同。

§2 基本逻辑单元简介

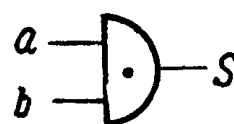
在一切客观事物的发展和主观思维过程中存在着各种矛盾。“马克思主义的哲学认为，对立统一的规律是宇宙的根本规律。”人们最基本的对立概念就是“是”和“非”、“肯定”和“否定”，“有”和“无”等等。对立的两个状态可以方便地用相应的物理量来表示，例如开关的“开”和“关”，电压的“正”和“负”，脉冲的“有”和“无”，气动中的“有气”和“无气”等等。以这种基本概念出发，看来很复杂的气动控制线路，实际上是由大量相同的最基本的逻辑单元（或称逻辑门）组成的。逻辑单元是按一定规律而动作的开关元件，当输入端的信号满足某一特定的关系时，输出端才有信号输出。基本逻辑单元有“与门”、“或门”和“非门”三种。

1. 与门

“与门”具有两个输入端 a、b 和一个输出端 S。其逻辑功能是，只有当所有输入端（如 a “与” b）同时有输入信号时，输出端才有信号输出。否则，就无输出。输入端和输出端之间信号关系可用表 9-1 表示。这种表通常称为“真值表”。真值表中以“1”（称为逻辑 1）和“0”（称为逻辑 0）两个数字符号表示信号的两种状态，即有气与无气。一般我们规定：“1”表示有气，“0”表示无气。此处讲“有气”、“无气”只是一个相对的概念，如一个不足以引起元件切换的微弱信号，就认为它是“0”，这与普通算术中的数“0”是不同的。

表 9-1 与 门 真 值 表

a	b	s
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



逻辑符号

每个逻辑单元线路，其输入信号是自变量，而输出为因变量。所以输出信号是输入信号的函数（即逻辑函数）。其间的函数关系除了用上述的真值表表示外，也可用逻辑函数式表示。与门逻辑函数表达式为 $s = a \cdot b$ 。逻辑符号“ \cdot ”表示“与”的意思。

2. 或门

“或门”有两个输入端和一个输出端。其逻辑功能是，只要输入端 a 或 b 中有一端有输入信号（或同时有输入），输出端就有输出信号。输入端和输出端之间信号关系可用表 9-2 表示。或门逻辑表达式为 $s = a + b$ 。逻辑符号“+”表示“或”的意思。

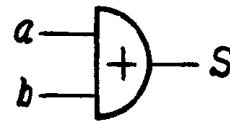
3. 非门

“非门”通常也称为“倒相器”或“反相器”，它有一个输入端和一个输出端。其逻辑功能是：当输入端 A 有信号时，输出端就没有（“非”）信号输出；当输入端没有信号时，输出端就有信号输出。也就是说，它的输入和输出始终保持着相反的状态。输入端和输

出端之间的信号关系可以用表 9—3 来表示。其逻辑函数表达式为 $s = \bar{a}$ 。

表 9—2 或 门 真 值 表

a	b	s
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



逻辑符号

表 9—3 非 门 真 值 表

a	s
0	1
1	0



逻辑符号

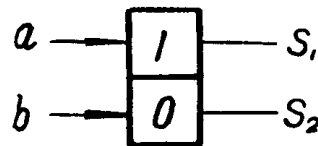
实际上，很多逻辑门常常是采用上述基本逻辑门复合而成的。例如应用很广的“与非”门元件，就是把“与门”连接一个“非门”而组成的。

4. 双稳

另一类逻辑门是记忆元件，能记忆信号，如双稳。这种元件具有两种稳定状态，平时总是处于两种稳定状态的某一种状态上，只有外界用某种方式输入一个“切换”信号时，双稳元件才会从一种稳态“切换”成另一种稳态，切换信号撤消后，能保持输出稳态不变，这样就把切换信号的作用“记忆”下来，直至另一个切换信号到来，再稳定到另一种状态上。所以双稳元件具有记忆性能，也称之为“记忆”元件。输入和输出端的信号关系用表 9—4 表示。

表 9—4 双 稳 真 值 表

a	b	s_1	s_2
0	1	0	1
0	0	0	1
1	0	1	0
0	0	1	0



逻辑符号

双稳的两个输入端 a、b 分别称为置“1”和置“0”，置“0”又称复位、扫零。双稳的输出分别称为“1”状态和“0”状态。如说双稳处于“1”状态，即在 1 端有输出信号，而 0 端无输出信号。反之，若说双稳处于“0”状态，即表示在 0 端有输出信号，而“1”端无输出信号。置“1”就是使双稳处于“1”状态，置“0”就是使双稳处于“0”状态。

常用逻辑符号见表 9—18。

§ 3 高压截止式逻辑元件

高压截止式元件的特点是行程短、流量大、工作压力较高（一般在 $2\sim 8\text{kg/cm}^2$ 范围内），对气源的净化要求较低。元件的动作是靠气压推动阀芯或通过薄膜变形推动阀芯移动，改变气流的通道以实现所需的逻辑功能，阀芯是自由圆片（或圆柱体）。我国一机部八单位联合设计的“微型逻辑阀”，其元件壳体是由塑料或有色金属制成。基本逻辑元件外形尺寸为 26×34 ，安装尺寸为 26×12 。元件安装底面上带有定位销和“O”型密封圈，用螺钉固定在标准的基板或线路上。元件之间的相互连接采用插入式接头，其装拆方便，密封性好。元件还带有手动按钮、显示装置，便于检查和维修。

表 9—5 列出了该类元件的外形尺寸及主要性能参数。

表 9—5 高压截止式逻辑元件主要性能参数

参 数 元 件 名 称	工作压力范围 kg/cm ²	切换压力 kg/cm ²	返回压力 kg/cm ²	流 量 l/min(6kg/ cm ² 时)	响应时间 mS	外形尺寸 mm	备 注
是 门	2~8	$\frac{1}{2}p_s$	$(\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3})p'_c$	100	6	34×26×25	图9—2
或 门	2~8			100	4	34×26×17	图9—3
与 门	2~8			100	6	34×26×25	结构同是门元件
非 门	2~8	$\frac{1}{2}p_s$	$(\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3})p'_c$	100	6	34×26×25	图9—8
双 稳	2~8			100	9	50×34×36	图9—38
或 非	2~8	$\frac{1}{2}p_s$	$(\frac{1}{2}\sim\frac{1}{3})p'_c$	100	6	40×34×40	图9—10
单输出记忆	2~8			100		40×34×40	图9—12

表中： p_s —气源压力， p'_c —切换压力，

一、元件的工作原理和结构

1. 是门元件

图 9—2 (a) 为是门元件的原理图。

图中，a 为信号输入端，p 为气源，s 为信号输出端。阀芯 4 在气源压力（或弹簧力）的作用下，紧压在阀座 5 上。当输入端有信号 a 时，则膜片 7 在输入信号作用下将阀芯 4 紧压在阀座 6 上，切断输出与排气孔之间的通路。于是，输出端 s 就有输出信号。当输入信号 a 消失时，阀芯 4 在气源压力 p 的作用下紧压在下阀座 5 上，切断了气源与输出之间的通路，输出端就无输出信号，输出通道中剩余气体经上阀座 6 从排气孔排出。也就是，在没有输入信号时，没有输出。在有输入信号时，存在输出。即元件的输入和输出信号之间始终保持相同的状态。是门元件在线路中可用作波形整形、隔离、放大。

输入信号 a 和输出信号 s 之间的关系可用表 9—6 表示。

是门元件逻辑表达式： $s=a$ 。

元件的结构由图 9-2(b) 所示，由密封圈 1、下阀体 2、弹簧 3、垫片 4、钢球 5、伐芯 6、中阀体 7、伐杆 8、上盖 9、显示部件 10、膜片 11、手动按钮 12 等组成。弹簧 3 用来

* 一机部八单位联合设计的“微型逻辑阀”，除气动逻辑元件以外，还包括放大器、延时器、脉冲形成器等各种外围设备，其内容见其它各章。

保证元件可靠工作，显示部件10、手动按钮12用来检查元件的工作状况。

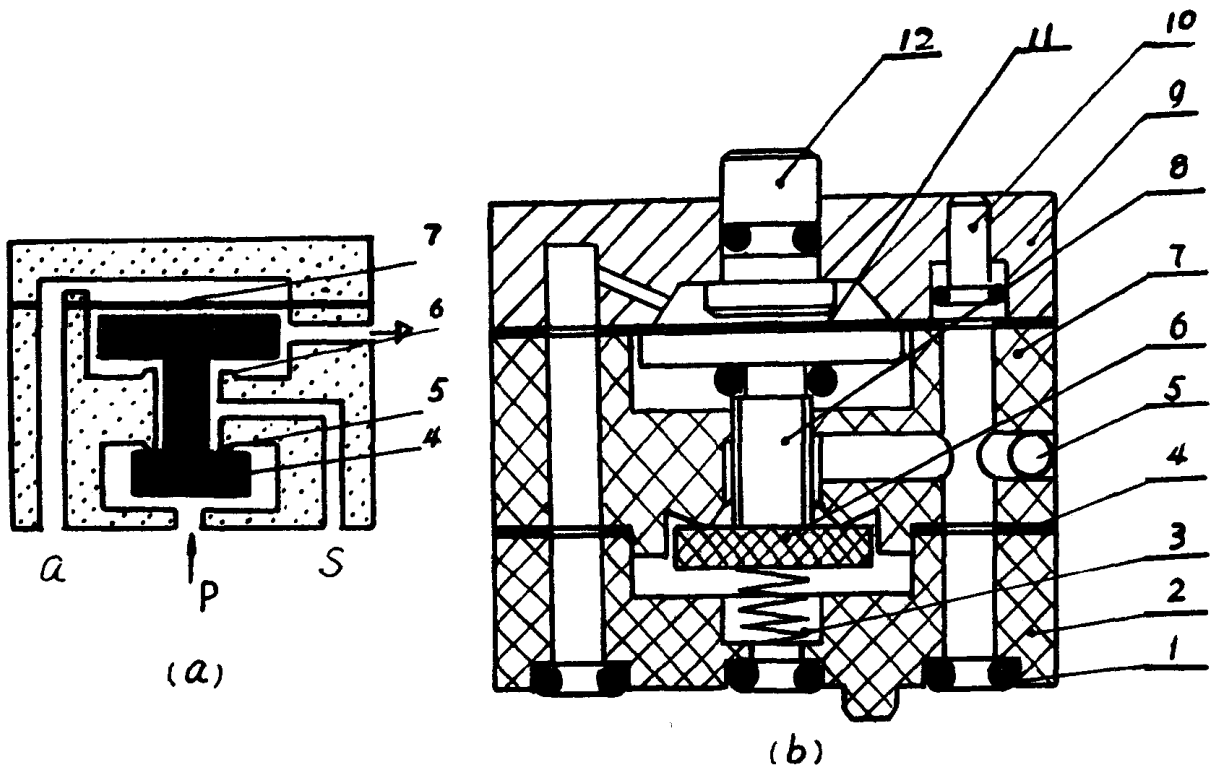


图9-2 是门元件

表9-6 真值表

a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



逻辑符号

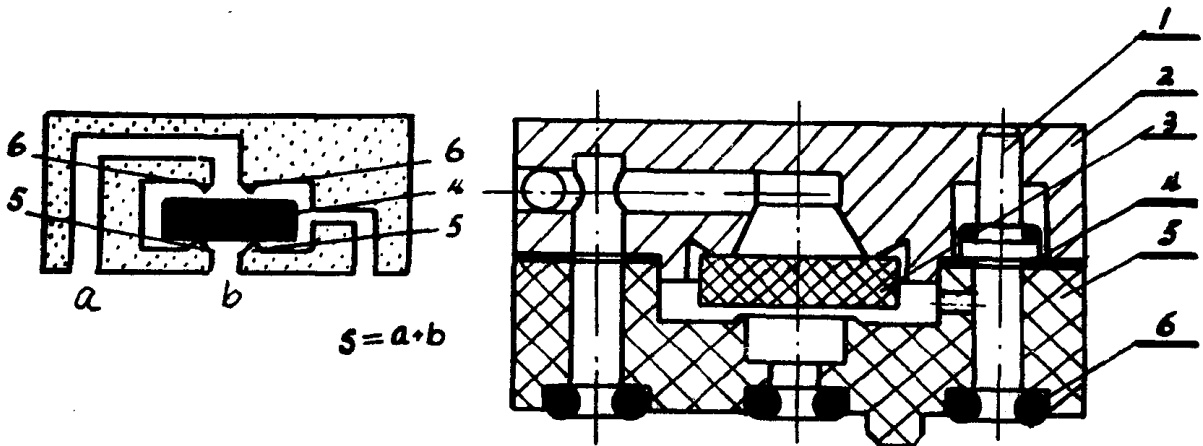


图9-3

图9-4

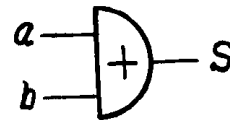
2. 或门元件

图 9-3 为或门元件原理图。

原理图中，a、b 为信号输入端，s 为输出端。当有输入信号 a 时，阀芯 4 在输入信号 a 作用下紧压在下阀座 5 上，气流经上阀座 6 从 s 输出。当有输入信号 b 时，阀芯 4 在其作用下紧压在上阀座 6 上，气流经下阀座 5 从 s 输出。因此，在输入信号 a 或 b 中，只要有一个出现（或者同时出现），输出端就有输出信号。输入信号和输出信号之间的关系可用表 9-7 表示。

表 9-7 真 值 表

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



逻辑符号

或门元件逻辑表达式： $s = a + b$ 。

或门元件的结构简单，见图 9-4，由显示部件 1、上盖 2、阀芯 3、垫片 4、阀体 5 及密封圈 6 组成。

为了保证良好的密封，信号压力应高于一定值。一般为 $2 \sim 8 \text{ kg/cm}^2$ 。阀芯除了采用自由膜片式外，也有的在膜片上装导向杆，以保证膜片的良好密封，并具有快速排气膜片，使输出端的气体，可以快速排至大气而不必经过“或门”，以提高元件的动态性能。如图 9-5 所示，膜片上有带槽的导向阀杆 1，自由膜片 2 起单向阀作用。

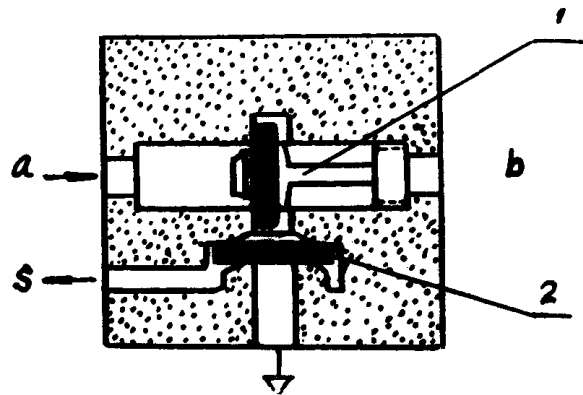


图 9-5 带有快速排气的或门元件

3. 与门元件

图 9-6 为与门元件原理图，图中，a、b 为信号输入端，s 为输出端。当有输入信号 a，没有输入信号 b 时，阀芯 4 在信号压力 p_a 作用下被压在上阀座 6 上，输出端 s 没有输出信号。当有输入信号 b，没有输入信号 a 时，阀芯 4 在信号压力 p_b 作用下被压在下阀座 5 上，输出端亦没有输出信号。只有当同时有输入信号 a 和 b 时，输出端才有输出信号。输入和输出关系可用表 9-8 表示。

与门元件的逻辑表达式： $s = a \cdot b$

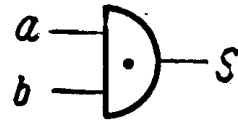
把是门元件的气源口换成输入口 b 就变成与门元件了。八单位联合设计就采用了此种方案。图 9-7 的与门元件带有快速排气阀，膜片 1 起单向阀作用。其结构复杂，但性能可靠。

4. 非门元件

图 9-8(a) 为非门元件的原理图。原理图中，1 信号输入端，2 气源，3 输出端。阀芯 4 在气源压力 p 作用下，紧压在上阀座 6 上，输出端 3 有信号输出。当 1 有输入信号 a 出现

表9—8 真值表

a	b	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



逻辑符号

时，膜片在信号压力作用下，将阀芯4压向下阀座，关闭气源通路，输出端3就没有信号输出，输出通道中剩余气体经上阀座6从排气孔排出。当1输入信号a消失时，阀芯4在气源压力P作用下仍紧压在上阀座6上，气流从输出端输出。也就是说，当输入端加入控制信号

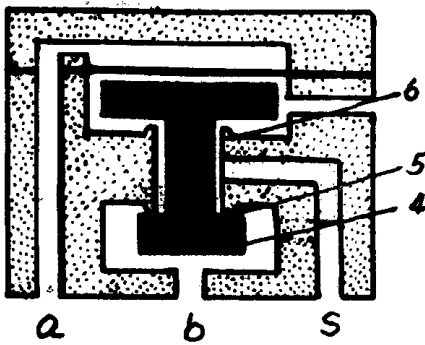


图9—6

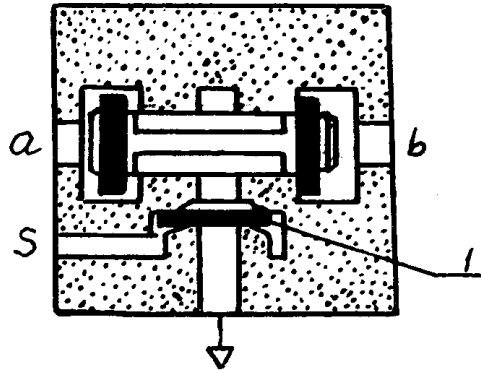


图9—7 带有快速排气的与门元件

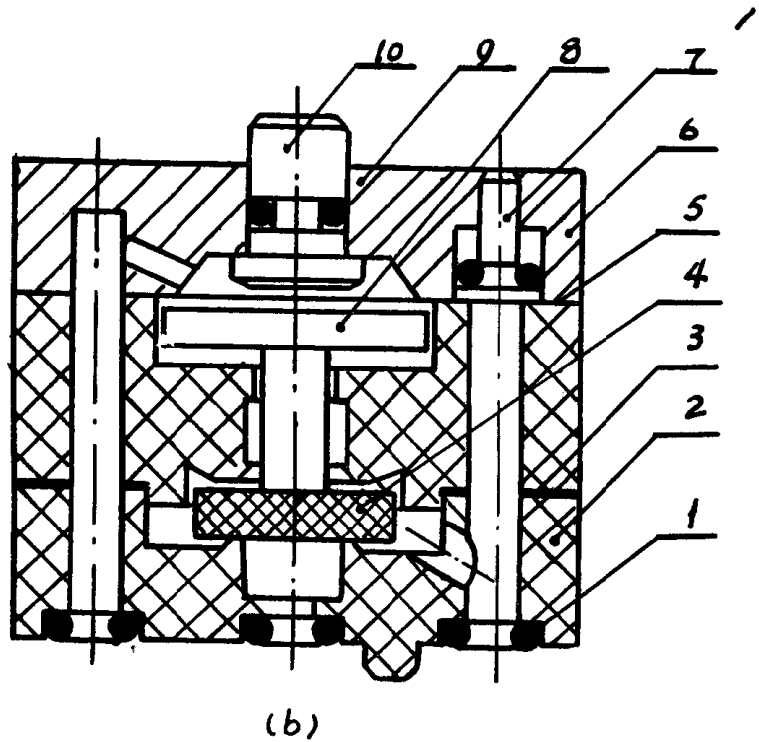
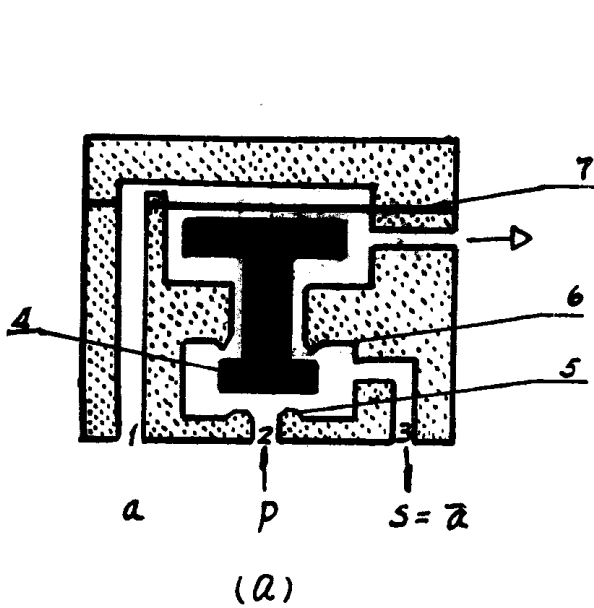


图9—8 非门元件

时，输出端就“非”了（没有输出）。这种元件称为“非”门。

输入和输出信号之间的关系可用表 9—9 表示。

非门元件的逻辑表达式： $s = \bar{a}$

非门元件也可用作禁门元件，只要把非门元件的气源换成另一输入信号 b 就可以了，如

表 9—9 真 值 表

a	S
0	1
1	0



逻辑符号

图 9—9 所示。由图可以看出，在有输入信号 a 和输入信号 b 时，输出端就没有输出；在没输入信号 a，有输入信号 b 时，输出端就有输出信号。也就是说，输入信号 a 对输入信号 b 起禁止作用（无输出）。其输入和输出信号之间的关系可用表 9—10 表示。

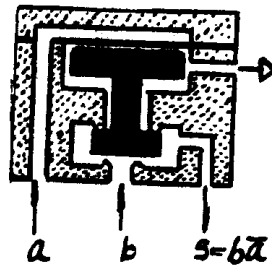
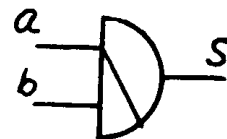


图 9—9 禁门元件

表 9—10 真 值 表

a	b	S
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	0



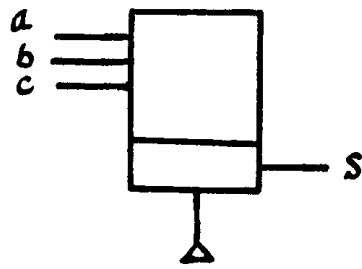
逻辑符号

禁门的逻辑表达式： $s = b\bar{a}$

5. 或非元件

或非元件是一种多功能的逻辑元件，应用这种元件可以组成或门、与门、双稳等各种逻辑元件，以应用于各种逻辑线路中。表 9—11 列出了由三输入或非元件组成的几种基本逻辑

单元。



反门 $a \rightarrow \neg a$	
非门 $a \rightarrow \bar{a}$	
或门 $a, b \rightarrow a+b$	
或非 $a, b \rightarrow \overline{a+b}$	
与门 $a, b \rightarrow a \cdot b$	
双稳 $a, b \rightarrow \begin{matrix} s_1 \\ s_2 \end{matrix}$	

表 9—11 由或非元件组成的几种基本逻辑单元

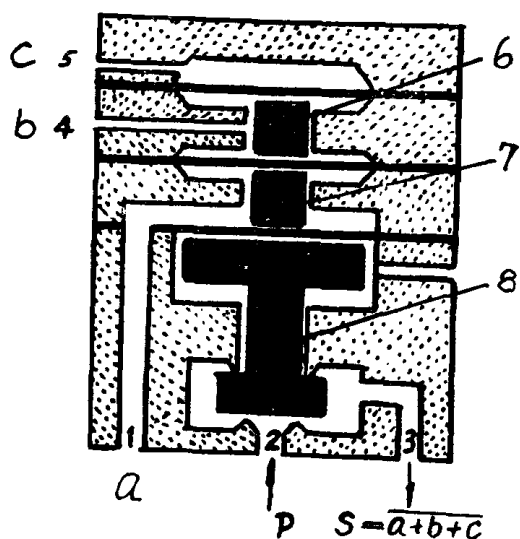


图 9-10 三输入或非元件原理图

了“或非”的逻辑功能。

元件的输入和输出之间的信号关系可用表 9-12 表示。

表 9-12 真值表

a	b	c	S
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0



逻辑符号

三输入或非元件逻辑表达式： $s = \overline{a + b + c}$ 。

6. 记忆元件

记忆元件在逻辑线路中有着很重要的作用，可分为单输出记忆和双输出记忆两种。结构型式目前多采用滑阀式，而采用端面密封的截止式结构，由于要保证几个端面同时起可靠的密封作用，给制造上带来一定的困难，目前应用不广。图 9-11 是一种双稳结构原理。从图可看出，当有 a 信号输入时，阀杆向右移，关闭排气通道 0_1 ，使气源 p 与输出 s_1 相通；同时，切断输出 s_2 ，使 s_2 和排气通道 0_2 相通。此时，双稳处于“1”状态。在气源压力作用下，虽然信号 a 消失，但由于气压作用面积的不一样，双稳仍保持 s_1 有输出、 s_2 没有输出的状态（“1”状态）。只有当有 b 信号输入时，阀杆向左移，元件切换，变为 s_1 无输出、 s_2 有输出的状态。

图 9-12 为一种单输出记忆元件。图中，1 为置“0”信号输入端，2 为置“1”信号输