

气 动 元 件

上 册

上海机械学院 射流专业
气压传动技术训练班

1975.12.

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

大学还是要办的，我这里主要说的是理工科大学还要办，但学制要缩短，教育要革命，要无产阶级政治挂帅，走上海机床厂从工人中培养技术人员的道路。要从有实践经验的工人农民中间选拔学生，到学校学几年以后，又回到生产实践中去。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

我们能够学会我们原来不懂的东西。我们不但善于破坏一个旧世界，我们还将善于建设一个新世界。

团结起来，争取更大的胜利！

目 录

前言	1
第一章 方向控制气动元件	3
第一节 概述	3
第二节 方向控制气动元件的种类	4
第三节 电磁阀	15
第四节 换向阀	26
第五节 单向往复方向控制阀	42
第六节 截止式换向阀的设计和计算	48
第七节 滑阀式换向阀的设计和计算	63
第八节 换向阀的性能测试	84
第二章 压力控制气动元件	96
第一节 概述和分类	96
第二节 减压阀	97
第三节 溢流阀	112
第四节 顺序阀	115
第三章 流量控制气动元件	117
第一节 概述	117
第二节 节流阀	118
第三节 速度控制阀(单向节流阀)	122
第四节 缓冲阀	126
第五节 延时阀	127
第六节 流量控制阀的选用方法	129
第四章 气动逻辑元件	131
第一节 概述	131
第二节 基本逻辑单元	134
第三节 高压截止式逻辑元件	138

第四节	滑阀式元件	150
第五节	高压膜式元件	154
第六节	低压逻辑元件——运标继电器	152
第七节	低压逻辑元件——多输入或非元件	169
第八节	逻辑元件的主要性能参数及其测试	173

前 言

气压传动技术通常是指以压缩空气为动力流实现各种机械和生产过程的传动和控制的一门技术。解放后，这项技术就已有应用，并在一九五八年后在研究和应用方面都取得了实际的成果。随着电子技术和射流技术的应用，特别是在无产阶级文化大革命以后，各种气动元件如换向阀、逻辑元件、气缸、气马达、过滤器、油雾器、消声器以及管道连接件等不断进展，使得气动技术的领域扩大并增加了新的内容。为了进一步普及与发展我国气压传动技术，最近有关部门已经组成了各项联合设计组，并布置了专业厂进行生产。随着国民经济日益增长的需要，气动技术在工业自动化中将作为一种可靠而价廉的手段，在机械、冶金、石油、化工、运输、纺织、轻工、食品以及军工等各部门广泛应用。

在毛主席的“七、二一”光辉指示指引下，根据一机部的委托，为促进我国气压传动技术的普及和发展，训练气压传动技术方面的工人阶级队伍，决定举办“气压传动技术”训练班。由于气动控制系统中主要解决气动元件和线路连接问题，所以“气动元件”课是训练班的主要课程之一，“气动线路”另有一门课进行介绍。

气压传动控制可在断续生产过程和连续生产过程中使用，这次训练班主要以断续生产过程的控制为主。气压传动控制所用的各种元件和机械可分类如下。

1. 气动控制元件，其中包括：
 - (1) 方向控制元件：如各种换向阀，单向阀，梭阀等。
 - (2) 压力控制元件：如减压阀，溢流阀等。
 - (3) 流量控制元件：如节流阀，速度控制阀等。
2. 逻辑元件，其中包括：

- (1) 气动(可动)逻辑元件
- (2) 射流(无可动)逻辑元件
3. 气动执行元件(执行机构),其中包括:
 - (1) 气缸、薄膜阀
 - (2) 气马达等
4. 气流处理元件,其中包括:
 - (1) 过滤器
 - (2) 油雾器等
5. 其他元件,如信号元件、程序阀、管路连接件等。
6. 气压发生装置,如空气压缩机等。

由于气压发生装置和射流元件的原理和设计牵涉面较广,而时间有限,故不在“气动元件”课之内介绍。

气压传动控制与电控、液压相比,主要优点有:

1. 它利用容易得到的空气流,无介质供应上的困难,污染问题较少。
2. 空气的粘度小,在管道中的压力损失小,便于集中供应和输送。
3. 比液压动作迅速,反应快。
4. 维护简易。
5. 使用安全,能防爆,抗震动,耐腐蚀等。

但它也有缺点,比电控传递速度,传动效率不够高,空气具有可压缩性,使工作速度不易稳定,负载变化时速度影响较大,难以较准确的调节和控制工作速度等,这些在一定程度上限制了气动的使用。但近年来采用气—液传动系统(如气液缸等)就综合了气动和液压的优点,而避免了两者的短处。

由于时间仓促,水平有限,我们热烈欢迎广大读者对讲义提出的宝贵意见,以便再版时更正。

部后中其 1975.12.3

第一章 方向控制气动元件

第一节 概 述

在气动控制回路（系统）中，往往需要改变气体的流动方向或气流的通断状况，从而使气缸等执行元件（气动执行机构）动作。这种控制方式称为方向控制。所用的元件称为方向控制气动元件，一般称为方向控制阀。这类阀是通过控制压缩空气的流动方向或气路的通断，从而达到自动、手动或远距离操纵气缸、薄膜调节阀或其它气动执行机构的目的。

方向控制阀既用来控制气流的方向或通断，就要求阀的换向或通断的动作迅速和正确。

由于阀是安装在管道中使用的，对气动控制回路而言，增加了一个流通阻力，为了减少能量损失，希望这种阻力越小越好。所以在选择或设计阀的通道直径或阀内气路等结构时，应保证气体有与通气管道直径相适应的足够大的截面积。

方向控制阀在使用过程中，换向频繁，因此除要求阀换向迅速、正确可靠外，还应有足够长的寿命。而方向控制阀内部具有滑动部件，且其滑动速度相当快，这对阀的耐久性及允许最高工作频率都有很大影响。为此应采用适当的结构，例如使运动部分轻，运动距离短。此外，对阀的要求还应保证操作容易，拆装、检查和维修方便。

在阀的设计过程中，在确保达到主要指标的同时应充分注意贯彻“三化”（标准化、系列化和通用化）和好用、好造、好修的原则。

第二节 方向控制气动元件的种类

方向控制气动元件的种类很多，分类方法也有多种。目前国内各地各厂自己设计生产的元件很多，规格和名称并不统一，所以这里主要根据一机部换向阀联合设计组所采用的名称，分别介绍一些分类方法。

一、按主阀结构分类

阀的结构是决定阀的特性的主要因素。气动方向控制阀的主阀结构主要有截止式（提动式）、滑阀式（柱塞式）、滑板式（平面式）、旋塞式、膜片式等几种。

1. 截止式阀（或称提动式阀）

这是用大于管道的圆板或其它形状的密封件作复盖型式的阀，其基本形状如图1-1所示。



图1-1

其中 D 为管道内径， a 为阀杆直径， S 为行程或称升程。

构成阀大小的基准是连接该阀的管道直径。一般以构成气动回路的钢管的直径作基准。

在图1-1(a)中，显然阀杆不影响管道内流通面积，所以用 D 为基准尺寸。同理在图1-1(b)中，应以截面积 $A = \frac{\pi}{4}(D^2 - a^2)$ 来决定阀的基本尺寸。

使阀门开启时的阀瓣移动量 S 称为阀的行程（或称升程）。

行程 S 的大小，应根据阀门全开时气流流通面积相等的原则来决定。

对图 1-1(a) 而言，管道流通面积为 $\frac{\pi}{4}D^2$ ，通过阀瓣时的流通面积为 $\pi D S$ 。所以应有 $\pi D S = \frac{\pi}{4}D^2$

$$\text{即 } S = \frac{1}{4}D \quad (\text{式 1-1})$$

由此可知，当行程等于 $\frac{1}{4}D$ 时，阀门就完全开启了。

对图 1-1(b) 而言，同理可得

$$S = \frac{D^2 - d^2}{4D} \quad (\text{式 1-2})$$

2. 滑动式阀（简称滑阀；又称柱塞式阀）

图 1-2 是一种滑阀的结构示意图。

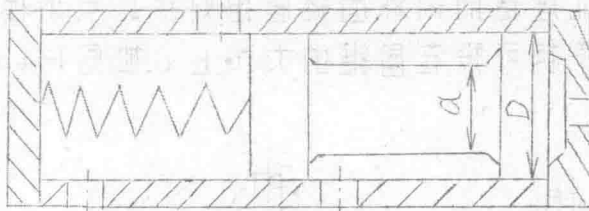


图 1-2

由图可知，这是一种用阀杆上的凸台作复盖型式的阀。显然其通道基准尺寸应用 $A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$ 表示。滑阀切换时的行程应保证：① 在阀通路时，阀内各部分流通面积不小于 A 。② 在阀断路时，各通口不洩漏。对行程的具体讨论见本章第七节。

3. 滑板式阀（或称平面式阀）

这种阀的特点是在光滑平面上装着作滑动的阀板，改变滑板的位置便可切换气流的通路。图 1-3 是这类阀的结构简图。

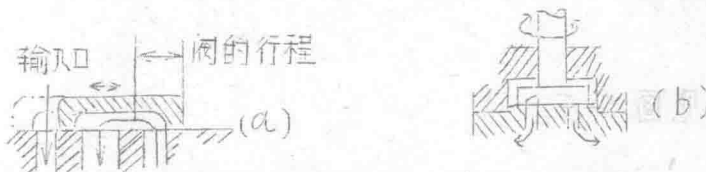


图 1-3 滑板式阀

这种阀是由阀板的滑动面起密封作用。它是用气压将阀板压在起密封作用的平面上，是附加背压的结构，运动时阻力大，且尺寸越大，这种倾向越严重。因此这类阀多用在小型装置中。

这类阀的特点是：

- (1) 结构简单，容易做成多位多通路换向阀。
- (2) 阀座和开闭件重叠，使用时稍受磨损后仍能相互密合。
- (3) 手动时可以从任意调节开度大小。
- (4) 配合面加工精度要求高，需研磨。
- (5) 换向力与气体工作压力有关，随气压增加而加大。

4.4 旋转塞式阀

它的结构原理是用内外圆锥面相对转动来切换气流通路，见图1-4。操作手柄可设在圆锥的大头上（如图1-4a）或小头上（如图1-4b）。

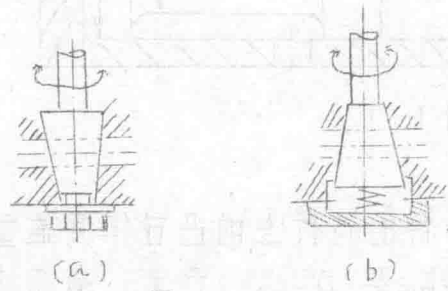


图 1-4

这种结构形式的阀也是依靠滑动面的接触来保证密封效果的。接触面要求研磨配合。但是如圆锥面全部密合的话，则摩擦力过大，操纵困难。这种结构的漏气现象也难以克服。现已极少采用这种型式了。

5. 膜片式阀

其结构简图见图1-5。

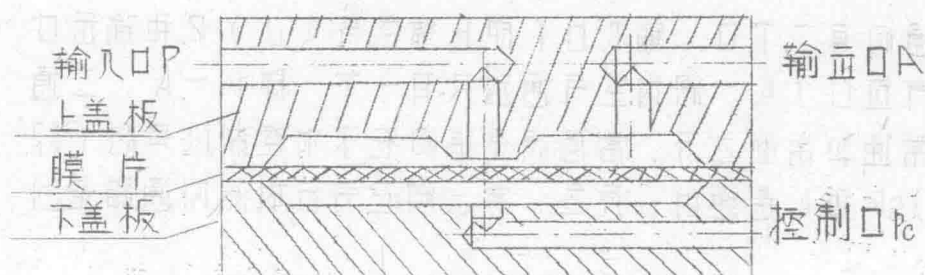


图 1-5

当无控制信号 P_c 时，气流经喷嘴进入C室，再从输出口A流出。当有 P_c 时，膜片上升盖住喷嘴，输入和输出间的通道被割断，输出的气流就没有了。

膜片式阀的优点是结构简单紧凑，没有重的金属可动部件，频率响应快，工作寿命较长。

二、按动作方式分类

有直接动作和间接动作二种。

直接动作式阀或称直动式阀是由电磁铁或其它控制机构直接推动阀杆而切换气路的换向阀。电磁阀、人控阀和机控阀即属于此类。这类阀一般都是小型阀。

间接动作阀是用压缩空气推动阀杆切换的。大型阀一般都是间接式的，它要由小动力驱动小型阀（如电磁阀），再由该阀输出流量及压力均较大的气信号（或压力不变）来驱动间接动作阀。所以有时该类阀也可以称为先导动作式阀。发讯用的小阀一般就装在大阀上面或安装在其附近，以避免能量损失过大并提高反应速度。

三、按切换通路和管接口数目分类

一般有二通、三通、四通和五通等几种。这是决定阀的规格的主要因素。然而这个数目不一定和阀内通路数目一致，是从通口数目来命名的。

1. 二通阀

二通阀有二个口：输入口（即压缩空气入口） P 和输出口（即空气出口） A 。阀内空气通路只有一个，即 $P-A$ 。二通阀还有常通和常断之分。常通阀是指阀在不加控制讯号时（即开位时） P 和 A 是通的。反之，常断阀在开位时阀内通路是断开的。

2. 三通阀

三通阀除有输入口和输出口外，还有排气口 O 。共计有三个口。其切换方法和使用通口的方法有多种多样。例如叫做选择阀的装置具有二个输入口分别与不同压力的空气相通，操纵时根据需要可将其中的一个输入接通输出口。三通阀也有常通和常断之分。常通型开位时是 $P-A$ 相通，常断型开位时是 $A-O$ 相通。

3. 四通阀

四通阀有输入口 (P) 、输出口1 (A) 、输出口2 (B) 和排气口 (O) 四个通口。其阀内通路可以有四个：即 $P-A$ 、 $P-B$ 、 $A-O$ 和 $B-O$ 。

4. 五通阀

五通阀具有二个输入口（即二个输出口 (A) 和 (B) ）和一个排气口 (O) 。这种型式往往被用作选择式四通阀。另一种型式是二个输入口 (P) 、二个输出口 (A) 和 (B) 和一个排气口 (O) 。但在现在有时把它划为四通阀。其图符号表示方法见表。

四、按切换状态的数目分类

有二位式和三位式阀二种。有时也有多位式的。二位阀只有“开启”和“关闭”二种状态。这种只有“开启”和“关闭”二种切换状态的阀都叫做二位式阀。而与阀的通道数目无关。

具有三种切换状态的阀叫做三位式阀。在三位阀中，阀杆

可有三个位置，通路情况也可有三种。一般置于控制状态时（即加控制信号时）的切换位置称为“位置”，而没有控制信号时的位置称为“中间位置”。

当三位五通阀在中间位置时，有各通道均封闭的“中间封闭型”、输出口和排气口相通的“中间卸压型”和输入口和输出口相通的“中间加压型”。

切换位置的象形符号表示法见表 1-3。通路和切换位置的组合表示法见表 1-4。

五、按控制（操纵）方式分类

可分为人工控制阀、气压控制阀、电磁控制阀和机械控制阀等几种。

1. 人工控制（操纵）阀

是利用人工使阀换向的方向阀，可分为手动阀、脚踏阀。

2. 气压控制（操纵）阀

是利用压缩空气使阀换向的方向阀，根据气压信号的不同，可分为压、卸压、差动和延时控制等几种。

加压控制中作为阀的切换信号的气压是逐渐上升的，当气压达到一定值时阀便换向，这是最常用的控制方式。

卸压控制的气压信号是逐渐下降的，当气压下降到某一值时阀便换向。

差压控制是利用气压作用在阀杆上面积不等的二端端面上所产生的作用力使阀换向。

延时控制是利用气流经过小孔或节流孔后，再通到气室里，经过一定的时间后，气室里气压逐步上升到某一值时，阀才换向，从而达到延时的目的。延时控制有延时通和延时断二种。

气压控制的优点是可以用在易燃、易爆、潮湿、粉尘大的场合，安全可靠。

气控有单气控和双气控之分。单气控是指只要加一个气压信号便可使阀换向一次（包括复位）的气压控制方式。双气控则需要加二个气压信号才能使阀换向一次（来回一次）。

3. 电磁控制（操纵）阀

电磁控制换向阀是利用电磁力使阀换向的。一般来说，由线圈和铁芯构成电磁铁，当线圈通电时，吸引铁芯作机械运动，以此来控制阀的换向，这类阀有直接控制式（或称直动型）和间接控制式（或称间动型）二种。

直动型电磁阀是利用电磁力直接拖动阀杆换向，其特点是结构简单、紧凑，切换频率高。但当用交流电磁铁时，如阀杆“卡死”，有烧坏线圈的可能。且阀杆行程受电磁铁吸合行程的限制，一般只适用于小型阀。一般称为电磁阀。

间接控制（也称先导控制）是利用直动式小型电磁阀通过压缩空气来使主阀换向，所以它实际是由小型电磁阀和大型主阀组合而成的。一般称为电控换向阀。

4. 机械控制（操纵）阀

它是利用执行机构或辅助机构的运动，借助凸轮、滚轮、杠杆、磁块等部件传力给阀杆，使阀换向。这种控制方式多应用在信号阀上，例如行程阀、限位阀等等。

控制方式的符号表示法见表 1-5。

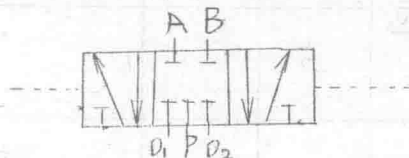
表 1-1 方向控制阀的符号分类表。

A. 主阀结构	B. 动作方式	C. 通口数目	D. 切换位置数目	E. 控制方式
1. 截止式	1. 直接	1. 二通	1. 二位式	1. 人工——手动阀
2. 滑阀式	动作	2. 三通	2. 三位中间封	2. 人工——脚踏阀
3. 滑板式	2. 间接	3. 四通	闭式	3. 气控——主控阀
4. 旋塞式	动作(先	4. 五通	3. 三位中间卸压式	4. 电控——电磁阀
	导式)	5. 六通	4. 三位中间加压式	5. 机控——先导阀

表 1-1

方向控制阀实际上是A—E的组合。例如滑阀式—间接动作式—三位中封型—五通—双气控阀。

方向控制阀的图形符号表示法可综合表1-2到表1-5而得。如上述阀的符号是



名称	二通	三通	四通	五通
符号				
	常断 常通	常断 常通		

表1-2 通路表示法

名称	二位阀	三位阀	多位阀
符号			

表1-3 切换位置表示法

注：其中0表示阀的初始位置，即不加控制符号时的位置，1、2、3等是阀在控制符号作用下的切换位置。

位置数	通口数	流通状态	符号
二位	2	常通	
		常断	
	3	常通	
		常断	

位置数	通口数	通路状态	综合符号
二位	4		
	5		
三位	3	中封式	
		中封式	
	4	中间卸压式	
		中间加压式	
	5	中封式	
		中间卸压式	
中间加压式			

表1-4 通路状态和切换位置综合符号表示法









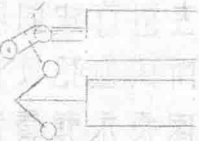

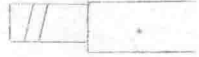
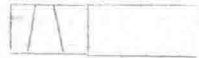
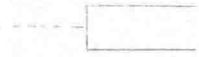
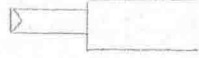

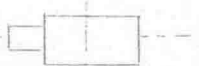
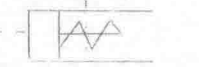
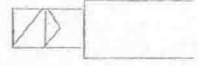

控制方法	符号	备注
人力控制	    	
机械控制	   	弹簧控制可与其 它控制方式连用 一般作复位用
电磁控制	  	目前有的单位把 双线圈画成二个 单线圈也有的把 双线圈符号画成差动的符号
气压控制	    	目前大多把虚线画成实线 为加压控制 为卸压控制
复合控制	 	

表 1-5 控制方式符号表