

# 第十三章 气压传动

## 13-1 气压传动基本知识

气压传动是指以压缩空气为工作介质来传递动力和实现控制的一门技术，它包含传动技术和控制技术两个方面的内容。本章主要介绍传动技术。由于气压传动具有防火、防爆、节能、高效、无污染等优点，因此在国内外工业生产中得到了广泛应用。

## 13-1-1 气压传动系统的组成

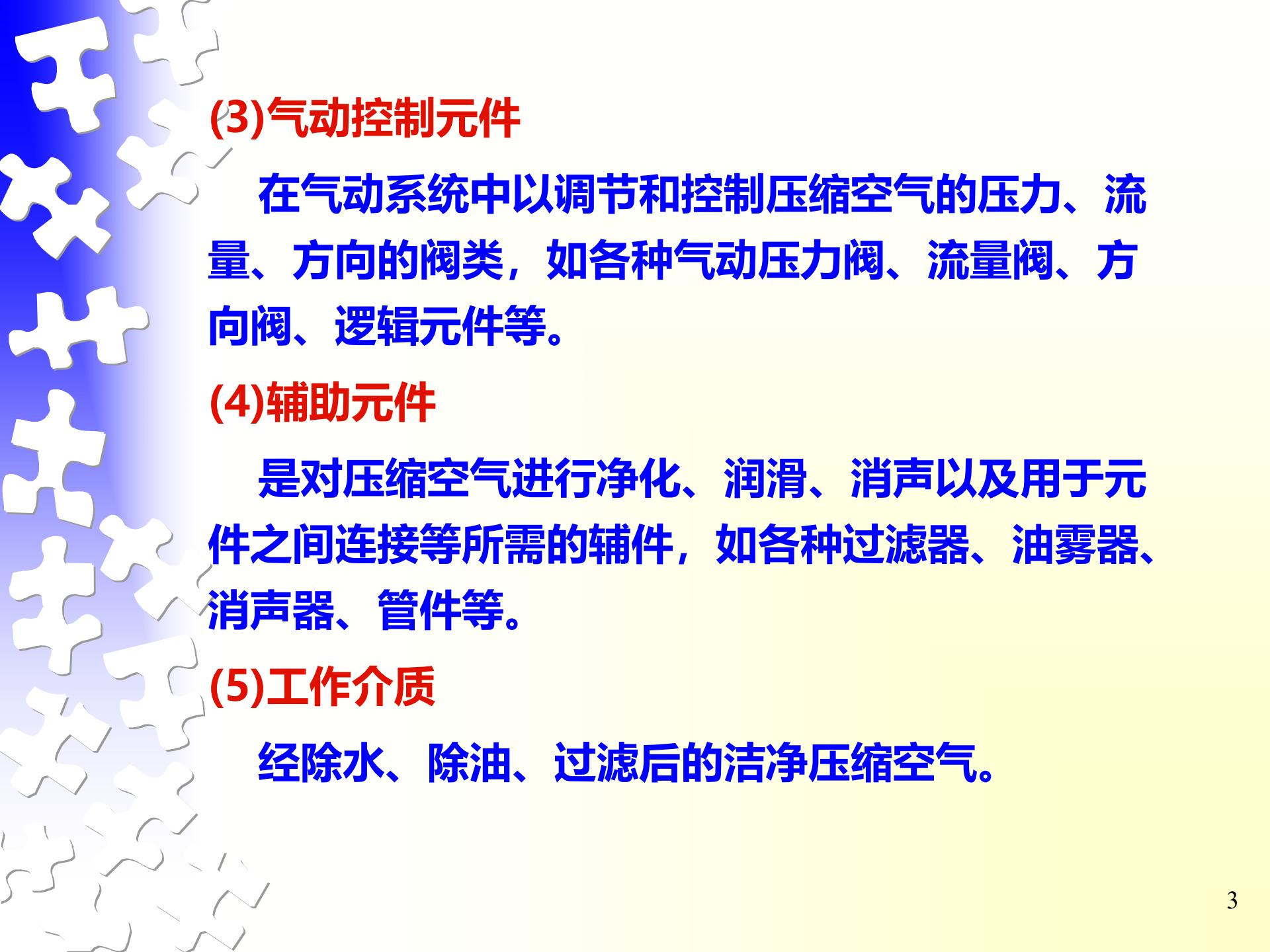
类似于液压系统，气压传动系统由以下五部分组成：

### (1) 能源装置

将原动机提供的机械能转变为气体的压力能，为系统提供压缩空气，作为气压传动系统的动力源。

### (2) 执行元件

将压缩空气的压力能转变为机械能的能量转换元件，并对外做功。根据做功的方式不同，主要有直线运动和回转运动两种执行元件，如作直线运动的气缸、作回转运动的摆动缸、气马达等。



### (3)气动控制元件

在气动系统中以调节和控制压缩空气的压力、流量、方向的阀类，如各种气动压力阀、流量阀、方向阀、逻辑元件等。

### (4)辅助元件

是对压缩空气进行净化、润滑、消声以及用于元件之间连接等所需的辅件，如各种过滤器、油雾器、消声器、管件等。

### (5)工作介质

经除水、除油、过滤后的洁净压缩空气。

## 13-1-2 气压传动的优缺点

气压传动之所以能够得到迅速发展和广泛被应用，是因为它具有如下优点：

- 1) 工作介质是空气，它来源方便，取之不尽，用之不竭，使用后直接排入大气而无污染，不需要设置专门的回收装置。
- 2) 空气的粘度很小，所以流动时压力损失较小，节能，高效，适用于集中供气和远距离输送。
- 3) 动作迅速，反应快，调节方便，维护简单，系统有故障时，容易排除，无神秘感。

**4)工作环境适应性好。**特别适合在易燃、易爆、潮湿、多尘、强磁、振动、辐射等恶劣条件下工作，排气不污染环境，在食品、轻工、纺织、印刷、精密检测等场合中应用更具优势。

**5)成本低，具有过载保护功能。**

**气压传动与其它传动相比，具有以下缺点：**

**1)空气具有可压缩性，不易实现准确的速度控制和很高的定位精度，负载变化时对系统的稳定性影响较大。**

**2)压缩空气的压力较低，因此一般用于输出力较小的场合。当负载小于10000N时，采用气压传动较为适宜。**

**3)排气噪声较大，高速排气时应加消声器，以降低排气噪声。**

## 13-2 空气的主要物理性质

气压传动是以压缩空气作为工作介质进行能量的传递和控制的一种传动形式。

除了具有与液压传动一样，操作控制方便，易于实现自动控制、中远程控制、过载保护等优点外，还具有工作介质处理方便，无介质费用、泄漏污染环境、介质变质及补充等优势。

但空气的压缩性极大的限制了气压传动传递的功率，一般工作压力较低（ $0.3 \sim 1\text{ MPa}$ ），总输出力不宜大于 $10 \sim 40\text{kN}$ ，且工作速度稳定性较差。

应用非常广泛，尤其是轻工、食品工业、化工等行业。

## 13-2-1 空气的物理性质

### 1) 空气的组成

- 主要成分有氮气、氧气和一定量的水蒸气。
- 含水蒸气的空气称为湿空气，不含水蒸气的空气称为干空气。

### 2) 空气的压力

- 对于干空气  $\rho = \rho_g \times p_s$ ,  $\rho_g$  为干空气压力,  $p_s$  为湿空气压力

### 3) 空气的密度

- $\rho = m/V$   $m$  空气的质量,  $V$  空气的体积  $\rho$  空气的密度与湿度、压力有关

### 4) 空气的粘度

- 较液体的粘度小很多, 且随温度的升高而升高。

## 5) 空气的压缩性和膨胀性

- 体积随压力和温度而变化的性质分别表征为压缩性和膨胀性。
- 空气的压缩性和膨胀性远大于固体和液体的压缩性和膨胀性。

## 6) 湿度

- 所含水份的程度用湿度和含湿量来表示。湿度的表示方法有 绝对湿度和相对湿度之分。

## 7) 压缩空气的析水量

- 压缩空气一旦冷却下来，相对湿度将大大增加，到温度降到露点以后，水蒸气就要凝析出来。

## 13-2-2 气动元件的通流能力

气动元件的通流能力，是指单位时间内通过阀、管路等的气体质量。目前通流能力可以采用有效截面积 $S$ 和质量流量 $q$ 表示。

### 有效截面积

- 由于实际流体存在粘性，流速的收缩比节流孔实际面积小，此最小截面积称为有效截面积，它代表了节流孔的通流能力。
- 有效截面积的简化计算

- 对于阀口或管路  $S = \alpha A$

式中  $\alpha$  为收缩系数，由相关图查出； $A$  为孔口实际面积。

### 多个元件组合后有效截面积的计算

并联元件  $S_R = \sum S_i$

串联元件  $1/S_R^2 = \sum 1/S_i^2$

## ■ 不可压缩气体通过节流小孔的流量

- 当气体以较低的速度通过节流小孔时，可以不计其压缩性，将其密度视为常数，由伯努利方程和连续性方程联立推导的流量公式与液压传动的小孔流量公式有相同的表达形式
- 工程中常采用近似公式：

$$q_m = \varepsilon c A [2\rho(p_1 - p_2)]^{1/2}$$

式中  $\varepsilon$  为空气膨胀修正系数； $c$  为流量系数； $A$  为节流孔面积。

## ■ 可压缩气体通过节流小孔（气流达到声速）的流量

气流在不同流速时应采用有效截面积的流量计算公式。

## 13-2-3 充气、放气温度与时间的计算

在气动系统中向气罐、气缸、管路及其它执行机构充气，或由它们向外排气所需的时间及温度变化是正确利用气动技术的重要问题。

- 向定积容器充气问题
  - 充气时引起的温度变化

• 向容器充气的过程视为绝热过程，容器内压力由 $p_1$ 升高到 $p_2$ ，容器内温度也由室温 $T_1$ 升高到 $T_2$ ，充气后的温度为

$$T_2 = kT_s / [1 + p_1(k-1)/p_2]$$

式中  $T_s$  为热力学温度，设定  $T_s = T_i$ ；  $k$  为绝热指数。

• 但容器内温度下降至室温，其内的气体压力也要下降，下降后的稳定值为

$$p = p_2 T_1 / T_2$$

## ■ 充气时间

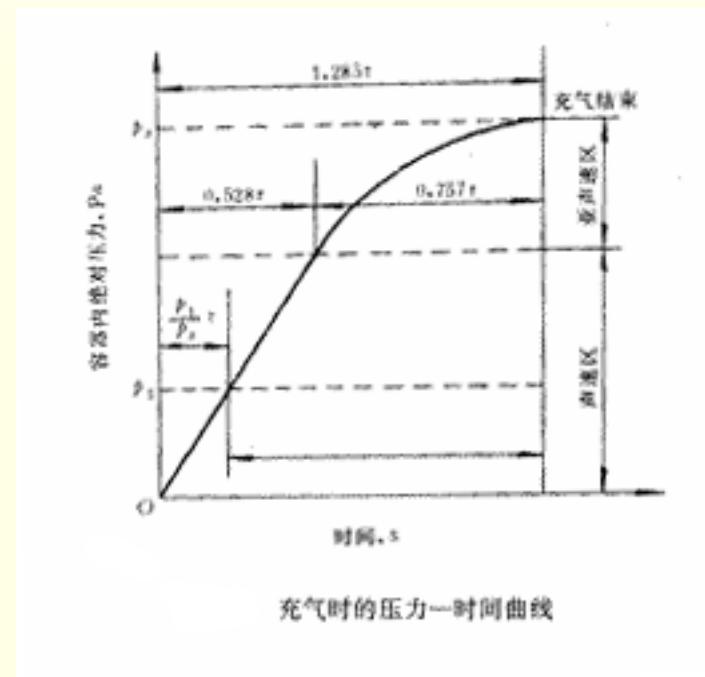
- 充气时，容器中的压力逐渐上升，充气过程基本上分为声速和亚声速两个充气阶段。当容器中气体压力小于临界压力，在最小截面处气流的速度都是声速，流向容器的气体流量将保持为常数。
- 在容器中压力达到临界压力以后，管中气流的速度小于声速，流动进入亚声速范围，随着容器中压力的上升，充气流量将逐渐降低。

容器内压力由 $p_1$ 充气到 $p_2$ 所需总时间

$$t = t_1 + t_2 = (1.285 - p_1 / p_s) \tau$$

$$\tau = 5.217 \times 10^{-3} \times (V/kS) (273/T_s)^{1/2}$$

式中  $p_s$ ——气源的绝对压力。



## ■ 容器的放气

- 绝热放气时容器中的温度变化
  - 容器内空气的初始温度为  $T_1$ ，压力为  $p_1$ ，经绝热放气后温度降低到  $T_2$ ，压力降低到  $p_2$ ，则放气后温度为
$$T_2 = T_1(p_2/p_1)^{(k-1)/k}$$
  - 但容器停止放气，容器内温度上升到室温，其内的压力也上升至  $p$ 
$$p = p_2 T_1 / T_2$$

## ▪ 放气时间

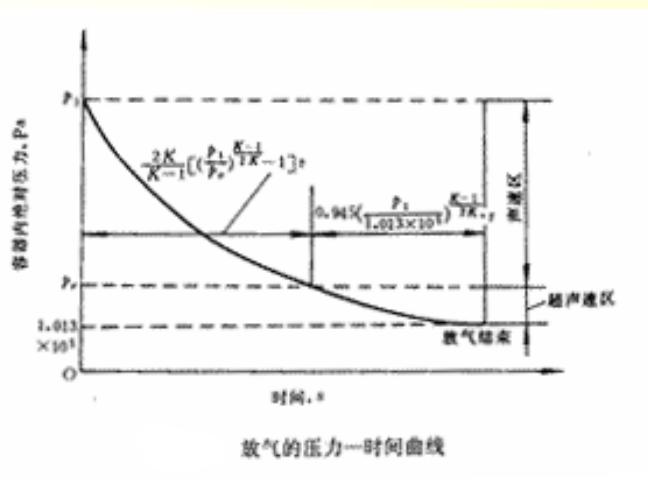
与充气过程一样，放气过程也分为声速和亚声速两个阶段。容器由压力 $p_1$  将到大气压力 $p_a$  所需绝热放气时间为

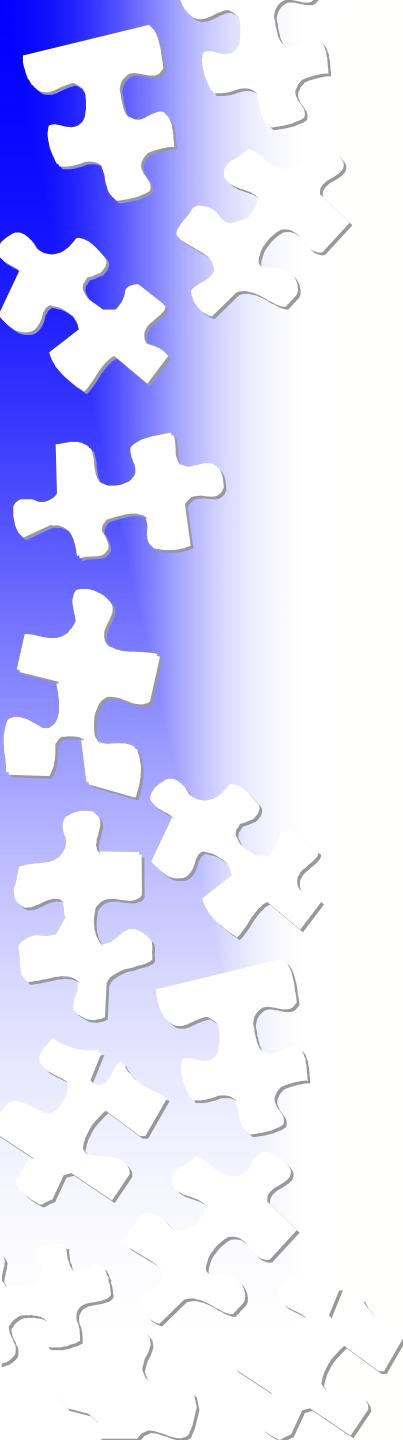
$$T = t_1 + t_2$$

$$= \left\{ \frac{(2k/k-1)}{(k-1)/2k} \right\} \tau + 0.945 \left( \frac{p_1}{1.013 \times 10^5} \right)$$

$$\tau = 5.217 \times 10^{-3} V (273/T_1)^{1/2} / k S$$

式中  $p_e$  ——放气临界压力 ( $1.92 \times 10^5 Pa$ )





# 13-3 气源装置及气动元件

## 主要内容

- 气源装置
- 气动辅件
- 气动执行元件
- 气动控制阀
- 气动逻辑元件

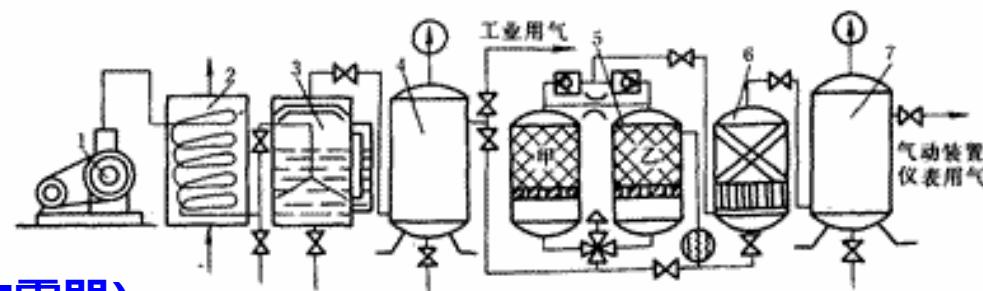
# 气动系统由下面几种元件及装置组成

- **气源装置** 压缩空气的发生装置以及压缩空气的贮存、净化的辅助装置。它为系统提供合乎质量要求的压缩空气。
- **执行元件** 将气体压力能转换成机械能并完成做功动作的元件，如气缸、气马达。
- **控制元件** 控制气体压力、流量及运动方向的元件，如各种阀类；能完成一定逻辑功能的元件，即气动逻辑元件；感测、转换、处理气动信号的元器件，如气动传感器及信号处理装置。
- **气动辅件** 气动系统中的辅助元件，如消声器、管道、接头等。

## 13-3-1 气源装置

- 气源装置为气动系统提供满足一定质量要求的压缩空气，是气动系统的重要组成部分。
- 气动系统对压缩空气的主要要求：具有一定压力和流量，并具有一定的净化程度。
- 气源装置由以下四部分组成
  - 气压发生装置——空气压缩机；
  - 净化、贮存压缩空气的装置和设备；
  - 管道系统；
  - 气动三大件

(分水过滤器，减压阀，油雾器)



气源系统组成示意图

1—空气压缩机 2—后冷却器 3—油水分离器  
4、7—贮气罐 5—干燥器 6—过滤器

## ■ 气压发生装置

- 空气压缩机将机械能转化为气体的压力能，供气动机械使用。
- 空气压缩机的分类 分容积型和速度型。
  - 常用往复式容积型压缩机，一般空压机为中压，额定排气压力1MPa；
  - 低压空压机排气压力0.2MPa；
  - 高压空压机排气压力10MPa。
- 空气压缩机的选用原则 依据是气动系统所需要的工作压力和流量两个参数。
  - 空压机输出流量  $q_{vn} = (q_{vn0} + q_{vn1}) / (0.7 \sim 0.8)$
  - $q_{vn0}$ ——配管等处的泄漏量
  - $q_{vn1}$ ——工作元件的总流量

# 压缩空气的净化装置和设备

**气动系统对压缩空气质量的要求：**压缩空气要具有一定压力和足够的流量，具有一定的净化程度。不同的气动元件对杂质颗粒的大小有具体的要求。

**混入压缩空气中的油分、水分、灰尘等杂质会产生不良影响：**

- 混入压缩空气的油蒸汽可能聚集在贮气罐、管道等处形成易燃物，有引起爆炸的危险，另一方面润滑油被汽化后会形成一种有机酸，对金属设备有腐蚀生锈的作用，影响设备受命。

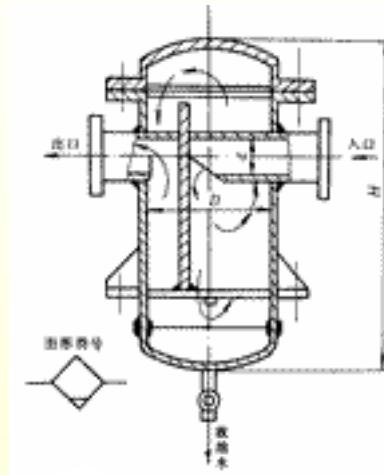
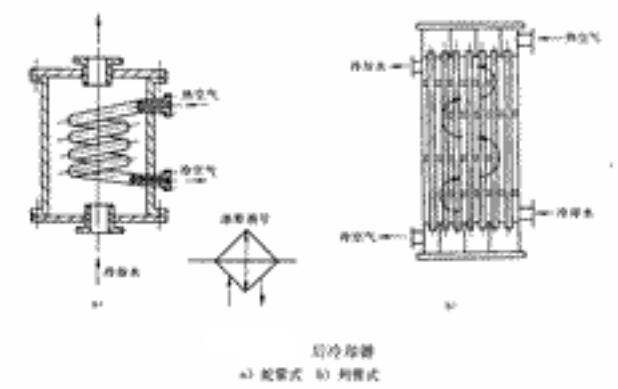
- 混在压缩空气中的杂质沉积在元件的通道内，减小了通道面积，增加了管道阻力。严重时会产生阻塞，使气体压力信号不能正常传递，使系统工作不稳定甚至失灵。

- 压缩空气中含有的饱和水分，在一定条件下会凝结成水并聚集在个别管段内。在北方的冬天，凝结的水分会使管道及附件结冰而损坏，影响气动装置正常工作。
- 压缩空气中的灰尘等杂质对运动部件会产生研磨作用，使这些元件因漏气增加而效率降低，影响它们的使用寿命。

因此必须要设置除油、除水、除尘，并使压缩空气干燥的提高压缩空气质量、进行气源净化处理的辅助设备。

# ■ 压缩空气净化设备

一般包括后冷却器、油水分离器、贮气罐、干燥器。

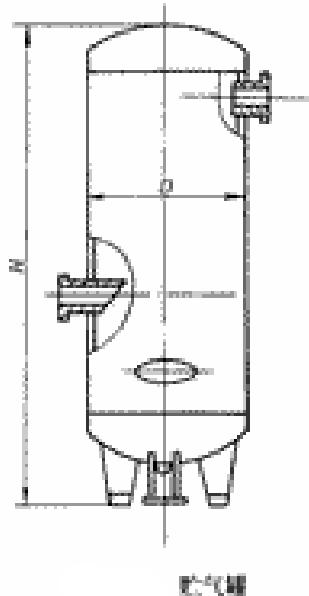


撞击折回并回转式油水分离器

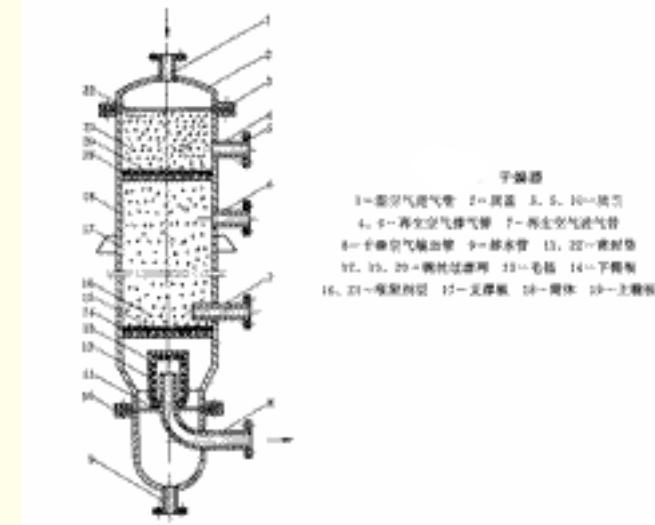
■ **后冷却器** 将空气压缩机排出具有 $140^{\circ}\text{C} \sim 170^{\circ}\text{C}$ 的压缩空气降至 $40^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ，压缩空气中的油雾和水气亦凝析出来。冷却方式有水冷和气冷式两种。

■ **油水分离器** 主要利用回转离心、撞击、水浴等方法使水滴、油滴及其他杂质颗粒从压缩空气中分离出来。

- **贮气罐** 主要作用是贮存一定数量的压缩空气，减少气流脉动，减弱气流脉动引起的管道振动，进一步分离压缩空气的水分和油分。



**干燥器** 作用是进一步除去压缩空气中含有的水分、油分、颗粒杂质等，使压缩空气干燥，用于对气源质量要求较高的气动装置、气动仪表等。主要采用吸附、离心、机械降水及冷冻等方法。





## ■ 管道系统

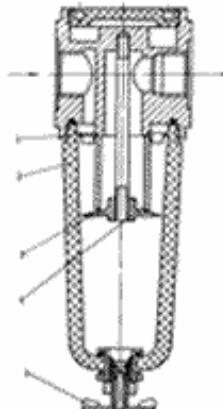
### 1、供气系统管道

- ①压缩空气站内气源管道
- ②厂区压缩空气管道
- ③用气车间压缩空气管道

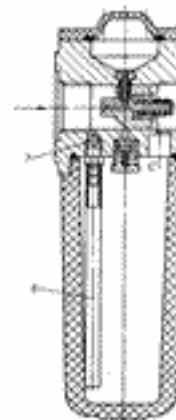
### 2、供气系统管道设计的原则

- ①从供气的压力和流量要求考虑
- ②从供气的质量要求考虑
- ③从供气的可靠性、经济性考虑

## ■ 气动三大件：分水过滤器，减压阀，油雾器



分水过滤器的结构  
1-隔离环子 2-分水器 3-储水腔  
4-滤芯 5-多路接头



减压器的结构  
1-调节器, 2-调压膜, 3-调压膜, 4-调压膜, 5-调压膜  
7-调节器, 8-调压膜, 9-调压膜, 10-调节器, 11-调压膜, 12-调压膜, 调节

■ 气动三大件是压缩空气质量的最后保证。

**分水过滤器** 作用是除去空气中的灰尘、杂质，并将空气中的水分分离出来。

- **原理：回转离心、撞击。**

- **性能指标：过滤度、水分离率、滤灰效率、流量特性。**

■ **油雾器** 特殊的注油装置。

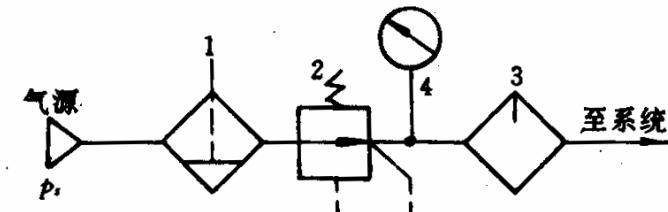
- **原理：当压缩空气流过时，它将润滑油喷射成雾状，随压缩空气流入需要的润滑部件，达到润滑的目的。**

- **性能指标：流量特性、起雾油量**

■ **减压阀** 起减压和稳压作用。

■ **气动三大件的安装连接次序：**分水过滤器、减压阀、油雾器。多数情况下，三件组合使用，也可以少于三件，只用一件或两件。

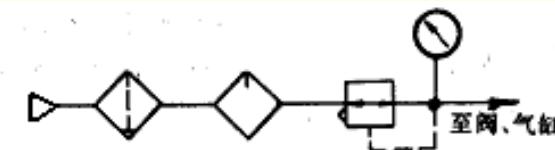
## ■ 气动三大件



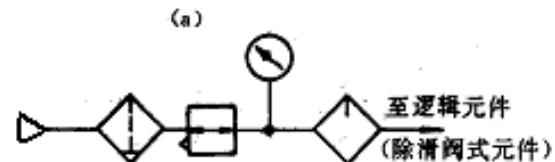
气动三联件的安装次序

1—分水滤气器；2—减压阀；3—油雾器；4—压力表

### 注意改正图中错误



(a)



(b)

## 13-3-2 气动辅件

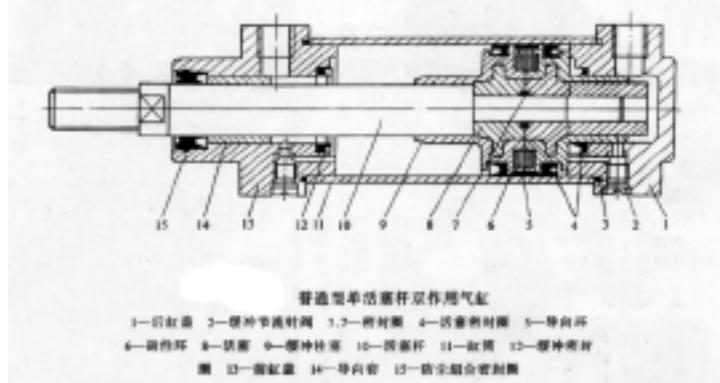
### • 消声器

- 气缸、气阀等工作时排气速度较高，气体体积急剧膨胀，会产生刺耳的噪声。噪声的强弱随排气的速度、排气量和空气通道的形状而变化。排气的速度和功率越大，噪声也越大，一般可达 $100\sim120\text{ dB}$ ，为了降低噪声在排气口要装设消声器。
- 消声器是通过阻尼或增加排气面积来降低排气的速度和功率，从而降低噪声的。
- 消声器的类型：吸收型；膨胀干涉型；膨胀干涉吸收性。
- 管道连接件 包括管子和各种管接头。
  - 管子可分为硬管和软管。一些固定不动的、不需要经常装拆的地方使用硬管；连接运动部件、希望装拆方便的管路用软管。常用的是紫铜管和尼龙管。
  - 管接头分为卡套式、扩口螺纹式、卡箍式、插入快换式等。

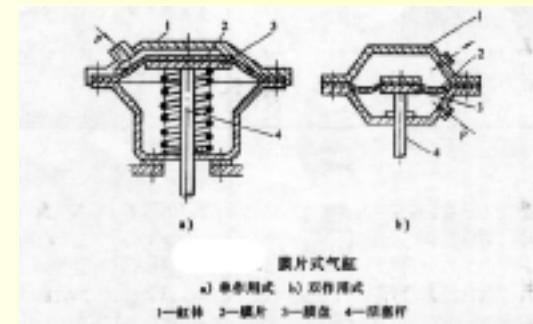
### 13-3-3 气动执行元件

气动执行元件是将压缩空气的压力能转换为机械能的装置。包括气缸和气马达。实现直线运动和做功的是气缸；实现旋转运动和做功的是气马达。

## ■ 气缸的分类及典型结构



■ 膜片气缸是一种用压缩空气推动非金属膜片作往复运动的气缸，可以是单作用式，也可以是双作用式。适用于气动夹具、自动调节阀及短行程工作场合。

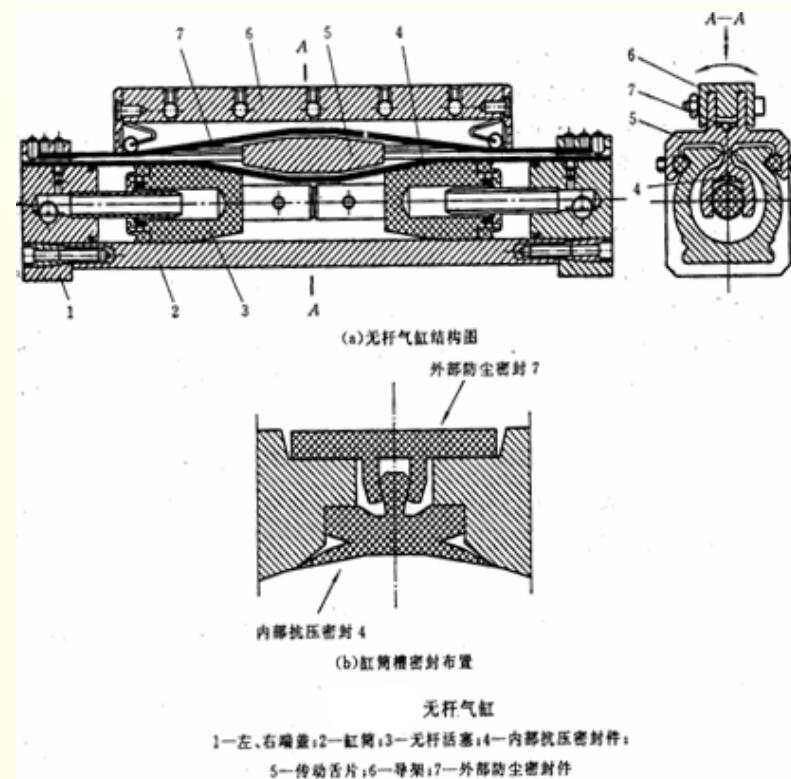


# ■无杆气缸

**组成** 由缸筒2，防尘和抗压密封件7、4，无杆活塞3，左右端盖1，传动舌片5，导架6等组成。

**原理** 铝制缸筒2 沿轴向方向开槽，为防止内部压缩空气泄漏和外部杂物侵入，槽被内部抗压密封件4 和外部防尘密封件7 密封，塑料的内外密封件互相夹持固定着。无杆活塞3 两端带有唇型密封圈，活塞两端分别进、排气，活塞将在缸筒内往复移动。通过缸筒槽的传动舌片5，该运动被传递到承受负载的导架6 上。此时，传动舌片将密封件4、7挤开，但它们在缸筒的两端仍然是互相夹持的。因此传动舌片与导架组件在气缸上移动时无压缩空气泄漏。

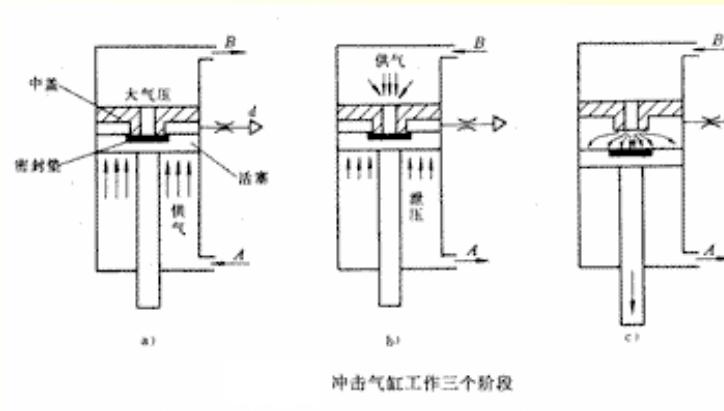
**特点** 由于独特的设计，该气缸只需要较小的安装空间。



## 冲击气缸

由缸筒、活塞和固定在缸筒上的中盖组成，中盖上有一喷嘴。它能产生相当大的冲力，可以充当冲床使用。整个工作过程分为三个阶段：

- **复位段** 气源由孔A 供气，孔B 排气，活塞上升至密封垫封住喷嘴，气缸上腔成为密封的储气腔。
- **储能段** 气源改由孔B 进气，孔A 排气。由于上腔气压作用在喷嘴上面积较小，而下腔气压作用面积大，故使上腔贮存很高的能量。
- **冲击段** 上腔压力继续升高，下腔压力继续降低，当上下腔压力比大于活塞与喷嘴面积比时，活塞离开喷嘴，上腔气体迅速充入活塞与中盖间的空间。活塞将以极大的加速度向下运动。气体的压力能转换为活塞的动能，产生很大的冲击力。



## ■ 气缸的工作特性

### ■ 气缸的速度

在运动过程中气缸活塞的速度是变化的，通常说气缸速度是指活塞平均速度。

### ■ 气缸的理论输出力

其计算公式与液压缸相同。

### ■ 气缸的效率和负载率

气缸实际所能输出的力受摩擦力的影响，其影响程度用气缸效率 $\eta$ 表示， $\eta$ 与缸径 $D$  和工作压力 $p$  有关， $D$  增大、 $p$  提高， $\eta$ 增大，一般在0.7 ~ 0.95之间。

在研究气缸性能和确定缸径时，常用到负载率 $\beta$ 的概念，定义 $\beta = (\text{气缸实际负载} F / \text{气缸理论输出力} F_0) \%$ 。 $\beta$ 的选取与气缸的负载性质及运动速度有关

### ■ 气缸的耗气量

指气缸在往复运动时所消耗的压缩空气量，其大小与气缸性能无关，是选择空压机排量的重要依据。

# 气动马达

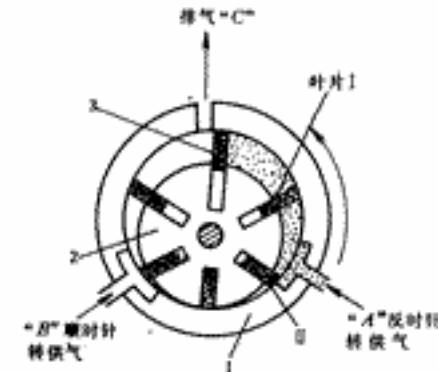
## ■ 叶片式气动马达的工作原理及特性

叶片式气动马达的工作原理与叶片式液压马达相似。特性曲线最大特点是具有软特性：当气压不变时，它的转矩、转速、功率均随着外负载的变化而变化。

## ■ 气动马达的特点和应用

- 可无级调速；
- 可双向旋转；
- 有过载保护作用，过载时转速降低或停转；
- 具有较高的启动转矩，可直接带负载启动；
- 输出功率相对较小，转速范围较宽；
- 耗气量大，效率低，噪声大；
- 工作可靠，操作方便。

## ■ 气动马达在使用中必须得到良好的润滑



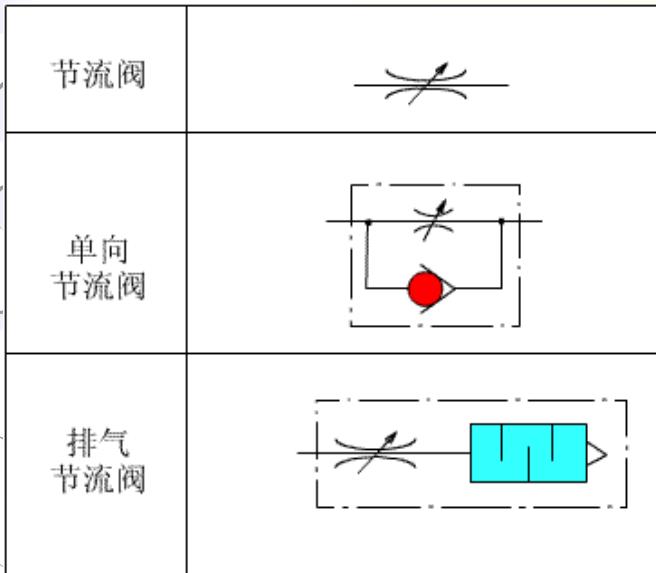
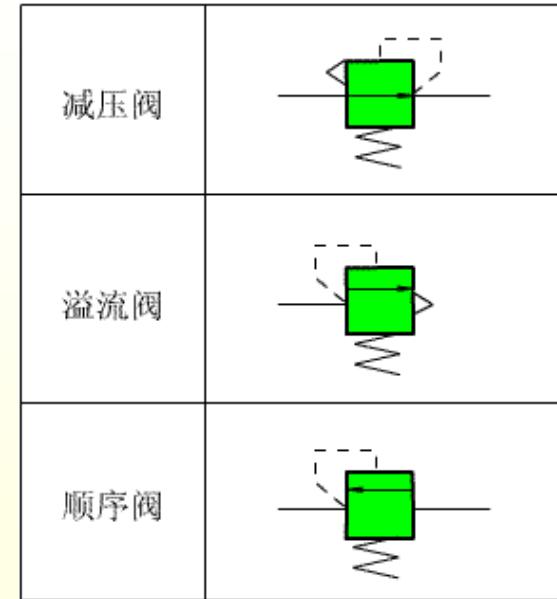
叶片式气马达的工作原理图

1—定子 2—转子 3—叶片

# 13-3-5 气动控制阀

## ■ 压力控制阀

- **减压阀**—气动三大件之一，用于稳定用气压力。
- **溢流阀**一只作安全阀用。
- **顺序阀**—由于气缸（马达）的软特性，很难用顺序阀实现两个执行元件的顺序动作



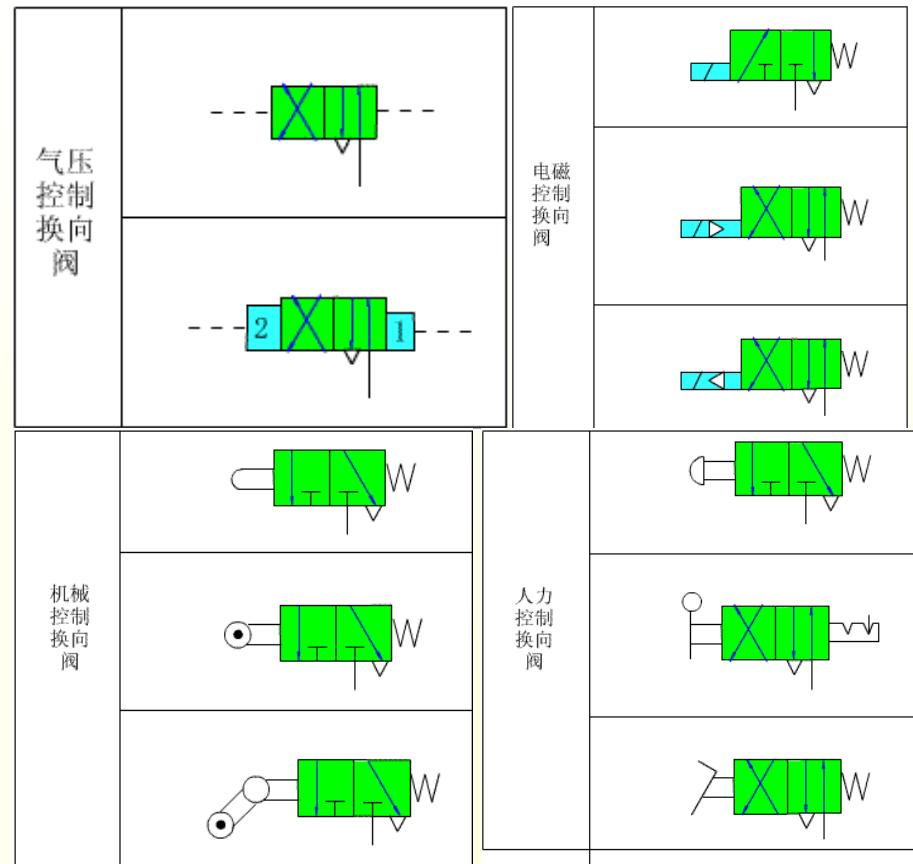
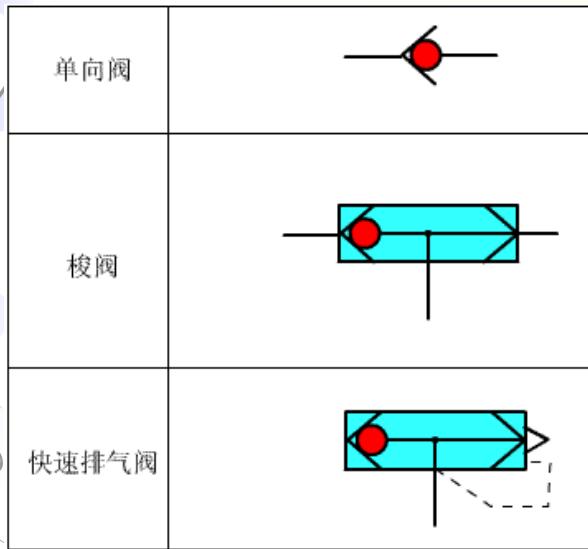
■ **流量控制阀** 用于控制执行元件运动速度。

- **节流阀**
- **单向节流阀**
- **排气节流阀**

# • 方向控制阀：

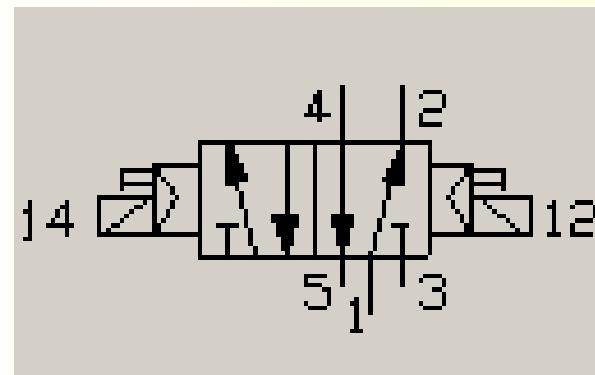
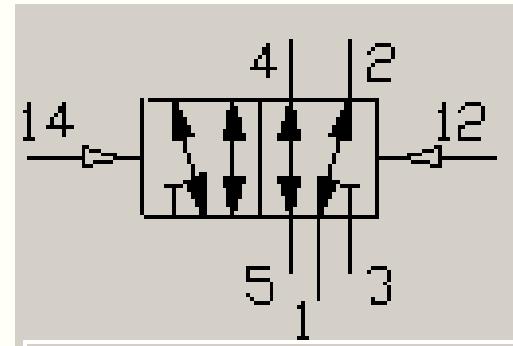
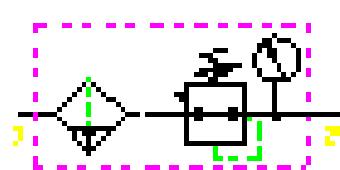
## • 换向阀

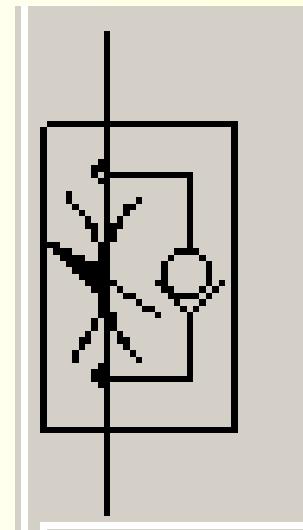
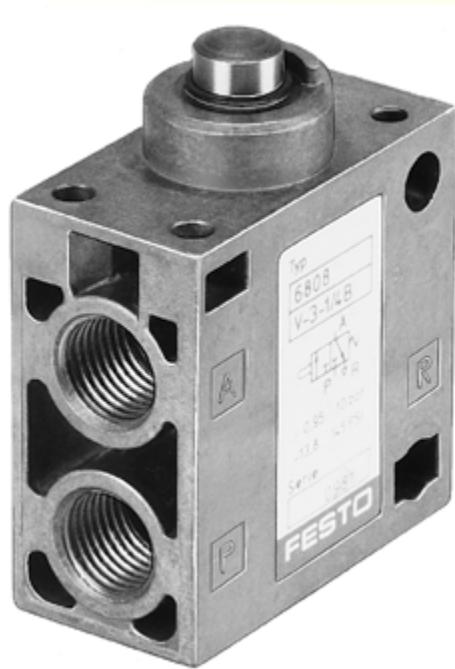
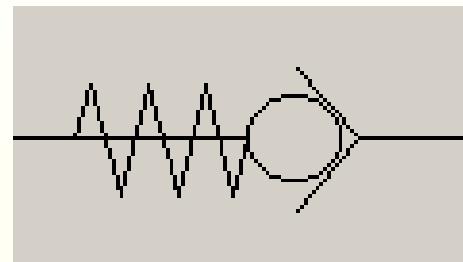
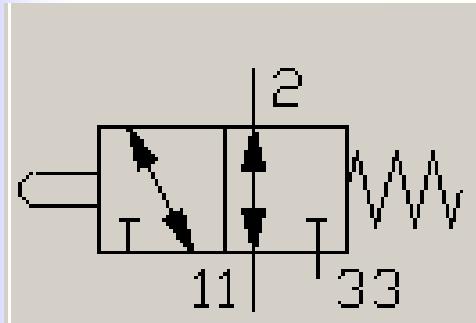
- 气压控制换向阀（加压控制、泄压控制、差压控制）
- 电磁控制换向阀，电、气控制换向阀
- 机械控制换向阀
- 人力控制换向阀

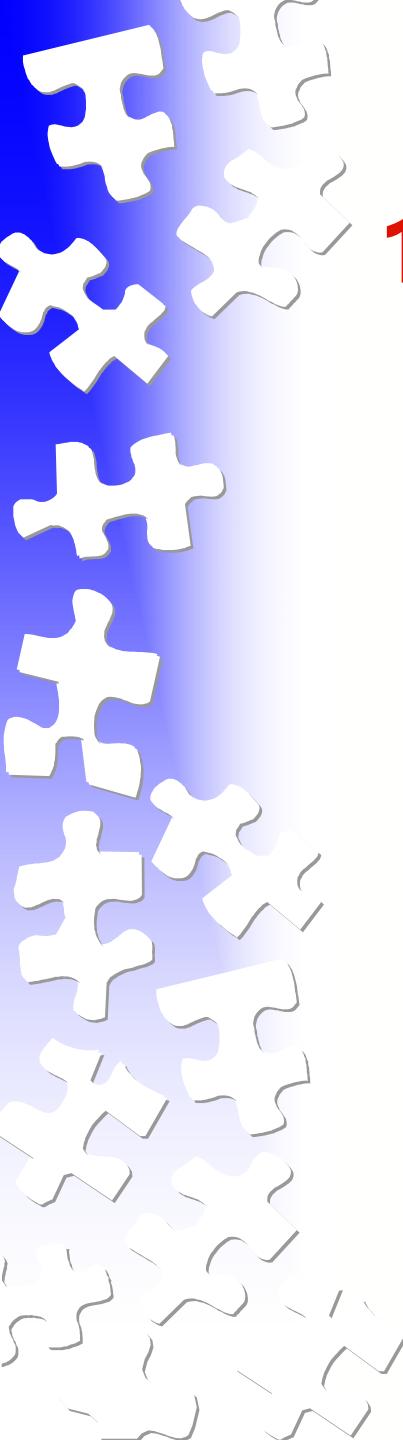


- 单向阀
- 梭阀 两个单向阀的组合，相当于“或门”。
- 快速排气阀

# 产品图片



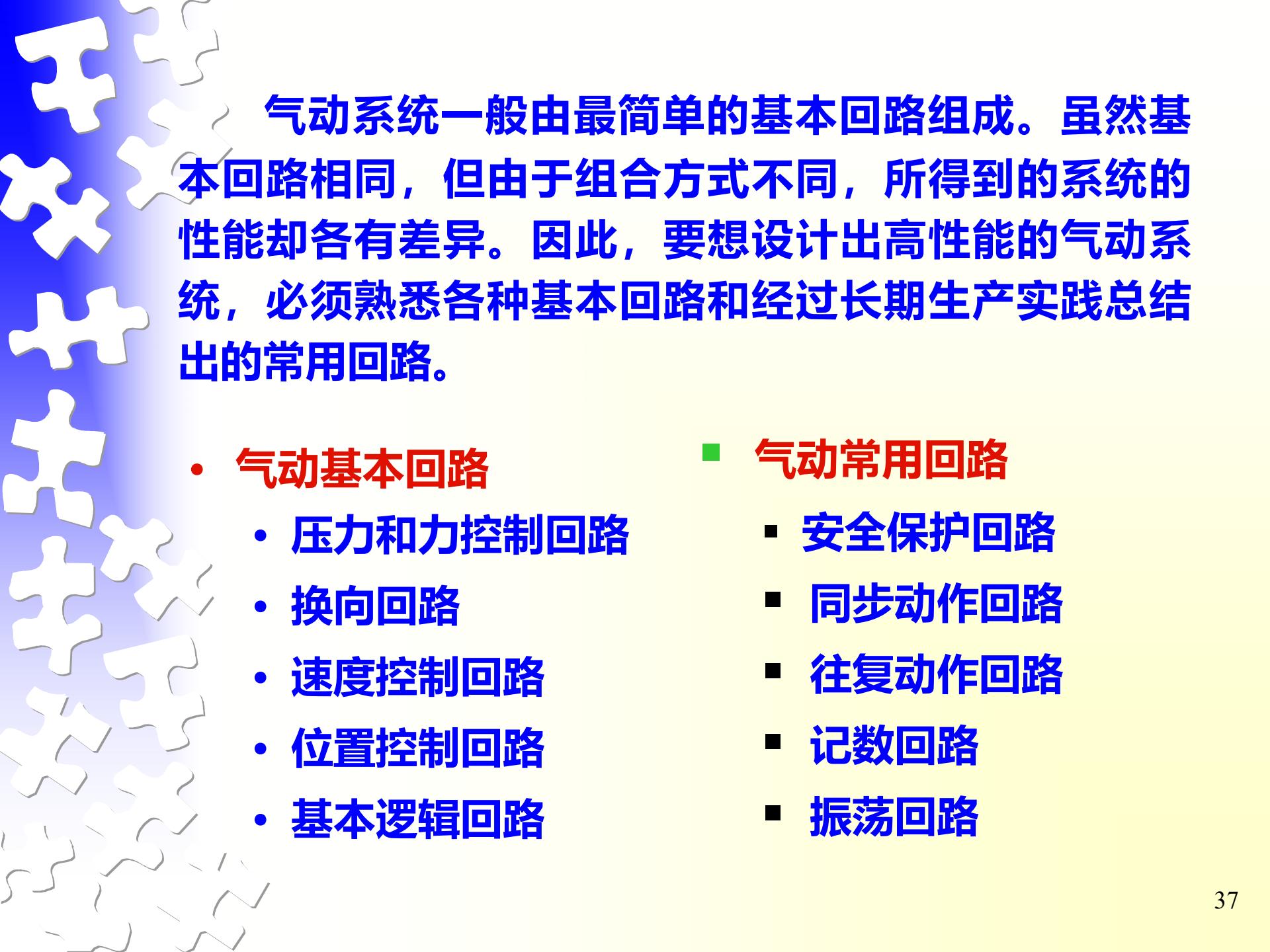




## 13-4 气动基本回路与常用回路

### 主要内容

- 气动基本回路
- 气动常用回路



**气动系统一般由最简单的基本回路组成。虽然基本回路相同，但由于组合方式不同，所得到的系统的性能却各有差异。因此，要想设计出高性能的气动系统，必须熟悉各种基本回路和经过长期生产实践总结出的常用回路。**

- **气动基本回路**
  - 压力和力控制回路
  - 换向回路
  - 速度控制回路
  - 位置控制回路
  - 基本逻辑回路
- **气动常用回路**
  - 安全保护回路
  - 同步动作回路
  - 往复动作回路
  - 记数回路
  - 振荡回路

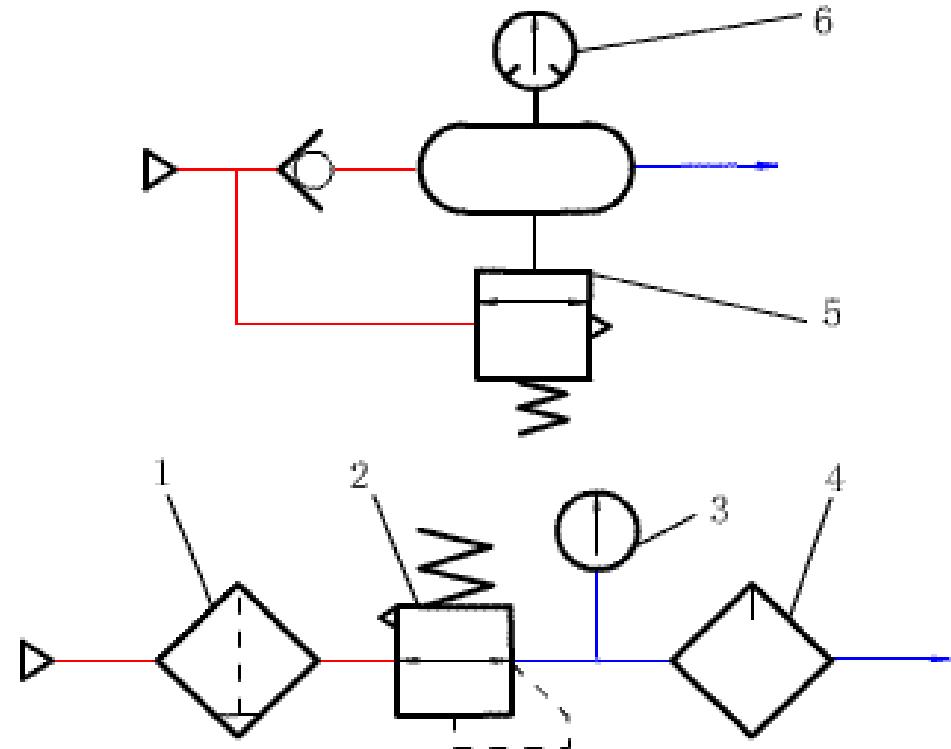
# 13-4-1 压力控制回路

## ▪ 一次压力控制回路

电接触式压力表根据贮气罐压力控制空压机的起、停，一旦贮气罐压力超过一定值时，溢流阀起安全保护作用。

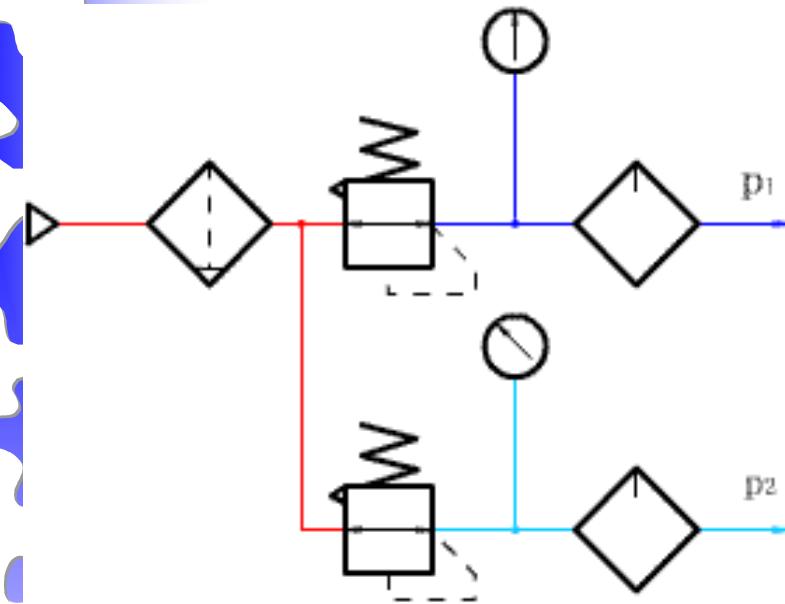
## ▪ 简单压力控制回路

采用溢流式减压阀对气源实行定压控制。

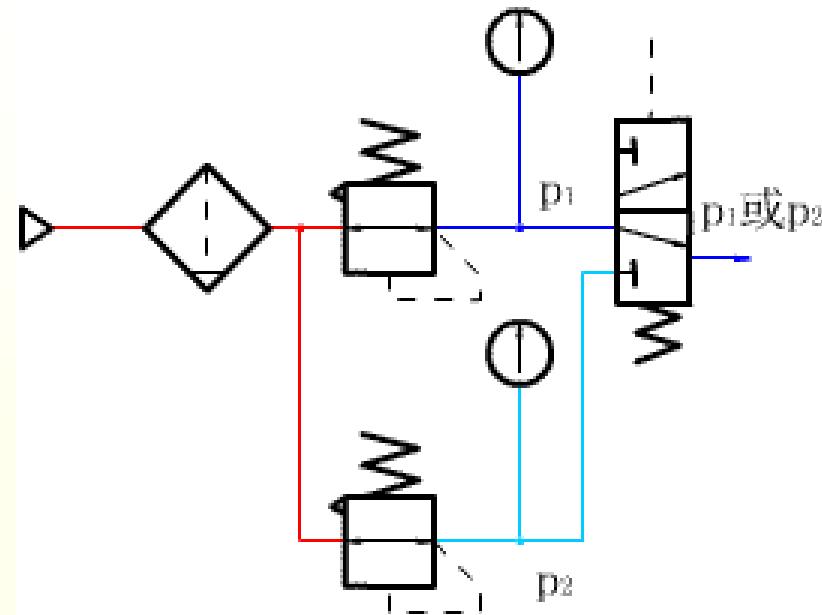


1 分水滤气器 2 减压阀 3 压力表 4 油雾器  
5 溢流阀 6 电接点压力表

简单压力控制回路



高低压力控制回路



高低压力切换回路

## ■ 高低压控制回路

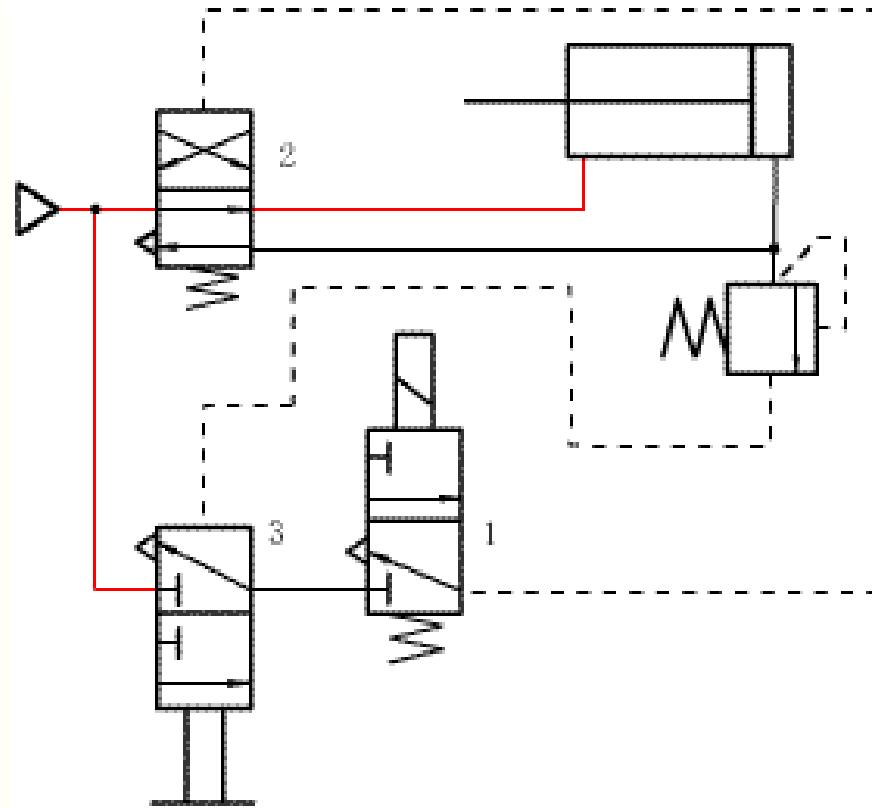
由多个减压阀控制，实行多个压力同时输出。

## ■ 高低压切换回路

利用换向阀和减压阀实现高低压切换输出。

## • 过载保护回路

正常工作时，阀1得电，使阀2换向，气缸活塞杆外伸。如果活塞杆受压的方向发生过载，则顺序阀动作，阀3切换，阀2的控制气体排出，在弹簧力作用下换至图示位置，使活塞杆缩回。



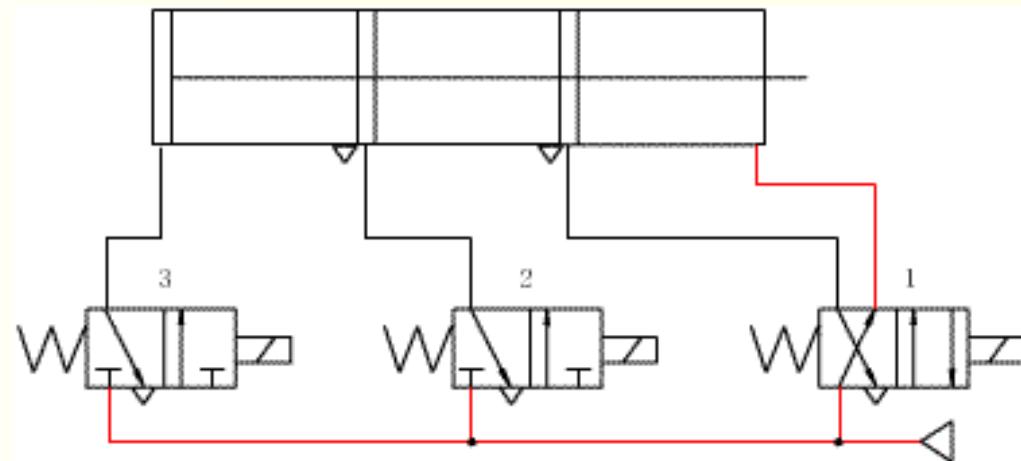
过载保护回路

## 13-4-2 力控制回路

气动系统一般压力较低，所以往往是通过改变执行元件的受力面积来增加输出力。

- **串联气缸回路**

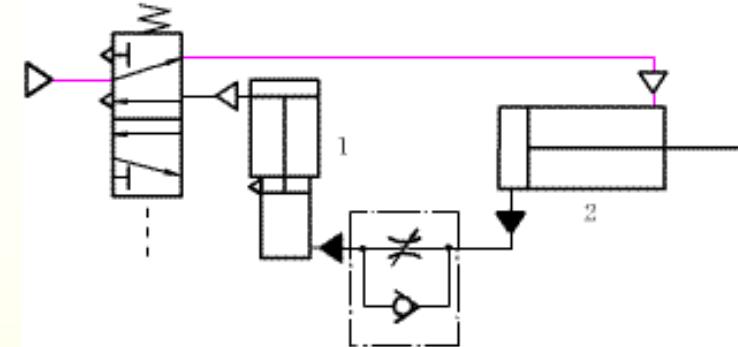
通过控制电磁阀的通电个数，实现对分段式活塞缸的活塞杆输出推力的控制。



串联气缸回路

## 采用气液增压器的增力回路

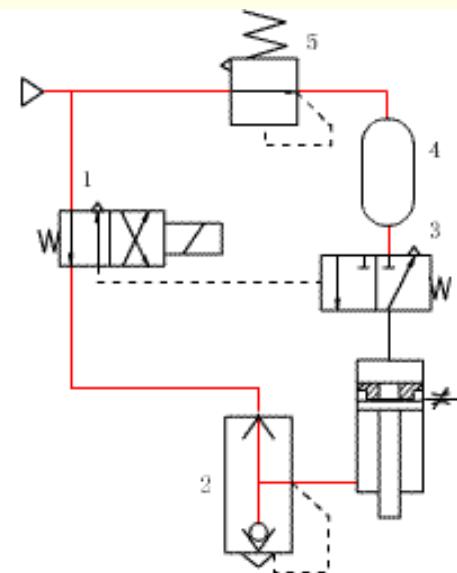
利用气液增压器1 把较低的气压变为较高的液压压力，提高了气液缸2 的输出力。



气液增压器增力回路

## 冲击气缸回路

阀1 得电，冲击气缸下腔由快速排气阀2 通大气，阀3 在气压作用下切换，气罐4 内的压缩空气直接进入冲击气缸，使活塞以极高的速度运动，该活塞所具有的动能转换成很大的冲击力输出，减压阀5 调节冲击力的大小。

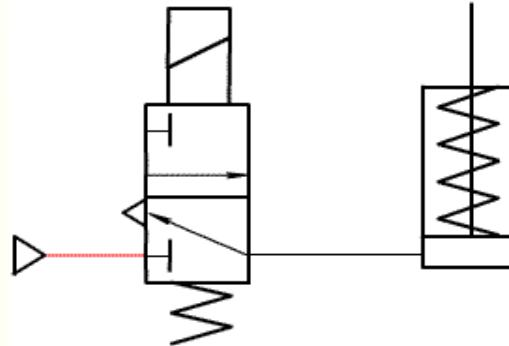


冲击气缸回路

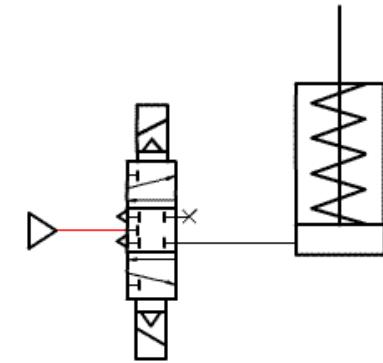
## 13-4-3 换向回路

- **单作用气缸换向回路**

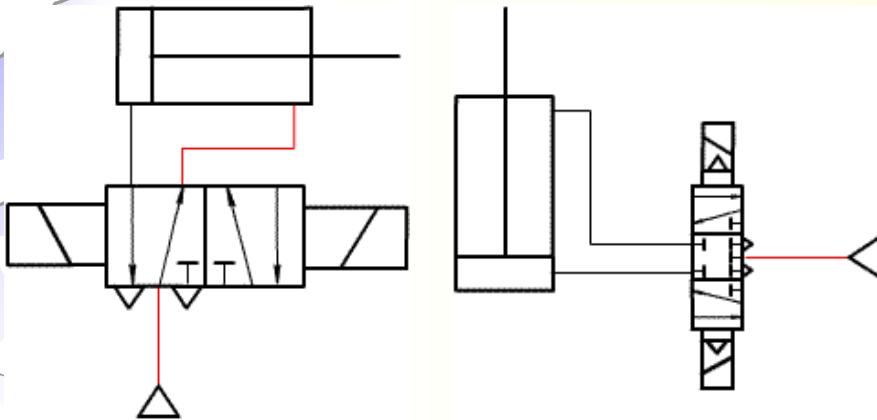
用三位五通换向阀可控制单作用气缸伸、缩、任意位置停止。



单作用气缸二态控制回路



单作用气缸三态控制回路



双作用气缸二态控制回路

双作用气缸三态控制回路

- **双作用气缸换向回路**

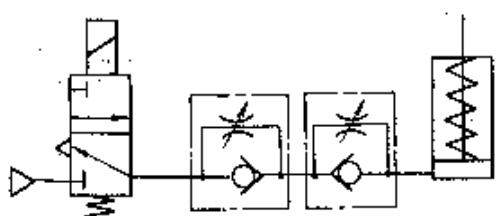
用三位五通换向阀除控制双作用缸伸、缩换向外，还可实现任意位置停止。

## 13-4-4 速度控制回路

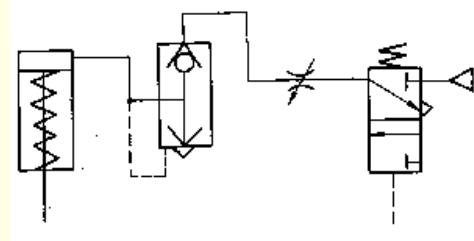
- 气动系统功率不大，主要用节流调速的调速方法。

- 气阀调速回路

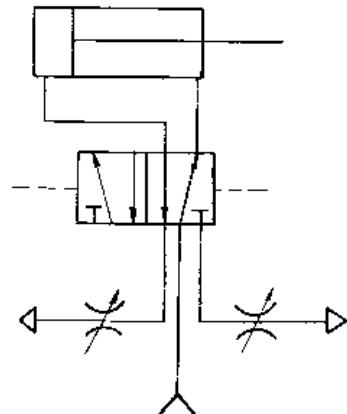
- 单作用气缸调速回路  
用两个单向节流阀分别控制活塞杆的升降速度。



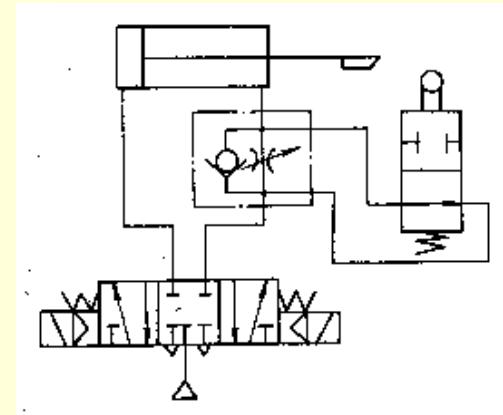
- 单作用气缸快速返回回路  
活塞返回时，气缸下腔通过快速排气阀排气。



- 排气节流阀  
调速回路  
通过两个排气  
节流阀控制气  
缸伸缩的速度。



- 缓冲回路  
活塞快速向右运动  
接近末端，压下机  
动换向阀，气体经  
节流阀排气，活塞  
低速运动到终点。

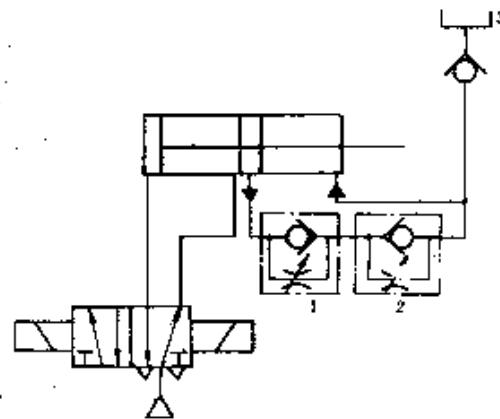


## ■ 气液联动速度控制回路

由于气体的可压缩性，运动速度不稳定，定位精度不高。在气动调速、定位不能满足要求的场合，可采用气液联动。

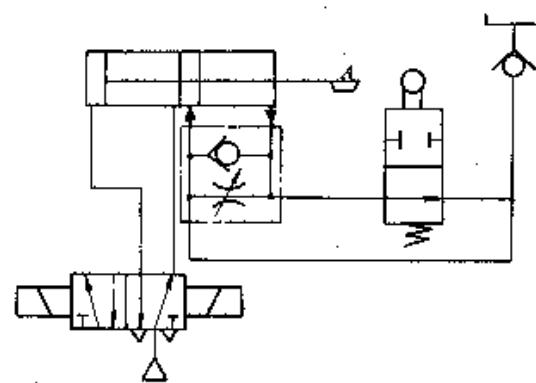
### ■ 气液缸串联调速回路

通过两个单向节流阀，利用液压油不可压缩的特点，实现两个方向的无级调速，油杯为补充漏油而设。



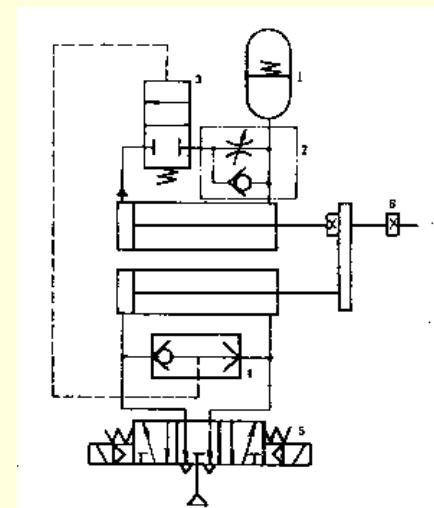
### ■ 气液缸串联变速回路

当活塞杆右行到撞块A 碰到机动换向阀后开始作慢速运动。改变撞块的安装位置，即可改变开始变速的位置。



### ■ 气液缸并联且有中间位置停止的变速回路

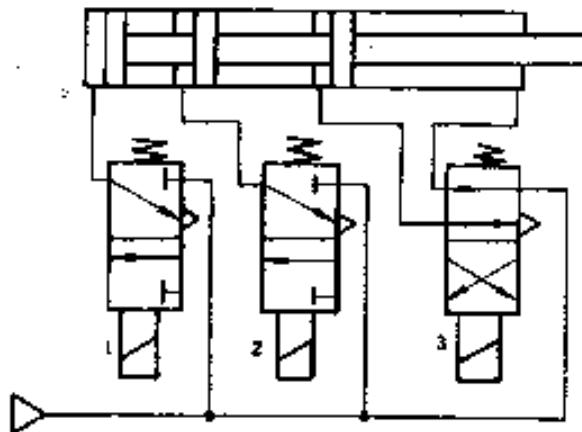
气缸活塞杆端滑块空套在液压阻尼缸活塞杆上，当气缸运动到调节螺母 6 处时，气缸由快进转为慢进。液压阻尼缸流量由单向节流阀2 控制，蓄能器能调节阻尼缸中油量的变化。



## 13-4-5 位置控制回路

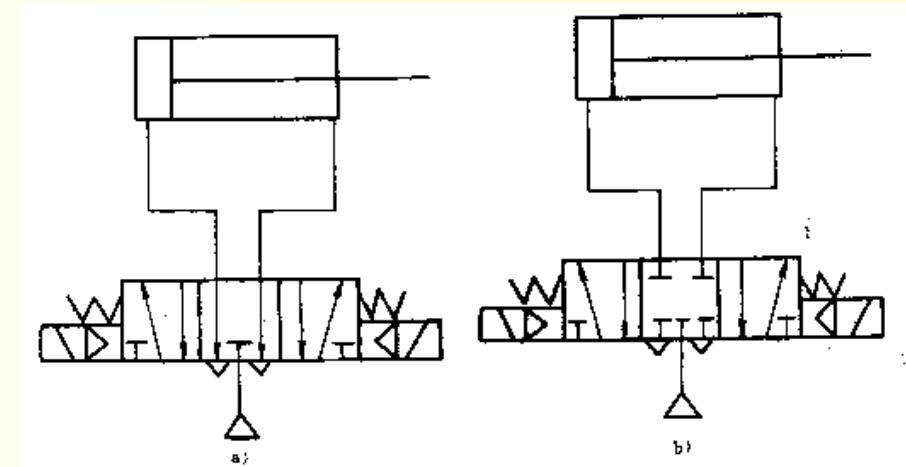
### 采用串联气缸定位

气缸由多个不同行程的气缸串联而成。换向阀1、2、3依次得电和同时失电，可得到四个定位位置



### 任意位置停止回路

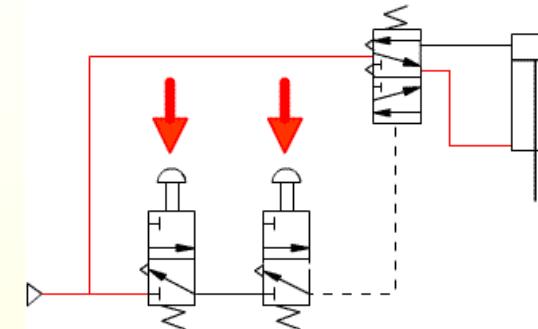
当气缸负载较小时，可选择图a 所示回路，当气缸负载较大时，应选择图b 所示回路。当停止位置要求精确时，可选择前面所讲的气液阻尼缸任意位置停止回路。



## 13-4-6 安全保护回路

### ■ 双手操作回路

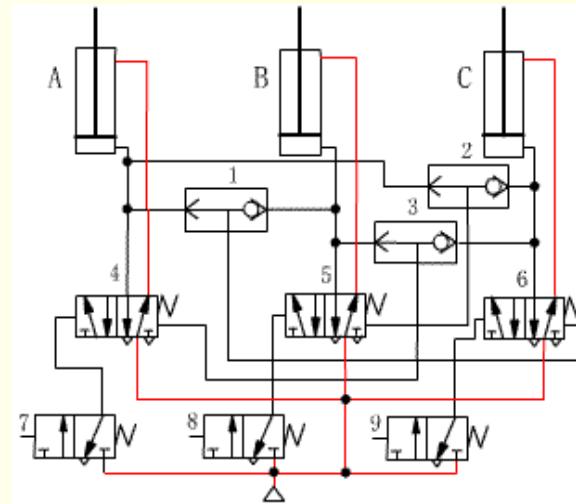
只有同时按下两个启动用手动换向阀，气缸才动作，对操作人员的手起到安全保护作用。应用在冲床、锻压机床上。



双手保护回路

### ■ 互锁回路

该回路利用梭阀1、2、3和换向阀4、5、6 实现互锁，防止各缸活塞同时动作，保证只有一个活塞动作。

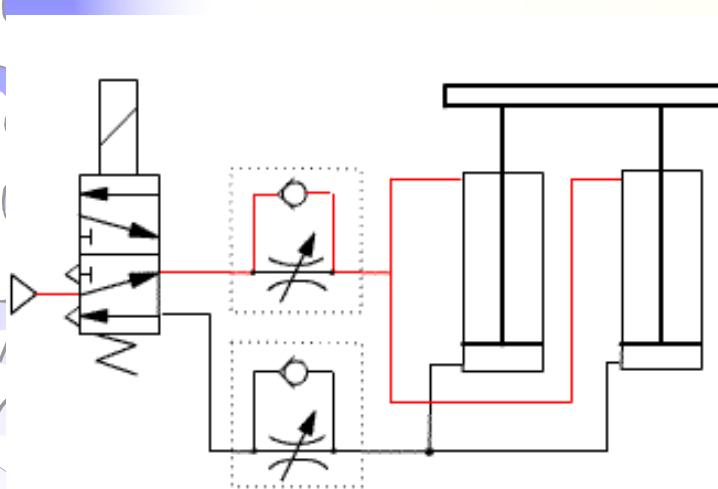


互锁回路

## 13-4-7 同步动作回路

## • 简单的同步回路

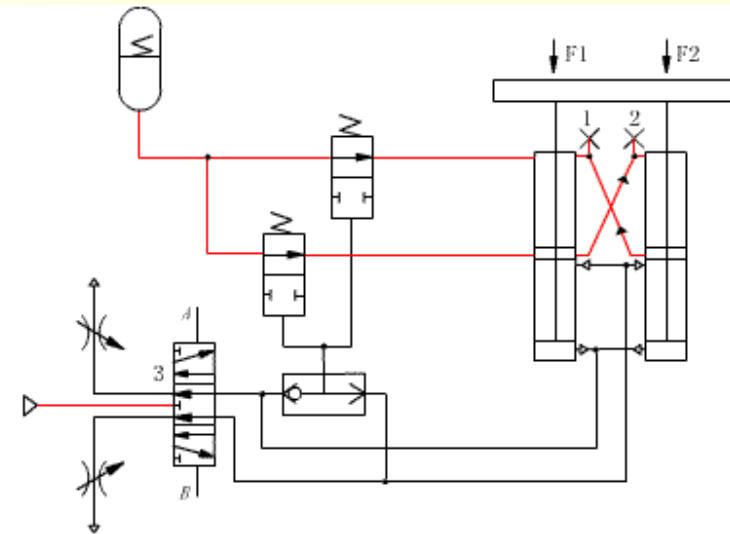
采用刚性零件把两尺寸相同的气缸的活塞杆连接起来。



简单的同步回路

- #### ■ 采用气液组合缸的同步回路

利用两液压缸油路串联，来保证在负载F1、F2 不相等时也能使工作台上下运动同步。蓄能器用于换向阀处于中位时为液压缸补充泄漏。

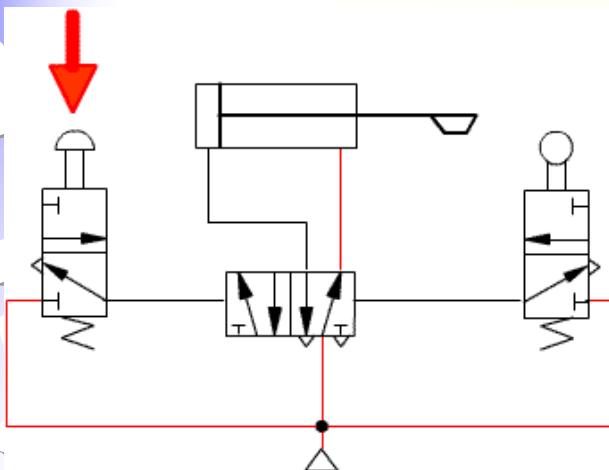


#### 采用气液组合缸的同步回路

# 13-4-8 往复动作回路

## 单往复动作回路

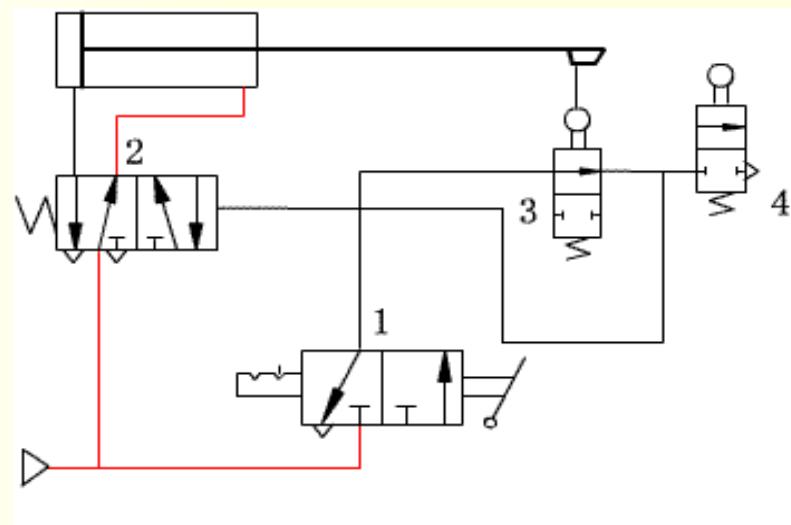
按下手动阀，二位五通换向阀处于左位，气缸外伸；当活塞杆挡块压下机动阀后，二位五通换至右位，气缸缩回，完成一次往复运动。



单往复动作回路

## 连续往复动作回路

手动阀1 换向，高压气体经阀3 使阀2换向，气缸活塞杆外伸，阀3 复位，活塞杆挡块压下行程阀4 时，阀2 换至左位，活塞杆缩回，阀4 复位，当活塞杆缩回压下行程阀3 时，阀2 再次换向，如此循环往复。

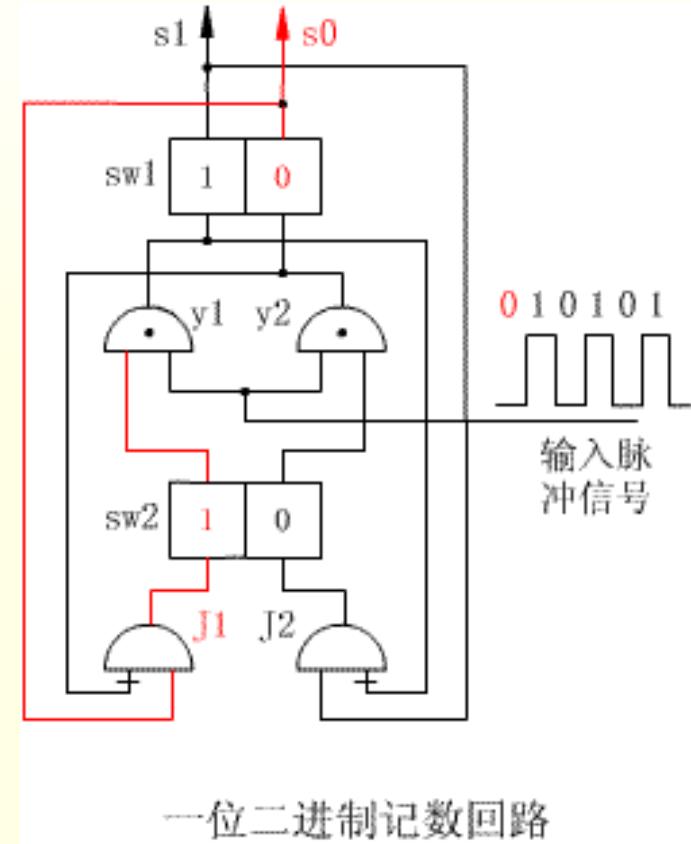


连续往复动作回路

## 13-4-9 计数回路

由气动逻辑元件组成的一位二进制记数回路

设原始状态双稳SW1的“0”端有输出s0，“1”端无输出。其输出反馈使禁门J1有输出，J2无输出。因此，双稳SW2的“1”端有输出，“0”端无输出。当有脉冲信号输入给与门时，y1有输出并切换SW1至“1”端，使s1有输出。当下一个脉冲信号输入时，又使SW1呈现s0输出状态，就这样使SW1交替输出，起到分频计数的作用。

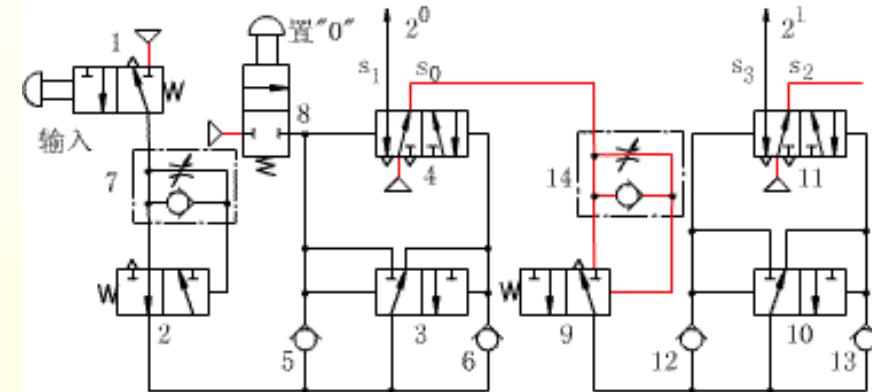


一位二进制记数回路

# 由气阀组成的二进制记数回路

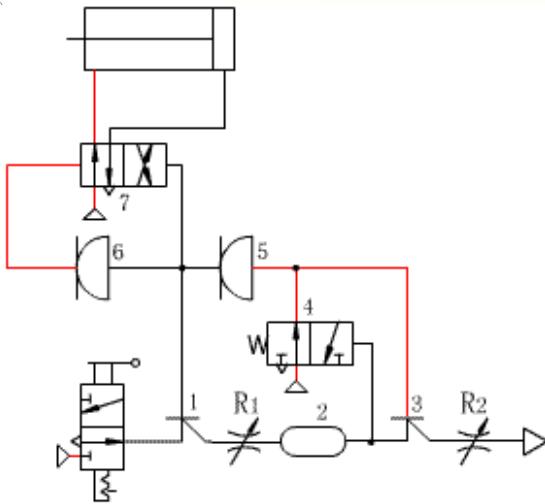
假定初始状态为图示状态，第一次按下手动阀1，高压气体经阀2、阀3到达阀4右侧，使阀4切换至右位， $s_1$ 输出，第 $2^0$ 位输出为1。与此同时，阀3也被切换至右位，但此时阀3、4的右侧都处于加压状态，因此阀4仍维持 $s_1$ 输出状态。当松开阀1，或经过一段时间后，单向节流阀7后的压力升到一定值使阀2换向，单向阀5、6将随之开启，使阀3、4的左右两侧的空气经阀2（或阀1）排出。

第二次按下阀1，因阀3已被切换至右位，高压气体进入阀3、4的左侧，切换阀4使 $s_0$ 输出， $s_1$ 无输出，使 $2^0$ 位变为0。阀4的输出经阀9、10到达阀11右侧，使阀11切换至右位，使 $s_3$ 输出，第 $2^1$ 位为1。第三次按下阀1时， $2^0$ 位也变为1。



二位二进制记数回路

## 13-4-10 振荡回路



■ 振荡频率的高低可由节流阀 $R_1$ 、 $R_2$ 和气容来调节，气容、气阻越大，振荡频率越低。

- 逻辑元件组成的振荡回路
  - 1、3—三门
  - 2—气容
  - 4—触发器
  - 5、6—非门
  - 7—气控换向阀
- 对应的气阀系统如下图

