



## 项目一 认识气压传动



### 学习导航

气压传动控制技术简称为气动技术，它广泛应用在生产自动化的各个领域。气压传动是以压缩空气为工作介质进行能量传递和控制的一种传动形式。本项目主要通过对剪切机气压传动系统（简称气动系统）以及送料装置的设计与操作的介绍达到如下的目标。



### 知识目标

- (1) 知道气动系统的组成、特点及工作原理。
- (2) 了解压缩空气的压力与湿度基础知识。
- (3) 知道气动元件的功能，能说出其工作原理。



### 技能目标

- (1) 会识别和选用气动元件。
- (2) 能绘制简单的气动系统控制回路图。
- (3) 能根据元件的功能设计送料装置气动系统，并能进行相关的调试运行。

## 任务一 认识气压传动系统

本任务要求能读懂图 1-1 所示气动剪切机的工作原理图，了解气动系统的组成，并能说出其工作原理，同时知道空气的压力表示方法。

### 知识链接 1 气压传动系统的组成

#### 一、气源装置

产生、处理和贮存压缩空气的设备称为气源设备。它为气动系统提供符合质量要求的压缩空气，是气动系统的一个重要组成部分。典型的气源装置的组成如图 1-2 所示。

空气压缩机1用以产生压缩空气,由电动机驱动。压力开关7根据压力的大小控制电动机的启动和停转。启动空气压缩机后,空气经压缩,其压力和温度同时升高,高温高压气体进入冷却器10降温冷却,经过油水分离器11除去凝结的水和油,最后存入储气罐12。在后冷却器、油水分离器、储气罐等器件的最低处,都设有自动排水器5,排掉凝结的油、水等污染物。

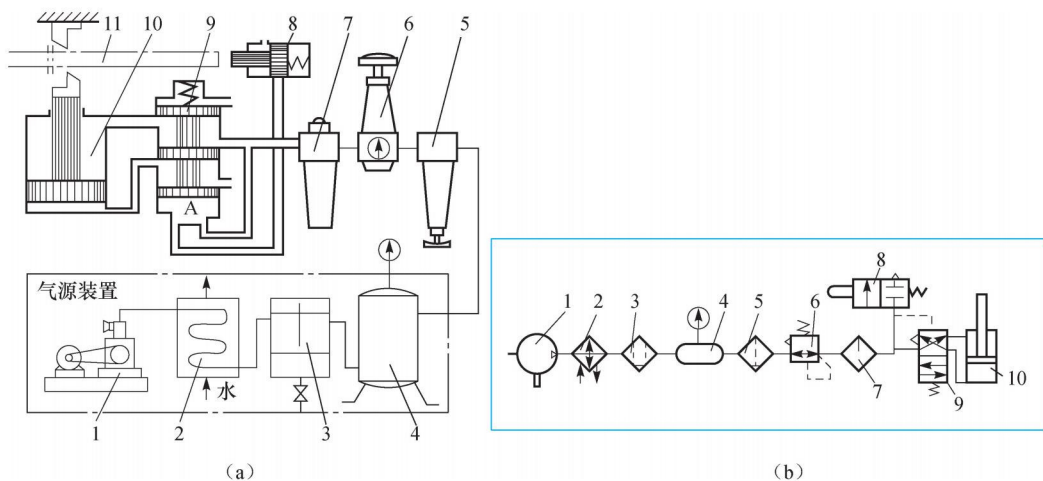


图 1-1 气动剪切机的结构及工作原理图

(a) 结构及工作原理图; (b) 图形符号表示的工作原理图

- 1—空气压缩机; 2—冷却器; 3—油水分离器; 4—储气罐; 5—空气过滤器; 6—减压阀; 7—油雾器;  
8—行程阀; 9—气动换向阀; 10—气缸; 11—工料

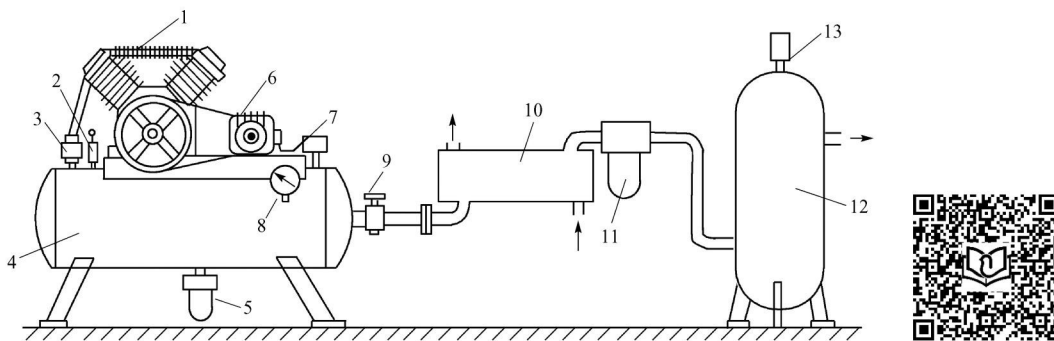


图 1-2 典型的气源装置

- 1—空气压缩机; 2, 13—安全阀; 3, 9—单向阀; 4, 12—储气罐; 5—自动排水器; 6—电动机;  
7—压力开关; 8—压力表; 10—冷却器; 11—油水分离器

空气压缩机



## 二、执行元件

执行元件是气动系统的末端机构,是将气体的压力能转换成机械能的一种能量转换装置,它包括实现直线往复运动的气缸和实现连续回转运动或摆动的气动马达或摆动马达等。



## 1. 单作用活塞式气缸

单作用活塞式气缸是指压缩空气仅在气缸的一端进气推动活塞运动，而活塞的返回则借助其他外力，如重力、弹簧力。

单作用活塞式气缸有弹簧压回型和弹簧压出型，如图 1-3 (b) 所示。压回型是 A 口进气，气压力驱动活塞克服弹簧力和摩擦力使活塞杆伸出；A 口排气，弹簧力使活塞杆缩回。压出型是 A 口进气，活塞杆缩回；A 口排气，弹簧使活塞杆伸出。

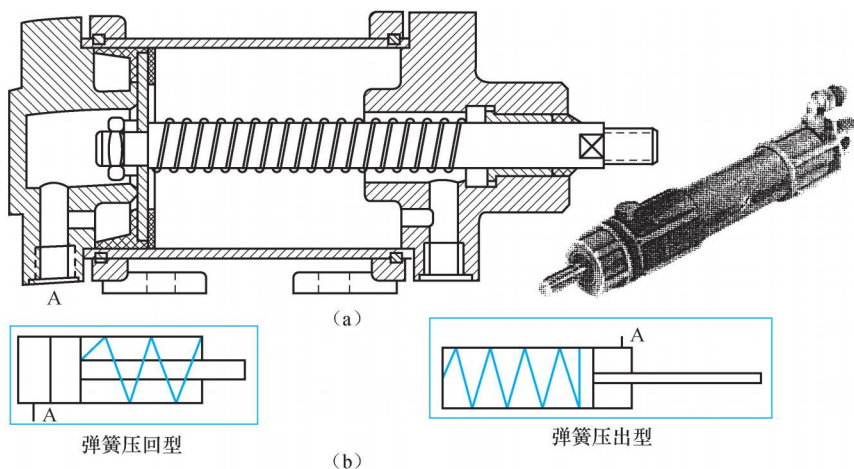


图 1-3 单作用活塞式气缸的结构示意图与图形符号

(a) 结构示意图；(b) 图形符号

单作用活塞式气缸的特点如下：

- ① 由于单边进气，故结构简单，耗气量小；
- ② 缸内安装了弹簧，缩短了活塞的有效行程；
- ③ 弹簧的弹力随其变形大小而发生变化，故活塞杆推力和运动速度在行程中有变化；
- ④ 弹簧具有吸收动能的能力，因而可减小行程终端的撞击作用。

单作用活塞式气缸一般用于行程短且对输出力和运动速度要求不高的场合，如定位和夹紧装置等。

当气缸工作时，活塞杆上输出的推力必须克服弹簧的弹力及各种阻力，推力公式为

$$F = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta - F_1 \quad (1-1)$$

式中  $F$ ——活塞杆的推力（工作负载）（N）；

$D$ ——活塞直径（m）；

$p$ ——气缸工作压力（Pa）；

$F_1$ ——弹簧弹力（N）；

$\eta$ ——考虑总阻力损失时的效率，一般  $\eta$  为 0.7 ~ 0.8。当活塞运动速度  $v \leq 0.2$  m/s 时， $\eta$  取大值；当  $v > 0.2$  m/s 时， $\eta$  取小值。

图 1-3 所示的单作用活塞式气缸的结构直观性强，易理解，但难于绘制。在工程实际

中,除某些特殊情况外,常用一系列标准的图形符号绘制,以表示元件的功能。目前我国的液压与气压系统图采用《GB/T 786.1—2009》所规定的图形符号绘制。图1-3(b)中分别表示了单作用气缸的图形符号。

## 2. 双作用活塞式气缸

双作用活塞式气缸是使用最广泛的一种最普通的气缸,它有进、排气两个接口,利用压缩空气的压力能使活塞杆实现两个方向的运动,如图1-4所示。

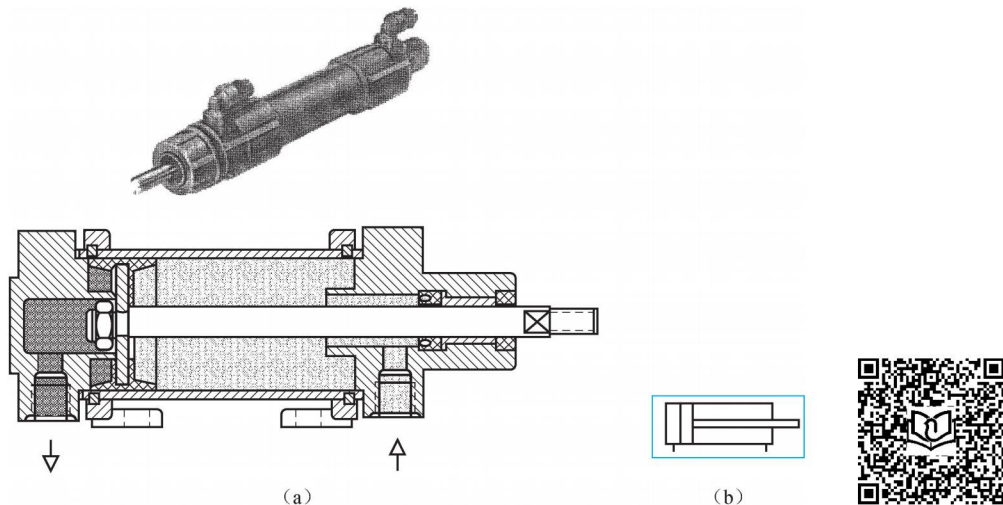


图1-4 双作用活塞式气缸的结构示意图与图形符号

(a) 结构示意图; (b) 图形符号

双作用气缸

双作用活塞式气缸工作时,活塞杆上的输出力用下式计算。

$$F_1 = \frac{\pi}{4} D^2 p \eta \quad (1-2)$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta \quad (1-3)$$

式中  $F_1$ ——当无杆腔进气时,活塞杆的输出力(N);

$F_2$ ——当有杆腔进气时,活塞杆的输出力(N);

$D, d$ ——活塞和活塞杆直径(m);

$p$ ——气缸工作压力(Pa);

$\eta$ ——考虑总阻力损失时的效率,一般 $\eta$ 为0.7~0.8。当活塞运动速度 $v \leq 0.2$  m/s时, $\eta$ 取大值;当 $v > 0.2$  m/s时, $\eta$ 取小值。

## 三、控制元件

控制元件用于控制压缩空气的压力、流量和流动方向,以便使执行元件完成预定的工作循环。它包括各种方向控制阀、压力控制阀和流量控制阀。

### (一) 方向控制阀

能改变气体流动方向或通断的控制阀称为方向控制阀。方向控制阀分为单向阀和换



向阀。

### 1. 单向阀

有两个通口，气流只能向一个方向流动而不能反方向流动的阀称为单向阀。

为了防止因气源压力下降或因耗气量增大造成的压力下降而出现逆流，在储气罐的输出端近处必须安装单向阀。单向阀只允许压缩空气单方向流动，而不允许其逆向流动。

单向阀主要是利用圆锥、圆球、盘片或膜片作为止回块。单向阀的工作原理如图 1-5 所示。当气体正向流动时，进口气压推动止回块的力大于作用在止回块上的弹簧力，阀芯被推开，形成流通状态。而当压缩空气由输出口进入时，气体压力与弹簧力使止回块顶在阀座上而封闭了通道，气体不能流通。

单向阀的外形和图形符号如图 1-6 所示，带弹簧复位的单向阀在常态下处于常闭状态。

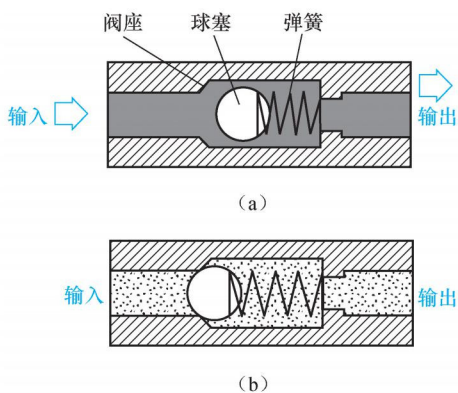


图 1-5 单向阀的工作原理

(a) 流通时；(b) 逆流被阻挡

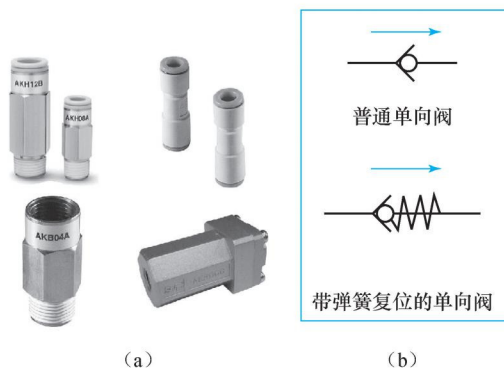


图 1-6 单向阀的外形与图形符号

(a) 外形；(b) 图形符号

### 2. 换向阀

(1) 换向阀的工作原理。

换向阀是利用阀芯和阀体相对位置的改变，控制各气口的接通或断开，以改变气体的流动方向，实现改变执行元件的运动方向的作用。

二位三通手动换向阀的工作原理如图 1-7 (a) 所示。换向阀有 3 个接口，分别是进气口 P、出气口 A 和排气口 R。在正常情况下，A、R 两接口相通，P 口堵塞；当按下推杆时，阀芯向右移动，使 P、A 两接口相通，R 口堵塞。这种换向阀的阀芯和阀体之间的运动是相对直线运动，所以也称为滑阀。

利用各种方向控制阀可以对单作用气动执行元件和双作用气动执行元件进行换向控制。如图 1-7 (c) 所示，压下二位三通手动阀，压缩空气通过换向阀的 A 口输出，进入单作用活塞式气缸，推动气缸活塞杆向右运动（杆伸出）；松开手动阀，压缩空气无法进入气缸，而气缸在活塞杆向右运动时进入的压缩空气则通过排气口 R 排出，此时，气缸活塞杆在弹簧力的作用下向左运动（杆缩回）。

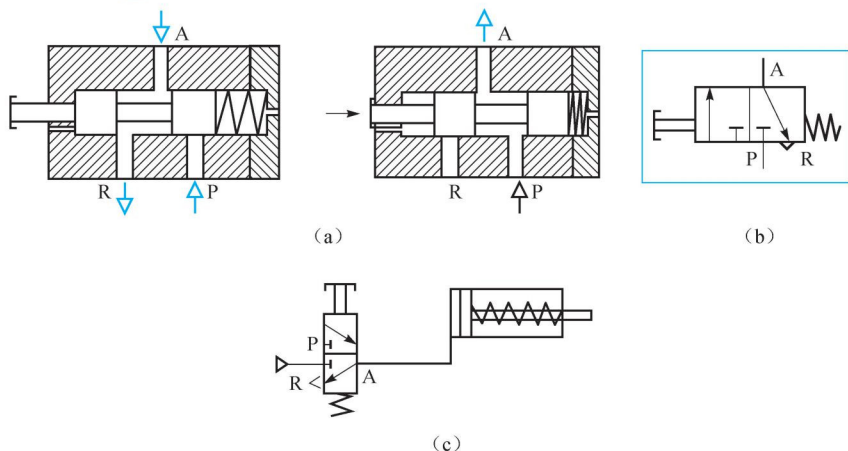


图 1-7 二位三通手动换向阀

(a) 工作原理图; (b) 图形符号; (c) 应用



方向控制-单作用汽缸换向回路1



方向控制-单作用汽缸换向回路2

(2) 换向阀的“位”和“通”。

“位”和“通”是换向阀的重要概念，不同的“位”和“通”构成了不同类型的换向阀。阀芯的工作位置简称“位”，阀芯有几个不同的工作位置就是几位阀。“通”表示阀体上外部通口，有几个接口，即为几通。进气口一般用 P 或 IN 表示，出气口一般用 A 或 OUT 表示，排气口与大气相通，通常用 O 或 R 表示。若无控制信号时，P 和 A 相通则称为常通式，P 和 A 断开则称为常闭式。

在换向阀的图形符号中，方格表示工作位置，两个方格表示二位，三个方格表示三位。

方格内箭头表示阀内空气的流动方向；方格内“⊥”表示空气流动通道被阻塞；方格内“△”表示与大气相通自由排放。

三位阀有 3 个工作位置，若阀芯处于中间位置（也称零位），各通口呈封闭状态，则称为中位封闭式阀；若出口与排气口相通，则称为中位泄压式阀；若出口与进口相通，则称为中位加压式阀；若在中位泄压式阀的两个出口内装上单向阀，则称为中位止回式阀。

换向阀的阀芯处于不同的工作位置时，各通口之间的通断状态是不同的。常见的二位和三位换向阀的图形符号如表 1-1 所示。

表 1-1 二位和三位换向阀的图形符号

	二位	三位			
		中位封闭式	中位泄压式	中位加压式	中位止回式
二通					
三通					
四通					
五通					



### (3) 换向阀的分类。

换向阀的分类主要是依据控制方式和工作位置数、通口数进行。换向阀的控制方式如表 1-2 所示。

表 1-2 常用换向阀的控制方式与图形符号

控制方式	人力控制 (推压式)	机械控制 (滚轮式)	电磁铁控制 (单作用式)	弹簧复位	气压复位	气压控制	气动先导	电气操纵的 气动先导
图形符号								

常用换向阀的图形符号及其含义如表 1-3 所示。

表 1-3 常用换向阀的图形符号及其含义

名称	图形符号	含义
二位二通手动换向阀		二位二通方向控制阀, 推压控制机构, 弹簧复位, 常闭
二位二通电磁换向阀		二位二通方向控制阀, 电磁铁操纵, 弹簧复位, 常开
二位三通机动换向阀		二位三通方向控制阀, 滚轮杠杆控制, 弹簧复位, 常闭
二位三通电磁换向阀		二位三通方向控制阀, 电磁铁操纵, 弹簧复位, 常闭
二位三通电磁换向阀		二位三通方向控制阀, 单作用电磁铁操纵, 弹簧复位, 定位销式手动定位
二位五通人力控制换向阀		二位五通方向控制阀, 踏板控制
二位五通气动换向阀		二位五通气动方向控制阀, 单作用电磁铁, 外部先导供气, 手动操纵, 弹簧复位
三位四通电磁换向阀		三位四通方向控制阀, 双作用电磁铁直接操纵, 弹簧对中
三位五通气动换向阀		三位五通直动式气动方向控制阀, 弹簧对中, 中位时两出口都排气

## (二) 压力控制阀

控制与调节压缩空气的压力大小的阀称为压力控制阀。

图 1-1 中的元件 6 为减压阀, 减压阀的作用是用来降压, 使其输出压力与气动设备所需压力一致, 并保持该压力的稳定。

## 四、辅助元件

使压缩空气净化、润滑、消声及用于元件间连接等所需的装置和元件称为辅助元件, 如用于元件间的连接管道、显示压力大小的压力计等。

## 五、工作介质

### 1. 压缩空气的压力

压力是由于气体分子因热运动相互碰撞, 在容器的单位面积上产生的力, 相当于物理学中的压强, 用  $p$  表示。即

$$p = \frac{F}{A} \quad (1-4)$$

式中  $p$ ——压强 ( $\text{N}/\text{m}^2$  或  $\text{Pa}$ )。

工程中也常用  $\text{kPa}$  (千帕)、 $\text{MPa}$  (兆帕)、 $\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 、 $\text{bar}$  (巴) 作为计量单位。1  $\text{kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$  称为一个工程大气压。1  $\text{MPa} = 1 \times 10^3 \text{ kPa} = 10 \text{ bar} = 10.2 \text{ kg} \cdot \text{f}/\text{cm}^2$ 。

静止的气体和液体具有下列特性:

- ① 静止的气体和液体的压力, 垂直作用于气体和液体接触的表面;
- ② 静止的气体和液体中, 任一点的各个方向的压力均相等。

压力可用绝对压力、相对压力及真空度等方法来度量。绝对压力是指以绝对真空作为基准所表示的压力。相对压力是指以大气压力作为基准所表示的压力。由压力表测得的压力都是相对压力, 所以相对压力也称表压力。当绝对压力低于大气压时, 习惯上称为出现真空。因此真空度是指比大气压力小的那部分数值, 即

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力} \quad (1-5)$$

绝对压力、相对压力和真空度的相互关系如图 1-8 所示。

### 2. 空气的湿度

不含水蒸气的空气称为干空气; 含有水蒸气的空气称为湿空气。空气作为传动介质, 其干湿程度对传动系统的稳定性和使用寿命都有直接影响。若空气中含有的水蒸气量较大, 则此湿空气在一定的温度和压力条件下, 会在气动系统的局部管道、气动元件中凝结成水滴, 使气动元件和管道腐蚀、生锈, 缩短使用寿命, 甚至造成系统失灵。因此, 气动系统对空气的含水量有明确的规定, 并采取必要的措施防止水分进入系统。

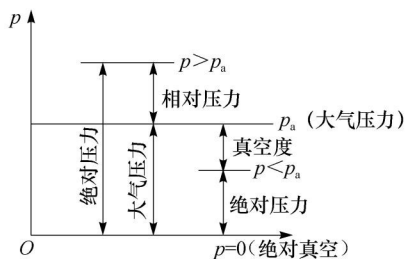


图 1-8 绝对压力、相对压力和真空度的相互关系



湿度的表示方法有绝对湿度和相对湿度。

绝对湿度是指每立方米湿空气中含有的水蒸气的质量，也就是湿空气的水蒸气密度。湿空气中水蒸气的含量是有限的，在一定温度下，当湿空气中所含水蒸气的量达到最大限度时的绝对湿度叫饱和绝对湿度。

绝对湿度只能说明湿空气中所含水蒸气的多少，但不能说明空气所具有的吸收水蒸气的能力，所以常用相对湿度来表达这种能力。

相对湿度是指在某温度和总压力不变的条件下，绝对湿度与饱和绝对湿度的比值。一般来说，相对空气湿度在 60% ~ 70% 内，人体感觉较舒适。而在气动系统中使用的空气，则是相对湿度越低越好。

当温度下降时，空气中水蒸气的含量降低，因此对减少空气中所含水分来说，降低进入气动设备的空气温度是十分有利的。气压传动系统中也常采用降温法来消除湿空气中的水分。当大气冷却达到某一温度时，水分达到饱和，这一温度称为露点温度。如果空气继续冷却，那么它不能保留所有的水分，过量的水分以小液滴的形式凝结出来形成冷凝水。降温法就是利用此原理除去空气中的水分的。

综上所述，气压传动系统由五部分组成，具体归纳如表 1-4 所示。

表 1-4 气压传动系统的组成

名 称		功 能
气源装置	空气压缩机	将原动机供给的机械能转换为气体的压力能，为各类气动设备提供动力
执行元件	气缸、气压马达	将气体的压力能转变为机械能，输出到工作机构上
控制元件	单向阀、换向阀、减压阀、顺序阀、溢流阀、排气节流阀等	用以控制压缩空气的压力、流量和流动方向及执行元件的工作顺序，使执行元件完成预定的运动规律
辅助元件	油雾器、消声器、转换器	使压缩空气净化、润滑、消声及用于元件间连接等所需的装置
工作介质	压缩空气	传递能量的载体

## 知识链接 2 气压传动系统的特点与应用

由于气压传动具备了许多突出的优点，因此，气压传动控制技术在电子工业、包装机械、印刷机械、食品机械等领域应用广泛。

气压传动的特点如下：

- ① 工作介质来源方便，不污染环境；
- ② 空气黏度小，能量损失小，宜于远程传输及控制；
- ③ 工作环境适应性好，可在易燃、易爆、多尘埃、强辐射、震动等恶劣工作环境下进行正常工作；
- ④ 易实现系统的自动化；
- ⑤ 元件易实现系列化、标准化和通用化，便于设计、生产；



⑥ 工作压力低（一般低于 1 MPa），不易获得较大的输出力和转矩；

⑦ 由于空气的可压缩性大，气压传动的速度稳定性差，给系统的位置和速度控制精度带来很大影响，一般采用气液联动方能获得较理想的效果。

⑧ 排气噪声大，须加消声器；

⑨ 气压传动的工作介质本身没有润滑性，需另外加油雾器进行润滑。

随着工业的发展，气动技术已发展为包含传动、控制与检测在内的自动化技术。由于工业自动化技术的发展，气动控制技术以提高系统可靠性、降低总成本为目标，研究和开发系统控制技术和机、电、液、气综合技术。气动元件当前发展的特点和研究方向主要是节能化、小型化、轻量化、位置控制的高精度化，以及与电子学相结合的综合控制技术。

气压传动在各类行业中的应用如表 1-5 所示。

表 1-5 气压传动在各类行业中的应用

行业名称	应用举例
汽车制造业	焊装生产线、夹具、机器人、输送设备、组装线、涂装线、发动机、轮胎生产装备等方面
生产自动化	机械加工生产线上零件的加工和组装，如工件的搬运、转位、定位、夹紧、进给、装卸、装配、清洗、检测等工序
机械设备	自动喷气织布机、自动清洗机、冶金机械、印刷机械、建筑机械、农业机械、制鞋机械、塑料制品生产线、人造革生产线、玻璃制品加工线等许多场合
电子半导体家电制造行业	硅片的搬运、元器件的插入与锡焊，彩电、冰箱的装配生产线
包装自动化	化肥、化工、粮食、食品、药品、生物工程等实现粉末、粒状、块状物料的自动计量包装。用于烟草工业的自动化卷烟和自动化包装等许多工序。用于对黏稠液体（如油漆、油墨、化妆品、牙膏等）和有毒气体（如煤气等）的自动计量灌装

## 知识应用训练 气动剪切机工作原理的分析

图 1-1 (a) 所示为气动剪切机的结构及工作原理图。图 1-1 (b) 所示为用图形符号绘制的气动剪切机的工作原理图。

### 一、识别元件

根据元件的图形符号说出元件的名称和作用。

### 二、分析气动剪切机的工作原理

图 1-1 所示位置为剪切前的预备状态。空气压缩机 1 产生的压缩空气经过初次净化（冷却器 2、油水分离器 3）后贮藏 in 储气罐 4，再经过气动三大件（空气过滤器 5、减压阀 6、油雾器 7）及气动换向阀 9，进入气缸 10。此时，气动换向阀 9 的 A 腔的压缩空气将阀芯推到上位，使气缸上腔充压，活塞处于下位，剪切机的剪口张开，处于预备工作状态。

当送料机构将工料 11 送入剪切机并到达规定位置时，工料将行程阀 8 的阀芯向右推动，



气动换向阀9的阀芯在弹簧的作用下移动到下位,将气缸上腔与大气连通,下腔与压缩空气连通,此时活塞带动剪刀快速向上运动将工料切下。工料被切下后,即与行程阀8脱离,行程阀的阀芯在弹簧作用下复位,将排气口封死,气动换向阀9的A腔压力上升,阀芯上移,使气路换向。气缸上腔进入压缩空气,下腔排气,活塞带动剪刀向下运动,系统又恢复到图1-1所示的预备状态,待第二次进料剪切。

### 三、归纳对气压传动的认知

剪刀克服阻力剪断工料的机械能来自于压缩空气的压力能,产生压缩空气的是空气压缩机。气路中的换向阀、行程阀用于改变气体的流动方向,从而控制气缸活塞的运动方向。剪刀所需的剪切力由减压阀控制。由此可知,空气压缩机将电机的机械能转换为气体的压力能,再通过气缸将气体的压力能转换为机械能,以实现设备对运动和动力的要求。

## 任务二 手动控制送料装置的设计与调试

图1-9为送料装置的工作示意图,工作要求为:当工件加工完成后,按下按钮,送料气缸活塞杆伸出,把未加工的工件送入加工位置;松开按钮,气缸活塞杆收回,以待把下一个未加工工件送到加工位置。本任务要求能按照上述工作情况,设计出该送料装置的气动控制系统,并在实验台上完成相关的操作与调试。

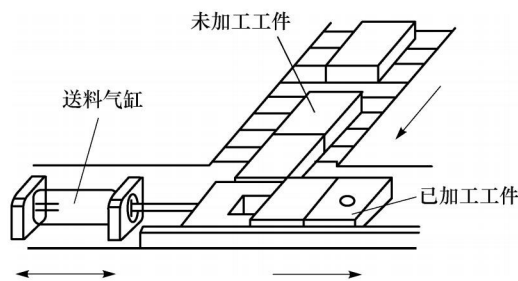


图 1-9 送料装置的工作示意图

### 一、任务分析

本任务主要要求气缸能够实现伸出、缩回两个方向的运动,这就需要使用方向控制阀对该机构实行方向控制。同时又要求采用手动操作方式来实现运动,所以方向控制阀必须是手动控制方式。而对于气缸,若没有特殊要求,可采用单作用活塞式气缸,也可采用双作用活塞式气缸。因气缸选择的不同影响了方向控制阀的选择,因而要完成送料装置的气动系统设计必须对方向控制阀的功能、工作原理、控制方式、图形符号等有一个全面的了解。通过该任务的实施,还要求学会正确选用气动元件,并搭建和调试该气动系统。

## 二、设计参考方案

### 1. 采用单作用活塞式气缸

图 1-10 是根据送料装置的工作要求设计出的气动系统控制回路图, 这种控制方法是否正确, 能否满足送料装置的工作要求, 就需要对该回路图进行分析。

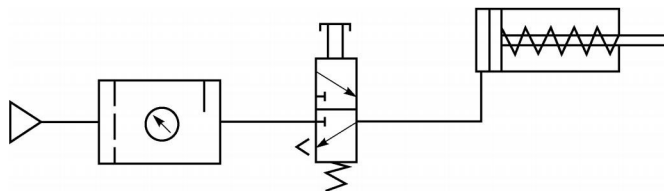


图 1-10 采用单作用活塞式气缸的送料装置

### 2. 采用双作用活塞式气缸

#### (1) 直接控制。

图 1-11 是直接控制的采用双作用活塞式气缸的送料装置的气动系统控制回路图。

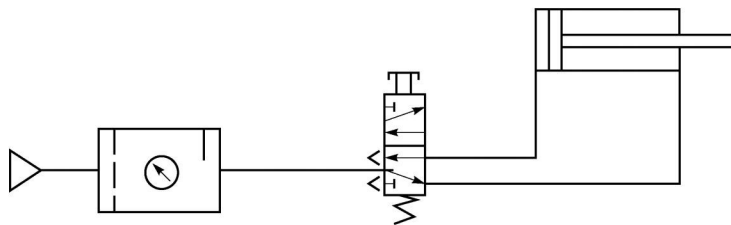


图 1-11 采用双作用活塞式气缸的送料装置



方向控制 - 双作用  
气缸换向回路 1

#### (2) 间接控制。

图 1-12 是间接控制的采用双作用活塞式气缸的送料装置的气动系统控制回路图。

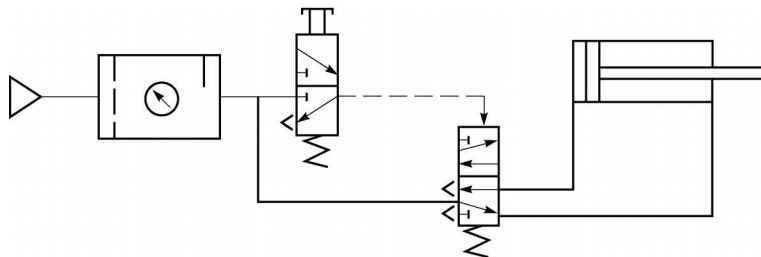


图 1-12 采用双作用活塞式气缸的送料装置



方向控制 - 双作用  
气缸换向回路 2

### 3. 注意事项

(1) 双作用活塞式气缸是使用最广泛的一种普通的气缸; 单作用气缸一般用于行程短且对输出力和运动速度要求不高的场合, 如定位和夹紧装置等。

(2) 由一个阀直接控制气缸动作的方法称为直接控制法, 一般用于驱动气缸所需的气流较小、控制阀的尺寸及所需操作力也较小的场合。用一个较小的控制元件(如图 1-12 所



示二位三通阀)作为操作控制元件,利用压缩空气克服口径大、流量大的主控元件(如图1-12所示二位五通阀)开启阻力的方法称为间接控制法,一般用于控制高速或大口径的气缸,这种方法可以用较小的操作力得到较大的开启力,易实现远程控制。

(3)在气动控制技术中,一般要求一个执行元件对应一个方向控制阀来控制其运动方向,这个方向控制阀称为主控阀。

### 三、操作步骤

(1)熟悉实验设备的使用方法,会进行气源的开关、元件的固定、管线的插接以及元件的选择。

(2)根据任务要求设计送料装置的气动控制系统。

(3)正确选择元器件,在实验台上合理布局,连接出正确的控制系统。

(4)观察运行情况,检验气缸的动作是否符合送料装置的动作要求,对使用中遇到的问题进行分析和解决。

(5)在老师检查评估后,关闭气源,拆下管线,将元件放回原来位置。

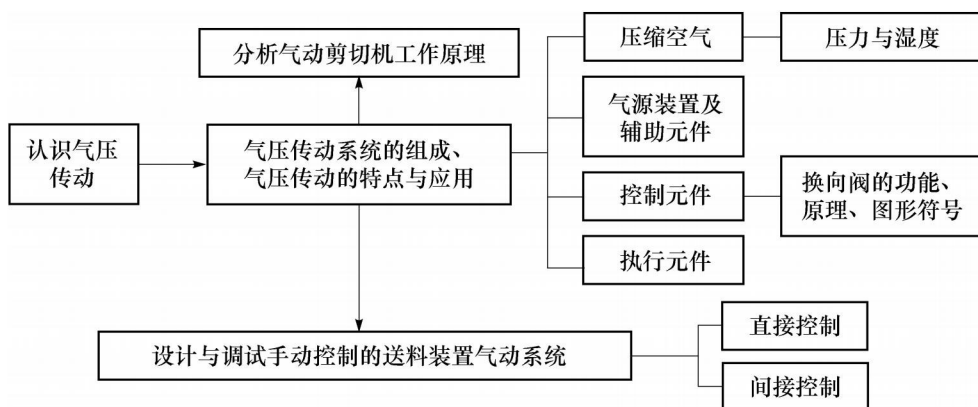
### 四、问题探究

(1)若将手动阀按钮按下一个极短暂的时间,然后立即释放,气缸会发生什么情况?

(2)若按下手动阀按钮并立即释放,要求气缸能将工件送入加工位置,送料装置的气动控制系统需要进行什么改进?

## 要点归纳

### 一、要点框架



### 二、知识要点

#### 1. 气压传动的工作原理和组成

气压传动是利用空气压缩机把电动机输出的机械能转化为空气的压力能,在控制元件的



控制下,通过执行元件把压力能转化为机械能,从而完成各种动作并对外做功。气压传动系统的组成如表 1-4 所示。

### 2. 空气的压力与湿度

压力相当于物理学中的压强,工程中常用 MPa(兆帕)和 bar(巴)为单位。空气的压力可用绝对压力、相对压力及真空度等方法来度量。

空气的干湿程度对气压传动系统的稳定性和使用寿命有直接影响,湿度有绝对湿度和相对湿度之分。气动系统中使用的空气,相对湿度越低越好。

### 3. 换向阀的工作原理与类型

换向阀是利用阀芯和阀体间相对位置的改变,来控制气体的流动方向、接通或关闭气路,从而控制执行元件的启动、停止及换向的。利用换向阀可以对单作用气缸和双作用气缸进行换向控制。换向阀的分类主要是依据控制方式和工作位置数、通口数进行,要求能熟练说出换向阀的类型和换向原理。

## 思考与练习

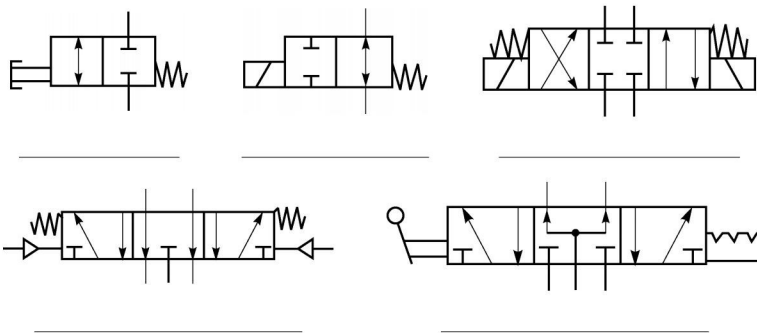
#### 一、填空题

1. 气压传动是以\_\_\_\_\_为工作介质进行\_\_\_\_\_传递的一种传动形式。
2. 湿空气的湿度有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种指标。
3. 气动执行元件是将压缩空气的\_\_\_\_\_能转化为\_\_\_\_\_能的元件,它根据输出运动形式不同可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。
4. 按压缩空气作用在活塞端面上的方向,可分\_\_\_\_\_气缸和\_\_\_\_\_气缸。

#### 二、判断题

1. 由于湿空气会促使管道元件生锈,导致系统失灵,故应减少压缩空气中的水分。( )
2. 降低空气温度可以降低空气中水蒸气的含量。( )
3. 通常压力表所指示的压力是绝对压力。( )

#### 三、写出下列图形符号的名称





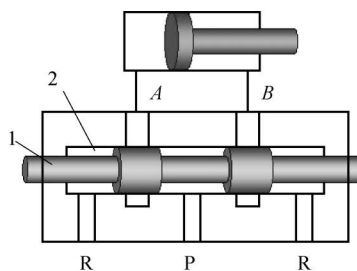
四、题图 1 为换向阀的工作原理图，试分析：

(1) 图示状态下，各通口通断关系：\_\_\_\_\_。

(2) 在单作用电磁铁操纵下阀芯 1 向左移动，各通口通断关系：\_\_\_\_\_，气缸\_\_\_\_\_。

(3) 在电磁铁断电、弹簧复位下阀芯 1 向右移动，各通口通断关系：\_\_\_\_\_，气缸\_\_\_\_\_。

(4) 试画出换向阀图形符号。



题图 1