



普通高等教育“十二五”精品规划教材

# 液压与气压传动 控制技术

YEYA YU QIYA CHUANDONG  
KONGZHI JISHU

◎主编 梅荣娣  
◎组编 葛金印



 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



普通高等教育“十二五”精品规划教材

# 液压与气压传动 控制技术

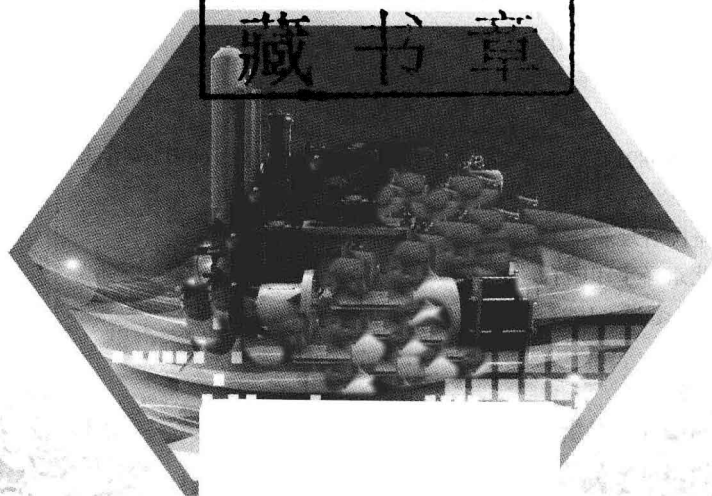
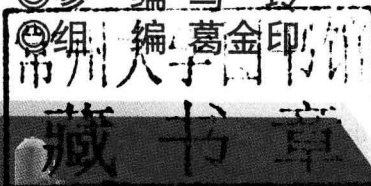
YEYA YU QIYA CHUANDONG  
KONGZHI JISHU

◎主 编 梅荣娣

◎副主编 陈大龙

◎参 编 马 玲

◎组 编 葛金印



 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

图书在版编目(CIP)数据

液压与气压传动控制技术/梅荣娣主编. —北京:北京理工大学出版社,  
2012. 8

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6150 - 0

I. ①液… II. ①梅… III. ①液压传动-高等学校-教材②气压传动-  
高等学校-教材 IV. ①TH137②TH138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 136580 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http:// www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京泽宇印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 409 千字

版 次 / 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑 / 陈莉华

印 数 / 1 ~ 2 000 册

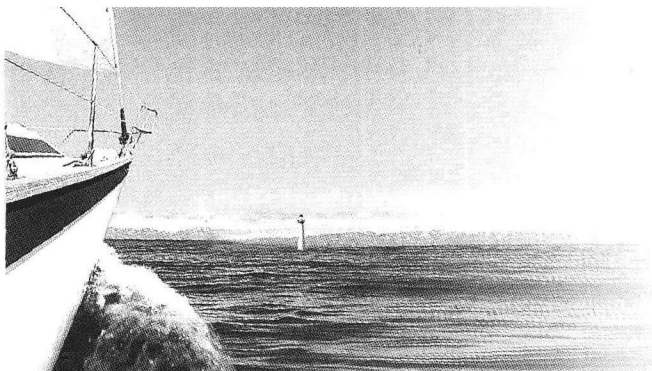
责任校对 / 周瑞红

定 价 / 46.00 元

责任印制 / 吴皓云

---

图书出现印装质量问题,本社负责调换



## 普通高等教育“十二五”精品规划教材

### 编审委员会

总顾问：马能和

顾问：金友鹏 程又鹏 王稼伟

主任：葛金印

副主任：（按姓氏笔画排序）

王 猛 朱仁盛 朱崇志 张国军

邵泽强 范次猛 赵光霞

委员：（按姓氏笔画排序）

史先焘 朱安莉 刘冉冉 许忠梅

庄金雨 李红光 李晓男 李添翼

陈大龙 陈海滨 张 平 张 萍

杨玉芳 杨 羊 杨 欢 金荣华

胡立平 胡 剑 查维康 施 琴

耿 淬 唐建成 徐小红 栾玉祥

梅荣娣 蒋金云 蒋洪平 强高培

缪朝东 翟雄翔 薛智勇

## 前 言

《液压与气压传动控制技术》是高等院校机械类专业、机电类专业及自动化专业的核心教学课程。本教材的编写以就业为导向、能力为本位的指导思想,以项目为引领,任务为驱动,以技能训练为中心,配备相关的理论知识构成项目化教学模块来优化教材内容,便于采用理论实践一体化训练法,通过“做中学、做中教、边学边做”来实施教学内容,实现理论知识与技能训练的统一。全书内容包括气压传动和液压传动技术两部分,主要论述了液压与气压传动基础知识、气源设备的使用和调节、气动基本回路的功能和应用、气动系统的分析和设计、液压元件、液压基本回路的功能和设计、液压系统的分析和故障排除等。全书共分13个项目,每个项目各由多个任务组成,每个任务都包含任务要求、相关的知识准备、技能训练,内容的呈现符合学生的认知规律。

本教材具有以下特色:

(1) 教材的相关项目采用工程应用实例,体现高校教育“管用、够用、适用”的指导思想,项目目标明确,实用性强。

(2) 以任务为驱动,每一任务的要求明确,强化学生的技能训练,突出理论与实践的一体化。

(3) 每个项目设置“学习导航”“要点归纳”“问题探究”“思考与练习”,在突出实践动手能力培养的基础上,重视知识、能力、素质的协调发展。

(4) 将电气、气动、液压技术有机地融合,为学生专业的拓展和可持续发展提供了强有力的保障。

(5) 教材所用符号采用最新的液压与气动国家标准(2009)和电气标准(2008)。

本教材由梅荣娣担任主编,陈大龙担任副主编,马玲也参与了本教材的编写工作。具体编写分工如下:梅荣娣编写项目一、二、三、四、五、六、七和部分液压项目实例,陈大龙编写项目八、九、十,马玲编写项目十一、十二、十三。全书由梅荣娣负责组稿和定稿。本教材在编写过程中,得到了学校、相关企业和有关同志特别是王猛的热情支持和帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏和错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

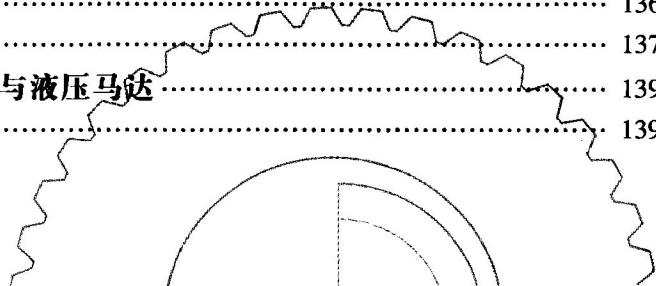


# 《《《 目 录

<b>项目一 认识气压传动</b> .....	1
<b>任务一 认识气压传动系统</b> .....	1
<b>任务二 手动控制送料装置的设计与调试</b> .....	11
<b>要点归纳</b> .....	13
<b>思考与练习</b> .....	14
<b>项目二 气源设备的调节</b> .....	15
<b>任务一 认识气压传动中的力学基础知识</b> .....	15
<b>任务二 认识空气压缩机</b> .....	19
<b>任务三 认识气源净化装置</b> .....	22
<b>任务四 气源设备的调整训练</b> .....	30
<b>要点归纳</b> .....	31
<b>思考与练习</b> .....	32
<b>项目三 夹紧气缸的设计</b> .....	33
<b>任务一 认识其他类型气缸</b> .....	33
<b>任务二 认识气压马达</b> .....	40
<b>任务三 夹紧气缸的设计</b> .....	43
<b>要点归纳</b> .....	44
<b>思考与练习</b> .....	44
<b>项目四 折边装置的设计与调试</b> .....	46
<b>任务一 认识双气控换向阀控制的换向回路</b> .....	46
<b>任务二 认识手动-自动换向回路</b> .....	49
<b>任务三 认识双压阀回路</b> .....	50
<b>任务四 认识快速排气阀应用回路</b> .....	52
<b>任务五 折边装置的设计与调试</b> .....	53
<b>要点归纳</b> .....	55
<b>思考与练习</b> .....	55
<b>项目五 双缸动作气动系统的分析</b> .....	57
<b>任务一 认识高低压转换回路及压力控制阀</b> .....	58
<b>任务二 认识流量控制阀及速度控制回路</b> .....	61
<b>任务三 认识顺序动作回路</b> .....	66
<b>任务四 认识其他基本回路</b> .....	68
<b>任务五 双缸动作气动系统的分析</b> .....	71

# 目录 >>>

要点归纳 .....	73
思考与练习 .....	74
<b>项目六 典型气动系统的分析与维护 .....</b>	<b>76</b>
任务一 认识气动回路中的符号及行程程序控制 .....	76
任务二 客车车门气动系统的分析与运行调试 .....	81
任务三 卧式加工中心气动换刀系统的分析与故障排除 .....	82
任务四 气-液动力滑台气压传动系统的分析与故障排除 .....	86
任务五 认识气动系统常见故障及其排除方法 .....	88
要点归纳 .....	90
思考与练习 .....	90
<b>项目七 电气-气动程序控制回路的设计 .....</b>	<b>92</b>
任务一 认识常用的电气元件和电气基本回路 .....	92
任务二 用直觉法(经验法)设计电气回路图 .....	95
任务三 用串级法设计电气回路图 .....	102
任务四 汽车自动开门装置的设计与调试 .....	108
要点归纳 .....	109
思考与练习 .....	110
<b>项目八 认识液压传动 .....</b>	<b>111</b>
任务一 认识液压千斤顶 .....	111
任务二 认识液压传动中的能量损失和两种现象 .....	115
任务三 液压千斤顶的使用 .....	117
要点归纳 .....	119
思考与练习 .....	119
<b>项目九 认识液压泵 .....</b>	<b>121</b>
任务一 认识液压泵工作原理和性能参数 .....	121
任务二 齿轮泵的拆装 .....	124
任务三 叶片泵的拆装 .....	128
任务四 柱塞泵的拆装 .....	132
要点归纳 .....	136
思考与练习 .....	137
<b>项目十 认识液压缸与液压马达 .....</b>	<b>139</b>
任务一 液压缸的拆装 .....	139





# 《《《 目 录

任务二 液压马达的拆装 .....	152
要点归纳 .....	155
思考与练习 .....	156
<b>项目十一 液压控制回路的类型与设计 .....</b>	<b>157</b>
任务一 认识方向控制回路及其核心元件 .....	157
任务二 认识压力控制回路及其控制阀 .....	166
任务三 认识流量控制阀及速度控制回路 .....	178
任务四 认识多缸工作控制回路 .....	188
任务五 认识电液比例控制阀和插装阀 .....	193
任务六 汽车起重机支腿收放控制回路的设计与调试 .....	200
任务七 注塑机合模控制回路的设计与调试 .....	201
要点归纳 .....	203
思考与练习 .....	204
<b>项目十二 认识液压辅助元件 .....</b>	<b>207</b>
任务 认识液压辅助元件 .....	207
要点归纳 .....	215
思考与练习 .....	215
<b>项目十三 典型液压传动系统的分析及故障排除 .....</b>	<b>217</b>
任务一 机械手液压传动系统的分析及故障排除 .....	217
任务二 组合机床动力滑台液压系统的分析及故障排除 .....	224
任务三 数控车床液压系统的分析及故障排除 .....	228
任务四 Q2-8 型汽车起重机液压系统的分析与故障排除 .....	233
任务五 SZ-250A 型注塑机液压系统的分析与故障排除 .....	237
要点归纳 .....	243
思考与练习 .....	244
<b>附录 .....</b>	<b>246</b>
气动图形符号 (2009) .....	246
液压图形符号 (2009) .....	258
<b>参考文献 .....</b>	<b>274</b>



# 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,它广泛应用于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。

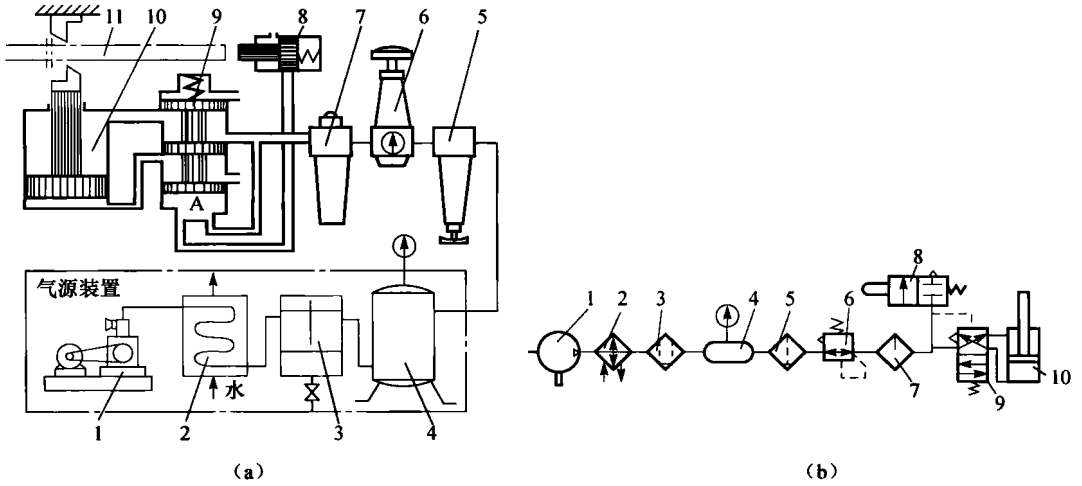


图 1-1 气动剪切机的结构及工作原理图

(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

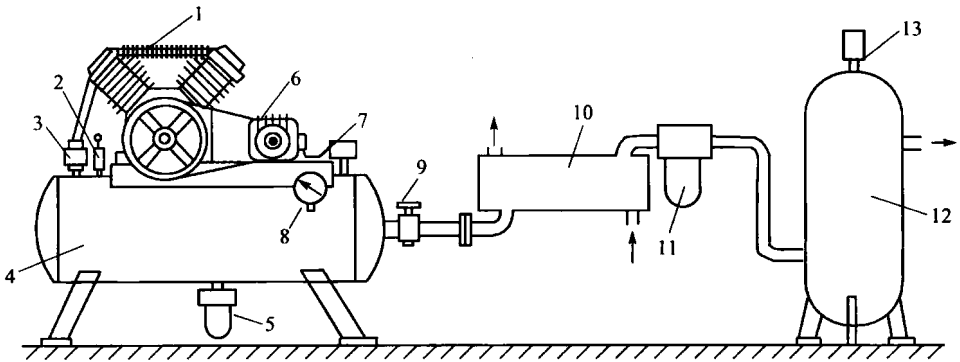


图 1-2 典型的气源装置

- 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

## 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。

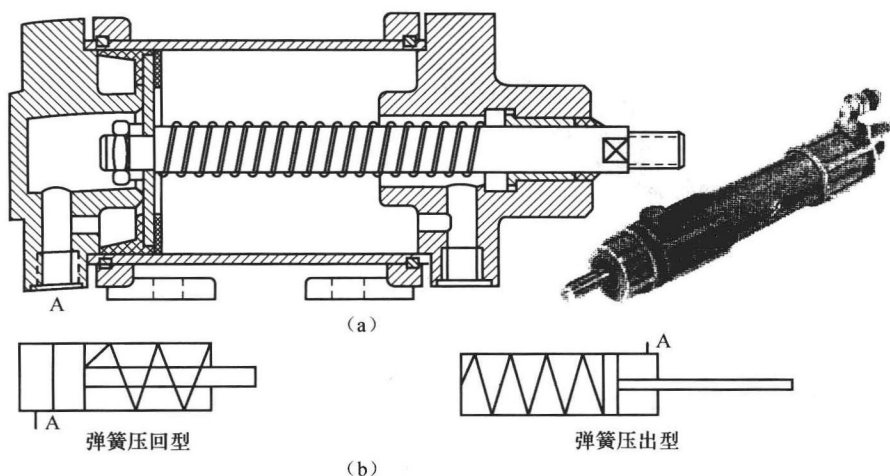


图 1-3 单作用活塞式气缸的结构示意图与图形符号  
(a) 结构示意图; (b) 图形符号

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。

双作用活塞式气缸工作时,活塞杆上的输出力用下式计算。

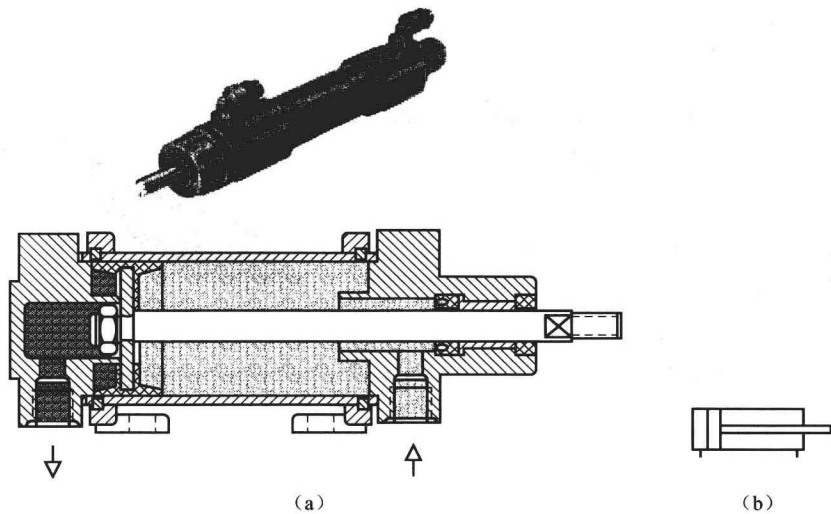


图 1-4 双作用活塞式气缸的结构示意图与图形符号  
(a) 结构示意图; (b) 图形符号

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

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

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  $v \leq 0.2 \text{ m/s}$  时,  
 $\eta$  取大值;当  $v > 0.2 \text{ m/s}$  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。

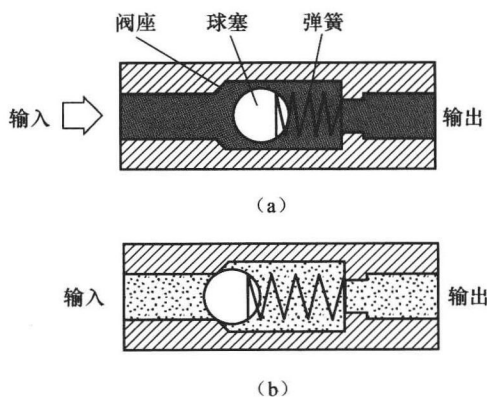


图 1-5 单向阀的工作原理图  
(a) 流通时;(b) 逆流被阻挡



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变化,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。

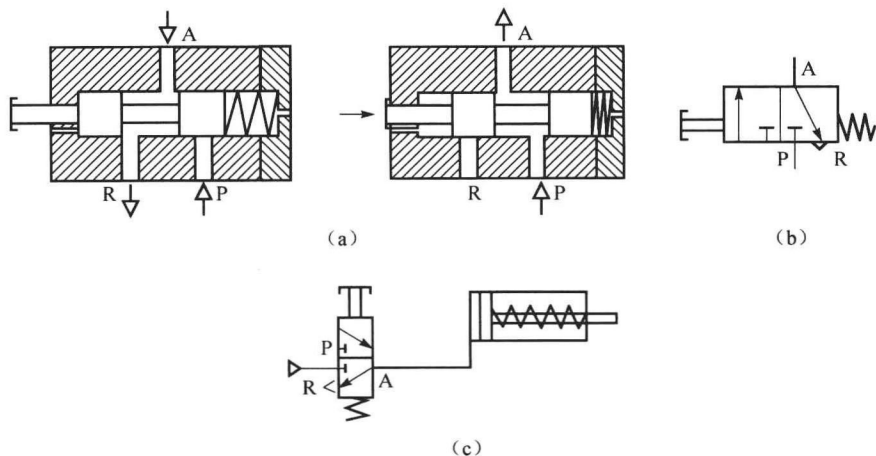


图 1-7 二位三通手动换向阀  
(a) 工作原理图;(b) 图形符号;(c) 应用

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)。

(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。

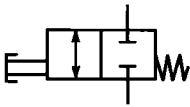
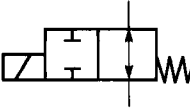
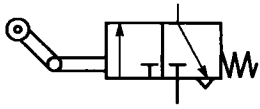
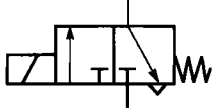
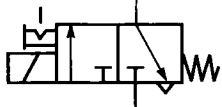
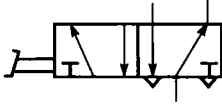
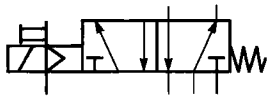
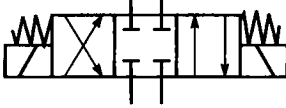
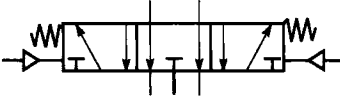
换向阀的分类主要是依据控制方式和工作位置数、通口数进行。换向阀的控制方式如表 1-2 所示。

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(N/m<sup>2</sup>或 Pa)。

工程中也常用 kPa(千帕)、MPa(兆帕)、kg·f/cm<sup>2</sup>、bar(巴)作为计量单位。1 kg·f/cm<sup>2</sup> 称为一个工程大气压。1 MPa = 1 × 10<sup>3</sup> kPa = 10 bar = 10.2 kg·f/cm<sup>2</sup>。

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。

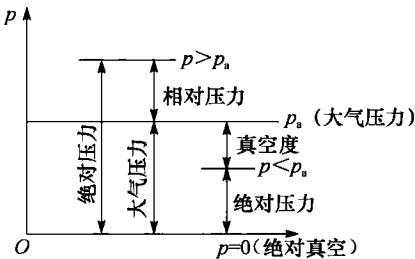


图 1-8 绝对压力、相对压力和真空度的相互关系

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。

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。