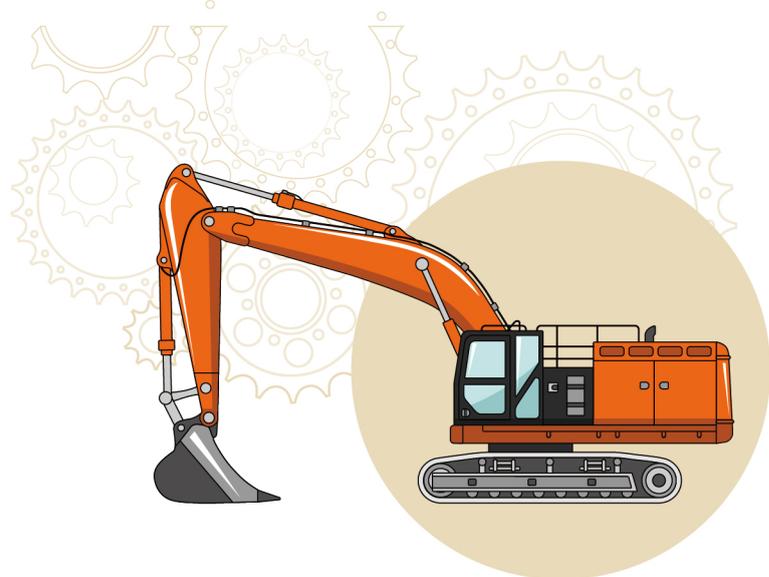


免费提供

*** 精品教学资料包

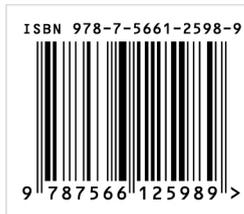
服务热线: 400-615-1233
www.huatengzy.com



气动与液压技术

QIDONG YU YEYA JISHU

选题策划: 刘子嘉
责任编辑: 苏莉
封面设计: 黄燕美



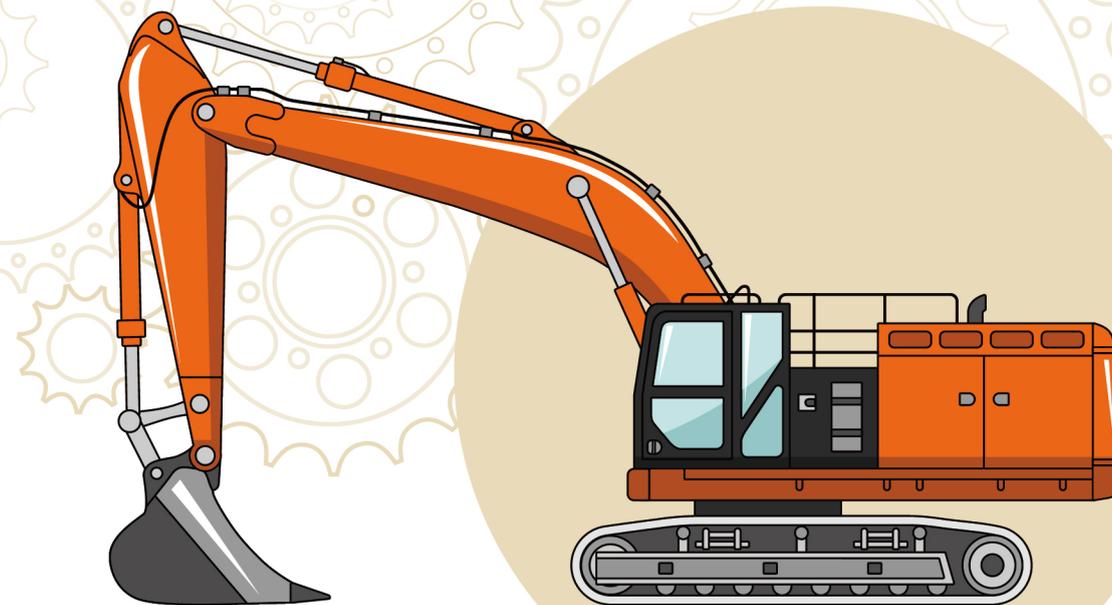
定价: 35.00元

中等职业教育装备制造大类精品教材
大类基础通用课程教学用书

气动与液压技术

主编 王凤高峰

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

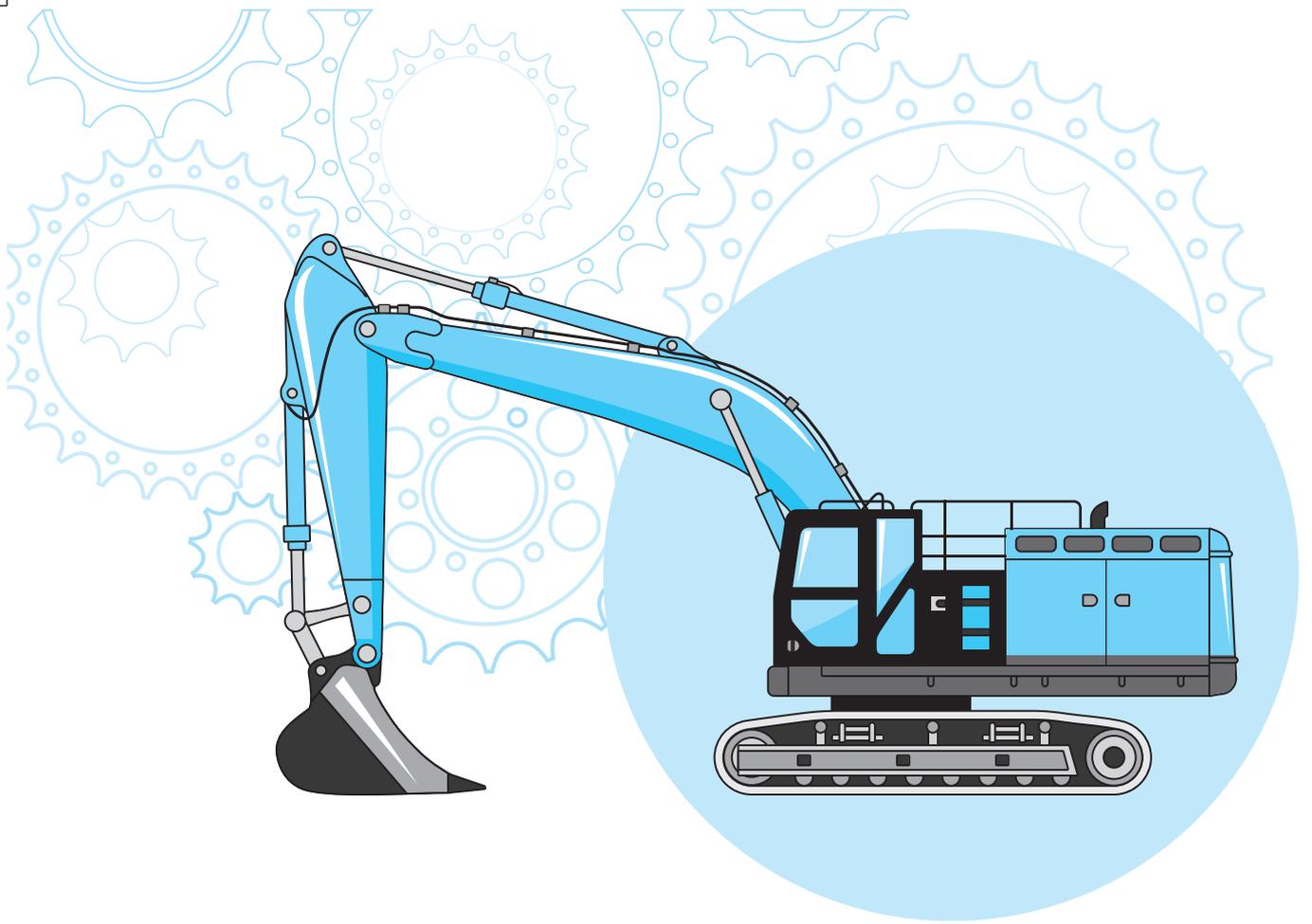


中等职业教育装备制造大类精品教材
大类基础通用课程教学用书

气动与液压技术

主编 王凤高峰

哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press



中等职业教育装备制造大类精品教材
大类基础通用课程教学用书

气动与液压技术

主 编 王 凤 高 峰
副主编 竺玉燕 初 阳 汤晓青



哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

内 容 简 介

本书主要介绍了气动与液压技术的相关知识,包括气源装置的应用、气动执行元件的应用、气动控制元件的应用与回路设计、气动系统分析与维护、液压传动系统输出力的确定、液压动力元件与执行元件的认识、液压控制元件的应用与基本回路设计,以及液压传动系统的分析与维护。

本书可作为中等职业学校装备制造大类各专业学生的教材,也可供相关行业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

气动与液压技术 / 王凤, 高峰主编. — 哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2022. 6(2024. 1 重印)
ISBN 978-7-5661-2598-9

I. ①气… II. ①王… ②高… III. ①气压传动 ②液
压传动 IV. ①TH138 ②TH137

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 100970 号

气动与液压技术

QIDONG YU YEYA JISHU

选题策划 刘子嘉
责任编辑 苏 莉
封面设计 黄燕美

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区南通大街 145 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 三河市骏杰印刷有限公司
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 12.25
字 数 253 千字
版 次 2022 年 6 月第 1 版
印 次 2024 年 1 月第 3 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5661-2598-9
定 价 35.00 元

<http://www.hrbeupress.com>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn



新形势下中等职业教育的目的是培养现代制造业、现代服务业紧缺的高素质、高技能的专业技术人才，因此课程内容应满足企业相关岗位的需求，强调理论与实际相结合，学生除了学习相关的专业知识外，还要掌握一定的专业技能。本书侧重培养学生的基本技能，使其能够完整地了解气动与液压技术，通过一些典型案例的分析，强化学生知识应用综合技能和创新能力的培养，以更好地满足企业的用人需求。

本书从生产应用角度出发，力求内容少而精、理论联系实际，以学生为本，条理清晰，图片丰富，便于学生理解。本书主要有以下特点。

(1) 在具体介绍气动与液压元件时，侧重基本原理而不过多涉及具体结构，以示意图为主，通俗易懂。

(2) 对气动与液压传动，既考虑两个课题的独立性和完整性，又考虑两者的共同点，避免不必要的重复，力求使学生学完本书后，能真正掌握气动、液压传动的主要内容。

(3) 本书所用实例均取材于生产实际。

(4) 本书合理安排理论知识，注重技能的培养，采用项目教学法，体现“教、学、做”合一的职业教育特色。

编者在编写过程中，参考了大量的相关优质教材、行业手册和企业的设备说明书，追求基础性、系统性、先进性和实用性的统一。本书内容完整，循序渐进，每个项目后面设置了习题，可使学生进一步巩固知识点。为方便教学，本书配有教学课件、电子教案、课后习题参考答案、期中 / 期末测试卷和拓展动画等

资源。

本书由杭州市临安区技工学校王凤、中国一重技师学院高峰担任主编，杭州市临安区技工学校竺玉燕、中国一重技师学院初阳、杭州市临安区技工学校汤晓青担任副主编，杭州市临安区技工学校杨戴参与编写。具体编写分工如下：项目一、项目二由王凤编写，项目三、项目四、项目五由高峰编写，项目六、项目七由初阳编写，项目八由竺玉燕、汤晓青编写。杨戴负责资源和图片整理。全书由竺玉燕负责统稿。

由于编者经验和学识有限，书中难免存在一些不足之处，敬请广大读者批评指正。

编 者



目录 Contents

项目一	气源装置的应用	001
	任务一 认识气压传动	001
	任务二 气源装置的组建	010
项目二	气动执行元件的应用	023
	任务一 认识气动执行元件	023
	任务二 气动执行元件的选用	033
项目三	气动控制元件的应用与回路设计	040
	任务一 气动控制元件的选用	040
	任务二 气动控制回路的设计	059
项目四	气动系统分析与维护	073
	任务 数控加工中心气动换刀系统分析与维护	073
项目五	液压传动系统输出力的确定	083
	任务一 认识液压传动系统	083
	任务二 了解液压传动与传动介质	087
项目六	液压动力元件与执行元件的认识	099
	任务一 认识液压动力元件	099
	任务二 认识液压执行元件	110



项目七 液压控制元件的应用与基本回路设计 122

- 任务一 认识液压控制元件 122
- 任务二 方向控制回路的设计 141
- 任务三 压力控制回路的设计 144
- 任务四 速度控制回路的设计 151
- 任务五 多缸运动控制回路的设计 159

项目八 液压传动系统的分析与维护 171

- 任务 组合机床动力滑台液压系统分析 171

附录 常用流体传动系统与元件图形符号 181

参考文献 190

项目一

气源装置的应用

【学习目标】

1. 了解气压传动的应用与发展。
2. 掌握气压传动系统的基本组成。
3. 掌握空气压缩机的工作原理。
4. 理解气源装置的系统构成以及工作原理和特点。
5. 掌握各气动辅助元件的作用。

任务一 认识气压传动

任务引入

一般来讲，机器是由原动机、传动装置和工作机构三部分组成的。其中传动装置最常见的类型有机械传动、电气传动、电子传动和流体传动。流体传动是以受压的流体作为工作介质对能量进行转换、传递、控制和分配的，它可以分为气压传动、液压传动和液力传动。

气压传动的工作原理是利用空气压缩机把电动机或其他原动机输出的机械能转换为空气的压力能，然后在控制元件的作用下，通过执行元件把压力能转换为直线运动或者回转运动形式的机械能，从而完成各种动作，并对外做功。

近年来随着气动技术的飞速发展，气压传动在工业中得到了越来越广泛的应用，已成为当今工业科技的重要组成部分。

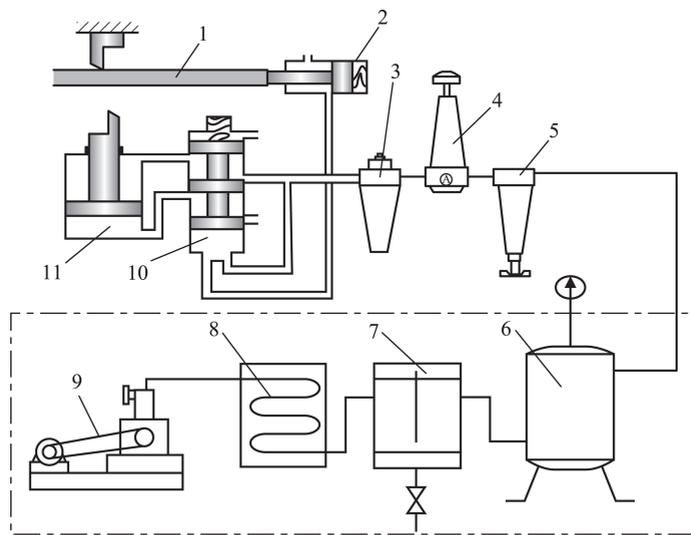
本任务以工厂里常用的气动剪切机为例进行阐述，使读者对气压传动有初步的认识和理解。

任务分析

根据国家标准《流体传动系统及元件 图形符号和回路图 第1部分：图形符号》(GB/T 786.1—2021)，把常用气压控制元件图形符号摘录于本教材附录中。

下面以气动剪切机为例，介绍气动系统是如何进行能量与信号的传递、实现自动控制的。图1-1-1所示为气动剪切机的气压传动系统，图示位置为剪切前的情况。

工作过程：空气压缩机9产生的压缩空气—后冷却器8—油水分离器7、储气罐6—空气过滤器5—减压阀4—油雾器3—气控换向阀10，部分气体经节流通路进入气控换向阀10的下腔，使上腔弹簧压缩，气控换向阀10阀芯位于上端；大部分压缩空气经气控换向阀10后进入气缸11的上腔，而气缸的下腔经气控换向阀与大气相通，故气缸活塞处于最下端位置。当上料装置把工料1送入剪切机并到达规定位置时，工料压下行程阀2，此时气控换向阀10阀芯下腔压缩空气经行程阀2排入大气，在弹簧的推动下，气控换向阀10阀芯向下运动至下端；压缩空气则经气控换向阀10后进入气缸的下腔，上腔经气控换向阀10与大气相通，气缸活塞向上运动，带动剪刀上行剪断工料。工料剪下后，即与行程阀2脱离。行程阀2阀芯在弹簧的作用下复位、出路堵死。气控换向阀10阀芯上移，气缸活塞向下运动，恢复到剪断前的状态。



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

图 1-1-1 气动剪切机的气压传动系统



知识链接

一、气动技术的应用与发展

1. 气动技术的应用范围

1776年,气动技术的应用真正开始。这时,约翰·威尔金森(John Wilkinson)发明了能产生一个大气压左右的空气压缩机。

1880年,人们第一次利用气缸做成气动制动装置,将它成功应用到火车的制动上。

20世纪30年代初,气动技术成功地应用于自动门的开闭及各种机械的辅助动作上。

20世纪70年代初,随着工业机械化和自动化的发展,气动技术广泛应用于生产自动化的各个领域,形成现代气动技术。

近几十年,我国气动技术得到了快速的发展,它不仅用于做功,而且发展到用于检测 and 数据处理,广泛应用于机械、电子、轻工、纺织、食品、医药、包装、冶金、石化、航空、交通运输等各个领域。图1-1-2所示为气动技术在各方面的应用。

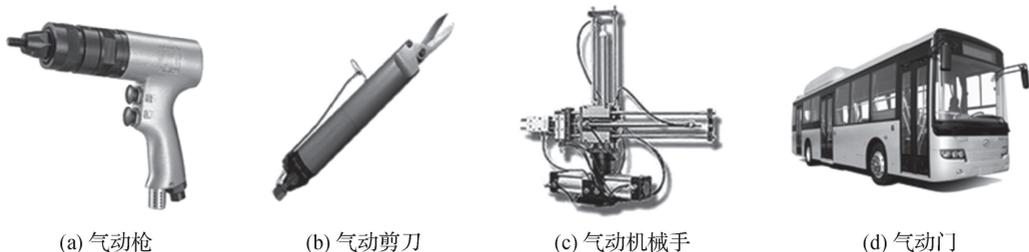


图 1-1-2 气动技术在各方面的应用

近年来,随着气动技术的飞速发展,气压传动在工业中得到了越来越广泛的应用,已成为当今工业科技的重要组成部分。

2. 气动技术的发展趋势

(1) 高质量:采用新材料和新工艺制造的电磁阀的寿命可达3 000万次以上,气缸的寿命可达5 000 km。

(2) 高精度:定位精度达0.1 mm,过滤精度可达0.01 μm。

(3) 高速度:小型电磁阀的换向频率可达数十赫兹,气缸最大速度可达3 m/s。

(4) 低功耗:电磁阀的功耗可降至0.1 W。

(5) 小型化:元件制成超薄、超短、超小型。

(6) 轻量化: 元件采用铝合金及塑料等新型材料制造, 强度不变, 质量大幅度减小。

(7) 集成化: 减少配线、配管和元件, 节省空间, 简化拆装, 提高工作效率。

二、气动系统的组成

根据气动元件和装置的不同功能, 一个完整的气压传动系统可以分为以下四个组成部分, 如图 1-1-3 所示。

(1) 气源装置。气源装置是获取压缩空气的设备, 如空气压缩机和储气罐等。

(2) 执行元件。执行元件驱动工作机构做直线运动或旋转运动, 主要为气缸和气动马达。

(3) 控制元件。控制元件控制和调节压缩空气的压力、流量和流动方向, 以保证系统各执行机构具有一定的输出动力和速度, 包括压力阀、流量阀、方向阀、真空压力开关等。

(4) 辅助元件。辅助元件用于清除压缩空气中的水分、灰尘和油污, 解决元件内部润滑、排气噪声、信号转换与显示等问题, 如油水分离器、油雾器、消声器、压力开关、管接头及连接管、气动显示器、气动传感器等。

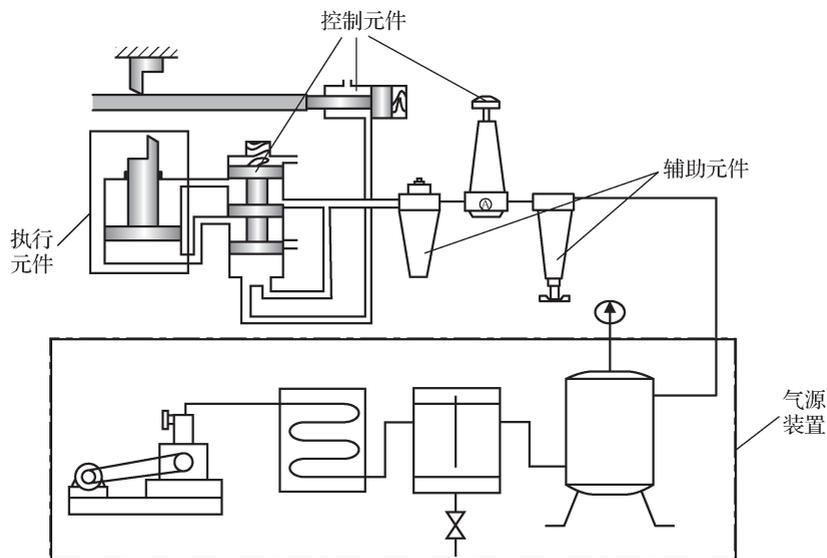


图 1-1-3 气压传动系统的组成

三、气压传动的特点

1. 气压传动的优点

(1) 工作介质是空气, 用后直接排入大气, 不会污染环境, 成本低。

(2) 气动元件结构简单, 制造容易, 价格便宜。



- (3) 系统反应快速，动作迅速，维护简单，管路不易堵塞。
- (4) 环境适应性好，具有防火、防爆、耐潮湿的性能，能适应各种条件恶劣的场合。
- (5) 空气黏度小，在管路中流动时压力损失小，有利于集中供气和远距离输送。
- (6) 空气具有可压缩性，使气动系统能够实现过载自动保护，也便于储气罐储存能量。
- (7) 系统可实现无级调速。

2. 气压传动的主要缺点

- (1) 空气具有压缩性，因此气缸的动作速度易受负载的影响，平稳性不好。
- (2) 工作压力低，不易获得很大的输出力。
- (3) 系统在工作时存在较大的排气噪声，必须通过消声器来降低。
- (4) 气压信号传递速度比光电信号慢，不适用于对信号传递速度要求高的场合。
- (5) 系统不容易实现精确的位置和速度控制。

知识延伸

压缩空气是气压传动的主要工作介质，有必要对其特性加以了解。

一、空气的特性

空气来源于大气，其成分、性能、主要参数等直接影响气动系统的工作情况。

1. 空气的成分

空气是由多种气体混合而成的，主要成分是氮气和氧气，其次是氩气和少量的二氧化碳及其他气体，此外还含有一定量的水蒸气及尘土等细小固体。空气中氮气所占比例最大，其化学性质不活跃，具有稳定性，不会自燃，因此以压缩空气作为工作介质可以用在易燃、易爆的场所。

2. 空气的湿度

空气中含有水分的多少对气动系统的稳定性有直接的影响，因此气动元件对空气含水量有明确的规定，并且要采取一些措施防止水分的带入。

空气中水蒸气的含量通常以湿度来表示，表示方法有绝对湿度和相对湿度。

1) 绝对湿度

绝对湿度：在标准状态下，单位体积的湿空气中所含水蒸气的质量。

空气中水蒸气的含量是有极限的。在一定温度和压力下，空气中水蒸气含量达到最大可能时，称为饱和湿空气。将饱和湿空气所处的状态称为饱和状态，又衍生出饱和绝对湿度的概念。

饱和绝对湿度：在一定温度下，单位体积饱和湿空气所含水蒸气的质量。压力小于 2 MPa 的饱和湿空气中水蒸气的密度与压力大小无关，只取决于温度。

2) 相对湿度

相对湿度：在某温度和压力下，湿空气的绝对湿度与饱和绝对湿度之比。

湿空气饱和时，饱和空气吸收水蒸气的能力为零，此时的温度为露点温度，简称露点。温度降至露点温度以下，湿空气中便会有水滴析出。

气动技术规定，工作介质的相对湿度不得大于 90%，并且相对湿度越低越好。

3. 空气的状态参数

1) 密度

单位容积内所含气体的质量称为空气的密度，用 ρ 表示，单位为 kg/m^3 。

2) 压力

空气的压力是气体分子热运动导致相互碰撞，从而在容器的单位面积上产生的力的统计平均值，用 p 表示。压力的国际单位是帕斯卡，用 Pa 表示。

压力的表示方式有绝对压力、表压力和真空度。绝对压力是以绝对真空作为计算压力起点的压力；表压力是指压力表测出的压力，即高出当地大气压力的压力；真空度是指低于当地大气压力的压力。

绝对压力、表压力、真空度的关系如图 1-1-4 所示。

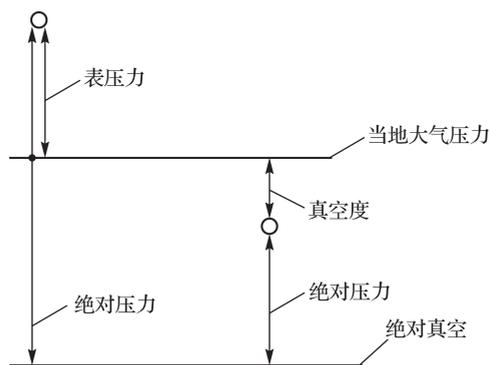


图 1-1-4 绝对压力、表压力、真空度的关系

由图 1-1-4 可知：

$$\text{表压力} = \text{绝对压力} - \text{当地大气压力}$$

$$\text{真空度} = \text{当地大气压力} - \text{绝对压力}$$



在工程计算中，常将当地大气压力用标准大气压力代替。

3) 气体的压缩性

一定质量的静止气体在压力变化时，其体积随之改变的性质称为气体的压缩性。

气体的压缩性远远大于液体的压缩性。压力为 0.2 MPa 的气体，当温度不变而压力增加 0.1 MPa 时，空气的体积减小 1/2，相同条件下液压油的体积只变化 1/20 000。因此，气体比液体容易压缩，有利于储存，但是不利于执行元件的平稳运动和低速运动。

4) 黏性

流体具有的抗拒流动的性质称为流体的黏性。

气体的黏性是导致气体在流动时产生能量损失的直接原因，但气体的黏性比液体小得多，因此气动系统能够进行更远距离的传动。

二、气体流动的规律

1. 气体的流速

气体在系统中有时是以声速甚至超声速流过元件的，故而有时把声速作为计算气体流速的基准。通常用符号 a 表示声速。在 0 °C 时，空气中的声速 $a=311$ m/s。随着空气温度上升，声速也增大。压缩空气以声速流动的过程可以看作与外部没有热量交换的流动过程。

将气流速度与声速之比称为马赫数，用符号 Ma 表示，即

$$Ma=u/a$$

式中， u 为气流的平均速度。

当 $u < a$ 时， $Ma < 1$ ，为亚声速流动；当 $u > a$ 时， $Ma > 1$ ，为超声速流动；当 $u = a$ 时， $Ma = 1$ ，为临界状态。

由于气体的可压缩性，当压缩气体流经变截面管道时，压力会发生变化，并导致气流速度发生变化，如图 1-1-5 所示。

(1) 当气流速度低于声速 ($Ma < 1$) 时，即气流以亚声速流动时，若沿气流方向管道截面面积逐渐增加，则气流速度逐渐减小而压力逐渐增大。

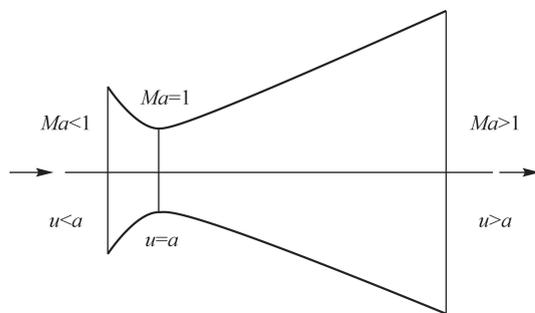


图 1-1-5 缩放管原理图

(2) 当气流速度高于声速 ($Ma>1$) 时, 即气流以超声速流动时, 若沿气流方向管道截面面积逐渐增加, 则气流速度也增加。反之, 若管道截面面积逐渐减小, 则气流速度也减小。

(3) 气流速度等于声速 ($Ma=1$) 的情况常发生在缩放管的最小截面上, 是一种临界状态。

要使气流达到超声速流动, 管道的截面形状必须先收缩后扩张。先收缩是为了使低于声速的气流加速, 当气流速度达到声速后, 管道截面逐渐扩张, 使气流进一步加速得到超声速流动。

2. 气体在管道中流动时的压力损失

由于气体的可压缩性、黏性, 加上管道内壁的表面粗糙度以及管道截面形状等因素的影响, 一定的压力能损失掉了。系统的总压力损失包括沿程压力损失和局部压力损失。

1) 沿程压力损失

沿程压力损失指气体在等径直管中流动时由于摩擦阻力的作用而产生的压力损失。气体的流速、黏性越大, 管路的长度越长, 沿程压力损失越大; 管路内径越大, 沿程压力损失越小。

2) 局部压力损失

局部压力损失指气体流经管道的弯头、接头、突变截面以及阀口时, 气流的方向和大小发生剧烈变化, 产生撞击、旋涡等现象, 从而造成的能量损失。

3. 气阻与气容

1) 气阻

气流通过管道及各种元件时都会受到阻碍作用, 产生压降。工程上用气流通过某元件时的压力差与流量之比来表示该元件的气阻, 用符号 R 表示, 即

$$R=\Delta p/Q_v$$

式中, R 为气阻 (Ns/m^5); Δp 为气阻前后的压力差 (Pa); Q_v 为通过的气体体积流量 (m^3/s)。

2) 气容

气动系统中储存或放出气体的空间为气容。管道、气缸、气罐等都是气容。气容在气动系统的设计、安装、调试及维修中起着重要的作用。如为了提高气压信号的传输速度, 提高系统的工作频率和运行的可靠性, 应限制管道气容, 消除气缸等执行元件气容对控制系统的影响; 为了达到延时、缓冲等目的, 应在一定



的部位设置适当的气容。尤其在调试及维修中，不适当的气容往往会造成系统工作不正常。

4. 气体的高速流动及噪声

气动系统中气缸、气阀的高速排气会使气体高速流动，排气口处的气体急剧膨胀，会产生刺耳的噪声。噪声的强弱与排气速度、排气量和排气通道的形状有关。排气的速度和功率越大，噪声也就越大。

任务实施

工作任务单

姓名	班级	组别	日期		
任务名称	认识气压传动				
工作任务	了解机电设备气动系统的组成				
任务描述	在教师的指导下，在实训室或生产车间对机电设备的气动系统进行观察，找出气动系统的各个组成部分				
任务要求	1. 了解实训室或生产车间安全知识； 2. 掌握危险化学品物品的安全使用与存放； 3. 认识气动元件实物并记录其型号； 4. 对气动元件进行归类				
提交成果	1. 气动元件、执行元件、控制元件和辅助元件的型号清单； 2. 气压传动工作介质清单				
考核评价	序号	考核内容	配分	评分标准	得分
	1	安全意识	20	遵守规章、制度	
	2	工具的正确使用	10	正确使用实验工具	
	3	危险因素清单	10	危险因素查找全面、准确	
	4	气动元件清单	50	气动元件无遗漏、归类准确	
	5	团队协作	10	与他人合作有效	
指导教师				总分	

任务二 气源装置的组建

任务引入

通过冬日里玻璃窗上的水珠和使用后脏污的空调滤网，我们清楚地知道空气中存在水蒸气和灰尘，而未经处理的压缩空气会导致气动元件生锈或卡阻，致使机械动作失灵。那么，如何准备干净的气源作为动力源提供给气动系统呢？

气源装置是用于产生、处理和储存压缩空气的设备，给气动系统提供清洁、干燥且具有一定压力和流量的压缩空气，其主体部分是空气压缩机。但经空气压缩机输出的空气常含有灰尘、水蒸气及油分等各种杂质成分，不能直接为设备所用，因此气源装置中还应包括净化装置。气动辅助元件具有提高系统元件连接可靠性、延长使用寿命以及改善工作环境等功能。

本任务主要讲解气源装置各组成部分的作用和原理，通过对相关知识的介绍，使读者具备组建气源装置的能力。

任务分析

图 1-2-1 所示为气源装置的组成。通过电动机驱动的空气压缩机，将大气压力状态下的空气压缩到较高的压力状态，输送到气动系统。压力开关根据压力的大小来控制电动机的启动和停止。当小气罐内压力上升到调定的最高压力时，压力开关发出信号让电动机停止工作；当小气罐内压力降至调定的最低压力时，压力开关又发出信号让电动机重新工作。当小气罐内压力超过允许限度时，安全阀自动打开向外排气，以保证空气压缩机的安全。当大气罐内压力超过允许限度时，安全阀自动打开向外排气，以保证大气罐的安全。单向阀在空气压缩机不工作时，用于阻止压缩空气反向流动。后冷却器通过降低压缩空气的温度，将水蒸气及油污雾冷凝成液态水滴和油滴。油水分离器用于进一步将压缩空气中的水、油等污染物分离出来。在后冷却器、油水分离器、空气压缩机和气罐等的最低处，都需设手动或自动排水器，以便于排除各处冷凝的液态油、水等污染物。

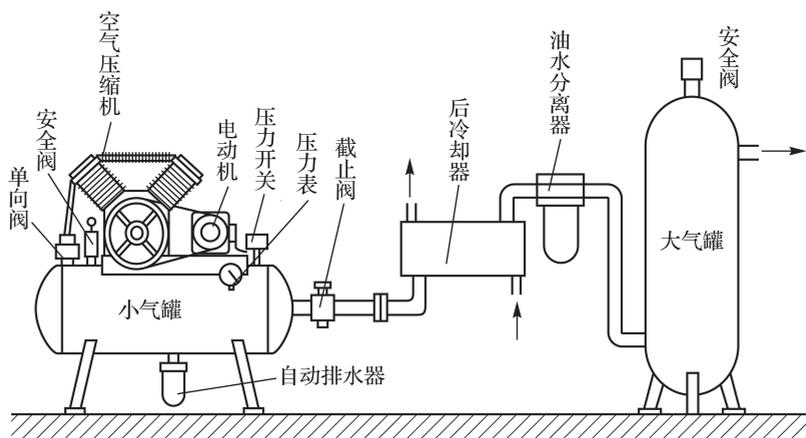


图 1-2-1 气源装置的组成

知识链接

一、空气压缩机

1. 空气压缩机的作用

空气压缩机简称空压机，是气源装置的核心，是气动系统的动力源，是将原动机的机械能转换为气体压力能的装置，为气动设备提供符合要求的压缩空气。

2. 空气压缩机的类型

空气压缩机的种类很多，按照工作原理主要可分为容积型和速度型两类。

容积型空压机依靠变化的工作容积来压缩空气；速度型空压机利用高速气流突然受阻而停滞，将动能转换为压力能来工作。容积型空压机分为活塞式、叶片式和膜片式等；速度型空压机分为离心式和轴流式等。图 1-2-2 所示为实验室中常用的空压机，其属于活塞式空压机。



(a)

静音空气压缩机 SILENCE AIR COMPRESSOR			
型号	FB-0.046/7	转速	2800r/min
外形尺寸	47x20x54cm		
公称容积流量	0.046m ³ /min	匹配功率	0.475 kw
出厂编号			
额定排气压力	0.7 MPa	整机重量	25 kg
出厂日期	200 年 月		

(b)

图 1-2-2 空压机及对应铭牌

3. 空气压缩机的工作原理

应用最广泛的是活塞式空压机，其通过曲柄连杆机构使活塞往复运动而实现吸气、压气，并达到提高气体压力的目的。

活塞式空压机分为单级式和多级式。单级活塞式空压机常用于 0.3 ~ 0.7 MPa 压力的气动系统，其工作原理如图 1-2-3 (a) 所示，其图形符号如图 1-2-3 (b) 所示。活塞向右运动时，左腔容积增加，压力下降，而当压力低于大气压 (P_a) 时，吸气阀被打开，气体进入气缸内，此为吸气过程。当活塞向左运动时，吸气阀关闭，缸内气体被压缩，压力升高，此过程即为压缩过程。当缸内气体压力高于排气管道内的压力时，顶开排气阀，压缩空气被排入排气管内，此过程为排气过程。至此，完成一个工作循环。电动机带动曲柄做回转运动，通过连杆、滑块、活塞杆，推动活塞做往复运动，空气压缩机就连续输出高压气体。

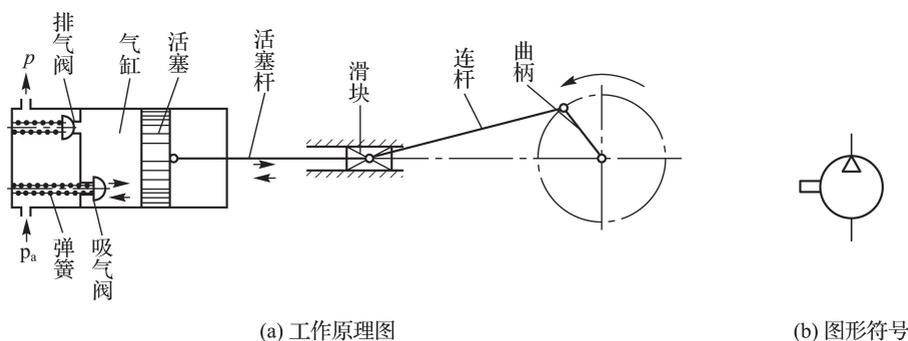


图 1-2-3 单级活塞式空压机

当单级活塞式空压机的供气压力超过 0.6 MPa 时，产生的大量热量将大大降低空压机的效率，因此常采用二级活塞式空压机，如图 1-2-4 所示。若最终压力为 0.7 MPa，通常第一级活塞将空气压缩到 0.3 MPa，第二级活塞将空气压缩到 0.7 MPa。为了提高工作效率，空压机设置了中间冷却器，用来降低第二级活塞的进口空气温度。

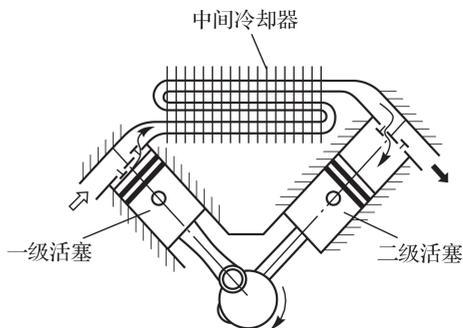


图 1-2-4 二级活塞式空压机

4. 空气压缩机的使用注意事项

空压机使用时应注意以下几个方面：

- (1) 必须使用厂家指定的不易氧化和不易变质的空压机油，并定期更换。
- (2) 空压机必须安装在周围空气清洁、粉尘少、湿度小的地方，根据实际情况，采用隔音箱或隔音室降低噪声，以符合现场环境的噪声要求。
- (3) 空压机启动前，应检查润滑油位是否正常，用手拉动传动带使活塞往复运动 1 ~ 2 次；启动前和停车后，应将小气罐中的冷凝水排除；定期检查过滤器的堵塞情况并及时处理。



二、气源净化装置

常用的气源净化装置有后冷却器、油水分离器、储气罐、干燥器、空气过滤器等。

1. 后冷却器

1) 后冷却器的作用

后冷却器安装在空压机出口管道上，对空压机产生的压缩空气进行冷却降温处理。空压机的排气温度通常为 $70 \sim 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，且含有大量的水蒸气和油雾，经过后冷却器，可以使压缩空气的温度降至 $40 \sim 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，使其中的大部分水分和油雾冷凝析出，以便去除，避免对气动元件造成不良影响。

2) 后冷却器的类型和工作原理

后冷却器的结构形式有蛇形管式、列管式、散热片式、管套式。按冷却方式不同，后冷却器又可分为风冷式和水冷式两种。

水冷式后冷却器的散热面积大，热交换均匀，分水效率高，常用于中型和大型空压机，适用于进口压缩空气温度低于 $200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 、空气处理量大、湿度大、粉尘多的场合。蛇形水冷式后冷却器工作原理图如图 1-2-5 (a) 所示，图形符号如图 1-2-5 (b) 所示。热空气在蛇形管内流动，冷却水在管外的水套中流动，冷却水与热空气反方向流动，可以提高冷却效率。降温后的压缩空气温度一般比冷却水的温度高 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

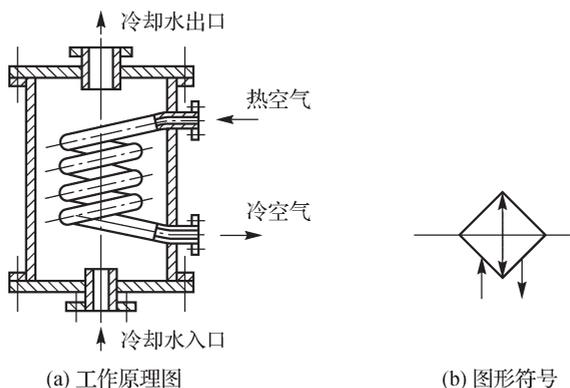


图 1-2-5 蛇形水冷式后冷却器

3) 后冷却器的使用注意事项

后冷却器使用时应注意以下几个方面：

- (1) 应安装在容易维修和保养的位置，离墙体或其他设备至少 $5 \sim 20 \text{ cm}$ 。
- (2) 应设置断水报警装置，及时发出冷却故障信号。
- (3) 为避免污染物降低冷却效能或者冷却管道被腐蚀，应在冷却水的进口处

设置过滤器。

- (4) 要定期排放冷凝水。
- (5) 后冷却器都应安装在空气压缩机出口处的管道上。

2. 油水分离器

1) 油水分离器的作用

油水分离器安装在后冷却器的出气管路上，作用是将冷却的压缩空气中的水分、油分和灰尘等杂质分离出来，初步净化压缩空气。

2) 油水分离器的类型和工作原理

油水分离器的结构形式有环形回转式、撞击折回式、离心旋转式、水浴式及以上形式的组合等。

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。撞击折回式油水分离器应用较多，其工作原理图如图 1-2-6 (a) 所示，压缩空气由进气管进入油水分离器，气流受到隔板的阻挡转折向下，然后上升，产生环形回转。气流在回转过程中，压缩空气中凝结的水滴、油滴等杂质受到离心力和惯性的作用被“甩”出来，沉降于壳体底部，通过下部的油水排放口自动或手动排出。其图形符号如图 1-2-6 (b) 所示。

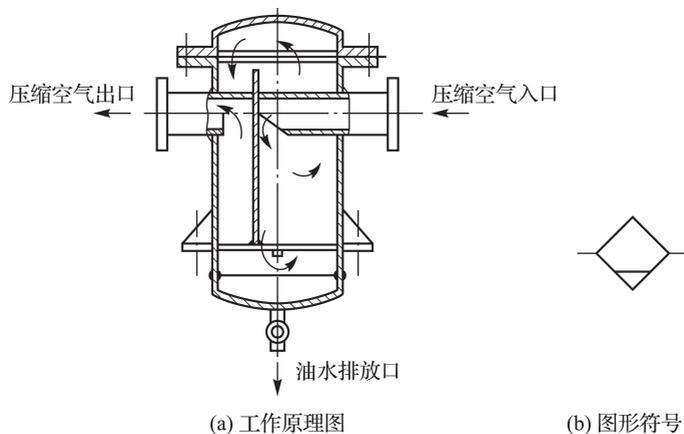


图 1-2-6 撞击折回式油水分离器

3. 储气罐

储气罐也称气罐。

1) 储气罐的作用

- (1) 储存一定数量的压缩空气，当出现意外情况时，可做短时应急使用。
- (2) 消除空气压缩机断续排气导致的系统压力波动，保证输出气流的连续性和平稳性。



(3) 进一步分离压缩空气中的水、油和杂质。

2) 储气罐的结构

储气罐一般采用圆筒状焊接结构，有立式和卧式两种，通常立式居多，如图 1-2-7 (a) 所示。立式储气罐的高度为其直径的 2 ~ 3 倍，同时应使进气管在下，出气管在上，并尽可能加大两气管之间的距离，以利于分离空气中的水和油。储气罐应配置安全阀、压力表、排水阀和检查孔等。其图形符号如图 1-2-7

(b) 所示。

3) 储气罐的使用注意事项

(1) 储气罐属于压力容器，应遵守压力容器的有关规定，必须有合格证。

(2) 最低处应设排水阀，每天排水一次。

(3) 储气罐上必须装有安全阀、压力表，安全阀的设定压力比正常工作的最高压力高 10%，且安全阀与储气罐之间不得再装其他阀。

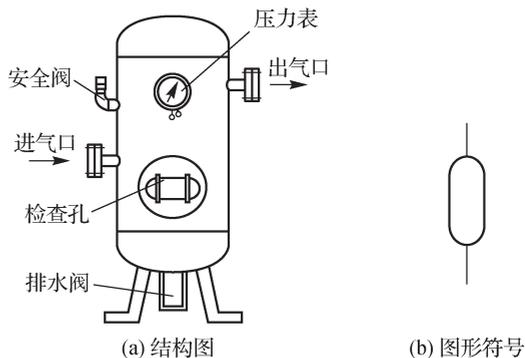


图 1-2-7 立式储气罐

4. 干燥器

1) 干燥器的作用

压缩空气经后冷却器、油水分离器、储气罐、主管过滤器得到初步净化后，仍含有一定量的水蒸气。气动回路在充、排气过程中，元件内部存在气体高速流动处或气流发生绝热膨胀处，温度要下降，空气中的水蒸气就会冷凝成水滴，这会对气动元件的工作产生不利的影晌。对气源质量要求较高的气动装置、气动仪表等，必须进一步清除水蒸气。干燥器就是用来进一步清除水蒸气的，但不能依靠它清除油分。

2) 干燥器的类型

压缩空气的干燥方法主要有吸附法、离心法、机械降水法和冷却法。干燥器根据滤出水分的方法不同可分为冷冻式干燥器、吸附式干燥器、吸收式干燥器等。

(1) 冷冻式干燥器。冷冻式干燥器利用冷媒与压缩空气进行热交换，把压缩空气冷却至 2 ~ 5 ℃，以去除压缩空气中的水分。其结构如图 1-2-8 所示。

(2) 吸附式干燥器。吸附式干燥器利用某些对水具有良好吸附性能的吸附剂来吸附压缩空气中的水分。图 1-2-9 所示为加热再生吸附式干燥器的结构。

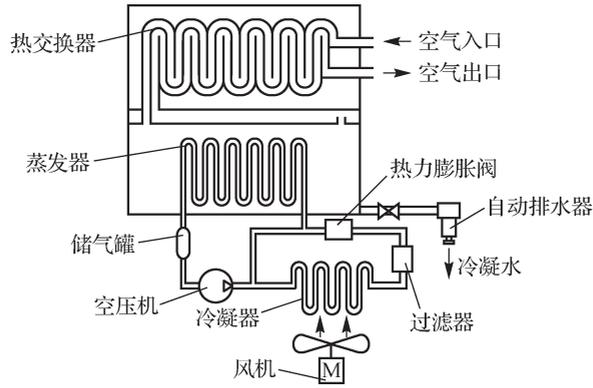


图 1-2-8 冷冻式干燥器的结构

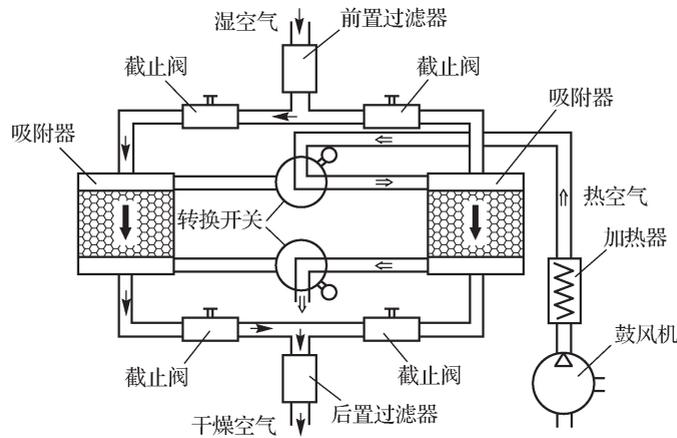


图 1-2-9 加热再生吸附式干燥器的结构

(3) 吸收式干燥器。吸收式干燥属于纯化学干燥，空气中的湿气与干燥器内的干燥剂化合，形成新的化合物，并通过干燥剂的衬层沉积在容器底部，原来的干燥剂使用后会完全失效。吸收式干燥器的结构如图 1-2-10 所示。

干燥器的图形符号如图 1-2-11 所示。

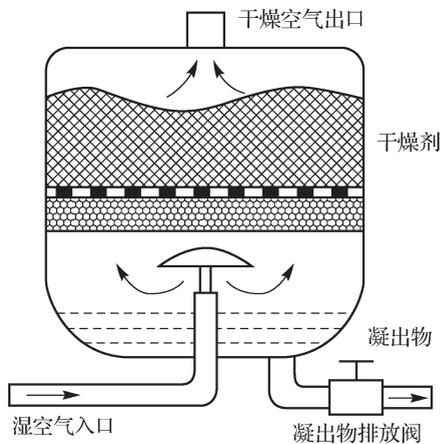


图 1-2-10 吸收式干燥器的结构

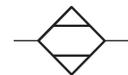


图 1-2-11 干燥器的图形符号



5. 空气过滤器

空气过滤器主要过滤压缩空气中的杂质，同时具有分离水分和油分的功能，属于二次过滤器，大多与减压阀、油雾器一起构成气动三联件，安装在气动系统的入口处。空气过滤器的选用是根据气动设备要求的过滤精度和自由空气流量来决定的。

图 1-2-12 (a) 所示为空气过滤器（二次过滤器）的结构原理图。其工作原理是压缩空气从输入口进入后，被引入旋风叶子，旋风叶子上有许多成一定角度的缺口，迫使空气沿切线方向进行强烈旋转。这样夹杂在空气中的较大水滴、油滴和灰尘便依靠自身的惯性与存水杯的内壁碰撞，并从空气中分离出来沉到杯底。而微粒灰尘和雾状水汽则由滤芯滤除。为防止气体旋转将存水杯中积存的污水卷起，滤芯下部设有挡水板。为保证其正常工作，存水杯中的污水必须及时通过手动排水阀放掉。

空气过滤器的图形符号如图 1-2-12 (b) 所示，其实物如图 1-2-12 (c) 所示。

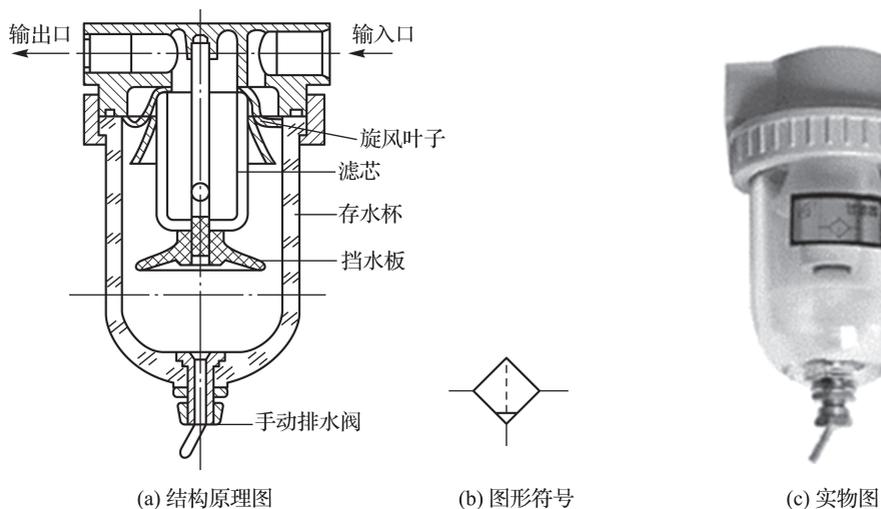


图 1-2-12 空气过滤器

三、气动辅助元件

常用的气动辅助元件有油雾器、消声器、转换器等。

1. 油雾器

油雾器是一种特殊的注油装置，它以压缩空气为动力，将润滑油喷射成雾状并混合于压缩空气中，使压缩空气具有润滑气动元件的能力。目前气动控制阀、气缸和气动马达主要是依靠这种带有油雾的压缩空气来实现润滑的，其优点是方便、干净、润滑质量高。普通型油雾器的结构原理图如图 1-2-13 (a) 所示，图

形符号如图 1-2-13 (b) 所示。

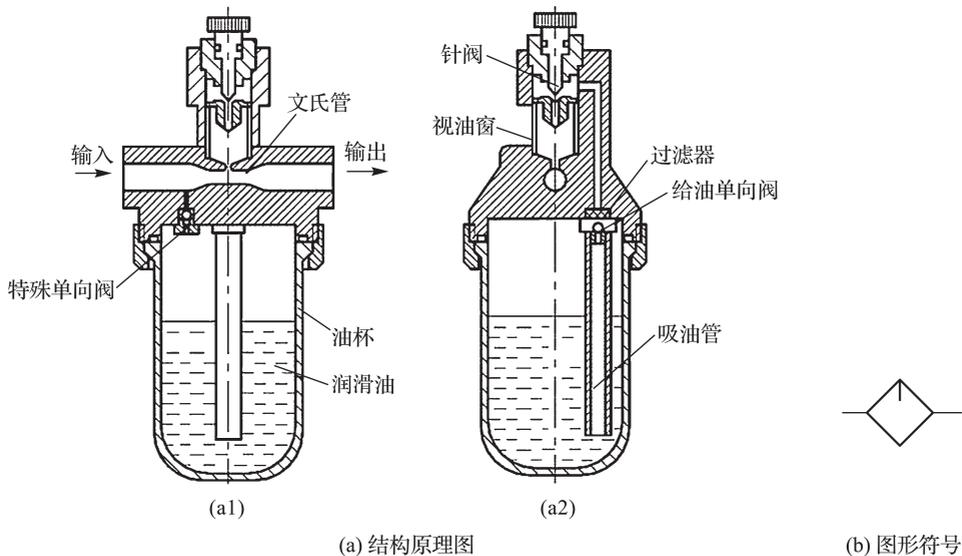


图 1-2-13 普通型油雾器

2. 消声器

一般情况下，气动系统用后的压缩空气直接排入大气。当气缸、气阀等元件的排气速度与余压较高时，空气急剧膨胀，产生强烈的噪声。噪声的大小随排气速度、排气量和排气通道形状的变化而变化，排气速度和功率越大，噪声也越大。

为降低噪声，通常在气动系统的排气口装设消声器。消声器通过增加气流的阻尼或增大排气面积等措施来降低排气速度和功率，从而降低噪声。

常用的消声器有吸收型消声器、膨胀干涉型消声器、膨胀干涉吸收型消声器，如图 1-2-14 所示。

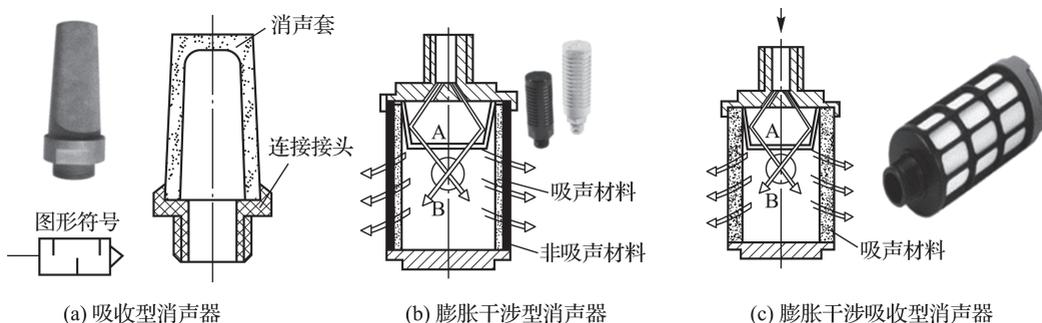


图 1-2-14 消声器

目前，使用最广泛的消声器是吸收型消声器，其结构简单，常装于换向阀的排气口，对于中高频噪声一般可降低 20 dB。其原理是让气流通过多孔的吸声材



料，靠流动摩擦生热而使气体压力能转换为热能耗散，从而降低排气噪声。消声套大多用聚氯乙烯纤维、玻璃纤维、铜粒等烧结而成。

膨胀干涉型消声器的内径比排气孔径大很多，气流在消声器内扩散、减速，碰撞反射，互相干涉而消耗能量，降低噪声，最后排入大气。膨胀干涉型消声器结构简单，排气阻力小，不易堵塞，主要用于消除中低频噪声，尤其是低频噪声。但它体积较大，不适宜在换向阀排气口安装，故常用于集中排气的总排气管。

膨胀干涉吸收型消声器是前两种消声器的组合应用。气流由上方孔引入，在 A 室扩散、减速并与器壁碰撞，反射至 B 室；在 B 室内气流进一步扩散、干涉，互相撞击，进一步降低速度、消耗能量，最后通过敷设在消声器内壁的吸声材料被阻尼降低噪声后排入大气。这种消声器消声效果较好，低频噪声约可降低 20 dB，高频噪声可降低 45 dB，但结构复杂，排气阻力较大，且需定期清洗更换，只适用于集中排气的总排气管。

3. 转换器

将空气压力转换成相等压力的液压力的元件称为气液转换器，简称转换器。

图 1-2-15 所示为一种隔离式气液转换器，上部进气口接气源，压缩空气先经过缓冲板缓冲，再通过浮子作用于液体（多为液压油），推压液体以同样压力从出油口输出，以推动气液联动缸运动。缓冲板还可以防止空气流入时冷凝水混入、排气时流出油沫。浮子用于防止油、气直接接触，避免空气混入油中。

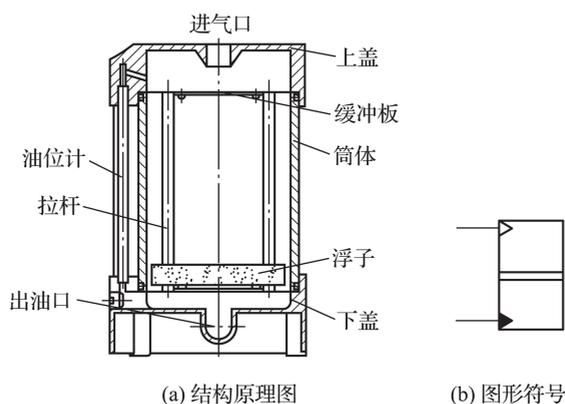


图 1-2-15 隔离式气液转换器

在具有压缩空气源的地方，采用气液转换器和空气压力驱动气液联动缸的方式，既不用配备液压泵装置，又避免了空气可压缩的缺陷，发挥了液压系统的优势，使控制速度和位置更平稳、更精确。系统结构简单、经济、可靠，适用于对运动稳定性和精度要求较高的场合。

任务实施

工作任务单

姓名	班级	组别	日期		
任务名称	气源装置的组建				
工作任务	气动辅件的选用与气源装置的组建				
任务描述	观察实训室的气动系统，选择合适的空气压缩机和相关辅件组建气源装置，说明所选用的各个气动元件的作用和工作原理，并能对组建好的气源装置进行综合分析				
任务要求	1. 气动实训台与空气压缩机实物认识； 2. 空气压缩机和气动辅件的选型； 3. 气源装置的组建				
提交成果	1. 气动元件清单； 2. 组建好的气源装置				
考核评价	序号	考核内容	配分	评分标准	得分
	1	安全意识	20	遵守规章、制度	
	2	工具的正确使用	10	选择合适的工具并正确使用	
	3	空气压缩机和气动辅件型号清单	10	气动元件无遗漏、选用合理	
	4	气源装置的组建	50	组建正确	
	5	团队协作	10	与他人合作有效	
指导教师			总分		

项目学习评价

1. 填空题

(1) 气压传动系统一般由_____、_____、_____和_____四部分组成。

(2) 空气压缩机简称_____，是气源装置的核心，用于将原动机输出的机械能转化为气体的压力能。空气压缩机的种类很多，但按工作原理主要可分为_____和_____（叶片式）两类。