

项目一 认识气压与液压传动控制技术

——走进气动液压控制

教学提示：本项目介绍气动技术、液压技术、电气控制技术的基本知识。在教学中，对于气动元件、液压元件、电器元件的介绍可结合实物或在实验、实习现场展开教学，并结合气动（或液压）控制技术举例说明。

教学目标：通过本项目的学习，熟悉气动与液压传动的概念、气动与液压系统工作原理及其组成，了解气动与液压传动系统的优缺点、传动介质（流体）的基本知识、气动与液压传动系统应用、控制电器结构原理等基本知识；教学中通过实物展示，加深对元器件的感性认识。

1.1 任务引入

无论气压传动还是液压传动，都是一门新兴的技术。它是以流体（气体或液压油）作为工作介质进行能量传递和控制的一种传动方式。由于流体具有独特的物理性能，在能量传递、系统控制等方面发挥着十分重要的作用。随着现代科学技术的迅速发展和制造工艺水平的提高，气动与液压元件的性能日益完善，气动与液压技术广泛应用于工业、农业、国防等领域。如图 1-1 所示为气动与液压技术的应用实例。图 1-1 (a) 是通过液压回路使磨床工作台实现直线往复运动，在运动中变速、换向和在任意位置停留；图 1-1 (b) 是利用气动机械手实现水平运动、竖直运动及摆动运动。

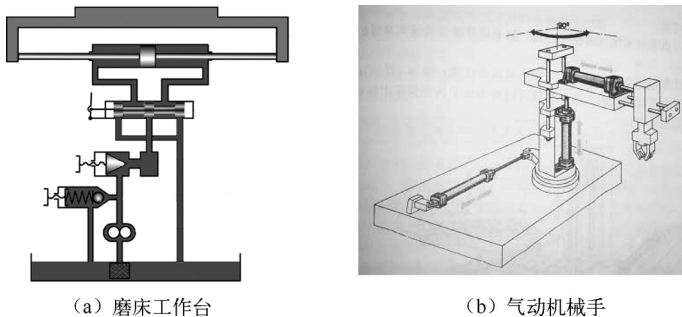


图 1-1 气动与液压技术的应用实例

1.2 气压与液压传动的工作原理及其组成

气压与液压传动技术实现传动和控制的方法基本相同，都是利用各种元件组成具有



所需功能的基本控制回路，再将若干基本回路加以综合利用构成能完成特定任务的传动和控制系统，从而实现能量的转换、传递和控制的技术。下面仅以图 1-2 所示客车门控制的工作原理为例来加以介绍。

图 1-2 所示为客车门控制的工作原理图，它利用压缩空气来驱动汽缸，从而带动车门的启闭。图 1-2 (b) 和图 1-2 (c) 所示分别为用职能符号来表示的两种不同的控制方式，图 1-2 (b) 是纯气动控制方式，图 1-2 (c) 是气动与电气控制相结合的一种控制方法。在纯气动控制方式下，当按下启动按钮 S1，气源 1 输出的压缩空气通过两位三通常开式按钮阀 2 的左位进入两位五通单气控换向阀 3 的气控口，使该换向阀左位接入回路，此时气源输出的压缩空气经过该阀左位，进入双作用汽缸 4 的无杆腔，汽缸活塞杆伸出，使车门关闭，汽缸有杆腔的空气经过换向阀 3 左位排入大气；当松开启动按钮 S1 时，两位三通换向阀 2 复位，换向阀 3 气控口的空气经过换向阀 2 右位排入大气，换向阀 3 复位，气源输出的压缩空气经过换向阀 3 的右位进入汽缸有杆腔，汽缸活塞杆缩回，使车门打开，汽缸无杆腔的空气经过换向阀 3 的右位排入大气。在电气控制方式下，通过按下按钮 SB，使两位五通电磁换向阀电磁线圈 Y1 得电，汽缸活塞杆伸出；松开 SB，汽缸活塞杆返回。

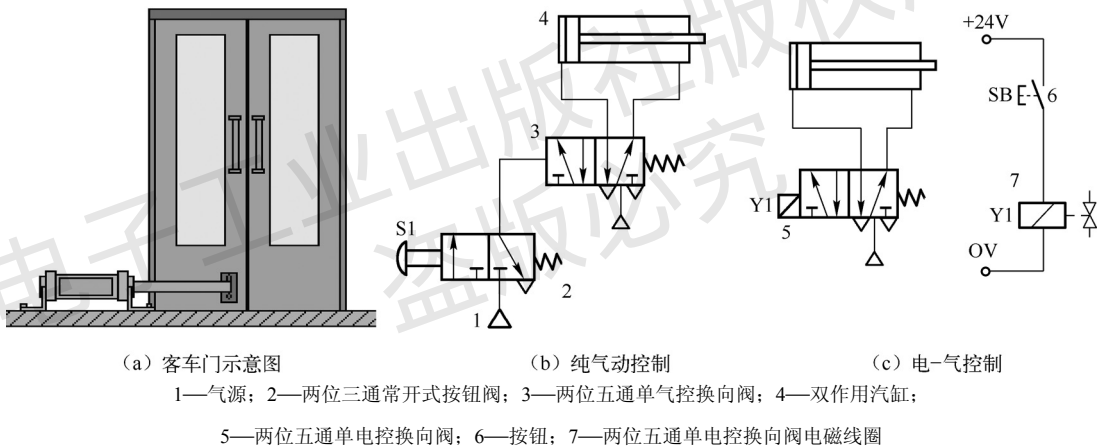


图 1-2 客车门控制示意图

从这两种控制方式可以把气动、液压传动系统的基本组成归纳如下。

(1) 动力元件：气源装置或液压泵，主要是为气动、液压系统提供一定流量的压力流体的装置，将原动机输入的机械能转换为流体的压力能。

(2) 执行元件：汽缸或液压缸、气马达或液压马达，它是将流体的压力能转换成机械能的一种能量转换装置，以克服负载阻力，驱动工作部件做功。实现直线运动的执行元件是汽缸或液压缸，它输出力和速度；实现回转运动或摆动的是气马达、摆动马达或液压马达，它输出转矩和转速。

(3) 控制元件：方向、压力、流量控制阀，它们是用来调节和控制流体的压力、流量和流动方向的装置，以及进行信号转换、逻辑运算和放大等的信号控制元件，以保证执行元件运动的各项要求。

(4) 辅助元件：连接元件所需的一些元件，以及系统进行消声、密封、蓄能、冷



却、测量等方面的一些元件。

以上各类气动、液压元件和装置都要按照国家标准规定、以代表职能的符号绘出，具体画法将在后续内容中详细介绍。

1.3 气压与液压传动的优缺点

1.3.1 气压传动的特点

1. 气压传动的优点

(1) 空气作为气压传动的工作介质，来源方便，使用后直接排入大气，不会污染环境，且可少设置或不设置回气管道。

(2) 工作环境适应性好。在易燃、易爆、多尘埃、辐射、强磁、振动、冲击等恶劣的环境中，气压传动系统都是安全可靠的，对于要求高净化、无污染的场所，如食品加工、印刷、精密检测等更具有独特的适应能力，优于液压控制。

(3) 空气黏度小，只有油的万分之一，流动阻力小，管路损失仅为油路损失的千分之一，便于介质集中供应和远距离输送。

(4) 气动控制动作迅速，反应快，可在较短的时间内达到所需的压力和速度。在一定的超载运行下也能保证系统安全工作，并且不易发生过热现象。

(5) 维护简单，管道不易堵塞，不存在介质变质、补充和更换等问题。

(6) 空气具有可压缩性，气动系统能实现自动过载保护。

2. 气压传动的缺点

(1) 由于空气压缩性大，汽缸的动作速度易随负载的变化而变化，稳定性较差，给位置控制和速度控制精度带来较大影响。

(2) 气动系统的工作压力不高（一般小于 0.8MPa），系统输出力较小，传动效率较低。

(3) 工作介质——空气没有润滑性，系统中必须采取措施进行给油润滑。

(4) 噪声大，尤其在超声速排气时，需要加装消声器。

1.3.2 液压传动的特点

1. 液压传动的优点

(1) 液压传动可以输出大的推力或大转矩，可实现低速大吨位运动，这是其他传动方式所不能比拟的突出优点。

(2) 液压传动能很方便地实现无级调速，调速范围大，且可在系统运行过程中调速。

(3) 在相同功率条件下，液压传动装置体积小、重量轻、结构紧凑。液压元件之间可采用管道连接，或采用集成式连接，其布局、安装有很大的灵活性，可以构成用其他方式难以组成的复杂系统。

(4) 液压传动能使执行元件的运动十分均匀稳定，可使运动部件换向时无换向冲击，而且由于其反应速度快，故可实现频繁换向。

(5) 操作简单，调整控制方便，易于实现自动化，特别是和机、电联合使用时，能



方便地实现复杂的自动工作循环。

(6) 液压系统便于实现过载保护, 使用安全、可靠。由于各液压元件中的运动件均在油液中工作, 能自行润滑, 故元件的使用寿命长。

2. 液压传动的缺点

(1) 油的泄漏和液体的可压缩性会影响执行元件运动的准确性, 故无法保证严格的传动比。

(2) 对油温的变化比较敏感, 不宜在很高或很低的温度条件下工作。

(3) 能量损失(泄漏损失、溢流损失、节流损失、摩擦损失等)较大, 传动效率较低, 也不适宜用于远距离传动。

(4) 系统出现故障时, 不易查找原因。

1.4 气压与液压传动技术的应用和发展

1.4.1 气压与液压传动技术的应用

我国液压气动工业经过 40 余年的发展, 已形成了门类齐全, 有一定技术水平并初具规模的生产科研体系, 为机床、工程机械、冶金机械、矿山机械、农业机械、汽车、铁路、船舶、电子、石油化工、国防、纺织、轻工等行业机械设备提供了种类比较齐全的产品。应当指出, 我国液压气动工业在产品品种、数量及技术水平上, 与国际水平以及主机行业的需求还有不少差距, 每年还要进口大量液压气动元件。因而, 国家十分重视液压气动工业的发展, 在产业政策中, 把液压气动等基础元件产品列入机械工业技术改造和生产重点支持序列。

机械工业各部门使用液压传动的出发点是不尽相同的: 有的是利用它在动力传递上的长处, 比如工程机械、压力机械和航空工业采用液压传动的主要原因是其结构简单、体积小、重量轻、输入功率大; 有的是利用它在操纵控制上的优点, 如机床上采用液压传动的主要原因是其能在工作过程中实现无级变速, 易于实现频繁换向, 易于实现自动化等。此外, 不同精度要求的主机也会选用不同控制形式的液压传动装置。在机床上, 液压传动常应用在以下的一些装置中:

- (1) 进给运动传动装置;
- (2) 往复主体运动传动装置;
- (3) 仿形装置;
- (4) 辅助装置;
- (5) 静压支撑。

气动技术具有节能、无污染、高效、低成本、安全可靠、结构简单等优点, 广泛应用于各种机械和生产线上。过去汽车、拖拉机等生产线上的气动系统及其元件, 都由各厂自行设计、制造和维修。气动技术应用面的扩大是气动工业发展的标志。气动元件的应用主要为两个方面: 维修和配套。过去国产气动元件的销售主要用于维修, 近几年, 直接为主要配套的销售份额逐年增加。国产气动元件的应用, 从价值数千万元的冶金设备到只有



一两百元的椅子，铁道扳岔、机车轮轨润滑、列车的刹车、街道清扫、特种车间内的起吊设备、军事指挥车等都用上了专门开发的国产气动元件。这说明气动技术已“渗透”到各行各业，并且正在日益扩大。

1.4.2 气压、液压传动技术的发展

液压行业：液压元件将向高性能、高质量、高可靠性、系统成套方向发展，向低能耗、低噪声、低振动、无泄漏以及污染控制、应用水基介质等适应环保的要求方向发展，开发高集成化、高功率密度、智能化、机电一体化以及轻小型、微型液压元件，积极采用新工艺、新材料和电子、传感等高新技术。液力偶合器向高速大功率和集成化的液力传动装置发展，开发水介质调速型液力偶合器和向汽车应用领域发展，开发液力减速器，提高产品可靠性和平均无故障工作时间；液力变矩器要开发大功率的产品，提高零部件的制造工艺技术，提高可靠性，推广计算机辅助技术，开发液力变矩器与动力换挡变速箱配套使用技术；液粘调速离合器应提高产品质量，形成批量，向大功率和高转速方向发展。

气动行业：产品向体积小、重量轻、功耗低、组合集成化方向发展，执行元件向种类多、结构紧凑、定位精度高方向发展；气动元件与电子技术相结合，向智能化方向发展；元件性能向高速、高频、高响应、高寿命、耐高温、耐高压方向发展，普遍采用无油润滑，应用新工艺、新技术、新材料。

社会需求永远是推动技术发展的动力，降低能耗、提高效率、适应环保需求、机电一体化、高可靠性等是液压气动技术继续努力的永恒目标，也是液压气动产品参与市场竞争能否取胜的关键。由于液压气动技术广泛应用了高技术成果，如自动控制技术、计算机技术、微电子技术、摩擦磨损技术、可靠性技术及新工艺和新材料，使传统技术有了新的发展，也使液压气动系统和元件的质量、水平有了一定的提高。

1.5 流体的基本常识

1.5.1 压力

1. 压力的概念

这里的压力概念，实际上指的是物理学上的压强，即单位面积上所承受的力的大小，用 p 表示。

$$p = \frac{F}{A}$$

式中， F 为外力（负载）对液面的作用力（N）， A 为承压面积（ m^2 ）。

ISO 规定的压力 p 的单位为 N/m^2 （牛/米²）或 Pa（帕斯卡）， $1\text{Pa}=1\text{N}/\text{m}^2$ 。由于这个单位很小，工程上使用不方便，因此常采用兆帕，符号为 MPa， $1\text{MPa}=10^6\text{Pa}$ 。目前，压力单位——巴也很常用，它的符号是 bar， $1\text{bar}=10^5\text{Pa}$ 。

2. 压力的传递

静止液体具有下列特性：

- (1) 静止液体的压力垂直作用于液体的接触表面。
- (2) 静止的液体中，任一点的各个方向的压力均相等。

在密封容器中的液体，当一处受到压力作用时，这个压力会等值地传到液体的各个部分，且压力处处相等。这就是静压传递原理（又称帕斯卡定理）。

在液压和气压传动中，系统的工作压力决定于负载。

3. 压力的表示方法

压力可用绝对压力、相对压力和真空度来度量。

绝对压力：以绝对真空（零压力）为基准所计的压力。

相对压力：高出当地大气压（ p_a ）的压力值。由于大多数测压仪表所测得的压力都是相对压力，故相对压力也称表压力（表压）。

真空度：低于当地大气压力的压力值。

绝对压力、相对压力和真空度的关系如图 1-3 所示。

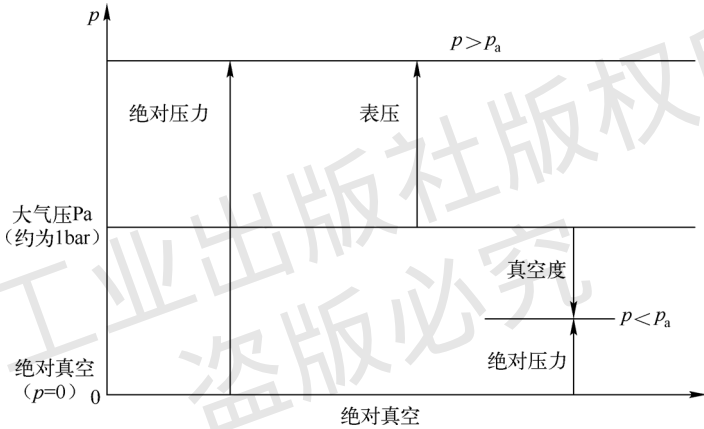


图 1-3 绝对压力、相对压力和真空度的关系示意图

$$\text{绝对压力} = \text{大气压力} + \text{相对压力} \quad (p > p_a)$$

$$\text{真空度} = \text{大气压力} - \text{绝对压力} \quad (p < p_a)$$

1.5.2 流量

单位时间内流体流过截面积为 A 的某一截面的体积，称为流量。用 q 表示，单位为 m^3/s 或 L/min ，即

$$q = Av$$

由上式可得出通流截面 A 上的平均流速为

$$v = \frac{q}{A}$$

由上式可知，当液压缸的有效工作面积 A 一定时，活塞运动速度 v 取决于输入液压缸的流量 q 。

这也说明了活塞的运动速度取决于进入液压缸（或汽缸）的流量，而与流体的压力大小无关。



但在气压传动系统中，由于空气具有很强的可压缩性，所以汽缸活塞的运动速度并不能完全按照上式来进行计算。

1.6 实训操作

实训名称：一个单作用汽缸（或液压缸）的直接控制

参考课时：2 课时

实训装置：亚龙 YL-381B 型气压、液证实训装置

直接控制是指通过人力或机械外力直接控制换向阀换向来执行元件动作的控制方式；间接控制则是指执行元件由气控换向阀来控制动作，人力、机械外力等外部输入信号只用来控制气控换向阀的换向，不直接控制执行元件动作。

1. 实训目的、要求

- (1) 熟悉气压（或液压）传动系统的组成。
- (2) 熟悉单作用汽缸（或液压缸）、两位三通按钮阀的使用。
- (3) 熟悉单作用汽缸（或液压缸）直接控制的实现原理。
- (4) 了解气动（或液压）实训台、气动（或液压）元件、管路等的连接、固定方法和操作规则。
- (5) 熟悉基本的气动（或液压）回路图，能顺利搭建本实训回路，并完成规定的运动。

2. 实训原理和方法

如图 1-4 所示为本实训回路图。

初始位置：汽缸和阀的初始位置可以在回路图上被确定，汽缸（1.0）的弹簧使得活塞位于尾端，汽缸中的空气通过二位三通控制阀（1.1）排出。

步骤 1：按下按钮开关 S_1 使二位三通控制阀开通，空气被压送到汽缸活塞后部，活塞前向运动；如果按钮开关继续按着，活塞杆保持在前端位置。

步骤 2：松开按钮阀开关 S_1 ，汽缸中的空气通过二位三通控制阀（1.1）排出。弹簧力使活塞返回初始位置。

注意：如果按钮开关只是短暂地一按，活塞杆将仅仅前向运动某一距离就马上退回了。

3. 主要设备及实训元件

单作用汽缸的直接控制实训的主要设备及实训元件见表 1-1。

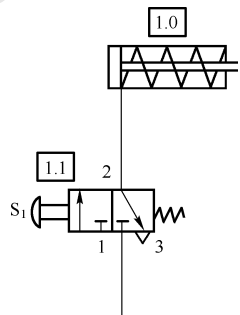


图 1-4 单作用汽缸的直接控制

表 1-1 单作用汽缸的直接控制实训的主要设备及实训元件

序号	实训设备及元件	序号	实训设备及元件
1	气动实训平台	4	二位三通手动换向阀
2	气源	5	气管
3	单作用汽缸		



4. 实训内容及步骤

- (1) 按照实训原理图选择所需要的气动元件，并摆放在实训台上；
- (2) 关闭气源开关，在实训台上连接控制回路；
- (3) 打开气源开关，调节控制旋钮，观察汽缸活塞杆的运行方向；
- (4) 关闭气源开关，拆卸所搭接的气动回路，并将气动元件、气管等归位。

5. 操作技能测评

学生应能够按照实训步骤和技能测试记录表中的测评要求，进行独立思考和实训。评估不合格者，学生提出申请，允许重新评估。单作用汽缸的直接控制实训测试记录见表 1-2。

表 1-2 单作用汽缸的直接控制实训测试记录

实训操作技能训练测试记录			
学生姓名		学 号	
专 业		班 级	
课 程		指导教师	
下列清单作为测评依据，用于判断学生是否通过测评已经达到所需能力标准			
第一阶段：测量数据			
学生是否能够		分值	得分
遵守实训室的各项规章制度		10	
熟悉原理图中各气动（液压）元件的基本工作原理		10	
熟悉原理图的基本工作原理		10	
正确搭建单作用汽缸（液压缸）换向控制回路		15	
正确调节气源开关、控制旋钮（开启与关闭）		20	
控制回路正常运行		10	
正确拆卸所搭接的气动（液压）控制回路		10	
第二阶段：处理、分析、整理数据			
学生是否能够		分值	得分
利用现有元件拟定另一种方案，并进行比较		15	
实训技能训练评估记录			
实训技能训练评估等级：优秀（90 分以上）		<input type="checkbox"/>	
良好（80 分以上）		<input type="checkbox"/>	
一般（70 分以上）		<input type="checkbox"/>	
及格（60 分以上）		<input type="checkbox"/>	
不及格（60 分以下）		<input type="checkbox"/>	
指导教师签字_____		日期_____	

6. 完成实训报告和下列思考题

- (1) 气动（或液压）回路中的控制阀是怎样实现汽缸（液压缸）的换向运动的？
- (2) 思考实训中所用气动元件的功能特点。



1.7 习题与思考

1. 什么叫气压、液压传动？
2. 气压、液压传动有何优缺点？
3. 简述气压、液压传动系统的基本组成。
4. 绝对压力、相对压力、真空度的含义分别是什么？三者之间如何转换？

电子工业出版社版权所有
盗版必究