

# 《液压与气动技术》

## 项目二 液压传动理论知识

机电学院

陈 坚

Tel: 15072850721

QQ: 36456366

## 项目二学习提纲

1

液压传动介质的认知与选用

2

了解流体力学基础知识

3

认识液体流动时的压力损失

4

计算小孔和缝隙流量

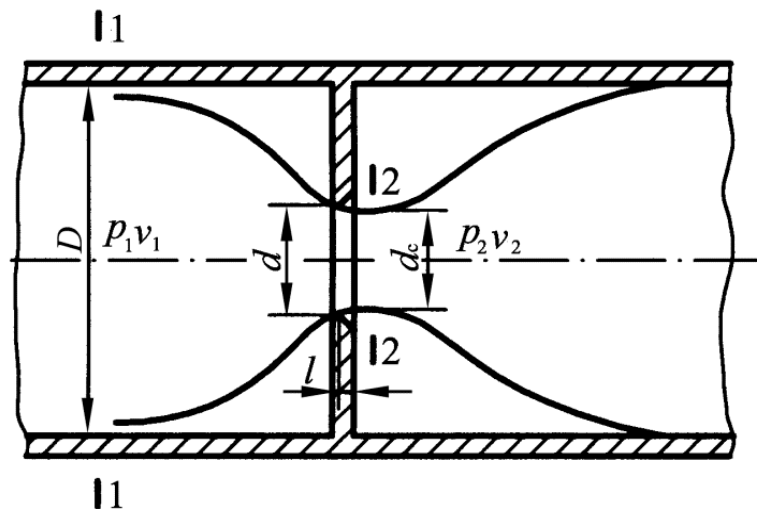
5

认识液压冲击和气穴现象

液压传动中常利用液体流经阀的**小孔或缝隙**来控制流量和压力，以达到调速和调压的目的，它们对液流形成**阻力**，使其产生压力降。液压元件的泄漏也属于缝隙流动。

## 一、小孔流量

当小孔的通流长度 $l$ 和孔径 $d$ 之比，即长径比 $l/d \leq 0.5$ 时，称为薄壁小孔；当 $l/d > 4$ 时，称为细长孔；当 $0.5 < l/d \leq 4$ 时，称为短孔。



液流通过薄壁小孔时的变化示意图

利用实际液体的伯努利方程对液体流经薄壁小孔时的能量变化进行分析，可以得到流经薄壁小孔的流量 $q$ 公式：

$$q = C_q A_T \left( \frac{2}{\rho} \Delta p \right)^{1/2} = C A_T \Delta p^{1/2}$$

## 一、小孔流量

短孔的流量公式和薄壁小孔的公式一样，只是流量系数 $C_q$ 不同。

推导得细长孔的流量计算公式为：

$$q = \frac{\pi d^4}{128\mu l} \Delta p = \frac{d^2}{32\mu l} \frac{\pi d^2}{4} \Delta p = C A_T \Delta p \quad \Delta p = \frac{128\mu l q}{\pi d^4}$$

纵观各小孔流量公式，可以归纳出一个通用公式，即：

$$q = C A_T \Delta p^\phi$$

式中 $A_T$ —小孔的过流断面面积；

$\Delta p$ —小孔两端的压力差；

$C$ —由孔的形状、尺寸和液体性质决定的系数，细长孔 $C = \frac{d^2}{32\mu l}$ ，

薄壁小孔和短孔  $C = C_q \left( \frac{2}{\rho} \right)^{1/2}$ ；

$\phi$ —由孔的长径比决定的指数，薄壁孔 $\phi=0.5$ ，细长孔、短孔 $\phi=1$ 。

### 一、小孔流量

由上页小孔流量通用公式可知，不论是哪种小孔，其通过的流量均与小孔的过流断面面积 $A_T$ 成正比，改变 $A_T$ 即可改变通过小孔流入液压缸或液压马达的流量，从而达到对运动部件进行调速的目的。在实际应用中，中、小功率的液压系统常用的节流阀就是利用这种原理工作的。

由上页小孔流量通用公式还可知，当小孔的过流断面面积 $A_T$ 不变，而小孔两端的压力差 $\Delta p$ 变化（由负载变化或其他原因造成）时，通过小孔的流量也会发生变化，从而使所控执行元件的运动速度也随之变化。

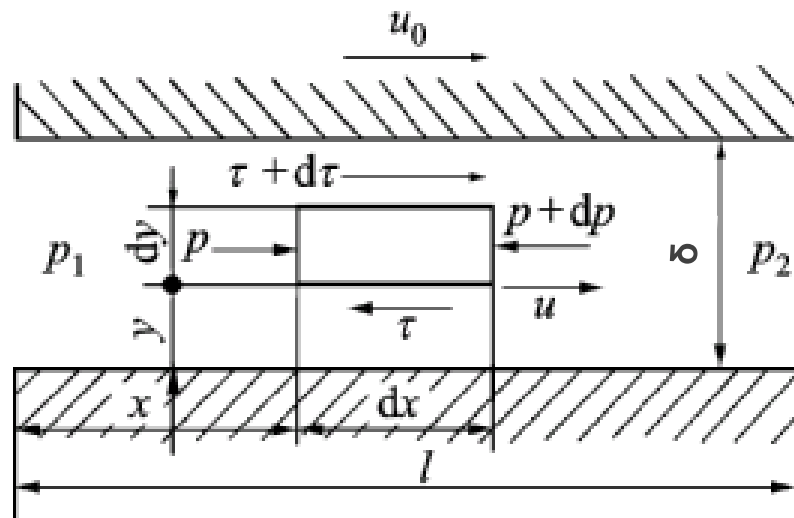
## 二、缝隙流量

在液压元件中，构成运动副的一些运动件与固定件之间存在着**一定缝隙**，而当缝隙两端的液体存在**压力差**时，势必形成**缝隙流动**，即**泄漏**。

泄漏的存在**严重影响**液压元件，特别是液压泵和液压马达的工作性能。当圆柱体存在一定**锥度**时，其缝隙流动还可能导致**卡紧现象**。

### 1、平板缝隙

如右图所示，两平行平板缝隙间充满液体时，压差作用会使液体产生流动，即**压差流动**；两平板相对运动也会使液体产生流动，即**剪切流动**；更多的是**两者同时进行**。



### 1、平板缝隙

通过推导计算，得通过**平板缝隙的流量公式**如下：

$$q = \frac{b\delta^3}{12\mu l} \Delta p \pm \frac{u_0}{2} b\delta$$

式中： $\delta$ —缝隙厚度。

“ $\pm$ ”号的确定方法为：当**长平板相对于短平板移动的方向和压差方向相同时取“+”**；相反时取“-”。

分析该公式可知，在压差作用下，流量 $q$ 与缝隙值 $\delta$ 的三次方成正比，这说明液压元件内缝隙的大小对泄漏量的影响非常大。

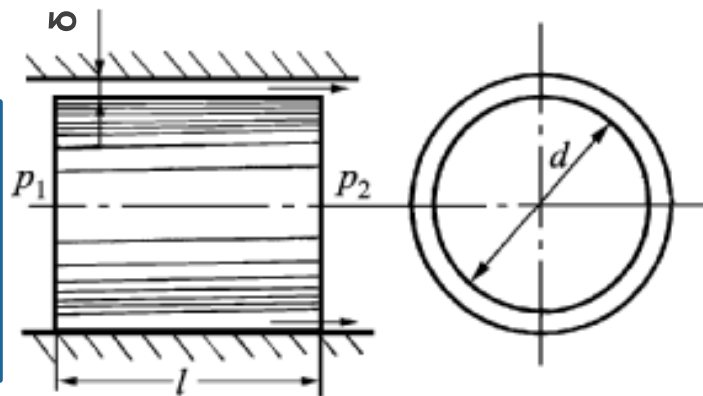
## 2、环缝隙的流量

在液压元件中，液压缸的活塞和缸孔之间，液压阀的阀芯和阀孔之间，都存在**圆环缝隙**。圆环缝隙有**同心**和**偏心**两种情况，它们的流量公式是有所不同的。

## (1) 同心圆环缝隙的流量

如右图所示为同心圆环缝隙的流动，该圆柱体直径为 $d$ ，缝隙值为 $\delta$ ，缝隙长度为 $l$ 。推导得**同心圆柱环形缝隙的流量公式**如下：

$$q = \frac{\pi d \delta^3}{12 \mu l} \Delta p \pm \frac{\pi d \delta u_0}{2}$$



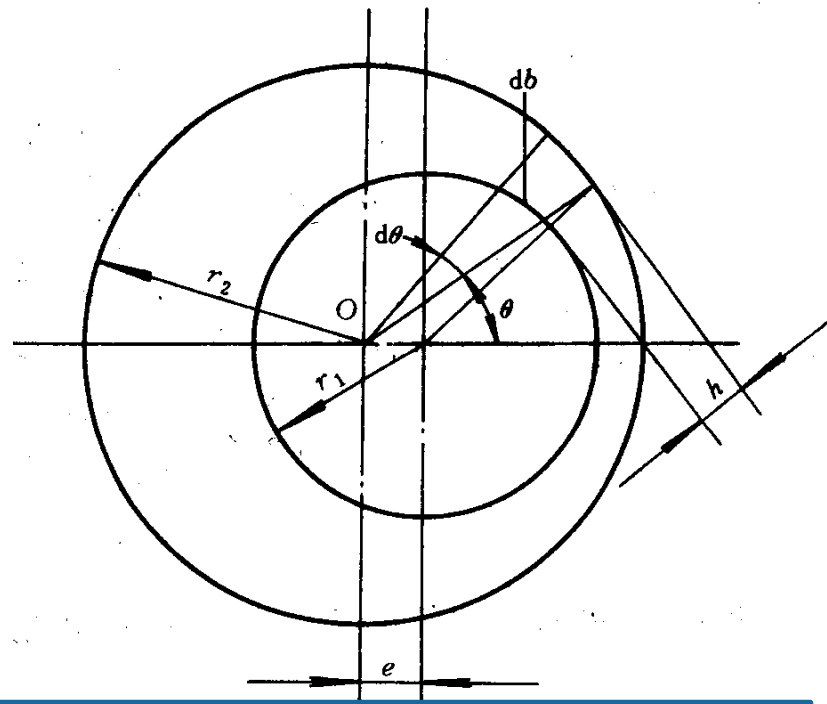
式中：当圆柱体移动方向和压差方向相同时取正号，方向相反时取负号。

## 2、环缝隙的流量

## (2) 偏心圆环缝隙的流量

如右图所示为偏心圆环缝隙的流动，若圆环的内外圆偏心距为 $e$ ，推导出**偏心圆柱环形缝隙的流量公式**如下：

$$q = \frac{\pi d \delta^3 \Delta p}{12 \mu l} (1 + 1.5 \varepsilon^2) \pm \frac{\pi d \delta u_0}{2}$$



式中： $\delta$ —内外圆同心时的缝隙厚度；

$\varepsilon$ —相对偏心率，即二圆偏心距 $e$ 和同心环缝隙厚度 $\delta$ 的比值，即 $\varepsilon = e / \delta$ 。

由上式可知，当 $\varepsilon = 0$ 时，它就是同心圆环缝隙的流量公式；当 $\varepsilon = 1$ 时，即在最大偏心情况下，其压差流量为同心圆环缝隙压差流量的2.5倍。由此可见，在液压元件中，为了**减少圆环缝隙的泄漏**，应使相互配合的元件**尽量处于同心状态**。

谢谢!

