



## 1.5 管路计算

### 1.5.1 简单管路

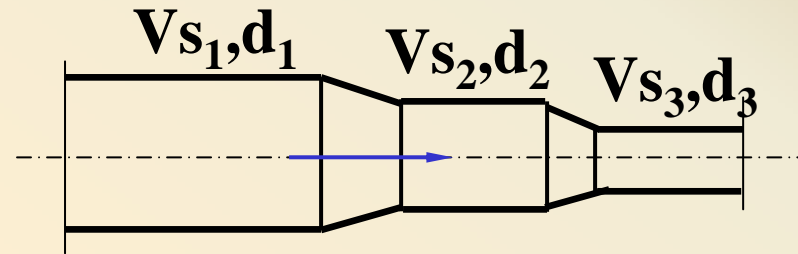
### 1.5.2 复杂管路





## 1.5 管路计算

### 1.5.1 简单管路



#### 一、特点

(1) 流体通过各管段的质量流量不变，对于不可压缩流体，则体积流量也不变。

$$m_{S1} = m_{S2} = m_{S3}$$

不可压缩流体  $V_{S1} = V_{S2} = V_{S3}$

(2) 整个管路的总能量损失等于各段能量损失之和。

$$\sum W_f = W_{f1} + W_{f2} + W_{f3}$$





## 二、管路计算

基本方程:

连续性方程:  $V_s = \frac{\pi}{4} d^2 u$

柏努利方程:  $\frac{p_1}{\rho} + z_1 g + W_e = \frac{p_2}{\rho} + z_2 g + \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{u^2}{2}$

阻力计算  
(摩擦系数):  $\lambda = \psi \left( \frac{d \rho u}{\mu}, \frac{\varepsilon}{d} \right)$

物性 $\rho$ 、 $\mu$ 一定时, 需给定独立的9个参数, 方可求解其它3个未知量。





## (1) 设计型计算

- 设计要求：规定输液量 $V_s$ ，确定一经济的管径及供液点提供的位能 $z_1$  (或静压能 $p_1$ )。

- 给定条件：

- (1) 供液与需液点的距离，即管长 $l$ ；

- (2) 管道材料与管件的配置，即 $\varepsilon$ 及 $\Sigma\zeta$ ；

- (3) 需液点的位置 $z_2$ 及压力 $p_2$ ；

- (4) 输送机械  $W_e$ 。

选择适宜流速  $\longrightarrow$  确定经济管径





## (2) 操作型计算

- 已知：管子 $d$ 、 $\varepsilon$ 、 $l$ ，管件和阀门 $\Sigma\zeta$ ，供液点 $z_1$ 、 $p_1$ ，  
需液点的 $z_2$ 、 $p_2$ ，输送机械  $W_e$ ；  
求：流体的流速 $u$ 及供液量 $V_s$ 。
- 已知：管子 $d$ 、 $\varepsilon$ 、 $l$ 、管件和阀门 $\Sigma\zeta$  流量 $V_s$ 等，  
求：供液点的位置 $z_1$ ；  
或供液点的压力 $p_1$ ；  
或输送机械有效功 $W_e$ 。

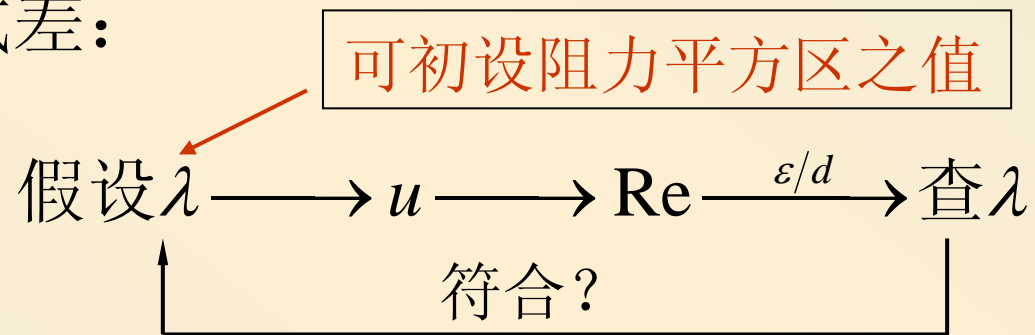




试差法计算流速的步骤:

(1) 根据柏努利方程列出试差等式;

(2) 试差:

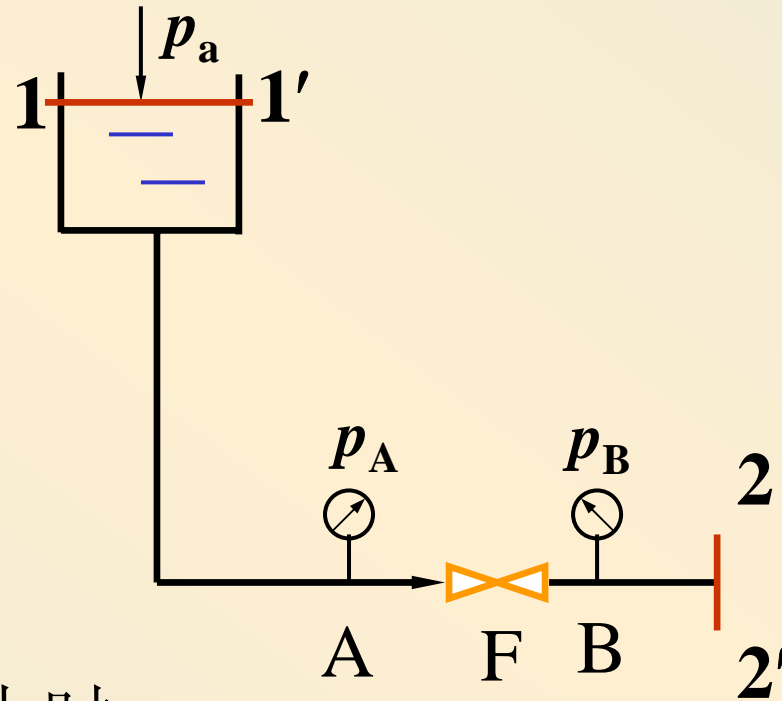


注意: 若已知流动处于阻力平方区或层流, 则无需试差, 可直接解析求解。





### 三、阻力对管内流动的影响



阀门F开度减小时:

(1) 阀关小, 阀门局部阻力系数 $\zeta \uparrow \rightarrow W_{f,A-B} \uparrow$

$\rightarrow$  流速 $u \downarrow \rightarrow$  即流量 $\downarrow$ ;





(2) 在1-A之间, 由于流速 $u \downarrow \rightarrow W_{f,1-A} \downarrow \rightarrow p_A \uparrow$  ;

(3) 在B-2之间, 由于流速 $u \downarrow \rightarrow W_{f,B-2} \downarrow \rightarrow p_B \downarrow$  。

结论:

(1) 当阀门关小时, 其局部阻力增大, 将使管路中流量下降;

(2) 下游阻力的增大使上游压力上升;

(3) 上游阻力的增大使下游压力下降。

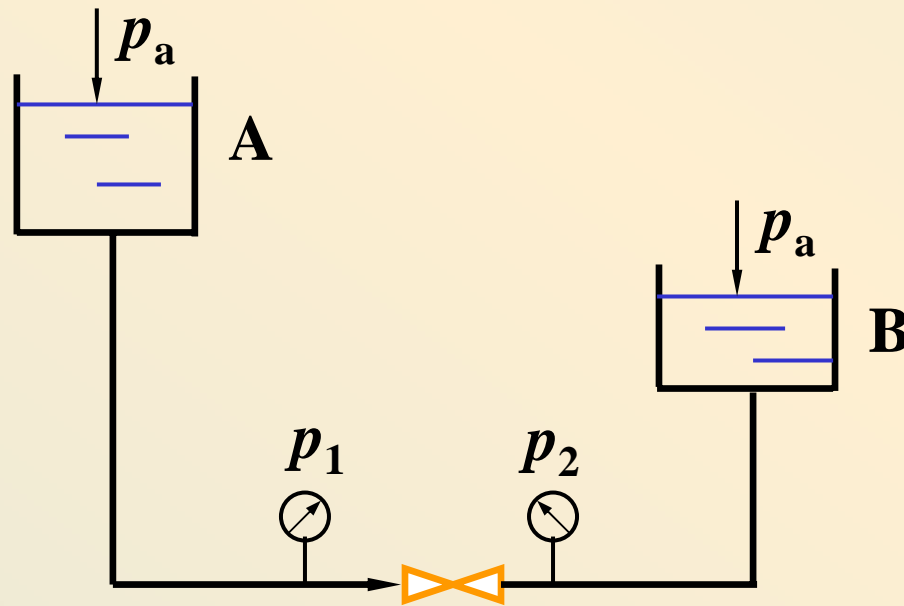
可见, 管路中任一处的变化, 必将带来总体的变化, 因此必须将管路系统当作整体考虑。







例1-9 粘度为30cP、密度为 $900\text{kg/m}^3$ 的某油品自容器A流过内径40mm的管路进入容器B。两容器均为敞口，液面视为不变。管路中有一阀门，阀前管长50m，阀后管长20m（均包括所有局部阻力的当量长度）。当





阀门全关时，阀前后的压力表读数分别为8.83kPa和4.42kPa。现将阀门打开至1/4开度，阀门阻力的当量长度为30m。试求：

(1) 管路中油品的流量；

(2) 定性分析阀前、阀后的压力表的读数有何变化？

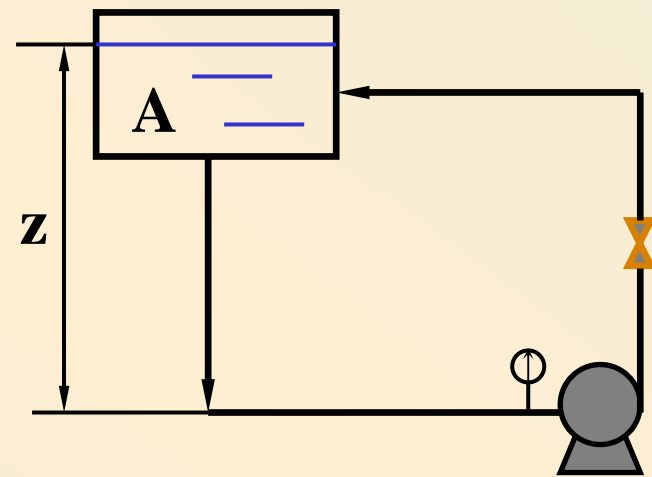
**例1-10** 10°C水流过一根水平钢管，管长为300m，要求达到的流量为500l/min，有6m的压头可供克服流动的摩擦损失，试求管径。





**例1-11** 如附图所示的循环系统，液体由密闭容器A进入离心泵，又由泵送回容器A。循环量为 $1.8\text{m}^3/\text{h}$ ，输送管路为内径等于 $25\text{mm}$ 的碳钢管，容器内液面至泵入口的压头损失为 $0.55\text{m}$ ，离心泵出口至容器A液面的压头损失为 $1.6\text{m}$ ，泵入口处静压头比容器液面静压头高出 $2\text{m}$ 。试求：

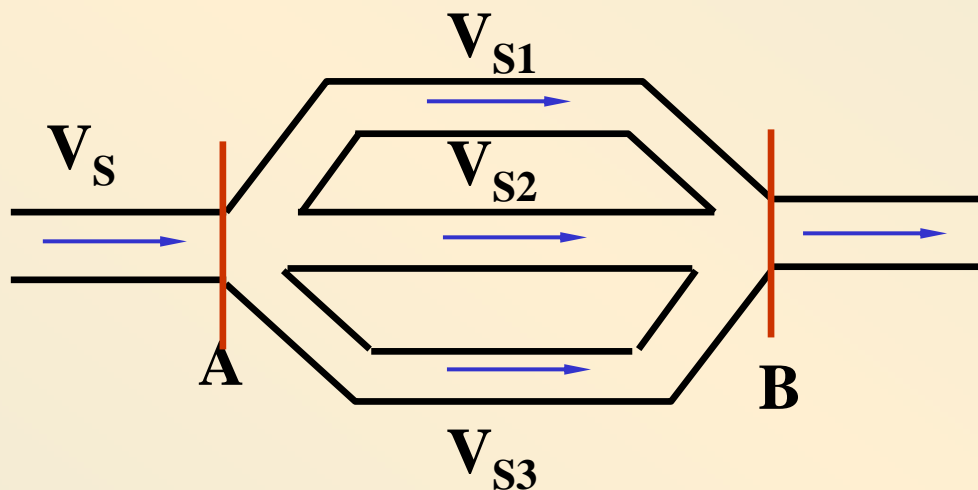
- (1) 管路系统需要离心泵提供的压头；
- (2) 容器液面至泵入口的垂直距离 $z$ 。





## 1.5.2 复杂管路

### 一、并联管路



#### 1、特点：

(1) 主管中的流量为并联的各支路流量之和；

$$m_S = m_{S1} + m_{S2} + m_{S3}$$





不可压缩流体  $V_S = V_{S1} + V_{S2} + V_{S3}$

(2) 并联管路中各支路的能量损失均相等。

$$\sum W_{f1} = \sum W_{f2} = \sum W_{f3} = \sum W_{fAB}$$

注意：计算并联管路阻力时，仅取其中一支路即可，不能重复计算。





## 2. 并联管路的流量分配

$$W_{fi} = \lambda_i \frac{(l + \Sigma l_e)_i}{d_i} \frac{u_i^2}{2} \quad \text{而} \quad u_i = \frac{4V_{si}}{\pi d_i^2}$$

$$W_{fi} = \lambda_i \frac{(l + \Sigma l_e)_i}{d_i} \frac{1}{2} \left( \frac{4V_{si}}{\pi d_i^2} \right)^2 = \frac{8\lambda_i V_{si}^2 (l + \Sigma l_e)_i}{\pi^2 d_i^5}$$

$$V_{S1} : V_{S2} : V_{S3} = \sqrt{\frac{d_1^5}{\lambda_1 (l + \Sigma l_e)_1}} : \sqrt{\frac{d_2^5}{\lambda_2 (l + \Sigma l_e)_2}} : \sqrt{\frac{d_3^5}{\lambda_3 (l + \Sigma l_e)_3}}$$

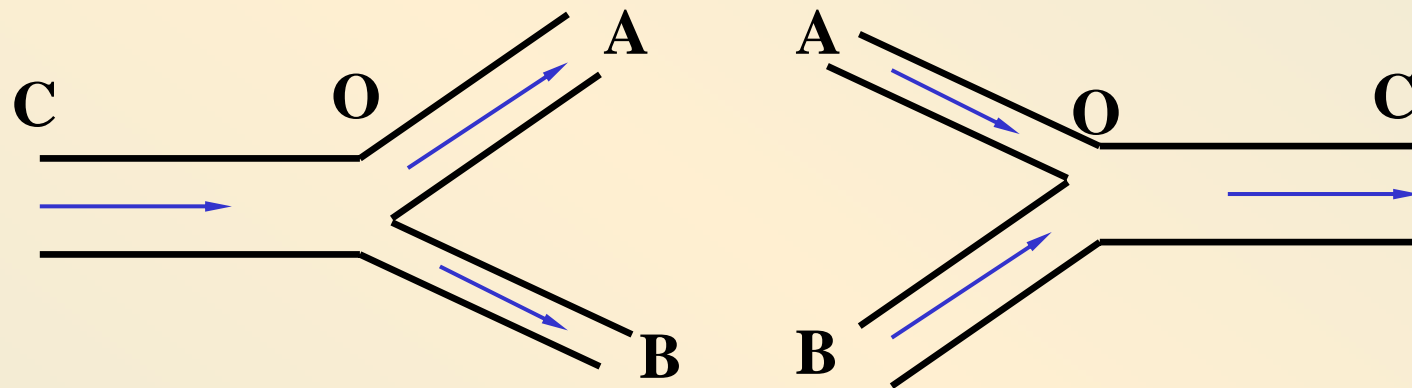
支管越长、管径越小、阻力系数越大——流量越小；

反之——流量越大。





## 二、分支管路与汇合管路



分支管路

汇合管路





## 1、特点：

(1) 主管中的流量为各支路流量之和；

$$m_S = m_{S1} + m_{S2}$$

不可压缩流体

$$V_S = V_{S1} + V_{S2}$$

(2) 流体在各支管流动終了时的总机械能与能量损失之和相等。

$$\frac{p_A}{\rho} + z_A g + \frac{1}{2} u_A^2 + \sum W_{fOA} = \frac{p_B}{\rho} + z_B g + \frac{1}{2} u_B^2 + \sum W_{fOB}$$







**例1-12** 如图所示，从自来水总管接一管段AB向实验楼供水，在B处分成两路各通向一楼和二楼。两支路各安装一球形阀，出口分别为C和D。已知管段AB、BC和BD的长度分别为100m、10m和20m（仅包括管件的当量长度），管内径皆为30mm。假定总管在A处的表压为0.343MPa，不考虑分支点B处的动能交换和能量损失，且可认为各管段内的流动均进入阻力平方区，摩擦系数皆为0.03，试求：





(1) D阀关闭，C阀全开 ( $\xi = 6.4$ ) 时，BC管的流量为多少？

(2) D阀全开，C阀关小至流量减半时，BD管的流量为多少？总管流量又为多少？

