

流 体 力 学 基 础

一. 流体静力学基本概念

1. 密度：单位体积流体的质量称为流体的密度。 $\rho =$ 单位：

注意：

(1)任何流体的密度都随温度和压力的变化而变化。

液体的密度受压力的影响较小，可忽略。温度升高，其密度下降。

气体的密度随温度和压力有很大的变化。一般温度、压力下可按理想气体处理。

$\rho =$ ()

(2)在选取密度数值时，一定要注意是哪个温度下的密度。

(3)单一液体的密度 可从物理化学手册查得。

混合液体的密度

$$\frac{1}{\rho_m} = \frac{\alpha_1}{\rho_1} + \frac{\alpha_2}{\rho_2} + \dots + \frac{\alpha_n}{\rho_n}$$

ρ_m — 混合液体的平均密度， kg/m^3

$\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ — 混合液体中各组分的质量分率， $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n = 1$;

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ — 混合液体中各组分的密度， kg/m^3 。

(4)单一气体的密度

、可从物理化学手册查得。

、当压力不太高、温度不太低时，可按理想气体状态方程式求取。

$$\rho = \frac{PM}{RT}$$

P — 气体压力， kPa ;

M — 气体的分子量， $kg/kmol$;

T — 气体温度 K ;

R — 通用气体常数， $R = 8.314 kJ/(kmolK)$

混合气体的密度

$$\rho_m = \frac{PM}{RT}$$

$$M_m = M_{y_1} + M_{y_2} + \dots + M_{y_n}$$

P —混合气体的总压, 单位为 kPa ;

M_m — 混合气体的平均分子量 $kg/kmol$

$M_1, M_2, \dots, M_n$ — 混合气体中各组分的分子量, $kg/kmol$,

$y_1, y_2, \dots, y_n$ 混合气体中各组分的摩尔分率, $y_1 + y_2 + \dots + y_n = 1$;

$$\rho_m = \rho_1 x_1 + \rho_2 x_2 + \dots + \rho_n x_n$$

$$x_1, x_2, x_3 \text{ — 混合气体中各组分的体积分率, } x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1;$$

$\rho_1, \rho_2, \dots, \rho_n$ — 在混合气体压力下各组分的密度, kg/m^3 .

,

· 相对密度：流体在某温度 t 下的密度与水在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的密度之比，称为该流体在某温度 t 下的相对密度。

$$d_4 \quad \rho \quad \rho_{\text{水}}$$

说明：相对密度无单位。

液体和气体的密度及相对密度一般随温度的升高而降低。

在同一温度下，流体的密度与相对密度在数值上的关系为： $\rho =$

· 压力（压强）：流体垂直作用于单位面积上的力，称为流体的压力强度或流体静压力，简称压力或压强。

定义式 单位： =

以液体柱高度表示，如米水柱、毫米汞柱等表示。若流体的密度为 ρ ，则流体柱高度与压力之间的关系为：

p

—重力加速度,

—流体柱高度，。

压力单位换算

$$=$$

$$=$$

X

压力的基准

流体的压力除了可以用不同的单位来计量以外,还可以用不同的压力基准来

表示（视基准而定）

绝压：以绝对零压作起点计算的压力，称为绝对压力，是流体的真实压力。（以绝对零压为基准）

流体的压力可用测压仪表来测量。以大气压力为基准测得的压力称为表压力或真空度。

表压：被测流体的绝压大于外界大气压的数值，称表压力。即压力表上的读数。

真空度：被测流体的绝压小于外界大气压的数值，称为真空度。

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

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

真空度即负表压。真空度越高则绝压越低。真空度为定值时，大气压越大，则绝压越大。

注意：

大气压力不是固定不变的，它是由大气温度、湿度和所在地区的海拔高度而定。所以大气压应以当时当地气压计为准。

表明流体压力时，要标出单位，同时对表压和真空度加以标注。

二．流体静力学基本方程

表明在重力作用下静止流体内部压强变化的规律。

$$\rho$$

或

$$\rho$$

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g}$$

说明：

- () 对于静止、连通着的同一种流体，等压面在同一水平面上。
- () 任一水平面上位头与静压头之和是个常数。 ρ 常数
- () 液面下任一点的压强都是深度的函数。 ρ

应用：压强、压差测量；液位测量；液封高度测量。

例：已知分馏塔底液面距地面，机泵入口距地面，油品的相对密度为，求机泵的入口静压。

解：

表压

$$\rho \times \times \times$$

或

绝压

$$\times$$
$$\times$$

例：已知油罐油品的高度，油的相对密度为，油罐顶压，计算罐底部的承受压力。

解：

底压

顶

$$\rho$$

$$\times \times \times \times$$

例：如图所示的开口容器内盛有油和水。油层高度、密度ρ水层高度（指油水界面与小孔的距离）、密度ρ。（）判断下列两关系是否成立，即，，计算水在玻璃管内的高度。

《化工原理》中专上册 王振中

解：、判断下列两关系是否成立，的关系可以成立，因在静止、连通着的同一流体内，并在同一水平面上。

,的关系不能成立。因 及 虽然在静止流体的同一水平面上，但不是连通的同一种流体。

、计算玻璃管内水的高度

由上面讨论知，而 及 ,都可以用流体静力学方程计算，即

$$\begin{aligned} p_A &= P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 \\ p_{A'} &= P_0 + \rho_2 g h \\ P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 &= P_0 + \rho_2 g h \\ \text{将数值代入，得} \\ 800 \times 0.7 + 1000 \times 0.6 &= 1000 \times h \\ \text{解得} h &= 1.16m \end{aligned}$$

三. 流体力学基本概念

. 流量

质量流量：单位时间内流体流过管路任一横截面质量。单位：

体积流量：单位时间内流体流过管路任一横截面体积数。单位：

两者关系： ρ

. 流速

流体线流速 ω ：单位时间内流体在流动方向上所流过距离。单位：

质量流速 通过单位面积的质量流量。单位：

$$\omega \rho$$

例 已知常压塔一侧线煤油的流量为 密度为 管路用 Φ

× 的无缝钢管，求煤油在管路中的流速为多少

解：

$$Q = \frac{W}{\rho} = \frac{50600}{675} = 75m^3/h$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 = 0.785 \times 0.203^2 = 3.23 \times 10^{-2} m^2$$

$$\omega = \frac{Q}{S} = \frac{75}{3600 \times 3.23 \times 10^{-2}} = 0.64m/s$$

. 粘度 μ ：是衡量流体粘性大小的物理量。

粘度 μ 与温度的关系：液体的粘度随温度升高而减少，气体的粘度随温度的升高而增大。

单位： 制

物理单位制，称为泊，用 表示。

天将降大任于斯人也，必先苦其心志，劳其筋骨，饿其体肤，空乏其身，行拂乱其所为。——《孟子》

(厘泊)

运动粘度 ν ：粘度与密度的比值。 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

单位制

物理单位制，称为 沲，用 表示。

厘沲

稳定流动：流体在管路中流动时，与流动有关的参数（如速度、压强等），如不随时间而变，称为稳定流动。

· 流体流动的连续性：流体在密闭管路中作稳定流动时，既不向管路中添加液体，也不发生漏损，则根据质量守恒定律，通过管路任一截面的流体质量流量应相等。这种现象称为流体流动的连续性。

稳定流动时的连续性方程：

或：
$$\omega_1 \rho_1 = \omega_2 \rho_2$$
$$\omega_1 = \omega_2$$

对于圆管路： $\omega = \omega_1 = \omega_2$ ()

连续稳定的不可压缩流体的流动中，流体流速与管道的截面积成反比。（或与管径的平方成反比）

例：液体在圆形管路中稳定流动，当管径减少一倍时，其流速是原来流速的几倍？
(倍) (若管径增大一倍，则流速是原来流速的 倍)

例：水连续由粗管流入细管作稳定流动，粗管的内直径为 ，细管的内直径为 。水在细管内的流速为 求水在粗管内的流速。

解： $\omega_1 = \omega_2$ () $\omega_1 = \omega_2$ () ()

四．流体稳定流动时能量平衡方程式——柏努利方程

· 流体的机械能：位能 、动能 ω 、静压能 或 ρ

流体流动过程中还有外加功的加入，能量的损失。

· 柏努利方程

在流体输送过程中，各种形式的机械能相互转换，应用能量守恒定律，列出流体的机械能衡算式：

$$\rho_1 \omega_1 + \frac{\rho_1 v_1^2}{2} + \rho_1 g z_1 + W_e = \rho_2 \omega_2 + \frac{\rho_2 v_2^2}{2} + \rho_2 g z_2 + \sum h_f$$
 (单位：)

天将降大任于斯人也，必先苦其心志，劳其筋骨，饿其体肤，空乏其身，行拂乱其所为。——《孟子》

或： $\rho \omega \Sigma$ 单位：液柱

（式中每一项称为压头，单位，表示单位重量流体所具有的能量。可以把自身从基准水平面升举的高度。）

以压头表示能量大小时，须说明是哪一种流体。

理想流体在管道内作稳定流动而又没有外功加入时，任一截面上单位质量流体所具有的位能、动能与静压能之和为一常数，称为总机械能。

$$\rho \omega \text{ 常数}$$

意味着单位质量理想流体在流动系统的各个截面上所具有的总机械能相等，但每一种形式的机械能不一定相等，而各种形式的机械能可以相互转换。

如果系统里没有外功加入，且流体是静止的，则 ρ 为流体静力学基本方程式的另一种表达式。

由此可见柏努利方程式除表示流体的流动规律外，还表示了流体静止状态的规律。

．应用：

- （ ）确定管道中流体的流速和流量
- （ ）确定高位槽的安装高度（确定容器的相对位置）
- （ ）确定送料的压缩气体的压强
- （ ）确定流体输送机械的有效功率等

．解题步骤：

- （ ）画出流程示意图：定出管路上的两个截面，以明确流动系统的衡算范围。
- （ ）截面的选取：两截面均应与流体流动方向垂直

两截面的流体必须是连续的

截面上的已知数据应充足而又包含待求参数

各项能量应与所取截面相互对应

不要取在阀门、弯头等部位

求外加功时，两截面应分别在输送设备的两侧

- （ ）基准水平面的选取：一般的基准面可任意选取，但为简化计算取两个截面中的任一个截面为基准面，则 值是指截面中心点与基准面的垂直距离。
- （ ）单位要统一。

() 压强表示方法要一致。

例：如图所示，水槽液面至水出口管垂直距离保持在 ，水管全长 ，全管段的管径为 ，若在流动过程中压头损失为 水柱（不包括出口压头损失），试求导管中每小时的流量 。

解：取水槽的液面为 ，截面，管路出口的内侧为 ，截面，以出口管道中心线为基准水平面。

ρ

ω

ρ

ω

Σ

已知：

表压

$\omega \approx$

忽略

表压

Σ

$\omega \rightarrow$

ω

$\times$

ω

ω

$\times \pi$

$\times$

$\times$

例（教材）如图所示，某化工厂用泵将地面上贮液池的碱液送至吸收塔顶，经喷嘴喷出，泵的进口管为Φ × 的钢管，碱液在泵的进口管中的流速为 ，出口管为Φ × 的钢管，贮液池中碱液深度为 ，池底到塔顶喷嘴的垂直距离为 碱液流经所有管路的总磨擦阻力为 碱液柱，喷嘴处的表压力为 碱液的相对密度为 。求此泵的压头。

解：以截面 — ' 为基准面，在 — ' 与 — ' 两截面间列柏努力方程

$$H = (z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \sum h_n$$

按表压计，碱液池液面的压强 $P_1 = 0$ ，喷嘴处的压强 $P_2 = 0.3 \times 98.1 \times 10^3 \text{ N/m}^2$

$$\rho_{\text{碱液}} = d \cdot \rho_{\text{水}} = 1.1 \times 1000 = 1100 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{故 } \frac{P_2 - P_1}{\rho g} = \frac{0.3 \times 98.1 \times 10^3 - 0}{1100 \times 9.81} = 2.73 \text{ m液柱}$$

$$z_1 = 0$$

$$z_2 = 20 - 1.5 = 18.5 \text{ m液柱}$$

因贮槽截面较喷嘴出口截面大得多，所以可近似地看作贮槽液面下降速度为零。

$$\text{即 } \omega_1 = 0$$

碱液在泵进口管中的速度 $\omega_{\text{进}} = 1.5 \text{ m/s}$ ，根据连续性方程有：

$$\omega_2 = \omega_{\text{进}} \left(\frac{D_{\text{进}}}{D_{\text{出}}} \right)^2$$

$$\text{进口管内径： } D_{\text{进}} = 108 - 4.5 \times 2 = 99 \text{ mm} = 0.099 \text{ m}$$

$$\text{出口管内径： } D_{\text{出}} = 76 - 2.5 \times 2 = 71 \text{ mm} = 0.071 \text{ m}$$

$$\text{故 } \omega_2 = 1.5 \times \left(\frac{0.099}{0.071} \right)^2 = 2.92 \text{ m/s}$$

$$\text{由已知条件 } \sum h_n = 3 \text{ m液柱}$$

$$\text{泵的压头为： } H = 18.5 + 2.73 + \frac{2.92^2 - 0}{2 \times 9.81} + 3 = 24.66 \text{ m碱液柱}$$

五．流体流动类型

流体流动状况是由多方面因素决定的。

雷诺数 $\omega \rho \mu$ 单位： 管直径 ω 流速 ρ 密度

μ 粘度

雷诺数表明流体流动的湍动程度。可用来判定流体流动类型。

雷诺数越大，流体内部湍动得越激烈。

其身正，不令而行；其身不正，虽令不从。——《论语》

$\leq$

属于层流

$\geq$

属于湍流

流体在管内作层流流动时，其质点沿管轴作有规则的平行运动，各质点互不碰撞，互不混合。

流体在管内作湍流流动时，其质点作不规则的杂乱运动，并相互碰撞，产生大大小小的旋涡。

例：℃的水在内径为 的管内流动，流速为 。试确定水在管路中的流动类型。（水在 ℃时密度为 ，粘度为 。

解：

$\omega \rho \mu$

$\times \times \times$

所以管中水的流动类型是湍流。

例：为了能以均匀的速度向精馏塔中加料，而使料液从高位槽自动流入精馏塔中。高位槽液位维持不变，塔内压力为 （表压）。问高位槽中的液面须高出塔的进料口若干米，才能使液体的进料量维持 ？已知原料液密度为 ，连接管及其入口和出口的阻力之和为 液柱，连接管的规格为φ × 。（如图）

解：选高位槽的液面为截面 ，精馏塔加料口的外侧为截面 ，并取精馏塔加料口的中心线为基准水平面。在两截面间列柏努力方程式

$\rho \omega$

$\rho \omega \Sigma$ ()

已知： $\omega \approx$ (表压) ρ

$\omega \approx \Sigma$ (表压)

则 $\rho \Sigma$ (×)

即高位槽的液位必须高出加料口

例：某车间用压缩空气来压送 浓硫酸，每批压送量为 要求在 分钟内压完，硫酸温度为 ℃。管子规格φ × 钢管，出口在硫酸贮槽液面上垂直距离为 ，设硫酸流经全管路的能量损失为 （不包括出口处能量损失）。试求开始压送时压缩空气的表压力。硫酸密度为

解：取硫酸管内液面为截面 ，硫酸出口管内侧为截面 ，以为截面为基准水平面。在两截面间列柏努力方程式

$$\rho \omega^2 = \rho \omega^2 + \dots \quad ()$$

已知 ? $\omega \approx$

$$(\text{表压}), \quad \omega = (\times \times \pi \times)$$

则 $\times$ (表压)

即压缩空气的压力在开始时为 $\times$ (表压)。

六、管路中流体流速的分布

$$\begin{aligned} \text{Re} < 2000 \quad \omega_{\text{平}} &= 0.5 \omega_{\text{max}} \\ \text{Re} > 4000 \quad \omega_{\text{平}} &= 0.8 \omega_{\text{max}} \end{aligned}$$

七、流体阻力计算

管路总阻力为各段直管阻力与各个局部阻力损失之和。

若整个管路的直径 不变，则当量长度法时，

$$\sum h_n = \lambda \left(\frac{L + \sum L_e}{d} \right) \frac{\omega^2}{2g}$$

若用阻力系数法时，

$$\sum h_n = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2}{2g}$$

例 (教材) 欲将 汽油自回流罐打入中间罐。管线全长 管路为 $\Phi \times$ 的无缝钢管。管路上有两个闸阀（一个全开，一个半开），六个 的弯头（即标准弯头），中间罐液面高为 回流罐液面高为 两罐液面上均受一个大气压，求泵所需要的压头 。已知汽油温度为 $^{\circ}\text{C}$ ，在此温度下的粘度为 ρ 。

解：取1—1和2—2两截面并以地面为基准面，列柏努力方程得

$$H = (z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2g} + \sum h_n$$

$$\begin{aligned} \text{因 } P_1 &= P_2 \\ \omega_1 &= \omega_2 = 0 \end{aligned}$$

$$\text{故 } H = (z_2 - z_1) + \sum h_n = (z_2 - z_1) + \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2}{2g}$$

$$W = 13t/h = 13000/3600 = 3.61 \text{ kg/s}$$

$$S = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (0.089 - 2 \times 0.0045)^2 = 0.785 \times 6.4 \times 10^{-3} = 5.02 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\omega = \frac{3.61}{690 \times 5.02 \times 10^{-3}} = 1.04 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{d\omega\rho}{\mu} \times 10^3 = \frac{(0.089 - 2 \times 0.0045) \times 1.04 \times 690}{0.2} \times 10^3 = 2.9 \times 10^5$$

查图得 $\lambda = 0.018$ (按粗糙管查得)

求局部阻力系数 $\sum \xi$

由表查得 90° 弯头 (即标准弯头) $\xi = 0.75$

全开闸阀 $\xi = 0.17$

半开闸阀 $\xi = 4.5$

流体从回流罐进入管路 骤然缩小, $S_1/S_2 = 0$; $\xi = 0.5$;

流体从管路进入中间罐 骤然扩大, $S_1/S_2 = 0$; $\xi = 1$ 。

$$\sum \xi = 6 \times 0.75 + 0.17 + 4.5 + 1 + 0.5 = 10.67$$

$$\sum h_n = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{\omega^2}{2g} = \left(0.018 \times \frac{510}{0.08} + 10.67 \right) \times \frac{1.04^2}{2 \times 9.81} = 6.92$$

$$H = (z_2 - z_1) + \sum h_n = (4 - 3) + 6.92 = 7.92 \text{ m 油柱}$$

液体输送

液体输送机械就是将外加能量加给液体的机械。通常称为泵。

一. 按工作原理分类:

1. 离心泵: 依靠旋转叶轮的离心惯性力进行工作。
2. 往复泵: 依靠作往复运动的活塞进行工作。
3. 旋转泵: 依靠旋转的转子进行工作。
4. 流体作用泵: 依靠另一流体进行工作。

二. 离心泵的主要部件

1. 叶轮：

作用是将原动机的机械能传给液体，使液体的静压能和动能均有提高。

闭式叶轮：叶片两侧有前后盖板。

半闭式叶轮：吸入口侧无盖板。

开式叶轮：叶片两侧无前后盖板。

闭式或半闭式叶轮的后盖板上钻有小孔—平衡孔：为克服和减少轴向推力。

按吸液方式的不同还有：单吸式叶轮：液体只能从前盖板的中心进入叶轮。结构简单。

双吸式叶轮：液体可从盖板两侧进入叶轮。可避免轴向推力。结构复杂。

单级泵只有一个叶轮。多级泵有几个叶轮装在同一根轴上，使泵内液体依次通过叶轮，最后获得较高的压头。

2. 泵壳（蜗壳）

有一截面逐渐扩大的蜗牛壳形通道。泵壳是一个汇集由叶轮抛出液体的部件，而且本身还是一个转能装置。

在叶轮与泵壳之间有时还安装一个固定不动而带有叶片的圆盘，称为导轮，以减少能量损失。

3. 密封装置：防止泵内液体外漏或外界空气进入泵内，影响安全运转和泵的效率。

密封环（叶轮与泵体间）。

轴封装置（轴与叶泵体间）：填料密封、机械密封。

4. 平衡装置（对级数较多的离心泵，常采用平衡盘装置来平衡轴向力）

平衡盘装置设在最后一级叶轮的后面，由平衡室、平衡盘、平衡环和连接管等组成。

5. 传动装置：轴、轴承、联轴器

三. 工作原理

1. 工作原理：离心泵在启动前须向泵壳内灌满被输送的液体。启动电机后，泵轴带动叶轮一起旋转，充满叶片之间的液体也随着旋转，在离心惯性力的作用下，液体从叶轮的中心被抛向外缘的过程中便获得了能量，使叶轮外缘液体的静压能

和动能都增加，流速可达 15—25 m/s。液体离开叶轮进入泵壳后，由于泵壳中流道逐渐加宽，液体的流速逐渐降低，又将一部分动能转变为静压能，使泵出口处液体的压力进一步提高，于是液体以较高的压力从泵的排除管路，输送至所需的场所。

当泵内液体从叶轮中心被抛向外缘时，在中心处形成低压区，由于贮槽液面上方的压力大于泵吸入口处的压力，在压力差的作用下，液体便经吸入管路连续地被吸入泵内，以补充被排除液体的位置。只要叶轮不断地转动，液体便不断地被吸入和排出。

2. 气缚现象

离心泵启动时，如果泵壳与吸入管路内没有充满液体，则泵内存有空气，由于空气的密度远小于液体的密度，产生的离心惯性力小，因而叶轮中心处所形成的低压不足以将贮槽内的液体吸入泵内，此时虽启动离心泵也不能输送液体，这种现象称为气缚。因此，离心泵在启动前须向泵壳内灌满被输送的液体

3. 汽蚀现象

(1) 吸上高度：是指泵入口中心在吸入贮槽液面上的高度。

(2) 汽蚀现象的产生：当贮槽液面上的压力一定时，吸上高度越大，则泵入口压力 P 越小。若吸上高度高至某一限度，泵入口压力等于泵送液体温度下的饱和蒸汽压时，在泵入口处，液体就会沸腾而大量汽化。当液体汽化产生的大量气泡随液体进入高压区时，又被周围的液体压碎而重新凝结为液体。在气泡凝结时，气泡所在空间形成真空，周围液体质点以极大的速度冲向气泡中心。由于液体质点互相冲击，造成很高的瞬间局部冲击压力。这种极大的冲击力可使叶轮或泵壳表面的金属粒子脱落，表面逐渐形成斑点、小裂缝，日久甚至使叶轮变成海绵状或整块脱落，这种现象称为汽蚀。

在压力降低时，溶解在液体中的气体从液中逸出，加速了汽蚀过程。

(3) 汽蚀现象对操作的影响：发生汽蚀时，泵体因受冲击而发生振动，并发出噪音；此外，因产生大量气泡使流量、扬程下降，严重时不能正常工作。因此泵在工作时，一定要防止汽蚀现象发生。

(4) 防止汽蚀：一般使最低压力大于输送温度下液体的饱和蒸汽压。控制泵入口液体能量来防止。

汽蚀余量：汽蚀时泵进口处单位重量液体所具有超过饱和蒸汽压的最小富余能量。

允许汽蚀余量表示泵吸入性能的参数，是确定泵安装高度的重要依据。

为防止不发生汽蚀，一般规定允许汽蚀余量必须至少留有0.3米的余量。

泵的实际安装高度应比计算值降低0.5---1m。

四. 离心泵的主要性能参数

1. 流量 **Q**：单位时间内泵排出液体的体积。（泵的送液能力） 单位： m³/s

流量取决于泵的结构尺寸（如叶轮的直径与叶片宽度）和转速。

2. 扬程 **H**：是指泵给予单位重量液体的能量。 单位： Nm/N=m

扬程取决于泵的结构、转速和流量。对于一定的泵，在指定转速下，扬程与流量之间具有一定的关系。

注意：不要把扬程与升扬高度等同起来。

升扬高度：用泵将液体从低处送到高处的垂直距离。它与泵的扬程和管路特性有关。

泵运转时，其升扬高度值一般小于扬程。

泵的扬程 **H**=出口处总压头—入口处总压头= $Z + (P_{表} + P_{真}) / \rho g + (u_2^2 - u_1^2) / 2g$

3. 功率和效率

有效功率 **N'**：每秒钟内泵对输出液体所作的功。单位： W 或 kW。

$$N' = QH\rho g \quad (W) \quad \text{或} \quad N' = QH\rho / 102 \quad (kW)$$

轴功率 **N**：泵轴从电机获得的功率。单位： W 或 kW。

泵运转时能量有损失：回流或泄漏；克服摩擦阻力和局部阻力；机械摩擦。

使 **N** 一定大于 **N'**。一般 **N** 随流量的增大而增大。

泵的总效率 **η**：有效功率与轴功率之比。 $\eta = \frac{N'}{N}$

则
$$N = \frac{QH\rho g}{\eta}$$

为防止电机超负荷，所配原动机功率应比泵轴功率要大。

——安全系数，取（ ）

例：有一台 油泵，用来输送常压塔顶回流油，回流油的密度为 。

该泵在流量为 时，扬程为 ，效率为 ，试求该泵的有效功率、轴功率和电动机功率。（安全系数取 ）

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/017001144002010026>