基本有机化工

第二篇

流体输送与传热

河北化工学院基本有机化工教研组编

一九七六年五月

目　　录

第 二 篇

本篇包括流体力学基础、流体输送机械、传热原理和传热设备四部分内容。

第一章 流体力学基础

化工生产中所处理的物料很多是气体和液体（统称流体），因此流体流动问题是化工厂里最常遇到的一个问题。而流体的输送又是在管路里进行的，这些流体物料一般又都是用机械来输送的。图1—1为合成甲醇原料气—半水煤气用水洗涤以除去其中焦油等杂质示意图。洗涤水用泵通过管路输送到塔顶，从喷头淋下，在洗涤塔中与半水煤气接

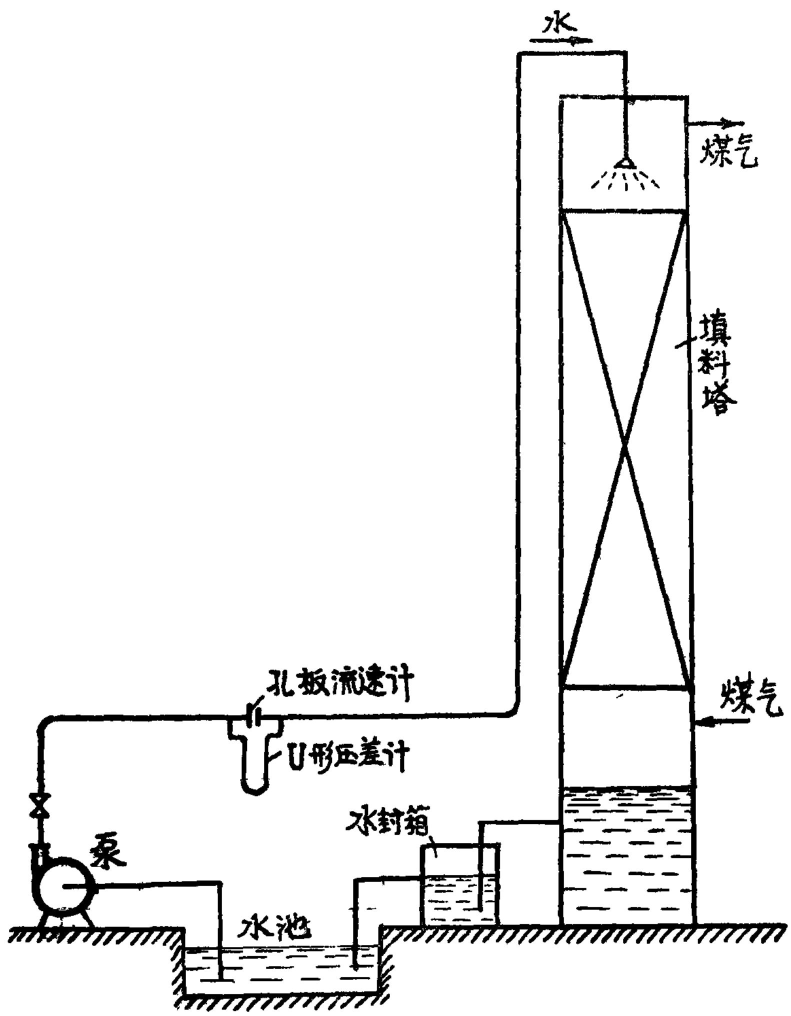


图1—1 半水煤气洗涤塔

触后，由塔底排出。半水煤气用鼓风机从塔底送入，经洗涤后由塔顶排出。流程虽不长，但也有许多问题需要正确处理与合理解决。这些问题概括起来主要有以下几点：

（1）选择适宜的流动速度，确定输送管路的直径，以作到既经济节约又能保证输送任务的完成。

（2）流体流动中所产生阻力的大小，以及把流体从一处送到另一处所需的能量，为选用流体输送机械（泵、通风机或压缩机）提供依据。

（3）合理装设计量仪表（流量计），作到计量范围能满足生产要求，安装位置合适，以保证计量结果准确可靠。

要解决上述问题，必须了解与流体流动有关的规律，比如流体在重力作用下的平衡规律，流体流动时的能量守恒和转换规律，流体阻力等。这些内容都属于流体力学的范围，是本章讨论的重点。

§1 流体静力学

流体静力学是研究流体在外力作用下处于相对静止时的规律及其应用。根据化工生产中压力的测量和液封方面的需要，本节只讨论在重力和压力作用下平衡的有关问题。

一、流体的静压强

静止流体内部任一点的压强，称为该点上的流体静压强。

我们通过观察下面这个实验来进一步说明流体静压强的特性。如图1—2所示，用一个不带盖的小铁盒，蒙上一块很薄的橡皮膜，在盒的侧面用细管和一个U型管接通，用这一套东西粗略地测量橡皮膜上受的压强。开始时三个水槽中水的深度是一样的，将小盒放在空气中，U型管两端

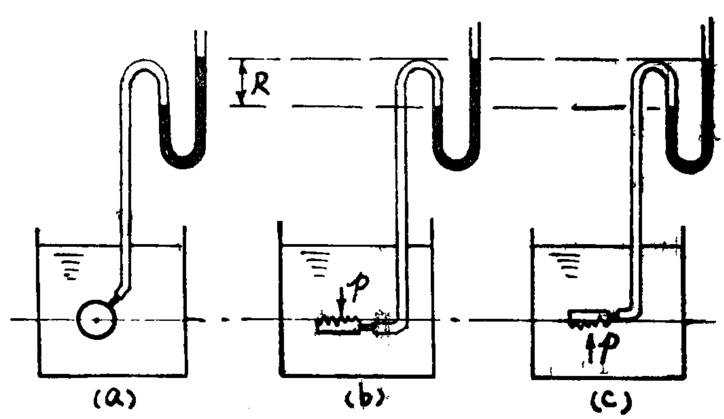


图1—2 流体的静压强

的液面也一样高。把小盒放入水中，测量水中某点的压强，如果压强大则U型管两端液

面相差就大。

现在把小盒伸入水中去测压强，我们可以看到如下现象：随着小盒向水中伸入深度不断增加，U型管两端液面高度差也不断增加；不管橡皮膜朝什么方向，只要它的中心位于同一高度，测得的压强都是相等的。〔图1—2(a)是橡皮膜朝向读者，(b)是朝上，(c)是朝下。〕这些现象是静止流体内在规律的表现，它说明：（1）流体中任一点的静压强与其所在空间位置有关；（2）从各个方向作用于某一点的流体静压强都是相等的，否则该点处的流体便不能保持静止，而且流体静压强的方向和作用面垂直，并指向作用面（即箭头p指示的方向）；（3）同一水平面上各点的静压强相等，否则静止的液面便不会成水平的。

二、静力学基本方程式

现在来研究流体在重力和压力的作用下达于平衡时的规律，在一般情况下，重力即地心引力可以看成是不变的，起变化的是压力，所以研究流体平衡时的规律，也就是研究处于相对静止状态的流体内部压强变化的规律。

如图1—3所示，容器里的液体是静止的，它受重力和压力作用而达于平衡状态。在这静止液体内划分出一个垂直的液柱，底面积为F，上下两底与容器底的距离分别为Z_1和Z_2。假设作用在液柱上底上的力为P_1，则作用在液柱下底上的力P_2便应该是P_1加上整个液柱的重量，即

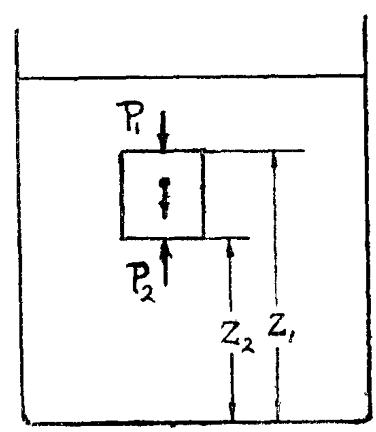


图1—3　静止液体内力的平衡

$$P_2 = P_1 + F(Z_1 - Z_2)\gamma$$

把上式各项除以F，又因$P_1/F = p_1$，$P_2/F = p_2$，上式便变成

$$p_2 = p_1 + \gamma(Z_1 - Z_2) \qquad (1—1)$$

式（1—1）中的p_1和p_2就是液柱上下两底处的水平面上的静压强，γ为液体的重度。式（1—1）又可以改写成

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma} = Z_1 - Z_2 \qquad (1—1a)$$

式（1—1）称为静止流体的平衡方程或称静力学基本方程式。它说明在重力作用

下处于静止状态的流体内部某一水平面上压强的大小只与流体重度和所在位置的高低有关，所在位置越低，压强越大。式（1—1a）表明，压强差的大小也可以用一定高度的流体柱来表示，这就是常用的U形管压差计测量流体压强的根据。

式（1—1）的应用范围，仅限于相连通着的同一个液体的内部。同时是以液体为例推导出来的，液体的特点是重度γ可视为常数。气体的重度随压强而变，但是位置高低（只要距离不是非常大）对气体重度的影响一般都可忽略，所以上式在化工计算里，同样可以用于气体。另外，在推导时液柱上下两底的高度是从器底往上算起的，这个作为计算高度的基准水平面，可以取在任何高度，但以方便计算为原则。因为这两个水平面的高度不管从那里算起，求出的差值即垂直距离总是一样的。

例1—1　有一油水分层器，如附图所示。若油层高度$Z_1 = 0.7$米，重度$\gamma_1 = 790$公斤/米^3，水层高度$Z_2 = 0.6$米，重度$\gamma_2 = 1000$公斤/米^3，为了维持界面恒定，采用π形管溢流装置，若不考虑流体在管内的阻力，试求π形管的高度Z应为多少？

解：

由流体平衡方程式可知，A点的流体压强

$$p_A = p + Z_1\gamma_1 + Z_2\gamma_2$$

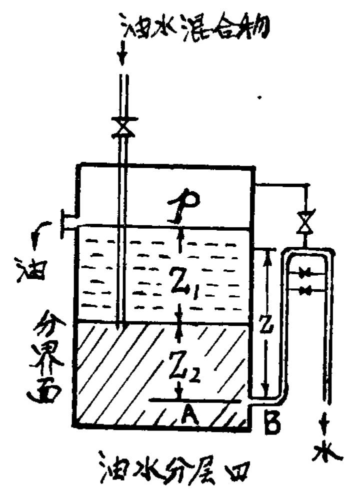
B点的流体压强

$$p_B = p + Z\gamma_2$$

流体的平衡方程式又告诉我们，在同一水平面上各点的流体压强相等，即$p_A = p_B$。

故

$$p + Z_1\gamma_1 + Z_2\gamma_2 = p + Z\gamma_2$$



例1—1　附　图

于是

$$Z = \frac{Z_1\gamma_1 + Z_2\gamma_2}{\gamma_2}$$

$$= \frac{0.7 \times 790 + 0.6 \times 1000}{1000}$$

$$= 1.155 \quad 米$$

实际生产中，还要考虑流体阻力，以及分层液面需要调整。因此，就在π型管不同高度装有几个支路阀，以供调节分层器的界面用。

三、静力学基本方程式的若干应用

1．连通器

化工生产中比较常用的玻璃管液位计就是应用连通器的一例。如我院化工实验一厂粗甲醇贮罐就装有玻璃管液位计来观测贮罐内粗甲醇液面的高低。如图１—４所示。

贮罐中的粗甲醇其重度为γ，液面上的压强$p_a = p_b$，取$C-C'$线为一水平基准线，在罐内$C-C'$上取一点O，则O点的压强

$$p_1 = p_a + \gamma Z_1$$

在液面计$C-C'$上取一点O'，其O'点的压强为

$$p_2 = p_b + \gamma Z_2$$

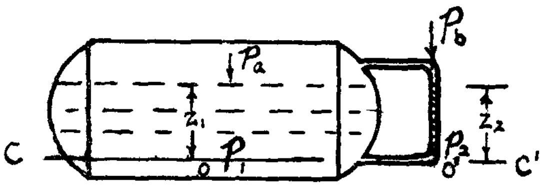


图１—４　连通器

平衡时$p_1 = p_2$，又因$p_a = p_b$，于是$Z_1 = Z_2$。

上面的结果说明当液面上的压强相等时，贮罐内和液位计的液体高度必相等。因此从液位计可看出贮罐中液位的高度。

2．液柱压差计

前面得到的静止流体内部压强变化的规律，又可作为测量流体压强的根据。所用的仪器叫液柱压差计。

（１）U管压差计

如图１—５所示，U管底部阴影部分装有液体A，它的重度为γ_A，通常把它称为指示液。对它的要求条件：（１）与被测流体B不发生化学反应；（２）不互溶；（３）指示液的重度γ_A要大于被测流体重度γ_B。

将U管的两端分别与被测流体相连接，设两管口处的流体压强分别是p_1和p_2，而p_1不等于p_2（$p_1 > p_2$），这时液体A在两侧臂里的液面就不等高，设高差为R。现在根据该读数R的大小来确定压强差（$p_1 - p_2$）的大小，这很容易用前面的静力学基本方程式来解决。

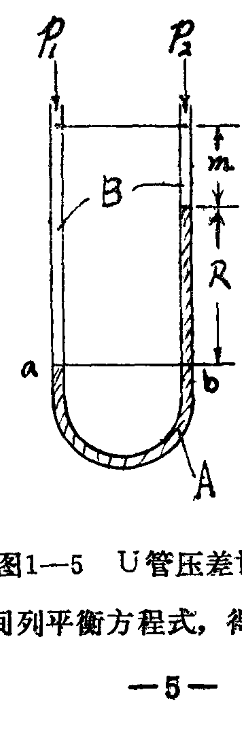


图1—5　U管压差计

以图中的a—b为基准水平面，在U管的左侧，在１点与a点间列平衡方程式，得

$$p_a = p_1 + (m + R)\gamma_B$$

同样，在U管的右侧，在2点与b点间列平衡方程式，得

$$p_b = p_2 + m\gamma_B + R\gamma_A$$

根据流体静力学基本方程式，处于静止的相连通着的同一种流体内，在同一水平面上各点的压强是相等的，即 $p_a = p_b$

于是 $$p_1 + (m + R)\gamma_B = p_2 + m\gamma_B + R\gamma_A$$

经整理后得

$$p_1 - p_2 = R(\gamma_A - \gamma_B) \qquad (1-2)$$

由此可以看出，在利用上式关系测量流体的压强差时，U管的粗细（只要不是毛细管）和m段的长短，对所测量的结果都无影响。

测量液体的静压强时，指示液可以用水银（汞）或四氯化碳（CCl_4）等重度大的液体；测量气体时，指示液往往用水（加点染料以便于读数）。测量气体时，由于气体的重度比液体的重度小得多，$\gamma_A - \gamma_B \doteq \gamma_A$，这时式（1—2）可以简化成

$$p_1 - p_2 \doteq R\gamma_A \qquad (1-3)$$

（2）微差压差计

若所测量的压强差很小，读数R也就很小，就难以读得精确。为了把读数放大，除了在选用指示液时，尽可能使γ_A与γ_B接近以外，还可采用微差压差计。如图1—6所示的U管里装了两种重度不同的指示液A和C。若 $p_1 \neq p_2$，不仅两侧管里指示液A的两液面不等高，指示液C的两液面也不等高，出现了两个读数，使计算复杂。为了克服这个缺点，在U管上部作两个扩张小室，起"水库"的作用。即使指示液的高差R很大，而两个小室内的指示液C的液面，基本上可视为等高。这样，压强差便可利用下式进行计算：

$$p_1 - p_2 = R(\gamma_A - \gamma_C) \qquad (1-4)$$

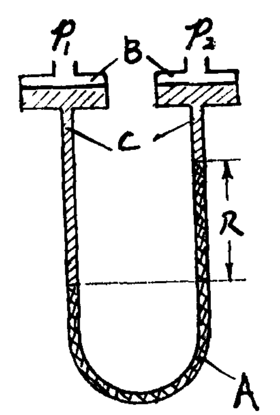


图1—6　微差压差计

只要适当选用A、C两种指示液，使它们的重度差很小，读数可以比普通U管上的大几十倍。为使读数误差不超过1～2％，扩张小室直径与U管直径之比，不应小于10：1。

液柱压差计由于受到玻璃管长度的限制，只适用于测量不大的压强差，但却可以得到相当精确的读数。同时，它的另一个特点是简单易于制造，所以无论是实验室或工厂，它的应用都很广泛。

例1—2　用U管压差计测量气体管路上两点的压强差，指示液为水，读数R为12毫米。为了扩大读数，改用微差压差计，指示液A是含40%酒精的水溶液，重度为920公斤/米^3，指示液C是煤油，重度为850公斤/米^3。问读数R可以扩大到多少毫米？

解：　由题意得知，所测压强差未变，于是由式（1—3）和式（1—4）消去所测压强差（p_1-p_2），则得

$$R\gamma_{水}=R'(\gamma_{酒精}-\gamma_{煤油})$$

$$R'=R\frac{\gamma_{水}}{\gamma_{酒精}-\gamma_{煤油}}$$

$$=12\times\frac{1000}{920-850}$$

$$=171\quad 毫米$$

§2　流体动力学

流体在输送过程中，位置、流速和压强都在变化，这表明流体的能量在形式上和数量上也要有所改变。本节所讨论的主要问题是流体在流动过程中能量变化的规律，以及如何应用这些规律去解决流体输送中的有关问题。

为研究上述问题，应先弄清流量和流速的各种表示法，以及稳定流动和不稳定流动的区别。

一、流量与流速

1．体积流量

流体在管道中流动时，每单位时间内流经任一截面的流体体积称为体积流量简称流量。以V表示。其单位为米^3/秒或米^3/小时。

2．重量流量

流体在单位时间内流过管道任一截面的重量，称为重量流量。其单位为公斤/秒或公斤/小时。重量流量W和体积流量V的关系为：

$$W = V \cdot \gamma$$

式中：γ——流体的重度，公斤/米^3。

3．流速

流体在管道中流动时，每单位时间内在流动的万向上所流经的距离，称为流速，其单位为米/秒。工程上一般是把流体的体积流量V除以管道截面积F所得的商来表示流体通过该截面的速度，称为平均速度，简称流速w。其表示式为：

$$w = \frac{V}{F} \quad 米/秒$$

在计算可压缩的气体流动时，常用重量流速G，即重量流量与管道截面积之比。

$$G = \frac{W}{F} = \frac{V \cdot \gamma}{F} = w \cdot \gamma \quad 公斤/米^2 \cdot 秒$$

上二式中：F——管道的截面面积，米^2。若管道的截面积是园形，则

$$F = \frac{\pi}{4} d^2$$

其中d为管道内径。因此，要确定管道的直径时，可用下式计算：

$$V = w \cdot F = w \cdot \frac{\pi}{4} d^2 \quad 米^3/秒$$

于是

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} \quad 米 \qquad (1—5)$$

从式（1—5）可知，在流量已知的情况下，要确定管道的直径时，应先选定流速。当选取大流速时，则管径就小，这样材料消耗和基建投资费用就可节省。但是却增大了流体流动时的动力消耗，使操作费用提高。减小流速可以降低动力消耗，但却增大了管径，使基建投资增加。因此，在设计时要根据具体情况，分析矛盾的主次，权衡利弊，从而选定出适宜的流速。常用的流速范围如下：

液体在导管内的流速不宜超过3米，一般取1.5～3米/秒；

对于粘度较大的液体，可取流速为0.5～1米/秒；

气体流速在压强不大时，一般为8～15米/秒；

对于压强较大的气体为15～25米/秒；

饱和蒸汽的流速为20～30米/秒；

过热蒸汽的流速为30～50米/秒。

需要指出的是，由式（1—5）计算所得的管径，不一定是工业上所生产的规格。因此应该按照标准规格进行套级选定。在套级选定时，还需要考虑管子的耐压和耐腐蚀等情况。

二、稳定流动与不稳定流动

在桶里充满了水，桶底接一管子把水放出来，若在放水的过程中，又不断向桶里补充水，使桶里的水位保持不变，则放水管任一截面上水的平均速度是固定的，不随时间而改变，如图1—7(b)所示。假若放水过程没有水补充至桶里，桶里的水位便逐渐下降，放水管同一个截面上水的平均速度便逐渐下降，随时间改变，如图1—7(a)所示。上面两种情况分别是稳定流动和不稳定流动的简单例子。凡是流动系统里任一部位的流速以至于和流动有关的因素（例如压力、密度）都不随时间而改变的，称为稳定流动。若这些因素随时间而变，就是不稳定流动。

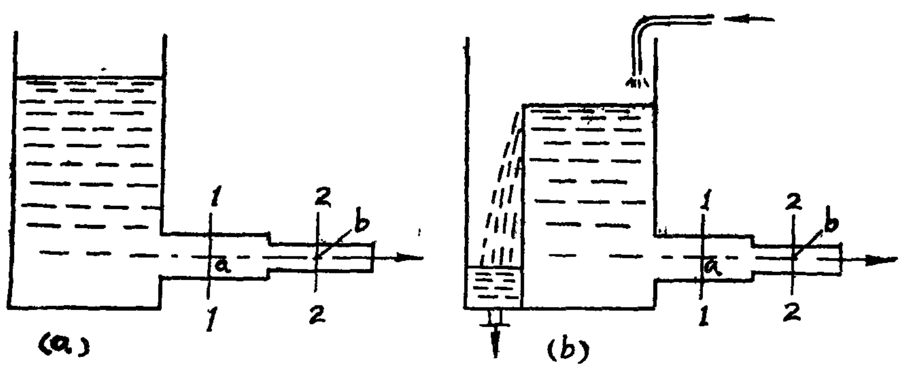


图1—7　稳定流动(b)与不稳定流动（a）

稳定流动的条件并不包括流动系统里各个部位的流速和其他物理性质都要相同，而是指任何一个部位上这些因素不随时间而变。例如上述放水管若管径不是均一的，在稳定流动时，不同截面上的流速并不相同。

对于稳定流动，流动状态只需考虑流动系统上的位置，时间因素可以不考虑。不稳定流动要同时考虑时间因素，所以表示不稳定流动的流速时，除了要指出是在哪一个位置上而外，还要指明是在哪一瞬间的。

在化工厂里，尤其是采用连续生产过程时，流体的流动情况多数是稳定流动。

三、物料衡算——连续性方程

进行物料衡算的方法，首先是划出一个系统，明确规定出它与外围环境之间的边介。图1—8所示的流体输送系统，其边介就是管内壁、截面1与2。凡是通过边介从外介向系统流入的物料，称为输入，通过边介从系统向外输出的物料，称为输出。

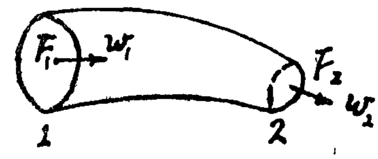


图1—8　连续性方程式的推导

对于稳定流动系统，系统内部的物料量必须保持不变，例如图1—7b所示的水槽，液面不随时间而变化。所以，稳定流动系统的物料衡算，必须满足下列关系：

输入＝输出

按照质量守恒的原则，输入与输出的量都应该以质量计，但是在流体输送的计算中，重力加速度g可视为常数，质量相等则重量亦相等，故上面的基本关系也可以用重量表示。于是图1—8这个系统的物料衡算式便可以1秒钟为基准而写成

$$W_1 = W_2$$

因$W = w \cdot F \cdot \gamma$，故上式可改写成

$$w_1 F_1 \gamma_1 = w_2 F_2 \gamma_2 \qquad (1-6)$$

式（1—6）表示流速w随管径截面F和重度γ的改变而改变。这个关系也可以推广到管路上的任何一个截面而写成。

$$W = w \cdot F \cdot \gamma = 常数 \qquad (1-7)$$

若流体是不可压缩的，γ＝常数，则不仅各截面的重量流量为常数，体积流量亦为常数：

$$V = w \cdot F = 常数 \qquad (1-8)$$

式（1—6）至（1—8）都是管内稳定流动的连续性方程，利用它们可以计算管道各截面上流速的变化。这些关系只适用于连续流动的流体，所谓连续流动，是指流体充满全管，并连续不断的进出管路。

凡是稳定流动的流体输送过程，都必须满足上述连续性方程。若管路有分支，则总流量等于各支管流量之和。

例1—3　水在园形管道中流动，粗管的内径为80毫米，细管的内径为40毫米。问细管的水流速度是粗管内水流速度的几倍？

解：流体的重度为常数时的连续性方程式为

$$w_1F_1 = w_2F_2$$

园管的截面 $F=\frac{\pi}{4}d^2$，于是连续性方程可写成

$$w_1\left(\frac{\pi}{4}d_1^2\right)=w_2\left(\frac{\pi}{4}d_2^2\right)$$

由此得

$$\frac{w_2}{w_1}=\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2=\left(\frac{0.08}{0.04}\right)^2=4$$

细管内的水流速度是粗管内的水流速度的四倍。由此可见，流量一定，流速与管径的平方成反比。

四、机械能衡算——柏努利方程式

对于流动系统的总能量衡算式，即

$$\Delta U+\Delta Z+\frac{\Delta w^2}{2g}+\Delta(pV)=Q+L \qquad (1-9)$$

我们在第一篇第三章中已作讨论（此处以 $+L$ 代替 $-Ws$）。但是，上式中没有把流动过程中的能量损失明确地划分出来，因此对于解决流体流动的某些方面的问题，并不方便，所以还要把它转变成合用的形式。

就能量守恒这个普遍规律来说，能量是损失不掉的，它只能从一种形式转变成另一种形式。此有所失，彼必有所得。对于流体流动过程自然也不例外。流体在管路里流动时，由于流体的内摩擦要消耗机械能，这些消耗了的机械能一般都转变为热，不能直接用于流体输送。从实用上说，这部分机械能是“损失”掉了。

现在我们设法把机械能损失这个项目体现在衡算式里。衡算仍以1公斤流体为基准。

对于流体输送来说，由于流体内摩擦致使一部分机械能转变成热。并假设这些热被吸收到流体里（一般只能把流体温度提高一点点），故流体实际上接受到的热 Q' 应比 Q 多一些，所多的即相当于“损失”掉的机械能，命其为 Σh_f，即

$$Q'=Q+\Sigma h_f \qquad Q=Q'-\Sigma h_f$$

把上式代入式（1—9），得

$$\Delta U+\Delta Z+\frac{\Delta w^2}{2g}+\Delta(pv)=Q'+L-\Sigma h_f \qquad (1-10)$$

根据热力学第一定律，流体内能的变化等于它所获得的热量减去它所作的功：

$$\Delta U=Q'-\int_{v_1}^{v_2} p\,dv$$

把上述关系式代入式（1—10）中，得

$$\Delta Z+\frac{\Delta w^2}{2g}+\Delta(pv)-\int_{v_1}^{v^2} p\,dv=L-\Sigma h_f$$

再把 $\Delta(pv)=\int_{v_1}^{v_2} p\,dv+\int_{p_1}^{p_2} v\,dp$ 代入上式，则得

$$L=\Delta Z+\frac{\Delta w^2}{2g}+\int_{p_1}^{p_2} v\,dp+\Sigma h_f \qquad (1-11)$$

式（1—11）称为机械能衡算式，其中列有各项机械能，并校正了由于内摩擦使一部分机械能变为热的机械损失。这个公式适用于包括可压缩的实际流体在内，除掉稳定流动这一条件外，应用上式没有其他限制。

式（1—11）里 $\int_{p_1}^{p_2} v\,dp$ 这一项的值，取决于过程的途径（等温、绝热和多变）和流体的状态方程式（p—v—T关系）。

我们在计算中所遇到的许多流体，常常可视为不可压缩的流体，即 $v=\frac{1}{\gamma}$——为一常数，于是，$\int_{p_1}^{p_2} v\,dp=\frac{\Delta p}{\gamma}$，这样式（1—11）便可化简成

$$L=\Delta Z+\frac{\Delta w^2}{2g}+\frac{\Delta p}{\gamma}+\Sigma h_f \qquad (1-12)$$

假如流体在流动时无机械能损失，即 $\Sigma h_f=0$，又不向系统加入外功，即 $L=0$，式（1—12）可进一步简化成

$$\Delta Z+\frac{\Delta w^2}{2g}+\frac{\Delta p}{\gamma}=0 \qquad (1-13)$$

或

$$Z_1+\frac{w_1^2}{2g}+\frac{p_1}{\gamma}=Z_2+\frac{w_2^2}{2g}+\frac{p_2}{\gamma} \qquad (1-13a)$$

式（1—13）、（1—13a）称为柏努利方程式。式（1—11）与式（1—12）为柏努利方程式的引伸。没有摩擦损耗的流体在实际上是遇不到的，故真正的柏努利方程式（1—13）只有理论上的价值。在分析问题时可以应用。在计算里用得多的还是式（1—11）和（1—12），一般常用它来计算流体流动系统中所需外加的能量，即求算L一项，作为选择流体输送机械的依据。

五、压头与压头损失

为了易于理解，首先对式（1—13）加以分析。这个方程式对于管路上的任何截面来说，可写成

$$Z+\frac{w^2}{2g}+\frac{p}{\gamma}=\text{常数} \qquad (1-13b)$$

在推导机械能衡算式时，以1公斤流体为基准，所以上式中各项的单位都是公斤·米/公斤。因此，它们顺次代表某截面上每公斤流体所具有的位能、动能和静压能。它们的单位还可以进一步简化成米，而米是长度单位，在这里反映一定高度，即这公斤流体所具有的能量可以把它本身升举多高。从这点理解出发，我们还把式（1—13b）中的各项逐个给予一个更简明的名字，并给予一个相应的符号：

Z……位压头，h_z

$\frac{w^2}{2g}$……动压头，h_w

$\frac{p}{\gamma}$……静压头，h_p

把三者之和称为总压头，式（1—13b）又可写成

$$\text{总压头}=h_z+h_w+h_p=\text{常数} \qquad (1-13c)$$

式（1—13c）表示在没有摩擦损失的理想情况下流体作稳定流动而又没有外功加入时，任一截面上的总压头为常数。图1—9就是式（1—13c）的体现。流体从低处流到高处，位压头增加；从粗管流到细管，动压头增加；在总压头为常数的条件下，静压头就要相应降低。这表明流体自截面1—1流到截面2—2，部分静压头转换为位压头

和动压头。

现在考察一下式(1—12)，它比式（1—13)多了L和Σh_f两项，它们的单位同样可以简化成米。根据压头的概念，L是泵向每公斤流体增加的能量，而Σh_f表示每公斤流体在由截面1—1流至截面2—2时由于摩擦所损失的机械能，称为压头损失。

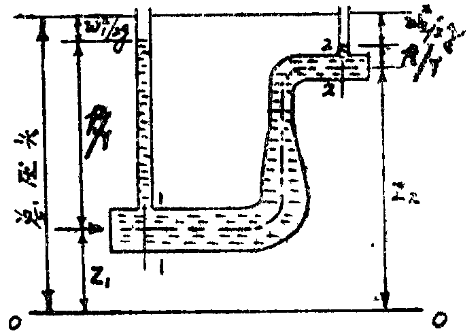


图1—9　无外功、无压头损失条件下各项压头的互换

压头损失和压头在概念上有所不同：（1）压头是针对流动系统上某一个截面来说的，压头损失是针对两个截面间的一段管路来说的；（2）一种压头可以变成另一种压头，例如截面1—1上的动压头可以变成截面2—2上的静压头，但压头一经损失掉，不能再变回系统里的任何一种压头。

至此，柏努利方程式把流体流动系统里各种机械能相互转化的数量关系，可以表示为各种压头的互相转变的关系。若流动系统中即无外功加入，又无压头损失，则沿流动系统的任一截面上的总压头皆为常数。若有外功输入并有压头损失的情况下，则外功的输入是用于提高流体的位压头、动压头和静压头上，以及由于克服流体阻力所损失的压头上。

六、柏努利方程式的应用

1．确定所需泵的压头

例1—4　氯乙烯生产中的碱洗塔，用泵将碱液打到塔顶。泵的进出口内径均为41毫米，流速为1.5米/秒。贮碱罐液面高度为1.5米，液面上压力$p_1=80mmHg$。喷头距地面的距离为6米，喷头直径为100毫米，喷咀处碱液压力为1.0大气压，碱液的比重为1.10。碱液流经管路的压头损失为5米碱液柱。求泵所需提供的压头。

解：（1）选取截面：首先应当正确选取截面，才能具体确定该截面上的各项能量。

选取截面的原则如下：

1）　截面应垂直于流体流动的方向；