



用有效能成本分析求输送流体的经济流速

广州溶剂厂 陈鸿铭

在化工厂中,流体输送耗能相当大。我厂生产冰醋酸、甲醛、增塑剂、溶剂等产品,其耗电能的70%都用于输送流体,蒸汽管网损耗热能10~20%。所以化工厂流体输送可行性研究是有很大大价值的。关于流体输送的经济问题,必将随着能源紧张日益被人们重视。可是目前一般资料都只作定性说明,没有清晰量的叙述。如,对流体输送管径选取,都认为使动力费与固定费之和为最小时,为流体最适宜流速或称经济流速,并由经济流速求出适宜管径。但是经济流速如何求取?资料之经济流速幅度又大,往往使配管设计时,得不到要领。另外,各国家、各地区能费相差很大,如:“实用プラント设计マニュアル”一书中(表1):

表1 经济流速

流体	经济流速 w/sec
水	1~5
低粘度液体	1.5~3
高粘度液体	0.5~2
气体液体混合物	15~20
蒸汽	20~40
干气(贫油气)	5~30

国内资料,如“化工工艺设计资料”也列出流体常用流速范围,作为配管经验设计。经验设计主要根据是从流速或压降选取管径,没有进行各种条件下技术经济分析,因此就不可能使工艺配管设计最佳化。

现摘出“流体常用流速范围表”部分数据:〔取自于“化工工艺设计手册”第一册,由上海化学工业设计院医药农药工业设计建设组编〕

流体名称	流速范围 m/sec	流体名称	流速范围 m/sec
饱和蒸汽主管	30~40	蒸发器出气口(常压)	25~30
一般气体(常压)	20~30	废气(低压)	20~30
压缩气体(6~10表压)	10~20	工业供水	1.5~3.5
煤气	10~15	油及粘度大的液体	0.5~2.0
真空管	2.5~15	盐水	1.0~2.0
	<10		

针对这样情况,在能源费用日益高昂的现今世界,加上各国、各地区能费相差又很大,必须因地制宜地提出一种实用求取输送流体经济计算,供工厂作可行性选用才行。

一、成本分析及流体输送中有效能损失

大家知道:

工程成本 = 不变成本 + 可变成本

或: 工程成本 = 工程投资、安装、维修费 + 运转费

就管道而言:

成本(M) = 管道投资(A) + 安装维修费(B) + 工艺需要能位费(C) + 流体摩擦损失(D) (各种符号代表的意义见后文)。

由于工艺需要能位,如流量、压力、温度等是由工艺所决定的,故要使成本最佳,就应该使(A+B+D)之值为最小。当管径确定后,(A+B)之值也就确定。但是管径确定依赖于摩擦损失费与管径内在矛盾。

流体具有的有效能(ΔB)是表示流体做功(最大)的能力。流体输送过程,由于摩擦,表现为压力降(ΔP),当然会降低做功能力

力, 即就是损失了有效能。或者说, 流体输送的过程, 就是有效能不断降解过程。所以, 流体输送表现强度因素压力降 (ΔP) 必与有效能 (ΔB) 变化有内在关系。如, 理想气体因阻力变化作等温膨胀, 总焓内能不变, 但做功能力已下降了。因此, 只有从有效能变化角度来分析流体输送, 才能掌握实质。

从工程热力学知:

对稳定流流体:

$$\bar{W} = Q - \Delta H \dots\dots\dots (a)$$

$\bar{W}$ ——流体做功;

Q ——外界与系统热能交换;

ΔH ——系统焓变;

又流体有效能为:

$$-\Delta B = T_0 \Delta S - \Delta H \dots\dots\dots (b)$$

T_0 ——环境温度

ΔS ——熵变

流体在流动中有效能损失:

$$D' = -\Delta B - W$$

$$= T_0 \Delta S - Q \dots\dots\dots (c)$$

当流体与环境无热能交换时, $Q = 0$, 即: $D' = T_0 \Delta S$ 为无效能, 是流体输送做功能力(有效能)损失, 与流动过程熵增成正比。

又, 当忽略动能与位能变化又无做非体积功时的稳定流:

$$dH = TdS + VdP$$

(总能) (无效能) (有效能)

忽略在输送流体时系统与环境无任何热力学过程时:

$$dH = 0 \quad dS = -\frac{V}{T} dP,$$

$$TdS = -VdP, \quad TdS = dD'$$

$$\text{无效能增量: } D' = \int -VdP \dots\dots\dots (d)$$

看出, 有效能降低, 正比于压力降。

对于液体 $V \approx \text{常量}$ $D' = -V\Delta P \dots (e)$

只要知道 ΔP (压力降), 就知道流体做功能力损失, 因此, 流体输送中任何造成压力损失, 都是巨大的能源浪费。

对于低压或理想气体:

$$V = nRT/P \quad D = -nRT \int \frac{1}{P} dP \dots (f)$$

在输送气体时, 一般可视为等温过程,

$$\begin{aligned} \text{所以 } D' &= -nRT \ln \frac{P_2}{P_1} \\ &= -nRT(\Delta \ln P) \dots\dots\dots (g) \end{aligned}$$

用公式(e)、(g)很容易求算流体输送时有效能 D' 损失, 由于 $\Delta P = f(\text{流速、管道、粘度等})$, 均有手册查出或公式计算, 所以使用公式(e)、(g)并不困难。但是流体输送过程与环境不可能无热力学交换, 所以最好知道流体在输送过程中前后的热力学函数变化, 求有效能损失 D' 就采用公式(h)更为准确。

$$\begin{aligned} D' &= \Delta B_1 - \Delta B_2 \\ &= (\Delta H_1 - T_0 \Delta S_1) - (\Delta H_2 - T_0 \Delta S_2) \\ &\dots\dots\dots (h) \end{aligned}$$

有效能是从能的品位上把握能源的作用, 比总焓更有意义。这正如产品的质量与产量关系上, 质量是第一位的, 是事物的主要矛盾。十分遗憾的是总焓及总焓价格大家理解而且重视, 而有效能, 有效能单价 θ 被人们忽略, 更不要说被人们所理解。

有效能单价 θ 是能源价格, 热介质系统状态函数。建议有关部门应制定各时期、各种热介质的有效能单价。

广州地区以我厂为例:

(1) 因(有功)电能全为有效能, 工业上每度电为 0.08 元, 故:

$$\begin{aligned} \theta_{\text{电}} &= 0.08 \text{ 元} / 860 \\ &= 9.30 \times 10^{-5} \text{ 元} / \text{Kcal} \\ &= 2.18 \times 10^{-7} \text{ 元} / \text{kg} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

(2) 每生产 1000kg 表压 8kg/cm² 饱和蒸汽, 燃料费 23.00 元, 当取环境温度 25℃ 水, 其有效能

$$\begin{aligned} \Delta B &= (\Delta H_1'' - 298 \Delta S_1'') \\ &= 637 - 298 \times 1.499 \\ &= 190.25 \text{ Kcal/kg} \\ \theta_{\text{汽}} &= 23 / 1000 \cdot 190.25 \end{aligned}$$

$$= 0.121 \times 10^{-3} \text{元/KCal}$$

$$= 2.83 \times 10^{-7} \text{元/kg} \cdot \text{m}$$

看出广州地区 $\theta_{\text{汽}} > \theta_{\text{电}}$, 故广州地区使用电驱动机泵比使用蒸汽驱动机泵经济, 当蒸汽利用低时, 使用电驱动机泵更为受益。目前小型化工厂, 一般蒸汽利用率为 50~60%, 看来使用电驱动机泵更合算。可是, 在江、浙、云、贵因燃料费便宜, 大概每发生一吨蒸汽只要 5~6 元, 那使用蒸汽驱动机泵是经济的。

有各地区(单位)的, 又知道输送流体压力降或有效能损失, 摩擦损失费就定出, 比较不同管径的成本, 就可得出最佳化的经济流速。

二、经济流速 $u_{\text{佳}}$ 的求取

由于用不同管径进行成本比较, 画出成本 $= f(D)$ 图, 可求出经济流速, 但十分复杂, 所以必须找出求 $U_{\text{佳}}$ 的方法。

按成本公式: $M = A + B + C + D$

$$A = W \cdot q, B = m \cdot W \cdot q$$

若考虑月利息 i , 进行动态分析, N 个月后本利和为:

$$A + B = (1 + m)Wq(1 + i)^N$$

对于气体 $D = nRT \theta (\Delta \ln P) \cdot Z / \eta$

$$\text{于是: } (M - C) = (1 + m)W \cdot q(1 + i)^N + nRT \theta Z (\Delta \ln P) / \eta \dots \dots \dots (I)$$

$$\text{又: } W = \frac{\pi}{4} (D_{\text{外}}^2 - D_{\text{内}}^2) \cdot 1 \cdot r$$

$$= \frac{\pi}{4} \cdot r \cdot (4D_{\text{内}}\delta + 4\delta^2)$$

$$= \pi \cdot r (D_{\text{内}}\delta + \delta^2)$$

$$D_{\text{内}} = \left(\frac{4V}{\pi u} \right)^{\frac{1}{2}} \text{ 并令: } x = \left(\frac{1}{u} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$W = \frac{\pi}{4} r (2\delta \sqrt{\frac{4V}{\pi}} \cdot x + \delta^2)$$

$$\text{又: } \Delta \ln P = \ln \frac{P_1}{P_2} = \ln \left(1 + \frac{\Delta p}{P_2} \right)$$

$$\approx \frac{\Delta P}{P_2} \approx \frac{\Delta P}{P_1} = \frac{\Delta P}{P}$$

公式(I)可化为:

$$(M - C) = (1 + m)W \cdot q(1 + i)^N + V \cdot \theta \cdot Z \cdot \Delta p / \eta \dots \dots \dots (I')$$

$$\Delta P = \rho \cdot F = \rho \cdot 2f \frac{u^2}{2g} \cdot \frac{L}{D_{\text{内}}} \dots \dots \dots (i)$$

当 $L = 1$ 米时

$$(M - C)$$

$$= (1 + m)q(1 + i)^N \cdot \frac{\pi}{4} \cdot r (2\delta \sqrt{\frac{4V}{\pi}} \cdot x + \delta^2)$$

$$+ 2nRT \theta Z \rho f / g \cdot \eta \cdot P \sqrt{\frac{4V}{\pi}} \cdot x^5 \dots \dots \dots (II)$$

要最经济, 即要使 $(M - C)$ 极小, 就是对变量 u (流速) 亦即对 x 求导为 0, 在式(II)中, 除 x 外将其他变量视为常量时对 x 求导为 0 得:

$$(1 + m)q(1 + i)^N \cdot \frac{\pi}{4} \cdot r \cdot 2\delta \sqrt{\frac{4V}{\pi}}$$

$$= 10 \cdot \theta \cdot V \cdot \rho \cdot f \cdot Z / g \cdot \eta \sqrt{\frac{4V}{\pi}} \cdot x^5$$

$$x^5 = 50 \rho f Z / 2g \cdot \eta \cdot q \cdot Z \cdot \delta (1 + m) (1 + i)^N$$

最佳流速

$$u_{\text{佳}} = \left[\frac{2g \cdot \eta \cdot q \cdot r \cdot \delta (1 + m) (1 + i)^N}{5 \theta \cdot \rho \cdot f \cdot Z} \right]^{\frac{1}{5}} \dots \dots \dots (III)$$

*注: 没有考虑能费动态分析, 如考虑就没有 $(1 + i)^N$

对于液体 $D = V \cdot \Delta p$, 同样也可以推导出如公式(III)一样的 $u_{\text{佳}}$, 故公式(III)对所有流体均适合。

公式 II 中, 除阻力系数 $f = f(Re)$ 是流速 u 的隐函数, 其他变量都是在配管预先确定的, 在流体输送时, 当湍流时, $f \approx$ 常数, 故此推导出公式(III)仍然有实用意义, 它反映出经济流速 $u_{\text{佳}}$ 与现实各种因素: 流体流动状态, 能源价格、利息、施工费、使用期、效率, 材质重度、价钱、管厚、流体重度等有关。这些因素事先易定, 所以使用公式(III)求取 $u_{\text{佳}}$ 还是比较简单。

另外,从公式(h)得:

$$(M-C) = (1+m)q \cdot W(1+i)^N$$

$$+ D' \theta GZ/\eta \dots\dots\dots \text{IV}$$

当有流体输送过程前后热力学数据,采用公式IV求取成本(M-C)是方便而精确的。同样与公式(I)一样,可用于选用不同管径来进行成本比较(法)。

三、举 例

以下例题均按:

1. 安装及维修费为材料费20%
2. 年折旧费为材料费10%,即寿命为十年。

3. 无缝管单价 1.00 元/公斤, 不锈钢管单价 20.00 元/公斤。

4. 电能有效能单价 2.18×10^{-7} 元/kg-m
蒸汽有效能单价 2.83×10^{-7} 元/kg-m

5. 月利息率 0.42%, 成本计算采用动态分析(DCF)

$$U_{\text{佳}} = \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1.00 \times 7800 \times 0.006(1+0.2)(1+0.42\%)^{120}}{5 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 997 \times 25.92 \times 10^{-7} \times 0.0036} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1 \times 7.8 \times 6 \times 1.2 \times 1.6536}{5 \times 2.18 \times 0.997 \times 25.92 \times 3.6} \right]^{\frac{1}{3}} = 1.13 \text{ m/sec}$$

$$D_{\text{内}} = \sqrt{\frac{4 \times 109}{\pi \times 0.997 \times 3600 \times 1.13}}$$

$$= 0.1847 \text{ m}$$

取 $\phi 194 \times 6$ 钢管

在 $D_{\text{内}} = 182 \text{ mm}$ 流速 $u = 1.14 \text{ m/sec}$ 下

$$(M-C) = (1+0.2) \times 27.82^* \times 1.00(1+0.42)^{120} + \frac{109 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 25.92 \times 10^7 \times 5.68^{**}}{0.8 \times 3600}$$

$$= 1.2 \times 27.82 \times 1 \times 1.6536 + \frac{1.09 \times 2.18 \times 2.592 \times 5.68}{0.8 \times 3.6} = 55.17 + 12.18$$

$$= 67.35 \text{ 元/m}$$

[*27.82是 $\phi 194 \times 6$ 管的W值]

[**5.68 是每米的压力降 ΔP 值, 由公式(i) 求出]

即每一米管道, 在经济流速下, 10年中

6. 电机及机泵效率, 管道输送流体效率取 80%

例1. 一水泵流量 $109 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程 45m, 电机功率 28 瓩, 试选配适合流量之管径。

解: 选择管径, 先求经济流速 $u_{\text{佳}}$, 采用公式(III)

$$g = 9.81 \text{ m/sec} \quad \eta = 0.8$$

$$q = 1.00 \text{ 元/kg} \quad \gamma = 7800 \text{ kg/m}^3$$

$$\delta = 0.006 \text{ 米} \quad m = 0.2 \quad i = 0.42\%$$

$$N = 12 \times 10 = 120$$

$$\theta = 2.18 \times 10^{-7} \text{ 元/kg-m} \quad \rho = 997 \text{ kg/m}^3$$

$$Z = 300 \times 10 \times 24 \times 3600 = 25.92 \times 10^7$$

(年有效时间300天)

取钢管粗糙度 $\epsilon = 0.000046$, 假定取 $200 \text{ mm} = D_{\text{内}}$

$\epsilon/D = 0.00023$, 在 f 趋于稳定区取值 $f = 0.0036$

(由 $Re = f(f)$ 图, 即雷诺数与摩擦系数关系图查出)

$$Re = D_{\text{内}} \cdot u \cdot \rho / \mu = \frac{0.182 \times 1.14 \times 997}{0.00065}$$

$$= 3.19 \times 10^5 \text{ (湍流)}$$

查出阻力系数 $f = 0.0039$, 与原假设相差不大, 故求出经济流速是正确的。

由公式(I')得, 在经济流速下费用:

付出成本费:

$$(M-C) = 67.35 \text{ 元/m}$$

假如我们按一般设计资料所谓经济流速(流体水, 经济流速 $1 \sim 5 \text{ m/sec}$), 盲目

选取流速3m/sec时,

$$D'_{\text{内}} = \sqrt{\frac{4 \times 109}{\pi \times 3600 \times 3}} = 0.113\text{m} \quad \text{取}$$

$\phi 125 \times 4$ 钢管

则 $(M-C)' = 1.2 \times 11.91 \times 1 \times 1.6536$

$$+ \frac{1.09 \times 2.18 \times 2.592 \times 70}{0.8 \times 3.6} = 23.63 + 149.70$$

$= 173.33 \text{元/m}$

即每一米管道10年中付出成本费变为

$(M-C)' = 173.33 \text{元}$, 比真正的经济流速下

$$U_{\text{佳}} = \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1.00 \times 7810 \times 0.06(1+0.2)(1+0.42\%)^{120}}{5 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 1.47 \times 25.92 \times 10^7 \times 0.0039} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1 \times 7.8 \times 6 \times 1.2 \times 1.6536}{5 \times 2.18 \times 0.00147 \times 25.92 \times 3.9} \right]^{\frac{1}{3}} = 9.65 \text{m/sec}$$

$$D_{\text{内}} = \sqrt{\frac{4 \times 20}{\pi \times 60 \times 9.65}} = 210 \text{mm}$$

取 $\phi 222 \times 6$ 钢管

$$\text{Re} = \frac{D_{\text{内}} \cdot u \cdot \rho}{\mu} = \frac{0.210 \times 9.65 \times 1.47}{0.00019 \times 0.1}$$

$= 1.566 \times 10^5$ (湍流)

查出, 阻力系数 $f = 0.0041$ 与原假设 $f = 0.0039$ 相差不大, 故 $u_{\text{佳}} = 9.65 \text{m/sec}$ 是恰当的, $u_{\text{佳}}$ 只是一般资料所谓经济流速的下限。

在 $u_{\text{佳}}$ 下, 10年付出成本费:

$$\begin{aligned} (M-C) &= 1.2 \times 31.52 \times 1 \times 1.6536 + \\ &+ \frac{20 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 25.92 \times 10^7 \times 0.517^{**}}{0.8 \times 60} \\ &= 62.55 + 13.45 = 76.00 \text{元/m} \end{aligned}$$

$$U_{\text{佳}} = \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1.00 \times 7800 \times 0.06 \times (1+0.2)(1+0.42\%)^{120}}{5 \times 2.83 \times 10^{-7} \times 4.557 \times 25.92 \times 10^7 \times 0.0039} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1 \times 7.8 \times 6 \times 1.2 \times 1.6526}{5 \times 2.83 \times 4.557 \times 25.92 \times 3.9 \times 10^{-8}} \right]^{\frac{1}{3}} = 6.07 \text{m/sec}$$

$$D_{\text{内}} = \sqrt{\frac{2000 \times 4}{\pi \times 3600 \times 4.557 \times 6.0}}$$

$= 160 \text{ mm}$ 取 $\phi 170 \times 5$ 管

$$\text{Re} = \frac{D_{\text{内}} \cdot U \cdot \rho}{\mu} = \frac{0.160 \times 6.07 \times 4.557}{160 \times 10^{-6} \times 0.1}$$

付出成本费增加 $(M-C)' - (M-C) = 105.98 \text{元/m}$, 此能耗几乎全损失在输送摩擦损失的能费上, 若管线长, 摩擦损失能费更为可观, 故此在能源紧张情况下求经济流速进行配管设计是十分重要的。

例2. 有一叶氏鼓风机, 风压 $3 \text{mH}_2\text{O}$ 柱, 风量 $20 \text{m}^3/\text{min}$, 求风管的合理管径。

解: 在 $25^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ 下, 风压 $3 \text{mH}_2\text{O}$, $\rho = 1.47 \text{kg/m}^3$

$f = 0.0039$ 其他数据同例一

[*31.52 是 $\phi 222 \times 6$ 管的 W 值]

[**0.517 是两米管的压力降]

若取一般资料经济流速 20m/sec

$$\text{则 } D_{\text{内}} = \sqrt{\frac{4 \times 20}{\pi \times 20 \times 60}} = 146 \text{mm} \quad \text{取}$$

$\phi 152 \times 6$ 钢管

$$\begin{aligned} \text{则 } (M-C)' &= 1.2 \times 21.6 \times 1 \times 1.654 \\ &+ \frac{20 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 25.92 \times 10^7 \times 35.31}{0.8 \times 60} \end{aligned}$$

$= 42.87 + 83.13 = 126.00 \text{元/m}$

例3. 求表压 8kg/cm^2 , 流量 2T/h 饱和蒸汽的管径。

解: $\theta = 2.83 \times 10^{-7} \text{元/kg-m}$

$\rho = 4.557 \text{kg/m}^3$

$f = 0.0039$ 其他数据同例1

$$U_{\text{佳}} = \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1.00 \times 7800 \times 0.06 \times (1+0.2)(1+0.42\%)^{120}}{5 \times 2.83 \times 10^{-7} \times 4.557 \times 25.92 \times 10^7 \times 0.0039} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 1 \times 7.8 \times 6 \times 1.2 \times 1.6526}{5 \times 2.83 \times 4.557 \times 25.92 \times 3.9 \times 10^{-8}} \right]^{\frac{1}{3}} = 6.07 \text{m/sec}$$

$= 2.77 \times 10^5$

[174.5°C 下, $\mu = 16 \times 10^{-5} (\text{C.P})$]

阻力系数 $f = 0.0038$, 与原假设 $f = 0.0039$ 基本一致。

$$(M-C) = 1.2 \times 20.30 \times 1 \times 1.6536 +$$

$$\frac{2000 \times 2.83 \times 10^{-7} \times 25.92 \times 10^7 \times 0.838}{0.8 \times 3600 \times 4.557} \\ = 40.28 + 9.33 = 49.60 \text{元/m}$$

而某车间,在配管时,用 $\phi 89 \times 4.5$ 管,管长400米,致使车间蒸汽压只有 6.4kg/cm^2 ,其阻力损失为 1.64kg/cm^2 ,其有效能损失 D' 按公式(h)计得:

$$D' = (\Delta H_1 - T_0 \Delta S_1) - (\Delta H_2 - T_0 \Delta S_2) \\ = (662.0 - 298 \times 1.574) - (660.2 - 298 \times 1.5972) = 1.8 + 6.854 = 8.65 \text{Kcal/kg}$$

按 $G = 2 \text{T/h}$ 计,则十年损失有效能:

$$G \cdot D \cdot Z = 8.65 \times 2 \times 10^3 \times 24 \times 300 \times 10$$

$$U_{\text{佳}} = \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 20 \times 7800 \times 0.003(1+0.2)(1+0.42\%)^{120}}{5 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 1050 \times 25.92 \times 10^7 \times 0.0036} \right]^{\frac{1}{3}} \\ = \left[\frac{2 \times 9.81 \times 0.8 \times 20 \times 7.8 \times 3 \times 1.2 \times 1.6536}{5 \times 2.18 \times 1.05 \times 25.92 \times 3.6} \right]^{\frac{1}{3}} = 2.39 \text{m/sec}$$

此例与例1比较,看出不同价材质 $U_{\text{佳}}$ 是不同,即经济管速是不同,可是一般资料,都避而不谈,或定性地谈,使设计配管没有量的概念。

在 $U_{\text{佳}} = 2.39 \text{m/Sec}$ 时, $D_{\text{内}} = 16.8 \text{mm}$,选 $\phi 22 \times 2.5$ 不锈钢管($w = 1.2 \text{kg/m}$),求出10年内成本

$$(M - C) = 1.2 \times 1.2 \times 20 \times 1.65 + \\ \frac{2 \times 2.11 \times 10^{-7} \times 25.92 \times 10^7 \times 259}{0.8 \times 3600 \times 1.05} = 47.62 + \\ 9.6 = 47.29 \text{元/m}$$

若不分青红皂白,按普通钢选取流速,比如 $u = 1 \text{m/sec}$,则 $D_{\text{内}} = 26 \text{mm}$,应配 $\phi 32 \times 3$ 不锈钢管($w' = 2.15 \text{kg/m}$),则10年内成本:

$$(M - C)' = 1.2 \times 2.15 \times 20 \times 1.65 + \\ \frac{2 \times 2.18 \times 10^{-7} \times 25.92 \times 10^7 \times 29.64}{0.8 \times 3600 \times 1.050} \\ = 85.36 + 0.47 = 85.87 \text{元/m}$$

两者相差38.54元/m,其原因是在材料费较昂贵时,盲目选取低流速,投资费会增大,变为主要矛盾。

$$= 124.56 \times 10^7 \text{Kcal}$$

$$\text{价值: } G \cdot D \cdot \theta \cdot Z = 2.83 \times 10^{-7} \times 124.56 \times 10^7 \\ \times 427 = 15 \text{万元}$$

而按真正经济流速即公式Ⅲ求出 $u_{\text{佳}}$ 进行配管设计,有效能损失价值只是3600元,相差约41倍,但是,这样能源浪费,在工业上却没有被人们重视,十分令人遗憾!

例4. 求流量 $2 \text{m}^3/\text{h}$ 下,用不锈钢管输送冰醋酸的经济管速,

$$\text{解: } \rho = 1.05 \text{kg/l} \quad q = 20.00 \text{元/kg}$$

$$\delta = 3 \text{mm} \quad \text{其他如例1}$$

四、结 论

在能源日益紧张情况下,尤其是我省、我市十分短缺能源条件下,要求输送流体经济性应十分重要,可是目前偏偏被人们忽略,其原因之一是以前资料没有给人们以量的概念,更不要说定量论述各因素内在矛盾关系。而本文提出计算分析方法,是实用简单,在一般配管设计,校核管径上是方便的。因为当各种数据事前工艺上已确定套用公式(Ⅲ)求真正经济流速与查手册无时间区别,并能解决手册所不能解决的问题,即体现出经济性。

公 式 符 号

M ——工程成本(元)

A ——管道投资(元)

B ——安装、维修费(元)

C ——工艺需要能位费(元)

D ——流体输送摩擦损失能费(元)

D' ——流体输送有效能损失能费(元)

$\bar{W}$ ——流体做功

Q ——外界与系统热交换量

公式符号

ΔH ——系统焓变
 ΔB ——流体具有的有效能
 T_0 ——环境温度
 ΔS ——系统的熵变
 P ——系统压力 kg/m^2
 V ——流体体积流量
 n ——系统公斤分子数
 R ——气体常数
 Re ——雷诺数
 θ ——有效能单价 (元/ kgm)
 W ——单位长度管重 kg/m
 q ——单位重量价格 (元/ kg)
 m ——安装、维修占投资比率
 i ——月利息率

N ——月数
 Z ——运转时间 (秒)
 η ——效率
 $D_{\text{外}} D_{\text{内}}$ ——管道外、内径 (m)
 δ ——管壁厚 (m)
 γ ——管材密度 (kg/m^3)
 ρ ——流体密度 (kg/m^3)
 f ——流体流动摩擦系数或流体流动阻力系数
 u ——流速 (m/sec)
 $u_{\text{佳}}$ ——经济流速 (m/sec)
 L ——管长度 (m)
 g ——重力加速度 (m/sec^2)
 $(M-L)$ ——扣除工艺需要能位费后单位长度管道之成本
 G ——重量流量 (kg/h)

金属除油剂鉴定会

在广州召开

广州市化工研究所为了节省能源、推广工业清洗新技术而研制的四种型号的金属除油剂1982年12月29日在广东省石化厅主持召开的鉴定会上正式通过鉴定。

金属除油剂除了能节省能源外，还具有使用安全，不燃烧，不爆炸，毒性低，减少环境污染，使用成本低等特点。广州市化工所研制的四种金属除油剂，主要应用于低砂钢片、铸铁、钢材、铝材、汽车零部件、轴承等机械零件上去除机油、黄油、黑油、油泥以及各种润滑油，对于固体油脂及积炭和铁锈也有一定的效果。其中GI的主要成分为阴离子和非离子型的表面活性剂，碱性，在常温下清洗效果显著；GII_A的主要成分为多种非离子型表面活性剂，碱性，可用于较高档产品的清洗上；GII_B的主要成分为多种非离子表面活性剂，酸性，用于工件喷漆、电镀前除油清洗效果很好；GIV的主要

成分为多种具有洗涤功能的化学原料，碱性、无泡，防锈效果较佳，可用于机械喷射清洗。

与会代表通过的鉴定意见一致认为，

“(一)广州市化工研究所研制的四种金属除油剂经近百个单位推广应用，应用结果与金属除油剂的理化性能测试结果基本一致，应用效果良好，已具备定型生产的条件。

(二)金属除油剂的生产工艺简单，原材料物料易得，成本大约相当于同效量汽油的三分之一，使用安全，改善劳动条件，减少三废污染，其去油污能力等性能已达到国内同类产品的先进水平。在生产和应用方面有广阔的前途。

希望广州市化工研究所满足各应用单位不同用途的需要，进行批量生产。并继续研制新的系列化的金属除油剂。建议省、市经委在全省范围内组织推广使用。”

广州市化工所已决定在新的一年里研制更多的新的工业和民用洗涤剂品种，以满足经济建设和人民生活的需要。

广州市化工研究所黄 干供稿