



怎样理解实用计算公式中的单位关系

重庆石油学校 郭香崧

编者按 1977年我国颁发了逐步使用国际单位制的规定，但在实际中计算常用各种实用单位。很多同志就单位关系提出疑问。现请郭香崧同志作一解答，兼复李长安同志。

我国一九七七年颁布了逐步使用国际单位制的（试行）规定，但在石油工业的各个生产技术领域的计算中还常用各种习惯的实用单位，尤其是在一些科技译文中的计算公式还是英制。这就要求人们彻底理解实用计算公式中各物理量之间的单位关系，掌握换算方法，正确使用它们计算实际工程问题。必须弄清什么是理论公式，什么是实用计算公式，以及由理论公式推导出实用公式的单位换算过程。

对于某一事物客观变化规律的数学表达式，是该事物在变化过程中各个物理量数量变化的数学关系。公式中各个物理量所取用的基本量度单位是统一的。这种公式在各门学科的教科书中作为各种基本定义和定律的数学表达式，称为理论公式。

每一个物理量都是由一种或几种基本量度（如长度、时间、质量等）组成的。而每一种基本量度中不同单位之间均有一定的换算关系。所以，要将一个物理量的单位进行某种换算就是将该物理量中每个基本量度单位按照要求进行等量换算。

一个物理量包含有较多的基本量度时，其单位换算比较繁琐。应用理论公式作计算时，公式中各个物理量的基本单位应该统一，而工程上作某种计算时，已知条件（数据）往往是生产上习惯取用的实用单位。为减少对已知数据（物理量）的实用单位进行换算的麻烦，就事先将它按理论公式中统一单位的要求进行换算并化简，得到相应的实用计算公式列于各种工程手册中。因而实用计算公式是由相应的理论公式据一定的实用单位换算得来的，公式中各个物理量为互不统一的实用单位。

例如，1.关于井底液体静压力的计算公式：

理论公式为

$$P = \gamma H \quad (1)$$

式中： γ ——液体重度，公斤力/米³； H ——液柱深度，米； P ——井底液体静压力（表压），公斤力/米²。

为了照顾生产上的习惯，对公式（1）中各物理量取用以下实用单位：

P 为公斤力/厘米²； H 为米；

$$\text{液体比重为 } S = \frac{\gamma}{\gamma_w}$$

据单位等量关系：

$$P \frac{\text{公斤力}}{\text{厘米}^2} = P \frac{\text{公斤力}}{(\frac{1}{100} \text{米})^2} = P \times 10^4 \frac{\text{公斤力}}{\text{米}^2}$$

$$\gamma = S \gamma_w = 1000S \frac{\text{公斤力}}{\text{米}^3}$$

将以上换算关系代入理论公式（1）中：

$$P \times 10^4 = 1000SH$$

$$\text{即得 } P = \frac{SH}{10} \quad (2)$$

公式（2）为井底液体静压力的实用计算公式（见《钻井测试手册》第920页）

2. 某些技术资料关于钻井泥浆的密度和比重之间有以下的实用计算公式:

$$\rho = S \quad (3)$$

式中规定实用单位为: S ——泥浆比重 ($S = \gamma / \gamma_w$, 无单位); ρ ——泥浆密度 克质量/厘米³

这个公式在生产上使用起来非常简便, 如某泥浆的比重为 $S = 1.3$, 则该泥浆的密度即为 $\rho = 1.3$ 克质量/厘米³。

实用计算公式 (3) 也是根据理论公式推导出来的, 它的推导过程如下:

由泥浆比重定义的理论公式

$$S = \frac{\gamma}{\gamma_w}$$

而 $\gamma = \rho \cdot g$, $\gamma_w = \rho_w \cdot g$ $\rho_w = 1$ 克质量/厘米³

将以上单位关系代入理论公式:

$$S = \frac{\gamma}{\gamma_w} = \frac{\rho g}{\rho_w g} = \frac{\rho}{\rho_w} = \frac{\rho}{1}$$

即得实用计算公式 (3)。

3. 我国石油采输工程上对于输气钢管的规格为外径 (毫米) \times 壁厚 (毫米)。为了计算上的方便可以建立起计算每米长钢管重量的实用公式如下:

$$\text{由 } G_L = \gamma V = \gamma \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$\text{而 } D^2 - d^2 = (D + d)(D - d) = 2D \cdot \delta$$

$$\text{即得 } G_L = \frac{\pi}{2} \gamma D \delta \quad (4)$$

以下理论公式中的法定单位为:

G_L —— 每米长钢管重量 (牛顿);

γ —— 管材重度 (牛顿/米³);

D —— 钢管外径 (米);

δ —— 管壁厚度 (米)。

当取用单位为 G_L (牛顿), D (毫米), δ (毫米) 时:

$$D_{\text{毫米}} = \frac{D}{1000} \text{ 米,}$$

$$\delta_{\text{毫米}} = \frac{\delta}{1000} \text{ 米,}$$

$$\gamma_{\text{钢材}} = 7.8 \times 9800 = 76440 \text{ 牛顿/米}^3$$

代入理论公式:

$$G_L = \frac{3.14}{2} \times 76440 \left(\frac{D}{1000} \right) \left(\frac{\delta}{1000} \right)$$

$$\text{得 } G_L = 0.12 D \delta \quad (5)$$

上式即为每米长输气钢管重量的实用计算公式。

4. 泥浆在管中保持结构流状态时的压力损失实用计算公式为:

$$\Delta P = \frac{L (0.326 \frac{\eta V}{d} + 5.44 \times 10^{-4} \tau_0)}{d} \quad (6)$$

公式 (6) 中实用单位为: ΔP —— 压力损失, 公斤力/厘米²; L —— 管段长度, 米; d —— 管内径, 厘米; V —— 速度, 米/秒; η —— 泥浆塑性粘度, 泊; τ_0 —— 泥浆极限动切应力, 达因/厘米²。

实用计算公式(6)的推导过程也是将理论公式

$$\Delta P = \frac{32\eta LV}{d^2} + \frac{16}{3} \cdot \frac{\tau_0 L}{d}$$

中的各物理量的理论单位按(5)式所规定的实用单位进行等量换算而得的。

5. 天然气输气流量的实用公式

$$Q_b = 493.58d^{8/3} \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{\Delta ZTL}} \quad (7)$$

实用单位规定为:

Q_b ——输气量, 标米³/日 (20℃, 1.033公斤力/厘米²);

d ——输气管内径, 厘米;

P_1 、 P_2 ——输气管起止点天然气绝对压力, 公斤力/厘米²;

Δ ——天然气相对于空气的比重, (无单位);

Z ——输气管中天然气平均温度、平均压力所对应的天然气压缩系数, (无单位);

T ——输气管中天然气平均温度, k;

L ——输气管长度, 公里。

与前几个实用计算公式的推导方法相同。

综上所述, 各种工程手册和资料中的实用计算公式是由理论公式根据一定的实用单位通过换算得来的。

在使用这种实用计算公式时一定要按照所规定的实用单位进行计算。在阅读有关技术资料时, 要理解实用计算公式中各物理量之间不相统一的单位关系, 弄清公式的来源, 然后正确运用单位等量换算的方法即可将该实用计算公式推导出来。

有关无烟煤的变质程度及 甲烷含量

《天然气工业》编辑部: 我大队煤成气研究分队希望贵刊把“变质作用是煤田中甲烷含量的主要因素”一文(刊载于《贵州石油地质》第8卷第2期)中的几个问题给解答一下, 请在百忙中帮助解决。

地矿部第八普查勘探大队情报室

1984.2.16

地矿部第八普查勘探大队情报室, 来信提出的几个问题, 特请四川石油地质勘探开发研究院张子枢、杨天宇同志解答如下。

编 者

1. 问: “A/10—A/11, A/12—A/14”。无烟煤的这种分级是根据什么分的? 是否还有A/1, A/2……?”

答: 苏联煤炭的分类主要是按煤的镜质体反射率 R° 、煤样的挥发分 $V_{O_6}^F$ 、电阻率的对数值

$lg\rho$ 、及从煤样中抽提出来的氯仿沥青中的烷烃分布等指标综合考虑的。A是苏联煤炭分类无烟煤的代号, 在不同煤阶各指标是有不同侧重的。在高炭化阶段之前, R° 、 $V_{O_6}^F$ 、 $lg\rho$ 等指标是划分煤阶的重要依据, 但在研究高变质程度的无烟煤时, $V_{O_6}^F$ 和 $lg\rho$ 的值虽随变质程度升高而有所降低, 但变化甚微, 甚至接近测定误差。因此, 在详细研究无烟煤的划分时, 主要依据沥青中正烷烃的分布来细分无烟煤, 将其分为A/10、A/11、A12 A13、A/14五个级别, 没有A/1、A/2……级。

正烷烃分布主要采用 ΣC 初碳— C_{18} 、 ΣC_{19} — C_{24} 、 ΣC_{25} — C 终碳等几组烷烃的相对分布值作依据, 现以下列三个无烟煤为例: (1) 马亚克66矿井L₈煤层为A/11。(2) 卢土基诺矿井h₈煤层为A/12。(3) 卢土基诺矿井为A/13。上述三个样品 R° 分别为16.8, 16.9和16.9; $V_{O_6}^F$ (立方厘米/克)分别为129、127和121; $lg\rho$ 分别为2.11、2.48、2.42。可见这三个指标的差值均不大, 是不易细分煤阶的。同时这三个