

# 烟气监测中的部分概念辨析

SSH 刘黔

12/30/2008

今年接触 CEMS 比较多，特将部分概念的东西提出来，与大家探讨，希望不明之处互相可以交流一下。

## 1. DAS软件中的速度场常数 $K_p$

岛津 CEMS 系统中的烟气流速采用的是皮托管法，根据动压测定流速原理可知，气体的流速与其动压的平方根成正比，即

$$F_0 = K_p \times \sqrt{\frac{2 \times \Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

式中： $F_0$  为气体流速，m/s； $\Delta P$  为气体动压，Pa； $\rho$  为烟气密度，kg/m<sup>3</sup>；

$K_p$  为皮托管系数。

在通常污染源烟气条件下，式（1）可简化为：

$$F_0 = 0.076 \times K_p \times \sqrt{\Delta P \times (273 + t)} \quad (2)$$

式中： $t$  为烟气温度，℃。

根据式（2），如测出某点的烟气动压与烟气温度，便可计算出该点的烟气流速。

设：采用多点手工方法测定的监测截面的烟气平均流速为 $\overline{F}_1$ ，采用在线自动连续监测

系统（CEMS）测定的监测截面某一点的烟气流速为 $F_2$ ，则

$$\frac{\overline{F}_1}{F_2} = \frac{K_{p1}}{K_{p2}} \times \frac{\sqrt{\Delta P_1}}{\sqrt{\Delta P_2}} \times \frac{\sqrt{273 + t_1}}{\sqrt{273 + t_2}} \quad (3)$$

式中： $\sqrt{\Delta p_1}$  为监测截面平均动压的平方根； $\sqrt{\Delta p_2}$  为监测截面某一点动压的平方根。

由于两种测定方法的测定位置接近，可认为二者所处位置的烟气温度相同，即 $t_1 = t_2$ ，则

$$\frac{\overline{F}_1}{F_2} = K' \frac{\sqrt{\Delta P_1}}{\sqrt{\Delta P_2}} \quad (4)$$

式中： $K' = K_{p1}/K_{p2}$  为皮托管系数之比。

若两种方法的皮托管系数近似相等，则 $K' = 1$ （一般 S 型皮托管系数为 0.84），则：

$$\frac{\overline{F_1}}{\overline{F_2}} = \frac{\sqrt{\Delta P_1}}{\sqrt{\Delta P_2}}, \text{ 这样, 两种测定方法的流速之比即可转换为相应的动压的平方根之比。}$$

经分析, 在  $\Delta P_2$  的测定点不变的条件下, 于任一时刻,  $\sqrt{\Delta P_1}/\sqrt{\Delta P_2}$  应为一近似定值。这样, 即可用监测系统测定的某一时刻固定点烟气流速去确定整个监测截面的烟气平均流速。在这里, 将  $K_v = \sqrt{\Delta P_1}/\sqrt{\Delta P_2}$  定义为速度场常数, 指在相同时间区间, 烟道或管道全截面烟气平均流速与截面内某一固定点的烟气流速之比值。结论: 位于烟道截面内某一合适固定点放置一皮托管探头, 测出该点的烟气流速, 利用该点的烟气流速及速度场常数即可计算出烟道截面的烟气平均流速, 从而用于二氧化硫排放总量的计算。

## 2. 干态烟气与湿态烟气

与大气相比, 烟气中的水蒸气含量较高, 变化范围较大, 为便于比较, 监测方法均以除去水蒸气后标准状态下的干烟气为基准表示烟气中有害物质的测定结果。含湿量的测定方法有重量法、冷凝法、干湿球法等。烟气湿态体积就是烟气的实际体积。干态体积是去掉烟气中水蒸气含量后的体积。

## 3. 工况和标况

依烟气状态不同, 分为工况和标况两种, 工况是依实际条件测定的烟气体积, 标况是工况换算成标准状态下的烟气体积  $Nm^3/h$  是指通常状态下的风量, 即 20 度, 1 个大气压下; 因为气体是可以压缩的, 流量与状态有关。 $Nm^3/h$  叫标立方是就气体而言的, 是指换算成标准状态下的体积, 是 1 个标准大气压下 273K 下的体积。 $Nm^3/h$  在环保中常用, 许多环保标准均有表述, 是指换算成标准状态下的体积流量, 标态为温度 273K (0 度), 压力 101325Pa。可按下式简单换算:  $V_{\text{标准}}/V_{\text{实际}} = 273/(273 + T_{\text{实际}})$ ,  $V$ -体积流量,  $T$ -实际气温

标准状态 standard condition

烟气在温度为 273K, 压力为 101325Pa 时的状态, 简称“标态”。

一般标准中所规定的大气污染物排放浓度均指标准状态下干烟气的数值。

大气污染物排放登记表上面给出的污染源排放废气体积采用的是标准状态的体积。标准立方米指的是温度 273K, 压力为 101325Pa 时的干空气所占体积。

在大气环境模式计算里, 使用的是工况状态下的体积和烟气实际排放速度, 在不考虑气体压缩影响和湿度极小时, 工况状态烟气体积可由标准状态体积换算出;

$$V = V_N \cdot P_N \cdot T / P \cdot T_N$$

式中:  $V$ -工况状态下干空气的体积;  
 $V_N$ -标准状态下干空气的体积;  
 $P$ -工况状态下大气压, hPa;  
 $P_N$ -标准状态下大气压, 1013.25hPa;  
 $T$ -工况状态气体温度, K;  
 $T_N$ -标准状态温度; 273.15K。

在大气环境容量测算时, 必须进行上面修正, 否则烟气抬升计算不正确, 甚至会出现烟气的虚假下洗, 导致容量测算有误。

#### 4. 标准立方米

气体流量测量单位采用标准立方米, 看似体积单位, 其实为质量单位, 它与使用地点的压力, 温度没有任何关系, 如果气体为天然气, 1 标准立方米的质量还与天然气的组分有关, 在天然气贸易结算计量时采用能量单位比较合理就因为同样的天然气质量, 如其组分不同, 则其发热量亦不同。

例: 空气 1 标准立方米=1.2041 千克 (标准状态为 101.325 kPa, 20° C)

流量 100 m<sup>3</sup>/h (标准状态) =120.41 kg/h

天然气 设天然气相对密度 d=0.6, 则

1 标准立方米=1.2041×0.6=0.7225 kg

流量 100 m<sup>3</sup>/h (标准状态) =72.25 kg/h

标准状态中压力无论国内外都是标准大气压, 即 101.325 kPa, 但是温度就不尽相同, 我过有二种温度标准, 20° C, 0° C。

天然气用 20° C, 煤气用 0° C 或 20° C, 这是历史原因造成的。在贸易结算中合同双方可协商用任何一个温度, 称为合同温度。

国际上则采用 15.6° C (60° F) 或 15° C (59° F)。

流量计测量出工况体积流量, 需经压力, 温度换算 (用流量演算器) 而得。

#### 5. 标干流量

标干流量是指标准状态下的干排气流量。是由工况下湿排气流量换算得来的。单位表示量都是为 m<sup>3</sup>/h。

湿排气流量  $QS=3600 \times F \times VS$

式中: F--在排气筒内测定断面面积, m<sup>2</sup>。

VS--测定断面的湿排气平均流速, m/s。

由此换算为标干流量。所需测定排气筒内的参数有温度、含湿量、压力、流速及换算方法详见 GB/T16157-1996 测定标准, 或国家环保总局编制的《空气和废气监测分析方法》(第四版) 相关章节。

常温常压条件下, 通风管道中的空气流量可按下式计算:

$Qa=3600 \times F \times Va$

#### 6. 标干态废气量英语翻译

标干态废气量”实际上指的是标准状态下干烟气的排气流量, 可以翻译成 dry flue gas flow rate under standard condition 分析: 这是《固定污染源排气颗粒物测定与气态污染物采样方法》里的一个术语, 而国家对气态污染物的定义是“以气体状态分散在烟气中的各种污染物”, 且一般标准中所规定的大气污染物排放浓度均指标准状态下干烟气的数值。所以“标干态废气量”中的“废气”应该是指烟气(flue gas)。“标”在这里是指标准状态, 即温度 273K, 压力 101325Pa。标准状态可以用 stadard state, 也可以用 standard condition。“干”在这里是指烟气中不含水汽。《甘肃省固定污染源排放烟气在线监测系统验收技术规定》里有这么一句话: 标准状态下的干烟气是指在温度 273K, 压力为 101325Pa 条件下不含水汽的烟气。“量”在这里是指排气流量, 因为 m<sup>3</sup>/h 是流量单位。

#### 7. 从 mg/m<sup>3</sup> 转化到 ppm

$ppm = (mg/m^3)(273.15 + ^\circ C) / (12.187)(MW)$

这里, ppm 指体积; MW 指分子量; °C 指温度, 在 1 标准大气压的条件下。

例子: 将 20 mg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> 于 25 °C 转化为 ppm:

$$\text{ppm} = (20)(273.15 + 25) / (12.187)(46.01) = 10.6$$

由上公式可知，从 ppm 转化到 mg/m<sup>3</sup> 时，

$$\text{mg/m}^3 = (\text{ppm})(12.187)(\text{MW}) / (273.15 + ^\circ\text{C})$$

这里，ppm 指体积；MW 指分子量；°C 指温度，在 1 标准大气压的条件下。

以 NO<sub>x</sub> 为例，20ppmNO<sub>x</sub> 转化为 mg/m<sup>3</sup> = (20)(12.187)(46.01) / (273.15 + 25) = 37.6