

环境空气采样流量标定方法误差分析及校正换算

钱震

(南通市环境监测中心站, 江苏 南通 226006)

摘要: 由于压力和温度的变化,使得校正态下标定的流量与采样态实际流量不符,会给采样体积计算带来偏差。通过转子流量计流量计算公式和理想气体状态方程推导出了采样态体积与校正态体积之间的换算公式,并结合实例进行了计算,分析了采用和不采用公式计算两者之间的误差。

关键词: 大气采样; 体积校正; 采样态; 校正态

中图分类号: X169

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2012)-02-0020-02

Error Analysis and Correction Conversion of the Flow Calibration Method of Atmosphere Sampling

QIAN Zhen

(Nantong Environmental Monitoring Central Station, Nantong, Jiangsu 226006, China)

ABSTRACT: Because of the variation of pressure and temperature, the flow which has been calibrated at the correction state is not inconsistent with the actual flow at the sampling state. This will cause deviation to the calculation of sampling volume. The conversion formula between the volume at sampling state and the volume at the correction state was derived by the rotary flow-meter calculation formula and ideal gas state equation. And the error between the results derived by using or not using the formula was analyzed by calculation with practical examples.

KEY WORDS: atmosphere sampling; volume correction; sampling state; correction state

环境空气采样体积为采样流量与时间的乘积。采样流量即流量计上的即时读数,而流量计(通常为转子流量计)的刻度是由皂膜流量计校正时标定而来。现场采样过程中,只有与大气采样器串连在一起时,皂膜流量计上的即时读数才是真正的瞬时采样流量。然而在实际采样过程中,通常会在采样前预先进行采样器的流量校正,采样期间则不再校正。这势必就会带来一个问题,当采样态的压力和温度与校正态的不一致时,原先标定的刻度则无法沿用。

1 采样体积换算公式推导

转子流量计的流量计算公式为

$$Q = k \sqrt{\Delta p / \rho} \quad (1)$$

式中: Q ——气体流量; k ——流量常数; Δp ——转子上下两端压力差; ρ ——气体密度^[1]。

如果让同一成分的气体,在不同的压力、温度条件下分别通过同一转子流量计,保持流量计转子

升到相同刻度,则有

$$Q_1 = Q_2 \sqrt{\rho_2 / \rho_1} \quad (2)$$

从(2)式可以看出,若令同一成分的气体,在不同的压力、温度条件下分别通过同一转子流量计并使转子升到相同高度,那么流量是不同的。反之,如果流量相同,则转子上升的高度不同。

现场采样时的压力和温度往往与采样器流量标定时不一致,甚至差别很大,且温度和压力会随着采样点位和时间的改变而变化。解决这一问题切实可行而又准确的方法是对标定时刻度进行换算。

由理想气体方程式可得

$$PV = nRT \quad (3)$$

式中: P ——气体压强; V ——气体体积; n ——

收稿日期: 2010-11-18; 修订日期: 2011-01-18

作者简介: 钱震(1976—),男,工程师,本科,从事环境监测与环境影响评价工作。

气体摩尔数; R ——气体摩尔常数; T ——气体温度^[2]。

$$\text{而} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} \quad (4)$$

式中: m ——气体质量; M ——气体摩尔质量。

将(4)式代入(3)式,得

$$PV = \frac{\rho VRT}{M} \quad (5)$$

即

$$\rho = \frac{PM}{RT} \quad (6)$$

将(6)式代入(2)式,可得

$$Q_1 = Q_2 \sqrt{\frac{P_2 T_1}{P_1 T_2}} \quad (7)$$

流量乘以时间,即为采样体积

$$V_1 = V_2 \sqrt{\frac{P_2 T_1}{P_1 T_2}} \quad (8)$$

式中: P_1 、 V_1 、 T_1 ——采样态下的气体压力、体积、温度;

P_2 、 V_2 、 T_2 ——校正态下的气体压力、体积、温度。

实际采样过程中,气体在通过导气管和吸收媒质时会受到一定的阻力,表现为产生负压,所以, P_1 、 P_2 应为

$$P_1 = P'_1 - P'_0, P_2 = P'_2 - P''_0 \quad (9)$$

式中: P'_1 ——采样态下的大气压值(通常为气压表读数);

P'_0 ——采样态下加载负荷后的负压值;

P'_2 ——校正态下的大气压值(通常为气压表读数);

P''_0 ——校正态下加载负荷后的负压值。

将公式(9)代入公式(8),得到

$$V_1 = V_2 \sqrt{\frac{(P'_2 - P''_0) T_1}{(P'_1 - P'_0) T_2}} \quad (10)$$

公式(10)即采样态体积与校正态体积的换算公式。

2 实例应用

以某次环境空气采样为例,说明忽略与不忽略

采样态和校正态的区别所带来的误差。

采样器以 0.5 L/min(校正后)的流量连续采样 30 min,采样前校正时大气压为 1 029 hpa,加载负荷校正时负压为 180 hpa,温度 35℃,采样时大气压为 1 013 hpa,加载负荷后负压为 201 hpa,温度 27℃。

如果不考虑采样态和校正态之间的区别,则认为采样体积为 15.0 L,而如果考虑区别,按照公式(10)计算,采样体积为:

$$\begin{aligned} V_1 &= 0.5 \times 30 \times \sqrt{\frac{(1\,029 - 180) \times (273 + 35)}{(1\,013 - 201) \times (273 + 27)}} \\ &= 15.5 \text{ L} \end{aligned}$$

可见,真实采样体积为 15.5 L,而非 15.0 L,两者之间的相对误差为 3%。

根据对南通市环境监测中心站 2010 年大气采样的调查统计,不进行采样体积换算带来的相对误差约为 2%~8%。对于环境空气中的微量污染物分析而言,这种误差往往会带来完全不同的监测结果(结论)。因此,实际工作中必须引起足够的重视。

3 结论

为了使监测结果更接近真实值,应做到以下几点:

(1) 采样前应在加载负荷的前提下进行大气采样器流量校正。

(2) 长时间采样,应定时(每隔 5~10 min)读取 P'_1 、 T_1 值,分别计算各自的平均值后代入公式计算,确保结果更加符合实际情况。

(3) 在采样态和校正态气压、温度变化较大的情况下,尽可能使用公式(10)进行采样体积校正,减少监测结果的偏差。

[参考文献]

- [1] 国家环境保护总局《空气和废气监测分析方法》编委会. 空气和废气监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2003.
- [2] 刘卫兴. 略论理想气体状态方程的应用[J]. 宁德师专学报: 自然科学版, 2004, 16(4): 413-416.