

关于烟尘测试中不等速因素的确定

徐沛, 史舟平, 王朝飞

(铜陵市环境监测站, 安徽 铜陵 244000)

摘要: 在烟尘测试中, 测量仪器不同影响着烟尘测试的结果。就烟尘采样仪器本身各环节的误差贡献率进行探讨。

关键词: 等速采样; 误差; 因素

中图分类号: X83 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-9655 (2010) 增1-0096-02

在烟道气测试中, 为了从烟道中采集具有代表性的烟尘样品, 除合理布点外, 还应等速采样, 即气体进入采样嘴的气流速度与测点外气流速度相等。预测流速法、皮托管平行法、动静压平衡法等重量法的烟尘采样器都是遵循等速采样原理设计的。关于采样中的不等速误差, 国标 GB/T16157-1996 中给出在 10% 范围内, 这是对整个过程而言的, 未指出采样仪器本身各环节的误差贡献。对此, 我们将以最基础的预测流速法为例, 分析出采样器各环节的误差, 使采样人员能有针对性地加以控制, 以提高烟尘测试精度。

1 预测流速法烟尘采样器不等速误差

在预测流速法烟尘采样中, 待测得烟气状态参数各采样点的流速以及选定采样嘴直径, 计算出等速采样条件下各采样点所需的采样流量的计算公式是:

$$Q_r = Kd^2 V_s \left(\frac{Ba + P_s}{T_s} \right) \left(\frac{Tr}{Ba + Pr} \right)^{\frac{1}{2}} (1 - X_{sw}) \quad (1)$$

其中:

K —常数;

d —采样嘴直径, mm;

V_s —烟道内气体流速, m/s;

Ba —大气压力, Pa;

P_s —烟道内的静压, Pa;

T_s —烟道内烟气绝对温度, K;

Tr —转子流量计前烟气的绝对温度, K;

Pr —转子流量计前烟尘指示压力, Pa;

X_{sw} —烟气中水汽含量体积百分数, %。

根据误差传递公式, 可以推出等速采样流量相对误差计算公式为:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \pm \left\{ 2 \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta V_s}{V_s} + \left[\frac{\Delta Ba}{Ba + P_s} + \frac{\Delta Ba}{2(Ba + P_s)} \right] + \frac{\Delta P_s}{Ba + P_s} + \frac{\Delta T_s}{T_s} + \frac{\Delta Tr}{2Tr} + \frac{\Delta Pr}{2(Ba + Pr)} + \frac{\Delta X_{sw}}{1 - X_{sw}} \right\} \quad (2)$$

等式 (2) 中右边共 8 项, 分别指出了采样器各个环节在烟尘采样过程中的误差大小。

1.1 采样嘴入口直径误差的影响

烟尘采样器都配有不同孔径的采样嘴, 采样嘴越小, 误差越大。目前国内大都使用直径 > 6mm 的采样嘴, 国标中规定采样嘴入口直径偏差应不大于 0.1mm, 从造成误差最大的情况考虑, 采样嘴入口直径偏差对流速误差的最大可能为:

$$2 \times \frac{\Delta d}{d} = 2 \times \frac{0.1}{6} \approx 3.3\%$$

1.2 烟气流速测量误差的影响

烟气流速用 S 型皮托管和压差计测量, 其计算公式为:

$$V_s = 128.9 K_p \sqrt{\frac{273 + T_s}{M_s (Ba + P_s)}} \quad (3)$$

式中:

K_p —皮托管修正系数;

P_d —烟气动压, Pa;

M_s —排气气体的分子量, kg/kmol。

对于皮托管流速测量误差的影响, 可用误差传递公式计算, 在 ISO 标准中已对皮托管测流速误差作了分析, 认为在 3% 以内。

1.3 大气压力的影响

一般大气压的测量精度为 0.3Kpa, 大气压按 101.3 Kpa, 烟道静压取负 2 Kpa, 转子流量计前负压按 5 Kpa, 其大气压的影响为:

$$\frac{\Delta Ba}{Ba + P_s} + \frac{\Delta Ba}{2(Ba + P_s)} \approx 0.46\%$$

1.4 烟道静压的影响

考虑压差计的读数误差及测压管放置的角度等因素取 20Pa, 烟道静压按 2 Kpa 计, 大气压按 101Kpa, 其误差为:

$$\frac{\Delta Ba}{Ba + Ps} \approx 0.02\%$$

1.5 烟气内烟气温度的影响

根据温度计要求, 一般示值相对误差在绝对温度的 1% 以内, 即:

$$\frac{\Delta Ts}{Ts} \approx 1\%$$

1.6 采样温度的影响

在等速采样流量计算中, 设转子流量计前的温度为 20℃, 按估计温度误差 5℃ 计算, 此项误差为:

$$\frac{\Delta Tr}{2Tr} \approx 0.85\%$$

1.7 转子流量计前烟气压力的影响

在等速采样流量计算中, 此压力值为预先估计值, 若按估计误差 1.5Kpa 考虑, 转子流量计前负压按 5Kpa 计, 此时带来的误差为:

$$\frac{\Delta Pr}{2(Ba + Pr)} \approx 0.78\%$$

1.8 烟气中水汽含量的影响

烟气中水汽含量的测量, 有冷凝法、干湿球法和重量法, 不同的测量方法误差有所不同。工业锅炉烟尘含湿量一般在 3% 左右, 电站锅炉在 6% 左右, 当含湿量测量误差为 2%, 烟气含湿量为 6% 时, 其对流量不等速的影响为:

$$\frac{\Delta X_{sw}}{1 - X_{sw}} \approx 2.1\%$$

综合以上因素, 等速采样流量的最大误差为:

$$\frac{\Delta Q}{Q} = \pm (3.3\% + 3\% + 0.46\% + 0.02\% +$$

$$0.85\% + 0.78\% + 2.1\%) = 11.51\% \approx 11.5\%$$

1.9 小结

通过以上各项的具体计算分析可以看出, 在各种因素给烟尘等速采样带来的误差中, 以采样嘴直径误差和烟气流速测量误差的影响最大, 分别达到 3.3% 和 3.0%; 烟道静压测量误差的影响最小, 为 0.02%; 而烟气含湿量的影响大小, 主要取决于烟气含湿量测量误差。由于总误差的最大值是按极限情况下计算的最大误差, 当正常采样时采样流量的不等速误差实际应在 10% 以内。

2 提高等速采样精度应注意的问题

(1) 烟尘采样中, 影响采样等速的主要误差是流速测量误差和采样嘴入口直径加工精度, 这两种误差占总误差的 55%; 因而在烟尘采样中, 采样嘴的保护以及流速的准确测量是十分关键的环节。

(2) 为了减少采样误差, 应尽可能减少等速采样偏差的影响。一方面, 要努力提高烟气各个参数的测量精度; 另一方面, 应对使用的采样嘴进行千分尺校正, 以校正后实际孔径进行等速采样流量计算。如入口尺寸校正到 0.025mm, 采样嘴直径误差引起的不等速偏差可以从 3.3% 提高到 0.83%, 这样就可以大大提高等速采样精度。

(3) 自动跟踪烟尘采样仪器, 其采样精度主要取决于仪器本身的时间响应和跟踪精度。目前国内两种跟踪烟尘采样仪, 动压平衡法要优于平行管采样法。

参考文献:

- [1] 本书编写组. 空气和废气监测分析方法 (第 4 版) [M]. 北京: 中国环境出版社, 2003.
- [2] HJ/T48-1993, 烟尘采样器技术条件 [S].
- [3] 于正然, 刘光. 烟尘烟气测试使用技术 [M]. 北京: 中国环境出版社, 1990.

Specification of Non - isokinetic Sampling Factor in Dust Detection

XU Pei, SHI Zhou - ping, WANG Chao - fei

(Tongling Environmental Monitoring Station, Tongling Anhui 244000 China)

Abstract: Using different measuring instruments will impact the measuring results in dust detection process. The errors from the different parts of measuring instruments and contribution rates are discussed.

Key words: isokinetic sampling; error; factor