

VPT511BF – SY 多孔流速仪在烟气流量在线监测中的应用

尹卫萍¹, 陈 非¹, 李哲英²

(1. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036; 2. 南京埃森环境技术有限公司, 江苏 南京 210042)

摘 要: 针对目前国内基于单个探头的单点在线测试烟气流量与参比方法监测比对合格率不高的问题, 提出一种新颖的基于平均差压皮托管法的多孔流速仪, 通过对不同的安装位置及安装数量的多孔烟气流速仪的烟气在线流量监测结果与手工监测结果进行比对, 验证在适当位置安装一定数量的多孔烟气流速仪可以确保与手工监测比对结果满足要求。

关键词: 多孔流速仪; 烟气; 流量; 在线监测

中图分类号: X851

文献标识码: B

文章编号: 1674-6732(2013)-02-0028-05

The Application of VPT511BF – SY Porous Flow Meter in the Flue Gas Flow Monitoring System

YIN Wei-ping¹, CHEN Fei¹, LI Zhe-ying²

(1. Jiangsu Provincial Environmental Monitoring Center, Nanjing, Jiangsu 210036, China; 2. Nanjing Assen Environmental Technology Co. Ltd., Nanjing, Jiangsu 210042, China)

ABSTRACT: Currently, pass rate of the monitoring of domestic single point measurement of flue gas flow monitoring system based on the single probe with the reference method monitoring is not high. The paper proposes a novel porous flue gas flow meter based on the average differential pressure of pilot tube method. The comparison of the results between manual monitoring and flue gas flow monitoring through different installation location and number of porous flue gas flow meter, verified that a certain number of porous flue gas flow meter installed in appropriate place could satisfy the requirements.

KEY WORDS: porous flow meter; flue gas; flow rate; on-line monitoring

近十年来,中国污染源自动监测设备发展迅速,在环境管理和总量减排中发挥了应有的作用。为充分发挥污染源在线自动监测系统的监测、监控作用,保证其监测数据的科学性、准确性、可靠性和合法性,对污染源在线监测仪器必须实施严格的比对监测及质量控制^[1,2]。但从近两年江苏省 30 万 kW 以上机组电厂烟气在线监测系统比对监测结果可以看出,烟气在线监测系统比对合格率非常低,影响比对监测的相关问题主要存在于烟气流速的测定^[3],而安装位置不当是造成流速测量偏差的主要因素。由于受场地限制,国内 90% 以上的电厂,烟道布设都不能满足 GB/T15167—1996 中规定的采样点要求,造成烟气流场分布不均匀,成层流、紊流或涡流分布。烟气流场随着污染源工况的改变而时刻改变,即使在同一监测断面,不同点位的流场分布也是不均匀的。而目前国内烟

气在线监测系统流量的监测都是基于单个探头的单点测试,因此不同监测点位流速测量结果存在显著差异,单点监测结果无法代表整个监测截面的流速情况。

在烟道布设和采样位置不满足《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T16157—1996)要求的情况下,在不同位置安装不同数量的 VPT511BF – SY 多孔流速仪比较手工测量与在线测量结果的差异,对多孔流速仪应用于在线烟气流量监测,提高比对合格率进行探讨。

1 VPT511BF – SY 多孔流速仪原理概述

VPT511BF – SY 多孔流速仪是一种以平均差

收稿日期: 2012-12-28

作者简介: 尹卫萍(1967—),女,高级工程师,本科,从事环境监测工作。

压皮托管法为测量原理的多孔流速仪。其使用的皮托管为阿牛巴皮托管也叫均速管,是 S 型皮托管法的变形。

S 型皮托管法是测量流速的传统技术。S 型皮托管由两根管组成,在测量端的两根管子头部开有大小相等方向相反的开口,一根管的开口面向气流方向测量全压,另一根管的开口背向气流方向测量静压,图 1 为 S 型皮托管的结构示意图。

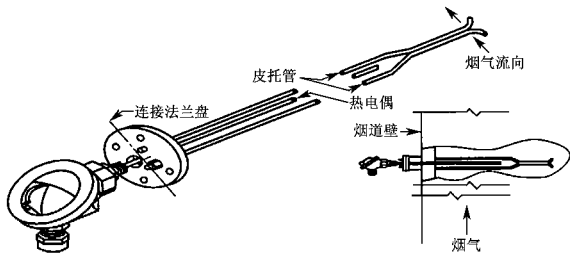


图1 S型皮托管结构示意图

S 形皮托管只能测量烟道内某一点的流速。阿牛巴管是 S 型皮托管法的变形,它是一根沿直径插入管道中的中空金属杆,在迎向流体流动方向有成对的测压孔,一般有两对,其外形似笛。迎流面的多点测压孔测量的是总压,与全压管相连通,引出平均全压,背流面的中心处开有一只取压孔,与静压管相通,引出静压。阿牛巴管是利用测量流体的全压与静压之差来测量流速,测定的是烟道一条直径线上烟气的平均流速。图 2 为阿牛巴管测量流速的原理。

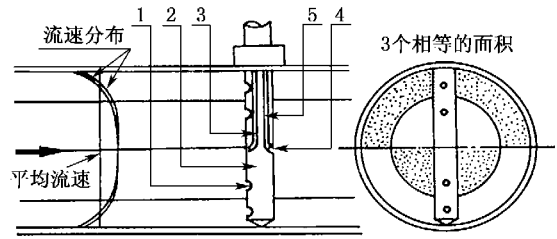


图2 阿牛巴管测量流速原理示意

阿牛巴均速管的测量孔与 S 型皮托管一样存在易受烟尘堵塞及腐蚀问题,需要采取反吹清洁及防腐蚀措施。VPT511BF-SY 多孔流速仪根据实际应用情况对皮托管法在工艺、结构上进行了改进,在高粉尘工况时,增加自动反吹功能,在一定程度上解决了皮托管堵塞问题。

2 比对测试

测试选择的电厂由两台 55 兆瓦的热电联产机组组成,采用石灰石-石膏湿法 FGD(烟气热交换)烟气脱硫技术,烟道布设和采样位置不满足 GB/T16157—1996 要求。

测试时安装 5 台 VPT511BF-SY 多孔流速仪、1 台 HMS545W 在线式烟气含湿量仪和一台数据采集处理系统,对脱硫岛后烟道的流速进行测量,设备分别安装在烟道两侧和烟道顶部,安装点位如下:2 台多孔流速仪分别安装在净烟道东面 3、5 测试孔,另外 1 台多孔流速仪和 1 台在线式烟气含湿量仪分别安装在西面 3 和 6 测试孔,烟道顶部 3、5 测试孔安装 2 台多孔流速仪,通过有线连接方式与主机端连接,以便于监测各设备的运行状态。

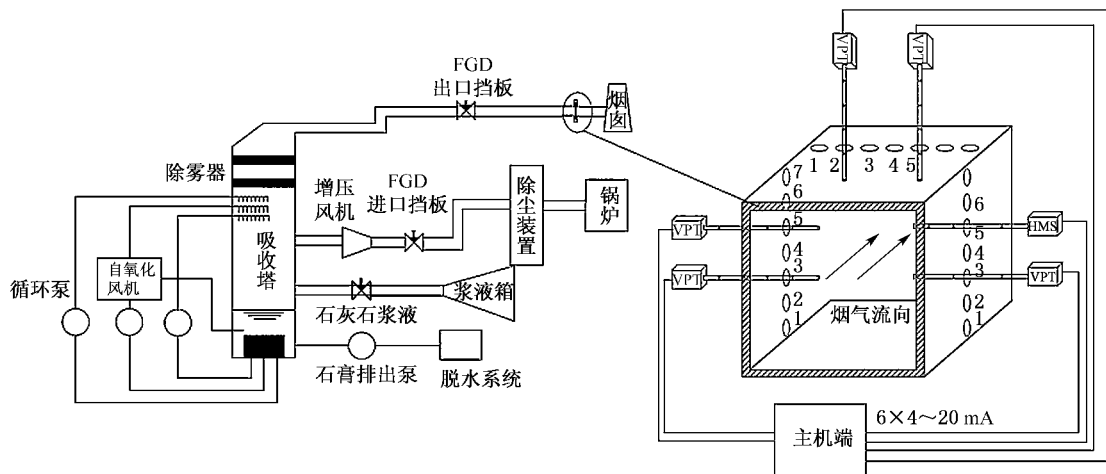


图3 安装情况示意

2.1 不同点位安装 1 台多孔流速仪监测结果

从图 4 可以看出,在同一监测断面,监测点位不同测量结果差异较大,尤其是烟道西面 3 号测试孔,流速测量值在 2.5 m/s 左右,明显低于其他测点流速,采用皮托管手工比对方法对该测试点进行验证,手工测量结果与多孔流速仪测量值很接近,说明该测试孔实际流速很低。从对监测的 3 个测试点来看,监测断面流速呈现高、中、低流速区域,高流速点流速值(11 m/s)是低流速点流速值的 4~5 倍,对于同一监测断面不同点位的流场分布也是不均匀的,单点测试很难准确测定烟道的流速值。

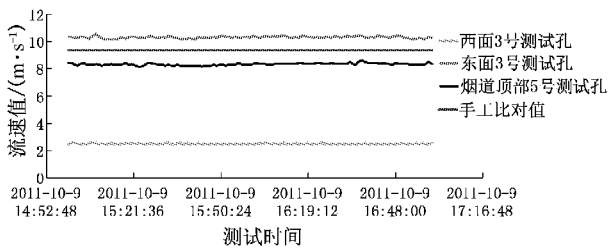


图 4 安装 1 台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

图 5、图 6 表明同一监测断面流速出现分层、旋流现象,原因主要为引入脱硫设备后垂直管道的距离较短,无法满足皮托管安装位置的要求,导致层流、紊流和涡流。气流与烟囱相切进入可能产生气旋,形成涡流。

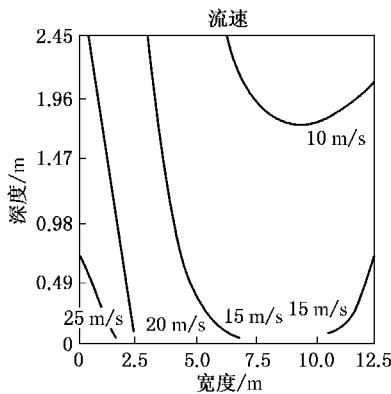


图 5 烟气流速分层

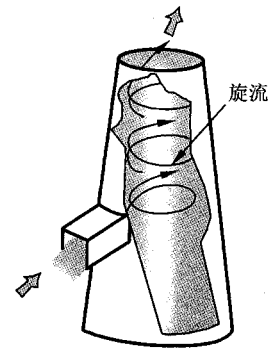


图 6 烟气旋流

2.2 不同测点安装 2 台多孔流速仪监测结果

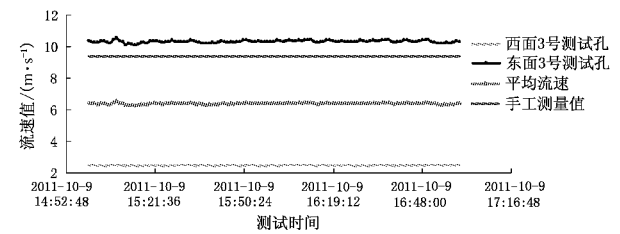


图 7(a) 安装 2 台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

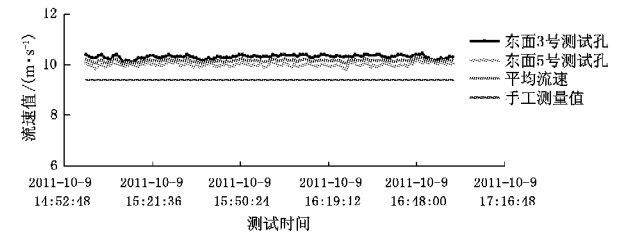


图 7(b) 安装 2 台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

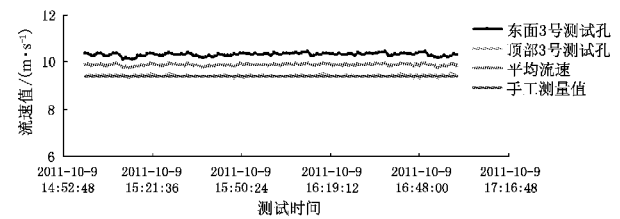


图 7(c) 安装 2 台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

从图 7(a)、(b)、(c)中可以看出,在不同监测点安装 2 台多孔流速仪,平均流速值与手工测量值存在一定的差异。虽然多孔流速仪测定结果代表烟道一条直径线上烟气的平均流速,但考虑到皮托管长期使用可能发生变形(弯曲),最长不超过 2 m。由于烟道截面较大,再加上烟道本身流场分

布不均匀,任意2台流速测量值很难准确代表整个断面的平均流速。

2.3 不同测点安装3台多孔流速仪监测结果

从图8(a)、(b)、(c)可以看出,对于安装在3个不同测点的多孔流速仪,其平均流速存在明显差异。从图8(a)可以看出,断面平均流速为7.6~8 m/s之间波动,与手工测量值9.4 m/s相比,流速相对误差在 $\pm 14\% \sim \pm 20\%$ 之间,已超过HJ/T76中规定“流速 ≤ 10 m/s,相对误差不超过 $\pm 12\%$;流速 > 10 m/s时,相对误差不超过 $\pm 10\%$ ”的要求,因此安装在上述3个测点的流速不能代表断面平均流速。图8(b)中,3个测点的平均流速分别在9.3~9.8 m/s之间波动,图8(c)中,3个测点的平均流速在9.4~10 m/s之间波动,均与手工测量值很接近,在规定的相对误差范围之内。

可以看出,在同一监测断面不同测点安装3台多孔流速仪基本上能满足测量要求,其平均流速能否代表断面流速取决于采样点位的选择和烟道实际情况。

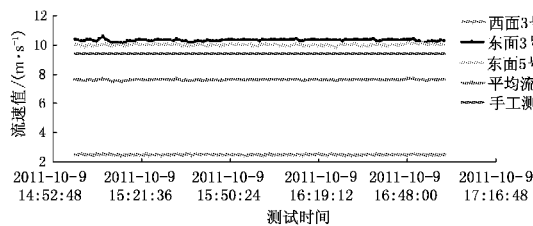


图8(a) 安装3台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

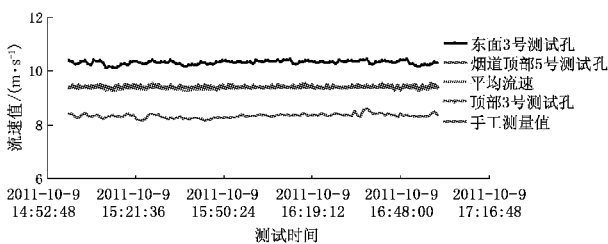


图8(b) 安装3台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

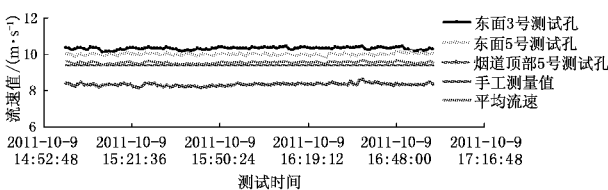


图8(c) 安装3台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

2.4 不同测点安装4台多孔流速仪的监测结果

从图9(a)、(b)可以看出,在同一监测断面任意安装4台多孔流速仪所得平均流速均与手工测量值接近,平均流速分别在8.9~9.1 m/s和9.4~9.9 m/s之间波动,流速相对误差均不超过 $\pm 8\%$,所得平均流速值基本上能代表烟道断面流速。

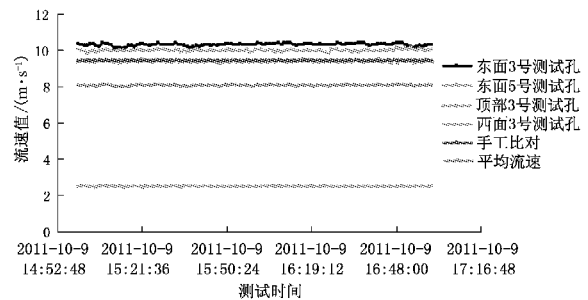


图9(a) 安装4台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

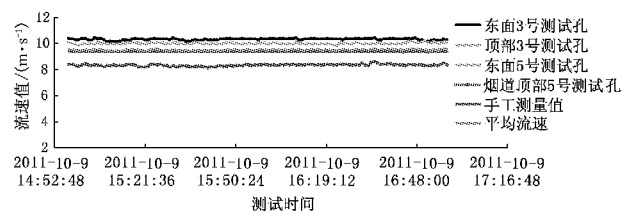


图9(b) 安装4台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

2.5 不同测点安装5台多孔流速仪的监测结果

从图10可以看出,5台多孔流速仪分别安装在高、中、低流速区域,求得流速平均值在9.4~9.8 m/s之间波动,与手工测量值9.4 m/s非常接近,流速相对误差不超过 $\pm 6\%$ 。5台流速仪分别安装在烟道两侧和顶部,弥补了皮托管长度不够和流速场分布不均匀的局限,布点范围能够代表烟道截面,所得平均流速能够代表烟道断面流速。

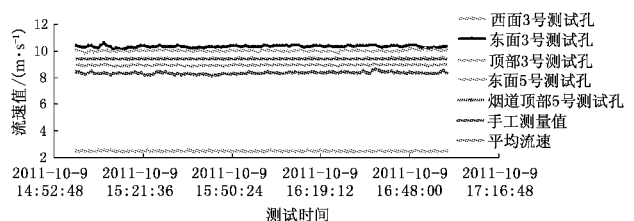


图10 安装5台多孔流速仪测试结果与手工测量结果比较

(下转第37页)

在测定样品同时,取 100 μL 丙酸中间液加到有 9.9 mL 吸收液的气泡吸收管中进行采样,测定计算其加标回收率,各测定 3 组。结果见表 3。

表 3 实际废气样品测定结果

样品编号	浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	平均浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	相对偏差/ %	加标回收 率/%
1	0.49			
1 平行样	0.50	0.50	2.02	91.5
1 样加入 标准浓液	1.41			
2	0.41			
2 平行样	0.39	0.40	5.00	95.0
2 样加入 标准浓液	1.35			
3	0.34			
3 平行样	0.32	0.33	6.07	106
3 样加入 标准浓液	1.39			

由表 3 可看出,某公司有组织废气中丙酸浓度为 0.33 ~ 0.50 mg/m^3 ,加标回收率为 91.5% ~ 106%。实测结果进一步表明,该方法是一种监测废气中丙酸较为理想的方法。

2.6 该法优于气相色谱法的特点

在实际工作中,大部分实验室都是利用活性炭吸附-二硫化碳解析-气相色谱法或高效液相色谱法测定空气和废气中丙酸,但是样品前处理较复杂,必须经过二硫化碳解析,易造成误差。丙酸在气相色谱法分析过程中会对毛细管色谱柱产生损伤,减少其使用寿命。在分析过程中大量使用二硫

化碳易造成试验室空气污染,损害分析人员身体健康。该法利用丙酸容易转变为离子的特征,以碳酸钠和碳酸氢钠溶液为淋洗液,能同时测定废气中丙酸,在分析过程中避免了有机试剂的使用,提高了工作效率。

3 结论

离子色谱法测定工业废气中丙酸,利用 IonPac AS23 阴离子分离柱分离,丙酸根和其他阴离子得到了很好的分离,有较好的线性关系、精密度和准确度,且不会受到干扰。与气相色谱法相比,减少了有机试剂的使用,提高了工作效率。丙酸的检测下限为 0.05 mg/L ,保留时间、峰高、峰面积的变异系数分别为 0.06% ,0.54% ,0.49% ,峰高线性回归系数 R 为 0.999 4。该分析方法采样效率高、简便、灵敏、检出限低,结果令人满意,可为废气中丙酸的监测提供一种新的测试方法。

[参考文献]

[1] 张银平,王海燕,薛耀华,等. 离子色谱法测定河流中乙酸、丙酸和丁酸含量的研究[J]. 中国环境监测,2011,27(1): 21-24.
[2] 丁雪梅,王红斌,高路,等. 抑制型电导-离子色谱法测定水中无机阴离子[J]. 环境监测管理与技术,2010.
[3] GBZ/T 160. 59—2004 工作场所空气有毒物质测定羧酸类化合物[S].
[4] 国家环境保护总局. 空气和废气监测分析方法(第 4 版) [M]. 北京:中国环境科学出版社,2002:50-51.

(本栏目编辑 黄 珊)

(上接第 31 页)

3 结论

从现场测试情况来看,对于同一监测断面,由于安装位置不当,监测断面流速场分布很不均匀,不同监测点位流速测量值存在较大差异,单点测量很难真实反应烟道断面实际流速。基于平均差压皮托管法为测量原理的 VPT511BF-SY 多孔流速仪,应用于在线烟气流量监测,安装位置、安装数量对测量准确性影响较大,安装数量超过 3 台时监测结果与手工监测比对结果较好,可以满足比对监测

测量准确性的要求。

[参考文献]

[1] 潘柳青. CEMS 比对监测要求探讨[J]. 环境监测管理与技术,2008,20(3):58.
[2] 邓继,万方,董励,等. CEMS 比对监测结果反映的若干问题探讨[J]. 环境科学与管理,2011,36(4):118.
[3] 裴冰,万方. CEMS 比对监测相关问题探讨[J]. 环境监测管理与技术,2010,22(2):8.