

固定污染源颗粒物在线监测现状

——以济南市为例

耿晔, 孙开争, 杜天君

(山东省济南生态环境监测中心, 山东 济南 250101)

摘要:于2019年对济南市固定污染源颗粒物在线监测设备的品牌、方法原理和手工监测比对情况进行了分析。结果表明,4种激光前向散射法颗粒物在线设备比对结果符合性较好,带加热功能的采样头可以有效降低水滴的干扰;激光后向散射法颗粒物在线设备比对结果符合性较差,零点漂移达到3.3%,2/3的手工比对数据绝对误差 $> \pm 5 \text{ mg/m}^3$ 。指出,激光后向散射法设备不适用于超低排放企业,激光前向散射法设备因适用高湿度低量程环境,测量精度高,在济南市的适用性更好。

关键词:固定污染源;自动监测;前向散射法;超低排放

中图分类号:X835

文献标志码:B

文章编号:1674-6732(2020)04-0056-04

A Study on Status of Online Monitoring of Particulate Matter from Stationary Sources in Jinan City

GENG Ye, SUN Kai-zheng, DU Tian-jun

(Ecological Environmental Monitoring Center of Jinan City, Jinan, Shandong 250101, China)

Abstract: The principles of online monitoring equipment for stationary source particulate matter were studied in 2019 in Jinan City, and online monitoring was compared with manual monitoring as well. The results showed that the results of four on-line particle monitoring devices based on laser forward scattering method were in good agreement with manual monitoring results, and sampling head with heating function can effectively reduce the interference of water droplets; while the result of on-line particle monitoring equipment based on laser back scattering method showed less consistent with manual monitoring results, the zero drift reached a value of 3.3%, and the absolute error of 2/3 manual comparison results were $> \pm 5 \text{ mg/m}^3$. The equipment based on laser back scattering method is not suitable for ultra-low emission enterprises. The equipment based on laser forward scattering method is suitable for high humidity and low range environments, and has high measurement accuracy, and has better applicability in Jinan City.

Key words: Stationary pollution source; Automatic monitoring; Forward scattering; Ultra-low emission

近年来,京津冀及周边地区雾霾天气频发,固定污染源排放的颗粒物作为环境空气可吸收颗粒物(PM_{10})、细颗粒物($\text{PM}_{2.5}$)的重要来源,越来越引起社会的关注^[1]。为有效控制污染源的排放,加强源头控制,自2017年原环境保护部发布了《关于加快重点行业重点地区的重点排污单位自动监控工作的通知》(环办环监[2017]61号)后,环境空气颗粒物连续监测系统开始安装联网。根据原山东省环境保护厅印发的《关于进一步做好全省重点污染源自动监控联网工作的通知》(鲁环办函

[2016]174号)和原济南市环境保护局印发的《关于进一步做好废气污染源颗粒物监测工作的通知》(鲁环明传[2016]14号),济南市加快颗粒物污染源在线监测设备的联网验收进度,截至2019年6月底,济南市污染源颗粒物自动监控设备已联网并完成验收共计305台套。现对济南市已安装联网的305台套颗粒物自动监测设备的测量方法原理、参比方法比对数据进行分析,总结规律,保证自动监测数据质量,为打好污染防治攻坚战和生态环境保护提供技术支撑。

收稿日期:2019-11-28;修订日期:2020-04-14

基金项目:济南市科技计划项目社会民生专项“济南市大气灰霾协同控制研究及前体污染物减排技术应用示范”(201807008)

作者简介:耿晔(1983—),男,工程师,硕士,从事污染源在线监测、大气污染防治技术工作。

1 颗粒物自动监测设备安装现状

济南市现已安装的305台套颗粒物自动监测设备涵盖火电、碳素、化工、建材、钢铁、垃圾焚烧等6大行业类别,包含:FWE 200(西克麦哈克仪器有限公司)、181 WS(英国PCME公司)、SBF 800(德国杜拉革公司)、LFS1000-MO(安荣信科技有限公司)、Model 2030(北京雪迪龙科技股份有限公司)、P-5C(厦门格瑞斯特环保科技有限公司)等6个品牌型号。55.6%的企业选择安装国产品牌安荣信的设备;2家垃圾焚烧企业分别安装了雪迪龙和厦门格瑞斯特品牌的设备,占比分别为1.1%和4.5%。3家进口品牌西克麦哈克、PCME和杜拉格分别有8.9%、8.9%、12.1%的企业选择。

2 颗粒物自动监测设备测量原理

颗粒物自动监测设备从测量原理方面划分,主要分为5类:不透明法光衰减颗粒物测定仪(浊度仪)、光散射法颗粒物测定仪、 β 射线吸收法颗粒物测定仪、光闪烁法颗粒物测定仪^[1]和接触起电法颗粒物测定仪(电荷法)^[2]。

颗粒物自动监测设备从测量方式方面划分,主要分为:直接监测(适用于干烟气)和抽取后监测(适用于湿烟气)^[3]。颗粒物直接监测的方法有:光学透射法、光学散射法(前散射、后散射)、电荷法。颗粒物抽取后监测的方法有:直接抽取前向散射法、稀释加热抽取前向散射法和 β 射线法。

济南市现已安装的6个品牌的产品均属于光散射法。其中采用激光前向散射测量方法的品牌有:西克麦哈克、安荣信、杜拉格、PCME;激光后向散射测量方法有:雪迪龙和格瑞斯特。其中SBF 800设备属于稀释加热抽取前向散射法,FWE 200、LFS1000-MO和181 WS属于直接抽取加热前向散射法。

颗粒物光散射法的测量原理为:光源发出的光线定向地朝着颗粒物射去时,颗粒物又散射光线,从而改变了入射光的方向,在一定角度范围内光敏器件接收散射光的强度,散射光集聚接受转换成电信号,计算出颗粒物浓度。散射光的强度与颗粒物的粒径、折射率、形状、入射光的波长等因素有关^[4]。

直接抽取前向散射法是将烟道中烟气抽取后,在后端通过加热腔对抽取的气体进行高温加热,最终使用前向散射原理的烟尘仪对烟气颗粒物进行测量^[5]。稀释加热抽取前向散射法相比直接抽取

前向散射法,多了一个稀释气加热功能,在采样的同时预先加热稀释气,稀释气按一定比例与采样气体在插入烟道的采样嘴处进行混合,同时采样探杆也全程高温加热,这样可以有效迅速地将湿烟气变为干烟气,最后用前向散射法的烟尘仪对颗粒物进行测量。

3 颗粒物自动监测设备技术考核

3.1 考核对象及频次

济南市工业结构以重工业为主,火电、建材、钢铁和碳素行业占比较重。根据济南市工业行业占比和颗粒物监测仪的市场安装率的分布,选择重点行业中安装率较高的几个品牌作为评价对象。以手工比对的方式对监测仪器进行考核,颗粒物监测浓度准确度考核频次为12次,零点漂移和量程漂移的考核频次为3次。

3.2 考核判定标准

根据《固定污染源烟气(SO₂、NO_x、颗粒物)排放连续监测技术规范》(HJ 75—2017)要求,对颗粒物监测设备的颗粒物监测浓度的准确度、零点漂移和量程漂移进行考核^[6],技术指标见表1。

表1 颗粒物考核技术指标^①

考核项目	考核内容	考核标准	频次
颗粒物监测浓度准确度	准确度绝对误差	$\leq \pm 5 \text{ mg/m}^3$	≥ 12
零点漂移	绝对误差	$\leq \pm 2\% \text{ FS}$	≥ 3
量程漂移	绝对误差	$\leq \pm 2\% \text{ FS}$	≥ 3

^①颗粒物准确度考核标准为参比方法排放浓度 $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ 时指标;FS为监测仪器满量程刻度值。

3.3 考核方法

使用青岛崂应3012H-D大流量低浓度烟气/气测试仪,按照《固定污染源废气低浓度颗粒物的测定重量法》(HJ 836—2017),同步监测的颗粒物排放浓度作为手工参比方法值^[7],与同时段颗粒物自动监测值进行数据比对,并利用Excel软件对监测数据进行统计分析。

3.4 考核结果

3.4.1 钢铁行业

监测点位为济南市某钢铁厂2号出铁场排口。该监测点安装英国PCME烟尘仪181WS型激光前向散射颗粒物监测设备,考核结果见图1。颗粒物监测仪器零点漂移和量程漂移最大值分别为最大

量程(200 mg/m^3)的 0.05% 和 0.1%, 颗粒物浓度采用颗粒物排放连续监测系统(CEMS)法和手工参比方法绝对误差在 $-2.72 \sim -2.04 \text{ mg/m}^3$, 符合《HJ 75—2017》中对零点漂移、量程漂移和颗粒物浓度值的要求。

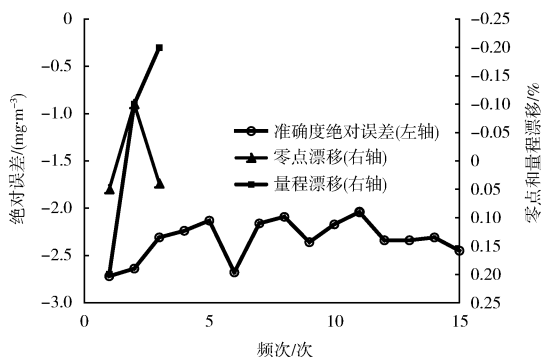


图 1 济南市某钢铁厂考核结果

3.4.2 建材行业

监测点位为济南市某水泥厂 2 号窑尾排口。该监测点安装安荣信 LFS1000 - MO 型激光前向散射颗粒物监测设备, 考核结果见图 2。颗粒物监测仪器零点漂移和量程漂移最大值分别为最大量程(100 mg/m^3)的 0.09% 和 0.1%, 颗粒物浓度准确度绝对误差在 $-2.09 \sim -0.21 \text{ mg/m}^3$, 符合《HJ 75—2017》中对零点漂移、量程漂移和颗粒物浓度值的要求。

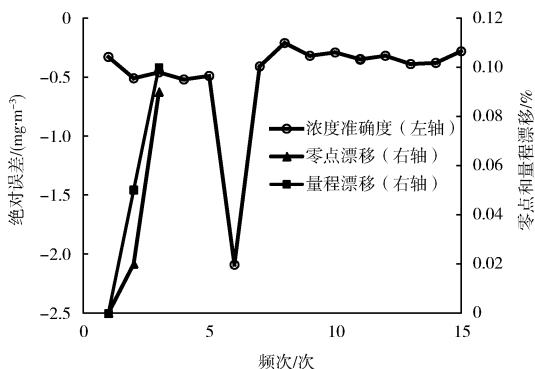


图 2 济南市某水泥厂考核结果

3.4.3 碳素行业

监测点位为济南市某碳素厂 2 号焙烧炉排口。该监测点安装安荣信 LFS1000 - MO 型激光前向散射颗粒物监测设备, 考核结果见图 3。颗粒物监测仪器零点漂移和量程漂移最大值分别为该仪器最

大量程(100 mg/m^3)的 0.09% 和 0.1%, 颗粒物浓度准确度绝对误差在 $-0.05 \sim 1.85 \text{ mg/m}^3$, 符合《HJ 75—2017》中对零点漂移和量程漂移和颗粒物浓度值的要求。

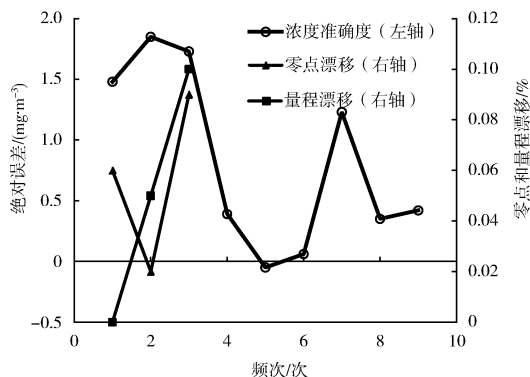


图 3 济南市某碳素厂焙烧炉考核结果

3.4.4 火电行业

火电行业选择 2 个点位进行考核, 第 1 个监测点位为济南市某燃煤电厂 3# 机组排口。该监测点安装雪迪龙 Model2030 型后向散射颗粒物监测设备, 考核结果见图 4。颗粒物监测仪器零点漂移和量程漂移最大值分别为该仪器最大量程(200 mg/m^3)的 1.65% 和 0.6%, 颗粒物浓度准确度绝对误差在 $-2.2 \sim 7.0 \text{ mg/m}^3$, 除量程漂移外, 零点漂移和浓度绝对误差均不符合《HJ 75—2017》中对零点漂移和颗粒物浓度值的要求。

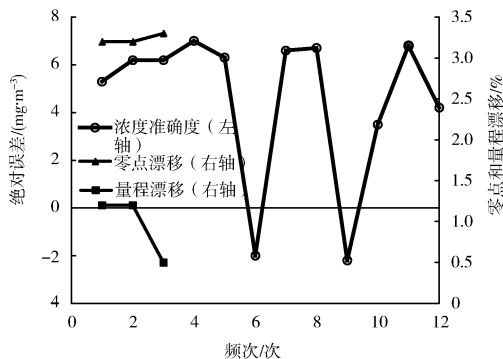


图 4 济南市某燃煤电厂 3# 机组考核结果

第 2 个监测点位为济南市某热电厂 1#、2# 排口。该监测点安装杜拉格 SBF - 800 型激光前向散射颗粒物监测设备, 考核结果见图 5。颗粒物监测仪器零点漂移和量程漂移最大值分别为该仪器

最大量程(100 mg/m^3)的0.00%和0.19%,颗粒物浓度准确度绝对误差在 $-3.55 \sim -1.38 \text{ mg/m}^3$,符合《HJ 75—2017》中对零点漂移、量程漂移和颗粒物浓度值的要求。

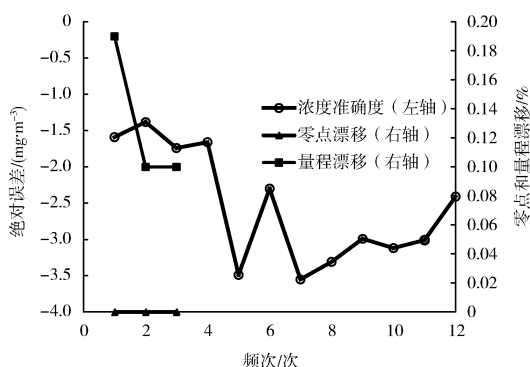


图5 济南市某热电厂1#、2#排口考核结果

4 讨论

由考核结果可见,4种激光前向散射法颗粒物自动监测设备与手工监测比对结果符合性较好,比对结果均符合相关规范要求。通过带有加热功能的采样头和管路将气体喷射入分析单元光室内,较好地降低了烟道中水滴对测量结果的影响,同时上述监测设备均具备定时反吹功能,实现对测量光室的零点和满量程的自动校准,设备稳定性较好,数据波动较小。而激光后向散射法颗粒物自动监测设备与手工监测比对结果符合性较差,零点漂移达到了3.3%,12组浓度绝对误差比对数据中有8组数据超过考核标准,主要因其测量光束为后向散射,光束易受烟道中烟气温度分布不均或烟道震动影响,使其折射率发生变化,造成测量结果误差较大。

研究选取的火电、钢铁、建材和碳素几个重点行业的生产燃料主要为煤炭,其配套建设的环保净化设施均已完成超低排放改造,主要净化工艺为湿法脱硫+选择性非催化还原(SNCR)脱硝+湿电除尘。这种净化工艺的特点是污染物净化效率较高,但外排烟气温度低于 60°C ,烟气湿度较大,烟道中容易形成水雾状滴液,自动监测设备采样头和采样管路若没有全程加热设备会造成冷凝水聚集的现象^[8]。根据《区域性大气污染物综合排放标准》(DB 37/2376—2019),完成超低排放改造的企业颗粒物执行5或 10 mg/m^3 的排放标准,这就对颗粒物自动监测设备的准确度和稳定性提出了较

高的要求。激光前向散射法颗粒物自动监测设备因适用于高湿度低量程环境,测量精度高,在济南市的适用性更好。目前国内碳素行业安装颗粒物在线监测设备的企业较少,前向散射法颗粒物在线设备在碳素行业能否长期保持稳定有待进一步考证。

5 建议

(1)目前济南市已安装的颗粒物自动监测设备在校准时所用零气多为环境空气,受测量环境影响较大,建议改为高纯氮气校零。

(2)技术考核仅对颗粒物自动监测设备量程区间中的低浓度区间进行手工比对,未对中、高浓度区间进行比对,下一步可将中浓度和高浓度区间作为研究重点^[7]。

(3)碳素行业焙烧炉、煅烧炉排放的特征污染物中含有沥青烟和苯并(α)芘等易结晶成分,采样探头应及时清理,否则易对颗粒物分析结果造成影响。

(4)根据颗粒物自动监测设备的测量原理,大部分颗粒物自动监测设备可以通过修改斜率和截距的数值对原始数据进行校正,且很多仪器可以远程修改斜率和截距参数值。建议加强数据传输的动态管控^[9],增加二级甚至三级加密门禁,确保自动监测数据的真实性、有效性。

[参考文献]

- [1] 裴冰. 固定源测试体系的中美比较与借鉴[J]. 环境监控与预警, 2014, 1(6): 18-23.
- [2] 奚健. 低浓度颗粒物在线技术比较[J]. 中国环保产业, 2017, 24(1): 35-38.
- [3] 邓继. 燃煤电厂在线监测系统颗粒物浓度排放系数影响因素的探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2014, 26(1): 66-70.
- [4] 彭建锋. CYA300DC型激光后向散射法烟尘分析仪数据质量控制措施研究[J]. 河南科技, 2018, 42(5): 639.
- [5] 杨凯, 周刚, 王强, 等. 烟尘烟气连续自动监测系统技术现状和发展趋势[J]. 中国环境监测, 2010, 10(5): 18-26.
- [6] 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, 4(2): 1-10.
- [7] 张磊, 马娟. 固定污染源废气低浓度颗粒物监测影响因素分析[J]. 能源环境与保护, 2019, 8(4): 56-64.
- [8] 徐畅, 陆勇, 陈璐, 等. 燃煤电厂超低排放背景下颗粒物在线监测方法研究[J]. 现代化工, 2019, 39(11): 221-225.
- [9] 石敬华, 徐改花, 张茂利, 等. 污染源自动监控动态管控技术研究[J]. 环境科学与管理, 2019, 44(5): 118-122.