

异味及 VOC 在线监测在餐饮油烟监测中的应用

陈志翔

(上海市黄浦区环境监测站, 上海 200011)

摘要: 本文结合餐饮油烟集中排放点边界异味及 VOC 在线监测实践, 分析和探讨异味及 VOC 在线监测在油烟监测中的优缺点, 提出应用的可行性建议。

关键词: 油烟; 异味及 VOC; 在线监测

中图分类号: X831

文献标志码: A

文章编号: 1674-263X(2025)06-0129-06

1 研究目的

餐饮油烟排放是城市雾霾及细颗粒物污染的主要污染源之一, 同时餐饮油烟中含有多种有毒化学物质, 会对人体呼吸、循环、免疫、生殖、神经等系统造成不同程度的损伤^[1]。油烟扰民一直是城市居民关注的环境问题, 也是中心城区环境信访的主要问题。针对油烟排放工况多变、净化设施良莠不齐、运维保养质量差异较大等影响因素, 希望通过在线监测的手段来掌握油烟排放情况, 起到实时监管的作用, 破解管理难题。以上海现行餐饮油烟排放标准 1.0 mg/m³ 为例, 油烟排放是否超标, 考核的是基准风量的排放浓度。基准风量的排放浓度由下式计算产生:

$$C_{基} = C_{测} \times Q_{测} / (n \times Q_{基})$$

式中, $C_{基}$ 为基准风量的排放浓度, 单位 mg/m³; $C_{测}$ 为实测排放浓度, 单位 mg/m³; $Q_{测}$ 为实测排放风量, 单位 m³/h; n 为采样期间投用的基准灶头数, 单位个; $Q_{基}$ 为单个基准灶头的排风量, 以 2000m³/h 计^[2]。

在日常的手工监测工作中, 上式中 n 的变化能显著影响最终考核结果, 不能仅凭 $C_{测}$ 来判断是否超标。目前常见的油烟排放浓度在线监测技术根据传感器监测原理的不同, 主要分为光散射法、红外分光光度法、半导体气敏法和电化学法^[3]。仅着眼于实现监测 $C_{测}$, 部分设备还监测了 $Q_{测}$, 但均无法实时监测实际投用基准灶头数 n , 在线监测结果无

法与排放标准对标, 不能直观表述排放情况是否达标。

油烟扰民信访居民诉求主要是以异味投诉为主, 根据《恶臭(异味)污染物排放标准(DB 31/1025-2016)》^[4] 中无组织恶臭污染物的排放标准, 在油烟集中排放区域边界或近似边界处设置异味在线监测设备, 并根据排放标准建立评价体系, 是更直观提供监管依据的解决方案。同时, 根据 2019 年生态环境部《餐饮业油烟污染物排放标准(征求意见稿)》(未实施)内容, 同步考察无组织非甲烷总烃(以 VOC 替代)对油烟排放的表征作用。

本文对上海某城区 A、B 两个油烟集中排放点安装的四套异味及 VOC 在线监测设备数据进行分析, 讨论该在线监测设备对油烟排放的响应情况, 并提出应用的可行性建议。

2 研究方法

选取的 A、B 两处油烟集中排放点: A 处为居民区中一处餐饮聚集区域楼顶停车场, 场内 6 根油烟排放管道; B 处为一栋综合性楼宇楼顶平台, 周边无其他明显臭气污染源。分别在 A 处楼顶停车场东边界、西北边界及西南边界设置 1 号~3 号异味及 VOC 在线设备监测点位, 在 B 处一超标油烟管道排放口南侧设置 4 号异味及 VOC 在线设备监测点位。本次设置设备安装四个 MEMS-MOS 金属氧化物传感器用于测量无量纲臭气浓度 OU 值(量程: 0~100, 测量精度: 0.01OU; 分辨率: 0.001OU), 安装一个 PID 光离子检测器测量 VOC 浓度(监测 C2-C8 有机挥发物及部分 C8-C12 有机挥发物总量, 量程: 0~180mg/m³, 测量精度: 0.01mg/m³; 分辨率:

收稿日期: 2024-06-21

作者简介: 陈志翔, 工程师, 研究方向为生活源污染环境监测。

0.002mg/m³)。通过在线 OU 值和手工三点比较式臭袋法测定臭气浓度值的比对, PID 光离子检测器标气标定情况及手工气相色谱法测定非甲烷总烃的比对来考察在线监测数据的可靠性;通过 B 处超标排放油烟管道改造前后在线数据变化来考察在线设备对排放浓度的敏感性;通过 A 处 2022 年上海封控期间和 2023 年 8 月—12 月的在线监测数据,分

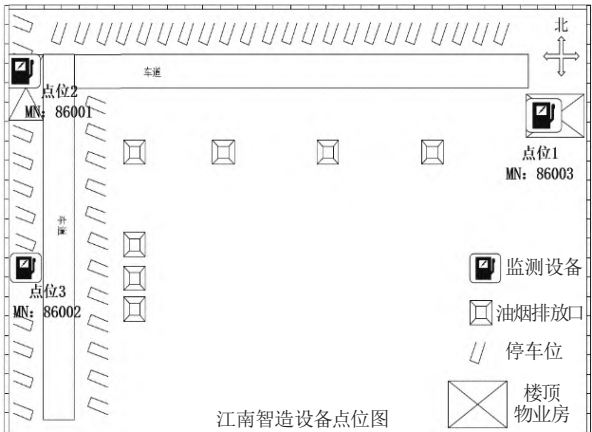


图 1 A 处平面示意图

定能准确反映环境空气中异味强度的变化, OU 值监测、PID 监测与经典法的臭气浓度、非甲烷总烃监测在方法原理上也有较大的差距,但监测参数具有一致性,故本文考察无组织手工监测数据与在线监测数据比对及 PID 标气情况,不做在线数据与油烟浓度手工监测数据比对。

由于 OU 值手工比对无可标准物质,受比对现场限制,比对浓度范围较低。从图 3 可见,在线 OU 值和手工臭气浓度监测值有一定偏差,但有较好的相关性。同时,在线监测 OU 值数据在 10 左右时,

析该场景下在线监测设备对油烟排放的响应。

3 结果与讨论

3.1 与手工监测数据的比对

由于餐饮排放臭气浓度、非甲烷总烃浓度与餐饮油烟浓度并无太大关联性,油烟浓度的高低不一

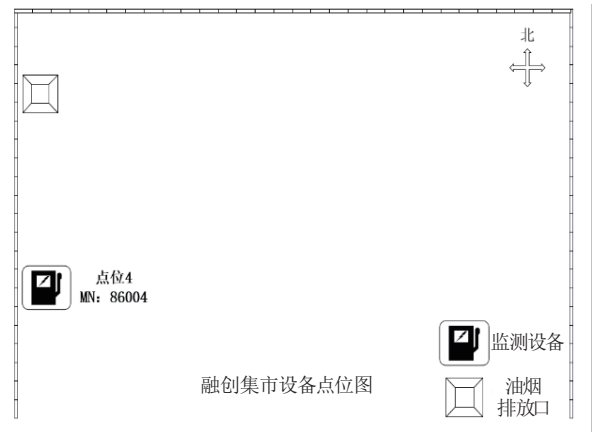


图 2 B 处平面示意图

手工臭气浓度监测数据在 20 左右,对照《恶臭(异味)污染物排放标准》,能起到超标预警的作用。PID 在线监测数据和手工比对数据,显示在线监测数据有一定的可靠性。

3.2 环境本底情况

中心城区居民区和商业区混合程度较高,废气排放源分散,环境本底监测确认困难。2022 年 4 月—6 月封控期,上海全城居家隔离抵御疫情, A、B 两处商业性餐饮业均停业,其他经营性废气排放及交通源废气排放均处于极低的排放水平^[6]。以这段时

表 1 PID 检测器异丁烯标气标定情况

ppb						
标气浓度	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
1000	1045	1016	1015	966	978	1028
5000	5233	4812	5156	5111	4837	5058

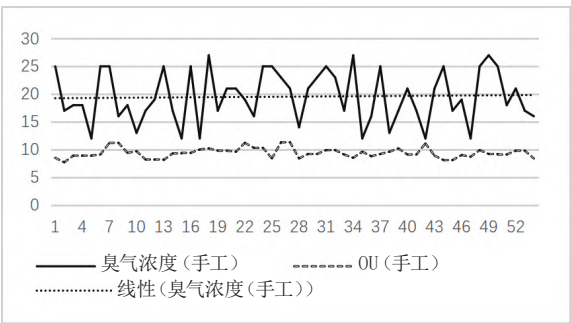


图 3 无组织臭气浓度比对图(数据单位:无量纲)

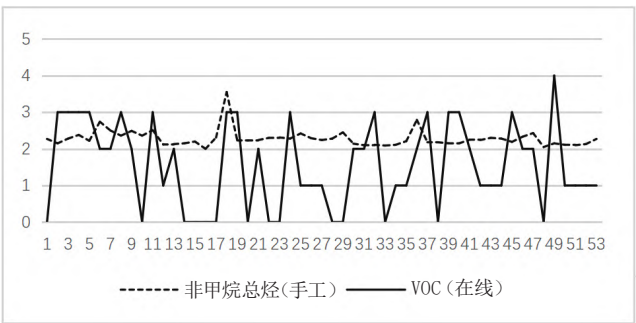


图 4 无组织 VOC 浓度比对图(数据单位:mg/m³)

期的监测数据作为清洁对照时期数据。

由日均值变化图来看，OU 值浓度在 9~13 范围内上下变化，与 2023 年非用餐高峰期的监测数据基本相同。可以推定，环境本底中的 OU 浓度值较为稳定，在这个基础上明显的向上波动均是受周边污染源排放的影响。

由日均值变化图来看，四个点位的 VOC 浓度监测值，均有较大的波动。可见，即使在周边企业基本停业的情况下，区域内还是有其他的 VOC 来源。在日常数据统计研判中，对于污染成因分析还是有较大的不确定性。

3.3 对油烟排放的响应

4 号点位设备离油烟排放口约 0.5 米。该油烟排口在 2021 年 11 月的监测中，排放浓度超标（实测 $0.7\text{mg}/\text{m}^3$ ，折算 $2.4\text{mg}/\text{m}^3$ ，排气烟速 $4.8\text{m}/\text{s}$ ）。经整改，2022 年 1 月复测达标（实测 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，折算 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ ，排气烟速 $4.0\text{m}/\text{s}$ ）。图 7 显示了 2021

年 11 月底至 2022 年 1 月底该点位 OU 浓度监测值（单位无量纲）、VOC 浓度监测值（单位 mg/m^3 ）的日均值变化。

从图 3 可见，在油烟管道整改前后，测得 OU 值显著改变，数值下降趋势明显，后期在 20 以下趋于平稳，VOC 值保持波动且无明显下降趋势。4 号监测点位与油烟排放口距离较近，图中涉及时段都在冬季时段，风向变化等因素对整体趋势的影响不明显。

1 号~3 号监测点位与最近油烟排口水平距离约 8 米，A 处集中排放区域与 B 处相比，环境条件较为复杂。区域内停车场机动车尾气排放干扰，相邻的东侧、东北侧高楼层平台也有油烟排放，南侧沿街小餐饮单位较为集中，周边老式居民区较为密集，居民楼基本不具备公用油烟烟道，油烟排放总量较大。

考虑到 A 处平台受周边环境同类污染物影

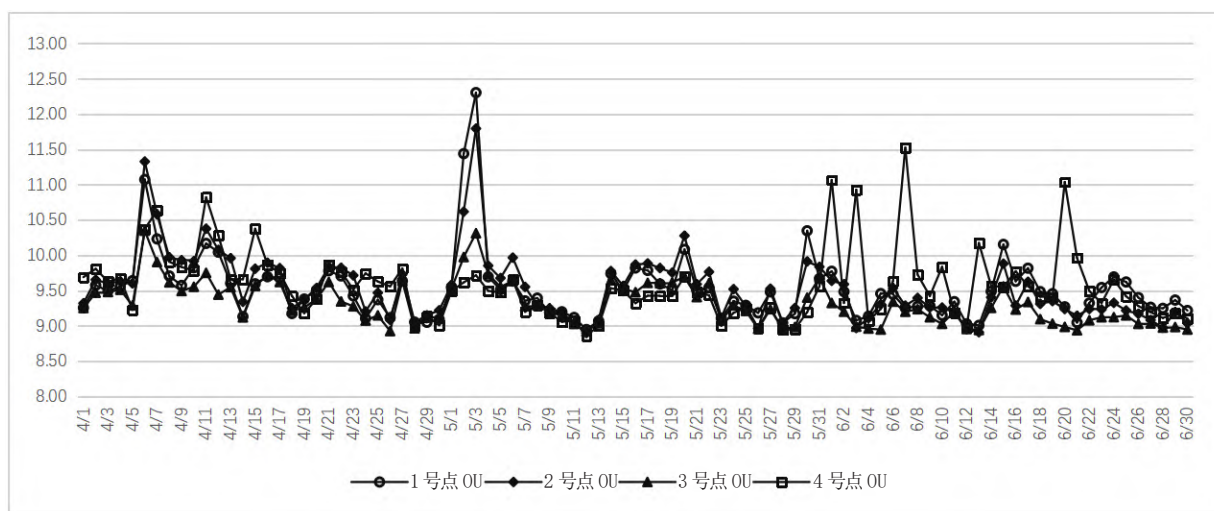


图5 2022 年 4—6 月 OU 值日变化图（数据单位：无量纲）

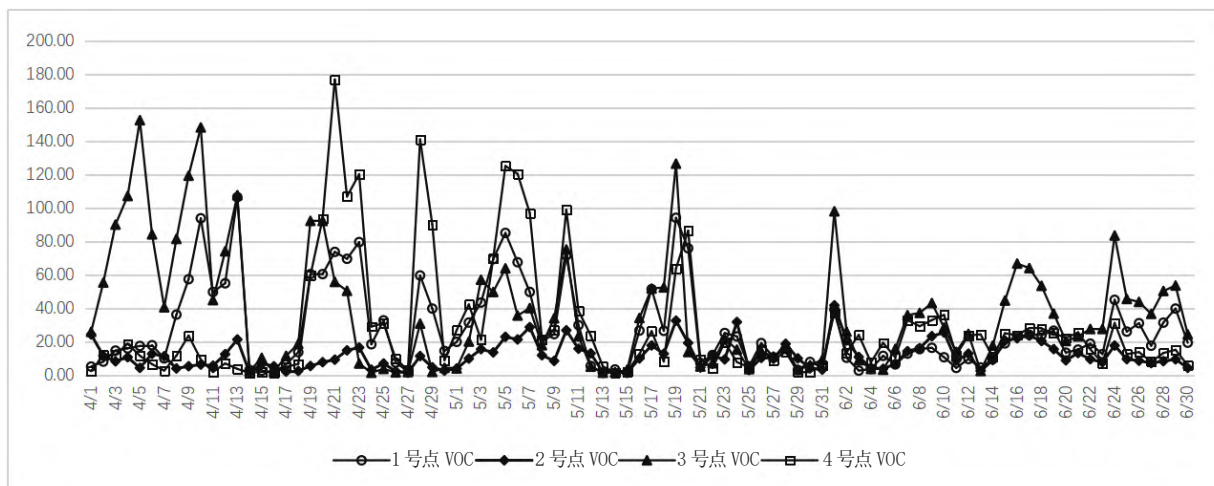


图6 2022 年 4—6 月 VOC 值日变化图（数据单位： mg/m^3 ）

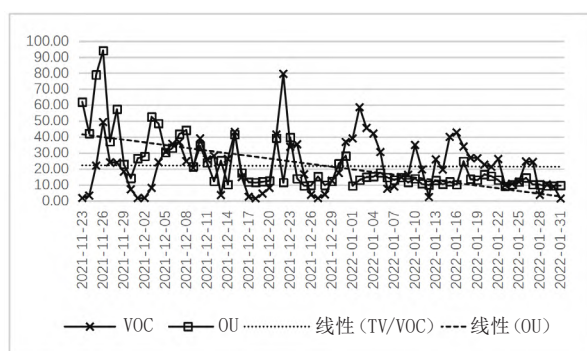


图 7 4号点日均值变化图

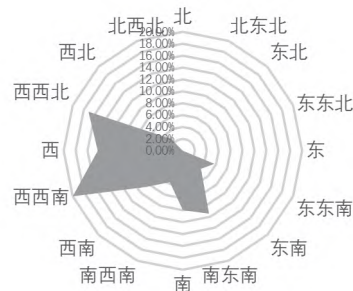


图 8 4号点风向玫瑰图

响,选取 2023 年 8 月至 12 月,三个点位小时浓度均值最大值和最小值之差作为平台贡献浓度的小时均值,做每月的小时均值日间变化。

数据显示,2023 年下半年,A 处平台周界的 OU 值较为稳定,非餐饮高峰时段,浓度与前文的近似环境本底接近。从极差值来看,在餐饮高峰时段,有比较明显的向上波动。边界 OU 值的波动与油烟排放有一定的关联性,可以用于超标预警。

通过现场观察,由于平台停车场大多是周边办

公及临近医院停车,机动车尾气排放主要在白天,但没有明显的时段特征。从 2023 年 8—12 月 VOC 日小时均值数据可见,除 12 月的数据,在午餐和晚餐时段表现出峰值,其余月份均从上午约 7 点开始升高,到中午 12 点左右达到峰值,到晚间 22 点左右甚至更晚下降至低点,整体波动未显示出与餐饮时段的关联性,相对更贴合人类生产、生活活动的作息规律。根据餐饮油烟废气中 VOCs 的组分研究,丙酮、正丁烷、异丁烷、丙烷等羰基化合物和烷烃

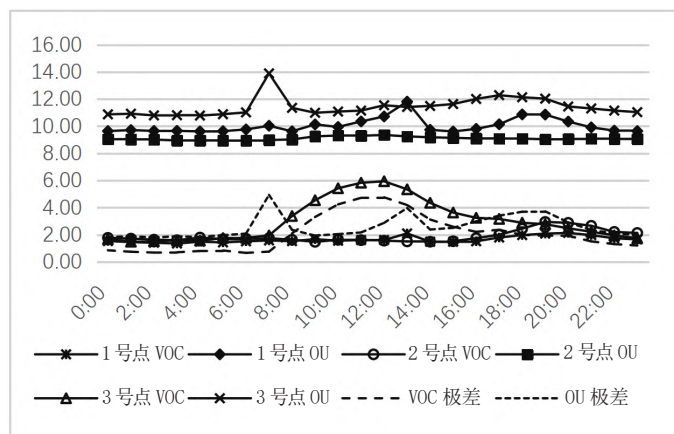


图 9 8月均值变化图

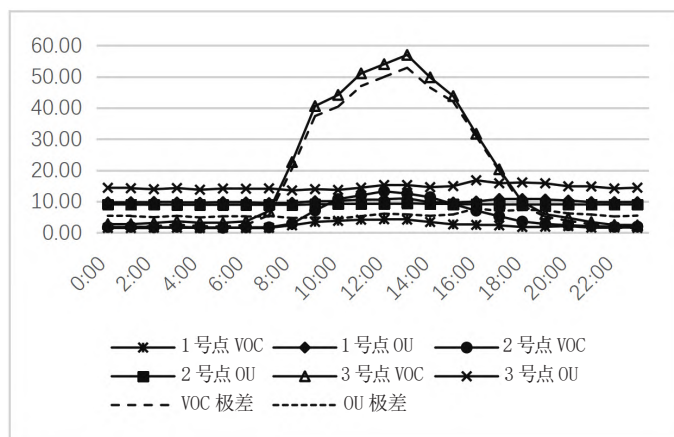


图 10 9月均值变化图

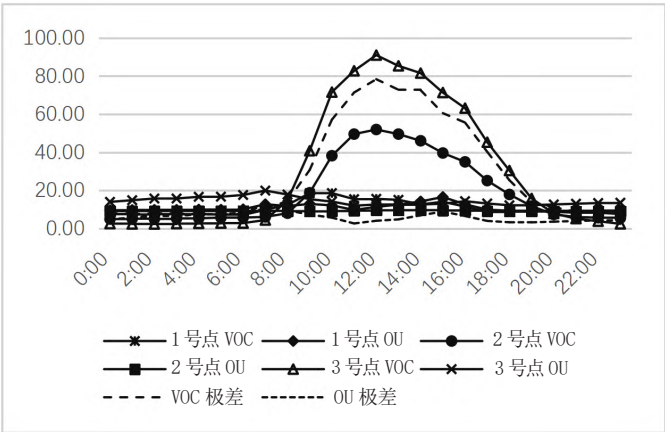


图 11 10 月均值变化图

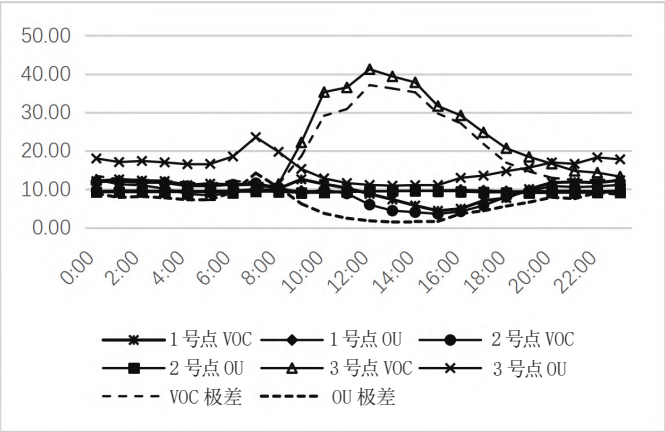


图 12 11 月均值变化图

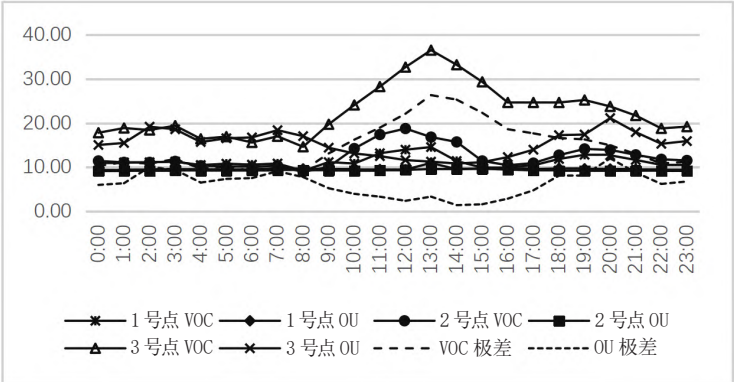


图 13 12 月均值变化图

类物质贡献较高，且丁烯醛、甲基丙烯醛、苯甲醛、戊醛和乙醛可作为餐饮废气的特征监测指标^[7]。本次研究使用的 PID 光离子检测器监测的是 C2-C8 有机挥发物及部分 C8-C12 有机挥发物总量，虽然能覆盖到餐饮废气中大部分的挥发性有机物组分，但无法区分组分，也无法区分环境空气中其他源排放的 VOC，如机动车尾气排放中的正丁烷等烷烃类、乙烯等烯烃类、苯系物等单环芳香烃类化合物以及

乙炔^[8]，无法有效针对餐饮油烟。研究表明，上海市 VOCs 源解析结果显示机动车、溶剂使用、化工和石化工艺过程是上海市 VOCs 的三个主要来源^[9]。即使在 A、B 两处餐饮集中排放区域，餐饮源仍不是大气环境中 VOCs 的最主要来源。用对无组织废气中 VOC 的监测来预警油烟气的超标，不能通过总量监测，需要通过安装使用高灵敏度的 VOC 组分监测设备监测特征组分因子来实现，成本高昂。本次

研究使用的 PID 光离子检测器易受多种污染源影响,并不适用于油烟超标预警。

3.4 预警方案

根据前文分析,边界 OU 值在线监测数据与油烟排放有一定的关联性,可用于超标预警。当周围边界浓度超过设定的阈值触发报警时,如 B 处这样的简单场景,可直接安排手工监测进行超标确认;A 处这样多管道排放的场景,则可通过便携式的 OU 值监测设备快速锚定目标排放管道,再进行手工监测超标确认;范围更大的排放区域,如超过 10 根以上的排放管道的场地,可以通过分块监控来实现预警及超标确定。

4 结论与建议

从监测角度看中心城区油烟扰民问题解决方案,本文讨论利用边界无组织臭气浓度和非甲烷总烃浓度在线监测来进行超标预警这一方案的可行性。

考察选择的两个区域,环境本底臭气浓度比较稳定,且 OU 值浓度在线监测设备监测数据对油烟排放有较好的响应,同时又和居民对油烟扰民的主要痛点贴合,对油烟排放相关扰民问题能起到较好的预警效果;PID 检测器监测的 VOC 浓度数据,环境影响因素复杂,对油烟排放没有很好的针对性,如果无法实现有效甄别跟踪餐饮源特征有机污染物浓度变化,不建议用于油烟超标预警。

方案优点:

1) 相对于目前常规的管道油烟浓度在线监测方案,本方案监测结果能更直观地对标国家或地方的排放标准。

2) 对油烟排放无组织边界异味开展在线监测,针对油烟扰民问题中群众的主要痛点,能与居民的主观感受贴合。

3) 可以对一定范围内的多个排放口的排放情况进行监测预警。

方案缺点:

1) 建设成本高。

2) 目前对餐饮油烟排放监管的主要污染物是油烟浓度而非更严格的臭气浓度,本方案针对的是臭气浓度不是油烟浓度,超标预警与行政监管有错位。

3) 无法去除在线监控区域内其他大气污染物的干扰,应用场景有一定的限制。

参考文献:

- [1] 李旭,李晓丹. 餐饮油烟对人体健康的危害[J]. 节能与环保, 2019(2):28-29.
- [2] 上海市生态环境局,上海市市场监督管理局. 餐饮业油烟排放标准: DB 31/844-2014[S]. 2014.
- [3] 林子吟. 智慧环保背景下餐饮油烟在线监测监控技术应用现状及展望[J]. 环境保护科学, 2023, 49(2):44-49.
- [4] 上海市生态环境局,上海市市场监督管理局. 恶臭(异味)污染物排放标准: DB 31/1025-2016[S]. 2016.
- [5] 刘甜恬,许建光,黑亮. 在线恶臭电子鼻在臭气浓度监测中的应用[J]. 环境科学导刊, 2012, 31(6):127-130.
- [6] 童晓玲. 新冠疫情下餐饮店铺防疫能力对重开业时间影响研究——基于权变视角[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2022.
- [7] 张琤,陈蓉,向运荣,等. 基于实验模拟的广州市餐饮油烟 VOCs 排放特征及风险评估[J]. 环境监控与预警, 2024, 16(1):31-40.
- [8] 王伯光,邵敏,张远航,等. 机动车排放中挥发性有机污染物的组成及其特征研究[J]. 环境科学研究, 2006, 19(6):75-80.
- [9] 林燕芬,段玉森,高宗江,等. 基于 VOCs 加密监测的上海典型臭氧污染过程特征及成因分析[J]. 环境科学学报, 2019, 39(1):126-133.

Application of odor and VOC online monitoring in cooking fume monitoring

CHEN Zhixiang

(Huangpu District Environmental Monitoring Station, Shanghai 200011, China)

Abstract: Based on the practice of online monitoring of odor and volatile organic compounds (VOCs) at the boundary of centralized cooking fume emission points, this paper analyzes and discusses the advantages and disadvantages of online monitoring of odor and VOC in fume monitoring, and puts forward feasible suggestions for its application.

Key words: cooking fume; odor and VOC; online monitoring