

# Traceability investigation of ozone pollution around an automatic air station in a region

Chenyuan Yan

Shanghai Qingning Environmental Planning and Design Co., Ltd., Shanghai, 200051, China

## Abstract

Ozone is one of the primary pollutants in the environmental air of Shanghai. As a secondary pollutant, ozone cannot be directly traced to its source. In urban areas, volatile organic compounds (VOCs) are among the most important precursors for ozone formation, and there is a positive correlation between VOCs emissions and ozone production. Therefore, this paper investigates VOCs emission sources within a 3km radius around an air quality monitoring station in a specific region to establish a VOCs pollution source inventory. By using predictive simulation methods, the contribution of each source to the concentration at the air quality monitoring station is analyzed. Based on the analysis of the main pollutant components and the ozone generation potential of each VOCs source, an initial assessment of the impact of these VOCs pollution sources on ozone concentrations at the air quality monitoring station is provided. Recommendations are made based on the analysis results for reference by relevant management departments.

## Keywords

air automatic station; ozone pollution; traceability; countermeasures

## 某地区空气自动站点周边臭氧污染溯源排查

严晨圆

上海清宁环境规划设计有限公司, 中国·上海 200051

## 摘要

臭氧是上海地区环境空气中的首要污染物之一, 臭氧属于二次污染物, 无法直接进行污染源排查, 而在城市地区, 挥发性有机物 (VOCs) 为臭氧生成的最重要的前体物之一, 且VOCs的排放量与臭氧生成量成一定的正向关系。因此, 本文通过对某地区空气自动站点周边3km范围内的臭氧前体物VOCs排放源的排查, 建立VOCs污染源排放清单, 通过预测模拟等手段分析各源项对空气自动站点的浓度贡献值情况。根据分析各VOCs源项的主要污染物成分及其臭氧生成潜势大小, 初步分析各VOCs污染源项对空气自动站点处臭氧浓度的影响情况。根据分析结果有针对性地制定对策措施, 供相关管理部门参考。

## 关键词

空气自动站点; 臭氧污染; 溯源; 对策措施

## 1 引言

近年来, 上海市环境空气中的首要污染物以细颗粒物 ( $PM_{2.5}$ ) 和臭氧 ( $O_3$ ) 为主, 且臭氧污染天数处于持续高位。对流层臭氧主要是由氮氧化物 ( $NO_x$ )、一氧化碳 (CO) 和挥发性有机物 (VOCs) 在阳光下的大气光化学反应生成,  $NO_x$ 、CO 和 VOCs 也被称为臭氧的前体物。根据《环境空气臭氧污染来源解析技术指南 (试行) (征求意见稿) 编制说明》, 京津冀、长三角、珠三角和成渝地区等城市群与城市近郊区臭氧污染与 VOCs 排放和大气浓度呈显著的正相关关系并与  $NO_x$  呈负相关, 臭氧浓度随 VOCs 浓度的下降而减少, 随  $NO_x$  浓度的降低而上升, 即处于臭氧生成的 VOCs 控制区。上海市是属于典型的城市群, 因此  $O_3$  的产

生量随着 VOCs 排放量的增加而成正向增长关系。因此, 通过排查环境空气中的 VOCs 污染源项, 减少 VOCs 排放量, 对臭氧污染物的溯源和环境空气持续改善具有非常积极的意义。

## 2 VOCs 分类

环境空气中的挥发性有机物排放源主要可分为人为源和天然源两种。

### 2.1 人为源

人为源主要包括车辆排放、工业排放、涂料溶剂使用、燃料蒸发及燃烧等。

上海气象局、南京信息工程大学大气物理与环境重点实验室等单位的 Changjie Cai 等人<sup>[1]</sup>通过对上海市徐汇空气自动站点的挥发性有机物组分浓度测定结果进行解析发现, 上海环境空气中的 VOCs 组成中, 车辆排放占比最大, 为 25%。其次是工业源 (以溶剂为基础)、涂料溶剂使用、燃

【作者简介】严晨圆 (1989-), 女, 中国浙江湖州人, 硕士, 工程师, 从事环保、环境影响评价研究。

料蒸发（汽油、液化石油气、天然气和柴油）。

## 2.2 天然源

天然源 VOCs 排放又称为生物源 VOCs，是指植被在代谢过程中排放到大气中的多种 VOCs。

根据北京大学环境学院的谢扬颺、邵敏等人<sup>[2]</sup>的研究，北京市园林绿地植物 VOCs 年总排放量（以 C 计）约为 3.85 万 t，并主要以异戊二烯、单萜烯的排放为主。

上海市的绿地面积较高。城市绿地植物具有改善城市热岛效应，吸收部分有害气体等作用。但同时，植物源也会产生大量的 VOCs 排放，应引起高度的重视。

## 3 源项解析

本次臭氧污染源排查主要考虑人为源 VOCs 排放。

课题组首先对上海市某区空气自动站点周边 3 公里范围内的环境现状进行了初步调查，经调查发现，该空气自动站点周边设有多个大型商圈，餐饮聚集；周边建筑工地数量较多；周边道路车流量较大且存在显著的拥堵情况。该空气自动站点距离工业园区较远，因此工业源不是主要的污染源项。综合周边环境特征和污染源分布情况，最终筛选并识别出本项目重点排查源项为工地源和餐饮源，其次为加油站、汽修店等零散源。

## 4 技术路线

### 4.1 源项排查

根据空气自动站周边污染源分布特点，对本次识别的各主要污染源项开展排查。排查方式包括资料收集、现场调研、多渠道单位调研、文献调研等。从而基本形成各源项排放清单。排放清单包括污染源排放源强清单和污染物排放量估算两种类型，根据各源项特点选取适当的排放清单类型，以辅助后续的数据分析。

### 4.2 数据分析

对源项排查得到的排放清单开展数据分析，本文主要通过预测模拟的手段开展数据分析，同时综合采用数据理论分析、类比分析等方法。最终得出各个污染源项对空气自动站点环境空气质量的影响程度。

### 4.3 制定对策措施

根据数据分析的结论，有针对性地制定污染影响减缓的对策措施。对策措施分建设单位和主管部门两个主体分别提出建议。并从标准规范、措施可达性、数据分析结果三个

维度进行合理化地制定。

## 5 污染源排放清单

### 5.1 工地源

工地源的 VOCs 主要考虑外立面涂装产生的 VOCs 排放。本次排查范围为空气自动站点周边 3km 范围，排查范围内的在建工地数量为 23 个，其中涉及外立面涂装的工地数量为 11 个。

通过现场调研和资料收集，建立的工地 VOCs 排放清单，清单内容包括工地名称、与自动站的距离、建筑高度、涂装面积、涂料用量、涂料 VOCs 含量、产污时间、VOCs 源强等参数。

### 5.2 餐饮源

本次排查范围内的餐饮企业数量为 636 家。根据餐饮企业的位置分布进行了适当的合并和归类简化，将餐饮排放源由 636 个点源合并简化至 36 个集中排放区域面源。

通过收集资料、文献调研、类比等方式，建立的餐饮源 VOCs 排放清单，清单内容包括面源编号、与自动站的距离、合并的餐饮店数量、面源长宽高、VOCs 源强等参数。

### 5.3 加油站

本次排查范围内的加油站数量为 6 座。通过现场调研、资料收集，计算得到了加油站 VOCs 污染物排放量。6 座加油站卸油环节 VOCs 排放量为 6.55t/a，加油零售环节 VOCs 排放量为 9.75t/a，储油环节 VOCs 排放量为 5.23t/a，合计 VOCs 排放量为 21.53t/a。

### 5.4 汽修店

本次排放范围内涉及喷漆的汽修店数量为 11 家。通过收集企业的废气例行监测报告，建立汽修店 VOCs 排放清单，清单内容包括排气筒编号、风量、排放高度、与自动站的距离、VOCs 排放速率等参数。

## 6 数据分析结果

本次对餐饮源采用进一步预测模型 AERMOD，加载所在区域 2023 年全年的高空气象数据、低空气象数据，以及地形参数，以预测模拟该源项通过大气扩散至空气自动站点处的贡献值浓度。

对工地源、加油站、汽修店均采用估算模型 AERS-CREE，即不考虑气象参数及地形参数的简化模拟。

本项目预测及分析结果详见表 1。

表 1 本项目预测及分析结果汇总表

序号	源项	空气自动站点处 NMHC 预测小时浓度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	排放总量 (t/a)	主要特征污染物	O <sub>3</sub> 生成潜势—(MIR) 值 <sup>[3]</sup> (gO <sub>3</sub> /gVOC)
1	餐饮源	85.63	16.38	以乙烷、乙烯、甲醛、丁烯醛为主	烷烃类：0.26~0.46 烯烃类：8.8~11.6 醛类：6.6~9.4
2	加油站	5.44	21.53	C5~C12 烷烃为主	0.47~1.22
3	工地源	单个工地 19.35~33.81	4.2	以醇、醚、酯类为主	0.61~0.63
4	汽修店	0.45	0.80	油性漆以甲苯、乙苯、苯系物为主	3.93~11.94

由上表可知,某自动空气站点周边的餐饮源排放的 VOCs 在自动空气站点处的小时浓度贡献值为  $85.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 预测浓度贡献值大。餐饮源 VOCs 的主要成分以乙烷、乙烯、甲醛、丁烯醛为主,其中,烯烃类和醛类的臭氧生成潜势较大,因此对该自动空气站点的臭氧影响最大。

加油站排放的 VOCs 在自动空气站点处的小时浓度贡献值为  $5.44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 预测浓度贡献值较小,但排放总量最大。废气主要成分以 C5~C12 烷烃为主,其臭氧生产潜势中等,因此该源项对该自动空气站点的臭氧影响次之。

单个工地外立面涂装的 VOCs 排放在自动空气站点处的小时浓度贡献值在  $19.35\sim 33.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$  区间内,其排放总

量相对较小。废气主要成分以醇、醚、酯类为主,臭氧生产潜势较小,且该源项具有短期排放效应,因此对该自动空气站点的臭氧影响排第三位。

汽修店的 VOCs 排放在自动空气站点处的小时浓度贡献值为  $0.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 排放总量较小。废气主要成分以水性漆的醇、酯类为主,而油性漆则以甲苯、乙苯、苯系物为主,水性漆的臭氧生成潜势较低,而油性漆臭氧生成潜势较高,因此应严格控制油性漆的使用。该源项整体对该自动空气站点的臭氧影响最小。

## 7 对策措施

VOCs 污染防治对策措施见表 2。

表 2 本项目制定的 VOCs 污染防治对策措施一览表

源项	企业单位	管理部门
工地源	1) 使用低 VOCs 涂料。 2) 配置雾炮/洒水车,提高实际投用时间。	1) 建立健全各主管部门沟通机制,加密检测频次。 2) 加强工地涂装施工检查,规范废弃油漆桶、漆渣等固废贮存。
餐饮源	应当安装与经营规模相匹配的油烟净化设施,其与排风机联动,确保正常运行。 油烟净化设施应当每日巡检。 应预留监测采样空间并定期开展例行监测。 应当每季度对油烟净化设施、烟道等进行清洗、维护、保养,并记录油烟设施的清洗维护保养记录台账。	建立健全沟通机制,与街道、网格、主要商场、物业等部门建立汇报沟通机制。 在空气自动站点一定范围内制定餐饮限制区名单。 探索向餐饮单位发放油烟排放许可证制度。 严抓露天烧烤,逐步淘汰炭火能源。 划定油烟废气在线监控全覆盖的重点区域范围,并推进、落实相关区域的油烟废气在线监控全覆盖。
加油站	建议设置高效的三次油气回收装置。 2) 规范装油方式,采用浸没式顶部装油。	1) 加强对加油站的监督检查。 2) 制定相关政策,推动加油站落实三次油气回收。
汽修店	安装并使用高效的 VOCs 治理设备,并开展定期维护保养。 优化涂装环节的密闭性和废气收集,减少无组织排放。 替代高挥发性的传统涂料,采用水性漆或环保型涂料。	加强企业监管力度,督促企业落实例行监测。 结合高污染天气预警,开展重点排放源专项检查,确保设施正常运行。

## 8 后续建议与展望

由于污染防治对策措施的细化、推进和落实均具有一定的周期,不是一蹴而就的,而空气自动站点处环境空气质量情况是需要长期持续改善的一个重要事项。故建议相关区域主管部门以本文成果为引,后续对重点污染源开展进一步的专题研究,深化工作内容,细化对策措施,并对各源项的对策措施的落实情况和产生的效果定期进行跟踪评估。

本文为后续工作开展方向提供几点建议:

①设置 VOCs 自动监控装置。因此建议在空气自动站点附近至少设立 1 套 VOCs 自动监测装置。用于监测并分析评估空气自动站点区域的 VOCs 浓度变化情况,并为后续 VOCs 源解析工作提供基础数据。

②机动车道路排放源专题研究。燃油机动车的 VOCs

排放也是一个较大源项,建议后续对机动车道路排放源开展专题研究,建立详细的污染源排放清单。

③天然源 VOCs 排放。该空气自动站点周边设有大量绿化,因此,建议对植物源 VOCs 排放及碳汇效果进行综合分析,进一步探究植物源 VOCs 排放产生的 O<sub>3</sub> 污染影响。

### 参考文献

- [1] Changjie Cai et al, Characteristics and source apportionment of VOCs measured in Shanghai, China[J]. Atmospheric Environment, 2010, 44: 5005-5014.
- [2] 谢扬飏, 邵敏, 等. 北京市园林绿地植被挥发性有机物排放的估算[J]. 中国环境科学, 2007, 27(4): 498-502.
- [3] Carter W P L. Reactivity Estimates For Selected Consumer Product Compounds[J]. Final Report to California Air Resources Board Contract No. 06-408, February 19, 2008.