

# 基于走航监测的2025年奉贤区大气污染物 VOCs污染特征分析

董磊, 周宇轩

上海市奉贤区环境监测站, 上海

收稿日期: 2026年5月8日; 录用日期: 2026年6月8日; 发布日期: 2026年6月30日

## 摘要

为掌握上海市奉贤区不同类型功能区大气挥发性有机物(VOCs)污染特征, 推进区域臭氧污染精准防控, 于2025年4月~9月利用搭载SPI-MS2000在线飞行时间质谱系统的走航监测车, 对杨王工业园、上海工业综合开发区及奉贤新城国控点周边开展了为期6个月、共21次有效走航监测。结果表明: 杨王工业园和上海工业综合开发区的VOCs平均浓度分别为 $142.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和 $123.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 奉贤新城国控点周边平均浓度为 $128.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; VOCs主要组分以卤代烃和烷烃为主导, 其余依次为芳香烃、烯烃、含氧含氮有机物和有机硫; 臭氧生成潜势(OFP)分析显示, 丁烯、戊烯、三甲苯为三个园区共同的关键活性物种, 其中丁烯在各园区OFP贡献率均超过16%, 是首要管控物种; 杨王工业园芳香烃OFP贡献突出。三个园区苯/甲苯特征比值介于0.18~0.27之间, 均低于0.5阈值, 表明VOCs排放以工业溶剂挥发与涂料使用为主要驱动因素。监测结果可为生态环境单位加强对周边园区企业有关油气泄漏、露天喷漆、原辅料仓库露天存放以及废气处理设施不规范、移动源排放等问题的排查和整改提供决策依据。

## 关键词

奉贤区, 挥发性有机物(VOCs), 走航监测, 臭氧生成潜势, B/T特征比值

## Analysis of VOCs Pollution Characteristics Based on Navigation Monitoring in Fengxian District in 2025

Lei Dong, Yuxuan Zhou

Fengxian District Environmental Monitoring Station, Shanghai

Received: May 8, 2026; accepted: June 8, 2026; published: June 30, 2026

## Abstract

To investigate VOCs pollution characteristics across different functional zones in Fengxian District, Shanghai and to support precise ozone pollution control, mobile monitoring was carried out from April to September 2025 using a navigation vehicle equipped with the SPI-MS2000 online time-of-flight mass spectrometry system. Yangwang Industrial Park, Shanghai Industrial Comprehensive Development Zone and the area surrounding the national air quality monitoring station in Fengxian New City were selected as target sites, and 21 effective navigation surveys were completed over the six-month period. The results show that the average VOCs concentrations at Yangwang Industrial Park and Shanghai Industrial Comprehensive Development Zone were  $142.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  and  $123.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively, while the value around the national monitoring station in Fengxian New City was  $128.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Halogenated hydrocarbons and alkanes were the dominant components of VOCs, followed by aromatics, alkenes, oxygenated and nitrogenated compounds, and organic sulfur. Ozone formation potential (OFP) analysis identified butene, pentene and trimethylbenzene as the key reactive species shared by all three sites, among which butene contributed more than 16% of total OFP at each site and stood out as the primary control target; the aromatic OFP contribution was particularly prominent at Yangwang Industrial Park. The benzene/toluene ratios at the three sites ranged from 0.18 to 0.27, all falling below the 0.5 threshold, indicating that industrial solvent evaporation and coating use were the main drivers of VOCs emissions. The monitoring results can provide decision-making support for ecological and environmental authorities to strengthen investigations into problems such as oil and gas leakage, open-air paint spraying without treatment facilities, outdoor storage of raw and auxiliary materials, mobile vehicle emission and standard operation of exhaust gas treatment systems in surrounding enterprises, and to promote targeted rectification.

## Keywords

Fengxian District, Volatile Organic Compounds (VOCs), Navigation Monitoring, Ozone Formation Potential, Benzene/Toluene Ratios

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

挥发性有机化合物(VOCs)作为臭氧和细颗粒物( $\text{PM}_{2.5}$ )生成的关键前体物质,其排放控制是大气污染治理工作的核心。随着我国  $\text{PM}_{2.5}$ 、二氧化硫和氮氧化物等主要污染物的排放总量及环境浓度逐年下行,然而大气臭氧污染却呈现出持续恶化的趋势。已有研究表明,  $\text{PM}_{2.5}$  浓度下降会促使臭氧生成对挥发性有机物(VOCs)减排更为敏感[1],因此未来需进一步强化 VOCs 减排,以推动臭氧污染与  $\text{PM}_{2.5}$  污染的协同改善。

奉贤区是上海市南部重要的工业与生态功能区,区域内工业企业数量集中、种类多样,导致 VOCs 排放源分散、成分复杂、瞬时排放特征显著,传统定点监测方法难以实现对污染源的精确追踪和动态管理。在此背景下,监管工作亟需引入实时、移动、全覆盖、可追溯的技术手段——走航监测正是其中的代表,它能够实现对排放源的精确定位和浓度变化的实时掌握,进而指导企业开展有效管控,兼顾科学性与经济性。

基于此, 本研究于 2025 年 4 月~9 月, 利用搭载 SPI-MS2000 系统的走航监测车, 对奉贤区两个典型工业园区及奉贤新城国控点周边开展 VOCs 走航监测, 分析其浓度水平、组分构成与臭氧生成潜势的空间差异, 旨在揭示不同功能区的 VOCs 污染特征, 同时为奉贤区臭氧污染防控措施制定提供科学依据。

## 2. 走航监测发展现状

我国对走航监测的政策推动起步于 2019 年, 当年 6 月生态环境部发布的《重点行业挥发性有机物综合治理方案》<sup>1</sup>中提出在重点企业及园区开展走航排查的具体要求。走航监测作为一种新兴的环境监测手段, 可在移动过程中对环境空气中的 VOCs 进行实时监测, 为环境治理提供及时、准确的数据支持。2020 年 6 月, 生态环境部又印发《2020 年挥发性有机物治理攻坚方案》<sup>2</sup>, 进一步规定有条件的石化、化工类工业园区应按需开展走航监测、网格化监测和溯源分析。借助走航监测数据, 从中详细分析不同园区 VOCs 及附近企业组分构成, 识别特征污染物, 对 VOCs 监测预警体系建设和精细化管控的推进起到了积极作用。2021 年 3 月, 江苏省、浙江省与上海市市场监督管理局联合发布《长三角生态绿色一体化发展示范区挥发性有机物走航监测技术规范》<sup>3</sup>标准, 进一步明确了走航监测车在数据采集、质控及报告输出等环节的技术要求, 为奉贤区走航车的规范化业务运行提供了重要依据。

## 3. 监测方案

### 3.1. 监测设备及工作原理

走航车采用南京依维柯改装, 主体监测仪器为广州禾信仪器股份有限公司生产的 SPI-MS2000 型在线挥发性有机物飞行时间, 质谱仪同步配置 GPS 定位模块与气象五参数仪, 可在车辆行进过程中实时记录监测路径、行驶速度、风向风速等辅助信息。该仪器以真空紫外单光子电离源(SPI)与反射式飞行时间质谱(TOF-MS)联用为技术基础, 通过 PDMS 膜进样实现样品的直接富集与导入, 无需色谱柱预分离即可对环境空气样品进行原位分析, 在车辆行驶速度 20 km/h~30 km/h 的工况下能够实现 VOCs 组分及浓度的秒级响应和连续采集; 结合实时 GPS 定位信息, 可将各物种浓度叠加映射于走航路径形成空间分布图谱, 从而辅助开展污染源精准溯源。

### 3.2. 监测方案与监测对象

本次监测的目标区域为上海市奉贤区。随着新城建设的推进, 奉贤新城正持续导入人口, 其周边分布着上海市工业综合开发区、东方美谷开发区、杨王工业园等多个标志性产业园区。综合考虑园区类型及其与居民区的空间关系, 本次监测对象选定为奉贤新城国控点周边、上海市工业综合开发区及杨王工业园三个点位。其中, 上海市工业综合开发区位于奉贤新城规划板块的中西部, 区域规划面积 21.03 平方公里, 产业区域约 11.26 平方公里, 内含 1.88 平方公里的奉贤综合保税区, 已形成美丽健康、汽车配件、新能源新材料、装备制造、电子信息等五大支柱产业; 杨王工业园位于奉贤新城规划板块的东南部。此次监测周期为 2025 年 4 月至 9 月, 共获取 25 组走航数据, 其中奉贤新城国控点周边走航 7 次, 上海市工业综合开发区走航 5 次, 杨王工业园走航 9 次。

在上述监测方案的基础上, 本研究对不同类型园区的 VOCs 污染水平及组分特征进行数据分析, 旨在揭示奉贤区各工业园区 VOCs 污染水平及其特征因子, 为不同园区的 VOCs 监督管理和减排工作提供数据支撑。

<sup>1</sup>[https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/201907/t20190703\\_708395.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/201907/t20190703_708395.html)

<sup>2</sup>[https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202006/t20200624\\_785827.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk03/202006/t20200624_785827.html)

<sup>3</sup><https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed?id=C362B3DB6267A067E05397BE0A0A1ED8>

### 3.3. 质量保证与质量控制

走航监测全程参照《环境空气 65 种挥发性有机物的测定 罐采样/气象色谱 - 质谱法》(HJ 759-2023)<sup>4</sup>及《长三角生态绿色一体化发展示范区挥发性有机物走航监测技术规范》(DB31/T 310002-2021)<sup>5</sup>开展质量保证与质量控制。在仪器性能方面, SPI-MS2000 采用膜富集、真空紫外单光子电离(光子能量 10.6 eV)与反射式飞行时间质谱联用技术, 配合 PDMS 膜进样系统, 质量范围  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 500 \text{ amu}$ , 仪器检测速度 10 谱/s。

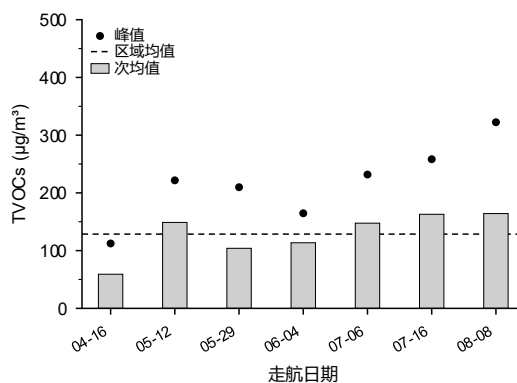
仪器日常质控以精密动态校准仪为核心, 通入高纯氮气与标准混合气进行校准。每周不少于一次的单点核查中, 选取 5 种代表性物质同步记录其相对偏差; 每月至少一次开展多组分相对偏差的统计回顾。当某次单点核查的相对偏差超出 $\pm 15\%$ 范围时, 需对 SPI-MS2000 质谱系统启动多点校准并重建工作曲线; 常规情况下每月也应安排不少于一次的多点校准工作, 并完整保存校准记录以便溯源核查。

## 4. 监测结果分析

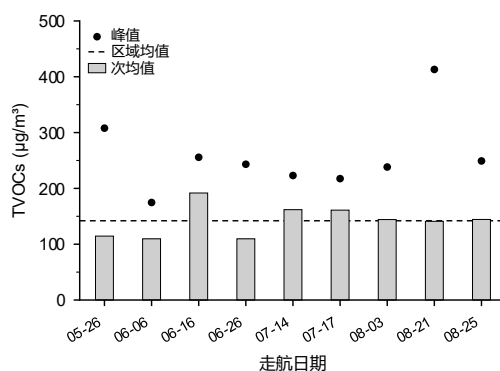
### 4.1. VOCs 走航总体频次

2025 年 4 月~9 月按计划执行 VOCs 走航监测, SPI-MS2000 设备监测在有效天数 21 天共获得有效数据 21 组, 约 13,000 组数据值。

### 4.2. VOCs 组分分析



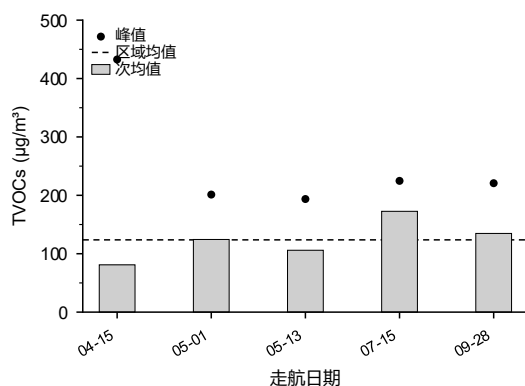
(a) 奉贤新城国控点周边



(b) 杨王工业园

<sup>4</sup>[https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/202303/t20230314\\_1019446.shtml](https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/202303/t20230314_1019446.shtml)

<sup>5</sup>[https://sthjt.zj.gov.cn/art/2021/3/19/art\\_1201911\\_58927932.html](https://sthjt.zj.gov.cn/art/2021/3/19/art_1201911_58927932.html)

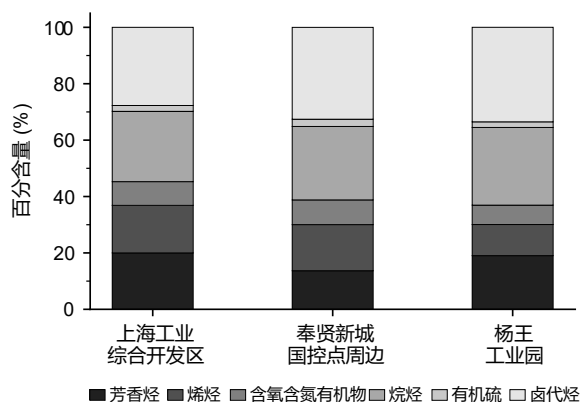


(c) 上海工业综合开发区

**Figure 1.** VOCs concentration in each park**图 1.** 各园区 VOCs 浓度情况

对 2025 年 4 月~9 月 21 d 的走航监测数据进行统计分析, 奉贤新城国控点周边 VOCs 浓度分布特征详见图 1。奉贤新城国控点周边整体外环境 VOCs 平均浓度为  $128.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 单次平均浓度  $23.2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 322.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 杨王工业园周边整体外环境 VOCs 平均浓度为  $142.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 单次平均浓度  $49.4 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 413.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 上海工业综合开发区周边整体外环境 VOCs 平均浓度为  $123.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 单次平均浓度  $16.3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \sim 432.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。呈现明显的季节性特征, 夏季 VOCs 平均浓度高于春季。

按照组分类别对不同区域的 VOCs 分析见图 2。将组分类别百分比从大到小排列, 其中上海工业综合开发区的 VOCs 组分为卤代烃(27.7%), 其次是烷烃(24.92%)、芳香烃(20.0%)、烯烃(16.86%)、含氧含氮有机物(8.42%)和有机硫(2.08%), 奉贤新城国控点周边 VOCs 组分主要为卤代烃(32.57%), 其次是烷烃(26.04%)、烯烃(16.36%)、芳香烃(13.69%)、含氧含氮有机物(8.76%)和有机硫(2.57%); 杨王工业园 VOCs 组分主要为卤代烃(33.52%), 其次是烷烃(27.55%)、芳香烃(19.04%)、烯烃(11.03%)、含氧含氮有机物(6.87%)和有机硫(2%)。上海工业综合开发区、杨王工业区以及奉贤新城国控点周边的 VOCs 组分主要为卤代烃、烷烃、烯烃及芳香烃。

**Figure 2.** VOCs composition of each park**图 2.** 各园区 VOCs 组成

按照浓度高低对走航区域内各前十种物质进行排列, 如表 1。

**Table 1.** Concentrations of the top ten VOC species in different regions  
**表 1.** 不同区域 VOCs 前十物种浓度

上海工业综合开发区		奉贤新城国控点周边		杨王工业园	
物质名称	浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	物质名称	浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	物质名称	浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
正辛烷	9.42	正辛烷	12.28	正辛烷	10.57
氯苯、1,2-二氯丙烷	8.45	正十二烷	8.76	二氯苯	7.73
正十二烷	6.00	1,1,2,2,-四氯乙烷	7.41	正十二烷	7.30
二氯苯	5.93	二氯苯	7.06	1,1,2,2,-四氯乙烷	6.14
丙酮、丁烷	5.55	二甲苯、乙苯	6.93	氯苯、1,2-二氯丙烷	5.73
己烯、甲基环戊烷	5.5	氯苯、1,2-二氯丙烷	6.78	六氯-1,3-丁二烯	5.46
丁烯	5.39	己烯、甲基环戊烷	5.10	三氯乙烷	5.04
戊烷、异戊烷	4.51	六氯-1,3-丁二烯	5.02	己烯、甲基环戊烷	5.00
1,1,2,2,-四氯乙烷	4.48	正十三烷	4.98	丙酮、丁烷	4.72
戊烯	4.33	三氯乙烷	4.84	丁烯	4.30

从代表物种及其来源来看, 两个园区均呈现出与自身产业布局高度匹配的污染特征。上海工业综合开发区的代表物种以氯苯、1,2-二氯丙烷( $8.45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )等卤代烃为主, 并伴有一定浓度的正辛烷, 这些物质多来源于精细化工、电子化学品、医药中间体等产业的原料挥发与工艺排放, 与园区以医药、染料、电子化学品为主的精细化工产业定位相符。杨王工业园的代表物种则以正辛烷( $10.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )、正十二烷( $7.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )等烷烃类物质为主, 主要来源于涂料制造、油墨生产、胶粘剂、塑料加工、橡胶制品等轻工制造业, 与园区以涂料、油墨、塑料制品、胶粘剂等为主的轻工制造定位一致。

总体而言, 代表物种的差异较好地反映了两个园区在产业类型上的本质区别——上海工业综合开发区偏向高附加值的精细化工与特种化学品, 而杨王工业园则聚焦轻工制造和材料加工——分析结果与两园区的实际产业布局高度吻合。

从化合物类别来看, 各类 VOCs 在工业生产中的来源也相对清晰。烷烃类(如正辛烷、正十二烷)多与石油化工相关, 可能来源于涂料溶剂、清洗剂、胶粘剂、塑料加工、橡胶制品、印刷油墨等[2]。卤代烃类(如氯苯、二氯苯)通常来源于染料中间体、农药生产、医药化工、电子化学品、防腐剂等行业; 卤代烃类可能源于制冷剂、发泡剂、清洗剂、电子工业、农药等; 其他含氧有机物则多来自涂料、油墨、胶粘剂、化妆品、食品添加剂等领域。

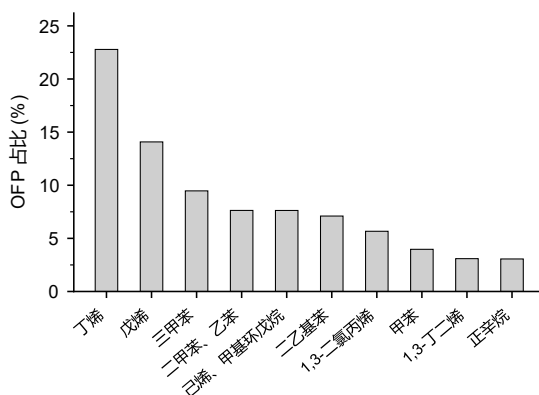
### 4.3. 臭氧生成潜势分析

大气环境中 VOCs 的物质不同, 对臭氧生成的贡献存在显著差异。因此识别对大气中臭氧生成贡献占比较高的关键 VOCs 物种也非常重要, 是制定防控臭氧策略的重要前提。OFP 作为综合衡量 VOCs 物种反应活性对臭氧影响的指标参数, 其值为该 VOCs 物种的浓度和该物种 MIR 的乘积。关于 VOCs 的 MIR 系数采用 Carter 的研究结果, 通过最大反应增量分析 VOCs 的臭氧生成潜势进行分析, 其计算公式如下:

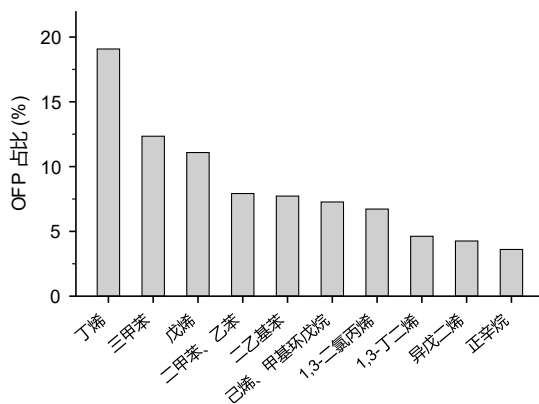
$$\text{OFP}_i = \text{VOC}_i \times \text{MIR}_i$$

式中,  $\text{OFP}_i$  为某种物种的臭氧生成潜势,  $\text{VOC}_i$  为该 VOCs 物种的环境浓度,  $\text{MIR}_i$  为该种 VOCs 物种在臭氧最大增量反应中的臭氧生成系数[3]。

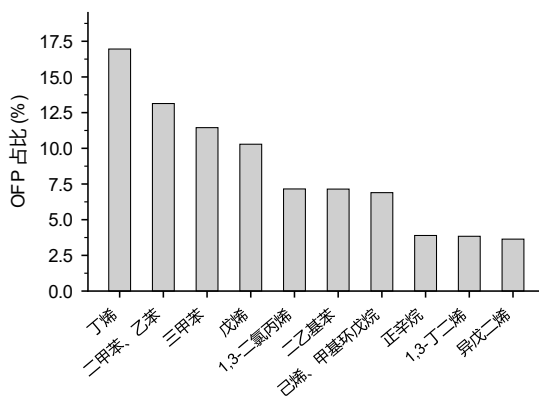
杨王、新城和工综园区 OFP 前 10 位的 VOCs 关键活性物种见图 3。



(a) 上海工业综合开发区



(b) 奉贤新城国控点



(c) 杨王工业园

**Figure 3.** Percentage of the top 10 key bioactive species contributing to OFP  
**图 3.** OFP 贡献排名前 10 位的关键活性物种占比

各园区 OFP 排名前 10 位的物种(图 3)可见, 三个园区的优势物种结构存在明显差别。上海工业综合

开发区 OFP 贡献率前 10 位物种依次为丁烯、戊烯、三甲苯、二甲苯/乙苯、己烯/甲基环戊烷、二乙基苯、1,3-二氯丙烯、甲苯、1,3-丁二烯和正辛烷, 其中丁烯单一物种 OFP 占比达到 22.8%, 叠加戊烯(14.1%)后, 仅烯烃两项就贡献了近 37%的 OFP, 呈现出烯烃主导的活性特征, 提示该区域可能存在石化、油品储运等轻烯烃逸散源。杨王工业园 OFP 前 10 物种为丁烯、二甲苯/乙苯、三甲苯、戊烯、1,3-二氯丙烯、二乙基苯、己烯/甲基环戊烷、正辛烷、1,3-丁二烯和异戊二烯, 其中二甲苯/乙苯与三甲苯合计占 OFP 比重达 24.5%, 芳香烃贡献突出, 这一活性结构与该园区涉及表面涂装、汽车制造等以溶剂使用为主的工艺特征相吻合。奉贤新城国控点周边 OFP 前 10 物种构成与上海近似, 以丁烯(16.7%)、三甲苯(10.8%)、戊烯(9.7%)为前三, 但物种间贡献差异更为分散, 反映该区域排放源较为多元化。

不同排放源所含 VOCs 组分指纹存在差异, 因此可借助代表性物种的浓度比值对污染来源做粗略归属。考虑到三个监测区域的优势污染物中均包含一定比例的苯系物, 本研究采用苯(B)与甲苯(T)的浓度比作为来源识别的辅助参考指标。依据已有研究结论: 当 B/T 值接近 0.5~0.6 时, VOCs 的来源主要为移动污染源的尾气, 即交通排放; 当 B/T 值 > 0.5 时, 除移动源排放还有石油化工生产及化石燃料的使用[4]; 当 B/T 值 ≤ 0.5 时, 除机动车尾气外还有涂料的使用和溶剂的挥发[5]; 当 B/T 值 ≤ 0.20 时, VOCs 的来源主要为工业溶剂的使用; 当 B/T 值 ≥ 1.0 时, 来源为燃料的燃烧[6]。

经过计算, 上海工业综合开发区、杨王工业园、奉贤新城国控点周边 B/T 平均值分别为 0.18、0.21、0.27, 三个园区 B/T 值均低于 0.5, 其中上海工业综合开发区 B/T 值最低(0.18), 已低于 0.20 的临界值, 初步判定该区域大气 VOCs 主要来源于工业溶剂的使用; 杨王工业园 B/T 值(0.21)处于工业溶剂使用与涂料使用的过渡区间, 结合其 OFP 贡献中芳香烃占比较高的特征, 推测大气 VOCs 主要来源于工业涂料和有机溶剂的挥发; 奉贤新城国控点周边 B/T 值(0.27)相对较高, 大气 VOCs 来源除建筑施工涂料使用和溶剂挥发外, 还可能受机动车尾气排放的一定影响。

综合 OFP 贡献主要因子及 B/T 特征比值分析, 三个区域均应将丁烯、戊烯、三甲苯、二甲苯/乙苯等高活性物种作为重点削减对象; 其中, 上海工业综合开发区应重点排查涉及工业有机溶剂使用工艺过程的企业, 加强无组织排放的管控; 杨王工业园应加强涂料、油墨等溶剂密集型工艺的源头管控; 奉贤新城国控点周边应在加强建筑施工溶剂类排放管控的同时, 关注周边机动车尾气排放对区域 O<sub>3</sub> 生成的影响。

## 5. 结论

1) 本研究于 2025 年 4 月~9 月对奉贤区重点区域开展了为期 21 d 的 VOCs 走航监测。监测期间, VOCs 整体浓度表现为杨王工业园 > 奉贤新城国控点周边 > 上海工业综合开发区, 三个点位的平均浓度分别为 142.0 μg/m<sup>3</sup>、128.6 μg/m<sup>3</sup> 和 123.7 μg/m<sup>3</sup>, 整体水平较为接近; 但工业园区因受企业排放直接影响, 单次走航浓度波动幅度大于国控点周边(杨王工业园单次浓度范围 49.4 μg/m<sup>3</sup>~413.1 μg/m<sup>3</sup>, 上海工业综合开发区 16.3 μg/m<sup>3</sup>~432.6 μg/m<sup>3</sup>, 奉贤新城国控点周边 23.2 μg/m<sup>3</sup>~322.4 μg/m<sup>3</sup>)。从时间分布上看, VOCs 浓度呈现明显的季节性特征, 夏季平均浓度高于春季。

2) 上海工业综合开发区 VOCs 组分主要为卤代烃(27.7%), 其次是烷烃(24.92%)、芳香烃(20.0%)、烯烃(16.86%)、含氧含氮有机物(8.42%)和有机硫(2.08%), 奉贤新城国控点周边 VOCs 组分主要为卤代烃(32.57%), 其次是烷烃(26.04%)、烯烃(16.36%)、芳香烃(13.69%)、含氧含氮有机物(8.76%)和有机硫(2.57%); 杨王工业园 VOCs 组分主要为卤代烃(33.52%), 其次是烷烃(27.55%)、芳香烃(19.04%)、烯烃(11.03%)、含氧含氮有机物(6.87%)和有机硫(2%)。

3) 进一步对比不同区域的特征物种差异, 可发现产业布局对 VOCs 组分的决定性影响: 上海工业综合开发区的氯苯、1,2-二氯丙烷等卤代烃物种浓度较高, 对应园区内染料中间体、医药化工等产业的原料

及工艺排放; 杨王工业园的正辛烷、正十二烷等单一烷烃物种的浓度较高, 与涂料、油墨等轻工制造行业的溶剂挥发特性高度匹配; 奉贤新城国控点周边的卤代烃占比(32.57%)略高于工业园区, 除受周边工业排放影响外, 还可能与生活源中的制冷剂泄漏、建筑施工及装饰材料挥发等因素相关, 反映出城市生活与工业排放的叠加效应。

4) 综合 OFP 与 B/T 分析结果, 三个区域应针对各自特征实施差异化管控: 丁烯、戊烯、三甲苯及二甲苯/乙苯等高活性物种为共同优先削减目标; 上海工业综合开发区 B/T 值最低(0.18), 需重点排查精细化工企业的无组织逸散; 杨王工业园 B/T 值(0.21)伴随高芳香烃 OFP 贡献, 应加强涂料、油墨等溶剂密集型工艺的源头管控; 奉贤新城国控点周边 B/T 值(0.27)偏高, 除工业溶剂外还需兼顾建筑装饰涂料与机动车尾气的协同治理。

## 参考文献

- [1] Xu, W., Kuang, Y., Bian, Y., Liu, L., Li, F., Wang, Y., *et al.* (2020) Current Challenges in Visibility Improvement in Southern China. *Environmental Science & Technology Letters*, 7, 395-401. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00274>
- [2] 吴琴琴, 吴影, 陈福坤, 等. 夏季北海市大气烷烃类挥发性有机物变化特征及来源解析[J]. 安全与环境学报, 2025, 25(4): 1609-1621.
- [3] Carter, W.P.L. (1994) Development of Ozone Reactivity Scales for Volatile Organic Compounds. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 44, 881-899.
- [4] 李凯, 潘宁, 梅如波, 等. 泰安市大气挥发性有机物污染特征及来源解析[J]. 环境化学, 2022, 41(2): 482-490.
- [5] 曹方方, 李红莉, 刘春花, 等. 菏泽市环境空气中 VOCs 污染特征研究[J]. 中国环境监测, 2017, 33(3): 73-79.
- [6] 周民锋, 刘华欣, 魏恒, 等. 基于质子转移飞行时间质谱法对苏州市冬季大气 VOCs 的观测研究[J]. 环境科学研究, 2021, 34(10): 2326-2338.