

# 宿迁市秋冬季典型时段 PM<sub>2.5</sub> 污染特征分析

刘昌威 韩周洋

1 江苏省宿迁环境监测中心 江苏 宿迁 223800

**摘要:** 基于宿迁市 2022 年 12 月份手工监测数据, 对宿迁市秋冬季典型时段 PM<sub>2.5</sub> 污染特征进行分析, 本次手工监测的主要组分包括有机碳 OC、元素碳 EC、水溶性离子 (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>等)、无机元素 (S、Al、Si、V 等)。结果表明:宿迁市的颗粒物以二次污染为主, 主要来自机动车尾气和工业化化石燃料燃烧排放的混合来源, 要加强对机动车的管制和工业化生产排污的监管力度。

**关键词:** 宿迁市; 二次污染; 加强监管

Characteristics of PM<sub>2.5</sub> pollution during typical autumn and winter in Suqian City

Changwei Liu<sup>1</sup>, Zhouyang Han<sup>1</sup>

Jiangsu Suqian Environmental Monitoring Center. Jiangsu Suqian 223800

**Abstract:** Based on the manual monitoring data in December 2022 in Suqian city, this paper analyzes the characteristics of PM<sub>2.5</sub> pollution in typical periods of autumn and winter in Suqian city. The main components of this manual monitoring include organic carbon (OC), elemental carbon (EC), water-soluble ions (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, etc.), and inorganic elements (S, Al, Si, V, etc.). The results show that the particulate matter in Suqian city is mainly from secondary pollution, which is mainly a mixture of emissions from motor vehicle exhaust and industrial fossil fuel combustion. Therefore, it is necessary to strengthen the control of motor vehicles and the supervision of industrial fossil fuel production and emissions.

**Keywords:** Suqian City; Secondary pollution; Strengthen supervision

## 一、空气质量基本情况

2022 年 12 月宿迁市整体环境空气质量一般, 4 天优天, 17 天良好天气, 轻度污染 5 天, 中度污染 5 天, 重度污染 0 天; 较 11 月污染天增加了 10 天, 优良天数小于 11 月 (30 天)。AQI 达标率 67.7%, 同比下降 16.2 个百分点, 污染形势加剧。12 月多云天气为主, 偶有晴朗和雾天气, 光照逐渐减弱, 温度开始下降, 光化学反应减慢, 臭氧生成速率减少, 大气边界层高, 使污染物浓度较低。大部分良好天气和污染天气均以颗粒物为首要污染物。全月共出现 5 次 10 天污染过程, 12 月 8 日、10 日、13 日、20-21 日和 27-31 日均为 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 首要污染物, 其中最高值 PM<sub>2.5</sub> 浓度为 133 微克每立方米, PM<sub>10</sub> 浓度为 177 微克每立方米, 达中度污染水平。

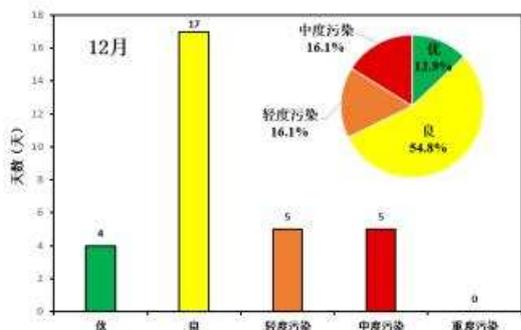


图 1 12 月份宿迁市 AQI 达标天数和首要污染物占比

## 二、PM<sub>2.5</sub> 污染现状分析

PM<sub>2.5</sub> 的化学组成十分复杂, 主要分为三大类: (1) 水溶性离子如 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>等; (2) 含碳组分, 包括有机碳 OC 和元素碳 EC; (3) 无机元素, 包括自然尘、金属元素等。不同来源的粒子组成也差异较大: 土壤扬尘往往含有大量的地壳元素如 Ca、Al、Fe、Zn 等, 建筑扬尘 Ca、Mg 是特征物种, 海盐粒子一般含 Na、Cl, 来自二次污染物的气溶胶粒子一般含有大量的 SNA (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>+NO<sub>3</sub><sup>-</sup>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 和有机物等<sup>[1]</sup>。

在监测期间, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>仍然是占比最高的水溶性离子, SNA 质量浓度之和为 25.86μg/m<sup>3</sup>。在所有化学组分中, 这三类组分占比之和 62.3%, 低于 10 月约 5.4 个百分点, 说明宿迁冬季颗粒物仍主要以二次组分为主; 且硝酸盐占比达 34.8%, 高于与硫酸盐 (10.5%) 占比, 这和采样点周边固定污染源和机动车排放有关<sup>[2]</sup>。

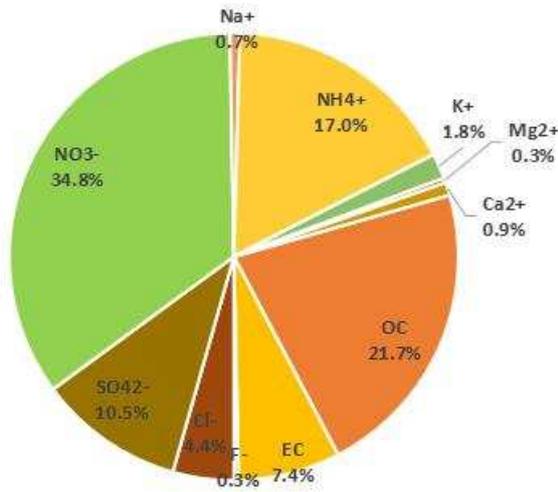


图2 12月宿迁PM<sub>2.5</sub>中各组分占比

宿迁市水溶性离子中阴离子主要是NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和卤素离子；阳离子主要是铵盐、碱金属和碱土金属离子(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>) [3]。水溶性离子的浓度大小依次为NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (14.44μg/m<sup>3</sup>) > NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (7.06μg/m<sup>3</sup>) > SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (4.36μg/m<sup>3</sup>) > Cl<sup>-</sup> (1.82μg/m<sup>3</sup>) > K<sup>+</sup> (0.76μg/m<sup>3</sup>) > Ca<sup>2+</sup> (0.38μg/m<sup>3</sup>) > Na<sup>+</sup> (0.29μg/m<sup>3</sup>) > Mg<sup>2+</sup> (0.14μg/m<sup>3</sup>)。其中NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (SNA) 质量浓度之和为25.86μg/m<sup>3</sup>，(SNA) 占总水溶性离子的62.3%，其他离子浓度较低。

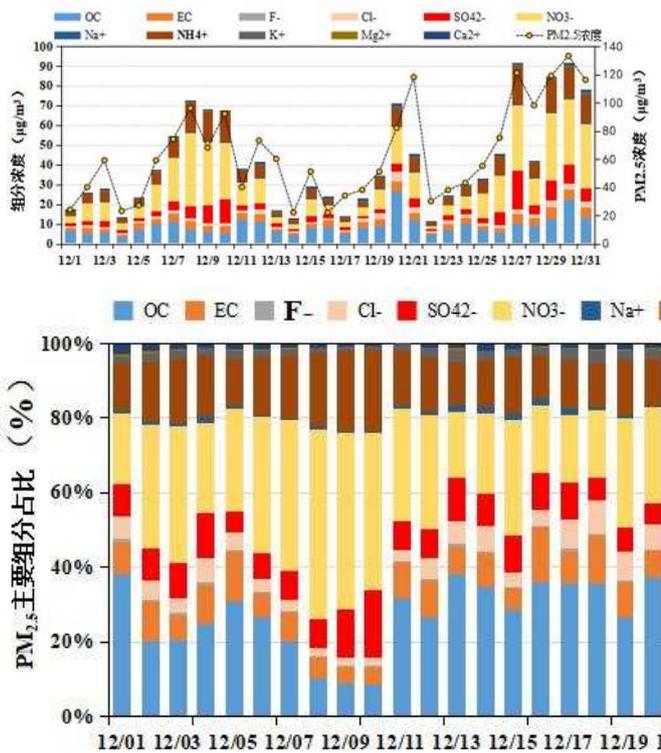


图3 宿迁市12月份PM<sub>2.5</sub>及其主要组分浓度的时间变化

### 三、特征因子分析

PM<sub>2.5</sub>有一次排放也有二次生成，其构成组分即有有机组分又有无机组分，在这些组分中水溶性离子中的某些离子，以及OC和EC之间的转化都对PM<sub>2.5</sub>的来源和生成机制有一定的指示作用[4]。

#### 3.1 水溶性离子

宿迁市12月份NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的平均值为3.38，比2022年10月大，说明冬季颗粒物污染形势增加，宿迁市工业生产和机动车源对颗粒物贡献明显[5]。从时间角度来看，监测期间的比值NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>除12月均大于1，说明机动车源的排放对颗粒物有较大的影响。值得注意的是12月月末几天，空气质量为中度污染，风向杂乱且风速小多云，说明冬季好的大气环境扩散条件不好下，主要以细颗粒物为主，且主要颗粒物的贡献为外输，局地污染物的二次生成，同时也要关注大气扩散条件不畅情况下，前体物VOCs更易转化为二次有机气溶胶颗粒物[6]。

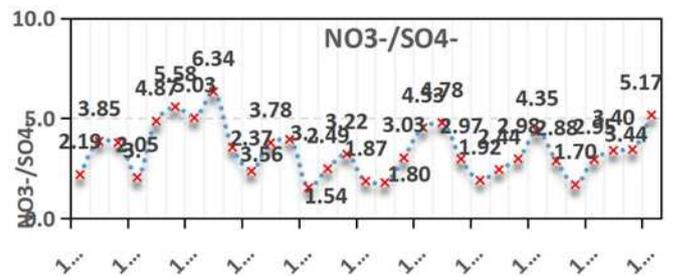


图4 宿迁市12月手工监测期间NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>比值的时间变化

#### 3.2 有机碳OC和元素碳EC

OC/EC比值在研究碳质气溶胶的主要来源上具有重要作用。本文中利用OC/EC比值分析宿迁市碳质气溶胶的主要来源。EC是燃烧过程所产生，因此EC可以表征燃烧源[7]。据已有研究，柴油和汽油车的尾气排放碳质组分中OC/EC比值为1.0~4.2，工业化石燃料燃烧排放为2.5~10.5，生物质的燃烧排放为16.8~40.0。

在此期间，宿迁市OC/EC的均值为3.22，小于10月的均值5.19，因此在冬季扩散和沉降条件不好的大气环境条件下，仍要关注柴油和汽油车的尾气，以及工业过程燃料燃烧排放带来的PM<sub>2.5</sub>影响。除了12月22日和29~31日该比值较大外，其余时段该值波动幅度不大，说明监测期间宿迁市碳质气溶胶主要来自机动车尾气和工业化石燃料燃烧排放的混合来源[8]。

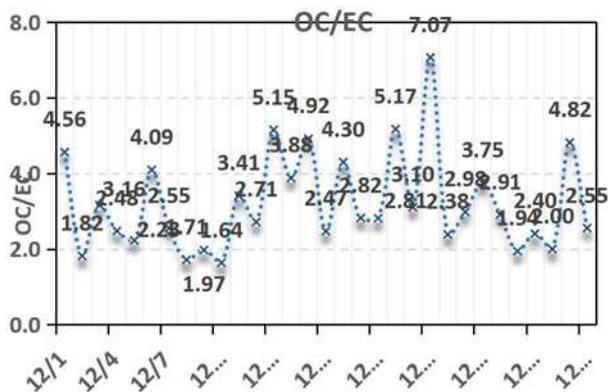


图 6 宿迁市 12 月 OC/EC 比值的时间变化

#### 四、总结与建议

12 月份宿迁市共进行为期 31 天的采样分析工作，分析 PM<sub>2.5</sub> 浓度及其组分构成，得出如下结论：

(1) 12 月份宿迁市共出现 5 次 10 天污染过程，12 月 8 日、10 日、13 日、20-21 日和 27-31 日均为 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 首要污染物，其中最高值 PM<sub>2.5</sub> 浓度为 133 微克每立方米，PM<sub>10</sub> 浓度为 177 微克每立方米，达中度污染水平。进入冬季 PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub> 浓度也在增高，颗粒物污染季即将到来，颗粒物的溯源管控仍需加强<sup>[9]</sup>。

(2) 12 月 PM<sub>2.5</sub> 主要组分中 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 和 NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 仍然是占比最高的水溶性离子，SNA 质量浓度之和为 25.86μg/m<sup>3</sup>。在所有化学组分中，这三类组分占比之和 62.3%，说明进入冬季后，大气边界层逐步降低，扩散条件转差，颗粒物二次生成明显。同时污染天 Ca 离子浓度和优秀天浓度差异明显，浓度相差倍数大于 1.4 倍；硝酸盐污染天等浓度高于优秀天近 2.6 倍，且硝酸盐本月占最高，说明污染天要着重针对内源性污染加强管控，尤其是工业企业和机动车排放以及道路扬尘等<sup>[10]</sup>。

(3) 通过特征因子分析发现，宿迁市 PM<sub>2.5</sub> 高值受到了

偏西北、西南和北方向城市的阶段性传输影响。

#### 参考文献：

- [1] 夏波,李翔,罗霜,李思思,罗自武. 成都平原西郊 PM<sub>(2.5)</sub> 载体水溶性离子污染特征[J]. 四川环境. 2023 (01)
  - [2] 郭安可,郭照冰,张海潇,冯星伟,朱彬,袁勋. 南京北郊冬季 PM<sub>(2.5)</sub> 中水溶性离子以及碳质组分特征分析[J]. 环境化学. 2017 (02)
  - [3] 张帆,陈颖军,王晓平,田崇国,唐建辉,李军,张干. 砗矶岛国家大气背景站 PM<sub>(2.5)</sub> 化学组成及季节变化特征[J]. 地球化学. 2014 (04)
  - [4] 刘璐,朱欢欢,吉贵祥,袁琪,张正东,储海燕. 南京江宁大学城春季 PM<sub>(2.5)</sub> 污染特征及来源分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版). 2023 (03)
  - [5] 李雪梅,牟玲,田妹,郑利荣,李杨勇. 山西大学城 PM<sub>(2.5)</sub> 中元素特征、来源及健康风险评估[J]. 环境科学. 2020 (11)
  - [6] 傅一原,宋小全,廉文超. 边界层低空急流激光雷达观测及其对 PM<sub>2.5</sub> 的影响[J]. 光学学报.
  - [7] 李慧,王涵,严沁,程苗苗,李燕丽,张文杰. 汾渭平原秋冬季 PM<sub>(2.5)</sub> 化学组分特征及其来源[J]. 环境科学研究.
  - [8] 牛笑笑,钟艳梅,杨璐,易嘉慧,慕航,吴倩,洪松,何超. 2015—2020 年中国城市 PM<sub>(2.5)</sub>-O<sub>(3)</sub> 复合污染时空演变特征[J]. 环境科学.
  - [9] 吴和岩,黄利群,宁婷,肖伟华,张艳. 珠海市 2017—2018 大气 PM<sub>(2.5)</sub> 污染成份特征及金属元素来源解析[J]. 现代预防医学. 2022 (01)
  - [10] 石小翠,帕丽达·牙合甫,宋思醒. 乌鲁木齐市 PM<sub>(2.5)</sub> 中水溶性离子特征及来源分析[J]. 环境工程技术学报. 2021 (06)
- 作者简介：刘昌威（1989.4），男，汉族，江苏省徐州市人，中级工程师，大学本科学历，研究方向：大气环境保护。