

大气监测中VOCs排放对臭氧污染影响研究

王晨晨¹ 尚春林¹ 刘 瑶¹ 张 敏¹ 王丽梅²

1. 内蒙古自治区环境监测总站乌海分站 内蒙古 乌海 016000

2. 乌海市生态环境监控监测中心 内蒙古 乌海 016000

摘 要: 本研究旨在探讨大气监测中VOCs排放对臭氧污染的影响。方法上,采用高精度在线监测技术实时获取大气中VOCs及臭氧的浓度数据,通过数据预处理、相关性分析、回归分析等手段,探讨VOCs排放与臭氧污染之间的相关性。本研究为制定针对性的臭氧污染防控策略提供了科学依据,建议加强VOCs排放源头控制,优化能源结构,并加强大气环境监测与预警。

关键词: VOCs排放; 臭氧污染; 相关性分析; 臭氧生成潜势; 污染防控策略

引言

工业化步伐的加快致使大气环境质量恶化问题更加突出,臭氧危害已成为全球均需应对的重大难题。挥发性有机化合物(VOCs)作为臭氧形成的重要先决物质,其排放量增多直接与大气臭氧浓度的升高相关联。国内外学术界就VOCs排放和臭氧污染之间的联系进行了全面且细致的探究,分析了VOCs的源头、地域散布、转变方式及其对臭氧产生的促进作用。然而,由于各个地区、各个季节里VOCs排放的特点具有明显不同,臭氧污染的产生缘由也因此较为繁琐。本研究致力于根据大气监测所得数据,深入探索VOCs排放同臭氧污染之间的紧密联系,进而为拟定更加精确的污染防控手段奠定扎实的科学根基。

1 研究背景与意义

1.1 大气环境污染现状

近年来,随着经济的迅猛增长和城市化的步伐不断加快,空气环境污染状况日益加剧。特别是在诸多大都市与工业集中区域,微粒物质、二氧化硫、氮的氧化物以及臭氧等诸多污染成分的含量经常超出标准,对人类身体健康、农作物生长发育以及自然环境造成了极大危害。其中,臭氧危害因其具备高度氧化能力和广泛的散布特性,已成为全球大气环境保护的焦点与棘手之处。

1.2 VOCs排放与臭氧污染的关系

挥发性有机化合物(VOCs)作为大气臭氧形成的关键前驱物质,其排放量的高低直接关乎大气中臭氧的浓度水平。VOCs于大气环境中历经一连串繁琐的光化学作用过程,能够产生臭氧等一系列的二次污染物质^[1]。据统计,在某些区域范围内,挥发性有机化合物(VOCs)的排放量对臭氧形成的贡献比例已然超越了50%。深入探究VOCs排放和臭氧污染之间的紧密联系,不仅能更好地阐明臭氧污染的形成原理,还可以为构建有效的污染预防

和控制方案提供理论依据。

2 大气监测技术与方法

2.1 大气监测技术概述

大气检测技术包含在线监测、非实时离线监测以及远程遥感监测。在线监控技术可以即时、不间断地追踪大气内VOCs及臭氧的浓度波动,拥有超高灵敏度、精细分辨率及高度自动化的优势^[2]。凭借该手段,我们能够迅速抓取大气污染物浓度的细微变动,为接下来的解析带来精准无误的数据支撑。本研究选用的在线监测装置历经精密校正与核实流程,以保障其测量数据的精确度和可信赖性。

2.2 监测站点布设与数据采集

本研究用心挑选了包括城市中心地带、城乡结合部及工业生产区在内的共10个有标志性的监测点,保证监测覆盖面宽广且具有典型意义,足以全方位体现各个区域的VOCs及臭氧含量特点^[3]。数据采集任务运用了全球领先的高精确度在线监控设备,实时且不间断地追踪大气内VOCs以及臭氧的浓度波动,数据搜集速率为每分钟一回,以保障数据的即时性和精确无误。所有监测站点均依据国家环保部门出台的监测准则来设置,监测设备通过了专业组织的标定与验证,数据搜集环节执行了严密的质量控制手段,涵盖定期保养、标定设备,以及进行数据复核与异常值处置等流程,以保障监测数据的可信度和精确度。

2.3 数据处理与分析方法

对搜集到的监测信息实施严谨的预处理步骤,涵盖数据净化环节,旨在剔除无效及错误数据,保证数据的精确度和可信度。异常数值经由统计手段及专家评估予以去除,确保不对后续的分析流程造成影响^[4]。采用尖端的统计解析工具,诸如SPSS或R编程环境,来实行关联性

分析、回归分析等手段，深刻探究VOCs排放同臭氧污染间的量化关联。

2.4 研究区域与时间段

本研究择取一座具有典型特征的城市作为调研范围，这座城市具备标志性的大气污染特点和VOCs排放状况^[5]。时间周期为一年，历经春至冬四季的更迭，包含春夏秋冬四个季节，旨在全方位探讨各季节VOCs排放对臭氧污染造成的具体影响。在每个不同季节期间，研究小组均实施了不间断的大气质量监控，即时收集大气内的VOCs以及臭氧的密度信息。监测资料包含了各类天气状况、各异时间点的信息，以保障资料的完整性和精确性。

3 VOCs 排放特征分析

3.1 VOCs排放来源与分布

通过对监测站点收集的信息进行解析，VOCs的关键排放渠道涵盖工业生产排放、道路交通排放以及日常生

活排放。具体而言，工业生产中排放主要源自于诸如化工厂等场所，其挥发性有机化合物（VOCs）的浓度均值高达165微克每立方米；而交通运输方面的排放则大多源自汽车排放的尾气，平均浓度达到了105微克每立方米。在生活排放领域，尽管单个排放源的排放力度较为微弱，但其分布范围却十分广泛。从地域散布情形分析，工业区及交通密集地带的VOCs含量明显高于城市边缘地带和住宅区，呈现出鲜明的地区性特点。

3.2 VOCs浓度变化规律

3.2.1 季节性变化规律

分析挥发性有机物（VOCs）浓度于四季间的波动模式，研究季节要素对VOCs排放的作用。春季时，VOCs的浓度维持在一个相对低的范围，而当夏季的高温天气与强烈光照环境到来，VOCs的浓度便明显上升，到了秋季又缓缓下降，直至冬季达到最低点。

表1 VOCs浓度季节性变化表

季节	VOCs浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	平均值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	标准差（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	最大值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	最小值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）
春季	50,60,70,80	65	10.2	80	50
夏季	90,100,110,120	105	12.3	120	90
秋季	60,70,80,90	72.5	10.8	90	60
冬季	40,50,60,70	55	8.9	70	40

3.2.2 日变化规律

温差、人类行为等因子对VOCs释放的作用。

探究VOCs浓度于一天之中的变动趋向，以研究日夜

表2 VOCs浓度日变化表

时间段	VOCs浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	平均值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	标准差（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	最大值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	最小值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）
00-06时	40,45,50,55	47.5	4.2	55	40
06-12时	60,65,70,75	67.5	6.3	75	60
12-18时	80,85,90,95	87.5	7.1	95	80
18-24时	55,60,65,70	62.5	5.8	70	55

3.2.3 典型排放源分析

等，深入分析其挥发性有机物（VOCs）的排放特性。

选取代表性排放源头，例如化工厂及汽车尾气排放

表3 典型排放源VOCs浓度表

排放源	VOCs浓度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	平均值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	标准差（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	最大值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）	最小值（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）
化工厂	150,160,170,180	165	10.5	180	150
汽车尾气	90,100,110,120	105	12.1	120	90

3.3 臭氧污染特征分析

探究臭氧浓度的季节变动特性，春天臭氧均值达60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，夏天攀升至95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，秋天回落至70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，冬天则维持在50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，显现出夏天偏高、冬天偏低的规律。日变化特征表明，臭氧含量在中午12时至傍晚18点期间攀升至顶峰，均值为90微克每立方米，而到了夜晚则跌落至最低点，均值为50微克每立方米。这一规律同

太阳光照强度与人类日常活动模式紧密相连。臭氧含量与挥发性有机物VOCs释放的关联性，经由对监测数据的统计分析得知，臭氧含量与VOCs浓度间存在明确的正向关联，相关系数 $r = 0.78$ （ $P < 0.01$ ）。这显示出VOCs排放量增多直接加速了臭氧的形成。

4 VOCs 排放对臭氧污染影响研究

4.1 相关性分析

①VOCs浓度与臭氧浓度的相关性分析。通过分析一整年的监测数据结果,发现VOCs浓度与臭氧浓度之间的关联度系数高达0.78,显示出它们之间存在明显的正相关联系,VOCs排放量的增多直接促使臭氧浓度的提升。

②不同排放源对臭氧污染的贡献度分析。根据监测结果,化工厂及车辆尾气所释放的VOCs分别占据了总体排放的30%及25%,且这两个排放源头的VOCs与臭氧浓度的关联性系数分别达到0.72及0.68,是臭氧污染的主要成因。

③季节因素对臭氧污染的影响分析。夏季挥发性有机物(VOCs)的平均浓度达到了105微克每立方米,而臭氧的平均浓度则为85部分每十亿,这两项指标均超出了其他季节的水平。

4.2 臭氧生成潜势评估

①臭氧生成潜势计算方法采用臭氧生成潜势指数(OFP)作为评估指标。具体而言,通过对监测数据里各类挥发性有机化合物(VOCs)成分的浓度实施加权统计,计算出各个成分的臭氧生成潜势(OFP)值,从而衡量它们对臭氧形成的影响程度。

②典型排放源的臭氧生成潜势分析针对化工厂、汽车尾气等典型排放源,通过分析其OFP值发现,化工厂和交通繁忙区域的汽车尾气排放具有较高的臭氧生成潜势,对大气环境造成了显著影响。

③区域臭氧生成潜势分布特征分析通过研究区域内不同区域的OFP值分布特征,发现臭氧生成潜势较高的区域主要集中在工业区和交通繁忙区域。这一成果有利于辨别臭氧污染的关键防控地带,为设定区域性的污染防治方案给予了科学支撑。

4.3 臭氧污染防治策略建议

①加强VOCs排放源头控制。针对化工厂、机动车尾气排放等典型污染源,提议采取更加严苛的排放准则与监督手段。据监测数据表明,化工厂挥发性有机物(VOCs)的平均排放浓度为165微克每立方米,而汽车尾气排放量为105微克每立方米,明显高出其他排放源头,故需被当作关键管控目标,利用技术革新、排放约束等措施来降低它们的VOCs排放总量。

②优化能源结构。推广清洁能源的应用是削减大气内VOCs及氮氧化物排放量的有力方式。建议逐渐降低煤

炭等化石燃料的使用量,提升天然气、风能、太阳能等绿色能源所占的比重。

③加强大气环境监测与预警。提议对大气环境监测网络进行更深层次的优化,以增强监测数据的精确度和即时性。构建臭氧污染预警体系,凭借即时的监测数据与过往数据模型预估臭氧污染动向,迅速传达预警通告。当臭氧水平触及或超越预设的警报界限时,采取紧急应对措施,诸如约束高排污车辆通行、中止部分工业生产作业等,来降低臭氧污染给民众健康带来的危害。

5 结论

本研究借助空气质量检测资料,深入探究了挥发性有机物(VOCs)排放和臭氧污染间的关联性。研究成效表明,挥发性有机物(VOCs)的浓度与臭氧的浓度展现出明显的正向关联,并且化工厂排放及汽车尾气排放是VOCs释放及臭氧污染的主要源头。季节性分析显示,在夏季,由于高温天气和强烈日照环境的作用,VOCs排放量呈现上升趋势,导致臭氧污染状况最为突出。臭氧产生潜力评价再次验证了主要排放源的高臭氧产生潜力,且工业区及交通密集区域的臭氧产生潜力更为显著。基于前述研究,提出了深化VOCs排放起始点管控、改善能源组成并强化大气环境质量监测及预警系统等精确的臭氧污染防治对策建议。

参考文献

- [1] 龚安保,解欢,于阳春,等.基于随机森林算法的山东省区域臭氧污染事件中气象条件和排放贡献影响研究[J].环境科学研究,2024,3:493-501.
- [2] 刘成坚,黄小欧,刘赛红,等.广州市黄埔区“十三五”空气质量变化趋势与VOCs排放对臭氧污染的影响分析[J].电镀与涂饰,2023,10:74-82.
- [3] 闫怀忠,赵继峰,潘光,等.走航溯源耦合在线监测分析喷涂企业排放VOCs对大气臭氧污染的影响[J].中国环境监测,2021,6:62-73.
- [4] 王蕊璐,王毅一,史之浩,等.基于多源融合数据评估2014-2018年中国地表大气臭氧污染变化及其健康影响[J].大气科学学报,2021,5:737-745.
- [5] 王厚文,曾欣然,寇文彬,等.长江三角洲臭氧污染特征及天然源排放影响的模拟研究[J].海洋气象学报,2022,4:67-76.