

The Sensitivity of Ozone Formation and Advice of Control for Various Districts in Yunfu City

Yan Liang

Yunfu Ecological and Environmental Monitoring Station in Guangdong Province, Yunfu, Guangdong, 445300, China

Abstract

Based on the ozone exceedance days in various counties and districts of Yunfu City from 2021 to 2024, we have identified the months prone to ozone exceedance in each county and district. Additionally, we have calculated the Pearson correlation coefficient (r) for the relationship between ozone and temperature, as well as nitrogen oxides, during consecutive ozone pollution days from March 21 to 24, 2025, in each county and district. These findings have led to the proposal of tailored control measures. The results reveal the following: (1) Yuncheng District experiences ozone exceedance in April, May, September, and November. Yunan District experiences ozone exceedance in March, May, September, and October. Luoding City experiences ozone exceedance in May, September, and October. Xinxing County experiences ozone exceedance in February, May, and September to December. Yunan County requires prevention and control from March to June and September to December. (2) Yuncheng District, Yunan District, Xinxing County, and Yunan County are VOCs-controlled types, necessitating priority control of VOCs emissions. Luoding City is a mixed VOCs and NO_x-controlled type, requiring simultaneous control of VOCs and NO_x emissions.

Keywords

Yunfu; Ozone; Pearson Correlation Coefficient; Pollution Prevention and Control;

云浮市不同县市区臭氧生成敏感性及管控建议

梁彦

广东省云浮生态环境监测站, 中国·广东 云浮 445300

摘要

基于2021—2024年云浮市各县市区臭氧超标天数情况, 确定各县市区臭氧易超标月份; 综合皮尔逊相关系数计算出2025年3月21至24日臭氧连续污染日各县市区臭氧与温度、氮氧化物的相关性 r ; 因地制宜提出一些管控建议。结果表明: (1) 4、5和9—11月为云城区臭氧易超标月份; 3—5、9和10月为云安区臭氧易超标月份; 罗定市臭氧易超标月份是5、9和10月; 新兴县臭氧易超标月份是2—5和9—12月; 郁南县可在3—6和9—12月适当防控。(2) VOCs控制型为云城区、云安区、新兴县、郁南县, 需优先控制VOCs的排放。罗定市是VOCs和NO_x混合控制型, 需同时控制VOCs和NO_x的排放。

关键词

云浮; 臭氧污染; 皮尔逊相关系数; 管控策略

1 前言

随着云浮市经济日益增长, 臭氧污染已成为影响云浮市空气质量达标和老百姓健康安全的难题。近年, 云浮市不断提高生态文明建设能力, 在大气污染防治方面的工作中取得较好的成就, 如PM_{2.5}等污染物浓度稳步下降, 2024年PM_{2.5}污染日仅1天, 臭氧污染日8天。云浮市大气污染防治的重点难点已从PM_{2.5}转变为臭氧。^[1]

云浮市山地丘陵的地形使其在夏秋季容易出现静风、逆温等不利的气象条件, 为臭氧的生成提供了稳定的光化学

环境。云浮市以石材加工为主, 其次是水泥等一些制造的传统行业。这些产业的生产工序释放的VOCs与NO_x互相叠加为臭氧的生成提供了足够的前体物, 在不利气象条件下易受到佛山、江门等珠三角城市群污染物跨区传输, 推高了云浮市臭氧浓度, 导致臭氧成因复杂化。

观察云浮市2021—2024年各个县市区臭氧超标天情况, 可找出各县市区臭氧易超标月份。2025年3月21至24日云浮市在不利气象条件连续4日均为臭氧轻度污染日, 综合皮尔逊相关系数计算各县市区臭氧与温度、氮氧化物的相关系数 r , 为各县市区提供差异化管控策略。^[2]

2 资料来源与方法

2.1 资料

本文使用所有监测数据均来源于云浮市的空气自动监

【作者简介】梁彦(1994—), 男, 中国广东云浮人, 本科, 助理工程师, 从事生态环境监测、空气质量预报预警研究。

测站点。数据统计说明：如统计云城区臭氧超标天数，则使用云城区内 3 个站点 O₃ 浓度 8h 滑动平均最大值（简写 O₃-8h）的平均值作为云城区的逐日臭氧浓度样本数据，从而得出该地区臭氧超标天数；罗定市 2 站点，其余均为 1 站点。如统计云城区的 O₃、NO_x 和温度数据，则计算 3 站点小时值的平均值作为样本数据。数据缺失处理：如缺少某子站某时刻数据，则剔除该子站缺失时刻数据后再次取其余需统计子站监测数据的平均值。^[3]

2.2 核心定理与判断依据

本文将臭氧超标天大于等于 3 天的月份定义为需加强管控的易超标月。因云浮市无直接的 VOCs 监测数据，而温度在 VOCs 生成臭氧的过程中与臭氧具有极强的正相关，故用温度代替 VOCs 作为 VOCs 控制型的研究因子，同样具有参考意义。NO_x 控制型的特征是臭氧浓度受温度影响较弱，与 NO_x 具有极强的负相关。计算臭氧和温度、NO_x 的皮尔逊相关系数 r，数据分析用 Excel 软件的“CORREL”函数完成。r 范围为 [-1,1]，绝对值越大，相关性越强。其中，“0.8—1.0”为极强相关；“0.6—0.8”为强相关；“0.4—0.6”为中等程度相关；“0.2—0.4”为弱相关；“0.0—0.2”为极弱相关或无相关；

其计算公式为：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

其中，n 是样本数量，x_i 和 y_i 是样本第 i 个观测值， $\bar{x}$ 和 $\bar{y}$ 分别为两个变量的均值。

3 云浮市各县市区臭氧污染回顾

各县市区 2021—2024 年各月份臭氧超标天数情况如图 3-1。结论为：4、5 和 9—11 月为云城区臭氧易超标月份；3—5、9 和 10 月为云安区臭氧易超标月份；罗定市臭氧易超标月份是 5、9 和 10 月；新兴县臭氧易超标月份是 2—5 和 9—12 月；郁南县可在 3—6 和 9—12 月适当防控。^[4]

4 臭氧生成敏感性研究

图 4-1 为云浮市各县市 2025 年 3 月 21 日至 24 日的臭氧、氮氧化物和温度的监测数据，温度单位为℃，臭氧和氮氧化物浓度单位为微克 / 立方米。计算皮尔逊系数 r，得出结论表 4-1。结论为：云城区、云安区、新兴县、郁南县为 VOCs 控制型，需优先控制 VOCs 的排放。罗定市为 VOCs 和 NO_x 混合控制型，需同时控制 VOCs 和 NO_x 的排放。^[5]

年份	月份	云城区	云安区	罗定市	新兴县	郁南县	年份	月份	云城区	云安区	罗定市	新兴县	郁南县
2024年	1月	1	2	0	1	0	2023年	1月	0	0	0	0	0
	2月	0	0	0	0	0		2月	1	1	1	4	0
	3月	0	0	0	0	0		3月	2	6	2	7	0
	4月	0	0	0	0	0		4月	0	1	0	0	0
	5月	4	5	3	3	0		5月	0	0	0	0	0
	6月	0	0	0	0	0		6月	1	1	1	2	1
	7月	0	0	0	0	0		7月	0	0	0	0	0
	8月	0	0	0	0	0		8月	0	1	0	0	0
	9月	0	0	0	1	0		9月	0	3	0	1	0
	10月	0	2	0	0	0		10月	1	1	0	2	0
	11月	0	0	0	0	0		11月	3	2	1	7	0
	12月	2	2	1	2	2		12月	0	0	0	0	0
年份	月份	云城区	云安区	罗定市	新兴县	郁南县	年份	月份	云城区	云安区	罗定市	新兴县	郁南县
2022年	1月	0	2	0	1	0	2021年	1月	2	0	0	1	0
	2月	0	0	0	0	0		2月	0	0	0	0	0
	3月	0	0	0	1	0		3月	0	0	0	0	0
	4月	3	5	1	6	0		4月	0	0	0	1	0
	5月	3	3	0	3	0		5月	0	0	0	0	0
	6月	0	0	0	0	0		6月	2	2	0	1	0
	7月	0	0	0	0	0		7月	0	0	0	0	0
	8月	0	0	0	0	0		8月	1	0	0	1	0
	9月	1	7	7	11	1		9月	3	2	0	1	0
	10月	8	9	9	10	2		10月	3	3	0	4	0
	11月	0	0	0	1	0		11月	0	0	0	0	0
	12月	0	0	0	0	0		12月	1	1	0	3	0
合计		10	7	18	17	24	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
								0	3	38	54	14	14

图 3-1 云浮市各县市区 2021 年—2024 年臭氧污染超标天数

表 4-1 云浮市各县市区臭氧（Pearson）相关系数（r）及敏感性分析

县区市	O ₃ 与温度 r 值	O ₃ 与 NO _x r 值	控制类型	敏感性分析
云城区	0.90	-0.73	VOCs 控制型	O ₃ 与温度为极强正相关，O ₃ 和 NO _x 为强负相关
云安区	0.85	-0.61	VOCs 控制型	O ₃ 与温度为极强正相关，O ₃ 和 NO _x 为强负相关
罗定市	0.96	-0.90	混合控制型	O ₃ 与温度为极强正相关，O ₃ 和 NO _x 为极强负相关
新兴县	0.90	-0.48	VOCs 控制型	O ₃ 与温度为极强正相关，O ₃ 和 NO _x 为中等程度负相关
郁南县	0.91	-0.70	VOCs 控制型	O ₃ 与温度为极强正相关，O ₃ 和 NO _x 为强负相关

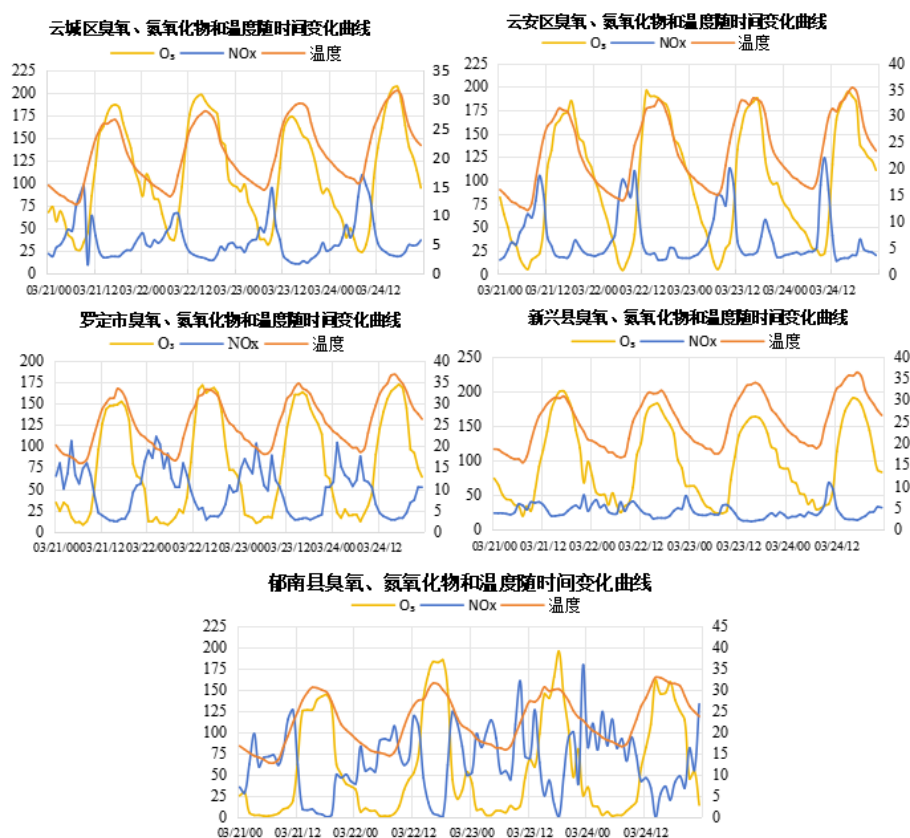


图 4-1 云浮市各县市区 2025 年 3 月 21 日至 24 日臭氧、氮氧化物浓度和温度变化情况

5 区域产业特性及针对性管控建议

云城区、云安区涉 VOCs 的产业主要为石材加工、化工、新材料和医药等行业，重点控制这些企业的 VOCs 的排放，如错峰生产、污染日停工停产或推广低 VOCs 原辅材料，提高这些公司的 VOCs 排放治理技术，如活性炭吸附，催化燃烧等措施。适当管控水泥、化工等一些涉氮氧化物排放的企业，通过脱硝技术（SCR）降低排放等。在预测污染日中云六路等主干道限行重型柴油车。^[6]

罗定市需同时管控 VOCs 和氮氧化物的排放，涉 VOCs 和氮氧化物的产业主要为玩具制造、电子制造、化学原料制造、水泥和发电企业等。建议重点管理这些企业的 VOCs 和氮氧化物的排放，预测污染日中实施停工停产或者错峰生产，对玩具企业胶粘剂 VOCs 实施专项治理，强化企业脱销和 VOCs 治理设施的监管，加快清洁能源代替，降低臭氧污染风险。

新兴县涉 VOCs 的产业类别主要为铝材加工、金属铸造和塑料印刷等行业，建议重点控制这些企业的 VOCs 的排放，如错峰生产、污染日停工停产、降产或推广低 VOCs 原辅材料等措施。加快企业技术升级和强化 VOCs 排放监测，严格管控 VOCs 的排放。^[7]

郁南县在 2021—2024 年臭氧超标天中仅有 4 天，可加强对郁南县玩具制造、木材加工、水泥、化工、火电能源等企业的管控，在预测污染日中，不影响经济生产的情况下，适当错峰生产。

6 结论

结果表明：（1）4、5 和 9—11 月为云城区臭氧易超标月份；3—5、9 和 10 月为云安区臭氧易超标月份；罗定市臭氧易超标月份是 5、9 和 10 月；新兴县臭氧易超标月份是 2—5 和 9—12 月；郁南县可在 3—6 和 9—12 月适当防控。（2）VOCs 控制型为云城区、云安区、新兴县、郁南县，需优先控制 VOCs 的排放。罗定市是 VOCs 和 NOx 混合控制型，需同时控制 VOCs 和 NOx 的排放。

参考文献

- [1] 施益强, 赵丁珑, 王翠平等. 福建省近 10 年臭氧时空变化: 基于空间信息技术的研究
- [2] 杜新甜, 康永德, 陈红娜等. 乌鲁木齐主城区臭氧污染特征及其传输路径分析。
- [3] 严晓瑜, 蔡晓辉, 杨婧等. 中国典型城市臭氧变化特征及其与气象条件的关系。
- [4] 蒲义良, 吴斯敏, 叶朗明等. 江门市城区臭氧浓度变化特征及气象影响因素分析。
- [5] 无锡市人民政府. (2023). 无锡市臭氧污染治理三年专项行动方案 (2023-2025)。
- [6] 云浮市人民政府. (2024). 云浮市“三线一单”生态环境分区管控方案。
- [7] 南京信息工程大学环境科学与工程学院. (2025). 高温热浪期间人为源 VOCs 排放对城市臭氧的强化机制研究。