

# 泸州市臭氧污染特征分析

谭捷<sup>1</sup> 杜涛<sup>1</sup> 闫海全<sup>1</sup> 何仁江<sup>21</sup>

(1. 四川省泸州生态环境监测中心站, 四川 泸州 646000;

2. 西南医科大学 公共卫生学院, 四川 泸州 646000)

**【摘要】:** 为了解近年来泸州市主城区臭氧污染特征, 选取 2017~2019 年泸州市主城区 4 个空气质量自动监测站发布的臭氧(O<sub>3</sub>)及其前体物二氧化氮(NO<sub>2</sub>)数据, 结合同时间段的日最高气温数据, 运用 Origin2017 等技术手段对臭氧与相关参数的变化特征、变化趋势以及相关性进行了分析。结果表明:2017~2019 年泸州市主城区 O<sub>3</sub>浓度及污染天数占比逐年上升, O<sub>3</sub>污染季节主要集中在每年 4~9 月, 污染持续时间有延长的趋势。O<sub>3</sub>日变化曲线显示出“单峰”型分布特征, 一般在 15:00~17:00 达到最大值。O<sub>3</sub>与前体物 NO<sub>2</sub>呈负相关关系, 与日最高气温呈正相关关系。根据臭氧污染特征, 控制臭氧前体物排放, 建立大气自动监测组分站对本地区臭氧污染防治至关重要。

**【关键词】:** 臭氧 污染特征 相关性分析 泸州市主城区

**【中图分类号】:** X703 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-3644(2022)03-0117-07

## 前言

O<sub>3</sub>是天然大气中重要的微量成分, 约 90%的 O<sub>3</sub>分布在平流层中<sup>[1]</sup>, 起到抵挡紫外辐射、保护地表生物的作用。近地层(距地面 1~2km)O<sub>3</sub>大部分是由氮氧化物(NO<sub>x</sub>)和可挥发性有机物(VOCs)在阳光照射下, 经过一系列复杂的光化学反应生成, 如果近地层 O<sub>3</sub>超过一定浓度, 则会对人类和动植物健康产生危害<sup>[2,3,4]</sup>。我国的 O<sub>3</sub>污染问题日益突出, 部分地区的 O<sub>3</sub>甚至有取代颗粒物成为首要污染物的趋势<sup>[5]</sup>。然而, 大量的 O<sub>3</sub>观测研究主要集中在经济较为发达的长江三角洲、珠江三角洲和京津冀地区, 在经济欠发达的川南地区却鲜有报道。泸州市地处四川省东南部, 近年来随着城镇化和工业化的不断推进, 泸州市面临的 O<sub>3</sub>污染问题日益突出, O<sub>3</sub>已经成为仅次于 PM<sub>2.5</sub>外的第二大污染物, 为减缓 O<sub>3</sub>污染对泸州市人体健康和经济社会发展的负面影响, 研究该地区 O<sub>3</sub>污染特征及其影响因素变得尤为重要。本文基于 2017~2019 年环境空气质量自动监测数据, 对泸州市环境空气中 O<sub>3</sub>污染的时间分布和污染特征进行研究, 为政府制定 O<sub>3</sub>防治决策提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 数据来源

本文涉及的 O<sub>3</sub>和 NO<sub>2</sub>的监测数据为泸州市主城区 4 个国控监测点, 即兰田宪桥、小市上码头、市环监站和九狮山(对照点)2017 年至 2019 年的自动监测数据。泸州市地面气温数据由天气后报网址(www.tianqihoubao.com)提供, 本文采用 2017~2019 年期

**作者简介:** 谭捷(1988-), 男, 四川德阳人, 2016 年毕业于吉林大学高分子化学与物理专业, 助理工程师, 从事环境监测工作。杜涛, 2453401340@qq.com。

**基金项目:** 四川省教育厅科研项目(17ZB0484)

间泸州市日最高气温数据。

### 1.2 数据处理方法

利用 Origin2017 进行数据统计分析、相关性分析及相关图形的绘制。

## 2 结果与讨论

### 2.1 年变化与日变化

2017~2019 年泸州市  $O_3$ -8h 第 90 百分位浓度及月超标情况见图 1 所示。由图 1 可知，2017~2019 年泸州市  $O_3$ -8h 第 90 百分位浓度值分别为 134、139、147  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ， $O_3$  浓度逐年上升， $O_3$  超标天数分别为 10、13、25 天，超标天数逐年增加。

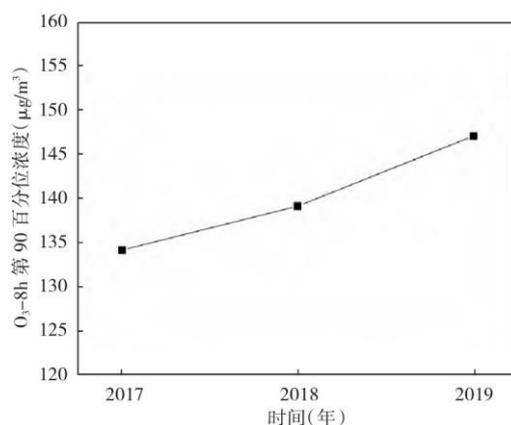


图 1 2017~2019 年泸州市  $O_3$ -8h 第 90 百分位浓度年变化曲线

图 2 为 2017~2019 年泸州市各首要污染物造成的污染天数占总污染天数的百分比，分析得出 2017~2019 年  $O_3$  作为首要污染物的比例分别为 14.3%、30.2%、42.4%，占比呈明显上升趋势。

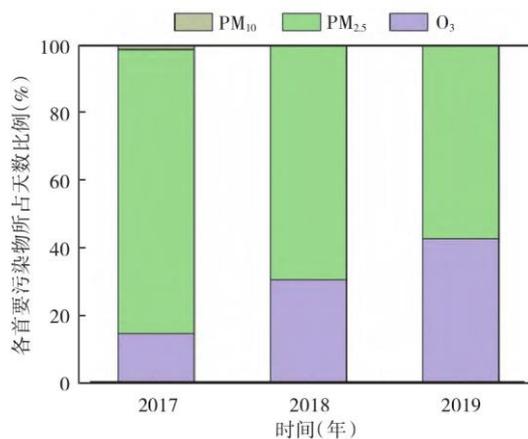


图2 各首要污染物造成的污染天数占总污染天数的百分比

图3为2017~2019年泸州市各月 $O_3$ 日最大8小时均值分布图,由于4月至9月是泸州市整体气温较高、光辐射较强、光辐射时间较长的时段,因此该时段内 $O_3$ 浓度较其他月份有所升高。以 $O_3$ 日最大8小时均值持续快速上升且连续3天超过 $100\mu g/m^3$ 作为 $O_3$ 污染季节的开始时间,以 $O_3$ 日最大8小时均值持续快速下降且不出连续3天超过 $100\mu g/m^3$ 作为 $O_3$ 污染季节的结束时间<sup>[6]</sup>,统计得出2017年泸州市 $O_3$ 污染季节起止时间为4月6日至9月15日(总计164天),2018年泸州市 $O_3$ 污染季节起止时间为3月13日至9月6日(总计178天),2019年泸州市 $O_3$ 污染季节起止时间为3月10日至10月3日(总计208天)。以 $O_3$ 日最大8小时均值大于 $160\mu g/m^3$ 记为 $O_3$ 超标,2017年首次出现 $O_3$ 超标的日期是5月19日, $O_3$ 日最大8小时均值最大出现在7月11日,浓度为 $201\mu g/m^3$ ;2018年首次出现 $O_3$ 超标的日期是5月14日, $O_3$ 日最大8小时均值最大出现在6月7日,浓度为 $228\mu g/m^3$ ;2019年首次出现 $O_3$ 超标的日期是4月7日, $O_3$ 日最大8小时均值最大出现在8月17日,浓度为 $249\mu g/m^3$ 。从以上结果可知,2017~2019年泸州市 $O_3$ 污染开始时间有提前的趋势, $O_3$ 污染季节持续时间逐年增长, $O_3$ 污染浓度逐年增大。

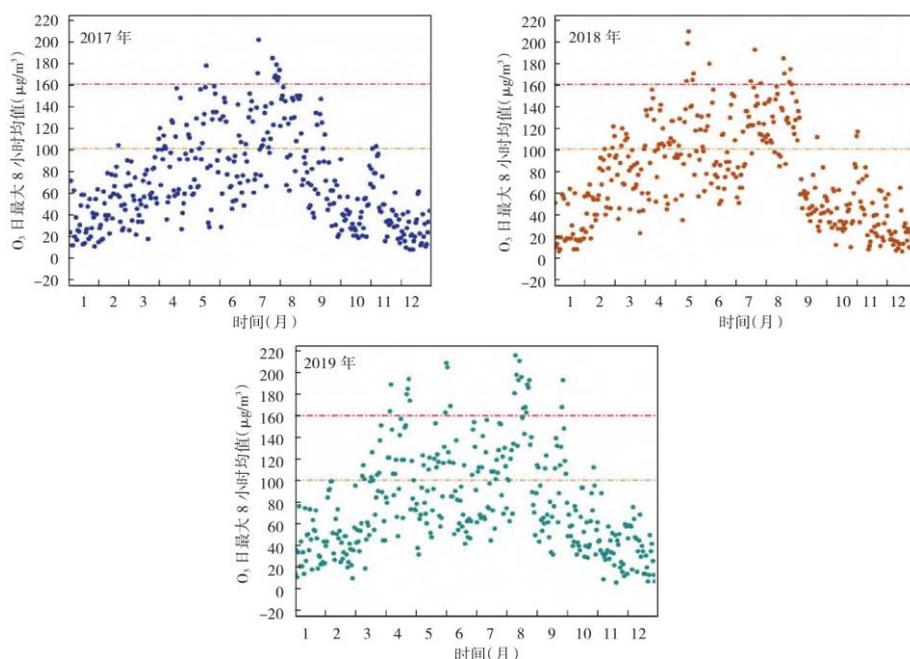


图3 2017~2019年泸州市各月 $O_3$ 日最大8小时均值分布趋势

图4为泸州市各月份 $O_3$ 浓度日变化曲线,分析得出各月份 $O_3$ 的日变化趋势类似,夜间光化学反应较弱, $O_3$ 生成速度慢,加上一氧化氮( $NO$ )的消耗和地面沉积作用<sup>[7,8]</sup>, $O_3$ 浓度呈下降趋势。7:00~9:00伴随早高峰的到来,机动车排放的 $NO$ 不断消耗 $O_3$ ,而此时段太阳辐射较弱, $O_3$ 的消耗速度大于生成速度,因此 $O_3$ 浓度在该时段达到最低值;9:00之后随着太阳辐射增强,温度升高, $O_3$ 生成速度大于消耗速度, $O_3$ 浓度开始持续升高,15:00~17:00达到最大值。随后由于太阳辐射减弱,温度降低, $O_3$ 浓度开始慢慢降低。从各月 $O_3$ 浓度日变化曲线可以看出,1~3月和10~12月两个时段, $O_3$ 浓度在9:00左右达到最低值,而5~9月 $O_3$ 浓度在8:00左右达到最低值,原因是1~3月和10~12月的日出时间较晚,太阳辐射在9:00之后对 $O_3$ 累积有利;而5~9月日出时间提前,太阳辐射在8:00之后便有利于 $O_3$ 的累积。

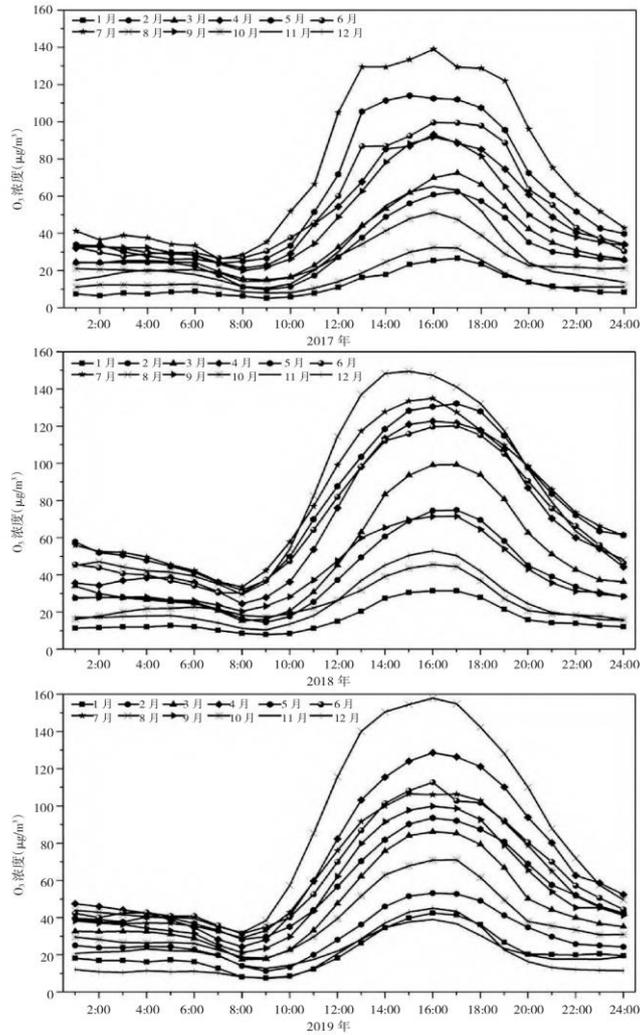


图4 2017~2019年泸州市1~12月份O<sub>3</sub>浓度日变化曲线

## 2. 2O<sub>3</sub>和NO<sub>2</sub>相关性分析

图5所示，从整体趋势看，一年中随着4~8月份O<sub>3</sub>浓度的缓慢升高，NO<sub>2</sub>浓度有所降低。对2017~2019年泸州市各季节及全年O<sub>3</sub>小时浓度均值与NO<sub>2</sub>小时浓度均值进行pearson相关性分析，得出O<sub>3</sub>小时浓度均值与NO<sub>2</sub>小时浓度均值均为负相关<sup>[9]</sup>，具体相关系数。总体来看，2017~2019年泸州市O<sub>3</sub>浓度与NO<sub>2</sub>浓度并无明显的季节变化趋势，主要原因是不同年份的各季节气候、太阳辐射等因素差异较大，无法做系统性对比，但从2017~2019年全年的O<sub>3</sub>浓度与NO<sub>2</sub>浓度相关系数对比可以看出，O<sub>3</sub>浓度与NO<sub>2</sub>浓度相关性呈逐年上升趋势，NO<sub>2</sub>对O<sub>3</sub>的影响逐年增强。

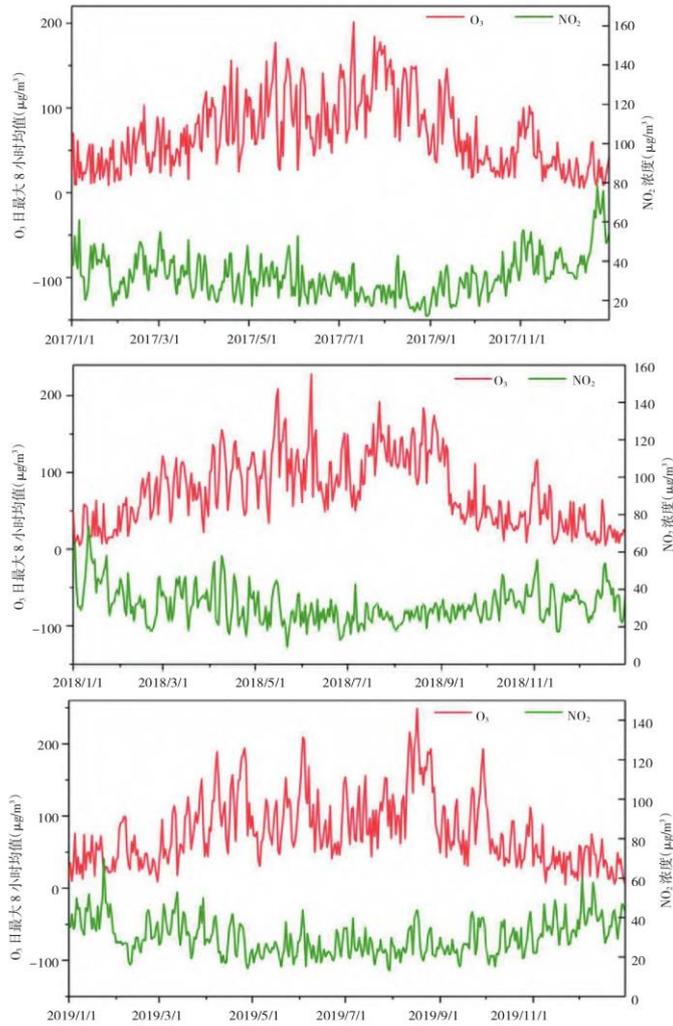


图 5 2017~2019 年泸州市 O<sub>3</sub> 日最大 8 小时均值与 NO<sub>2</sub> 浓度变化趋势

### 2.3 O<sub>3</sub> 和温度相关性分析

O<sub>3</sub> 浓度变化在很大程度上受太阳辐射强度变化的影响，而温度又与太阳辐射变化有一定的相关性<sup>[10,11]</sup>，因此，分析温度变化对 O<sub>3</sub> 浓度的影响非常必要。图 6 给出了泸州市 2017~2019 年 O<sub>3</sub> 日最大 8 小时均值与日最高气温的逐日变化趋势，从图中可以看出，O<sub>3</sub> 浓度总体随着温度的升高而升高。对 O<sub>3</sub> 与日最高气温进行 pearson 相关性分析，2017~2019 年泸州市 O<sub>3</sub> 日最大 8 小时均值与日最高气温的 pearson 相关系数分别为 0.789、0.823 和 0.796，表明 O<sub>3</sub> 与日最高气温呈明显的正相关<sup>[12]</sup>。

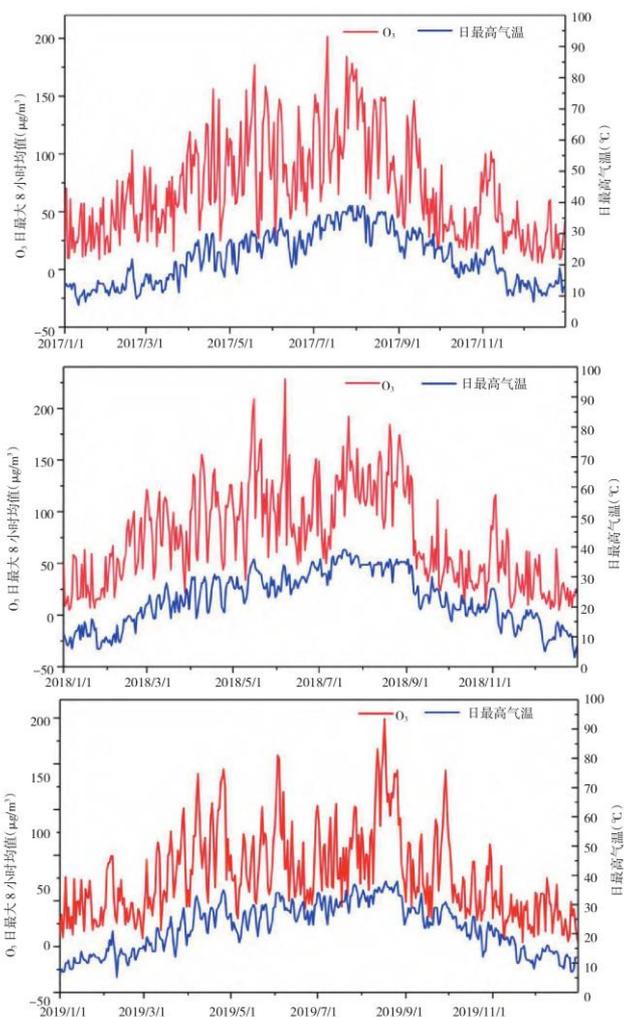


图 6 2017~2019 年泸州市 O<sub>3</sub> 日最大 8 小时均值与日最高气温的逐日变化趋势

### 3 结论

3.1 2017~2019 年泸州市 O<sub>3</sub>-8h 第 90 百分位浓度值分别为 134、139、147  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，最高值分别为 201、228、249  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，O<sub>3</sub> 污染情况逐年加重，O<sub>3</sub> 污染季节提前，污染季节持续时间延长。从日变化来看，O<sub>3</sub> 变化曲线显示出“单峰”型分布特征，一般在 15:00~17:00 达到最大值。

3.2 O<sub>3</sub> 与前体物 NO<sub>2</sub> 呈负相关关系，与日最高温度呈正相关关系。NO<sub>2</sub> 对 O<sub>3</sub> 的影响作用逐年增大。

3.3 根据臭氧污染特征，控制臭氧前体物排放，对本地区臭氧防治工作至关重要，同时建议泸州市建立大气自动监测组分站，监测本地其他 O<sub>3</sub> 前体物数据，为 O<sub>3</sub> 防控提供数据支撑。

#### 参考文献:

[1] 唐孝炎. 大气环境化学[M]. 北京:高等教育出版社, 1990:60-70.

- 
- [2]FRANCISM, GROVESAM, SUNR, et al. CCR2 regulates inflammatory cell accumulation in the lung and tissue injury following ozone exposure[J]. *Toxicol Sci*, 2017, 155(2):474.
- [3]KHANIABADIYO, HOPKE PK, GOUDARZI G, et al. Cardiopulmonary mortality and COPD attributed to ambient ozone[J]. *Environ Res*, 2017, 152:336.
- [4]WANG T, XUE L, BRIMBLECOMBE P, et al. Ozone pollution in China: a review of concentrations, meteorological influences, chemical precursors, and effects[J]. *Sci Total Environ*, 2017, 575:1582.
- [5]ZHANG Q, YUAN B, SHAO M, et al. Variations of ground-level O<sub>3</sub> and its precursors in Beijing in summer-time between 2005 and 2011[J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2014, 14:6089-6101.
- [6]黄彬, 韩增玉, 薛怡亭. 宁东基地 2015—2017 年臭氧污染特征分析[J]. *三峡环境与生态*, 2019, 41(2):67-70.
- [7]薛京洲, 张洪文, 刘世伟, 等. 泸州市城区臭氧时空特征及成因分析[J]. *广州化工*, 2016, 44(23):122-124.
- [8]张硕, 潘亚群. 西昌市臭氧污染特征及影响因素分析[J]. *四川环境*, 2018, 37(5):147-154.
- [9]于世杰, 尹莎莎, 张瑞琴, 等. 郑州市近地面臭氧污染特征及气象因素分析[J]. *中国环境监测*, 2017, 33(4):140-149.
- [10]张利慧, 李斌, 周壮志, 等. 太原市 2017 年臭氧污染特征及其气象因素分析[C]//环境工程 2019 年全国学术年会论文集(中册), 2019.
- [11]王亚林, 易睿, 陈相辉. 长江三角洲典型城市臭氧污染特征与影响因素分析——以扬州市为例[J]. *四川环境*, 2017, 36(2):76-80.
- [12]潘本锋, 程麟钧, 王建国, 等. 京津冀地区臭氧污染特征与来源分析[J]. *中国环境监测*, 2016, 32(5):17-23.