

张容菁,廖国莲,陈明璐,等.玉林市2019年秋季一次臭氧污染过程特征分析[J].气象研究与应用,2020,41(1):84-88.

Zhang Rongjing, Liao Guolian, Chen Minglu, et al. Characteristic Analysis on an Ozone Pollution Process of Yulin in Autumn, 2019 [J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2020, 41(1): 84-88.

玉林市2019年秋季一次臭氧污染过程特征分析

张容菁¹, 廖国莲², 陈明璐¹, 林宝亭¹

(1.玉林市气象局, 广西 玉林 537000; 2.广西气象台, 南宁 530022)

摘要: 利用NCEP再分析、资料及空气自动监测站和micaps探空等资料,运用天气学分析和统计方法,对2019年9月24日至10月1日广西玉林一次臭氧污染过程的天气形势、热力动力特征及气象条件进行了分析。结果表明,受副高控制及台风外围下沉气流影响,高低层一致偏北风的稳定天气形势导致高温晴朗天气持续,利于臭氧浓度增加;垂直方向上多层逆温,扩散条件差,导致污染物在低层积聚;臭氧浓度与相对湿度、最大风速呈负相关,与日照时数呈正相关。

关键词: 臭氧污染;天气形势;气象因子

中图分类号: P49

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2020.1.17

引言

中国自2013年起实施“大气污染防治行动计划”,使全国空气质量持续稳中向好改善,PM_{2.5}指数持续下降。大气污染的格局也发生变化,在SO_x和NO₂排放总量和浓度都下降的情况下,O₃超标率却不断升高,臭氧污染成为许多地区夏半年首要污染物,这一现象引起了大气污染研究者的关注。研究表明^[1-2],高浓度的臭氧会对人体和动植物造成严重的危害。造成臭氧污染的根本原因是一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、挥发性有机物(VOCs)等大气污染物前体物过度排放,而气象要素则是助长或减轻臭氧污染发生的外在条件,可以说近地面臭氧的形成是CO、NO_x和VOCs等前体物的排放和气象因素的共同作用^[3]。为了提高臭氧污染防控水平,许多学者针对不同地区臭氧形成气象条件特征开展了研究,加深了人们对臭氧形成气象条件的认识。赵伟等^[3]通过研究气象条件对香港地区臭氧污染的影响,发现香港地区臭氧形成过程中,往往伴随着晴天少雨、

辐射增强、边界层高度增加、相对湿度降低以及气温升高等气象特征。梁永贤^[4]分析了深圳一次典型臭氧污染过程,发现在冷高压、热带气旋等天气系统的共同作用下,往往容易造成深圳地区臭氧污染的发生。还有一些学者通过求不同污染程度的气象条件平均统计特征值,计算污染物浓度与气象条件的统计相关性,建立不同季节高浓度臭氧污染事件的预报预警模型,提高了对大气污染物气象条件定量化诊断分析^[5-13]。近年来,广西臭氧污染问题不断增多,但关于本区域臭氧污染与气象条件相关性研究成果鲜有报道。因此,迫切需要开展气象要素对臭氧污染形成作用的研究,为广西臭氧污染防治工作提供支撑。本文选取发生在玉林市2019年9月24日至10月1日的一次严重臭氧污染天气过程,在分析臭氧污染过程特征的基础上,探讨臭氧浓度与主要气象因子之间的关系,为臭氧污染防治提供参考。

1 资料与方法

使用资料包括:玉林市国控空气自动监测站数

收稿日期: 2020-01-02

基金项目: 广西科技计划项目(桂科 AB16380292)、广西气象科研项目(桂气科 2016M02)、中国气象局预报员专项项目(CMAYBY2020-097)

作者简介: 张容菁(1996-),女,大学本科,助理工程师,主要从事短期天气预报及环境气象研究工作。E-mail: zorina_rjzhang@foxmail.com

据(分辨率 1h 采集一次)、NCEP/NCAR 再分析资料(空间分辨率 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 时间分辨率 6h, 垂直 17 层)、中国气象局 CMA-Cast 信息系统下发的 micaps 地面高空资料, 数据时段为 2019 年 9 月 10 日–10 月 5 日。

研究方法: 利用玉林市国控空气自动监测站数据分析臭氧污染过程的特征及演变, 结合天气学分析和统计学方法对污染过程的天气形势、日平均相对湿度(RH)、日平均气温、风速、日降水量等气象因子与污染物关系进行相关性分析。文中所用空气质量相关级别、计算方式采用《环境空气质量指数(AQI)技术规定》(试行)(HJ633–2012)标准。

2 臭氧污染过程特征

2019 年 9 月 10 日至 10 月 1 日, 受持续晴热天气影响, 玉林地区臭氧浓度不断增加, 空气质量等级由优转良, 9 月 24 日转为轻度污染(AQI>100)。从玉林市监测站(站点编号 450900568)逐日最大 8h 平

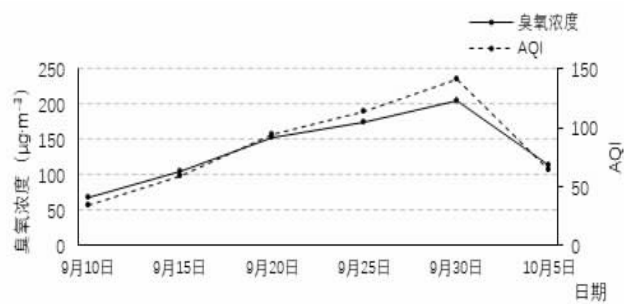


图 1 2019 年 9 月 10 日–10 月 5 日玉林国控站臭氧最大 8h 浓度变化

均臭氧浓度的演变图(图 1)可见, 9 月 10 日臭氧浓度仅 $68 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 随后在稳定天气形势控制下, 浓度不断攀升, 9 月 24 日臭氧浓度增加到 $165 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 换算成 AQI 达到 105, 为轻度污染, 9 月 30 日臭氧浓度达到最大值 $206 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 进入 10 月后, 臭氧浓度开始下降, 10 月 5 日回落到 $114 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。AQI 演变反映 9 月 24 日至 10 月 1 日臭氧浓度持续超标, AQI 等为轻度污染, 大气污染天数共 8d。此次臭氧污染过程不但持续时间长, 且臭氧浓度高, 在深秋较为少见。

选取臭氧浓度超标的 8d 作为样本, 求 8d 相同时刻的臭氧浓度平均值, 制作污染期间的臭氧浓度日变化图(图 2)。可见, 从上午 8 时至中午 13 时, 臭氧浓度存在明显的跃升, 14 时达到一天的峰值, 中午至下午时段臭氧浓度均维持在较高水平, 17 时左右浓度开始下降; 12 时至 19 时为一天中臭氧浓度易超标时段, 虽然臭氧形成原因复杂, 但从日变化看, 日照时数和气温仍然是一个不能忽视的因素, 这与王磊等^[5]的研究结论是一致的。

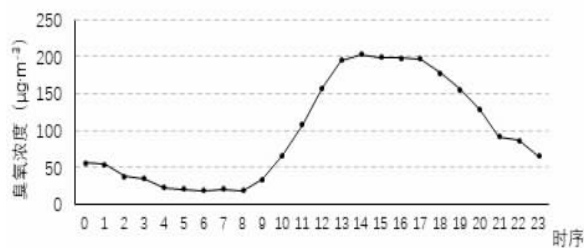


图 2 2019 年 9 月 24 日–10 月 1 日玉林臭氧浓度日变化

3 环境背景特征

3.1 高空及地面天气形势

污染过程发生前(图 3a), 西太平洋副高强大, 中心超过 5920gpm, 脊线位于 25°N , 西脊点在 100°E , 稳定控制着我国南方大部分地区, 位于副高控制下的广西地区, 天气晴热干燥。污染过程期间(图 3b), 除 9 月 26 日–29 日广西地区受高空干槽(850hPa 相对湿度低于 60%, 图略)影响外, 其余时间均处于副高控制区, 加上 17 号台风“塔巴”和 18 号台风“米娜”外围的下沉气流作用, 高温晴朗天气持续, 日照时间较长, 即使台风并入东亚大槽减弱消散(图 3c), 强盛的副高依旧呈带状分布, 控制华南地区。低空 925hPa 天气图显示, 污染过程前至污染期间(图 3d), 广西地区处于高压底部和台风外围西

侧, 广西地区上空高低层保持一致的偏北风, 该形势十分利于晴朗天气的出现。9 月 29 日夜间(图 3e)开始, 广西地区低层风场开始不稳定, 进入 10 月后, 热带气旋北移, 广西地区低层偏南风加大(图 3f), 有利于水汽和云量的增加, 导致臭氧浓度持续下降。

污染过程期间, 广西地区在大陆冷高压影响下, 南北气压梯度小, 桂东南地区甚至为均压场, 大气层结稳定, 日最高气温保持在 30°C 以上。10m 风场显示该时段地面为弱的偏北风(图 4a), 不利于污染物的扩散, 偏北的主导风向使桂东南地区成为臭氧污染最严重的区域。而进入 10 月后(图 4b), 我国西南部有低压产生, 广西近地面风场由北风转为南风, 受地面系统的影响, 广西地区近地面层盛行风向转为偏南风(图 4b、4c), 稳定形势被打破, 云量有所增加, 辐射量有所减少。

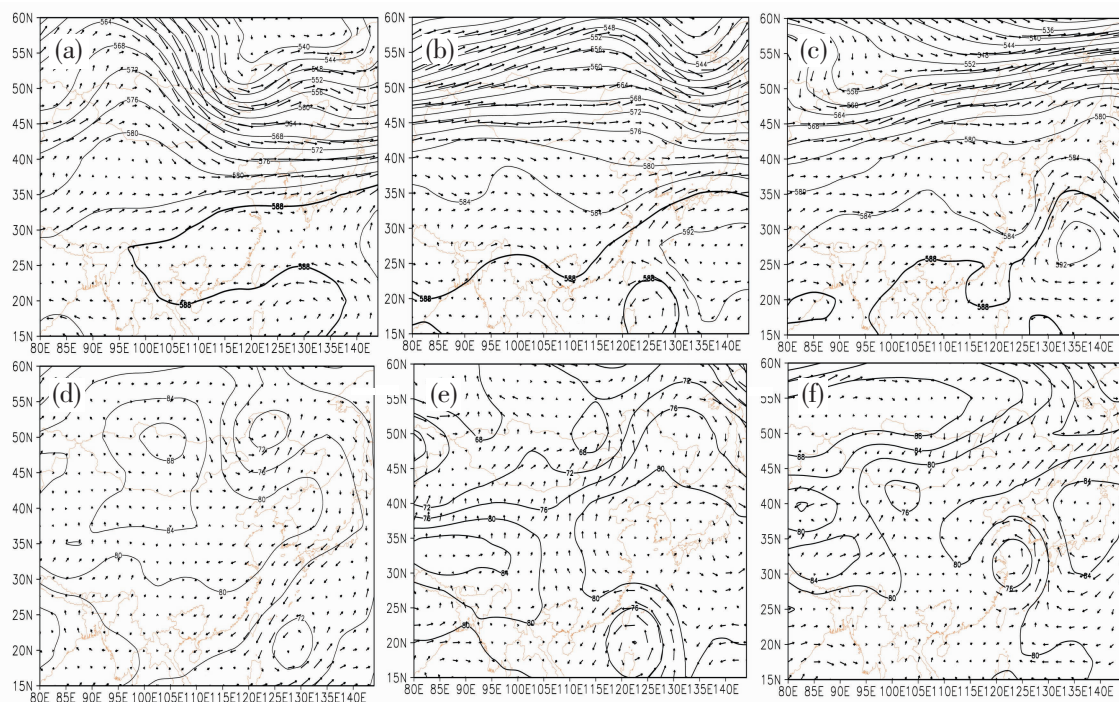


图3 污染过程前后 500hPa 及 925hPa 高度(等值线,单位:gpm)叠加风场(单位:m/s)

(a.500hPa9月17日08时,b.500hPa9月29日08时,c.500hPa10月2日08时,d.925hPa9月17日08时,e.925hPa9月29日20时,f.925hPa10月2日08时)

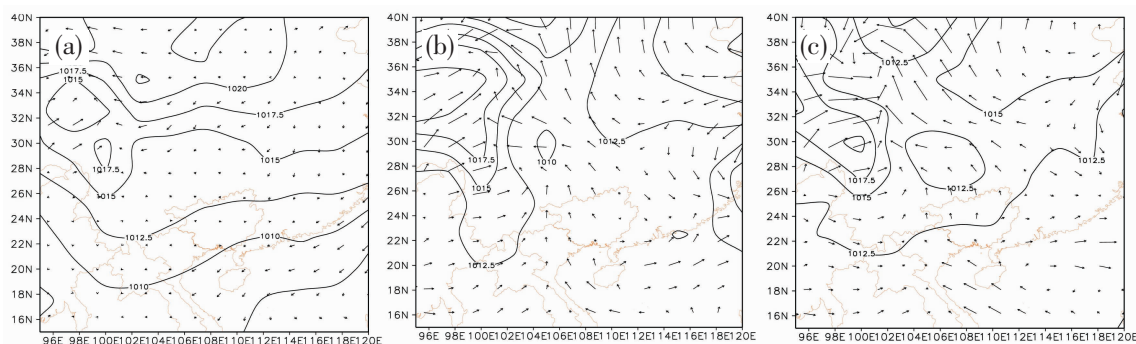


图4 2019年9月29日08时、10月1日08时及10月3日08时海平面气压叠加10m风场

(a.9月29日08时 b.10月1日08时 c.10月3日08时)

综上所述,中高层副高的控制虽然利于出现晴热天气,利于臭氧浓度升高,但却不是臭氧浓度改变的决定性因素,低层和近地面系统及风场的转变对臭氧浓度的影响更大。

3.2 层结分析

9月29日梧州站探空图显示(图5a),污染期间桂东南地区出现多层逆温,近地层出现贴地逆温,厚度约700m,逆温强度为 $0.7^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,同时850hPa-700hPa附近也存在逆温。由于近地层逆温较厚^[6],层结稳定,大气的垂直运动较弱,使得污染物在低层不断积聚。10月2日(图5b)低层接地逆温逐渐减弱,

厚度约400m,低层湿度加大,大气稳定性有所减弱,臭氧浓度逐日下降。

3.3 垂直涡度

污染过程发生前,玉林上空中低层涡度场较不稳定。污染过程期间,在副热带高压和热带气旋外围下沉气流的影响下,广西地区中低层持续维持明显的负涡度区,多个负涡度大值中心位于广西及周边地区,负涡度区对应下沉气流,从物理量场上验证了该天气形势不利于垂直对流活动的产生。进入10月后,玉林上空中低层涡度场转变为正涡度区,大气稳定性有所减弱。

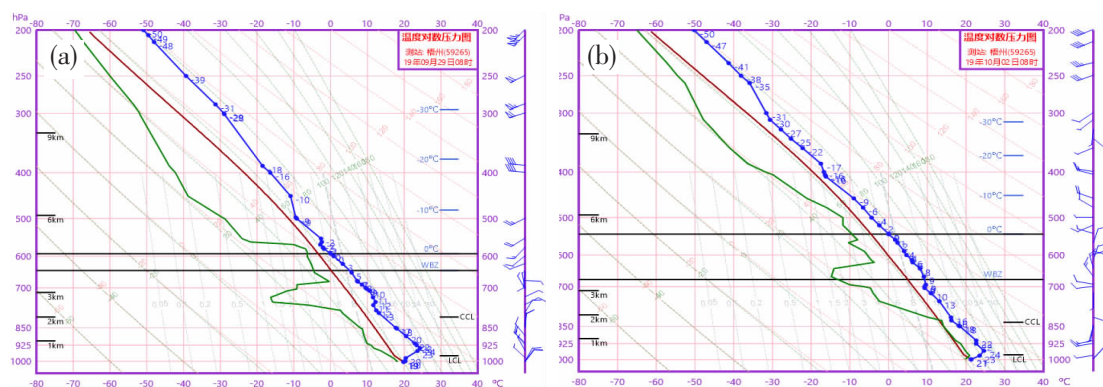


图 5 2019 年 9 月 29 日 08 时及 10 月 2 日 08 时梧州站温度对数压力图

(a.9 月 29 日 08 时 b.10 月 2 日 08 时)

4 臭氧浓度与气象要素相关性

臭氧浓度随相对湿度、日降水量、日最大风速和日照时数的变化而有规律性的变化。臭氧浓度与地面日平均相对湿度存在最显著的线性关系, 臭氧浓度与相对湿度、最大风速呈负相关, 与日照时数呈正相关, 其中随着日照时数的增加, 臭氧浓度的增加十分显著, 当日照时数大于 9h 臭氧浓度便有可能大于 $160\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。在 9 月 5 日–10 月 5 日期间降水日数较少, 臭氧浓度大于 $160\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 的情况几乎都出现在无降水日, 但随着降水量的增加, 臭氧浓度没有明显下降, 这可能是由于降水发生在夜间。

5 结论

(1) 玉林市发生此次臭氧污染过程的主要天气形势: 持续稳定的副高控制, 加上 17 号台风“塔巴”和 18 号台风“米娜”外围的下沉气流作用, 广西地区上空高低层保持一致的偏北风, 使广西地区长时间维持高温晴朗天气, 日照时间较长。

(2) 污染期间桂东南地区出现多层逆温, 近地层出现贴地逆温, 厚度约 500m, 大气的垂直运动较弱, 层结稳定, 扩散条件差, 使得污染物在低层不断积聚, 导致臭氧污染发生。

(3) 在副热带高压和热带气旋外围下沉气流的影响下, 广西中低空为明显的负涡度区, 多个负涡度大值中心位于广西及周边地区, 抑制垂直对流活动的产生。

(4) 臭氧浓度与地面日平均相对湿度存在最显著的线性关系, 臭氧浓度与相对湿度、最大风速呈负相关, 与日照时数呈正相关, 当日照时数大于 9h, 臭氧浓度便有可能大于 $160\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

参考文献:

- [1] Lippmann M. Health effects of tropospheric ozone: review of recent research findings and their implications to ambient air quality standards [J]. *Expos. Anal. Environ. Epidemiol.*, 1993, 3(1): 103–129.
- [2] Hewitt C N, Kok G L, Fall R. Hydroperoxides in plants exposed to ozone mediate air pollution damage to alkene emitters [J]. *Nature*, 1990, 344(1): 56–58.
- [3] 赵伟, 高博, 刘明, 等. 气象因素对香港地区臭氧污染的影响 [J]. *环境科学*, 2019, 40(1): 55–66.
- [4] 梁永贤. 深圳秋季一次典型臭氧污染过程分析 [J]. *广东化工*, 2019, 46(5): 62–64.
- [5] 王磊, 刘端阳, 韩桂荣, 等. 南京地区近地面臭氧浓度与气象条件关系研究 [J]. *环境科学学报*, 2018, 38(4): 1285–1296.
- [6] 莫雨淳, 廖国莲, 潘润西. 广西一次大气重污染过程的气象条件分析 [J]. *气象研究与应用*, 2017, 38(2): 14–17.
- [7] 李明华, 姜帅, 甘泉, 等. 惠州市夏秋季臭氧污染特征和典型污染过程 [J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2018, 57(5): 29–37.
- [8] 甘泉, 沈瑾, 李明华, 等. 惠州市春季臭氧污染和气象条件的关系 [J]. *广东气象*, 2019, 41(2): 40–42.
- [9] 陈玲, 夏冬, 贾志宏, 等. 东莞市近地面臭氧质量浓度变化特征 [J]. *广东气象*, 2011, 33(1): 60–61+63.
- [10] 黄远盼, 黎馨, 欧徽宁. 广西贺州市城区空气质量与气象条件的关系研究 [J]. *气象研究与应用*, 2019, 40(4): 66–71.
- [11] 胡成媛, 康平, 吴锴, 等. 基于 GAM 模型的四川盆地臭氧时空分布特征及影响因素研究 [J]. *环境科学学报*, 2019, 39(3): 809–820.
- [12] 张莹. 中国臭氧总量 30a 时空变化以及近地面臭氧浓度气象要素影响研究 [D]. 南京信息工程大学, 2014.
- [13] 杨志捷, 刘焯焜, 韩理. 内蒙古乌兰察布市集宁区 O_3 污染特征及影响因子 [J]. *干旱气象*, 2019, 37(4): 631–638.

Characteristic Analysis on an Ozone Pollution Process of Yulin in Autumn, 2019

Zhang Rongjing¹, Liao Guolian², Chen Minglu¹, Lin Baoting¹

(1. Yulin Municipal Meteorological Service, Yulin Guangxi 537000;

2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022)

Abstract: Based on the NCEP reanalysis data, air automatic monitoring station data and micaps sounding data, using meteorological analysis and statistical methods, the weather situation, thermodynamic characteristics and meteorological conditions of an ozone pollution process in Yulin, Guangxi from September 24 to October 1, 2019 were analyzed. The results show that: due to the control of the sub-high and the sinking airflow around the typhoon, the stable weather potential of northerly winds in the upper and lower layers leads to the persistence of high temperature and clear weather, which is conducive to the increase of ozone concentration; Multi-layer temperature inversion leads to poor diffusion conditions, resulting in the accumulation of pollutants in the lower layer; Ozone concentration was negatively correlated with relative humidity and maximum wind speed, and positively correlated with sunshine hours.

Key Words: ozone pollution; weather situation; meteorological factors