

陕西省西咸新区空港新城夏季臭氧与气象因子关系分析

梁俊宁*, 马启翔, 汪平, 刘杰

陕西省环境科学研究院, 陕西 西安 710061

摘要: 主要针对陕西省西咸新区空港新城夏季臭氧质量浓度偏高的问题, 通过对主要气象要素与臭氧质量浓度之间的相关性分析, 研究气象要素对该区域臭氧质量浓度变化的影响关系, 明确各气象要素对臭氧的影响范围, 为该地区夏季臭氧污染控制提供参考。于 2018 年 7 月 27 日 00:00—8 月 26 日 23:00 开展了臭氧与气象条件(气温、相对湿度、风向、风速和紫外辐射)监测工作, 共 30 d。根据监测结果, 西咸新区空港新城在盛夏期间(7—8 月)臭氧浓度总体偏高, 平均质量浓度为 $103.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 最大质量浓度达 $306 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 期间有 16 d 出现了臭氧小时浓度值超标现象; 空港新城臭氧浓度日变化呈单峰趋势, 最大值出现在 17:00 左右, 最小值出现在 06:00 左右。研究发现空港新城臭氧质量浓度与气温和紫外辐射强度呈显著正相关, 其相关系数分别为 $r=0.7783$ 、 $r=0.5828$, 与相对湿度呈显著负相关($r=-0.7845$)。空港新城臭氧质量浓度与风速之间的关系不显著, 其相关系数 r 为 0.1513 , 这主要与该区域风速较低且变化幅度不大有关。一些气象要素如高温、强紫外辐射和低相对湿度等有助于该区域臭氧浓度的升高, 当环境温度 $\geq 32^\circ\text{C}$ 、紫外辐射 $\geq 40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 、相对湿度 $\leq 60\%$ 时, 都有利于对流层空气中臭氧的生成, 更容易造成 O_3 浓度超标。

关键词: 空港新城; 臭氧; 气象因子; 相关性分析

DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2019.10.012

中图分类号: X511; X831

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906(2019)10-2020-07

引用格式: 梁俊宁, 马启翔, 汪平, 刘杰, 2019. 陕西省西咸新区空港新城夏季臭氧与气象因子关系分析[J]. 生态环境学报, 28(10): 2020-2026.

LIANG Junning, MA Qixiang, WANG Ping, LIU Jie, 2019. Analysis of the relationship between ozone and meteorological factors in summer in airport new city of Xixian New Area, China [J]. Ecology and Environmental Sciences, 28(10): 2020-2026.

臭氧(O_3)是大气中重要的痕量组分之一, 其主要集中在平流层, 对流层中的含量仅占整个大气层臭氧总量的 10%左右(William et al., 2018)。虽然臭氧在平流层起到了保护人类与环境的重要作用, 但其在对流层浓度增加则会对人体健康产生有害影响(Turner et al., 2016; Sadiq et al., 2017), 因为臭氧具有强烈的刺激性, 可对人体呼吸道、心血管、神经系统、眼睛和皮肤造成伤害, 并会影响血液输氧功能, 使甲状腺功能受损、骨骼钙化, 还可诱发淋巴细胞染色体畸变, 损害某些酶的活性和产生溶血反应等(Brook, 2002; Turner et al., 2016)。臭氧还是一种反应性极高的强氧化剂, 能使橡胶开裂, 伤害植物叶子(Fowler et al., 2009; Kumar et al., 2013), 并使大气能见度降低。臭氧形成条件是强日光和低湿度, 其浓度高峰一般出现在中午或午后。

近年来, 随着中国城市化和机动车保有量的快速增长, 大量汽车尾气和工业排放中的氮氧化物和

有机物在太阳光与热作用下经化学反应形成臭氧。臭氧污染主要形成于市区及市郊, 并在有利气象条件下扩散到外围地区。目前, 臭氧浓度的升高与超标问题已成为中国大多数城市的新环境问题(邵平等, 2014; Wang et al., 2017; 严仁嫦等, 2018; Shen et al., 2019)。国内外专家学者对对流层臭氧的生成条件、化学反应机理、对人体健康和生态系统的影响、污染监测和控制等方面均开展了大量的研究工作, 并且取得了显著的效果(Alexandre et al., 2014; Zou et al., 2015; Latif et al., 2016; Kalabokas et al., 2017)。已有研究发现, 气象因素对臭氧的生成具有明显的影响作用, 尤其是气温、湿度、风速和紫外线辐射(姚青等, 2009; Samuel et al., 2013; 吴锴等, 2017; 黄俊等, 2018; 赵伟等, 2019)。安俊琳等(2009)发现北京市臭氧体积分数变化与温度、风速呈正相关, 与相对湿度呈负相关, 且夏季与温度相关性较高, 冬季与风速相关性较高; 王宏等(2011)研究发现导致福州市臭氧平均浓度值

基金项目: 陕西省重点研发计划重点产业链(群)项目(2018ZDCXL-SF-02-05); 国家重点研发计划项目(2017YFC0212206)

作者简介: 梁俊宁(1979年生), 男, 高级工程师, 主要研究方向为大气污染控制。E-mail: ljntb@163.com

*通信作者

收稿日期: 2019-09-04

最高的天气型是台风（热带辐合带）外围，高压后部、地面倒槽和锋前暖区等强暖性、且非常不利于污染物扩散的天气型易造成臭氧浓度超标，臭氧浓度与温度、日照、太阳辐射呈显著正相关，与云量、相对湿度、降水量呈显著负相关。

陕西省西咸新区空港新城作为陕西省主要交通枢纽中心，以西安咸阳国际机场为核心，着力打造以西安国家航空实验区为统领，建设丝绸之路交通商贸物流中心、国际航空服务业聚集中心、国际文化创意中心、生态和农业小镇示范中心。该区域地势平坦，相对海拔高底较高，太阳直射能力强，紫外辐射强度与辐射指数均较高。根据西安市2016—2018年环境空气质量监测国控点24 h连续观测资料统计，2016、2017、2018年西安市O₃质量浓度第90百分位数分别为169.0、182.7、189.7 μg·m⁻³，呈现逐年显著上升的趋势；O₃超标天数也在逐渐增多，分别为48、59、89 d。空港新城O₃质量浓度夏季高，且明显高于其他季节。数据表明，空港新城地区O₃污染近年来表现为快速增长趋势，O₃污染已成为该地区常态化污染问题，全年臭氧超标天数较多。空港新城O₃质量浓度第90百分位数、全年平均值、夏季平均值均明显高于西安市（刘松等，2017），说明空港新城O₃污染较西安市其他地区更为严重。

合适的地形、气象及污染源条件使得该区域更容易发生光化学反应，从而使臭氧浓度升高。本文主要对西咸新区空港新城盛夏期间臭氧与气象因素（如气温、相对湿度、风向风速和紫外辐射等）进行了实时观测，分析臭氧浓度与气象要素变化的响应关系，通过分析臭氧与主要气象因素间的相互

关系，探析该地区对臭氧有影响的气象条件，为该地区夏季臭氧污染控制提供参考。

1 观测点与仪器介绍

1.1 观测点概况

空港新城地处渭河以北的黄土台塬。规划范围内地势呈阶梯形增高，由一、二级河流冲积阶地过渡到一、二级黄土台塬。塬面地势平坦，台塬边缘由于长期受泾河、渭河及其支流的切割，形成几条沟壑，海拔在430—560 m之间。为获取空港新城盛夏期间臭氧及其前体的浓度水平，在空港新城北杜中学（108°42'E，34°27'N）建立了环境监测点（图1），仪器位于建筑屋顶。场地距离西安咸阳国际机场西北侧约5 km。观测时间为2018年7月27日00:00—2018年8月26日23:00（共31 d）。空港新城范围内主要污染源包括机场污染源、移动污染源、非道路移动污染源和工业企业污染源等。

1.2 气象条件概况

空港新城属暖温带大陆性季风气候，具有雨热同季、四季分明的特点。观测期间该站点的温度为19—38.1℃，相对湿度为37%—94%，更高的湿度主要受到降水天气的影响。平均风速接近1.4 m·s⁻¹，平均气压948.3 hpa。太阳总辐射在950 W·m⁻²以下，平均值为211.8 W·m⁻²，紫外线辐射在0—103 W·m⁻²之间，平均值为22.7 W·m⁻²。观测期间采样点温度、相对湿度、风速、气压、太阳紫外线辐射、降水量等气象因素如表1所示。

1.3 观测仪器与数据

臭氧浓度使用Thermo Scientific Model 49i臭氧分析仪进行监测。气象要素观测仪是锦州阳光科技有限公司生产的自动气象站（PC-3），可同时测量

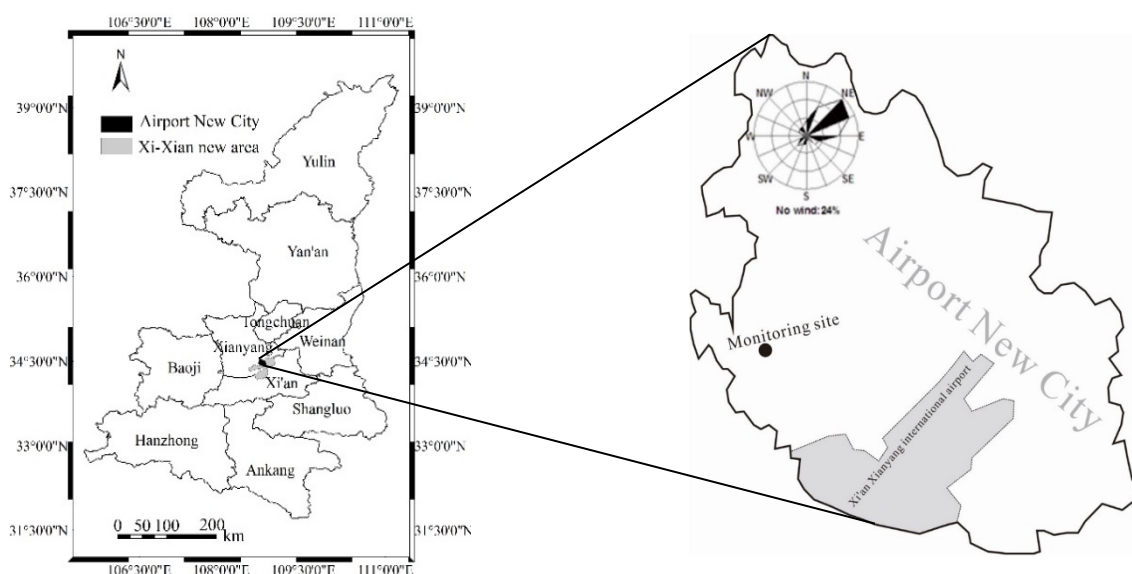


图1 空港新城大气环境观测点位示意图

Fig. 1 The location of observation site in airport new city(ANC)

表1 空港新城主要气象因子(7月27日—8月26日)

Table 1 The meteorological factors at ANC (from July 27 to August 26, 2018)

Factors	Maximum	Minimum	Mean	Median
Temperature/°C	38.1	19.0	29.0	28.5
Relative humidity/%	69.1	98.0	69.1	70.2
Wind speed/(m·s ⁻¹)	7.3	0.0	1.4	1.2
Ultraviolet radiation/(W·m ⁻²)	103.0	0.0	22.3	3.0
Precipitation/mm	22.6			

风向、风速、温度、相对湿度、紫外线辐射等。温度、湿度监测使用 PTS-3 型温湿度计, 风向和风速使用 ec-9x 型和 ec-9s 型传感器监测, 紫外线辐射使用 TBQ-ZW-2 型传感器监测。自动气象站周边地区相对开放, 不受地形和建筑物的影响。安装高度 15 m, 仪器高度 1.5 m。试验过程中一共获取了有效监测数据 4 464 个, 包括 O₃ 小时浓度值和 5 个气象参数。

2 结果与讨论

2.1 臭氧浓度变化特征

空港新城盛夏期间(7—8月)臭氧浓度变化如图2所示。由图可知, 监测期间空港新城臭氧质量浓度在 2—306 μg·m⁻³ 之间, 平均为 103.8 μg·m⁻³, 其最大值为 306 μg·m⁻³ (8月7日), 超过中国环境空气质量标准中臭氧 8 小时最大浓度限值(200 μg·m⁻³)的 53%。臭氧质量浓度值较高时段主要集中在 12:00—19:00, 在不考虑降水天气影响下, 该时段臭氧质量浓度为 71—306 μg·m⁻³, 平均为 165 μg·m⁻³。在监测的 31 d 中有 16 d 出现了臭氧超标现象, 其中最长超标时间为 7 h (8月5日), 超标时段主要集中在 13:00—19:00。

空港新城 O₃ 质量浓度日变化呈现单峰曲线, 其在 00:00—08:00 较低且变化幅度不大, 09:00 开始逐渐升高, 并在 17:00 左右达到峰值, 之后开始下降。主要是由于其前体物 NO_x 在上午 07:00 达到最大值, 加之空港新城日出时间一般在 08:00 左右, 之后气温开始逐渐升高, 太阳辐射也不断增强, O₃ 形成的光化学反应也随之开始进行, O₃ 在 09:00 开

始升高, 并在 17:00 左右达到峰值。随着光化学反应的深入进行, 臭氧质量浓度达到最大值而前体物质量浓度逐渐减少, 最终达成一种动态平衡关系。之后受太阳光照角度的影响, 太阳辐射逐渐减弱、气温也随之降低, 产生 O₃ 的条件变差, 同时受近地面沉积作用影响, 造成近地面 O₃ 消耗进而使得 O₃ 维持在一个较低水平。

2.2 气象条件分析

观测期间, 监测点的温度、相对湿度、风速、紫外线辐射、降水等气象因素概况见表1。与臭氧有直接关系的气象因子小时值变化情况如图3所示。

由图3可知, 空港新城盛夏(7—8月)环境气温在 19—38.2 °C 之间, 午后温度均在 35 °C 以上, 湿度在 37%—94% 之间, 其中湿度 ≥ 80% 以上时段占总观测时间的 14% (主要受下雨天气影响)。风速在 7 m·s⁻¹ 以下, 而 4 m·s⁻¹ 以下风力占观测时段的 94%, 其中 23% 时段为静风。从风向来看, 空港新城夏季以东北风为主, 其频率为 32%, 其次为东风(22%), 北风频率为 14%, 其余风向频率均不足 8%, 静风风向按上次风向计。空港新城夏季紫外线辐射强度为 0—103 W·m⁻², 10:00 其强度开始上升, 13:00 达到最高值, 10:00—16:00 空港新城紫外线辐射强度在 50—103 W·m⁻² 之间。

2.3 气象因子对臭氧的影响

空港新城臭氧质量浓度的日变化趋势与气象条件的变化具有显著相关性, 其中臭氧在 17:00 达到最大值, 相应的温度也在 17:00 达到最高值, 而湿度在 17:00 达到当日最低值, 紫外线在午后强度最大, 并在 13:00 达到峰值。这也说明, 随着太阳辐射的增强、气温逐渐升高、湿度下降, 大气光化学反应能力不断加强, 并在 17:00 达到最强状态, 而此时臭氧浓度也达到了日最大峰值。本研究结果与王闯等(2015)对沈阳的研究结果一致。空港新城夏季气温较高、湿度整体偏低, 适宜的温、湿度条件有利于光化学反应, 可以促进该区域臭氧生成, 造成区域臭氧浓度偏高。

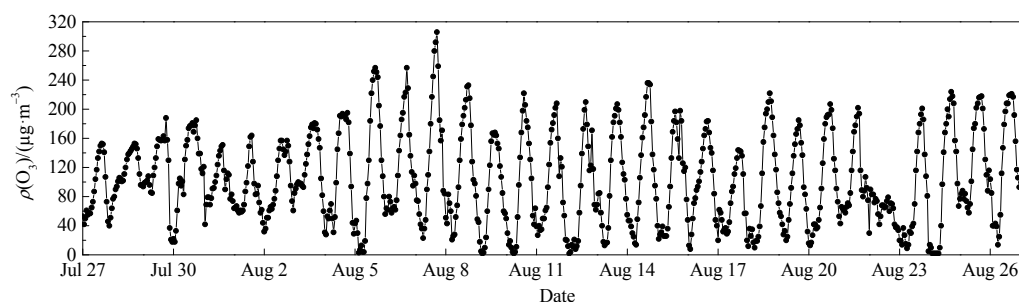


图2 臭氧小时浓度变化曲线图

Fig. 2 The figure of the hourly concentration of ozone

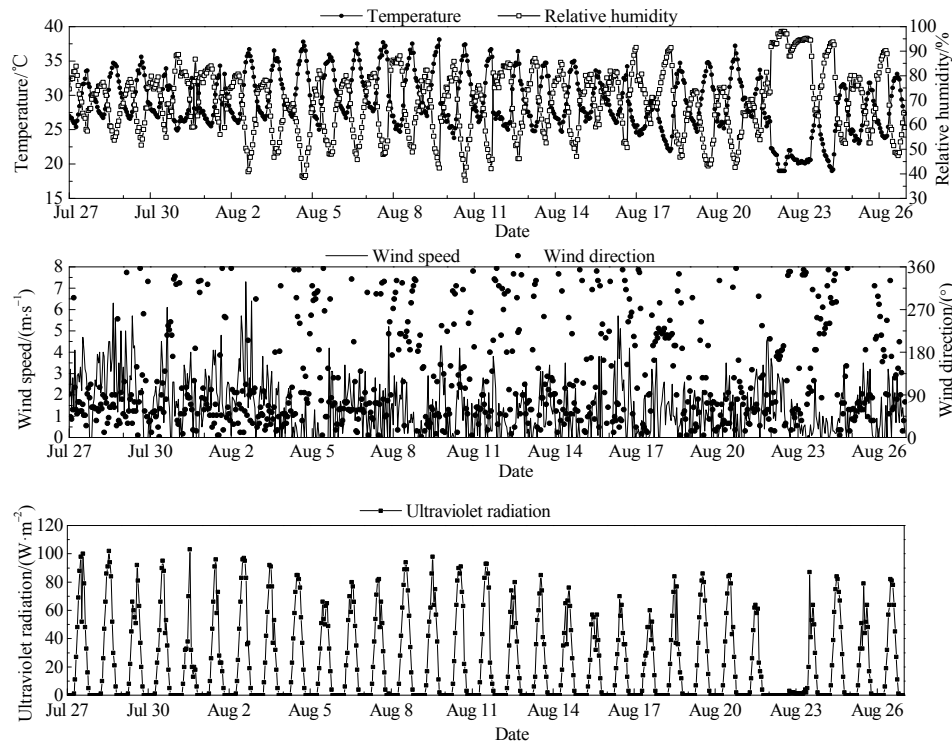


图3 观测期间主要气象因素变化曲线

Fig. 3 Variations of meteorological parameters during the period of observation

2.3.1 温度

由图4可知，空港新城臭氧质量浓度与温度呈正相关，其相关系数为 $r=0.7783$ ，温度升高时有利于加速对流层光化学反应速率，促进臭氧前体物质间的转化速度，进而促进臭氧生成。

由图5可知，空港新城夏季臭氧浓度随着环境空气温度的升高而快速增大，当平均气温低于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时， O_3 质量浓度处于较低水平（ $<43\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ）且无超标情况出现，当气温为 $25\text{—}30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，臭氧平均浓度升高了近一倍但仍未达到超标水平，当平均气温大于 $32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，臭氧开始出现超标，在 32—

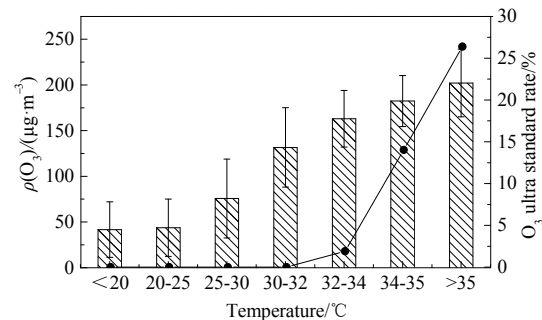


图5 不同温度下臭氧平均浓度超标率

Fig. 5 O_3 ultra standard rate and average concentration at different temperature

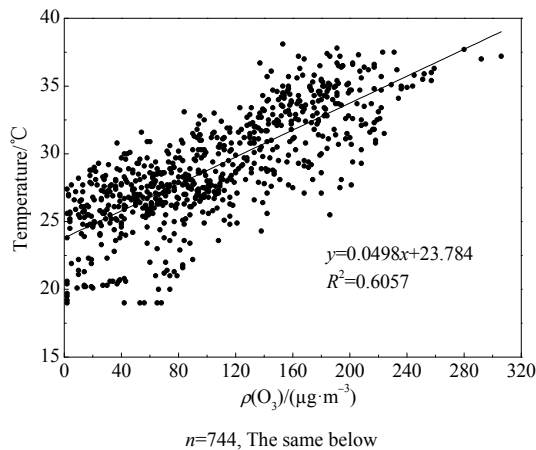


图4 臭氧与温度相关性分析

Fig. 4 Correlation analysis of ozone and temperature in airport new city

34 、 $34\text{—}35$ 、 $\geq 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，其平均浓度分别为 163.06 、 182.44 、 $202.20\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，超标率分别为 1.9% 、 14.0% 和 26.3% 。可见温度越高，太阳辐射越强，光化学反应强度增大，导致生成的 O_3 质量浓度越高。

2.3.2 紫外辐射

由图6可知，太阳紫外线辐射与臭氧质量浓度呈显著正相关，其相关系数为 $r=0.5828$ 。研究期间，空港新城紫外线辐射在 $00:00\text{—}07:00$ 时为 $0\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ， $08:00$ 开始出现上升趋势并在 $14:00$ 达到最高值（其平均辐射强度为 $74\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ），之后开始下降，并在 $22:00\text{—}24:00$ 下降为 $0\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 。紫外线辐射峰值较臭氧峰值早出现3个小时，即随着紫外线的升高，生成臭氧的反应不断加强，并在紫外线峰值之后的

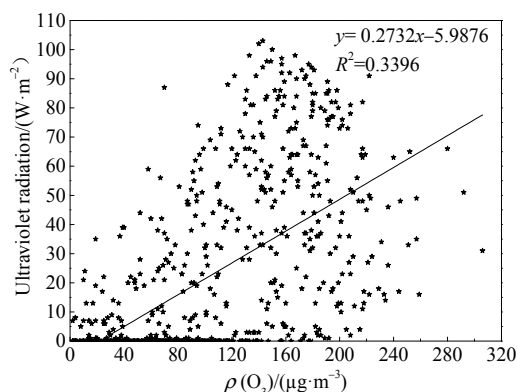


图6 臭氧与紫外线辐射相关性分析

Fig. 6 Correlation analysis of ozone and ultraviolet radiation in airport new city

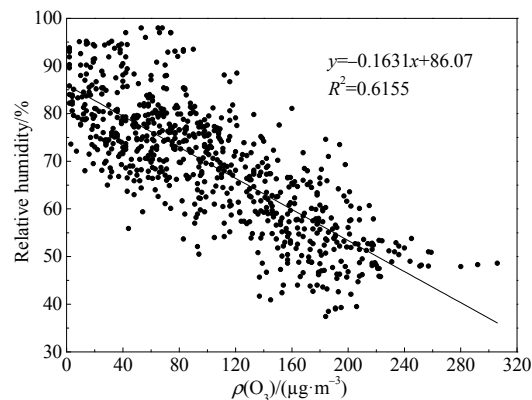


图8 臭氧与相对湿度相关性分析

Fig. 8 Correlation analysis of ozone and relative humidity in airport new city

3 h 左右达到最大浓度值。太阳辐射尤其是紫外线辐射对臭氧生成具有明显的促进作用, 主要是因为臭氧能够较好地吸收紫外线辐射, 增强了反应能力, 同时太阳辐射可引起温度的升高, 二者又共同作用于光化学反应, 进而缩短臭氧生成时间, 加快臭氧的生成速度。

由图 7 可知, 紫外辐射小于 $10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 时, O_3 平均质量浓度较低 ($70 \pm 45.07 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 且无超标情况出现。当紫外辐射大于 $60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, O_3 平均质量浓度 ($\geq 160 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) 超标情况明显增强, 并随着紫外线强度的升高而不断增大。

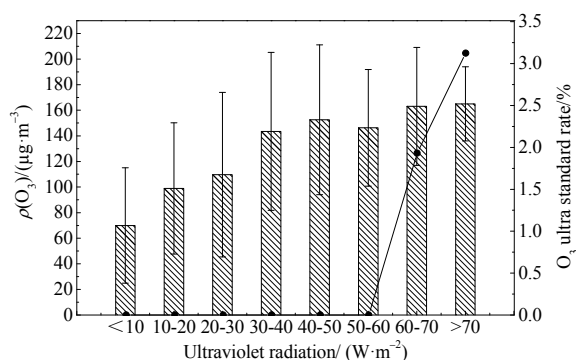


图7 不同紫外线强度下臭氧平均浓度超标率

Fig. 7 O_3 ultra standard rate and average concentration under different ultraviolet radiation

2.3.3 相对湿度

由图 8 可知, 臭氧质量浓度与湿度呈负相关, 其相关系数为 $r = -0.7845$ 。臭氧和湿度存在较好的负相关性。在相对湿度低于 45% 时, 空港新城 O_3 日最大 8 h 平均浓度均值出现超标现象, 其中 $\text{RH} \leq 45\%$ 时均值为 $192.2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 最大平均浓度出现于相对湿度为 45%—50% 时, 高达 $194.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,

超标率高达 21.8%。当相对湿度大于 60% 时, O_3 平均浓度明显下降并未出现超标情况, 随着相对湿度的进一步增加, O_3 质量浓度也呈现急剧下降趋势。

当环境空气湿度较高时, 水汽中的自由基—H、—OH 等将臭氧迅速分解为氧分子, 从而降低了臭氧的浓度 (图 9)。Kavassalis et al. (2017) 研究发现相对湿度低于 40% 时, 缺乏激发态 O, 相对湿度高于 60% 时, 激发态 O 的消耗速度大于其生成速度, 故认为相对湿度在 40%—60% 时最有利于臭氧的生

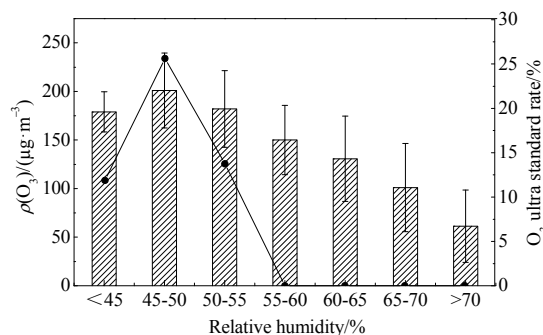


图9 不同湿度下臭氧平均浓度超标率

Fig. 9 O_3 ultra standard rate and average concentration under different relative humidity

成, 这与空港新城的情况基本一致。

2.3.4 风向风速

臭氧质量浓度与风速的相关性不显著 (图 10), 其相关系数仅为 $r = 0.1513$; 根据风速与臭氧质量浓度的关系分析结果, 空港新城地区风速较大时臭氧质量浓度较高, 反之亦然。其主要原因是臭氧本身具有一定的不稳定性, 在低风速条件下, 臭氧长时间停留可分解成氧原子和氧分子, 从而浓度有所下降, 风速较大时臭氧在未分解前就被监测到。

风向对污染物的扩散具有明显的影响作用, 一

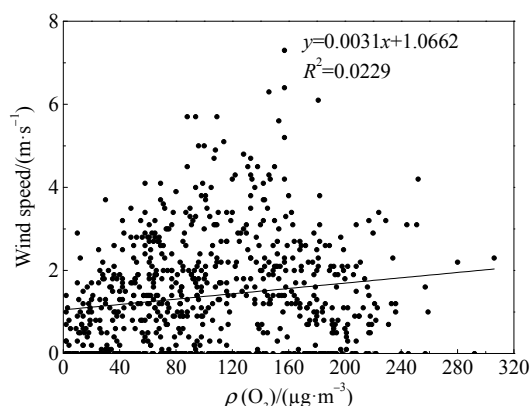


图10 臭氧与风速相关性分析

Fig. 10 Correlation analysis of ozone and wind speed in airport new city

般情况下，主导风向下风向污染物浓度一般较高。研究期间，空港新城风向以东北风为主，其风频为31.12%，其次为东风20.27%，北风频率为13.69%，其他风向频次在4.0%—8.5%之间。空港新城地势较为平坦，风向变化比较频繁，从而导致污染物不利于在一个方位集结，因此不同风向下的臭氧平均浓度变化不大（图11）。

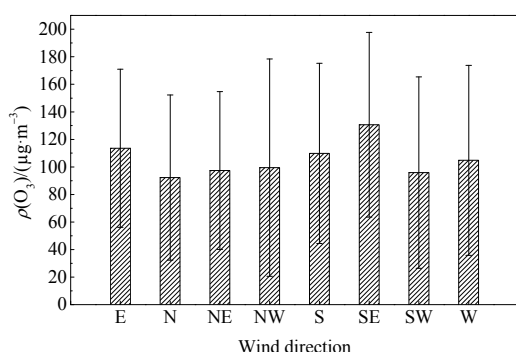


图11 不同风向的臭氧浓度水平

Fig. 11 Ozone concentration levels in different wind directions

3 结论

(1) 西咸新区空港新城盛夏期臭氧质量浓度在2—306 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 之间，平均为103.8 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ，臭氧质量浓度较高时段主要集中在12:00—19:00， O_3 质量浓度日变化呈单峰型分布，在00:00—08:00较低且变化幅度不大，09:00开始逐渐升高，并在17:00左右达到峰值，之后开始下降。

(2) 气象要素对 O_3 有一定的影响作用。空港新城臭氧质量浓度与气温和紫外辐射呈显著正相关，其相关系数分别为0.7783、0.5828，与相对湿度呈显著负相关（ $r=-0.7845$ ）。空港新城臭氧质量浓度与风速之间的关系不十分显著，其相关系数为0.1513，这主要与该区域风速较低且变化幅度不

大有关。由于该区域风向变化比较频繁，风向对监测点臭氧影响不大。

(3) 在西咸新区空港新城，有利的气象条件如高温、强紫外辐射和低相对湿度等有助于该区域臭氧质量浓度的升高，当环境温度 $\geq 32^\circ\text{C}$ 、紫外辐射 $\geq 40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 、相对湿度 $\leq 60\%$ 时，有利于对流层空气中臭氧的生成，更容易造成 O_3 超标。

参考文献：

- ALEXANDRE B L, MARIA H C S, PAULO S L, et al., 2014. Ozone and aerosol influence on ultraviolet radiation on the east coast of the Brazilian Northeast [J]. *Atmospheric and Climate Sciences*, 4(1): 92-99.
- BROOK R D, 2002. Inhalation of fine particulate air pollution and ozone causes acute arterial vasoconstriction in healthy adults [J]. *Circulation*, 105(13): 1534-1536.
- FOWLER D, PILEGAARD K, SUTTON M A, et al., 2009. Atmospheric composition change: Ecosystems-Atmosphere interactions [J]. *Atmospheric Environment*, 43(33): 5193-5267.
- KALABOKAS P, HJORTH J, FORET G, et al., 2017. An investigation on the origin of regional springtime ozone episodes in the western Mediterranean [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(6): 3905-3928.
- KAVASSALIS S C, MURPHY J G, 2017. Understanding ozone-meteorology correlations: A role for dry deposition [J]. *Geophysical Research Letters*, 44(6): 2922-2931.
- KUMAR P, IMAM B, 2013. Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure [J]. *Science of The Total Environment*, 444: 85-101.
- LATIF M T, DOMINICK D, FATIMAH A, et al., 2016. Seasonal and long-term variations of surface ozone concentrations in Malaysian Borneo [J]. *Science of the Total Environment*, 573: 494-504.
- MALLEY C S, HENZE D K, KUVYLENSTIEMA J C I, et al., 2017. Updated global estimates of respiratory mortality in adults ≥ 30 years of age attributable to long-term ozone exposure [J]. *Environ Health Perspectives*, 125(8): 087021.
- SADIQ M, TAI P K, LOMBARDOZZI D, et al., 2017. Effects of ozone-vegetation coupling on surface ozone air quality via biogeochemical and meteorological feedbacks [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(4): 3055-3066.
- SAMUEL R S, PADMA K, MILTON B B, et al., 2013. Seasonal variation of surface ozone and its association with meteorological parameters, UV radiation, rainfall and cloud cover over Chennai, India [J]. *Current Science*, 105(5): 676-684.
- SHEN L, DANIEL J, LIU X, et al., 2019. An evaluation of the ability of the Ozone Monitoring Instrument (OMI) to observe boundary layer ozone pollution across China: application to 2005–2017 ozone trends [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 19: 6551-6560.
- TURNER M C, JERRETT M, POPE C A, et al., 2016. Long-term ozone exposure and mortality in a large prospective study [J]. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193(10): 1134-1142.
- WANG R, XU X B, JIA S H, et al., 2017. Lower tropospheric distributions of O_3 and aerosol over Raoyang, a rural site in the North China Plain [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17: 3891-3903.
- WILLIAM T B, ALSING J, MORTLOCK D J, et al., 2018. Evidence for a continuous decline in lower stratospheric ozone offsetting ozone layer recovery [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 18(2): 1379-1394.
- ZOU Y, DENG X J, ZHU D, et al., 2015. Characteristics of 1 year of observational data of VOCs, NO_x and O_3 at a suburban site in

- Guangzhou, China [J]. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(12): 6625-6636.
- 安俊琳, 王跃思, 孙扬, 2009. 气象因素对北京臭氧的影响[J]. *生态环境学报*, 18(3): 944-951.
- AN J L, WANG Y S, SUN Y, 2009. Assessment of ozone variations and meteorological effects in Beijing [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 18(3): 944-951.
- 黄俊, 廖碧婷, 吴兑, 等, 2018. 广州近地面臭氧浓度特征及气象影响分析[J]. *环境科学学报*, 38(1): 23-31.
- HUANG J, LIAO B T, WU D, et al., 2018. Guangzhou ground level ozone concentration characteristics and associated meteorological factors, *Acta Scientiae Circumstantiae*, 38(1): 23-31.
- 刘松, 程燕, 李博伟, 等, 2017. 2013—2016年西安市臭氧时空变化特性与影响因素[J]. *地球环境学报*, 8(6): 541-551.
- LIU S, CHENG Y, LI B W, et al., 2017. Characteristics of temporal and spatial variations of ozone and its influencing factor over Xi'an during 2013–2016 [J]. *Journal of Earth Environment*, 8(6): 541-551.
- 邵平, 安俊琳, 杨辉, 等, 2014. 南京北郊夏季近地层臭氧及其前体物体积分数变化特征[J]. *环境科学*, 35(11): 4031-4043.
- SHAO P, AN J L, YANG H, et al., 2014. Variation characteristics of surface ozone and its precursors during summertime in Nanjing northern suburb [J]. *Environmental science*, 35(11): 4031-4043.
- 王闯, 王帅, 杨碧波, 等, 2015. 气象条件对沈阳市环境空气臭氧浓度影响研究[J]. *中国环境监测*, 31(3): 32-37.
- WANG C, WANG S, YANG B B, et al., 2015. Study of the effect of meteorological conditions on the ambient air ozone concentrations in Shenyang, *Environmental Monitoring in China*, 31(3): 32-37.
- 王宏, 林长城, 陈晓秋, 等, 2011. 天气条件对福州近地层臭氧分布的影响[J]. *生态环境学报*, 20(8-9): 1320-1325.
- WANG H, LLN C C, CHEN X Q, et al., 2011. Effects of weather condition on surface ozone distribution in Fuzhou [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 20(8-9): 1320-1325.
- 吴锴, 康平, 王占山, 等, 2017. 成都市臭氧污染特征及气象成因研究[J]. *环境科学学报*, 37(11): 4241-4252.
- WU K, KANG P, WANG Z S, et al., 2017. Ozone temporal variation and its meteorological factors over Chengdu city [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 37(11): 4241-4252.
- 严仁嫦, 叶辉, 林旭, 等, 2018. 杭州市臭氧污染特征及影响因素分析[J]. *环境科学学报*, 38(3): 1128-1136.
- YAN R C H, YE H, LIN X, et al., 2018. Characteristics and influence factors of ozone pollution in Hangzhou [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 38(3): 1128-1136.
- 姚青, 孙玫玲, 刘爱霞, 2009. 天津臭氧浓度与气象因素的相关性及其预测方法[J]. *生态环境学报*, 18(6): 2206-2210.
- YAO Q, SUN M L, LIU A X, 2009. Analysis and prediction of surface ozone concentration and related meteorological factors in summer in Tianjin [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 18(6): 2206-2210.
- 赵伟, 高博, 刘明, 等, 2019. 气象因素对香港地区臭氧污染的影响[J]. *环境科学*, 40(1): 55-66.
- ZHAO W, GAO B, LIU M, et al., 2019. Impact of meteorological factors on the ozone pollution in Hong Kong [J]. *Environmental Science*, 40(1): 55-66.

Analysis of the Relationship between Ozone and Meteorological Factors in Summer at Airport New City of Xixian New Area, China

LIANG Junning, MA Qixiang, WANG Ping, LIU Jie

Shaanxi Provincial Academy of Environmental Science, Xi'an 710061, China

Abstract: This paper mainly focuses on the high summer ozone mass concentration in airport new city (ANC) of Xixian new area, Shaanxi Province, through the correlation analysis of meteorological elements and ozone mass concentration, and identifies the effects of meteorological factors on ozone. In this study, online instruments were used to continuously observe the hourly concentration of ozone in ANC from 27 July to 26 August 2018 (31 days). At the same time, the meteorological factors such as temperature (t), relative humidity (RH), wind direction (WD) and wind speed (WS), air pressure (AP), solar radiation (SR) and ultraviolet radiation (UV) was also observed. According to the results, the ozone concentration was generally higher during the midsummer (July & August) at ANC, the average concentration was $103.8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ and the maximum concentration reached $306 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. there were 16 days when the ozone concentration exceeded the limit during the study period, and its diurnal variation of concentration showed a single peak trend, with the maximum value appearing about 17:00 and the minimum value around 06:00. Ozone concentration in ANC was significantly positively correlated with air temperature and ultraviolet radiation, with correlation coefficients of 0.778 3 and 0.5828 1 respectively, and negatively correlated with relative humidity ($-0.784 5$). The correlation between ozone concentration and wind speed in ANC was not significant, and the correlation coefficient was 0.151 3, which was mainly related to the low wind speed and small change range in this area. The studies have also found that some meteorological factors have a significant helping effect on the rise of ozone concentration, such as high temperature, strong ultraviolet radiation and low relative humidity. When the environmental temperature $\geq 32^\circ\text{C}$, ultraviolet radiation $\geq 40 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, and relative humidity $\leq 60\%$, it is conducive to the generation of ozone in the troposphere, and O_3 concentration exceeds the standard.

Key words: airport new city; ozone; meteorological factors; correlation analysis