

2020~2022年石横镇空气污染特征对比分析

孟令洋, 黄星, 赵帅, 辛美玲, 李文新, 刘承智

石横镇人民政府, 山东 泰安

收稿日期: 2023年2月28日; 录用日期: 2023年3月31日; 发布日期: 2023年4月7日

摘要

为科学有效地治理山东省泰安市石横镇大气污染, 利用2020年1月1日至2022年12月31日山东省泰安市石横镇大气主要污染物监测数据, 分析了各种污染物的年际、季节变化特征。结果表明: 各污染物的浓度呈现逐年递减趋势, 三年内主要污染物以CO为主, 其次是PM₁₀。PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、CO、NO₂都呈现出春冬高、夏秋低的特点, 且最低点在夏季, 最高点出现在冬季。O₃由于受天气情况影响, 与其他污染物相反, 呈夏季高、冬季低的趋势。

关键词

石横镇, 主要污染物, 监测数据, 空气污染

Comparative Analysis of Air Pollution Characteristics in Shiheng Town from 2020 to 2022

Lingyang Meng, Xing Huang, Shuai Zhao, Meiling Xin, Wenxin Li, Chengzhi Liu

Shiheng Town People's Government, Tai'an Shandong

Received: Feb. 28th, 2023; accepted: Mar. 31st, 2023; published: Apr. 7th, 2023

Abstract

In order to scientifically and effectively control the air pollution in Shiheng Town, Tai'an City, Shandong Province, the interannual and seasonal variation characteristics of various pollutants were analyzed using the monitoring data of major air pollutants in Shiheng Town, Tai'an City, Shandong Province from January 1, 2020 to December 31, 2022. The results showed that the concentrations of various pollutants showed a decreasing trend year by year, with CO as the main pollutant in three years, followed by PM₁₀. PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, CO and NO₂ all show the characteristics

of high in spring and winter and low in summer and autumn, with the lowest point in summer and the highest point in winter. Influenced by weather conditions, O_3 , in contrast to other pollutants, tends to be high in summer and low in winter.

Keywords

Shiheng Town, Main Pollutants, Monitoring Data, Air Pollution

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来随着城镇化和工业化的速度越来越快, 城镇大量使用的矿物质燃料、工业发展中所使用的各种原料都会加剧空气的污染; 同时城镇化所带来的建筑物结构使得城市更加紧凑密集, 空气流通减慢, 污染物扩散速度降低。而大气污染是由于人类活动或自然过程引起某些物质进入大气中, 呈现出足够的浓度, 达到足够的时间, 并因此危害了人体的舒适、健康和福利或环境的现象[1]。大气污染中的污染物会结合有上百种有机化合物如有机的苯、二噁英、多环芳烃和含有高毒性成分的几十种金属如铅、镉等的颗粒物随之侵入人体, 易引起呼吸道感染、尘肺、心脏病、支气管炎、哮喘、肺炎、肺气肿、肺癌等疾病, 影响人体健康[2]。而且大气污染综合质量指数与呼吸内科门诊就诊的人数呈现明显的正相关[3]。2014年, 杨慧茹等[4]第一次对胶东半岛城市空气质量及其与气象要素关系的研究发现, 气象要素对空气质量的影响不是单一的, 而是多个因素协同作用的结果, 同时在全类气象要素中, 降水量、湿度、风速和气温与空气质量的相关性依次减小。北京冬季的 SO_2 与气象条件的关系分析表明: 风速越小, 大气越稳定, 近地层大气的 SO_2 污染越重, 北京冬季西南风强时有较高的 SO_2 [5]。

目前为止我国大气污染状况仍然比较严重, 很多专家学者对我国不同地区大气污染情况进行了大量的研究。如 Zhang 等[6]通过采集成都市典型季 2009 年到 2010 年的 $PM_{2.5}$ 样本, 分析了成都市 $PM_{2.5}$ 的季节性污染特征和来源特征。李晶鑫等[7]对 2013~2014 年全国各个城市的空气污染指数进行处理分析, 揭示了我国大气污染物的时空分布特征及 SO_2 质量浓度年代变化。罗意然[8]等通过分析 2014 年 1 月 1 日~2017 年 12 月 31 日云南省昆明、曲靖和玉溪 3 个典型城市的空气污染状况数据和 $PM_{2.5}$ 和 O_3 的时间变化特征发现云南重污染天气的出现, 与外来源叠加有密切关系。罗燕等[9]利用 2015 年 1 月到 2016 年 12 月云南省 16 个城市的空气质量数据, 分析了 SO_2 、 NO_2 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 O_3 的季节特征。程雪雁等[10]利用生态环境部发布的空气质量状况月报中京津冀 13 市空气污染综合指数、主要污染物以及 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 O_3 等 6 种污染物质量浓度数据, 对京津冀城市群 2015~2018 年的空气污染状况进行了总结分析。王建鹏等[11]首先对西安市空气质量与气象要素进行相关性分析, 得出温度、降水、湿度与污染物浓度相关性为负相关, 气压为正相关, 其余各项随污染物种类和天气类型而变化。2018 年, 任珊珊等[12]第一次对河南省不同地域空气质量特征及其与气象要素的关系进行了研究, 得出 O_3 与气温和风速呈正相关, 与气压、降水量和相对湿度呈负相关, 相关系数最高的为气温, 最低为风速, $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 与气象要素的相关性与 O_3 相反。2014 年, 杨慧茹等[13]首次对胶东半岛城市空气质量及其与气象要素的关系的研究发现, 气象要素对空气质量的影响不是单一的, 而是多个因素协同作用的结果, 同时在全类气象要素中, 降水量、湿度、风速和气温与空气质量的相关性依次减小。徐德祥等[14]对北京市冬季的

SO₂ 与气象条件的关系分析表明：风速越小，大气越稳定，近地层大气的 SO₂ 污染越严重，冬季西南风强时有较高的 SO₂。周莉等[15]研究表明必经地区的污染物的维持、扩散和气象条件的关系十分密切。程雪雁等研究发现表明京津冀城市群的主要污染物是 PM_{2.5}，第 2 大主要污染物是 PM₁₀。近年来，利用长时间序列研究山东地区空气污染最新成果相对较少，特别是对乡镇的大气污染研究几乎没有。本文对山东省泰安市石横镇的 2020 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日的空气主要污染物进行统计并进行对比分析，为科学有效地治理石横镇的大气污染提供科学参考。

2. 数据处理

数据基于泰安市空气质量在线监测分析平台，该平台每小时公布一次空气污染状况数据，包括 O₃、SO₂、CO、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 的小时平均值，公布的数据涵盖泰安市的 88 个乡镇，本研究仅对连续观测 3 年的石横镇的空气质量数据，并对日平均值进行统计。需要说明的是，数据首先剔除了异常值 0 和爆表值。

将 2020 年 1 月统计的 O₃、SO₂、CO、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 日平均值相加，除以 1 月份的天数，得到 2020 年 1 月份 O₃、SO₂、CO、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 月平均浓度，依次计算 2020 年 2 月~2022 年 12 月的月平均浓度。

将 2020 年全年统计的 O₃、SO₂、CO、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 日平均值相加，除以 366 天，得到 2020 年 O₃、SO₂、CO、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 的年平均浓度，以此计算 2021 年、2022 年的年平均浓度。

石横镇位于肥城市西北部，镇驻地距肥城市 25 公里，境内建有两条铁路货运专线，济菏高速绕城而过，省级干道新老泰临公路横贯东西，泰肥一级公路、青兰高速在境内贯穿交汇。镇域面积 94.47 平方公里，辖 43 个村(居)。2022 年，镇域常住人口 58,919 人，镇区常住人口 45,522 人。荣获全国重点镇、全国文明村镇、全国先进基层党组织、国家园林城镇、山东省先进基层党组织、山东省小城镇建设示范镇、山东省“百镇建设示范行动”示范镇、山东省新型城镇化试点镇、山东省新生小城市试点镇、山东省低碳经济示范镇、省级医养结合示范镇、山东省特色产业镇等多项国家和省级荣誉称号。

3. 结果与讨论

3.1. 年际变化特征

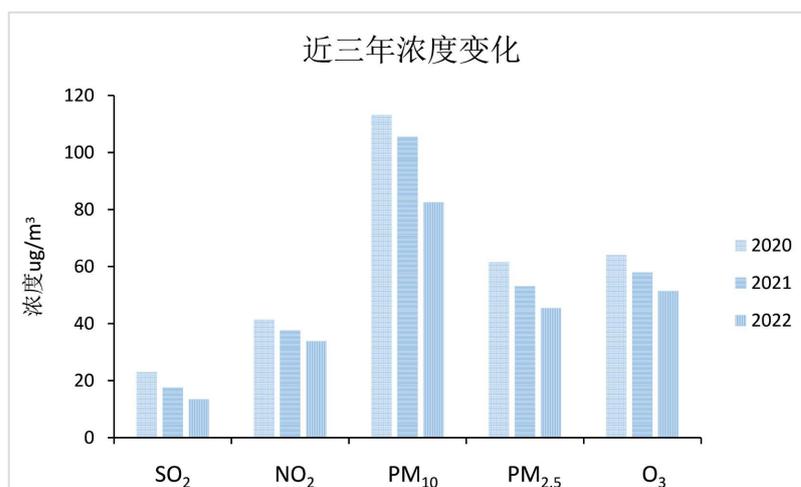


Figure 1. Inter-annual variation characteristics of SO₂, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃

图 1. SO₂、NO₂、PM₁₀、PM_{2.5}、O₃ 年际变化特征

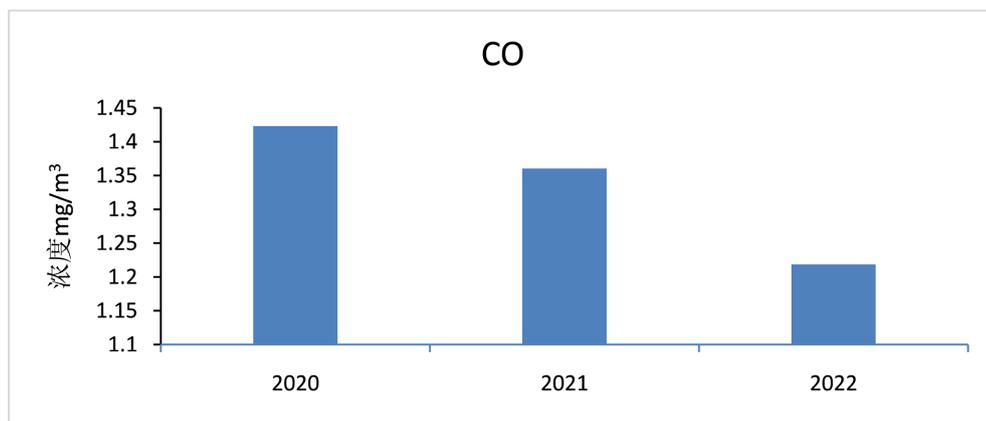


Figure 2. Inter-annual variation characteristics of CO
图 2. CO 年际变化特征

通过统计 2020~2022 年山东省泰安市石横镇每年的各种污染物的平均浓度, 得出 O_3 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的年际变化情况, 结果如图 1、图 2 所示。从图 1、图 2 可以看出, 石横镇 O_3 、 SO_2 、 CO 、 NO_2 、 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的数值每年均呈下降趋势, 逐年递减, 表明石横镇的空气质量得到了有效的改善。从数值上来看, 最主要的污染物是 CO 浓度高达 1.3 mg/m^3 , 其次是 PM_{10} 。

3.2. 季节变化特征

根据山东省气象情况, 将 1 月、2 月及上年的 12 月作为一年的冬季, 3~5 月作为春季, 6~8 月作为夏季, 9~11 月作为秋季。

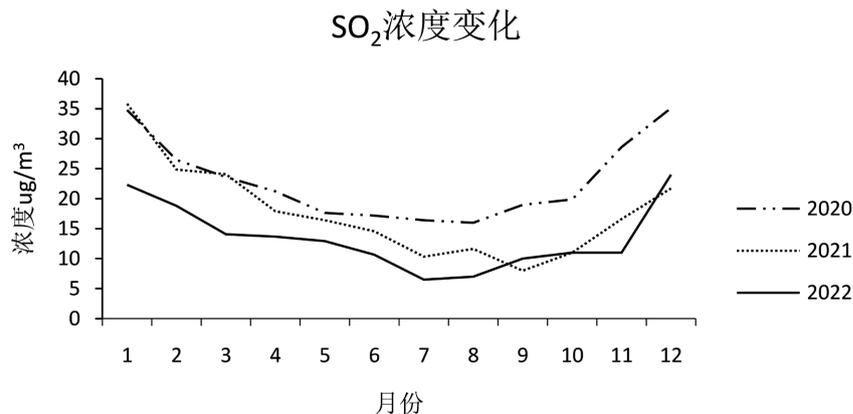


Figure 3. Seasonal variation characteristics of SO_2
图 3. SO_2 季节变化特征

SO_2 是无色气体, 有强烈的刺激性气味, 主要来源是含硫燃料的燃烧、原油的炼制、金属矿石的冶炼。通过对山东省泰安市石横镇 2020~2022 年的 SO_2 月平均值的计算得出图 3, 由图 3 得知春季到夏季 SO_2 浓度下降, 夏季到秋季、冬季呈上升趋势, 原因是冬季燃煤取暖产生大量的 SO_2 及天气不利于污染物扩散, 造成冬季 SO_2 浓度在四个季节中最高; 夏季石横镇燃煤取暖少, 空气湿润, 有利于大气中 SO_2 的扩散和沉降, 导致夏季 SO_2 在一年中最低。

NO_2 是高度活性的气态物质, 黄褐色液体或棕红色气体, 有刺激性气味, 来源是生活、生产中所使用的煤、石油等燃料的燃烧, 如工业锅炉和机动车尾气。通过对山东省泰安市石横镇 2020~2022 年的 NO_2

月平均值的计算得出图4,由图4得知春季到夏季NO₂浓度呈下降趋势,夏季到秋季、冬季呈上升趋势,原因是冬季燃煤取暖产生大量的NO₂及天气不利于污染物扩散,造成冬季NO₂浓度在四个季节中最高;夏季石横镇燃煤取暖少,空气湿润,有利于大气中NO₂的扩散和沉降,造成夏季NO₂在一年中最低。

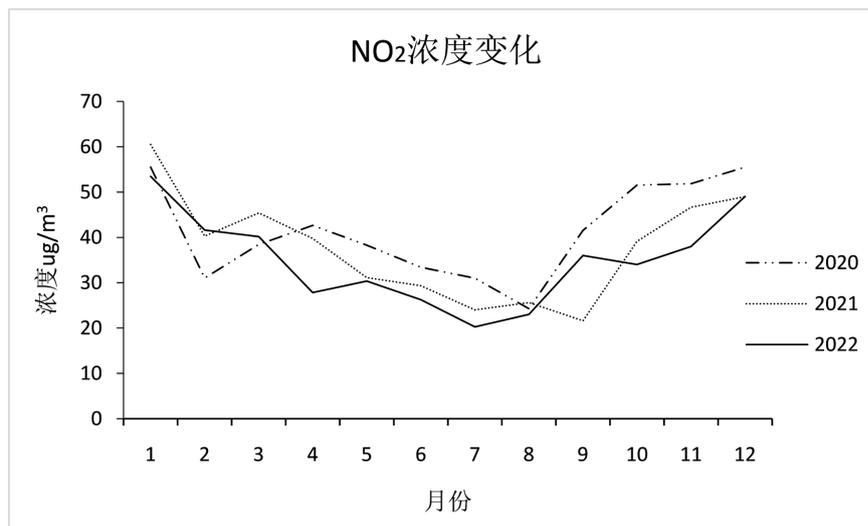


Figure 4. Seasonal variation characteristics of NO₂

图4. NO₂季节变化特征

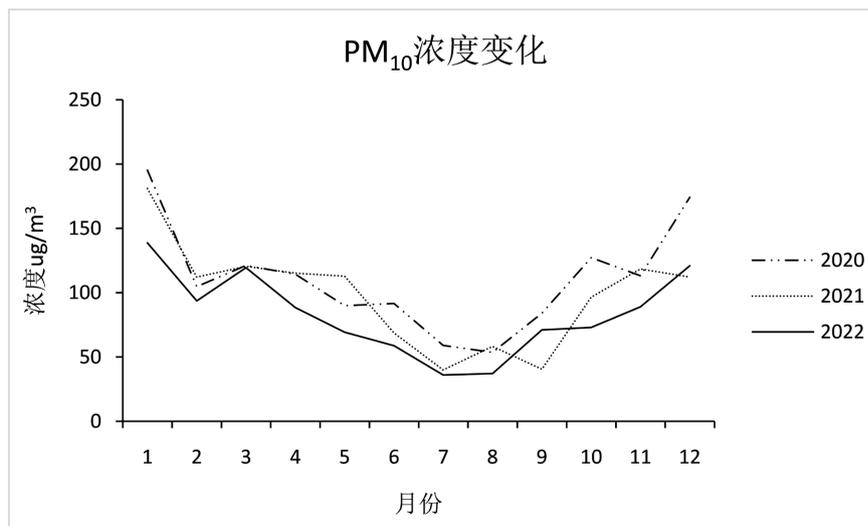


Figure 5. Seasonal variation characteristics of PM₁₀

图5. PM₁₀季节变化特征

PM₁₀是大气中粒径小于10微米的颗粒物,主要来源沙尘传输、工地扬尘、道路扬尘、城市积尘、各种工业过程,如燃煤、冶金、化工排放的工业粉尘。通过对山东省泰安市石横镇2020~2022年的PM₁₀月平均值的计算得出图5,由图5得知春季到夏季PM₁₀浓度呈下降趋势,夏季到秋季、冬季呈上升趋势,原因是冬季燃煤取暖产生大量的PM₁₀及气象不利于污染物扩散,再加上空气干燥,无法有效的吸附PM₁₀,造成冬季PM₁₀浓度在四个季节中最高;夏季为降雨增多,空气湿度大,有利于大气中PM₁₀的扩散、吸收和沉降,造成夏季PM₁₀在一年中最低。

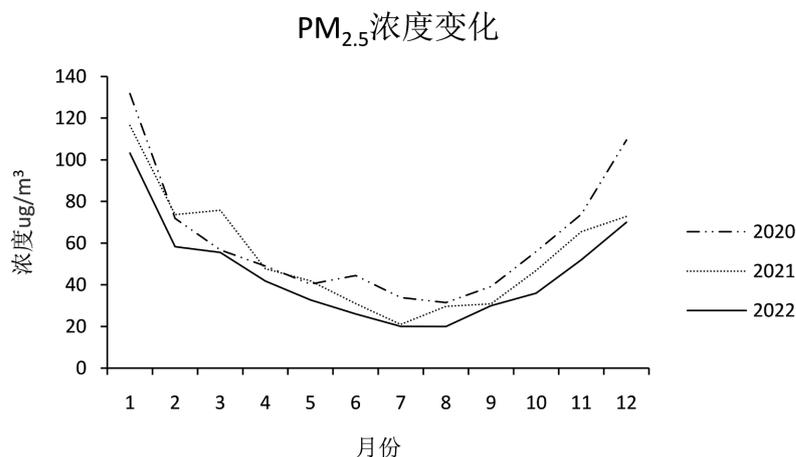


Figure 6. Seasonal variation characteristics of PM_{2.5}

图 6. PM_{2.5} 季节变化特征

PM_{2.5}是大气中粒径小于2.5微米的颗粒物，主要来源于建筑施工扬尘、道路扬尘、发电、石化企业、纺织印染企业排放、生物质燃烧、垃圾焚烧、工业排放、厨房油烟、汽车尾气等。通过对山东省泰安市石横镇2020~2022年的PM_{2.5}月平均值的计算得出图6，由图6得知春季到夏季PM_{2.5}浓度呈下降趋势，夏季到秋季、冬季呈上升趋势。原因是冬季燃煤取暖产生大量的PM_{2.5}及气象不利于污染物扩散，再加上空气干燥，无法有效的吸附PM_{2.5}，造成冬季PM_{2.5}浓度在四个季节中最高；夏季为降雨增多，空气湿度大，有利于大气中PM_{2.5}的扩散、吸收和沉降，造成夏季PM_{2.5}在一年中最低。

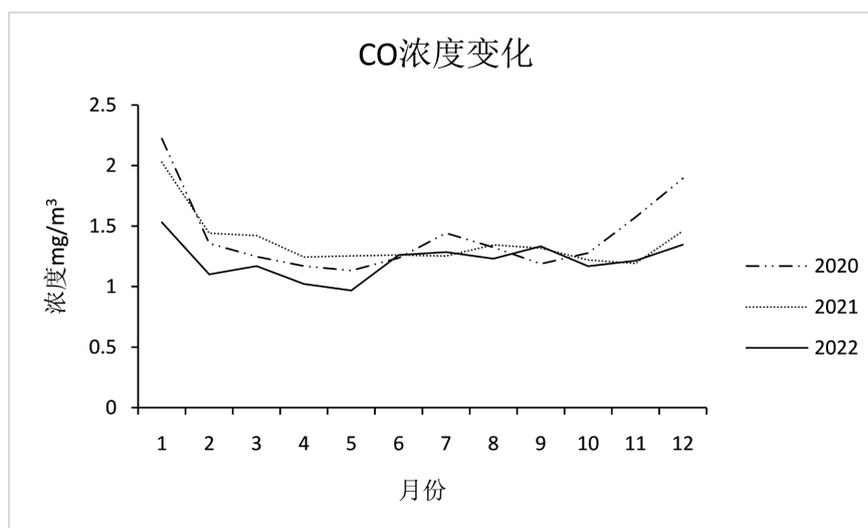


Figure 7. Seasonal variation characteristics of CO

图 7. CO 季节变化特征

CO是无色、无味、无刺激性的气体，在水中溶解度低，不易与其他物质反应，可在空气中存在2~3年，主要来源是机动车尾气、工业企业锅炉等燃料(煤、石油)的燃烧、垃圾焚烧、秸秆燃烧、露天炭火燃烧。通过对山东省泰安市石横镇2020~2022年的CO月平均值的计算得出图7，由图7得知春季到夏季CO浓度呈下降趋势，夏季到秋季、冬季呈上升趋势。原因是冬季燃煤取暖产生大量的CO及天气不利于污染物扩散，造成冬季CO浓度在四个季节中最高；夏季石横镇燃煤取暖少，有利于大气中CO的扩散

和沉降, 导致夏季 CO 在一年中最低。

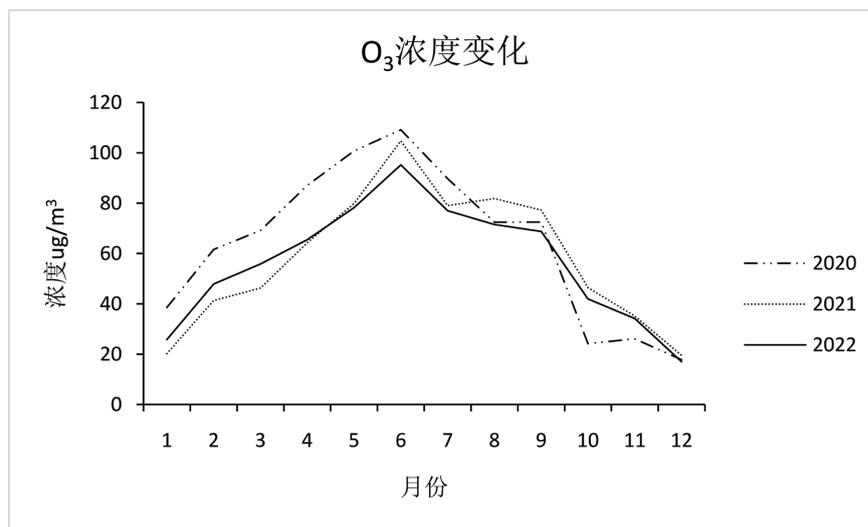


Figure 8. Seasonal variation characteristics of O₃
图 8. O₃ 季节变化特征

臭氧在距离地面 20~35 公里的臭氧层中, 可以吸收太阳的紫外线, 保护地球上的生物不被晒死; 在距地 10~100 米的近地面, 危害人体健康, 引起农业减产。臭氧主要是汽车尾气和工业排放的氮氧化物和无组织排放产生的挥发性有机物在光照的情况下发生反应产生的。通过对山东省泰安市石横镇 2020~2022 年的 O₃ 月平均值的计算得出图 8, 由图 8 得知春季到夏季臭氧浓度上升, 在 6 月份达到最高值; 夏季到秋季、冬季呈下降趋势, 在 12 月份达到最低值。原因是夏季气温高, 光照强度强, 大气扩散条件好, 氮氧化物和挥发性有机物发生大气光化学反应的速率快, 从而 O₃ 生成浓度高; 而冬季则是光照强度弱, 温度低, 大气扩散条件差, 发生反应速率慢, 因此 O₃ 浓度低。

4. 结论

1) 相较于以往对于单一城市的短时间跨度, 或者单一污染物的分析, 本文通过对 2020~2022 年石横镇三年内不同污染物的年际、季节分析, 更为全面地探讨了山东省泰安市石横镇空气污染特征, 也是全国首次对乡镇空气污染特征进行研究分析。

2) 本文通过统计山东省泰安市石横镇近三年的空气质量数据, 发现石横镇 O₃、SO₂、CO、NO₂、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 的数值每年均呈下降趋势, 逐年递减, 表明石横镇的空气质量得到了有效的改善。从数值上来看, 最主要的污染物是 CO, 其次是 PM₁₀。

3) SO₂、CO、NO₂、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 在春季到夏季的浓度呈下降趋势, 夏季到秋季、冬季呈上升趋势; O₃ 在春季到夏季的浓度呈上升趋势, 夏季到秋季、冬季呈下降趋势。因此应当把冬天治理的重心放在环境治理上, 通过转变供暖方式、督促企业落实重污染天气响应措施等, 降低冬季爆发式的空气污染, 把夏天治理的重心放在治理 O₃ 上, 通过加大洒水频次的方式降低 O₃ 浓度。

参考文献

- [1] 《环境科学大辞典》编委会. 环境科学大辞典(修订版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [2] 张泽, 徐跃通. 2005-2012 年山东中南部四大城市大气环境质量状况分析[J]. 鲁东大学学报(自然科学版), 2014,

- 30(1): 73-77.
- [3] 黄玲花. 城市空气污染指数分析及其防治对策——以广西南宁市为例[J]. 桂林理工大学学报, 2013, 33(2): 364-370.
- [4] Wu, J., Zhu, J., Li, W., Xu, D. and Liu, J. (2017) Estimation of the PM_{2.5} Health Effects in China during 2000-2011. *Environmental Science and Pollution Research*, **24**, 10695-10707. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8673-6>
- [5] Feng, J., Yu, H., Liu, S., *et al.* (2017) PM_{2.5} Levels, Chemical Composition and Health Risk Assessment in Xinxiang, a Seriously Air-Polluted City in North China. *Environmental Geochemistry and Health*, **39**, 1071-1083. <https://doi.org/10.1007/s10653-016-9874-5>
- [6] Huang, W. and Long, E. (2014) The Relationship between PM_{2.5} and Meteorological Conditions in Chengdu and the Impact of Urban Spatial Morphology. *Environmental Monitoring in China*, **30**, 93-99.
- [7] 李景鑫, 陈思宇, 王式功, 等. 2013-2014年我国大气污染物的时空分布特征及SO₂质量浓度年代际变化[J]. 中国科技论文, 2017, 12(3): 336-345.
- [8] 罗意然, 钟承韡, 王洪强. 2014-2017年云南省典型城市空气污染特征对比分析[J]. 环境保护前沿, 2019, 9(5): 750-760.
- [9] 罗燕, 陈新梅, 田永丽. 2015-2016年云南省主要城市大气污染物浓度特征及其与气象要素的关系[J]. 环境科学导刊, 2018, 37(6): 40-45.
- [10] 程雪雁, 朱磊, 周艺萱. 2015-2018年京津冀城市群空气污染时空变化特征[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2019, 55(4): 523-531.
- [11] 王建鹏, 卢西顺, 林杨, 等. 西安城市空气质量预报统计方法及业务化应用[J]. 陕西气象, 2001(6): 5-7.
- [12] 任珊珊, 田宏伟. 河南省不同地域空气质量特征及其与气象要素的关系研究[J]. 河南科学, 2018, 36(7): 114-120.
- [13] 杨慧茹, 岳畅, 王东麟, 池振兴. 胶东半岛城市空气质量及其与气象要素的关系[J]. 环境科学与技术, 2014(S1): 62-66.
- [14] 徐祥德. 城市化环境大气污染模型动力学问题[J]. 应用气象学报, 2002, 13(S1): 1-12.
- [15] 周丽, 徐祥德, 丁国安, 等. 北京地区气溶胶PM_{2.5}粒子浓度的相关因子及其估算模型[J]. 气象学报, 2003, 61(6): 761-768.