

湛江市“十三五”期间空气质量特征及污染物变化分析

陈志豪, 孙中强*

岭南师范学院地理科学学院, 广东 湛江

收稿日期: 2021年11月11日; 录用日期: 2021年11月26日; 发布日期: 2021年12月2日

摘要

本文基于2016~2020年湛江市AQI、SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5}的相关数据,对湛江市十三五期间空气质量指数(AQI)以及大气污染物年均浓度值变化进行分析。结果显示五年内PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO年均浓度值均下降,AQI指数总体优良,有一定上升趋势,其中PM_{2.5}、PM₁₀具有“冬春高,夏秋低”的特征,SO₂、NO₂则呈“冬高,春夏秋低”,而O₃总体呈现上升趋势,并且具有“秋高夏低”的特点;气温与六项污染物间均呈负相关性关系,相关性系数大部分较高。分析结果表明:①在我国现行的《环境空气质量标准》下,湛江市空气质量总体较好;②O₃在我国于2012年颁布的《环境空气质量标准》被列入控制范围,但湛江市O₃年均值总体呈现上升趋势,说明湛江市仍需加强O₃生成前体污染物控制;③大气污染物峰值较多集中在冬季,说明湛江市应在冬季加强空气污染检测与控制。

关键词

湛江市, 空气质量, 污染物变化

Analysis of Air Quality Characteristics and Pollutant Changes in Zhanjiang during 2016~2020

Zhihao Chen, Zhongqiang Sun*

School of Geographical Sciences, Lingnan Normal University, Zhanjiang Guangdong

Received: Nov. 11th, 2021; accepted: Nov. 26th, 2021; published: Dec. 2nd, 2021

*通讯作者。

Abstract

Based on the data of AQI, SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀ and PM_{2.5} in Zhanjiang from 2016 to 2020, this paper analyzes the changes in Air Quality Index (AQI) and annual average concentrations of air pollutants in Zhanjiang from 2016 to 2020. The results show that the annual average concentrations of PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, NO₂ and CO all decreased in five years, AQI index is generally good, with a certain upward trend, with PM_{2.5} and PM₁₀ having the characteristics of “high in winter and spring, low in summer and autumn”, SO₂ and NO₂ showing “high in winter, low in spring, summer and autumn”, while O₃ showed an overall increase. The overall trend of O₃ is rising and has the characteristics of “high in autumn and low in summer”; the correlation between temperature and the six pollutants is negative, and the correlation coefficients are mostly high. The analysis shows that: ① Under China’s current Ambient Air Quality Standards, Zhanjiang’s air quality is generally good; ② O₃ was included in the control scope in the Ambient Air Standards promulgated by China in 2012, but the annual average value of O₃ in Zhanjiang showed an overall increasing trend, indicating that Zhanjiang still needs to strengthen the control of O₃ generating precursor pollutants; ③ The peak of air pollutants is more concentrated in winter, which indicates that Zhanjiang should strengthen air pollution detection and control in winter.

Keywords

Zhanjiang, Air Quality, Pollutant Change

Copyright © 2022 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

工业化进程及城市化的快速发展在带来便利的同时, 势必给城市和周边地区带来一定的大气污染, 进而影响空气质量。在工业化和城市化进程中, 对空气质量特征进行监测与评估有利于保障人们的健康生活环境和经济、社会及环境的可持续发展。国内外依据自身发展状况, 相应地提出了不同的环境空气质量标准。欧洲各国通过签署一系列从源头减少污染排放的跨国协定, 来规定大气污染物削减量, 并在控制污染排放方面加强国际协作以达到制定的削减量; 美国在《清洁大气法》中划分了空气质量控制区, 实行排污权交易, 并对汽车制造商做出要求, 为汽车等流动污染源规定了更严格的排放标准[1]。我国于1982年颁布实施国家环境空气质量标准, 并于2012年上半年规定采用空气质量指数(AQI)替代原有的空气污染指数(API), AQI是将几种常规空气污染物的浓度监测数据按照不同的浓度限值标准转化为空气质量分指数(IAQI)后从中取最大值, 同时对不同污染浓度的间隔时间做出规定, 包括年平均、24 h平均、8 h平均和1 h平均浓度限值, 并增加O₃和PM_{2.5}的控制标准, 同时提高对PM₁₀和NO₂的限值要求, 污染指标的增加使得评价也更加客观[2] [3]。

前人对湛江市十三五之前的空气质量特征及污染物变化开展多方面的研究, 包括大气污染现状、污染防治存在的问题和大气污染防治措施等, 研究表明湛江市环境空气质量综合指数持续名列前茅, 一直都是稳居广东省前三, 同时也发现湛江空气质量出现一定下降趋势[4] [5] [6] [7]。湛江市作为中国大陆南端的重要沿海城市, 工业基础相对薄弱, 技术与装备较落后, 目前随着湛江钢铁、炼化、造纸等等重工

业基地的建设,使湛江市进入重化工业大力发展阶段,如规模以上工业增加值中,先进装备制造业增长13.5%,石油化工产业增长63.1%。湛江为推进广东省域副中心城市、粤西和北部湾城市群中心城市、首批“一带一路”海上合作支点城市建设,一大批基础设施建设项目快速推进,城市化进程逐渐加快[8]。重工业生产和城市建设过程所产生的SO₂、NO₂、CO等大气污染物,将来势必造成一定程度的大气污染[9]。因此,本文选取湛江市为研究区域,以2016~2020年湛江市空气质量实时监测数据为基础,采用空气质量指数、污染物变化特征等评价分析方法,对近5年湛江市空气质量和相关大气污染物的变化特征进行分析和讨论,一方面可对湛江市目前的空气质量状况进行评估,另一方面可作为后续重工业及城市发展对空气质量影响的对比,为湛江经济社会合理发展过程中降低大气污染,制定治理对策提供一定的理论支持。

2. 研究方法

2.1. 数据来源

本研究所选用AQI值,大气污染物月度数据来源于湛江市气象局监测数据。数据时间序列为2016年1月至2020年12月。包括6项污染物(SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5})的月度数据、AQI。相关政策来源于广东省人民政府门户网站、湛江市人民政府门户网站。

2.2. 评价标准与方法

参照《环境空气质量标准》(GB3095-2012)及《环境空气质量评价技术规范(试行)》(HJ663-2013),我国目前采用AQI来反映某一地区某一时段的空气质量水平,数值越高级别越大,表明空气质量越差,污染越严重[3]。

AQI计算方法如下:

$$IAQI_p = \frac{IAQI_{Hi} - IAQI_{L0}}{BP_{Hi} - BP_{L0}}(C_p - BP_{L0}) + IAQI_{L0} \quad (1)$$

式中:IAQI_p为污染物项目P的空气质量分指数;C_p为污染物项目P的质量浓度值;BP_{Hi}为该地区的空气质量分指数及对应的污染物项目浓度指数表中与C_p相近的污染物浓度限值的高位值,BP_{L0}则为低位值;IAQI_{L0}为该指数表与BP_{L0}对应的空气质量分指数。AQI指数分为优、良、轻度污染、中度污染、重度污染及严重污染6个等级,对应的取值范围分别为0~50、51~100、101~150、151~200、201~300、300~500。

利用相关数据制作AQI、污染物数据月度变化曲线图及气象要素变化图等,对污染数据年平均变化特征、月平均变化特征及影响因素进行分析。

3. 结果与讨论

3.1. 主要污染物时间变化特征

大气主要污染物的变化对空气质量影响较大,通过2016~2020年6项污染物(SO₂、NO₂、CO、O₃、PM₁₀、PM_{2.5})数据可计算出各项污染物年平均浓度值,得出年平均浓度值变化曲线图。

由图可知2016~2020年PM_{2.5}年均浓度值范围为27.92~21.17 μg/m³,PM₁₀年均浓度值范围为45.67~34.83 μg/m³,SO₂年均浓度值范围为9.58~7.92 μg/m³,CO年均浓度值范围为0.93~0.61 mg/m³,NO₂年均浓度值范围为15~12.67 μg/m³,O₃年均浓度值范围为90.25~86.25 μg/m³。这六项主要污染物年均浓度值达国家二级标准,其中SO₂、NO₂年均浓度值远低于国家二级标准60 μg/m³(SO₂)和40 μg/m³(NO₂),

总体趋势来看, CO 年均浓度近 5 年总体呈一定的下降趋势(图 1)。其中 PM_{2.5} 与 PM₁₀ 等颗粒物通常产生于机动车尾气、未铺的沥青及基础设施建设过程等, 因为对大气危害较大, 且容易造成雾霾天气, 目前受到较多关注[10], PM_{2.5} 与 PM₁₀ 在 2020 年的年平均浓度有所降低, 该情况的出现可能受新冠疫情影响, 人们外出活动减少, 经济活力降低, 移动污染源及工业生产污染物减少有关。

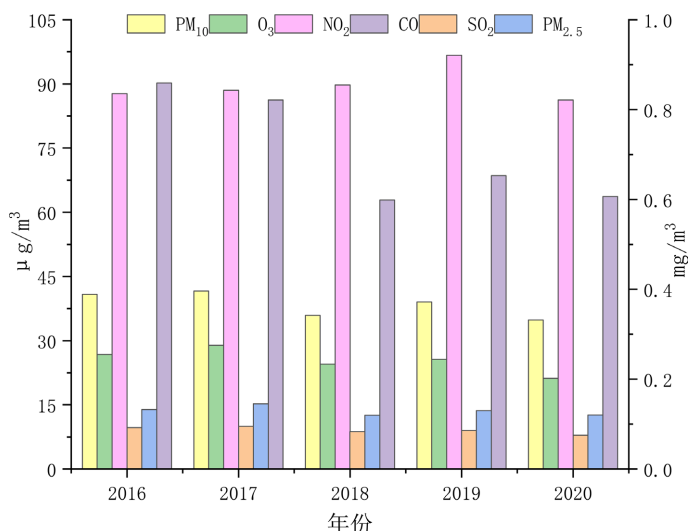


Figure 1. Annual average change of major pollutants
图 1. 主要污染物年平均值变化图

污染物月平均变化值则可更加详细的体现其时间变化特征, 本次研究选取 3 个年度的不同污染物月平均变化特征进行分析。总体上, PM_{2.5} 与 PM₁₀ 月平均浓度值具有冬春季节较高而夏秋季节较低的特征, 整体呈 U 形, 浓度高值出现在 8 月至次年 2 月, 10~11 月常出现峰值, PM_{2.5} 最高值出现在 75 μg/m³ 左右与 PM₁₀ 最高值出现在 55~70 μg/m³ 之间, 不同年度总体特征相近, 次年 2 月左右开始往往会出出现 PM_{2.5} 与 PM₁₀ 月均值大幅下降的现象(图 2), 其原因可能是春节假期, 停工停产, 人们减少外出, 固定污染源与移动污染源相对减少, PM_{2.5} 与 PM₁₀ 排放减少, 同时, 污染物的季节性差异也可能和区域性季风有关。

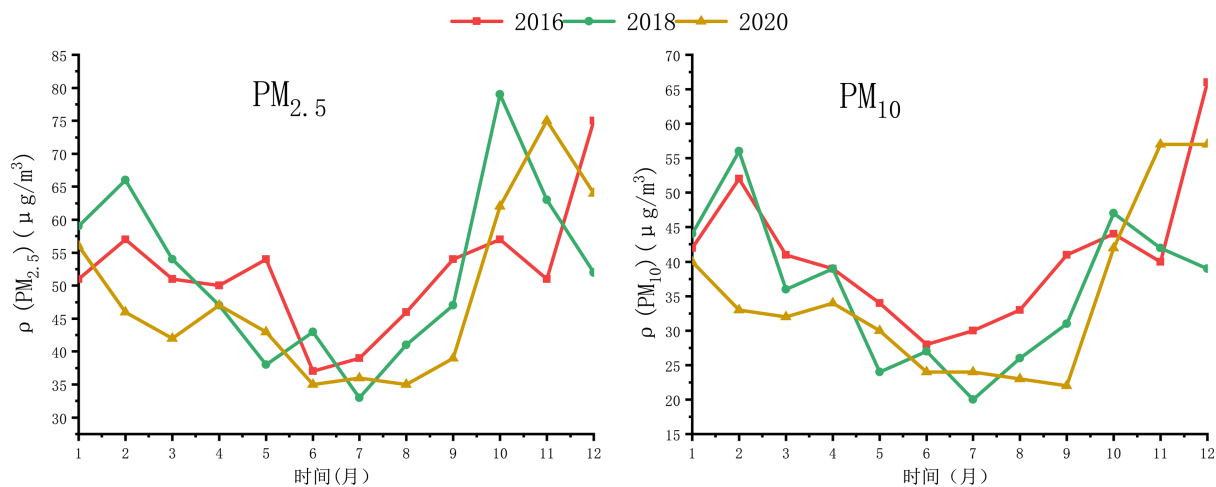


Figure 2. PM_{2.5}, PM₁₀ monthly average change graph
图 2. PM_{2.5}、PM₁₀ 月平均值变化曲线图

SO₂ 产生于含硫燃料的燃烧和含硫原料的加工过程中, 由于其强烈的刺激作用会对人体呼吸系统产生影响[11], 且当其排放到大气中时, 会形成酸雾等, 最终形成酸雨, 对人们生产生活造成影响, 所以其排放受到严格的管控, 年均浓度限值国家二级标准为 60 μg/m³。NO₂ 则主要来源于石化燃料的燃烧, NO₂ 等氮氧化物除了会破坏臭氧层, 还会危害人体健康, 增加酸雨出现的频率, 其排放处理受到人们关注, 年均浓度限值国家二级标准为 40 μg/m³。

SO₂、NO₂ 月平均浓度值冬季较高, 春夏秋三季较低, SO₂ 月平均值具有总体上升的趋势, NO₂ 月平均值总体保持稳定, 峰值往往出现在 11~12 月, 但两者均达到年均浓度限制国家二级标准。总体上, SO₂、NO₂ 变化趋势稳定, 且呈逐年下降的趋势(图 3)。出现这一现象可能与湛江市工业发展过程中逐年加强大气污染物处理及排放的管控有一定的关系。

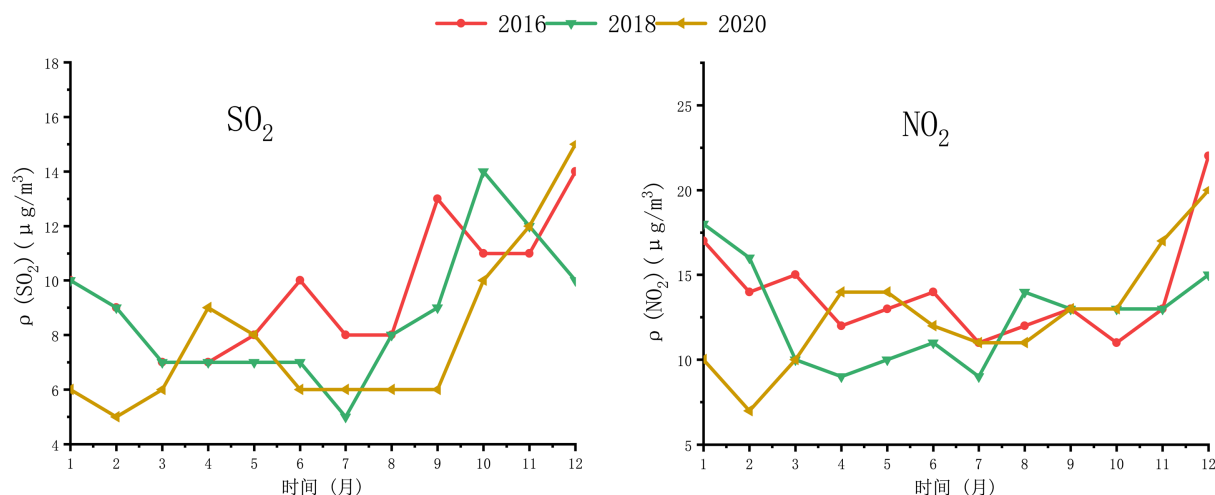


Figure 3. SO₂, NO₂ monthly average change graph
图 3. SO₂、NO₂ 月平均值变化曲线图

O₃ 属于光化学反应产物, 挥发性气体(VOCs)及氮氧化物的排放会影响其生成, 日照及太阳辐射对其生成也有较大影响[12] [13]。O₃ 月平均浓度变化值表现为 10~12 月最高, 1~6 月较为平稳, 7~9 月最低(图 4), 湛江市夏季多云多雨, 降水多集中在 7~9 月, 日照较少, 故 7~9 月是湛江市 O₃ 浓度低值期; 秋冬季节太阳辐射较强, 春夏季太阳辐射强度相当, 月均值呈现双峰型, 高峰出现在 10~11 月, 次高峰则出现在 5~6 月。湛江市 O₃ 年均浓度值总体呈上升趋势, 逐步加重对大气环境的污染, 并且因为其较强的隐蔽性, 污染治理存在难度。

CO 主要来源于燃料的不完全燃烧及机动车尾气的排放[14], 湛江市 CO 月均浓度值变化较小, 2016~2020 年每年的 5~7 月为低值期, 峰值集中在 11~12 月, 年均浓度值总体稳定, 呈逐年下降趋势, 说明湛江市对 CO 的污染治理取得了一定的效果(图 4)。

3.2. 空气质量指数(AQI)变化特征

空气质量指数(AQI)可以从总体上反映空气质量状况, 本次研究建立了湛江 AQI 月平均值变化三维图, 湛江市 2016~2020 年空气质量指数(AQI)表明近 5 年湛江空气质量总体优良, 有一定上升趋势, AQI 最高平均值出现在 2019 年, 平均值为 92, 接近轻度污染; 最低平均值则出现在 2018 年, 平均值为 33, 空气质量为优; 季节上, AQI 月平均值在春冬季会出现峰值, 冬季为高峰, 春季则为次高峰, 夏秋季 AQI 月平均值下降, 6~8 月处于低值期(图 5)。

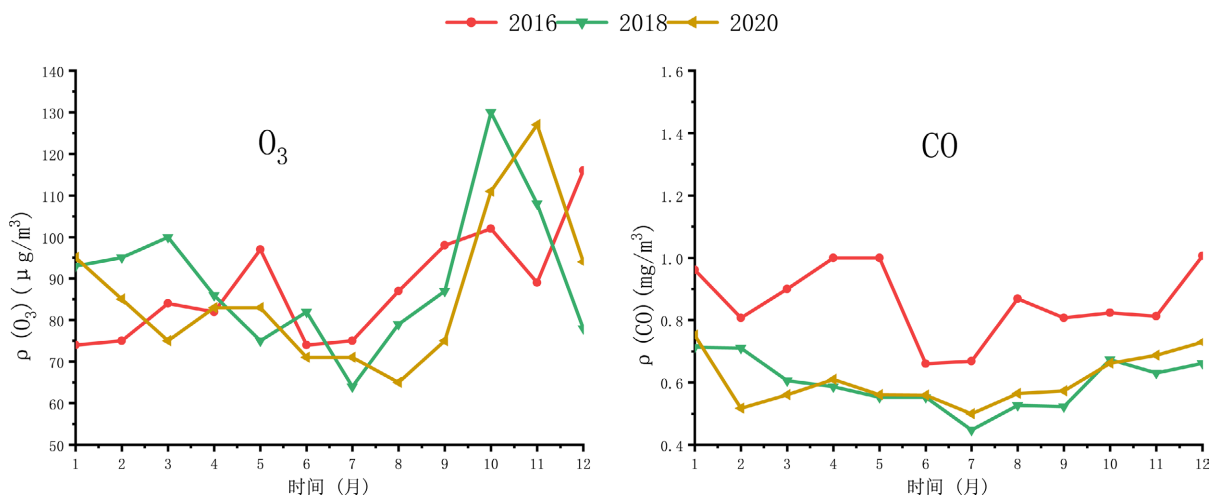


Figure 4. O₃, CO monthly average change graph
图 4. O₃、CO 月平均值变化曲线图

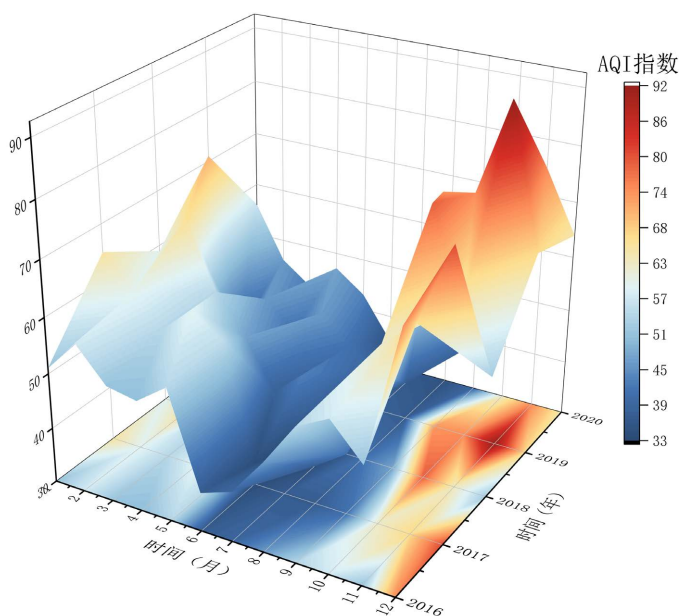


Figure 5. Monthly average change of AQI
图 5. AQI 月平均值变化图

3.3. 影响因素分析

3.3.1. 气候条件

通过不同污染物的年均值浓度变化曲线图和 AQI 指数三维图可知, PM_{2.5}、PM₁₀ 呈现冬春季较高, 而夏秋季较低的特征, SO₂、NO₂ 则呈冬季高、春夏秋三季较低的变化规律, 而 O₃ 总体呈现上升趋势, 并且具有“秋高夏低”的特点; AQI 则呈明显的季节性变化, 春秋高, 夏季则较低。出现这一现象的原因之一是湛江的气候条件变化, 气候条件的变化会影响气溶胶及颗粒物、污染物前体的运动[15], 在此主要考虑降雨天数、气温及风速的变化影响。

湛江市地处北回归线以南的低纬地区, 属于热带和亚热带季风气候, 受海洋气候调节, 降水充沛, 每年 4~9 月为雨季, 集中在 7~9 月, 8 月降雨最频繁, 2016 年的 8 月降雨天数达到了 26 天, 11 月~次年

2月降雨则较少。由于降雨时日照时间减少, 太阳辐射减弱, 减少VOCS等污染物前体的产生, 且雨滴会吸附空气中的颗粒物、离子, 降低气溶胶的扩散[12][13], AQI及六项污染物在7~9月降雨集中时往往会处于低值期。值得注意的是, 2016~2020年降雨天数逐年下降, 2016年共降雨161天, 而2020年共降雨27天, 从2017年开始, 湛江市在秋冬季节可能会出现某月整个月都没有降雨的现象, 2020年的11、12月出现连续两个月没有降雨的现象(图6)。

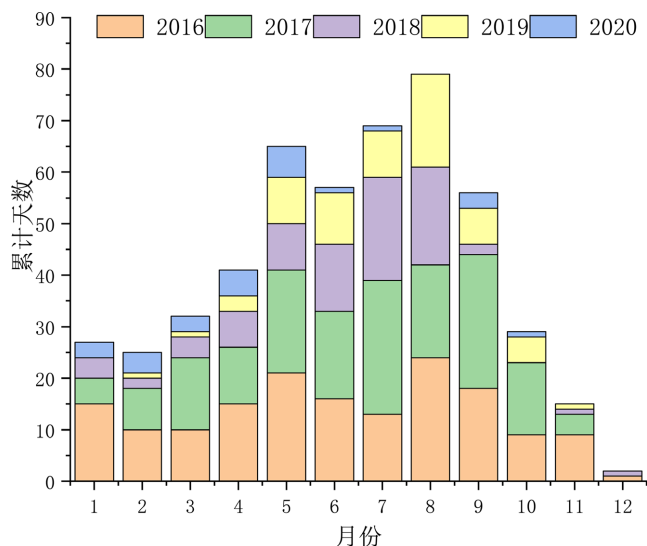


Figure 6. Rainfall days change graph in Zhanjiang during 2016~2020

图6. 湛江市2016~2020年降雨天数变化图

湛江市气温变化特征为夏季高温, 冬季温和, 暑季长而寒季短, 往往每年4月开始进入暑季, 12月~次年2月则为寒季, 2016~2020年年均温均处于25℃以下, 最高月平均气温为30℃, 最低月平均气温为16℃(图7)。气温升高会加速污染物的排放和扩散, 增加二次污染物产生的机率[13], 但在其他气候条件的共同作用下, 湛江市污染物排放受温度影响产生的变化在年平均浓度曲线图中表现得并不明显。

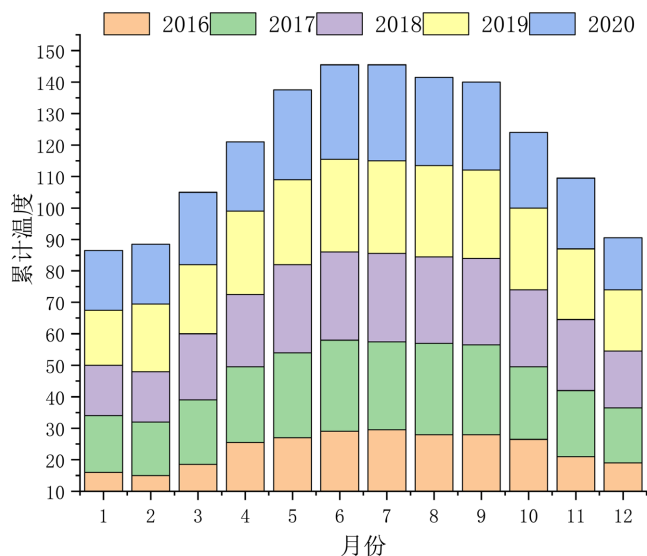


Figure 7. Monthly mean temperature variation in Zhanjiang during 2016~2020

图7. 湛江市2016~2020年月平均气温变化图

风对污染物的影响主要是干清除作用, 对大气污染物起到稀释的作用[15], 湛江市 2016~2020 年月平均风速较小, 均处于 4 级以下, 每年 7~8 月往往处于低值期, 3~4 月则出现峰值, 有利于稀释 PM_{2.5} 等颗粒物, 且由于风速较小, 不会造成扬尘加剧污染(图 8)。

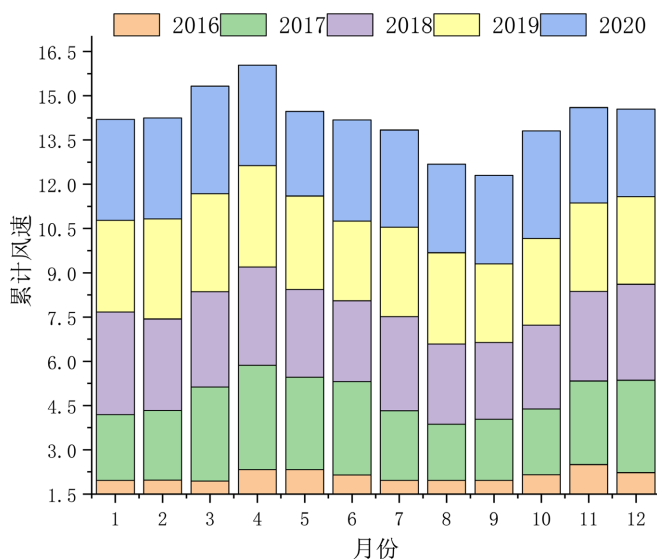


Figure 8. Variation of monthly average wind speed in Zhanjiang, 2016~2020
图 8. 湛江市 2016~2020 年月平均风速变化图

3.3.2. 气候因子相关性分析

本文通过统计湛江市 2016~2020 年的月平均气温、月平均风速、降雨天数三个气候因子数据, 探究三者中与湛江市主要大气污染物相关性较大的气候因子。从数据结果可知湛江市月平均气温、月平均风速及降雨天数与主要大气污染物之间大部分呈一定的负相关性关系。

月平均气温与主要污染物间均呈负相关性关系, 相关性系数大部分较高, 其中: 月平均气温与 PM_{2.5} 月均值的负相关性最高, 相关系数为-0.80169; 其次月平均气温与 PM₁₀ 月均值也存在较高的相关性关系, 相关系数为-0.71164; 与 NO₂ 之间的相关系数为-0.5172 (表 1)。

月平均风速与主要污染物之间大部分呈负相关性关系, 与 CO 月均值的相关性最高, 相关系数为-0.49656, 其次是 SO₂ 月均值, 相关系数为-0.24067, 而与 O₃ 月均值则呈正相关, 相关系数为 0.010442, 相关性较小(表 1)。

降雨天数与主要污染物之间大部分亦呈负相关性关系, 与 SO₂ 月均值负相关性最高, 相关系数为-0.42978, 与 CO 月均值呈正相关性关系, 但相关性较小, 相关系数为 0.14293 (表 1)。

Table 1. Correlation of major pollutants with meteorological elements

表 1. 主要污染物与气象要素的相关性

	PM _{2.5}	PM ₁₀	SO ₂	NO ₂	O ₃	CO
平均气温	-0.80169	-0.71164	-0.33227	-0.5172	-0.27768	-0.48638
平均风速	-0.05886	-0.06421	-0.24067	-0.17042	0.01044	-0.49656
降雨天数	-0.42436	-0.41511	-0.42978	-0.24485	-0.33112	0.14293

4. 结论

1) $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 SO_2 、 NO_2 、 CO 年均浓度值均下降, 其中 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 具有“冬春高, 夏秋低”的特征, SO_2 、 NO_2 则呈“冬高, 春夏秋低”, 而 O_3 总体呈现上升趋势, 并且具有“秋高夏低”的特点。

2) 空气质量指数(AQI)分析表明湛江近 5 年来空气质量总体优良, 有一定上升趋势, AQI 最高平均值出现在 2019 年, 平均值为 92, 接近轻度污染; 最低平均值则出现在 2018 年, 平均值为 33, 空气质量为优; 季节上, AQI 月平均值冬季为高峰, 春季则为次高峰, 夏秋季 AQI 月平均值下降, 6~8 月处于低值期。

3) 气温对主要污染物的影响较大。湛江市平均气温与污染物呈负相关性关系, 与 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 等颗粒物的负相关性系数最高, 7~8 月暑季气温较高时, 主要污染物含量较低, 空气质量指数较低, 空气质量优良。

4) 降雨天数和风速对降低污染物浓度有一定的作用, 其中风速与 CO 的负相关性最强, 影响最大, 而降雨天数则与 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 等颗粒物相关性较强。

5) O_3 年均值总体呈现上升趋势, 需建立更完善的大气污染监管机制, 加强对氮氧化物和 $VOCS$ 的监管, 从源头减少 O_3 生成前体污染物的产生。此外, 针对污染物和空气质量的季节性变化特征可采取季节性定向防治的措施, 结合气候条件的变化, 在冬季少雨或无雨, 主要污染物浓度上升时, 采取人工降雨等措施, 在污染物峰值期加大防治力度, 最大限度地减少大气污染物的产生。

基金项目

本研究得到岭南师范学院人才专项资助项目(ZL2021012)资助。

参考文献

- [1] 薛志刚, 郝吉明, 陈复, 柴发合. 欧美发达国家大气污染控制经验[J]. 杭州(党政刊), 2016(3): 32-33.
- [2] 董洁, 李梦茹, 孙若丹, 申红艳, 宸铁梅. 我国空气质量标准执行现状及与国外标准比较研究[J]. 环境与可持续发展, 2015, 40(5): 87-92.
- [3] 中国环境科学研究院, 中国环境监测总站. GB3095-2012. 环境空气质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [4] 李文送, 刘金祥, 蔡瑜, 罗惠峰, 蓝海婷. 湛江大气环境质量现状与分析研究[J]. 湛江师范学院学报, 2003, 24(6): 71-75.
- [5] 李贞, 刘艳菊, 李巍. 湛江市空气质量管理研究[J]. 山西经济管理干部学院学报, 2007, 15(1): 45-48.
- [6] 殷旗风. 湛江滨海大气中 TSP、阴离子及重金属污染物的浓度特征及来源分析[D]. [硕士学位论文]. 湛江: 广东海洋大学, 2020.
- [7] 郑秀亮, 黄艺文. 湛江: 空气质量稳居全省前三[J]. 环境, 2020(11): 45-47.
- [8] 广东省人民政府. 构建沿海开放性创新体系[M]//广东省沿海经济带综合发展规划(2017-2030 年). 广州: 广东省人民政府, 2017: 45-50.
- [9] 钟紫菱, 伍琼. 关于湛江市大气污染防治措施的探讨[J]. 广东化工, 2020, 47(23): 102-103.
- [10] 刘宁, 张飞云, 范圣虎. 乌鲁木齐市“十三五”期间环境空气质量变化及污染原因分析[J]. 新疆环境保护, 2021, 43(3): 17-25.
- [11] 刘睿劼, 张智慧. 中国工业二氧化硫排放趋势及影响因素研究[J]. 环境污染与防治, 2012, 34(10): 100-104.
- [12] 林晖. 蓝天保卫战背景下的臭氧治理研究[J]. 资源节约与环保, 2021(5): 135-136.
- [13] 申浩, 任小辉, 吕玉新. 空气中臭氧污染治理思路初探[J]. 中小企业管理与科技, 2021(24): 51-52.
- [14] 韩放, 黄昀. 2016 年-2020 年天津市空气质量及大气污染物变化特征[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(13): 60-61+63.
- [15] 于彩霞, 邓学良, 石春娥, 吴必文, 翟菁, 杨关盈, 霍彦峰. 降水和风对大气 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的清除作用分析[J]. 环境科学学报, 2018, 38(12): 4620-4629.