

Characteristics of Environmental Air Pollution in Dazhou and Its Relationship with Meteorological Elements

Yinrui Feng

Chengdu University of Information Technology, CUIT, Chengdu Sichuan
Email: fengyinruicuit@outlook.com

Received: Nov. 5th, 2019; accepted: Nov. 20th, 2019; published: Nov. 27th, 2019

Abstract

Based on the pollution data of Dazhou from 2015 to 2016 and the meteorological data of the same period, this paper analyzes the pollution characteristics of Dazhou and the results show: Dazhou has better air quality overall, and the excellent rate has reached 70%; the main days of pollution are concentrated in the winter, during which time the pollution of fine particulate matter PM_{2.5} is the most serious. The seasonal variation characteristics of pollutants SO₂, NO₂, CO, PM₁₀ and PM_{2.5} are low in winter and high in summer, but the seasonal variation in O₃ concentration is low in summer and high in winter. The monthly change of CO, PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations also showed obvious U-shaped features, and the monthly variation of O₃ concentration was inverted U-shaped. Finally, the correlation analysis between the six main pollutant concentrations and the six meteorological elements in the same period shows that the correlation between the four meteorological elements of air pressure, temperature, precipitation and wind speed with the concentration of various pollutants is higher, the correlation of O₃ and four meteorological elements associated is completely contrary with the other five pollutants.

Keywords

Air Pollution, Meteorological Element, Correlation Analysis, Dazhou

达州市环境空气污染特征及其与气象要素的关系

冯营蕊

成都信息工程大学, 四川 成都
Email: fengyinruicuit@outlook.com

收稿日期: 2019年11月5日; 录用日期: 2019年11月20日; 发布日期: 2019年11月27日

摘要

本文利用达州市2015~2016年的污染数据和同期的气象数据,对达州市的污染特征进行分析,结果表明:达州市总体上空气质量较好,空气优良率达到了70%,主要的污染天数集中在冬季,这期间以细颗粒物PM_{2.5}的污染最为严重。污染物SO₂、NO₂、CO、PM₁₀和PM_{2.5}浓度的季节变化特征都是冬高夏低,但O₃浓度的季节变化却是夏高冬低;CO、PM₁₀和PM_{2.5}浓度的逐月变化图呈明显的“U”型特征,O₃浓度的逐月变化特征呈倒“U”型。最后,用6种主要污染物浓度与同期6种气象要素做相关性分析,得到气压、气温、降水量和风速这4种气象要素与各种污染物浓度的相关程度较高,其中O₃和4种气象要素的相关性与另外5种污染物的相关性完全相反。

关键词

空气污染, 气象要素, 相关分析, 达州

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

大气无处不在,大气成分与人的生命安全密不可分。空气污染会对人体的呼吸系统、循环系统等造成危害,由此引发的一系列呼吸系统疾病、心脑血管疾病乃至癌症的发病率及死亡率都在不断升高,因此公众对空气污染状况日益重视[1] [2] [3] [4]。本次的研究地点为达州市,位于四川省东北部,地处四川、重庆、湖北、陕西四省与长江上游成渝经济带交汇处,是四川省重点建设的区域性中心城市。由于达州市从2015年才开始进行PM_{2.5}的监测,在此之前关于达州市大气污染状况的研究多没有涉及到PM_{2.5}。本次研究在达州市现有的污染状况中加入PM_{2.5}方面的内容,有助于对达州市环境空气污染状况进行有效评价,为解决达州市空气污染问题提供最新的依据。

2. 资料与方法

2.1. 资料来源

数据中心(<http://data.cma.cn/data/cdcindex.html>)2015年~2016年日全国空气质量日报达州市的污染资料,包括:AOI指数、空气质量级别和首要污染物;达州市2015~2016年环境监测国控站逐时监测数据;达州市达川气象观测站地面观测资料。

2.2. 研究方法

根据概率论和气象统计分析与预报方法[5] [6]中的方法,先利用空气质量的日数据计算其月、季、年均数据,再利用6种主要污染物浓度的逐时数据计算得到日均数据后计算其月、季、年均数据,分析其随时间的变化特征。此后利用相关分析法计算相关系数研究两者的相关性,并进行显著性检验。公式(1)为相关系数的计算公式。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

3. 达州市空气质量概况

图 1 统计了达州市 2015~2016 年各等级空气质量出现天数的比例, 有 427 天的空气质量等级为良, 占总天数的 58%。轻度污染及以上的天数有 191 天, 约占总样本天数的 25%, 其中严重污染天数为 3 天。空气质量为优的天数有 113 天, 占总天数的 15%。总体来说, 2015~2016 达州市的空气质量状况良好, 优良率达到 70%。除 AQI 之外还有一个指标 IAQI (空气质量分指数), 它是指单项污染物的空气质量指数, 根据技术规定中的定义, 当 AQI > 50 时 IAQI 最大的空气污染物称为首要污染物。图 2 为 2015~2016 年各首要污染物出现的频率, 由图可知达州市的首要污染以细颗粒物 $PM_{2.5}$ 为主, 非优天数中, 有 439 天的首要污染物中有 $PM_{2.5}$, 占总非优天数的 69%; 其次是可吸入颗粒物 PM_{10} , 其作为首要污染物出现的天数有 104 天。两者共占总非优天数的 86%, 说明达州市的污染物治理应更加重视颗粒物。

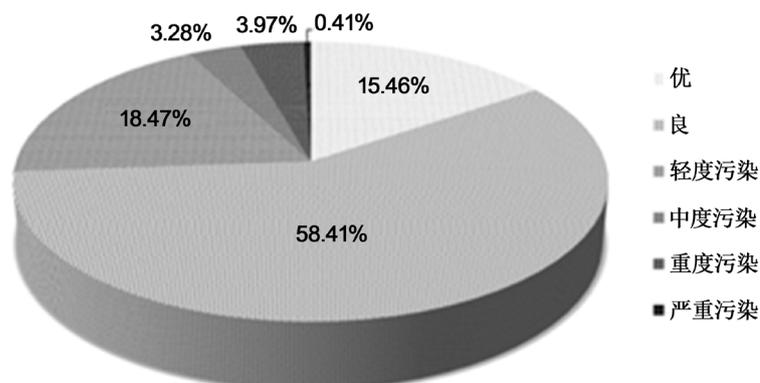


Figure 1. Days of air quality in all grades in Dazhou City from 2015 to 2016

图 1. 达州市 2015~2016 年各等级空气质量出现天数比例

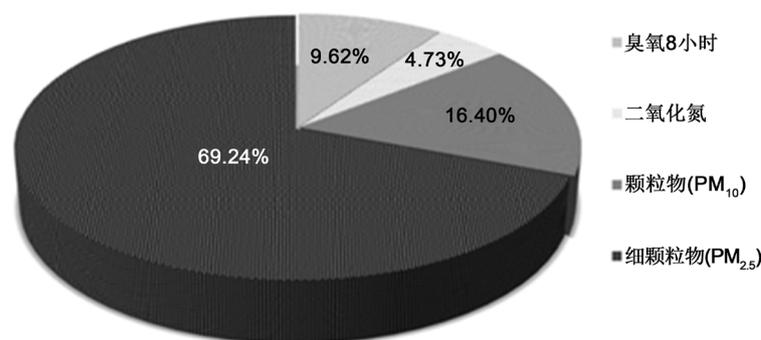


Figure 2. Days of primary pollutants in Dazhou City from 2015 to 2016

图 2. 达州市 2015~2016 年首要污染物出现天数比例

图 3 统计了达州市 4 种首要污染物在 2015~2016 年各月出现的频次, 可以看出, NO_2 作为首要污染物出现的较月份与 O_3 作为首要污染物出现的月份呈现出一种“互补”的形式。 NO_2 作为首要污染物主要出现在春秋两季, 而 O_3 污染主要出现在夏季, 两者在冬季造成污染的情况均较少。其次, NO_2 和臭氧作为首要污染物出现的频次总体来说不高, NO_2 出现频次最高的月份是 2015 年 11 月, 该月 NO_2 作为首要污染物出现的天数有 10 天, 而其他月份出现的频次都在 5 天以下; O_3 出现的天数比 NO_2 出现的天数多, 频次最高的月份是 2015 年 7 月, 该月 O_3 作为首要污染物出现的总天数有 21 天, 其他月份臭氧出现的频次集中在 5 到 10 天左右。 $PM_{2.5}$ 作为首要污染物出现的频次呈明显的“U”形, 冬季最高, 春秋季节次之, 夏季最少。 PM_{10} 出现频次较高的月份为 4、5、6、7、8 月, 即春夏两季, 冬季最低。 $PM_{2.5}$ 作为首要污染

物出现频次较高,除夏季三个月中,其他月份出现频次少有低于 10 的,其中出现频次最高的月份是在 2015 年 1 月和 2016 年 12 月,30 天都有。 PM_{10} 出现频次最高的月份是 2016 年 4 月,该月 PM_{10} 作为首要污染物出现了 12 天,而其他月份虽频次有高有低,但基本低于 10 天,故其影响较 $PM_{2.5}$ 低。由前文可知,冬季 NO_2 、 O_3 、 PM_{10} 出现频次均为最低,说明达州市冬季的污染几乎完全是由 $PM_{2.5}$ 贡献的。综上所述,春季达州市的首要污染物为 NO_2 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} ,夏季的首要污染物为 O_3 和 PM_{10} ,秋季的首要污染物为 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} ,冬季的首要污染物为 $PM_{2.5}$ 。

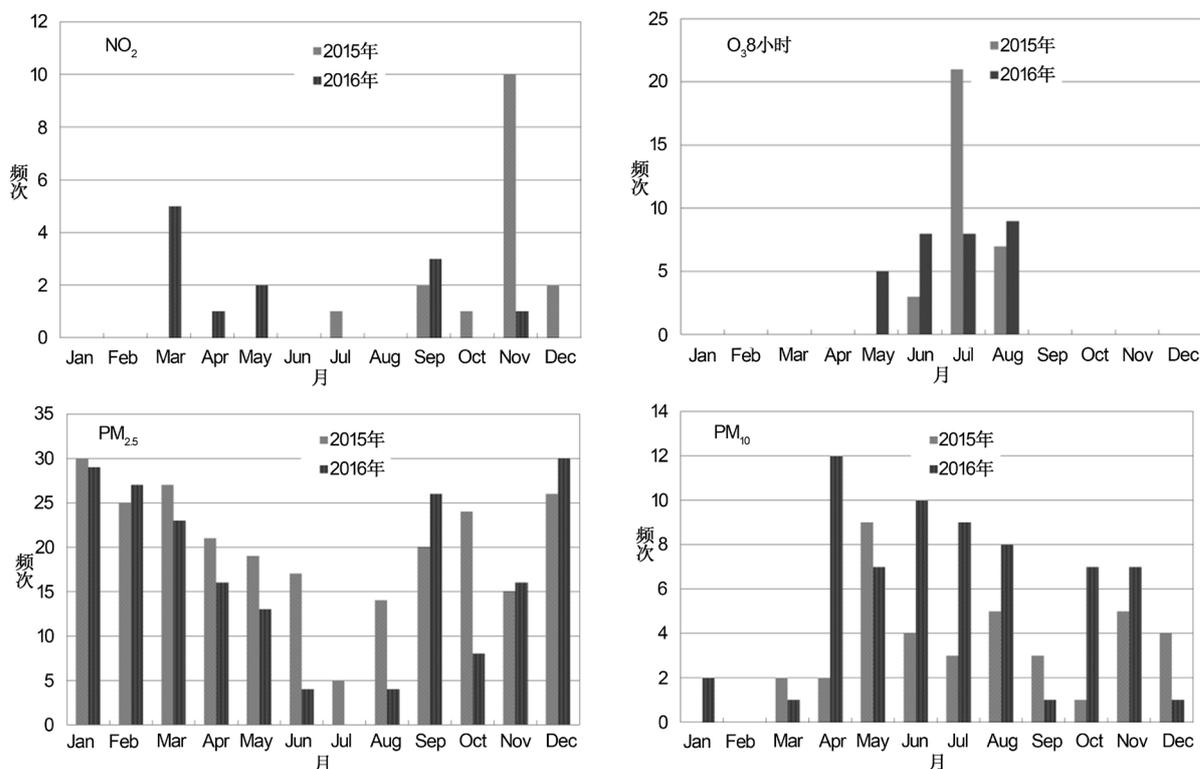


Figure 3. Frequency of four primary pollutants in Dazhou in each month
图 3. 达州市 4 种首要污染物在各月出现的频次

图 4 是达州市 2015、2016 年两年 AQI 的季节变化和月变化图,从季节变化图(左)中可以看出:两年的 AQI 季节均值都是冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季,除冬季外其他三个季节 AQI 的季平均值均未超过 100,且冬季相比其他三季 AQI 值有一个明显的升高,说明到冬季达州市的空气质量会大幅迅速转差。两年 AQI 的季节变化趋势大致相同,2016 年总体比 2015 年有所下降。从月变化图(右)中可以看出,两年变化均为 1 月达到最大值后陡降,4~11 月处于波动阶段,12 月 AQI 值陡升在次年 1 月达到最高。相较于 2015 年,2016 年的波动期较为不稳定,且 16 年的最低值低于 15 年最低值。这说明达州市冬季污染最为严重,其他三个季节污染较轻,夏季污染最轻。

4. 达州市 6 种主要污染物浓度的时间变化特征

4.1. 污染物浓度年值

图 5 是达州市 2015~2016 两年 6 种主要污染物日均浓度平均值柱状图,用两年中日均浓度的最大最小值做误差棒。除 CO 外其他 5 种污染物的浓度单位都是 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,CO 的浓度单位为 mg/m^3 ,该图仅做数值大小比较。由图 5 可得: SO_2 、 NO_2 的年均,日均浓度均未超过国家二级标准(SO_2 年均限值 $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$,

24 小时均值 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$; NO_2 年均限值 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 小时均值 $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$; CO 和 O_3 由于标准中并未给定标准值, 因此无法比较, 仅明晰 CO 日均浓度最大值为 $2.4 \text{ mg}/\text{m}^3$, 未超出国家二级标准的 $4 \text{ mg}/\text{m}^3$; PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度和日均浓度远高于国家二级标准(PM_{10} 年均限值 $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 小时均值 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $\text{PM}_{2.5}$ 年均限值 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 小时均值 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$)。故而得出, 达州市首要空气污染物当属 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 。

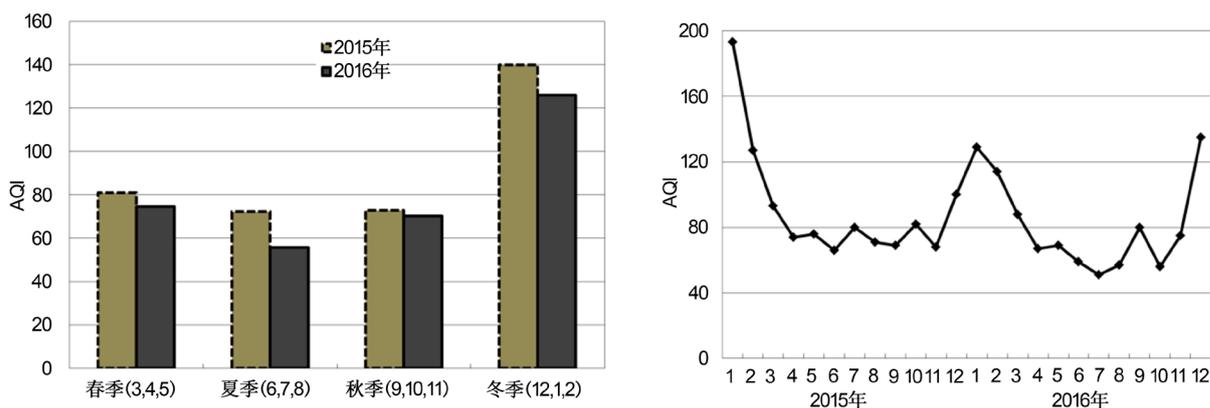


Figure 4. Seasonal and monthly changes in the AQI of Dazhou City from 2015 to 2016

图 4. 达州市 2015~2016 年 AQI 的季节变化和月变化

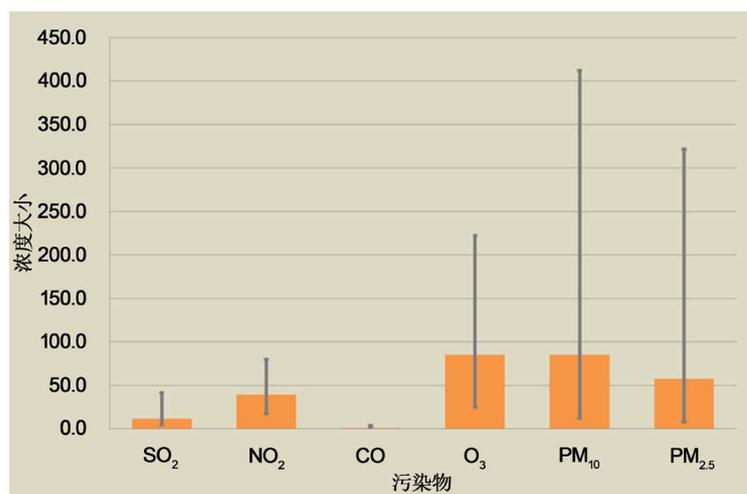


Figure 5. Maximum and minimum annual average and daily concentrations of six pollutants in Dazhou City from 2015 to 2016

图 5. 达州市 2015~2016 年 6 种污染物年均浓度和日浓度的最大、最小值

图 6 进一步分析了 2015~2016 年除去缺测天数后的 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度统计结果, 可以看出: 可以看出: PM_{10} 的日均浓度在 $50\sim 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围内, 日均浓度在 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上的天数有 528 天, 在 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上的天数有 59 天; $\text{PM}_{2.5}$ 的日均浓度在 $35\sim 70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围内, 日均浓度在 $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上的天数有 473 天, 占到样本总天数的 69%, 日均浓度在 $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上的天数有 157 天。即 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 超过国家标准的日数各占总日数的一成和两成以上。

4.2. 污染物浓度的月变化特征

根据达州市 2015~2016 年环境监测国控站的逐时监测数据, 得到了 6 种主要污染物浓度的月变化特征。

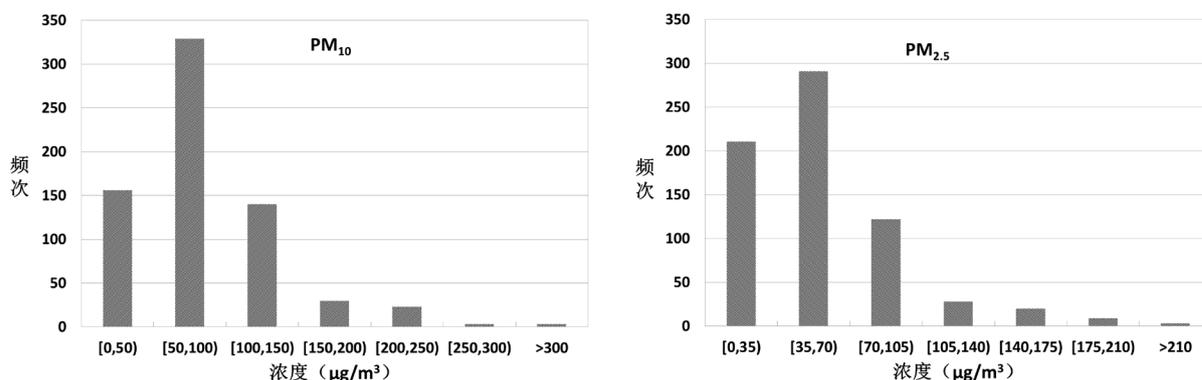


Figure 6. Daily average concentration of PM₁₀ and PM_{2.5} in Dazhou City from 2015 to 2016

图 6. 达州市 2015~2016 年 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 日平均浓度统计

图 7 是 SO₂ 月均浓度逐月变化折线图，由图可知：SO₂ 的月均浓度在 12 个月中有多个极值点，起伏较大。1 月 SO₂ 的月均浓度值最高，达 14.3 µg/m³，2 月浓度值陡降，3 月浓度重新回升，3 月~7 月 SO₂ 维持在一个较低的浓度范围内，其中 6 月和 7 月达到全年的最低，7 月之后，浓度值陡升，但在 10 月再次降到最低，11 月再次增大，之后 12 月又有小幅下降。综上，SO₂ 浓度的逐月变化波动较大，最高值出现在 1 月份，最低值出现在 6、7、10 月，夏秋季 SO₂ 浓度较低，冬春季浓度较高。此外，这两年 SO₂ 的月均浓度变化范围在 10.2~14.3 µg/m³ 之间，该浓度范围较小，这说明达州市 SO₂ 污染不严重。

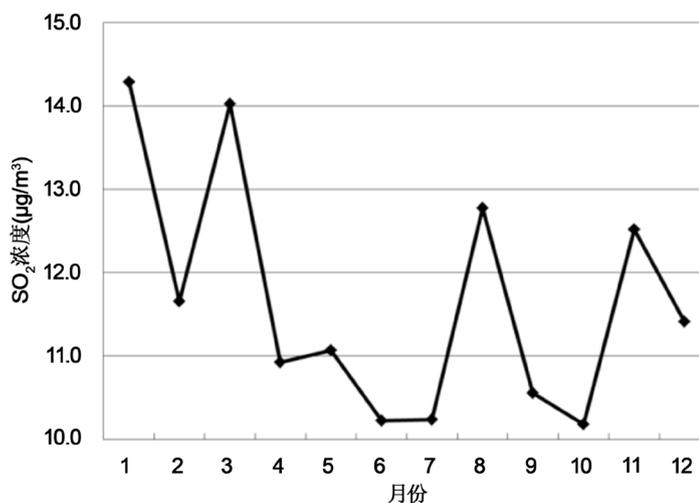


Figure 7. Monthly change of monthly average SO₂ concentration in Dazhou City from 2015 to 2016

图 7. 达州市 2015~2016 年 SO₂ 月均浓度的逐月变化

图 8 是 NO₂ 月均浓度逐月变化折线图。由图可知：1~3 月 NO₂ 的月均浓度值持续升高，在 3 月达到全年最高，3 月后陡降，下降持续至 8 月，达到全年最低，8 月之后，NO₂ 浓度又开始持续升高至 12 月份。综上，NO₂ 浓度冬春季高于夏秋季，最高值出现在 3 月，最低值出现在 8 月，月均浓度变化范围在 33.9~45.2 µg/m³ 之间，几乎是 SO₂ 月均浓度的 3 倍，说明达州市 NO₂ 污染比 SO₂ 污染更严重。

图 9 是 CO 和 O₃ 月均浓度逐月变化折线图，由图可知：CO 浓度逐月变化均呈“U”型，1 月和 12 月的浓度高，7 月的浓度最低。而 O₃ 浓度的逐月变化图正好与 CO 的分布型相反，呈两边低中间高的倒“U”型，1 月份和 11、12 月浓度低，7 月浓度最高，O₃ 浓度的逐月变化特征与其作为首要污染物出现频次的逐月分布特征相符。

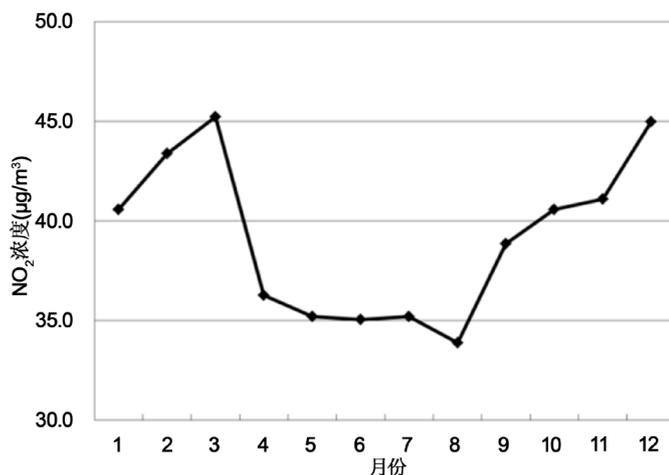


Figure 8. Monthly change of NO₂ monthly average concentration in Dazhou City from 2015 to 2016
图 8. 达州市 2015~2016 年 NO₂ 月均浓度的逐月变化

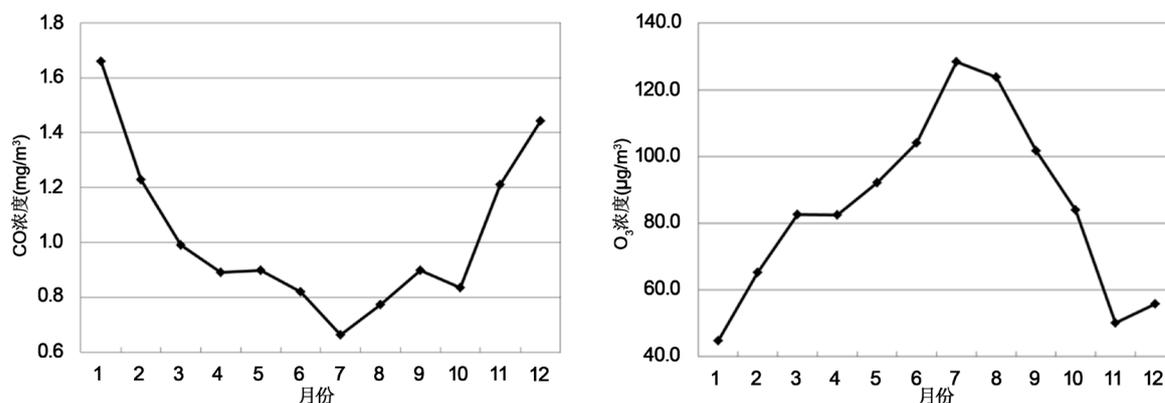


Figure 9. Monthly change in monthly average CO and O₃ concentrations in Dazhou City from 2015 to 2016
图 9. 达州市 2015~2016 年 CO 和 O₃ 月均浓度的逐月变化

图 10 是 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 月均浓度逐月变化折线图, 由图可知: PM₁₀ 与 PM_{2.5} 浓度的逐月变化形式基本相同, 呈与 CO 类似的“U”型。从图中可以看出两者都是在冬季三个月的月均浓度较高, 其他月份月均浓度都维持在较水平。PM₁₀ 的月均浓度特征与前面各月出现频次特征不同, 频次图中反映出 PM₁₀ 在春夏季出现的频次较多, 冬季出现的频次较少, 而浓度变化图中 PM₁₀ 冬季的浓度较高, 夏季较低。PM_{2.5} 的浓度变化特征与前面频次图的变化特征相吻合, 都呈现冬高夏低的“U”字型, 意味着在冬季 PM_{2.5} 出现的频次高, 浓度也高。

4.3. 污染物浓度的季节变化特征

图 11 是达州市 2015~2016 年 SO₂ 和 NO₂ 浓度的季节变化柱状图, 由图可知: SO₂ 的平均浓度变化呈“U”型, 这一点在 SO₂ 浓度的逐月变化图上表现的不明显, 值得注意的是 SO₂ 季平均浓度冬季只比夏季高了 1.4 µg/m³, 由资料知达州市年平均气温在 14.7°C~17.6°C 之间, 无燃煤供暖需求, 故燃煤不是造成冬季 SO₂ 浓度升高的主要原因[7], 这也验证了冬季 SO₂ 浓度相比其他季节没有大幅升高的事实。除此之外, SO₂ 浓度的季节平均值比 NO₂ 低得多, 即便是在浓度最高的冬季, 其季平均浓度也比 NO₂ 浓度最低的夏季小得多。NO₂ 的季平均浓度也是冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季, 最高最低值仅相差 8.0 µg/m³, 除了夏季, 其他三个季节 NO₂ 的季平均浓度均在 35 µg/m³ 之上。

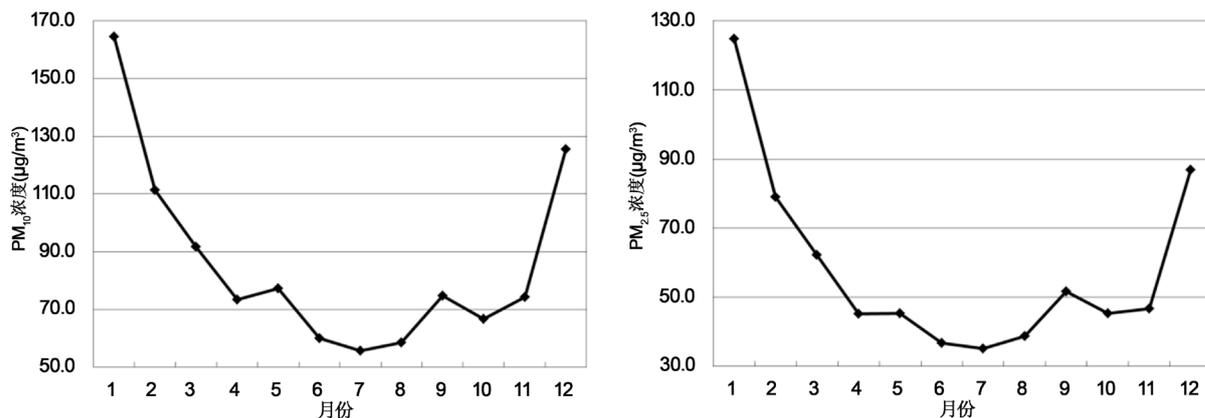


Figure 10. Monthly change in monthly average concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} in Dazhou City from 2015 to 2016

图 10. 达州市 2015~2016 年 PM₁₀ 和 PM_{2.5} 月均浓度的逐月变化

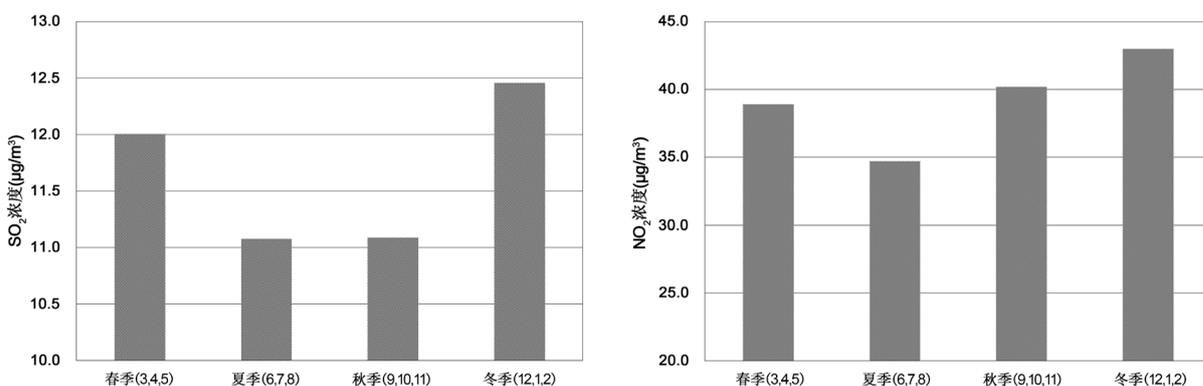


Figure 11. Seasonal variation of SO₂ and NO₂ concentrations in Dazhou City from 2015 to 2016

图 11. 达州市 2015~2016 年 SO₂ 和 NO₂ 浓度的季节变化

图 12 是达州市 2015~2016 年 CO 和 O₃ 浓度的季节变化柱状图, 由图可知: CO 季平均浓度冬季 > 秋季 > 春季 > 夏季, 与之前其月平均浓度的变化一致, 冬季平均浓度几乎是夏季的两倍。O₃ 的季平均变化浓度为夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季, 夏季最高季均浓度为 118.7 µg/m³, 与 CO 的变化形式正好相反, 这与前文结论一致, 造成这种现象的原因是, 夏季太阳辐射强, 温度高, 易造成二次臭氧的生成, 除此之外当然还有气象条件的配合, 造成 O₃ 浓度在夏季最高。

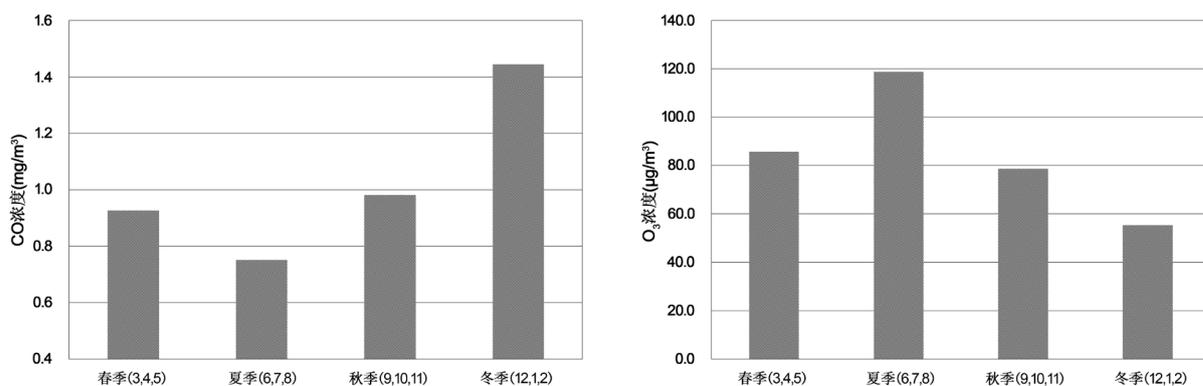


Figure 12. Seasonal changes in CO and O₃ concentrations in Dazhou City from 2015 to 2016

图 12. 达州市 2015~2016 年 CO 和 O₃ 浓度的季节变化

分析达州市 2015~2016 年 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 浓度的季节变化柱状图(图略)可知, PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 的季均浓度变化都是冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季, 这一特点与前文中的月变化特征相一致。总体来讲, PM_{10} 的浓度值高于 $PM_{2.5}$ 的, 结合前面 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的频次变化图知, 虽然 PM_{10} 冬季出现的天数比 $PM_{2.5}$ 的少, 但其浓度要比 $PM_{2.5}$ 的高。

5. 达州市 6 种主要污染物浓度的时间变化特征

城市污染物浓度的变化不仅与污染源的排放有关, 还与当地的地形气候等因素有密不可分的联系[8], 有时当某年的污染物浓度出现明显的异常变化时, 需考虑是否有特殊的天气系统经过对污染物的浓度变化造成影响。通过研究污染物浓度与气象因素的相关性可以找出与污染物浓度相关性较高的气象因子, 有助于判断不同天气系统到来时污染物浓度会发生的怎样的变化, 做到早知道、早预防。

本次研究选取 2015~2016 年达州市 6 种地面气象要素的数据, 将同年 6 种主要污染物浓度与这 6 种气象要素进行相关性分析, 得到的结果如表 1, 表中 N 为样本数。

Table 1. Correlation coefficient between six pollutant concentrations in Dazhou and meteorological factors during the same period

表 1. 达州市 6 种污染物浓度与同期气象因子的相关系数

污染物	降水量	气压	风速	气温	相对湿度	日照时数
N	655	674	674	674	674	351
SO ₂	-0.1250**	0.1060**	-0.0876*	-0.1354**	-0.0109	-0.0849
NO ₂	-0.1926**	0.2667**	-0.2861**	-0.2651**	-0.0721	-0.0624
CO	-0.1693**	0.3890**	-0.4144**	-0.5041**	0.3059**	-0.2432**
O ₃	0.0285	-0.5107**	0.3715**	0.6827**	-0.4742**	0.5155**
PM ₁₀	-0.2309**	0.3464**	-0.3434**	-0.4272**	0.0437	-0.0951
PM _{2.5}	-0.1969**	0.3608**	-0.3547**	-0.4542**	0.1280**	-0.1461**

*在 0.05 水平(双侧)上显著相关, **在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

由表可知: 6 种污染物中, CO 和 $PM_{2.5}$ 与同期气象要素的相关程度最好, 与同期 6 种气象要素都是显著相关。其次是 O₃, 它与同期 5 种气象要素显著相关。相关程度最小的是污染物是 SO₂, 它与 6 个同期气象要素中的 2 个相关性不显著, 还与一个气象要素只通过了 0.05 水平上的显著相关。如果从 6 种气象要素的角度上分析, 气压和气温这两种气象要素与污染物浓度的相关性最好, 它们与 6 种主要污染物均显著相关, 其中气温与 6 种污染物的相关程度最高。除了 O₃, 其他 5 种污染物都是和气温呈负相关的, 如果不考虑其他条件的影响可认为: 气温越高, 这 5 种污染物浓度越低, 反之气温越低, 污染物浓度越高。而 O₃ 浓度与气温呈正相关, 故 O₃ 的变化规律与其他 5 种污染物的相反, 这与前文中污染物浓度的季节变化规律相符, 除 O₃ 外的其他 5 种污染物浓度都是冬高夏低, O₃ 是冬低夏高。气压与 SO₂、NO₂、CO、PM₁₀ 和 $PM_{2.5}$ 存在正相关, 与 O₃ 浓度负相关, 即意味着当近地层被低压系统控制时, 其他 5 种污染物浓度会降低, 而 O₃ 浓度会升高, 反之近地层被高压系统控制时, O₃ 浓度会降低, 其他 5 种污染物浓度会升高。这一点与达州市冬季经常被冷高压控制, 而冬季经常爆发污染的事实相符合。除气压, 气温外, 与 6 种主要污染物相关性最高的是风速, 它与 6 种污染物都相关, 但它与 SO₂ 浓度的相关系数只通过了 0.05 水平上的显著性检验。与气温类似, 风速同样是与除 O₃ 之外的其他 5 种污染物负相关, 说明风速越大越能够加速污染物的扩散, 但 O₃ 浓度会增加。除此之外还发现风速与同期 SO₂ 浓度的相关程度

很小, 明显要低于与其他 5 种污染物的相关程度, 说明风对 SO_2 的清除作用要小于它对其他污染物的清除作用。再其次是降水量, 降水量与 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 的浓度均为负相关, 只与 O_3 的相关系数未通过显著性检验, 说明降水对 O_3 的清除作用不明显, 对其他 5 种污染物都有一定程度的清除作用。剩下相对湿度只与 CO 、 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 存在显著的相关性, 其中与 CO 和 $\text{PM}_{2.5}$ 正相关, 与 O_3 负相关, 且与 O_3 的相关程度最大, 说明达州市空气的相对湿度越大, 越不利于污染物 CO 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的清除, 却非常有利于 O_3 的清除。最后日照时数同样是只与 CO 、 O_3 和 $\text{PM}_{2.5}$ 存在显著的相关性, 其中与 CO 和 $\text{PM}_{2.5}$ 负相关, 与 O_3 正相关, 且与 O_3 的正相关程度要明显高于与其他两种污染物的负相关程度, 说明当日日照时数较长时虽有利于对 CO 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的清除, 但更有利于 O_3 的生成导致 O_3 污染加重。

6. 结论

本文利用达州市 2015~2016 两年的空气质量日报和 6 种主要污染物浓度的逐时资料以及同期的气象资料, 进行统计分析后得出如下结论:

1) 根据达州市 2015 年~2016 年各空气质量等级天数的百分比可知, 达州市的空气质量等级的优良率达到了 70%, 空气质量状况较好。从四种首要污染物出现的逐月频次图得到, NO_2 主要出现在春秋两季, O_3 主要出现在夏季, $\text{PM}_{2.5}$ 四季皆有, 但冬季出现频次最多, 夏季最少; PM_{10} 同样四季皆有, 但主要出现在春夏两季, 秋季次之, 冬季最少。从 AQI 的季节变化和逐月变化图来看, 污染天数主要集中在冬季, 冬季污染又以细颗粒物 $\text{PM}_{2.5}$ 污染为主。

2) 通过分析 6 种主要污染物的年、月、季变化特征, 可知: 达州市 2015 年和 2016 年 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 的年均浓度和最大日均浓度都超出了国家二级标准, 达州市的颗粒物污染不容忽视。 SO_2 的浓度值整体不高, 说明达州市 SO_2 的污染程度不高; NO_2 月平均浓度春季最高, 夏季最低; CO 、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 月平均浓度的变化规律都呈明显的“U”型, 即冬高夏低; O_3 月平均浓度的变化特征与之相反。

3) 通过分析 6 种污染物浓度与同年气象 6 要素的相关性, 得到气压与气温这两种气象要素与同年污染物浓度的相关性最好, 其次是风速, 再其次是降水量, 相关程度最低的是相对湿度和日照时数。对 SO_2 、 NO_2 、 CO 、 PM_{10} 和 $\text{PM}_{2.5}$ 来说, 只有气压与它们呈正相关关系, 其余几种气象要素都和它们呈负相关关系, 即降水量增加、风速增大、气温升高都有利于这几种污染物的消除, 但同时气压降低对这几种污染物的消除占主导地位。 O_3 与气压和相对湿度呈负相关关系, 与其他几种气象要素都呈正相关关系, 也意味着, 气压的降低有利于其他几种污染物消除, 但不利于 O_3 的消除, 同样, 温度升高, 风速增大等有利于其他污染物消除的气象条件下, 却会有利于 O_3 的生成, 而降水对 O_3 的消除作用也不明显。

基金项目

成都信息工程大学本科教学工程项目(BKJX2019007, BKJX2019013, BKJX2019042, BKJX2019056, BKJX2019062, BKJX2019081, BKJX2019089, BKJX2019120 和 JY2018012)支持。

参考文献

- [1] 胡敏. 北京大气细粒子和超细粒子理化特征、来源及形成机制[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 30-33.
- [2] 陶燕, 羊德容, 兰岚, 等. 兰州市空气污染对呼吸系统疾病入院人数的影响[J]. 中国环境科学, 2013, 33(1): 175-180.
- [3] 谷少华, 贾红英, 李萌萌, 等. 济南市空气污染对呼吸系统疾病门诊量的影响[J]. 环境与健康杂志, 2015, 32(2): 95-98.
- [4] 李宁, 彭晓武, 张本延, 等. 广州市居民呼吸系统疾病每日死亡人数与大气污染的时间序列分析[J]. 华中科技大学学报(医学版), 2010, 39(6): 863-867.

-
- [5] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
 - [6] 龙永红. 概率论与数理统计[M]. 第2版. 北京: 高等教育出版社, 2004.
 - [7] 刘应辰. 青岛市区污染气体浓度变化及其与天气系统的关系[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
 - [8] 蔡仁, 李霞, 赵克明, 等. 乌鲁木齐大气污染特征及气象条件的影响[J]. 环境科学与技术, 37(S1): 40-48.