

2018~2022年富源县环境空气质量变化趋势分析

刘顺国, 何 伟

曲靖市生态环境局富源分局生态环境监测站, 云南 曲靖

收稿日期: 2023年6月30日; 录用日期: 2023年8月1日; 发布日期: 2023年8月9日

摘 要

以2018~2022年富源县环境空气自动监测站数据为基础, 根据《环境空气质量评价技术规范(试行)》(HJ 663-2013)对富源县环境空气质量变化趋势进行分析, 分析结果表明: 五年间富源县环境空气质量总体优良, 空气质量综合指数评价呈显著下降趋势, 主要污染物是O₃和PM_{2.5}、PM₁₀ (三项指标污染物分担率占比超过70%), 五年的首要污染物均为O₃。

关键词

环境空气质量, 变化趋势, 富源县

Analysis of the Change Trend of Ambient Air Quality in Fuyuan County from 2018 to 2022

Shunguo Liu, Wei He

Ecological Environment Monitoring Station, Fuyuan Branch of Qujing Ecological Environment Bureau, Qujing Yunnan

Received: Jun. 30th, 2023; accepted: Aug. 1st, 2023; published: Aug. 9th, 2023

Abstract

Based on the data of Fuyuan County ambient air automatic monitoring station from 2018 to 2022, the changing trend of ambient air quality in Fuyuan County was analyzed according to the Technical Specification for Ambient Air Quality Evaluation (Trial) (HJ 663-2013), and the analysis results showed that the ambient air quality in Fuyuan County was generally excellent in five years,

the comprehensive air quality index evaluation showed a significant downward trend, the main pollutants were O₃, PM_{2.5}, and PM₁₀ (with a pollutant sharing rate of over 70% among the three indicators), and the top pollutant in five years was O₃.

Keywords

Ambient Air Quality, Changing Trend, Fuyuan County

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

富源县位于云南省东部, 为云南省东大门, 地处东经 103°56′~104°49′, 北纬 25°~25°58′, 县境东西宽 50 km, 南北长 91.1 km, 属南温带山地季风湿润气候, 冬春季干燥, 夏季湿润, 年平均降雨量 1093.7 mm。富源工业园区胜境片区位于县城西北 8 km, 该片区分布着有色金属冶炼、水泥制造、装备制造等行业企业十余家[1]。随着经济社会的快速发展, 城市环境空气污染形势日益严重, 而人们对空气质量的关注度和要求越来越高, 富源县大气环境保护的压力日益增大, 本文根据富源县 2018~2022 年的环境空气质量监测数据, 对环境空气质量和变化趋势进行分析, 以便掌握污染特征、变化规律及时空分布情况, 为政府有针对性地开展大气污染防治工作提供依据。

2. 分析方法

2.1. 数据来源

富源县环境空气自动监测站 2016 年 11 月建设, 2017 年 3 月通过验收投入运行, 建设地点为富源县环境保护局办公楼楼顶, 属省控城市站, 监测指标为 PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO/NO₂、O₃、CO 和气象五参数(温度、湿度、大气压、风速、风向)以及能见度, 监测频率为 24 h 连续自动监测。本文所用数据为云南省空气自动监测数据管理平台中该自动站 2018~2022 年自动监测数据和统计数据。

2.2. 评价标准

富源县环境空气功能区划分为二类区, 执行二级浓度限值。评价依据《环境空气质量标准》(GB 3095-2012) [2]、《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》(HJ 633-2012) [3]和《环境空气质量评价技术规范(试行)》(HJ 663-2013) [4]开展。

3. 结果与分析

3.1. 六项污染物浓度及达标情况

根据云南省空气自动监测数据管理平台监测数据及统计, 2018~2022 年富源县环境空气各项污染物年评价浓度统计见表 1、达标天数达标率见表 2。

根据表 1, 对照《环境空气质量评价技术规范(试行)》(HJ 663-2013), 2018~2022 年富源县的 SO₂、NO₂、O₃-8 h、CO、PM₁₀、PM_{2.5} 六项指标的监测结果都小于《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)中二级浓度限值相对应的年均值及 24 小时特定百分位数浓度限值, 六项指标全部达标, 没有超标污染物。

Table 1. Statistical table of annual evaluation concentration of various pollutants
表 1. 各项污染物年评价浓度统计表

年份	SO ₂ (ug/m ³)		NO ₂ (ug/m ³)		CO (mg/m ³)	O ₃ -8 h (ug/m ³)	PM ₁₀ (ug/m ³)		PM _{2.5} (ug/m ³)	
	年平均	24 小时平均第 98 百分位数	年平均	24 小时平均第 98 百分位数	24 小时平均第 95 百分位数	24 小时平均第 90 百分位数	年平均	24 小时平均第 95 百分位数	年平均	24 小时平均第 95 百分位数
2018	10	42	13	23	1.6	120	40	67	24	41
2019	13	61	14	27	0.9	132	44	76	26	46
2020	10	33	15	28	1.1	125	42	78	22	44
2021	8	31	14	25	0.9	123	36	81	20	51
2022	10	35	14	25	0.9	118	32	66	19	45
二级标准限值	60	150	40	80	4	160	70	150	35	75

根据表 2 统计结果显示, 2018~2022 年富源县的环境空气质量达标情况为: 日达标率除 2021 年的 O₃-8 h、PM_{2.5} 为 99.7% (各有 1 天轻度污染) 外, 其余指标各年的日达标率均为 100%; 各指标の日达标天数最少为 351 天(2019 年的 PM_{2.5}), 最多为 365 天(2022 年的 SO₂)。日综合达标率除 2021 年为 99.4% (O₃-8 h、PM_{2.5} 各有 1 天轻度污染) 外, 其余各年的日综合达标率均为 100%; 日综合达标天数最少为 349 天(2020 年)、最多为 358 天(2018、2022 年); 表明富源县的环境空气质量较好, 环境空气质量优良率均在 99.4% 以上, 五年仅 2021 年出现 2 天轻度污染天气。

Table 2. The number of days and compliance rate of daily evaluation of various pollutants, and the statistical table of the number of days and compliance rate of daily comprehensive evaluation
表 2. 各项污染物日评价达标天数、达标率及日综合评价达标天数、达标率统计表

年份	2018 年		2019 年		2020 年		2021 年		2022 年	
	日达标天数	日达标率	日达标天数	日达标率	日达标天数	日达标率	日达标天数	日达标率	日达标天数	日达标率
SO ₂	362	100	356	100	359	100	361	100	365	100
NO ₂	363	100	356	100	358	100	362	100	362	100
CO	363	100	356	100	359	100	362	100	364	100
O ₃ -8 h	360	100	356	100	357	100	361	99.7	362	100
PM ₁₀	363	100	355	100	353	100	359	100	364	100
PM _{2.5}	360	100	351	100	352	100	355	99.7	364	100
日综合达标天数	358		351		349		355		358	
日综合达标率	100		100		100		99.4		100	

3.2. 污染物浓度变化趋势分析

3.2.1. 六项污染物年均浓度变化趋势分析

从图 1、图 2、图 3 可以看出: PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 年均浓度与 O_3 -8 h 第 90 百分位数浓度变化趋势一致, 均呈先上升后一直下降的趋势, PM_{10} 2019 年达峰值 44 ug/m^3 , 2022 年降至谷值 32 ug/m^3 , 期间年均降幅最大的 2021 年为 14.3%, 2022 年与 2018 年相比降幅为 20%; $\text{PM}_{2.5}$ 2019 年达峰值 26 ug/m^3 , 2022 年降至谷值 19 ug/m^3 , 期间年均降幅最大的 2020 年为 15.4%, 2022 年与 2018 年相比降幅为 20.8%; O_3 -8 h 第 90 百分位数浓度 2019 年达峰值 132 ug/m^3 , 2022 年降至谷值 118 ug/m^3 , 期间年均降幅最大的 2021 年为 5.3%, 2022 年与 2018 年相比降幅为 1.7%。 NO_2 年均浓度呈小幅上升后缓慢下降趋势, 年间最大变化幅度为 1 ug/m^3 , 2020 年达峰值 15 ug/m^3 , 其中 2021、2022 年持平, 均为 14 ug/m^3 , 期间总体呈上升趋势, 年均升幅最大的 2019 年为 7.7%, 2022 年与 2018 年相比升幅为 7.7%。 SO_2 年均浓度变化表现为小幅上下震荡变化(先升后降)、年间浓度变化不大, 期间总体呈下降的趋势, 但趋势不显著; 2019 年达到峰值 13 ug/m^3 , 谷值 8 ug/m^3 出现在 2021 年, 年均升幅最大的 2019 年为 30%, 2022 年与 2018 年浓度持平为 10 ug/m^3 。 CO 第 95 百分位数浓度变化趋势与 SO_2 的刚好相反(先降后升), 期间总体呈上升趋势, 但趋势不显著; 峰值为 2018 年的 1.6 mg/m^3 , 2019、2021、2022 年均均为谷值 0.9 mg/m^3 , 年均降幅最大的 2019 年为 43.8%, 2022 年与 2018 年相比降幅为 43.8% [5]。

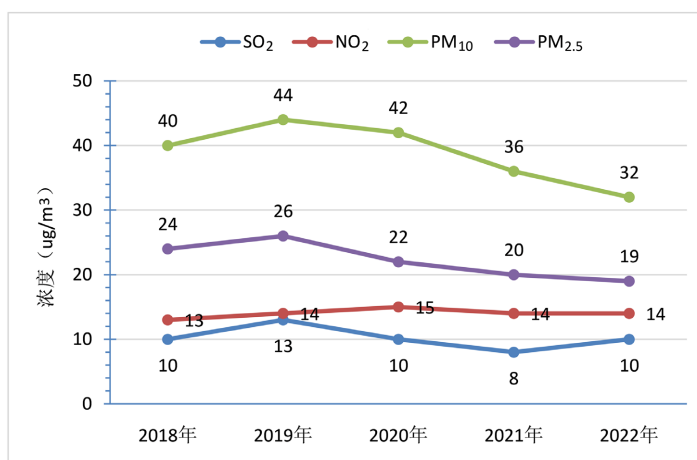


Figure 1. Interannual variation trend of pollutants

图 1. 污染物年际变化趋势

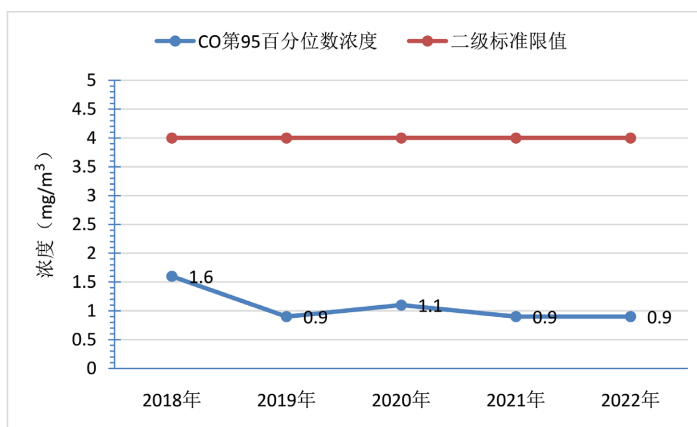


Figure 2. The interannual variation trend of the 95th percentile concentration of CO

图 2. CO 第 95 百分位数浓度年际变化趋势

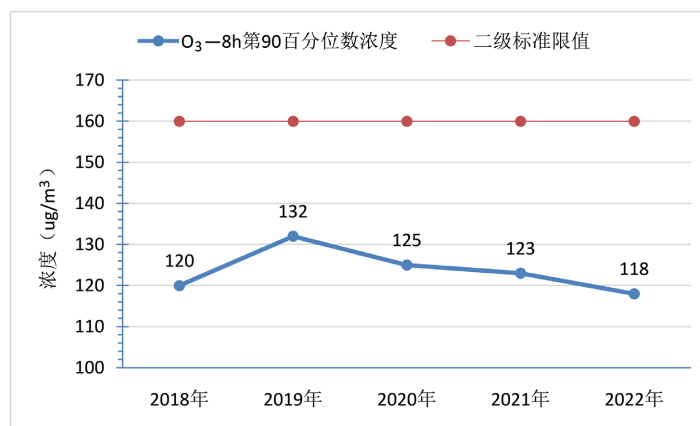


Figure 3. The interannual variation trend of the 90th percentile concentration of O₃-8 h
图 3. O₃-8 h 第 90 百分位数浓度年际变化趋势

3.2.2. 六项污染物月均浓度变化趋势分析

本文依照气象学将年度的季节划分为：3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季、12 月至次年 2 月为冬季[6]。

从表 3、图 4~9 中可看出：

PM₁₀、PM_{2.5}的月均浓度变化规律基本一致，均为 1 至 5 月和 11 至 12 月污染物浓度较高，6 至 10 月浓度较低，浓度高值多出现在 3 月和 12 月、低值多出现在 7 月，具有明显的冬春季高、夏秋季低的季节变化特征[7]；这与富源县地处谷地，四面环山，受冬春季弱冷空气、云贵准静止锋等天气带来的静稳气象条件影响，大气扩散条件较差不利于污染物扩散，污染物累积增长使颗粒物浓度在冬春季节呈较高水平，季节性污染特征明显；6 至 10 月为富源的雨季，雨量充沛，降雨时水滴在下降过程中大量气溶胶粒子和颗粒物溶解在水中，并随雨滴降落到地面，使颗粒物浓度明显降低，加之雨季空气湿润，湿度大不易起尘，故夏秋季颗粒物浓度较低，空气质量较好。

O₃-8 h 第 90 百分位数浓度 3 至 5 月较高，其余月份变化不大，浓度高值多出现在 4 月和 5 月，呈现春季高、其他季节变化不大的特征[8]。主要是春季空气湿度低、气温高，加之富源地处云贵高原，紫外线辐射强度大，利于臭氧的转化生成，导致春季臭氧浓度较高；夏季、秋季、冬季因降雨、气温低、光照时间短以及紫外线辐射强度降低等原因，臭氧生成受到抑制，因而臭氧浓度较低。

Table 3. Statistical table of monthly average concentration of six pollutants from 2018 to 2022

表 3. 2018~2022 年六项污染物月均浓度统计表

污染物	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
SO ₂	15	10	16	13	8	7	7	8	8	7	13	13
NO ₂	17	13	16	15	12	11	14	13	13	12	16	18
PM ₁₀	44	43	61	51	36	26	25	27	29	29	45	50
PM _{2.5}	27	28	36	29	20	15	13	15	17	15	24	29
CO 第 95 百分位数浓度	1.1	1.3	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	1.0
O ₃ -8 h 第 90 百分位数浓度	97	108	135	140	133	119	107	122	100	93	98	86

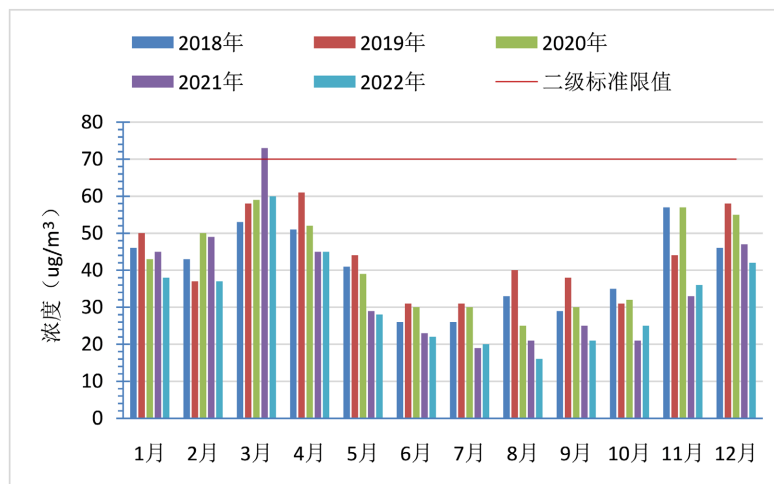


Figure 4. Changes in the monthly average concentration of PM₁₀
 图 4. PM₁₀ 月均浓度变化

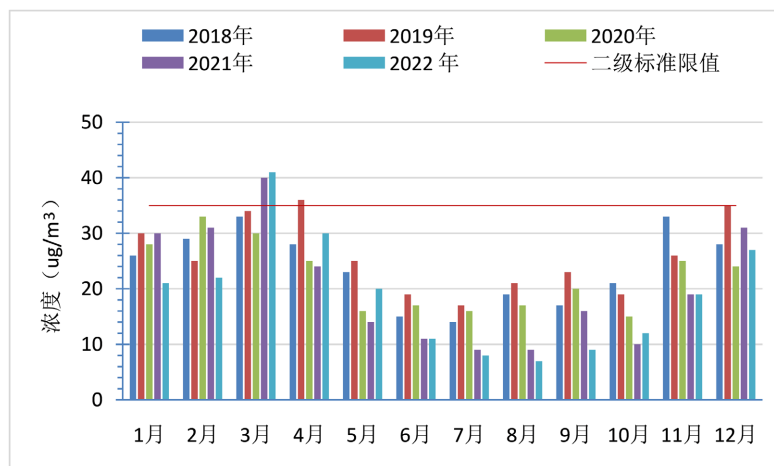


Figure 5. Changes in the monthly average concentration of PM_{2.5}
 图 5. PM_{2.5} 月均浓度变化

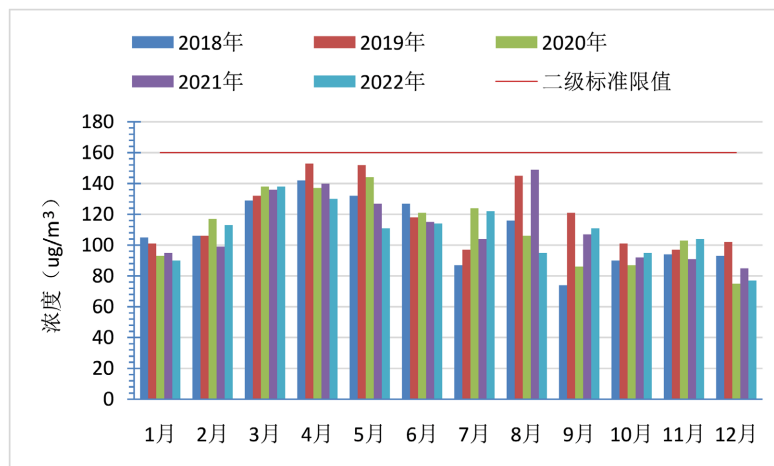


Figure 6. Changes in the monthly average concentration of O₃-8 h
 图 6. O₃-8 h 月均第 90 百分位数浓度变化

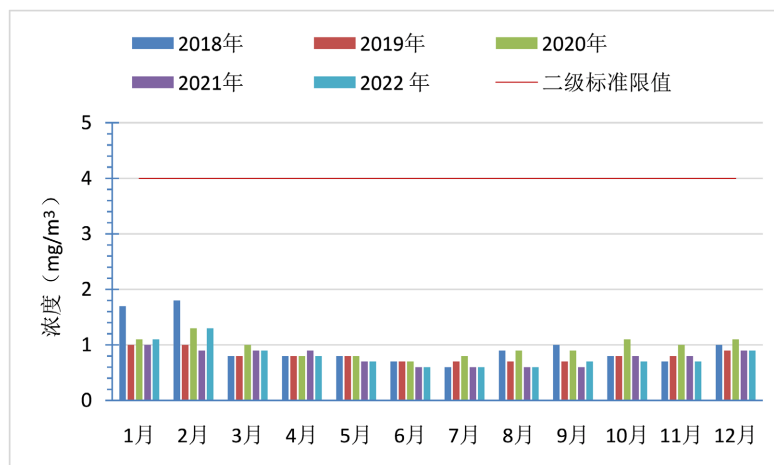


Figure 7. Changes in the monthly average concentration of CO
 图 7. CO 月均第 95 百分位数浓度变化

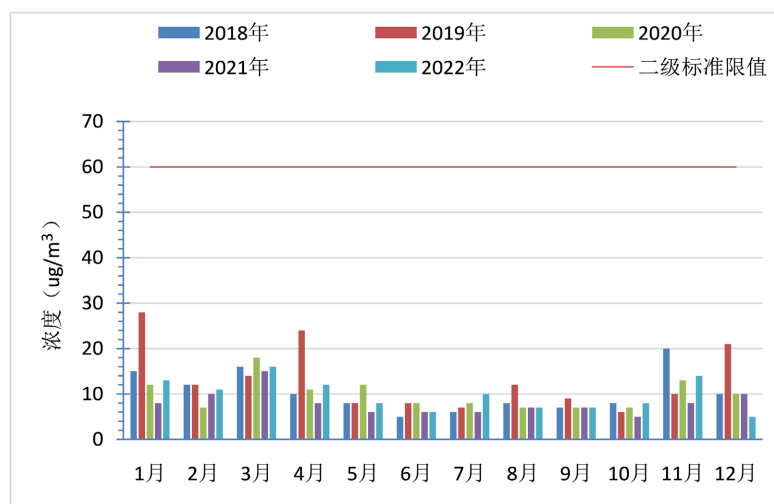


Figure 8. Changes in the monthly average concentration of SO₂
 图 8. SO₂ 月均浓度变化

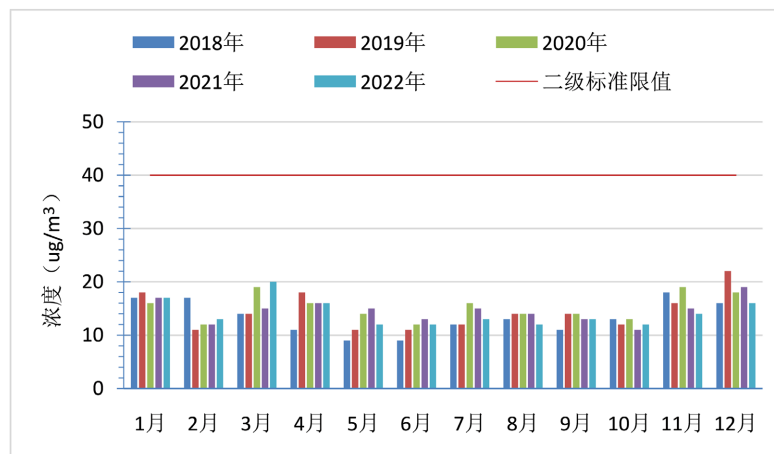


Figure 9. Changes in the monthly average concentration of NO₂
 图 9. NO₂ 月均浓度变化

CO 第 95 百分位数浓度 1 月、2 月、12 月较高, 其余月份变化不大, 浓度高值多出现在 2 月, 呈现冬季高、其他季节变化不大的特征[9]。主要是冬季气温低, 县城周边居民有烧煤取暖的习惯, 取暖燃煤量大, 污染物排放量增加, 以及机动车尾气排放, 加之富源县城特殊的地形条件使冬季静风频率较高, 大气结构稳定, 易出现静稳天气, 不利于污染物扩散, 导致冬季 CO 浓度较高。

SO₂、NO₂ 浓度 1 至 4 月和 11 至 12 月污染物浓度较高, 5 至 10 月浓度较低且变化不大, 呈现冬春季高、夏秋季变化不大的特征[10]。主要是冬春季取暖用煤燃烧增加了 SO₂、NO₂ 的排放量, 加之富源县城地处谷地, 四面环山, 受冬春季弱冷空气、云贵准静止锋等天气带来的静稳气象条件影响, 大气扩散条件较差不利于污染物扩散, 导致冬春季 SO₂、NO₂ 浓度较高。

3.3. 环境空气质量指数评价

从表 4 可知: SO₂ 单项指数处于 0.13~0.22 之间, 最大值 0.22 出现在 2019 年, 最小值 0.13 出现在 2021 年; PM₁₀、PM_{2.5} 也是在 2019 年出现最大值, 分别为 0.63、0.74, 最小值出现在 2022 年, 分别是 0.46、0.54; NO₂、O₃-8 h 指数变化不大, NO₂ 在 0.32~0.38 之间, 最大值 0.38 出现在 2020 和 2021 年, 最小值 0.32 出现在 2018 年, O₃-8 h 在 0.74~0.82 之间, 最大值 0.82 出现在 2019 年, 最小值 0.74 出现在 2022 年; CO 指数处于 0.22~0.40 之间, 最大值 0.40 出现在 2018 年, 2019、2021、2022 年相同, 均为最小值 0.22。从指数对比看, 五年的最大指数都为 O₃-8 h, 首要污染物都是 O₃ [5]。

Table 4. Ambient air quality index and pollution comprehensive index statistical table

表 4. 环境空气质量指数和污综合指数统计表

年度	I(SO ₂)	I(NO ₂)	I(CO)	I(O ₃ -8 h)	I(PM ₁₀)	I(PM _{2.5})	I _{max} 最大指数	I _{sum} 综合指数
2018 年	0.17	0.32	0.40	0.75	0.57	0.69	0.75	2.90
2019 年	0.22	0.35	0.22	0.82	0.63	0.74	0.82	2.98
2020 年	0.17	0.38	0.28	0.78	0.60	0.63	0.78	2.84
2021 年	0.13	0.38	0.22	0.77	0.51	0.57	0.77	2.58
2022 年	0.17	0.35	0.22	0.74	0.46	0.54	0.74	2.48

图 10 显示: 富源县的空气质量综合指数均呈先小幅上升后一直下降的趋势, 从 2018 年的 2.90 上升

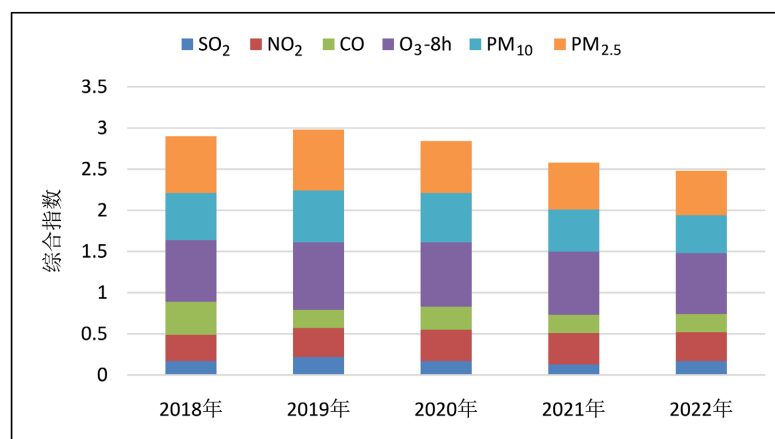


Figure 10. Changes in the monthly average concentration of NO₂

图 10. NO₂ 月均浓度变化

至 2019 年峰值 2.98 后一直呈下降趋势, 2022 年降至谷值 2.48, 期间年均降幅最大的 2020 年为 9.2%, 2022 年与 2018 年相比降幅为 14.5%, 表明 2018~2022 年富源县环境空气质量持续改善。

图 11 显示: 六项污染物分担率中, 占比最大的是 O₃-8 h 为 28.01%, 其次为 PM_{2.5} 的 23.01%, 再次为 PM₁₀ 的 20.10%, NO₂ 和 CO 相对较低分别为 12.92% 和 9.72%, 最低为 SO₂ 的 6.24%; O₃、PM_{2.5}、PM₁₀ 三项指标的污染物分担率占比较大, 占比超过 70%, 表明期间影响富源县环境空气质量的主要污染物是 O₃, 其次是 PM_{2.5} 和 PM₁₀。

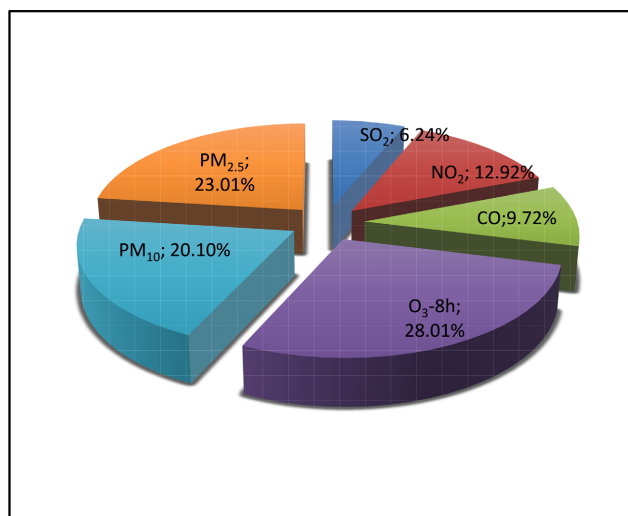


Figure 11. 2018~2022 share rate map of the six pollutants
图 11. 2018~2022 年六项污染物分担率图

3.4. 环境空气质量变化趋势分析

根据《环境空气质量评价技术规范(试行)》(HJ 663-2013), 对六项污染物浓度和空气质量综合指数进行 Spearman 秩相关系数计算和判定。判断标准为: 如果秩相关系数绝对值大于表中临界值, 表明变化趋势有统计意义。 γ_s 为正值表示上升趋势, 负值表示下降趋势。如果秩相关系数绝对值小于等于表中临界值, 表示基本无变化。 γ_s 计算公式如下:

$$\gamma_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{j=1}^n (X_j - Y_j)^2$$

式中: γ_s ——Spearman 秩相关系数;

n ——时间周期的数量, $n \geq 5$, (本文中取 $n = 5$);

X_j ——周期 j 按时间顺序排序的序号, $1 \leq X_j \leq n$;

Y_j ——周期 j 内污染物浓度按数值升序排顺的序号, $1 \leq Y_j \leq n$ 。

根据表 5, 2018~2022 年: 富源县环境空气质量六项污染物中 SO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5} 的秩相关系数 γ_s 的绝对值小于临界值 γ 且为负值, 为下降趋势, NO₂、O₃-8 h 的秩相关系数 γ_s 绝对值小于临界值 γ 且为正值, 为上升趋势; 因 SO₂、CO、PM₁₀、PM_{2.5}、NO₂、O₃-8 h 的秩相关系数 γ_s 的绝对值小于临界值 γ , 显著性不明显, 变化趋势基本无变化。空气质量综合指数 I 的秩相关系数 γ_s 的绝对值大于临界值 γ 且为负值, 按空气质量综合指数评价, 富源县环境空气质量呈显著下降趋势, 表明期间环境空气质量持续改善。

Table 5. Analysis of change trends of six pollutants and comprehensive air quality index
表 5. 六项污染物和空气质量综合指数变化趋势分析

项目名称	γ_s	临界值 γ	比较	变化趋势	显著性
SO ₂	-0.3		$ \gamma_s < \gamma$	下降趋势	不显著
CO	-0.375		$ \gamma_s < \gamma$	下降趋势	不显著
PM ₁₀	-0.7		$ \gamma_s < \gamma$	下降趋势	不显著
PM _{2.5}	-0.4	0.900	$ \gamma_s < \gamma$	下降趋势	不显著
NO ₂	0.5		$ \gamma_s < \gamma$	上升趋势	不显著
O ₃ -8 h	0.175		$ \gamma_s < \gamma$	上升趋势	不显著
空气质量综合指数 I	-1.25		$ \gamma_s < \gamma$	下降趋势	显著

4. 结论

1) 富源县环境空气中 SO₂、PM₁₀、PM_{2.5} 和 CO 第 95 百分位数浓度为下降趋势, NO₂、O₃-8 h 第 90 百分位数浓度为上升趋势, 污染物的浓度变化趋势不明显; 根据空气质量综合指数评价, 变化趋势为显著下降趋势。

2) 富源县环境空气质量较好, 期间空气质量指数最大的均为 O₃-8 h, 五年的首要污染物均为 O₃, 影响富源县环境空气质量的主要污染物是 O₃, 其次是 PM_{2.5} 和 PM₁₀。

3) 受气候和地形的影响, 富源县城环境空气质量夏秋季好于冬春季, 季节性污染特征明显。

4) 根据 2018~2022 年监测数据分析, 富源县环境空气质量持续改善, 优良率均在 99.% 4 以上, 仅 2021 年出现 2 天轻度污染天气, 但要保持环境空气质量的持续向好, 需要环保、住建、交通、城管等部门通力合作, 协同监管, 加强对重点污染源的监管和治理力度, 强化对施工工地的监管力度, 加强对渣土运输车辆管理, 加强城市道路的清扫保洁力度, 有效减小污染物排放、施工及地面扬尘对空气质量的影响。

参考文献

- [1] 赵春玲, 何卫莲, 等. 富源县城环境空气质量评价及分析[J]. 科学与技术, 2021, 6(10): 424-425.
- [2] 中国环境科学研究院, 中国环境监测总站. GB 3095-2012. 环境空气质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [3] 中国环境监测总站, 中国环境科学研究院, 等. HJ 633-2012. 环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [4] 中国环境监测总站, 沈阳市环境监测中心站. HJ 663-2013. 环境空气质量评价技术规范(试行) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
- [5] 陈雪. 2013-2019 年兰州市城市环境空气质量变化趋势研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2021.
- [6] 郑瑶, 邢梦林, 李明, 等. 郑州市 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 质量浓度变化特征分析[J]. 干旱环境监测, 2014, 28(3): 104-108.
- [7] 彭雅, 瓦武奎, 等. 西山区近五年城市环境空气质量变化分析[J]. 科技创新与应用, 2018(32): 44-48.
- [8] 符传博, 丹利, 佟金鹤. 2013-2018 年海口市市区臭氧浓度变化特征[J]. 中国环境监测, 2020, 36(5): 38-46.
- [9] 范灿鹏, 熊杰. 2017-2020 年珠海市金湾区环境空气质量变化特征分析[J]. 能源环境保护, 2021, 35(2): 94-97.
- [10] 张茂海. “十二五”期间香格里拉市环境空气质量变化趋势分析[J]. 环境科学导刊, 2016, 35(A01): 87-88.