

基于大数据视角的河南省空气质量状况及影响因素深度分析

孙秋椽, 李家惠, 张静涵, 谢强*, 李晓非

平顶山学院数学与统计学院, 河南 平顶山

收稿日期: 2024年7月28日; 录用日期: 2024年8月19日; 发布日期: 2024年8月29日

摘要

本文采用Friedman检验判断河南省空气质量是否有季节差异, 并利用镱数图表数据可视化工具制作出河南省空气质量地区分布图来研究河南省大气污染物和三种气象因素的年际变化特征, 最后通过内梅罗指数法探究出对空气质量影响最大的指标。针对文章中的内容和结果, 该研究方式具有实践意义。通过研究发现, 时间上, 河南省AQI年际变化呈倒“V”形, AQI整体存在季节性差异; 空间上, 河南省AQI总体呈现“北高南低”的空间分布特点。六大空气污染物指标的浓度呈现逐年降低的趋势。通过内梅因指数法探究得出CO对AQI的影响最大。

关键词

空气质量, Spearman秩相关检验, 时空分布, 内梅罗指数法

An In-Depth Analysis of Air Quality and Its Influencing Factors in Henan Province Based on the Perspective of Big Data

Qiuyan Sun, Jiahui Li, Jingru Zhang, Qiang Xie*, Xiaofei Li

School of Mathematics and Statistics, Pingdingshan University, Pingdingshan Henan

Received: Jul. 28th, 2024; accepted: Aug. 19th, 2024; published: Aug. 29th, 2024

Abstract

In this paper, Friedman test is used to determine whether there are seasonal differences in air qual-

*通讯作者。

文章引用: 孙秋椽, 李家惠, 张静涵, 谢强, 李晓非. 基于大数据视角的河南省空气质量状况及影响因素深度分析[J]. 统计学与应用, 2024, 13(4): 1560-1573. DOI: 10.12677/sa.2024.134155

ity in Henan Province, and regional distribution map of air quality in Henan Province is made by means of dysprosium chart data visualization tool to study the characteristics of the annual changes of air pollutants and three meteorological factors in Henan Province. Finally, Nemerow index method is used to explore the index that has the greatest impact on air quality. According to the content and results in the article, this research method has practical significance. Through the research, it is found that the annual variation of AQI in Henan Province presents an inverted “V” shape in terms of time, and the overall AQI has seasonal differences. In terms of space, AQI in Henan Province generally presents a spatial distribution characteristic of “high in the north and low in the south”. The concentration of the six air pollutant indicators showed a decreasing trend year by year. Through Nemerow index method, it is found that CO has the greatest influence on AQI.

Keywords

Air Quality, Spearman Rank Correlation Test, Spatiotemporal Distribution, Nemerow Index Method

Copyright © 2024 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

随着总书记“绿水青山就是金山银山”的发展理念的提出，国家和社会越来越关注生态环境的保护，由于空气质量与生态环境和人们的生活质量息息相关，因此，保护和改善空气质量，成为当下环境保护的一大主流。

近年来，不仅是国家和社会，在国内学术界的诸多高校教师和学生也开始关注空气质量的变化趋势以及空气质量的影响因素，进行了大量研究并取得了瞩目的成果。如北京交通大学——“基于时序分析的空气质量监测与预测” [1]，采用时间序列分析的方法对北京市空气质量的变化特征进行了研究，并提出了如何改善空气质量的一系列措施；又如中国矿业大学(北京)——“阳泉市区大气污染物扩散及空气质量控制研究” [2]和江西师范大学——“中国城市空气质量时空变化及影响因素” [3]，也是对空气质量变化趋势和影响因素进行了深入研究并对如何改善空气质量提出了相关措施。除此之外，还有王焜铭等[4]众多优秀学者对我国空气质量及其影响因素取出了众多优秀的研究成果。

总的来说，国内众多学者对空气质量的研究，既可以展示各地空气质量的变化状况，又可以探究出各地空气质量的影响因素，以便国家和各地更好地进行空气质量的改善和保护，但基于众多空气质量的研究成果，发现对河南省地区的空气质量的研究寥寥无几，而河南省作为我国的粮食大省、人口大省，对推动我国绿色转型、推动经济高质量发展有着举足轻重的作用，因此，加大对河南省空气质量的研究，推进河南省空气质量改善迫在眉睫。

河南省位于中国中东部，地形复杂，地势西高东低，三面环山，这种地形特点容易形成静风等不利气象条件，导致大气污染物扩散条件差，进而引发中、重度污染。特别是在冬季，华北冷空气扩散南下时，偏冷风将携带污染物向省内扩散，使得空气质量进一步恶化。

研究河南省空气质量的季节、年际、空间分布特征，以及气象因素与大气污染物之间的相关性，对于深入理解大气污染的形成机制和演变规律具有重要意义。通过对河南省 18 个地市 2018~2022 年的空气质量指数(AQI)和六种主要大气污染物(SO₂, NO₂, CO, O₃, PM₁₀, PM_{2.5})数据的分析，可以揭示出河南省空

气质量的发展趋势和污染物的时空分布特征[5]。同时,结合三种气象因素(温度、湿度、风力)数据,可以进一步探究气象条件对空气质量的影响机制,为制定有效的空气污染防控策略提供科学依据。

此外,研究河南省空气质量的主要影响因素,特别是识别出对空气质量影响最大的因素,对于制定针对性的治理措施至关重要。通过深入分析大气污染物的来源和排放特征,结合气象条件的影响,可以提出更加精准有效的治理建议,为改善河南省空气质量、保护生态环境和人民健康提供有力支持。因此,本研究不仅具有重要的学术价值,而且具有迫切的现实意义。

2. 河南省空气质量状况分析

2.1. 空气质量指数的季节变化特征

本次空气质量数据与六项污染物浓度数据(月统计)来源于中国空气质量在线监测分析平台,而气象因素数据来源于天气后报网、河南省水资源公报、天气二四网。

本文采用气象划分法对四季进行划分,以阳历3~5月为春季,6~8月为夏季,9~11月为秋季,12月~次年2月为冬季。依据新空气质量标准评价,对空气质量进行六个等级划分,分别为:优、良、轻度污染、中度污染、重度污染以及严重污染(见表1)。本文将河南省2018~2022年中每年春夏秋冬的空气质量进行统计,所得结果见表2~5。表1数据展示了2018~2022年河南省春夏秋冬四个季节的空气质量等级。

Table 1. Ambient air quality standards

表 1. 环境空气质量标准

空气质量指数 AQI	空气质量指数级别	空气质量指数类别
0~50	一级	优
51~100	二级	良
101~150	三级	轻度污染
151~200	四级	中度污染
201~300	五级	重度污染
>300	六级	严重污染

Table 2. Spring air quality grade of Henan Province from 2018 to 2022

表 2. 2018~2022 年河南省春季空气质量等级

年份	良	轻度污染	中度污染	重度污染	总计
2018	7	43	4	0	54
2019	1	27	26	0	54
2020	19	23	11	1	54
2021	29	24	1	0	54
2022	20	27	7	0	54

Table 3. Summer air quality grade of Henan Province from 2018 to 2022

表 3. 2018~2022 年河南省夏季空气质量等级

年份	良	轻度污染	中度污染	优	总计
2018	37	17	0	0	54
2019	29	25	0	0	54
2020	46	8	0	0	54
2021	40	13	0	1	54
2022	39	15	0	0	54

Table 4. Autumn air quality grade of Henan Province from 2018 to 2022

表 4. 2018~2022 年河南省秋季空气质量等级

年份	良	轻度污染	中度污染	优	总计
2018	50	4	0	0	54
2019	37	17	0	0	54
2020	47	7	0	0	54
2021	46	8	0	0	54
2022	47	7	0	0	54

Table 5. Winter air quality grade of Henan Province from 2018 to 2022

表 5. 2018~2022 年河南省冬季空气质量等级

年份	良	轻度污染	中度污染	优	总计
2018	7	43	4	0	54
2019	1	27	26	0	54
2020	19	23	11	1	54
2021	29	24	1	0	54
2022	20	27	7	0	54

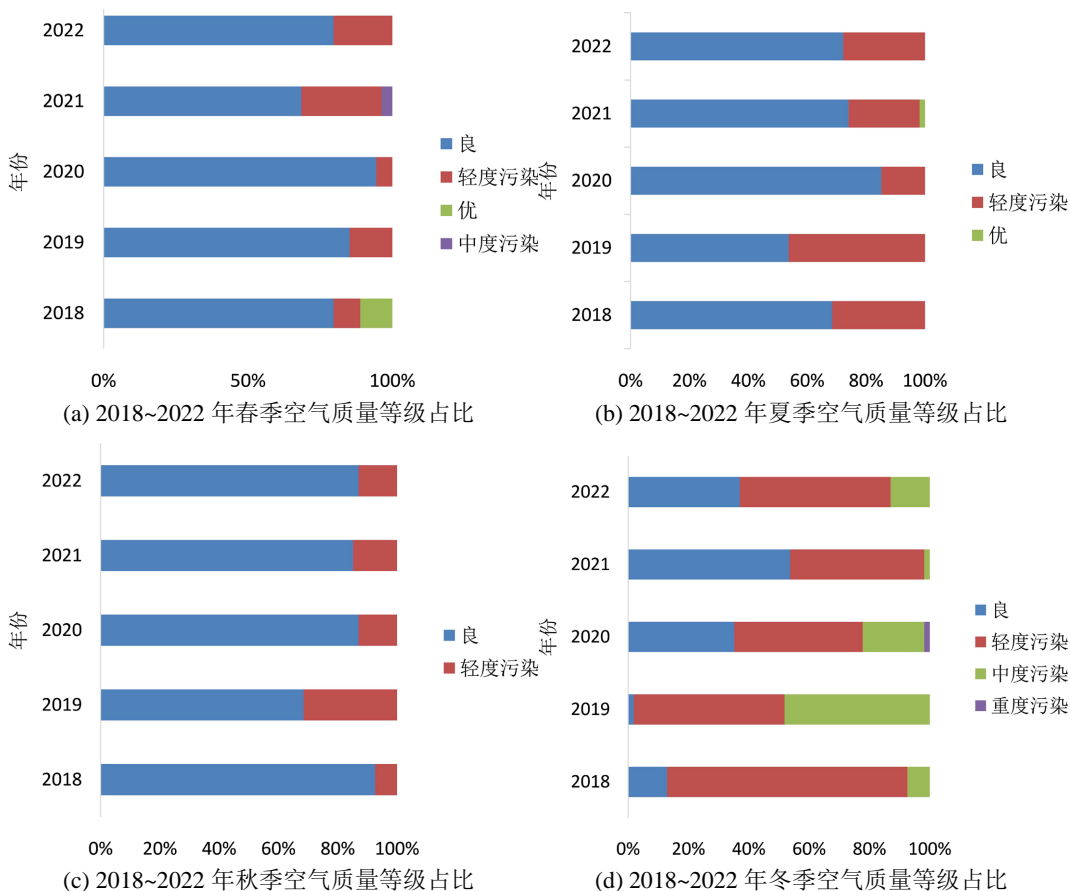


Figure 1. Seasonal change charts of air quality in Henan Province from 2018 to 2022

图 1. 河南省 2018~2022 年空气质量的季节性变化图

由图 1 可看出,河南省空气质量大体存在季节性特征,冬季的空气质量最差,大部分处于污染天气;而夏季相对于春秋来说,空气质量较差,但大部分空气质量良好;春秋季节空气质量普遍处于良好状态。这可能与冬季采暖、气象条件等因素有关。基于这五年的季节 AQI (见表 6)进行 Friedman 检验,得到 p 值近似为零,取显著性水平为 0.05,可验证出河南省空气质量确实存在显著季节差异。由 MATLAB 生成的 Friedman 检验图直观地看出,夏季、秋季、冬季的 AQI 有明显差距。Friedman 检验图见图 2。

Table 6. Seasonal AQI mean value of each city in Henan Province from 2018 to 2022
表 6. 2018~2022 年河南省各地市季节 AQI 均值

地市	春	夏	秋	冬
郑州	84	103	82	108
开封	94	104	99	144
洛阳	67	98	77	118
平顶山	80	107	85	122
安阳	72	94	91	132
鹤壁	73	99	76	112
新乡	68	83	83	133
焦作	72	85	76	137
濮阳	73	93	81	126
许昌	83	95	91	128
漯河	73	84	71	111
三门峡	72	78	89	125
南阳	80	106	87	115
商丘	73	75	80	107
信阳	69	88	80	136
周口	77	97	87	125
驻马店	68	86	89	126
济源	67	85	83	114

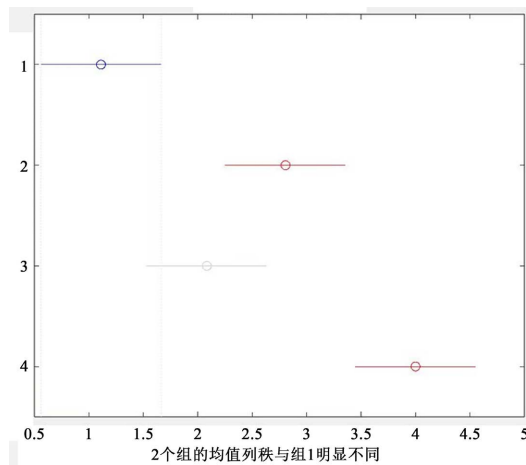


Figure 2. Friedma test figure
图 2. Friedma 检验图

2.2. 空气质量指数的年际变化特征

为了更好地探寻河南省 18 个地市空气质量年际变化特征, 本文依据河南省 18 个地市 2018~2022 年的 AQI 对其进行分析。为了减少数据的误差, 本文求出每个地级市 AQI 的年均值之后作出相应的折线图, 以此更好地观察出河南省 18 个地市空气质量年际变化特征。作出的折线图见图 3, 表 7 数据展示了 2018~2022 年河南省 9 个地市的 AQI 年均值。

Table 7. AQI annual average value of some cities in Henan Province from 2018 to 2022

表 7. 河南省 2018~2022 部分地市 AQI 年均值

地市	2018	2019	2020	2021	2022
安阳	110.08	124.83	113.58	105.08	101.33
鹤壁	94.25	111.33	101.75	100.50	98.92
济源	89.83	114.25	94.00	101.42	101.17
焦作	98.33	114.92	101.83	99.75	99.42
开封	97.33	109.67	99.17	97.83	100.17
洛阳	89.75	112.83	93.17	93.42	96.42
漯河	91.67	107.92	93.92	91.42	98.25
南阳	92.42	106.92	89.58	88.00	95.00
平顶山	93.42	105.17	89.75	88.58	94.67
濮阳	99.33	112.25	102.17	99.75	94.67

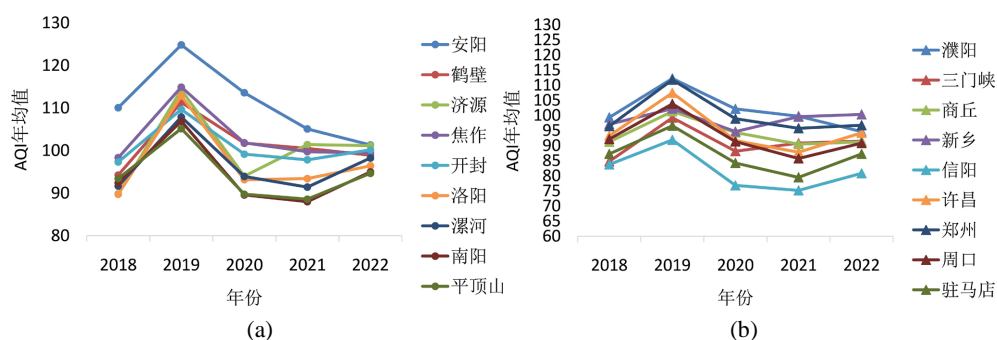


Figure 3. Inter-annual variation line charts of air quality in 18 prefecture-level cities in Henan Province

图 3. 河南省 18 个地级市空气质量的年际变化折线图

由图 3 可知, 河南省 18 个地市 AQI 在总体上呈现先上升而后下降的趋势, 根据环境空气质量标准可知, AQI 的年均值越小, 空气质量越好。从总体趋势上来看, 2019 年, 河南省的空气质量整体较差, 而在 2019~2021 年之间, 河南省绝大部分地区的 AQI 呈现下降趋势, 空气质量逐渐变好, 至 2022 年, 绝大部分地区的空气质量趋于稳定, 而安阳、南阳等几个城市具有明显的变化, 但空气质量相对于前几年来说有所改善; 从各个城市空气质量来看, 安阳、南阳城市空气质量在河南省长期处于靠后的位置, 空气质量比其他城市都差, 而信阳、驻马店与其他城市相比空气质量较好。

2.3. 空气质量的空间分布特征

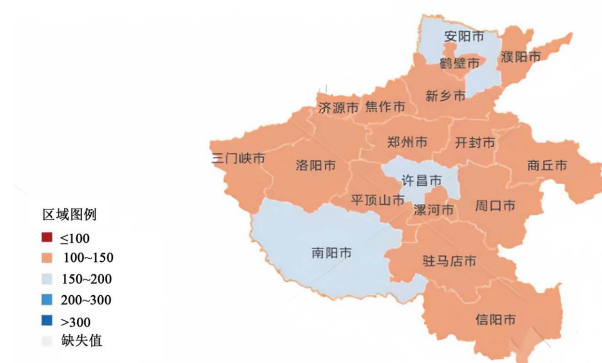
由图 1 可以观察到, 河南省空气质量污染程度在冬季最为显著, 为了更好地探究出河南省空气质量空

间变化特征, 本文选取冬季作为主要的研究对象, 将 1 月作为冬季代表月, 选用 2018~2021 年河南省 1 月空气污染情况在空间上的分布(见图 4), 以此更加清晰地观察出河南省空气质量的空间分布。表 8 数据仅展示河南省 2018 年 1 月的空气污染情况。

Table 8. Air pollution in Henan Province in January 2018
表 8. 河南省 2018 年 1 月空气污染情况

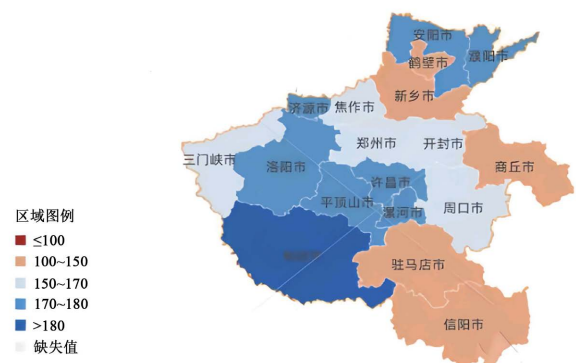
地区	月份	AQI	质量等级	PM2.5	PM10	NO ₂	CO	SO ₂
郑州	2018-01	145	轻度污染	110	138	54	1.3	21
济源	2018-01	145	轻度污染	111	145	51	1.861	40
南阳	2018-01	154	中度污染	118	149	48	1.526	11
周口	2018-01	129	轻度污染	95	154	33	1.103	14
鹤壁	2018-01	124	轻度污染	93	145	59	1.868	26
驻马店	2018-01	132	轻度污染	99	142	41	1.065	12
信阳	2018-01	120	轻度污染	90	134	10	40	1.161
安阳	2018-01	164	中度污染	129	171	53	1.952	33
商丘	2018-01	146	轻度污染	111	159	1.268	12	44
三门峡	2018-01	141	轻度污染	106	140	43	1.335	25
开封	2018-01	144	轻度污染	110	139	43	1.345	20
焦作	2018-01	146	轻度污染	112	163	23	50	1.945
漯河	2018-01	147	轻度污染	111	157	43	1.09	12
洛阳	2018-01	130	轻度污染	96	147	49	1.59	23
濮阳	2018-01	150	轻度污染	116	145	46	1.558	19
许昌	2018-01	153	中度污染	118	152	44	1.439	20
平顶山	2018-01	146	轻度污染	112	154	1.139	20	43
新乡	2018-01	131	轻度污染	99	147	61	1.655	23

2018年1月河南省空气质量分布图



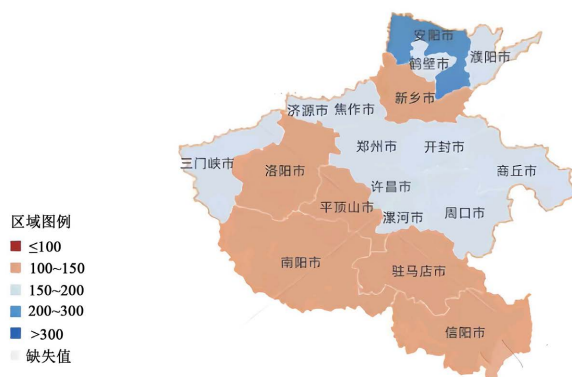
(a) 2018 年 1 月河南省空气质量污染情况空间分布图

2019年1月河南省空气质量分布图



(b) 2019 年 1 月河南省空气质量污染情况空间分布图

2020年1月河南省空气质量分布图



(c) 2020年1月河南省空气质量污染情况空间分布图

2021年1月河南省空气质量分布图



(d) 2021年1月河南省空气质量污染情况空间分布图

Figure 4. Spatial distribution maps of air pollution in Henan Province from January from 2018 to 2021**图 4.** 2018~2021 年河南省 1 月空气污染情况空间分布图

从空间维度来看,河南省不同地市的空气质量存在差异。一些工业发达、人口密集的城市,如郑州、许昌等地,其空气质量相对较差;而一些自然风光优美、工业污染较少的城市,如信阳、驻马店等地,其空气质量相对较好。

从 2018~2021 年河南省 1 月份各地市空气污染情况分布来看,只有 2019 年河南省存在重度污染区域,其余年份中度污染区域面积占比较大。2019 年的空气污染情况较为分散,东南部空气质量较为良好,西南部和东北部污染较为严重。2020 年, AQI 总体上呈现从东北向西南逐渐减小的变化特征,即空气质量从东北向西南逐渐变好。2021 年, AQI 呈现东北部以及西南部较差,西北部以及东南部空气质量良好的状况,总的来说,河南省空气质量指数数值总体呈现“北高南低”的空间分布特点。

此外,为研究六种污染物以及三种气象因素的季节变化,本文将 2018~2022 年各污染物以及三种气象因素的均值绘成折线图,以此更加清晰地观察出各指标的变化情况。六种污染物以及三种气象因素随季节变化如图 5 所示。表 9 和表 10 展示了 PM_{2.5} 和 PM₁₀ 季度平均值。

Table 9. Quarterly average value of PM_{2.5} in Henan Province from 2018 to 2022**表 9.** 2018~2022 年河南省 PM_{2.5} 季度平均值

	春	夏	秋	冬
2018	43.11	31.65	50.63	91.67
2019	46.94	28.11	49.54	112.39
2020	40.15	27.35	50.96	90.94
2021	37.41	23.63	45.70	68.54
2022	35.37	22.13	47.13	84.22

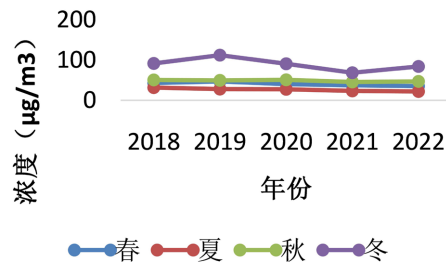
Table 10. Quarterly average value of PM₁₀ in Henan Province from 2018 to 2022**表 10.** 2018~2022 年河南省 PM₁₀ 季度平均值

	春	夏	秋	冬
2018	80.57	61.00	87.81	134.59

续表

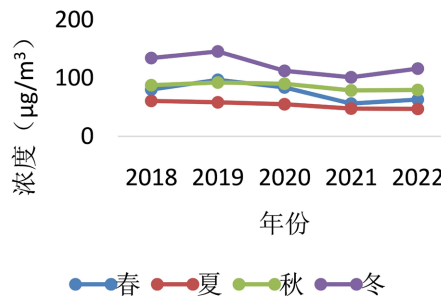
2019	97.19	58.48	92.44	145.91
2020	84.17	55.30	90.35	112.59
2021	56.33	47.83	78.93	101.50
2022	63.35	47.17	79.72	116.41

PM2.5



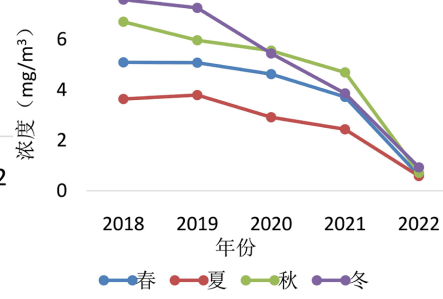
(a) PM2.5 季节变化图

PM10



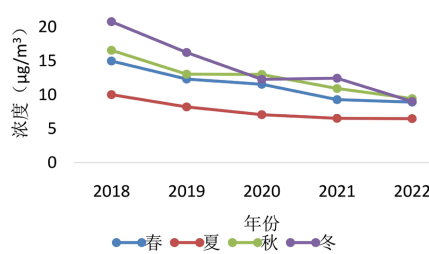
(b) PM10 季节变化图

CO



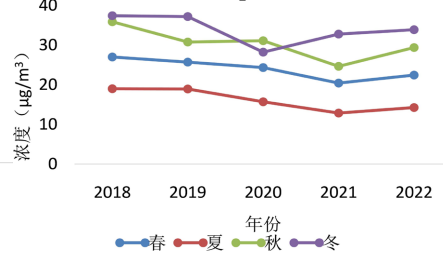
(c) CO 季节变化图

SO₂



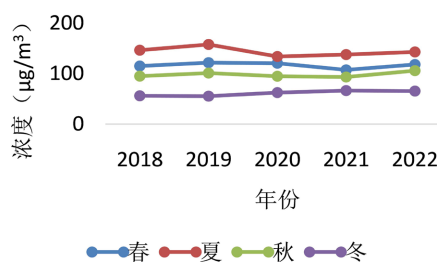
(d) SO₂ 季节变化图

NO₂



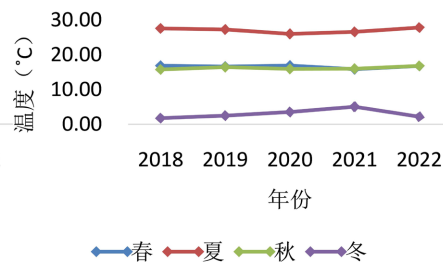
(e) NO₂ 季节变化图

O₃



(f) O₃ 季节变化图

气温



(g) 气温季节变化图

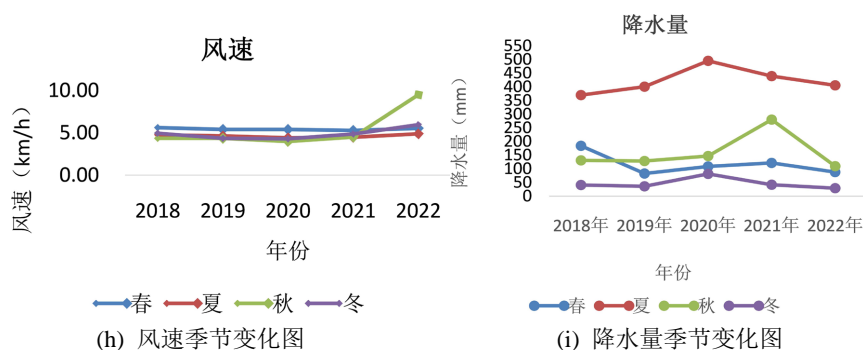


Figure 5. Plots of six pollutants and three meteorological factors with season variation
图 5. 六种污染物以及三种气象因素随季节变化图

由图 5 可以看出, 在冬季, CO 最高, O₃ 最低。在夏季, NO₂ 最低, O₃ 最高。可能是因为夏天强烈的太阳辐射和较高的温度, 容易造成光化学烟雾和二次臭氧生产, 使得 O₃ 浓度在夏季偏高。而风速在春夏秋冬普遍稳定, 降水量在夏季明显增多, 冬季较少, 降水量越多, 空气质量越好, 因此冬季的空气污染范围较广。PM_{2.5}、PM₁₀、CO、SO₂ 的指标浓度在 2018~2022 年之间总体呈现下降趋势, 由此可见河南省总体空气质量正在向好的趋势发展。

3. 河南省空气质量影响因素分析

为探究河南省空气质量变化原因, 提出建议以改善空气质量, 本文对河南省空气质量影响因素进行分析。

3.1. 主要大气污染物的年际变化特征

为进一步探究河南省空气质量年际变化特征, 本文计算出 2018~2022 年河南省六种污染物年均值(见表 11), 并绘制出折线图, 更加直观地看出河南省空气质量年际变化特征。由于 SO₂ 和 CO 数值与其他变量数值差异过大, 将其单独绘制, 更好地对其变化特点进行分析。主要大气污染指标年际变化如图 6 所示, CO 以及 SO₂ 年际变化见图 7。

Table 11. Annual average value of six air pollutants in Henan Province from 2018 to 2022
表 11. 2018~2022 年河南省六种大气污染物年均值

	2018	2019	2020	2021	2022
PM _{2.5}	54.26	59.17	52.35	43.82	47.21
PM ₁₀	91.00	97.93	85.60	71.15	76.66
CO	4.39	4.65	3.58	3.19	0.71
SO ₂	16.95	14.23	12.03	10.71	8.47
NO ₂	29.82	26.86	24.85	22.25	24.99
O ₃	103.07	108.65	102.88	101.18	108.08

由图 6 和图 7 可观察到, CO 和 SO₂ 指标浓度在 2018~2022 年整体呈现下降趋势, 说明河南省空气质量正在向好的趋势发展, 而 O₃ 和 NO₂ 浓度在五年内呈现稳定趋势, PM_{2.5} 和 PM₁₀ 浓度在五年内虽有波动, 但总体来说在下降, AQI 空气质量指数在 2019 年显著升高, 说明 2019 年河南省空气质量整体较差, 而后三年 AQI 下降, 河南省空气质量变好, 经调查推断, 其空气质量差的原因可能是在 2019 年年

初雾霾严重影响空气质量和交通安全，6月上旬大风等强对流天气频发，年内温度明显偏高影响季节转换，因此其空气质量明显变差。总体来说，河南省空气质量有所好转。

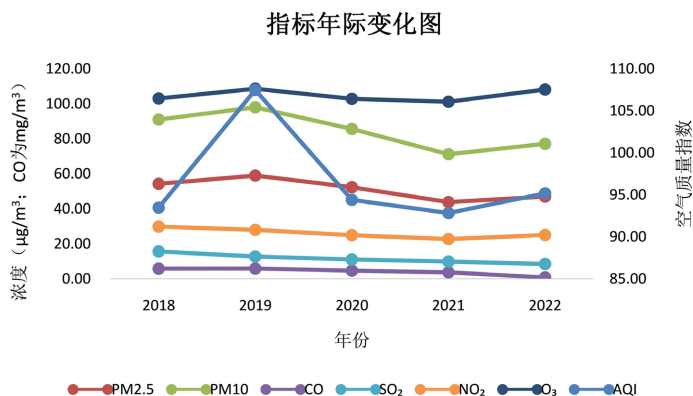


Figure 6. Inter-annual changes of major air pollution indicators
图 6. 主要大气污染指标年际变化

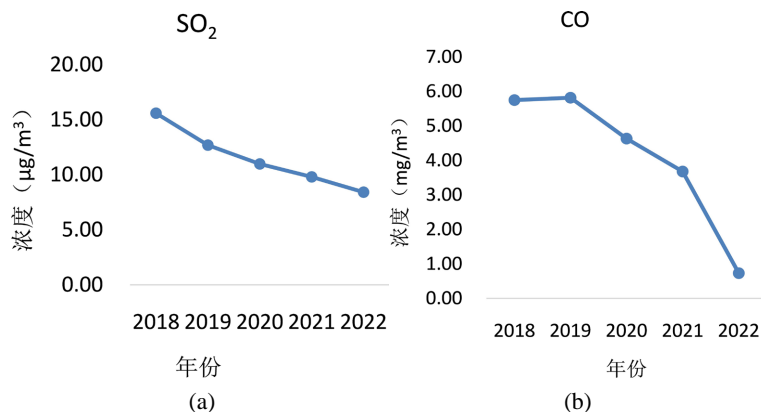


Figure 7. Inter-annual changes of CO and SO2
图 7. CO 以及 SO2 年际变化

3.2. 河南省气象因素与大气污染物相关性分析

由于 AQI、PM2.5、PM10、SO2、CO、NO2 和 O3 数据总体并不近似服从正态分布，故本文依据 AQI 与影响因素相关性检验数据(见表 12)选用 Spearman [6]秩相关检验探究 AQI 和污染物之间的关系(见图 8)。

本文运用 python 软件对指标间相关系数以热力图形式进行展示，得出的结果如图 8 所示。

Table 12. Test data of correlation between AQI and influencing factors (part)

表 12. AQI 与影响因素相关性检验数据(部分)

AQI	PM2.5	PM10	CO	SO2	NO2	O3	温度	风速	降水量
74.76	43.11	80.57	5.09	14.99	27	105.8	16.85	5.61	184.23
92.13	31.65	61	3.64	10.02	19	114.89	27.58	4.77	369.93
83.74	50.63	87.81	6.7	16.56	35.87	137.72	15.76	4.35	131.43
123.22	91.67	134.59	7.58	20.78	37.4	120.52	1.75	4.94	41.16

续表

89.76	46.94	97.19	5.07	12.32	25.71	101.09	16.61	5.4	82.86
100.39	28.11	58.48	3.79	8.21	18.93	107.3	27.26	4.63	400.38
92.89	49.54	92.44	5.96	13.05	30.76	66.46	16.43	4.34	129.09
147.69	112.39	145.91	7.25	16.23	37.18	157.63	2.48	4.34	36.6
85.06	40.15	84.17	4.62	11.56	24.34	65.56	16.88	5.41	108.78

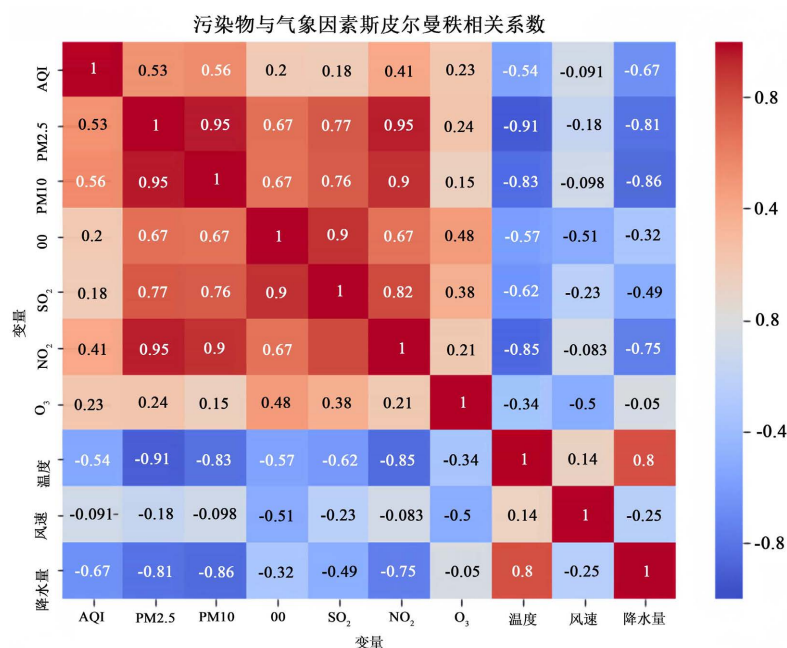


Figure 8. Correlation coefficient diagram between indicators
图 8. 指标间相关系数图

由图 8 可以观察到 AQI 与六种污染物以及三种气象因素之间的相关系数，AQI 与 PM2.5、PM10 的相关系数已经达到了 0.5 以上，说明其与 PM2.5、PM10 中度相关，并与三种气象因素呈负相关关系。进一步分析三种气象因素与各大气污染物之间的相关性发现，PM2.5、PM10、CO、SO₂、NO₂、O₃ 均与三种气象因素呈负相关，六项污染物彼此之间也呈正相关关系，而风速与降水量两者之间呈负相关关系。

相关性分析结果说明，河南省的高温天气会使得六种污染物的浓度下降，从而使得空气质量变好，因此在夏季空气质量较好，冬季空气质量较差。同时，大风天气会让大气污染物的浓度降低，能够改善空气质量。降水量越多，污染物浓度就会降低，因此，雨季河南省空气质量会变得更好。

3.3. 探究对空气质量影响最大的因素

为探究对空气质量影响最大的因素，本文采用内梅罗指数法[7]，通过单因子指数法和综合指数法得出影响程度最大的指标，有效帮助河南省改善空气质量作出相应措施，使得河南省空气质量不断向好发展。

首先通过单因子评价，确定主要的污染物及其危害程度，得出 \bar{P} 以及 $P_{i\max}$ ，然后通过综合污染法，兼顾单因子污染指数平均值和最高值，得出 $P_{\text{综}}$ ，哪个指标对应的 $P_{\text{综}}$ 越大，则说明该指标影响程度越大。通过计算得出以下数据(见表 13)。

Table 13. Results of the Numero index method
表 13. 内梅罗指数法所得结果

	PM2.5	PM10	NO ₂	CO	SO ₂	O ₃
P_{\max}	1.81	2.22	0.24	8.02	0.09	6.84
\bar{P}	0.90	1.11	0.12	4.01	0.05	3.42
$P_{\text{综}}$	0.95	1.05	0.35	2.00	0.22	1.85

由表 13 可知, CO 对空气质量指数的影响最大, 其次是 O₃、PM10、PM2.5、NO₂ 和 SO₂。因此, 河南省应采取相应措施重点减少 CO 的排放。经调查得知, 工业生产过程中会排放大量的废气, 其中包括一氧化碳、PM10 等污染物。因此, 应加大对工业生产过程的治理, 从而更加高效地提升空气质量。

4. 结论与建议

4.1. 研究结论

4.1.1. 春秋季空气质量最好, 夏冬季空气质量次之

本文通过对河南省空气质量状况进行分析得出, 河南省空气质量整体上存在显著的季节性差异特征。春秋季空气质量最好, 冬季空气质量最差, 这种差异可能与冬季采暖和污染物排放等因素有关。

4.1.2. 空气质量时空分布特点

从时间维度来看, 河南省 AQI 年际变化呈倒“V”形[8], 从年际变化趋势来看, 五年中 AQI 呈现下降趋势, 表明河南省各地空气质量近年来有所改善。从空间维度来看, 河南省 AQI 总体呈现“北高南低”的空间分布特点。

4.1.3. 空气质量影响因素关系

通过对影响空气质量的因素进行分析发现, AQI 与六种污染物均呈正相关, 与三种气象因素之间均呈负相关, 并且分析发现 AQI 与 PM10 的正相关性最强, 与降水量的负相关性最强。通过分析六大污染物对空气质量的影响程度可知, 六大空气污染物指标浓度呈现逐年降低的趋势, CO 对空气质量指数的影响最大。

4.2. 政策建议

4.2.1. 减少污染物排放, 加强监测

冬季由于燃烧和取暖等因素, 空气中的 CO、CO₂ 等都比其他季节高。为此应提倡减少供暖机制或加强供暖清洁能源的使用, 减少空气污染物排放, 改善空气质量。其次, 大数据技术为空气质量监测和分析提供了强有力的支持。河南省可通过在线监控系统、环境监控中心等平台, 实时收集和分析废气排放量、用电量等关键数据, 为空气质量预警和治理提供科学依据。例如, 冬季春节和其他重大节日的烟花爆竹燃放对空气质量有着极大的影响, 为此社会应加强监测预警、污染治理等措施, 实现对空气质量的改善。

4.2.2. 加强工业治理

加强工业治理以改善空气质量需要从产业结构、工业排放、能源结构、运输结构、扬尘污染治理、区域联防联控、监管执法以及公众参与等多个方面入手, 形成合力共同推进。其中, 对于河南省而言, 首要任务是采取相应措施减少工业废气废料的排放, 加大对工业污染物排放管制的力度, 减少 CO、O₃、

PM10 以及 PM2.5 的排放[9]，从而更加有效地治理空气污染情况，改善空气质量。

4.2.3. 适当增大降雨量

由于降水量与空气质量指数呈现显著负相关，为此河南省在干旱季节可以通过适当增大降雨量来改善空气质量。适当增大降雨量需要综合考虑多种因素和措施，包括植被恢复与保护、水资源管理、气候调控与人工增雨、土壤改良、多元农业模式推广以及社会生活方式的调整等。同时，还需要加强科学研究和技术支持，以探索更多有效的降水增加方法。为此，河南省应考虑多种因素和措施以便增加降雨量，改善空气质量。

4.2.4. 植树造林

植树造林通过固碳释氧、降低有害气体浓度、减少放射性物质、减少灰尘和含菌量以及治理 PM2.5 等多种途径可以显著改善空气质量，对保护人类生存环境和促进生态平衡具有重要意义。为此，政府应大力提倡植树造林，加大植树造林的力度，使保护环境的观念深入人心，改善空气质量。

5. 研究创新

5.1. 研究视角创新

从大数据视角出发，对河南省空气质量的状况及影响因素进行了深度分析，为空气质量研究提供了新的视角和方法。

5.2. 数据分析方法创新

采用 Friedman 检验判断河南省空气质量是否有季节差异，使结论更具科学性和可靠性。

利用镱数图表数据可视化工具制作出河南省空气质量地区分布图，直观地展示了空气质量的空间分布特点。

通过内梅罗指数法探究出对空气质量影响最大的指标，为制定针对性的治理措施提供了重要依据。

5.3. 对河南省空气质量的针对性研究

以往对空气质量的研究中，对河南省地区的关注较少，本文聚焦河南省空气质量，填补了相关研究的空白，对推动河南省绿色转型和经济高质量发展具有重要意义。

参考文献

- [1] 俞浩敏. 基于时序分析的空气质量监测与预测[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [2] 韩东银. 阳泉市区大气污染物扩散及空气质量控制研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 中国矿业大学(北京), 2014.
- [3] 叶深. 中国城市空气质量时空变化及影响因素[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西师范大学, 2023.
- [4] 王浥铭, 齐安安, 王鹏程, 等. 沿海农村地区大气 PM_{2.5} 中多环芳烃(PAHs)季节污染特征、气象条件影响及健康风险评估[J]. 环境科学学报, 2022, 42(10): 91-99.
- [5] 徐文星, 安欣舒, 彭珍. 北京市 2015-2020 年空气质量特征及影响因素分析[J]. 北京石油化工学院学报, 2022, 30(2): 59-66.
- [6] 陆智新, 梁美霞, 卞心彤, 等. 泉州市电磁辐射水平跟踪研究[J]. 科技和产业, 2021, 21(10): 342-347.
- [7] 戴如虎. 南方某石油炼化厂区土壤污染调查与评估研究[J]. 江汉石油职工大学学报, 2023, 36(3): 44-46.
- [8] 王宇蝶, 滕泽宇, 陈智文, 等. 环渤海地区空气质量时空变化特征及动态预测[J]. 中国环境监测, 2024, 40(1): 68-78.
- [9] 刘超. “双碳”目标下“减污降碳协同增效”在生态环境法典中的立法表达[J]. 政法论丛, 2024(2): 40-50.