

Correlation Analysis between Ambient Air Quality and Precipitation Components

Ruiyong Song¹ Junfeng Liang²

1. Yellow River Conservancy Commission Sanmenxia Reservoir Area Hydrological and Water Resources Bureau, Sanmenxia, Henan, 472000, China

2. Henan Sanmenxia Ecological Environment Monitoring Center, Sanmenxia, Henan, 472000, China

Abstract

A good ecological environment is an inherent requirement for achieving sustainable development of the Chinese nation and a priority area for improving people's well-being. From the resolute battle of pollution prevention and control in the 13th Five Year Plan to the deep battle of pollution prevention and control in the 14th Five Year Plan, it means that the battle of pollution prevention and control has been carried out at a deeper level and in a wider range, indicating that the battle of pollution prevention and control has also achieved certain results. The paper analyzes the concentration trends and correlations of acidic substances in the ambient air and precipitation of a certain city from the 13th Five Year Plan period (2016-2022) to the beginning of the 14th Five Year Plan.

Keywords

ambient air; precipitation; trend analysis; relevance

环境空气质量与降水成分的相关性分析

宋瑞勇¹ 梁军凤²

1. 黄河水利委员会三门峡库区水文水资源局, 中国·河南 三门峡 472000

2. 河南省三门峡生态环境监测中心, 中国·河南 三门峡 472000

摘 要

良好的生态环境是实现中华民族永续发展的内在要求,是增进民生福祉的优先领域。从“十三五”的“坚决打好”污染防治攻坚战,到“十四五”的“深入打好”污染防治攻坚战,意味着污染防治攻坚战已经更深层次、更广领域地开展,说明污染防治攻坚战也取得了一定的成效。论文从“十三五”以来(2016—2022年)到“十四五”开局之年某市环境空气和降水中的酸性物质的浓度变化趋势及相关性进行分析。

关键词

环境空气; 降水; 趋势分析; 相关性

1 引言

环境空气质量评价的基本项目包括二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)、可吸入颗粒物(PM₁₀)、细颗粒物(PM_{2.5})共6项^[1],其中与降水中酸性物质(硫酸根离子、硝酸根离子)有较强相关性

的为二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)。

2 环境现状

2016—2022年环境空气中二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)和降水中硫酸根(SO₄²⁻)、硝酸根(NO₃⁻)离子的年均值及逐年情况,见表1和图1。

表1 2016—2022年硫酸根、硝酸根、二氧化硫、二氧化氮的年均值

污染物	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
SO ₂ (μg/m ³)	30	20	14	9	7	8	9
NO ₂ (μg/m ³)	35	38	35	33	31	29	25
[SO ₄ ²⁻] (mg/L)	9.09	6.60	6.62	5.35	3.34	3.45	4.48
[NO ₃ ⁻] (mg/L)	1.51	1.64	3.38	5.21	5.50	2.77	3.80

【作者简介】梁军凤(1987—), 硕士, 从事环境监测研究。

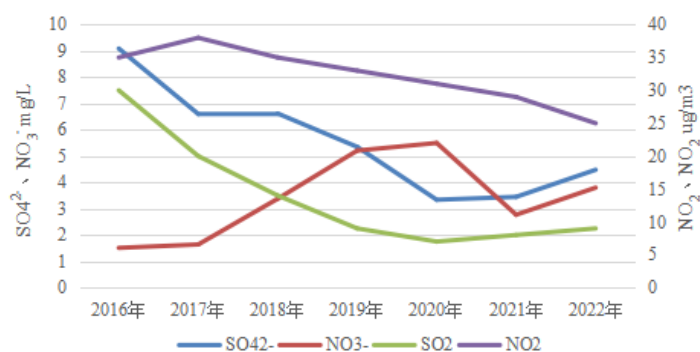


图1 2016—2022年各因子的年变化趋势

由图1可见，除降水中 $[\text{NO}_3^-]$ 年均值2020年前逐渐上升，之后下降外，其他因子年均值整体均呈逐年下降趋势。

3 趋势分析

采用Spearman秩相关系数法，并进行显著性检验，确定其是否有变化和变化程度^[2]。对2016—2022年环境空气中二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）和降水中硫酸根（ SO_4^{2-} ）、硝酸根（ NO_3^- ）年均值变化趋势进行检验。具体计算过程为，时间周期 $Y_1 \cdots Y_n$ 与对应的年均值 $C_1 \cdots C_n$ ，将C按从小到大的顺序排列，秩相关系数计算如下式：

$$r_s = 1 - \left[\frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N} \right]$$

$$d_i = X_i - Y_i$$

式中： d_i ——变量 X_i 和变量 Y_i 的差值；

X_i ——周期1到周期N按污染指数从小到大排列的序号；

Y_i ——按时间顺序排列的序号。

将秩相关系数 r_s 的绝对值同spearman秩相关系数统计表中的临界值 W_p （显著性水平为0.05， $W_p=0.714$ ）进行比较。根据比较结果，说明污染程度加重（或质量变差）、污染程度减轻（或质量变好）。

如果 r_s 是负值，则表明在评价时段内变化呈下降趋势或好转趋势；如果 r_s 为正值，则表明在评价时段内变化呈上升趋势或加重趋势；当 $r_s > W_p$ 则表明变化趋势有显著

意义；当 $r_s \leq W_p$ 则表明变化趋势没有显著意义：说明在评价时段内变化稳定或平稳。计算结果见表2。

表2 2016—2022年 SO_2 、 NO_2 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 的 r_s 值及变化趋势

污染因子	r_s	W_p	趋势	显著性
SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0.857	0.714	下降	显著
NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	-0.964	0.714	下降	显著
$[\text{SO}_4^{2-}]$ (mg/L)	-0.821	0.714	下降	显著
$[\text{NO}_3^-]$ (mg/L)	0.607	0.714	上升	不显著

通过Spearman秩相关系数法分析变化趋势，结果表明^[3]：环境空气中的二氧化硫（ SO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）和降水中硫酸根离子（ SO_4^{2-} ）呈显著下降趋势，降水中硝酸根离子（ NO_3^- ）呈不显著上升趋势。

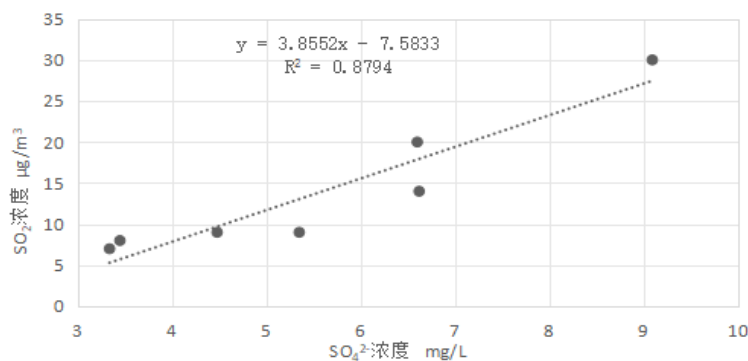
4 关联性分析

4.1 环境空气中 SO_2 和降水中 SO_4^{2-} 的相关性分析

环境空气中 SO_2 和降水中 SO_4^{2-} 年均值进行线性分析，得出 $y=3.8552x-7.5833$ ， $r^2=0.8794$ ，具有显著的线性相关性（图2）。

4.2 环境空气中 NO_2 降水中 NO_3^- 的相关性分析

环境空气中 NO_2 总体呈显著下降趋势，降水中的 NO_3^- 呈不显著上升趋势，二者没有一定的线性相关性。在进行多项式分析时，二者表现出一定的相关性 $r^2=0.4476$ ， $y=1.2168x^2-9.6743x+48.521$ （图3）。

图2 环境空气中 SO_2 和酸雨中 SO_4^{2-} 的相关性分析

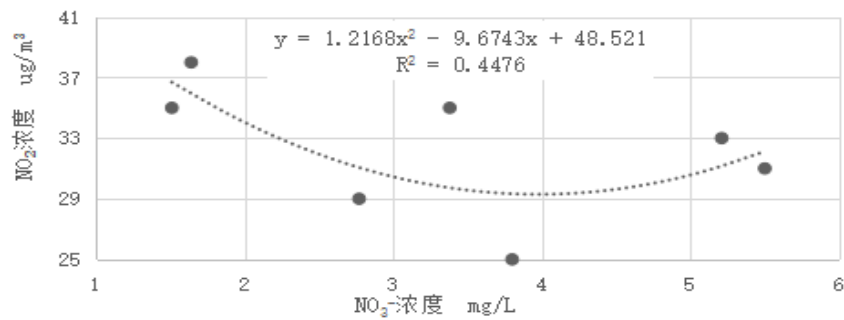


图 3 环境空气中 NO₂ 和酸雨中 NO₂⁻ 的相关性分析

5 结论及原因分析

① 2016—2022 年，该市环境空气中的二氧化硫（SO₂）、二氧化氮（NO₂）和降水中硫酸根离子（SO₄²⁻）呈显著下降趋势，且环境空气中的 SO₂ 和降水中 SO₄²⁻ 具有显著的线性相关性。污染减排对城市降水和环境空气带来的具体影响^[4]，近年来该市在污染减排方面开展了一系列工作，严格落实“小散乱差”企业取缔措施；开展燃煤散烧管控；持续调整交通运输结构，加快新能源汽车推广，积极推进老旧汽车淘汰；污染物排放量明显减少，环境质量显著改善。

② 2016—2022 年，该市降水中硝酸根呈不显著上升趋势，且环境空气中的二氧化氮（NO₂）和降水中的硝酸根离子（NO₃⁻）无线性相关性。这主要是近年来该市对汽车尾气和工业废气的管控使环境空气中的二氧化氮明显下降，但降

水中的硝酸根离子来源相对比较复杂。空气中氮气被氧化为氮氧化物，而氮氧化物主要包括二氧化氮和一氧化氮，二者都可以与空气中的水分作用生成硝酸根，增加降水中硝酸根离子的浓度。

参考文献

[1] 环境保护部.HJ 663—2013环境空气质量评价技术规范(试行)[S].2013.

[2] 刘宏燕.秩相关系数及其在蒲石河水质分析中的应用[J].黑龙江环境通报,2014,38(2).

[3] 丁杰萍,周静,尚婷婷.基于主成分分析的Spearman秩相关系数法在渭河干流甘肃段水质分析中的应用[J].地下水,2022(2).

[4] 李霖,李璐.污染减排对城市降水和环境空气质量的影响[J].环境与发展,2019(4).