

# Analysis of spatial and temporal variation characteristics and causes of sulfur dioxide in Baiyin city air in recent years

Shuzhi Lin

Gansu Baiyin Ecological Environment Monitoring Center, Baiyin, Gansu, 730900, China

## Abstract

Using the sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) monitoring data from 2018 to 2022 in Baiyin City, this study analyzes the inter-annual, quarterly, and seasonal variations of atmospheric SO<sub>2</sub> over the five-year period, as well as its spatial distribution. The trend analysis was conducted using the Spearman rank correlation coefficient method. The hourly SO<sub>2</sub> exceedance data from national control monitoring points were selected for statistical analysis. This study aims to understand the status of atmospheric SO<sub>2</sub> pollution in Baiyin City, provide technical support for management decision-making, and offer a reference for effective regional air pollution prevention and control. The results indicate that the concentration of SO<sub>2</sub> in Baiyin City has been decreasing year by year, with significant improvements in pollution conditions. Atmospheric SO<sub>2</sub> exhibits clear seasonal changes, with higher pollution during the heating season and lower pollution during the non-heating season. There are also spatial differences, with the eastern urban area experiencing more severe pollution than the western urban area. The study also explains the reasons behind the changes in SO<sub>2</sub> concentration.

## Keywords

Baiyin city; sulfur dioxide; pollution characteristics; change trend

# 近年来白银市大气中二氧化硫时空变化特征及原因分析

林树智

白银生态环境监测中心, 中国·甘肃 白银 730900

## 摘要

利用2018—2022年白银市环境空气质量二氧化硫(SO<sub>2</sub>)监测数据,对五年间大气二氧化硫的年际、季度和季节变化特征及其空间分布特征进行分析研究。采用Spearman秩相关系数法进行趋势分析。筛选国控监测点二氧化硫小时值超标数据进行统计分析。掌握白银市大气二氧化硫污染状况,为管理部门决策提供技术支持,为有效开展区域大气污染防治提供参考。结果表明:近年来白银市二氧化硫浓度呈逐年下降趋势,污染状况明显改善。大气二氧化硫呈明显的季节性变化特征。采暖期污染较重,非采暖期污染较轻。空间分布存在一定差异,东市区污染重于西市区。并对二氧化硫浓度变化的原因进行了阐述说明。

## 关键词

白银市; 二氧化硫; 污染特征; 变化趋势

## 1 引言

白银市是“因矿得名、因企设市”的资源型城市,是国家级有色金属工业基地,甘肃省重要的复合能源和化工基地。近年来,白银市在大气污染治理中取得了较大成效,空气质量有所改善。自2018年以来,白银市二氧化硫年均浓度在全省地级城市中排名倒数第一,成为社会公众极为关注的问题。本文以白银市环境空气质量定点监测二氧化硫监测数据为研究对象,分析了大气二氧化硫污染状况、特征及变化规律,为管理部门决策提供技术支持,为区域性大气污染防治提供参考。

【作者简介】林树智(1965—),男,中国天津人,本科,高级工程师,从事环境监测研究。

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 研究区与监测站点概况

白银市地处黄河上游中段,甘肃省中东部。现辖白银、平川两区和景泰、靖远、会宁三县。北靠内蒙古自治区,东靠宁夏回族自治区和甘肃平凉市,南与定西市接壤,西与兰州市毗邻,西北与武威市相连。白银市深居内陆,属温带大陆性气候,年平均气温10.3℃。通常情况下,年平均最高气温出现在七月份,为19℃~20℃,年平均最低气温出现在一月份,为-8℃~-7.7℃,年际温差在30℃左右,年均日温差在12.4℃~13.6℃之间。

白银市白银区共设有两个国家环境空气质量自动监测站点(简称国控点),采用24h连续自动监测,年监测天数365天。根据HJ664—2013《环境空气质量监测点位布设技

术规范(试行)》,由两个国控点代表“环境空气质量评价城市点”。白银区第三小学监测点代表东市区,动力公司监测点代表西市区。

## 2.2 数据来源与评价标准

本文所涉及二氧化硫监测数据均来源于白银市环境空气质量自动监测系统2018—2022年的监测结果<sup>[1]</sup>,数据年限为2018年1月至2022年12月。白银区第三小学、动力公司监测点处于二类功能区,依据GB3095—2012《环境空气质量标准》二级标准<sup>[2]</sup>进行数据评价。

## 3 二氧化硫污染源排放状况

### 3.1 工业能源消耗情况

白银市工业能源结构以煤炭为主。白银市工业煤炭消耗量2018年为862万吨,2022年达到1179.2万吨。燃料油消耗量2018年为240吨,2021年达到575.4吨,2022年降为242.4吨。五年期间工业煤炭消耗总量整体呈增加态势。

### 3.2 废气二氧化硫年排放量

白银市2022年工业废气污染物排放量达1403亿立方米,较2018年增加了14亿立方米。2022年二氧化硫排放量为5673吨,较2018年减少了4757吨。这五年白银市二氧化硫排放量下降明显。

## 4 分析结果与讨论

### 4.1 时间变化特征分析

对大气二氧化硫的时间分布变化特征分析,主要为年际变化、季度变化、季节变化(及采暖期与非采暖期)变化特征分析。

#### 4.1.1 年际变化特征

2018—2022年,白银市大气二氧化硫年均值范围为30~46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;五年都达到了国家二级标准。这五年二氧化硫平均值为36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,较“十二五”期间(52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )下降了16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。大气二氧化硫浓度呈明显的下降趋势。最大月均值为78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 4.1.2 月变化特征

五年期间,白银市大气中二氧化硫月均值浓度变化呈现两头高、中间低的“U型”特征,二氧化硫月均值浓度峰值出现在每年12月或次年1月,最低值一般出现在每年7、8月。每年11月至次年3月浓度较高,其余月份浓度值变化不大,总体浓度变化趋势较为明显。最大月均值范围为52~78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ;最高值出现在2018年1月,达到76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

#### 4.1.3 季节变化特征

2018—2022年,白银市大气二氧化硫季均值范围为21~58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。一季度、四季度污染较重,二季度、三季度污染较轻,季度变化呈明显的季节性变化特征。

#### 4.1.4 采暖期与非采暖期二氧化硫变化特征

白银市冬季供暖主要为集中式供暖方式,供暖期从每年11月1日起至次年3月31日结束。2018—2022年白银

市采暖期、非采暖期大气中二氧化硫浓度统计结果表明:采暖期二氧化硫污染较重,非采暖期污染较轻。

冬季降水偏少、植被干枯,进入采暖期之后,化石燃料消耗量大,污染物大量排放,导致空气质量变差。冬春季容易出现逆温层,使得污染物不易扩散,加剧大气污染程度。采暖期结束后二氧化硫浓度降低,大气污染程度明显转好。夏秋季节,温度回升,降雨较多,空气湿度较大,空气对流增强,有利于污染物扩散和稀释,空气质量相对较好。

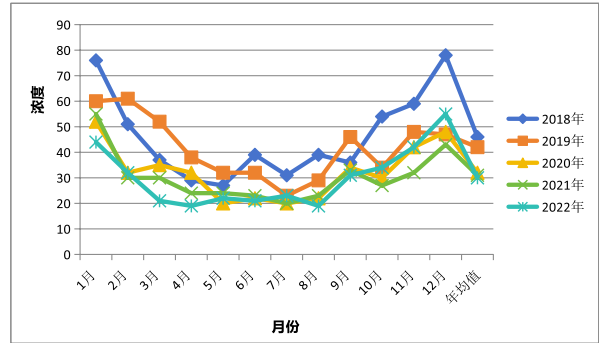


图 3-1 2018~2022 年白银市国控点 SO<sub>2</sub> 月均浓度变化趋势图 (单位:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

### 4.2 空间变化特性分析

#### 4.2.1 国控点年际变化分布差异

白银市2018—2022年国控点第三小学二氧化硫年均值浓度范围为38~65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。2018年二氧化硫年均值超过国家环境空气质量二级标准。2019年至2022年二氧化硫年均值均低于60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,达到国家环境空气质量二级标准,年际变化呈现下降趋势。动力公司二氧化硫年均值浓度范围为22~28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,年均值均低于国家环境空气质量二级标准,年际变化呈逐年减轻趋势。白银市区大气二氧化硫空间分布存在一定差异,东市区污染重于西市区。这可能与研究区城市建设、功能区划分、工业布局、产业结构及能源消费等有关。

#### 4.2.2 国控点二氧化硫小时值超标分析

筛选2018、2019年白银市两个国控点二氧化硫小时值超标(浓度限值500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )数据进行统计分析。第三小学测点2018年二氧化硫小时值超标次数为103次,2019年为115次。动力公司测点2018年二氧化硫小时值超标次数为2次,2019年为11次。

通过对白银市国控点二氧化硫小时值超标情况进行调查分析,一是部分企业设备老化、故障频发,造成污染源废气不稳定排放,烟气二氧化硫小时浓度波动变化。二是部分企业废气无组织排放管控不到位,车间生产设备密封不严,二氧化硫无组织排放严重。三是产业结构调整 and 能源清洁化转型迟缓。白银市以有色金属冶炼、工业制造、矿产品加工为主,工业企业能源消耗量和大气污染物排放量依然较大。

### 4.3 变化趋势分析

采用Daniel趋势检验法(即Spearman秩相关系数法)对白银市大气二氧化硫变化趋势进行定量分析。计算公

式为:

$$R_s = 1 - [6 \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 / (n^3 - n)]$$

式中:  $R_s$  为秩相关系数;  $i$  为时间周期数序号;  $n$  为时间周期总数 (比较 5 年数据时,  $n=5$ );  $x_i$  为周期 1 至周期  $n$  中各分析数据从小到大的排列序号;  $y_i$  为按时间先后排列的序号。

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  $W_p$  (当显著性水平为 0.05,  $n=5$  时,  $W_p=0.9$ ) 进行比较。如果秩相关系数  $R_s$  的绝对值大于临界值  $W_p$ , 则表明变化趋势有显著性意义, 否则无显著性; 如果秩相关系数  $R_s$  为正值时则表明上升趋势, 为负值时表明下降趋势。

2018—2022 年白银市大气二氧化硫变化趋势分析见表 3-1。

表 3-1 白银市大气二氧化硫变化趋势检验

项目	第三小学	动力公司	白银市区	采暖期	非采暖期
$R_s$	-0.9	-0.9	-1	-0.9	-1
趋势	下降	下降	下降	下降	下降
显著性	显著	显著	显著	显著	显著

根据白银市五年期间二氧化硫浓度趋势分析可知, 白银市大气二氧化硫年均浓度呈下降趋势, 变化显著。第三小学二氧化硫浓度呈下降趋势, 变化较显著。动力公司二氧化硫浓度呈下降趋势, 变化显著。说明二氧化硫浓度变化平稳。

由检验结果可知, 五年间白银市采暖期和非采暖期的二氧化硫浓度呈下降趋势。

## 5 原因分析

近年来白银市大气二氧化硫变化的主要原因为:

白银市大气污染属于工业和煤烟混合型污染。在 20 世纪八九十年代白银市环境污染形势十分严峻, 当时曾是我国大气污染严重的城市之一。大气二氧化硫超标、污染频发, 曾是甘肃省重点监控的四个二氧化硫控制区之一。1998 年国家划定了酸雨控制区和二氧化硫污染控制区范围, 白银市 (白银区、平川区) 被划定为二氧化硫控制区管辖范围。白银市的严重污染引起了各级政府和广大市民的关注。2005 年白银市政府加大二氧化硫污染治理力度, 国家发展改革委、甘肃省人民政府给予资金支持, 2007 年白银公司铜冶炼制酸系统治理项目建成投产, 环境空气质量有所好转<sup>[3]</sup>。

白银市政府高度重视大气污染防治工作。“十二五”期间进一步推进了全市污染减排工作。每年制定发布白银市年度大气污染防治实施方案, 及全市大气污染“冬防”工作安排部署要求, 并落实开展实施完成情况。特别是国务院发布《大气污染防治行动计划》之后, 不断加大依法治污力度, 强力推进大气污染防治工作。落实《打赢蓝天保卫战三年行动计划》, 推进大气污染防治攻坚工作。积极采取强化环境监管、综合整治等措施, 保障了大气污染防治工作的顺利开展, 取得了较好的成效。

白银市大力实施工业污染源治理, 强力推进大气污染防治措施, 加快能源结构调整。“十三五”以来, 白银市实施完成四大电厂燃煤机组超低排放升级改造项目、甘肃稀土公司完成焙烧尾气深度处理项目, 以及白银公司第三冶炼厂制酸尾气深度治理工程, 整治完成 176 个工业炉窑项目和 12 家涉气“散乱污”企业工作, 开展大气污染物限期达标及重污染天气应对。

白银市实施了城市集中供热及热电联产, 工业燃煤脱硫, 居民“煤改气”“煤改电”等一系列措施。坚持不懈地开展燃煤锅炉综合整治, 关停淘汰、拆除覆盖范围内的小燃煤锅炉 626 台, 城区 10 蒸吨以下燃煤锅炉实现“清零”, 土炕清洁化改造 8879 户。有效解决了由于燃煤产生的二氧化硫排放点源分散不易控制排放量的问题。二氧化硫总量得到一定控制, 有效改善了市区环境空气质量。

加强煤质管控, 积极推进煤炭清洁利用<sup>[4]</sup>。市场监管、工信、环境等部门严格落实煤炭产品抽查制度, 从源头严格控制煤品品质。2018 年以来, 加大煤炭交易网络建设, 建成投运煤炭质量管理储运中心项目, 全市已建成一级煤炭交易市场 10 个, 二级煤炭交易市场 39 个, 设立配送中心网点 284 个, 优质煤配送网络基本形成。

严格加强机动车尾气环保检测, 积极推进“黄标”及老旧车辆淘汰工作。对机动车尾气排放环检机构开展专项执法检查, 对存在问题企业提出整改要求。

## 参考文献

- [1] 白银市生态环境局. 白银市环境质量报告书[R]. 2018—2022 年度.
- [2] GB3095—2012 环境空气质量标准[S].
- [3] 蒋雅琳, 王长征. 白银公司铜冶炼烟气治理对白银市环境空气质量改善[J]. 甘肃冶金, 2008(5):66-67.
- [4] 马昭. 近年来大连市大气中二氧化硫浓度变化特征分析[J]. 科学技术创新, 2021(07):37-38.