

银川市环境空气质量统计特征分析

樊 韬¹ 陶 涛² 舒志亮² 翟 涛² 孙艳桥² 车晶晶²

(1.宁夏固体危险废物管理中心 宁夏 银川 750002;

2.宁夏气象防灾减灾重点实验室 宁夏 银川 750002)

【摘 要】为了解银川市环境空气质量状况,本文根据银川市 2009 年的 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 浓度资料,对银川市空间统计特征(包括兴庆区、金凤区和西夏区),季、月、日际变化特征和典型变化特征进行了统计分析。结果表明,银川市的环境空气质量良好,春冬两季污染较严重,冬季最重,夏季最轻。兴庆区、金凤区和西夏区三个功能区中后者的污染相对来说比较严重。三种污染物中 PM₁₀ 污染最严重,其次是 SO₂、NO₂ 污染最轻。超标天可能与大尺度的天气现象相关。

【关键词】SO₂;NO₂;PM₁₀;污染物浓度;超标天气

0 引言

随着我国国民经济的快速发展,城市生活水平的稳步提高,城市地区的空气环境问题越来越受到人们的广泛关注。20 世纪 80 年代以来,由于经济持续高速增长,使得环境压力明显增大,长期积累的环境风险开始出现,一些大中城市的空气质量有恶化的趋势^[1]。污染源和污染物的增多,污染范围的扩大,使得以 SO₂、NO₂ 和 PM₁₀ 为主要污染物的空气污染问题日趋严重。目前国外的研究^[2-4]主要集中在可吸入颗粒物等的区域性和气象条件对空气污染浓度变化过程的影响两方面,有研究分析了污染物浓度的变化规律,或与气象条件做相关性分析,得出污染源或风速、风向对空气质量有显著影响等结论。国内主要是对一个城市的大气污染物或空气污染指数(分指数)的变化进行分析,如^[5-15]对城市的污染物浓度、空气质量级别、首要污染物等指标进行统计分析,得出首要污染物、空气污染指数呈季节性变化规律以及与各气象要素的相关性等结论。

银川市地处我国西北边陲,是宁夏回族自治区首府,位于东经 105°51',北纬 38°25'。东临黄河,西濒贺兰山,南邻青铜峡市,北接石嘴山市,东西宽 64 公里,南北长 82 公里。下辖兴庆区、金凤区、西夏区、永宁县、贺兰县以及灵武市。其主要气候特点是:四季分明,春迟夏短,秋早冬长,昼夜温差大,雨雪稀少,蒸发强烈,气候干燥,风大沙多,年平均气温偏高,年降水量、年日照时数大部份偏少等。受到东亚季风的影响显著,全年降水量较少,降水多集中在夏季,春冬季大风天气居多,气候干燥。本文主要采用数理统计方法分析银川市 2009 年环境空气质量统计特征,主要是空间统计特征,即对兴庆区、金凤区和西夏区三个功能区空气质量进行分析,季、月、日际变化特征和典型变化特征分析。

1 环境空气统计特征

1.1 空间统计特征

国家环境空气质量标准(GB3095-1996)把空气质量分为三级^[16]。根据环境功能区的分类及标准分级,银川市执行二级标准。

兴庆区是银川市的经济、科技、文化、教育、金融和商贸物流中心,是城乡并存,一、二、三产业完善的行政区。金凤区是银川市高新技术产业聚集区,同时也拥有丰富的湖泊湿地资源。西夏区是银川大学城所在地,教育、旅游资源丰富,也是重工业发展基地。由图 1 可知,2009 年年均浓度 PM₁₀ 最高,其次为 SO₂ 和 NO₂。可吸入颗粒物年均浓度最高值出现在西夏区为 0.120mg/m³ 超过国家二级标准,西夏区与其他两个区相比 PM₁₀ 的污染比较严重。兴庆区和金凤区污染物的年均浓度都没有超过国家二级标准,而西夏区也只有 PM₁₀ 超标。

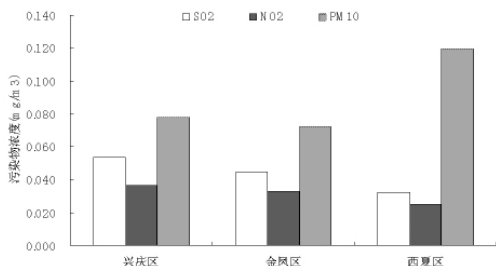


图 1 2009 年银川市各功能区污染物浓度分布

由表 1 可知,三个功能区的 SO₂ 年均浓度相差不大,但是兴庆区的日均值超标率比较高,即 SO₂ 超国家二级标准的天数比较多;兴庆区的 NO₂ 年均浓度最高,但是三个区 NO₂ 的日均值最多有 3 天超过国家二级标准;西夏区 PM₁₀ 的年均浓度最高,日均值超标率也比其他两个区高。西夏区的污染较为严重。

表 1 2009 年银川市不同功能区主要污染物浓度和二级标准超标率

监测指标	兴庆区		金凤区		西夏区	
	年平均 (mg/m ³)	日均值超 标率(%)	年平均 (mg/m ³)	日均值超 标率(%)	年平均 (mg/m ³)	日均值超 标率(%)
二氧化硫 (SO ₂)	0.054	6.31%	0.045	5.49%	0.032	0.55%
二氧化氮 (NO ₂)	0.037	0.82%	0.033	0.55%	0.025	0.27%
可吸入颗 粒物 (PM ₁₀)	0.078	6.59%	0.073	3.57%	0.120	19.78%

1.2 季、月、日际变化特征

1.2.1 空气污染物四季及采暖期、非采暖期变化特征

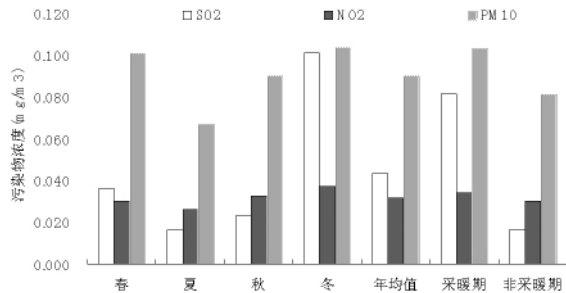


图 2 2009 年银川市各季及采暖期、非采暖期污染物浓度变化

从图 2 可以看出,2009 年银川市四个季节中,三种污染物在整个市区的浓度分布表现为:冬春两季污染较严重。其中最严重的是冬季,可吸入颗粒物浓度为 0.104mg/m³,二氧化硫浓度为 0.101mg/m³,均超过国家二级标准;二氧化氮浓度为 0.037mg/m³;其次是春季和秋季,污染最轻的是夏季。除了二氧化氮,二氧化硫和可吸入颗粒物平均浓度均为冬季>春季>秋季>夏季。冬季寒冷,取暖期长达 5 个月是造成冬季污染严重的主要原因。春季的沙尘天气也对空气污染有较大影响。而夏季降水较多,因此污染物浓度受雨水净化达到最低值。银川的采暖期为 11 月到次年的 3 月,时间较长,与非采暖期相比,采暖期各污染物浓度明显高于非采暖期。

总体来说,2009 年银川市 SO₂ 浓度各季变化比较大,冬季浓度均值明显高于其他各季,具有明显的季节性。夏季 SO₂ 空气质量浓度迅速下降,低于国家一级标准,空气状况比较好。NO₂ 在银川市的污染程度尚未达到 SO₂ 的程度,四季 NO₂ 空气质量均低于国家一级标准。PM₁₀ 在春季的浓度均值比冬季略少一点,所以春季也是其浓度分布的一个高潮阶段。PM₁₀ 与其他两种污染物相比浓度均值较大,是银川市空气污染中最主要的污染物。三种污染物年均值均未超过国家二级标

准,总的来说 2009 年银川市空气质量良好。采暖期和非采暖期中 PM_{10} 的浓度均值最大, SO_2 次之,这也说明 PM_{10} 对银川市空气污染起主要作用。

1.2.2 空气污染物月际变化特征

通过整理 2009 年银川市空气污染物月均浓度数据,绘制出空气污染物月际变化曲线(图 3)。2009 年银川市空气中 SO_2 浓度呈较为明显而宽阔的“U”字型, SO_2 浓度从 1 月份的最大月均浓度 0.144 mg/m^3 开始呈下降的趋势到 8 月份最小月均浓度为 0.009 mg/m^3 ,之后开始缓慢的上升到 10 月份,最后迅速的上升到 12 月份月均浓度为 0.055 mg/m^3 。 NO_2 浓度的变化趋势相对来说比较平缓,最大月均值出现在 1 月,最小月均值出现在 7 月和 8 月。 NO_2 浓度相对较小,年内月均值介于 $0.023\sim 0.046 \text{ mg/m}^3$ 之间,小于 SO_2 的浓度,说明银川市空气污染仍以燃煤型为主。 PM_{10} 浓度在 4、11 和 12 月较高,6~9 月较低,总体污染比较严重。 PM_{10} 浓度变化趋势呈现较明显的“W”字型,最大月均值出现在 4 月和 11 月,最小月均值出现在 8 月。 PM_{10} 月平均浓度相对较高,年内月均值介于 $0.056\sim 0.120 \text{ mg/m}^3$ 之间,是银川市最主要的空气污染物。

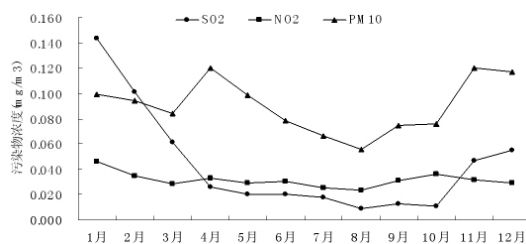


图 3 2009 年银川市空气污染物浓度月际变化

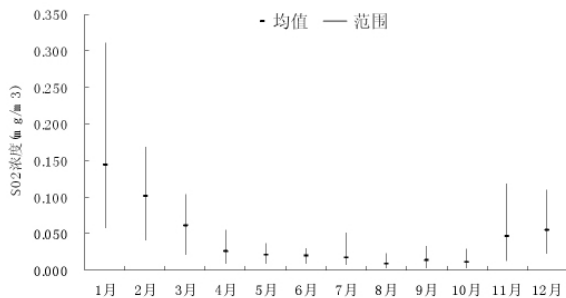


图 4 2009 年银川市各月空气中 SO_2 月均浓度

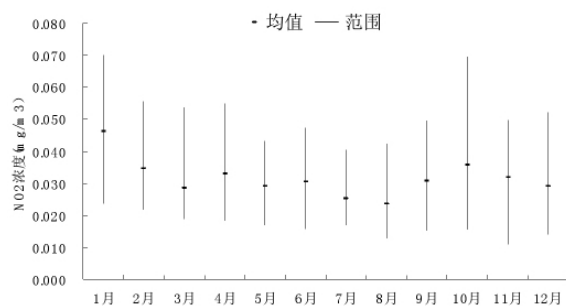


图 5 2009 年银川市各月空气中 NO_2 月均浓度

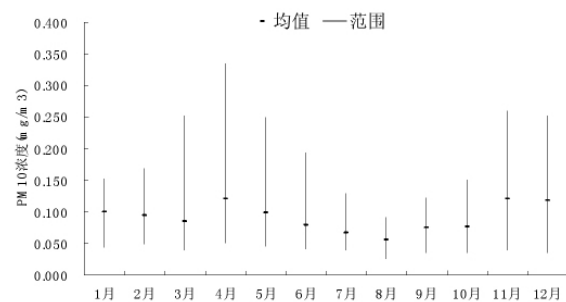


图 6 2009 年银川市各月空气中 PM_{10} 月均浓度

图 4~6 所示为 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 月均浓度条状图,图中垂线上下端分别为每月日均浓度的最大值和最小值,垂线中的点为月均浓度。图中可以看出 SO_2 日均浓度在 1、2、3 和 11、12 月变化较大,4~10 月变化较小; NO_2 日均浓度在 1 月和 10 月变化较大,5~9 月变化较小; PM_{10} 日均浓度在 3、4、5 和 11、12 月变化较大,7~9 月变化较小;总体而言, SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 日均浓度在春冬季节变化较大,夏秋季节变化较小。

1.2.3 空气污染物日际变化特征

由表 2~3 可知, SO_2 的最大日均值出现在 2009 年 1 月 16 日,若以日均浓度二级标准 0.150 mg/m^3 限制做评价,则有 12 个日均浓度超标,超标率 3.29%,最大超标倍数 2.07 倍;超标现象出现在 1 月和 2 月(图 4)。 SO_2 日均浓度 P_{50} 和 P_{90} 分别为 0.025 mg/m^3 和 0.107 mg/m^3 。有 96.71% 的 SO_2 日均浓度低于二级标准 0.150 mg/m^3 的限值,有 70.96% 的 SO_2 日均浓度低于一级标准 0.050 mg/m^3 的限值。 NO_2 的最大日均值出现在 2009 年 10 月 24 日,日均值为 0.066 mg/m^3 ,浓度较低,未超过国家一级标准,污染较轻。 NO_2 日均浓度 P_{50} 和 P_{90} 分别为 0.030 mg/m^3 和 0.044 mg/m^3 。 PM_{10} 的最大日均值出现在 2009 年 4 月 23 日,若以日均浓度二级标准 0.150 mg/m^3 限制做评价,则有 23 个日均浓度超标,超标率 6.30%,最大超标倍数 2.24 倍,污染较严重;超标现象出现在 3~6 月、11 月和 12 月(图 6),其中 11 月最多,有 7 天。 PM_{10} 日均浓度 P_{50} 和 P_{90} 分别为 0.081 mg/m^3 和 0.133 mg/m^3 。有 93.70% 的 PM_{10} 日均浓度低于二级标准 0.150 mg/m^3 的限值,有 8.77% 的 PM_{10} 日均浓度低于一级标准 0.050 mg/m^3 的限值。

表 2 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 日平均浓度及变化

因子	SO_2 日均值	NO_2 日均值	PM_{10} 日均值
浓度范围(mg/m^3)	0.002~0.311	0.011~0.066	0.032~0.336
超标率(%)	3.29	—	6.30
最大超标倍数	2.07	—	2.24
$P_{50}(\text{mg/m}^3)$	0.025	0.030	0.081
$P_{90}(\text{mg/m}^3)$	0.107	0.044	0.133

表 3 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 日平均浓度累积频数和百分累积频数

均值	浓度范围(mg/m^3)	SO_2		NO_2		PM_{10}	
		累积频数(n)	百分累积频数(%)	累积频数(n)	百分累积频数(%)	累积频数(n)	百分累积频数(%)
日均值	<0.050	259	70.96	348	95.34	32	8.77
	<0.080	304	83.29	365	100.00	172	47.12
	<0.100	322	88.22	365	100.00	259	70.96
	<0.150	352	96.44	365	100.00	341	93.42
	<0.200	361	98.90	365	100.00	355	97.26
	<0.300	363	99.45	365	100.00	363	99.45
	<0.350	365	100.00	365	100.00	365	100.00

1.3 典型变化特征分析

统计分析 2009 年银川市空气污染的超标天数,其中 NO_2 全年浓度都较低,未超过国家二级标准; SO_2 有 12 天超标,出现在 1 月和 2 月,最高值出现在 1 月 16 日; PM_{10} 有 23 天超标,分布在 3~6 月、11 月和 12 月,最高值出现在 4 月 23 日。

图 7 所示为 1 月 16 日 SO_2 日小时平均浓度变化曲线。 SO_2 日小时平均浓度最小和最大值分别出现在 7:00 和 13:00,最大值是最小值的 4.41 倍。高浓度时段在 9:00~13:00,平均浓度为 0.535 mg/m^3 。浓度随时间变化呈单峰特征,0:00~8:00 浓度呈现起伏振荡,9:00~13:00 迅速上升,14:00~23:00 缓慢下降。气象资料^[17]统计结果显示,2009 年 1 月 16 日银川市气压升高,低空大气层结构稳定,风速小,无降雨,不利于大气污染物的水平和垂直扩散,容易发生严重的空气污染^[13]。

图 8 所示为 4 月 23 日 PM_{10} 日小时平均浓度变化曲线。 PM_{10} 日小时平均浓度最小和最大值分别出现在 5:00 和 11:00,最大值达到 1.113 mg/m^3 。高浓度时段在 9:00~14:00,平均浓度为 0.747 mg/m^3 。浓度

随时间变化呈单峰态特征,0:00~7:00 浓度变化基本平稳,8:00~11:00 迅速上升,12:00~15:00 迅速下降,16:00~23:00 缓慢下降。气象资料^[17]统计结果显示,2009 年 4 月 23 日前后银川市天气干燥,大风天气且伴有大的沙尘,无降雨,容易发生严重的空气污染。

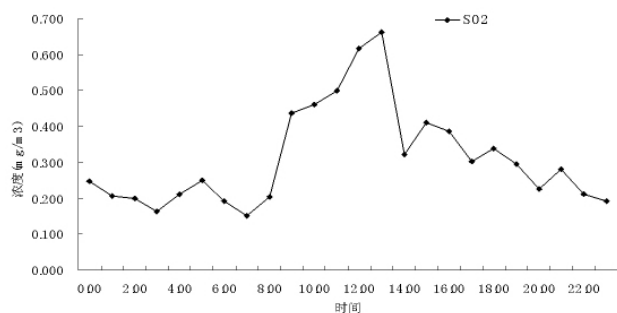


图 7 2009 年 1 月 16 日 SO_2 日小时平均浓度变化

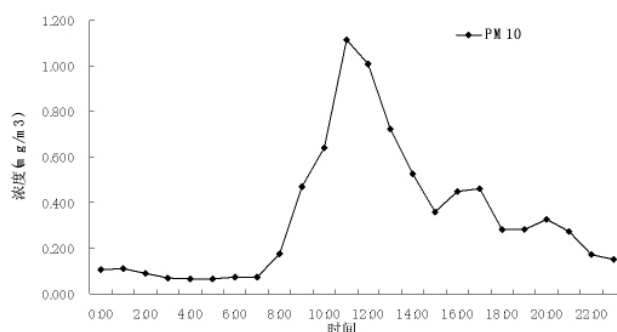


图 8 2009 年 4 月 23 日 PM_{10} 日小时平均浓度变化

2 结论

本文通过对银川市 2009 年环境空气质量统计特征的分析,主要包括空间统计特征、季、月、日际变化特征和典型变化特征三个方面,得出以下结论:

2.1 2009 年银川市空气污染质量总体状况良好, SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 的年均浓度值均未超过国家二级标准。四个季节三种污染物在整个市区的浓度分布表现为:冬春最严重,其次是春季和秋季,污染最轻的是夏季。三种污染物日均浓度在春冬季节变化较大,夏秋季节变化较小,较长的采暖期空气污染比较严重。

2.2 银川市兴庆区、金凤区和西夏区三个行政区中西夏区的污染相对来说比较严重,可能与西夏区是重工业发展基地有关。兴庆区和金凤区污染物的年均浓度都没有超过国家二级标准,而西夏区也只有 PM_{10} 超标。

2.3 三种污染物中 NO_2 全年浓度较低,未超过国家一级标准,污染较轻。 SO_2 浓度变化具有明显的季节性,月际变化呈宽阔的“U”字型,与 NO_2 相比污染状况较严重。 PM_{10} 是 2009 年银川市空气污染最主要的

污染物,月际变化呈较明显的“W”字型,污染状况最为严重。

2.4 2009 年银川市 SO_2 超标天集中在 1 月和 2 月,造成污染的原因可能是采暖期煤的燃烧,以及超标天气压升高,风速小,无降雨,不利于污染物扩散。 PM_{10} 超标天集中在冬春两季,造成污染的原因可能是天气干燥,大风天气且伴有大的沙尘,无降雨。总的来说,银川市的空气污染状况可能与大尺度的天气现象相关。

【参考文献】

- [1] 徐华英.我国空气污染状况及其对人体健康的影响[J].气候与环境研究,1999,4(1):56-60.
- [2] G.Grivas,A.Chaloulakou,P.Kassomenos,An overview of the PM_{10} pollution problem,in the Metropolitan Area of Athens,Greece [J].Assessment of controlling factors and potential impact of long range transport,Science of the Total Environment 2007(1):1-13.
- [3] Indrani Gupta,Rakesh Kumar,Trends of particulate matter in four cities in India [J].Atmospheric Environment,2006(40):2552-2566.
- [4] PLiu,Analysis of discrete brakes using theom Plexeigen value method [J].Applied Acoustics,2007,68(6):603-615.
- [5] 王斌.利用空气污染指数(API)分析我国空气污染的时空变化特征[D].青岛:中国海洋大学,2008:13-70.
- [6] 程涛.基于小波分析的上海市环境空气质量变化及与气象关系研究[D].上海:华东师范大学,2007:6-7.
- [7] 司瑶冰,宫春宁,郑有飞.呼和浩特市大气污染与天气气候的关系[J].气象科技,2005,33(2):173-177.
- [8] 刘彩霞,边玮璠.天津市空气质量与气象因子相关分析[J].中国环境监测,2007,23(5):63-65.
- [9] 李国翠,连志鸾,郭卫红,等.石家庄市污染日特征及其天气背景分析[J].气象科技,2006,34(6):674-679.
- [10] 李国翠,王建国,连志鸾,等.2006 年春季石家庄市沙尘天气与 PM_{10} 污染[J].中国环境监测,2007,23(6):57-60.
- [11] 唐燕秋,陈佳,熊强,等.重庆市多年空气污染指数分析及大气污染控制对策[J].四川环境,2005,24(6):80-82.
- [12] 柴微涛,宋述军,宋学鸿.成都市城区空气污染指数的时间序列分析[J].成都理工大学学报:自然科学版,2007,34(4):485-488.
- [13] 陈灿.广州市 2002-2003 年空气污染指数分析[J].四川环境,2005,24(05):20-23.
- [14] 纪忠萍,罗秋红,罗森波,等.广州市空气污染的变化特征及预报[J].热带气象学报,2006,22(6):574-581.
- [15] 张凌,付朝阳,郑习健,等.广州市区大气污染特征与影响因子分析[J].生态环境,2007,16(2):305-308.
- [16] GB3095-1996 环境空气质量标准[S].
- [17] 实时气象资料[EB/OL].中国气象科学数据共享服务网 <http://cdc.cma.gov.cn>.

作者简介:樊韬(1972—),男,工程师,主要从事固体废物管理及环境影响评价研究。

※宁夏科技攻关项目“宁夏灰霾天气形成机理、预报预测及防治对策研究”资助。

[责任编辑:汤静]

(上接第 454 页)本文提出的多目标遗传算法中,使用了均匀设计方法产生初始种群,种群分布范围宽广且均匀,通过加权平均法的适应度函数选择下一代种群,可获得较均匀的 Pareto 最优解。如何减少适应度评估时间是需要继续研究的问题。

【参考文献】

- [1] 周明,孙树栋.遗传算法原理及应用.北京:国防工业出版社,1999.
- [2] 崔遵学.多目标进化算法及其应用.北京:国防工业出版社,2006.
- [3] Yiu-Wing Leung,Wang Yuping.Multiobjective Programming Using Uniform Design and Genetic Algorithm. IEEE Transactions on Systems, 2000,(30):293-304
- [4] 刘淳安,王宇平.基于新模型的多目标遗传算法.西安电子科技大学学报:自然科学版,2005,30(2):260-267.
- [5] 刘淳安,王宇平.基于一种新模型的多目标遗传算法及性能分析.控制理论与

应用,2006,23(3):425-428.

- [6] 刘淳安,王宇平.一种基于新的模型的多目标存档遗传算法.计算机工程与应用,2005:43-45.
- [7] 刘淳安,王宇平.基于新模型的动态多目标优化进化算法.计算机研究与发展,2008,45(4):603-611.
- [8] 魏静萱,王宇平.基于新模型的多目标 Memetic 算法及收敛分析.控制理论与应用,2008,25(3):389-392.

作者简介:李焱(1975—),女,青海西宁市,高级讲师,在读硕士研究生,研究方向为进化算法。

[责任编辑:张慧]