

文章编号: 1006-4354 (2005) 02-0017-04

西安市区大气污染时空变化特征 及其与气象条件关系

宁海文, 吴 息

(南京信息工程大学环境资源系, 江苏南京 210044)

摘要: 利用 1998—2003 年西安市环境监测站提供的 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 质量浓度资料, 分析研究了这 3 种主要污染物的年际变化、年变化、季变化等时空变化特征及其与气象条件的关系。结果表明: 西安市区主要空气污染物年均质量浓度总趋势是逐年递减, 空气质量逐步得到改善; 冬春两季空气污染严重, 夏秋两季空气质量最好; 空间分布上 SO_2 和 NO_2 以小寨商业区最高, PM_{10} 则以东郊纺织城地区最高。污染物质量浓度与气象条件密切相关, 但在不同的季节与不同的污染物相关紧密的气象要素不同。

关键词: 大气污染; 时空变化; 气象条件

中图分类号: P49

文献标识码: A

随着城市化进程的加快和大型工业开发区的发展, 环境污染物的排放量不断增加, 污染范围不断扩大, 以颗粒污染物、二氧化硫、氮氧化物等为主要污染物的大气环境污染问题日趋严重, 环境污染对经济建设和广大市民的身心健康造成巨大危害^[1-2]。环境保护与经济可持续发展的协调是各国政府面临的一个严峻而又亟待解决的问题。对于空气污染问题不同学者从不同角度^[3-5]进行了研究。本文根据最新环境监测资料和同期气象资料, 研究西安市区近几年来主要污染物质量浓度的时空分布和变化特征及其与气象条件的关系, 为污染预报和环境治理提供依据。

1 空气污染监测概况

经国家环境监测总站认证的西安市环境监测站有 5 个监测站点, 分别位于北郊草滩、高压开关厂、小寨、兴庆小区、东郊纺织城, 分别代表清洁对照点、西郊工业区、商业区、居民文教区和东郊工业区。

西安环境监测站监测的污染物质量浓度资料, 在 1998-01-01—2000-05-15 为一周 4 次采样间断资料, 每月监测 14~16 次。2000-05-15

以后为逐日监测资料。利用 1998—2003 年 3 种主要空气污染物 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 质量浓度资料分析年度变化, 利用 2001—2003 年逐日资料分析其时空变化规律。

2 近 3 年空气污染状况

分析 2001—2003 年 3 种主要污染物日平均质量浓度资料, 西安市区大气中 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 日均浓度值变化最大幅度分别为: $3\sim 88 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, $3\sim 59 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, $37\sim 861 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。 SO_2 和 NO_2 质量浓度处于 1~2 级范围内, 空气质量属于优到轻度污染。 PM_{10} 质量浓度级别跨度极大, 极小值仅是年日平均值的 24.2%, 而最大值为年日平均值的 5.6 倍, 空气质量由 1 级的优等级到超出 5 级重度污染范围。

3 a 中郊区清洁对照点的 SO_2 、 NO_2 和 PM_{10} 年平均日浓度值分别为 $12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $8 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $125 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, 市区分别为 $24 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $18 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 和 $153 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。市区各种污染物质量浓度均为清洁对照点的 2 倍以上, 说明市区空气污染严重。与国家二级标准相比, 清洁对照点的 SO_2 、 NO_2 质量浓度均未超过, 而 PM_{10} 年平均质量浓

收稿日期: 2004-11-18

作者简介: 宁海文 (1967-), 男, 陕西礼泉人, 学士, 高工, 在读研究生, 主要从事天气预报及管理工作。

度则超过 25%，PM10 日均浓度值超过 53%，说明 PM10 是造成西安空气污染的首要污染物。PM10 的污染源既有本地污染源又有外来污染源，市区和郊区污染水平总体偏高。

3 空气污染年际变化特征

1998—2003 年 6 a 中，3 种主要空气污染物年日均质量浓度总趋势是逐年递减，即从 1998 年的最高值下降到 2003 年的最低值，说明西安市区空气质量逐步得到改善。3 种主要空气污染物中，SO₂ 和 NO₂ 的年平均质量浓度从 1998 年的 51 μg·m⁻³ 和 29 μg·m⁻³ 分别下降到 2001 和 2003 年的 24 μg·m⁻³ 和 18 μg·m⁻³，SO₂ 下降最快，PM10 下降最慢，NO₂ 居中。其中 PM10 年日平均浓度 1998 年到 2000 年间下降最快，年平均下降 31 μg·m⁻³，2001—2002 年略有回升，2003 年有显著下降（见图 1）。造成污染物质量浓度年际变化主要有两方面的原因，一是 1999 年开始西安市政府实施了“煤改气”等环境治理工程，西安市的燃料结构发生了显著变化，污染源结构得到改善^[6]；二是气象条件变化的影响。2001—2002 年西安沙尘天气显著增多，导致 PM10 质量浓度增大，2003 年降水日数较多，降水对污染物的清洁作用降低了 PM10 的质量浓度。

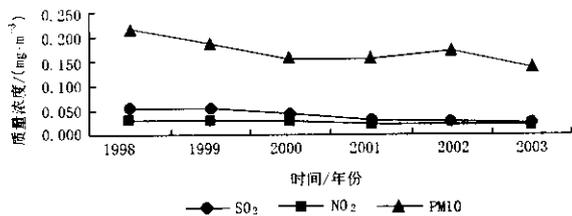


图 1 西安市区 1998—2003 年 SO₂、NO₂ 和 PM10 年均质量浓度变化

4 空气污染月季节分布特征和空间分布特征

4.1 主要污染物质量浓度的月季变化特征

采用综合评判方法分析空气污染时间分布状况，其表达式为：

$$A_n = \sum_{i=1}^3 f(i) + \sum_{i=1}^3 g(i)$$

式中 A_n 是评定各月污染状况的综合评判指数， n 为月份， A_n 值越大表示空气污染越严重； i

$= 1, 2, 3$ ，分别代表 SO₂、NO₂ 和 PM10； $f(i)$ 为污染物月均质量浓度值由小到大的递增编号； $g(i)$ 为污染物月均质量浓度级别（见表 1）。

表 1 西安市区逐月 SO₂、NO₂、PM10 的 $f(i)$ 、 $g(i)$ 和 A_n

月份	f(1)	f(2)	f(3)	g(1)	g(2)	g(3)	A_n
1	12	11	8	1	1	3	36
2	11	12	9	1	1	3	37
3	10	10	7	1	1	3	32
4	6	8	11	1	1	3	30
5	5	4	1	1	1	2	14
6	7	9	5	1	1	3	26
7	4	5	2	1	1	2	15
8	3	3	4	1	1	3	15
9	2	2	3	1	1	2	11
10	1	1	6	1	1	3	13
11	8	6	10	1	1	3	29
12	9	7	12	1	1	3	33

从 1—12 月西安市区在当年 11 月到次年 4 月空气污染严重，空气质量好的月份是 5—10 月。污染最严重的月份是 1 月和 2 月，综合评判指数分别为一年中的极高值和次高值；空气质量最好的月份是 9 月，其次是 5 月和 10 月。初夏的 6 月污染质量浓度明显高于 5 月和 7—10 月。各季污染由轻到重按季节排序依次为秋季（9—10 月）、夏季（5—8 月）、春季（4—5 月）、冬季（11—2 月）。

从历年 1—12 月西安市区主要污染物质量浓度变化曲线（图 2）看出，3 种主要污染物中 SO₂、NO₂ 的质量浓度从 11 月到次年 3 月均处于较高水平，4, 5, 6 月的浓度接近，7, 8, 9, 10 月浓度较低且逐月下降，9, 10 月达到最低值。PM10 质量浓度 12 月份最高，达 202 μg·m⁻³，约为年平均值的

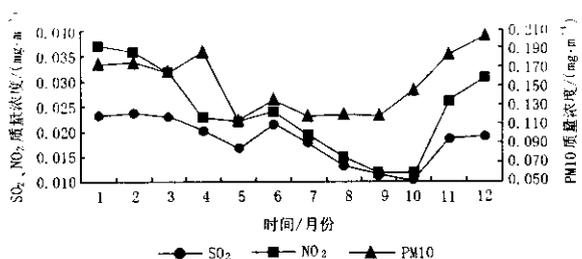


图 2 西安市区 1—12 月 SO₂、NO₂ 和 PM10 月均质量浓度变化

的 1.32 倍;1,2,4,11 月维持在较高水平,日平均值约为 $177 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,其次是 10 月,5—9 月最低,平均值为 $121 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$,仅为最高月的 60%。从季节看 PM10 含量最高的是冬春两季,夏秋两季较低。

4.2 空气污染空间分布特征

图 3 为西安市区主要污染物空间分布图。由图可以看出 SO_2 和 NO_2 年平均分布都以小寨商

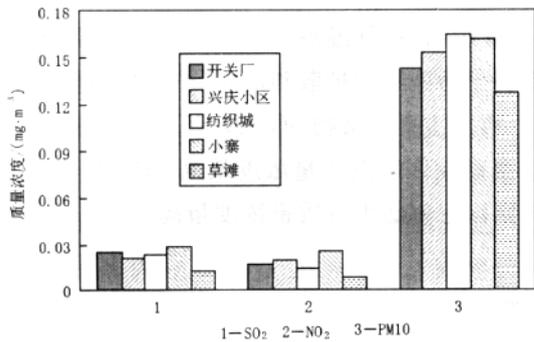


图 3 西安市区 SO_2 、 NO_2 和 PM10 质量浓度年平均空间分布

业区测点浓度最高;PM10 年平均分布则以东郊纺织城浓度最高。 SO_2 和 NO_2 污染最轻的分别是兴庆文教区和东郊纺织城地区污染,PM10 以西郊大庆路的污染程度最轻,但与其它测点接近。冬半年(11—4 月),3 种主要污染物的分布状况均与年平均分布状况一致, SO_2 、 NO_2 城区 4 站平均质

量浓度都达到清洁对照点的 3 倍,而 PM10 城区 4 站质量浓度只是清洁对照点的 1.2 倍;夏半年(5—10 月),城区 4 个监测站点 SO_2 和 NO_2 分布较均匀,都以小寨商业区最大,而 PM10 以东郊纺织城最大。

造成以上空间分布的原因是 小寨商业区人口密集,商业活动频繁,餐饮业发达,建筑物密集,使污染物不易排放,造成 SO_2 年平均质量浓度最高,位于东、西郊区的工业区 SO_2 质量浓度也相对偏高。 NO_2 的质量浓度分布和机动车行驶密度分布密切相关,小寨商业区交通流量最大,造成 NO_2 的质量浓度最高,而西郊大庆路和兴庆文教区也位于东西方向交通主干道, NO_2 的质量浓度也较高。东郊纺织城由于受到灞桥热电厂等工业污染源的影响 PM10 质量浓度最高,由于西安市多年平均主导风为东北风,位于其下风方的小寨商业区和兴庆文教区 PM10 浓度次高。

5 空气污染与气象条件关系

5.1 空气污染物月均质量浓度与月气象条件的关系

以市区 4 个监测点的 SO_2 、 NO_2 、PM10 月平均质量浓度代表西安市区的平均质量浓度,用 2001—2003 年 3 a 空气污染物月平均质量浓度与同月气压等地面气象要素进行相关分析,结果见表 2。

表 2 西安市区污染物质量浓度与地面气象要素月平均值相关系数

污染物	气压	气温	相对湿度	水汽压	降水量	风速	日照时数
SO_2	0.402	-0.540	-0.471	-0.633	-0.580	-0.208	-0.306
NO_2	0.281	-0.414	-0.573	-0.548	-0.595	-0.122	-0.132
PM10	0.622	-0.687	-0.115	-0.723	-0.600	-0.410	-0.500

从表 2 可以看出,污染物质量浓度月平均值与地面气象要素相关非常好,特别是可吸入颗粒物 PM10 与气象要素相关最好。污染物月平均质量浓度值与气压成正相关,与气温、水汽压、降水量、风速等要素成负相关。冬春两季,西安气压高,温度低,降雨量少,因此污染物浓度大。夏秋两季,空气质量较好,其原因就是气压低,气温高,有利于对流发展,使污染物抬升扩散;另外夏秋两季降

雨量大,降水对清除大气中的污染物有着重要的作用。

5.2 空气污染物日均质量浓度与气象条件的关系

以 2002 年为例,用西安市区 1,4,7,10 月逐日各种污染物浓度值与逐日气象要素进行相关分析,发现不同季节 3 种污染物与不同的气象要素密切相关。

冬季, SO_2 和 NO_2 与最低气温、总云量、0 cm

地温及风速有较好的负相关。这是由于气温低,燃煤量增大,加大了污染源排放。总云量与 0 cm 地温高,有利于近地面形成逆温,抑制对流发展。风速小,不利于污染物扩散,污染浓度加大。

春季,3 种主要污染物质量浓度和日平均气温和 0 cm 地温成正相关。这是由于近地面气温高,有利于强冷空气加强且快速东移南下,冷锋前后气象要素变化剧烈,沙尘暴天气从沙尘源区携带大量尘土使西安容易形成扬沙、浮尘天气,同时大风引起二次扬尘,导致西安污染加重,如 2002 年 4 月 15 日、23 日西安的 PM₁₀ 日均质量浓度曾高达 $693 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 和 $622 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$, 达到了重度污染。

夏季,3 种主要污染物浓度均与气压成反相关,与日平均气温和 0 cm 地温成正相关。夏季气温高有利于城市“热岛效应”加强,加之气压低,有利于空气向市区辐合,污染物容易堆积。但整个夏季由于气温高,对流形成和加强,降水多,从而有利于污染物的扩散和清除,空气质量一般为“优”等级和“良”等级。

秋季,天气比较为平稳,秋高气爽,空气质量一般为 2~3 级,3 种主要污染物质量浓度与日平均气温和 0 cm 地温成正相关,但相关性没有夏季显著。秋季由于西安位于著名的“华西秋雨”区,降水多,利于污染物清除。

在一年四季中,3 种主要污染物质量浓度与降水量均成负相关,降水的清除作用可以使空气净化,这一点在冬季和秋季尤为显著。

6 结论

6.1 西安市区 SO₂、NO₂ 日均质量浓度达到国家二级标准,PM₁₀ 质量浓度为三级,超过二级标准 53%。PM₁₀ 是造成西安空气污染的首要污染物,市区和郊区污染质量浓度总体水平高。

6.2 西安市区主要空气污染物年日均质量浓度总趋势是逐年递减。2001—2002 年由于沙尘天气增多质量浓度回升,2003 年降水偏多空气质量明显改善。

6.3 主要污染物月、日平均值质量浓度与气压成正相关,与气温、水汽压、降水量为显著的负相关。

夏秋两季空气质量最好。

6.4 冬季,SO₂ 和 NO₂ 与最低气温有较好的负相关,与逆温条件及风速成负相关。近地面形成逆温,抑制对流发展,风速小,不利于污染物扩散,污染质量浓度加大;春季,3 种主要污染物质量浓度和气温和 0 cm 地温成正相关,气象要素变化剧烈,快速东移南下的沙尘暴天气使西安容易形成扬沙、浮尘天气,同时大风引起二次扬尘,导致西安污染加重。

6.5 夏秋两季,气温高,容易形成对流和降水,从而有利于污染物的扩散和清除,空气质量较好。

6.6 市区主要污染物 SO₂ 和 NO₂ 年平均分布都以小寨商业区测点质量浓度最高,PM₁₀ 年平均分布则以东郊纺织城质量浓度最高。

参考文献:

- [1] 张书余. 城市环境气象预报技术[M]. 北京:气象出版社,2002.
- [2] 陈妙红,邹庆安,刘安麟. 连云港市大气、水污染经济损失的初步估算[J]. 中国人口·资源与环境, 2004,14(2):88-93.
- [3] 孙娴,杨碧轩,栗珂,等. 不同天气类型下的空气污染预报方法研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2002,32(6):58-60.
- [4] 孙娴,杨文峰,杨碧轩,等. 西安市区大气污染气象条件分析[J]. 西北大学学报(增刊),2002,32:67-69.
- [5] 卢西顺,王建鹏. 西安市空气污染潜势预报方法[J]. 陕西气象,2001(6):8-10.
- [6] 谢骅,黄世鸿,李联盟,等. 陕西气溶胶总悬浮颗粒物来源解析[J]. 气象,2000,24(7):25-28.
- [7] 程继夏,刘立国,王斌. 煤改气工程对改善西安市大气环境的趋势分析[J]. 长安大学学报,2003,20(3):44-49.
- [8] 赵壁,张建华,刘献辉,等. 洛阳市大气污染特征和相关气象要素 24 小时变化分析[J]. 中国环境监测,2004,20(1):21-235.
- [9] 潘建国,曹军骥,麦朝安,等. 珠海空气中可吸入颗粒物(PM₁₀)的时空变化特征[J]. 环境科学研究, 2003,16(5):6-8.