

文章编号: 1006-4354 (2004) 04-0032-03

# 延安城区大气污染特征及成因分析

杜毓龙<sup>1</sup>, 贾根喜<sup>2</sup>, 雷崇典<sup>1</sup>

(1. 延安市气象局, 陕西延安 716000; 2. 延安市宝塔区气象局, 陕西延安 716000)

**摘 要:** 延安市环境保护监测站(市中监测站、南桥监测站)2000—2003 年污染物浓度监测显示, 延安市城区大气污染物质量浓度的分布具有明显时空分布规律, 即大气污染物质量浓度冬春季大于夏秋季, 夜间大于白天。在空间分布上, 市中心大于郊区, 北部大于南部地区。形成这种污染物质量浓度分布特征的原因, 主要是延安市区北、西、南三面围山, 东部开阔的地形的动力效应, 四季分明的气候, 秋冬春的近地层较强的逆温, 常年盛行的西风, 不同的气象要素(风、降水、云、日照、温度、湿度以及天气形势等)也对不同的大气污染物有不同的影响。

**关键词:** 大气污染; 特征分布; 成因; 气象条件; 延安市

**中图分类号:** R122.7      **文献标识码:** A

## 1 延安市城区大气污染物时空分布

### 1.1 资料来源

延安市环境保护监测站: 市中监测站、南桥监测站 2000—2003 年间主要污染物 SO<sub>2</sub> NO<sub>2</sub> PM 10 质量浓度。

### 1.2 季节变化特征

通过对延安市城区 2000—2003 年污染物质量浓度统计表明, 延安市大气污染质量浓度存在着明显的季节差异。冬半年大气污染物质量浓度值明显季高于夏半年(见图 1), 冬半年(1—3 月)SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 质量浓度平均值分别为 0.07 mg/m<sup>3</sup>、0.117 mg/m<sup>3</sup>, 比夏半年(4—9 月)0.026 mg/m<sup>3</sup>、0.046 mg/m<sup>3</sup> 高出 2.5~2.7 倍。PM 10 质量浓度年变化呈单峰型, 12 月达最高 0.184mg/m<sup>3</sup>,

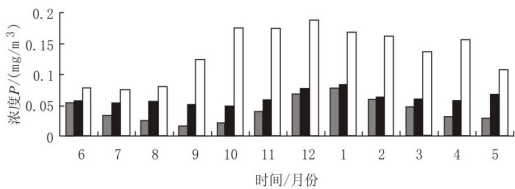
7 月最低 0.074 mg/m<sup>3</sup>。SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub> 质量浓度年变化呈双峰型, 冬季 12—1 月、夏初 6 月污染物质量浓度达最高, 秋季 9—10 月是全年污染物质量浓度值最低。SO<sub>2</sub> 污染物质量浓度年变幅较大, 最高达 0.073 mg/m<sup>3</sup>, 最低 0.014 mg/m<sup>3</sup>。NO<sub>2</sub> 污染物质量浓度变幅较小, 最高 0.078 mg/m<sup>3</sup>, 最低 0.045 mg/m<sup>3</sup>。

### 1.3 日变化特征

延安市城区大气污染质量浓度日变化呈双峰型。污染质量浓度傍晚和正午前后最高, 午后和日出前后较小。日最低出现在 01—04 时, 日最高出现在 19—22 时。SO<sub>2</sub> 污染物质量浓度日变化与气象条件关系密切, 日变幅大, 夏季天气状况复杂, 午时变化表现强盛。总体上大气污染质量浓度夜间大于白天, 污染质量浓度变幅也较大。

### 1.4 空间变化特征

市中监测站位于延安城区中心, 南桥监测站位于延安城区南郊南桥附近。通过对延安市环境保护监测站市中监测站、南桥监测站资料分析表明, 市中心污染程度明显高于郊区, 在冬半年表现尤为突出, SO<sub>2</sub>、PM 10 污染物质量浓度均高于郊区 46%, NO<sub>2</sub> 污染浓度值则相反, 郊区(常年平



SO<sub>2</sub> 为灰色、NO<sub>2</sub> 为深色、PM 10 为浅色

图 1 延安市城区污染物浓度月平均变化

收稿日期: 2003-08-29

作者简介: 杜毓龙 (1964-), 男, 陕西渭南人, 学士, 工程师, 从事气象科技工作。

均  $0.148 \text{ mg/m}^3$ ) 比市中心 (常年平均  $0.086 \text{ mg/m}^3$ ) 高 1.7 倍。在夏半年, 郊区  $\text{SO}_2$  污染质量浓度值 (常年均  $0.035 \text{ mg/m}^3$ ) 高于市中心 (常年均  $0.017 \text{ mg/m}^3$ ), 而  $\text{NO}_2$ 、PM 10 差别较小。

## 2 延安市城区大气污染成因

总结前人研究成果<sup>[1-6]</sup>, 影响大气污染的因素: 一是从污染源排放进空气中污染物的多少; 二是城市上空大气边界层对污染物的稀释扩散能力—大气环境容量。

对人口密集, 地形狭隘的城市, 污染物浓度易达到并超过城市的大气环境容量。大气中污染物主要输送途径: 大气运动向外界的水平平流输送; 垂直和水平湍流向外扩散; 向地表沉降。

### 2.1 气象要素对大气污染的影响

通过对 2001—2002 年 71 个例日气象资料分析表明, 延安市城区的污染浓度与城区上空边界层大气状况 (降水、风向、风速等气象条件) 最为密切。

**2.1.1 风对大气污染的影响** 风向影响主导污染物水平输送方向, 污染源和污染源下风方是重污染地。风速是大气水平扩散能力的主要指标, 直接决定大气稀释扩散能力的大小。风速越大, 空气污染越严重, 反之, 风速越小空气污染越轻。当风速  $v \leq 3 \text{ m/s}$  (静风~微风) 时对大气污染质量浓度的影响并不明显。当风速超过  $10 \text{ m/s}$ , 污染物的浓度明显增大, 此时比风速  $v < 5 \text{ m/s}$  时大 2~3 倍。

**2.1.2 降水对大气污染的影响** 降水对悬浮于空气中的气溶胶微粒有明显“冲刷”作用, 对大气质量起自然净化作用。延安市  $R_H \leq 1 \text{ mm}$  降水对大气污染质量浓度影响不大,  $R_H \geq 2 \text{ mm}$  才可使污染物质量浓度降低,  $R_H \geq 5 \text{ mm}$  时污染物质量浓度显著减小。大气中污染物质量浓度与降水时段的关系也较为密切, 降水时段越长污染质量浓度降低幅度越大。

2003-01-24-22:40—25-10:50, 25-17:12—26-02:48 延安市出现 3.0 mm 降雪过程, 在图 2 中可以明显看出, 降水前 3~5 h (地面处于静风), 高层大气中有较强垂直湍流运动和高空风场的辐合, 大气中气溶胶粒子浓度增大, 降雪后, 各

污染物浓度迅速降低, 空气质量明显提高。

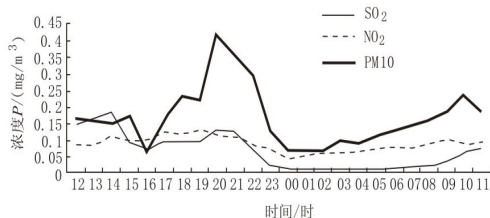


图 2 2003-01-24—26 延安市城区降雪天气过程市中监测站污染物浓度变化

对于降雨过程, 降雨产生 3 h 后各污染物浓度才迅速降低。通过比较分析可以看出, 降水前 3~5 h 大气中 PM 10 浓度显著增大, 降水对空气的净化作用明显,  $\text{NO}_2$  变化幅度不大, 降雪对  $\text{SO}_2$  净化程度最明显, 降雨对 PM 10 净化程度最明显。

### 2.1.3 低云量、湿度和日照对大气污染的影响

低云对大气污染的作用类似于逆温层对空气垂直运动的阻挡作用。低云量越大, 大气污染程度越严重。大气中湿度的增加、雾生成加重了空气污染, 与污染物相互作用会产生酸雾现象。日照强度可影响空气污染物的光化学反应, 产生第二次污染物。在晴空少云的中午, 光化学反应增强, 对氮氧化物和臭氧的浓度变化产生影响。地表面湿度较大时, 日照增加了水汽的蒸发上升运动, 有利大气对流运动的形成, 减轻了大气的污染程度。

### 2.1.4 浮尘、上游地区风沙对大气污染的影响

延安市城区春季风沙对大气污染有直接的影响, 是大气气溶胶的重要来源。延安市风沙天气形成于外来沙尘暴, 影响程度取决于沙尘暴在移动中的发展趋势。

2003-03-10 地面冷锋过境并伴有大风、降温天气过程, 上游宁夏、内蒙部分地区出现扬沙、浮尘天气, 至延安上空时已衰减为浮尘。延安城区能见度为较差, 天空呈灰白色, 气溶胶光学厚度变化比正常值大 2~3 倍, 变化持续 4 h 后才进入正常变化期, 光学厚度也大于正常值, 浮尘引起污染物浓度在 CE318 太阳光度计监测资料上能体现出来。气溶胶厚度与延安市  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_2$ 、PM 10 的浓度变化相关。大风对大气中  $\text{SO}_2$ 、PM 10

浓度影响大, 污染物浓度超过日平均值的 2~3 倍, 对大气中  $\text{NO}_2$  浓度影响不大。据张强、胡隐樵等人试验表明, 即使仅有 0.005 m/s 的干沉降速度也可使大气污染浓度降低 10% 以上<sup>[4]</sup>。高污染时段后期高空风相对减小, 低空处于静风时段, 低层大气中大颗粒物迅速干沉降, 大气有一短暂的低污染浓度时段, 大气气溶胶厚度也相应有一低谷。

## 2.2 延安市城区地形对大气污染物分布的作用

延安市城区位于“Y”字型山谷中部, 两边山峰距谷底相对高度 0.2 km, 坡度为 30°, 川道水平宽度 0.6 km, 两面临山狭窄的地理环境形成屏效应, 使近地面层污染物的水平扩散受到限制。资料统计结果表明, 延安市近地面层每年盛行偏西风 (占全年 80%), 顺山谷走向形成具有一定规律的地面主导风。主导风沿西北走向的川道下吹, 在市中心遇山阻挡分叉形成两支次主导风。延安城区内的两个重要污染源 (卷烟厂和热电厂) 分别位于西北路上风方和东北路上风方, 在某种程度上增加了延安城区的大气污染。

## 2.3 逆温对大气污染的作用

延安市城区逆温厚度高于平原或宽广的盆地, 与山顶相持平。在逆温顶部的暖盖与四周山脉形成屏障的环境中, 山谷风在其下形成稳定的垂直环流, 造成污染往返积累, 各污染物粒子明显成倍增加。辐射逆温初始期, 冬季在 17—19 时, 夏季在 20—22 时。逆温在生成与消散过程中, 空气污染物的垂直扩散作用不同。白天山地周围加热效应, 造成山谷上空大气的下沉运动加强相对稳定的大气层结, 正午时达到最强盛<sup>[2]</sup>。冬季气候这种效应更为明显, 抑制了污染物向外湍流扩散。

## 2.4 人为因素

近年来, 延安市城区冬季禁止使用有烟煤, 采取集中供热、供暖措施, 使大气质量逐步转好, 但

在特定的时间和特定的气象条件下, 超标污染仍然发生, 有时很严重。人为因素也显得突出。带有污染源的厂矿企业合理分布、城市规划及城市交通、机动车辆尾气排放合理、城市绿化等诸多因素对延安城市污染治理至关重要。

## 3 小结

3.1 延安城区大气污染存在明显的季节性差异和地域性差异, 在冬半年明显高于夏半年, 城市中心大于城市郊区。

3.2 延安城区受特殊地理环境影响, 近地表层日大气污染呈明显的双峰特征, 日落后大气污染程度加强, 午夜后减弱达日最低, 晴空正午时污染物浓度有短时波动。

3.3 延安城区的主要污染为地表浮尘, 重污染主要来自高空上游外来浮尘,  $\text{SO}_2$  污染来自当地表层和低层大气中人为排放物。

3.4 大风与降水是影响延安污染程度的主要气象因子。

## 参考文献:

- [1] 张 强, 胡隐樵. 浅探兰州市城区大气环境污染与治理的若干问题 [J]. 高原气象, 1998, 17 (2): 205—207.
- [2] 胡隐樵. 兰州山地初冬的一次近地面层观测试验 [J]. 大气科学, 1989, 13 (4): 452—460.
- [3] 拓瑞芳. 复杂地形上气象条件对城市空气污染影响的数值模拟 [J]. 兰州大学学报, 1992.
- [4] 张 强, 胡隐樵, 黄世鸿. 估算大气边界层内气溶胶干沉降的速度浓度垂直分布的方法 [J]. 甘肃科学, 1995, 7 (4): 50—57.
- [5] 苏文颖, 陈长和. 气溶胶和水汽 e 型吸收对低层大气长波辐射冷却率的影响 [J]. 高原气象, 1998, 17 (2): 120—125.
- [5] 刘 衡, 蒋维楣. 近地层湍流特征及其在扩散模拟中的应用 [J]. 高原气象, 1998, 17 (4): 390—359.