

# 太原市PM<sub>10</sub>污染分布规律

温丽仙 李素青\* (山西大学黄土高原研究所, 山西太原 030006)

**摘要** 以2001~2005年太原市大气中PM<sub>10</sub>的监测数据为依据,分析了太原市PM<sub>10</sub>的时空分布特征及其成因。结果表明:太原市PM<sub>10</sub>污染为煤烟、汽车尾气和地面扬尘的混合型污染。5年间PM<sub>10</sub>污染严重,但逐年减轻。PM<sub>10</sub>污染冬春严重,夏秋较轻。12月和1月,3月和4月污染严重,5~10月污染较轻。PM<sub>10</sub>污染空间差异明显,其中污染程度涧河最严重,南寨相对较轻,其他监测点则介于两者之间。

**关键词** 太原市;PM<sub>10</sub>;分布规律

中图分类号 X502 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)12-03642-03

## Study on the Distribution Regularity of PM<sub>10</sub> Pollution in Taiyuan City

WEN Li-xian et al (Institute of Loess Plateau, Shanxi University, Taiyuan, Shanxi 030006)

**Abstract** According to the monitoring data of PM<sub>10</sub> concentration from 2001 to 2005 in Taiyuan, the temporal and spatial variation features and the causes of PM<sub>10</sub> were studied. The results were described as follows. The pollution of PM<sub>10</sub> was mixed type. It was mainly caused by soot, vehicle emission and the ground dust. The pollution of PM<sub>10</sub> was very serious, but it lightened year by year. The pollution of PM<sub>10</sub> was worse in winter and spring than in summer and autumn. The pollution level of PM<sub>10</sub> was very high in December, January, March and April while it was low from May to October. The spatial differences of PM<sub>10</sub> pollution were obvious. Jianhe was the spot which was the most seriously polluted. Nanzhai was relatively slightly polluted. The pollution level of the other spots was between Jianhe and Nanzhai.

**Key words** Taiyuan city; PM<sub>10</sub> pollution; Distribution regularity

可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)是指悬浮在空气中,空气动力学当量直径 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物,其来源包括:天然海盐、土壤颗粒、车辆尾气、建筑扬尘以及燃烧的烟尘等<sup>[1]</sup>。PM<sub>10</sub>对人类的危害被国内外大量流行病学和毒理学研究所证实。同时还大量吸收可见光使大气能见度降低,对温度和酸雨都有影响<sup>[2-3]</sup>。PM<sub>10</sub>是目前我国各城市大气环境质量的首要污染物,它对大气质量起到了决定性的影响作用,因此,PM<sub>10</sub>是评价大气质量的重要指标,并受到广泛的关注。

太原市位于黄土高原东缘,是以煤炭、冶金、化工、机械工业为支柱的重工业城市,高耗能、高污染的工业企业较多,污染排放量大,是我国环境污染较为严重的城市之一。根据近年来太原市大气环境监测结果可知,PM<sub>10</sub>为太原市首要污染物。鉴于此,很多学者针对太原市PM<sub>10</sub>污染的监测与分布<sup>[4]</sup>,PM<sub>10</sub>污染与气象条件的关系<sup>[5]</sup>以及对人们健康的影响<sup>[6]</sup>等进行了研究。笔者分析了2001~2005年太原市PM<sub>10</sub>污染特征及其成因,旨在找出其变化规律,为减轻和防止污染,提高空气质量采取措施提供科学依据。

### 1 数据来源及处理方法

气象资料来源于山西省气象局,PM<sub>10</sub>资料取自太原市环保局。2001~2003年太原市PM<sub>10</sub>统计资料来源于涧河、金胜、南寨、桃园、坞城和小店6个大气监测点。2004年统计数据来源中加入了尖草坪监测点,而去掉了小店监测点。2005年经过进一步优化,又加入了晋源监测点。

笔者采用统计计算方法将各监测点的PM<sub>10</sub>浓度值进行月平均、季平均和年平均,得出太原市PM<sub>10</sub>浓度的平均值。在进行PM<sub>10</sub>污染的成因分析时,运用SPSS11.0软件,将太原市PM<sub>10</sub>月均浓度与相应的气象要素进行相关分析,并将SO<sub>2</sub>与PM<sub>10</sub>进行回归分析。

## 2 PM<sub>10</sub>污染变化特征

**2.1 PM<sub>10</sub>污染的年际变化** 由图1可知:5年间太原市PM<sub>10</sub>年均浓度全部超过国家环境质量二级标准( $0.1\ \text{mg}/\text{m}^3$ ),经计算超标倍数依次为0.84、0.77、0.72、0.66和0.39,太原市PM<sub>10</sub>处于较严重的污染水平;太原市PM<sub>10</sub>年均浓度逐年下降,污染程度逐年减轻,相应的治理措施已逐见成效;太原市PM<sub>10</sub>年均浓度在主要污染物中的比例由2001年的57.3%,逐步上升为2004年的67.4%,2005年下降为64.4%,PM<sub>10</sub>为太原市首要污染物的比例呈上升趋势。

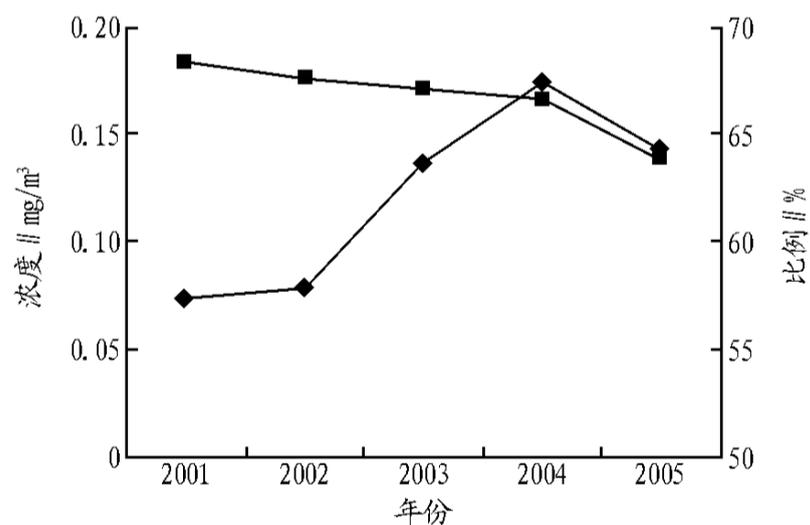


图1 PM<sub>10</sub>年均浓度及其在主要污染物中所占比例的年际变化

**2.2 PM<sub>10</sub>污染的季、月变化** 由图2、3可知,5年间太原市PM<sub>10</sub>浓度的季、月变化基本呈现共同的规律,变化十分明显。

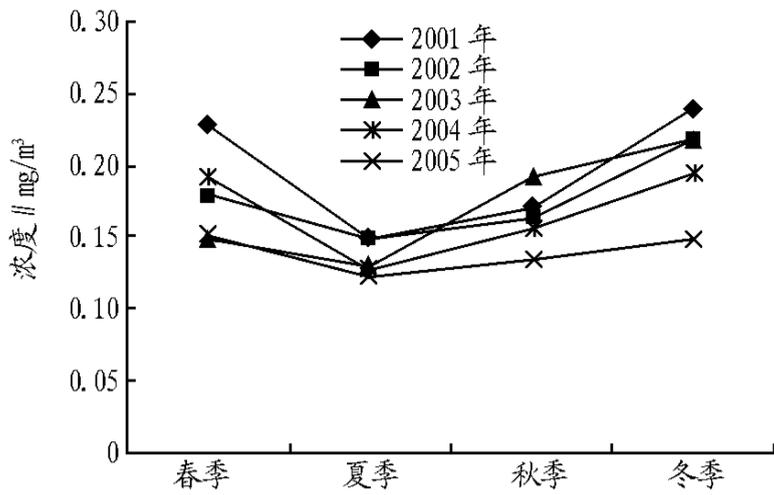
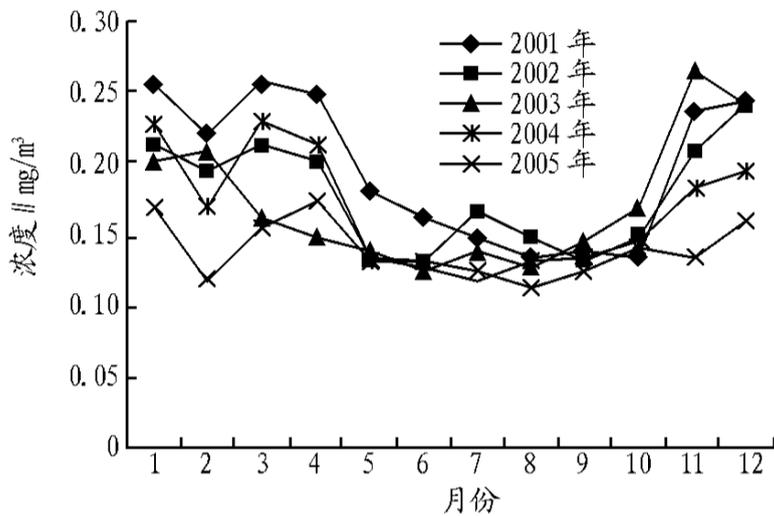
太原市PM<sub>10</sub>浓度冬季>春季>秋季>夏季;太原市12月和1月,3月和4月,是PM<sub>10</sub>浓度的2个峰值期。5~10月为PM<sub>10</sub>浓度的低值期,期间浓度变化基本稳定。取5年均值,PM<sub>10</sub>浓度12月最大,3月次大;8月最小,9月次小;太原市PM<sub>10</sub>浓度的季、月起伏变化都为2001年最大,2005年最小,证实了太原市PM<sub>10</sub>污染治理已见成效。同时PM<sub>10</sub>浓度各季、月、年际间起伏波动大,说明治理的成绩还很脆弱,不稳定。

**2.3 PM<sub>10</sub>污染的空间分布** 太原市的大气监测点分别位于太原市的不同区域,由于其局部的气象条件、生产生活方式、能源构成等因素的不同,必然导致PM<sub>10</sub>浓度空间分布的不

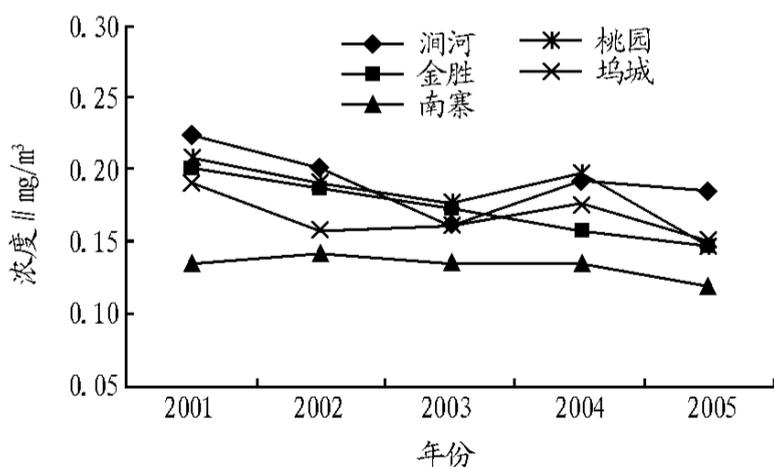
基金项目 山西省软科学研究项目(051013-2)。

作者简介 温丽仙(1977-),女,山西太原人,硕士研究生,研究方向:生态地理。\* 通讯作者,博士,副教授。

收稿日期 2007-01-18

图2 PM<sub>10</sub>浓度的季节变化图3 PM<sub>10</sub>浓度的月变化

同<sup>[7]</sup>。笔者选取了太原市具有代表性的5个监测点进行PM<sub>10</sub>浓度的空间分布分析。由图4可知:5年间各监测点的PM<sub>10</sub>年均浓度全部超标,取5年均值PM<sub>10</sub>浓度涧河>桃园>金胜>坞城>南寨。可见处在工业区的涧河PM<sub>10</sub>浓度最高,处在工业区上风向的南寨最低,而处在工业区下风向的其他生活区则介于涧河与南寨之间;各监测点PM<sub>10</sub>年均浓度除金胜逐年下降外,其余4个点都存在不同程度的升降起伏变化。其中涧河起伏变化最大,南寨最小。可见5年间太原市PM<sub>10</sub>年均浓度的整体下降趋势掩盖了各监测点年均浓度的升降变化趋势。

图4 PM<sub>10</sub>浓度的空间变化

### 3 PM<sub>10</sub>污染特征原因分析

**3.1 特殊地形、气候和气象条件的影响** 太原市位于黄土高原东缘,东、西、北三面环山,中南部为汾河冲积扇平原,盆地和周围相对高差约500 m,地形封闭。太原市气候为北温带大陆性气候,年均降雨量420~457 mm。全年主导风向为西北风,次主导风向为东南风,风受山地阻挡严重<sup>[8]</sup>,全年有71%的时间处于地方性环流影响下,保持小风、晴天少云天气<sup>[9]</sup>。同时逆温频率高,强度大,冬季逆温层厚度平均490

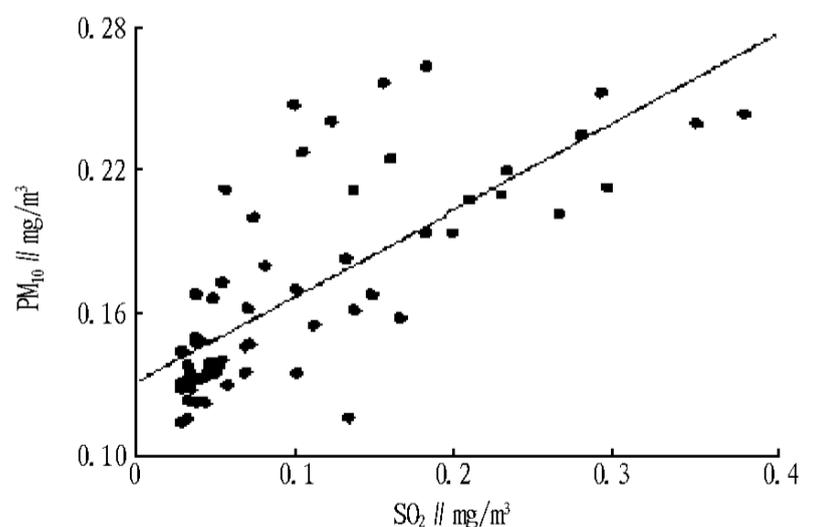
m,最高可达900 m,出现频率为80%,夏季逆温层厚度平均247 m,出现频率为60%,在这种不利的地形和气象条件下,使得太原市大气污染物既不利于湍流扩散又不利于平流输送,污染物容易发生积累而达到相当高的污染水平。

以2001~2005年太原市共60个月的PM<sub>10</sub>月均浓度与同月气压等气象要素进行相关分析,结果表明(表1),PM<sub>10</sub>浓度与风速呈显著正相关,与气压呈极显著正相关;而与气温、相对湿度、日照时数、降水量呈极显著负相关。说明在大多数情况下,PM<sub>10</sub>污染随气压增强、风力增大、气温降低、相对湿度减小、日照时数减少、降水量减少而加重;反之PM<sub>10</sub>污染减轻。太原市冬春两季天气情况基本属前者,PM<sub>10</sub>污染严重;夏秋两季天气情况基本属后者,污染较轻。

表1 PM<sub>10</sub>浓度与气象要素的相关分析

项目	气温	相对湿度	气压	日照时数	风速	降水量
相关系数	-0.662 <sup>**</sup>	-0.428 <sup>**</sup>	0.537 <sup>**</sup>	-0.448 <sup>**</sup>	0.257 <sup>*</sup>	-0.523 <sup>**</sup>
显著性指数	0.000	0.001	0.000	0.000	0.048	0.000

**3.2 工业污染源分布、能源结构及能耗量的影响** 太原市重点工业污染源多分布在市区,且多集中在建成区168 km<sup>2</sup>范围内,对环境质量影响极大<sup>[10]</sup>。太原市能耗结构以煤为主,全市煤炭消耗约占一次性能源消耗的97%以上,所用煤炭又多是高硫、高灰分的煤炭。太原市万元工业产值能耗6.8 t标煤,比全国平均水平高出2倍;工业能耗强度大,每平方公里耗能421 t标煤,为全国平均水平的3.4倍<sup>[11]</sup>。长期以来,太原市大气污染为煤烟型污染。将燃煤产生的主要污染物之一SO<sub>2</sub>与PM<sub>10</sub>作回归分析<sup>[12]</sup>(图6),结果 $r = 0.746$ , $P < 0.05$ ,二者回归关系成立,其回归方程 $y = 0.131 + 0.367x$ 。认为燃煤产生的PM<sub>10</sub>为太原市大气中PM<sub>10</sub>的重要来源。太原市11~3月为采暖期,燃煤量大增,PM<sub>10</sub>污染严重。4~10月为非采暖期,燃煤量减少,PM<sub>10</sub>污染较轻。

图5 PM<sub>10</sub>浓度与SO<sub>2</sub>浓度的关系

**3.3 地面扬尘的影响** 近年来,随着太原市基础建设加快,产生大量施工粉尘,加上太原周边1000多个煤堆露天放置,无论卸煤、装煤还是运煤都在污染环境,大风刮过便扬尘四起,造成PM<sub>10</sub>污染严重。太原市气候干燥,生态环境恶化,植被覆盖率低,特别是春季多大风,易引起扬沙和沙尘暴天气,PM<sub>10</sub>浓度明显升高。PM<sub>10</sub>浓度高峰12和1月与采暖期燃煤排污有关,而3和4月与春季大风扬尘有关<sup>[13]</sup>。

**3.4 汽车尾气排放的影响** 目前太原市的汽车总量已超过30万辆,且仍以每天200辆的速度增长,大量排放的尾气集聚,加重了光化学的污染程度。机动车源排放的NO<sub>x</sub>和天然

植被释放 VOC(挥发有机物), 容易经光化学反应形成颗粒物, 导致  $PM_{10}$  污染<sup>[14]</sup>。机动车辆是移动型污染源, 在全年差别不会很大, 不会出现明显的季节变化<sup>[15]</sup>。

#### 4 结论

(1) 太原市  $PM_{10}$  污染为煤烟、汽车尾气和地面扬尘的混合型污染。太原市要逐步做好产业结构和能源结构的调整与转换、机动车尾气排放的控制与净化以及提高城市及周边绿化率, 扩大环境容量的工作。

(2) 2001 ~2005 年间太原市  $PM_{10}$  年均浓度全部超过国家环境质量二级标准,  $PM_{10}$  为首要污染物的比例基本呈上升趋势,  $PM_{10}$  污染处于较高水平。  $PM_{10}$  年均浓度逐年下降, 年际间季、月浓度起伏变化 2001 年为最大, 2005 年最小。  $PM_{10}$  污染已得到有效控制, 但成绩还很脆弱。

(3) 太原市  $PM_{10}$  污染季、月变化规律性明显。  $PM_{10}$  污染冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季, 12 和 1 月、3 和 4 月  $PM_{10}$  污染严重, 5 ~10 月  $PM_{10}$  污染较轻。 12 和 1 月  $PM_{10}$  污染与采暖期燃煤排污有关, 而 3 和 4 月  $PM_{10}$  污染则与春季大风扬尘保持一致。 太原市要做好集中供暖、加强污染源除尘的工作。

(4) 太原市  $PM_{10}$  污染空间变化明显。 2001 ~2005 年各监测点  $PM_{10}$  污染涧河 > 桃园 > 金胜 > 坞城 > 南寨。  $PM_{10}$  污染及其波动起伏都为处在工业区的涧河  $PM_{10}$  浓度最高, 处在工业区上风向的南寨最小, 处在工业区下风向的其他生活区则

介于两者之间。 太原市需要合理布局工业并加强对工业的管理力度。

#### 参考文献

- [1] 马廷. 可吸入颗粒物  $PM_{10}$  浓度时空变异性及影响因素分析[J]. 地理科学进展, 2006, 25(1): 72- 81.
- [2] 吴国平, 胡伟, 腾恩江, 等. 我国四城市中  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的污染水平[J]. 中国环境科学, 1999, 19(2): 133- 137.
- [3] 茆长荣, 尚广平. 合肥市城市  $PM_{10}$  污染成因及控制对策[J]. 安徽大学学报, 2005, 29(4): 87- 92.
- [4] 武辉, 方靖华, 钱志强. 太原市大气中  $PM_{10}$  的监测与分布[J]. 城市环境与城市生态, 2002, 15(3): 49- 51.
- [5] 苗爱梅, 刘秀春, 安炜, 等. 太原地区主要污染物污染的气象特征[J]. 山西气象, 2005(1): 14- 30.
- [6] 胡二邦, 武清华, 王辉, 等. 太原市居民吸入途径风险研究[J]. 环境科学学报, 2004, 24(1): 116- 120.
- [7] 赵国君, 包清华, 董晨阳. 长春市大气污染物分布特征及变化规律研究[J]. 长春理工大学学报, 2004, 28(3): 123- 125.
- [8] 韩爱梅. 太原市大气污染气象条件分析[J]. 太原科技, 2005(4): 26- 29.
- [9] 张怀德. 太原地区大气污染物输送特征分析[J]. 中国环境监测, 2000(16): 42- 44.
- [10] 杜丽娟. 太原市二氧化硫污染现状与控制对策的思考[J]. 科技情报开发与经济, 2002, 12(5): 88- 92.
- [11] 段永惠, 许桂兰. 太原市大气污染特征分析及其防治[J]. 环境保护科学, 2002, 28(111): 1- 3.
- [12] 方云祥, 李铁松, 李成柱. 南充市大气  $PM_{10}$  污染水平的分布特征[J]. 四川环境, 2004, 23(4): 43- 45.
- [13] 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.
- [14] 潘建国, 曹军骥, 麦潮安. 珠海市空气中可吸入颗粒物  $PM_{10}$  的时空变化特征[J]. 环境科学研究, 2003, 16(5): 6- 10.
- [15] 于淑秋, 林学椿, 徐祥德. 北京市区大气污染的时空特征[J]. 应用气象学报, 2002, 13(特刊): 92- 98.