

## 甘肃河西沙尘暴对兰州市空气污染的影响\*

王式功 杨民 祁斌 辛春兰 杨明芳

**摘要：**通过对1975—1997年甘肃河西沙尘暴发生日数和兰州市同期颗粒物污染资料进行统计分析，结果表明：两者有很好的正相关关系，其中，70年代后期和1986年前后甘肃河西沙尘暴的多发年份正好与兰州市同期TSP的高污染浓度相对应；在沙尘暴频繁发生的春季，两者的正相关性更显著（相关系数达0.706），其年际变化趋势几乎完全一致。甘肃河西4月份是全年沙尘暴发生日数最多的月份，使得兰州市在该月份的IP浓度也出现全年的次峰值，从而导致IP浓度的年变化成为双峰型（污染严重的12月份出现主峰值），这有别于SO<sub>2</sub>等其它几种主要污染物均呈单峰型（12月份出现峰值）的年变化特征。春季河西大风沙尘暴发生期间，兰州市的TSP浓度会明显升高，此种天气过程结束后，TSP浓度迅速降低，这表明春季河西地区大风沙尘暴天气是影响兰州市区颗粒物污染浓度日变化的主要因素。总之，诸方面的分析结果均表明，甘肃河西沙尘暴对兰州市大气颗粒物污染所产生的重要影响是不可忽视的。

**关键词：**沙尘暴；空气污染；总悬浮颗粒物(TSP)；吸入性微粒(IP)

**中图分类号：**X513 **文献标识码：**A

### **Influence of Sand-dust Storms Occurring over the Gansu Hexi District on the Air Pollution in Lanzhou City**

WANG Shi-gong<sup>1</sup>, YANG Min<sup>2</sup>, QI Bin<sup>3</sup>, XIN Chun-lan<sup>4</sup>, YANG Ming-fang<sup>2</sup>

(1.Department of Atmospheric Science,Lanzhou University,Lanzhou 730000, China; 2.Gansu Meteorological Service, Lanzhou 730020, China; 3.Environmental Monitoring Station of Lanzhou, Lanzhou 730000, China; 4. Gansu Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** With data from 19 meteorological observing stations and Environmental Monitoring Station of Lanzhou, it has been statistically analysed that during 1975—1997, the annual days of sand-dust storms(AD) occurred over the district of Gansu Hexi had clear relation with Total Suspended Particulates (TSP) or Inhaled Particulates (IP) in the air of Lanzhou City. There was a positive correlation between AD and TSP (IP). Especially during the late 1970s and round about 1986 the frequently-occurring years of sand-dust storms in the district of Gansu Hexi were just corresponding to the high concentrations of TSP in Lanzhou.

In spring, sand-dust storms occurred frequently, the positive correlation between AD and TSP is more remarkable and their correlation coefficient reached 0.706; both tendencies of interyear variations were almost corresponding. In the district of Gansu Hexi the AD values during March to April occupy 46.2% of a year, which results in the high IP concentration during this period in Lanzhou city. Therefore the annual variation of monthly mean IP concentrations became a two-peak pattern, that is, the highest peak value appeared in December and the second peak value appeared in April. The pattern differed greatly from that of other several main air pollutants such as SO<sub>2</sub> etc. whose annual variation characteristics presented a one-peak pattern, and the highest monthly mean concentration of them appeared in December. In addition, in spring when a sand-dust storm occurred over the district of Gansu Hexi, and there were a lot of dust transported to the Lanzhou City, TSP concentration in Lanzhou would rise. As the synoptic process of the sand-dust storm ended, TSP concentration would drop. In a word, the above-mentioned results all showed that the sand-dust storms in the

district of Gansu Hexi would seriously affect the air pollution of TSP or IP in Lanzhou.

Key words: sand-dust storm; air pollution; total suspended particulates (TSP); inhaled particulates (IP)

颗粒污染物（悬浮在大气中的固体和液体气溶胶等，一般用总悬浮颗粒物TSP或用吸入性微粒IP来表示）是困扰我国北方大部分城市的主要大气环境问题<sup>[1]</sup>，我国部分重点城市空气质量周报的公布结果也充分表明了这一点。究其原因主要有以下两个方面：

(1) 我国的能源结构以燃煤为主，煤炭占一次能源消费总量的75%，由此，大量的粉尘颗粒物被排放到大气中。

(2) 我国北方大部分地区处在干旱和半干旱区，风沙天气发生频率高，特别是沙尘暴天气，是造成颗粒物污染的最大的流动污染源。如1993年5月5日甘肃河西特强沙尘暴天气过程中，据当时在金昌市工作的长沙劳动保护研究所的科技人员测定，空气中含沙尘量：室外为1 016 mg·m<sup>-3</sup>，室内为80 mg·m<sup>-3</sup>，均超过国家规定生活区内空气含尘量标准的40倍以上。1998年2月17日发生在宁夏自治区的一般沙尘暴天气过程中，据银川市环保部门测定，该地区空气中总悬浮颗粒物含量最大值也达到16.744 mg·m<sup>-3</sup>。张宁等<sup>[2,3]</sup>曾研究了沙尘暴对甘肃大气降尘背景值的影响及其沉降的分布状况，其研究表明，1986—1996年的11 a间，发生在西北地区的较大沙尘暴在甘肃境内共降尘3 758.37 × 10<sup>4</sup> t，其中河西走廊就占了降尘总量的80%以上。在沙尘暴发生期比非沙尘暴发生期，河西走廊背景降尘量平均上升了1.87倍。沙尘暴除在当地产生大量降尘外，还可通过大气环流将大量尘埃微粒输送到其下风方向的有关地区。如我国西北地区沙尘暴天气过程中，可将大量的尘埃输送到日本上空<sup>[4]</sup>，影响那里的大气环境质量。更有甚者，一次非洲撒哈拉地区的强沙尘暴天气过程，可通过热带东风气流将约480 000 t尘埃输送到南美大陆的亚马逊平原东北部，年输送降尘量可达13 × 10<sup>6</sup> t<sup>[5]</sup>。兰州市位于甘肃河西走廊下游，是我国颗粒物污染最严重的城市之一。造成这种状况的原因，除了当地大量污染源的排放、特殊的地形和不利的大气扩散条件等因素外，每年冬、春季节河西地区沙尘暴的频繁发生及其大量尘埃向该地区的输送也是重要原因，这也是未来开展兰州城市空气污染预报需要考虑的重要因素之一。因此，搞清甘肃河西沙尘暴对兰州市颗粒物污染的影响具有重要意义。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

(1) 甘肃河西5地、市，19个气象站（安西、敦煌、马宗山、玉门镇、酒泉、金塔、鼎新、张掖、肃南、高台、民乐、肃北、临泽、山丹、武威、永昌、乌鞘岭、古浪和民勤）1975—1997年23 a中历年各月沙尘暴发生日数资料。

(2) 兰州市1975—1997年（1988—1991年除外）历年各季度各常规监测点的总悬浮颗粒物（TSP）监测资料。

(3) 1988—1991年兰州市大气自动监测系统监测的各月吸入性微粒（IP，粒径在15 μm以下）平均浓度资料。

### 1.2 统计方法

采用文献<sup>[6]</sup>中的有关统计方法。相关系数的表达式为：

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 甘肃河西年沙尘暴发生日数与同期兰州市颗粒物污染平均浓度的年际变化特征及其相互关系

根据上述有关资料，我们分别做了甘肃河西19个测站年沙尘暴发生日数的年际变化曲线（图1）和同期兰州市各监测点平均的TSP年平均浓度的年际变化曲线（图2）。将图1和图2的变化曲线相对照不难看出，除两者在70年代后期和80年代中、后期分别出现两个峰值外，其总的变化趋势是：河西

沙尘暴年发生日数在减少,兰州市颗粒物污染浓度也在逐年降低。其中,70年代后期河西地区沙尘暴发生天数明显增多,导致兰州市同期的TSP平均浓度也明显升高;之后,80年代初至中期沙尘暴发生日数呈逐年下降的趋势,兰州市TSP污染浓度相应也降低;80年代中后期沙尘暴发生日数又有所增加,相应兰州市的颗粒物污染浓度也出现次峰值;自90年代初以来,河西沙尘暴年发生日数呈波动式减少的趋势,使得兰州市近几年来颗粒物污染浓度也维持一个相对较低的水平。1975—1997年甘肃河西年沙尘暴发生日数与同期兰州市颗粒物污染浓度之间的相关系数为0.526,通过了相关显著性水平  $\alpha=0.05$  的检验,表明两者之间具有显著性正相关。

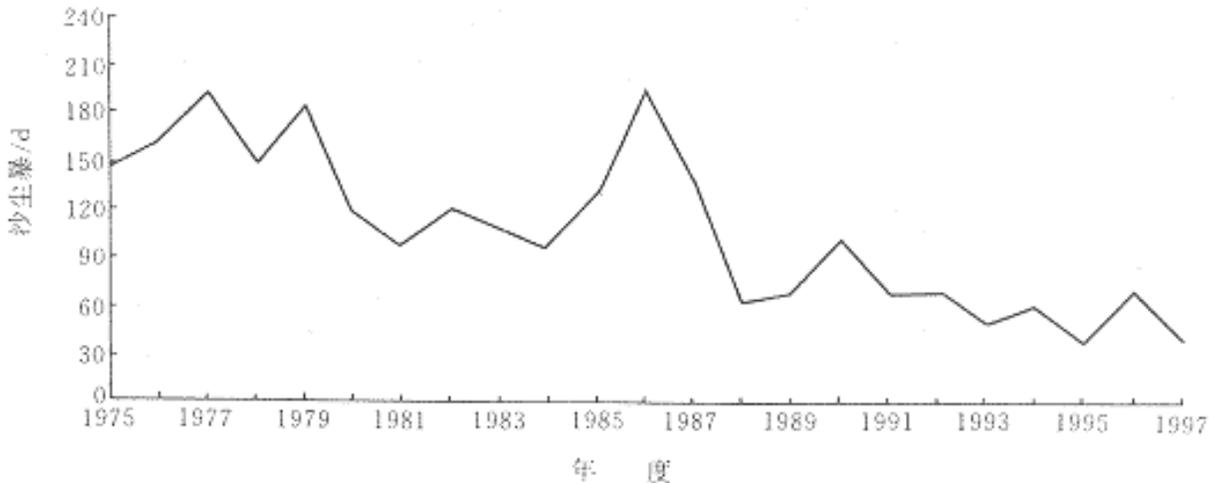


图1 1975—1997年甘肃河西地区(19个测站)年沙尘暴日数年际变化

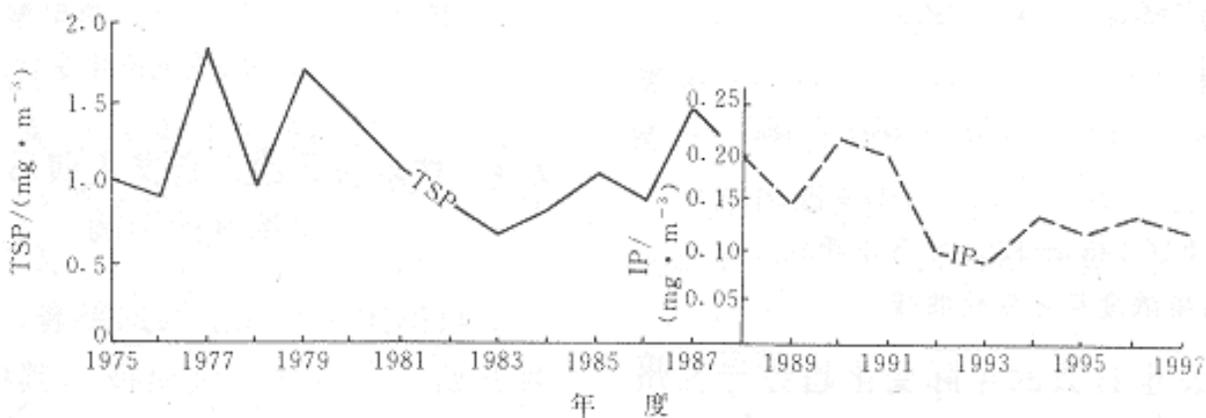


图2 1975—1997年兰州市颗粒物污染平均浓度的年际变化

## 2.2 春季甘肃河西沙尘暴发生日数与同期兰州市颗粒物污染浓度变化特征及其相互关系

由于河西地区沙尘暴主要发生在春季(占全年总日数的46.2%)<sup>[7]</sup>,因此,我们专门就春季甘肃河西沙尘暴与兰州市颗粒物污染的关系进行了统计分析。因1985年以前,兰州市在春季没有开展颗粒物污染的例行监测,故此只能分析1985—1997年期间两者在春季的年际变化特征及其相互关系。图3和图4分别是两者的年际变化曲线,很显然,在这一时期内,河西沙尘暴发生日数的年际变化趋势与兰州市颗粒物污染浓度的年际变化趋势基本一致,其峰值与谷值的对应关系比图1和图2的结果还要好,其中1986年沙尘暴发生天数的主峰值正好对应兰州市TSP浓度的主峰值;1990年、1994年和1996年几个沙尘暴发生日数的峰值,在兰州市也分别有颗粒物污染浓度的峰值与之相对应。两者的相关系数达0.706,通过了显著性水平  $\alpha=0.01$  的检验,表明两者呈非常显著性正相关。



图3 甘肃河西地区1985—1997年(19个测站)春季(3~5月)沙尘暴发生日数年际变化曲线

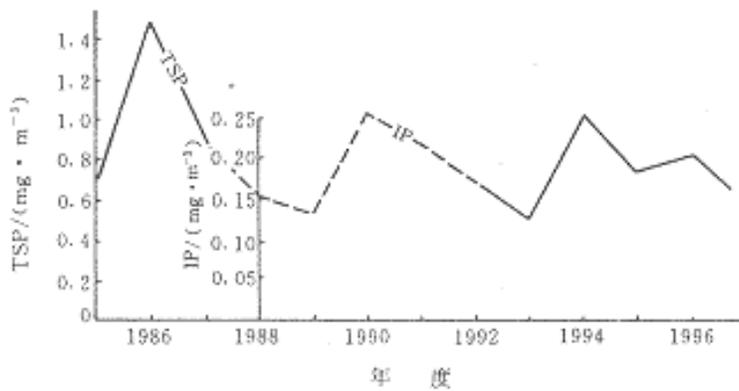


图4 兰州市区1985—1997年春季颗粒物污染浓度年际变化曲线

### 2.3 兰州市城区月平均IP浓度的年变化特征

众所周知,造成城市颗粒物污染和SO<sub>2</sub>污染的人为源主要是由燃煤引起的,如果没有外来源影响的话,两者的年变化趋势应该是一致的。有关对兰州市区8种主要污染物浓度相互关系的研究结果[8]也表明,SO<sub>2</sub>与颗粒物(TSP)浓度呈非常显著性正相关。如果我们对SO<sub>2</sub>和颗粒物污染浓度的年变化进行对比分析,某一季节或月份中颗粒污染物浓度出现的差异,可以归咎于外来污染源的影响。基于这样一种思想,我们对兰州市环境监测站1988—1991年大气自动监测系统获得同期的SO<sub>2</sub>和IP浓度资料进行了统计分析,其月平均浓度的年变化特征如图5所示,两者总的变化趋势是冬季12月份浓度最高,夏季8月或9月份浓度最低。但IP浓度却在春季的3~5月份明显偏高,且4月份出现次峰值,这正好与甘肃河西地区春季沙尘暴频繁发生,其中4月份沙尘暴发生日数最多,3月和5月份次的分析研究结果[9]相一致。这表明,甘肃河西地区春季沙尘暴多发期大量的飘尘输送,加重了其下游兰州市该季节的颗粒物污染。

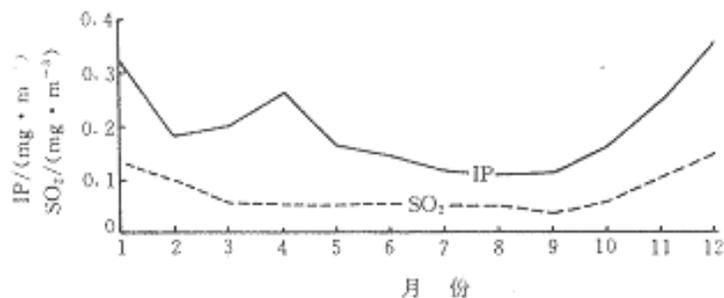


图5 1988—1991年兰州市城区IP与SO<sub>2</sub>月平均浓度值年变化曲线

## 2.4 甘肃河西沙尘暴发生前后对兰州城区和郊区TSP污染浓度的影响

根据国家环保总局的部署,兰州市从1998年元月开始发布空气质量周报,其中TSP是国家规定的必需监测和发布周报的3种主要污染物之一,因此获取了1998年春季沙尘暴发生前后兰州市的TSP连续监测资料。图6是1998年3~5月兰州城区和郊区(榆中三角城)TSP周平均浓度值的变化曲线。从此图可看出,无论是兰州城区还是郊区,春季中的第5周和第8~9周均为两个TSP高浓度时段,由兰州中心气象台的天气分析结果可知,在第5周的3月27日至4月2日一周内,其中27~28日河西发生沙尘暴,导致兰州市发生扬沙和浮尘天气;第8周的4月17~20日河西又发生大范围的沙尘暴天气,使兰州市于19日开始出现浮尘天气,并持续了两天;第9周的4月26~27日,由于上游的大风扬沙天气所致,28日兰市发生了浮尘天气。之后,29~30日兰州市降了小雨。从图6还可看出,春季兰州市大部分时间内的TSP浓度都高于国家规定的标准值,尤其河西大风沙尘天气发生期间,兰州市城区第5周TSP日均浓度值是标准值的3.32倍,第8周为标准值的3.6倍,第9周为标准值的3.72倍。即使兰州市郊区,这3段时间内TSP日均浓度也超过了国家规定的标准,分别为标准值的2.9、1.84和1.74倍。此外,兰州市城区和郊区TSP的浓度值虽然有差别,但两者的变化趋势几乎完全一样,这说明兰州市春季无论是城区或郊区TSP浓度周际变化主要是由其上游地区的大风沙尘暴天气过程造成的。

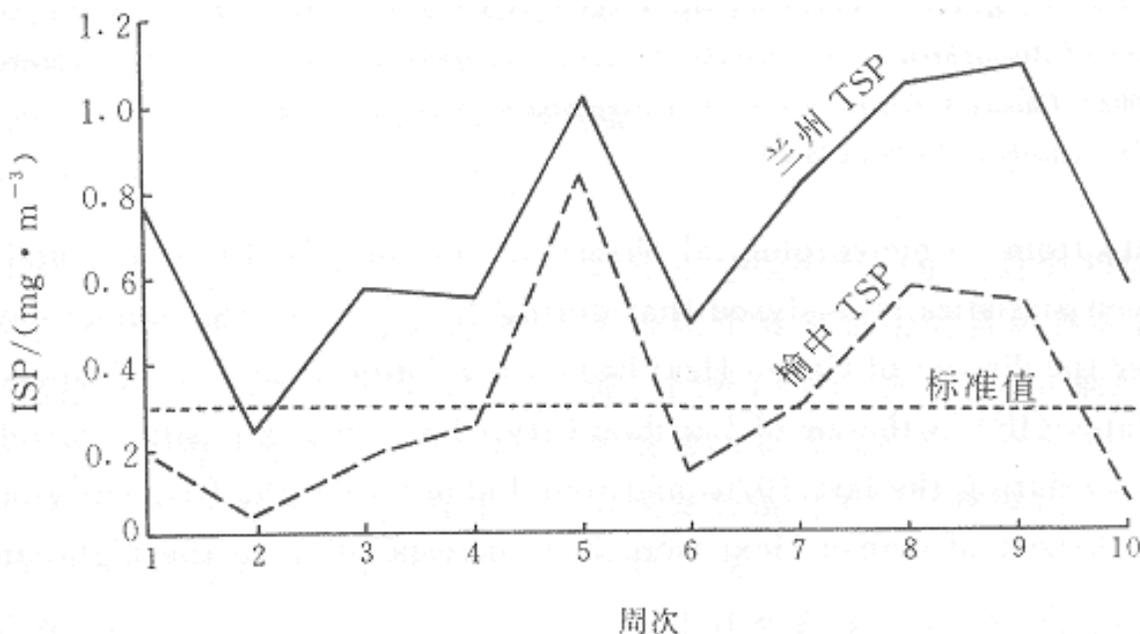


图6 兰州市城区与郊区1998年春季(3~5月)TSP浓度周均值变化曲线(第1周从2月27日开始)

## 3 结论

(1) 1975—1997年甘肃河西地区沙尘暴年发生日数与兰州市区同期颗粒物污染浓度有显著的正相

关关系(相关系数为0.526),其中70年代后期和1986年前后甘肃河西沙尘暴发生日数相对较多,导致兰州市区同期的TSP年平均浓度也明显偏高。

(2)春季是沙尘暴的多发季节,对1985—1997年春季河西地区沙尘暴发生日数与同期兰州市区颗粒物污染浓度的统计分析结果表明,呈非常显著性正相关性(相关系数达0.706)。

(3)甘肃河西春季(3~5月)沙尘暴发生日数占全年的46.2%,导致兰州市区该季节的IP月平均浓度明显偏高,尤其4月份是全年沙尘暴发生日数最多的月份,导致兰州市区该月份IP浓度出现全年的次峰值。这使得IP浓度成双峰型的年变化特征,有别于SO<sub>2</sub>等其它主要污染物均呈单峰型的年变化特征。

(4)春季河西地区大风沙尘暴发生期间,兰州市TSP日均浓度会明显升高,沙尘暴天气过程结束后,TSP浓度迅速降低。这表明春季河西地区大风沙尘暴天气是影响兰州市区颗粒物污染浓度日际变化的主要因素。

此外,由于原有资料的限制,甘肃河西地区沙尘暴天气过程发生期间与兰州市区逐日的颗粒物污染浓度之间的关系还无法分析,且不同强度沙尘暴对兰州市区颗粒物污染影响程度的差异也不甚清楚,这都有待于今后进一步研究。

作者单位: 王式功 兰州大学大气科学系,甘肃兰州 730000  
 杨民 杨明芳 甘肃省气象局,甘肃兰州 730000  
 祁斌 兰州市环境监测站,甘肃兰州 730000  
 辛春兰 甘肃省科学院,甘肃兰州 730000

#### 参考文献:

- [1] 鲍强.中国城市大气污染概况及其防治对策[J].环境科学进展,1996,4(1):1—18.
- [2] 张宁,黄维,常沁春,等.沙尘暴对甘肃大气降尘背景值的影响研究[J].中国沙漠,1998,18(增1):95—98.
- [3] 张宁,黄维,陆荫,等.沙尘暴降尘在甘肃的沉降状况研究[J].中国沙漠,1998,18(1):32—37.
- [4] YASUNOBU IWASAKA. The transport and spacial scale of Asian dust-storm clouds:a case study of the dust-storm event of April 1979 [J]. Tellus 35B,1983,3:189—196.
- [5] ELLIS J W G, MERRILL J T. Trajectories for Saharan Dust Transported to Barbados Using Stokes's Law to Describe Gravitational Settling [J]. J.Appl.Meteor., 1995,34:1716—1726.
- [6] 宋元村,黄玉喜.数理统计学[M].长沙:湖南人民出版社,1983.251—290.
- [7] 王式功,董光荣,杨德保,等.中国北方地区沙尘暴变化趋势初探[J].自然灾害学报,1996,5(2):86—94.
- [8] 王式功,杨德保,黄建国.兰州城市八种主要空气污染物浓度分布类型及其相互关系[J].兰州大学学报(自然科学版),1996,32(1):121—125.
- [9] 王式功,杨德保,金炯,等.我国西北地区黑风暴的成因与对策.中国沙漠,1995,15(1):19—30.