

文章编号 1001-4373(2006)04-0059-04

# 兰州市大气污染成因分析\*

褚 润， 张国珍， 谢红刚

(兰州交通大学 环境与市政工程学院,甘肃 兰州 730070)

**摘要** 以兰州市大气污染为研究对象,针对兰州市区特殊情况,分别从气象条件和地形地貌,工业污染源,交通污染源和采暖污染源,沙尘暴和浮尘天气,地域发展不平衡等方面阐明影响兰州市大气污染的主要原因。

**关键词** 兰州, 大气污染, 成因分析

中图分类号:X51

文献标识码:A

兰州是中国西北一座工业城市,其大气污染居于世界城市前列。兰州市大气污染状况非常严重,城区全年 TSP 超标,西固区是国内首先发现光化学烟雾的地区, $O_3$  等光化学污染物浓度也严重超标,这对周围人群和生态造成了严重的影响。而清洁大气对人类生存具有重要意义,一个成年人每天大约要呼吸  $10 m^3$  的空气,以维持正常的生理活动,充足和洁净的空气对人体健康是不可缺少的,兰州市大气污染已到非治理不可的地步。控制大气污染,改善大气环境,有利于保障人民的身体健康,有利于促进兰州市经济和社会各项事业持续协调发展,研究大气污染成因具有极其重要的意义。

## 1 兰州市大气污染成因分析

### 1.1 兰州市气象特征

污染物排放到大气中,是依靠大气的流动完成扩散、稀释、降解等过程,气象条件是大气环境质量的决定因素之一,因此掌握气象特征具有重要意义。

#### 1.1.1 一般气象特征

兰州市属温带半干旱气候,夏无酷暑,冬无严寒。年平均气温为  $9.1^\circ\text{C}$ ,年平均降水量为  $324.8 \text{ mm}$ ,年平均蒸发量为  $1468.0 \text{ mm}$ ,年平均风速为  $0.9 \text{ m/s}$ ,盛行风向为偏东风。

#### 1.1.2 地面风长期特征

兰州市大气污染与风速关系密切,从地面到  $300 \text{ m}$  高度的风速与污染都有明显影响<sup>[1]</sup>。

兰州市区平均风速  $1.0 \text{ m/s}$ ,地面风春季平均风速为  $1.0 \text{ m/s}$ ,夏季平均风速为  $1.0 \text{ m/s}$ ,秋季平

均风速为  $0.4 \text{ m/s}$ ,冬季平均风速为  $0.4 \text{ m/s}$ ;春季静风频率为  $49.2\%$ ,夏季静风频率为  $46.8\%$ ,秋季静风频率为  $78.2\%$ ,冬季静风频率为  $74.2\%$ ,春季最多风向为东风,夏季最多风向为东风,秋季最多风向为东南风,冬季最多风向为东北风。

兰州市风速较小,风向频率以静风最多,静风频率年平均为  $55\%^{[2]}$ ,静风频率较高是兰州市地面风场的显著特点。

#### 1.2 地形、气候分析

##### 1.2.1 静风现象

兰州市位于青藏高原东北侧的黄河河谷盆地内,南面皋兰山海拔  $2129 \text{ m}$ ,北面九州台海拔  $2067 \text{ m}$ ,市区中心海拔  $1517.2 \text{ m}^{[3]}$ ,盆地呈椭圆形,河谷盆地分东、西两部分,中间是狭窄的连接地段,周围生态环境很脆弱,是我国典型的山地城市。河谷盆地内气流闭塞,兰州市主导风向为东北风,其频率为  $37.0\%$ ,全年静风和小风日数占  $60\%$  以上;1月份平均风速为  $0.3 \text{ m/s}$ ,静风频率为  $81\%^{[4]}$ 。造成静风的原因是兰州西北东南分别有乌鞘岭、华家岭、兴隆山、马衔山、冷龙岭等大山,大风经常被阻挡和屏蔽,这种特殊的闭塞地形导致静风现象的产生,在全国都是罕见的。静风现象的增多,不利于兰州大气污染物向城区外围扩展稀释,并且容易在城区内积累高浓度污染物,污染物的稀释越来越少,大气质量的下降就越来越快。

尤其在冬季,大气边界层内静风频率高,各种工业、生活污染源排放的大量污染物因缺乏大气流动不易扩散出去,在盆地中形成昼夜不消散的烟雾。烟

\* 收稿日期 2006-03-10

作者简介 褚润(1981-)女,山东济宁人,硕士生。

雾层顶高度为 500~800 m ,平均高度为 600 m ,严重影响大气质量.

### 1.2.2 逆温现象

兰州市逆温现象较为严重,逆温天气强,厚厚的逆温层笼罩在兰州上空,使上空出现了高空比近空气温更高的逆温现象. 兰州全年约有 80% 的天数出现逆温<sup>[4]</sup>, 出现逆温现象时其持续时间长, 有时甚至终日不散, 抑制了兰州大气污染物的扩散与稀释. 污染物在正常气候条件下, 从气温高的近空向气温低的高空扩散, 逐渐循环排放到大气中. 但是逆温现象下, 近空的气温反而更低, 导致污染物停留在近空, 排放不出去. 静风和逆温是造成兰州市大气严重污染最重要的气象条件.

### 1.2.3 干旱少雨

兰州市地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原三大高原的交汇处, 四季干旱, 是典型的半干旱内陆地区. 气候干燥, 降水不多且季节分配不均, 冬季极少降水, 这不利于空气的净化. 再加上气候干旱不利于植物生长, 地表植被覆盖率不高也不利于污染物的净化. 干旱少雨的气象条件不利于污染物扩散, 也是造成空气质量下降的原因之一.

兰州市特殊的河谷盆地地形, 先天不好的自然环境, 以及静风强和逆温强且干旱雨水少的气象条件, 导致其大气环境容量较小, 大气污染较为严重, 是造成兰州市大气污染的主要地形气候原因<sup>[5]</sup>.

## 1.3 污染源分析

### 1.3.1 工业污染源

兰州是以石油化工、机械制造、金属冶炼和毛纺织等工业为主的城市, 对大气产生污染的主要工业污染源有 西固热电厂、兰州第二热电厂、兰化公司、兰州石油化工机器厂和兰州铝厂等企业以及大型企事业单位的采暖锅炉等, 以西固区最为严重.

兰州重点污染源根据甘肃省环保局和甘肃省经贸委联合发布的甘环发(1996)040号文中公布共 19 家. 工业污染源基本情况见表 1.

表 1 2004 年度兰州市工业污染源基本情况

Tab. 1 Industrial pollution sources in Lanzhou City in 2004

| 项目                                    | 全市工业       | 重点源        | 占全市/% |
|---------------------------------------|------------|------------|-------|
| 企业个数/个                                | 35         | 19         | 54.29 |
| 工业燃煤量/万·t                             | 494.9      | 467.7      | 94.50 |
| 废气排放总量/万·m <sup>3</sup>               | 11 408 692 | 11 019 070 | 96.58 |
| 燃料废气排放量/万·m <sup>3</sup>              | 5 423 172  | 5 169 073  | 95.31 |
| SO <sub>2</sub> 排放量/t·a <sup>-1</sup> | 51 739.1   | 49 360.2   | 95.40 |
| 烟尘排放量/t·a <sup>-1</sup>               | 13 687.4   | 11 478.4   | 83.86 |

19 家工业污染重点源的各项指标中, 除一项指

标外(烟尘排放量占全市的 83.86%)外, 其他各项指标均占全市工业污染源同类指标的 90% 以上. 工业重点源对兰州市大气污染起到的贡献作用最大.

工业废气排放的区域分布显示, 西固区的烟尘、二氧化硫、氮氧化物等 3 项排放量为最大, 分别为 6 622.07, 36 717.55, 20 183.96 t, 分别占全市重点源排放总量的 57.69%, 74.39%, 63.65%. 而氟化物则以安宁区排放量为最大, 主要由铝厂排放, 占全市重点源排放总量的 73.97%.

兰州市主要工业污染源集中在西固区, 污染源所排放的主要污染物包括工业烟尘、粉尘、二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物和碳氢化合物等. 重点源主要分布在建材非金属矿制品业, 重点源工业废气以二氧化硫与氮氧化物为主.

### 1.3.2 交通污染

交通污染主要是汽车尾气污染, 造成汽车尾气污染严重的主要原因之一是由于私家车拥有量迅速攀升所导致的, 数据显示从 1995 到 1999 年, 兰州市的各类机动车辆由 61 471 辆增加到 111 676 辆, 年平均递增率为 16.13%; 各类机动车年耗油量由 37.81 万·t 加到了 60.90 万·t, 年平均递增率为 12.68%; 各类机动车辆排放的尾气中, 主要污染物的排放总量由 12.43 万·t 增加到了 15.96 万·t, 年平均递增率为 28.33%. 另一方面, 汽车质量总体水平不高, 出厂新车排气量超标率平均达 20% 左右, 多数车辆排污严重, 尤其公交车、大货车大排黑烟等现象没有从根本上得到解决. 汽修保养差, 老旧车报废年限长, 这也使得污染物排放大大超标. 机动车每日排放的一氧化碳、碳氢化合物等有害气体就达数百吨之多, 单车污染物排放量相当于进口车的 5~6 倍. 加之近几年来随着机动车数量的增加, 道路建设已赶不上机动车的发展, 交通拥堵更加重了大气的污染. 汽车数量多, 车况差, 致使汽车尾气污染日益严重.

### 1.3.3 采暖污染源及其他污染源

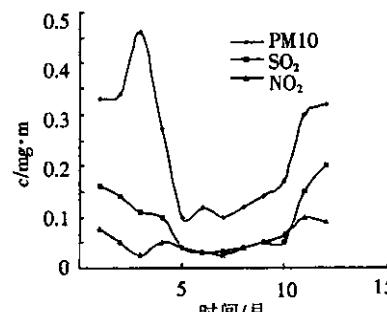


图 1 3 项污染物月变化规律

Fig. 1 Changes of three pollutants for months

我市的采暖时间为各年度的1, 2, 3, 11, 12月份。从空气质量监测结果分析2004年兰州市环境空气污染主要集中在采暖期的1, 2, 3, 11, 12月份, 为典型煤烟型污染曲线, 图中次峰值在3月份。

居民日常使用的炉灶, 其排放高度较低但使用范围广且使用后无任何处理, 因此对大气污染也起到了不小的作用。

#### 1.3.4 自然降尘 地面扬尘造成总悬浮颗粒物污染严重

兰州市城区主要的大气污染物TSP由两部分组成 来自大环境条件下的自然降尘和人为活动而产生的工业粉尘及二次扬尘。

兰州市月平均降尘为 $20.23 \text{ t/km}^2$ , 超标0.25倍。各月中, 三月降尘量最大, 为 $32.15 \text{ t/km}^2$ , 其次为4月, 为 $26.97 \text{ t/km}^2$ , 见图2。

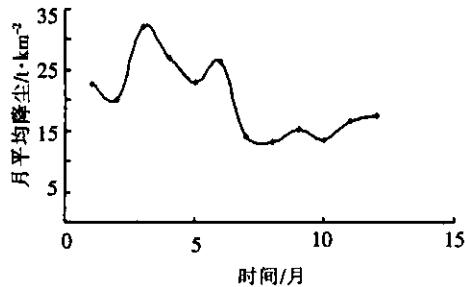


图2 2004年兰州市自然降尘月际变化监测结果

Fig. 2 Natural dustfall changes for months in Lanzhou City in 2004

2004年度兰州市空气自然降尘量为高峰值 $32.15 \text{ t/km}^2$ ·月, 4月次高峰值为 $26.97 \text{ t/km}^2$ ·月, 8月份降尘最低, 为 $13.21 \text{ t/km}^2$ ·月。

清洁对照点的自然降尘也是3月份最高, 4月份次之, 分别为 $17.87$ ,  $14.95 \text{ t/km}^2$ ·月; 3, 4月份正是地表植物较少, 风沙严重的季节。

对于兰州市大气污染, 自然降尘及人类活动的二次扬尘贡献率很大, 它是兰州市特定自然地理及气象条件的综合产物。兰州市城区降尘量有40%~60%是来自自然降尘的。自然降尘现象在兰州污染源中占到了一半以上的比例。

造成自然降尘的原因如下: 位于兰州北边皋兰县的九洲台是全国乃至全世界风成黄土层最厚的地区, 黄土总厚度321 m, 其中风成黄土297.2 m。造成这一现状的原因是兰州附近盛行下沉气流, 这个长期气候背景是兰州自然降尘量较大的主要原因。而从短期天气过程来看, 兰州市位于河西走廊下游,

河西地区是我国西北沙尘暴高发区, 沿途各地均受沙尘影响, 兰州也在这一范围内。

造成地面扬尘的原因如下: 兰州市的烟尘严重, 地面扬尘在采暖期占56.2%, 非采暖期占69.5%。城建、环卫污染源的贡献也不可忽视, 由于城市建设的发展, 近年来, 每年市区施工都很多, 建筑、道路施工堆料, 运输和遗洒以及大量裸露地面, 造成地面扬尘严重。加之燃煤带来的烟尘污染, 致使兰州空气中的总悬浮物浓度居高不下, 年均值、日均值一直超过国家标准。

#### 1.3.5 地域发展不平衡

兰州市区辖城关、七里河、西固、安宁和红古五区。城关、七里河、西固、安宁4区构成兰州市区, 城市面积 $1112.20 \text{ km}^2$ 。

兰州市重点源企业共有19家, 市区共15家, 这些企业厂区占地总面积合计 $1635.87 \text{ 万 km}^2$ , 企业区域分布特点见表2。

表2 2004年兰州市重点源基本情况区域分布

Tab. 2 Distribution of important industrial pollution sources in Lanzhou City in 2004

| 区域名称 | 企业个数 | 厂区面积/万 $\text{km}^2$ |
|------|------|----------------------|
| 城关区  | 1    | 27.67                |
| 七里河区 | 1    | 140.00               |
| 西固区  | 10   | 748.16               |
| 安宁区  | 1    | 18.56                |
| 红古区  | 2    | 145.50               |

重点源的区域分布显示, 工业重点源主要分布在西固区, 共有10家, 占全市重点源的73.68%。

兰州市西固区大气污染最为严重, 这是由于兰州市的绝大部分重工业均分布在西固区, 其中包括西固热电厂、兰化公司(兰化公司是我国第一个特大型石化企业, 也是兰州的污染大户)等主要工业污染源。污染程度居于第二位的是城关区, 城关区是兰州主要的商业区, 工业污染源较少, 但其交通污染是最为重要的, 由于道路不宽敞, 交通堵塞现象频频发生, 加重了交通污染, 致使其汽车尾气污染排放量居5区之首。七里河区红古区大气污染较前两个区轻, 安宁区大气污染是5区中最轻的, 安宁属兰州市的文教区, 工业污染源很少, 道路宽敞不易产生交通拥挤的现象, 加之车流量较小, 所以汽车尾气排放总量也较轻。兰州市工业废气区域分布见表3。

表 3 兰州市工业废气区域分布

Tab. 3 Distribution of industrial emissions in Lanzhou City

| 区域  | 烟尘       | 二氧化硫      | 氮氧化物      | 一氧化碳     | $t \cdot a^{-1}$ |
|-----|----------|-----------|-----------|----------|------------------|
| 城关  | 1 016.78 | 5 316.96  | 3 669.73  | 177.35   |                  |
| 七里河 | 66.85    | 30.60     | 280.16    | 41.60    |                  |
| 西固  | 6 622.07 | 36 717.55 | 20 183.96 | 1 222.64 |                  |
| 安宁  | 539.20   | 298.50    | 36        | 5.20     |                  |
| 红古  | 240.00   | 99.16     | 464.79    | 56.85    |                  |
| 合计  | 8 484.9  | 42 462.77 | 24 634.64 | 1 503.64 |                  |

西固区的烟尘、二氧化硫、氮氧化物和一氧化碳 4 项排放量为最大 , 分别为 6 622.07 ,36 717.55 , 20 183.96 ,1 222.636 t , 分别占全市重点源排放总量的 57.69% ,74.39% ,63.65% ,81.31% . 氟化物则以安宁区排放量为最大 , 主要由铝厂排放 , 占全市重点源排放总量的 73.97% .

地域发展的不平衡使得兰州的大气污染治理具有一定的难度.

## 2 结论

本文从兰州市大气污染严重性入手 , 通过各个

方面的分析 , 系统地提出了导致兰州市大气污染的原因. 兰州市作为建国后重点建设的新兴工业城市之一 , 由于其工业布局和能源结构不够合理 , 外部生态环境条件差 , 冬春季节沙尘天气活动频繁 , 又加之当地地形地貌及其所产生的不利于污染物扩散的气象条件 , 因而使得兰州市大气污染的特点及其成因均具有特殊性.

### 参考文献 :

- [ 1 ] 缪培俊. 大气环流扩散及污染气象论文集[ C ]. 北京 : 气象出版社 ,1982.
- [ 2 ] 张海峰. 自然地理志[ M ]. 甘肃 : 兰州大学出版社 , 1998.
- [ 3 ] 畅俊杰. 兰州市区滑坡泥石流危害成因及其防治对策 [ J ]. 水土保持研究 2003 ,10( 4 ) 250-252.
- [ 4 ] 张 镛 陈长和 李淑霞. 兰州城市大气污染和可能的技术控制措施 [ J ]. 环境科学研究 2001 ,13( 4 ) 18-21.
- [ 5 ] 王式功 姜大膀 杨德保. 兰州市区最大混合层厚度变化特征分析 [ J ]. 高原气象 2000 ,7( 3 ) 367-370.

## Analysis of the Cause of Lanzhou Air Pollution

Chu Run , Zhang Guozhen , Xie Honggang

( School of Environmental Science and Municipal Engineering ,Lanzhou Jiaotong University ,Lanzhou 730070 ,China )

**Abstract** Objected to Lanzhou air pollution and considering the special circumstances of Lanzhou ,we analyse the main causes of Lanzhou air pollution ,such as weather conditions ,landscape ,industrial pollution ,traffic pollution ,heating sources ,dust storms and geographical development imbalance ,etc. .

**Key words** Lanzhou ;air pollution ;analysis of the cause