

气象与城市环境

兰州市城区大气烟尘污染的变化与气象条件分析

杨兰芳

李宗义

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 730020)

(兰州中心气象台)

提 要

利用 1961~2001 年有烟日观测资料, 统计分析了 41 年中, 兰州市城区大气受烟尘污染的变化。结果表明: 1961~1984 年污染日在 119~201 天间徘徊; 1985~1988 年是污染“严重期”, 年平均污染日达 224 天; 1996~2001 年为显著“好转期”, 年平均污染日 66 天。一年中主要污染段是 1 月和 11、12 月, 污染日占全年的 49%。在污染日, 大气水平能见度具有明显的日变化, 能见度最差, 污染最严重的时间是 11~14 时。

关键词: 大气 烟尘污染 年月变化 遥感监测

引 言

兰州市城区地处青藏高原东北边缘, 三面环山, 南部皋兰山峰顶海拔高度 2150m, 北山稍低, 两山在东呈合拢形状, 比市中心高出 500~600m。黄河穿城而过, 是典型的黄河河谷地形。冬季, 受青藏高原大地形和兰州市小环境的影响, 不利于空气流动和交换, 曾被气象界称为“死水区”。研究证明, 兰州市

城区的特殊地形及与此相关的气象条件是造成兰州大气污染严重的重要因素^[1]。兰州市大气污染与风速关系密切, 从地面到 300m 高度的风速与污染都有明显影响^[2]。关于兰州市城区大气污染与气象条件的关系, 很多气象专家已经做了大量分析^[3~5]。但是, 由于污染资料的限制, 目前还不能用污染资料详细分析兰州市城区大气污染的历史变化。

我们知道,造成大气水平能见度降低,除雨雪、沙尘、雾等气象因素外,就是各种污染气体。在兰州市主要是烟尘污染。因此,我们选用了1961~2001年兰州气象观测站大气水平能见度 $\leq 10\text{km}$ 的有烟日资料,对41年有烟日和能见度进行统计分析。讨论由烟尘造成污染的年、月变化及污染日水平能见度的日变化。为省市政府和有关部门研究制定大气污染治理方案提供参考依据。

1 EOS卫星监测到的兰州市大气污染现状

1.1 污染在EOS/MODIS卫星监测图像中的特征

在大气污染监测中我们利用1通道可见光波段($0.620\sim 0.670\mu\text{m}$)、2通道近红外波段($0.841\sim 0.876\mu\text{m}$)其分辨率250m和6通道红外波段($1.628\sim 1.652\mu\text{m}$)分辨率500m三个通道合成污染图像^[6]。为了消除云对分析污染和地形的干扰,我们选择了春季无扬尘污染和冬季有烟尘污染的两个晴空时次进行对比分析(图略)。

在2002年4月1日12时17分(北京时)的污染图像中,兰州市及皋兰山和周围地形,刘家峡水库及以下黄河、河谷清晰可辨。在西固区有一片灰白色污染区,污染观测到可吸入颗粒物为 $0.347\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。2002年12月18日12时33分(北京时)的污染图像中,看不到兰州市地形和黄河河谷,西固区为白色污染区,可吸入颗粒物 $0.889\text{mg}\cdot\text{cm}^{-3}$,兰州市城区的其它地方是灰白色污染区,市区周围污染扩展到的地方为浅灰色,没有污染的地方呈深灰色。市区污染明显向周围及沿黄河河谷扩展。皋兰山隐约可见,说明主要污染层高度在600m左右,这与过去空气污染物的监测实验^[7]和逆温分析^[8]的结果一致。图中还可以看出,白银市区同样有大面积灰色污染区,污染沿黄河河谷向北扩展到了很远的地方。

1.2 污染的EOS卫星监测数据分析

在可见光卫星云图上,高反射率区表现为白色,而低反射率区呈深灰色。红外传感器测量地球和其周围大气反射的能量。发射能量的大小取决于辐射源的温度,云或地球表面辐射观测是在大气气体吸收最小的“大

气窗区”波长中进行的。因此,在大气窗区可用于计算云顶和地球表面的温度^[9]。EOS/MODIS卫星1通道可见光波段用于监测云或地球表面的特征,20通道红外波段 $3.660\sim 3.840\mu\text{m}$ 用于监测地面或云顶温度^[10]。依据这种原理,我们在2002年12月18日的污染图像中,选取不同色调像素点上的可见光反射率和红外辐射值分析兰州市的污染状况。经计算,当天西固区严重污染面积为 96.36km^2 ,城区其余地方污染面积为 257.51km^2 ,向北向东扩展的污染面积为 3506.25km^2 。

表1 2002年12月18日污染特征值

地点	1通道可见光反照率/%	20通道红外辐射/K
红古	0.091	290.74
西固	0.130	288.78
皋兰山	0.102	290.18
城关	0.122	290.46

从表1数据分析认为,在西固白色污染区,1通道可见光反照率最大为0.130,是污染浓度最大的地方,城关灰白色区反照率0.122,污染状况好于西固,皋兰山反照率0.102,污染又好于城关区。20通道辐射监测的是污染层顶温度。西固288.78K,城关290.46K,皋兰山290.18K。由于皋兰山辐射温度低于城关区,又高于西固区。说明城关区主要污染层低于皋兰山,在600m以下,而西固区的污染层高度在600m以上。

2 兰州市城区大气污染的历史演变

2.1 污染日的定义

根据气象观测规范要求,将大气受到烟尘污染后,24小时任意时间,水平能见度降低到 $\leq 10\text{km}$ 时,计为当天有烟。本文将有烟日定为污染日。

2.2 大气污染日的年变化

1961~1984年,年平均污染日在119~201天之间徘徊,1967年出现低谷。1985~1988年达到41年中的污染“严重期”,平均污染日224天(见图1)。说明在20世纪60年代到80年代,兰州市在建设工业化都市的进程中,工业生产向大气排放了大量污染气体。这些污染物在当地特殊地形和气象因素的相互作用下,使市区的天空一年中平均有

176天被浓浓的黑烟笼罩。90年代后期,面对兰州市城区的严重污染,在甘肃省政府和兰州市政府的共同努力下,具体实施了一系列治理措施,如“蓝天工程”、“阳光工程”,取得了显著成效。1996~2001年,大气污染出现了明显“好转期”,平均污染日数66天,污染日比“严重期”减少158天。市区的天空一年中实现了299天无烟尘污染。

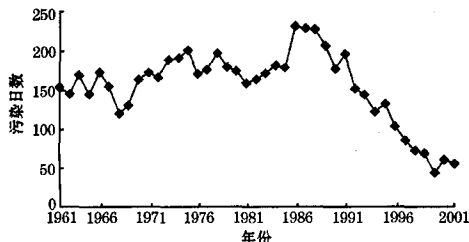


图1 1961~2001年平均污染日年际变化

2.3 大气污染日的月平均分布

大气污染日的月际分布有两个显著高值(见图2),即1月和11~12月成为全年的主要污染段,平均污染日12月28天,1月26天,11月23天,3个月污染日达77天,占年平均污染日的49%。从2月开始污染日逐渐减少,5~9月到达最低值,10月以后又缓慢上升。

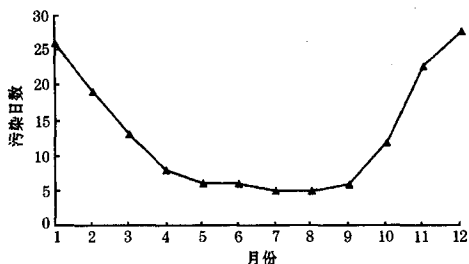


图2 1961~2001年平均污染日月际变化

表2为1985~1988年污染“严重期”与1996~2001年污染“好转期”的月平均污染日数和“好转期”比“严重期”的好转率。可以看出,在污染“严重期”污染日224.1天,1月和11、12月,就有86.6天,月平均污染日28.9天,占年污染日的39%。2~10月137.5天,平均15.3天,占年污染日的61%。在“好转期”,年平均污染日65.4天,1月和11、12月50.1天,月平均污染日16.7天,占年污染日的77%,2~10月15.3天,月平均

1.7天,占年污染日的23%。“好转期”比“严重期”污染日减少70%,1月和11、12月减少42%,2~10月减少89%。

表2 严重期和好转期月平均污染日数

日期(月)	严重期	好转期	好转率/%
1	29.8	13.7	54
2	20.2	5.7	72
3	15.3	2.0	83
4	14.0	1.3	91
5	14.0	0.3	98
6	14.0	0.5	96
7	14.5	0.1	99
8	13.5	0.8	94
9	14.0	1.1	92
10	18.0	3.5	81
11	26.3	16.2	38
12	30.5	20.2	34
合计	224.1	65.4	70

对比计算分析表明,3~9月有污染日6.1天,月不足1天,基本达到了无烟尘污染。但是,在冬季污染状况仍然严重,1月和11、12月平均还有16.7天的污染日,使市区的天空处于灰白色的烟雾之中,有时污染还相当严重,大气水平能见度只有500m。由此可见,在冬季,治理大气污染防治的任务还相当繁重。

2.4 污染日水平能见度的日变化

多数气象要素都具有明显的日变化。受气象要素的影响,污染日大气水平能见度同样有着显著的日变化。图3是2001年1月污染日水平能见度的平均日变化。从兰州气象观测站每日8次观测计算表明,02~08时,平均能见度11.6~11.7km,08时以后开始降低,11~14时达到一日中污染最严重时段,平均能见度8.9~9.2km,14时以后好转,到17~23时平均能见度上升为12.6~13.1km。

3 污染日最多年与最少年对比分析

选用污染日最多的1985年和最少的1999年做对比分析。1985年污染日多达232天,冬季污染最严重时,大气水平能见度只有3km。就是在春夏季节,每月还有10天以上的污染,全年有63.6%的时间,水平能见度 ≤ 10 km。1999年,年污染日46天,冬季

最严重时,水平能见度在5km以上,2~9月基本无烟尘污染。图4a、b、c、d为1985年和1999年污染日1月、11月、12月和3个月平均大气水平能见度的对比。从图4a看出,1999年1月02时能见度比1985年同期提高13.6km,08和20时提高6.7km和7.1km,而14时只提高1.3km。图4b中,11月02和08时提高3.0km,而14和20时反而降低了1.4km。图4c中,12月提高0.9km,其它时间提高2.7~4.1km。图4d中,1999年比1985年在一天平均提高3.6km,02时提高6.4km,08时提高4.6km,20时提高3.1km。14时只提高了0.2km,同平均值相比,也降低了3.4km。可以认为,这3.4km主要是由于1999年兰州市城区各种车辆猛增,汽车尾气和他引起的二次扬尘加重了污染,造成上午污染基本维持在1985年的状态,这一结果值得关注。

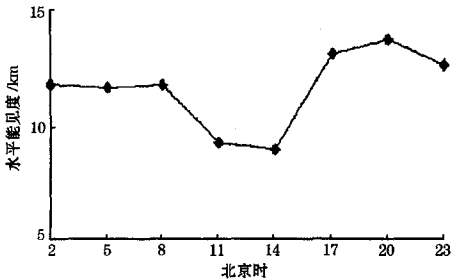


图3 2001年1月污染日能见度日变化

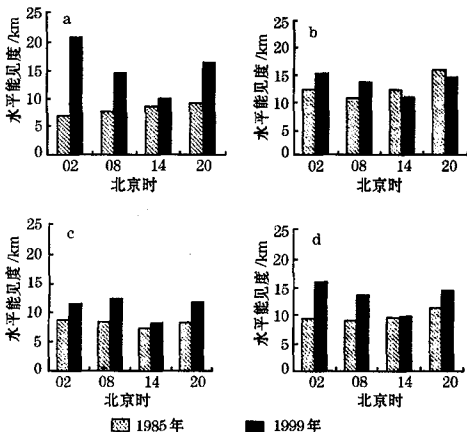


图4 污染日各时次能见度对比

(a) 1月, (b) 11月, (c) 12月, (d) 3个月平均

4 小结与讨论

(1)兰州市城区的污染源主要是烟尘。要彻底治理目前冬季的大气污染状况,必须尽快实现更大范围的联片或天然气供热,加快企业锅炉改造,取消生活用煤小炉灶,从源头杜绝污染源。

(2)市区污染主要在冬季。因此,要加大市区绿化面积,尽量减少裸露土地;在黄河风情线及公园、广场增建大功率高扬程喷泉,增加空气湿度,改善局地小气候。

(3)在污染最严重的上午,要充分利用黄河水资源,在市区主要交通干线实施洒水,城市道路清扫逐步使用清洁车,减少二次扬尘污染。

(4)控制汽车尾气对大气的污染。

参考文献

- 1 王式功,姜大膀,杨德保等.兰州市区最大混合层厚度变化特征分析.高原气象,2000,79(3):367~370.
- 2 缪培俊.1978年12月兰州大气污染与气象条件.大气环流扩散及污染气象论文集.北京:气象出版社,1982:122~128.
- 3 刘宇,王式功,尚可政等.兰州市低空风特征及其与空气污染的关系.高原气象,2002,21(3):322~326.
- 4 王式功,杨德保,尚可政等.兰州市区冬半年低空风特征与空气污染物浓度的关系.兰州大学学报,1997,33(3):7~105.
- 5 尚可政,达存堂,付有智等.兰州城区稳定能量及其与空气污染的关系.高原气象,2001,20(1):76~78.
- 6 刘玉洁,杨忠东.MODIS遥感信息处理原理与算法.北京:科学出版社,2001:2~12.
- 7 王式功,尚可政,杨德保等.河谷城市上空不同高度空气污染物的浓度变化特征,复杂地形上大气边界和大气扩散的研究.北京:气象出版社,1993:19~26.
- 8 陈臻妹,黄玉宝.兰州的逆温特征.环境气象,1982,3:31~40.
- 9 许健民,方宗义,徐建平.气象卫星——系统、资料及其在环境中的应用.北京:气象出版社,1994:218~233.
- 10 王式功等.兰州城区冬半年逆温特征及其与空气污染的关系.兰州城区冬季空气污染预报研究.兰州:兰州大学出版社,1996:93~99.
- 11 安兴琴等.中尺度模式对冬季兰州市低空风场和温度场数值模拟.高原气象,2002,21(2):188~191.

Variation of Atmospheric Pollution and Meteorological Conditions in Lanzhou City

Yang Lanfang¹ Li Zongyi²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020; 2. Lanzhou Central Meteorological Observatory)

Abstract

The relationship between variation and meteorological condition of atmospheric pollution in the Lanzhou City is analyzed for the period of 1961—2001 by using the observational data of smoke days. The results show that the pollution days are about 119—201 in 1961—1984, serious pollution is in 1985—1988, the mean annual pollution days are 224, obvious improvement is in 1996—2002, and the mean annual pollution days are 66. In a year, the main polluting periods are January and from November to December, and the rate of pollution days is 49 percent. In pollution days, the visibility has distinct daily variation, the shortest distance of visibility and the most serious pollution phase are from 11:00 to 14:00.

Key Words: smoke pollution variation remote sensing monitor