

文章编号:1006-7639(2005)-01-0054-04

兰州市大气气溶胶的特征及其对呼吸道疾病的影响

杨 民^{1,2},丁瑞强¹,王式功¹,尚可政¹

(1. 兰州大学资源环境学院,甘肃 兰州 730000;2. 庆阳市气象局,甘肃 西峰 745000)

提 要:根据 2000 年 6 月至 2001 年 5 月兰州市大气气溶胶的监测资料,分析了兰州市大气气溶胶的浓度、尺度谱分布及其年、月、日变化规律,进而探讨了大气气溶胶对人体舒适度的影响,分析了大气气溶胶浓度与呼吸道疾病发病人数之间的关系。结果表明:PM₁₀ 月均浓度与同期呼吸道疾病月发病人数的变化趋势基本一致,两者呈显著性正相关;当 PM₁₀ 日均浓度明显升高后 1~2 d,呼吸道疾病发病人数也随之增多。

关键词:大气气溶胶; PM₁₀; 呼吸道疾病

中图分类号:X18 **文献标识码:**A

前 言

气溶胶是大气中对人体危害最大的污染物,气溶胶对人体健康的潜在影响,已愈来愈受到重视^[1]。在环境科学中,把分散在大气中的固体或液体微粒定义为气溶胶;根据其粒径大小,大气气溶胶可分为:总悬浮颗粒物(TSP,粒径≤100 μm),可吸入颗粒物(PM₁₀,≤10 μm,又称为飘尘),PM_{2.5},粒径≤2.5 μm,甚至超细颗粒(纳米)。其中对人体影响最大的是飘浮在大气中时间较长的直径为 0.1~10 μm 的稳定大气气溶胶粒子(即 PM₁₀),其寿命在对流层下部为一周,并能被人体直接吸入呼吸道内,直径 0.5~5 μm 的粒子可以直接到达肺部或进入肺泡内,并能进入血液通往全身;进入肺部的粒子,由于其本身的毒性或携带有毒物质造成对人体的危害^[2]。许多研究证明^[3~4],城市大气气溶胶浓度越高,死亡率和发病率也越高,其中呼吸道疾病,特别是气管炎、肺气肿等慢性病,同大气气溶胶浓度的关系最为密切。

兰州市是我国城市 TSP 污染最为严重的城市之一,根据 1991~1993 年 TSP 的年平均浓度的统

计结果^[5],兰州市 TSP 的年平均浓度达到 950 μg/m³,远远超过了国家环保局规定的 TSP 年平均浓度限值的 2 级标准 200 μg/m³(表 1),且超标严重。近几

表 1 我国大气环境质量标准			
Tab.1 The ambient air quality standard			
级别	TSP 浓度 (mg/m ³)	PM ₁₀ 浓度 (mg/m ³)	用 语
1 级 标准	0.15	0.05	为保护自然生态和人体健康,在长期接触情况下,不发生任何危害性影响的空气质量要求。
2 级 标准	0.30	0.15	为保护人体健康和城市、乡村的动、植物,在长期和短期的接触情况下,不发生伤害的空气质量要求。
3 级 标准	0.50	0.25	为保护人群不发生急、慢性中毒和城市一般动、植物敏感者除外)正常生长的空气质量要求。

年虽有所改善,但 1999 年和 2000 年兰州市 TSP 的年平均浓度分别为 682 μg/m³ 和 667 μg/m³,仍然远高于 TSP 年平均浓度限值的 2 级标准,这给居民的身体健康会造成很大影响。从 1993 年全国肿瘤预防

收稿日期:2004-06-04;改回日期:2004-08-04
基金项目:科技部 2000 年度科研院所社会公益类研究项目(2000DIA10031《西北干旱区沙尘暴预警、服务系统研究》资助
作者简介:杨民(1976-),男,新疆昌吉人,工程师,主要从事灾害性天气预报及空气质量预报研究。

办公室公布的资料看,兰州市等大城市的肺癌死亡率是 9 大常见癌症中最高的,占癌症死亡人数的 37.51%,远高于污染较轻的中小城市,因此研究大气气溶胶浓度的变化特点及其对人体健康的影响,对预防各种疾病,特别是呼吸道疾病有着重要的意义。

1 资料来源

病例资料来源于兰州医学院附属一院 2000 年 6 月~2001 年 5 月呼吸系统疾病逐日病例资料;气溶胶浓度资料来源于兰州市环境监测站 2000 年 6 月~2001 年 5 月逐日监测资料。

2 兰州市大气气溶胶的谱分布和浓度变化特征

通过对安德森采样器测得结果的分析^[6]发现,兰州市城关区 PM_{10} 在 TSP 中占的比例相对较大,冬季 PM_{10} 的浓度约占 TSP 平均浓度的 60.1%,春季约占 57.1%,同南方大气气溶胶污染比较轻的城市相比,兰州市 PM_{10} 所占的比例要大一倍左右。近几年由于兰州市加大污染源的治理和机动车辆的大幅增加,粒径较大的粒子呈下降趋势,细粒子呈上升趋势,在 TSP 中所占的比重有所加大^[7]。

图 1 为兰州市 2000 年 6 月~2001 年 5 月 PM_{10} 月均浓度变化曲线。从图中可以看出, PM_{10} 在冬、春季的各个月份的浓度较高,其中最高浓度出现在 1 月;由于受甘肃河西沙尘暴的影响,4 月 PM_{10} 的浓度出现了一个次峰值。兰州市 PM_{10} 的年均质量浓度达到 0.281 mg/m^3 ,与 PM_{10} 质量浓度年均值的 3 级标准 (0.15 mg/m^3) 相比,超标近 1 倍。1 月、4 月是兰州市 PM_{10} 污染最为严重的 2 个月份,下面我们对这 2 个月份的日均质量浓度变化趋势(图 2)进行分析。从图 2 可以看出,1、4 月 PM_{10} 日均质量浓度变化幅度都十分大,1 月份最高浓度出现在 1 日, PM_{10} 日均质量浓度最高值 2.561 mg/m^3 ,远远超过 PM_{10} 质量浓度日均值的 3 级标准 (0.25 mg/m^3),超标倍数为 9.2 倍。1 月份有 25 d 超标,超标比率 83%。4 月份 PM_{10} 日均质量浓度的最高值出现在 7 日,其浓度值为 1.535 mg/m^3 。4 月份有 21 d 超标,超标比率为 67%。

根据多年的观测资料,在天气状况没有发生突

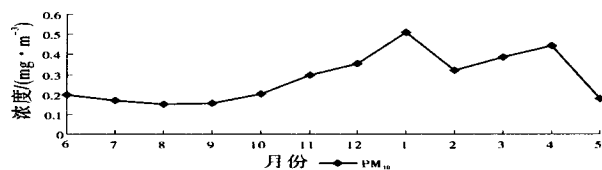


图 1 兰州市 2000 年 6 月~2001 年 5 月 PM_{10} 飘尘) 月均浓度变化曲线

Fig.1 The variation of monthly mean concentration of PM_{10} over Lanzhou city during June 2000 to May 2001

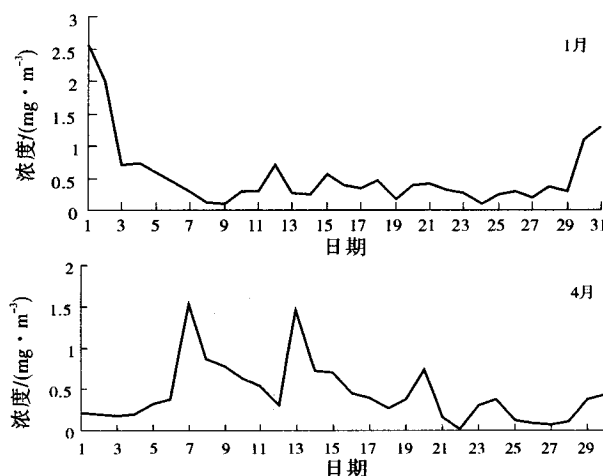


图 2 兰州市 2001 年 1 月、4 月 PM_{10} 日均质量浓度变化曲线
Fig.2 The variation of daily mean concentration of PM_{10} over Lanzhou city in January and April in 2001

变的情况下,兰州市气溶胶一般早晨(7~9 时)与傍晚(19~21 时)浓度较高,下午浓度较小,夜间又高于下午,晴天日变化明显,阴天变化平缓,这主要是兰州市的地形地貌和气象条件造成的,当然也与污染物的排放时间有关。早晚,兰州市大气层结趋于稳定,湍流微弱,再加上早晚上下班交通高峰期形成城市 2 次扬沙等原因,造成气溶胶增多而且不易扩散和沉降,因此污染物浓度最高,白天尤其下午,大气受热湍流加强,层结稳定破坏使各种污染物易于扩散稀释。而早晨(7~9 时)的时段,正是人们锻炼和上班高峰期,众多的人群处在高污染的大气中,势必加重大气污染对城市人群健康的危害。特别对中老龄者,抵抗力相对较弱,更容易引起疾病。

* 我国大气环境质量标准系以保障人体健康和一定的生态环境为目标而对各种污染物在大气环境中的容许含量所做的限制规定。它为 1、2、3 级,我国城市空气质量就用这个标准来判定。

3 大气气溶胶对人体健康的影响

各种气候变化都会导致人体极为复杂的直接反应和间接反应。把气候要素作用于人体的影响程度分为 4 大类:大多数人感觉舒适、稍不舒适、不舒适、极不舒适^[8](表 2)。我们利用大气化学污染物对人体危害程度的经验公式,来讨论兰州市 PM₁₀ 对人体健康的影响。

表 2 舒适度划分标准
Tab.2 The standard of comfort degree

舒适度	<i>f</i> 值范围	档次 H
极不舒适	>75	IV
不舒适	55~75	III
稍不舒适	25~55	II
舒适	≤55	I

大气污染物对人体危害程度的经验公式为

$$f(x) = \frac{25}{\ln 2} \ln(1+x/x')(1+0.0001x \ln t)^{[8]}$$

式中,*x* 为大气中某种大气污染物物质的实际浓度,*x'* 为国家规定的该物质上限浓度,*x* 和 *x'* 的单位为同一单位,*t* 为时间 单位:s)。在本文中为讨论方便,*x* 取为 PM₁₀ 的日均浓度值,*x'*取国家规定的 PM₁₀ 的日均浓度限值 0.25 mg/m³,相应地取 3 600×24 s (即 24 h)。利用 2000 年 6 月~2001 年 5 月的 PM₁₀ 日均浓度资料,可以算得逐日的值,再利用表 2 对 PM₁₀ 对人体影响程度进行统计,可得到每天 PM₁₀ 对人体舒适度影响的大体情况,天数累积可得到每月 PM₁₀ 对人体舒适度影响的大体情况(表 3)。

表 3 2000 年 6 月~2001 年 5 月逐月 PM₁₀ 浓度对人体舒适度影响的统计结果(单位:d)

Tab.3 The monthly concentration statistic results of PM₁₀ on human comfort degree during June 2000 to May 2001

	舒适	稍不舒适	不舒适	极不舒适
6 月	22	7	1	无
7 月	29	2	无	无
8 月	30	1	无	无
9 月	26	4	无	无
10 月	21	10	无	无
11 月	11	18	1	无
12 月	8	22	1	无
1 月	7	21	1	2
2 月	15	12	1	无
3 月	6	24	1	无
4 月	10	18	2	无
5 月	25	6	无	无
总计	208	147	8	2

从表 3 可以看出,PM₁₀ 对人体舒适度的影响是十分大的,在一年中舒适的天数仅占总天数的大约 57%,而由于 PM₁₀ 浓度过高造成人体稍不舒适以上程度的天数占总天数的 43%;人体舒适度在 PM₁₀ 污染最重的 1 月份大多数人 有 2 d 感到极不舒适,1 d 感到不舒适,另外有 21 d 感到稍不舒适。舒适度反映了人体生理和心理对各种气候因子的反应,只有在舒适的环境中人体才能保持健康。否则,就可能导致各种疾病。既然大气气溶胶浓度与呼吸道疾病关系密切,那么兰州市 PM₁₀ 浓度与呼吸道疾病发病人数之间的关系又如何呢?我们统计了 2000 年 6 月~2001 年 5 月呼吸道月发病人数,与 PM₁₀ 月均浓度作了对比(图 3),对比分析可知 2 条曲线的变化趋势大体一致:在 PM₁₀ 月均浓度较低的月份(7~9 月),呼吸道疾病发病人数也较少;而在 PM₁₀ 污染较重的冬、春季节,呼吸道疾病发病人数较多;PM₁₀ 月均浓度在 1 月份达到峰值,而呼吸道疾病发病人数同样在 1 月份达到峰值。分析 PM₁₀ 月均浓度与同期呼吸道疾病月发病人数的相关可知,两者之间呈显著的正相关,相关系数达 0.902(n=12),通过了 α=0.01 的显著性检验。

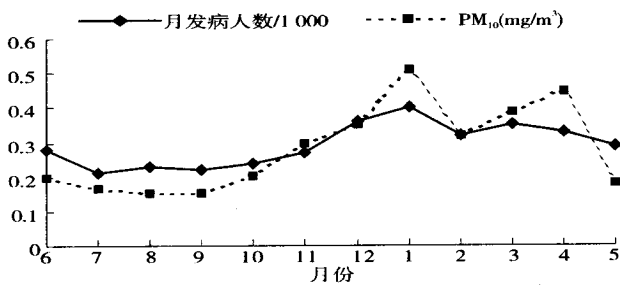


图 3 2000 年 6 月~2001 年 5 月 PM₁₀ 月均浓度与呼吸道发病人数对比曲线

Fig.3 The comparison of monthly mean concentration of PM₁₀ and the respiratory diseases during June 2000 to May 2001

为了更进一步了解兰州市 PM₁₀ 浓度与呼吸道疾病发病人数之间的关系,我们统计了 2001 年 1 月逐日的呼吸道疾病发病人数与 PM₁₀ 日均浓度的关系(图 4)。可以看出,1 月 1 日由于受河西沙尘暴的影响,兰州市 PM₁₀ 日均浓度达到峰值,1 月 2 日 PM₁₀ 日均浓度有所下降,但这一天的呼吸道发病人数为 1 月的峰值,1 月 3 日呼吸道发病人数达到次峰值;在 PM₁₀ 日均浓度最低的 1 月 9 日,呼吸道发病人数在第 2 天即 1 月 10 日也达到最低值。经计算发现 1 月份 PM₁₀ 日均浓度与当日的呼吸道疾病发

病人数的相关系数为 0.2342, 为弱的正相关; PM_{10} 日均浓度与次日的呼吸道疾病发病人数的相关系数为 0.6201, 通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验; PM_{10} 日均浓度与第 3 天的呼吸道疾病发病人数的相关系数为 0.4531, 通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验。这表明兰州市 PM_{10} 浓度与呼吸道疾病发病人数之间的后滞性相关是很显著的。

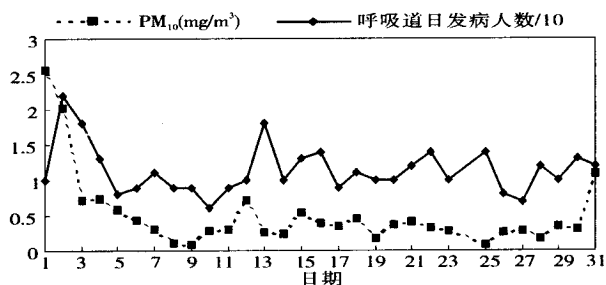


图 4 2001 年 1 月份 PM_{10} 日均浓度与同期呼吸道日发病人数对比曲线

Fig.4 The comparison of daily mean concentration and the respiratory diseases in January in 2001

4 大气气溶胶致病机理的讨论

根据研究成果^[1], 一个成人平均每天要呼吸 $15 m^3$ 空气, 随着人体的呼吸, 较小粒径的气溶胶颗粒会沉积到气道壁上, 最微小的颗粒会分散到下呼吸道, 吸入呼吸道的气溶胶颗粒都沉积在纤毛上, 随着纤毛 $1000 \sim 1500$ 次/min 的运动, 逐渐将颗粒物推到咽喉部并排到体外, 但是当沉积量增多超越纤毛的自清除能力时, 微粒就会侵入肺部。肺泡上有肺泡巨噬细胞, 它具有巨噬、杀灭病原微生物的能力, 但若进入肺泡的颗粒及有害物过多, 巨噬细胞不能吞噬这么多的有害物, 一部分就进入肺泡间质或进入血液循环, 诱发支气管炎、哮喘、肺炎等。此外, 气溶胶粒子在空气中能互相碰撞且具有吸附性, 能吸附二氧化硫、氮氧化物、烃类化合物等有害气体及病菌, 随着气溶胶浓度的增高, 对人体的危害也就越大。

当然, 由于诱发呼吸道疾病的因素很多, 大气气

溶胶只是其中的一方面。另外, 人体自身也是一个有机的整体, 受到外部环境各种要素的制约, 还要受内部体质各方面的影响, 使得人体的气候效应变化机理和生理反应、主观感受极其复杂。因此, 大气气溶胶对人体健康的影响还有待于在深度和广度上作深入研究。

5 结 论

由于大气气溶胶对人体的危害性, 人们越来越重视气溶胶的研究。气溶胶粒子的浓度、尺度、组成及运动方式等均与人们的生活、健康密切相关。兰州市是我国气溶胶污染较重的城市, 通过分析兰州市气溶胶对人体健康的影响, 有如下结论。

(1) 兰州市气溶胶污染浓度高值分布在冬、春季节的各个月份, 特别是 1 月、4 月, 这也是呼吸道疾病多发时段。气溶胶浓度的峰值在早晨 7~9 时左右和傍晚 19~21 时左右, 人们的户外活动应注意避开此时段。

(2) PM_{10} 月均浓度与同期呼吸道疾病月发病人数的变化趋势基本相同, 两者呈显著性正相关; 当 PM_{10} 日均浓度明显升高后 1~2 d, 呼吸道疾病发病人数也随之增多。

参考文献:

- [1] 张节余. 医疗气象预报基础[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 38-42.
- [2] 任丽新, 游荣高, 吕位秀, 等. 城市大气气溶胶的物理化学特性及其对人体健康的影响[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(1): 67-73.
- [3] Maynard R L. Particulate air pollution[A]. In: The urban atmosphere and its effects[M]. London: Imperial College Press, 2001. 179.
- [4] Bé ruBé K A, Jones T P, Williamson B J, et al. Physicochemical characterization of diesel exhaust particles: Factors for assessing biological activity[J]. Atmospheric Environment, 1999, 35: 1599-1614.
- [5] 徐华英. 我国空气污染状况及其对人体健康的影响[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(1): 56-60.
- [6] 奚晓霞, 邓张胤, 黄建国, 等. 兰州市城关区冬季春季大气气溶胶与大气污染[J]. 兰州大学学报, 1994, 30(3): 146-149.
- [7] 奚晓霞, 权建农, 白延林, 等. 兰州市 TSP 和可吸入颗粒物的状况及特征分析[J]. 兰州大学学报, 2000, 36(6): 118-121.
- [8] 周后富. 气候变化对人体健康影响的综合指标探讨[J]. 气候与环境研究, 1999, 4(1): 121-126.

(下转第 67 页)

