

文章编号: 1003 - 7578(2013) 01 - 070 - 05

兰州市城区空气气溶胶中 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 污染状况分析*

瞿德业¹, 周围^{1, 2}, 陈雷华³, 汪君¹, 鹿晨昱¹

(1. 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070; 2. 甘肃省出入境检验检疫局中心实验室, 兰州 730020;
3. 陕西省气象服务中心, 西安 710014)

提 要: 为了调查兰州市空气中颗粒物 $PM_{2.5}$ 的污染水平, 于 2008 年夏秋、冬季在兰州市一交通主干道附近使用大气采样仪采集了 32 个样品。结果表明: 兰州市 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 的污染状况严重, 超标率分别为 32.3 ~ 167.7% 和 23.1 ~ 480%; 对人体和环境影响较大的 $PM_{2.5}$ 占 PM_{10} 的比例范围从 62.10 ~ 77.41%, 而且呈现逐年增加的趋势。我国目前对于 $PM_{2.5}$ 的相关控制标准尚处于论证、试点研究阶段, 使得对它的控制越发困难, 应当引起公众和相关部门的高度重视。

关键词: $PM_{2.5}$; PM_{10} ; 兰州市; 颗粒物

中图分类号: X51

文献标识码: A

大气气溶胶是由大气介质和混合于其中的固体或液体颗粒物组成的体系。由于它是由不同相态物体组成, 虽然其含量很少, 但对大气中发生的许多物理化学过程都有重要的影响^[1]。它对人体健康、环境和气候产生重要影响。对于大气气溶胶的研究近些年来趋向于其中的细颗粒物, 即 $PM_{2.5}$, 由于细粒子对人体健康的危害远比粗颗粒物大, 而且是引起城市大气能见度降低的重要因素^[2, 3]。 $PM_{2.5}$ 由于粒径更为微小, 可在肺泡沉积, 并进入血液循环, 对人体健康的危害更大^[4-6]。通过对气溶胶中 $PM_{2.5}$ 的研究, 有助于了解大气环境的质量状况, 可以为大气环境的改善、污染物的治理提供科学的依据。

1 样品的采集地点、时间、仪器和试剂

1.1 样品的采集地点

本次采样选择兰州市城关区(兰州市主要商业区所在区域)东岗西路 322 号中国科学院寒区旱区环境与工程研究所科研一号楼楼顶, 它南面紧邻兰州市交通主干道东岗西路, 通过车辆以中小型机动车(燃料类型以汽油为主)为主, 车流量较大。此采样地点处于兰州市的商业区域, 它的周围无工业废气污染源。鉴于政府对大气环境的关注, 居民环保意识的提高, 附近生活、商业废气排放较少。

1.2 样品的采集时间

文中实验的采样工作分为三个阶段, 第一阶段采样始于 2008 年 8 月 26 日 - 2008 年 9 月 5 日, 共计 10 天, 有效采膜 5 张; 第二阶段采样始于 2008 年 10 月 9 日 - 2008 年 10 月 22 日, 共计 14 天, 有效采膜 7 张; 第三阶段采样始于 2008 年 11 月 19 日至 2009 年 2 月 14 日, 其中有效天数为 20 天, 有效采膜 20 张。其中 PM_{10} 和 $PM_{2.5}$ 样品膜各为 10 张。

1.3 仪器和试剂

1) TH-16A 型大气颗粒物智能采样仪(武汉市天虹仪表有限责任公司): 该采样仪可长期连续采集环境空气中不同粒径悬浮颗粒物, 可以同时采集 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_5 , 也能同时对 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 PM_5 中的一种进行一次性四个样品的采集。还能同步测量当地的各项气象参数, 并实时记录各项数据。大气采样机距离

* 收稿日期: 2011 - 12 - 15; 修回日期: 2012 - 3 - 14。

基金项目: 西北师范大学青年教师科研能力提升计划项目"基于 GIS 的农 - 工业转型地区可持续发展研究 - 以庆阳为例"(编号: NWNNU - LKQN - 10 - 20) 资助。

作者简介: 瞿德业(1981 -) 男, 甘肃省兰州市人, 硕士, 助教, 主要从事环境持续性有机污染物分析研究。

Email: qudeye@nwnu.edu.cn

地面约 35m, 采样口朝向交通主干道一侧, 可以较好地反映此区域的大气污染状况, 具有一定的代表性和典型性。2) 石英滤膜: 英国 WHATMAN QM - A 石英纤维滤膜, 直径 47mm; 3) 精密电子天平秤: 德国赛多利斯 BS/BT 系列电子天平, 精度为 0.01mg; 4) 马弗炉: 龙口市实验电炉厂; 5) 电热恒温鼓风干燥箱: 上海一恒科学仪器有限公司, DHG - 9053A 型; 6) 数控超声波清洗器: 昆山市超声波仪器有限公司, KQ2200DE 型; 7) 二氧化硅干燥剂; 8) 去离子纯净水; 9) 铝箔纸; 10) 二氯甲烷 (HPLC, Tedia, USA)。

1.4 采样步骤

1.4.1 采样前石英滤膜的称重

先将试验所用铝箔置于温度为 500℃ 的马弗炉中灼烧 2h, 待温度降低后取出备用。再将石英滤膜用灼烧后的铝箔包裹成信封状, 置于温度为 500℃ 的马弗炉中灼烧 4h, 待温度降至近 100℃ 取出滤膜放入干燥器内恒重 24h, 用精密电子天平快速称重。将第一次称重后的滤膜再次放入恒温恒湿箱内恒重, 时间不小于 2h。然后, 再次快速称重, 连续称重至恒重, 结果准确至 0.1mg, 然后连续 10 次称重取平均值。为避免滤膜被静电场干扰和在称重过程中污染, 用原铝箔包裹滤膜再次放入马弗炉中 450℃ 灼烧 2h。然后用铝箔纸包裹装入自封袋密封备用。



图 1 采样点的地理位置

Fig. 1 Geographic location of the sampling sites

表 1 大气采样仪的主要技术参数

Tab. 1 General parameters for the air sampler

通道	1 ~ 4 路				
流量范围	0 - 20L/min				
恒流流量	16.7L/min ± 0.2L/min				
大气压	80 - 110KPa ± 0.1KPa				
计前压力	30000Pa ± 1000Pa				
工作环境温度	-20 - 50℃				
工作环境湿度	0 - 85% RH				防尘防雨
时间误差	< 1‰				
切割器捕获效率	TSP	PM ₁₀	PM ₅	PM _{2.5}	本实验仅取样 PM _{2.5} PM ₁₀
	符合国家标准 GB6921 - 86 中的要求				
	外径 d = 47mm (可选)				
滤膜类型和直径	材料: 特氟隆膜或石英纤维膜等				本实验选用石英纤维膜
风向、风速范围 (可扩展)	风向: 0 - 360°; 风速: 0 - 40m/s				正南方向为 0°
湿度测量范围 (可扩展)	0 - 100% RH				
一次最长采样时间	99h				本实验采样 24h 或 48h
四路采样平行性误差	≤ ± 2.5%				
保存样本数目	45 个 (按照每天 24h 一个样本的连续采样)				可扩展

1.4.2 放置滤膜

在洁净的环境下配戴一次性手套用洁净的镊子把滤膜放在滤膜夹上, 滤膜毛面朝上, 然后盖上滤膜夹, 安置在网拖上, 小心拧紧螺丝, 盖好顶盖, 注意滤膜错位, 慎防滤膜接触其他物体。

1.4.3 开机采样

正确设置仪器, 确保仪器正常工作。

1.4.4 卸载滤膜

采样结束后停机关泵, 在洁净的环境下装卸滤膜和切割器, 并确保不漏气。必须配戴一次性手套用洁净的镊子小心卸下滤膜, 滤膜样品面朝内折叠好后, 放回原铝箔中。慎防滤膜接触其他物体。

1.4.5 采样后石英滤膜称重

采样后将滤膜用原铝箔纸包好,干燥后用精密电子天平快速称重(称 10 次取平均值),称重步骤与采样前石英滤膜称重相同。

1.4.6 滤膜保存

称重后,将滤膜置于原铝箔中,在冰柜冷藏保存待测。

2 结果与讨论

2.1 污染状况

美国(EPA,1997)已经制定了 PM_{2.5} 环境质量标准,其日均浓度限值为 0.065mg/m³,年平均浓度限值为 0.015mg/m³。鉴于中国在这方面的标准还处于论证阶段,暂时根据美国的现行标准对于在夏、秋两季采集的大气样品进行分析(表 2)。

兰州市夏、秋季的 PM_{2.5} 浓度(表 2),从表中可以看出,PM_{2.5} 的浓度范围是从 0.086mg/m³ ~0.174mg/m³,全部超出了 EPA 规定的日平均浓度 0.065mg/m³ 的限制,超标率从 32.3 - 167.7%,日平均浓度为 0.111mg/m³。

冬季采样时间段内 PM_{2.5} 的浓度(表 3),PM_{2.5} 的浓度范围是从 0.062 ~0.377mg/m³,均超过了标准的限值,超标率为 23.1 ~480%,日平均浓度为 0.208mg/m³。以上研究发现与吴国平等^[3](1999)在 1995 - 1996 年对于兰州市的调查结果基本一致。

我国于 1996 年颁布了 PM₁₀ 的空气质量标准(GB3095 - 1996),二级标准的日平均浓度为 0.150mg/m³。

表 2 夏、秋季 PM_{2.5} 浓度值与超标情况

Tab.2 Concentration of PM_{2.5} in summer and autumn, and the pollution conditions

采样时间	PM _{2.5} (mg/m ³)	超标率 (%)	天气状况
2008.08.26 ~08.28	0.091	40.0	小雨转中雨
2008.08.28 ~08.30	0.086	32.3	小雨
2008.08.30 ~09.01	0.106	63.1	多云转晴
2008.09.01 ~09.03	0.097	49.2	小雨
2008.09.03 ~09.05	0.174	167.7	多云转晴
2008.10.09 ~10.11	0.089	36.9	小雨
2008.10.11 ~10.13	0.135	107.7	多云
2008.10.13 ~10.15	0.123	89.2	晴
2008.10.15 ~10.17	0.137	110.8	晴
2008.10.17 ~10.19	0.094	44.6	晴
2008.10.20 ~10.22	0.087	33.8	小雨
2008.10.22 ~10.24	0.090	38.5	晴转多云

表 3 冬季 PM_{2.5} 浓度和超标率

Tab.3 Concentration of PM_{2.5} and the pollution conditions

采样日期	PM _{2.5} (mg/m ³)	超标率 (%)
2008.11.20	0.150	23.1
2008.11.27	0.205	215.4
2008.12.04	0.062	未超标
2008.12.11	0.231	255.4
2008.12.18	0.377	480.0
2008.12.25	0.239	267.7
2008.12.31	0.214	229.2
2009.01.07	0.197	203.1
2009.01.15	0.226	247.7
2009.02.12	0.186	186.2

表 4 冬季样品 PM₁₀ 浓度和超标率

Tab.4 Concentration of PM₁₀ and the pollution condition in winter

采样日期	PM ₁₀ (mg/m ³)	超标率 (%)
2008.11.20	0.194	29.3
2008.11.27	0.289	92.7
2008.12.04	0.081	未超标
2008.12.11	0.310	106.7
2008.12.18	0.533	255.3
2008.12.25	0.385	156.7
2008.12.31	0.324	116.0
2009.01.07	0.282	88.0
2009.01.15	0.328	118.7
2009.02.12	0.211	40.7

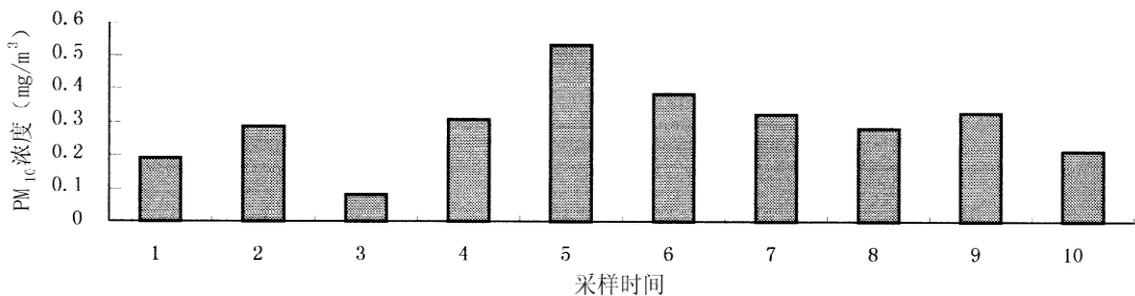


图 2 冬季 PM₁₀ 浓度变化

Fig.2 Variation of PM₁₀ concentration in winter

依据我国 PM₁₀ 二级质量标准(GB3095 - 1996)日均值 0.150mg/m³ 衡量(表 4),PM₁₀ 的浓度范围是从 0.081 ~0.533mg/m³,超标率从 29.3 ~255.3%,PM₁₀ 的日平均浓度为 0.294mg/m³。以上结果与吴国平等

(1999)^[7] 在 1995 - 1996 年对于兰州市的调查情况基本一致。

虽然受各种条件的限制,致使样品数总数偏少,不足以反映一般规律,但从有限的数据可以看出,兰州市 PM₁₀、PM_{2.5} 污染情况很严重,特别是细粒子污染,应引起大众和相关部门的高度重视。

2.2 不同季节比较

从以上的污染数据可以看出,夏秋两季的 PM_{2.5} 浓度明显小于冬季(图 3)。由于在冬季的采样时段已进入了冬季采暖期,颗粒物的浓度增加,以至于出现了超过标准数倍情况的出现。

2.3 冬季 PM_{2.5} 占 PM₁₀ 的比例变化

PM₁₀ 分为 2.5 ~ 10um 的粗颗粒和小于 2.5um 的细颗粒两部分。对采集的 7 组 PM_{2.5}、PM₁₀ 数据进行分析,结果表明 PM_{2.5}/PM₁₀ 比值范围从 62.10 ~ 77.41%, 平均值为 71.23%, 说明兰州市大气中的主要污染物是以 PM_{2.5} 细粒子为主。由于细粒子对人体健康的危害远比粗颗粒物大,而且是引起城市大气能见度降低的重要因素,所以对于细粒子的监测是今后大气环境监测的主要方面。滕恩江等(1999)^[8] 测定了兰州市 1995 和 1996 年 PM_{2.5} 在 PM₁₀ 中的比例,平均值分别为 51.6%、51.9%。细粒子 PM_{2.5} 浓度、在 PM₁₀ 中所占比例的增加进一步说明了 PM_{2.5} 在兰州市大气污染的贡献率急速增加。

表 5 冬季 PM_{2.5}、PM₁₀ 浓度和 PM_{2.5} 在 PM₁₀ 中的比例

Tab. 5 Concentration of PM₁₀ and PM_{2.5}, and the proportion of PM_{2.5} to PM₁₀ in winter

日期	PM _{2.5} (mg/m ³)	PM ₁₀ (mg/m ³)	PM _{2.5} /PM ₁₀ (%)
2008.11.20	0.150	0.194	77.41
2008.11.27	0.205	0.289	70.78
2008.12.04	0.062	0.081	77.05
2008.12.11	0.231	0.310	74.57
2008.12.18	0.377	0.533	70.64
2008.12.25	0.239	0.385	62.10
2008.12.31	0.214	0.324	66.11
2009.01.07	0.197	0.282	69.99
2009.01.15	0.226	0.328	69.02
2009.02.12	0.186	0.211	88.20

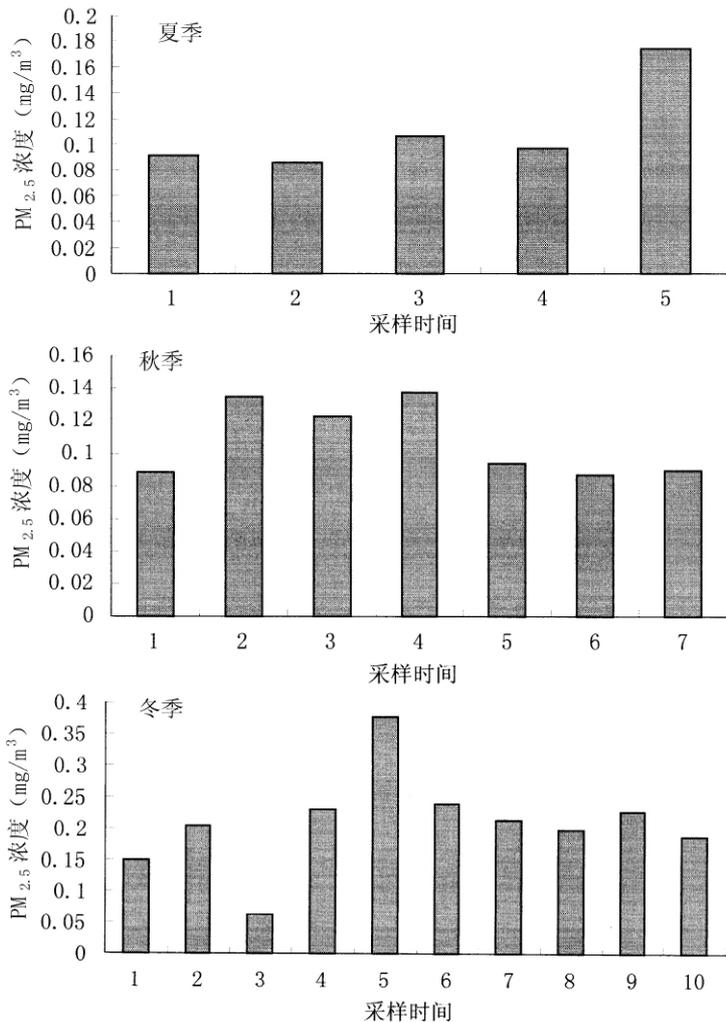


图 3 PM_{2.5} 浓度的夏、秋、冬季节变化

Fig. 3 Seasonal variations of PM_{2.5} concentration

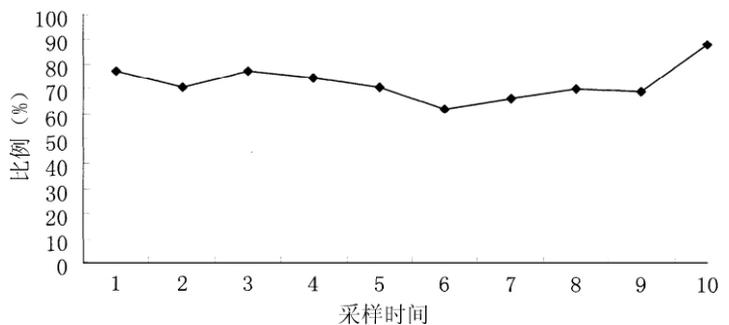


图 4 冬季 PM_{2.5} 在 PM₁₀ 中的比例变化

Fig. 4 Variations of PM_{2.5}/PM₁₀ in winter

3 结论

(1) 兰州市夏秋、冬季的 PM_{2.5} 的浓度范围分别是 0.086mg/m³ ~ 0.174mg/m³, 0.062mg/m³ ~ 0.377mg/m³; 日平均浓度为 0.111mg/m³、0.208mg/m³; 超标率为 32.3 ~ 167.7%, 23.1 ~ 480%, 应当引起相

关部门和公众的关注。

(2) 在季节浓度变化上, 冬季的污染水平明显高于夏秋季。

(3) $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值范围从 62.10 ~ 77.41% , 平均值为 71.23% , 而且呈现出逐年增加的趋势。

参考文献

- [1] 毛节泰, 张军华, 王美华, 等. 中国大气气溶胶研究综述[J]. 气象学报, 2002, 60(5): 625 - 634.
- [2] Chuueinta W, Paatero. Investigation of source of atmospheric aerosol at urban and suburban residential areas in Thailand by positive matrix factorization[J]. Atmospheric Environment, 2000, 34: 3319 - 3329.
- [3] Brook J R, Dann T F, Burnett R T. The relationship among TSP, PM_{10} , $PM_{2.5}$ and inorganic constituents of atmospheric particulate matter at multiple Canadian locations[J]. Journal of Air and Waste Management Association, 1997, 47: 2 - 19.
- [4] Chow J C, Watston J G, Lowenthal D H, Solomon P A, et al. PM_{10} and $PM_{2.5}$ composition in California's San Joaquin Valley[J]. Aerosol Science and Technology, 1993, 18: 105 - 128.
- [5] Hak Sung Lee, Byung - Wook Kang. Chemical characteristics of principle $PM_{2.5}$ species in Chongju, South Korea[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35: 739 - 746.
- [6] Harrison R M. Sources and processes affecting of concentrations of PM_{10} and $PM_{2.5}$ particle matter in Birmingham of U. K. [J]. Atmospheric Environment, 1997, 24: 4103 - 4117.
- [7] 吴国平, 胡伟, 滕恩江, 魏复盛, 等. 我国四城市空气中 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 的污染水平[J]. 中国环境科学, 1999, 19(2): 133 - 137.
- [8] 滕恩江, 胡伟, 吴国平, 魏复盛, 等. 中国四城市空气中粗细颗粒物元素组成特征[J]. 中国环境科学, 1999, 19(3): 238 - 242.

Pollution of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the aerosol airborne (PM_{10} , $PM_{2.5}$) in Lanzhou

QU Deye¹, ZHOU Wei^{1, 2}, CHEN Leihua³, WANG Jun¹, LU Chenyu¹

(1. College of Geography and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, P. R. China;

2. Central Laboratory, Gansu Entry - Exit Inspection and Quarantine Bureau, Lanzhou 730020, P. R. China;

3. Meteorological Service Center of Shaanxi Province, Xi'an 710014, P. R. China)

Abstract: 32 $PM_{2.5}$ and PM_{10} air samples collected in summer, autumn and winter of 2008 and early 2009 were analyzed to assess the air quality of Lanzhou city. The results showed that over the monitoring period, $PM_{2.5}$ (with USA air quality standard) and PM_{10} were beyond the standard. The exceeding rates of the twoparticals were from 32.3% to 167.7% and 23.1% to 480% for summer, autumn and winter respectively. The proportion of $PM_{2.5}$ in PM_{10} was from 62.10 to 77.41% and appeared the rising trend. The $PM_{2.5}$ standard in air quality in China is under discussion, so it is dramatically hard to put it under control.

Key words: $PM_{2.5}$; PM_{10} ; Lanzhou City; particulate matter