

# Distribution Characteristics Analysis of Lead in Atmospheric Dustfall in Jinan

Lirong XU<sup>1</sup>, Xueli YANG<sup>1</sup>, Jun CHANG<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Resources and Environment, University of Jinan, Jinan, China

<sup>2</sup> College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan, China

Email: stu\_xulr@ujn.edu.cn

**Abstract:** The contents of lead (Pb) in dustfall samples from 10 locations in Jinan were determined. The concentrations of Pb during heating period were generally higher than that during non-heating period, but the disparity was not remarkable, which proved that heat supply was one of resources of Pb in dustfall but not the major resource. Spatial distribution of Pb in dustfall was industrial districts > communication districts and mixed residential commercial districts > inhabited districts > institutes and colleges districts > inner and outer suburban districts. The result of enrichment factor (EF) analysis indicated that anthropologic sources mainly concluding industrial dust and automobile exhaust were the major sources of Pb. Compared with other cities, the pollution of Pb in dustfall was quite serious in Jinan.

**Keywords:** atmospheric dustfall; lead; distribution characteristic; enrichment factor; Jinan

## 济南市大气降尘中铅的分布特征

徐立荣<sup>1</sup>, 杨雪丽<sup>1</sup>, 常军<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 济南大学资源与环境学院, 济南, 中国, 250002

<sup>2</sup> 山东师范大学人口·资源与环境学院, 济南, 中国, 250014

Email: stu\_xulr@ujn.edu.cn

**摘 要:** 对济南市不同区域 10 测点的大气降尘中的铅含量进行了分析测试, 结果表明: 采暖期大气降尘中铅浓度普遍高于非采暖期浓度, 但差别并不显著, 说明供暖是济南市区大气降尘中铅的来源之一, 但不是最主要来源。大气降尘中铅的空间分布为工业区>交通区、混合区>居民区>科研文教区>远郊区、近郊区。富集因子的计算分析表明, 大气降尘中的铅明显受到人为活动的影响, 主要来自工业和汽车尾气污染。与国内其他城市相比, 济南市大气降尘中铅污染较为严重。

**关键词:** 大气降尘; 铅; 分布特征; 富集因子; 济南

### 1 引言

大气降尘 (Dustfall) 是指自然降落于地面的空气颗粒物, 其粒径多在 10 $\mu$ m 以上。大气降尘是城市主要污染因子之一, 随着城市化和工业化的不断推进, 城市降尘量明显增加, 降尘中各种污染元素含量亦增加<sup>[1]</sup>。铅 (Pb) 是一种严重危害人类健康的重金属元素, 由于比重大, 铅一般蓄积在离地面 1m 左右的大气中, 而且离地面越近, 铅的浓度越高。大气中的铅尘沉降在地面, 很容易在外动力作用下扬起—沉降—扬起,

往复交替循环, 形成大气颗粒污染物, 对人体和环境造成严重危害, 因而降尘中含铅量与大气铅污染的程度密切相关。

据济南市儿童医院专家介绍, 在济南接受血铅检测的儿童中, 约有三成超标。虽然儿童体内的铅来源不一, 但最重要的途径还是环境污染, 尤其是大气污染, 因为铅主要分布在离地面 1m 高左右的空气中, 而这个高度恰恰是儿童易吸收的高度。根据美国环保局统计, 美国每年有 10 万人死于由铅污染而引发的心脏病。城市居住区的降尘率与该地区 2~7 岁儿童的血铅浓度之间有密切的关系, 高血铅儿童成年以后, 心肌梗塞和慢性肾功能衰竭的发病率都明显提高<sup>[2]</sup>。

基金项目: 山东省教育厅科技项目 (TJY0711); 山东省中青年科学家科研奖励基金 (2008BS08007) 联合资助。

济南市近年来一直受到沙尘的侵害,其“北河南山”的特殊地形条件还使周边来源的沙尘不易运移走,而在济南市区得到加强。此外,济南发展迅速,交通工具数量增加极快,各种施工建设较多,并且人口密集、活动频繁,这些因素均加剧了济南市区的大气降尘污染。目前,我国学者在大气降尘研究方面作了大量工作,为后续工作打下了良好的基础,但与大气颗粒物细粒子的研究相比,大气降尘研究还相对薄弱。相对于其他城市而言,鲜见关于济南市大气降尘的研究报道。因此,对济南市大气降尘中铅的分布规律的研究,有利于为该市环境污染治理、城市规划提供合理化建议。

## 2 样品的采集与分析

### 2.1 样品的采集

全市共布设 10 个测点,这些测点所在区域,按功能划分为工业区、混合区(居民区+商业区)、居民区、交通区、科研文教区、近郊区和远郊区。其中工业区设 2 个测点,混合区设 2 个测点,居民区设 2 个测点,交通区、科研文教区、近郊区和远郊区各设 1 个测点。这些测点位置分布如表 1 所示。各测点周围环境开阔,避开树木和高大建筑物,周围无局部污染源。

Table 1. The sampling locations of dustfall in Jinan  
表1.济南市大气降尘取样点分布

序号	功能区	测点位置
1	混合区	天桥区无影山路省建筑医院
2	混合区	天桥区顺河街金富豪大酒店
3	工业区	市中区白马山小区
4	工业区	历城区上海花园附近
5	居民区	历下区东外环山东经济学院
6	居民区	市中区阳光舜城小区
7	交通区	市中区济微路交通流量较大段
8	科研文教区	历下区和平路真如意大酒店附近
9	近郊区	历下区转山西路银座花园
10	远郊区	山东大学李清校区

### 2.2 采样

选定采样点后,在其区域范围内,选择高约 5~12 m 的屋顶平台或窗台放置集尘桶。桶高 31 cm,桶口直径 33 cm,桶底直径 23 cm。采样时,将用塑料密

封袋密封好重约 4 kg 四方岩石放在桶中央,以固定采样装置。取样时间按济南市采暖期和非采暖期分别取样,取样时用亚氟水将桶内降尘冲洗干净用密封袋带回实验室。静置待上层液澄清后,将上层清液倒掉,然后将样品放于烘箱内,在温度不超过 60℃ 条件下烘干,待测。现已获得 2009 年 1 月~3 月(采暖期)和 2009 年 4 月~6 月(非采暖期)的大气降尘样品。

### 2.3 样品处理与元素分析

大气降尘样品在实验室烘箱中于不高于 60℃ 温度下烘干后,剔除树叶、枯枝等杂物,用密封袋封好,置于阴凉干燥处待测。

样品 Pb 元素含量在山东省地质科学研究院测试技术研究所测定,所用仪器为电感耦合等离子体原子发射光谱仪,波长范围 190~7800 nm,仪器分辨率≤0.04nm。

## 3 结果与分析

### 3.1 大气降尘中铅的时间分布特征

各采样点采暖期和非采暖期大气降尘中铅浓度分布状况见图 1。

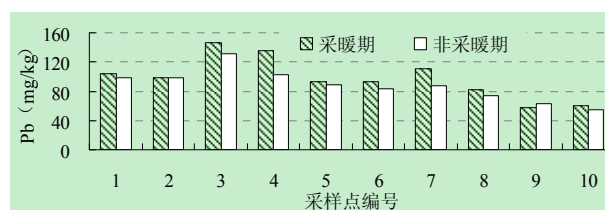


Figure 1. Concentration of Pb in dustfall during heating period and non-heating period

图 1. 采暖期和非采暖期大气降尘中铅浓度分布状况

从图中可以看出,采暖期各采样点大气降尘中铅的浓度范围为 58.1~146.7 mg/kg,平均为 98.3 mg/kg;非采暖期各采样点大气降尘中铅的浓度范围为 55.4~131.9 mg/kg,平均为 88.3 mg/kg,各采样点采暖期大气降尘中铅浓度普遍高于非采暖期浓度,但差别并不显著。据报道,截止到 2007 年底,济南市建成区集中供热面积已超过 4000 万 m<sup>2</sup>,集中供热普及率达到 52.6%。实施热电联产、集中供热,把分散低效的燃烧方式变为集中高效的燃烧方式,有效控制烟尘排放浓度,减少分散煤场和灰场极易带来的堆场扬尘污染。此外,采暖期与非采暖期大气降尘中铅含量差异较小

的原因可能是燃煤释放出的铅主要结合在小粒径的颗粒物上,而不结合在粗粒径的能自然沉降的颗粒物上。可见,供暖是济南市大气降尘中铅的来源之一,但不是最主要来源。

### 3.2 大气降尘中铅的空间分布特征

济南市功能区总体上可划分为工业区、混合区(居民区+商业区)、居民区、科研文教区、风景旅游区等,各功能区大气降尘中铅浓度分布状况见图2。

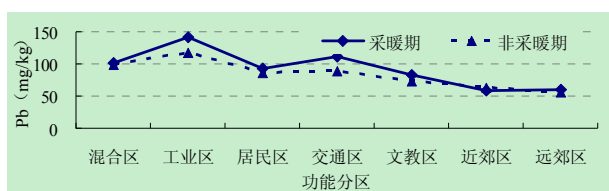


Figure 2. Concentration of Pb in dustfall of different district

图 2. 各功能区大气降尘中铅浓度分布状况

从空间分布上,采暖期各功能区大气降尘中的铅含量分布规律为,工业区>交通区>混合区>居民区>科研文教区>远郊区>近郊区;非采暖期各功能区大气降尘中的铅含量分布规律为,工业区>混合区>交通区>居民区>科研文教区>近郊区>远郊区。总体来看,各功能区全年平均大气降尘中的铅含量分布规律为,工业区>交通区、混合区>居民区>科研文教区>远郊区、近郊区。铅在工业区处于最大值,平均为 129.1 mg/kg,其次在交通区含量较高,平均为 99.6 mg/kg 说明铅与工业尘有关,工业尘是造成铅含量升高的主要原因;交通尘也是铅的主要来源,这与汽车尾气排放有关<sup>[3]</sup>。混合区(居民区+商业区)流动人口和车辆停泊较多,因此,大气降尘中铅的含量要稍高于居民区和科研文教区,而低于工业区和交通区。居民区和科研文教区由于受到周边其它功能区的影响,与郊区比较,大气降尘中铅的浓度较高。

### 3.3 大气降尘中铅的来源分析

富集因子(EF)可用于表示大气中元素的分布、传输、富集,判断元素来源,分析大气污染状况<sup>[4]</sup>。其计算公式为:

$$EF = (C_{x, \text{air}} / C_{\text{ref}, \text{air}}) / (C_{x, \text{crust}} / C_{\text{ref}, \text{crust}}) \quad (1)$$

其中:  $C_{x, \text{air}}$ ,  $C_{\text{ref}, \text{air}}$  分别指大气中某一元素(x)和参比元素(ref)的浓度;  $C_{x, \text{crust}}$ ,  $C_{\text{ref}, \text{crust}}$  分别指地壳中

某一元素(x)和地壳中参比元素(ref)的浓度。

参比元素一般选取构成地壳的主要元素,相关研究曾以Fe、Si、Ti作为参比元素<sup>[4-8]</sup>。本文以Fe为参比元素对Pb分别按采暖期和非采暖期计算出其富集因子<sup>[5-6, 9]</sup>,各采样点功能区Pb的富集因子如表2所示。

研究认为,大气颗粒物中元素富集因子大于10,则该元素被富集,主要来源于人类活动导致的各种污染因素,而非来自地壳物质;富集因子接近于1的元素,则主要由土壤或岩石风化的尘埃刮入大气引起<sup>[4]</sup>,介于二者之间的元素人为污染亦占相当比例。从表2可以看出,工业区和交通流量较大地段Pb的富集因子较大,据此可认为其大气降尘中Pb主要来自工业粉尘和汽车尾气污染的参与;科研文教区、近郊区及远郊区Pb的富集因子较小,Pb主要由土壤或岩石风化的尘埃刮入大气引起,人为污染所占比例较小。

Table 2. The enrichment factor of Pb in dustfall of different district

表2.不同功能区大气降尘中铅的富集因子

序号	功能区	采暖期	非采暖期
1	混合区	2.9	1.3
2	混合区	5.0	3.7
3	工业区	8.8	6.2
4	工业区	7.1	6.9
5	居民区	4.4	3.1
6	居民区	5.0	2.5
7	交通区	6.2	6.9
8	科研文教区	3.3	2.4
9	近郊区	3.4	3.6
10	远郊区	3.8	2.0

### 3.4 济南市大气降尘中铅的污染水平与其它城市的比较

济南市各功能区降尘中铅浓度范围为55.4~147.7 mg/kg,平均值为93.3mg/kg,何桂华等报道济南市区土壤中铅含量为55.2mg/kg<sup>[10]</sup>,大气降尘中铅含量为土壤的1.8倍,比贵阳市大气降尘中207 mg/kg<sup>[11]</sup>和兰州市135.9mg/kg<sup>[12]</sup>的铅含量低,但比西安市24.8 mg/kg<sup>[13]</sup>和长春市49.6mg/kg<sup>[9]</sup>的铅含量要高得多。但是由于各比较城市的研究结果在时间上存在差异,此对比只能大体说明济南市大气降尘中铅的污染是较为严重的。

## 4 结论

(1) 济南市采暖期大气降尘中铅浓度普遍高于非采暖期浓度, 但差别并不显著, 说明供暖是济南市区大气降尘中铅的来源之一, 但不是最主要来源。

(2) 不同功能区大气降尘中铅的浓度不同, 其高低排序是: 工业区>交通区、混合区>居民区>科研文教区>远郊区、近郊区。这说明工业污染物排放、机动车尾气排放对本市城区大气降尘中重金属含量有一定的贡献。

(3) 富集因子分析表明, 工业区和交通流量较大地段Pb的富集因子较大, 其中Pb明显受到人为活动

(主要为工业粉尘和汽车尾气)的影响; 科研文教区、近郊区及远郊区Pb的富集因子较小, Pb主要由土壤或岩石风化的尘埃刮入大气引起, 人为污染所占比例较小。

(4) 与国内其他城市相比, 济南市大气降尘中铅污染较为严重。

## References (参考文献)

- [1] BAHENA JL, ROSALES L, CARRANZA A. Spatial and temporal variation of heavy metals in a tropical estuary[J], *Environmental Geology*, 2002, 42, P575-582.
- [2] Zhong Zhaoqing, Wang Futao. The Relationship Between Atmospheric Particle and Human Health[J], *Shandong Environment*, 1999, 94(6), P62 (Ch).  
仲兆庆, 王福涛. 大气颗粒物与人群疾病关系[J], *山东环境*, 1999, 94 (6), P62.
- [3] DUZGOREN NS, LI XD, WONG SC. Lead contamination and isotope signatures in the Urban environment of Hong Kong[J], *Environment International*, 2004, 30, P209-217.
- [4] Bi Mutian. Enrichment Factor and its Application[J], *Environmental Science*, 1984, 5 (5), P68-70(Ch).  
毕木天. 关于富集因子及其应用问题[J], *环境科学*, 1984, 5 (5), P68-70.
- [5] Chen Zongliang, Zhang Mengwei, Xu Zhenquan, et al. Polluting Levels and Identification of its Sources of Air Particulate Organic Matter in Beijing[J], *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1985, 5(1), P38-45(Ch).
- [6] Wang Anpu, Huang Yanchu, Ma Ciguang, et al. Chemical characteristics of Airborne Particulates in Beijing[J], *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1981, 1 (3), P220-233(Ch).  
汪安璞, 黄衍初, 马慈光, 等. 北京地区大气飘尘的化学特性[J], *环境科学学报*, 1981, 1 (3), P220-233.
- [7] Wei Qun, Zhang Ning, Wang Jianying, et al. Study on the Enrichment Characteristics of Elements in Total Suspended Particulate and Pollution Sources in Lanzhou City[J], *China Environmental Science*, 1988, 8 (6), P10-17(Ch).  
魏群, 张宁, 王建英, 等. 兰州市城区大气总悬浮微粒元素富集特征及污染来源研究[J], *中国环境科学*, 1988, 8(6), P10-17.
- [8] Teng Enjiang, Hu Wei, Wu Guoping, et al. The composing characteristics of elements in coarse and fine particle in air of the four cities in China[J], *China Environmental Science*, 1999, 19 (3), P238-242(Ch).  
滕恩江, 胡伟, 吴国平, 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), P238-242.
- [9] Zhao Xingmin, Zhao Lanbo, Hua Xiuyi. Distribution Characteristics and Sources Analysis of Heavy Metal in Atmospheric Dustfall in Changchun[J], *Urban Environment & Urban Ecology*, 2009, 22 (4), P30-32(Ch).  
赵兴敏, 赵蓝坡, 花修艺. 长春市大气降尘中重金属的分布特征和来源分析[J], *城市环境与城市生态*, 2009, 22 (4), P30-32.
- [10] He Guihua, Gao Liancun, Feng Suping, et al. Speciation of Copper, Lead, Zinc, Chromium in Dust[J], *Journal of Shandong University (Natural Sciences)*, 1994, 29 (3), P332-337(Ch).  
何桂华, 高连存, 冯素萍, 等. 大气降尘中痕量金属元素铜、铅、锌、铬的形态分析[J], *山东大学学报(自然科学版)*, 1994, 29 (3), P332-337.
- [11] Li Yu, Liu Jingsen, The Initial Investigate of Metal Elements Distribution about Some Metal Elements in Dustfall in Guiyang [J], *Guizhou Environmental Protection Science and Technology*, 2002, 8(1), P13-19 (Ch).  
杨水秀. 贵阳市大气降尘中某些金属元素分布状况初探[J], *贵州环保科技*, 2002, 8 (1), P13-19.
- [12] Yang Liping, Chen Fahu, Zhang Chengjun. Chemical characteristics of atmospheric dust in Lanzhou[J], *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2002, 38 (5), P115-120 (Ch).  
杨丽萍, 陈发虎, 张成君. 兰州市大气降尘的化学特性[J], *兰州大学学报(自然科学版)*, 2002, 38 (5), P115-120.
- [13] Xiao Yunying. The Enrichment Characteristics of some Elements in Total Suspended Particulate and Dustfall in Xi'an City[J], *Gansu Environmental Study and Monitoring*, 1991, (2), P19-22(Ch).  
萧蕴英. 西安市城区大气总悬浮微粒和降尘中某些元素含量富集状况[J], *甘肃环境研究与监测*, 1991, (2), P19-22.