

# 上海内环高架沿线灰尘重金属污染分析与评价

王利<sup>1</sup>, 陈振楼<sup>2</sup>, 陈晓枫<sup>1</sup>, 史贵涛<sup>2</sup>, 沈军<sup>2</sup>

(1. 复旦大学分析测试中心, 上海 200433;

2. 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海 200062)

**摘要:**对上海市内环高架沿线街道灰尘重金属污染进行了调查, 结果表明, 与道路交通因素相关的重金属 Pb、Cd、Cu 和 Zn 均具有较高的含量水平, 分别为上海市土壤背景值的 9.3 倍、7.5 倍、9.0 倍和 8.8 倍。除了重金属 Hg 以外, 其他 7 种重金属平均含量均表现为浦西段高于浦东段, 说明内环高架浦西段相对于浦东段具有较高的重金属积累。而污染指数评价的结果也表明了上述 4 种重金属的污染程度超过了其他重金属, 已经达到了中度污染水平。

**关键词:**内环高架道路; 重金属污染; 灰尘; 上海市

**中图分类号:** X825 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)05-0035-04

## Pollution Analysis and Evaluation of Heavy Metals in Street Dust along Inner-ring Overhead Highway in Shanghai

WANG Li<sup>1</sup>, CHEN Zhen-lou<sup>2</sup>, CHEN Xiao-feng<sup>1</sup>, SHI Gui-tao<sup>2</sup>, SHEN Jun<sup>2</sup>

(1. Center of Analysis and Measurement in Fudan University, Shanghai 200433, China;

2. Geographical Information Science Ministry of Education Key Laboratory in East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** The pollution of heavy metal in street dust along inner-ring overhead highway in Shanghai was studied. The contents of Pb, Cd, Cu and Zn were higher levels and reached 9.3 times, 7.5 times, 9.0 times and 8.8 times of the soil background value in Shanghai city respectively. Except for Hg the contents of 7 heavy metals in Puxi district were higher than those in Pudong district to indicate higher heavy metals accumulation of west parts than east parts in the inner-ring overhead highway. The results of geo-accumulation index evaluation showed the Pb, Cd, Cu and Zn pollution had reached medium pollution levels.

**Key words:** Inner-ring overhead highway; Heavy metal pollution; Dust; Shanghai

随着社会经济的发展,科学技术的进步,生活水平的提高,城市环境问题正日益成为人们关注的焦点。城市大气、水、土壤、噪声污染等不同类型的城市环境灾害直接并严重地威胁到人群的健康,因此受到有关专家和学者们广泛的关注。而城市街道灰尘污染作为新的环境研究领域,目前在国内外尚未受到足够的重视。这种对城市生态系统具有隐蔽、潜在、长期破坏性的环境介质所携带的有毒有害重金属往往具有更强的环境危害性<sup>[1]</sup>,许多国家都开展了对其经济发达人口密集的大城市街道灰尘中重金属,尤其是 Pb 和 Zn 污染的研究<sup>[2-11]</sup>。上海市区交通繁忙,人群密集,特别是干道沿线积

累的大量街道灰尘随时可能转化为大气颗粒物而直接影响到居民的健康,生活在工业区内和交通干线附近的儿童普遍受铅中毒的危害<sup>[12-14]</sup>。内环高架以环状道路体系将上海市区东西南北连成一体,因此调查和评价内环高架沿线街道灰尘重金属污染具有重要意义。

收稿日期: 2009-01-19; 修订日期: 2009-06-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40730526); 国家自然科学基金资助项目(40701164); 上海市海洋局 908 专项基金资助项目(HAD1, HAD2); 上海市环境保护科技科研基金资助项目(07-15)

作者简介: 王利(1982—),男, 助工, 硕士研究生, 主要从事环境检测技术方面的研究。

内环高架路工程沿中山环路,通过南浦大桥和杨浦大桥把浦西和浦东的交通联为一体,其功能主要是吸引、疏散市中心地区的交通,是市中心地区的“交通保护壳”。内环高架路全长 48 km<sup>2</sup>,其中,浦西段为连续高架道路,全长 29.2 km<sup>2</sup>;浦东段以地面道路为主,全长 8 km<sup>2</sup>左右。高架道路所及之处既有商业区又有居民区,既有老工业区又有新开发区。

### 1 调查方法

#### 1.1 样品采集

在整个内环高架沿线以黄浦江为界,在浦东段和浦西段间隔一定距离分别选取 24 个和 6 个主要路口作为采样点,见图 1。样品采集采取多点混合,即对选定样点区域 10 m 范围内采集灰尘样品,其后进行混合作为该点的代表样品。

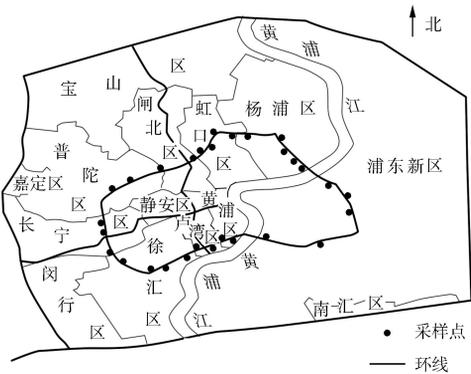


图 1 上海市内环高架沿线街道灰尘采样点分布

同时为了能够更好地反映上海市区的污染程度,在黄浦江上游水源地保护区部分街道采集了灰尘样品,以便能够和市区的高架道路沿线灰尘中的重金属含量进行对比。该区域地处上海远郊,人口密度较小,以农业生产为主。

#### 1.2 分析方法

将所有过 120 目筛 (< 125 μm) 的街道灰尘样品,在通风橱内用酸溶法 (HNO<sub>3</sub> - HF - HClO<sub>4</sub>) 在电热板上加热消解,以备重金属总量分析,每批样品包括空白样品和标准样品。消解和提取后的样品,用原子吸收光谱仪测定其中的重金属 Cu、Zn、Cr、Ni、Pb 和 Cd,用原子荧光光谱仪测定 Hg 和 As。为了确保实验的准确度和精确度,消解每批样品的同时选取两个长江底部沉积物标准物质

GBW07309 (GSD - 9) 和两个空白样品进行同步测定,并且选取该批样品之一进行 4 次的平行样测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 重金属总体含量水平

上海市内环高架道路沿线灰尘重金属含量见表 1。

表 1 上海市内环高架道路沿线灰尘重金属含量

元素	范围	平均值	变异系数	mg/kg	
				对照点平均值	上海土壤背景值
Pb	33.8 ~ 1.02 × 10 <sup>3</sup>	237	0.79	148	25.5
Cd	0.80 ~ 1.52	0.97	0.32	0.80	0.13
Cu	91.9 ~ 579	258	0.39	128	28.6
Zn	346 ~ 1.92 × 10 <sup>3</sup>	753	0.42	380	86.1
Ni	21.9 ~ 140	66.4	0.35	63.2	31.9
Cr	136 ~ 673	264	0.48	204	75.0
As	4.71 ~ 9.86	8.01	0.16	10.4	9.10
Hg	0.01 ~ 0.53	0.14	0.83	0.23	0.10

由表 1 可见,30 个采样点中街道灰尘重金属含量差异均不一致,其中 Pb 的变异系数达到了 0.79,即各点重金属 Pb 含量差异非常大,这和采样点所处区域的交通流量密切相关,其中位于浦西中山南路路段三个采样点中重金属 Pb 的平均含量为 314 mg/kg,超出上海土壤背景值 12 倍之多,而位于浦东新区的罗山路 - 龙阳路段的 6 个采样点中重金属 Pb 的平均含量则仅为 128 mg/kg,超出背景值约 5 倍。由于交通流量差异,使得中山南路路段灰尘中 Pb 的含量要远高于浦东路段。而其他几种重金属在各采样点中含量差异相对较小。

上海市内环高架沿线街道灰尘、参考区域灰尘以及上海市土壤背景值的对比情况。其中重金属 Pb、Cd、Cu、Zn、Ni、Cr 的平均值水平均表现为内环高架街道灰尘大于参考区域灰尘。文献 [15 - 16] 表明,Pb 主要来源于汽车尾气排放,Zn 主要来源于汽车轮胎的老化磨损,研究结果亦证明了这一点。而 Cu 和 Cd 的高含量除了与交通因素相关外,还与周边的工业生产和煤炭燃烧有关。

### 2.2 重金属区段含量对比

内环高架道路的各条路段沿线的灰尘中重金属平均含量亦表现出较大的差异性,上海市内环

高架道路浦西段和浦东段沿线灰尘中重金属含量的对比,其中浦西路段 24 个灰尘样品中重金属 Pb、Cd、Cu、Zn、Ni、Cr、As 和 Hg 的平均值分别为 264 mg/kg、1.01 mg/kg、265 mg/kg、791 mg/kg、69.7 mg/kg、270 mg/kg、8.24 mg/kg、0.13 mg/kg; 而浦东路段 8 种重金属的平均值分别为 128 mg/kg、0.76 mg/kg、206 mg/kg、534 mg/kg、48.2 mg/kg、236 mg/kg、6.79 mg/kg、0.14 mg/kg,除了重金属 Hg 以外,其他 7 种重金属平均含量均表现为浦西段高于浦东段,表明内环高架浦西段相对于浦东段具有较高的重金属积累。

大量的轮胎尘是城市环境污染的重要因素,锌的氧化物被作为橡胶硫化过程的活化剂加入,在合成的轮胎面中占有 0.4% ~ 4.3% 不等的比例,来自轮胎尘中的锌在土壤中,大气中,街道灰尘中和城市径流中均是一种重要的污染物<sup>[17-21]</sup>,因此来自交通的因素(包括尾气排放,轮胎尘屑以及机械磨损等)对不同路段的重金属积累程度起到了重要的作用。

而浦西路段重金属积累则相对较为严重,特别是中山南路路段,该路段包括了中山南路,中山南一路和中山南二路三条道路共 7 个采样点,该区域街道灰尘中重金属 Pb、Cd、Cu 和 Zn 的平均值均高于其他采样区域,也是环境污染相对严重的地区。

该地区地跨徐汇、卢湾和黄埔 3 个市中心区,分布了大量密集的建筑和流动人口,同时又位于南北高架和内环高架的交汇区域,承载了大量的市内交通,黄埔区和一江之隔的浦东又曾经是老工业区域。世界范围内的很多研究已经证明街道灰尘中污染物质的来源与交通、工业、住宅以及建筑物的风化有关,而且街道灰尘本身就是一种污染源<sup>[22]</sup>。该区域含有大量重金属的街道灰尘也会随时在风力和车流作用下成为飘尘。

### 2.3 重金属污染评价

地积累指数  $I_{geo}$  的计算公式为:

$$I_{geo} = \lg_2 (C_n / k \times B_n)$$

式中:  $C_n$ ——街道灰尘中重金属的实测含量;

$B_n$ ——所测元素在全球页岩中的平均含量;

$k$ ——考虑到造岩运动可能引起背景值波动而设定的常数,  $k = 1.5$ 。

由于研究的对象具有不同的粒度和矿物组成,选择普通页岩作为背景值得到的重金属污染信息难以反映实际污染状况<sup>[23]</sup>,选择上海市土壤重金

属的环境背景值作为参比值。对上海市内环高架道路沿线灰尘重金属进行地积累指数法的污染评价见表 2。

表 2 内环高架道路沿线灰尘重金属的地积累指数及其分级

重金属	平均值	背景值	污染指数	分级	污染水平
Pb	237	25.5	2.63		中度污染
Cd	0.97	0.13	2.31		中度污染
Cu	258	28.6	2.59		中度污染
Zn	753	86.1	2.54		中度污染
Ni	66.4	31.9	0.47		轻度污染
Cr	264	75.0	1.23		偏中度污染
As	8.01	9.10	-0.77		清洁
Hg	0.14	0.10	-0.1		清洁

由表 2 可见,重金属 Pb、Cd、Cu、Zn 均已经构成中度污染,而 Cr 和 Ni 的污染较轻,分别为偏中度污染和轻度污染,而 As 和 Hg 均未构成污染。由此表明由交通引起的重金属污染已经不容忽视,应该引起相关部门的重视,特别是已经形成中度污染的重金属元素 Pb、Cd、Cu、Zn 更是与道路交通因素的作用息息相关。

### 3 结论

(1) 上海内环高架道路沿线街道灰尘中重金属含量水平总体含量水平较高,特别是 Pb、Cd、Cu 和 Zn,含量均已经超过上海市土壤背景值的 7 倍以上,其中交通因素具有较大的贡献。

(2) 浦西段相对浦东段具有较高的重金属积累,这与两个地段的道路规模以及车流密度有较大关系。

(3) 中山南路路段区域灰尘中重金属 Pb、Cd、Cu、Zn 的平均含量明显高于其他采样区域,对当地的居民和环境的影响应当引起重视。

(4) 内环高架沿线重金属中与交通车辆相关的 Pb、Cd、Cu、Zn 均已达到中度污染,而 As 和 Hg 则处于清洁水平。

#### [参考文献]

[1] 杜佩轩,马智民,韩永明,等. 城市灰尘污染及治理[J]. 城市问题, 2004 (2): 46 - 49.  
 [2] AL-RAJHIM A, AL-SHA YEB S M, SEAWARD M R D, et al. Particle size effect for metal pollution analysis of atmospherically deposited dust[J]. Atmospheric Environment, 1996, 30

- (1): 145 - 153.
- [ 3 ] DEM E, LLAMAS J F, CHACON E, et al Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: unleaded petrol and urban lead[J]. Atmospheric Environment, 1997 ( 31): 2733 - 2740.
- [ 4 ] LIX, POON C, LU P S Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong[J]. Applied Geochemistry, 2001 (16): 79 - 90.
- [ 5 ] AKHTER M S, MADANY IM. Heavy metals in street and house dust in Bahrain[J]. Water, Air and Soil Pollution, 1993 (66): 111 - 119.
- [ 6 ] AL-CHALAB IA S, HAWKER D. Retention and exchange behaviour of vehicular lead in street dusts from major roads[J]. Science of The total Environment, 1996(187): 105 - 119.
- [ 7 ] AL-CHALAB IA S, HAWKER D. Response of vehicular lead to the presence of street dust in the atmospheric environment of major roads [ J ]. Science of The total Environment, 1997 (206): 195 - 202.
- [ 8 ] CHARLESWORTH SM, LEES J A. The distribution of heavy metals in deposited urban dusts and sediments, Coventry, England[J]. Environmental Geochemistry & Health, 1996 (21): 97 - 115.
- [ 9 ] CHON H T, KM KW, KM J Y. Metal contamination of soils and dusts in Seoul metropolitan city, Korea[J]. Environmental Geochemistry & Health, 1995 ( 17): 139 - 146.
- [ 10 ] HARRISON RM, LAXEN D PH, Wilson SL. Chemical associations of lead, cadmium, copper and zinc in street dusts and roadside soils [ J ]. Environmental Science & Technology, 1981, 15(11): 1378 - 1383.
- [ 11 ] KM J Y, MYUNG J H, AHN J S, et al Heavy metal speciation in dusts and stream sediments in the Taejon area, Korea [J]. Journal of Geochemical Exploration, 1998 (64): 409 - 419.
- [ 12 ] 许道礼,王佩英. 智力杀手 - 铅中毒 [J]. 科学生活, 1996 (6): 4 - 5.
- [ 13 ] 沈晓明. 儿童铅中毒 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 81.
- [ 14 ] 钱华. 环境铅污染来源及其对人体健康的影响 [J]. 环境监测管理与技术, 1998, 10 (6): 14 - 17.
- [ 15 ] MADANY IM, AKHTER M S, AL-JOWDER A. The correlations between heavy metals in residential indoor dust and outdoor street dust in Bahrain [J]. Environment International, 1994, 20(4): 483 - 492.
- [ 16 ] YEUNG Z L L, KWOK R C W, YU K N. Determination of multi-element profiles of street dust using energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) [J]. Applied Radiation and Isotopes, 2003, (5) 8: 339 - 346.
- [ 17 ] SMOLDERS E, DEGRYSE F. Fate and effect of zinc from tire debris in soil [J]. Environment Science&Technology, 2002 ( 36): 3706 - 3710.
- [ 18 ] SADQ M, ALAM I, EL-MUBAREK A, et al Preliminary evaluation of metal pollution from wear of auto tires[J]. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 1989 (42): 743 - 748.
- [ 19 ] ROGGE W F, HILDEMANN L M, MAZUREK M A, et al Sources of fine organic aerosol: 3. Road dust, tire debris, and organometallic brake lining dust: roads as sources and sinks [J]. Environment Science&Technology, 1993 ( 27): 1892 - 1904.
- [ 20 ] FERGUSON J E, KM N. Trace elements in street and house dusts source and speciation[J]. Science of Total Environment, 1991(100): 125 - 150.
- [ 21 ] DAVIS A P, SHOKOUHIAN M, NIS. Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources[J]. Chemosphere, 2001(44): 997 - 1009.
- [ 22 ] AKHTER M S, MADANY IM. Heavy metals in street and house dust in Bahrain[J]. Water, Air and Soil Pollution, 1993 (66): 111 - 119.
- [ 23 ] 腾彦国, 虞先国, 倪师军, 等. 应用地质累积指数评价沉积物中重金属污染: 选择地球化学背景的影响 [J]. 环境科学与技术, 2002, 25(2): 7 - 9.

本栏目责任编辑 李文峻

## · 征订启事 ·

## 欢迎订阅 2010 年《水资源保护》 中国科技核心期刊

《水资源保护》是河海大学和环境水利研究会主办的科学技术期刊。本刊 1985 年创刊, 统一刊号: CN32 - 1356/TV, 现为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊和江苏省一级期刊, 双月刊, 96 页, 国内外公开发行。主要刊登与水资源保护有关的基础研究, 应用技术, 工程措施, 综合述评, 专题讲座, 国外动态, 书刊评介, 科技简讯, 水资源管理、评价、监测、优化配置, 节水技术, 水环境污染控制等方面的文章。近年来, 本刊重点关注与水有关的生态环境领域中的研究方向, 新增设相关的基础研究、防治技术、城市水环境治理等内容。主要读者对象为全国从事与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理干部以及大专院校的师生。

邮发代号: 28 - 298, 双月刊, 8 元/期, 全年 48 元, 每逢单月 30 日出版。欲订购者, 请径向当地邮局订购。若无法从邮局订阅, 亦可与编辑部联系索取征订单。

地址: 210098 南京市西康路 1 号河海大学《水资源保护》编辑部 电子信箱: bh@hhu.edu.cn 电话: (025) 83786642