

北京城市广场及校园表土(灰尘)中 重金属水平与健康风险

李晓燕^{1, 2}, 陈同斌^{1*}, 雷 梅¹, 谢云峰¹, 周广东¹, 宋 波¹

(1 中国科学院地理科学与资源研究所环境修复中心, 北京 100101;

2 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘要: 通过对北京市城市广场和学校表层土壤与相应的地表灰尘中重金属含量调查, 探讨土壤与灰尘之间元素分布的差异及来源, 评估青少年在校期间通过灰尘摄入重金属的健康风险。研究表明: 城市广场和校园土壤中 Cu、Pb 和 Zn、灰尘中 As、Cu、Pb、Zn 和 Cd 显著高于北京市土壤重金属背景值, 土壤(灰尘)中 As、Ni、Cu、Pb、Zn 和 Cd 超过背景值的样本比率分别为 67% (27%)、13% (63%)、83% (100%)、73% (100%)、83% (100%) 和 53% (100%)。土壤中 Cu、Pb 和 Zn 存在一定积累, 灰尘中 Cd、Cu、Pb 和 Zn 积累较重。灰尘中 Cu、Pb 和 Zn 显著高于土壤。校园土壤中 Ni 显著高于城市广场土壤, 其他元素两者之间差异不大; 校园灰尘中 Ni、Pb 和 Zn 显著高于城市广场。中学生通过校园灰尘摄入没有导致明显的健康风险。

关键词: 重金属; 城市广场; 校园; 土壤; 灰尘; 北京

文章编号: 1000-0585(2010)06-0989-08

城市土壤是城市生态系统的重要组成部分, 其有害物质会影响城市环境质量和人体健康。与农业土壤不同, 城市土壤和灰尘中的重金属虽不会直接污染食物链, 但仍可通过呼吸、吞食和皮肤吸收等途径进入人体, 直接对人特别是对儿童健康造成危害^[1]。儿童血铅含量对智力、行为、感觉统合发育、学习成绩的影响存在明显的“剂量-效应”关系^[2]。1999 年对北京城区、郊县 178 名 1~6 岁儿童血铅调查结果显示, 儿童血铅 $\geq 0.483 \mu\text{mol/L}$ 的样本占 54.5%, 研究表明城市土壤和尘埃中的 Pb 污染仍在继续危害儿童健康^[3]。除 Pb 外, 其他重金属也可通过无意吸食等途径进入人体内, 导致健康风险。对包括 Zn、Cd 等在内的重金属的过度暴露同样会导致儿童认知不全、轻度痴呆等中枢神经系统紊乱^[4]。

受工业、交通等频繁人类活动的影响, 城市表层土壤和灰尘通常存在重金属积累现象。国内外针对城市土壤与灰尘中重金属的累积已经开展了一些工作, 如研究显示, 苏格兰亚伯丁城区土壤 Pb 富集明显^[5]; 美国新奥尔良含 Pb 漆和含 Pb 汽油的使用是城市土壤 Pb 的主要来源^[4]; 我国香港城区土壤 Pb 平均值为 88 mg/kg, 超过荷兰土壤标准限值^[6]; 南京市矿冶区 Pb、Cd 积累严重^[7]; 长春市城市土壤 Cu、Pb 污染, 公园土壤列居首位^[8]。上海市区街道灰尘中 Pb 含量为 28~4443 mg/kg, 平均值为 264 mg/kg^[9]; 纽约

收稿日期: 2009-09-20; 修订日期: 2010-03-25

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX1-YW-06); 资源与环境信息系统国家重点实验室资助开放基金; 中国博士后科学基金 (20080440212)

作者简介: 李晓燕 (1966-), 湖北人, 教授。主要从事区域环境质量评价研究。E-mail: lxyan421@163.com

* 通讯作者: 陈同斌 (1963-), 研究员, 博士生导师。E-mail: chentb@igsnrr.ac.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

城区 214 个灰尘样品 Pb 浓度超过 EPA 标准的样本超标率为 86%^[10]。这些研究一定程度上揭示了城市土壤及灰尘中的重金属累积现状,并在重金属空间分布特征和来源研究方面取得了不少成就。目前对地表环境重金属研究的主要热点集中在:在了解整个城市地表环境重金属累积现状的基础上,重点关注工业、商贸和公园等重点累积区域的重金属累积现状,并进行相关溯源研究和生态风险评估,而对一些特殊区域关注不够,特别是对这些特殊区域地表环境重金属导致的健康风险的关注尤为薄弱。

北京是我国的政治文化中心,又是人口密集的大都市,市内商业区密集,交通流量大,其城市环境质量受到广泛关注。城市广场和校园是城市中人群密集的场所^[11~13],活动者多为容易受到重金属污染危害的老人与儿童^[14]。本文以北京市城市广场和校园为对象,研究其土壤及灰尘的重金属含量和健康风险,为评估城市环境质量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

2008 年,从北京市 17 个中学校园和 13 个城市广场采集土壤及相应灰尘样品各 30 个。中学校园采样点包括北京市重点高中、高校附中和民办中学等不同规模的中学。城市广场包括天安门广场、西单文化广场和中关村广场等市区主要休闲广场。采样区域覆盖北京市中心城区(外至五环路周边),其中 2 个样点位于 2 环路内,其余环路内样点分布基本均匀(图 1)。采集的土壤为当地的土壤或超过二年的客土。

采集土壤多为绿化带土壤,采样深度 0~5cm。在城市广场,选取活动人群较多的地点,作为采样点,样品由采样点 5m×5m 的正方形 4 个顶点和中心点共 5 处样品混合而成,对于某些狭长的地点,则每隔 5m 采一个样,共采 5 个分样混合而成。中学校园土壤采集主要为操场或教学楼附近土壤,也由每隔约 5m 的 5 个分样混合成一个样品。土壤样品去除杂物后风干,过 1mm 尼龙筛,用玛瑙研磨机研磨后过 100 目尼龙筛。为考察灰尘与土壤物质组成的相关性,在离土壤取样点最近的水泥地面,用毛刷扫取灰尘,5 个分样混合成一个总样,带回实验室后过 150 目筛。

1.2 重金属分析与质量控制

土壤和灰尘样品采用密闭式微波炉(MARS 5, CEM)消解。原子吸收光谱法(A Analytic Jena, Vario 6 0)测定 Cu、Pb、Zn、Ni 浓度,氢化物发生-原子荧光光谱法(北京海光仪器公司, AFS2202)测定 As 浓度, ICP-MS (Perkin Elmer SCIEX ELAN DRG-e)测定 Cd 浓度。

样品分析过程中插入国家土壤标准参比物质(GSS-4)进行质量控制。分析过程使用试剂均为优级纯,用水均为超纯水。

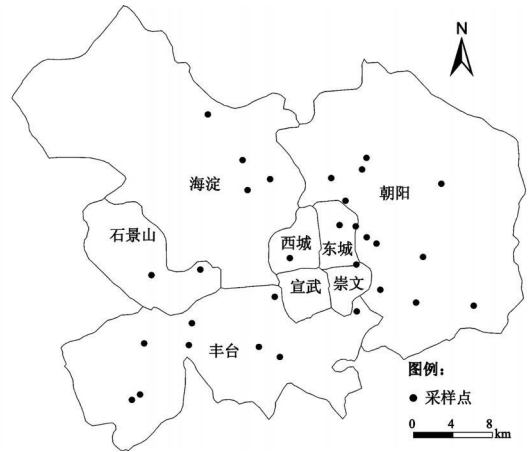


图 1 北京城市广场及校园表土和灰尘采样点

Fig 1 Soil and dust sample sites of square and school in Beijing city

1.3 数据统计分析及计算

数据统计分析采用 SPSS 中的参数方法。数据正态分布检验采用 SPSS 中 K-S 检验法，若 $P_{K-S} > 0.05$ ，表示样本呈正态分布。差异、相关分析前，已确保数据符合正态分布。

为评价土壤和灰尘重金属累积现状，以北京市土壤重金属背景值为基准，累积指数按下式计算：

$$I_i = \frac{C_i}{C_j} \tag{1}$$

式中， I_i 为元素累积指数， C_i 为重金属符合正态分布的平均浓度， C_j 为对应元素北京市土壤背景值。 i 表示 As、Cd、Cu、Ni、Pb 和 Zn 6 种元素。

从灰尘中无意摄入重金属总量的计算公式如下^[15]：

$$M_{\text{摄入}} = Q \times C_D \tag{2}$$

式中， $M_{\text{摄入}}$ 为人群从灰尘中摄入某重金属的量 (mg/人·d)； Q 为人群每日无意摄入灰尘量 (kg/人·d)； C_D 为灰尘中某重金属的平均浓度 (mg/kg)。

2 结果与讨论

2.1 土壤及地表灰尘重金属含量分布

调查的土壤及地表灰尘重金属含量符合正态分布 ($P_{K-S} > 0.05$)。土壤中 As、Cu、Pb、Zn 的均值分别为 7.60mg/kg、26.6mg/kg、28.9mg/kg 和 75.4mg/kg (表 1)，显著高于北京市土壤元素背景值，超过背景值的样本比率分别为 67%、83%、73% 和 83%；Cd、Ni 的均值 0.203mg/kg 和 25.6mg/kg，与土壤背景值没有显著性差异，超过背景值的样本比率为 53% 和 37%。土壤中 As、Cd 和 Ni 均值相对于背景值的累积指数接近 1.00，说明土壤中此三种元素累积不明显；Cu、Zn 和 Pb 累积指数分别为 1.42、1.31 和 1.17，表明存在一定的累积，其中 Cu 的累积相对最重。

与北京市相应的土壤重金属背景值比较，灰尘中的 Ni 没有显著性差异 ($P = 0.336$)，As、Cd、Cu、Pb 和 Zn 显著高于背景值 ($P = 0.000$)。Ni、As 超过土壤背景值的样本比率分别为 57%、63%，Cd、Cu、Pb 和 Zn 超过土壤背景值的样本比率均为 100%。

相对于北京市土壤背景值，灰尘中 Ni、As 无明显累积，Cd、Cu、Pb 和 Zn 累积较重，累积指数分别为 3.84、2.90、2.40 和 4.23。

与土壤重金属背景值相比，土壤中 Cu、Pb、Zn 含量偏高，灰尘中除这三种元素含量偏高外，Cd 也偏离背景值较远，且 Cu、Pb、Zn 和 Cd 显著高于土壤 (表 1)，说明灰尘重金属累积重于土壤，这与大多数研究结果一致^[16-17]。

土壤和灰尘中对应元素相关性检验结果显示，两介质中 Zn ($P = 0.011$)、Ni ($P = 0.037$) 显著相关，说明灰尘中 Zn、Ni 与土壤来源类似，而 As、Cu、Pb 和 Cd 不相关则表明土壤与灰尘中此四种元素的来源存在一定差异。城市街道灰尘重金属来源较为复杂。西安城市灰尘 Cu、Pb、Zn 来自工业污染源，Pb、Zn 同时还来自交通活动^[18]。Zn 是轮胎硬化剂的材料，香港主干道灰尘高含量的 Zn 源于高温下轮胎的磨损^[19]。本次研究区域为城市广场和中学校园，周围工业活动较少，但研究地点大多临近街道，因此推断 Cu、Pb、Zn 等重金属浓度偏高主要源于交通活动和大气沉降。刘春华等^[20]研究也表明北京市街道灰尘的重金属来源主要为交通排放。机动车辆直接排放的颗粒物及车辆行驶引起的二

次扬尘，是公路灰尘和土壤中重金属含量增加的重要因素^[21]。虽然无 Pb 汽油的使用减轻了交通活动中铅的排放，但过去滞留在土壤中的 Pb^[21] 随着微小颗粒物的扬起又沉降仍然会影响街道灰尘中 Pb 的累积。

表 1 土壤与地表灰尘重金属统计量

Tab 1 The concentration of heavy metals in soil and dust samples in Beijing City

元素	样品类 型 (n= 30)	重金属 (mg/kg)			累积指数	差异性检验 P (灰尘/土壤)
		均值±偏差	中值	土壤背景值 ^[14]		
As	土壤	7.60±1.18	7.54	7.09	1.07	0.798
	灰尘	7.69±1.55	7.26		1.08	
Cd	土壤	0.213±0.07	0.203	0.199	1.07	0.000
	灰尘	0.765±0.38	0.632		3.84	
Cu	土壤	26.6±9.42	24.7	18.7	1.42	0.000
	灰尘	54.3±28.1	49.5		2.90	
Ni	土壤	26.1±2.57	25.6	26.8	0.97	0.115
	灰尘	27.6±4.56	27.1		1.03	
Pb	土壤	28.9±8.57	27.7	24.6	1.17	0.000
	灰尘	59.0±25.8	56.5		2.40	
Zn	土壤	75.4±22.2	72.9	57.5	1.31	0.000
	灰尘	243±150	196		4.23	

2.2 不同功能区重金属含量

城市广场和中学校园表土和灰尘中重金属含量数据均符合正态分布。两环境中土壤重金属含量总体差异不显著，仅中学校园的表土重金属 Ni 显著高于城市广场 (P= 0.010)；而两者之间灰尘重金属含量差异较大 (表 2)，中学校园灰尘中 Ni、Pb 和 Zn 平均值为 29.9mg/kg、69.4mg/kg 和 301mg/kg，显著高于城市广场，特别是 Pb 和 Zn，平均值分别是城市广场的 1.53 倍和 1.80 倍。

表 2 不同功能区灰尘重金属统计

Tab 2 Stastics of heavy metals in urban squares and school campus

元素	中学校园 (n= 17) (mg/kg)			城市广场 (n= 13) (mg/kg)			差异性分析 P (中学 校园/城市广场)
	范围	Mean±SD	中值	范围	Mean±SD	中值	
As	5.80~ 12.4	8.04±1.71	7.73	5.97~ 10.8	7.24±1.21	7.12	0.162
Cd	0.275~ 1.270	0.705±0.286	0.632	0.298~ 1.810	0.844±0.492	0.570	0.338
Cu	26.7~ 85.0	57.3±18.8	52.1	22.7~ 162	50.3±37.6	34.5	0.511
Ni	23.4~ 40.0	29.9±4.44	28.5	19.6~ 28.9	24.6±2.54	25.0	0.001
Pb	34.4~ 114	69.4±23.7	63.9	26.1~ 108	45.3±22.3	41.3	0.008
Zn	129~ 643	301±169	243	75.3~ 287	167±71.2	162	0.007

针对北京市不同土地利用方式下土壤重金属分布的研究发现，公路两侧土壤受交通污染的影响明显^[22]。本次调查中部分学校布在道路两旁，学校与道路之间没有明显的绿化

隔离带，而城市广场虽然多在市区，但周围树木、草坪占地比例较大，绿化遮挡物对来自周围的污染源及大气沉降有一定的屏蔽作用。另外，本次调查中，在主城区三环以内，中学样本数有 6 个，而城市广场样本数仅 2 个，城中心街道灰尘重金属含量明显高于外围也是本次研究中中学灰尘普遍高于城市广场的原因之一。

2 3 灰尘重金属水平评价

与乡村环境相比，城区土壤 Cu、Pb、Zn 和 Cd 积累明显^[5]。本研究显示研究区灰尘中此四种元素含量显著高于土壤。表 3 列出了不同城市和国家地表灰尘中四种重金属的含量。因粒径不同，灰尘中重金属分布可能存在差异，因而只列举与本研究样品粒径相近的数据进行比较。北京市城市广场和中学校园地表灰尘重金属含量与国内城市相比（表 3），Cu、Pb 和 Zn 仅为上海市地表灰尘的 0.36 倍、0.35 倍和 0.48 倍。Cd、Cu、Pb 仅为杭州市地表灰尘的 0.39 倍、0.36 倍、0.24 倍，两地之间 Zn 差异不大。与国外城市相比，除 Cu 略高于罗安达外，其余各元素均明显低于其他国家地表对应元素含量。

表 3 不同地区灰尘中重金属（均值或中值）比较

Tab 3 Comparison of the dust heavy metal concentrations in Beijing with other cities

粒径（um）		重金属（mg/kg）			
		Cd	Cu	Pb	Zn
挪威奥斯陆 ^[23]	< 100	1.40	123	180	412
西班牙马德里 ^[23]	< 100		188	1927	476
土耳其罗安达 ^[24]	< 100	1.13	42	351	317
中国上海 ^[25]	< 125		157	197	625
中国杭州 ^{[26] *}	< 150	1.8	161	289	333
中国北京 ^[30]	< 100	1.1	45.6	54	219
本研究	< 100	0.71	57.3	69.4	301

注：* 根据文献的数据和比例计算而得。

北京市中学校园和城市广场地表灰尘的重金属含量明显低于国内外其他城市，这部分受采样范围和采样点位置不同的影响。本次采样只针对城市广场和中学校园两个特定区域进行采样，没有涉及城市中诸多的商业区、工业区及其他功能区，受工业排放影响较少，另外采样点绿化植物对沉降的遮挡和过滤液可能是当地灰尘重金属含量较低的原因之一。

2 4 中学生灰尘摄入重金属健康风险

地表灰尘由于人为作用一般在 0m ~ 5m 的高度扬起一沉降一扬起，人体高度和各种活动一般在此范围，因此，地表灰尘中有毒物质容易对人体健康造成潜在危害^[27]。研究证明，空气动力学直径 ≤100um 或稍大的颗粒最易被

表 4 北京市中学生平均每日从灰尘摄入的重金属量

Tab 4 Intake of heavy metals for middle school students per day

	人均日摄入量（mg/人·d）		灰尘重金属日摄入量/ADI（%）
	灰尘吸入	ADI（53.2kg）	
As	0.002	0.113 ^a	1.77
Cd	0.0001	0.053	0.19
Cu	0.011	10.6	0.10
Ni	0.006	1.06 ^b	0.57
Pb	0.014	0.19	7.37
Zn	0.060	53.2	0.11

注：a 表示无机砷，b 表示 RfD 值。

人体嘴、鼻吸入^[28]。本研究检测的粒径 $\leq 100\text{ }\mu\text{m}$ 的灰尘中重金属含量,中学校园显著高于城市广场。因考虑中学生在校时间较长,又处于生长期,活动量大,中学生受到来自地表灰尘的危害明显高于城市广场活动人群,故本文对中学生进行灰尘重金属摄入的健康风险评估。我国13岁~19岁年龄组男女平均体重为53.2kg^[29],参照宋波^[30]土壤中污染物无意摄取相关参数,以中学生每日尘土摄取200mg/d为基础,估算中学生因灰尘导致的重金属摄入量。

北京市中学生源于地表灰尘的重金属As、Cd、Cu、Ni、Pb和Zn摄入量占ADI(日允许摄入量)值的比例不高(表4)。Pb摄入量占ADI值的7.37%,其余5种元素摄入量占ADI值的比例均小于2%。与源于蔬菜和小麦的重金属摄入量^[15, 31~33]相比,除Pb外,As、Cd、Cu、Ni和Zn摄入量都远低于以上两种食物导致的重金属摄入量。

Pb对人类健康的危害很大,Pb的连续暴露会影响儿童的神经行为和智力发育^[1]。灰尘中Pb积累明显:纽约城区

214个灰尘样品Pb浓度超过USEPA标准的样本超标率为86%^[10];上海市区街道灰尘中Pb含量为28mg/kg~4443mg/kg,平均值为264mg/kg^[9]。北京市中学校园灰尘Pb远低于上述水平,虽然北京市中学生源于地表灰尘的Pb摄入量已接近蔬菜引起的摄入量(灰尘日均摄入Pb为蔬菜的82.4%,图2),但也仅占ADI值7.37%,因而学校灰尘摄入没有导致明显的健康风险。

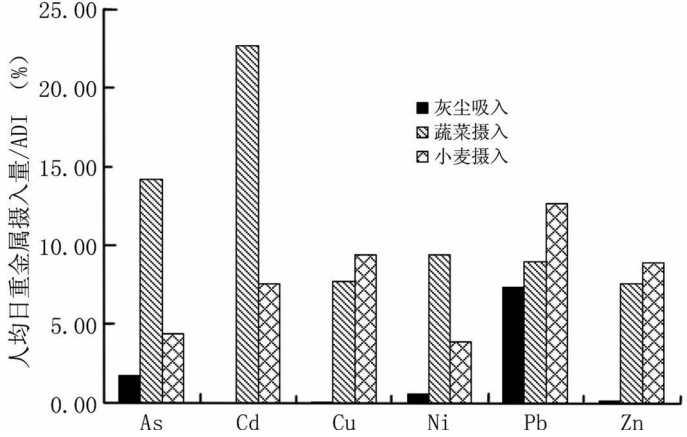


图2 中学生通过不同暴露途径摄入重金属

Fig 2 Intake of heavy metals from different exposedness

3 结论

北京市城市广场及中学校园土壤及地表灰尘Cu、Pb、Zn含量显著高于北京市土壤重金属背景值;土壤中Cu、Pb和Zn存在一定积累,灰尘中Cd、Cu、Pb和Zn积累较重。Cd、Cu、Pb和Zn超过土壤背景值的样本比率均为100%,累积指数分别为3.84、2.90、2.40和4.23。

灰尘中Cu、Pb和Zn显著高于土壤中相应元素含量。城市广场和中学校园土壤中重金属含量总体差异不显著,而灰尘中重金属含量差异较大。中学校园灰尘中Ni、Pb和Zn显著高于城市广场,其中中学校园土壤中Pb和Zn含量分别是城市广场的1.53和1.80倍。

北京市中学生源于地表灰尘的As、Cd、Cu、Ni和Zn摄入量占日允许摄入量比例均小于2%,Pb摄入量占日允许摄入量的7.37%,因而学校灰尘摄入没有明显的健康风险。

参考文献:

- [1] Faruque Ahmed, Hiroaki Ishiga. Trace metal concentrations in street dusts of Dhaka city, Bangladesh. *Atmospheric Environment*, 2006, 40(21): 3835~ 3844.
- [2] 贺敬义, 吴成银, 龙瑞芳, 等. 城乡儿童血铅含量对智力、行为、学习影响及“剂量-效应”关系的研究. *精神医学杂志*, 2009, 22(2): 85~ 88.
- [3] 丁素敏, 何金生, 等. 无铅汽油对土壤、植物中铅含量及儿童血铅的影响. *中国医刊*, 2001, 36(7): 32~ 33.
- [4] H W Mielke, C R Gonzales, M K Smith, *et al.* The urban environment and children's health: Soils as an integrator of Lead, Zinc, and Cadmium in New Orleans, Louisiana, U. S. A. *Environmental Research*, 1999, 81(2): 117 ~ 129.
- [5] Yuangen Yang, C D Campbell, L Clark, *et al.* Microbial indicators of heavy metal contamination in urban and rural soils. *Chemosphere*, 2006, 63(11): 1942~ 1952.
- [6] Celine Siu-lan Lee, Xiangdong Li, Wenzhong Shi, *et al.* Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics. *Science of the Total Environment*, 2006, 356(1~ 3): 45~ 61.
- [7] 吴新民, 李恋卿, 潘根兴, 等. 南京市不同功能城区土壤中重金属 Cu、Zn、Pb 和 Cd 的污染特征. *环境科学*, 2003, 24(3): 105~ 111.
- [8] 郭平, 谢忠雷, 李军, 等. 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评价. *地理科学*, 2005, 25(1): 108 ~ 112.
- [9] 张菊, 陈振楼, 许世远, 等. 上海城市街道灰尘重金属铅污染现状及评价. *环境科学*, 2006, 27(3): 519~ 523.
- [10] Jack Caravanos, Arlene L Weiss, Marc J Blaise, *et al.* A survey of spatially distributed exterior dust lead loadings in New York City. *Environmental Research*, 2006, 100(2): 165~ 172.
- [11] 赵伟科. 影响城市广场体育文化活动发展的多元因素分析. *体育科技文献通报*, 2009, 17(2): 88~ 90.
- [12] 张小迪, 刘会晓. 城市广场中儿童活动场所的人性化设计. *山西建筑*, 2007, 33(27): 49~ 50.
- [13] 孙洁, 张小迪. 城市广场之老人活动空间人性化设计研究. *工程建设与设计*, 2008(2): 18~ 21.
- [14] 陈同斌, 郑袁明, 陈煌, 等. 北京市土壤重金属含量背景值的系统研究. *环境科学*, 2004, 25(1): 117~ 122.
- [15] 李晓燕, 陈同斌, 谭勇壁, 等. 北京市小麦籽粒的重金属含量及其健康风险分析. *地理研究*, 2008, 27(6): 1340 ~ 1346.
- [16] 张毅. 北京北郊安立公路两侧的土壤、蔬菜及公路灰尘的铅污染研究. *环境导报*, 1991, (2): 5~ 8.
- [17] 史贵涛, 陈振楼, 许世远, 等. 上海城市公园土壤及灰尘中重金属的污染特征. *环境科学*, 2007, 28(2): 238 ~ 242.
- [18] Han Yongming, Du Peixuan, Cao Junji, *et al.* Multivariate analysis of heavy metal contamination in urban dusts of Xi'an, Central China. *Science of the Total Environment*, 2006, 355(1~ 3): 176~ 186.
- [19] Xiangdong Li, Chi-sun Poon, Pui Sum Liu. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*, 2001, 16(11~ 12): 1361~ 1368.
- [20] 刘春华, 岑况. 北京市街道灰尘的化学成分及其可能来源. *环境科学学报*, 2007, 27(7): 1181~ 1188.
- [21] 郭广慧, 雷梅, 陈同斌, 等. 交通活动对公路两侧土壤和灰尘中重金属含量的影响. *环境科学学报*, 2008, 28(10): 1937~ 1945.
- [22] 郑袁明, 陈同斌, 陈煌, 等. 北京市不同土地利用方式下土壤铅的积累. *地理学报*, 2005, 60(5): 791~ 797.
- [23] Eduardo de Miguel, Juan F. Llamas, Enrique Chacón, *et al.* Origin and patterns of distribution of trace elements in street dust: Unleaded petrol and urban lead. *Atmospheric Environment*, 1997, 31(17): 2733~ 2740.
- [24] L Ferreira Baptista, E De Miguel. Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: A tropical urban environment. *Atmospheric Environment*, 2005, 39(25): 4501~ 4512.
- [25] 李海雯, 陈振楼, 王军, 等. 基于 GIS 的上海城市灰尘重金属空间分布特征研究. *环境科学学报*, 2007, 27(5): 803~ 809.
- [26] 张慧敏, 章明奎. 杭州不同功能区道路灰尘中污染物的分布和有效性. *广东微量元素科学*, 2007, 14(12): 14

- [27] 杜佩轩, 田晖, 韩永明. 城市灰尘概念、研究内容与方法. 陕西地质, 2004, 22(1): 73~ 79.
- [28] Nola J Kennedy, William C Hinds. Inhalability of large solid particles. Journal of Aerosol Science, 2002, 33(2): 237~ 255.
- [29] 张磊, 高俊全, 李筱薇. 2000 年中国总膳食研究——不同性别年龄组人群膳食铅摄入量. 卫生研究, 2007, 36(4): 459~ 467.
- [30] 宋波. 基于 GIS 的区域土壤重金属污染风险评估与无公害蔬菜种植区划——以北京市为例. 北京, 中国科学院研究生院, 2007. 109~ 110.
- [31] 宋波, 陈同斌, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜镉含量及其健康风险分析. 环境科学学报, 2006, 26(8): 1343~ 1353.
- [32] 陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市蔬菜和菜地土壤砷含量及其健康风险分析. 地理学报, 2006, 61(3): 297~ 310.
- [33] 陈同斌, 宋波, 郑袁明, 等. 北京市菜地土壤和蔬菜铅含量及其健康风险评估. 中国农业科学, 2006, 39(8): 1589~ 1597.

Concentrations and risk of heavy metals in surface soil and dust in urban squares and school campus in Beijing

LI Xiao-yan^{1, 2}, CHEN Tong-bin¹, LEI Mei¹, XIE Yun-feng¹
ZHOU Guang-dong¹, SONG Bo¹

(1. Center for Environmental Remediation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: Heavy metals pollution of soils is a major environmental problem. Heavy metals in urban soils could cause deleterious effects on human health by contacts with skin and intakes unconsciously. Soil and dust samples in squares and school campus in Beijing were collected for assessing the concentrations and health risks of heavy metals. The results showed that the concentrations of heavy metals in the soils and dusts presented a lognormal distribution. The concentrations of Cu, Pb and Zn in soils, As, Cu, Pb, Zn and Cd in dusts were all higher than the background concentrations of soils in Beijing, and 67% (27%), 13% (63%), 83% (100%), 73% (100%), 83% (100%) and 53% (100%) of the soils (dusts) samples exceeded the background values of soils in Beijing for As, Ni, Cu, Pb, Zn and Cd, respectively. Relatively speaking, Zn was accumulated in soils, while Cd, Cu, Pb and Zn were accumulated in dusts. The concentrations of Cu, Pb and Zn in dusts were significantly higher than in soils. The concentrations of Ni, Pb and Zn in dusts in school campus were significantly higher than in squares. There are no significant health risks of heavy metals from dusts in school campus.

Key words: heavy metal; square; school campus; soil; dust; Beijing