

查 燕,冯 驰,是怡芸,等. 不同环境介质中重金属含量及分布特征[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):486-489.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.140

# 不同环境介质中重金属含量及分布特征

查 燕,冯 驰,是怡芸,张银龙

(南京林业大学/江苏省南方现代林业协同创新中心,江苏南京 210037)

**摘要:**采集南京市工业区、交通区等 5 个功能区的叶面尘、地面尘及表层土壤样品,研究重金属 Cu、Zn、Pb 含量的分布特征及其在不同环境介质中的相关性。结果表明,Cu、Pb、Zn 含量在叶面尘、地面尘和表层土壤中有显著差异,总体趋势基本为叶面尘>地面尘>表层土壤;南京市不同功能区 Cu、Pb、Zn 含量具有显著的空间分布差异特征,各功能区重金属含量表现为工业区>交通区>文教区>居民区>风景区;经 Pearson 相关分析得出,叶面尘和地面尘中的 Cu 含量显著相关,叶面尘中 Cu 含量和表层土壤中 Pb、Zn 含量显著相关,地面尘中 Pb 含量和表层土壤中 Cu 含量呈显著相关,地面尘中 Zn 含量与表层土壤中 Cu、Pb、Zn 含量也呈显著相关。

**关键词:**植物叶面尘;地面尘;表层土壤;重金属;分布特征

**中图分类号:** X132      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0486-03

随着城市化进程的不断加快,工业、交通、日常生活等排放的废气大量增加,加剧了城市生态环境的污染<sup>[1]</sup>。相关研究证实,植物具有净化空气粉尘的能力,可应用于环境污染生物监测和生物指示<sup>[2]</sup>。城市道路绿化植物是城市生态系统的重要组成部分,在维护城市生态平衡、改善城市生态环境上具有不可替代的作用,绿化植物能够有效吸收富集多种污染元素,对大气颗粒物起重要的过滤作用<sup>[3]</sup>。重金属易富集在细颗粒物中,经呼吸道等途径进入人体而引发多种疾病,增加癌症风险,对人体健康造成极大的威胁<sup>[4-5]</sup>。此外,重金属具有高毒性,影响农作物生长,且通常不易被微生物分解,易在食物链富集<sup>[1,6]</sup>。目前,国内外学者针对重金属研究主要集中在单介质的时空变化特征、叶表面微形态与重金属含量的相关性,对不同环境介质中重金属含量的差异少有报道,重金属在植物叶面、地面和土壤中的含量差异以及不同环境介质中的相关性尚

不清楚。因此,本试验对南京市不同功能区主要绿化植物叶面尘、地面尘及表层土壤中重金属 Cu、Pb、Zn 含量特征进行研究,分析重金属在植物叶面—地面—表层土壤中的相互关系,为重金属在以叶表面为核心多介质中迁移归趋规律的建立提供理论基础,也为南京市城市环境防治提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

根据土地利用类型,对南京市按功能区进行布点采样,选取 5 种不同功能区,分别为文教区、交通区、化工区、居民区、风景旅游区(表 1)。在这 5 个区域内,分别选取 5 种常见绿化树种作为叶面尘采集对象,分别为海桐(*Pittosporum tobira*)、桂花(*Osmanthus fragrans*)、广玉兰(*Magnolia grandiflora* Linn)、八角金盘(*Fatsia japonica*)、石楠(*Photinia serrulata*)。

表 1 采样点位置及周边环境状况

功能区	采样点位置	周边环境状况
文教区	南京师范大学、南京邮电大学、南京财经大学	位于仙林大学城,南京主城东部,拥有 20 多所高校,绿化设施较好,附近有商业区及一定车流量,且人类活动复杂
交通区	新庄立交、南京火车站、南京小红山客运站	新庄至小红山客运站是南京市交通枢纽中心,汽车产生的粉尘污染较为严重
化工区	南京热电厂、南京电气厂、南京化工厂	栖霞化工区为南京市的老工业区,附近有南京热电厂、有机化工原料公司、南京电气厂等污染企业,附近车流量较少,但环境污染严重
居民区	五所村小区、东妙峰庵小区、光夏新村	大桥南路周边新老小区相配,人口稠密,约有 60 万居住人口,是南京市典型的居民区
风景区	紫金山、中山陵、明孝陵	紫金山位于南京东郊,植被茂盛;中山陵、明孝陵环境优美,入口处车流量较大,游客流量也较大

### 1.2 采样方法

2015 年 5 月的雨后 1 周,选择晴朗无风天气采集样品,

每个点选 4 棵树为代表,从每棵树的 4 个方向采集 40~60 张叶片,采样时,考虑到树冠四周及上、中、下多部位采集;叶片经去离子水冲洗,用 0.45 μm 微孔滤膜抽滤收集降尘,并转至蒸发皿,经烘箱烘干得到叶面尘干样。在每个采样点,同时用毛刷刷取地面灰尘,并将附近建筑物窗台、空调壳等附着的灰尘用毛刷扫进自封袋,与扫取的地面尘一起作为地面尘样品。土样采集深度为 0~20 cm 的表层土壤,放入自封袋中带回实验室,自然风干,过 1 mm 孔筛以剔除碎石、毛发、枯叶等杂物,60℃烘干,待用。

收稿日期:2016-03-04

基金项目:江苏省高校自然科学研究重大项目(编号:13KJA180002);普通高校研究生科研创新计划(编号:KYZZ15-0255)。

作者简介:查 燕(1989—),女,安徽安庆人,博士,主要从事环境生态学。E-mail:zzxcv10130221@163.com。

1.3 样品测定

称取样品 0.2 g,置于 50 mL 聚四氟乙烯坩埚内;加 2~3 滴去离子水润湿,加 10 mL 浓盐酸,放置电热板上加热;待样品初步分解,依次加入 5 mL 浓 HNO<sub>3</sub>、HF、HClO<sub>4</sub>;用 0.2% HNO<sub>3</sub> 转移到 25 mL 容量瓶定容中,静置一会,再转移到 10 mL 离心管中,待测。用 ICP-AES 测定尘土中重金属 Cu、Pb、Zn 的含量。同时制作分析空白。

1.4 数据处理

数据采样 SPSS 13.0 软件进行 *t* 检验,不同功能区叶面尘中各重金属质量比差异用 ANOVA 进行方差分析,变量之间的相关性用 Pearson 检验,显著水平设定为 0.05。

2 结果与分析

2.1 不同环境介质中重金属的分布特征

2.1.1 铜(Cu) 由图 1、表 2 可见,南京市各功能区 Cu 含量在叶面尘、地面尘和表层土壤之间有一定差异,总体趋势为叶面尘>地面尘>表层土壤;不同功能区叶面尘 Cu 含量为 92.54~214.32 mg/kg,地面尘中 Cu 含量为 63.42~190.23 mg/kg,表层土壤 Cu 含量为 26.87~48.98 mg/kg,叶面尘与地面尘中的 Cu 含量差异较小,而与表层土壤中的 Cu 含量差异较大;不同功能区之间叶面尘中的 Cu 含量大小依

次为工业区>文教区>居民区>交通区>风景区;工业区叶面尘中的 Cu 含量相对最高,为 214.32 mg/kg,显著高于其他 4 个功能区( $P<0.05$ ),文教区与风景区、交通区叶面尘中的 Cu 含量也达到显著性差异;工业区地面尘中的 Cu 含量相对最高,为 190.23 mg/kg,风景区最低,为 63.42 mg/kg,与叶面尘 Cu 含量呈相同的规律,工业区显著高于文教区和风景区,其他功能区之间地面尘 Cu 含量差异不显著( $P>0.05$ );表层土壤中 Cu 含量高低依次为工业区>交通区>居民区>文教区>风景区,工业区达到 48.98 mg/kg,其次是交通区 43.82 mg/kg,风景区相对最低,为 26.87 mg/kg,但是 5 个功能区之间均无显著性差异。

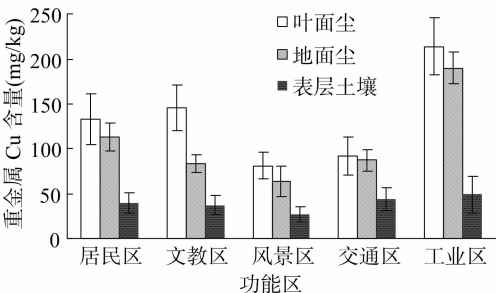


图1 Cu 在不同环境介质中的分布特征

表 2 不同功能区不同环境介质重金属的含量特征

功能区	Cu 含量 (mg/kg)			Pb 含量 (mg/kg)			Zn 含量 (mg/kg)		
	叶面尘	地面尘	表土	叶面尘	地面尘	表土	叶面尘	地面尘	表土
居民区	132.45bc	112.62ab	39.46a	103.54a	77.36ab	41.45a	312.64a	188.94a	147.57b
文教区	145.76c	83.24a	37.27a	137.32ab	69.43ab	39.03a	353.87ab	211.87a	108.43ab
风景区	81.32a	63.42a	26.87a	95.54a	45.78a	32.87a	254.53a	146.77a	69.04a
交通区	92.54ab	87.31ab	43.82a	116.43ab	71.48ab	45.78a	415.65b	233.75a	152.27b
工业区	214.32d	190.23b	48.98a	164.46b	85.43b	347.78b	434.91b	304.52b	513.32c

注:不同小写字母表示不同功能区同一介质同一重金属元素含量差异显著( $P<0.05$ )。

2.1.2 铅(Pb) 由图 2、表 2 可见,南京市各功能区中的 Pb 含量在叶面尘、地面尘和表层土壤之间有一定差异,总体趋势为叶面尘>地面尘>表层土壤;不同功能区叶面尘中的 Pb 含量为 95.54~164.46 mg/kg,地面尘中的 Pb 含量为 45.78~85.43 mg/kg,表层土壤中的 Pb 含量为 32.87~347.78 mg/kg;5 个功能区叶面尘中的 Pb 含量由高到低依次为:工业区>文教区>交通区>居民区>风景区,以工业区的 Pb 含量相对最高,为 164.46 mg/kg,方差分析表明,工业区与居民区、风景区叶面尘中的 Pb 含量之间差异显著,其他各功能区之间差异不显著;地面尘中 Pb 含量最低的为风景区,工业区含量同样最高,风景区与工业区地面尘 Pb 含量具有显著性差异,其他各功能区地面尘含量之间差异不显著;工业区表层土壤中 Pb 含量显著高于其他 4 个功能区,为 347.78 mg/kg,最低量为风景区(32.87 mg/kg),其他 4 个功能区表层土壤中的 Pb 含量差异不显著。

2.1.3 锌(Zn) 由图 3、表 2 可见,南京市各功能区 Zn 含量在叶面尘、地面尘和表层土壤之间有一定差异,总体趋势为:叶面尘>地面尘>表层土壤;不同功能区叶面尘 Zn 含量为 254.53~434.91 mg/kg,地面尘 Zn 含量为 146.77~304.52 mg/kg,表层土壤 Zn 含量为 69.04~513.32 mg/kg;叶面尘中 Zn 含量由高到低依次为:工业区>交通区>文教区>

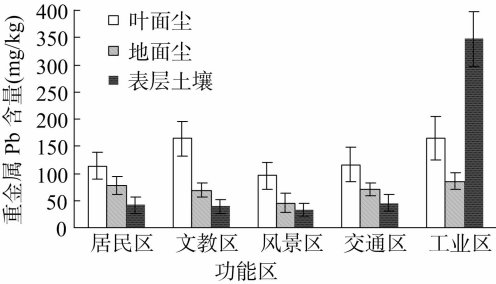


图2 Pb 在不同环境介质中的分布特征

居民区>风景区,工业区叶面尘中的 Zn 含量相对最高,风景区叶面尘中的 Zn 含量相对最低,交通区与工业区叶面尘中的 Zn 含量不具备显著性差异,但是二者显著高于风景区和文教区;地面尘中 Zn 含量由高到低依次为:工业区>交通区>文教区>居民区>风景区,工业区地面尘中的 Zn 含量显著高于其他 4 个功能区,其他 4 个功能区的地面尘含量之间差异不显著;表层土壤中的 Zn 含量由高到低依次为:工业区>交通区>居民区>文教区>风景区,工业区显著高于其他 4 个功能区,居民区、文教区与交通区表层土壤 Zn 含量之间差异不显著,风景区表层土壤 Zn 含量显著低于工业区、交通区、居民区,与文教区之间差异不显著。

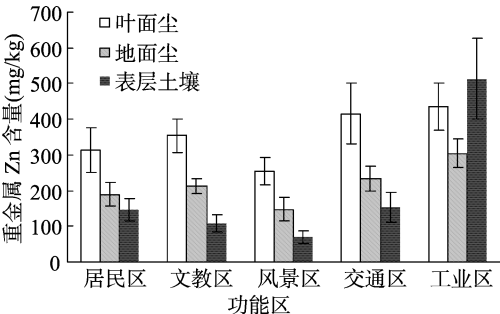


图3 Zn在不同环境介质中的分布特征

2.2 不同功能区重金属的含量特征

通过对南京市不同功能区重金属的含量特征分析(表2)显示,在城市植物叶面、地面、表层土壤3种介质中,Cu、Pb、Zn这3种重金属含量特征呈基本相同的规律,总体来看,叶面尘相对最高,表层土壤相对最低;南京市各功能区的Cu、Pb、Zn含量都具有明显的空间分布差异特征,植物叶面尘、地面尘及表层土壤中的重金属含量在各功能区表现为工业区相对最高,风景区最低。

2.3 叶面尘、地面尘、表层土壤中重金属的相关性

由表3至表5可见,经Pearson相关性分析发现,叶面尘、地面尘与表层土壤中Cu、Pb、Zn含量呈一定相关性;叶面尘Cu含量与地面尘Cu、Zn含量及地面尘Zn含量与叶面尘Cu、Pb、Zn含量呈显著相关(表3),这说明地面尘和叶面尘中存在的Zn有着共同来源,可能主要来源于交通,尤其是汽车轮胎的磨损;叶面尘中Cu含量和表层土壤中Pb、Zn含量呈显著相关(表4);表层土壤Cu、Pb、Zn与地面尘Zn呈显著相关,表层土壤Cu与地面尘Pb,表层土壤Pb、Zn与地面尘Cu呈极显著相关(表5),这可能是由于地面尘在自然力或者人为影响下易发生再悬浮,沉降到表层土壤的重金属较大,而绿化植物由于不同高度受到地面尘再悬浮的影响较小。

表3 叶面尘与地面尘重金属含量的皮尔森相关系数

指标	相关系数		
	Cu <sub>f</sub> 含量	Pb <sub>f</sub> 含量	Zn <sub>f</sub> 含量
Cu <sub>g</sub> 含量	0.912 *	0.595	0.469
Pb <sub>g</sub> 含量	0.779	0.642	0.731
Zn <sub>g</sub> 含量	0.869 *	0.878 *	0.929 *

注:下标f、g、s分别表示叶面、地面和表层土壤; \*、\*\*表示在0.05、0.01水平上呈显著相关。下同。

表4 叶面尘与表层土壤重金属含量的皮尔森相关系数

指标	相关系数		
	Cu <sub>f</sub> 含量	Pb <sub>f</sub> 含量	Zn <sub>f</sub> 含量
Cu <sub>s</sub> 含量	0.702	0.601	0.704
Pb <sub>s</sub> 含量	0.864 *	0.499	0.652
Zn <sub>s</sub> 含量	0.875 *	0.603	0.671

表5 地面尘和表层土壤重金属含量的皮尔森相关系数

指标	相关系数		
	Cu <sub>s</sub> 含量	Pb <sub>s</sub> 含量	Zn <sub>s</sub> 含量
Cu <sub>g</sub> 含量	0.799	0.943 **	0.974 **
Pb <sub>g</sub> 含量	0.937 **	0.508	0.614
Zn <sub>g</sub> 含量	0.877 *	0.813 *	0.849 *

3 结论与讨论

3.1 不同环境介质中重金属含量差异分析

从Cu、Pb、Zn等3种重金属在城市植物叶面、地面、表层土壤中含量差异可知,总体趋势基本为叶面尘>地面尘>表层土壤。经Pearson相关分析得出,叶面尘、地面尘及表层土壤中重金属含量呈现出一定程度的相关性,叶面尘和地面尘Cu含量显著性相关,而Cu主要来自于机动车尾气排放和刹车片的磨损<sup>[7-8]</sup>。研究表明,叶面尘中Cu、Pb、Zn含量高于地面尘,这说明叶面易截留大气中的细颗粒物;叶面尘和表层土壤中Cu含量与Pb含量、Cu含量与Zn含量呈显著性相关,说明这3种元素含量的同源性较大,可能与交通排放、工业活动产生大量的粉尘中含有Cu、Pb、Zn有关<sup>[9-10]</sup>;地面尘中Pb含量和表层土壤中Cu含量呈极显著性相关,地面尘中Zn含量与表层土壤中Cu、Pb、Zn含量呈显著性相关,这说明其来源最为相似;Zn在叶面尘、地面尘及表层土壤中含量相对最高,说明其主要来源于交通,尤其是汽车轮胎的磨损<sup>[11]</sup>。结合分析判断,南京市各区域重金属来源于工业排放和交通。

3.2 不同功能区重金属含量差异分析

对南京市不同功能区的重金属含量特征研究表明,Cu、Pb、Zn含量具有明显的空间分布差异特征,总体来看,各功能区重金属含量表现为工业区>交通区>文教区>居民区>风景区。叶面尘主要截留大气颗粒物及地面扬起的颗粒物,而地面尘累积方式较为复杂,受到各种人为活动干扰较多,成为城市环境重金属污染的载体,表层土壤中重金属含量受到不同程度的人类活动影响<sup>[12]</sup>。不同功能区重金属含量差异与各功能区特点有关,交通、工业、居民生活等都会带来一定的污染;同一功能区叶面尘、地面尘及表层土壤中重金属含量有差异,可能与各环境介质中颗粒物的累积方式及粒径效应有关。本研究中居民区和风景区灰尘中的Cu、Zn、Pb重金属含量明显小于其他3个功能区,可能是与居民区、风景区车流量较小有关,即使风景区人流量较大,但地面清扫及时,由人为活动带来的污染仍相对较小。各功能区活动较为复杂且差异较大,文教区附近有商业活动场所,人流量大、车流量大,从而产生大量的Cu、Zn、Pb颗粒物,导致比交通区的污染物含量高,这与李晓燕等的结论<sup>[13]</sup>吻合。

总之,重金属在不同功能区各介质间具有一定的迁移性,由于大气干湿沉降,经叶面、地表至土壤中的重金属含量会逐渐下降,而植物叶面、地面及表层土壤这3个环境要素紧密相连,地面尘中部分重金属会再次进入叶面或土壤,且进入土壤的行为较为明显。重金属会在不同环境介质中迁移,互为源汇,能够表征一定区域内、一定时间内颗粒物携带重金属的环境行为。今后,应结合大气颗粒物,更加全面分析重金属污染物在不同环境介质中的迁移归趋机制,进一步研究以植物叶面为核心的多介质复杂体系。另外,李如忠等报道,合肥市公园绿地重金属含量反而高于工业区和交通区<sup>[14]</sup>,与本研究结论有出入,须进一步探讨研究。

参考文献:

[1]邱媛,管东生,陈华,等. 惠州市植物叶片和叶面降尘的重金属特征[J]. 中山大学学报:自然科学版,2007,46(6):98-102.  
[2]González C M, Casanovas S S, Pignata M L. Biomonitoring of air pollutants from traffic and industries employing *Ramalina ecklonii*

周旭丹,安佰仪,王 薇,等. 北方城市不同植物滞尘效应季节变化[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):489-493.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.141

# 北方城市不同植物滞尘效应季节变化

周旭丹,安佰仪,王 薇,陈丽飞,孙晓刚

(吉林农业大学园艺学院,吉林长春 130118)

**摘要:**以北方城市(吉林省长春市)不同街道的乔木(槐树和榆树)、灌木(杜鹃和黄杨)、草本(黑麦草和三叶草)3种植物为试材,研究不同植物滞尘效应季节变化及蒙尘后的生理响应。结果表明,3种植物平均单位面积滞尘量依次为乔木>灌木>草本;夏季3种植物叶面滞尘量达到饱和和约需12 d,秋季达到饱和和约需9 d,3种植物秋季叶片平均滞尘量大于夏季叶片滞尘量;对叶面尘粒径分析表明,叶面尘中滞留的颗粒物大多数是TSP(悬浮颗粒物),同时对PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>均有一定的吸收,降尘物中PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、TSP相对含量均以乔木最高,灌木和草本较低,3种植物的PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>差异显著( $P<0.05$ ),而TSP差异并不显著( $P>0.05$ );随着叶片蒙尘时间延长,相对含水量出现先下降后上升的趋势,比叶重和脯氨酸含量则呈现先增加后降低趋势,并且3种植物叶片秋季相对含水量、比叶重和脯氨酸含量均高于夏季。相关性分析表明,3种植物滞尘能力与车流量呈极显著正相关( $P<0.01$ )。

**关键词:**北方城市;绿化植物;滞尘效应;季节变化

**中图分类号:**S812.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2016)08-0489-05

随着城市化和工业化的推进,大气粉尘污染给人类带来了新的生存危机,我国大量城市大气粉尘超标现象严重,已经对人类的健康造成了严重影响,也对城市本身的生存与发展提出严峻的挑战<sup>[1-3]</sup>。园林植物改善生态环境的功能越来越受到人们的重视,园林植物对大气中的粉尘、颗粒物有过滤、阻挡和吸附作用,可以有效降低大气TSP(悬浮颗粒物)的含量,从而对大气起到净化作用<sup>[4-6]</sup>,不同树种因其本身的生物学特性的差异,滞尘能力也有较大差异,选择适合城市发展的滞尘能力强的绿化树种,是城市绿地设计的基础,也是改善城

市环境质量的重要保障<sup>[4-6]</sup>。目前我国已经广泛开展了对绿化树种滞尘能力的研究,而大量研究主要集中在南方一些城市,对于北方城市大范围绿化树种滞尘能力的研究还比较少<sup>[7-9]</sup>。因此,笔者以北方城市主要绿化树种为研究对象,对城市道路中3种植物滞尘量差异及植物蒙尘后的生理响应等进行研究,为不同植物在园林生态景观功能性植物的配置方面提供科学依据,为选择适合吉林省长春市环境的绿化树种及城市绿地规划提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2013年6月初和10月初雨后,分别在长春市不同街道采集3种植物叶片,每3 d同一时间采集1次样本,采样时带

收稿日期:2015-07-09

基金项目:吉林省科技厅科研项目(编号:20130206071NY)。

作者简介:周旭丹(1980—),女,副教授,硕士生导师,主要从事景观生态恢复研究。E-mail:zhouxvd@163.com。

(Spreng.) Mey. and Flot. in Córdoba, Argentina[J]. Environmental Pollution, 1996, 91(3):269-277.

[3] 张家洋,刘兴洋,邹 曼,等. 37种道路绿化树木滞尘能力的比较[J]. 云南农业大学学报,2013,28(6):905-912.

[4] Allen A G, Nemitz E, Shi J P, et al. Size distributions of trace metals in atmospheric aerosols in the United Kingdom[J]. Atmospheric Environment, 2001, 35(27):4581-4591.

[5] Harrison R M, Yin J. Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health? [J]. Science of the Total Environment, 2000, 249(1/2/3):85-101.

[6] 戴斯迪,马克明,宝 乐. 北京城区行道树国槐叶面尘分布及重金属污染特征[J]. 生态学报,2012,32(16):5095-5102.

[7] Thorpe A, Harrison R M. Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review[J]. Science of the Total Environment, 2008, 400(1/2/3):270-282.

[8] Rachwal M, Magiera T, Wawer M. Coke industry and steel metallurgy as the source of soil contamination by technogenic magnetic particles, heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons [J].

Chemosphere, 2015, 138:863-873.

[9] Saint-pierre T D, Dias L F, Sandra M, et al. Determination of Cd, Cu, Fe, Pb and Tl in gasoline as emulsion by electrothermal vaporization inductively coupled plasma mass spectrometry with analyte addition and isotope dilution calibration techniques[J]. Spectrochimica Acta Part B-Atomic Spectroscopy, 2004, 59(4):551-558.

[10] Li X, Poon C S, Liu P S. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong[J]. Applied Geochemistry, 2001, 16(11/12):1361-1368.

[11] 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[J]. 环境科学学报,2008,28(10):1937-1945.

[12] 田 媛,郭希娟,刘效兰. 北京市不同功能区土壤重金属污染探究[J]. 环境科学与技术,2010,33(12F):83-86.

[13] 李晓燕,刘艳青. 我国城市不同功能区地表灰尘重金属分布及来源[J]. 环境科学,2013,34(9):3648-3653.

[14] 李如忠,周爱佳,童 芳,等. 合肥市城区地表灰尘重金属分布特征及环境健康风险评价[J]. 环境科学,2011,32(9):2661-2668.