

312 国道沿线土壤、灰尘重金属污染现状及影响因素^{*}

钱 鹏^{1,2} 郑祥民^{1**} 周立旻¹ 蒋庆丰² 张国玉¹ 王永杰¹ 杨健儿¹

(1. 华东师范大学地理信息科学教育部重点实验室, 上海, 200062; 2. 南通大学地理科学学院, 南通, 226000)

摘 要 通过采集 312 国道沿线表层土壤及服务区灰尘样品, 研究了 312 国道沿线表层土壤、灰尘重金属污染现状, 并探讨了影响因素. 研究发现 312 国道沿线表土中 Pb、Zn、Cu 污染较严重, Ni、Mn、Cr 污染较轻. 良田、宝天公路采样点 Pb、Zn 污染程度最高, 为强污染-极强污染, 柳园 Pb、Zn 污染次之为中强度污染, 其余采样点均为无污染至中度污染. 服务区窗台灰中 Pb、Zn、Cu 等重金属污染严重, 三门峡、平顶山、北龙口、良田等地点 Zn 元素的 I_{geo} 值 > 10. Ni 污染较轻, I_{geo} 值均 < 2. 312 国道沿线表土中 Pb、Zn、Cu、Mn 重金属污染和窗台灰中 Pb、Cr 重金属污染均与停车场地面灰中重金属污染相关性较高, 推测主要受汽车尾气和轮胎摩擦碎屑污染, 其余各元素如 Ni 等还受到其它污染源影响. 重金属污染受汽车活动影响较大.

关键词 重金属污染, 影响因素, 312 国道.

随着我国社会经济的发展, 公路运输在人民的生产生活中发挥了重要作用, 但伴随汽车流量的增加, 公路作为非点源污染源对其两侧土壤和居民的污染日趋明显^[1-2], 其污染以公路为中心在其两侧呈带状顺公路延伸^[3]. 高速公路上的污染源主要包括: 汽车尾气、轮胎磨擦碎屑、发动机泄漏的机油、公路沥青等. 其中部分污染物随路面径流进入公路两侧土壤^[4-5], 污染物中所含重金属以 Pb 为主, 还有 Ni, Cd, As, Hg, Cu, Zn 等^[6-9]. 这些重金属在路边表层土壤中累积^[10], 直接影响土壤的正常功能, 不仅造成食物链污染, 对人类健康造成威胁^[11-12], 而且对生态系统存在潜在的危害^[13-14]. 部分细颗粒物随大气飘落到距公路较近的居民区, 其中可吸入颗粒物(PM_{10}) 及其吸附重金属被人类吸入肺部直接影响人类健康^[15].

国内外对高速公路污染的研究正不断扩大和深入^[16-20]. 我国学者对京沪高速^[17]、沪宁高速^[18]、成渝高速^[19]、沈大高速^[20]等路段两侧土壤中重金属污染做了详细研究, 发现高速公路两侧土壤中重金属元素含量超出背景值, 受重金属污染明显. 但目前仍缺乏长距离跨区域公路边表土及灰尘重金属污染的调查及评价.

本文对 312 国道沿线表层土壤及服务区地面及窗台灰尘中重金属污染现状展开调查和评价, 分析路边表层土壤与灰尘的重金属污染源, 并探讨重金属污染的影响因素. 此项研究对于进一步了解我国公路边表土、灰尘重金属污染及迁移规律, 减少公路两侧居民受重金属污染的危害具有重要的意义.

1 实验部分

1.1 样品的采集

312 国道是我国主要的交通干道之一, 它东起上海, 西至新疆伊宁, 全程 4967km, 途经上海、江苏、安徽、河南、湖北、陕西、甘肃、宁夏和新疆 8 个省市自治区. 选择 312 国道沿线的宁洛高速、连霍高速、西潼高速、柳忠高速等路段共 22 个采样区, 分布于安徽、河南、陕西、甘肃和新疆 5 个省市自治区. 因公路旁土壤重金属浓度同离公路路肩的垂直距离有明显的负相关关系, 自公路路面向两侧强度呈指数减弱^[3], 且一般在 0—30m 范围内, 出现土壤重金属含量的峰值^[21-23], 故本文选择距高速公路路肩约 0—5m 处采集表层土壤样, 采集深度约 0—2cm, 每个采样区面积为 $2m^2$, 选择多点混合取平均样. 同时选择高速公路服务区, 采集服务区窗台灰尘样, 采样点距高速公路约 50—100m, 采样高度 30—150cm. 窗台

2009 年 12 月 7 日收稿.

^{*} 国家自然科学基金项目(40802084); 上海市科学技术委员会项目(08DZ1207900).

^{**} 通讯联系人, E-mail: zhengxm8@yahoo.com.cn

灰尘为颗粒较细的大气降尘,存在于人类呼吸的高度,对人类健康威胁较大. 笔者共采集路边表土样 23 个,灰尘样 10 个,停车场地面灰样 5 个.

表 1 采样点及样品描述
Table 1 Sampling point and sample description

样品编号	采样地点	公路段	省份	样品类型	表土距路 肩距离/m	窗台灰距 地面高度/m	采样背景
GL-1	吕望服务区	宁洛高速	安徽	路边表土、停车场地面灰	5	—	车辆多
GL-2	平顶山服 务区	宁洛高速	河南	窗台灰尘、停车场地面灰	5	0.5	车辆多,路边有排水沟
GL-3	滢池服务区	连霍高速	河南	路边表土、窗台灰尘、停车 场地面灰	3	0.7	车辆多,服务区建房
GL-4	三门峡服 务区	连霍高速	河南	路边表土、窗台灰尘、停车 场地面灰	3	1	车辆多
GL-5	良田服务区	西潼高速	陕西	路边表土、窗台灰尘、停车 场地面灰	2	0.7	车辆多
GL-6	宝天公路段	G310	陕西	路边表土	0.2	—	堵车严重,车辆行驶较 慢,多为大型卡车
GL-7	秦安公路段	天峨公路	甘肃	路边表土	1	—	二级公路,车辆少
GL-8	通渭服务区	天峨公路	甘肃	路边表土	1	—	二级公路,车辆少
GL-9	通渭西公 路路段	天峨公路	甘肃	路边表土	3	—	二级公路,路边有排 水沟
GL-10	十八里铺服 务区	岷柳高速	甘肃	路边表土、窗台灰尘	5	1.5	正护坡修筑,表土扰 动大
GL-11	接驾嘴服 务区	岷柳高速	甘肃	路边表土	5	—	接近榆中,车辆较多
GL-12	北龙口服 务区	柳忠高速	甘肃	路边表土、窗台灰尘	2	1.5	接近兰州,小型车较多
GL-13	华藏寺服 务区	G312	甘肃	路边表土、窗台灰尘	2	0.8	为黄土高原
GL-14	天祝西公 路路段	G312	甘肃	路边表土	1	—	车辆多,雨水多,风 力大
GL-15	永昌-山丹 公路段	连霍高速	甘肃	路边表土	1	—	车辆少,公路两侧为 草地
GL-16	山丹服务区	连霍高速	甘肃	路边表土、窗台灰尘	2	0.5	车辆少,公路两侧为稀 疏草原
GL-17	临泽服务区	连霍高速	甘肃	路边表土	2	—	车辆少,公路两侧为砂 砾石荒地
GL-18	酒泉服务区	连霍高速	甘肃	路边表土、消防箱顶灰尘	2	1.5	车辆多
GL-19	布隆吉公 路路段	G312	甘肃	路边表土	1	—	大型卡车较多,公路两 侧为戈壁滩
GL-20	柳园公路段	G312	甘肃	路边表土	0.5	—	公路两侧为风化基岩
GL-21	哈密公路段	G312	新疆	路边表土	0.5	—	大型车辆多
GL-22	阜康公路段	S303	新疆	路边表土	1	—	运煤车多,路边见煤灰
GL-23	准东公路段	G216	新疆	路边表土	0.5	—	运煤车多,路边见煤灰

1.2 样品测试

样品测试在华东师范大学资源与环境科学学院地理学系完成. 土壤、灰尘样品用塑料镊子除去杂物,低温烘干后,过 120 目尼龙筛,装袋待测. 因用 X 射线荧光光谱法测定土壤中铜、铅、锌、镍、钴、钒、铬和锰等元素是一种比较简便、快速、成本低、效率高的方法^[24-25],故路边表土重金属含量采用岛津 XRF-1800X 测试. 灰尘及地面灰中重金属含量采用硝酸-氢氟酸-高氯酸法消解后,用美国瓦里安公司生产的 ICP-OES(Varian 710-ES) 测试 Pb、Zn、Cu 和 Mn、Ni、Cr 等重金属含量. 仪器检出限 $\leq 10\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$,相对标准偏差 $\leq 1.5\%$. 元素测试时采用水系沉积物 GSD-9 为标样,样品测试回收率控制在 80%—120% 之间,ICP-OES 测试窗台灰时,加测 3 个空白样品校正测试数据,进行质量控制.

2 结果与讨论

2.1 重金属污染测试

将 312 国道沿线土壤、高速公路服务区窗台灰、服务区停车场地面灰中重金属含量测试数据作曲线图(图 1).发现 312 国道沿线表层土壤和高速公路服务区停车场地面灰、服务区窗台灰中重金属 Pb、Zn、Cu、Ni、Mn、Cr 含量均呈不同程度的波状曲线,说明 312 国道沿线各公路段重金属污染存在一定的差异.

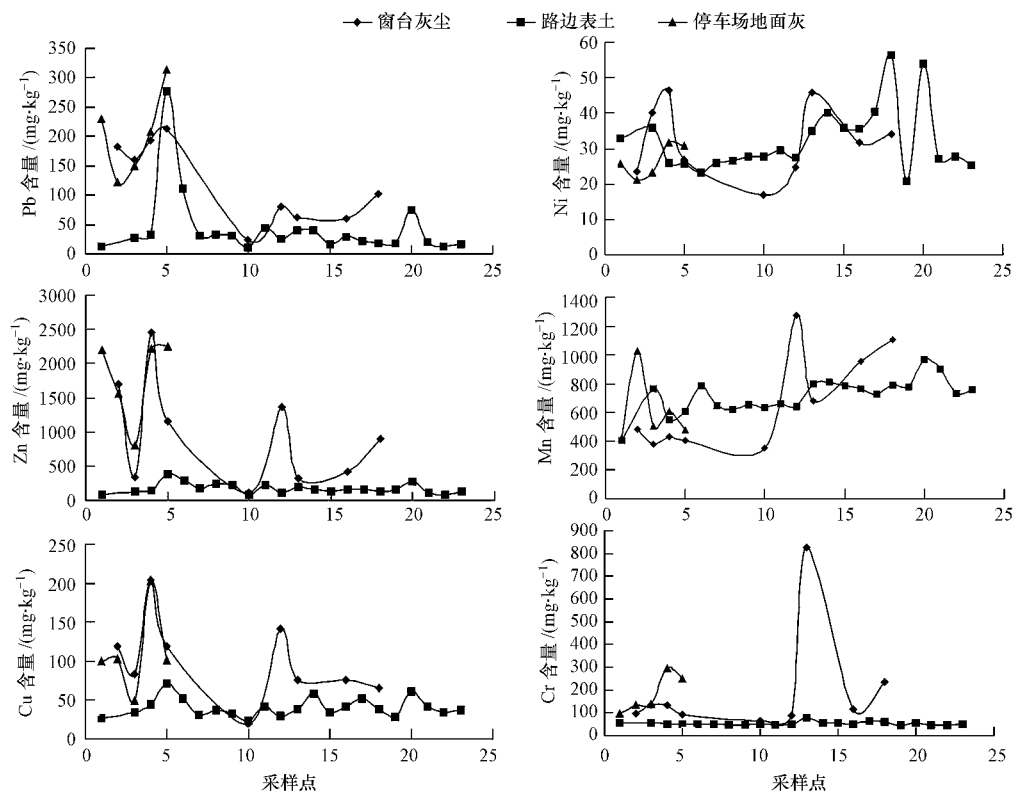


图 1 312 国道沿线土壤、灰尘重金属含量变化曲线

Fig.1 Variation of heavy metal contents in roadside soil and dust along G312 highway

经测试,G312 沿线公路旁表土中: Pb 含量,样品 GL-5 最高,为 276.28mg·kg⁻¹,样品 GL-10 最低,为 10.11mg·kg⁻¹,平均值 42.72mg·kg⁻¹; Zn 含量,样品 GL-5 最高,为 387.89mg·kg⁻¹,样品 GL-10 最低,为 73.58,平均值 172.18mg·kg⁻¹; Cu 含量,样品 GL-5 最高,为 70.85 mg·kg⁻¹,样品 GL-10 最低,为 24.03mg·kg⁻¹,平均值 40.40mg·kg⁻¹; Ni 含量,样品 GL-18 最高,为 56.44mg·kg⁻¹,样品 GL-19 最低为 20.79mg·kg⁻¹,平均值 32.13 mg·kg⁻¹; Mn 含量,样品 GL-20 最高,为 970.01mg·kg⁻¹,样品 GL-1 最低,为 407.19mg·kg⁻¹,平均值 717.76mg·kg⁻¹; Cr 含量,样品 GL-13 含量最高,为 76.32 mg·kg⁻¹,样品 GL-19 最低,为 45.38 mg·kg⁻¹,平均值 52.42mg·kg⁻¹.

高速公路服务区窗台灰尘重金属污染: Pb 含量,GL-5 最高 212.69mg·kg⁻¹,GL-10 最低 24.22 mg·kg⁻¹,平均含量为 119.36mg·kg⁻¹; Zn 含量,GL-4 最高 2458.31mg·kg⁻¹,GL-10 最低 113.51 mg·kg⁻¹,平均含量为 974.60mg·kg⁻¹; Cu 含量,GL-4 最高 203.33 mg·kg⁻¹,GL-10 最低 19.32 mg·kg⁻¹,平均含量为 100.44mg·kg⁻¹; Ni 含量,GL-4 最高 46.29 mg·kg⁻¹,GL-10 最低 16.82 mg·kg⁻¹,平均含量为 32.25mg·kg⁻¹; Mn 含量,GL-12 最高 1275.06 mg·kg⁻¹,GL-10 最低 353.13 mg·kg⁻¹,平均含量为 675.12 mg·kg⁻¹; Cr 含量,GL-13 最高 825.26 mg·kg⁻¹,GL-10 最低 62.59 mg·kg⁻¹,平均含量为 198.56mg·kg⁻¹.

同时选取吕望、平顶山、淝池、三门峡和良田 5 个服务区停车场为研究区域,采集停车场地面灰尘样

品.经测试后发现停车场地面灰尘中: Pb 含量, GL-5 最高, 为 $313.76 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, GL-2 最低, 为 $122.15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $204.23 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; Zn 含量, GL-5 最高, 为 $2241.07 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, GL-3 最低, 为 $796.41 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $1799.47 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; Cu 含量, GL-4 最高, 为 $202.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, GL-3 最低, 为 $49.65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $111.26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; Ni 含量, GL-4 最高, 为 $31.62 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, GL-2 最低, 为 $21.08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $26.46 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; Mn 含量, GL-2 最高, 为 $1027.86 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, GL-1 最低, 为 $421.79 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $606.96 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; Cr 含量, GL-4 最高, 为 $297.63 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, GL-1 最低, 为 $95.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 平均为 $182.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$.

因此,结合所测数据与图 1 可知,公路边表土 Pb、Zn、Cu、Cr 含量与服务区窗台灰、停车场地面灰相比相对较低,路边表土 Ni、Mn 含量与窗台灰、地面灰相当;服务区窗台灰与停车场地面灰中重金属含量相当.

2.2 重金属污染评价

由于路边表土和服务区窗台灰重金属污染与公路附近居民生活密切相关,因此对 312 国道沿线表土、服务区窗台灰重金属污染进行评价.采用地累积指数(I_{geo})通常称为 Muller 指数作为评价指标,其表达公式如下:

$$I_{\text{geo}} = \log_2 [C_n / 1.5 B_n] \quad (1)$$

式中, C_n 为样品中元素 n 的浓度; B_n 为背景浓度;1.5 为修正指数,通常用来表征沉积特征、岩石地质及其它影响.

Forstner 等将地累积指数分为 7 个级别, $I_{\text{geo}} < 0$,污染级别为 0 级,表示无污染; $0 \leq I_{\text{geo}} < 1$,污染级别为 1 级,表示无污染到中度污染; $1 \leq I_{\text{geo}} < 2$,污染级别为 2 级,表示中度污染; $2 \leq I_{\text{geo}} < 3$,污染级别为 3 级,表示中度污染到强污染; $3 \leq I_{\text{geo}} < 4$,污染级别为 4 级,表示强污染; $4 \leq I_{\text{geo}} < 5$,污染级别为 5 级,表示强污染到极强度污染; $I_{\text{geo}} \geq 5$,污染级别为 6 级,表示极强污染.地累积指数不仅考虑了自然地质过程造成的背景值的影响,而且也充分注意了人为活动对重金属污染的影响,因此,该指数不仅反映了重金属分布的自然变化特征,而且可以判别人为活动对环境的影响,是区分人为活动影响的重要参数^[24].

根据公式(1)计算得出表土重金属污染评价的 I_{geo} 值如表 2 所示.

对于 Pb 污染,良田 I_{geo} 值最高,为 8.69,属 6 级污染;宝天公路 I_{geo} 值为 3.52,属 4 级污染;柳园 I_{geo} 值为 2.44,属 3 级污染;接驾嘴、天祝西、华藏寺、三门峡、通渭、通渭西 I_{geo} 值在 1.47—1.04 之间,属 2 级污染;秦安、山丹、涇池、北龙口、哈密、临泽、酒泉、布隆吉、准东、永昌、阜康、十八里铺、吕望 I_{geo} 值在 0.99—0.30 之间,属 1 级污染.

对于 Zn 污染,良田 I_{geo} 值最高,为 4.13,属 5 级污染;宝天公路 I_{geo} 值为 3.04,属 4 级污染;柳园、通渭、接驾嘴、通渭西 I_{geo} 值在 2.65—2.23 之间,属 3 级污染;华藏寺、秦安、临泽、三门峡、布隆吉、天祝西、山丹、涇池、准东、永昌、酒泉、哈密、北龙口 I_{geo} 值在 1.80—1.15 之间,属 2 级污染;吕望、阜康、十八里铺 I_{geo} 值在 0.84—0.71 之间,属 1 级污染.

对于 Cu 污染,良田 I_{geo} 值最高,为 2.32,属 3 级污染;柳园、宝天公路、天祝西、临泽、三门峡、接驾嘴、山丹、涇池、酒泉、华藏寺、通渭 I_{geo} 值在 1.73—1.07 之间,属 2 级污染;哈密、永昌、通渭西、秦安、准东、北龙口、布隆吉、阜康、吕望、十八里铺 I_{geo} 值在 0.97—0.68 之间,属 1 级污染.

对于 Ni 污染,除酒泉 I_{geo} 值为 1.03,属 2 级污染外,其余各采样点 I_{geo} 值均 < 1 ,属 1 级污染.

对于 Mn 污染,除柳园 I_{geo} 值为 1.03,属 2 级污染外,其余各采样点 I_{geo} 值均 < 1 ,属 1 级污染.

对于 Cr 污染,各采样点 I_{geo} 值均 < 1 ,属 1 级污染.

由以上分析可知,路边表土中 Pb、Zn、Cu 污染较严重,Ni、Mn、Cr 污染较轻.对于污染较重元素,良田、宝天公路采样点 Pb、Zn 污染程度最高,为强污染—极强污染(4—6 级污染),柳园 Pb、Zn 污染次之为中强度污染(3 级污染).其余采样点重金属污染均为中度污染以下.

窗台灰样品重金属污染评价的 I_{geo} 值如表 2 所示.

对于 Pb 污染,三门峡、良田、平顶山、涇池 I_{geo} 值分别为 6.8、6.69、6.41、5.65,属 6 级污染;酒泉 I_{geo} 值为 3.34,属 4 级污染;北龙口、华藏寺 I_{geo} 值为 2.62、2.02,属 3 级污染;山丹 I_{geo} 值为 1.95,属 2 级污

染; 十八里铺 I_{geo} 值为 0.8, 属 1 级污染.

对于 Zn 污染, 三门峡、平顶山、北龙口、良田、酒泉 I_{geo} 值分别为 27、18.65、13.17、12.24、8.71, 属 6 级污染; 山丹 I_{geo} 值为 4.01, 属 5 级污染; 湟池、华藏寺 I_{geo} 值分别为 3.71、3.11, 属 4 级污染; 十八里铺 I_{geo} 值为 1.09 属 2 级污染.

对于 Cu 污染, 三门峡 I_{geo} 值为 6.55, 属 6 级污染; 北龙口 I_{geo} 值为 4.01, 属 5 级污染; 良田、平顶山 I_{geo} 值分别为 3.9、3.84, 属 4 级污染; 湟池、山丹、华藏寺 I_{geo} 值分别为 2.69、2.16、2.16, 属 3 级污染; 酒泉 I_{geo} 值为 1.86, 属 2 级污染; 十八里铺 I_{geo} 值为 0.55, 属 1 级污染.

对于 Ni 污染, 三门峡 I_{geo} 值为 1.03, 属 2 级污染; 其余各点 I_{geo} 值均 <1 , 属 1 级污染.

对于 Mn 污染, 北龙口、酒泉、山丹 I_{geo} 值分别为 1.36、1.17、1.02, 属 2 级污染; 其余个点 I_{geo} 值均 <1 , 属 1 级污染.

对于 Cr 污染, 华藏寺 I_{geo} 值为 8.29, 属 6 级污染; 酒泉 I_{geo} 值为 2.36, 属 3 级污染; 三门峡、湟池、山丹、良田 I_{geo} 值分别为 1.37、1.37、1.18、1.06, 属 2 级污染; 其余各点 I_{geo} 值均 <1 , 属 1 级污染.

表 2 312 国道沿线表土、服务区窗台灰重金属污染评价(I_{geo} 值)

Table 2 Assessment of heavy metal contamination in roadside soil and dust along G312 highway							
样品类型	采样点	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr
路边表土	吕望	0.30	0.84	0.76	0.64	0.45	0.55
	湟池	0.95	1.49	1.11	0.80	0.81	0.55
	三门峡	1.13	1.58	1.44	0.58	0.58	0.50
	良田	8.69	4.13	2.32	0.60	0.70	0.60
	宝天公路	3.52	3.04	1.69	0.54	0.90	0.60
	秦安	0.99	1.74	0.90	0.47	0.69	0.49
	通渭	1.07	2.38	1.07	0.48	0.66	0.47
	通渭西	1.04	2.23	0.93	0.51	0.69	0.47
	十八里铺	0.33	0.71	0.68	0.51	0.68	0.49
	接驾嘴	1.47	2.23	1.18	0.53	0.70	0.48
	北龙口	0.83	1.15	0.85	0.50	0.68	0.49
	华藏寺	1.31	1.80	1.09	0.64	0.85	0.77
	天祝西	1.33	1.51	1.63	0.73	0.86	0.55
	永昌	0.51	1.17	0.96	0.65	0.84	0.54
	山丹	0.95	1.50	1.16	0.64	0.81	0.53
	临泽	0.71	1.59	1.46	0.73	0.77	0.63
	酒泉	0.59	1.17	1.11	1.03	0.84	0.60
	布隆吉	0.58	1.54	0.82	0.38	0.83	0.46
	柳园	2.44	2.65	1.73	0.98	1.03	0.54
	哈密	0.74	1.15	0.97	0.69	0.92	0.61
服务区窗台灰	阜康	0.49	0.81	0.80	0.71	0.75	0.62
	准东	0.57	1.26	0.86	0.65	0.78	0.68
	平顶山	6.41	18.65	3.84	0.53	0.51	0.97
	湟池	5.65	3.71	2.69	0.90	0.40	1.37
	三门峡	6.80	27.00	6.55	1.03	0.46	1.37
	良田	6.69	12.24	3.90	0.62	0.47	1.06
	十八里铺	0.80	1.09	0.55	0.31	0.38	0.63
	北龙口	2.62	13.17	4.01	0.45	1.36	0.90
	华藏寺	2.02	3.11	2.16	0.83	0.73	8.29
	山丹	1.95	4.01	2.16	0.58	1.02	1.18
背景值 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	酒泉	3.34	8.71	1.86	0.62	1.17	2.36
	安徽	26.9	69.4	23.7	34.2	601	67.5
	河南	18.9	60.7	20.7	29.9	630	65.6
	陕西	21.2	62.6	20.4	28.6	580	57.9
	甘肃	20.3	69.3	23.5	36.7	627	66.4
	新疆	18.6	65.7	28.2	26.2	651	50.2

注: 各省土壤 C 层元素背景浓度据文献 [27] 整理获得.

由上述可知, 服务区窗台灰中重金属污染较路边表土严重. Pb、Zn、Cu 等重金属污染较严重, 尤其

Zn 元素污染最为严重,三门峡、平顶山、北龙口、良田等多个地点 Zn 元素的 I_{geo} 值 > 10 . Ni 元素污染最少, Ni 的 I_{geo} 值大多 < 1 .

Pb、Zn、Cu 等污染元素在土壤中富集,影响农作物质量和当地居民健康. 服务区窗台灰中的重金属,富集于人类呼吸高度范围之内,对在服务区活动的人类身体健康造成威胁. 由此推理,重金属含量高的灰尘随风迁移至两侧民居,也将影响公路两侧居民的身体健康.

2.3 重金属污染的影响因素

公路边表土及服务区窗台灰重金属污染影响因素较多,且较复杂,其中最主要的影响因素有污染源、车速、车流量、车型、公路设施等. 颗粒物粒度也是主要因素之一.

郁建桥^[28]研究京沪高速新沂至扬州段公路两侧土壤、气态颗粒物和树叶中重金属污染相关性时发现,车流量与表层土壤、表层土壤与气态颗粒物、树叶与表层土壤、树叶与气态颗粒物中重金属污染都有明显的相关性,这种相关性清晰地反映了高速公路两侧重金属的迁移过程.

根据前人研究指出 Pb、Zn、Cu、Cr 等元素污染主要来自汽车尾气排放和汽车轮胎摩擦碎屑^[22,29],公路旁表层土壤的 Pb 污染主要与交通量、沉降量有关,Zn、Cr 污染则是轮胎摩擦产生的粉尘引起. 表 3 中,窗台灰与停车场地面灰中重金属元素 Pb、Zn、Cu、Mn 含量的相关系数较高,分别是 0.849、0.772、0.998、0.931,其中 Cu 元素相关性显著. Ni、Cr 的相关系数较低,分别为 0.391、0.167,因此推测窗台灰与停车场地面灰中主要重金属元素为同一来源,即来源于汽车尾气和轮胎摩擦碎屑,部分元素有不同的污染源.

路边表土中重金属含量与服务区窗台灰中的重金属元素 Pb、Cr 的相关性较好,分别是 0.618、0.972,其中 Cr 元素相关性显著. Zn、Cu、Ni、Mn 相关性一般,为 0.156、0.382、0.202、0.339. 这说明 312 国道沿线路边表土与服务区窗台灰中的 Pb、Cr 重金属污染来源相同,可能为汽车尾气和轮胎摩擦碎屑,推测其主要由汽车尾气、轮胎碎屑经大气搬运、沉降到表土^[28]. 相关系数较低部分说明表土受到除汽车活动以外的其它污染源的影响.

表 3 312 国道沿线表土与服务区灰尘重金属污染相关系数
Table 3 The correlation coefficient of heavy metal contaminations between roadside soil beside G312 highway and dust in service districts

相关关系	Pb	Zn	Cu	Ni	Mn	Cr
窗台灰-地面灰	0.849	0.772	0.998 **	0.391	0.931	0.167
窗台灰-表土	0.618	0.156	0.382	0.202	0.339	0.972 **

* * 表示在 0.01 水平下显著相关.

车辆行驶慢甚至堵车的山路(如宝天公路)及服务区停车场的车辆停车和发动频繁,车辆发动机熄火和发动时燃料不完全燃烧,尾气污染严重,污染物聚集,样品中重金属含量相对较高. 样品 GL-1、GL-2、GL-4、GL-5 采自安徽省、河南省及陕西省东部,高速公路车流量大,大型货车较多,服务区窗台灰中重金属含量相对较高. 天峨公路秦安公路段,车流量少,重金属含量相对较低.

高速公路路段设有排水沟、防护林,雨水冲刷带来的污染被有效阻止,服务区停车场地面与窗台灰直接接受汽车尾气及轮胎碎屑污染. 路边表土中 Pb、Zn、Cu、Cr 重金属污染低于服务区地面灰与窗台灰尘中重金属污染,说明路边排水沟、防护林等发挥了重要作用.

由于重金属富集程度与沉积物颗粒粒度大小相关性显著,重金属 Pb、Zn、Cu 易富集于细($< 16\mu\text{m}$)颗粒物中^[30-32]. 因此窗台灰重金属污染程度高于路边表土重金属污染,与窗台灰颗粒物粒径较小有关.

3 结论

(1) 表土中 Pb、Zn、Cu 污染较严重, Ni、Mn、Cr 污染较轻. 良田、宝天公路采样点 Pb、Zn 污染程度最高,为强污染—极强污染(4—6 级污染),柳园 Pb、Zn 污染次之为中强度污染(3 级污染). 其余采样点重金属污染均为无污染至中度污染. 服务区窗台灰中重金属污染较表土严重. Pb、Zn、Cu 等重金属污染较严重,其中 Zn 元素污染最严重,三门峡、平顶山、北龙口、良田等地点 Zn 元素为极强污染. Ni 元素污染

最轻,为无污染到中度污染.

(2) 312 国道沿线表土中 Pb、Zn、Cu、Mn 重金属污染和窗台灰中 Pb、Cr 重金属污染均与停车场地面灰中重金属污染为同一来源,即来源于汽车尾气和轮胎摩擦碎屑. 其余各元素如 Ni 等还受到其它污染源影响.

(3) 312 国道沿线表土、窗台灰中重金属污染的主要影响因素为汽车活动,还受公路设施及颗粒物粒径控制.

参 考 文 献

[1] Harrison R M, Tilling R, Romero M S C, et al. A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment [J]. Atmospheric Environment, 2003, 37(17) : 2391-2402

[2] Chen T B, Wong J W C, Zhou H Y, et al. Assessment of trace metal distribution and contamination in surface soils of Hong Kong [J]. Environmental Pollution, 1997, 96(1) : 61-68

[3] 杨宝玲,冯育青,陆华兵. 公路土壤重金属污染对农作物的影响 [J]. 山东林业科技, 2006, 6: 82-84

[4] Stenstrom M K, Lau S, Lee H, et al. First flush storm water runoff from highways [C]. Orlando, Florida: ASCE, 2001

[5] 李贺,张雪,高海鹰,等. 高速公路路面雨水径流污染特征分析 [J]. 中国环境科学, 2008, 28(11) : 1037-1041

[6] Marija Romic, Davor Romic. Heavy metals distribution in agricultural top soils in urban area [J]. Environment Geology, 2003, 43: 795-805

[7] Ozaki H, et al. Investigation of the heavy metal sources in relation to automobiles [J]. Water, Air and Soil Pollution, 2004, 157: 209-223

[8] Swaileh K M, et al. Assessment of heavy metal contamination in roadside surface soil and vegetation from the West Bank [J]. Arch Environ Contam Toxicol, 2004, 47: 23-30

[9] Ideriah T J K, et al. Heavy metal contamination of soils along roadsides in Port Harcourt Metropolis, Nigeria, Bull [J]. Environ Contam Toxicol, 2004, 73: 67-70

[10] 刘培桐,薛纪渝,王华东. 环境学概论 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1995, 5: 1-279

[11] 罗强,任永波,郑传刚. 土壤重金属污染及防治措施 [J]. 世界科技研究与发展, 2004, 26(2) : 42-46

[12] 任安芝,李玉葆. Pb、Cd、Cr 单一和复合污染对青菜种子萌发的生物学效应 [J]. 生态学杂志, 2000, 19(1) : 19-22

[13] 周立旻,郑祥民,殷效玲. 苏州河沉积物中重金属的污染特征及其评价 [J]. 环境化学, 2008, 27(2) : 269-270

[14] 张国玉,郑祥民,周立旻,等. 上海市大气湿沉降汞及其生态危害评价 [J]. 环境化学, 2010, 29(1) : 147-148

[15] Dockery D, Pope C, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six US cities [J]. New England Journal of Medicine, 1993, 329: 1753-1759

[16] Ball D, Hamilton R, Harrison R. The influence of highway related pollution on environmental quality [J]. //Hamilton R, Harrison R (Eds.), Highway Pollution. Elsevier Science, New York, 1991: 1-47

[17] 郁建桥,温丽,王霞,等. 京沪高速公路两侧土壤重金属污染状况的研究 [J]. 生命科学仪器, 2008, 6(8) : 58-60

[18] 许海,邵婉晨,李光辉,等. 沪宁高速公路(常州段)两侧农田土壤重金属污染状况检测评价 [J]. 江苏农业学报, 2009, 25(1) : 123-126

[19] 胡晓荣,查红平. 成渝高速公路旁土壤铅污染分布及评价 [J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2007, 30(2) : 228-231

[20] 甄宏. 沈大高速公路两侧土壤重金属污染分布特征研究 [J]. 气象与环境学报, 2008, 24(2) : 6-9

[21] 王初,陈振楼,王凉,等. 上海市崇明岛公路两侧土壤重金属污染研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(1) : 105-108

[22] 华明,朱佰万,廖启林,等. 江苏主要公路两侧农田土壤重金属污染现状初步研究 [J]. 地质学刊, 2008, 32(3) : 165-171

[23] 闫军,叶芝祥,闫琰,等. 成雅高速公路两侧大气颗粒物中重金属分布规律研究 [J]. 四川环境, 2008, 27(1) : 19-26

[24] 宋云阔,李保民. X 射线荧光光谱法测定土壤中铜、铅、锌、镍、钴、钒、铬和锰 [J]. 中国环境科学, 1990, 10(1) : 67-70

[25] 张思冲,周晓聪,叶华香,等. X 射线荧光光谱法测定哈尔滨城郊菜地土壤重金属 [J]. 中国农学通报, 2009, 25(13) : 230-233

[26] 滕彦国,虞先国,倪师军,等. 应用地质累积指数评价攀枝花地区土壤重金属污染 [J]. 重庆环境科学, 2004, 24(4) : 25-31

[27] 国家环境保护局主持,中国环境监测总站主编《中国土壤元素背景值》[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990, 8: 1-501

[28] 郁建桥,王霞,温丽,等. 高速公路两侧土壤、气态颗粒物和树叶中重金属污染相关性研究 [J]. 中国农业科技导报, 2008, 10(4) : 109-113

[29] 韩力慧,庄国顺,程水源,等. 北京地面扬尘的理化特性及其对大气颗粒物污染的影响 [J]. 环境科学, 2009, 30(1) : 1-8

[30] 吕达,郑祥民,周立旻,等. 崇明东滩湿地沉积物重金属污染的磁诊断 [J]. 环境科学研究, 2007, 20(6) : 38-43

[31] 张卫国,俞立中, Hutchinson S M. 长江口南滩边滩沉积物重金属污染记录的磁诊断方法 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(6) : 616-623

[32] Zhang Weiguo, Yu Lizhong, Lu Min, et al. Magnetic approach to normalizing heavy metal concentrations for particle size effects in intertidal sediments in the Yangtze Estuary, China [J]. Environmental Pollution, 2007, 147: 238-244

HEAVY METAL POLLUTION IN ROADSIDE SOIL AND DUST ALONG G312 HIGHWAY AND IT'S INFLUENCING FACTORS

QIAN Peng^{1,2} ZHENG Xiangmin¹ ZHOU Limin¹ JIANG Qingfeng²
ZHANG Guoyu¹ WANG Yongjie¹ YANG Jianer¹

(1. Key Lab of Geographic Information Science of MOE, East China Normal University, Shanghai, 200062, China;

2. School of Geography, Nantong University, Nantong, 226007, China)

ABSTRACT

With the sample of roadside soil and dust from service areas along G312 highway, the current situation of heavy metal contamination and the influencing factors were studied. The pollutions of Pb,Zn,Cu in roadside soil was high, while, Ni,Mn,Cr pollutions was low. The contents of Pb, Zn in Liangtian and Baoshan-road are the highest, and are in level of serious pollution to most serious pollution. Liuyuan take the second place, with Pb,Zn in level of in the mediate pollution. However, heavy metals in the other places are all under the level of moderate pollution. The contents of heavy metals in the window dust from many service areas are higher than in roadside soil. The I_{geo} value of Zn in places of Sanmenxia, Pingdingshan, Beilongkou, Liangtian are all >10 , in the level of most serious pollution. Ni pollution is low, $I_{geo} < 2$. Pollution sources of the Pb,Cr in the roadside soil and dust of service areas along G312 highway were suspectal to be the same: same vehicle exhaust and friction chippings out of the tyre. Other elements may come from other pullution sources. Vehicle activity in the key influencing factor for heavy metal contamination.

Keywords: heavy metal pollution, influencing factors, G312.

安捷伦推出用于农药分析和药物滥用检测的 超高惰性气相色谱柱系列

安捷伦科技公司在第五届慕尼黑上海分析生化展上宣布推出 Agilent J&W DB-35ms 超高惰性气相色谱柱,这是首个专为满足药物滥用检测和农药分析的独特需求而设计的中等极性色谱柱. Agilent J&W DB-35ms 超高惰性气相色谱柱与现有的 DB/HP-1ms 和 DB/HP-5ms 非极性色谱柱共同成为超高惰性气相色谱柱家族的成员.

使用新型色谱柱便可为需要中等极性选择性的应用获得超高惰性,提高分离度. 化学家可以通过选择具有正确选择性的色谱柱来定量含量更低的组分、获得更宽的线性范围以及优化分离度,从而提高生产力. 整个 Agilent J&W 超高惰性产品系列提供了一致的色谱柱惰性和超低柱流失性,因此获得了更低的检出限和更准确的数据结果. 每根色谱柱都使用了业内苛刻的测试混合标样进行测试,并且每个包装盒内都随附一张性能汇总表.