

上海市道路灰尘中铂族元素 (PGEs) 富集特征*

刘玉燕^{1, 2} 刘 敏^{* *} 程书波¹

(1 华东师范大学地理系, 上海, 200062 2 新疆昌吉学院化工系, 昌吉, 831100)

摘 要 分析了上海市道路灰尘铂族元素 (PGEs) 累积水平和分布特征, 并探讨了来源变化. 样品经王水消解后由 ICP-MS 测定. 研究结果表明, 上海市道路灰尘 Rh、Pd、Pt 浓度分别达到: 27.68 (61.05—4.50) $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 107.72 (12.98—241.4) $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 34.89 (0.36—108.6) $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 分别是参照点的 18.33 倍、11.12 倍和 65.83 倍, 高出地壳丰度值两个数量级以上, 与国际其他城市道路灰尘 PGEs 水平相比, Pt 含量较低, Pd 和 Rh 含量处于中间水平; 内环—中环区间的道路灰尘 PGEs 含量最高, 从此区域分别往城区内和城区外, PGEs 含量逐渐降低, 至郊区道路, 灰尘 PGEs 含量达到最低, 车流量及道路是否限行高污染车辆是主要致因; 不同类型道路 PGEs 浓度水平表现为: 快速路 (包括环线) > 主干道 > 次干道 > 高速公路 > 郊区公路, 道路类型会对 PGEs 分布产生较大的影响, 但并没有对其产生决定性作用; PGEs 间相关性很好, 汽车催化转化器 (VECs) 排放是道路灰尘 PGEs 主要来源, Pd 含量远高于 Pt 和 Rh. 不同于大多数文献的研究结果, VECs 类型发生变化是主要原因; 同为交通污染排放的元素, Cr 与 PGEs 的相关性很好, Cu 与 PGEs 之间有一定相关性, Zn 只与 Pt 有相关性, 而 Pb 与 PGEs 没有相关性, Pb 和 Zn 为汽车催化剂毒物是主要原因.

关键词 道路灰尘, PGEs, 富集特征.

铂族元素 (PGEs) 一直被认为是表生条件下的惰性元素, 不发生明显的化学迁移. 1986 年, Hodge 等首次发现美国圣地亚哥道路灰尘中 Pt 和 Pd 的最高含量分别达到了 $680 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 和 $280 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[1], 与地壳元素丰度值相比^[2] 灰尘 PGEs 已明显的富集. 此后, 很多学者纷纷对道路环境 PGEs 进行研究, 均发现有明显的 PGEs 富集现象^[3-8]. 国内已有王娟、杨永兴等分别对北京市道路灰尘、上海市大气 PGEs 的含量作了相关报道^[9-11], Whiteley 等人认为汽车催化转化器 (vehicle exhaust catalysts, 即 VECs) 是道路环境 PGEs 的主要来源^[3-6]. 城市环境中 PGEs 的富集, 可能会对人体健康产生一些潜在的影响和危害^[12-15].

本文对上海市道路灰尘 PGEs 的富集特征进行研究.

1 采样与分析

1.1 样品采集

本文依据上海市道路网特点, 截取从城市中心向西到郊区的一个具有代表性的典型样带, 从样带中选取 16 条典型道路进行研究. 分别为: 内环以内: 延安中路 (YAZ, 快速路), 长宁路 (CNN, 主干道), 陕西南路 (SXN, 次干道), 中山北路 (NH, 环线); 内环至中环: 延安西路 (YXZ, 快速路), 长宁路 (CNZ, 主干道), 杨柳青路 (YLQ, 次干道), 虹许路 (ZH, 环线); 中环至外环: 延安西路 (YXW, 快速路), 虹桥路 (HQ, 主干道), 虹井路 (HJ, 次干道), 外环 (WH, 环线); 外环至郊外: 沪杭高速 (HH, 郊区高速), 嘉松南路 (JSN, 郊区主干道), 沈砖公路 (SZ, 郊区次干道), 郊环 (JH, 环线). 参照点: 共青团森林公园.

样品采集时间为 2007 年 12 月. 天气连续保持 15d 晴朗后, 根据不同路段清扫规律, 分别与清扫前对上述 16 条道路进行灰尘样品采集, 以进行 PGEs 空间分布及不同类型道路 PGEs 含量特征研究. 在每条道路选择 4 个采样点, 两个设在十字路口, 两个设在远离十字路口、红绿灯处, 以每个采样点为中心, 用毛刷收集距离路缘石 0.5m 以内的灰尘. 将采集的 4 个样品等量混合, 代表此路段的样品. 采样时, 为统一采样标准, 东西走向的道路, 在路南侧采集样品, 南北走向的道路, 则在路东侧采集样品. 参照点选取共青团森林公园的中心地带 (盈滨轩附近), 公园内道路车流量接近 0. 公园外的道

2008 年 11 月 17 日收稿.

* 国家自然科学基金项目 (40611171, 40131020). * * 通讯联系人, E-mail: mliu@geo.ecnu.edu.cn

路距离参照点在 500m 以外, 且有大量高大植物将公园外道路与参照点隔开, 周围无工厂. 另外, 在市区选择 9 个重要的道路交叉口, 对其道路灰尘采样以进行重金属与 PGEs 相关性研究.

样品用毛刷清扫, 聚乙烯铲截取, 采样工具用稀硝酸清洗过, 保证每次采样工具无污染. 采集的样品除去大块沙石和树叶枝条等, 自然状态下风干后置于烘箱内烘至恒重 (85℃, 4 h), 过 200 目筛, 装入聚乙烯袋中干燥保存以待分析.

1.2 分析方法

称量 5g 样品于 100m l 的锥形瓶中, 加入 20m l 新配置的王水 ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 3:1$), 静置过夜后先低温加热, 然后升温赶酸至近干时再加入 20m l 新配置的王水, 继续加热至 5m l 时加入少许水使溶液分散, 待溶液冷却后将样品和残渣转移至 50m l 容量瓶, 用水稀释至刻度, 摇匀后静置 2—3d 稀释 50 倍后用 Agilent ICP-MS 7500c 型电感耦合等离子体质谱仪测定 PGEs 含量^[9 10].

测定前对 ICP-MS 进行最佳化条件选择, 使用标准模式. 仪器主要工作参数为: 射频功率 1450W, 冷却气 $15.0\text{ L}\cdot\text{m in}^{-1}$, 辅助气 $1.0\text{ L}\cdot\text{m in}^{-1}$, 载气 $1.06\text{ L}\cdot\text{m in}^{-1}$. 元素测定中所选用的同位素为: ^{103}Rh , ^{108}Pd , ^{195}Pt . 内标由 Re 标准储备液配制; 调谐溶液由锂、钴、钇、铈、铈混合标准溶液配制 (Agilent Par# 5184-3566); 实验标准溶液系列均由标准储备液逐级稀释配得, 介质为 3% 硝酸; 所用试剂均为优级纯, 水为超纯水. 由于王水消解产生的干扰较小, 只需采用数学校正法扣除 Cd 对 Pd 的干扰^[10]. 实验全过程均在空气清洁度为 1000 级的清洁实验室进行. 检出限为: $0.45\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}(\text{Rh})$, $4.55\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}(\text{Pd})$, $0.47\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}(\text{Pt})$, 回收率在 85% 以上, 相对标准偏差低于 2.5%.

重金属全量浸提用三酸消化法 ($\text{HNO}_3\text{-HF-HClO}_4$) 制样^[16], 603 型原子吸收光谱仪火焰法测定.

2 PGEs 含量水平及空间分布特征

上海市道路灰尘 Rh Pd Pt 浓度分别达到: $27.68(61.05\text{—}4.50)\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, $107.72(12.98\text{—}241.4)\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, $34.89(0.36\text{—}108.6)\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, 分别是参照点的 18.33 倍, 11.12 倍和 65.83 倍 (表 1), PGEs 平均值高出地壳丰度值两个数量级以上^[6], 与国际其它城市道路灰尘 PGEs 水平相比, Pt 浓度较低, Pd 和 Rh 浓度处于中间水平^[2 8 17—19].

表 1 不同类型道路 PGEs 浓度水平

Table 1 Average concentrations of PGEs in the different type roads								
浓度 / $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$	主干道	次干道	快速路 (包括环线)	高速公路 (郊区)	郊区公路	平均值	参照点	地壳 ^[6]
Rh	均值	24.50	23.18	41.73	13.35	7.49	27.68	1.51
	范围	16.83—33.54	12.93—26.34	25.79—56.45	8.34—20.81	4.50—9.28		0.06
Pd	均值	96.40	76.92	188.05	63.34	22.76	107.72	9.69
	范围	55.95—131.90	42.05—106.7	79.71—241.4	38.56—98.45	12.98—28.52		0.4
Pt	均值	29.04	37.21	57.21	18.01	0.97	34.89	0.53
	范围	9.05—61.55	9.03—60.61	21.28—108.6	11.38—31.68	0.36—3.36		0.4

PGEs 空间分布见图 1. 由图 1 可知, 内环以内的 Rh 平均浓度并没有达到最高, 最高值出现在内环—中环范围内, 从此区域开始, Rh 浓度向两端开始递减, 至外环—郊环区域内, Rh 浓度达到最低; Pd 和 Pt 的分布规律与 Rh 相同. 这说明, PGEs 浓度在内环以内的城区中心并不是最高, 其最高值出现在内环—中环区间. 从此区域分别往城区内和城区外, PGEs 浓度逐渐降低, 至郊区道路, 灰尘 PGEs 浓度达到最低.

PGEs 的分布主要受车流量影响, 车流量越大, PGEs 浓度越高. 内环—中环区域道路平均车流量大于内环以内, 所以此区域道路灰尘 PGEs 浓度高于内环以内; 另外, 路段是否对达不到欧 I 标准的汽车采取限行措施也起了很重要的影响作用. 限行措施为每天 7:00 至 20:00 内环 (含) 以内所有地面道路、延安和沪闵高架全线、中环路部分路段禁止高污染车辆通行. 故中环路以外的很多道路, 特别是外环以外的公路, 虽然车流量大于内环—中环区域的部分道路, 但远离中心城区, 车辆排放标准不受限制, 车流中很多车辆并未配备 VECs, PGEs 排放量小, 造成灰尘中的 PGEs 浓度较低.

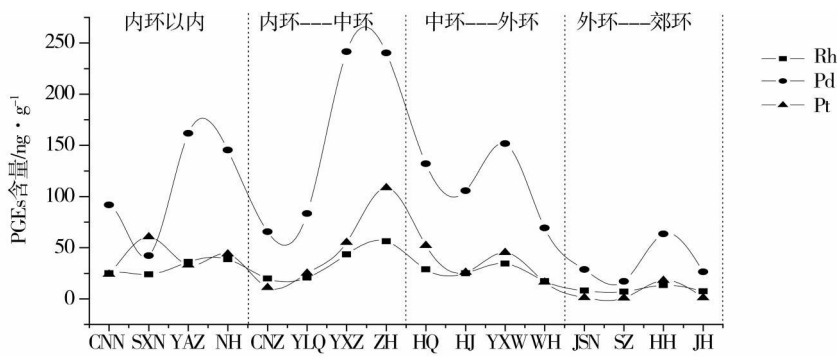


图 1 PGEs空间分布特征

Fig 1 Spatial distribution characteristic of PGEs in road dust

3 不同类型道路 PGEs分布特征

由表 1 可知, 除次干道 Pt 浓度高于主干道外, 其他不同类型道路 PGEs 平均浓度水平均表现为: 快速路 (包括环线) > 主干道 > 次干道 > 高速公路 > 郊区公路。

H igney 等发现, 苏格兰道路中, 灰尘 P 的最高值 ($13\text{--}335\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) 出现在复式车行道和高速公路上^[20], 但本次研究发现, 高速公路灰尘 PGEs 浓度并不高, 甚至低于城市次干道的 PGEs 水平 (表 1), 最高值出现在快速路的匝道口, 最低值出现在郊区公路上。由于上海市高速公路和郊区公路对达不到欧 I 标准的汽车 (未配置有效的尾气排放控制和净化系统) 无任何限行措施, 所以高速公路虽然车流量很大, 但其中有不少车辆未配备 VECs, 汽车 PGEs 总排放量小, 灰尘中 PGEs 浓度较低。

尽管 PGEs 浓度水平具有: 快速路 (包括环线) > 主干道 > 次干道 > 高速公路 > 郊区公路的一般规律, 但从图 1 可发现, 在内环—中环区间, 次干道 Rh 和 Pd 浓度高于主干道; 在内环以内, 次干道 Pt 浓度高于其他类型道路; 在郊区 (外环—郊环), 主干道、次干道以及郊环的 Pt 浓度差别已不明显等。这说明道路类型会对 PGEs 分布产生较大的影响, 但并没有对其产生决定性作用。

4 PGEs来源及与重金属相关性

4.1 PGEs来源分析

上海市道路灰尘中 PGEs 相关性很强 (图 2), 其中, Pt 与 Pd 相关性为 0.9013, Pt 与 Rh 相关性为 0.9028, Pd 与 Rh 相关性为 0.9567 ($p < 0.0001$), 这说明它们来源一致。除汽车 VECs 外, 道路周围无其他 PGEs 来源, 显而易见, 上海市道路环境 PGEs 来源于汽车 VECs, 与前人研究结果一致^[2, 5, 7, 9, 21, 22]。

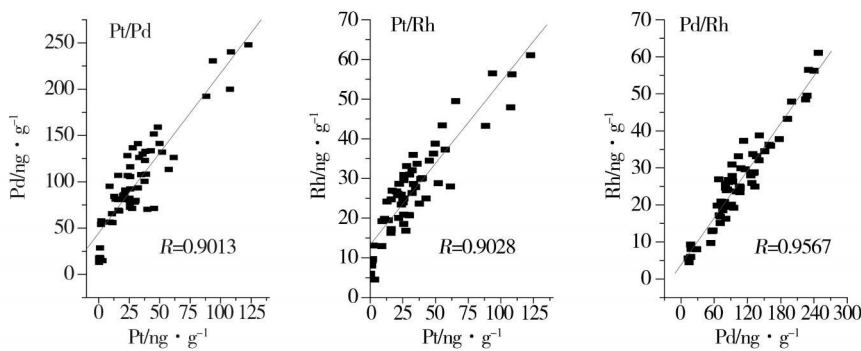


图 2 道路灰尘 PGEs 相关性分析

Fig 2 Correlations between Pt, Pd and Rh

上海市道路灰尘 Pd浓度高于 Pt和 Rh 而同类研究中,瑞典、德国、奥地利、澳大利亚等国道路灰尘 Pt浓度却高于 Pd和 Rh^[17-22]。国际上 VECs大致经历了四个类型的变化,不同类型 VECs中 PGEs比例结构都在发生变化,上述国家大都经历了 4种 VECs的使用历史,而我国汽车市场 VECs出现时间短,主要以使用最新类型的富 Pd型 VECs为主,上海市道路灰尘 PGEs比例结构不同于大多数文献的研究结果,VECs使用历史不同是主要原因。

4.2 交通相关的重金属与 PGEs的相关性

Pb、Cu、Cr和 Zn也是常与交通相关性很大的污染元素,这些重金属主要源自机动车辆燃料和轮胎中所含微量重金属成分^[21-25]。对市区重要道路交叉口灰尘样品进行 PGEs及重金属浓度分析(表 2)。

表 2 道路灰尘 PGEs与重金属浓度
Table 2 Concentrations ofPGEs and heavy metals in roads dust

采样点	Pt/ng• g ⁻¹	Pd/ng• g ⁻¹	Rh /ng• g ⁻¹	Cu /mg• kg ⁻¹	Zn/mg• kg ⁻¹	Pb /mg• kg ⁻¹	Cr/mg• kg ⁻¹
武宁康定	12. 79	47. 53	17. 87	153. 03	523. 50	209. 84	113. 49
虹漕沪闵	10. 04	40. 20	19. 74	170. 58	623. 90	225. 54	81. 56
宁国平凉	36. 86	51. 10	19. 69	104. 61	1208. 10	16. 38	107. 52
漕溪立交	30. 81	80. 90	24. 37	152. 59	1112. 00	145. 15	136. 54
延西立交	52. 84	129. 99	36. 11	121. 15	490. 70	137. 92	256. 61
中山金沙	14. 06	44. 60	18. 43	159. 54	432. 80	163. 16	105. 74
军工翔殷	1. 63	37. 32	19. 64	75. 81	362. 30	119. 54	92. 89
岚皋交通	24. 84	83. 84	21. 36	146. 47	522. 80	231. 30	75. 82
中山武夷	25. 04	67. 26	22. 55	135. 47	659. 51	156. 10	121. 27

Pearson’s分析表明: Cr与 PGEs的相关系数高于或等于 0. 84 相关性很好, Cu与 PGEs之间有一定相关性。由于机动车燃料的使用,多年以来, Pb一直被当作交通污染的指示元素,有些研究表明 Pb和 PGEs之间存在很强的正相关性^[9, 23, 24],但本文研究表明, Pb和 PGEs之间无相关性,与 Whiteley 等的研究结果相同^[3]。Pb是催化剂毒物^[3, 23, 25],因为含 Pb汽油燃烧后, Pb随废气排经催化转化器时,会覆盖在催化剂表面,使转化器“铅中毒”而早期失效,故配备有三效催化转化器的汽车不能使用含 Pb汽油;汽车 VECs被引入且数量不断增加的同时,含 Pb汽油却在逐步停止使用^[3, 23, 25],上述现象造成 Pb和 PGEs之间无相关性。另外, Zn也是催化剂毒物之一,这也是 Zn与 PGEs相关性不强的主要原因^[3, 23, 26]。

综上所述,上海市道路灰尘 Rh、Pd和 Pt浓度分别达到: 27. 68(61. 05—4. 50) ng• g⁻¹, 107. 72(12. 98—241. 4) ng• g⁻¹, 34. 89(0. 36—108. 6) ng• g⁻¹, 分别是参照点的 18. 33倍, 11. 12倍和 65. 83倍,高出地壳丰度值两个数量级以上,与国际其他城市道路灰尘 PGEs水平相比, Pt浓度较低, Pd和 Rh浓度处于中间水平。

内环—中环区间的道路灰尘 PGEs浓度最高,从此区域分别往城区内和城区外, PGEs浓度逐渐降低,至郊区(外环—郊环)道路,灰尘 PGEs浓度达到最低,车流量及道路是否限行高污染车辆是主要致因。

不同类型道路灰尘 PGEs浓度水平通常表现为: 快速路(包括环线) > 主干道 > 次干道 > 高速公路 > 郊区公路,道路类型会对 PGEs分布产生较大的影响,但并没有对其产生决定性作用。PGEs间相关性很好,除汽车 VECs外,道路环境无其他 PGEs来源,说明上海市道路灰尘 PGEs来源于汽车 VECs, Pd浓度远高于 Pt和 Rh 不同于大多数文献的研究结果, VECs类型发生变化是主要原因;同为交通污染排放的元素, Cr与 PGEs的相关相关性很好, Cu与 PGEs之间有一定相关性, Zn只与 Pt有相关性,而 Pb与 PGEs都没有相关性, Pb和 Zn为汽车催化剂毒物是主要原因。

参 考 文 献

[1]

Hodge V F, Stallard M O, Platinum and Palladium in Roadside Dust [J] . *Environ. Sci. Technol.*, 1986, **20**: 1058—1060

[2]

Wedepohl K H, The Composition of the Continental Crust [J] . *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1995, **59**: 1217—1232

- [3] Whiteley JD, Murray F, Anthropogenic Platinum Group Element (Pt Pd and Rh) Concentrations in Road Dusts and Roadside Soils from Perth Western Australia [J] .*The Science of the Total Environment* , 2003, 317: 121—135
- [4] National Academy of Sciences, Platinum-Group Metals [Subcommittee on Platinum-Group Metals Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants] [M] . Washington DC: US Government Printing and Publishing Office, 1977
- [5] Sutherland R A, Pearson D G, Ottley C J, Platinum-Group Elements (Ir Pd Pt and Rh) in Road-Deposited Sediments in Two Urban Watersheds, Hawaii [J] .*Applied Geochemistry* , 2007, 22: 1485—1501
- [6] Rauch S, Henond H F, Barbante C et al., Importance of Automobile Exhaust Catalyst Emissions for the Deposition of Platinum, Palladium, and Rhodium in the Northern Hemisphere [J] .*Environ. Sci. Technol.* , 2005, 39: 8156—8162
- [7] Petrucci F, Bocca B, Alinonti A et al., Determination of Pd Pt and Rh in Airborne Particulate and Road dust by High resolution ICP-MS: a Preliminary Investigation of the Emission from Automotive Catalysts in the Urban Area of Rome [J] .*Anal. At. Spectrom.* , 2000, 15: 525—528
- [8] Motelica-Heino M, Rauch S, Morrison G M et al., Determination of Palladium, Platinum and Rhodium Concentrations in Urban Road Sediments by Laser Ablation ICP-MS [J] .*Analytica Chimica Acta* , 2001, 436: 233
- [9] Wang Juan, Zhu Ruohua, Shi Y ar zhi, Distribution of Platinum Group Elements in Road Dust in the Beijing Metropolitan Area, China [J] .*Journal of Environmental Sciences* , 2007, 19: 29—34
- [10] 施燕支, 贺闰娟, 王娟等, 敞口消解 ICP-MS同时测定北京地区环境尘土样品中痕量铂、钯、铑的研究 [J] . 光谱学与光谱分析, 2006, 26 (4) : 741—746
- [11] 杨永兴, 李晓林, 李玉兰等, 上海市大气气溶胶中铂元素污染状况调查 [J] . 环境科学学报, 2007, 27 (5) : 810—816
- [12] Rosner G, Merget R, Evaluation of the Health Risk of Platinum Emissions from Automotive Emission Control Catalysts. In: Zereini F, Alt F, editors. Anthropogenic Platinum-Group Element Emissions Their Impact on Man and Environment [C] . Berlin: Springer-Verlag, 2000, 267—281
- [13] WHO, Environmental Health Criteria 125-Platinum [R] . Geneva: World Health Organization, International Programme on Chemical Safety, 1991
- [14] Bunger J, Stork J, Stalker K, Cytotoxic and Genotoxic Effects of Co-ordination Complexes of Platinum, Palladium and Rhodium *in vitro* [J] .*Int. Arch. Occup. Environ. Health* , 1996, 69: 33—38
- [15] Gebel T, Lantzsch H, Plesow K et al., Genotoxicity of Platinum and Palladium Compounds in Human and Bacterial Cells [J] .*Mutat. Res.* , 1997, 389: 183—190
- [16] 刘玉燕, 刘敏, 刘浩峰, 乌鲁木齐城市土壤中重金属含量与影响机制探讨 [J] . 干旱区地理, 2007, 30 (4) : 552—556
- [17] Muller M, Heumann K G, Isotope Dilution Inductively Coupled Plasma Quadrupole Mass Spectrometry in Connection with a Chromatographic Separation for Ultra-trace Determinations of Platinum Group Elements (Pt Pd Ru, Ir) in Environmental Samples [J] .*Fresenius J. Anal. Chem.* , 2000, 368: 109—115
- [18] Schramel P, Zischka M, Muntanu H et al., Collaborative Evaluation of the Analytical State-of-the-Art of Platinum, Palladium and Rhodium Determinations in Road Dust [J] .*Environ. Monit.* , 2000, 5: 443—446
- [19] Rauch S, Motelica-Heino M, Morrison G M et al., Critical Assessment of Platinum Group Element Determination in Road and Urban River Sediments Using Ultrasonic Nebulization and High Resolution ICP-MS [J] .*Anal. At. Spectrom.* , 2000, 15: 329—334
- [20] Higney E, Olive V, MacKenzie A B, Isotope Dilution ICP-MS Analysis of Platinum in Road Dusts from West Central Scotland [J] .*Appl. Geochem.* , 2002, 17: 1123—1129
- [21] Jarvis K E, Pany S J, Piper J M, Temporal and Spatial Studies of Autocatalyst-Derived Platinum, Rhodium, and Palladium and Selected Vehicle-Derived Trace Elements in the Environment [J] .*Environ. Sci. Technol.* , 2001, 35: 1031—1036
- [22] Gomez B, Palacios A, Gomez M et al., Levels and Risk Assessment for Humans and Ecosystems of Platinum-Group Elements in Airborne Particles and Road Dust of Some European Cities [J] .*Sci. Total Environ.* , 2002, 299: 1—19
- [23] Schafer J, Puchelt H, Platinum-Group Metals (PGM) Emitted from Automobile Catalytic Converters and Their Distribution in Roadside Soils [J] .*Geochem. Explor.* , 1998, 64: 307—314
- [24] Ely J C, Neal C R, Kuşla C F et al., Implications of Platinum-Group Element Accumulation along U. S. Roads from Catalytic Converter Attrition [J] .*Environ. Sci. Technol.* , 2001, 35: 3816—3822
- [25] Hildemann L M, Markowski G R, Cass G R, Chemical Composition of Emissions from Urban Sources of Fine Organic Aerosol [J] .*Environ. Sci. Technol.* , 1991, 25: 744—759
- [26] Beccagnini E, Coccia A M, Musmeci L et al., Chemical and Microbial Characterization of Indigenous Topsoil and Mosses in Green Urban Areas of Rome [J] .*Limnological Journal* , 2005, 79B: 271—289

ENRICHMENT FEATURES OF PLATINUM GROUP ELEMENTS
IN ROAD DUST OF SHANGHAI

LIU Yu Yan^{1 2} LIU Min¹ CHENG Shu Bo¹

(1 Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062, China

2 Xinjiang Changji College, Changji 831100, China)

ABSTRACT

Platinum group elements (PGEs) levels in road dust from Shanghai were measured and their spatial variation and sources were discussed as well. Road dust samples were analysed by ICP-MS following aqua regia digestion. PGEs levels in all samples were above the average upper crust values with concentrations of 271.68 (611.05) 41.50) ng# g⁻¹ Rh, 1071.72 (121.98) 241.140) ng# g⁻¹ Pd and 341.89 (013.6) 1081.60) ng# g⁻¹ Pt, respectively. Pd and Rh concentrations were in the middle level and Pt concentrations were lower in comparison with international cities. Highest pollution occurred between inner ring and middle ring while lowest values were presented from outer ring to suburb. The rank of PGEs levels in different type of roads was Elevated Road (Including Ring Line) > Trunk Road > Secondary road > Expressway > Suburban road. Levels of the three elements showed strongly positive correlation. Preliminary results for the anthropogenic Rh, Pd and Pt emissions in Shanghai based on dust samples indicated a common traffic-related source of these metals. The average Pd concentration was higher than Pt and Rh which differed from most previous studies. Meanwhile, the average PGEs ratios of road dust samples from Shanghai were inconsistent with Ely's result. These differences were contributed by the change of vehicle exhaust catalyst type. PGEs in these samples were not correlated with Pb and only Pt were correlated with Zn, though positive correlations with Cr and Cu were evident. This lack of statistically significant relationships can be explained by the fact that Pb and Zn are known as poisoning agents for autocatalysts.

Keywords road dust, PGEs, enrichment features