

# 城市不同功能区道路沙尘重金属污染地球化学特征与评价\*

韦炳干<sup>1,3</sup> 姜逢清<sup>1,2\*\*</sup> 李雪梅<sup>1,3</sup> 牟书勇<sup>1</sup>

(1 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐, 830011; 2 中国科学院绿洲生态与荒漠环境重点实验室, 乌鲁木齐, 830011; 3 中国科学院研究生院, 北京, 100049)

**摘 要** 2007年 8月在乌鲁木齐市不同城市功能区(商业区, 工业区, 居住区)采集了道路沙尘样品 67 个. 利用 ICP-MS测定样品中 10种重金属元素 Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn, Be, Co, Zn和 U 的含量, 并运用主成分分析和污染指数 (PI和 IPI)法对所测含量数据进行分析. 结果表明, 沙尘样品中 10种重金属的平均含量分别为 1.05, 55.12, 101.0, 44.66, 57.79, 929.37, 2.79, 341.36和 2.09 mg·kg<sup>-1</sup>. 除了 Co和 U, 其它 8种重金属的平均含量都高于它们的背景值. 不同功能区道路沙尘中, 重金属的综合污染指数差异明显, 从高到低依次为工业区 4.63、商业区 4.08和居住区 2.48. 其中商业区和工业区都达到了重污染水平, 居住区达到中污染水平. 不同功能区道路沙尘各重金属的单项污染指数中, Cr, Cu, Pb和 Zn在商业区道路沙尘中的污染水平最高, 其主要来源应为交通污染源; Cd和 Be在工业区道路沙尘中的污染水平最高, 其主要来源应为工业污染源; Ni, Co和 U在居住区道路沙尘中的污染水平最高, 其来源可能与生活污染源有关; 而 Mn在三个不同功能区的污染水平几乎相同, 其主要来源应为自然源.

**关键词** 道路沙尘, 重金属, 主成分分析, 污染指数, 乌鲁木齐.

重金属对人体健康和生态系统具有不可忽视的危害作用<sup>[1-5]</sup>. 随着城市化进程的加快和人们生活水平与质量的提高, 城市道路沙尘重金属污染受到越来越多的关注. 国内外许多相关研究结果表明, 城市道路沙尘重金属的含量一般都很高, 主要来源包括工业源、生活源、交通源和自然源等. 城市道路沙尘重金属污染的研究在国内也开始得到关注, 在镇江<sup>[5]</sup>、西安<sup>[6]</sup>、沈阳<sup>[7]</sup>、北京<sup>[8,9]</sup>、广州<sup>[10]</sup>、香港<sup>[11]</sup>和上海<sup>[12-14]</sup>等城市均有相关研究报道. 但这些研究主要聚焦在 Cd, Cu, Pb, Zn这 4种元素上, 对于同样具有较高生物毒性的 Cr, Mn, Be, Co, Ni和 U缺少关注. 此外, 城市区域是由复杂的土地利用类型和不同功能区所构成, 这可能会对道路沙尘重金属的含量及其分布产生影响, 而以往对此的研究还比较欠缺.

本文通过对乌鲁木齐市城市道路沙尘进行采样与分析, 研究了以往工作中涉及的对人体具有严重危害作用的四种重金属元素 Cd, Cu, Pb和 Zn以作城市间的比较, 同时分析了 Cr, Mn, Be, Co, Zn和 U的污染特征, 以扩展城市道路沙尘重金属污染的讨论范围. 将采样区设定在三个不同功能区(商业区, 工业区和居住区), 以便了解不同人类活动对城市道路沙尘重金属污染分布的影响.

## 1 采样与分析

研究区域位于中国西北部的乌鲁木齐市主城区. 乌鲁木齐市位于内陆干旱区, 平均海拔 800m. 城区植被覆盖率很低, 道路沙尘来源丰富, 在强烈的人为和自然因素的干扰下极易悬浮到大气中, 成为大气污染的一个重要来源.

2007年 8月, 在城市不同功能区, 即商业区, 工业区和居住区布设了 67个道路沙尘采样点, 每个样点采样一次, 未设重复. 采样点设在距道路边缘约 1m左右的道路中央, 采样面积约 1m<sup>2</sup>. 用毛刷清扫路面沙尘, 收集 100—200g的道路沙尘装入塑料小簸箕, 然后装入聚乙烯自封袋, 带回实验室分析测定. 所有样品均在中国科学院新疆生态与地理研究所无机元素分析实验室进行分析测定. 采集的道路沙尘样品按标准方法对样品做前处理后, 过 100目筛 (149μm), 准确称取 0.1g 加入 HNO<sub>3</sub>

2008年 10月 7日收稿.

\* 中国科学院新疆生态与地理研究所所长基金资助 (No. 0671041); 新疆生态与地理研究所绿洲生态与沙漠环境重点实验室基金资助 (No. 0571041). \*\* 通讯作者, E-mail: jiangfengqing18@yahoo.com.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(5m l) + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2m l) + HF (1m l)混合酸, 常温下放置过夜, 然后按顺序分别在 120°C, 150°C和 200°C下消解 30m in, 再在 260—270°C下消解 60m in, 直到溶液变得清澈透明, 用去离子水将溶液稀释定容至 50m l待测. 利用电感耦合等离子体 质谱仪 ICPMS (PerkinElmer ELAN DRCII)测定各重金属含量. 质量控制包括: (1)每测定 12个样品用 4个国家标准样品测定进行质量控制; (2)样品平行控制, 对同一样品进行多次测定, 其平均差不得超过 3%; (3)所有样品消解至溶液完全清澈透明为消解标准.

本文采用主成分分析来对数据进行简化与分析, 并以此来识别重金属的可能污染源. 所有数据分析均在 SPSS 13.0软件包中进行.

## 2 重金属含量

在 67个样品中, 重金属 Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn, Be, Co, Zn和 U的平均含量及其范围分别为 1.05 (0.18—5.01), 55.12 (27.35—105.74), 101.0 (40.17—226.89), 44.66 (26.2—81.91), 57.79 (20.83—99.45), 929.37 (636.56—1309.38), 2.79 (1.71—11.56), 11.07 (7.75—25.46), 341.36 (116.72—846.15)和 2.09 (1.54—3.65)mg·kg<sup>-1</sup>. 除了 Co和 U, 其它 8种重金属元素的平均含量都比其背景值高, 其中 Cd的平均含量比它的背景值高近 10倍, 表明道路沙尘严重地受到这些重金属元素的污染.

各种重金属在不同功能区的含量不同 (表 1). Cd, Ni, Pb, Mn和 Be的最大含量出现在工业区, Ni的最小值也出现在工业区, Cd和 Pb的最小值出现在居住区, Mn和 Be的最小值则出现在商业区, 推测可能是由于工业区的工业生产过程, 尤其是冶金工业、钢铁工业等向环境中排放大量的 Cd, Ni, Pb, Mn和 Be等污染物造成. 在商业区, Cu和 Zn的含量最高, Cr, Cu, Pb和 Zn的平均含量也最高, 而 Pb和 Zn的最小平均值出现在居住区, 可能是由于商业区的车流量最高, 而汽车尾气和汽车零件磨损等是道路沙尘中 Cr, Cu, Zn和 Pb的主要污染源<sup>[1-4]</sup>, 使得商业区 Cu, Zn和 Pb的含量比别的功能区高. 在居住区, Co和 U的含量和平均含量都是最高的, 而它们的最小值和最小平均值都出现在商业区沙尘样品中, 且它们在工业区的含量也很低, 另外, 居住区 Ni, Mn, Be, Co和 U的平均含量最高, Ni的最小平均值出现在工业区, 而 Mn, Be, Co和 U的最小平均含量则出现在商业区, 这与以往研究<sup>[1-10]</sup>结论相一致: Co和 U受到交通污染源和工业污染源的影响比较小, 它们在道路沙尘中的主要污染源是自然源, Co还可能来源于煤的燃烧.

表 1 10种重金属在不同城市功能区道路沙尘中的含量 (mg·kg<sup>-1</sup>)

Table 1 Concentrations of 10 heavy metals in road dusts from different function zones in Urumqi city (mg·kg<sup>-1</sup>)

	商业区			工业区			居住区		
	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值	平均值	最小值	最大值
Cd	1.08	0.41	3.38	1.25	0.21	5.01	0.53	0.18	1.23
Cr	57.44	37.17	86.13	51.73	27.95	90.81	56.83	27.35	105.74
Cu	111.66	60.97	226.89	85.77	40.17	187.62	107.91	45.59	213.27
Ni	44.89	26.84	70.78	41.36	26.2	81.91	51.86	37.79	64.53
Pb	59.47	31.99	86.63	58.45	24.92	99.45	51.65	20.83	86.74
Mn	921.1	135.36	1284.7	926.61	636.56	1309.4	958.43	763.12	1226.3
Be	2.67	1.71	3.96	2.89	1.71	11.56	2.9	2.35	4.38
Co	10.63	7.75	15.26	10.67	7.84	16.44	13.23	9.41	25.46
Zn	407.23	223.99	846.15	288.37	145.12	604.34	286.94	116.72	451.76
U	1.93	1.54	2.44	2.15	1.56	2.73	2.37	1.86	3.65

## 3 主成分分析

对不同功能区道路沙尘样品中的 10种重金属进行主成分分析, 抽取特征值 > 1.0的主成分, 其结果如表 2所示. 在商业区道路沙尘中 10种重金属的全部信息可由 4个主成分反映 75%. 第一主成分的贡献率为 35.22%. 特点表现为因子变量在 Mn, Cr, Co, Ni, Be, Pb, Cu, Zn和 Cd的浓度上

有较高的正载荷, 这个主成分可看作是“严重的人为污染”, 包括汽车排放, 工业污染等人为污染源. 第二主成分的贡献率为 15.48%, 主要支配着 Cu和 Zn, 部分支配着 Cd, 其主要污染源来自交通污染源. 第三主成分的贡献率为 13.47%, Cd和 Be的浓度有较高的载荷, 其主要污染源可能来自工业与建筑物材料腐蚀等污染源. 第四主成分的贡献率为 10.98%, 主要支配着 Zn和 U, 其污染源应与自然源有关(表 3). 可见, Cu, Cd, Pb和 Zn在第一主成分和第二主成分都有较高的正载荷, 其中 Cd在第三主成分中也有较高的正载荷, 而且它们之间的相关性也很显著, 表明这 4种重金属在商业区的来源丰富, 且最主要的来源是交通污染源. 研究<sup>[1-19]</sup>表明 Cu, Cd, Pb和 Zn在道路沙尘中最主要的来源是交通污染源, 而工业污染源也向道路沙尘中排放这些污染物, 因此, 乌鲁木齐市商业区道路沙尘中 Cu, Cd, Pb和 Zn的来源复杂, 使得它们在各个主成分中都具有明显的正载荷.

在工业区道路沙尘中 10种重金属的全部信息可由 3个主成分反映 66.37% (表 2和表 3). 第一主成分可以解释全部特征的 35.31%, Ni, Mn, Be和 Co的浓度有较高的正载荷, 可看作是“严重的工业污染”, 同时也部分支配着 Pb, Cu和 Cr. 第二主成分的贡献率为 17.07%, 主要支配着 U, 部分支配着 Be和 Ni, 其受自然源的影响比较大. 第三主成分的贡献率为 13.99%, 主要支配着 Cu和 Zn, 也部分支配着 Cr, 其污染源主要是工业区的交通污染源. 由上述可看出在工业区, Ni, Mn, Be和 Co的浓度在第一主成分有较高的正载荷, 且占全部特征的 35%, 表明在工业区道路沙尘中 Ni, Mn, Be和 Co的含量比其它重金属元素高许多. 工业区的工业生产过程尤其是冶金工业、钢铁工业、汽车工业等排放大量的 Ni, Mn, Be, Cr和 Co等重金属污染物<sup>[1-6]</sup>, 如在市区北部的机械厂、新疆轴承厂、新疆煤矿机械厂和农机厂等会排放大量 Cu, Cr, Ni和 Co等, 而乌鲁木齐轮胎厂和新疆轮胎厂则会向道路沙尘中排放大量的 Cd和 Zn等污染物, 此外, 市区东部的苇湖梁火力发电厂、苇湖梁化工厂、造纸总厂和七纺厂等则向道路沙尘排放 Co, Ni, Mn, Pb和 Zn等污染物. 这些使得工业区的工业污染物对道路沙尘重金属污染比较突出, 也使它们在工业区道路沙尘中具有显著的相关性.

在居住区道路沙尘中 10种重金属的全部信息可由 3个主成分反映 85.07%, 第一主成分的贡献率为 46.93%, 在因子变量 Cr, Pb, Ni, Co, Be和 Cd的浓度上有较高的正载荷(表 2 表 3), 代表着生活来源, 建筑物材料腐蚀和交通来源. 第二主成分的贡献率为 25.62%, 主要支配着 Cu和 Zn, 其特征值较高, 代表交通来源. 第三主成分的贡献率为 12.52%, 主要支配着 Mn, 代表自然污染源. 居住区主要受到交通污染源、生活污染源、建筑物材料腐蚀和自然源的影响, 而几乎没有受到工业污染的影响. 生活污染源和建筑物材料腐蚀排放大量的 Cr, Pb, Ni, Co, Be和 Cd污染物, 造成这些重金属污染物居住区道路沙尘的污染较突出; 居住区的交通污染源排放足够的 Cu和 Zn进入道路沙尘, 使 Cu和 Zn的贡献率高达 25%.

表 2 主成分分析结果

Table 2 Some calculated results of principal component analysis (PCA) in this study

	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
商业区				
特征值	3.522	1.548	1.346	1.098
贡献率 /%	35.22	15.48	13.465	10.982
累计贡献率 /%	35.22	50.702	64.167	75.149
工业区				
特征值	3.531	1.707	1.399	
贡献率 /%	35.314	17.068	13.988	
累计贡献率 /%	35.314	52.381	66.37	
居住区				
特征值	4.693	2.562	1.252	
贡献率 /%	46.925	25.618	12.522	
累计贡献率 /%	46.925	72.543	85.065	

表 3 各个元素的因子载荷表

Table 3 Factor loadings of each heavy metal

金属	商业区				工业区			居住区		
	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第一主成分	第二主成分	第三主成分
Cd	0.329	0.496	0.684	-0.098	-0.405	-0.169	-0.394	0.728	0.371	-0.518
Cr	0.795	-0.300	-0.230	0.188	0.440	0.146	0.462	0.874	-0.110	0.098
Cu	0.459	0.652	-0.358	-0.044	0.454	-0.300	0.566	0.393	0.765	0.289
Ni	0.712	-0.152	-0.494	-0.001	0.814	0.395	-0.216	0.828	-0.330	0.256
Pb	0.517	-0.026	0.289	0.266	0.347	-0.705	-0.305	0.856	0.233	-0.083
Mn	0.824	-0.291	0.110	-0.076	0.919	-0.186	-0.057	0.596	0.032	0.732
Be	0.618	-0.151	0.503	-0.409	0.702	0.417	-0.255	0.745	-0.518	-0.298
Co	0.746	-0.131	-0.044	-0.048	0.877	0.040	-0.097	0.778	-0.284	-0.343
Zn	0.382	0.618	0.035	0.616	0.094	-0.360	0.631	0.485	0.837	0.030
U	-0.182	-0.507	0.319	0.652	-0.261	0.758	0.308	0.278	-0.784	0.273

由于城市不同功能区的主要活动不同,使重金属的主要污染源也不同,造成各个功能区的各个重金属对道路沙尘重金属污染的贡献率存在明显的差异.图1表示的是PC1、PC2和PC3各个重金属元素在三维散点图中的分布,PC1、PC2和PC3分别代表主成分分析中的第一主成分、第二主成分和第三主成分.这些散点图均在SPSS软件包中完成,其聚在一起的元素可能具有相同的来源<sup>[4,5]</sup>.由图1可看出在商业区,10种重金属元素可聚为三类,Cr、Ni、Pb、Mn、Be和Co为一类,代表主要污染源为工业污染源,Cu、Cd和Zn为一类,代表主要污染源为交通污染源,U则独立成为一类,代表主要污染源为自然来源.主要污染源为交通污染源的重金属元素Cd、Cu、Zn和Pb的贡献率较高,Ni、Mn和Co的来源因子也较高;在工业区,10种重金属明显聚成三类,其中Cd和U分别独立成为两类,代表不同污染源,其余8种重金属可视为一类,代表其主要污染源为工业污染源,但其中Cu、Zn和Cr与其余元素存在一定距离,表示Cu、Zn和Cr应还受到交通污染源的较大影响,总体上在工业区污染源为冶金工业的重金属元素Ni、Mn、Co和Be的贡献率最高;在居住区,10种重金属聚为三类,其中Cu和Zn为一类,代表主要污染源为交通污染源,Cd、Mn和U为一类,但其相互之间存在一定的分离,可能代表其主要污染源具有不同的自然源,其余重金属为一类,代表其主要污染源为建筑物材料腐蚀和生活污染源.

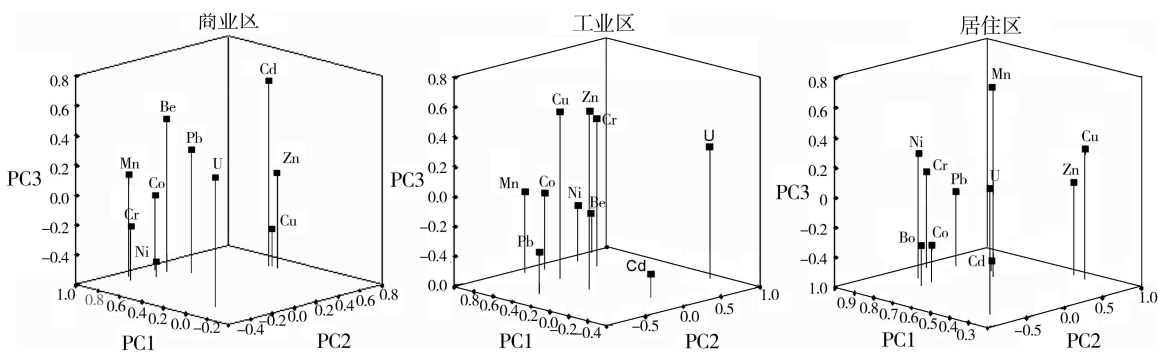


图 1 不同城市功能区 10 种重金属的三个主成分的三维散点图

Fig. 1 3-D plot of PCs (PC1 vs PC2 vs PC3) in different function zones

#### 4 重金属污染程度 (PI和 IP)

采用内梅罗指数法对道路沙尘重金属污染程度进行评价<sup>[19,20]</sup>.求出不同功能区,即商业区,工业区和居住区的各个重金属的污染分指数PI,然后计算各个功能区的所有重金属综合污染指数(IP).

道路沙尘重金属综合污染指数的计算公式为:

$$PI_j = \sqrt{\frac{1}{2} [(C_{ji}/C_{0i})^2_{\text{average}} + (C_{ji}/C_{0i})^2_{\text{max}}]} \quad (1)$$

式中,  $C_{ji}$  为第  $j$  功能区道路沙尘的第  $i$  种重金属实测平均含量,  $C_{0i}$  为第  $i$  种重金属评价标准含量, 两者之比即第  $j$  功能区第  $i$  种重金属的污染分指数 ( $PI_{ji}$ );  $PI_j$  为第  $j$  功能区道路沙尘重金属综合污染指数<sup>[16]</sup>. 鉴于道路沙尘重金属的高毒性和高风险健康危害性, 以及尚未建立道路沙尘环境质量标准的现状, 本文采用中国土壤环境质量标准 (GB15618-1995) 中的一级评价标准, 对于此标准中也未规定的重金属元素则用其土壤背景值作为评价标准.

依据式 (1) 计算获得不同功能区道路沙尘各个重金属的单项污染水平和综合污染水平 (表 4). 根据我国土壤环境监测技术规范 (HJ/T 166-2004) 规定的安全评价指标<sup>[20]</sup>:  $PI \leq 0.7$  为安全,  $0.7 < PI \leq 1$  为警戒线,  $1 < PI \leq 2$  为轻污染,  $2 < PI \leq 3$  为中污染,  $PI > 3$  为重污染 (中国环境监测总站等, 2004), 乌鲁木齐市商业区和工业区的道路沙尘重金属污染水平都达到重污染水平, 居住区的道路沙尘重金属污染水平也达到了中度污染水平 (表 4), 各功能区重金属污染综合指数 ( $PI$ ) 从大到小依次为工业区、商业区、居住区. 其中工业区的污染水平最高, 可能是由于工业区不仅有大量的工业污染源, 还有较大的交通污染源.

表 4 不同功能区各个重金属的单项污染指数 (PI) 和综合污染指数 (PI)

Table 4 The individual pollution index (PI) and integrated pollution (PI) in different function zones

金属	商业区 PI	工业区 PI	居住区 PI
Cd	5.4	6.25	2.65
Cr	0.64	0.57	0.63
Cu	3.19	2.45	3.08
Ni	1.12	1.03	1.3
Pb	1.7	1.67	1.48
Mn	1.34	1.35	1.39
Be	1.62	1.75	1.75
Co	0.69	0.67	0.83
Zn	4.07	2.88	2.87
U	0.7	0.77	0.85
PI	4.08	4.63	2.48

各个重金属元素在不同功能区的道路沙尘中的单项污染水平 (PI) 也显现出很大的区别. 由表 4 可看出, Cr, Cu, Pb 和 Zn 在商业区的污染水平最高, 可能与商业区的交通流量大有关, 与其它研究认为的 Cr, Cu, Pb 和 Zn 的主要污染源是交通污染源的结论<sup>[1-19]</sup> 一致. 但 Pb 的最高污染水平并未达到重污染水平. Cd 和 Be 在工业区道路沙尘中的污染水平最高, 这与前面的重金属含量和主成分分析的结果一致. 道路沙尘中这些重金属的主要污染源是工业污染源, 因此它们在工业区的污染水平相应最高. Ni, Co 和 U 在居住区道路沙尘中的污染水平最高, 因居住区燃煤的煤灰和其它生活污染源可能含丰富的 Co 和 Ni, 而 U 的主要污染源为自然源; 此外, Cr 的污染指数较低, 和其在商业区的污染指数接近, 因为生活污染源和建筑物材料腐蚀是 Cr 的一个主要来源. Mn 的平均含量比其背景值高出很多, 但是 Mn 在 3 个不同功能区道路沙尘中的污染水平几乎相同, 可能原因是 Mn 在乌鲁木齐市道路沙尘中最主要的来源是自然源. 另外, 交通污染源、工业污染源和生活污染源都有可能排放一定量的 Mn 进入道路沙尘中, 使其平均含量高于其背景值.

## 5 结论

(1) 不同功能区的各个重金属对道路沙尘污染的贡献率存在显著的差异. 在商业区, Cd, Cr, Ni, Pd, Cu, Mn 和 Co 的贡献率较高; 在工业区, Ni, Mn, Co 和 Be 的贡献率较高; 而在居住区 Cd, Cr, Ni, Pb, Be 和 Co 的贡献率较高.

(2) Cd、Ni、Pb、Mn和Be的最大含量出现在工业区,其污染源主要为工业污染源;在商业区,Cu和Zn的含量最高,其污染源主要为交通污染源;而Co和U的最大含量和最大平均含量都出现在居住区,其污染源主要为自然源。

(3) 在不同功能区道路沙尘中,重金属的综合污染指数由高到低依次为工业区、商业区和居住区,且商业区和工业区的道路沙尘重金属污染都达到了重污染水平,因为商业区和工业区会同时受到交通污染源和工业污染源的影响,居住区的道路沙尘重金属污染也达到了中度污染水平,其很少受到工业污染源的影响,主要受生活污染源影响。

(4) 在不同功能区道路沙尘各个重金属的单项污染指数中,Cr、Cu、Pb和Zn在商业区道路沙尘中的污染水平最高,因其受到交通污染源影响最大,同时还受工业污染源影响;Cd和Be在工业区道路沙尘中的污染水平最高,其主要受工业污染源影响;而Ni、Co和U在居住区道路沙尘中的污染水平最高,表明其主要受生活污染源影响。

(5) Pb的最高污染水平只达到轻度污染水平;而Mn在三个不同功能区道路沙尘中的污染水平几乎相同,其具体原因需进一步考证。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] Harrison R M, Toxic Metals in Street and Household Dusts [ J ]. *Science of the Total Environment*, 1979, **224**: 215—219
- [ 2 ] Akhter M S, Madany I S. Heavy Metals in Street and House Dust in Bahrain [ J ]. *Water, Air, and Soil Pollution*, 1993, **66**: 111—119
- [ 3 ] Sezgin N, Ozcan H K, Demir G et al., Determination of Heavy Metal Concentrations in Street Dusts in Istanbul E-5 Highway [ J ]. *Environment International*, 2003, **29**: 979—985
- [ 4 ] Al-Khashan O A, Heavy Metal Distribution in Street Dust and Soils from the Work Place in Karak Industrial Estate, Jordan [ J ]. *Atmospheric Environment*, 2004, **38**: 6803—6812
- [ 5 ] 朱伟, 边博十, 阮爱东, 镇江城市道路沉积物中重金属污染的来源分析 [ J ]. *环境科学*, 2007, **28** ( 7 ) : 1584—1589
- [ 6 ] Han Y M, Du P X, Cao J J et al., Multivariate Analysis of Heavy Metal Contamination in Urban Dusts of Xi'an, Central China [ J ]. *Science of the Total Environment*, 2006, **355**: 176—186
- [ 7 ] Wang J D, Ren H M, Zhang X L, Distribution Patterns of Lead in Urban Soil and Dust in Shenyang City, Northeast China [ J ]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2006, **28**: 53—59
- [ 8 ] Han L H, Zhuang G S, Cheng S Y et al., Characteristics of Re-suspended Road Dust and Its Impact on the Atmospheric Environment in Beijing [ J ]. *Atmospheric Environment*, 2007, **41**: 7485—7499
- [ 9 ] 黄忠臣, 王崇臣, 王鹏等, 北京地区部分公路两侧土壤中铅和镉的污染现状与评价 [ J ]. *环境化学*, 2008, **27** ( 2 ) : 267—268
- [ 10 ] Duğoren-Aydın N S, Wong C S C, Aydın A et al., Heavy Metal Contamination and Distribution in Urban Environment of Guangzhou SE China [ J ]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2006, **28**: 375—391
- [ 11 ] Li X D, Poon C S, Liu P S. Heavy Metal Contamination of Urban Soils and Street Dusts in Hong Kong [ J ]. *Applied Geochemistry*, 2001, **16**: 1361—1368
- [ 12 ] 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 [ J ]. *环境科学*, 2006, **27** ( 3 ) : 519—523
- [ 13 ] 林啸, 刘敏, 侯立军等, 上海城市土壤和地表灰尘重金属污染现状及评价 [ J ]. *中国环境科学*, 2007, **27** ( 5 ) : 613—618
- [ 14 ] 周立晏, 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
- [ 15 ] Chen C H, Huang C, Jing Q G et al., On-Road Emission Characteristics of Heavy-duty Diesel Vehicles in Shanghai [ J ]. *Atmospheric Environment*, 2007, **41**: 5334—5344
- [ 16 ] 马建华, 李剑, 宋博, 郑汴路不同运营路段路旁土壤重金属分布及污染分析 [ J ]. *环境科学学报*, 2007, **27** ( 10 ) : 1734—1743
- [ 17 ] Xue S W, Yang Y Q, Some Characteristics of the Distribution of Heavy Metals in Urban Topsoil of Xuzhou, China [ J ]. *Environmental Geochemistry and Health*, 2007, **29**: 11—19
- [ 18 ] 陆安祥, 王纪华, 潘瑜春等, 小尺度农田土壤中重金属的统计分析与空间分布研究 [ J ]. *环境科学*, 2007, **28** ( 7 ) : 1578—1583
- [ 19 ] 邵学新, 黄标, 赵永存等, 长江三角洲典型地区土壤中重金属的污染评价 [ J ]. *环境化学*, 2008, **27** ( 2 ) : 218—221
- [ 20 ] 中国环境监测总站, 南京市环境监测中心站, HJ/T 16-2004土壤环境监测技术规范 [ S ]. 北京: 中国标准出版社, 2004

# GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS AND ASSESSMENT OF HEAVY METAL POLLUTION IN ROAD DUSTS IN DIFFERENT FUNCTION ZONES OF URUMQI CITY

WEI Bing-gan<sup>1, 3</sup>    JIANG Feng-qing<sup>1, 2</sup>    LI Xue-mei<sup>1, 3</sup>    MU Shu-yong<sup>1</sup>

(1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2 Key Laboratory of Oasis Ecology and Desert Environment, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China;

3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

## ABSTRACT

Road dust samples were collected at 67 locations in different function zones of Urumqi city (commercial areas, industrial areas, residential areas) during August 2007. The concentrations of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn, Be, Co, Zn and U in 67 road dust samples were determined by ICP-MS instrument. The results showed that the mean concentration of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Mn, Be, Co, Zn and U were 1.05, 55.12, 101.0, 44.66, 57.79, 929.37, 2.79, 341.36 and 2.09 mg·kg<sup>-1</sup>, respectively. Except that of Co and U, the mean concentrations of the other eight metals were higher than their background values. The integrated pollution indices (IPI) of heavy metals were in the descending order of industrial area (4.63), commercial area (4.08), and residential area (2.48). In different function zones, the largest pollution indices of Cr, Cu, Pb and Zn were found in commercial area, indicating that these metals are mainly from traffic emission; the largest pollution indices of Cd and Be were found in industrial area, indicating that these metals are mainly from industrial sources; and the largest pollution indexes of Ni, Co and U were found in residential area, indicating that these metals are mainly from domestic pollution sources; while the pollution index of Mn vary little in different function zones, indicating a natural sources of the metal.

**Keywords** road dust; heavy metal; principal component analysis; pollution index; Urumqi