

乌鲁木齐城市道路地面径流中重金属的污染特征分析

Analysis on Heavy Metal Pollution Characteristic
of Urban Road Surface Runoff in Urumqi

王文全,朱新萍,郑春霞,陈 思

(新疆农业大学草业与环境科学学院 乌鲁木齐 830052)

摘要 采用原子吸收光谱法,对乌鲁木齐市城区3个采样点的两次降雨过程中采集的路面径流进行了重金属Zn、Pb、Cd、Cu和Ni的含量分析。结果表明,道路径流中Zn、Pb、Cd污染较严重,但随着时间的推移,它们在雨水径流中的含量逐渐减少,符合“浓度初期冲刷”规律。

关键词 城市道路 重金属 地面径流 乌鲁木齐

Abstract Atomic absorption spectrometry is used to analyze content of heavy metals such as Zn, Pb, Cd, Cu and Ni in road surface runoff from 3 sampling points in urban area of Urumqi city during two rainfalls. The results indicate that pollution of Zn, Pb and Cd in road surface runoff is serious, and the contents of such heavy metals in rain runoff decline after an elapse of time, which conforms to the rule of “first flush”.

Key words Urban Road Heavy Metal Surface Runoff Urumqi City

城市交通的发展及车流量的增加是社会进步的标志,但汽车的增加对城市的生态环境造成了严重的污染^[1,2]。汽车尾气大量排放严重影响空气质量,燃油的燃烧、机油的遗漏、轮胎的磨损及金属车身和部件的剥落会产生大量的Pb、Cd、Zn等重金属污染物,这些污染物会沉降在道路表面,并经初期雨水冲刷后,随水流排入河流或渗入到地下水源中,进而造成城市水源的严重污染^[3]。

因此,研究城市道路地面径流中重金属的污染具有重要的环保意义。本文对乌鲁木齐市城区3个采样点的两次降雨过程中采集的路面径流进行了重金属含量分析。

1 样品的采集与分析

1.1 水样的采集

采样点的特征描述见表1。

表1 采样点特征描述

采样点	地点	汇水面积 /m ²	路面材料	不透水面 积比例/%	单行 道数	单向平均 日交通量	周围状况
I	西环中上路高架桥	300	沥青	100	3	10000/辆·d ⁻¹ 以上*	无其它污染
II	汽运司公交汽车站	200	沥青	100	2	约10000/辆·d ⁻¹	临近公交站台
III	新疆农大7*宿舍楼	50	沥青+水泥	100	1	约20/辆·d ⁻¹	宿舍楼门口有一ATM取款机,路两侧1~2 m均有绿地

*:单向平均日交通量由实地统计获得

收稿日期:2010-07-11

基金项目:新疆维吾尔自治区高校科研计划重点基金项目(XJEDU 2009117)资助;教育部“春晖”计划基金项目(Z2005-2-83016)资助;新疆维吾尔自治区土壤学重点学科项目资助。

作者简介:王文全(1968-),女,副教授。研究方向:环境污染控制与修复。

分别于 2009 年 4 月 8 日和 2009 年 4 月 16 日采集雨水。采样时间为 0、15、30、45 min(雨水径流汇集至雨水口的时刻记为 0 min),采集体积为 550 mL。将采集回的水样中加入 5 mL 硝酸,充分摇匀后放入冰箱保存。

1.2 水样的消解

将样品充分摇匀,分别取出 50 mL 样品至 100 mL 高型烧瓶中,加入 5 mL 硝酸后在电热板上加热浓缩至 10 mL 左右,取出放至常温后再加入 4 mL 硝酸及 10 mL 高氯酸,继续加热浓缩至 10 mL 后,用无离子水淋湿高型烧瓶壁,继续加热,至溶液无色透明后取出

定容至 50 mL 容量瓶中。硝酸、高氯酸均为优级纯。

1.3 样品分析

利用 TAS-990 原子吸收仪(北京普析通用仪器有限公司)火焰原子化装置测定样品中重金属 Zn、Cu 的含量;用 TAS-990 原子吸收仪的石墨炉装置测定样品中 Pb、Cd、Ni 的含量。

2 结果与分析

2.1 雨水径流中重金属的含量分析

两次降雨 3 个采样点雨水径流中重金属含量见表 2。

表 2 两次降雨 3 个采样点雨水径流中重金属含量 mg·L⁻¹

采样点	t/min	2009.4.8 降雨					2009.4.16 降雨				
		Zn	Pb	Cd	Cu	Ni	Zn	Pb	Cd	Cu	Ni
I	0	3.5760	0.1200	0.0170	0.4573	0.0630	3.8500	0.7637	0.0470	0.5519	0.0570
	15	1.1640	0.1000	0.0150	0.2531	0.0260	1.2120	0.4159	0.0330	0.2637	0.0330
	30	0.6102	0.0971	0.0120	0.1321	0.0190	0.5970	0.1017	0.0124	0.1128	0.0112
	45	0.4510	0.0600	0.0090	0.0771	0.0090	0.4231	0.0546	0.0088	0.0955	0.0090
II	0	5.2230	0.4563	0.0178	0.8537	0.0600	5.7307	0.6531	0.0151	0.8976	0.0500
	15	3.3270	0.3205	0.0152	0.5337	0.0408	3.3380	0.5114	0.0082	0.5462	0.0301
	30	2.3180	0.1328	0.0138	0.3108	0.0180	2.6300	0.3301	0.0058	0.3108	0.0088
	45	1.1330	0.0821	0.0058	0.0652	0.0072	1.5708	0.1556	0.0026	0.0652	0.0063
III	0	1.5360	0.1365	0.0017	0.3021	0.0033	1.6780	0.1689	0.0026	0.3112	0.0300
	15	1.1110	0.0660	0.0010	0.2766	0.0018	1.2090	0.1151	0.0021	0.2533	0.0022
	30	0.8536	0.0512	0.0008	0.1303	0.0010	0.8879	0.0856	0.0011	0.1278	0.0016
	45	0.3370	0.0356	0.0004	0.0781	0.0006	0.4016	0.0360	0.0007	0.0801	0.0009

从表 1 和表 2 可以看出,采样点 I 与采样点 II 单向平均日交通量大致相同,但采样点 I 雨水径流中各种重金属的含量均较采样点 II 低,这与采样点 I 径流雨水的汇水面是全封闭道路有关,并且汇水面为单向车道的一侧,道路相对干净。采样点 II 降雨径流中重金属的含量都很高,由于此处是公交车站,并且前方 50 m 处有学校,车辆往往都是低速行驶,燃油燃烧不充分,机油的遗漏、轮胎的磨损及金属车身和部件的剥落易造成路面重金属的污染。此外,该采样点的雨水口周围排水不畅,常有少量淤积泥土,可能会积累多次降雨径流中的污染物,这也是该采样点径流中重金属含量高的一个重要原因。采样点 III 地处农大校园内,该路段清洁程度较高,污染物相对较少,

附近车流量较小,加上该雨水口周围较平整,径流容易进入雨水口,不容易形成上次雨水径流滞留而造成的污染物囤积。

2.2 雨水径流中重金属含量随时间变化规律分析

3 个采样点汇水面径流雨水中重金属污染符合雨水径流过程中的“浓度初期冲刷”规律,即在径流的初始阶段,重金属浓度达到最大值,随着降雨和径流的延续,重金属浓度持续下降^[4]。

对照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)^[5],3 个采样点中,Zn、Pb 和 Cd 污染较重。在 2009 年 4 月 8 日的降雨中,采样点 I 和 II 初期雨水径流中 Zn、Pb 和 Cd 含量均超过 V 类地表水标准,达到劣 V 类;Cu 含量达到 II 类地表水标准,见表 3。

表 3 地表水环境质量标准基本项目标准限值(GB3838-2002)

mg·L⁻¹

序号	项目	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
10	Cu≤	0.01	1.0	1.0	1.0	1.0
11	Zn≤	0.05	1.0	1.0	2.0	2.0
16	Cd≤	0.001	0.005	0.005	0.005	0.01
18	Pb≤	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1

以污染最严重的采样点Ⅱ为例。经过 30 min 的雨水冲刷,Zn 含量由 5.2230 mg/L 降为 2.3180 mg/L,下降了 55.6%,略超过 V 类标准,而 Pb 和 Cd 含量与采样初期相比,分别下降 70.9% 和 22.5%,均超过 V 类地表水标准;经过 45 min 的雨水冲刷,Zn 含量下降了 78.3%,达到Ⅳ类水标准,Pb 和 Cd 含量分别下降 82.0% 和 67.4%,依然达到 V 类水标准,但含量大大降低了。

综上所述,在采样初期(0 min),采样点 I (西

环中大路高架桥)和采样点Ⅱ(汽运司公交汽车站),交通流量大,水质基本属于 V 类和劣 V 类;采样点Ⅲ(农大校园内)水质基本属于Ⅳ类和 V 类。45 min 之后,这些重金属污染物经过径流的冲刷而使其浓度逐渐降低,采样点 I 和Ⅱ水质趋于Ⅳ类和 V 类;采样点Ⅲ水质趋于Ⅱ类和Ⅲ类。

2.3 路面径流中重金属的相关性分析

对路面径流中重金属进行相关性分析结果见

表 4。

表 4 重金属之间的相关系数

重金属	2009.4.8 降雨				2009.4.16 降雨			
	Pb	Cd	Cu	Ni	Pb	Cd	Cu	Ni
Zn	0.88	0.69	0.96	0.88	0.88	0.39	0.96	0.78
Pb		0.62	0.92	0.72		0.74	0.87	0.91
Cd			0.63	0.87			0.41	0.77
Cu				0.82				0.83

从表 4 可以看出,除了第二场降雨中 Zn - Cd, Cu - Cd 以外,路面径流中的几种重金属彼此的相关系数都很高,特别是 Cu、Zn 和 Pb 3 种元素,相关系数范围在 0.62 ~ 0.96 之间,说明这些重金属具有同源性。这与现代车辆制造业中频繁使用的合金金属有很大的关系。例如,黄铜就是由 Cu、Zn 和 Pb 几种金属冶炼而成^[6]。

3 讨论

3 个采样点中雨水径流中重金属污染物符合“浓度初期冲刷”规律。城市道路雨水径流中重金属污染物主要来源于轮胎摩擦、燃料释放、尾气排放、公路沥青等各方面,尤其是在交通密集的地带(如采样点 I 和采样点Ⅱ),降雨径流中 Pb、Cd 和 Zn 的污染更严重。汽车轮胎中通常含有二乙基锌盐或二甲基锌盐等抗氧化剂,润滑油中通常含有二硫代磷酸锌盐等抗氧化剂及分散剂,Cd 盐主要作为含锌添加剂的杂质存在于汽车轮胎和润滑油

中。因此,汽车轮胎磨损及润滑油燃烧是公路 Zn 和 Cd 污染的主要来源。此外,防腐镀锌汽车板的广泛使用所产生的大量含 Zn 粉尘,也是公路 Zn 污染的来源之一。刹车里衬的磨损不仅造成公路 Cd 和 Pb 污染而且会导致 Cu 污染^[7]。这些重金属都将随冲刷道路的初期雨水形成路面径流污染物,尤其是一些有毒重金属流入到河流,并渗透到地下水源后,对水体水质的影响很大,导致水体的物理、化学性质和微生物特性发生变化,对水生生态系统产生严重的影响。

大气中的重金属也是城市道路雨水径流中重金属污染的来源之一。乌鲁木齐市每年的采暖期长达半年(每年的 10 月 15 日至次年的 4 月 15 日),大气污染物是典型的燃煤烟雾,采暖期 PM₁₀ 污染严重,PM₁₀ 中的重金属 Pb、Cu、Cd 浓度在采暖期均高于非采暖期^[8]。本实验的两次采样时间均处于采暖期内(4 月 16 日由于气温偏低部分地区

(下转第 69 页)

研究结果^[8]。目前,松花江水体中的汞主要来自第二松花江中游的汞沉积物所形成的次生污染源。由于第二松花江哨口以下江段人类挖沙活动规模较大,使沉积物中的汞受到扰动而重新释放到水中,进入水中的汞经食物链而进入鱼体。江水中汞含量越高,鱼类体内所富集的汞浓度越大,江水中汞含量的差异导致鱼体内含汞量的差异。上游沉积物向水中释放的汞,随水流迁移进入松花江干流,因而肇源、哈尔滨、依兰、佳木斯和同江江段鱼中总汞含量也保持在相对较高的水平,但波动幅度不大。

参考文献

[1] 张觉民.黑龙江水系渔业资源[M].哈尔滨:黑龙江人民出版社

社,1986:140-162.

- [2] 张心余.松花江汞与甲基汞污染变迁[J].黑龙江水利科技, 2004, (2): 102-105.
- [3] 翟平阳.中国松花江甲基汞的生态污染防治二十年[J].北方环境, 2004, 29(02): 33-35.
- [4] 刘永懋,翟平阳.总汞和甲基汞的环境背景值调查研究[J].水电站设计, 1998, 14(04): 48-55.
- [5] 于常荣,王 炜,梁冬梅,等.松花江水体总汞与甲基汞污染特征的研究[J].长春地质学院学报, 1994, 24(01): 102-109.
- [6] 李宏伟,阎百兴,徐治国,等.松花江水中总汞的时空分布研究[J].环境科学学报, 2006, 26(05): 840-845.
- [7] 孙晓静,王起超,邵志国.第二松花江中下游沉积物汞的时空变化规律[J].环境科学, 2007, 28(05): 1062-1066.
- [8] 张磊一,王起超,邵志国.第二松花江鱼及蚌汞含量现状及演变规律[J].生态环境, 2005, 14(2): 190-191.

(上接第 23 页)

仍在供暖),而降雨可冲刷空气中的部分 PM_{10} 颗粒^[9],其中的重金属也将随雨水形成路面径流污染物,因此初期雨水径流中重金属污染较严重。

目前对公路径流污染控制和治理一般采取拦截并处理初期径流的方法^[10]。如果拦截 30 min 的径流初期流量,那么根据本研究的结果,就可以基本上去除整个事件中所排放的 20%~60% 的重金属;如果拦截 45 min 的径流初期流量,则可以去除 60%~80% 的重金属。

4 结论

本文对乌鲁木齐市城区 3 个采样点的两次降雨过程中采集的路面径流进行了重金属含量分析。

(1)道路径流中的 Zn、Pb、Cd 污染较严重,但随着时间的推移,它们在雨水径流中的含量逐渐减少,符合“浓度初期冲刷”规律。

(2)对照《地表水环境质量标准》(GB3838-2002),在采样初期(0 min),采样点 I(西环中大路高架桥)和采样点 II(汽运司公交汽车站)水质基本属于 V 类和劣 V 类;采样点 III(农大校园内)水质基本属于 IV 类和 V 类。45 min 之后,这些重金属污染物经过径流的冲刷而使其浓度逐渐降低,采样点 I 和 II 水质趋于 IV 类和 V 类;采样点 III 水质趋于 II 类

和 III 类。

参考文献

- [1] 余爱华.公路路面径流污染及防治措施的研究进展[J].中外公路, 2008, 28(04): 91-94.
- [2] 赵金辉,王艳霞.高速公路降雨径流污染控制措施研究进展[J].环境科学与技术, 2007, 30(8): 203-106.
- [3] 徐西奎,崔素萍,汪 澜.城市道路重金属污染及其防治技术[J].微量元素与健康研究, 2007, 24(06): 61-63.
- [4] 李海燕,胡 磊,王崇臣.道路雨水径流重金属含量测定[J].环境化学, 2009, 28(01): 145-146.
- [5] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002 地表水环境质量标准[S].北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [6] 甘华阳,卓慕宁,李定强,等.公路路面径流重金属污染特征[J].城市环境与城市生态, 2007, 20(3): 34-37.
- [7] 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.
- [8] 孙龙仁,郑春霞,王文全,等.乌鲁木齐市大气 PM_{10} 中重金属元素的浓度和富集特征[J].新疆农业科学, 2009, 46(3): 582-588.
- [9] 董继元,王式功,尚可政.降水对中国部分城市空气质量的影响分析[J].干旱区资源与环境, 2009, 23(12): 43-48.
- [10] 聂发辉,李 田,王 朔.上海市公路雨水径流中重金属的形态及分布特征[J].湖南大学学报:自然科学版, 2009, 36(3): 76-80.