

百年一遇大旱后城市雨水及降雨径流重金属污染调查*

莫文锐^{1,2} 田森林^{1**} 黄建洪^{1,2} 杨宗慧³

(1. 昆明理工大学环境科学与工程学院, 昆明, 650093; 2. 环境保护部华南环境科学研究所, 广州, 510655;
3. 云南省环境科学研究院, 昆明, 650034)

从2009年入秋至2010年春,我国西南地区发生了百年一遇的秋冬春连旱的严重干旱^[1]. 目前国内外鲜见长时间干旱等异常气候气象条件的雨水和降雨径流污染研究,在昆明,相关研究尚属空白. 本文以昆明城区典型集水区雨水、路面与屋面径流为研究对象,调查了百年一遇大旱后的昆明城区雨水和降雨径流重金属污染状况,以为长期干旱之后的城市降雨径流重金属污染调控与治理提供科学依据.

1 采样与分析

2010年3月27、28日以及4月22日对昆明百年一遇大旱后的前3次城市降雨径流进行了采样. 监测点分为路面与屋面监测点,路面监测点位于昆明市主干道学府路(混凝土路面)旁的一个雨水口(汇水面积为511.54 m²),屋面监测点位于学府路旁的一幢6层平顶建筑混凝土屋面(汇水面积为185.5 m²). 学府路集水区是滇池北岸昆明主城区的一部分,属典型城市混合功能区,人口密度较大,交通繁华,主要有混杂的商住用地,故具有一定代表性.

为测路面径流全程重金属浓度变化,采样频率定为产流后30 min内,据降雨强度大小,隔(5—20) min采1个样;产流后(30—60) min内,隔(15—30) min采1个样;60 min后,隔(30—60) min采1个样. 同步采集雨水及屋面径流水样. 前后3次降雨的降雨量分别为9.2 mm、11.6 mm、6.17 mm,平均雨强分别为4.77 mm·h⁻¹、8.29 mm·h⁻¹、4.64 mm·h⁻¹.

按标准方法浓缩、消解水样^[2],用SOLAAR M₆型原子吸收光谱仪测其中Cu、Zn、Cd、Pb、Fe、Mn和Cr含量.

2 雨水重金属污染分析

以降雨全程雨水中污染物浓度作为一次降雨雨水平均浓度,各场雨水中各污染物平均浓度列在表1中.

表1 3场降雨重金属的平均含量(mg·L⁻¹)

降雨场次	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Cr
2010-3-27	ND	0.3648	0.0018	0.0312	0.4518	0.0216	0.1010
2010-3-28	ND	0.2718	0.0008	ND	0.5428	0.0198	0.1106
2010-4-22	ND	0.3134	0.0020	ND	0.1440	0.0008	0.0810

注:ND为未检出(下同).

将雨水样品重金属含量(表1)对照《污水综合排放标准》(GB8978—1996),可知重金属均达一级排放标准和第一类污染物最高允许排放浓度标准. 对照《地表水环境质量标准》(GB3838—2002),可知3场雨水中Zn以及首场雨水中Cd与Pb均达Ⅲ类标准,第二场雨水中Cd更达Ⅰ类,而后两场降雨中Pb均未检出,可见大旱后首场雨水重金属污染较后两场雨水严重,3场雨水主要污染重金属为Zn.

3 降雨径流污染分析

3次降雨径流中重金属浓度总体上随降雨时间表现出不同程度的曲折下降趋势(表2). 总体上大旱后的首场降雨形成的地表径流重金属污染最严重,次日最轻. 因仅以学府路部分路段为对象,路面材料、用地类型、交通量、大气沉降和路面清扫方式等径流水质影响因素较稳定,故该现象体现了两次降雨间隔时间(晴天污染物累积天数)的长短对城市降雨径流重金属污染的重大影响. 总体而言,路面污染显著高于屋面污染.

屋面径流中的重金属均达一级排放标准和第一类污染物最高允许排放浓度标准;路面径流中的Cd与Pb都达第一类污染物排放标准,Cu达到二级排放标准,Zn只达到三级,其它的偶有超标. 除首次屋面径流中的Pb劣于地表水Ⅴ类标准和Cd只达到地表水Ⅴ类外,屋面径流中的重金属含量均达Ⅲ类;路面径流中的Cu达Ⅲ类,而Cd、首次和第三次径

2011年5月5日收稿.

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07102-003-4)资助.

** 通讯联系人, E-mail: tiansenlin@yahoo.com.cn

流中的 Zn 和 Pb 甚至还明显超过 V 类。可见屋面径流重金属污染较路面的轻得多,屋面与路面径流皆主要受 Cd 与 Pb 等毒性大的重金属污染,故为避免污染受纳水体,城市降雨径流尤其是初期径流应经处理后才能外排。

表 2 屋面与路面径流重金属含量随降雨径流历时的变化($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

径流类型	日期	历时/min	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Cr
屋面径流	3-27	0	0.0644	0.7558	0.0070	0.1342	3.4982	0.4256	0.2396
		20	0.0468	0.4125	0.0063	0.0116	1.2148	0.1603	0.0886
		50	0.0651	0.6374	0.0036	ND	2.2543	0.2081	0.1115
		110	0.0596	0.4892	0.0053	0.1418	3.3972	0.1676	0.1831
路面径流	3-27	0	2.2909	3.7982	0.0693	ND	82.014	8.0282	2.0074
		10	1.0132	2.2938	0.0677	ND	48.524	6.4265	1.5902
		20	0.2910	4.8393	0.0836	1.2319	39.637	3.3851	1.2628
		35	0.0143	7.5524	0.0846	ND	121.62	10.611	3.6282
		50	ND	4.8154	0.1233	ND	39.564	2.7395	1.1679
		80	0.4296	4.3307	0.1063	ND	105.02	8.8237	2.6091
		110	ND	1.0520	0.0348	0.7143	30.339	2.1181	0.8178
		0	ND	1.5532	0.0338	ND	21.393	1.2658	1.2628
路面径流	3-28	10	ND	3.4768	0.0281	ND	13.134	0.8855	0.7496
		20	ND	0.9446	0.0183	ND	19.843	0.9923	0.8341
		50	ND	0.8801	0.0373	ND	31.689	1.1035	1.0724
		80	ND	1.5092	0.0089	ND	9.7510	0.4709	0.4289
路面径流	4-22	0	0.6261	4.7150	0.0604	0.4761	42.833	1.9139	1.3845
		10	0.5080	5.3948	0.0497	0.4007	40.743	2.0745	1.1735
		20	0.1806	0.7170	0.0139	0.1266	8.3870	0.5995	0.2625
		35	1.3537	3.9951	0.0857	1.2353	34.204	4.7568	1.1340
		50	1.6926	4.3813	0.0945	1.3687	40.081	4.7810	1.1525
		75	0.6743	1.4057	0.0364	0.5349	13.037	1.6925	0.4450

4 大旱后与正常气候下昆明城区雨水与降雨径流污染状况比较

昆明于 6 月下旬开始进入雨季,降雨逐渐增多,气候逐渐恢复正常。于 8 月对正常气候下的相同监测点的 3 场雨水及降雨径流进行了监测。经比较(表 3),大旱后的前 3 场雨水与降雨径流重金属污染均比正常气候下的严重,其中路面径流的最严重(差异达 5 到 10 倍不等),其次是屋面(相差 2 倍左右),雨水的差异最小(不到 2 倍)。

表 3 大旱后与正常气候下昆明城区雨水与降雨径流重金属含量比较($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

对象	气候	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe	Mn	Cr
雨水	正常	ND	0.202—0.295	ND—0.001	ND—0.029	0.083—0.317	0.001—0.020	0.052—0.089
	旱后	ND	0.272—0.365	0.001—0.002	ND—0.031	0.144—0.543	0.001—0.022	0.081—0.111
屋面径流	正常	ND—0.043	0.270—0.378	0.003—0.005	0.011—0.067	1.649—1.749	0.077—0.152	0.082—0.117
	旱后	ND—0.065	0.257—0.647	0.004—0.007	0.027—0.134	1.653—3.426	0.073—0.279	0.080—0.222
路面径流	正常	ND—0.022	0.148—0.259	0.007—0.011	0.158—0.195	4.041—4.741	0.394—0.637	0.131—0.162
	旱后	ND—0.877	1.534—4.641	0.031—0.084	ND—0.716	20.07—71.78	1.005—6.953	1.068—1.879

注:表中数据范围皆为 3 场降雨全程混合水样中重金属含量范围,即 3 次全程重金属平均含量范围。

5 结论

百年一遇大旱后,昆明首场雨水重金属污染较后两场严重,主要污染重金属为 Zn。屋面径流重金属污染较路面的轻得多,屋面与路面径流主要受 Cd 与 Pb 等毒性大的重金属污染。重金属浓度总体上随降雨时间表现出不同程度曲折下降趋势。两次降雨间隔时间对径流重金属污染有重大影响。旱后雨水与径流重金属污染较正常气候下的严重。

参 考 文 献

- [1] 王小军. 应对西南旱灾的思考[J]. 中国水利, 2010, (7): 11-13
 [2] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法(第四版)[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2002