

徐州市生活垃圾填埋场地下水典型金属污染物研究

王敏,曹恩伟,朱歆莹,刘莉,刘浩
(徐州环境监测中心站,江苏 徐州 221018)

摘 要:在对徐州地区生活垃圾填埋场调查分析的基础上,根据填埋特征和地质状况选取 4 座典型填埋场为调查对象,采用 ICP-MS 对垃圾渗滤液及地下水中 26 种重金属进行监测分析。结果表明,在 4 个垃圾填埋场地下水及渗滤液中 $\rho(\text{Sr})$ 均相对较高 ($>700\text{ }\mu\text{g/L}$);地下水中金属元素均正在以 Ca,Mg 为主向 Na,Mg 为主转化;地下水中 Al,B 质量浓度大小顺序为 Y 场(雁群) $>$ S 场(睢宁) $>$ C 场(翠屏山) $>$ P 场(邳州);4 个垃圾填埋场共同典型重金属污染物为 Mn,Fe,Zn,Ba;除上述污染物外,Y 场地下水潜在典型重金属污染物为 Pb 和 Mo;S 场为 Mo 和 As;C 场为 Tl 和 Co;P 场为 As。

关键词: 垃圾填埋场;地下水;ICP-MS;典型金属污染物;徐州

中图分类号:X523 文献标志码:B 文章编号:1674-6732(2016)01-0051-05

Research on Typical Metal Pollutants in Groundwater near Municipal Solid Waste Landfills in Xuzhou

WANG Min,CAO En-wei,ZHU Xin-ying,LIU Li,LIU Hao
(Xuzhou Environmental Monitoring Central Station,Xuzhou,Jiangsu 221018,China)

Abstract:Based on investigation and analysis of municipal solid waste landfills in Xuzhou area,four typical landfills were selected as the research objects according to geological conditions and landfill characteristics. A total of 26 heavy metals from the waste leachate and groundwater were monitored and analyzed using inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). The results showed that the mass concentrations of the Sr element were relatively high ($>700\text{ }\mu\text{g/L}$) in the groundwater and leachate for all four landfills,and that the main elements in groundwater were gradually shifting from Ca and Mg to those of Na and Mg. The mass concentrations of the Al and B elements in groundwater were descending in the order of the Y (Yanqun),S (Suining),C (Cuiping Mountain),and P (Pizhou) landfill. The common typical heavy metal pollutants of the four landfills were Mn,Fe,Zn,Ba. In addition,Pb and Mo were potential typical heavy metal pollutants in the Y landfill groundwater,and for the S landfill,they were Mo and As. Tl and Co were potential typical heavy metal pollutants in the C landfill groundwater,and for the P landfill,it was As.

Key words: Landfill; Groundwater; ICP-MS; Typical metal pollutant; Xuzhou

随着我国人口增长及生活水平的提高,截至 2005 年城市生活垃圾产生量已超过 1.5 亿 t/a,且正以 8%~10% 的速度日益增长^[1]。由于垃圾焚烧会带来大气污染^[2],而循环利用、有益处置技术不够完善,填埋仍是我国目前及将来较长时间主要的垃圾处理方式^[3]。但垃圾填埋处置对地下水存在潜在的污染风险,地下水循环缓慢,自净能力差^[4],一旦受到污染,难恢复性将制约着人类的生存与发展^[5]。

徐州地区作为江苏第二大人口聚集城市,生活垃圾产生量大,正规、非正规垃圾填埋场均相对较多,且地下水仍为该地区饮用水主要来源。因此,开展该地区垃圾填埋场渗滤液及地下水污染特征

调查,对其中的多种重金属污染物进行研究,具有重要意义。

1 调查方法

1.1 监测时间

2014 年 1 月 4 日—2015 年 1 月 16 日。

1.2 点位布设

依据徐州市及县区垃圾填埋场地质状况、填埋特征等,选取 4 个最具代表性的生活垃圾填埋场,

收稿日期:2015-09-01;修订日期:2015-09-14

基金项目:江苏省环境监测科研基金资助项目(1311)

作者简介:王敏(1982—),女,工程师,硕士,主要从事大型仪器监测及环境科技期刊编辑工作。

分别为位于徐州市铜山区大彭镇 310 国道南、苏皖边界的雁群生活垃圾卫生填埋场(简称 Y 场),位于徐州市云龙区翠屏山北的翠屏山生活垃圾简易填埋场(简称 C 场),位于睢宁县官山镇牌坊村 104 国道西的睢宁生活垃圾卫生填埋场(简称 S 场),以及位于邳州市议堂镇彭河南、邳睢路西的邳州生活垃圾简易填埋场(简称 P 场)。

Y 场为非岩溶地区正规生活垃圾卫生填埋场,面积 36 hm²,于 2005 年开始运行,设计服务年限 12 a。

S 场为岩溶地区正规生活垃圾卫生填埋场,总

占地面积为 26.33 hm²,填埋区占地 20.16 hm²,设计服务年限 15 a(2010—2024 年)。

C 和 P 场为岩溶地区简易垃圾填埋场,C 场是 2006 年在翠屏山北坡废采石场(除原始的一层红色黏土外,未采取任何防渗)基础上堆积而成,2008 年已封场。

P 场为垃圾堆场(未做任何防渗),20 世纪 90 年代开始堆置,已使用约 18 a,目前基本禁用。

根据垃圾填埋场内地下水流场具体情况,在 4 个垃圾填埋场及附近分别选取 4 个地下水监测点(上游为 1#,下游 2#,3#,4#),具体位置见图 1。



图 1 4 个典型垃圾填埋场分布

1.3 样品的采集

按《生活垃圾填埋场环境监测技术标准》(GJ/T 3037 - 1995),于枯水期(k1,k2)、丰水期(f1,f2)各采集 1 次;同时分别在场内渗滤液收集池 Yw, Sw,Cw,Pw 取垃圾渗滤液。同时调查地下水水位、埋深、电导率、氧化还原电位、pH 值等。

1.4 分析方法

1.4.1 仪器

采用美国安捷伦公司电感耦合等离子体质谱仪(ICP - MS 7700)^[5],RF 功率为 1 550 W,采样深度为 8 mm,雾化器温度 2.0 ℃,雾化器为同心雾化器、采样锥类型为镍锥;等离子气氩气纯度 99.999%、压力 0.7 MPa、流量 15 L/min;辅助气、载气氦气纯度 99.999%、压力 0.05 MPa、流速 1.0 L/min。

1.4.2 试剂

蒸馏水(屈臣氏);硝酸(优级纯);安捷伦公司配制的 Na,Mg,K,Ca,Fe 混合标液(1 000 mg/L);

Be,B,Al,Ti,V,Cr,Mn,Co,Ni,Cu,Zn,As,Se,Sr,Mo,Ag,Cd,Sb,Ba,Ti,Pb 混合标液(100 mg/L);Li⁶,Sc,Ge,Rh,In,Tb,Lu,Bi 混合内标溶液(200 mg/L);Li,Y,Ce,Ti,Co,Mg 混合质谱调谐液(1 μg/L)。

1.4.3 样品预处理

采集的水样通过 0.45 μm 滤膜过滤,弃去初始的 50 mL 溶液,收集所需体积的滤液,用 HNO₃ 将滤液调至 pH 值 < 2。

1.4.4 样品分析

仪器真空度等参数达到要求时氦气吹扫、氩气维护后等离子体点火,用调谐液调整仪器灵敏度、氧化物(156/140 ≤ 2%)、双电荷(70/140 ≤ 3.0%)、分辨率(在 10% 峰高所对应的峰宽范围在 0.6 ~ 0.8 u 范围内),各项指标达到测定要求,进行试剂空白、标准系列及样品溶液分析。26 种金属元素标准曲线的相关系数 r > 0.999,RSD < 2%,分析结果精密性、准确性、加标回收率等均满足质控要求。

2 结果与讨论

2.1 典型重金属污染物

2.1.1 4 个垃圾填埋场地下水污染浓度最高点位

不同时期重金属监测结果

4 个垃圾填埋场地下水污染值最高点位定期监测结果见表 1。

表 1 4 个垃圾填埋场地下水污染值最高点位定期监测结果^①

时期	As	Cd	Cr	Pb	Mo	Co	Ni	Ba	Sb	Tl	Ti	V	Mn	Fe	Cu	Zn
Yk1	0.5	—	1.3	2.0	4.7	—	1.0	59	0.1	—	0.4	0.3	175	93	0.5	55
Yf1	0.2	—	0.5	1.1	2.3	—	—	26	—	—	0.1	0.2	68	72	0.2	38
Yk2	0.6	0.2	2.1	5.9	3.9	0.2	2.0	31	0.2	—	1.0	0.8	18	255	0.5	63
Yf2	0.3	—	0.6	2.8	2.1	—	—	28	—	—	0.3	0.2	15	208	0.3	19
Sk1	11	—	0.8	1.1	3.8	0.2	0.8	88	0.3	—	0.2	0.7	126	11	0.2	3.0
Sf1	6.9	—	—	—	3.0	—	0.7	73	—	—	—	—	96	46	0.1	3.0
Sk2	12	—	0.3	—	2.5	0.5	0.6	178	0.2	0.01	0.2	0.9	437	209	0.3	5.2
Sf2	5.8	—	—	—	2.5	0.1	0.4	137	0.2	—	0.1	0.2	210	80	0.2	0.8
Ck1	0.3	—	0.1	—	0.2	0.6	0.3	86	—	0.03	2.7	0.6	202	1.6	2.0	52
Cf1	0.4	—	—	—	0.1	0.3	—	68	—	0.02	1.5	0.3	87	0.8	1.0	35
Ck2	0.3	—	0.2	—	0.3	0.7	0.3	82	—	0.03	3.5	0.6	280	1.8	1.4	77
Cf2	0.2	—	—	—	0.2	0.3	—	72	—	0.02	1.8	0.4	91	1.1	0.8	29
Pk1	1.2	—	1.0	—	0.4	0.1	0.3	58	—	—	0.1	0.7	182	1.0	0.2	2.3
Pf1	0.7	—	0.8	—	0.2	0.1	—	46	—	—	—	0.4	96	0.8	0.1	1.4
Pk2	1.6	—	1.2	—	0.6	0.1	0.4	67	—	0.01	0.1	0.8	204	1.3	0.0	1.7
Pf2	0.8	—	0.9	—	0.3	—	—	55	—	—	—	0.6	112	0.7	0.0	1.1
L	0.04	0.01	0.1	0.02	0.01	0.01	0.3	0.04	0.01	0.004	0.1	0.01	0.05	0.7	0.05	1.0
B	50	5	50	10	70	50	20	700	5.0	0.1			100	300	1 000	1 000

①Ag 在 20 个测点基本均未检出(检出限为 0.04 μg/L),故不做统计;L 代表检出限;B 代表《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)。

由表 1 可见,4 个垃圾填埋场地下水中 16 种重金属最高值均出现在下游测点,因其周围大多为农田或居民区,除垃圾填埋场外基本无其他大的污染源,且上游测点地下水中 ρ(重金属)均低于下游测点。表明该地区地下水典型 ρ(重金属)变化主要源自垃圾填埋场。

ICP-MS 的金属检出限均相对较低,灵敏度均相对较高^[6],均能满足分析要求。不同垃圾填埋场枯水期 90% 以上 ρ(重金属)高于丰水期,但不同时期地下水中 16 种重金属最大值除 Mn 外均远小于《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006)(以下简称《生活饮用水》)中相应标准限值。

2.1.2 正规生活垃圾填埋场地下水典型重金属污染物筛选

调查分析认为 4 个垃圾填埋场地下水中重金属污染主要来自垃圾渗滤液(周围基本无其他大的污染源),因此可以通过不同垃圾填埋场地下水污染浓度最大点的 ρ(16 种重金属)同对应垃圾渗滤液中相应元素含量的比值 R,建立公式:

$$R = \rho(i) N_{\max} / \rho(i) N_w$$

式中:R——最大质量浓度占比,% ;i——16

种重金属污染物;N_{max}——地下水污染浓度最大点;N_w——同时期对应渗滤液测点。

根据 R 大小,结合重金属污染特性对 4 个垃圾填埋场地下水典型重金属污染物进行筛选,通过 4 个垃圾填埋场 4 个时期地下水重金属监测结果对比分析,选取 k2 期地下水污染值最大点作研究对象,统计该时期地下水测点重金属在对应污染源(垃圾渗滤液)中质量浓度占比 R,结果见图 2。

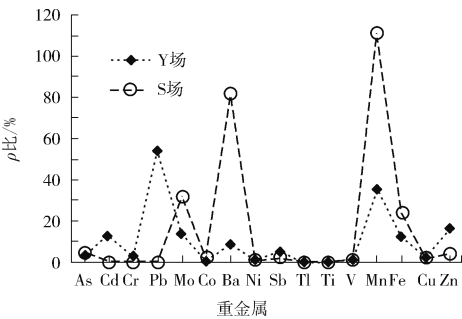


图 2 Y、S 场 ρ(重金属)占比

由图 2 可见,Tl,Ti,V,Ni,Cu,Co 在 2 个垃圾填埋场 ρ 占比均相对较低,均 <2%。Y 场地下水

ρ (Pb)在相应垃圾渗滤液重金属元素中占比最大,约54%,其他占比依次为 Mn(35%) > Zn(16%) > Mo(14%) > Cd(13%) > Fe(12%) > Ba(9%) > Sb(5%) > As(3%) = Cr(3%)。S场地下水中 Mn(111%) 占比最大, ρ (Mn) 远高于相应渗滤液,主要由于地下水 Mn 背景值相对较高,Ba(82%) 次之,Mo(32%) 第3,除 Tl,Ti,V,Ni,Cu,Co 外,Pb,Cd,Cr 值也相对较低,约占0%,其他占比分别为,Fe(24%) > As(5%) > Zn(4%) > Sb(2%)。

2.1.3 非正规生活垃圾填埋场地下水典型污染物筛选

C场、P场 ρ (重金属) 占比见图3。由图3可见,C场、P场 ρ (重金属) 占比规律为,除 As,Tl 及 Co 3 元素外,其他基本一致,均为 Mn,Ba 占比最高,Pb,Cd,Cr,Ni,Sb,Fe,Cu 占比较低,接近0%。C场除 Mn(58%),Ba(59%) 污染物外,污染物 Tl(14%) 占比最大,Co(9%) 次之,其他依次为 Zn(5%) > Ti(4%) = V(4%) > As(2%) = Mo(2%)。P场除 Mn(127%),Ba(33%) 污染物外,污染物 As(16%) 占比最大,其他污染物 Mo,Co,Tl,Ti,V,Zn 占比均 <3%。

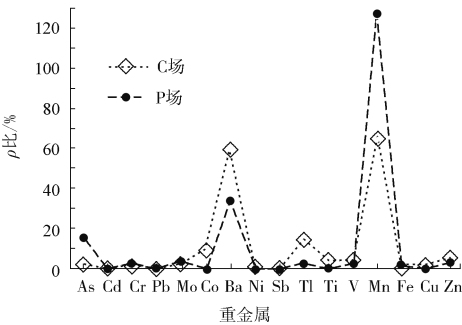


图3 C场、P场 ρ (重金属) 占比

渗滤液中重金属较高值统计结果见图4。由图4可见,4个垃圾填埋场地下水共同典型重金属污染物为 Mn,Fe,Zn,Ba,且S场,C场,P场地下水中 Mn 均超过《地下水环境质量标准》(GB/T14848-1993) III类标准1~3倍,主要由于岩石溶出影响导致地下水背景含量较高,与国内外相关研究结论一致。C场 Ti 占比偏高主要由于该场位于裸露的岩溶地区,Ti 广泛分布于地壳及岩石之中,该地区地下水 Ti 背景值相对较高所致。除上述污染物外,Y场地下水潜在典型重金属污染物为 Pb 和 Mo;S填埋场为 Mo 和 As;C场为 Tl 和 Co;P场潜在典型重金属污染物为 As,与文献[7-8]调查结果相同。

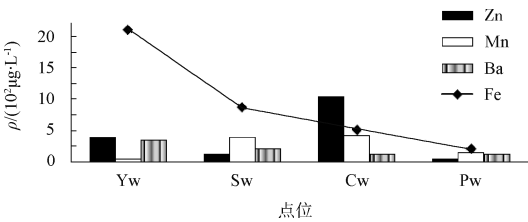


图4 渗滤液重金属较高值统计

2.2 典型轻金属和非重金属污染物分析

由于4个时期每个垃圾填埋场7种轻金属及2种非金属在渗滤液及地下水中最大质量浓度变化相对重金属其值均较小,故只对1个最不利时期的4个垃圾填埋场进行统计,结果见表2。

由表2可见,Sr 和 Se 在不同垃圾填埋场地下水中含量均呈现一定的规律性,Sr 在4个垃圾填埋场地下水及渗滤液中含量均相对较高,Se 均相对较低,其在S场和P场垃圾渗滤液中含量相同;S场,C场,P场地下水中 Sr 和 Se 含量均高于Y场,4个垃圾填埋场地下水中 ρ (Sr) 在相应渗滤液占比较大,大小顺序为:C场(94%) > P场(93%) > S场(73%) > Y场(70%),结合垃圾填埋场特征

表2 4个垃圾填埋场渗滤液及地下水非重金属元素分析结果									μg/L
项目		Y _{max}	Y _w	S _{max}	Sw	C _{max}	C _w	P _{max}	P _w
轻金属	Sr	741	1 053	1 163	1 593	912	968	879	943
	Al	160	426	10	285	8.4	13	0.5	379
	Na *	328	2 760	88	1 430	45	26	44	1 714
	Mg *	62	196	43	174	13	20	26	171
	K *	3	2 164	2.1	890	6.4	30	0.9	1 367
	Ca *	37	56	28	40	23	33	27	24
非金属	B	287	2 234	224	2 103	65	226	49	493
	Se	—	0.4	0.3	16	0.5	0.8	0.6	16

①Se 检出限为 0.2 μg/L;轻金属污染物 Be 在 16 个地下水样中均未检出(其检出限为 0.000 1 μg/L),故不做统计;* 单位为 mg/L。

分析,溶滤作用可能是影响地下水中 Sr 含量变化的主要因素。

由表 2 中 Na,Mg,Ca 监测可见,4 个垃圾填埋场地下水 Na 含量最高,Mg 次之,Ca 含量远小于 Na。结合徐州地区多年地下水 Ca、Mg 含量均相对较高的特征,说明目前 4 个垃圾填埋场地下水金属元素正均以 Ca,Mg 为主,向 Na,Mg 为主转化,与国内外相关研究结论一致,且 Y 场地下水中 Na 最大值已超过《生活饮用水》限值(200 mg/L),初步分析认为由于生活垃圾中含大量餐厨垃圾,渗滤液中 Na 离子含量相对较高所致。

4 个垃圾填埋场地下水中金属元素 Al 和 B 最大值均未超出《生活饮用水》限值(0.2 mg/L),Al 和 B 含量大小顺序均为 Y 场>S 场>C 场>P 场。

3 结论

(1)不同垃圾填埋场枯水期 90% 以上重金属质量浓度高于丰水期,16 种重金属不同时期地下水最大值除 Mn 外均远小于《生活饮用水》中相应标准限值。但由于填埋场水文地质条件及填埋特征(垃圾成分、使用年限、防渗等),不同垃圾填埋场地下水典型重金属污染物不尽相同;

(2)4 个垃圾填埋场地下水共同典型重金属污染物为 Mn,Fe,Zn,Ba,且 S 场,C 场和 P 场地下水中 Mn 均超过《地下水环境质量标准》(GB/T14848-1993)Ⅲ类标准 1~3 倍;Y 场地下水潜在典型重金属污染物还有 Pb 和 Mo;S 场还有 Mo 和 As;C 场还有 Tl 和 Co;P 场还有 As;

(3)Sr 在 4 个垃圾填埋场地下水及渗滤液中含量均相对较高,其最大值在相应渗滤液中占比大

小顺序为 C 场(94%)>P 场(93%)>S 场(73%)>Y 场(70%);4 个垃圾填埋场地下水金属元素均以 Ca,Mg 为主向 Na,Mg 为主转化,且 Y 场的 Na 在地下水中最大值已超过《生活饮用水》限值(200 mg/L);4 个垃圾填埋场地下水中金属元素 Al 和 B 的最大值均未超出《生活饮用水》限值(0.2 mg/L),初步分析认为由于生活垃圾中含大量餐厨垃圾,渗滤液中 Na 离子含量相对较高所致;金属元素 Al 和 B 在地下水中含量大小顺序均为 Y 场>S 场>C 场>P 场,且在正规生活垃圾填埋场地下水中含量要高于非正规填埋场。

[参考文献]

[1] 张聪.非正规垃圾填埋场治理踌躇难进[N].中国环境报,2015-06-30(12).

[2] PAN Y,YANG L,ZHOU J,et al. Characteristics of dioxins content in fly ash from municipal solid waste incinerators in China [J]. Shigeo Hosono Chemosphere,2013,92(7): 765-771.

[3] 周婷婷,林少华,陈忠钰.城市生活垃圾处理现状与对策分析[J].广东化工,2015,42(12): 146-147.

[4] 杨元丽,杨涛毅,于晓红,等.贵州岩溶地区简易垃圾填埋场对地下水的污染研究[J].地下水,2013,35(3): 77-80.

[5] 谭波.安全填埋场全生命周期地下水环境健康风险评估[J].环境科学,2014,27: 99.

[6] 马丽娜,陈大伟,蒲俊华,等.电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)同时测定家禽饮用水中 18 种金属元素[J].食品安全质量检测学报,2014,5(1): 259-264.

[7] 吴红雨,黄红,吴敬波,等.淮安市某垃圾填埋场重金属污染现状调查[J].环境监控与预警,2014,6(3): 40-43.

[8] 赵小健.基于 Hakanson 潜在生态风险指数的某垃圾填埋场土壤重金属污染评价[J].环境监控与预警,2013,5(4): 43-49.

栏目编辑 李文峻

· 简讯 ·

中国环境报发布 2015 年国内国际十大环境新闻

1 月 19 日,中国环境报社在北京发布了 2015 年国内国际十大环境新闻。环境保护部副部长潘岳出席发布仪式。

本次评出的 2015 年度国内十大环境新闻是:“十八届五中全会提出绿色发展理念”、“生态文明体制改革推出‘1+6’方案”、“‘十二五’减排目标提前半年实现”、“史上最严的新环保法实施”、“《水污染防治行动计划》发布”、“成功处置天津港危化品爆炸等突发环境事件”、“《京津冀协同发展生态环境保护规划》明确治理目标”、“环评机构限期彻底脱钩”、“强化环保督政提高政府责任意识”及“绿色新政加快推进”。

本次评出的 2015 年度国际十大环境新闻是:“《巴黎协定》明确全球升温控制在 2℃ 内目标”、“《2030 年可持续发展议程》指明未来 15 年发展道路”、“‘一带一路’推动国际环保交流”、“大众‘排放门’丑闻督促全球车企检视自身环境行为”、“美国《清洁电力计划》生效践行减排承诺”、“巴西尾矿坝决堤造成严重生态影响”、“中非合作论坛推动中非绿色发展”、“《保护臭氧层维也纳公约》缔结 30 周年取得重大进展”、“厄尔尼诺 17 年后重返催生史上最热年”和“英国进一步削减可再生能源补贴争议”。

摘自 www. jshb. gov. cn 2016-01-20