

生活垃圾填埋场对地下水的污染研究

郜洪强,樊延恩,丁文萍,王秀琳

(河北省地质调查院,河北 石家庄 050056)

摘要 :从分析河北省生活垃圾及其渗沥液化学成分入手,确定生活垃圾及其渗沥液的主要成分。通过实例,采用污染指数法,分析研究生活垃圾填埋场对地下水的污染情况,并总结河北省 18 个生活垃圾填埋场对地下水的污染规律。结果表明:生活垃圾填埋场总体上已对地下水造成了较严重污染,其污染程度因垃圾填埋场所处的地貌单元不同而有差别。

关键词 :生活垃圾填埋场;垃圾渗沥液;地下水污染;河北省

中图分类号:X523 文献标识码:A 文章编号:1004-693X(2009)05-0061-04

Study on groundwater pollution in daily solid waste landfill

GAO Hong-qiang, FAN Yan-en, DING Wen-ping, WANG Xiu-lin

(Hebei Institute of Geological Survey, Shijiazhuang 050056, China)

Abstract :From the analysis of chemical compositions of daily solid waste and leachate in Hebei Province, the major pollutants of the daily solid waste and leachate were determined. With practical examples, the pollutants of groundwater from the daily solid waste landfill were analyzed and studied using the pollution index method, and the groundwater pollution patterns of the 18 solid waste landfills in Hebei Province were summarized. The results showed that the daily solid waste landfill caused serious pollution to groundwater as a whole, and the degree of pollution was different in different geomorphic units.

Key words :daily solid waste landfill; leachate; groundwater pollution; Hebei Province

城市生活垃圾是指在城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物,主要包括居民生活垃圾、商业垃圾、集贸市场垃圾、街道清扫垃圾、公共场所垃圾、机关、学校、厂矿等单位的生活垃圾^[1]。近年来,随着经济的迅猛发展,人民生活水平的快速提高,以及城市化进程的加速,中国城镇垃圾的产生量和堆积量均在逐年增加。目前,我国每年产生 2 亿 t 左右的生活垃圾,并以每年 8%~10% 的速度增加,而生活垃圾无害化处理率还很低,绝大部分垃圾都是运往郊外露天堆放或简易填埋。迅速增长的城市生活垃圾给人们的生活环境、城市建设与发展造成巨大的负担和压力,在我国 666 座城市中,有 200 多座城市陷于垃圾包围之中,因此城市垃圾处置及污染防治已成为环境保护的突出问题^[2]。

生活垃圾的处理方式主要有堆肥、焚烧和填埋 3 种,相对来讲,垃圾填埋是一种适合于经济发展较落后、土地资源较丰富的地区使用的垃圾最终处理方法^[3]。通过对河北省 11 个设区市、136 个县(市)生活垃圾填埋场的调查,2007 年全省县级以上城镇日产生生活垃圾量为 21 365 t,人均日产垃圾量为 0.8~1.0 kg。在调查的 219 个生活垃圾场中,露天堆放场占 3.7%、简易填埋场(未采取任何防渗措施)占 66.2%、受控填埋场(做了简单防渗处理)占 17.3%、卫生填埋场占 8.2%、其他垃圾处理场(包括焚烧发电厂、堆肥厂等)占 4.6%。由此可见,河北省绝大部分城镇是利用取土坑、取沙坑、自然沟谷简易填埋的方式消纳垃圾,已对地下水、地表水、土壤、空气和植被造成了较严重污染和影响。

生活垃圾填埋场对地下水的污染,归根结底是

垃圾渗沥液透过土壤对地下水的污染^[4],因此要分析研究生活垃圾对地下水的污染情况,就必须先搞清楚生活垃圾及其渗沥液的化学成分,然后将垃圾渗沥液的污染成分与地下水中的污染成分进行对比,采用综合污染指数法,判断垃圾填埋场对地下水的污染范围和污染程度。

1 生活垃圾化学成分

城市生活垃圾来源渠道较多(主要来自家庭、街道、团体),故其组成成分相当复杂,且随气候、季节、生活水平与习惯、能源结构等条件的变化而变化。在河北省不同地区的生活垃圾填埋场采取了7件生活垃圾样品,其化学成分见表1。

从表1中可以看出,除Cr⁶⁺没有检出外,其余9项指标均检出,Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、NO₂⁻质量比较高,其中Cl⁻质量比最高,平均值为2503.8mg/kg;其次是SO₄²⁻,平均质量比为2212.3mg/kg;第三是NO₃⁻,平均质量比为1801.3mg/kg。由此说明生活垃圾的污染成分主要是盐类和“三氮”。

2 生活垃圾渗沥液化学成分

生活垃圾渗沥液是垃圾填埋过程中垃圾分解产生的液体及渗入的地表水的混合液^[5]。垃圾渗沥液产生量随季节、垃圾成分、降水量等因素的变化而变化,一般雨季渗沥液产生量最大,而冬季很少或基本上不产生。

垃圾的化学成分直接影响渗沥液的化学成分,此外降雨量、垃圾体内温度、垃圾填埋时间、填埋场的地质条件、填埋工艺等因素也影响渗沥液的成分。垃圾填埋后在微生物的作用下,经过溶解、淋洗等作用,其原有的以及降解后产生的大量污染物进入垃圾渗沥液中,致使垃圾渗沥液中污染物浓度非常高。在河北省不同地区的生活垃圾填埋场采取了8件垃圾渗沥液样品,水质分析结果见表2。

从表2中可以看出,生活垃圾渗沥液的水质相当差,水质类型基本上为钠型水。除NO₂⁻、Cr⁶⁺、As未检出外,其他分析项目均检出,有的项目严重超标。其中,ρ(Na⁺)平均值为1795.5mg/L,超出GB5749—2006《生活饮用水卫生标准》(以下简称国

表 1 生活垃圾化学成分统计 mg/kg

监测指标	u(酚)	u(氰)	u(As)	u(Hg ⁺)	u(Cr ⁶⁺)	u(Cl ⁻)	u(SO ₄ ²⁻)	u(NH ₄ ⁺)	u(NO ₂ ⁻)	u(NO ₃ ⁻)
CSZY1	0.033	0.16	6.49	4.592	<0.01	354.5	1374.4	35.00	10.56	2796.65
TZGY1	0.047	0.06	6.36	0.022	<0.01	4502.2	2490.8	45.00	280.00	1248.78
QSHY1	0.012	0.23	7.52	0.023	<0.01	1318.7	2405.4	30.00	51.20	1975.70
LWHL1	0.028	<0.05	7.80	0.064	<0.01	4027.1	1949.4	10.60	0.20	30.68
AYDY1	0.097	0.19	10.42	1.883	<0.01	4204.4	3518.2	4.50	16.00	4899.50
WZYY	0.092	0.14	7.40	0.321	<0.01	1730.0	2335.0	90.00	44.00	974.89
WSJY	0.067	0.18	7.63	0.407	<0.01	1389.6	1412.6	7.60	26.00	682.88
最大值	0.097	0.23	10.42	4.592	<0.01	4502.2	3518.2	90.00	280.00	4899.50
最小值	0.012	<0.05	6.36	0.022	<0.01	354.5	1374.4	4.50	0.20	30.68
平均值	0.054	0.14	7.66	1.045	<0.01	2503.8	2212.3	31.81	61.14	1801.30

表 2 生活垃圾渗沥液化学成分统计 mg/L

监测指标	ρ(K ⁺)	ρ(Na ⁺)	ρ(Ca ²⁺)	ρ(Mg ²⁺)	ρ(NH ₄ ⁺)	ρ(HCO ₃ ⁻)	ρ(CO ₃ ²⁻)	ρ(Cl ⁻)	ρ(SO ₄ ²⁻)	ρ(NO ₂ ⁻)
SLQT1S1	704.8	1912.4	320.6	418.2	1680.00	6585.0	0.0	4041.6	70.4	<0.002
BZTS4	554.2	1311.1	89.0	377.8	1071.56	6370.2	0.0	2169.7	42.7	<0.002
LWHS3	3084.8	4086.9	20.0	352.5	1500.00	10861.0	720.1	6168.8	5.6	<0.002
TQAS1	1181.2	2154.7	1082.2	1239.9	1500.00	16474.6	0.0	3474.4	53.4	<0.002
TZGS1	1923.2	2860.8	200.4	48.6	1700.00	5735.6	1800.3	4538.0	73.1	<0.002
QSHS1	4.1	809.0	128.3	60.8	38.00	2038.0	0.0	418.3	236.9	<0.002
QCLS2	334.0	765.2	448.9	19.4	400.00	3856.3	0.0	1276.3	404.2	<0.002
WZYS5	77.9	463.7	239.7	94.8	55.00	529.6	0.0	638.2	889.1	<0.002
平均值	983.0	1795.5	316.1	326.5	993.07	6556.3	315.1	2840.7	221.9	<0.002
监测指标	ρ(NO ₃ ⁻)	总硬度	溶解性总固体	挥发性酚类	氰化物	ρ(Cr ⁶⁺)	ρ(Hg)	ρ(As)	ρ(PO ₄ ³⁻)	ρ(COD)
SLQT1S1	3.13	2522.2	12443.6	0.120	0.015	<0.002	<0.0001	<0.010	1.4	363.2
BZTS4	2.62	1777.5	8808.6	0.013	0.008	<0.002	<0.0001	<0.010	4.80	184.9
LWHS3	2.19	1501.1	21419.3	1.344	0.008	<0.002	0.0004	<0.010	47.95	2038.0
TQAS1	<0.04	7806.8	18956.3	2.000	<0.005	<0.002	0.0001	<0.010	33.17	976.9
TZGS1	<0.04	700.5	16065.2	0.400	<0.005	<0.002	0.0005	<0.010	52.97	1502.7
QSHS1	2.85	570.7	2724.3	0.052	<0.005	<0.002	<0.0001	<0.010	7.04	113.0
QCLS2	10.42	1200.9	5590.2	0.220	<0.005	<0.002	0.0002	<0.010	3.67	225.7
WZYS5	9.80	988.9	2737.1	0.005	0.014	<0.002	0.0002	<0.010	4.09	31.3
平均值	3.89	2133.6	11093.1	0.519	0.008	<0.002	0.0002	<0.010	19.39	679.5

标)限值(200 mg/L)8.0 倍 ; $\rho(\text{NH}_4^+)$ 平均值为 993.07 mg/L 超出国标限值(0.5 mg/L)1 985.1 倍 ; $\rho(\text{Cl}^-)$ 平均值为 2 840.7 mg/L ,超出国标限值(250 mg/L)10.4 倍 ;总硬度平均值为 2 133.6 mg/L ,超出国标限值(450 mg/L)3.7 倍 ;溶解性总固体平均值为 11 093.1 mg/L ,超出国标限值(1000 mg/L)10.1 倍 挥发酚类平均值为 0.519 mg/L ,超出国标限值(0.002 mg/L)258.5 倍 ; $\rho(\text{COD})$ 平均值为 679.5 mg/L ,超出国标限值(3 mg/L)225.5 倍。由此可见 ,生活垃圾渗沥液的主要污染物质是 Na^+ 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、总硬度、溶解性总固体、挥发性酚类、磷酸盐和 COD。

3 实例分析

3.1 生活垃圾填埋场概况

以唐山市某生活垃圾填埋场为例分析生活垃圾填埋场对地下水的污染。

该垃圾填埋场原为采空塌陷坑 ,坑深约 2 m ,于 1989 年开始使用 ,2007 年 12 月封场。封场后垃圾堆高约 35 m 堆放量约 300 万 m^3 。垃圾场开始运行时 ,曾做过防渗处理 ,有排气、渗沥液收集系统。但由于建设时间较早 ,随着时间的推移 ,原设施已被损坏 ,垃圾渗沥液汇集到低洼处 ,流到其北侧的青龙河里。目前 ,该垃圾场正在覆土绿化、建造假山。

3.2 污染评判标准

因为重点是了解垃圾场是否污染了地下水以及地下水的污染程度 ,所以污染评判标准应以背景值为准。实际操作时 ,常用相对背景值为标准或根据污染物浓度随距离衰减原理进行判别^[6]。

相对于含水层来讲 ,垃圾填埋场为一个点污染源。垃圾污染物进入地下水 ,是以点状源沿地下水流向迁移、扩散的 ,污染物浓度随迁移与扩散距离的增加而不断减小 ,在污染物运移的前锋 ,其浓度接近于当地背景值。这就是污染物的“ 浓度随距离衰减原理 ”。如上所述 ,垃圾污染物在地下水中的运移前锋 ,其浓度接近于当地背景值 ,在难以找到背景值的情况下 ,污染物在该处的浓度即称为相对背景值。

判别垃圾是否污染地下水 ,可以使用地下水背景值或相对背景值与地下水实际浓度值之比(污染指数)来判别 ,同时也可用污染指数随与垃圾场的距离增大而衰减的规律来判别。

3.3 污染评价因子的选择

根据生活垃圾及其渗沥液的主要污染成分 ,从主要污染物中选择评价因子。一般情况下 ,在垃圾

渗沥液中 Zn^{2+} 、 Cu^{2+} 、Fe、 Cd^{2+} 、 Pb^{2+} 、Ag、As、 Cr^{6+} 、Hg 和氰化物等项目的浓度并不高 ,很少超过Ⅲ类地下水质量标准。因此 ,在进行垃圾场地对地下水影响评价时 ,主要以 Na^+ 、 NH_4^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、溶解性总固体、总硬度、挥发性酚类、磷酸盐、COD 等为评价因子。

3.4 污染评价方法

评价方法采用污染指数法。

a. 单因子评价。以污染指数大小表示地下水污染程度。计算式如下 :

$$P_i = \rho_i / \rho_{oi}$$

式中 : P_i 为地下水中污染物 i 的污染指数 ; ρ_i 为污染物 i 的实测质量浓度 ,mg/L ; ρ_{oi} 为地下水中污染物 i 的背景值或对照值 ,mg/L。当 $P_i < 1$ 时为未污染 , $P_i > 1$ 时为污染。

b. 多因子评价。以综合污染指数进行多因子评价 ,计算公式如下 :

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

式中 : P 为地下水综合污染指数 ; n 为污染物种类数。

c. 污染程度分级。根据污染组分的污染种类数及其综合污染指数 ,对地下水进行污染程度划分 ,见表 3。

3.5 污染评价结果

在垃圾场及其下游取了 4 件水样 ,见图 1。

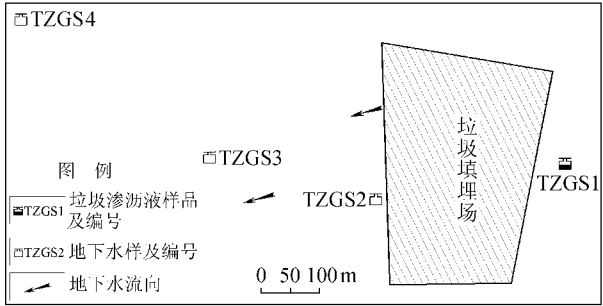


图 1 垃圾填埋场水样位置示意图

其中 ,TZGS1 为垃圾渗沥液 ,TZGS2 号为地下水样 ,在垃圾场西 20 m 处 ;TZGS3 号为地下水样 ,在垃圾场西 29.5 m 处 ;TZGS4 号为地下水样 ,在垃圾场西 710 m 处。区内地下水位埋深 14 m 左右 ,包气带岩性以粉质黏土、粉细砂为主。因 TZGS4 号井距垃圾场较远 ,可将其检测结果作为相对背景值。水质污染分析结果见表 4。

表 3 地下水污染程度分级

污染程度	综合污染指数	分级说明	污染程度	综合污染指数	分级说明
未污染	$P \leq 1$	污染物均未超标	重污染	$3 < P \leq 5$	多种污染物超标 ,超标倍数不大
轻污染	$1 < P \leq 2$	污染物一般不超标	严重污染	$5 < P \leq 10$	多种污染物超标 ,个别超标 5 倍
中度污染	$2 < P \leq 3$	一般有 1~2 项污染物超标	极严重污染	$P > 10$	多种污染物超标 ,个别超标 10 倍

表 4 垃圾填埋场地下水污染分析

分析项目	$\rho_{\text{背景值}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	TZGS1(垃圾渗沥液)			TZGS2			TZGS3		
		$\rho_{\text{实测值}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	污染 指数	综合污 染指数	$\rho_{\text{实测值}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	污染 指数	综合污 染指数	$\rho_{\text{实测值}}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	污染 指数	综合污 染指数
Na^+	14.10	2860.8	202.89		72.50	5.14		15.90	1.13	
NH_4^+	0.04	1700.0	42500.00		0.04	1.00		0.04	1.00	
Cl^-	28.40	4538.0	159.79		436.80	15.38		38.30	1.35	
溶解性总固体	313.20	16065.2	51.29	6551.32	1622.80	5.18	4.81	399.40	1.28	1.18
挥发性酚类	< 0.002	0.40	200.00		0.002	1.00		0.002	1.00	
磷酸盐	0.22	52.97	240.77		0.07	0.32		0.29	1.32	
COD	0.60	1502.70	2504.50		3.40	5.67		0.70	1.17	

TZGS2 号地下水样综合污染指数为 4.81 ,属于重污染 ,其中 Cl^- 、溶解性总固体和 COD 超过饮用水国标限值 ,水质类型为 $\text{ClHCO}_3 - \text{Ca}$,据当地居民反应 ,该处地下水水垢越来越多 ,味道变差。TZGS3 号地下水样综合污染指数为 1.18 ,属于轻污染 ,主要是 Cl^- 浓度相对较高。从单项指标看 ,TZGS4 号地下水样无明显污染迹象。由此看来 ,垃圾场周围 20 m 范围内地下水污染较严重 ,向外污染程度迅速降低(图 2) ,在 295 m 处地下水质量与相对背景值相似。估计污染范围为 300 m 左右。

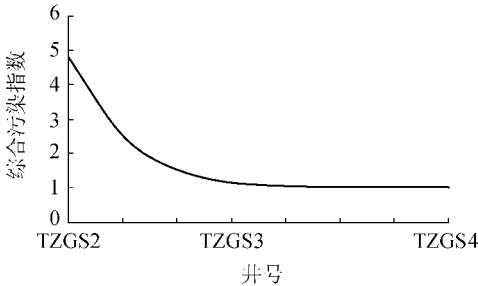


图 2 垃圾填埋场地下水综合污染指数曲线

4 结 论

通过分析河北省 18 个处于不同地貌单元、不同类型的垃圾填埋场对地下水的污染情况 ,得出如下主要结论。

- a. 河北省生活垃圾填埋场已对地下水造成不同程度的污染 ,总体上污染较为严重。
- b. 垃圾填埋场对地下水污染的程度和范围受多种因素的影响 ,主要包括自然因素和垃圾填埋场本身因素两大类。自然因素包括 地貌类型、地面坡度、地下水位埋深、 饱气带岩性及厚度等 ,垃圾填埋场本身因素包括 :垃圾场类型、场基处理情况、渗沥液处理情况、填埋时间等。
- c. 山区沟谷型垃圾填埋场对地下水的污染是沿沟谷向下游呈条带状分布 ,其污染范围和污染程度决定于所实施的各项预防工程。若为卫生填埋场 ,底部和侧面均采取了防渗措施 ,并有垃圾渗沥液的收集系统 ,则对下游地下水的污染程度较轻 ,污染范围较小 ;若为没有采取任何防污染措施的简易填埋场 ,对下游

地下水的污染程度就重 ,污染范围在 2 km 以上。

d. 平原区垃圾填埋场的污染情况主要受地下水位埋深、饱气带厚度及岩性、地面坡度的影响。地下水位埋藏深、饱气带厚度大、且饱气带岩性以黏性土为主的垃圾填埋场 ,其污染程度较轻 ,污染范围较小 ,若地下水位埋藏浅、地形坡度较大、饱气带岩性以砂类土为主的垃圾填埋场 ,其污染程度较严重 ,污染范围较大。

e. 滨海地区垃圾填埋场因当地地下水位埋藏浅 ,垃圾填埋场对地下水的污染较严重(可由 NH_4^+ 浓度和 COD 浓度来判断) 。但当地地下水溶解性总固体很高 ,每升达数 10 克 ,且 Cl^- 、 Na^+ 等盐类的浓度均很高 ,故垃圾场对地下水的盐类污染程度和污染范围难以确定。

f. 通过对比生活垃圾及其渗沥液和垃圾填埋场周围地下水的化学成分 ,垃圾填埋场对地下水的污染主要表现为 Cl^- 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、总硬度、溶解性总固体、COD 和磷酸盐的污染。而 NO_2^- 、 NO_3^- 的污染较难判断 ,因为“三氮”较不稳定 ,容易互相转换 ,或被还原成氮气释放到大气中。根据采取的地下水样监测资料 ,大部分地下水含 NO_3^- ,且浓度较高 ,有的超标达数倍。这说明 ,地下水硝酸盐的污染不一定是垃圾场引起的 ,应另有原因 ,如农业施肥等。

参考文献 :

[1] CJJ 17—2004 ,生活垃圾卫生填埋技术规范 [S] .2004 .
[2] 张红梅 ,速宝玉 .垃圾填埋场渗滤液及对地下水污染研究进展 [J] .水文地质工程地质 ,2003 (6) :110-115 .
[3] 陈一清 .城市生活垃圾卫生填埋法对地下水的影响 [J] .北方环境 ,2001 (2) :46-47 .
[4] 郜洪强 ,丁文萍 .河北省生活垃圾化学成分及其对地下水污染分析 [J] .水文地质工程地质 ,2008 ,35 (S1) :69-74 .
[5] GB/T 18772—2002 ,生活垃圾填埋场环境监测技术要求 [S] .2002 .
[6] 刘长礼 ,张云 ,殷密英 ,等 .城市垃圾地质环境影响调查评价方法 [M] .北京 :地质出版社 ,2006 :211-228 .

(收稿日期 2009-02-16 编辑 :高渭文)