

## 上海某生活垃圾填埋场对浅层地下水水质的影响

顾 华

1. 上海市地质调查研究院, 上海 200072; 2. 国土资源部上海资源环境监督监测中心, 上海 200072

**摘 要:** 垃圾填埋是目前处理城市生活垃圾普遍使用的方式, 由此产生的垃圾渗滤液成为主要的地下水污染源. 本文以上海市某生活垃圾填埋场作为研究对象, 研究垃圾填埋对地下水的影响. 通过监测该场地垃圾填埋前后 2 年内场区及周边地下水水质的变化情况, 以垃圾填埋前调查区的地下水样品分析结果为本底值, 采用本底法对地下水水质进行评价来判定地下水是否受到垃圾渗滤液的影响. 评价结果显示, 对于本研究的水质动态监测阶段, 调查区内的浅层地下水水质暂未受到垃圾渗滤液的影响, 个别监测井水质发生较大变化是由于填埋场施工建设过程中, 破坏了监测井井盖及挖穿了井边含水层顶层. 随着整个垃圾填埋场运行时间的延长, 防渗漏措施的有效性以及垃圾渗滤液对周边地下水的影响还需要进一步研究.

**关键词:** 垃圾填埋场; 渗滤液; 地下水; 污染; 影响; 上海

DOI:10.13686/j.cnki.dzyz.2017.01.010

## EFFECTS OF LANDFILL ON THE SHALLOW GROUNDWATER QUALITY IN SHANGHAI

GU Hua

1. Shanghai Institute of Geological Survey, Shanghai 200072, China;

2. Shanghai Resources Environment Supervision and Inspection Center, Ministry of Land and Resources, Shanghai 200072, China

**Abstract:** Landfill is the common way to treat the municipal garbage at present. However, the leachate from the landfill is the main source of groundwater pollution. In this paper, a municipal landfill in Shanghai City is selected to study the effects on groundwater. Seven monitoring wells are set up in the field around the landfill site. The groundwater quality in the area was monitored for two years before and after the landfill. The water samples were taken as the background before landfill to evaluate the groundwater quality by using Background Method. The results show that the groundwater quality of the whole area is in a steady state. It is not affected by the leachate from the landfill up to now, although there is a great change in the water quality of individual monitoring wells. The reason is that the lid of monitoring well was destroyed in the construction process, and the wellhead directly exposed to the external environment. With continuous landfill operation, the effects of leachate from the landfill on groundwater remain for future studies.

**Key words:** landfill; leachate; groundwater; pollution; effect; Shanghai

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<sup>[1]</sup>. 近年来, 随着我国城市化进程的加速和人民生活水平的提高, 城镇垃圾的产生量和复杂程度均逐年上升, 如何消化处置日益增长的生活垃圾已成为城市可持续发展面临的一大难题.

垃圾填埋作为大量消纳生活垃圾的有效方法被普遍采用, 是目前应用最为广泛且比较经济的一种垃圾处置方法. 尽管垃圾填埋工程通常建有完善的防渗措施, 但仍有可能造成填埋场区的土壤和地下水污染, 同时, 巨大的填埋坑、用于处理渗沥液的氧化塘等设施的建造以及垃圾填满后坑内渗沥液的抽出和回灌等人为

收稿日期:2016-05-25; 修回日期:2016-10-17. 编辑:李兰英.

作者简介: 顾华 (1982—), 男, 工程师, 主要从事地下水水质监测与评价工作, 通信地址 上海市静安区灵石路 930 号灵石楼 613 室, E-mail//59271850@qq.com

活动易导致所在区域自然地质环境的改变,对地下水的补给可能产生一系列的影响.因此,垃圾填埋对垃圾填埋场所在区域及周边地区土壤和地下水环境的影响仍是需要长期监测和研究的问题<sup>[2-7]</sup>.

为了跟踪和了解垃圾渗沥液对垃圾场地下水污染的影响,本文以上海某生活垃圾填埋场为研究对象,对垃圾填埋前垃圾场所在区域进行了浅层地下水背景调查,并在该场地进行垃圾填埋后的两年时间进行了浅层地下水的动态监测工作,通过浅层地下水水质的变化情况研究垃圾填埋对周边地下水水质的影响.

## 1 调查区概况及调查方法

### 1.1 垃圾填埋场概况及地下水监测井布设

本文调查的垃圾填埋场位于上海北部地区,建设设计容量  $103 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,分4期进行建设,依次为I区→II区→III区→IV区.按照《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB16889-2008)的规定,填埋场1~4期工程均会采取防渗漏措施:铺设2层HDPE膜衬垫的人工防渗系统、雨污分流系统、渗滤液处理系统,同时对整个场区浇捣塑性垂直防渗墙.填埋作业采取分层压实、日覆盖、中间覆盖和堆坡填埋后的终场覆盖工艺,填埋气体收集后用于发电.

经过现场踏勘,填埋场东侧和西侧均为闲置场地;北侧为大片滩涂地,长满芦苇;南侧为一片绿化带和一条小河.根据填埋区和周边环境特点,共布设了7口潜水含水层监测井(详见图1).

### 1.2 调查区水文地质条件<sup>[8]</sup>

调查区的浅层地下水含水层为全新世河口-滨海相沉积物.含水层发育良好,层底埋深为17.00~20.50 m,厚度为11.75~15.75 m,填埋场区的东部和南部相对较厚.含水层岩性上部主要为灰色黏质粉土夹砂质粉土或砂质粉土;中部为灰色砂质粉土及灰色砂质粉土夹黏质粉土;下部多为灰色砂质粉土或灰色砂质粉土夹黏质粉土或灰色粉细砂组成.

在场区西北角靠近滩涂地布设6号监测井,西南边布设5号井,并在填埋场西南角绿化带向南部河流方向布设3号和2号监测井.使6、5、3和2号监测井形成一条垂直剖面(详见图1).其中,6号监测井含水层顶面埋深为7.70 m,底面埋深为19.45 m,含水层厚度为11.75 m,岩性为灰色黏质粉土、灰色砂质粉土;

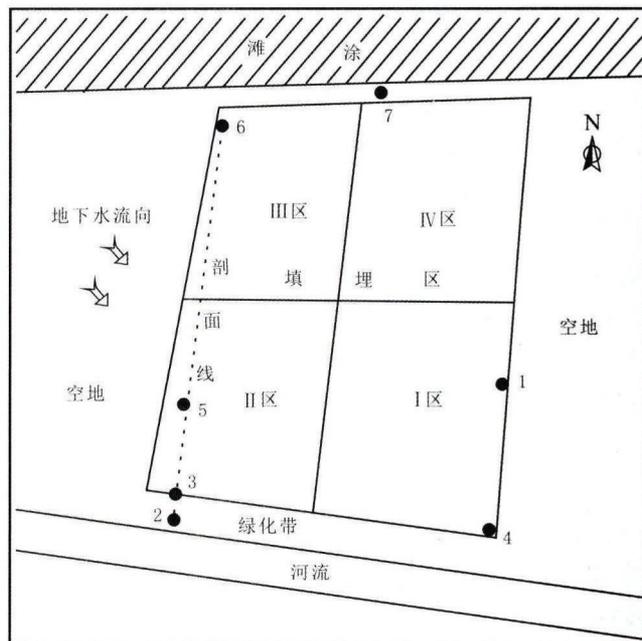


图1 调查区及地下监测井示意图

Fig. 1 The sketch of the research area and monitoring wells

●—监测井(monitoring well)

5号监测井含水层顶面埋深为5.80 m,底面埋深为20.50 m,含水层厚度为14.70 m,岩性为灰色黏质粉土、灰色砂质粉土夹黏质混凝土及灰色粉细砂;3号监测井含水层顶面埋深为2.05 m,底面埋深为17.80 m,含水层厚度为15.75 m,岩性为灰色黏质粉土、灰色砂质粉土及灰色砂质粉土夹黏质黏土;2号监测井含水层顶面埋深为2.25 m,底面埋深为17.00 m,含水层厚度为14.75 m,岩性为灰色黏质粉土、灰色砂质粉土及青灰色粉细砂.

与区域潜水含水层相比,填埋场区内含水层富水性较好,水量丰富,出水量为4.198~6.171 m<sup>3</sup>/h,单位出水量为0.79~1.48 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>·h,单井出水量106.06~181.47 m<sup>3</sup>/d(口径250 mm,降深5 m时),平均水温17℃.水化学类型主要为Cl-Na型咸水.渗透系数1.14~2.13 m/d,平均1.58 m/d.

调查区的潜水补给来源主要为大气降雨,潜水含水层与第I含水层之间有厚达16.3 m的黏性土层,垂向渗透系数为 $5.46 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ,表明两者之间无水力联系.排泄以蒸发为主,其次是排泄于地表水体.

监测井建设竣工后,即对调查区监测井的地下水位进行测量,以确定地下水流向.水位测量结果表明:调查区及其周围地区潜水含水层静止水埋深基本处

于 2.62~3.65 m 之间。其中,7 号井静止水位 3.65 m,5 号井静止水位 3.61 m,为 7 口监测井中水位最高的两口。由此可知,整个调查区地下水由西北流向东南。

### 1.3 地下水动态监测

在调查区地下水监测井建设成井竣工后即开展了浅层地下水背景调查的采样及测试工作。在垃圾填埋场投入运营期间,分别于 2013 年 10 月、2014 年 3 月、2014 年 9 月和 2015 年 10 月对调查区开展了 4 次地下水动态监测工作。其中,于 2015 年 10 月底开展的监测井采样测试工作中,由于有 3 口监测井在填埋场三期建设中被掩埋,未采集到水质样品。

在上述地下水背景调查及地下水动态监测工作中,共 44 个水质参数被纳入地下水样品的监测项目,分别为: pH、K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、TFe、Fe<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、F<sup>-</sup>、H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>、TDS、总硬度、总碱度、COD、Al、Pb、Zn、As、Ag、Mn、Cd、Hg、TCr、六价铬、I、Se、Cu、Br、Li、氰化物、挥发性酚、Ba、Be、Ni、Co、Mo、Sr、H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>。

### 1.4 污染评价方法及评判标准

采用污染指数法对垃圾填埋场及周边区域浅层地下水的污染进行评价。以垃圾填埋场未开工建设前采集的地下水样品测试结果作为本底值,与垃圾填埋场投入运营后的 4 次地下水动态监测结果进行分析对比,以污染指数的大小表示地下水的污染程度,并对地下水污染程度进行分级。

1) 单因子评价。计算公式如下:

$$P_i = \rho_i / \rho_{0i}$$

式中:  $P_i$  为地下水中污染物  $i$  的污染指数;  $\rho_i$  为污染物  $i$  的实测质量浓度;  $\rho_{0i}$  为污染物  $i$  的背景值。当  $P_i < 1$  时为未产生污染,  $P_i > 1$  时为有污染。

2) 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。

3) 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(表 1)。

表 1 地下水污染程度分级

Table 1 Grading of groundwater pollution

综合污染指数	<1.0	1.0~2.0	2.1~3.0	3.1~5.0	5.1~10.0	>10.0
污染程度	未污染	轻度污染	中度污染	重度污染	严重污染	极严重污染

## 2 潜水含水层地下水动态变化特征及污染评价

### 2.1 地下水水质动态变化特征

调查区浅层地下水的背景调查结果表明,7 口潜水含水层监测井中的地下水水质均为 Cl-Na 型咸水。而在地下水动态监测过程中,5 号监测井的地下水水质变为 Cl·HCO<sub>3</sub>-Na 型咸水,说明 5 号井中的地下水水质已经受到外界影响。

在正常环境条件下,对于本文的地下水水质动态监测阶段,各监测点浅层地下水中的常量元素的含量多呈现由低到高再逐步降低的动态变化特征,个别元素呈现从高逐步降低的变化特征。变价元素和易受外界条件影响的指标如三氮、锰、高锰酸盐指数等组分含量会发生不同程度的差异变化。对于无明显外界影响的监测井而言,影响水化学类型命名的常量元素检出含量的最大值与最小值的比值一般不大于 2.5 倍;而受到外界水质影响的监测井,其常量元素检出含量的最大值与最小值的比值普遍大于 2.5<sup>[9]</sup>。

因此,根据图 2 显示的调查区 7 口监测井中地下水的钠含量的 5 次动态监测结果可知,调查区内的 2、3、4 和 7 号监测井未受到明显的外界影响;而 1、5 和 6 号监测井明显受到了外界的影响。

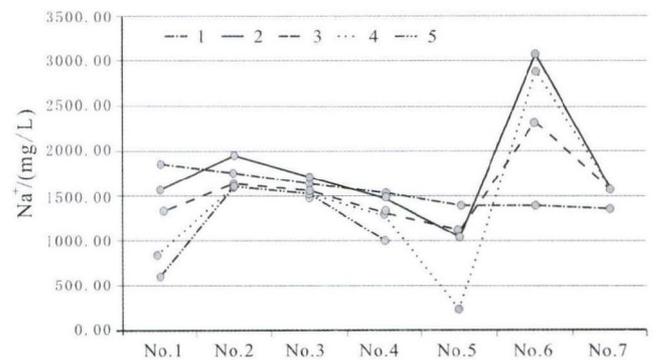


图 2 1~7 号监测井中地下水中钠含量动态变化图

Fig 2 Variance of sodium content in groundwater in Nos. 1-7 wells 1—第一次采样(first sampling);2—第二次采样(second sampling);3—第三次采样(third sampling);4—第四次采样(forth sampling);5—第五次采样(fifth sampling)

在对显示地下水水质显著改变的 1、5 和 6 号监测井的污染来源的进一步调查中发现,调查区内 1 号监测井的保护装置因在垃圾填埋与场地硬化路面建设中受损,井管开口裸露,大量的自来水在清洗场地时流入监测井中,使地下水水位抬高了将近 1.5 m,导致地下

水常规组分被稀释,而未能显示一个正常的受周围环境影响的地下水水质渐变过程.位于填埋场西边的5号监测井,由于填埋场二期建设的开展,在其东侧开挖基坑挖穿了含水层顶层,且开挖后并未立即开展防渗漏工程施工,导致雨水在基坑内汇聚,并通过含水层天窗下渗,由于坑内积水矿化度较低,导致5号井地下水水质部分常量组分被稀释淡化,呈现出明显的下降趋势.6号井处于填埋区西北角,保护装置因被运输垃圾的车辆碾压而破碎,导致一些泥土和杂物掉入井中,而滩涂边的泥土含盐量较高,高盐组分经过溶解进入地下水系统中,使该监测井常量组分含量升高明显.

即,1、5和6号监测井所显示的地下水水质显著改变并非是受到持续性垃圾渗滤液的影响.

## 2.2 地下水污染状况评价

从对调查区7口地下水监测井的浅层地下水背景调查及动态监测结果可以看出,影响地下水水质的主要指标为溶解性总固体、总硬度、氯、钠和铵,按照地下水

质量标准<sup>[10]</sup>,应将其归为V类水;以高锰酸盐指数和锰为监测指标,调查区的地下水为IV~V类水;重金属元素和其余指标基本都属于I~III类水.故本文选取了铵、氯、钠、高锰酸盐指数、总溶解固体、总硬度和锰作为地下水污染评价的评价因子,污染评价结果见表2.

在所调查的时间范围内,整个垃圾填埋场及其周边的浅层地下水基本处于相对稳定的状态,各监测点地下水的污染程度均处于未受污染到轻度污染状态,综合污染指数最高值为1.87,来自6号监测井下部的地下水.

从单项污染因子来看,4次地下水动态监测结果中单项污染因子最高值均来自 $\text{NH}_4^+$ ,最高值达7.49,为2014年3月采自1号监测井上部地下水的分析结果.但当时1号监测井已明显受到外部因素的影响,无法确切表征是否受到垃圾填埋渗滤液的影响,而且从后几次对该井的采样测试数据可以看出,1号监测井地下水中的 $\text{NH}_4^+$ 的含量逐步下降并恢复正常.

表2 监测点地下水污染评价结果

Table 2 Evaluation results of groundwater pollution in monitoring points

动态监测	监测井	污染程度	综合污染指数	单因子指数						
				铵	氯	钠	高锰酸盐指数	总溶解固体	总硬度	锰
第二次采样	1	轻度污染	1.24	0.94	0.93	0.84	3.13	0.86	0.87	1.13
	2	轻度污染	1.07	2.68	1.20	1.11	0.46	1.10	0.83	0.13
	3	轻度污染	1.08	2.41	1.10	1.04	0.46	1.09	1.14	0.31
	4	未污染	0.76	0.03	0.94	0.98	0.50	1.05	0.74	1.07
	5	未污染	0.61	0.02	0.58	0.73	1.03	0.93	0.51	0.46
	6	轻度污染	1.87	3.73	2.42	2.19	0.55	2.05	1.70	0.42
	7	轻度污染	1.69	5.81	1.26	1.19	0.52	1.29	1.18	0.61
第三次采样	1	轻度污染	1.75	7.49	0.39	1.32	1.38	0.67	0.72	0.28
	2	轻度污染	1.05	2.67	1.03	0.93	0.68	0.91	0.95	0.20
	3	未污染	0.94	1.89	0.98	0.94	0.60	0.88	1.08	0.21
	4	未污染	0.72	0.80	0.83	0.86	0.60	0.74	0.73	0.45
	5	轻度污染	1.03	1.34	0.68	0.68	2.43	0.69	0.72	0.62
	6	轻度污染	1.67	4.13	1.96	1.67	0.69	1.56	1.47	0.20
	7	轻度污染	1.42	4.45	1.20	1.17	0.58	1.07	1.20	0.29
第四次采样	1	未污染	0.88	2.38	0.49	0.47	1.75	0.45	0.44	0.21
	2	轻度污染	1.39	3.63	0.99	0.92	1.82	0.90	1.00	0.47
	3	轻度污染	1.11	2.40	0.97	0.93	0.80	0.89	1.10	0.69
	4	未污染	0.86	1.75	0.73	0.85	0.77	0.70	0.57	0.65
	5	未污染	0.29	0.63	0.15	0.18	0.41	0.19	0.18	0.28
	6	轻度污染	1.35	0.65	2.26	2.06	0.93	1.80	1.41	0.33
	7	轻度污染	1.00	1.32	1.20	1.16	0.88	1.06	1.10	0.29
第五次采样	1	未污染	0.37	0.04	0.34	0.32	0.94	0.31	0.31	0.34
	2	轻度污染	1.07	2.94	1.01	0.92	0.57	0.91	0.95	0.19
	3	轻度污染	1.01	2.29	0.99	0.93	0.52	0.90	1.09	0.37
	4	轻度污染	1.80	7.39	0.79	0.68	0.93	0.69	0.72	1.42

### 3 结论与建议

1)经过两年多对某生活垃圾填埋场浅层地下水水质的动态监测和调查表明,该垃圾填埋场及周边区域的地下水系统并未受到垃圾渗沥液的显著污染,区域地下水水质主要受到原生沉积环境、大气降雨等因素的共同作用。

2)该垃圾填埋场所做的防渗漏措施在本文的研究阶段发挥了防渗作用。但随着垃圾填埋量的增加及运行时间的延长,防渗漏措施的有效性、垃圾渗滤液对周边地下水的影响还需通过后续长期的水质监测确定。

#### 参考文献:

- [1]CJJ17-2004,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, 2003,47(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, 2001,13(2):46-47.
- [4]郜洪强,丁文萍,樊延恩,等. 河北省垃圾填埋场对地下水的污染分析[J]. 河北地质,2009,38(3):20-24.
- [5]张志强,田西昭,单强,等. 唐山市某垃圾填埋场对浅层地下水水质的影响[J]. 南水北调与水利科技,2011,35(6):79-82.
- [6]范宇,谢世红,李任政,等. 地下水污染环境模拟与预测[J]. 上海国土资源,2016,37(1):86-89.
- [7]罗启仕. 我国城市建设用地水土污染治理现状与问题分析[J]. 上海国土资源,2015,36(4):59-63.
- [8]魏子新,翟刚毅,严学新,等. 上海城市地质图集[M]. 北京:地质出版社,2010:63-68.
- [9]夏晨,李金柱,何中发. 上海市浅层地下水环境地球化学背景值研究[J]. 上海地质,2006,27(1):24-28.
- [10]GB/T 14848-1993,地下水质量标准[S]. 1993.