

# 垃圾卫生填埋场选址的环境水文地质调查

王允麒、卢哲安、周勇

李秋岚

孙存忠

(武汉大学 430070)

(中航勘察设计研究所 100086)

(内蒙古海拉尔忠德水技术研究所)

**【摘要】** 本文结合选址的实践, 针对垃圾卫生填埋场环境水文地质的中心问题是垃圾渗沥液场地渗漏对地下水的污染, 提出垃圾卫生填埋场选址的环境水文地质调查, 应综合考虑地形、地貌, 特别是场地水文地质条件, 即影响渗沥液产量与场地渗漏量的各种因素。

**【Abstract】** The key problem of the environmental hydrogeology of the rubbish filling site is the pollution of seepage of rubbish liquid on groundwater. The investigation of environment hydrogeology of the rubbish filling site should be comprehensively considered the topography and the landforms, especial the condition of site hydrogeology. That is different factors affecting the seepage quantity should be considered.

## 0 引言

垃圾是人类生活与生产活动中必然要产生的固体废弃物。随着城市规模的扩大、人口的增多、工业与建筑业的发展, 以及人们生活方式的改变等, 垃圾的产生量也随之不

断增加。例如湖北武汉、黄石、襄樊、宜昌四城市的生活垃圾不仅产生量大(见表1), 而且增长快, 其年平均增长率分别为3.32%、5.51%、10.23%、17.40%。说明垃圾已成为城市越来越严重的环境问题。

表1 生活垃圾年产量统计表

单位 10<sup>4</sup>t

市名	年 份								
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
武 汉	118.6	119.6	120.3	130.1	135.8	141.6	144.8	148.1	150.1
黄 石				15.60	16.40	17.10	18.00	19.00	19.90
襄 樊						15.77	17.37	18.97	20.61
宜 昌			4.80	6.52	7.51	8.99	8.95	10.07	9.81

表2表明, 城市生活垃圾的组成成份比较复杂, 其组成比例有如下两个特点: 一是炉灰的含量随生活燃料气体化发展虽有所下降, 但在生活垃圾总量中仍占很高比例, 为57.24%~85.56%, 且其分离十分困难; 二是在生活垃圾中有机物的含量很低, 只占9.92%~37.2%, 且水又占到有机物总量中的约60%, 可见城市生活垃圾中的可燃成分相当低。

## 1 城市垃圾处置现状与动向

城市垃圾的处置方法主要分焚烧和填埋两大类。如据EPA报告<sup>[1]</sup>, 美国大多数城市垃圾仍是填埋, 但其比例已由1988年的73%下降至1990年的67%, 焚烧率已由1988年的14%上升到1990年的16%。又据报告<sup>[2]</sup>, 欧共体70%的生活垃圾与35%的工业垃圾最终采用堆放的处置方式, 而欧共体内垃圾的处置情况各国有所不同, 如英国和希

表 2 城市生活垃圾组成成分及变化 (%)

市 名	年 月	有 机 物					无 机 物			
		厨余	废纸	塑料	竹木草	纤维	炉灰	砖石	金属	玻璃
武 汉	1984年	21.20					78.80			
		16.80	2.10	0.20	1.50	0.60	74.62	2.98	0.60	0.60
	1988年	37.4					62.6			
		30.50	2.90	1.3	1.70	1.00	57.24	3.16	0.40	1.80
黄 石	1988年	9.92					90.08			
		6.68	1.13	0.24	1.41	0.46	85.56	3.24	0.36	0.92
	1991年	35.62					64.38			
		27.52	3.73	2.04	1.56	0.77	58.15	3.51	0.60	2.12
	1993年	36.94					63.06			
		29.39	3.20	2.40	1.61	0.34	58.00	3.74	0.14	1.18
襄 樊	1992年	25.79					74.21			
		20.92	1.68	1.54	1.27	0.38	69.96	3.15	0.17	0.93
宜 昌	1990年 (10~11月)	12.39					87.61			
		7.78	1.32	1.33	1.09	0.87	79.38	2.59	0.48	5.16
	1991年 (1~7月)	21.93					78.07			
		15.94	1.13	1.36	2.57	0.93	72.21	3.05	0.42	2.39
	1993年 (1~8月)	17.05					82.95			
		11.99	1.22	1.78	1.18	0.88	75.59	3.41	0.39	3.56

腊80%~90%的垃圾最终为填埋处置,丹麦却只有20%垃圾堆放垃圾场。再如日本东京约60%的垃圾是通过焚烧处理的。

当前国外很重视垃圾的减量化与再资源化。如美国专家认为,50%~80%的垃圾是可再循环的。为此,美国采取加强垃圾减量化和再资源化工作的措施,已于1992年达到了去除25%垃圾的目标<sup>[3]</sup>。又如欧共体于1991年就制定了垃圾场法令,旨在鼓励垃圾再循环,以减少垃圾场堆置量,并提出:60%的垃圾应再循环,30%实行能源回收利用,只有10%可堆置垃圾场。还有如英国、日本等国也都制定了抑制垃圾产生量和使之再资源化的法令和方针<sup>[4]</sup>。

显见,在发达国家垃圾填埋处置被广泛

应用,乃是因填埋较之焚烧具有建设和运行费用都低、操作简便、且为最终处置等特点之故。

由于我国为发展中国家,加之如前述我国城市垃圾成份中难以分离消纳的炉灰含量很高,而有机物含量却很低,尤以其中的可燃成份含量则更低,其燃烧值达不到焚烧要求,所以我国城市垃圾处置已往都是以露天堆置为主。城市垃圾这样处置虽简单,费用较低,但污染环境严重。因此近十年来已逐步采取简单填埋,并步入用准卫生填埋法填埋垃圾的起始阶段。

## 2 城市垃圾处置场对地下水的污染

我国城市垃圾处置在建国早期,基本以分散堆置于市区各地,而后才将其运至市郊

或农村堆存。这些露天堆置垃圾场,一般均无任何防渗措施与地表水截留设施,造成了周围地下水的严重污染。如沈阳市区各地较大的垃圾场有35处,通过调查研究发现,这些垃圾场周围地下水中硝酸盐、氨氮、硫酸盐和微生物指标较本底水平明显增高;重金属含量大多较本底水平有所增高,表明地下水受到了严重污染。又如宜昌正在使用的甘溪沟简易垃圾填埋场,由于没有采取场底防渗与渗沥液收集处理达标排放等措施,对周围地下水也造成了严重污染。据报导,我国部份城市的地下水受到污染,已查明与垃圾堆置有关。至于国外,据有关调查表明,荷兰的垃圾填埋场就有不少污染了地下水;又如德国杜易斯堡东北方向的 Emscherbruch 垃圾卫生填埋场,其中没有铺设塑料板仅使用粘土天然衬里防渗的一半场地,地下水也受到了污染。

以上例子表明,垃圾处置场往往对地下水构成有机质、病原微生物和重金属三位一体的污染源。因此,为防止对地下水的污染,应改变我国传统的垃圾露天堆置为卫生填埋。

### 3 垃圾卫生填埋场址选的环境水文地质调查

鉴于垃圾露天堆置(包括简易填埋)对环境,特别是对地下水污染的严重性,国外有关专家早已对城市垃圾卫生填埋技术开展了研究,于1930年便出现了垃圾卫生填埋坑。在国内,近年来结合工程实际才着手这一技术的研究,如采用准卫生填埋法的北京阿施卫、上海老港等垃圾卫生填埋场等。

为使垃圾卫生填埋场地周围环境的污染降至最低程度,首先必须从选址上入手,注重地形、地貌,特别是环境水文地质调查。

#### 3.1 地形、地貌调查

从地形、地貌看,在丘陵地区,凡在地貌上呈现三面山岗环绕,其内有一“S”或“Y”字型冲沟朝开敞方向伸展的盆地,或

由数个小冲沟汇集而成的沟谷等地形形态都是优选场址。这是因为:上述盆地或沟谷地形所特有的良好封闭性,使施工和运营期产生的噪音及扬尘与风扬物为山岗所阻隔,难以向外扩散出去,有利于将上述污染源对周围环境所产生的污染降至最小;其次,该类盆地或沟谷底部平缓开阔,加之岗顶高出它们的底部较多,能为填埋场提供较大的填埋空间,以延长填埋使用年限;再是,这种盆地、沟谷中的荒沟、荒坡与荒地作为填埋场地,有利于土地资源的合理利用。象襄樊、黄石的填埋场即选在三面环山,其内分别有一“S”、“Y”字型冲沟的半封闭盆地内;宜昌的填埋场则位于其内有一条5个小冲沟汇集而成的大冲沟的半封闭型山谷之中。此外,在多湖低洼地形区的低洼湖塘地也是合适的场址。武汉市的一个大型填埋场场址就选在紧靠一个人工堤(堤面高出场底约10m)内侧的低洼湖塘地带。这种地形场址的最大特点是填埋容量可以很大,但场址多呈三面开放型的自然封闭条件较差,对周围环境影响较大,这是其不足之处。另外在海滨浅滩地带也有适合于作填埋场的场址,例如在日本东京湾内防波堤内外的海滨浅滩地上便建有或正在建设的填埋场十几个。因此,选择盆地、谷地、洼地、海滨浅滩地等作场址,既是天然地形的合理利用,也符合选址对地形、地貌的要求。

#### 3.2 环境水文地质调查

在国外的垃圾卫生填埋选址标准中规定,场地调查主要内容之一,是环境水文地质调查。在国内,填埋场选址是环境水文地质工作中的一个新领域,已受到水文地质工作者重视。至于以往有的垃圾处置场选址未进行严格的环境水文地质调查,乃至投入使用后造成地下水严重污染,引起了水文地质工作者高度关注。

城市垃圾填埋场环境水文地质的中心问题是垃圾渗沥液渗漏对地下水的污染研究。

垃圾渗沥液渗漏进入地下水,对地下水污染的程度,除与垃圾中污染物的含量水平有关外,主要取决于渗沥液场地渗漏量的多寡,而垃圾渗沥液场地渗漏量又受控于填埋场的水文地质条件,所以选址时应综合考虑场地的水文地质条件,及研究影响地下水污染的有关因素,具体就是影响渗沥液产量与场地渗漏量的各种因素。

### 3.2.1 影响渗沥液产量的因素

填埋场渗沥液除来自填埋过程中垃圾的压实与填埋堆置过程中垃圾消化分解产生的水分,以及垃圾填埋期间与封场后的大气降水入渗淋滤外,还可产生于垃圾为雨水迳流和洪水的淹没或为地下水所浸泡。可见,从选址角度看,影响渗沥液产量的因素主要有:

(1) 汇水面积:由于场内雨水迳流系由填埋场地区的汇水面积大小所决定,所以为尽可能减少进入场内的雨水迳流,除采取雨水迳流截流措施(即沿场地周缘修筑拦截场外雨水迳流和填埋场封场覆盖后的表面雨水迳流的截洪沟)外,场址应选在汇水面积相对较小的地区。

(2) 地形高差:为消除洪水淹没填埋场可导致的渗沥液大大增多而加重地下水污染,须充分利用天然地形特征,避开洪泛区,选择位于当地百年一遇洪水位之上的高位场址。如襄樊、宜昌的填埋场高位场址,就是利用当地丘陵岗地的地形高差特征选定的。但在地形平缓地区,象武汉、黄石垃圾场分别处在多湖低洼及湖滨丘陵地形区,则按其地形特征选择了低位场址,即将场址分别选在长江防洪堤内的低洼湖塘地带、湖塘与丘陵坡地的交接地带。

(3) 地下水水位:当填埋场底部低于地下水位,垃圾为地下水所浸泡时,地下水不仅会使渗沥液产量大幅度增加,还将更多地溶解垃圾中的污染物,并被地下水流带走,加剧了对周围地下水的污染。

为避免地下水对场地垃圾的浸泡,场底应位于最高地下水位之上,最好是高于地下水位15m( Coates, 1981)。但国内外的垃圾卫生填埋标准对场底高于最高地下水位高度的规定不尽相同。如美国各州规定该高度为0.9~9.9m。德国按垃圾种类规定为:对于矿物废渣、建筑垃圾,该高度为1m;对于生活和商业垃圾,该高度为1m以上;等等。我国规定该高度为2m以上。因此,凡地下水位高,达不到上述规定要求的地段,是不合适的场址。

从选址看,高位场址的地下水位往往较低,低位场址则相反。如襄樊的高位场址与武汉、黄石的低位场址,前者场底高于最高地下水位10~16m,后者则仅能满足规定要求。

### 3.2.2 影响渗沥液场地渗漏量的因素

垃圾处置场地下水污染状况的监测结果表明,渗沥液是以垂向柱状形态通过饱气带向下渗漏进入含水层,即呈现渗漏宽度和填埋场宽度相当,侧向渗漏很少的渗漏特征。故只需分析影响渗沥液场地垂向渗漏量的如下因素:

(1) 地层岩性及其渗透系数:场地的地层岩性是影响渗沥液垂向下渗能力的主要因素。渗沥液垂向下渗能力大小是由地层的渗透系数大小所决定。因此凡渗透系数大或较大的岩土层(如孔隙溶洞发育或较发育的石灰岩层、裂隙发育或较发育的砂岩、砾岩层,粗粒结晶的岩浆岩风化层等,以及各类砂、砾石、卵石构成的饱气带地段不能作为场址。并应避免开储水条件好或较好的张性、张扭性等断裂带,以防污染断裂带内的深层地下水。

从国内外垃圾处置场地饱气带的岩性看,一般皆为粘性土层(但有的潜水位之上的饱气带下部为其它岩层),其中除粘土外,粉土与砂土亦占相当大比例。那么垃圾处置场地下水污染程度与饱气带不同土质类型的

关系究竟如何?

据对10个垃圾处置场(其中饱气带土质为粘土与砂土的各5个)的勘查结果<sup>[5]</sup>:凡场地饱气带土层为渗透系数极小的粘土,地下水中硝酸盐、氨氮、硫酸盐、细菌总含量仅略高于本底水平,地下水只受到轻度污染;凡场地饱气带土层为渗透系数远比粘土为大的砂土,地下水中上述指标均较本底含量显著增高,地下水受到严重污染。若将饱气带为砂土与粘土的场地加以比较,则前者地下水中硝酸盐、氨氮、硫酸盐、细菌总数和大肠菌群的均值,分别为后者的3.80、1233、2.37、11.84、382倍。表明饱气带为砂土的地区是不合适的场址。

由上述可知,饱气带土层的渗透系数大于粘土而小于砂土的粉土地段,如作为场址,地下水仍将受到较重污染,应予考虑。

(2) 饱气带厚度:饱气带厚度也是影响渗沥液垂向下渗能力的因素。它反映渗沥液下渗路程长短的影响大小,即在其它条件相同的情况下,场地垂向渗漏量随饱气带增厚而减小。

(3) 渗沥液水位与地下水位差:对渗沥液垂向下渗能力亦起控制作用的水位差,与饱气带厚度即渗沥液下渗路程的比值反映水力坡度的大小:水位差大,渗沥液下渗流速大,场地垂向渗漏量亦大。然而水动力学

分析表明,渗沥液下渗的水力坡度与地下水类型有关,即潜水条件下的水力坡度略大于1,承压水条件下一般小于1,并随承压水头增大而减少。

综上所述可以看出,尽管以上这三个因素对渗沥液垂向下渗能力的影响大小各异,但却都是通过下渗流速而发生作用,即下渗流速大,通过场地饱气带的垂向下渗量亦大,说明下渗流速是渗沥液垂向下渗能力的具体体现。因此,为尽量降低渗沥液的下渗流速,应选择饱气带的渗透系数越小、厚度越大的粘土与地下水水头越高的承压水分布地带作场址。

为定量判定填埋场是否具备自然防渗条件,我国《城市生活垃圾卫生填埋技术标准》中规定,天然衬里系统(即自然防渗)的填埋场必须具有下列条件:粘土衬里的渗透系数 $>10^{-7}$ cm/s,场底及四壁粘土衬里厚度 $>2$ m。

若将表3所示的湖北四市填埋场选址的结果与上述标准加以对照发现:尽管各填埋场饱气带皆为粘土(仅襄樊填埋场饱气带下部为裂隙不太发育的含砾砂岩),但其渗透系数除武汉填埋场外均超过标准;饱气带厚度宜昌填埋场不满足标准要求,而黄石、襄樊、宜昌填埋场沟谷内存在局部缺失粘土的地方。可见,除武汉填埋场具备良好的自然防

表3 填埋场地水文地质条件

项 目 填埋场名称	饱 气 带			地下水类型
	岩 性	渗透系数 (cm/s)	厚度(m)	
武汉金口截埋场	粘土	$<10^{-7}$	25	承压水承压水头高
黄石西塞山填埋场	粘土	上层 $2.8 \times 10^{-7}$	2	承压水
		下层 $3.6 \times 10^{-7}$	3	
襄樊东施极洪山头填埋场	上层粘土 下层含砾砂岩	$4.9 \times 10^{-6}$	5	潜 水
		$4.98 \times 10^{-6}$	3.8~4.5	
宜昌黄家湾填埋场	淤泥质粘土	$5.0 \times 10^{-6}$	1.0~2.4	承压水

# 高斯—马尔柯夫模型的模糊解算

郭金运 李成尧 崔先国 徐泮林

(山东矿业学院 泰安 271019)

**【提要】**本文提出用模糊数学理论解算高斯—马尔柯夫模型，并给出了解算模型，举出应用实例与最小二乘估计进行了比较，结果表明该法是可行的。

**【Abstract】**The view that the Gauss-Markov model can be solved by fuzzy mathematics theory is proposed in this paper. The solution model is given and the applying cases are also given. This method is practicable through the results compared with the method of the least squares estimation.

## 0 引言

目前，无论是经典平差，还是近代平差，一般均采用高斯—马尔柯夫模型（简记G—M模型），即：

$$L = AX + \Delta \quad (1)$$

式中  $L$ ——观测向量； $X$ ——未知参数向量； $A$ ——系数矩阵； $\Delta$ ——真误差向量； $\Delta = L - \tilde{L}$ ， $\tilde{L}$ ——观测量的真值向量。所以式(1)也可记为：

$$\tilde{L} = AX \quad (2)$$

对于该模型的解算，一般采用MA、MV、LS、Bayes或L估计<sup>[4] [5]</sup>，这些方法是根据含有随机误差的观测值来确定未知参数的最佳估值，或者知道观测量 $L$ 和未知参数向量 $X$ 的条件概率密度或联合概率密度，或者已知 $L$ 和 $X$ 的数学期望、方差及协方差，否则G—M模型的解算就比较困难。同时由于观测向量 $L$ 包含误差，这些误差是由仪器误差、人差及环境因素的综合影响，其中有些影响是可知的，而大部分影响作为随机量处理。由于观测量子样容量太小，不完全符合概率统计理论，而是有一定的模糊性，这是显而易见的。这样由观

渗条件外，其余三市填埋场的自然防渗条件均不符合技术标准，其中以宜昌最差。为确保填埋场环境安全，防止对地下水的污染，黄石、襄樊、宜昌场地必须采取相应的人工防渗措施，加以弥补。

## 4 结束语

以城市生活垃圾为主，混有一定量工业垃圾的填埋场，往往对地下水构成有机质、病原微生物和重金属三位一体的污染源，为防止对地下水的污染，应通过选址的环境水文地质调查，尽量选择具有自然防渗条件好的地段作场址，如受当地条件限制，所选场

址的自然防渗条件达不到国家填埋标准要求，应严格采取相应的人工防渗措施。

## 参 考 文 献

- 1 《Environ. Sci Technol》Vol.26, No.10, 1858~1859, 1992
- 2 《Presse Environment》No.267, P5, 1991
- 3 《NY Times》No.5, P.17, 1989
- 4 《公害と对策》Vol.26, No.14, 1990
- 5 张王福等.垃圾场对地下水影响的研究环境与健康杂志. Vol.7, No.1, 1990