

文章编号: 1008—2786(2000)增—0021—04

# 垃圾填埋场渗滤液水头变化的 OWEIS 法分析

张澄博<sup>1</sup>, 孔德坊<sup>1</sup>, 郑国成<sup>2</sup>, 张发闯<sup>2</sup>, 李剑波<sup>2</sup>  
(1 地质灾害防治与地质环境保护国家专业实验室, 四川 成都 610059;  
2 成都市环境卫生科学研究所, 四川 成都 610015)

**摘 要:** 垃圾卫生填埋场渗滤液水头是填埋设计和场地管理的一个重要参数, 一般很难获得。本文将 Oweis 等人提出的数学模型和解析解编制成一个计算机程序, 仅需几个容易获得的计算参数就可以计算出垃圾填埋场渗滤液水位的年、月变化。  
**关键词:** 垃圾填埋; 渗滤液水位  
**中图分类号:** X33      **文献标识码:** A

现代垃圾卫生填埋结构一般由四部分组成, 包括底部防渗衬里系统、底部渗滤液排导系统、垃圾卫生填土互层系统及最终覆盖系统。这种结构的功能就是减少地表径流和雨水的入渗, 增大渗滤液在底部的侧向排量, 降低渗滤液水头, 减轻渗滤液的垂向下渗对地下水造成的污染。在我国《城市生活垃圾卫生填埋技术标准》中规定<sup>[1]</sup>, 衬里渗透系数不大于  $10^{-7}$  cm/s 排导系统由 30 cm 厚的卵石石层构成, 2.5 m~3 m 厚的垃圾与 20 cm~30 cm 厚的填土交互堆积组成填埋的主体。不论是填埋工程设计, 还是填埋场管理, 渗滤液水头都是一个需要了解的重要参数。但是, 现场监测填埋场内渗滤液水头随时间变化的资料极其少见。Oweis (1993) 提出过一个描述渗滤液水头随入渗强度和时间而变化的数学模型, 该模型能够较好地描述渗滤液的水位变化, 与数值模拟(MODFLOW)结果较好地吻合起来<sup>[2]</sup>。本文将 OWEIS 法程序化, 并用于预测实际填埋场的渗滤液水位的变化。

## 1 OWEIS 法原理及数学模型

垃圾场的降水入渗量影响着渗滤液水位的升降变化。为了便于建立数学模型, Oweis 针对图 1 所示的地质模型, 做了如下假定: 1. 底部防渗衬里为不可渗边界, 且水平; 2. 填埋垃圾为均质、各向同性; 3. 地表降雨入渗是唯一的补给源; 4. 填埋场边界是定水头边界。

前已述及, 在填埋场底部应放置卵石石层, 但是卵石石层常被垃圾堵塞失效<sup>[3]</sup>; 在我国已建立的许多垃圾场也并未按规范标准构成这一层。虽然中间若干填土层可起到局部滞水层的作用, 但是在目前施工质量普遍不高的情况下, 可以忽略填土层的滞水功能。因此, 一般的垃圾填埋场均可简化成如图 1 所示的模型, 也就是说, 图 1 建立的数学模型具有一定的普适性。

渗滤液的升降变化可被考虑成瞬时潜水流的问题。流体流动可表示为

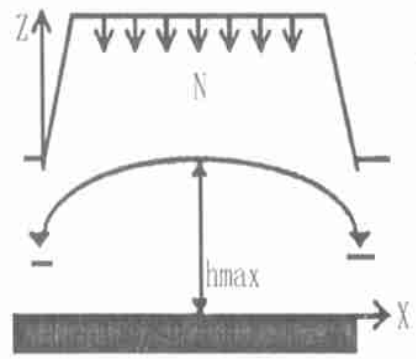


图 1 垃圾填埋场渗滤液水位示意图  
Fig. 1 Idealization of leachate mound development

$$-\frac{\partial Q(x, t)}{\partial x} + N = S_y \frac{\partial n(x, t)}{\partial t} \quad (1)$$

式中  $Q(x, t)$  是  $x$  方向上  $t$  时刻的单宽流量,  $N$  是降雨入渗强度,  $S_y$  是饱水垃圾给水度。使用 Dupuit-Forchhermer 假设

$$Q(x, t) = -K \cdot h(x, t) \frac{\partial n(x, t)}{\partial t} \quad (2)$$

$$Q(x, t) = -\frac{K}{2} \frac{\partial n^2(x, t)}{\partial t} \quad (3)$$

式中  $K$  为饱水垃圾渗透系数。令

$$\phi(x, t) = K \frac{h^2(x, t)}{2} \quad (4)$$

将(2)、(4)代入(1)式, 可得

$$\frac{\partial^2 \phi(x, t)}{\partial x^2} + N = S_y \frac{\partial h(x, t)}{\partial t} \quad (5)$$

再令

$$\eta = K \cdot h' / S_y \quad (6)$$

$$h' = 0.5(h_0 + h_t) \quad (7)$$

得

$$\frac{\partial^2 \phi(x, t)}{\partial x^2} + N = \frac{1}{\eta} \frac{\partial \phi}{\partial t} \quad (8)$$

式中  $h_0$  是渗滤液水头初始值,  $h_t$  是待求  $t$  时刻的估计值。方程(8)要求给出一个初始估计值, 然后在下一步计算中不断修正, 一般进行 2~3 次修正即可得到一个较好的估算值。

此外, 边界条件在  $x = 0$  处

$$h(0, t) = d, \quad \phi(0, t) = \frac{Kd^2}{2} = \phi_0 \quad (9)$$

在  $x = l$  处

$$\frac{\partial \phi(x, t)}{\partial x} = 0 \quad (10)$$

初始条件

$$\phi(x, 0) = \phi_0 + (\phi_{\max} - \phi_0) \sin \frac{\pi x}{2l} \quad (11)$$

$$\phi_{\max} = \frac{Kh_{\max}^2}{2} \quad (12)$$

方程(8)~(12)描述了渗滤液丘随入渗量  $N$  和时间  $t$  的变化规律。Oweis 给出了一个解析解

$$\phi(x, t) = \phi_0 + N \cdot x(l - x/2) + \sum_{n=1}^{\infty} [\exp(-\beta_n^2 \eta \cdot t)] A_n \sin \beta_n x \quad (13)$$

对于渗滤液上升

$$A_n = -16N \cdot l^2 / [(2n-1)^3 \pi^3] \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

$$\beta_n = \frac{(2n-1)\pi}{2l}$$

对于渗滤液下降

$$A_n = (\phi_{\max} - \phi_0) \delta_n - 16N \cdot l^2 / [(2n-1)^3 \pi^3] \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

$$\beta_n = \frac{(2n-1)\pi}{2l}$$

$$\delta_n = \begin{cases} 1 & n = 1 \\ 0 & n \neq 1 \end{cases}$$

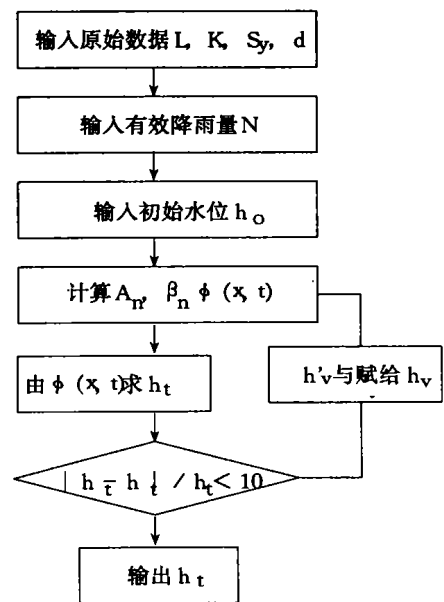


图 2 渗滤液水位计算机求解流程图

Fig 2 Flow chart of program computing level of leachate

假定渗滤液在围堤(边界)底处自由排泄, 应用 OWEIS 法可估算渗滤液水位在各月内有限雨量的变化。有效降雨量大时, 渗滤液水位上升; 有效降雨量小时, 渗滤液水位下降。老港垃圾场于 1989 年 10 月投入运营, 迄今已使用 8 年, 采用上升法( $N=392.6\text{ mm/a}$   $d=3.5\text{ m}$ )估算渗滤液平均水位  $h_0=5.25\text{ m}$ 。在此基础上, 1 月有效降雨量小于年平均降雨量, 采用下降法计算; 2 月有效降雨量高于 1 月有效降雨量, 采用上升法计算。与此类推, 得到表 2 所示的 12 个月的渗滤液水位值。由表可见, 老港垃圾场渗滤液水位变化经于  $4.32\text{ m}\sim 6.54\text{ m}$ , 相对于填埋场底部高  $0.8\text{ m}\sim 3\text{ m}$ 。

表 1 老港地区平均月有效降雨量

Table 1 Monthly average efficient precipitation in Laogang area(mm/month)												
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降雨量(mm)	14.3	31.2	33.0	43.4	54.4	75.7	15.7	11.3	99.3	0.0	4.8	9.5

表 2 老港垃圾场各月渗滤液水位的估算

Table 2 Estimated monthly level of leachate in Laogang Landfill												
月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水位(m)	4.75	4.86	4.95	5.23	5.62	6.27	5.76	5.31	6.54	5.60	4.68	4.32

4 结 语

OWEIS 法可以用于垃圾卫生填埋场渗滤液水头的估算, 为填埋设计和管理提供了重要参数, 为合理评价地下水潜在污染提供了科学依据。取时间无限大时, 还可得到稳态解。

2 程序实现

根据上述原理和方程, 采用 FORTRAN 语言编写了源程序, 其流程图如图 2。

3 计算实例

图 3 是上海老港垃圾场结构模型。垃圾堆积在第四系粘性土层之上, 粘性土垂向渗透系数  $K_z=1.875\times 10^{-7}\text{ cm/s}$  水平渗透系数  $K_x=4.641\times 10^{-7}\text{ cm/s}$  可忽略渗滤液通过粘性土层的渗露量。垃圾堆高  $4.5\text{ m}$ 。垃圾给水度  $S_y=0.2$  渗透系数  $K=10^{-2}\text{ cm/s}$ 。该区多年平均有效降雨量为  $392.6\text{ mm/a}$ , 各月平均有效降雨量如表 1 所示。

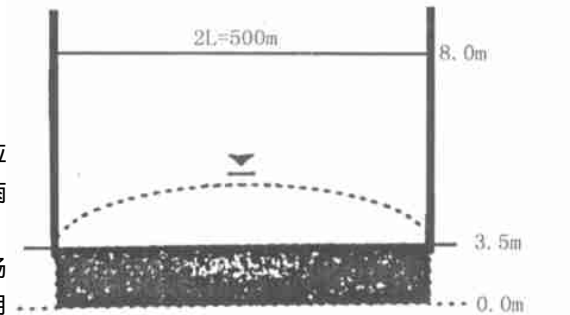


图 3 老港垃圾填埋场结构模型

Fig. 3 Sketch map showing geologic mode of Laogang landfill

参考文献:

[ 1 ] 建设部. 城市生活垃圾卫生填埋技术标准(CJJ 17— 88)[ S]. 1989

[ 2 ] Oweis I. S., G. C. Biswas. Leachate mound changes in landfills due to changes in percolation by a cap[ J] . *Ground Water*, 1993, 31(4): 664 ~ 674

[ 3 ] Rowe R. K., Eleventh Canadian geotechnical colloquium; contamination migration through groundwater, the role of modeling in the design of barriers[ J] . *Canadian Geotechnical Journal*, 1988, 25(4): 778 ~ 798.

ANALYSIS OF CHANGES OF LEACHATE LEVEL WITHIN  
A LANDFILL USING OWEIS METHOD

ZHANG Cheng-bo<sup>1</sup>, KONG De-fang<sup>1</sup>, ZHENG Guo-cheng<sup>2</sup>, ZHANG Fa-chuang<sup>2</sup>, LI Jian-bo<sup>2</sup>  
(1. *National Laboratory of Geological Hazard Prevention, Chengdu 610059*,  
2. *Chengdu Environment Health Institute, Chengdu 610015*)

**Abstract:** Level of Leachate within landfill is one of very important parameters, which is rare and generally unavailable. The mathematical model and its analytical solution provided by Oweis etc. are discussed and then a computer program is compiled for calculating changes of leachate mound and also applied to a secific landfill.

**Key words:** andfill; leachate level