

垃圾填埋场污染物 溶出负荷的估算及实例分析

沈耀良 杨铨大 王宝贞 王兴华 张建平

摘要 建立了垃圾填埋场污染物溶出的理论和经验模式,并将其应用于实际垃圾填埋场的污染物溶出的估算,对不同模式估算结果的差异进行了比较分析,提出了不同模式的应用途径。

关键词 垃圾渗滤液;污染物溶出负荷;估算

中图分类号 TU 993

目前,对垃圾填埋场渗滤液处理的研究日益受到重视^[1]。渗滤液水质及其变化规律的研究是垃圾填埋场环境污染控制的重要内容,更是渗滤液处理方案和工艺选择的先决条件。垃圾填埋场污染物溶出负荷指垃圾填埋后单位时间内从垃圾中溶出的污染物的数量。垃圾中污染物的溶出受诸多因素的影响。主要有垃圾特征、微生物生长特性、大气降雨等,间接影响因素有垃圾场温度、垃圾填埋深度、垃圾初期含水等。对垃圾填埋场渗滤液中有机污染的溶出规律的研究预测渗滤液污染物的浓度及其变化规律,为合理地确定渗滤液的处理方案及工艺方法提供有益的参考依据。

1 污染物溶出负荷估算模式

垃圾填埋场污染物溶出负荷可根据已有填埋场的运行监测数据建立经验模式或在实验研究的基础上进行理论公式的推导。垃圾填埋场正常使用前,一般采用后一种方法。

垃圾填埋场的使用年限一般在 15~20 年。在此其间会不断地向填埋场填入新的垃圾,由于污染物溶出量的重叠累加使得渗滤液中污染物负荷不断增加,同时随着填埋时间的推移,先前埋入的垃圾稳定化程度提高,加之微生物的分解转化作用,致使其溶出负荷日渐趋于稳定,直至到达污染物溶出的增加速率等于减少的速率,而达到一种动态平衡状态,这种状态

收稿日期:1999-01-20

沈耀良,男,1961年生,副教授,苏州城建环保学院环保系,苏州,215011

杨铨大,男,1939年生,教授,苏州城建环保学院环保系,苏州,215011

王宝贞,男,1932年生,教授,博士生导师,哈尔滨建筑大学,150008

王兴华,男,1963年生,副教授,苏州城建环保学院环保系,苏州,215011

张建平,男,1964年生,工程师,苏州市环卫处,苏州,215007

将一直延续至最后封场。封场后,由于没有新垃圾的填入,其溶出负荷逐渐下降。

1.1 理论模式

理论溶出模式的建立是以下列合理的假定为基本前提的:

- (1) 污染物溶出规律符合一级衰减模式;
- (2) 每次或每批填埋的垃圾数量和性质均相同;
- (3) 每次或每批垃圾的时间间隔(Δt)相等。

则有

$$C_n = C_0(1 + e^{-k\Delta t} + e^{-2k\Delta t} + \dots + e^{-(n-1)k\Delta t}) = \frac{1 - e^{-nk\Delta t}}{1 - e^{-k\Delta t}} C_0 \quad (1)$$

式中, C_0 ——每批垃圾的初始溶出负荷; C_1, C_2, \dots, C_n ——填埋至第1, 2, \dots, n 批垃圾的总溶出负荷; Δt ——每次(批)填埋的时间间隔(d); K ——溶出系数。

若填埋时间间隔为1天,即 $\Delta t = 1$, 则得到 C_n 和最大溶出负荷 C_{\max}

$$C_n = \frac{1 - e^{-k}}{1 - e^{-k}} C_0 \quad (2)$$

$$C_{\max} = \lim_{n \rightarrow \infty} C_n = \frac{C_0}{1 - e^{-k}} \quad (3)$$

以上所得到的最大溶出负荷将一直延续至封场。为确定垃圾填埋后某一时刻(天)的污染物溶出负荷,须首先确定每次或每批垃圾的污染物初始溶出负荷 C_0 及溶出系数 K 值。 C_0 和 K 的确定多采用室内模拟研究或参照同类型填埋场的的数据确定。 C_0 可根据单位干重量垃圾最大溶出量及每批填埋的垃圾量(W)来确定,即

$$C_0 = C_{\max}(1 - e^{-k}) \cdot W \quad (4)$$

实际工作中,一般认为,当 $C_n/C_{\max} = 98\%$ 时,即已达到最大溶出负荷。故有

$$n_{\max} = 3.912K^{-1} \quad (5)$$

利用上述模式即可根据每天的垃圾填埋量及日渗滤液的产生量估算渗滤液的污染物浓度。并以苏州七子山垃圾填埋场为例进行估算分析(其中 K 值参考同地区、同类型填埋场的有关研究数据^[2,3])。

苏州七子山垃圾填埋场设计有效库容量为420万吨,设计使用年限为15年(垃圾产量的年增长率为2.6%~5%)。目前,该填埋场已作为苏州市城市垃圾的处理场每天接纳600~800吨城市垃圾,日产渗滤液580~1200t/d。

根据以上理论模式对其污染负荷(同时考虑垃圾的增长率)进行了估算。估算参数及结果分别见表1和图1、2。

表1 苏州七子山垃圾填埋场污染物溶出负荷估算参数

参 数	取 值
$C_{s\max}(\text{COD})$	40 (g/kg)
$C_{s\max}(\text{BOD}_5)$	19.8 (g/kg)
K_{COD}	0.0253-0.0885 (1/d)
K_{BOD_5}	0.0448-0.0794 (1/d)

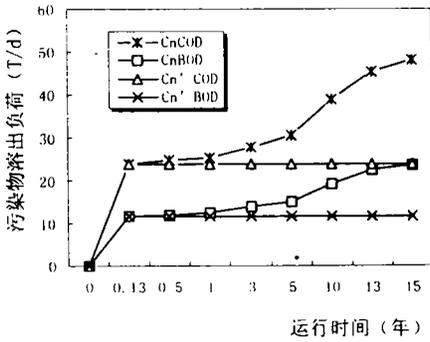


图 1 理论模式的估算结果

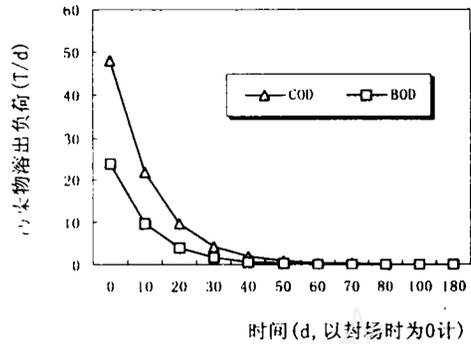


图 2 封场后污染物溶出负荷变化的理论估算

1.2 经验模式

除上述污染物溶出负荷估算的理论模式外,在已有垃圾填埋场实际运行检测和分析数据的条件下,也可通过建立经验模式加以估算,其表达式如下

$$m = at^b q^c \quad (6)$$

式中, m —污染物负荷(T/月); t —填埋场运行时间(月); q —渗滤液产生量(m^3 /月); a, b, c —常数(与垃圾成份、环境因素及微生物特性等有关,通过实际运行数据确定)。

根据对苏州七子山垃圾填埋场运行初期2年多的实测资料,采用假设检验和回归分析,得到如下模式

$$m = 9.5766 \times 10^{-4} t^{0.5711} q^{0.9337} \quad (7)$$

利用经验模式对苏州七子山垃圾填埋场污染物溶出负荷的估算结果示于图3。

2 对估算结果的分析

图1所示为根据理论模式估算的苏州七子山垃圾填埋场污染物负荷自启用至最终封场(15年)间的溶出量变化规律。图中同时考虑了两种情形。一是假定日垃圾填埋量恒定的情况。在此情形下,当污染物溶出负荷(BOD、COD)达到最大值(C_{max})后直至封场,其溶出负荷亦保持恒定(COD和BOD分别为48T/d和23.7T/d)。二是结合苏州市城市垃圾的年增长率考虑了填埋

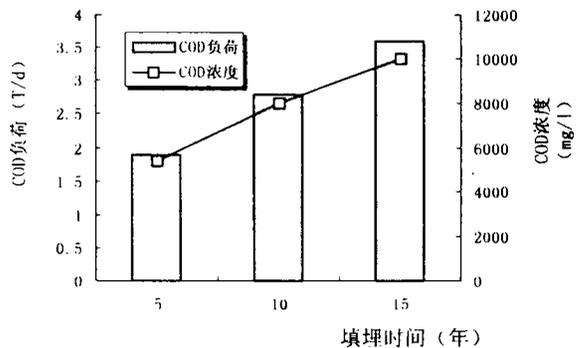


图 3 经验模式的估算结果

量5%年增长率。毫无疑问。随填埋垃圾量的增加,溶出负荷亦将增加,直至最后封场。经15年的运行封场后,由于无新垃圾的填入,污染物溶出负荷急剧下降(图2)。图3为根据经验模式

估算的污染物溶出负荷(考虑了5%的垃圾年增长率),其估算结果要明显低于理论模式估算的结果。实际上它们的结果之差别,除了上面提到的原因外,也反映了微生物对溶出污染物的降解作用^[4]。苏州七子山垃圾填埋场从启用至今已跨6个年头,正处于由年轻阶段向中年阶段过渡的时期。其目前的COD和BOD₅的浓度分别为6303.7~8885mg/l和2521.5~3180mg/l(表2),与经验模式的估算结果接近,说明采用经验模式对渗滤液的水质进行估算是比较符合实际情况的。

表2 苏州七子山垃圾填埋场渗滤液主要水质指标的监测数据(mg/l)

年份 指标	94年	95年	96年	97年	98年
COD	770-5804	881-6303	1318-5420	2428-6600	3700-8885
BOD ₅	—	528-2550	305-2615	1636-2780	1900-3100
pH	6.2-7.8	6.2-7.9	7.3-8.5	7.5-8.5	7.4-8.5
TN	50-890	152-715	—	979-1042	710-1950
NH ₄ -N	32.5-530	133-873	780-850	820-898	630-1800
TP	0.324-7.9	1.9-10.1	—	4.89-9.72	7.1-7.7
碱度*	378-3052	1057-2941	4391	—	—
BOD ₅ /COD	—	0.4-0.6	0.23-0.48	0.26-0.51	0.34-0.51

*: 以CaCO₃计。

理论模式和经验模式两者估算的结果差异较大,其原因是理论模式中的有关参数是建立在与填埋场实际情况存在较大的差异实验室研究基础之上的,且未考虑垃圾中微生物对溶出污染物的降解作用,它实际上反映了垃圾中污染物的总溶出量;经验模式是建立在在对实际运行中填埋场的实测数据的统计回归分析的基础上的,其中包含了微生物的作用,因而反映了渗滤液中污染物的实际负荷。因而在考虑垃圾填埋场的建设及其环境污染控制的过程中,理论模式对研究垃圾的稳定化进程的了解有良好的指导意义;而在研究渗滤液的水质及其变化规律时,若有已运行的同类型、同地区、同垃圾性质的填埋场,则采用经验模式进行估算更好。

3 结 语

渗滤液是一种高浓度的复杂有机废水,其处理工艺的选择不仅与其水质水量有关,而且处理工艺的的稳定运行亦有赖于对解渗滤液水质随垃圾填埋场“年龄”的变化的了解,以及时调整工艺运行控制参数。对垃圾中污染物溶出负荷的研究则十分有助于对渗滤液水质及其变化规律的了解。根据本文建立的理论和经验模式分别对苏州七子山垃圾填埋场自启用至封场的15年内污染物溶出负荷的估算结果表明,理论模式所得估算结果远高于实际水质,而经验模式则能较好地与实测结果相符。造成两种模式估算结果的差异的主要原因是理论模式中缺乏对污染物溶出后微生物作用的考虑。因而我们认为,理论模式对研究垃圾的稳定化进程的了解有良好的指导意义;而在研究渗滤液的水质及其变化规律时,宜采用经验模式进行估算。此外,有必要进行在理论模式纳入微生物作用的研究。

参 考 文 献

- 1 Wang B.Z., et al.. A pilot scale study on the treatment of high - strength sanitary landfill leachate, European Water Pollut. Control, 1997, 7(6): 33 ~ 40
- 2 沈耀良. 苏州七子山垃圾填埋场渗滤液设计水质的估算. 重庆环境科学, 1996, 18(4): 10 ~ 15
- 3 Pohland F.C., Design and operation of landfills for optimum stabilization and biogas production, Water Sci. Technol., 1994, 30 (12): 117 ~ 124
- 4 沈耀良. 城市垃圾填埋场渗滤液处理技术的研究, 哈尔滨建筑大学博士学位论文, 哈尔滨建筑大学图书馆, 1998. 10

ESTIMATION AND ANALYSIS OF THE POLLUTANT LEACHING LOAD OF LANDFILL

Shen Yaoliang Yang Quanda

(Dept. of Environmental Protection, SIUCEP, Suzhou, 215011)

Wang Baozhen

(Harbin University of Civil Engineering and Architecture, Harbin, 150008)

Wang Xuehua

(Dept. of Environmental Protection, SIUCEP, Suzhou, 215011)

Zhang Jianping

(Suzhou Environmental Sanitation Management Department, Suzhou, 215007)

Abstract Based on the theoretical and empirical models established in this paper, the pollutant leaching load of a practical landfill under operation for nearly 5 years is estimated. The difference of the estimated results between the theoretical and empirical models and their applications are analysed.

Key words landfill leachate; pollutant leaching load; estimation