

# 淮安市垃圾填埋场地质特征及其防渗评价

汪名鹏

(江苏省水文地质工程地质勘察院, 江苏淮安 223005)

**【摘要】** 正确分析评价垃圾填埋场的地质特征和防渗方案, 对垃圾填埋场的选址、设计以及施工运营极为重要。从自然环境、地层结构及岩性特征等方面阐述了淮安市某垃圾填埋场的地质特征, 分析了填埋区含水层分布、厚度、赋水性等水文地质条件; 结合室内试验和野外试验, 综合确定了填埋区岩土层渗透系数大于  $1 \times 10^{-7}$  cm/s, 表明填埋区不具备天然防渗的条件, 需采用人工防渗系统才能有效的阻滞垃圾渗滤液对周边环境的影响。

**【关键词】** 垃圾填埋场; 地质特征; 防渗; 淮安市

**【中图分类号】** X705

**【文献标识码】** A

doi: 10. 3969/j. issn. 1007-2993. 2011. 02. 012

## Geological Characteristics and Anti-seepage Evaluation of Municipal Waste Landfill in Huaian

Wang Mingpeng

(Jiangsu Province Institute of Hydrogeological and Engineering Geological Investigation, Huaian 223005, Jiangsu, China)

**【Abstract】** Correct analysis and evaluation of municipal waste landfill geological characteristics and seepage program play a very important role in municipal waste landfill siting and design and construction operations. The geological characteristics of municipal waste landfill in Huaian city, such as natural environment, Stratigraphic structure and lithology are described, hydrogeological conditions of municipal waste landfill, as well as aquifer distribution, aquifer thickness and permeable are analysed in detail in the paper. On the basis of laboratory test and in-situ tests, comprehensive determined of the strata permeability coefficient greater than  $1 \times 10^{-7}$  cm/s in municipal waste landfill siting, indicated that does not have natural anti-seepage conditions, must use the artificial anti-seepage system to be able effective to prevent pollution of environment form the leachate of refus.

**【Key words】** municipal waste landfill; geological characteristics; anti-seepage; huaian city

### 0 引言

据环卫部门的统计资料, 2001 年淮安市生活垃圾总量为 25.86 万 t, 2003 年为 27.92 万 t, 到 2005 年增至 30.93 万 t, 年平均增长率为 5.18%<sup>[1]</sup>。城市生活垃圾成份相当复杂, 含厨余、煤渣、纸张、纤维、金属、玻璃、塑料等。据《淮安市生活垃圾物理分析报告》(2003—2005), 厨余类物质是淮安市生活垃圾的主要成分, 占垃圾总量的 51.87%; 塑胶、玻璃、金属、纸品等可回收物占 26.31%~30%, 无机物占 20.2% (见表 1 和表 2)。

目前淮安市区城市生活垃圾的处置形式以填埋为主, 但是卫生填埋水平较低, 无害化处理

率不高, 大量简易填埋场部分仍在工作, 随着城市生活废弃物的增加, 占地面积也不断增加, 最终仍潜伏着二次污染的危害, 不利于促进循环经济的发展。

表 1 淮安市生活垃圾成分 %

厨余类	塑胶	纤维类	纸品类	玻璃	金属	无机物	其它
51.87	22.72	0.57	1.52	1.61	0.46	20.2	1.05

表 2 淮安市生活垃圾物化指标

密度/ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	含水率 /%	高位热值 /( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	低位热值 /( $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	干基灰分 含量/%	干基可燃 含量/%
423.9	42.81	4 406.9	2 781.1	32.62	67.38

新建的垃圾填埋场,是华东地区第一座按照国家新标准建设的垃圾处理场<sup>[1]</sup>,一期工程占地总面积 $17.2 \times 104 \text{ m}^2$ ,设计日处理生活垃圾能力 $1\ 100 \text{ t}$ ,库容 $726 \text{ 万 m}^3$ ,二个填埋库填埋废弃物深度 $12 \text{ m}$ 。

### 1 垃圾填埋场自然环境

淮安市生活垃圾填埋场位于苏北平原腹部,地貌上属于黄淮冲积平原区。据多年气象资料统计,场区年平均降水量 $954.8 \text{ mm}$ ,年蒸发量 $970 \sim 1\ 700 \text{ mm}$ ,蒸发量与降雨量比相差较大,蒸降比 $1.6:1$ ,一年之中除 $7 \sim 8$ 月降雨量大于蒸发量外,其余各月蒸发量均大于降雨量,特别是 $3 \sim 5$ 月蒸降比为 $2.7:1$ 。垃圾填埋场位于城市南缘,路网通畅,

附近无公园、名胜古迹,周边零星分布着一些小村庄。

### 2 填埋场地层结构及岩性特征

通过勘察表明,①层粘土,灰黄~褐黄色,可塑~硬塑,含铁、锰质及钙质结核;②层粉土,褐黄色,湿,中密,含云母碎片;③层粘土,棕红色,可塑~硬塑,含铁、锰质浸染,偶含钙核;④层粘土混砂,褐黄,硬塑,局部坚硬,含铁、锰质结核,混细砂,含量 $5\% \sim 10\%$ ,局部达 $25\%$ ;⑤层粉细砂,灰白色夹锈黄色,饱和,中密~密实,含砾石,粒径一般 $3 \sim 5 \text{ mm}$ ,局部泥质胶结。填埋场地质剖面图见图1。物理力学性质指标见表3。

表3 填埋场地基土物理力学性质一览表

层号	土层名称	$w/\%$	$\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	$\gamma_d/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	$e$	$S_r/\%$	$w_L/\%$	$w_p/\%$	$I_p/\%$	$I_L$	$a_{1-2}/\text{MPa}^{-1}$	$E_s/\text{MPa}$	$c_k/\text{kPa}$	$\varphi_k/(\text{°})$
①	粘土	25.1	20.0	16.0	0.716	96	40.2	20.3	20.1	0.23	0.26	7.70	46.2	15.5
②	粉土	25.6	19.9	16.0	0.713	99	28.4	21.5	6.8	0.54	0.21	8.4	13.3	28.3
③	粘土	27.4	19.7	15.4	0.777	96	43.2	21.6	21.6	0.28	0.18	10.98	74.26	18.02
④	粘土混砂	19.1	20.5	17.2	0.592	88	37.9	19.5	18.4	0.04	0.13	12.8	91.1	20.4
⑤	粉细砂	18.2	20.3	17.3	0.559	90					0.23	6.66	5.7	29.9

据江苏省水文地质工程地质勘察院实测资料

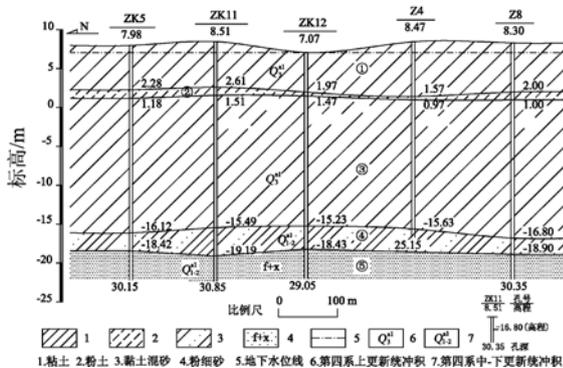


图1 填埋区典型地质剖面图

(图中数据为1985年国家高程基准,单位:m)

### 3 填埋场水文地质条件

#### 3.1 含水层的分布

根据含水层地质年代、埋藏分布及水力特征,可分为I、II两个含水岩组。I含水岩组含水层为第四系上更新统褐黄色粉土及含钙核粘土(两层含水层无良好隔水层,可看作同一含水层),地下水为孔隙潜水~微承压水,厚度 $4.30 \sim 7.50 \text{ m}$ ,平均 $5.60 \text{ m}$ ,透水性、富水性较差,静水位埋深 $0.60 \sim 1.70 \text{ m}$ 。II含水岩组含水层岩性为第四系中、下更新统灰白色粉细砂,地下水为孔隙承压水,顶板埋深为

$22.60 \sim 29.30 \text{ m}$ ,透水性、富水性一般,由于有较好的隔水顶板,基本不受大气降水及地表水的影响,静水位埋深 $12.82 \text{ m}$ 。

#### 3.2 含水层渗透性

含水层渗透性是决定垃圾填埋场是否进行防渗处理的关键因素,主要考虑渗透性、渗透量大小等。对土层的渗透性测定一般采用室内渗透试验和野外水文地质试验,包括注水试验、压水试验、渗水试验和抽水试验等。根据勘探、水文地质试验、室内试验以及地区经验,综合确定场地土层的渗透性指标。室、内外渗透试验参数见表4。

通过野外试验计算的渗透系数 $k$ 值大于室内土工试验 $k$ 值,主要是野外试验的环境和方法不同,以及实际地层夹有砂质土、钙质结核等,而室内测定渗透系数的方法是选择野外一些代表点,土样体积较小,且受试验边界条件的限制,与实际土层之间差异较大,所测定的数据与野外实际数据之间存在着差距。野外测定渗透系数的方法能够比较客观的反映实际,精确度较高,基本反映了各土层的渗透性质,是进行填埋区渗透性能评价的重要参数<sup>[2]</sup>。

表4 室、内外渗透试验参数表

岩性	①层粘土	②层粉土	③层粘土	④层粘土夹砂	⑤层粉细砂
室内渗透试验 $k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$0.6 \times 10^{-7}$	$3.96 \times 10^{-7}$	$0.52 \times 10^{-7}$	$0.16 \times 10^{-7}$	$5.69 \times 10^{-7}$
现场渗透试验 $k/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	$1.412 \times 10^{-3}$	$1.863 \times 10^{-3}$	$2.25 \times 10^{-6}$	/	$1.91 \times 10^{-3}$
透水性分类	中等透水	中等透水	微透水	弱透水	中等透水

据江苏省水文地质工程地质勘察院实测资料

### 3.3 地下水赋存与运移

地下水类型主要为孔隙潜水—承压水,赋存于粘土、含钙核粘土及粉砂、细砂中。潜水与地表水无明显的隔水层,水力联系密切,主要接受大气降水和地表水入渗补给,以蒸发、人工开采和侧向径流方式排泄,水位动态很不稳定,水位变幅大,根据观测资料,水位年变幅约1.00~1.50 m,历史最高水位接近地表。潜水含水层岩性粘性土、粉土,颗粒细腻,地下水埋藏较浅,水平径流速度缓慢,地下水以垂向水量交替为主。承压水赋水性及透水性较好,上部土层的隔水效果明显,主要补给方式为侧向入渗,排泄方式以人工开采及侧向径流为主。渗透性强的含水层地下水流速快,污染物在含水层中传播速度也快,导致地下水携带污染物运移速度加快,从而形成地下水、地表水的污染。

### 4 填埋场防渗评价

垃圾填埋场既要防止污染物外渗污染地下水、地表水、土体,也要防止地表水内渗,导致渗滤液增加和堆积体失稳,因此,加强填埋场的防渗处理是预防环境污染的一个重要方面。

场地③层粘土底板埋深20.50~25.40 m,厚度较大,通过现场水文地质试验渗透系数不满足小于 $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ 的条件<sup>[3]</sup>,不具备天然防渗的条件,且场地地下水潜水水位埋深较浅,与地表水存在一定的水力联系,为防止垃圾填埋场渗滤液入渗污染地表水体以及地下水承压含水层等,需采用人工防渗系统。填埋区主体防渗系统组成部分有:基础及衬垫层、垃圾填埋体、地下水收集与导排系统、封盖系统等。垃圾填埋场防渗系统示意图<sup>[4]</sup>见图2。

水平防渗系统目前常用的是高密度聚乙烯(HDPE)土工膜与粘土复合衬里系统作为主要防渗层。衬垫层材料的试验、选择、设计有效的垫层是隔离垃圾渗滤液等污染物的关键和防止其迁移扩散的保证。目前衬垫层的主防渗层和次防渗层材料均采用HDPE土工膜,HDPE膜厚度不应小于1.5 mm。根据国内外设计经验,HDPE土工膜上下均要求铺设足一定厚度的保护层,防止土工膜意外破坏引起渗滤

液泄漏。压实粘土层必须运用击实试验和渗透试验来判别粘土干密度、含水量和渗透系数三者的关系,一般分层压实后每层压实层厚度在150~250 mm之间,压实度为90%~95%,含水量略高于最优含水量。黄婉荣<sup>[5-6]</sup>等试验研究了不同加砂量对压实粘土渗透系数、体积收缩率的影响,结果表明当粘土中加砂量为30%~40%时,压实粘土砂土混合材料击实可获得低渗透率和低收缩率等优点,以达到渗透率小于或等于 $1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ,满足填埋场施工过程中压实粘土衬垫的干裂抗干裂和高抗剪强度的要求<sup>[7]</sup>。

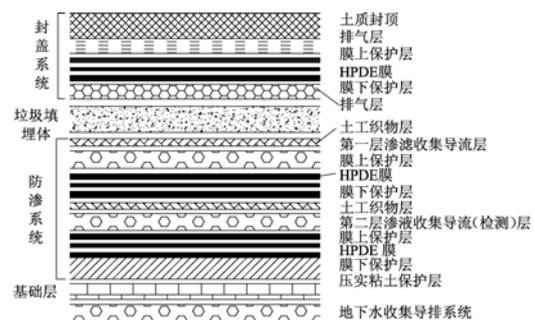


图2 垃圾填埋场防渗系统示意图<sup>[4]</sup>

封盖系统能有效的防止和减少大气降水入渗到填埋体内,一般防渗结构也采用高密度聚乙烯(HDPE)土工膜与粘土复合衬里系统作为主要防渗层,HDPE土工膜能防止雨水入渗和阻止填埋气的排出。封盖系统一般采用含砾石砂作为排水层,表面坡度一般要小于5%,这样大气降水才能迅速排出,以防积洼。在填埋气的收集层,设置双层土工格栅加筋<sup>[8]</sup>,能有效的增加封盖系统的稳定性。

垃圾填埋作业过程中以及填埋后,由于雨水和地表水的入渗,会产生大量渗滤液。渗滤液的物质组成十分复杂,含有重金属、有机污染物等多种有毒、有害组分<sup>[9]</sup>,具有很强的综合污染特征。渗滤液的污染过程很复杂,若不加控制处理或处置不当,将对环境造成严重的二次污染。如果地下水体和周围土体被其污染,通过人工方法净化或补救,在技术上将十分困难,其费用也极其昂贵,造成的后果不堪设想<sup>[10]</sup>。

为了防止垃圾渗滤液对水体、土体的污染,除了在填埋前设置防渗层,还需要修建渗滤液收集与处理系统,对已形成的垃圾渗滤液经渗滤液导排系统进入集水井,由潜水泵抽至调节池,进入污水泵站,与城市污水管网相接,最后汇集到污水处理厂处理,减少对环境的污染。

### 5 填埋体沉降变形对防渗系统的影响

垃圾填埋场防渗系统工程的可靠性和安全性除防渗材料本身特性外,还应考虑垃圾填埋体的沉降变形。垃圾填埋体具有竖直和侧向变形特性<sup>[11]</sup>。O'Leary 等<sup>[12]</sup>指出一般填埋场场地沉降要持续 25 年以上,其总沉降量为垃圾初始填埋高度的 25%~50%,其中 50%以上发生在封场后的第一年。差异沉降和伸展变形容易导致垃圾填埋体衬垫层系统的破坏引起渗滤液污染水体和土体等。垃圾填埋体的沉降变形主要是由其自身的压实作用以及垃圾降解作用引起水份和气体的散失而引起的,沉降部分是由垃圾降解作用引起的。为保证垃圾填埋体的稳定,在填埋工艺中,应采用单元、分层作业,规定垃圾压实度应大于 600 kg/m<sup>3</sup>,单元每层垃圾层厚为 2~3 m,最大不得超过 6 m<sup>[3]</sup>,并控制分层填埋速度。

### 6 结论与建议

垃圾填埋场是集垃圾填埋与环境保护于一体的系统工程,正确分析评价垃圾填埋场的地质特征与水文地质结构条件,对垃圾填埋场的选址与建设极为重要,尤其是防渗方案的选择是垃圾填埋场核心的一个问题,涉及到运营成本以及环境保护等问题。

#### 6.1 结论

1)通过勘察表明:场地地貌类型简单,水文地质条件单一,工程地质条件较好,适宜垃圾填埋场的建设,为垃圾填埋场的可行性提供了可靠依据。

2)垃圾填埋区地基土不具备天然防渗的条件,需采用 HDPE 膜与粘土复合衬里系统来提高填埋区的抗渗透性。

3)对垃圾体填埋高度进行验算,选择合理、安全的堆载高度。

#### 6.2 建议

垃圾填埋场的建设与运营时间跨度较大,以下提出几点初步的建议,对垃圾填埋场的运营与未来处理城市生活垃圾提供借鉴。

1)加强污染监测工作。为防止因防渗层失效,垃圾中的渗沥液污染地下水、地表水以及土壤,应对其进行监测。监测井包括地下水本底监测井、污染扩散监测井、污染监测井等。另外,对垃圾填埋场周

边大气、填埋气体的监测不容忽视。

2)填埋场封场后,应在覆盖层上进行绿化,营造人与自然、环境和谐共处的空间。

3)针对本垃圾填埋场,工程投资结束后,随着垃圾填埋容量的增加,填埋气体也逐渐增加,可将填埋气体回收利用,不但可以大大降低甲烷的排放量,还能带来良好的社会效益。目前国内只有少数几个垃圾填埋场对填埋气进行了回收发电利用,例如杭州天子岭、深圳玉龙坑、广州大田山等。

4)实施垃圾分类收集,提高垃圾处理效益。加强市区原有简易填埋场改造和封场,积极构建以卫生填埋为主的垃圾综合处理体系。目前淮南市仅有一座垃圾卫生填埋场,远远不能满足日益增长的垃圾产量的需求。可以借鉴先进国家的经验,采用焚烧处理城市垃圾进行发电,并且不会产生垃圾填埋过程中产生渗滤液处理等问题,使垃圾处理形成产业化,最大限度提高生活垃圾处理的环境效益。

### 参 考 文 献

- [1] 庞建峰,赵洪飞. 淮南市生活垃圾的处理现状与控制对策[J]. 能源与环境,2008(1):107-108.
- [2] 王国强. 城市垃圾性质及其填埋场的工程地质评价[J]. 水文地质工程地质,1999(6):20-23.
- [3] CJJ17-2004 生活垃圾卫生填埋技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2004.
- [4] 中华人民共和国建设部.CJJ113-2007 生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [5] 黄婉荣,郭志平. 填埋场压实粘土衬垫防干裂试验研究[J]. 河海大学学报(自然科学版),2000,28(6):19-22.
- [6] 黄婉荣,郭志平. 填埋场压实粘土衬垫渗透系数的影响因素综述[J]. 水利水电科技进步,2001,21(2):19-22.
- [7] 姚庆. 卫生填埋场防渗系统设计与材料选用[J]. 中国建筑防水,2003(3):13-16.
- [8] 徐超,廖星樾,李志斌. 软土地基上生活垃圾卫生填埋场的岩土工程问题与对策[J]. 环境污染与防治,2006,28(6):465-468.
- [9] 王光亚,施斌,蔡雨亭,等. 江都市垃圾卫生填埋场环境影响分析[J]. 防灾减灾工程学报,2006,26(4):89-94.
- [10] 杨军,黄涛,杨立中. 垃圾填埋场的灾害隐患及其对策[J]. 灾害学,2004,19(04):13-19.
- [11] 吴晓峰,王浩,周健. 岩土工程技术在现代卫生填埋场设计中的应用[J]. 建筑技术,2006,37(11):61-63.
- [12] O'Leary P, Tansel B. Landfill closure and long-term care. Waste Age, 1986 (10):53-54;58;60;64.