

# 某危险废物安全填埋场的设计与工艺

孙晓东

(北京高能时代环境技术股份有限公司, 北京 100095)

**摘要:**通过某危险废物安全填埋场项目,介绍了安全填埋工程的总体设计工艺,包括危险废物填埋处置总体流程、预处理系统、填埋库体结构、防渗系统、终场覆盖及环境监测等。结合工程设计实践,探讨了危险废物填埋场设计工艺要点。分析认为在沿海软土地区,采用双衬层水平防渗和垂直防渗相结合的半刚性结构方式,可以达到有效保护库区环境的目的。

**关键词:**危险废物;填埋场;固化;防渗;监测

**中图分类号:**X705 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2018)10-0137-04

**Design and Construction Process of A Hazardous Waste Safe Landfill Site/SUN Xiao-dong** (Beijing GeoEnviron Engineering & Technology Inc., Beijing 100095, China)

**Abstract:** The overall technological design of the safe landfill site is illustrated through a hazardous waste safe landfill site project, including the entire process of waste landfill disposal, pretreatment system, landfill structure, anti-seepage system, final cover of landfill site, environmental monitoring, etc. Some key points of the waste landfill site design process are discussed in conjunction with the actual design. Analysis shows that in the coastal soft soil area, the semi-rigid structure which adopts the double lining horizontal seepage control and vertical anti-seepage, can achieve the purpose of protecting the environment.

**Key words:** hazardous waste; landfill site; solidification; anti-seepage; monitoring

## 0 引言

危险废物是指列入国家危险废物名录或根据国家规定的危险废物鉴别标准及鉴别方法认定的具有腐蚀性、毒性、易燃性、反应性和感染性等一种或一种以上危险特性,以及不排除以上危险特性的固体废物<sup>[1]</sup>。

危险废物引起的环境事故和危害往往持续时间长,隐蔽性大,而且后果严重;一旦发生污染事故,环境污染治理将耗费巨额资金,生态恢复也需要更长的时间,有时甚至难以恢复<sup>[2]</sup>。目前,我国危险废物产生量总体上呈逐年增加趋势<sup>[3]</sup>。统计数据表明我国危险废物近年产生量均在  $3.0 \times 10^7$  t 以上,而相关调研认为我国危险废物年产生量在  $6.0 \times 10^7$  t 以上<sup>[4]</sup>。

国内外处理危险废物的方法主要有资源化利用、焚烧和填埋 3 种。资源化利用和焚烧都会产生不能利用的废物和残渣,最终还是要进行填埋环节的处理,所以有人将填埋处置说成是固体废物或危险废物的最终处置方法<sup>[5]</sup>。本文结合江苏省某在建

危险废物安全填埋场项目,对危险废物填埋场设计及工艺进行探讨,供类似工程参考。

## 1 工程概况

某新建配套安全填埋场项目位于江苏省南通市,占地面积  $60000 \text{ m}^2$ 。设计年处理危险废物规模  $35000 \text{ t}$ ,安全填埋场设计总库容  $62 \text{ 万 m}^3$ ,服务年限 18 年。在填埋库区中间东南-西北走向最短处设置分期围堤,将填埋库区均分成 1 号、2 号填埋库区,每块库区占地面积约  $3 \text{ 万 m}^2$ ,库底最大埋深  $8.5 \text{ m}$ 。该项目的建设将填补江苏省危险废物最终处置的空白,成为南通市最大的危险废物安全填埋场。填埋场平面示意图见图 1。

## 2 工程地质及水文地质条件

### 2.1 地形地貌

场区地势平坦,地貌类型简单,主要为长江冲积三角洲平原地貌,地表岩性多为灰色粉质粘土、粉土夹粉细砂,局部含较多淤泥质。

收稿日期:2018-06-28

作者简介:孙晓东,男,汉族,1983 年生,岩土工程专业,硕士,从事固废处理、资源化及环境治理等工作,北京市昌平区回龙观镇回南路 10 号院国仕汇小区 13 号楼 3 单元 301 室,sunxiaodong2000@126.com。

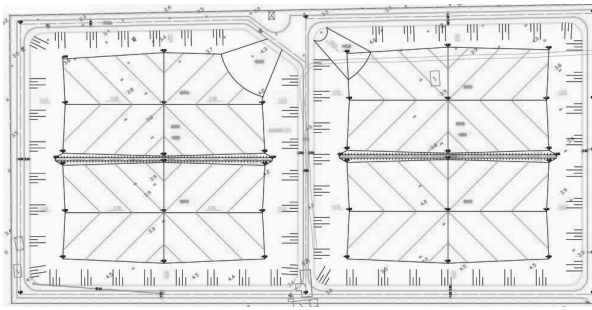


图1 危险废物填埋场平面示意

### 2.2 地层条件

根据勘察资料,场区 45.0 m 深度以内各土层由第四系全新世—中更新世以来的长江冲积平原沉积物组成,呈水平状分布,可分为 5 个工程地质层:①冲填土;②粉质粘土;③粉土;④粉质粘土;⑤粉砂。

### 2.3 地下水

含水层分为:潜水含水层组、微承压含水层组、第 I 承压含水层组。

潜水赋存于①冲填土、②粉质粘土中,含水层组岩性主要为粉质粘土夹粉土,厚度 5 m 左右,水位埋深随地貌形态而异,一般为 1.5~3.2 m。

微承压水赋存于③粉土中,含水层组岩性主要为粉土,厚度 24 m 左右,水位埋深 3.3 m 左右,具微承压性。

第 I 承压水赋存于⑤砂层中,含水层组岩性主要为粉砂,含水层厚度较大,水位埋深在 1.9~4.2 m。各层土渗透性见表 1。

表 1 各层土渗透系数

土层	渗透系数 $k/(cm \cdot s^{-1})$	透水性
②粉质粘土	$2.5 \times 10^{-5}$	微透水层
③粉土	$3.0 \times 10^{-4}$	弱透水层
④粉质粘土	$9.4 \times 10^{-6}$	微透水层
⑤粉砂	$5.0 \times 10^{-3}$	透水层

## 3 总体工艺设计

### 3.1 填埋类别及规模

根据服务范围内危险废物产量数据并结合行业发展情况,确定本项目危险废物安全填埋设计处理规模为 35000 t/a。具体填埋危险废物种类见表 2。

### 3.2 填埋处置流程

危险废物填埋场填埋处置总体工艺流程见图 2。

### 3.3 预处理

采用安全填埋技术处置危险废物时,实施填埋前

表 2 拟处置危险废物

废物名称	废物类别	处置量/ ( $t \cdot a^{-1}$ )
医药废物(可填埋类)	HW02	500
废药物、药品	HW03	100
农药废物(可填埋类)	HW04	700
热处理含氰废物	HW07	150
表面处理废物(重金属污泥及残渣)	HW17	7000
焚烧处置残渣	HW18	8000
含重金属废物	HW19、HW20、HW21、HW22、HW23、HW24、HW25、HW26、HW27、HW28、HW30、HW31、HW46、HW47	5250
无机氟化物废物	HW32	500
无机氰化物废物	HW33	500
废酸(酸泥、酸渣)	HW34	2000
废碱(碱渣)	HW35	2000
石棉废物	HW36	800
其他废物(可填埋类)	HW49	7500

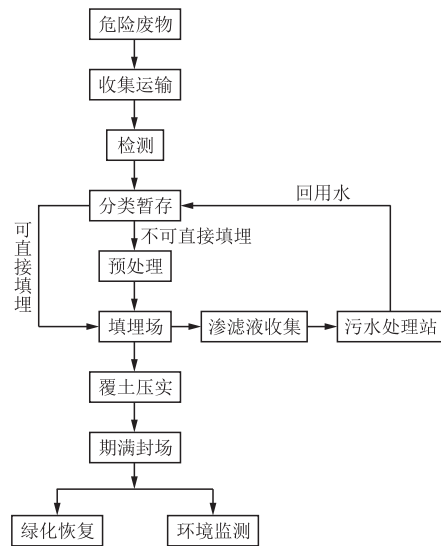


图 2 填埋处置总体工艺流程

应进行稳定化/固化等预处理<sup>[6]</sup>。本项目采用水泥基固化为主、药剂为辅的预处理方式。稳定化/固化预处理工艺流程见图 3。

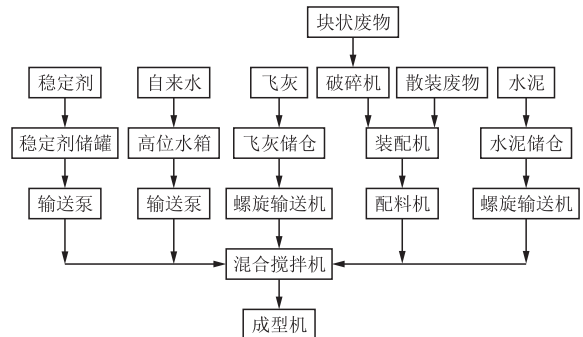


图 3 稳定化/固化工艺流程

稳定化/固化配比:危险废物:药剂:水:固化剂=1:0.05:0.10:0.20。

### 3.4 填埋场结构形式

本工程采用地下与地上结合填埋方式,将浅部覆盖层全部清除,形成开挖填埋坑,由于场底位于地下水位以下,不符合规范<sup>[7]</sup>要求,需采用垂直防渗帷幕将填埋场区域与周边地下水隔绝。为保证工程施工可行和运营的安全性,最终选择水平柔性防渗+垂直防渗相结合的结构方案。

填埋场构建方案(假定场平标高±0.00 m):整平后场底高程-4.00 m,围堤顶部高程 8.00 m 左右,顶部宽 5 m,设环场作业道路,用于车辆进场填埋作业,围堤采用加筋土坝,围堤基础进行地基处理。填埋场场底设纵横向汇水并设 2% 的坡度,方便渗滤液收集与导排。填埋场场顶标高 8.00 m,采用分级放坡,分级高度 5 m,放坡坡率 1:3,分级平台宽度 3 m。封场后堆体顶部高程 12.00 m,最大填埋厚度 16 m,顶部排水坡率 5%。

### 3.5 地下水导排系统

根据规范<sup>[7]</sup>,填埋场场址的地质条件应符合:地下水位应在不透水层 3 m 以下。如果小于 3 m,则必须提高防渗设计要求,实施人工措施后的地下水水位必须在压实粘土层底部 1 m 以下。本项目地下水水位较浅,需设置地下水导排系统。

地下水导排系统主要由碎石导流层、HDPE 导排管、地下水提升井等部分组成。填埋库区清场后在场区底部铺设一层厚度 300 mm、粒径 30~50 mm 的碎石作为地下水导流层,在导流层内设地下水导排主盲沟与支盲沟。平面布置上地下水导排主盲沟沿库区中心线布置,支盲沟沿主盲沟角度 60°呈鱼翅状布置,与主盲沟相连。主盲沟内设 DE315×28.6 HDPE 穿孔管,支盲沟内设 DE200×18.2 HDPE 穿孔管。地下水导排支盲沟收集的地下水均汇集到主盲沟,地下水导排系统收集到的地下水通过主盲沟沿场地坡度导流至地下水提升井,由提升井内的提升泵将其提升至库区外环场排水沟。

### 3.6 防渗系统设计

#### 3.6.1 垂直防渗系统

根据规范<sup>[8]</sup>,垂直防渗嵌入下部相对不透水层深度不宜小于 1 m。故本工程在场区周边围堰上设置双排 Ø850 mm 五轴水泥膨润土搅拌桩,进入④粉质粘土层不小于 2 m,桩长约 35 m,膨润土掺加

量≤5%。

#### 3.6.2 水平防渗系统

我国危险废物填埋场一般选择复合、双层、多层衬垫系统,以 HDPE 膜为主要防渗材料<sup>[9]</sup>。

本工程选用高密度聚乙烯(HDPE)土工膜和膨润土垫(GCL)的双人工衬层系统,库底防渗结构由下至上:

- (1)库底基础层;
- (2)200 g/m<sup>2</sup> 聚丙烯有纺土工布隔离层;
- (3)30 cm 地下水导排层;
- (4)200 g/m<sup>2</sup> 聚丙烯有纺土工布隔离层;
- (5)60 cm 压实粘土层;
- (6)4800 g/m<sup>2</sup> GCL 防渗层;
- (7)2.0 mm HDPE 土工膜次防渗层;
- (8)6.3 mm 土工复合排水网;
- (9)2.0 mm HDPE 土工膜主防渗层;
- (10)800 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布;
- (11)800 g/m<sup>2</sup> 长丝无纺土工布;
- (12)30 cm 渗沥液导排层;
- (13)400 g/m<sup>2</sup> 聚丙烯有纺土工布隔离层;
- (14)危险废物填埋层。

水平防渗层的主要防渗材料采用高密度聚乙烯(HDPE)土工膜,性能须符合规范<sup>[10]</sup>要求,具有下列优点:

- (1)防渗效果可靠,其渗透系数<10<sup>-13</sup> cm/s;
- (2)施工铺设比较容易实施,适合本场址的平原地形;
- (3)其拉伸强度、断裂伸长率、抗刺穿能力等性能均优于其它防渗材料;
- (4)接缝采用热熔焊机双缝连接,接缝强度高;
- (5)保存和运输均很方便;
- (6)通过控制土工膜焊接与铺设施工质量,可有效控制渗滤液产生量。

#### 3.7 渗滤液导排系统

填埋物料主要为经稳定化/固化后的砌块,自身的含水量和渗透液极少,正常运行情况下,渗滤液产量很少。但为防止雨天临时覆盖设施发生泄漏,雨水进入填埋堆体后形成渗滤液,仍需设置渗滤液导排系统。

(1)初级收集系统位于上衬层表面和填埋废物之间,用于收集和导排初级防渗衬层上的渗滤液。由铺设在全场场底的 300 mm 厚、粒径 30~50 mm

卵石导排层和导排盲沟组成。卵石导排上设 200 g/m<sup>2</sup> 聚酯无纺土工布作为反滤层,防止导排层发生堵塞;导排盲沟分主盲沟和支盲沟,主盲沟沿场底高程最低点进行布置,内设 DE315HDPE 穿孔管,支盲沟沿主盲沟不大于 60°方向呈鱼翅状布置,内设 DE200HDPE 穿孔管,盲沟断面为 V 形,方便渗滤液的收集。

(2)次级收集系统位于填埋场防渗层主防渗膜与次防渗膜之间,用于检测和收集主防渗层渗漏的渗滤液。两层防渗膜之间采用 6.3 mm 土工复合排水网作为次级渗滤液收集系统,若主防渗膜发生渗漏,将通过次级渗滤液收集起来,排入渗滤液调节池。

### 3.8 终场覆盖

危险废物填埋场到了服务年限截止时,需要按有关规定进行封场。封场系统由下至上应依次为气体控制层、表面复合衬层、表面水收集排放层、生物阻挡层以及植被层。封场结构由上到下依次为:

- (1)绿化植被;
- (2)15 cm 营养土;
- (3)45 cm 压实粘土;
- (4)30 cm、粒径 40~60 mm 级配卵石;
- (5)6.3 mm 土工复合排水网;
- (6)2.0 mm HDPE 防渗膜;
- (7)60 cm 压实粘土层;
- (8)300 g/m<sup>2</sup> 无纺土工布;
- (9)30 cm、粒径 40~60 mm 级配卵石;
- (10)危险废物堆体。

### 3.9 环境监测

填埋场应设置监测系统,以满足运行期和封场期对渗滤液、地下水、地表水和大气监测的要求,并应在封场后连续监测 30 年。

#### 3.9.1 渗滤液监测

- (1)监测点位应位于每个渗滤液集水池;
- (2)监测指标应包括水位及水质;
- (3)监测频率每月 1 次。

#### 3.9.2 地下水和地表水监测

(1)地下水各监测井沿地下水渗流方向设置。上游设 1 眼,库区两侧各 1 眼,下游设 3 眼,成扇形

分布。

(2)地下水监测指标应包括水位和水质两部分。

(3)在使用期、封场期及封场后的管理期内,每两个月监测 1 次,运转初期每月 1 次,全分析一年 1 次。

(4)地表水应从排洪沟和雨水管取样后与地下水同时监测,监测工程应与地下水相同;每年丰水期、平水期、枯水期各监测 1 次。

#### 3.9.3 大气监测

(1)场区内、场区上风向、场区下风向、集水池、导气井应各设 1 个采样点。污染源下风向为主要监测方位。

(2)填埋场运行期间,每月监测 1 次。

## 4 结语

安全填埋是世界上大多数国家认可的对危险废物的最终处置手段,一个完整的安全填埋场设计是一个非常复杂的系统工程。本项目填埋库处于沿海软土地区,地下水位高,采用半地下填埋形式,主体结构采用水平防渗(双衬层防渗结构)+垂直防渗(双排五轴搅拌桩)的半刚性结构方案,可以达到有效地保护库区环境、减少占地、节省工程投资的目的。希望通过以上的设计工艺介绍,能为类似的危险废物安全填埋工程提供借鉴和参考。

#### 参考文献:

- [1] GB 5085.7-2007,危险废物鉴别标准通则[S].
- [2] 胡文涛,张金流.危险废物处理与处置现状综述[J].安徽农业科学,2014,42(34):12386-12388.
- [3] 吉栋梁.沿海地区危险废物填埋场工程建设及运行中若干问题思考[J].山西建筑,2016,29(1):52-54.
- [4] 国家统计局,环境保护部.中国环境统计年鉴·2012[M].北京:中国统计出版社,2013.
- [5] 孙晓东,王丹,曲世才,等.危险废物填埋场的设计与施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):64-66.
- [6] HJ 2042-2014,危险废物处置工程技术导则[S].
- [7] GB 18598-2001,危险废物填埋污染控制标准[S].
- [8] CJJ 176-2012,生活垃圾卫生填埋场岩土工程技术规范[S].
- [9] 吴龙,王博,郝以党,等.危险废物处理现状和讨论[J].环境卫生工程,2017,25(3):25-30.
- [10] GB/T 17643-2011,土工合成材料 聚乙烯土工膜[S].