

# 西吉县生活垃圾卫生填埋场二期工程设计

杨少斌<sup>1</sup>, 贺峰<sup>2</sup>

(1. 西安航空学院 能源与建筑学院, 陕西 西安 710077; 2. 西安热工研究院, 陕西 西安 710000)

**摘要:** 介绍了西吉县生活垃圾卫生填埋场二期工程设计的主要内容, 工程采用粒径为 20 ~ 50 mm 的卵石作为主要的渗滤液导流层材料; 使用 1.5 mm HDPE 光面防渗膜 + 600 g/m<sup>2</sup> GCL + 粘土作为填埋场库底和边坡防渗层; 渗滤液处理系统采用低能耗蒸发 + DI (离子交换) 处理工艺, 最终出水水质达到了《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008) 的要求。

**关键词:** 生活垃圾卫生填埋场; 渗滤液; 低能耗蒸发; 离子交换

**中图分类号:** X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)10-0069-05

## Phase II Project Design of Sanitary Landfill Site of Municipal Solid Waste in Xiji County

YANG Shao-bin<sup>1</sup>, HE Feng<sup>2</sup>

(1. School of Energy and Architecture Engineering, Xi'an Aeronautical University, Xi'an 710077, China; 2. Xi'an Research Institute of Thermal Engineering, Xi'an 710000, China)

**Abstract:** The phase II project design of sanitary landfill site of municipal solid waste in Xiji County was introduced. In this project, the pebble with equivalent diameter of 20 - 50 mm was used as the main material of the flow guiding layer for leachate; and HDPE smooth impervious membrane with a thickness of 1.5 mm + 600 g/m<sup>2</sup> GCL (geosynthetic clay liner) + clay as impervious layer of landfill bottom and slope. The evaporation with low energy consumption + DI (ion exchange) was used as the main leachate treatment process. The terminate effluent quality met the requirement of *Standard for Pollution Control on the Landfill Site of Municipal Solid Waste* (GB 16889 - 2008).

**Key words:** sanitary landfill site of municipal solid waste; leachate; evaporation with low energy consumption; DI (ion exchange)

近年来宁夏固原市西吉县城区人口迅速增长, 生活垃圾产量不断增多, 2017 年将会达到西吉县生活垃圾卫生填埋场一期工程的服务设计年限, 无法满足县城生活垃圾处理需要。为此, 于 2014 年 7 月开始建设二期工程, 并于 2016 年 7 月投入使用。

二期工程选址位于西吉县城东北处, 距西吉县城 12 km, 该处地面标高约为 1 885 ~ 1 930 m, 与周围地形相比, 相对较低, 成簸箕状, 为山谷型填埋场。填埋场设计库容为  $56.4 \times 10^4 \text{ m}^3$ , 扣除覆盖土层及排液导气设施的容积, 实际有效容积为  $49 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

设计使用年限为 16 年 (2015 年—2030 年), 设计日处理规模为 96 t, 为 IV 级 IV 类垃圾填埋场。垃圾填埋场占地约 10.17 hm<sup>2</sup>, 填埋场底绝对标高为 1 947.55 ~ 1 963.64 m, 填埋至 1 954.61 ~ 1 970.58 m。工程概算总投资约 2 260 万元, 其中环保投资为 1 006.88 万元, 占总投资的 44.6%。

西吉县地处宁夏南部干旱区, 属于温带大陆性季风气候, 年均降水量为 417.9 mm, 且主要集中在 5 月—9 月, 年蒸发量为 1 753.2 mm, 大风风向最多为西北风。

## 1 场区平面布置

本填埋场主要分为管理区、填埋生产区两个部分。填埋生产区主要包括:填埋库区、渗滤液调节池、排水边沟、环境监测系统及相关辅助设施。管理区主要包括:管理用房和地磅房。本项目管理区位于填埋生产区西北侧,位于当地常年主导风向(西风)上风向,可有效防止填埋生产区恶臭气体对管理区的影响。此外,项目填埋生产区中的渗滤液调节池位于填埋库区南侧,项目用地区域整体呈北高南低地形,渗滤液调节池布置于南侧有利于渗滤液收集。

## 2 工程设计

### 2.1 填埋区

二期填埋区占地为  $4.33 \text{ hm}^2$ ,垃圾平均填埋深度为  $19 \text{ m}$ 。单元划分与单元处理垃圾量、填埋机械等因素有关,根据西吉县垃圾填埋场地形实际情况,以每日处理垃圾量为1个单元,每日消毒覆盖,达到卫生填埋的目的。填埋单元的技术条件确定如下:日平均填埋垃圾量为  $96 \text{ t}$ ;单元总高度为  $2.75 \text{ m}$ ;每层填埋高度  $<0.8 \text{ m}$ ;单元平面面积为  $10 \text{ m} \times 11 \text{ m} = 110 \text{ m}^2$ ;压实后容重为  $0.9 \text{ t/m}^3$ ;每单元压实后垃圾总高度为  $2.5 \text{ m}$ ;单元体积为  $10 \text{ m} \times 11 \text{ m} \times 2.5 \text{ m} = 275 \text{ m}^3$ ;覆盖层厚度为  $0.25 \text{ m}$ ;覆盖土与垃圾体积比为  $1:10$ ;封场顶面斜坡坡度为  $5\%$ 。

### 2.2 垃圾坝

本项目四周均建设垃圾坝,坝长约  $786 \text{ m}$ ,坝高约  $5 \text{ m}$ ,垃圾坝采用土坝形式,土坝断面尺寸:顶宽为  $5.00 \text{ m}$ ,上下游坡度分别为  $1:2$  和  $1:1.5$ 。坝顶绝对高程为  $1952.55 \sim 1968.64 \text{ m}$ 。

### 2.3 截洪沟

填埋场区不属于泄洪道,环填埋场区设截洪沟。本项目填埋场总容量远小于  $500 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,根据《生活垃圾卫生填埋技术规范》(CJJ 17—2004),防洪标准为重现期20年,校核标准为重现期50年。填埋场区上游汇水面积约  $6 \times 10^4 \text{ m}^2$ ,根据西吉县气象局统计资料,近20年最大日降雨量为  $90.5 \text{ mm}$ ,最大洪水日产生总量为  $5430 \text{ m}^3$ ,最大洪水流量为  $0.63 \text{ m}^3/\text{s}$ ,强降雨引发的山洪经排水沟导排后产生的影响较小。截洪沟采用 M7.5 浆砌片石结构,梯形断面,沟底宽为  $0.3 \text{ m}$ ,顶宽为  $1.1 \text{ m}$ ,有效水深为  $0.2 \text{ m}$ ,超高为  $0.1 \text{ m}$ ,纵向坡度为  $1.5\%$ ,边坡放坡比为  $1:0.5$ ,全长为  $970 \text{ m}$ 。

### 2.4 渗滤液导排收集系统

本工程在填埋场底部采用粒径为  $20 \sim 50 \text{ mm}$  的卵石作为渗滤液导流层材料。边坡未设渗滤液导流层。垃圾渗滤液收集系统包括底层水平收集系统和垂直收集系统。

#### 2.4.1 渗滤液垂直收集系统

在填埋区设置贯穿垃圾体的垂直多孔立管,立管底部与底层水平导流层相通,形成垂直收集系统,这种立管同时也用于导出垃圾填埋气体。

#### 2.4.2 底层水平收集系统

本填埋场在库底设置一条导排主盲沟,主盲沟沟长约  $258 \text{ m}$ ,梯形断面,中心设  $\text{De}400$  的 HDPE 穿孔管;在库底设置渗滤液导排支盲沟,支盲沟沟长约  $609 \text{ m}$ ,矩形断面;导排管底部铺设  $10 \text{ cm}$  厚的粗砂,周围填充粒径为  $20 \sim 50 \text{ mm}$  的卵石,卵石层上及管底铺  $600 \text{ g/m}^2$  的无纺针刺土工布。穿坝渗滤液导排管(无孔管)以  $8.03\%$  坡度进入渗滤液调节池。

渗滤液调节池为封闭式,位于填埋场南部,采用防渗钢筋混凝土结构,内部采用水泥基渗透结晶型防渗材料涂层(渗透系数  $\leq 1.0 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$ )。考虑夏季渗滤液产生量较大(日平均产生量约为  $43.8 \text{ m}^3/\text{d}$ ),而且渗滤液在调节池需有一定的水力停留时间以便于后续工艺处理等因素,参考本项目初步设计,调节池有效容积宜设为  $800 \text{ m}^3$ ,有效水深为  $2 \text{ m}$ ,长为  $29.55 \text{ m}$ ,宽为  $24 \text{ m}$ ,深为  $5.5 \text{ m}$ 。池内设2台潜污泵(1用1备),用于提升渗滤液。

## 2.5 填埋场防渗系统

### 2.5.1 场地平整及基底处理

利用填埋场的自然地势,将不规则地势的土方清理平整,按照设计进行开挖和基底平整,场底作为防渗层与导流层的基础加以平整处理。

### 2.5.2 防渗系统

根据《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术规范》(CJJ 113—2007)对自然防渗填埋场的要求(天然粘土类衬里的渗透系数不应大于  $1.0 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$ ,场底及四周衬里厚度不应小于  $2 \text{ m}$ ),本场区的地层不具备自然防渗条件,采取人工防渗措施,采用高密度聚乙烯膜(HDPE)作为防渗材料。

#### ① 库底防渗

采用  $1.5 \text{ mm}$  HDPE 光面防渗膜作为防渗层,其下是  $1.0 \text{ m}$  厚压实粘土保护层,其上是无纺土工布保护层和渗滤液导流层,场底防渗层结构见图1。

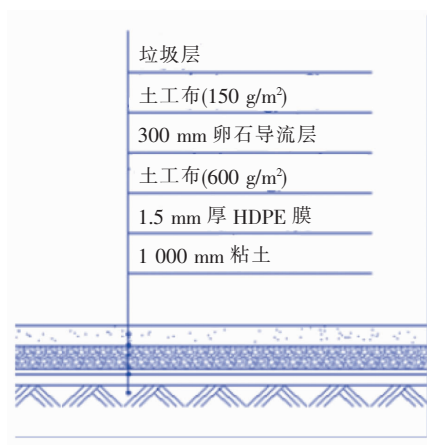


图1 填埋场库底防渗层结构示意图

Fig. 1 Structure of impervious layer in landfill site bottom

## ② 边坡防渗

采用1.5 mm HDPE 光面防渗膜作为防渗层,其下是压实土壤保护层,其上是无纺土工布保护层和袋装土(见图2),边坡上防渗层采用锚固沟锚固。

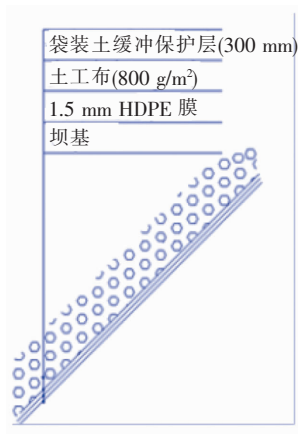


图2 填埋场边坡防渗层结构示意图

Fig. 2 Structure of impervious layer in landfill site slope

## 2.6 填埋场地下水导排系统

根据本项目岩土工程勘察报告,勘探单位在本项目场区共布置探井25个,深度为10.50~21.50 m;钻孔22个,深度为12.45~22.45 m,所有探井及钻孔均未见地下水。其中最低钻井位于本项目调节池西南侧,地面高程为1 924.83 m,探井深度为13.45 m,据此推断,场区地下水埋深绝对深度低于1 911 m。因此本工程未设置地下水导排系统。

## 2.7 填埋气导排系统

生活垃圾填埋产生的气体由竖向集气管收集,采用边填埋边置管的方法,收集管为 $\varnothing 200$  mm 无砂混凝土滤水管,底部置于砂石滤水层,其外围为

$\varnothing 1.2$  m 铁丝网石笼,外包土工布保护,收集管纵横间距为35 m左右,本项目采用分布式排气,即在每一集气管上安装一排气管,排气管上带有排气口,排气管为预制混凝土滤水管,直径为 $\varnothing 200$  mm,排气口保持在覆盖层1.2 m以上。

## 2.8 填埋作业

垃圾填埋采取单元分层、循环填埋的方式进行。填埋单元的面积按当天填埋当天覆盖、厚度为1 m进行,每个大区域内按 $10\text{ m} \times 11\text{ m}$ (或根据地形条件以 $110\text{ m}^2$ 为单位)划分填埋单元,从最低点分层填埋。操作程序为:垃圾进场→过磅后运至填埋单元→卸车→推平、铺匀→压实→覆土、压实。

① 卸料。自卸汽车进入场内倾倒垃圾或土料,在垃圾坝附近,垃圾填至坝顶后,在坝顶上升高7 m建一宽3 m的平台,平台表面覆土。

② 推铺、压实。由推土机将进场垃圾均匀摊平在适当面积上,每层40~60 cm厚。再用垃圾压实机反复压实,使其密度 $\geq 0.85\text{ t/m}^3$ ,然后按此程序填埋第二、第三层,至垃圾厚度达到2~3 m后(指压实后的厚度),立即用0.2~0.3 m厚的土覆盖,并予以压实。压实的垃圾坡度 $< 2\%$ ,然后向下一部分推进,直到场底全部覆盖垃圾后,再上升一层填埋,逐渐达到填埋高度。

③ 覆盖。覆盖包括日覆盖、中间覆盖和终场覆盖。总覆土量约 $7 \times 10^4\text{ m}^3$ ,其中每日覆土约 $6.05 \times 10^4\text{ m}^3$ (平均每日覆土约 $10\text{ m}^3$ ),中间覆土约 $0.5 \times 10^4\text{ m}^3$ ,终场覆土约 $0.35 \times 10^4\text{ m}^3$ ,其中利用工程施工剩余土方约 $2.9 \times 10^4\text{ m}^3$ ,其余 $4.1 \times 10^4\text{ m}^3$ 由取土场取土。本填埋场终场封场覆盖层设计自下而上依次为:构造层选用300 mm粘土,均匀压实;覆盖衬层选用200 mm自然土,均匀压实;种植营养土层300 mm,可种植覆盖植被;填埋场封场坡度为1:3,以利于堆体稳定和排水。

## 2.9 渗滤液处理系统

### 2.9.1 渗滤液产生量

本工程参考《生活垃圾填埋场渗滤液处理工程技术规范(试行)》(HJ 564—2010)中的经验公式法(浸出系数法)估算渗滤液产生量:

$$Q = \frac{I \times (C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3)}{1\,000} \quad (1)$$

式中  $Q$ ——渗滤液产生量, t/d

$I$ ——多年平均日降雨量, mm/d

$A_1$ ——作业单元汇水面积,  $\text{m}^2$ 

$C_1$ ——作业单元渗出系数,一般宜取 0.5 ~ 0.8

$A_2$ ——中间覆盖单元汇水面积,  $\text{m}^2$

$C_2$ ——中间覆盖单元渗出系数,宜取 $(0.4 \sim 0.6)C_1$

$A_3$ ——终场覆盖单元汇水面积,  $\text{m}^2$

$C_3$ ——终场覆盖单元渗出系数,一般取 0.1  
~0.2

渗滤液计算参数取值及结果见表1。

表 1 渗滤液计算参数取值及结果

Tab. 1 Calculation parameters and results of leachate's quantity

参数取值							$Q/$ ( $t \cdot d^{-1}$ )
$I/$ ( $mm \cdot d^{-1}$ )	$C_1$	$A_1/m^2$	$C_2$	$A_2/m^2$	$C_3$	$A_3/m^2$	
1.19	0.8	13 024	0.48	32 565	0.2	0	31.0

核算已建西吉县生活垃圾填埋场因降雨产生的渗滤液量为 31.0 t/d。垃圾含水率预测值为 28%，按照生活垃圾中有 10% 的水分转化成渗滤液估算，则生活垃圾自身渗滤液产生量为 12.8 t/d。则核算填埋场二期渗滤液产生总量为 43.8 t/d。由此可知西吉县生活垃圾填埋场(一期、二期)渗滤液总量为 72.3 t/d。最终确定本工程渗滤液处理规模为 100 t/d。

### 2.9.2 处理工艺

本工程用地面积为 2 665 m<sup>2</sup>,将建设垃圾渗滤液处理车间、集水池、出水暂存池、浓缩液池、再生液暂存池、渗滤液原液池等构筑物。工程采用低能耗蒸发+DI(离子交换)处理工艺,日处理垃圾渗滤液 100 t,工程总投资为 1 452 万元(独立项目)。工程处理工艺流程及产污环节见图 3。

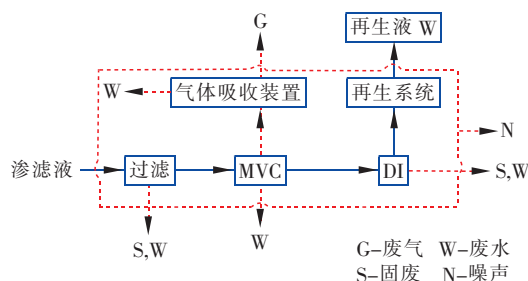


图3 渗滤液处理流程

Fig. 3 Flow chart of leachate treatment process

渗滤液经过滤器去除部分 SS 及细小的纤维后

进入后续高效自动控制低能耗(MVC)蒸发装置,在蒸发装置内利用闪蒸原理,把渗滤液原液的水分蒸发,蒸汽经冷凝后变成蒸馏水排出,蒸馏水中含有的氨经 DI 离子交换系统进一步处理达标排放,排放出水可作为绿化用水回用。离子交换系统采用盐酸再生工艺,处理过程中会产生再生液,再生液返回至处理系统进行处理。

渗滤液处理工程组成见表2。

表 2 工程组成

Tab. 2 Engineering composition

项 目	项目组成
主体结构	处理车间 1 座,占地面积为 500 m <sup>2</sup> ,钢混结构,总建筑面积为 500 m <sup>2</sup> ;采用低能耗蒸发(MVC+DI 处理工艺;设置化验室 1 间、操作室 1 间、药剂室 1 间
预处理	设置自动清洗机械过滤器 2 台(1 用 1 备),每台处理能力为 100 m <sup>3</sup> /d,过滤精度为 30 μm
MVC 蒸发系统	采用一体化设备,1 台蒸发器为水平管式结构,316 L 不锈钢外壳,处理能力为 100 m <sup>3</sup> /d;1 台板式蒸馏水热交换器,流量为 100 m <sup>3</sup> /d;1 台板式液态热交换器,流量为 10 m <sup>3</sup> /d;该系统以电能作为启动能源和热源
DI 系统	设置离子交换柱 2 个,直径为 1.5 m,高为 3.5 m,树脂交换率为 60%~80%
浓缩液 处置系统	设置回灌管道,回灌至填埋场,回灌管道采用 HDPE 管材

### 2.9.3 进、出水水质

本工程渗滤液设计水质参照自然条件相近的已投入使用的吴忠市生活垃圾填埋场渗滤液处理工程的水质数据资料,出水水质需符合《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中表 2 相关标准。

设计及实际运行渗滤液进、出水水质见表3。

表3 垃圾渗滤液处理设计及实际水质

Tab.3 Design and actual influent and effluent quality of landfill leachate

项 目	色度/ 倍	COD/ (mg · L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> / (mg · L <sup>-1</sup> )	SS (mg · L <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> - N/(mg · L <sup>-1</sup> )	TN/ (mg · L <sup>-1</sup> )	TP/ (mg · L <sup>-1</sup> )
设计进水	350	18 000	8 500	500	600	950	80
设计出水	40	100	30	30	25	40	3
实际进水	300 ~ 350	15 000 ~ 17 800	7 000 ~ 8 400	350 ~ 480	460 ~ 550	700 ~ 910	55 ~ 75
实际出水	20 ~ 32	37 ~ 55	15 ~ 20	1.5 ~ 10.4	11.3 ~ 18.6	20.2 ~ 29.5	1.5 ~ 2.4

出水除部分回用外,其余排入西吉县污水处理



厂进行后续处理。

### 3 结语

① 本工程采用粒径为 20 ~ 50 mm 的卵石作为主要的渗滤液导流层材料;使用 1.5 mm HDPE 光面防渗膜 + 600 g/m<sup>2</sup> GCL + 粘土作为单层防渗层用于库底和边坡防渗。

② 渗滤液处理采用低能耗蒸发 + DI(离子交换)处理技术,处理后的水质可达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)中表 2 要求。处理后渗滤液可回用于填埋场区绿化及降尘,项目无废水外排,对地表水环境影响较小。

### 参考文献:

- [1] 杜昱,李洪君,李大利,等. 垃圾渗滤液处理亟需解决的问题及发展方向[J]. 中国给水排水,2015,31(22):33-36.
- [2] 李君,杜昱,孙月驰,等. 垃圾渗滤液处理的常见问题及解决措施[J]. 中国给水排水,2010,26(16):138-140.



作者简介:杨少斌(1976 - ), 男, 陕西西安人, 硕士, 副教授, 主要从事水污染防治及保护方面的研究。承担陕西省教育厅自然科学研究项目 1 项, 西安市科技局科研项目 1 项。获得天津市科技进步三等奖 1 项, 国家级教学成果奖 1 项。

E-mail:lishanlishan28@126.com

收稿日期:2016-12-07

(上接第 68 页)

药剂费:主要包括在前、后组合池添加的 NaOH 和 PAM,用于污泥处理的石灰和 FeCl<sub>3</sub>,用于消毒的 NaClO 等药剂,总药剂费为 0.75 元/m<sup>3</sup>。

人工费:污水厂定员 8 人,人工费为 0.3 元/m<sup>3</sup>。

综上所述,污水处理直接运营成本约 3.5 元/m<sup>3</sup>,未含设备大修维护、财务成本和折旧。

### 5 结论

① 该重金属产业园区污水处理厂采用电化工艺,出水重金属指标满足《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)Ⅲ类水质标准。

② 由于入驻企业数量减少造成实际进水量仅为 1 000 ~ 2 000 m<sup>3</sup>/d,低于设计标准 3 500 m<sup>3</sup>/d,污水厂运行稳定,直接运营成本为 3.5 元/m<sup>3</sup>。

### 参考文献:

- [1] 姜立萍. 高分子纳米复合吸附剂在重金属废水处理中的应用[J]. 工业水处理,2015,35(12):10-13,39.

- [2] 曹海峰. 络合态重金属废水处理技术研究进展[J]. 工业水处理,2015,35(11):14-17.



作者简介:侯巧玲(1978 - ), 女, 四川阆中人, 硕士, 工程师, 从事水处理项目投资及运行管理工作。

E-mail:houchiaoling@ytg-eec.com

收稿日期:2016-12-15