

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.03.063

大型全地下刚性填埋场结构设计

李 砚

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 通过工程实例,分析了四川某大型全地下刚性填埋场结构设计的要点。结合工艺设计需要将扶壁式挡土墙和箱型截面悬臂式挡土墙运用于全地下刚性填埋场中,并分析了两种挡土墙结构在填埋场中的受力状态,为截面设计选型和配筋设计提供充分依据。根据场地条件,将填埋场底板依据受力情况的不同进行分区设计,兼顾经济性和工程可靠性。

关键词: 刚性填埋场;扶壁式挡土墙;箱型截面

中图分类号: TU923

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)03-0250-03

1 工程概况

四川某大型全地下刚性填埋场位于南充市化学工业园内,该填埋场及所属项目的其他设施是南充市以及川东北地区危险废物重要的处理场所,对周边环境地区的环境治理以及岷江、长江上游和三峡库区水资源保护具有深远的意义。

根据厂区总体工艺布置要求,填埋场位于场地南侧,分期建设,一期库区占地面积 8 500 m²,总库容 109 368 m³,根据物料平衡,实际填埋容重按 1.5 t/m³计,平均年填埋量 11 830 t/a。一期填埋场服务年限为 13.8 a。

2 场地条件

2.1 工程地质条件

根据详勘报告,场地岩土分布及结构特征分述如下:①素填土;②粉质黏土;③卵石;④₁强风化砂质泥岩;④₂中风化砂质泥岩。岩土的工程特性指标见表 1。

拟建场地抗震设防烈度为 6 度,设计基本地震加速度值为 0.05g,设计地震分组为第一组,场地类别为 II 类,属于对建筑抗震一般地段。

2.2 水文地质条件

场地内存在两种类型的地下水。一是上层滞水,主要赋存于场地上部的人工填土层中;二是赋存于基岩层中的基岩裂隙水。主要受邻区地下水侧向补给,各地段富水性不一,无统一的自由水面。基岩裂

表 1 岩土的工程特性指标

土层条件	重度 γ/ (kN·m ³)	抗剪强度		承载力
		黏聚力 C/kPa	内摩擦角 φ/(°)	特征值 f _{ak} /kPa
①素填土	17.2	3	7	60
②粉质黏土	19.24	18	8	120
③卵石	21.42	0	25	180
④ ₁ 砂质泥岩	24.3	50	30	240
④ ₂ 砂质泥岩	24.5	400	35	500

隙水水位埋深不一,且水量较大,对基础设计和施工影响较大,宜按照水位标高 296.00 m(场坪标高 306.0 m)进行抗浮设计。

3 填埋场结构设计

3.1 填埋场总体布置

一期填埋库区总面积约 8 500 m²,分为 4 个填埋分区,每个填埋分区为 49.45 m 长×39.50 m 宽×14.00 m 深的长方体结构,彼此独立。填埋库顶高于地面 0.5 m,库底埋深 13.5 m,属于全地下填埋场。填埋场顶部设置张拉膜结构雨棚,库区内侧采用 2.0 mmHDPE 膜作为主防渗层,见图 1、图 2。

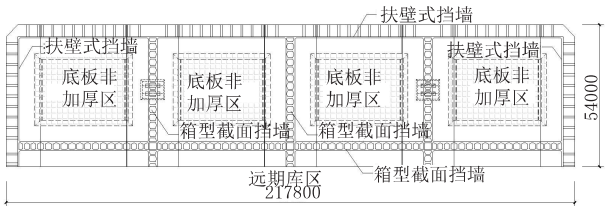


图 1 填埋场平面布置图(单位:mm)

填埋作业时采用转运车或叉车将包装好的危废运输至填埋库南侧作业道路后,由移动式龙门吊将填埋物吊送至库底码放堆填。

收稿日期: 2021-06-02

作者简介: 李砚(1988—),男,硕士,工程师,从事岩土工程结构设计工作。

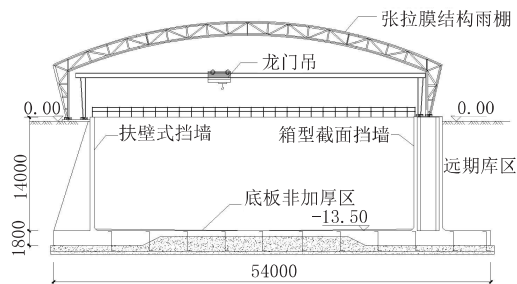


图2 填埋场竖向布置图(单位:mm)

3.2 库区外侧挡墙

一期安全填埋库区外侧挡墙高 14.00 m,单片墙长约 50 m,顶部约束自由,填埋作业工艺要求库区不设内支撑,所以从经济性角度出发,采用扶壁式挡墙结构。壁板厚 500 mm,墙踵外挑 6 000 mm,墙趾外挑 6 000 mm,间隔约 3.92 m 布置扶壁柱,扶壁柱柱宽 800 mm,柱底高度同底板外挑长度,柱顶高度 700 mm。

扶壁式挡墙设计需满足以下设计工况:

- 工况一:外侧土体回填,内侧空库;
- 工况二:库区满水试验,外侧土体未回填。
- 工况一墙体抗倾覆稳定验算见表 2。

表2 墙体抗倾覆稳定验算结果

填土倾覆力矩/(kN·m)	4 515.19
地下水浮托力矩/(kN·m)	3 509.00
总倾覆力矩/(kN·m)	8 024.19
填土抗倾覆力矩/(kN·m)	9 568.13
底板自重抗倾覆力矩/(kN·m)	2 722.50
侧壁自重抗倾覆力矩/(kN·m)	1 054.69
扶臂柱自重抗倾覆力矩/(kN·m)	1 215.00
总抗倾覆力矩/(kN·m)	14 560.31
稳定安全系数 K_0	1.81>1.6

墙体内力采用 Autodesk Robot Structural Analysis 软件,底板计算结果见图 3、图 4,侧壁计算结果见图 5、图 6。

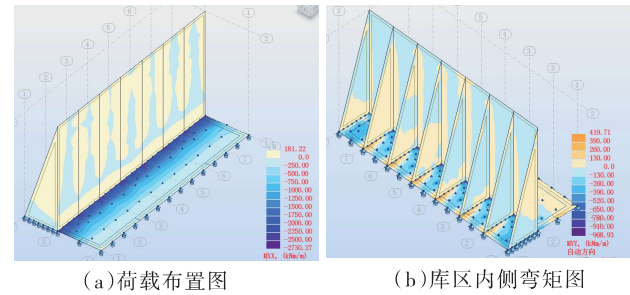


图3 外侧挡墙工况一弯矩图

底板下层最不利工况为工况一,下层横向最大弯矩为 2 730.27 kN·m/m;下层纵向最大弯矩为 968.93 kN·m/m。底板上层最不利工况为工况二,上层横向最大弯矩为 2 813.54 kN·m/m;上层纵向最大

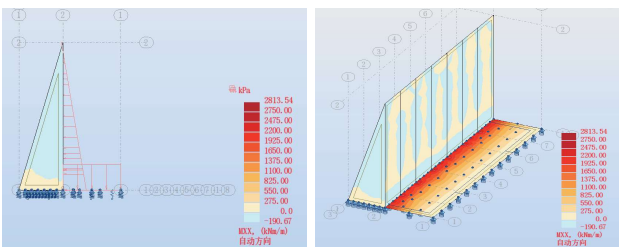


图4 外侧挡墙工况二弯矩图

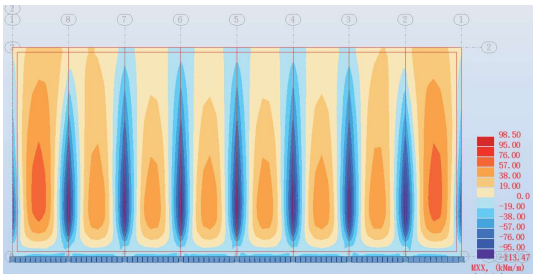


图5 工况一扶壁挡墙壁板X向弯矩图

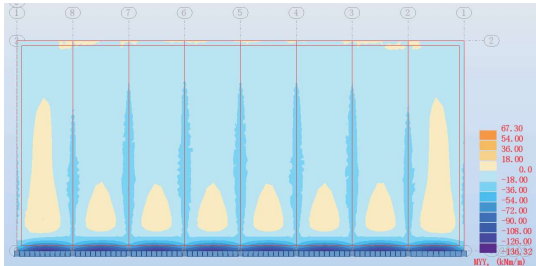


图6 工况一扶壁挡墙壁板Y向弯矩图

弯矩为 1 076.23 kN·m/m。

扶壁式挡墙壁板被扶壁柱分隔为 3.92 m × 14.00 m 单向受力板,根据图 5 和图 6 所示,壁板水平向最大弯矩 11.47 kN·m/m,水平向弯矩影响范围大,竖向最大弯矩 136.32 kN·m/m,竖向弯矩影响范围较小,因此壁板水平向均布配筋,壁板竖向分离配筋,并在根部加强。

3.3 库区中间隔墙及分期隔墙

根据一次规划分期建设的原则,二期库区布置在 一期库区南侧,并与一期库区结构间以结构伸缩缝隔开。

库区内的中间隔墙及分期隔墙需满足双侧受力要求的同时尽量少的占用库容,并且为满足防渗膜铺设的需要挡墙两侧均应平整。所以中间隔墙及分期隔墙采用悬臂式挡墙结构,墙体采用箱型截面。截面中肋板间距 3 m,墙体总厚度 3.5 m,两侧翼板厚度 400 mm,见图 7。

箱型截面挡墙肋板间距 3 m,肋板厚 600 mm,两侧面板最厚处 800 mm,最薄处 400 mm,通过改变箱型截面挡墙两侧面板的厚度,使两侧面板与肋板形成“工”字型截面柱。挡墙底板厚 1 800 mm。箱型截

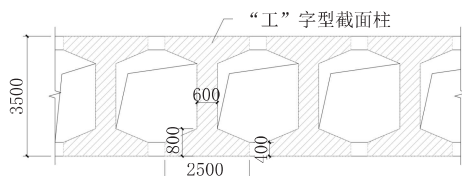


图7 箱型截面挡墙示意图

面挡墙抗侧向力计算模型简化为底部固支顶部自由的“工”字型截面柱抗侧向力计算,计算宽度为3 m,见图8。

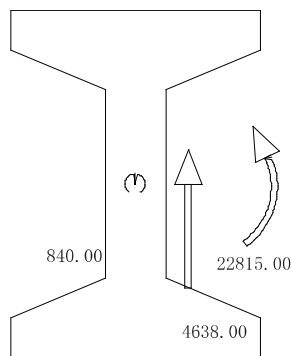


图8 “工”字型截面柱计算简图及配筋图

根据《混凝土规范》,“工”字型截面柱按照大偏心受压构件计算,受压区配筋面积不小于 $17\,553\text{ mm}^2$,根据截面受剪验算配箍量不小于 $1.631\text{ mm}^2/\text{mm}$,按照强腐蚀条件下裂缝宽度不大于 0.15 mm 的要求,受拉钢筋面积不小于 $1\,810\,000\text{ mm}^2$ 。

采用Autodesk Robot Structural Analysis软件计算箱型截面挡墙底板受力情况,结果见图9。

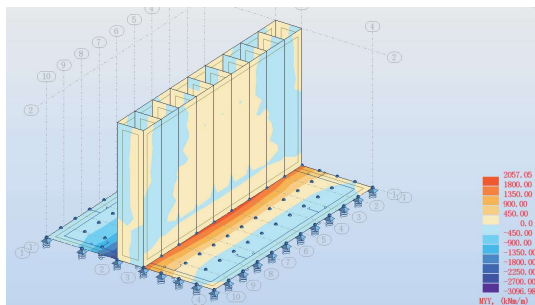


图9 箱型截面挡墙底板弯矩图

箱型截面挡墙底板最大弯矩位于挡墙根部,为 $3\,096.98\text{ kN}\cdot\text{m/m}$ 。

3.4 库区基础及底板

库区底板由挡墙底板和库底非加厚区底板组成,库区基础位于④₂中风化砂质泥岩, $f_{ak}=500\text{ kPa}$,基础底板以下设300厚1:3砂石垫层,压实度不小于0.96。库区内填埋危废容重 15 kN/m^3 ,填埋高度14 m,因此地基承载力满足设计要求。

库区抗浮水位为绝对标高296.0 m,设计地坪标高306.00 m,考虑到空库状态下库区底板长期受水

浮力作用,因此除去挡墙底板外库区底板其他区域为非加厚区,厚度700 mm,采用锚杆抗浮,库底局部需采用毛石混凝土换填至中风化岩层,毛石混凝土内设抗浮吊筋,使换填料兼做抗浮配重,与抗浮锚杆协同作用。

挡墙底板与库区底板非加厚区之间以结构变形缝隔开,变形缝内填充20mm厚丁腈软木橡胶垫板,变形缝止水采用中埋式钢边橡胶止水带+外贴式橡胶止水带。

为保证库区周边地下水位在短时强降雨条件下低于设计抗浮水位,分别于填埋库区西南角、东南角、北侧中间段分别设置一座地下水监测及水位控制井。每座地下水监测及水位控制井内设置一台深井潜水泵,当地下水达到设计抗浮水位以下1.00 m时,通过地下水输送管压力流就近排放至附近雨水明沟。地下水监测及水位控制井由DN800 HDPE实壁管构建,深井潜水泵具体参数为:流量 $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 $H=20\text{ m}$ 、功率 $P=3\text{ kW}$ 。

4 填埋场防渗及渗滤液导排设计

库区基底防渗系统设计由上而下逐一分析如下:200 g/m²有纺土工布;双层HDPE排水板;600 g/m²无纺土工布;2.0 mm厚光面HDPE;4 800 g/m²GCL;200 g/m²有纺土工布;双层HDPE排水板(渗漏检测层);600 g/m²无纺土工布;钢筋混凝土底板。侧壁防渗系统设计:200 g/m²有纺土工布;2.0 mm厚光面HDPE土工膜;600 g/m²无纺土工布;侧壁。

一期填埋库区分为4个独立的填埋分区,各填埋作业分区设置独立的渗沥液收集与导排系统,各填埋分区在库底水平防渗层上部设置双层HDPE排水板作为渗沥液收集层,渗沥液经重力流收集至位于箱型截面挡墙处的渗滤液提升井,渗滤液提升井设置在箱型截面挡墙的箱型腔内,由DN800 HDPE实壁管构建,井内设深井潜水泵,参数为: $Q=30\text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程 $H=20\text{ m}$ 、功率 $P=3\text{ kW}$ 。

5 结 语

本文总结了四川某大型全地下刚性填埋场结构设计的要点。根据工艺设计需要为全地下刚性填埋场选取合适的挡土墙形式,并通过计算分析了扶壁式挡墙和箱型截面挡墙在刚性填埋场中的受力情况,为截面设计选型和配筋设计提供充分依据。