

尾矿库坝体加高方案排水分析

徐维生¹, 柴军瑞¹, 李娟娟², 白勇¹, 陈兴周^{1,2}

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048; 2. 中国水电顾问集团西北勘测设计研究院, 陕西 西安 710065)

摘要: 采用有限元计算分析软件 ADINA, 建立加高方案渗流分析模型, 对渗流场进行数值分析。通过反演分析得到的材料渗透系数远大于室内试验值, 加高后浸润线普遍升高。由实测水头值反演获得的渗透系数综合考虑了工程现场条件, 此渗透系数作为加高方案的材料渗透系数是合理的。加高后尾矿坝浸润线升高, 必须加强防渗排水措施, 最好在加高后加设浸润线观测措施。

关键词: 尾矿坝; 加高; 反演; 渗流分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0226-03

中图分类号: TP391.41

Seepage Analysis of Heightening Program for a Tailings Filling Dam

XU Wei-sheng¹, CHAI Jun-rui¹, LI Juan-juan², BAI Yong¹, CHEN Xing-zhou^{1,2}

(1. College of Hydraulic and Hydropower Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an,

Shaanxi 710048, China; 2. Northwest Hydro Consulting Engineer, CH ECC, Xi'an, Shaanxi 710065, China)

Abstract: A model of seepage analysis for heightening planning of a tailings filling dam is constructed by using ADINA, in which seepage field of the tailings filling dam is analyzed. The coefficient of material permeability of the tailings filling dam obtained from inverse analysis is greater than that from laboratory experiment. Seepage free surface from the model is higher than practically measured seepage free surface. The coefficient of material permeability obtained from inverse analysis is more reasonable because the environmental conditions of the tailings filling dam are taken into consideration. After the tailings filling dam is heightened, seepage free surface will become higher, so seepage-proofing equipment and drainage equipment should be added. If possible, surveying equipment for seepage free surface should be added as well.

Keywords: tailings filling dam; heighten; inverse analysis; seepage analysis

尾矿库的稳定涉及到下游人民群众生命财产安全、工程安全、经济效益, 近些年国内有些尾矿坝失事给工程带来了严重的损失。排水分析是尾矿坝稳定问题的重要组成部分^[1-6]。重新建设一个尾矿坝需要花费大量的人力、物力、财力, 在工程允许范围内, 有些工程单位在原尾矿库设计基础上进行加高设计, 以延长尾矿库的使用年限^[7-8]。但是尾矿库加高之后, 必然带来尾矿库整体浸润面的提高, 对稳定是非常不利的, 因此在确定加高方案之前一定要做尾矿库排水分析^[9-10]。以一实际工程钻孔实测水位反演渗透参数, 进行加高方案排水分析, 以便为相关工程设计提供参考。

1 基本资料

某金矿尾矿库 1996 年 9 月开始组织施工, 属山

谷形尾矿库, 1998 年 6 月竣工并投入运行, 1999 年 5 月 4 日通过了陕西省劳动厅组织的竣工验收。尾矿库坝址选在距东沟沟口 1 400 m 处的狭窄地段, 由两期坝组成。初期坝为碎石土坝, 用碎石土逐层碾压筑坝, 坝高 28 m, 坝顶宽 3.5 m, 坝上游坡为 1: 1.7, 下游坡为 1: 2.2, 下游坡设 2 条宽 2 m 的马道; 后期坝为尾矿堆积坝, 共设 6 个平台, 平台宽 2 m, 最大堆积高度 69 m, 堆积外坡为 1: 5.0, 内坡为自然沉积坡 1: 100, 平均年堆积高度 2.76 m, 最终总坝高 97 m, 总库容为 $1.29 \times 10^7 \text{ m}^3$, 尾矿库汇水面积 10.125 km^2 , 尾矿库类别为三等库, 服务年限 25 a。

尾矿库分为初期坝(28 m)和后期堆积坝(69 m)形成整个的尾矿库, 库内设有 5 个排水井、一支排洪涵洞、回水泵站一座, 坝面设置有平台、排水沟、截洪沟、简易公路(1 500 m)、马道, 在坝体上游设置拦洪坝。

收稿日期: 2009-12-17

修回日期: 2010-07-09

资助项目: 教育部“新世纪优秀人才支持计划”项目(NCET-05-0679); 教育部博士点基金(20096118110007); 西安理工大学优秀博士学位论文研究项目(106-210913)

作者简介: 徐维生(1982—), 男(汉族), 湖北省通山县人, 博士研究生, 主要从事岩土体渗流方面研究。E-mail: wxsu1982@126.com。

受该矿业有限责任公司委托,在《某矿业有限责任公司尾矿库现状岩土工程勘察报告》(西北有色勘测工程公司编制,2008年3月)等资料的基础上,分析堆积至设计坝顶高程 1 339 m 后再加高 20 m 时对尾矿库坝体渗流的影响。

该尾矿坝渗流参数反演分析以该矿业有限责任公司提供的尾矿库现状岩土工程勘察报告为基础,用三维有限元法进行了尾矿坝现状(勘查时)渗流参数反演分析,为该尾矿坝加高改造后堆积高程达 1 359 m 时的渗流分析提供依据。为了充分利用钻孔勘探资料并突出主要问题,该尾矿坝渗流参数反演分析模型取实测钻孔 1—8 之间的区域。

2 渗流参数反演分析

表 1—2 分别为反演渗透系数初值和最佳拟合模型渗流参数值。

表 1 反演分析拟合模型渗透系数取值范围和试算初值

分区	渗透系数取值范围/($m \cdot s^{-1}$)		渗透系数试算初值/($m \cdot s^{-1}$)
	最大	最小	
尾矿砂	10^{-5}	10^{-7}	10^{-6}
风化岩体	10^{-4}	10^{-6}	10^{-6}
初期坝堆石	10^{-3}	10^{-5}	10^{-5}

表 2 最佳拟合模型渗流参数

分区	尾矿砂	风化岩体	初期坝堆石
最佳拟合模型渗透系数/($m \cdot s^{-1}$)	2×10^{-6}	4×10^{-6}	1×10^{-4}

3 加高方案渗流场数值分析

该尾矿库加高后的渗流数值分析是在尾矿库现状

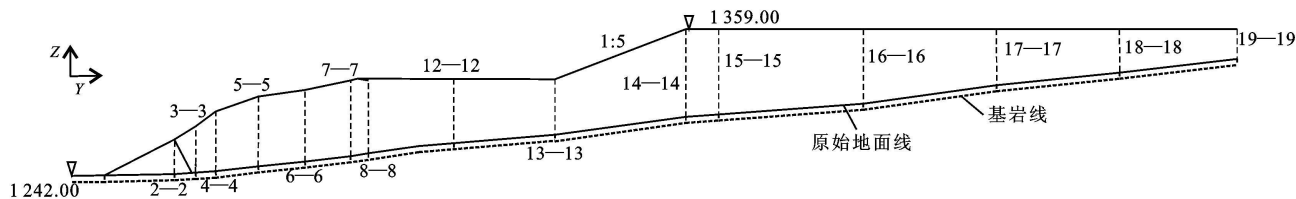


图 1 尾矿库加高方案示意图(注:图中数据为剖面编号)

3.4 渗流分析计算

尾矿库加高到 1 359 m 高程时的渗流计算采用三维有限元法,应用大型通用软件 ADINA 中的 ADINA-T 模块对加高后的尾矿坝体进行计算分析。

3.4.1 边界条件 渗流计算模型的边界条件为

(1) 第 1 类边界条件。将初期堆石坝的坝趾断面和 19—19 横剖面作为已知水头边界条件,其上水头分别为 1 242 m(初期坝坝趾高程)和 1 359 m(尾

渗流参数反演分析的基础上,以该黄金矿业有限责任公司提供的尾矿库加高方案为依据,采用大型通用软件 ADINA 中的 ADINA-T 模块,对尾矿库加高到 1 359 m 高程时的渗流场进行了三维有限元数值分析。

3.1 渗流数值分析依据

尾矿库加高到 1 359 m 高程时渗流数值分析依据为:(1)尾矿库现状岩土工程勘察报告;(2)尾矿库现状勘探点平面布置图;(3)尾矿库治理工程平面图;(4)尾矿库现状渗流参数反演分析报告所得的最佳拟合渗透系数见表 2。

3.2 渗流数值分析模型

3.2.1 加高方案 该矿业有限责任公司提供的尾矿库加高方案,即在尾矿库现状基础上从 8—8 剖面向上游推进 300 m,然后以 1:5 的坡度升高至 1 359 m 高程。加高方案示意图见图 1。

3.2.2 模型剖面 计算模型共取 18 个横剖面作为建模的控制剖面,模型的前 8 个控制剖面(剖面 1—1 至剖面 8—8)是以《某尾矿库现状岩土工程勘察报告》提供的尾矿库工程地质剖面图 1—1 至 8—8 为依据;模型的后 8 个控制剖面(剖面 12—12 至剖面 19—19)依据该黄金矿业有限责任公司提供的尾矿库治理工程平面图得出。

3.2.3 计算模型 尾矿库加高方案的计算模型包含初期堆石坝、尾矿坝体、风化碎石层,模型区域选取初期坝坝趾断面到 19—19 横剖面之间的区域。

3.3 渗流数值分析工况

渗流数值分析将尾矿坝体加高到 1 359 m 高程后,干滩长度为 0 m 时作为第一种计算工况;尾矿坝体加高到 1 359 m 高程后,干滩长度为 50 m 时作为第 2 种计算工况。

矿坝体加高后最高水位)。

(2) 第 2 类边界条件。将风化碎石层和基岩的交界面作为已知流量边界条件,通过此交界面的渗流量为 0。

(3) 在初期堆石坝的坝趾断面和 19—19 横剖面之间存在一个具体位置待定的渗流自由面(包括溢出线),通过此渗流自由面的渗流量为 0,且其上各点的水头等于相应点的位置高程。

3.4.2 计算参数 计算模型中各分区渗透参数采用表 2 的最佳拟合计算值。

3.4.3 计算结果 2 种工况下计算的自由面溢出点局部放大图见图 2—3。

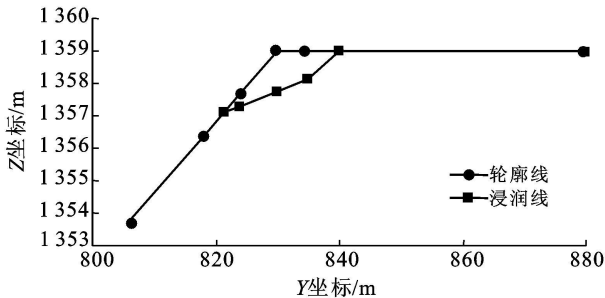


图 2 工况 1 溢出点局部放大图

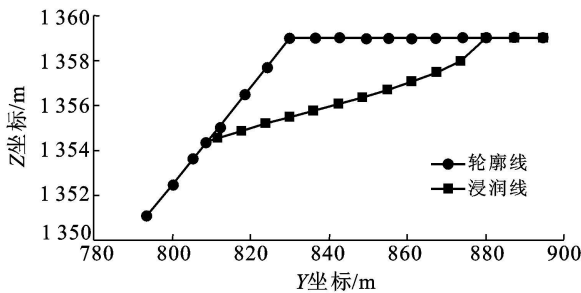


图 3 工况 2 溢出点局部放大图

(1) 尾矿库加高到 1 359 m 高程后, 工况 1 与工况 2 的计算结果均表明, 渗流自由面及渗流溢出点的位置很高, 这与尾矿库在现状基础上从 8—8 横剖面向上游推进 300 m 后, 增加了日排放量, 再以 1: 5 的坡度升高到 1 359 m 高程有较大关系。

(2) 尾矿库加高到 1 359 m 高程后, 若仍采用现状排渗方案, 高水位可能导致整个尾矿堆积体处于饱和状态。因此, 尾矿库加高到 1 359 m 高程后必须加强排渗设施。

4 结论

(1) 尾矿库加高到 1 359 m 高程后, 在进行静力分析与稳定分析时, 尾矿坝体渗流自由面位置(或渗流浸润线位置)应采用工况 1 的情况。

(2) 建议该尾矿库加高方案设计中, 在尾矿坝体中布设排渗管等排渗设施, 排渗管的周围要设置过渡

层和反滤层, 并严格要求施工质量以保证排渗设施良好的工作状态。

(3) 最佳拟合模型尾矿砂(拟合渗透系数 2.0×10^{-6} m/s) 渗透系数远大于室内测试平均值 9.26×10^{-8} m/s (0.008 m/d)。最佳拟合模型渗透系数中已等效反映了排渗措施的作用。

(4) 东沟尾矿坝加高扩容改造后堆积高程达 1 259 m, 渗流分析时尾矿砂、风化岩体和初期坝堆石的模型渗透系数可分别取为 2.0×10^{-6} , 4.0×10^{-6} 和 1.0×10^{-4} m/s。

(5) 加高后尾矿坝浸润线变高, 必须加强防渗排水措施, 最好在加高后加设浸润线观测措施。

[参 考 文 献]

- [1] 赵坚, 纪伟, 刘志敏. 尾矿坝地质剖面概化及其对渗流场计算的影响[J]. 金属矿山, 2003(12): 24-28.
- [2] 胡明鉴, 陈守义, 郭爱国, 等. 某上游法尾矿坝抗滑稳定性浅析[J]. 岩土力学, 2003, 24(S2): 254-258.
- [3] 蒋卫东, 李夕兵. 尾矿坝浸润线时空混沌模型及反分析[J]. 中南工业大学学报: 自然科学版, 2003, 34(6): 704-707.
- [4] Wu Jun, Wu Yanqin, Lu Jian. Laboratory study of the clogging process and factors affecting clogging in a tailings dam [J]. Environmental Geology, 2008, 54(5): 1067-1074.
- [5] Li Xi Bing, Jiang We Dong. Monitoring technique for seepage line of tailings dam[J]. Journal of Central South University of Technology, 2003, 10(2): 130-133.
- [6] Liu Hou Xiang, Li Ning, Liao Xue, et al. New technique of combining accretion by cyclone separator and scattertube for tailings dams [J]. Journal of Central South University of Technology, 2004, 11(2): 185-191.
- [7] 柳厚祥, 宋军, 陈克军. 尾矿坝二维固结稳定渗流分析[J]. 矿冶工程, 2002, 22(4): 8-11.
- [8] 李康宏, 邓祥辉, 何萌, 等. 基于钻孔资料的某尾矿坝渗透系数反演分析有限元模型建立[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(S1): 4329-4332.
- [9] 樊跃武, 信文山, 周志广. 铁岭柴河 1# 尾矿坝数值模拟及其稳定性分析[J]. 地质论评, 2009, 55(6): 892-896.
- [10] 信文山, 周志广. 鞍钢矿业风水沟尾矿坝坝体渗流场数值分析[J]. 矿业工程研究, 2009, 24(4): 30-33.