

某尾矿库溃坝处理及稳定性分析

尹筱琴¹, 王 健¹, 李海斌²

(1. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 100004;

2. 辽宁建发地产开发建设集团, 辽宁 沈阳 100004)

摘 要:针对绥中小盘岭尾矿库溃坝原因, 提出具体治理方案。治理方案包括原尾矿初期坝补坡加固、原尾矿库疏干及防洪、原尾矿堆积坝削坡处理、新建加固砂卵石坝。最后, 运用极限平衡法(毕晓普法和瑞典圆弧法以及改良圆弧法), 对处理后的尾矿库稳定性验证。结果证明, 处理后的尾矿坝稳定性满足要求。

关键词:尾矿坝; 削坡; 稳定性; 极限平衡法

中图分类号: TD926.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-5540(2010)03-0004-03

尾矿库是矿业开发中必不可少的重要设施, 是矿山选矿厂的重要组成部分。我国尾矿库数量之多、库容之大、坝体之高, 在世界上是少见的, 发生事故的频率之高和事故的破坏程度之大也是少见的。据有关资料统计, 到20世纪末, 在我国的众多矿山中处于正常工作状态的尾矿库不足70%。有的行业大约44%的尾矿库处于险、病、超期服务状态^[1]。尾矿库溃坝危害极大, 易造成房屋倒塌, 农田冲毁, 甚至引发泥石流, 给人民生命财产等带来不可估量的损失。因小型企业规模较小、投资较小, 环保、安全意识比较薄弱, 因而在尾矿库的设计中往往未严格按照相关设计规范, 施工中对修坝材料的挑选也比较随意。因此, 对尾矿库进行安全评价具有重要的现实意义。例举绥中小盘岭尾矿库, 于2008年发生溃坝, 造成经济损失。现已对该尾矿库溃坝进行了处理, 并根据中华人民共和国国家经济贸易委员会第20号令《尾矿库安全管理规定》对处理后的尾矿库稳定性进行分析, 对尾矿坝做出综合评价。

1 工程背景

根据矿山生产规模, 尾矿排放量及就近就地原则, 辽宁省绥中县小盘岭金矿原尾矿库修建在北距306国道近1 km的低山沟谷中。该库采用初期坝及上游法建库, 尾矿浆自流流入尾矿库, 坝前形成沉

积干滩, 后部形成澄清水域。排水设施采用渗水井-排水管形式。渗水井两座(直径1.5 m)位于库区中部及尾部。现场实测尾矿初期坝坝顶宽3.0 m, 坝顶长76.0 m, 坝顶高程平均148.4 m, 在坝顶长度方向的中部最低点标高为148.36 m, 坝高约为15 m, 坝前坡坡比为1:1.5, 坝外坡坡比为1:1.7。尾矿堆积坝在尾矿初期坝的基础上加高约13 m, 堆积外坡平均1:1.0。

2008年4月28日该尾矿库发生溃坝事故, 在尾矿堆积坝右岸中部崩塌滑坡, 约有10 000 m³尾砂流入农田, 淹没农田约30 000 m²。事后, 有关单位和专家进行事故分析和技术鉴定, 根据现场情况, 该尾矿库溃坝原因主要为堆积坝外坡过陡, 且溃坝时沉积干滩长度仅20~30 m, 坝体内部浸润曲线较高, 在原排水管垮塌的外界诱因作用下失稳而溃决。

2 尾矿溃坝处理方案

原尾矿库溃坝处理的设计方案在辽宁辽西工程勘察院《辽宁省绥中县小盘岭金矿尾矿库岩土工程勘察报告》的基础上, 对原尾矿库尾矿初期坝加固, 对堆积坝外坡进行削坡改造, 并进行处理改造后坝体的抗滑稳定复核。鉴于尾矿库溃坝主要原因为堆积坝外坡过陡及沉积干滩长度短, 坝体内部浸润曲线高, 故设计主要从降水和坝坡进行改造, 同时为保证该尾矿库事故处理完后有良好的抗滑稳定性, 在该址以下130 m处, 新建加固砂卵石坝, 然后进行尾

作者简介: 尹筱琴(1987-), 女, 硕士研究生, 主要从事岩土工程及力学研究工作。

矿干堆压坡,增加稳固的外坝壳,达到尾矿库稳定的目的。具体做法如下:

1. 原尾矿初期坝补坡加固。原尾矿初期坝在溃坝泥石流的作用下,坝体已部分破坏,破坏部分必须回填夯实,补坡加固恢复原状 1:1.7。考虑到下游继续干堆尾矿补坡加固,原尾矿初期坝补坡加固后可不进行干砌石护坡。

2. 原尾矿库疏干及防洪。原尾矿库溃坝后,尾矿库内仍积存部分尾矿水,该部分积水应及时疏干,以达到降低堆积坝内浸润曲线的目的,防止再次出现渗透稳定问题。同时为保证库内干滩长度,在尾矿库后部距削坡后堆积坝端向内 50 m 处修建 2 m 高拦水小堤,并在每次降雨之后及时排空积水。具体做法为在拦水小堤内修筑一条排泄库内雨洪水的排洪管,断面为 0.8 m 圆形,该排洪管与新建加固尾矿坝排洪系统相接。同时还要将现有的截洪沟疏通,减少雨洪水入库。

3. 原尾矿堆积坝削坡处理。原尾矿堆积坝外边坡堆积过陡,实测外边坡仅 1:1.0 左右,达不到尾矿自然稳定边坡,经按尾砂实际物理力学指标计算,抗滑稳定安全系数仅 0.85,小于规范规定的 1.15 的 0.74 倍,故在浸润水的作用下失稳。本次设计要求尾矿堆积坝外边坡应进行削坡处理,即在现有堆积坝顶向内推进 30 m 向下削坡,削坡完成后,堆积坝外坡达到 1:3.0。

4. 新建加固砂卵石坝。为保证该尾矿库事故处理完后有良好的抗滑稳定性,在该坝址以下 130 m 处,新建 11 m 高加固砂卵石坝,对原尾矿库进行尾矿干堆压坡,尾矿干堆高度以原尾矿初期坝高度为准,主要是为原尾矿初期坝外坝坡压坡,增加稳固的外坝壳,达到使尾矿库稳定的目的。

3 原尾矿堆积坝削坡处理后安全复核

在尾矿坝的静力稳定性分析时,需要给出安全系数和可能滑动面的形状和位置。解决这些问题的常用方法是极限平衡方法和数值法^[2,3]。

极限平衡法是根据边坡上的滑体或滑体分块的力学平衡原理(即静力平衡原理)分析边坡各种破坏

模式下的受力状态,以及边坡滑体上的抗滑力和下滑力之间的关系来评价边坡的稳定性,是工程实践中应用最多的一种方法^[4]。毕晓普法假定滑裂面是圆柱面;考虑了土条两侧条间力的作用;满足整体力矩及每一土条的垂直力的平衡,不满足每一土条的水平力平衡。瑞典圆弧法假定滑裂面是个圆柱面;不考虑土条两侧作用力;不满足每一土条的力及力矩的平衡,仅满足整体力矩平衡。改良圆弧法与圆弧法假定的基本区别^[5]是:改良圆弧法假定土块的合力是水平作用于相邻的土块上;而圆弧法则假定推动力是与各点滑弧平行的,将相邻土块间的侧推力作为内力考虑。

据美国工程学会《堤坝稳定分析 25 年回顾》专著中,邓肯(Duncan)所做论述,同时计算毕晓普法和瑞典法,比较其结果,能得到较为精确的结果。基于这个原因,本文主要用到毕晓普法和瑞典圆弧法以及改良圆弧法计算,验证处理完的边坡稳定性。使用圆弧滑动模型计算(如图 1 所示)。根据工程地质提供的参数建议值,结合现场实际情况,通过各专业人员共同协商,最终采用的力学参数取值列于表 1。根据毕晓普法、瑞典圆弧法以及改良圆弧法,计算出坝体的稳定系数列于表 2。

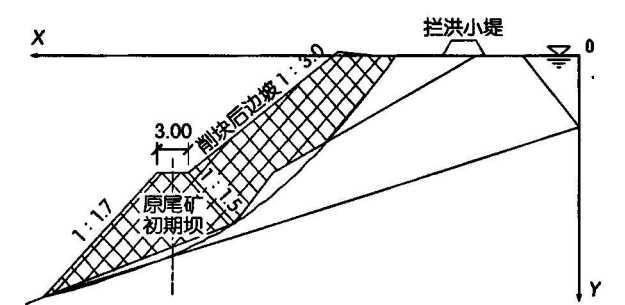


图 1 划弧稳定计算简图

表 1 土料物理力学性质指标(选取)

编号	名称	天然容重 $\gamma / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和容重 $\gamma_s / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	浮容重 $\gamma_f / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	内摩擦角 $\varphi / (^{\circ})$	凝聚力 C / kPa
1	尾粉砂	15.9	19.8	5.9	20.0	6.5
2	尾粉土	14.2	16.5	4.2	16.0	7.47
3	坝体	20.0	24.0	10.0	30.0	0
4	粉质粘土	17.5	18.82	7.5	20.5	23.5

表 2 坝体稳定性分析结果

工况	圆心		滑弧深度	毕晓普法	瑞典圆弧法	改良圆弧法 (罗厄法)	改良圆弧法 (工程师团法)
	CX	CY					
正常运行	174.627	-166.597	33.194	1.859	1.852	1.873	1.872
洪水运行	168.139	-170.219	32.553	1.649	1.643	1.662	1.662
特殊运行	168.139	-170.219	32.553	1.179	1.173	1.184	1.189

根据稳定计算结果,参照《碾压式土石坝设计规范》对尾矿坝的现状进行分析,可得出以下结论:

1. 削坡后尾矿坝在正常运行和洪水运行工况下,逸出坡降为 0.205 和 0.251,小于尾矿坝坝体材料允许渗透比降为 0.55,尾矿坝的渗透稳定满足要求。

2. 削坡后尾矿坝在正常运行工况下:圆弧法计算的结果满足《尾矿库安全技术规程》的要求($1.852 > 1.15$)。

3. 削坡后尾矿坝在洪水运行工况下:圆弧滑动法的安全系数为 $1.643 > 1.05$,满足规范要求。

4. 削坡后尾矿坝在特殊运行工况下:圆弧滑动法的安全系数为 $1.173 > 1.00$,满足规范要求。

综上所述:尾矿坝渗透稳定、抗滑稳定均满足要求。

4 结 语

本文通过极限平衡法对治理完的尾矿库进行稳定性分析,结果证明治理完的尾矿库满足稳定性要

求。针对绥中小型尾矿库溃坝原因,笔者提出,对小型尾矿库应加强安全监管力度,各级安监部门要强化重点监管。没有正规设计不能施工;没有正规施工、监理,不能验收;没有经过合格培训的尾矿库管理人员不能上岗。尾矿库的建设应遵循先勘察设计,后施工建设,再投产运行的程序进行。只有这样,才能防患于未然,减少不必要的损失。

参考文献:

- [1] 李全明,王云海,廖国礼. 尾矿库安全评价中的科学问题及评价方法探讨[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(6): 53-57.
- [2] 钱家欢,殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京:中国水利水电出版社, 1996. 491-593.
- [3] 祝玉学,戚国庆,鲁兆明,等. 尾矿库工程分析与管理[M]. 北京:冶金工业出版社, 1999. 171-244.
- [4] 蔡美峰,何满潮,刘东燕. 岩石力学与工程[M]. 北京:科学出版社, 2002. 379-380.
- [5] 戴永志. 两种堤坝稳定分析方法的比较[J]. 水利水电科技进展, 2002, 22(4): 30-33.

收稿日期: 2010-01-25

Study on Dambreak Treatment and Stability Analysis

YIN Xiao-qin¹, WANG Jian¹, LI Hai-bin²

(1. School of Resources & Civil Engineering, Northeast University, Shenyang 110004, China;

2. Liaoning Jian Fa Real Estate Eevelopment & Construction Group, Shenyang 110004, China)

Abstract: Based on the dam break incident in Suizhong tailing pond, strengthening measures were proposed in this paper. The measures included fill slope reinforcement for the initial dam, dewatering and flood control and cutting slope for the dam, and building a new sand and gravel dam for reinforcement. Finally, by checking the tailing dam stability situation after the treatment by using limit equilibrium method(Fellenius method, Bishop method and improved circular-arc method), it showed that the safety factors under all the conditions meet the requirement, and the analysis results showed that using the treatment scheme was feasible.

Key words: tailing dam; cutting slope; stability; limit equilibrium method