

浅谈尾矿库边坡失稳原因及处理措施

李新宽¹ 潘艳阳²

1 金堆城钼业股份有限公司矿冶分公司 陕西渭南 714102

2 陕西金钼建设工程有限公司 陕西西安 710077

摘要：尾矿库是一种比较特殊的建筑物，用来储存尾矿废渣废水等，服务期从施工开始一直到堆积完成并保持最终稳定。由于其库内存放的为废渣和废水，与水坝有明显的不同，其内部结构更复杂，随着时代的发展，人口增长和工业发展，尾矿库下游很多都有居民区，一旦失事会严重危及到下游居民的生命财产的安危。本文对尾矿库边坡失稳状况进行了简单的探讨，以供相关人员参考。

关键词：尾矿库；隐患治理；边坡失稳；浸润线

引言

尾矿库是一种比较特殊的建筑物，用来储存尾矿废渣废水等，服务期从施工开始一直到堆积完成并保持最终稳定。由于其库内存放的为废渣和废水，与水坝有明显的不同，其内部结构更复杂。随着时代的发展，人口增长和工业发展，尾矿库下游很多都有居民区，一旦失事会严重危及到下游居民的生命财产的安危。库内的尾矿砂和尾矿水中，有些含有重金属，有些矿产资源含有放射性元素，一旦随着溃坝进入居民区或者生产生活区，可以进入食物链，会对生物和环境造成放射性污染并危害人类的身体健康。因此有必要对尾矿坝边坡失稳以及防治措施进行探讨。

1、尾矿库的基本现况介绍

结合中华人民共和国应急管理部信息统计，国内尾矿库大概包含 6261 个，其库容量最大的已经超出 8 亿立方米。因国内尾矿库技术研究较晚，初期建库时无标准遵循，加之部分矿山追求利益，许多尾矿库修建早期并未进行地勘工作，

也存在根据水坝规范和规程设计的工程。另外，使用者对尾矿库缺少高度重视及管理，必定会造成潜藏的安全隐患。经调研的 2233 个尾矿库内，包含正常库 599 个，约为 26.8%，有安全隐患的包括 406 个，约为 18.2%，其他的 1228 个尚待进一步展开安全度调研验证，处在未知安全状态下。国内大概 53%左右的尾矿库下游存在住户，如果产生事故，后果极其严重，因此尾矿库的隐患处理十分迫切。

2、尾矿库历史事故类型和事故原因分析

根据美国大坝学会（USCOLD）和联合国环境规划署（UNEP）的一些调查统计资料，得出尾矿坝事故原因分类总结：得出尾矿坝失事原因中，其中边坡稳定性是最高发的，边坡最容易受到内外综合因素影响，例如地下水，外力震动等原因影响。其次是地震影响，这个要求尾矿库避开地震多发地带。所以下文分析了影响边坡稳定性的因素。

3、影响坝坡稳定性的主要原因及影响因素

经过多年的研究并利用有限元方法进行计算，学者研究得出对浸润线有影响的因素并进行了排序如下：①尾矿坝堆坝坝高>坝内各层渗透系数比>堆积坝下游坡比>堆积坝干滩长度>初期坝高>堆积坝上游坡比；②在堆坝坝高一定时，堆积体各层渗透系数比影响最大；③坝体分层确定之后，即渗透系数比一定的情况下，干滩长度对浸润线的影响非常重要。介绍几个主要因素如下：

（1）每层的渗透系数不同：通过实验探究显示，浸润线受干扰程度和每层尾矿渗透值不均匀值呈正比，每层渗透值相差巨大，浸润线愈高。当上下层渗透参数相差超过 100 倍时，底部尾矿层存在较大的阻水作用，而且浸润线增高趋势从下游朝上游延展，浸润线升高显著。

（2）尾矿坝下游边坡平均坡比：国外尾矿坝下游边坡平均坡度（含一次性筑坝）为 1:1.75~1:6 之内，我国很多在 1:3~1:6 之内。相关统计信息表明，在尾矿库初期坝高和堆积坝高相同、上游水位相同时，尾矿库下游平均坡度越缓，渗径愈长，浸润线就越低，表示尾矿库下游平均坡度极大影响到边坡浸润线。但尾矿库下游平均坡度并非越缓越佳，有效库容与之成反比，平均坡度与经济性成

反比。在具体项目使用中要综合对比，最后选取经济且实用效果最好的坡度。

(3) 干滩长度越长，表示自由水面越低或水力坡度越底。干滩长度属于等势线的布置和自由水面线的高低的整体反应，实例显示许多上游式尾矿库损坏的原因就是由于干滩长度太短引起的。

(4) 尾矿库上游坡比：上游坡比就是冲积滩坡比，其影响安全超高，属于尾矿在于动水下天然沉积出现的坡度，冲积坡度愈靠近水边越打，越靠近放矿点愈小，干扰冲积坡的原因包括粒度、含量和放矿方式等。我国上游坡比通常为1%~3%，浸润线遭到尾矿库上游冲积坡坡度较大的影响，在一样的干滩长度下，伴随上游坡比加大，干滩坡度增大，浸润线就伴随上游水位的下降而下降。

4、尾矿库边坡失稳处理措施

4.1、尾矿坝浸润线分析

尾矿坝的浸润线分析应包括以下内容：1) 确定堆积坝体的浸润线（压力线为0），估测下游泄漏点点。2) 坝体和坝基的渗流量计算。3) 当发生坝坡或坝基浸润线出逸时，应评价其出逸比降以及堆积坝中不同尾矿土层之间的渗透比降并确定渗透流量、判断产生管涌、流土的可能性。尾矿坝的浸润线分析可以通过渗流计算来进行。二维或三维有限元法适用于二级及以上堆积坝渗流分析。三维有限元法可用于山区尾矿库渗流计算或模拟试验确定；二期均质渗流计算方法用于计算上游三级及以下尾矿坝的渗流，上游式尾矿坝的渗流可以采用计算简法。通过计算条件的滩长来换算为化引滩长，可以简化渗流计算，来得到高于计算库水位的化引库水位。

4.2、防治浸润线过高措施

降低浸润线的方法，大体能分成如下几种：（1）降低库水位，选取恰当的排水方式，调节水面高度，延伸沉积滩，把库中水位由坝顶朝后推移。通过研究表明：①进水高度降低，库水位降低，出水标高时一定的。②分散尾矿排出时，尾矿排出水对浸润线干扰的修正值是 $0.5 \sim 0.8h/$ （ $h/$ 为兼顾尾矿排水影响和不考量尾矿排水干扰时的浸润性差值）。（2）因为矿泥夹层造成的浸润线抬升，

提升放矿方法，基于矿石的物理力学性质，合理分层以形成更高的渗透系数。还能够科学埋设水平排水管或是安装垂直排水井穿过矿泥夹层，以不断降低浸润线并处理边坡中渗透值不均匀状态下的排水现状。（3）在库水面与干滩面相接地段增加尾矿排放量，保证库水位由此朝后向库尾不推移，以增加干滩长度。

（4）降低库内水位，增大安全库容和调洪库容：在堆积尾矿的时候，尾矿一般磨得比较细是为了最大限度的利用资源，但是太细的矿砂容易使滩面软化，上层由于下雨等尾矿水增加会大大抬高浸润线。建立尾矿废水和洪水的排水系统，也可以回水利用。目前降低尾矿坝浸润线主要有以下几种排渗形式，①在尾矿坝堆积体内设置垂直排渗井、贴坡排渗体、水平排渗管或水平与竖直结合的排渗系统等；②在尾矿坝的地基位置布置排渗褥垫、水平排渗管或者垂直排水井等；③在与山坡接触的尾矿堆积坡脚处设置贴坡排渗体或排渗管沟等[8]。

结束语

综上所述，尾矿库出现事故通常是多种因素造成的。所以，要在日常管理环节，基于尾矿库原型检查设施及时监控，对监控到的问题立即展开安全检测，保证及时发现及时解决，让故障因素扼杀在萌芽当中。由此保障尾矿库下游用户人身财产安全及生态系统安全。

参考文献：

[1]张红良.基于 Geostudio 的尾矿库稳定性分析[J].水利科技与经济,2020,26(06):26-29.

[2]王蒙,王斌,王飞.基于遗传优化 BP 神经网络的尾矿库边坡稳定性预测[J].赤峰学院学报(自然科学版),2019,35(11):113-115.

[3]韩露,苗力川.强度折减法的边坡稳定性分析——以尾矿库右岸坝肩边坡为例[J].世界有色金属,2019(16):267-268.

[4]郑学鑫,岑建.尾矿库安全风险分析及对策措施研究[J].防灾科技学院学报,2019,21(02):82-85.

[5]成功. 尾矿库优化设计方法及其工程应用研究[D]. 湖南大学, 2019.