

文章编号:1671-251X(2024)S2-0079-03

尾矿库及灰场排洪方案设计

程琨, 罗伟, 蓝苹瑕, 廖南京

(贵州省习水鼎泰能源开发有限责任公司, 贵州 遵义 564611)

摘要:从排洪监控系统、排洪系统、封堵方法 3 个方面介绍尾矿库及灰场排洪方案,重点介绍了排洪监控系统设计方法和封堵数值计算方式。尾矿库及灰场排洪监控系统主要由库区坝体位移监测系统、坝体浸润线监测系统、干滩监测系统、降雨量监测系统、视频监控系统等 5 个子系统组成。以某尾矿库为例,利用排水井-隧道的方式设计了排洪系统。介绍了封堵位置确定、封堵长度估算、封堵体结构类型选择等,为尾矿库和灰场的排洪治理提供参考。

关键词:尾矿库;灰场;排洪方案;排洪监控;排洪封堵

中图分类号:TD67 文献标志码:A

Design of flood discharge scheme for tailings pond and ash field

CHENG Kun, LUO Wei, LAN Pingjian, LIAO Nanjing

(Guizhou Xishui Dingtai Energy Development Co., Ltd., Zunyi 564611, China)

0 引言

尾矿库和灰场排洪系统的设计需要考虑到洪水量、泄流能力、消能放冲能力等多个指标,还涉及力量、地质、结构、计算机等领域的综合知识,对从业者的专业知识和行业经验有较高要求^[1]。因此设计满足行业需求的尾矿库及灰场排洪系统至关重要。本文从排洪监控系统、排洪系统、封堵方法 3 个方面介绍尾矿库及灰场排洪方案,重点介绍了排洪监控系统设计方法和封堵数值计算方式。

1 排洪监控系统

尾矿库及灰场排洪监控系统主要由库区坝体位移监测系统、坝体浸润线监测系统、干滩监测系统、降雨量监测系统、视频监控系统等 5 个子系统组成。

1) 库区坝体位移监测系统。库区坝体位移监测系统主要完成坝体表面与内部位移检测,实现水平位移和沉降数据测量。工程中最常用的是 GNSS 监测系统^[2],利用固定测量仪或土体沉降仪完成坝体内部位移长期检测。目前还有 GPS、全自动全站仪、三维位移检测系统等监测手段,这些手段能更全面、直观反映坝体演变进程,但由于投入大、运营维护成本高,目前应用较少。

2) 坝体浸润线监测系统。浸润线监测常用的

是测压管法,选择合适的坝体横断面埋设适当数量的测压管,测量测压管中水位的高度,获取浸润线。

3) 干滩监测系统。定量评估尾矿库防洪能力时,干滩长度、标高是 2 项重要指标。干滩监测主要指对滩顶高程、干滩长度、干滩坡度进行测量和监控。使用双目摄像头、红外测距仪获得图像视频信息,通过工控软件自动计算干滩长度、坡度等信息。

4) 降雨量监测系统。降雨量监测是指使用容栅式、翻板式雨量计检测降雨量大小,以实时掌握汛期降雨量大小,为调洪演算提供计算依据。

5) 视频监控系统。在滩面、排洪系统进出水口、排放管路出口、坝体下游坡面库区水位标尺等处安装摄像头,通过网络连接将汛情排洪画面实时在线传输至监控室,为值班人员应对汛期排洪提供辅助。

2 排洪系统

排洪系统是尾矿库安全运行的重要保证,根据 GB 39496—2020《尾矿库安全规程》^[3],闭库前的尾矿库应进行排洪系统治理。

某尾矿库库容为 $9.3 \times 10^6 \text{ m}^3$,属于三等库,坝体为不透明的土石坝,是一种上游尾矿库。坝高 45 m,水量较大,约为 36 万 m^3 ,且下游出水口东西各有 1 个村庄,约有 600 户居民。设计防洪标准为

1 000 a 一遇洪水,需要因地制宜设计排洪系统,保证居民生命财产安全,同时满足防洪设计标准。

利用排水井-隧道的方式设计排洪系统,尾矿库内设计 6 座框架式排水井和 1 条圆拱直墙式排洪主隧道。排水井和主隧道通过支洞和竖井连接。竖井内径为 4.2 m,宽 4.5 m。排洪构筑物明细见表 1。排洪系统平面布置如图 1 所示。

表 1 排水井物细

排水井	井底 标高/m	井顶 标高/m	井水 高度/m	与主隧道 连接井	内径/m	层高/m
1-1 号	897	923	23	1-1 支洞	5.5	1.8
1-2 号	899	923	23	1-2 支洞		
2-1 号	976	996	27	2-1 支洞		
2-2 号	976	996	27	2-2 支洞		
3-1 号	966	981	25	3-1 支洞	5.5	1.8
3-2 号	966	981	24	3-2 支洞		



图 1 排洪系统平面布置

3 排洪封堵技术

当深埋在尾矿库底的排水管承受不了坝体治理增加的额外质量,不能加固,或运行过程中出现损坏时,需要对其进行封堵。根据 GB 50863—2013《尾矿设施设计规范》^[4] 要求,排洪系统在停止使用后,应该对其封堵,保证封堵段上下游结构、设施的永久性安全。封堵前需要结合尾矿库地质水文条件、管道水压、渗透量等参数综合评价,得到封堵位置、长度和封堵体结构类型。

3.1 封堵位置确定

对尾矿库排洪系统进行封堵时需要满足以下几点要求。① 封堵区域下游排水管的结构稳定,不受尾矿库累积坝高度膨胀的影响,也不是由原始设计载荷决定。② 由于坝体水渗流的高压导致沼泽化,必须对坝体边坡渗流稳定性做定量分析,用于计算

上游侧的边界。③ 使用洞壁排渗孔的方法降低排洪管内的压力,但是封堵前的高压会对封堵区下游或者主隧道衬砌造成损坏。

结合尾矿库几何构造,可通过封堵管两侧竖直线与坝坡面的水平线交点估算管涌点的标高和渗径长度,如图 2 所示。

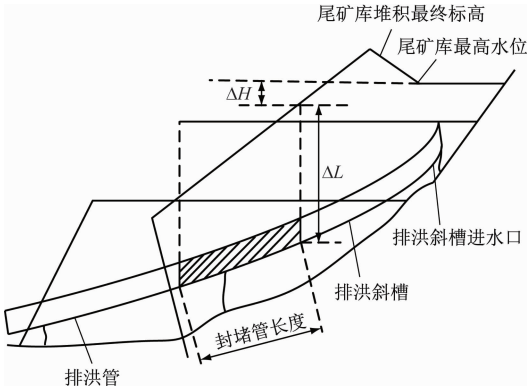


图 2 管涌点的标高和渗径长度估算

3.2 封堵长度估算

尾矿库封堵长度的计算是一个复杂的过程,具体计算方法和数据受到尾矿库地质条件、设计要求、施工方法、环境等因素影响,因此无法给出一个通用公式,只能结合实际情况进行粗略估算。常用的估算方法有理论计算法、经验法和数值模拟法。经验法简单快捷,可将误差控制在工程误差允许范围内。理论计算法计算结果合理,但是考虑的因素较多,计算复杂。数值模拟法精度高,但实际应用较难。结合 SL 279—2016《水工隧洞设计规范》^[5] 等要求,针对几种常用的封堵体类型,给出封堵体长度的经验计算方法。

抗剪型封堵体长度计算公式为

$$L_i \geq \frac{P_z}{C\lambda} \tag{1}$$

式中: P_z 为封堵面承受压力; C 为封堵体切面周长,去除底板和高侧壁长度; λ 为混凝土可承受的剪应力,一般为 0.2~0.3 MPa。

重力型封堵体长度需满足以下条件:

$$\begin{cases} L_z \geq kh \frac{\omega_s}{\omega_g} \\ \omega_g s L_z f \geq k \omega_s h s \end{cases} \tag{2}$$

式中: k 为安全系数,一般取 1.6; h 为封堵面迎水面水头; ω_s 为封堵体的湿称质量; ω_g 为封堵体的干称质量,一般取 22 kN/m³; s 为封堵体剪切面面积; f 为封堵体与介质的摩擦因数,一般取 0.7。

对于反滤型封堵体,参考《尾矿设施设计》标准要求,块石允许渗透坡降为 0.25~0.33。反滤层结构参数见表 2。

表 2 反滤层结构参数

材料	粒径/mm	厚度/m	渗透系数/ (cm·s ⁻¹)	渗透 水头/m	渗透坡降/ (cm·m ⁻¹)
粗砂	0.5~2	1	0.5	24	24
砾石	3~10	1	3	4	6
碎石	20~50	1	10	1.2	1.2
块石	100~300	20	40	6	0.3
土工布	—	10 ⁻³	10 ⁻²	5	—

表 3 常见的尾矿库排洪系统封堵体类型、结构、适用场景

类型	封堵体名称	特点	适用场景
按封堵材料分类	刚性封堵体	采用刚性材料(如浆砌石、混凝土或钢筋混凝土等),结构坚固	需要长期稳定封堵的场景
	柔性封堵体	采用反滤材料(如土工布包裹碎石),施工便捷,效果理想	渗水量不大的情况
按结构类型分类	梁板型封堵体	应用整板现浇或预制块安装	井座顶部的封堵
	重力型封堵体	依靠自身质量抵抗水压力	需要长期稳定封堵的场景
	反滤型封堵体	采用反滤材料,施工便捷,封堵效果良好	
	框架式封堵体	由框架结构和填充材料组成	
其他类型	抗剪型封堵体	设计时需考虑抗剪强度和水压力的作用	适用于排洪井井径较大或在排洪支洞(管)内施工时
	高水材料封堵体	新型封堵材料,具有快速凝固、强度高、施工便捷等优点	适用于尾矿库加高扩容时

4 结语

对尾矿库和灰场排洪系统的监控和封堵技术进行了系统阐述,重点讨论了监控系统的子系统组成和封堵体长度、位置的计算方法,设计了某尾矿库排洪系统。

参考文献:

[1] 陈宜楷,莫勇. 基于调洪演算的尾矿库安全监测预警阈值设置方法[J]. 现代矿业, 2023, 39(8): 212-

(上接第 78 页)

下游的持续性渗透,对底部矽石的弱化当前无法估量,建议将水塘下半周进行帷幕注浆处理,尽可能减少渗流通道,减小矽石体底部水量和水位,进一步保障 1 号排矽场的长期稳定性。

4 结语

针对排矽场区域地下采动沉陷可能会产生地表贯通性裂缝而影响安全生产的问题,对 2 个排矽场地形特征的稳定性进行了数值模拟,并给出了排矽场安全防护的建议。下一步将研究排矽场拉裂过程

3.3 封堵体结构类型

尾矿库排洪系统封堵体的类型多样,主要依据不同的封堵需求和工程条件进行选择。常见的尾矿库排洪系统封堵体类型、特点、适用场景见表 3。

尾矿库排洪系统封堵体的选择应根据具体需求和条件综合考虑,确保封堵效果、施工便捷性和经济性的平衡。

215,219.

[2] 李爽,孙圣添,刘津源. 马粪沟尾矿库智能监测系统优化升级与应用[J]. 矿业工程, 2024, 22(1): 21-23, 27.
[3] 刘斌,王迅,曾霄祥,等. 某多雨地区尾矿库防洪安全及排洪能力研究[J]. 现代矿业, 2023, 39(4): 206-209.
[4] 李道明,王明文,吴国高,等. 新型排洪方式在尾矿库扩容工程中的应用分析[J]. 有色金属(矿山部分), 2022, 74(5): 86-89.
[5] 毛辉,候鹏博,李嘉伟. 研究尾矿库排洪系统的封堵方法[J]. 工程建设与设计, 2020(16): 109-110.

动态量化、裂隙通道不良气体运移测定等。

参考文献:

[1] 李雅阁,章力. 基于有效降雨量的排矽场边坡稳定性分析[J]. 中国矿业, 2021, 30(9): 67-72.
[2] 刘祥. 煤矿排矽场地下盲沟疏排效果物理模型试验研究[D]. 西安:长安大学, 2021.
[3] 高雅,陆兆华,魏振宽,等. 露天煤矿区生态风险受体分析——以内蒙古平庄西露天煤矿为例[J]. 生态学报, 2014, 34(11): 2844-2854.
[4] 池君洲. 排矽场边坡 GPS 变形监测系统[J]. 煤炭工程, 2010(9): 116-118.