

# 地下水对栾川炉场沟尾矿坝稳定性影响分析

葛 雁<sup>1,2</sup>, 陈付申<sup>2</sup>, 王现国<sup>2</sup>, 梁龙豹<sup>2</sup>, 王 勉<sup>2</sup>, 梁爱英<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学 工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 河南省地质矿产勘查开发局 第二水文地质工程地质队, 河南 郑州 450053)

**[摘 要]** 据计算结果, 栾川炉场沟尾矿坝在正常运行情况下是稳定的, 地下水位(浸润线水位) 是实测水位; 在洪水运行情况下和特殊运行情况下是不稳定的, 洪水运行情况下, 预测地下水位(浸润线水位) 距离坝顶 1 m, 地下水位(浸润线水位) 埋深较浅时尾矿坝不稳定, 提出了相应的预防措施。

**[关键词]** 尾矿库; 有效库容; 尾矿坝; 稳定性

**[中图分类号]** TV211.1<sup>+</sup>2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1004-1184(2007)04-0127-03

## The Impact of Water Table Fluctuation on Stability of the Tailings Dam at the Luanchuan

GE Yan<sup>1,2</sup>, CHEN Fu-shen<sup>2</sup>, WANG Xian-guo<sup>2</sup>, LIANG Long-bao<sup>2</sup>, WANG Mian<sup>2</sup>, LIANG Ai-ying<sup>2</sup>

(1. Collegae of Engineering China Geology University Wuhan Hubei 430074 China; 2. NO. 2 Hydrogeological and Engineering Geological Group, Bureau of Geoexploration and Mineral Development of Henan Province, Zhengzhou 450053, China)

**Abstract:** The embankment of the tailings pond in Luanchuan Luchanggou is stable in normal operation condition. But in flooding season, safety of the dam is uncertain. The study predicted that under flooding condition, ground water level is one metre from the dam top; in special operation condition, groundwater level may exceed the top of the dam. So the tailings dam is not stable when the groundwater table depth is small.

**Key words:** Tailing pond; effective storage capacity; tailings dam; stability

拟建的 10 000 t/d 钼选厂位于栾川县赤土店乡马圈村, 扩建后选厂将由 4 500 t/d 提高到 14 500 t/d 的生产规模。栾川炉场沟尾矿库作为选厂的配套工程, 需对该尾矿库进行扩容建设, 为了给扩容建设提供必需的地质资料及技术依据, 对炉场沟尾矿库加高扩容工程在前期勘察的基础上进行工程地质补充勘察。据勘察资料知: 地下水位埋深(浸润线高低)对尾矿坝稳定性产生的影响较大。

## 1 尾矿库概况与地质环境条件

### 1.1 尾矿库概况

炉场沟尾矿库地处秦岭山脉东北缘低中山区, 位于一狭长山谷中, 三面环山, 构成良好封闭型天然库盆, 地貌单元属山地, 山岭标高 1 320~1 612 m, 相对高差 100~300 m。炉场沟发源地段, 东、西两侧为一坳

谷即东凹和西凹, 与炉场沟在平面上呈“Y”字型展布。炉场沟两岸山体呈“V”型谷, 谷坡较陡, 一般坡度在 35°~50°之间。两岸基岩大多被植被覆盖, 表面强风化, 以下中等风化, 深部风化较弱。覆盖层多分布于山坡上部及冲沟沟底。主沟谷方向大致由东北至西南向, 纵向长度约 1.26 km。

炉场沟尾矿库在地理位置上位于马圈选厂以东约 0.4 km, 炉场沟尾矿库从南向北由初期坝、一期尾矿堆积坝、二期尾矿堆积坝、干滩、湿滩和水面区等 6 部分组成。初期坝位于炉场沟沟口, 为均质土坝, 坝顶标高为 1 211 m, 高 18 m, 坝顶宽 3 m, 坝顶长 60 m。1982 年 10 月投入使用, 1990 年进行改造, 2002 年尾矿堆积坝坝顶标高为 1 280 m。见图 1。

尾矿坝最终堆积高度 218 m, 现有效库容 6.64 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, 根据中华人民共和国冶金部部标准《上游法尾

**[收稿日期]** 2007-05-23

**[作者简介]** 葛雁(1973-), 女, 河南太康人, 工程师, 主要从事水文地质、工程地质和地质灾害评估、治理工作。

矿堆积坝工程地质勘察规程》(YBJ11- 86)( 试行) 附录 1, 炉场沟尾矿库等级为二级。

排水系统采用 D= 2. 5 m 排水井, B×H= 1. 5×1. 8 m 隧洞——原排水隧洞排洪。排水井高 24 m, 3 座, 钢筋混凝土结构, 新建隧洞总长 1 050 m, 全段采用钢筋混凝土, 混凝土支护。

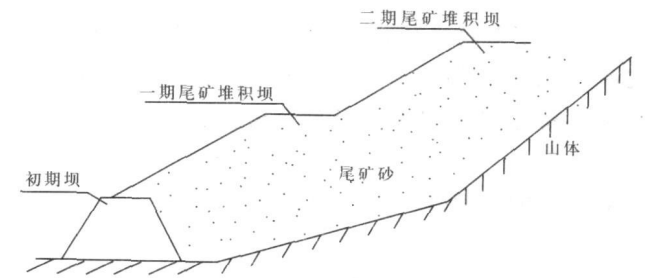


图 1 尾矿坝示意图

1. 2 尾矿库地质环境条件

(1) 尾矿库区域地质环境条件

库区内的地层岩性主要有第四系残坡积形成的粉质粘土和碎石、堆积的尾矿砂及震旦系冯家湾组白云石大理岩。尾矿库区位于秦岭东西向构造带的西段, 地质构造作用强烈, 活动持续时间长, 主要为断裂构造; 岩层产状变化较大, 但岩层一般走向 280°~310°; 倾向向北东, 南西不等, 倾角 30°~60°; 局部地段受挤压, 使层间褶皱发育以及伴随岩浆活动等。

(2) 尾矿坝工程地质条件

尾矿坝坝体岩性为尾矿砂, 有尾中砂、尾细砂和尾粉砂组成, 局部含尾亚砂、尾砂泥和尾轻亚粘。①~⑤层尾矿砂呈松散——稍密状态, ⑤层(含⑤层)以下尾矿砂呈稍密——中密状态。尾矿坝岩性见图 2。

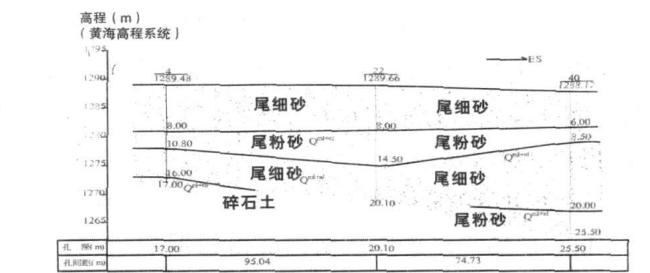


图 2 工程地质剖面图

2 尾矿库地下水埋深( 浸润线) 分析

在钻探过程中, 为了测得库内地下水浸润线的位置, 分别在 4# 孔(干滩)、21# 孔(坝顶)、22# 孔(干滩)、23# 孔(干滩与湿滩交接部位)、24# 孔(湿滩)、25# 孔(湿滩)和 26# 孔(湿滩)埋设了长期观测管, 安排了专人进行观测, 而且对前期勘察时施工的观测孔也进行了观测, 观测记录见表 1。

由表 1 可知: 浸润线的起伏趋势从南向北, 从下至

上, 从坝下、坝顶、干滩到湿滩浸润线埋深越来越浅, 有抬升的趋势。这对尾矿坝的稳定是不利的。

表 1 2005 年 5 月 26 日水位观测记录表

孔号	位置	孔口标高 /m	水位 /m	水位标高 /m	观测时间
25	湿滩	1 286. 08	1. 40	1 284. 68	5 月 26 日
26	湿滩		1. 69		5 月 26 日
24	湿滩	1 286. 45	1. 23	1 285. 22	5 月 26 日
23	干滩与湿滩交接部位	1 287. 67	1. 58	1 286. 09	5 月 26 日
22	干滩	1 289. 66	1. 13	1 288. 53	5 月 26 日
4	干滩	1 289. 48	3. 36	1 286. 12	5 月 26 日
21	坝顶	1 291. 00	13. 00	1 278. 00	5 月 26 日
J <sub>2</sub> (原 11)	坝下	1 231. 55	5. 00	1 226. 55	5 月 26 日
J <sub>4</sub> (原 12)	坝下	1 248. 34	4. 00	1 244. 34	5 月 26 日
J <sub>5</sub> (原 13)	坝下	1 258. 63	10. 40	1 248. 23	5 月 26 日

3 尾矿坝稳定性评价

3. 1 尾矿坝稳定性计算

对尾矿坝的稳定性计算从正常运行、洪水运行和特殊运行三个方面根据坝的工程地质条件采用瑞典圆弧滑动面法进行计算, 计算模型见图 3。

(1) 正常运行

正常运行指尾矿库水位处于正常水位时的工况, 浸润线水位根据实测水位计算。其安全系数按下列公式计算:

$$F_s = [c_i l_i + (w_i \cos \alpha - w_{ei}) \operatorname{tg} \Phi] / (w_i \sin \alpha)$$

式中:  $F_s$ —安全系数;  $i$ —土条编号;  $c_i$ —第  $i$  号土条的粘聚力(kPa);  $\Phi$ —第  $i$  号土条的内摩擦角(°);  $l_i$ —第  $i$  号土条的底部弧长(m);  $w_i$ —第  $i$  号土条的重量(kPa);  $w_{ei}$ —作用在  $i$  号土条底部滑弧面上的渗透压力(kPa);  $\alpha$ —第  $i$  号土条底部中点和圆心  $O$  点的连线与通过  $O$  点的铅垂线之间的夹角(°)。

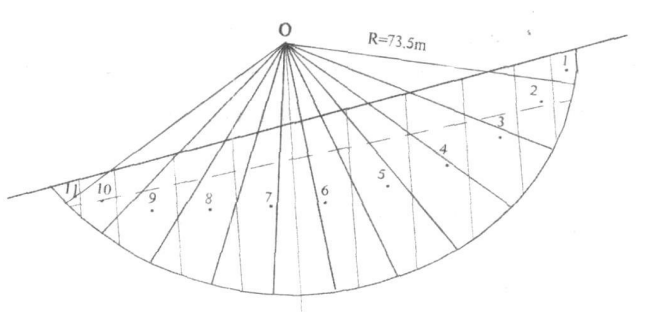


图 3 尾矿坝稳定性计算模型图

(2) 洪水运行

洪水运行指尾矿库水位处于最高洪水位时的工况。当尾矿库水位处于最高洪水位时, 地下水埋深( 浸润线) 按距离坝顶 1 m 计, 其安全系数仍按下列公式计算:

$$F_s = [c/l + (w_i \cos \alpha - w_a) \operatorname{tg} \Phi] / (w_i \sin \alpha)$$

式中符号意义同前。

(3) 特殊运行

特殊运行指尾矿库水位处于最高洪水位, 同时又遇到设计烈度的地震时的工况。特殊运行时, 地下水(浸润线)溢出坝顶, 地下水埋深为 0 m, 其安全系数按下列公式计算:

$$F_s = \sum [c/l + [(w_i - Q_i) \cos \alpha - w_a - Q_i \sin \alpha] \operatorname{tg} \Phi] / \sum [(w_i + Q_i) \sin \alpha + M_a/R]$$

式中: R—滑动圆弧的半径(m);  $Q_i$ —作用在土条重心处的水平向地震惯性力(kN), 可用下式计算  $Q_i = k_h c_z a_i w_i$ ;  $Q_i$ —作用在土条重心处的竖向地震惯性力(kN), 可用下式计算  $Q_i = 1/3 Q_i$ ;  $M_a$ —水平向地震惯性力;  $Q_i$ —对滑动圆心的矩(m);  $k_h$ —水平向地震系数, 为地震时地面水平最大加速度的统计平均值与重力加速度之比;  $c_z$ —综合影响系数, 取: 0. 25;  $a_i$ —土条重心处的地震加速度分布系数;  $w_i$ —土条实际重量, 水上用湿容重, 水下用浮容重。

式中其它符号意义同前。计算结果见表 2。

表 2 尾矿坝安全系数计算表

尾矿库 级别	计算的安全系数 $F_s$		
	正常运行	洪水运行	特殊运行
2 级	1. 26	1. 12	1. 01

3. 2 尾矿坝稳定性综合评价

尾矿坝稳定性综合评价表见表 3。

表 3 尾矿坝稳定性综合评价表

尾矿库 级别	计算的安全系数 $F_s$			综合评价						备注
	正常运行	洪水运行	特殊运行	正常运行	洪水运行	特殊运行	正常运行	洪水运行	特殊运行	
2 级	1.26	1.12	1.01	1.25	1.15	1.05	稳定	不稳定	不稳定	

由表 3 可知: 尾矿坝正常运行情况下, 计算出来的安全系数 1. 26 大于规程规定的抗滑稳定的最小安全

系数 1. 25, 尾矿坝是稳定的。

尾矿坝洪水运行情况下, 计算出来的安全系数 1. 12 小于规程规定的抗滑稳定的最小安全系数 1. 15, 尾矿坝是不稳定的; 尾矿坝特殊运行情况下, 计算出来的安全系数 1. 01 小于规程规定的抗滑稳定的最小安全系数 1. 05, 尾矿坝是很不稳定的。

正常运行时尾矿坝是稳定的, 而在洪水运行和特殊运行情况下尾矿坝是不稳定的, 其中的原因从地下水位的角度分析如下:

尾矿坝正常运行时地下水位(浸润线水位)采用的是实测水位, 洪水运行情况下, 地下水(浸润线)距离坝顶 1 m, 特殊运行情况下, 地下水(浸润线)溢出坝顶, 地下水埋深为 0 m。

洪水运行情况下的地下水位高于正常运行时的实测水位, 而特殊运行情况下的地下水位又高于洪水运行情况下的地下水位, 浸润线水位愈来愈高, 也即是地下水位埋深越来越浅。由此得出结论, 随着地下水位埋深由深至浅, 尾矿坝由稳定到不稳定。

4 结论与建议

正常运行时尾矿坝是稳定的, 而在洪水运行和特殊运行情况下尾矿坝是不稳定的, 地下水(浸润线)埋深越浅, 尾矿坝越不稳定。

建议: 打排水坑或渗水井以降低地下水位, 以降低浸润线位置, 从而提高堆积坝的稳定性; 对尾矿坝进行治理。

参考文献

[ 1 ] 尹光志. 细粒尾矿及其堆坝稳定性分析[ M ]. 重庆: 重庆大学出版社, 2004.

[ 2 ] 李作章, 徐日升, 穆鲁生, 等. 尾矿库安全技术[ M ]. 北京: 航空工业出版社, 1996.

[ 2 ] 金传良, 郑连生. 水质技术工作手册, 1989— 2.

[ 3 ] 史长春. 水文地质勘察. 北京: 水利电力出版社, 1991.

[ 4 ] 史军, 等. 齐齐哈尔城区地下水环境问题与可持续利用的途径. 地下水, 2005( 2 ): 127—128.

[ 5 ] 沈继方. 地下水与环境. 武汉: 中国地质大学出版社, 1995.

[ 6 ] 方子云. 水资源保护工作手册. 南京: 河海大学出版社, 1988, 390—392.

[ 7 ] 刘兆昌, 张兰生, 聂永丰, 等. 地下水系统的污染与控制. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.

[ 8 ] 方乐润. 水资源工程系统分析. 北京水利电力出版社, 1990—6.

[ 1 ] 赵旭. 齐齐哈尔市水资源污染现状及其防治措施[ z ]. 中国实用科技成果大辞典. 西南交通大学出版社, 1995.

参考文献