



嵩县金牛有限责任公司
马家沟尾矿库加高扩容工程项目
安全预评价报告
(备案版)

河南安平安全技术服务有限公司
APJ- (郑) -001
二〇二五年九月



安全评价机构 资质证书

(副本) (1-1)

统一社会信用代码: 91410105755196566H

机构名称: 河南安平安全技术有限公司

办公地址: 郑州市顺河路1号204号

法定代表人: 赵东海

证书编号: APJ(郑) 001

首次发证: 2021年12月15日

有效期至: 2026年12月14日

业务范围: 金属、非金属矿及其他矿采选业、石油加工业,
化学原料、化学品及医药制造业***



嵩县金牛有限责任公司
马家沟尾矿库加高扩容工程项目
安全预评价报告

法定代表人：赵东海

技术负责人：荆 瑜

项目负责人：范志伟

二〇二五年九月

评价单位出具报告真实性合法性承诺书

承 诺 书

我单位提交的嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目安全预评价报告全部资料符合法律、法规和标准的规定，资料全部内容真实有效；参与编写报告（含附件、附图）人员均为我单位在职人员且专业资格符合要求。如存在违反法律、法规和标准规定，或弄虚作假等行为的，我单位愿意按照《安全生产法》第九十二条，《安全评价检测检验机构管理办法》第二十九条、三十条、三十一条，《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》第三十九条，《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》第三十一条等有关规定承担相应的法律责任。

单位法人签字：赵小东

项目负责人签字：范志伟



材料清单

序号	材料名称
1	《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目安全预评价报告》 文本
2	《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目安全预评价报告》 附件
3	《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目安全预评价报告》 附图

嵩县金牛有限责任公司
马家沟尾矿库加高扩容工程项目



	姓名	资格证书号	从业登记编号	专业	签字
项目负责人	范志伟	1100000000201354	019681	地质	范志伟
项目组成员	刘金福	S011041000110202001399	025312	采矿	刘金福
	李春哲	1100000000201550	016937	安全、通风	李春哲
	陈勇杰	0800000000202511	011251	电气	陈勇杰
	范志伟	1100000000201354	019681	地质	范志伟
	刘心壮	0800000000301717	016945	采矿、安全	刘心壮
	孙召军	S011041000110192002302	018379	机械	孙召军
	李玲	S011021000110201000308	018134	水工结构	李玲
报告编制人	刘金福	S011041000110202001399	025312	采矿	刘金福
	李春哲	1100000000201550	016937	安全、通风	李春哲
	范志伟	1100000000201354	019681	地质	范志伟
	孙召军	S011041000110192002302	018379	机械	孙召军
	陈勇杰	0800000000202511	011251	电气	陈勇杰
报告审核人	秦宝霞	S011041000110202001734	041478	电气	秦宝霞
过程控制负责人	王亚丽	1700000000200898	018378	安全、通风	王亚丽
技术负责人	荆瑜	1100000000100338	013391	地质、采矿	荆瑜

表单验证号码f73b3edc6dd74eb59420e9800bd1d44c



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证		证件号码	410126198103021413		
社会保障号码	410126198103021413		姓 名	范志伟	性别	男
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2005-12-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	63599.92	2704.32	0.00	238	2704.32	66304.24
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2005-12-05	参保缴费	2005-12-01	参保缴费	2005-12-05	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-
说明： 1、本权益单仅供参保人员核对信息。 2、扫描二维码验证表单真伪。 3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。 4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。 5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。 数据统计截止至：2025.09.10 14:58:23 打印时间：2025-09-10						



表单验证号码7140caf8978a4c9f81b92d30d572ce4c



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证		证件号码	421022197911213031		
社会保障号码	421022197911213031		姓 名	刘金福	性别	男
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2009-11-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	54389.82	2704.32	0.00	189	2704.32	57094.14
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2009-11-24	参保缴费	2009-11-01	参保缴费	2009-11-24	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-
说明： 1、本权益单仅供参保人员核对信息。 2、扫描二维码验证表单真伪。 3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。 4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。 5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。 数据统计截止至：2025.09.10 14:59:01 打印时间：2025-09-10						



表单验证号码ff1c16b9964a441aa43ac6a15792d4c3



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证		证件号码	342224197410050013		
社会保障号码	342224197410050013		姓 名	李春哲	性别	男
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2005-12-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	63550.46	2704.32	0.00	237	2704.32	66254.78
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2005-12-05	参保缴费	2005-12-01	参保缴费	2005-12-05	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-

说明：

1、本权益单仅供参保人员核对信息。

2、扫描二维码验证表单真伪。

3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。

4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。

5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。

数据统计截止至：2025.09.10 14:55:49

打印时间：2025-09-10



表单验证号码696daa6a35f543f1b71b45b97fd01f88



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	41010219660329053X			
社会保障号码	41010219660329053X	姓 名	陈勇杰	性别	男	
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码	450007	
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	1986-09-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	91381.65	2704.32	0.00	358	2704.32	94085.97
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	1992-11-01	参保缴费	1996-10-01	参保缴费	1992-11-01	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-
说明： 1、本权益单仅供参保人员核对信息。 2、扫描二维码验证表单真伪。 3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。 4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。 5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。						
数据统计截止至：2025.09.10 14:57:54 打印时间：2025-09-10						



表单验证号码16df846ffe274a69a1f0dd6855724406



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	412821196510090634			
社会保障号码	412821196510090634	姓 名	刘心壮	性别	男	
联系地址	**			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	1988-09-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	200969.67	6866.64	0.00	368	6866.64	207836.31
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2019-05-01	参保缴费	2006-07-01	参保缴费	2007-11-14	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	9537	●	9537	●	9537	-
02	9537	●	9537	●	9537	-
03	9537	●	9537	●	9537	-
04	9537	●	9537	●	9537	-
05	9537	●	9537	●	9537	-
06	9537	●	9537	●	9537	-
07	9537	●	9537	●	9537	-
08	9537	●	9537	●	9537	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-
说明：						
1、本权益单仅供参保人员核对信息。						
2、扫描二维码验证表单真伪。						
3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。						
4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。						
5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。						
数据统计截止至：2025.09.10 14:59:29						
打印时间：2025-09-10						



表单验证号码9f68931ef3834b8ab8bc2c6b0b9e0999



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	412725198608041813			
社会保障号码	412725198608041813	姓 名	孙召军	性别	男	
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2009-11-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	54438.17	2704.32	0.00	190	2704.32	57142.49
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2009-11-24	参保缴费	2009-11-01	参保缴费	2009-11-24	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-

说明：

1、本权益单仅供参保人员核对信息。

2、扫描二维码验证表单真伪。

3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。

4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。

5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，一表示正常参保。

数据统计截止至：2025.09.10 14:57:26

打印时间：2025-09-10

表单验证号码942c82fb66da4e7cb93e3b13a4123713



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	211282198201062227			
社会保障号码	211282198201062227	姓 名	李 玲	性 别	女	
联系地址				邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2021-04-01	
账户情况						
险 种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	13214.38	2704.32	0.00	53	2704.32	15918.70
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2021-04-01	参保缴费	2021-04-01	参保缴费	2021-04-07	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-

说明：

1、本权益单仅供参保人员核对信息。

2、扫描二维码验证表单真伪。

3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。

4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。

5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。

河南省社会保险局
业务查询专用章
4101021698142

数据统计截止至：2025.09.10 15:01:04
打印时间：2025-09-10

表单验证号码89db8b9a8a9a4d309ef442a2db05d5f6



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	411222198112106524			
社会保障号码	411222198112106524	姓 名	秦宝霞	性别	女	
联系地址				邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2021-10-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	11551.24	2704.32	0.00	47	2704.32	14255.56
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2021-10-01	参保缴费	2021-10-01	参保缴费	2021-10-16	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-

说明：

1、本权益单仅供参保人员核对信息。

2、扫描二维码验证表单真伪。

3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。

4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。

5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。

数据统计截止至：2025.09.10 14:55:12

打印时间：2025-09-10



表单验证号码80ea6b8d2c6c423a9faa9ed65d65a4fe



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	411321197210012358			
社会保障号码	411321197210012358	姓 名	荆瑜	性别	男	
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2005-12-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计储存额
基本养老保险	63504.46	2704.32	0.00	237	2704.32	66208.78
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2005-12-05	参保缴费	2005-12-01	参保缴费	2005-12-05	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-

说明：

1、本权益单仅供参保人员核对信息。

2、扫描二维码验证表单真伪。

3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。

4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。

5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。

数据统计截止至：2025.09.10 14:50:26

打印时间：2025-09-10



表单验证号码0877f9287c484438ac00a3d56be6d678



河南省社会保险个人权益记录单
(2025)

单位：元

证件类型	居民身份证	证件号码	410821198610094568			
社会保障号码	410821198610094568	姓 名	王亚丽	性别	女	
联系地址	郑州市顺河路1			邮政编码		
单位名称	河南安平安全技术服务有限公司			参加工作时间	2011-03-01	
账户情况						
险种	截止上年末 累计存储额	本年账户 记入本金	本年账户 记入利息	账户月数	本年账户支 出额账利息	累计存储额
基本养老保险	51108.10	2704.32	0.00	175	2704.32	53812.42
参保缴费情况						
月份	基本养老保险		失业保险		工伤保险	
	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态	参保时间	缴费状态
	2011-03-10	参保缴费	2011-03-01	参保缴费	2011-03-10	参保缴费
	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况	缴费基数	缴费情况
01	3756	●	3756	●	3756	-
02	3756	●	3756	●	3756	-
03	3756	●	3756	●	3756	-
04	3756	●	3756	●	3756	-
05	3756	●	3756	●	3756	-
06	3756	●	3756	●	3756	-
07	3756	●	3756	●	3756	-
08	3756	●	3756	●	3756	-
09		-		-		-
10		-		-		-
11		-		-		-
12		-		-		-
说明： 1、本权益单仅供参保人员核对信息。 2、扫描二维码验证表单真伪。 3、●表示已经实缴，△表示欠费，○表示外地转入，-表示未制定计划。 4、若参保对象存在在多个单位参保时，以参加养老保险所在单位为准。 5、工伤保险个人不缴费，如果缴费基数显示正常，-表示正常参保。						
数据统计截止至：2025.09.10 14:51:58						
打印时间：2025-09-10						



前 言

嵩县金牛有限责任公司原属地方国营企业店房金矿，始建于1988年。1998年改制为国有独资嵩县金牛有限责任公司，2007年6月进行股权转让，由中国黄金集团公司控股（60%）、嵩县经济投资有限公司（40%）参股组建新的有限责任公司，集采、选、冶为一体的股份制企业。

嵩县金牛有限责任公司营业执照注册号为914103256148402585，法人代表刘志华，公司类型为有限责任公司（国有控股），注册资本壹亿肆仟伍佰万圆整。公司下设东湾、店房、牛头沟三个矿区，14个职能部室，其中东湾矿区生产能力1000 t/d，店房矿区生产能力750 t/d，牛头沟矿区生产能力3000 t/d。企业现有员工1058人，拥有地、测、采各专业技术人员150多人。

牛头沟矿区位于嵩县县城西55km，区内交通以公路为主。矿区地理坐标：东经 $111^{\circ}42'15'' \sim 111^{\circ}44'00''$ ，北纬 $34^{\circ}10'00'' \sim 34^{\circ}13'00''$ ，面积 9.78km^2 。

牛头沟选矿厂生产规模3000t/d，马家沟尾矿库为牛头沟尾矿库接替库，位于距离选矿厂东南约1.5km（水平直线距离）的马家沟内，为牛头沟选矿厂的配套设施。

马家沟尾矿库位于大章乡三人场村附近，为山谷型尾矿库，由长春黄金设计院设计，等别为二等库。

2012年6月，嵩县金牛有限责任公司委托长春黄金设计院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）工程初步设计说明书及安全专篇》（工程代码：[908-2009]），批复号为豫安监管一设[2012]C10号。

马家沟尾矿库首次取得安全生产许可证为2016年5月26日，安全生产许可证编号为：（豫）FM安许证字[2016]XCWK002，有效期：2016年5月26日至2019年5月25日，发证单位：河南省安全生产监督管理局。2019年马家沟尾矿库安全生产许可证第一次进行延续，延续后的安全生产许可证编号：（豫）FM 安许证字[2019]XCWK07Y，有效期2019年5月31日至2022年5月30日，发证单位：河南省应急管理厅。2022年马家沟尾矿库安全生产许可证第二次进行延续，延续后的安全生产许可证编号：（豫）FM 安许证字[2022]XCWK356Y，有效期2022年5月31日至2025年5月30日，发证单位：河南省应急管理厅。2025年马家沟尾矿库安全生产许可证第三次进行延续，延续后的安全生产许可证编号：（豫）FM 安许证字[2025]XCWK033Y，有效期2025年6月26日至2028年6月25日，发证单位：河南省应急管理厅。

马家沟尾矿库设计最终堆积标高1028m，总库容 $845.7 \times 10^4 \text{m}^3$ ，目前堆积坝顶标高1014m，已利用库容约 $550 \times 10^4 \text{m}^3$ ，剩余库容可服务约3年，为保证未来矿山的运行，2024年10月企业委托长春黄金设计院有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程可行性研究报告 工程代码：[1615-2024]》（以下简称可研报告），主要包括尾矿坝体加高、排水设施、防排渗设施及其他附属设施等内容。

根据可研报告，对原尾矿库采用上游法进行加高扩容，堆积坝最终标高由原设计1028m增高至1074m，扩容后堆积坝高90m，总坝高141m，新增库容 $1326.67 \times 10^4 \text{m}^3$ ，总库容 $2172.37 \times 10^4 \text{m}^3$ 。根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规定，本次设计尾矿库为二等库。

依据《尾矿库安全规程》（GB39496-2020），尾矿扩建项目防洪标准应提高一个等级，综合考虑坝高、库容及服务年限等因素，尾矿库的防洪设计标准按一等库考虑。考虑到下游1.0km处有村庄，本次设计洪水设计标准均取2000年一遇。

根据《中华人民共和国安全生产法》等法律法规的要求，为确保建设

项目安全设施与主体工程“三同时”原则的贯彻落实，我公司受嵩县金牛有限责任公司的委托，依据可行性研究报告对马家沟尾矿库加高扩容工程项目开展安全预评价工作。我公司评价人员多次深入现场，对该项目进行了现场踏勘。2025年8月，编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目安全预评价报告（送审版）》。2025年9月，编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目安全预评价报告（备案版）》。

为做好本次安全预评价工作，我公司进行了认真地准备，开展了风险分析，组建了评价组，明确了责任。在全面掌握可行性研究报告内容的基础上，进行了详细的现场踏勘，结合尾矿库实际，依据《安全评价通则》、《安全预评价导则》及《安全预评价报告编写提纲》，运用预先危险分析法（PHA）、安全检查表法（SCA）、理论计算法等系统安全工程分析方法，针对主要危险、有害因素及其产生的危险、危害后果和触发条件，提出消除、预防和降低危险有害因素的对策措施，从而提高生产过程的本质安全化程度，实现安全技术、安全管理的标准化和科学化提供依据。

通过对现场勘查及定性、定量评价分析，本评价认为：嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目从安全生产角度符合国家有关安全法律、法规、规章、标准和规范的要求，嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目是可行的。

本评价报告由评价组成员集体完成，在本项目的安全预评价工作中，得到了委托单位的密切配合，使评价工作得以顺利完成，在此表示衷心的感谢！

由于该建设项目的安全预评价工作专业性强，评价内容多，因此报告中的不当之处，敬请各位领导和专家批评指正。

评价组

2025年9月

目 录

1	评价对象与依据	1
1.1	评价对象及范围	1
1.2	评价依据	1
2	建设项目概述	11
2.1	概况	11
2.2	自然环境概况	14
2.3	地质概况	17
2.4	尾矿库原设计及现状	46
2.5	可研报告设计内容	80
2.6	前期科研情况	86
3	定性定量评价	94
3.1	库址选择单元	94
3.2	尾矿坝单元	102
3.3	防排洪系统单元	138
3.4	安全监测设施单元	179
3.5	辅助设施单元	187
3.6	库内船只单元	190
3.7	安全标志单元	191
3.8	安全管理单元	192
4	安全对策措施建议	198
4.1	制定安全对策措施的依据和原则	198
4.2	安全对策措施建议	199

5	评价结论	209
5.1	主要危险有害因素	209
5.2	应重点防范的重大危险有害因素	209
5.3	应重视的安全对策措施建议	209
5.4	危险有害因素可控制程度	211
5.5	评价结论	212
6	附件	213
7	附图	214

1 评价对象与依据

1.1 评价对象及范围

评价对象：嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目。

评价范围：嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目周边环境、安全管理、基本安全设施、专用安全设施。其中基本安全设施包括尾矿坝（含初期坝、堆积坝）、防排洪系统（含排水井、排水隧洞）、坝面防护设施（含堆积坝护坡、坝面排水沟、坝肩截水沟）、辅助设施（尾矿库交通道路、尾矿库照明设施、通信设施）；专用安全设施包括安全监测、坝体排渗设施、库内船只、辅助设施（尾矿库报警系统、交通、电气安全标志）、个人安全防护用品等。本次评价范围不包括尾矿库输送、回水设施。

1.2 评价依据

1.2.1 法律、法规

1.2.1.1 安全生产相关法律

（1）《中华人民共和国矿山安全法》（1992 年 11 月 7 日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过，根据 2009 年 8 月 27 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十次会议《关于修改部分法律的决定》修正，自 1993 年 5 月 1 日起施行）

（2）《中华人民共和国安全生产法》（2002 年 6 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过，根据 2009 年 8 月 27 日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十次会议《关于修改部分法律的决定》第一次修正，根据 2014 年 8 月 31 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第十次会议《关于修改〈中华人民共和国安全生产法〉的决定》第二次修正，根据 2021 年 6 月 10 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第

二十九次会议《关于修改<中华人民共和国安全生产法>的决定》第三次修正，自 2002 年 11 月 1 日起施行）

（3）《中华人民共和国民法典》（中华人民共和国主席令第四十五号，2020.05.28 发布，2021.01.01 施行）

1.2.1.2 行政法规

（1）《安全生产许可证条例》（2004 年 1 月 13 日中华人民共和国国务院令 397 号公布，根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订，自 2004 年 1 月 13 日起施行）

（2）《生产安全事故报告和调查处理条例》（2007 年 3 月 28 日国务院第 172 次常务会议通过，2007 年 4 月 9 日国务院令 493 号公布，自 2007 年 6 月 1 日起施行）

（3）《工伤保险条例》（2003 年 4 月 27 日中华人民共和国国务院令 375 号公布，根据 2010 年 12 月 20 日《国务院关于修改〈工伤保险条例〉的决定》修订，自 2004 年 1 月 1 日起施行）

（4）《生产安全事故应急条例》（国务院令 708 号，自 2019 年 4 月 1 日起施行）

1.2.1.3 部门规章

（1）《生产安全事故罚款处罚规定（试行）》（国家安全生产监督管理总局令 13 号，2007.07.12；国家安全监管总局令 77 号修改，2015.05.01）

（2）《安全生产违法行为行政处罚办法》（国家安全生产监督管理总局令 15 号，2007.11.30；国家安全监管总局令 77 号修改，2015.05.01）

（3）《尾矿库安全监督管理规定》（国家安全生产监督管理总局令 38 号，国家安全生产监督管理总局令 78 号修改，2015.07.01）

（4）《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》（国家安全生产监督管理总局令 20 号，2009.06.08；国家安全监管总局令 78 号修改，

2015.07.01)

(5) 《非煤矿山外包工程安全管理暂行办法》(国家安全生产监督管理总局令第 62 号,2013.10.1,国家安全监管总局令第 78 号修改,2015.07.01)

(6) 《安全生产培训管理办法》(国家安全生产监督管理总局令第 44 号,2012.03.01; 国家安全监管总局令第 80 号修改,2015.07.01)

(7) 《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(国家安全生产监督管理总局令第 30 号,2010.05.24; 国家安全监管总局令第 80 号修改,2015.07.01)

(8) 《国家安全监管总局关于废止和修改劳动防护用品和安全培训领域十部规章的决定》(国家安全生产监督管理总局令第 80 号,2015.07.01)

(9) 《生产经营单位安全培训规定》(国家安全生产监督管理总局令第 3 号,2006.03.01; 国家安全监管总局令第 80 号修改,2015.07.01)

(10) 《生产安全事故应急预案管理办法》(应急管理部令第 2 号,2019.09.01)

(11) 《矿山救援规程》(应急管理部令第 16 号,2024.04.28)

1.2.1.4 国家层面文件

(1) 《国家安全监管总局办公厅关于印发用人单位劳动防护用品管理规范的通知》(安监总厅安健〔2015〕124 号,2015.12.29)

(2) 《关于印发金属非金属矿山建设项目安全评价报告编写提纲的通知》(安监总管一[2016]49 号,2016.05.30)

(3) 《关于印发防范化解尾矿库安全风险工作方案的通知》(应急[2020]15 号,应急管理部、国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部、水利部、中国气象局,2020.02.21)

(4) 《国家矿山安全监察局关于印发<金属非金属矿山重大事故隐患判定标准>的通知》(矿安〔2022〕88 号,2022.07.08)

(5) 《国家矿山安监局、财政部关于印发《尾矿库风险隐患治理工作

总体方案》的通知》（矿安〔2022〕127号，2022.10.23）

（6）《企业安全生产费用提取和使用管理办法》（财资〔2022〕136号，财政部、应急部，2022.11.21）

（7）《矿山生产安全事故报告和调查处理办法》（矿安〔2023〕7号，国家矿山安全监察局，2023.01.17）

（8）《国家矿山安全监察局关于做好非煤矿山灾害情况发生重大变化及时报告和出现事故征兆等紧急情况及时撤人工作的通知》（矿安〔2023〕60号，国家矿山安全监察局，2023.06.21）

（9）《国家矿山安全监察局关于印发<非煤矿山建设项目安全设施重大变更范围>的通知》（矿安〔2023〕147号，国家矿山安全监察局，2023.11.14）

（10）《国家矿山安全监察局关于做好尾矿库隐蔽工程专项检查等汛期安全生产工作的通知》（矿安〔2024〕6号，国家矿山安全监察局，2024.02.29）

（11）《国家矿山安全监察局关于印发<金属非金属矿山重大事故隐患判定标准补充情形>的通知》（矿安〔2024〕41号，2024.04.23）

（12）《国家矿山安全监察局关于加强汛期矿山安全防范工作的通知》（矿安〔2024〕75号，2024.07.16）

（13）《国家矿山安全监察局关于进一步加强非煤矿山安全生产行政许可工作的通知》（矿安〔2024〕70号，2024.06.28）

（14）《国家矿山安全监察局关于进一步强化非煤矿山重大事故隐患动态清零工作的通知》（矿安〔2024〕116号，2024.12.14）

（15）《国家矿山安全监察局 国家标准化管理委员会关于印发<矿山安全标准体系建设指南>的通知》（矿安〔2024〕144号，2024.12.26）

1.2.1.4 地方性法规

（1）《河南省安全生产风险管控与隐患治理办法》（省政府令 191号，2020.01.31）（根据 2021 年 12 月 16 日公布自 2021 年 12 月 16 日起施行的河南省人民政府令第 207 号修改）

(2) 《河南省安全生产条例》（2019 年 5 月 31 日河南省第十三届人民代表大会常务委员会第十次会议通过 根据 2023 年 3 月 29 日河南省第十四届人民代表大会常务委员会第二次会议《关于修改〈河南省安全生产条例〉的决定》修正，2023.03.30）

(3) 《河南省生产经营单位安全生产主体责任规定》（河南省人民政府令第 231 号，2025.03.01）

1.2.1.5 地方政府规章和文件

(1) 《河南省人民政府安全生产委员会关于进一步推进企业安全生产标准化建设的指导意见》（豫安委[2016]1 号，2016.01.04）

(2) 《河南省安全生产监督管理局关于贯彻国家安监总局要求加强非煤矿山安全生产工作的通知》（豫安监管办[2016]5 号，2016.01.12）

(3) 《河南省安全生产监督管理局关于加强金属非金属矿山安全生产检测检验工作的通知》（豫安监管办[2018]13 号，2018.01.29）

(4) 《河南省安全生产监督管理局关于加快推进金属非金属矿山双重预防机制建设工作的通知》（豫安监管办[2018]162 号，2018.09.13）

(5) 《关于印发河南省非煤矿山双重预防体系信息化建设工作方案的通知》（豫应急办[2019]100 号，2019.11.01）

(6) 《关于印发河南省 2020 年全面推进安全生产风险隐患双重预防体系建设工作方案的通知》（豫安委办[2020]7 号，2020.03.16）

(7) 《河南省应急管理厅关于转发国家矿山安全监察局综合司全面推进防范化解尾矿库安全风险重点工作的通知》（豫应急办〔2022〕18 号，2022.03.18）

(8) 《关于转发国家矿山安全监察局加强非煤矿山安全生产工作指导意见的通知》（豫应急〔2022〕62 号，2022.04.13）

(9) 《河南省安全生产委员会办公室关于加强安全研判精准防控风险的通知》（豫安委办〔2023〕26 号，2023.02.28）

(10) 《河南省应急管理厅、国家矿山安全监察局河南局关于开展非煤矿山安全生产综合整治的通知》(豫应急办[2023]30号, 2023.03.20)

(11) 《河南省应急管理厅关于进一步防范化解尾矿库安全风险工作的通知》(豫应急办[2023]94号, 2023.10.25)

(12) 《河南省应急管理厅关于印发尾矿库智能化建设工作指引(试行)的通知》(豫应急办[2024]76号, 2024.07.24)

(13) 《河南省应急管理厅关于转发国家矿山安全监察局进一步加强非煤矿山安全生产行政许可工作的通知》(豫应急办[2024]92号, 2024.08.30)

(14) 《关于进一步规范尾矿库下游安全控制区划定及管理的通知》(洛安委〔2013〕16号, 2013.07.19)

(15) 《尾矿库排水系统除险加固和防泄漏的通知》(嵩县应急管理局, 2024.02.23)

1.2.2 主要技术标准

1.2.2.1 国家标准

- (1) 《企业职工伤亡事故分类》(GB/T 6441-1986, 1987.02.01)
- (2) 《污水综合排放标准》(GB 8978-1996, 2003.07.01)
- (3) 《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001(2009版), 2009.05.19)
- (4) 《安全标志及其使用导则》(GB 2894-2008, 2009.10.01)
- (5) 《建筑物防雷设计规范》(GB 50057-2010, 2011.10.01)
- (6) 《工业企业总平面设计规范》(GB 50187-2012, 2012.08.01)
- (7) 《构筑物抗震设计规范》(GB 50191-2012, 2012.10.01)
- (8) 《尾矿设施设计规范》(GB 50863-2013, 2013.12.01)
- (9) 《尾矿设施施工及验收规范》(GB 50864-2013, 2014.06.01)
- (10) 《防洪标准》(GB 50201-2014, 2015.05.01)
- (11) 《土工合成材料应用技术规范》(GB 50290-2014, 2015.08.01)

- (12) 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》（GB 51108-2015, 2016.02.01）
- (13) 《水工建筑物抗震设计标准》（GB 51247-2018, 2018.11.01）
- (14) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020, 2021.04.01）
- (15) 《金属非金属矿山安全规程》（GB16423-2020, 2021.09.01）
- (16) 《尾矿库安全规程》（GB 39496-2020, 2021.09.01）
- (17) 《尾矿堆积坝岩土工程技术标准》（GB/T 50547-2022, 2022.12.01）
- (18) 《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011-2010, 2024.08.01）

1.2.2.2 行业标准

- (1) 《安全评价通则》（AQ 8001-2007, 2007.04.01）
- (2) 《安全预评价导则》（AQ 8003-2007, 2007.04.01）
- (3) 《水工混凝土结构设计规范》（SL 191-2008, 2009.02.10）
- (4) 《尾矿库安全检测技术规范》（AQ 2030-2010, 2011.05.01）
- (5) 《碾压式土石坝施工规范》（DL/T5129-2013, 2014.04.01）
- (6) 《水电工程水工建筑物抗震设计规范》（NB 35047-2015, 2015.09.01）
- (7) 《水工隧洞设计规范》（SL 279-2016, 2016.07.26）
- (8) 《碾压式土石坝设计规范》（SL 274-2020, 2021.02.28）

1.2.3 技术资料

- (1) 《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库岩土工程勘察报告》（河南省洛阳豫西水文地质工程地质勘察公司, 2011.12）
- (2) 《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库续建工程可行性研究报告》（长春黄金设计院, 2012.03）
- (3) 《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库续建工程安全预评价报告》

（河北科防治金安全评价有限公司，2012.03）

（4）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全条件论证报告》（嵩县金牛有限责任公司，2012.03）

（5）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库（接替库）工程初步设计说明书及安全专篇》（工程代码：[908-2009]，长春黄金设计院，2012.06）

（6）《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库安全在线监测系统》（上海华测创时测控科技有限公司，2012.10）

（7）《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）安全验收评价报告》（河南黄金科技实业公司，2016.04）

（9）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库现状稳定性评价岩土工程勘察报告》（河南省洛阳豫西水文地质工程地质勘察公司，2018.06）

（10）《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库堆积坝排渗设施安全设施设计变更》（工程代码：【908-2012】）（长春黄金设计院有限公司，2019.04）

（11）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全现状评价报告》（中国黄金河南有限公司，2019.05）

（12）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库现状稳定性评价岩土工程勘察报告》（河南省豫矿地质勘察设计有限公司，2022.04）

（13）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库坝体安全性复核报告》（河南省冶金规划设计研究院有限责任公司，2022.04）

（14）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全现状评价报告》（河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院，2022.05）

（15）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库 3#排水井加固及排水隧洞洞口闸门井工程三方交验报告》（2024.09.06）

（16）《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程可行性研究报告》（长春黄金设计院有限公司，2024.12）

(17)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库岩土工程详细勘察》(湖南中核建设工程有限公司, 2025.02)

(18)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库工程坝体安全性复核报告》(长春黄金设计院有限公司, 2025.02)

(19)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库在线监测系统工程变更单》(洛阳华测创时电子科技有限公司, 2025.04.03)

(20)《尾矿库人工安全监测检查报告》(河南鼎诚测绘工程有限公司, 2025.04.13)

(20)《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库 3#、4# 排水井、排水隧洞及拱板、截洪沟、排水沟、排渗管检验检测报告》(河南建盛工程检测有限公司, 2025.04.21)

(22)《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库 2025 年度调洪演算报告》(矿冶科技集团有限公司, 2025.05)

(23)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全现状评价报告》(河南安平安全技术服务有限公司, 2025.05)

(24)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》(湖南中核建设工程有限公司, 2025.09)

(25)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维渗流分析报告》(西安理工大学水利水电学院, 2025.09)

(26)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维静动力分析报告》(西安理工大学水利水电学院, 2025.09)

(27)《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝分析专题报告》(西安理工大学水利水电学院, 2025.09)

1.2.4 其他评价依据

(1)《河南省中小流域设计暴雨洪水图集》(河南省水利勘测设计院, 1984.10)

- (2) 《河南省暴雨参数图集》（河南省水文水资源局编制，2005.12）
- (3) 尾矿库所在地区地质、气象、水文资料
- (4) 委托方提供的其它资料和评价人员现场收集的有关资料。
- (5) 安全生产许可证
- (6) 安全预评价委托书
- (7) 甲、乙双方签订的安全预评价合同
- (8) 企业法人营业执照

2 建设项目概述

2.1 概况

2.1.1 嵩县金牛有限责任公司简介

嵩县金牛有限责任公司（以下简称金牛公司）原属地方国营企业店房金矿，始建于1988年。1998年改制为国有独资嵩县金牛有限责任公司，2007年6月进行股权转让，由中国黄金集团公司控股（60%）、嵩县经济投资有限公司（40%）参股组建新的有限责任公司，集采、选、冶为一体的股份制企业。

金牛公司营业执照注册号为914103256148402585，法人代表刘志华，公司类型为有限责任公司（国有控股），注册资本壹亿肆仟伍佰万圆整。公司下设东湾、店房、牛头沟三个矿区，14个职能部室，其中东湾矿区生产能力1000 t/d，店房矿区生产能力750 t/d，牛头沟矿区生产能力3000 t/d。企业现有员工1058人，拥有地、测、采各专业技术人员150多人。公司主要负责人和安全生产管理人员均经过相关部门培训合格，取得主要负责人和安全生产管理人员资格证，特殊工种取得特种作业人员操作证，所有资格证均在有效期内。

2.1.2 牛头沟矿简介

牛头沟矿区位于嵩县县城西 55km，区内交通以公路为主。矿区地理坐标：东经 $111^{\circ}42'15'' \sim 111^{\circ}44'00''$ ，北纬 $34^{\circ}10'00'' \sim 34^{\circ}13'00''$ ，面积 9.78km^2 。

牛头沟选矿厂生产规模 3000t/d，马家沟尾矿库为牛头沟选矿厂的配套设施，位于距离选矿厂东南约 1.5km（水平直线距离）的马家沟内，马家沟尾矿库为牛头沟尾矿库接替库。

2.1.3 马家沟尾矿库历史沿革

金牛公司马家沟尾矿库为牛头沟尾矿库接替库，为牛头沟选矿厂配套设施。

2011年9月30日，嵩县金牛有限责任公司取得了嵩县发改委的批复，嵩发改[2011]116号《关于嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库（接替库）工程项目建议书的批复》。

2011年12月，河南省洛阳豫西水文地质工程地质勘察公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库岩土工程勘察报告》。

2012年3月，长春黄金设计院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库续建工程可行性研究报告》。

2012年3月，河北科防治金安全评价有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库续建工程安全预评价报告》。

2012年3月，嵩县金牛有限责任公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全条件论证报告》。

2012年6月，长春黄金设计院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）工程初步设计说明书及安全专篇》（工程代码：[908-2009]），批复号为豫安监管一设[2012]C10号。

2016年4月，河南黄金科技实业公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）安全验收评价报告》，并于2016年4月通过了河南省安全生产监督管理局组织的验收，首次取得了安全生产许可证，许可证编号为：（豫）FM安许证字[2016]XCWK002，有效期：2016年5月26日至2019年5月25日。

2018年6月，河南省洛阳豫西水文地质工程地质勘察公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库现状稳定性评价岩土工程勘察报告》。

2019年4月，长春黄金设计院有限公司依据原排渗设施碎石排渗体+

排渗导管实际施工中存在的问题，编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库堆积坝排渗设施安全设施设计变更 工程代码：【908-2012】》。

2019年5月，中国黄金河南有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全现状评价报告》，并于2019年5月31日延续了安全生产许可证，编号：（豫）FM 安许证字[2019]XCWK07Y，有效期2019年5月31日至2022年5月30日，发证单位：河南省应急管理厅。

2022年4月，河南省豫矿地质勘察设计有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库现状稳定性评价岩土工程勘察报告》。

2022年4月，河南省冶金规划设计研究院有限责任公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库坝体安全性复核报告》。

2022年5月，河南省地质矿产勘查开发局第一地质矿产调查院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全现状评价报告》，并于2022年5月23日延续了安全生产许可证，编号：（豫）FM 安许证字[2022]XCWK356Y，有效期2022年5月31日至2025年5月30日，发证单位：河南省应急管理厅。

2024年10月，长春黄金设计院有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程可行性研究报告》。

2024年12月，长春黄金设计院有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程可行性研究报告》。

2025年2月，湖南中核建设工程有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库岩土工程详细勘察》。

2025年2月，长春黄金设计院有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库工程坝体安全性复核报告》。

2025年5月，河南安平安全技术服务有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库安全现状评价报告》，并于2025年6月26日

延续了安全生产许可证，编号：（豫）FM 安许证字[2025]XCWK033Y，有效期 2025 年 6 月 26 日至 2028 年 6 月 25 日，发证单位：河南省应急厅。

2025 年 9 月，湖南中核建设工程有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》。

2025 年 9 月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维渗流分析报告》。

2025 年 9 月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维静动力分析报告》。

2025 年 9 月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝分析专题报告》。

为确保尾矿库加高扩容工程项目完成后尾矿库的安全运行，嵩县金牛有限责任公司委托我公司对马家沟尾矿库加高扩容工程项目进行安全预评价工作。

2.1.4 行政区划、地理位置及交通

嵩县地处豫西山区，隶属洛阳市管辖。牛头沟矿区位于嵩县县城西 55km，区内交通以公路为主。矿区南距大章镇 25km，有简易水泥公路相通，大章镇至嵩县县城有县级公路相通，嵩县至洛阳 80km 有公路与洛～栾主干公路相交，交通较便利。

马家沟尾矿库位于大章镇三人场村附近，距离选矿厂东南约 1.5km（水平直线距离）的马家沟内。详见图 2-1 马家沟尾矿库交通位置图。

2.2 自然环境概况

2.2.1 地形地貌

嵩县地处山区，地势由西南向东北倾斜，地形以中低山为主，中山主要分布在西南、西北和县境中部，其中西南为伏牛山，西北为熊耳山，中

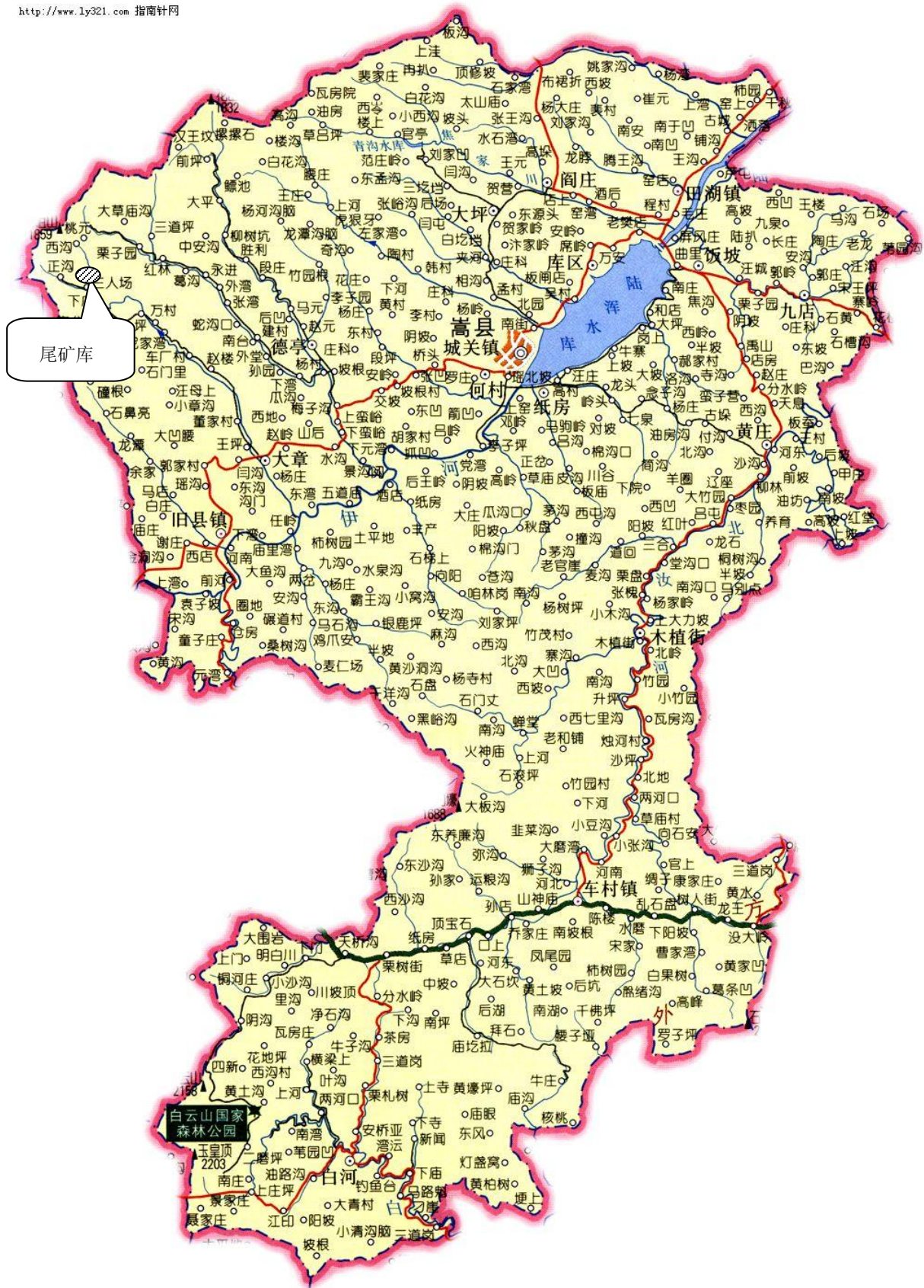


图 2-1 马家沟尾矿库交通位置图

部伊、汝两河之间为外方山系，低山主要分布在县境中北部，丘陵和平原

则分布在伊、汝河两岸，全县海拔最高为伏牛山玉皇顶，海拔 2211.6m，最低处位于伊河冲积平原，海拔 250m。中山区占全县总面积的 95%，丘陵占 4.5%，平原占 0.5%，有“九山、半陵、半分川”之称。

马家沟尾矿库（坝）区地处伏牛山西段北坡，一级地貌单元属豫西南中一低山区，测区内二级地貌单元属岭脊～沟谷型，区内地形起伏较大，切割比较剧烈，海拔高度 922.0～1185.9m，相对高差 263.9m，沟谷两岸坡岩石裸露。主沟谷走向 140～150°，支沟谷走向 10～180°，总地势为东西两岸岭脊高，中间谷底低，沟谷断面坝址处呈“V”字型，两岸无阶地分布，沟谷两岸岸坡基本对称，岸坡坡度 30～70°。区内植被覆盖率约占 70%以上，以灌木和杂草为主，乔木次之。宽阔谷底区含碎石粉质粘土覆盖处种植农作物。

2.2.2 气象和水文

嵩县地处山区，处在温带大陆性季风气候向亚热带过渡地带，气象因素变化明显，地区间差异显著。四季分明，春暖多变常有旱，夏季雨多但不均，前秋阴雨后秋干，冬季寒冷雨量欠。据嵩县气象站资料，全县历年最高气温 39.9℃，最低气温 -13.1℃。多年平均气温因海拔高度的不同由 14.1℃减至 4℃，年际变化不大。多年平均最热为 7 月份，平均 26.6℃，元月份最低位 0.1℃。因受季风环流、地形、森林植被等因素影响，全年降水春季（3、4、5 月）占 20.5%，夏季（6、7、8 月）占 50.8%，秋季（9、10 月）占 23.9%，冬季（11、12、1、2 月）占 4.8%。多年平均降水量自北向南为 690mm 到 950mm，主要集中在每年的 7、8、9 三月份，占全年降水量的 70%左右，年最大降水量 1081.6mm（1983 年），月最大降水量 450.5mm（1998 年 8 月），日最大降水量 215.5mm（1988 年 8 月 10 日）。全年平均日照时数为 2293.8h，太阳辐射总量为 117.0 kcal/cm²，光合有效辐射为 857.51 kcal/cm²。年平均湿度 66%，年平均蒸发量 1258.9mm，年最大蒸发量 1795.7mm（1988 年）。11 月中旬开始降雪，次年 3 月融化，最大积雪

深度 21cm; 最大冻土厚度 14cm; 全年无霜期县城为 209d, 车村盆地为 187d, 西南高寒山区不足 120d。主导风向冬季为西风、西北风, 夏季为东风、东南风, 风力一般 2~4 级, 最大风力为 6~8 级。常年造成山洪暴发, 河水猛涨, 主要水系为伊河, 属黄河流域。

伊河为常年水系, 次级支流发育, 雨季河水暴涨, 旱季河水变小, 有时干涸。雨季为 7-9 月份, 伊河常年河水流量 $Q=0.4\sim 10\text{m}^3/\text{s}$ 。

2.2.3 地震烈度

抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组, 根据《建筑抗震设计规范》GB50011-2010 附录 A, 洛阳市嵩县抗震设防烈度为 6 度, 设计基本地震加速度值为 0.05g, 设计地震分组为第一组。

2.3 地质概况

2025 年 9 月, 湖南中核建设工程有限公司(岩土工程(勘察)甲级)编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》, 现将主要内容摘录如下。

2.3.1 区域地质概况

2.3.1.1 地层结构及岩性

库区地层简单, 库区内出露地层岩性第四系残坡积层及太古界太华群斜长片麻岩。地层自上至下叙述如下:

(1) 第四系残积层

浅灰黄色、褐黄色, 软塑, 光滑反应稍有光滑, 摇振反应无, 干强度中等, 韧性中等, 含少量碎石、角砾, 其中植物根系较发育, 富含腐殖质。分布于缓坡地带、沟谷及其两侧。一般厚 0~1.8m, 局部超过 3.0m。

(2) 库区岩石为太古界太华群斜长片麻岩

灰白色、黑灰色, 中粗粒鳞片粒状变晶结构, 片麻状构造。主要矿物

成分为斜长石、石英、角闪石等。

2.3.1.2 地质构造

2.3.1.2.1 褶皱

该区位于大庄一中胡背斜的南东翼，背斜轴线方向北北东向，形态简单，宽缓开阔，向东倾伏，倾伏角 300 左右。轴线西段被马超营断裂所截。

2.3.1.2.2 断层

该区地处华北地台南缘华熊台隆熊耳山断隆。马超营大断裂从西南部通过，地质构造复杂，断裂构造较为发育。本区断裂构造走向大致有北西、近南北、北北东、北东和东西等，其中以北西西和北东向最为发育，现将区内主要断裂构造简述如下：

①北西西向断裂

黑沟—陶湾断裂带（F6），位于县境南部，为华北地台和秦岭褶皱系的分界，断层带两侧地层建造类型、岩浆活动差异较大，该断裂属深大断裂，境内长 23km，宽 40~120m，走向 290~310°。沿断裂带常出现纵沟或马鞍形地貌。断裂带碎裂岩，糜棱岩、角砾岩带，挤压破碎带、断层泥等均较发育。

马超营断裂带（F4），分布于县境中南部，总体走向 270~300°，由 3~5 条平行断裂组成，主断裂南倾为主，倾角 60~85°，断裂带内有千糜岩、角砾岩、碎裂岩等。有挤压片理和透境体，构造岩蚀变强烈，为区内一条主要控矿和含矿断裂。西起潭头，向东经店房、蒲池、桑坪等地。该断裂带是一条规模宏大，具有长期性、复杂性、阶段性、多次活动特点的区域性台缘大断裂。多期构造活动，热液蚀变及矿化极为发育，在带内已发现有红庄金矿、前河金矿、房店金矿等，是熊耳山南部一个主要的贵金属及多金属成矿远景区带。

瓦穴子断裂（F7），分布于县境南部，从卢氏瓦穴子到嵩县白河南东延伸，整体走向 290~300°以南倾为主，局部北倾，倾角 70°。境内长约

20km, 宽数 10m, 沿断裂走向产生挤压片理化带。断裂带内为压碎碎裂岩, 两侧岩体产生次级褶皱。

②东西向断裂

车村南—下汤大断裂 (F5), 本区最大的东西向断裂。沿断裂带及两侧均有挤压片理分布, 硅化、褐铁矿化较强, 为一逆断层。

③北东向断裂

蝉堂—汝阳断裂带 (F3), 由碎裂岩、角砾岩等组成, 走向 80°, 断裂有多期活动, 该断裂为正断裂。

旧县—下蛮峪断裂带 (F2), 由多条近于平行的断裂组成, 走向 50~60°多为高角度正断层, 主要分布在潭头—大章断陷盆地两侧, 断裂由角砾岩、碎裂岩组成, 蚀变强烈。

2.3.1.3 地震

根据《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)及《建筑抗震设计规范》(GB18306-2010)(2016 年版), 工程区地震动峰值加速度为 0.05g, 地震基本烈度为 VI 度。

据历史记载, 区内发生的最大的一次地震, 出现于栾川县潭头附近的马超营断裂之上, 震级 2.9, 为轻震—弱震。本区未发生过五级以上的地震, 对构筑物影响较小。

2.3.1.4 区域水文地质

2.3.1.4.1 地下水类型

根据区域地层岩性、地下水特征, 及地下水的赋存条件将地下水分为两种类型: 第四系松散堆积层孔隙型潜水、基岩风化裂隙水。

(1) 第四系松散堆积层孔隙水

分布于河流冲堆积平原区及沟谷底部低洼处, 赋存于第四系松散堆积物填土、碎石、角砾、砂砾或粉质粘土层中, 埋深一般 0.50~10.00m, 水

位、水量随季节变化较大。

(2) 基岩风化裂隙水

主要赋存于基岩风化带的裂隙中，受控于风化层厚度变化，透水性及富水性一般。

2.3.1.4.2 地下水补给、迳流、排泄条件

区域水文地质条件比较简单，大气降水是地下水主要补给源，降雨直接或形成地面片流，通过微细孔隙、裂隙或土壤、风化层，分散缓慢下渗补给。受地形控制，从高处往低洼处径流，或沿基岩裂隙向下或侧向径流，自然蒸发排泄或在分水岭地带往沟谷低洼地段排泄，个别地点以泉的形式出露地表。

2.3.2 尾矿库现状

2.3.2.1 初期坝现状

根据现场调查、钻探及搜集资料，初期坝为透水堆石坝，坝高 51m（坝顶标高 984.00m，坝底标高 933.00m），坝长 166m，坝顶宽 5m，坝内坡 1:1.7，坝外坡 1:2.0。坝外坡在标高 969.00m 和标高 954.00m 处各设一条马道，马道宽 2m。

初期坝基础地层为中风化片麻岩，两侧岸坡嵌入基岩一定深度。筑坝材料为块石、碎石，岩性为片麻岩等，块径一般 5~35cm。外坡面采用块石码砌护坡，坡面平整，未见拉槽、开裂、塌陷等不良现象，坝体无明显变形，目前处于稳定状态。

2.3.2.2 堆积坝现状

堆积坝采用上游法风化料筑坝，已筑至第六级子坝，第六级子坝坝顶平均标高 1014.00m，总坝高 81.0m。各级子坝均采用植草护坡，平均坡比 1:4.13。经现场调查，堆积坝较平整，未见明显裂缝、变形、渗水、沼泽化等迹象。根据坝体位移沉降监测，坝体位移在允许范围内。

2.3.2.3 沉积滩现状

根据现场调查测绘结果，尾矿库采用坝前放矿口均匀放矿模式，通过坝顶有多根管道分批次全天放矿。勘察期间正在填筑第七级子坝，滩顶平均标高已堆至 1014.77m。

尾矿库干滩长约 400m，整体趋势为坝前高，库尾低，堆积滩滩面较平整，干滩平均坡度 1.0%。2024 年 12 月 16 日测得水面标高为 1010.77m，水质清澈，库区水经排水井-排水隧洞至回水池，经泵抽回选厂利用。

2.3.2.4 库区排水系统现状

库区洪水通过排水井+竖井+支隧洞+主隧洞+明渠+消力池，进入回水池。拦洪坝以上洪水通过分洪隧洞排至右侧沟中。

2.3.2.4.1 排水井

库内建有 4 座排水井，分别为 1#、2#、3#、4#排水井，井架内径 $\phi 4\text{m}$ ，井座内径 $\phi 3.4\text{m}$ 。1#排水井已封堵，封堵体底部铺设 3 根 DN100 钢管排渗，排水井采用块石回填；2#排水井已封堵，封堵体下方埋两根 $\Phi 250\text{mm}$ 高分子耐磨管，封堵体灌浆处理，井筒采用砾石充填。4#排水井暂未使用，通过竖井与支隧洞、主隧洞相接，下接竖井深 21.16m，竖井直径 $\Phi 2.8\text{m}$ ，进水口标高 1012m，井顶标高 1028m。

正在使用的是 3#排水井，下接竖井深 13.75m，井顶标高 1014m，现拱板进水口标高为 1011.09m，剩余高度为 2.91m。

现状 3#排水井结构良好，运行正常，未见倾斜、裂缝、破损情况，根据结构检测报告，砼强度、保护层厚度等满足要求。

2.3.2.4.2 排水隧洞

排水主隧洞沿库区左侧山体布置，结构为平底圆拱直墙式， $B \times H \times R = 2.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.1\text{m}$ ，隧洞出口标高 946m，全长约 945m，坡度约为 4.4%，排水主隧洞内不稳固地段采用钢筋混凝土支护，局部喷浆。

支隧洞断面与主隧洞断面相同，3#支隧洞长 15m，钢筋混凝土支护，4#支隧洞长 11m，钢筋混凝土支护。

分洪隧洞长 321.4m，结构为平底圆拱直墙式，隧洞断面 $B \times H \times R = 2.5\text{m} \times 1.25\text{m} \times 1.25\text{m}$ ，隧洞进口底标高 1077.00m，隧洞出口底标高 1069.00m，洞底纵坡 $i=0.025$ ，隧洞进口采用钢筋混凝土衬砌，洞内围岩不稳定段进行了喷浆和衬砌支护。为了防止树枝等杂物堵塞排洪隧洞进口或进入隧洞，排洪隧洞进口前 5m 处设 $500 \times 300\text{mm}^2$ 网格拦污栅。

经调查，1#支隧洞、2#支隧洞封堵状况良好，排水主隧洞和分洪隧洞运行正常，洞底未见淤堵，水流清澈，洞身结构基本完整，未见明显变形，根据结构检测报告，砼强度、保护层厚度等满足要求。排水主隧洞局部渗水或流水较大，水质清澈，局部水压较大。

建议对流水较大或具承压水处采用水管引流处理，建议加强巡查，发现岩石松动掉块现象及时清理。

2.3.2.4.3 明渠、消力池和回水池

排水主隧洞出口连接长约 36m 明渠，明渠断面 $B \times H = 2.2\text{m} \times 1.8\text{m}$ ，坡度 47%。明渠连接消力池，消力池长 7m，高 3m，宽 4.5m。消力池下设回水池，回水池蓄水坝为浆砌石结构，坝高 7m（地面以上），坝顶宽 2.1m。内坡比约 1: 0.1，坝外坡离坝顶 1m 直立，1m 以下外坡比约 1: 0.6。

经调查，明渠、消力池和回水池运行正常，结构完整，未见明显变形、裂缝、破损现象，根据结构检测报告，砼强度、保护层厚度等满足要求。

2.3.2.4.4 拦洪坝

拦洪坝位于库尾西侧支沟，为浆砌石结构，坝高 10m，坝顶标高 1084.95m，坝顶宽 2m。拦洪坝外坡离坝顶 3m 为直立，下部外坡比为 1: 0.7；内坡离坝顶 2.2m 处设有宽 50cm 的平台，平台上部直立，下部内坡比为 1: 0.2。经调查，坝体结构完好，未见开裂、变形、渗水等现象。

2.3.2.5 防排渗设施现状

2.3.2.5.1 库区防渗

现场勘查，淹没区以上约 2m 均铺设有防渗膜。查阅原始资料，初期坝下和库区淹没区均采用土工膜（二布一膜 150g/0.75mm/150g）全防渗，库区土工膜上压覆碎石土。

2.3.2.5.2 内坡反滤层

查阅验收资料，初期坝内坡铺设 300mm 厚碎石垫层和 400g/m² 土工布反滤层及 0.5m 厚碎石护坡。

2.3.2.5.3 排渗盲沟

查阅验收资料，库底设置排渗盲沟，全长 1100m。左侧支沟内施工排渗盲沟 320m，主沟内施工排渗盲沟 780m。

2.3.2.5.4 堆积坝排渗

现场查看，在初期坝顶及堆积坝的第 3、5 级子坝顶各设置一排排渗管，水平间距约为 10m。排渗管通过三通与外接导水管连接，将渗水导致坝体左岸 1 根直径 150mm 钢管内，导入初期坝下回水池。

现场查看，排渗管有少量渗水流出，渗水清澈，排渗效果良好，局部接头处有破损现象，修复即可。

2.3.2.6 库区监测设施

库区设有视频监测点、干滩长度观测点、液面观测点、雨量观测点、水质监测井、浸润线观测点、位移沉降监测点、地下水环境监测井等，各配套设施运行基本正常。

2.3.2.7 进库道路

沿尾矿库左侧库外山坡修筑有一条上坝道路，可通达 3[#]排水井及拦洪坝，路宽约 5.0m，路面为土石路面。道路内侧施工有排水沟，加有盖板，可将岸坡雨水导出库外。路基稳定，道路边坡岩性由强风化或中风化片麻

岩组成，因坡度较陡，强风化片麻岩边坡局部地段易出现落石或塌落，应加强巡查，及时清理。

2.3.3 库区工程地质条件

2.3.3.1 地形地貌

尾矿库（坝）区地处伏牛山西段北坡，一级地貌单元属豫西南中——低山区，测区内二级地貌单元属岭脊～沟谷型，区内地形起伏较大，切割比较剧烈，海拔高度 922.0 -1185.9m，相对高差 263.9m，沟谷两岸坡岩石裸露。主沟谷走向 $140\sim 150^\circ$ ，支沟谷走向 $10\sim 180^\circ$ ，总地势为东西两岸岭脊高，中间谷底低，沟谷断面坝址处呈“V”字型，两岸无阶地分布，沟谷两岸岸坡基本对称，岸坡坡度 $30\sim 70^\circ$ 。区内植被覆盖率约占 70%以上，以灌木和杂草为主，乔木次之。宽阔谷底区含碎石粉质粘土覆盖处种植农作物。

2.3.3.2 地质构造

尾矿库区域内无大型断裂及褶皱构造通过，区域稳定性好。库区及坝址区出露地层主要为太古界太华群斜长片麻岩，岩体节理裂隙发育，岩层产状 $55-250^\circ \angle 44-63^\circ$ ，主要节理 $145^\circ \angle 72^\circ$ 、 $25^\circ \angle 77^\circ$ 。

2.3.3.3 地层岩性

根据区域地质资料及调查、钻探结果，坝址区及库内分布的地层主要为人工填土（含碎石、风化料、尾粉砂、尾粉土、尾粉质黏土）、含碎石粉质黏土、片麻岩，分述如下：

2.3.3.3.1 第四系人工填土（ Q_4^{ml} ）层

① 碎石：系初期坝筑坝材料，黑灰色、灰白色，主要成份为斜长片麻岩，颗粒大小为 $10\sim 30\text{cm}$ ，呈次棱角状，中密状，最大揭露层厚 51.0m。

①₁ 碎石：堆积坝子坝坝体筑坝材料，灰黄色、灰白色，主要成份为强

风化一中风化斜长片麻岩碎石，颗粒大小为 2~20cm 左右，呈次棱角状，含少量粘性土，经碾压，稍密-中密状，层厚 6.2-6.9m。

①₂ 人工填土：灰褐、灰黄色，松散状，由碎石混少量粘性土组成，为新近填土，层厚 1.6-2.2m，局部分布。

②尾粉砂：浅灰色、灰褐色，松散~稍密状，湿，主要矿物成份为石英等，摇振反应强烈，局部夹薄层尾粉土，薄夹层厚度 0.10~0.20m，库区均有分布，主要分布在尾矿堆积区中上部，揭露层厚 1.4-35.8m。

②₁ 尾粉土：呈透镜体分布于尾粉砂②中，浅灰色，湿-饱和，松散-稍密状态，无光泽反应，摇振反应迅速，干强度及韧性低，局部分布，揭露层厚 2.1m。

③尾粉土：浅灰色，湿-饱和，松散~稍密状态，微层理发育，局部夹薄层尾粉砂，摇振反应迅速，薄夹层厚度 0.10~0.20m，主要分布在尾矿堆积区中下部，揭露层厚 1.8-26.7m。

③₁ 尾粉砂：呈透镜体分布于尾粉土③中，浅灰色、灰褐色，松散-稍密状，湿-饱和，主要矿物成分为石英等，摇振反应强烈，局部分布，揭露层厚 1.1-2.1m。

④尾粉质粘土：浅灰色，软可塑状，湿-饱和，稍有光滑，摇震无反应，干强度及韧性中等，主要分布在尾矿堆积区底部，揭露层厚 5.3-24.0m。

2.3.3.3.2 第四系坡积 (Q₄^{al}) 层

⑤含碎石粉质黏土：黄褐色，硬可塑状，稍湿-湿，碎石含量约 5-15%，粒径 2-30mm，碎石成份为片麻岩，稍有光泽，摇振无反应，干强度及韧性中等，分布在库区沟底及山坡表层，揭露层厚 1.1-4.7m。

2.3.3.3.3 太古界太华群斜长片麻岩 (Arth)

⑥强风化片麻岩：褐灰黄色，中粗粒鳞片粒状变晶结构，片麻状构造，裂隙极发育，岩体破碎，为极软岩，芯样多为块状，岩体基本质量等级 V 类。场地均有分布，厚度一般较薄，揭露层厚 1.1-6.9m。

⑦中风化片麻岩：灰色、灰白色，中粗粒鳞片粒状变晶结构，片麻状中厚层状构造，节理较发育，为较硬岩，岩体一般较完整，局部稍破碎，岩芯多呈长柱状，少量块状，岩体基本质量等级为Ⅲ类，采取率约 85%，RQD=76。场区均有分布，揭露厚度大于 20m，未钻穿。

2.3.3.3.4 土的物理力学性质试验

(1) 主要物理力学性质指标

本次勘察采用 TB100-JG/T549-2018 型自由活塞敞口取土器，采用快速静力连续压入法取含碎石粉质黏土土样 6 件，在尾矿库区共采用单动双管取样专用钻具采取了 91 件原状尾矿土试料，进行物理力学性质试验。根据室内土工试验结果，场地内各土层的主要物理力学性质指标统计如下表 2-3-1。

表 2-3-1 土层的主要物理力学性质指标统计表

地层	统计量 指 标		统计 个数n	范围值	平均值 $\Phi_{\bar{x}}$	标准 差 σ_f	变异系 数 δ	修正 系数 γ_s	标准值 Φ_k
尾 粉 砂 ②、 ③ ₁	天然含水量 w(%)		39	18.8 ~ 26.8	22.5	1.920	0.085		
	天然密度 ρ_0 (g/cm ³)		39	2.00 ~ 2.14	2.09	0.082	0.040		
	干密度 (g/cm ³)		39	1.62 ~ 1.79	1.75	0.044	0.024		
	比重 Gs		39	2.98 ~ 3.06	3.01	0.016	0.006		
	孔隙比 e		39	0.693 ~ 0.852	0.760	0.086	0.124		
	饱和度 Sr (%)		39	81.1 ~ 97.4	88.9	6.478	0.089		
	压缩系数 a_{1-2} (MPa) ⁻¹		39	0.15 ~ 0.22	0.18	0.018	0.115		
	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)		39	8.4 ~ 11.9	10.3	0.793	0.074		
	快剪	粘聚力 C (kPa)	12	5.1 ~ 12.7	7.7	2.32	0.301	0.92	7.1
		内摩擦角 φ (°)	12	25.5 ~ 34.6	28.5	2.61	0.092	0.980	27.3
	固结 快剪	粘聚力 C (kPa)	21	7.5 ~ 14	9.6	1.90	0.198	0.92	8.5
		内摩擦角 φ (°)	21	28.7 ~ 32.6	30.6	1.32	0.043	0.97	30.0
	渗透 系数 (10 ⁻⁴ cm/s)	水平	3	3.16 ~ 4.69	3.82	0.788	0.206		
		垂直	3	2.80 ~ 4.36	3.46	0.809	0.234		
尾 粉	天然含水量 w(%)		32	22.7 ~ 28.4	25.4	4.570	0.226		
	天然密度 ρ_0 (g/cm ³)		32	2.03 ~ 2.10	2.07	0.084	0.041		

地 层	统计量 指 标		统计 个数 n	范围值	平均值 $\Phi_{\bar{x}}$	标准 差 σ_f	变异系 数 δ	修正 系数 γ_s	标准值 Φ_k
	干密度 (g/cm ³)		32	1.58 ~ 1.71	1.65	0.105	0.063		
	比重 Gs		32	2.87 ~ 2.97	2.92	0.029	0.010		
	孔隙比 e		30	0.696 ~ 0.800	0.763	0.138	0.214		
	饱和度 Sr (%)		25	88.1 ~ 98.8	95.5	10.832	0.125		
	塑性指数 IP(%)		32	7.3 ~ 9.9	8.9	1.571	0.226		
	液性指数 IL		28	0.42 ~ 0.73	0.53	0.270	0.756		
	压缩系数 a_{1-2} (MPa) ⁻¹		32	0.17 ~ 0.24	0.22	0.071	0.417		
	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)		30	7.3 ~ 10.7	8.6	2.072	0.201		
	快剪	粘聚力 C (kPa)	9	10.4 ~ 12.7	12.6	2.22	0.176	0.920	11.6
		内摩擦角 φ (°)	13	22.2 ~ 27.5	25.3	1.51	0.060	0.97	24.5
	固结 快剪	粘聚力 C (kPa)	12	9.6 ~ 17.9	13.9	1.52	0.106	0.94	13.0
	渗透 系数 (10 ⁻⁵ cm/s)	水平	3	7.64 ~ 9.57	8.39	0.956	0.258		
		垂直	3	6.98 ~ 8.92	7.59	0.956	0.293		
尾 粉 质 粘 土 ④	天然含水量 w(%)		17	29.1 ~ 32.4	30.8	3.537	0.148		
	天然密度 ρ_0 (g/cm ³)		20	1.92 ~ 1.98	1.95	0.054	0.027		
	干密度 (g/cm ³)		20	1.44 ~ 1.53	1.48	0.101	0.060		
	比重 Gs		20	2.80 ~ 2.85	2.83	0.027	0.010		
	孔隙比 e		18	0.850 ~ 0.932	0.900	0.103	0.162		
	饱和度 Sr (%)		20	94.8 ~ 99.9	96.8	3.375	0.035		
	塑性指数 IP(%)		18	11.6 ~ 15.4	13.5	1.143	0.103		
	液性指数 IL		17	0.49 ~ 0.71	0.58	0.311	0.777		
	压缩系数 a_{1-2} (MPa) ⁻¹		20	0.37 ~ 0.44	0.40	0.062	0.277		
	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)		20	4.5 ~ 5.1	4.8	1.288	0.166		
	快剪	粘聚力 C (kPa)	6	12.4 ~ 20.4	15.3	1.390	0.085	0.84	12.8
		内摩擦角 φ (°)	6	14.4 ~ 16.8	15.5	0.89	0.057	0.93	14.5
	固结 快剪	粘聚力 C (kPa)	8	14 ~ 23.3	17	2.95	0.174	0.90	15.1
		内摩擦角 φ (°)	11	15.5 ~ 18.2	17.0	0.99	0.058	0.96	16.3
	渗透 系数 (10 ⁻⁶ cm/s)	水平	3	5.26 ~ 6.72	6.04	0.625	0.104		
		垂直	3	4.75 ~ 6.30	5.55	0.702	0.126		
含 碎 石	天然含水量 w(%)		6	23.6 ~ 25.8	24.6	1.14	0.047		
	天然密度 ρ_0 (g/cm ³)		6	1.90 ~ 1.95	1.93	0.03	0.014		
	干密度 (g/cm ³)		6	1.81 ~ 1.91	1.86	0.02	0.015		

地层	统计量 指 标	统计 个数 n	范围值	平均值 Φ_m	标准 差 σ_f	变异系 数 δ	修正 系数 γ_s	标准值 Φ_k
	比重 Gs	6	2.70 ~ 2.73	2.72	0.01	0.002		
	孔隙比 e	6	0.731 ~ 0.784	0.754	0.02	0.036		
	饱和度 Sr (%)	6	59.1 ~ 65.8	62.8	3.38	0.045		
	塑性指数 IP (%)	6	11.1 ~ 15.1	13.8	1.24	0.094		
	液性指数 IL	6	0.25 ~ 0.32	0.28	0.05	0.137		
	压缩系数 a_{1-2} (MPa) ⁻¹	6	0.22 ~ 0.30	0.25	0.01	0.042		
	压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	6	5.9 ~ 8.1	7.1	0.27	0.046		
	快剪	粘聚力 C (Kpa)	6	18.1 ~ 30.4	24.2	4.81	0.199	22.5
		内摩擦角 φ (°)	6	17.7 ~ 20.5	18.9	1.03	0.055	17.3
	渗透系数(10 ⁻⁵ cm/s) (水平)	3	3.73 ~ 4.49	4.06	0.39	0.127		

备注：尾粉土②₁层试验数据并入尾粉土③层统计；尾粉砂③₁层试验数据并入尾粉砂②层统计；部分异常试验数据已剔除。

(2) 岩石物理力学性质

本次采取钻孔岩芯中风化片麻岩 9 件进行室内试验，其有关物理力学性质指标结果统计如下表 2-3-2。

表 2-3-2 有关物理力学性质指标表

地层	统计量 指标	统计个 数 n	范围值	平均值 Φ_m	标准差 σ_f	变异系 数 δ	修正系 数 γ_s	标准值 Φ_k
片麻 岩⑧	天然密度 (g/cm ³)	4	2.81-2.82	2.81	0.039	0.006	/	/
	饱和抗压强度 (MPa)	7	70-130	98	23.5	0.239	0.83	81

根据相关规范，结合本次勘察成果，建议强风化片麻岩坚固性系数取值 4，弹性抗力系数取值 350MPa/m，中风化片麻岩坚固性系数取值 7-8，弹性抗力系数取值 850-900MPa/m。

2.3.3.4 原位测试

本次勘察针对碎石、尾矿沉积层、坡积层、强风化岩层，分别采用标准贯入、重型动力触探试验，以查明坡积层、尾矿土的原位力学特性，碎石及强风化岩层的均匀性、密实度、强度。

(1) 标准贯入试验 (SPT)

标准贯入试验(SPT)是用质量为 63.5kg 的重锤按照规定的落距(76cm)

自由下落，将标准规格的贯入器打入地层中，根据贯入器在贯入一定深度得到的锤击数来判定土层的性质。统计结果（实测值）见下表 2-3-3。

表 2-3-3 标准贯入试验（SPT）统计结果表

地 层 \ 指 标	标准贯入试验实测锤击数 N (击)						
	统计个数	范围值	平均值	标准差	变异系数	修正系数	标准值
尾粉砂②、③-1、	37	8-25	15.4	5.48	0.357	0.90	13.8
尾粉土③、②-1	28	10-22	14.8	3.75	0.275	0.92	13.6
尾粉质黏土④	12	9-12	10.7	0.98	0.107	0.91	9.7
含碎石粉质黏土⑤	6	13-16	14.6	1.41	0.101	0.96	14.0

(2) 圆锥动力触探试验（DPT）

圆锥动力触探试验（DPT）是利用一定质量的落锤，以一定的高度的自由落距将标准规格的圆锥形探头打入土层中，根据探头贯入的难易程度（可用于贯入一定距离的锤击数、贯入度或探头单位面积动贯阻力来表示）判定土层的性质。统计结果（修正值）见下表 2-3-4。

表 2-3-4 圆锥动力触探试验（DPT）统计结果表

地 层 \ 指 标	重型动力触探试验修正击数 $N_{63.5}$						
	统计频数 n	范围值	平均值 μ	标准差 σ	变异系数 δ	修正系数	标准值
碎石①-1	17	5.8-10.7	8.3	1.55	0.185	0.92	7.7
人工填土①-2	9	3-5	3.7	0.81	0.216	0.95	3.5
强风化片麻岩⑥	12	18.3-37.2	26.7	6.33	0.237	0.88	23.4

2.3.3.5 岩土参数可靠性与适宜性分析

(1) 本次勘察取样、原位测试、室内土工试验均执行现行相关规程、规范。按照《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）第 14.2 节要求进行岩土试验参数的统计分析。

(2) 经对比分析，因尾矿颗粒组成以少粘性土为主，在钻进和标准贯入试验过程中沉渣较厚，标准贯入试验值未能真实反应尾矿土原位特性。

(3) 现场室内土工试验所用土试样均为 I 级土试样，由于尾矿沉积在

空间上的复杂多变性，水平向微层理发育，垂直方向颗粒分布变异较大。

(4) 本次勘察测试取得的工程特性指标，基本反映了岩土在特定条件的状态，满足岩土工程设计计算参数的要求。

2.3.3.6 不良地质作用

场地没有岩溶、滑坡、泥石流、采空区、地下洞穴、危岩、崩塌、地面沉陷等不良地质作用，局部道路因人为开挖边坡较陡，出现小型垮塌，清理即可。

2.3.3.7 特殊性岩土

(1) 人工填土

初期坝为堆石坝，堆积坝为风化料筑坝，按设计要求进行碾压压实，初期坝外坡比为 1:2.0，与设计坡比相符，现状稳定。

(2) 风化岩

强风化片麻岩裂隙发育，岩石破碎，作为边坡岩性稳定性较差，应放缓坡比或采取挂网喷素混凝土支护，排水隧洞开挖遇该层时应采用钢筋砼支护。

2.3.3.8 地震效应

(1) 场地抗震设防烈度

根据《构筑物抗震设计规范》(GB50191-2012)及《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)有关规定，场地抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第一组。

(2) 场地土类型及建筑场地类别的划分

根据本次勘察结合前人勘察成果，尾矿库原始场地土类型为中软土，覆盖层厚度 $<3\text{m}$ ，建筑场地类别为 I_1 类。尾矿库运行后现状初期堆石坝体属中硬土，尾矿土堆积体为软弱土，场地覆盖层厚度 $>50\text{m}$ ，现状场地建筑场地类别属 III 类。

（3）建筑抗震地段的划分

拟建库区场地位于伏牛山西段北坡，属豫西南中～低山区，处于山间岩石和山麓斜坡堆积双重地貌单元之上，地势呈北高南低，场地及附近不存在全新活动断裂、泥石流、崩塌、溶洞等不良地质作用。场地新近覆盖层较薄或缺失，属稳定岩石类型，尾矿库原始场地为抗震有利地段。

（4）液化判别

根据《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）（2016 版）有关规定，本场地的抗震设防烈度为 6 度，可不考虑地基土的地震液化及震陷影响。

2.3.4 库区水文地质条件

2.3.4.1 地表水

该尾矿库位于马家沟沟谷内，以地表分水岭为界，为独立的水文地质单元。

库区内地表水主要为溪沟水和尾矿蓄水。勘察时库尾及岔沟溪沟内未见水流，地表水接受大气降水补给，雨季山水漫流汇入沟谷，部分下渗补给地下水，尾矿水经排水井+排水隧洞至回水池，经泵抽回选厂利用。

2.3.4.2 地下水的类型及补、径、排条件

库区地下水主要为上层滞水和基岩裂隙水。

上层滞水主要赋存于库区内的尾矿堆积体中以及坡积层中。排矿口排出的矿浆水和大气降水是其主要补给来源，水量、水位受排矿位置及排矿量影响较大。主要以地下径流及下渗方式通过尾矿体内设置的排渗设施向下游坝体外排泄或补给孔隙水。勘察时测得上层滞水水位埋深 0-20.6m，相当于标高 930.60-1008.35m。

基岩裂隙水赋存于基岩风化裂隙中，接受大气降水和地表水补给，基岩裂隙水其水位、水量大小和径流、补给受节理裂隙发育程度、连通性以及区域构造的影响，无统一水位面，且埋藏较深，沿裂隙迳流往地势低处

排泄。本次勘察期间钻孔测得基岩裂隙水水位埋深 16.5-29.5m。

2.3.4.3 水、土的腐蚀性评价

(1) 地表水、地下水的腐蚀性

本次勘察在钻孔 ZK5（第三级子坝处）、ZK21、ZK26、ZK30 中各取 1 件地下水样，在库尾水域、隧洞出口及排渗管处各取 1 件地表水样进行水质简分析试验，其试验结果详见下表 2-3-5。

表 2-3-5 水质简分析统计表

取水位置	取样深度	总矿化度 mg/L	阳离子 mg/L		阴离子 mg/L				侵蚀性	PH 值
			Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	OH ⁻	CO ₂ mg/L	
ZK5	20.2-20.4	2674	2.0	0.300	75.0	275.0	0.0	0.0	0.00	8.40
ZK30	19.0-19.2	125	4.1	0.120	17.0	20.0	42.7	0.0	2.86	7.34
ZK21	21.7-21.9	111	3.1	0.200	8.5	28.0	69.4	0.0	2.42	7.55
ZK26	19.4-19.6	121	3.3	0.200	10.2	30.0	74.8	0.0	2.34	7.58
排渗水	地下水	2611	2.6	0.200	68.0	255.0	0.0	4.5	0.00	8.80
库尾水域	地表水	1976	19.4	0.240	56.3	220.0	16.0	0.0	0.00	8.50
隧洞出水	地表水	1984	17.9	0.180	48.8	210.0	32.0	0.0	0.00	8.55

根据水质分析结果，按《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001）（2009 年版）中有关标准判定：按环境类型为Ⅱ类干湿交替考虑，钻孔地下水、排渗水、库尾水域及隧洞出水对混凝土结构具微腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。因尾矿水中硫酸根离子含量较高，建议提高防腐等级。

(2) 土的腐蚀性

本次勘察取地下水位以上含碎石粉质黏土试样 2 件进行土的腐蚀性分析，根据分析结果，按Ⅱ类环境干湿交替考虑，库区坡积土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

2.3.4.4 地层的渗透性

根据本次勘察取土样进行室内渗透性试验结果，结合前人勘察成果及工程经验，初期坝碎石①、堆积坝碎石①₁为强透水层，人工填土①₂、尾粉砂②为中等透水层，尾粉土③、尾粉质黏土④、含碎石粉质黏土⑤、强风化片麻岩⑥为弱透水层，中风化片麻岩⑦为弱-微透水层。

各岩土层综合渗透系数见下表 2-3-6。

表 2-3-6 各岩土层渗透系数

地 层	初期坝碎石 ①	堆积坝碎石 ① ₁	人工填土 ① ₂	尾粉砂 ②	尾粉土 ③
渗透系数 (cm/s)	4.0×10^{-2}	8.5×10^{-3}	2.5×10^{-3}	3.5×10^{-4}	8.0×10^{-5}
地 层	尾粉质黏土 ③	粉质黏土 ④	强风化片麻岩 ⑥	中风化片麻岩 ⑦	
渗透系数 (cm/s)	5.8×10^{-6}	4.0×10^{-5}	2.5×10^{-5}	1.4×10^{-6}	

2.3.5 尾矿沉积规律与分布特征

2.3.5.1 尾矿特征及分类

本次勘察在选厂采取 3 件原尾矿样，室内颗粒组成分析成果详见“室内土工试验成果表”。根据试验结果，入库原尾矿-200 目含量分别为 78.8%、78.9%、79.7%，平均约 79.13%。

2.3.5.2 尾矿沉积特性与分布特征

尾矿的工程性质，一方面由尾矿的物理性质和状态决定，另一方面由尾矿的沉积特性决定。影响尾矿库尾矿沉积特性的因素有粒度、流速、浓度、流量，以下结合钻孔取样室内颗分试验以及在库区调查资料加以说明。

(1) 粒度

粒度大于 0.037mm 的为沉砂质，在动水中沉积较快，是形成冲积滩的主要组成部分。

粒度在 0.037~0.019mm 尾矿砂称为推移质，在动水中沉积速度较慢，

是形成冲积滩的次要部分。

粒度在 0.019~0.005mm 的尾矿称为流动质，在静水中沉积很慢，为矿泥沉积区的主要部分，沉积物以尾粉土、尾粉质黏土为主。

粒度小于 0.005mm 的尾矿称为悬浮质，在静水中很不容易沉积，形成水中悬浮物。

（2）流速

当粒度、浓度等条件不变时，流速小易沉积，流速大则不易沉积。本库尾矿浆从排放口排出后，呈漫流状，有利于尾矿坝沉积滩分级沉积。

（3）浓度

排放的尾矿浆体浓度控制沉积滩颗粒的分级，较低的浆体浓度往往有助于较大颗粒分离。当尾矿粒度不变时，浓度越大沉积越快。经调查，本尾矿库放矿现状尾矿浓度约为 35.0%。

（4）流量

当浓度、粒度等因素不变时，流量越小沉积越快。本库尾矿浆滩顶分散排放，分序次排放，单管流量控制适当。

根据本次勘察测绘调查与钻探取样颗分成果，尾矿库内沉积干滩长度 400m，沉积滩平均坡度 1.0%。实测沉积滩平均坡度见表 2-3-7。

表 2-3-7 分段实测沉积滩坡度表

测线号	沉积滩平均坡度（%）						
间距 m	0-50	50-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-400
主坝 2#剖线	1.35	1.15	1.06	1.04	0.88	0.80	0.75

2.3.6 尾矿库稳定性分析

2.3.6.1 坝体渗流特征及浸润线

2.3.6.1.1 尾矿坝的渗流特征

尾矿坝地下水渗流状态为控制坝坡稳定性的决定性因素。因此，尾矿

库地下水渗流状态的可靠分析与评价是尾矿库工程研究的关键。本尾矿坝在粉砂堆积层中的渗流主要表现为受重力流动引起的梯度控制。

影响渗流状态的因素主要有：沉淀池水位置、所排放尾矿的横向和垂向渗透性变化、尾矿沉积层的各向异性、库区边界条件。

（1）沉积滩长度的影响

沉淀池水相对于坝趾的位置即出露的尾矿沉积滩长度（L）是影响地下水位的最重要因素。根据有关资料，如果标准化的沉积滩宽度比 L/H 小于 9，则可能产生危险的地下水位。

（2）各向异性的影响

一般地，各向异性对上游型坝地下水的影响比其它因素的影响小。实际观察结果也证明，坝内渗流基本上是水平的，因为对水平分层比较不敏感。然而，如果地下水位出现在坝面上或靠近坝面，即便地下水位较小的升高，都可能导致坝面上很高的“湿痕”上移。坝面上的饱和带可能引起沼泽化问题，进而损害整个坝体的稳定性。本坝在坝体中设置的排渗设施，已有效降低了浸润线。

（3）边界条件的影响

渗流的边界条件、特别是基础的渗透性和初始坝的渗透性对地下水位有重大影响。基础渗透系数较大时，可有效降低坝体渗流水位。本库区全库铺设土工膜防渗，对降低坝体渗流水位贡献小。

2.3.6.1.2 浸润线

企业在堆积坝第 2 级、第 4 级子坝设有浸润线人工和在线监测点各 3 处，据调查，设计浸润线孔深度 15m 左右。本次勘察收集了近期在线监测和人工监测数据。综合分析可知，浸润线在线监测和人工监测数据基本相符，在线监测运行正常。

本次勘察时对既有浸润线孔进行了人工实测，均未见水位。本次勘察

在钻孔内埋设了浸润线管，浸润线管埋设深度 22-30m，对钻孔水位进行了观测，2-2' 主剖面堆积坝浸润线埋深 19.8-20.6m，尾砂水力梯度约 16.93%，初期坝水力梯度约 29.34%。库内浸润线较低，满足设计要求。

表 2-3-8 浸润线监测对比表

孔 号	ZK1	ZK2	ZK3	ZK4	ZK5	ZK6	ZK7
埋深 (m)	17.5	17.8	未见	6.0	19.8	20.6	13.5
标高 (m)	986.5	996.15	/	1006.77	979.33	993.32	999.64
孔 号	ZK8	ZK9	ZK10	ZK11	ZK12	ZK13	ZK14
埋深 (m)	8.5	5.6	3.4	18.1	19.0	13.2	8.2
标高 (m)	1004.12	1006.60	1008.30	981.02	994.98	999.71	1004.08
孔 号	ZK15	ZK16	ZK17	ZK18	ZK19	LZK10	LZK11
埋深 (m)	5.9	3.0	5.5	4.7	3.4	34.3	23.4
标高 (m)	1005.83	1008.35	1005.59	1006.29	1007.33	949.80	930.60

2.3.6.2 坝体变形监测

本次勘察收集了人工及在线位移沉降监测资料，经数据综合分析，在线内部位移监测点最大累计位移 4.5mm，在线表面位移监测点最大累计位移 3.5mm，人工监测表面最大累计位移 3.0mm，均在可控范围内，满足规范和设计要求。

2.3.6.3 场地稳定性评价

根据本次勘察结果，场地没有岩溶、滑坡、泥石流、采空区、地下洞穴、危岩、崩塌、地面沉陷等不良地质作用，局部道路因人为开挖边坡较陡，易出现落石或小型垮塌，清理即可。综合分析，场地是稳定的，适宜本项目建设。

2.3.6.4 坝体（址）稳定性分析

初期坝为透水堆石坝，内坡比 1:1.7、外坡 1:2.0，坝肩设有溢洪道和截水沟，马道和坡面设有排水沟，坡面基本平整，未见拉槽、开裂、塌陷等不良现象，坝体无明显变形，目前处于稳定状态。

初期坝基础地层为中风化片麻岩，地基稳定，两侧坝肩嵌入中风化片麻岩一定深度，岸坡较稳定。

堆积坝采用上游法风化料筑坝，平均坡比 1:4.13，坝肩和马道内侧设有截排水沟和溢洪道，设有排渗设施，未见明显位移、拉槽、沉降、坝面渗水、沼泽化等不利现象，现状稳定。

采用圆弧滑动法，对坝体进行稳定性验算，其有关计算公式按《尾矿堆积坝岩土工程技术规范》（GB50547-2022）有关规定及《建筑边坡工程技术规范》（GB50330-2013）中 5.2.3-1~5.2.3-4 式，利用剖面 2-2' 钻孔投影至堆积坝断面线进行稳定性验算。采用本次室内土工试验固结快剪试验结果，验算模式采用自动搜索和给定范围搜索。根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）有关标准，按 II 级库考虑，正常运行状态的最小安全系数为 1.25。在目前正常运行状态下的堆积坝体，不考虑最高洪水位作用及地震力作用时，经验算最小安全系数为 $1.538 > 1.25$ ，处于稳定状态。

2.3.6.5 库岸稳定性分析

经本次勘察调查，库岸大部分山体雄厚，库岸坡体覆盖土层较薄，基岩为斜长片麻岩，强风化层厚度较薄，坡体现状稳定。但由于修建进库道路及截洪沟，沿线局部见有小范围的风化岩体崩塌风险，不影响库岸整体稳定，建议对进库道路及截洪沟沿线加强排查并及时进行清理防护。

2.3.7 新建构筑物工程地质条件分析与评价

2.3.7.1 新建 5-1#排水井

（1）拟建 5-1#排水井位于库尾西侧支沟坡脚，距既有 4#排水井约 50m，框架式钢筋混凝土结构，高 24m，井标高 1027-1051m，内径 4.0m，下连竖井，竖井内径 2.8m，深 37.9m，排水井下通过竖井与 5-1#支隧洞相连，现地面标高 1028.00m。

（2）根据地质调查及钻探揭露，井址无断层经过。井址地层为：上部

强风化夹中风化片麻岩，岩体破碎，厚度 6.5m；往下中风化片麻岩⑦，岩体较完整，强度高，厚度大于 30.0m，井址处地下水位埋深约 21.5m。

(3) 建议 5-1#排水井采用天然地基基础，以中风化片麻岩⑦作为持力层。

5-1#排水井井址位于陡坎边缘，基岩出露，边坡岩性为强风化夹中风化片麻岩，产状 $250^{\circ}\angle 44^{\circ}$ ，坡向与岩层倾向较小角度相交，边坡稳定性较差，应放缓坡比，喷锚支护。放坡坡比：强风化片麻岩 1:1.00，中风化片麻岩 1:0.3。

(4) 排水井以下竖井开挖时，井底和侧壁岩性为中风化片麻岩，岩体完整性一般，开挖时防止掉块或局部崩塌，建议采用钢筋混凝土支护，可集水抽排坑内积水。

2.3.7.2 新建 5-2#排水井

(1) 拟建 5-2#排水井位于库尾东侧支沟坡脚，框架式钢筋混凝土结构，高 24m，井标高 1027-1051m，内径 4.0m，排水井与 5-2#支隧洞相连，井址地面标高 1028.78m。

(2) 根据地质调查及钻探揭露，井址无断层经过。井址地层为：上部含碎石粉质黏土⑤硬可塑状，厚度 4.7m，往下强风化片麻岩⑥局部夹中风化岩块，岩体破碎，厚度 4.1m；往下中风化片麻岩⑦，岩体较完整，强度高，厚度大于 30.0m，井址处地下水位埋深约 18.7m。

(3) 建议 5-2#排水井采用天然地基基础，以中风化片麻岩⑦作为持力层。

5-2#排水井井址地形较平缓，西侧距山体约 10.0m，山体坡度约 35° ，强风化基岩局部出露，产状 $250^{\circ}\angle 44^{\circ}$ ，坡向与岩层倾向大角度相交，对边坡稳定有利，基坑开挖时，坑壁易垮塌或掉块，建议放缓坡比。放坡坡比：含碎石粉质黏土 1:1.25，强风化片麻岩 1:1.00，中风化片麻岩 1:0.3。

2.3.7.3 新建 6-1#排水井

(1) 拟建 6-1#排水井位于库尾西侧支沟坡脚，框架式钢筋混凝土结构，高 19m，井标高 1050-1069m，内径 4.0m，下连竖井，竖井内径 2.8m，深 37.51m，排水井下通过竖井与 6-1#支隧洞相连，现井址地面标高 1050.00m。

(2) 根据地质调查及钻探揭露，井址无断层经过。井址地层为：中风化片麻岩⑦，岩体较完整，强度高，厚度大于 30.0m，井址处地下水位埋深约 19.20m。

(3) 建议 6-1#排水井采用天然地基基础，以中风化片麻岩⑦作为持力层。

6-1#排水井井址位于陡坎边缘，基岩出露，边坡岩性为强风化-中风化片麻岩，产状 $25^{\circ} \angle 68^{\circ}$ ，坡向与岩层倾向较大角度相交，对边坡稳定有利，受节理切割影响，开挖时易掉块、崩塌，应放缓坡比，喷锚支护。放坡坡比：强风化片麻岩 1:1.00，中风化片麻岩 1:0.3。

(4) 排水井以下竖井开挖时，井底和侧壁岩性为中风化片麻岩，岩体完整性一般，开挖时应防止掉块或局部崩塌，建议采用钢筋混凝土支护，可集水抽排坑内积水。

2.3.7.4 新建 6-2#排水井

(1) 拟建 6-2#排水井位于库尾西侧支沟坡脚，距拟建 6-1#排水井约 41m，框架式钢筋混凝土结构，高 19m，井标高 1050-1069m，内径 4.0m，下连竖井，竖井内径 2.8m，深 35.86m，排水井下通过竖井与 6-2#支隧洞相连，现井址地面标高 1056.46m。

(2) 根据地质调查及钻探揭露，井址无断层经过。井址地层为：上部含碎石粉质黏土⑤硬可塑状，厚度 1.6m，往下强风化片麻岩⑥，岩体破碎，厚度 1.6m；往下中风化片麻岩⑦，岩体较完整，强度高，厚度大于 20.0m，井址处地下水位埋深约 20.40m。

(3) 建议 6-2#排水井采用天然地基基础，以中风化片麻岩⑦作为持力层。

6-2#排水井井址位于斜坡，斜坡坡度约 48° ，附近基岩局部出露，岩性为强风化-中风化片麻岩，产状 $25^\circ \angle 68^\circ$ ，坡向与岩层倾向较大角度相交，对边坡稳定有利，受节理切割影响，开挖时易掉块、崩塌，应放缓坡比，喷锚支护。放坡坡比：含碎石粉质黏土 1:1.25，强风化片麻岩 1:1.00，中风化片麻岩 1:0.3。

(4) 排水井以下竖井开挖时，井底和侧壁岩性为中风化片麻岩，岩体完整性一般，开挖时防止掉块或局部崩塌，建议采用钢筋混凝土支护，可集水抽排坑内积水。

2.3.7.5 新建排水隧洞

新建排水隧洞位于库尾两条支沟中间山体内，由主隧洞、支隧洞组成，接既有主隧洞，为圆拱直墙型，净断面尺寸 $B \times H = 2.0\text{m} \times 2.2\text{m}$ 。

2.3.7.5.1 新建主隧洞

(1) 新建主隧洞长 285m，进口接拟建 6-2#排水井竖井，进口底标高 1016.22m，出口接既有主隧洞，底标高 987.75m，坡度 10%。

(2) 新建主隧洞洞身岩性为中风化片麻岩，根据物探解译（W1 剖线）结合钻探揭露，隧洞里程 0+120-0+160（物探里程 0+130-0+170）段岩石较破碎，或含水较丰富，洞壁稳定性差，易掉块、崩塌，建议采用钢筋混凝土衬砌支护，其他地段岩石较完整，局部可能掉块，轻微渗水，建议挂网喷混凝土支护。建议隧洞开挖施工时及时进行地质编录，根据实际情况优化支护方案。

2.3.7.5.2 新建 5-1#支隧洞

(1) 新建 5-1#支隧洞长 17m，进口接拟建 5-1#排水井竖井，出口顶标高 993.11m，出口接新建主隧洞，坡度 10%。

(2) 新建 5-1#支隧洞洞身岩性为中风化片麻岩，岩石较完整，局部可

能掉块，局部渗水较多，建议采用钢筋混凝土衬砌支护。

2.3.7.5.3 新建 5-2#支隧洞

(1) 新建 5-2#支隧洞长 312m，进口接拟建 5-2#排水井，出口接新建主隧洞，坡度 9.5%。

(2) 根据物探解译（W2-1 剖面、W2-2 线、W2-3 线）结合钻探揭露，隧洞里程 0+150-0+180（物探 W2 线里程 0+50-0+80）段岩石较破碎，或含水较丰富，洞壁稳定性差，易掉块、崩塌，建议采用钢筋混凝土衬砌支护；连接 5-2#排水井进口段 0+252-0+312 段，为浅埋段，岩性以强风化片麻岩为主，夹中风化层，岩石较破碎，洞壁稳定性差，易掉块、崩塌，建议采用钢筋混凝土衬砌支护；连接主隧洞出口段 0+000-025 段，埋深较浅，岩石完整性一般，建议采用钢筋混凝土衬砌支护；其他地段岩石较完整，局部可能掉块，轻微渗水，建议挂网喷混凝土支护。建议隧洞开挖施工时及时进行地质编录，根据实际情况优化支护方案。

2.3.7.5.4 新建 6-1#支隧洞

(1) 新建 6-1#支隧洞长 20m，进口接拟建 6-1#排水井竖井，出口顶标高 1013.50m，出口接新建主隧洞，坡度 10%。

(2) 新建 6-1#支隧洞洞身岩性为中风化片麻岩，岩石较完整，局部可能掉块，局部渗水较多，建议采用钢筋混凝土衬砌支护。

2.3.7.5.5 隧洞涌水量预测

隧洞附近地表水主要为尾矿库水域积水及溪沟水，水量较大，接受大气降水及放矿尾矿水补给，地下水主要为基岩裂隙水，接受大气降水和地表水补给，受基岩裂隙发育程度、连通性影响大，总体涌水量不大，采用集水引排即可。

本次采用大气降水入渗法估算预测隧道涌水量，丰水期按 $131.52(\text{m}^3/\text{d})$ 设计，实际涌水量应考虑尾矿水沿裂隙渗入洞内的影响，应以施工检测结果为准。

2.3.7.6 新建连通沟

库尾左岸与右岸支沟受山体阻挡，导致支沟库区与主库区水力衔接不畅，拟在库区尾部左、右两岸山体分别开挖连通沟，保证支沟库区和主库区水力衔接通畅。

2.3.7.6.1 左岸山体连通沟

(1) 左岸山体连通沟深 50m，底部平台宽 6m，标高 1050m，两侧山体每隔 4-10m 布置宽 3-6m 的平台，平台之间开挖后山体坡比为 1:1.0。

(2) 连通沟处地层：上部含碎石粉质黏土⑤硬可塑状，厚度 1.6m，往下强风化片麻岩⑥，岩体破碎，厚度 6.9m；往下中风化片麻岩⑦，岩体较破碎-较完整，厚度大于 20.0m，倾向南西，倾角约 44°，地下水位埋深约 22.8m。

(3) 结合物探 W3 剖面解译成果，在 60-80m 处发现一低阻异常向深部发育，推测该处存在破碎带，破碎带发育深度大于 200m，倾向北东，倾角约 70°。

(4) 连通沟开挖施工时，两侧山体将形成约 50m 的高陡边坡，边坡岩性为：上部含碎石粉质黏土⑤硬可塑状，厚度 1.5-2.0m 左右，往下强风化片麻岩⑥，岩体破碎，厚度 5-10m 左右；往下中风化片麻岩⑦，岩体较破碎-较完整，厚度大于 30.0m。建议分级放坡，放坡坡比：含碎石粉质黏土 1:1.25，强风化片麻岩 1:1.00，中风化片麻岩 1:0.3-0.5。岩体破碎处采用喷锚支护。

2.3.7.6.2 右岸山体连通沟

右岸山体连通沟深 7m，底部平台宽 5m，标高 1065m，南东侧山体每隔 45m 布置宽 5m 的平台，平台之间开挖后山体坡比为 1:1.0。

(1) 连通沟处地层：上部含碎石粉质黏土⑤硬可塑状，厚度 2.1m，往下强风化片麻岩⑥，岩体破碎，厚度 6.1m；往下中风化片麻岩⑦，岩体较破碎-较完整，厚度大于 10.0m，岩层倾向南西，倾角约 42°，勘察深度内未

见稳定水位。

(2) 连通沟开挖施工时，南东侧山体将形成约 40m (平台 1068m-1028m) 的高陡边坡，边坡岩性为：上部含碎石粉质黏土⑤硬可塑状，厚度 1.5-2.0m 左右，往下强风化片麻岩⑥，岩体破碎，厚度 6-8m 左右；往下中风化片麻岩⑦，岩体较破碎-较完整，厚度大于 30.0m，稳定水位埋深大于 25m。建议分级放坡，放坡坡比：含碎石粉质黏土 1:1.25，强风化片麻岩 1:1.00，中风化片麻岩 1:0.3-0.5。

2.3.8 筑坝材料

尾矿库采用风化料筑子坝，尾矿库周边山体覆盖层坡积粉质黏土厚度薄，基岩为片麻岩，连通沟所处山体风化层较厚，连通沟开挖量约 35 万方，且设计为分期开挖，数量和质量满足堆积子坝填筑要求。

2.3.9 加高扩容可行性分析

库区及周边无活动断裂通过，区域稳定性好；场地未见岩溶、泥石流、采空区、地下洞穴、滑坡等不良地质现象，场地及地基稳定；初期坝、堆积坝坡比满足要求，无明显变形，处于稳定状态；浸润线埋深较深；监测系统、排渗、排水系统运行正常；周边环境较好。综上所述，尾矿库加高扩容是可行的。

2.3.10 结论和建议

(1) 场区无活动断裂通过，区域稳定性好；场地基岩为片麻岩，未见岩溶、泥石流、采空区、地下洞穴、滑坡等不良地质现象，场地及地基基本稳定。

(2) 初期坝基础地层为中风化片麻岩，坝基稳定；坝体为透水堆石坝，外坡比 1:2.0，坡面采用块石码砌护面，坡面平整，未见拉槽、开裂、塌陷等不良现象，无明显变形，目前处于稳定状态。

(3) 堆积坝采用上游法风化料筑坝，堆积坡比满足要求，坡面没有开

裂、塌陷现象，根据位移沉降观测，位移沉降在允许范围内。坝体内设有排渗设施，有效降低了坝体浸润线，勘察期间坝坡未见有浸润线逸出、沼泽化等现象，根据稳定性验算，坝体是稳定的。

(4) 根据《构筑物抗震设计规范》(GB50191-2012)及《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)有关规定，库区抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，地震分组为第一组。尾矿库原始场地场地土类型为中软土，覆盖层厚度 $<3\text{m}$ ，建筑场地类别为 I 1 类，为抗震有利地段。

(5) 根据水质试验分析结果，按《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)(2009 年版)中有关标准判定：按环境类型为 II 类干湿交替考虑，钻孔地下水、排渗水、库尾水域及隧洞出水对混凝土结构具微腐蚀性，对混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。根据“土的腐蚀性分析报告”，按 II 类环境干湿交替考虑，库区坡积土对混凝土结构具微腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

(6) 现状堆积坝平均坡比 1:4.13，干滩平均长度约 400m，沉积滩平均坡度 1.0%，放矿浓度约 35%。

(7) 根据《尾矿堆积坝岩土工程技术规范》(GB50547-2022)及《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)等有关规范规程及前期勘察成果资料，场地各地层的工程特性指标建议采用表 2-3-9 数值。尾矿库稳定性复核时，可按表 2-3-9 中所提相关参数进行计算。

(8) 后期运行期间建议完善排渗设施，增强排渗能力，确保浸润线在安全范围内。建议完善浸润线和位移监测点，随时掌握浸润线和位移变化情况。坝内沉积滩长度的变化对坝体浸润线高度有显著影响，而合理的放矿方式和浓度，提高沉积滩坡度，有利于延长沉积滩长度，降低坝体浸润线，提高坝体稳定性。

(9) 建议对坝坡截排水沟堵塞的杂物进行清理，对局部破损处进行修

表 2-3-9 各地层的工程特性指标表

地 层 \ 指 标	天然 重度 ρ (g/cm ³)	饱和 重度 ρ (g/cm ³)	承载力 特征值 (kPa)	压缩 模量 ES (MPa)	直剪快剪（水上）		直剪快剪（水下）		固结快剪 强度		渗透系数 K(cm/sec)		坚固性 系数	弹性抗力 系数 (MPa/m)	基底摩 擦系数
					凝聚力 C(kPa)	内摩 擦角 ϕ (°)	凝聚力 C(kPa)	内摩 擦角 ϕ (°)	凝聚力 C(kPa)	内摩 擦角 ϕ (°)	水平	垂直			
初期坝碎石①	22.1	22.3	230	25（变）	4	35	3	34	/	/	4.0×10^{-2}		/	/	/
堆积坝碎石①1	20.4	20.8	140	10（变）	6	32	4	30	/	/	8.5×10^{-3}		/	/	/
尾粉砂②、③1	20.9	21.3	120	10.3	7.1	27.3	6.0	25.7	8.5	30	3.82×10^{-4}	/	/	/	
尾粉土③、②1	20.7	21.1	110	8.6	11.6	24.5	10.2	23.0	13	27.1	8.39×10^{-5}	/	/	/	
尾粉质黏土④	19.8	20.0	100	4.8	12.8	14.5	11.5	13.5	15.1	16.5	6.04×10^{-6}	/	/	/	
含碎石粉质黏土⑤	19.3	19.6	170	7.1	22.5	17.3	21.2	17.0	/	/	3.73×10^{-5}		/	/	0.25
强风化片麻岩⑥	22.5	22.8	400	45（变）	30	36	29.3	35	/	/	2.5×10^{-5}		4	350	0.40
中风化片麻岩⑦	28.1	28.2	3000	/	40	45	39.5	44.5	/	/	1.4×10^{-6}		7-8	850-900	0.55

备注： 表中指标带“*”为经验值，带“#”为抗剪断强度，带“（变）”为变形模量。

整，对排渗管接头破损处进行修整。建议完善库区周边山体截排水设施。

(10) 建议排水井采用天然地基基础，以中风化片麻岩作为持力层，建议排水隧洞开挖时及时编录、优化支护方案，及时支护。

(11) 随着尾矿堆积坝的增高，应加强长期变形观测及浸润线观测工作，做到专人、专用仪器、定期或在必要时不定期（气候急剧变化时，增加观测次数）进行专项观测，做到信息化、科学化管理。

2.4 尾矿库原设计及现状

2.4.1 设计概况

2012年6月长春黄金设计院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库（接替库）工程初步设计说明书及安全专篇》（工程代码：[908-2009]），以下简称初步设计，现将主要内容摘录如下。

2.4.1.1 库址及周边环境

2.4.1.1.1 库址

尾矿库库址选定了大章乡三人场村附近的马家沟，马家沟尾矿库的初期坝位于选矿厂东南约1.5km（水平直线距离），地理坐标为东经111°44'26"，北纬34°11'03"左右。该沟成扇形，分三个叉沟，主沟西北—东南走向，口窄内阔，库区利用部分沟长1.39km，纵向平均坡度0.10。

2.4.1.1.2 周边环境

马家沟尾矿库初期坝下游250m处两叉沟（另一叉沟为猪耳朵沟，该沟岔口以上无居民）的交叉口处有三人场村六队居民，零散分散在沟谷两侧山坡高处，共27户居民，位于尾矿库失事波及范围内，应全部搬迁。

距初期坝下游约1.0km山坡高处左侧有三人场村小学，与沟底高差10m以上，沟谷右侧有一片竹林，竹林对面为三人场村卫生所，与沟谷高差5m左右，附近为三人场村三十多户居民，位于高处，沿沟谷下游无居民及其

它设施。

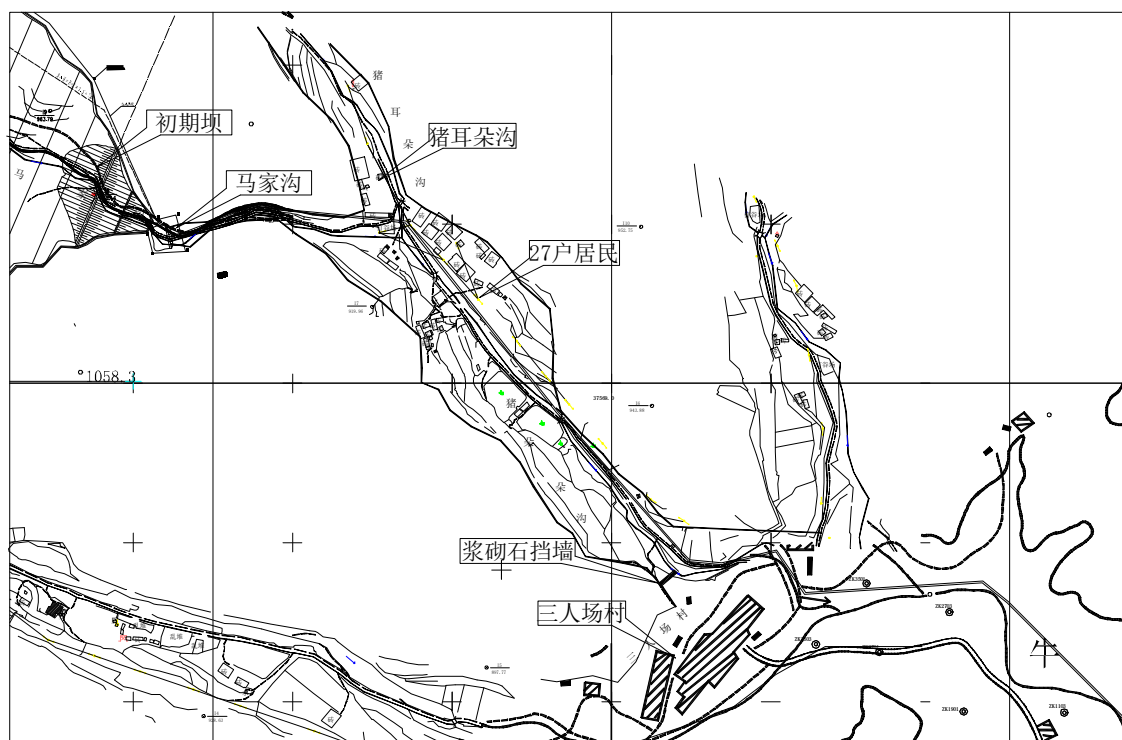


图 2-2 马家沟尾矿库 2012 年设计时周边环境图

2.4.1.2 选矿工艺资料

- (1) 选矿工艺：全泥氰化
- (2) 生产规模：3000t/d
- (3) 选矿厂工作制度：333 天/年，3 班/天，8 小时/班
- (4) 尾矿真比重：2.7t/m³
- (5) 磨矿细度：-200 目占 80%
- (6) 选矿厂排尾重量浓度：40%
- (7) 尾砂沉积干密度，1.35t/m³
- (8) 年产尾矿量：99.9×10⁴t (74×10⁴m³)
- (9) 生产服务年限：8a

(10) 根据一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准 (GB18599-2001) 规定，尾矿属“第Ⅱ类一般工业固体废物”。

2.4.1.3 尾矿库设计等别

根据选矿厂生产规模，尾矿库库容计算表如表 2-4-1。

设计马家沟尾矿库终期堆积标高 1028.00m 时，总坝高 95m（堆积坝高 44m，初期坝高 51m），总库容为 $845.7 \times 10^4 \text{m}^3$ ，有效库容为 $592 \times 10^4 \text{m}^3$ ，符合三等库标准。但因该库下游有大章乡三人场村，居民较多，失事后果严重，故尾矿库等别提高一级，按二等库设计。

2.4.1.4 尾矿坝

2.4.1.4.1 初期坝

初期坝采用碾压堆石坝，坝高 51m（坝顶标高 984.00m，坝底标高 933.00m），坝长 166m，坝顶宽 5m，坝内坡 1: 1.7，坝外坡 1: 2.0。坝外坡在标高 969.00m 和标高 954.00m 处各设一条马道，马道宽 2m；坝外坡设干砌石护坡；坝内坡铺设 300mm 厚碎石垫层和 400g/m^2 土工布反滤层及 0.5m 厚碎石护坡。

初期坝外坡面设置纵、横排水沟。横向排水沟布置于初期坝的马道之上；坝面中间布设一道纵向排水沟与横向排水沟相连；初期坝和山体衔接处设置排水边沟，与坝体横向排水沟衔接。

排水边沟： $B \times H = 0.4 \times 0.8 \text{m}^2$ 。

纵向排水沟： $B \times H = 0.4 \text{m} \times 0.4 \text{m}^2$ 。

横向排水沟：采用梯形结构 $(A+B) \times H = (0.3+0.7) \times 0.4 \text{m}^2$ 。

排水沟均采用浆砌石砌筑，内 20mm 厚水泥砂浆抹面。

2.4.1.4.2 堆积坝

(1) 堆积坝设计

尾矿浆由坝前排放到尾矿库后，尾砂逐渐沉积，尾砂在沉降过程中粗颗粒较重首先沉积于坝前，细颗粒沉降较慢沉降于库内后部，采用沉积于坝前的粗颗粒尾砂堆筑子坝。

本次设计尾矿堆积坝高 44m，即初期坝顶标高 984.00m 以上到终期堆积标高 1028.00m。当尾砂堆积高度接近坝顶前，再修建下一级子坝。设计堆积子坝高度为 5m，子坝外坡坡度为 1: 3.4，内坡坡度为 1: 2.0，马道宽度为 3m，形成总坡度为 1: 4.0 的堆积子坝，子坝外坡和坝顶平台（马道）上覆土植草，绿化环境，防止扬尘和雨水冲刷坝坡。

每 2 级堆积子坝的马道上设横向排水沟，坝面设置纵向排水沟及坝肩排水边沟。

排水边沟： $B \times H = 0.4 \times 0.8 \text{m}^2$ 。

纵向排水沟： $B \times H = 0.4 \text{m} \times 0.4 \text{m}^2$ 。

横向排水沟： 采用梯形结构 $(A+B) \times H = (0.3+0.7) \times 0.4 \text{m}^2$ 。

排水沟均采用浆砌石砌筑，内 20mm 厚水泥砂浆抹面。

（2）筑坝要求

- ①堆积坝采用尾矿粗砂上游法堆筑子坝，分层碾压密实；
- ②尾矿在坝前均匀堆放，保持坝体协调上升，以便增强坝体的稳定性。每年汛期之前必须提前筑好子坝，确保所需的调洪库容。
- ③对子坝坝肩处的软弱夹泥层、粉砂层、坡积覆盖层等应完全清除。清理范围至新鲜的岩基为宜。

（3）堆积坝上升速度

- ①初期坝坝高为 51m，其有效库容为 120 万 m^3 ，可服务 1.62 年。
- ②堆积坝坝高为 44m，总有效库容为 592 万 m^3 ，可服务 8.00 年。

表 2-4-1-1 堆积坝上升速度表

等高线标高 (m)	相邻两等高线的高差 (m)	相邻两等高线的容积 (m^3)	相邻两等高线的有效容积 (m^3)	上升速度 (m/a)
986	2	185016	129511	11.4
988	2	196678	137675	10.7
990	2	208936	146255	10.1
1000	10	1204480	843136	8.8
1010	10	1477630	1034341	7.2
1020	10	1788685	1252080	5.9
1030	10	2104000	1472800	5.0

从上表可以看出，坝体上升速度最大的时候是一期堆筑子坝，为 11.4m/a，不会对尾矿坝稳定产生大的影响。

2.4.1.5 排洪设施

2.4.1.5.1 防洪标准

马家沟尾矿库按二等库设计，防洪标准按运行初期 100~200 年一遇洪水（ $P=1\%\sim0.5\%$ ），运行中、后期 500~1000 年一遇洪水（ $P=0.2\%\sim0.1\%$ ）设计；初期坝较高，故运行初期按 $P=0.2\%$ ，运行中、后期按 $P=0.1\%$ 的防洪标准计算。

2.4.1.5.2 排洪系统布置

根据现场实际以及清污分离的设计原则，设计洪水分两部分：拦洪坝以上部分和库区部分。

（1）拦洪坝以上

拦洪坝以上部分的洪水由拦洪坝将马家沟上部洪水截出库外，由排洪隧洞排至右侧沟中。

①拦洪坝

拦洪坝采用浆砌石结构，坝高 10m（坝顶标高 1085.00m，坝底标高 1075.00m），坝顶宽 2m。内坡 1083.00m-1085.00m 直立，1083.00m 平台宽 0.5m，1083.00m 以下内坡比 1:0.2。外坡 1082.15m-1085.00m 直立，1082.15m 以下外坡比为 1:0.7。浆砌石坝体采用 M7.5 水泥砂浆、MU30 毛石砌筑。

②分洪隧洞

在坝前开一条 371m 长的排洪隧洞（隧洞断面 $B\times H\times R=2m\times 1.5m\times 1m$ ，隧洞进口底标高 1077.00m，隧洞出口底标高 1069.50m，洞底纵坡 $i=0.02$ ）。为了防止树枝等杂物堵塞排洪隧洞进口或进入隧洞，排洪隧洞进口前 5m 处设 $300\times 300mm^2$ 网格拦污栅。

（2）库区

库内洪水由 1#、2#、3#、4#排水井及排水隧洞排至沉淀池。

表 2-4-1-2 排水井及竖井参数

编号	井高 (m)	井顶标高 (m)	井座标高 (m)	竖井高 (m)	竖井底标高 (m)
1#井	16	986	970	0	
2#井	16	1000	984	7.18	976.82
3#井	16	1014	998	16.12	981.88
4#井	16	1028	1012	23.36	988.64

排水井直径均为 4m，井座直径 3.4m，竖井直径 2.8m。

排水主隧洞结构为平底圆拱直墙式， $B \times H \times R = 2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，坡度为 5%。

(3) 应急溢洪道

在出现特大暴雨的情况下，为保证坝体安全运行而设置应急溢洪道，设计分为应急主溢洪道和应急支溢洪道。

①应急主溢洪道：设计充分考虑了尾矿库闭库时排水设施的可利用性，沿堆积坝外边坡逐年延长敷设，敷设最小坡度为 $i=10\%$ ，应急主溢洪道设计采用梯形断面，钢筋砼结构，底宽 1.5m，深 1.2m，上宽 3.9m，边坡比为 1: 1.0。

②应急支溢洪道，设计采用自然土层开挖，向库内延伸 150m，设计纵坡降 2%坡向应急主溢洪道。

2.4.1.6 尾矿库的防、排渗设施

尾矿库防排渗设施属隐蔽工程，施工时应做好隐蔽工程施工记录。

2.4.1.6.1 防渗

马家沟尾矿库尾矿属“第Ⅱ类一般工业固体废物”，为了防止尾矿库中的水渗入地下，库区和初期坝下均采用土工膜（二布一膜 150g/0.75mm/150g）全防渗。同时在尾矿库初期坝后，再修建一座沉淀池蓄水坝，形成一个 $L \times B \times H = 30 \times 25 \times 4\text{m}^3$ 的沉淀池和事故池 $L \times B \times H = 25 \times 20 \times 4\text{m}^3$ 。沉淀池和挡水坝均采用土工膜全防渗，事故池采用 S7 防渗钢筋砼结构。

2.4.1.6.2 堆积坝排渗

为降低堆积尾砂子坝内的浸润线，提高坝体的稳定性，在尾砂子坝堆

筑到标高 984.00m、994.00m、1004.00m 和 1014.00m 时，分别设置碎石排渗体和水平排渗管。碎石排渗体布置于坝坡内 80m 处，每 15m 布置一根水平排渗管将碎石排渗体内的渗水排出坝外。尾砂子坝坝脚马道上设横向排水沟与两侧坝肩的纵向排水沟相连，收集渗出水，流入初期坝后沉淀蓄水池。

2.4.1.6.3 库底排渗

为了降低库内的浸润线，库底设置排渗盲沟，深入库区内部。排渗盲沟底宽为13m，上宽15m，深1m，边坡比为1：1.0。

2.4.1.6.4 排水井排渗

为了库内更好的排渗，排水井废弃不用时，将其作为排渗体。即在排水井四周圈梁预留排渗孔，插入排渗管，管长6m，排水井内采用块石回填（排水井下平洞封堵时预留排水孔）。

排渗管施工方法：在1#排水井和2#排水井浇筑圈梁时预埋 $\phi 75$ 钢管。当库区水位达到圈梁位置时，钢管外插入6m长排渗管，并绑扎结实。

2.4.1.7 尾矿输送及排放

2.4.1.7.1 尾矿输送

将选矿厂排放出的尾矿浆自流或通过尾矿泵站加压输送到尾矿库进行排放。

2.4.1.7.2 尾矿排放

尾矿采用湿式排放方式，尾矿的湿式排放是传统的排放方式。

根据《河南嵩县金牛公司牛头沟金矿选冶试验研究报告》（2009.04），可知该选厂尾矿磨矿细度为-200 目占 80%，根据矿山生产实践，确定本次湿式排放，采用上游冲积法尾矿堆筑子坝，采用多点分散均匀放矿，避免出现偏滩现象（尾矿库左侧沟未设置排洪系统，尾矿库坝前排放尾矿两三年后，可在该沟尾部和侧部排放尾矿，将库内水引导至右侧大沟中）。

2.4.1.8 沉积滩坡度和澄清距离的确定

百米沉积滩长平均坡度约为 1%，初设确定澄清距离 100m。

2.4.1.9 尾矿回水及沉淀池蓄水坝

2.4.1.9.1 尾矿回水

为了节省宝贵的水资源和防止污染，尾矿库内排出的澄清水进入坝下游的集水池内，由水泵扬送到选矿厂，作为生产用水。

回水泵站设在尾矿库坝下回水池一侧，泵站建筑物尺寸 $L \times B \times H=12 \times 6 \times 4\text{m}^3$ （砖混结构）。

初期坝下游设置沉淀池 $L \times B \times H=30 \times 25 \times 4\text{m}^3$ 和事故池 $L \times B \times H=25 \times 20 \times 4\text{m}^3$ 。

暴雨时期，需持续监测沉淀池内氰化物浓度，达标后可排放。

2.4.1.9.2 沉淀池蓄水坝

下游沉淀池蓄水坝采用浆砌石结构，坝高 7m，坝长 33m，坝顶宽 2m，内坡 1: 0.1，外坡比为 1: 0.6。浆砌石坝体采用 M7.5 水泥砂浆、MU30 毛石砌筑。

为了沉淀蓄水池泄洪，在其右侧修筑侧槽溢洪道。溢洪道顶宽 4m，底宽 2m，高 2.2m，下游设置消力设施。

2.4.1.10 监测系统

本设计尾矿库等级为二等，故企业应安装尾矿库自动化安全监测系统。

2.4.1.10.1 人工观测设施

（1）变形及位移观测

在尾矿库初期坝、尾砂堆筑子坝上设置 3 排位移变形观测桩观测管，分别设置在标高 954.00m、984.00m、994.00m、1014.00m、1024.00m 处，各标高 954.00m、984.00m、999.00m、1014.00m、1024.00m 库边山体上设置位移变形观测基准桩。

(2) 浸润线观测

浸润线观测点布置在垂直于坝轴线的断面上，分别设置在标高 954.00m、984.00m、994.00m、1014.00m、1024.00m 高程处各设置三个观测管，其中一条应设置在最大坝高断面。

(3) 库水位观测设施

在库内进水构筑物上的适当位置设置水位标尺刻度，标尺刻度要求清晰醒目，在库岸边便于观测。

2.4.1.10.2 在线监测系统

2013 年 10 月企业委托上海华测创时测控科技有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库安全在线监测系统》，由库区传感器、数据采集装置、库区信号接收及处理装置、库区机房及计算机管理系统、光纤信号传输装置、企业调度指挥中心 5 部分组成。尾矿库在线监测系统实现了对尾矿库坝体位移、变形、坝体浸润线、渗流、库内水位、干滩长度、干滩高度、库区降雨量、安全视频的全面自动化监测。

(1) 尾矿库坝体表观位移

对坝体表观位移监测，采用 GPS 测量设置对尾矿坝表面的水平位移和垂直沉降进行监测。在最大坝地基地形地质变化较大处，根据坝的高矮在坝坡表面从上到下均匀设置 9 个位移监测点，在坝体周围稳定山体上选取一个基准点。

表 2-4-1-3 坝体表观位移测点布置表

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型	位置	高程	备注
位移传感器	米度 E20	WY-B-1-1	GPS	初期坝中端	969	
		WY-B-1-2		初期坝顶端	984	
		WY-B-1-3		初期坝顶端	984	
		WY-B-2-1		四级子坝顶端	1004	
		WY-B-2-2		四级子坝顶端	1004	
		WY-B-2-3		四级子坝顶端	1004	

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型	位置	高程	备注
		WY-B-3-1		八级子坝顶端	1028	
		WY-B-3-2		八级子坝顶端	1028	
		WY-B-3-3		八级子坝顶端	1028	
		WY-B1		坝体外稳定的岩体上		

(2) 尾矿库坝体内部位移

坝体内部位移采用测斜仪进行测量。

表 2-4-1-4 坝体内部测斜测点布置表

传感器名称	传感器型号	位置编号	位置	传感器深度	高程	备注
测斜仪	MD-CX-15D	WY-N-1-1	一级子坝	15m	989	
		WY-N-1-2				
		WY-N-1-3				
		WY-N-2-1	四级子坝	15m	1004	
		WY-N-2-2				
		WY-N-2-3				
		WY-N-3-1	八级子坝	15m	1024	
		WY-N-3-2				
		WY-N-3-3				
传感器间隔：每个孔安装 3 个固定测斜传感器，间隔为 5m，分别位于 15 m，10 m，5 m 深度。						

(3) 尾矿库浸润线监测

监测横断面选在有代表性且能控制主要渗流情况的坝体横断面以及预计有可能出现异常渗流的横断面，不少于 2 个，与位移监测断面相结合。

表 2-4-1-5 坝体浸润线监测测点布置表

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型	高程	浸润线孔深
渗压计	MD-SY-04	SY-P-1-1	485 信号输出	989	见水往下 2.0m
		SY-P-1-2			
		SY-P-1-3			
		SY-P-2-1		999	
		SY-P-2-2			
		SY-P-2-3			
		SY-P-3-1		1009	
		SY-P-3-2			
		SY-P-3-3			
		SY-P-4-1		1019	
		SY-P-4-2			
		SY-P-4-3			
		SY-P-5-1		1028	

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型	高程	浸润线孔深
		SY-P-5-2			
		SY-P-5-3			

(4) 库水位监测

根据规范要求测点布置选择在水位波动比较平稳地段，利用镀锌直径 100mm 的镀锌管，高度 4m 采用支架固定安装，要求传感器垂直地面向下测量水面高程。

表 2-4-1-6 超声波水位测点布置表

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型
超声波水位计	SW12	SW-1	声波式

(5) 雨量监测

通过收集库区每时、每天、每周的雨量，分析雨量对尾矿库的危害，以及提前做好安全管理的防范措施，为尾矿库的安全运行提供必须的历史依据。

表 2-4-1-7 雨量计测点布置表

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型	安装位置
雨量计	JDZ05-1	YL-1	容栅式	安装在机房顶端

参考依据本地气象局数据进行预警标准设置。

(6) 干滩监测

滩顶高程已知，两个超声波物位计的水平距离已知，两个超声波的高差由超声波物位计测得。

表 2-4-1-8 干滩监测测点布置表

传感器名称	传感器型号	位置编号	传感器类型	位置
激光干滩设备	MD-GT-JG	GTG-1	激光式	随坝高增加移动
激光干滩设备	MD-GT-JG	GTG-2	激光式	随坝高增加移动

为了能对潜在的危險进行有效的可靠预警，干滩长度的三级预警阈值按大于二等尾矿库最小干滩长度、二等尾矿库最小干滩长度等级确定。

(7) 总体视频设计

初期坝：建立 1 台视频监控点，360 度红外球全视角测控。

堆积坝：建立 1 台视频监控点，360 度红外球全视角测控。

排水井及库水位：建立 1 台视频监控点，360 度红外球全视角测控。

拦洪坝：建立 1 台视频监控点，固定高清可调视角测控。

沉淀池蓄水坝：建立 1 台视频监控点，固定高清可调视角测控。

出水口：建立 1 台视频监控点，固定高清可调视角测控。

干滩放矿区域：建立 1 台视频监控点，360 度红外球全视角测控。

2.4.1.11 辅助设施

辅助设施含上坝道路、电力照明、通讯等。

2.4.1.11.1 上坝道路

坝面设置宽 2m 踏步，利于现场工作人员巡视尾矿坝上下游情况，并及时上报。

修筑上坝和沿尾矿库周边修筑库区砂石道路，道路应满足工程施工、运送物资、尾矿堆存管理、尾矿库后期管理等正常交通需要。上坝道路修筑考虑尾矿坝前山体陡峭，爬坡困难，故设计从猪耳朵沟沿着等高线，逐步上升至初期坝高度，道路设计宽 5m。

2.4.1.11.2 电力和照明

从选厂拉设专线用于坝上照明和尾矿回水，并保证足够的电力供应。

为了满足夜间现场工作人员检查巡视等工作要求，尾矿坝坝顶，上坝道路，库面应设置照明设施，配备照明灯具，每间隔 50m 坝段设 200W 照明灯具一盏，保证足够的照明度。

2.4.1.11.3 通讯

尾矿库岗位定员为 6 人，尾矿库管理及技术人员 1 人，尾矿库岗位工作人员 5 人。

为了便于生产管理，在库区设立的专门值班室，以便管理人员和工人值班、通讯、放置工具及其物资储备，室内安装有线电话一部，为了防止特殊情况下停电或电话线中断，应为管理人员配备一定数量的无线通讯设备，以便在第一时间通报险情。有线和无线电话确保畅通，以便及时与公

司联系并及时汇报尾矿库的情况。

值班室尺寸：长×宽×高=12m×6m×4m（砖混结构，三间）。

马家沟尾矿库下游有住户，为了防止万一，应设置警报装置，尾矿坝一旦发生险情，拉响警报，让下游的人员及时撤离，最大限度地减小人员的伤亡程度。

2.4.1.11 设计变更通知单

2.4.1.11.1 2013.08.11 设计变更通知单

（1）初期坝为透水堆石坝，浸润线观测管建设的必要性不大，故本次变更取消，其余监测设施按原设计建设施工。

（2）左岸坝肩排水沟断面尺寸由原来： $B \times H = 0.4\text{m} \times 0.8\text{m}$ 变更为 $B \times H = 0.55\text{m} \times 0.4\text{m}$ ，其它排水沟设计参数不变。

（3）右岸溢洪道基础岩石坚硬，地形复杂，施工困难，故将原设计断面尺寸由底宽 1.5m、深 1.2m、上宽 3.9m 变更为底宽 1.4m、深 1.6m、顶宽 2.1m，断面面积缩小 13.6%。

根据《马家沟尾矿库工程安全专篇》中 6.4 章节关于溢洪道泄流计算的有关参数和明渠均匀流计算公式，对变更后的溢洪道重新进行演算，大于 1000 年一遇下泄流量，满足泄流量要求。

2.4.1.11.2 2017.02.27 设计变更通知单

（1）变更原因

①企业提出《关于嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）排水井封堵工程设计变更建议书》中，建议 1#~3#排水井封堵方式为排水井竖井段钢筋笼装 C15 砼浇筑，井架段卵石回填，井顶 C25 钢筋砼现浇盖板，厚 500mm。

②企业提出《关于嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）尾砂筑坝工程设计变更建议书》中，建议将堆积坝尾砂堆筑子坝变更为山坡碎石土筑坝，原因是实际运行中尾砂细度为-200 目占 89%，尾砂

筑坝困难。

③企业提出《关于嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库（接替库）1#、2#排水井井身排渗管设计变更建议书》中，建议取消1#、2#井井身排渗管。

（2）变更意见

针对企业的意见，工程设计变更如下：

①因1#井和2#井衔接的支洞洞口一定范围内岩石埋深太浅或者没有埋深，仅对排水井封堵，存在很大的安全隐患，故企业的建议不予采纳。将排水井~隧洞的封堵位置变更为与主隧洞衔接的支洞出水口处，3#排水井封堵尚可按照企业的意见封堵。

②同意将堆积坝尾砂堆筑子坝变更为山坡碎石土碾压筑坝，坡比不变。

③同意取消1#、2#井井身排渗管。

2.4.2 设计变更

2.4.2.1 排渗设施和浸润线观测设施变更

2019年4月，长春黄金设计院有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库堆积坝排渗设施安全设施设计变更》（工程代码：【908-2012】）（以下简称设计变更），现状主要内容摘录如下。

2.4.2.1.1 排渗管的变更设计方案

本次变更中，排渗管的安装采用顶管法施工，根据顶管的施工要求，排渗管出口布置在985.50m、995.50m、1005.50m、1015.50m对应的库区滩面上。排渗设施的形式由原设计的“碎石排渗体+排渗导管”的形式，变更为“弧形槽孔式排渗管”型式。

变更后的弧形槽孔式排渗管垂直坝面向库内布设，沿坝体轴线方向每10m间距布设一根，排渗管导水段布置坡度为1.5%，渗水管段的每段顶管均以2°左右角度向上漂移，排渗管兼有水平及竖向排渗功能。

弧形槽孔式排渗管是 PE 材料的订制排渗管，采用顶管施工。排渗管由相同直径的渗水管段和导水管段构成，本次变更设计的弧形槽孔式排渗管截面外径 75mm，内径 65mm，其中，渗水管段凹槽 10mm，在凹槽内布有直径 8mm 的入水孔。入水孔间距 150mm。花管外包 80 目的不锈钢丝网。每根排渗管的设计导水管段长 70m 导水管，渗水管段长 50m。排渗管总长度 120m。

2.4.2.1.2 取消初期坝浸润线观测孔变更

原设计在初期坝顶 984.00m 标高和 954.00m 标高马道各布置了 3 个浸润线观测孔，现初期坝已经修筑完成，需钻孔布设方能完成。鉴于初期为透水堆石坝，渗水效果很好，且目前尾矿库初期坝已经蓄满尾矿，并堆积了 15m 高的尾矿堆积坝，形成了相对防渗体（相对初期坝而言），因此初期坝基以上的渗流水没有升高的条件，且随着尾矿坝的不断升高，渗流量还将逐渐减少，初期坝浸润线还会降低，观测透水堆石坝浸润线埋深意义不大，故同意取消初期坝上浸润线观测设施。

2.4.2.2 在线监测系统变更

为了方便尾矿库在线监测数据与人工观测的数据进行对比分析，2025 年 4 月 3 日洛阳华测创时电子科技有限公司对马家沟尾矿库的在线监测系统进行变更（以下简称在线监测设计变更），变更内容详见表 2-4-1-10。

表 2-4-1-10 在线监测系统变更前后对比表

序号	监测类型	变更前	变更后
1	表面位移监测	在初期坝中端（969m）设置 1 个坝体表面位移观测点；在四级子坝顶端（1004m）设置 3 个坝体表面位移观测点；在八级子坝顶端（1028m）设置 3 个坝体表面位移观测点。 在坝体外稳定山体上布置 1 个基准点。	在初期坝外坡马道（954m）布置 1 个坝体表面位移观测点；初期坝顶（984m）布置 2 个坝体表面位移观测点；堆积坝第四级马道（1004m）和第六级马道（1014m）上，各布置有 3 个坝体表面位移观测点；在初期坝左岸山坡和库区左岸入库道路边各设置 1 个表面位移监测基准点。
2	内部位移监测	在堆积坝第一级马道（989m）和第四级马道（1004m）上各设置有 1 个内部位移监测点。	在堆积坝第一级马道（989m）、第四级马道（1004m）和第六级马道（1014m）上各设置有 1 个内部位移监测点。

3	浸润线监测	在堆积坝第一级马道（989m）、第三级马道（999m）和第五级马道（1009m）上各布置有 3 个浸润线监测点。	在堆积坝第二级马道（994m）、第四级马道（1004m）和第六级马道（1014m）上各布置有 3 个浸润线监测点。
4	雨量监测	雨量计安装在机房顶端。	在堆积坝第二级马道（994m）上安装有 1 个雨量监测器。
5	干滩监测	滩顶高程已知，两个超声波物位计的水平距离已知，两个超声波的高差由超声波物位计测得。	滩顶高程已知，通过激光干滩设备计算干滩长度、安全超高及坡比。
6	预警等级	预警为三级，分别是黄色预警、橙色预警和红色预警。	预警为四级，分别是蓝色预警、黄色预警、橙色预警和红色预警。

2.4.3 2024.07.01 说明

2.4.3.1 马家沟尾矿库工程相关事项的补充说明

依据《关于尾矿库排水系统除险加固和防泄漏的通知》（嵩县应急管理局，2024.2.23）的要求在库区排水隧洞出口布置应急闸门，闸门布置段隧洞采取加固措施，侧壁及顶拱外部增加 1m 厚 C25 混凝土，混凝土内布置双层双向 HRB400@200mm 钢筋，保护层厚 20mm。

2.4.3.2 马家沟尾矿库工程排水井加固方案的说明

依据《关于尾矿库排水系统除险加固和防泄漏的通知》（嵩县应急管理局，2024.2.23）的要求对库区 3、4#排水井进行加固，立柱内侧加固厚度 150mm，钢筋为 $\phi 14@200\text{mm}$ ，详见附件关于嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库工程排水井加固方案的说明。

2.4.4 尾矿库现状

2.4.4.1 尾矿库库址及周边环境

2.4.4.1.1 尾矿库库址

尾矿库库址位于大章镇三人场村附近的马家沟，马家沟尾矿库的初期坝位于选矿厂东南约 1.5km（水平直线距离），地理坐标为东经 $111^{\circ} 44' 26''$ ，北纬 $34^{\circ} 11' 03''$ 左右。

根据现场踏勘，库区三面环山，植被较发育，库区及其附近无重点文

物保护点和风景名胜区。库区无危及尾矿库安全的违章爆破、采石、采土、建筑、取水和废弃物排放、放牧和开垦等。库区植被较好，两岸山体整体稳定，发生大面积滑坡的可能性小。



图 2-2 马家沟尾矿库卫星图

尾矿库库区内无居民、无其他建筑设施。

2.4.4.1.2 尾矿库上游

尾矿库上游为荒山，植被较发育。企业在库区上游建有拦洪坝，在坝前施工一条分洪隧洞，拦洪坝以上部分的洪水由拦洪坝、分洪隧洞排至右侧沟中（面向下游）。

2.4.4.1.3 尾矿库下游

设计要求搬迁的坝下游 27 户居民验收时已全部搬迁。

距初期坝坝脚下游约 1.0km 内无居民山坡高处左侧有三人场村小学，与沟底高差 10m 以上，沟谷右侧有一片竹林，竹林对面为三人场村卫生所，与沟谷高差 5m 左右，附近为三人场村居民，沿沟谷下游无居民及其它设施。

企业在三人场村竹林上方建一浆砌石挡墙，用以缓冲和拦挡尾砂，并在居民区东北区域开挖明渠，用于排放洪水和尾矿溃坝时的尾砂排放。挡墙采用浆砌石结构，坝高地面以上 4m，坝长约 120m，坝顶宽 3m，坝底宽 3.5m，上下游坡比均为 1：0.06。



照片 1 浆砌挡墙

2.4.4.2 尾矿坝

2.4.4.2.1 初期坝

初期坝为透水碾压堆石坝，坝高 51m（坝顶标高 984.00m，坝底标高 933.00m），坝长 166m，坝顶宽 5m。坝外坡在标高 969.0m 和标高 954.0m 处各设一条马道，马道宽 2.0m，初期坝外坡比 1：2.0。

坝外坡设干砌石护坡，初期坝外坡面设置有宽 1.5m 的上坝踏步，台阶高 15~30cm，宽 25~40cm。

初期坝外坡面设置纵、横排水沟。初期坝的两级马道和坝顶设有横向排水沟，坝面中间布设一道纵向排水沟，与横向排水沟相连；初期坝和左侧山体衔接处设置坝肩截水沟，与右侧山体衔接处设置应急溢洪道。坝体横向排水沟与坝肩截水沟和应急溢洪道衔接。

初期坝顶横向排水沟为矩形： $B \times H = 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ ；954.0m 马道横向排水沟为梯形： $(A+B) \times H = (0.4\text{m} + 0.6\text{m}) \times 0.45\text{m}$ ；969.0m 马道横向排水沟为梯形： $(A+B) \times H = (0.4\text{m} + 0.7\text{m}) \times 0.55\text{m}$ 。

初期坝外坡纵向排水沟为梯形： $(A+B) \times H = (0.3\text{m} + 0.5\text{m}) \times 0.4\text{m}$ 。

初期坝左坝肩截水沟为矩形： $B \times H = 0.55\text{m} \times 0.4\text{m}$ 。

横向排水沟、纵向排水沟和左坝肩截水沟均采用浆砌石砌筑，壁厚约400mm，水泥砂浆抹面。

初期坝右侧设置应急溢洪道，溢洪道洪水排入沉淀池。应急溢洪道为梯形断面，钢筋混凝土结构， $(A+B) \times H = (1.4\text{m} + 2.1\text{m}) \times 1.6\text{m}$ ，边坡比为 1: 1.0。



照片 2 初期坝外坡



照片3 初期坝顶

查阅原始资料，初期坝内坡比约 1: 1.7，在内坡标高 960m 处建有 2m 宽马道。坝内坡铺设 300mm 厚碎石垫层和 400g/m² 土工布反滤层及 0.5m 厚碎石护坡。

现场踏勘：初期坝稳定，无沉降、位移、裂缝、坍塌现象，初期坝脚渗水清澈透明。

2.4.4.2.2 堆积坝

尾矿堆积坝采用山坡碎石土筑坝。

参照可研报告中的尾矿库现状平面图及尾矿库库区纵断面图，现状有六级子坝。堆积坝每级子坝高度为 5m，子坝外坡坡度为 1: 3.4，马道宽度为 3m。堆积坝坝顶标高为 1014.0m，滩顶标高为 1012.9m，堆积坝高 30m，平均外坡比 1: 4.0，干滩坡度平均约为 1.0%，干滩长度约 400m。

堆积坝的左侧设有坝肩截水沟，断面为矩形，堆积坝第二级子坝以下为浆砌石结构，水泥砂浆抹面；第二级子坝和第三级为水泥空心砖砌筑，水泥砂浆抹面；第三级以上均为浆砌石结构，水泥砂浆抹面；断面 $B \times H = (0.6-0.7)m \times (0.5-0.69)m$ ；浆砌石壁厚 400-525mm，水泥空心砖壁厚 180-230

mm。右侧坝肩设有溢洪道，断面为梯形，钢筋混凝土结构， $(A+B) \times H = [(1.4\text{m} \sim 1.9\text{m}) + (3.0\text{m} \sim 4.25\text{m})] \times (1.15\text{m} \sim 1.6\text{m})$ ，壁厚 0.4-0.50m。

堆积坝第二级和第四级马道均设置有坝面排水沟，断面为矩形，水泥空心砖结构， $B \times H = 0.6\text{m} \times (0.5 \sim 0.6)\text{m}$ ，水泥砂浆抹面，壁厚 200-300mm。



照片 4 堆积坝顶



照片 5 堆积坝马道

现场踏勘，堆积坝外坡面已植草，无冲沟、塌陷、积水等现象，堆积坝外坡设置有素混凝土的上坝踏步，但堆积坝外坡纵横向排水沟局部有损毁现象。

2.4.4.3 防排渗设施

2.4.4.3.1 防渗

现场勘查，淹没区以上约 2m 均铺设防渗膜。

查阅原始资料，初期坝下和库区淹没区均采用土工膜（二布一膜 150g/0.75mm/150g）全防渗。库区土工膜上压覆碎石土。

2.4.4.3.2 排渗

马家沟尾矿库排渗设施包括库底排渗盲沟和堆积坝排渗管。

（1）排渗盲沟

查阅原始资料，库底设置排渗盲沟，全长 1100m。右侧（面向下游）支沟内施工排渗盲沟 320m，主沟内施工排渗盲沟 780m。排渗盲沟底宽为 13m，上宽 15m，深 1m，边坡比为 1:1.0。底部铺设土工膜，然后回填 10-50mm 碎石，再用土工布覆盖，碎石土压覆。

现场踏勘，坝下渗水清澈透明。

（2）堆积坝排渗管

现场踏勘，第一级子坝外坡施工 17 根排渗管，第三级子坝外坡施工 24 根排渗管，第五级子坝外坡施工 33 根排渗管。

查阅原始资料，排渗管均采用槽孔式弧形 PE 排渗管， $\phi 75\text{mm}$ ，单孔长度 120m，坝前 70m 排渗导管按 1.5%坡比倾向下游，后 50m 排渗管均按 2° 向上倾斜。渗水管段凹槽 10mm，在凹槽内布有直径 $\phi 8\text{mm}$ 的入水孔。入水孔间距 150mm。外包 80 目不锈钢网。

因环保要求，雨水与污水不能混排，排渗管通过三通与外接导水管连接，将渗水导致坝体左岸 1 根 $\phi 150\text{mm}$ 钢管内，导入初期坝下沉淀蓄水池。

现场踏勘，排渗管渗水清澈透明。

2.4.4.4 防排洪系统

库区洪水实现雨污分离，拦洪坝以上洪水通过分洪隧洞排至右侧（面向下游）沟中。库区洪水通过 3#排水井+3#竖井+3#支隧洞+主隧洞+明渠+消力池，进入沉淀池。



照片 6 排渗管集水

2.4.4.4.1 拦洪坝以上排水

拦洪坝为浆砌石结构，坝高 10m，坝顶标高 1084.95m，坝顶宽 2m。拦洪坝外坡离坝顶 3m 为直立，下部外坡比为 1: 0.7；内坡离坝顶 2.2m 处设有宽 50cm 的平台，平台上部直立，下部内坡比为 1: 0.2。

分洪隧洞长 371.4m，隧洞断面 $B \times H \times R = 2.5\text{m} \times 1.25\text{m} \times 1.25\text{m}$ ，隧洞进口底标高 1079.00m，隧洞出口底标高 1069.545m，洞底纵坡 $i=0.025$ ，隧洞进口采用钢筋混凝土砌碇，洞内全程进行了喷浆。

为了防止树枝等杂物堵塞排洪隧洞进口或进入隧洞，排洪隧洞进口前 5m 处设 $500 \times 300\text{mm}^2$ 网格拦污栅。



照片 7 拦洪坝及分洪隧洞

现场踏勘，拦洪坝结构完好，分洪隧洞通畅，拦污栅局部破损。

2.4.4.4.2 库内排水

现状库区排水方式为 3#排水井+3#竖井+3#支隧洞+主隧洞+明渠+消力池+沉淀池。

(1) 排水井

库内建有 4 座排水井，分别为 1#、2#、3#、4#排水井，排水井均为 8 柱钢筋混凝土结构，井内径 $\phi 4\text{m}$ ，井座内径 $\phi 3.4\text{m}$ ，井座壁厚 2.1m。1#排水井井座高 4.8m（井底消力坑深 1.5m），井座连接长 8.0m 钢筋混凝土涵洞，通过涵洞与支排水隧洞、主排水隧洞相接。2#、3#、4#排水井通过竖井与支隧洞、主隧洞相接，竖井直径 $\phi 2.8\text{m}$ ，竖井底设有 1.5m 消力坑。2#排水井下接竖井深 5.72m；3#排水井下接竖井深 13.75m；4#排水井下接竖井深 21.16m。1#排水井进水口标高 970m，井顶标高 986m；2#排水井进水口标高 984m，井顶标高 1000m；3#排水井进水口标高 998m，井顶标高 1014m；4#排水井进水口标高 1012m，井顶标高 1028m。

井架圈梁宽度 0.27m，高度 0.35m；挡板厚 0.20m，高 0.20m；立柱外宽 0.21m，里宽 0.5m，厚 0.6m。



照片 8 3#排水井及浮桥

现场踏勘，现状库区 3#排水井排水，1#排水井和 2#排水井均已封井。3#排水井和 4#排水井运行工况良好，井壁无剥蚀、脱落、井身倾斜和变位、裂缝等现象。



照片 9 4#排水井

现场踏勘，企业对 3#排水井井筒（已封堵拱板区）进行了加固，立柱内侧加固厚度 150mm。

表 2-4-4-1 排水井及竖井参数

编号	井高 (m)	井顶标高 (m)	井座(进水口) 标高 (m)	竖井高 (m)	竖井底标高 (m)	备注
1#井	16	986	970	0		已封井

编号	井高 (m)	井顶标高 (m)	井座(进水口) 标高 (m)	竖井高 (m)	竖井底标高 (m)	备注
2#井	16	1000	984	5.72	973.678	已封井
3#井	16	1014	998	13.75	979.652	
4#井	16	1028	1012	21.16	986.240	3#和 4#井重叠 2m

查阅企业提供的 3#排水井井筒加固竣工资料，采用 5mm 厚钢模板（一次性不拆除）、C30 钢筋混凝土加固。加固高度 10.5m（标高 998-1008.5m），立柱内侧混凝土浇筑加固厚度为 150mm，立柱之间混凝土浇筑加固厚度为 417mm，钢筋 $\phi 14$ HRB400 @200mm，钢筋保护层 35mm，钢筋搭接长度 40d。加固共使用钢筋 3.65t，C30 混凝土 54m³。

3#排水井井筒加固已经过企业、施工和监理单位组织的竣工验收。

（2）排水隧洞

排水主隧洞结构为平底圆拱直墙式， $B \times H \times R = 2.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.1\text{m}$ ，终端进水标高 987.74m，隧洞出口标高 946m，全长约 945m，坡度约为 4.4%，排水主隧洞内不稳固地段采用钢筋混凝土支护，支护厚度 30cm，局部喷浆。排水主隧洞出口设置应急闸门，与钢筋混凝土涵洞相连。

支隧洞断面与主隧洞断面相同，2#支隧洞已封堵。3#支隧洞和 4#支隧洞均采用钢筋混凝土支护，3#支隧洞长 15m，4#支隧洞长 11m。

现场踏勘，排水隧洞、涵洞运行工况良好，衬砌无变形、破损、断裂、剥落、磨蚀等现象，排水系统通畅。

（3）明渠、消力池和沉淀池

涵洞出口连接长约 36m 明渠，明渠断面 $B \times H = 2.2\text{m} \times 1.8\text{m}$ ，坡度 47%。明渠连接消力池，消力池长 7m，高 3m，宽 4.5m。

消力池下设沉淀池，沉淀池蓄水坝为浆砌石结构，坝高 7m（地面上），坝顶宽 2.1m。内坡比约 1: 0.1，坝外坡离坝顶 1m 直立，1m 以下外坡比约 1: 0.6。沉淀池坝顶右侧设有溢洪道，溢洪道为砖砌结构，断面为矩形， $B \times H = 1.1\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。

现场踏勘，消力池、沉淀池蓄水坝和溢洪道运行工况良好，无变形、

破损、断裂等现象。排水涵洞、明渠运行工况良好，侧壁无变形、破损、断裂、剥落、磨蚀等现象，排水通畅。

2.4.4.4.3 排水井的封堵

查阅原始资料，2017年8月，1#排水井进行封堵。1#支洞 C25 混凝土封堵长 8m，宽 3m，高 2.8m；三心拱小型砌块砖墙两侧各宽 3m，高 2.8m，厚 0.4m；锚杆施工 36 根 $\phi 20$ 螺纹钢，单根锚杆长 1.5m；封堵体底部铺设 3 根 DN100 钢管排渗，排水井采用块石回填。

查阅原始资料，2019年8月，2#排水井进行封堵。在距离主隧洞 10m 的 2#支隧洞处钢筋砼衬砌段刻槽 10cm，非衬砌段刻槽 20cm，封堵体长度为 8m。封堵采用 $\phi 20$ 螺纹钢锚杆，单根长 1.5m，嵌入深度 1m。混凝土采用 C25 混凝土，混凝土下方埋两根 $\phi 250\text{mm}$ 高分子耐磨管，封堵体灌浆处理。井筒采用砾石充填。

2.4.4.4.4 排水构筑物质量检测报告

2025年4月21日，河南建盛工程检测有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库 3#、4#排水井、排水隧洞及拱板、截洪沟、排水沟、排渗管检验检测报告》，检测内容和结论如下。

检测项目及方法：（1）混凝土抗压强度：回弹法；（2）保护层厚度：电磁感应法；（3）受力钢筋配置数量：电磁感应法；（4）受力钢筋配置间距：电磁感应法。（5）砂浆抗压强度：贯入法。（6）构件截面尺寸：尺量法。

检测结论（详见附件）：

（1）依据《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019，结构实体现浇构件现龄期混凝土抗压强度结果符合设计要求，检测批混凝土构件抗压强度判定结果符合设计要求。

（2）所检测混凝土砂浆强度结果符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2015 及设计要求。

(3) 采用电磁感应法对该建筑物混凝土构件钢筋保护层厚度进行检测，结构实体所检测现浇构件受力钢筋保护层厚度检测结果合格。

(4) 所检测混凝土钢筋间距及数量结果符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2015 及设计要求。

(5) 该 3#、4#排水井及拱板、排水隧洞、排水沟、截洪沟以及排渗管完整性好，未发现裂缝、钢筋外露、断裂、塌陷及钢筋锈蚀等外观质量缺陷，井架中心点无偏移、无倾斜，排水系统运行正常。

排水系统检测单位河南建盛工程检测有限公司具有营业执照统一社会信用代码 91410100MA9G9CUW2L，具有地基基础工程检测和主体结构工程检测资质，证书编号郑建检字第 22057 号，有效期至 2026 年 1 月 18 日。

2.4.4.5 安全监测设施

尾矿库设置有人工和在线监测设施。

2.4.4.5.1 人工观测设施

(1) 位移观测

初期坝外坡马道（954.00m）、初期坝顶（984.00m）及堆积坝第二级（994m）和第四级（1004m）马道上均布置 3 个位移观测桩，对应两岸山坡上分别设置了 2 个位移观测基点。

查阅企业提供的位移观测记录，测量的三维坐标差值变化量均衡，无突变现象，坝体未发生位移现象。

(2) 浸润线观测

堆积坝第二级（994. m）、第四级（1004m）马道、第六级子坝顶均布置 3 个浸润线观测孔，观测管为 $\phi 100\text{mm}$ PE 管。第二级和第四级子坝马道浸润线观测孔深为 15.1-15.4m，第六级子坝顶设置孔深为 16m。

查阅企业提供的浸润线观测记录，浸润线埋深较深，13.11m-15.31m。

(3) 水位观测

3#排水井和 4#排水井立柱上设置有水位观测标尺，站在库区边能观察

库区水位。

2.4.4.5.2 在线监测系统

尾矿库在线监测系统包括坝体表面位移监测、坝体内部位移监测、浸润线监测、库水位监测、干滩监测、降雨量监测和视频监控等。

(1) 表面位移监测

在初期坝外坡马道（954m）设置 1 个坝体表面位移监测点，初期坝顶（984m）设置 2 个坝体表面位移监测点，堆积坝第四级（1004m）马道上设置有 3 个坝体表面位移监测点，在初期坝左岸山坡和库区左岸入库道路边各施工 1 个表面位移监测基准点。

查阅在线监测系统运行记录，监控中心显示尾矿库坝体表面位移运行平稳，位移量较小，坝体未发生位移现象。



照片 10 表面位移监测

(2) 内部位移监测

在堆积坝第一级（989.0m）和第四级（1004.0m）马道上各设置有 1 个内部位移监测点。

查阅在线监测系统运行记录，内部位移运行平稳，未有偏移现象。

(3) 浸润线监测

堆积坝第二级（994.0m）和第四级（1004.0m）马道上各布置 3 个浸润

线监测点。观测管为 $\phi 100\text{mm}$ PE 管，管深 16m。

（4）雨量监测

堆积坝第二级（994.0m）子坝马道安装有 1 个雨量监测器。

查阅在线监测系统运行记录，监控中心显示雨量传感器工况运行正常。

（5）库水位监测

在 3#排水井框架上施工 1 个水位计。监测排水井进水口水位。

查阅在线监测系统运行记录，水位计工况运行正常。

（6）干滩监测

堆积坝顶布设 2 个干滩监测点。每个监测点布设 1 套超声波物位计、1 台长距离激光测距机，可获得滩顶高程、干滩长度、干滩坡度。

根据在线监测中心显示数据，干滩监测系统运行正常。



照片 11 水位计

（7）视频监控

初期坝左岸、排水隧洞出口附近、库区左岸及拦洪坝分洪隧洞进口、3#排水井及附近、4#排水井附近、沉淀池左岸均施工有视频监控。

查阅在线监测系统运行记录，监控中心显示各视频画面清晰稳定，夜视效果良好。

（8）预警值设置

马家沟尾矿库在线监测系统表面位移、内部位移、干滩长度、日降雨量、库水位标高等监测指标均设置有四级报警，具体阈值设置情况如下见表 2-4-4-2。

表 2-4-4-2 在线监测系统预警阈值设置情况表

监测项目	四级报警	三级报警	二级报警	一级报警	备注
表面位移	45mm	55mm	65mm	80mm	
内部位移	30mm	40mm	50mm	60mm	
浸润线	8m	6m	5m	4m	
干滩长度	330m	295m	246m	189m	
安全超高	3.3m	2.95m	2.46m	1.89m	
日降雨量（1h）	40mm	60mm	80mm	100mm	
警示颜色	蓝色	黄色	橙色	红色	

2.4.4.5.3 人工安全监测检查报告

2025 年 4 月 13 日，河南鼎诚测绘工程有限公司编制完成了《尾矿库人工安全监测检查报告》，监测检查结论：通过对嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库进行安全监测检查，尾矿库初期坝、堆积坝、排水系统、排渗系统和坝面排水沟、监测设施、辅助设施等均符合国家法律、法规，目前运行正常。企业定期对坝体位移、浸润线、库水位、降水量等进行观测，并将观测数据和结果记录存档。通过该尾矿库安全监测设施进行查看及实际测量，以及对人工安全监测记录与在线监测数据进行对比分析，该尾矿库的安全监测设施完好，具备正常观测要求：企业是按照制度定期对尾矿库位移、浸润线进行定期观测，观测数据真实可靠，各项数据均能满足设计及规程规范的要求。

嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库运行正常，人工检测数据和在线监测数据与实际测量数据相符。

人工在线比对单位河南鼎诚测绘工程有限公司营业执照统一社会信用代码 914101030909052678，具有乙级测绘资质，证书编号：乙测资字

41506408，有效期至 2027 年 1 月 27 日。

2.4.4.6 尾矿排放与筑坝

2.4.4.6.1 入库尾矿指标检测

根据企业提供的 2025 年 3 月 16 日至 4 月 11 日的检测记录，检测频率为 5-6 天，尾矿排放浓度 39.2-40.5%，细度（-200 目）79.4-80.3%，尾矿比重 1.31-1.32t/m³。

2.4.4.6.2 筑坝

尾矿堆积坝采用山坡碎石土碾压筑坝、上游式沉积法充填尾矿。

2.4.4.6.3 尾矿排放

选矿厂位于马道沟尾矿库的西北侧约 1500m，排出的尾矿浆加压输送到尾矿库坝前放矿点。

沿着堆积坝顶布置 1 条尾矿输送主管道，规格为 DN250mm 高分子聚乙烯管，垂直坝顶主管道布置放矿支管为 DN150mmPE 管共 25 根，支管间距约 10-15m。主管道与支管道通过阀门连接。

现场踏勘时，尾矿同时排放支管 5 根，坝前分散交替放矿，坝体均匀上升。尾矿沉积滩面平整，坝前及坝面无积水坑。

2.4.4.7 辅助设施

2.4.4.7.1 值班房和应急物资库

企业配备有 2 个应急物资库。1 个应急物资库和尾矿库值班房位于库区左岸山体上，为彩钢板房。值班房内管理制度、岗位风险告知牌、安全确认牌、应急预案等均上墙。另 1 个应急物资库位于近坝前左岸山体上，为彩钢板房，配备有手提喇叭、手摇式报警器等物资。

应急物资库内张贴有应急物资清单，张贴清单与备案预案物资清单一致，应急物资足量配备，应急物资定期检查，物资状况现状良好。应急物资有救援车辆、救援设备、通讯设备、急救自救器材、铁锹、雨衣、雨鞋、

救生衣、手提喇叭、手摇式报警器等。

2.4.4.7.2 通讯

尾矿库值班房配备有固定电话，尾矿工配备有移动电话和对讲机，以确保通讯畅通。

2.4.4.7.3 照明设施

初期坝外坡标高 969m 马道、尾矿库堆积坝顶及外坡马道、回水泵站及 3#排水井附近均安装有 LED 灯，用于尾矿库夜间照明。

2.4.4.7.4 上坝道路

沿尾矿库左侧库外山坡修筑有一条上坝道路，可通达 3#排水井附近、4#排水井及拦洪坝，路宽约 3-5.0m，路面为土石路面。现状堆积坝外坡道路与左岸山体结合处施工有截水沟，可将岸坡雨水导出库外。针对岸坡较陡易滑坡路段，截水沟上间断加有盖板，以防滑坡土石淤堵排水沟。



照片 12 上坝道路及右坝肩截水沟

2.4.4.8 浮桥及库内船只

尾矿库库区左侧至 3#排水井设置有浮桥以方便人员检查排水井和排水井挡板加高作业。浮桥底部设置有浮桶，浮桶上部铺设钢板作为桥面，桥

面宽约 1.0m。浮桥两侧设置有高 1.2m 的防护栏杆，栏杆上设置有警示标志、救生圈、救生衣等安全设施。排水井井架四周设置有安全护栏。

浮桥附近设置有运输船，专门运送拱板及封堵材料。

2.4.4.9 个人安全防护

企业制订有《劳动保护用品管理制度》，对劳动保护用品的购买、验收、保管、使用等均进行了规定。企业按照《劳动保护用品管理制度》购买、保管、使用劳动防护用品。现场踏勘时，员工能够按照劳动防护用品使用要求和防护要求正确佩戴使用。

2.4.4.10 安全标志

尾矿库库区周边及坝体上设置了“尾矿库安全生产风险公告栏”、“尾矿库应急响应告知牌”、“尾矿库汛期责任人信息公示栏”、“尾矿库危险有害因素告知卡”、“尾矿库应急逃生路线图”、“库区重地、严禁入内”、“库区重地、闲人免进”、“此处危险、严禁靠近”、“你已进入监控区域”等公示牌和警示标志，禁止无关人员进入。



照片 13 公示牌

2.5 可研报告设计内容

2.5.1 尾矿库周边环境

尾矿库西北侧 1.5km 处为选厂，尾矿库上游及北侧无重要设施。

初期坝下游约 1.2km 处为三人场村小学，与沟底高差 10m 以上，沟谷右侧有一片竹林，竹林对面为三人场村卫生所，与沟谷高差 5m 左右，附近为三人场村三十多户居民，位于高处。

企业在三人场村竹林上方建一浆砌石挡墙，用以缓冲和拦挡尾砂，并在居民区东北区域开挖明渠，用于排放洪水和尾矿溃坝时的尾砂排放。挡墙采用浆砌石结构，坝高地面以上 4m，坝长约 120m，坝顶宽 3m，坝底宽 3.5m，上下游坡比均为 1: 0.06。浆砌石坝体采用 M7.5 水泥砂浆、MU30 毛石砌筑。

2.5.2 选矿工艺资料

尾矿库加高扩容后，选厂生产工艺为浮选，生产规模、工作制度及排出尾矿特性如下：

- (1) 选矿厂生产规模： 3000t/d
- (2) 工作制度： 330d/a
- (3) 尾矿比重： 2.7t/m³
- (4) 尾矿浓度： 30-35%
- (5) 尾矿干密度： 1.4t/m³
- (6) 尾矿粒度（-200 目）： 70%

2.5.3 加高扩容方案概述

2.5.3.1 排放方式

本次设计排放方式仍采用湿式排放，上游法筑坝。

2.5.3.2 尾矿库加高扩容

本次设计对原尾矿库采用上游法进行加高扩容，堆积坝最终标高由原设计 1028m 增高至 1074m，扩容后堆积坝高 90m，总坝高 141m，新增库容 $1326.67 \times 10^4 \text{m}^3$ ，总库容 $2172.37 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

库区新增排水井 4 座，井径均为 4m，井高均为 24m，新增半圆拱直墙式排水隧洞净断面尺寸为 $2\text{m} \times 2.2\text{m}$ 。

2.5.4 库容计算

2.5.4.1 现状库容

尾矿库子坝已堆积至 1014m 标高，全库容约 $550 \times 10^4 \text{m}^3$ ，至原设计最终标高 1028m 剩余库容约 $295.7 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

2.5.4.2 新增库容

本次设计加高后，总坝高 141m，总库容 $2172.37 \times 10^4 \text{m}^3$ ，计算见表 2-5-1。原尾矿库总库容为 $845.70 \times 10^4 \text{m}^3$ ，本次设计新增库容 $1326.67 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

表 2-5-1 加高扩容库容计算表

标高 (m)	高差 (m)	面积 (m ²)	平均面积 (m ²)	Δ V (10 ⁴ m ³)	Σ V (10 ⁴ m ³)
1028	0	227624	0	0	845.7
1034	6	245313	236469	141.88	987.58
1044	10	269960	257637	257.64	1245.22
1054	10	300952	285456	285.46	1530.67
1064	10	318919	309936	309.94	1840.61
1074	10	344600	331760	331.76	2172.37

2.5.5 设计标准

2.5.5.1 尾矿库设计等别

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规定，本次设计尾矿库为二等库。

2.5.5.2 尾矿库防洪设计标准

依据《尾矿库安全规程》（GB39496-2020），尾矿扩建项目防洪标准应提高一个等级，综合考虑坝高、库容及服务年限等因素，尾矿库的防洪设计标准按一等库考虑。考虑到下游 1.2km 处有村庄，本次设计洪水设计标准均取 2000 年一遇。

2.5.6 尾矿堆积坝

1028m 标高以上采用上游法湿式堆存，子坝采用库区开挖风化料堆筑，最终堆积标高 1074m，每 5m 标高布置 3m 宽的马道，每级平台外坡比为 1:3.4，平均堆积坡比 1:4.0。

为避免山坡及坝坡降雨径流水冲刷堆积体，设计在平台马道内侧及坝坡面设置纵、横向排水沟，堆积体两岸坝肩设置排水边沟。堆积坝体降雨径流水通过坝体横向排水沟，流入平台纵向排水沟后，再汇入坝肩排水边沟，最终汇至初期坝坝前，排入截渗坝库区。

排水边沟： $B \times H = 0.6 \times 0.6\text{m}$ 。

马道及坡面排水沟： $B \times H = 0.4 \times 0.4\text{m}$ 。

排水沟均采用浆砌石砌筑，内 20mm 厚水泥砂浆抹面。

2.5.7 防渗设施

本次设计在库区周边山体整体敷设 150g/m^2 土工布-1.0mmHDPE 膜- 150g/m^2 土工布，暂定每 10m 布置一个锚固平台，锚固平台高差可依据坝体上升速度适当进行调整。

2.5.8 排渗设施

2019 年 3 月，尾矿库排渗设施进行了变更设计，在 984m、994m、1004、1014m 标高布置槽孔式弧形排渗管。槽孔排渗管沿坝轴线方向每 10m 间距布设一根，排渗管单根长 110m，排渗管导水管段长 60m，弧形渗水管段长

50m，目前排渗效果良好。

本次加高扩容要求在 1024m、1034m、1044、1054m 及 1064m 标高布置槽孔式弧形排渗管，布置参数同 2019 年 3 月设计变更。

2.5.9 主沟与支沟连通沟

尾矿库库尾左岸支沟受山体阻挡，导致支沟库区与主库区水力衔接不畅，本次设计在库区尾部山体开挖一连通沟，保证支沟库区和主库区水力衔接通畅。

连通沟深 50m，底部平台宽 6m，标高 1050m，两侧山体每隔 4-10m 布置宽 3-6m 的平台，平台之间开挖后山体坡比为 1:1.0。开挖土石方量约 $19 \times 10^4 \text{m}^3$ ，可逐期开挖后用于堆筑堆积子坝，应在库区水位达到 1050m 前完成。

2.5.10 新增排水设施

新增 4 座框架式钢筋混凝土排水井，井径 4m，井高均为 24m，与现有隧洞通过净断面尺寸为 $2 \times 2.2\text{m}$ 的半圆拱直墙式隧洞连接，新增隧洞长 560m。

排水井和排水隧洞钢砼衬砌均采用 C30 混凝土，参数详见表 5-7。

排水井基础应至于中风化片麻岩层，排水井停用时，改造为排渗井使用。排水井井身及竖井采用碎石充填，竖井与隧洞连接处采用钢筋混凝土封堵。

表 2-5-2 排水井及竖井参数表

序号	排水井		竖井	
	井内径 (m)	井标高 (m)	井内径 (m)	井深 (m)
5-1#	4.0	1027-1051	2.8	35.9
5-2#	4.0	1027-1051	2.8	14.8
6-1#	4.0	1050-1074	2.8	38.5
6-2#	4.0	1050-1074	2.8	35.8

2.5.11 应急池

现有初期坝下蓄水坝容积约 5300m^3 ，可作为应急池使用。

2.5.12 监测、通讯与照明

2.5.12.1 在线监测

尾矿库在线监测系统：由数据采集子系统，数据传输子系统，数据分析及管理子系统三部分组成。在线监测设施监测项目包括：包括表面位移、内部位移、浸润线、库水位、干滩长度、干滩坡度、雨量监测、视频监控等。尾矿库雨量监测设施已有，监控中心机房设施齐全，对雨量监测和机房布置不再新建，继续使用现有的在线监测系统。

在现有在线监测的基础上，每隔 10-20m 高差布设一组位移及浸润线监测设施。即在 1044m、1064m 和最终堆积坝顶 1074m 布置 3 排，测点横向间距 90-100m。

2.5.12.2 人工监测

位移监测设施由位移观测基点和坝上位移观测点组成。新增位移观测基点 2 个，堆积坝位移观测点布置标高为 1044m、1064m 和 1074m。

浸润线观测孔垂直坝体轴线布置 3 组，布置标高 1044m、1064m 和 1074m。浸润线观测孔采用 $\phi 80\text{mm}$ 钢管制作，坝面以下埋深 20m。

2.5.12.3 通讯、照明与交通

尾矿库已经有完善的通信及照明设备，可满足尾矿库日常管理的需要，日常生产运营过程中应做好维护工作。

尾矿库库区已经有环库道路，随着坝体的增高，可在库区左岸布置上坝道路（兼应急道路），宽度为 5m，土石路面，以满足安全管理需要。

2.5.13 尾矿输送与排放

2.5.13.1 现有输送系统

选厂尾矿输送采用压力扬送的方式。尾矿浆自选矿厂排出后，经渣浆泵压力输送至尾矿库，输送起点标高 1014m，终点标高 1028m。

尾矿输送泵采用渣浆泵 2 台（ $Q=280\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=80\text{m}$ ， $P=185\text{kW}$ ），1 用 1 备。不单独布置水封水泵，高位水池压力即可满足水封要求。

2.5.13.2 输送系统改造

本次设计最终堆积标高 1074m，输送管道增长约 1000m。原输送泵不满足输送要求，需新增 1 台同类型渣浆泵（ $Q=280\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=80\text{m}$ ， $P=185\text{kW}$ ），2 用 1 备，2 台串联使用，均需变频。

新增 1 条尾矿输送管道，采用 $\phi 273\times 10\text{mm}$ 无缝钢管，长 2500m。

2.5.14 尾矿回水

2.5.14.1 现有回水系统

现有尾矿回水为坝下回水，回水至高位水池，高位水池标高 1116m。回水泵采用离心泵 2 台，其中 MD155-30 $\times$ 10 离心泵 2 台（ $Q=185\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=300\text{m}$ ， $P=250\text{kW}$ ），MD280-43 $\times$ 7 离心泵 1 台（ $Q=280\text{m}^3/\text{h}$ ， $H=301\text{m}$ ， $P=355\text{kW}$ ），正常情况下 MD280-43 $\times$ 7 开启，MD155-30 $\times$ 10 作为备用泵。回水管道为 1 条 $\phi 273\text{mm}$ 螺旋焊管，长 1700m。

2.5.14.2 回水系统改造

本次设计主体仍采用原回水系统。

2.5.15 安全管理

企业已建立了尾矿设施的管理机构与管理制度，并设置了专门从事尾矿设施安全管理的人员。

2.5.16 工程分期

本次设计新增工程分二期实施，具体如下：

（1）一期工程

一期工程主要包括新增排水系统、防渗系统等，一期工程基建期为 1 年。

(2) 二期工程

二期工程主要为库尾连通沟，应在堆积坝堆积至 1050m 标高前完成。

2.5.17 利旧工程可靠性分析

表 2-5-4 利旧工程可靠性分析表

项目	能否利用
初期坝	可利用
防排水设施	可利用
分洪设施	可利用
库区排洪设施	可利用
监测设施	可利用
值班室、通讯及照明	可利用

2.5.18 库区调洪库容预留控制参数

表 2-5-3 库区调洪库容预留控制参数表

预留滩长 L (m)	滩面坡度 i (%)	正常水位 (m)
240	1.0	H-2.4

2.5.19 投资估算

总投资为 3768.00 万元，工程费用 1940.51 万元，其他费用 1827.49 万元。

2.6 前期科研情况

2.6.1 主要科研情况

本项目前期主要开展了以下科研工作：

(1) 《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维渗流分析报告》（西安理工大学水利水电学院，2025.09）（以下简称三维渗流分析报告）

(2) 《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维静动力分析报告》（西安理工大学水利水电学院，2025.09）（以下简称三维静动力分析报告）

(3) 《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝

分析专题报告》（西安理工大学水利水电学院，2025.09）（以下简称溃坝分析报告）

上述前期工作取得了一定的科研成果，可作为本次预评价的依据，为下步设计单位进行设计等工作提供了技术支撑，各项科研工作的结论及成果详见各科研报告。

2.6.2 主要科研成果

2.6.2.1 三维渗流分析报告结论和建议

本项目针对牛头沟矿马家沟尾矿库加高扩容工程项目，受河南嵩县金牛有限责任公司委托，西安理工大学水利水电学院进行三维渗流计算。主要分析了 1014m、1028m、1044m、1059m 和 1069m 堆积高程下尾矿库三维渗流场孔隙压力、总水头、渗流速度、水力梯度和渗流量计算结果变化规律。计算结果汇总表见表 5-1。主要结论如下：

表 5-1 本项目尾矿库三维渗流场计算结果汇总

堆积高程 (m)	浸润线最小 埋深 (m)	浸润线最大埋 深 (m)	初期坝溢出 点高程(m)	堆积体水力 梯度最大值	初期坝水力 梯度最大值	渗流量 (m³/d)
1014	21.27	38.97	924.036	0.130	0.108	147.51
1014(降雨条 件下)	20.87	36.38	924.045	0.152	0.113	165.23
1028	19.88	34.54	924.049	0.163	0.124	225.52
1028(降雨条 件下)	18.74	33.98	924.052	0.174	0.136	252.57
1044	19.47	31.47	924.061	0.188	0.143	290.26
1059	19.18	29.86	924.067	0.191	0.149	478.67
1069	18.72	27.83	924.074	0.210	0.157	593.74
1069(降雨条 件下)	17.96	26.47	924.082	0.227	0.170	625.23

不同堆积高程下堆积体各层排渗管网和初期坝能够起到很好的渗流场控制作用，不同堆积高程下尾矿库内部浸润线埋深较大，初期坝下游溢出口均出现在坝址部位。满足《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规范要求。堆积体高程为 1014m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为

21.27m（近似第三层堆体内部），最大埋深为 38.97m，初期坝下游溢出点高程为 924.036m；降雨条件下堆积体高程为 1014m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 20.87m（近似第三层堆体内部），最大埋深为 36.38m，初期坝下游溢出点高程为 924.045m；堆积体高程为 1028m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 19.88m（近似第三层堆体内部），最大埋深为 34.54m，初期坝下游溢出点高程为 924.049m；降雨条件下堆积体高程为 1028m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 18.74m（近似第三层堆体内部），最大埋深为 33.98m，初期坝下游溢出点高程为 924.052m；堆积体高程为 1044m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 19.47m（近似第四层堆体内部），最大埋深为 31.47m，初期坝下游溢出点高程为 924.061m；堆积体高程为 1059m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 19.18m（近似第四层堆体内部），最大埋深为 29.86m，初期坝下游溢出点高程为 924.067m；堆积体高程为 1069m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 18.72m（近似第四层堆体内部），最大埋深为 27.83m，初期坝下游溢出点高程为 924.074m；降雨条件下堆积体高程为 1069m 时，尾矿库堆体除过淹没区浸润线最小埋深为 17.96m（近似第四层堆体内部），最大埋深为 26.47m，初期坝下游溢出点高程为 924.082m。

整体上不同堆积高程渗流场总水头和孔压从淹没区向其他区域逐步降低，符合常识和工程经验，计算结果合理。流速和梯度最大值出现在初期坝坝址位置，并且堆积体和初期坝最大水力梯度值较小，堆积体干滩长度控制合理，满足《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规范要求。堆积体高程为 1014m 时，堆积体最大水力梯度为 0.130，初期坝最大水力梯度为 0.108；降雨条件下堆积体高程为 1014m 时，堆积体最大水力梯度为 0.152，初期坝最大水力梯度为 0.113；堆积体高程为 1028m 时，堆积体最大水力梯度为 0.163，初期坝最大水力梯度为 0.124；降雨条件下堆积体高程为 1028m 时，堆积体最大水力梯度为 0.174，初期坝最大水力梯度为 0.136；堆积体

高程为 1044m 时，堆积体最大水力梯度为 0.188，初期坝最大水力梯度为 0.143；堆积体高程为 1059m 时，堆积体最大水力梯度为 0.191，初期坝最大水力梯度为 0.149；堆积体高程为 1069m 时，堆积体最大水力梯度为 0.210，初期坝最大水力梯度为 0.157；降雨条件下堆积体高程为 1069m 时，堆积体最大水力梯度为 0.227，初期坝最大水力梯度为 0.170。

堆积体高程为 1014m 时，尾矿库渗流量为 $147.51\text{m}^3/\text{d}$ ；降雨条件下堆积体高程为 1014m 时，尾矿库渗流量为 $165.23\text{m}^3/\text{d}$ ；堆积体高程为 1028m 时，尾矿库渗流量为 $225.52\text{m}^3/\text{d}$ ；降雨条件下堆积体高程为 1028m 时，尾矿库渗流量为 $252.57\text{m}^3/\text{d}$ ；堆积体高程为 1044m 时，尾矿库渗流量为 $290.26\text{m}^3/\text{d}$ ；堆积体高程为 1059m 时，尾矿库渗流量为 $478.67\text{m}^3/\text{d}$ ；堆积体高程为 1069m 时，尾矿库渗流量为 $593.74\text{m}^3/\text{d}$ ；降雨条件下堆积体高程为 1069m 时，尾矿库渗流量为 $625.23\text{m}^3/\text{d}$ 。

整体上，针对三维渗流场计算结果而言，牛头沟矿马家沟尾矿库加高扩容工程项目三维渗流场计算结果合理，不同堆积高程下尾矿库排渗设计满足《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规范要求，不会发生渗透破坏风险，渗透稳定性较强。

2.6.2.2 三维静动力分析报告结论和建议

针对马家沟尾矿坝本次加高扩容工程的三种堆积高程 1029m（初期堆积高程）、1049m（中间堆积高程）、1069m（最终堆积高程），展开三维静、动力非线性有限元分析，分析了其三维应力、变形、加速度、动孔隙水压力、孔压比分布规律及坝坡稳定性，根据以上三维有限元计算内容可得到以下结论：

（1）静力作用下，各堆积高程尾矿坝大部分土体都处于受压状态，坝体内部应力分布较为均匀，大小主应力最大值均出现在坝体底部与坝基交界处中心位置，1069m 的尾矿坝的大、小主应力最大值分别约为 -1.87MPa 和 -0.75MPa 。竖向应力的分布形态与大小主应力大致相同；剪应力等值线

主要集中于坝体底部与坝基交界处偏下游位置，但是剪应力值不大。

(2) 静力工况下，各堆积高程尾矿坝的水平向位移均以下游向为主，由各级堆积高程的尾矿坝坝坡中部向下游向产生逐渐减小的水平位移，水平位移的最大值随着堆积高程的降低而降低。各级堆积高程尾矿坝在静力工况下的竖直向沉降位移是由堆积坝体中轴上坝顶偏下一定距离出现最大值，并向四周逐渐减小，竖直向沉降位移的等值线分布比较均匀，并且大致与尾矿坝体型轮廓线平行，没有不均匀沉降现象出现。竖向沉降的最大值随着堆积高程的增加而略有增加，1069m 堆积高程下的最大沉降值为 0.89m 但均远小于尾矿坝坝高的 1%。

(3) 地震作用下，各堆积高程尾矿坝的大主应力分布全部处于受压状态。大主应力的分布形式大致相同，随高程增加而增加。最大值均在中轴线底部偏右岸侧出现，1069m 堆积高程下最大值为 1.91MPa，并以最大值点为中心向四周逐渐减少。小主应力等值线的分布形式大致与坝基面保持平行，动剪应力出现底部大顶部小的趋势。

(4) 各堆积高程的尾矿坝的水平向位移均以坝体中部挤压为主，出现在坝坡中间下部土体中；竖直向沉降位移是由堆积坝体顶部出现最大值，最大沉降值为 0.29m 并沿坝轴线向下逐渐减小。

(5) 由于振动过程中顶部有效应力减小与鞭梢效应的联合作用各堆积高程的尾矿坝的加速度反应的最大值一般发生在坝体顶部。

(6) 在地震反应结束时的最大孔压比值较大，最大值为 0.45，未达到液化，且考虑到计算为完全不排水条件，而由于尾矿料的渗透系数 ($10^{-4} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$) 较大，使实际地震过程中产生一定程度的排水，因此结合实际条件尾矿坝坝坡液化的可能性更小。

(7) 各静力、动力工况下尾矿库工程的抗滑稳定安全系数均在 1.59~3.31 之间，均满足尾矿设置设计规范中规定的安全系数要求，说明该尾矿坝工程在各静力、动力组合工况下的坝坡的稳定性是安全可靠的。

2.6.2.3 尾矿坝溃坝分析结论和建议

2.6.2.3.1 结论

马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝分析研究主要对尾矿库溃坝原因进行了风险识别，并针对典型失效路径评估失事概率，拟定典型溃坝工况，采用水动力计算数学模型，对溃坝洪水及尾矿砂演进进行计算，并对下游风险识别区域内的洪水风险影响进行评估和分析，最后对下游受影响区域进行避洪转移分析。主要结论如下：

（1）针对马家沟尾矿库潜在溃决风险，通过分析总结失事案例，找出典型失事模式，进一步拟定尾矿坝的溃决模式，总体可概括为初期坝以上1/3堆积坝瞬溃工况、最危险滑动面以上瞬溃工况和漫顶工况。

（2）采用极限平衡法对坝坡稳定进行分析，结合可靠度相对安全率法计算其坝坡稳定可靠指标，通过概率及数理统计理论，结合溃坝时坝址处发生相应地震烈度的失效概率及管涌发生后的溃坝概率，得到基于坝坡失稳失效模式的尾矿坝失效概率计算方法；马家沟尾矿库边坡稳定失效概率为 2.80×10^{-7} ，在遭遇加速度值为 $0.05g$ ，烈度为6度的地震时，对应溃坝概率为 1.54×10^{-9} 。参照《水库大坝安全管理应急预案编制导则》(SL/Z720-2015)中大坝风险发生可能性程度等级标准，地震溃坝风险等级为极低。

（3）通过对类似工程溃坝实例的反演分析，通过数学模型的可靠性分析和计算精度验证主要对比相似工程中溃坝过程和洪水演进过程，模拟结果与实际溃坝数据误差较小，验证了计算模型的准确性。

（4）在靠近坝址附近区域影响较大，而且淹没深度变化较大，距离坝址越远，溃坝沙流到达时间越晚，最大淹没深度越小，最大流量也越小，符合泥石流运动的一般规律；溃坝瞬时泄沙量越大，最大淹没深度越大，下游各敏感点达到最大淹没深度的时间越早，影响越大；随着演进时间的增加，淹没深度从某一时刻开始出现，并逐渐增大，在演进期间某一时刻流量达到最大，淹没深度达到峰值，之后又逐渐减小，最后趋于稳定。

(5) 坝体失稳情况下，溃坝泥石流在坝址处流量大，流速快，淹没深度大，破坏性强。初期坝下游沟谷地表多树木，两侧山体高，下泄沙流在沟谷内淹没深度较大，淤积较多。

(6) 对最危险工况下的淹没区域安全性进行了分析，并与最危险工况下的水深进行比较。结果表明，三人场村的浆砌石挡墙需要进行加高处理，高度应不少于 6m；万村和赵楼村的自然条件可满足防洪安全需求。但出于安全考虑，溃坝发生时当地居民也应迅速向远离沟道的高地处转移，以尽可能避免可能出现的其他风险，减小生命损失。

2.6.2.3.2 建议

目前国内尾矿坝安全管理水平均有显著提高，尾矿库发生溃坝险情的概率也明显降低，但是在极端情况下尾矿坝发生溃决的可能性依然存在。为避免发生马家沟尾矿坝溃决事故，应做好下列各类必要的安全管理维护工作：

(1) 马家沟尾矿库在加高过程的施工阶段，必须严格把控施工质量；此外，三人场村处当前挡墙高度不能满足最危险工况下淹没水深的防护需求，建议企业将浆砌石挡墙加高至 6m 高度，以应对最危险工况下的安全防护需求。

(2) 确保尾矿坝在运行期的各类安全监测仪器正常运行、各项安全监测指标在允许的范围内，一旦监测参数出现异常，应立刻采取相应的应急措施。

(3) 确保尾矿库排洪、排渗系统正常工作，及时观测坝体变形和浸润线，保持浸润线满足控制浸润线要求，对尾矿堆积坝外坡面进行覆盖并植草，防止沙尘飞扬和雨水冲刷。

(4) 地震往往是突发事件，虽然发震时刻难以预测，但发震前，在震区一定范围内一般是有一定先兆的，因此，应加强与国家地震局地震预报中心的密切联系，根据其发布的区域地震监测分析结果，视情况采取必要

的降低水位运行的措施。

（5）健全安全管理机构和安全管理制度，配备安全管理及尾矿库技术管理人员，对尾矿库管理人员进行安全技术培训，持证上岗。在日常安全管理中，严格执行安全生产管理制度，按期检查。

（6）应切实加强尾矿坝的安全监测工作，若发现有滑坡迹象后，必须尽快进行工程处理，防患于未然。当对大坝进行工程处理后，其滑坡迹象未见好转，反而有恶化的趋势时，应引起高度关注，同时必须向地方政府通报有关的工程隐患，磋商可能的应急避害措施。

（7）企业应确保投入足够的用于安全生产的资金，今后在生产运行过程中，对安全设施的维护、更新，安全生产教育、培训以及劳动保护等方面每年应根据安全生产和管理的变化要求投入相应的费用，使安全管理工作 and 措施落到实处。

3 定性定量评价

定性定量评价是选择科学、合理、适用的评价方法，对可能导致重大事故的危险、有害因素进行定性、定量分析，给出引起重大事故发生的致因因素、影响因素和事故严重程度，为制定安全对策措施提供科学依据。

为了下一步马家沟尾矿库加高扩容工程项目尽可能减少设计中的失误和不足，避免建设项目在安全上的先天不足，确保后期建设的安全。本评价依据国家关于安全生产的有关法律、法规、规程、技术标准、设计规范，分单元进行安全预评价，定性评价方法主要有安全检查表法、预先危险性分析等评价方法，定量评价主要有稳定性分析、洪水计算、调洪演算、防洪系统水力计算等评价方法。

本评价按以下划分的评价单元进行评价：

- (1) 库址选择单元
- (2) 尾矿坝单元包括 2 个子单元（库等别单元和尾矿坝单元）
- (3) 防排洪系统单元
- (4) 安全监测设施单元
- (5) 辅助设施单元
- (6) 库内船只单元
- (7) 安全标志单元
- (8) 安全管理单元

3.1 库址选择单元

3.1.1 可研及现状概述

马家沟尾矿库西北侧 1.5km 处为选厂，尾矿库上游及北侧无重要设施。

初期坝坝脚下游约 1.0km 处为三人场村小学，与沟底高差 10m 以上，沟谷右侧有一片竹林，竹林对面为三人场村卫生所，与沟谷高差 5m 左右，

附近为三人场村三十多户居民，位于高处。

企业在三人场村竹林上方建一浆砌石挡墙，用以缓冲和拦挡尾砂，并在居民区东北区域开挖明渠，用于排放洪水和尾矿溃坝时的尾砂排放。

具体内容详见 2.5.1 和 2.4.4.1。

3.1.2 影响库区安全的自然客观因素分析

(1) 地震

根据该尾矿库工程地质勘察报告，“洛阳市嵩县抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g，设计地震分组为第一组。”由于地震是一种能产生巨大破坏作用的自然现象。发生地震时，一方面是由于筑坝材料为细砂或均匀松散物料时容易产生振动液化。其机理是饱和松散砂土受震动或剪切面发生体积收缩时，砂土孔隙中水分不能立即排出，部分或全部有效应力转变为孔隙压力，砂土抗剪强度减少或为零。另一方面由于坝体或建（构）筑设施不能满足防震要求，强烈地震可能造成尾矿坝体损坏或溃坝事故，库内的尾砂将形成强大的泥石流，将对下游的人员及财产造成危害。

(2) 泥石流

泥石流是指在山区或者其他沟谷深壑，地形险峻的地区，因为暴雨、暴雪或其他自然灾害引发的山体滑坡并携带有大量泥沙以及石块的特殊洪流。泥石流具有突然性以及流速快，流量大，物质容量大和破坏力强等特点。马家沟尾矿库加高扩容工程项目至 1074m 标高时，总坝高将达到 141m，加上库内储存大量的尾矿水，是一个大的泥石流危险源。尾矿库一旦垮坝发生泥石流将会对库下游的生产设施和居民居住点造成毁灭性的影响。

(3) 特大暴雨

马家沟尾矿库现状汇水面积为汇水面积 1.31km²（现状库内 0.919km²，拦洪坝以上 0.391km²）。若遇连续暴雨形成山洪时，库区汇水面积内的水流汇集到库内，如果尾矿库排水设施和防洪构筑物排水能力不能满足尾矿

库泄洪要求，或排水设施堵塞、坍塌等意外情况时，就会造成库内水位过高、影响坝体稳定，出现洪水漫坝甚至酿成尾矿库溃坝的后果。

（4）山体坍塌

指物体在外力或重力作用下，超过自身的强度极限或因结构稳定性破坏而造成的事故。

尾矿浆浸泡岸坡，洪水来临，四周山体可能出现山体滑坡或坍塌，造成库水位上升，严重时可能造成洪水漫顶。库区道路修筑，有可能造成局部山体坍塌。

（5）雷电

雷电作用时间短暂，出现的机会不大，但雷电可能毁坏尾矿库的各种设施和构筑物，尤其是易对尾矿库的在线监测设施造成损坏，影响在线监测设施的正常使用，无法及时传输实时监测数据或传输数据不准确，造成尾矿库管理人员不能实时掌握尾矿库运行情况，无法及时发现库内险情，对尾矿库形成巨大的破坏。同时发生雷电时通常都伴随着降雨，从而造成重大灾害事故。

（6）大风

大风不但可以摧毁建筑物，还可造成停电、停水及生产运输中断等情况，因此，在生产过程中要事先做好预防工作，在大风突然袭来时，露天作业人员必须采取防风保护措施，对主要设备设施采取防风措施。

（7）降雪

降雪将会造成上坝道路及坝顶、坝面湿滑，作业人员工作时容易造成滑倒摔伤事故，甚至会造成作业人员从坝顶滑落至坝底导致人员伤亡。

（8）冰雹

冰雹灾害是由强对流天气系统引起的一种剧烈的气象灾害，它出现的范围虽然较小，时间也比较短促，但来势猛、强度大，并常常伴随着狂风、强降水、急剧降温等阵发性灾害性天气过程。如果作业人员在坝上作业没

有及时撤离至安全处，将会被冰雹砸伤，甚至造成人员伤亡。

(9) 高、低温危害

尾矿库所在区域年最高气温 39.9℃，最低气温-13.1℃。气温对人的作用广泛，作用时间长。

在高温环境中作业，由于不良气象因素的综合作用，可使体温调节系统、水盐代谢系统、循环系统、消化系统和神经系统产生生理机能的改变和障碍，工人在高气温与强热辐射的环境中操作，如防护不当，可发生中暑，损害工人健康，甚至造成死亡。

在库区作业时，作业人员容易受到高气温与强热辐射的影响，从而出现高温危害。

严寒除有可能导致设备、管道冻损破裂外，还可造成通道结冰，行走滑跌，并造成人员冻伤等低温危害。

3.1.3 库址及周边环境安全评价

根据《工业企业总平面设计规范》、《尾矿库安全规程》、《尾矿设施设计规范》等的相关规定，运用安全检查表，将法律、法规、技术标准和规范中的相关规定逐项对照评价，以判定该尾矿库库址选择的符合性，详细内容见表 3-1-1。

表 3-1 库址及周边环境安全检查表

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
1	尾矿库宜靠近选矿厂，选择在建坝条件好的荒山、沟谷，并应充分利用地形，使尾矿自流输送。当条件许可时，应结合表土排弃进行复垦。	尾矿库靠近选矿厂，尾矿库所在沟谷为荒山，此次为加高扩容工程项目，充分利用了地形。	符合	《工业企业总平面设计规范》 GB 50187-2012 第 3.6.5 条	
2	尾矿库不应设在下列地区：1、风景名胜區、自然保护区、饮用水保护区； 2、国家法律禁止的矿产开采区域。	尾矿库加高扩容工程项目在现有库址进行，不位于风景名胜區、自然保护区、饮用水保护区；库址不位于国家法律禁止的矿产开采区域。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.1.1 条	

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
3	尾矿库选址应经多方案技术经济比较综合确定,并应符合下列要求:1、不宜位于大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产地和大型居民区上游;2、不宜位于居民集中区主导风向的上风侧;3、应不占或少占农田,并应不迁或少迁居民;4、不宜位于有开采价值的矿床上面;5、汇水面积应小,并应有足够的库容;6、上游湿排尾矿库应有足够的初、终期库长;7、筑坝工程应小,生产管理方便;8、应避开地质构造复杂、不良地质现象严重的区域;9、尾矿输送距离应短,宜能自流或扬程小。	尾矿库加高扩容工程项目在现有库址进行,库区下游无大型工矿企业、大型水源地、重要铁路、水产地和大型居民区上游;不位于居民集中区主导风向的上风侧;尾矿库不占农田,不迁居民;不位于有开采价值的矿床上面;汇水面积 1.31km ² ,现状库内 0.919km ² ,拦洪坝以上 0.391km ² ,有足够的库容;有足够的初、终期库长;生产管理方便;无地质构造复杂、不良地质现象严重的区域;尾矿扬送至尾矿库。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.1.2 条	
4	尾矿库建、改建和扩建工程应按基本建设程序进行岩土工程勘察。	2025 年 9 月,湖南中核建设工程有限公司(岩土工程(勘察)甲级)编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.1.1 条	
5	尾矿库岩土工程勘察应符合国家标准要求,按工程建设各勘察阶段的要求,正确反映工程地质和水文地质条件,查明不良地质作用、地质灾害及影响尾矿库和各构筑物安全的不利因素,提出工程措施建议,形成资料完整、评价正确、建议合理的勘察报告。	2025 年 9 月,湖南中核建设工程有限公司(岩土工程(勘察)甲级)编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》,查明了尾矿库场地没有岩溶、滑坡、泥石流、采空区、地下洞穴、危岩、崩塌、地面沉陷等不良地质作用,此报告内容齐全,提出了工程措施及建议。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.1.2 条	
6	新建、改建和扩建尾矿库工程详细勘察应符合下列要求查明坝址、坝肩、库区、库岸的工程地质和水文地质条件; 提供区域地质构造、地震地质资料,分析场地地震效应,并提供抗震设计有关参数; 查明可能威胁尾矿库、尾矿坝及排洪设施安全的滑坡、潜在不稳定岸坡、泥石流等不良地质作用	2025 年 9 月,湖南中核建设工程有限公司(岩土工程(勘察)甲级)编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》,查明了库区的工程地质和水文地质条件;提供了区域地质构造、地震地质等资料及相关参数;查明了尾矿库场	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.1.3 条	

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
	的分布范围并提出治理措施建议； 查明坝基、坝肩以及各拟建构筑物地段的岩土组成、分布特征、工程特性，并提供岩土의强度和变形参数； 分析和评价坝基、坝肩、库岸、排洪设施场地等的稳定性，并对潜在不稳定因素提出治理措施建议； 分析和评价坝基、坝肩、库区的渗漏及其对安全的影响，并提出防治渗漏的措施建议； 分析和评价排洪隧洞、排水井、排水斜槽、排水管和截洪沟等排洪构筑物地基（围岩）的强度、变形特征，当围岩强度不足、地基不均匀或存在软弱地基时，应提出地基处理措施建议； 判定水和土对建筑材料的腐蚀性； 确定筑坝材料的产地，并查明筑坝材料的性质和储量。	地没有岩溶、滑坡、泥石流、采空区、地下洞穴、危岩、崩塌、地面沉陷等不良地质作用；查明扩容新建排洪构筑物地段的岩土组成、分布特征等相关参数，提出影响构筑物的安全的治理措施；判定了水和土对建筑材料的腐蚀性。 此报告内容齐全，涵盖了此条标准的相关要求。			
7	改建和扩建尾矿库工程还应对尾矿堆积坝进行岩土工程勘察，勘察应符合下列要求： 查明尾矿堆积坝的成分、颗粒组成、密实程度、沉（堆）积规律、渗透特性； 查明堆积尾矿的工程特性； 查明尾矿坝坝体内的浸润线位置及变化规律； 分析已运行尾矿坝坝体的稳定性； 分析尾矿坝在地震作用下的稳定性和尾矿的地震液化可能性。	2025 年 9 月，湖南中核建设工程有限公司（岩土工程（勘察）甲级）编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》，查明尾矿堆积坝的成分、颗粒组成、密实程度、沉（堆）积规律、渗透特性；查明堆积尾矿的工程特性；查明了尾矿坝坝体内的浸润线位置及变化规律；分析了已运行尾矿坝坝体的稳定性；明确了尾矿库原始场地为抗震有利地段，可不考虑地基土的地震液化及震陷影响等。 此报告内容齐全，涵盖了此标准的相关内容。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.1.4 条	
8	应根据泥石流发生的条件、泥石流的性质及危害状况、泥石流发展趋势，结合当地自然条件和社	堆积坝子坝采用库区开挖风化料堆筑，为避免山坡及坝坡降雨径流水冲刷堆积	符合	《泥石流灾害防治工程设计规范》 DZT0239-2004	

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
	会经济实际制定植被与工程防治相结合的综合治理方案。	体,设计在平台马道内侧及坝坡面设置纵、横向排水沟,堆积体两岸坝肩设置排水边沟。		第 4.8.1 条	
9	尾矿库不应设在下列地区: 国家法律、法规规定禁止建设尾矿库的区域; 尾矿库失事将使下游重要城镇、工矿企业、铁路干线或高速公路等遭受严重威胁区域。	尾矿库加高扩容工程项目在现有库址进行,尾矿库库区不属于国家法律、法规规定禁止建设尾矿库的区域;库区下游无重要城镇、工矿企业、铁路干线,尾矿库对高速公路无影响等。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.2.1 条	
11	尾矿库库址选择应根据汇水面积、工程地质及水文地质、库长、库区周边环境等因素经方案技术经济比较综合确定,并应符合下列要求: 汇水面积小,并有足够的库容; 避开不良地质现象严重区域; 上游式尾矿库有足够的初、终期库长; 上游式尾矿库库底平均纵坡不得陡于 20%。	尾矿库加高扩容工程项目在现有库址进行。 尾矿库汇水面积、库容、初、终期库长经过设计均满足要求。 2025 年 9 月,湖南中核建设工程有限公司(岩土工程(勘察)甲级)编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》,尾矿库场地没有岩溶、滑坡、泥石流、采空区、地下洞穴、危岩、崩塌、地面沉降等不良地质作用。 尾矿库利用段库底纵向平均坡降 4.8%。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.2.2 条	

3.1.4 尾矿库下游安全性分析

3.1.4.1 圣·维南溃坝理论类比分析

尾矿库加高扩容工程后总坝高为 141m,溃坝后坝轴线处尾砂淹没高度可按圣·维南溃坝理论类比分析。马家沟尾矿库溃坝后坝址处的尾砂高度约为 4/9 倍尾矿库总坝高,则尾矿库坝址处约为 62.67m;溃坝后距初期坝 0.5km 处尾砂淹没河床的高度约为总坝高的 1/10,则约为 14.1m;距初期坝 1km 处尾砂淹没河床的高度约为总坝高的 1/20,则为 7.05m;距初期坝 2km 处尾砂淹没河床的高度约为总坝高的 1/40,则约为 3.53m;距初期坝 3km 处尾砂淹没河床的高度约为总坝高的 1/80,则约为 1.76m。

3.1.4.2 溃坝分析报告

2025 年 9 月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝分析专题报告》，溃坝分析专题报告结论如下：

对最危险工况下的淹没区域安全性进行了分析，并与最危险工况下的水深进行比较。结果表明，三人场村的浆砌石挡墙需要进行加高处理，高度应不少于 6m；万村和赵楼村的自然条件可满足防洪安全需求。但出于安全考虑，溃坝发生时当地居民也应迅速向远离沟道的高地处转移，以尽可能避免可能出现的其他风险，减小生命损失。

3.1.5 安全对策措施及建议

（1）参照 2025 年 9 月西安理工大学水利水电学院编制完成的《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝分析专题报告》，三人场村的浆砌石挡墙需要进行加高处理，高度应不少于 6m。建议下步设计完善三人场村浆砌石挡墙的加高设计内容以及地基处理措施，并完善相关图纸。

（2）建议下步设计完善尾矿库周边环境图，补充流经路径，并标注安全控制区内的各敏感点，并明确提出相关管理要求。

（3）针对下游的万村和赵楼村，下步设计建议企业编制应急救援预案时，将万村和赵楼村列入救援范围。每年应急救援演练时邀请下游村庄居民参与联动演练，并针对演练结果，有针对性地进行培训。建议企业每年在合适的时间、地点组织下游村庄居民参加应急义务讲座，明确告知尾矿库存在的风险、防范措施以及撤离信号等，提高下游人员的防范意识。当听到撤离信号时，教育下游人员按指定的疏散路线和疏散区域撤离。

（4）在下游村庄等显著位置设置安全警示牌，安全警示牌上应清晰注明避灾线路和避灾区域，并在合适位置设置警报器，和下游相关人员保持

联动，一旦发现险情，及时疏散下游人员。

(5) 企业必须经常巡视库区周边环境，对库区四周山体必须加强巡视观测，发现滑坡及异常现象及时处理。坝顶及库区内严禁设计以外的其他任何建筑物或设施的建设。

(6) 必须加强水质、水量的观测，发现水量变大、水质变浑的不利现象时，必须采取相应安全措施，如增加事故池及渣浆泵等设施，防止含有大量尾砂的尾矿水泄入下游河道，污染环境。

(7) 企业应依靠当地政府有关部门，严禁在库区下游控制区新建民宅和其他重要设施。

3.1.6 评价单元小结

通过现场勘察分析：现状尾矿库区内未发现发生大面积滑坡、塌方及泥石流迹象。下一步工作中，企业应高度重视尾矿库区及周边安全管理工作，及时进行安全检查，消除安全隐患。

综上所述，现状尾矿库区周边环境适应性好，能够满足尾矿库加高扩容工程的需要。对本次评价提出的建议和补充的安全对策措施应予以认真落实。

3.2 尾矿坝单元

3.2.1 库等别单元

3.2.1.1 可研报告简述

尾矿库的等别决定了坝体安全稳定系数、洪水频率、安全超高等标准的取值，因此，应进行尾矿库等别的评价。

加高扩容工程后尾矿库最终坝顶标高 1074m，总坝高 141m。尾矿库设计总库容约 $2172.37 \times 10^4 \text{m}^3$ ，尾矿库为二等库。

依据《尾矿库安全规程》（GB39496-2020），尾矿库加高扩容工程项

目防洪标准应提高一个等级，尾矿库的防洪设计标准按一等库考虑。本次设计洪水标准均取 2000 年一遇。

3.2.1.2 库等别安全检查表

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013），尾矿库等别划分标准见表 3-2-1，上游式尾矿库相关标准见表 3-2-2。

表 3-2-1 尾矿库等别划分标准表

等别	全库容 V (10000m ³)	坝高 H (m)
一	$V \geq 50000$	$H \geq 200$
二	$10000 \leq V < 50000$	$100 \leq H < 200$
三	$1000 \leq V < 10000$	$60 \leq H < 100$
四	$100 \leq V < 1000$	$30 \leq H < 60$
五	$V < 100$	$H < 30$

注：当按尾矿库的全库容和坝高分别确定的尾矿库等别的等差为一等时，应以高者为准；当等差大于一等时，应按高者降一等确定。除一等库外，对于尾矿库失事将使下游重要城镇、工矿企业、铁路干线或高速公路等遭受严重灾害者，经充分论证后，其设计等别可提高一等。

表3-2-2 上游式尾矿库相关标准

尾矿库等别		一	二	三	四	五
洪水重现期 (a)		1000~5000 或 PMF	500~1000	200~500	100~200	100
坝坡稳定系数 (简化毕肖普法)	正常运行	1.5	1.35	1.30	1.25	1.25
	洪水运行	1.3	1.25	1.20	1.15	1.15
	特殊运行	1.2	1.15	1.15	1.10	1.10
构筑物的级别	主要构筑物	1	2	3	4	5
	次要构筑物	<3	3	5	5	5
	临时构筑物	4	4	5	5	5
最小安全超高(m)		1.50	1.00	0.70	0.50	0.40
最小干滩长度 (m)		150	100	70	50	40

注：PMF 为可能最大洪水。

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规定，采用安全检查表法，将尾矿库库容、坝高等参数与划分标准要求对照，以评价尾矿库等别在安全上的符合性。

表 3-2-3 尾矿库等别检查表

序号	尾矿库运行阶段	检查内容	现状参数	评价依据参数	评价结论
1	现状	全库容	$550 \times 10^4 \text{m}^3$	$100 \times 10^4 \text{m}^3 \leq V < 1000 \times 10^4 \text{m}^3$	符合四等库标准
		坝高	81m	$60 \text{m} \leq H < 100 \text{m}$	符合三等库标准
2	原设计终期	全库容	$845.7 \times 10^4 \text{m}^3$	$100 \times 10^4 \text{m}^3 \leq V < 1000 \times 10^4 \text{m}^3$	符合四等库标准
		坝高	95m	$60 \text{m} \leq H < 100 \text{m}$	符合三等库标准
3	可研加高扩容终期	总库容	$2172.37 \times 10^4 \text{m}^3$	$1000 \times 10^4 \text{m}^3 \leq V < 10000 \times 10^4 \text{m}^3$	符合三等库标准
		总坝高	141m	$100 \text{m} \leq H < 200 \text{m}$	符合二等库标准
4	坝下游状况		下游 1.0km 有三人场村，尾矿库洪水计算提高一等按一等库 2000 年一遇进行校核。		

通过表3-2-3检查表分析，尾矿库现状等别为三等库，由于下游1.0km有三人场村尾矿库按二等库进行设计。加高扩容终期为二等库，洪水计算参照《尾矿库安全规程》需提高一等按一等库进行校核。

尾矿库加高扩容工程项目主要构筑物为2级，次要构筑物为3级，临时构筑物为4级。

尾矿库加高扩容工程项目防洪标准按一等库2000年一遇进行校核。最小安全超高1.0m，最小干滩长度100m；坝坡抗滑稳定最小安全系数值按照二等库（简化毕肖普法）进行校核，正常运行时： $K_{\min}=1.35$ ，洪水运行时： $K_{\min}=1.25$ ，特殊运行时： $K_{\min}=1.15$ 。

3.2.1.3 评价单元小结

运用安全检查表法对尾矿库的等别进行评价，依照《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规定，马家沟尾矿库加高扩容工程项目设计最终等别为二等库。

3.2.2 尾矿坝单元

3.2.2.1 可研简述

3.2.2.1.1 堆积坝

1028m 标高以上采用上游法湿式堆存，子坝采用库区开挖风化料堆筑，

最终堆积标高 1074m，每 5m 标高布置 3m 宽的马道，每级平台外坡比为 1:3.4，平均堆积坡比 1:4.0。

3.2.2.1.2 防渗设施

在库区周边山体整体敷设 150g/m² 土工布—1.0mmHDPE 膜—150g/m² 土工布，暂定每 10m 布置一个锚固平台，锚固平台高差可依据坝体上升速度适当进行调整。

3.2.2.1.3 排渗设施

2019 年 3 月，尾矿库排渗设施进行了变更设计，在 984m、994m、1004、1014m 标高布置槽孔式弧形排渗管。槽孔排渗管沿坝轴线方向每 10m 间距布设一根，排渗管单根长 110m，排渗管导水管段长 60m，弧形渗水管段长 50m，目前排渗效果良好。

本次加高扩容要求在 1024m、1034m、1044、1054m 及 1064m 标高布置槽孔式弧形排渗管，布置参数同 2019 年 3 月设计变更。

3.2.2.2 现状简述

3.2.2.2.1 堆积坝

现状有六级子坝。堆积坝每级子坝高度为 5m，子坝外坡坡度为 1: 3.4，马道宽度为 3m。堆积坝坝顶标高为 1014.0m，滩顶标高为 1012.9m，堆积坝高 30m，平均外坡比 1: 4.0。

详见 2.4.4.2.2。

3.2.2.2.2 防渗

淹没区以上约 2m 均铺设有防渗膜。

详见 2.4.4.3.1。

3.2.2.2.3 排渗

马家沟尾矿库排渗设施包括库底排渗盲沟和堆积坝排渗管。

(1) 排渗盲沟

查阅原始资料，库底设置排渗盲沟，全长 1100m。右侧（面向下游）支沟内施工排渗盲沟 320m，主沟内施工排渗盲沟 780m。

（2）堆积坝排渗管

第一级子坝外坡施工 17 根排渗管，第三级子坝外坡施工 24 根排渗管，第五级子坝外坡施工 33 根排渗管。

因环保要求，雨水与污水不能混排，排渗管通过三通与外接导水管连接，将渗水导致坝体左岸 1 根 $\phi 150\text{mm}$ 钢管内，导入初期坝下沉淀蓄水池。

详见 2.4.4.3.2。

3.2.2.3 尾矿坝主要危险、有害因素辨识及分析

3.2.2.3.1 主要危险因素辨识与分析

尾矿坝的主要危险来源于尾矿坝的主要危险因素所造成尾矿坝的失事。

（1）坝坡失稳（溃坝）

坝坡的稳定性是影响尾矿库安全的重要因素，是重点评价的对象之一。通常尾矿库坝体稳定性差而造成尾矿坝体位移、溃坝的原因有设计、施工、运行管理等方面的因素。

（2）渗流破坏

该尾矿库堆积坝坝体渗水通过排渗管排出库外，如果渗流遭到破坏，也是造成溃坝的主要原因之一。

（3）管涌

对尾矿库具有极大的危害性，它首先会对当地水体和环境造成污染，由于它不断冲刷带走泥砂，直径也随之增大，最后可能导致大坝决口、溃坝。产生管涌的主要原因有：①库坝基础存在软弱层或坝体内存在软弱夹层；②岩溶渗漏、塌陷；③尾矿库运行过程中若坝体渗水不能及时排出，长期浸泡坝体，也形成管涌危害。

（4）操作维护不当

操作不当造成的有害因素主要表现在：尾矿排放管开启太少，造成沉积滩坡度过缓，导致调洪库容不足；未能均匀排放，沉积滩彼此起伏，库内水位太高，导致干滩过短；巡查不及时，尾矿排放管件漏浆冲刷坝体；长期对排洪构筑物不进行检查、维修，致使堵塞、塌陷等隐患未能及时发现等，均可能造成大的事故。

（5）其它危险因素

尾矿库附近违章活动引发的震动等因素，如不引起足够的重视和预防，也会成为诱发尾矿库事故的危险因素。

3.2.2.3.2 主要有害因素辨识与分析

（1）粉尘污染

对尾矿库来说，粉尘的危害主要存在于场地平整等过程中，尾矿库运行期间需开挖库区风化料进行堆积坝筑坝等。

（2）噪声和振动

生产性噪声及振动指在生产过程中产生的对职工健康和工作有妨碍的声音。马家沟尾矿库的噪声及振动源主要为砂泵站的砂泵和回水泵，其产生的危害是多方面的。

（3）不良气候条件

气温对人的作用广泛，作用时间长。在高温环境中作业，由于不良气象因素的综合作用，可使体温调节系统、水盐代谢系统、循环系统、消化系统和神经系统产生生理机能的改变和障碍，工人在高气温与强热辐射的环境中操作，如防护不当，可发生中暑，损害工人健康，甚至造成死亡。

在库区作业时，作业人员容易受到高气温与强热辐射的影响，从而出现高温危害。

严寒除有可能导致设备、管道冻损破裂外，还可造成通道结冰，行走滑跌，并造成人员冻伤等低温危害。

3.2.2.4 坝体安全合理性和符合性评价

3.2.2.4.1 安全检查表评价

(1) 现状坝体符合性评价

由于本工程为马家沟尾矿库加高扩容工程，尾矿库现状坝体稳定性是加高扩容工程项目的基础，将直接决定项目的成败，为确保本项目的安全可靠，对现状坝体的安全可靠性的评价是十分必要的，评价现状坝体与原设计及规范规程的符合性采用检查表法进行定性评价，详见表 3-2-4。

表 3-2-4 现状尾矿库坝体安全检查表

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
1	坝基处理应满足渗流控制和静、动力稳定要求。	坝基清理至基岩，满足渗流控制和静、动力稳定要求。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.1.4 条
2	地震设防烈度为 7 度及 7 度以下的地区，宜采用上游式筑坝；地震设防烈度为 8 度~9 度的地区，宜采用下游式或中线式主坝，采用上游式筑坝时应采取抗震措施。	尾矿库抗震设防烈度为 6 度，采用上游式筑坝。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.1.6 条
3	上游式尾矿坝的初期坝下游坡面应沿标高每隔 10m~15m 设一条马道，宽度不宜小于 1.5m。	初期坝下游外坡标高 969.0m 和标高 954.0m 处各设一条马道，马道宽 2.0m。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.5 条
4	尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处应设置坝肩截水沟。	尾矿坝和左侧山体衔接处设置坝肩截水沟，与右侧山体衔接处设置应急溢洪道。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.6 条
5	上游式尾矿坝下游坡面上，可每隔 6~10m 高差设置截水沟。	初期坝的两级马道和坝顶设有横向排水沟。堆积坝二级、四级子坝马道内侧设有横向排水沟。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.7 条
6	尾矿堆积坝下游坡面维护宜采用以下措施： 1、采用碎石、废石或山坡土覆盖坡面； 2、坡面植草或灌木类植物。	堆积坝均采用山坡碎石土筑坝，下游坡面均植草。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.10 条
7	上游式尾矿坝沉积滩顶至设计洪水水位的高差不得小于二等库上游式尾矿坝的最小安全超高 1.0m 和最小滩长 100m。	现状子坝六级，现状坝高 81m，目前干滩长度 400m，滩面坡度约 1.0%，安全超高 4.0m；洪水期最小干滩长度为 100m，最小安全超	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.3.8 条

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
		高为 1.0m。均满足二等库最小安全超高 1.0m、最小干滩长度 100m 的要求。		
8	尾矿坝应满足静力、动力稳定要求,尾矿坝应进行稳定性计算,坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于二等库规定的数值。	尾矿库初期坝高 51m, 现状堆积坝高 30m, 坝体稳定性按规程要求经计算确定, 详见“3.2.2.7.1 坝体稳定性评价”。 坝体稳定性计算结果表明: 现状尾矿库坝体的抗滑稳定系数正常运行 $K_{min}=1.574>1.35$, 洪水运行 $K_{min}=1.536>1.25$, 符合二等库的安全稳定系数要求。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.3.16 条
9	尾矿堆积坝平均堆积外坡比不得陡于 1 : 3。尾矿坝最终下游坡面应设置维护设施,维护设施应满足下列要求: 一设置马道,相邻两级马道的高差不得大于 15 m, 马道宽度不应小于 1.5 m, 有行车要求时, 宽度不应小于 5 m; 一采用石料、土石料或土料等进行护坡,采用土石料或土料护坡的应在坡面植草或灌木类植物; 一设置排水系统,下游坡与两岸山坡结合处应设置坝肩截水沟。	根据可研报告中图纸堆积坝平均外坡比约 1: 4.0。 现状共有六级子坝, 马道均为 3.0m。 堆积坝采用山坡土筑坝, 外坡已植草。 坝体左侧下游坡与山坡结合处设置有坝肩截水沟, 右侧与山坡结合处设置有应急溢洪道。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.3.20 条
10	尾矿库运行期间应加强浸润线监测,严格按设计要求控制浸润线埋深。	企业建立了浸润线观测记录, 浸润线埋深 13.11m-15.31m。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 6.5.1 条
11	尾矿库运行期间,坝体浸润线埋深小于控制浸润线埋深时,应增设或更新排渗设施。	现场踏勘, 一级子坝外坡、第三级子坝外坡和第五级子坝外坡均施工有排渗管, 排渗管渗水清澈透明。因环保要求, 雨水与污水不能混排, 排渗管通过三通与外接导水管连接, 将渗水导入坝体左岸 1 根直径 $\phi 150\text{mm}$ 钢管内, 导入初期坝下沉淀蓄水池。 查阅浸润线观测记录, 浸润线埋深 13.11m-15.31m。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 6.5.2 条
12	初期坝采用碾压堆石坝, 坝高 51m, 坝顶宽 5m, 坝内坡 1: 1.7, 坝外坡 1: 2.0。坝外坡在标高 969.00m 和标高 954.00m 处各设一条马道, 马道宽 2m。	初期坝为透水碾压堆石坝, 坝高 51m, 坝顶宽 5m。坝外坡在标高 969.0m 和标高 954.0m 处各设一条马道, 马道宽 2.0m, 初期坝外坡比 1: 2.0。	符合	《初步设计》

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
13	初期坝外坡设干砌石护坡,初期坝外坡面设置纵、横排水沟。横向排水沟布置于初期坝的马道之上;坝面中间布设一道纵向排水沟与横向排水沟相连;初期坝和山体衔接处设置排水边沟,与坝体横向排水沟衔接。	初期坝外坡设干砌石护坡,初期坝外坡面设置纵、横排水沟。横向排水沟布置于初期坝坝顶和马道内侧;坝面中间布设一道纵向排水沟与横向排水沟相连;初期坝和山体衔接处左侧设置左坝肩截水沟,右侧设置应急溢洪道,均与坝体横向排水沟衔接。	符合	《初步设计》
14	左岸坝肩排水沟断面尺寸由原来: $B \times H = 0.4\text{m} \times 0.8\text{m}$ 变更为 $B \times H = 0.55\text{m} \times 0.4\text{m}$ 。	初期坝左坝肩截水沟为矩形: $B \times H = 0.55\text{m} \times 0.4\text{m}$ 。 尾矿堆积坝的左侧设有坝肩截水沟为矩形, $B \times H = 0.6\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。	符合	《设计变更通知单》
15	纵向排水沟: $B \times H = 0.4\text{m} \times (0.4 \sim 0.8)\text{m}$ 。 横向排水沟: $B \times H = 0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ 。 排水沟均采用浆砌石砌筑,内20mm厚水泥砂浆抹面。	初期坝顶横向排水沟为矩形: $B \times H = 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$; 954.0m 马道横向排水沟为梯形: $(A+B) \times H = (0.4\text{m} + 0.6\text{m}) \times 0.45\text{m}$; 969.0m 马道横向排水沟为梯形: $(A+B) \times H = (0.4\text{m} + 0.7\text{m}) \times 0.55\text{m}$ 。初期坝外坡纵向排水沟为梯形: $(A+B) \times H = (0.3\text{m} + 0.5\text{m}) \times 0.4\text{m}$ 。初期坝排水沟均采用浆砌石砌筑,水泥砂浆抹面。 堆积坝第二级和第四级马道均设置有坝面横向排水沟,断面为矩形,水泥空心砖结构, $B \times H = 0.6\text{m} \times (0.5 \sim 0.6)\text{m}$,水泥砂浆抹面,壁厚 200-300mm。 堆积坝外坡面设纵向排水沟,断面为梯形, $(A+B) \times H = [(0.3\text{m} \sim 0.4\text{m}) + (0.5\text{m} \sim 0.9\text{m})] \times 0.6\text{m}$,浆砌石结构,水泥砂浆抹面,壁厚 400mm。	符合	《初步设计》
16	堆积坝尾砂堆筑子坝变更为山坡碎石土碾压筑坝。	现场踏勘,堆积坝子坝均为山坡碎石土碾压筑坝。	符合	《设计变更通知单》
17	设计堆积子坝高度为 5m,子坝外坡坡度为 1: 3.4,内坡坡度为 1: 2.0,马道宽度为 3m。	根据可研报告中图纸,堆积子坝高度为 5m,子坝外坡坡度为 1: 3.4,内坡坡度为 1: 2.0,马道宽度为 3m。	符合	《初步设计》
18	初期坝采用碾压堆石坝,坝内坡铺设 300mm 厚碎石垫层和 400g/m ² 土工布反滤层及 0.5m 厚碎石护坡。	初期坝为透水堆石坝。 查阅原始资料,坝内坡铺设 300mm 厚碎石垫层和 400g/m ² 土工布反滤层及 0.5m 厚碎石护坡。	符合	《初步设计》
19	为了降低库内的浸润线,库底设置排渗盲沟,深入库区内部。排渗盲沟底宽为 13m,上宽 15m,深 1m,	查阅原始资料,库底设置排渗盲沟,全长 1100m。左侧支沟内施工排渗盲沟 320m,主沟内施工排	符合	《初步设计》

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
	边坡比为 1: 1.0。	渗盲沟 780m。排渗盲沟底宽为 13m, 上宽 15m, 深 1m, 边坡比为 1: 1.0。底部铺设土工膜, 然后回填 10-50mm 碎石, 再用土工布覆盖, 碎石土压覆。		
20	排渗管出口布置在 985.50m、995.50m、1005.50m、1015.50m 对应的库区滩面上。	现场踏勘, 一级子坝外坡施工 17 根排渗管, 三级子坝外坡施工 24 根排渗管, 五级子坝外坡施工 33 根排渗管。	符合	《设计变更》
21	变更后的弧形槽孔式排渗管垂直坝面向库内布设, 沿坝体轴线方向每 10m 间距布设一根。	现场踏勘, 一级子坝外坡施工 17 根排渗管, 三级子坝外坡施工 24 根排渗管, 五级子坝外坡施工 33 根排渗管。	符合	《设计变更》
22	排渗管导水段布置坡度为 1.5%, 渗水管段的每段顶管均以 2° 左右角度向上漂移, 排渗管兼有水平及竖向排渗排渗功能。弧形槽孔式排渗管是 PE 材料的定制排渗管, 采用顶管施工。每根排渗管的设计导水管段长 70m 导水管, 渗水管段长 50m。排渗管总长度 120m。	查阅原始资料, 一级子坝外坡和三级子坝外坡排渗管均采用槽孔式弧形 PE 排渗管, 顶管施工, 直径 $\phi 75\text{mm}$, 单孔长度 120m, 坝前 70m 排渗导管按 1.5% 坡比倾向下游, 后 50m 排渗管均按 2° 向上倾斜。排渗管兼有水平及竖向排渗排渗功能。 根据企业提供第五级子坝外坡排渗管施工记录, 第五级子坝外坡施工 33 根排渗管, 均采用槽孔式弧形 PE 排渗管, $\phi 75\text{mm}$, 单孔长度 120m, 坝前 70m 排渗导管按 1.5% 坡比倾向下游, 后 50m 排渗管均按 2° 向上倾斜。	符合	《设计变更》
23	排渗管由相同直径的渗水管段和导水管段构成, 本次变更设计的弧形槽孔式排渗管截面外径 75mm, 内径 65mm, 其中, 渗水管段凹槽 10mm, 在凹槽内布有直径 8mm 的入水孔。入水孔间距 150mm。花管外包 80 目的不锈钢丝网。	查阅原始资料, 渗水管采用 $\phi 75\text{mm}$ PE 槽孔排渗管, 渗水管段凹槽 10mm, 在凹槽内布有直径 8mm 的入水孔。入水孔间距 150mm。外包 80 目不锈钢网。 查阅五级子坝外坡排渗管施工记录, 渗水管采用 $\phi 75\text{mm}$ PE 槽孔排渗管, 渗水管段凹槽 10mm, 在凹槽内布有直径 8mm 的入水孔。入水孔间距 150mm。花管外包 80 目的不锈钢丝网。	符合	《设计变更》
24	封堵体底部埋设 3 根 $\phi 100\text{mm}$ 钢管作为排渗管。	查阅原始资料, 1#排水井和 2#排水井封堵体底部均施工有排渗管。	符合	《排水井封堵变更》
25	马家沟尾矿库尾矿属“第 II 类一般工业固体废物”, 为了防止尾矿库中的水渗入地下, 库区和初期坝下均采用土工膜 (二布一膜)	现场勘查, 淹没区以上约 2m 均铺设防渗膜。 查阅原始资料, 初期坝下和库区淹没区均采用土工膜 (二布一膜)	符合	《初步设计》

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
	150g/0.75mm/150g) 全防渗。	150g/0.75mm/150g) 全防渗。库区土工膜上压覆碎石土。 根据企业提供的隐蔽工程记录,在铺设土工膜之前对场地进行削坡、整平,清除植被、石块等尖锐物,填平坑凹并压实,再进行防渗膜铺设。		

通过安全检查表分析,马家沟尾矿库现状坝体符合相关规程规范和设计的要求。

(2) 加高扩容工程设计坝体定性评价

根据《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)和《尾矿设施设计规范》GB50863-2013的相关规定,运用安全检查表,将法律、法规、技术标准和规范中的相关规定与可研逐项对照评价,以判定马家沟尾矿库扩建设计坝体方案的符合性,详细内容见表 3-2-5。

表 3-2-5 加高扩容工程坝体安全检查表

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
1	尾矿坝的渗流控制措施必须确保浸润线低于控制浸润线。	可研中明确浸润线控制埋深 15m。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.3.6 条	
2	降低浸润线的措施应结合坝的级别、坝体稳定计算和抗震构造等要求综合分析确定,宜采取下列措施: ①尾矿库建设阶段,在尾矿堆积坝坝基范围内设置排渗褥垫(碎石或土工排水网垫)、排渗管(或盲沟)及排渗井等型式的水平和垂直排渗系统。 ②尾矿坝运行中,随坝体升高适时设置排渗管、盲沟、席垫、垂直塑料排水板或排渗井等型式的排渗系统。	设计利旧工程可靠性分析中,未明确原有防排渗设施的利用情况。 本次加高扩容工程要求在在 1024m、1034m、1044、1054m 及 1064m 标高布置槽孔式弧形排渗管,布置参数同 2019 年 3 月设计变更。	不符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.3.6 条	下步设计落实
3	上游式尾矿坝的初期坝下游坡面应沿标高每隔 10m~15m 设一条马道,不宜小于 1.5m。	设计每 5m 标高布置 3m 宽的马道。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.5 条	

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
4	上游式尾矿坝的堆积下游坡面上，应结合排渗设施每隔5m~10m 高差设置排水沟。	为避免山坡及坝坡降雨径流水冲刷堆积体，设计在平台马道内侧及坝坡面设置纵、横向排水沟，堆积体两岸坝肩设置排水边沟。 排水边沟：B×H=0.6×0.6m。 马道及坡面排水沟：B×H=0.4×0.4m。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.6 条	
5	尾矿堆积坝下游坡与两岸山坡结合处应设置截水沟。	堆积体两岸坝肩设置排水边沟。 排水边沟：B×H=0.6×0.6m。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.5.9 条	
6	扩建或加高的尾矿坝在可行性研究阶段应进行坝体稳定性计算。	可行性研究报告进行了坝体稳定性计算。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.4.1 条	
7	扩建、改建及中期论证的尾矿库尾矿坝稳定性计算断面，应根据勘察资料进行概化分区。	可行性研究报告中稳定性计算已进行概化分区。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.4.1 条	
8	尾矿性质应根据国家有关法规和标准的规定进行鉴别。尾矿性质确定后，应按现行国家标准《地下水质量标准》GB/T14848 的有关规定对尾矿库运行后的地下水水质进行评定，并应根据尾矿库区地下水的功能要求，对尾矿库采取相应的环保防渗措施。环保防渗措施可分期实施。	本次设计在库区周边山体整体敷 设 150g/m ² 土工布 -1.0mmHDPE 膜 -150g/m ² 土工布，暂定每 10m 布置一个锚固平台，锚固平台高差可依据坝体上升速度适当进行调整。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.4.1 条	
9	上游式尾矿坝的初期坝坝高与总坝高之比值应不小于 1/8。	尾矿库初期坝高 51m，加高扩容后总坝高为 141m，初期坝坝高与总坝高之比值为 1：2.8。	符合	《尾矿库安全规程》 (GB39496-2020) 第 5.3.3 条	
10	湿式尾矿库尾矿堆积坝筑坝应满足下列要求： 地震设计烈度为IX度时，上游式尾矿筑坝尾矿堆积高度不得高于 30m； 上游式尾矿筑坝的尾矿浆重量浓度超过 35%时，应进行尾矿堆坝试验研究； 上游式尾矿筑坝的全尾矿 d<0.074mm 颗粒含量大于 85%或 d<0.005mm 颗粒含量大于 15%时，应进行尾矿堆	马家沟尾矿库所处位置地震设计烈度为 6 度；可研扩容后堆积坝高 90m。 工勘扩容后堆积坝高 85.0m，可研和工勘报告的坝高参数不符。 可研设计尾矿排放浓度：30-35%。尾矿粒度组成：< 0.074mm 占 70%。 可研的尾矿粒度与初步设计及企业提供的实际运行参数 80% 左右不符，也与工勘单位提供	不符合	《尾矿库安全规程》 (GB39496-2020) 第 5.3.5 条	建议 下步 设计 落实

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
	坝试验研究。	的全尾颗粒数据平均约79.13%不符。可研的排尾浓度与初步设计及企业提供的实际运行参数40%左右不符。			
11	尾矿坝应进行渗流计算，渗流计算应分析放矿、雨水等因素对尾矿坝浸润线的影响；湿式尾矿库1、2级尾矿坝的渗流应按三维数值模拟计算或物理模型试验确定。	马家沟尾矿库为二等库，2025年9月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维渗流分析报告》和《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维静动力分析报告》。	符合	《尾矿库安全规程》 (GB39496-2020) 第5.3.13条	
12	尾矿坝应满足渗流控制的要求，尾矿坝的渗流控制措施应确保浸润线低于控制浸润线。	可研中明确了浸润线控制埋深15m。	符合	《尾矿库安全规程》 (GB39496-2020) 第5.3.15条	
13	尾矿堆积坝平均堆积外坡比不得陡于1:3。尾矿坝最终下游坡面应设置维护设施，维护设施应满足下列要求： —设置马道，相邻两级马道的高差不得大于15m，马道宽度不应小于1.5m，有行车要求时，宽度不应小于5m； —采用石料、土石料或土料等进行护坡，采用土石料或土料护坡的应在坡面植草或灌木类植物； —设置排水系统，下游坡与两岸山坡结合处应设置坝肩截水沟；尾矿堆积坝的每级马道内侧或上游式尾矿筑坝的每级子坝下游坡脚处均应设置纵向排水沟，并应在坡面上设置人字沟或竖向排水沟； —设置踏步，沿坝轴线方向踏步间距应不大于500m。	设计每级子坝马道宽3m，高度5m，每级平台外坡比下游坡比为1:3.4，设计最终堆积坝高90m，堆积坝下游平均坡比1:4。 在坝顶和坝坡应覆盖护坡土，种植草皮。此项和现状不符，现状采用山坡土筑坝。 设计在平台马道内侧及坝坡面设置纵、横向排水沟，堆积体两岸坝肩设置排水边沟。 排水边沟： $B \times H = 0.6 \times 0.6m$ 。 马道及坡面排水沟： $B \times H = 0.4 \times 0.4m$ 。 堆积坝外坡面未设置踏步。	不符合	《尾矿库安全规程》 (GB39496-2020) 第5.3.20条	建议下步设计完善

3.2.2.4.2 预先危险性分析

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类企业事故经验教训，针对本工程的特点，运用预先危险分析的评价方法，对该单元中可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、原因或触发条件进行

分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施，详见表 3-2-6 尾矿坝预先危险分析表。

表 3-2-6 尾矿坝预先危险分析表

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	坝体失稳	尾矿坝	III	因现状坝体不稳定而造成加高坝体失稳	(1)对现状坝体及库区进行实测，提交设计单位对坝体的可行性进行论证。 (2)对尾矿库现状坝体进行工程地质勘察，查明现状坝体的地层、岩性的沉积规律，尾矿水平、垂直各向的粒度分布、分类及其相应的密实程度和物理学指标，并评价其稳定性、抗滑和抗渗透性。查明现有坝体内浸润线的埋深，坝坡面是否有沼泽化、隆起、管涌、渗流破坏等情况。 (3)对坝体进行安全评价，查明现状外坡比、排渗设施设置、坝体维护管理等与原设计及法律法规的符合性情况。对坝体稳定性进行复核。
			III	因坝体设计不当而造成坝体失稳	(1)尾矿坝高度的确定除应满足堆存尾矿、澄清尾矿水、尾矿库回水和冬季放矿要求外，还应满足调蓄洪水的要求。 (2)合理设计坝体外坡比，外坡比的确定应根据稳定性计算结果确定。 (3)尾矿坝设计应进行渗流计算，以确定坝体浸润线逸出坡降和渗流量。设计坝体时应按要求在坝体内设计排渗设施，并根据控制浸润线埋深的要求，合理设计排渗设施的设计内容。 (4)合理设计库内排洪设施，排洪设施的设计应根据当地水文条件进行调洪演算确定。 (5)上游式尾矿坝的堆积坝下游坡面上宜用土石覆盖或用其他方式植被绿化，并可结合排渗设施每隔 6~10m 高差设置排水沟。 (6)合理设计尾矿排放方式，确定尾矿排放口间距和个数，确保设计滩面坡度、干滩长度与尾矿库实际情况相吻合。设计时应考虑冰冻期、事故期或由某种原因确需长期集中放矿等不利因素。 (7)合理设计坝肩排水沟，确保设计坝肩排水沟能够满足设计防洪标准的要求。 (8)合理设计尾矿库观测设施，确保尾矿库观测设施布置合理，位移监测设施应布置在坝体最易变形的地段，浸润线监测设施应合理确定监测断面。
2	溃坝	尾矿坝	III ~ IV	因工程施工不合格而造成垮坝事故	(1)每期子坝堆筑前必须进行岸坡处理，将树木、树根、草皮、废石、坟墓及其他有害构筑物全部清除。若遇有泉眼、水井、地道或洞穴等，应作妥善处理。清除杂物不得就地堆积，应运到库外。 (2)岸坡清理应作隐蔽工程记录，经主管技术人员检查合格后方可冲填筑坝。

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					(3)每期子坝施工均应按照设计坝体内外坡比、高度进行施工,施工下一期子坝时,确保马道宽度符合设计要求。堆筑完毕,应进行质量检查,检查记录需经主管技术人员签字后存档备查。主要检查内容:①子坝长度、剖面尺寸、轴线位置及内外坡坡比;②新筑子坝的坝顶及内坡趾滩面高程、库内水位;③尾矿筑坝质量。 (4)施工排渗管时,排渗管的设置标高、层数、土工布包扎方式设置和连接应符合设计要求。 (5)按照设计要求施工坝面排水沟和坝肩排水沟,排水沟的结构、尺寸不得小于设计断面,基础处理应满足设计要求。
3	洪水漫顶	排水构筑物	IV	排水井未按照设计施工、基础处理不当;排水能力不足;未及时清理、堵塞或有裂缝而造成排水构筑物失事	(1)尾矿库排水构筑物的形状及尺寸应根据水力计算及调洪演算确定。 (2)排水构筑物的进水构筑物位置,应根据回水和排放的水质要求经计算或参考类似尾矿库的实际运行经验确定。进水构筑物的型式应根据排水量大小,尾矿库的地形条件和是否兼作回水设施等因素确定。当采用排水井时,其内径不宜小于 1.2m。 (3)排水井井底设置消力坑。排水管变坡、转弯和出口处,应视具体情况采取消能防冲措施。
			III ~ IV	排水井或排水涵洞基础处理不当或排水构筑物砌筑不合格	(1)排水构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时,应进行地基处理设计。 (2)排水构筑物可采用钢筋混凝土、混凝土和砌石结构。
			II ~ III	排水构筑物建成后因管理不善导致排水不畅	(1)在排水构筑物上或尾矿库内适当地点,应设立清晰醒目的水位观测标尺,表明正常运行水位和警戒水位。 (2)尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处的山坡应设置截水沟。 (3)尾矿库排水构筑物停用后,必须严格按设计要求进行封堵,并确保施工质量。 (4)汛期前应对排洪设施进行检查、维修和疏浚,确保排洪设施畅通。根据确定的排洪底坎高程,将排洪底坎以上 1.5 倍调洪高度内的窗口全部打开,清除排洪口前水面漂浮物。 (5)排出库内蓄水或大幅度减低库内水位时,应注意控制流量,非紧急情况下不宜骤降。 (6)洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					检查与清理，发现问题及时修复，同时采取措施降低库水位，防止连续降雨后发生垮坝事故。
4	渗流破坏	坝面或坝肩	IV	未设置排渗设施或设置不当，排渗失效以及干滩长度不足等原因，造成坝面或坝肩出现集中渗流、流土、管涌、大面积沼泽化、渗水量增大或渗水变浑	(1)按不同坝型和后期子坝加筑的高度，考虑排渗设施的形式及设置位置。排渗设施应严格做好反滤层防止堵塞，有效地排出渗水。 (2)坝体上游排渗设施应根据初期坝的透水程度及后期子坝加筑的高度，经渗透计算或渗流试验，合理确定其形式及设置位置。排渗设施的形式可选用水平排渗管、竖向排渗管、网状排渗管、坝坡排渗管、岸坡排渗管、排渗褥垫、排渗盲沟，并符合下列要求： ①当采用水平排渗管时，应平行坝轴线敷设于坝前，管材宜选用开口的钢管、钢筋混凝土管、塑料管、排渗管外应敷设砾石石料及反滤层。 ②当水平渗管不能满足排渗要求时，可采用网状排渗管（沟）或竖向配合网状排渗管（沟）的组合方式 ③当需要增加排渗能力时，可在坝上游坡设置排渗层，并于排渗管网相衔接，共同作用。 (4)严格按照设计进行排渗设施的施工，保证排渗管的铺设坡度。
5	结构破坏	排水构筑物	III ~ IV	排水井或排水涵洞基础处理不当或排水构筑物砌筑不合格	(1)排水构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时，应进行地基处理设计。 (2)排水构筑物可采用钢筋混凝土、混凝土和砌石结构。 (3)排水井井底设置消力坑。排水管变坡、转弯和出口处，应视具体情况采取消能防冲措施。

3.2.2.5 排渗设施合理性分析

3.2.2.5.1 现状已实施的排渗设施

(1) 初期坝

初期坝为透水堆石坝，坝体稳定性较好，透水性能好，利于尾矿水的渗出和尾矿迅速固结。查阅原始资料，初期坝内坡比约 1: 1.7，在内坡标高 960m 处建有 2m 宽马道，坝内坡铺设 300mm 厚碎石垫层和 400g/m² 土工布反滤层及 0.5m 厚碎石护坡。

(2) 排渗盲沟

查阅原始资料，库底设置排渗盲沟，全长 1100m。右侧（面向下游）支沟内施工排渗盲沟 320m，主沟内施工排渗盲沟 780m。排渗盲沟底宽为

13m, 上宽 15m, 深 1m, 边坡比为 1:1.0。底部铺设土工膜, 然后回填 10-50mm 碎石, 再用土工布覆盖, 碎石土压覆。

现场踏勘, 坝下渗水清澈透明。

(3) 堆积坝排渗管

现场踏勘, 第一级子坝外坡施工 17 根排渗管, 第三级子坝外坡施工 24 根排渗管, 第五级子坝外坡施工 33 根排渗管。

查阅原始资料, 一级子坝外坡和第三级子坝外坡排渗管均采用槽孔式弧形 PE 排渗管, $\phi 75\text{mm}$, 单孔长度 120m, 坝前 70m 排渗导管按 1.5% 坡比倾向下游, 后 50m 排渗管均按 2° 向上倾斜。

因环保要求, 雨水与污水不能混排, 排渗管通过三通与外接导水管连接, 将渗水导致坝体左岸 1 根 $\phi 150\text{mm}$ 钢管内, 导入初期坝下沉淀蓄水池。

现场踏勘时, 排渗管渗水清澈透明。

3.2.2.5.2 加高扩容工程设计将继续实施的排渗设施

本次加高扩容要求在在 1024m、1034m、1044、1054m 及 1064m 标高布置槽孔式弧形排渗管, 布置参数同 2019 年 3 月设计变更。

下一步设计前根据规程的要求, 根据工程地质勘察结果, 尾矿坝的渗流应按三维数值模拟计算或物理模型试验确定, 进一步复核并合理确定尾矿库控制浸润线埋深, 以利于尾矿库的安全运行。

3.2.2.6 尾矿坝渗流分析

本报告采用北京理正软件设计研究院理正渗流分析软件进行现状运行洪水工况浸润线计算。坝体按下游无水、不透水地基上的均质坝, 并将初期坝视为排渗棱体进行坝体浸润线计算。坝体渗流稳定性计算参数的选取主要依据岩土工程勘察报告。

依据 2025 年 12 月湖南中核建设工程有限公司(岩土工程(勘察)甲级)编制完成的《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程岩土工程详细勘察》, 各层土渗透系数详见表 3-2-7。

表 3-2-7 各层土的渗透系数

层号	初期坝①	尾粉砂②	尾粉土③	尾粉质黏土④	粉质黏土⑤
渗透系数 K(cm/s)	4.0×10^{-2}	3.5×10^{-4}	8.0×10^{-5}	5.84×10^{-6}	4.0×10^{-5}

3.2.2.6.1 现状渗流分析

根据可研报告提供的图纸，初期坝坝高 51m，坝顶宽 5.0m。堆积坝高 30m，现状共有六级子坝，现状坝高 81m。堆积坝坝顶标高 1014m，滩顶标高 1012.9m，平均外坡比 1:4.0，干滩坡度平均约为 1.0%，干滩长度约 400m，正常水位 1008.9m。最高洪水位时干滩长度约 100m，洪水位 1011.9m。水位计算标高以相对标高进行计算，参照标高为初期坝轴线处底标高 933.0m。渗流计算参数详见表 3-2-8。

表 3-2-8 渗流计算参数表

坝顶宽度 b(m)	坝高 h(m)	上游坡比 1: m ₁	下游坡比 1: m ₂	坝身渗透系数 k(m/d)	正常上游水位 h ₁ (m)
3.0	81	100	4.0	0.33	75.9
洪水上游水位 h ₁ (m)	下游水位 h ₂ (m)	排水棱体高度 (m)	排水棱体宽度 (m)	棱体临水坡比 1: m ₃	
78.9	0.00	51	5	1.7	

(1) 现状正常工况渗流计算

正常水位 75.9m 时，中间计算结果见表 3-2-9。

表 3-2-9 中间计算结果表

L(m)	ΔL(m)	浸润线计算公式 原点(m)	浸润线起点 x 坐标(m)	浸润线终点 x 坐标(m)
546.300	37.761	8136.300	7590.000	8138.106

表 3-2-10 正常水位最终计算结果表

下游出逸点高度 h ₀ (m)	单位宽度渗流量 q(m ³ /d.m)
1.062	4.670

坝体渗流浸润线的计算结果如图 3-2-1 所示。

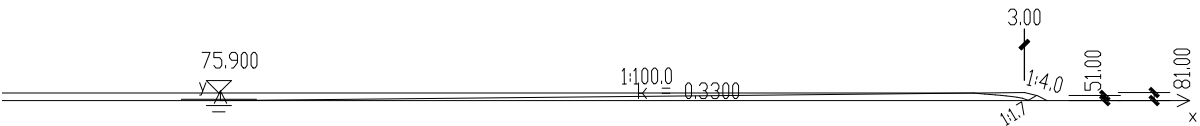


图 3-2-1 正常水位渗流计算及浸润线位置示意图

浸润线各点的坐标见表 3-2-11。

表 3-2-11 正常工况浸润线部分计算结果表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
X	7644.630	7699.260	7753.890	7808.520	7863.150	7917.780	7972.410	8027.040
Y	69.660	65.692	61.468	56.932	52.002	46.553	40.374	33.061
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
X	8081.670	8136.300	8136.661	8137.022	8137.383	8137.745	8138.106	
Y	23.579	4.345	3.916	3.432	2.869	2.163	1.062	

(2) 现状洪水工况渗流计算

洪水位 78.9m 时，中间计算结果见表 3-2-12。

表 3-2-12 中间计算结果表

L(m)	$\Delta L(m)$	浸润线计算公式 原点(m)	浸润线起点 x 坐标(m)	浸润线终点 x 坐标(m)
246.300	39.254	8136.300	7890.000	8140.246

最终计算结果见表 3-2-13。

表 3-2-13 洪水位最终计算结果表

下游出逸点高度 $h_0(m)$	单位宽度渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$
2.322	10.205

坝体渗流浸润线的计算结果如图 3-2-2 所示。

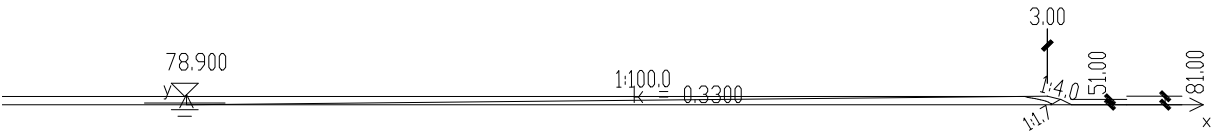


图 3-2-2 现状洪水位渗流计算及浸润线位置示意图

浸润线各点的坐标见表 3-2-14。

表 3-2-14 洪水工况浸润线部分计算结果表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
X	7914.630	7939.260	7963.890	7988.520	8013.150	8037.780	8062.410	8087.040
Y	69.661	65.753	61.598	57.142	52.307	46.977	40.960	33.890
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
X	8111.670	8136.300	8137.089	8137.878	8138.668	8139.457	8140.246	
Y	24.887	9.496	8.557	7.501	6.269	4.727	2.322	

(3) 坝体浸润线位置计算结果

表 3-2-15 现状浸润线最终计算结果表

运行工况	下游出逸点高度 (m)	单宽渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$
正常水位 75.9m	1.062	4.670
洪水水位 78.9m	2.322	10.205

从上节的渗流计算来看，浸润线在坝体内逐渐降至初期坝，不会从堆积坝外坡面上逸出，坝体排渗效果较好，因此不会产生管涌和流土等现象。

3.2.2.6.2 可研设计终期渗流分析

根据可研报告提供的图纸，初期坝坝高 51m，坝顶宽 5.0m。终期堆积坝高 90m，总坝高 141m。堆积坝坝顶标高 1074m，平均外坡比 1：4.0，干滩坡度平均约为 1.0%，干滩长度约 240m，正常水位 1071.6m。最高洪水水位时干滩长度约 100m，洪水水位 1073.0m。水位计算标高以相对标高进行计算，参照标高为初期坝轴线处底标高 933.0m。渗流计算参数详见表 3-2-16。

表 3-2-16 渗流计算参数表

坝顶宽度 $b(m)$	坝高 $h(m)$	上游坡比 $1: m_1$	下游坡比 $1: m_2$	坝身渗透系数 $k(m/d)$	正常上游水位 $h_1(m)$
3.0	141	100	4.0	0.33	138.6
洪水上游水位 $h_1(m)$	下游水位 $h_2(m)$	排水棱体高度 (m)	排水棱体宽度 (m)	棱体临水坡比 $1: m_3$	
140	0.00	51	5	1.7	

(1) 可研终期正常工况渗流计算

正常水位 138.6m 时，中间计算结果见表 3-2-17。

表 3-2-17 中间计算结果表

$L(m)$	$\Delta L(m)$	浸润线计算公式 原点(m)	浸润线起点 x 坐标(m)	浸润线终点 x 坐标(m)
516.299	68.955	14376.300	13860.001	14382.265

表 3-2-18 正常水位最终计算结果表

下游出逸点高度 $h_0(m)$	单位宽度渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$
3.509	15.424

坝体渗流浸润线的计算结果如图 3-2-3 所示。

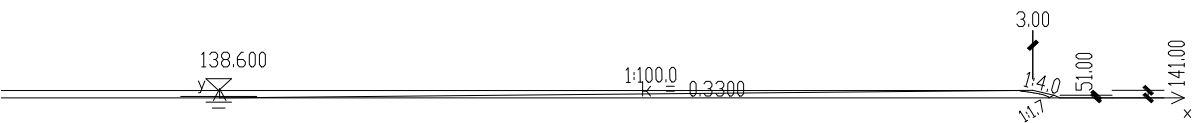


图 3-2-3 可研终期正常水位渗流计算及浸润线位置示意图

浸润线各点的坐标见表 3-2-19。

表 3-2-19 浸润线部分计算结果表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
X	13911.631	13963.260	14014.890	14066.520	14118.150	14169.780	14221.410	14273.040
Y	123.671	116.696	109.277	101.316	92.674	83.138	72.357	59.657
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
X	14324.670	14376.300	14377.493	14378.686	14379.879	14381.072	14382.265	
Y	43.388	14.353	12.933	11.337	9.476	7.145	3.509	

(2) 可研终期洪水工况渗流计算

洪水位 140m 时，中间计算结果见表 3-2-20。

表 3-2-20 中间计算结果表

L(m)	$\Delta L(m)$	浸润线计算公式 原点(m)	浸润线起点 x 坐标(m)	浸润线终点 x 坐标(m)
376.300	69.652	14376.300	14000.000	14384.224

最终计算结果见表 3-2-21。

表 3-2-21 洪水位最终计算结果表

下游出逸点高度 $h_0(m)$	单位宽度渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$
4.661	20.489

坝体渗流浸润线的计算结果如图 3-2-4 所示。

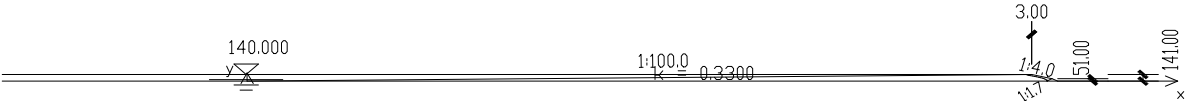


图 3-2-4 可研终期洪水位渗流计算及浸润线位置示意图

浸润线各点的坐标见表 3-2-22。

表 3-2-22 浸润线部分计算结果表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8
X	14037.630	14075.260	14112.890	14150.520	14188.150	14225.780	14263.410	14301.040
Y	122.361	115.538	108.286	100.512	92.084	82.803	72.340	60.083
序号	9	10	11	12	13	14	15	16
X	14338.670	14376.300	14377.885	14379.469	14381.054	14382.639	14384.224	
Y	44.573	19.066	17.180	15.060	12.588	9.491	4.661	

(3) 坝体浸润线位置计算结果

表 3-2-23 可研终期浸润线最终计算结果表

运行工况	下游出逸点高度 (m)	单宽渗流量 $q(m^3/d \cdot m)$
正常水位 138.6m	3.509	15.424
洪水水位 140m	4.661	20.489

从上节的渗流计算来看，浸润线在坝体内逐渐降至初期坝，不会从堆积坝外坡面上逸出，坝体排渗效果较好，因此不会产生管涌和流土等现象。

3.2.2.7 坝体稳定性计算

根据《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)和《水工建筑物抗震设计规范》坝体稳定计算有以下三种荷载组合：正常运行=正常水位时的稳定渗透压力+坝体自重；洪水运行=设计洪水水位时有可能形成的稳定渗透压力+坝体自重；特殊运行=正常水位时的稳定渗透压力+坝体自重+地震荷载。

根据《水工建筑物抗震设计规范》第 1.0.2 条规定：“设计烈度为 6 度时，可不进行抗震计算”。本地区抗震设防烈度为 6 度，按照规定可不进行特殊情况下的稳定计算。由此结合尾矿库实际情况，坝体稳定性计算只考虑正常运行和洪水运行两种荷载组合。

采用简化 Bishop 法对坝体进行抗滑稳定性计算，计算公式如下：

$$F_s = \frac{\sum \{C_i l_i \cos \alpha_i + [W_i + W_{qv} - \mu_i l_i \cos \alpha_i] \cdot \tan \phi_i\} \cdot m_{ai}}{\sum W_i \sin \alpha_i + W_{qh} (Yeq + Y_c)}$$
$$m_{ai} = \cos \alpha_i + \tan \phi_i \sin \alpha_i / F_s$$

式中：

F_s —最小稳定系数

C_i —第 i 条块滑面粘聚力 (kPa)

ϕ_i —第 i 条块滑面内摩擦角 (°)

α_i —第 i 条块滑面与水平线夹角 (°)

l_i —第 i 条块滑面长度 (m)

W_i —第 i 条块滑面的土体重量 (kN)

W_{qh} —水平地震惯性力（kN）；

W_{qv} —垂直地震惯性力（kN）；

μ_i —垂直作用于第 i 条块滑面上的孔隙水压力（kN）；

Y_{ed} —圆心至水平地震力作用线的垂直距离（m）；

Y_c —圆心纵坐标（m）。

参数选自 2022 年 4 月河南省豫矿地质勘察设计有限公司编制的《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库现状稳定性评价岩土工程勘察报告》。

表 3-2-24 物理力学指标参数表

地层名称	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	抗剪强度指标（天然）		抗剪强度指标（饱和）	
			粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
尾粉砂②、③1	20.9	21.3	7.1	27.3	6.0	25.7
尾粉土③、②1	20.7	21.1	11.6	24.5	10.2	23.0
尾粉质黏土④	19.8	20.0	12.8	14.5	11.5	13.5
初期坝碎石①	22.1	22.3	4	35	3	34
含碎石粉质黏土⑤	19.3	19.6	22.5	17.3	21.2	17.0

3.2.2.7.1 现状坝体稳定性分析

初期坝为透水碾压堆石坝，坝高 51m，坝外坡在标高 969.0m 和标高 954.0m 处各设一条马道，马道宽 2.0m，初期坝外坡比 1：2.0。

堆积坝现状有六级子坝。堆积坝每级子坝高度为 5m，子坝外坡坡度为 1：3.4，马道宽度为 3m。堆积坝坝顶标高为 1014.0m，滩顶标高为 1012.9m，堆积坝高 30m，平均外坡比 1：4.0，干滩坡度平均约为 1.0%，干滩长度约 400m。

（1）正常运行=正常水位+坝体自重

圆弧稳定分析方法：简化毕肖普法

[控制参数]：

采用规范:碾压式土石坝设计规范

计算工期:稳定渗流期

计算目标:安全系数计算

滑裂面形状: 圆弧滑动法

不考虑地震

[坡面信息]:

坡面线段数 11, 具体控制参数见表 3-2-25。

表 3-2-25 坡面信息控制参数表

坡面线号	1	2	3	4	5	6	7
水平投影 (m)	65.890	2.000	30.000	2.000	30.000	5.000	120.000
竖直投影 (m)	32.945	0.000	15.000	0.000	15.000	0.000	30.000
坡面线号	8	9	10	11			
水平投影 (m)	3.000	2.200	400.000	332.500			
竖直投影 (m)	0.000	-1.100	-4.000	0.000			

[土层信息]:

坡面节点数 12, 具体控制参数见表 3-2-26。

表 3-2-26 坡面节点控制参数表

节点编号	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6
x (m)	0.0	65.890	67.890	97.890	99.890	129.890	134.890
y (m)	0.0	32.945	32.945	47.945	47.945	62.945	62.945
节点编号	-7	-8	-9	-10	-11		
x (m)	254.890	257.890	260.090	660.090	992.590		
y (m)	92.945	92.945	91.845	87.845	87.845		

坡面附加节点数 9, 具体控制参数见表 3-2-27。

表 3-2-27 坡面附加节点控制参数表

附加节点编号	1	2	3	4	5	6	7
坐标 x (m)	0	983.570	977.390	851.240	728.970	544.330	211.680
坐标 y (m)	-5.000	77.300	86.115	74.790	59.950	44.145	19.075
附加节点编号	8	9					
坐标 x (m)	167.590	460.290					
坐标 y (m)	43.835	89.850					

不同土性区域数 5, ①区为透水堆石坝 (初期坝碎石), ②区为尾粉砂, ③区为尾粉土, ④区为尾粉质粘土, ⑤区为含碎石粉质粘土, 具体控制参数见表 3-2-28。

表 3-2-28 区域边界控制参数表

区号	本区域边界节点编号	重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角(°)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(°)
①	0,7,8,-6,-5,-4,-3,-2,-1,	20.0	21.0	3	35	0	30
②	8,9,-9,-7,-6,	18.6	19.5	7.8	32.5	7.0	33.0
③	7,-10,9,8,	19.0	20.0	8.6	30.7	8.0	30.0
④	7,6,5,4,3,-11,-10	19.3	20.3	10.0	16.3	10.0	16.0
⑤	1,2,-11,3,4,5,6,7,0,	19.4	20.5	22.0	16.3	19.5	14.0

[水面信息]:

采用有效应力法

孔隙水压力采用近似方法计算

不考虑渗透力作用

考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 15，水面线起始点坐标：（0.000，0.000）

坝坡外水位：0.000（m）

水面线具体控制参数见表 3-2-29。

表 3-2-29 水面线控制参数表

水面线号	1	2	3	4	5	6	7	8
水平投影（m）	209.874	0.361	0.362	0.361	0.361	0.361	54.630	54.630
竖直投影（m）	20.137	1.101	0.706	0.563	0.484	0.429	19.234	9.482
水面线号	9	10	11	12	13	14	15	
水平投影（m）	54.630	54.630	54.630	54.630	54.630	54.630	54.630	
竖直投影（m）	7.313	6.179	5.449	4.930	4.536	4.224	3.968	

[计算条件]:

圆弧稳定分析方法： Bishop 法

土条重切向分力与滑动方向反向时：当下滑力对待

稳定计算目标：自动搜索最危险滑裂面

条分法的土条宽度：1.0m

搜索时的圆心步长：1.0m

搜索时的半径步长：0.50m

[计算简图]: 详见图 3-2-5。

[计算结果]:

总的下滑力 =22498.184（kN）

总的抗滑力 =35414.734 (kN)
最不利滑动面:
滑动圆心 = (15.814, 98.945) (m)
滑动半径 =112.675 (m)
滑动安全系数 =1.574

坝体稳定性计算结果表明：尾矿库坝体坝坡抗滑稳定最小安全系数为 $K_{\min}=1.574>1.35$ ，符合二等库在正常运行期的安全稳定系数值，满足规范要求，尾矿坝坝体稳定。

(2) 洪水期运行=最高洪水位+坝体自重

圆弧稳定分析方法：简化毕肖普法

[控制参数]:

采用规范:碾压式土石坝设计规范

计算工期:稳定渗流期

计算目标:安全系数计算

滑裂面形状: 圆弧滑动法

不考虑地震

[坡面信息]:

坡面线段数 11，具体控制参数见表 3-2-25。

[土层信息]:

坡面节点数 12，具体控制参数见表 3-2-26。

坡面附加节点数 9，具体控制参数见表 3-2-27。

不同土性区域数 5，具体控制参数见表 3-2-28。

[水面信息]:

采用有效应力法

孔隙水压力采用近似方法计算

不考虑渗透力作用

考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 15，水面线起始点坐标：(0.000, 0.000)

坝坡外水位：0.000 (m)

水面线具体控制参数见表 3-2-30。

表 3-2-30 水面线控制参数表

水面线号	1	2	3	4	5	6	7	8
水平投影 (m)	207.734	0.789	0.789	0.790	0.789	0.789	24.630	24.630
竖直投影 (m)	21.397	2.405	1.542	1.232	1.506	0.939	15.391	9.003
水面线号	9	10	11	12	13	14	15	
水平投影 (m)	24.630	24.630	24.630	24.630	24.630	24.630	24.630	
竖直投影 (m)	7.070	6.017	5.330	4.835	4.456	4.155	3.908	

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法

土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面

条分法的土条宽度: 1.000(m)

搜索时的圆心步长: 1.000(m)

搜索时的半径步长: 0.500(m)

[计算简图]: 详见图 3-2-6。

[计算结果]:

总的下滑力 = 29147.688 (kN)

总的抗滑力 = 44765.809 (kN)

最不利滑动面:

滑动圆心 = (23.014, 114.145) (m)

滑动半径 = 127.422 (m)

滑动安全系数 = 1.536

坝体稳定性计算结果表明: 尾矿库坝体坝坡抗滑稳定最小安全系数为 $K_{\min}=1.536>1.25$, 符合二等库在洪水运行期的安全稳定系数值, 满足规范要求, 尾矿坝坝体稳定。

3.2.2.7.2 可研终期坝体稳定性计算

加高扩容工程 1028m 标高以上采用上游法湿式堆存, 子坝采用库区开挖风化料堆筑, 最终堆积标高 1074m, 每 5m 标高布置 3m 宽的马道, 每级平台外坡比为 1:3.4, 平均堆积坡比 1:4.0。运行干滩长度 240m, 干滩坡度 1%。

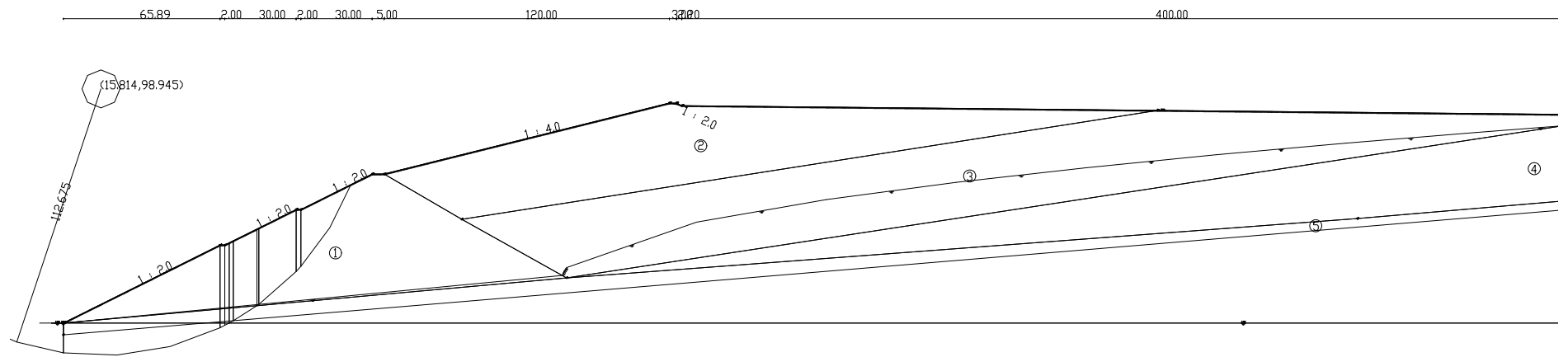


图 3-2-5 现状坝体稳定性计算简图（正常运行工况）

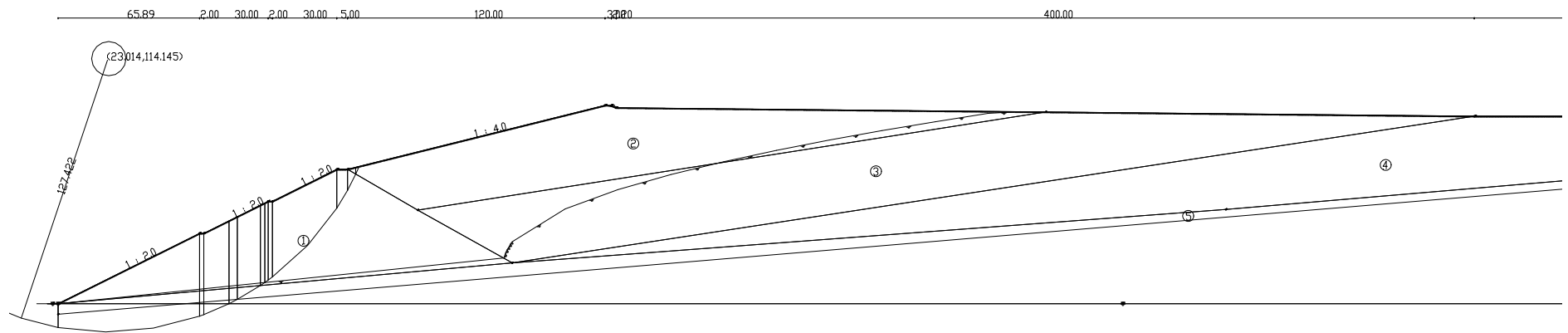


图 3-2-6 现状坝体稳定性计算简图（洪水运行工况）

(1) 正常运行=正常水位+坝体自重

圆弧稳定分析方法：简化毕肖普法

[控制参数]：

采用规范:碾压式土石坝设计规范

计算工期:稳定渗流期

计算目标:安全系数计算

滑裂面形状: 圆弧滑动法

不考虑地震

[坡面信息]：

坡面线段数 10，具体控制参数见表 3-2-31。

表 3-2-31 坡面信息控制参数表

坡面线号	1	2	3	4	5	6	7
水平投影 (m)	65.890	2.000	30.000	2.000	30.000	5.000	360.000
竖直投影 (m)	32.945	0.000	15.000	0.000	15.000	0.000	90.000
坡面线号	8	9	10				
水平投影 (m)	3.000	240.000	716.250				
竖直投影 (m)	0.000	-2.400	0.000				

[土层信息]：

坡面节点数 11，具体控制参数见表 3-2-32。

表 3-2-32 坡面节点控制参数表

节点编号	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6
x (m)	0.0	65.890	67.890	97.890	99.890	129.890	134.890
y (m)	0.0	32.945	32.945	47.945	47.945	62.945	62.945
节点编号	-7	-8	-9	-10			
x (m)	494.890	497.890	737.890	1454.140			
y (m)	152.945	152.945	150.545	150.545			

坡面附加节点数 10，具体控制参数见表 3-2-33。

表 3-2-33 坡面附加节点控制参数表

附加节点编号	1	2	3	4	5	6	7
坐标 x (m)	0	1454.350	1402.420	977.390	851.240	728.970	544.330
坐标 y (m)	-5.000	116.565	128.010	86.115	74.790	59.950	44.145
附加节点编号	8	9	10				
坐标 x (m)	211.680	167.590	618.720				
坐标 y (m)	19.075	43.835	151.745				

不同土性区域数 5，①区为透水堆石坝（初期坝），②区为尾细砂，③区为尾粉，④区为尾粉质粘土，⑤区为含碎石粉质粘土，具体控制参数见表 3-2-34。

表 3-2-34 区域边界控制参数表

区号	本区域边界节点编号	重度 (kN/m³)	饱和重度 (kN/m³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角(°)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(°)
①	0,8,9,-6,-5,-4,-3,-2,-1,	20.0	21.0	3	35	0	30
②	9,10,-8,-7,-6,	18.6	19.5	7.8	32.5	7.0	33.0
③	8,-9,10,9,	19.0	20.0	8.6	30.7	8.0	30.0
④	8,7,6,5,4,3,-10,-9,	19.3	20.3	10.0	16.3	10.0	16.0
⑤	1,2,-10,3,4,5,6,7,8,0,	19.4	20.5	22.0	16.3	19.5	14.0

[水面信息]:

采用有效应力法
孔隙水压力采用近似方法计算
不考虑渗透力作用
考虑边坡外侧静水压力
水面线段数 15，水面线起始点坐标：（0.000，0.000）
坝坡外水位：0.000（m）
水面线具体控制参数见表 3-2-35。

表 3-2-35 水面线控制参数表

水面线号	1	2	3	4	5	6	7	8
水平投影（m）	205.715	1.193	1.193	1.193	1.193	1.193	51.630	51.630
竖直投影（m）	22.584	3.636	2.311	1.861	1.596	1.420	29.035	16.269
水面线号	9	10	11	12	13	14	15	
水平投影（m）	51.630	51.630	51.630	51.630	51.630	51.630	51.629	
竖直投影（m）	12.700	10.781	9.536	8.642	7.961	7.419	6.975	

[计算条件]:

圆弧稳定分析方法： Bishop 法
土条重切向分力与滑动方向反向时：当下滑力对待
稳定计算目标：自动搜索最危险滑裂面
条分法的土条宽度：1.0m
搜索时的圆心步长：1.0m
搜索时的半径步长：0.50m

[计算简图]: 详见图 3-2-7。

[计算结果]:

总的下滑力 =29009.420（kN）

总的抗滑力 =44416.887 (kN)

最不利滑动面:

滑动圆心 = (20.324, 120.000) (m)

滑动半径 =133.079 (m)

滑动安全系数 =1.531

坝体稳定性计算结果表明:尾矿库坝体坝坡抗滑稳定最小安全系数为 $K_{\min}=1.531>1.35$,符合二等库在正常运行期的安全稳定系数值,满足规范要求,尾矿坝坝体稳定。

(2)洪水期运行=最高洪水位+坝体自重

圆弧稳定分析方法:简化毕肖普法

[控制参数]:

采用规范:碾压式土石坝设计规范

计算工期:稳定渗流期

计算目标:安全系数计算

滑裂面形状:圆弧滑动法

不考虑地震

[坡面信息]:

坡面线段数 10, 具体控制参数见表 3-2-31。

[土层信息]:

坡面节点数 11, 具体控制参数见表 3-2-32。

坡面附加节点数 10, 具体控制参数见表 3-2-33。

不同土性区域数 5, 具体控制参数见表 3-2-34。

[水面信息]:

采用有效应力法

孔隙水压力采用近似方法计算

不考虑渗透力作用

考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 15, 水面线起始点坐标: (0.000, 0.000)

坝坡外水位: 0.000 (m)

水面线具体控制参数见表 3-2-36。

表 3-2-36 水面线控制参数表

水面线号	1	2	3	4	5	6	7	8
水平投影 (m)	203.756	1.585	1.585	1.585	1.584	1.585	37.630	37.630
竖直投影 (m)	23.736	4.830	3.097	2.472	2.120	1.886	25.507	15.510
水面线号	9	10	11	12	13	14	15	
水平投影 (m)	37.630	37.630	37.630	37.630	37.630	37.630	37.630	
竖直投影 (m)	12.257	10.463	9.281	8.428	7.774	7.252	6.823	

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: Bishop 法

土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标: 自动搜索最危险滑裂面

条分法的土条宽度: 1.000(m)

搜索时的圆心步长: 1.000(m)

搜索时的半径步长: 0.500(m)

[计算简图]: 详见图 3-2-8。

[计算结果]:

总的下滑力 = 29244.543 (kN)

总的抗滑力 = 44294.797 (kN)

最不利滑动面:

滑动圆心 = (25.124, 116.400) (m)

滑动半径 = 128.749 (m)

滑动安全系数 = 1.515

坝体稳定性计算结果表明: 尾矿库坝体坝坡抗滑稳定最小安全系数为 $K_{min}=1.515>1.25$, 符合二等库在洪水运行期的安全稳定系数值, 满足规范要求, 尾矿坝坝体稳定。

3.2.2.8 加高扩容坝体与原坝体相互关系和影响

3.2.2.8.1 原设计坝体及现状

(1) 初期坝利旧工程

现状初期坝坝高 51m (坝顶标高 984.00m, 坝底标高 933.00m), 坝长 166m, 坝顶宽 5m。坝外坡在标高 969.0m 和标高 954.0m 处各设一条马道, 马道宽 2.0m, 初期坝外坡比 1: 2.0。本次扩容初期坝为利旧工程。

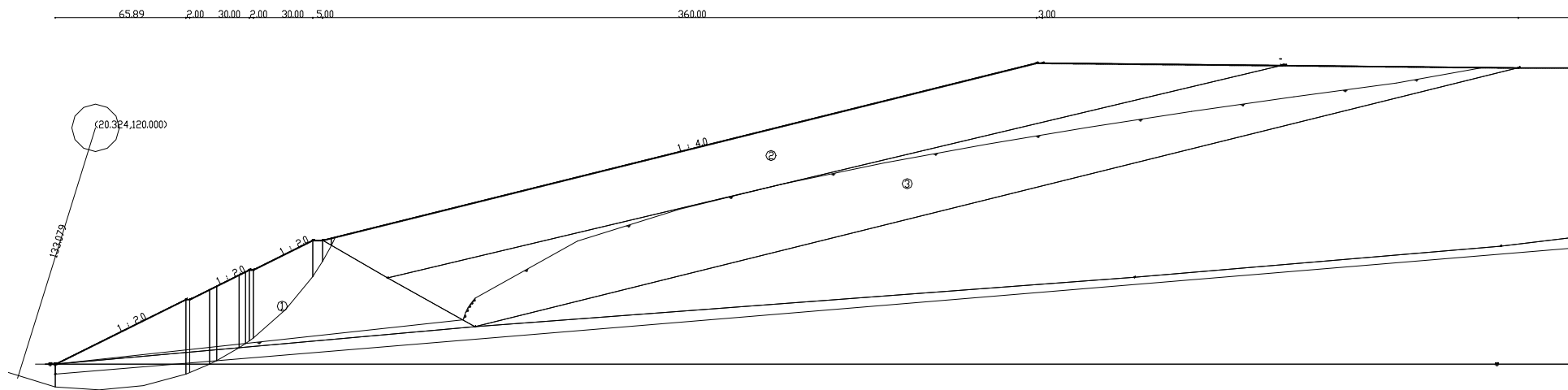


图 3-2-7 可研终期坝体稳定性计算简图（正常运行工况）

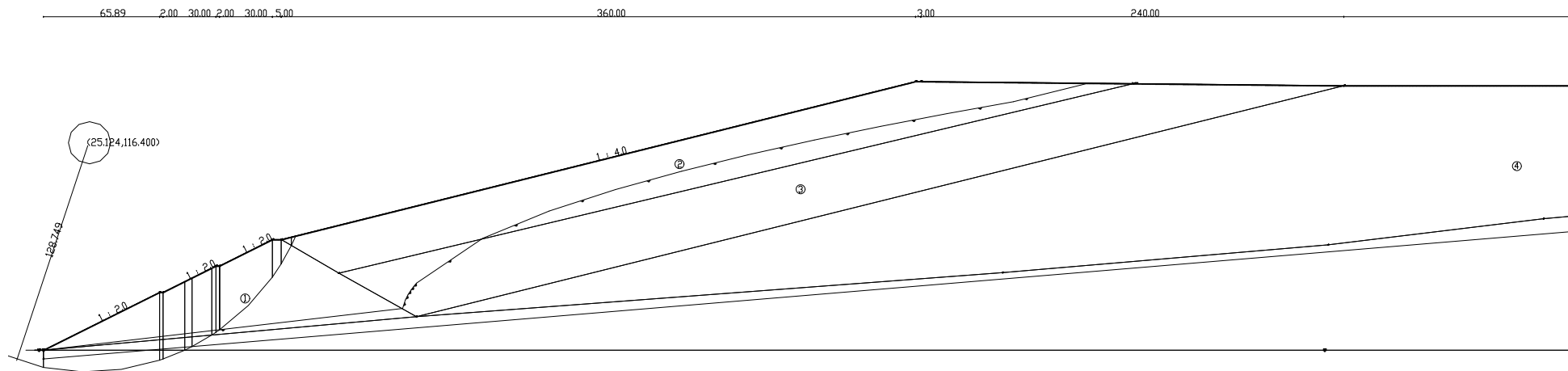


图 3-2-8 可研终期坝体稳定性计算简图（洪水运行工况）

(2) 堆积坝原设计坝高及现状

原设计尾矿堆积坝高 44m，设计堆积子坝高度为 5m，子坝外坡坡度为 1: 3.4，内坡坡度为 1: 2.0，马道宽度为 3m，形成总坡度为 1: 4.0 的堆积子坝。

可研图现状有六级子坝。堆积坝每级子坝高度为 5m，子坝外坡坡度为 1: 3.4，马道宽度为 3m。堆积坝坝顶标高为 1014.0m，堆积坝高 30m，平均外坡比 1: 4.0。

3.2.2.8.2 扩容堆积坝

扩容工程 1028m 标高以上采用上游法湿式堆存，子坝采用库区开挖风化料堆筑，最终堆积标高 1074m，每 5m 标高布置 3m 宽的马道，每级平台外坡比为 1:3.4，平均堆积坡比 1:4.0。

3.2.2.8.3 相互关系及影响

扩容堆积坝是在原设计堆积坝基础上进行筑坝，经过稳定性计算现状和扩容终期坝体稳定性均满足规范要求，尾矿坝坝体稳定。

2025 年 9 月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维静动力分析报告》，各静力、动力工况下尾矿库工程的抗滑稳定安全系数均在 1.59~3.31 之间，均满足尾矿设置设计规范中规定的安全系数要求，说明该尾矿坝工程在各静力、动力组合工况下的坝坡的稳定性是安全可靠的。

综上所述，尾矿坝扩容工程是可行的，严格按照设计的相关参数排放尾矿和筑坝，利旧工程和扩容工程的相互影响不大。

3.2.2.9 安全对策措施及建议

(1) 本项目为扩容工程，可研中设计尾矿排放浓度 30-35%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 40%左右不符；可研中设计尾矿粒度组成：<0.074mm 占 70%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 80%左右不符，也与工勘单位提供的全尾颗分数据平均约 79.13%不符。建议设计单位按照

实际运行参数完善设计相关内容。

(2) 本项目为扩容工程，建议下步设计在尾矿库现状的基础上完善各工程布置。

(3) 堆积坝扩容工程从原设计终期标高 1028m 开始，利旧工程中未明确现状堆积坝及其附属设施为利旧工程，建议下步设计完善。

(4) 根据马家沟尾矿库运行现状，下步设计时建议校核完善不同标高时的控制浸润线埋深数据。

(5) 《尾矿库安全规程》要求湿式尾矿库 1、2 级尾矿坝的渗流应按三维数值模拟计算或物理模型试验确定。马家沟尾矿库为二等库，下一步设计应根据岩土工程勘察结果，按三维数值模拟计算或物理模型试验进一步复核并合理确定尾矿库各运行期、各剖面的控制浸润线埋深，以利于尾矿库的安全运行。

(6) 下一步设计应根据岩土工程勘察资料进行概化分区，论证尾矿库尾矿坝稳定性计算断面，以确定坝体最终设计方案。

(7) 尾矿库堆积坝现状采用山坡土筑坝，建议下步明确筑坝分层厚度及压实度等参数，并补充纵横向排水沟的设计内容。

(8) 可研报告 2.5 中描述选厂生产工艺为浮选有误，建议下步设计时落实。

(9) 可研报告 5.3.2 中描述综合考虑一次性筑坝有误，建议下步设计时落实。

(10) 设计利旧工程可靠性分析中，未明确原有防排渗设施的利旧情况，建议下一步设计时完善。

(11) 可研中排渗设施布置标高、长度和 2019 年 4 月长春黄金设计院有限公司编制的《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库堆积坝排渗设施安全设施设计变更》（工程代码：【908-2012】）不一致，建议下一步设计时明确加高扩容工程排渗设施的布置参数，增加排渗设施结构图，

进一步补充完善尾矿库排渗设施的安全运行管理要求。

(12) 可研报告面向下游右支沟未设置排水系统，建议下步设计参照工勘报告对右岸山体连通沟和左岸山体连通沟进行详细设计，优化设计参数；并对连通沟山体开挖边坡和南东侧开挖山体边坡进行稳定性校核，并明确右支沟的施工完成时限。

(13) 下步设计明确做好坝面纵横向排水沟、坝肩截水沟及应急溢洪道的维护工作，若有破损及时修缮。

(14) 下一步设计应根据《尾矿库安全规程》的要求，在堆积坝外坡面增设上坝踏步，并完善堆积坝上坝踏步的设置相关内容。

(15) 尾矿库运行过程中，企业应加强坝体的安全检查及安全管理，避免坝体出现裂缝、滑坡等安全隐患。

(16) 建议设计时明确尾矿排放与筑坝的具体措施，包括岸坡清理、尾矿排放、坝体堆筑、坝面维护和质量检测等环节。

(7) 马家沟尾矿库建设与投入运行时间较长，今后坝体的堆筑应严格按照设计的坡比和高度进行后期子坝的堆筑，以保证坝体整体的稳定性。

(18) 下步随着尾矿堆积坝高度的逐步上升，企业应严格按照排渗设施设计严格施工，确保尾矿库渗流稳定，有效降低后期堆积坝浸润线。

3.2.2.10 评价单元小结

本单元运用预先危险分析法、安全检查表法和理论计算法对尾矿坝进行了安全性分析，马家沟尾矿库具备加高扩容工程的实施条件。经评价校核项目实施前后尾矿坝坝坡抗滑稳定性均满足规范要求，尾矿坝坝体均稳定。

2025年9月，西安理工大学水利水电学院编制完成了《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程三维静动力分析报告》，各静力、动力工况下尾矿库工程的抗滑稳定安全系数均在1.59~3.31之间，均满足尾矿设置设计规范中规定的安全系数要求，说明该尾矿坝工程在各静力、动力

组合工况下的坝坡的稳定性是安全可靠的。

综上所述，尾矿库尾矿坝具备扩容加高的条件，下步设计应对本次评价提出的建议和补充的安全对策措施予以认真落实。

3.3 防排洪系统单元

3.3.1 可研简述

新增 4 座框架式钢筋混凝土排水井，井径 4m，井高均为 24m，与现有隧洞通过净断面尺寸为 $2 \times 2.2\text{m}$ 的半圆拱直墙式隧洞连接，新增隧洞长 560m。详见 2.5.10。

尾矿库库尾左岸支沟受山体阻挡，导致支沟库区与主库区水力衔接不畅，本次设计在库区尾部山体开挖一连通沟，保证支沟库区和主库区水力衔接通畅。详见 2.5.9。

3.3.2 现状简述

3.3.2.1 拦洪坝以上排水

拦洪坝为浆砌石结构，坝高 10m，坝顶宽 2m。分洪隧洞长 371.4m，隧洞断面 $B \times H \times R = 2.5\text{m} \times 1.25\text{m} \times 1.25\text{m}$ ，洞底纵坡 $i=0.025$ 。详见 2.4.4.4.1。

3.3.2.2 库内排水

现状库区排水方式为 3#排水井+3#竖井+3#支隧洞+主隧洞+明渠+消力池+沉淀池。

(1) 排水井

库内建有 4 座排水井，1#排水井和 2#排水井已封井。3#排水井进水口标高 998m，井顶标高 1014m；4#排水井进水口标高 1012m，井顶标高 1028m。

(2) 排水隧洞

排水主隧洞结构为平底圆拱直墙式， $B \times H \times R = 2.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.1\text{m}$ ，全长约 945m，坡度约为 4.4%。3#支隧洞长 15m，4#支隧洞长 11m。

(3) 明渠、消力池和沉淀池

涵洞出口连接长约 36m 明渠，明渠断面 $B \times H = 2.2\text{m} \times 1.8\text{m}$ ，坡度 47%。
明渠连接消力池，消力池长 7m，高 3m，宽 4.5m。

消力池下设沉淀池，沉淀池蓄水坝为浆砌石结构，坝高 7m（地面以上），
坝顶宽 2.1m。

详见 2.4.4.4.2。

3.3.3 排洪系统主要危险、有害因素辨识及分析

3.3.3.1 主要危险因素识别与分析

本单元施工中存在的主要危险因素有高处坠落、坍塌、爆破伤害、火药爆炸、中毒窒息、容器爆炸等，运行中存在的主要危险因素有洪水漫顶、结构破坏、高处坠落、淹溺等。

3.3.3.1.1 施工期间主要危险因素识别与分析

（1）爆破伤害

尾矿库排水系统施工期间可能需要爆破，因此会产生爆破伤害，爆破时可能造成的伤害为爆破伤害（或放炮伤害），是施工中爆破作业造成伤害的事故。即在进行爆破作业时，因爆炸或土石飞散物造成的伤害事故。发生事故的主要原因是，爆破安全距离不够、人员或设备在爆破危险范围之内、炮后等待时间不够，违章操作等造成人员伤亡和设施、设备破坏，属重大危险因素。

爆破伤害类型主要表现为爆破飞石伤害、爆破震动伤害、爆破冲击波伤害、爆破有害气体伤害。

产生爆破事故的主要原因有：

- ①爆破设计错误（爆破参数设计不合理、起爆方式不当等）。
- ②爆破作业操作失误或违章操作等。
- ③使用违禁爆破器材或起爆器材质量存在问题造成早爆、迟爆、拒爆。
- ④残盲炮未按操作规程要求进行处理。

⑤未按规定要求进行爆破警戒。

因此，爆破伤害是施工防范的重点和难点，必须抓紧抓好，毫不松懈。

（2）火药爆炸

尾矿库排水系统施工期间可能用到火药，因此会产生火药爆炸，火药爆炸即指炸药爆炸，是炸药、导爆管等在搬运、临时存放过程中发生的违反人们意愿的爆炸事故。在运输中如采用翻斗车、自卸汽车、拖车、自行车、摩托车和畜力车运输，或和其它货物混装，炸药、导爆管同时运输，雷雨天气运输，运送炸药时无专人护送等原因均可引起火药爆炸事故的发生。在起爆器材的加工、发放、装药、充填、起爆及盲炮处理等各个环节都有可能因违章作业、技术和管理措施失当、爆破器材质量不合格等原因而发生意外爆炸，造成人员伤亡和设施、设备破坏。企业还应加强爆炸品的临时存放工作，防止火药爆炸的发生。

（3）中毒和窒息

炸药爆炸时会产生大量的 CO 、 CO_2 、 SO_2 、 NO_2 、 H_2S 和烃类碳氧化合物、氯化氢、醛类等有毒有害气体和大量黑烟，在排水系统施工时如果通风不良，这些有毒有害气体和大量黑烟都有可能造成中毒和窒息事故发生。另外空压机储气罐内油污未进行定期清洁，安全管理方面存在缺陷，也有可能引发中毒和窒息事故的发生。因此，中毒和窒息事故是该项目很难避免的危险因素，应作为该项目较严重的危险因素进行防范。

（4）容器爆炸

尾矿库排水隧洞爆破施工中需用到空气压缩机，储气罐为压力容器，存在发生容器爆炸的可能。压力容器在使用过程中，由于不能及时将储气罐内的积存机油排出或因操作失误而引起超压或对压力容器维护不良、容器本身质量及安全附件缺陷等原因均可能导致容器发生爆炸。这类爆炸将直接威胁到操作人员的人身安全和设备财产安全。

容器爆炸发生可能性较小或危害程度较低，应给予一定的重视。

（5）触电

排水系统施工期间用电设施主要为设备和照明，存在着触电危险。主要表现在电气线路或电气设备在设计、安装上存在缺陷，或在运行中缺乏必要的检修维护；没有必要的安全技术措施或安全技术措施失效；电气设备运行管理不当，安全管理制度不完善；专业电工或机电设备操作人员操作失误或违章作业等，容易发生供电系统及电气设备绝缘破坏、接地不良等事故，造成人员触电伤亡。

（6）机械伤害

施工过程中，使用的机械设备主要有凿岩机、水泥搅拌机、振动机等设备以及设备维修时所使用的机械工具等。机械设备都有可能造成碾、碰、挤、压、撞、倾覆等人身伤害和设备事故。

（7）车辆伤害

排水系统施工过程中需要运输车辆运送材料，在运输作业过程中，由于场地狭窄、设备防护缺陷、各种违章操作或误操作等原因，易发生人体坠落、碾压、挤压、碰撞、翻倒等车辆伤害事故。

（8）坍塌

指物体在外力或重力作用下，超过自身的强度极限或因结构稳定性破坏而造成的事故。

尾矿库排水井座（竖井）、隧洞和连通沟等施工期间，边坡较陡，如果降雨或其它原因浸泡边坡，造成边坡坍塌，对附近的作业人员、设备及设施将造成危害。

排水井施工过程中，如地基处理不好；竖井施工过程中支护不到位；隧洞结构强度不满足设计要求；连通沟边坡过陡、台阶高度过高或不符设计要求，也会造成坍塌事故。

（9）高处坠落

在距基准面 2m 以上（含 2m）因坠落而造成的伤亡事故，称之为高处坠落事故。尾矿库易发生高处坠落的场所主要有岸坡、排水井、连通沟等处。

雨雪天气易结冰，夜间作业光线暗，作业人员在岸坡、排水井、连通沟等处作业，由于防护设施不完备或损坏、操作者失误等原因易造成高处坠落事故，危及作业人员生命安全。

3.3.3.1.2 运行期间主要危险因素识别与分析

（1）洪水漫顶

防排洪系统构筑物质量及泄洪能力是影响尾矿库防洪安全的重要因素，也是重点评价的对象之一。若排洪构筑物泄洪能力不足或由于堵塞、坍塌、断裂失去泄水能力，将导致洪水漫顶、造成溃坝事故发生。

尾矿库内设置排水井和排水隧洞的排洪系统，若排洪系统因设计、施工质量以及运行管理不当不能满足要求，造成排水井、排水隧洞损坏、坍塌淤堵、断裂渗漏等事故，在汛期洪水无法排出堆场，库区内水位急剧升高，发生洪水漫坝、冲刷坝体，造成溃坝事故。

（2）结构破坏

尾矿库内排水系统多为钢筋混凝土结构，结构受损、失事比例较高，应是排洪设施安全检查和维护的重点之一。按照国家工程结构可靠度设计统一标准，必须满足承载能力、正常使用、耐久性和坚固性四项功能要求。

混凝土建筑物病害的主要现象有三种：裂缝、渗漏和剥蚀。

①裂缝：裂缝对水工混凝土建筑物的危害程度不一，严重的裂缝不仅危害建筑物的整体性和稳定性，而且还会产生大量的漏水，使坝体及其他水工建筑物的安全运行受到严重威胁。另外，裂缝往往会引起其他病害的发生与发展，如渗漏溶蚀、环境水侵蚀、冻融破坏及钢筋锈蚀等。这些病害与裂缝形成恶性循环，会对水工混凝土建筑物的耐久性产生很大危害。

②渗漏：水工混凝土建筑物的主要任务是挡水、引水、输水和泄水，

因此，渗漏也是水工混凝土建筑物常见的主要病害之一。渗漏会使建筑物内部产生较大的渗透压力和浮托力，甚至危及建筑物的稳定与安全；渗漏还会引发溶蚀、侵蚀、冻融、钢筋锈蚀、地基冻胀等病害，加速混凝土结构老化，缩短建筑物的使用寿命。

③剥蚀：水工混凝土产生剥蚀破坏是由于环境因素（包括水、气、温度、介质）与混凝土及其内部的水化产物、砂石骨料、掺合料、外加剂、钢筋相互之间产生一系列机械的、物理的、化学的复杂作用，从而形成大于混凝土抵抗能力（强度）的破坏应力所致。

若排水井、排水隧洞坍塌造成堵塞，排洪能力急剧下降，危及坝体安全。其主要原因有：设计不合理或未按设计要求施工；地基不均匀沉陷；出现不均匀或集中荷载等。

（3）高处坠落

在距基准面 2m 以上（含 2m）因坠落而造成的伤亡事故，称之为高处坠落事故。尾矿库易发生高处坠落的场所主要有库内排水井、拦洪坝、连通沟等处。

雨雪天气易结冰，夜间作业光线暗，作业人员在坝顶作业，由于防护设施不完备或损坏、操作者失误等原因易造成高处坠落事故，危及作业人员生命安全。

（4）淹溺

尾矿库运行期间，作业人员在库区从事巡视检查、管道维护、排水井拱板加高等作业以及外人闯入库区时，存在淹溺危险，造成淹溺的主要原因有：

- ①无防护措施冒险进入排水井区域。
- ②坝顶地面湿滑。
- ③护栏不符合安全要求。
- ④作业场所狭小。

⑤照明条件不良。

3.3.3.2 主要有害因素识别与分析

生产和施工过程中的有害因素主要包括粉尘、噪声和振动等。

(1) 粉尘

粉尘是排水系统施工中的危害之一。施工中爆破以及土料的装卸、摊平、场地平整等都会造成粉尘飞扬。生产过程中堆筑子坝时风化料的开挖、子坝堆筑等都会造成粉尘飞扬。粉尘的危害性大小与粉尘的分散度和粉尘物质有关。在不同粒径的粉尘中，呼吸性粉尘对人体危害最大，会导致矽肺等职业病。

(2) 噪声与振动

噪声及振动指在生产和施工过程中产生的对职工健康和工作有妨碍的声音。机械设备产生的高噪声；各机械运动、摩擦、撞击、振动产生机械噪声；机动车辆产生交通噪声等，其产生的危害是多方面的。听觉系统：可引起暂时性听力下降和永久性听力损伤，即所谓噪声性听力损伤以及噪声性耳聋；神经系统损害：可引起头痛、头晕及睡眠障碍等神经衰弱综合症；心血管系统：噪声能产生一系列心血管病理反应，表现为心率加快或减慢，血压不稳（趋向升高），心电图有异常改变；消化系统：噪声可引起胃肠功能紊乱，消化能力减弱。长时间在噪声震动环境中工作能使人的听觉功能敏感度下降，甚至造成耳聋或引起神经衰弱等疾病。噪声影响信息交流，听不清谈话或信号，降低工作效率，使误操作发生率上升，易诱发事故。

振动与噪声往往并存，振动的作用不仅可以引起机械效应，更重要的是可以引起生理和心理效应。控制设备与振动源距离较近时，振动会缩短控制设备的寿命，也可能引起误操作，诱发设备事故和人身伤亡事故。振动可直接作用于人体，也可以间接作用于人体。人体接受振动后，振动波在组织内传播，由于各组织内结构不同，传导的程度不同。长时间处于噪

声及振动环境，会对作业人员的身体健康造成损害。

3.3.4 防排洪系统评价

3.3.4.1 现有排水系统评价

由于加高扩容工程利用尾矿库现有排水系统。现状排水系统完好与否是本项目的基础，将直接决定本项目工程的成败，为确保本项目的安全可靠，对现状排水系统的安全可靠性进行评价是十分必要的，现状排水系统与原设计及规范规程的符合性采用检查表法进行定性评价，详见表 3-3-1。

表 3-3-1 现状尾矿库防洪、排水构筑物安全检查表

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
1	尾矿库必须设置排洪设施	排水系统采用排水井—排水隧洞—排水明渠—消力池形式。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.1.2 条
2	排洪构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时，应进行地基处理设计。排洪构筑物不得直接坐落在尾矿沉积滩上	库区排水井的基础均坐落在设计持力层上，满足要求。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.1.4 条
3	上游式尾矿库宜采用排水井(或斜槽)—排水管(或隧洞)排洪系统	尾矿库防洪系统库内为框架式排水井—竖井—排水支隧洞—排水主隧洞的排水形式，拦洪坝以上为拦洪坝—分洪隧洞的排水形式。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.1.3 条
4	排洪构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时，应进行地基处理设计。排洪构筑物不得直接坐落在尾矿沉积滩上。	查阅原始资料，库区排水系统未设置在工程地质条件不良地段，满足设计要求。 排洪构筑物未坐落在尾矿沉积滩上。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.1.4 条
5	进水构筑物的型式应根据排水量的大小、尾矿库的地形条件和是否兼作回水设施等因素确定。当排水量较大时，宜采用框架式排水井；排水量较小时，采用窗口式排水井或排水斜槽；排水井内径不宜小于 1.5m。	尾矿库库内排洪系统采用排水井—竖井—排水支隧洞—排水主隧洞的排水形式。 排水井为框架式排水井，排水井内径为 4.0m。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.3.1 条
6	排水隧洞的净高不小于 1.8m，净宽不小于 1.5m。	排水主隧洞结构为平底圆拱直墙式， $B \times H \times R = 2.2\text{m} \times 1.2\text{m} \times 1.1\text{m}$ ，净宽 2.2m，净高 2.3m。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.3.2 条

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
7	根据现场实际以及清污分离的设计原则,设计洪水分两部分:拦洪坝以上部分和库区部分。	尾矿库排洪分拦洪坝以上部分和库区部分。	符合	《初步设计》
8	拦洪坝以上部分的洪水由拦洪坝将马家沟上部洪水截出库外,由排洪隧洞排至右侧沟中。	拦洪坝以上部分的洪水由拦洪坝一分洪隧洞排至右侧沟中。	符合	《初步设计》
9	拦洪坝采用浆砌石结构,坝高10m,坝顶宽2m。	拦洪坝采用浆砌石结构,查阅原始资料,坝高9.95m,坝顶宽2m。	符合	《初步设计》
10	在坝前开一条371m长的排洪隧洞(隧洞断面 $B \times H \times R = 2m \times 1.5m \times 1m$,隧洞进口底标高1077.00m,隧洞出口底标高1069.50m,洞底纵坡 $i=0.02$)。	拦洪坝前施工一条371.4m长的分洪隧洞,隧洞断面 $B \times H \times R = 2.5m \times 1.25m \times 1.25m$,隧洞进口底标高1079.00m,隧洞出口底标高1069.545m,洞底纵坡 $i=0.025$ 。	符合	《初步设计》
11	为了防止树枝等杂物堵塞排洪隧洞进口或进入隧洞,排洪隧洞进口前5m处设 $300 \times 300mm^2$ 网格拦污栅。	分洪隧洞进口前设置有网格拦污栅。	符合	《初步设计》
12	库内洪水由1#、2#、3#、4#排水井及排水隧洞排至坝后沉淀池。	库内洪水由1#、2#、3#、4#排水井及排水隧洞排至坝后沉淀池。现状3#排水井运行,库内洪水由3#排水井及排水隧洞排至沉淀池。1#、2#排水井已封井。	符合	《初步设计》
13	排水井直径均为4m,井座直径3.4m,竖井直径2.8m。	2#、3#、4#排水井均下接竖井,排水井直径均为4m,井座直径3.4m,竖井直径2.8m。	符合	《初步设计》
14	排水主隧洞结构为平底圆拱直墙式, $B \times H \times R = 2m \times 1.2m \times 1.0m$,坡度为5%。	排水主隧洞结构为平底圆拱直墙式,支护断同 $B \times H \times R = 2.2m \times 1.2m \times 1.1m$,坡度为4.5%。	符合	《初步设计》
15	下游沉淀池蓄水坝采用浆砌石结构,坝高7m,坝长33m,坝顶宽2m,内坡1:0.1,外坡比为1:0.6。	沉淀池蓄水坝为浆砌石结构,坝高7m(地面以上),坝顶宽2.1m。内坡比约1:0.1,坝外坡离坝顶1m直立,1m以下外坡比约1:0.6。	符合	《初步设计》
16	右侧应急溢洪道钢筋砼结构,底宽1.4m、深1.6m、顶宽2.1m。	右侧应急溢洪道钢筋砼结构,初期坝侧底宽1.4m、深1.6m、顶宽2.1m,堆积坝侧底宽1.4m~1.9m、顶宽3.6m~4.25m、深0.8m~1.15m。	符合	《设计变更通知单》
17	排水井~隧洞封堵的位置位于支隧洞出水口10m处;如该位置围岩性质差或未衬砌时,可向支洞内选择合适的位置。	查阅原始资料,2017年8月,1#排水井进行封堵;2019年8月,2#排水井进行封堵。封堵均符合设计要求。	符合	《排水井封堵变更》

2025年4月21日,河南建盛工程检测有限公司编制完成了《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库3#、4#排水井、排水隧洞及拱板、截洪沟、排水沟、排渗管检验检测报告》,检测结论如下。

(1) 依据《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344-2019, 结构实体现浇构件现龄期混凝土抗压强度结果符合设计要求, 检测批混凝土构件抗压强度判定结果符合设计要求。

(2) 所检测混凝土砂浆强度结果符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2015 及设计要求。

(3) 采用电磁感应法对该建筑物混凝土构件钢筋保护层厚度进行检测, 结构实体所检测现浇构件受力钢筋保护层厚度检测结果合格。

(4) 所检测混凝土钢筋间距及数量结果符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2015 及设计要求。

(5) 该 3#、4#排水井及拱板、排水隧洞、排水沟、截洪沟以及排渗管完整性好, 未发现有裂缝、钢筋外露、断裂、塌陷及钢筋锈蚀等外观质量缺陷, 井架中心点无偏移、无倾斜, 排水系统运行正常。

综上所述, 马家沟尾矿库现状排水系统符合 2012 年 6 月长春黄金设计院编制完成的《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库(接替库)工程初步设计说明书及安全专篇》(工程代码: [908-2009]) 和设计变更通知单及相关规范的要求。尾矿库现有排洪构筑物表观质量及结构质量满足设计要求, 具备加高扩容条件。

3.3.4.2 加高扩容工程排水系统评价

(1) 安全检查表分析

根据《尾矿设施设计规范》(GB50863-2013)、《尾矿库安全规程》(GB39496-2020), 采用安全检查表法, 检查可研报告中排水系统设计的安全性, 评价内容详见排水系统安全检查表 3-3-2。

表 3-3-2 加高扩容工程排水系统安全检查表

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
1	尾矿库必须设置排洪设施。	可研设计在库区尾部左岸山体开挖一连通沟, 保证支沟库区和主库区水力衔接通畅。	不符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013	下步设计核实

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
		左岸连通沟深 50m, 底部平台宽 6m, 标高 1050m, 两侧山体每隔 4-10m 布置宽 3-6m 的平台, 平台之间开挖后山体坡比为 1:1.0。应在库区水位达到 1050m 前完成。 工勘报告右岸山体连通沟深 7m, 底部平台宽 5m, 标高 1065m。 可研中新增 4 座框架式钢筋混凝土排水井, 井径 4m, 井架高均为 24m, 与现有隧洞通过净断面尺寸为 2×2.2m 的半圆拱直墙式隧洞连接, 新增隧洞长 560m。 工勘中拟建 6-1#排水井和 6-2#排水井井架高均为 19m。		第 6.1.2 条	
2	进水构筑物的型式应根据排水量大小、尾矿库地形条件和是否兼作回水设施等因素确定, 当排水量较大, 宜采用框架式排水井排水井内径不宜小于 1.5m。	可研采用框架式排水井, 排水井内径为 4.0m, 能够满足要求。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.3.1 条	
3	排水井井底应设置消力坑, 在排水管或隧洞变坡、转弯和出口处, 应根据具体情况采取消能措施。	可研未提出消能措施。	不符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 4.3.5 条	下步设计完善
4	在排水构筑物上或尾矿库内适当地点, 应设置清晰醒目的水位标尺。	可研未明确在排水井上明显位置设置清晰的水位观测标尺。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.4.12 条	下步设计完善
5	排水隧洞的净高不应小于 1.8m, 净宽不应小于 1.8m, 最小设计坡度不宜小于 0.3%。	隧洞净断面尺寸 2×2.2m 的半圆拱直墙式隧洞, 新增隧洞长 560m。未给出隧洞坡降。	不符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.3.4 条	下步设计完善
6	上游式尾矿库宜采用排水井(或斜槽)-排水管(或隧洞)排水系统; 除库尾排矿的干式尾矿库外, 三等及三等以上尾矿库不得采用截洪沟排洪。	采用排水井-排水隧洞排水系统和拦洪坝一排水隧洞排水系统; 未采用截洪沟排洪。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 6.1.3 条	
7	尾矿库各使用期的防洪标准应根据使用期库的等别、库容、坝高、使用年限及对下游可能造成的危害程度等因	可研根据库的等别、库容、坝高、使用年限及对下游可能造成的危害程度, 确定现状坝顶标高至坝顶标高 1028m 之间运行防洪	符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.1 条	

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
	素确定。	标准为 1000 年一遇；坝顶标高 1028m~1074m 之间运行防洪标准为 2000 年一遇。			
8	尾矿库排洪系统外的尾矿坝坝肩截水沟、坝面排水沟的防洪标准应不小于年最大 24 h 雨量均值。	可研未对坝肩截水沟、坝面排水沟的防洪能力进行计算。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.1 条	下步设计完善
9	尾矿库应设置排洪设施，排洪设施的排洪能力不应包括机械排洪的排洪能力。	可研设置有排水井—排水隧洞排水系统。排洪设施的排洪能力不包括机械排洪的排洪能力。	符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.2 条	
10	尾矿库洪水计算应根据各省水文图集或有关部门建议的特小汇水面积的计算方法进行计算。当采用全国通用的公式时，应采用当地的水文参数。设计洪水的降雨历时应采用 24 h。	尾矿库洪水计算采用《河南省中小流域暴雨洪水图集》推荐的方法和水科院推理法。设计洪水的降雨历时采用 24 h。	符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.5 条	
11	尾矿库应采取防止泥石流、滑坡、树木杂物等影响泄洪能力的工程措施。	可研未涉及。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.7 条	下步设计完善
12	排洪构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或填方地段。无法避开时，应进行地基处理设计。排洪构筑物不得直接坐落在尾矿沉积滩上。	可研未涉及。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.11 条	下步设计完善
13	除隧洞外的地下排洪构筑物应采用钢筋混凝土结构，其基础应置于有足够承载力的地基上。对于承载力不足的地基，应采取符合基础承载力要求的工程措施。	排水井采用钢筋混凝土结构，未明确钢筋配置，未明确基础持力层。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB 39496-2020 第 5.4.12 条	下步设计完善

（2）预先危险分析

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库事故经验教训，针对马家沟尾矿库加高扩容工程排洪系统的设计，运用预先危险分析的评价方法，对尾矿库排洪系统可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、原因或触发条件进行分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施，详见表 3-3-3。

表 3-3-3 排洪系统预先危险分析表

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	坍塌	排水构筑物	IV	排水井未按照设计施工、基础处理不当；排水能力不足；未及时清理、堵塞或有裂缝而造成排水构筑物失事	(1)尾矿库排水构筑物的形状及尺寸应根据水力计算及调洪演算确定。 (2)排水构筑物的进水构筑物位置，应根据回水和排放的水质要求经计算或参考类似尾矿库的实际运行经验确定。进水构筑物的型式应根据排水量大小，尾矿库的地形条件和是否兼作回水设施等因素确定。当采用排水井时，其内径不宜小于 1.5m。 (3)排水井井底设置消力坑。排水管变坡、转弯和出口处，应视具体情况采取消能防冲措施。
2	排水系统失效	排水构筑物	III ~ IV	排水井或排水隧洞基础处理不当或排水构筑物砌筑不合格	(1)排水构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时，应进行地基处理设计。 (2)地下排水构筑物应采用钢筋混凝土结构，地上排水构筑物可采用钢筋混凝土、混凝土和砌石结构。
3	排水隧洞堵塞	排水隧洞	IV	隧洞不合格造成排水系统失效	(1)为防止混凝土干缩和温度应力而产生裂缝，在相邻分段间设有环向伸缩缝，沿洞线的分段长度应根据温度收缩等因素分析确定，一般可采用 6~12cm。 (2)穿过断层破碎带或软弱带，需要进行基础处理。当破碎带较宽，为防止不均匀沉降而开裂，应设沉降缝，还应在缝内设止水。
4	排水构筑物损坏	排水构筑物	II ~ III	排水构筑物建成后因管理不善导致排水不畅	(1)在排水构筑物上或尾矿库内适当地点，应设立清晰醒目的水位观测标尺，表明正常运行水位和警戒水位。 (2)尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处的山坡应设置截水沟。 (3)尾矿库排水构筑物停用后，必须严格按设计要求进行封堵，并确保施工质量。 (4)汛期前应对排洪设施进行检查、维修和疏浚，确保排洪设施畅通。根据确定的排洪底坎高程，将排洪底坎以上 1.5 倍调洪高度内的挡板全部打开，清除排洪口前水面漂浮物。 (5)排出库内蓄水或大幅度减低库内水位时，应注意控制流量，非紧急情况下不宜骤降。 (6)洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查与清理，发现问题及时修复，同时采取措施降低库水位，防止连续降雨后发生垮坝事故。

3.3.5 防排洪系统校核计算

3.3.5.1 计算参数

依据《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）5.2.8 条，加高扩容的尾矿库应在按 5.4.1 确定的防洪标准基础上提高一个等别。

表 3-3-4 尾矿库防洪标准

尾矿库各使用期等别	一	二	三	四	五
洪水重现期（年）	1000~5000 或 PMF	500~1000	200~500	100~200	100
注：PMF 为可能最大洪水。					

马家沟尾矿库加高扩容工程项目可研设计等别为二等库。防洪标准提高一个等级，洪水设计标准均取 2000 年一遇。

3.3.5.2 洪水计算分区

洪水计算分为拦洪坝以上区域和拦洪坝以下库区分别进行计算。

3.3.5.2.1 拦洪坝以上区域

拦洪坝为浆砌石结构，坝高 10m，坝顶标高 1084.95m，坝顶宽 2m。

分洪隧洞长 371.4m，隧洞断面 B×H×R=2.5m×1.25m×1.25m，隧洞进口底标高 1079.00m，隧洞出口底标高 1069.545m，洞底纵坡 i=0.025。

3.3.5.2.2 库内区域（拦洪坝以下区域）

现状库区排水方式为 3#排水井+3#竖井+3#支隧洞+主隧洞+明渠+消力池+沉淀池。当水位上升至 1012m-1027m 时排水方式为 4#排水井+4#竖井+4#支隧洞+主隧洞+明渠+消力池+沉淀池。

加高扩容工程新增 4 座框架式钢筋混凝土排水井，井径 4m，井高均为 24m，与现有隧洞通过净断面尺寸为 2×2.2m 的半圆拱直墙式隧洞连接，新增隧洞长 560m。排水井为双排洪井，5-1#排水井和 5-2#排水井，进水口标高 1027-1051m，6-1#排水井和 6-2#排水井，进水口标高 1050-1074m。

3.3.5.3 洪水计算

区域洪水汇流引起的洪水是影响尾矿库安全的主要危险因素。尾矿库现状等别为二等库，设计最终等别为二等库，洪水计算防洪频率按 2000 年一遇洪水进行计算。

(1) 依据可研报告图纸尾矿库总平面布置图，洪水计算分为拦洪坝以上区域和拦洪坝以下区域两个部分：

拦洪坝以上区域现状和运行终期地形参数不发生变化，具体参数汇水面积为 0.391km²，沟长为 1.17km。

拦洪坝以下现状（堆积坝顶标高 1014.0m）汇水面积为 0.919km²，沟长为 1.19km；运行终期（坝顶标高 1074m）汇水面积为 0.793km²，沟长为 0.95km。

(2) 依据《河南省暴雨参数图集》（河南省水文水资源局编制）提供的 10 分钟、1 小时、6 小时和 24 小时的点雨量均值及相应的 C_v 值，计算出 2000 年一遇的当地暴雨递减指数 n₁=0.370，n₂=0.774。暴雨迳流系数 α₂₄=0.8，汇流参数 m=0.7 等参数，作为水力计算主要依据。

3.3.5.3.1 现状库内洪水计算

(1) 暴雨时程分配计算

根据《河南省中小流域设计暴雨洪水图集》及《河南省暴雨参数图集》，按国家规范要求并结合主管部门要求，现状调洪演算按 0.05%洪水频率（即重现期 2000 年一遇）进行计算、校核，水文计算参数详见表 3-3-5，主雨峰段 H_{24P} 时程分配计算详见表 3-3-6。

表 3-3-5 洪水计算参数表

参数	H ₂₄ (mm)	m	α ₂₄	n ₁	n ₂	P%	F (km ²)	L (km)
库内	77.5	0.7	0.8	0.370	0.774	0.05	0.919	1.19
参数	N ₀	d (m)	L ₀ (km)	E ₀	G'	Δt (h)	T ₀	T ₀ /Δt
库内	0.2	10	0.39	563.3841	1.17	0.4	0.36	0.9

主雨峰段 0.4h 的 H_{24P} 暴雨时程分配过程线详见图 3-3-1。

表 3-3-6 主雨峰段 H_{24P} 时程分配计算表

分段类别	段号	t (h)	t^{1-n}	H_t (mm)	$H_{ti}-H_{ti-1}$ (mm)	H_R (mm)	n
主雨峰段	1	0.40	0.56	118.16	118.16	118.16	0.37
对称区 间的 次雨峰 段	2	1.20	1.04	219.31	101.15	50.58	0.77
	3	2.00	1.17	246.15	26.84	13.42	0.77
	4	2.80	1.26	265.60	19.45	9.72	0.77
	5	3.60	1.34	281.12	15.52	7.76	0.77
	6	4.40	1.40	294.16	13.04	6.52	0.77
	7	5.20	1.45	305.48	11.32	5.66	0.77
	8	6.00	1.50	315.52	10.04	5.02	0.77
	9	6.80	1.54	324.57	9.05	4.53	0.77
	10	7.60	1.58	332.84	8.26	4.13	0.77
	11	8.40	1.62	340.45	7.61	3.81	0.77
	12	9.20	1.65	347.52	7.07	3.54	0.77
	13	10.00	1.68	354.13	6.61	3.31	0.77
	14	10.80	1.71	360.35	6.21	3.11	0.77
	15	11.60	1.74	366.21	5.87	2.93	0.77
对称区 间的 次雨峰 段	16	12.00	1.75	369.03	2.82	2.82	0.77
	17	12.40	1.77	371.77	2.74	2.74	0.77
	18	12.80	1.78	374.45	2.68	2.68	0.77
	19	13.20	1.79	377.07	2.61	2.61	0.77
	20	13.60	1.80	379.62	2.55	2.55	0.77
	21	14.00	1.82	382.11	2.50	2.50	0.77
	22	14.40	1.83	384.55	2.44	2.44	0.77
	23	14.80	1.84	386.94	2.39	2.39	0.77
	24	15.20	1.85	389.28	2.34	2.34	0.77
	25	15.60	1.86	391.57	2.29	2.29	0.77
	26	16.00	1.87	393.82	2.25	2.25	0.77
	27	16.40	1.88	396.02	2.20	2.20	0.77
	28	16.80	1.89	398.19	2.16	2.16	0.77
	29	17.20	1.90	400.31	2.12	2.12	0.77
	30	17.60	1.91	402.40	2.09	2.09	0.77
	31	18.00	1.92	404.44	2.05	2.05	0.77
	32	18.40	1.93	406.46	2.01	2.01	0.77
	33	18.80	1.94	408.44	1.98	1.98	0.77

分段类别	段号	t (h)	t^{1-n}	H_t (mm)	$H_{ti}-H_{ti-1}$ (mm)	H_R (mm)	n
	34	19.20	1.95	410.39	1.95	1.95	0.77
	35	19.60	1.96	412.30	1.92	1.92	0.77
	36	20.00	1.97	414.19	1.89	1.89	0.77
	37	20.40	1.98	416.05	1.86	1.86	0.77
	38	20.80	1.99	417.88	1.83	1.83	0.77
	39	21.20	1.99	419.68	1.80	1.80	0.77
	40	21.60	2.00	421.46	1.78	1.78	0.77
	41	22.00	2.01	423.21	1.75	1.75	0.77
	42	22.40	2.02	424.94	1.73	1.73	0.77
	43	22.80	2.03	426.64	1.70	1.70	0.77
	44	23.20	2.04	428.32	1.68	1.68	0.77
	45	23.60	2.04	429.98	1.66	1.66	0.77
	46	24.00	2.05	431.61	1.64	1.64	0.77

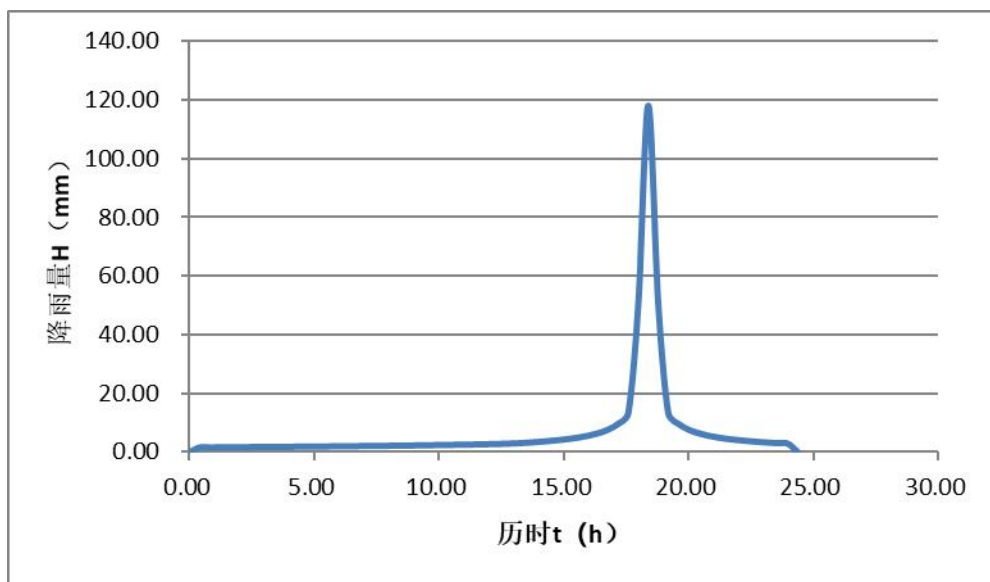


图 3-3-1 暴雨里程分配曲线图

(2) 坡面汇流计算

尾矿库库区汇水面积 $0.919\text{km}^2 < 5\text{km}^2$ ，为特小汇水面积，采用坡面汇流进行洪水计算。坡面汇流计算公式如下：

$$M = (\tau_s / \Delta t + 0.5) Q$$

$$\tau_s = G' / Q^{0.4}$$

$$G' = 36.5 (N_0 L_0)^{0.6} / E_0^{0.3}$$

$$E_0 = d \sum P / F$$

式中：

Δt ——计算时段长，h

N_0 ——山坡糙率

l ——支流长度，km

L ——流域长度，自分水岭起，km

F ——流域汇水面积， km^2

P ——一条等高线长度，km

d ——相邻等高线的高差，m

Q ——出流深度，mm

水量平衡方程式为：

$$\bar{I} - Q_{i-1} + M_{i-1} = M_i$$

式中： $\bar{I}$ ——时段平均入流

Q_{i-1} ——按时段初值的出流

M_{i-1} ——时段初 M 值

M_i ——时段末 M 值

坡面汇流计算详见表 3-3-7。

表 3-3-7 坡面汇流计算表

降雨 历时 t (h)	时段雨 量 H_R (mm)	入渗 μ (mm)	坡面汇流 (mm)					坡面出流 过程 $I=KR(\text{m}^3/\text{s})$
			$I=H_R-\mu$	$I'=(I_i+I_{i-1})/2$	$I-Q_{i-1}$	$M_i=I'-Q_{i-1}+M_{i-1}$	Q_i (由辅助曲线查得)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
0.40	1.64	1.45	0.18	0.09	0.09	0.09	0.00	0.002
0.80	1.66	1.45	0.21	0.20	0.19	0.28	0.02	0.012
1.20	1.68	1.45	0.23	0.22	0.20	0.48	0.05	0.029
1.60	1.70	1.45	0.25	0.24	0.19	0.68	0.08	0.050
2.00	1.73	1.45	0.28	0.26	0.18	0.86	0.12	0.073
2.40	1.75	1.45	0.30	0.29	0.17	1.03	0.15	0.098
2.80	1.78	1.45	0.32	0.31	0.16	1.19	0.19	0.123
3.20	1.80	1.45	0.35	0.34	0.15	1.34	0.23	0.148
3.60	1.83	1.45	0.38	0.36	0.13	1.47	0.27	0.172
4.00	1.86	1.45	0.41	0.39	0.12	1.59	0.30	0.194
4.40	1.89	1.45	0.43	0.42	0.12	1.71	0.34	0.218
4.80	1.92	1.45	0.47	0.45	0.11	1.82	0.38	0.240
5.20	1.95	1.45	0.50	0.48	0.10	1.92	0.41	0.261
5.60	1.98	1.45	0.53	0.51	0.10	2.03	0.45	0.284

降雨 历时 t (h)	时段雨 量 H _R (mm)	入渗μ (mm)	坡面汇流 (mm)					坡面出流 过程 I=KR(m ³ /s)
			I=HR- μ	I'=(I _i +I _{i-1}) /2	I-Q _{i-1}	M _i =I'-Q _{i-1} +M _{i-1}	Q _i (由辅助 曲线查得)	
6.00	2.01	1.45	0.56	0.55	0.10	2.13	0.48	0.306
6.40	2.05	1.45	0.60	0.58	0.10	2.23	0.52	0.329
6.80	2.09	1.45	0.63	0.62	0.10	2.33	0.55	0.352
7.20	2.12	1.45	0.67	0.65	0.10	2.43	0.59	0.376
7.60	2.16	1.45	0.71	0.69	0.10	2.53	0.63	0.400
8.00	2.20	1.45	0.75	0.73	0.11	2.63	0.66	0.424
8.40	2.25	1.45	0.80	0.77	0.11	2.74	0.71	0.452
8.80	2.29	1.45	0.84	0.82	0.11	2.85	0.75	0.480
9.20	2.34	1.45	0.89	0.86	0.11	2.97	0.80	0.511
9.60	2.39	1.45	0.94	0.91	0.11	3.08	0.85	0.540
10.00	2.44	1.45	0.99	0.96	0.12	3.19	0.89	0.570
10.40	2.50	1.45	1.04	1.02	0.12	3.32	0.95	0.606
10.80	2.55	1.45	1.10	1.07	0.12	3.44	1.00	0.640
11.20	2.61	1.45	1.16	1.13	0.13	3.57	1.06	0.677
11.60	2.68	1.45	1.23	1.19	0.13	3.70	1.12	0.714
12.00	2.74	1.45	1.29	1.26	0.14	3.84	1.18	0.755
12.40	2.82	1.45	1.36	1.33	0.15	3.99	1.25	0.800
12.80	2.93	1.45	1.48	1.42	0.17	4.15	1.33	0.849
13.20	3.11	1.45	1.65	1.57	0.24	4.39	1.45	0.924
13.60	3.31	1.45	1.85	1.75	0.31	4.70	1.60	1.024
14.00	3.54	1.45	2.08	1.97	0.36	5.06	1.79	1.143
14.40	3.81	1.45	2.36	2.22	0.43	5.49	2.02	1.291
14.80	4.13	1.45	2.68	2.52	0.49	5.99	2.30	1.468
15.20	4.53	1.45	3.07	2.88	0.58	6.56	2.63	1.679
15.60	5.02	1.45	3.57	3.32	0.69	7.25	3.05	1.944
16.00	5.66	1.45	4.21	3.89	0.84	8.09	3.57	2.281
16.40	6.52	1.45	5.07	4.64	1.07	9.16	4.28	2.730
16.80	7.76	1.45	6.31	5.69	1.41	10.57	5.25	3.353
17.20	9.72	1.45	8.27	7.29	2.04	12.61	6.75	4.310
17.60	13.42	1.45	11.97	10.12	3.37	15.97	9.41	6.004
18.00	50.58	1.45	49.12	30.55	21.14	37.11	29.50	18.824
18.40	118.16	1.45	116.71	82.92	53.42	90.53	92.35	58.939
18.80	50.58	1.45	49.12	82.92	-9.44	81.09	80.49	51.371
19.20	13.42	1.45	11.97	30.55	-49.95	31.15	23.39	14.926
19.60	9.72	1.45	8.27	10.12	-13.27	17.88	11.00	7.023
20.00	7.76	1.45	6.31	7.29	-3.71	14.16	7.95	5.075
20.40	6.52	1.45	5.07	5.69	-2.26	11.90	6.22	3.970
20.80	5.66	1.45	4.21	4.64	-1.58	10.32	5.08	3.240
21.20	5.02	1.45	3.57	3.89	-1.19	9.13	4.26	2.717
21.60	4.53	1.45	3.07	3.32	-0.94	8.19	3.64	2.322
22.00	4.13	1.45	2.68	2.88	-0.76	7.43	3.16	2.015
22.40	3.81	1.45	2.36	2.52	-0.64	6.79	2.77	1.766
22.80	3.54	1.45	2.08	2.22	-0.55	6.24	2.44	1.560
23.20	3.31	1.45	1.85	1.97	-0.47	5.77	2.18	1.389
23.60	3.11	1.45	1.65	1.75	-0.42	5.35	1.95	1.242
24.00	2.93	1.45	1.48	1.57	-0.38	4.97	1.74	1.113
24.40	0.00	0.00	0.00	0.74	-1.00	2.51	0.62	0.395
24.80	0.00			0.00	-0.62	0.44	0.04	0.025

3.3.5.3.2 加高扩容终期库内洪水计算

(1) 暴雨时程分配计算

根据《河南省中小流域设计暴雨洪水图集》及《河南省暴雨参数图集》，按国家规范要求并结合主管部门要求，现状调洪演算按 0.05%洪水频率（即重现期 2000 年一遇）进行计算、校核，水文计算参数详见表 3-3-8，主雨峰段 H_{24P} 时程分配计算详见表 3-3-9。

表 3-3-8 洪水计算参数表

参数	H_{24} (mm)	m	α_{24}	n_1	n_2	P%	F (km ²)	L (km)
库内	77.5	0.7	0.8	0.370	0.774	0.05	0.793	0.95
参数	N_0	d (m)	L_0 (km)	E_0	G'	Δt (h)	T_0	$T_0/\Delta t$
库内	0.2	10	0.42	98.676	2.07	0.5	0.61	0.9

主雨峰段 0.5h 的 H_{24P} 暴雨时程分配过程线详见图 3-3-2。

表 3-3-9 主雨峰段 H_{24P} 时程分配计算表

分段类别	段号	t (h)	t^{1-n}	H_t (mm)	$H_{ti}-H_{ti-1}$ (mm)	H_R (mm)	n
主雨峰段	1	0.50	0.65	135.99	135.99	135.99	0.37
对称区 间内的 次雨峰 段	2	1.50	1.10	230.66	94.66	47.33	0.77
	3	2.50	1.23	258.88	28.23	14.11	0.77
	4	3.50	1.33	279.34	20.45	10.23	0.77
	5	4.50	1.40	295.66	16.32	8.16	0.77
	6	5.50	1.47	309.38	13.72	6.86	0.77
	7	6.50	1.53	321.28	11.90	5.95	0.77
	8	7.50	1.58	331.84	10.56	5.28	0.77
	9	8.50	1.62	341.36	9.52	4.76	0.77
	10	9.50	1.66	350.05	8.69	4.34	0.77
	11	10.50	1.70	358.06	8.01	4.00	0.77
对称区 间外的 次雨峰 段	12	11.50	1.74	365.50	7.44	3.72	0.77
	13	12.00	1.75	369.03	3.53	3.53	0.77
	14	12.50	1.77	372.45	3.42	3.42	0.77
	15	13.00	1.79	375.77	3.32	3.32	0.77
	16	13.50	1.80	378.99	3.22	3.22	0.77
	17	14.00	1.82	382.11	3.13	3.13	0.77
	18	14.50	1.83	385.16	3.04	3.04	0.77
	19	15.00	1.84	388.12	2.96	2.96	0.77
	20	15.50	1.86	391.00	2.89	2.89	0.77
	21	16.00	1.87	393.82	2.82	2.82	0.77
	22	16.50	1.88	396.57	2.75	2.75	0.77

分段类别	段号	t (h)	t^{1-n}	H_t (mm)	$H_{ti}-H_{ti-1}$ (mm)	H_R (mm)	n
	23	17.00	1.90	399.25	2.68	2.68	0.77
	24	17.50	1.91	401.88	2.62	2.62	0.77
	25	18.00	1.92	404.44	2.57	2.57	0.77
	26	18.50	1.93	406.96	2.51	2.51	0.77
	27	19.00	1.95	409.42	2.46	2.46	0.77
	28	19.50	1.96	411.83	2.41	2.41	0.77
	29	20.00	1.97	414.19	2.36	2.36	0.77
	30	20.50	1.98	416.51	2.32	2.32	0.77
	31	21.00	1.99	418.78	2.27	2.27	0.77
	32	21.50	2.00	421.02	2.23	2.23	0.77
	33	22.00	2.01	423.21	2.19	2.19	0.77
	34	22.50	2.02	425.36	2.15	2.15	0.77
	35	23.00	2.03	427.48	2.12	2.12	0.77
	36	23.50	2.04	429.56	2.08	2.08	0.77
	37	24.00	2.05	431.61	2.05	2.05	0.77

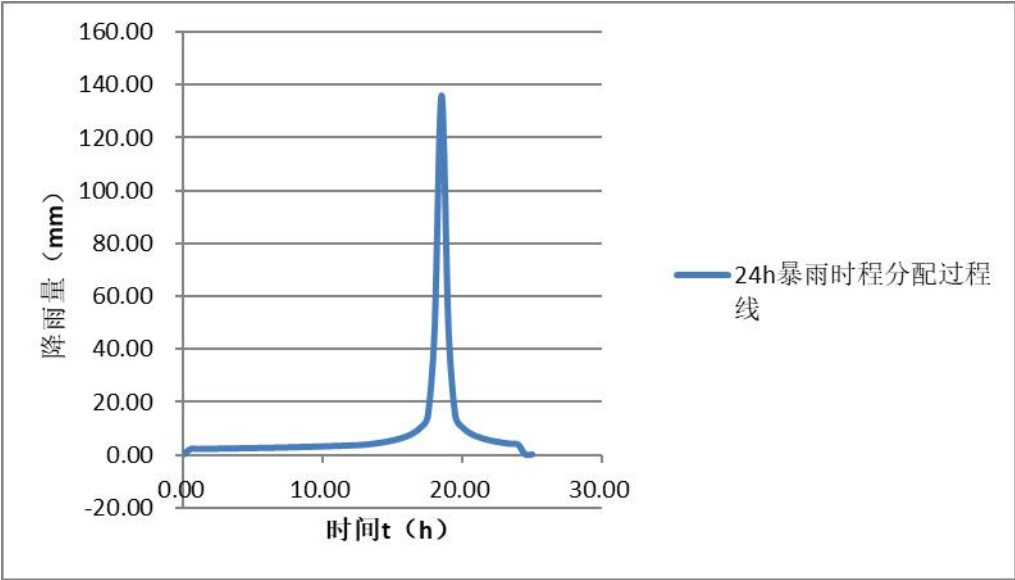


图 3-3-2 暴雨里程分配曲线图

(2) 坡面汇流计算

加高扩容终期尾矿库库区汇水面积 0.793km²<5km²，为特小汇水面积，采用坡面汇流进行洪水计算。坡面汇流计算公式同 3.3.5.3.1。

坡面汇流计算详见表 3-3-10。

表 3-3-10 坡面汇流计算表

降雨 历时 t (h)	时段雨 量 H _R (mm)	入渗μ (mm)	坡面汇流 (mm)					坡面出流 过程 I=KR(m ³ /s)
			I=HR- μ	I [*] =(I _i +I _{i-1})/ 2	I-Q _{i-1}	M _i =I [*] -Q _{i-1} +M _{i-1}	Q _i (由辅助 曲线查得)	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

降雨 历时 t (h)	时段雨 量 H _R (mm)	入渗μ (mm)	坡面汇流 (mm)					坡面出流 过程 I=KR(m ³ /s)
			I=HR- μ	I=(I _i +I _{i-1})/ 2	I-Q _{i-1}	M _i =I-Q _{i-1} +M _{i-1}	Q _i (由辅助 曲线查得)	
0.50	2.05	1.81	0.23	0.12	0.12	0.12	0.50	0.00
1.00	2.08	1.81	0.27	0.25	0.25	0.37	1.00	0.01
1.50	2.12	1.81	0.30	0.29	0.27	0.63	1.50	0.02
2.00	2.15	1.81	0.34	0.32	0.28	0.91	2.00	0.03
2.50	2.19	1.81	0.38	0.36	0.28	1.20	2.50	0.05
3.00	2.23	1.81	0.42	0.40	0.28	1.48	3.00	0.07
3.50	2.27	1.81	0.46	0.44	0.28	1.76	3.50	0.09
4.00	2.32	1.81	0.50	0.48	0.27	2.02	4.00	0.12
4.50	2.36	1.81	0.55	0.53	0.26	2.28	4.50	0.14
5.00	2.41	1.81	0.60	0.57	0.25	2.53	5.00	0.17
5.50	2.46	1.81	0.65	0.62	0.24	2.76	5.50	0.19
6.00	2.51	1.81	0.70	0.67	0.23	2.99	6.00	0.22
6.50	2.57	1.81	0.75	0.72	0.22	3.22	6.50	0.25
7.00	2.62	1.81	0.81	0.78	0.22	3.43	7.00	0.27
7.50	2.68	1.81	0.87	0.84	0.22	3.65	7.50	0.30
8.00	2.75	1.81	0.93	0.90	0.22	3.87	8.00	0.33
8.50	2.82	1.81	1.00	0.97	0.22	4.09	8.50	0.36
9.00	2.89	1.81	1.07	1.04	0.22	4.30	9.00	0.39
9.50	2.96	1.81	1.15	1.11	0.22	4.53	9.50	0.42
10.00	3.04	1.81	1.23	1.19	0.23	4.75	10.00	0.46
10.50	3.13	1.81	1.31	1.27	0.24	4.99	10.50	0.49
11.00	3.22	1.81	1.40	1.36	0.24	5.23	11.00	0.53
11.50	3.32	1.81	1.50	1.45	0.25	5.49	11.50	0.57
12.00	3.42	1.81	1.61	1.55	0.26	5.74	12.00	0.61
12.50	3.53	1.81	1.72	1.66	0.28	6.02	12.50	0.66
13.00	3.72	1.81	1.90	1.81	0.32	6.34	13.00	0.71
13.50	4.00	1.81	2.19	2.05	0.43	6.77	13.50	0.79
14.00	4.34	1.81	2.53	2.36	0.57	7.34	14.00	0.89
14.50	4.76	1.81	2.95	2.74	0.72	8.06	14.50	1.03
15.00	5.28	1.81	3.47	3.21	0.87	8.93	15.00	1.20
15.50	5.95	1.81	4.14	3.80	1.08	10.01	15.50	1.43
16.00	6.86	1.81	5.04	4.59	1.36	11.37	16.00	1.73
16.50	8.16	1.81	6.35	5.70	1.78	13.15	16.50	2.14
17.00	10.23	1.81	8.41	7.38	2.52	15.66	17.00	2.77
17.50	14.11	1.81	12.30	10.36	4.06	19.72	17.50	3.88
18.00	47.33	1.81	45.52	28.91	20.09	39.82	18.00	10.53
18.50	135.99	1.81	134.18	89.85	65.94	105.76	18.50	39.18
19.00	47.33	1.81	45.52	89.85	0.92	106.68	19.00	39.62
19.50	14.11	1.81	12.30	28.91	-61.03	45.64	19.50	12.72
20.00	10.23	1.81	8.41	10.36	-18.51	27.13	20.00	6.14
20.50	8.16	1.81	6.35	7.38	-6.56	20.57	20.50	4.13
21.00	6.86	1.81	5.04	5.70	-3.67	16.90	21.00	3.10
21.50	5.95	1.81	4.14	4.59	-2.45	14.45	21.50	2.46

降雨 历时 t (h)	时段雨 量 H _R (mm)	入渗μ (mm)	坡面汇流 (mm)					坡面出流 过程 I=KR(m ³ /s)
			I=HR- μ	I=(I _i +I _{i-1})/ 2	I-Q _{i-1}	M _i =I-Q _{i-1} +M _{i-1}	Q _i (由辅助 曲线查得)	
22.00	5.28	1.81	3.47	3.80	-1.79	12.66	22.00	2.02
22.50	4.76	1.81	2.95	3.21	-1.39	11.27	22.50	1.70
23.00	4.34	1.81	2.53	2.74	-1.13	10.14	23.00	1.45
23.50	4.00	1.81	2.19	2.36	-0.94	9.21	23.50	1.26
24.00	3.72	1.81	1.90	2.05	-0.81	8.40	24.00	1.09
24.50	0.00			0.95	-1.53	5.06	24.50	0.50
25.00	0.00			0.00	-1.14	2.10	25.00	0.13

3.3.5.3.3 拦洪坝以上洪水计算

采用水科院水文所简化推理公式计算洪峰流量（见下式）。

$$Q_P = \frac{A(S_p F)^B}{\left(\frac{L}{mJ^{1/3}}\right)^C} - D\mu F$$

其中：

$$S_p = \frac{H_{24p}}{24^{1-n_2}} \quad H_{24p} = K_p \overline{H_{24}}$$

$$\text{当 } t_c \leq t_R \text{ 时} \quad \mu = X \left(\frac{S_p}{h_R^{n_2}} \right)^Y,$$

$$\text{当 } t_c > t_R \text{ 时} \quad \mu = \frac{(1 - \alpha_{24}) H_{24P}}{24}$$

式中：

Q_p——洪峰流量，m³/s

S_p——频率为 P 时的暴雨雨力，mm/h

H_{24p}——频率为 P 时的 24 小时降雨量，mm

F——库区汇水面积，km²

m——汇流参数

L——库区主沟长，km

J——沟内平均坡降

μ——产流历时的平均入渗率，mm/h

A、B、C、D、X、Y——最大洪峰流量计算指数

n——暴雨递减指数（ $\tau \leq 1$ 时， $n=n_1$ ； $\tau > 1$ 时， $n=n_2$ ）
 τ ——流域汇流历时，h

洪水总量，采用如下公式计算：

$$W_{24P}=1000\alpha_{24}H_{24P}F$$

式中：a₂₄——径流系数

H_{24p}、F 同上

水文计算参数详见表 3-3-11。

表 3-3-11 洪水计算参数表

参数	H ₂₄ (mm)	C _v	m	α ₂₄	n ₁	n ₂	P%	F (km ²)	L (km)	J
拦洪坝以上	77.5	0.65	0.7	0.8	0.370	0.774	0.05	0.391	1.17	0.3162

洪水计算结果见表 3-3-12。

表 3-3-12 洪水计算结果表

区域	H _{24P} (mm)	K _P	S _P (mm/h)	h _{R24} (mm)	μ (mm/h)	t _c (h)	τ (h)	Q _P (m ³ /s)	W _{tp} (m ³)
拦洪坝以上	431.613	5.5692	210.29	280.55	7.38	11.11	0.330	33.63	109694

根据上表计算结果，马家沟尾矿库拦洪坝以上流域泄流历时τ=0.330h，
 洪峰流量 Q_p=33.63m³/s，流域 24 小时洪水总量 W₂₄=109694m³。

3.3.5.4 排水系统过流能力计算

3.3.5.4.1 现状排水系统过流能力计算

马家沟尾矿库库内排水系统采用 3#排水井—排水隧洞，排水设施的排水能力校核按以下公式进行。

a、自由泄流

水位未淹没井架圈梁时

$$Q_c=n_cm\epsilon b_c\sqrt{2g}H_y^{1.5}$$

水位淹没井架圈梁时

$$Q_d=Q_b=Q_1+Q_2$$

$$Q_1=1.8n_c\epsilon b_cH_0^{1.5}$$

$$Q_2 = 2.7 n_c \omega_c \sum H_i^{0.5}$$

水位淹没井口时

$$Q_e = \varphi \omega_s \sqrt{2gH_j}$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_4 + \zeta_5 f_6^2}}$$

b、半压力流

$$Q = \varphi F_s \sqrt{2gH}$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda_j \frac{l}{d} f_2^2 + \zeta_2 + \zeta_3 f_1^2 + \zeta_4 f_1^2 + \zeta_5 f_7^2}}$$

c、压力流

$$Q = \mu F_x \sqrt{2gH_z}$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \lambda g \frac{L}{D} f_3^2 + \sum \zeta f_3^2 + \zeta_2 f_9^2 + \zeta_3 f_3^2 + \zeta_4 f_5^2 + \zeta_5 f_8^2}}$$

式中：

Q——排水井泄洪流量，m³/s

n_c——同一个断面上排水口的个数

m——堰流量系数

b_c——一个排水口宽度，m

ε——侧向收缩系数，ε=1-0.2ξ₀H_y/b_c

H_i——第 i 层全淹没工作窗口的泄流计算水头，m

H₀——最上层未淹没工作窗口的泄流水头，m

H_j——井口泄流水头，m

H_y——溢流堰泄流水头，m

H——计算水头，为库水位与排水管入口断面中心标高之差

H_z——计算水头，为库水位与排水下游出口断面中心标高之差，m，当下游有水时，为库水位与下游水位的高差

ω_c ——一个排水窗口的面积, m^2
 ω ——井中水深范围内的窗口总面积, m^2
 ω_s ——井口水流收缩断面面积, $\omega_s = \varepsilon_b \omega_j$
 ω_j ——排水井井筒横断面面积, m^2
 ω_1 ——排水井井框立柱和圈梁之间的过水净空总面积, m^2
 F_s ——排水管入口水流收缩断面面积, m^2
 F_e ——排水管入口断面面积, m^2
 F_x ——排水管下游出口断面面积, m^2
 F_g ——排水管计算管段断面面积, m^2
 ξ_0 ——系数
 ζ ——排水管沿线局部水头损失系数
 ζ_2 ——排水管入口局部水头损失系数
 ζ_3 ——排水井中水流转向局部水头损失系数
 ζ_4 ——排水井进口局部水头损失系数
 ζ_5 ——框架局部水头损失系数, 为立柱、横梁的局部水头损失系数之和
 λ_j ——排水井沿程水头损失系数; $\lambda_j = 8g/C^2$, 排水井的摩擦阻力系数
 损失很小可以忽略不计
 λ_g ——排水管沿程水头损失系数, $\lambda_g = 8g/C^2$
 C ——谢才系数
 d ——排水井内径, m
 L ——排水管计算管段长度, m
 D ——排水管内径, m
 f_1 ——系数 $f_1 = F_s/\omega_j$
 f_2 ——系数 $f_2 = F_s/\omega$
 f_3 ——系数 $f_3 = F_x/F_g$
 f_4 ——系数 $f_4 = F_x/\omega$

f_5 ——系数 $f_5 = F_X/\omega_j$

f_6 ——系数 $f_6 = \omega_s/\omega_1$

f_7 ——系数 $f_7 = F_s/\omega_1$

f_8 ——系数 $f_8 = F_X/\omega_1$

f_9 ——系数 $f_9 = F_X/F_e$

现状 3#排水井排水，排水井为内径 4.0m 的 8 柱框架式排水井，井架高 16m，进水口标高 998m。井架圈梁宽度 0.27m，高度 0.34m；挡板宽 0.20m，高 0.20m；立柱外宽 0.21m，里宽 0.5m，厚 0.6m。

现状正常运行时水面标高 1008.9m，3#支隧洞进水口底标高 981.152m，主隧洞出水口底标高 946.119m，隧洞粗糙系数 n 取 0.025。

表 3-3-13 尾矿库运行库水位与泄流量计算表

库水位 (m)	自由泄流 (m ³ /s)	孔口泄流 (m ³ /s)	半压力流 (m ³ /s)	压力流 (m ³ /s)
1008.90	0			
1009.10	1.36	3.28	31.65	32.43
1009.30	3.90	8.82	43.41	36.70
1009.50	6.91	14.13	47.55	37.74
1009.70	10.27	18.82	49.40	38.16
1009.90	13.87	22.87	50.42	38.39
1010.10	17.60	26.38	51.07	38.54
1010.30	21.40	29.47	51.54	38.66
1010.50	25.20	32.25	51.92	38.76
1010.70	28.94	34.78	52.23	38.84
1010.90	32.58	37.12	52.50	38.92
1011.10	36.07	39.29	52.75	39.00
1011.30	39.38	41.33	52.99	39.07
1011.90	47.83	46.86	53.62	39.27

马家沟尾矿库库水位与泄流量关系曲线详见图 3-3-3。

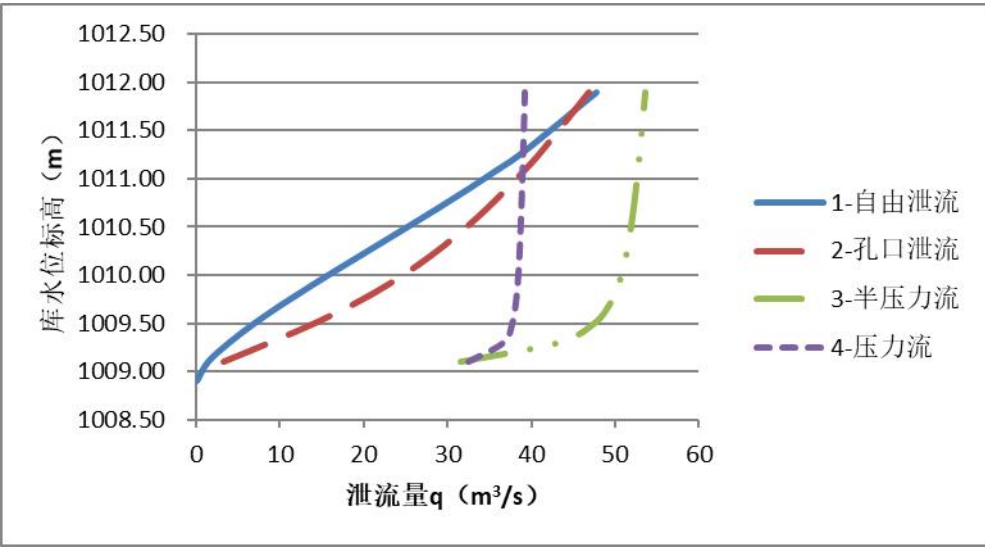


图 3-3-3 库水位与泄流量关系曲线

3.3.5.4.2 加高扩容终期排水系统过流能力计算

加高扩容终期 6-1#排水井和 6-2#排水井同时排水，排水井为内径 4.0m 的 8 柱框架式排水井，井架高 24m，进水口标高 1050m。

终期正常运行时水面标高 1071.6m，6-1#支隧洞进水口底标高 1013.5m，主隧洞出水口底标高 946.119m，隧洞粗糙系数 n 取 0.025。排水设施的排水能力校核计算公式详见 3.3.5.4.1。

表 3-3-14 尾矿库终期 6-1#排水井运行库水位与泄流量计算表

库水位 (m)	自由泄流 (m³/s)	孔口泄流 (m³/s)	半压力流 (m³/s)	压力流 (m³/s)
1071.60	0			
1071.80	1.36	3.28	45.71	30.95
1072.00	3.90	8.82	62.58	32.63
1072.20	6.91	14.13	68.42	32.99
1072.40	10.27	18.82	70.96	33.14
1072.60	13.87	22.87	72.29	33.22
1072.80	17.60	26.38	73.10	33.28
1073.00	21.40	29.47	73.64	33.32
1073.20	25.20	32.25	74.05	33.36
1073.40	28.94	34.78	74.36	33.39
1073.60	32.58	37.12	74.63	33.43
1073.80	36.07	39.29	74.86	33.46
1074.00	39.38	41.33	75.06	33.49

马家沟尾矿库库水位与泄流量关系曲线详见图 3-3-4。

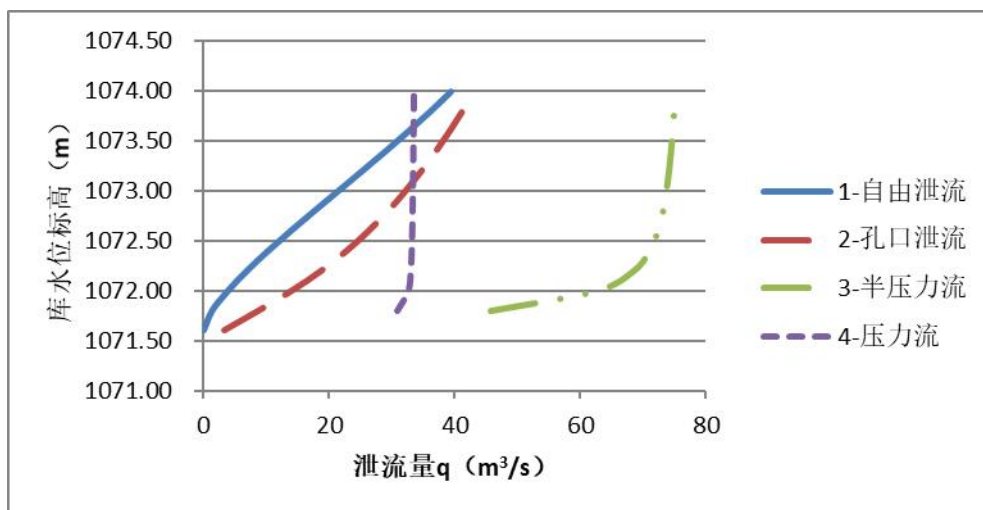


图 3-3-4 终期库水位与泄流量关系曲线

3.3.5.4.3 拦洪坝以上排水系统过流能力计算

拦洪坝为浆砌石结构，坝高 10m，坝顶标高 1084.95m，坝顶宽 2m。

分洪隧洞长 371.4m，隧洞断面 $B \times H \times R = 2.5\text{m} \times 1.65\text{m} \times 0.85\text{m}$ ，隧洞进口底标高 1079.00m，隧洞出口底标高 1069.545m，洞底纵坡 $i=0.025$ ，隧洞进行了喷浆，平均粗糙系数取 0.017。

拦洪坝以上区域过流能力计算采用明口隧洞公式计算泄流量：

(1) 无压流： $H_0/h < 1.1$ 为无压流

$$Q = m b \sqrt{2g} H_0^{1.5}$$

(2) 半压力流： $1.10 < H_0/h < 1.5$ 为半压力流

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2g(H_0 - \beta h)}$$

(3) 压力流： $H_0/h > 1.5$ 为压力流

$$Q = \mu_H \omega \sqrt{2g(H_0 + il - 0.85h)}$$

$$\mu_H = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta + \frac{2gl}{C^2 R}}}$$

式中：

H_0 —隧洞进口处的计算水头，m，自隧洞底起算

m —流量系数

b—隧洞宽度，m

ω —涵洞断面积， m^2

C—谢才系数

R—水力半径

L—涵洞长度，m

ξ —阻力系数

h—排水涵洞高度，m

β —系数， $\beta=0.708-2i$

i—隧洞坡度

泄流量 Q 与水头 H_0 计算结果详见表 3-3-15。

表 3-3-15 泄流量 Q 与水头 H_0 计算表

水头 h_0 (m)	泄流量 Q (m^3/s)	水头 h_0 (m)	泄流量 Q (m^3/s)	水头 h_0 (m)	泄流量 Q (m^3/s)
	无压流		半压力流		压力流
0.531	1.29	2.76	15.55	3.75	32.94
1.063	3.64	2.80	15.83	3.80	33.01
1.594	6.69	2.90	16.50	3.90	33.16
2.125	10.29	3.00	17.14	4.00	33.31
2.302	11.60	3.10	17.76	4.10	33.46
2.391	12.24	3.20	18.36	4.20	33.61
2.409	12.37	3.30	18.94	4.30	33.76
2.480	12.88	3.40	19.51	4.40	33.90
2.657	14.09	3.50	20.06	4.50	34.05
2.745	14.67	3.70	21.11		

3.3.5.5 调洪演算

3.3.5.5.1 现状排水系统调洪演算

(1) 现状调洪库容

尾矿库现状运行时坝顶标高 1014.0m，滩顶标高 1012.9m，尾矿库水位标高为 1008.9m，与滩顶高差 4.0m。依据尾矿库现状平面图计算出尾矿库运行不同库水位的调洪库容详见表 3-3-16，尾矿库调洪库容曲线详见图

3-3-5。

表 3-3-16 现状尾矿库调洪库容计算表

库水位标高 (m)	等高线间面积 (m ²)	相邻面积的平 均值 (m ²)	等高线间距 (m)	两等高线容积 (m ³)	累积库容 (m ³)
1008.9	32260	0		0	0
1009.1	38260	35260	0.2	7052	7052
1009.3	45260	41760	0.2	8352	15404
1009.5	53260	49260	0.2	9852	25256
1009.7	61760	57510	0.2	11502	36758
1009.9	70760	66260	0.2	13252	50010
1010.1	80260	75510	0.2	15102	65112
1010.3	90260	85260	0.2	17052	82164
1010.5	101360	95810	0.2	19162	101326
1010.7	112360	106860	0.2	21372	122698
1010.9	123916	118138	0.2	23627.6	146325.6

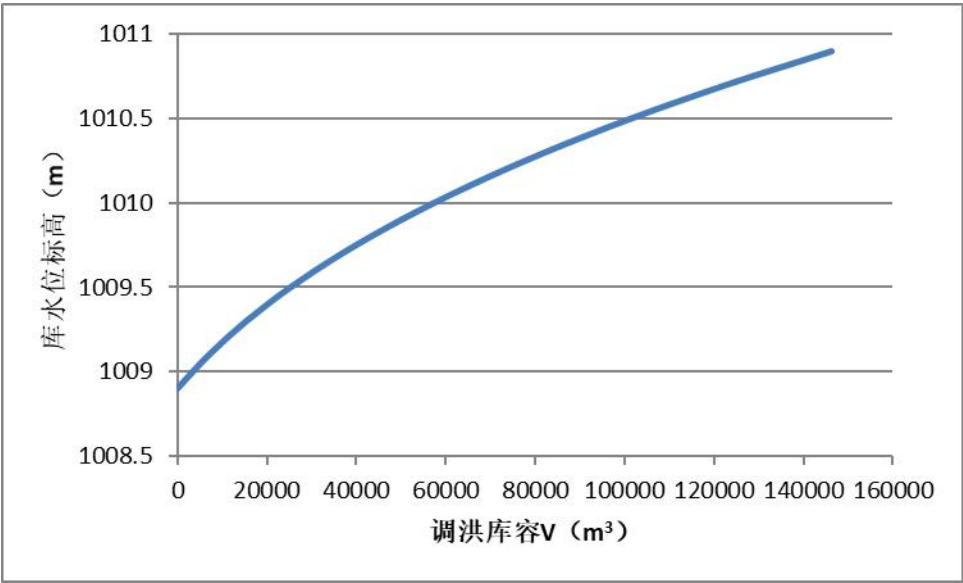


图 3-3-5 现状尾矿库调洪库容曲线

(2) 现状辅助曲线计算

表 3-3-17 尾矿库现状调洪演算辅助曲线计算表

库水位 H(m)	泄流量 q(m ³ /s)	V(m ³)	1/2qΔt	V+1/2qΔt	V-1/2qΔt
1008.90	0	0	0	0	0
1009.10	1.36	7052	979.2	8031.2	6072.8
1009.30	3.9	15404	2808	18212	12596
1009.50	6.91	25256	4975.2	30231.2	20280.8
1009.70	10.27	36758	7394.4	44152.4	29363.6

库水位 H(m)	泄流量 q(m³/s)	V(m³)	1/2qΔt	V+1/2qΔt	V-1/2qΔt
1009.90	13.87	50010	9986.4	59996.4	40023.6
1010.10	17.6	65112	12672	77784	52440
1010.30	21.4	82164	15408	97572	66756
1010.50	25.2	101326	22680	124006	78646
1010.70	28.94	122698	26046	148744	96652
1010.90	32.58	146325.6	29322	175647.6	117003.6

尾矿库现状辅助曲线 $q-v \pm 1/2q\Delta t$ 详见图 3-3-6。

（3）尾矿库调洪演算

库区内任一时段的水量平衡方程式公式如下：

$$1/2 \left(Q_s+Q_z \right) \Delta t-1/2 \left(q_s+q_z \right) \Delta t=V_z-V_s$$

式中：Q_s、Q_z——时段始、终尾矿库来洪流量，m³/s

q_s、q_z——时段始、终尾矿库泄洪流量，m³/s

V_s、V_z——时段始、终尾矿库的蓄洪量，m³

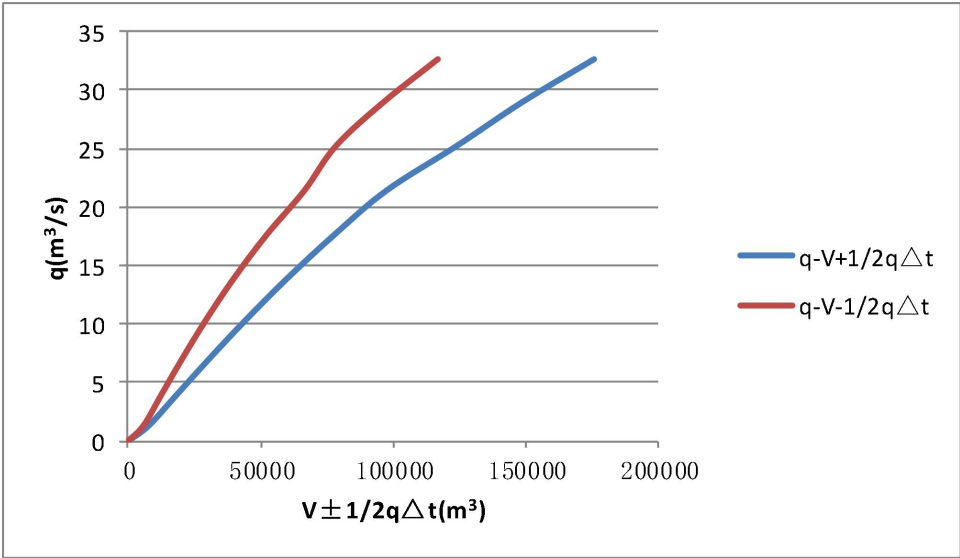


图 3-3-6 尾矿库运行现状 $q-v \pm 1/2q\Delta t$ 曲线

根据 24 小时暴雨时程分配过程产生的洪峰流量，利用水量平衡方程式，求出 24 小时尾矿库排水系统的泄洪流量，尾矿库洪水入流和泄流曲线详见图 3-3-7。

表 3-3-18 尾矿库调洪演算表

t (h)	Q(m³/s)	Q'(m³/s)	Q·Δt(m³)	V+1/2qΔt	q(m³/m)	V-1/2qΔt
0.00	0.00	0	0	0	0.00	0
0.40	0.00	0.00	1	1	0.00	1
0.80	0.01	0.01	10	11	0.00	8

t (h)	Q(m ³ /s)	Q ⁻ (m ³ /s)	Q ⁻ Δt(m ³)	V+1/2qΔt	q(m ³ /m)	V-1/2qΔt
1.20	0.03	0.02	29	38	0.01	28
1.60	0.05	0.04	57	86	0.01	65
2.00	0.07	0.06	89	154	0.03	116
2.40	0.10	0.09	123	240	0.04	181
2.80	0.12	0.11	159	340	0.06	257
3.20	0.15	0.14	196	453	0.08	342
3.60	0.17	0.16	231	573	0.10	433
4.00	0.19	0.18	264	697	0.12	527
4.40	0.22	0.21	297	823	0.14	623
4.80	0.24	0.23	329	952	0.16	720
5.20	0.26	0.25	360	1080	0.18	817
5.60	0.28	0.27	392	1209	0.20	914
6.00	0.31	0.30	425	1340	0.23	1013
6.40	0.33	0.32	457	1470	0.25	1112
6.80	0.35	0.34	490	1602	0.27	1211
7.20	0.38	0.36	524	1735	0.29	1312
7.60	0.40	0.39	558	1870	0.32	1414
8.00	0.42	0.41	593	2007	0.34	1518
8.40	0.45	0.44	631	2149	0.36	1625
8.80	0.48	0.47	671	2296	0.39	1736
9.20	0.51	0.50	713	2449	0.41	1852
9.60	0.54	0.53	757	2609	0.44	1973
10.00	0.57	0.56	800	2772	0.47	2096
10.40	0.61	0.59	847	2943	0.50	2225
10.80	0.64	0.62	897	3122	0.53	2361
11.20	0.68	0.66	948	3308	0.56	2502
11.60	0.71	0.70	1001	3503	0.59	2649
12.00	0.76	0.73	1058	3707	0.63	2803
12.40	0.80	0.78	1120	3923	0.66	2966
12.80	0.85	0.82	1188	4154	0.70	3141
13.20	0.92	0.89	1277	4418	0.75	3341
13.60	1.02	0.97	1403	4744	0.80	3587
14.00	1.14	1.08	1560	5147	0.87	3892
14.40	1.29	1.22	1752	5644	0.96	4268
14.80	1.47	1.38	1987	6255	1.06	4729
15.20	1.68	1.57	2266	6996	1.18	5290
15.60	1.94	1.81	2609	7898	1.34	5972
16.00	2.28	2.11	3042	9014	1.61	6703
16.40	2.73	2.51	3608	10310	1.93	7533
16.80	3.35	3.04	4380	11913	2.33	8560
17.20	4.31	3.83	5517	14077	2.87	9947
17.60	6.00	5.16	7426	17373	3.69	12058
18.00	18.82	12.41	17877	29935	6.84	20091
18.40	58.94	38.88	55989	76081	17.24	51251
18.80	51.37	55.16	79423	130674	26.21	92935
19.20	14.93	33.15	47734	140669	27.72	100753
19.60	7.02	10.97	15804	116557	24.13	81811
20.00	5.07	6.05	8711	90521	20.05	61655
20.40	3.97	4.52	6512	68167	15.58	45727
20.80	3.24	3.61	5192	50919	11.81	33916
21.20	2.72	2.98	4290	38206	8.83	25484
21.60	2.32	2.52	3628	29112	6.63	19565
22.00	2.01	2.17	3123	22688	5.02	15458
22.40	1.77	1.89	2722	18180	3.89	12576
22.80	1.56	1.66	2395	14970	3.09	10519

t (h)	Q(m ³ /s)	Q ⁻ (m ³ /s)	Q ⁻ Δt(m ³)	V+1/2qΔt	q(m ³ /m)	V-1/2qΔt
23.20	1.39	1.47	2123	12642	2.51	9027
23.60	1.24	1.32	1894	10921	2.08	7925
24.00	1.11	1.18	1695	9620	1.76	7091
24.40	0.39	0.75	1086	8176	1.40	6166
24.80	0.03	0.21	302	6468	1.10	4891
25.20	0.00	0.01	18	4909	0.83	3712
25.60	0.00	0.00	0	3712	0.63	2807
26.00	0.00	0.00	0	2807	0.48	2122
26.40	0.00	0.00	0	2122	0.36	1605
26.80	0.00	0.00	0	1605	0.27	1213
27.20	0.00	0.00	0	1213	0.21	918
27.60	0.00	0.00	0	918	0.16	694
28.00	0.00	0.00	0	694	0.12	525
28.40	0.00	0.00	0	525	0.09	397
28.80	0.00	0.00	0	397	0.07	300
29.20	0.00	0.00	0	300	0.05	227
29.60	0.00	0.00	0	227	0.04	172
30.00	0.00	0.00	0	172	0.03	130
30.40	0.00	0.00	0	130	0.02	98
30.80	0.00	0.00	0	98	0.02	74

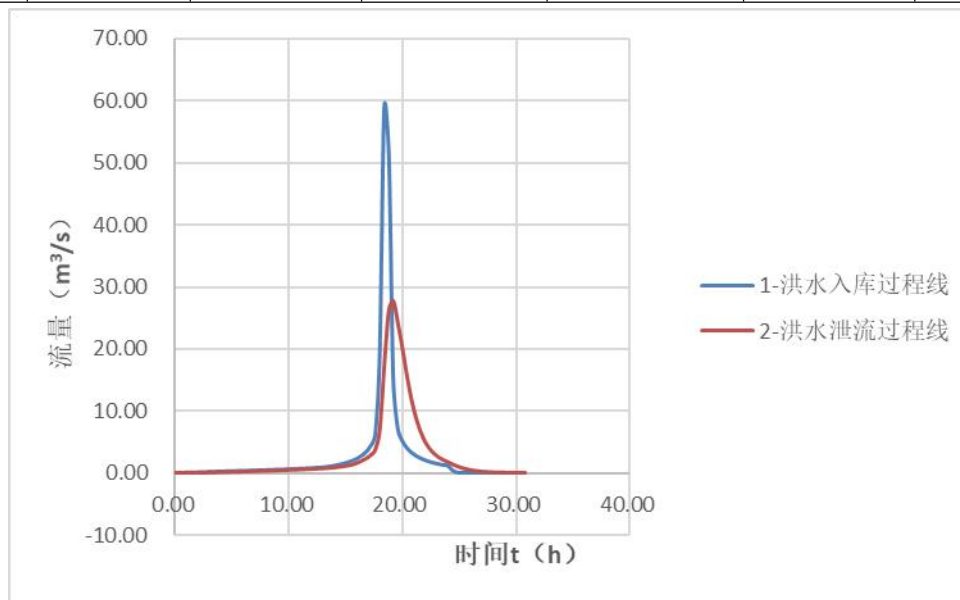


图 3-3-7 尾矿库洪水入流、泄流过程曲线

(4) 调洪结果

从调洪演算结果可以看出，现状库区在设防频率为 $P=0.05\%$ 洪水情况下，区域入库洪峰流量为 $58.94\text{m}^3/\text{s}$ ，3#排水井一排水隧洞排水系统最大泄洪流量为 $27.72\text{m}^3/\text{s}$ （此时 3#排水井流态为自由泄流，因而 3#排水井井筒加固不影响排水井的泄流），对应的调洪水深为 1.8m （对应的水位标高为 1010.70m ），最小干滩长度为 220m ，最小安全超高为 2.2m ，其防洪能力能够满足一等库 2000 年一遇的规范要求。

3.3.5.5.2 加高扩容终期排水系统调洪演算

(1) 终期调洪库容

尾矿库终期运行时坝顶标高 1074.0m，尾矿库水位标高为 1071.6m，与滩顶高差 2.4m，干滩长度 240m。依据尾矿库总平面布置图计算出尾矿库运行不同库水位的调洪库容详见表 3-3-19，尾矿库调洪库容曲线详见图 3-3-8。

表 3-3-19 终期尾矿库调洪库容计算表

库水位标高 (m)	等高线间面积 (m ²)	相邻面积的平均值 (m ²)	等高线间距 (m)	两等高线容积 (m ³)	累积库容 (m ³)
1071.6	134000			0	0
1071.8	158000	146000	0.2	29200	29200
1072.0	176000	167000	0.2	33400	62600
1072.2	190000	183000	0.2	36600	99200
1072.4	206000	198000	0.2	39600	138800
1072.6	224000	215000	0.2	43000	181800
1072.8	242000	233000	0.2	46600	228400
1073.0	258000	250000	0.2	50000	278400
1073.2	278000	268000	0.2	53600	332000
1073.4	296000	287000	0.2	57400	389400
1073.6	314000	305000	0.2	61000	450400
1073.8	332000	323000	0.2	64600	515000
1074.0	357520	344760	0.2	68952	583952

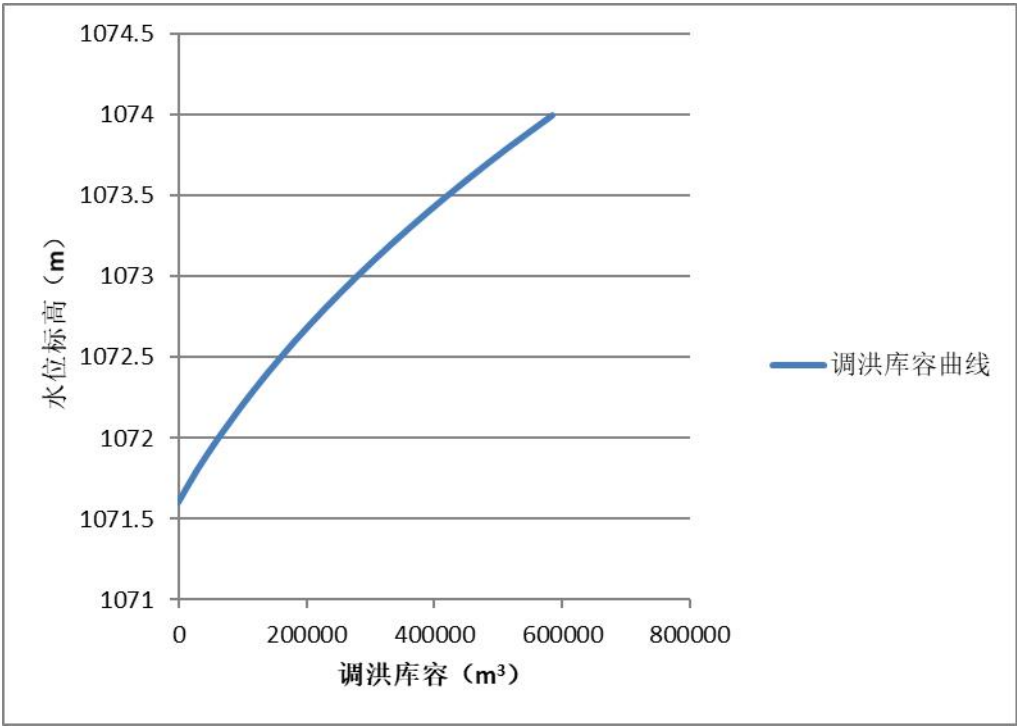


图 3-3-8 终期尾矿库调洪库容曲线

(2) 现状辅助曲线计算

表 3-3-20 尾矿库现状调洪演算辅助曲线计算表

库水位 H(m)	泄流量 q(m³/s)	V(m³)	1/2qΔt	V+1/2qΔt	V-1/2qΔt
1071.60	0.00	0	0	0	0
1071.80	1.36	29200	1228.110985	30428.11098	27971.88902
1072.00	3.90	62600	3508.08018	66108.08018	59091.91982
1072.20	6.91	99200	6215.309163	105415.3092	92984.69084
1072.40	10.27	138800	9244.593049	148044.593	129555.407
1072.60	13.87	181800	12482.28063	194282.2806	169317.7194
1072.80	17.60	228400	15843.93077	244243.9308	212556.0692
1073.00	21.40	278400	19261.94972	297661.9497	259138.0503
1073.20	25.20	332000	22679.65994	354679.6599	309320.3401
1073.40	28.94	389400	26048.01491	415448.0149	363351.9851
1073.60	32.58	450400	29323.59702	479723.597	421076.403
1073.80	33.46	515000	30114	545114	484886
1074.00	33.49	583952	30141	614093	553811

尾矿库现状辅助曲线 $q-v \pm 1/2q\Delta t$ 详见图 3-3-9。

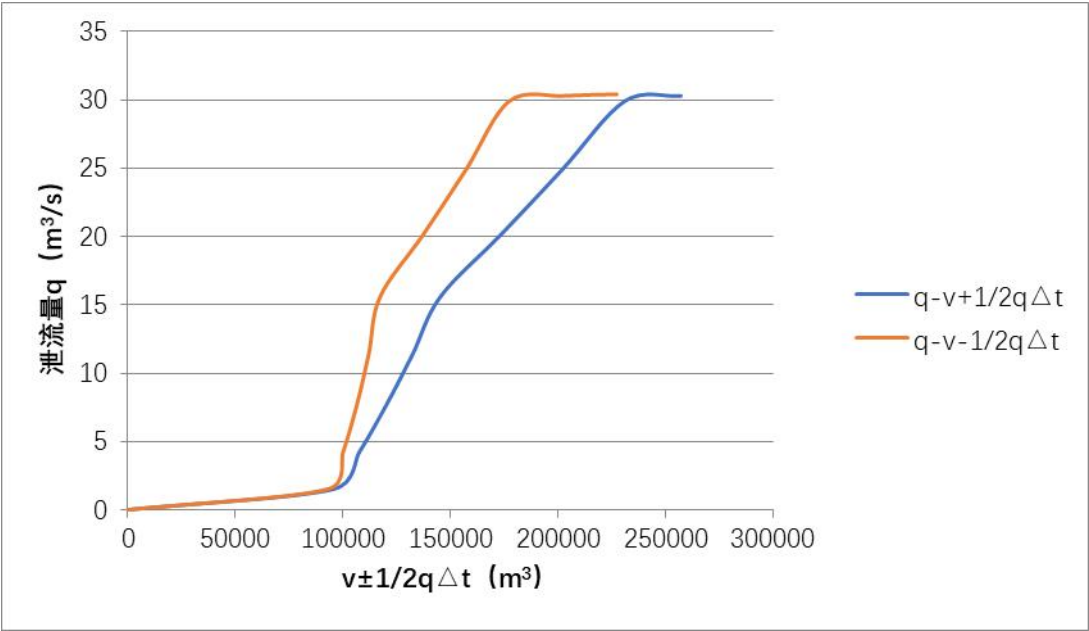


图 3-3-9 尾矿库运行现状 $q-v \pm 1/2q\Delta t$ 曲线

(3) 尾矿库调洪演算

库区内任一时段的水量平衡方程式公式同 3.3.5.5.1。

根据 24 小时暴雨时程分配过程产生的洪峰流量，利用水量平衡方程式，求出 24 小时尾矿库排水系统的泄洪流量，尾矿库洪水入流和泄流曲线详见图 3-3-10。

表 3-3-21 尾矿库调洪演算表

t (h)	Q(m³/s)	Q'(m³/s)	Q'Δt(m³)	V+1/2qΔt	q(m³/m)	V-1/2qΔt
0.00	0.00	0	0	0	0.00	0

t (h)	Q(m ³ /s)	Q̄(m ³ /s)	Q̄Δt(m ³)	V+1/2qΔt	q(m ³ /m)	V-1/2qΔt
0.50	0.00	0.00	1	1	0.00	1
1.00	0.01	0.00	8	9	0.00	8
1.50	0.02	0.01	23	31	0.00	29
2.00	0.03	0.03	46	74	0.00	68
2.50	0.05	0.04	76	144	0.01	132
3.00	0.07	0.06	111	243	0.01	224
3.50	0.09	0.08	150	374	0.02	344
4.00	0.12	0.11	192	536	0.02	492
4.50	0.14	0.13	236	728	0.03	669
5.00	0.17	0.16	282	951	0.04	874
5.50	0.19	0.18	327	1201	0.05	1104
6.00	0.22	0.21	374	1478	0.07	1359
6.50	0.25	0.23	422	1780	0.08	1637
7.00	0.27	0.26	470	2106	0.09	1936
7.50	0.30	0.29	518	2454	0.11	2256
8.00	0.33	0.32	570	2826	0.13	2598
8.50	0.36	0.35	623	3220	0.14	2960
9.00	0.39	0.38	676	3636	0.16	3343
9.50	0.42	0.41	732	4074	0.18	3746
10.00	0.46	0.44	791	4536	0.20	4170
10.50	0.49	0.47	852	5023	0.23	4617
11.00	0.53	0.51	918	5536	0.25	5089
11.50	0.57	0.55	989	6078	0.27	5587
12.00	0.61	0.59	1063	6650	0.30	6113
12.50	0.66	0.63	1141	7254	0.33	6669
13.00	0.71	0.68	1232	7901	0.35	7263
13.50	0.79	0.75	1349	8612	0.39	7917
14.00	0.89	0.84	1510	9427	0.42	8666
14.50	1.03	0.96	1726	10392	0.47	9553
15.00	1.20	1.11	2004	11557	0.52	10624
15.50	1.43	1.31	2362	12986	0.58	11938
16.00	1.73	1.58	2835	14774	0.66	13581
16.50	2.14	1.93	3481	17062	0.77	15685
17.00	2.77	2.46	4424	20109	0.90	18486
17.50	3.88	3.33	5990	24476	1.10	22500
18.00	10.53	7.21	12973	35473	1.72	32372
18.50	39.18	24.86	44740	77112	2.18	73188
19.00	39.62	39.40	70922	144110	9.96	126180
19.50	12.72	26.17	47107	173287	12.24	151263
20.00	6.14	9.43	16973	168236	11.84	146919
20.50	4.13	5.13	9241	156160	10.90	136534
21.00	3.10	3.61	6506	143040	9.88	125262
21.50	2.46	2.78	5008	130270	8.87	114307
22.00	2.02	2.24	4039	118346	7.93	104078
22.50	1.70	1.86	3355	107432	7.07	94715
23.00	1.45	1.58	2840	97555	6.43	85981
23.50	1.26	1.35	2439	88420	5.99	77638
24.00	1.09	1.18	2115	79753	4.03	72499
24.50	0.50	0.80	1436	73936	3.90	66916
25.00	0.13	0.31	565	67481	2.90	62261
25.50	0.00	0.06	113	62374	3.63	55835
26.00	0.00	0.00	0	55835	3.17	50132
26.50	0.00	0.00	0	50132	2.76	45158
27.00	0.00	0.00	0	45158	2.41	40819

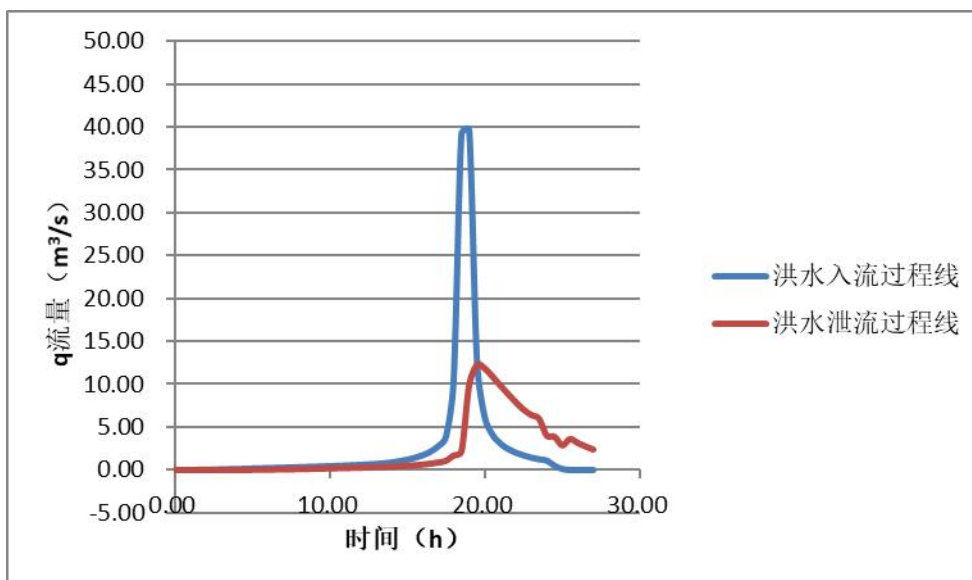


图 3-3-10 尾矿库洪水入流、泄流过程曲线

(4) 调洪结果

从调洪演算结果可以看出，终期库区在设防频率为 $P=0.05\%$ 洪水情况下，区域入库洪峰流量为 $39.62\text{m}^3/\text{s}$ ，6-1#排水井一排水隧洞排水系统最大泄洪流量为 $12.24\text{m}^3/\text{s}$ ，对应的调洪水深为 1.0m （对应的水位标高为 1072.6m ），最小干滩长度为 140m ，最小安全超高为 1.4m ，单个排水井的防洪能力已满足一等库 2000 年一遇的规范要求，可研设计为双排水井排洪。

3.3.5.5.3 拦洪坝以上排水系统调洪演算

拦洪坝以上调洪库容较小，不再进行调洪。

由表 3-3-15 计算可知：当拦洪坝（坝顶标高 1084.95m ）上游水头高度达到 4.3m 时（此时水位标高 1083.3m ） $Q=33.76\text{m}^3/\text{s} > \text{应泄流量 } 33.63\text{m}^3/\text{s}$ ，因此分洪隧洞的泄流能力满足尾矿库拦洪坝上游的排洪要求。

3.3.6 加高扩容排水系统与原排水系统相互关系和影响

3.3.6.1 利旧工程

(1) 拦洪坝以上排水（分洪系统）

拦洪坝为浆砌石结构，坝高 10m ，坝顶标高 1084.95m ，坝顶宽 2m 。

分洪隧洞长 371.4m ，隧洞断面 $B \times H \times R = 2.5\text{m} \times 1.25\text{m} \times 1.25\text{m}$ ，洞底

纵坡 $i=0.025$ 。

(2) 库内排水

现状库区排水方式为 3#排水井+3#竖井+3#支隧洞+主隧洞+明渠+消力池+沉淀池。

3.3.6.2 扩容工程

新增 4 座框架式钢筋混凝土排水井，井径 4m，井高均为 24m，与现有隧洞通过净断面尺寸为 $2 \times 2.2\text{m}$ 的半圆拱直墙式隧洞连接，新增隧洞长 560m。

扩容设计在库区尾部山体开挖一连通沟，保证支沟库区和主库区水力衔接通畅。连通沟深 50m，底部平台宽 6m，标高 1050m。

3.3.6.2 相互关系和影响

拦洪坝以上排水（分洪系统）一直运行至扩容终期。运行中企业做好拦洪坝以上排水系统的维护和检测，工况正常，对扩容工程没有影响。

库内排水 3#、4#运行至终期均需封井，启用新的排水井，对扩容工程没有影响。但现状排水主隧洞一直运行至扩容终期，运行中企业做好排水主隧洞的维护和检测，确保工况正常，才能保证扩容工程的安全实施。

原设计 1#-4#排水井的封堵结构由于坝体的加高需进行校核，必要时进行二次封堵。

3.3.7 安全对策措施及建议

(1) 依据工勘报告描述“排水主隧洞局部渗水或流水较大，水质清澈，局部水压较大。建议对流水较大或具承压水处采用水管引流处理，建议加强巡查，发现岩石松动掉块现象及时清理。”建议下步设计完善排水主隧洞流水较大或具承压水处的水管引流措施，加强巡查发现岩石松动掉块现象及时清理。下步设计补充新建排水隧洞衬砌结构图，并完善分缝设计、止水带及渗水孔设计内容。

(2) 建议下步设计参照工勘报告，完善右岸山体连通沟和左岸山体连通沟的详细设计内容，并优化设计参数。

(3) 依据工勘报告描述“因尾矿水中硫酸根离子含量较高，建议提高防腐等级。” 建议下步设计提高加高扩容工程排水系统的防腐等级。

(4) 依据工勘报告，下步设计明确加高扩容工程新建 4 座排水井均以中风化片麻岩⑦作为基础持力层。

(5) 建议下步设计参照工勘报告，核实各排水井井架高度。可研设计拟建 6-2#排水井标高 1050-1069m，现井址地面标高 1056.46m。进水口高程与地面高差 6.46m，如何确保进水口安全顺利进水，建议设计完善相关内容，或优化排水井的设计参数。

(6) 依据工勘报告，排水井开挖时易掉块、崩塌，建议下步设计时采取放缓坡比，喷锚支护等。

(7) 依据工勘报告描述“左岸山体连通沟结合物探 W3 剖面解译成果，在 60-80m 处发现一低阻异常向深部发育，推测该处存在破碎带。” 建议下步设计完善破碎带的处理措施。

(8) 依据工勘报告，新建 5-1#排水井竖井、6-1#排水井竖井和 6-2#排水井竖井均受地下水位影响，建议下步设计完善排水竖井渗水的处理措施。

(9) 本项目为加高扩容工程，建议对原设计 1#至 4#排水井的封堵结构进行校核，并完善新建排水井在终止使用时采取的封堵措施。

(10) 本项目为扩容工程，建议下步设计在尾矿库现有设施的基础上完善各工程布置。

(11) 根据可研报告，尾矿库加高扩容终期，最小运行干滩 240m，水面长约 720m，为确保尾矿库的安全运行，建议下步设计优化运行控制参数，明确典型标高的尾矿库安全管理主要控制指标等参数。

(12) 下一步设计时依据《水工混凝土结构设计规范》完善各排水构筑物的详细设计内容。

(13) 下一步设计时设计单位根据洪水计算、调洪演算结果详细确定尾矿库排洪构筑物详细的结构尺寸，确保尾矿库的防洪排水安全和规范要求。

(14) 可研 5.5.1 中设计堆积体两岸坝肩设置排水边沟， $B \times H = 0.6 \times 0.6\text{m}$ ，与原设计右岸应急溢洪道底宽 1.4m、深 1.6m、顶宽 2.1m 矛盾，建议下步设计时完善相关内容。

(15) 下一步设计时排水井井底应设置消力坑，在隧洞变坡、转弯处，应根据具体情况采取消能措施。

(16) 为确保尾矿库的安全，下步设计建议明确排水系统施工时是否可以爆破，爆破作业的一次爆破装药量。针对爆破作业，建议选择有资质的专业承包商进行施工爆破作业，在工作过程中，做好安全防护措施和应急处置预案。

(17) 按规程和规范要求完善尾矿库的相关图纸（含周边环境布置图、总平面布置图、现状平面图、现状库区纵剖图、排水系统纵剖图等），汇水面积图需完善坐标网格线。

(18) 下一步设计时补充排水井结构图、排水隧洞结构图，明确排水井井座、框架、竖井、拱板的具体结构参数。

(19) 下一步设计时应明确尾矿库应设置防止泥石流、滑坡、树木杂物等影响泄洪能力的工程措施。

(20) 下一步设计时明确排水隧洞出口闸门汛期时处于全开状态。

(21) 针对排水隧洞可能出现的塌方，建议在施工过程中，结合地质情况，及时对围岩进行支护，及时处理松动危石。

(22) 在施工过程中，要做好通风和气体检测工作，防止有害气体造成窒息中毒。

(23) 制定完善的生产安全事故应急预案，做好汛期前的防汛工作，洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查和清理。

(24) 要经常观察溢流水质情况是否正常,发现水浑时要及时封堵排水井挡板,确保尾矿库废水达标回收利用。

(25) 在今后尾矿库运行过程中,企业应加强对排水构筑物的动态监测,并委托专业队伍经常检查防洪、排水系统,发现异常情况应及时处理。

3.3.8 评价单元小结

根据可研设计,马家沟尾矿库加高扩容工程采用双排水井+排水隧洞的排水型式。本次评价对加高扩容工程设计的防洪系统进行了校核,排水系统为双排水井排洪,单个排水井的排水能力已满足设防洪水的排泄要求;对现状排水系统与原设计的符合性进行了检查,现状排水构筑物运行状况良好,加高扩容工程设计排水系统布置可行,下步设计应对本次评价提出的建议和补充的安全对策措施予以落实。

3.4 安全监测设施单元

3.4.1 可研简述

3.4.1.1 在线监测

尾矿库雨量监测设施已有,监控中心机房设施齐全,对雨量监测和机房布置不再新建,继续使用现有的在线监测系统。

在现有在线监测的基础上,每隔 10-20m 高差布设一组位移及浸润线监测设施。即在 1044m、1064m 和最终堆积坝顶 1074m 布置 3 排,测点横向间距 90-100m。

详见 2.5.12.1。

3.4.1.2 人工监测

位移监测设施由位移观测基点和坝上位移观测点组成。新增位移观测基点 2 个,堆积坝位移观测点布置标高为 1044m、1064m 和 1074m。浸润线观测孔垂直坝体轴线布置 3 组,布置标高 1044m、1064m 和 1074m。

详见 2.5.12.2。

3.4.2 现状简述

尾矿库设置有人工和在线监测设施。

3.4.2.1 人工观测设施

(1) 位移观测

初期坝外坡马道（954.00m）、初期坝顶（984.00m）及堆积坝第二级（994m）和第四级（1004m）马道上均布置 3 个位移观测桩，对应两岸山坡上分别设置了 2 个位移观测基点。

(2) 浸润线观测

堆积坝第二级（994. m）、第四级（1004m）马道、第六级子坝顶均布置 3 个浸润线观测孔，观测管为 $\phi 100\text{mm}$ PE 管。第二级和第四级子坝马道浸润线观测孔深为 15.1-15.4m，第六级子坝顶设置孔深为 16m。

(3) 水位观测

3#排水井和 4#排水井立柱上设置有水位观测标尺，站在库区边能观察库区水位。

详见 2.4.4.5.1。

3.4.2.2 在线监测系统

尾矿库在线监测系统包括坝体表面位移监测、坝体内部位移监测、浸润线监测、库水位监测、干滩监测、降雨量监测和视频监控等。

(1) 表面位移监测

在初期坝外坡马道（954m）设置 1 个坝体表面位移监测点，初期坝顶（984m）设置 2 个坝体表面位移监测点，堆积坝第四级（1004m）马道上设置有 3 个坝体表面位移监测点，在初期坝右岸山坡和库区右岸入库道路边各施工 1 个表面位移监测基准点。

(2) 内部位移监测

在堆积坝第一级（989.0m）和第四级（1004.0m）马道上各设置有 1 个内部位移监测点。

（3）浸润线监测

堆积坝第二级（994.0m）和第四级（1004.0m）马道上各布置 3 个浸润线监测点。

（4）雨量监测

堆积坝第二级（994.0m）子坝马道安装有 1 个雨量监测器。

（5）库水位监测

在 3#排水井框架上施工 1 个水位计。监测排水井进水口水位。

（6）干滩监测

堆积坝顶布设 2 个干滩监测点。每个监测点布设 1 套超声波物位计、1 台长距离激光测距机。

（7）视频监控

初期坝左岸、排水隧洞出口附近、库区左岸及拦洪坝分洪隧洞进口、3#排水井及附近、4#排水井附近、沉淀池左岸均施工有视频监控。

详见 2.4.4.5.2。

3.4.3 监测设施安全评价

3.4.3.1 现状监测设施评价

设置监测设施的目的是掌握和了解坝体的实际变形情况以及坝体内浸润线的位置及孔隙水压力、渗透水量变化情况等，作为判断坝体稳定的重要手段和环节。尾矿库为二等库，根据有关法律、法规、技术标准和规范的相关规定，运用安全检查表法对安全监测设施的安全符合性进行分析。具体内容见表 3-4-1。

表 3-4-1 现状安全监测设施安全检查表

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
1	尾矿库应根据设计等别、尾矿坝筑坝方式、尾矿及尾矿水污染性质、地形地质条件及地理环境因素，设置必要的安全和环保监测设施。三	尾矿库设计等别二等库，现状等别为二等库，设置有人工观测设施和在线监测设施。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.4.1

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
	等及三等以上尾矿库应设置人工监测和自动监测相结合的安全监测设施。			
2	尾矿库运行时,应按设计及时设置人工安全监测设施和在线安全监测系统,并应按照设计定期进行各项监测。	尾矿库设置人工安全监测设施和在线安全监测系统,并定期进行各项监测。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 6.7.1 条
3	一等、二等、三等尾矿库应安装在线监测系统,四等尾矿库宜安装在线监测系统。	尾矿库为二等库,安装有在线监测系统。	符合	《尾矿库安全监测技术规范》 第4.4.1条
4	在尾矿库初期坝、尾砂堆筑子坝上设置3排位移变形观测桩观测管,分别设置在标高 954.00m、984.00m、994.00m、1014.00m、1024.00m处,各标高 954.00m、984.00m、999.00m、1014.00m、1024.00m库边山体上设置位移变形观测基准桩。	初期坝外坡马道(954.00m)、初期坝顶(984.00m)及堆积坝第二级(994.00m)和第四级(1004.00m)马道上均布置3个位移观测桩,对应两岸山坡上分别设置了2个位移观测基点。	符合	《初步设计》 《在线监测设计变更单》
5	浸润线观测点布置在垂直于坝轴线的断面上,分别设置在标高 954.00m、984.00m、994.00m、1014.00m、1024.00m高程处各设置三个观测管,其中一条应设置在最大坝高断面。	初期坝标高954.00m、984.00m的浸润线观测管已取消。堆积坝第二级(994.m)、第四级(1004m)马道、第六级子坝顶均布置3个浸润线观测孔,观测管为 $\phi 100\text{mm}$ PE管。第二级和第四级子坝马道浸润线观测孔深为15.1-15.4m,第六级子坝顶设置孔深为16m。	符合	《初步设计》 《设计变更通知单》
6	在库内进水构筑物上的适当位置设置水位标尺刻度,标尺刻度要求清晰醒目,在库岸边便于观测。	3#排水井、4#排水井立柱上设置有清晰醒目的水位观测标尺。	符合	《初步设计》
7	尾矿库坝体表面位移设置:在初期坝中端969m标高1个,初期坝顶端984m标高2个,四级子坝顶端1004m标高3个,八级子坝顶端1028 m标高3个,坝体外稳定的岩体上设置基点。	现状堆积坝顶标高1014.0m,在初期坝外坡马道(954m)设置1个坝体表面位移观测点,初期坝顶(984m)设置2个坝体表面位移观测点,堆积坝第四级(1004.00m)马道上设置有3个坝体表面位移观测点,在初期坝右岸山坡和库区右岸入库道路边各施工1个表面位移监测基准点。	符合	《在线监测设计变更单》
8	尾矿库坝体内部位移设置:一级子坝989 m标高1个,四级子坝1004 m标高1个,八级子坝1024 m标高1	现状堆积坝顶标高1014.0m,在堆积坝第一级(989.0m)和第四级(1004.00m)马道上各	符合	《在线监测设计》

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
	个。	设置有1 个内部位移监测点。		
10	在堆积坝第二级马道（994m）、第四级马道（1004m）和第六级马道（1014m）上各布置有 3个浸润线监测点。	为做好人工在线比对,企业在堆积坝第二级（994.00m）、第四级（1004.00m）马道上各布置3个浸润线监测点。	符合	《在线监测设计变更单》
11	在排水井框架上安装库水位监测设施。	3#排水井上安装有水位计。	符合	《在线监测设计》
12	在堆积坝第二级马道（994m）上安装有1个雨量监测器。	现状在二级子坝马道安装1台雨量计，可满足相关要求。	符合	《在线监测设计变更单》
13	在滩顶高程安装2台激光干滩监测设备。	在堆积坝顶安装2台激光干滩监测设备。	符合	《在线监测设计》
14	在初期坝、堆积坝、排水井、拦洪坝、沉淀池蓄水坝、出水口、干滩放矿区域各建立1台视频监控点。	初期坝左岸、排水隧洞出口附近、库区左岸及拦洪坝分洪隧洞进口、3#排水井及附近、4#排水井附近、沉淀池左岸均施工有视频监控。	符合	《在线监测设计》

2025 年 4 月 13 日，河南鼎诚测绘工程有限公司编制完成了《尾矿库人工安全监测检查报告》，监测检查结论：嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库运行正常，人工检测数据和在线监测数据与实际测量数据相符。

3.4.3.2 加高扩容工程监测设施评价

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）、《尾矿库安全规程》（GB39496-2020），《尾矿库安全监测技术规范》AQ2030-2010）采用安全检查表法，检查可研报告中监测设施设计的符合性，评价内容详见监测设施安全检查表 3-4-2。

表 3-4-2 加高扩容工程安全监测设施安全检查表

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
1	尾矿库应根据设计等别、尾矿坝筑坝方式、尾矿及尾矿水污染性质、地形地质条件及地理环境因素，设置必要的安全和环保监测设施。三等及三等以上尾矿库应设置人工监测和自动监测相结合的安全监测设施。	尾矿库设计等别二等库，现状等别为二等库，设置有人工观测设施和在线监测设施。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.4.1	

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
2	尾矿库应设置人工安全监测和在线安全监测相结合的安全监测设施，人工安全监测与在线安全监测监测点应相同或接近，并应采用相同的基准值。监测设施横剖面应结合尾矿坝稳定计算断面布置，监测设施的布置还应满足下列原则： 一 应全面反映尾矿库的运行状态； 一 尾矿坝位移监测点的布置应根据稳定计算结果延伸到坝脚以外的一定范围； 一 坝肩及基岩断层、坝内埋管处必要时应加设监测设施。	尾矿库为二等库，可研设置了人工与在线相结合的监测设施。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.5.1 条	
3	湿式尾矿库监测项目应包括坝体位移，浸润线，干滩长度及坡度，降水量，库水位，库区地质滑坡体位移及坝体、排洪系统进出口等重要部位的视频监控。	尾矿库为二等库，在线监测系统由数据采集子系统，数据传输子系统，数据分析及管理子系统三部分组成。在线监测设施监测项目包括：包括表面位移、内部位移、浸润线、库水位、干滩长度、干滩坡度、雨量监测、视频监控等。尾矿库雨量监测设施已有，监控中心机房设施齐全，对雨量监测和机房布置不再新建，继续使用现有的在线监测系统。 在现有在线监测的基础上，每隔 10-20m 高差布设一组位移及浸润线监测设施。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.5.2 条	
3	尾矿库在线安全监测系统应符合下列规定： 一 应具备自动巡测、应答式测量功能； 一 应具备传感器和采集设备、供电系统、通信网络故障自诊断功能； 一 应具备防雷及抗干扰功能； 一 应具备数据后台处理、数据库管理、数据备份、预警、监测图形及报表制作、监测信息查询及发布功能； 一 应具备与现场巡查、人工	在线监测系统由数据采集子系统，数据传输子系统，数据分析及管理子系统三部分组成。在线监测设施监测项目包括：包括表面位移、内部位移、浸润线、库水位、干滩长度、干滩坡度、雨量监测、视频监控等。尾矿库雨量监测设施已有，监控中心机房设施齐全，对雨量监测和机房布置不再新建，继续使用现有的在线监测系统。	符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.5.3 条	

序号	项目检查内容	可研概况	结论	评价依据	对策措施
	安全监测接口, 进行数据补测、比测和记录。				
4	尾矿库安全监测预警应由低级到高级分为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警四个等级, 设计单位应给出各监测项目的各级预警阈值。各监测项目及尾矿库安全状况各级预警等级的判定并应符合下列规定: — 当同类监测项目的监测点达到 4 个蓝色预警时, 该项目为黄色预警; 达到 3 个黄色预警时, 该项目应为橙色预警; 达到 2 个橙色预警时, 该项目应为红色预警; — 当监测项目达到 4 个蓝色预警时, 应计为 1 项监测项目黄色预警; 达到 3 项黄色预警时, 应计为 1 项监测项目橙色预警; 当监测项目达到 2 项橙色预警时, 应计为 1 项监测项目红色预警; — 尾矿库安全状况预警应由尾矿库安全监测项目的最高预警等级确定。	尾矿库在线监测系统与公司 and 市县有关主管部门的监测系统联网, 便于上级主管部门实时掌握尾矿库的运行状况和抢险救援指挥。 可研报告未对 4 级预警进行设计。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.5.4 条	下步设计完善
5	尾矿库的安全监测工作在不同阶段应做到: 设计阶段应提出安全监测系统的设计方案、技术要求、仪器设备清单和投资概算。	可研未对安全监测系统的技术要求、仪器设备清单和投资进行概算。	不符合	《尾矿库安全监测技术规范》 AQ2030-2010 第 4.4.3 条	下步设计完善
6	尾矿库安全监测项目应包括巡视检查、坝体位移监测、堆积坝外坡比监测、渗流监测、库水位监测、干滩监测、降水量监测、排洪设施监测、视频监控、库区地质滑坡体监测。	尾矿库为二等库, 在线监测内容包括坝体表面位移监测、坝体内部位移、浸润线监测、库水位监测、干滩监测、降水量监测、视频监测。	符合	《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》 GB51108-2015 第 3.4.1 条	

3.4.4 加高扩容监测设施与原监测设施相互关系和影响

原设计监测设施现状运行良好, 均可作为利旧工程使用。运行中企业做好安全监测设施的维护和更新, 工况正常, 对扩容工程影响不大。

3.4.5 安全对策措施及建议

(1) 由于受可研深度限制，未对安全监测系统的技术要求、仪器设备清单和投资进行详细设计。建议监测设施设计增加坝体内部位移、库区周边及连通沟滑坡体位移设施以及排水井变形监测、浑浊度等内容。下步设计建议完善新增安全监测设施的设备型号、精度及技术参数。补充安全监测设施平面布置图、观测设施结构图，并完善观测设施施工要求。

(2) 下步设计应明确在线浸润线监测孔深度，随着坝体升高视频是否增设等具体内容。

(3) 设计时应应对尾矿库安全监测预警等级进行合理划分。等级应由低级到高级分为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警四个等级，设计单位应给出各监测项目的各级预警阈值。各监测项目及尾矿库安全状况各级预警等级的判定并应符合相关规定。

(4) 尾矿库运行时检查应加强坝体位移。要求坝的位移量变化应均衡，无突变现象，且应逐年减小。当位移量变化出现突变或有增大趋势时，应查明原因，妥善处理。

(5) 监测设施作为重要的安全设施，应定期对观测数据记录进行分析，建立设备设施维护、观测等各项管理制度和档案；发现诸如坝体变形及检测数据有突变或逐年增大等问题时，要及时分析研究，查明原因，采取有效措施，妥善处理。

3.4.5 评价单元小结

本单元运用安全检查表法对安全监测设施单元进行了安全评价。经评价可研设计的监测内容基本符合《尾矿设施设计规范》GB50863-2013 和《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）的规定和要求，建议下步设计应按本评价补充的对策措施完善安全监测单元的设计内容。

3.5 辅助设施单元

3.5.1 可研简述

尾矿库已经有完善的通信及照明设备，可满足尾矿库日常管理的需要，日常生产运营过程中应做好维护工作。

尾矿库库区已经有环库道路，随着坝体的增高，可在库区左岸布置上坝道路（兼应急道路），宽度为 5m，土石路面，以满足安全管理需要。

3.5.2 现状简述

（1）值班房和应急物资库

尾矿库值班房和应急物资库位于库区左岸山体上，为彩钢板房。值班房内管理制度、岗位风险告知牌、安全确认牌、应急预案等均上墙。

（2）通讯

尾矿库值班房配备有固定电话，尾矿工配备有移动电话和对讲机，以确保通讯畅通。

（3）照明设施

初期坝外坡标高 969m 马道、尾矿库堆积坝顶及外坡马道、回水泵站及 3#排水井附近均安装有 LED 灯，用于尾矿库夜间照明。

（4）上坝道路

沿尾矿库左侧库外山坡修筑有一条上坝道路，可通达 3#排水井附近、4#排水井及拦洪坝，路宽约 3-5.0m，路面为土石路面。

3.5.3 辅助设施主要危险因素辨识及分析

（1）触电

尾矿库虽然用电设备不多，仍然潜在着触电危险。主要表现在电气线路或电气设备在设计、安装上存在缺陷，或在运行中缺乏必要的检修维护；没有必要的安全技术措施或安全技术措施失效；电气设备运行管理不当，

安全管理制度不完善；专业电工或机电设备操作人员的操作失误或违章作业等。容易发生供电系统及电气设备绝缘破坏、接地不良等事故，造成人员触电伤亡。

（2）高处坠落（滑落）

尾矿库运行期间，作业人员在库区从事巡视检查和辅助设施施工维修，由于库区高陡地段较多，易发生高处坠落事故。

（3）淹溺

尾矿库运行期间，作业人员在库区从事巡视检查、管道维护等作业以及外人闯入库区时，存在淹溺危险，其主要部位有尾矿库尾浮船、浮桥处。造成淹溺的主要原因有：

- ①无防护措施冒险进入排水井区域；
- ②坝顶地面湿滑；
- ③护栏不符合安全要求；
- ④作业场所狭小；
- ⑤照明条件不良。

3.5.4 辅助设施安全评价

根据有关法律、法规、标准、规范以及现状和加高扩容工程项目设计的有关要求，运用安全检查表法，将法律、法规、技术标准、规范和现状及可研报告中的相关规定逐项对照评价，检查该尾矿库的安全辅助设施是否满足要求。评价内容及结果详见表 3-5。

表 3-5 辅助设施安全检查表

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
1	尾矿库的辅助设施应根据筑坝工程量、排水构筑物型式和操作要求，以及库区与厂区的距离等因素配备筑坝机械、工作船、工程车、交通道路、值班室、应急器材库、通信和照明等设施。必要时可设置宿舍和	可研概况：值班室、通讯及照明均为利旧设施。 尾矿库已经有完善的通信及照明设备，可满足尾矿库日常管理的需要。 尾矿库库区已经有环库道路，随着坝体的增高，可	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.5.1 条	

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
	库区简易气象水文观测点。	在库区左岸布置上坝道路（兼应急道路），宽度为5m，土石路面，以满足安全管理需要。 尾矿库辅助设施现状：库区左岸的山坡上设置尾矿库值班房和应急器材库，为彩钢板房。 尾矿库坝顶安装有照明，尾矿工配备移动电话。 尾矿库库区左侧至3#排水井设置有浮桥，浮桥旁边设置有运送拱板的运输船。			
2	尾矿库值班室宜避开坝体下游。	尾矿库值班室在库区左侧岸坡上，不在坝体下游。	符合	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第3.5.2条	
3	电气设备和装置的金属框架或外壳、电缆和金属包皮、互感器的二次绕组，应按有关规定进行保护接地。	可研中未述及。	不符合	《金属非金属矿山安全规程》 GB16423-2020 第5.8.5.1条	下步设计完善
4	接地线应采用并联方式，不应将各电气设备的接地线串联接地。	可研中未述及。	不符合	《金属非金属矿山安全规程》 GB16423-2020 第5.8.5.2条	下步设计完善

3.5.5 安全对策措施及建议

（1）现状尾矿库值班房位于库区左岸，随着坝体的上升，值班房所在位置会被淹没，建议下步设计完善尾矿库值班房和应急物资库的详细位置及内容。

（2）可研报告未述及浮桥的相关内容，建议下步设计完善浮桥设置的详细内容。

（3）可研报告未述及电气设备的接地方式，建议下步设计完善。

（4）建议下步设计对通往拦洪坝道路以及拦洪坝顶是否增设护栏做详细设计。

3.5.6 评价单元小结

采用安全检查表法对马家沟尾矿库辅助设施进行安全评价，尾矿库目前配置的通讯、照明等辅助设施符合有关法律、法规、标准、规范要求。应对本次评价提出的建议和补充的安全对策措施予以落实。

3.6 库内船只单元

3.6.1 可研简述

可研未述及库内船只。

3.6.2 现状简述

为方便排水井拱板运输作业，尾矿库 3#排水井附近设置有 1 条应急运输船，运送应急救援物资。

3.6.3 安全评价

根据有关法律、法规、标准、规范的有关要求，运用安全检查表法，将法律、法规、技术标准和规范的相关规定逐项对照评价，检查尾矿库的库内船只是否满足要求。评价内容及结果详见表 3-6。

表 3-6 库内船只安全检查表

序号	项目检查内容	事实记录	结论	评价依据
1	尾矿库库内浮船主要用于运输排水井盖板，运输船四周应设置防护栏杆可以有效的起到安全防护作用，并且在船上放置有救生圈。	可研中未述及库内船只。 现状浮桥附近设置有运输船运送拱板和应急物资，运输船设有护栏，岸坡设有固定桩、安全绳等安全设施。	不符合	《尾矿坝设计手册》

3.6.4 应采取的安全对策措施

- （1）下步设计时，设计单位可根据企业实际情况，完善库内船只及其防护设施的相关设计内容。
- （2）下一步设计时应应对尾矿库浮船固定设施、救生器材等进行设计。

3.6.5 评价单元小结

采用安全检查表法对马家沟尾矿库库内船只进行安全评价，尾矿库目前配置库内船只符合有关法律、法规、标准、规范要求，下步设计建议设计单位根据企业实际情况，明确船只是否利旧或增设新的防护设施。应对本次评价提出的建议和补充的安全对策措施予以落实。

3.7 安全标志单元

3.7.1 可研简述

可研报告未对尾矿库安全标志进行设计。

3.7.2 现状简述

尾矿库库区周边及坝体上设置了“尾矿库安全生产风险公告栏”、“尾矿库应急响应告知牌”、“尾矿库汛期责任人信息公示栏”、“尾矿库危险有害因素告知卡”、“尾矿库应急逃生路线图”、“库区重地、严禁入内”、“库区重地、闲人免进”、“此处危险、严禁靠近”、“你已进入监控区域”等公示牌和警示标志，禁止无关人员进入。

3.7.3 安全标志安全评价

根据《金属非金属矿山安全规程》GB16423-2020 和《安全标志及其使用导则》GB2894-2008 的规定和要求，采用安全检查表，对尾矿库中需设置的安全标志进行检查，为下步设计提供依据，评价内容详见安全标志安全检查表 3-7。

表 3-7 安全标志安全检查表

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
1	设备或线路检修时，相应开关附近设置“禁止合闸”标志。	目前尾矿库配电设施设置有“禁止合闸”标志，可研中未述及。	不符合	《安全标志及其使用导则》）GB2894-2008 第 1.8 条	下步设计完善
2	易造成事故或对人员有伤害的场所，如各种污染源入口处，	尾矿库目前设置有“禁止入内”标志，可研中未述及。	不符	《安全标志及其使用导则》	下步设计

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
	设置“禁止入内”标志。		合	GB2894-2008GB2894-2008第 1.13 条	完善
3	禁止饮用水的地方，如污染水，设置“禁止饮用”标志。	可研中未述及坝内渗水禁止饮用。	不符合	《安全标志及其使用导则》GB2894-2008第 1.26 条	下步设计完善
4	禁止游泳的水域，设置“禁止游泳”标志。	可研中未述及“禁止游泳”标志。	不符合	《安全标志及其使用导则》GB2894-2008第 1.35 条	下步设计完善
5	有可能发生触电危险的电器设备和线路，如配电室、开关等处，设置“当心触电”标志。	可研中未述及“当心触电”标志。	不符合	《安全标志及其使用导则》GB2894-2008第 2.7 条	下步设计完善
6	标志牌应设在与安全有关的醒目地方，并使大家看见后，有足够的时间来注意它所示内容。	可研中未述及标志牌应设在与安全有关的醒目地方。	不符合	《安全标志及其使用导则》GB2894-2008第 9.1 条	下步设计完善
7	安全标志牌至少每半年检查一次，如发现有破损、变形、褪色等不符合要求时应及时修整或更换。	可研中未述及安全标志牌的检查及更换。	不符合	《安全标志及其使用导则》GB2894-2008第 10.1 条	下步设计完善

3.7.4 安全对策措施及建议

- (1) 下步设计完善安全警示标志、公示公告牌设计内容。
- (2) 尾矿库周边危险位置必须设置醒目的警示标志或照明、护栏等。
- (3) 安全标志牌至少每半年检查一次，如发现有破损、变形、褪色等不符合要求时应及时修整或更换。

3.7.5 评价单元小结

下步设计时，针对尾矿库库区及周边应设置符合要求的安全标志，包括尾矿库、交通、电气安全标志等进行设计。

3.8 安全管理单元

本节主要从生产经营单位安全组织机构及管理人员配备、安全教育及培训、特种作业人员持证情况、规章制度、现场管理及生产安全检查等方

面进行符合性评价。

3.8.1 现状简述

由于本项目为马家沟尾矿库的加高扩容工程，马家沟尾矿库目前正常运行。企业成立有安全组织机构，并配备符合要求的管理人员，特种作业人员持证上岗，建立健全了以安全生产责任制为中心的各项安全管理制度，完善了各工种的操作规程。按规定对全员进行安全教育及培训，双重预防体系运行正常。

3.8.2 安全管理安全评价

本评价单元采用安全检查表法进行安全评价，详见表 3-8。

表 3-8 安全管理安全检查表

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
1	生产经营单位应当保证尾矿库具备安全生产条件所必需的资金投入，建立相应的安全管理机构或者配备相应的安全管理人员、专业技术人员。	企业保证了马家沟尾矿库全生产条件所必需的资金投入，建立了安全管理机构，并配备相应的安全管理人员、专业技术人员。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》 第五条	
2	生产经营单位主要负责人和安全生产管理人员应当依照有关规定经培训考核合格并取得安全资格证书后，方可任职。直接从事尾矿库放矿、筑坝、巡坝、排洪和排渗设施操作的作业人员必须取得特种作业操作证书，方可上岗作业。	公司主要负责人、安全管理人员及尾矿工特种作业人员均持证上岗，可以满足日常维护和检修的要求。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》 第六条	
3	尾矿库建设项目安全设施设计审查与竣工验收应当符合有关法律、行政法规及《非煤矿山建设项目安全设施设计审查与竣工验收办法》的规定。	马家沟尾矿库原安全设施设计经安全监管部门审查批复，设计审查和竣工验收符合相关规定。 加高扩容工程项目正在履行“三同时”程序。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》 第九条	
4	尾矿库建设项目应当进行安全设施设计并经安全生产监督管理部门审查批准后方可施工。无安全设施设计或者安全设施设计未经审查批准的，不得施工。严禁未经设计并审查批准擅自加高尾矿库坝体。	马家沟尾矿库现有工程均符合相关程序要求。 加高扩容工程项目正在履行“三同时”程序。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》 第十三条	

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
5	尾矿库施工应当执行有关法律、行政法规和国家标准、行业标准的规定，严格按照设计施工，确保工程质量，并做好施工记录。生产经营单位应当建立尾矿库工程档案和日常管理档案，特别是隐蔽工程档案、安全检查档案和隐患排查治理档案，并长期保存。	马家沟尾矿库现有工程均符合相关程序要求。 加高扩容工程项目正在履行“三同时”程序。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》第十四条	
6	生产经营单位应当建立健全防汛责任制，实施 24 小时监测监控和值班值守，并针对可能发生的垮坝、漫顶、排洪设施损毁等生产安全事故和影响尾矿库运行的洪水、泥石流、山体滑坡、地震等重大险情制定并及时修订应急救援预案，配备必要的应急救援器材、设备，放置在便于应急时使用的地方。应急预案应当按照规定报相应的安全生产监督管理部门备案，并每年至少进行一次演练。	建立防汛责任制，实施 24 小时值班值守，制定有应急救援预案，配备必要的应急救援器材、设备，并进行了预案演练。 企业制定有《嵩县金牛有限责任公司牛头沟选矿厂、马家沟尾矿库生产安全事故应急预案》，并于 2024 年 4 月 12 日在嵩县应急管理局备案，备案编号：41032520240106。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》第二十一条	
7	生产经营单位应当编制尾矿库年度、季度作业计划，严格按照作业计划生产运行，做好记录并长期保存。	企业编制有尾矿库年度、季度作业计划和详细运行图表。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》第二十二条	
8	生产经营单位应当建立尾矿库事故隐患排查治理制度，按照本规定和《尾矿库安全规程》的规定，定期组织尾矿库专项检查，对发现的事故隐患及时进行治理，并建立隐患排查治理档案。	企业制定有尾矿库事故隐患排查整治制度，并定期组织尾矿库专项检查，完善了检查档案。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》第二十三条	
9	尾矿库发生坝体坍塌、洪水漫顶等事故时，生产经营单位应当立即启动应急预案，进行抢险，防止事故扩大，避免和减少人员伤亡及财产损失，并立即报告当地县级安全生产监督管理部门和人民政府。	企业制定有《嵩县金牛有限责任公司牛头沟选矿厂、马家沟尾矿库生产安全事故应急预案》，并于 2024 年 4 月 12 日在嵩县应急管理局备案，备案编号：41032520240106。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》第二十五条	
10	未经生产经营单位进行技术论证并同意，以及尾矿库建设项目安全设施设计原审批部门批准，任何单位和个人不得在库	库区无从事爆破、采砂、地下采矿等危害尾矿库安全的作业。	符合	《尾矿库安全监督管理规定》第二十六条	

序号	规范要求	可研概况及项目现状	结论	检查依据	备注
	区从事爆破、采砂、地下采矿等危害尾矿库安全的作业。				
11	尾矿库设计文件除应明确堆存工艺、筑坝方法外，还应明确下列安全运行控制参数： 一尾矿库等别，设计最终堆积高程、总坝高、总库容、有效库容； 一入库尾矿量、尾矿比重、粒度及排放方式； ——初期坝、副坝、拦砂坝、一次建坝尾矿坝的坝型、坝高、坝顶宽度、上下游坡比、筑坝材料及其控制参数、地基处理； ——子坝坝高、坡比，尾矿堆积坝平均堆积外坡比； 一排洪系统型式、排洪构筑物的主要参数； 尾矿坝排渗型式； 一尾矿坝各运行期、各剖面的控制浸润线埋深。	可研报告明确了尾矿库等别，设计最终堆积高程、总坝高、总库容、有效库容；入库尾矿量、尾矿比重、粒度及排放方式；但入库尾矿粒度和实际运行参数不符。 由于本项目为尾矿库加高扩容工程项目，对子坝坝高、坡比，尾矿堆积坝平均堆积外坡比进行了设计。 可研明确了排洪系统型式，但排洪构筑物的主要参数不全面；明确了控制浸润线埋深数据。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.2.9 条	下步设计完善
12	湿式尾矿库设计文件除应提供 5.2.9 中的安全运行控制参数外，还应提供下列安全运行控制参数： 一入库尾矿浓度； 一 中线式和下游式尾矿筑坝的临时边坡的堆积坡比、堆坝尾砂的控制粒径、产率和浓度； 一库内控制的正常生产水位、调洪高度、安全超高、防洪高度、沉积滩坡度、正常生产水位时的干滩长度、最小干滩长度等。	可研报告明确了入库尾矿浓度，但和实际运行浓度有出入，建议核实；但库内控制的正常生产水位和正常生产水位时的干滩长度仅有扩容初期和扩容终期，缺少调洪高度、安全超高、防洪高度、最小干滩长度等均未述及。	不符合	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.2.10 条	下步设计完善

3.8.3 安全对策措施及建议

(1) 本项目为扩容工程，可研中设计尾矿排放浓度 30-35%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 40%左右不符；可研中设计尾矿粒度组成：<0.074mm 占 70%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 80%左右不符，也与工勘单位提供的全尾颗分数据平均约 79.13%不符。建议设计单位按照实际运行参数完善设计相关内容。

(2) 下步设计完善尾矿库各运行期的正常生产水位、调洪高度、安全

超高、防洪高度、沉积滩坡度、正常生产水位时的干滩长度、最小干滩长度等控制指标。

(3) 下步设计完善尾矿库排洪构筑物的主要参数。

(4) 马家沟尾矿库设计最终等别为二等库，施工单位应具备矿山工程总承包壹级资质或专业特级资质，监理单位应具有矿山工程监理甲级资质。

(5) 尾矿库加高扩容工程项目施工期间，应做好施工组织设计，应严格按照设计要求进行施工，确保施工质量和施工安全。排水隧洞、拦洪坝、排水井施工期间，应尤其注意预防高处坠落、机械伤害、物体打击、车辆伤害、坍塌、触电等危险因素发生。

(6) 尾矿排放与筑坝包括岸坡清理、尾矿排放、坝体堆筑、坝面维护和质量检测等环节，必须严格按设计要求和作业计划及规程精心施工，并做好记录。

(7) 做好坝坡保护工作，防止出现雨水拉沟、滑塌等现象，并按设计要求及时设置左右坝肩排水沟和坝坡纵向排水沟，保证其畅通。

(8) 尾矿库运行期间，企业应严格按照设计要求的尾矿库安全运行控制参数进行操作，尤其是尾矿库后期运行时，注意保持干滩长度、浸润线控制埋深等数据不得低于设计要求的数值。

(9) 管生产者必须管安全，为保证安全生产，在各机构中应明确各岗位安全生产责任制；各级领导和生产管理人员，必须重视安全工作，认真贯彻各级安全生产责任制，实现全面安全管理。

(10) 对尾矿库周边环境进行治理和维护，避免尾矿库受到自然和人为的破坏。

(11) 在今后尾矿库运行过程中，完善落实各项管理制度、隐患排查制度、汛期 24 小时值班制度、培训制度、整改技术措施费用管理制度。

(12) 在今后尾矿库运行过程中，定期进行应急救援演练，确保尾矿库安全。

(13) 在今后尾矿库运行过程中，确保尾矿工、电工等特种作业人员持证上岗，并定期培训，证件在有效期内。

(14) 洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查和清理，发现问题及时修复。

(15) 抗震工作应贯彻预防为主方针，当接到震情预报时，应根据实际情况做出防震、抗震计划和安排；做好人员、物资、交通、通讯、照明、报警，抢险和救护等工作。

3.8.4 评价单元小结

马家沟尾矿库配备了专职安全管理人员，制定了主要的安全生产责任制、安全生产管理制度和安全操作规程，制定有应急预案并在嵩县应急管理局进行了备案，并组织年度演练。职工上岗经过安全教育培训，特种作业人员持证上岗，管理人员和技术人员具有丰富的实践经验，安全管理组织机构设置及安全管理制度，尾矿库取得有安全生产许可证。目前马家沟尾矿库安全管理符合相关规定要求。

建议下步设计时应对本次评价提出的建议和补充的安全对策措施予以落实。

4 安全对策措施建议

安全评价的安全对策措施是从系统安全工程学的观点出发，从技术、管理、事故应急救援预案诸方面采取措施，从而保证系统安全。它要求生产经营单位在建设项目生产经营管理中，采取消除或减弱危险、有害因素的技术措施和管理措施，在生产全过程中预防事故和职业危害。安全对策措施是按照消除危险源、降低风险、采用个体防护的等级顺序进行制定的。

根据上述分析结果，本评价对上述各单元评价中提出的安全要求和对策措施进行归纳整理，希望建设单位在今后的工作中加以重点考虑。

4.1 制定安全对策措施的依据和原则

4.1.1 制定安全对策措施的依据

安全对策措施的制定主要依据本评价报告中对危险有害因素辨识与分析和各评价单元的定性定量评价，针对上述的分析评价向企业和设计单位提出合理的、具体详实的、具有可操作性的安全对策措施，用于消除或减弱加高扩容工程项目的危险程度，降低风险，提高本质安全化程度。

4.1.2 制定安全对策措施的原则

制定安全对策措施，遵守如下原则：

4.1.2.1 安全技术措施等级顺序

- (1) 直接安全技术措施；
- (2) 间接安全技术措施；
- (3) 指示性安全技术措施；

(4) 若间接指示性技术措施仍然不能避免事故危害发生，采用安全操作规程、安全教育、安全培训和个体防护用品等措施预防、减弱系统的危险、有害程度。

4.1.2.2 根据安全技术措施等级顺序的要求应遵循的具体原则

(1) 消除。通过按合理的设计进行施工建设、投入运行和安全管理。尽可能从根本上消除危险有害因素。

(2) 预防。当消除危险有害因素困难时，采用预防性技术措施，预防危险、危害的发生。

(3) 减弱。当无法消除危险有害因素和难以预防的情况下，采取降低危险危害程度的措施。

(4) 警告。在易发生事故和危险性较大的地方，设置醒目的安全标志。

4.1.2.3 安全对策措施应具有针对性、可操作性和经济合理性

(1) 针对性是指针对马家沟尾矿库运行现状和加高扩容工程项目评价得出的主要危险、有害因素及其后果，提出对策措施。

(2) 提出的对策措施是尾矿库企业进行管理的重要依据，因而对策措施应在经济、技术、时间上是可行的，能够落实和实施的。

(3) 经济合理性是指不应超越国家及尾矿库企业的经济、技术水平，按过高的安全要求提出安全对策措施。

4.1.2.4 对策措施应符合国家有关法规、标准及设计规范的规定

在本次安全评价中，已严格按照有关规定的要求提出了安全对策措施。

4.2 安全对策措施建议

针对马家沟尾矿库运行现状和加高扩容工程项目存在的危险、有害因素和安全分析与评价结果，依据国家相关安全法律、法规、标准和规范的要求，借鉴类似尾矿库的安全生产经验，分单元提出以下对应的安全对策措施建议。

4.2.1 库址选择单元

(1) 参照 2025 年 9 月西安理工大学水利水电学院编制完成的《嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程尾矿坝溃坝分析专题报告》，

三人场村的浆砌石挡墙需要进行加高处理，高度应不少于 6m。建议下步设计完善三人场村浆砌石挡墙的加高设计内容以及地基处理措施，并完善相关图纸。

(2) 建议下步设计完善尾矿库周边环境图，补充流经路径，并标注安全控制区内的各敏感点，并明确提出相关管理要求。

(3) 针对下游的万村和赵楼村，下步设计建议企业编制应急救援预案时，将万村和赵楼村列入救援范围。每年应急救援演练时邀请下游村庄居民参与联动演练，并针对演练结果，有针对性地进行培训。建议企业每年在合适的时间、地点组织下游村庄居民参加应急义务讲座，明确告知尾矿库存在的风险、防范措施以及撤离信号等，提高下游人员的防范意识。当听到撤离信号时，教育下游人员按指定的疏散路线和疏散区域撤离。

(4) 在下游村庄等显著位置设置安全警示牌，安全警示牌上应清晰注明避灾线路和避灾区域，并在合适位置设置警报器，和下游相关人员保持联动，一旦发现险情，及时疏散下游人员。

(5) 企业必须经常巡视库区周边环境，对库区四周山体必须加强巡视观测，发现滑坡及异常现象及时处理。坝顶及库区内严禁设计以外的其他任何建筑物或设施的建设。

(6) 必须加强水质、水量的观测，发现水量变大、水质变浑的不利现象时，必须采取相应安全措施，如增加事故池及渣浆泵等设施，防止含有大量尾砂的尾矿水泄入下游河道，污染环境。

(7) 企业应依靠当地政府有关部门，严禁在库区下游控制区新建民宅和其他重要设施。

4.2.2 尾矿坝单元

(1) 本项目为扩容工程，可研中设计尾矿排放浓度 30-35%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 40%左右不符；可研中设计尾矿粒度组成：<0.074mm 占 70%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 80%左右不符，

也与工勘单位提供的全尾颗分数据平均约 79.13%不符。建议设计单位按照实际运行参数完善设计相关内容。

(2) 本项目为扩容工程，建议下步设计在尾矿库现状的基础上完善各工程布置。

(3) 堆积坝扩容工程从原设计终期标高 1028m 开始，利旧工程中未明确现状堆积坝及其附属设施为利旧工程，建议下步设计完善。

(4) 根据马家沟尾矿库运行现状，下步设计时建议校核完善不同标高时的控制浸润线埋深数据。

(5) 《尾矿库安全规程》要求湿式尾矿库 1、2 级尾矿坝的渗流应按三维数值模拟计算或物理模型试验确定。马家沟尾矿库为二等库，下一步设计应根据岩土工程勘察结果，按三维数值模拟计算或物理模型试验进一步复核并合理确定尾矿库各运行期、各剖面的控制浸润线埋深，以利于尾矿库的安全运行。

(6) 下一步设计应根据岩土工程勘察资料进行概化分区，论证尾矿库尾矿坝稳定性计算断面，以确定坝体最终设计方案。

(7) 尾矿库堆积坝现状采用山坡土筑坝，建议下步明确筑坝分层厚度及压实度等参数，并补充纵横向排水沟的设计内容。

(8) 可研报告 2.5 中描述选厂生产工艺为浮选有误，建议下步设计时落实。

(9) 可研报告 5.3.2 中描述综合考虑一次性筑坝有误，建议下步设计时落实。

(10) 设计利旧工程可靠性分析中，未明确原有防排渗设施的利旧情况，建议下一步设计时完善。

(11) 可研中排渗设施布置标高、长度和 2019 年 4 月长春黄金设计院有限公司编制的《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库堆积坝排渗设施安全设施设计变更》（工程代码：【908-2012】）不一致，建议下一

步设计时明确加高扩容工程排渗设施的布置参数，增加排渗设施结构图，进一步补充完善尾矿库排渗设施的安全运行管理要求。

（12）可研报告面向下游右支沟未设置排水系统，建议下步设计参照工勘报告对右岸山体连通沟和左岸山体连通沟进行详细设计，优化设计参数；并对连通沟山体开挖边坡和南东侧开挖山体边坡进行稳定性校核，并明确右支沟的施工完成时限。

（13）下步设计明确做好坝面纵横向排水沟、坝肩截水沟及应急溢洪道的维护工作，若有破损及时修缮。

（14）下一步设计应根据《尾矿库安全规程》的要求，在堆积坝外坡面增设上坝踏步，并完善堆积坝上坝踏步的设置相关内容。

（15）尾矿库运行过程中，企业应加强坝体的安全检查及安全管理，避免坝体出现裂缝、滑坡等安全隐患。

（16）建议设计时明确尾矿排放与筑坝的具体措施，包括岸坡清理、尾矿排放、坝体堆筑、坝面维护和质量检测等环节。

（7）马家沟尾矿库建设与投入运行时间较长，今后坝体的堆筑应严格按照设计的坡比和高度进行后期子坝的堆筑，以保证坝体整体的稳定性。

（18）下步随着尾矿堆积坝高度的逐步上升，企业应严格按照排渗设施设计严格施工，确保尾矿库渗流稳定，有效降低后期堆积坝浸润线。

4.2.3 防排洪系统单元

（1）依据工勘报告描述“排水主隧洞局部渗水或流水较大，水质清澈，局部水压较大。建议对流水较大或具承压水处采用水管引流处理，建议加强巡查，发现岩石松动掉块现象及时清理。”建议下步设计完善排水主隧洞流水较大或具承压水处的水管引流措施，加强巡查发现岩石松动掉块现象及时清理。下步设计补充新建排水隧洞衬砌结构图，并完善分缝设计、止水带及渗水孔设计内容。

（2）建议下步设计参照工勘报告，完善右岸山体连通沟和左岸山体连

通沟的详细设计内容，并优化设计参数。

（3）依据工勘报告描述“因尾矿水中硫酸根离子含量较高，建议提高防腐等级。” 建议下步设计提高加高扩容工程排水系统的防腐等级。

（4）依据工勘报告，下步设计明确加高扩容工程新建 4 座排水井均以中风化片麻岩⑦作为基础持力层。

（5）建议下步设计参照工勘报告，核实各排水井井架高度。可研设计拟建 6-2#排水井标高 1050-1069m，现井址地面标高 1056.46m。进水口高程与地面高差 6.46m，如何确保进水口安全顺利进水，建议设计完善相关内容，或优化排水井的设计参数。

（6）依据工勘报告，排水井开挖时易掉块、崩塌，建议下步设计时采取放缓坡比，喷锚支护等。

（7）依据工勘报告描述“左岸山体连通沟结合物探 W3 剖面解译成果，在 60-80m 处发现一低阻异常向深部发育，推测该处存在破碎带。” 建议下步设计完善破碎带的处理措施。

（8）依据工勘报告，新建 5-1#排水井竖井、6-1#排水井竖井和 6-2#排水井竖井均受地下水位影响，建议下步设计完善排水竖井渗水的处理措施。

（9）本项目为加高扩容工程，建议对原设计 1#至 4#排水井的封堵结构进行校核，并完善新建排水井在终止使用时采取的封堵措施。

（10）本项目为扩容工程，建议下步设计在尾矿库现有设施的基础上完善各工程布置。

（11）根据可研报告，尾矿库加高扩容终期，最小运行干滩 240m，水面长约 720m，为确保尾矿库的安全运行，建议下步设计优化运行控制参数，明确典型标高的尾矿库安全管理主要控制指标等参数。

（12）下一步设计时依据《水工混凝土结构设计规范》完善各排水构筑物的详细设计内容。

（13）下一步设计时设计单位根据洪水计算、调洪演算结果详细确定

尾矿库排洪构筑物详细的结构尺寸，确保尾矿库的防洪排水安全和规范要求。

（14）可研 5.5.1 中设计堆积体两岸坝肩设置排水边沟， $B \times H = 0.6 \times 0.6\text{m}$ ，与原设计右岸应急溢洪道底宽 1.4m、深 1.6m、顶宽 2.1m 矛盾，建议下步设计时完善相关内容。

（15）下一步设计时排水井井底应设置消力坑，在隧洞变坡、转弯处，应根据具体情况采取消能措施。

（16）为确保尾矿库的安全，下步设计建议明确排水系统施工时是否可以爆破，爆破作业的一次爆破装药量。针对爆破作业，建议选择有资质的专业承包商进行施工爆破作业，在工作过程中，做好安全防护措施和应急处置预案。

（17）按规程和规范要求完善尾矿库的相关图纸（含周边环境布置图、总平面布置图、现状平面图、现状库区纵剖图、排水系统纵剖图等），汇水面积图需完善坐标网格线。

（18）下一步设计时补充排水井结构图、排水隧洞结构图，明确排水井井座、框架、竖井、拱板的具体结构参数。

（19）下一步设计时应明确尾矿库应设置防止泥石流、滑坡、树木杂物等影响泄洪能力的工程措施。

（20）下一步设计时明确排水隧洞出口闸门汛期时处于全开状态。

（21）针对排水隧洞可能出现的塌方，建议在施工过程中，结合地质情况，及时对围岩进行支护，及时处理松动危石。

（22）在施工过程中，要做好通风和气体检测工作，防止有害气体造成窒息中毒。

（23）制定完善的生产安全事故应急预案，做好汛期前的防汛工作，洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查和清理。

（24）要经常观察溢流水质情况是否正常，发现水浑时要及时封堵排

水井挡板，确保尾矿库废水达标回收利用。

(25) 在今后尾矿库运行过程中，企业应加强对排水构筑物的动态监测，并委托专业队伍经常检查防洪、排水系统，发现异常情况应及时处理。

4.2.4 安全监测设施单元

(1) 由于受可研深度限制，未对安全监测系统的技术要求、仪器设备清单和投资进行详细设计。建议监测设施设计增加坝体内部位移、库区周边及连通沟滑坡体位移设施以及排水井变形监测、浑浊度等内容。下步设计建议完善新增安全监测设施的设备型号、精度及技术参数。补充安全监测设施平面布置图、观测设施结构图，并完善观测设施施工要求。

(2) 下步设计应明确在线浸润线监测孔深度，随着坝体升高视频是否增设等具体内容。

(3) 设计时应应对尾矿库安全监测预警等级进行合理划分。等级应由低级到高级分为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警四个等级，设计单位应给出各监测项目的各级预警阈值。各监测项目及尾矿库安全状况各级预警等级的判定并应符合相关规定。

(4) 尾矿库运行时检查应加强坝体位移。要求坝的位移量变化应均衡，无突变现象，且应逐年减小。当位移量变化出现突变或有增大趋势时，应查明原因，妥善处理。

(5) 监测设施作为重要的安全设施，应定期对观测数据记录进行分析，建立设备设施维护、观测等各项管理制度和档案；发现诸如坝体变形及检测数据有突变或逐年增大等问题时，要及时分析研究，查明原因，采取有效措施，妥善处理。

4.2.5 辅助设施单元

(1) 现状尾矿库值班房位于库区左岸，随着坝体的上升，值班房所在位置会被淹没，建议下步设计完善尾矿库值班房和应急物资库的详细位置及内容。

(2) 可研报告未述及浮桥的相关内容，建议下步设计完善浮桥设置的详细内容。

(3) 可研报告未述及电气设备的接地方式，建议下步设计完善。

(4) 建议下步设计对通往拦洪坝道路以及拦洪坝顶是否增设护栏做详细设计。

4.2.6 库内船只单元

(1) 下步设计时，设计单位可根据企业实际情况，完善库内船只及其防护设施的相关设计内容。

(2) 下一步设计时应应对尾矿库浮船固定设施、救生器材等进行设计。

4.2.7 安全标志单元

(1) 下步设计完善安全警示标志、公示公告牌设计内容。

(2) 尾矿库周边危险位置必须设置醒目的警示标志或照明、护栏等。

(3) 安全标志牌至少每半年检查一次，如发现有破损、变形、褪色等不符合要求时应及时修整或更换。

4.2.8 安全管理单元

(1) 本项目为扩容工程，可研中设计尾矿排放浓度 30-35%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 40%左右不符；可研中设计尾矿粒度组成： $<0.074\text{mm}$ 占 70%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 80%左右不符，也与工勘单位提供的全尾颗分数据平均约 79.13%不符。建议设计单位按照实际运行参数完善设计相关内容。

(2) 下步设计完善尾矿库各运行期的正常生产水位、调洪高度、安全超高、防洪高度、沉积滩坡度、正常生产水位时的干滩长度、最小干滩长度等控制指标。

(3) 下步设计完善尾矿库排洪构筑物的主要参数。

(4) 马家沟尾矿库设计最终等别为二等库，施工单位应具备矿山工程总承包壹级资质或专业特级资质，监理单位应具有矿山工程监理甲级资质。

（5）尾矿库加高扩容工程项目施工期间，应做好施工组织设计，应严格按照设计要求进行施工，确保施工质量和施工安全。排水隧洞、拦洪坝、排水井施工期间，应尤其注意预防高处坠落、机械伤害、物体打击、车辆伤害、坍塌、触电等危险因素发生。

（6）尾矿排放与筑坝包括岸坡清理、尾矿排放、坝体堆筑、坝面维护和质量检测等环节，必须严格按设计要求和作业计划及规程精心施工，并做好记录。

（7）做好坝坡保护工作，防止出现雨水拉沟、滑塌等现象，并按设计要求及时设置左右坝肩排水沟和坝坡纵向排水沟，保证其畅通。

（8）尾矿库运行期间，企业应严格按照设计要求的尾矿库安全运行控制参数进行操作，尤其是尾矿库后期运行时，注意保持干滩长度、浸润线控制埋深等数据不得低于设计要求的数值。

（9）管生产者必须管安全，为保证安全生产，在各机构中应明确各岗位安全生产责任制；各级领导和生产管理人员，必须重视安全工作，认真贯彻各级安全生产责任制，实现全面安全管理。

（10）对尾矿库周边环境进行治理和维护，避免尾矿库受到自然和人为的破坏。

（11）在今后尾矿库运行过程中，完善落实各项管理制度、隐患排查制度、汛期 24 小时值班制度、培训制度、整改技术措施费用管理制度。

（12）在今后尾矿库运行过程中，定期进行应急救援演练，确保尾矿库安全。

（13）在今后尾矿库运行过程中，确保尾矿工、电工等特种作业人员持证上岗，并定期培训，证件在有效期内。

（14）洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查和清理，发现问题及时修复。

（15）抗震工作应贯彻预防为主方针，当接到震情预报时，应根据

实际情况做出防震、抗震计划和安排；做好人员、物资、交通、通讯、照明、报警，抢险和救护等工作。

5 评价结论

5.1 主要危险有害因素

本评价针对嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目的特点，依据《企业职工伤亡事故分类标准》，通过各单元的识别分析和评价，汇总结果如下：

在未来的项目建设中可能存在的主要危险因素有：坍塌、高处坠落、车辆伤害、触电、机械伤害、爆破伤害、火药爆炸、中毒窒息、容器爆炸等。

运行过程中可能存在的主要危险因素有：坝体溃决、坝坡失稳、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏、机械伤害、车辆伤害、高处坠落、触电、淹溺、坍塌等。

可能存在的主要有害因素有：粉尘、水质污染等。

主要自然灾害因素：地震、雷电、山体坍塌、特大暴雨、大风、雷电、高、低温、泥石流、降雪、冰雹等。

5.2 应重点防范的重大危险有害因素

施工阶段应重点预防的高处坠落、触电、坍塌、爆破伤害、火药爆炸、中毒窒息、容器爆炸等危险因素发生。

尾矿库运行时应重点防范的重大危险因素有：坝体溃决、坝坡失稳、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏等。

应重点防范的重大有害因素为粉尘。

5.3 应重视的安全对策措施建议

(1) 本项目为扩容工程，可研中设计尾矿排放浓度 30-35%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 40%左右不符；可研中设计尾矿粒度组成：<0.074mm 占 70%，与初步设计及企业提供的实际运行参数 80%左右不符，

也与工勘单位提供的全尾颗分数据平均约 79.13%不符。建议设计单位按照实际运行参数完善设计相关内容。

(2) 《尾矿库安全规程》要求湿式尾矿库 1、2 级尾矿坝的渗流应按三维数值模拟计算或物理模型试验确定。马家沟尾矿库为二等库，下一步设计应根据岩土工程勘察结果，按三维数值模拟计算或物理模型试验进一步复核并合理确定尾矿库各运行期、各剖面的控制浸润线埋深，以利于尾矿库的安全运行。

(3) 下一步设计应根据岩土工程勘察资料进行概化分区，论证尾矿库尾矿坝稳定性计算断面，以确定坝体最终设计方案。

(4) 根据马家沟尾矿库运行现状，下步设计时建议校核完善不同标高时的控制浸润线埋深数据。

(5) 依据工勘报告，下步设计明确加高扩容工程新建 4 座排水井均以中风化片麻岩⑦作为基础持力层。

(6) 依据工勘报告描述“排水主隧洞局部渗水或流水较大，水质清澈，局部水压较大。建议对流水较大或具承压水处采用水管引流处理，建议加强巡查，发现岩石松动掉块现象及时清理。”建议下步设计完善排水主隧洞流水较大或具承压水处的水管引流措施，加强巡查发现岩石松动掉块现象及时清理。下步设计补充新建排水隧洞衬砌结构图，并完善分缝设计、止水带及渗水孔设计内容。

(7) 建议下步设计参照工勘报告，核实各排水井井架高度。可研设计拟建 6-2#排水井标高 1050-1069m，现井址地面标高 1056.46m。进水口高程与地面高差 6.46m，如何确保进水口安全顺利进水，建议设计完善相关内容，或优化排水井的设计参数。

(8) 可研报告面向下游右支沟未设置排水系统，建议下步设计参照工勘报告对右岸山体连通沟和左岸山体连通沟进行详细设计，优化设计参数；并对连通沟山体开挖边坡和南东侧开挖山体边坡进行稳定性校核，并明确

右支沟的施工完成时限。

(9) 可研中排渗设施布置标高、长度和 2019 年 4 月长春黄金设计院有限公司编制的《嵩县金牛有限责任公司牛头沟矿马家沟尾矿库堆积坝排渗设施安全设施设计变更》(工程代码:【908-2012】)不一致,建议下一步设计时明确加高扩容工程排渗设施的布置参数,增加排渗设施结构图,进一步补充完善尾矿库排渗设施的安全运行管理要求。

(10) 依据工勘报告描述“左岸山体连通沟结合物探 W3 剖面解译成果,在 60-80m 处发现一低阻异常向深部发育,推测该处存在破碎带。”建议下步设计完善破碎带的处理措施。

(11) 在下一步设计时设计单位根据洪水计算、调洪演算结果详细确定尾矿库排洪构筑物详细的结构尺寸,确保尾矿库的防洪排水安全符合规范要求。

(12) 根据可研报告,尾矿库加高扩容终期,最小运行干滩 240m,水面长约 720m,为确保尾矿库的安全运行,建议下步设计优化运行控制参数,明确典型标高的尾矿库安全管理主要控制指标等参数。

(13) 下一步设计时补充排水井结构图、排水隧洞结构图,明确排水井井座、框架、竖井、拱板的具体结构参数。

(14) 马家沟尾矿库设计最终等别为二等库,施工单位应具备矿山工程总承包壹级资质或专业特级资质,监理单位应具有矿山工程监理甲级资质。

(15) 尾矿库加高扩容项目施工期间,应做好施工组织设计,应严格按照设计要求进行施工,确保施工质量和施工安全。排水隧洞、排水井施工期间,应尤其注意预防高处坠落、机械伤害、物体打击、车辆伤害、坍塌、触电等危险因素发生。

5.4 危险有害因素可控制程度

在采取《可研报告》和本评价报告提出的安全对策措施后,溃坝、坝

坡失稳、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏、机械伤害、车辆伤害、高处坠落、触电、淹溺、坍塌、粉尘、水质污染等危险、有害因素均处于可控程度。

5.5 评价结论

马家沟尾矿库存在的主要危险有害因素，通过执行安全设施“三同时”的规定，采取国家相关安全法律法规、本评价报告提出的有针对性的安全对策措施以及可研报告提出的相应对策措施后，可以得到预防或控制。

嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目从安全生产角度符合国家有关安全法律、法规、规章、标准和规范的要求，嵩县金牛有限责任公司马家沟尾矿库加高扩容工程项目是可行的。

6 附件

- (1) 安全预评价委托书
- (2) 企业法人营业执照
- (3) 尾矿库安全生产许可证
- (4) 排水系统检测报告
- (5) 尾矿排放记录
- (6) 浸润线观测记录
- (7) 三维渗流分析报告
- (8) 三维静动力分析报告
- (9) 尾矿坝溃坝分析专题报告

7 附图

- (1) 尾矿库汇水面积图
- (2) 尾矿库周边环境图
- (3) 尾矿库现状平面图
- (4) 尾矿库总平面布置图
- (5) 尾矿库库容曲线图
- (6) 尾矿库库区纵断面图