

## 前 言

为保证承德京城矿业集团有限公司下属企业的尾矿能持续堆存，拟新建安家峪尾矿库供下属企业共用排尾。安家峪尾矿库初期坝采用碾压堆石坝，堆积坝采用中线式碎石筑坝，设计总坝高 195m，总库容  $33843 \times 10^4 \text{m}^3$ ，根据《尾矿设施设计规范》(GB50863-2013)，该尾矿库设计等别为二等，库区排洪系统采用“排水井—竖井—排水隧洞”型式，干抛碎石筑坝区域排洪系统采用“排水井—排水管”型式。

承德京城矿业集团有限公司为了贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”方针，确保建设项目（工程）符合国家规定的有关劳动安全卫生标准，保障劳动者在生产过程中的安全与健康，根据《中华人民共和国安全生产法》等文件精神，委托沈阳万益安全科技有限公司，按双方签订的《技术服务合同》对承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库建设项目进行安全预评价。

在接受委托后，沈阳万益安全科技有限公司组成了项目组，对该项目进行实地勘察、测量和资料收集工作，依据相应的法律法规和技术标准、可行性研究报告及委托方所提供的其他资料，分析了尾矿库可能存在的主要危险、有害因素，并运用安全检查表法、预先危险性分析法、定量分析法进行了评价，在评价的基础上提出了相应的措施和建议，最终得出了该项目的安全预评价结论，于 2024 年 1 月编制完成了《承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库建设项目安全预评价报告》。

本报告的格式和内容，是按照《安全评价通则》（AQ8001-2007）、《安全预评价导则》（AQ8002-2007）、《国家安全监管总局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—〔2016〕49 号）的要求确定的。

在编写本报告的过程中，得到了承德京城矿业集团有限公司有关人员以及相关专家的大力支持，同时报告引用了前人的一些研究成果和数据资料，在此一并表示衷心地感谢！

# 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 前 言 .....             | 1  |
| 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 .....        | 6  |
| 2.1 建设项目概况 .....      | 6  |
| 2.2 自然环境概况 .....      | 7  |
| 2.3 地质概况 .....        | 8  |
| 2.4 建设方案概况 .....      | 14 |
| 3.定性定量评价 .....        | 28 |
| 3.1 评价单元划分 .....      | 28 |
| 3.2 库址选择单元 .....      | 28 |
| 3.3 尾矿坝单元 .....       | 37 |
| 3.4 防排洪系统单元 .....     | 57 |
| 3.5 安全监测单元 .....      | 85 |
| 3.6 辅助设施单元 .....      | 88 |
| 3.7 安全标志单元 .....      | 90 |
| 3.8 安全管理单元 .....      | 91 |
| 3.9 重大危险源辨识单元 .....   | 92 |
| 4.安全对策措施建议 .....      | 93 |
| 4.1 库址选择安全对策措施 .....  | 93 |
| 4.2 尾矿坝安全对策措施 .....   | 93 |
| 4.3 防排洪系统安全对策措施 ..... | 93 |
| 4.4 安全监测安全对策措施 .....  | 94 |
| 4.5 辅助设施安全对策措施 .....  | 94 |
| 4.6 安全标志安全对策措施 .....  | 94 |
| 4.7 安全管理安全对策措施 .....  | 94 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 5.评价结论 .....             | 96 |
| 5.1 主要危险、有害因素 .....      | 96 |
| 5.2 重点防范的重大危险、有害因素 ..... | 96 |
| 5.3 应重视的安全对策措施建议 .....   | 96 |
| 5.4 总体评价结论 .....         | 97 |
| 6.附件及附图 .....            | 98 |

## 1.评价对象与依据

### 1.1 评价对象及范围

#### 1.1.1 评价对象

本次安全预评价的对象为承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库（以下简称“安家峪尾矿库”）。

#### 1.1.2 评价范围

本次安全预评价的主要依据是可行性研究报告，评价范围包括库址选择、尾矿坝、防排洪系统、安全监测设施、辅助设施、安全标志及安全管理，不包括尾矿输运管道和回水管道。

### 1.2 评价依据

#### 1.2.1 法律

（1）《中华人民共和国矿山安全法》（中华人民共和国主席令〔1992〕第 65 号，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，2009 年 8 月 27 日施行）；

（2）《中华人民共和国水土保持法》（中华人民共和国主席令〔2010〕第 39 号，2011 年 3 月 1 日施行）；

（3）《中华人民共和国防洪法》（中华人民共和国主席令〔1997〕第 88 号，根据 2016 年 7 月 2 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议《关于修改〈中华人民共和国节约能源法〉等六部法律的决定》第三次修正，2016 年 7 月 2 日施行）；

（4）《中华人民共和国消防法》（中华人民共和国主席令〔2008〕第 6 号，根据 2021 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议《关于修改〈中华人民共和国道路交通安全法〉等八部法律的决定》第二次修正，2021 年 4 月 29 日施行）；

（5）《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国主席令〔2002〕第 70 号，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，2021年9月1日施行）。

### 1.2.2 行政法规

- (1) 《建设工程安全生产管理条例》（国务院令〔2003〕第393号，2004年2月1日施行）；
- (2) 《地质灾害防治条例》（国务院令〔2003〕第394号，2004年3月1日起施行）；
- (3) 《生产安全事故应急条例》（国务院令〔2019〕第708号，2019年4月1日施行）；

### 1.2.3 部门规章

- (1) 《国家安全监管总局 国家发展改革委 工业和信息化部 国土资源部 环境保护部关于进一步加强尾矿库监督管理工作的指导意见》（安监总管一〔2012〕32号，2012年3月12日实施）；
- (2) 《尾矿库安全监督管理规定》（国家安全生产监督管理总局第38号令，根据2015年5月26日国家安全监管总局令第78号《国家安全监管总局关于废止和修改非煤矿山领域九部规章的决定》修正，2015年7月1日实施）；
- (3) 《金属非金属矿山建设项目安全设施目录（试行）》（国家安全生产监督管理总局令〔2015〕第75号，2015年7月1日施行）；
- (4) 《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〔2006〕第3号，根据2015年5月29日国家安全生产监督管理总局令第80号《关于废止和修改劳动防护用品和安全培训等领域十部规章的决定》第二次修订，2015年7月1日施行）；
- (5) 《国家安全监管总局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年5月30日施行）；
- (6) 《国务院安委会办公室关于全面加强企业全员安全生产责任制工作的通知》（安委办〔2017〕29号，2017年10月10日施行）；
- (7) 《建设项目安全设施“三同时”监督管理办法》（国家安全生产监督管理总局令〔2010〕第36号，根据2015年4月2日国家安全生产监督管理总局令第77号《关于修改〈生产安全事故报告和调查处理条例〉罚款处罚暂行规定等四部规章的决定》修正，根据应急部公告〔2018〕12号第二次修正，2018年12月4日施行）；

(8) 《生产安全事故应急预案管理办法》（国家安全生产监督管理总局令〔2016〕第 88 号，根据 2019 年 7 月 11 日应急管理部令第 2 号《应急管理部关于修改〈生产安全事故应急预案管理办法〉的决定》修正，2019 年 9 月 1 日施行）；

(9) 《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，2020 年 2 月 21 日实施）；

(10) 《国家矿山安全监察局关于印发<关于加强非煤矿山安全生产工作的指导意见>的通知》（矿安〔2022〕4 号，2022 年 2 月 8 日施行）；

(11) 《国家矿山安全监察局综合司关于进一步加强矿山安全生产举报奖励工作的通知》（矿安综〔2022〕8 号，2022 年 3 月 17 日施行）；

(12) 《尾矿污染环境防治管理办法》（生态环境部令〔2022〕第 26 号，2022 年 7 月 1 日起施行）；

(13) 《中共中央办公厅 国务院办公厅关于进一步加强矿山安全生产工作的意见》（厅字〔2023〕21 号，2023 年 8 月 25 日施行）；

(14) 《国家矿山安全监察局关于印发<防范非煤矿山典型多发事故六十条措施>的通知》（矿安〔2023〕124 号，2023 年 9 月 12 日施行）；

(15) 《国家矿山安全监察局关于加强矿山应急救援工作的通知》（矿安〔2024〕8 号，2024 年 3 月 1 日施行）。

#### 1.2.4 地方规范性文件

(1) 《河北省安全生产条例》（河北省第十二届人民代表大会公告第 5 号，2017 年 3 月 1 日起施行）；

(2) 《河北省安全生产监督管理局关于印发<河北省非煤矿山建设项目安全设施“三同时”监督管理办法>的通知》（河北省安全生产监督管理局，2017 年 8 月 7 日起施行）；

(3) 《河北省应急管理厅、河北省发展改革委、河北省工业和信息化厅、河北省财政厅、河北省自然资源厅、河北省生态环境厅、河北省水利厅、河北省气象局关于印发<河北省防范化解尾矿库安全风险工作实施方案>的通知》（冀应急〔2020〕31 号，2020 年 11 月 20 日施行）；

(4) 《河北省重大危险源监督管理规定》（河北省人民政府令〔2009〕第 12 号公布，根据 2023 年 1 月 20 日河北省人民政府〔2023〕第 1 号第二次修正，2023 年 1 月 20 日施行）。

### 1.2.5 标准规范

- (1) 《企业职工伤亡事故分类》（GB6441-1986）；
- (2) 《矿山安全标志》（GB/T 14161—2008）；
- (3) 《岩土工程勘察规范》（GB 50021—2001[2009 年版]）；
- (4) 《工业企业总平面设计规范》（GB50187—2012）；
- (5) 《构筑物抗震设计规范》（GB50191-2012）；
- (6) 《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）；
- (7) 《防洪标准》（GB50201-2014）；
- (8) 《土工合成材料应用技术规范》（GB/T50290-2014）；
- (9) 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》（GB51108-2015）；
- (10) 《中国地震动参数区划图》（GB18306-2015）；
- (11) 《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）；
- (12) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T29639-2020）；
- (13) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）；
- (14) 《图形符号 安全色和安全标志 第 5 部分：安全标志使用原则与要求》（GB/T2893.5-2020）；
- (15) 《建筑抗震设计标准》（GB/T 50011—2010[2024 年版]）；
- (16) 《厂矿道路设计规范》（GBJ22—1987）；
- (17) 《安全评价通则》（AQ8001-2007）；
- (18) 《安全预评价导则》（AQ8002-2007）；
- (19) 《水工混凝土结构设计规范》（SL 191-2008）；
- (20) 《尾矿库安全监测技术规范》（AQ2030-2010）；
- (21) 《碾压式土石坝施工规范》（DL/T5129-2013）；
- (22) 《水电工程水工建筑物抗震设计规范》（NB 35047-2015/XG1-2021）；
- (23) 《水工隧洞设计规范》（SL279-2016）；

(24) 《碾压式土石坝设计规范》(SL274-2020)；

(25) 《非煤矿山建设项目安全设施设计编写提纲 第4部分：尾矿库建设项目安全设施设计编写提纲》(KA/T20.4-2024)。

#### 1.2.6 项目技术资料

(1) 《承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库工程可行性研究报告》，铜源国际工程设计研究有限公司，2022年4月；

(2) 《承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库岩土工程勘察报告》，长春建工勘测规划设计有限公司，2023年12月；

(3) 建设单位提供的图纸及其他相关资料。

#### 1.2.7 其他评价依据

(1) 安全预评价委托书（任务书、合同书）。

## 2.建设项目概述

### 2.1 建设项目概况

#### 2.1.1 建设单位历史沿革

承德京城矿业集团有限公司成立于 2002 年，是地方大型民营企业。集团下属多家矿山企业，是一家集采、选为一体的铁矿矿山企业。

#### 2.1.2 建设项目背景

尾矿库是选矿厂不可缺少的配套设施，是维持矿山生产重要环保和安全设施，是保护环境、保护资源、节约用水、维持矿山安全生产的必备设施，为保证承德京城矿业集团有限公司下属企业的尾矿能持续堆存，拟新建安家峪尾矿库供下属企业共用排尾。该建设项目已在河北省发展和改革委员会备案，项目代码：2204-130000-04-01-432452。

#### 2.1.3 地理位置及交通

安家峪尾矿库位于河北省宽城县梓罗台镇安家峪村，三面环山，呈口袋型，东与峪耳崖镇的西川村大山相隔，南与碾子峪镇的榆树林村大山相隔，北与孟子岭乡孟子岭村大山相隔，西与本镇的白草林村相邻。安家峪村有简易路与 S356 省级公路相通，交通较为便利。

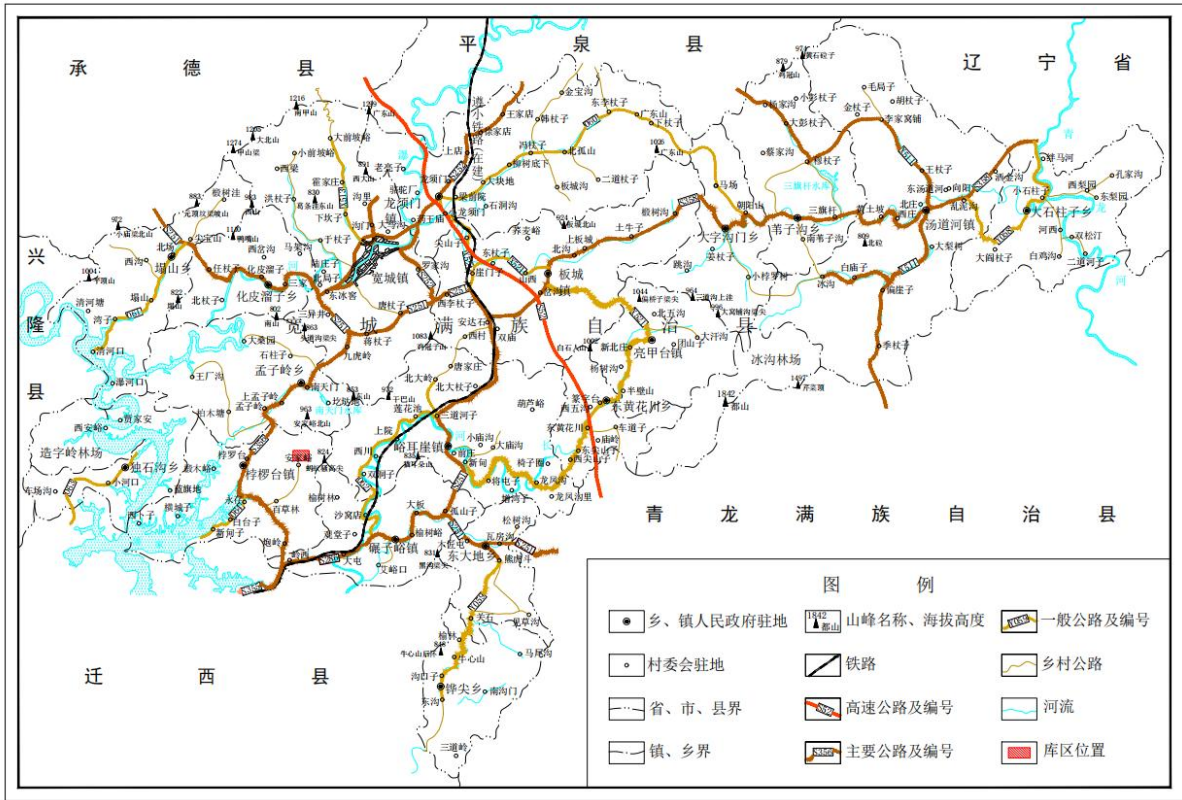


图 2-1 库区交通位置图

2.2 自然环境概况

2.2.1 地形地貌

拟建安家峪尾矿库位于一条横断面呈“V”字型的山间沟谷内，为山谷型尾矿库。库区南西～北东向展布，左右两侧支沟发育，自沟口拟建初期坝坝址处至沟底纵深长度约 3.6km。

尾矿库所在位置的地貌单元属构造剥蚀低山地貌。通过区域地质资料及踏勘，库区第四系覆盖层厚薄不均，整体阴坡较厚，阳坡较薄。局部地段基岩裸露，岩性单一，主要为元古界长城系常州沟组（Chc）中厚层石英砂岩，经踏勘调查库区内岩层产状：倾向 330°～350°，倾角 21°～50°。沟谷内有一条河流，闯王河，河床为卵石层，多漂石，在库区沟底切割出深约 1.6～2.0m、宽约 3-10m 的沟谷。

库区内地形起伏变化较大，地势总体上呈东高西低之势。库区范围内沟底绝对标高大致介于 328.0～920.0m 之间，最大相对高差约 592m，沟底平均坡降约为 5%。沟谷两侧山坡坡度约为 21°～50°。

### 2.2.2 气象条件

气候性质：本区属大陆性季风型气候，冬季长而寒冷，夏季短而炎热。

气温：多年平均气温 9.1℃，最热月(7 月)，平均气温 24.4℃，最冷月（12 月），平均气温-9.4℃，极端最高气温 41.5℃，极端最低气温-24.2℃，最大日温差 23.8℃。

风向及风速：历年最多风向为静风和西北风，最多风向频率:静风 52%，西北风 6%。平均风速 1.3m/s，十分钟最大风速 21.3m/s，瞬时最大风速 26m/s。

降水量：每年的 6～9 月份为雨季，降水多集中在 7、8、9 月份，历年最大降水量 835.9mm，最小降水量 326.7mm，平均降水量 557.9mm，月最大降水量 382.8mm，24 小时最大降水量 151.4mm，1 小时最大降水量 55.0mm，10 分钟最大降水量 24.4mm，连续最大降水量 223.0mm（5 天）。历年最大积雪深度 270mm，雪压 1.8g/cm<sup>2</sup>，电线积冰厚度 25mm。

标准冻结深度：本区标准冻结深度 1.2m。

### 2.2.3 地震烈度

根据《承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库岩土工程勘察报告》（长春建工勘测规划设计有限公司，2023 年 12 月），场区场地类别为 II 类，所属椴栾台镇人民政府在地的 II 类场地地震动峰值加速度为 0.05g，地震动加速度反应谱特征周期为 0.45s，对应的地震烈度为 VI 度。

## 2.3 地质概况

### 2.3.1 地质构造

大地构造单元处于中朝准地台（I<sub>1</sub><sup>2</sup>）、燕山台褶带（II<sub>2</sub><sup>2</sup>）、马兰峪复式背斜（III<sub>2</sub><sup>7</sup>）、遵化穹褶束（IV<sub>2</sub><sup>25</sup>）北端。

库区基岩以元古界长城系常州沟组（Chc）石英砂岩为主，山体多由较硬岩组成，山体无崩塌、滑坡存在，受长期风化剥蚀作用，浅层岩层节理裂隙发育。根据对沟谷两侧岩层的工程地质调查和钻探资料综合分析，场地内未发现活动断裂构造，库区所在地为相对较稳定的地区，属对建筑抗震有利地段

拟建场区内未发现有新近构造活动痕迹，未见导水构造。

根据 1:10 万青龙县幅区域地质图及所搜集到的区域地质资料，库区内除石英砂岩岩体外还出露上川组片麻岩，本次勘探工作未揭露该层。踏勘期间在初期坝南侧约 420m 处不整合接触地质界线区域出露 2.0~3.0m 宽极破碎岩体，岩体糜棱岩化，岩石为较软岩，节理裂隙很发育，多为密闭型，表层强风化，岩体质量基本等级为 V 级，成挤压状，附近未见有泉出露，亦未见渗水迹象，导水性差。

### 2.3.2 地层岩性

安家峪尾矿库地层结构较为简单，库内主要分布有第四系（Q<sub>4</sub>）素填土、碎石及长城系常州沟组（Chc）石英砂岩，根据岩土层工程地质性质和基岩风化程度进行了工程地质分层，主要有以下几种：

①素填土（Q<sub>4</sub><sup>ml</sup>）：黄褐色，稍密，稍湿，主要由人工堆积而成，表层含植物根系，主要成分为角砾与中粗砂和部分粘性土，局部含碎石。该层厚度不均，该层库区内均有分布，钻孔揭露层厚 0.20~1.50m，平均层厚 0.73m。

②碎石（Q<sub>4</sub><sup>dl+pl</sup>）：杂色，稍密~中密，湿~饱和，母岩成分为石英砂岩，以次棱角状为主，中等风化程度，一般粒径 30-80mm，最大粒径 300mm，骨架颗粒质量大约为总质量的 60%，呈交错排列，充填物中粗砂与黏性土，局部夹薄层粉质粘土，多见漂石。库区内沟底均有分布，揭露层厚 0.90~10.08m，平均层厚 5.95m。

③中风化石英砂岩（Chc）：灰白色，主要矿物成分为石英和长石，中粗粒结构，块状构造。节理裂隙较发育，节理面可见次生矿物，岩体较破碎~较完整，岩芯呈短柱状~长柱状，局部为碎块状。库区范围内全场区分布，揭露层厚 3.40~16.50m。

④微风化石英砂岩（Chc）：灰白色，主要矿物成分为石英和长石，中粗粒结构，块状构造。节理裂隙不发育，岩体较完整，岩芯呈长柱状，局部为短柱状。库区范围内全场区分布，最大揭露层厚 179.1m，本次勘探未揭穿该层。

### 2.3.3 库区岩土工程评价

#### 2.3.3.1 岩土物理力学性质

①素填土：厚度不均，较松散，属新近堆积地层，承载力低，不能作为任何构筑物基础的持力层。

②碎石：厚度不稳定，变化较大，局部夹杂薄层粉质粘土，渗透性较强，承载力一般，其下伏地层为基岩。如果厚度较大（>3m）时，可以作为对地基承载力及变形要求不高的构筑物基础持力层；但不能作为对承载力要求高并有防渗要求的构筑物基础的持力层。

③中风化石英砂岩：该层全场地分布，厚度很大，强度及承载力高，岩体较破碎～较完整，是库区各种构筑物基础良好的持力层。

#### ④微风化石英砂岩

该层全场地分布，强度及承载力高，岩体较完整～完整，是库区各种构筑物基础良好的持力层。

主要地层地基承载力特征值见下表。

表 2-1 地基承载力特征值、压缩模量建议值表

| 土层编号 | 土层名称    | 承载力特征值 fak (kPa) | 压缩模量 Es (MPa) |
|------|---------|------------------|---------------|
| ①    | 素填土     | --               | --            |
| ②    | 碎石      | 280              | 25.0*         |
| ③    | 中风化石英砂岩 | 2000             | 可视为不可压缩       |
| ④    | 微风化石英砂岩 | 饱和抗压强度 83MPa     |               |

### 2.3.3.2 各构筑物工程地质评价

在坝址区、截渗坝、滤水坝、拟建排水管、溢水塔处未发现断层破碎带、溶洞、坍塌、滑坡等不良地质现象，可不考虑其对工程的影响。

坝址处、拟建排水管、溢水塔处岩性为石英砂岩，为不软化岩石，使用后承载力降低不大。对石英砂岩产状、地形等条件综合分析，使用时浸水不致发生滑动。

### 2.3.4 隧区工程地质评价

#### 2.3.4.1 隧洞围岩分级

安家峪尾矿库排水隧洞为岩质隧洞，隧洞围岩体地层为元古界长城系常州沟组（Chc）石英砂岩。石英砂岩强度较高，属坚硬岩，风化裂隙较发育，中风化带岩芯呈长、短柱

状。微风化带岩芯呈长柱状。石英砂岩出露于整个隧址区。

根据钻探、地质资料，岩体完整性为：较破碎～完整。中风化石英砂岩：较破碎～较完整。微风化石英砂岩：较完整～完整。隧址区中等风化岩体基本质量分级为Ⅳ级，微风化岩体基本质量分级为Ⅲ级。

隧洞顶板埋深 0m～208m。排水竖井井口、隧洞出口拱部无支护时可能产生较大的坍塌，洞口顶部两侧易产生剥落掉块。洞身段大部不需要支护可以基本稳定，局部根据情况可考虑拱部支护。

#### 2.3.4.2 隧址工程地质环境稳定性和适宜性评价

隧洞进口段为支洞和排水井，支洞长度 94.1m～242.8m。

1#支洞为支洞～竖井～排水井形式，1#支洞排水井第四系覆盖物厚约 8.5m，1#支洞进口与 1#排水井所处地层为中风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性较好，适宜 1#支洞和 1#排水井的建设。

2#支洞为支洞～排水井形式，2#支洞排水井第四系覆盖物厚约 4.8m，2#支洞进口段出露地层为微风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性良好，适宜 2#支洞、2#排水井和 1#竖井的建设。

3#支洞为支洞～竖井～排水井形式，3#支洞排水井第四系覆盖物厚度约为 3.0m，3#支洞进口段出露地层为微风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性良好，适宜 3#支洞、3#排水井和 2#竖井的建设。

4#支洞为支洞～竖井～排水井形式，4#支洞排水井第四系覆盖物厚约 2.1m，4#支洞进口段出露地层为微风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性良好，适宜 4#支洞、4#排水井和 3#竖井的建设。

5#支洞为支洞～竖井～排水井形式，5#支洞排水井第四系覆盖物厚约 3.7m，5#支洞进口段出露地层为微风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性良好，适宜 5#支洞、5#排水井和 4#竖井的建设。

6#支洞为支洞～竖井～排水井形式，6#支洞排水井第四系覆盖物厚约 1.0m，6#支洞进口段出露地层为微风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性良好，适宜 6#支洞、6#排水井和 5#竖井的建设。

主洞 1#隧洞进水口处为 6#支洞～5#竖井～6#排水井，6#支洞主要处于微风化石英砂

岩层。隧洞所在地层主要为微风化石英砂岩，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性良好，适宜主洞 1#隧洞通过，有利于支洞及竖井的建设

#### (2) 隧洞出口段工程地质条件评价

1#隧洞出口段长度约 30m 范围内，洞顶板埋深约 0~16m，属浅埋段，出洞口位于斜坡的底部，地面标高为 330m，洞顶自然坡度地形较陡，碎石层厚约 1.0m 左右，斜坡现状基本稳定，出露地层岩性为中风化石英砂岩，出洞口段无断裂构造，无不良地质现象，稳定性较好，适宜出洞。

由于隧洞开挖，仰坡上部的第四系土层厚度小，出露岩体表层较破碎，其整体稳定性较差，可能产生滑塌破坏。施工前建议对出露岩体表层进行清理，采用喷锚支护并采用放坡开挖，第四系土层及中风化基岩坡角采用 1:1.0~1:1.25。

#### (3) 隧洞洞身段工程地质条件评价

洞身围岩岩性为中风化~微风化石英砂岩，岩体节理裂隙较发育，岩体较破碎~完整，无断裂构造，无不良地质现象，稳定性较好，适宜隧洞通过。

场地内常州沟组沉积岩石英砂岩与上川组变质岩片麻岩不整合接触区域内出露一条 2.0~3.0m 宽极破碎岩体，岩质较软，岩体糜棱岩化，呈压扭状，岩体质量基本等级为 V 级，自稳能力差，无支护时受震动易产生大规模的崩塌或掉块、甚至冒顶。

因隧洞较长，勘察期间钻探结果所控制的范围有限，如若隧洞施工期间揭露该层，建议严格按 V 级围岩进行支护。

#### (4) 洞涌水量初步预测

隧洞位于侵蚀基准面之下，区域内地下水主要为基岩裂隙水，水量较足，预计涌水方式为线状和个别处带状涌水。

#### (5) 隧洞地温及有毒有害气体

勘察时钻孔内未发现地温异常，钻孔无有毒有害气体。

### 2.3.5 水文地质条件

#### 2.3.5.1 地表水

本次勘探深度范围内沟底大部分钻孔揭露地下水，勘察期为平水期，素填土、角砾孔隙度大，其透水性、导水性和富水性较好。谷内有常年小溪，干旱季局部断流，雨季

小沟谷中水位暴涨，降雨过后，流量逐渐减少，其水位变幅和水量受大气降水控制。

#### 2.3.5.2 地下水

根据现场勘察及地质资料，场地内基岩富水性程度较弱，透水性差。场地地下水属第四系潜水，受大气降水入渗补给，季节性影响较大，本次勘探场地水位埋深为 0.68~4.9m，水位标高为 326.04~420.0m，其含水层为碎石层。根据走访周围居民和水井调查，经村民介绍近五年内水井水位变化情况结合地区经验，确定本地区地下水位年变化幅度约为 1.0~2.0m。

本次勘察期间为平水期，在钻探深度范围内，沟底大部分钻孔均揭露到了地下水，地下水类型主要为第四系孔隙潜水和基岩裂隙水，其中，第四系孔隙潜水赋存于第②层碎石层之中，基岩裂隙水则赋存于第③层中风化石英砂岩之中。

#### 2.3.5.3 地下水的补给

大气降水补给为地下水的主要来源。库区大部分岩层裸露，构造发育，地表岩石较破碎，大气降水通过地表风化带，构造、裂隙等下渗补给地下水。

库区位于构造剥蚀低山区，为地下水补给区，根据勘察期间探井揭露及踏勘的情况，本场地地下水可分为两层。第一层地下水主要赋存于第②层碎石层中，地下水类型为第四系孔隙潜水下渗，但含水层厚薄不均，渗透性好。第二层地下水主要赋存于基岩中，地下水类型为基岩裂隙水，基岩裂隙水分布广，但含水层渗透性极弱，根据区域水文地质资料含水层属弱透水层。影响库内水位突变的主要因素是大气降水，特别是占降雨总量 50%以上的 6~9 月份的雨季。

#### 2.3.5.4 水土的腐蚀性评价

##### （1）地下水腐蚀性评价

场地地下水对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋的腐蚀性均为微腐蚀性。

##### （2）地表水腐蚀性评价

场地地表水对混凝土、钢筋混凝土结构中的钢筋均具微腐蚀性。

##### （3）土的腐蚀性评价

场地土对混凝土结构具弱腐蚀性，对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性。

### 2.3.6 不良地质作用

根据场地工程地质条件，拟建安家峪尾矿库库区地貌单元属低山丘陵地貌，沟谷两侧山坡坡度大致在 $21^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 之间，山体表层植被较发育，山坡上第四系松散覆盖层厚度较薄。库区内场地浅部土层为新近堆积填土、冲洪碎石、粉质粘土等，下部为强风化和中风化硬质石英砂岩，未发现活动断裂构造破碎带，库区内外除沟底第四系覆盖层外，水力联系较弱，库区内山体整体基本稳定，未发现崩塌、泥石流或岩溶等不良地质作用存在。

### 2.3.7 筑坝材料

初期坝为透水堆石坝，库区石英砂岩石料丰富，覆盖层较薄，大部分基岩裸露，剥离量很小。新鲜石英砂岩饱和抗压强度 $>54.7\text{MPa}$ ，软化系数 $>0.8$ ，为较硬岩石。

## 2.4 建设方案概况

### 2.4.1 库址选择

安家峪尾矿库库址位于承德市宽城满族自治县饽罗台镇安家峪村，位于一条横断面呈“V”字型的山间沟谷内。库区南西~北东向展布，左右两侧支沟发育，自沟口初期坝坝址处至沟底纵深长度约 $3.6\text{km}$ 。地貌单元属构造剥蚀低山地貌。库区内地形起伏变化较大，地势总体上呈东高西低之势。库区范围内沟底绝对标高大致介于 $328.0\sim 920.0\text{m}$ 之间，最大相对高差约 $592.0\text{m}$ ，沟底平均坡降约为 $5\%$ 。沟谷两侧山坡坡度约为 $21^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。

库区内未发现活动断裂构造破碎带，除沟底第四系覆盖层外，水力联系较弱，库区内山体整体基本稳定，未发现崩塌、泥石流或岩溶等不良地质作用存在。

尾矿库库区及坝址范围内有1个行政村（安家峪村），分为2个自然村（安家峪村、小北台村），共7个居民小组，共有居民174户，全部进行搬迁，经搬迁后，尾矿坝坡脚至下游尾矿流经路径 $1.0\text{km}$ 范围内无居民区、工矿企业、集贸市场、休闲健身娱乐广场等人员密集场所，也无二级及以上等级公路、铁路等生产生活设施，场地内没有压覆矿产资源。尾矿库下游约 $1.4\text{km}$ 处有一座水塘，为村民自建，约 $2.1\text{km}$ 处为白草林村。

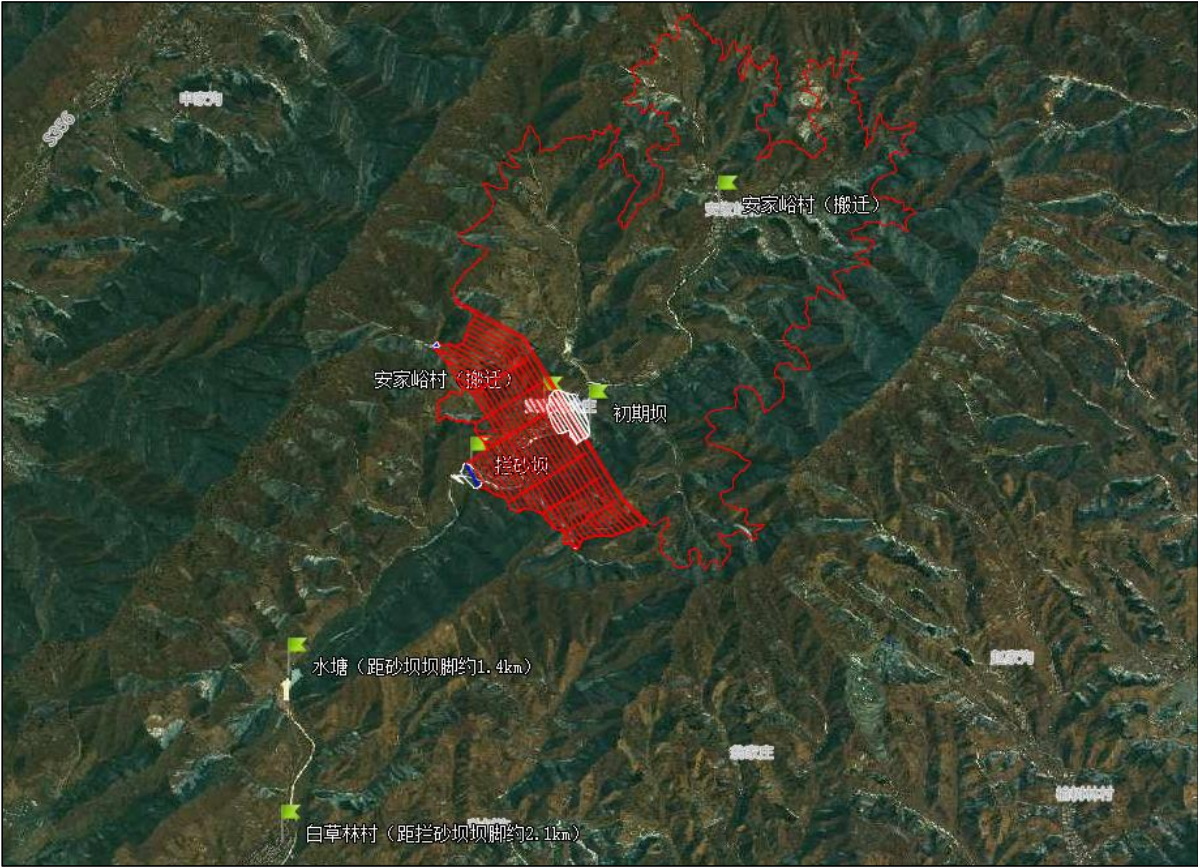


图 2-3 尾矿库库址及周边环境示意图

2.4.2 库容、等别

《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规定，尾矿库各使用期的设计等别应根据该期的全库容和坝高，按表 2-2 确定。当按全库容和坝高分别确定的等别的等差为一等时，以高者为准；当等差大于一等时，按高者降低一等确定。主要构筑物级别应根据尾矿库的等别及其重要性按照表 2-3 确定。

表 2-2 尾矿库各使用期的设计等别

| 等别 | 全库容 V（10000m <sup>3</sup> ） | 坝高 H(m)   |
|----|-----------------------------|-----------|
| 一  | V≥50000                     | H≥200     |
| 二  | 10000≤V<50000               | 100≤H<200 |
| 三  | 1000≤V<10000                | 60≤H<100  |
| 四  | 100≤V<1000                  | 30≤H<60   |
| 五  | V<100                       | H<30      |

表 2-3 尾矿库构筑物的级别

| 尾矿库等别 | 构筑物级别 |       |       |
|-------|-------|-------|-------|
|       | 主要构筑物 | 次要构筑物 | 临时构筑物 |
| 一     | 1     | 3     | 4     |
| 二     | 2     | 3     | 4     |
| 三     | 3     | 5     | 5     |
| 四     | 4     | 5     | 5     |
| 五     | 5     | 5     | 5     |

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等因素，按表 2-4 确定。

表 2-4 尾矿库各使用期的防洪标准

| 尾矿库各使用期等别 | 一                  | 二        | 三       | 四       | 五   |
|-----------|--------------------|----------|---------|---------|-----|
| 洪水重现期（年）  | 1000~5000<br>或 PMF | 500~1000 | 200~500 | 100~200 | 100 |

本项目采用中线式碎石筑坝法，防洪安全指标按表 2-5 确定。

表 2-5 中线式尾矿坝的最小安全超高与最小干滩长度

| 坝的等别      | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 最小安全超高(m) | 1.5 | 1.0 | 0.7 | 0.5 | 0.4 |
| 最小滩长(m)   | 100 | 70  | 50  | 35  | 25  |

尾矿库库容、各使用期的设计等别及构筑物级别等基础数据见表 2-6。

表 2-6 尾矿库相关基础数据

| 项目                                   | 各使用期     |        |        |          |
|--------------------------------------|----------|--------|--------|----------|
| 坝顶标高（m）                              | 初期坝顶 410 | 414    | 464    | 终期坝顶 559 |
| 总坝高（m）                               | 46       | 50     | 100    | 195      |
| 总库容（10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> ） | 822.5    | 1042.6 | 6082.4 | 33843    |
| 设计等别                                 | 四等       | 三等     | 二等     | 二等       |

|             |      |           |           |           |           |
|-------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 主要构筑物级别     |      | 4         | 3         | 2         | 2         |
| 防洪标准 (a)    |      | 200       | 500       | 1000      | 1000      |
| 最小干滩长度 (m)  |      | 35        | 50        | 70        | 70        |
| 最小安全超高 (m)  |      | 0.5       | 0.7       | 1.0       | 1.0       |
| 尾矿坝抗滑稳定安全系数 | 正常运行 | 1.15/1.25 | 1.20/1.30 | 1.25/1.35 | 1.25/1.35 |
|             | 洪水运行 | 1.05/1.15 | 1.10/1.20 | 1.15/1.25 | 1.15/1.25 |
|             | 特殊运行 | 1.00/1.10 | 1.05/1.15 | 1.05/1.15 | 1.05/1.15 |

### 2.4.3 尾矿坝

#### 2.4.3.1 入库尾矿指标

##### ① 入库尾矿量

安家峪尾矿库供承德京城矿业集团有限公司 14 家选厂共用排尾,所选矿种均为铁矿,选矿工艺为磁选,各选厂排尾量如下表所示。

表 2-7 各选厂年排尾矿量

| 序号 | 名称              | 排尾量 (万 t/a) | 备注                                   |
|----|-----------------|-------------|--------------------------------------|
| 1  | 宽城双茂矿业有限公司      | 377.0       | 第 1 年 5 家选厂排尾, 合计排尾量 1591.8 万 t/a。   |
| 2  | 承德京联矿业有限公司      | 390.8       |                                      |
| 3  | 宽城鑫鹏矿业有限公司      | 252.0       |                                      |
| 4  | 宽城龙兴矿业有限公司      | 332.0       |                                      |
| 5  | 宽城通达矿业有限公司      | 240.0       |                                      |
| 6  | 宽城满族自治县宝运工贸有限公司 | 258.1       | 第 4 年增加 7 家选厂排尾, 合计排尾量 3908.3 万 t/a。 |
| 7  | 宽城满族自治县日昇工贸有限公司 | 272.6       |                                      |
| 8  | 宽城三丰矿业有限公司      | 266.8       |                                      |
| 9  | 承德京城东湾子矿业有限公司   | 154.0       |                                      |

|    |               |       |                                 |
|----|---------------|-------|---------------------------------|
| 10 | 宽城大地矿业有限公司一选厂 | 385.5 |                                 |
| 11 | 宽城大地矿业有限公司二选厂 | 385.5 |                                 |
| 12 | 宽城恒运铁粉精选有限公司  | 594.0 |                                 |
| 13 | 宽城宝山矿业有限公司    | 1500  | 第 10 年入库，合计排尾量<br>6908.3 万 t/a。 |
| 14 | 宽城大地矿业有限公司    | 1500  |                                 |

## ②尾矿粒度

各选厂的尾矿粒径如下表所示。

表 2-8 各选厂尾矿粒径（一）

| 粒级（mm）       | 宝运、三丰、东湾子 |        |        | 宝山、大地 |        |        |
|--------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|
|              | 百分比%      | 正累积%   | 负累积%   | 百分比%  | 正累积%   | 负累积%   |
| +3           | 0.07      | 0.07   | 100.00 | 0.33  | 0.33   | 100.00 |
| -3+2         | 0.31      | 0.39   | 99.93  | 0.86  | 1.19   | 99.67  |
| -2+1         | 2.07      | 2.46   | 99.61  | 5.90  | 7.08   | 98.81  |
| -1+0.7       | 0.72      | 3.17   | 97.54  | 0.35  | 7.43   | 92.92  |
| -0.7+0.5     | 3.02      | 6.19   | 96.83  | 6.17  | 13.60  | 92.57  |
| -0.5+0.3     | 13.58     | 19.78  | 93.81  | 19.05 | 32.66  | 86.40  |
| -0.3+0.1     | 30.31     | 50.09  | 80.22  | 28.25 | 60.90  | 67.34  |
| -0.1+0.074   | 9.50      | 59.58  | 49.91  | 7.30  | 68.20  | 39.10  |
| -0.074+0.043 | 24.33     | 83.91  | 40.42  | 14.88 | 83.09  | 31.80  |
| -0.043       | 16.09     | 100.00 | 16.09  | 16.91 | 100.00 | 16.91  |

表 2-9 各选厂尾矿粒径（二）

| 粒级（mm） | 双茂、龙兴 |      |        | 日昇工贸 |      |        |
|--------|-------|------|--------|------|------|--------|
|        | 百分比%  | 正累积% | 负累积%   | 百分比% | 正累积% | 负累积%   |
| +3     | 0.15  | 0.15 | 100.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |

|              |       |        |       |       |        |        |
|--------------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|
| -3+2         | 0.29  | 0.44   | 99.85 | 0.01  | 0.01   | 100.00 |
| -2+1         | 1.62  | 2.05   | 99.56 | 0.82  | 0.83   | 99.99  |
| -1+0.7       | 0.30  | 2.36   | 97.95 | 0.03  | 0.86   | 99.17  |
| -0.7+0.5     | 4.11  | 6.47   | 97.64 | 2.02  | 2.88   | 99.14  |
| -0.5+0.3     | 17.65 | 24.12  | 93.53 | 11.31 | 14.19  | 97.12  |
| -0.3+0.1     | 26.00 | 50.12  | 75.88 | 28.86 | 43.04  | 85.81  |
| -0.1+0.074   | 7.98  | 58.10  | 49.88 | 9.99  | 53.03  | 56.96  |
| -0.074+0.043 | 25.54 | 83.64  | 41.90 | 29.52 | 82.55  | 46.97  |
| -0.043       | 16.36 | 100.00 | 16.36 | 17.45 | 100.00 | 17.45  |

表 2-10 各选厂尾矿粒径（三）

| 粒级（mm）     | 大地选厂一车间 |       |       | 大地选厂二车间 |       |       | 京联、通达 |       |       |
|------------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 百分比%    | 正累积%  | 负累积%  | 百分比%    | 正累积%  | 负累积%  | 百分比%  | 正累积%  | 负累积%  |
| -1+0.7     | 0.16    | 0.16  | 100.0 | 0.15    | 0.15  | 100.0 | 0.09  | 0.09  | 100.0 |
| -0.7+0.5   | 0.23    | 0.39  | 99.84 | 0.20    | 0.35  | 99.85 | 0.3   | 0.39  | 99.91 |
| -0.5+0.3   | 0.30    | 0.69  | 99.61 | 0.50    | 0.85  | 99.65 | 0.32  | 0.71  | 99.61 |
| -0.3+0.1   | 17.33   | 18.02 | 99.31 | 15.51   | 16.36 | 99.15 | 15.24 | 15.95 | 99.29 |
| -0.1+0.074 | 20.70   | 38.72 | 81.98 | 23.54   | 39.90 | 83.64 | 24.57 | 40.52 | 84.05 |
| -0.074     | 61.28   | 100.0 | 61.28 | 60.10   | 100.0 | 60.10 | 59.48 | 100.0 | 59.48 |

表 2-11 各选厂尾矿粒径（四）

| 粒级（mm）   | 鑫鹏矿业 |      |       | 硕联工贸 |      |       |
|----------|------|------|-------|------|------|-------|
|          | 百分比% | 正累积% | 负累积%  | 百分比% | 正累积% | 负累积%  |
| -1+0.7   | 0.08 | 0.08 | 100.0 | 0.09 | 0.09 | 100.0 |
| -0.7+0.5 | 0.22 | 0.30 | 99.92 | 0.21 | 0.30 | 99.91 |
| -0.5+0.3 | 0.31 | 0.61 | 99.70 | 0.5  | 0.80 | 99.70 |

|            |       |       |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -0.3+0.1   | 16.39 | 17.00 | 99.39 | 24.82 | 25.62 | 99.20 |
| -0.1+0.074 | 24.41 | 41.41 | 83.00 | 21.02 | 46.64 | 74.38 |
| -0.074     | 58.59 | 100.0 | 58.59 | 53.36 | 100.0 | 53.36 |

+0.35mm 尾矿在选厂提前进行筛除，拟对-0.35mm 选铁尾矿中的磷、钛进行回收，委托矿冶科技集团有限公司出具了《承德京城矿业选铁尾矿综合回收磷、钛选矿试验研究报告》，根据该报告，采用粗精矿再磨再选工艺流程回收磷灰石，即选铁尾矿二次粗选后抛尾、粗精矿再磨（-38 $\mu$ m 占 52%）后五次精选、精 I 中矿一次扫选后抛尾、中矿顺序返回的浮选工艺流程回收磷灰石。选铁尾矿的磷浮选尾矿采用湿式弱磁选—湿式强磁选—弱磁粗精矿与强磁粗精矿合并再磨（62% -38 $\mu$ m）—湿式弱磁选—摇床精选的磁选—重选全流程回收钛。经处理后的尾矿物、化特性影响较小，固废类别不变，推算入库尾矿推算粒径如下表所示。

表 2-12 入库尾矿推算粒径

| 粒级         | 重量 kg | 百分比%   | 正累积%   | 负累积%   |
|------------|-------|--------|--------|--------|
|            | 3.36  | 100.00 |        |        |
| -0.3+0.2   | 0.45  | 13.39  | 13.39  | 100.00 |
| -0.2+0.1   | 0.4   | 11.90  | 25.30  | 86.61  |
| -0.1+0.074 | 0.38  | 11.31  | 36.61  | 74.70  |
| -0.074     | 2.13  | 63.39  | 100.00 | 63.39  |

### ③排尾方式

+0.35mm 尾矿在选厂提前进行筛除，剩余尾矿在尾矿库附近混合后统一输送至安家峪尾矿库进行湿式堆存。

④堆积干容重：干抛碎石 1.9t/m<sup>3</sup>；尾砂 1.5t/m<sup>3</sup>。

⑤尾矿浓度：37%~45%。

⑥固废类别：第 I 类一般工业固体废物。

⑦尾矿比重：2.8。

#### 2.4.3.2 初期坝

初期坝布置在位于沟口 2100m 处，坝型为透水堆石坝，坝顶标高 410.0m，坝轴线处地面标高 364.0m，初期坝高 46.0m，坝顶宽 6.0m，坝顶轴线长度约 316.0m，坝内坡单级台阶坡比为 1:1.8，每隔 10.0m 高差设宽 2.0m 的马道，平均坡比为 1:2.0。坝外坡单级台阶坡比为 1:2.0，每隔 10.0m 高差设 2.0m 宽的马道，平均坡比为 1:2.2。

初期坝内、外坡面均采用两层 500g/m<sup>2</sup> 土工布作为反滤层，土工布和坝体堆石间设 200mm 厚碎石垫层，土工布上设 200mm 厚碎石保护层。坝内、外坡面均采用 400mm 厚干砌块石护坡。

初期坝坝基坐落在密实地层上。

#### 2.4.3.3 拦砂坝

拦砂坝布置在初期坝下游，坝型为透水堆石坝，坝顶标高 350.0m，坝轴线处地面标高 330.0m，拦砂坝高 20.0m，坝顶宽 5.0m，坝顶轴线长度约 145.0m，坝内坡单级台阶坡比 1:1.8，每隔 10m 高差设宽 2m 的马道，平均坡比为 1:2.0。坝外坡单级台阶坡比 1:2.0，每隔 10m 高差设宽 2m 的马道，平均坡比为 1:2.0。

拦砂坝内坡面采用两层 500g/m<sup>2</sup> 土工布作为反滤层，土工布和坝体堆石间设 200mm 厚碎石垫层，土工布上设 200mm 厚碎石保护层。坝内、外坡面均采用 400mm 厚干砌块石护坡。

拦砂坝坝基坐落在密实地层上。

在初期坝与拦砂坝之间，根据实际运行情况采用底流沉积尾砂碾压堆筑 3.0~5.0m 高临时用的小拦砂坝。

#### 2.4.3.4 堆积坝

堆积坝采用中线式碎石筑坝，设计最终坝顶标高 559.0m，堆坝高 195.0m，坝外坡平均坡比 1:3.0。

尾矿库投入使用时，初期坝下游采用干抛碎石进行堆筑，采用“由下向上、由内向外”多台阶分层堆筑的顺序，每个台阶高度不大于 20.0m，台阶宽度需满足作业要求，临时边坡不陡于 1:1.5。台阶形成后，堆筑下一层，保持底部平台宽度不小于 30.0m。最终边坡按照台阶高度 10.0m，外坡比 1:2.0，平台宽 10.0m 进行堆筑。最终边坡 100.0m 范

围内干抛碎石相对密度不小于 0.7，其余干抛碎石相对密度不小于 0.6。

每期子坝堆筑高度 10.0m，共 15 期，坝顶宽 6.0m，内、外坡比均为 1:2.0，随子坝堆筑，在子坝内坡铺设一层 500g/m<sup>2</sup> 土工布，直至坝顶。

#### 2.4.3.5 坝肩及坝坡排水

在最终边坡形成后，每 10.0m 高差沿马道内侧修建纵向排水沟，宽 0.8m，深 0.8m；在坝坡面垂直纵向排水沟方向每间隔 150m 修建一道竖向排水沟，宽 0.8m，深 1.0m；两侧坝肩与山体交界处修建坝肩排水沟，宽 1.0m，深 1.0m，排水沟为浆砌石结构，壁厚均为 500mm

每年汛期前在下游坝体修建临时排水沟，临时坝肩排水沟为梯形断面，底宽 1.0m，深 0.5m，边坡比 1:1.5，内铺一层土工膜。临时纵向排水沟为梯形断面，底宽 0.6m，深 0.5m，边坡比 1:1.5，内铺一层土工膜。

#### 2.4.3.6 防渗设施

采用库区水平防渗与下游截渗坝垂直防渗相结合的防渗方式。

库区水平防渗采用天然岩土防渗方式，对一些天然岩土不能满足防渗要求的地方采取岩土置换的方式填补。

截渗坝采用混凝土结构，抗渗等级 W8，抗冻等级 F150，坐落至中风化基岩上。坝顶超出地面 0.5m。坝顶宽 0.8m，上游坡比铅直，下游坡比 1:0.6，坝基和坝肩做帷幕灌浆处理。

在截渗坝与拦砂坝之间布设渗水井，用于收集渗水，井底直径 1.5m，边坡 1:1，深度至基岩，渗水采用潜水泵抽至选矿车间循环利用，渗水井四周需设护栏。渗水井兼做水质监测井。

#### 2.4.3.7 排渗设施

在碎石筑坝区坝底铺设一道排渗盲沟，梯形断面，底宽 13.0m，顶宽 16.0m，高 1.0m，边坡比 1:1.5，采用土工布包裹砾石结构，底部设 7 根φ200 渗水管。

#### 2.4.4 防排洪

#### 2.4.4.1 库区排洪设施

安家峪尾矿库库内有 2 个岔沟，排洪系统布置在主沟内，在两沟山脊处开挖联通明渠，将支沟内汇水导入主沟。排洪系统采用“排水井-竖井-排水隧洞”型式。

(1) 排水井：排水井共计 7 个，为钢筋混凝土框架式结构，混凝土强度等级为 C30，抗渗等级 P4，抗冻等级 F150。排水井内径 4.0m，外径 5.3m，设 8 根立柱，立柱 T 形截面尺寸为：截面高度 650mm，其中：翼缘高度 400mm，宽 500mm，腹板高度 250mm，底部宽 200mm，与翼缘连接处宽 240mm。每 3m 高度设圈梁一层，圈梁高 0.3m，厚 0.4m，单块拱板厚 200mm，高 200mm。

(2) 竖井：除 1#排水井外，其余排水井下方均设置连接竖井，竖井内径 2.0m，竖井深度 23.4m~124.3m。

(3) 排水隧洞：主隧洞与支隧洞均为圆拱直墙断面，衬砌型式根据后期围岩描述进行确定，隧洞进、出口位置、支洞与主洞连接区域采用全断面衬砌，衬砌混凝土厚度 400mm，底板混凝土厚度 400mm，衬砌后净断面尺寸为：底宽 2.4m，直墙高 1.2m，拱高 1.2m，混凝土强度等级均为 C30。

(4) 排水明渠：排水隧洞出口设排水明渠，为钢筋混凝土结构，矩形断面，净断面尺寸：宽 2.4m，深 1.5m，全长 63.0m，坡度 4.3%。

(5) 消力池：排洪系统出口修建消力池兼集水池，为钢筋混凝土结构，长 25.0m，宽 4.0m，深 4.0m，消力池旁设置回水泵站。

(6) 联通明渠：联通明渠底宽 10.0m，开挖单台阶坡比 1:0.5，台阶高度 10.0m，平台宽度 10.0m。

排洪构筑物具体尺寸见表 2-13。

表 2-13 主沟排洪系统布置参数表

| 序号 | 指标名称 | 单位 | 数值  |     |     |     |     |     |     |
|----|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 排水井  |    | 1#  | 2#  | 3#  | 4#  | 5#  | 6#  | 7#  |
|    | 进水标高 | m  | 380 | 406 | 432 | 458 | 484 | 510 | 536 |
|    | 井顶标高 | m  | 407 | 433 | 459 | 485 | 511 | 537 | 562 |
|    | 井高   | m  | 27  | 27  | 27  | 27  | 27  | 27  | 27  |

| 序号 | 指标名称 | 单位 | 数值            |        |        |        |           |        |       |
|----|------|----|---------------|--------|--------|--------|-----------|--------|-------|
|    | 井座高  | m  | 6.4           | 6.4    | 6.4    | 6.4    | 6.4       | 6.4    | 6.4   |
| 2  | 竖井   |    | /             | 1#     | 2#     | 3#     | 4#        | 5#     | 6#    |
|    | 内径   | m  | /             | 2.0    | 2.0    | 2.0    | 2.0       | 2.0    | 2.0   |
|    | 深度   | m  | /             | 23.4   | 43.5   | 62.4   | 83.6      | 100.9  | 124.3 |
| 3  | 支隧洞  |    | 1#            | 2#     | 3#     | 4#     | 5#        | 6#     |       |
|    | 进口标高 |    | 377.1         | 380.27 | 393.3  | 405.71 | 405.71    | 431.88 |       |
|    | 出口标高 | m  | 374.0         | 375.9  | 383.05 | 394.96 | 406.07    | 412.72 |       |
|    | 长度   | m  | 253           | 54.6   | 115.7  | 99.7   | 52.2      | 23.1   |       |
|    | 坡度   | %  | 1.22          | 5.0    | 5.0    | 5.0    | 5.0       | 5.0    |       |
| 4  | 主隧洞  |    | 6#竖井节点~1#支洞节点 |        |        |        | 1#支洞节点~出口 |        |       |
|    | 进口标高 | m  | 409.7         |        |        |        | 374       |        |       |
|    | 出口标高 | m  | 374.0         |        |        |        | 330       |        |       |
|    | 长度   | m  | 713.2         |        |        |        | 1775.8    |        |       |
|    | 坡度   | %  | 5.0           |        |        |        | 2.48      |        |       |

#### 2.4.4.2 粗砂区排洪设施

干抛碎石筑坝区排洪系统采用“排水井-排水管”型式，设置 1 座排水井，编号为 0#，钢筋混凝土框架式结构，混凝土强度等级为 C30，抗渗等级 P4，抗冻等级 F150。排水井内径 3.0m，外径 4.1m，设 6 根立柱，立柱 T 形截面尺寸为：截面高度 550mm，其中：翼缘高度 300mm，宽 400mm，腹板高度 250mm，底部宽 200mm，与翼缘连接处宽 240mm。每 3m 高度设圈梁一层，圈梁高 0.3m，厚 0.3m，单块拱板厚 150mm，高 200mm。排水井进水标高 334m，井顶标高 349m，井高 15m，井座高 5.3m。排水井下接钢筋混凝土圆管，混凝土强度等级为 C30，抗渗等级 P4，抗冻等级 F150。排水管内径 1.5m，进口标高 331.1m，出口标高 329.72m，全长 138m，坡度 1.0%。

#### 2.4.5 安全监测

尾矿库安全监测采用人工及在线监测相结合的方式，监测内容包括坝体内部位移监测、坝体表面位移监测、浸润线监测、坝体外坡比监测、干滩监测、库水位监测、降水量监测及视频监控。

##### 2.4.5.1 表面位移监测

设置 5 个在线表面位移监测纵剖面，分别位于拦渣坝坝顶以及堆积坝 400.0m、450.0m、500.0m 和 559.0m 标高，共 27 个监测点，测点间距为 150m，在周边山体设置 2 个观测基点。人工表面位移监测点紧邻在线监测点布置，共 27 个监测点，在周边山体设置 4 个观测基点。

##### 2.4.5.2 内部位移监测

设置 1 条在线内部位移监测横剖面，位于尾矿坝中间位置，共 2 条监测垂线，分别位于堆积坝 500.0m 和 559.0m 标高。

##### 2.4.5.3 浸润线监测

设置 6 个在线浸润线监测横剖面，监测剖面间距为 150m，其中中间两条监测剖面各设置 7 个监测点，左侧两条监测剖面各设置 5 个监测点，右侧两条监测剖面各设置 5~6 个监测点，共 35 个监测点，分别位于堆积坝 370.0m、400.0m、430.0m、460.0m、500.0m、530.0m 和 559.0m 标高。人工浸润线监测点紧邻在线监测点布置，共 35 个监测点。

##### 2.4.5.4 干滩监测

干滩监测包括干滩长度、干滩坡度及滩顶高程监测，其中滩顶高程直接监测得到，干滩长度和干滩坡度通过滩顶、滩面高程和库水位监测值计算得出。滩顶高程监测点沿滩顶方向设置，在滩顶设置 3~5 个高程监测点，设置在距离沉积滩顶 100m 处。

##### 2.4.5.5 库水位及降雨量监测

在库内排水井井架靠库内侧立柱分别安装水位传感器，实时监测库内水位，共 2 套，

后期逐渐往上移动。

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，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需的历史依据，基建期需完成库区雨量监测布置

#### 2.4.5.6 视频监控

在排水井、拦渣坝坝顶、堆积坝坡、排洪系统出口等各设置 1 台 200 万像素高清红外网络球机，共 12 个监测点。

#### 2.4.6 库内船只

该项目采用坝下回水，不设回水浮船。

#### 2.4.7 辅助设施

##### 2.4.7.1 管理站

应根据设值班室，原则不小于 18m<sup>2</sup>，需要时设维修室 30m<sup>2</sup> 及仓库 30m<sup>2</sup> 等。

##### 2.4.7.2 通讯设施

根据生产管理需要设生产管理电话和调度电话，电话采用有线电话和无线电话两种，为了方便尾矿库安全管理，必须设定固定电话，以保证尾矿库运行过程中通讯畅通。

##### 2.4.7.3 坝上照明

尾矿坝上需布设照明设施。照明设施应采用强光照明设备，尾矿库运行期间还应配备小型发电设备。

##### 2.4.7.4 交通道路

通往坝顶及排洪系统的应急道路根据山区地形设置，道路宽度不小于 6m。

#### 2.4.8 安全标志

在库区周边和易发危险位置设置防护栏和警示标志。主要包括以下内容：

（1）尾矿库概况标识牌。标识内容为：尾矿库名称、设计单位、施工单位、监理单位、建设时间等；尾矿库等别、库容；初期坝坝高和外边坡；堆积坝坝高和平均边坡等。

（2）警示标识牌。标识内容为：严禁闲人出入尾矿库区，禁止放牧；严禁库内爆破、挖砂和取石。

（3）避险路线标识。标识内容为：避险线路示意图，所在点位置等。在避险路线沿线间隔适当距离在醒目位置布置。

#### 2.4.9 安全管理及其他

##### （1）安全管理机构

设置安全生产管理机构，建立健全尾矿设施安全管理制度，设置从事尾矿库作业的专职安全管理人员，安全管理人员必须经过尾矿库专业知识培训，取得上岗后才能从事管理工作。

##### （2）安全教育培训

公司领导、尾矿库管理人员和技术工人均需进行培训。特种作业人员必须经过专门的安全技术培训并考核合格，取得《中华人民共和国特种作业操作证》后，方可上岗。

##### （3）应急管理

针对垮坝、漫顶等安全生产事故和重大险情制定应急救援预案，并进行预案演练。

##### （4）投资估算

本项目估算总投资为 15134.9 万元，其中工程费用为 12592.84 万元，工程建设其他费用为 1420.96 万元，预备费为 1121.1 万元。

### 3.定性定量评价

#### 3.1 评价单元划分

划分评价单元的目的在于便于预评价工作的有序进行，并有利于提高评价工作的准确性。根据该项目的特点，本次安全预评价单元划分如下：1) 库址选择单元；2) 尾矿坝单元；3) 防排洪系统单元；4) 安全监测单元；5) 辅助设施单元；6) 安全标志单元；7) 安全管理单元；8) 重大危险源辨识单元。

本次安全预评价采用安全检查表法、预先危险性分析法、经验分析法。各评价单元选用的评价方法见表 3-1。

表 3-1 各评价单元采用的评价方法一览表

| 评价方法<br>评价单元名称 |           | 安全检查表法 | 预先危险性分析法 | 经验分析法 |
|----------------|-----------|--------|----------|-------|
| 1              | 库址选择单元    | √      | √        | √     |
| 2              | 尾矿坝单元     | √      | √        | √     |
| 3              | 防排洪系统单元   | √      | √        | √     |
| 4              | 安全监测单元    | √      |          |       |
| 5              | 辅助设施单元    | √      | √        |       |
| 6              | 安全标志单元    | √      |          |       |
| 7              | 安全管理单元    | √      |          |       |
| 8              | 重大危险源辨识单元 |        |          | √     |

#### 3.2 库址选择单元

##### 3.2.1 库区存在的主要自然灾害

###### (1) 自然灾害辨识

通过分析和辨识，对本项目存在影响的自然灾害主要为地震、山体垮塌、严寒冰冻、暴风、暴雨、雷电。

(2) 危险度定性评价

本子单元采用预先危险性分析法对自然客观因素进行评价，确定危险等级，并提出相应的对策措施，以降低事故发生的概率及后果，自然客观因素危险性分析见表 3-2。

表 3-2 自然客观因素危险性分析表

| 自然灾害 | 触发事件                                                                                                             | 事故后果      | 危险等级 | 可研报告采取的预防和控制措施                                                                                    |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 地震   | 1.影响尾矿坝稳定性。<br>2.造成山体垮塌。<br>3.地震液化。<br>4.排洪系统损坏。                                                                 | 人员伤亡、财产损失 | III  | 1.做好前期的工程地质勘察工作，避开不良地质作用地段。<br>2.抗震等级应符合要求。<br>3.采用抗震性能较好筑坝方式。                                    |
| 山体垮塌 | 1.山体垮塌冲击排洪构筑物，造成排洪构筑物损坏。<br>2.山体垮塌淤积排水设施入口，影响排水设施泄流能力。<br>3.山体垮塌侵占调洪库容，导致防洪能力不足。                                 | 人员伤亡、财产损失 | III  | 本项目周边山体稳定，无滑坡、泥石流等不良地质作用。                                                                         |
| 严寒冰冻 | 1.冻土地基影响尾矿坝稳定性。<br>2.土体冻胀造成排水管隆起、脱节甚至裂缝，造成排水井偏斜甚至倒塌。<br>3.冬季放矿易形成大面积永冻层，深层冻土形成不透水的隔水层，导致浸润线升高。<br>4.冬季作业工作人员易冻伤。 | 人员伤亡、财产损失 | III  | 1.钢筋混凝土构筑物采取抗冻措施。<br>2.冬季采用冰下放矿方式。<br>3.为作业人员配备劳动防护用品。<br>4.制定防大雪冰冻应急预案。                          |
| 暴风   | 暴风导致尾矿随风飞扬。                                                                                                      | 污染环境、职业病  | II   | 保持滩面湿润，必要时配合洒水，避免扬尘发生。                                                                            |
| 暴雨   | 1.暴雨冲刷坝坡，导致坝体局部垮塌。<br>2.暴雨造成洪水漫顶。<br>3.暴雨引发泥石流、山体滑坡等地质灾害。                                                        | 人员伤亡、财产损失 | III  | 1.尾矿坝外坡进行护坡，坝体与两岸山坡结合处设置排水沟。<br>2.合理确定防洪标准。通过调洪演算确定排洪构筑物的结构尺寸。<br>3.制定水位超警戒线应急预案。<br>4.加强汛期的安全检查。 |

| 自然灾害 | 触发事件                       | 事故后果 | 危险等级 | 可研报告采取的预防和控制措施                                      |
|------|----------------------------|------|------|-----------------------------------------------------|
| 雷电   | 该项目地处山区,雷电可对库区内的设备和人员造成伤害。 | 人员伤亡 | II   | 1.加强作业人员的培训和管理,掌握避雷知识。<br>2.设置避雷设施。<br>3.雷雨天气时停止作业。 |

### 小结:

地震、山体垮塌、严寒冰冻、暴雨的危险级别为“危险的”,需立即采取防范措施;暴风、雷电的危险级别为“临界的”,暂时不至于造成人员伤亡。

### 3.2.2 库址选择检查

本单元根据法律法规、标准规范等对尾矿库库址的有关要求进行分析,采用安全检查表法对库址选择的合理性进行评价,详见表 3-3。

表 3-3 库址选择安全检查表

| 序号 | 评价内容                                           | 检查依据                | 可研情况说明                                                              | 结论 |
|----|------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | 尾矿库不应设在下列地区:风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区;国家法律禁止的矿产开采区域。 | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.1 条 | 库区及周边无风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区。库区占地没有压覆矿产资源,不属于国家法律禁止的矿产开采区域。            | 符合 |
| 2  | 不宜位于大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地和大型居民区上游。         | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条 | 库区及坝址范围内的 174 户居民搬迁后,库区及下游 2km 范围内无大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地和大型居民区。 | 符合 |
| 3  | 不宜位于居民集中区主导风向的上风侧。                             | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条 | 该地区主导风向为西北风,本工程下风侧无居民集中区。                                           | 符合 |
| 4  | 应不占或少占农田,并应不迁或少迁居民。                            | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条 | 库区占地不占用农田。库区及坝址范围内的 174 户居民需要搬迁,居民均已同意搬迁。                           | 符合 |
| 5  | 不宜位于有开采价值的矿床上面。                                | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条 | 库区占地没有压覆矿产资源。                                                       | 符合 |
| 6  | 汇水面积应小,并应由足够的库容。                               | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条 | 汇水面积为 7.57km <sup>2</sup> ,总库容为 33721 万 m <sup>3</sup> ,汇水面积小,库容较大。 | 符合 |

| 序号 | 评价内容                                              | 检查依据                         | 可研情况说明                                                                                                                                                                       | 结论 |
|----|---------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7  | 筑坝工程量应小，生产管理应方便。                                  | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条          | 初期坝筑坝方量为 84 万 m <sup>3</sup> ，筑坝石料利用库区内石英砂岩，筑坝工程量小，生产管理方便。堆积坝采用中线式碎石筑坝，筑坝方量为 4188.81 万 m <sup>3</sup> ，需采用干抛碎石筑坝，筑坝方案作业复杂，筑坝工程量大，管理难度较大。企业已批复的见草沟尾矿库即采用中线法碎石筑坝，具备丰富的筑坝及管理经验。 | 符合 |
| 8  | 应避开地质构造复杂、不良地质现象严重区域。                             | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条          | 根据勘察报告可知，库区地质构造简单，无不良地质现象。                                                                                                                                                   | 符合 |
| 9  | 尾矿输送距离应短，宜能自流或扬程小。                                | 《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条          | 安家峪尾矿库库址距离各选厂较近，尾矿的输送、回水较为便利。                                                                                                                                                | 符合 |
| 10 | 严禁新建“头顶库”，严禁在距离长江和黄河干流岸线 3km、重要支流岸线 1km 范围内新建尾矿库。 | 应急[2020]15 号                 | 库区及坝址范围内的 174 户居民搬迁后，尾矿坝坡脚至下游流经路径 1km 范围内无居民及重要设置，不属于“头顶库”，不位于距离长江和黄河干流岸线 3km、重要支流岸线 1km 范围内。                                                                                | 符合 |
| 11 | 一般工业固体废物贮存场、填埋场的选址应符合环境保护法律法规及相关法定规划要求。           | 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》第 4.1 条 | 尾矿库选址符合环境保护法律法规及相关法定规划要求。                                                                                                                                                    | 符合 |
| 12 | 贮存场、填埋场的位置与周围居民区的距离应依据环境影响评价文件及审批意见确定。            | 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》第 4.2 条 | 库区及坝址范围内的 174 户居民搬迁后，库区周边 2km 范围内无居民区。                                                                                                                                       | 符合 |
| 13 | 贮存场、填埋场不得选在生态保护红线区域、永久基本农田集中区域和其他需要特别保护的区域内。      | 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》第 4.3 条 | 库区占地无自然保护区、世界文化自然遗产、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要湿地、重要饮用水水源保护区等禁止开发区域。本项目不在基本农田及其他需要特别保护的区域。                                                                                            | 符合 |

| 序号 | 评价内容                                                                     | 检查依据                             | 可研情况说明                                    | 结论 |
|----|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|----|
| 14 | 贮存场、填埋场应避开活动断层、溶洞区、天然滑坡或泥石流影响区以及湿地等区域。                                   | 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》<br>第 4.4 条 | 根据勘察报告可知，库区地质构造简单，无断层、溶洞、天然滑坡或泥石流等不良地质作用。 | 符合 |
| 15 | 贮存场、填埋场不得选在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的滩地和岸坡，以及国家和地方长远规划中的水库等人工蓄水设施的淹没区和保护区之内。 | 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》<br>第 4.5 条 | 库区不在江河、湖泊、运河、渠道、水库最高水位线以下的河滩和泛洪区。         | 符合 |

#### 小结:

参照相关规程、规范，对尾矿库库址进行检查分析，共检查了 15 项，均符合要求，本项目库址符合尾矿库选址原则。

#### 3.2.3 尾矿库对周边环境的影响

尾矿库对周边环境影响，主要体现在以下几个方面：

(1) 尾矿库库址附近有采矿活动，当尾矿库压矿时，库区的尾矿水可能会进入采矿作业区，影响采矿作业安全；

安家峪尾矿库库区及周边无采矿活动。

(2) 尾矿库的扬尘、尾矿坝的渗水对附近居民，尤其是下风向或下游的居民生产生活带来不良影响。

库区及坝址范围内的 174 户居民搬迁后，安家峪尾矿库下游最近的居民区约 2.1km，距离相对较远，不位于本项目主导风向的下风侧，且该尾矿库采用湿式排放，库内干滩长期保持湿润状态，可有效抑制扬尘；尾矿坝下游修建截渗坝，尾矿库渗水不外排；故尾矿库的扬尘、尾矿坝的渗水对附近的居民无影响。

(3) 尾矿水中的有害成分可能对下游水体造成污染。

本项目尾矿库贮存的为选铁尾矿，选矿工艺为磁选，尾矿水中无有害成分，且尾矿坝下游修建截渗坝，尾矿库渗水不外排，对下游水体无影响。

(4) 尾矿库附近有居民聚集区，尾矿库一旦溃坝将对居民区安全构成严重威胁。

库区及坝址范围内的 174 户居民搬迁后，安家峪尾矿库下游最近的居民区约 2.1km，本报告中采用数值模拟方法分析尾矿库溃坝对下游居民区的影响。

坝体溃决的类型一般分为瞬时全部溃决、瞬时局部溃决以及坝体逐渐溃决三类。坝体瞬时全部溃决、瞬时局部溃决是指坝体或部分坝段在坝址处瞬时消失；坝体逐渐溃决是指水流通过初始溃口，由于水流的冲刷切割及坝体的崩塌而引起的溃口不断扩大，溃决流量不断增加的过程，这一过程将随库内水位下降及水流冲刷能力的减弱而结束。

#### ①泄砂总量

尾矿库失事后，泄砂总量的计算由具体情况决定。由于坝体溃决时往往伴随着暴雨，库区尾矿呈饱和状态，为安全起见，考虑最不利情况，本次假定尾矿库溃坝发生时已堆积到最终设计高程，堆积坝漫顶水位所对应的库内蓄水量最大，溃坝时形成的泥石流流量也最大。根据经验以及可能存在溃坝风险，取 1/3 库容溃坝模式。

#### ②溃口平均宽度

采用黄河水利委员会经验公式进行计算，公式如下：

$$b = 0.1KW^{\frac{1}{4}}B^{\frac{1}{4}}H^{\frac{1}{2}}$$

式中：b—溃口宽度，m；

W—泄砂总量，m<sup>3</sup>；

B—主坝长度，按最终堆积标高时计算；

H—坝高；

K—经验系数，粘土类取 0.65，壤土类取 1.30，本次计算取 0.65。

#### ③最大泄砂流量

计算最大流量的方法有很多，如波尔流量法、圣维南法、堰流与负波交汇法及经验公式法。根据以往统计计算结果表明，各种方法所求得的结果，其差别一般在 10%以内。对于尾矿库溃坝来说，考虑到溃决时往往库内水位较高，尾矿砂处于液态，参考肖克列奇经验公式，经修正比较后，最大泄流量计算采用如下公式：

$$Q_m = \frac{8}{27} g^{\frac{1}{2}} \left( \frac{B}{b} \right)^{\frac{1}{4}} b H_0^{\frac{3}{2}}$$

式中：Q<sub>w</sub>—溃口处最大流量，m<sup>3</sup>/s；

B—主坝长度，按最终堆积标高时计算，m；

$b$ —溃口宽度,  $m$ ;

$H_0$ —溃坝时坝前水深,  $H_0$  等于坝高减去坝前淤深和校核水位距坝顶的距离,  $m$ ;

#### ④流量过程线

要分析溃坝砂流对下游的破坏性, 需要求出坝址的流量过程线。坝址流量过程线的计算, 一般有两种方法。一种是根据坝址处的尾砂流动状态, 依据偏微分方程和常微分方程的数学理论, 求得坝址流量过程的理论解或半理论解, 然后根据这些解通过数值计算得到坝址流量过程线; 另一种是进行模型试验数据的整理分析, 得出瞬时溃坝流量过程线与最大流量、溃坝前可泄库容及下泄总量的关系。

尾矿坝坝址流量过程线, 一般是在瞬时从零急骤增至最大, 随之很快下降, 参考相关文献, 坝址处流量过程可概化成表 3-4 的形式。

表 3-4 址处流量过程概化表

| $t/T$     | 0 | 0.01 | 0.05 | 0.10 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 | 0.65 | 1.00 |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $Q_t/Q_m$ | 0 | 1.00 | 0.5  | 0.52 | 0.36 | 0.26 | 0.19 | 0.14 | 0.09 | 0    |

注:  $T$  为尾矿库泄空时间,  $t$  为任意时刻;  $Q_m$  为坝址最大流量;  $Q_t$  为相应于  $t$  时的溃坝泄砂流量。  $T$  可由泄砂总量、最大泄砂流量和流量过程线求出。

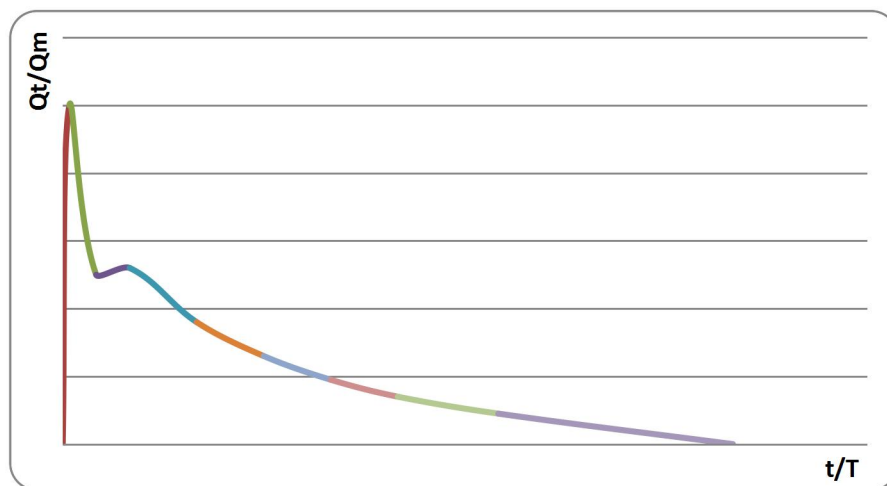


图 3-1 坝址处流量过程线

#### ⑤尾矿库溃坝最大流量沿程演进估算

计算公式如下:

$$Q_L = W / \left( \frac{W}{Q_m} + LV_m K \right)$$

式中:  $Q_L$ —距坝址  $L$  ( $m$ ) 控制断面溃坝最大流量,  $m^3/s$ ;

$W$ —泄砂总量,  $m^3$ ;

$L$ —控制断面距尾矿库坝址的距离，m；

$V_m$ —特大洪水的最大流速，本次计算取  $3.0\text{m}^3/\text{s}$ ；（山区取  $3.0\sim 5.0\text{m}^3/\text{s}$ ，丘陵取  $2.0\sim 3.0\text{m}^3/\text{s}$ ，平原取  $1.0\sim 2.0\text{m}^3/\text{s}$ ）

$K$ —经验系数，取 1.1。

#### ⑥尾矿库溃坝矿砂流到达时间估算

计算公式如下：

$$T = K_1 L^{1.75} 10^{1.3} / W^{0.2} H_0^{0.35}$$

式中： $K_1$ —经验系数，0.007

#### ⑦尾矿砂最大流速

根据 20 世纪 60 年代以来收集的有关泥石流实测资料，通过分析泥石流内部与外部阻力变化规律，相关学者建立了具有典型代表意义的粘性泥石流流速公式，公式如下：

$$U_c = 28.5h^{0.327}J^{0.5}$$

式中： $U_c$ —溃坝时尾砂最大流速；

$h$ —尾砂深；

$J$ —河道坡降。

#### ⑧计算结果，见表 3-5。

表 3-5 计算结果

| 距离 $L$ | 最大流量 $\text{m}^3/\text{s}$ | 最大流速 $\text{m/s}$ | 泥砂厚度 $\text{m}$ | 泥砂面宽 $\text{m}$ | 到达时间 $\text{s}$ |
|--------|----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0      | 5513.81                    | 7.61              | 5.8             | 125             | 0               |
| 500    | 5100.95                    | 7.49              | 5.2             | 131             | 139.50          |
| 1000   | 4745.61                    | 7.17              | 4.5             | 147             | 469.22          |
| 2000   | 4165.28                    | 6.70              | 3.7             | 168             | 1578.28         |

根据尾矿库下游典型控制断面处的溃坝最大流量、流速、泥沙厚度等计算结果分析可知，一旦尾矿库溃坝将对下游居民区产生严重破坏，造成人员生命财产的损失，污染下游土壤、水源等，建议采取下列安全对策措施：

a. 严把施工质量关，由于尾矿库内设施大部分属于隐蔽工程，所以，尾矿库必需规范施工及验收，没有设计单位允许不得擅自修改设计。

b. 采用全过程在线监测系统，掌握其工作状态，以确保尾矿库安全运行。

c.制定尾矿库灾害应急预案，与气象台建立联系，在灾害天气到来之前做好预防；汛期降低库水位，预留足够的干滩长度，留有足够的调洪库容，应对强降雨；根据每年的调洪演算确定生产的正常水位，汛期库水位必须保证不得超过正常水位，应在库内排水井上和岸边分别设立清晰醒目的水位观测标尺，标明正常运行水位和警戒水位：警戒水位有黄色、橙色和红色警戒水位，当达到红色警戒水位应报警，通知下游人员及时撤离。

d.严格按照国家的有关法律、法规、标准、规范的要求，对尾矿库进行勘察、设计、施工、监理及管理。

e.与下游 1km 外的居民建立应急联动机制，遇到险情时，通知下游人员及时撤离。

在充分落实《可研报告》及本报告提出的安全对策措施的前提下，尾矿库溃坝对下游居民区的影响在可控范围内。

#### （5）对周边尾矿库、排土场的影响

安家峪尾矿库周边无其他尾矿库、排土场。

#### 小结：

从以上分析可知，尾矿库对周边环境的影响在可控范围内。

### 3.2.4 周边环境对尾矿库的影响

周边环境对尾矿库的影响，主要体现在以下几个方面：

（1）尾矿库库址附近的采矿活动可能影响尾矿设施的安全。

安家峪尾矿库库区及周边无采矿活动。

（2）周边尾矿库、排土场对本工程的影响

安家峪尾矿库周边无其他尾矿库、排土场。

（3）尾矿库所在流域内的崩塌、滑坡、泥石流等不良地质作用可能会造成尾矿库排水设施堵塞，影响尾矿库的安全。

根据勘察报告可知，库区地质构造简单，无崩塌、滑坡、泥石流等不良地质作用。

#### 小结：

从以上分析可知，周边环境对安家峪尾矿库无影响。

### 3.2.5 评价单元小结

通过本单元评价，评价组认为：尾矿库的库址选择合理，与周边环境的相互影响在

可控范围之内。

### 3.3 尾矿坝单元

#### 3.3.1 尾矿坝主要危险、有害因素分析

通过分析和辨识，尾矿坝单元存在的主要危险、有害因素为溃坝、坝坡失稳、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏。

##### (1) 溃坝

造成尾矿库溃坝的因素有：

①坝体边坡过陡：过陡的坝体边坡往往增加尾矿坝边坡范围内的最危险滑动面上的滑动土体的下滑力，减小阻滑力，使得尾矿坝体的安全系数减小。

②坝体浸润线过高：过高的浸润线不仅导致滑动土体下滑力的增加，阻滑力的减小，同时还可导致坝体渗流破坏，严重的会造成尾矿溃坝。

③防洪能力不足：防洪能力不足将使库水位急剧升高，库区调洪能力有限加之泄洪能力不足，会直接造成洪水漫坝，使坝体决口。由于库水位增高也将使坝体浸润线升高，从坝坡溢出，引发坝体渗流形成管涌、流土，使坝体塌滑破坏。

④不规范的放矿方法：采用不同的放矿方法，尾矿坝附近的沉积滩的尾矿粒度的组成和坡度是不同的，尾矿库的调洪高度等会受到一定的影响。

⑤不合理的坝体的几何参数及坝体结构：坝体的几何参数及坝体结构对尾矿坝的安全的影响主要体现在边坡和坝体的防、排渗处理上。对于尾矿坝来说，合理的边坡、良好的坝体防、排渗措施是坝体稳定性的基本保证。

⑥尾矿库排洪设施的破坏：尾矿库排洪设施的破坏导致尾矿外泄的事故在尾矿工程事故中也是比较常见的事故类型之一。其原因主要是排水设施强度低，不能满足承载要求。多是设计或施工中人为造成的。

⑦不良工程地质：不良的工程地质或工程地质不清，地基处理不到位，可能造成坝体不均匀沉陷，从而造成溃坝事故的发生，造成排水构筑物坍塌。

⑧施工质量不佳：没有按照设计规范施工，或施工质量达不到规范与设计要求，如坝体施工中清基不彻底，坝体密实度不均，筑坝材料不符合要求，反滤层铺设不当，坝体边坡比陡于设计值等。

⑨安全管理不善：尾矿库的日常管理工作主要包括尾矿排放、排水设施检查维护、监测设施观测及管理，不当的管理维护工作皆可对尾矿库安全性带来不利影响。尾矿排放不当，库区无法形成设计所需的防洪库容，将导致洪水漫顶，严重时造成溃坝。排水设施维护不当发生淤堵、坍塌等事故，轻者导致漏砂、严重时造成泄流能力不足而发生溃坝事故。尾矿库监测设施未按规定进行观测，坝体等存在事故隐患未能及时修复。

## （2）坝坡失稳

坝坡失稳造成滑坡，是尾矿坝的危险因素之一，较大规模的滑坡，往往是垮坝事故的前兆，即使是较小的滑坡也不能掉以轻心。有些滑坡时突然发生的，有的先由裂缝开始，如不及时处理，逐步扩大和蔓延，则可能造成垮坝重大事故。

造成坝坡失稳的主要因素有：

- ①尾矿坝边坡陡于设计值，坝体抗滑安全系数不足。
- ②勘察时未查明坝基有淤泥层或其他高压缩性软土层，设计时未采取适当措施。
- ③坝面维护不善，雨水冲刷拉沟，严重时会造成局部坝段滑坡。
- ④为增加蓄水量，提高库内水位，造成尾矿坝安全超高不足，降低坝体稳定性。
- ⑤尾矿坝坝顶安全超高、沉积干滩长度不满足规范要求。
- ⑥每期子坝堆筑完毕不进行质量检查。
- ⑦每期子坝筑坝前，岸坡上的草皮、树根等危及坝体安全的杂物不清除或清除不彻底。

## （3）洪水漫顶

造成洪水漫顶的因素有：

- ①设计防洪标准过低、洪水计算错误、尾矿库调洪计算有误、排水设施布置不当或尺寸不足导致设计泄洪能力不足。
- ②排水设施因施工质量不佳或后期维护管理不善造成堵塞、损坏，丧失部分或全部泄洪能力。
- ③库区水位控制不善，造成汛前库内水位过高。
- ④尾矿库放矿不当，未形成设计要求的沉积滩坡度或干滩长度，或形成严重的偏滩、扇形滩。

## （4）渗流破坏

渗流破坏是尾矿坝中最常见的病险症状之一，尾矿水受重力作用，由高水位区向低

水位区流动，水在尾矿坝体、坝肩和坝基土中的运动，称作尾矿坝的渗流。尾矿坝是一种散粒体堆筑的水工构筑物，当上游存在高势能水位时，坝体内必然形成复杂的渗流场。在渗流作用下，坝体有可能发生渗流破坏，严重时将导致溃坝，渗流破坏主要有四种破坏形式，即管涌、流土、接触冲刷和接触冲砂。但无论何种形式引起的渗流破坏，导致尾矿坝溃决，总是表现为集中渗流，发展成管涌、流砂，冲刷周边通道不断坍塌、扩大，管涌无法控制而最终溃坝。当尾矿坝渗、漏水“跑浑”或下游坝面出现管涌、流土迹象时，应及时处理，以避免加剧渗流破坏。渗流破坏的主要类型有：1）坝面局部管涌、流土、隆起、坍塌；2）后期坝下游坡面、沉积滩面或库水区出现陷坑；3）坝肩和岸坡接触处出现裂缝；4）坝体下游坡面或坝肩渗水量增加或渗透水浑浊；5）坝顶高不一致；6）坝底、坝基漏砂。

造成渗流破坏的因素有：

①筑坝未按设计要求施工，施工质量没达到设计要求。

②坝肩和岸坡接触面没做妥善处理或清理不彻底。

③反滤层等重要措施设计不能满足渗流要求。

④尾矿排放违规，方式不当。

⑤坝体沉降、裂缝或塌陷等形成集中渗流。

⑥干滩长度达不到要求、库内蓄水水位过高，造成坝面、坝坡渗流出逸，坝面出现沼泽化。

⑦管理不善，没有认真的经常性检查与观测，没能及时发现问题，及时采取措施，防止事故发生。

#### （5）结构破坏

造成尾矿坝结构破坏的因素有：

①筑坝未按设计要求施工，施工质量没达到设计要求。

②坝体出现横向或纵向裂缝。

③地震、山体垮塌等自然灾害。

### 3.3.2 尾矿坝预先危险性分析

本单元采用预先危险性分析法对该项目尾矿坝单元存在的危险因素进行评价，确定危险等级，并提出相应的对策措施，以降低事故发生的概率及后果。尾矿坝单元预先危

险性分析见表 3-6。

表 3-6 预先危险性分析表

| 危险有害因素 | 触发事件                                                                                                                     | 事故后果      | 危险等级 | 可研报告采取的预防和控制措施                                                                                                                                                                                      |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 溃坝     | 1.坝体边坡过陡。<br>2.坝体浸润线过高。<br>3.防洪能力不足。<br>4.不规范的放矿方法。<br>5.不合理的坝体结构参数。<br>6.排洪设施损坏。<br>7.不良工程地质。<br>8.施工质量不佳。<br>9.安全管理不善。 | 人员伤亡、财产损失 | IV   | 1.合理设计尾矿坝内、外坡比。<br>2.合理设计排洪构筑物的结构尺寸及安全运行控制指标。<br>3.合理设计放矿方式。<br>4.合理设计尾矿坝的结构参数。<br>5.合理设计地基处理措施。<br>6.委托具备相应资质的施工、监理单位进行尾矿库施工，严格按照施工图施工。<br>7.加强尾矿坝安全检查，配备经验丰富的安全、技术管理人员。<br>8.制定事故应急救援预案，完善抢险救援机制。 |
| 坝坡失稳   | 1.坝体边坡过陡；<br>2.坝坡存在冲沟、塌坑等不良现象；<br>3.坝体内浸润线过高；<br>4.坝体填筑质量差；<br>5.违章爆破、采石等危及尾矿坝安全的行为。                                     | 人员伤亡、系统破坏 | III  | 1.合理设计尾矿坝内、外坡比。<br>2.合理设计坝坡防护及排水沟。<br>3.合理设计尾矿坝的结构参数。<br>4.合理设计地基处理措施。<br>5.委托具备相应资质的施工、监理单位进行尾矿库施工，严格按照施工图施工。<br>6.加强尾矿坝安全检查，配备经验丰富的安全、技术管理人员。<br>7.制定事故应急救援预案，完善抢险救援机制；                           |
| 洪水漫顶   | 1.防洪标准选取不当，设计排水构筑物的尺寸偏小，防洪能力不足；<br>2.山体滑坡侵占防洪库容；<br>3.排水设施损坏或淤堵；<br>4.安全超高、干滩长度不足；                                       | 人员伤亡、系统破坏 | III  | 1.合理设计防洪标准、排洪构筑物结构尺寸及安全运行控制指标。<br>2.每年汛期前进行调洪演算，确定防洪安全控制参数。<br>3.保证回水水质的前提下保持低                                                                                                                      |

| 危险有害因素 | 触发事件                                                                   | 事故后果      | 危险等级 | 可研报告采取的预防和控制措施                                                                             |
|--------|------------------------------------------------------------------------|-----------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 5.遭遇超设计频率洪水；<br>6.连续降雨。                                                |           |      | 水位运行。<br>4.委托具备相应资质的施工、监理单位进行尾矿库施工，严格按照施工图施工。<br>5.制定事故应急救援预案，完善抢险救援机制。                    |
| 渗流破坏   | 1.岸坡未清理或清理不彻底。<br>2.坝体填筑质量差；<br>3.排渗、反滤层等重要措施设计不能满足渗流要求；<br>4.坝基处理不合格； | 人员伤亡、系统破坏 | III  | 1.严格执行勘察、设计、施工和操作管理的规范、规程，从源头杜绝隐患；<br>2.合理设计坝体排渗设施；<br>3.加强安全检查；<br>4.制定事故应急救援预案，完善抢险救援机制。 |
| 结构破坏   | 1.渗流破坏；<br>2.洪水漫顶；<br>3.坝坡失稳；<br>4.地震、山体滑坡、泥石流等自然客观因素；                 | 人员伤亡、系统破坏 | III  | 1.严格执行勘察、设计、施工和操作管理的规范、规程，从源头杜绝隐患；<br>2.加强安全检查；<br>3.制定事故应急救援预案，完善抢险救援机制。                  |

### 小结：

溃坝事故的危险级别为“灾难性的”，需要重点防范；坝坡失稳、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏事故的危险级别为“危险的”，需采取防范措施。

### 3.3.3 尾矿坝符合性检查

本单元根据法律法规、标准规范等对尾矿坝的有关要求进行分析，采用安全检查表法对尾矿坝的合理性进行评价，详见表 3-7。

表 3-7 坝体安全检查表

| 项目 | 检查内容                                   | 检查依据                | 可研情况说明            | 结论 |
|----|----------------------------------------|---------------------|-------------------|----|
| 1  | 尾矿库的服务年限应与选矿厂的生产年限相适应，大中型选矿厂不应少于 10 年。 | 《尾矿设施设计规范》第 1.0.4 条 | 尾矿库的服务年限为 11.7 年。 | 符合 |

| 项目 | 检查内容                                                                                                               | 检查依据                | 可研情况说明                                                                                                                                                                           | 结论           |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2  | 尾矿坝坝址的选择应以筑（堆）坝工程量小，以及形成的库容大和避开不良的工程、水文地质条件为原则，并结合筑坝材料来源、施工条件、尾矿澄清距离及排水构筑物的布置等因素，经综合论证确定。                          | 《尾矿设施设计规范》第 4.1.1 条 | 本工程采取安全系数较高的中线式筑坝方案，坝址选择遵循库容最大化原则，选择上坝址方案，坝轴线距沟口 2.1km，库区纵深长度能够满足尾矿澄清距离及排水构筑物的布置，初期坝筑坝材料利用库区石英砂岩，堆积坝采用干抛碎石筑坝，筑坝材料充足，施工便利。坝址区域无断层、溶洞等不良的地质条件。坝址区存在较厚的碎石层，不宜作为基础持力层，可研报告未进行地基处理设计。 | 在第四章提出安全对策措施 |
| 3  | 初期坝坝型选择满足下列要求：<br>①初期坝宜采用当地材料构筑。<br>②上游式尾矿库的初期坝宜采用透水型坝，中线式、下游式尾矿库的初期坝坝型可根据需要确定。<br>③对于有特殊要求的尾矿库可采用不透水坝型。           | 《尾矿设施设计规范》第 4.1.2 条 | 初期坝坝型能够满足下列要求：<br>①初期坝采用当地材料构筑，为库区石英砂岩。<br>②本项目采用中线式碎石筑坝，采用透水坝型。<br>③采用透水坝型。                                                                                                     | 符合           |
| 4  | 初期坝坝高的确定应符合下列要求：<br>①可至少贮存选矿厂投产后半年以上的尾矿量；<br>②应使尾矿水得以澄清；<br>③当尾矿堆积坝沉积滩顶与初期坝顶齐平时，应满足相应等别尾矿库防洪标准要求；<br>④投产初期需利用尾矿库调蓄 | 《尾矿设施设计规范》第 4.1.3 条 | 初期坝坝高能够满足下列要求：<br>①初期坝服务年限为 0.61 年；<br>②能够满足澄清距离要求；<br>③经调洪演算，当滩顶与初期坝顶齐平时，能够满足防洪要求；<br>④不利用尾矿库调蓄生产供水；                                                                            | 符合           |

| 项目 | 检查内容                                                                                          | 检查依据                | 可研情况说明                                                          | 结论           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
|    | 生产供水时，应贮存所需的调蓄水量；<br>⑤在冰冻地区应满足冬季放矿要求；                                                         |                     | ⑤能够满足冬季放矿要求；                                                    |              |
| 5  | 尾矿坝必须满足渗流控制和静、动力稳定的要求。                                                                        | 《尾矿设施设计规范》第 4.1.4 条 | 根据渗流稳定、边坡抗滑稳定计算结果分析，尾矿坝满足渗流控制和静力稳定的要求。可研报告未进行动力稳定分析。            | 在第四章提出安全对策措施 |
| 6  | 遇到下列情况时，尾矿坝坝基应进行专门研究处理：<br>1.易产生尾矿渗漏的砂砾石地基；<br>2.易液化土、软黏土和湿陷性黄土地基；<br>3.岩溶发育地基；<br>4.涌泉及矿山井洞。 | 《尾矿设施设计规范》第 4.1.5 条 | 坝址区存在较厚的碎石层，不宜作为基础持力层，可研报告未进行地基处理设计。                            | 在第四章提出安全对策措施 |
| 7  | 初期坝高大于 30m，当无行车要求时，初期坝坝顶最小宽度为 4m。有行车要求时，坝顶宽度及路面构造应符合《厂矿道路设计规范》的规定。                            | 《尾矿设施设计规范》第 4.5.1 条 | 无行车要求，坝顶宽度为 6m。                                                 | 符合           |
| 8  | 透水堆石坝上游坡比不宜陡于 1:1.6；<br>下游坡比：基岩 1:1.6~1:1.75，非基岩，1:1.75~1:2.0                                 | 《尾矿设施设计规范》第 4.5.3 条 | 初期坝坝型为透水堆石坝，上游平均坡比为 1:2.0，下游平均坡比为 1:2.2。                        | 符合           |
| 9  | 透水初期坝上游坡面采用土工布组合反滤层时，宜设置嵌固平台，高差宜为 10m~15m，宽度不宜小于 1.5m。土工布嵌入坝基及坝肩的深度不应小于 0.5m，并应填塞密实。          | 《尾矿设施设计规范》第 4.5.4 条 | 初期坝上、下游坡面均采用土工布组合反滤层，每 10m 高差设置 2m 宽的嵌固平台，土工布嵌入坝基和坝肩的深度大于 0.5m。 | 符合           |

| 项目 | 检查内容                                                                                                     | 检查依据                 | 可研情况说明                                                      | 结论 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|----|
| 10 | 尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处应设置坝肩截水沟，并宜在初期坝设置踏步，踏步宽度不宜小于 1.0m。                                                         | 《尾矿设施设计规范》第 4.5.6 条  | 本项目采用中线式筑坝，下游边坡始终处于筑坝状态，在每年汛期前设置临时坝肩排水沟，在终期边坡形成后设置坝肩截水沟及踏步。 | 符合 |
| 11 | 初期坝上游坡面应有防止初期放矿直接冲刷初期坝的措施。                                                                               | 《尾矿设施设计规范》第 4.5.8 条  | 初期坝内坡设置 400mm 厚干砌块石护坡，可防止初期放矿直接冲刷初期坝。                       | 符合 |
| 12 | 尾矿堆积坝下游坡面维护宜采用下列措施：<br>1.采用碎石、废石或山坡土覆盖坡面；<br>2.坡面植草或灌木类植物；<br>3.坡面修筑人字沟或网状排水沟；<br>4.沿坝轴线方向每隔 500m 设踏步一道。 | 《尾矿设施设计规范》第 4.5.10 条 | 本项目采用中线式碎石筑坝，下游边坡始终处于筑坝状态，在终期边坡形成后设置坡面排水沟及踏步。               | 符合 |
| 13 | 中线式及下游式尾矿坝均应设置初期坝和滤水拦砂坝，滤水拦砂坝可设置多座，在初期坝和拦砂坝之间的坝基范围内应设排渗设施。                                               | 《尾矿设施设计规范》第 4.6.2 条  | 本项目采用中线式筑坝，设置初期坝和滤水拦砂坝，在初期坝和拦砂坝之间的坝基设排渗盲沟。                  | 符合 |
| 14 | 初期坝坝高应满足下游粗粒尾矿与上游剩余尾矿平衡升高速度的要求。                                                                          | 《尾矿设施设计规范》第 4.6.4 条  | 根据砂量平衡计算可知，初期坝坝高能够保证下游碎石筑坝和库内尾砂平衡升高，中线坝坝顶始终高于库内滩面。          | 符合 |
| 15 | 对尾矿库全部运行期内的粗尾矿堆坝量与库内堆存量应按高度进行平衡计算，坝顶上升速度应满足库内沉积滩面的上升速度和防洪安全的需要，并应由此确定各阶段需要的粗砂产率，所选设备和分级工艺的最              | 《尾矿设施设计规范》第 4.6.7 条  | 根据砂量平衡计算可知，干抛碎石产率能够保证库内沉积滩面的上升速度和防洪安全的需要。                   | 符合 |

| 项目 | 检查内容                                        | 检查依据                | 可研情况说明                  | 结论           |
|----|---------------------------------------------|---------------------|-------------------------|--------------|
|    | 终成品粗砂的产率不宜少于各堆坝阶段需要的最大粗砂产率的 1.2 倍。          |                     |                         |              |
| 16 | 尾矿坝的下游坝坡应经稳定计算确定，在初步估算时，下游坝坡比不宜陡于 1:3.0。    | 《尾矿设施设计规范》第 4.6.9 条 | 下游坝坡比为 1:3.0，能够满足稳定要求。  | 符合           |
| 17 | 地震设计烈度为Ⅷ、Ⅸ度时，初期坝应选用抗震性能和渗透稳定性较好且级配良好的土石料筑坝。 | 《尾矿库安全规程》第 5.3.2 条  | 该地区地震设防烈度为Ⅵ度，初期坝采用石料筑坝。 | 符合           |
| 18 | 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。             | 《尾矿库安全规程》第 5.3.13 条 | 可研报告未进行三维渗流数值模拟计算。      | 在第四章提出安全对策措施 |
| 19 | 严禁新建总坝高超过 200m 的尾矿库。                        | 应急[2020]15 号        | 尾矿库总坝高为 195m。           | 符合           |

#### 小结:

(1) 由于京城集团下属各企业排尾量较大，该坝址方案可使库容最大化，对坝址区的碎石层采取有效的处理措施，保证坝基稳定的前提下，坝址选择合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。

(2) 初期坝坝型为透水堆石坝，该坝型筑坝方式简单，便于维护和后期的管理。坝体稳定性高，能够满足稳定性要求。坝型选择合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。

(3) 初期坝采用库区石英砂岩筑坝，筑坝材料充足，物理力学性质较好，坝高、坡比、马道及反滤层等方面的设计参数符合设计规范要求。筑坝材料和坝体结构参数符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。

(4) 中线法筑坝采用选厂干抛碎石筑坝，渗透性强，坝体浸润线低，边坡稳定安全系数大，坝体稳定性高，采用中线法碎石筑坝的筑坝方式筑高坝更安全、可靠、稳定，坝型选择合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。

## 3.3.4 干抛碎石筑坝可行性及可靠性评价

安家峪尾矿库采用中线法碎石筑坝，选厂年产干抛碎石量约 800 万 t/a，第 1~3 年排尾量 1591.8 万 t/a，第 4~9 年排尾量 6908.3 万 t/a，第 10 年起排尾量 6908.3 万 t/a，碎石、尾砂平衡计算见表 3-8 及表 3-9。

表 3-8 碎石、尾矿平衡分析表

| 服务年限<br>(年) | 滩顶标高<br>(m) | 子坝顶标高<br>(m) | 碎石筑坝顶标<br>高 (m) | 筑坝累计需要<br>碎石量 (万 m³) | 运送至库区碎<br>石量 (万 m³) | 碎石余富<br>量 (万 m³) |
|-------------|-------------|--------------|-----------------|----------------------|---------------------|------------------|
| 基建期         | ——          | 410.0        | 410.0           | ——                   | 149.8               | 149.8            |
| 1           | 418.4       | 420.0        | 410.0           | 112.10               | 559.8               | 447.7            |
| 2           | 435.70      | 440.0        | 430.0           | 259.41               | 969.8               | 710.4            |
| 3           | 448.33      | 450.0        | 440.0           | 383.40               | 1379.8              | 996.4            |
| 4           | 470.89      | 480.0        | 470.0           | 1115.13              | 1789.8              | 674.7            |
| 5           | 487.56      | 490.0        | 480.0           | 1405.47              | 2199.8              | 794.3            |
| 6           | 501.76      | 510.0        | 500.0           | 2094.04              | 2609.8              | 515.8            |
| 7           | 513.12      | 520.0        | 510.0           | 2502.01              | 3019.8              | 517.8            |
| 8           | 522.68      | 530.0        | 520.0           | 2989.22              | 3429.8              | 440.6            |
| 9           | 532.58      | 540.0        | 530.0           | 3575.04              | 3839.8              | 264.8            |
| 10          | 541.75      | 550.0        | 540.0           | 4156.01              | 4249.8              | 93.8             |
| 11          | 557.19      | 559.0        | 550.0           | 4188.81              | ——                  | 60.99            |
| 11.18       | 559.00      | 559.0        | ——              | ——                   | ——                  | ——               |

表 3-9 碎石、尾砂平衡计算表

| 部位  | 标高<br>(m) | 坝高<br>(m) | 库外累计库容<br>(万 m <sup>3</sup> ) | 库内累计库容<br>(万 m <sup>3</sup> ) | 有效库容<br>(万 m <sup>3</sup> ) | 总库容<br>(万 m <sup>3</sup> ) | 干抛碎石 (万 m <sup>3</sup> ) |        |       | 服务年限 (年) |
|-----|-----------|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------|-------|----------|
|     |           |           |                               |                               |                             |                            | 实际累计方量                   | 所需累计方量 | 累计富余量 |          |
| 初期坝 | 410       | 46        | 66.59                         | 803.36                        | 642.69                      | 869.95                     | 398.1                    | 112.1  | 286.0 | 0.61     |
| 堆积坝 | 420       | 56        | 112.14                        | 1310.52                       | 1140.13                     | 1422.66                    | 590.3                    | 176.6  | 413.7 | 1.07     |
|     | 430       | 66        | 176.58                        | 1967.82                       | 1719.65                     | 2144.39                    | 814.2                    | 259.4  | 554.8 | 1.62     |
|     | 440       | 76        | 259.41                        | 2770.80                       | 2426.09                     | 3030.21                    | 1087.1                   | 383.4  | 703.7 | 2.29     |
|     | 450       | 86        | 383.40                        | 3809.32                       | 3335.61                     | 4192.71                    | 1403.7                   | 639.0  | 764.7 | 3.06     |
|     | 460       | 96        | 638.99                        | 5050.96                       | 4432.66                     | 5689.95                    | 1576.3                   | 879.0  | 697.3 | 3.48     |
|     | 470       | 106       | 879.03                        | 6442.01                       | 5659.16                     | 7321.03                    | 1769.3                   | 1115.1 | 654.2 | 3.95     |
|     | 480       | 116       | 1115.13                       | 8108.86                       | 7123.80                     | 9224.00                    | 1999.8                   | 1405.5 | 594.3 | 4.51     |
|     | 490       | 126       | 1405.47                       | 10026.25                      | 8804.83                     | 11431.72                   | 2264.3                   | 1723.3 | 541.0 | 5.16     |
|     | 500       | 136       | 1723.29                       | 12158.08                      | 10670.98                    | 13881.38                   | 2558.0                   | 2094.0 | 464.0 | 5.87     |
|     | 510       | 146       | 2094.04                       | 14522.63                      | 12737.96                    | 16616.67                   | 2883.2                   | 2502.0 | 381.2 | 6.67     |
|     | 520       | 156       | 2502.01                       | 17123.45                      | 15522.88                    | 19625.45                   | 3321.5                   | 2989.2 | 332.3 | 7.74     |
|     | 530       | 166       | 2989.22                       | 19973.73                      | 18095.94                    | 22962.95                   | 3726.4                   | 3575.0 | 151.3 | 8.72     |
|     | 540       | 176       | 3575.04                       | 23066.70                      | 20894.07                    | 26587.55                   | 4166.7                   | 4156.0 | 10.7  | 9.80     |
|     | 550       | 186       | 4156.01                       | 26411.77                      | 23917.75                    | 30567.78                   | 4472.6                   | 4188.8 | 283.8 | 10.54    |
|     | 559       | 195       | 4188.81                       | 29654.78                      | 26851.58                    | 33843.59                   | 0.0                      | 0.0    | 0.0   | 11.18    |

从以上计算结果可知，按照选厂 800 万 t/a 的干抛碎石产率，轴线下游碎石筑坝区始终超前子坝堆筑，碎石产率能够满足筑坝要求。堆积坝上升速度在投产第 4 年达到最快，为 22.6m/a，之后逐年降低，由于本项目采用中线法碎石筑坝，坝体渗透效果较好，且在中线坝坝基设置了排渗设施，因此，堆积坝上升速度对中线坝安全运行影响较小，此上升速度在安全上是可行的。

#### 小结：

通过以上分析可知，在筑坝各个阶段，碎石产率与各阶段堆筑需要碎石量可达到平衡，满足堆筑坝体要求。堆积坝上升速率对中线法筑坝影响较小，本项目堆积坝上升速度在安全上是可行的。

### 3.3.5 坝体渗流分析

尾矿坝渗流计算的主要任务是确定坝体浸润线的位置，作为坝体稳定计算和排渗设施设计的依据。渗流分析的结果用于坝坡稳定分析，以取得坝坡稳定的定性分析结果。

#### 3.3.5.1 典型运行期选择

本次评价中主坝选择两个典型运行期进行渗流分析，各典型运行期说明如下：

（1）典型运行期一：选择初期坝顶标高 410m，尾矿坝坝高 46m，总库容  $822.5 \times 10^4 \text{m}^3$ ，尾矿库的等别为四等库，尾矿坝的级别为 4 级。

（2）典型运行期二：选择坝顶标高 559m，尾矿坝坝高 195m，总库容  $33843 \times 10^4 \text{m}^3$ ，尾矿库运行到最终堆积标高，等别为二等，尾矿坝的级别为 2 级。

#### 3.3.5.2 计算参数

依据工程勘察报告、筑坝土石料及旋流器分级尾矿的沉积特点，坝体的地层可分为 6 个概化分区，各概化分区岩土层及其物理渗透系数见表 3-10。

表 3-10 坝体材料渗透系数

| 材料名 | 渗透系数 k (m/s)       |                    |
|-----|--------------------|--------------------|
|     | 垂直方向 $K_x$         | 水平方向 $K_y$         |
| 初期坝 | $3 \times 10^{-3}$ | $3 \times 10^{-3}$ |

|         |                       |                       |
|---------|-----------------------|-----------------------|
| 干抛碎石    | $2.5 \times 10^{-3}$  | $2.5 \times 10^{-3}$  |
| 拦砂坝     | $3 \times 10^{-3}$    | $3 \times 10^{-3}$    |
| 尾细砂     | $3.75 \times 10^{-6}$ | $3.75 \times 10^{-6}$ |
| 尾粉砂     | $2.1 \times 10^{-6}$  | $2.1 \times 10^{-6}$  |
| 排渗盲沟    | $2.5 \times 10^{-2}$  | $2.5 \times 10^{-2}$  |
| 中风化石英砂岩 | $1.3 \times 10^{-10}$ | $1.3 \times 10^{-10}$ |

### 3.3.5.3 计算方法

对于渗流稳定，符合达西定律的非均各向异性二维渗流场，水头势函数满足微分方程：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + Q = 0$$

式中：

$\varphi = \varphi(x, y)$  为待求水头势函数；

$x, y$  为平面坐标；

$k_x, k_y$  为  $x, y$  轴方向的渗透系数。

水头  $\varphi$  还必须满足一定的边界条件，经常出现以下几种边界条件：

① 在上游边界上水头已知

$$\varphi = \varphi_n$$

② 在逸出边界水头和位置标高相等

$$\varphi = Z$$

③ 在某边界上渗流量  $q$  已知

$$k_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} l_x + k_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} l_y = -q$$

其中  $l_x, l_y$  为边界表面向外法线在  $x, y$  方向的余弦。

将渗流场用有限元离散，假定单元渗流场的水头函数势  $\varphi$  为多项式，由微分方程及边界条件确定问题的变分形式，可导出线性方程组：

$$[H]\{\varphi\} = \{F\}$$

式中： $[H]$ —渗透矩阵； $\{\varphi\}$ —渗流场水头； $\{F\}$ —节点渗流量。求解以上方程组可以得到节点水头，据此求得单元的水力坡降、流速物理量。求解渗流场的关键是确定浸润线的位置，Autobank7.7 采用节点流量平衡法通过迭代计算自动确定浸润线位置和渗流量。

### 3.3.5.4 计算结果

(1) 典型运行期一正常工况和洪水工况坝体浸润线计算结果见图 3-3~3-4。

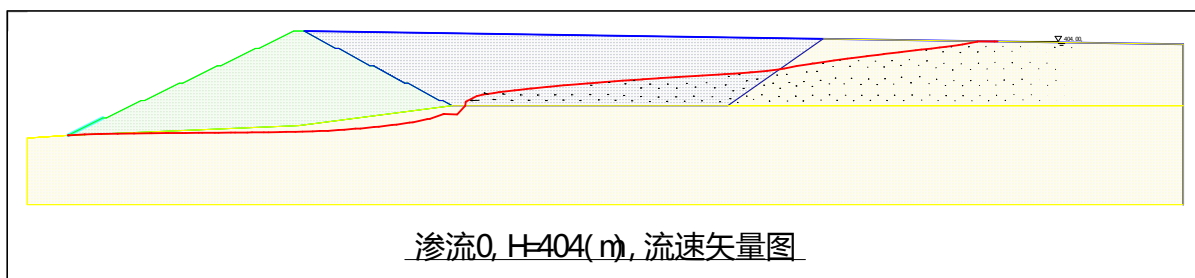


图 3-3 正常运行工况渗流分析结果图

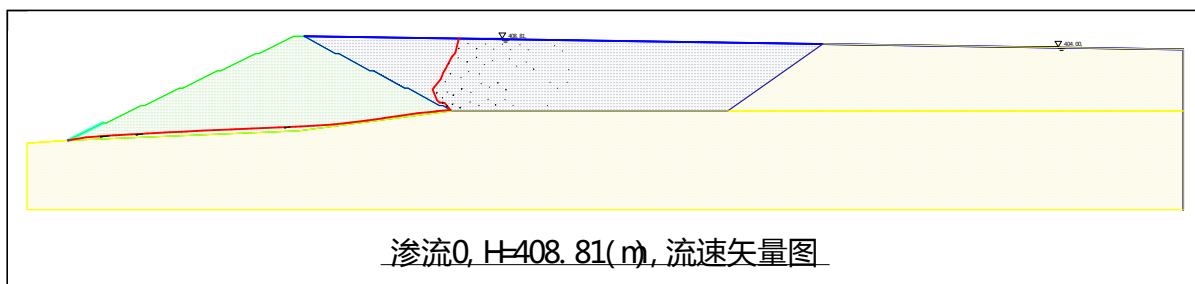


图 3-4 洪水运行工况渗流分析结果图

(2) 典型运行期二正常工况和洪水工况坝体浸润线计算结果见图 3-5~3-5。

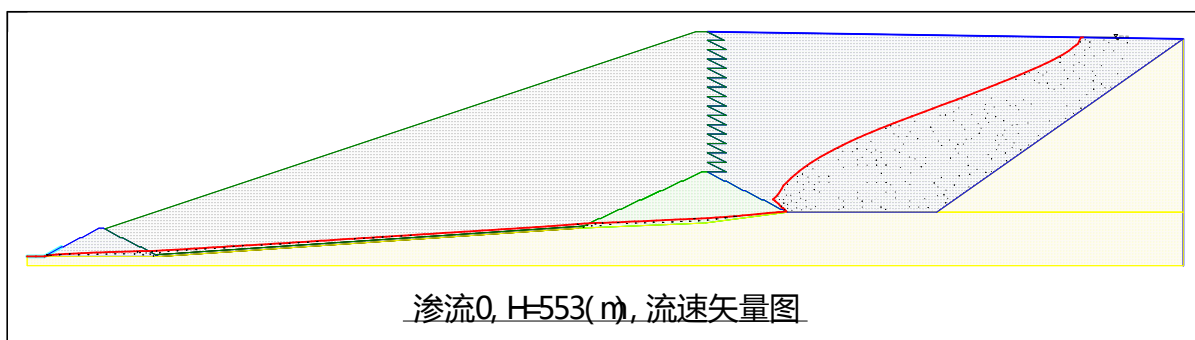


图 3-5 正常运行工况渗流分析结果图

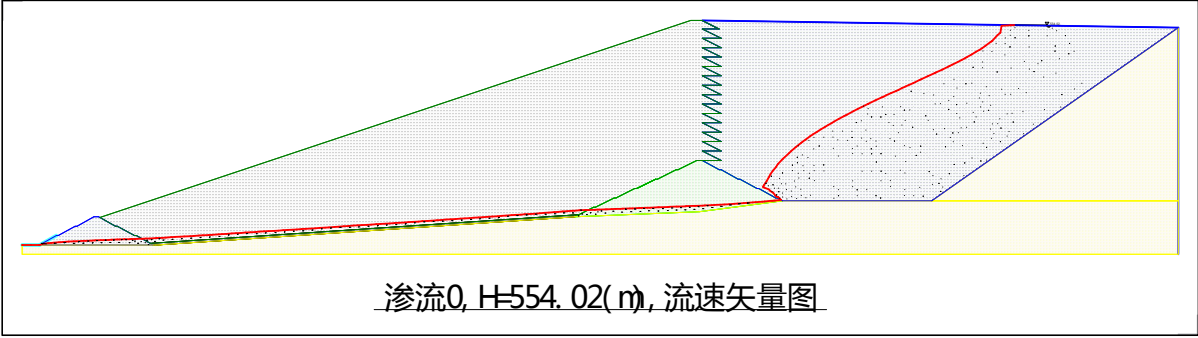


图 3-6 洪水运行工况渗流分析结果图

3.3.5.5 结论

根据尾矿坝在 410m 和 559m 标高正常、洪水运行工况下的渗流计算结果可知，尾矿坝浸润线埋深较深，满足规程规范要求，渗流水未从坝坡溢出，坝体不会发生渗流破坏，坝体渗流稳定。

3.3.6 坝体稳定性分析

3.3.6.1 典型运行期选择

坝体稳定性分析典型运行期选择同坝体渗流分析，详见 3.3.4 章节。

3.3.6.2 物理力学指标

依据工程勘察报告、筑坝土石料及旋流器分级尾矿的沉积特点，坝体的地层可分为 6 个概化分区，各概化分区岩土层及其物理力学指标见表 3-11。

对表 3.2-3 中各概化分区岩土层物理力学指标选取依据说明如下：

- (1) 坝体基础层物理力学指标按工程地质勘察报告给出的指标选取。
- (2) 堆石坝石料的物理力学指标参照工程地质勘察报告和相关经验选取。
- (3) 尾细砂、尾粉砂参照《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）附录 C 选取。

表 3-11 各层的物理力学指标表

| 材料名 | 容重 (KN/m <sup>3</sup> ) | 粘聚力 (KPa) | 摩擦角 (°) |
|-----|-------------------------|-----------|---------|
| 初期坝 | 22.5                    | 0         | 38      |
| 拦砂坝 | 22.5                    | 0         | 38      |

|         |      |      |    |
|---------|------|------|----|
| 干抛碎石    | 21.5 | 3    | 31 |
| 尾细砂     | 19.5 | 7.84 | 33 |
| 尾粉砂     | 20.5 | 9.8  | 30 |
| 排渗层     | 21.5 | 0    | 38 |
| 中风化石英砂岩 | 26.0 | 200  | 30 |

### 3.3.6.3 荷载组合

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013），坝体稳定计算荷载组合如下表 3-12：

表 3-12 尾矿坝稳定计算荷载组合

| 运行条件 | 计算方法  | 荷载类别 |   |   |   |   |
|------|-------|------|---|---|---|---|
|      |       | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 正常运行 | 总应力法  | 有    | 有 | — | — | — |
|      | 有效应力法 | 有    | 有 | 有 | — | — |
| 洪水运行 | 总应力法  | —    | 有 | — | 有 | — |
|      | 有效应力法 | —    | 有 | 有 | 有 | — |
| 特殊运行 | 总应力法  | 有    | 有 | — | — | 有 |
|      | 有效应力法 | 有    | 有 | 有 | — | 有 |

注：1 荷载类别 1 系指正常库水位时的稳定渗流压力；

2 荷载类别 2 系指坝体自重；

3 荷载类别 3 系指坝体及坝基中的孔隙水压力；

4 荷载类别 4 系指设计洪水位时有可能产生的稳定渗流压力；

5 荷载类别 5 系指地震荷载，本项目取 0.05g。

### 3.3.6.4 计算方法

采用简化毕肖普法和瑞典圆弧法。

A.毕肖普法计算公式为：

$$K = \frac{\sum \{[(W \pm V) \sec \alpha - ub \sec \alpha] \tan \varphi + cb \sec \alpha\} [1/(1 + \tan \alpha \tan \varphi/k)]}{\sum [(W \pm V) \sin \alpha + M_c/R]}$$

式中：

W—土条重量；

Q—水平地震惯性力；

V—垂直地震惯性力；

u—作用于土条底面的孔隙压力，采用总应力法计算时，u=0；

$\alpha$ —条块重力线与通过此条块底面中点的半径之间的夹角；

b—土条宽度；

C、 $\varphi$ —土条底面的总应力抗剪强度指标；

$M_c$ —水平地震惯性力对圆心的力矩；

R—圆弧半径。

B.瑞典圆弧法计算公式为：

$$K = \frac{\sum \{C \cdot \sec \alpha + [(\sum W_k - \sum D_v) \cdot \cos \alpha - \sum D_h \cdot \sin \alpha] \cot \varphi\}}{\sum \left[ (\sum W_h - \sum D_v) \sin \alpha + \frac{M_c}{R_0} \right]}$$

$$M_c/R_0 = \sum D_h \cdot \cos \alpha - \sum D_h/2R_0$$

式中：

$R_0$ —滑弧半径；

$M_c$ —水平向地震惯性力（ $\sum D_h$ ）对圆心的力矩；

$\sum D_h$ —某一土条的水平地震惯性力总和；

$\sum D_v$ —某一土条的垂直地震惯性力总和；

$\alpha$ —土条底面中点处切线与水平线的夹角；

$\sum W_k$ —计算抗滑力时单位宽度土条的重量；

$\sum W_h$ —计算滑动力单位宽度土条的重量；

C、 $\varphi$ —固结不排水剪应力强度指标。

### 3.3.6.5 抗滑稳定最小安全系数

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）坝坡抗滑稳定最小安全系数如下表所示：

表 3-13 坝坡抗滑稳定最小安全系数

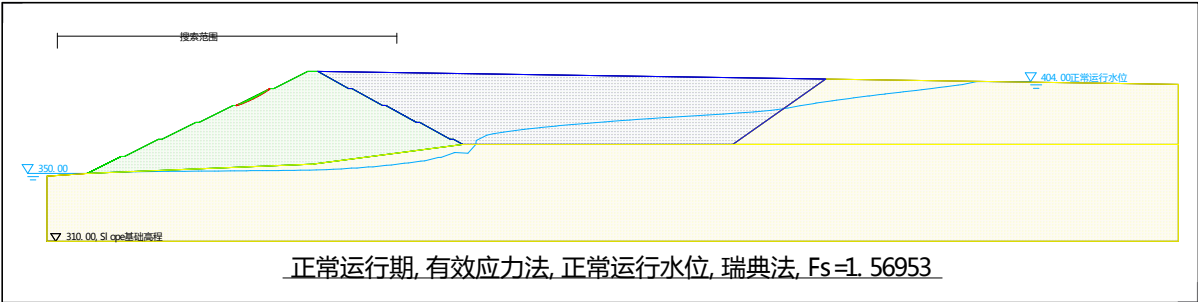
| 计算方法   |      | 1    | 2    | 3    | 4.5  |
|--------|------|------|------|------|------|
| 简化毕肖普法 | 正常运行 | 1.50 | 1.35 | 1.30 | 1.25 |
|        | 洪水运行 | 1.30 | 1.25 | 1.20 | 1.15 |
|        | 特殊运行 | 1.20 | 1.15 | 1.15 | 1.10 |
| 瑞典圆弧法  | 正常运行 | 1.30 | 1.25 | 1.20 | 1.15 |
|        | 洪水运行 | 1.20 | 1.15 | 1.10 | 1.05 |
|        | 特殊运行 | 1.10 | 1.05 | 1.05 | 1.00 |

3.3.6.6 计算结果

坝坡抗滑稳定计算结果见表 3-14，最危险滑弧位置见图 3-7~3-12。

表 3-14 稳定性计算最小安全系数表

| 运行阶段    |      | 瑞典圆弧法 | 简化毕肖普法 | 最小安全系数    |
|---------|------|-------|--------|-----------|
| 410m 标高 | 正常运行 | 1.569 | 1.576  | 1.15/1.25 |
|         | 洪水运行 | 1.569 | 1.576  | 1.05/1.15 |
|         | 特殊运行 | 1.436 | 1.442  | 1.00/1.10 |
| 559m 标高 | 正常运行 | 1.563 | 1.712  | 1.25/1.35 |
|         | 洪水运行 | 1.560 | 1.710  | 1.15/1.25 |
|         | 特殊运行 | 1.476 | 1.612  | 1.05/1.15 |



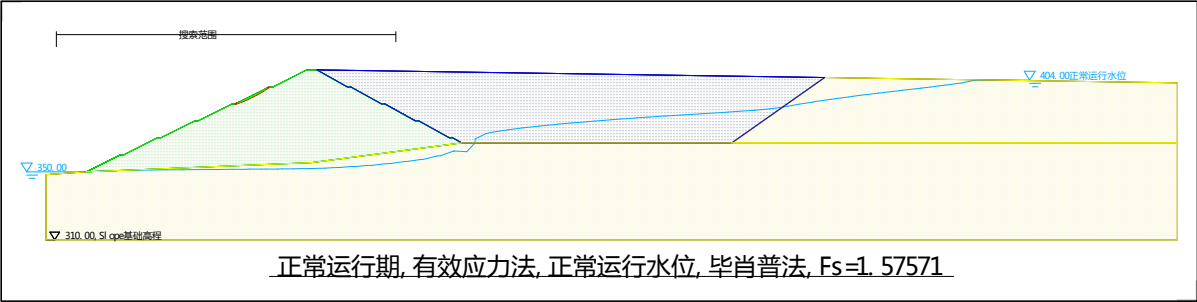


图 3-7 典型运行期一正常运行最小安全系数

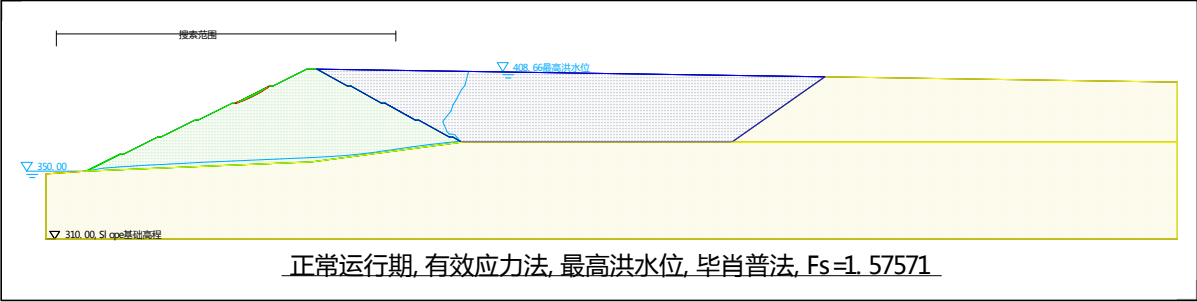
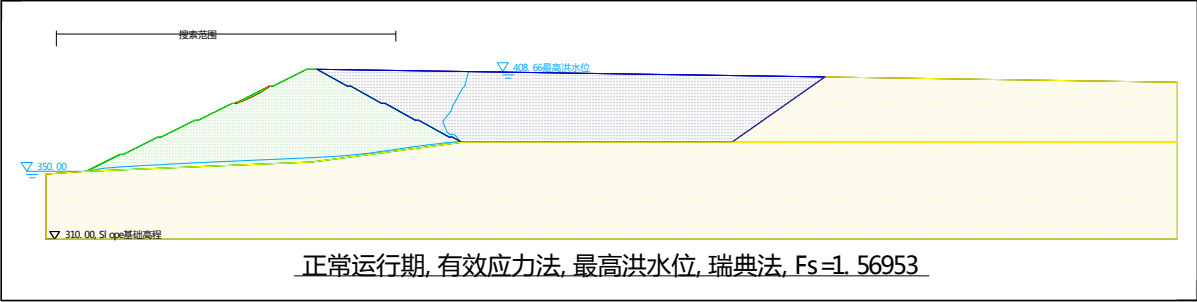


图 3-8 典型运行期一洪水运行最小安全系数

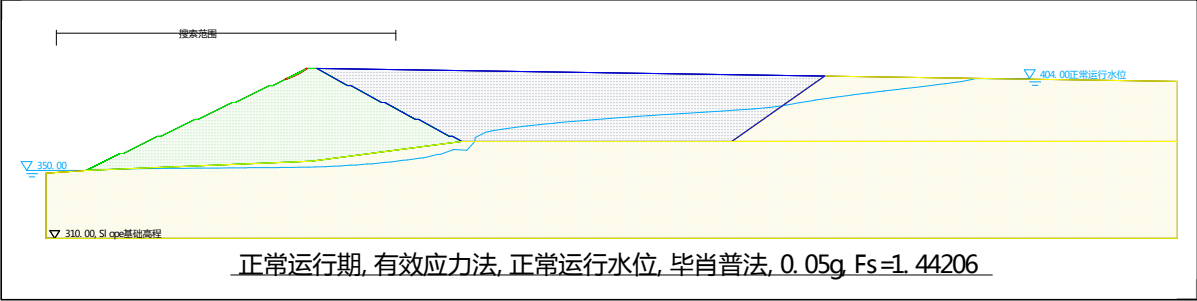
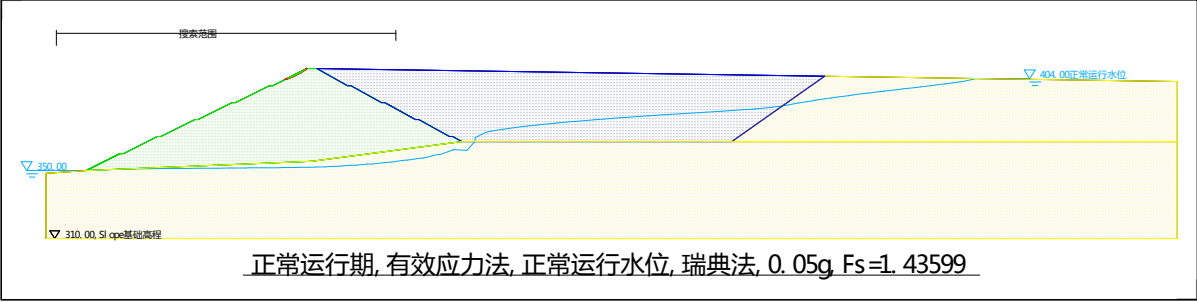


图 3-9 典型运行期二瑞典法最小安全系数

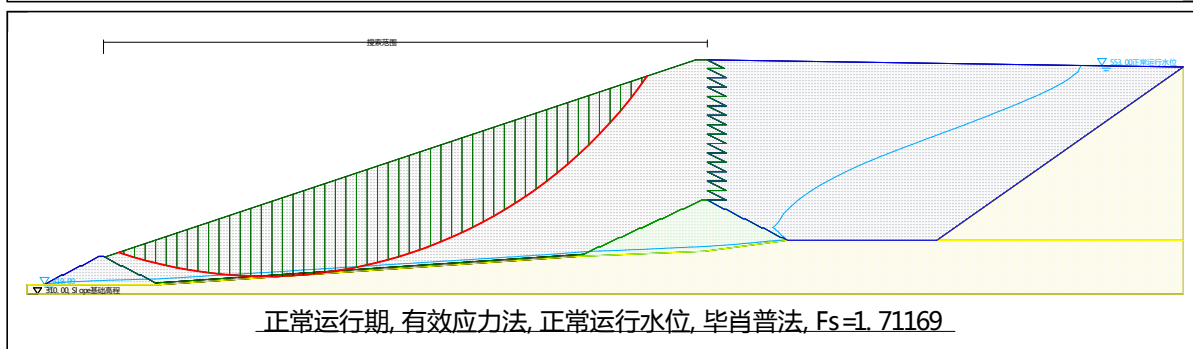
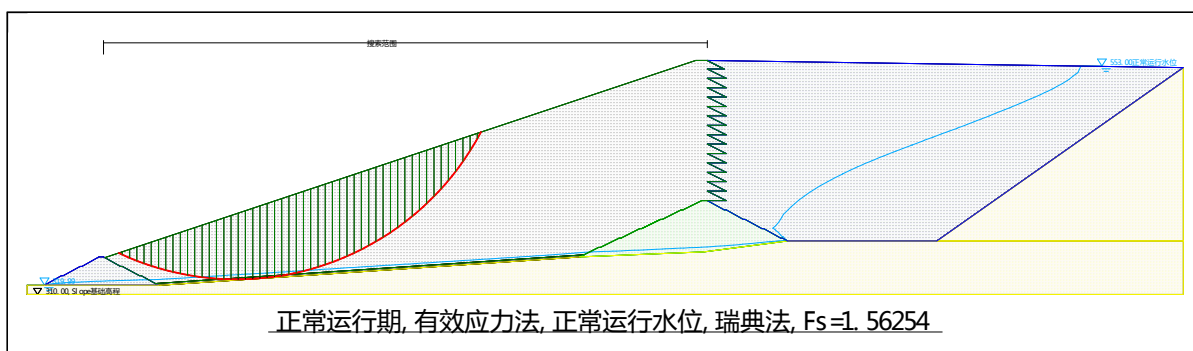


图 3-10 典型运行期二正常运行最小安全系数

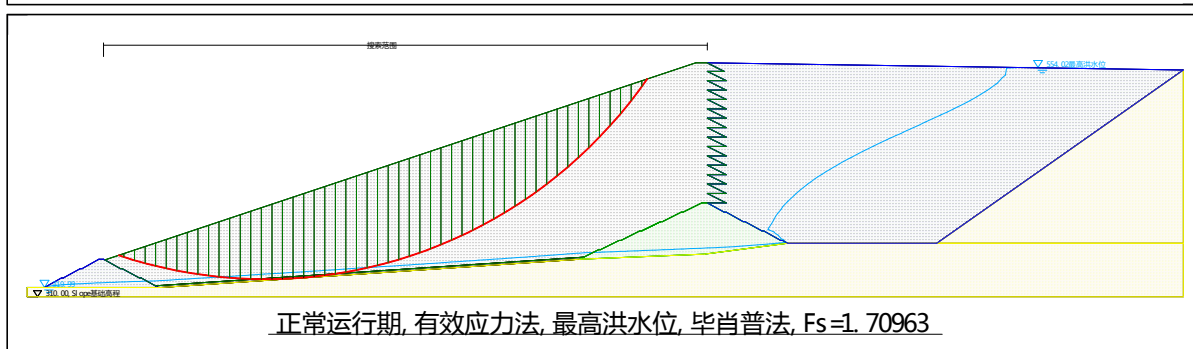
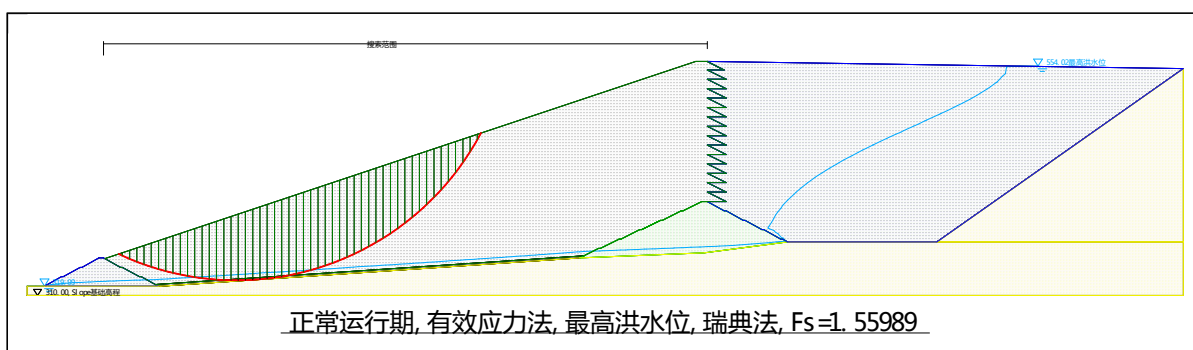
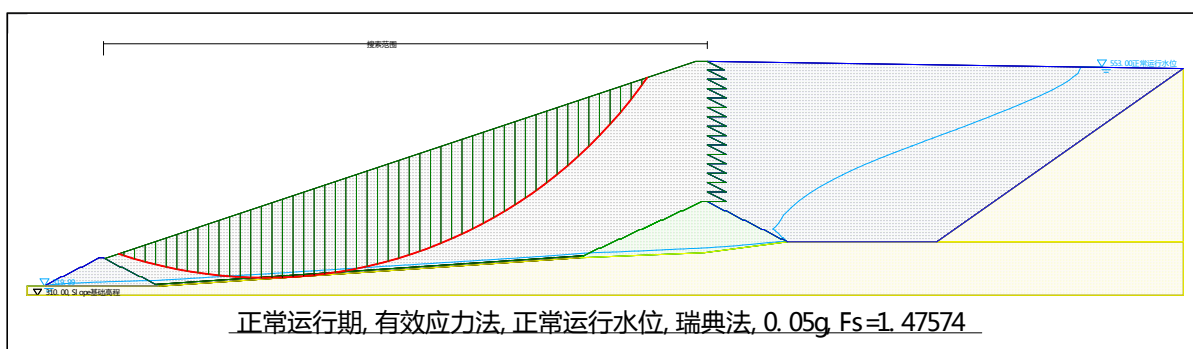


图 3-11 典型运行期二洪水运行最小安全系数



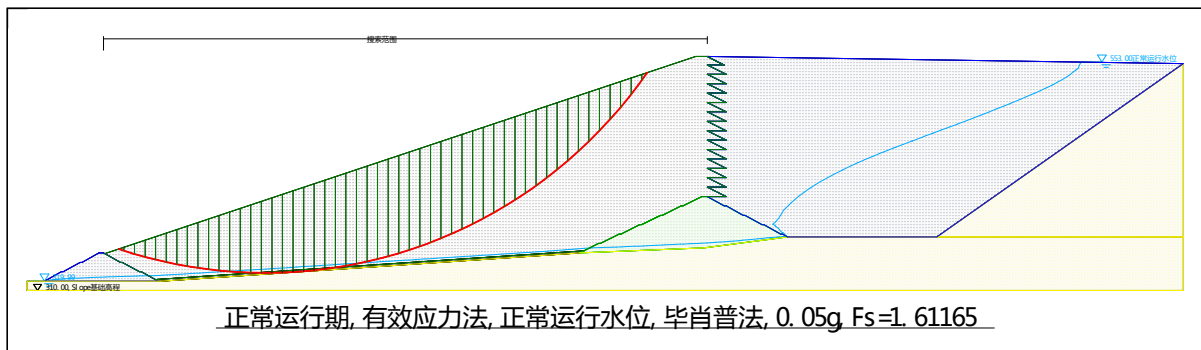


图 3-12 典型运行期二特殊运行最小安全系数

### 3.3.6.7 结论

稳定计算中坝基的碎石层按全部清除考虑，基础坐落在中风化石英砂岩层，根据计算结果分析，坝基经处理后，尾矿坝在正常运行、洪水运行及特殊运行条件下，坝坡抗滑稳定最小安全系数均大于规范规定值，表明在设计尾矿坝坡度条件下，尾矿坝能够满足各运行条件下坝坡抗滑稳定的要求。

### 3.3.7 评价单元小结

通过本单元评价，评价组认为：坝体采用中线式尾矿筑坝的筑坝方式是合理的。通过符合性评价及稳定性计算分析结果可知，坝体边坡能够满足抗滑稳定要求，坝高、坡比、马道及反滤层等方面的设计参数合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件 and 标准的规定。但缺少尾矿坝地基处理设计，建议在安全设施设计中进行完善。

## 3.4 防排洪系统单元

### 3.4.1 防排洪系统主要危险、有害因素分析

通过分析和辨识，防排洪系统单元存在的主要危险、有害因素为洪水漫顶、结构破坏。

#### (1) 洪水漫顶

造成洪水漫顶的因素有：

①设计防洪标准过低、洪水计算错误、尾矿库调洪计算有误、排水设施布置不当或尺寸不足导致设计泄洪能力不足。

②排水设施因施工质量不佳或后期维护管理不善造成堵塞、损坏，丧失部分或全部

泄洪能力。

③库区水位控制不善，造成汛前库内水位过高。

④尾矿库放矿不当，未形成设计要求的沉积滩坡度或干滩长度，或形成严重的偏滩、扇形滩。

## (2) 结构破坏

造成排洪系统结构破坏的因素有：

①停用的排水构筑物封堵不当；

②设计因素；

③施工因素；

④地震、山体滑坡、泥石流等自然客观因素。

### 3.4.2 防排洪系统预先危险性分析

本单元采用预先危险性分析法对该项目防排洪系统单元存在的危险因素进行评价，确定危险等级，并提出相应的对策措施，以降低事故发生的概率及后果。防排洪系统单元预先危险性分析见表 3-15。

表 3-15 防洪系统预先危险性分析表

| 危险有害因素 | 触发事件                                                                                                          | 事故后果      | 危险等级 | 可研报告中采取的预防和控制措施                                                                                                    |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 洪水漫顶   | 1.防洪标准选取不当，设计排水构筑物的尺寸偏小，防洪能力不足；<br>2.山体滑坡侵占防洪库容；<br>3.排水设施损坏或淤堵；<br>4.安全超高、干滩长度不足；<br>5.遭遇超设计频率洪水；<br>6.连续降雨。 | 人员伤亡、系统破坏 | III  | 1.合理设计防洪标准、排洪构筑物结构参数及安全运行控制指标。<br>2.进行合理的基础处理设计。<br>3.委托具备相应资质的施工、监理单位进行尾矿库施工，严格按照施工图施工。<br>4.制定事故应急救援预案，完善抢险救援机制。 |
| 结构破坏   | 1.停用的排水构筑物封堵不当；<br>2.设计因素；<br>3.施工因素；<br>4.地震、山体滑坡、泥石流等自然客观因素；                                                | 人员伤亡、系统破坏 | III  | 1.严格执行勘察、设计、施工和操作管理的规范、规程，从源头杜绝隐患；<br>2.加强安全检查；<br>3.制定事故应急救援预案，完善                                                 |

| 危险有害因素 | 触发事件 | 事故后果 | 危险等级 | 可研报告中采取的预防和控制措施                                       |
|--------|------|------|------|-------------------------------------------------------|
|        |      |      |      | 抢险救援机制；<br>4.停用的排水构筑物按设计要求及时封堵；<br>5.震后加强检查，出现异常及时处理。 |

小结：

洪水漫顶、结构破坏事故的危险级别为“危险的”，需采取防范措施。

### 3.4.3 防排洪系统符合性检查

采用安全检查表法对排洪系统的合理性进行评价，详见表 3-16。

表 3-16 排洪系统安全检查表

| 序号 | 检查评价内容                                                          | 检查依据                | 可研情况说明                                                                  | 结论           |
|----|-----------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1  | 尾矿库各使用期的防洪标准是否符合规定。                                             | 《尾矿设施设计规范》第 6.1.1 条 | 尾矿库各使用期的防洪标准根据均按照对应等别的上限选取。                                             | 符合           |
| 2  | 当上游汇水面积较大，库内调洪难以满足要求时，可采用上游设拦洪坝截洪和库内另设排洪系统的联合排洪系统。              | 《尾矿设施设计规范》第 6.1.3 条 | 由调洪演算结果可知，本项目调洪库容较大，防洪能力能够满足要求，且有较大富余，可不设置截洪设施。                         | 符合           |
| 3  | 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。 | 《尾矿设施设计规范》第 6.1.4 条 | 排洪构筑物不直接坐落在滩面上。排水井、排水管基础坐落于较厚的碎石层，不宜作为基础持力层，可研报告未进行地基处理设计。              | 在第四章提出安全对策措施 |
| 4  | 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，应采取符合承载力要求的工程措施。  | 《尾矿设施设计规范》第 6.1.5 条 | 排水井、排水管、竖井、隧洞均采用 C30 钢筋混凝土结构，排水井、排水管基础坐落于较厚的碎石层，承载力不满足要求，可研报告未进行地基处理设计。 | 在第四章提出安全对策措施 |

| 序号 | 检查评价内容                                                                                                                   | 检查依据                | 可研情况说明                                     | 结论 |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|----|
| 5  | 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。有条件时应结合现场洪水调查予以验证。对于三等及三等以上尾矿库宜取两种以上方法计算,宜以各省水文图册推荐计算公式为准或选取最大值。 | 《尾矿设施设计规范》第 6.2.1 条 | 可研报告采用两种方法进行计算,采用当地的水文参数进行计算。              | 符合 |
| 6  | 尾矿库排洪构筑物型式及尺寸应根据水力计算和调洪计算确定,并应满足设计流态、日常巡检维修和防洪安全要求。                                                                      | 《尾矿设施设计规范》第 6.2.4 条 | 排洪构筑物型式及尺寸通过调洪计算确定,能够满足设计流态、日常巡检维修和防洪安全要求。 | 符合 |
| 7  | 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做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,宜采用窗口式排水井或斜槽;排水井内径不宜小于 1.5m。                            | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.1 条 | 该项目采用框架式排水井,排水井内径为 4.0m。                   | 符合 |
| 8  | 排水井井底应设置消力坑。                                                                                                             | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.2 条 | 排水井或竖井底部设置 3m 深的消力坑。                       | 符合 |
| 9  | 排水管的净高不宜小于 1.2m。                                                                                                         | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.3 条 | 排水管的净高为 1.5m。                              | 符合 |
| 10 | 排水隧洞的净高不应小于 1.8m,净宽不应小于 1.5m,最小设计坡度不宜小于 0.3%。                                                                            | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.4 条 | 隧洞净高 2.4m,净宽 2.4m,最小坡度 1.22%。              | 符合 |
| 11 | 隧洞岩体条件较好且隧洞中的水流流速在该岩体或喷锚支护衬砌的允许流速范围内时,可采用不衬砌或喷锚支护。                                                                       | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.8 条 | 衬砌型式根据后期围岩描述进行确定。                          | 符合 |

| 序号 | 检查评价内容                                                                                        | 检查依据                 | 可研情况说明                               | 结论           |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|--------------|
| 12 | 排洪设施在终止使用时应进行封堵,封堵后应同时保证封堵段下游的永久性结构安全和封堵段上游尾矿堆积坝渗透稳定安全和相邻排水建筑物安全。                             | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.9 条  | 未进行封堵设计。                             | 在第四章提出安全对策措施 |
| 13 | 排水井在终止使用时,应在井座上部、井座、支洞进口或支洞内采取封堵措施,封堵体宜采用刚性结构,封堵设计应按现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL279 的有关规定执行。封堵体不得设置在井顶。 | 《尾矿设施设计规范》第 6.3.10 条 | 未进行封堵设计。                             | 在第四章提出安全对策措施 |
| 14 | 无压隧洞地质条件较高时宜采用圆拱直墙式断面,断面的高宽比应根据水力学条件、地质条件选用,宜为 1.0~1.5,洞内水位变化较大时宜采用大的比值。                      | 《水工隧洞设计规范》第 4.2.2 条  | 隧洞采用圆拱直墙式断面,净高 2.4m,净宽 2.4m,高宽比 1.0。 | 符合           |
| 15 | 单层钢筋混凝土衬砌厚度不宜小于 0.3m,双层钢筋混凝土衬砌厚度不宜小于 0.4m。                                                    | 《水工隧洞设计规范》第 9.3.1 条  | 钢筋混凝土衬砌厚度 0.4m。                      | 符合           |
| 16 | 尾矿库排洪构筑物应进行结构计算,结构计算应满足相应水工建筑物设计规范要求。                                                         | 《尾矿库安全规程》第 5.4.9 条   | 未进行结构计算。                             | 在第四章提出安全对策措施 |

### 小结:

(1) 该项目采用湿式排放,日常运行时库内存水量较大,采用框架式排水井-排水隧洞的排洪方式,泄流量较大,运行简单,便于维护及管理,排洪构筑物型式选择合理。

(2) 为确保尾矿库的防洪安全,各运行期的防洪标准均按照该等别的上限选取,防洪标准选取合理。

(3) 排洪构筑物的结构尺寸能够满足规范及尾矿库防洪要求。

### 3.4.4 调洪演算

#### 3.4.4.1 计算条件

##### (1) 典型标高及防洪标准

根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）规定，该尾矿库总坝高 195m，总库容  $33843 \times 10^4 \text{m}^3$ ，为二等库。本报告中选取四个典型标高进行调洪演算，分别为初期坝顶标高 410m、变等标高 414m、变等标高 464m 及终期坝顶标高 559m，各使用期的防洪标准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素确定，各运行阶段的防洪标准选取情况如下：

表 3-17 尾矿库各运行期的防洪标准

| 坝顶标高 H (m) | 全库容 ( $10^4 \text{m}^3$ ) | 总坝高 (m) | 等别 | 防洪标准 (a) |
|------------|---------------------------|---------|----|----------|
| 410        | 822.5                     | 46      | 四等 | 200      |
| 414        | 1042.6                    | 50      | 三等 | 500      |
| 464        | 6082.4                    | 100     | 二等 | 1000     |
| 559        | 33843.0                   | 195     | 二等 | 1000     |

##### (2) 安全指标选取

安家峪尾矿库采用中线式碎石筑坝，最小安全超高及最小干滩长度见表 3-18。

表 3-18 最小安全超高与最小干滩长度 (m)

| 坝顶标高 (m) | 最小安全超高 (m) | 最小干滩长度 (m) |
|----------|------------|------------|
| <414     | 0.5        | 35         |
| 414~464  | 0.7        | 50         |
| 464~559  | 1.0        | 70         |

#### 3.4.4.2 水文计算

##### (1) 水文计算方法

安家峪尾矿库为二等库，根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）第 6.2.1 条规定，采用水科院简化推理公式法和《承德水文图集》（1989 年 3 月）推荐的合理化公式

两种计算方法计算，详述如下：

①洪峰流量

简化推理公式

$$Q_P = \frac{A(S_P F)^B}{\left(\frac{L}{mJ^{1/3}}\right)} - D\mu F$$

式中： $Q_P$ ——设计频率  $P$  的洪峰流量， $m^3/s$ ；

$S_P$ ——频率为  $P$  的暴雨雨力， $mm/h$ ；

$F$ ——坝趾以上的汇水面积， $km^2$ ；

$L$ ——由坝趾至分水岭的主河槽长度， $km$ ；

$m$ ——汇流参数；

$J$ ——主河槽的平均坡降；

$\mu$ ——产流历时内流域平均入渗率， $mm/h$ ；

$A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ ——最大洪峰流量计算系（指）数；

$n$ ——暴雨递减指数，当  $t \leq 1$  时， $n=n_1$ ，当  $t > 1$  时， $n=n_2$ （ $n_1$ 、 $n_2$  可由当地水文手册查得）；

$t$ ——流域汇流历时， $h$ 。

$$S_P = \frac{H_{24P}}{24^{1-n_2}}$$

$$H_{24P} = K_P \bar{H}_{24}$$

式中： $H_{24P}$ ——频率为  $P$  的 24 小时降雨量， $mm$ 。

$$H_{24P} = K_P \bar{H}_{24}$$

式中： $K_P$ ——模比系数；

$\bar{H}_{24}$ ——年最大 24 小时降雨量均值， $mm$ ，由当地水文手册查得。

$$\mu = X \left( \frac{S_P}{h_R^{n_2}} \right)^Y$$

式中： $X$ 、 $Y$ ——计算系（指）数，根据  $n_2$  查取；

$h_R$ ——历时  $t_R$  的主雨峰产生的迳流深， $h_R = h_{R24}$ ， $mm$ 。

$$h_{R24} = a_{24} H_{24P}$$

式中： $a_{24}$ ——历时 24 小时的降雨迳流系数。

$$t_c = \left[ (1 - n_2) \frac{S_p}{\mu} \right]^{\frac{1}{n_2}}$$

式中： $t_c$ ——主雨峰产流历时，h。

当  $t_c > 24$ ，则：

$$\mu = (1 - a_{24}) \frac{H_{24P}}{24}$$

$$\tau = 0.278 \frac{L}{mJ^{1/3}Q^{1/4}}$$

合理化公式

$$Q_{1\%} = 0.278 \times (i - \mu) \times F$$

$$i = \frac{S_p}{t^n}$$

$$\mu = x \cdot S_p^y$$

$$t = H \left( \frac{L}{J^{0.5}} \right)^B$$

$$Q_{mp} = a \times Q_{1\%}$$

式中： $Q_{1\%}$ ——百年一遇设计洪峰流量（ $m^3/s$ ）；

$i$ ——暴雨强度（ $mm/h$ ）；

$\mu$ ——产流历时内平均入渗率（ $mm/h$ ）；

$F$ ——流域面积（ $km^2$ ）；

$S_p$ ——雨力， $mm/h$ ；

$t$ ——汇流时间，h；

$n$ ——暴雨递减系数；

$L$ ——河流长度，km；

$J$ ——河道比降，‰；

$H, B, x, y$ ——由汇流分区表查出；

$Q_{mp}$ ——设计频率的洪峰流量（ $m^3/s$ ）；

$a$ ——洪峰流量换算系数。

## ②洪水总量

简化推理公式

$$W_{tP} = 1000a_tH_{tP}F$$

式中：W<sub>tP</sub>——历时为 t，频率为 P 的洪水总量，m<sup>3</sup>；  
a<sub>t</sub>——与历时 t 相应的洪量径流系数；  
H<sub>tP</sub>——历时为 t，频率为 P 的降雨量，mm。

合理化公式

$$W_p = 0.1 \times H_R \times F$$

W<sub>p</sub>——设计频率洪水总量（万 m<sup>3</sup>）；  
H<sub>R</sub>——设计频率面雨量产生的径流深（mm）；  
F——流域面积（km<sup>2</sup>）；

以最终堆积标高 559.0m 时 1000 年一遇洪水水位例，采用简化推理公式计算得到 Q<sub>p</sub>=454.5m<sup>3</sup>/s，W<sub>p</sub>=288.35 万 m<sup>3</sup>，采用合理化公式计算得到 Q<sub>p</sub>=485.08m<sup>3</sup>/s，W<sub>p</sub>=288.35 万 m<sup>3</sup>，合理化公式法的计算结果更大，故本次选择合理化公式进行水文计算。

③洪水过程线

$$T_m = \frac{W_p}{0.36Q_{mp}} \times \alpha$$

T<sub>m</sub>——设计洪水历时（h）；  
W<sub>p</sub>——设计频率洪水总量（万 m<sup>3</sup>）；  
Q<sub>mp</sub>——设计频率的洪峰流量（m<sup>3</sup>/s）

洪水过程线分区为Ⅲ区，相应概化过程线见表 3-19。

表 3-19 设计洪水概化过程

|                                |   |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| T <sub>i</sub> /T <sub>m</sub> | 0 | 0.05 | 0.13 | 0.20 | 0.30 | 0.50 | 0.70 | 1.0  |
| Q <sub>i</sub> /Q <sub>m</sub> | 0 | 0.30 | 1.00 | 0.55 | 0.20 | 0.07 | 0.03 | 0.01 |

（2）水文计算参数

根据《承德水文图集》（1989 年 3 月）及尾矿库现状实测地形图，其洪水计算参数如下：

表 3-20 洪水计算参数

|      |       |                          |      |
|------|-------|--------------------------|------|
| 暴雨分区 | 燕山迎风区 | 100 年一遇 K <sub>p</sub> : | 2.74 |
|      |       | 200 年一遇 K <sub>p</sub> : | 3.06 |

|                             |     |                                             |      |
|-----------------------------|-----|---------------------------------------------|------|
|                             |     | 500 年一遇 $K_p$ :                             | 3.48 |
|                             |     | 1000 年一遇 $K_p$ :                            | 3.78 |
| 汇流分区                        | VI  | $C_s/C_v$                                   | 3.5  |
| 产流分区                        | II  | 短历时暴雨递减指数:                                  | 0.5  |
| 洪水过程线分区                     | III | 洪水历时系数                                      | 5.20 |
| 年最大 24 小时暴雨均值 (mm)          |     | 115                                         |      |
| 年最大 24 小时降雨变差系数 $C_v$ (修正后) |     | 0.5                                         |      |
| 洪峰流量参数                      |     | $H=1.148$ 、 $B=0.52$ 、 $x=0.015$ 、 $y=1.38$ |      |
| 100 年一遇洪峰流量换算系数:            |     | 1.00                                        |      |
| 200 年一遇洪峰流量换算系数:            |     | 1.19                                        |      |
| 500 年一遇洪峰流量换算系数:            |     | 1.46                                        |      |
| 1000 年一遇洪峰流量换算系数:           |     | 1.66                                        |      |

## (3) 计算结果

根据上述计算方法和计算参数,洪水计算结果见表 3-21~3-25 和图 3-19~3-22。

表 3-21 洪水计算结果

| 标高 (m) | 洪水频率 P (%) | 洪峰流量 $Q(m^3/s)$ | 洪水总量 $W_{24p}(10^4m^3)$ | 洪水历时 (h) |
|--------|------------|-----------------|-------------------------|----------|
| 410    | 0.5        | 265.08          | 244.37                  | 13.32    |
| 414    | 0.2        | 320.64          | 291.48                  | 13.13    |
| 464    | 0.1        | 383.10          | 326.51                  | 12.31    |
| 559    | 0.1        | 485.08          | 326.51                  | 9.72     |

表 2-22 410m 标高 200 年一遇洪水过程线表

|       |   |       |        |        |       |       |      |       |
|-------|---|-------|--------|--------|-------|-------|------|-------|
| $T_i$ | 0 | 0.67  | 1.73   | 2.66   | 4.00  | 6.66  | 9.32 | 13.32 |
| $Q_i$ | 0 | 79.52 | 265.08 | 145.79 | 53.02 | 18.56 | 7.95 | 2.65  |

表 2-23 414m 标高 500 年一遇洪水过程线表

|       |   |      |      |      |      |      |      |       |
|-------|---|------|------|------|------|------|------|-------|
| $T_i$ | 0 | 0.66 | 1.71 | 2.63 | 3.94 | 6.57 | 9.19 | 13.13 |
|-------|---|------|------|------|------|------|------|-------|

|       |   |       |        |        |       |       |      |      |
|-------|---|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|
| $Q_i$ | 0 | 96.19 | 320.64 | 176.35 | 64.13 | 22.44 | 9.62 | 3.21 |
|-------|---|-------|--------|--------|-------|-------|------|------|

表 3-24 464m 标高 1000 年一遇洪水过程线表

|       |   |        |       |        |       |       |       |       |
|-------|---|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| $T_i$ | 0 | 0.62   | 1.60  | 2.46   | 3.69  | 6.16  | 8.62  | 12.31 |
| $Q_i$ | 0 | 114.93 | 383.1 | 210.71 | 76.62 | 26.82 | 11.49 | 3.83  |

表 3-25 559m 标高 1000 年一遇洪水过程线表

|       |   |        |        |        |       |       |       |      |
|-------|---|--------|--------|--------|-------|-------|-------|------|
| $T_i$ | 0 | 0.49   | 1.26   | 1.94   | 2.92  | 4.86  | 6.80  | 9.72 |
| $Q_i$ | 0 | 145.52 | 485.08 | 266.79 | 97.02 | 33.96 | 14.55 | 4.85 |

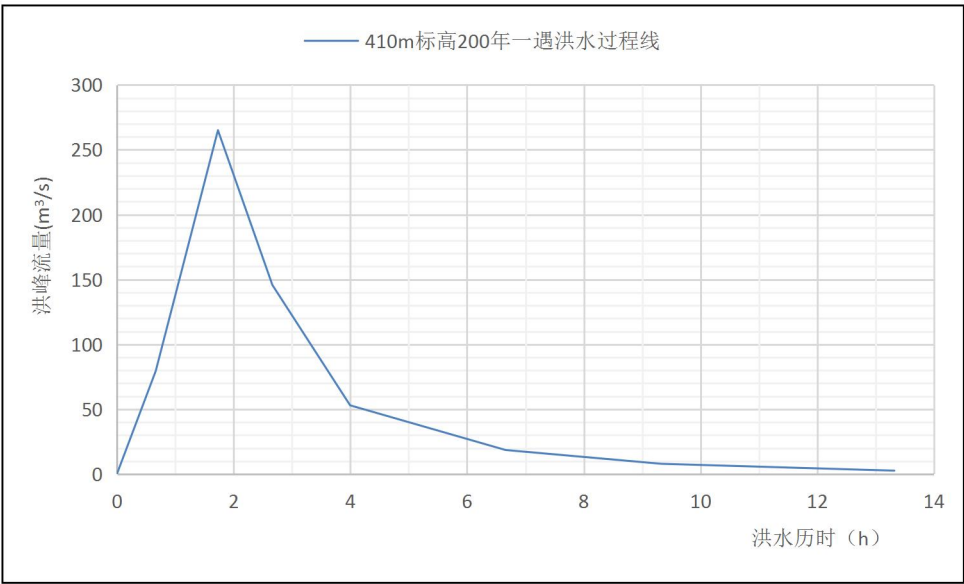


图 3-19 410m 标高 200 年一遇洪水过程线表

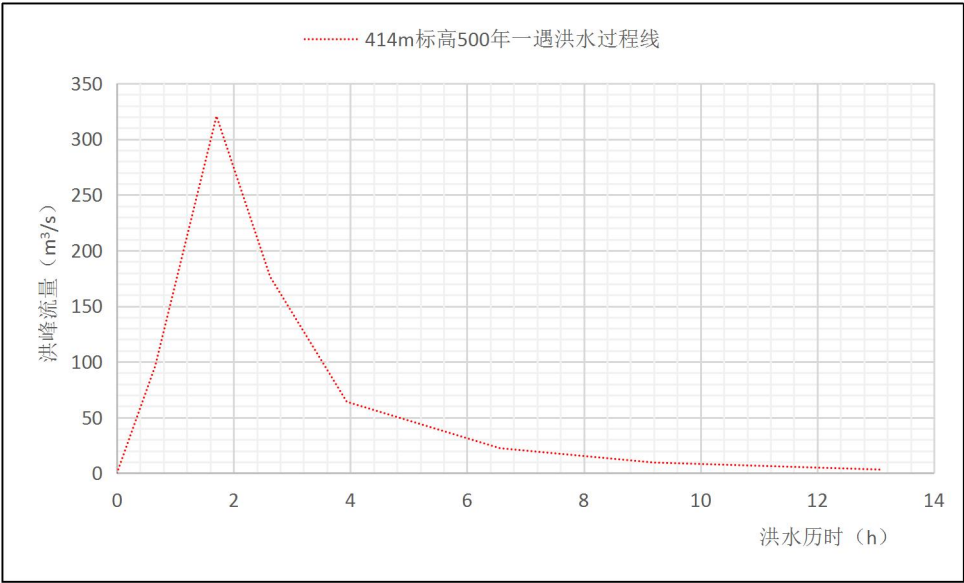


图 3-20 414m 标高 500 年一遇洪水过程线表

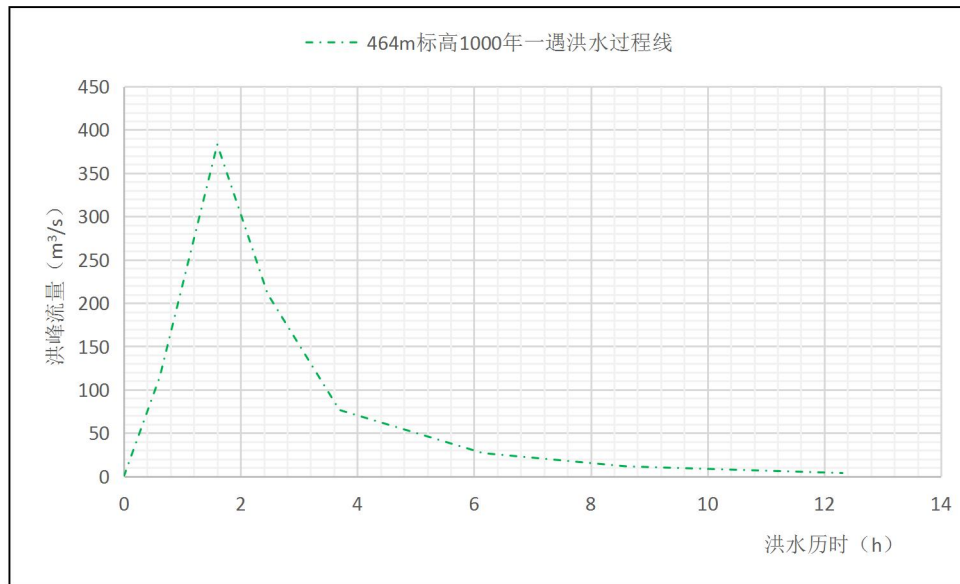


图 3-21 464m 标高 1000 年一遇洪水过程线表

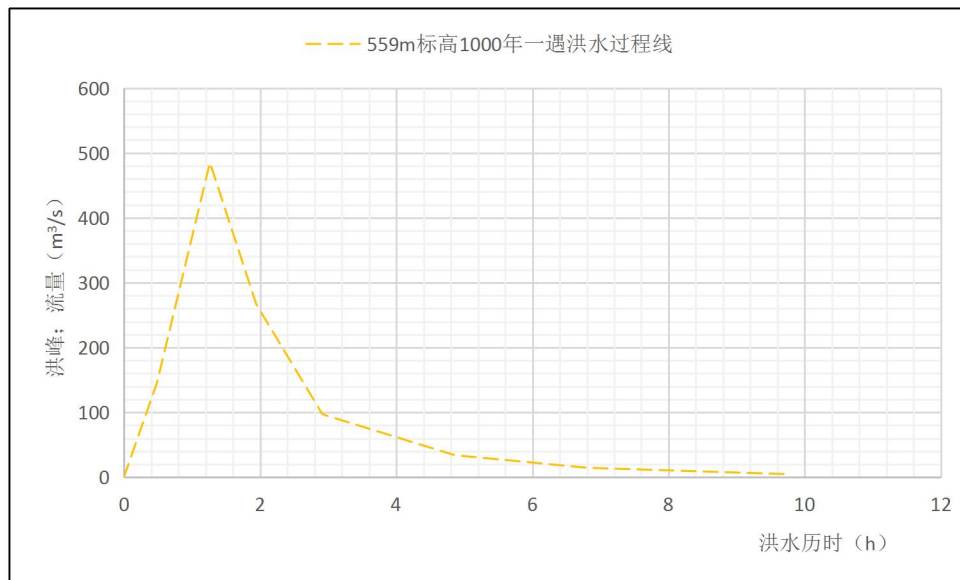


图 3-22 559m 标高 1000 年一遇洪水过程线表

#### 3.4.4.3 调洪演算

##### (1) 调洪演算原理

调洪计算就是求解尾矿库任意时段的水量平衡方程式的过程，任意时段的水量平衡方程式为：

$$\frac{1}{2}(Q_1 + Q_2)\Delta t - \frac{1}{2}(q_1 + q_2)\Delta t = V_2 - V_1$$

式中： $Q_1$ 、 $Q_2$ —时段始、终尾矿库的来洪量；

$q_1$ 、 $q_2$ —时段始、终尾矿库的泄洪量；

$V_1$ 、 $V_2$ —时段始、终尾矿库的蓄洪量；

## (2) 排水系统泄流能力计算

井—洞（管）式排洪系统的工作状态，随泄流水头的大小而异。当水头较低时，泄流量较小，排水井内水位低于最低工作窗口的下缘，此时为自由泄流；当水头增大，井内被水充满，但排水隧洞（排水管）尚未呈满管流，泄流量受排水隧洞（排水管）的入口控制，此时为半压力流；当水头继续增大，排水隧洞（排水管）呈满管流时，即为压力流。不同工作状态时的泄流量按以下公式计算。

### ①自由泄流

#### a. 水位未淹没框架圈梁时

$$Q_a = n_c m \varepsilon b_c \sqrt{2g} H_y^{1.5}$$

#### b. 水位淹没圈梁时

$$Q_b = 1.8 n_c \varepsilon b_c H_0^{1.5} + 2.7 n_c \omega_c \sum \sqrt{H_i}$$

#### c. 水位淹没井口时

$$Q_c = \varphi \omega_s \sqrt{2g} H_j$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_4 + \zeta_5 f_6^2}}$$

### ②半压力流

$$Q = \varphi F_s \sqrt{2g} H$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda_j \frac{1}{d} f_2^2 + \zeta_2 + \zeta_3 f_1^2 + \zeta_4 f_1^2 + \zeta_5 f_7^2}}$$

### ③压力流

$$Q = \mu F_x \sqrt{2g} H_z$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum \lambda_g \frac{L}{D} f_3^2 + \sum \zeta f_3^2 + \zeta_2 f_9^2 + \zeta_3 f_3^2 + \zeta_4 f_5^2 + \zeta_5 f_8^2}}$$

式中：

$H_y$ —溢流堰泄流水头，m。

- $H_0$ —最上层未淹没工作窗口的泄流水头, m;
- $H_i$ —第  $i$  层全淹没工作窗口的泄流计算水头, m;
- $H_j$ —井口泄流水头, m;
- $H$ —计算水头, 为库水位与排水入口断面中心标高之差, m;
- $H_z$ —计算水头, 为库水位与排水管下游出口断面中心标高之差, m;
- $\omega_c$ —一个排水窗口的面积,  $m^2$ ;
- $\omega_s$ —井口水流收缩断面面积,  $m^2$ ,  $\omega_s = \varepsilon_b \omega_j$ ;
- $\omega_j$ —排水井井筒横断面面积,  $m^2$ ;
- $\omega_l$ —框架立柱和圈梁之间的过水净空面积,  $m^2$ ;
- $\omega$ —井中水深范围内的窗口总面积,  $m^2$ ;
- $\omega_l$ —排水井窗口总面积,  $m^2$ ;
- $F_s$ —排水管入口水流收缩断面面积,  $m^2$ ,  $F_s = \varepsilon_b F_e$ ;
- $F_e$ —排水管入口断面面积,  $m^2$ ;
- $F_x$ —排水管下游出口断面面积,  $m^2$ ;
- $\zeta$ —排水管线上的局部水头损失系数;
- $\zeta_2$ —排水井入口局部水头损失系数, 直角入口,  $\zeta_2 = 0.5$ , 圆角或斜角入口,  $\zeta_2 = 0.2 \sim 0.25$ , 喇叭口入口,  $\zeta_2 = 0.1 \sim 0.2$ ;
- $\zeta_3$ —排水井中水流转向局部水头损失系数;
- $\zeta_4$ —排水井进口局部水头损失系数;
- $\zeta_5$ —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, 即  $\zeta_5 = \sum \zeta^l = \sum \beta K_l$ ;
- $\beta$ —梁、柱形状系数, 矩形断面  $\beta = 2.42$ , 圆形断面  $\beta = 1.79$ ;
- $K_l$ —梁、柱有效断面系数, 按其净空间距与中心间距的比值查取。
- $\varepsilon$ —侧向收缩系数,  $\varepsilon = 1 - 0.2 \zeta_0 H_0 / b_c$ ;
- $\varepsilon_b$ —断面突然收缩系数;
- $d$ —排水井内径, m;
- $D$ —排水管计算管段的内径, m;
- $L$ —排水管计算管段的长度, m;
- $m$ —堰流量系数;
- $\lambda_g$ —排水管沿程水头损失系数,  $\lambda = 8g / C^2$ ;

$\lambda_j$ —排水井沿程水头损失系数,  $\lambda=8g/C^2$ ;

$n_c$ —同一个横断面上排水口的个数;

$b_c$ —一个排水口的宽度, m;

$$f_1 = \frac{F_s}{\omega_j}; f_2 = \frac{F_s}{\omega}; f_3 = \frac{F_x}{F_g}; f_5 = \frac{F_x}{\omega_j}; f_6 = \frac{\omega_s}{\omega_l}; f_7 = \frac{F_s}{\omega_l}; f_8 = \frac{F_x}{\omega_l}; f_9 = \frac{F_x}{F_e}$$

表 3-26 410m 标高排水井泄流能力计算结果表

| 水位标高<br>(m) | 自由泄流<br>(m³/s) | 孔口泄流<br>(m³/s) | 半压力流<br>(m³/s) | 压力流<br>(m³/s) | 综合泄流量<br>(m³/s) |
|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| 404.0       | 0              | 0              | 0              | 0             | 0               |
| 404.5       | 5.08           | 106.11         | 56.77          | 85.49         | 5.08            |
| 405.0       | 13.21          | 128.30         | 59.59          | 88.68         | 13.21           |
| 405.5       | 22.14          | 135.11         | 60.57          | 89.55         | 22.14           |
| 406.0       | 30.80          | 138.55         | 61.26          | 90.05         | 30.80           |
| 406.5       | 38.45          | 140.91         | 61.86          | 90.44         | 38.45           |
| 407.0       | 80.18          | 142.50         | 62.39          | 90.76         | 62.39           |
| 407.5       | 95.20          | 144.28         | 62.94          | 91.09         | 62.94           |
| 408.0       | 110.89         | 145.89         | 63.47          | 91.41         | 63.47           |
| 408.5       | 125.73         | 147.38         | 63.98          | 91.72         | 63.98           |
| 409.0       | 139.01         | 148.81         | 64.49          | 92.03         | 64.49           |
| 409.5       | 150.23         | 150.20         | 65.00          | 92.33         | 65.00           |
| 410.0       | 158.96         | 151.50         | 65.49          | 92.62         | 65.49           |

表 3-27 414m 标高排水井泄流能力计算结果表

| 水位标高<br>(m) | 自由泄流<br>(m³/s) | 孔口泄流<br>(m³/s) | 半压力流<br>(m³/s) | 压力流<br>(m³/s) | 综合泄流量<br>(m³/s) |
|-------------|----------------|----------------|----------------|---------------|-----------------|
| 408.0       | 0              | 0              | 0              | 0             | 0               |
| 408.5       | 5.08           | 33.90          | 57.55          | 87.75         | 5.08            |
| 409.0       | 13.04          | 41.44          | 59.55          | 89.94         | 13.04           |

|       |        |       |       |       |       |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 409.5 | 21.86  | 49.10 | 61.16 | 91.62 | 21.86 |
| 410.0 | 32.39  | 53.93 | 61.97 | 92.28 | 32.39 |
| 410.5 | 42.93  | 57.85 | 62.61 | 92.72 | 42.93 |
| 411.0 | 52.65  | 61.32 | 63.18 | 93.08 | 52.65 |
| 411.5 | 60.93  | 64.53 | 63.72 | 93.41 | 60.93 |
| 412.0 | 118.06 | 67.46 | 64.23 | 93.71 | 64.23 |
| 412.5 | 135.20 | 70.33 | 64.74 | 94.02 | 64.74 |
| 413.0 | 149.75 | 73.07 | 65.25 | 94.32 | 65.25 |
| 413.5 | 161.47 | 75.70 | 65.75 | 94.61 | 65.75 |
| 414.0 | 167.66 | 78.23 | 66.24 | 94.91 | 66.24 |

表 3-28 464m 标高排水井泄流能力计算结果表

| 水位标高<br>(m) | 自由泄流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 孔口泄流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 半压力流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 压力流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 综合泄流量<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 458.0       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                          | 0                            |
| 458.5       | 5.08                        | 15.16                       | 85.78                       | 112.27                     | 5.08                         |
| 459.0       | 13.21                       | 25.66                       | 89.58                       | 116.30                     | 13.21                        |
| 459.5       | 22.14                       | 32.77                       | 90.62                       | 117.28                     | 22.14                        |
| 460.0       | 30.80                       | 38.43                       | 91.22                       | 117.77                     | 30.80                        |
| 460.5       | 38.46                       | 43.30                       | 91.68                       | 118.12                     | 38.46                        |
| 461.0       | 80.16                       | 47.50                       | 92.06                       | 118.38                     | 47.50                        |
| 461.5       | 95.20                       | 51.47                       | 92.46                       | 118.66                     | 51.47                        |
| 462.0       | 110.89                      | 55.14                       | 92.84                       | 118.92                     | 55.14                        |
| 462.5       | 125.73                      | 58.56                       | 93.20                       | 119.16                     | 58.56                        |
| 463.0       | 139.01                      | 61.79                       | 93.56                       | 119.41                     | 61.79                        |
| 463.5       | 150.23                      | 64.85                       | 93.92                       | 119.64                     | 64.85                        |

表 3-29 559m 标高排水井泄流能力计算结果表

| 水位标高<br>(m) | 自由泄流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 孔口泄流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 半压力流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 压力流<br>(m <sup>3</sup> /s) | 综合泄流量<br>(m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 553.0       | 0                           | 0                           | 0                           | 0                          | 0                            |
| 553.5       | 5.08                        | 89.68                       | 128.65                      | 148.06                     | 5.08                         |
| 554.0       | 13.04                       | 101.51                      | 132.18                      | 151.45                     | 13.04                        |
| 554.5       | 21.86                       | 112.89                      | 134.84                      | 153.96                     | 21.86                        |
| 555.0       | 32.39                       | 117.53                      | 135.72                      | 154.76                     | 32.39                        |
| 555.5       | 42.93                       | 120.41                      | 136.22                      | 155.19                     | 42.93                        |
| 556.0       | 52.65                       | 122.64                      | 136.59                      | 155.48                     | 52.65                        |
| 556.5       | 60.93                       | 124.57                      | 136.89                      | 155.73                     | 60.93                        |
| 557.0       | 111.06                      | 126.20                      | 137.20                      | 155.92                     | 111.06                       |
| 557.5       | 126.52                      | 127.91                      | 137.45                      | 156.13                     | 126.52                       |
| 558.0       | 141.17                      | 129.55                      | 137.73                      | 156.33                     | 129.55                       |
| 558.5       | 153.97                      | 131.12                      | 138.00                      | 156.52                     | 131.12                       |
| 559.0       | 164.44                      | 132.65                      | 138.24                      | 156.71                     | 132.65                       |

## (3) 调洪演算结果

## ①410m 标高调洪演算

当堆积标高在 410m 时，为 1#排水井泄水，坝轴线与 1#排水井最小距离约 830m，按干滩长度 400m 考虑，澄清距离为 430m，能够满足澄清要求，干滩平均纵坡按 1.5%考虑，正常运行库水位为 404m。根据地形图量测，调洪库容如表所示。

表 3-30 调洪库容表（410m 标高）

| 库水位 (m) | 累计库容 (m <sup>3</sup> ) |
|---------|------------------------|
| 404.0   | 0                      |
| 406.0   | 459251                 |
| 408.0   | 1090794                |
| 410.0   | 1887812                |

取 $\Delta t=3600s$ ，计算  $V+0.5q\Delta t$  和  $V-0.5q\Delta t$ ，如表所示。

表 3-31 辅助曲线表（410m 标高）

| H     | q     | V       | $0.5q\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | $V-0.5q\Delta t$ |
|-------|-------|---------|----------------|------------------|------------------|
| 404.0 | 0     | 0       | 0              | 0                | 0                |
| 406.0 | 30.80 | 459251  | 55440          | 514691           | 403811           |
| 408.0 | 63.47 | 1090794 | 114246         | 1205040          | 976548           |
| 410.0 | 65.49 | 1887812 | 117882         | 2005694          | 1769930          |

表 3-32 调洪演算表（410m 标高）

| t (h) | Q            | $\bar{Q}$     | $\bar{Q}\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | q            | $V-0.5q\Delta t$ |
|-------|--------------|---------------|-------------------|------------------|--------------|------------------|
| 0     | 0            | 68.645        | 0                 | 0                | 0.00         | 0                |
| 1     | 137.29       | 201.185       | 247122            | 247122           | 14.79        | 193884           |
| 1.73  | 265.08       | 247.765       | 528714.18         | 722599           | 40.64        | 615799           |
| 2     | 230.45       | 176.35        | 240827.58         | 856627           | 46.98        | 810961           |
| 3     | 122.25       | 87.635        | 634860            | 1445821          | 64.08        | 1215142          |
| 4     | <b>53.02</b> | <b>46.545</b> | <b>315486</b>     | <b>1530628</b>   | <b>64.29</b> | <b>1299179</b>   |
| 5     | 40.07        | 33.59         | 167562            | 1466741          | 64.13        | 1235872          |
| 6     | 27.11        | 22.155        | 120924            | 1356796          | 63.85        | 1126925          |
| 7     | 17.2         | 15.21         | 79758             | 1206683          | 63.55        | 977911           |
| 8     | 13.22        | 11.225        | 54756             | 1032667          | 55.31        | 833542           |
| 9     | 9.23         | 8.14          | 40410             | 873952           | 47.80        | 701866           |
| 10    | 7.05         | 6.385         | 29304             | 731170           | 41.04        | 583409           |
| 11    | 5.72         | 5.06          | 22986             | 606395           | 36.29        | 475759           |
| 12    | 4.4          | 3.735         | 18216             | 493975           | 29.56        | 387558           |
| 13    | 3.07         | 2.86          | 13446             | 401004           | 24.00        | 314616           |

|       |      |       |       |        |       |        |
|-------|------|-------|-------|--------|-------|--------|
| 13.32 | 2.65 | 1.325 | 10296 | 324912 | 19.44 | 254916 |
| 14    |      |       | 4770  | 259686 | 15.54 | 203742 |
| 15    |      |       |       | 203742 | 12.19 | 159850 |
| 16    |      |       |       | 159850 | 9.57  | 125413 |
| 17    |      |       |       | 125413 | 7.50  | 98395  |
| 18    |      |       |       | 98395  | 5.89  | 77198  |
| 19    |      |       |       | 77198  | 4.62  | 60567  |
| 20    |      |       |       | 60567  | 3.62  | 47519  |
| 21    |      |       |       | 47519  | 2.84  | 37282  |
| 22    |      |       |       | 37282  | 2.23  | 29250  |
| ...   | ...  | ...   | ...   | ...    | ...   | ...    |

表 3-33 调洪演算果表（410m 标高）

| 项目           | 单位                | 数值     | 允许值 |
|--------------|-------------------|--------|-----|
| 堆积标高         | m                 | 410.0  | —   |
| 等别           | /                 | 四等     | —   |
| 洪水重现期        | %                 | 0.5    | —   |
| 正常水位         | m                 | 404.0  | —   |
| 干滩长度（正常运行）   | m                 | 400    | —   |
| 正常生产水位到坝顶的高差 | m                 | 6      | —   |
| 调洪高度         | m                 | 4.81   | —   |
| 最高洪水位        | m                 | 408.81 | —   |
| 最大下泄流量       | m <sup>3</sup> /s | 64.29  | —   |
| 干滩长度（洪水运行）   | m                 | 79     | 35  |
| 安全超高（洪水运行）   | m                 | 1.19   | 0.5 |

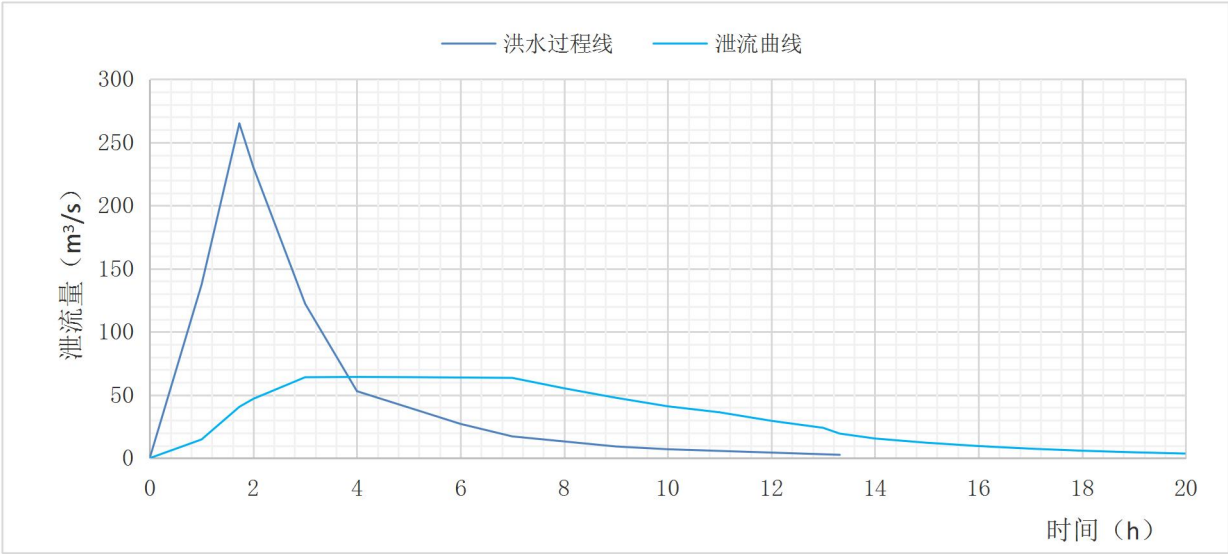


图 3-26 调洪演算结果图 (410m 标高)

(2) 414m 标高调洪演算

当堆积标高在 414m 时，为 2#排水井泄水，坝轴线与 2#排水井最小距离约 880m，按干滩长度 400m 考虑，澄清距离为 480m，能够满足澄清要求，干滩平均纵坡按 1.5%考虑，正常运行库水位为 408m。根据地形图量测，调洪库容如表所示。

表 3-34 调洪库容表 (414m 标高)

| 库水位 (m) | 累计库容 (m³) |
|---------|-----------|
| 408.0   | 0         |
| 410.0   | 523793    |
| 412.0   | 1235885   |
| 414.0   | 2136414   |

取 $\Delta t=3600s$ ，计算  $V+0.5q\Delta t$  和  $V-0.5q\Delta t$ ，如表所示。

表 3-35 辅助曲线表 (414m 标高)

| H     | q     | V       | $0.5q\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | $V-0.5q\Delta t$ |
|-------|-------|---------|----------------|------------------|------------------|
| 408.0 | 0     | 0       | 0              | 0                | 0                |
| 410.0 | 32.39 | 573793  | 58302          | 632095           | 515491           |
| 412.0 | 64.23 | 1365885 | 115614         | 1481499          | 1250271          |
| 414.0 | 66.26 | 2536414 | 119268         | 2655682          | 2417146          |

表 3-36 调洪演算表（414m 标高）

| t (h) | Q      | $\bar{Q}$ | $\bar{Q}\Delta t$ | V+0.5q $\Delta t$ | q     | V-0.5q $\Delta t$ |
|-------|--------|-----------|-------------------|-------------------|-------|-------------------|
| 0     | 0      | 84.435    | 0                 | 0                 | 0.00  | 0                 |
| 1     | 168.87 | 244.755   | 303966            | 303966            | 15.58 | 247893            |
| 1.71  | 320.64 | 297.58    | 625593.78         | 873486            | 41.44 | 767569            |
| 2     | 274.52 | 209.585   | 310673.52         | 1078243           | 49.11 | 1026968           |
| 3     | 144.65 | 103.915   | 754506            | 1781474           | 64.75 | 1548379           |
| 4     | 63.18  | 55.255    | 374094            | 1922473           | 64.99 | 1688500           |
| 5     | 47.33  | 39.405    | 198918            | 1887418           | 64.93 | 1653664           |
| 6     | 31.48  | 25.91     | 141858            | 1795522           | 64.77 | 1562340           |
| 7     | 20.34  | 17.89     | 93276             | 1655616           | 64.53 | 1423304           |
| 8     | 15.44  | 12.995    | 64404             | 1487708           | 64.24 | 1256441           |
| 9     | 10.55  | 9.425     | 46782             | 1303223           | 57.55 | 1096053           |
| 10    | 8.3    | 7.49      | 33930             | 1129983           | 51.05 | 946191            |
| 11    | 6.68   | 5.865     | 26964             | 973155            | 45.17 | 810526            |
| 12    | 5.05   | 4.235     | 21114             | 831640            | 39.87 | 688108            |
| 13    | 3.42   | 3.315     | 15246             | 703354            | 35.06 | 577134            |
| 13.13 | 3.21   | 1.605     | 11934             | 589068            | 30.78 | 478270            |
| 14    |        | 0         | 5778              | 484048            | 24.80 | 394755            |
| 15    |        |           |                   | 394755            | 20.23 | 321933            |
| 16    |        |           |                   | 321933            | 16.50 | 262546            |
| 17    |        |           |                   | 262546            | 13.45 | 214113            |
| 18    |        |           |                   | 214113            | 10.97 | 174615            |
| 19    |        |           |                   | 174615            | 8.95  | 142404            |

|     |     |     |     |        |      |        |
|-----|-----|-----|-----|--------|------|--------|
| 20  |     |     |     | 142404 | 7.30 | 116134 |
| 21  |     |     |     | 116134 | 5.95 | 94711  |
| 22  |     |     |     | 94711  | 4.85 | 77239  |
| ... | ... | ... | ... | ...    | ...  | ...    |

表 3-37 调洪计算结果表（414m 标高）

| 项目           | 单位   | 数值     | 允许值 |
|--------------|------|--------|-----|
| 堆积标高         | m    | 414    | —   |
| 等别           | /    | 三等     | —   |
| 洪水重现期        | %    | 0.2    | —   |
| 正常水位         | m    | 408    | —   |
| 干滩长度（正常运行）   | m    | 400    | —   |
| 正常生产水位到坝顶的高差 | m    | 6      | —   |
| 调洪高度         | m    | 4.37   | —   |
| 最高洪水位        | m    | 412.37 | —   |
| 最大下泄流量       | m³/s | 64.99  | —   |
| 干滩长度（洪水运行）   | m    | 109    | 50  |
| 安全超高（洪水运行）   | m    | 1.63   | 0.7 |

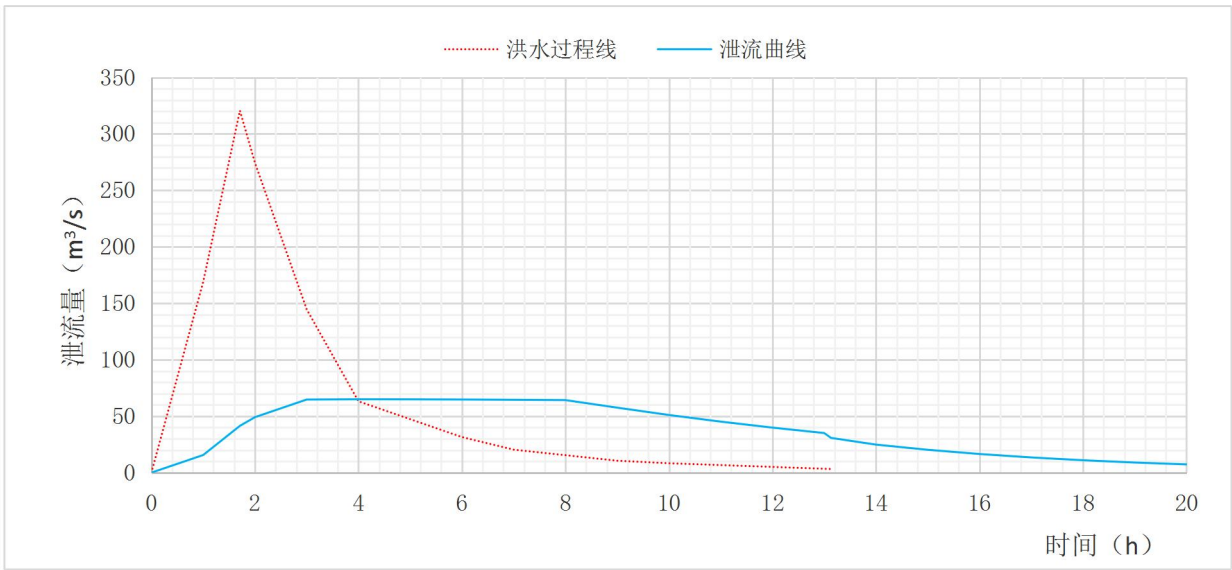


图 3-27 调洪演算结果图（414m 标高）

## 3) 464m 标高调洪演算

当堆积标高在 464m 时, 为 4#排水井泄水, 坝轴线与 4#排水井最小距离约 1440m, 按干滩长度 400m 考虑, 澄清距离为 1040m, 能够满足澄清要求, 干滩平均纵坡按 1.5% 考虑, 正常运行库水位为 458m。根据地形图量测, 调洪库容如表所示。

表 3-38 调洪库容表 (464m 标高)

| 库水位 (m) | 累计库容 (m <sup>3</sup> ) |
|---------|------------------------|
| 458.0   | 0                      |
| 460.0   | 1895910                |
| 462.0   | 4153502                |
| 463.0   | 5399022                |

取 $\Delta t=3600s$ , 计算  $V+0.5q\Delta t$  和  $V-0.5q\Delta t$ , 如表所示。

表 3-39 辅助曲线表 (464m 标高)

| H     | q     | V       | $0.5q\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | $V-0.5q\Delta t$ |
|-------|-------|---------|----------------|------------------|------------------|
| 458.0 | 0     | 0       | 0              | 0                | 0                |
| 460.0 | 30.8  | 1895910 | 55440          | 1951350          | 1840470          |
| 462.0 | 55.14 | 4153502 | 99252          | 4252754          | 4054250          |
| 463.0 | 61.79 | 5399022 | 111222         | 5510244          | 5287800          |

表 3-40 调洪演算表 (464m 标高)

| t (h) | Q      | $\bar{Q}$ | $\bar{Q}\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | q     | $V-0.5q\Delta t$ |
|-------|--------|-----------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| 0     | 0      | 109.455   | 0                 | 0                | 0.00  | 0                |
| 1     | 218.91 | 301.005   | 244303.56         | 244304           | 3.86  | 230422           |
| 1.6   | 383.1  | 343.01    | 411774.84         | 642197           | 10.14 | 628330           |
| 2     | 302.92 | 227.38    | 740901.6          | 1369232          | 21.61 | 1322550          |
| 3     | 151.84 | 111.105   | 327427.2          | 1649977          | 26.04 | 1556222          |
| 4     | 70.37  | 60.29     | 399978            | 1956200          | 30.88 | 1845044          |

|       |       |        |        |         |       |         |
|-------|-------|--------|--------|---------|-------|---------|
| 5     | 50.21 | 40.13  | 217044 | 2062088 | 32.55 | 1944916 |
| 6     | 30.05 | 25.82  | 144468 | 2089384 | 32.98 | 1970660 |
| 7     | 21.59 | 18.47  | 92952  | 2063612 | 32.57 | 1946353 |
| 8     | 15.35 | 13.025 | 66492  | 2012845 | 31.77 | 1898471 |
| 9     | 10.7  | 9.665  | 46890  | 1945361 | 30.71 | 1834821 |
| 10    | 8.6   | 7.59   | 34794  | 1869615 | 29.51 | 1763380 |
| 11    | 6.55  | 5.51   | 27324  | 1790704 | 28.26 | 1688952 |
| 12    | 4.47  | 4.15   | 19836  | 1708788 | 26.97 | 1611691 |
| 12.31 | 3.83  | 1.915  | 14940  | 1626631 | 25.67 | 1534202 |
| 13    |       | 0      | 6894   | 1541096 | 24.32 | 1453528 |
| 14    |       | 0      | 0      | 1453528 | 22.94 | 1370935 |
| 15    |       | 0      |        | 1370935 | 21.64 | 1293036 |
| 16    |       | 0      |        | 1293036 | 20.41 | 1219562 |
| 17    |       | 0      |        | 1219562 | 19.25 | 1150264 |
| 18    |       |        |        | 1150264 | 18.16 | 1084904 |
| 19    |       |        |        | 1084904 | 17.12 | 1023257 |
| 20    |       |        |        | 1023257 | 16.15 | 965113  |
| 21    |       |        |        | 965113  | 15.23 | 910273  |
| 22    |       |        |        | 910273  | 14.37 | 858550  |
| ...   | ...   | ...    | ...    | ...     | ...   | ...     |

表 3-41 调洪计算结果表（464m 标高）

| 项目   | 单位 | 数值  | 允许值 |
|------|----|-----|-----|
| 堆积标高 | m  | 464 | —   |
| 等别   | /  | 二等  | —   |

|              |      |        |     |
|--------------|------|--------|-----|
| 洪水重现期        | %    | 0.01   | —   |
| 正常水位         | m    | 458    | —   |
| 干滩长度（正常运行）   | m    | 400    | —   |
| 正常生产水位到坝顶的高差 | m    | 6      | —   |
| 调洪高度         | m    | 2.09   | —   |
| 最高洪水位        | m    | 460.09 | —   |
| 最大下泄流量       | m³/s | 32.98  | —   |
| 干滩长度（洪水运行）   | m    | 261    | 70  |
| 安全超高（洪水运行）   | m    | 3.91   | 1.0 |

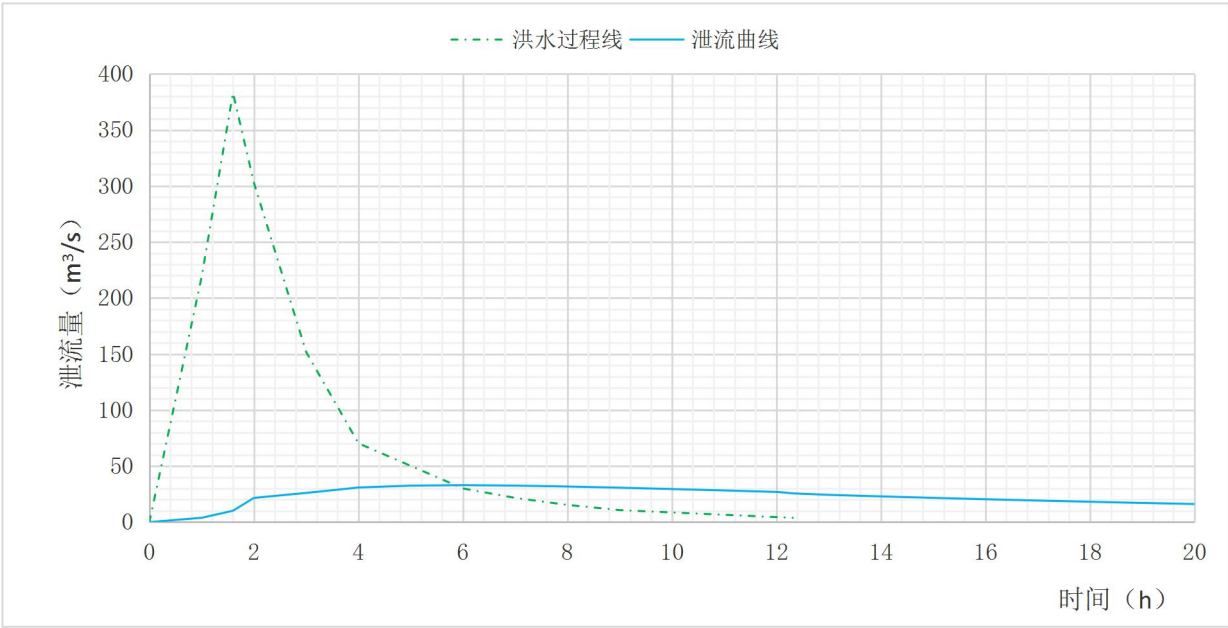


图 3-28 调洪演算结果图（5159m 标高）

4) 559m 标高调洪演算

当堆积标高在 559m 时，为 7#排水井泄水，坝轴线与 7#排水井最小距离约 2270m，按干滩长度 400m 考虑，澄清距离为 1870m，能够满足澄清要求，干滩平均纵坡按 1.5% 考虑，正常运行库水位为 553m。根据地形图量测，调洪库容如表所示。

表 3-42 调洪库容表（559m 标高）

| 库水位（m） | 调洪库容（m <sup>3</sup> ） |
|--------|-----------------------|
| 553.0  | 0                     |
| 555.0  | 5886753               |
| 557.0  | 12453806              |
| 558.0  | 15967557              |

取 $\Delta t=3600s$ ，计算  $V+0.5q\Delta t$  和  $V-0.5q\Delta t$ ，如表所示。

表 3-43 辅助曲线表（559m 标高）

| H     | q      | V        | $0.5q\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | $V-0.5q\Delta t$ |
|-------|--------|----------|----------------|------------------|------------------|
| 553.0 | 0      | 0        | 0              | 0                | 0                |
| 555.0 | 32.39  | 5886753  | 40014          | 5926767          | 5846739          |
| 557.0 | 111.06 | 12453806 | 80154          | 12533960         | 12373652         |
| 558.0 | 129.55 | 15967557 | 82584          | 16050141         | 15884973         |

表 3-44 尾矿库调洪演算表（559m 标高）

| t（h） | Q      | $\bar{Q}$ | $\bar{Q}\Delta t$ | $V+0.5q\Delta t$ | q     | $V-0.5q\Delta t$ |
|------|--------|-----------|-------------------|------------------|-------|------------------|
| 0    | 0      | 185.21    | 0                 | 0                | 0.00  | 0                |
| 1    | 370.42 | 427.75    | 666756            | 666756           | 3.64  | 653638           |
| 1.26 | 485.08 | 367.74    | 400374            | 1054012          | 5.76  | 1048621          |
| 2    | 250.4  | 172.41    | 979659.36         | 2028280          | 11.08 | 1998751          |
| 3    | 94.42  | 78.165    | 620676            | 2619427          | 14.32 | 2567892          |
| 4    | 61.91  | 47.235    | 281394            | 2849286          | 15.57 | 2793228          |
| 5    | 32.56  | 27.555    | 170046            | 2963274          | 16.19 | 2904974          |
| 6    | 22.55  | 18.22     | 99198             | 3004172          | 16.42 | 2945068          |
| 7    | 13.89  | 12.225    | 65592             | 3010660          | 16.45 | 2951428          |

|      |       |       |          |         |       |         |
|------|-------|-------|----------|---------|-------|---------|
| 8    | 10.56 | 8.9   | 44010    | 2995438 | 16.37 | 2936505 |
| 9    | 7.24  | 6.045 | 32040    | 2968545 | 16.22 | 2910142 |
| 9.72 | 4.9   | 2.425 | 15668.64 | 2925810 | 15.99 | 2884365 |
| 10   | 0     | 0     | 2444.4   | 2886810 | 15.78 | 2870907 |
| 11   |       | 0     | 0        | 2870907 | 15.69 | 2814424 |
| 12   |       | 0     | 0        | 2814424 | 15.38 | 2759053 |
| 13   |       | 0     | 0        | 2759053 | 15.08 | 2704771 |
| 14   |       | 0     | 0        | 2704771 | 14.78 | 2651557 |
| 15   |       |       |          | 2651557 | 14.49 | 2599390 |
| 16   |       |       |          | 2599390 | 14.21 | 2548249 |
| 17   |       |       |          | 2548249 | 13.93 | 2498114 |
| 18   |       |       |          | 2498114 | 13.65 | 2448966 |
| 19   |       |       |          | 2448966 | 13.38 | 2400785 |
| 20   |       |       |          | 2400785 | 13.12 | 2353552 |
| 21   |       |       |          | 2353552 | 12.86 | 2307247 |
| 22   |       |       |          | 2307247 | 12.61 | 2261854 |
| 23   |       |       |          | 2261854 | 12.36 | 2217354 |
| ...  | ...   | ...   | ...      | ...     | ...   | ...     |

表 3-45 调洪计算结果表（559m 标高）

| 项目    | 单位 | 数值   | 规范允许值 |
|-------|----|------|-------|
| 堆积标高  | m  | 559  | —     |
| 等别    | /  | 二等   | —     |
| 洪水重现期 | %  | 0.01 | —     |
| 正常水位  | m  | 553  | —     |

|              |      |        |     |
|--------------|------|--------|-----|
| 干滩长度（正常运行）   | m    | 400    | —   |
| 正常生产水位到坝顶的高差 | m    | 6      | —   |
| 调洪高度         | m    | 1.02   | —   |
| 最高洪水位        | m    | 554.02 | —   |
| 最大下泄流量       | m³/s | 16.45  | —   |
| 干滩长度（洪水运行）   | m    | 332    | 70  |
| 安全超高（洪水运行）   | m    | 4.98   | 1.0 |

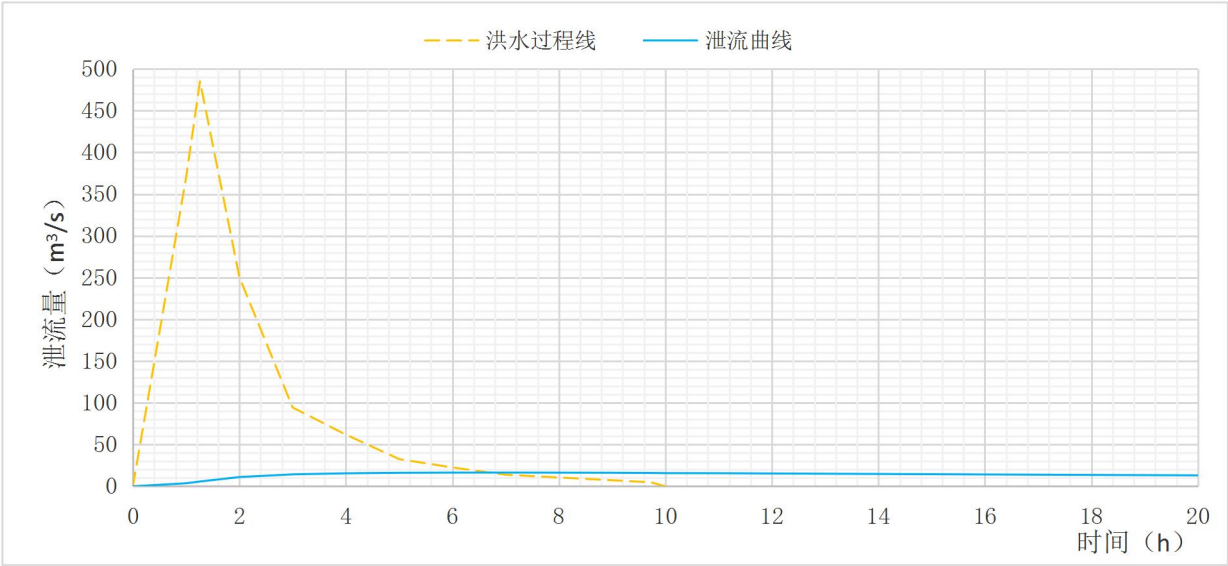


图 3-29 调洪演算结果图（559m 标高）

小结：

从以上计算结果可以看出，各典型运行标高在正常运行、洪水运行工况下坝顶安全超高及干滩长度均满足规范要求。

3.4.5 评价单元小结

通过本单元评价，评价组认为：防洪标准选取合理，防排洪系统布置及结构尺寸能够满足防洪安全及澄清距离，排洪系统方案安全合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。但缺少排洪构筑物地基处理设计、封堵设计及结构计算，建议在安全设施设计中进行完善。

### 3.5 安全监测单元

#### 3.5.1 安全监测设施符合性检查

根据《尾矿库安全监测技术规范》（AQ2030-2010）、《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》（GB51108-2015），对可研报告采用安全检查表法进行评价，如表 3-46 所示。

表 3-46 观测设施设计安全检查表

| 序号 | 检查评价内容                                                                                                                                                                                   | 检查依据                         | 可研情况说明                                                                                                                 | 结论           |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1  | 二等尾矿库尾矿堆积坝应监测项目：表面位移、内部位移、外坡比、浸润线、干滩长度及坡度、库水位、降水量、视频监控、巡视检查。                                                                                                                             | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》第 3.4.2 条 | 本项目监测项目为：表面位移、内部位移、外坡比、浸润线、干滩监测、库水位、降水量、视频监控、巡视检查。                                                                     | 符合           |
| 2  | 坝体表面位移监测剖面与监测点布置应符合下列规定：<br>1.监测横剖面宜选在最大坝高、有排水管通过、地质条件变化较大的地段及尾矿库运行有异常反应处。<br>2.初期坝顶和后期坝顶宜各布设 1 条监测纵剖面，且每 30m~60m 高差宜布设 1 条监测剖面，监测剖面不宜少于 3 条。<br>3.监测纵剖面的测点间距，坝长大于 1000m 时，宜取 100m~300m。 | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》第 4.3.1 条 | 坝体表面位移监测剖面与监测点布置符合规定：<br>1.在最大坝高及排洪隧洞等处设置有监测横剖面。<br>2.共设置 6 个监测纵剖面，各监测剖面高差为 50m，在拦渣坝和堆积坝顶各布设 1 个监测剖面。<br>3.测点间距为 150m。 | 符合           |
| 3  | 坝体内部位移监测剖面与监测点布置应符合下列规定：<br>1. 监测横剖面宜选在最大坝高、地质条件变化较大的地段及尾矿库运行有异常反应处。<br>2.每个尾矿坝可设 1 条~3 条监测横剖面，                                                                                          | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》第 4.3.2 条 | 坝体内部位移监测剖面与监测点布置符合规定：<br>1.最大坝高处设有检测剖面。<br>2.共设置 1 个监测横                                                                | 在第四章提出安全对策措施 |

| 序号 | 检查评价内容                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 检查依据                             | 可研情况说明                                                                                                                                      | 结论           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|    | 每个监测横剖面上可布设 1 条~3 条监测垂线，其中 1 条宜布设在最大坝高处。<br>3.每条监测垂线上宜布置 3 个~15 个监测点，监测点的间距为 1m~10m，最下一个监测点宜设置与坝基表面，最上一个监测点宜与坝体表面位移监测点重合。                                                                                                                                                                         |                                  | 剖面，2 条监测垂线。<br>3.可研报告中未提及每条监测垂线上的测点数量及间距。                                                                                                   |              |
| 4  | 坝体浸润线监测剖面与监测点布置应符合下列规定：<br>1.浸润线监测横剖面宜选在能反映整体渗流情况的坝体剖面上及渗流异常剖面上，宜与表面位移监测横剖面相结合，横剖面不宜少于 3 个。<br>2.监测孔布置应根据坝型结构、筑坝材料和渗流场特征确定。宜在堆积坝坝顶、初期坝上游坡底、下游排水棱体前缘各布置 1 个监测孔，监测孔间距宜为 20m~40m，每个横剖面的监测孔不宜少于 3 个，监测孔深度应根据设计控制浸润线深度确定。<br>3.在渗流进、出口段，渗流各向异性的土层中，以及浸润线变化处，应根据预计浸润线的最大变幅沿不同高程布设监测点，同一监测孔内的测点不宜少于 2 个。 | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》<br>第 4.3.4 条 | 坝体浸润线监测剖面与监测点布置符合规定：<br>1.共设置 6 个监测横剖面。<br>2.本项目采用中线式筑坝，在拦砂坝、堆积坝平台设置浸润线监测孔，每 30~40m 高差设一个监控孔，每个剖面监测孔数量为 5~7 个，可研报告中未提及监测孔深度<br>3.测点不少于 2 个。 | 在第四章提出安全对策措施 |
| 5  | 库水位监测点应设置在能代表库内平稳水位的位置，宜布置在库内排洪构筑物上。                                                                                                                                                                                                                                                              | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》<br>第 4.3.7 条 | 在库内排水井井架上安装库水位监测点。                                                                                                                          | 符合           |
| 6  | 干滩监测横剖面与监测点布置应符合下列规定：<br>1.滩顶高程监测点应沿滩顶方向布置，每 100m 坝长应在较低处布置 1 个~3 个监测点。监测点总数不应少于 3 个。<br>2.干滩长度应根据坝长及水边线弯曲情况，在干滩长度较短处布置 1 条~3 条监                                                                                                                                                                  | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》<br>第 4.3.8 条 | 干滩监测横剖面与监测点布置应符合下列规定：<br>1.设置 3~5 个滩顶高程监测点。<br>2.干滩长度及干滩坡度通过滩顶、滩面高                                                                          | 符合           |

| 序号 | 检查评价内容                                                                                                                                                                                                                                 | 检查依据                              | 可研情况说明                                                    | 结论           |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|
|    | 测横剖面。<br>3.干滩坡度应根据干滩平整情况，每100m 坝长布置不少于 2 个监测横剖面。<br>监测点间距宜为 10m~20m，坡度变化处应布置监测点。                                                                                                                                                       |                                   | 程和库水位监测值计算得出。                                             |              |
| 7  | 降水量监测，应根据尾矿库周边地形条件，在空旷处布置 1 个监测点。                                                                                                                                                                                                      | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》<br>第 4.3.9 条  | 在库区设置降水量监测。                                               | 符合           |
| 8  | 视频监控点宜布置在尾矿库重点区域、初期坝、堆积坝、尾矿排放口及排洪系统进出口处。                                                                                                                                                                                               | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》<br>第 4.3.11 条 | 在排水井、拦渣坝坝顶、堆积坝坡、排洪系统出口等各设置 1 台 200 万像素高清红外网络球机，共 12 个监测点。 | 在第四章提出安全对策措施 |
| 9  | 人工安全监测频率应符合下列规定：<br>1.监测设施安装初期应每半月监测 1 次，六个月后可逐步减为每月监测 1 次。<br>2.遇下列情况之一时，应增加监测：<br>1) 汛期前；<br>2) 地震、连续多日下雨、暴雨、台风后；<br>3) 尾矿库安全状况处于黄色预警、橙色预警、红色预警期间；<br>4) 坝体除险加固施工前后；<br>5) 其他影响尾矿库安全运行情形。<br>3.降水量监测频率应符合现行行业标准《降水量观测规范》SL 21 的有关规定。 | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》<br>第 4.5.3 条  | 可研报告中未提及人工监测频率的要求。                                        | 在第四章提出安全对策措施 |
| 10 | 在线安全监测频率应符合下列规定：<br>1.当尾矿库处于正常状态时，在线安全监测频率宜为 1 次/ 10min~1 次/ 24h。                                                                                                                                                                      | 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》               | 可研报告中未提及在线监测频率的要求。                                        | 在第四章提出安全对    |

| 序号 | 检查评价内容                                               | 检查依据      | 可研情况说明 | 结论  |
|----|------------------------------------------------------|-----------|--------|-----|
|    | 2.当尾矿库安全状况处于非正常状态时,在线安全监测频率宜为 1 次/ 5min~1 次 / 30min。 | 第 4.5.4 条 |        | 策措施 |

### 3.5.2 评价单元小结

通过本单元评价,评价组认为:监测项目、监测点及监测剖面布置方案合理,符合符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。但缺少内部位移监测点布置、浸润线监测孔深度、监测频率等设计内容,建议在安全设施设计中进行完善。

## 3.6 辅助设施单元

### 3.6.1 辅助设施单元主要危险、有害因素分析

通过分析和辨识,辅助设施单位存在的危险、有害因素为坍塌、触电、淹溺、机械伤害。

#### (1) 坍塌

造成坍塌事故的因素有:

- ①违章操作、碰撞、挤压所致;
- ②因雨水、积雪、积冰等导致附属建筑或坝体荷重超载;
- ③疏忽管理、年久失修。

#### (2) 触电

造成触电事故的因素有:

- ①电气设备漏电;
- ②线路绝缘损坏;

#### (3) 淹溺

造成淹溺事故的因素有:

- ①未设置安全警示标志;
- ②缺少安全防护设施;
- ③缺少照明设施。

## (4) 机械伤害

造成机械伤害事故的因素有：

- ①违章操作；
- ②设备裸露旋转部位缺少防护罩；

## 3.6.2 辅助设施预先危险性分析

本单元采用预先危险性分析法对该项目辅助设施单元存在的危险因素进行评价，确定危险等级，并提出相应的对策措施，以降低事故发生的概率及后果。辅助设施单元预先危险性分析见表 3-47。

表 3-47 预先危险性分析表

| 危险有害因素 | 触发事件                                                          | 事故后果      | 危险等级 | 可研报告中采取的预防和控制措施                                                                                                |
|--------|---------------------------------------------------------------|-----------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 坍塌     | 1.违章操作、碰撞、挤压所致；<br>2.因雨水、积雪、结冰等导致附属建筑或坝体荷重超载；<br>3.疏忽管理、年久失修。 | 人员伤亡、财产损失 | II   | 1.加强管理，严格按生产操作规程开展工作；<br>2.规范人员个人行为，定期进行安全培训与学习，提高安全意识；<br>3.严格执行巡视检查制度，发现隐患及时上报并采取措施，加强个人安全防护、设备安全设施的完善、健全工作。 |
| 触电     | 电气设备漏电及线路绝缘损坏。                                                | 人员伤亡、财产损失 | II   | 经常检查电气设备及线路，保证其完好。                                                                                             |
| 淹溺     | 库区及回水池未设置警示标志、防护设施；无照明设备。                                     | 人员伤亡、财产损失 | II   | 1.设置醒目的警示标志。<br>2.配备必要的救生器材。<br>3.设置必要的照明设备。                                                                   |
| 机械伤害   | 设备裸露旋转部位缺少防护罩；<br>违规操作。                                       | 人员伤亡、财产损失 | II   | 1.设备裸露旋转部位设置安全可靠的防护罩；<br>2.严格执行操作规程。                                                                           |

## 小结：

坍塌、触电、淹溺、机械伤害事故的危险级别为“临界的”，暂时不至于造成人员伤亡。

### 3.6.3 辅助设施符合性评价

采用安全检查表法对辅助的合理性进行评价，详见表 3-48。

表 3-48 辅助设施安全检查表

| 序号 | 检查评价内容                                                                                                  | 检查依据                | 可研情况说明                   | 结论           |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------|
| 1  | 尾矿库的辅助设施是根据筑坝工程量、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而配备筑坝机械、工作船、工程车、交通道路、值班室、应急器材库、通讯和照明等设施。必要时可设置宿舍和库区简易气象水文观测点。 | 《尾矿设施设计规范》第 3.5.1 条 | 设置了值班室、交通道路、通讯设施、坝上照明设施。 | 符合           |
| 2  | 尾矿库值班室和宿舍宜避开坝体下游。                                                                                       | 《尾矿设施设计规范》第 3.5.2 条 | 可研报告中未提及尾矿库值班室的建设地点。     | 在第四章提出安全对策措施 |
| 3  | 尾矿库应设置通往坝顶、排洪系统附近的应急道路，应急道路应满足应急抢险时通行和运往应急物资的需求，应避开产生安全事故可能影响区域且不应设置在尾矿坝外坡上。                            | 《尾矿库安全规程》第 6.1.10 条 | 可研报告中未明确应急道路的设计方案。       | 在第四章提出安全对策措施 |

### 3.6.4 评价单元小结

通过本单元评价，评价组认为：辅助设施设计方案安全合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。

## 3.7 安全标志单元

### 3.7.1 安全标志符合性评价

采用安全检查表法对安全标志进行评价，详见表 3-49。

表 3-49 安全标志单元安全检查表。

| 序号 | 检查评价内容                                  | 检查依据                | 可研情况说明                                                 | 结论           |
|----|-----------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------|--------------|
| 1  | 生产经营单位应在尾矿库库区设置明显的安全警示标识。               | 《尾矿设施设计规范》第 6.1.7 条 | 在库区周边和易发生危险位置设置安全警示标志。                                 | 符合           |
| 2  | 警告标志：在场区内可能发生危险的区域应设置警告标志。              | 《安全标志使用原则与要求》       | 可研报告中未提及警告标志布设方案。                                      | 在第四章提出安全对策措施 |
| 3  | 禁止标志：在场区内不准或制止人们某些行动的区域应设置禁止标志。         | 《安全标志使用原则与要求》       | 场区内可能发生危险的区域设置：严禁闲人出入尾矿库区，禁止放牧；严禁库内爆破、挖砂和取石等警告标志。      | 符合           |
| 4  | 指令标志：在场区内强制人们必须做出某种动作或采用防范措施的区域应设置指令标志。 | 《安全标志使用原则与要求》       | 可研报告中未明确指令标志布设方案。                                      | 在第四章提出安全对策措施 |
| 5  | 提示标志：在场区内向人们提供某种信息的区域应设置提示标志。           | 《安全标志使用原则与要求》       | 在避险路线沿线间隔适当距离设置避险路线标识，标识内容为：避险线路示意图、所在点位置等。设置尾矿库概况标识牌。 | 符合           |

### 3.7.2 评价单元小结

通过本单元评价，评价组认为：禁止、提示标志布设方案安全合理，符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定。但缺少警告、指令标志的设计内容，建议在安全设施设计中进行完善。

### 3.8 安全管理单元

安全生产管理措施是安全生产技术措施得以实现和有效运行的保障，《可研报告》

明确企业应设置安全生产管理机构，建立健全尾矿设施安全管理制度，设置从事尾矿库作业的专职安全管理人员。安全管理人员必须经过尾矿库专业知识培训，取得上岗证后才能从事管理工作。公司领导、尾矿库管理人员和技术工人均需进行培训。特种作业人员必须经专门的安全技术培训并考核合格，取得《中华人民共和国特种作业操作证》后，方可上岗作业。针对垮坝、漫顶等安全生产事故和重大险情制定应急救援预案，并进行预案演练。

《可研报告》中提出了一些安全生产管理的建议，但尚不够完善，本预评价报告在4.7 安全管理对策措施建议中给予了补充。建设单位在以后的生产中，应落实《可研报告》和本次预评价报告在安全管理方面提出的建议措施，最大限度的确保本项目的安全生产。

### 3.9 重大危险源辨识单元

根据《河北省重大危险源监督管理规定》第八条第九款“生产经营单位应当依据国家或者本省有关规定，对下列范围内的重大危险源进行辨识：全库容大于一百万立方米或者坝高大于三十米的尾矿库”，安家峪尾矿库全库容  $33843 \times 10^4 \text{m}^3$ ，总坝高 195m，构成重大危险源。

## 4.安全对策措施建议

### 4.1 库址选择安全对策措施

- (1) 库区范围内及尾矿坝坡脚至下游尾矿流经路径 1km 范围内的居民应全部进行搬迁。
- (2) 严禁在坝体上和库区周围进行乱采、滥挖和非法爆破等。
- (3) 企业应密切关注尾矿库的状况，在运行中加强对尾矿库各项设施的检查和维护，以确保尾矿库的安全。并有防范尾矿库各项事故的有效措施，不使人员、设施受到伤害和损失。
- (4) 尾矿库库区周边应设置安全警示标志，防止人员误掉入库区中。

### 4.2 尾矿坝安全对策措施

- (1) 初期坝及拦砂坝均采用土石坝坝型，在安全设施设计中，建议按照碾压土石坝设计规范的要求，进一步细化坝体设计方案，明确筑坝材料及碾压参数的具体要求。
- (2) 在安全设施设计中，应根据岩土工程勘察情况，补充坝基处理设计，明确处理范围及处理后的效果，分析、论证坝基处理方案的可靠性，保证坝基稳定。
- (3) 在安全设施设计中，应进行尾矿坝动力稳定分析及三维渗流稳定分析。
- (4) 在安全设施设计中，应充分考虑放矿与筑坝的相互影响，进一步细化尾矿库的放矿方案，明确放矿管路布置及放矿位置，对冬季冰下放矿的可行性进行论证，完善保障措施。

### 4.3 防排洪系统安全对策措施

- (1) 在安全设施设计中，应根据岩土工程勘察情况，补充排洪系统地基处理设计，保证基础稳定。
- (2) 在安全设施设计中，应复核水文计算及调洪演算内容，优化排洪系统设计，补充、完善相关图纸。
- (3) 在安全设施设计中，应补充排洪构筑物结构计算，复核排洪构筑物的结构设计。
- (4) 在安全设施设计中，应补充排洪系统的封堵设计。

- (5) 对排水系统要经常检查、维护，发现淤堵、断裂等现象要及时疏浚、维修。

#### 4.4 安全监测安全对策措施

(1) 在安全设施设计中，应进一步细化监测设施的设计方案，明确安全监测设施点位布置、观测频率、技术要求等方面的设计内容，并补充监测设施平面布置图和结构图。

(2) 企业应设立专门的监测部门和监测人，制定相应的监测制度和监测周期，并做好监测报告。

#### 4.5 辅助设施安全对策措施

- (1) 在安全设施设计中，应进一步细化辅助设施的设计方案。

#### 4.6 安全标志安全对策措施

- (1) 在安全设施设计中，应补充周边警告、指令标志的设计方案。

#### 4.7 安全管理安全对策措施

(1) 待尾矿库投入运行时，应按照现行的法律法规要求，配备足够数量、专业匹配的安全生产管理人员和技术管理人员。

(2) 待尾矿库投入运行时，应建立风险分级管控及隐患排查治理双重预防机制的建设。

(3) 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。

(4) 直接从事尾矿库堆存、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。

(5) 建立健全尾矿设施安全管理制度，并编制年、季作业计划和详细运行图表，统筹安排和实施尾矿输送、筑坝和排洪管理工作。

(6) 建立安全生产费用提取制度，每年应制定安全生产费用提取计划，必须按照规定提取安全生产费用。

(7) 结合该项目的实际情况，制定溃坝、漫顶、排洪设施损坏等事故的应急救援预案并定期进行演练。

(8) 待尾矿库投入运行时，应进行重大危险源安全评估，及时登记建档，按照《河北省重大危险源监督管理规定》中有关要求对尾矿库进行重大危险源安全管理。

(9) 对尾矿库进行巡回检查是及时发现尾矿库异常情况的重要途径，应纳入尾矿库管理人员的岗位责任制。巡回检查的内容包括：坝体边坡有无变形和异常；排水构筑物是否畅通；水质有无异常变化等。如发现异常，应及时处理；如不能处理，应立即上报，以便及时采取措施。

(10) 企业开展后续勘察、设计、施工、监理工作时必须选择有相应资质的单位进行。

(11) 企业生产运行前必须按照国家有关规定取得安全生产许可证。

(12) 设计单位要根据《非煤矿山建设项目安全设施设计编写提纲 第4部分：尾矿库建设项目安全设施设计编写提纲》（KA/T20.4-2024）及本预评价报告和《可研报告》提出的安全对策措施，编制安全设施设计。

## 5.评价结论

评价组通过深入现场了解情况、收集相关资料、检索相关的法律法规，对尾矿库《可研报告》中的场址、坝体、防排洪系统、安全监测、辅助设施、安全标志及安全管理等方面进行了全面的评价，依据国家相关法规标准，得出预评价结论。

### 5.1 主要危险、有害因素

承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库存在的主要危险、有害因素包括溃坝、坝坡失稳、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏。此外，还存在机械伤害、触电、淹溺、坍塌、雷击、暴风、暴雨、严寒冰冻、山体垮塌等其它危险、有害因素。

### 5.2 重点防范的重大危险、有害因素

应重点防范的重大危险因素：溃坝、坝坡失稳、洪水漫顶。

### 5.3 应重视的安全对策措施建议

(1) 库区范围内及尾矿坝坡脚至下游尾矿流经路径 1km 范围内的居民应全部进行搬迁。

(2) 初期坝及拦砂坝均采用土石坝坝型，在安全设施设计中，建议按照碾压土石坝设计规范的要求，进一步细化坝体设计方案，明确筑坝材料及碾压参数的具体要求。

(3) 在安全设施设计中，应根据岩土工程勘察情况，补充坝基处理设计，明确处理范围及处理后的效果，分析、论证坝基处理方案的可靠性，保证坝基稳定。

(5) 在安全设施设计中，应充分考虑放矿与筑坝的相互影响，进一步细化尾矿库的放矿方案，明确放矿管路布置及放矿位置，对冬季冰下放矿的可行性进行论证，完善保障措施。

(4) 在安全设施设计中，应根据岩土工程勘察情况，补充排洪系统地基处理设计，保证基础稳定。

(5) 在安全设施设计中，应补充排洪系统的封堵设计。

#### 5.4 总体评价结论

承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库潜在的危险、有害因素在采取《可研报告》和本次预评价提出的安全对策措施后，能够得到有效控制，受控程度在可接受范围内。

本次安全预评价认定，承德京城矿业集团有限公司安家峪尾矿库的《可研报告》提出的建设方案合理、可行，符合国家的有关法律、法规、规章、标准和规范的要求，较充分地考虑了该项目存在的危险、有害因素，并提出了必要的安全对策措施。若能在该项目安全设施设计、施工及运行过程中认真落实《可研报告》及本次安全预评价中提出的安全对策措施，严格执行国家有关法律、法规、标准、规范的要求，则该建设项目安全可行。

## 6.附件及附图

- (1) 评价人员现场调研照片；
- (2) 营业执照；
- (3) 项目备案证明；
- (4) 平面布置方案四（中游式）-推荐方案；
- (5) 排洪系统布置方案四-推荐方案；
- (6) 监测设施平面布置图；
- (7) 初期坝、滤水拦砂坝断面图；
- (8) 坝体断面图；
- (9) 排洪主隧洞纵断面图；
- (10) 1#~6#支洞纵断面图；
- (11) 排洪系统结构图；
- (12) 联通明渠（堆料场）断面图；
- (13) 0#排水井-管纵断面图；
- (14) 库容-标高曲线图。