

项目编号：豫安评 2024040066



栾川县大源选矿有限公司
竹园沟尾矿库扩容改造工程
安全预评价报告

河南安平安全技术服务有限公司

资质证书编号：APJ-(郑)-001

二〇二四年四月

栾川县大源选矿有限公司
竹园沟尾矿库扩容改造工程

安全预评价报告

法定代表人：赵东海

技术负责人：荆 瑜

项目负责人：范志伟

二〇二四年四月

前 言

“安全第一，预防为主，综合治理”是我们党和国家始终坚持不渝的安全生产方针，加强安全生产，防止职业(病)危害是国家的一项基本政策，是发展我国社会主义市场经济的重要条件，是企业管理的一项基本原则。安全评价是贯彻落实安全生产方针，加强安全生产监督管理工作行之有效的技术手段。安全预评价工作是“坚持标本兼治，综合治理，把安全生产纳入法制化、规范化轨道”的一项重要举措；是消除隐患、防止事故的一项治本之策；是贯彻建设项目“三同时”制度的重要体现。

2024 年 2 月，栾川县大源选矿有限公司委托河南省冶金规划设计研究院有限责任公司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程可行性研究报告》，根据《中华人民共和国安全生产法》等法律法规的要求，为确保建设项目安全设施与主体工程“三同时”原则的贯彻落实，我公司受栾川县大源选矿有限公司委托，依据《可研报告》，对竹园沟尾矿库改扩建工程开展安全预评价工作。我单位评价人员对竹园沟尾矿库进行了现场踏勘，于 2024 年 4 月完成了安全预评价报告的编制工作。

为做好本次安全预评价工作，我单位进行了认真地准备，开展了风险分析，组建了评价组，明确了责任。根据现场踏勘，根据《可研报告》的设计内容，并结合《安全预评价协议书》和《委托书》的要求，依据《安全评价通则》和《安全预评价导则》，通过对《可研》进行全面的研究及对建设项目现场踏勘，运用预先危险分析法(PHA)、

安全检查表法(SCA)、理论计算法、类比法等系统安全工程分析方法，对尾矿库库址选择单元、尾矿坝单元、防排洪系统、安全监测设施单元、辅助设施、安全标志、安全管理、重大危险源辨识等进行定性、定量分析，确定系统的危险、有害因素及其危险、危害程度。针对主要危险、有害因素及其产生的危险、危害后果和触发条件，提出消除、预防和降低危险有害因素的对策措施，从而提高生产过程的本质安全化程度，实现安全技术、安全管理的标准化和科学化提供依据。

本评价报告由评价组成员集体完成，并经过内部进行的三审审核程序。在本项目的安全预评价工作中，得到了各级安全生产监督管理部门的大力支持和委托单位的密切配合，使评价工作得以顺利完成，在此表示衷心的感谢！

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

目 录

1 评价对象与依据	1
1.1 评价对象和范围	1
1.2 评价依据	1
2 建设项目概述	12
2.1 建设项目概况	12
2.2 自然环境概况	16
2.3 地质概况	19
2.4 尾矿库原设计情况	38
2.5 尾矿库运行现状简介	49
2.6 扩容设计方案概况	69
3 定性定量评价	86
3.1 总平面布置及周边环境单元	86
3.2 尾矿坝	96
3.3 防洪系统	148
3.4 安全监测设施	191
3.5 辅助设施	198
3.6 安全标志	202
3.7 安全管理	204
4 安全对策措施及建议	211

4.1 制定安全对策措施的依据和原则	211
4.2 安全对策措施建议	213
5 安全评价结论	218
5.1 主要危险有害因素评价结果	218
5.2 应重点防范的主要危险有害因素	218
5.3 应重视的安全对策措施及建议	218
5.4 危险有害因素可控制程度	221
5.5 总体评价结论	221

1 评价对象与依据

1.1 评价对象和范围

评价对象：栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程。

评价范围：根据安全预评价委托书的要求，依据《可行性研究报告》，对栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程总坝高195m(新增堆积坝坝高29m)的总平面布置单元、尾矿坝单元、防排洪系统、安全监测设施单元、辅助设施、安全标志、安全管理、重大危险源辨识(不包括尾矿库输运管道和回水管道)的安全设施和技术措施，以及该改扩建工程项目建设施工和生产运行过程中，可能存在的危险、有害因素，进行安全性分析和预评价，提出应补充的安全对策措施。

1.2 评价依据

1.2.1 法律法规

1.2.1.1 法律

(1)《中华人民共和国突发事件应对法》(中华人民共和国主席令[2007]第69号，2007.11.01)；

(2)《中华人民共和国矿山安全法》(中华人民共和国主席令[2009]

第 18 号，2009.08.27)；

(3)《中华人民共和国劳动法》(中华人民共和国主席令 [2018] 第 24 号，2018.12.29)；

(4)《中华人民共和国民法典》(中华人民共和国主席令 [2020] 第 45 号，2021.01.01)

(5)《中华人民共和国安全生产法》(中华人民共和国主席令[2021] 第 88 号，2021.09.01)。

1.2.1.2 行政法规

(1)《生产安全事故报告和调查处理条例》(国务院令第 493 号，2007.06.01)；

(2)《工伤保险条例》(国务院令第 586 号，2011.01.01)；

(3)《安全生产许可证条例》(国务院令第 653 号，2014.07.29)；

(4)《生产安全事故应急条例》(国务院令第 708 号，2019.04.01)。

1.2.1.3 部门规章

(1)关于印发《企业安全生产费用提取和使用管理办法》的通知(财企〔2012〕16 号，2012.02.14)；

(2)《关于进一步加强尾矿库监督管理工作的指导意见》(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，安监总管一〔2012〕32 号，2012.03.12)；

(3)《国家安全监管总局等七部门关于印发深入开展尾矿库综合治

理行动方案的通知》（安监总管一[2013]58 号，国家安全监管总局、国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、国土资源部、环境保护部、国务院南水北调办，2013.05.08）；

(4)《建设项目安全设施‘三同时’监督管理办法》《国家安全监管总局令第 36 号，2011.02.02，国家安全生产监督管理总局令第 77 号修改，2015.05.01）；

(5)《金属非金属矿山建设项目安全设施目录》（国家安全生产监督管理总局令第 75 号，2015.07.01）；

(6)《尾矿库安全监督管理规定》（国家安全生产监督管理总局令第 38 号，第 78 号令修改，2015.07.01）；

(7)《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》（国家安全生产监督管理总局第 78 号令，2015.07.01）；

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

(9)《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》（国家安全生产监督管理总局令第 20 号，2009.04.30，国家安全监管总局令第 78 号修改，2015.07.01）；

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

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

修改，2015.07.01)；

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

(13)《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设施设计编写提纲的通知》(安监总管一[2015]68 号，2015.06.30)；

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

(15)《国家安全监管总局关于宣布失效一批安全生产文件的通知》(安监总办一[2016]13 号，2016.02.04)；

(16)《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设施设计重大变更范围的通知》(安监总管一[2016]18 号，2016.02.17)；

(17)《国家安全监管总局关于修改和废止部分规章及规范性文件的决定》(国家安全生产监督管理总局令第 89 号，2017.01.10)；

(18)《财政部、安全监管总局、人民银行关于取消企业安生产生风险抵押金制度的通知》(财建[2017]237 号，2017.07.05)；

(19)《应急管理部关于宣布失效一批安全生产文件的通知》(应急[2018]32 号，2018.06.01)；

(20)《应急管理标准化工作管理办法》(应急管理部〔2019〕68 号，2019.07.07)；

(21)《生产安全事故应急预案管理办法》(中华人民共和国应急管

理部令第 2 号修改，2019.09.1）；

(22) 《应急管理部关于废止〈安全生产行业标准管理规定〉等四部规章的决定》（应急管理部令第 3 号，2019.09.27）；

(23) 《应急管理部、人力资源和社会保障部、教育部、财政部、国家煤矿安全监察局关于高危行业领域安全技能提升行动计划的实施意见》（应急〔2019〕107 号，2019.10.28）；

(24) 《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，2020.02.21）；

(25) 《国家矿山安全监察局关于开展非煤矿山安全生产专项检查的通知》（矿安〔2021〕5 号，2021.01.15）；

(26) 《国家矿山安全监察局关于全面深入开展非煤地下矿山和尾矿库安全生产大排查的通知》（矿安〔2021〕10 号，2021.03.05）；

(27) 《国家矿山安全监察局关于加强汛期矿山安全生产工作的通知》（矿安〔2021〕48 号，2021.05.20）；

(28) 《国家矿山安全监察局关于印发矿山重大隐患调查处理办法（试行）的通知》（矿安〔2021〕49 号，2021.05.25）；

(29) 《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，2022.02.08）；

(30) 《财政部 应急部 国家矿山安监局关于印发<安全生产预防和应急救援能力建设补助资金管理办法>的通知》（财资环〔2022〕93 号，2022.08.02）；

(31) 《国家矿山安全监察局关于印发<金属非金属矿山重大事故

隐患判定标准>的通知》(矿安[2022]88 号, 2022.09.01);

(32)《国家矿山安监局财政部关于印发<尾矿库风险隐患治理工作总体方案>的通知》(矿安〔2022〕127 号, 2022.10.23)。

1.2.1.4 地方法规

《河南省安全生产条例》(河南省第十四届人民代表大会常务委员会第二次会议《关于修改<河南省安全生产条例>的决定》修正, 2023.03.29)。

1.2.1.5 地方规章

(1)《河南省安全生产监督管理局关于贯彻国家安监总局要求加强非煤矿山安全生产工作的通知》(豫安监管办〔2016〕5 号, 2016.1.12);

(2)《河南省人民政府安全生产委员会办公室关于学习贯彻《河南省生产安全事故隐患排查治理办法》的通知》(豫安委办〔2016〕20 号, 2016.3.24);

(3)《河南省人民政府安全生产委员会办公室关于印发河南省遏制尾矿库“头顶库”重特大事故工作方案的通知》(豫安委办〔2016〕37 号, 2016.3.24);

(4)《河南省安全生产委员会办公室关于印发河南省 2021 年持续深化安全生产风险隐患双重预防体系建设工作方案的通知》(豫安委办〔2021〕10 号, 2021.02.08);

(5)《河南省安全生产监督管理局关于转发《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》的通知》(豫安监管办[2015]136号,2015年10月15日);

(6)《河南省安全生产监督管理局关于进一步推进安全生产责任保险的通知》(豫安监管办〔2016〕105号,2016.7.13);

(7)《河南省安全生产监督管理局关于加强金属非金属矿山安全生产检测检验工作的通知》(豫安监管办〔2018〕13号,2018.1.29);

(8)《河南省安全生产监督管理局关于加快推进金属非金属矿山双重预防机制建设工作的通知》(豫安监管办〔2018〕162号,2018.9.13);

(9)《河南省安全生产监督管理局关于进一步规范企业安全生产标准化建设工作的通知》(豫安监管〔2018〕73号,2018.10.12);

(10)《河南省应急管理厅关于明确生产安全事故应急预案备案事项的通知》(豫应急〔2019〕55号,2019.6.28);

(11)《河南省应急管理厅关于印发河南省安全生产领域失信联合惩戒实施办法(试行)的通知》(豫应急〔2019〕81号,2019.9.27);

(12)《河南省应急管理厅关于印发河南省非煤矿山双重预防体系信息化建设工作方案的通知》(豫应急办〔2019〕100号,2019.11.1);

(13)《河南省应急管理厅关于进一步加强企业安全培训工作的通知》(豫应急办〔2019〕107号,2019.11.27);

(14)《关于印发《河南省高危行业领域安全技能提升行动实施方案》的通知》(豫应急〔2020〕13号,河南省应急管理厅、河南省人力资源和社会保障厅、河南省教育厅、河南省财政厅、河南省工业和

信息化厅 2020.2.10);

(15)《关于印发河南省防范化解尾矿库安全风险工作方案的通知》(豫应急〔2020〕89号,河南省应急管理厅、河南省发展和改革委员会、河南省工业和信息化厅、河南省财政厅、河南省自然资源厅、河南省生态环境厅、河南省水利厅、河南省气象局,2020.7.22);

(16)《河南省应急管理厅关于转发国家矿山安全监察局加强非煤矿山安全生产工作指导意见的通知》(河南省应急管理厅,豫应急[2022]62号,2022.04.27);

(17)《洛阳市人民政府关于进一步加强尾矿库综合管理的意见》(洛政〔2013〕65号,2013.05.16);

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

(19)《洛阳市安全生产监督管理局关于切实加强尾矿库安全监测设施建设的暂行通知》(洛安监管〔2016〕37号,2016.03.15)。

1.2.2 标准规范

1.2.2.1 国家标准

- (1)《企业职工伤亡事故分类》(GB6441-1986,1987.02.01);
- (2)《厂矿道路设计规范》(GBJ22-87,1988.08.01);
- (3)《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001,2009版,2002.03.01);
- (4)《矿山安全标志》(GB14161-2008,2009.10.01);
- (5)《安全标志及其使用导则》(GB2894-2008,2009.10.01);

- (6) 《生产过程危险和有害因素分类与代码》(GB/T13861—2009, 2009.12.01);
- (7) 《建筑抗震设计规范》(GB50011-2010, 2016 版, 2010.12.01);
- (8) 《构筑物抗震设计规范》(GB 50191-2012, 2012.10.01);
- (9) 《电气设备安全设计导则》(GB/T 25295-2010, 2011.05.01);
- (10) 《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010, 2011.07.01);
- (11) 《砌体结构设计规范》(GB50003-2011, 2012.08.01);
- (12) 《工业企业总平面设计规范》(GB50187-2012, 2012.08.01);
- (13) 《建筑结构荷载规范》(GB50009-2012, 2012.10.01);
- (14) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB 18599-2001, 2013.06.08);
- (15) 《尾矿设施设计规范》(GB50863-2013, 2013.12.01);
- (16) 《尾矿设施施工及验收规范》(GB50864-2013, 2014.06.01);
- (17) 《防洪标准》(GB50201-2014, 2015.05.01);
- (18) 《土工合成材料应用技术规范》(GB50290-2014, 2015.08.01);
- (19) 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》(GB51108-2015, 2016.02.01);
- (20) 《尾矿堆积坝排渗加固工程技术规范》(GB51118-2015, 2016.05.01);
- (21) 《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015, 2016.06.01);
- (22) 《尾矿库安全规程》(GB39496-2020, 2021.09.01)。

1.2.2.2 行业标准

- (1)《聚乙烯(PE)土工膜防渗工程技术规范》(SL/T231-1998, 1999.03.01);
- (2)《碾压式土石坝设计规范》(SL274-2020, 2021.02.28);
- (3)《水工混凝土结构设计规范》(SL191-2008, 2009.02.10);
- (4)《水工建筑物抗震设计规范》(SL203-1997, 1997.10.01);
- (5)《尾矿库安全监测技术规范》(AQ2030-2010, 2011.05.01);
- (6)《水工隧洞设计规范》(SL 744-2016, 2016.07.26)
- (7)《水工建筑物荷载设计规范》(SL 744-2016, 2017.02.25)。

1.2.3 项目技术资料

- (1)《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程可行性研究报告》(河南省冶金规划设计研究院有限责任公司, 2024.02);
- (2)《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程岩土工程地质勘察报告书》(河南同兴勘测设计有限公司, 2024.01);
- (3)《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库溃坝数值模拟分析报告》(河海大学水利水电学院, 2021.09)。

1.2.4 其他评价依据

- (1)《安全预评价委托书》(2024.02.15);
- (2)企业营业执照(栾川县市场监督管理局, 91410326618816187, 2022.03.17);

- (3)河南省企业投资项目备案证明(栾川县发展和改革委员会，
2211-410324-04-01-179023， 2022.11.3)；
- (4)安全生产许可证(豫 FM 安许证字(2022)XCWK351B)；
- (5)《河南省暴雨参数图集》(河南省水文水资源局编制，2005.12) ；
- (6)《河南省中小流域设计暴雨洪水图集》(河南省水利勘测设计院，1984.10)；
- (7)《尾矿设施设计参考资料》；

2 建设项目概述

2.1 建设项目概况

2.1.1 企业简介

栾川县大源选矿有限公司成立于 2007 年 5 月 11 日，法定代表人韩朝军，注册资本伍仟万元整，公司经营范围包括钼、铅锌、铁、钨、硫铁浮选、冶炼、销售；五金、机械设备、建材、文具用品、体育用品及器材、包装材料、金属材料销售。2020 年 10 月 29 日，公司投资人变更，永城煤电控股集团有限公司退出，洛阳有色矿业集团有限公司持股比例 55%，栾川县启源矿业有限公司持股比例 45%。2021 年 2 月 25 日，公司投资人变更，洛阳有色矿业集团有限公司退出，由洛阳盛龙实业有限公司介入持股比例 55%，栾川县启源矿业有限公司持股比例 45%。

栾川县大源选矿有限公司地址位于栾川县叫河乡牛栾村，距县城 41 公里，距叫河乡政府 3 公里，选矿厂紧靠县乡公路，交通较为便利，目前处理钼原矿石能力 3000 吨 / 日，年生产钼精矿 1800 吨，竹园沟尾矿库为公司选矿厂配套尾矿库。

2.1.2 建设项目背景

2011 年 11 月，企业委托河南省冶金规划设计研究院有限责任公

司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容建设工程可行性研究报告》。

2012 年 8 月，企业委托河南省郑州地质工程勘察院对该工程进行勘察并出具《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容建设工程岩土工程勘察报告》。

2012 年 11 月，企业委托河南省祥泰安全评价有限公司对该项目所涉及的有关竹园沟尾矿库安全设施内容进行安全预评价，并出具《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容建设项目安全预评价报告》，该报告于 2012 年 11 月通过了河南省非煤矿山安全生产协会组织的专家评审，报请河南省安全生产监督管理局于 2013 年 1 月 23 日审查后同意备案（备案号：豫安监管一预[2013]C02 号）。

2013 年 7 月，企业委托河南省冶金规划设计研究院有限责任公司编制完成了《栾川大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容工程初步设计安全专篇》，并于 2013 年 9 月 16 日取得设计批复（备案号：豫安监管一预[2013]C05 号）。

2015 年 6 月，河南鑫安利安全科技股份有限公司编制完成了《栾川大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容工程安全验收评价报告》。

2015 年 7 月 20 日，栾川大源选矿有限公司竹园沟尾矿库首次取得安全生产许可证，之后于 2018 年、2021 年分别进行了安全现状评价，2021 年 8 月，取得安全生产许可证，于 2022 年 4 月 25 日进行了主要负责人的变更，有效期至 2024 年 9 月 22 日，证号：豫 FM 安许证字[2022]XCWK351B，许可范围为尾矿库运行(总库容 1280.66

万立方米，总坝高 166m)。

目前竹园沟尾矿库已堆积至 1277.6m 标高，坝高 157.6m，该尾矿库已堆存全库容为 $1120.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ，剩余全库容为 $160.46 \times 10^4 \text{m}^3$ ，剩余有效库容为 $112.32 \times 10^4 \text{m}^3$ ，年排尾量 $59.70 \times 10^4 \text{m}^3$ ，还可满足企业 1.88 年的排尾需要。根据原设计规划，考虑设计流程、施工周期等因素，需要尽快启动竹园沟尾矿库扩容的设计工作；另外该库已征地至分水岭标高，为充分发挥土地价值，提高土地利用效率，保护环境，降低成本，宜尽量利用该尾矿库已有条件进行二次扩容工程建设。根据应急〔2020〕15 号文相关要求，严禁新建总坝高超过 200m 的尾矿库，本次工程以 198m 坝高进行相关设计。

2.1.3 扩容改造工程可行性和安全可靠分析

2024 年 1 月 8 日，河南省应急管理厅下发《关于栾川县康瑞矿业有限公司西沟尾矿库等 5 座尾矿库退出“头顶库”管理的复函》，栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库退出尾矿库头顶库安全监管范围，竹园沟尾矿库不属于头顶库，下游 1km 范围内无居民和重要设施，为竹园沟尾矿库扩容提供了政策上的便利。

库内 1286m~1318m 沟底高程扩容段长度为 234.5m，沟底平均坡降为 13.65%，尾矿库库底(1286m 以上扩容段)坡降为 13.65%，符合“上游式尾矿库库底平均纵坡不得陡于 20%”的规程要求。

由工勘报告可知，库区内裸露的岩石主要以白云质大理岩为主，库区内除在初期坝未发现断裂带通过，初期坝基处岩石裸露，岩石

质地较坚硬，库区地表覆盖层较薄，地表植被茂盛；总之，坝基及库区范围内未发现影响其运行稳定的不良地质作用，目前库区及坝基处于稳定状态，适宜扩容，且竹园沟尾矿库改扩建工程汇水面积小，有足够的库容，沟谷呈“U”字型适宜建设山谷型尾矿库，周边山体地质条件较好，有足够的初、终期库长，库内仍有较大的库容可以利用。

该尾矿库进行扩容改造是安全可靠合理可行的。

2.1.4 地理位置

栾川大源选矿有限公司选厂及尾矿库位于栾川县叫河镇牛栾村，选矿厂在叫河镇到牛栾村乡村公路旁山坡上，尾矿库位于选厂东侧 200m 处的竹园沟内，该沟距叫河镇政府所在地 3km，距栾川县城 41km，交通较为便利。尾矿库交通位置见图 2-1。



图 2-1 尾矿库交通位置图

2.2 自然环境概况

2.2.1 气象与水文

(1) 气象

栾川县地处北纬度地带，属温暖带大陆性季风气候，一年四级受季风影响明显。该区多年平均气温在 12℃ 左右，最高气温 40.2℃，最低气温 -19℃，年平均降雨量 809.3mm，降雨多集中在 7、8、9 三个月，约占全年降雨量的 53%，并常有暴雨出现，24 小时降雨量可达 128.8mm（1961 年 9 月 28 日），年平均暴雨频率为 1.5，每年 11 月至次年 4 月为冰冻期，最大冻结深度为 27 cm。栾川主导风向为西北风，

最大风速 20m/s, 平均风速 1.6m/s。年平均最大日降水量 $H_{24}=85\text{mm}$, 暴雨递减指数 $n_1=0.55$, $n_2=0.75$, 最大降雨离散系数 $C_v=0.45$, $CS=3.5C_v$ 。雨季多集中在七、八、九三个月, 年均蒸发量 1514.7mm。最大冻土深度为 30~50mm。主导风向为西北风, 最大风速 20m/s, 平均风速 1.6m/s。

(2) 水文

① 区域水文地质条件

区域水文地质条件受岩性、构造、地貌和水文网切割程度影响, 各含、隔水层的展布受地质构造的控制明显。区域地下水按赋存条件可分为两大类:

A、松散岩类孔隙水

广泛分布于区内的第四系坡、洪积层中。一般无良好连续的含水层, 由于地形切割致使土层分布不均, 厚度变化较大, 富水性差, 所以该类地下水无统一水位, 仅为不连续分布的上层滞水。大气降水是该类地下水的主要补给来源, 其水量随降雨多寡而变化, 在陡坎处、斜坡上以泉水的形式出露。该类地下水具循环浅、径流短、交替快、水量小的特点。

B、基岩裂隙水

区内基岩多为中厚层状, 裂隙不发育, 岩体风化程度较差, 仅在浅层赋存少量裂隙水, 在地形低洼处或斜坡上以泉水的形式出露, 其动态受降水补给明显, 雨季水量增大, 枯水季节变小或断流。

② 工作区水文地质条件

受区域水文地质条件的控制，尾矿库所在的竹园沟库区水文地质条件相对简单，其地下水主要有松散岩类孔隙水和基岩裂隙水两种类型。库区内赋存于第四系坡洪积等成因类型的松散层内的松散岩类孔隙水，仅在雨后或雨季会又地下水以泉的形式流出地表，汇聚于沟内，但泉流量极小；库区内基岩裂隙水是指赋存于构造带或风化裂隙中的地下水，由于区内构造裂隙不发育，区内不存在含水意义的含水岩（土）层和构造，水文地质简单。尾矿堆积坝体内地下水主要为从尾矿排放口及湿滩向下排渗的尾矿排渗水，尾矿堆积坝由颗粒较小的尾矿砂沉积，并且在一定的时间内固结而成，因此其渗透系数较小，不存在强透水层，其排泄主要通过人工设置的排渗管流出。

2.2.2 地形地貌

尾矿库(坝)区地处豫西伏牛山区，地形切割强烈，山峦起伏，测区一级地貌单元属豫西低中山区，测区内二级地貌单元属岭脊～沟谷型，测区内地形起伏较大，沟谷两岸坡岩石裸露。库区地处秦岭山脉东北缘低中山区，山势陡峻，沟谷发育，地形起伏较大。竹园沟基本为南北向。主沟总长约 2.35km，沟顶最窄处 180m，沟顶最宽处 790m，沟顶平均宽度 400m。目前堆积坝顶至库尾沟长约 1.958km，地形切割强烈，山势陡峻，基岩裸露，两侧岸坡坡度一般为 40～50°。区内山势陡峻，植被繁茂。整个山坡植被以杂草灌木为主，并有少量次生林木，植被生长茂盛。

2.3 地质概况

2024 年 1 月，企业委托河南同兴勘测设计有限公司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程岩土工程勘察报告》，该工程地质勘察报告为详细勘察阶段，现将主要内容摘录如下：

2.3.1 地质构造

(1)大地构造位置

测区在大地构造单元位置属中朝准地台—华熊台隆，卢氏—栾川陷褶断区。

(2)区域地质构造

从豫西地区大地构造分区图上可看出，区域上最显著的构造景观是近东西向，北西西向展布的区域性大断裂，即北部的马超营大断裂，南部为栾川黑沟大断裂。

(3)测区内地质构造

通过工程地质调查，测区范围内无大的断裂、褶皱等构造痕迹。

2.3.2 堆场工程地质条件

(1)堆场地层

据本勘察，堆场周围沟的岩坡、岭脊出露主要为中元古界栾川群的白云质大理岩、大理岩。沟内表层覆盖第四系表层覆盖第四系碎石土，据钻探取样的室内试验和现场原位试验测试数据，综合确定堆场内的地层自上而下描述如下：

①-1 碎石土

灰色、灰白色，该层主要分布在初期坝上人工堆积而成。碎石呈棱角状，粒径大小不一，最大粒径 50cm 左右，含量 30%~45%。层厚 15.0~40.0m。

① 尾细砂

青灰色，稍湿，松散~稍密，以尾细砂主，部分为尾粉砂。主要矿物成份为长石、石英，次为黑云母、角闪石等。局部分布，仅在第 ZK4, ZK5, ZK6, ZK7, ZK8, ZK9, ZK10, ZK11, ZK12, ZK13, ZK14, ZK15, ZK16, ZK17, ZK18, ZK19, ZK20, ZK21, ZK22, ZK23, ZK24, ZK26, ZK25, ZK27, ZK28, ZK29, ZK30, 号孔一带可见；最薄处为 8.80 米，见于 ZK11 号孔；最厚处为 15.90 米，见于 ZK26 号孔；平均厚度为 12.58 米；层面最高处标高为 1275.95 米，见于 ZK29 号孔；层面最低处标高为 1177.60 米，见于 ZK4 号孔；平均标高为 1233.20 米。

②尾粉砂

青灰色，干时灰白色。湿，松散~稍密，以尾粉砂为主，部分为尾细砂。主要矿物成份为长石、石英，次为黑云母、角闪石等。局部分布，仅在第 ZK4, ZK5, ZK6, ZK7, ZK8, ZK9, ZK10, ZK11, ZK12, ZK13, ZK14, ZK16, ZK17, ZK18, ZK20, ZK23, ZK26, ZK28, ZK29, ZK30, 号孔一带可见；最薄处为 1.80 米，见于 ZK6 号孔；最厚处为 22.30 米，见于 ZK26 号孔；平均厚度为 11.97 米；层面最高处标高为 1262.25 米，见于 ZK29 号孔；层面最低处标高为

1166.60 米，见于 ZK4 号孔；平均标高为 1213.02 米。

③尾粉土

青灰色，湿，稍密，干强度低，韧性低，摇振反应强烈。以尾粉土为主，夹较多尾粉砂薄层。局部分布，仅在第 ZK5, ZK8, ZK11, ZK14, ZK17, ZK20, ZK23, ZK26, ZK29, 号孔一带可见；最薄处为 24.80 米，见于 ZK5 号孔；最厚处为 36.40 米，见于 ZK11 号孔；平均厚度为 30.08 米；层面最高处标高为 1242.95 米，见于 ZK29 号孔；层面最低处标高为 1147.60 米，见于 ZK5 号孔；平均标高为 1200.63 米。

④尾粉质粘土

褐灰色，干时青灰色，软塑，干强度中等，韧性中等，无摇震反应，稍有光泽。局部分布，仅在第 ZK11, ZK14, ZK17, ZK20, ZK23, ZK26, ZK29, 号孔一带可见；最薄处为 9.30 米，见于 ZK11 号孔；最厚处为 31.50 米，见于 ZK26 号孔；平均厚度为 25.21 米；层面最高处标高为 1213.35 米，见于 ZK29 号孔；层面最低处标高为 1145.13 米，见于 ZK11 号孔；平均标高为 1183.13 米。

⑤含碎石粉质粘土：

棕黄色，可塑，摇振反应无，光泽反应为稍有光滑，干强度中等，韧性中等。碎石含量分布不均，含量 5~15%。上部及沟谷两侧碎石含量较少，原沟谷中心处碎石含量较高，碎石呈棱角状，分选较差，碎石岩性主要为白云质大理岩；该层主要分布在尾矿堆场底部，局部分布，仅在第 ZK1, ZK4, ZK5, ZK6, ZK7, ZK8, ZK9,

ZK10, ZK11, ZK12, ZK13, ZK14, ZK15, ZK16, ZK17, ZK18, ZK19, ZK20, ZK21, ZK22, ZK23, ZK24, ZK26, ZK25, ZK27, ZK28, ZK29, ZK30, ZK31, ZK32, ZK33, ZK34, ZK35, ZK36, ZK37, ZK38, ZK39, ZK40, ZK41, ZK42, ZK43, ZK44, ZK45, 号孔一带可见;最薄处为 0.80 米,见于 ZK6 号孔;最厚处为 3.90 米,见于 ZK35 号孔;平均厚度为 1.54 米;层面最高处标高为 1336.00 米,见于 ZK36 号孔;层面最低处标高为 1110.30 米,见于 ZK1 号孔;平均标高为 1231.19 米。

⑥强风化白云质大理岩($P_{t2}cl$):

青灰色、黑灰色,粒状变晶结构,中层状构造,风化裂隙很发育,岩体破碎,风化程度为强风化,局部分布,仅在第 ZK1, ZK4, ZK5, ZK6, ZK7, ZK8, ZK9, ZK10, ZK11, ZK12, ZK13, ZK14, ZK15, ZK16, ZK17, ZK18, ZK19, ZK20, ZK21, ZK22, ZK23, ZK24, ZK26, ZK25, ZK27, ZK28, ZK29, ZK30, ZK31, ZK32, ZK33, ZK34, ZK35, ZK36, ZK37, ZK38, ZK39, ZK40, ZK41, ZK42, ZK43, ZK44, ZK45, 号孔一带可见;最薄处为 1.20 米,见于 ZK30 号孔;最厚处为 1.90 米,见于 ZK21 号孔;平均厚度为 1.47 米;层面最高处标高为 1335.00 米,见于 ZK36 号孔;层面最低处标高为 1107.80 米,见于 ZK1 号孔;平均标高为 1229.64 米。

⑦中风化白云质大理岩($P_{t2}cl$):

灰色、黑灰色,粒状变晶结构,中厚层状构造。裂隙发育,岩石多呈 20~30cm 块状,岩心多呈短柱状,锤击声脆。该层最大揭露

厚度 6.5m，未揭穿。

①～④层为尾矿，⑤～⑦层为自然沉积地层，各地层分布及地层结构见《工程地质剖面图》、《钻孔地质柱状图》。

(2)不良地质作用

据调查，库区内没有滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、活动性断层等大的不良地质作用分布。

2.3.3 物理力学性质

(1)尾矿土物理力学性质

各层土物理力学性质指标统计表 表 2.3.1

层号	统计项目	天然含水量	天然重度 r	干重度 r_d (KN/m ³)	比重 G_s	孔隙比 e	饱和度 S_r (%)	孔隙度 n (%)	内摩擦角 φ	粘聚力 (Kpa)
尾细砂	频数	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	最大值	24.6	18.4	15.4	2.66	0.801	82	44	33.0	8.5
	最小值	18.2	17.8	14.8	2.65	0.717	63	42	30.0	5.5
	平均值	20.5	18.2	15.1	2.65	0.760	72	43	32.1	7.1
	标准差	1.924	0.188	0.173	0.005	0.021	5.280	0.677	1.191	0.641
	变异系数	0.094	0.010	0.011	0.002	0.028	0.074	0.016	0.037	0.091
	修正系数	1.033	0.996	0.996	0.999	1.010	1.026	1.006	0.987	0.968
尾粉砂	频数	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	最大值	26.8	18.8	15.3	2.68	0.898	88	47	31.0	9.2
	最小值	19.5	17.7	14.1	2.66	0.737	70	42	29.0	6.6
	平均值	23.6	18.5	14.9	2.67	0.788	80	44	29.8	7.9
	标准差	1.738	0.206	0.204	0.007	0.026	4.483	0.803	0.473	0.621
	变异系数	0.074	0.011	0.014	0.003	0.033	0.056	0.018	0.016	0.079
	修正系数	1.021	0.997	0.996	0.999	1.010	1.016	1.005	0.995	0.977
尾粉土	频数	54	54	54	54	54	54	54	54	54
	最大值	27.7	19.2	15.4	2.72	0.838	91	46	28.0	9.7
	最小值	22.8	18.5	14.7	2.66	0.739	77	42	16.0	6.4
	平均值	25.7	18.9	15.0	2.69	0.795	87	44	27.0	8.6

尾 粉 质 粘 土	标准差	1.242	0.154	0.183	0.012	0.023	2.848	0.729	2.737	0.756
	变异系数	0.048	0.008	0.012	0.005	0.029	0.033	0.016	0.101	0.088
	修正系数	1.011	0.998	0.997	0.999	1.007	1.008	1.004	0.976	0.980
	频数	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	最大值	27.9	19.4	15.3	2.74	0.834	93	45	54	54
	最小值	26.3	18.8	14.8	2.70	0.791	88	44	28.0	9.7
	平均值	27.3	19.0	15.0	2.72	0.815	91	45	27.0	6.4
	标准差	0.396	0.115	0.095	0.009	0.011	1.307	0.323	27.7	8.6
	变异系数	0.015	0.006	0.006	0.003	0.013	0.014	0.007	0.469	0.756
	修正系数	1.004	0.998	0.998	0.999	1.004	1.004	1.002	0.017	0.088

(2)标准贯入试验

根据标准贯入试验结果，经数理统计得尾矿砂的标准贯入试验击数统计值列于下表。

标贯试验成果统计表

表 2.3.2

层 号	统计数	最大值	最小值	平均值
①	实测值	19	9.0	4.0
	修正值	19	7.2	3.8
②	实测值	27	16.0	7.0
	修正值	27	11.0	5.9
③	实测值	47	26.0	11.0
	修正值	47	16.0	7.7
④	实测值	29	29.0	17.0
	修正值	29	14.5	10.5

(3)各层土的固结试验结果统计

为评价尾矿土的压缩性,对其 100~200 KPa 压力段的压缩系数、压缩模量进行统计，统计结果见表 4.3

各层土的固结试验结果统计表

表 2.3.3

指标	统计项目	尾细砂	尾粉砂	尾粉土	尾粉质粘土
a_{1-2} (MPa ⁻¹)	样本数	24	35	54	33
	最大值	0.35	0.33	0.36	0.33
	最小值	0.28	0.28	0.27	0.24
	平均值	0.31	0.30	0.30	0.29
E_{s1-2} (MPa)	样本数	24	35	54	33
	最大值	6.2	6.6	6.8	7.6
	最小值	5.0	5.4	5.0	5.5
	平均值	5.6	5.9	6.1	6.4

(4)岩石试验成果表统计表

本次勘察在新建排水井、拦洪坝及副坝处⑦层中风化白云质大理岩，采取岩石试样进行力学抗压强度试验。

岩石试验成果统计表

表 2.3.4

层号	项目	块体密度(天然) $\rho_0(\text{g/cm}^3)$	抗压强度(天然) $f_r(\text{MPa})$
⑦	频数	18	18
	最大值	2.76	73.50
	最小值	2.70	34.20
	平均值	2.73	51.03
	标准值	2.72	46.18
	标准差	0.016	11.592
	变异系数	0.006	0.227
	修正系数	0.998	0.905

2.3.4 渗透性

据本勘察资料分析，结合相关工程经验，确定库区天然土层的综合渗透系数 $K(\text{cm/s})$ 见表 2.3.5。

各层土的渗透系数

层号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
渗透系数 ($K(\text{cm/s})$)	1.3×10^{-3}	3.6×10^{-4}	1.3×10^{-4}	2.9×10^{-6}	3.3×10^{-6}	3.7×10^{-2}	1.5×10^{-3}

2.3.5 场地水对建材腐蚀性评价

按照 GB50021-2001 规范附录 G，河南省干燥指数小于 1.5，属于湿润区，库区场地环境类别属 II 类。

根据当地经验及区域资料判定：场地地下水对混凝土结构微腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；对钢结构具微腐蚀性。

2.3.6 地震效应评价

本区在大地构造位置上处于华北地台南缘，洛南—栾川台褶带、卢氏—栾川陷褶断束区中部，在区域地震上位于汾渭地震带及华北地震带南端。自太古代基底形成以来，本区即处于长期裸露的正性状态。太古代末期、古元古代～中元古代及燕山期地壳剧烈活动，岩浆活动频繁，新生代以后趋于稳定。区内新构造运动以垂直上升为主，不存在发震构造。

(1)尾矿坝分级及场地分类

根据《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)第4.1规定，该尾矿库等别为2等。

根据堆场岩土工程地质特性，按《GB50191-2012》规范附录F规定，该尾矿坝抗震等级为2级。

(2)设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组

根据《建筑抗震设计规范》(GB/50011-2010)(2016年版)附录A，洛阳市栾川县抗震设防烈度为6度，设计基本地震加速度值为0.05g，设计地震分组为第一组。

(3)地抗震地段划分

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

(4)场地类别和特征周期

根据现场地层情况，场地土应属中软～中硬土，下部为基岩，基岩埋深局部大于 50.0m，据《建筑抗震设计规范》(GB/50011-2010)(2016 年版)第 4.1.1 条、表 5.1.4-2，该建筑场地类别为Ⅲ类，栾川县抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度为 0.05g，设计地震分组为第一组，场地特征周期为 0.45s。

(5)地震液化和震陷

按《构筑物抗震设计规范》(GB50191-2012) 4.3.1 条及 4.4.1 条规定，本场地属Ⅵ度区，场地土层可不考虑液化及震陷的影响。

2.3.7 尾矿库堆场稳定性分析与评价

根据现场现场踏勘、调查及查阅有关资料可知，尾矿库为山谷型尾矿库。初期坝为透水堆石坝，坝高 40.0m，坝顶高程 1160.0m，轴线处底高程 1120.0m，坝顶宽 6.0m，坝长 90.0m，外坡比均为 1:1.80。在初期坝下游坡面 1120.0m 高程、1130.0m 高程、1140.0m 高程及 1150.0m 高程处分别设置一条马道，马道顶宽 2.0m。根据企业提供有关资料，在初期坝内坡面设置有反滤层，底部设置有排渗褥垫。初期坝坝顶设置有坝顶横向排水沟，排水沟断面为矩形。在初期坝两侧坝肩与山体结合处设置有坝肩排水沟，其中左侧坝肩排水沟断面为梯形。初期坝右侧坝肩排水沟断面为梯形。在初期坝下游坡脚处设置有坡脚横向排水沟，排水沟断面为梯形，素混凝土结构，壁厚 200mm。初期坝外坡采用干砌石找平护面。

根据本次勘察调查结果，初期坝未见裂缝、变形、位移等迹象，未见滑坡和坍塌现象，运行状况良好。

堆积坝为 53 级，堆积坝总高 117.6m，在堆积坝每隔 3 级堆积坝坝顶设置有坝顶横向排水沟。在堆积坝与两侧山坡结合处顺势修筑坝肩排水沟。积坝第 1 级~第 51 级子坝外坡进行覆土植草，覆土厚度 300mm。为保证坝体内渗水能安全有序排出坝体，堆积坝排渗方式采用水平排渗管网进行排渗。每组排渗管网外形为矩形，长度为 20m，宽度为 25m，每组排渗管网两边间距为 5m。每组排渗管网由横向 6 根长约 20m 的水平排渗管及 3 根长约 25m 的纵向排渗管组成，排渗管网两端向中部以 3% 的坡度倾斜。排渗管的穿坝部分不钻孔，库区尾砂内部分在 PVC 管的上部 1/3 侧面钻孔(孔径 10mm，间距 50mm，交错排列呈梅花状)，钻孔管段外表面包裹 200g/m² 土工布一层。根据现场观察，在 45、48 级堆积坝排渗管有少量清水流出。从现场调查可知，库区周边山体稳定。尾矿库及其附近地段未发现其它影响库区及坝体稳定的不良地质作用迹象。

(1)初期坝稳定性分析

从现场实际调查可见：

1) 初期坝为透水堆石坝，坝高 40.0m，坝顶高程 1160.0m，轴线处底高程 1120.0m，坝顶宽 6.0m，坝长 90.0m，外坡比均为 1:1.80。在初期坝下游坡面 1120.0m 高程、1130.0m 高程、1140.0m 高程及 1150.0m 高程处分别设置一条马道，马道顶宽 2.0m。根据企业提供有关资料，在初期坝内坡面设置有反滤层，底部设置有排渗褥垫。

勘察时无水渗出，说明初期坝处浸润线较低，坝底水平排渗管排渗能力较好。

2) 初期坝坝体无明显位移、沉降、塌陷等现象，坝面未出现纵、横向裂缝、变形及渗漏等现象。

综合上述因素，按《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）规定，该尾矿库排渗系统工作正常，初期坝稳定性较好。

(2)尾矿堆坝现状稳定性分析

现场查勘，尾矿坝坝体无纵、横向裂缝，坝体位移无突变现象，坝坡无滑坡现象。坝体无渗漏，坝肩排水沟及坝面排水沟断面无变形，沿线山体稳定，护砌无变形、破损、断裂和磨蚀，沟内无淤堵等现象。

据调查，尾矿库无坡面冲蚀，无管涌、流土等坝面渗流破坏情况，尾矿堆积坝处于稳定状态。

(3)浸润曲线分析

在本勘察中，为了测得库内坝体内地下水浸润线位置，对施工的主要勘探孔均进行了水位测量，从工程地质剖面图反映，坝体内的浸润线在垂直坝轴线方向上，自尾矿坝坡顶至坡底，浸润线近乎平行于坝底地形坡底线，中间主剖面（11-11'）线上浸润线，其水位相对于坡面埋深在 9.10 米~17.60 米之间，地下水位标高在 1160.20 米~1264.10 米之间，详见工程地质剖面图及钻孔柱状图。

该浸润线是在勘察期间测得的，观测时间较短，且稳定时间短，受天气、钻探工艺等因素所限，所测的浸润线受到一定的影响。

(4)渗透性分析

尾矿坝堆积体各工程质层的渗透性与尾矿的粒变及成份变化密切相关，该堆积体采用上游法堆积从勘察资料分析，堆积物的粒径及成份沉积虽有一定的韵律，但规律性不强。总体上为越靠近坝体，颗粒越粗，其渗透系数相对较大，渗透性较好；越靠近库区上游，颗粒越细，其渗透系数相对较小，渗透性较差。总之，该尾矿堆积体主要为尾砂组成，大部分为尾细砂及尾粉砂，粘粒含量较少，其岩性组成对堆坡稳定有利。为增加坝体的稳定性，在尾矿库运行中应控制干滩长度及安全超高，采用合理的放矿方式，并应增加相应的排渗设施，以降低浸润线的高度。

(5)堆积坝稳定性评价

稳定性计算采用瑞典圆弧法，利用理正软件进行计算。在充分考虑野外原位测试、室内常规试验、直剪试验等各种试验条件的基础上，参考其它尾矿库地层参数和有关规范综合确定计算剖面上各层岩土的天然重度 γ 、饱和重度 γ_{sat} 、粘聚力 c 和内摩擦角 φ 列于表 2.3.5。

稳定性计算参数

表 2.3.5

地层名称	天然重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	抗剪强度指标（天然）		抗剪强度指标（饱和）	
			粘 聚 力 (kPa)	内 摩 擦 角 (°)	粘 聚 力 (kPa)	内 摩 擦 角 (°)
尾细砂	18.2	19.2	7.1	32.1	6.0	30.0
尾粉砂	18.5	19.5	7.9	29.8	7.0	29.0
尾粉土	18.9	19.8	8.6	27.7	8.0	27.0

尾粉质粘土	19.0	20.2	9.9	17.2	9.0	27.0
含碎石粉质粘土	19.4	20.4	22.7	16.7	21.0	16.0
强风化白云质大理岩	19.7	20.6	3.0	30.0	0.0	29.0
中风化白云质大理岩	21.0	21.8	40.0	50.0	30.0	45.0

按照现行规范，根据 11-11' 剖面绘出堆积坝的边坡，仅对堆积区的堆积坝的现状稳定性评价，稳定性评价按《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）5.3.18 规定，采用瑞典圆弧法计算，计算工期采用稳定渗流期，规范采用碾压式土石坝设计规范(SL274-2020)；水面信息采用有效应力法，孔隙水压力采用近似方法计算，考虑渗透力作用，不考虑边坡外侧静水压力。经计算，边坡稳定系数 $K1=1.46$ ； $K2=1.35$ 。

由计算结果可以得到以下结论：

1) 尾矿堆积坝在现状运行条件下，尾矿坝坝坡抗滑稳定系数 $K_{mim}=1.46>1.25$ ，大于 2 等库正常运行条件下的坝坡抗滑稳定系数要求，坝体处于稳定状态。

2) 尾矿堆积坝在洪水运行条件下，尾矿坝坝坡抗滑稳定系数 $K_{mim}=1.35>1.15$ ，大于 2 等库洪水运行条件下的坝坡抗滑稳定系数要求，坝体处于稳定状态。

2) 勘察期间，堆积坝外坡未发现坍塌、滑坡迹象，运行工况正常。

综合以上稳定性分析可看出，坝体稳定性较好。

上述结果仅代表本次勘察期间的计算结论。

(6)坝基及库区稳定性评价

经现场调查及相关的资料分析，库区内裸露的岩石主要以白云质大理岩为主，库区内除在初期坝未发现断裂带通过，初期坝基处岩石裸露，岩石质地较坚硬，库区地表覆盖层较薄，地表植被茂盛；总之，坝基及库区范围内未发现影响其运行稳定的不良地质作用，目前库区及坝基处于稳定状态。

(7)尾矿堆放后可能产生的地质环境问题

选矿厂排出的尾矿为矿山主要污染物之一。由于疏干排水及废水废渣的排放，使水环境发生变异甚至恶化。地下水的污染一般局限于尾矿库附近，为废水及废渣、尾矿堆经淋滤下渗或被污染的地表水下渗所致。

产生的废石、废渣等松散物质极易促使矿山地区水土流失。地表植被破坏和大量堆放的尾矿，导致水土流失和土地荒漠化。因废气、粉尘及废渣（矸石、废石、尾矿）的排放引起大气和水体严重污染，产生各种环境问题。尾矿坝外坡及周围应实施绿化，终期服务期满，对库区干滩面复垦或植树。

当尾矿脱水后，粘结性很差，粉尘一遇风吹易造成粉尘飞扬，如无有效防尘措施，易造成附近环境的大气污染，对人类健康及动物、植物的生长造成危害。构成粉尘污染。为此，在尾矿堆积表层应用粘土覆盖，坡面植树种草进行坡面防护。

2.3.8 岩土工程评价

2.3.8.1 场地稳定性评价

(1)排洪主、支隧洞稳定性

根据工程地质测绘及探井揭露，库岸东侧岩石为白云质大理岩，该处岩石产状 $38^{\circ}/41^{\circ}$ ，主要为中风化～微风化岩石，岩体完整性较好，强度较高，岩石抗压强度 $>30\text{Mpa}$ ，为硬质岩石，岩体呈块状结构、中～厚层状构造，根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》（GB50086-2001）的围岩分级，该围岩等级为Ⅱ～Ⅲ级，根据当地经验，该围岩弹性抗力系数为 $1000\sim1500\text{Mpa/m}$ ，此种岩体适合隧洞开挖。排洪隧洞进水口处洞体自稳性较差，易冒落或片帮，应采用刚进混凝土砌衬；其余洞体自稳性较好，可采取素喷或不做处理，如出现节理裂隙发育段或者破碎带，围岩掉块的现象，应及时验槽，提出相应的治理措施。

(2)新增排水井沿线稳定性

设计排水井 9#、10#、11#排水井建在沟谷东侧山坡坡底，根据钻孔揭露，表层为含碎石粉质粘土，厚 $2.3\sim2.8\text{m}$ ，其下为强～中风化白云质大理岩，强度较高，稳定性较好，且山坡植被较好，岸坡稳定，适宜排水井建设。排水井的基础宜直接座在中风化岩层上，且基础进入中风化白云质大理岩不应小于 0.5m 。特大洪水时，顺坡滚下的岩块，对排水井架的安全构成一定的影响。

(3)新建拦洪坝坝基的稳定性

根据钻孔揭露，拦洪坝坝址处表层为含碎石粉质粘土，厚 1.1～3.9m，其下为为强～中风化白云质大理岩，强度较高，稳定性较好，适宜筑坝。施工时先剥离清除表层含碎石粉质粘土及强风化基岩，其下的中风化白云质大理岩强度较高，分布稳定，为较好基础持力层。鉴于坝体对地基要求较高，筑坝时，应适当向坝肩两侧及坝基下部扩充适当深度，镶嵌进一定的深度，坝体是稳定的。

(4)新建副坝坝基的稳定性

根据钻孔揭露，副坝坝址处表层为含碎石粉质粘土，厚 1.0～1.8m，其下为为强～中风化白云质大理岩，强度较高，稳定性较好，适宜筑坝。施工时先剥离清除表层含碎石粉质粘土及强风化基岩，其下的中风化白云质大理岩强度较高，分布稳定，为较好基础持力层。鉴于坝体对地基要求较高，筑坝时，应适当向坝肩两侧及坝基下部扩充适当深度，镶嵌进一定的深度，坝体是稳定的。

2.3.8.2 地基土、石承载力确定

根据野外地层挖掘难易程度及标准贯入试验，各层所含包含物情况，岩石风化程度及室内岩、土物理力学试验，综合确定各地基土、石承载力特征值和变形参数见表 9.2.1。

各层地基承载力特征值、压缩（变形）模量表

表 9.2.1

层名称及编号	承载力特征值 f_{ak} (kPa)	压缩（变形）模量 E_s (E_0) (MPa)
①尾细砂	70	5.6
②尾粉砂	65	5.9
③尾粉土	60	6.1

④尾粉质粘土	70	6.4
⑤含碎石粉质粘土	110	6.4
⑥强风化白云质大理岩	1000	(30.0)
⑦中风化白云质大理岩	2000	(60.0)

注：括号内数值为变形模量

2.3.9 尾矿坝加高可能性分析

经过对堆积坝现状的稳定性分析，其渗流较好，安全稳定系数较大，能满足规范要求。分析原因主要为尾矿以尾砂为主，排渗性较好。从现堆场库区未堆积所剩余的库区面积看，其改扩建库容余地较大。另外，从勘察的现场钻探及原位标贯试验情况分析，该坝堆积的尾矿砂（土）密实度较差，结合室内试验资料，该尾矿砂（土）物理力学性质较差，多为欠固结土。若在此基础继续堆尾矿，应采取一定的安全措施和改变生产工艺措施。为降低浸润线，建议在加强排渗设施。

2.3.10 结论及建议

(1)该尾矿库为山谷型尾矿库，初期坝为透水堆石坝，坝高40.0m，坝顶高程1160.0m，轴线处底高程1120.0m，坝顶宽6.0m，坝长90.0m，外坡比均为1:1.80。在初期坝下游坡面1120.0m高程、1130.0m高程、1140.0m高程及1150.0m高程处分别设置一条马道，马道顶宽2.0m。在初期坝内坡面设置有反滤层，在初期坝底部设置有排渗褥垫。

(2)据本勘察资料，该尾矿库以尾砂堆料为主，因为上游法式堆

积，沉积韵律较零乱，规律性不强，但也能大概反映，上部与浅部的颗粒较粗，多尾细砂，下部与深部的颗粒较细，粘粒含量增高，以垂直坝轴线的堆体中心线部位的尾矿由上至下的变化规律为由粗变细，而横向上的颗粒分布为中间粗，两侧细。

(3)据现场钻探及原位标贯试验，上部与浅部的较松散，越往下越密实，普遍在距坡面下部的土体含水量明显增大。

(4)尾矿堆场地层分布及各层土的埋藏条件详见 3.3 及附图《工程地质剖面图》。

(5)各层尾矿土物理力学性质指标详见第 4 章各条。

(6)勘察期间，坝体内的浸润线在垂直坝轴线方向上，自尾矿坝坡顶至坡底，浸润线近乎平行于坝底地形坡底线，其水位埋深相对于坡面埋深为地下水位在 9.10m~17.60m 之间，地下水位标高在 1160.20m~1264.10m 之间，尾矿以尾砂为主，排渗性较好，故尾矿库堆积坝外坡面没有发现渗出点，对坝体稳定有利。

(7)根据区域水质分析资料判定：场地地下水对混凝土结构微腐蚀性；对钢筋混凝土结构中的钢筋具微腐蚀性；对钢结构具微腐蚀性。

(8)本地区设计基本地震加速度 0.05g，地震动反应谱特征周期为 0.45s，相应的地震抗震设防烈度为 6 度。场地可不考虑液化及震陷影响。

(9)该尾矿坝设置有一定的排渗设施，目前尾矿坝的浸润线埋深相对较深，这种现象对尾矿坝的稳定是比较有利的，在尾矿库运行

中应控制干滩长度及安全超高，采用合理的放矿方式，并应增加相应的排渗设施(如辐射井)，以降低浸润线的高度。

(10)现场勘察初期坝体无松动，塌陷，架空现象，目前状态下初期坝体是稳定的。

(11)对于尾矿坝采用瑞典圆弧滑动面法进行了现状条件下的正常运行状态下和洪水运行条件下的稳定性计算，计算结果显示尾矿坝在现状条件下正常运行和洪水运行时均满足坝坡稳定的最小安全系数要求，尾矿坝在现状条件下是稳定的。

(12) 根据工程地质测绘及探井揭露，库岸东侧岩石为白云质大理岩，该处岩石产状 $38^{\circ}/41^{\circ}$ ，主要为中风化～微风化岩石，岩体完整性较好，强度较高，岩石抗压强度 $>30\text{Mpa}$ ，为硬质岩石，岩体呈块状结构、中～厚层状构造，根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB50086-2001)的围岩分级，该围岩等级为Ⅱ～Ⅲ级，根据地经验，该围岩弹性抗力系数为 $1000\sim1500\text{Mpa/m}$ ，此种岩体适合隧洞开挖。排洪隧洞进水口处洞体自稳性较差，易冒落或片帮，应采用刚进混凝土砌衬；其余洞体自稳性较好，可采取素喷或不做处理，如出现节理裂隙发育段或者破碎带，围岩掉块的现象，应及时验槽，提出相应的治理措施。

(13)排水井的基础宜直接座在中风化岩层上，且基础进入中风化白云质大理岩不应小于 0.5m 。

(14)根据钻孔揭露，拦洪坝坝址处表层为含碎石粉质粘土，厚 $1.1\sim3.9\text{m}$ ，其下为强～中风化白云质大理岩，强度较高，稳定性

较好，适宜筑坝。施工时先剥离清除表层含碎石粉质粘土及强风化基岩，其下的中风化白云质大理岩强度较高，分布稳定，为较好基础持力层。

(15)根据钻孔揭露，副坝坝址处表层为含碎石粉质粘土，厚 1.0～1.8m，其下为强～中风化白云质大理岩，强度较高，稳定性较好，适宜筑坝。施工时先剥离清除表层含碎石粉质粘土及强风化基岩，其下的中风化白云质大理岩强度较高，分布稳定，为较好基础持力层。

(16)建议有关方对尾矿坝加强监测和管理，并制定相关的危险事故处理应急预案。特别是在雨季，应实时监测水位变化及坝体变形情况，加强对初期坝及堆坝体坡面的保工作，制定洪水易发季节和地震条件下应急预案。

2.4 尾矿库原设计情况

2013 年 7 月，企业委托河南省冶金规划设计研究院有限责任公司编制完成了《栾川大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容工程初步设计安全专篇》，并于 2013 年 9 月 16 日取得设计批复（备案号：豫安监管一设[2013]C05 号）。现将该尾矿库《初步设计安全专篇》内容摘录如下：

2.4.1 选矿资料

选矿工艺流程为破碎—磨矿—浮选，最终产品为钼精矿，尾矿

通过输送系统运至尾矿库澄清、堆存。

选厂生产规模：3000t/d；

工作制度：300 天/年，3 班/天，8 小时/班；

磨矿细度：-200 目 60%；

尾矿真比重：2.7t/m³；

入选品位：0.08%；

尾矿产率：99.5%；

尾矿堆积干容重：1.5t/m³；

尾矿排放浓度：25%；

处理矿量：90×10⁴t/a；

年排尾量：89.55×10⁴t/a，59.70×10⁴m³/a。

固废类别：第 I 类一般工业固体废物。

2.4.2 库容、等别及建设标准

(1)库容计算

根据企业提供的 1：1000 库区地形图，计算库容如下表：

表 2-4-1 容计算结果表

标高(m)	面积 (m ²)	等高线间 容积(m ³)	总库容累 计(m ³)	有效库容 (m ³)	累计有效 库容(m ³)	库容利用 系数
1120	0	0	0	0	0	0
1130	5381	32286	32286	16143	16143	0.5
1140	12539	89600	121886	53760	69903	0.6
1150	21490	170145	292031	119101.5	189004.5	0.7
1160	33113	273015	565046	191110.5	380115	0.7
1170	47653	403830	968876	282681	662796	0.7

标高(m)	面积(m ²)	等高线间容积(m ³)	总库容累计(m ³)	有效库容(m ³)	累计有效库容(m ³)	库容利用系数
1180	58576	531145	1500021	371801.5	1034597.5	0.7
1190	69168	638720	2138741	447104	1481701.5	0.7
1200	73711	714395	2853136	500076.5	1981778	0.7
1202.77	75841	207129.5	3060265.5	144990.65	2126768.7	0.7
1210	88904	595553.18	3655818.7	416887.23	2543655.9	0.7
1220	100150	945270	4601088.7	661689	3205344.9	0.7
1230	111802	1059760	5660848.7	741832	3947176.9	0.7
1240	112526	1121640	6782488.7	785148	4732324.9	0.7
1250	118098	1153120	7935608.7	807184	5539508.9	0.7
1260	129356	1237270	9172878.7	866089	6405597.9	0.7
1270	136089	1327225	10500104	929057.5	7334655.4	0.7
1280	148262	1421755	11921859	995228.5	8329883.9	0.7
1286	146643	884715	12806574	619300.5	8949184.4	0.7

设计堆积坝顶为 1286m，总坝高 166m，总库容 $1280.66 \times 10^4 \text{m}^3$ ，有效库容 $894.92 \times 10^4 \text{m}^3$ （剩余有效库容 $682.24 \times 10^4 \text{m}^3$ ），可增加选厂服务 11.43 年。

(2)等别划分及建设标准

根据库容计算结果，当终期坝坝顶标高为+1286.0m 时，几何库容 $1280.66 \times 10^4 \text{m}^3$ ，总坝高 166m。根据尾矿库等别划分标准，按全库容划分该库等别为三等库，按坝高划分该库等别为二等库，故判定该尾矿库最终等别为二等库。

(3)建设标准

尾矿库等别判定为二等库，设计防洪标准按 1000 年一遇进行校核，主要构筑物为 2 级，次要构筑物为 3 级，临时构筑物为 4 级，

坝坡抗滑稳定最小安全系数：正常运行 1.25，洪水运行 1.15，特殊运行 1.05。

2.4.3 尾矿坝安全设施设计简述

1、初期坝

扩容设计拟采用原来已建有的初期坝，原初期坝设计为透水堆石坝，初期坝高 40m，坝顶标高为+1160m，坝顶宽 6m，上下游坡比均为 1:1.8，坝顶长 90m，初期坝外坡设排水棱体高 10m，内外坡比为 1:1.8。

2、后期堆积坝设计

(1)堆筑方式

尾矿输送主管沿子坝轴线铺设，矿浆支管垂直于主管铺设，横向间隔为 10m，随堆积坝增长放矿口间距亦将增至 15m，放矿口个数也将增加，支管向库内沿坝坡铺设。在最初期放矿时，为避免矿浆冲刷土工布反滤层，需把放矿支管(铠装胶管)延伸至坝内坡脚处，采用沿坝轴线多支管交替分散放矿作业。放满后再堆筑下一级子坝。

(2)堆积坝结构

堆积坝筑坝前应清除两侧山坡上部树木、草皮、树根等，清除杂物不得就地堆积，应运到库外适当地点。清理后应作隐蔽工程记录，经主管技术人员检查合格后方可进行筑坝。设计尾砂堆积坝每级子坝顶宽 2m，高度 2m，上游坡比 1：1，下游坡比 1：4，分层夯实。共筑 41 级堆积坝，最终形成堆积坝坝顶宽 10m，高 2m，为了

确保堆积坝垂直于自然沟谷，堆积坝扩容部分下游平均坡比为 1: 5。

(3)堆积坝排渗及护坡设计

设计排渗从原设计堆积坝顶+1210m 以上开始每 6m 垂高的堆积子坝顶设置排渗管网一排，一排排渗管网由若干组水平排渗管网组成。每组排渗管网外形为矩形，长度为 20m，宽度为 25m，每组排渗管网两边间距为 5m。每组排渗管网由横向 6 根长约 20m 的水平排渗管及 3 根长约 25m 的纵向排渗管组成，排渗管网两端向中部以 3%的坡度倾斜。排渗管网的连接采用弯头、三通管或四通管连接。

每组排渗管网根据干滩情况向库内延伸 50~60m，每组排渗管网渗水由一根纵向排渗管以 2%坡度坡向堆积坝横向排水沟。

排渗管采用高强度 $\Phi 110\text{mm}$ 的 PVC 管，排渗管水平间距为 6m，单根长 60m 左右，铺设坡度 2%；排渗管的穿坝部分不钻孔，库区尾砂内部分在 PVC 管的上部 1/3 侧面钻孔(孔径 10mm，间距 50mm，交错排列呈梅花状)，钻孔管段外表面包裹 200g/m² 土工布一层。纵向排渗管及排渗管网采用 $\Phi 20\text{mm}$ 的木支架支撑。

马道排水沟与坝肩截洪沟相连，构成了完整的坝坡面排水系统，均为浆砌石结构。

为防止坝坡面雨水冲刷和扬沙，下游坡面采取覆土、植草措施，厚度不低于 300mm。

(4)堆积坝坝面排水设施设计

两坝肩设坝肩截洪沟，坝肩截洪沟均为浆砌石结构，左侧坝肩截洪沟规格为 0.9(宽)×0.6m(高)，右侧坝肩截洪沟规格为 0.9(宽)×

0.6m(高)。堆积坝每升高 6.0m 设置一坝顶横向排水沟，排水沟断面为矩形，断面尺寸为 0.4m(宽)×0.3m(高)，素混凝土结构，壁厚 200mm。

3、堆积坝上升速率

尾矿库堆积坝上升速度根据尾矿产率和库容进行决定，尾矿库堆积坝上升速度见下表：

表 3-1-2 尾矿库堆积坝上升速度

时间	第 1 年	第 2 年	第 3 年	第 4 年	第 5 年	第 6 年
上升标高(m)	1212.72	1221.55	1229.60	1237.22	1244.69	1252.95
时间	第 7 年	第 8 年	第 9 年	第 10 年	第 11 年	第 11.43 年
上升标高(m)	1258.84	1265.34	1271.65	1277.64	1283.51	1286.00

4、库后拦渣坝设计

在库后设置拦污坝，拦污坝为浆砌石结构，坝高 6m，坝顶宽 1.5m，内外坡比 1:0.3，拦污坝坝顶设置拦污栅栏，拦污栅栏为 12kg 轻轨结构，拦污栅栏嵌入拦污坝顶深 0.5m，上部高 2.0m，纵横间距各 1m。

4、原拦洪坝进水口封堵及库区排渗盲沟设计

(1)拦洪坝进水口封堵

待堆积坝的库内水位达到标高 1226m 时，在原拦洪坝后部排水隧洞进水口内采用 C25 钢筋混凝土封堵，封堵长度为 5m，隧洞规格为扩帮后洞壁扩大 0.5m，横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm，间距 50mm)，钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布

一层，并将上游管口堵死，排渗管坡度和支隧洞坡度相同。

(2)库区排渗盲沟

在原拦洪坝进水口处沟底设第一条横向浆砌石排渗盲沟，上宽 3m、底宽 2m、深 1m、长度 25m，排渗盲沟坡向原隧洞进水口，排渗盲沟为浆砌石结构，盲沟内敷设高强度 PVC 排渗管，直径为 200mm，排渗管上部 1/3 部分钻孔（孔径 10mm，间距 50mm），钻孔管段外表面包裹 400g/m² 透水土工布一层。横向排渗盲沟内自下而上依次充填为：400mm 厚碎石（ $d=30\sim50\text{mm}$ ）、300mm 厚砾石（ $d=3\sim5\text{mm}$ ）、300mm 厚粗砂（ $d=1\sim3\text{mm}$ ）、400g/m² 透水土工布。

横向浆砌石排渗盲沟上游沿沟底布设纵向干砌石主排渗盲沟，横向排渗盲沟沿主排渗盲沟向上游再布置 6 条，间距约为 50m。该 6 条横向排渗盲沟断面尺寸及结构同第一条横向浆砌石排渗盲沟，不同的是该 6 条横向排渗盲沟底部不再设置 PVC 排渗管。

主排渗盲沟与横向排渗盲沟规格相同，主排渗盲沟内自下而上依次充填为：400mm 厚碎石（ $d=30\sim50\text{mm}$ ）、300mm 厚砾石（ $d=3\sim5\text{mm}$ ）、300mm 厚粗砂（ $d=1\sim3\text{mm}$ ）、400g/m² 透水土工布。

2.4.4 防洪排水系统设计

(1)库区排水系统设计

库区排水及排洪设施利用原排水隧洞进行扩帮，并增加新建排水设施，增加排水设施为框架式排水井—排水支隧洞—排水主隧洞，

设计排水隧洞采用光面爆破，原排水主隧洞布置在左侧山体内，排水主隧洞为直墙拱型，扩帮后其规格为（宽×高）2.6×2.8m，坡度为5%；新设排水主隧洞接原排水主隧洞向库后延伸，排水主隧洞规格为（宽×高）2.6×2.8m，排水主隧洞洞底坡度为5%。在沟底布设框架式排水井，框架式排水井与主隧洞之间为支隧洞，其规格分别为：5#支隧洞 1.8(宽)×2.0(高)，支隧洞坡度为 101.5%，45.5°，（已建成）；6#~8#排水支隧洞断面规格为 1.6(宽)×1.8(高)，坡度为5%；框架式排水井与排水支隧洞之间为直径 2.0m 竖井：6#竖井高 58.35m，7#竖井高 71.14m，8#竖井高 86.11m。框架式排水井采用钢筋混凝土结构，5#~8#框架式排水井直径为：Φ=3000mm，高度分别为 21m、21m、21m、20m（排水井高度不含井座）。

现有排水隧洞坡度为5%，依此坡度向上延伸（根据业主意见，主隧洞坡度考虑施工方便及部分已经建成的实际，坡度不宜过大），由于隧洞出口在初期坝坡脚处右岸，向库尾延伸后，导致新建排水井与主隧洞高差相对较大，因此，设计考虑 5#排水支隧洞采用斜井的方式，6#~8#排水支隧洞采用斜井方式。

5#框架式排水井高 21m(1205~1226m)，6#井高 21m(1225~1246m)，7#框架式排水井高 21m(1245~1266m)，8#井高 20m(1265~1285m)，框架式排水井设计高度中不含井座高度，各排水井进水口重叠高度为 1m。

在 5#支隧洞下部设置下挖式二级消力坎，间距 5m，坎高 0.5m；在 6#~8#竖井底部设消力坑，坑深 4m。

排水隧洞在施工过程中遇到断层、构造带等和隧洞进出口 5m 采用钢筋混凝土进行支护，隧洞支护断面一般不允许欠挖，个别欠挖处欠挖值不超过衬砌厚度的 1/4，并不得大于 10cm，允许超挖值：拱部 20cm，边墙 15cm，底板 10~20cm；如果超挖，隧洞支护后应对超挖部分进行充填。竖井与框架式排水井连接处采用钢筋混凝土进行连接。框架式排水井基础建在基岩上，随着尾矿的不断堆存，用提前预制好的档板逐块抬高水位，档板用 1：2 水泥砂浆与框架井柱砌牢。

排水隧洞支护采用钢筋混凝土进行支护，支护厚度为 250mm。排水设施施工前，可利用原拦洪坝和排水隧洞进行导流。

(2)排水井封堵

当 5#、6#、7#框架式排水井使用结束后，在 5#、6#、7#支隧洞内采用 C25 钢筋混凝土封堵，封堵长度为 5m，隧洞规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大 0.5m，横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm，间距 50mm)，钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层，并将上游管口堵死，排渗管坡度和支隧洞坡度相同（详见图纸）；框架式排水井内的渗水通过排渗管排出，封堵后的框架式排水井变为排渗井。

(3)原拦洪坝坝前进水口封堵

待堆积坝的库内水位达到标高 1225m 时，在原拦洪坝后部排水隧洞进水口内采用 C25 钢筋混凝土封堵，封堵长度为 5000mm，隧

洞规格为扩帮后洞壁扩大 0.5m，横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm，间距 50mm)，钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层，并将上游管口堵死，排渗管坡度和支隧洞坡度相同。

(4)排水井设计变更

根据现场实际情况及企业申请，排水井下部连接竖井不方便施工，设计单位于 2014 年 6 月 10 日出具设计变更，将 6#~8#排水井底部排水支隧洞由原来竖井连接改为斜井+平硐的连接方式。

变更后内容：6#排水井进水口高程为 1225m，支隧洞水平距离为 28.15m，坡度为 201%。7#排水井进口高程 1245m，支隧洞水平距离为 70.86m，坡度为 101%，8#排水井进水口高程为 1265m，支隧洞水平距离为 60.27，坡度为 107%。

2.4.5 观测设施设计

(1)观测基点设置

在目前堆积坝坝体两侧出露岩坡上设置观测基点。即在岩石出露较为平整(或埋设水泥桩)且能观测到初期坝和后期堆积坝地段，凿小十字作为观测基点。后期可在库区后段设置基点，各基点间要进行联测。

(2)坝体位移观测点设置

在扩容后期堆积坝体外侧(+1210m 高程以上)每隔垂高 12m 设置位移观测点，埋设提前预制的混凝土桩，作为位移观测的标点。用

经纬仪和水准仪或全站仪观测坝体的垂直（沉降）和水平位移。

(3)库区水位观测

在库内各排水井面向下游的立柱上设置水位标尺，对库内水位进行观测并详细记录，尤其是汛期要严格控制洪水的高程，发现异常情况及时采取有效措施处理，消除隐患。

(4)浸润线观测设施

在后期堆积体外坡(+1210m 以上)每隔垂高 12m 设置 3 个浸润线观测孔，观测孔在堆积坝体上施工，深度为 10m。

(5)排水构筑物变形观测

要经常对排水构筑物变形进行检查，对露筋或裂缝以及地基沉降及时发现及时处理。

2.4.6 辅助设施设计

(1)警示防护设施设置

鉴于尾矿库的危险性，企业必须在尾矿库周边设置警示标志，设置防护围栏，严禁人畜进入，以防发生事故。

设计的人工检测设施可满足二等库生产和管理需要。

(2)通讯设施设置

为了便于生产管理，在尾矿库区设立的专门值班室及泵房内各安装有线电话一部，同时给尾矿库操作、管理人员配备移动电话，并确保畅通，以便及时与选厂联系。

设计的通讯设施可满足二等库生产和管理需要。

(3)照明设施设置

设置专线用于坝上照明，并保证足够的照明度。坝上配用两盏投光灯和马路灯相结合，投光灯照射范围为 50m 左右。投光灯位置设在坝体一侧坝肩的山坡上，一盏照射坝上及库内，另一盏照射坝外坡及下游。给尾矿库操作人员配备矿灯，以便夜间生产作业。

设计的照明设施能够满足二等库生产和管理需要。

(4)上坝道路设置

该尾矿库左侧山坡简易道路要经常维修，保证道路宽 4m，以满足人员、运送物资车辆等上坝需要。

(5)值班室设置

尾矿库区设立专门值班房，以便管理人员和尾矿工值班、通讯、放置工具及其物资储备。内设办公值班室 1 间，备品备件材料库房 2 间，建筑面积 36m²。

2.5 尾矿库运行现状简介

2.5.1 库容、等别及建设标准

1、库容

设计初期坝坝顶标高 1160m，坝底标高 1120m，初期坝坝高 40m，设计堆积坝顶为 1286m，堆积坝坝高 126m，尾矿库总坝高 166m，总库容 $1280.66 \times 10^4 \text{m}^3$ ，有效库容 $894.92 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

根据企业提供现状实测地形图，初期坝坝顶标高为 1160.0m，坝底标高 1120m，初期坝坝高 40.0m，现状堆积坝坝顶标高 1277.6m，

堆积坝坝前尾砂滩顶高程为 1277.6m，根据企业提供该尾矿库坝高~库容曲线图可知，该尾矿库已堆存全库容为 $1120.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ，剩余全库容为 $160.46 \times 10^4 \text{m}^3$ ，剩余有效库容为 $112.32 \times 10^4 \text{m}^3$ ，年排尾量 $59.70 \times 10^4 \text{m}^3$ ，还可满足企业 1.88 年的排尾需要。

2、等别

根据库容计算结果，当终期坝坝顶标高时，几何库容 $1280.66 \times 10^4 \text{m}^3$ ，总坝高 166m。根据尾矿库等别划分标准，按全库容划分该库等别为三等库，按坝高划分该库等别为二等库。判定该尾矿库最终等别为二等库。

竹园沟尾矿库现状初期坝坝高 40m，堆积坝坝高 117.6m，尾矿坝总坝高 157.6m，根据企业提供该尾矿库坝高~库容曲线图可知，该尾矿库已堆存全库容为 $1120.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ，已堆存有效库容为 $784.14 \times 10^4 \text{m}^3$ ，根据尾矿库安全规程尾矿库等别划分标准，按库容划分该库等别为三等库，按现状坝高划分该库等别为二等库，判定该尾矿库现状等别为二等库。

3、建设标准

尾矿库现状等别判定为二等库，设计最终等别为二等库，防洪标准按 1000 年一遇进行校核，主要构筑物为 2 级，次要构筑物为 3 级，临时构筑物为 4 级，坝坡抗滑稳定最小安全系数：正常运行 1.25，洪水运行 1.15，特殊运行 1.05。

2.5.2 尾矿坝现状

2.5.2.1 初期坝现状

(1) 坝体结构

现场勘察及查阅有关资料，初期坝为透水堆石坝，坝高 40.0m，坝顶高程 1160.0m，轴线处底高程 1120.0m，坝顶宽 6.0m，坝长 90.0m，单级外坡比均为 1:1.80，初期坝下游综合外坡比为 1:2.0。在初期坝下游坡面 1120.0m 高程、1130.0m 高程、1140.0m 高程及 1150.0m 高程处分别设置一条马道，马道顶宽 2.0m。根据企业提供有关资料，在初期坝内坡面设置有反滤层，在初期坝底部设置有排渗褥垫。

(2) 护坡及坝面排水设施

现场查勘，在初期坝坝顶设置有坝顶横向排水沟，排水沟断面为矩形，断面尺寸为： $b \times h = 0.4\text{m} \times 0.3\text{m}$ ，素混凝土结构，壁厚 200mm。在初期坝两侧坝肩与山体结合处设置有坝肩排水沟，其中左侧坝肩排水沟断面为梯形，断面尺寸为： $b \times h = (0.6 \sim 0.9)\text{m} \times 0.8\text{m}$ ，浆砌石结构，壁厚 500mm。初期坝右侧坝肩排水沟断面为梯形，断面尺寸为： $b \times h = (0.8 \sim 1.3)\text{m} \times 1.2\text{m}$ ，浆砌石结构，壁厚 500mm。在初期坝下游坡脚处设置有坡脚横向排水沟，排水沟断面为梯形，断面尺寸为： $b \times h = (0.5 \sim 2.5)\text{m} \times 1.0\text{m}$ ，素混凝土结构，壁厚 200mm。

初期坝外坡采用干砌石找平护面。

现场勘察，初期坝坝体稳定，初期坝坝体无变形、裂缝及明显位移等现象发生；初期坝坝体无隆起、塌陷现象，坝底、坝两肩与

山体结合处无集中渗流现象；左右坝肩截水沟无破损、断裂和磨蚀、沟内无淤堵、护砌无变形。

2.5.2.2 尾矿堆积坝现状

(1)坝体结构

根据企业提供该尾矿库近期现状实测地形图及现场测量，堆积坝共修筑 53 级，根据现状实测图将各级子坝数据列表如下：

表 3-2-1 各级子坝主要数据表

级数	坝顶高程(m)	单级子坝高度(m)	顶宽(m)	子坝外坡比	筑坝方式	坝顶横向排水沟 b×h	备注
1	1162.2	2.2	2.1	1:3.1	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
2	1164.2	2.0	2.2	1:2.73	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
3	1166.2	2.0	2.2	1:3.0	粗尾砂筑坝、已覆土植草	0.40m×0.30m	设排渗管
4	1168.3	2.1	2.3	1:2.8	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
5	1170.3	2.0	2.7	1:3.4	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
6	1172.8	2.5	2.1	1:2.7	粗尾砂筑坝、已覆土植草	0.40m×0.30m	设排渗管
7	1174.8	2.0	2.1	1:3.4	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
8	1177.8	3.0	1.6	1:2.6	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
9	1180.3	2.5	3.3	1:2.9	粗尾砂筑坝、已覆土植草	0.40m×0.30m	设排渗管
10	1182.5	2.2	1.6	1:3.3	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
11	1185.0	2.5	2.3	1:2.84	粗尾砂筑坝、已覆土植草		
12	1187.3	2.3	3.5	1:3.1	粗尾砂筑坝、已覆土植草	0.40m×0.30m	设排渗管
13	1189.5	2.2	2.0	1:3.1	粗尾砂筑坝、已覆土植草		

14	1192.2	2.7	1.6	1:3.1	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
15	1194.9	2.7	7.9	1:3	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
16	1197.1	2.2	1.9	1:3.4	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
17	1199.7	2.6	2.0	1:3	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
18	1202.0	2.3	3.6	1:3.2	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
19	1204.5	2.5	2.6	1:3.24	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
20	1206.9	2.4	2.3	1:3.2	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
21	1209.8	2.9	3.6	1:2.8	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
22	1212.5	2.7	2.7	1:2.9	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
23	1215.2	2.7	2.0	1:2.9	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
24	1217.6	2.4	4.3	1:2.8	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
25	1219.5	1.9	2.5	1:3.26	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
26	1222.1	2.6	3.2	1:3.3	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
27	1224.8	2.7	4.0	1:3.4	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
28	1227.1	2.3	3.0	1:2.8	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
29	1229.5	2.4	2.8	1:2.9	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
30	1231.3	1.8	2.8	1:3.6	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
31	1232.9	1.6	2.7	1:4.7	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
32	1235.1	2.2	2.7	1:3.4	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
33	1237.4	2.3	4.2	1:3.1	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
34	1239.2	1.8	2.1	1:4.5	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
35	1241.5	2.3	3.3	1:3.3	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
36	1243.8	2.3	3.5	1:3.5	粗尾砂筑坝、已覆	0.40m×0	设排渗管

					土植草	.30m	
37	1246.0	2.2	3.1	1:3.3	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
38	1248.5	2.5	2.3	1:3.0	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
39	1251.1	2.6	3.8	1:3.0	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
40	1253.1	2.0	2.8	1:3.6	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
41	1254.9	1.8	2.1	1:3.9	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
42	1256.8	1.9	4.1	1:3.9	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
43	1258.8	2.0	2.1	1:3.8	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
44	1261.1	2.3	2.2	1:3.7	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
45	1263.7	2.6	3.6	1:3.8	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
46	1265.2	1.5	2.3	1:5.2	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
47	1267.0	1.8	2.6	1:4.3	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
48	1268.8	1.8	3.7	1:4.1	粗尾砂筑坝、已覆 土植草粗尾砂筑 坝、已覆土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
49	1271.1	2.3	2.0	1:3.8	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
50	1272.9	1.8	2.6	1:4.1	粗尾砂筑坝、已覆 土植草		
51	1274.8	1.9	3.5	1:4	粗尾砂筑坝、已覆 土植草	0.40m×0 .30m	设排渗管
52	1276.6	1.8	2	1:4.	粗尾砂筑坝、未覆 土植草		
53	1277.6	1	3	1:4	粗尾砂筑坝、未覆 土植草		
堆积坝总坝高			117.6m		堆积坝扩容后平 均外坡坡比	1:5.0	

(2)放矿设施及尾矿堆存方式

后期尾矿堆筑方式采用上游冲积法进行筑坝。

该尾矿库设置 2 根尾矿输送管道将尾矿从公司选矿厂经加压泵

站输送至尾矿库堆积坝坝前。每根矿浆输送管道在端头处设置 3 根一级放矿支管，每根一级放矿支管端头处分设 3 根二级放矿支管，共设置 18 根 2 级放矿支管在堆积坝坝前进行均匀放矿，两根放矿支管轮流交替进行放矿。

尾矿输送主管道管径为 219mm，管道材质为高分子聚乙烯管；一级放矿支管管径为 159mm，管道材质采用高分子聚乙烯管。二级放矿支管采用直径为 80mm 的黑色钢丝管。

(3)护坡及排水沟

现场查勘，为保证堆积坝外坡面汇水能有序排出坝体，企业按设计要求分别在堆积坝第 3 级、第 6 级、第 9 级、第 12 级、第 15 级、第 18 级、第 21 级、第 24 级、第 27 级、第 30 级、第 33 级、第 36 级、第 39 级、第 42 级、第 45 级、第 48 级、第 51 级子坝坝顶设置有坝顶横向排水沟，排水沟断面为矩形，断面尺寸为： $b \times h = 0.4\text{m} \times 0.3\text{m}$ ，素混凝土结构，壁厚 200mm。堆积坝子坝坝顶横向排水沟与两侧坝肩排水沟相连接，子坝坝顶横向排水沟沟底高出坝肩排水沟沟底 20cm。

为保证两侧岸坡汇水不冲刷坝体，在堆积坝与两侧山坡结合处顺势修筑坝肩排水沟。其中堆积坝左侧坝肩排水沟断面为矩形，断面尺寸为 $b \times h = 0.60\text{m} \times 0.90\text{m}$ ，素混凝土结构，壁厚 300mm。堆积坝右侧坝肩排水沟断面为矩形，断面尺寸为： $b \times h = 0.80\text{m} \times 1.00\text{m}$ ，钢筋混凝土结构，壁厚 500mm。

现场查勘，为防止扬尘污染及雨水冲刷堆积坝外坡面形成冲沟，

企业已对堆积坝第 1 级~第 51 级子坝外坡进行覆土植草，覆土厚度 300mm。

(4)库区滩面

根据企业提供2024年2月企业提供该尾矿库现状实测地形图，目前尾矿库堆积坝共修筑53级，堆积坝坝顶高程1277.6m，坝前滩顶高程1277.6m，干滩长度387m，干滩坡度1.0%，尾矿库库内水位1274m。

2.5.2.3 库后拦污坝

现场查勘，企业在库尾设置一拦污坝，拦污坝为一浆砌石坝，现场测量及查阅尾矿库竣工资料，该拦污坝坝高为6.0m，坝顶宽1.5m，内外坡比1:0.3，拦污坝坝顶设有拦污栅栏，拦污栅栏采用轻轨结构，拦污栅栏嵌入拦污坝顶深0.5m，上部高2.0m，纵横间距各1m。

2.5.3 防洪系统现状

(1)库内排水系统

现场查勘，尾矿库库内排水设施采用排水井+排水支隧洞+排水主隧洞进行排水。

目前库内1#排水井、2#排水井、3#排水井、4#排水井、5#排水井、6#排水井、7#排水井均已经淹没。库内排水主要依靠8#排水井进行排水。

8#排水井采用6柱框架式，结构型式为钢筋混凝土结构。排水井基座内径3.0m，外径为4.2m，井筒高20.0m。排水井进水口标高为

1265m，井顶标高为1285m。排水井层高3.0m，圈梁厚度0.6m。排水井底部设置有消力坑。

8#排水井底部接8#排水支隧洞，8#排水支隧洞断面为圆拱直墙型，面尺寸为 $b \times h = 1.6\text{m} \times 1.8\text{m}$ ，支隧洞水平距离为61.5m，坡度为107%，尾部与排水主隧洞相连接。

排水主隧洞：排水主隧洞断面为圆拱直墙型，断面尺寸为 $b \times h = 2.8\text{m} \times 3.0\text{m}$ ，隧洞坡度为5%。

2.5.4 安全监测设施现状

2.5.4.1 人工监测设施

1、位移观测设施

(1)人工位移观测设施

现场查勘，在初期坝坝顶、堆积坝第19级子坝、第26级子坝和第30级子坝、第39级子坝、第45级子坝、第49级子坝坝顶分别设置一组位移观测设施，每组位移观测设施包含3个位移观测标点和2个位移观测基点。位移观测标点采用混凝土桩。查阅企业有关资料，企业每周观测一次，有详细位移观测记录，每次观测配备2名专业技术人员，一名观测人员，一名记录人员。

根据企业提供坝体位移监测记录和尾矿库安全检查工作记录，监测记录完整齐全，监测时间间隔符合设计规定，坝体位移监测设施运行正常。

(2)浸润线观测设施

现场查勘，在堆积坝第11级子坝、第16级子坝、第24级子坝、第34级子坝和第38级子坝、第43级子坝、第47级子坝、第49级子坝坝顶分别设置3根浸润线观测管，浸润线观测管采用钢管材质，浸润线观测管孔深16~18m，查阅企业有关资料，企业每周观测一次，有详细浸润线观测记录，每次观测配备2名专业技术人员，一名观测人员，一名记录人员。

根据企业提供坝体浸润线监测记录和尾矿库安全检查工作记录，监测记录完整齐全，监测时间间隔符合设计规定，浸润线监测设施运行正常。

(3)水位观测标尺

现场查勘，在8#排水井井壁设置有水位观测标尺，标尺采用铝塑板结构。为便于尾矿库值班人员对库区水位进行观测，企业在水位观测标尺上标明与尾矿库相对高程标出相应的实际高程数据。

2.5.4.2 在线监测设施

尾矿库在线监测系统实现了对坝体变形、库内水位、库区降雨量、可视系统等全面自动化监测。可以在线监测尾矿库整个库区的实时动态，可在线监测尾矿库现状干滩长度、现状安全超高、库水位、坝体位移及坝体浸润线等的实时数据，目前该尾矿库在线监测设施运行情况正常。尾矿库库区内设置摄像头用来监测，可确保针对出现的异常情况及时进行处理，确保尾矿库的安全运行。

(1)在线位移观测设施

①坝体表面位移监测设施

现场查勘，在堆积坝第1级子坝、第13级子坝和第30级子坝坝顶分别设置2个坝体表面位移监测点，共设置6个表面位移监测点，2个监测断面。

查看在线监测数据，尾矿库坝体表面位移监测频率为1次/30min，尾矿库坝体表面位移运行平稳，位移量较小，坝体未发生较大的位移现象。

②坝体内部位移监测设施

现场查勘，在堆积坝第11级子坝坝顶设置2个内部位移监测装置，在第28级子坝坝顶设置1个内部位移监测装置，共设置3个内部位移监测装置。

查看在线监测数据，尾矿库坝体内部位移监测频率为1次/10min，尾矿库坝体内部位移运行平稳，位移量较小，坝体未发生较大的位移现象。

运行效果：同步卫星数量符合技术标准，坝体表面位移中高程、平面所测量出的数值误差在国家规定允许误差范围内，运行效果好。

(2)在线浸润线监测装置

现场查勘，在堆积坝第11级子坝、第16级子坝、第24级子坝、第34级子坝、第39级子坝坝顶、第43级子坝坝顶、49级子坝坝顶分别设置3个在线浸润线监测装置，共设置21个浸润线监测装置，3个浸润线监测断面。

查看在线监测数据，尾矿库坝体浸润线监测频率为1次/10min，

尾矿库坝体内部浸润线埋深较深，坝体渗流稳定。

(3)库区降雨量监测装置

现场查勘，在库区设置一雨量计，通过该雨量计可实时掌握库区降雨量情况。

查看在线监测数据，尾矿库库区雨量监测频率为1次/30min，符合规范要求。

运行效果：雨量计的数值误差在国家规定允许误差范围内，运行效果良好。

(4)干滩监测系统

现场查勘，在堆积坝坝顶设置1套在线视频干滩监测系统，通过该系统可实时监测尾矿库库区干滩长度、滩顶标高、干滩坡度等相关信息。

查看在线监测数据，尾矿库干滩监测频率为1次/30min，符合规范要求。

运行效果：干滩监测的数值误差在国家规定允许误差范围内，运行效果良好。

(5)库区水位观测装置

现场查勘，在8#排水井井顶设置有超声波物位计，通过该装置，可实时掌握库内水位变化情况。

查看在线监测数据，尾矿库库水位监测频率为1次/30min，符合规范要求。

运行效果：库水位监测的数值误差在国家规定允许误差范围内，

运行效果良好。

(6)库内视频监控系统

现场查勘，在初期坝下游尾矿库排水隧洞出口消力池处设置1视频监控装置，通过该视频监控可实时掌握排水隧洞排水情况。在堆积坝两侧岸坡分别设置1视频监控装置，共设置2个视频监控摄像头，通过该视频装置，可实时监测尾矿坝坝体运行情况。在堆积坝坝顶设置2个视频监控装置，通过该装置可实时掌握库区滩面运行情况。在库区尾部排水井附近设置1视频监控装置，通过该装置可实时掌握库内排水井运行情况。尾矿库库区共设置6个视频监控设施。

现场观察，各视频画面清晰稳定，夜视效果良好，尾矿库视频监控系统运行正常。

2.5.5 排渗设施现状

2.5.5.1 堆积坝排渗设施

根据企业提供有关资料及现场查勘，为保证坝体内渗水能安全有序排出坝体，堆积坝排渗方式采用水平排渗管网进行排渗，堆积坝第3级子坝、第6级子坝、第9级子坝、第12级子坝、第15级子坝、第18级子坝、第21级子坝、第24级子坝、第27级子坝、第30级子坝、第33级子坝、第36级子坝、第39级子坝、第42级子坝、第45级子坝、第48级子坝、第51级子坝坝顶均设置有坝体排渗设施。

根据企业提供尾矿库排渗管网隐蔽工程记录，堆积坝坝体排渗管网施工安装工程如下：①现场均采用排渗管直径110的PCV管，排

渗管水平间距为6m，单根长度60m左右，铺设坡度2%；排渗管穿坝部分不钻孔，库区尾砂部分在PVC管的上部1/3侧面钻孔（孔径10mm，间距50mm，交错排列呈梅花状），钻孔管段外表包裹200g/平方米土工布一层，纵向排渗管及排渗管网采用直径20mm的木支架支撑。符合设计要求；②排渗管网安装完成后每组外形均为矩形，长度20m，宽度5m，每组排渗管网间距为5m。排渗管网均采用用弯头、三通和四通连接加固，符合设计要求。③排渗管网安装铺设坡度经测量均为2%坡度。符合设计要求。

现场查勘，结合坝体内部浸润线监测数据，坝体内部浸润线埋深较深，排渗管内渗水流量较小，渗水主要为清水，因此该尾矿库排渗系统正常有效。

2.5.5.2 库区原排渗盲沟排渗设施

查阅尾矿库验收评价资料，竹园沟尾矿库扩容改造工程中设置有排渗盲沟。

库区排渗盲沟设置情况：在原拦洪坝至新建拦污坝之间分别设有纵、横向排渗盲沟。在原拦洪坝右侧隧洞进水口处沟底设第一条横向浆砌石排渗盲沟，排渗盲沟侧壁为毛石浆砌，顶宽3.0m，底宽2.0m，深1m，长度为25m，排渗盲沟坡向原隧洞进水口。

横向排渗盲沟结构自下而上依次为：400mm厚碎石（ $d=30\sim 50\text{mm}$ ）、300mm厚砾石（ $d=3\sim 5\text{mm}$ ）、300mm厚粗砂（ $d=1\sim 3\text{mm}$ ）。盲沟内敷设高强度PVC排渗管，直径为200mm，排渗管上部1/3部分钻孔（孔径10mm，间距50mm），钻孔管段外表面包裹400g/m²透水

土工布一层。

主排渗盲沟共布置6条横向排渗盲沟。该横向排渗盲沟断面与原拦洪坝前横排渗盲沟断面规格相同，不同的是该6条横向排渗盲沟底部不再设置PVC排渗管。

纵向主排渗盲沟与横向排渗盲沟规格相同，主排渗盲沟内自下而上依次充填为：400mm厚碎石（ $d=30\sim 50\text{mm}$ ）、300mm厚砾石（ $d=3\sim 5\text{mm}$ ）、300mm厚粗砂（ $d=1\sim 3\text{mm}$ ）。

2.5.6 库内船只

在用的8#排水井处设置有钢结构的浮桥，固定于岸坡，浮桥底部固定有浮桶，桥面宽1.5m，采用厚6mm的防滑钢板制成，桥两侧均设置有高1.25m护栏，护栏采用DN50钢管制成，立柱间距0.6m，距桥面0.4m、0.8m处设置有宽40mm的扁铁作为横向加密挡板。上下浮桥通过三根宽30cm厚10cm木板与库尾相接。

尾矿库库尾设置有一工作船，固定在岸坡处。该船只仅用于运输排水井拱板，便于排水井拱板的拆除和封堵，设置有防护栏、救生衣、岸坡浮船固定桩、安全绳等保护船只及船上工作人员安全的设施。

2.5.7 辅助设施现状

1、值班室、应急物资仓库

现场查勘，在尾矿库堆积坝左侧平台设置有值班室、休息室和

应急物资仓库，共4间，以便管理人员和尾矿工值班、通讯、休息及应急物资存放。

值班房采用活动板房，采用轻钢骨架复合岩棉彩钢板结构，室内悬挂有安全生产规章制度、相关安全操作规程，存放有尾矿库相关安全检查记录等。

应急救援物资仓库内存放有尾矿库相关应急物资，包括雨衣、雨鞋、警戒带、金卤灯、救生衣、铁锹、洋镐、编织袋、强光手电等；并对应急救援物资进行登记建档。

2、照明设施

现场查勘，在堆积坝坝顶及岸坡设置有照明装置，库区照明装置采用探照灯进行照明，目前该照明装置可满足尾矿库库区夜间照明需要。

3、通讯设施

现场查勘，尾矿库及选厂附近信号较好，各作业人员均佩戴有手机，中国移动和中国联通信号已覆盖此区域，联系畅通。

4、上坝道路

现场查勘，在坝体左侧设置有上坝道路，通过该道路可到达初期坝坝顶、堆积坝坝顶、库区值班室处，该道路路面分为两段。其中初期坝下部采用水泥路面，该部分路面平均宽度为8.0m，初期坝以上，该道路沿堆积坝左侧山体布置，该路面为碎石路面，平均宽度为5.0m，目前该道路运行情况良好，可满足小型车辆上坝需要。

在库区西侧山体另一面沿山体设置一道路，通过该道路可到达

库区尾部排水井及拦污坝处，目前该道路运行情况良好，尾矿库值班人员可通过该道路到库区尾部对排水井及拦污坝运行情况进行安全全检查。

5、报警系统

企业为尾矿库安全管理人员及尾矿工均配备有手机，在库区值班室处设置有报警器，尾矿库值班人员可通过报警器实现该尾矿库紧急状态下报警。

2.5.8 双重预防体系信息化建设情况

2.5.8.1 双重预防体系创建情况

根据国家和河南省双重预防机制安全标准化建设要求，2018年11月企业开始对尾矿库双重预防机制进行建设；2018年12月尾矿库双重预防机制安全标准化建设完成；2020年10月企业开始投入使用双重预防体系信息化平台。

企业双重预防机制信息化平台由电脑PC端、手机APP及视频分区监控显示终端组成，电脑PC端由安环科管理，公司、车间、班组、岗位相关人员有对应的手机APP账户，每个账户有对应的隐患排查清单，安全责任清单和应急处置卡，显示终端可实时显示作业场所的视频监控图像，可存储3个月以上视频监控信息。

2020年10月15日，栾川县大源选矿有限公司按照《河南省安全生产监督管理局关于加快推进金属非金属矿山双重预防机制建设工作的通知》（豫安监管办[2018]162号）和《河南省应急管理厅关于

印发河南省非煤矿山双重预防体系信息化建设工作方案的通知》（豫应急办〔2019〕100号）组织对公司双重预防机制信息化平台情况进行自评，自评结果分别为95分。目前双重预防机制标准化及线上线下的智能化信息平台运行正常。

根据双重预防机制建设工作的要求，栾川县大源选矿有限公司制定了《安全风险分级管控管理制度》、《隐患排查治理制度》、《尾矿库安全监控管理制度》、《双重预防体系运行管理制度》等多项制度，尾矿库员工积极开展尾矿库双重预防工作，制作并在显著位置悬挂了尾矿库安全风险分布四色图，制作下发了岗位员工包含岗位应知应会卡和应急处置卡等内容的两单两卡，作业活动和设备设施风险辨识管控清单、隐患排查治理清单进行重新辨识完善，作业时都能根据作业风险清单落实各项管控措施。隐患排查治理系统由3部分构成。包括各级组织机构的定期隐患排查；隐患随手拍主要是全体职工履行的隐患排查治理职责，全员按照各自“隐患排查清单”对标检查；三是汇总、分类、分析。依据定期排查和隐患随手拍结果，实现数据汇总、分类、分析的信息化。

2.5.8.2 双重预防体系运行情况

运行初期，根据公司情况，对风险较大的坝体、排水井、库区等重点岗位进行试运行，要求重点岗位职工按照管控频次进行风险管控，对排查出的隐患上传信息化系统后期整改完成后销号。通过半年时间运行，大部分职工已熟练掌握运用双重预防信息化平台，同时公司也逐步完成了wifi信号敷设，制定了《双重预防机制管理考

核细则》，要求公司以及施工单位各岗位职工进行风险管控。目前，公司各生产岗位职工能够熟练运用双重预防信息化系统，给公司安全生产提供了保障。

自双重预防体系创建、运行以来，各岗位人员按照两单一卡规定的责任、义务严格履职，未发生过安全生产事故，促进和改善了尾矿库的安全生产条件，为今后的安全生产奠定了坚实的基础，目前，双重预防体系信息化平台运行良好。

2.5.9 排水井检测情况

1、7#排水井、8#排水井井架质量检测

2021年7月9日，企业委托河南省万测工程检测有限公司对栾川县大源选矿有限公司7#排水井、8#排水井进行质量检测，并出具有质量检测报告。现将栾川县大源选矿有限公司7#排水井、8#排水井质量检测报告内容摘录如下：

检测项目：工程结构实体现浇构件混凝土抗压强度、钢筋保护层厚度、受力钢筋配置数量、受力钢筋配置间距进行检测。

检测依据：工程检测委托单及该工程设计文件、《建筑结构检测技术标准》、《混凝土结构工程施工质量验收规范》、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准-混凝土工程》、《尾矿设施施工及验收规范》、《混凝土中钢筋检测技术标准》、《回弹法检测混凝土抗压强度技术规程》、《回弹法检测商品混凝土抗压强度技术规程》、《混凝土结构加固设计规范》。

检测方法：①混凝土抗压强度：回弹法；②钢筋保护层厚度：电磁感应法；③受力钢筋配置数量：电磁感应法；④受力钢筋配置间距：电磁感应法。

检测仪器：数字回弹仪、数显碳化深度尺、钢钻、钢筋保护层测定仪、其他器具（钢卷尺、钢直尺）等。

检测内容：7#排水井（在用）、8#排水井（未进水）立柱和圈梁混凝土抗压强度、钢筋保护层厚度、受力钢筋配置数量、受力钢筋配置间距。

检测结论：

①7#排水井检测结论：。

混凝土抗压强度：本次排水井共检测60个构件，设计强度为C25，所有修正后混凝土推定值满足设计强度等级要求。

钢筋保护层厚度、数量、间距：本次排水井钢筋保护层厚度共检测30个构件，钢筋保护层厚度合格率95.8%；钢筋数量共检测60个构件，结果合格；钢筋间距共检测30个构件，结果合格。

②8#排水井检测结论：

混凝土抗压强度：本次排水井共检测84个构件，设计强度为C25，所有修正后混凝土推定值满足设计强度等级要求。

钢筋保护层厚度、数量、间距：本次排水井钢筋保护层厚度共检测42个构件，钢筋保护层厚度合格率93.5%；钢筋数量共检测84个构件，结果合格；钢筋间距共检测42个构件，结果合格。

详细检测结果见报告附件河南省万测工程检测有限公司出具的

检测报告。

2.6 扩容设计方案概况

企业于 2024 年 2 月，委托河南省冶金规划设计研究院有限责任公司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程可行性研究报告》，现主要内容简述如下：

2.6.1 基础资料

选矿工艺流程为破碎—磨矿—浮选，最终产品为钼精矿，尾矿通过输送系统运至尾矿库澄清、堆存。

选厂生产规模：3000t/d；

工作制度：300 天/年，3 班/天，8 小时/班；

磨矿细度：-200 目 60%；

尾矿真比重：2.7t/m³；

入选品位：0.08%；

尾矿产率：99.5%；

尾矿堆积干容重：1.5t/m³；

尾矿排放浓度：25%；

处理矿量：90×10⁴t/a；

年排尾量：89.55×10⁴t/a，59.70×10⁴m³/a。

固废类别：第 I 类一般工业固体废物。

沉积滩平均坡度：1.0%。

澄清距离：50m~120m。

2.6.2 周边环境

(1)尾矿库库址

库区地处秦岭山脉东北缘低中山区，山势陡峻，沟谷发育，地形起伏较大。原始地貌单元为低山沟谷地貌，竹园沟基本为南北向。主沟总长约 2.35km，沟顶最窄处 180m，沟顶最宽处 790m，沟顶平均宽度 400m。

堆积坝顶至库尾沟长约 1.958km，地形切割强烈，山势陡峻，基岩裸露，两侧岸坡坡度一般为 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。场地内无其他不良地质作用，发生滑坡、泥石流等灾害的危险性较小。

库内 1286m~1315m 沟底高程扩容段长度为 234.5m，沟底平均坡降为 13.65%。

(2)尾矿库下游情况

2024 年 1 月 8 日，河南省应急管理厅下发《关于栾川县康瑞矿业有限公司西沟尾矿库等 5 座尾矿库退出“头顶库”管理的复函》，栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库退出尾矿库头顶库安全监管范围。

距离初期坝下游坡脚处 220m、269m、292m、375m 等几处的办公楼和厂房均进行了拆除，下游 1km 范围内无居民和重要构筑物，初期坝下游沟口为涪河河道，河道对面为栾川——叫河公路。河道宽 30m，深 5m，沿初期坝外坡脚下游流经路径 1891m 处河道对岸

公路上游为叫河乡初级中学，沿初期坝外坡脚 1953m 处为叫河镇民居。

2.6.3 尾矿库库容、等别

(1)库容及服务年限计算

在甲方提供的 1：1000 地形图上，用图解求积法求出各封闭等高线的面积及容积详见表 2-6-1

尾矿库几何库容计算结果表 表 2-6-1

序号	等高线标高 m	等高线间面积 m ²	相邻面积的平均值	等高线间距 m	两等高线容积 m ³	累积几何库容 m ³	有效库容 m ³	备注
1	1286	168112.4			0.00	12806600.00	8949200.00	堆积坝
2	1290	154678.3	161395.35	4	645581.40	13452181.40	9416526.98	
3	1294	160827	157752.65	4	631010.60	14083192.00	9858234.40	
4	1298	154187.3	157507.15	4	630028.60	14713220.60	10299254.42	
5	1302	162385.4	158286.35	4	633145.40	15346366.00	10742456.20	
6	1306	167709.9	165047.65	4	660190.60	16006556.60	11204589.62	
7	1310	164390.9	166050.40	4	664201.60	16670758.20	11669530.74	
8	1315	170666.4	167528.65	5	837643.25	17508401.45	12255881.02	

经计算，当堆筑至最终坝顶 1315m 标高时，设计全库容为 1750.84×10⁴m³，有效库容为 1225.59×10⁴m³，设计新增几何库容为 470.18×10⁴m³，新增有效库容为 329.13×10⁴m³。

(2)尾矿库服务年限计算

$$N_{\text{库}} = \frac{V\gamma_d\eta_z}{W} = \frac{470.18 \times 1.5 \times 0.7}{89.55} = 5.51$$

式中：N—选矿厂设计生产年限，a；

V—尾矿库的新增总库容， $470.18 \times 10^4 \text{m}^3$ ；

W—选厂排出的尾矿量， $89.55 \times 10^4 \text{t/a}$ ；

r_d —尾矿平均堆积干容重， 1.5t/m^3 ；

η_z —尾矿库的终期库容利用系数，0.7

经以上计算，尾矿库新增服务年限 5.51 年。

(3)尾矿库等别及设计标准

尾矿库初期坝坝高 40m，坝顶高程 1160m，轴线处底高程 1120m，达到终期标高 1315m 时，总坝高 195m，全库容 $1750.84 \times 10^4 \text{m}^3$ ，有效库容 $1225.59 \times 10^4 \text{m}^3$ ，新增几何库容可满足企业 5.51 年的服务年限。

尾矿库等别的划分标准见表 2-6-2 所示。

尾矿库等别		表 2-6-2
等别	全库容($V/ \times 10^4 \text{m}^3$)	坝高(H/m)
一	$V \geq 50000$	$H \geq 200$
二	$10000 \leq V < 50000$	$100 \leq H < 200$
三	$1000 \leq V < 10000$	$60 \leq H < 100$
四	$100 \leq V < 1000$	$30 \leq H < 60$
五	$V < 100$	$H < 30$

尾矿库初期坝坝高 40m，堆积坝坝高 155m，总坝高 195m，总库容为 $1750.84 \times 10^4 \text{m}^3$ 。根据《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)对尾矿库等别的划分标准可知，尾矿库按全库容确定的等别为三等，按坝高确定的等别为二等，当按尾矿库的全库容和尾矿坝高分别确定的尾矿库等别的等差为一等时，应以高者为准，因此，该尾矿库

等别判定为二等库。

设计该尾矿库主要构筑物等级为 2 级；次要构筑物等级为 3 级，临时构筑物等级为 4 级，洪水重现期按 2000 年一遇进行设计，坝坡抗滑稳定安全系数在正常运行条件下 $K \geq 1.25$ ，在洪水运行条件下 $K \geq 1.15$ ，在特殊运行条件下 $K \geq 1.05$ 。

2.6.4 尾矿坝

(1) 结构参数

上次扩容设计至 1286m 高程，本次扩容改造自 1286m 高程开始堆筑至 1315m 高程，新增堆积坝高度 29m。

受地形条件的限制及原设计地形图测量原因，左侧山脊部分山体较低，需增设共 3 个副坝并留设平台。

设计单级子坝坝高 4m，顶宽 4m，单级子坝内坡比为 1:2，外坡比为 1:4，共新增 8 级子坝的堆筑，子坝采用机械筑坝+人工相结合的方式堆筑，筑坝材料为库区坝前尾细砂。

在堆筑至原设计 1286m 高程时，为保证坝轴线与沟谷方向垂直，同时，左侧山体部分较低，设计经多次试算，需留设 50m 平台使坝轴线与沟谷垂直，当堆筑至 1294m 高程时需留设 42m 平台便于下级子坝筑坝。

堆积总坝高 155m，堆积平均坡比为 1:5.3。

取砂筑坝时，取砂位置距当期子坝上游坝脚直线距离不得小于 2 倍当期子坝坝高，应在滩面上沿坝轴线方向均匀取砂，不得在滩

面上集中取砂。

每级子坝施工前应将坝肩部位的表层土、草皮、树根及腐植土等软弱层清除。每级子坝堆筑完成后，应及时在外坡面用山坡土覆土，覆土厚度不小于 300mm，并进行坡面植草等以防止坡面雨水拉沟。

(2)坝面排水沟

为避免山坡及坝坡降雨径流水冲刷堆积体，设计在每级子坝马道平台内侧设置纵向排水沟，在坝坡面间距 80~100m 设置人字形排水沟，并在堆积体两岸坝肩设置排水沟。堆积坝体降雨径流水通过坝体横向排水沟，流入坝面人字形排水沟后，再汇入两侧坝肩排水边沟，最终汇入排至下游。纵向及人字形排水沟尺寸矩形 $B \times H = 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。

(3)堆积坝坝肩排水沟

堆积坝坝肩排水沟设计 $B \times H = 1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$, C25 钢筋混凝土结构，底板和边坡厚度为 0.25m。

(4)排渗设施设计

根据实测监测资料，已铺设的堆积坝排渗管网对降低堆积坝体浸润线效果明显，故二期继续在堆积坝设置排渗管网，自 1286m 子坝坝顶开始每 4m 垂高的堆积子坝顶设置排渗管网一排，一排排渗管网由若干组水平排渗管网组成。每组排渗管网外形为矩形，长度为 20m，宽度为 5m，每组排渗管网两边间距为 5m。每组排渗管网由横向 6 根长约 20m 的水平排渗管及 3 根长约 5m 的纵向排渗管组

成，排渗管网两端向中部以 3% 的坡度倾斜。排渗管网的连接采用弯头、三通管或四通管连接。

每组排渗管网根据干滩情况向库内延伸 50~60m，每组排渗管网渗水由一根纵向排渗管以 2% 坡度坡向堆积坝横向排水沟。

排渗管采用高强度 $\Phi 110\text{mm}$ 的 PVC 管，单根长 60m 左右，排渗管的穿坝部分不钻孔，库区尾砂内部分在 PVC 管的上部 1/3 侧面钻孔(孔径 10mm，间距 50mm，交错排列呈梅花状)，钻孔管段外表面包裹 400g/m^2 土工布一层。纵向排渗管及排渗管网采用 $\Phi 20\text{mm}$ 的木支架支撑。

2.6.5 副坝

(1) 1#副坝

1#副坝处最低点高程为 1281m，原设计由于地形图误差未设计副坝，本次对其进行补充设计，设计副坝采用浆砌石结构，副坝轴线坐标点 A：X=3747140.87 Y=529602.28，坝顶高程 1288m。1#副坝轴线坐标点 B：X=3747093.89 Y=529601.23，坝顶高程 1288m。

1#副坝坝顶最大高程 1288m，轴线处最低高程 1281m，坝高 7m，由于左侧需修建道路通往库尾的应急道路，副坝需满足车辆通行的需要，设计坝顶宽 4m，内坡坡比为 1:0.05，外坡坡比为 1:0.6，浆砌石坝轴线长 47.01m，内外坡坡面均采用水泥砂浆勾缝，内坡采用 C30 素混凝土抹面。

(2) 2#副坝

设计 2#副坝为浆砌石结构，轴线坐标点 A：X=3747051.32 Y=529609.8，坝顶高程 1296m。2#副坝轴线坐标点 B：X=3746998.88 Y=529659.67，坝顶高程 1296m。

2#副坝坝顶最大高程 1296m，轴线处最低高程 1286m，最大坝高 10m，由于左侧需修建道路通往库尾的应急道路，副坝需满足车辆通行的需要，设计坝顶宽 4m，内坡坡比为 1:0.05，外坡坡比为 1:0.6，浆砌石坝轴线长 72.2m，内外坡坡面均采用水泥砂浆勾缝，内坡采用 C30 素混凝土抹面。

(3)3#副坝

3#副坝轴线坐标点 A：X=3746955.12 Y=529718.879，坝顶高程 1317m。3#副坝轴线坐标点 B：X=3746885.99 Y=529735.518，坝顶高程 1317m。

3#副坝最大高程 1317m，轴线处最低高程 1308m，最大坝高 9m，副坝坝顶宽 2m，内坡坡比为 1:0.05，外坡坡比为 1:0.6，轴线长 80.85m，内外坡坡面均采用水泥砂浆勾缝，内坡采用 C30 素混凝土抹面。

2.6.6 防洪系统

结合竹园沟尾矿库的库型条件，尾矿库内排洪系统设计为“井+洞”式结构。为增大尾矿库防洪安全裕度，库内排洪系统布置为双井排洪设施。

(1)排水井

库内共新增 3 座框架式排水井，任意相邻的两座排水井重叠高度为 11m，在运行过程中任意一高程均能实现有两座排水井能同时进水，即双井排洪。

9#排水井进水口高程为 1282m~1304m，10#排水井进水口高程 1293m~1315m，11#排水井进水口高程为 1304m~1315m。

设计 9#、10#、11#排水井内径 $D=3\text{m}$ ，外径 4m，9#、10#井架高 22m，11#排水井井架高 11m，共设 6 根立柱，每 3m 设圈梁 1 层，圈梁高 0.4m，厚度 0.2m(具体见排水井结构模板图，结构计算另附)。

排水井地基承载力要求不小于 400KPa，排水井基础出现超挖时应采用 C25 混凝土回填密实。

排水井布置在靠近沟底附近，边坡开挖坡比不陡于 1:0.3~1:0.5；开挖后应采用喷锚挂网加固处理，可研拟定的针对排水井边坡的支护方案，排水井上部及周边的边坡需开挖时，应配合开展施工期勘察以进一步确定详细支护方案。

排水井与支隧洞采用斜井连接，坡度为 21.23%~65.84%。

(2)排水主隧洞

主隧洞进口为明口隧洞，隧洞总长度 482.3m，进水口洞底高程为 1328m，出水口接原设计 8#支隧洞和主隧洞交叉口位置，该位置坐标点为 $X=3746706.77$ ， $y=530129.08$ ， $z=1175.97\text{m}$ ，新增主隧洞平均坡降为 9%。

隧洞内视围岩情况采用钢筋混凝土全断面衬砌或喷锚挂网衬砌。针对 II 类及 III 类较完整围岩应采用喷锚挂网衬砌，喷锚挂网衬

砌段隧洞分段净断面尺寸不小于 $2.8\text{m}\times 3.0\text{m}$ (直墙圆拱式结构), 隧洞施工时需控制掘进爆破质量以提高隧洞断面平整度及尺寸一致性。针对III类较破碎围岩以及IV类、V类围岩应采用钢筋混凝土全断面衬砌, 隧洞衬砌后分段净断面尺寸 $2.2\text{m}\times 2.4\text{m}$ (直墙圆拱式结构), C25 混凝土衬砌厚度 300mm 。钢筋混凝土衬砌段隧洞在断面尺寸方向沿隧洞顶拱间距 2.0m 设置排水孔, 梅花型布置; 隧洞沿线沿间距 $8\sim 10\text{m}$ 设置一条分缝止水, 遇地层岩性及地质情况变化处进行增设。隧洞进出口段 50m 范围内、穿越裂隙较发育区域时, 采用固结灌浆的方式加固山体围岩, 以提高山体的整体性和隧洞的结构可靠性。

(3)排水支隧洞

排洪支隧洞设计为直墙圆拱式结构, 隧洞内视围岩情况采用钢筋混凝土全断面衬砌或喷锚挂网衬砌。针对II类及III类较完整围岩应采用喷锚挂网衬砌, 喷锚挂网衬砌段隧洞分段净断面尺寸不小于 $2.2\text{m}\times 2.4\text{m}$, 隧洞施工时需控制掘进爆破质量以提高隧洞断面平整度及尺寸一致性。

针对III类较破碎围岩以及IV类、V类围岩应采用钢筋混凝土全断面衬砌, 隧洞衬砌后分段净断面尺寸 $1.8\text{m}\times 2.0\text{m}$, 衬砌厚度 300mm 。钢筋混凝土衬砌段隧洞在断面尺寸方向沿隧洞顶拱间距 2.0m 设置排水孔, 梅花型布置; 隧洞沿线沿间距 $8\sim 10\text{m}$ 设置一条分缝止水, 遇地层岩性及地质情况变化处进行增设。

(4)隧洞内竖井布置

根据库型条件, 排洪主隧洞在线路布置上需要考虑以下因素:

由于原隧洞进水口坐标与新增主隧洞的自然高差相对较大，排洪隧洞如果全线铺设坡度过陡，会造成明渠均匀流流速过大的问题（超过喷锚支护断面抗冲流速）；因此需要考虑在隧洞内合理的布置竖井以进行局部消能，解决隧洞内高落差问题；

新增主隧洞长度 482m，可设置措施洞，以解决隧洞在施工期的正常通风、施工出渣和加大施工效率需求等问题，由于竖井位置处提升工作量较大，所布置施工措施洞的位置应尽可能结合竖井位置处进行布置，以便于竖井部位的出渣工作。

主隧洞在 11#主隧洞与支隧洞结合处和 9#支隧洞和主隧洞连接处设置 2 处分别为 30m、60m 的深竖井，隧洞内竖井设计内径为 3m，竖井 C25 钢筋混凝土全断面衬砌厚度 400mm，为保证竖井下方的水流消能效果，竖井下消能水垫层深度 7m。措施洞全线建议采用钢筋混凝土全断面衬砌，衬砌厚度不小于 400mm。施工措施洞的位置可紧邻竖井附近进行布置，针对施工措施洞应满足以下布置要求。

①施工措施洞净断面尺寸宜不小于宽×高=3.0m×2.5m，以满足正常隧洞出渣及通行需要；

②施工措施洞坡度坡向主隧洞方向（措施洞出口位置高，内部低），汇合段排洪主隧洞的几处施工措施洞建议永久衬砌后长期保留，以便于隧洞运行期的正常通气及后期运行检修等工作。

③措施洞洞口的工程地质条件应确保稳固可靠，应结合施工期勘察进一步评定。

由于本尾矿库排洪主隧洞距离长，洞内竖井较多，措施洞较多，

隧洞外周边环境影响点较多，隧洞施工难度较大。施工过程中需紧密结合已有勘查，开展施工期勘察工作，综合制定应对各项突发地质工况的专项施工方案；并组织设计单位及有关专家对排洪系统施工组织设计进行全面专项审定，重点评定隧洞施工的措施洞位置合理性、隧洞施工爆破振动的控制、隧洞施工减轻与周边设施的影响的措施、后期隧洞完工后的措施洞处置方案等，以确保隧洞工程安全。

2.6.7 安全监测设施

2.6.7.1 人工监测设施

根据已有的人工监测设施现状，设计增设以下内容。

该尾矿库最终为二等库，设计在堆积坝 1286m 高程、1298m 高程、1310m 高程设置 3 组人工位移观测设施，在两侧山体醒目位置设置基准点，每组位移观测设施设三个观测点，分别位于坝面上两侧和最大断面通过处，共计 9 个位移监测点，6 个基准点。

设计在 1286m 高程、1298m 高程、1310m 高程设置 3 组浸润线观测设施，浸润线观测管可采用 DN60PE 测水管，观测孔深 30m。

①人工位移监测要求

人工位移监测点位布置与在线监测保持一致。监测设备采用全站仪监测方式。监测设施安装初期每半月人工监测一次，当坝体趋于稳定时，可逐步减为每月一次。遇有地震、久雨、暴雨、台风，位移量或位移速率明显增大时等情况应适当增加测次。

②浸润线监测要求

人工坝体浸润线监测点位布置与在线监测保持一致。在线监测系统采用渗压计+预埋测压管技术，测压管的管径一般情况下可以适当加大，同时满足进行人工监测的条件，不再单独建设人工监测孔，节省投资。坝体浸润线可按照每半月人工监测一次。遇有地震、久雨、暴雨、台风等情况应适当增加测次。

(3)干滩长度

设计采用全站仪免棱镜法监测，全站仪精度不能小于 6”。监测干滩长度时，水平距离应观察 2 次，2 次观测较差不应大于 0.1m，取均值作为干滩长度监测值。监测干滩坡度采用三角高程法。

滩顶高程、干滩长度根据滩顶上升情况，定时做好检测，随时掌握滩顶高程和干滩长度，汛前必须检测一次。干滩坡度根据坡度变化情况，1 个月检测一次，汛前必须检测一次。

(4)库水位监测

设计在排水井上安装水位标尺，人工监测水位，并做记录，监测频率满足规范要求。库水位监测在排水井设置清晰醒目的水位观测标尺，标明正常水位和警戒水位。水尺零点高程每隔 2 年应校测一次。监测测次除按水文、气象方面规定外，泄水前后应各增加监测一次，汛期还应根据需要调整测次。

2.4.7.2 在线监测设施

根据现状已有的在线监测设施内容，设计仍利用原有的监测设

备，在其基础上新增坝体表面位移、内部位移、浸润线、干滩、库水位、视频监控等监测项目。

设计在 1286m 高程新增表面位移和内部位移监测设施，设置 2 个表面位移监测点和 1 个内部位移监测点，在 1286m 高程、1302m 高程新增 6 个浸润线观测点。

干滩和库水位和视频监控设施利用原有的监测设施，视频可在明口隧洞进水口处新增 1 处视频监控点。

2.4.8 库内船只

该尾矿库采用坝下回水方案，即利用库内排洪系统作为回水通道，通过排洪系统+回水管道将库内回水扬至选厂高水水位，故库内不需设置专门的浮船回水设施。

(1) 库内船只

为了满足库区内水面日常清理及安全检查，需要设置库内船只。要求船只承载能力能满足 4 人和一次使用井圈挡板高度 0.3m 的重量 (约 2t)，或减半承载力分两次运送。要求浮船两侧应有安全护栏，护栏顶部距船底高度不低于 900mm，护栏间隙不大于 200mm，船上所有工作人员应穿戴救生衣及安全绳，船头或船尾应有固定船只的缆绳，岸坡上设置浮船固定桩。

(2) 浮桥设置

为了满足排水井封堵作业的实施，需在排水井周边设置浮桥并与岸坡相连，以实现与外界道路相连通。

①每一所述浮桥单元的长度为 3m，宽度不小于 1.5m。

②环形浮桥的外径与内径差为 2m，且环形浮桥与溢流井的水泥框架之间的间距为 0.2m，中间有防护网和废旧轮胎填充。

③排水井封堵作业时，拱形盖板在岸边装入推车内，通过直线浮桥和环形浮桥将盖板拉到排水井周围。

④每一浮桥单元包括多个相连接的油桶和固定铺设于多个油桶上的面板，油桶作为浮子，面板作为施工平台，使操作人员能更好的在浮桥上操作。

⑤环形浮桥由多个浮桥单元拼合呈环型，且环形浮桥的外侧设有“C”型围栏，围栏的开口朝向岸边。

⑥直线浮桥由多个浮桥单元拼合呈直线型，且直线浮桥的一端固定连接环形浮桥于“C”型围栏的开口处，另一端通过缆绳与岸边 4 锚固，使浮桥装置固定，直线浮桥两侧均设置有护栏。

⑦排水井的水泥框架的内侧设置有防护网，防护网底部固定于环形浮桥上，其顶部可挂钩于排水井的水泥框架，在排水井进行封堵时，可将待封堵处的溢流口上的防护网放下进行拱形盖板的安装。

2.4.9 辅助设施

(1)尾矿库道路

为了施工库内排水井及后期管理需要，设计在库区左岸修建上坝道路至库尾拦洪坝位置，上坝道路长度 2110m，上坝道路可与已修建通往库尾的上坝道路连通，设计利用 1298m 高程以下的上坝道

路，该段道路未淹没可利用。新修建上坝道路宽 4.5m，可采用厂外四级道路的标准修建，路面可采用碎石路面，满足人员、物资等上坝需要。

(2)值班室

为方便管理，在尾矿库堆积坝高处设置值班室，供管理人员工作和休息，包括值班房、休息室和备品库。

(3)通讯

为了便于生产管理，在尾矿库值班房内安装有线电话一部，保证 24 小时畅通。尾矿库值班房内应设置有线网络。另外，库区应确保具有手机信号，尾矿库管理人员和操作人员均配置移动电话及传呼机，并保持手机 24 小时开机，以便及时与公司、选矿厂之间沟通联系，确保尾矿库通讯安全可靠。固定、移动通讯配置保障了紧急情况下的通讯联络的可靠性。

(4)照明设施

①上坝道路照明采用架空线路供电；

②坝上配用投光灯，投光灯照射范围为 50m 左右；

③设置专线用于坝上照明，并保证足够的照明度，投光灯照射范围为 50m 左右，照明的数量根据各时期坝顶长度确定；

④配备手携式灯具等辅助照明器材，以满足夜间生产作业、检查巡视、监测和管理救援的需要；

⑤尾矿库变配电所、办公、值班室拟采用荧光灯，室外采用高压钠灯，下坝道路采用高压钠灯。

2.4.10 安全标志

可研未设计安全标志的内容。

3 定性定量评价

根据建设项目《可研报告》，参照《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，2016.05.30)的要求，评价单元共划分为：总平面布置及周边环境、尾矿坝、防排洪系统、安全监测、辅助设施、安全标志、安全管理、重大危险源辨识等八个评价单元。

定性评价方法主要采用安全检查表法、预先危险性分析法、类比分析法等；定量评价方法主要采用稳定性分析、洪水计算、调洪演算、防洪系统水力计算等。

3.1 总平面布置及周边环境单元

3.1.1 总平面布置简述

(1)尾矿库库址

库区地处秦岭山脉东北缘低中山区，山势陡峻，沟谷发育，地形起伏较大。原始地貌单元为低山沟谷地貌，竹园沟基本为南北向。主沟总长约 2.35km，沟顶最窄处 180m，沟顶最宽处 790m，沟顶平均宽度 400m。

堆积坝顶至库尾沟长约 1.958km，地形切割强烈，山势陡峻，基岩裸露，两侧岸坡坡度一般为 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 。场地内无其他不良地质作用，发生滑坡、泥石流等灾害的危险性较小。

库内 1286m~1318m 沟底高程扩容段长度为 234.5m，沟底平均

坡降为 13.65%。

(2)尾矿库下游情况

2024 年 1 月 8 日，河南省应急管理厅下发《关于栾川县康瑞矿业有限公司西沟尾矿库等 5 座尾矿库退出“头顶库”管理的复函》，栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库退出尾矿库头顶库安全监管范围。

距离初期坝下游坡脚处 220m、269m、292m、375m 等几处的办公楼和厂房均进行了拆除，下游 1km 范围内无居民和重要构筑物，初期坝下游沟口为涓河河道，河道对面为栾川——叫河公路。河道宽 30m，深 5m，沿初期坝外坡脚下游流经路径 1891m 处河道对岸公路上游为叫河乡初级中学，沿初期坝外坡脚 1953m 处为叫河镇民居。

3.1.2 安全评价

根据《尾矿设施设计规范》、《尾矿库安全监督管理规定》、《尾矿库安全技术规程》及相关法律、法规和技术标准，依据《可研报告》的主要内容及现场踏勘情况，进行安全评价。

3.1.2.1 安全检查表

结合现场检查，采用安全检查表法(详见表 3-1-1)。

库址及周边环境安全检查表 表 3-1-1

序号	项目检查内容	检查依据	设计工程	结论	备注
1	尾矿库库址选择应根据汇水面积、工程地质	GB39496-2020 第 5.2.2 条	该库址扩容以上汇水面积为为 0.812km ² ，新	符合	

序号	项目检查内容	检查依据	设计工程	结论	备注
	及水文地质、库长、库区周边环境等因素经多方案技术经济比较综合确定,并应符合下列要求: ①汇水面积小, 并应有足够的库容; ②避开不良地质现象严重区域; ③上游式尾矿库有足够的初、终期库长; ——上游式尾矿库库底平均纵坡不得陡于20%。		增几何库容为 $470.18 \times 10^4 \text{m}^3$, 新增库容可满足企业5.51年的排尾需要。 ②根据工勘报告, 工程地质条件较好, 适宜扩容。 ③1286m 高程以上库长为818m, 终期库长为740m, 库长可满足干滩长度、调洪水深和澄清距离的要求。 ④上游平均坡降为13.65%。		
2	尾矿库选址应经多方案技术经济比较综合考虑确定, 并遵守下列原则: ①不宜位于大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地和大型居民区上游; ②不宜位于居民集中区主导风向的上风侧; ③不占或少占农田, 不迁或少迁居民; ④不宜位于有开采价值的矿床上面; ⑤汇水面积小, 有足够的库容; ⑥筑坝工程量小, 生产管理方便; ⑦应避开地质构造复杂、不良地质现象严重区域;	GB50863-2013 第3.1.2条	库址下游无重要设施, 无居民, 未位于有开采价值的矿床上面, 汇水面积小, 筑坝工程量小, 避开地质构造复杂、不良地质现象严重区域。	符合	
3	尾矿库不应设在下列地区①国家法律、法规规程禁止建设尾矿库的区域。②尾矿库失事将使下游重要城镇、工矿企业、铁路干线或高速公路等遭受严重威胁区域。	GB39496-2020 5.2.1	该尾矿库不再法律、法规规程禁止建设的区域, 尾矿库一旦失事对下游影响较小。	符合	
4	尾矿库库区安全检查主要内容: 周边山体稳	GB39496-2020 9.5.1	现场勘察, 无违章建筑、违章施工等情况。	符合	

序号	项目检查内容	检查依据	设计工程	结论	备注
	定性，违章建筑、违章施工和违章采选作业等情况。				
5	检查周边山体滑坡、塌方和泥石流等情况时，应详细观察周边山体有无异常和急变，并根据工程地质勘察报告，分析周边山体发生滑坡可能性。	GB39496-2020 9.5.2	依据工勘报告，库区内无滑坡、泥石流、溶洞等大的不良地质作用。	符合	
6	检查库区范围内危及尾矿库安全的主要内容：违章爆破、采石和建筑，违章进行尾矿回采、取水，外来尾矿、废石、废水和废弃物排入，放牧和开垦等。	GB39496-2020 9.5.3	无违章爆破、采石和建筑，无违章回采、外来尾矿库等。	符合	

3.1.2.2 尾矿库周边影响及下游安全性分析

(1)尾矿库库址

库区地处秦岭山脉东北缘低中山区，山势陡峻，沟谷发育，地形起伏较大。原始地貌单元为低山沟谷地貌，竹园沟基本为南北向。主沟总长约 2.35km，沟顶最窄处 180m，沟顶最宽处 790m，沟顶平均宽度 400m。

堆积坝顶至库尾沟长约 1.958km，地形切割强烈，山势陡峻，基岩裸露，两侧岸坡坡度一般为 40°~50°。场地内无其他不良地质作用，发生滑坡、泥石流等灾害的危险性较小。

库内 1286m~1315m 沟底高程扩容段长度为 234.5m，沟底平均坡降为 13.65%。

(2)尾矿库下游情况

2024 年 1 月 8 日，河南省应急管理厅下发《关于栾川县康瑞矿业有限公司西沟尾矿库等 5 座尾矿库退出“头顶库”管理的复函》，栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库退出尾矿库头顶库安全监管范围。

距离初期坝下游坡脚处 220m、269m、292m、375m 等几处的办公楼和厂房均进行了拆除，下游 1km 范围内无居民和重要构筑物，初期坝下游沟口为涓河河道，河道对面为栾川——叫河公路。河道宽 30m，深 5m，沿初期坝外坡脚下游流经路径 1891m 处河道对岸公路上游为叫河乡初级中学，沿初期坝外坡脚 1953m 处为叫河镇民居。

依据《关于印发防范化解尾矿库安全风险工作方案的通知》规定，尾矿库“头顶库”是指初期坝坡脚起至下游尾矿流经路径 1 公里范围内有居民或重要设施的尾矿库。

竹园沟尾矿库下游 1km 范围内无居民，企业已对下游 220m 处的办公楼进行了拆除，依据河海大学编制的《溃坝数值模拟分析报告》可知，尾矿库一旦溃坝，不会影响其它敏感点。

企业应按相关文件要求对下游划定安全控制区范围，在下游安全控制区范围内，不得新建生产、生活设施。

3.1.2.3 尾矿库溃坝影响数值模拟分析结论

2021 年 9 月，企业委托河海大学水利水电学院编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库溃坝影响数值模拟分析报告》，现将

主要结论摘录如下：

一、结论

根据《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库改建工程可行性研究报告》、《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库岩土工程勘察报告》以及实地考察研究，并参照相关规程、规范，根据实际地形资料，建立竹园沟尾矿库工程溃坝影响分析数值模型，开展了溃坝影响分析，得到了以下成果和结论。

在最危险滑动面溃坝工况下，溃坝影响分析结果和结论如下。

(1)尾矿堆积坝平均坡比 1：5.3，满足规范要求，在排洪系统、排渗系统等设施正常运行的情况下，坝体浸润面不会高于控制浸润面，出现坝体失稳溃坝的可能性极小。

(2)溃坝沙流在 30min 内流动完毕，尾砂会积聚在下游沟谷内，该范围内公路、河道、耕地等会被淹没；树木、植被也对泥石流的演进具有明显的阻碍作用；尾矿库坝脚处地势较为平坦，部分溃坝沙流会向两侧上游流动，对泥石流的演进具有一定的阻碍作用；尾矿库所在沟谷下游有一较宽阔的河道，汇口处沟谷几乎与河道垂直相交，溃坝泥石流受河道右岸顶托作用，大量淤积在该河道内；汇口下游还有一处转弯角度较大的沟谷地段，也会对泥石流起到明显的阻碍作用。

(3)溃坝泥石流在坝址处流量大，流速快，淹没深度大，破坏性强，初期坝下游沟谷地表较平整，沟谷两侧山体高，下泄沙流在沟谷内破坏较大；沿河道上游距初期坝坝脚 1.7km（尾矿库所在沟谷

与河道汇口下游大约 1.48km) 范围以内的建筑物地面将被不同程度地淹没, 溃坝沙流对初期坝坝脚 1.7km (尾矿库所在沟谷与河道汇口下游大约 1.48km) 以外的建筑物影响较小或无影响, 沿河道上游距初期坝坝脚 453m (汇口上游大约 253m) 范围以内的建筑物地面将被淹没, 溃坝沙流对初期坝坝脚 453m (汇口上游大约 253m) 以外的建筑物影响较小或无影响; 尾矿坝的溃坝沙流至多沿河道向下游推进到距初期坝坝脚 1.7km 处, 对下游更远范围的影响可忽略, 尾矿库下泄的少量水, 在水沙分离后将会继续流动, 但流量小, 水深小, 不会对两岸产生破坏。

(4)从溃坝沙流演进淹没计算成果来看, 在靠近坝址附近区域影响较大, 而且淹没深度变化较大, 距离坝址越远, 溃坝沙流到达时间越晚, 最大淹没深度越小, 最大流量也越小, 符合泥石流运动的一般规律; 从下游各敏感点淹没深度随演进时间的变化曲线来看, 随着演进时间的增加, 淹没深度从某一时刻开始出现, 并逐渐增大, 在期间某一时刻流量达到最大, 淹没深度达到峰值, 之后又逐渐减小, 最后趋于稳定, 这符合沙流演进的一般规律, 反映了下游淹没深度的变化以及峰值出现时间。各敏感点的淹没情况如下:

①初期坝上游 381m 处的居民区 1 (汇口上游), 其地形高程为 1093.3m, 溃坝泥石流不会推进至此处, 如果溃坝对该处设施不会造成安全影响。

②初期坝下游 220m 处的办公楼 2, 其楼前地形高程为 1092.70m, 楼内高程 1093.90m, 溃坝泥石流 89s 后到达此处, 120s

时达到最大淹没深度，最大淹没高程为 1095.32m，如果溃坝会影响该处设施安全。

③初期坝下游 269m 处的办公楼 3，其楼前地形高程为 1092.70m，楼内高程 1093.90m，溃坝泥石流 122s 后到达此处，343s 时达到最大淹没深度，最大淹没高程为 1093.52m，如果溃坝对该处设施不会造成安全影响。

④初期坝下游 292m 处的厂房 4，其地形高程为 1094.70m。由于此处厂房地势较高，高于泥石流表面最大高程，如果溃坝对该处设施不会造成安全影响。

⑤初期坝下游 375m 处的厂房 5，其地形高程为 1097.96m。由于此处厂房地势较高，高于泥石流表面最大高程，如果溃坝对该处设施不会造成安全影响。

⑥初期坝下游 1823m 处的学校 6 和 2065m 处的居民区 7，其地形高程分别为 1089.7m 和 1073.8m，溃坝泥石流不会推进至此处，因此学校 6 和居民区 7 及下游区域均不受溃坝下泄沙流的影响。

二、建议

根据竹园沟尾矿库溃坝数值模拟分析的计算结果，建议采取以下措施控制溃坝所带来的影响：

(1)在尾矿库所在沟谷与河道汇口处的沟谷右岸设置重力式圆弧型混凝土导墙（详见报告内容），以改善溃坝泥石流的流态，可消除溃坝对汇口上游居民区 1 的影响。

(2)尾矿库初期坝坝脚下游沟谷左岸的办公楼 2 已弃用，但受泥

石流淹没影响，建议拆除。

(3)确保尾矿库排洪、排渗系统正常工作，及时观测坝体变形和浸润线，保持浸润线满足控制浸润线要求。

(4)对尾矿堆积坝外坡面进行覆盖并植草，防止沙尘飞扬和雨水冲刷。

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

(6)制定竹园沟尾矿库应急救援预案，并且严格执行。

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

3.1.2.4 尾矿库等别评价

影响尾矿库等别判定的因素有全库容数据和坝高参数，除此之外还与库坝下游设施状况有关。

根据《尾矿设施设计规范》，采用安全检查表法，将设计尾矿库库容、坝高等参数与划分标准要求对照，以评价设计尾矿库等别在安全上的符合性(详见表 3-1-2)。

尾矿库等别安全检查表 表 3-1-2

序号	检查项目	设计参数	库等别判定	检查结果
----	------	------	-------	------

1	设计尾矿库几何库容	$1750.84 \times 10^4 \text{m}^3$	$1000 \times 10^4 \text{m}^3 \leq V < 10000 \times 10^4 \text{m}^3$, 为三等库	二等库
2	设计尾矿库总坝高	$H=195\text{m}$	$100 \leq H < 200\text{m}$, 为二等库	

按最终全库容确定该尾矿库等别为三等库,按最终坝高确定尾矿库等别为二等库,当按尾矿库的全库容和坝高确定的尾矿库等别当等差为一等时,应以高者为准。因此,该尾矿库等别判定为二等库,与可研判定等别相符合。

本评价依据下列标准进行校核:

①防洪标准:按 0.1%的洪水频率进行校核。

②坝坡抗滑稳定最小安全系数采用瑞典圆弧法计算时应满足正常运行时 ≥ 1.25 、洪水运行状态时 ≥ 1.15 ,特殊运行时 ≥ 1.05 等。

③下步设计主要构筑物按 2 级标准进行设计,次要构筑物按 3 级标准进行设计,临时构筑物按 4 级标准进行设计。

④最小干滩长度不小于 100m,最小安全超高不小于 1.0m。

⑤堆积坝高度 $H \geq 150\text{m}$,浸润线最小埋深 10~8m,评价要求浸润线最小埋深控制在 10m 以下。

3.1.3 安全对策措施及建议

(1)下步设计应依据岩土工程勘察报告完善设计内容。

(2)下步设计应补充典型高程时安全运行控制参数分析内容。

(3)企业应按相关文件要求对下游 1km 划定安全控制区范围,在下游安全控制区范围内,不得新建生产、生活设施。

3.1.4 评价小结

依据工勘报告可知，库区内无滑坡、泥石流、溶洞等大的不良地质作用，场地建设拟建工程适宜性为较适宜，该尾矿库下游 1km 范围内无居民和重要设施，企业应按相关文件要求对下游划定安全控制区范围，在下游安全控制区范围内，不得新建生产、生活设施。

3.2 尾矿坝

3.2.1 可研简述

(1)结构参数

上次扩容设计至 1286m 高程，本次扩容改造自 1286m 高程开始堆筑至 1315m 高程，新增堆积坝高度 29m。

受地形条件的限制及原设计地形图测量原因，左侧山脊部分山体较低，需增设共 3 个副坝并留设平台。

设计单级子坝坝高 4m，顶宽 4m，单级子坝内坡比为 1:2，外坡比为 1:4，共新增 8 级子坝的堆筑，子坝采用机械筑坝+人工相结合的方式堆筑，筑坝材料为库区坝前尾细砂。

在堆筑至原设计 1286m 高程时，为保证坝轴线与沟谷方向垂直，同时，左侧山体部分较低，设计经多次试算，需留设 50m 平台使坝轴线与沟谷垂直，当堆筑至 1294m 高程时需留设 42m 平台便于下级子坝筑坝。

堆积总坝高 155m，堆积平均坡比为 1:5.3。

取砂筑坝时，取砂位置距当期子坝上游坝脚直线距离不得小于 2 倍当期子坝坝高，应在滩面上沿坝轴线方向均匀取砂，不得在滩面上集中取砂。

每级子坝施工前应将坝肩部位的表层土、草皮、树根及腐植土等软弱层清除。每级子坝堆筑完成后，应及时在外坡面用山坡土覆土，覆土厚度不小于 300mm，并进行坡面植草等以防止坡面雨水拉沟。

(2)坝面排水沟

为避免山坡及坝坡降雨径流水冲刷堆积体，设计在每级子坝马道平台内侧设置纵向排水沟，在坝坡面间距 80~100m 设置人字形排水沟，并在堆积体两岸坝肩设置排水沟。堆积坝体降雨径流水通过坝体横向排水沟，流入坝面人字形排水沟后，再汇入两侧坝肩排水边沟，最终汇入排至下游。纵向及人字形排水沟尺寸矩形 $B \times H = 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ 。

(3)堆积坝坝肩排水沟

堆积坝坝肩排水沟设计 $B \times H = 1.0\text{m} \times 1.0\text{m}$, C25 钢筋混凝土结构，底板和边坡厚度为 0.25m。

(4)排渗设施设计

根据实测监测资料，已铺设的堆积坝排渗管网对降低堆积坝体浸润线效果明显，故二期继续在堆积坝设置排渗管网，自 1286m 子坝坝顶开始每 4m 垂高的堆积子坝顶设置排渗管网一排，一排排渗管网由若干组水平排渗管网组成。每组排渗管网外形为矩形，长度

为 20m，宽度为 5m，每组排渗管网两边间距为 5m。每组排渗管网由横向 6 根长约 20m 的水平排渗管及 3 根长约 5m 的纵向排渗管组成，排渗管网两端向中部以 3% 的坡度倾斜。排渗管网的连接采用弯头、三通管或四通管连接。

每组排渗管网根据干滩情况向库内延伸 50~60m，每组排渗管网渗水由一根纵向排渗管以 2% 坡度坡向堆积坝横向排水沟。

排渗管采用高强度 $\Phi 110\text{mm}$ 的 PVC 管，单根长 60m 左右，排渗管的穿坝部分不钻孔，库区尾砂内部分在 PVC 管的上部 1/3 侧面钻孔(孔径 10mm，间距 50mm，交错排列呈梅花状)，钻孔管段外表面包裹 400g/m^2 土工布一层。纵向排渗管及排渗管网采用 $\Phi 20\text{mm}$ 的木支架支撑。

(5)副坝

①1#副坝

1#副坝处最低点高程为 1281m，原设计由于地形图误差未设计副坝，本次对其进行补充设计，设计副坝采用浆砌石结构，副坝轴线坐标点 A：X=3747140.87 Y=529602.28，坝顶高程 1288m。1#副坝轴线坐标点 B：X=3747093.89 Y=529601.23，坝顶高程 1288m。

1#副坝坝顶最大高程 1288m，轴线处最低高程 1281m，坝高 7m，由于左侧需修建道路通往库尾的应急道路，副坝需满足车辆通行的需要，设计坝顶宽 4m，内坡坡比为 1:0.05，外坡坡比为 1:0.6，浆砌石坝轴长 47.01m，内外坡坡面均采用水泥砂浆勾缝，内坡采用 C30 素混凝土抹面。

②2#副坝

设计 2#副坝为浆砌石结构，轴线坐标点 A：X=3747051.32 Y=529609.8，坝顶高程 1296m。2#副坝轴线坐标点 B：X=3746998.88 Y=529659.67，坝顶高程 1296m。

2#副坝坝顶最大高程 1296m，轴线处最低高程 1286m，最大坝高 10m，由于左侧需修建道路通往库尾的应急道路，副坝需满足车辆通行的需要，设计坝顶宽 4m，内坡坡比为 1:0.05，外坡坡比为 1:0.6，浆砌石坝轴线长 72.2m，内外坡坡面均采用水泥砂浆勾缝，内坡采用 C30 素混凝土抹面。

③3#副坝

3#副坝轴线坐标点 A：X=3746955.12 Y=529718.879，坝顶高程 1317m。3#副坝轴线坐标点 B：X=3746885.99 Y=529735.518，坝顶高程 1317m。

3#副坝最大高程 1317m，轴线处最低高程 1308m，最大坝高 9m，副坝坝顶宽 2m，内坡坡比为 1:0.05，外坡坡比为 1:0.6，轴线长 80.85m，内外坡坡面均采用水泥砂浆勾缝，内坡采用 C30 素混凝土抹面。

3.2.2 安全评价

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类企业事故经验教训，针对该尾矿坝的特点，运用预先危险分析的评价方法，对该单元中可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、

原因或触发条件进行分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施(详见表 3-2-1 尾矿坝预先危险分析表)。

尾矿坝预先危险分析表 表 3-2-1

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	坝坡失稳	尾矿坝	III	因尾矿坝设计不当而造成坝坡失稳	(1)尾矿堆积坝筑坝方式选择应符合下列要求： ①地震设防烈度为 7 度及 7 度以下的地区，宜采用上游式筑坝。 ②上游式尾矿筑坝，尾矿颗粒较粗者可采用直接冲积法筑坝；尾矿颗粒较细者宜采用分级冲积法筑坝； (2)上游式尾矿筑坝，中、粗尾矿可采用直接冲积筑坝法，尾矿颗粒较细时宜采用分级冲积筑坝法。每期子坝宜采用尾矿堆筑，也可采用废石、砂石堆筑。 (3)尾矿库的挡水坝应按坝型采用相应的水库坝设计规范设计，但防洪标准不应低于本规范的规定。 (4)上游式尾矿堆积坝沉积滩顶与设计洪水水位的高差，应符合表的最小安全超高值的规定，二等库最小安全超高不应小于 1.0m，最小干滩长度不应小于 100m。 同时，滩顶至设计洪水水位水边线的距离，应符合最小干滩长度值的规定。 (5)尾矿坝的稳定性计算应符合下列要求： ①尾矿库初期坝与堆积坝的抗滑稳定性应根据坝体材料及坝基的物理力学性质经计算确定。计算方法应采用简化毕肖普法或瑞典滑弧法，地震荷载应按拟静力法计算。稳定计算应按下列要求进行： a、对于 1 级及 2 级尾矿坝的抗震稳定分析，除应按拟静力法计算外，还应专门的动力抗震计算，动力抗震计算应包括地震液化分析、地震稳定性分析和地震永久变形分析。 b、尾矿坝挡水坝应进行稳定计算。 ②尾矿坝稳定计算的荷载，可根据不同运行条件进行组合。

				③坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于下表的数值。 采用瑞典滑弧法计算时，3等库正常运行坝坡抗滑最小安全系数不小于1.2，洪水运行不小于1.10，特殊运行不小于1.05。 (6)初期坝坝顶宽度，当无行车要求时，初期坝坝高大于30m时，坝顶最小宽度不宜小于4m。 (7)透水堆石坝堆石体上游坡坡比不宜陡于1:1.6，下游坡比:1:1.6~1:1.75。 (8)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，高差为10m~15m，宽度不小于1.5m。土工布嵌入坝基及坝肩深度不应小于0.5m，并应填塞密实。 (9)上游式尾矿坝的初期坝下游坡面应沿标高每隔10m~15m设置一条马道，宽度不宜小于1.5m。尾矿堆积坝有行车要求时，下游坡面应沿标高每隔10m~15m设置一条马道，宽度不宜小于5m。 (10)尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处的山坡上应设置坝肩截水沟，并宜在初期坝设置踏步，踏步宽度不宜小于1m。 (11)上游式尾矿坝的堆积坝下游坡面上，应结合排渗设施，每隔5m~10m高差设置排水沟。 (12)尾矿堆积坝下游坡与两岸山坡结合处应设置截水沟。 (13)尾矿堆积坝下游坡面维护宜采用下列措施：①采用碎石、废石或山坡土覆盖坡面；②坡面植草或灌木类植物；③坡面修筑人字沟或网状排水沟；④沿坝轴线方向每隔500m设置踏步一道。 (14)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。
2	溃坝	尾矿坝	IV	因工程施工不合格而造成垮坝事故 (1)坝体与坝基岸坡埋管的连接处应妥善处理，防止产生集中渗透水流，引起渗流破坏，防止形成引起坝体失稳的软弱层面，防止因连接不当产生不均匀沉降。 (2)尾矿坝坝基开挖施工时，应挖去强风化细碧岩，坝基采用中风化细碧岩作为基础持力层。 (3)坝体与坝基及岸坡的连接必须妥善

					设计和处理。连接面不应发生水力劈裂和邻近接触面岩石大量漏水，不得形成影响坝体稳定的软弱层面，不应由于岸坡形状或坡度不当形成不均匀沉降而导致坝体裂缝。 (4)坝体与岩石坝基和岸坡的连接应遵循下列原则：①坝体断面范围内的岩石坝基与岸坡，应清除其表面松动石块、凹处积土和突出的岩石；②对失水很快风化的软岩(如页岩、泥岩)，开挖时宜预留保护层，待开始回填时，随挖除、随回填，或开挖后喷浆保护。 (5)基础开挖完成后应经过勘察报告编制单位验证后方可施工坝体。基础开挖过程中应做好隐蔽工程的施工纪录。坝体与两坝肩山体结合处，也应清除掉山体上的风化层，使坝体直接与基岩相连接。任何情况下，坝体与岸坡结合均应采用斜面连接，不得将岸坡清理成台阶式，更不允许有反坡，岸坡清理坡度岩石为 1：1，一般粘性土为 1：2。 (6)在开挖过程中要注意支护好坑壁，要保证坑壁的安全角度；雨季施工时要提前施工临时拦洪坝及导流渠，按有关规范要求要求进行施工，确保雨季施工安全。 (7)采用尾矿堆坝的尾矿库，应在运行期对尾矿坝做全面的安全性复核，以验证最终坝体的稳定性和确定后期的处理措施；尾矿坝安全性复核前应对尾矿坝进行全面的岩土工程勘察，安全性复核工作应由设计单位根据勘察结果完成。安全性复核应满足下列原则：一等及二等尾矿库在尾矿坝堆至 1/3～1/2 和 1/2～2/3 最终设计总坝高时，应分别对坝体做全面的安全性复核；尾矿性质、放矿方式与设计相差较大时，应对尾矿坝体进行全面的安全性复核。
3	渗流破坏、管涌；	初期坝、堆积坝	III	1、初期坝、堆积坝体内的排渗设施未设计或设计有缺陷或未按设计要求精心施工；	(1)尾矿坝设计应进行渗流计算，渗流计算应分析放矿、雨水等因素对尾矿坝浸润线的影响，湿式尾矿库 1、2 级尾矿坝的渗流应按三维数值模拟计算或物理模型试验确定。 (2)尾矿堆积坝下游坡浸润线的最小埋深除应满足坝坡抗滑稳定的条件外，尚应满足下列要求，堆积坝高度 $150\text{m} \leq H$ 时，尾矿堆积坝下游坡浸润线的最小埋

				2、由于放矿方式不合理，互层现象严重，造成排渗设施失效；3、发现坝体有变形、裂缝、塌陷、管涌等现象未进行处理或处理方法不当。	深 10~8m。 (3)尾矿坝的渗流控制措施必须确保浸润线低于控制浸润线。 (4)降低浸润线的措施应结合坝的级别、坝体稳定计算和抗震构造等要求综合分析确定，宜采取下列措施： ①尾矿库建设阶段，在尾矿堆积坝坝基范围内设置排渗褥垫、排渗管或盲沟及排渗井等型式的水平和垂直排渗系统； ②尾矿坝运行中，设计随坝体升高适时设置排渗管的排渗系统。 ③尾矿坝运行中，当实测浸润线高于控制浸润线时，可在坝坡或沉积滩上增设排渗管、辐射排渗井等排渗设施； ④降低库内水位。
4	洪水漫顶	排水构筑物	III	排水井、排水隧洞排水能力不足，未及时清理、堵塞或有裂缝、排水沟砌筑不合格，基础处理不当等	(1)尾矿库排水构筑物的形状及尺寸应根据水力计算及调洪演算确定。 (2)排水构筑物的进水构筑物位置，应根据回水和排放的水质要求经计算或参考类似尾矿库的实际运行经验确定。进水构筑物的型式应根据排水量大小，尾矿库的地形条件和是否兼作回水设施等因素确定。 (3)左右坝肩截水沟、库面横向排水沟的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时，应进行地基处理设计。 (4)汛期前应对排水沟进行检查、维修和疏浚，确保排洪设施畅通。 (5)排出库内蓄水或大幅度减低库内水位时，应注意控制流量，非紧急情况下不宜骤降。 (6)洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查与清理，发现问题及时修复，同时采取措施降低库水位，防止连续降雨后发生垮坝事故。

3.2.2.1 坝体渗流分析计算

计算方法采用平面有限元法，计算程序采用北京理正软件设计研究院理正渗流分析软件进行计算。

各土层渗透系数采用工勘报告提供的相关数据作为计算依据，

各土层渗透系数表如下：

尾矿库坝体各土层渗透系数

地层名称	渗透系数（换算后）	
	X 方向（m/d）	Y 方向（m/d）
碎石（初期坝）	28.51	28.51
尾细砂	1.123	1.123
尾粉砂	0.311	0.311
尾粉土	0.112	0.112
尾粉质粘土	0.002	0.002
含碎石粉质粘土	0.003	0.003
强风化白云质大理岩	31.96	31.96
中风化白云质大理岩	1.296	1.296

计算过程如下：

1、正常运行工况坝体渗流分析

计算项目： 尾矿库正常运行工况渗流问题有限元分析 1

分析类型： 稳定流

[坡面信息]

上游水位高： 1274.400(m)

下游水位高： 1111.400(m)

上游水位高 2： -1000.000(m)

下游水位高 2： -1000.000(m)

坡面线段数 18

坡面线号 水平投影(m) 竖直投影(m)

1 89.480 1.109

2 158.854 1.971

3 114.215 1.416

4 86.652 1.074

5 0.797 0.801

6 1.621 0.000

7 497.027 -112.650

8 6.859 0.000

9 15.512 -10.350

10 1.730 0.000

11	17.738	-10.121
12	1.539	0.000
13	17.883	-9.648
14	1.797	0.000
15	18.090	-9.801
16	1.703	0.000
17	16.559	-9.199
18	10.000	0.000

[土层信息]

坡面节点数 = 21

编号	X(m)	Y(m)
0	0.000	0.000
-1	89.480	1.109
-2	248.334	3.080
-3	362.549	4.496
-4	449.201	5.570
-5	449.998	6.371
-6	451.619	6.371
-7	948.646	-106.279
-8	955.506	-106.279
-9	971.018	-116.629
-10	972.748	-116.629
-11	990.486	-126.750
-12	992.025	-126.750
-13	1009.908	-136.398
-14	1011.705	-136.398
-15	1029.795	-146.199
-16	1031.498	-146.199
-17	1048.057	-155.398
-18	1058.057	-155.398
-19	299.950	3.720
-20	1047.160	-154.900

附加节点数 = 35

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-18.633
2	159.354	-61.418
3	539.596	-112.777
4	633.045	-120.072
5	686.557	-127.875
6	806.908	-138.977
7	878.104	-140.465
8	900.268	-142.279
9	902.975	-140.266
10	879.752	-137.652

11	809.115	-134.053
12	687.482	-122.152
13	634.639	-113.770
14	540.521	-104.770
15	161.807	-48.748
16	0.000	-9.344
17	0.000	-165.398
18	1058.057	-165.398
19	906.943	-137.313
20	878.584	-133.869
21	808.475	-128.900
22	689.107	-117.248
23	634.490	-107.650
24	541.635	-97.811
25	174.463	-39.330
26	632.068	-94.074
27	495.881	-75.141
28	219.275	-20.600
29	920.529	-127.201
30	806.939	-101.678
31	527.650	-45.557
32	374.596	-20.791
33	938.592	-114.039
34	806.939	-81.969
35	624.502	-41.711

不同土性区域数 = 8

区号	土类型	Kx (m/d)	Ky (m/d)	Alfa (度)
1	强风化白云质大理岩	31.96000	31.96000	0.000
2	中风化白云质大理岩	1.29600	1.29600	0.000
3	含碎石粉质粘土	0.00300	0.00300	0.000
4	尾粉质粘土	0.00200	0.00200	0.000
5	尾粉土	0.11200	0.11200	0.000
6	尾粉砂	0.31100	0.31100	0.000
7	尾细砂	1.12300	1.12300	0.000
8	碎石（初期坝）	28.51000	28.51000	0.000

[面边界数据]

面边界数 = 15

编号 1, 边界类型: 已知水头

节点号: 0 --- -1

节点水头高度 1274.400 --- 1274.400 (m)

编号 2, 边界类型: 已知水头

节点号: -1 --- -2

节点水头高度 1274.400 --- 1274.400 (m)

编号 3, 边界类型: 已知水头
 节点号: -2 --- -19
 节点水头高度 1274.400 --- 1274.400 (m)
 编号 4, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -7 --- -8
 编号 5, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -8 --- -9
 编号 6, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -9 --- -10
 编号 7, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -10 --- -11
 编号 8, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -11 --- -12
 编号 9, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -12 --- -13
 编号 10, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -13 --- -14
 编号 11, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -14 --- -15
 编号 12, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -15 --- -16
 编号 13, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -16 --- -20
 编号 14, 边界类型: 已知水头
 节点号: -20 --- -17
 节点水头高度 1111.400 --- 1111.400 (m)
 编号 15, 边界类型: 已知水头
 节点号: -17 --- -18
 节点水头高度 1111.400 --- 1111.400 (m)

[计算参数]

剖分长度 = 2.000(m)
 收敛判断误差(两次计算的相对变化) = 0.100%
 最大的迭代次数 = 30

[输出内容]

计算流量:
 流量计算截面的点数 = 2

编号	X(m)	Y(m)
1	950.000	-90.000
2	950.000	-180.000

 画分析曲线:
 分析曲线截面始点坐标: (0.000,0.000)
 分析曲线截面终点坐标: (30.000,0.000)

计算结果:

渗流量 = 1.867 m³/天

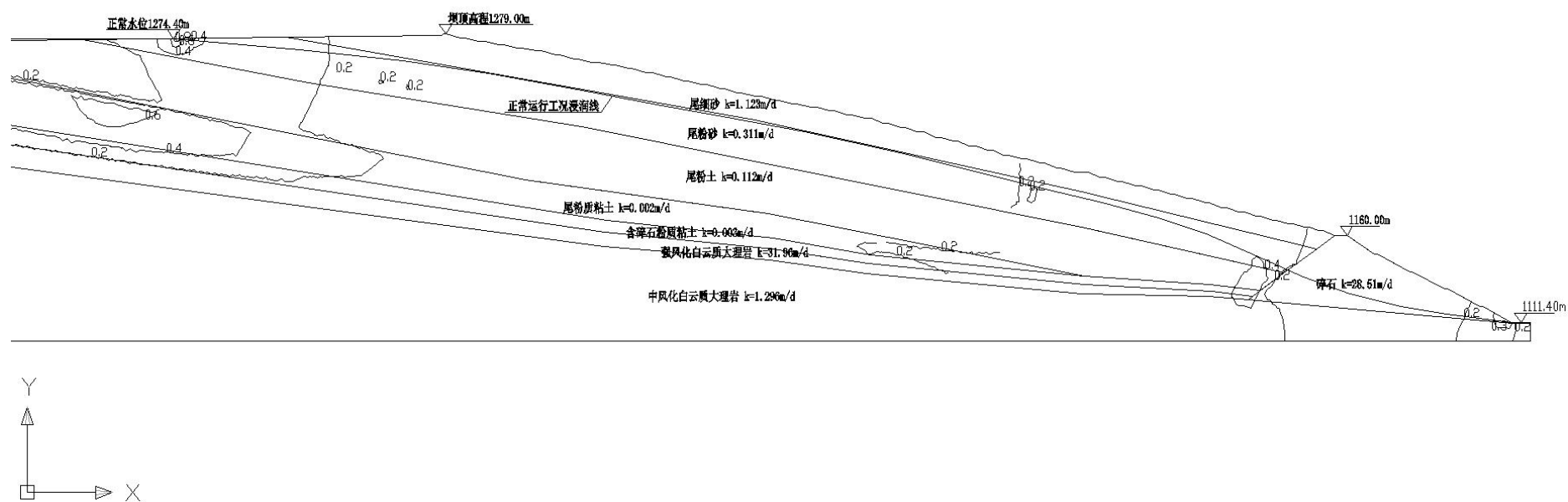


图 3-1 正常运行工况坝体内部水力梯度计算简图

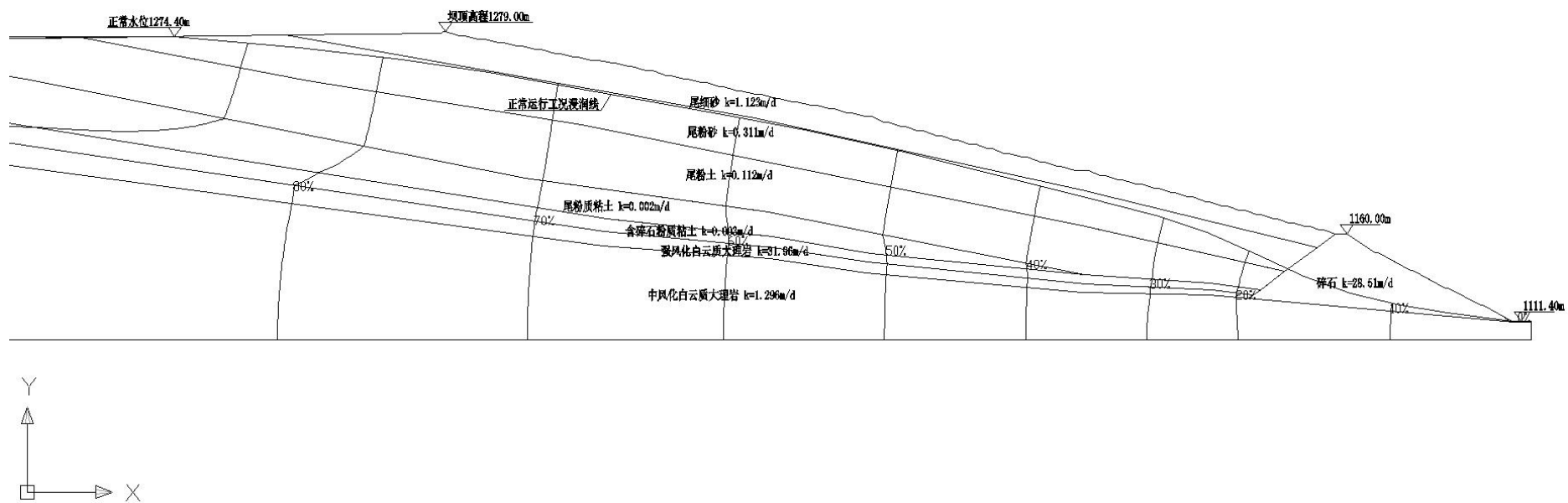


图 3-2 正常运行工况坝体渗流浸润线计算简图

经过计算，最大断面单宽渗流量最大为 $1.867\text{m}^3/\text{m}\cdot\text{d}$ 。坝体内水力坡降最大值为 0.30，发生于初期坝下游坝脚，小于堆石坝管涌型连续级配的容许水力坡降值 0.50~0.55，故坝体不会发生渗透破坏。根据理论计算结果，得出坝体内部浸润线埋深 10.5m~18.1m，大于规范允许最小浸润线埋深，符合规范要求。

2、洪水运行工况计算

计算项目： 尾矿库洪水运行工况渗流问题有限元分析 2

分析类型： 稳定流

[坡面信息]

上游水位高: 1275.610(m)

下游水位高: 1111.400(m)

上游水位高 2: -1000.000(m)

下游水位高 2: -1000.000(m)

坡面线段数 18

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)
1	89.480	1.109
2	158.854	1.971
3	114.215	1.416
4	86.652	1.074
5	0.797	0.801
6	1.621	0.000
7	497.027	-112.650
8	6.859	0.000
9	15.512	-10.350
10	1.730	0.000
11	17.738	-10.121
12	1.539	0.000
13	17.883	-9.648
14	1.797	0.000
15	18.090	-9.801
16	1.703	0.000
17	16.559	-9.199
18	10.000	0.000

[土层信息]

坡面节点数 = 21

编号	X(m)	Y(m)
----	------	------

0	0.000	0.000
-1	89.480	1.109
-2	248.334	3.080
-3	362.549	4.496
-4	449.201	5.570
-5	449.998	6.371
-6	451.619	6.371
-7	948.646	-106.279
-8	955.506	-106.279
-9	971.018	-116.629
-10	972.748	-116.629
-11	990.486	-126.750
-12	992.025	-126.750
-13	1009.908	-136.398
-14	1011.705	-136.398
-15	1029.795	-146.199
-16	1031.498	-146.199
-17	1048.057	-155.398
-18	1058.057	-155.398
-19	349.797	4.338
-20	1047.160	-154.900

附加节点数 = 35

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-18.633
2	159.354	-61.418
3	539.596	-112.777
4	633.045	-120.072
5	686.557	-127.875
6	806.908	-138.977
7	878.104	-140.465
8	900.268	-142.279
9	902.975	-140.266
10	879.752	-137.652
11	809.115	-134.053
12	687.482	-122.152
13	634.639	-113.770
14	540.521	-104.770
15	161.807	-48.748
16	0.000	-9.344
17	0.000	-165.398
18	1058.057	-165.398
19	906.943	-137.313
20	878.584	-133.869
21	808.475	-128.900

22	689.107	-117.248
23	634.490	-107.650
24	541.635	-97.811
25	174.463	-39.330
26	632.068	-94.074
27	495.881	-75.141
28	219.275	-20.600
29	920.529	-127.201
30	806.939	-101.678
31	527.650	-45.557
32	374.596	-20.791
33	938.592	-114.039
34	806.939	-81.969
35	624.502	-41.711

不同土性区域数 = 8

区号	土类型	Kx (m/d)	Ky (m/d)	Alfa (度)
1	强风化白云质大理岩	31.96000	31.96000	0.000
2	中风化白云质大理岩	1.29600	1.29600	0.000
3	含碎石粉质粘土	0.00300	0.00300	0.000
4	尾粉质粘土	0.00200	0.00200	0.000
5	尾粉土	0.11200	0.11200	0.000
6	尾粉砂	0.31100	0.31100	0.000
7	尾细砂	1.12300	1.12300	0.000
8	碎石（初期坝）	28.51000	28.51000	0.000

[面边界数据]

面边界数 = 15

编号 1, 边界类型: 已知水头

节点号: 0 --- -1

节点水头高度 1275.610 --- 1275.610 (m)

编号 2, 边界类型: 已知水头

节点号: -1 --- -2

节点水头高度 1275.610 --- 1275.610 (m)

编号 3, 边界类型: 已知水头

节点号: -2 --- -19

节点水头高度 1275.610 --- 1275.610 (m)

编号 4, 边界类型: 可能的浸出点

节点号: -7 --- -8

编号 5, 边界类型: 可能的浸出点

节点号: -8 --- -9

编号 6, 边界类型: 可能的浸出点

节点号: -9 --- -10

编号 7, 边界类型: 可能的浸出点

节点号: -10 --- -11

编号 8, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -11 --- -12
 编号 9, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -12 --- -13
 编号 10, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -13 --- -14
 编号 11, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -14 --- -15
 编号 12, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -15 --- -16
 编号 13, 边界类型: 可能的浸出点
 节点号: -16 --- -20
 编号 14, 边界类型: 已知水头
 节点号: -20 --- -17
 节点水头高度 1111.400 --- 1111.400 (m)
 编号 15, 边界类型: 已知水头
 节点号: -17 --- -18
 节点水头高度 1111.400 --- 1111.400 (m)

[计算参数]

剖分长度 = 2.000(m)
 收敛判断误差(两次计算的相对变化) = 0.100%
 最大的迭代次数 = 30

[输出内容]

计算流量:
 流量计算截面的点数 = 2

编号	X(m)	Y(m)
1	950.000	-90.000
2	950.000	-180.000

 画分析曲线:
 分析曲线截面始点坐标: (0.000,0.000)
 分析曲线截面终点坐标: (30.000,0.000)

 计算结果:

渗流量 = 2.332 m³/天

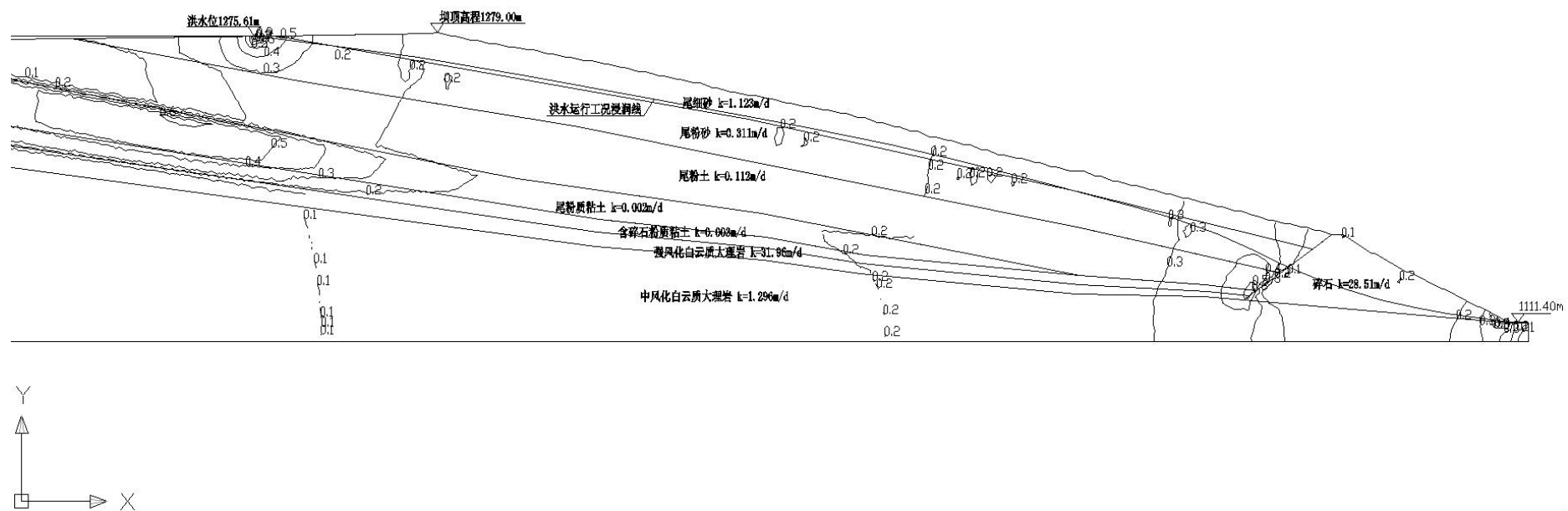


图 3-3 尾矿库洪水运行工况坝体内部水力梯度计算简图

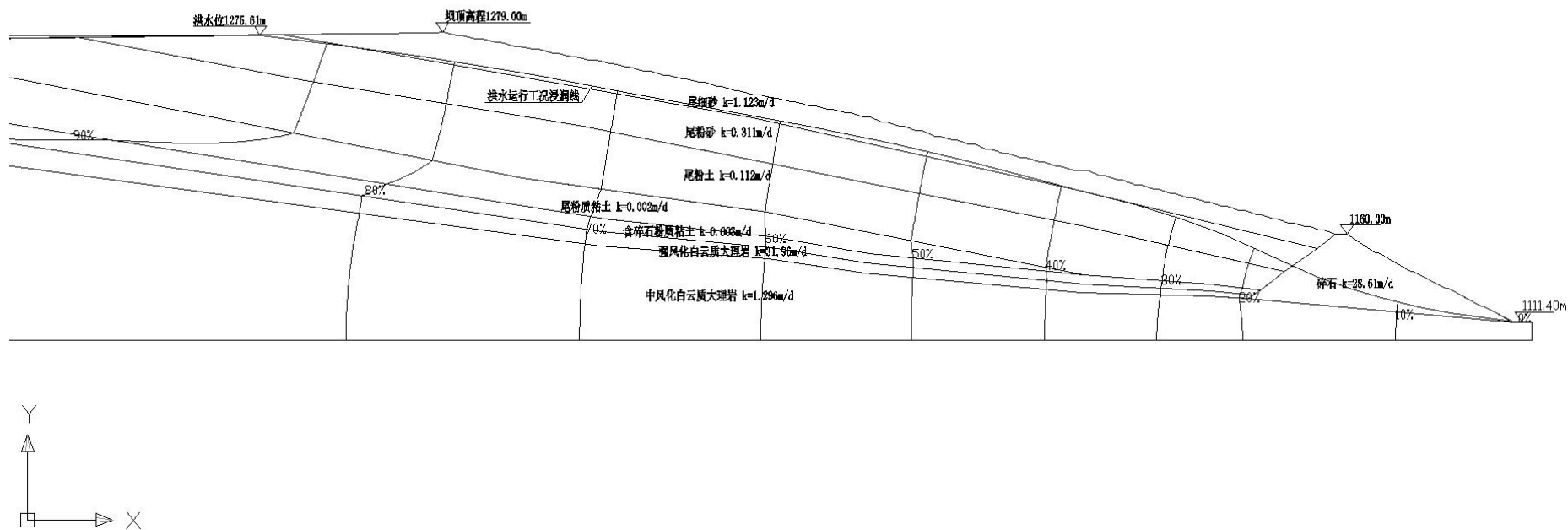


图 3-4 尾矿库洪水运行工况坝体内部浸润线计算简图

经过计算，最大断面单宽渗流量最大为 $2.332\text{m}^3/\text{m} \cdot \text{d}$ 。坝体内水力坡降最大值为 0.40，发生于初期坝下游坝脚，小于堆石坝管涌型连续级配的容许水力坡降值 0.50~0.55，故坝体不会发生渗透破坏。根据理论计算结果，得出坝体内部浸润线埋深 9.5m~16.7m，大于规范允许最小浸润线埋深，符合规范要求。

3.2.2.2 坝坡抗滑稳定性分析

稳定计算的目的在于校核坝体边坡的稳定性，并使其满足对安全系数的要求。尾矿库所在地区抗震设防烈度为 6 度。根据《尾矿库安全规程》坝体稳定计算有以下三种荷载组合：正常运行=正常水位+坝体自重；特殊运行=正常水位+坝体自重+地震（6 度）。

根据 2024 年 1 月河南同兴勘测设计有限公司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库岩土工程勘察报告》对尾矿库坝体抗滑稳定性进行分析计算。

计算过程如下：

1、正常运行期(坝体自重+正常蓄水位有可能形成的稳定渗透压力)

计算项目：尾矿库正常运行工况复杂土层土坡稳定计算

[计算简图]

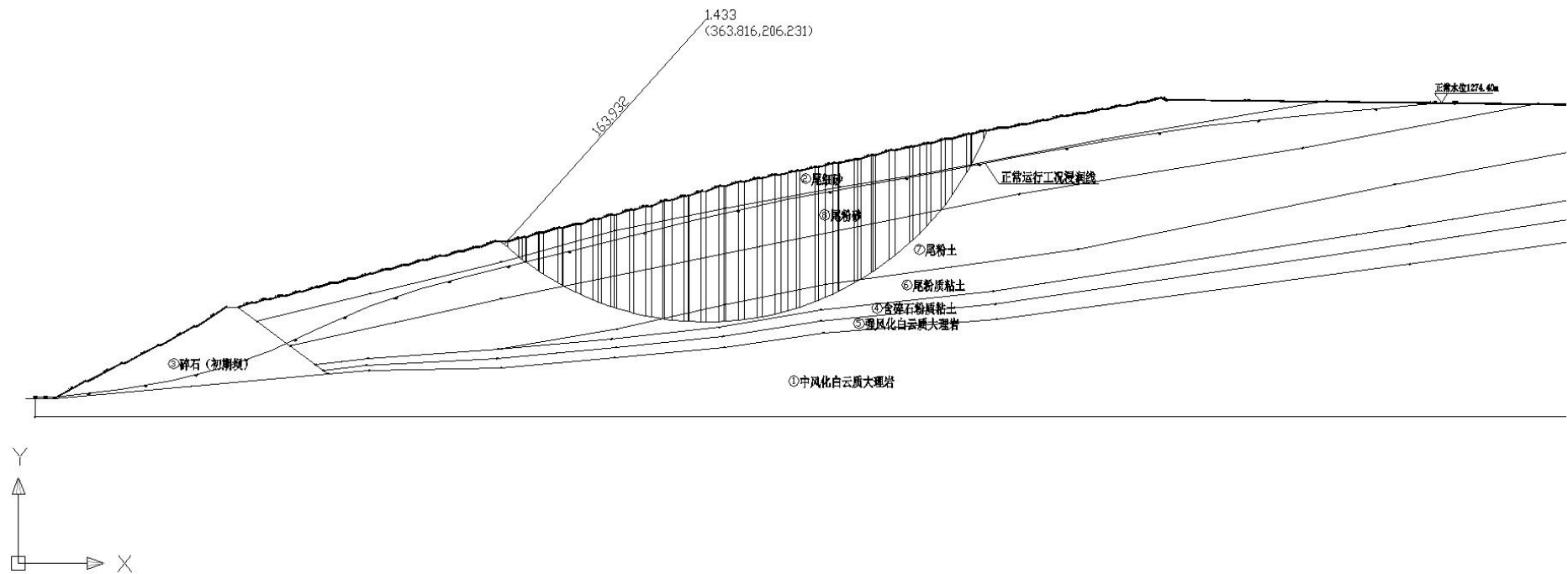


图3-3 正常运行期尾矿坝稳定性计算简图

计算项目： 竹园沟尾矿库正常运行工况土坡稳定计算 1

[控制参数]:

采用规范: 碾压式土石坝设计规范(SL274-2020)

计算工期: 稳定渗流期

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 圆弧滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 116

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	10.000	0.000	0
2	16.561	9.201	0
3	1.699	0.000	0
4	18.090	9.799	0
5	1.801	0.000	0
6	17.879	9.650	0
7	1.541	0.000	0
8	17.740	10.119	0
9	1.729	0.000	0
10	15.510	10.352	0
11	6.861	0.000	0
12	6.590	2.439	0
13	2.480	0.000	0
14	5.199	1.900	0
15	2.801	0.000	0
16	6.160	1.939	0
17	2.828	0.000	0
18	6.502	2.141	0
19	2.061	0.000	0
20	6.936	2.346	0
21	2.170	0.111	0
22	6.893	2.303	0
23	3.213	0.000	0
24	6.779	2.359	0
25	2.566	0.000	0
26	7.363	2.490	0
27	1.621	0.000	0
28	7.506	2.539	0
29	2.889	0.000	0
30	6.986	2.281	0
31	2.236	0.000	0
32	7.057	2.480	0

33	2.148	0.000	0
34	7.254	2.270	0
35	3.232	0.000	0
36	7.391	2.490	0
37	2.426	0.000	0
38	7.131	2.449	0
39	2.629	0.000	0
40	6.742	2.820	0
41	7.477	0.000	0
42	8.141	2.439	0
43	2.102	0.000	0
44	6.918	2.461	0
45	2.408	0.000	0
46	7.510	2.510	0
47	2.607	0.000	0
48	7.291	2.000	0
49	2.678	0.000	0
50	6.477	2.703	0
51	2.842	0.000	0
52	6.545	2.527	0
53	3.486	0.000	0
54	6.904	2.500	0
55	2.281	0.000	0
56	6.430	2.000	0
57	3.096	0.000	0
58	7.135	3.250	0
59	3.758	0.000	0
60	6.453	2.299	0
61	2.365	0.000	0
62	6.875	2.400	0
63	2.857	0.000	0
64	6.873	2.900	0
65	3.775	0.000	0
66	6.912	2.221	0
67	2.871	0.000	0
68	7.100	2.000	0
69	2.855	0.000	0
70	6.766	2.000	0
71	3.285	0.000	0
72	8.109	2.000	0
73	2.041	0.000	0
74	8.127	2.000	0
75	1.863	0.000	0
76	7.588	2.049	0

77	3.057	0.000	0
78	8.766	2.000	0
79	1.900	0.000	0
80	7.238	2.381	0
81	2.324	0.000	0
82	7.436	2.559	0
83	3.055	0.000	0
84	7.865	1.881	0
85	1.734	0.000	0
86	7.529	1.930	0
87	2.240	0.000	0
88	7.523	2.439	0
89	3.881	0.000	0
90	7.895	2.371	0
91	2.043	0.000	0
92	6.990	1.939	0
93	1.994	0.000	0
94	7.623	1.711	0
95	3.637	0.000	0
96	7.932	1.818	0
97	2.207	0.000	0
98	7.887	1.990	0
99	2.299	0.000	0
100	7.945	2.400	0
101	3.229	0.000	0
102	7.582	1.480	0
103	2.428	0.000	0
104	8.240	2.010	0
105	2.873	0.000	0
106	6.762	1.949	0
107	4.039	0.000	0
108	8.111	1.941	0
109	2.430	0.000	0
110	7.744	2.229	0
111	1.621	0.000	0
112	0.799	-0.799	0
113	86.650	-1.074	0
114	114.215	-1.416	0
115	158.854	-1.971	0
116	89.482	-1.109	0

[土层信息]

坡面节点数 117

编号	X(m)	Y(m)
----	------	------

0	0.000	0.000
-1	10.000	0.000
-2	26.561	9.201
-3	28.260	9.201
-4	46.350	19.000
-5	48.150	19.000
-6	66.029	28.650
-7	67.570	28.650
-8	85.311	38.770
-9	87.039	38.770
-10	102.549	49.121
-11	109.410	49.121
-12	116.000	51.561
-13	118.480	51.561
-14	123.680	53.461
-15	126.480	53.461
-16	132.641	55.400
-17	135.469	55.400
-18	141.971	57.541
-19	144.031	57.541
-20	150.967	59.887
-21	153.137	59.998
-22	160.029	62.301
-23	163.242	62.301
-24	170.021	64.660
-25	172.588	64.660
-26	179.951	67.150
-27	181.572	67.150
-28	189.078	69.689
-29	191.967	69.689
-30	198.953	71.971
-31	201.189	71.971
-32	208.246	74.451
-33	210.395	74.451
-34	217.648	76.721
-35	220.881	76.721
-36	228.271	79.211
-37	230.697	79.211
-38	237.828	81.660
-39	240.457	81.660
-40	247.199	84.480
-41	254.676	84.480
-42	262.816	86.920
-43	264.918	86.920

-44	271.836	89.381
-45	274.244	89.381
-46	281.754	91.891
-47	284.361	91.891
-48	291.652	93.891
-49	294.330	93.891
-50	300.807	96.594
-51	303.648	96.594
-52	310.193	99.121
-53	313.680	99.121
-54	320.584	101.621
-55	322.865	101.621
-56	329.295	103.621
-57	332.391	103.621
-58	339.525	106.871
-59	343.283	106.871
-60	349.736	109.170
-61	352.102	109.170
-62	358.977	111.570
-63	361.834	111.570
-64	368.707	114.471
-65	372.482	114.471
-66	379.395	116.691
-67	382.266	116.691
-68	389.365	118.691
-69	392.221	118.691
-70	398.986	120.691
-71	402.271	120.691
-72	410.381	122.691
-73	412.422	122.691
-74	420.549	124.691
-75	422.412	124.691
-76	430.000	126.740
-77	433.057	126.740
-78	441.822	128.740
-79	443.723	128.740
-80	450.961	131.121
-81	453.285	131.121
-82	460.721	133.680
-83	463.775	133.680
-84	471.641	135.561
-85	473.375	135.561
-86	480.904	137.490
-87	483.145	137.490

-88	490.668	139.930
-89	494.549	139.930
-90	502.443	142.301
-91	504.486	142.301
-92	511.477	144.240
-93	513.471	144.240
-94	521.094	145.951
-95	524.730	145.951
-96	532.662	147.770
-97	534.869	147.770
-98	542.756	149.760
-99	545.055	149.760
-100	553.000	152.160
-101	556.229	152.160
-102	563.811	153.641
-103	566.238	153.641
-104	574.479	155.650
-105	577.352	155.650
-106	584.113	157.600
-107	588.152	157.600
-108	596.264	159.541
-109	598.693	159.541
-110	606.438	161.770
-111	608.059	161.770
-112	608.857	160.971
-113	695.508	159.896
-114	809.723	158.480
-115	968.576	156.510
-116	1058.059	155.400

附加节点数 49

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-10.000
2	1058.059	-10.000
3	1058.059	136.766
4	898.701	93.982
5	741.191	72.236
6	518.461	42.621
7	425.012	35.328
8	371.500	27.523
9	312.342	22.023
10	251.148	16.424
11	179.955	14.936
12	157.791	13.121
13	119.465	41.361

14	180.498	56.414
15	251.119	73.432
16	312.283	90.422
17	371.447	102.223
18	433.555	113.689
19	476.826	120.684
20	575.271	139.197
21	155.084	15.135
22	151.115	18.088
23	137.525	28.199
24	178.305	17.748
25	248.941	21.346
26	313.111	27.355
27	370.574	33.248
28	423.420	41.629
29	517.535	50.631
30	741.779	83.162
31	896.252	106.652
32	1058.059	146.057
33	883.594	116.068
34	740.766	92.715
35	516.424	57.590
36	423.566	47.750
37	368.951	38.152
38	310.775	31.801
39	249.582	26.498
40	179.473	21.531
41	838.781	134.799
42	732.959	115.105
43	562.176	80.258
44	425.990	61.326
45	371.447	50.422
46	314.020	37.256
47	683.463	134.607
48	530.406	109.844
49	251.119	53.723

不同土性区域数 8

区号	重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚力(kPa)	水下内摩擦角(度)
1	21.000	21.800	40.000	50.000	30.000	45.000
2	18.200	19.200	7.100	32.100	6.000	30.000
3	22.000	22.000	0.000	38.000	0.000	35.000
4	18.500	19.500	7.900	29.800	7.000	29.000
5	18.900	19.800	8.600	27.700	8.000	27.000

6	19.400	20.400	22.700	16.700	21.000	16.000
7	19.700	20.600	3.000	30.000	0.000	29.000
8	19.000	20.200	9.900	17.200	9.000	14.000

[水面信息]

采用有效应力法

孔隙水压力采用近似方法计算

不考虑渗透力作用

考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 19 水面线起始点坐标: (10.900,0.500)

坝坡外水位: 0.500(m)

水面线号 水平投影(m) 竖直投影(m)

1	35.591	4.473
2	26.355	4.407
3	28.026	6.789
4	26.060	9.475
5	26.384	12.090
6	27.649	12.129
7	26.911	8.930
8	31.531	8.347
9	31.918	7.898
10	33.857	8.359
11	47.347	11.787
12	53.245	11.920
13	45.859	8.473
14	36.680	6.502
15	42.085	7.927
16	51.852	9.424
17	48.539	7.061
18	57.532	6.387
19	69.734	6.240

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: 瑞典条分法

土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标: 搜索危险滑动面

条分法的土条宽度: 4.000(m)

搜索时的圆心步长: 4.000(m)

搜索圆弧底的上限: 1000.000(m)

搜索圆弧底的下限: -1000.000(m)

圆弧限制最小弓高: 1.000(m)

计算结果:

最不利滑动面:

滑动圆心 = (363.816,206.231)(m)

滑动半径 = 163.932(m)

滑动安全系数 = 1.433 > 1.25, 符合二等库规程要求。

2、洪水运行期(坝体自重+洪水位有可能形成的稳定渗透压力)

计算项目：竹园沟尾矿库洪水运行工况土坡稳定计算2

[计算简图]

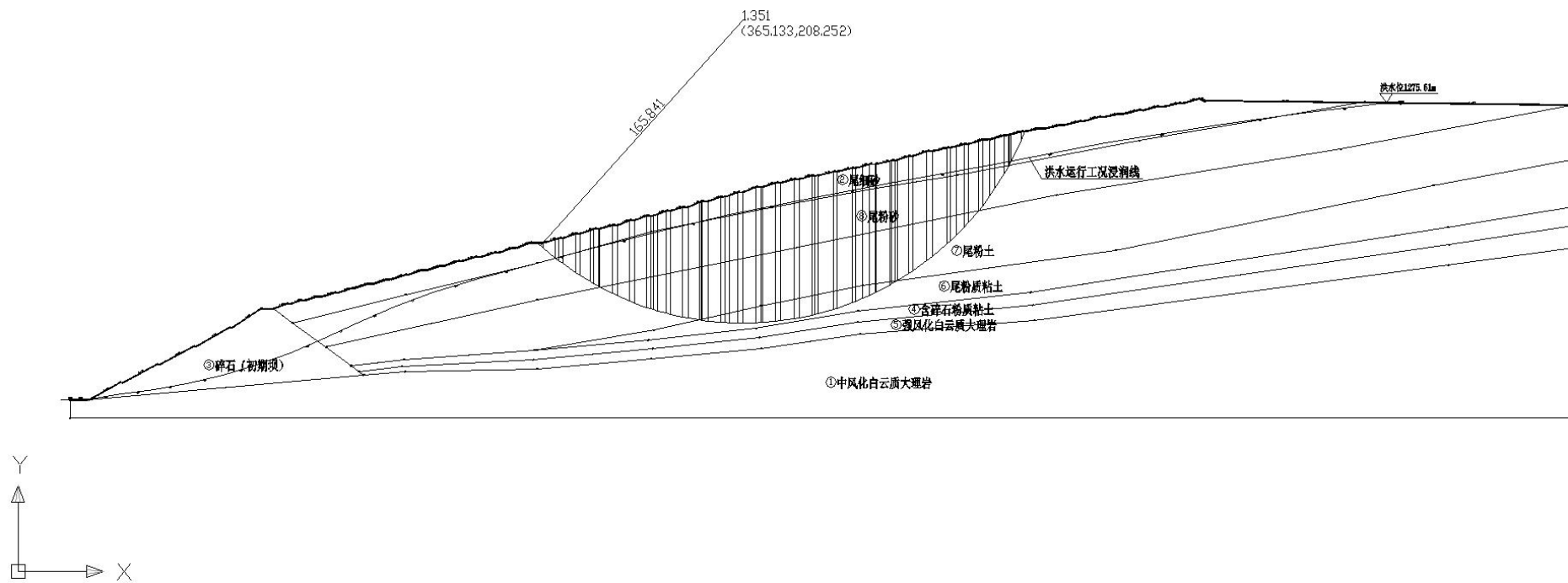


图 3-4 尾矿库洪水运行工况坝体稳定性计算简图

计算项目： 竹园沟尾矿库洪水运行工况土坡稳定计算 2

[控制参数]:

采用规范: 碾压式土石坝设计规范(SL274-2020)

计算工期: 稳定渗流期

计算目标: 安全系数计算

滑裂面形状: 圆弧滑动法

不考虑地震

[坡面信息]

坡面线段数 116

坡面线号	水平投影(m)	竖直投影(m)	超载数
1	10.000	0.000	0
2	16.561	9.201	0
3	1.699	0.000	0
4	18.090	9.799	0
5	1.801	0.000	0
6	17.879	9.650	0
7	1.541	0.000	0
8	17.740	10.119	0
9	1.729	0.000	0
10	15.510	10.352	0
11	6.861	0.000	0
12	6.590	2.439	0
13	2.480	0.000	0
14	5.199	1.900	0
15	2.801	0.000	0
16	6.160	1.939	0
17	2.828	0.000	0
18	6.502	2.141	0
19	2.061	0.000	0
20	6.936	2.346	0
21	2.170	0.111	0
22	6.893	2.303	0
23	3.213	0.000	0
24	6.779	2.359	0
25	2.566	0.000	0
26	7.363	2.490	0
27	1.621	0.000	0
28	7.506	2.539	0
29	2.889	0.000	0
30	6.986	2.281	0
31	2.236	0.000	0
32	7.057	2.480	0

33	2.148	0.000	0
34	7.254	2.270	0
35	3.232	0.000	0
36	7.391	2.490	0
37	2.426	0.000	0
38	7.131	2.449	0
39	2.629	0.000	0
40	6.742	2.820	0
41	7.477	0.000	0
42	8.141	2.439	0
43	2.102	0.000	0
44	6.918	2.461	0
45	2.408	0.000	0
46	7.510	2.510	0
47	2.607	0.000	0
48	7.291	2.000	0
49	2.678	0.000	0
50	6.477	2.703	0
51	2.842	0.000	0
52	6.545	2.527	0
53	3.486	0.000	0
54	6.904	2.500	0
55	2.281	0.000	0
56	6.430	2.000	0
57	3.096	0.000	0
58	7.135	3.250	0
59	3.758	0.000	0
60	6.453	2.299	0
61	2.365	0.000	0
62	6.875	2.400	0
63	2.857	0.000	0
64	6.873	2.900	0
65	3.775	0.000	0
66	6.912	2.221	0
67	2.871	0.000	0
68	7.100	2.000	0
69	2.855	0.000	0
70	6.766	2.000	0
71	3.285	0.000	0
72	8.109	2.000	0
73	2.041	0.000	0
74	8.127	2.000	0
75	1.863	0.000	0
76	7.588	2.049	0

77	3.057	0.000	0
78	8.766	2.000	0
79	1.900	0.000	0
80	7.238	2.381	0
81	2.324	0.000	0
82	7.436	2.559	0
83	3.055	0.000	0
84	7.865	1.881	0
85	1.734	0.000	0
86	7.529	1.930	0
87	2.240	0.000	0
88	7.523	2.439	0
89	3.881	0.000	0
90	7.895	2.371	0
91	2.043	0.000	0
92	6.990	1.939	0
93	1.994	0.000	0
94	7.623	1.711	0
95	3.637	0.000	0
96	7.932	1.818	0
97	2.207	0.000	0
98	7.887	1.990	0
99	2.299	0.000	0
100	7.945	2.400	0
101	3.229	0.000	0
102	7.582	1.480	0
103	2.428	0.000	0
104	8.240	2.010	0
105	2.873	0.000	0
106	6.762	1.949	0
107	4.039	0.000	0
108	8.111	1.941	0
109	2.430	0.000	0
110	7.744	2.229	0
111	1.621	0.000	0
112	0.799	-0.799	0
113	86.650	-1.074	0
114	114.215	-1.416	0
115	158.854	-1.971	0
116	89.482	-1.109	0

[土层信息]

坡面节点数 117

编号	X(m)	Y(m)
----	------	------

0	0.000	0.000
-1	10.000	0.000
-2	26.561	9.201
-3	28.260	9.201
-4	46.350	19.000
-5	48.150	19.000
-6	66.029	28.650
-7	67.570	28.650
-8	85.311	38.770
-9	87.039	38.770
-10	102.549	49.121
-11	109.410	49.121
-12	116.000	51.561
-13	118.480	51.561
-14	123.680	53.461
-15	126.480	53.461
-16	132.641	55.400
-17	135.469	55.400
-18	141.971	57.541
-19	144.031	57.541
-20	150.967	59.887
-21	153.137	59.998
-22	160.029	62.301
-23	163.242	62.301
-24	170.021	64.660
-25	172.588	64.660
-26	179.951	67.150
-27	181.572	67.150
-28	189.078	69.689
-29	191.967	69.689
-30	198.953	71.971
-31	201.189	71.971
-32	208.246	74.451
-33	210.395	74.451
-34	217.648	76.721
-35	220.881	76.721
-36	228.271	79.211
-37	230.697	79.211
-38	237.828	81.660
-39	240.457	81.660
-40	247.199	84.480
-41	254.676	84.480
-42	262.816	86.920
-43	264.918	86.920

-44	271.836	89.381
-45	274.244	89.381
-46	281.754	91.891
-47	284.361	91.891
-48	291.652	93.891
-49	294.330	93.891
-50	300.807	96.594
-51	303.648	96.594
-52	310.193	99.121
-53	313.680	99.121
-54	320.584	101.621
-55	322.865	101.621
-56	329.295	103.621
-57	332.391	103.621
-58	339.525	106.871
-59	343.283	106.871
-60	349.736	109.170
-61	352.102	109.170
-62	358.977	111.570
-63	361.834	111.570
-64	368.707	114.471
-65	372.482	114.471
-66	379.395	116.691
-67	382.266	116.691
-68	389.365	118.691
-69	392.221	118.691
-70	398.986	120.691
-71	402.271	120.691
-72	410.381	122.691
-73	412.422	122.691
-74	420.549	124.691
-75	422.412	124.691
-76	430.000	126.740
-77	433.057	126.740
-78	441.822	128.740
-79	443.723	128.740
-80	450.961	131.121
-81	453.285	131.121
-82	460.721	133.680
-83	463.775	133.680
-84	471.641	135.561
-85	473.375	135.561
-86	480.904	137.490
-87	483.145	137.490

-88	490.668	139.930
-89	494.549	139.930
-90	502.443	142.301
-91	504.486	142.301
-92	511.477	144.240
-93	513.471	144.240
-94	521.094	145.951
-95	524.730	145.951
-96	532.662	147.770
-97	534.869	147.770
-98	542.756	149.760
-99	545.055	149.760
-100	553.000	152.160
-101	556.229	152.160
-102	563.811	153.641
-103	566.238	153.641
-104	574.479	155.650
-105	577.352	155.650
-106	584.113	157.600
-107	588.152	157.600
-108	596.264	159.541
-109	598.693	159.541
-110	606.438	161.770
-111	608.059	161.770
-112	608.857	160.971
-113	695.508	159.896
-114	809.723	158.480
-115	968.576	156.510
-116	1058.059	155.400

附加节点数 49

编号	X(m)	Y(m)
1	0.000	-10.000
2	1058.059	-10.000
3	1058.059	136.766
4	898.701	93.982
5	741.191	72.236
6	518.461	42.621
7	425.012	35.328
8	371.500	27.523
9	312.342	22.023
10	251.148	16.424
11	179.955	14.936
12	157.791	13.121
13	119.465	41.361

14	180.498	56.414
15	251.119	73.432
16	312.283	90.422
17	371.447	102.223
18	433.555	113.689
19	476.826	120.684
20	575.271	139.197
21	155.084	15.135
22	151.115	18.088
23	137.525	28.199
24	178.305	17.748
25	248.941	21.346
26	313.111	27.355
27	370.574	33.248
28	423.420	41.629
29	517.535	50.631
30	741.779	83.162
31	896.252	106.652
32	1058.059	146.057
33	883.594	116.068
34	740.766	92.715
35	516.424	57.590
36	423.566	47.750
37	368.951	38.152
38	310.775	31.801
39	249.582	26.498
40	179.473	21.531
41	838.781	134.799
42	732.959	115.105
43	562.176	80.258
44	425.990	61.326
45	371.447	50.422
46	314.020	37.256
47	683.463	134.607
48	530.406	109.844
49	251.119	53.723

不同土性区域数 8

区号	重度 (kN/m ³)	饱和重度 (kN/m ³)	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (度)	水下粘聚 力(kPa)	水下内摩 擦角(度)
1	21.000	21.800	40.000	50.000	30.000	45.000
2	18.200	19.200	7.100	32.100	6.000	30.000
3	22.000	22.000	0.000	38.000	0.000	35.000
4	18.500	19.500	7.900	29.800	7.000	29.000
5	18.900	19.800	8.600	27.700	8.000	27.000

6	19.400	20.400	22.700	16.700	21.000	16.000
7	19.700	20.600	3.000	30.000	0.000	29.000
8	19.000	20.200	9.900	17.200	9.000	14.000

[水面信息]

采用有效应力法

孔隙水压力采用近似方法计算

不考虑渗透力作用

考虑边坡外侧静水压力

水面线段数 22 水面线起始点坐标: (10.900,0.500)

坝坡外水位: 0.500(m)

水面线号 水平投影(m) 竖直投影(m)

1	16.796	2.343
2	17.351	2.658
3	17.442	3.169
4	19.609	4.494
5	19.487	5.745
6	17.056	6.257
7	18.052	7.835
8	17.596	8.224
9	18.692	8.383
10	22.167	8.253
11	24.290	7.206
12	30.146	7.921
13	30.000	7.962
14	36.510	9.430
15	38.409	8.961
16	45.894	9.459
17	40.454	7.541
18	56.502	10.297
19	59.285	11.176
20	60.709	10.057
21	45.441	6.218
22	45.269	5.652

[计算条件]

圆弧稳定分析方法: 瑞典条分法

土条重切向分力与滑动方向反向时: 当下滑力对待

稳定计算目标: 搜索危险滑动面

条分法的土条宽度: 2.000(m)

搜索时的圆心步长: 4.000(m)

搜索圆弧底的上限: 1000.000(m)

搜索圆弧底的下限: -1000.000(m)

圆弧限制最小弓高: 1.000(m)

计算结果:

最不利滑动面:

滑动圆心 = (365.133,208.252)(m)

滑动半径 = 165.841(m)

滑动安全系数 = 1.351>1.15, 符合二等库规程要求。

通过对现状坝体稳定性计算可知: 尾矿库现状坝体在正常运行状况下、洪水运行状况下坝体抗滑稳定最小安全系数 K_{min} 均满足规范要求, 尾矿堆积坝坝体稳定。

特殊运行期(坝体自重+最高洪水位有可能形成的稳定渗透压力+地震惯性力), 根据《尾矿设施设计参考资料》2.3.5.2 节稳定计算——坝坡稳定计算中的地震力, 尾矿坝设计地震烈度一般采用该地区的基本烈度。国内因无充填坝抗震规范可循, 且尾矿冲积坝断面较大, 充填速度慢, 暂按碾压坝抗震规定执行: 当地震烈度小于或等于 6 度者不设防; 烈度大于 10 度, 应进行专门研究。烈度 7~9 度者可按地震惯性力公式设计。该区为 6 度地震区, 因此不考虑地震。

3.2.2.3 扩容后坝坡抗滑稳定性分析计算

3.2.2.3.1 稳定性分析原理

目前国内外边坡稳定计算方法包括极限平衡法、有限元法和概率统计法等。本次采用极限平衡法中的瑞典圆弧法对尾矿库坝体进行静力抗滑稳定分析。

极限平衡法是依靠一些假定使问题变得静定可解, 这些假设包括: 1) 刚体条件, 即认为潜在滑体在受力和变形过程中总为不可压缩的刚体; 2) 极限强度条件, 即潜在滑体处于极限强度状态; 3)

力平衡条件，考虑滑体安全储备后，在各种力作用下处于平衡状态。

极限平衡法将问题简化为平面问题，一般采用条分法进行，同时又根据满足平衡条件的不同可分为非严格和严格条分法，满足力平衡或力矩平衡条件之一的称为非严格条分法，两者同时满足的则称为严格条分法。计算前，给定一个滑动面，用铅垂线将它剖分为若干铅直土条，忽略土条本身的应力和应变关系，建立刚体静力平衡条件。计算过程一般先假设边坡破坏形式是土体沿某一确定的滑裂面滑动，再根据静力平衡条件和摩尔—库仑破坏准则计算安全系数大小，然后系统地选取多个可能滑动面，用同上方法计算各个稳定安全系数，其中安全系数最小的滑动面就是最可能的滑动面。

瑞典圆弧法是条分法中最简单的方法。瑞典圆弧法是假定土体有一系列圆柱形破坏面，按平面考虑即为圆弧面。圆弧内的土体绕圆心转动，稳定性若能满足则表示坝坡稳定，即土体绕圆心的抗滑力矩大于滑动力矩，否则边坡丧失稳定。

$$F_s = \frac{\sum (\text{每一土条在滑裂面上的抗滑力矩})}{\sum (\text{每一土条在滑裂面上产生的滑动力矩})} \quad (3-2-1)$$

式中 F_s 表示稳定性系数。

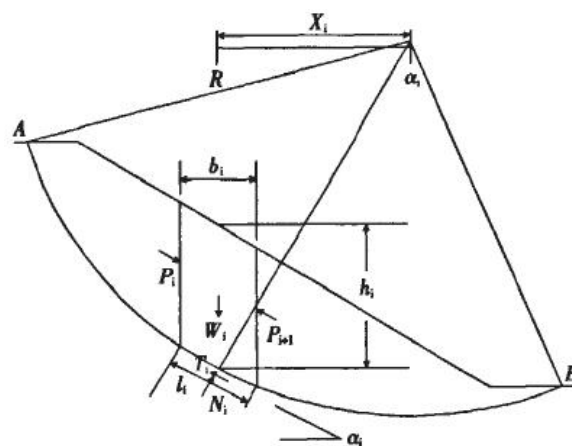


图 3.2-17 瑞典圆弧法受力分析图

瑞典圆弧法受力分析图如图 3-2-6 所示， P_i 及 P_{i+1} 是作用于土条两侧的条间力合力，滑裂面 AB 上的平均抗剪强度为

$$\tau_f = c' + (\sigma - \mu) \tan \varphi' \quad (3-2-2)$$

式中 c' 为有效内聚力； φ' 为有效内摩擦角； μ 为孔隙压力。

土底切向阻力 T_i 为

$$T_i = \tau l_i = \frac{\tau_f l_i}{F_s} = \frac{c'_i l_i}{F_s} + (N_i - \mu_i l_i) \frac{\tan \varphi'}{F_s} \quad (3-2-3)$$

取土底法向力平衡，得

$$N_i = W_i \cos \alpha_i \quad (3-2-4)$$

因为 $x_i = R \sin \alpha_i$ ，得

$$F_s = \frac{\sum [c'_i l_i + (W_i \cos \alpha_i l_i - \mu_i l_i) \tan \varphi'_i]}{\sum W_i \sin \alpha_i} \quad (3-2-5)$$

简化毕肖普法考虑了条块间的法向力，忽略了条块间的切向力；满足所有的力矩平衡条件，不满足水平向的力的平衡的坝坡稳定分析方法。

简化毕肖普法受力分析图，取每一土条竖直方向力的平衡，得

$$N_i \cos \alpha_i = W_i + X_i - X_{i+1} - T_i \sin \alpha_i \quad (3-2-6)$$

式中 X_i 、 X_{i+1} 为土条条间力竖向分力。

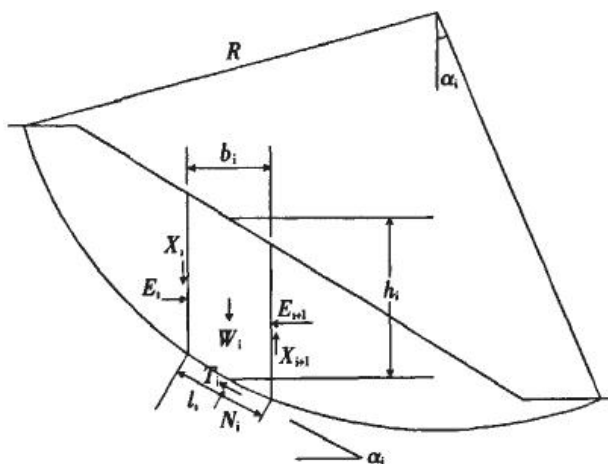


图 3.2-18 简化毕肖普法受力分析图

土底总法同力为

$$N_i = \left[W_i + (X_i - X_{i+1}) - \frac{c'_i l_i \sin \alpha_i}{F_s} + \frac{\mu_i l_i \tan \varphi' \sin \alpha_i}{F_s} \right] \frac{1}{m_\alpha} \tag{3-2-7}$$

式中 $m_\alpha = \cos \alpha_i + \frac{\tan \varphi' \sin \alpha_i}{F_s}$ 。

考虑各土条对滑裂面圆心的力矩之和应当为零，有

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_\alpha} \{ c'_i b_i + [W_i - \mu_i b_i + (X_i - X_{i+1})] \tan \varphi'_i \}}{\sum W_i \sin \alpha_i} \tag{3-2-8}$$

如果忽略条间作用力，则

$$F_s = \frac{\sum \frac{1}{m_\alpha} [c'_i b_i + (W_i - \mu_i b_i) \tan \varphi'_i]}{\sum W_i \sin \alpha_i} \tag{3-2-9}$$

3.2.2.3.2 坝体稳定性分析条件

(1)荷载组合及坝体稳定性最小安全系数

根据《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)第 5.3.16 条、第 5.3.18 条规定，荷载组合分为正常运行、洪水运行和特殊运行三种工况。

表 5.1-3 荷载组合

荷载组合		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

表 5.1-4 坝坡抗滑稳定最小安全系数

运用情况	坝的级别			
	1	2	3	4、5
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	1.05

根据 2024 年 1 月河南同兴地质工程有限公司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库岩土工程地质勘察报告书》并参考当地同类型当地同类型已建成尾矿库相关地质参数对尾矿库坝体进行概化分区。

(2)分析软件

坝体抗滑稳定计算采用加拿大岩土软件公司开发的岩土分析软件 Geo-Studio 进行分析，计算采用该软件中的 Slope 模块。

(3)地震加速度

根据《中国地震烈度区划图（2015）》和《中国地震烈度区划使用规定》的通知，栾川地区抗震设防烈度为 6 度，设计基本地震加速度值为 0.05g。

3.2.2.3.3 坝体稳定性分析

1、扩容初期抗滑稳定性分析

建立尾矿坝坝体最危险剖面的稳定分析模型，浸润线采用渗流计算结果，分别对其进行坝体正常运行工况和洪水运行工况抗滑稳定安全性分析。

尾矿库初期尾矿坝最危险剖面最小抗滑稳定安全系数表

1286.0m 标高	正常工况	洪水工况	特殊工况
瑞典圆弧法	1.440	1.308	不涉及
规范要求	1.25	1.15	1.05
备注	满足要求	满足要求	不涉及

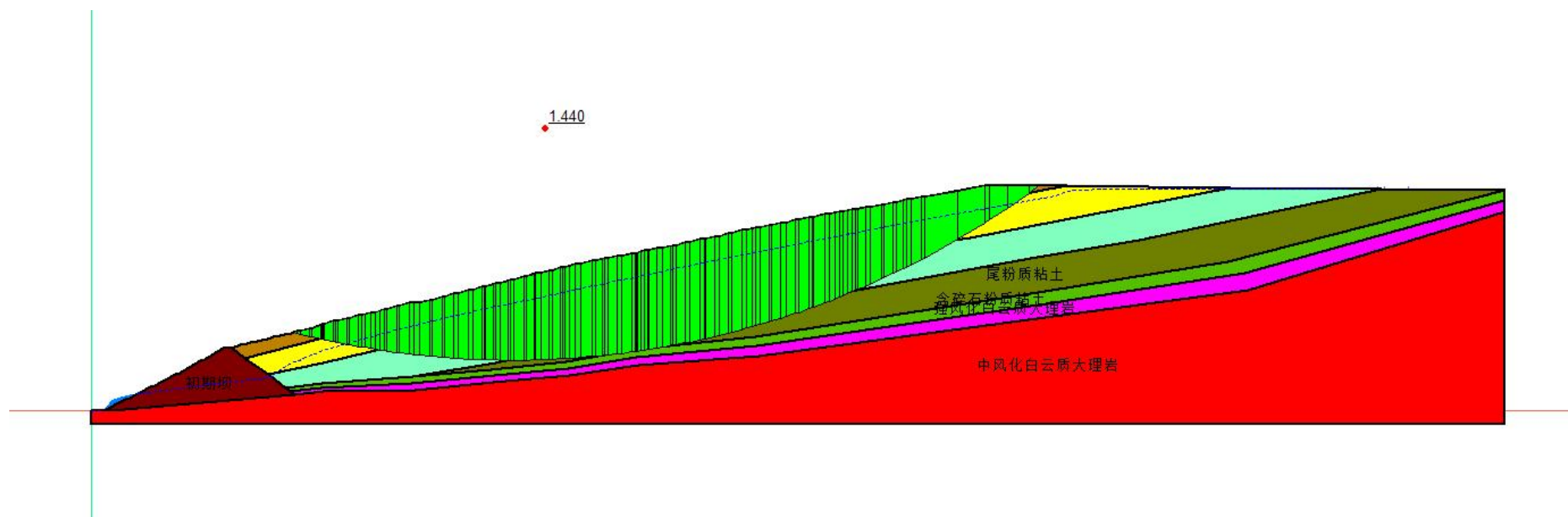


图 3.2-1 扩容工程运行初期正常运行工况坝体最危险滑动面 ($K_{min}=1.440$)

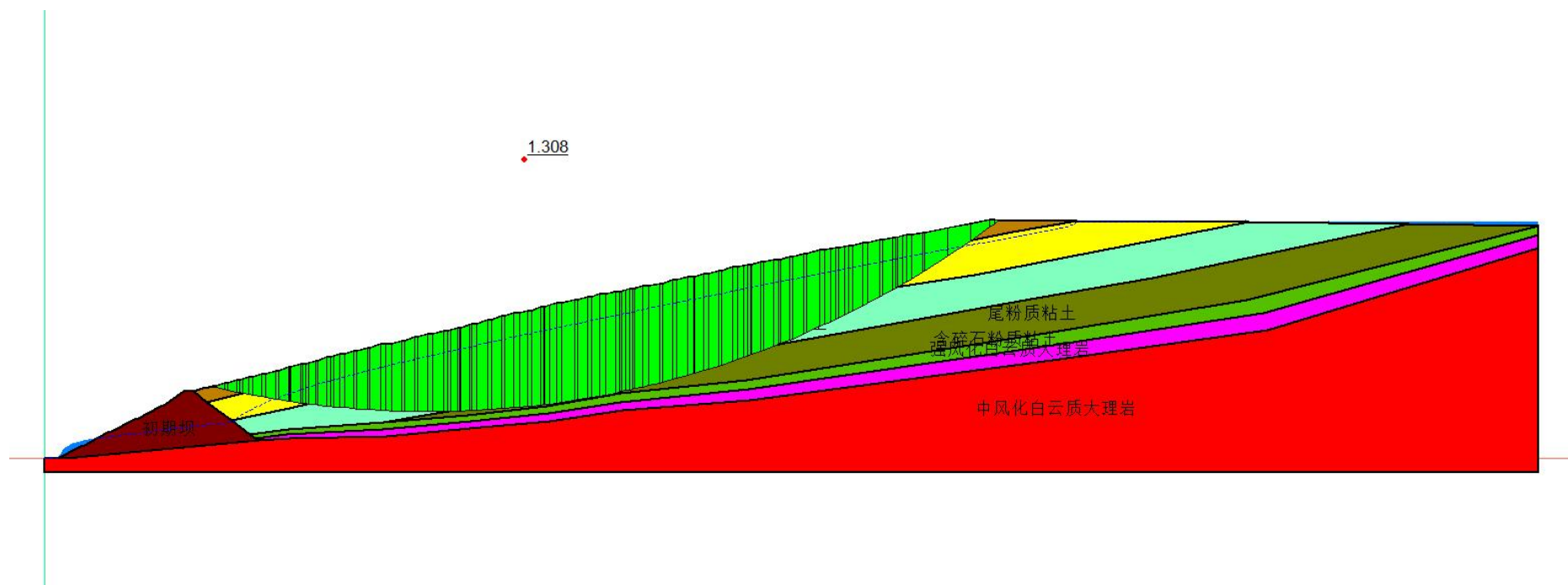


图 3.2-2 初期洪水运行工况坝体最危险滑动面 ($K_{min}=1.308$)

2、扩容工程运行末期坝体抗滑稳定性分析

建立尾矿库堆积坝坝体最危险剖面的稳定分析模型，浸润线采用渗流计算结果，分别对其进行坝体正常运行工况和洪水运行工况抗滑稳定安全性分析。

尾矿库堆积坝最危险剖面最小抗滑稳定安全系数表

1315.0m 标高	正常工况	洪水工况	特殊工况
瑞典圆弧法	1.578	1.347	不涉及
规范要求	1.25	1.15	1.05
备注	满足要求	满足要求	不涉及

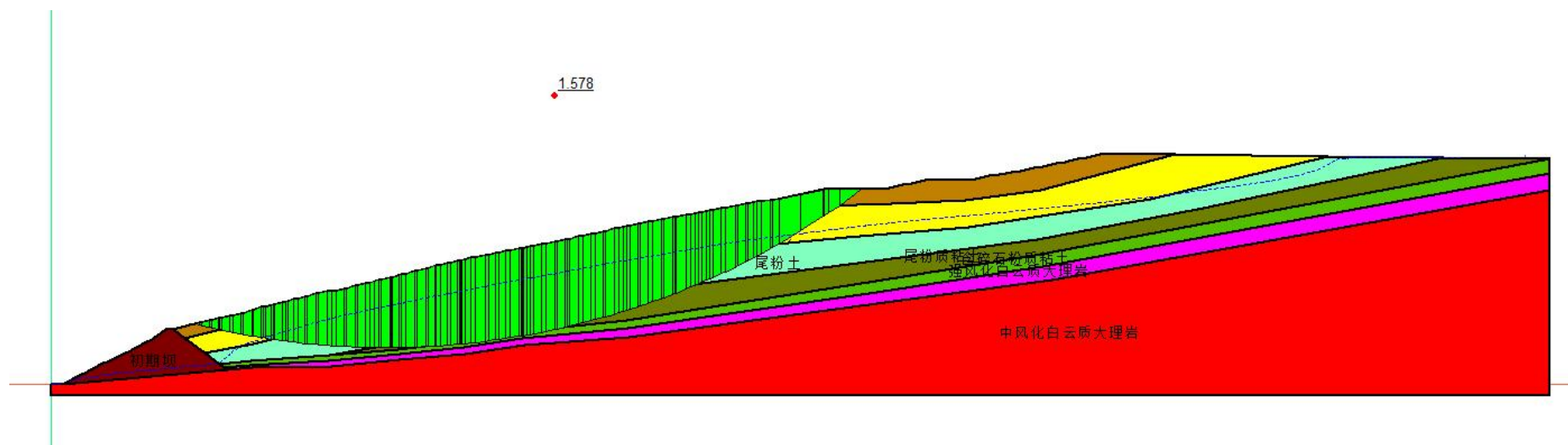


图 3.2-3 堆积坝正常运行工况坝体最危险滑动面 ($K_{min}=1.578$)

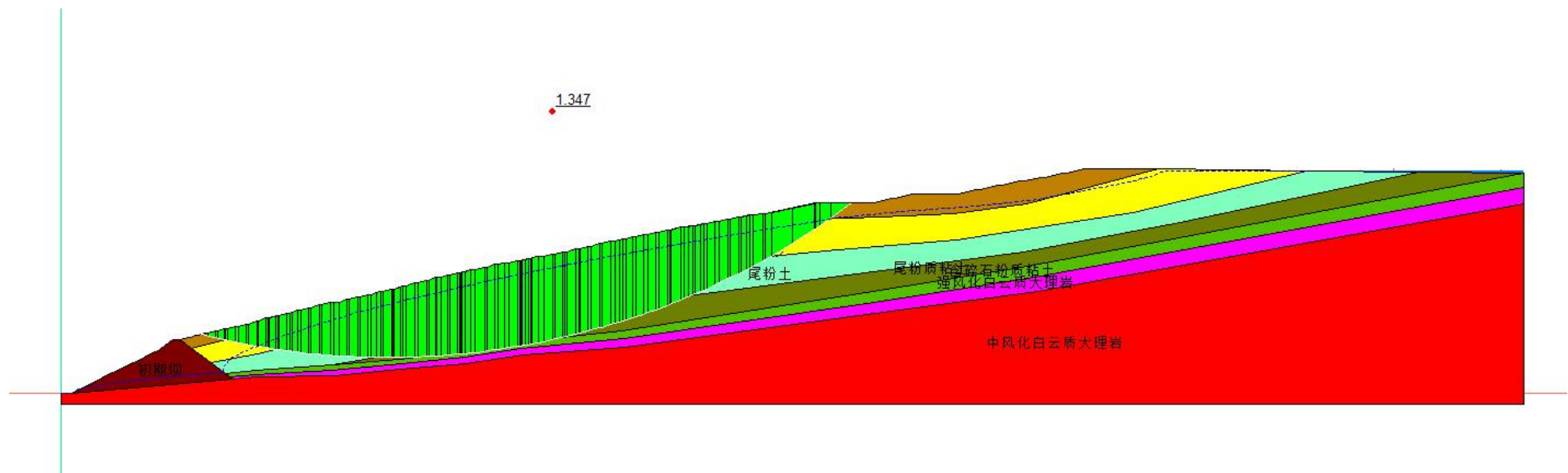


图 3.2-4 堆积坝洪水运行工况坝体最危险滑动面 ($K_{\min}=1.347$)

经计算，尾矿库扩容工程初期运行阶段、末期运行阶段尾矿库正常运行工况条件下及洪水运行工况条件下坝体抗滑稳定性均满足规范要求。经过坝体渗分析可知，尾矿库设置了堆积坝排渗层等设施后堆积坝体浸润线埋深较深有利于坝体的抗滑稳定安全。

3.2.3 安全对策措施及建议

(1)下步设计应依据规模完善尾矿坝上升速率的设计内容。

(2)依据规程要求，下步设计应补充入库尾矿量、尾矿比重、尾矿粒度及排放方式、入库尾矿浓度等相关安全运行控制参数。

(3)下步设计应明确下列安全运行控制参数：

①尾矿库等别，尾矿库设计最终堆积高程、总坝高、总库容、有效库容；

②副坝坝型、坝高、坝顶宽度、上下游坡比、筑坝材料及其控制参数、地基处理；

③子坝坝高、坡比，尾矿堆积坝平均堆积外坡比；

④尾矿坝排渗型式；

⑤尾矿坝各运行期、各剖面的控制浸润线埋深。

(4)下步设计前应补充静动力稳定分析报告、三维渗流分析报告、排洪系统水工模型试验研究报告。

(5)下步设计应完善副坝坝型、结构、基础处理、稳定性计算的内容。

3.2.4 评价小结

可研设计有副坝，堆积坝设置有排渗管网，评价经校核堆积坝坝坡抗滑稳定最小安全系数满足规程要求，可研可以作为下步设计的依据，下步设计应按本评价补充的对策措施完善尾矿坝设计内容。

3.3 防洪系统

3.3.1 可研简述

结合竹园沟尾矿库的库型条件，尾矿库内排洪系统设计为“井+洞”式结构。为增大尾矿库防洪安全裕度，库内排洪系统布置为双井排洪设施。

(1)排水井

库内共新增 3 座框架式排水井，任意相邻的两座排水井重叠高度为 11m，在运行过程中任意一高程均能实现有两座排水井能同时进水，即双井排洪。

9#排水井进水口高程为 1282m~1304m，10#排水井进水口高程 1293m~1315m，11#排水井进水口高程为 1304m~1315m。

设计 9#、10#、11#排水井内径 $D=3\text{m}$ ，外径 4m，9#、10#井架高 22m，11#排水井井架高 11m，共设 6 根立柱，每 3m 设圈梁 1 层，圈梁高 0.4m，厚度 0.2m(具体见排水井结构模板图，结构计算另附)。

排水井地基承载力要求不小于 400KPa，排水井基础出现超挖时应采用 C25 混凝土回填密实。

排水井布置在靠近沟底附近,边坡开挖坡比不陡于 1:0.3~1:0.5;开挖后应采用喷锚挂网加固处理,可研拟定的针对排水井边坡的支护方案,排水井上部及周边的边坡需开挖时,应配合开展施工期勘察以进一步确定详细支护方案。

排水井与支隧洞采用斜井连接,坡度为 21.23%~65.84%。

(2)排水主隧洞

主隧洞进口为明口隧洞,隧洞总长度 482.3m,进水口洞底高程为 1328m,出水口接原设计 8#支隧洞和主隧洞交叉口位置,该位置坐标点为 $X=3746706.77$, $y=530129.08$, $z=1175.97\text{m}$,新增主隧洞平均坡降为 9%。

隧洞内视围岩情况采用钢筋混凝土全断面衬砌或喷锚挂网衬砌。针对 II 类及 III 类较完整围岩应采用喷锚挂网衬砌,喷锚挂网衬砌段隧洞分段净断面尺寸不小于 $2.8\text{m}\times 3.0\text{m}$ (直墙圆拱式结构),隧洞施工时需控制掘进爆破质量以提高隧洞断面平整度及尺寸一致性。针对 III 类较破碎围岩以及 IV 类、V 类围岩应采用钢筋混凝土全断面衬砌,隧洞衬砌后分段净断面尺寸 $2.2\text{m}\times 2.4\text{m}$ (直墙圆拱式结构),C25 混凝土衬砌厚度 300mm。钢筋混凝土衬砌段隧洞在断面尺寸方向沿隧洞顶拱间距 2.0m 设置排水孔,梅花型布置;隧洞沿线沿间距 8~10m 设置一条分缝止水,遇地层岩性及地质情况变化处进行增设。隧洞进出口段 50m 范围内、穿越裂隙较发育区域时,采用固结灌浆的方式加固山体围岩,以提高山体的整体性和隧洞的结构可靠性。

(3)排水支隧洞

排洪支隧洞设计为直墙圆拱式结构，隧洞内视围岩情况采用钢筋混凝土全断面衬砌或喷锚挂网衬砌。针对Ⅱ类及Ⅲ类较完整围岩应采用喷锚挂网衬砌，喷锚挂网衬砌段隧洞分段净断面尺寸不小于 $2.2\text{m}\times 2.4\text{m}$ ，隧洞施工时需控制掘进爆破质量以提高隧洞断面平整度及尺寸一致性。

针对Ⅲ类较破碎围岩以及Ⅳ类、Ⅴ类围岩应采用钢筋混凝土全断面衬砌，隧洞衬砌后分段净断面尺寸 $1.8\text{m}\times 2.0\text{m}$ ，衬砌厚度 300mm 。钢筋混凝土衬砌段隧洞在断面尺寸方向沿隧洞顶拱间距 2.0m 设置排水孔，梅花型布置；隧洞沿线沿间距 $8\sim 10\text{m}$ 设置一条分缝止水，遇地层岩性及地质情况变化处进行增设。

(4)隧洞内竖井布置

根据库型条件，排洪主隧洞在线路布置上需要考虑以下因素：

由于原隧洞进水口坐标与新增主隧洞的自然高差相对较大，排洪隧洞如果全线铺设坡度过陡，会造成明渠均匀流流速过大的问题（超过喷锚支护断面抗冲流速）；因此需要考虑在隧洞内合理的布置竖井以进行局部消能，解决隧洞内高落差问题；

新增主隧洞长度 482m ，可设置措施洞，以解决隧洞在施工期的正常通风、施工出渣和加大施工效率需求等问题，由于竖井位置处提升工作量较大，所布置施工措施洞的位置应尽可能结合竖井位置处进行布置，以便于竖井部位的出渣工作。

主隧洞在11#主隧洞与支隧洞结合处和9#支隧洞和主隧洞连接处设置2处分别为 30m 、 60m 的深竖井，隧洞内竖井设计内径为 3m ，

竖井 C25 钢筋混凝土全断面衬砌厚度 400mm，为保证竖井下方的水流消能效果，竖井下消能水垫层深度 7m。措施洞全线建议采用钢筋混凝土全断面衬砌，衬砌厚度不小于 400mm。施工措施洞的位置可紧邻竖井附近进行布置，针对施工措施洞应满足以下布置要求。

①施工措施洞净断面尺寸宜不小于宽×高=3.0m×2.5m，以满足正常隧洞出渣及通行需要；

②施工措施洞坡度坡向主隧洞方向（措施洞出口位置高，内部低），汇合段排洪主隧洞的几处施工措施洞建议永久衬砌后长期保留，以便于隧洞运行期的正常通气及后期运行检修等工作。

③措施洞洞口的工程地质条件应确保稳固可靠，应结合施工期勘察进一步评定。

由于本尾矿库排洪主隧洞距离长，洞内竖井较多，措施洞较多，隧洞外周边环境影响点较多，隧洞施工难度较大。施工过程中需紧密结合已有勘查，开展施工期勘察工作，综合制定应对各项突发地质工况的专项施工方案；并组织设计单位及有关专家对排洪系统施工组织设计进行全面专项审定，重点评定隧洞施工的措施洞位置合理性、隧洞施工爆破振动的控制、隧洞施工减轻与周边设施的影响的措施、后期隧洞完工后的措施洞处置方案等，以确保隧洞工程安全。

3.3.2 安全评价

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类矿山事

故经验教训，针对该建设项目尾矿库防洪系统的特点，运用预先危险分析的评价方法，对该单元可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、原因或触发条件进行分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施(详见表 3-3-1 尾矿库防洪系统预先危险分析表)。

排水防洪系统预先危险分析表 **表 3-3-1**

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	坍塌	排水构筑物	IV	排水井未按照设计施工、基础处理不当;排水能力不足;未及时清理、堵塞或有裂缝而造成排水构筑物失事	(1)尾矿库的防洪标准应符合下列规定: ①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、使用年限对下游可能造成的危害程度等因素,按表确定,尾矿库等别为三等库时,洪水重现期为 200~500 年一遇。 ②当确定的尾矿库等别的库容或坝高偏于该等下限,尾矿库使用年限较短或失事后对下游不会造成严重危害者,防洪标准可取下限;当确定的尾矿库等别的库容或坝高偏于该等上限,尾矿库使用年限较长或失事后对下游会造成严重危害者,防洪标准应取上限。 (2)尾矿库必须设置排洪设施。 (3)尾矿库的排洪方式及布置应根据地形、地质条件、洪水总量、调洪能力、尾矿性质、回水方式及水质要求、操作条件与使用年限等因素,经技术经济比较确定,并应符合下列要求: ①上游式尾矿库宜采用排水井(或斜槽)—排水管(或隧洞)排洪系统; 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。拦洪坝以上的库外排洪系统不宜与库内排洪系统合并;当与库内排洪系统合并时,应进行论证,合并后的排水管(隧洞)宜采用无压流控制。采用压力流控制时,应进行可靠性技术论证,必要时应通过水工模型试验确定。

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					(4)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,并应满足设计流态和防洪安全要求。对特别复杂的排洪系统,宜进行水工模型试验验证。 (5)进水构筑物的型式应根据排水量大小、尾矿库的地形条件和是否兼作回水设施等因素确定。当排水量较大时,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。 (6)排水井井底应设置消力坑。在排水管或隧洞变坡、转弯和出口处,应根据具体情况采取消能防冲措施。 (7)排水管或斜槽的净高不宜小于 1.2m。 (8)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%。 (9)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。
2	排水系统失效	排水构筑物	III ~ IV	排水井或排水隧洞基础处理不当或排水构筑物砌筑不合格	(1)排洪构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或需要填方的地段。无法避免时,应进行地基处理设计。排洪构筑物不得直接坐落在尾砂沉积滩上。 (2)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基岩上。对于非基岩的地下排洪构筑物,应采取符合基础承载力要求的工程措施。 (3)钢筋混凝土排洪构筑物的结构设计应按现行行业标准《水工混凝土结构设计规范》SL191 的有关规定执行;排水隧洞设计应按现行行业标准《水工隧洞设计规范》SL279 和《水工建筑物荷载设计规范》DL5077 的有关规定执行。 (4)尾矿库应采取防止泥石流、滑坡、树木杂物等影响泄洪能力的工程措施。
3	排水隧洞	排水隧洞	IV	隧洞未衬砌或衬砌不合格造	(1)对围岩坚硬、完整、裂隙少、稳定性好且不宜风化的地段,可不加衬砌。但

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
	堵塞			成排水系统失效	对一般的洞段应采用喷锚的支护形式。如岩石不宜风化,可采用喷混凝土的方式只衬护过水部分;对软弱破碎的洞段,应先用喷锚支护,再用混凝土或钢筋混凝土衬砌。 (2)为防止混凝土干缩和温度应力而产生裂缝,在相邻分段间设有环向伸缩缝,沿洞线的浇注分段长度应根据浇注能力和温度收缩等因素分析确定,一般可采用 6~12cm。 (3)隧洞穿过断层破碎带或软弱带,衬砌需要加厚。当破碎带较宽,为防止不均匀沉降而开裂,在衬砌厚度突变处,应设沉降缝。在渐变段与洞身段交接处以及衬砌的形式、厚度改变,可能产生相对位移的部位,也需要设置环向沉降缝。沉降缝的缝面不凿毛,分布钢筋不穿过,但缝内应填 1~2cm 厚的沥青油毡或其他填料。对有防渗要求的隧洞,还应在缝内设止水。
4	排水构筑物损坏	排水构筑物	II ~ III	排水构筑物建成后因管理不善导致排水不畅	(1)在排水构筑物上或尾矿库内适当地点,应设立清晰醒目的水位观测标尺,表明正常运行水位和警戒水位。 (2)尾矿坝下游坡与两岸山坡结合处的山坡应设置截水沟。 (3)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构筑物安全。 (4)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。 (5)汛期前应对排洪设施进行检查、维修和疏浚,确保排洪设施畅通。根据确定的排洪底坎高程,将排洪底坎以上 1.5 倍调洪高度内的挡板全部打开,清除排洪口前水面漂浮物。 (6)洪水过后应对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查与清理,发现问题及

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					时修复，同时采取措施降低库水位，防止连续降雨后发生垮坝事故。

3.3.3 防洪系统计算

3.3.3.1 尾矿库运行（1277.6m 高程）洪水计算及调洪演算

3.3.3.1.1 尾矿库运行（1277.6m 高程）水文计算

区域洪水汇流引起的洪水是影响尾矿库安全的主要危险因素。按照设计方案，本尾矿库为二等库，防洪标准按 1000 年一遇进行设计，库区洪水来源主要是自然降水。

1、基本暴雨参数

$H_{10\text{分钟}}=14\text{mm}$	$C_v=0.40$	$K_p=3.04$	$C_s=3.5C_v$
$H_1=33\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=3.78$	$C_s=3.5C_v$
$H_6=50\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=3.78$	$C_s=3.5C_v$
$H_{24}=75\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=3.78$	$C_s=3.5C_v$

2、流域参数

表 3.3.3.1-1 流域特征值一览表

汇水区域名称	汇水面积 F (km^2)	沟长 L (km)	坡降 J (%)
尾矿库库区	0.85	1.594	11.6

3、损失参数（平均入渗率）

由《河南省暴雨参数图集》中水文分区的划分，尾矿库位于第 IV 分区，其平均入渗率为 $3\text{mm/h} \sim 5\text{mm/h}$ ，本计算采用 $\mu=3\text{mm/h}$ 。

4、点雨量计算

根据《河南省暴雨参数图集》分别查算点暴雨和产汇流参数，

尾矿库各频率设计面暴雨见表 3.3.3.1-2。

表 3.3.3.1-2 尾矿库暴雨计算成果表

项目	10 分钟	1 小时	6 小时	24 小时
降雨量均值(mm)	14.0	33.0	50.0	75.0
Cv	0.40	0.50	0.50	0.50
Cs/Cv	3.5	3.5	3.5	3.5
0.1%点雨量(mm)	42.56	124.74	189.00	283.50
0.1%面雨量(mm)	42.56	124.74	189.00	283.50

5、暴雨递减指数计算

暴雨递减指数 n_1 、 n_2 、 n_3 应按下列各式计算：

$$n_{1p} = 1 - 1.285 \lg \frac{\alpha H_{1p}}{\alpha H_{10p}}$$

$$n_{2p} = 1 - 1.285 \lg \frac{\alpha H_{6p}}{\alpha H_{1p}}$$

$$n_{3p} = 1 - 1.661 \lg \frac{\alpha H_{24p}}{\alpha H_{6p}}$$

式中： n_{1p} 、 n_{2p} 、 n_{3p} 为暴雨递减指， H_{10p} ， H_{1p} ， H_{6p} 、 H_{24p} 分别为同一设计频率年最大 10 分钟、1 小时、6 小时、24 小时点雨量，mm， α —相应 H_p 的点面折减系数。

暴雨递减指数计算结果见表 3.3.3.1-3。

表3.3.3.1-3 暴雨递减指数计算成果表

重现期	n_1	n_2	n_3
1000年一遇	0.400	0.768	0.708

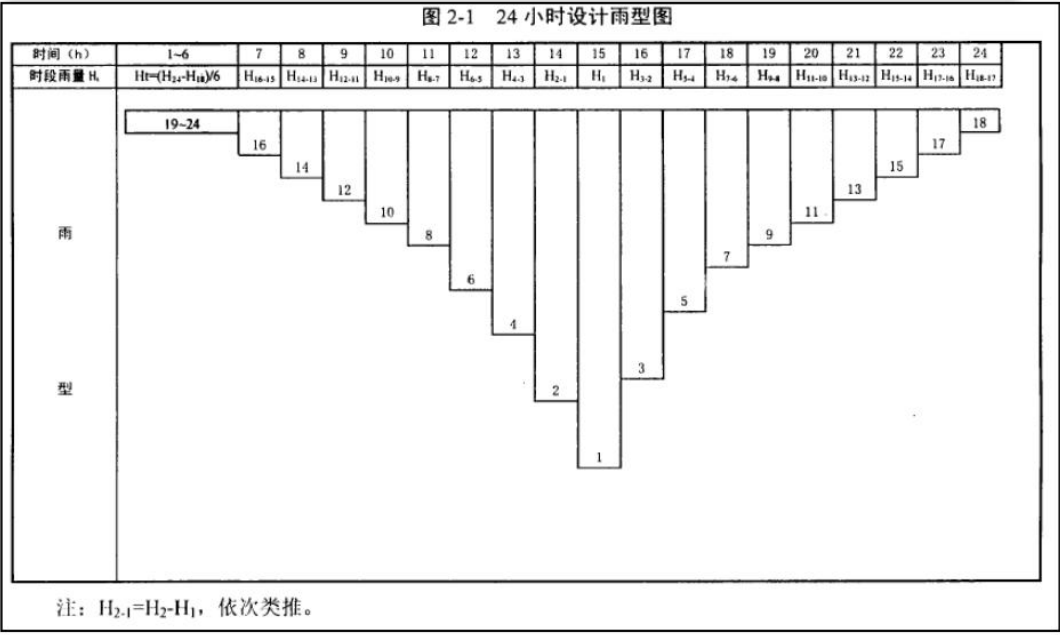


图 3.3.3.1-1 24 小时设计雨型图

表(3) 24小时净雨概化时程分配表 单位%

时段 净雨	历时 暴雨 递减指数 (小时)	1~4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Σ %
R ₆	n _{2P} 040-050									10	12	16	38	14	10								100
	051-060									8	10	16	44	12	10								100
	061-070									7	7	15	54	10	7								100
	071-080									5	6	12	64	8	5								100
R ₆ ~R ₂₄	n _{3P} <0.60		4	5	6	8	8	10	10							10	8	8	6	6	6	5	100
	061-070				6	6	9	10	10							14	10	9	7	7	6	6	100
	>0.70					6	10	12	12							16	12	10	10	6	6		100
备注		24小时净雨R ₂₄ 由次降雨径流关系P~R查得。 6小时净雨R ₆ 由R ₂₄ ×H _{6P} /H _{24P} 计算，H _{6P} 、H _{24P} 为同频率设计年最大6、24小时雨量。																					

图 3.3.3.1-2 24 小时净雨概化时程分配表

3.3.3.1.2 尾矿库运行（1277.6m 高程）洪水计算

1、设计净雨计算

表3.3.3.1-4 暴雨递减指数计算成果表

频率	1000 年一遇
设计雨量 P ₂₄	283.50
前期影响 Pa	50.00

P+Pa	333.50
R ₂₄	242.00

2、洪量计算

按降雨径流关系，由 24 小时降雨量查洪水图集第Ⅳ区次降雨径流关系 P+Pa~R 曲线求得设计洪量，24 小时洪水总量计算公式如下：

$$W_{24} = 1000RF$$

式中：R—24 小时净雨量(mm)。

F—流域面积 (km²)

3、洪峰流量计算

基本公式为：

$$Q_m = 0.278\psi \frac{S}{\tau^n} F$$

$$\psi = 1 - \frac{\mu}{S} \tau^n$$

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

式中：Q_m—设计洪峰流量；

ψ—设计洪峰径流系数；

τ—洪峰汇流时间；

F—流域面积；

L—设计断面至分水岭的干流长度；

J—河道的平均比降；

S—设计最大1小时雨量平均强度；

n—设计暴雨递减指数；

μ—平均入渗率；

m—汇流参数。

计算结果如下：

表 3.3.3.1-5 洪水计算结果一览表

汇水区域名称	洪水总量 W_P ($10^4 m^3$)	洪峰流量 Q (m^3/s)
尾矿库库区	20.57	39.77

4、洪水过程线推求

本次采用概化等腰三角形方法计算设计洪水过程线，如图洪水过程线计算图所示。具体步骤如下：

(1)由降雨径流关系查算出 24 小时设计净雨量 R_{24} ；

(2)以设计暴雨递减指数 n_2, n_3 为参数查 24 小时净雨概化时程分配表，计算逐时净雨；

(3)将设计洪峰 Q_m 和 τ ，对应 τ 时段的最大平均净雨强度，绘出概化等腰三角形，其顶高为 Q_m ，底宽为 2τ ；

(4)列表计算出主峰 τ 前后各个时段的净雨量 R_τ ，因 τ 不够整时段，按小时平均分配取值。以各个时段的净雨平均强度计算各次峰的洪峰流量 $Q_i=0.278 (R_\tau / \tau) F (m^3/s)$ ，按等腰三角形对应于净雨过程绘于图上，叠加绘出 24 小时洪水过程线。

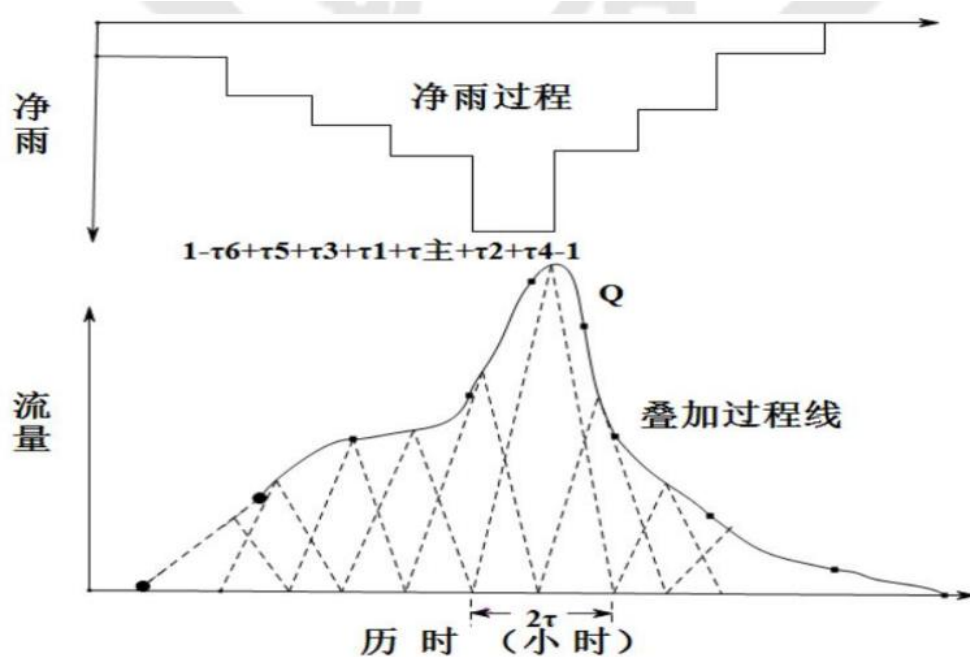


图 3.3.3.1-3 设计洪水过程线计算图

洪水过程线见图 3.3.3.1-4。

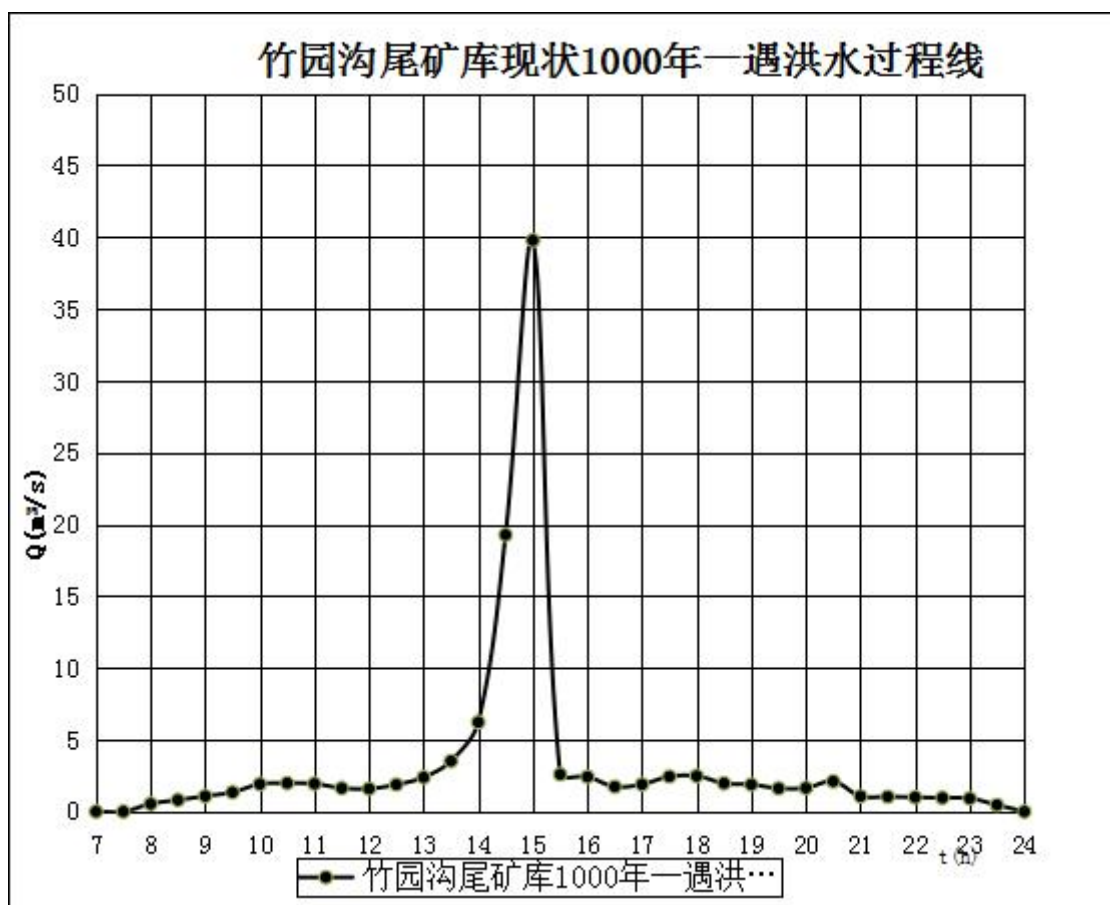


图 3.3.3.1-4 尾矿库 1000 年一遇洪水过程线

3.3.3.1.3 尾矿库运行（1277.6m 高程）调洪演算

调洪计算的目的是根据尾矿库排洪设施尺寸确定下泄能力，并根据尾矿库调洪库容曲线，校核尾矿库的防洪安全能否满足要求。换言之，就是在利用尾矿库用沉积滩面的干滩部分作为调洪库容，洪水到来时，通过不断侵占干滩长度形成调洪库容贮存一部分水；与此同时，形成水深后产生水头通过排洪系统排泄洪水。因此整个调洪排洪阶段，尾矿库库内水面先上升后下降；排洪系统泄流量也是先呈增大趋势，后变为减小趋势，随着排洪系统不断排泄洪水，最终完成一次调洪过程。

采用入库出库水量平衡公式，绘制双辅助曲线，采用半图解法进行尾矿库调洪演算。

基本公式：

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

式中： Q_1 、 Q_2 一时段始末的入库流量（ m^3/s ）

q_1 、 q_2 一时段始末的出库流量（ m^3/s ）

V_1 、 V_2 一时段始末的尾矿库容量（ m^3 ）

Δt —计算时段(s)

排水井+排水隧洞过水能力计算过程如下：

1. 自由泄流

水位未淹没井架圈梁时：

$$Q_c = n_c m \phi_c \sqrt{2g} H_y^{1.5}$$

水位淹没井架圈梁时：

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = 1.8n_e \phi_e H_0^{1.5}$$

$$Q_2 = 2.7n_e \omega_e \sum \sqrt{H_i}$$

水位淹没井口时:

$$Q_e = \varphi \omega_s \sqrt{2gH_j}$$

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

2. 半压力流

$$Q = \varphi F_s \sqrt{2gH}$$

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

3. 压力流

$$Q = \mu F_x \sqrt{2gH_z}$$

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

Q_1 —对于方孔, 水位在窗口之间的流量(m^3/s)

Q_2 —水位在窗口之间的流量(m^3/s)

H_j ——井口泄流水头, m;

H_y ——溢流堰泄流水头, m;

H ——计算水头, 为库水位与排水管入口断面中心标高之差;

H_z ——计算水头, 为库水位与排水管下游出口断面中心标高之差, m, 当下游有水时, 为库水位与下游水位的高差;

ω_s ——井口水流收缩断面面积, m^2 ;

F_s ——排水管入口水流收缩断面面积, m^2 ;

F_x ——排水口下游出口断面面积, m^2 ;

ζ_2 ——排水管入口局部水头损失系数;

ζ_3 ——排水井中水流转向局部水头损失系数；

ζ_4 ——排水井进口局部水头损失系数；

ζ_5 ——框架局部水头损失系数，为立柱、横梁的局部水头损失系数之和；

ξ ——侧向收缩系数；

φ ——流量系数；

d ——排水井内径(m)；

L ——排水管计算管段的长度，(m)；

D ——排水管计算管段内径(m)；

λ_j ——排水井沿程水头损失系数；

λ_g ——排水管沿程水头损失系数。

(1) 排水井进水时，不同库水位时的泄流量计算见下表：

表 3.3.3.1-6 排水井不同水位泄流量表

库水位 (m)	自由泄流 (m ³ /s)	井口泄流 (m ³ /s)	半压力泄流 (m ³ /s)	压力流 (m ³ /s)
1274.40	0.00			
1274.60	1.07			
1274.80	3.30	6.46		
1275.00	5.44	9.58	19.94	22.72
1275.20	8.13	12.09	20.43	22.96
1275.40	10.95	14.17	20.74	23.09
1275.60	13.92	15.96	20.99	23.16
1275.80	16.95	17.54	21.20	23.21
1276.00	20.00	18.97	21.39	23.25
1276.20	23.01	20.29	21.56	23.28
1276.40	25.97	21.51	21.73	23.30
1276.60	28.82	22.66	21.90	23.32
1276.80	31.55	23.75	22.06	23.34
1277.00	34.12	24.79	22.21	23.36
1277.20	41.23	25.78	22.37	23.38
1277.40	46.75	26.73	22.52	23.39
1277.60	52.79	27.64	22.67	23.41
1277.80	59.21	28.53	22.82	23.43
1278.00	65.75	29.38	22.97	23.44

1278.20	72.31	30.21	23.11	23.46
1278.40	78.84	31.02	23.26	23.47

排水井过流能力曲线图

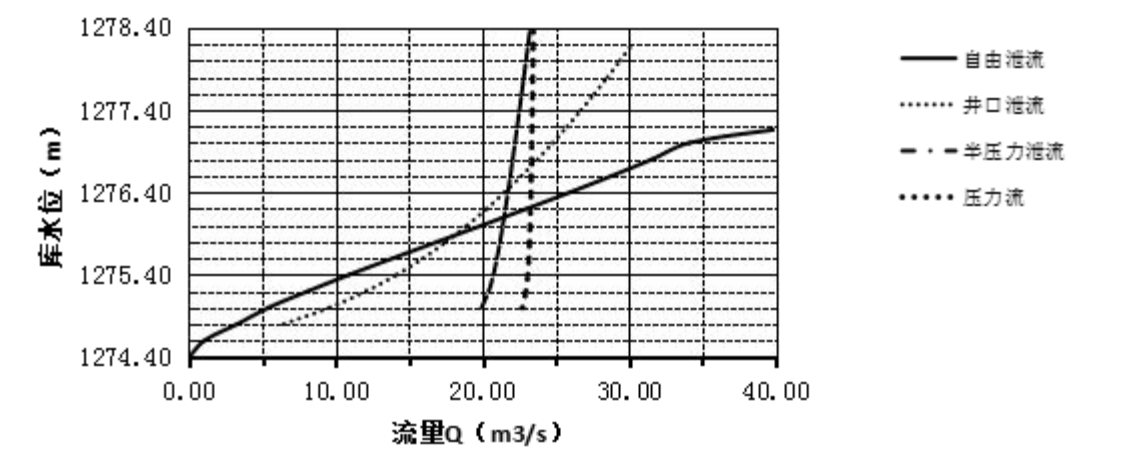


图 3.3.3.1-5 排水井库水位与泄流量关系曲线图

表 3.3.3.1-7 调洪演算辅助曲线计算表

库 水 位 H(米)	泄 流 量 q(米³/秒)	V(米³)	1/2q△t	V+1/2q△t	V-1/2q△t
1274.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1274.60	1.07	12489.65	963.53	13453.18	11526.12
1274.80	3.30	26031.48	2967.38	28998.86	23064.10
1275.00	5.44	40625.49	4895.67	45521.16	35729.82
1275.20	8.13	56271.68	7312.81	63584.49	48958.87
1275.40	10.95	72970.05	9850.53	82820.58	63119.52
1275.60	13.92	90720.60	12524.76	103245.36	78195.84
1275.80	16.95	109523.33	15254.53	124777.86	94268.80
1276.00	18.97	129378.24	17077.29	146455.53	112300.95
1276.20	20.29	150285.33	18261.32	168546.65	132024.01
1276.40	21.51	172244.60	19363.19	191607.79	152881.41
1276.60	21.90	195381.12	19708.14	215089.26	175672.98
1276.80	22.06	219736.58	19852.09	239588.67	199884.49
1277.00	22.21	245227.60	19993.17	265220.77	225234.43
1277.20	22.37	271854.18	20131.93	291986.11	251722.25
1277.40	22.52	299616.32	20268.75	319885.07	279347.57
1277.60	22.67	328514.02	20403.90	348917.92	308110.12
1277.80	22.82	358547.28	20537.58	379084.86	338009.70
1278.00	22.97	389716.10	20669.94	410386.04	369046.16
1278.20	23.11	422020.48	20801.10	442821.58	401219.38
1278.40	23.26	455460.42	20931.15	476391.57	434529.27

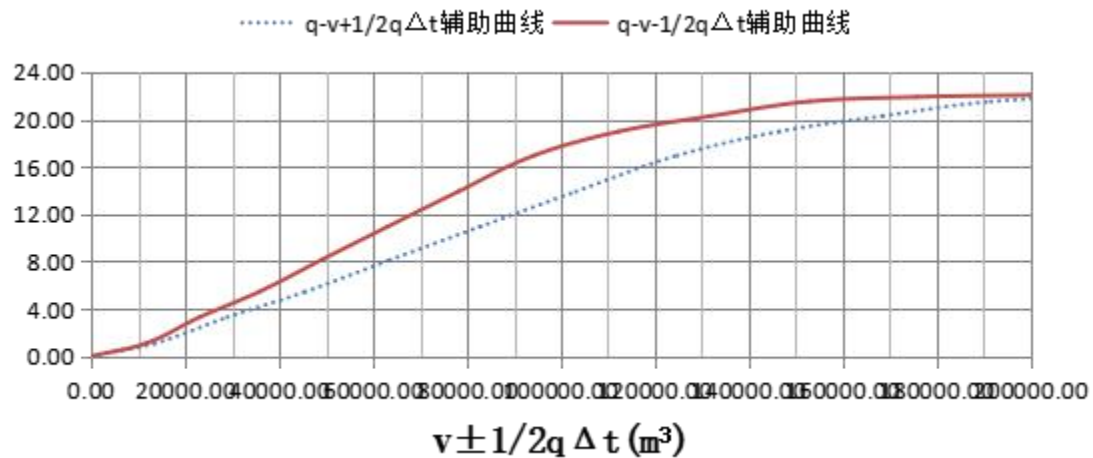


图 3.3.3.1-6 排水井调洪验算辅助曲线图

3.3.3.1.4 尾矿库运行（1277.6m 高程）调洪计算结果

表 3.3.3.1-8 尾矿库调洪验算表

t	Q(米 ³ /秒)	Q'(米 ³ /秒)	Q·Δt(米 ³)	V+1/2qΔt	q(米 ³ /秒)	V-1/2qΔt
5.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0
5.50	0.00	0.00	0	0	0.00	0
6.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0
6.50	0.00	0.00	0	0	0.00	0
7.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0
7.50	0.00	0.00	0	0	0.00	0
8.00	0.54	0.27	485	485	0.04	415
8.50	0.81	0.67	1212	1627	0.13	1394
9.00	1.08	0.94	1696	3090	0.25	2647
9.50	1.35	1.21	2181	4828	0.38	4136
10.00	1.91	1.63	2933	7070	0.56	6057
10.50	1.98	1.95	3503	9560	0.76	8191
11.00	1.94	1.96	3526	11717	0.93	10039
11.50	1.63	1.79	3216	13255	1.05	11356
12.00	1.59	1.61	2903	14259	1.19	12124
12.50	1.88	1.74	3127	15251	1.33	12860
13.00	2.39	2.13	3841	16702	1.54	13937
13.50	3.51	2.95	5310	19248	1.90	15827
14.00	6.22	4.87	8765	24592	2.67	19793
14.50	19.27	12.75	22948	42741	5.08	33599
15.00	39.77	29.52	53143	86741	11.52	66014

15.50	2.59	21.18	38131	104144	14.04	78867
16.00	2.42	2.51	4513	83379	11.03	63532
16.50	1.73	2.08	3739	67271	8.67	51658
17.00	1.90	1.81	3265	54923	6.84	42616
17.50	2.44	2.17	3902	46518	5.59	36460
18.00	2.48	2.46	4428	40888	4.84	32178
18.50	1.97	2.22	4004	36182	4.23	28570
19.00	1.88	1.93	3468	32038	3.69	25394
19.50	1.62	1.75	3153	28547	3.24	22718
20.00	1.65	1.63	2939	25656	2.82	20583
20.50	2.10	1.87	3373	23957	2.57	19322
21.00	1.07	1.59	2856	22177	2.32	18001
21.50	1.03	1.05	1894	19895	1.99	16307
22.00	1.00	1.01	1826	18134	1.74	15000
22.50	0.96	0.98	1759	16759	1.54	13979
23.00	0.92	0.94	1691	15670	1.39	13172
23.50	0.46	0.69	1243	14415	1.21	12240
24.00	0.00	0.23	414	12654	1.01	10841

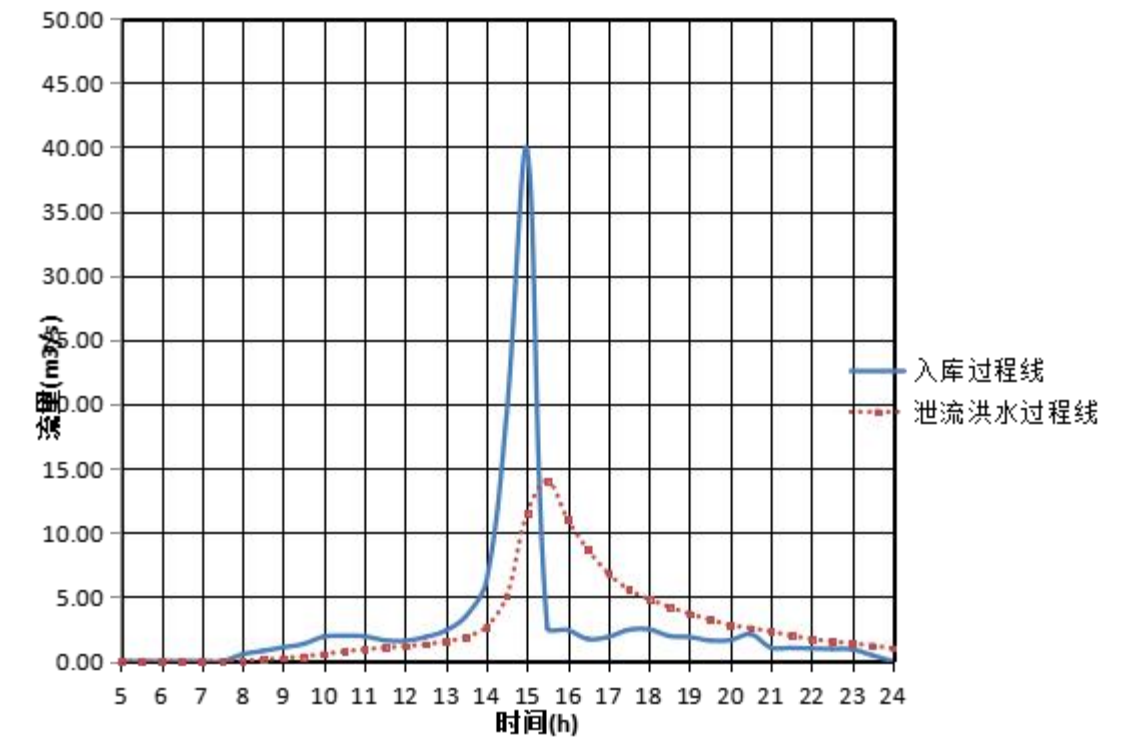


图 3.3.3.1-7 尾矿库调洪验算过程曲线图

表 3.3.3.1-9 最高洪水位时所需调洪库容计算表

$V+1/2q\Delta t$	泄洪流量 q	调洪库容 V	最高洪水位(查取)
------------------	----------	----------	-----------

104144	14.04	91505	1275.61
--------	-------	-------	---------

综上可知：采用内插法可知尾矿库调洪后库内最大泄流量 $14.04\text{m}^3/\text{s}$ 时，此时最高洪水水位为 1275.61m ，此时调洪库容为 91505m^3 。

根据企业提供尾矿库现状实测地形图及现场查勘，堆积坝坝顶高程为 1279.0m ，坝前滩顶高程 1278.70m ，库内干滩长度为 360.0m ，干滩坡度为 1.20% ，库水位为 1274.40m ，尾矿库现状防洪高度为 4.30m ，经调洪演算后库内最高洪水水位 1275.61m ，对应安全超高为 3.09m ，大于规范规定最小安全超高 1.0m ，满足规范要求；调洪后库内干滩长度为 257.50m ，大于规范规定最小干滩长度 100m ，满足规范要求。

3.3.3.2 尾矿库运行（ 1286.0m 高程）洪水计算及调洪演算

3.3.3.2.1 尾矿库运行（ 1286.0m 高程）水文计算

区域洪水汇流引起的洪水是影响尾矿库安全的主要危险因素。按照设计方案，尾矿库堆积坝坝顶标高为 1286.0m ，尾矿库等别为二等库，库区洪水来源主要是自然降水，根据《尾矿库安全规程》第 5.2.8 相关条款要求，本次扩容设计尾矿库防洪标准提高一个等别，设计洪水重现期按照 2000 年一遇进行复核。

根据企业提供的 1: 1000 地形图，该尾矿库堆积坝坝顶 1286.0 以上库内汇水面积为 0.692km^2 ，沟长 1.078km ，沟谷坡度为 4.6% 。

1、基本暴雨参数

$$H_{10\text{分钟}}=14\text{mm}$$

$$C_v=0.40$$

$$K_p=3.25$$

$$C_s=3.5C_v$$

$H_1=33\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=4.10$	$C_s=3.5C_v$
$H_6=50\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=4.10$	$C_s=3.5C_v$
$H_{24}=75\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=4.10$	$C_s=3.5C_v$

2、流域参数

表 3.3.3.2-1 流域特征值一览表

汇水区域名称	汇水面积 F (km^2)	沟长 L (km)	坡降 J (%)
1286m 高程以上主沟	0.692	1.078	4.6

3、损失参数（平均入渗率）

由《河南省暴雨参数图集》中水文分区的划分，尾矿库位于第 IV 分区，本计算采用 $\mu=3\text{mm/h}$ 。

4、点雨量计算

根据《河南省暴雨参数图集》分别查算点暴雨和产汇流参数，各频率设计面暴雨见表 3.3.3.2-2。

表 3.3.3.2-2 尾矿库暴雨计算成果表

项目	10 分钟	1 小时	6 小时	24 小时
降雨量均值(mm)	14.0	33.0	50.0	75.0
C_v	0.45	0.55	0.50	0.48
C_s/C_v	3.5	3.5	3.5	3.5
0.05%点雨量(mm)	45.50	135.30	205.00	307.50
0.05%面雨量(mm)	45.50	135.30	205.00	307.50

按照图集资料，查得流域中心不同历时的暴雨参数，流域面积小于 50km^2 ，设计面雨量直接采用设计点暴雨成果。

5、暴雨递减指数计算

暴雨递减指数 n_1 、 n_2 、 n_3 应按下列各式计算：

$$n_{1p} = 1 - 1.285 \lg \frac{\alpha H_{1p}}{\alpha H_{10p}}$$

$$n_{2p} = 1 - 1.285 \lg \frac{\alpha H_{6p}}{\alpha H_{1p}}$$

$$n_{3p} = 1 - 1.661 \lg \frac{\alpha H_{24p}}{\alpha H_{6p}}$$

式中： n_{1p} 、 n_{2p} 、 n_{3p} 为暴雨递减指， H_{10p} ， H_{1p} ， H_{6p} 、 H_{24p} 分别为同一设计频率年最大 10 分钟、1 小时、6 小时、24 小时点雨量，mm， α —相应 H_{tp} 的点面折减系数。

暴雨递减指数计算结果见表 3.3.3.2-3。

表3.3.3.2-3 暴雨递减指数计算成果表

重现期	n_1	n_2	n_3
2000年一遇	0.392	0.768	0.708

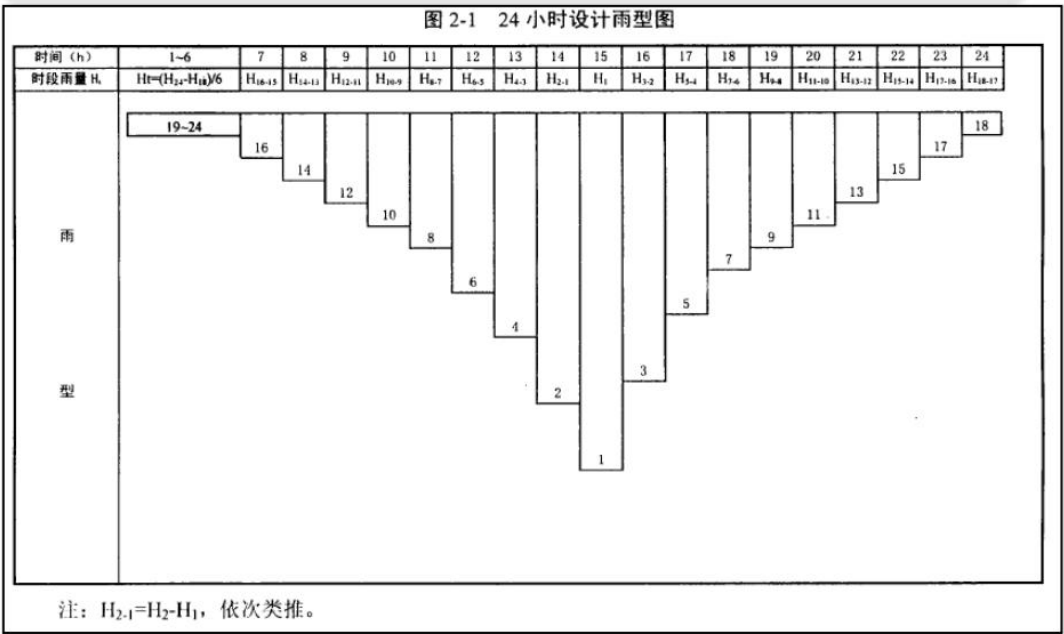


图 3.3.3.2-1 24 小时设计雨型图

表(3)

24小时净雨概化时程分配表

单位%

时段 净雨	历时 暴雨 递减指数	1~4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Σ %
R ₆	n _{2D} 040-050									10	12	16	38	14	10								100
	051-060									8	10	16	44	12	10								100
	061-070									7	7	15	54	10	7								100
	071-080									5	6	12	64	8	5								100
R ₆ ~R ₂₄	n _{3D} <0.60		4	5	6	8	8	10	10							10	8	8	6	6	6	5	100
	061-070				6	6	9	10	10							14	10	9	7	7	6	6	100
	>0.70					6	10	12	12							16	12	10	10	6	6		100
备注		24小时净雨R ₂₄ 由次降雨径流关系P+P _a ~R查得。 6小时净雨R ₆ 由R ₂₄ ×H _{6D} /H _{24D} 计算，H _{6D} 、H _{24D} 为同频率设计年最大6、24小时雨量。																					

图 3.3.3.2-2 24 小时净雨概化时程分配表

3.3.3.2.2 尾矿库运行（1286.0m 高程）洪水计算

1、设计净雨计算

表3.3.3.2-4 设计净雨计算成果表

频率	2000 年一遇
设计雨量 P ₂₄	307.50
前期影响 P _a	50.00
P+P _a	357.50
R ₂₄	268.00

2、设计洪量计算

按降雨径流关系，由 24 小时降雨量查洪水图集第IV区次降雨径流关系 P+P_a~R 曲线求得设计洪量，24 小时洪水总量计算公式如下：

$$W_{24} = 1000RF$$

式中：R—24 小时净雨量(mm)。

F—流域面积 (km²)

3、设计洪峰流量计算

基本公式为：

$$Q_m = 0.278\psi \frac{S}{\tau^n} F$$

$$\psi = 1 - \frac{\mu}{S} \tau^n$$

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

式中：Q_m—设计洪峰流量；

ψ—设计洪峰径流系数；

τ—洪峰汇流时间；

F—流域面积；

L—设计断面至分水岭的干流长度；

J—河道的平均比降；

S—设计最大1小时雨量平均强度；

n—设计暴雨递减指数；

μ—平均入渗率；

m—汇流参数。

计算结果如下：

表 3.3.3.2-5 洪水计算结果一览表

汇水区域名称	洪水总量 W _P (10 ⁴ m ³)	洪峰流量 Q (m ³ /s)
堆积坝 1286m 高程以上	18.55	35.73

4、洪水过程线推求方法

本次设计采用概化等腰三角形方法计算设计洪水过程线,如图 4 洪水过程线计算图所示。具体步骤如下：

(1)由降雨径流关系查算出 24 小时设计净雨量 R₂₄；

(2)以设计暴雨递减指数 n₂, n₃ 为参数查 24 小时净雨概化时程分

配表，计算逐时净雨；

(3)将设计洪峰 Q_m 和 τ ，对应 τ 时段的最大平均净雨强度，绘出概化等腰三角形，其顶高为 Q_m ，底宽为 2τ ；

(4)列表计算出主峰 τ 前后各个时段的净雨量 R_τ ，因 τ 不够整时段，按小时平均分配取值。以各个时段的净雨平均强度计算各次峰的洪峰流量 $Q_i=0.278 (R_\tau / \tau) F (m^3/s)$ ，按等腰三角形对应于净雨过程绘于图上，叠加绘出 24 小时洪水过程线。

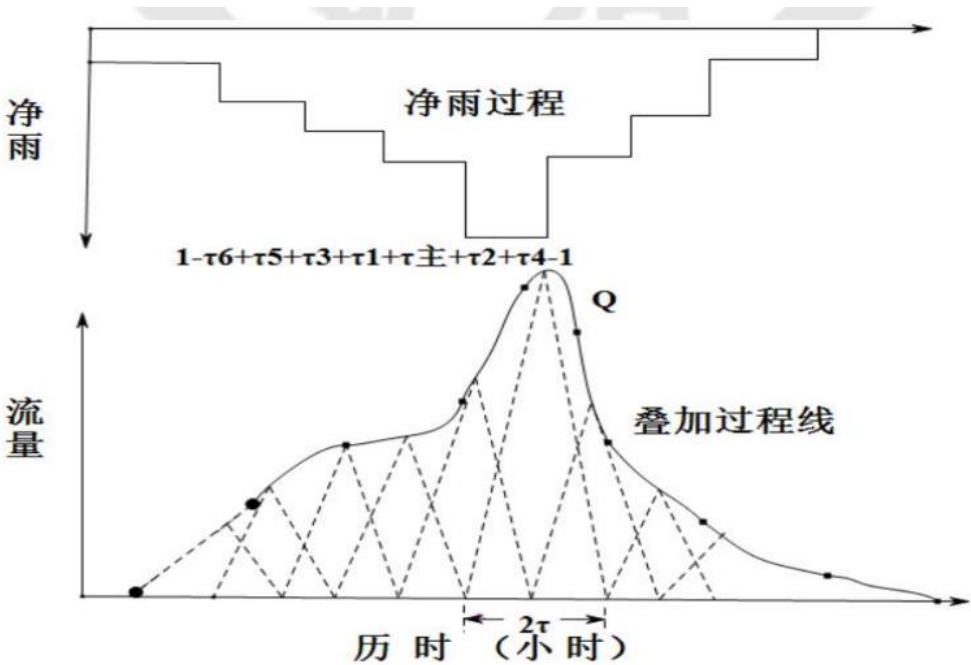


图 3.3.3.2-3 设计洪水过程线计算图

堆积坝 1286.0m 高程以上洪水过程线见图 3.3.3.2-4。

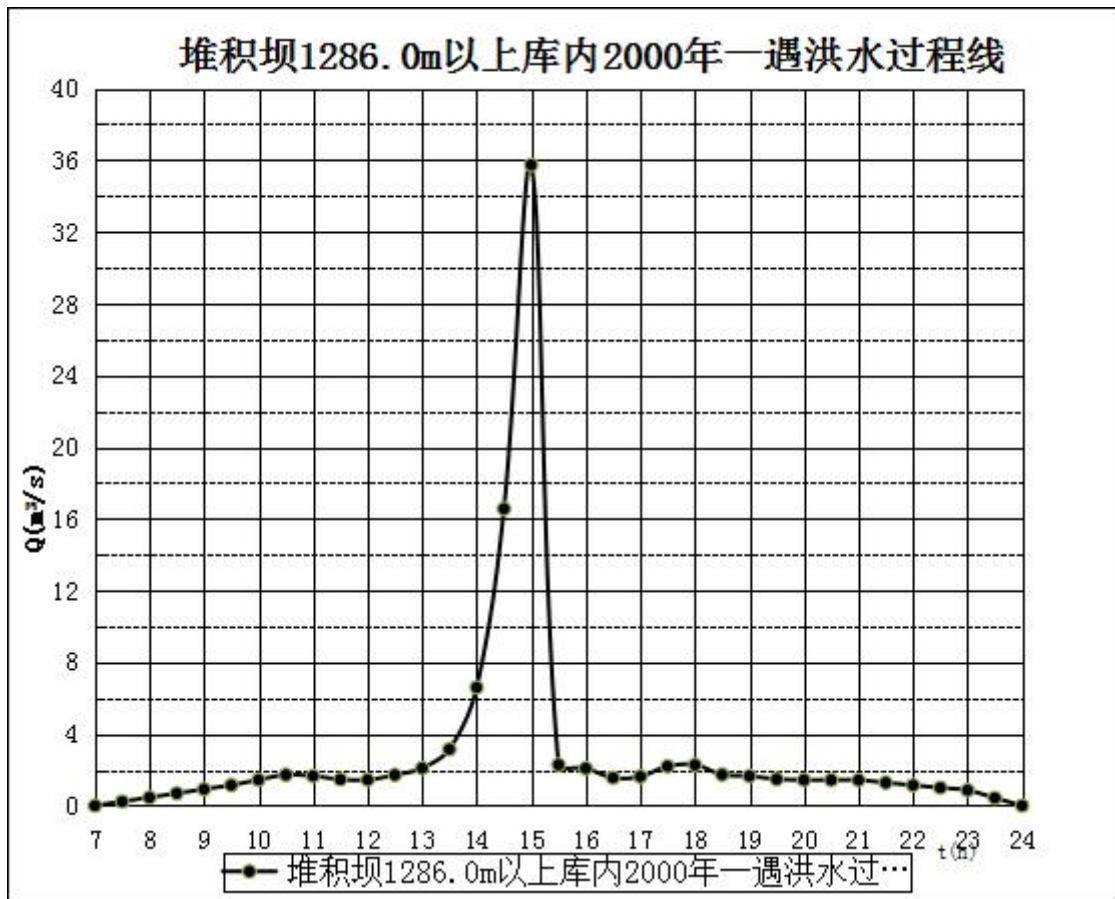


图 3.3.3.2-4 尾矿库运行（1286.0m 高程以上）2000 年一遇洪水过程线

3.3.3.2.3 尾矿库运行（1286.0m 高程）调洪演算

1、计算方法

采用入库出库水量平衡公式，绘制双辅助曲线，采用半图解法进行调洪演算。

基本公式：

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

式中： Q_1 、 Q_2 一时段始末的入库流量（ m^3/s ）

q_1 、 q_2 一时段始末的出库流量（ m^3/s ）

V_1 、 V_2 一时段始末的容量（ m^3 ）

Δt —计算时段(s)

2、排水井下泄能力计算

排水井+排水隧洞过水能力计算过程如下：

(1) 自由泄流

水位未淹没井架圈梁时：

$$Q_c = n_c m \omega_c \sqrt{2g} H_y^{1.5}$$

水位淹没井架圈梁时：

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = 1.8 n_c \omega_c H_0^{1.5}$$

$$Q_2 = 2.7 n_c \omega_c \sum \sqrt{H_i}$$

水位淹没井口时：

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

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

(2) 半压力流

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

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

(3) 压力流

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

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

Q_1 —对于方孔，水位在窗口之间的流量(m³/s)

Q_2 —水位在窗口之间的流量(m³/s)

H_j ——井口泄流水头，m；

H_y ——溢流堰泄流水头，m；

H ——计算水头，为库水位与排水管入口断面中心标高之差；

H_z ——计算水头，为库水位与排水管下游出口断面中心标高之差，m，当下游有水时，为库水位与下游水位的高差；

ω_s ——井口水流收缩断面面积， m^2 ；

F_s ——排水管入口水流收缩断面面积， m^2 ；

F_x ——排水口下游出口断面面积， m^2 ；

ζ_2 ——排水管入口局部水头损失系数；

ζ_3 ——排水井中水流转向局部水头损失系数；

ζ_4 ——排水井进口局部水头损失系数；

ζ_5 ——框架局部水头损失系数，为立柱、横梁的局部水头损失系数之和；

ξ ——侧向收缩系数；

φ ——流量系数；

d ——排水井内径(m)；

L ——排水管计算管段的长度，(m)；

D ——排水管计算管段内径(m)；

λ_j ——排水井沿程水头损失系数；

λ_g ——排水管沿程水头损失系数。

尾矿库运行 1286.0m 高程，库内采用 9#排水井+排水隧洞进行排水，不同库水位时的泄流量计算见下表：

表 3.3.3.2-6 排水井不同水位泄流量表

库水位 (m)	自由泄流 (m^3/s)	井口泄流 (m^3/s)	半压力泄流 (m^3/s)	压力流 (m^3/s)
1283.00	0.00			
1283.20	1.07			
1283.40	3.30	6.46		
1283.60	5.44	9.58	17.40	23.22

1283.80	8.13	12.09	18.11	23.31
1284.00	10.95	14.17	18.60	23.36
1284.20	13.92	15.96	18.99	23.40
1284.40	16.95	17.54	19.33	23.42
1284.60	20.00	18.97	19.64	23.44
1284.80	23.01	20.29	19.94	23.46
1285.00	25.97	21.51	20.22	23.48
1285.20	28.82	22.66	20.49	23.50
1285.40	31.55	23.75	20.75	23.51
1285.60	34.12	24.79	21.01	23.53
1285.80	41.23	25.78	21.26	23.54
1286.00	46.75	26.73	21.51	23.56
1286.20	52.79	27.64	21.75	23.57
1286.40	59.21	28.53	21.99	23.58
1286.60	65.75	29.38	22.23	23.60
1286.80	72.31	30.21	22.47	23.61
1287.00	78.84	31.02	22.70	23.62

排水井过流能力曲线图

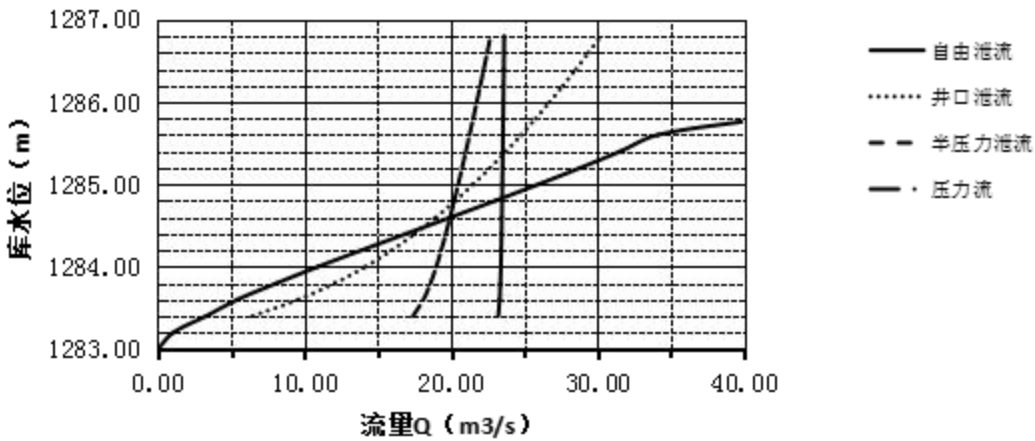


图 3.3.3.2-5 排水井库水位与泄流量关系曲线图

3、调洪辅助曲线计算

表 3.3.3.2-7 调洪演算辅助曲线计算表

库水位 H(米)	泄流量 q(米³/秒)	V(米³)	1/2qΔt	V+1/2qΔt	V-1/2qΔt
1283.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1283.20	1.07	13126.28	963.53	14089.81	12162.75
1283.40	3.30	27286.32	2967.38	30253.70	24318.94
1283.60	5.44	42480.12	4895.67	47375.79	37584.45

1283.80	8.13	58707.68	7312.81	66020.49	51394.87
1284.00	10.95	75969.00	9850.53	85819.53	66118.47
1284.20	13.92	94198.74	12524.76	106723.50	81673.98
1284.40	16.95	113331.56	15254.53	128586.09	98077.03
1284.60	18.97	133367.46	17077.29	150444.75	116290.17
1284.80	19.94	154306.44	17942.27	172248.71	136364.17
1285.00	20.22	176148.50	18194.67	194343.17	157953.83
1285.20	20.49	198893.64	18438.60	217332.24	180455.04
1285.40	20.75	222541.86	18675.93	241217.79	203865.93
1285.60	21.01	247093.16	18907.86	266001.02	228185.30
1285.80	21.26	272547.54	19135.22	291682.76	253412.32
1286.00	21.51	298905.00	19358.60	318263.60	279546.40
1286.20	21.75	325752.08	19578.45	345330.53	306173.63
1286.40	21.99	352675.32	19795.08	372470.40	332880.24
1286.60	22.23	379674.72	20008.78	399683.50	359665.94
1286.80	22.47	406750.28	20219.73	426970.01	386530.55
1287.00	22.70	433902.00	20428.12	454330.12	413473.88

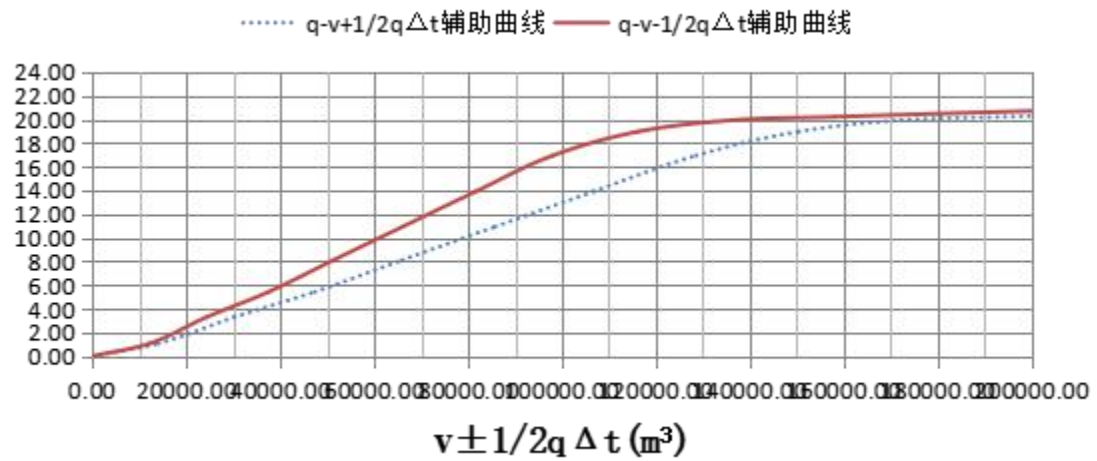


图 3. 3. 3. 2-6 排水井调洪验算辅助曲线图

4、调洪演算结果

表 3.3.3.2-8 尾矿库调洪验算表

t	Q(米 ³ /秒)	Q'(米 ³ /秒)	Q·Δt(米 ³)	V+1/2qΔt	q(米 ³ /秒)	V-1/2qΔt
5.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0
5.50	0.00	0.00	0	0	0.00	0

6.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0
6.50	0.00	0.00	0	0	0.00	0
7.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0
7.50	0.23	0.11	206	206	0.02	178
8.00	0.46	0.34	619	797	0.06	688
8.50	0.69	0.57	1031	1719	0.13	1484
9.00	0.92	0.80	1444	2928	0.22	2527
9.50	1.15	1.03	1856	4383	0.33	3784
10.00	1.44	1.29	2327	6111	0.46	5275
10.50	1.72	1.58	2841	8116	0.62	7006
11.00	1.65	1.68	3033	10039	0.76	8666
11.50	1.46	1.56	2804	11470	0.87	9901
12.00	1.44	1.45	2613	12514	0.95	10802
12.50	1.71	1.58	2837	13640	1.04	11774
13.00	2.09	1.90	3421	15195	1.22	12994
13.50	3.15	2.62	4714	17708	1.57	14884
14.00	6.60	4.87	8770	23654	2.39	19355
14.50	16.56	11.58	20839	40194	4.54	32020
15.00	35.73	26.15	47061	79082	9.99	61108
15.50	2.28	19.01	34212	95320	12.30	73188
16.00	2.08	2.18	3925	77113	9.71	59644
16.50	1.55	1.82	3268	62912	7.68	49092
17.00	1.62	1.59	2856	51948	6.10	40971
17.50	2.20	1.91	3435	44406	5.07	35284
18.00	2.27	2.23	4022	39305	4.43	31332
18.50	1.73	2.00	3604	34936	3.88	27946
19.00	1.65	1.69	3041	30988	3.39	24887
19.50	1.48	1.56	2814	27702	2.95	22400
20.00	1.43	1.45	2619	25018	2.58	20382
20.50	1.43	1.43	2573	22955	2.29	18830
21.00	1.42	1.43	2565	21395	2.08	17657
21.50	1.28	1.35	2434	20090	1.90	16675
22.00	1.14	1.21	2179	18855	1.73	15746
22.50	1.00	1.07	1925	17671	1.56	14856
23.00	0.86	0.93	1670	16526	1.41	13995
23.50	0.43	0.64	1157	15152	1.22	12962
24.00	0.00	0.21	386	13348	1.01	11522

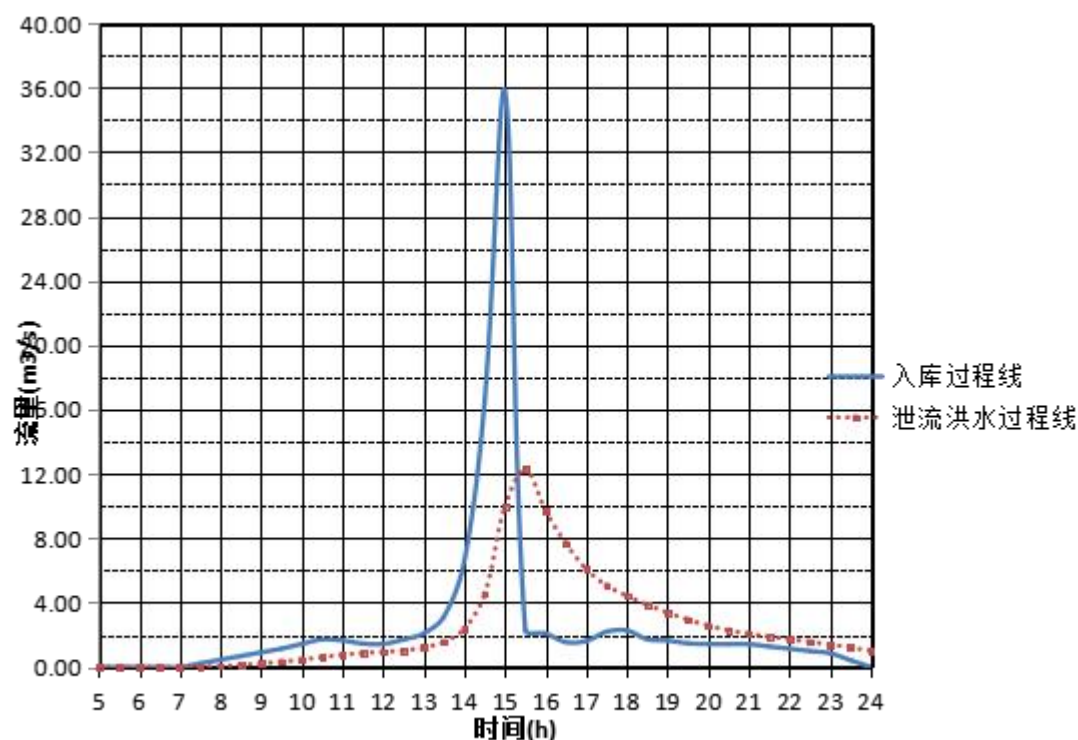


图 3.3.3.2-7 尾矿库调洪验算过程曲线图

表 3.3.3.2-9 最高洪水水位时所需调洪库容计算表

$V+1/2q\Delta t$	泄洪流量 q	调洪库容 V	最大水深(查取)
95320	12.30	84254	1284.09

综上所述:堆积坝 1286.0m 以上库内最大洪峰流量为 $35.73\text{m}^3/\text{s}$, 采用内插法可知尾矿库调洪后库内最大泄流量 $12.30\text{m}^3/\text{s}$ 时, 此时最高洪水水位为 1284.09m, 此时调洪库容为 84254m^3 。

尾矿库扩容工程运行初期堆积坝坝顶高程 1286.0m, 坝前滩顶高程 1286.0m, 正常运行期间库内干滩长度为 300m, 干滩坡度为 1.0%, 对应库内正常水位为 1283.0m, 尾矿库正常运行工况防洪高度 3.0m, 调洪后库内最高洪水水位为 1284.09m, 对应安全超高为 1.91m 大于一等尾矿库 (提高一个等别) 最小安全超高 1.5m, 尾矿库洪水运行时库内干滩长度为 191.0m, 大于一等库 (提高一个等别) 规范允许最小干滩长度 150.0m, 满足一等库规范要求。

3.3.3.3 尾矿库拦洪坝以上洪水计算

3.3.3.3.1 尾矿库拦洪坝以上水文计算

根据企业提供的 1: 1000 地形图及设计尾矿库总平面图布置图，拦洪坝以上汇水面积为 0.12km²，沟长 0.412km，沟谷坡度为 32.7%。

1、基本暴雨参数

$H_{10\text{分钟}}=14\text{mm}$	$C_v=0.40$	$K_p=3.25$	$C_s=3.5C_v$
$H_1=33\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=4.10$	$C_s=3.5C_v$
$H_6=50\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=4.10$	$C_s=3.5C_v$
$H_{24}=75\text{mm}$	$C_v=0.50$	$K_p=4.10$	$C_s=3.5C_v$

2、流域参数

表 3.3.3.3-19 流域特征值一览表

汇水区域名称	汇水面积 F (km ²)	沟长 L (km)	坡降 J (%)
拦洪坝以上	0.12	0.412	32.7

3、损失参数（平均入渗率）

由《河南省暴雨参数图集》中水文分区的划分，尾矿库位于第 IV 分区，本计算采用 $\mu=3\text{mm/h}$ 。

4、点雨量计算

根据《河南省暴雨参数图集》分别查算点暴雨和产汇流参数，各频率设计面暴雨见表 3.3.3.3-20。

表 3.3.3.3-20 尾矿库暴雨计算成果表

项目	10 分钟	1 小时	6 小时	24 小时
降雨量均值(mm)	14.0	33.0	50.0	75.0
C_v	0.45	0.55	0.50	0.48

Cs/Cv	3.5	3.5	3.5	3.5
0.05%点雨量(mm)	45.50	135.30	205.00	307.50
0.05%面雨量(mm)	45.50	135.30	205.00	307.50

按照图集资料，查得流域中心不同历时的暴雨参数，流域面积小于 50km²，设计面雨量直接采用设计点暴雨成果。

5、暴雨递减指数计算

暴雨递减指数计算结果见表 3.3.3.3-21。

表3.3.3.3-21 暴雨递减指数计算成果表

重现期	n ₁	n ₂	n ₃
2000年一遇	0.392	0.768	0.708

3.3.3.3.2 尾矿库拦洪坝以上洪水计算

1、设计净雨计算

表3.3.3.3-22 设计净雨计算成果表

频率	2000 年一遇
设计雨量 P ₂₄	307.50
前期影响 Pa	50.00
P+Pa	357.50
R ₂₄	268.00

2、设计洪量及洪峰流量计算

计算结果如下：

表 3.3.3.3-22 洪水计算结果一览表

汇水区域名称	洪水总量 W _P (10 ⁴ m ³)	洪峰流量 Q (m ³ /s)
拦洪坝以上	3.22	10.41

4、洪水过程线推求

拦洪坝以上洪水过程线见图 3.3.3.3-12。

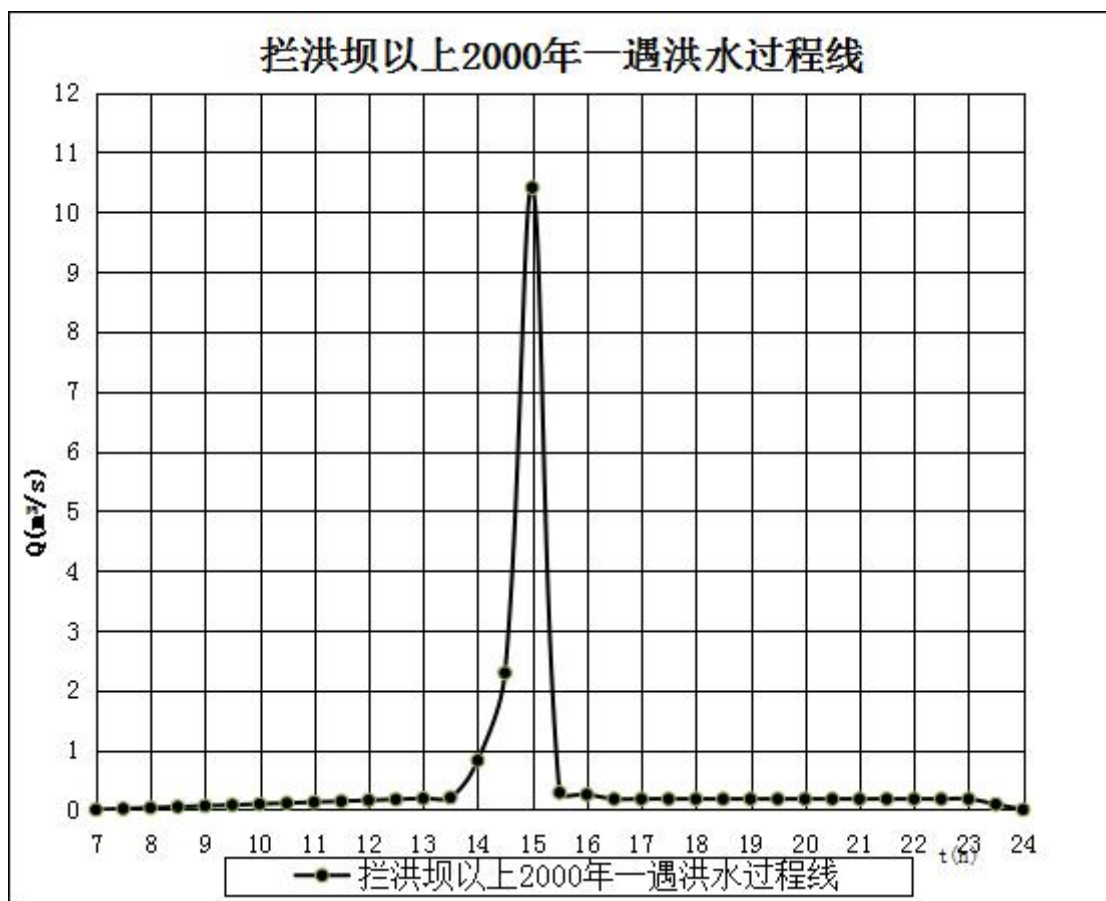


图 3.3.3.3-12 尾矿库拦洪坝以上 2000 年一遇洪水过程线

3.3.3.3.3 尾矿库拦洪坝以上明口隧洞防洪能力复核

拦洪坝以上采用明口隧洞进行排水，明口隧洞计算公式如下：

1、自由泄流



2、半压力泄流

$$Q = \mu_0 \omega \sqrt{2g(H_0 - \beta h)}$$

$$\beta = 0.708 - 2i$$

3、压力流

$$Q = \mu_H \omega \sqrt{2g(H_0 + il - 0.85h)}$$

$$\mu_H = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta + \frac{2gl}{C^2 R}}}$$

H_0 ——隧洞进水口处计算水头，m；

m ——流量系数；

b ——隧洞宽度，m；

σ_n ——淹没系数；

h ——隧洞高度，m；

μ_0 ——流量系数；

β ——系数，对于圆形或圆拱直墙型断面取 $\beta = 0.708 - 2i$ ；

i ——隧洞坡度；

C ——谢才系数；

l ——隧洞长度，m；

R ——水力半径，m；

ζ ——阻力系数；

拦洪坝以上不同库水位时的明口隧洞泄流量计算见下表：

表 3.3.3.3-23 明口隧洞泄流能力结果一览表

库水位	自由泄流	半压力流	压力流
1328.00	0.00		
1328.50	1.26		
1329.00	3.56		
1329.50	6.53		
1330.00	10.06	15.04	
1330.50	14.05	18.05	
1331.00	18.47	20.63	38.19
1331.50	23.28	22.92	38.26
1332.00	28.44	25.01	38.33
1332.50	33.94	26.93	38.40
1333.00	39.75	28.72	38.48
1333.50	45.86	30.41	38.55
1334.00	52.25	32.01	38.62

库水位	自由泄流	半压力流	压力流
1334.50	58.91	33.53	38.69
1335.00	65.84	34.99	38.76
1335.50	73.02	36.39	38.83
1336.00	80.44	37.73	38.90
1336.50	88.10	39.03	38.97
1337.00	95.99	40.29	39.04

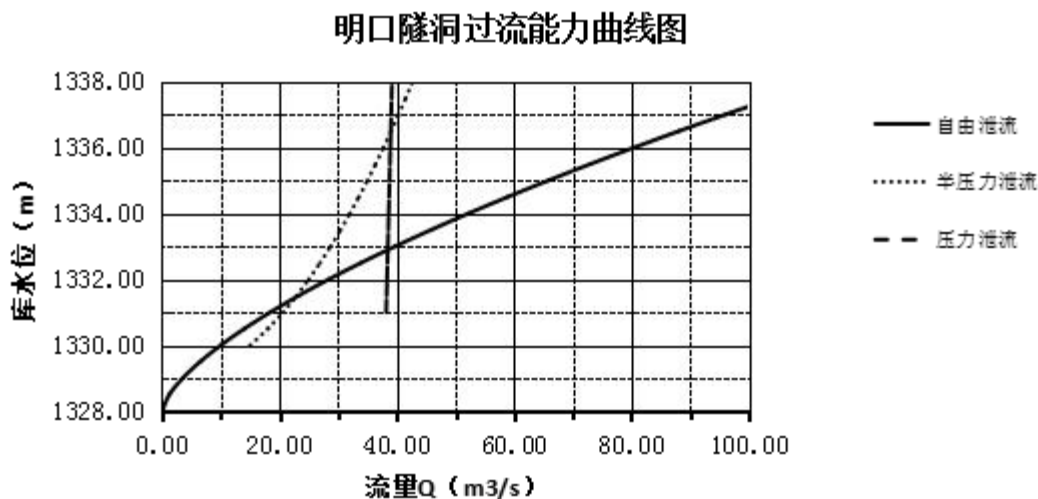


图 3.3.3.3-13 明口隧洞过流能力曲线图

综上可知：尾矿库拦洪坝以上最大泄流量 $10.41\text{m}^3/\text{s}$ 时，此时最高洪水水位为 1330.04m ，设计拦洪坝坝顶高程为 1336.0m ，对应安全超高 5.96m 。

3.3.3.3.4 尾矿库拦洪坝安全超高计算

为降低其库内的防洪压力，本次设计在库尾明口隧洞前修建拦洪坝，坝型为浆砌石重力坝，根据《浆砌石坝设计规范》，重力坝超高值应大于波高、波浪中心线至水位的高差和安全超高值三者之和，按其推荐的方法进行计算。

拦洪坝的安全超高按《浆砌石坝设计规范》9.1.1 计算：

$$\Delta h = h_b + h_z + h_c$$

式中：

—坝顶超高, m;

h_b —波浪高, m;

h_c —安全超高值, m;

h_z —波浪中心线至水位的高差, m。

计算过程和结果如下:

①波高 h_b 计算及波长计算

查《浆砌石坝设计规范》确定, 按下式计算。

$$\frac{gh_b}{v_0^2} = 0.0076 v_0^{-\frac{1}{12}} \left(\frac{gD}{v_0^2} \right)^{1/3}$$
$$\frac{gL_m}{v_0^2} = 0.33 v_0^{-\frac{7}{15}} \left(\frac{gD}{v_0^2} \right)^{4/15}$$

式中:

D —风区长度, m;

v —计算风速, m/s;

L_m —平均波长, m。

② 波浪中心线至水位的高差 h_z

$$h_z = \frac{\pi h^2}{L_m} \overset{5\%-10\%}{cth} \frac{2\pi H}{L_m}$$

式中:

h_z —波浪中心线至水位的高差, m;

L_m —平均波长, 按 $\frac{gL_m}{W^2} = 0.0386 \left(\frac{gD}{W^2} \right)^{1/2}$ 计算, m;

H —坝前水深, m。

③ 安全加高 h_c

根据《浆砌石坝设计规范》规定:

表 3.3.3.3-24

安全超高 h_c 值

坝的级别	2	3
正常蓄水位	0.5	0.4
校核洪水位	0.4	0.3

拦洪坝超高计算结果如表 3.3.3.3-25。

由表可见，拦洪坝满足规范规定的超高值。

表 3.3.3.3-25 拦洪坝安全超高计算结果统计表

基本 风压 kN/m ²	基本 风速 (m/s)	坝前 水深 (m)	风区 长度 (m)	h_b (m)	h_c (m)	h_z (m)	需超高 总计 (m)	设计安 全超高 (m)
0.3	20.0	4.04	200	0.41	0.40	0.62	1.43	5.96

3.3.4 利用原有排水主隧洞的可靠性分析

依据规程第“5.2.8 条”加高扩容尾矿库改建、扩建项目利旧的排洪构筑物应根据加高扩容要求核算其可靠性，终止使用的排洪构筑物应进行可靠封堵。

设计利旧的排洪构筑物为排水主隧洞，排水主隧洞断面为圆拱直墙型，断面尺寸为 $b \times h = 2.8\text{m} \times 3.0\text{m}$ ，隧洞坡度为 5%，8#支隧洞与主隧洞交叉口洞底坐标点为 $X=3746706.77$ ， $Y=530129.08$ ， $Z=1175.97\text{m}$ 。出水口坐标点为 3747892.58 ， $Y=529486.3$ ， $Z=1108\text{m}$ ，全长 1367m，洞内局部进行了衬砌。

2024 年 3 月 24 日，企业委托翔盛(河南)检测科技有限公司编制了《栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库排水隧洞工程质量检测报告》，检测单位采用超声法对工程结构实体围岩等级进行检测，其岩体基本质量等级为 III 级，可在不采取支护措施的情况下维持其自稳性能。

根据工勘报告，排水隧洞围岩为白云质大理岩，主要为中风化～

微风化岩石，岩体完整性较好，强度较高，岩石抗压强度 $>30\text{Mpa}$ ，为硬质岩石，岩体呈块状结构、厚层状构造，根据《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB50086-2001)的围岩分级，该围岩等级为II~III级，根据当地经验，该围岩弹性抗力系数为 $1000\sim 1500\text{Mpa/m}$ ，此种岩体适合隧洞开挖。总体上洞顶及洞壁稳定性较好。

因此，评价认为利用原有的排水主隧洞是安全可靠的。

3.3.5 已封堵排水设施的可靠性分析

根据企业提供的资料和2013年的《初步设计安全专篇》可知，2013年新增的排水井包括5#、6#、7#、8#排水井，原1#、2#、3#、4#排水井为2013年之前施工的排水井，各个排水井封堵记录如下。

一、1#排水井封堵

1#支隧洞封堵早期设计要求在1#支隧洞采用C25钢筋混凝土封堵，设计封堵长度为5m，实际封堵长度为8米，封堵体位置位于至1#支隧洞隧距主隧洞连接处6米，规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大0.5m，横竖向主筋插入洞壁内150mm。用200mm钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部1/3钻孔(孔径10mm,间距50mm),钻孔管段外表面包裹 400g/m^2 土工布一层，并将上游管口堵死；2016年通过尾矿库强化保障综合治理工程，将1#支隧洞封堵进行二次封堵，封堵依据原尾矿库封堵设计施工要求施工，二次封堵体长度为4米，封堵体位于支隧洞与主隧洞连接部分2米处。

二、2#排水井封堵

2#支隧洞封堵早期设计要求在2#支隧洞采用C25钢筋混凝土封

堵，设计封堵长度为 5m，实际封堵长度为 7 米，封堵体位置位于 1#支隧洞隧距主隧洞连接处 3 米，规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大 0.5m,横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm,间距 50mm),钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层，并将上游管口堵死；2016 年通过尾矿库强化保障综合治理工程，将 2#支隧洞封堵进行二次封堵，封堵依据原尾矿库封堵设计施工要求施工，二次封堵体长度为 3 米，直接封堵至支隧洞与主隧洞连接处。

三、3#排水井封堵

3#支隧洞封堵依据早期设计要求在 3#支隧洞采用 C25 钢筋混凝土封堵，设计封堵长度为 5m，实际封堵长度为 7 米，封堵体位置位于 1#支隧洞隧距主隧洞连接部分 15 米处，规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大 0.5m,横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm,间距 50mm)，钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层，并将上游管口堵死；2016 年通过尾矿库强化保障综合治理工程，将 3#支隧洞封堵进行二次封堵，封堵依据原尾矿库封堵设计施工要求施工，二次封堵体长度为 5 米，封堵体位于支隧洞与主隧洞连接部分 10 米处。

四、4#排水井封堵

4#支隧洞封堵依据早期设计要求在 4#支隧洞采用 C25 钢筋混凝土封堵，设计封堵长度为 5m,实际封堵长度为 7 米，封堵体位置位于 4#支隧洞隧距主隧洞连接处 5 米，规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩

大 0.5m,横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗,穿封堵体不钻孔,封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm,间距 50mm),钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层,并将上游管口堵死;2016 年通过尾矿库强化保障综合治理工程,将 4#支隧洞封堵进行二次封堵,封堵依据原尾矿库封堵设计施工要求施工,二次封堵体长度为 5 米,直接封堵至支隧洞与主隧洞连接处。

五、5#排水井封堵

5#支隧洞封堵依据 2013 年扩容设计要求在 4#支隧洞采用 C25 钢筋混凝土封堵,设计封堵长度为 5m,实际封堵长度为 8 米,封堵体位置位于 5#支隧洞隧距主隧洞连接部分约 20 米处,规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大 0.5m,横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗,穿封堵体不钻孔,封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm,间距 50mm),钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层,并将上游管口堵死。

六、6#排水井封堵

6#支隧洞封堵依据 2013 年扩容设计设计要求在 6#支隧洞采用 C25 钢筋混凝土封堵,设计封堵长度为 5m,实际封堵长度为 8 米,封堵体位置位于 5#支隧洞隧距主隧洞连接部分约 35 米处,规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大 0.5m,横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗,穿封堵体不钻孔,封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm,间距 50mm),钻孔管段外表面包裹 400g/m² 土工布一层,并将上游管口堵死。

七、7#排水井封堵

7#支隧洞封堵依据 2013 年扩容设计设计要求在 7#支隧洞采用 C25 钢筋混凝土封堵，设计封堵长度为 5m，实际封堵长度为 8 米，封堵体位置位于 5#支隧洞隧距主隧洞连接部分约 30 米处，规格为原支隧洞扩帮后洞壁扩大 0.5m,横竖向主筋插入洞壁内 150mm。用 200mm 钢管作为排渗，穿封堵体不钻孔，封堵体上游部分钢管上部 1/3 钻孔(孔径 10mm,间距 50mm),钻孔管段外表面包裹 400g/m²土工布一层，并将上游管口堵死。

由以上封堵记录可知，1#、2#、3#、4#排水井已进行了二次封堵加固，且已封堵至支隧洞和主隧洞连接处位置，其结构可靠性较高，5#、6#、7#排水井已按 2013 年扩容设计要求进行了封堵，封堵长度 8m(设计封堵长度 5m)，企业加大了封堵长度，且该尾矿库经过 10 多年的运行，原排水井内已充填尾砂堵死，不会出现支隧洞漏浆现象。

因此，原有排水井的封堵结构是安全可靠的。

3.3.6 安全对策措施及建议

(1)下步设计应补充安全运行控制参数图，依据安全运行控制参数图完善典型坝高时的安全运行最小控制参数，并给出典型坝高之间的各排水井的适用条件。

(2)下步设计应明确下列安全运行控制参数：

①排洪系统型式，排洪构筑物的主要参数；

②库内控制的正常生产水位、调洪高度、安全超高、防洪高度、沉积滩坡度、正常生产水位时的干滩长度、最小干滩长度等。

(3)下一步设计时应根据洪水计算、调洪验算结果详细确定排洪构筑物结构尺寸、布置方式、结构计算、排洪设施终止使用时封堵方案等内容。

(4)下步设计应补充拦洪坝的文字设计内容。

(5)下步设计应对利旧的排洪构筑物应核算其可靠性，终止使用的排洪构筑物应进行可靠的封堵措施。

3.3.7 评价小结

可研设计库内排洪系统采用排水井-排水隧洞的型式，因此，可以作为下步设计的依据，符合相关要求，下步设计应按本评价提出的对策措施完善设计内容。

3.4 安全监测设施

3.4.1 可研简述

3.4.1.1 人工观测设施

根据已有的人工监测设施现状，设计增设以下内容。

该尾矿库最终为二等库，设计在堆积坝 1286m 高程、1298m 高程、1310m 高程设置 3 组人工位移观测设施，在两侧山体醒目位置设置基准点，每组位移观测设施设三个观测点，分别位于坝面上两

侧和最大断面通过处，共计 9 个位移监测点，6 个基准点。

设计在 1286m 高程、1298m 高程、1310m 高程设置 3 组浸润线观测设施，浸润线观测管可采用 DN60PE 测水管，观测孔深 30m。

①人工位移监测要求

人工位移监测点位布置与在线监测保持一致。监测设备采用全站仪监测方式。监测设施安装初期每半月人工监测一次，当坝体趋于稳定时，可逐步减为每月一次。遇有地震、久雨、暴雨、台风，位移量或位移速率明显增大时等情况应适当增加测次。

②浸润线监测要求

人工坝体浸润线监测点位布置与在线监测保持一致。在线监测系统采用渗压计+预埋测压管技术，测压管的管径一般情况下可以适当加大，同时满足进行人工监测的条件，不再单独建设人工监测孔，节省投资。坝体浸润线可按照每半月人工监测一次。遇有地震、久雨、暴雨、台风等情况应适当增加测次。

(3)干滩长度

设计采用全站仪免棱镜法监测，全站仪精度不能小于 6”。监测干滩长度时，水平距离应观察 2 次，2 次观测较差不应大于 0.1m，取均值作为干滩长度监测值。监测干滩坡度采用三角高程法。

滩顶高程、干滩长度根据滩顶上升情况，定时做好检测，随时掌握滩顶高程和干滩长度，汛前必须检测一次。干滩坡度根据坡度变化情况，1 个月检测一次，汛前必须检测一次。

(4)库水位监测

设计在排水井上安装水位标尺，人工监测水位，并做记录，监测频率满足规范要求。库水位监测在排水井设置清晰醒目的水位观测标尺，标明正常水位和警戒水位。水尺零点高程每隔 2 年应校测一次。监测测次除按水文、气象方面规定外，泄水前后应各增加监测一次，汛期还应根据需要调整测次。

3.4.1.2 在线监测设施

根据现状已有的在线监测设施内容，设计仍利用原有的监测设备，在其基础上新增坝体表面位移、内部位移、浸润线、干滩、库水位、视频监控等监测项目。

设计在 1286m 高程新增表面位移和内部位移监测设施，设置 2 个表面位移监测点和 1 个内部位移监测点，在 1286m 高程、1302m 高程新增 6 个浸润线观测点。

干滩和库水位和视频监控设施利用原有的监测设施，视频可在明口隧洞进水口处新增 1 处视频监控点。

3.4.2 安全评价

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类企业事故经验教训，针对该尾矿库观测设施的特点，运用预先危险分析的评价方法，对该单元中可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、原因或触发条件进行分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施(详见表 3-4-1 监测设施预先危险分析表)。

监测设施预先危险分析表 **表 3-4-1**

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	坝体裂缝、滑坡	尾矿坝体	IV	未设置坝体位移观测设施、未及时发现坝体位移，导致溃坝	(1)尾矿库应设置人工安全监测和在线安全监测相结合的安全监测设施，人工安全监测设施与在线安全监测监测点应相同或接近，并应采用相同的基准值。监测设施横剖面应结合尾矿坝稳定计算断面布置，监测设施的布置还应满足下列原则：①应全面反映尾矿库的运行状态；②尾矿库位移监测点的布置应根据稳定计算结果延伸到坝脚以外的一定范围；③坝肩及基岩断层、坝内埋管处必要时应加设监测设施。 (2)安全监测项目应包括下列内容： 1、湿式尾矿库检测项目应包括坝体位移，浸润线，干滩长度及坡度，降水量，库水位，库区地质滑坡体位移及坝体、排洪系统进出口等重要部位的视频监控； 2、三等及三等以上湿式尾矿库必要时还应监测孔隙水压力、渗透水量及浑浊度。 (3)尾矿库在线安全监测系统应符合下列规定：①应具备自动巡测、应答式测量功能；②应具备传感器和采集设备、供电系统、通信网络故障自诊断功能；③应具备防雷及抗干扰功能；④应具备数据后台处理、数据库管理、数据备份、预警、监测图形及报表制作、监测信息查询及发布功能；⑤应具备与现场巡查、人工安全监测接口，进行数据补测、比测和记录。 (4)尾矿库安全监测预警应由低级到高级分为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警四个等级，设计单位应给出各监测项目的预警阈值。各监测项目及尾矿库安全状况各级预警等级的判定应符合下列规定：①当同类监测项目的监测点达到4个蓝色预警时，该项目为黄色预警；达到3个黄色预警时，该项目为橙色预警；达到2个橙色预警时，该项目为红色预警；②当监测项目达到4个（注：应为项）蓝色预警时，应计为

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					1 项监测项目为黄色预警；达到 3 项黄色预警时，应计为 1 项监测项目为橙色预警；当监测项目达到 2 项橙色预警时，应计为 1 项监测项目红色预警；③尾矿库安全状况预警应由尾矿库安全监测项目的最高预警等级确定。 (5)观测设施应与坝体同时施工。对各项观测设施应妥善保护。 (6)尾矿库运行时，应按设计及时设置人工安全监测设施和在线安全监测系统，并应按照设计定期进行各项监测。 (7)尾矿库应每天日常巡查，大雨或暴雨期间应在现场实时巡查。人工安全监测设施安装初期应每半个月监测 1 次，6 个月后应每月监测不少于 1 次。遇下列情况之一时，应增加监测次数：①汛期；②地震、连续多日下雨、暴雨、台风后；——尾矿库安全状况处于黄色预警、橙色预警、红色预警期间；③排洪设施、坝体出险加固施工前后；④其他影响尾矿库安全运行情形。 (8)人工安全监测应符合下列规定：①应采用相同的观测图形、观测路线和观测方法；②应使用相同技术参数的检测仪器和设备；③应采用统一基准处理数据；④每次监测应不少于 2 名专业技术人员。 (9)在线安全监测频率应符合下列规定：①尾矿库处于正常状态时，在线安全监测频率为 1 次/10min~1 次/24h；②尾矿库安全状况处于非正常状态时，在线安全监测频率为 1 次/5min~1 次/30min。 (10)尾矿库在线安全监测和人工安全监测的监测成果应定期进行对比分析。每年应进行一次专门数据分析。 (11)安全监测系统调试运行正常后，在线安全监测与个人安全监测的结果应基本一致，相同监测点在同一监测时间的在线安全监测成果与人工安全监测成果差值，不应大于其测量中误差的 2 倍。 (12)尾矿库在线安全监测系统的管理和维

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					护应设专门技术人员负责。 (13)尾矿库在线安全监测系统应全天候连续正常运行。系统出现故障时,应尽快排除,故障排除时间不得超过 7d,排除故障期间应保持无故障监测设备正常运行,并加强人工监测;系统改建、扩建期间,不应影响已建成系统的正常运行。 (14)尾矿库安全监测数据应及时整理,如有异常,应及时分析原因,采取对策措施。安全监测信息的分析、管理和发布,应综合现场巡查、人工安全监测和在线安全监测成果进行。
2	流土、管涌	尾矿坝体	III	坝体浸润线抬高时未能及时发现,导致渗水长期浸泡坝体	(1)浸润线观测应包括下列设施:观测水位的标尺;测量干滩长度的器具;坝内埋设的测压管或空隙水压力计。 (2)浸润线观测点应设于坝坡明显处。 (3)浸润线观测管可采用钢管或 PVC 塑料管,观测管平时应旋紧或盖好管盖,以免尾砂或其他杂物进入。浸润线观测管中的水位应定期用“测锤”或其它方法进行观测。在库水位急骤变化时每天观测一次,并测定库水位。 (4)测压管采用 50mm 铁管或塑料管,将下端封闭。在封闭端的管壁上钻孔,孔径 5mm,孔间纵距 50~100mm,并在预定地点钻孔,孔底高程应低于设计最低浸润线 1~2m。将测压管放入孔内,周围回填砂土。 (5)尾矿库运行期间应加强浸润线监测,严格按设计要求控制浸润线埋深。尾矿库运行期间,坝体浸润线埋深小于控制浸润线埋深时,应增设或更新排渗设施。 (6)尾矿坝的水位监测包括水位监测和浸润线监测;水位监测每月不少于一次,暴雨期间和水位异常波动时应增加检测次数。 (7)检测坝的外坡坡比。每 100m 坝长不少于 2 处,应选在最大坝高断面和坝坡较陡断面。水平距离和标高的测量误差不大于 10mm。尾矿坝实际坡比陡于设计坡比时,应进行稳定性复核,如稳定性不足,则应采取措施。

3.4.3 安全对策措施及建议

(1)依据规程要求，下步设计应补充四个等级的预警内容，尾矿库安全监测预警应由低级到高级分为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警四个等级，设计应给出各监测项目的各级预警阈值。

(2)下步设计应明确尾矿堆积坝的控制浸润线埋深应不小于通过计算确定的控制浸润线的 1.2 倍。

(3)尾矿库运行期间应加强观测，注意坝体浸润线埋深及其出逸点的变化情况和分布状态，严格按设计要求控制。在尾矿库运行过程中，如坝体浸润线超过控制线，应经技术论证增设或更新排渗设施。

(4)尾矿库在线安全监测和人工安全监测的监测成果应定期进行对比分析。每年应进行一次专门数据分析。

(5)可研未对浸润线观测管位置、高程、管深进行详细设计，依据规范要求，浸润线最小埋深不小于 10~8m，根据该库的特点，评价建议后期浸润线管管深不小于 30m，浸润线控制标准不小于 12m。

3.4.4 评价小结

可研设计有人工监测设施和在线监测设施，可以作为下步设计的依据，符合规范要求，该尾矿库最终等别为二等库，按规范要求，三等及三等以上尾矿库应设置人工监测与自动监测相结合的安全监测设施，下步设计应按本评价报告的对策措施完善相关内容。

3.5 辅助设施

3.5.1 可研简述

(1)尾矿库道路

为了施工库内排水井及后期管理需要，设计在库区左岸修建上坝道路至库尾拦洪坝位置，上坝道路长度 2110m，上坝道路可与已修建通往库尾的上坝道路连通，设计利用 1298m 高程以下的上坝道路，该段道路未淹没可利用。新修建上坝道路宽 4.5m，可采用厂外四级道路的标准修建，路面可采用碎石路面，满足人员、物资等上坝需要。

(2)值班室

为方便管理，在尾矿库堆积坝高处设置值班室，供管理人员工作和休息，包括值班房、休息室和备品库。

(3)通讯

为了便于生产管理，在尾矿库值班房内安装有线电话一部，保证 24 小时畅通。尾矿库值班房内应设置有线网络。另外，库区应确保具有手机信号，尾矿库管理人员和操作人员均配置移动电话及传呼机，并保持手机 24 小时开机，以便及时与公司、选矿厂之间沟通联系，确保尾矿库通讯安全可靠。固定、移动通讯配置保障了紧急情况下的通讯联络的可靠性。

(4)照明设施

①上坝道路照明采用架空线路供电；

②坝上配用投光灯，投光灯照射范围为 50m 左右；

③设置专线用于坝上照明，并保证足够的照明度，投光灯照射范围为 50m 左右，照明的数量根据各时期坝顶长度确定；

④配备手携式灯具等辅助照明器材，以满足夜间生产作业、检查巡视、监测和管理救援的需要；

⑤尾矿库变配电所、办公、值班室拟采用荧光灯，室外采用高压钠灯，下坝道路采用高压钠灯。

3.5.2 安全评价

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类企业事故经验教训，针对该尾矿库值班室、上坝道路、坝上照明、库区通信、报警系统、库区护栏、应急救援器材、电气设备接地设施等方面的特点，运用预先危险分析的评价方法，对该单元中可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、原因或触发条件进行分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施(详见表5-6-1辅助设施预先危险分析表)。

辅助设施预先危险分析表 **表5-6-1**

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	易引发各种安全生产事故	库区	II	未设置库区值班室、应急器材库或值班室位置不符合规定。	(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。 (2)尾矿库区设立专门管理站，以便管理人员和尾矿工值班、通讯、放置工具及

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					其防洪抢险物资等储备。 (3)应急器材库储存的应急物资应符合安全生产应急预案的要求。 (4)尾矿库值班室和宿舍宜避开坝体下游。
		通信系统	II	(1)通信设备或线路故障; (2)报警装置失控、灵敏度差。	(1)库区值班室应设置通信联系及报警装置,以保护设备和人身安全及对外联系; (2)通信电缆线路宜独立敷设,以保证通信线路的畅通;电话交接箱应安装在安全、可靠、无腐蚀性介质的地段; (3)应保证话机的选型、性能和质量,必须采用有国家指定机构的安全认证标志、有入网许可证的产品和设备; (4)为保证事故状态时的对外联系,应装设必要的应急救援电话和事故报警电话。
2	照度不足	坝体、堆存场所	II	因坝体或堆存作业场所没有照明或照明设施损坏造成人员伤亡事故。	(1)应给尾矿库操作、管理人员配备手电照明,并保证足够的照明度,以满足夜间生产作业、检查巡视等工作的要求。 (2)尾矿库坝体应设置照明设施。 (3)坝上照明设施宜采用投光灯或探照灯,照射范围不小于 50m。投光灯位置设在坝肩的一侧山坡上的适当位置 (4)尾矿库挡水坝及排水井处也应设置照明设施。 (5)尾矿库堆存作业场所应设置良好照明,便于夜间作业。
3	车辆伤害	上坝道路	III	因上坝道路设置不合理造成无法巡检、抢险等其他伤害事故。	(1)库区上坝道路应通往堆存作业场所,拦挡坝处也应设置简易上坝道路。 (2)为减少投资,道路可采用泥结碎石路面,纵坡不大于 9%。 (3)弯道处会车视距不能满足要求,则应分设车道。 (4)山坡填方的弯道、坡度较大的填方地段及高堤路段外侧应设置护栏、挡车墙等。对主要运输道路可根据运行安全需要设置汽车避难道。 (5)双车道的路面宽度,应保证会车安全。陡长坡道的尽端弯道,不宜采用最小平曲线半径。弯道处的会车视距如不能满足要求,则应分设车道。急弯、陡坡、危险地段应由警示标志。 (6)汽车驾驶员应持证上岗。 (7)汽车运输时驾驶室外平台、脚踏板及

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					车斗不准载人。 (8)车辆在库区道路上宜中速行驶,急弯、陡坡、危险地段应限速行驶,养路地段应减速通过。
4	触电	库区作业场所	III	线路选择不合理、敷设不规范、设备短路接地、操作人员未经培训持证、违章作业,安全防范措施及电气管理制度不健全或落实不到位等	(1)敷设电气线路时宜避开可能受到机械损伤的地方,不能避开时,应采取防护措施; (3)电气线路和照明设备的绝缘必须良好。裸露带电导体处必须设置安全遮栏和明显的警示标志和照明。 (4)电气工作人员,应按规定考核合格方准上岗,上岗应穿戴和使用防护用品、用具进行操作。维修电气设备和线路,应由电气工作人员进行。

3.5.3 安全对策措施及建议

(1)可研未对应急救援器材库进行设计,建议在库区专门设置应急救援器材库,配备足够的应急救援物资,并对应急救援物资进行登记建档。

(2)可研对应急道路设计较笼统,下步设计应明确应急道路等级、路线及主要技术指标。

3.5.4 评价小结

可研对值班室、通讯、库区道路、照明等进行了设计,下步设计应按本评价报告内容补充相应的设计内容。

3.6 安全标志

3.6.1 可研简述

可研未设计安全标志的内容。

3.6.2 安全评价

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类企业事故经验教训，针对该尾矿库库区、交通、电气安全标志等方面的特点，运用预先危险分析的评价方法，对该单元中可能发生的潜在危险或事故及其危险部位、危险等级、原因或触发条件进行分析和预测，并有针对性地提出安全要求和对策措施(详见表3-6-1安全标志预先危险分析表)。

表3-6-1 安全标志预先危险分析表

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
1	易引发各种安全生产事故	尾矿库库区、坝体、积水区	II	未设置安全警示标志或安全警示标志设置不全、位置不当等	(1)标志牌设置的高度，应尽量与人眼的视线高度相一致。悬挂式和柱式的环境信息标志牌的下缘距地面的高度不宜小于 2m；局部信息标志的设置高度应视具体情况确定。 (2)标志牌应设在与安全有关的醒目地方，并使大家看见后，有足够的时间来注意它所表示的内容。环境信息标志宜设在有关场所的入口处和醒目处；局部信息标志应设在所涉及的相应危险地点或设备(部件)附近的醒目处。 (3)标志牌不应设在门、窗、架等可移动的物体上，以免这些物体位置移动后，看不见安全标志。标志牌前不得放置妨碍认读的障碍物。 (4)安全标志牌每半年至少检查一次，如发现有破损、变形、褪色等不符合要求

序号	潜在危险或事故	危险部位	危险等级	原因或触发条件	安全要求或对策措施
					时应及时修整或更换。 (5)库区醒目位置应设立“库区重地、闲人免进”、“尾矿库区、当心危险”、“禁止放牧”等标识。 (6)尾矿库集水区应设立“水深危险”、“当心淹溺”、“禁止游泳”等标识。。 (7)上坝道路的拐角处、平交路口；车辆出入较多的地段应设置“当心车辆”的标志及限速标志。 (8)有可能发生触电危险的电器设备和线路，如：配电室、开关等应设置“当心触电”的标志。 (9)库区安全警示标志还应符合以下内容：①必须在企业醒目位置设置公告栏，在存在安全生产风险的岗位设置告知卡，分别标明本企业、本岗位主要危险危害因素、后果、事故预防及应急措施、报告电话等内容。②必须在重大危险源、存在严重职业病危害的场所设置明显标志，标明风险内容、危险程度、安全距离、防控办法、应急措施等内容。③必须在有重大事故隐患和较大危险的场所和设施设备上设置明显标志，标明治理责任、期限及应急措施。④必须在工作岗位标明安全操作要点。⑤必须及时向员工公开安全生产行政处罚决定、执行情况和整改结果。⑥必须及时更新安全生产风险公告内容，建立档案。 (10)根据河南省安全生产监管局的规定，尾矿库还应设立①公示牌，表明尾矿库基本情况，落实“属地管理，分级负责”及“领导包片、责任人包库”②库区设有居民应急逃生路线，应急响应信号告知牌等。

3.6.3 安全对策措施及建议

(1)下步设计应依据有关规定，结合尾矿库的实际完善尾矿库、交通、电气的安全警示标志，包括警告、禁止、指令、提示等标志。

(2)下步设计应完善安全标志牌的尺寸、材质、制作内容等。

(3)对照《金属非金属矿山建设项目安全设施目录》，安全标志属专用安全设施，下步设计应纳入专用安全设施投资概算。

3.6.4 评价小结

可研对尾矿库安全标志内容设计较少，下步设计应按本评价报告内容补充相应的内容。

3.7 安全管理

3.7.1 可研简述

企业主要负责人是尾矿库安全生产第一责任人；栾川县大源选矿有限公司设立了安全环保科，安全环保科为专职安全管理机构，并配备有专职安全管理人员。发布有《栾川县大源选矿有限公司安全管理制度》、《安全生产责任制》及《安全操作规程》，制度较为齐全并汇总成册。尾矿库安全操作规程、风险告知卡等均已上墙。

栾川县大源选矿有限公司按计划提取安措费，栾川县大源选矿有限公司已按要求为职工依法办理了工伤保险，1名主要负责人、5名安全生产管理人员均经过有关部门组织的安全培训，取得安全资格证，均在有效期内。12名尾矿作业人员、2名低压电工作业人员及3名熔化焊接与热切割作业人员均经过有关部门组织的安全教育培训，取得特种作业资格证书，均在有效期内，持证上岗。企业每个月都为职工提供相关的劳保用品，并保留有发放记录。

栾川县大源选矿有限公司编制了《栾川县大源选矿有限公司选厂尾矿库生产安全事故应急预案》，在栾川县应急管理局进行了备案，备案号：410324[2020]X0027。企业依据备案的尾矿库应急预案，配备有尾矿库相关应急物资：编织袋、铁丝、雨衣、雨鞋、手电筒、篷布、水泵、铁锹、示警铜锣、喊话器、手摇报警器、安全帽等。该预案规定了日常安全防范措施、应急响应、组织机构及人员主要职责、救援保障、演练改进、联系方式等方面的内容。

3.7.2 安全评价

结合栾川县大源选矿有限公司管理实际，依据当地其它成熟的企业先进管理经验，本评价单元采用类比法进行评价。企业应做到以下内容：

在尾矿库生产、施工的进程中，为实现尾矿设施的科学管理，以期确保企业的安全生产。企业应求真务实地作好如下安全管理工作：

(1)企业经营管理者是尾矿库安全生产第一责任人，应在规定管辖的范围内制定或设立相应的安全机构，配备专业技术人员或有实际工作能力的人员负责尾矿库的安全管理工作。

(2)企业尾矿设施安全管理机构与尾矿班组应切实履行《尾矿库安全监督管理规定》(国家安全生产监督管理总局令第38号)规定的各项职责。

(3)企业必须按照《尾矿库安全监督管理规定》、《尾矿库安全

技术规程》的要求建立各项生产安全规章制度及档案管理制度(包括安全检查制度、安全教育培训制度、安全技术措施专项费用管理制度、设备安全管理制度、生产安全事故管理制度、职业危害预防制度、安全生产奖惩制度、生产安全档案管理制度等)。

(4)加强有关安全措施及管理制度的落实工作,进一步完善和提高管理水平,发现事故隐患,及时妥善处理。建立起尾矿库安全生产的长效机制。

(5)对已制定的各项尾矿库管理规章制度在实施中务必认真贯彻执行。

(6)固定专人按岗位责任制检查维护,发现沉陷、裂缝、滑坡等异常现象应及时回报及时处理。

(7)严禁在坝体上设置有碍安全的构筑物及破坏坝体的行为。

(8)应定期细心检查坝下游坡有无渗漏、塌坑、隆起、裂缝等现象,根据发现异常现象的程度分析是否出现滑坡、管涌等险情,及时采取预防加固措施,避免重大事故的发生。

②安全管理制度

(1)企业尾矿库安全管理机构的主要职责:

a)贯彻执行国家有关尾矿库安全生产的方针、政策、法规及技术规范;

b)编制尾矿库安全工作、年度计划和长远规划,并组织实施;

c)编制尾矿库安全生产的各项规章制度,并检查执行情况;

d)编制各种灾害预案,并组织演练;

e)负责技术资料的收集、整编、分析和保存，建立健全技术档案工作；

f)按有关规定审批和报批尾矿库的设计、施工和检测项目；

g)定期或不定期组织尾矿库的安全大检查，落实尾矿库安全隐患的治理工作；

h)负责尾矿库抢险和工程救护，发现重大事故隐患和险情要及时向有关安全生产监督管理部门报告，紧急情况下，应报请当地人民政府及有关部门给予协助；

i)组织尾矿库操作和安全管理人员的培训工作，且尾矿工应持证上岗。

(2)尾矿车间、工段或班组主要职责：

a)建立健全尾矿设施安全管理工作制度；

b)编制年、季作业计划和详细运行图表，统筹安排和筑坝和排洪的管理工作；

c)日常巡检和观测，发现不安全因素时，应立即采取应急措施并及时向上级报告；

d)对尾矿设施的安全检查和检测作出及时、全面的纪录。

(3)企业必须严格按照设计文件的要求和有关技术规范，做好放矿筑坝、回水排水、防汛渡汛、抗震等安全检查和检测工作。

(4)企业必须经常巡视库区周边的情况，发现异常现象要及时处理。

③日常检查

尾矿库安全运行管理应做到：对已制定的各项尾矿库管理规章制度在实施中务必认真贯彻执行，同时应根据尾矿库特点、选厂排尾情况每年编制年度尾矿作业计划；严格按设计要求堆筑尾矿；固定专人按岗位责任制检查维护，发现沉陷、裂缝、滑坡等异常现象及时回报及时处理；严禁在坝体上设置有碍安全的构筑物及破坏坝体的行为。应定期细心检查坝下游坡有无渗漏、塌坑、隆起、裂缝等现象，根据发现异常现象的程度分析是否出现滑坡、管涌等险情，及时采取预防加固措施，避免重大事故的发生。

④安全度汛

企业在汛前应做好：明确防汛安全责任制；建立值班、巡视、上游居民撤离方案等制度；组织防洪抢险队伍；疏通山坡截洪沟与库内排水井；备足抗洪抢险物资，落实应急救援措施；及时了解和掌握汛期水情、气象预报情况，确保道路、通讯、报警、供电及照明设施的可靠与畅通；发现重大隐患，立即报告上级安全生产监督管理部门。

⑤应急预案

企业健全尾矿库管理档案。定期进行事故演练，检查规章制度、操作规程的执行和落实情况。按照长期准备、重点建设的要求，做好应对尾矿库垮坝事故的思想准备、预案准备、物资和经费准备、工作准备，加强培训演练，做到常备不懈。尾矿库所属企业要将日常工作和应急救援工作相结合。

⑥档案管理

企业必须建立下列尾矿库管理档案：

建设文件及有关原始资料；

组织机构和规章制度建设；

特种作业人员的安全技术培训和持证上岗情况；

防洪抢险组织和防洪物资的准备情况；

尾矿库抗洪抢险措施；尾矿库各构筑物运行指标和实测数据；

事故隐患的整改情况。

3.7.3 安全对策措施及建议

(1)下步设计应补充劳动定员内容，并细化尾矿库岗位工作人员，应包括放矿工、筑坝工、排水、管理等工序作业及管理人员。

(2)建立健全该尾矿库应急预案，并加强演练，做好演练记录。

(3)下步设计应要求企业根据尾矿堆存方式和筑坝方式配备必要的检测设施和人员，满足对入库尾矿相关指标定期检测的需要。

(4)下步设计应要求企业尾矿堆存方式和筑坝方式应按照设计文件要求的指标检测内容进行必要的检测，指标检测应至少包含排放尾矿的比重、浓度、粒度的内容。

(5)下步设计应明确对入库尾矿指标检测频率要求，入库尾矿指标监测频率应不少于每周一次，当检测指标与设计指标偏差超过 5% 时，应增加检测次数并分析原因、及时解决存在问题。检测指标与设计指标偏差超过 10% 时，应先停止排放，待问题解决后方可恢复排放。

3.7.4 评价小结

本单元采用类比的方法对安全管理单元进行了分析评价，企业应按本评价报告提出的安全对策措施进行补充完善。

4 安全对策措施及建议

安全评价的安全对策措施是从系统安全工程学的观点出发，从技术、管理、事故应急救援预案诸方面采取措施，从而保证系统安全。它要求设计单位、生产经营单位在建设项目设计、生产经营管理中，采取消除或减弱危险、有害因素的技术措施和管理措施，在生产全过程中预防事故和职业危害。安全对策措施是按照消除危险源、降低风险、采用个体防护的等级顺序进行制定的。

根据上述分析结果，本评价对上述各单元评价中提出的安全要求和对策措施进行归纳整理，希望设计单位和建设单位在今后的工作中加以重点考虑，并作出更为全面的初步设计。

4.1 制定安全对策措施的依据和原则

4.1.1 制定安全对策措施的依据

安全对策措施的制定主要依据本评价报告中第三章定性定量评价的结论，通过辨识和分析可以知道该建设项目存在的主要危险有害物质的种类和危险有害因素的类别，并针对这些危险有害物质和因素向建设单位提出相应的安全对策措施，便与防范。通过第三章对各评价单元的定性定量评价，可以了解每个评价单元中存在的问题和不足，针对这些问题向建设单位和设计单位提出合理的、具体详实的、具有可操作性的安全对策措施，用于消除或减弱该建设项目的危险程

度，降低风险，提高本质安全化程度。

4.1.2 制定安全对策措施的原则

在制定安全对策措施时，应遵守如下原则：

(1)安全技术措施等级顺序

当安全技术措施与经济效益发生矛盾时，应优先考虑安全技术措施上的要求，并按以下等级顺序选择安全技术措施：

①直接安全技术措施

②间接安全技术措施

③指示性安全技术措施

④若间接、指示性安全技术措施仍然不能避免事故、危害发生，则应采用安全操作规程、安全教育、安全培训和个体防护等措施来预防、减弱系统的危险、有害程度

(2)根据安全技术措施等级顺序的要求应遵循的具体原则

①消除：通过合理的设计和科学的管理，尽可能从根本上消除危险、有害因素。

②预防：当消除危险、有害因素有困难时，可采用预防性技术措施，预防危险、危害的发生。

③减弱：在无法消除危险、有害因素和难以预防的情况下，可采取降低危险危害的措施。

④隔离：在无法消除、预防、减弱的情况下，应将人员与危险、有害因素隔离或将不能共存的物质分开。

⑤警告：在易发生故障和危险性较大的地方，应设置醒目的安全色、安全标志；必要时应设置声、光或声光组合报警装置。

(3)安全对策措施应具有针对性、可操作性和经济合理性

①针对性是指针对不同行业的特点和通过评价得出的主要危险、有害因素及其后果，提出对策措施。

②提出的对策措施是设计单位、建设单位、生产经营单位进行设计、生产、管理的重要依据，因而对策措施应在经济、技术、时间上是可行的，能够落实和实施的。

③经济合理性是指不应超越国家及建设项目、生产经营单位的经济、技术水平，按过高的安全要求提出安全对策措施。

(4)对策措施应符合国家有关法规、标准及设计规范的规定

在本次安全评价中，已严格按照有关规定的要求提出了安全对策措施。

4.2 安全对策措施建议

根据安监总管一[2016]49 号文件的编制格式要求，针对尾矿库存在的危险、有害因素和安全分析与评价结果，依据国家相关安全法律、法规、标准和规范的要求，借鉴类似尾矿库的安全生产经验，分单元提出以下对应的安全对策措施建议。

4.2.1 总平面布置

(1)下步设计应依据岩土工程勘察报告完善设计内容。

(2)下步设计应补充典型高程时安全运行控制参数分析内容。

(3)企业应按相关文件要求对下游 1km 划定安全控制区范围,在下游安全控制区范围内,不得新建生产、生活设施。

4.2.2 尾矿坝

(1)下步设计应依据规模完善尾矿坝上升速率的设计内容。

(2)依据规程要求,下步设计应补充入库尾矿量、尾矿比重、尾矿粒度及排放方式、入库尾矿浓度等相关安全运行控制参数。

(3)下步设计应明确下列安全运行控制参数:

①尾矿库等别,尾矿库设计最终堆积高程、总坝高、总库容、有效库容;

②副坝坝型、坝高、坝顶宽度、上下游坡比、筑坝材料及其控制参数、地基处理;

③子坝坝高、坡比,尾矿堆积坝平均堆积外坡比;

④尾矿坝排渗型式;

⑤尾矿坝各运行期、各剖面的控制浸润线埋深。

(4)下步设计前应补充静动力稳定分析报告、三维渗流分析报告、排洪系统水工模型试验研究报告。

(5)下步设计应完善副坝坝型、结构、基础处理、稳定性计算的内容。

4.2.3 防洪系统

(1)下步设计应补充安全运行控制参数图,依据安全运行控制参数图完善典型坝高时的安全运行最小控制参数,并给出典型坝高之间的各排水井的适用条件。

(2)下步设计应明确下列安全运行控制参数:

①排洪系统型式,排洪构筑物的主要参数;

②库内控制的正常生产水位、调洪高度、安全超高、防洪高度、沉积滩坡度、正常生产水位时的干滩长度、最小干滩长度等。

(3)下一步设计时应根据洪水计算、调洪验算结果详细确定排洪构筑物结构尺寸、布置方式、结构计算、排洪设施终止使用时封堵方案等内容。

(4)下步设计应补充拦洪坝的文字设计内容。

(5)下步设计应对利旧的排洪构筑物应核算其可靠性,终止使用的排洪构筑物应进行可靠的封堵措施。

4.2.4 安全监测设施

(1)依据规程要求,下步设计应补充四个等级的预警内容,尾矿库安全监测预警应由低级到高级分为蓝色预警、黄色预警、橙色预警、红色预警四个等级,设计应给出各监测项目的各级预警阈值。

(2)下步设计应明确尾矿堆积坝的控制浸润线埋深应不小于通过计算确定的控制浸润线的 1.2 倍。

(3)尾矿库运行期间应加强观测,注意坝体浸润线埋深及其出逸点

的变化情况和分布状态,严格按设计要求控制。在尾矿库运行过程中,如坝体浸润线超过控制线,应经技术论证增设或更新排渗设施。

(4)尾矿库在线安全监测和人工安全监测的监测成果应定期进行对比分析。每年应进行一次专门数据分析。

(5)可研未对浸润线观测管位置、高程、管深进行详细设计,依据规范要求,浸润线最小埋深不小于 10~8m,根据该库的特点,评价建议后期浸润线管管深不小于 30m,浸润线控制标准不小于 12m。

4.2.5 辅助设施

(1)可研未对应急救援器材库进行设计,建议在库区专门设置应急救援器材库,配备足够的应急救援物资,并对应急救援物资进行登记建档。

(2)可研对应急道路设计较笼统,下步设计应明确应急道路等级、路线及主要技术指标。

4.2.6 安全标志

(1)下步设计应依据有关规定,结合尾矿库的实际完善尾矿库、交通、电气的安全警示标志,包括警告、禁止、指令、提示等标志。

(2)下步设计应完善安全标志牌的尺寸、材质、制作内容等。

(3)对照《金属非金属矿山建设项目安全设施目录》,安全标志属专用安全设施,下步设计应纳入专用安全设施投资概算。

4.2.7 安全管理

(1)下步设计应补充劳动定员内容，并细化尾矿库岗位工作人员，应包括放矿工、筑坝工、排水、管理等工序作业及管理人员。

(2)建立健全该尾矿库应急预案，并加强演练，做好演练记录。

(3)下步设计应要求企业根据尾矿堆存方式和筑坝方式配备必要的检测设施和人员，满足对入库尾矿相关指标定期检测的需要。

(4)下步设计应要求企业尾矿堆存方式和筑坝方式应按照设计文件要求的指标检测内容进行必要的检测，指标检测应至少包含排放尾矿的比重、浓度、粒度的内容。

(5)下步设计应明确对入库尾矿指标检测频率要求，入库尾矿指标监测频率应不少于每周一次，当检测指标与设计指标偏差超过5%时，应增加检测次数并分析原因、及时解决存在问题。检测指标与设计指标偏差超过10%时，应先停止排放，待问题解决后方可恢复排放。

5 安全评价结论

5.1 主要危险有害因素评价结果

本评价针对该尾矿库建设项目特点,通过辨识分析和评价,该尾矿库属于重大危险源申报范围,在未来的生产建设和运行过程中可能存在的主要危险因素有坝体失稳(溃坝)、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏、管涌、触电、高处坠落、机械伤害、其它危险因素等。存在的主要有害因素有粉尘、水质污染、不良气候条件等;存在的主要自然灾害因素和地质灾害有地震、雷电、特大暴雨、泥石流等。

5.2 应重点防范的主要危险有害因素

坝体失稳(溃坝)、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏是该建设项目应重点防范的主要危险因素,粉尘是该建设项目应重点防范的主要有害因素。

5.3 应重视的安全对策措施及建议

(1)防坝坡失稳的安全对策措施

①尾矿坝的坝坡抗滑稳定性应根据坝体材料及坝基岩土的物理力学性质,考虑各种荷载作用,经计算确定。计算方法宜采用瑞典圆弧法;当坝基或坝体内存在软弱土层时,可采用改良圆弧法;考虑地震荷载时,应按《水工建筑物抗震设计规范》的有关规定进行计算。

②该尾矿库最终为二等库，在尾矿坝堆积至 $1/3 \sim 1/2$ 和 $1/2 \sim 2/3$ 最终设计总坝高时，应分别对坝体做全面的安全性复核。

③坝体与岩石坝基和岸坡的连接应遵循下列原则：a)坝体断面范围内的岩石坝基与岸坡，应清除其表面松动石块、凹处积土和突出的岩石；b)对失水很快风化的软岩(如页岩、泥岩)，开挖时宜预留保护层，待开始回填时，随挖除、随回填，或开挖后喷浆保护。

④尾矿库运行过程中，企业应加强尾矿坝的安全检查等安全管理，避免坝体出现裂缝、滑坡等安全隐患。

⑤尾矿坝应上设照明电路，并配备照明灯具。

(2)防洪水漫顶的安全对策措施

①尾矿库必须设置排洪设施，并满足防洪要求。尾矿库的排洪方式，应根据地形、地质条件、洪水总量、调洪能力、回水方式、操作条件与使用年限等因素，经过技术比较确定。尾矿库有条件时也可采用溢洪道或截洪沟等排洪设施。

②排水井检查内容：井的内径、框架尺寸及位置，井壁剥蚀、脱落、渗漏、最大裂缝开展宽度，井身倾斜度和变位，井、管联结部位，进水口水面漂浮物，停用井封盖方法等。

③汛期前应对排洪设施进行检查、维修和疏浚，确保排洪设施畅通。

④排出库内蓄水或大幅度减低库内水位时，应注意控制流量，非紧急情况下不宜骤降。

⑤制定完善应急救援预案，做好汛期前的防汛工作，洪水过后应

对坝体和排洪构筑物进行全面认真的检查和清理。

⑥汛期来临之前，尾矿库应保持低水位运行，确保尾矿库安全。

⑦应派专人定期检查清理左右坝肩排水沟、坝前及坝面排水沟，确保排水沟排水顺畅。

⑧建设单位应与当地气象部门建立暴雨信息服务机制，实时掌握当地暴雨信息，当预报有暴雨信息时，建设单位应进入尾矿库应急状态。

(3)防渗流破坏的安全对策措施

①尾矿坝的排渗设施包括排渗盲沟、排渗管网等，在运行过程中如需增设或更新排渗设施，应经技术论证，并报经安全管理部门批准。

②排渗设施属隐蔽工程，必须按设计要求精心选料、施工，详细填写隐蔽工程施工验收记录，并绘制竣工图。

③应严格按设计要求施工，防止发生集中渗流。

④尾矿库运行期间应加强观测，注意坝体浸润线出逸点的变化情况和分布状态，严格按设计要求控制。

⑤当发现坝面局部隆起、塌陷、流土、管涌、渗水量增大或渗水变浑等异常情况时，应立即采取措施进行处理。

(4)防结构破坏的安全对策措施

①建构筑物应严格按照设计要求施工，并做好基础处理。

②运行过程中经常检查建构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵等，发现问题及时处理。

5.4 危险有害因素可控制程度

在采取本报告和《可研报告》提出的安全对策措施后，坝体失稳(溃坝)、洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏及粉尘等危险有害因素处于可控程度。

5.5 总体评价结论

本评价认为，扩容前该尾矿库的初期坝和堆积坝的边坡修筑，防洪系统采用排水井+排水支隧洞+排水主隧洞的排水型式，采用排渗管网的排渗设施，安全监测设施包括人工和在线监测设施，在线监测设施包括坝体表面位移、内部位移、浸润线、干滩、库水位、视频监控等监测项目，扩容前的现状尾矿库的安全设施与原设计相符合，经评价计算该尾矿库坝体稳定性、防洪能力、安全监测设施均符合设计要求，可研设计扩容改造工程对堆积坝进行了优化堆积坝边坡设计，上游法筑坝，尾矿排放在尾矿坝坝顶向库内分散放矿的方式。堆积坝加密了排渗管网，库内采用双排水井+支隧洞+主隧洞的排水型式，可研报告符合与安全生产有关的国家法律、法规、规章、标准和规范的要求，可以作为下步设计的依据，建设项目潜在的危险、有害因素在采取了评价报告在第四章提出安全对策措施及可研确定的部分安全对策措施后，评价认为该建设项目从安全生产有关方面能够得到有效控制，受控程度较高。

附件：

- (1)《安全预评价委托书》(2024.3.10)
- (2)企业营业执照
- (3)河南省企业投资工业和信息化项目备案确认书
- (4)安全生产许可证

安全评价委托书

河南安平安全技术有限公司：

根据《中华人民共和国安全生产法》等法律、法规的要求，委托贵公司对位于栾川县叫河镇的栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容改造工程进行安全预评价工作。我公司将积极配合，及时提供安全评价所需要的各种资料 and 文件并对所提供资料的真实性、合法性、有效性负责。望贵公司依据相关的法律、法规和标准尽快编制安全评价报告。

委托单位（公章）：栾川县大源选矿有限公司

日 期： 2024 年 3 月 10 日

全程电子化

统一社会信用代码
914103246618816187



营业执照

扫描二维码登录
“国家企业信用
信息公示系统”，
了解更多登记、
备案、许可、监
管信息。



(副本) 1-1

名称 栾川县大源选矿有限公司

注册资本 伍仟万圆整

类型 其他有限责任公司

成立日期 2007年05月11日

法定代表人 上官若凡

营业期限 长期

经营范围 一般项目：选矿；金属矿石销售；机械零件、零部件销售；机械设备销售；建筑材料销售；办公用品销售；体育用品及器材零售；包装材料及制品销售；金属材料销售（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）

住所 栾川县叫河乡牛栾村

登记机关

公示时间为每年一月一日至六月三十日
信用信息公示时间为二十个工作日



2022

年03月17日

国家企业信用信息公示系统网址：<http://www.gsxt.gov.cn>

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告

国家市场监督管理总局监制

<http://10.8.1.130:8081/TopIcis/CertTabPrint.do>

2022/3/17

河南省企业投资项目备案证明

项目代码: 2211-410324-04-01-179023

项 目 名 称: 栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库扩容项目

企业(法人)全称: 栾川县大源选矿有限公司

证 照 代 码: 914103246618816187

企业经济类型: 自然人

建 设 地 点: 洛阳市栾川县叫河镇牛栾村

建 设 性 质: 扩建

建设规模及内容: 尾矿库是选矿厂不可缺少的配套设施, 是维持矿山生产的重要保和安全设施, 为保护环境、保护资源、节约用水、维持矿山安全生产的必备设施。大源选矿公司根据规划, 拟对竹园沟尾矿库进行增容设计。对竹园沟尾矿库进行增容, 即满足了公司选矿厂的需求符合企业的发展规划, 又充分的利用沟谷地形, 避免了因新建尾矿而选择新的沟谷。规划扩容后, 本次扩容至堆积坝坝顶标高1318m, 总坝高198m, 新增总库容515.25万m³, 新增有效库容360.68万m³, 选厂年处理尾矿量为59.70万m³, 新增库容可满足企业6.04年的服务年限要求。本次扩容后总库容为1795.91万m³, 有效库容1257.14万m³。

项 目 总 投 资: 5620万元

企业声明: 本项目符合《产业结构调整指导目录2019》为鼓励类第四十三条第8款且对项目信息的真实性、合法性和完整性负责。



MEM



编号
(豫)FM 安许证字 (2022) XCWK351B
统一社会信用代码 914103246618816187



安全生产许可证

许可范围

尾矿库运行 (总库容 1280.66 万立方米, 总坝高 166 米)

(副本)

企业名称 栾川县大源选矿有限公司竹园沟尾矿库

主要负责人 上官若凡

单位地址 栾川县叫河镇牛栾村

经济类型 其他有限责任公司

有效期 2022 年 04 月 25 日 至 2024 年 09 月 22 日

发证机关

发证日期 2022 年 04 月 25 日



附图：

- 1、周边环境图
- 2、总平面布置图
- 3、现状库区纵剖面图
- 4、现状排水系统纵剖面图
- 5、坝高-库容曲线图
- 6、库区纵剖面图
- 7、新增排水系统纵剖面图

现场照片 1



照片 1：尾矿坝



照片 2：初期坝

现场照片 2



照片 3：现状滩面



照片 4：堆积坝外坡面

现场照片 3



照片 5：下游房屋拆除



照片 6：评价人员现场照片

