



大连金来矿业有限责任公司

尾矿库改造升级项目

安全预评价报告

辽宁万泽安全技术咨询服务有限公司

资质证书编号: APJ- (辽) -015

二〇二二年十二月



大连金来矿业有限责任公司

尾矿库改造升级项目

安全预评价报告

1n-LNWZ-YPJ-2022-0002

法定代表人：杜研岩

技术负责人：马秀山

项目负责人：王 飞

辽宁万泽安全技术咨询服务有限公司

2022 年 12 月 27 日

前 言

大连金来矿业有限责任公司尾矿库位于庄河市兰店乡解放村境内，矿山成立于 1997 年，行政隶属辽宁省黄金管理局，性质为国有矿山，转制后性质为有限责任公司。

大连金来矿业有限责任公司于 2009 年 11 月委托辽宁辽西工程勘察院出具了《大连金来矿业有限责任公司尾矿库现状稳定性计算岩土工程勘察报告》。

大连金来矿业有限责任公司于 2013 年 1 月委托辽宁天信工程设计咨询有限公司出具了《大连金来矿业有限责任公司选矿厂尾矿库初步设计》，明确尾矿库全库容为 18.2 万 m³，总坝高为 14.8m，尾矿库等别为五等库。

由于法规、规范的更新，根据《尾矿库安全规程》GB39496-2020，原排水斜槽槽体为浆砌石结构，不符合安全要求，需封堵原排水系统并新建排水系统；初期坝顶马道已被堆积坝覆盖，局部外坡较陡；按应急管理部〔2020〕15 号文，尾矿库企业应建立完善在线安全监测系统。大连金来矿业有限责任公司于 2022 年 10 月出具了《大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级可行性研究报告》。

2022 年 4 月，辽宁万泽安全技术咨询服务有限公司在接受委托后，组成了评价组进行了现场检查，收集了评价所需的相关资料，按照《安全评价通则》、《安全预评价导则》以及相关的法律、法规、标准、文件的要求对该项目进行了评价，并本着科学、公正的原则编写了《大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级项目安全预评价报告》。

目 录

1 评价目的与依据	3
1.1 评价对象和范围	3
1.2 评价依据	3
2 建设项目概况	9
2.1 建设单位概况	9
2.2 自然环境概况	10
2.3 地质条件概况	10
2.4 建设方案概况	12
3 定性定量评价	29
3.1 库址选择单元	29
3.2 尾矿坝单元	31
3.3 防洪系统单元	39
3.4 安全监测单元	55
3.5 辅助设施单元	58
3.6 安全标志单元	58
3.7 安全管理单元	59
3.8 重大危险源辨识单元	60
4 安全对策措施建议	61
4.1 库址选择单元	61
4.2 尾矿坝单元	61
4.3 防洪系统单元	61
4.4 安全监测单元	62
4.5 辅助设施单元	62
4.6 安全标识单元	62
4.7 安全管理单元	62
5 评价结论	64
6 附件	66
7 附图	67

1 评价目的与依据

1.1 评价对象和范围

1.1.1 评价对象

本次安全预评价项目名称：大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级项目安全预评价报告。

本次安全预评价对象是大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级项目安全设施及其相关辅助设施。

1.1.2 评价范围

本次安全预评价范围包括：

- (1) 库址利用合理性及尾矿库与周围环境的相互影响；
- (2) 尾矿坝坝址和坝型选择的合理性评价；
- (3) 排洪系统布置的合理性及排洪能力的可靠性；
- (4) 尾矿库安全监测设施的完整性及可靠性；
- (5) 辨识、分析尾矿库主要危险有害因素；
- (6) 《可研报告》中清掏方案不在本次预评价范围内。

1.2 评价依据

1.2.1 法律法规

(1) 《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过《全国人民代表大会常务委员会关于修改〈中华人民共和国安全生产法〉的决定》，于 2021 年 9 月 1 日起施行）；

(2) 《中华人民共和国矿山安全法》（中华人民共和国主席令第 18 号，2009 年 8 月 27 日起实施）；

(3) 《中华人民共和国环境保护法》（中华人民共和国主席令第

九号，2014 年 4 月 24 日通过，于 2015 年 1 月 1 日实施）；

（4）《中华人民共和国劳动法》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议修改，自 2018 年 12 月 29 日起施行）；

（5）《中华人民共和国职业病防治法》（第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议第四次修正，2018 年 12 月 29 日起实施）；

（6）《中华人民共和国矿产资源法》（第十一届全国人民代表大会常务委员会第十次会议修正，2009 年 8 月 27 日起实施）；

（7）《中华人民共和国电力法》（2018 年 12 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议通过第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议决定：对《中华人民共和国电力法》作出修改。）；

（8）《中华人民共和国突发事件应对法》（中华人民共和国主席令第六十九号，2007 年 08 月 30 日发布，自 2007 年 11 月 1 日起施行）；

（9）《中华人民共和国消防法》2021 年 4 月 29 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议《关于修改〈中华人民共和国道路交通安全法〉等八部法律的决定》第二次修正）。

1.2.2 行政法规

（1）《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》（国家安全生产监督管理总局令 16 号，2008 年 02 月 01 日起实施）；

（2）《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》（国家安全生产监督管理总局令 20 号，2009 年 6 月 8 日实施）；

（3）《尾矿库安全监督管理规定》（国家安全生产监督管理总局令 38 号，根据 78 号令进展修改，2015 年 7 月 1 日起施行）；

（4）《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 号令，自 2015 年 7 月 1 日起施行）；

（5）《关于印发防范化解尾矿库安全风险》（应急〔2020〕15 号）；

（6）《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令第 78 号，自 2015 年 7 月 1 日起施行）；

（7）《国家安全监管总局关于废止和修改劳动防护用品和安全培训等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 年 7 月 1 日起实施）；

（8）《国务院安委会办公室关于贯彻落实〈国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知〉精神进一步加强非煤矿山安全生产工作的实施意见》（安委办〔2010〕17 号，2010 年 08 月 27 日发布）；

（9）《国家安全监管总局关于严防十类非煤矿山生产安全事故的通知》（安监总管一〔2014〕48 号，自 2014 年 5 月 28 日起施行）；

（10）《国家安全监管总局关于印发企业安全生产责任体系五落实五到位规定的通知》（安监总办〔2015〕27 号，2015 年 3 月 16 日）；

（11）《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 年 7 月 1 日）；

（12）《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》（矿安〔2022〕88 号，2022 年 9 月 1 日起施行）；

（13）《辽宁省安全生产条例》（2022 年 4 月 21 日辽宁省第十三届人民代表大会常务委员会第三十二次会议第二次修正）；

（14）《生产安全事故应急预案管理办法》（国家安全监管总局令第 88 号公布，应急管理部 2 号令修订，自 2020 年 9 月 1 日起施行）；

(15) 《辽宁省尾矿库安全监督管理办法的通知》(辽政办〔2016〕3号)；

(16) 《辽宁省人民政府关于进一步加强企业安全生产工作的实施意见》(辽政发〔2010〕36号，2010年10月31日发布)；

(17) 《辽宁省安全生产监督管理局关于进一步规范非煤矿山安全生产行政许可管理工作的通知》(辽安监非煤〔2018〕29号)；

(18) 《防范化解尾矿库安全风险工作方案的通知》(辽应急发〔2020〕23号)；

(19) 《尾矿库风险隐患治理工作总体方案》(矿安〔2022〕127号)；

(20) 《全面深入开展非煤地下矿山和尾矿库安全生产大排查》(矿安〔2021〕10号)；

(21) 《安全生产许可证条例》(《国务院关于修改部分行政法规的决定》已经2014年7月29日国务院第54次常务会议通过，现予公布，自公布之日起施行)；

(22) 《生产安全事故应急条例》(中华人民共和国国务院令，第708号，经2018年12月5日国务院第33次常务会议通过，现予公布，自2019年4月1日起施行)；

(23) 《关于印发辽宁省防范化解尾矿库安全风险工作方案的通知》(辽应急发〔2020〕23号，2020年7月21日)；

(24) 《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》(国家矿山安全监察局 矿安〔2022〕4号，自2022年2月8日起施行)；

(25) 《企业安全生产费用提取和使用管理办法》(财资〔2022〕136号，2022年11月21日)；

(26) 《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)；

(27) 《工伤保险条例》(中华人民共和国国务院令第586号)；

(28) 《国家安全监管总局办公厅关于修改用人单位劳动防护用品管理规范的通知》(安监总厅安健〔2018〕3号)。

1.2.3 标准规范

(1) 《防洪标准》(GB50201-2014)

(2) 《中国地震动参数区划图》(GB18306-2015)

(3) 《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)

(4) 《矿山安全标志》(GB14161-2008)

(5) 《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001<2009年版>)

(6) 《建筑物抗震设计规范》(GB50011-2010<2016年版>)

(7) 《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)

(8) 《生产经营单位安全生产事故预案编制导则》
(GB/T29639-2020)

(9) 《安全评价通则》(AQ8001-2007)

(10) 《尾矿设施设计规范》(GB50863-2013)

(11) 《土石坝养护修理规程》(SL210-2015)

(12) 《水工建筑物抗震设计标准》(GB51247-2018)

(13) 《碾压式土石坝设计规范》(SL274-2001)

(14) 《岩土工程勘察技术规范》(YS5202-2004)

(15) 《尾矿库安全监测技术规范》(AQ2030-2010)

(16) 《辽宁省中小河流(无资料地区)设计暴雨洪水计算方法》,
(1998年版)

(17) 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》(GB 51108-2015)

(18) 《个体防护装备配备规范 第1部分：总则》(GB 39800.1-2020)

(19) 《个体防护装备配备规范 第4部分：非煤矿山》(GB 39800.4-2020)

(20) 《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2020)

(21) 《水工建筑物抗震设计规范》(SL 203-1997)

(22) 《尾矿堆积坝岩土工程技术规范》(GB50547-2010)

(23) 《水电工程水工建筑物抗震设计规范》(NB35047-2015)

(24) 《危险化学品重大危险源辨识》(GB18218-2018)

1.2.4 建设项目技术资料

(1) 《大连金来矿业有限责任公司尾矿库现状稳定性计算岩土工程勘察报告》，辽宁辽西工程勘察院，2009年11月(以下简称《岩土工程勘察报告》)；

(2) 《大连金来矿业有限责任公司选矿厂尾矿库初步设计》(辽宁天信工程设计咨询有限公司，2013年1月)；

(3) 《大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级可行性研究报告》(大连金来矿业有限责任公司，2022年10月)(以下简称《可研报告》)；

1.2.5 其他评价依据

(1) 安全评价技术服务合同；

(2) 企业提供其他资料。

2 建设项目概况

2.1 建设单位概况

大连金来矿业有限责任公司成立于 2004 年 8 月，即转制时间，它的前身是辽宁省庄河市新房金矿，矿山成立于 1997 年，行政隶属辽宁省黄金管理局，性质为国有矿山，转制后性质为有限责任公司，法人：林新兵。

由于法规、规范的更新，根据《尾矿库安全规程》GB39496-2020 原排水斜槽槽体为浆砌石结构，不符合安全要求，需封堵原排水系统并新建排水系统；初期坝顶马道已被堆积坝覆盖，局部外坡较陡；按应急管理部〔2020〕15 号文，尾矿库企业应建立完善在线安全监测系统，大连金来矿业有限责任公司于 2022 年 10 月出具了《大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级可行性研究报告》。

该项目已于 2022 年 9 月 29 日通过庄河市发展和改革局批准，现已备案。

大连金来矿业有限责任公司选厂尾矿库建在庄河市兰店乡解放村境内，厂区公路与庄河至东港公路相连，交通较为方便。选厂尾矿库位于主厂房西侧方向两矮山之间的夹沟内，库面形状为南北长东西窄，沟内树木稀疏，植被一般，没有经济林。

地理位置中心座标为东经 123° 03'，北纬 39° 43'，距选厂主厂房约 0.5 公里左右（见交通位置图）。

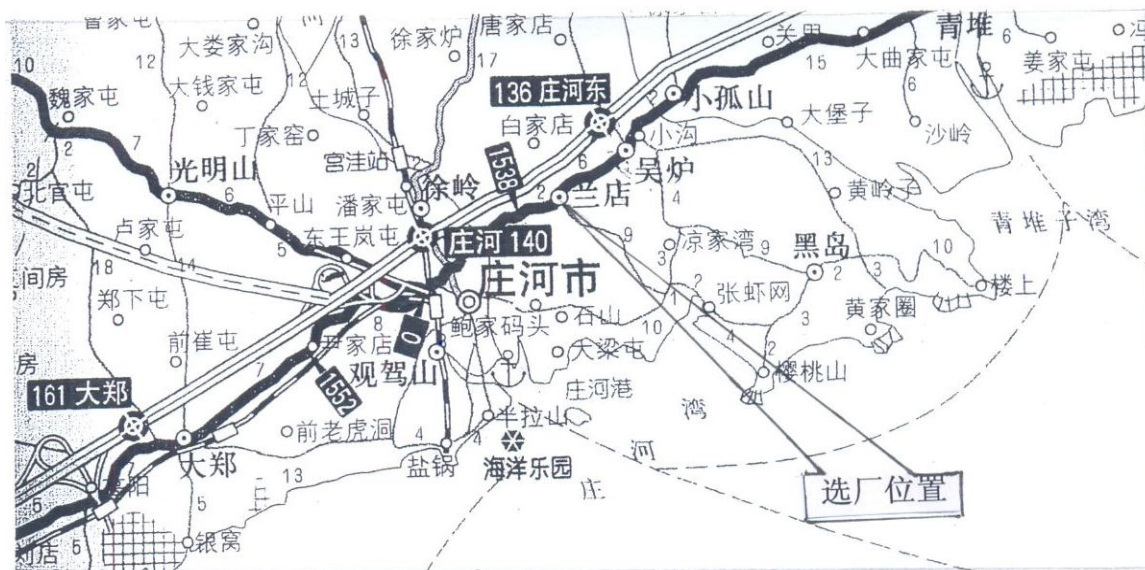


图 1-1 交通位置图

2.2 自然环境概况

2.2.1 地形地貌

该区属丘陵和山间谷地地貌，区内海拔标高 34.0m~105.0m，山势较缓，沟内树木稀疏，植被一般，没有经济林，库区及周围第四纪粘土覆盖厚度一般为 1~5m 不等。

2.2.2 气候特征

该区属北暖温带湿润大陆性季风气候，平均气温 9.1℃，极端最高气温 36.6℃，极端最低气温 -29.3℃，年均降水量 757.4mm，年均蒸发量 1370mm~1400mm，主导风向冬季多北或西北风，夏季多南或东南风。无霜期 165 天，初霜期出现在 10 月，终霜期止于 4 月，正常情况下 11 月中旬开始结冻，3 月开始化冻，最大冻土深度 1.15m。

2.3 地质条件概况

2.3.1 水文地质条件

尾矿库上游处山谷坡度较缓，汇水面积 0.039km²，无明水流。

根据钻孔中量测的水位表明，尾矿库的浸润线埋藏深度介于 3.0

~13.60m 之间，相当于绝对高程 30.57~43.00m，水位纵向变化较大，总体上呈上游高、下游低，库内高、坝前低的趋势。

为了解尾矿库堆积物的渗透性，进行了室内水平、垂直渗透性试验。

勘察期间，在库内采取了一件水样，进行了分析，根据分析结果判定，该水质化学类型为硫酸氯化钙型水，对砼无腐蚀性，对钢筋混凝土中钢筋无腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性。

2.3.2 工程地质条件

依照《岩土工程勘察技术规范》（YS5202-2004）分类标准，将尾矿堆积物的组成划分为尾细砂、尾粉砂、尾粉土，根据钻探揭露情况，尾矿库岩土层分布如下：

第①层、杂填土：灰褐色，稍湿，稍密状态，成分主要为尾粉砂，混杂有碎石，该层主要为后续堆积副坝材料。

第②层、尾粉砂：灰黑色，均粒结构，水上稍湿，水下饱和，稍密-中密状态，具水平沉积层理，局部尾粉砂与尾细砂互层状产出，互层厚度 0.30~0.50m。

第②-1 层、尾细砂：灰黑色，混粒结构，水上稍湿，水下饱和，中密状态，具斜层理。

第③层、尾粉土：灰黑色，饱和，稍密状态，土质干强度及韧性低，具摇晃反应。

第④层、块石：杂色，成份以安山岩岩块为主，块径大小不一，级配不良，颗粒排列无规律，主要分布于初期坝坝前及坡脚处，但压实程度较差。

第⑤层、素填土：杂色，成份以风化料及粘性土及块石为主，具

一定压实性，该层主要为初期坝堆积材料。

第⑥层、强风化砂质板岩：主要分布于初期坝及尾砂底部，黄褐色、强风化，原岩结构已大部分破坏，风化强烈，岩芯呈碎块状，揭露厚度 1.6~6.20m。

2.3.3 场地地震效应

按照《建筑抗震设计规范》（GB50011-2010）和《中国地震动参数区划图》（18306-2015）中相关条款确定，该区抗震设防烈度Ⅶ度，设计基本地震加速度为 0.10g，地特征周期 0.25s。

2.4 建设方案概况

2.4.1 尾矿库现状

2.4.1.1 尾矿库原设计

（1）初期坝设计

初期坝采用土夹石筑坝。初期坝上、下游边坡均采用 1:2.0，坝顶宽 3m，最大坝高 10m，坝长 137.0 米。

（2）后期堆积坝设计

因为尾矿颗粒过细，-200 目比例达到 95% 以上，不能作为筑坝材料，副坝和后期坝只能采用当地杂填土或风化料进行筑坝。

后期坝标高达到 50.3m 时，库区东侧和西北侧需要筑副坝，东侧副坝长 145m，西北侧副坝长 78m，两处副坝筑高在 3.5m 至 5.0m 之间，要求坝标高达到 50.3m，内外坡比不得小于 1:2.0，坝顶宽不小于 3.0m，为防止山坡水冲刷坝脚，坝肩要设排水沟。

总设计坝高为 14.8m，总库容 18.2 万 m³。尾矿库等别为五等库。

（3）尾矿库排水系统设计

尾矿库南侧设排水斜槽，它的上口即入水口标高为 56.5m，出水口

在坝前，作用是平时将库内澄清水排至坝前蓄水池内，汛期兼做排洪设施。其规格为 800mm×800mm，水泥盖板做盖，用块石水泥砂浆砌筑并铺底。

（4）尾矿库放矿设计

放矿方法采用分散放矿，尾矿放矿多管分散放矿，均匀冲填。

（5）尾矿库安全监测设施设计

原设计较早未提及其相关内容。

2.4.1.2 尾矿库坝体现状

该尾矿库为“山谷型”尾矿库，尾矿库坝体以上汇水面积为 0.073km²，山谷地势比较平缓，现状初期坝底标高 35.5m，堆积坝坝顶标高 50.3，坝体总高度 14.8m，现状库容为 17.2 万 m³，尾矿库现状等别为五等库。

（1）初期坝现状

初期坝坝底标高 35.5m，坝顶标高为 45.5m，高 10m，筑坝材料为土石混合料，外坡采用碎石覆盖，初期坝外坡比约 1：2.0，坝顶宽约 3m，现已被堆积坝覆盖。

（2）堆积坝现状

堆积坝采用杂填土筑坝，尾矿堆积坝形成了一级子坝，堆积坝高 4.8m，坝顶标高为 50.3m，坝体外坡比约为 1:2.0，坝顶宽为 3m。

由于地形原因在尾矿库东侧和西北侧形成了副坝，副坝最大坝高 3.5~5m，外坡比为 1：2.0，副坝采用杂填土筑坝。

尾矿库坝体外坡坝面和坡面无拉沟、渗漏、裂缝和渗水，沼泽化等情况，库内没有外来物质进库，现场没有采矿现象，尾矿库没有清库现象，现场有警示标志，有管理人员日常巡护。

2.4.1.3 防排洪系统现状

尾矿库南侧设置了排水斜槽，它的上口即入水口标高为 56.5m，出水口在坝前，作用是平时将库内澄清水排至坝前蓄水池内，汛期兼做排洪设施，其规格为 800mm×800mm，水泥盖板做盖，用块石水泥砂浆砌筑并铺底。

2.4.1.4 尾矿库内放矿及滩面现状

该尾矿库库内滩面平整形成了坡向库内的 1%的坡比，库内无积水，滩顶最高标高 50m，经现场踏勘，尾矿库正常生产时放矿采用多管坝前均匀分散放矿。

2.4.1.5 安全监测现状

本项目为五等尾矿库，现尾矿库未设置坝体位移观测设施和浸润线观测设施。

2.4.1.6 辅助设施现状

库区辅助设施主要包括照明设施、值班室、通信设施及道路等。

(1) 照明

坝上照明沿堆积坝坝顶设置，用于尾矿库夜间照明。

(2) 值班室及通信

尾矿库设有库区管理站，并配备有 2 个值班人员轮流值班，值班人员配备有对讲机、固定电话及移动电话，24 小时保持畅通。

(3) 道路

道路等级为Ⅲ级，限制坡度 9%，最小转弯半径 15m。

2.4.1.7 安全标志现状

在库区各工作场所，根据工作性质设置安全标志，库区周边设置了禁止进入、禁止野浴、禁止放牧、库区防汛物资栏及库区风险公告

栏等安全标志、标识，且放在醒目固定的地方。

2.4.1.8 安全管理及其他

（1）组织与制度

尾矿库制定了全员安全生产责任制、安全生产规章制度和操作规程。

尾矿库成立了安全组织管理机构，设置了3名专职安全管理人员，尾矿库主要负责人和安全生产管理人员均取得了安全生产知识和管理能力考核合格证。

尾矿库特种作业人员均取得了特种作业操作证书。

尾矿库足额提取了安全生产费用。

尾矿库为从业人员缴纳了工伤保险。

尾矿库设置了应急救援组织文件并签订了救护协议。

（2）安全运行管理

经询问及查阅资料，尾矿库生产时制定了年度生产计划，每天均有安全生产管理人员对现场进行勘察，并及时作出调整。按期召开安全会议，进行安全教育培训，以班组为单位，采取班前会的形式进行安全教育，并根据厂部安排，进行全员安全教育。

（3）应急救援

尾矿库编制了生产安全事故应急预案，取得了当地应急管理局应急预案备案表。企业对尾矿库生产过程中的危险有害因素分析比较全面，建立了预警机制，保障措施到位，应急物资和人员得到落实，能够满足尾矿库应急救援的需要，同时，尾矿库签订了救护协议。

2.4.1.9 改造升级项目对现有尾矿库设施的利用

根据《可研报告》提出的改造升级方案，该改造升级项目对尾矿库初期坝、安全辅助设施、安全警示标识等均进行有效利用。

2.4.2 库址选择

该尾矿库位于选矿厂东侧沟谷内，三面环山，西侧一面筑坝，选厂位于中间山梁坡地上。由于选矿厂地势高于两尾矿库沟底，即使发生溃坝危险，选矿厂也不受威胁。另外距离尾矿库约 560m 处为解放村，该村不在尾矿库下游位置，不受溃坝威胁。

尾矿库下游 1km 内无风景名胜、国际自然保护区或军事设施，无民用、公用设施、无通讯、供电线路，无国家级公路和桥梁等设施。库址内无地面建构筑物，无地下采空区。

2.4.3 库容、等别

2.4.3.1 尾矿库等别

依据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）3.1.1 条“尾矿库各使用期的设计等别应根据该期的全库容和坝高分别按下表中确定。当两者的等差为一等时，以高者为准；当等差大于一等时，按高者降低一等。尾矿库失事将使下游重要城镇、工矿企业或铁路干线遭受严重灾害者，其设计等别可提高一等。”之规定。尾矿库等别表见下表 2-1。

表 2-1 尾矿库等别表

等别	全库容 V（10000m³）	坝高 H(m)
一	V≥50000	H≥200
二	10000≤V<50000	100≤H<200
三	1000≤V<10000	60≤H<100
四	100≤V<1000	30≤H<60
五	V<100	H<30

根据《可研报告》，该尾矿库设计总库容为 18.2 万 m³<100 万 m³，总坝高为 14.8<30m，因此，根据坝高及库容判别该尾矿库为五等库。

2.4.3.2 主要构筑物级别

依据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）3.3.2 条，尾矿库构筑物的级别根据尾矿库等别及其重要性按下表 2-2 确定。

表 2-2 尾矿库构筑物的级别

等 别	构 筑 物 的 级 别		
	主要构筑物	次要构筑物	临时构筑物
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	5	5
四	4	5	5
五	5	5	5

根据《可研报告》，该尾矿库为五等库，其相应的主要构筑物安全等级为 5 级，次要构筑物以及临时构筑物安全等级为 5 级。

2.4.3.3 防洪标准

依据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）4.3.3 条，尾矿库的防洪标准应根据各使用期库的等别，综合考虑库容、坝高、使用年限及对下游可能造成的危害等因素，按下表 2-3 确定。

表 2-3 尾矿库防洪标准表

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

大连金来矿业有限责任公司尾矿库设计最大坝高为 14.8m，库容 18.2 万 m³，为五等尾矿库。由于尾矿库 1 公里内存在居民，故防洪标准提升一个等级按 200 年一遇洪水。

（1）最小安全超高及最小滩长

依据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）4.2.1 条，上游式尾矿坝沉积滩顶至设计洪水位的高差不得小于表 2-4 的最小安全超高值，同时，滩顶至设计洪水位边线距离不得小于表 2-4 的最小滩长值。

表 2-4 上游式尾矿坝的最小安全超高与最小滩长

坝的级别	1	2	3	4	5
最小安全超高（m）	1.5	1.0	0.7	0.5	0.4
最小滩长（m）	150	100	70	50	40

依据《可研报告》，该尾矿库为五等尾矿库，由于尾矿库 1 公里内存在居民，尾矿库等级提高一等设防，最小安全超高取 0.5m，最小滩长取 50m。

（2）坝坡抗滑安全系数

依据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）4.4.2 条，尾矿坝坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于下表规定。

表 2-5 坝外坡抗滑最小安全系数

序号	计算剖面	运行工况	计算的坝坡抗滑安全系数	四等尾矿库的坝坡允许抗滑最小安全系数	计算方法	是否符合规范抗滑稳定性要求
1	I-I’	正常	1.345	1.25	毕肖普法	符合
			1.209	1.15	瑞典圆弧法	
2	I-I’	洪水	1.205	1.15	毕肖普法	符合
			1.165	1.05	瑞典圆弧法	
3	I-I’	特殊	1.211	1.10	毕肖普法	符合
			1.168	1.00	瑞典圆弧法	

依据《可研报告》，本项目尾矿库等别为五等，由于尾矿库 1 公

里内存在居民，尾矿库等别提高一等设防，采用四等尾矿库的坝坡允许抗滑最小安全系数，符合规范抗滑稳定性要求。

2.4.4 尾矿坝

(1) 初期坝

根据《可研报告》确定，原有初期坝不变，为了方便新建排水系统施工和方便拆除原有排水斜槽，故对尾矿库初期坝上部进行清掏，清陶结束后初期坝高 10m，外坡比为 1:2.0，坝顶宽约 4m。

(2) 后期堆积坝

根据《可研报告》确定，在清掏结束后，堆积坝采用一次筑坝，筑坝材料为山皮土。当新建排水系统完成后，开始在坝前采用山皮土筑坝，子坝堆筑前必须进行岸坡处理，将树木、树根、草皮、废石、坟墓及其他有害构筑物全部清除，若遇有泉眼、水井、地道或洞穴等，应作妥善处理，清除杂物不得就地堆积，应运到库外。子坝外坡 1: 3.0，内坡 1: 2.0，顶宽 4.0m，高度 4.8m，坝肩设有排水沟，子坝应在冬季之前堆筑完成，冬季不得筑坝，堆积坝最终堆积标高为 50.3m，总坝高 14.8m。

尾矿库尾矿粒径-200 目占 65%，尾矿量 1.2 万 t/a，日排尾砂量 40t，尾矿平均堆积干容重 1.6t/m³，尾矿库放矿采用多管坝前均匀分散放矿。尾矿的物理力学指标见表 2-6。

表 2-6 尾矿的物理力学指标

地层 编号	地层名称	天然密度	重力密度	抗剪强度指标		垂直渗透系 数	水平渗透系 数
				粘聚力	内摩擦角		
		ρ	γ	c	φ		
		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)		
1	①杂填土	19.0	15.5	水上 5	水上 25.7	1.515×10 ⁻²	1.19×10 ⁻²
				水下 2	水下 25		

2	②尾粉砂	19.5	16.4	水上 4	水上 28.4	7.588×10^{-3}	4.985×10^{-3}
				水下 2	水下 26.4		
3	②-1 尾细砂	19.8	17.3	水上 0	水上 28.8	8.72×10^{-3}	6.188×10^{-3}
				水下 0	水下 27.7		
4	③尾粉土	19.3	19.3	水上 4.2	水上 22.3	3.53×10^{-3}	1.603×10^{-3}
				水下 4.2	水下 22.3		
5	④块石	22	22	水上 0	水上 35	3.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}
				水下 0	水下 30		
6	⑤素填土	19.4	19.0	水上 25.5	水上 20.8	7.7×10^{-5}	5.7×10^{-5}
				水下 23.8	水下 19.6		
7	⑥强风化砂质板岩	23	23	20	38	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}

（3）副坝

根据《可研报告》确定，在清掏结束后，由于地形原因，在尾矿库西北和东侧修建副坝，采用当地杂填土或风化料进行筑坝，副坝最大坝高 3~5m，副坝外坡平均边坡比控制在 1：3.0。

2.4.5 防排洪系统

（1）新建排洪系统

根据《可研报告》确定，尾矿库清掏结束后，在尾矿库南侧设置排水井-排水管（兼做回水系统），排水管外接西侧排水明渠，排水井和排水管均坐落在基岩上。

采用现场浇注的框架式排水井，库内设 1 座排水井，排水井入水口标高为 44m，塔顶标高为 50m，溢水塔塔身高 6m；溢水塔内直径为 D=2.0m，柱断面 400×400mm，共设 6 个框架柱。

排水管道为现场浇注的钢筋混凝土圆管，管道直径为 1.2m。最小坡度为 1%，埋管方式采用平埋，为防止因基础不均匀沉降及温度应力造成排水管纵向断裂，排水管每隔 8m 设置一道变形缝，遇地基变化处应加沉降缝，排水管施工完成后沟槽两侧用原土回填夯实。

排水管穿过坝体后外接排水明渠，排水明渠采用浆砌石结构，其断面为矩形，净断面为底宽 1.2m，高 1.0m，坡度为 7%。

（2）原有排洪系统处理

根据《可研报告》确定，在尾矿库新建排水系统竣工前仍采用原排水斜槽作为排洪系统，新建排洪系统竣工后，对原有排水斜槽出露部分进行拆除，深埋部分进行采用“灌肠法”封堵。

根据相关规定应对原排水设施进行封堵，根据新、老排水系统布置的特点，原有排水斜槽入口和在坝下出口处进行封堵，排水斜槽采用封堵加灌肠法进行封堵，封堵体选择抗剪型封堵体，封堵体为素砼 C20 结构，长 36m，断面与原排水斜槽断面相同，接顶要浇捣并封堵密实。封堵体下部预埋导流管及排渗管，导流管出口设置阀门，当导流管内溢出尾砂时，关闭阀门，两根排水管均为 DN150 的 PE 硬塑管，排渗管在穿过封堵体的上游方向露出 2.5m 长钻孔（孔径 10mm，孔距 50mm，交错布置成梅花状），外包透水土工布（规格为 500g/m²），管头堵死。封堵后，尾粗矿加水搅匀，呈浓度 25% 左右，用砂泵将尾矿灌入排水管内，一直到填满为止。

2.4.6 安全监测

（1）人工监测系统

1) 坝体变形监测

根据《可研报告》确定，尾矿库库区坝体变形观测标点埋设于坝体表面，用以表示坝体的变形量。布置的标点控制主要变形的断面，如最大标高断面，工程地质变化较大地段。《可研报告》依据该库情况，在标高 45.5m 和 50.3m 坝顶中部和两侧设置各 1 个观测标点；共计 2 个钢筋砼观测桩。

起测基点和工作基点共用一个基点，基点布置在尾矿库南侧山坡较稳固的地点，高程与观测标点相当，即在岩石出露较为平整的地段，凿小十字作为观测基点或埋设钢筋砼观测桩。

水平变形观测采用视准线法；垂直变形观测采用水准仪法。

初期投入运行时，每月观测一次，当坝体水平和垂直变形量基本稳定后，可一个季度观测一次。

2) 浸润线监测

根据《可研报告》确定，浸润线观测管采用 10m 长 DN76×6mm 的焊接钢管（管底部堵死，留有 0.5m 长不钻孔，接着钻孔段 3m 长，孔径 10mm，孔距 100mm，交错布置成梅花状）外包土工布，土工布规格为 300g/m²，上部 2.5m 长不钻孔，浸润线观测孔布置在库区位移观测点旁边，共布置 9 个浸润线观测管。

3) 库水位监测

根据《可研报告》确定，在库内水区排水井附近设置水位标尺刻度，标记正常运行水位及最高洪水位，标尺刻度要求清晰醒目，在库岸边便于观测。

按相关规定要求进行水位观测并详细记录，尤其是汛期要严格控制库内洪水的水位，确保尾矿坝的最小安全超高，同时满足最小干滩长度。发现异常情况及时采取有效措施处理，消除隐患，水位超警戒线要及时报警。

4) 雨量及干滩长度监测

根据《可研报告》确定，在库区设置雨量计，遇暴雨时仔细监测以指导尾矿库安全泄洪。生产期在干滩上每隔 50m 设置一排标杆，进行干滩长度监测发现干滩长度小于运行期所需干滩长度应采取泄洪措施，特别是暴雨期间应加强观测。

（2）在线监测系统

1) 坝体表面位移监测

根据《可研报告》确定，坝体表面位移监测采用 GNSS 接收机作为监测设备。

在标高 45.5m 和坝顶 50.3m 坝顶中部设置各 1 个观测标点，各监测点采用 GNSS 专用监测设备，实现坝体表面三维位移的实时、高精度监测，同时在尾矿库的附近山头上安置 1 个 GNSS 基准站，确保四周开阔，同时不受尾矿库位移的影响。

2) 浸润线监测

根据《可研报告》确定，坝体浸润线监测采用 HC-SA-2.0 型渗压计作为监测设备，浸润线监测点布置人工监测浸润线观测孔内，共布置 2 个浸润线监测点。

3) 库水位监测

根据《可研报告》确定，库水位监测点设置在排水管附近，随着水位升高不断改变监测位置，用于监测库内外水位高程，利用数据采集单元采集数据传输至中心控制室。

库水位监测采用超声波液位计作为监测设备。

4) 降水量及视频监控

根据《可研报告》确定，雨量监测采用 DJ05 型雨量计作为监测设备，在库区附近布置一个监测点即可，雨量计安装要求视线开阔上部无遮挡，水平角 45 度以内没有高大建筑物遮挡。

根据尾矿库实际情况采用 360 度全方位红外球型监控摄像机共布置监控 3 个，在坝顶标高 50.3m 中部设置一个视频监控点，用来监控尾矿库坝体及放矿情况；在排水井附近设置一个视频监控点，用来监控上游汛期汇水情况；在排水管出口附近设置一个视频监控点，用来

监控上游汛期汇水情况，采用 360 度全方位红外球型监控摄像机进行监测。

5) 监控中心及平台

根据《可研报告》确定，尾矿库全过程在线监测系统监控中心设置在建设单位办公楼内，控制中心应采用不间断电源系统。

现场值班室分析及监控数据通过光缆传输至监控中心服务器，监控数据可以通过大屏幕实时显示，系统数据通过网络适时发布。

所有监控数据保存于系统硬盘中，保存时限按要求设定。

现场值班室与监控中心之间的数据采用光纤传输，监控中心预留与显示的通讯接口，纳入县级和市级的整体监控平台。

软件管理平台各系统所采集的数据、预警信息、处理结果等自动存储备份。

2.4.7 辅助设施

库区辅助设施主要包括照明设施、值班室、通信设施及道路等。

(1) 照明

《可研报告》确定，利用原坝上照明设施，照明设施沿堆积坝坝顶设置，用于尾矿库夜间照明。

(2) 值班室及通信

《可研报告》确定，利用尾矿库原有库区管理站，配备有 2 个值班人员轮流值班，值班人员配备有对讲机、固定电话及移动电话，24 小时保持畅通。

(3) 运输道路

《可研报告》确定，道路利用原有道路采用运输道路，宽 7m，III 级路面，限制坡度 9%，最小转弯半径 15m。

《可研报告》确定，库外运输线路为三级道路，采用泥结碎石路面结构，结构层用碎石铺垫，厚度 35-40cm，面层用泥结碎石铺垫，厚度 15-20cm，磨耗层用沙土铺垫，厚度 4-6cm。

2.4.8 安全标志

依据《尾矿库安全标志》为尾矿库设置安全标志，具体符号及设施地点见表 2-7。

表 2-7 尾矿库安全标志表

类别	符号	名称	设置地点
指令类		必须系安全带	易发生坠落危险的作业场所
		必须穿救生衣	易发生溺水场所
		鸣笛	机车通过道叉口和弯道前 20~30 m 鸣笛处
禁止类		禁带烟火	禁止烟火地点
		禁止游泳	库区水域附近

类别	符号	名称	设置地点
		禁止入内	尾矿库入口处
		禁止酒后上岗	尾矿库入口处
		禁止放牧	禁止放牧地点
		非施工车辆禁止进入	道路入口处
		挖掘机工作半径严禁站人	施工现场
警告类		注意安全 请勿靠近	提醒人们注意安全的地方
		当心坠落	有坠落危险部位

类别	符号	名称	设置地点
		当心触电	有触电危险部位
		当心片帮滑坡	有片帮、滑坡危险地段
		当心弯道	弯道处
		当心车辆	车辆拐角处
提示标志		限速标志	限制车速地点
		前方慢行	减速慢行地点

总结概述：《可研报告》安全标志提及较少，改造升级设计阶段，应按照上表对尾矿库库区及周边应设置的安全标志进行设计。

2.4.9 安全管理及其他

《可研报告》确定，本项目为尾矿库改造升级项目，企业已成立了尾矿库安全管理机构，离岗人员及时更换；尾矿库成立了安全组织管理

机构，设置了 3 名专职安全管理人员；尾矿库制定了全员安全生产责任制、安全生产规章制度和操作规程、应急救援预案、年去生产计划、安全检查记录等；企业为从业人员缴纳了工伤保险及安全生产责任险；尾矿库设置了应急救援组织文件并签订了救护协；尾矿库特种作业人员均取得了特种作业操作证书；每年都按按规定提取和使用安措费，每年都结合生产实际进行应急演练。

表 2-8 专用安全设施投资表

序号	名称	描述	投资 (万元)	说明
1	尾矿库安全监测设施	主要包括位水位观测、干滩监测坝体位移观测设施、浸润线观测设施	20	
2	辅助设施	道路、通讯、照明、管理站、安全护栏等	0.4	利用原有
3	尾矿库应急救援设备及器材	挖掘机、推土机、担架、铁锹、铁锤、塑料布、编织袋、铁丝、棕绳、雨衣、雨鞋、强光灯、手持喇叭等	2.0	挖掘机、推土机利用选厂设备
4	个人安全防护用品	对讲机、工作服、安全帽、照明矿灯、防水雨鞋、帆布手套、劳保鞋等	0.4	
5	尾矿库、交通、电气安全标志	危险标志、当心滑落、禁止游泳、当心坠落等	0.3	
6	其他设施		0.5	
共计			23.6	

3 定性定量评价

3.1 库址选择单元

3.1.1 安全检查表法评价

针对项目实际情况，首先采用安全检查表法对本项目中库址选择单元进行检查，依据《可研报告》评价尾矿库的库址是否满足尾矿库对库址方面的安全需求，明确尾矿库下游是否存在需要保护的建构筑物。安全检查表中，检查结果为符合要求或不符合要求两种。

对该项目库址选择单元的安全检查表，见表 3-1。

表 3-1 库址选择单元安全检查表

检查项目	安全检查内容	检查依据	事实记录	结论
1	尾矿库不应设在下列地区： 1.国家法律、法规规定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。	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.2.1 条	尾矿库选址符合相关规定，下游 1km 内无风景名胜、国际自然保护区或军事设施，无民用、公用设施、无通讯、供电线路，无国家级公路和桥梁等设施。距离尾矿库约 560m 处为解放村，该村不在尾矿库下游位置，不受威胁。	符合要求
2	尾矿库库址选择应根据汇水面积、工程地质及水文地质、库长、库区周边环境等因素经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； 4.上游式尾矿库库底平均纵坡不得陡于 20%。	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 5.2.2 条	该尾矿库设立符合相关规定。	符合要求
3	应避开地质构造复杂、不良地质现象严重区域。	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.1.2 条	依据《岩土工程勘察报告》，库区内未发地质构造复杂、不良地质现象严重的区域。	符合要求

检查项目	安全检查内容	检查依据	事实记录	结论
4	应不占或少占农田，并应不迁或少迁居民。	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.1.2 条	该尾矿库未占用农田，无居民迁出。	符合要求
5	不宜位于有开采价值的矿场上面。	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.1.2 条	尾矿库下面无有价值可采矿床。	符合要求
6	汇水面积应小，并应有足够的库容。	《尾矿设施设计规范》 GB50863-2013 第 3.1.2 条	本项目尾矿库汇水面积为较小，并且库容可满足的排尾需要。	符合要求
7	尾矿库库区周边山体是否稳定，有无违章建筑、违章施工和违章采选作业等情况。	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 9.5.1 条	尾矿库周边山体稳定，无违章建筑、违章施工和违章采选作业等情况。	符合要求
8	尾矿库区范围内无危及尾矿库安全的违章爆破、采石和建筑，有无外来废石、废水以及放牧等。	《尾矿库安全规程》 GB39496-2020 第 9.5.3 条	经现场勘查，尾矿库库区内无危及尾矿库安全的违章爆破、采石和建筑，有无外来废石、废水以及放牧等。	符合要求

3.1.2 尾矿库对周边环境的影响

(1) 尾矿库库址安全论证

由《岩土工程勘察报告》可知，尾矿库库址较稳定，库区内无泥石流、滑坡、岩溶等不良地质作用，库区地震基本烈度为 7 度，地震分组为第一组，地震动峰值加速度为 0.1g，适宜建设尾矿库。

(2) 尾矿库和周边环境的相互影响

大连金来矿业有限责任公司尾矿库位于庄河市兰店乡解放村境内，在选矿厂东侧沟谷内，三面环山，西侧一面筑坝，选厂位于中间山梁坡地上，由于选矿厂地势高于两尾矿库沟底，即使发生溃坝危险，选矿厂也不受威胁，尾矿库下游 1km 范围内无风景名胜、国际自然保护区或军事设施，无民用、公用设施、无通讯、供电线路，无国家级公路和桥梁等设施，库址内无地面建构物，无地下采空区。另外距

离尾矿库约 560m 处为解放村，该村不在尾矿库下游位置，不受溃坝威胁。该尾矿库和周边环境及居民互不影响。

3.1.3 单元评价小结

根据以上安全检查表及尾矿库和周边环境相互影响分析，对尾矿库选址单元进行评价，原尾矿库库址基础条件能够满足下步尾矿库改造升级需要，该项目库址选择置合理，和周边环境互不影响，库址选择单元符合要求。

3.2 尾矿坝单元

3.2.1 危险、有害因素辨识

本项目尾矿库为山谷型尾矿库，本项目尾矿坝单元涉及到的危险、有害因素主要为滑坡。

导致尾矿库发生滑坡事故因素很多，主要因素有：勘察因素、设计因素、施工因素、管理因素和自然因素等。

评价组综合考虑洪水漫顶、渗流破坏、结构破坏以及边坡失稳并结合勘察因素、设计因素、施工因素、管理因素和自然因素等对滑坡事故的危險有害因素进行辨识分析如下：

（1）洪水漫顶

造成洪水漫顶的主要成因有：排洪设计能力不足、排洪设施不完善、尾矿库管理不善、排水系统不畅等。

尾矿库在运行期间可能存在漫坝危害，根据以往事故调查分析，导致漫坝事故的主要原因有：

1) 设计前勘查过程中对地层、地质构造可能引发的地表沉降、汛期洪水、地震以及山体滑坡或泥石流等不良地质灾害勘探不足。

2) 设计的排洪方案不合理，给定排洪沟系统排洪能力不足。

3) 施工过程中不符合相关要求。

4) 施工过程中不按照设计要求进行, 随意变更排水构筑的形式、尺寸。

5) 在运行过程中, 尾矿不按照设计文件均匀排放; 库水位控制不当或者过高, 水边线与坝轴线不能保持平行且相差较大; 沉积滩面出现侧坡、扇形坡等起伏不平现象; 最终导致最小安全超高和尾矿库的最小干滩长度达不到规范要求。

6) 排洪构筑物堵塞。

排水构筑物设计不合理, 施工质量差, 超设计服务年限以及超量排放。

7) 洪水过后未对排洪构筑物进行全面认真检查与清理。

8) 排洪系统地基沉降引起排水系统错位。

9) 大气降水量段时间内骤增, 超出洪水设计范围, 导致库水位迅猛增长而出现漫顶事故。

(2) 渗流破坏

渗流破坏是造成尾矿坝安全事故的主要原因之一, 随着尾矿坝坝体和库内水位的不断上升, 尾矿坝浸润线过高, 发生浸润线溢出, 形成渗流、管涌, 致使尾矿坝坡面饱和松软, 直至坝体滑塌造成溃坝。造成渗流破坏的主要原因有:

1) 库内水位控制过高。

2) 尾矿不均匀排放、子坝堆筑不符合要求, 造成堆积坝成为不均匀体。

(3) 边坡失稳

本项目为已有尾矿库的改造升级项目, 管理缺陷也是造成事故的主要原因, 造成本项目管理缺陷的主要因素有:

- 1) 安全管理机构设置、人员组成不当，造成安全管理工作中存在衔接不当、管理缺位、专业不全等，未编制年度安全计划，对安全隐患未进行及时处理，从而造成安全管理上的缺陷。
- 2) 尾矿工缺乏专门的培训，考核，未进行日常巡检观测，发现隐患未进行及时处理，对尾矿设施的安全检查和监测不做记录。
- 3) 应急预案等未制定或制定不完善、未按时对应急预案进行演练。
- 4) 安全生产责任制、岗位操作规程、安全生产规章制度不健全，安全检查工作不得力。
- 5) 安全资金不落实。
- 6) 缺乏技术资料等。

3.2.2 预先危险性分析法评价

尾矿坝单元潜在的危险因素坝体滑坡，采用预先危险性分析法对其评价如下表 3-2:

表 3-2 尾矿坝单元预先危险性评价表				
潜在事故	产生原因	事故后果	危险等级	安全对策措施
坝体滑坡	筑坝质量差。	人员伤亡、财产损失	III级	(1)明确库区工程地质和水文地质情况，合理选择库址。 (2)禁止在坝体上乱采乱挖。 (3)及时对坝体维护。 (4)收听天气预报，做好防范措施。 (5)制定完善应急救援预案。

尾矿坝是尾矿库最重要的安全设施之一，坝体滑坡的危险程度是“危险的”，必须立即采取相应的安全措施。

3.2.3 尾矿坝渗流及抗滑稳定性安全复核

根据《可研报告》的改造升级方案，对改造升级后的坝体稳定性进行分析，本次稳定性计算依据该库《岩土工程勘察》提供的建议值。

3.2.3.1 坝体整体抗滑稳定性分析方法

(1) 圆弧滑动法静力稳定分析

采用瑞典圆弧法，按土石坝设计规定 稳定安全系数的总应力法表达式为：

$$\frac{\sum \{C_i L_i + [W_i \cos \beta_i - p_i L_i] \tan \varphi_i\}}{\sum W_i \sin \beta_i}$$

式中 L_i ：第 i 条土滑裂面长度

C_i, φ_i ：第 i 条土滑裂面上的粘聚力与摩擦角

W_i ：第 i 条土条实重 $W_i = W_1 + W_2 + W_3$

W_1 ：浸润线以上的条块实重

W_2 ：浸润线以下，静水位以上的饱和重

W_3 ：静水位以下的浮容重

p_i ：第 i 条土条滑裂面中心处的孔隙水压力（由浸润线算至条底）

β_i ：第 i 条土条滑裂面的倾角

(2) 圆弧滑动法抗震稳定性分析

拟静力法抗震稳定分析就是在坝体静力滑弧稳定分析的基础上，再考虑到地震惯性力对稳定的作用。根据“水工建筑物抗震设计规范 DL 5073-2000”第七条，抗震稳定安全因数 K 可写为

$$K = \frac{\sum \{C_i L_i + [(W_{is} \pm Q') \cos \beta_i - Q_i \sin \beta_i] \tan \varphi_i\}}{\sum [(W_{is} \pm Q') \sin \beta_i + \frac{M_c}{r}]}$$

上式中分子表示抗滑力（力矩），分母表示滑动力（力矩）。重力与渗透力的影响是通过“替代容重法”考虑进去的。各项的具体含义是：

L_i : i 条土条滑裂面长度,

C_i, φ_i : 条土第 i 条滑裂面上的粘聚力与摩擦角,

W_{ias} : i 条土条实重 $W_{ias} = W_1 + W_4 + W_3$

W_{is} : i 条土条实重 $W_{is} = W_1 + W_2 + W_3$

W_1 : 浸润线以上的条块实重

W_2 : 浸润线以下, 静水位以上的饱和重

W_3 : 静水位以下的浮重

W_4 : 浸润线以下, 静水位以上的浮容重

β_i : 条土条滑裂面的倾角

Q_i : 作用在条块重心处的水平地震惯性力, 即条块实重乘条块重心处的 $K_H C_z a_i$, K_H 为水平地震系数, 为地震水平最大加速度的统计平均值与地震重力加速度的比值, 对于设计地震裂度为 7 度, $K_H = 0.1$ 。 C_z 是综合影响系数取 1/4, a_i 为地震加速度分布系数, 其值按坝高向由 1.0~2.5 变化。

Q' : 作用在条块重心处的竖向地震惯性力, 即条块实重乘条块重心处的 $\frac{1}{3} K_H C_z a_i$, 其作用方向可向上 (—) 或向下 (+), 以不利于稳定的方向为准;

Mc : 水平向地震惯性力 Q 对圆心的力矩。

3.2.3.2 荷载组合及安全系数

根据《尾矿设施设计规范》GB50863-2013, 坝体稳定计算有以下

三种荷载组合:

①正常运行=正常水位+坝体自重;当尾矿库为四等库时安全系数 $K \geq 1.15$ 。

②洪水运行=最高洪水位+坝体自重;当尾矿库为四等库时安全系数 $K \geq 1.05$ 。

③特殊运行=最高洪水位+坝体自重+地震(7 度);当尾矿库为四等库时安全系数 $K \geq 1.00$ 。

3.2.3.3 稳定计算的方法及坝体物理力学性质指标

- ①计算断面：取最大断面进行计算。
- ②计算方法：采用瑞典圆弧法，将坝体分条，计算最危险滑裂面。
- ③地震烈度为 7 度设计地震基本加速度值 0.10g，场地特征周期 0.25s。
- ④尾矿坝的物理力学性质指标，辽宁辽西工程勘察院 2009 年 11 月出具的《大连金来矿业有限责任公司尾矿库工程地质勘察及稳定性分析岩土工程勘察报告》，各土层的物理力学指标见表 3-3。

表 3-3 尾矿的物理力学指标采用值

地层 编号	地层名称	天然密度	重力密度	抗剪强度指标		垂直渗透系数	水平渗透系数
				粘聚力	内摩擦角		
		ρ	γ	c	φ	K_v	K_h
		(kN/m ³)	(kN/m ³)	(kPa)	(°)	(cm/s)	(cm/s)
1	①杂填土	19.0	15.5	水上 5	水上 25.7	1.515×10 ⁻²	1.19×10 ⁻²
				水下 2	水下 25		
2	②尾粉砂	19.5	16.4	水上 4	水上 28.4	7.588×10 ⁻³	4.985×10 ⁻³
				水下 2	水下 26.4		
3	②-1 尾细砂	19.8	17.3	水上 0	水上 28.8	8.72×10 ⁻³	6.188×10 ⁻³
				水下 0	水下 27.7		

4	③尾粉土	19.3	19.3	水上 4.2	水上 22.3	3.53×10^{-3}	1.603×10^{-3}
				水下 4.2	水下 22.3		
5	④块石	22	22	水上 0	水上 35	3.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}
				水下 0	水下 30		
6	⑤素填土	19.4	19.0	水上 25.5	水上 20.8	7.7×10^{-5}	5.7×10^{-5}
				水下 23.8	水下 19.6		
7	⑥强风化砂质板岩	23	23	20	38	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}

坝体外坡稳定性分析图：

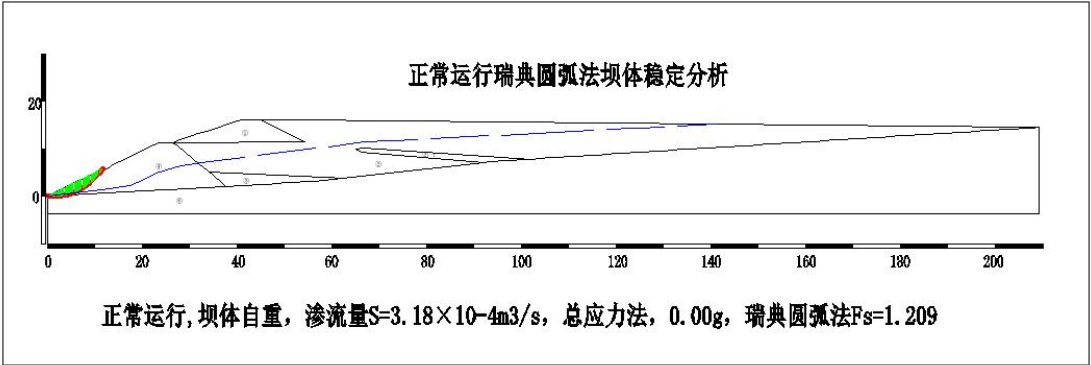


图 3-1 正常运行瑞典圆弧法坝外坡抗滑安全系数及滑裂面

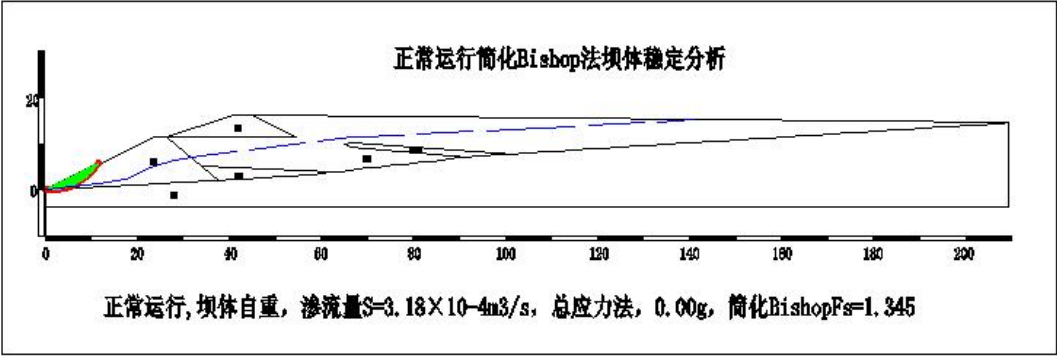


图 3-2 正常运行简化 Bishop 法坝外坡抗滑安全系数及滑裂面

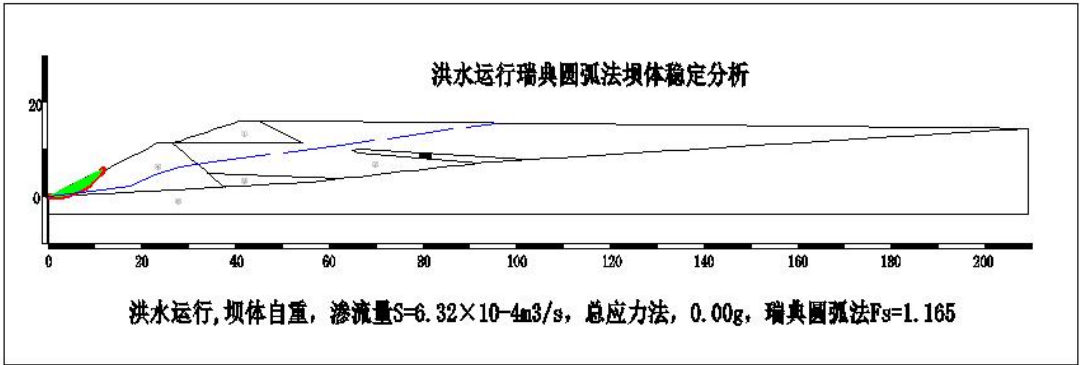


图 3-3 洪水运行瑞典圆弧法坝外坡抗滑安全系数及滑裂面

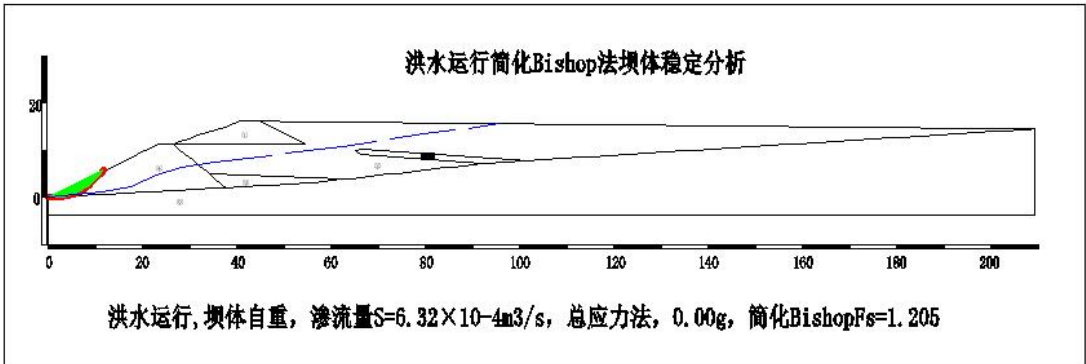


图 3-4 洪水运行简化 Bishop 法坝外坡抗滑安全系数及滑裂面

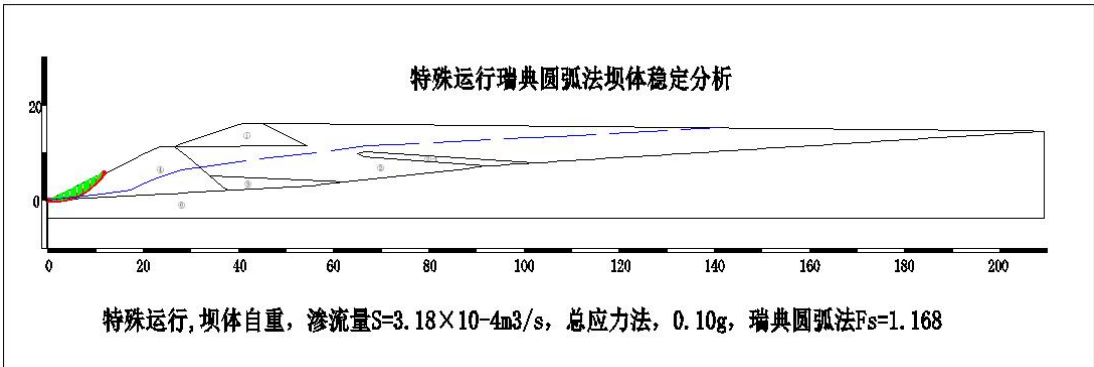


图 3-5 特殊运行瑞典圆弧法坝外坡抗滑安全系数及滑裂面

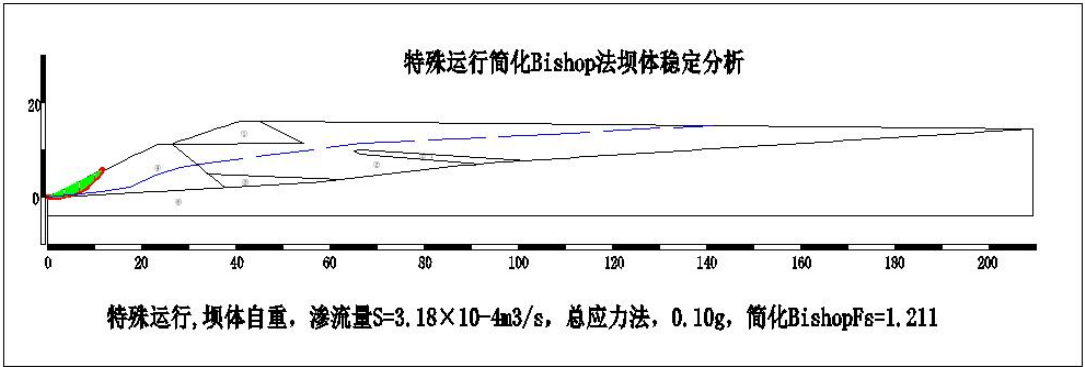


图 3-6 特殊运行简化 Bishop 法坝外坡坡抗滑安全系数及滑裂面

3.2.3.4 尾矿坝稳定计算结果

表 3-5 坝外坡抗滑最小安全系数计算结果

序号	计算剖面	运行工况	计算的坝坡抗滑安全系数	四等尾矿库的坝坡允许抗滑最小安全系数	计算方法	是否符合规范抗滑稳定性要求
1	I-I'	正常	1.345	1.25	毕肖普法	符合
			1.209	1.15	瑞典圆弧法	
2	I-I'	洪水	1.205	1.15	毕肖普法	符合
			1.165	1.05	瑞典圆弧法	
3	I-I'	特殊	1.211	1.10	毕肖普法	符合
			1.168	1.00	瑞典圆弧法	

3.2.4 评价结果小结

评价组通过预先危险分析法及尾矿坝稳定计算对尾矿坝单元进行评价，得出结论：《可研报告》提出的方案合理，尾矿坝抗滑最小安全系数满足要求，尾矿坝安全稳定。

3.3 防洪系统单元

3.3.1 危险、有害因素辨识

防排洪系统单元涉及到的危险、有害因素有淹溺、机械伤害、高处坠落与物体打击等。

（1）淹溺

运行期间，库尾形成一定区域的水域，作业人员在库区从事巡视、构筑物维护等作业中或外来人员的放牧过程中，人和牲畜可能会掉进水域，存在溺淹的危险，溺淹事故将会导致人员伤亡。

引起溺淹的主要原因：

- 1) 库区地面湿滑。
- 2) 库区山路不平坦或塌陷，不慎掉入库内。
- 3) 库区无安全警示标志。
- 4) 外来人员在库区违章放牧，尾矿库工作人员未及时制止。

（2）机械伤害

该项目中可能使用到排水泵、挖掘机、铲车等机械设备，有发生机械伤害的可能。

造成机械伤害的主要原因如下：

- 1) 作业人员违反安全操作规程。
- 2) 防护用品没有穿戴好，衣角、袖口、头发等被传动装置卷入。
- 3) 机械某些零部件损伤，突然断裂伤人。
- 4) 缺乏必要的安全保险装置，或其失灵而不能起到应有的作用。

（3）高处坠落与物体打击

在巡视检查等作业活动特别是在排洪构筑物等施工过程中，存在人员及设备高处坠落的危害。

3.3.2 预先危险性分析法评价

采用预先危险性分析法对本项目防排洪系统单元进行分析评价，具体如下：

表 3-6 防洪系统单元预先危险性评价表

潜在事故	产生原因	事故后果	危险等级	安全对策措施
洪水漫顶	(1) 排洪系统能力不足，堵塞坍塌。 (2) 管理不善，未定期对排洪系统进行检查或汛期前未进行全面检查 (3) 山体滑坡。	人员重大伤亡、财产重大损失	IV级	(1) 排洪系统定期检查维护，发现排洪系统能力不足，堵塞坍塌等情况，及时整改。 (2) 尾矿库（坝）在汛期前、汛期后、必须进行大检查。 (3) 做好应急物资储备和设施。 (4) 制定尾矿库安全度汛方案。
淹溺	(1) 尾矿库库区没有设置有效的防护设施。 (2) 没有设置警示标志。 (3) 人员违章作业或操作失误。	人员伤亡	III级	(1) 库区设置醒目的警示标志。 (2) 库区周围设防护栏等防护设施。 (3) 加强员工教育。 (4) 加强外来人员管理。 (5) 制定应急救援预案。

排洪设施是尾矿库最重要的安全设施之一，潜在的事故有洪水漫顶及淹溺，其中洪水漫顶的危险程度是“灾难性的”，是会造成人员重大伤亡及系统严重破坏的灾难性事故，必须予以果断排除并进行重点防范。淹溺的危险程度是“危险的”，必须立即采取相应的安全措施。

3.3.3 尾矿库水文及调洪演算复核

3.3.3.1 水文计算

根据《可研报告》，本库区位于庄河市兰店乡地区。水文计算按辽宁省地区水文计算手册（1998 年版）推荐的公式和有关水文参数进行计算。库区汇水面积 $F=0.073\text{km}^2$ ，主河道长度为 $L=0.4\text{km}$ ，主沟按坡降 37‰；水文分区IV区；

$P_{三日}=140\text{mm}$ ， $CV=0.6$ ， $CS=3.5CV$ ；

$P_{24}=120\text{mm}$ ， $CV=0.6$ ， $CS=3.5CV$ ；

$P_6=80\text{mm}$ ， $CV=0.6$ ， $CS=3.5CV$ ；

$P_1=45\text{mm}$ ， $CV=0.54$ ， $CS=3.5CV$ ；

$P_{10}=20\text{mm}$ ， $CV=0.45$ ， $CS=3.5CV$ 。

(1) 洪峰流量计算

$$Q_p = 0.278 \phi_p \cdot i_p \cdot F$$

$$i_p = \frac{P_{\tau P_{\text{面}}}}{\tau}$$

$$\tau = x \left(\frac{L}{J} \right)^y$$

式中： Q_p ——设计洪峰流量(m^3/s)；

ϕ_p ——设计洪峰径流系数；

i_p ——相当于汇流时间 τ 的设计面暴雨强度(mm/h)；

F ——汇水面积(km^2)；

$P_{\tau P_{\text{面}}}$ ——一定频率下 τ 历时的设计面暴雨(mm)；

τ ——汇流时间(h)；

L ——控制地点以上的河流长度(km)；

J ——河道平均坡度；

x, y ——地区汇流参数。

(2) 洪水总量计算

设计洪水总量按下列公式计算：

$$W_p = 0.1 \alpha_p \cdot P_{P_{\text{面}}} \cdot F$$

式中： W_p ——设计洪水总量，(万 m^3)

α_p ——洪水总量径流系数

$P_{P_{\text{面}}}$ ——定频率下的面雨量，(mm)

F ——汇水面积，(km^2)

表 3-7 坝体标高 45.5m，汇水面积 0.073km² 水文计算结果表

P(%)	0.5	1	2
P24p	434.4	384.0	331.2
K _p	3.62	3.20	2.76
P3p	506.8	448.0	386.4
K _p	3.62	3.20	2.76
P6p	289.6	256.0	220.8
K _p	3.62	3.20	2.76
P1p	147.6	131.0	114.8
K _p	3.28	2.91	2.55
P10p	55.8	50.4	45
K _p	2.79	2.52	2.25
P10/P1	0.38	0.38	0.39
P1/P6	0.51	0.51	0.52
P6/P24	0.67	0.67	0.67
n _{0p}	0.46	0.46	0.47
n _{1p}	0.62	0.62	0.63
n _{2p}	0.71	0.71	0.71
τ	0.11	0.11	0.11
Pτ _{p面}	45.46	40.33	36.12
i _p	402.51	357.11	319.83
φ _p	0.84	0.83	0.79
α _三	0.71	0.68	0.64
α _{(三-24)P}	0.38	0.33	0.28
F	0.073	0.073	0.073
Q _p	6.86	6.02	5.13
W3P	2.63	2.22	1.81
W _{三-24p}	0.20	0.15	0.11
W24p	2.43	2.07	1.69
W _{调p}	1.72	1.47	1.20
T _t	1.39	1.357	1.305
γ _p	0.0193	0.0187	0.0180

经过计算 $r_p < 0.05$ ，采用简化三角形洪水过程线。

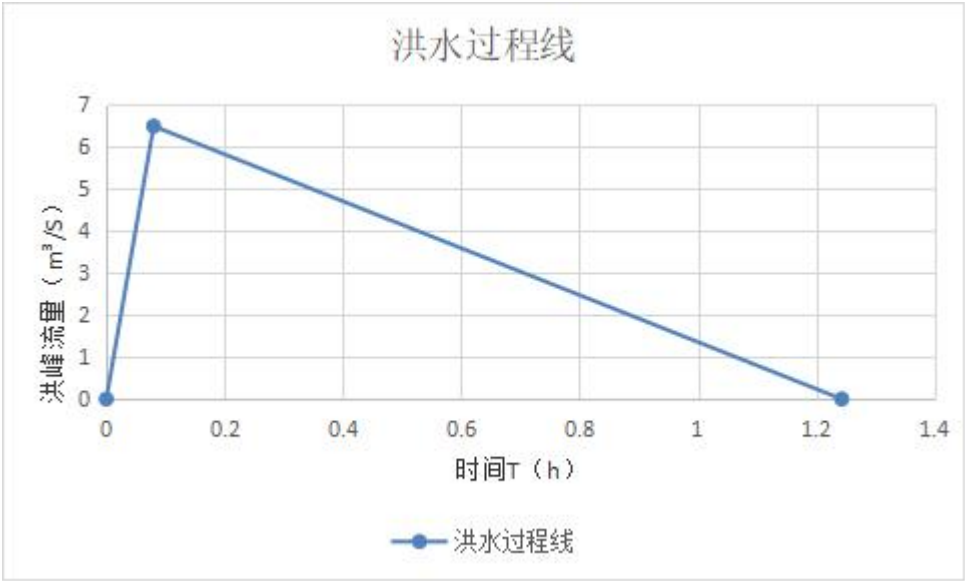


图 3-7 45.5m 标高时的洪水过程线（P=0.5%）

表 3-8 坝体标高 50.3m，汇水面积 0.06km²，水文计算结果表

P(%)	0.5	1	2
P _{24p}	434.4	384.0	331.2
K _p	3.62	3.20	2.76
P _{3p}	506.8	448.0	386.4
K _p	3.62	3.20	2.76
P _{6p}	289.6	256.0	220.8
K _p	3.62	3.20	2.76
P _{1p}	147.6	131.0	114.8
K _p	3.28	2.91	2.55
P _{10p}	55.8	50.4	45
K _p	2.79	2.52	2.25
P ₁₀ /P ₁	0.38	0.38	0.39
P ₁ /P ₆	0.51	0.51	0.52
P ₆ /P ₂₄	0.67	0.67	0.67
n _{0p}	0.46	0.46	0.47
n _{1p}	0.62	0.62	0.63
n _{2p}	0.71	0.71	0.71
τ	0.11	0.11	0.11

$P_{\text{面}}$	45.46	40.33	36.12
i_p	402.51	357.11	319.83
ϕ_p	0.84	0.83	0.79
$\alpha_{\text{三}}$	0.71	0.68	0.64
$\alpha_{\text{（三-24）}P}$	0.38	0.33	0.28
F	0.06	0.060	0.060
Q_p	5.64	4.94	4.21
W_{3P}	2.16	1.83	1.48
$W_{\text{三-24}p}$	0.17	0.13	0.09
W_{24p}	1.99	1.70	1.39
$W_{\text{调}p}$	1.41	1.21	0.99
T_t	1.39	1.357	1.305
γ_p	0.0193	0.0187	0.0180

经过计算 $r_p<0.05$ ，采用简化三角形洪水过程线。

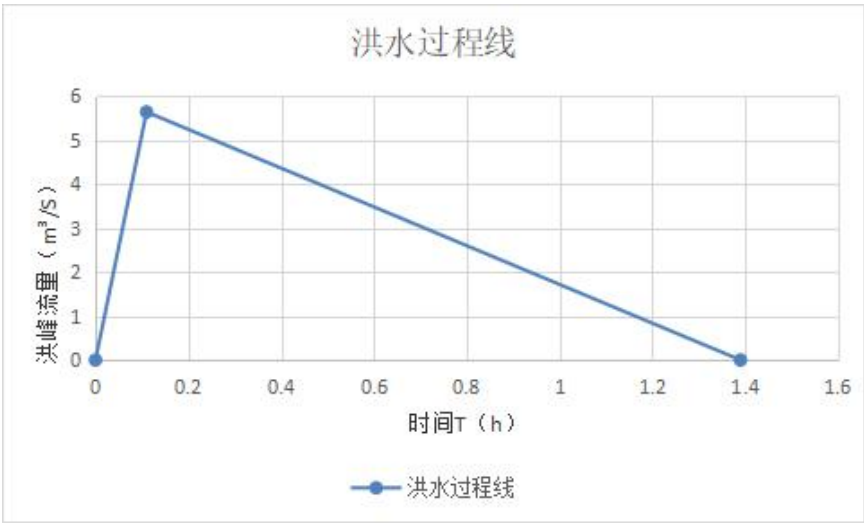


图 3-8 50.3m 标高时的洪水过程线（P=0.5%）

3.3.3.2 新建排洪系统

尾矿库清掏结束后，在尾矿库南侧设置排水井-排水管（兼做回水系统），排水管外接西侧排水明渠，排水井和排水管均坐落在基岩上。

采用现场浇注的框架式排水井，库内设 1 座排水井，排水井入水口标高为 44m，塔顶标高为 50m，溢水塔塔身高 6m，溢水塔内直径为 D=2.0m，柱断面 400×400mm，共设 6 个框架柱。

排水管道为现场浇注的钢筋混凝土圆管，管道直径为 1.2m。最小坡度为 1%，埋管方式采用平埋，为防止因基础不均匀沉降及温度应力造成排水管纵向断裂，排水管每隔 8m 设置一道变形缝，遇地基变化处应加沉降缝，排水管施工完成后沟槽两侧用原土回填夯实。

排水管穿过坝体后外接排水明渠，排水明渠采用浆砌石结构，其断面为矩形，净断面为底宽 1.2m，高 1.0m，坡度为 7%。

3.3.3.3 调洪演算

(1) 调洪库容曲线

在地形图上，画出坝高为 45.5m 和 50.3m 尾矿沉积坡面线，便可得到坝高分别为 45.5m 和 50.3m 时的水位——调洪库容曲线，如图 3-9 和 3-10 所示。

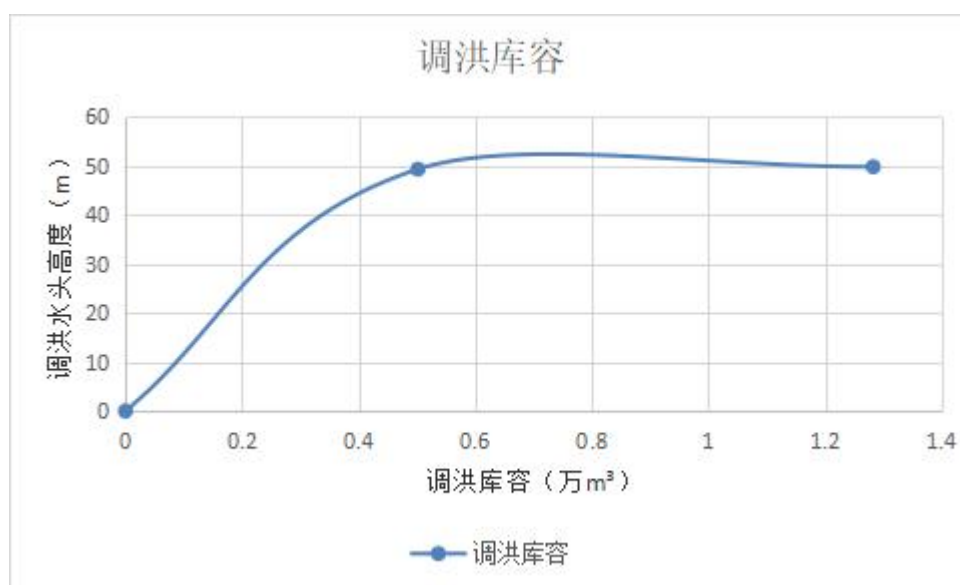


图 3-9 库水位—调洪库容曲线（坝顶标高 45.5m）

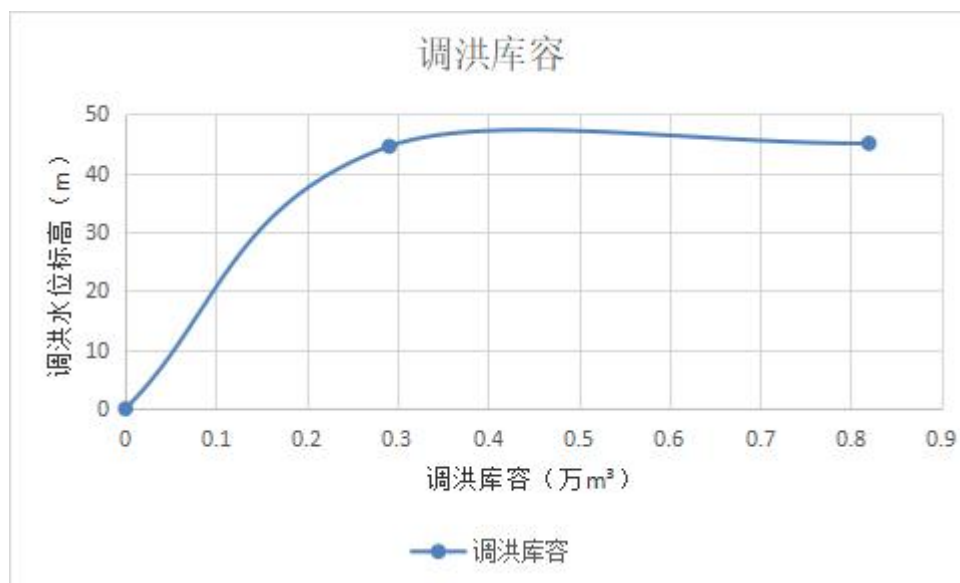


图 3-10 库水位—调洪库容曲线（坝顶标高 50.3m）

框架式排水井排水能力计算

自由泄流：

(水位未淹没圈梁时)

$$Q_d = 1.8n_c \varepsilon b_c H_0^{1.5} + 2.7n_c w_c \sqrt{H_i} \quad (\text{水位淹没圈梁时})$$

孔口出流：

$$Q_e = w_s \sqrt{2gH_j}, \quad = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_4 + \zeta_5 f_6^2}}$$

半压力流：

$$Q = F_s \sqrt{2gH}, \quad = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda_j \frac{l}{d} f_2^2 + \zeta_2 + \zeta_3 f_1^2 + \zeta_4 f_1^2 + \zeta_5 f_7^2}}$$

压力流：

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

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

H_i —第 i 层全淹没工作窗口的泄流计算水头, m;

H_0 —最上层未淹没工作窗口的泄流水头, m;

H —计算水头, 库水位与排水管入口断面中心标高之差, m;

H_z —计算水头, 库水位与排水管下游出口断面中心标高之差, m;

H_y —溢流堰泄流水头, m;

H_j —井口泄流水头, m;

w_c —一个排水窗口的面积, m^2 ;

w_s —井口水流收缩断面面积, m^2 ;

w_1 —框架立柱和圈梁之间的过水净空总面积, m^2 ;

w —井中水深范围内的窗口总面积, m^2 ;

w_j —排水井井筒横断面面积, m^2 ;

F_s —排水管入口水流收缩断面面积, m^2 ;

F_e —排水管入口断面面积, m^2 ;

F_x —排水管下游出口断面面积, m^2 ;

F_g —排水管计算管段断面面积, m^2 ;

ζ —排水管线上的局部水头损失系数;

ζ_0 —系数;

ζ_1 —排水窗口局部水头损失系数;

ζ_2 —排水管入口局部水头损失系数;

ζ_3 —排水井中水流转向局部水头损失系数;

ζ_4 —排水管进口局部水头损失系数;

ζ_5 — 框架局部水头损失系数；

ε — 侧向收缩系数；

d — 排水井内径，m；

D — 排水井计算管段的内径，m；

L — 排水管计算管段的长度，m；

m — 堰流量系数；

b_c — 一个排水口的宽度，m；

n_c — 同一个横断面的排水口个数；

λ_j — 排水井沿程水头损失系；

λ_g — 排水管沿程水头损失系；

$$f_1 = \frac{F_s}{w_j} ; \quad f_2 = \frac{F_s}{w} ; \quad f_3 = \frac{F_x}{F_g} ; \quad f_4 = \frac{F_x}{w} ; \quad f_5 = \frac{F_x}{w_j} ; \quad f_6 = \frac{w_s}{w_l} ; \quad f_7 = \frac{F_s}{w_l} ;$$

$$f_8 = \frac{F_x}{w_l} ; \quad f_9 = \frac{F_x}{F_e} ;$$

根据尾矿库相关设计参数，以及类比工程的相关系数，可得到尾矿库在 45.5m 和 50.3m 标高的泄流量—库水位曲线，如图 3-11 和 3-12 所示。

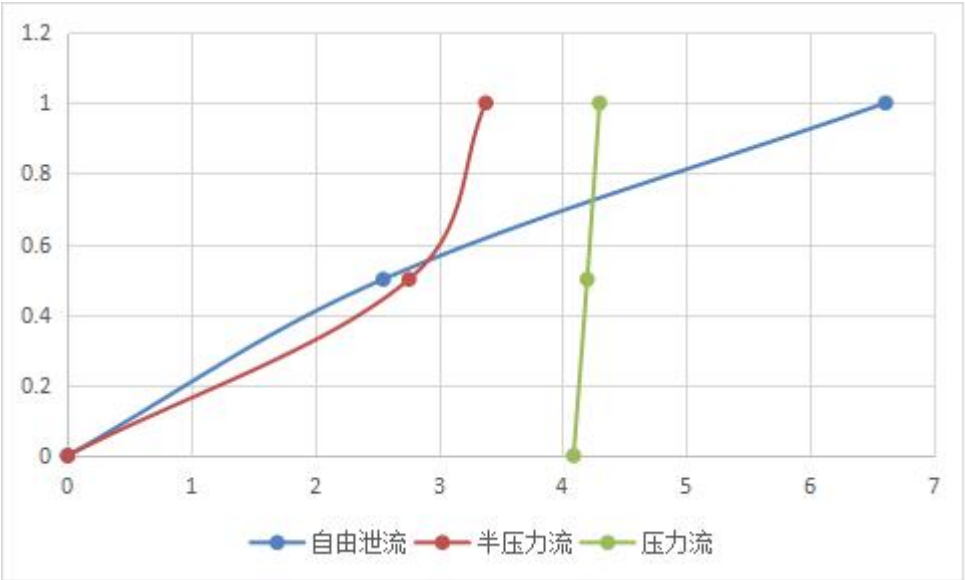


图 3-11 库水位—泄流量关系曲线（坝顶标高 45.5m）

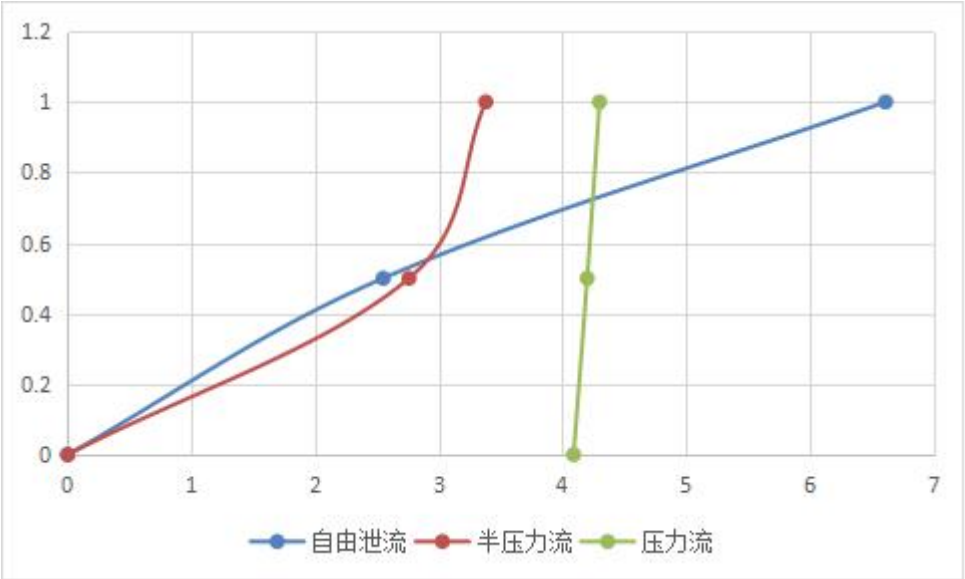


图 3-12 库水位—泄流量关系曲线（坝顶标高 50.3m）

(2) 调洪演算校核

1) 计算辅助曲线

将库水位泄流量图曲线（图 3-11 和图 3-12）及相应的调洪库容曲线(图 3-9 和图 3-10)列于表 3-9 和表 3-10 中的 1、2、3 栏,取 $\Delta t=450\text{s}$ 计算 $V+1/2q\Delta t$ 和 $V-1/2q\Delta t$ 列于 5、6 栏。根据计算结果绘出辅助曲线如图 3-13 和如图 3-14。

表 3-9 辅助曲线计算表（标高 45.5m）

H (m)	q (m³/s)	V (m³)	V (万 m³)	1/2qΔt (m³)	V+1/2qΔt (m³)	V-1/2qΔt (m³)
44	0	0	0.000	0	0.000	0.000
44.5	2.76	2910	0.291	621	3531.000	2289.000
45	3.38	8200	0.820	760.5	8960.500	7439.500

表 3-10 辅助曲线计算表（标高 50.3m）

H (m)	q (m³/s)	V (m³)	V (万 m³)	1/2qΔt (m³)	V+1/2qΔt (m³)	V-1/2qΔt (m³)
48.8	0	0	0.000	0	0.000	0.000
49.3	2.76	5018.72	0.502	621	5639.720	4397.720
49.8	3.38	12828.34	1.283	760.5	13588.840	12067.840

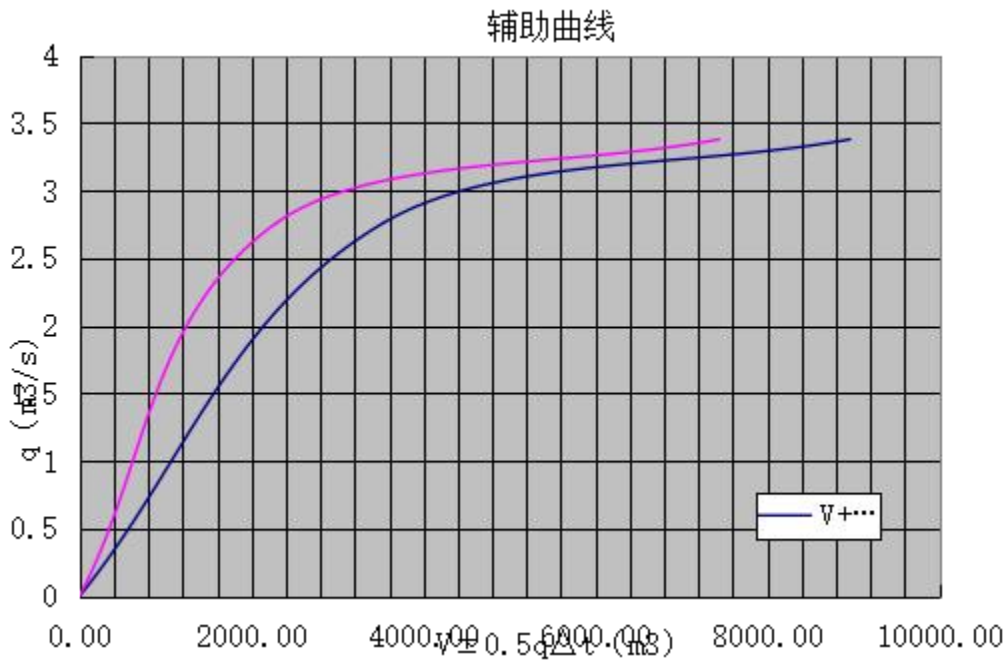


图 3-13 q —— $\pm \frac{1}{2}q\Delta t$ （坝顶标高 45.5m）

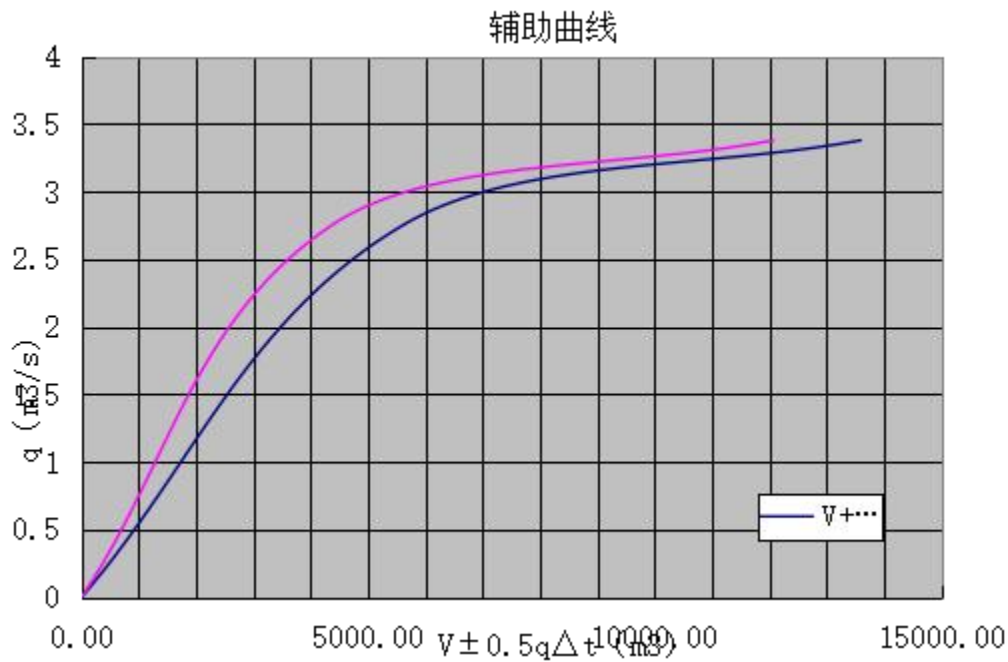


图 3-14 $q \text{——} \pm \frac{1}{2}q\Delta t$ （坝顶标高 50.3m）

2) 调洪演算

按下式列表进行调洪演算：

$$V_z + \frac{1}{2}q_z\Delta t = \overline{Q}\Delta t + (V_s - \frac{1}{2}q_s\Delta t)$$

式中： Q_s 、 Q_z ——时段始、终尾矿库的来洪流量， m^3/s ；

q_s 、 q_z ——时段始、终尾矿库的泄洪流量， m^3/s ；

V_s 、 V_z ——时段始、终尾矿库的蓄洪量， m^3 。

将求得的洪水过程线 $Q-t$ 数据列于表 3-11 和 3-12 中的 1、2 栏，其余各栏计算按水量平衡公式进行计算。

表 3-11 调洪演算表（标高 45.5m，P=0.5%）

t	Q (m^3/s)	Q' (m^3/s)	Q' Δt (m^3)	V+1/2q Δt (m^3)	q (m^3/s)	V-1/2q Δt (m^3)
0	0.01	0	0	0	0	0
0.125	6.78	3.40	1527.75	1527.75	1.194	990.38
0.25	6.11	6.45	2900.25	3890.63	2.801	2630.15

0.375	5.44	5.78	2598.75	5228.90	2.954	3899.65
0.5	4.77	5.11	2297.25	6196.90	3.064	4817.91
0.625	4.10	4.44	1995.75	6813.66	3.135	5402.98
0.75	3.43	3.77	1694.25	7097.23	3.167	5671.97
0.875	2.76	3.10	1392.75	7064.72	3.164	5641.14
1	2.09	2.43	1091.25	6732.39	3.126	5325.88
1.125	1.42	1.76	789.75	6115.63	3.055	4740.82
1.25	0.75	1.09	488.25	5229.07	2.954	3899.81
1.357	0.08	0.42	186.75	4086.56	2.82	2816.01
1.39	0.00	0.04	18.00	2834.01	2.22	1837.17

表 3-12 调洪演算表（标高 50.3m，P=0.2%）

t	Q (m ³ /s)	Q' (m ³ /s)	Q' △t (m ³)	V+1/2q△t (m ³)	q (m ³ /s)	V-1/2q△t (m ³)
0	0.01	0	0	0	0	0
0.125	5.57	2.79	1256.40	1256.40	0.615	979.71
0.25	5.02	5.30	2383.65	3363.36	1.646	2622.67
0.375	4.47	4.75	2135.70	4758.37	2.329	3710.46
0.5	3.92	4.20	1888.20	5598.66	2.740	4365.71
0.625	3.37	3.65	1640.25	6005.96	2.789	4751.10
0.75	2.82	3.10	1392.75	6143.85	2.799	4884.16
0.875	2.27	2.54	1145.03	6029.18	2.790	4773.51
1	1.72	1.99	897.53	5671.04	2.762	4427.94
1.125	1.17	1.44	649.80	5077.74	2.485	3959.50
1.25	0.67	0.92	413.78	4373.27	2.140	3410.18
1.357	0.07	0.37	165.83	3576.00	1.75	2788.48
1.39	0.00	0.03	14.85	2803.33	1.37	2185.97

从表 3-11 计算可得到最大泄流量出现于时序 0.75 小时，

$q_m=3.167\text{m}^3/\text{s}$ ，所需调洪库容可由此时序的 $V+1/2q\Delta t$ 确定，即：

$$V=（V+1/2q^{\Delta t}）-1/2q^{\Delta t}=7097.23-0.5\times 3.167\times 450=6384.65\text{m}^3$$

从表 3-12 计算可得到最大泄流量出现于时序 0.75 小时，
 $q_m=2.799\text{m}^3/\text{s}$ ，所需调洪库容可由此时序的 $V+1/2q\Delta t$ 确定，即：

$$V=（V+1/2q^{\Delta t}）-1/2q^{\Delta t}=6143.85-0.5\times 2.799\times 450=5514.075\text{m}^3$$

3）演算结果

表 3-13 调洪演算成果表（坝顶标高 45.5m）

滩顶标高 (m)	设计 等别	防洪 标准 (年)	正常 水位 (m)	起调水位（汛 前限制水位） (m)	最高 洪水位 (m)	洪水 升高值 (m)	安全 超高 (m)	最大 泄量 (m³/s)	调洪 库容 (万 m³)
45.5	四	200	44.5	44	44.9	0.9	0.6	3.167	0.638

表 3-14 调洪演算成果表（坝顶标高 50.3m）

滩顶标高 (m)	设计 等别	防洪 标准 (年)	正常 水位 (m)	起调水位（汛 前限制水位） (m)	最高 洪水位 (m)	洪水 升高值 (m)	安全 超高 (m)	最大 泄量 (m³/s)	调洪 库容 (万 m³)
50.3	四	200	49.3	48.8	49.4	0.6	0.9	2.799	0.55

4）排水明渠

排水管穿过坝体后外接排水明渠，排水明渠采用浆砌石结构，其断面为矩形，净断面为底宽 1.2m，高 1.0m，坡度为 7%。

排水明渠采用明渠均匀流计算：

$$Q=AC\sqrt{Ri}$$

式中：A——排水明渠过水断面积，（1.5m²）；

C——谢才系数（42.17）；

R——水力半径；（0.36）

i——纵坡度，取 0.07；

n——粗糙系数，取 0.020。

经计算，流量 $Q=7.23\text{m}^3/\text{s}>Q_{p0.2\%}=6.86\text{m}^3/\text{s}$ ，满足排水要求。

3.3.4 评价结果小结

通过预先危险分析法及尾矿库调洪演算复核对尾矿库防排洪系统单元进行评价，得出结论：新建尾矿库排水系统排洪能力可以满足要求。

3.4 安全监测单元

评价组采用专家评议法对尾矿库安全监测单元进行分析与评价，具体如下：

《可研报告》明确，该尾矿库设计等别为五等库，采用人工监测设施和自动监测设施同时运行。

3.4.1 人工观测系统

（1）坝体变形监测

尾矿库库区坝体变形观测标点埋设于坝体表面，用以表示坝体的变形量。布置的标点控制主要变形的断面，如最大标高断面，工程地质变化较大地段。本次设计依据该库情况，在标高 45.5m 和 50.3m 坝顶中部和两侧设置各 1 个观测标点；共计 2 个钢筋砼观测桩。

起测基点和工作基点共用一个基点，基点布置在尾矿库南侧山坡较稳固的地点，高程与观测标点相当，即在岩石出露较为平整的地段，凿小十字作为观测基点或埋设钢筋砼观测桩。

水平变形观测采用视准线法；垂直变形观测采用水准仪法。

初期投入运行时，每月观测一次，当坝体水平和垂直变形量基本稳定后，可一个季度观测一次。

（2）浸润线监测

浸润线观测管采用 10m 长 DN76×6mm 的焊接钢管（管底部堵死，留有 0.5m 长不钻孔，接着钻孔段 3m 长，孔径 10mm，孔距 100mm，交错布置成梅花状）外包土工布，土工布规格为 300g/m²，上部 2.5m 长不钻孔。浸润线观测孔布置在库区位移观测点旁边，共布置 9 个浸润线观测管。

（3）库水位监测

在库内水区排水井附近设置水位标尺刻度，标记正常运行水位及最高洪水位。

（4）雨量及干滩长度监测

在库区设置雨量计，遇暴雨时仔细监测以指导尾矿库安全泄洪。生产期在干滩上每隔 50m 设置一排标杆。

3.4.2 在线监测系统

（1）坝体表面位移监测

坝体表面位移监测采用 GNSS 接收机作为监测设备。

设计在，在标高 45.5m 和坝顶 50.3m 坝顶中部设置各 1 个观测标点，各监测点采用 GNSS 专用监测设备，实现坝体表面三维位移的实时、高精度监测。同时在尾矿库的附近山头上安置 1 个 GNSS 基准站，确保四周开阔，同时不受尾矿库位移的影响。

（2）浸润线监测

坝体浸润线监测采用 HC-SA-2.0 型渗压计作为监测设备。浸润线监测点布置人工监测浸润线观测孔内，共布置 2 个浸润线监测点。

（3）库水位监测

库水位监测点设置在排水管附近，随着水位升高不断改变监测位

置，用于监测库内外水位高程，利用数据采集单元采集数据传输至中心控制室。

库水位监测采用超声波液位计作为监测设备。

（4）降水量及视频监控

雨量监测采用 DJ05 型雨量计作为监测设备，在库区附近布置一个监测点即可，雨量计安装要求视线开阔上部无遮挡，水平角 45 度以内没有高大建筑物遮挡。

根据尾矿库实际情况共布置视频监控 3 个，各监控点布置位置如下：

1) 在坝顶标高 50.3m 中部设置一个视频监控点，用来监控尾矿库坝体及放矿情况，采用 360 度全方位红外球型监控摄像机进行监测。

2) 在排水井附近设置一个视频监控点，用来监控上游汛期汇水情况，采用 360 度全方位红外球型监控摄像机进行监测。

3) 在排水管出口附近设置一个视频监控点，用来监控上游汛期汇水情况，采用 360 度全方位红外球型监控摄像机进行监测。

（5）监控中心及平台

尾矿库全过程在线监测系统监控中心设置在建设单位办公楼内，控制中心应采用不间断电源系统。

现场值班室分析及监控数据通过光缆传输至监控中心服务器，监控数据可以通过大屏幕实时显示，系统数据通过网络适时发布。

所有监控数据保存于系统硬盘中，保存时限按要求设定。

现场值班室与监控中心之间的数据采用光纤传输，监控中心预留与显示的通讯接口，纳入县级和市级的整体监控平台。

软件管理平台各系统所采集的数据、预警信息、处理结果等自动存储备份。

3.4.3 安全监测单元小结

《可研报告》提出的尾矿库安全监测设施合理，尾矿库安全监测设施对尾矿库的影响控制在可接受范围之内。

3.5 辅助设施单元

(1) 值班室

《可研报告》确定，尾矿库设建筑面积 100m² 的值班室。

(2) 通信

《可研报告》确定，库区通信系统与矿山现有的通信设施连接。

库区设立专门值班室，室内安装通讯设备，管理人员配备一定数量的无线通讯设备。

(3) 照明

《可研报告》确定，尾矿坝上设有照明设备。

(4) 道路

《可研报告》确定，道路宽 7m，III级路面，限制坡度 9%，最小转弯半径 15m。

库外道路为三级道路，采用泥结碎石路面结构，结构层用碎石铺垫，厚度 35-40cm，面层用泥结碎石铺垫，厚度 15-20cm，磨耗层用沙土铺垫，厚度 4-6cm。

(5) 安全护栏

《可研报告》确定，道路危险地段设置了安全护栏。

小结：《可研报告》提出的尾矿库辅助设施合理，尾矿库辅助设施对尾矿库的影响控制在可接受范围之内。

3.6 安全标志单元

《可研报告》安全标志提及较少，改造升级设计阶段，应按照表

2-7 对尾矿库库区及周边应设置的安全标志进行设计。

3.7 安全管理单元

安全生产管理对策措施是安全生产技术对策措施得以实现和有效运行的保障，评价组根据国家相关法律法规的要求并结合尾矿库实际情况，采用专家评议法对本项目安全管理单元应具备的条件进行了评价。

(1) 建立安全管理机构和配备了 3 名安全管理人员；

(2) 设立技术总负责人和生产技术管理机构；

(3) 建立各项安全管理制度

安全管理制度包括：

① 建立健全企业安全生产责任制

安全生产责任制包括企业负责人、技术负责人、安全主任、班组长、安全员和职工的各级安全生产责任制。

② 制定各项安全生产规章制度和操作规程

各项规章制度包括：安全检查制度、职业危害预防制度、安全教育培训制度、生产安全事故管理制度、重大危险源监控和重大隐患整改制度、设备安全管理制度、安全生产档案管理制度、安全生产奖惩制度等规章制度。操作规程包括：电工操作规程、焊工操作规程、尾矿工操作规程、设备检修操作规程等。

③ 安全培训、教育和考核制度

包括单位主要负责人、安全管理人员、从业人员、特种作业人员的安全培训教育。

(4) 依法参加工伤保险或安全生产责任险，为从业人员缴纳保险费；

(5) 依照国家有关规定，编制安全经费的提取计划，并按计划足

额提取安全经费。

《可研报告》中提出了一些安全生产管理的建议，但还存在一些不足之处，本次安全预评价报告予以相应补充（详见本评价报告 4.7 章节）。

小结：《可研报告》提出的安全管理合理，能够最大限度的确保本项目的安全生产。

3.8 重大危险源辨识单元

因《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》（安监管协调字[2004]56 号）已经废止，矿山重大危险源辨识只依据《危险化学品重大危险源辨识》（GB18218-2018），通过分析可知，该尾矿库不存在危险化学品。因此，该尾矿库不存在重大危险源。

4 安全对策措施建议

《可研报告》提出的安全对策措施合理可行，但还存在一些不足，本安全预评价报告依据国家相关安全标准、规范的要求，本着针对性，可操作性和经济合理性原则，补充以下安全对策措施：

4.1 库址选择单元

(1) 汛期时，建议企业安排专门尾矿工 24h 不间断对尾矿库巡视，一旦发现险情及时处理。

(2) 必须经常巡视库周山体，发现滑坡及异常现象要及时处理。

4.2 尾矿坝单元

(1) 加强日常对坝体的巡护工作，尤其是汛期，应安排专人对坝体进行检查，以防雨水对坝体造成损坏。

(3) 严格控制库水位，确保抗震设计要求的安全滩长满足地震条件下坝体稳定的要求。

(4) 放矿口的间距、位置、同时开放的数量、放矿时间等应按设计要求和作业计划进行操作；

(5) 干滩表面应均匀平整。

(6) 严禁在坝体及坝脚、坝肩处进行挖掘、采矿等活动。

(7) 改造升级设计阶段，应对初期坝类型、坝基处理方式等进行设计。

(8) 改造升级设计阶段，应对尾矿堆积坝坝肩截水沟、坝面排水沟、护坡进行设计。

4.3 防洪系统单元

(1) 对坝面排水沟及坝肩排水沟应定期全面清理维护，发现有淤

堵及损坏部分及时清理修复，保证坝面及坝肩排水系统正常工作。

(2) 日常确保排水沟的通畅，及时清理杂物，经常检查排洪设施，保证排水设施的安全可靠。

(3) 控制库内水位，保持干滩长度，汛期应尽量降低库内水位，增加干滩长度，保证坝体的稳定。

(4) 排水明渠采用浆砌石结构，为了减少糙率，可以在表面抹一层 1.5~2.0 厘米厚的 50 号至 75 号水泥砂浆。

4.4 安全监测单元

(1) 应定期进行人工观测，并与在线监测数据进行比对，保证监测数据的稳定性，一旦监测系统反映出尾矿库出现问题，应及时处理。

(2) 应定期检查在线监测设施的完好性，如发现有不能正常工作的在线监测设施应及时进行维修，保证在线监测系统运行正常，数据准确有效。

(3) 日常对在线监测系统、监测点进行维护，防止设施损坏影响监测数据的准确性。

4.5 辅助设施单元

(1) 在改造升级设计阶段，应增加防雷与接地要求。

(2) 定期检查照明系统，保证尾矿库夜间照明。

4.6 安全标识单元

(1) 改造升级设计阶段，应按照表 2-7 对尾矿库库区及周边应设置的安全标志进行设计。

(2) 定期维护尾矿库安全警示标识。

4.7 安全管理单元

(1) 企业经营者是尾矿库安全生产第一责任人，应在规定管辖范

围内，设立相应的机构并建立健全岗位责任制，负责实施国家和当地政府关于尾矿库安全所规定的各项要求，组织制定规章制度，配备与实际工作相适应的专业技术人员，进行尾矿库安全管理工作。

（2）在正常运行期间及停产期间，应对坝体进行定期的检查，其内容包括：坝体轮廓尺寸，变形、裂隙、滑坡和渗漏等。

（3）严禁在库区爆破、滥挖尾矿等危害尾矿库安全的活动。

（4）及时了解和掌握汛期水情和气象预报情况，确保上坝道路、通讯、供电及照明线路可靠和畅通。

（5）日常加强应急救援预案的演练，并做好记录，根据每次演练的情况及时修订、更新应急救援预案。

5 评价结论

受大连金来矿业有限责任公司的委托，我公司组成评价组对大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级项目进行了安全预评价。本报告在对该项目《可研报告》及《岩土工程勘察报告》等相关资料分析的基础上，按照《安全评价通则》、《安全预评价导则》的要求，依据国家及行业现行的法律、法规、规范、标准，利用安全检查表法、预先危险性分析法及专家评议法等定性定量评价方法对该项目改造后可能存在的危险、有害因素进行了分析和评价，提出了相应的对策措施，进而形成如下评价结论：

(1) 《可研报告》提出的大连金来矿业有限责任公司尾矿库改造升级项目可能存在的危险、有害因素有溃坝、洪水漫顶、滑坡、淹溺、粉尘等，建设单位应重点防范的重大危险、有害因素是溃坝和洪水漫顶。

(2) 企业应重视以下安全对策措施：

- 1) 汛期时，建议企业安排专门尾矿工 24h 不间断对尾矿库巡视，一旦发现险情及时处理。
- 2) 必须经常巡视库周山体，发现滑坡及异常现象要及时处理。
- 3) 干滩表面应均匀平整。
- 4) 严禁在坝体及坝脚、坝肩处进行挖掘、采矿等活动。
- 5) 控制库内水位，保持干滩长度，汛期应尽量降低库内水位，增加干滩长度，保证坝体的稳定。
- 6) 应定期进行人工观测，并与在线监测数据进行比对，保证监测数据的稳定性，一旦监测系统反映出尾矿库出现问题，应及时处理。
- 7) 应定期检查在线监测设施的完好性，如发现有不能正常工作的

在线监测设施应及时进行维修，保证在线监测系统运行正常，数据准确有效。

8) 在正常运行期间及停产期间，应对坝体进行定期的检查，其内容包括：坝体轮廓尺寸，变形、裂隙、滑坡和渗漏等。

9) 改造升级设计阶段，应对初期坝类型、坝基处理方式进行设计。

10) 改造升级设计阶段，应对尾矿堆积坝坝肩截水沟、坝面排水沟、护坡进行设计。

11) 改造升级设计阶段，应按照表 2-7 对尾矿库库区及周边应设置的安全标志进行设置。

该项目从安全生产的角度符合国家现行有关法律、法规、标准、规范的要求，建设单位如能按照《可研报告》和本预评价报告提出的安全对策措施和建议以及国家的相关法律、法规及技术标准的要求实施，能够将该建设项目潜在的危险、有害因素控制在可接受范围之内。该建设项目在安全上是可行的。

6 附件

- (1) 营业执照
- (2) 项目备案登记表
- (3) 项目组人员现场调研照片

7 附图

- (1) 库区周边区域地形图
- (2) 总平面布置图
- (3) 防排洪系统图
- (4) 库容曲线图
- (5) 尾矿坝剖面图