

## 前 言

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库库址位于距离选矿厂南向 2.5km 处的小西沟内，为“山谷型”尾矿库，设计总坝高 114m，总库容  $9857 \times 10^4 \text{m}^3$ ，为二等库，主排洪系统为泄洪排洪井—排水管—排洪竖井—排洪隧洞的型式。目前，坝顶标高已超过设计最终标高，拟进行闭库。

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿为了客观地了解并充分掌握企业自身的安全生产状况，进而更好地贯彻执行“安全第一，预防为主，综合治理”方针，不断做好企业的安全生产工作，根据《中华人民共和国安全生产法》《尾矿库安全监督管理规定》以及《尾矿库安全规程》等法律、法规、规章、标准的要求，委托沈阳万益安全科技有限公司，按双方签订的“技术服务合同”对其所属的尾矿库进行闭库前的安全现状评价。

我公司评价组对该项目进行实地勘察、测量和资料收集工作，并提出现场整改意见，企业认真落实，在详细的实地考察、资料分析和现场调研，依据相应的法律法规和技术标准、初步设计文件及委托方所提供的其他资料，分析了尾矿库可能存在的主要危险、有害因素，并运用安全检查表法、定量分析法进行了评价，在评价的基础上提出了相应的措施和建议，最终得出了该项目的安全现状评价结论，于 2025 年 9 月编制完成了《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库前安全现状评价报告》。

本安全现状评价报告的格式和内容，是按照《安全评价通则》（AQ 8001-2007）以及《尾矿库安全规程》（GB 39496-2020）的要求确定的。

在编写本评价报告的过程中，得到了本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿有关人员以及相关专家的大力支持，同时报告引用了前人的一些研究成果和数据资料，在此一并表示衷心地感谢！

# 目 录

<b>1. 安全评价的目的、范围、依据与工作程序</b> .....	<b>1</b>
1.1 安全评价的目的及范围 .....	1
1.2 安全评价的依据 .....	1
1.3 安全评价的工作程序 .....	7
<b>2. 评价项目概况</b> .....	<b>9</b>
2.1 企业概况 .....	9
2.2 自然环境概况 .....	10
2.3 地质概况 .....	12
2.4 尾矿库设计概况 .....	17
2.5 尾矿库现状概况 .....	21
<b>3. 评价单元划分与评价方法选择</b> .....	<b>32</b>
3.1 评价单元划分 .....	32
3.2 评价方法选择 .....	32
3.3 各评价单元采用的评价方法 .....	33
<b>4. 定性定量评价</b> .....	<b>35</b>
4.1 周边环境单元 .....	35
4.2 尾矿坝单元 .....	38
4.3 防排洪系统单元 .....	78
4.4 排渗设施单元 .....	94
4.5 安全监测设施单元 .....	95
4.6 辅助设施单元 .....	97
4.7 个人安全防护 .....	100
4.8 安全标志 .....	100
4.9 安全管理单元 .....	101
4.10 重大隐患判定单元 .....	104
<b>5. 建议补充的安全对策措施</b> .....	<b>109</b>

5.1 周边环境单元 .....	109
5.2 尾矿坝单元 .....	109
5.3 排洪系统单元 .....	109
5.4 排渗设施单元 .....	110
5.5 安全监测设施单元 .....	110
5.6 安全管理单元 .....	111
5.7 安全标志 .....	111
5.8 重大隐患对策措施 .....	111
<b>6. 安全评价结论 .....</b>	<b>112</b>
6.1 安全现状综合评述 .....	112
6.2 各评价单元评价结果 .....	112
6.3 总体评价结论 .....	113
<b>7. 附件 .....</b>	<b>115</b>
<b>8. 附图 .....</b>	<b>116</b>

## 1. 安全评价的目的、范围、依据与工作程序

### 1.1 安全评价的目的及范围

#### 1.1.1 安全评价的目的

安全评价目的是贯彻“安全第一，预防为主，综合治理”方针，提高该尾矿库的本质安全程度和安全管理水平，减少和控制该尾矿库运行中的危险、有害因素，降低其风险，预防事故发生，保护企业的财产安全及人员的健康和生命安全。本次闭库前安全现状评价的主要目的如下：

（1）根据现场检查情况以及尾矿库现有技术资料，辨识、分析现状条件下尾矿库存在的主要危险有害因素及其可能导致发生事故的诱发因素。

（2）排查尾矿库存在的安全隐患，针对存在的危险有害因素及隐患情况，合理提出安全对策措施。

（3）为编制闭库安全设施设计提供参考，使建设项目的安全理由事后处置变为事先预测和预防，以实现评价对象的本质安全。

（4）为政府应急管理部门进行尾矿库安全监督、监察提供依据。

#### 1.1.2 安全评价的范围

本次安全评价的范围包括：本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库相关安全设施及其周边环境，其中包括周边环境、尾矿坝、防排洪系统、安全监测设施、辅助设施、安全管理、重大隐患判定等，不包括尾矿输送管道与回水管道。

### 1.2 安全评价的依据

#### 1.2.1 法律

（1）《中华人民共和国矿山安全法》（中华人民共和国主席令〔1992〕第65号，根据2009年8月27日第十一届全国人民代表大会常务委员会第十次会议《关于修改部分法律的决定》修正，2009年8月27日施行）；

（2）《中华人民共和国水土保持法》（中华人民共和国主席令〔2010〕第39号，

2011年3月1日施行）；

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

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

（5）《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国主席令〔2002〕第70号，根据2021年6月10日第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议《关于修改〈中华人民共和国安全生产法〉的决定》第三次修正，2021年9月1日施行）。

### 1.2.2 行政法规

（1）《地质灾害防治条例》（国务院令〔2003〕第394号，2004年3月1日起施行）；

（2）《生产安全事故应急条例》（国务院令〔2019〕第708号，2019年4月1日施行）。

### 1.2.3 部门规章

（1）《国家安全监管总局 国家发展改革委 工业和信息化部 国土资源部 环境保护部关于进一步加强尾矿库监督管理工作的指导意见》（安监总管一〔2012〕32号，2012年3月12日实施）；

（2）《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，2013年5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第38号令，根据2015年5月26日国家安全监管总局令第78号《国家安全监管总局关于废止和修改非煤矿山领域九部规章的决定》修正，2015年7月1日实施）；

（4）《金属非金属矿山建设项目安全设施目录（试行）》（国家安全生产监督管

理总局令〔2015〕第75号，2015年7月1日施行）；

（5）《生产经营单位安全培训规定》（国家安全生产监督管理总局令〔2006〕第3号，根据2015年5月29日国家安全生产监督管理总局令第80号《关于废止和修改劳动防护用品和安全培训等领域十部规章的决定》第二次修订，2015年7月1日施行）；

（6）《国务院安委会办公室关于全面加强企业全员安全生产责任制工作的通知》（安委办〔2017〕29号，2017年10月10日施行）；

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

（8）《应急管理部、国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、自然资源部、生态环境部、水利部、中国气象局关于印发防范化解尾矿库安全风险工作方案的通知》（应急〔2020〕15号，2020年2月21日实施）；

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

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

（11）《国家矿山安全监察局关于印发〈金属非金属矿山重大事故隐患判定标准〉的通知》（矿安〔2022〕88号，2022年9月1日施行）；

（12）《财政部、应急部关于印发〈企业安全生产费用提取和使用管理办法〉的通知》（财资〔2022〕136号，2022年11月21日施行）；

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

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

（15）《国家矿山安全监察局关于印发非煤矿山建设项目安全设施重大变更范围的通知》（矿安〔2023〕147号，2023年11月14日施行）；

（16）《关于防范遏制矿山领域重特大生产安全事故的硬措施》（安委〔2024〕1号，2024年1月16日日施行）；

（17）《国务院安全生产委员会关于印发〈安全生产治本攻坚三年行动方案

（2024-2026 年）>的通知》（安委〔2024〕2 号，2024 年 1 月 21 日施行）；

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

（19）《国家矿山安全监察局关于印发<金属非金属矿山重大事故隐患判定标准补充情形>的通知》（矿安〔2024〕41 号，2024 年 4 月 23 日施行）；

（20）《国家矿山安全监察局关于进一步加强非煤矿山安全生产行政许可工作的通知》（矿安〔2024〕70 号，2024 年 6 月 28 日施行）；

（21）《矿山救援规程》（应急管理部令第 16 号，2024 年 7 月 1 日起施行）；

（22）《关于印发<安全生产责任保险实施办法>的通知》（应急〔2025〕27 号，2025 年 4 月 2 日施行）。

#### 1.2.4 地方性法规、规章、文件

（1）《辽宁省安全生产监督管理局关于进一步加强非煤矿山企业特种作业人员管理的通知》（辽安监管一〔2016〕29 号，2016 年 8 月 16 日施行）；

（2）《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，2018 年 7 月 19 日施行）；

（3）《省应急厅 省发展改革委 省工业和信息化厅 省财政厅 省自然资源厅 省生态环境厅 省水利厅 省气象局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）；

（4）《辽宁省建设项目安全设施监督管理办法》（2009 年 3 月 19 日辽宁省人民政府令第 229 号公布，根据 2021 年 5 月 18 日辽宁省人民政府令第 341 号《辽宁省人民政府关于废止和修改部分省政府规章的决定》第二次修正，2021 年 5 月 18 日施行）；

（5）《辽宁省应急管理厅关于贯彻落实生产经营单位从业人员安全生产举报处理规定的通知》（辽应急执法〔2022〕2 号，2022 年 3 月 25 日）；

（6）《辽宁省地方矿山安全监督管理局关于严格落实全链条安全措施有效防范化解尾矿库溃坝、漫顶、泄漏风险的通知》（辽矿安监三〔2024〕110 号，2024 年 11 月 4 日）；

（7）《辽宁省应急管理厅转发〈国家矿山安全监察局综合司关于进一步加强矿山安全生产举报奖励工作〉的通知》（辽应急执法〔2022〕3 号，2022 年 4 月 15 日施行）；

(8) 《辽宁省安全生产条例》（2017年1月10日辽宁省第十二届人民代表大会常务委员会第三十一次会议通过，根据2025年5月28日辽宁省第十四届人民代表大会常务委员会第十六次会议《关于修改〈辽宁省建设工程质量条例〉等五件地方性法规的决定》第三次修正，2025年5月29日施行）。

### 1.2.5 技术标准和规范

- (1) 《厂矿道路设计规范》（GB J22—1987）；
- (2) 《岩土工程勘察规范（2009年版）》（GB 50021—2001）；
- (3) 《矿山安全标志》（GB/T 14161—2008）；
- (4) 《建筑抗震设计标准（2024年版）》（GB/T 50011—2010）；
- (5) 《水工建筑物抗冰冻设计标准（2024年版）》（GB/T 50662—2011）；
- (6) 《工业企业总平面设计规范》（GB 50187—2012）；
- (7) 《尾矿设施设计规范》（GB 50863—2013）；
- (8) 《防洪标准》（GB 50201—2014）；
- (9) 《中国地震动参数区划图》（GB 18306—2015）；
- (10) 《工业建筑防腐蚀设计标准》（GB/T 50046—2018）；
- (11) 《图形符号 安全色和安全标志 第5部分：安全标志使用原则与要求》（GB/T 2893.5—2020）；
- (12) 《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》（GB/T 29639—2020）；
- (13) 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB 18599—2020）；
- (14) 《尾矿库安全规程》（GB 39496—2020）；
- (15) 《个体防护装备配备规范 第4部分：非煤矿山》（GB 39800.4—2020）；
- (16) 《个体防护装备配备规范 第1部分：总则》（GB 39800.1—2020）；
- (17) 《建筑与市政工程抗震通用规范》（GB 55002—2021）；
- (18) 《工程勘察通用规范》（GB 55017—2021）；
- (19) 《安全评价通则》（AQ 8001—2007）；
- (20) 《水工混凝土结构设计规范》（SL 191—2008）；
- (21) 《尾矿库安全监测技术规范》（AQ 2030—2010）；
- (22) 《土石坝养护修理规程》（SL 210—2015）；

- (23) 《碾压式土石坝设计规范》（SL 274—2020）；
- (24) 《矿山隐蔽致灾因素普查规范 第 1 部分：总则》（KA/T 22.1-2024）；
- (25) 《矿山隐蔽致灾因素普查规范 第 3 部分：金属非金属矿山及尾矿库》（KA/T 22.3-2024）。

#### 1.2.6 资料

- (1) 《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库扩建增容补充岩土工程勘察（试验）报告书》（中冶沈勘工程技术有限公司，2007 年 4 月）；
- (2) 《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿坝勘察及坝体现状稳定性分析工程报告书》（中冶沈勘工程技术有限公司，2008 年 12 月）；
- (3) 《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库加高扩容工程岩土工程勘察技术报告书（上、下册）》，中冶沈勘工程技术有限公司，2012 年 6 月；
- (4) 《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库二次增容工程初步设计说明书》（中冶北方工程技术有限公司，2012 年 9 月）；
- (5) 《辽宁省本溪市本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库二次加高增容项目地质灾害危险性评估报告》，辽宁省冶金地质勘查局四 0 四队，2013 年 11 月；
- (6) 《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库二次增容工程初步设计》（以下简称《二次设计》）中冶北方工程技术有限公司，2013 年 12 月；
- (7) 《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库二次增容工程初步设计安全专篇》（以下简称《二次安全专篇》）中冶北方工程技术有限公司，2013 年 12 月；
- (8) 《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库二次加高增容项目安全验收评价报告》（以下简称《安全验收评价报告》），辽宁安科安全评价有限公司，2014 年 12 月；
- (9) 《本钢（集团）矿业有限责任公司歪头山选矿厂小西沟尾矿库静动力稳定分析研究报告》（大连理工大学，2018 年 12 月）；
- (10) 《本钢（集团）矿业有限责任公司歪头山选矿厂小小西沟尾矿库三维静动力稳定分析研究报告》（大连理工大学，2018 年 12 月）；
- (11) 《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库增设辅助排洪系统方案说明书》（中冶北方（大连）工程技术有限公司，2019 年 8 月）；
- (12) 《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库技术改造工程安全设施设计》（铜源国际工

程设计研究有限公司，2020年5月）；

（13）《本溪钢铁(集团)有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库地下水监测方案》（本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿，2023年6月）；

（14）《本钢矿业公司三座尾矿库新建地下水环境监测井服务报告》（四川佳澄环保科技有限公司，2023年8月）；

（15）《本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库2024年汛期调洪演算》（中冶沈勘工程技术有限公司，2024年4月）；

（16）《本钢矿业歪头山铁矿小西沟尾矿库排洪系统质量检测》（河北中宸检测技术服务有限公司，2024年5月）；

（17）《本钢矿业歪头山铁矿小西沟尾矿库排洪系统质量检测》（东侧排洪系统）（河北中宸检测技术服务有限公司，2024年8月）；

（18）《高压辊磨超细铁尾矿制备复合生态复垦土研究》（本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿，辽宁工程技术大学，2025年4月）；

（19）《本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库2025年汛期调洪演算》（中冶沈勘工程技术有限公司，2025年5月）；

（20）尾矿库区1:1000实测地形图（2025年6月）；

（21）《本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司歪头山铁矿隐蔽致灾因素普查报告(小西沟尾矿库)》（中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司，2025年8月）；

（22）《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》（辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司，2025年8月）；

（23）《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库安全性复核报告》（中冶天工集团有限公司，2025年8月）；

（24）建设单位提供的图纸及其他相关资料（包括各种安全生产制度、安全生产运行记录、档案等）。

### 1.3 安全评价的工作程序

本次安全评价的程序主要包括：前期准备；危险、有害因素辨识与分析；划分评价单元，选择评价方法；进行定性、定量评价；提出相应安全对策措施及建议；确定评价结论；编制安全评价报告。

具体的安全评价工作程序如图 1-1 所示。

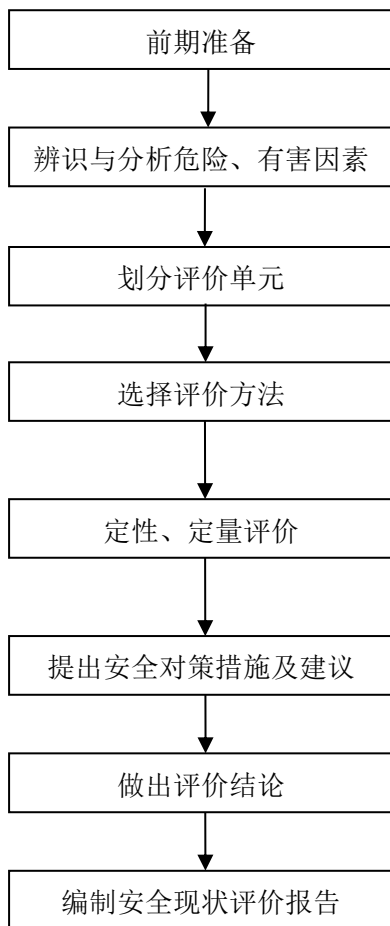


图 1-1 安全现状评价工作程序

## 2. 评价项目概况

### 2.1 企业概况

#### 2.1.1 企业基本情况

项目名称：本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库

项目地址：本溪市溪湖区歪头山镇

项目性质：闭库前安全现状评价

规 模：二等库

尾矿库类型：“山谷型”尾矿库

企业类型：有限责任公司分公司

上级法人单位：本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司

主要负责人：张荣富

统一社会信用代码：91210500819660170E

歪头山铁矿是本溪钢铁公司的重要原料基地之一，是由露天采场、选矿、铁路运输、汽车、机修等车间组成的现代化大型矿山。选矿为一段粗碎、两段磨矿、单一磁选的工艺流程，是我国第一座采用湿式自磨进行生产的年处理量为  $500 \times 10^4 \text{t}$  的选矿厂。

#### 2.1.2 尾矿库项目概况

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库设计最终堆积标高为 243m（前期尾矿库采用矿山坐标对应标高 294m，高程较 CGCS2000 坐标系、85 高程基准高 51m），总坝高为 114m，库容  $9857 \times 10^4 \text{m}^3$ ，为二等库。尾矿库实际运行过程中，为修筑环库道路，尾矿库向内收缩，在达到 243m 设计标高时，实际库容约为  $9310 \times 10^4 \text{m}^3$ ，仍为二等库。2023 年小西沟尾矿库主坝及各个副坝最后一级子坝均已堆筑至 243m 标高，滩顶标高已经达到 243m，并停止使用。

2025 年 6 月，企业发现尾矿坝东部干滩面不平整，排水不畅，为应对极端天气，顺利将汛期雨水引流至排洪井泄洪，保证尾矿库安全度汛，倒运尾矿对坝东部进行滩面平整造坡疏水，造成尾矿库局部超高。

### 2.1.3 地理位置及交通

本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司歪头山铁矿位于辽宁省本溪市溪湖区歪头山镇，本溪市中心西北部约 30km，矿区距沈丹线铁路歪头山火车站约 2km，由矿区到歪头山火车站有矿山专用铁路线和沥青公路。尾矿库位于距离选矿厂南向 2.5km 处的小西沟内，库区中心坐标东经 123°37'40"，北纬 41°28'0"。尾矿库区有简易道路连接选厂、采区，尾矿库距离最近医院（本钢歪头山医院）4.2km，距离 G304 国道 5.0km，交通较便利。地理位置与交通见图 2-1。



图 2-1 尾矿库交通位置图

## 2.2 自然环境概况

### 2.2.1 地形地貌

歪头山铁矿选矿厂小西沟尾矿库建于选矿厂南 2.5km 的小西沟中。歪头山境内四周环山，属缓丘宽谷区，东南至西北地势平坦，东北至西南属低山丘陵区。库区位于四面环山，群山环抱的“U”型谷中，沟谷是内敞外窄，北向倾斜，两侧谷坡相对比高介于 35~100 米。在谷内贯穿一条由南向北的间歇式的小溪，蜿蜒顺谷底径流整个场地，山

麓地为农田，山上草木丛生，地形稳定。

### 2.2.2 气象条件

该区属于北温带大陆性季风气候区，受到季风和大陆性气候综合作用，夏季炎热多雨，冬季寒冷漫长。

#### （1）季节特点

春季（3月~5月）：气温回升较快，但波动较大，多风且干燥。后期降水开始增多。偶尔会有“倒春寒”现象。

夏季（6月~8月）：温热多雨，是一年中最热的季节。7月~8月是降水最集中的时期（雨季），常有阵雨或雷阵雨。湿度相对较高，但相比南方沿海地区不算特别闷热。

秋季（9月~11月）：天高气爽，温度下降迅速，昼夜温差大。降水减少，天气以晴朗为主。后期可能出现霜冻。

冬季（12月~次年2月）：漫长、寒冷、干燥、多雪。是一年中最长的季节。受来自西伯利亚的强冷空气影响，气温很低。降雪量可观，积雪期长。

#### （2）气温特点

年平均气温：大约在 $6^{\circ}\text{C}$ ~ $8^{\circ}\text{C}$ 左右（具体数值会因年份和精确地理位置略有差异）。

夏季平均气温：最热月（7月）平均气温通常在 $22^{\circ}\text{C}$ ~ $24^{\circ}\text{C}$ 左右。极端高温偶尔可达 $35^{\circ}\text{C}$ 以上，但持续时间不长。

冬季平均气温：最冷月（1月）平均气温通常在 $-12^{\circ}\text{C}$ 到 $-15^{\circ}\text{C}$ 左右。极端最低气温可降至 $-30^{\circ}\text{C}$ 甚至更低。

年温差大：夏季与冬季温差非常显著，年较差（最热月与最冷月平均气温之差）可达 $35^{\circ}\text{C}$ ~ $40^{\circ}\text{C}$ 。

日温差较大：尤其在春秋季节，白天和夜晚的温差比较明显。

#### （3）降水特点

年降水量：大约在 $700\text{mm}$ ~ $900\text{mm}$ 左右（本溪市区年降水量约 $800\text{mm}$ ，歪头山作为市郊区域，数值相近或略高）。降水主要集中在夏季（6月~8月），占全年降水量的 $60\%$ ~ $70\%$ 。7月~8月是暴雨、雷阵雨的高发期。

冬季降水：以降雪为主，降雪量在东北地区属于中等水平，积雪期较长（通常从11月中下旬到次年3月中下旬）。

春季降水：相对较少，比较干燥。秋季降水：逐渐减少。

（4）日照与风

日照时数：全年日照时数中等偏上，冬季日照时间相对较短，夏季较长。

风向：受季风影响显著。冬季盛行偏北风（西北风、北风），寒冷干燥；夏季盛行偏南风（东南风、南风），带来暖湿气流。春季风力通常较大。

（5）霜期与无霜期

无霜期：相对较短，大约在 140 天~160 天左右。

初霜日：通常在 9 月下旬至 10 月上旬。

终霜日：通常在 4 月下旬至 5 月上旬。

标准冻结深度 1.2m。

### 2.2.3 地震

根据中冶沈勘工程技术有限公司于 2014 年 12 月编制的《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库工程现状勘察及稳定性分析岩土工程勘察技术报告书》和辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司于 2025 年 8 月编制的《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》对场地地震效应进行简述：

（1）按照《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）和《中国地震动参数区划图》（GB 18306-2015）中相关条款确定，场地抗震设防烈度为 7 度，设计地震分组为第一组，设计基本地震加速度值为 0.10g。

（2）综合研究勘察场地的全部勘察资料认为：该场区覆盖层等效剪切横波波速在  $150\text{m/s} < v_{se} \leq 250\text{m/s}$ ，场地覆盖层厚度在 3m~50m 之间，按《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）中的表 4.1.6 规定，该建筑场地类别为 II 类。该场地属对建筑抗震一般地段。

（3）根据《建筑抗震设计规范》（GB 50011-2010）4.3.4 条，确定液化判定深度为 20m。液化判别最高水位采用钻孔所在位置地面标高。判定结果表明在地震烈度为 7 度时，②<sub>1</sub>尾细砂层有轻微~严重的液化；②<sub>2</sub>尾细砂层有轻微~中等的液化；②<sub>3</sub>尾细砂层有轻微的液化；②<sub>5</sub>尾粉土层有轻微的液化；其它地层不液化。

## 2.3 地质概况

### 2.3.1 库区工程地质条件

根据中冶沈勘工程技术有限公司于 2014 年 12 月编制的《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库工程现状勘察及稳定性分析岩土工程勘察技术报告书》及辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司于 2025 年 8 月编制的《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》，对库区工程地质进行简述。

本溪市歪头山地区位于辽宁省本溪市西北部，地处华北地台（克拉通）东缘的辽吉裂谷带（或称太子河-浑江拗陷）内，是该区域内重要的鞍山式沉积变质型铁矿的典型赋存地。其地质条件复杂且具有典型性，主要体现在以下几个方面：

（1）地层系统：

太古宇鞍山群：构成歪头山地区的基底，是最主要的含矿层位。该套地层经历了强烈的区域变质作用（角闪岩相-麻粒岩相）和变形作用。

（2）构造特征：

褶皱构造：鞍山群地层经历了多期强烈的褶皱变形。歪头山铁矿体本身主要赋存于一个复式向斜构造中（称为“歪头山向斜”）。该向斜轴迹大致呈北东或北北东向延伸，核部由较新的鞍山群地层组成，两翼地层较老。褶皱的形态控制着矿体的展布和产状。

断裂构造：区域内断裂发育，主要有：北东向/北北东向断裂：是区域上最主要的断裂方向，常具有压扭性或多期活动性，对矿体的

连续性有一定破坏作用。北西向断裂：通常规模较小，多为张性或张扭性。近东西向断裂：也较常见。这些断裂不仅破坏了地层和矿体的连续性，也是后期岩浆活动和热液活动的通道。韧性剪切带：在太古宙变质变形过程中，可能存在韧性剪切作用，使岩石发生糜棱岩化，对条带状铁建造的改造有一定影响。

### 2.3.2 库区水文地质条件

根据中冶沈勘工程技术有限公司于 2014 年 12 月编制的《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库工程现状勘察及稳定性分析岩土工程勘察技术报告书》及辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司于 2025 年 8 月编制的《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》，对库区水文地质进行简述。

（1）浸润曲线

根据勘察，尾矿库主坝浸润线的埋深在 5.00m~30.2m 之间，相应标高为 114.04m~217.49m 之间，坝体浸润线总体由沉积滩-子坝-初期坝逐渐降低。副坝浸润线

的埋深在 22.70m~30.50m 之间，相应标高为 204.51m~212.85m 之间。坝体浸润线基本由沉积滩-子坝-略向初期坝逐渐降低。

(2) 库区地表水

本次勘察期间，库区地表水集中于库区西南角沉积滩处，汇水面积较小约 14187m<sup>2</sup>，深度约 0.5m~1.0m。详见勘探孔位平面示意图。

现尾矿库处于停止排尾状态，库区地表水主要以大气降水为补给来源，主要排泄方式为地下径流及排洪系统。

(3) 地下水和尾矿水腐蚀性

根据在尾矿库所取水样水质分析结果，依据《岩土工程勘察规范（2009 年版）》（GB 50021-2001）第 12 章有关规定判定：该地下水和尾矿水对混凝土结构有微腐蚀，对钢筋混凝土结构中钢筋有微腐蚀；地下水位以上土对混凝土结构有微腐蚀，对钢筋混凝土结构中钢筋有微腐蚀。

(4) 各层尾矿堆积物的渗透性

根据本次勘察资料，该尾矿库主坝部分初期坝由①<sub>1</sub>人工土组成，呈稍密至中密状态，为强透水；尾矿堆积体由②尾细砂（呈松散~密实）、②<sub>s</sub>尾粉土（呈稍密~中密）、②<sub>9</sub>尾粉质黏土为弱透水层。

总体看，该尾矿库初期坝、尾矿堆积物的渗透性较好，使该尾矿库的浸润线较低。

副坝部分，初期坝坝体为沥青混凝土面板堆石坝，后期修建的混凝土重力式副坝，均为不透水坝，致使浸润线抬高，基本呈水平状态，略向初期坝方向倾斜。水力排泄主要依靠库区西侧的回水塔经排水管排出。

表 2-1 歪头山铁矿尾矿渗透系数

岩土编号	统计项目	渗透系数（室内）kv （*10 <sup>-3</sup> cm/s）	水平渗透系数（室内）kh （*10 <sup>-3</sup> cm/s）	渗透系数（现场）k （*10 <sup>-3</sup> cm/s）
① <sub>1</sub> 人工填土	推荐值	/	/	6.0
① <sub>2</sub> 人工填土	推荐值	/	/	40.0
②尾细砂	统计个数	28	28	10
	最大值	5.1	4.5	3.77
	最小值	1.3	1.1	2.05

	平均值	3.2	2.9	2.67
	标准差	0.911	0.824	0.587
	变异系数	0.277	0.276	0.219
	修正系数	1.091	1.090	1.128
	标准值	3.5	3.2	3.02
② <sub>5</sub> 尾粉土	统计个数	11	11	/
	最大值	0.58	0.54	/
	最小值	0.26	0.24	/
	平均值	0.40	0.36	/
	标准差	0.093	0.088	/
	变异系数	0.230	0.243	/
	修正系数	1.127	1.134	/
	标准值	0.45	0.41	/
② <sub>9</sub> 尾粉质黏土	推荐值			$1.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$
③粉质黏土	推荐值			$1.2 \times 10^{-6} \text{cm/s}$

根据钻孔内所取代表性土样室内渗透试验和现场注水试验结果，将各层土的渗透系数统计于表 2-1。

地下水系属潜水类型，埋藏于亚粘土及砾砂层中，稳定水位为 0m~1.9m。地下水主要来源是靠大气降雨获得补给，因此，地下水随大气降雨的多寡而变化。

根据地质勘察报告，尾矿库所在场地未有不良地质现象。构成勘

察场地的大部分基岩为石英岩，仅在副坝坝址分布有花岗岩。从岩石的岩性和构造来看，属于弱透水和不透水，故尾矿库的基底是不漏水的。地区冻结深度为 1.2m。

### 2.3.3 场地工程地质

根据钻探资料，场地地层主要由人工土（初期坝、护坡层组成材料）、尾矿堆积物，天然地层组成。其中尾矿堆积物主要由尾细砂、尾粉砂组成。在尾矿堆积层的下部为天然地层，由粉质黏土、花岗岩（全风化、强风化、中风化）、石英岩（全风化、强风化、中风化）组成。详细地层描述如下：

①<sub>1</sub>人工填土：主要由粘性土及尾矿粉组成，局部含少量碎石，松散～稍密。分布于主坝坝坡坡面和平台上及副坝坝坡坡面和平台上。

①<sub>2</sub>人工填土：主要由碎石、沥青混凝土结构组成，稍密～密实。分布于尾矿库副坝沥青混凝土防渗斜墙的不透水堆石副坝处。

②<sub>1</sub>尾细砂：灰褐色，石英～长石质，均粒结构，局部夹极少量尾粉砂，稍湿，松散。

②<sub>2</sub>尾细砂：灰褐色，石英～长石质，均粒结构，局部夹极少量尾粉砂，稍湿～饱和，稍密。

②<sub>3</sub>尾细砂：灰褐色，石英～长石质，均粒结构，局部夹极少量尾粉砂，稍湿～饱和，中密。

②<sub>4</sub>尾细砂：灰褐色，石英～长石质，均粒结构，局部夹极少量尾粉砂，饱和，密实。

②<sub>5</sub>尾粉土：灰褐色，稍湿，稍密～中密。

②<sub>9</sub>尾粉质黏土：灰褐色，可塑，局部软塑，摇振反应无，稍有光泽，干强度中等，韧性中等。

③粉质黏土：黄褐色，可塑，局部软塑，摇振反应无，稍有光泽，干强度中等，韧性中等。

④<sub>1</sub>花岗岩（全风化）：黄褐色，全风化，原岩结构构造基本破坏，但尚可辨认，岩芯呈砂土状。

④<sub>2</sub>花岗岩（强风化）：灰黑色，强风化，隐晶质结构，块状构造，岩芯呈碎块状。

④<sub>3</sub>花岗岩（中风化）：灰黑色，中风化，隐晶质结构，块状构造，岩芯呈短柱状～柱状。

⑤<sub>1</sub>石英岩（全风化）：黄褐色，全风化，原岩结构构造基本破坏，但尚可辨认，岩芯呈砂土状。

⑤<sub>2</sub>石英岩（强风化）：褐黄色，强风化，变晶结构，块状构造，岩芯呈碎块状。

⑤<sub>3</sub>石英岩（中风化）：褐黄色，中风化，变晶结构，块状构造，岩芯呈短柱状。

上述地层的分布规律、埋藏深度及厚度详见《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》的工程地质剖面图。

## 2.4 尾矿库设计概况

### 2.4.1 库容、等别、建设标准

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库历经多次设计和建设。设计最终坝高 114.0m，最终库容  $9857 \times 10^4 \text{m}^3$ ，尾矿库最终等别为二等库，该尾矿库的防洪标准按 1000 年一遇设防。

### 2.4.2 最初设计概况

该尾矿库始建于 1970 年，设计由鞍山黑色冶金矿山设计研究院编制，该设计主要内容如下：

（1）初期坝为风化砂碾压坝，坝底标高 129.0m（180.0m）（括号内为矿山坐标，高程较 CGCS2000 坐标系、85 高程基准高 51m，下同），坝顶标高 140.9m，最大坝高 11.9m，内外坡比均为 1:2.0。堆积坝高 78.1m，采用上游式筑坝法，平均外坡比 1:5.0。

（2）主坝对面建一座沥青混凝土防渗斜墙的不透水堆石副坝，坝顶标高 221.0m。

（3）尾矿库采用溢水井-排水管型式回水及排洪。

该套排洪回水系统于 80 年代报废并进行了封堵。第二套排洪回水系统采用溢水井-隧洞的型式，包括一座框架式排洪井、一座窗口式回水井、一条回水钢管及排洪隧洞，该套系统也已报废并进行了封堵。

### 2.4.3 第一次加高设计

第一次加高设计由鞍山冶金设计研究总院于 2004 年 3 月编制完成，鞍山冶金设计研究总院出具《本钢（集团）矿业公司歪头山小西沟尾矿库加高增容工程初步设计说明书》，该次设计主要内容如下：

（1）对初期坝进行压坡处理，压坡顶标高为 149.0m。

（2）堆积坝加高 10.0m，仍采用上游式筑坝法，外坡比为 1:5。

（3）沥青混凝土副坝处采用废石一次性筑坝，坝顶标高 229.0m，顶宽 6.0m。

（4）在沥青混凝土副坝西侧新建一混凝土重力式副坝，坝顶标高为 229.0m，宽 2.0m，最大坝高约 15.0m，坝长 335.0m。设计要求在此处放矿，为降低浸润线，尾矿堆积至 221.5m 和 223.5m 时修建排渗盲沟，渗水直接通过原预留在混凝土坝内的排渗钢管排出

坝外。

(5) 新建第三套排洪回水系统，由排洪井和回水井各一座及隧洞组成。排洪井顶标高 229.0m，底标高 215.0m，高 14.0m，内径 2.5m，下接排洪竖井深 50.6m，内径 1.5m，隧洞净断面尺寸为 1.5×1.8m，为全衬砌压力隧洞，总长约 800.0m。回水井顶标高 229.0m。

#### 2.4.4 第二次加高设计

第二次加高设计由中冶北方工程技术有限公司于 2013 年 12 月编制，出具了《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库二次增容工程初步设计说明书》，主要设计内容如下：

(1) 主坝堆积坝加高 14.0m，仍采用上游式筑坝法，外坡比为 1:5；主坝东侧由于山体高度不够，从 227.0m 标高开始在库区收坡，达到 231.0m 标高后坝轴线向库内平移约 137.5m，然后再用尾矿筑坝，直到最终设计标高。

(2) 沥青混凝土副坝加高采用池填法分两期筑子坝，一期高 8m，二期高 6m，坝顶宽 8m，外坡比 1:3，内坡比 1:2，最终堆筑到 243.0m 标高，平均外坡比约为 1:4。

(3) 混凝土重力式副坝处以尾砂堆筑加高至 243.0m 标高。首先在 229.0m 标高向库区平移 5.0m 开始筑坝。由于此处距离回水井较近，直接放矿澄清距离不够，采用池填法筑宽子坝，子坝顶宽约 100m，外坡比 1:3，内坡比 1:1.5。

(4) 排洪井和回水井均在现有基础上加高 14.0m，加高后，井高 28.0m，顶标高 243.0m。

(5) 为解决主坝西部渗水问题，在渗漏范围内采用水平顶管垂直沙袋井排渗，共布置 11 根水平顶管。

(6) 将沥青混凝土副坝处原有排渗设施重新施工并沿 221.0m 平台新建一干砌块石排水沟，排水沟底宽 0.5m，顶宽 1.0m，壁厚 350mm，沟下设置排渗盲沟。

(7) 4 号砂泵站内三组渣浆泵拆除新建，泵站内管道更新；尾矿库道路上 243m 标高新路区域管道支墩新建。建设部分尾矿库上坝道路和回水井联络道路。

#### 2.4.5 增设辅助排洪系统设计

2019 年 8 月，由中冶北方（大连）工程技术有限公司出具了《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库增设辅助排洪系统方案说明书》，在现有排洪系统基础上，新增一套辅助排

洪系统。

新建辅助排洪系统由排洪井、排水管、消力池及排水明渠组成。

新建排洪井位于库区东南角，为框架式溢流井，内径 2.5m，进水标高 241.0m，顶标高 274.0m。排洪井后接排水管，断面为圆形，内径 1.2m，全长 1086.7m，出口标高 228.6m。排水管出口接消力池，尺寸为 10.6m×2.0m×2.0m。消力池后接排水明渠，将洪水排放至坝下天然河道。

#### 2.4.6 技术改造工程安全设施设计

2020 年 5 月由铜源国际工程设计研究有限公司出具了《本钢歪头山铁矿小西沟尾矿库技术改造工程安全设施设计》，对原筑坝工艺进行了优化，但不改变其最终堆积标高，主要设计内容如下：

（1）修筑两级宽顶子坝。第一级至 241.0m 标高，第二级至 243.0m 标高，每级宽顶坝分两期实施，每期宽 100m~180m，根据滩面实际标高，先堆筑较低处，确保汛期防洪安全；根据实际放矿对回水的影响，在不同区域分别采取尾砂直接填筑筑坝、池填法筑坝、渠槽法筑坝三种工艺修筑堆积坝。

（2）续建坝面排水沟。将坝面人字排水沟续建至最终堆积标高，并在 229m 标高的马道下预埋排水管，排水管入口与新建人字沟对接，出口接原人字沟，使得上下排水联通。大沟断面尺寸 0.5m×0.5m，小沟断面尺寸 0.4m×0.4m，均为浆砌石结构，壁厚 500mm，底板厚 300mm。排水管采用 Φ700mm 螺旋钢管。

（3）副坝毛石护坡。在堆积坝外坡先铺设一层 400g/m<sup>2</sup>的土工布，再在土工布上铺设 100mm 厚的碎石过渡层，最后用 300mm 厚的毛石砌护。

（4）增设辅助回水管。为辅助回水，在库区北侧增设一根 Φ800mm 的回水管，全长约 1.0km，下端连接 161.5m 标高处的静压阀门室。

（5）监测设施。在失效的监测设施一侧重新布设监测点，做法同原有监测点。在副坝 236.0m 标高处增设 1 个人工浸润线监测点，做法同原有监测点。

#### 2.4.7 技术增设地下水监测井

2023 年 6 月，本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿发出目标任务书，投资建设尾矿库地下水监测井。按照《地下水环境监测技术规范》（HJ 164-2020）4.3.3.1.2

矿山开采区尾矿库部分的规定，歪头山铁矿尾矿库监测井按上游、中游、下游三个点位设置如下：尾矿库上游（副坝）、尾矿库侧方位（歪矿炸药库）、尾矿库下游（坝下）。监测井位置由施工单位四川佳澄环保科技有限公司和建设单位现场商定。

（1）水质检测井井深 30 米，成井钻孔直径  $\Phi 108\text{mm}$ ，井管直径  $\Phi 75\text{mm}$ 。井管及滤水管选用 PVC 滤水管，直径  $\Phi 75\text{mm}$ ，圆孔式过滤器，滤眼孔径  $\Phi 4\text{mm}$ ，每周 4 孔，排距 50mm，孔距 42mm，滤眼无毛刺，质量良好。采用丝扣连接，连接口质量良好，采用 TBL10PCS 生料带止水。

（2）井顶设混凝土构筑井台，井台尺寸为 500mm（长） $\times$ 500mm（宽） $\times$ 150mm（高）。

（3）井台上不锈钢井盖，井盖直径 89mm，高出地面 60mm，采用异型锁封闭井盖。

（4）井台周围设 4 根警示柱。警示柱为直径 50mm 高 800mm 的钢管。

#### 2.4.8 矿山地质环境保护与土地复垦工程设计

2023 年 6 月，中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司提交《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿矿山地质环境保护与土地复垦工程设计》，对未复绿的堆积坝坝坡和部分滩面进行了平整复绿，尾矿库部分主要设计内容如下：

（1）治理区内因尾砂排放形成的大型尾砂坑、尾砂堆，不能直接栽植的位置，其填挖平整均有矿方负责，不计入本次工作量。对于治理区内局部存在的高差起伏，影响栽植，需进行修整，采用推土机推平平整。

（2）均复垦为灌木林地，种植沙棘，地径 5~8mm，高度 30~50cm，种植密度 4444 株/hm<sup>2</sup>，穴状整地 0.3 $\times$ 0.3 $\times$ 0.3m，种植株、行距 1.5m $\times$ 1.5m，采用“品”字形结构配置。

#### 2.4.9 在线监测系统升级

2023 年 11 月，本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿发出目标任务书，根据矿安综〔2024〕9 号文件要求，所有尾矿库在线监测系统 2024 年末前联网到国家矿山安全监察局平台的要求，对现有尾矿库在线监测系统进行更新和修复，保障联网需要，达到国家要求，提升尾矿库安全保障水平。本次增设内容为：

（1）在库区西南侧增设雨量计 1 个；

（2）在回水井附近增设库水位监测 1 个；

(3) 将副坝 229m 平台上 5 个原人工浸润线监测点升级为在线-人工共用监测点；

(4) 在副坝 233m 平台和 236m 平台各增设 1 个在线浸润线监测点，人工监测点与之结合布置。

(5) 修复原在线监测设施 1 处。

## 2.5 尾矿库现状概况

### 2.5.1 库址

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库位于歪头山镇小西沟村，库区三面环山，北侧筑主坝，南侧筑副坝。尾矿库距离选厂 2.5km 左右，尾砂输送距离较近，经济性较好。歪头山铁矿小西沟尾矿库北侧正下游 1km 即为该矿露天矿。库址不在自然保护区、风景名胜保护区、城市规划区，无公路、铁路等重要干线通过。总的来看，尾矿库周围环境良好，库址选择比较合理。

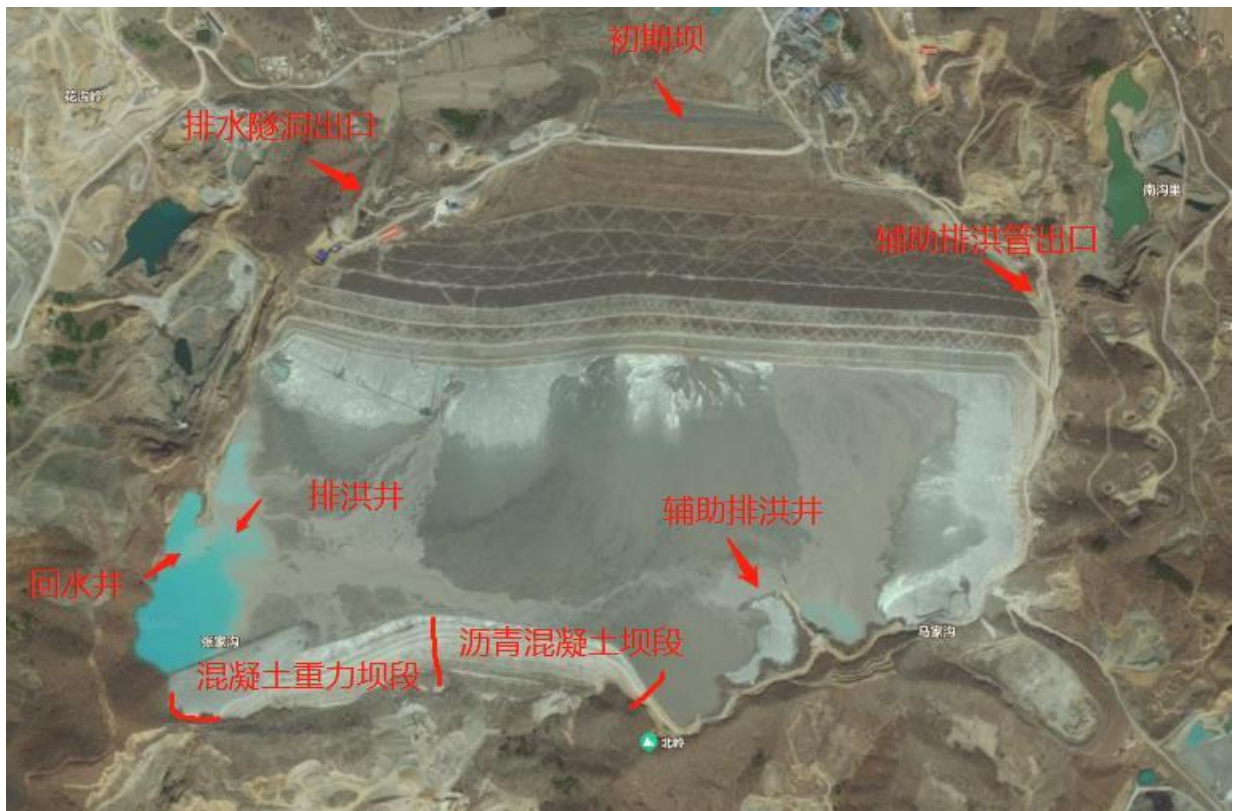


图 2-2 库址情况

### 2.5.2 库容、等别及建设标准

尾矿库现状坝顶标高 249.61m，最大坝高 120.61m，总库容约  $9958 \times 10^4 \text{m}^3$ ，为二等

库，二等库时防洪标准按 1000 年一遇设防。

### 2.5.3 尾矿坝

#### （1）主坝

主坝初期坝为风化砂碾压坝，坝底标高 129.0m，最大坝高 11.9m。初期坝外侧进行了压坡，压坡顶标高为 149.0m，现状坝高 20.0m。坝顶长约 470m，宽 4.0m，外坡比 1:2.5。坝体外坡采用干砌块石护坡。

主坝堆积坝采用水力冲击筑坝，坝前多管分散放矿。现状坝顶最大标高 249.61m，最大堆积坝高 100.61m，平均外坡比为 1:50，总坝高 120.61m。坝面设纵横向排水沟，坝肩设截洪沟，坝面铺设反滤层，并种植沙棘进行绿化。

主坝处滩顶标高 242.06m~249.61m，西侧干滩坡度相对较陡，东侧干滩坡度较缓，整个沉积滩呈现由东北向西南倾斜的状态，水区集中在库区西南角。西侧干滩长度最短约 404.21m，平均干滩坡度 0.47%；东侧干滩长度最长约 1747.90m，平均干滩坡度 0.32%。

#### （2）沥青混凝土副坝

主坝对面建有一座沥青混凝土防渗斜墙的不透水堆石副坝，地基标高 207.0m 左右，坝顶标高 221.0m，最大坝高 14.0m，其上采用废石一次性筑坝至 229.0m，坡比 1:2。

229.0m 标高上加高采用池填法尾砂筑坝，现已堆筑 3 级子坝，堆积坝高 11m，平均外坡比 1:4，外坡采用块石护坡，坝顶标高 240.0m。

副坝 240.0m 标高以上采取堆筑宽顶坝的方式，筑坝方法采用池填法，宽顶坝的堆筑分两级实施，第一级至 241.0m 标高，第二级至 243.0m 标高，每级宽顶坝分两期实施，外侧坝顶标高 241.0m，内侧坝顶标高 240.0m。宽顶坝外坡比 1:3，内坡比 1:2。二级宽顶坝外侧坝顶标高 243.0m，内侧坝顶标高 242.0m，宽顶坝外坡比 1:3，内坡比 1:2。现最高处已堆筑至 244.98m 标高，堆积坝高 15.98m，平均外坡缓于 1:4，外坡采用块石护坡。滩顶标高 243.906m~244.98m。坝前干滩长度最短约 590.7m，平均干滩坡度 0.63%。

在沥青混凝土副坝 221.0m 标高设置一干砌块石排水沟。干砌块石排水沟底宽 0.5m，顶宽 1m，壁厚 350mm。沟下设置排渗盲沟。

#### （3）混凝土重力式副坝

沥青混凝土副坝西侧建有一座混凝土重力式副坝，坝顶标高 229.0m，最大坝高 15.0m。

229.0m 标高以上加高采用池填法尾砂筑坝，现已堆筑 3 级子坝，堆积坝高 11m，平均外坡比 1:4，外坡采用块石护坡，坝顶标高 240.0m。

副坝 240.0m 标高以上采取堆筑宽顶坝的方式，筑坝方法采用池填法，宽顶坝的堆筑分两级实施，第一级至 241.0m 标高，第二级至 243.0m 标高，每级宽顶坝分两期实施，外侧坝顶标高 241.0m，内侧坝顶标高 240.0m。宽顶坝外坡比 1:3，内坡比 1:2。二级宽顶坝外侧坝顶标高 243.0m，内侧坝顶标高 242.0m，宽顶坝外坡比 1:3，内坡比 1:2。现最高处已堆筑至 245.53m 标高，堆积坝高 16.53m，平均外坡比缓于 1:4，外坡采用块石护坡。滩顶标高 243.09m~245.53m。坝前干滩长度最短约 301.1m，平均干滩坡度 0.97%。

在混凝土重力式副坝上游侧 222.5m 和 224.5m 设置排渗盲沟，渗水直接通过原预留在混凝土坝内的排渗钢管排出坝外。



图 2-3 主坝外坡



图 2-4 主坝坝顶



图 2-5 坝间排水沟

#### 2.5.4 防排洪设施

现状主排洪系统为泄洪排水井-排水管-排洪竖井-排洪隧洞的型式，该排洪系统于2004年建设，2012年对泄洪排水井进行加高。泄洪排水井位于库区西南角，进水标高215.0m，顶标高243.0m，内径2.5m，下接排水管、竖井、排洪隧洞。排水管为钢筋混凝土结构，排洪竖井深50.6m，内径1.5m。排洪隧洞为圆拱直墙式，净断面尺寸1.5m×1.8m，采用全衬砌压力隧洞，全长约800m，出口标高162.5m。

同时在库区东南角设有一套辅助排洪系统，于2019年10月通过竣工验收。该排洪系统采用排洪井-排水管的型式。排洪井进水标高241.0m，顶标高274.0m，内径2.5m。排水管为圆形断面，内径1.2m，全长1086.7m，出口标高228.7m，后接消力池和排水明渠。

#### 2.5.5 排渗设施

在主坝153.0m平台和163.0m平台分别布置水平顶管垂直沙袋井排渗；在178.0m标高和203.0m标高布置水平排渗盲沟；在主坝西部187.0m标高范围内采用水平垂直沙袋井排渗，共布置11根水平顶管。

在沥青混凝土副坝221.0m标高设置水平排渗盲沟。

在混凝土重力式副坝上游侧222.5m和224.5m设置排渗盲沟，渗水直接通过原预留在混凝土坝内的排渗钢管排出坝外。

尾矿坝共设七期排渗设施，一期为1080m水平自流排渗；二期为1560m水平排渗；三期为23组垂直水平联合自流排渗；四期为17组垂直水平联合自流排渗；五期为26组垂直水平联合自流排渗；六期为6组垂直水平联合自流排渗；七期为11组垂直水平联合自流排渗；目前，各期排渗设施运行良好。

#### 2.5.6 安全监测

小西沟尾矿库安全监测系统采用人工观测和在线监测相结合的方式。

##### （1）浸润线监测

主坝：现有16个在线浸润线监测点和29个人工浸润线监测点（其中有3个监测孔已经无法使用）；

副坝：236.0m高程现有2个在线浸润线监测点和2个人工浸润线监测点；233.0m

高程现有 1 个在线浸润线监测点和 1 个人工浸润线监测点；229.0m 高程现有 5 个在线浸润线监测点和 5 个人工浸润线监测点。

根据辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司于 2025 年 8 月编制的《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》，勘察期间，各坝体的浸润线埋深情况如下：

尾矿库主坝浸润线的埋深在 5.00m~30.2m 之间，相应标高为 114.04m~217.49m 之间，坝体浸润线总体由沉积滩-子坝-初期坝逐渐降低。副坝浸润线的埋深在 22.70m~30.50m 之间，相应标高为 204.51m~212.85m 之间。坝体浸润线基本由沉积滩-子坝-略向初期坝逐渐降低。

#### （2）位移监测

主坝有 44 个在线表面位移监测点和 8 个人工表面位移监测点。在 181m 平台上设有 1 处内部位移监测点。

#### （3）库水位监测

在回水井附近有库水位监测点 1 个。

#### （4）雨量监测

在库区西南侧现有雨量计 1 个。

#### （5）在尾矿库的上游、侧面和下游各设有 1 口环保监测井。

### 2.5.7 辅助设施

#### （1）交通道路

该尾矿库上坝道路畅通，在主坝右侧上坝，道路宽约 9.0m，环绕尾矿库有巡视道路，道路可通至尾矿坝坝顶、管理站、库内排洪系统，可达到巡视库区、排洪设施的目的，道路路面均平整、畅通，满足库区巡视、上坝等要求。

#### （2）通讯设施

管理站位于坝体右侧稳固山体上，上坝道路外侧，站内设固定电话，管理人员与值班人员配备有移动通讯设备，能够确保通讯畅通。

#### （3）坝上照明

在尾矿坝坝顶设有电杆照明设施，间隔 30m 一根，能够满足夜间巡视检查及应急抢险的要求。



图 2-5 坝上应急库（右）和值班室（左）



图 2-6 环库道路

### 2.5.8 个人安全防护

尾矿库作业人员配备了救生衣、安全绳、水靴、手电筒、绝缘手套、帆布手套、安全帽、雨衣、工作服等劳保用品。

### 2.5.9 安全标志

为防止外来人员误入尾矿库内，在尾矿库周边和易发生危险位置设有安全警示标志，库区内未见重大隐患判定、六十条措施、举报奖励公示等标志牌。

### 2.5.10 安全管理

#### （1）企业证照

本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司歪头山铁矿有本溪市市场监督管理局高新技术开发区分局核发的《营业执照》；有效期：1999年04月19日至无固定期限；其尾矿库有辽宁省应急管理厅核发的《安全生产许可证》，有效期：2020年12月26日至2023年12月25日。

#### （2）主要负责人、安全管理机构、安全管理人员

本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库配备了主要负责人，取得辽宁省应急管理厅安全生产知识和管理能力考核合格证。

本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库成立了安全生产管理机构，以文件歪矿政发〔2025〕102号形式下发，其中尾矿库专职安全管理人员4人，含1名注册安全工程师。安全管理人员持证情况如下：

表 2-2 尾矿库安全管理人员持证情况

序号	姓名	行业类别	人员类型	证书编号	证书有效期
1	张荣富	金属非金属矿山 (露天矿山)	主要负责人	232126198107201639	2024.07.01~2027.06.30
2	齐彬	金属非金属矿山 安全	注册安全工 程师	21180197189	至 2026.10.31
3	齐彬	金属非金属矿山 (露天矿山)	安全生产管 理人员	210503197908283619	2023.12.13~2026.12.12
4	杨振兰	金属非金属矿山 (露天矿山)	安全生产管 理人员	150430197510033641	2023.12.13~2026.12.12
5	常印	金属非金属矿山 (露天矿山)	安全生产管 理人员	210503197209113311	2023.11.03~2026.11.02

6	杨卓诚	金属非金属矿山 (露天矿山)	安全生产管 理人员	210703199701132610	2023.04.03~2026.04.02
---	-----	-------------------	--------------	--------------------	-----------------------

(3) 技术管理机构、技术管理人员及特种作业人员

成立了技术管理机构，以文件歪矿政发〔2024〕40号形式下发，尾矿库配备了3名技术管理人员，选矿专业高级工程师1人、工程师1人，给排水专业工程师1人。

小西沟尾矿库配备了特种作业人员，其中低压电工2人、焊工2人、尾矿工4人，均持证上岗。特种作业人员持证情况如下：

表 2-3 尾矿库特种作业人员持证情况

序号	姓名	作业类别	操作项目	证书编号	证书有效期
1	富荣国	电工作业	高压电工	T210503196705123610	2022.08.01~2027.05.12
2	庞良	电工作业	高压电工	T210503197307083611	2019.11.04~2025.11.04
3	张万搏	焊接与热切割 作业	熔化焊接与热 切割作业	T210503197902063615	2020.10.09~2026.10.08
4	姜珺	焊接与热切割 作业	熔化焊接与热 切割作业	T210503197808113639	2023.06.05~2029.06.04
5	张文革	金属非金属矿 山安全作业	尾矿作业	T210504196705041339	2020.11.03~2026.11.02
6	吴宏辉	金属非金属矿 山安全作业	尾矿作业	T210504196803121076	2023.06.26~2028.03.12
7	宋义	金属非金属矿 山安全作业	尾矿作业	T21050319701014361X	2023.06.26~2029.06.25
8	那业明	金属非金属矿 山安全作业	尾矿作业	T210504197310181614	2023.06.26~2029.06.25

(4) 安全生产责任制、安全管理制度及安全操作规程

企业编制有全员安全生产责任制，安全生产规章制度及安全规程，相关责任制、制度及操作规程较为齐全。安全责任制主要包含矿领导安全生产职责、矿职能部门安全生产职责、作业区安全生产职责、班组、岗位安全生产职责的安全生产责任制。安全管理制度主要包括安全生产检查制度、重大危险源管理制度、安全教育培训管理办法、工伤事故应急救援管理规定等管理制度。安全操作规程包含尾矿库工安全操作规程、电工安全操作规程、砂泵工安全操作规程等。

(5) 生产安全事故应急预案

企业修订更新了《生产安全事故综合应急预案》《尾矿库事故专项应急预案》等预案，成立歪头山铁矿矿山救护队，配备有齐全的应急物资，应急预案已于2023年10月

18日在辽宁省应急管理厅备案，制定了应急演练计划，于2025年5月16日进行了小西沟尾矿库专项应急预案演练、2025年5月16日进行了小西沟尾矿库地震和极端天气洪水漫顶实战应急演练方案，存有演练总结评估。

（6）安全投入、工伤保险、安全生产责任险

企业根据《企业安全生产费用提取和使用管理办法》（财资〔2022〕136号）制定了2025年安措费提取和使用计划，并按计划进行落实。

企业为员工缴纳了工伤保险及安全生产责任险。

（7）双重预防机制建设、安全生产标准化

企业编制《本钢集团矿业有限责任公司歪头山铁矿安全风险分级管控及隐患排查治理双重预防机制实施细则》完成了小西沟尾矿库安全风险分级管控及隐患排查治理双重预防机制的建设，制定了风险分级管控清单，按照风险等级确定责任单位及责任人，落实防控措施，定期进行隐患排查。

小西沟尾矿库于2024年对尾矿库进行安全生产标准化复评，2024年10月16日取得辽宁省安全生产协会下发的二级安全生产标准化证书。

（8）尾矿库调洪演算、安全性复核报告、隐蔽致灾普查报告

2025年5月委托中冶沈勘工程技术有限公司出具《本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库2025年汛期调洪演算》，对尾矿库的防洪能力进行复核，通过计算，本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库现状防洪能力满足要求。

2025年8月委托中冶天工集团有限公司出具《本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库安全性复核报告》，分析了现状标高渗流及坝体静动力稳定性分析，主要结论如下：

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库排洪系统运行良好，监测设施布置满足设计要求。

通过对小西沟尾矿库现状的防洪安全及边坡稳定性安全分析论证，防排洪系统和坝体稳定性分别进行了安全性复核，计算结果可满足安全要求，但总坝高已超出设计要求5m，本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿应严格按照设计文件要求，实施尾矿库的安全管理。

2025年8月委托中勘冶金勘察设计院有限责任公司出具《本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿隐蔽致灾因素普查报告（小西沟尾矿库）》，对小西沟尾

矿库隐蔽致灾因素进行分析。

（9）其他

建立了职工健康档案；按规定为从业人员配备了符合国家标准或行业标准的劳动保护用品，并能督促员工上岗使用，有劳动用品发放记录。

能按期召开安全会议，定期进行安全检查，对存在的隐患进行整改，能够进行安全教育培训，定期对职工进行考核，定期对尾矿库进行巡回检查，并有相关记录。

### 3. 评价单元划分与评价方法选择

#### 3.1 评价单元划分

安全评价是以实现系统安全为目的，应用安全系统工程原理和方法，对系统中存在的危险、有害因素进行辨识和分析，判断系统发生事故和职业危害的可能性及其危害程度，从而为制定防范措施和管理决策提供科学依据。根据该尾矿库的特点，本次安全现状评价单元划分如下：

- (1) 周边环境单元
- (2) 尾矿坝单元
- (3) 排洪系统单元
- (4) 排渗设施单元
- (5) 安全监测设施单元
- (6) 辅助设施单元
- (7) 个人安全防护单元
- (8) 安全标志单元
- (9) 企业安全管理单元
- (10) 重大事故隐患判定单元

#### 3.2 评价方法选择

丹东青城子矿业有限公司双顶沟尾矿库存在的危险、有害因素既具有尾矿库的共性，也有其固有的特殊性和重点。针对实际情况和危险、有害因素性质，本次安全评价选用安全检查表法和定量分析法。

##### (1) 安全检查表法

安全检查表法是定性的安全评价方法，可用于评价项目的任何时期。通过对检查对象进行详细调查研究和全面分析，所制定出来的安全检查表比较系统、完善，能包括控制事故发生各种因素，可避免检查过程中的走过场和盲目性，从而提高安全检查工作的效果和质量。

安全检查表法有如下优点：

①安全检查表示是根据法律、法规、安全技术规程和标准制定的，因此检查目的明确，内容具体，易于实现安全要求。

②安全检查表对所拟定的检查项目进行逐项检查的过程，也是对系统危险因素辨识、评价和制定出措施的过程，既能准确地查出隐患，又能得出确切的结论，从而保证了有关法规的全面落实。

③安全检查表是与有关责任人紧密相联系的，所以易于推行安全生产责任制，检查后能够做到事故清、责任明、整改措施落实快。

④安全检查表使用起来简单易行，易于安全管理人员和广大职工掌握和接受，可经常自我检查。

### （2）定量分析法

按照国家和行业技术规范标准的相关规定，利用经验公式或理论计算公式，根据设施的相关技术参数进行校验计算，得出项目安全设施是否满足安全生产的要求，进一步提出安全对策措施。

## 3.3 各评价单元采用的评价方法

本《安全现状评价报告》根据该尾矿库特点、尾矿库生产系统划分为 10 个评价单元，采用了多种评价方法，具体情况如下表所示。

表 3-1 各评价单元采用的评价方法一览表

序号	评价单元	评价方法	
		安全检查表法	定量分析法
1	周边环境单元	√	
2	尾矿坝单元	√	√
3	排洪系统单元	√	√
4	排渗设施单元	√	
5	安全监测设施单元	√	
6	辅助设施单元	√	

7	个人安全防护单元	√	
8	安全标志单元	√	
9	企业安全管理单元	√	
10	重大事故隐患判定单元	√	

## 4. 定性定量评价

### 4.1 周边环境单元

#### 4.1.1 周边环境检查

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库周边环境单元进行符合性评价，详见表 4-1。

表 4-1 库址与周边环境安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	不得设在风景名胜区、自然保护区、引用水源保护区。	《尾矿设施设计规范》第 3.1.1 条	该项目库址周边无风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区。	符合
2	不得设在国家法律禁止的矿产开采区域。	《尾矿设施设计规范》第 3.1.1 条	库区范围内无有工业价值的油气及固体矿产资源，不属于国家法律禁止的矿产开采区域。	符合
3	不宜位于大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地和大型居民区上游。	《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条	库址不在自然保护区、风景名胜保护区、城市规划区，无公路、铁路等重要干线通过。	符合
4	不宜位于居民集中区主导风向的上风侧。	《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条	不位于居民集中区主导风向的上风侧。	符合
5	不宜位于有开采价值的矿床上面。	《尾矿设施设计规范》第 3.1.2 条	库区范围内无有工业价值的油气及固体矿产资源。	符合
6	尾矿坝上和尾矿库区不得建设与尾矿库运行无关的建、构筑物。	《尾矿库安全规程》第 6.8.1 条	尾矿坝上和尾矿库区无与尾矿库运行无关的建、构筑物。	符合
7	尾矿坝上和对尾矿库产生安全影响的区域不得进行乱采、滥挖和非法爆破等违规作业。	《尾矿库安全规程》第 6.8.2 条	尾矿坝上和对尾矿库产生安全影响的区域无乱采、滥挖和非法爆破等违规作业。	符合

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
8	尾矿库库区安全检查主要内容应包括周边山体稳定性，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》第 9.5.1 条	尾矿库周边没有出现山体滑坡、塌方和泥石流等情况。	符合
9	周边山体不得存在山体滑坡、塌方和泥石流等情况。	《尾矿库安全规程》第 9.5.2 条	尾矿库周边没有出现山体滑坡、塌方和泥石流等情况。	符合
10	库区范围内不得进行危及尾矿库安全的行为，主要包括违章爆破、采石和建筑，尾矿回采、取水，外来尾矿、废水和废弃物排入，放牧和开垦等。	《尾矿库安全规程》第 9.5.3 条	库区范围内无违章爆破、采石和建筑，尾矿回采、取水，外来尾矿、废水和废弃物排入，放牧和开垦等危及尾矿库安全的行为。	符合

采用安全检查表对尾矿库周边环境进行了 10 项检查，均符合要求。检查结果表明：尾矿库库区内未发现发生大面积滑坡、塌方及泥石流迹象，库区边坡整体稳定性较好；库区范围内无违章爆破、采石、放牧、取土等危及尾矿库安全的行为，尾矿库周边环境符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定，具备闭库条件。

#### 4.1.2 周边环境主要危险、有害因素辨识与分析

由工程勘察报告可知，本项目不存在崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面塌陷、地面沉降等地质灾害，周边环境主要危险、有害因素有地震、严寒冰冻、暴风、暴雨、雷击。

##### （1）地震

地震是危害较大的自然现象，地震将对建构筑物有极大的破坏，可造成坝体变形、坍塌、滑坡、裂缝，排洪构筑物坍塌、损毁，导致尾矿库整体安全性降低，有可能诱发溃坝事故。该尾矿库所在地区地震设防烈度为 7 度，尾矿库抗震等级满足要求，但仍需做好防震抗震工作。

##### （2）严寒冰冻

尾矿库闭库后，巡查人员在寒冷的环境中巡查，如果劳动防护不好，容易冻伤手脚，轻则红肿疼痛，重则可能造成终身残疾。

低温可导致堆积坝冻结，形成冻土。堆积坝冻土分为表层冻土和深层冻土，表层冻

土指的是在当地最大冻土深度以上的冻土，深层冻土是指在浸润线以下（一般浸润线深度大于当地最大冻土深度）的冻土。冻土会造成冻结时冻胀、融化时土体融陷，进而给尾矿库安全带来一系列问题。

#### ①坝体浸润线升高

表层冻土在春季或是气温较高的时候，因冻结的冰融化，而润湿原表层冻结层尾砂，导致表层较潮湿。深层冻土位于堆积坝内，为略向上游微倾的冰冻层，相当于不透水的隔水层，其上部来的渗流水流至此层时，受此冰冻层的阻隔，无法继续下渗，被迫转为水平渗流，直至此冰冻层下游侧边缘才能下渗，导致浸润线大幅提升。同时，由于深层冻土层隔水作用，不论是垂直排渗还是水平排渗，都因为受水平冰冻层隔水作用，很难形成垂直降水漏斗，该尾矿库未设置排渗设施，可能导致堆积坝浸润线升高。

#### ②坝体稳定性降低

冻土层存在，提升了浸润线，必然会降低坝体稳定性。再者，深层冰冻层在坝坡附近时，可导致坝坡长期渗水沼泽化，冻土解冻可能出现流水甚至局部滑移。春暖来临时，表层冻土融化快，冰晶析水导致上部来水量大，而此时深层冻土融化慢且基本不透水，导致冻土上游水位上升快，渗透坡降增大，容易造成流土等渗流破坏，甚至导致坝体失稳。深层冻土因受地热传递而温度升高，同时在长期高压下，深层冻土会融化，融化的冰冻层强度急剧降低，可能会导致坝体失稳。

#### ③降低抗渗强度

尾砂冻结时，水分冻结成冰，导致体积膨胀，尾砂间空隙胀大。当冻土融化时，由于尾砂的渗透性差，水不能及时下渗，融化开始时，尾砂悬浮在水中，在水下渗后，尾砂空隙较大，呈松散状态，抗渗强度降低，甚至形成流土或管涌。

#### ④破坏构筑物

土体在冻结时由于土中水冻结成冰与周围迁移来的水冻结产生体积膨胀，土体冻胀会使排水管隆起、脱节甚至裂缝，排水管两侧冻胀不均匀时可使管线弯曲、偏斜。土体冻胀不均匀可导致排水设施偏斜甚至倒塌。冻土在融化时强度降低，会产生大的沉降变形，如果排水设施等构筑物基础在冻土层内，构筑物产生沉降变形，产生不均匀沉降会导致构筑物裂缝甚至破坏。

企业为作业人员配发了劳动防护用品，不会造成冻伤。根据岩土工程勘察报告，排水构筑物基础未设置在冻土层内，尾矿坝内无永冻层。

(3) 暴风

尾矿库粉尘主要产生于干滩表面和坝体坡面。当缺乏有效的湿润措施时，因尾矿粒度细，当缺乏有效的湿润措施，表面干化遇大风易形成扬尘；坝体坡面如缺少防护，则坡面尾矿遇大风也易形成扬尘；若不采取有效措施，将严重污染工作环境和大气，对人体有较大危害。

(4) 暴雨

暴雨可以形成洪水，洪水自然危害是影响尾矿库安全的主要因素之一，特别是发生超过设计防洪标准的暴雨，会导致尾矿库内水位猛涨，洪水不能及时排出造成洪水漫坝、溃坝事故；降雨会提高坝体的浸润线，导致坝体浸润线升高超过设计限值，甚至使坝面含水饱和，降低坝体抗滑稳定性，导致坝体浸润线升高超过设计限值，甚至使坝面含水饱和，降低坝体抗滑稳定性，引发坝坡滑塌事故；暴雨能引起坝面冲刷拉沟，破坏坝体的整体性和稳定性

(5) 滑坡

库区周边山体滑坡可能冲击排洪构筑物，造成排洪构筑物损坏；淤积排洪设施入口，影响排洪系统的泄流能力；侵占调洪库容，导致防洪能力不足。根据现场检查及勘察报告可知，库区未发现滑坡地质灾害，发生滑坡的可能性较小。

(6) 雷击

电气设备存在遭受雷击的危险，雷击可造成人员伤亡，设备设施及建筑物的损坏。

4.2 尾矿坝单元

4.2.1 初期坝

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库尾矿坝单元进行符合性评价，详见表 4-2。

表 4-2 尾矿库初期坝安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	尾矿坝应满足静力、动力稳定要求，坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于《尾矿库安全规程》	《尾矿库安全规程》 第 5.3.16 条	通过查阅资料，企业委托中冶天工集团有限公司编制了安全性复核报告，报告中	符合

	表 7 规定的数值，位于地震区的尾矿库，尾矿坝应采取可靠的抗震措施。		对坝体进行了动、静力稳定计算，坝体稳定性满足规范要求。	
2	坝外坡面维护工作应按设计要求进行，尾矿坝下游坡面上不得有积水坑。坝体出现冲沟、裂缝、塌坑等现象时，应及时处理。	《尾矿库安全规程》 第 6.3.11 条	尾矿坝下游坡面无积水坑，坝体无冲沟、裂缝、塌坑等现象，坝外坡采用干砌石护坡。	符合
3	坝的位移量变化应均衡，无突变现象，且应逐年减小。当位移量变化出现突变或有增大趋势时，应查明原因，妥善处理。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.3 条	根据企业提供的尾矿库位移监测记录，初期坝位移量变化均衡，无突变现象，位移量逐渐减小，已趋于稳定，变化趋势符合一般规律。	符合
4	坝体有无纵、横向裂缝。坝体出现裂缝时，应查明裂缝的长度、宽度、深度、走向、形态和成因，判定危害程度，妥善处理。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.4 条	经现场踏勘，坝体未发现纵、横向裂缝。	符合
5	坝体是否出现滑坡。坝体出现滑坡迹象时，应查明潜在滑坡位置、范围和形态以及滑坡的动态趋势。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.4 条	经现场踏勘及查阅勘察报告，坝体未出现滑坡现象，未发现有滑坡迹象。	符合
6	坝体外坡及下游是否有渗漏出逸点。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.5 条	经现场踏勘，坝体外坡未发现有渗漏出逸点。	符合
7	坝体型式、结构尺寸等是否与安全设施设计相符。	设计文件	现状初期坝型式、结构尺寸介绍详见 2.5.3 章节，均与安全设施设计相符。	符合

采用安全检查表对初期坝进行了 7 项检查，均符合要求。检查结果表明：现状初期坝坝体结构完好，轮廓尺寸符合设计要求，无渗漏、管涌、沼泽化、裂缝和滑坡现象，坡面护坡良好，坝体抗滑稳定性满足要求。初期坝符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定，具备闭库条件。

4.2.2 堆积坝检查

表 4-3 尾矿库堆积坝安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	尾矿坝应满足静力、动力稳定要求，坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于《尾矿库安全规程》表 7 规定的数值，位于地震区的尾矿库，尾矿坝应采取可靠的抗震措施。	《尾矿库安全规程》 第 5.3.16 条	通过查阅资料，企业委托中冶天工集团有限公司编制了安全性复核报告，报告中对坝体进行了动、静力稳定计算，坝体稳定性满足规范要求。	符合
2	一等及二等采用尾矿堆坝的尾矿库，应在尾矿坝堆至 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，安全性复核应由设计单位根据勘察结果完成。	《尾矿库安全规程》 第 6.1.9 条	该尾矿库已超过最终设计总坝高，委托中冶天工集团有限公司进行了尾矿坝安全性复核，安全性复核根据现状坝体勘察完成。	符合
3	子坝及后期坝体堆筑前应进行岸坡处理，将树木、树根、草皮、坟墓及其他构筑物全部清除，清除杂物不得就地堆积，应运到库外。若遇到泉眼、水井、地道、溶洞或洞穴等，应按设计要求处理。	《尾矿库安全规程》 第 6.3.2 条	子坝堆筑前均对岸坡进行了处理。	符合
4	湿式尾矿库尾矿排放应满足下列要求： 1.应按设计要求排放尾矿，滩顶高程应满足生产、防汛、冬季放矿和回水要求； 2.矿浆排放不得冲刷初期坝或子坝，不得发生矿浆沿子坝上	《尾矿库安全规程》 第 6.3.3 条	根据现场踏勘、查阅调洪演算报告可知： 1.现场设计要求在坝前均匀分散放矿，滩顶高程能够满足防洪、回水等要求； 2.该尾矿库已超设计坝高及库容，准备进行闭库工	符合

	<p>游坡脚流动冲刷坝体；</p> <p>3.排放口的间距、位置、开放的数量和时间等应按设计要求和作业计划进行操作，并做好放矿记录。</p>		<p>作；</p> <p>3.进行闭库工作，未进行放矿。</p>	
5	<p>采用尾矿堆坝的湿式尾矿库尾矿排放还应满足下列要求：</p> <p>1.应在坝前均匀、分散排放，维持滩面均匀上升，滩面不得出现侧坡、扇形坡或细颗粒尾矿大量集中沉积于某端、某侧；</p> <p>2.坝顶及沉积滩面应均匀平整，沉积滩长及滩顶最低高程应满足防洪设计要求；</p> <p>3.尾矿滩面上不得有积水坑。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 6.3.4 条</p>	<p>根据现场踏勘、查阅现状图及调洪演算可知：</p> <p>1.现场在坝前均匀、分散放矿，滩面平整，无偏滩及扇形滩面；</p> <p>2.坝顶及沉积滩面均匀平整，沉积滩长及滩顶高程能够满足防洪要求；</p> <p>3.尾矿滩面上不存在积水坑。</p>	符合
6	<p>湿式尾矿库的子坝及后期坝体堆筑应满足下列要求：</p> <p>1.尾矿坝堆积坡比应满足设计要求；</p> <p>2.每期子坝的轴线位置、坝体长度、坝体高度、坝顶宽度、内外坡比等剖面尺寸应满足设计要求。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 6.3.5 条 《设计》</p>	<p>根据现场踏勘、查阅现状图纸可知：</p> <p>1.尾矿堆积坝设计平均坡比约 1:5.0，现状尾矿坝外坡平均坡比约为 1:5.0，满足设计要求。</p> <p>2.设计坝顶标高 243m、现状坝最大顶标高 249.61m 不满足设计要求。</p>	不符合
7	<p>坝外坡面维护工作应按设计要求进行，尾矿坝下游坡面上不得有积水坑。坝体出现冲沟、裂缝、塌坑等现象时，应及时处理。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 6.3.11 条</p>	<p>尾矿坝下游坡面无积水坑，坝体无冲沟、裂缝、塌坑等现象。</p>	符合
8	<p>坝的位移量变化应均衡，无突变现象，且应逐年减小。当位移量变化出现突变或有增大趋势时，应查明原因，妥善处理。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 9.3.3 条</p>	<p>根据企业提供的尾矿库位移监测记录，坝体位移量变化均衡，无突变现象，位移量逐渐减小，已趋于稳定，变化趋势符合一般规律。</p>	符合

9	坝体有无纵、横向裂缝。坝体出现裂缝时，应查明裂缝的长度、宽度、深度、走向、形态和成因，判定危害程度，妥善处理。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.4 条	经现场踏勘，坝体未发现纵、横向裂缝。	符合
10	坝体是否出现滑坡。坝体出现滑坡迹象时，应查明潜在滑坡位置、范围和形态以及滑坡的动态趋势。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.4 条	经现场踏勘，坝体未出现滑坡现象，未发现有滑坡迹象。	符合
11	坝体外坡及下游是否有渗漏出逸点。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.5 条	经现场踏勘，坝体外坡未发现有渗漏出逸点。	符合
12	坝肩截水沟和坝坡排水沟断面尺寸是否与设计相符，是否存在衬砌变形、破损、断裂和磨蚀，沟内是否淤堵，沿线山体是否稳定。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.6 条	坝肩截水沟和坝坡排水沟断面尺寸与设计相符，未发现衬砌变形、破损、断裂和磨蚀现象，但部分沟内有杂物。	闭库前清理杂物
13	坝体型式、结构尺寸等是否与安全设施设计相符。	《设计》	通过查阅现状实测图纸，堆积坝坝体型式、结构尺寸介绍详见 2.5.3 章节，堆积坝已超高与设计不符。	不符合

采用安全检查表对堆积坝进行了 13 项检查，11 项符合要求，2 项不符合要求。检查结果表明：尾矿堆积坝现状坝体高度高于设计坝高；坝肩截水沟和坝坡排水沟部分沟内有杂物，坝体抗滑稳定性满足要求，需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

#### 4.2.3 副坝检查

表 4-4 尾矿库副坝安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	尾矿坝应满足静力、动力稳定要求，坝坡抗滑稳定的安全系数不应小于《尾矿库安全规程》表 7 规定的数值，位于地震区	《尾矿库安全规程》 第 5.3.16 条	通过查阅资料，企业委托中冶天工集团有限公司编制了安全性复核报告，报告中对坝体进行了动、静力稳定	符合

	的尾矿库，尾矿坝应采取可靠的抗震措施。		计算，坝体稳定性满足规范要求。	
2	一等及二等采用尾矿堆坝的尾矿库，应在尾矿坝堆至 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，安全性复核应由设计单位根据勘察结果完成。	《尾矿库安全规程》 第 6.1.9 条	该尾矿库已超过最终设计总坝高，委托中冶天工集团有限公司进行了尾矿坝安全性复核，安全性复核根据现状坝体勘察完成。	符合
3	子坝及后期坝体堆筑前应进行岸坡处理，将树木、树根、草皮、坟墓及其他构筑物全部清除，清除杂物不得就地堆积，应运到库外。若遇到泉眼、水井、地道、溶洞或洞穴等，应按设计要求处理。	《尾矿库安全规程》 第 6.3.2 条	子坝堆筑前均对岸坡进行了处理。	符合
4	湿式尾矿库尾矿排放应满足下列要求： 4.应按设计要求排放尾矿，滩顶高程应满足生产、防汛、冬季放矿和回水要求； 5.矿浆排放不得冲刷初期坝或子坝，不得发生矿浆沿子坝上游坡脚流动冲刷坝体； 6.排放口的间距、位置、开放的数量和时间等应按设计要求和作业计划进行操作，并做好放矿记录。	《尾矿库安全规程》 第 6.3.3 条	根据现场踏勘、查阅调洪演算报告可知： 4.现场设计要求在坝前均匀分散放矿，滩顶高程能够满足防洪、回水等要求； 5.该尾矿库已超设计坝高及库容，准备进行闭库工作； 6.进行闭库工作，未进行放矿。	符合
5	采用尾矿堆坝的湿式尾矿库尾矿排放还应满足下列要求： 4.应在坝前均匀、分散排放，	《尾矿库安全规程》 第 6.3.4 条	根据现场踏勘、查阅现状图及调洪演算可知： 4.现场在坝前均匀、分散放	符合

	<p>维持滩面均匀上升，滩面不得出现侧坡、扇形坡或细颗粒尾矿大量集中沉积于某端、某侧；</p> <p>5.坝顶及沉积滩面应均匀平整，沉积滩长及滩顶最低高程应满足防洪设计要求；</p> <p>6.尾矿滩面上不得有积水坑。</p>		<p>矿，滩面平整，无偏滩及扇形滩面；</p> <p>5.坝顶及沉积滩面均匀平整，沉积滩长及滩顶高程能够满足防洪要求；</p> <p>6.尾矿滩面上不存在积水坑。</p>	
6	<p>湿式尾矿库的子坝及后期坝体堆筑应满足下列要求：</p> <p>3.尾矿坝堆积坡比应满足设计要求；</p> <p>4.每期子坝的轴线位置、坝体长度、坝体高度、坝顶宽度、内外坡比等剖面尺寸应满足设计要求。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 6.3.5 条 《设计》</p>	<p>根据现场踏勘、查阅现状图纸可知：</p> <p>3.尾矿堆积坝设计平均坡比约 1:4.0，现状尾矿坝外坡平均坡比约缓于 1:4.0，满足设计要求。</p> <p>4.设计坝顶标高 243m、现状坝最大顶标高 244.98m 不满足设计要求。</p>	不符合
7	<p>坝外坡面维护工作应按设计要求进行，尾矿坝下游坡面上不得有积水坑。坝体出现冲沟、裂缝、塌坑等现象时，应及时处理。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 6.3.11 条</p>	<p>尾矿坝下游坡面无积水坑，坝体无冲沟、裂缝、塌坑等现象。</p>	符合
8	<p>坝的位移量变化应均衡，无突变现象，且应逐年减小。当位移量变化出现突变或有增大趋势时，应查明原因，妥善处理。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 9.3.3 条</p>	<p>根据企业提供的尾矿库位移监测记录，坝体位移量变化均衡，无突变现象，位移量逐渐减小，已趋于稳定，变化趋势符合一般规律。</p>	符合
9	<p>坝体有无纵、横向裂缝。坝体出现裂缝时，应查明裂缝的长度、宽度、深度、走向、形态和成因，判定危害程度，妥善处理。</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 9.3.4 条</p>	<p>经现场踏勘，坝体未发现纵、横向裂缝。</p>	符合
10	<p>坝体是否出现滑坡。坝体出现滑坡迹象时，应查明潜在滑坡位置、范围和形态以及滑坡的</p>	<p>《尾矿库安全规程》 第 9.3.4 条</p>	<p>经现场踏勘，坝体未出现滑坡现象，未发现滑坡迹象。</p>	符合

	动态趋势。			
11	坝体外坡及下游是否有渗漏出逸点。	《尾矿库安全规程》 第 9.3.5 条	经现场踏勘，坝体外坡未发现有渗漏出逸点。	符合
12	坝体型式、结构尺寸等是否与安全设施设计相符。	设计文件	副坝坝型及结构尺寸介绍详见 2.5.3 章节，堆积坝已超高与设计不符。	不符合

采用安全检查表对副坝进行了 12 项检查，10 项符合要求，2 项不符合要求。检查结果表明：副坝坝现状坝体高度高于设计坝高，坝体抗滑稳定性满足要求，副坝需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

#### 4.2.4 尾矿坝主要危险、有害因素辨识与分析

通过分析和辨识，尾矿坝单元存在的危险、有害因素为溃坝、坝坡失稳、结构破坏、渗流破坏、高处坠落等。

##### （1）溃坝

造成尾矿库溃坝的因素有：

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

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

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

④不合理的坝体的几何参数及坝体结构：坝体的几何参数及坝体结构对尾矿坝的安全的影响主要体现在边坡和坝体的防、排渗处理上。对于尾矿坝来说，合理的边坡、良好的坝体防渗措施是坝体稳定性的基本保证。

⑤尾矿库排洪设施的破坏：尾矿库排洪设施的破坏导致尾矿外泄的事故在尾矿工程事故中也是比较常见的事故类型之一。其原因主要是排水设施强度低，不能满足承载要求。

⑥施工质量不佳：没有按照闭库设计施工，或施工质量达不到规范与设计要求，如

坝体边坡比陡于设计值等。

⑦安全管理不善：尾矿库闭库后的日常管理工作主要包括排水设施检查维护、监测设施观测及管理，不当的管理维护工作皆可对尾矿库安全性带来不利影响。排水设施维护不当发生淤堵、坍塌等事故，轻者导致漏砂、严重时造其成泄流能力不足而发生溃坝事故。尾矿库监测设施未按规定进行观测，坝体等存在事故隐患未能及时修复。

## （2）坝坡失稳

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

造成滑坡的主要因素有：

- ①未按闭库设计施工，尾矿坝边坡陡于设计值，坝体抗滑安全系数不足；
- ②闭库后坝面维护不善，雨水冲刷拉沟，严重时会造成局部坝段滑坡；
- ③闭库后禁止库内存水，未按设计要求管理，造成尾矿坝安全超高不足，降低坝体稳定性；
- ④尾矿坝坝顶安全超高、沉积干滩长度不满足规范要求。

## （3）结构破坏

造成尾矿坝结构破坏的因素有：

- ①未按闭库设计要求施工，施工质量没达到设计要求；
- ②坝体出现横向或纵向裂缝；
- ③地震、山体垮塌等自然灾害。

## （4）渗流破坏

渗流破坏是尾矿坝中最常见的病险症状之一，尾矿水受重力作用，由高水位区向低水位区流动，水在尾矿坝体、坝肩和坝基土中的运动，称作尾矿坝的渗流。尾矿坝是一种散粒体堆筑的水工构筑物，当上游存在高势能水位时，坝体内必然形成复杂的渗流场。在渗流作用下，坝体有可能发生渗流破坏，严重时将导致溃坝，渗流破坏主要有四种破坏形式，即管涌、流土、接触冲刷和接触冲砂。但无论何种形式引起的渗流破坏，导致尾矿坝溃决，总是表现为集中渗流，发展成管涌、流砂，冲刷周边通道不断坍塌、扩大，管涌无法控制而最终溃坝。当尾矿坝渗、漏水“跑浑”或下游坝面出现管涌、流土迹象时，应及时处理，以避免加剧渗流破坏。渗流破坏的主要类型有：①坝面局部管涌、流土、

隆起、坍塌；②后期坝下游坡面、沉积滩面或库水区出现陷坑；③坝肩和岸坡接触处出现裂缝；④坝体下游坡面或坝肩渗水量增加或渗透水浑浊；⑤坝顶高不一致；⑥坝底、坝基漏砂。

造成渗流破坏的因素有：

- ①坝体沉降、裂缝或塌陷等形成集中渗流；
- ②闭库后，干滩长度达不到要求、库内水位过高，造成坝面、坝坡渗流出逸，坝面出现沼泽化；
- ③闭库后，未按闭库设计设置防渗设施；
- ④该尾矿库未设置排渗设施，闭库后现有措施不能满足渗流要求；
- ⑤管理不善，没有认真的经常性检查与观测，没能及时发现问题，及时采取措施，防止事故发生。

虽然对该尾矿库进行了《尾矿坝安全性复核》，渗流满足要求，企业应在闭库后加强对排渗设施进行巡查，发现问题及时处置。

#### （5）高处坠落

由于尾矿库设施和环境条件的特殊性，在尾矿库闭库后，其巡查人员在坝顶及其坝坡面上从事尾矿库安全巡查，检查人员在坝顶、山坡等处进行巡查和检测工作时，由于防护设施缺失和缺陷，或由于人员不小心，易于发生高处坠落（滑落）事故发生的可能性，造成人员伤亡。

该项目经计算现状发生溃坝、坝坡失稳、结构破坏、渗流破坏、高处坠落的可能性不大，该尾矿库坝体已超设计坝高，后期应严格落实闭库设计制定的整改措施，排除隐患。

### 4.2.5 坝体稳定性分析

#### 4.2.5.1 计算条件

##### （1）尾矿坝级别

尾矿坝作为主要构筑物，根据尾矿坝坝高及对应库容分别确定其重要性级别，尾矿库现状等别为二等库。

##### （2）安全指标选取

根据《尾矿库安全规程》（GB 39496-2020），坝坡抗滑稳定最小安全系数如下表

所示。

表 4-5 坝坡抗滑稳定最小安全系数

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

(3) 典型运行期选取

根据《尾矿库安全规程》（GB 39496-2020）规定，安全现状评价应对现状及下个评价周期间尾矿库坝体的稳定性进行复核，该尾矿库进行闭库前现状评价，故本次评价选取现状标高作为坝体稳定性分析的典型运行标高。

(4) 物理力学指标

根据辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司于 2025 年 8 月编制的《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》，分析整理后各层的物理力学指标如表 4-6、4-7 所示。

表 4-6 土砂层主要物理力学指标推荐参数表

地层编号及名称	天然含水量 $\omega$ (%)	重力密度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	天然孔隙比 $e$	液性指数 IL	压缩系数	压缩模量	直剪		三轴	
					$\alpha$ 0.1-0.2 (1/MPa)	Es 0.1-0.2 (MPa)	内摩擦角 $\phi_c$ (度) (固快)	粘聚力 Cc (kPa) (固快)	固结不排水剪粘聚力 Ccu (kPa)	固结不排水剪内摩擦角 $\phi_{cu}$ (度)
① <sub>1</sub> 人工填土	/	18*	/	/	/	/	5*	0*	/	/
① <sub>2</sub> 人工填土	/	24.0	/	/	/	/	39.9	34.2	/	/
② <sub>1</sub> 尾细砂	/	20.2	/	/	/	5.00*	18.0*	0.0*	/	/
② <sub>2</sub> 尾细砂	18.2	20.4	0.518	/	0.140	10.58	20.1	1.6	/	/
② <sub>3</sub> 尾细砂	20.8	20.7	0.435	/	0.128	12.96	22.8	2.2	/	/
② <sub>4</sub> 尾细砂	30.0	20.8	0.403	/	0.113	13.00	25.0	2.6	/	/

② <sub>5</sub> 尾粉土	22.9	21.6	0.483	0.63	0.110	12.915	19.2	13.6	/	/
② <sub>9</sub> 尾粉质黏土	28.32	19.3	0.812	0.45	0.313	5.87	12.1	26.6	/	/
③粉质黏土	30.3	18.96	0.742	0.56	0.338	5.26	13.0	22.8	/	/

(\*) 标注参数仅供设计参考使用

表 4-7 岩石层主要物理力学指标推荐参数表

地层编号及名称	吸水率%	天然密度 (g/cm <sup>3</sup> )	天然含水率 (%)	单轴抗压强度		抗剪试验		点荷载强度指数 (MPa)
				天然 (MPa)	饱和 (MPa)	内摩擦角 (度)	内聚力 (MPa)	
④ <sub>1</sub> 花岗岩 (全风化)	/	2.3*	/	/	/	38.5*	10KPa*	/
④ <sub>2</sub> 花岗岩 (强风化)	0.30	2.57	0.18	5.43	/	40.0*	5.0*	0.153
④ <sub>3</sub> 花岗岩 (中风化)	0.24	2.63	0.13	48.08	43.35	42.2	8.7	/
⑤ <sub>1</sub> 石英岩 (全风化)	/	2.3*	/	/	/	38.5*	10KPa*	/
⑤ <sub>2</sub> 石英岩 (强风化)	0.22	2.69	0.16	8.07	/	41.0*	7.0*	0.289
⑤ <sub>3</sub> 石英岩 (中风化)	0.17	2.73	0.13	61.92	53.02	43.1	10.3	/

(\*) 标注参数仅供设计参考使用

#### 4.2.5.2 坝体渗流有限元计算分析

##### (1) 渗流计算方案

尾矿坝渗流计算选取正常水位和最高洪水位运行工况。根据相关资料，对该尾矿库现状分别在正常工况和最高洪水位运行工况下进行浸润线模拟。

渗流计算时考虑了雨水、地震等因素对浸润线的影响。共设计了 2 种工况，如下所示：

##### 工况 1：正常运行水位

现状正常运行水位按照企业提供现状实测图进行取值，将尾矿库最小干滩长度在最高洪水位时控制在 247.25m，对应最小安全超高为 2.75m。

##### 工况 2：最高洪水位

现状最高洪水位按照企业提供现状实测图进行取值，最高洪水位按照规范要求，将尾矿库最小干滩长度在最高洪水位时控制在 150m，对应最小安全超高为 1.0m。

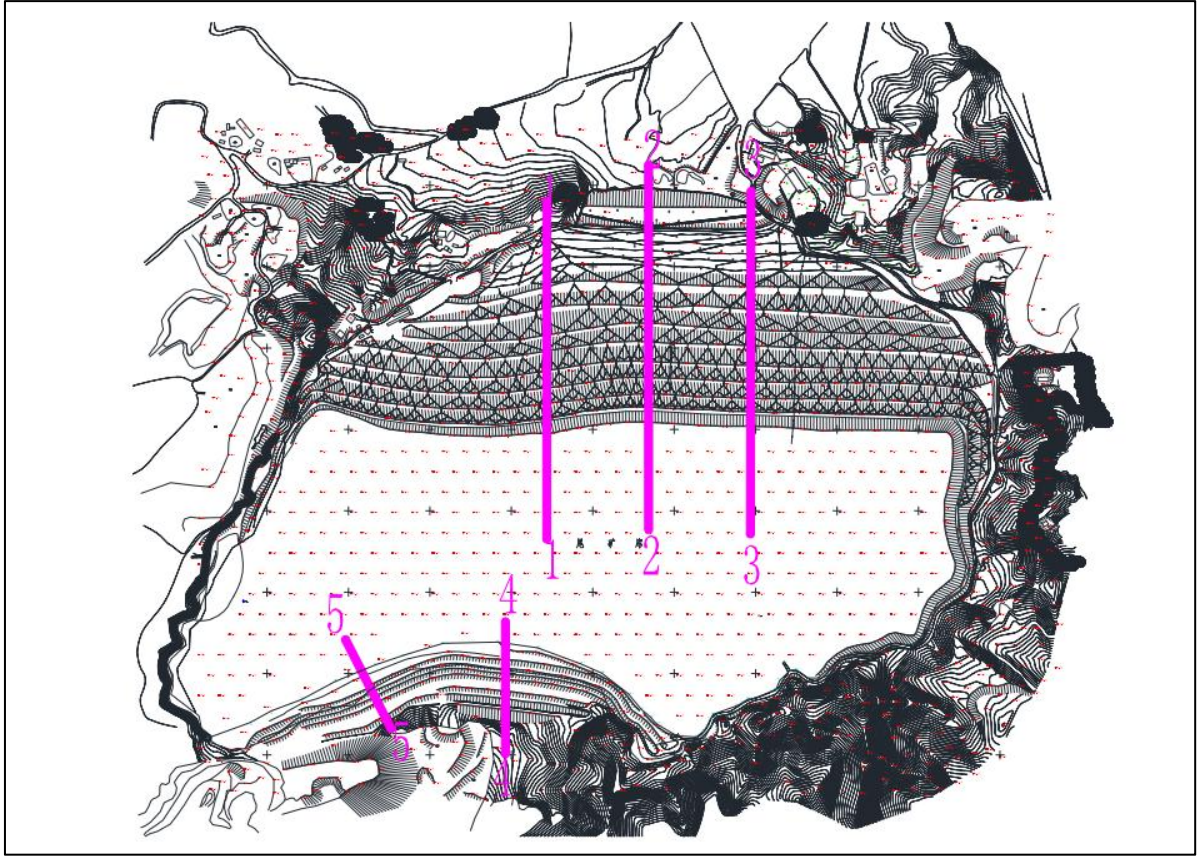
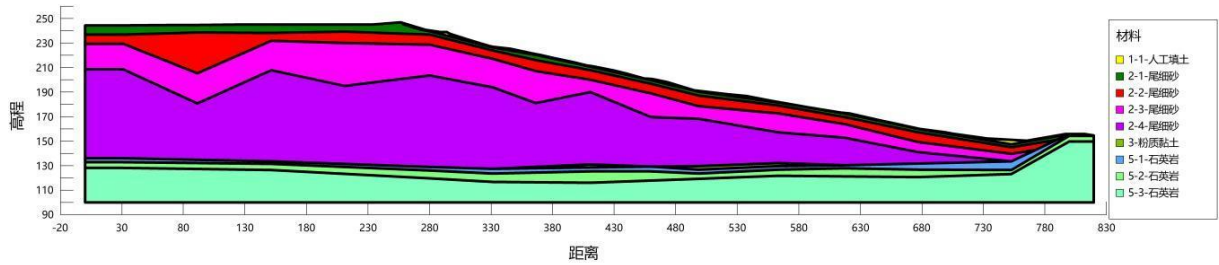
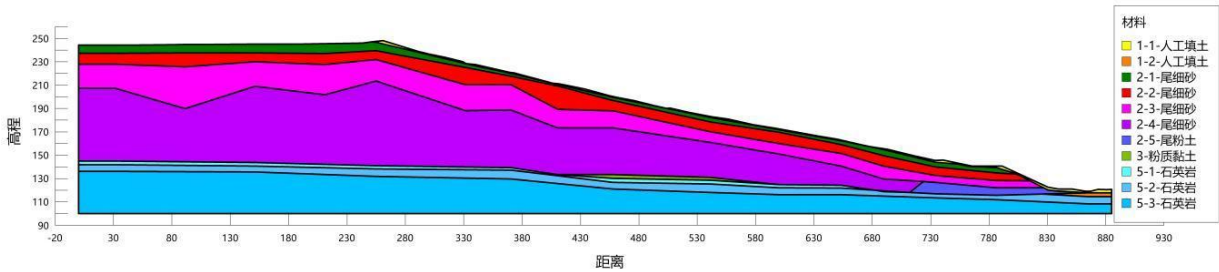


图 4-1 尾矿库计算剖面

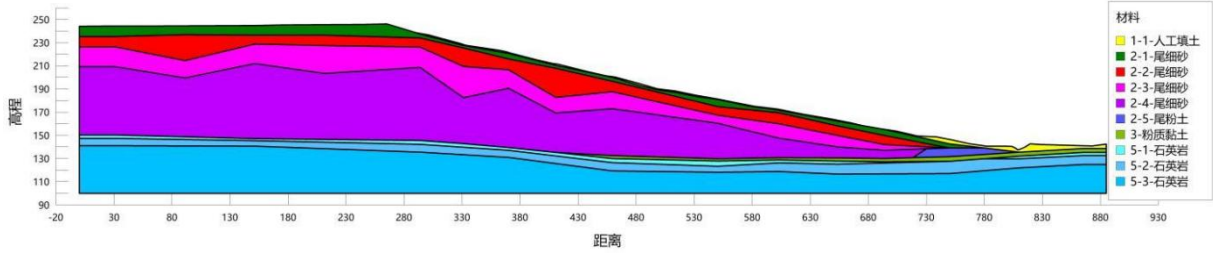
计算剖面材料分区如图 4-2 所示，计算剖面网格划分如图 4-3 所示。



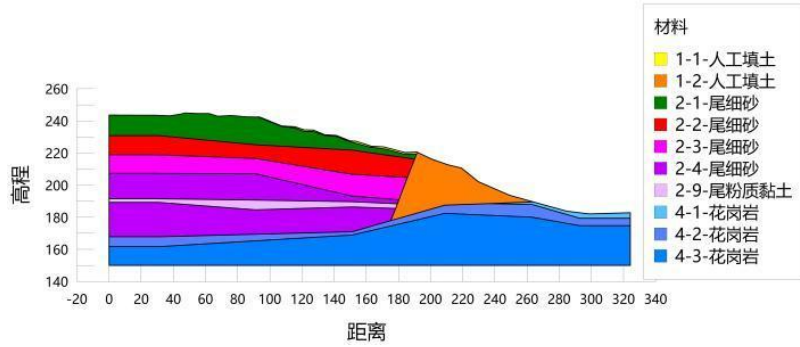
(1) 1-1 剖面材料分区



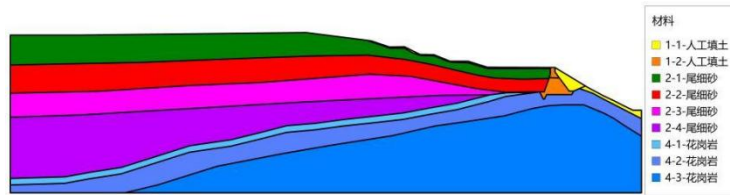
(2) 尾矿库 2-2 剖面材料分区



(3) 尾矿库 3-3 剖面材料分区

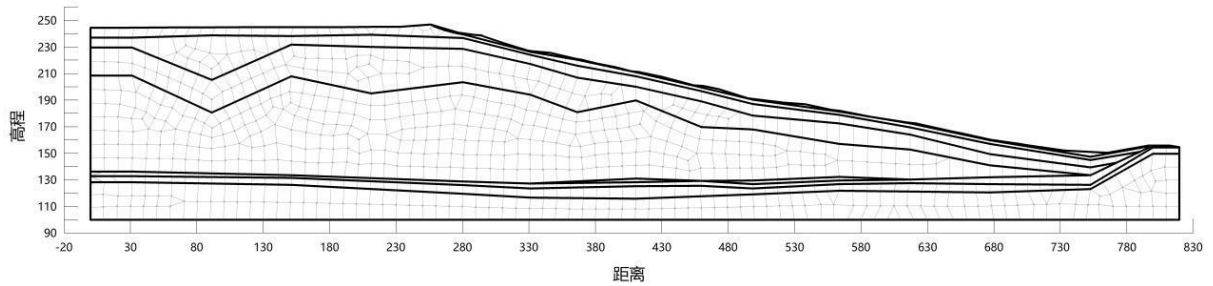


(4) 尾矿库 4-4 剖面材料分区

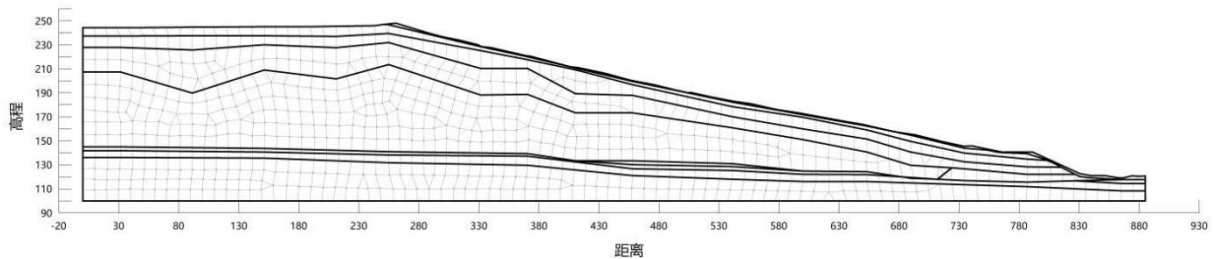


(5) 尾矿库 5-5 剖面材料分区

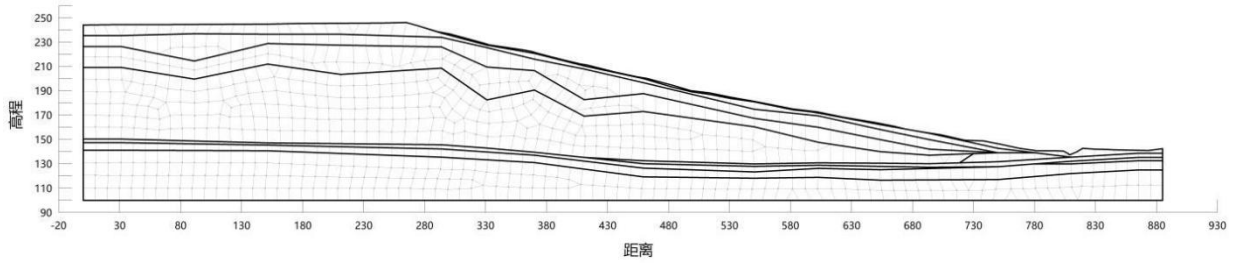
图 4-2 尾矿库渗流模型示意图



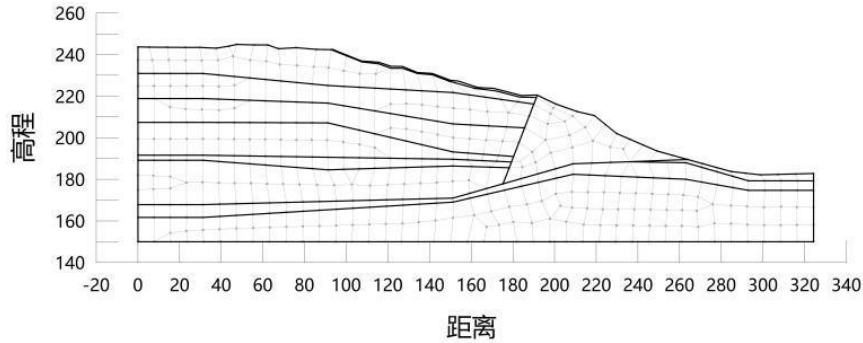
(1) 1-1 剖面



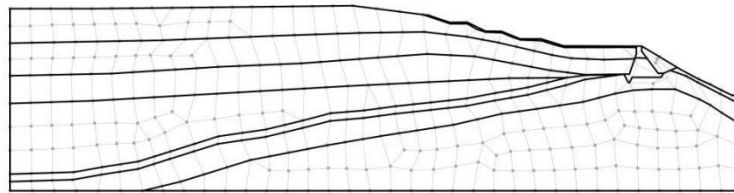
(2) 2-2 剖面



(3) 3-3 剖面



(4) 4-4 剖面



(5) 5-5 剖面

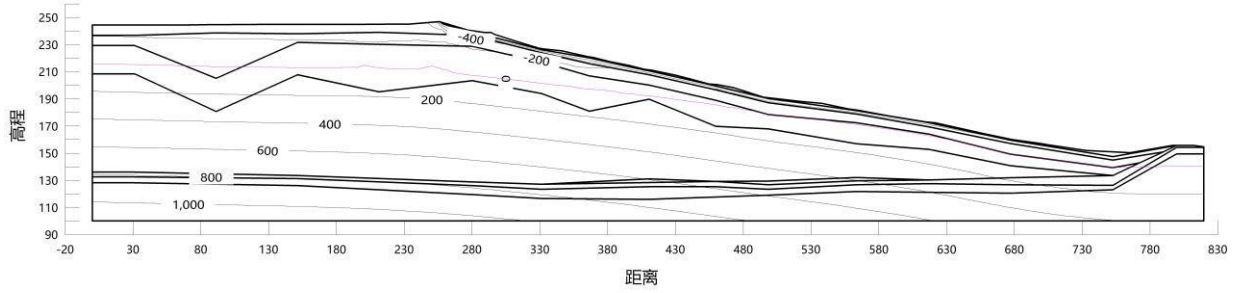
图 4-3 尾矿库网络划分示意图

#### (2) 渗透系数复核

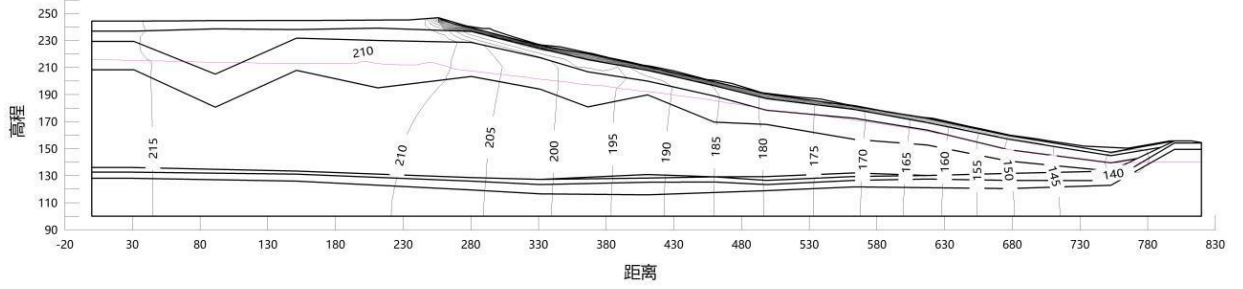
由计算结果可以看到尾矿库数值计算得到的浸润线位置与实测结果符合较好，表明了在一定程度上，模型、计算方法、计算参数是合理的，可以采用之前的渗透系数来计算闭库后尾矿库浸润线和渗流场。

#### (4) 渗流计算结果

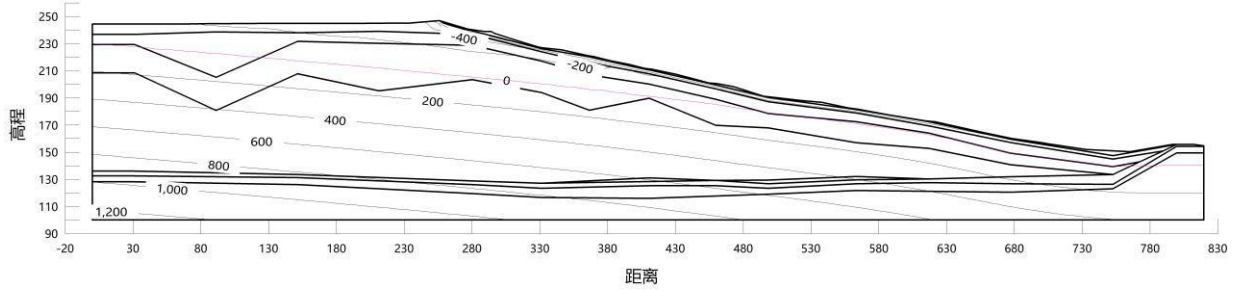
将各分层材料赋值给相应区域，并设置好边界条件以后，运行软件，便可得到计算结果。对本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库现状条件下渗流数值模拟分析。各剖面各工况条件下渗流计算结果如图 4-4~图 4-8 所示



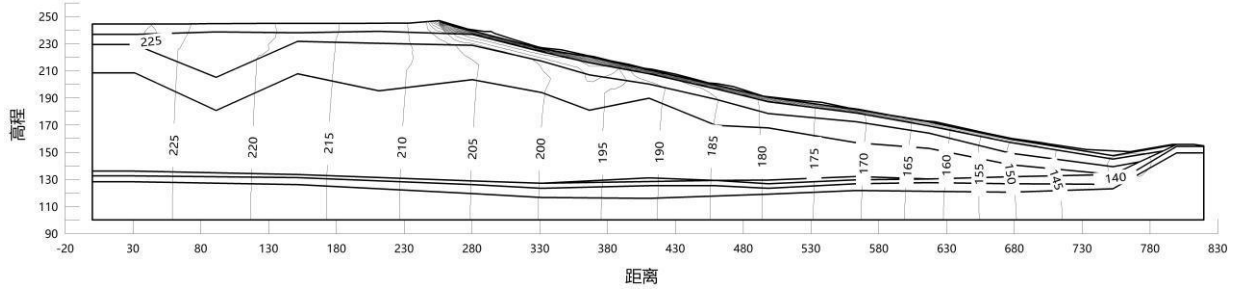
(1) 正常工况-孔隙水压力



(2) 正常工况-总水头

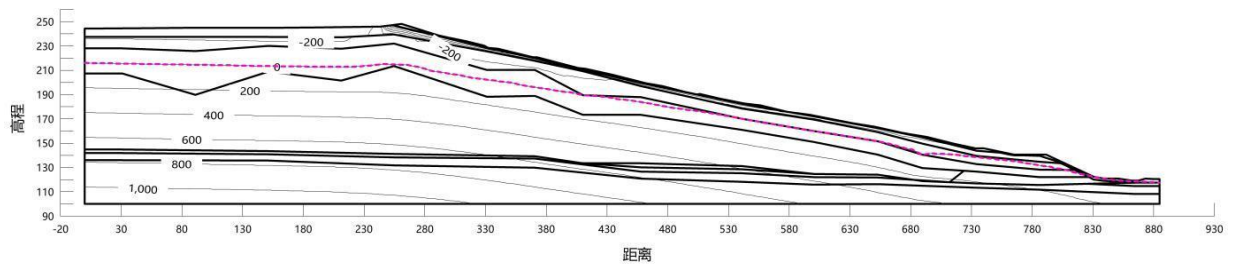


(3) 洪水工况-孔隙水压力

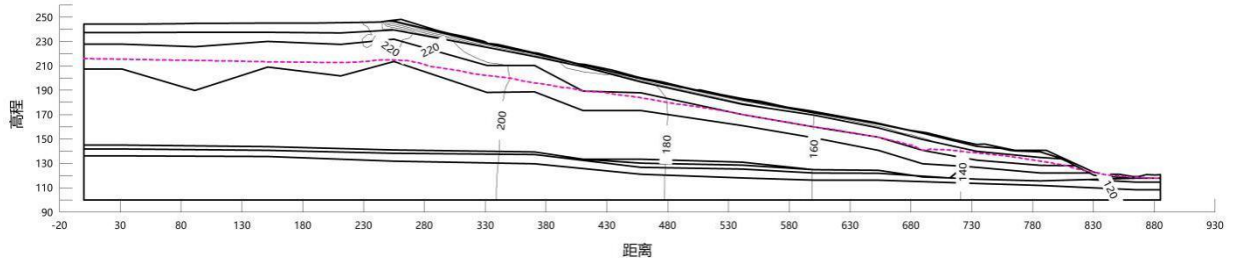


(4) 洪水工况-总水头

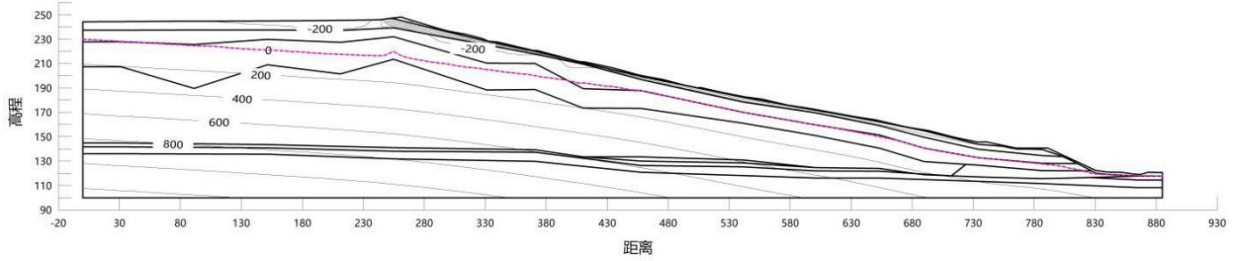
图 4-4 1-1 剖面渗流计算结果



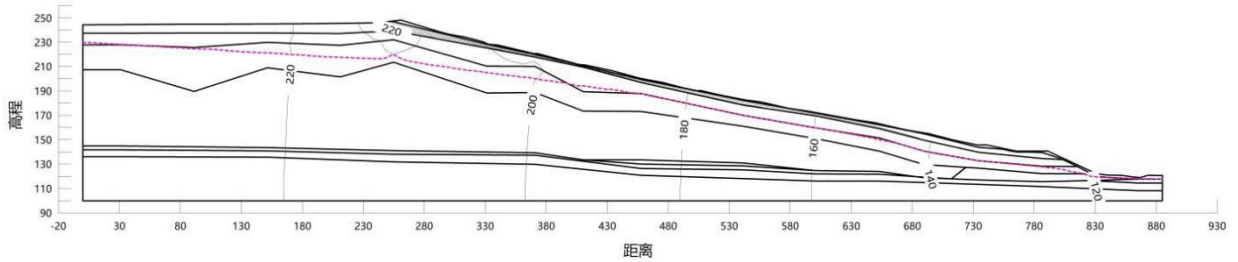
(1) 正常工况-孔隙水压力



(2) 正常工况-总水头

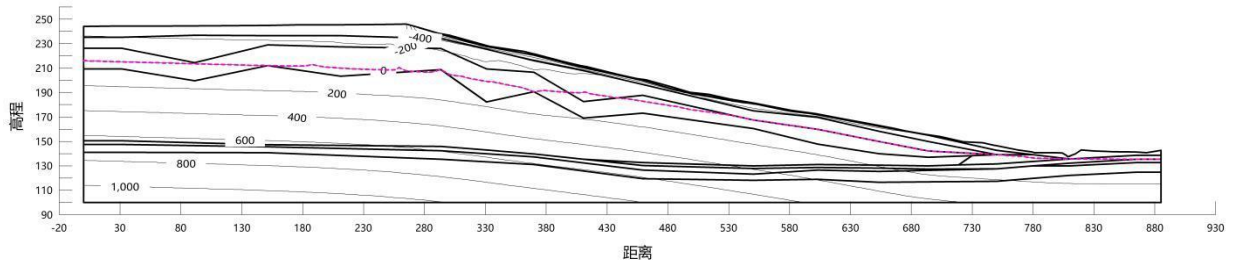


(3) 洪水工况-孔隙水压力

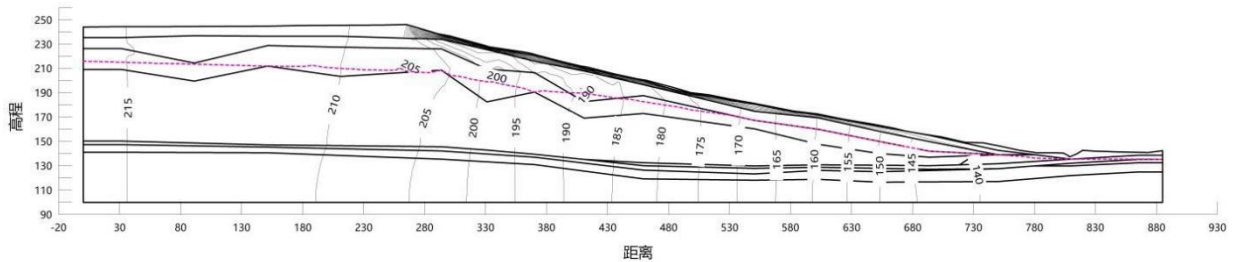


(4) 洪水工况-总水头

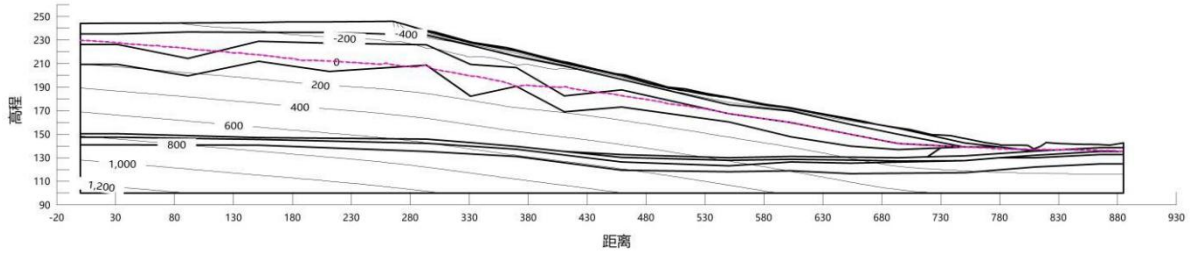
图 4-5 2-2 剖面渗流计算结果



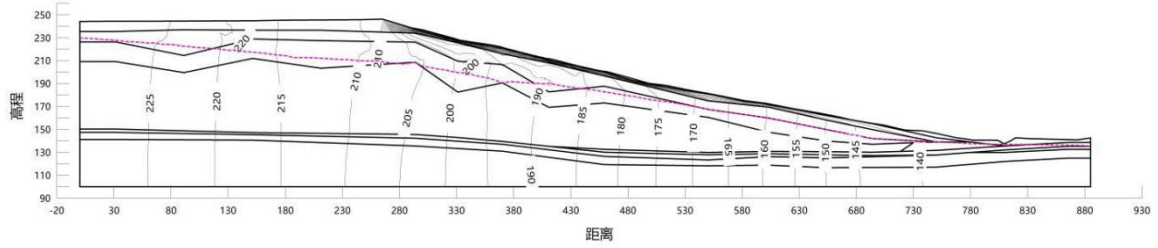
(1) 正常工况-孔隙水压力



(2) 正常工况-总水头

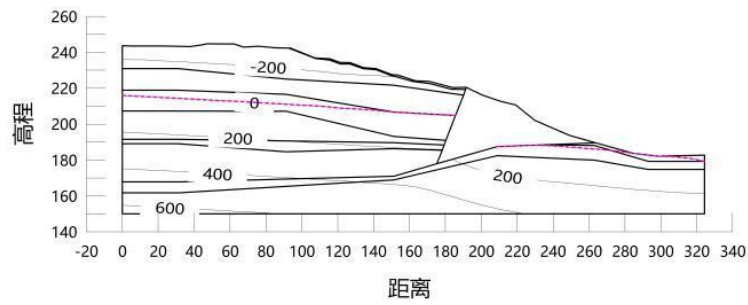


(3) 洪水工况-孔隙水压力

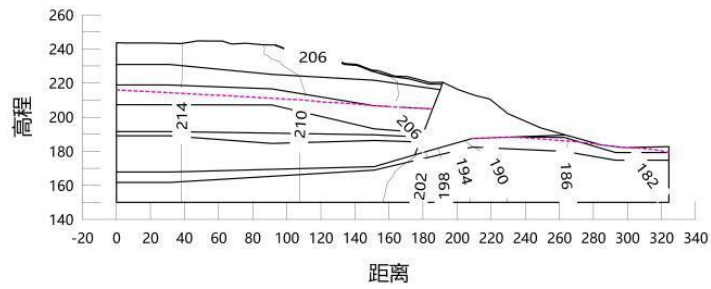


(4) 洪水工况-总水头

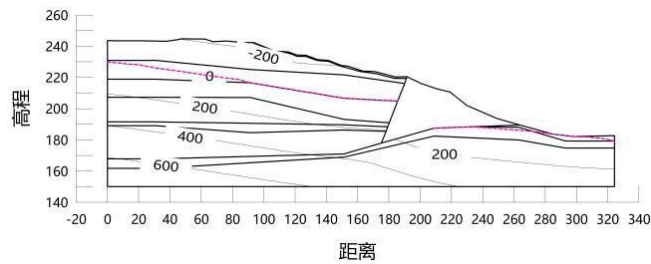
图 4-6 3-3 剖面渗流计算结果



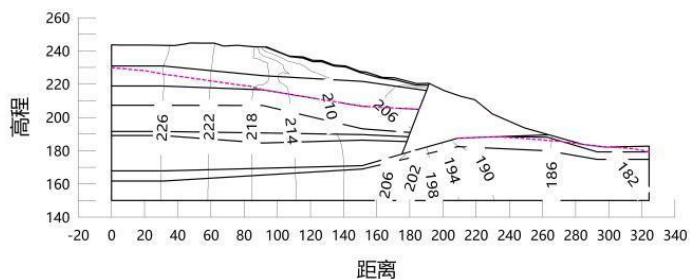
(1) 正常工况-孔隙水压力



(2) 正常工况-总水头

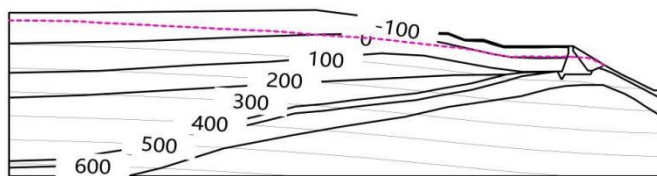


(3) 洪水工况-孔隙水压力

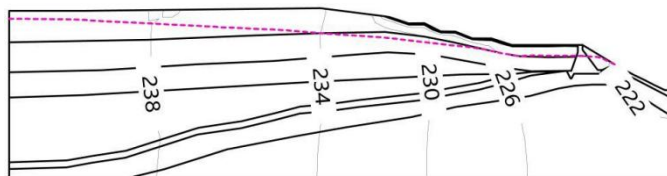


(4) 洪水工况-总水头

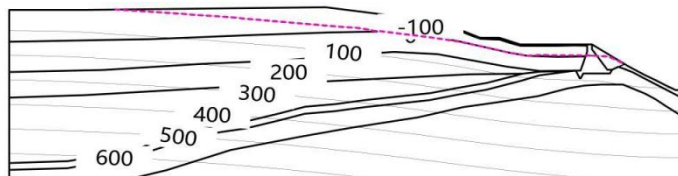
图 4-7 4-4 剖面渗流计算结果



(1) 正常工况-孔隙水压力



(2) 正常工况-总水头



(3) 洪水工况-孔隙水压力



(4) 洪水工况-总水头

图 4-8 5-5 剖面渗流计算结果

表 4-8 各断面下游坡浸润线埋深计算结果

剖面	计算工况	最小埋深 (m)	是否满足要求
1-1	正常运行水位	9.8	满足
	最高洪水位	9.5	满足

2-2	正常运行水位	9.3	满足
	最高洪水位	8.6	满足
3-3	正常运行水位	11.8	满足
	最高洪水位	11.4	满足
4-4	正常运行水位	13.1	满足
	最高洪水位	11.9	满足
5-5	正常运行水位	13.1	满足
	最高洪水位	11.9	满足

进行二维有限元模拟，对现状和计算工况下的坝体在正常、最高洪水情形下运行的浸润线进行计算模拟。从图中可以看出坝体在各工况下运行，计算的坝体浸润线较低，大于规程要求的深度，浸润线均未从下游坡面溢出。说明坝体的渗流得到有效控制，因此不会发生渗流破坏。浸润线的埋深满足坝体稳定和最小埋深要求。浸润线埋深标准参照《尾矿设施设计规范》（GB 50863-2013）。

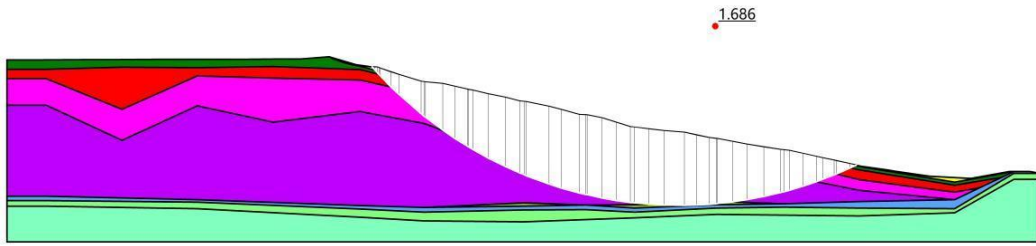
#### 4.2.5.3 坝体稳定分析

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库现状坝顶最大标高249.61m，最大坝高为120.61m，现状库容为 $9958 \times 10^4 \text{m}^3$ ，按坝高核定尾矿库等别为二等，按库容核定尾矿库等别为二等，因此目前该尾矿库的等别为二等，但因其为“头顶库”，需要按照提档按照一等库管理。按《尾矿设施设计规范》（GB 50863-2013）相关要求，采用瑞典圆弧法和简化 Bishop 法对主坝及副坝分别进行正常运行、洪水运行和特殊运行状态下坝坡抗滑稳定分析。

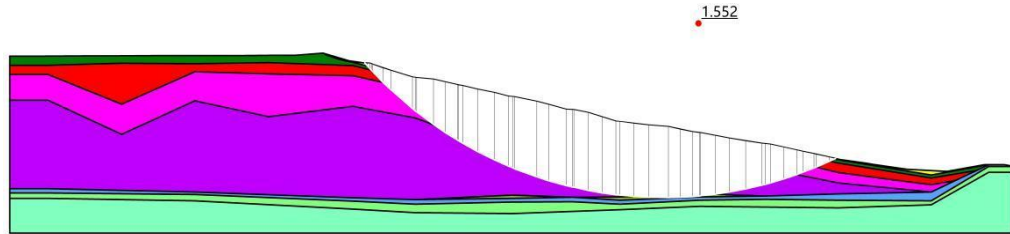
##### （1）稳定性计算结果

在渗流有限元计算分析的基础上，按规范要求用瑞典圆弧法和简化 Bishop 法对尾矿库进行稳定性分析，计算模型同上一节，将各分层材料赋值给相应区域，并设置滑入滑出边界，经计算后得到如下结果。

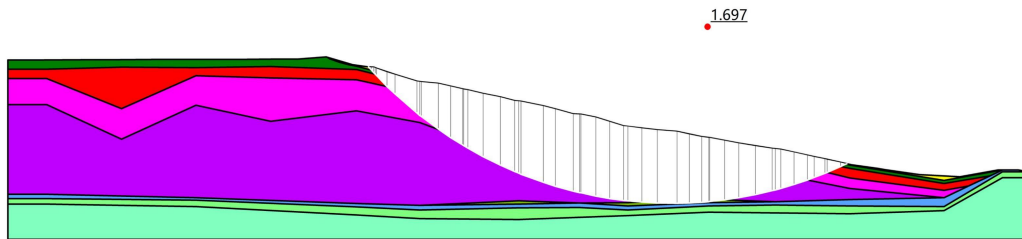
各工况稳定性计算得到的最危险滑动面如图 4-9~图 4-13 所示：



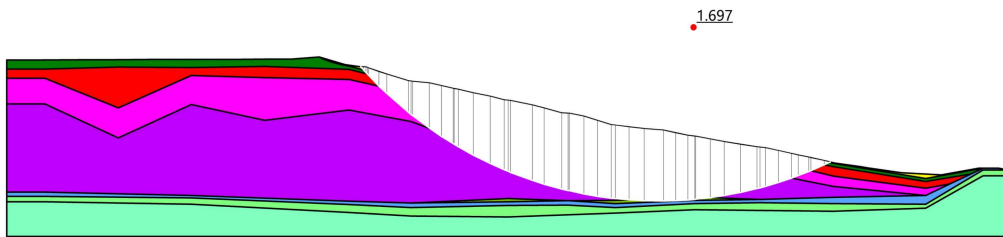
(1) 正常运行-简化 Bishop 法



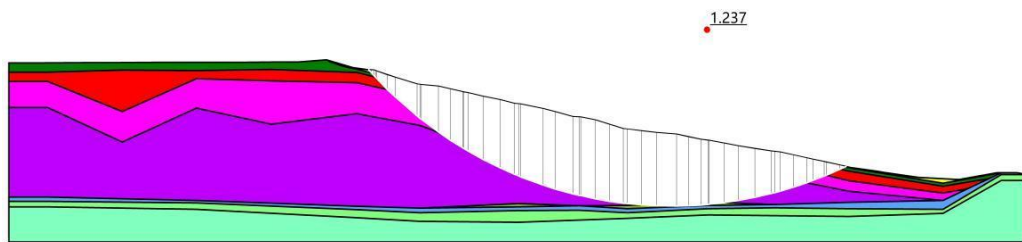
(2) 正常运行-瑞典圆弧法



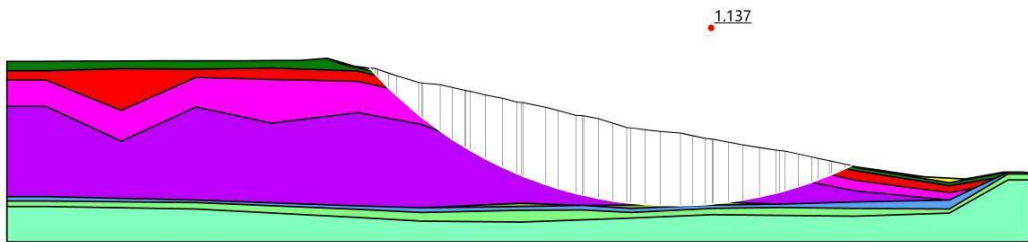
(3) 洪水运行-简化 Bishop 法



(4) 洪水运行-瑞典圆弧法

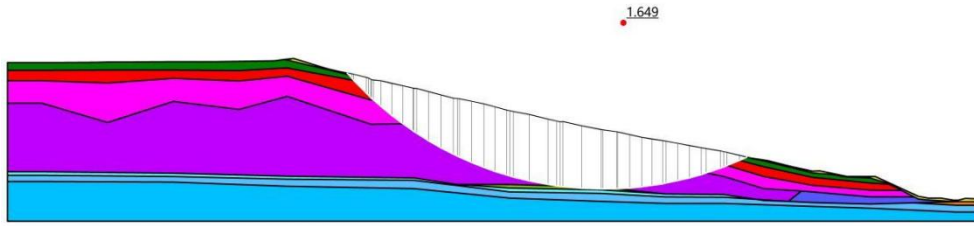


(5) 特殊运行-简化 Bishop 法

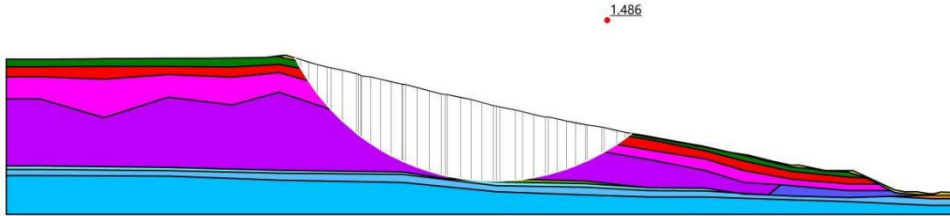


(6) 特殊运行-瑞典圆弧法

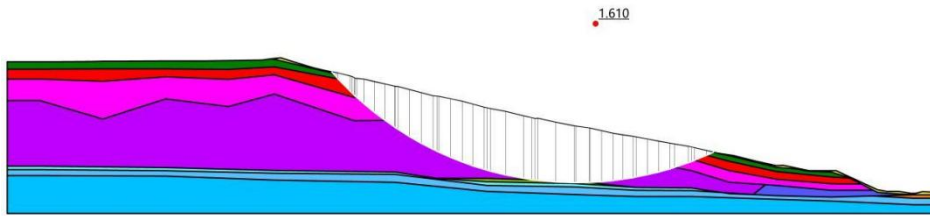
图 4-9 1-1 剖面稳定性计算结果



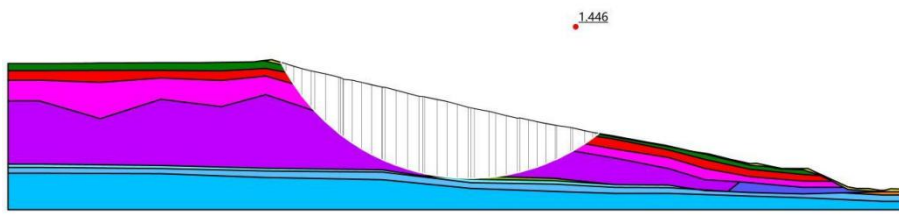
(1) 正常运行-简化 Bishop 法



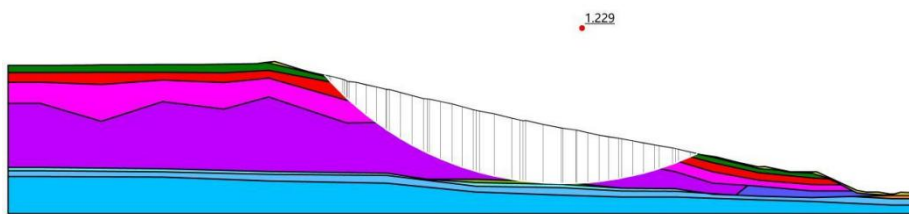
(2) 正常运行-瑞典圆弧法



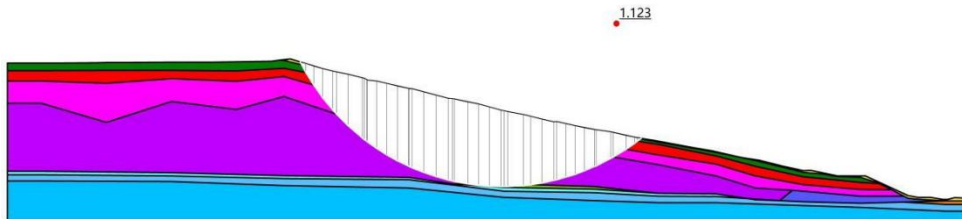
(3) 洪水运行-简化 Bishop 法



(4) 洪水运行-瑞典圆弧法

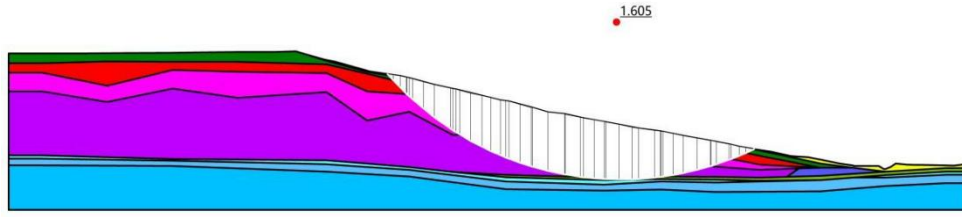


(5) 特殊运行-简化 Bishop 法

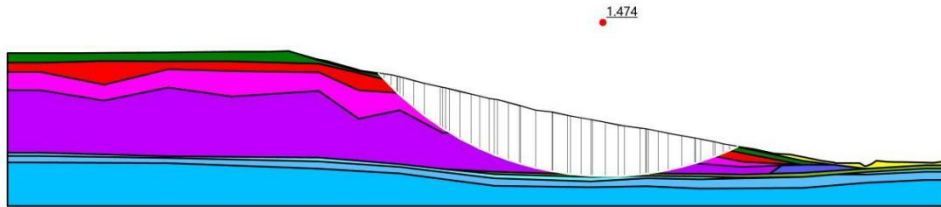


(6) 特殊运行-瑞典圆弧法

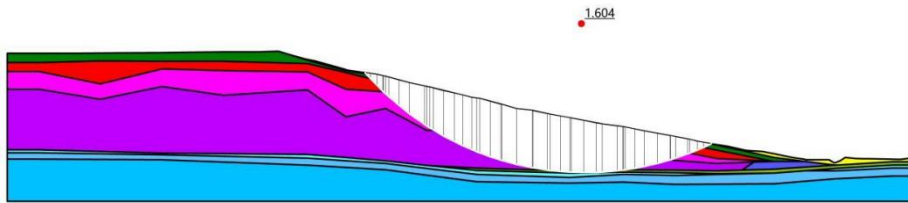
图 4-10 2-2 剖面稳定性计算结果



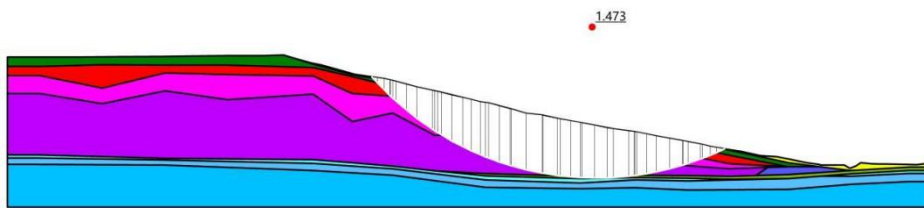
(1) 正常运行-简化 Bishop 法



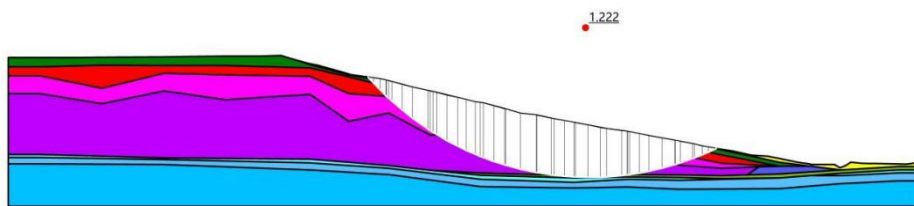
(2) 正常运行-瑞典圆弧法



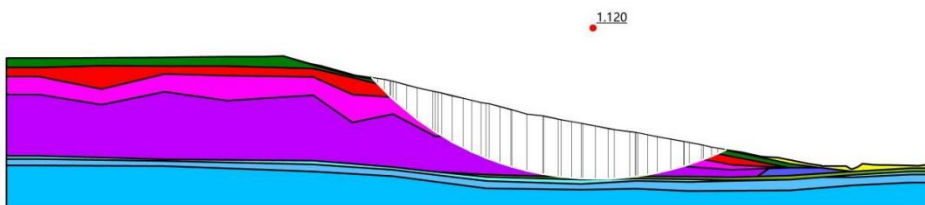
(3) 洪水运行-简化 Bishop 法



(4) 洪水运行-瑞典圆弧法

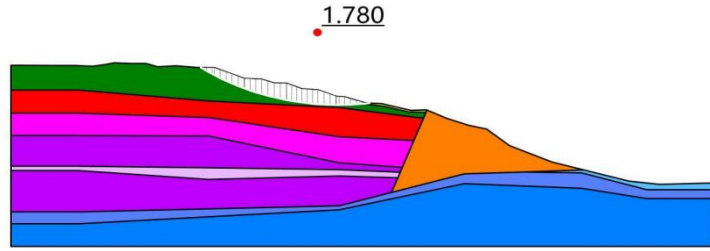


(5) 特殊运行-简化 Bishop 法

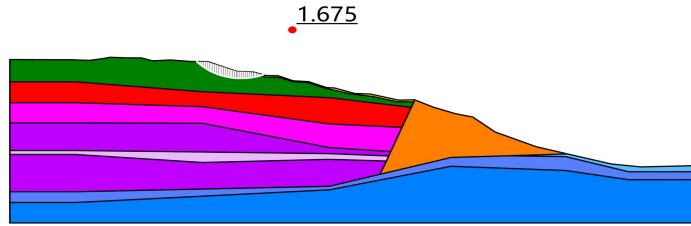


(6) 特殊运行-瑞典圆弧法

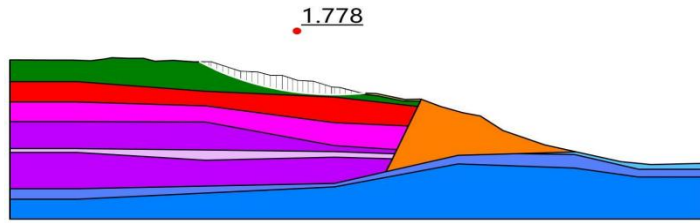
图 4-11 3-3 剖面稳定性计算结果



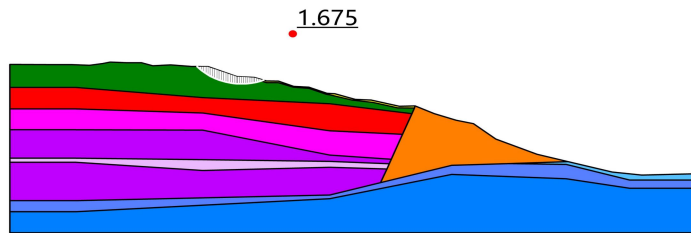
(1) 正常运行-简化 Bishop 法



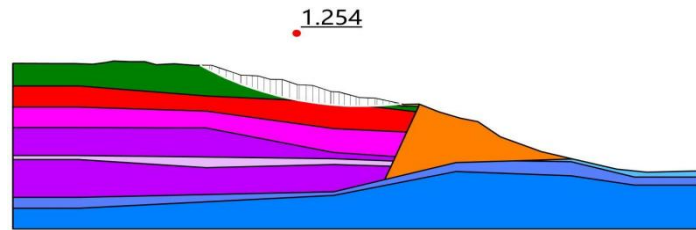
(2) 正常运行-瑞典圆弧法



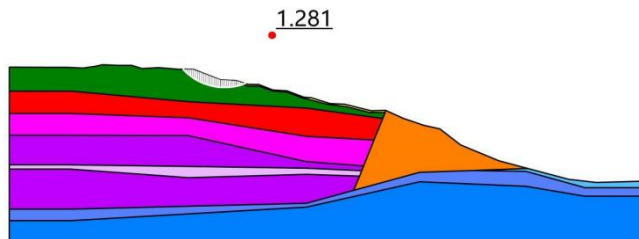
(3) 洪水运行-简化 Bishop 法



(4) 洪水运行-瑞典圆弧法

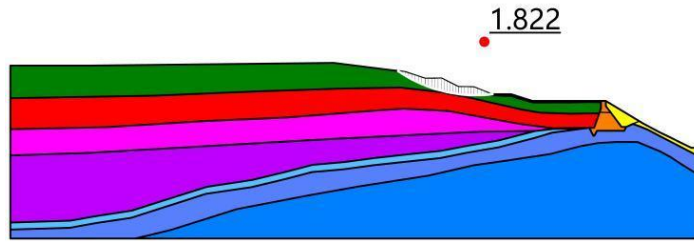


(5) 特殊运行-简化 Bishop 法

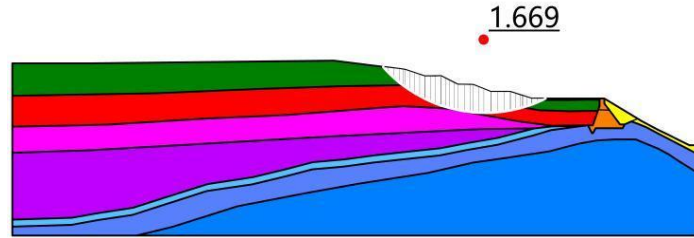


(6) 特殊运行-瑞典圆弧法

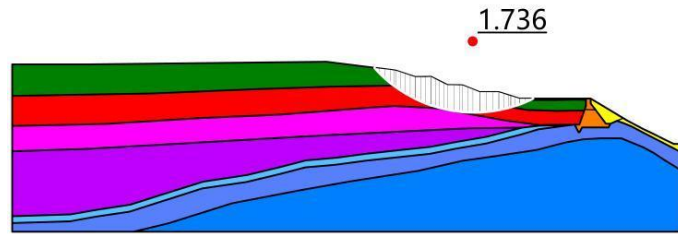
图 4-12 4-4 剖面稳定性计算结果



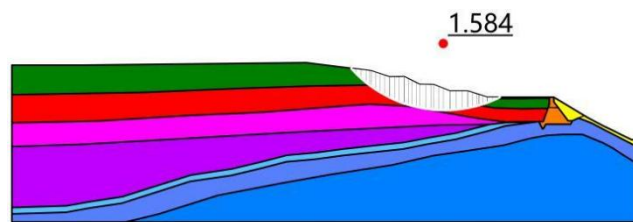
(1) 正常运行-简化 Bishop 法



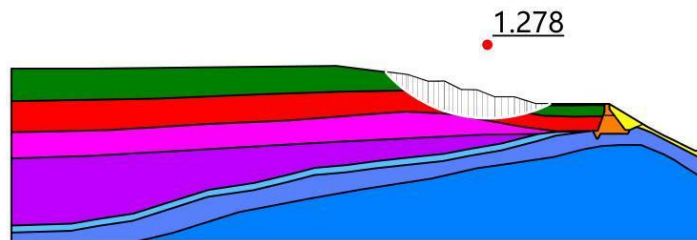
(2) 正常运行-瑞典圆弧法



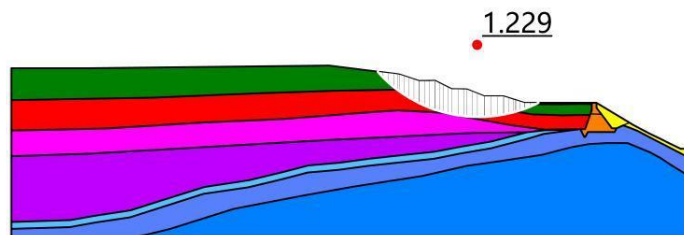
(3) 洪水运行-简化 Bishop 法



(4) 洪水运行-瑞典圆弧法



(5) 特殊运行-简化 Bishop 法



(6) 特殊运行-瑞典圆弧法

图 4-13 5-5 剖面稳定性计算结果

各工况稳定性计算得到的安全系数如表 4-9 所示：

表 4-9 尾矿库稳定分析安全系数汇总表

剖面	计算工况	计算方法	最小安全系数	规范要求安全系数	是否满足要求
1-1	正常运行	简化 Bishop 法	1.686	1.50	满足
		瑞典圆弧法	1.552	1.30	满足
	洪水运行	简化 Bishop 法	1.697	1.30	满足
		瑞典圆弧法	1.510	1.20	满足
	特殊运行	简化 Bishop 法	1.237	1.20	满足
		瑞典圆弧法	1.137	1.10	满足
2-2	正常运行	简化 Bishop 法	1.649	1.50	满足
		瑞典圆弧法	1.486	1.30	满足
	洪水运行	简化 Bishop 法	1.610	1.30	满足
		瑞典圆弧法	1.446	1.20	满足
	特殊运行	简化 Bishop 法	1.229	1.20	满足
		瑞典圆弧法	1.123	1.10	满足
3-3	正常运行	简化 Bishop 法	1.605	1.50	满足
		瑞典圆弧法	1.474	1.30	满足
	洪水运行	简化 Bishop 法	1.604	1.30	满足
		瑞典圆弧法	1.473	1.20	满足
	特殊运行	简化 Bishop 法	1.222	1.20	满足
		瑞典圆弧法	1.200	1.10	满足
4-4	正常运行	简化 Bishop 法	1.780	1.50	满足
		瑞典圆弧法	1.675	1.30	满足
	洪水运行	简化 Bishop 法	1.778	1.30	满足
		瑞典圆弧法	1.675	1.20	满足
	特殊运行	简化 Bishop 法	1.254	1.20	满足

		瑞典圆弧法	1.281	1.10	满足
5-5	正常运行	简化 Bishop 法	1.822	1.50	满足
		瑞典圆弧法	1.669	1.30	满足
	洪水运行	简化 Bishop 法	1.736	1.30	满足
		瑞典圆弧法	1.584	1.20	满足
	特殊运行	简化 Bishop 法	1.278	1.20	满足
		瑞典圆弧法	1.229	1.10	满足

根据《尾矿设施设计规范》(GB 50863-2013)及《尾矿库安全-规程》(GB 39496-2020)的相关要求,由上述计算可以看出,在当前条件下,正常运行、洪水运行和特殊运行三种工况条件,采用瑞典圆弧法和简化 Bishop 法计算结果显示,坝体剖面的最小安全系数值均满足规范规定的抗滑稳定允许最小安全系数的要求。

#### 4.2.5.4 坝体静、动分析

根据《尾矿库安全规程》(GB 39496-2020)第 5.3.17 的要求,“除应按拟静力法计算外,还应进行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”。

##### (1) 计算方案

对现状坝体进行二维静力和动力稳定分析计算,用二维静力和动力计算分析结果分别揭示静荷载和地震荷载作用条件下尾矿坝的静、动应力应变特性,并对尾矿坝的静力、动力稳定性及坝体液化的可能性进行评价。

##### (2) 材料参数

尾矿以及地基的物理力学指标依据《歪头山铁矿小西沟尾矿库闭库勘察及稳定性分析项目岩土工程勘察报告》(2025 年 8 月,辽宁省地质矿产局铁岭工程勘察院有限责任公司)以及《尾矿设施设计规范》(GB 50863-2013)综合选取。

##### (3) 输入地震时程

根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306-2001)划分,工程所在的地区抗震设防烈度为 7 度,计算采用地震动峰值加速度值为 0.10g。

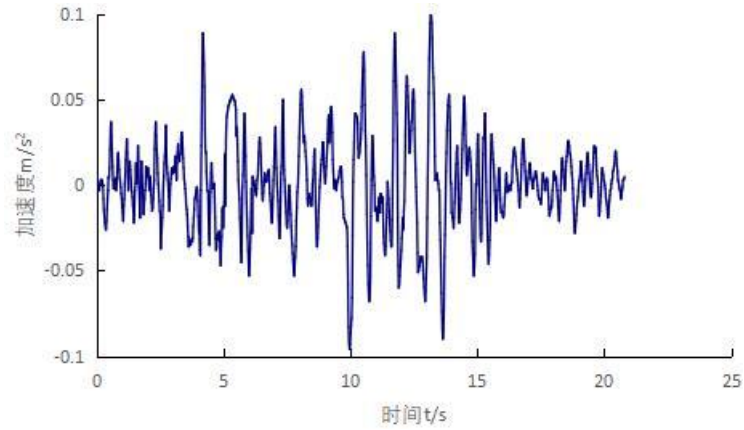


图 4-14 输入水平地震动时程曲线

本次计算输入的地震加速度时程曲线为海城地震 1975 年记录为基础，并按最大地震加速度、卓越周期和振动时间进行了调整，具体的地震加速度时程曲线如图 4-14 所示。

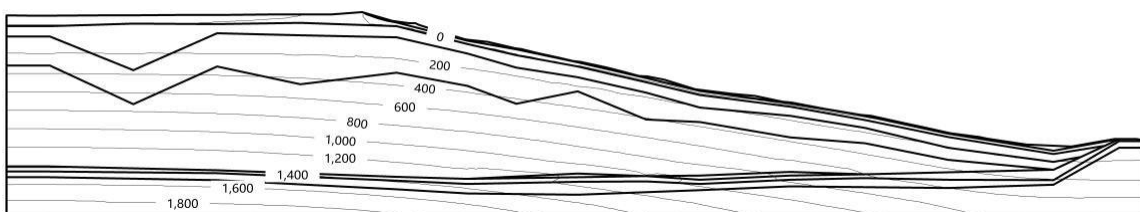
静力计算结果及分析现状正常工况下，各坝体的静力计算结果如图 4-15~图 4-19 所示。

不同方向的位移、应力及最大剪应力的最大值及最小值，如表 4-10 所示。

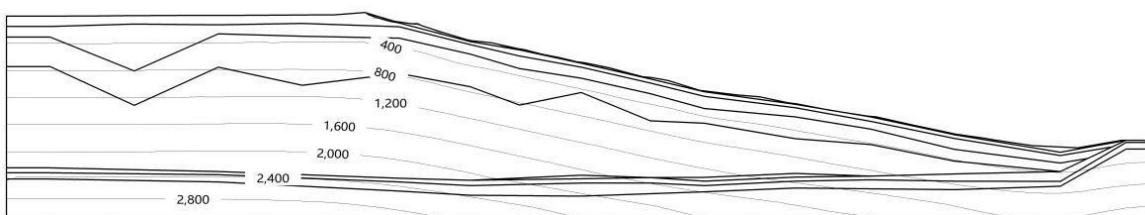
表 4-10 正常运行工况下尾矿坝应力、位移及最大剪应力最值表

剖面	计算项	最大值	最小值
1-1	X 方向应力 (kPa)	1975.3	17.1
	Y 方向应力 (kPa)	3092.3	41.4
	X 方向位移 (m)	0.227 (向下游方向)	0.076 (向下游方向)
	Y 方向位移 (m)	0.040 (竖直向下)	0.030 (竖直向上)
	最大剪应力 (kPa)	564.2	1.02
2-2	X 方向应力 (kPa)	1998.4	18.8
	Y 方向应力 (kPa)	3146.2	45.5
	X 方向位移 (m)	0.260 (向下游方向)	0.056 (向下游方向)
	Y 方向位移 (m)	0.037 (竖直向下)	0.035 (竖直向上)
	最大剪应力 (kPa)	583.4	5.3
3-3	X 方向应力 (kPa)	2006.1	19.5

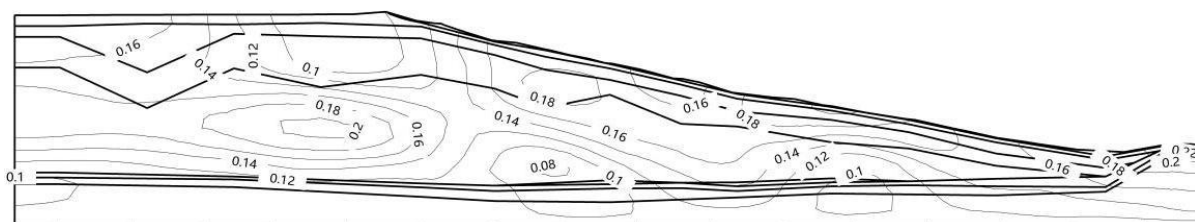
	Y 方向应力 (kPa)	3163.9	52.3
	X 方向位移 (m)	0.231 (向下游方向)	0.003 (向下游方向)
	Y 方向位移 (m)	0.059 (竖直向下)	0.032 (竖直向上)
	最大剪应力 (kPa)	596.9	3.07
4-4	X 方向应力 (kPa)	1190.9	15.7
	Y 方向应力 (kPa)	1916.2	35.5
	X 方向位移 (m)	0.194 (向下游方向)	0.005 (向下游方向)
	Y 方向位移 (m)	0.063 (竖直向下)	0.058 竖直向上)
	最大剪应力 (kPa)	570.2	9.18
5-5	X 方向应力 (kPa)	1003.2	8.7
	Y 方向应力 (kPa)	1512.1	17.9
	X 方向位移 (m)	0.241 (向下游方向)	0.090 (向下游方向)
	Y 方向位移 (m)	0.031 (竖直向下)	0.018 (竖直向上)
	最大剪应力 (kPa)	265.74	6.99



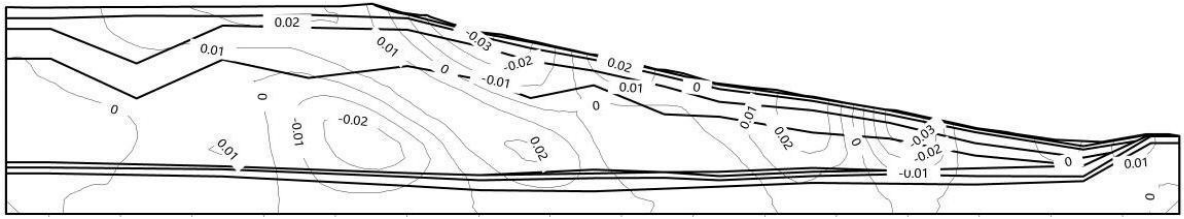
(1) X 向应力等值线图



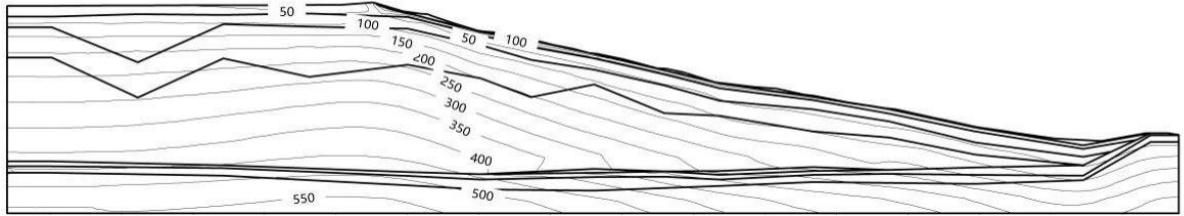
(2) Y 向应力等值线图



(3) X 向位移等值线图

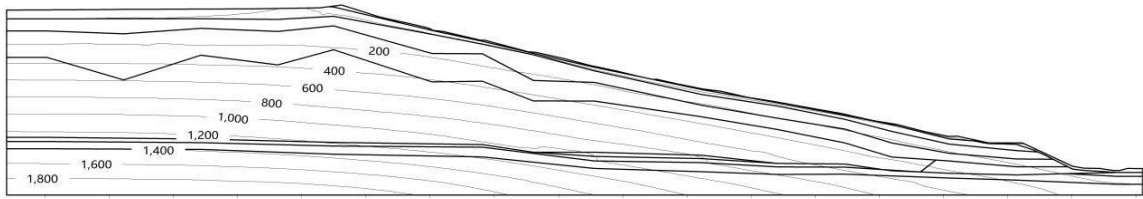


(4) Y 向位移等值线图

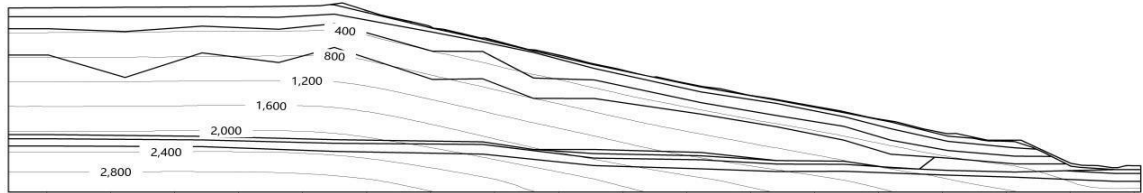


(5) 最大剪应力等值线图

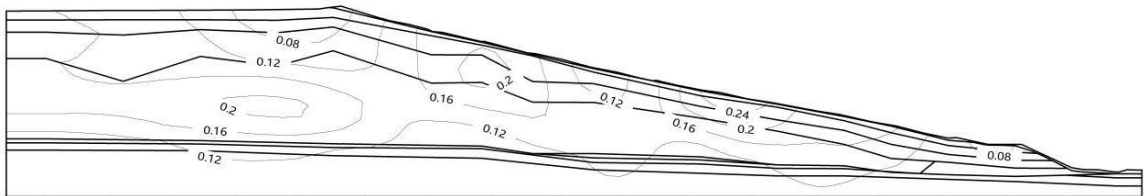
图 4-15 1-1 剖面静力计算结果



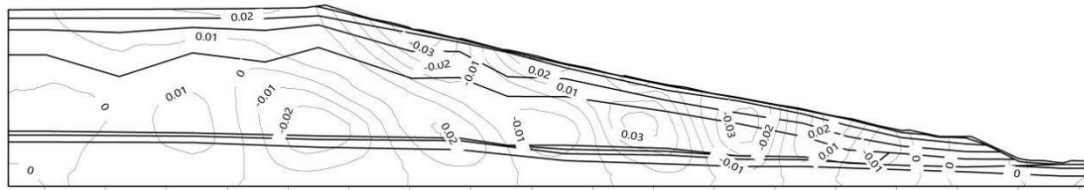
(1) X 向应力等值线图



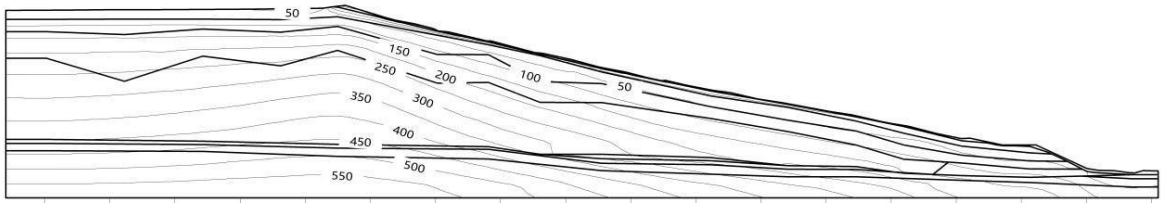
(2) Y 向应力等值线图



(3) X 向位移等值线图

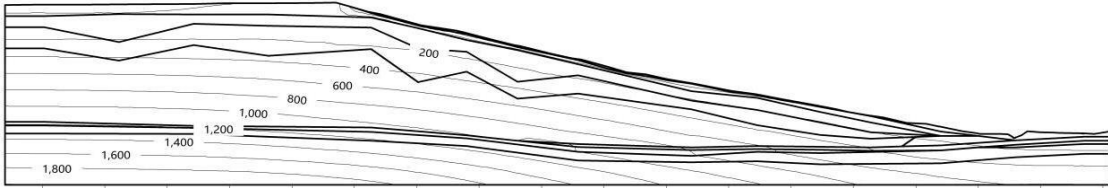


(4) Y 向位移等值线图

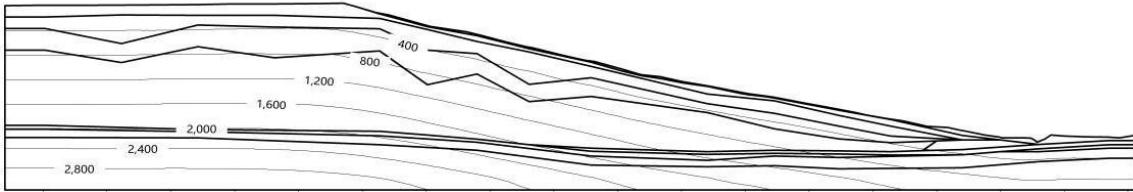


(5) 最大剪应力等值线图

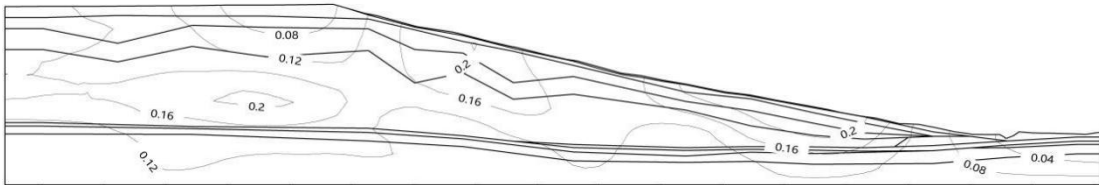
图 4-16 2-2 剖面静力计算结果



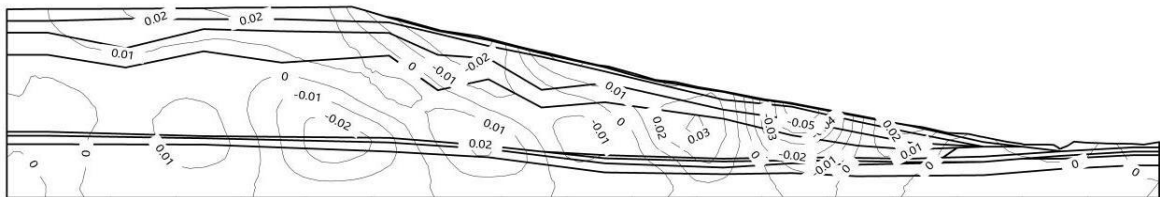
(1) X 向应力等值线图



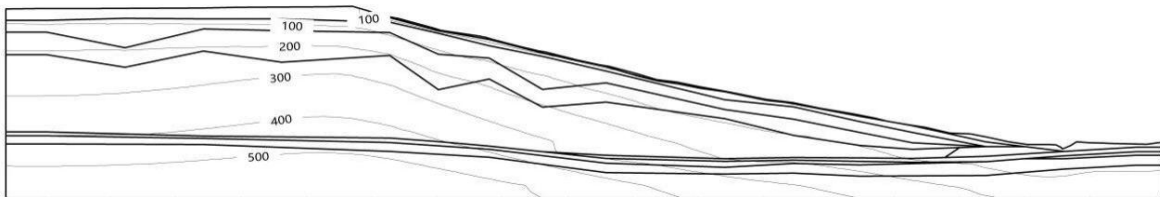
(2) Y 向应力等值线图



(3) X 向位移等值线图

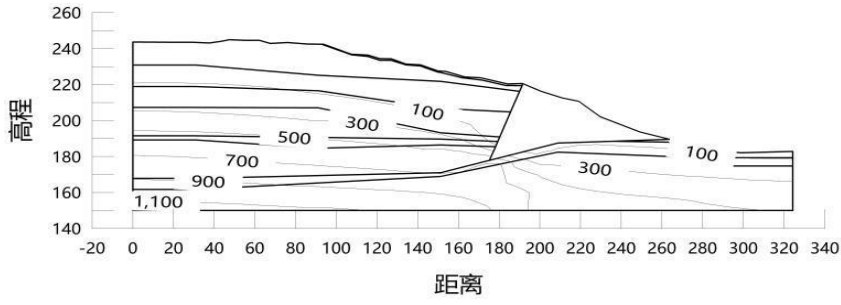


(4) Y 向位移等值线图

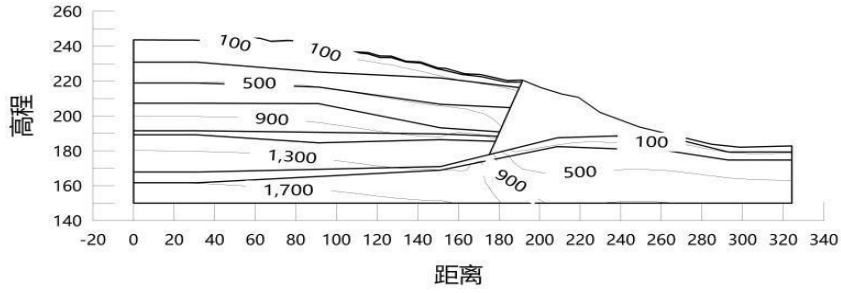


(5) 最大剪应力等值线图

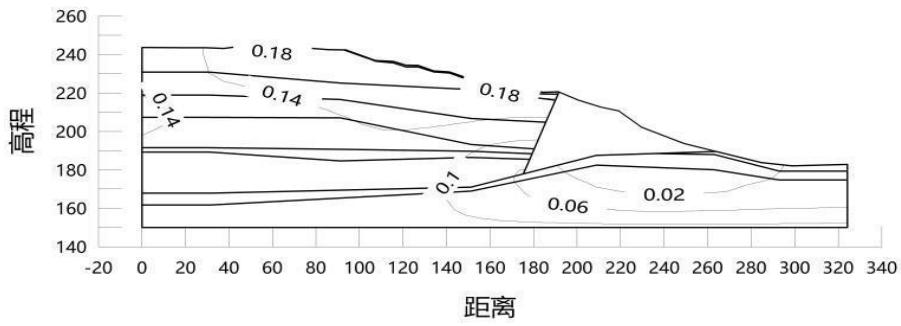
图 4-17 3-3 剖面静力计算结果



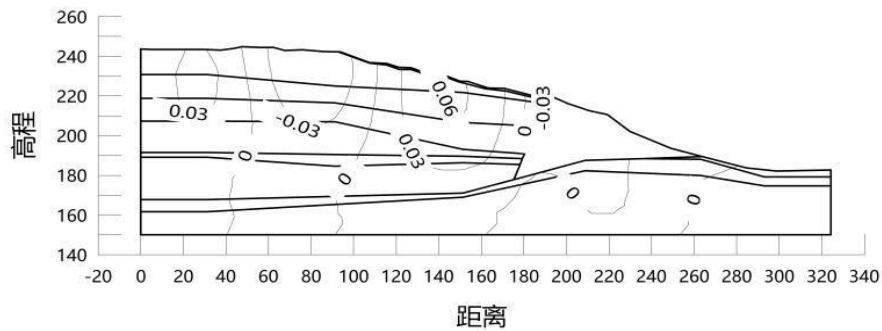
(1) X 向应力等值线图



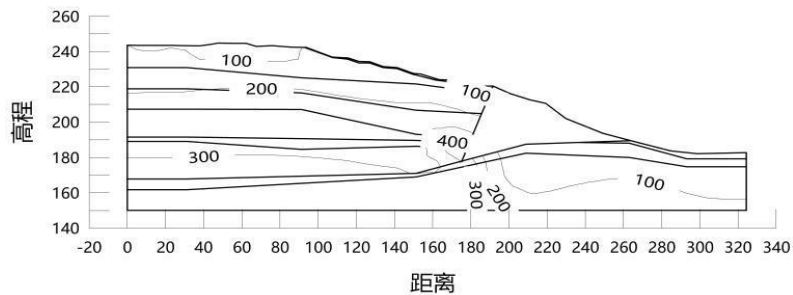
(2) Y 向应力等值线图



(3) X 向位移等值线图

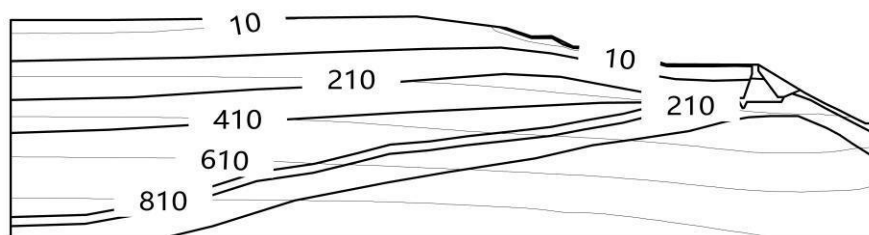


(4) Y 向位移等值线图

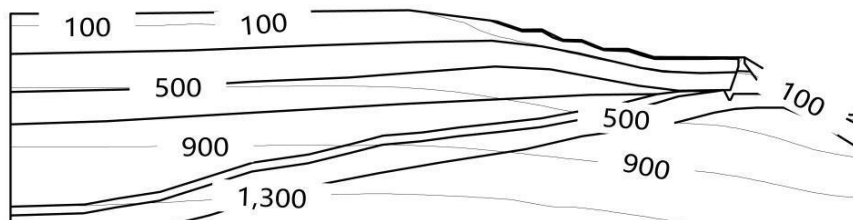


(5) 最大剪应力等值线图

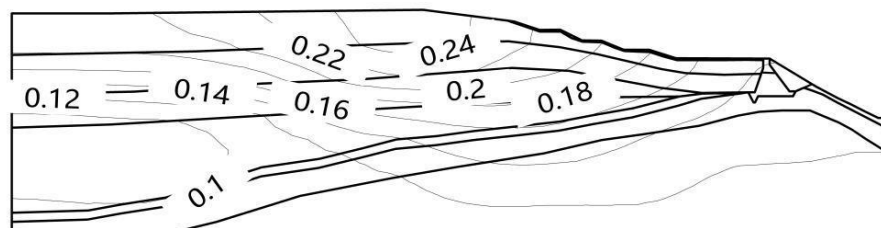
图 4-18 4-4 剖面静力计算结果



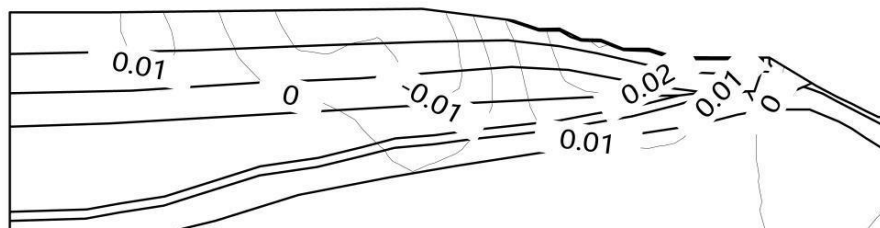
(1) X 向应力等值线图



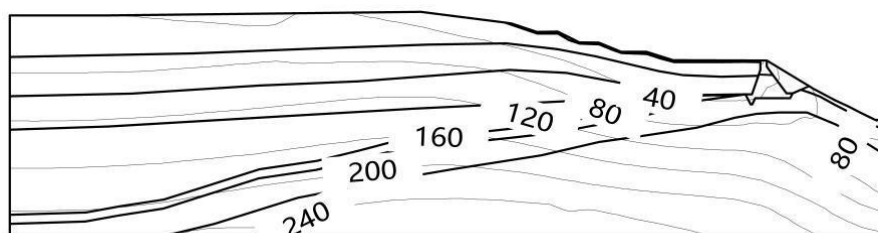
(2) Y 向应力等值线图



(3) X 向位移等值线图



(4) Y 向位移等值线图



(5) 最大剪应力等值线图

图 4-19 5-5 剖面静力计算结果

1) 位移场主要工作特性

- ①现状标高下，1-1 剖面最大沉降量为 0.040m，坝坡顺河方向最大位移为 0.227m。
- ②现状标高下，2-2 剖面最大沉降量为 0.037m，坝坡顺河方向最大位移为 0.260m。
- ③现状标高下，3-3 剖面最大沉降量为 0.059m，坝坡顺河方向最大位移为 0.231m。

④现状标高下，4-4 剖面最大沉降量为 0.063m，坝坡顺河方向最大位移为 0.194m。

⑤各断面的位移场分布规律都相似，最大沉降都发生在坝体前中部，坝坡顺河方向位移在堆积坝前中部较大。

## 2) 应力场主要工作特性

①现状标高下，1-1 剖面最大 X 向应力为 1975.3kPa，最大 Y 向应力为 3092.3kPa，最大剪应力为 564.2kPa。

②现状标高下，2-2 剖面最大 X 向应力为 1998.4kPa，最大 Y 向应力为 3146.2kPa，最大剪应力为 583.4kPa。

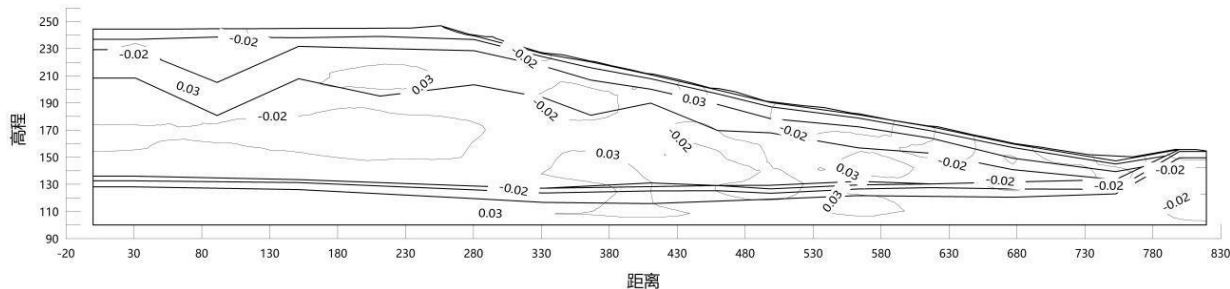
③现状标高下，3-3 剖面最大 X 向应力为 2006.1kPa，最大 Y 向应力为 3163.9kPa，最大剪应力为 596.9kPa。

④现状标高下，4-4 剖面最大 X 向应力为 1190.9kPa，最大 Y 向应力为 1916.2kPa，最大剪应力为 570.2kPa。

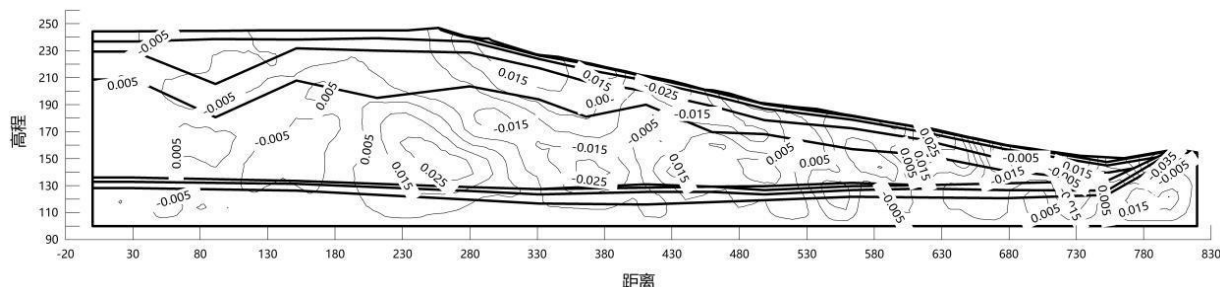
⑤各断面的应力场分布规律都相似，断面处中下部各应力都比较大，向上依次减小，应力未出现小于 0 的情况。

## (4) 动力计算结果及分析

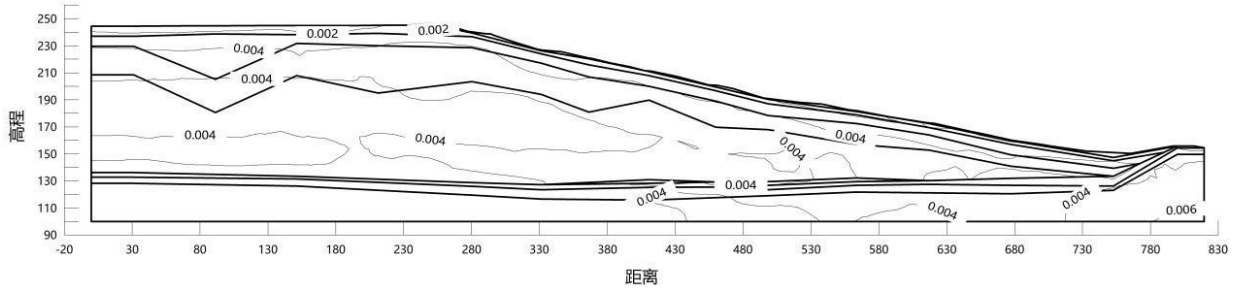
现状正常工况下，剖面的动力计算结果如图 4-20~图 4-24 所示：



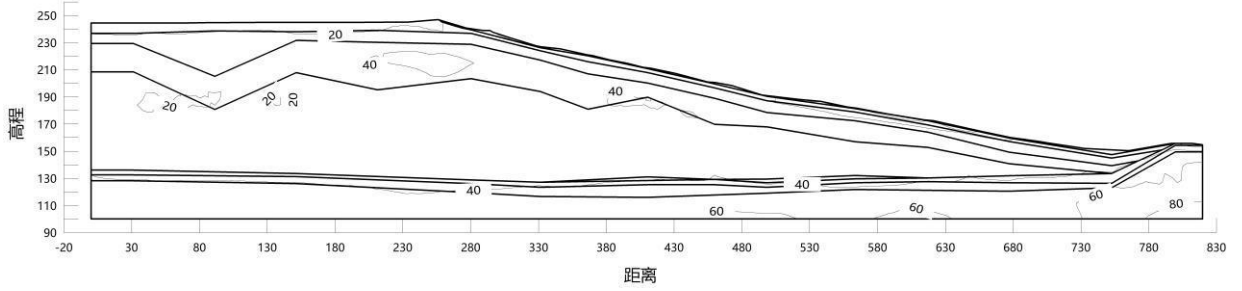
(1) X 向加速度云图



(2) Y 向加速度云图

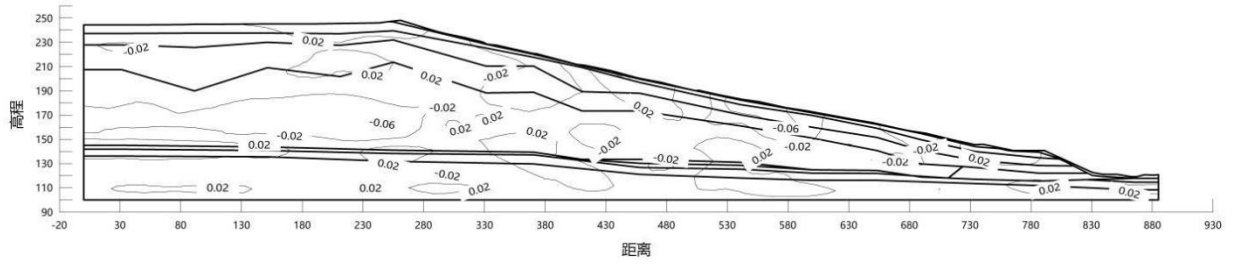


(3) 峰值动剪应变

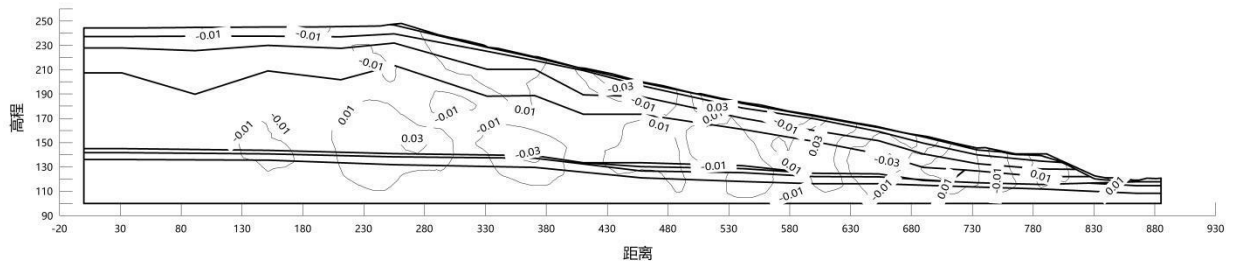


(4) 峰值动剪应力

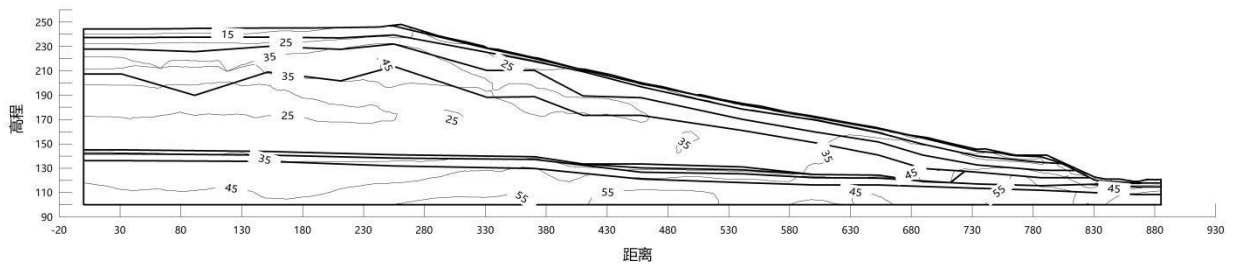
图 4-20 1-1 剖面动力计算结果



(1) X 向加速度云图

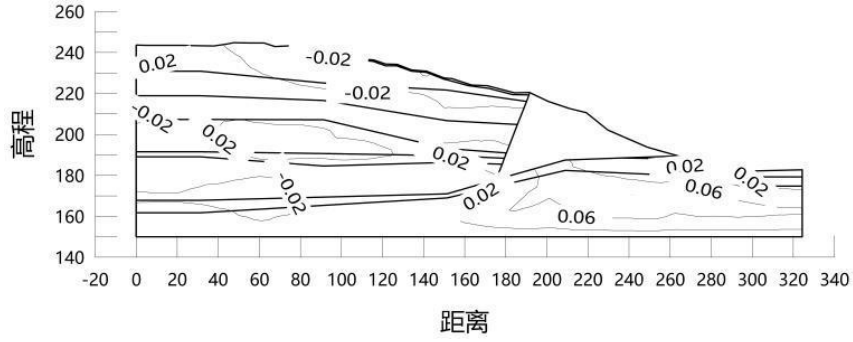


(2) Y 向加速度云图

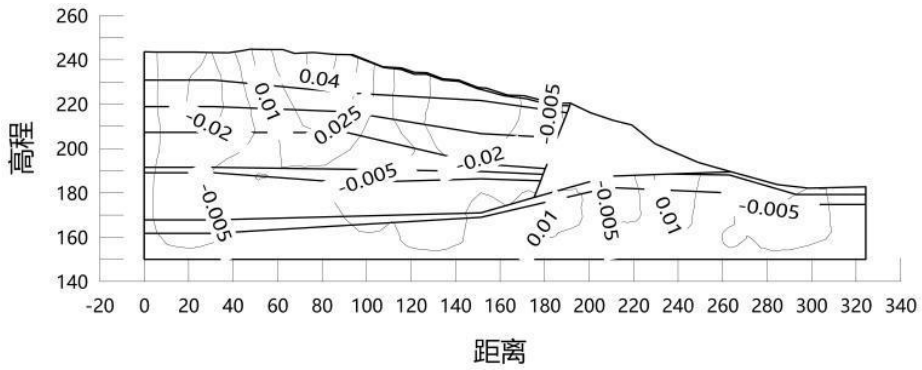


(3) 峰值动剪应变

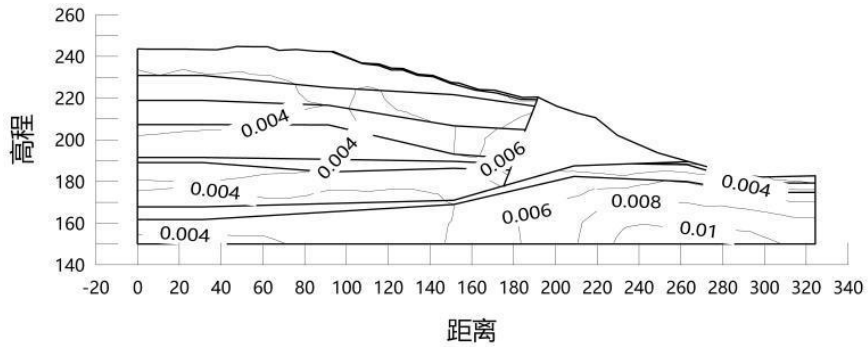




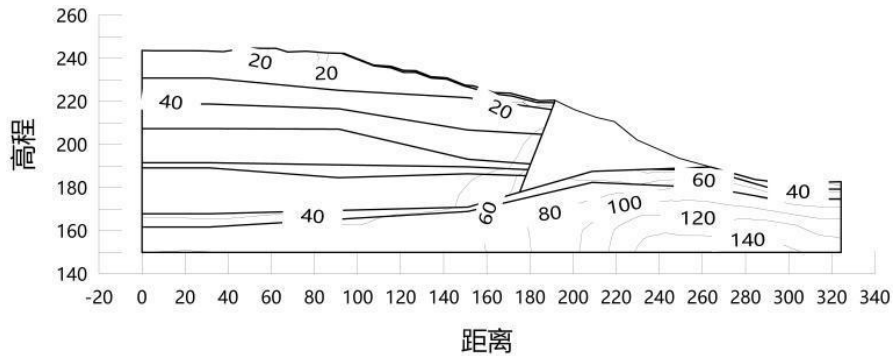
(1) X 向加速度云图



(2) Y 向加速度云图

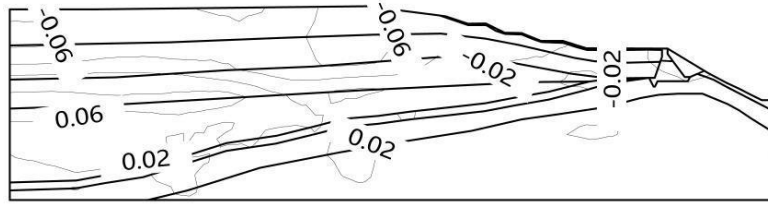


(3) 峰值动剪应变

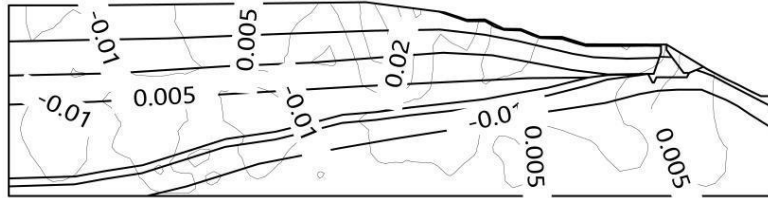


(4) 峰值动剪应力

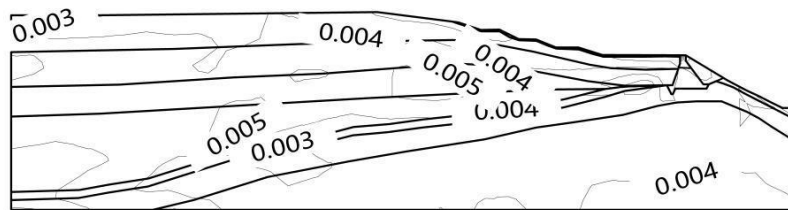
图 4-23 4-4 剖面动力计算结果



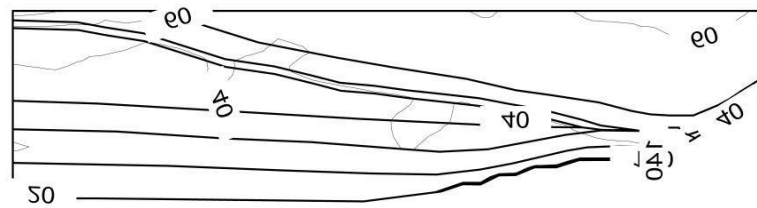
(1) X 向加速度云图



(2) Y 向加速度云图



(3) 峰值动剪应变



(4) 峰值动剪应力

图 4-24 5-5 剖面动力计算结果

表 4-11 正常运行工况下尾矿坝动力计算表

剖面	计算项	最大值	最小值
1-1	X 方向加速度 (g)	0.111	0.073
	Y 方向加速度 (g)	0.043	0.038
	峰值动剪应变 (%)	0.0069	0.0001
	峰值动剪应力 (kPa)	95.779	2.044
2-2	X 方向加速度 (g)	0.095	0.062
	Y 方向加速度 (g)	0.051	0.044
	峰值动剪应变 (%)	0.0068	0.0009

	峰值动剪应力 (kPa)	72.631	9.375
3-3	X 方向加速度 (g)	0.087	0.065
	Y 方向加速度 (g)	0.045	0.040
	峰值动剪应变 (%)	0.0085	0.0009
	峰值动剪应力 (kPa)	10.091	118.010
4-4	X 方向加速度 (g)	0.100	0.044
	Y 方向加速度 (g)	0.043	0.034
	峰值动剪应变 (%)	0.0116	0.0010
	峰值动剪应力 (kPa)	160.52	13.336
5-5	X 方向加速度 (g)	0.091	0.083
	Y 方向加速度 (g)	0.039	0.029
	峰值动剪应变 (%)	0.0102	0.0015
	峰值动剪应力 (kPa)	141.52	16.85

### 1) 地震反应加速度

依据加速度的等值线分布，X 方向和 Y 方向地震反应加速度总体规律表现为，下小上大的规律，顶部最大，竖向加速度反应均明显小于水平向加速度反应。

- ①现状标高下，1-1 剖面 X 方向最大值为  $0.111\text{m/s}^2$ ，Y 方向最大值为  $0.043\text{m/s}^2$ 。
- ②现状标高下，2-2 剖面 X 方向最大值为  $0.095\text{m/s}^2$ ，Y 方向最大值为  $0.051\text{m/s}^2$ 。
- ③现状标高下，3-3 剖面 X 方向最大值为  $0.087\text{m/s}^2$ ，Y 方向最大值为  $0.045\text{m/s}^2$ 。
- ④现状标高下，4-4 剖面 X 方向最大值为  $0.100\text{m/s}^2$ ，Y 方向最大值为  $0.043\text{m/s}^2$ 。

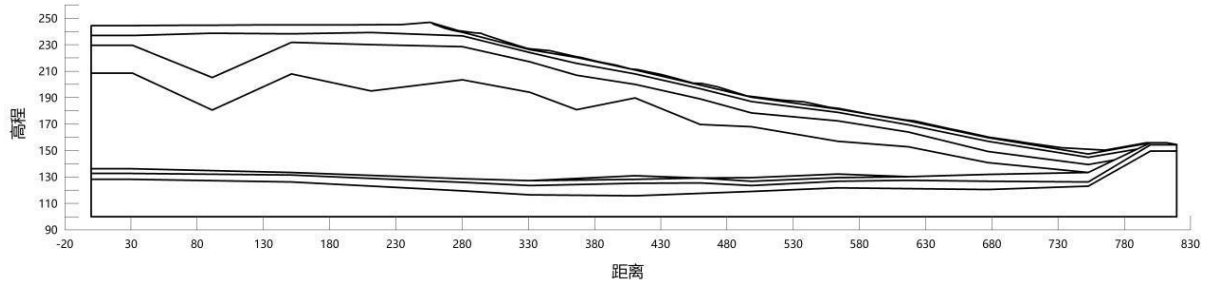
### 2) 峰值动剪应变

依据峰值动剪应变等值线分布，可见峰值动剪应变最大值出现在库区底部，对坝体稳定性无明显影响。

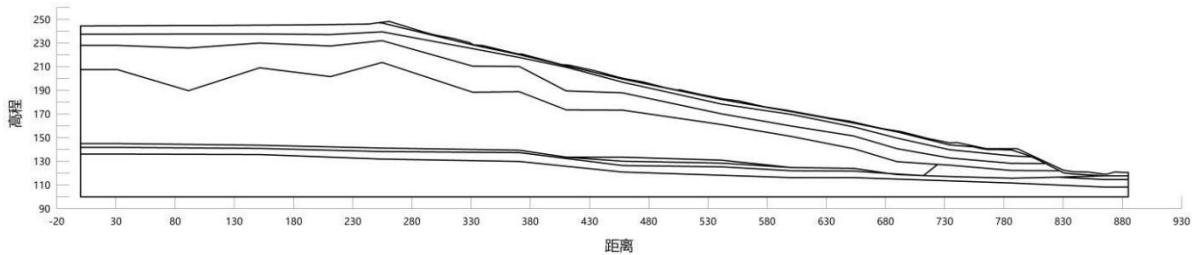
- ①现状标高下，1-1 剖面峰值动剪应变为 0.0069%。
- ②现状标高下，2-2 剖面峰值动剪应变为 0.0068%。
- ③现状标高下，3-3 剖面峰值动剪应变为 0.0085%。
- ④现状标高下，4-4 剖面峰值动剪应变为 0.0116%。

(5) 液化分析

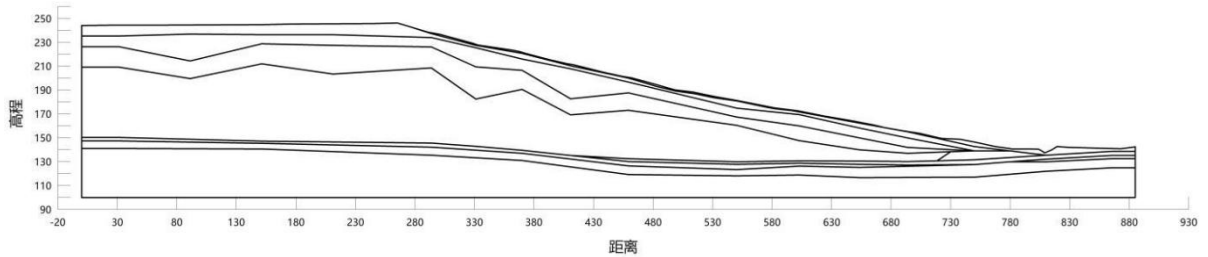
在收集的资料及地震动力反应分析的基础上，采用应力对比法验算断面的液化安全性，液化区分布如图 4-25 所示



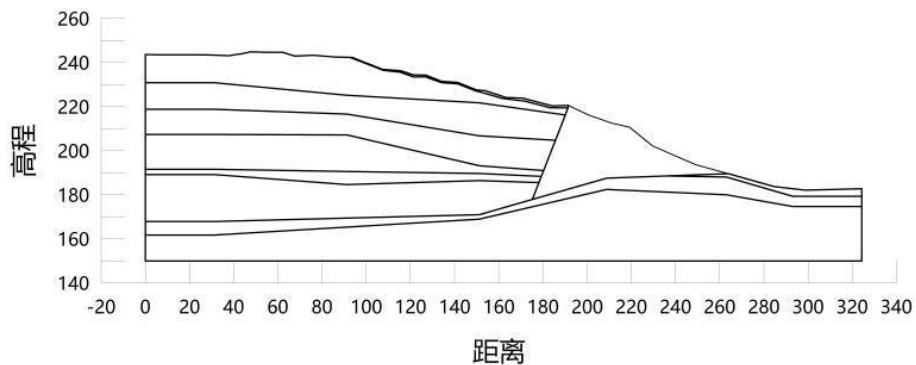
(1) 1-1 剖面



(2) 2-2 剖面



(3) 3-3 剖面



(4) 4-4 剖面

图 4-25 液化区示意图

液化分析结果表明，尾矿库库区未出现大范围的液化现象，表明尾矿库在前期的运行过程中，企业按照规范要求对干滩长度、筑坝尾矿压实程度等参数进行了有效控制，现状液化点位对坝体稳定性影响小。

### 4.3 防排洪系统单元

#### 4.3.1 排水设施检查

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库排洪系统单元进行符合性评价，详见表 4-12。

表 4-12 尾矿库防洪、排水构筑物安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	尾矿库应设置排洪设施，排洪设施的排洪能力不应包括机械排洪的排洪能力。	《尾矿库安全规程》 第 5.4.2 条	尾矿库库内采用泄洪排水井-排水管-排洪竖井-排洪隧洞。	符合
2	排洪构筑物的基础应避免设置在工程地质条件不良或填方地段。无法避开时，应进行地基处理设计。排洪构筑物基础不得直接坐落在尾矿沉积滩上。	《尾矿库安全规程》 第 5.4.11 条	查阅该尾矿库设计文件及勘察等技术资料，排洪构筑物基础不位于工程地质条件不良和填方地段，不直接坐落在尾矿沉积滩上。	符合
3	生产经营单位每年汛前应委托设计单位根据尾矿库实测地形图、水位和尾矿沉积滩面实际情况进行调洪演算，复核尾矿库防洪能力，确定汛期尾矿库的运行水位、干滩长度、安全超高等安全运行控制参数。	《尾矿库安全规程》 第 6.4.2 条	中冶沈勘工程技术有限公司 2025 年 5 月出具《本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库 2025 年汛期调洪演算》，对尾矿库的防洪能力进行复核，确定了安全运行控制参数。	符合
4	湿式尾矿库库内水位控制应遵循下列原则： 1.在满足防洪安全、回水水质和水量要求的前提下，尽量降低库水位； 2.不得用常规子坝挡水。	《尾矿库安全规程》 第 6.4.3 条	1.根据现场踏勘、查阅现状平面图可知：通过现场检查及调洪演算，现状库水位标高能够满足防洪安全，不用常规子坝挡水。	符合
5	尾矿库内应设置清晰醒目的水位观测标尺。	《尾矿库安全规程》 第 6.4.5 条	排水井井壁设置有水位观测标尺。	符合

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
6	<p>排洪构筑物的封堵预制件制作与安装应满足下列要求：</p> <p>——预制件应按设计要求制作并妥善保存；</p> <p>——预制件内壁表面应平整光滑，局部凸坎高度不应大于5mm，并按1:10坡度打磨，长度的允许偏差为±3mm，厚度不得出现负值。</p> <p>——安装前应对预制件的强度、表面平整度等进行质量检查，保证用于安装的预制件质量满足设计要求。</p> <p>——预制件应按设计要求安装，并确保安装质量。</p>	《尾矿库安全规程》 第 6.4.6 条	河北中宸检测技术服务有限公司,2025年8月出具《本钢矿业歪头山铁矿小西沟尾矿库排洪系统质量检测》,对拱板进行检测,强度满足要求。	符合
7	洪水过后应对排洪设施进行全面检查,发现问题及时处理。	《尾矿库安全规程》 第 6.4.7 条	通过查阅资料,洪水过后对排洪构筑物进行了全面检查,存有安全检查记录。	符合
8	尾矿库排洪构筑物终止使用时,应严格按设计要求进行封堵,并确保施工质量。	《尾矿库安全规程》 第 6.4.8 条	通过查阅资料,原排洪系统已按设计要求进行封堵,并组织验收通过。	符合
9	防洪标准是否满足规范要求。	《尾矿库安全规程》 第 6.4.8 条	通过现场检查,现状尾矿库等别为二等库,防洪标准1000年一遇设防,满足规范要求。	符合
10	排洪构筑物有无变形、位移、损毁、淤堵,排水能力是否满足要求等。	《尾矿库安全规程》 第 9.2.5 条	排洪构筑物无变形、位移、损毁、淤堵,排水能力满足要求。	符合
11	排水井检查内容应包括内径、窗口尺寸及位置,井壁剥蚀、脱落、渗漏、最大裂缝开展宽度,井身倾斜度和变位,拱板放置、断裂、最大裂缝开展宽度,拱板之间以	《尾矿库安全规程》 第 9.2.6 条 《设计》	通过现场检查和查阅资料,排水井内径、尺寸及位置与设计一致,具体结构尺寸详见 2.5.4 章节。	符合

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
	及拱板与井壁之间的防漏充填物、漏砂，进水口水面漂浮物，停用井封堵方法及措施，排水井拱板安装辅助设施设置情况。			
12	排水隧洞检查内容应包括断面尺寸，洞内塌方，衬砌变形、破损、断裂、剥落、磨蚀、最大裂缝开展宽度，伸缩缝、止水及充填物，洞内渗漏尾砂，洞内淤堵及排水孔工况等。	《尾矿库安全规程》 第 9.2.9 条 《设计》	通过现场踏勘，未发现排水隧洞有洞内塌方、衬砌变形、破损、断裂、剥落、磨蚀、裂缝、漏砂、淤堵等现象，具体描述详见 2.5.5 章节。	符合

采用安全检查表对库内常用排水设施进行了 12 项检查，均符合要求。检查结果表明：该尾矿库排洪系统结构完好，断面尺寸符合设计要求，排洪构筑物运行正常，无淤堵、破损、剥蚀等现象，排洪系统符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定，具备闭库条件。

#### 4.3.2 防排洪系统主要危险、有害因素辨识与分析

通过分析和辨识，防排洪系统单位存在的危险、有害因素为洪水漫顶、结构破坏、坍塌、淹溺等。

##### （1）洪水漫顶

造成洪水漫顶的因素有：

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

②排水设施因施工质量不佳或后期维护管理不善造成堵塞、损坏，丧失部分或全部泄洪能力。

③库区水位控制不善，造成汛前库内水位过高。

④闭库后，未形成设计要求的沉积滩坡度或干滩长度，或形成严重的偏滩、扇形滩。

##### （2）结构破坏

该尾矿库排洪设施为混凝土结构，结构受损、失事比例较高，应是排洪设施安全检查和重点之一。按照国家工程结构可靠度设计统一标准，必须满足承载能力、正

常使用、耐久性和坚固性四项功能要求。

混凝土建筑物病害的主要现象有三种：裂缝、渗漏和剥蚀。

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

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

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

排洪构筑物断裂造成大量泄漏，垮塌造成堵塞，排洪能力急剧下降，危及坝体安全。造成排洪系统结构破坏的因素有：

- ①未进行设计或设计强度不足；
- ②未按设计规范施工或施工质量不满足规范要求；
- ③沿线地质条件不佳，地基处理不当；
- ④超高堆存尾矿，造成排洪系统荷载增加；
- ⑤出现不均匀或集中荷载。

### （3）坍塌

尾矿库运行过程中发生坍塌的因素主要有以下几方面：①排水井或管的结构因水汽、冰融腐蚀、钢筋锈蚀、强度受损、年久失修等造成的坍塌；②因地震引起的建、构筑物等的变形、破坏和坍塌。企业应根据上述情况，做好相应工作，避免发生坍塌事故。

### （4）淹溺

尾矿库闭库后不允许存水，汛期巡视时，由于防护设施缺失和缺陷，或由于人员不小心，易于发生淹溺事故，造成人员伤亡。

该项目排洪系统运行正常，结构完好，现阶段堆积标高下调洪库容远大于洪水总量，调洪库容充足，一旦遇到超设计频率洪水，其库容也可在应急状态下进行防洪，现状发生洪水漫顶、结构破坏的可能性较小，具备备库条件。

### 4.3.3 洪水计算

#### 4.3.3.1 计算条件

##### （1）防洪标准

根据《尾矿设施设计规范》（GB 50863-2013）规定，各使用期的防洪标准根据使用期库的等别、库容、坝高、使用年限及对下游可能造成的危害程度等因素确定，该尾矿库现状最大坝高 120.61m，现状总库容约  $9958 \times 10^4 \text{m}^3$ ，尾矿库坝高属二等库、库容属三等库，尾矿库等别相差一等时，应以高者为准，因此该尾矿库为二等库，但因其为“头顶库”，需提档管理，在现状按 1000 年一遇洪水标准设防。

##### （2）安全指标选取

该尾矿库采用上游式尾矿筑坝，根据《尾矿设施设计规范》（GB50863-2013）第 4.2.1 条规定，洪水运行工况下最小安全超高及最小干滩长度见表 4-13。

表 4-13 最小安全超高与最小干滩长度（m）

项目	最小安全超高（m）	最小干滩长度（m）
尾矿库	1.0	100

##### （3）典型运行期选取

根据《尾矿库安全规程》（GB39496-2020）规定，安全现状评价应对现状及下个评价周期期间尾矿库坝体的稳定性进行复核，该尾矿库进行闭库前现状评价，故本次现状评价分别选取主坝及副坝现状标高作为本次防排洪分析的典型运行标高。

#### 4.3.3.2 洪水计算方法

根据《尾矿设施设计规范》中 6.2.1 之规定，“对于三等及三等以上尾矿库宜取两种以上方法计算，宜以各省水文图册推荐的计算公式为准或取大值”。本次洪水计算中选用以下 2 种方法进行洪水计算，并根据计算结果的合理性选择洪水数据用于调洪演算。

##### （1）水文计算

该尾矿库现状等别为二等，根据《尾矿设施设计规范》（GB 50863-2013）的规定，该尾矿库洪水重现期采用 1000a 一遇（P=0.1%）。目前尾矿库规范要求的安全超高为 1.0m，最小安全滩长为 100.0m。依据《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），本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库处于 III4 水文分区，水文参数如下：

$$\bar{P}_{24}=95\text{mm}; C_V=0.65; C_S=3.5C_V$$

$$\bar{P}_{3\text{日}}=120\text{mm}; C_V=0.65; C_S=3.5C_V$$

$$\bar{P}_6=62\text{mm}; C_V=0.58; C_S=3.5C_V$$

$$\bar{P}_1=30\text{mm}; C_V=0.52; C_S=3.5C_V$$

$$\bar{P}_{10}=15\text{mm}; C_V=0.40; C_S=3.5C_V$$

其中， $\bar{P}_{24}$ 、 $\bar{P}_{3\text{日}}$ 、 $\bar{P}_6$ 、 $\bar{P}_1$ 、 $\bar{P}_{10}$  分别为年最大 24 小时、3 日、6 小时、1 小时和 10 分钟暴雨均值； $C_V$  和  $C_S$  分别为年最大暴雨变差系数和偏态系数。

目前该尾矿库库区汇水面积为 1.42km<sup>2</sup>，主沟长度为 1.338km，平均坡降约为 10.42%。

## （2）排洪能力校核计算

### 1) 简化推理公式

#### ①洪峰流量

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

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

$S_P$ ——频率为 P 的暴雨雨力，mm/h；

F——坝趾以上的汇水面积，km<sup>2</sup>；

L——由坝趾至分水岭的主河槽长度，km；

m——汇流参数；

J——主河槽的平均坡降；

$\mu$ ——产流历时内流域平均入渗率，mm/h；

A、B、C、D——最大洪峰流量计算系（指）数；

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

$t$ ——流域汇流历时，h。

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

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

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

$K_P$ ——模比系数；

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

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

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

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

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

式中： $a_{24}$ ——历时 24 小时的降雨迳流系数。

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

式中： $t_c$ ——主雨峰产流历时，h。

当  $t_c > 24$ ，则：

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

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

## ②洪水总量

$$W_{tP} = 1000 a_t H_{tP} F$$

式中： $W_{tP}$ ——历时为  $t$ ，频率为  $P$  的洪水总量， $m^3$ ；

$a_t$ ——与历时  $t$  相应的洪量迳流系数；

$H_{tP}$ ——历时为  $t$ ，频率为  $P$  的降雨量，mm。

## 2) 推理公式（辽宁法）

### ①洪峰流量

$$Q_p = 0.278 \varphi_p i_p F = 0.278 \frac{\varphi_p S_p}{\tau_p^{n_p}} F$$

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

$S_p$ —频率为  $P$  的暴雨雨力， $mm/h$ ；

$\varphi_p$ —设计洪峰径流系数；

$\tau_p$ —一定频率下的汇流历时， $h$ ；

$n_p$ —暴雨递减指数；

$F$ —汇水面积， $km^2$ 。

### ②洪水总量

$$W_{\text{三}p} = 0.1 \times \alpha_{\text{三}p} \times P_{\text{三}p\text{面}} \times F$$

$$W_{(\text{三}-24)p} = 0.1\alpha_{(\text{三}-24)p} \times (P_{\text{三}p\text{面}} - P_{24p\text{面}}) \times F$$

$$W_{24p} = W_{\text{三}p} - W_{(\text{三}-24)p}$$

式中： $W_{\text{三}p}$ 、 $W_{(\text{三}-24)p}$ 、 $W_{24p}$  分别为不同频率下的设计洪量、前峰洪量、主峰洪量（即 24 小时洪量），以  $10^4m^3$  计； $P_{\text{三}p\text{面}}$ 、 $P_{24p\text{面}}$  为不同频率三日、24 小时设计面暴雨量，以  $mm$  计； $\alpha_{\text{三}p}$ 、 $\alpha_{(\text{三}-24)p}$  为不同频率的三日洪量迳流系数和前峰洪量迳流系数； $F$  为汇水面积，以  $km^2$  计。

### 3) 洪水计算结果

表 4-14 洪水计算结果表

坝高	洪水频率 $P$ (%)	洪峰流量 $Q$ ( $m^3/s$ )		洪水总量 ( $10^4m^3$ )	
		简化推理公式	地方经验公式	简化推理公式	地方经验公式
120.61m	0.1	208.172	55.287	55.83	58.25

对两种分析方法进行比较，结果差别悬殊，简化推理公式计算的结果更大。本地区位于辽宁省本溪市，从汇流原理分析，对于小流域洪水计算，推理公式（辽宁法）计算结果更合理，故本次选择推理公式（辽宁法）计算结果。

#### (3) 洪水过程线的计算

根据《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），当洪水过程线形状系数  $\gamma_p$  小于 0.05 时洪水过程线为以  $Q_p$  为高，以  $T_t$  为洪水过程线的总历时，以  $\tau_0$  为洪水上涨历时的三角形， $W_{\text{调}P}$  为洪水过程线的面积。当  $\gamma_p$  大于 0.05 时洪水过程线按水文手册给定的过程线。洪水过程线形状系数：

$$\gamma_p = \frac{W_{24P}}{Q_p \times 51 \times 0.36}$$

式中： $Q_p$  为洪峰流量， $m^3/s$ ； $W$  为洪水总量，万  $m^3$ ； $T$  为主峰洪水历时，东部 II、III、IV 区： $T=51$  小时；西部 V、VI 区  $T=52$  小时。本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库位于东部 III4 区，故主峰洪水历时  $T=51$  小时。

对于该尾矿库，洪水过程线形状系数为：

$$\gamma_{0.5\%} = \frac{W_{24P}}{Q_{0.5\%} \times T \times 0.36} = \frac{43.167}{43.423 \times 51 \times 0.36} = 0.0541 > 0.05$$

$$\gamma_{0.2\%} = \frac{W_{24P}}{Q_{0.2\%} \times T \times 0.36} = \frac{52.256}{50.842 \times 51 \times 0.36} = 0.0560 > 0.05$$

$$\gamma_{0.1\%} = \frac{W_{24P}}{Q_{0.1\%} \times T \times 0.36} = \frac{58.250}{55.287 \times 51 \times 0.36} = 0.0574 > 0.05$$

通过上述计算可以看出，洪水计算过程线形状系数  $\gamma$  大于 0.05，本次调洪计算采用前峰为三角形、主峰为以  $\gamma$  作参数、总历时为 72 小时的双峰型概化过程线。

1) 主峰过程线：通过《辽宁省中小河流（无资料地区）设计暴雨洪水计算方法》查附表中相应水文分区  $\gamma_P$  值的  $t \sim Q_t/Q_p$  表，将  $t \sim Q_t/Q_p$  值乘以  $Q_p$  并加上基流即得主峰洪水过程线；

2) 前锋洪水过程线：III4 水文分区为涨水 9 小时，落水 12 小时的三角形。计算  $Q_{21}$  如下：

$$Q_{21} = Q_t/Q_p \times Q_p = 0.0007 \times 55.287 = 0.0387 m^3/s$$

$$2.16 \times Q_{21} = 2.16 \times 0.0387 = 0.084$$

因  $W_{(3-24)P} = 6.673 > 2.16 Q_{21} = 0.084$ ，所以前锋最大流量  $Q_9$  按下式计算：

$$Q_9 = Q'_{P} = \frac{W_{(3-24)P}}{3.78} - \frac{4}{7} Q_{21} = \frac{6.673}{3.78} - \frac{4}{7} \times 0.0387 = 1.743 m^3/s$$

3) 基流  $Q_0$  的计算，按下式计算：

$$Q_0 = \frac{0.05 W_{3P}}{25.9} = \frac{0.05 \times 64.922}{25.9} = 0.125 m^3/s$$

#### (4) 水文计算

水文计算结果见表 4-15、表 4-16 和图 4-1：

表 4-15 尾矿库现状水文计算结果表

P (%)	0.500	0.200	0.100
$P_{24p}$ (mm)	372.400	435.100	482.600

$P$ (%)	0.500	0.200	0.100
$K_p$	3.920	4.580	5.080
$P_{\equiv p}$ (mm)	470.400	549.600	609.600
$K_p$	3.920	4.580	5.080
$P_{6p}$ (mm)	217.620	251.100	275.900
$K_p$	3.510	4.050	4.450
$P_{1p}$ (mm)	94.800	108.600	118.500
$K_p$	3.160	3.620	3.950
$P_{10p}$ (mm)	37.950	42.300	45.600
$K_p$	2.530	2.820	3.040
$P_{10} / P_1$	0.400	0.390	0.385
$P_1 / P_6$	0.436	0.432	0.430
$P_6 / P_{24}$	0.584	0.577	0.572
$n_{1p}$	0.536	0.532	0.530
$n_{2p}$	0.614	0.604	0.594
$n_{0p}$	0.490	0.470	0.465
$\tau_0$	0.505	0.505	0.505
$P_{\tau p}$ (mm)	66.891	75.588	82.197
$i_p$ (mm/h)	132.528	149.758	162.852
$\phi_p$	0.830	0.860	0.860
$\alpha_{\equiv p}$	0.690	0.730	0.750
$\alpha_{\equiv - 24p}$	0.210	0.290	0.370
$Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	44.423	50.842	55.287
$W_{\equiv p}$ (万m <sup>3</sup> )	46.090	56.972	64.922
$W_{(\equiv - 24)p}$ (万m <sup>3</sup> )	2.922	4.715	6.673
$W_{24p}$ (万m <sup>3</sup> )	43.167	52.256	58.250

表 4-16 尾矿库洪水过程线 (P=0.1%)

T (小时)	$Q_t/Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_t$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_0$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q'_t$ (m <sup>3</sup> /s)
0	0.0000	0.0000	0.125	0.125
9		1.743	0.125	1.869
21	0.0007	0.039	0.125	0.164
22	0.0010	0.055	0.125	0.181
23	0.0020	0.111	0.125	0.236
24	0.0114	0.630	0.125	0.756
25	0.0194	1.073	0.125	1.198
26	0.0288	1.592	0.125	1.718
27	0.0452	2.499	0.125	2.624
28	0.1527	8.442	0.125	8.568
29	0.3115	17.222	0.125	17.347
30	1.0000	55.287	0.125	55.412
31	0.5782	31.967	0.125	32.092
32	0.2339	12.932	0.125	13.057
33	0.1308	7.232	0.125	7.357
34	0.0864	4.777	0.125	4.902
35	0.0634	3.505	0.125	3.631
36	0.0474	2.621	0.125	2.746
37	0.0387	2.140	0.125	2.265
38	0.0280	1.548	0.125	1.673
39	0.0157	0.868	0.125	0.993
40	0.0127	0.702	0.125	0.827
45	0.0067	0.370	0.125	0.496
50	0.0047	0.260	0.125	0.385

T (小时)	$Q_t / Q_p$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_t$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_0$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q'_t$ (m <sup>3</sup> /s)
60	0.0000	0.0000	0.125	0.125
72	0.0000	0.0000	0.125	0.125

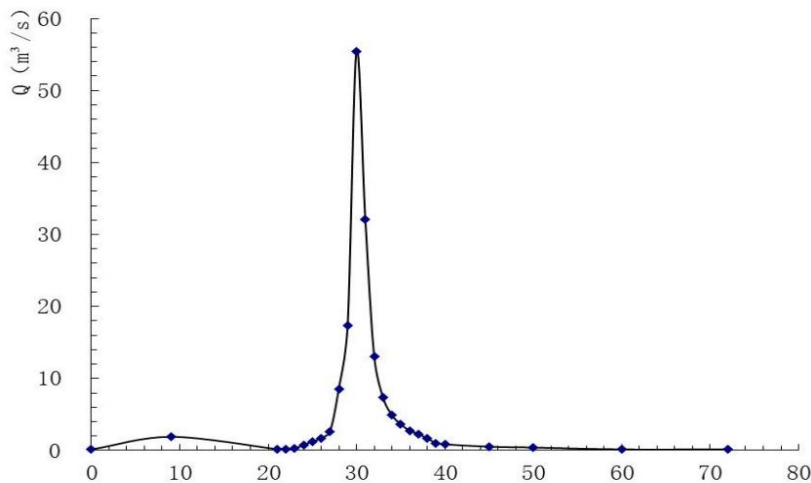


图 4-26 设计洪水过程线 (P=0.1%)

#### 4.3.4 调洪演算

##### 4.3.4.1 泄洪计算公式

目前，该尾矿库存在两条排水系统，其中一条为回水系统，回水塔为现浇钢筋混凝土窗口式结构，塔径 2.5m，下接排水隧洞；另一条排洪系统排水井为现浇钢筋混凝土六柱框架结构，内径为 2.5m，其下接排水管，排水管断面呈圆形，内径 1.2m。汛期，二者均可进行排洪，根据现有排洪回水系统的布置，当库内水位低于 242m 时该尾矿库现用回水设施可进行泄洪，而当库内水位高于 242m 时该尾矿库现用回水设施和新建排洪设施可同时泄洪。

依据排洪回水系统现状，采用“管（隧洞）--井”式排水系统水力计算公式，具体计算公式如下：

##### (1) 框架式排水井

###### ①自由泄流

###### a. 水位未淹没框架圈梁时

$$Q_c = n_c m e b_c \sqrt{2gH_y}^{1.5}$$

###### b. 水位淹没圈梁时

$$Q_d = Q_1 + Q_2, \text{ 其中 } Q_1 \approx 1.8n_c \varepsilon b_c H_0^{1.5}, Q_a = Q_2 = 2.7n_c \omega \sum \sqrt{H_i}$$

式中： $Q_c$ 、 $Q_d$ 为自由泄流量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）； $n_c$ 为同一个横断面上排水口的个数； $m$ 为流量系数； $\varepsilon$ 为侧向收缩系数； $H_y$ 为溢流堰泄流水头（ $\text{m}$ ）； $b_c$ 为一个排水口的宽度（ $\text{m}$ ）； $H_i$ 为第*i*层全淹没工作窗口的泄流计算水头（ $\text{m}$ ）； $\omega_c$ 为一个排水窗口的面积（ $\text{m}^2$ ）； $H_0$ 为最上层未淹没工作窗口的泄流水头（ $\text{m}$ ）。

### ②半压力流

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

式中： $\varphi$ 为流量系数； $F_s$ 为排水管入口水流收缩断面面积（ $\text{m}^2$ ）； $H$ 为计算水头，为库水位与排水管入口断面中心标高之差（ $\text{m}$ ）。

### ③压力流

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

式中： $\mu$ 为流量系数； $F_x$ 为排水管下游出口断面面积（ $\text{m}^2$ ）； $H_z$ 为计算水头，为库水位与排水管下游出口断面中心标高之差，当下游有水时为库水位。与下游水位的高差（ $\text{m}$ ）。

## (2) 窗口式排水井

### ①自由泄流

#### a.当水位在两层窗口之间时

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

#### b.当水位在窗口部位时

$$Q_b = Q_1 + Q_2, \text{ 其中 } Q_1 \approx n_c A D_c^{2.5}$$

式中： $Q_a$ 、 $Q_b$ 为自由泄流量（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）； $n_c$ 为同一个横断面上排水口的个数； $H_i$ 为第*i*层全淹没工作窗口的泄流计算水头（ $\text{m}$ ）； $\omega_c$ 为一个排水窗口的面积（ $\text{m}^2$ ）； $A$ 为系数； $D_c$ 为排水窗口直径（ $\text{m}$ ）。

### ②半压力流

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

式中： $\varphi$ 为流量系数； $F_s$ 为排水管入口水流收缩断面面积（ $\text{m}^2$ ）； $H$ 为计算水头，为库水位与排水管入口断面中心标高之差（ $\text{m}$ ）。

③压力流

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

式中： $\mu$ 为流量系数； $F_x$ 为排水管下游出口断面面积（ $m^2$ ）； $H_z$ 为计算水头，为库水位与排水管下游出口断面中心标高之差，当下游有水时为库水位与下游水位的高差（ $m$ ）。

对该小西沟尾矿库排洪回水系统泄流量计算如表 4-17 和表 4-18。

表 4-17 尾矿库现有回水系统泄流量计算结果表

调洪高度 (m)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
泄水量 ( $m^3/s$ )	0.00	0.06	0.22	0.44	0.57	0.68	0.77	0.91	1.15	1.21	1.42	1.60	1.76	1.96

表 4-18 尾矿库排洪系统泄流量计算结果表

调洪高度 (m)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
泄水量 ( $m^3/s$ )	0.00	0.26	0.80	1.54	2.44	3.20	4.11	5.07	6.06	7.08	8.11	9.15	10.20	11.24

现状库水位标高下，该尾矿库现有排洪回水系统综合排水泄流量如表 4-19。

表 4-19 尾矿库现状条件下排洪回水系统综合泄流量计算结果表

调洪高度 (m)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3
泄水量 ( $m^3/s$ )	0.00	0.06	0.22	0.44	0.57	0.68	0.77	0.91	1.15	1.48	2.22	3.14	4.20	5.16

4.3.4.2 调洪计算

(1) 基本原理

调洪计算的基本原理是任一时段内入库水量减去出库水量等于该时段内水库蓄水量的变化量。

$$(Q_1+Q_2)/2*\Delta t-(q_1+q_2)/2*\Delta t=V_2-V_1=\Delta V$$

式中： $Q_1$ 为时段初的入库流量( $m^3/s$ )； $Q_2$ 为时段末的入库流量( $m^3/s$ )； $q_1$ 为时段初

的出库流量( $m^3/s$ )； $q_2$ 为时段末的出库流量( $m^3/s$ )； $V_1$ 为时段初尾矿库蓄水量( $m^3$ )； $V_2$ 为时段末为库蓄水量( $m^3$ )； $\Delta t$ 为时段长。其大小一般可视入库流量的变化幅度而定。陡涨陡落的小河取 1~6h，变化平缓的大河取 12~24h。

在以上方程中  $Q_1$ 、 $Q_2$ 可由设计洪水过程线上查得， $\Delta t$ 可根据具体情况选定， $q_1$ 及  $V_1$ 根据起调条件确定。 $q_2$ 和  $V_2$ 是未知数。一个方程包括两个未知数不能求解，必须建立水库下泄流量  $q$  与蓄水量  $V$  的关系。

$$q=f(V)$$

以上两式组成一个方程组，这个方程组表达了入库洪水过程、下泄流量过程和尾矿库蓄水量变化过程三者之间的定量关系。

### (2) 调洪库容计算

本次调洪计算针对现状堆积标高，（尾矿库为二等），根据业主提供现场实测图计算出的调洪库容见表 4-20。

表 4-20 尾矿库调洪库容计算列表

标高 (m)	面积 ( $m^2$ )	高差 (m)	调洪库容 ( $m^3$ )	累计调洪库容 (万 $m^3$ )
242.0	517887.90			0.00
242.1	533326.80	0.10	52560.74	5.26
242.2	548755.70	0.10	54104.12	10.67
242.3	564162.40	0.10	55645.91	16.23
242.4	579546.90	0.10	57185.47	21.95
242.5	594909.30	0.10	58722.81	27.82
242.6	610249.40	0.10	60257.94	33.85
242.7	625567.40	0.10	61790.84	40.03
242.8	640847.90	0.10	63320.77	46.36
242.9	655968.00	0.10	64840.80	52.84
243.0	671089.80	0.10	66352.89	59.48
243.1	686271.30	0.10	67868.06	66.27
243.2	701498.70	0.10	69388.50	73.20

标高 (m)	面积 (m <sup>2</sup> )	高差 (m)	调洪库容 (m <sup>3</sup> )	累计调洪库容 (万 m <sup>3</sup> )
243.3	716701.00	0.10	70909.99	80.29

#### 4.3.4.3 调洪演算结果

在上述调洪库容及排水系统泄流量计算基础上，按前述计算公式进行的调洪计算，调洪计算结果见表 4-21。

4-21 小西沟尾矿库 1000 年一遇洪水调洪计算结果

等别	正常水位 (m)	最高水位 (m)	洪水升高 (m)	安全超高 (m)	安全滩长 (m)	最大泄流量 (m <sup>3</sup> /s)	所需调洪库容 (万 m <sup>3</sup> )
二	242.0	242.96	0.96	3.04	304	1.84	56.5
二	242.5	243.3	0.80	2.70	270	4.3	52.2

不同起调水位下，该尾矿库经调洪后来水流量与泄水流量关系曲线图如图 4-25 和图 4-26。

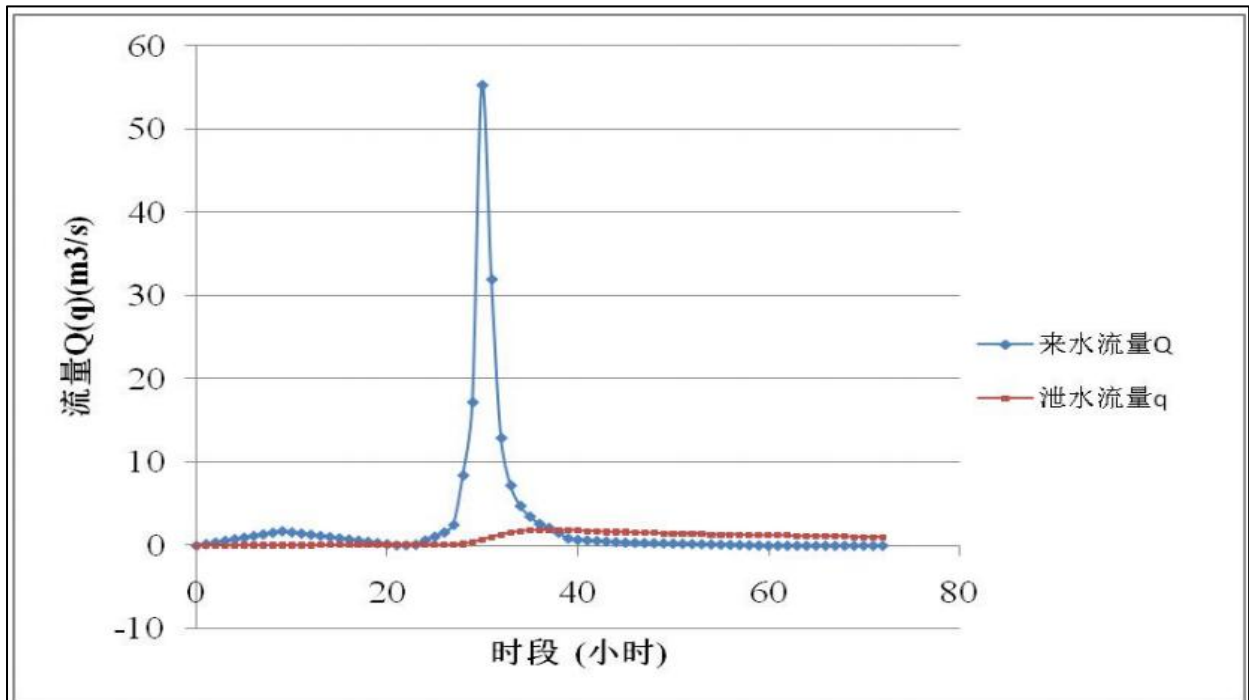


图 4-27 起调水位为 242.0m 时来水流量与泄水流量关系曲线图

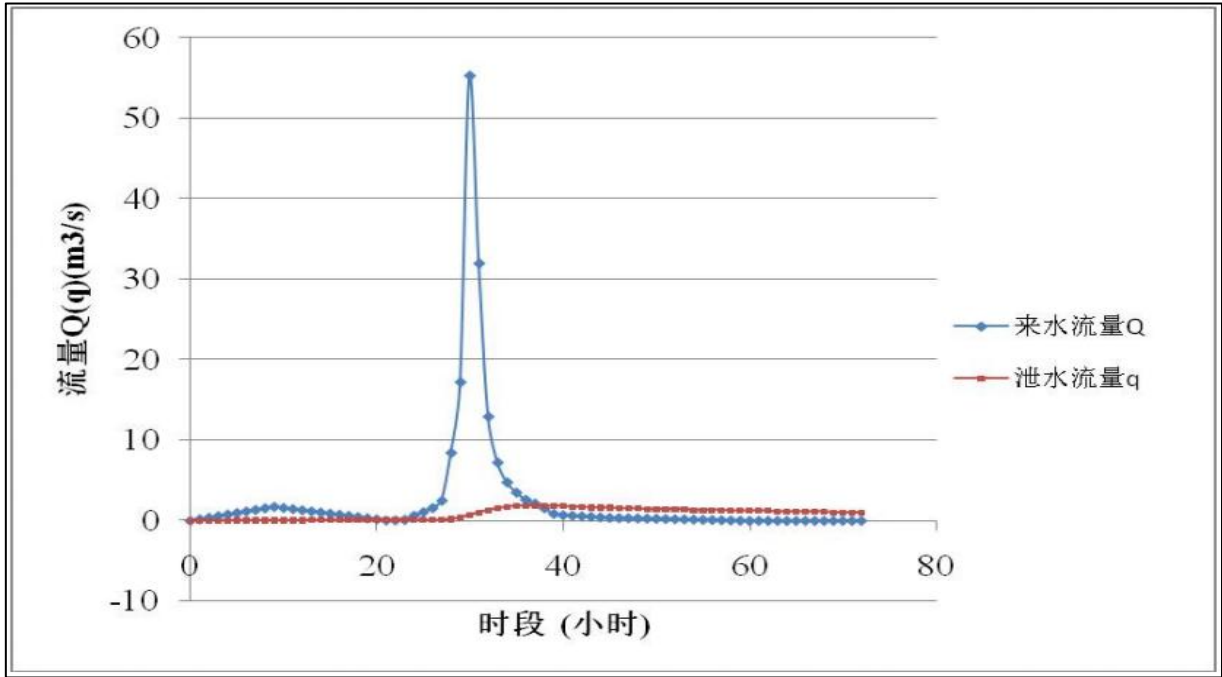


图 4-28 起调水位为 242.5m 时来水流量与泄水流量关系曲线图

#### 4.3.4.4 结论

通过调洪演算结果可知，现状在遭遇设计频率洪水时，干滩长度及安全超高满足规范要求，72 小时内能一次性排出洪水，排洪系统能够满足排洪要求。

### 4.4 排渗设施单元

#### 4.4.1 排渗设施检查

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库排渗设施单元进行符合性评价，详见表 4-22。

表 4-22 尾矿库排渗设施安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	尾矿坝应满足渗流控制的要求，尾矿坝的渗流控制措施应确保浸润线低于控制浸润线。	《尾矿库安全规程》第 5.3.15 条	根据闭库勘察，尾矿库主坝浸润线的埋深在 5.00m~30.2m 之间，高于二等库 6~8m 标准。	不符合
2	尾矿库运行过程中应根据设计要求进行排渗设施的施工，	《尾矿库安全规程》第 6.3.12 条	堆积坝建有排渗设施，符合设计要求，具体结构尺	符合

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
	施工后对排渗效果进行检查。	《设计》	寸详见 2.5.5 章节。根据现场勘察及查阅资料可知，排水管出水稳定，未见浑浊现象，排渗效果良好。	
3	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。	《尾矿库安全规程》第 6.5.2 条	根据闭库勘察，尾矿库主坝浸润线的埋深在 5.00m~30.2m 之间，高于二等库 6~8m 标准。	不符合

采用安全检查表对排渗进行了 3 项检查，1 项符合要求。检查结果表明：该尾矿库排渗设施结构完整，符合设计要求，现状排渗效果良好，运行正常，根据闭库勘察，尾矿库主坝浸润线的埋深在 5.00m~30.2m 之间，高于二等库 6~8m 标准，需在闭库时严格落实设计制定的降低浸润线措施。

#### 4.4.2 排渗主要危险、有害因素辨识与分析

通过分析和辨识，排渗设施单元存在的危险、有害因素为溃坝、渗流破坏等。

##### 4.4.2.1 溃坝

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

##### 4.4.2.2 渗流破坏

排渗、反滤层等重要措施设计不能满足渗流要求，排渗设施在运行过程中出现淤塞或局部破损。当上游存在高势能水位时，坝体内必然形成复杂的渗流场，在渗流作用下，坝体有可能发生渗流破坏，严重时将导致溃坝。

#### 4.5 安全监测设施单元

##### 4.5.1 安全设施检查

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库安全监测设施单元进行符合性评价，详见表 4-23。

表 4-23 安全设施安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	一等、二等、三等、四等尾矿库应监测位移、浸润线、干滩、库水位、降水量。	《尾矿库安全监测技术规范》第 4.4.1 条 《设计》	尾矿库为二等库，小西沟尾矿库安全监测系统采用人工观测和在线监测相结合的方式，3 个浸润线观测孔监测孔已经无法使用，未设置干滩监测设施，具体布设方式详见 2.5.6 节。	不符合
2	尾矿库安全监测，应与人工巡查和尾矿库安全检查相结合。	《尾矿库安全监测技术规范》第 4.4.2 条	通过现场检查，采取与人工巡查和安全检查相结合的方式。	符合
3	运行期间应做好监测系统和全部监测设施的检查、维护、校正、监测资料的整编、监测报告的编写以及监测技术档案的建立。	《尾矿库安全监测技术规范》第 4.4.3 条	企业制定了相关监测管理制度，监测数据能够及时整理。	符合
4	人工位移监测在监测设施安装初期每半月进行一次，在坝体趋于稳定时，可逐步减至每月一次。	《尾矿库安全监测技术规范》第 5.1.3 条	企业对人工位移进行监测，监测频率满足要求，监测数据能够及时整理，建立了监测技术档案。	符合
5	各种基点均应布设在两岸岩石或坚实土基上。	《尾矿库安全监测技术规范》第 5.2.2 条	工作基点布设在坚实基础上。	符合
6	监测断面宜选在最大坝高断面、有排水管通过的断面、地基工程地质变化较大的地段及运行有异常反应处。	《尾矿库安全监测技术规范》第 5.2.2 条	最大坝高断面设置有监测断面。	符合
7	在线安全监测频率应符合下列规定： 1.当尾矿库处于正常状态时，在线安全监测频率宜	《尾矿库在线安全监测系统技术规范》第 4.5.4 条	在线监测设施的监测频率符合要求。	符合

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
	为 1 次/10min~1 次/24h。 2.当尾矿库安全状况处于非正常状态时，在线安全监测频率宜为 1 次 / 5min~1 次/ 30min。			
8	监测预警值的设置是否满足设计要求。	《尾矿库安全规程》 第 9.6.2 条	通过查阅资料，监测预警值的设置满足设计要求。	符合
9	监测设施的设置是否满足设计要求，监测设施是否有损坏，是否运行正常。	《尾矿库安全规程》 第 9.6.2 条	（除 3 个浸润线观测孔监测孔已经无法使用）监测设施运行正常，能够满足设计要求。	符合

采用安全检查表对安全监测进行了 9 项检查，1 项不符合要求。检查结果表明：尾矿库安全监测系统采用人工观测和在线监测相结合的方式，3 个浸润线观测孔监测孔已经无法使用，未设置干滩监测设施，闭库时应落实设计制定的整改措施。

#### 4.5.2 监测数据分析

通过企业提供近三个月的人工观测设施及在线监测设施数据并进行对比，坝体位移及浸润线数据无明显变化，在规范要求范围内，满足要求。

### 4.6 辅助设施单元

#### 4.6.1 辅助设施检查

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库安全监测设施单元进行符合性评价，详见表 4-24。

表 4-24 辅助设施安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	应设置通往坝顶、排洪系统附近的应急道路，应急道路应满足应急抢险时通行和	《尾矿库安全规程》第 6.1.10 条	尾矿库设有环库道路，道路可通至尾矿坝坝顶、管理站、库内排洪系统，可达到巡视库	符合

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
	运送应急物资的需求，应避开生产安全事故可能影响区域且不应设置在尾矿坝外坡上。		区、排洪设施的目的，道路路面均平整、畅通，满足库区巡视、上坝等要求。	
2	是否按设计要求设置照明设施。	设计文件	在尾矿坝坝顶设有电杆照明设施，能够满足夜间生产作业、巡视检查及应急抢险的要求。	符合
3	是否按设计要求设置通讯设施。	设计文件	管理站设固定电话，管理人员与值班人员配备有移动通讯设备，能够确保通讯畅通。	符合
4	是否按设计要求设置尾矿库管理站。	设计文件	按设计要求在主坝附近设置尾矿库管理站。	符合

小西沟尾矿库已按设计要求建设尾矿库管理站、值班房、上坝道路、库区通讯等设施，各设施安全有效，符合规范及设计要求，具备闭库条件。

#### 4.6.2 辅助设施主要危险、有害因素辨识与分析

通过分析和辨识，辅助设施存在的危险、有害因素有触电、火灾、机械伤害、车辆伤害。

##### (1) 触电

该尾矿库有照明设施、回水泵等用电设施，可能造成触电事故，造成触电事故的因素有：

- ①电工作业不遵守规章制度，不执行安全操作规程；
- ②使用不合格的绝缘工具；
- ③移动使用的配电箱、板及所用导线不符合要求，未使用漏电保护器；
- ④在潮湿环境工作不使用安全电压，不穿绝缘鞋，无绝缘垫，无监护人；
- ⑤电气装置的绝缘损坏、老化；
- ⑥变配电装置安全防护距离不足，带电设备附近作业安全距离不足；
- ⑦设备接地线损坏，缺少接地、漏电保护等防护。

## （2）火灾

造成火灾事故的因素有：

### 1) 明火引起的火灾

- ①明火照明、明火取暖；
- ②吸烟；未熄灭的烟头引燃可燃物；
- ③油棉纱等自燃引起火灾；
- ④明火引发机油着火；
- ⑤设备检修时用汽油擦洗设备；
- ⑥焊接作业防护不当，作业结束后未及时清理现场。

### 2) 电气火灾

- ①未对电气线路、照明灯具、电气设备进行定期检查；
- ②电气线路特别是临时线路接触不良；
- ③避雷装置覆盖范围不够或接地电阻大；
- ④超负荷用电；
- ⑤重要电气设备场所缺少消防器材。

## （3）机械伤害

造成机械伤害的因素有：

- ①水泵等高速转动部位缺少防护装置或安全防护装置损坏；
- ②违章操作，穿戴不符合安全规定的服装；
- ③在检修工作时，机器突然被别人随意启动；
- ④在不安全的机械旁停留；
- ⑤操作、搬运、架设、拆除设备、管道时受到磕碰、撞击、挤压、割划等伤害。

## （4）车辆伤害

造成车辆伤害的因素有：

- ①车辆带病运行，安全设施失效；
- ②道路外侧未设置护栏、挡车土堆等；
- ③夜间作业场所无照明；
- ④雨天路面湿滑，雨雾天、大风扬尘造成司机视线不清；
- ⑤排卸时无专人指挥，倒车车速过快；

⑥司机精力不集中，违章作业。

#### 4.7 个人安全防护

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库个人安全防护进行符合性评价，详见表 4-25。

表 4-25 个人安全防护安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	生产经营单位必须为从业人员提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品，并监督、教育从业人员按照使用规则佩戴、使用。	《安全生产法》第四十五条	通过查阅劳保用品发放记录，为尾矿库作业人员发放了救生衣、安全绳、水靴、手电筒、绝缘手套、帆布手套、安全帽、雨衣、工作服等劳保用品。	符合

采用安全检查表对个人安全防护进行了 1 项检查，符合要求。检查结果表明：个人安全防护符合规范及设计要求，具备闭库条件。

#### 4.8 安全标志

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库安全标志进行符合性评价，详见表 4-26。

表 4-26 安全标志安全检查表

序号	检查项目	检查依据	实际情况	结论
1	生产经营单位应在尾矿库库区设置明显的安全警示标识。	《尾矿库安全规程》第 6.1.7 条	为防止外来人员误入尾矿库内，在尾矿库周边和易发生危险位置设有安全警示标志，库区内未见重大隐患判定、六十条措施、举报奖励公示等标志牌。	不符合

采用安全检查表对安全标志进行了 1 项检查，不符合要求。检查结果表明：库区库区内应增加重大隐患判定、六十条措施、举报奖励公示等标志牌。

## 4.9 安全管理单元

### 4.9.1 组织与制度

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对该尾矿库安全管理单元进行符合性评价，详见表 4-27。

表 4-27 安全管理检查表

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
1	生产经营单位应建立健全尾矿库全员安全生产责任制，建立健全安全生产规章制度和安全技术规程，对尾矿库实施有效的安全管理	《尾矿库安全规程》 第 6.1.1 条	建立健全了全员安全生产责任制、安全管理制度、安全操作规程。	符合
2	生产经营单位应开展安全风险辨识，建立安全风险分级管控体系，建立健全尾矿库安全生产隐患排查治理制度，及时发现并清除事故隐患。事故隐患排查治理情况应如实记录，并向从业人员通报。	《尾矿库安全规程》 第 6.1.3 条	制定安全风险分级管控及隐患排查治理制度，并按制度定期进行检查。	符合
3	配备相应的安全管理机构或者安全管理人员，并配备与工作需要相适应的专业技术人员或者具有相应工作能力的人员	《尾矿库安全监督管理规定》第五条	企业设有安全管理机构，尾矿库专职安全管理人员 4 人持有辽宁省应急管理厅核发的安全生产管理人员证件。	符合
4	生产经营单位主要负责人和安全管理人员应当依照有关规定经培训考核合格并取得安全资格证书后，方可任职。	《尾矿库安全监督管理规定》第六条	主要负责人及安全管理人员具备相应的资格证书，均在有效期内。	符合
5	直接从事尾矿库放矿、筑坝、巡坝、排洪和排渗设施操作的作业人员必须取得特种作业操作证书，方可上岗作业。	《尾矿库安全监督管理规定》第六条	特种作业人员均持证上岗。	符合
6	经营单位应当按照规定提取和使用安全生产费用，专门用于改善安全生产条件。安全生产费用在成本中	《安全生产法》第二十三条	通过查阅资料，按当月入库尾矿量计提安全生产费用，计提标准为	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
	据实列支。		4元/吨，存有提取记录及使用明细。	
7	生产经营单位应当对从业人员进行安全生产教育和培训，保证从业人员具备必要的安全生产知识，熟悉有关的安全生产规章制度和安全操作规程，掌握本岗位的安全操作技能，了解事故应急处置措施，知悉自身在安全生产方面的权利和义务。未经安全生产教育和培训合格的从业人员，不得上岗作业	《安全生产法》第二十八条	制定了安全生产教育培训制度，对新参加工作的所有人员按规定必须实行三级安全教育登记卡，并经安全教育，考试合格后按规程规定分配工作。	符合
8	生产经营单位必须依法参加工伤保险，为从业人员缴纳保险费。 属于国家规定的高危行业、领域的生产经营单位，应当投保安全生产责任保险。	《安全生产法》第五十一条	全员缴纳工伤保险及安全生产责任险。	符合
9	应配备专职安全管理人员，应当有注册安全工程师从事安全生产管理工作。四等尾矿库专职安全管理人员数量应当不少于2人。	矿安[2022]4号	配备尾矿库专职安全管理人员4人。有注册安全工程师从事安全生产管理工作。	符合
10	尾矿库应当配备水利、土木或者选矿（矿物加工）等尾矿库相关专业中专及以上学历或者中级及以上技术职称的专职技术人员，三等及以上尾矿库专职技术人员应当不少于2人。	矿安[2022]4号	尾矿库配备了3名技术管理人员，选矿专业高级工程师1人、工程师1人，给排水专业工程师1人	符合

本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库配备了尾矿库专职安全管理人员；建立健全了全员安全生产责任制、安全生产管理制度和岗位安全操作规程；编制了生产安全事故应急预案并在应急管理部门备案，并定期组织应急演练；职工上岗经过安全教育培训，特种作业人员持证上岗，管理人员和技术人员具有丰富的实践经验；为从业人员缴纳了工伤保险及安全生产责任险。本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪

歪头山铁矿小西沟尾矿库的安全生产管理体系比较健全，符合规范及设计要求，具备闭库条件。

#### 4.9.2 应急救援

根据有关法律、法规、技术标准的相关规定，借鉴同类尾矿库的经验，运用安全检查表的评价方法对应急救援进行符合性评价，详见表 4-28。

表 4-28 应急救援管理检查表

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
1	矿山企业应当根据有关法律、法规、规章和相关标准，针对本单位存在的风险以及可能发生的生产安全事故的特点和危害，编制应急预案。	矿安〔2024〕8号第一条	企业修订更新了《生产安全事故综合应急预案》《尾矿库事故专项应急预案》等预案，成立歪头山铁矿矿山救护队，配备有齐全的应急物资，应急预案已于 2023 年 10 月 18 日在辽宁省应急管理厅备案。	符合
2	矿山企业应当至少每半年组织 1 次生产安全事故应急预案演练。	矿安〔2024〕8号第二条	通过查阅资料，制定了应急演练计划，于 2025 年 5 月 16 日进行了小西沟尾矿库专项应急预案演练、2025 年 5 月 16 日进行了小西沟尾矿库地震和极端天气洪水漫顶实战应急演练方案，存有演练总结评估。	符合
3	矿山企业应当每 3 年至少进行一次应急预案评估，修订后的应急预案要按程序重新报备。	矿安〔2024〕8号第三条	通过查阅资料，应急预案已于 2023 年 10 月 18 日在辽宁省应急管理厅备案。	符合
4	矿山企业应当按照有关规定建立矿山应急救援队伍，加强队伍标准化建设，保障资金投入，配备救援装备。不具备设立矿山救援队伍的企业，应当设置兼职救援队伍，并与就近的矿山救援队伍签订救援协议。	矿安〔2024〕8号第四条	通过查阅资料，企业成立歪头山铁矿矿山救护队。	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
5	矿山企业应当根据本单位可能发生的生产安全事故的特点和危害，配备必要的灭火、排水、通风等救援装备和物资。	矿安〔2024〕8号第五条	通过现场检查，企业设有应急物资库房，储备了十字铁镐、编织袋、救生衣、救生圈、潜水泵等关键的应急救援物资，应急物资齐全，每月进行保养维护。	符合
6	矿山企业应当定期组织开展本单位的应急预案、应急知识、自救互救、避险逃生技能和路线的培训，保证管理人员和从业人员了解应急预案内容，熟悉应急职责，熟练掌握自救器等救援装备使用和应急处置措施。	矿安〔2024〕8号第六条	通过查阅资料，企业开展了应急救援的相关培训，管理人员和从业人员均了解应急预案内容，熟悉应急职责，熟练掌握自救器等救援装备使用和应急处置措施。	符合

采用安全检查表对应急救援进行了6项检查，均符合要求。检查结果表明：本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库应急救援比较完善，符合相关法律、法规、规范及设计要求，具备闭库条件。

#### 4.10 重大隐患判定单元

根据《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）、《国家矿山安全监察局关于印发〈金属非金属矿山重大事故隐患判定标准补充情形〉的通知》（矿安〔2024〕41号）文件要求，对照现场实际，采用安全检查表法对重大生产安全事故隐患进行判定。如表4-29所示。

表 4-29 重大事故隐患判定检查表

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
1	库区或者尾矿坝上存在未按设计进行开采、挖掘、爆破等危及尾矿库安全的活动。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	库区或者尾矿坝上不存在未按设计进行开采、挖掘、爆破等危及尾矿库安全的活动。	符合
2	坝体存在下列情形之一的： 1.坝体出现严重的管涌、流土变形等	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	根据现场踏勘及查阅资料，未见上述现象。	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
	现象； 2.坝体出现贯穿性裂缝、坍塌、滑动迹象； 3.坝体出现大面积纵向裂缝，且出现较大范围渗透水高位出逸或者大面积沼泽化。			
3	坝体的平均外坡比或者堆积子坝的外坡比陡于设计坡比。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	主现状尾矿坝外坡平均坡比约为 1:5.0，满足设计要求，副坝区域平均坡比均缓于 1:4.0 设计值。	符合
4	坝体高度超过设计总坝高，或者尾矿库超过设计库容贮存尾矿。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	坝高超过设计要求。	不符合
5	尾矿堆积坝上升速率大于设计堆积上升速率。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	查阅设计资料，上升速率满足设计要求。	符合
6	采用尾矿堆坝的尾矿库，未按《尾矿库安全规程》(GB39496-2020)第 6.1.9 条规定对尾矿坝做全面的安全性复核。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	该尾矿库已超过最终设计总坝高，委托中冶天工集团有限公司进行了尾矿坝安全性复核，安全性复核根据现状坝体勘察完成。	符合
7	浸润线埋深小于控制浸润线埋深。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	根据闭库勘察，尾矿库主坝浸润线的埋深在 5.00m~30.2m 之间，高于二等库 6~8m 标准。	不符合
8	汛前未按国家有关规定对尾矿库进行调洪演算，或者湿式尾矿库防洪高度和干滩长度小于设计值，或者干式尾矿库防洪高度和防洪宽度小于设计值。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	2025 年 5 月委托中冶沈勘工程技术有限公司出具《本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库 2025 年汛期调洪演算》，对尾矿	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
			库的防洪能力进行复核，通过计算，本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库现状防洪能力满足要求。	
9	<p>排洪系统存在下列情形之一的：</p> <p>1.排水井、排水斜槽、排水管、排水隧洞、拱板、盖板等排洪构筑物混凝土厚度、强度或者型式不满足设计要求；</p> <p>2.排洪设施部分堵塞或者坍塌、排水井有所倾斜，排水能力有所降低，达不到设计要求；</p> <p>3.排洪构筑物终止使用时，封堵措施不满足设计要求。</p>	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	河北中宸检测技术服务有限公司，2024年5月出具《本钢矿业歪头山铁矿小西沟尾矿库排洪系统质量检测》、2024年8月出具《本钢矿业歪头山铁矿小西沟尾矿库排洪系统质量检测（东侧排洪系统）》，满足要求	符合
10	设计以外的尾矿、废料或者废水进库。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	未见设计以外的尾矿、废料或者废水进库。	不涉及
11	多种矿石性质不同的尾砂混合排放时，未按设计进行排放。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	按设计性质尾砂进行排放。	符合
12	冬季未按设计要求的冰下放矿方式进行放矿作业。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	该尾矿库拟进行闭库。	不涉及
13	<p>安全监测系统存在下列情形之一的：</p> <p>1.未按设计设置安全监测系统；</p> <p>2.安全监测系统运行不正常未及时修复；</p> <p>3.关闭、破坏安全监测系统，或者篡改、隐瞒、销毁其相关数据、信息。</p>	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	3个浸润线观测孔监测孔已经无法使用，未设置干滩监测设施。	不符合

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
14	干式尾矿库存在下列情形之一的： 1.入库尾矿的含水率大于设计值，无法进行正常碾压且未设置可靠的防范措施； 2.堆存推进方向与设计不一致； 3.分层厚度或者台阶高度大于设计值； 4.未按设计要求进行碾压。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	该尾矿库湿式排放。	不涉及
15	经验算，坝体抗滑稳定最小安全系数小于国家标准规定值的 0.98 倍。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	根据 4.2.5 节计算，坝体抗滑稳定最小安全系数满足规范要求。	符合
16	三等及以上尾矿库及“头顶库”未按设计设置通往坝顶、排洪系统附近的应急道路，或者应急道路无法满足应急抢险时通行和运送应急物资的需求。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	该尾矿库为二等库，该尾矿库上坝道路畅通，在主坝右侧上坝，道路宽约 9.0m，环绕尾矿库有巡视道路，道路可通至尾矿坝坝顶、管理站、库内排洪系统，可达到巡视库区、排洪设施的目的，道路路面均平整、畅通，满足库区巡视、上坝等要求。	符合
17	尾矿库回采存在下列情形之一的： 1.未经批准擅自回采； 2.回采方式、顺序、单层开采高度、台阶坡面角不符合设计要求； 3.同时进行回采和排放。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	该尾矿库评价期间未见回采情况。	不涉及
18	用以贮存独立选矿厂进行矿石选别后排出尾矿的场所，未按尾矿库实施安全管理的。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准》	该尾矿库库用以贮存选厂生产尾矿。	不涉及
19	未按国家规定配备专职安全生产管	《金属非金属矿山重	配专职安全生产管理	符合

序号	检查项目及内容	检查依据	实际情况	结论
	理人员、专业技术人员和特种作业人员。	大事故隐患判定标准》	人员 4 人（持有安全管理人员证件），专职技术管理人员 3 人，高压电工 2 人、焊工 2 人、尾矿工 2 人，均持证上岗。	
20	尾矿库排洪构筑物拱板（盖板）与周边结构缝隙未采用设计材料充满充实的，或封堵体设置在井顶、井身段或斜槽顶、槽身段。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准补充情形》	过现场检查和查阅资料，拱板之间和拱板与框架之间采用水泥砂浆填缝。排水井封堵体位于井座和支洞位置，不位于井顶、井身段。	符合
21	遇极端天气尾矿库未及时停止作业、撤出现场作业人员。	《金属非金属矿山重大事故隐患判定标准补充情形》	制定有遇极端天气尾矿库及时停止作业、撤出现场作业人员制度。	符合

采用安全检查表对重大生产安全事故隐患判定单元进行 21 项检查，5 项不涉及、3 项不满足要求、13 项满足要求，通过检查说明，本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

## 5. 建议补充的安全对策措施

针对该尾矿库存在的危险、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。

### 5.1 周边环境单元

(1) 闭库后，加强库区周边环境的巡视检查，发现滑坡及异常现象及时处理。坝顶及库区内严禁设计以外的其他任何建筑物或设施的建设。

(2) 闭库后，严禁在尾矿库周边特别是下游开采砂石，禁止外来尾砂入库。

(3) 闭库后，加强对上坝道路的维护和道路运输安全管理，确保上坝道路通畅和运输安全，冰雪或多雨季节道路较滑时，应有防滑措施并减速行驶。

(4) 闭库后，加强库区周边的安全警示标志和坝上照明设施的巡视检查，确保其完整性和适应性，发现破损、丢失的，及时更换。

### 5.2 尾矿坝单元

(1) 现状尾矿库坝高超过设计要求，需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

(2) 肩截水沟和坝坡排水沟部分沟内有杂物，在闭库时按设计要求完善。

(3) 闭库后，经常检查坝体位移和坝体沉降。要求坝体位移量和沉降量变化应均衡，无突变现象，且应逐年减小。当位移量和沉降量变化出现突变或有增大趋势时，应查明原因，妥善处理。

(4) 闭库后，经常检查坝体有无纵、横向裂缝。坝体出现裂缝时，应查明裂缝的长度、宽度、深度、走向、形态和成因，判断危害程度，妥善处理。

### 5.3 排洪系统单元

(1) 尾矿库闭库后，库内不应存水。

(2) 闭库设计时补充尾矿库滩面的排水及扬尘的治理措施。

(3) 闭库后，加强对排水构筑物的动态监测，并委托专业队伍经常检查防洪、排水系统，发现异常情况应及时处理。

（4）闭库后，加强汛期库、坝的防汛工作，了解和掌握汛期水情和气象预报，切实落实防汛措施。对排洪系统及坝体必须进行详细检查和维护，疏浚排洪通道。对检查中发现的问题要立即采取有效措施进行解决，确保尾矿库安全度汛。

（5）闭库后，必需保证尾矿库的水面标高与坝顶的安全超高及最小滩长满足设计要求的控制指标。

（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，采取措施降低库内水位，防止连续降雨后发生溃坝事故。

（7）每年汛期前应进行调洪演算，复核尾矿库的防洪能力，提出防洪安全控制参数。

（8）停用的排洪构筑物应按设计要求进行封堵，保证封堵质量。

#### 5.4 排渗设施单元

（1）严格按设计要求设置排渗设施。加强坝体浸润线的观测，发现异常情况应查明原因，妥善处理。

（2）闭库勘察报告中，主坝浸润线埋深在 5.00~30.20 米之间，需在闭库时严格落实设计制定的降低浸润线措施；

（3）闭库后，严格按设计要求控制浸润线埋深，若发现浸润线异常升高，应查明原因，及时采取措施。

（4）加强日常巡查，若发现排渗管出水异常或排水出现浑浊现象，应查明原因，及时采取措施。

#### 5.5 安全监测设施单元

（1）3 个浸润线观测孔监测孔已经无法使用，闭库时应落实设计制定的整改措施；

（2）闭库时增加人工及在线干滩监测设施；

（3）闭库后，应建立健全相应的定期观测、观测数据记录与分析、设施维护等各项管理制度和档案；发现诸如坝体变形及检测数据有突变或逐年增大等问题时，要及时分析研究，查明原因，采取有效措施，妥善处理。

## 5.6 安全管理单元

(1) 闭库后，安全管理要求应及时按照现行的法律法规进行更新和完善。

(2) 企业应严格按安全生产法要求，为全员缴纳工伤保险及安全生产责任险。

(3) 闭库后，严格巡查制度，发现安全隐患及时处理，针对性做好抢险应急预案及演练工作。

(4) 加强建设单位法人是尾矿库安全生产第一责任人、对尾矿库的安全生产负主要责任的意识。

(5) 加强尾矿库管理机构各岗位人员的培训工作，培训内容包括：尾矿库安全管理方面的各项管理制度、岗位职责、尾矿库专业知识，掌握设计文件及有关规定，了解尾矿处理的工艺，熟悉国家或部门有关标准及规定、规范等。

(6) 闭库后，结合闭库实际更新应急预案及预案的演练工作，不断提高各级人员的应变能力和事故处理能力，并根据演练结果不断完善应急预案。

## 5.7 安全标志

(1) 闭库后在库区、上坝道路、应急道路、坝体及排洪系统附近设置清晰醒目的安全警示标志。

(2) 库区内应增加重大隐患判定、六十条措施、举报奖励公示等标志牌。

## 5.8 重大隐患对策措施

(1) 尾矿库坝高超过设计要求，需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

## 6.安全评价结论

### 6.1 安全现状综合评述

通过本次安全评价可以确认，本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库部分安全设施存在缺陷，需充分落实安全现状评价报告中提出的安全对策措施及闭库设计制定的整改措施，排除隐患。

### 6.2 各评价单元评价结果

#### （1）周边环境单元

通过现场勘察分析：该尾矿库区域构造稳定，库区周边没有发现诸如爆破、采石、挖砂、取水、放牧、开垦等违章活动。尾矿库区内未发现发生大面积滑坡、塌方及泥石流迹象，库区边坡整体稳定性较好，周边环境对尾矿库安全无影响。尾矿库对下游设施存在一定的影响，需加强尾矿库的安全管理，确保尾矿库安全稳定。周边环境单元满足规范、规程要求，具备闭库条件。

#### （2）尾矿坝单元

评价组通过现场勘察及尾矿库坝体的定性、定量评价结果，尾矿坝现状坝体无渗漏、管涌、沼泽化、裂缝和滑坡现象，坡面护坡良好，现状尾矿库坝高超过设计要求，需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

#### （3）排洪系统单元

评价组通过现场勘察及排洪系统的定性、定量评价结果，现状尾矿库排洪系统结构完好，断面尺寸符合设计要求，排洪构筑物运行正常，无淤堵、破损等现象，现状条件下洪能力满足设计要求，排洪系统单元满足规范、规程要求，具备闭库条件。

#### （4）排渗设施单元

评价组通过现场勘察及排渗的定性、定量评价结果分析：该尾矿库排渗设施结构完整，符合设计要求，现状排渗效果良好，运行正常。排渗符合有关安全生产法律、法规、规章、规范性文件和标准的规定，运行情况符合设计要求，具备闭库条件。闭库勘察报告中，主坝浸润线埋深在 5.00~30.20 米之间，需在闭库时严格落实设计制定的降低浸

润线措施。

#### （5）安全监测设施单元

采用安全检查表法对尾矿库安全监测设施单元进行评价，现状该尾矿库设置有浸润线、坝体位移、库水位等监测设施，并按有关规定进行观测。3个浸润线观测孔监测孔已经无法使用，闭库时应落实设计制定的整改措施；闭库时增加人工及在线干滩监测设施。

#### （6）辅助设施单元

采用安全检查表法对尾矿库辅助设施单元进行评价，现状该尾矿库设有交通道路、坝上照明、管理站等辅助设施，辅助设施单元满足规范、规程要求，具备闭库条件。

#### （7）个人安全防护

评价组通过现场勘察及个人安全防护的定性评价结果分析：个人安全防护符合规范及设计要求，具备闭库条件。

#### （8）安全标志单元

评价组通过现场勘察及安全标志的定性评价结果分析：安全标志符合规范及设计要求，具备安全生产条件。

#### （9）安全管理单元

采用安全检查表法对尾矿库安全管理单元进行评价，企业成立了安全管理机构，配备了专职安全管理人员，制定了全员安全生产责任制、安全生产管理制度和安全操作规程，制定有应急预案并已在当地应急管理部门备案，并定期组织应急演练。职工上岗经过安全教育培训，特种作业人员持证上岗，管理人员和技术人员具有丰富的实践经验。安全管理单元满足规范、规程要求，具备闭库条件。

#### （10）重大隐患判定单元

采用安全检查表对重大生产安全事故隐患判定单元进行21项检查，5项不涉及、3项不满足要求、13项满足要求，通过检查说明，本溪钢铁（集团）歪头山铁矿小西沟尾矿库需在闭库时严格落实设计制定的整改措施，排除隐患。

### 6.3 总体评价结论

按照科学、严谨、客观、公正的原则，本着对工作高度负责的精神，根据国家及地

方政府的相关法律、法规、标准、规程的规定。本次评价认定，本溪钢铁（集团）矿业有限责任公司歪头山铁矿小西沟尾矿库现状存在重大隐患，企业需充分落实安全现状评价报告中提出的安全对策措施及闭库设计制定的整改措施，排除隐患。

## 7. 附件

- (1) 现场合影
- (2) 营业执照
- (3) 安全生产许可证
- (4) 全员安全生产责任制
- (5) 安全生产规章制度和安全规程
- (6) 成立安全管理机构及技术管理机构文件
- (7) 主要负责人、安全管理人员证件
- (8) 特种作业人员证件
- (9) 技术人员职称证书
- (10) 注册安全工程师证书
- (11) 安全教育培训试卷
- (12) 保险缴费凭证
- (13) 安全生产费提取计划及落实情况
- (14) 应急预案备案登记表
- (15) 应急演练记录及成立矿山救护队文件
- (16) 排洪构筑物检测报告结论
- (17) 2025 年度调洪演算报告结论

## 8. 附图

- (1) 尾矿库现状平面图
- (2) 尾矿库主坝现状剖面图
- (3) 尾矿库副坝现状剖面图
- (4) 尾矿库现状排洪系统断面图（一）
- (5) 尾矿库现状排洪系统断面图（二）

