

江西漂塘钨业有限公司  
大龙山选厂尾矿库  
闭库前安全现状评价报告

江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

资质证书编号：APJ-（赣）-002

二〇二三年十一月八日

江西漂塘钨业有限公司  
大龙山选厂尾矿库  
闭库前安全现状评价报告

法定代表人：应 宏

技术负责人：管自强

项目负责人：管自强

评价报告完成时间：2023 年 11 月 8 日

**江西漂塘钨业有限公司**  
**大龙山选厂尾矿库**  
**闭库前安全评价技术服务承诺书**

一、在本项目安全评价活动过程中，我单位严格遵守《安全生产法》及相关法律、法规和标准的要求。

二、在本项目安全评价活动过程中，我单位作为第三方，未受到任何组织和个人的干预和影响，依法独立开展工作，保证了技术服务活动的客观公正性。

三、我单位按照实事求是的原则，对本项目进行安全评价，确保出具的报告均真实有效。

四、我单位对本项目安全评价报告中结论性内容承担法律责任。

江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心

2023 年 11 月 8 日

# 规范安全生产中介行为的九条禁令

赣安监管规划字〔2017〕178号

一、禁止从事安全生产和职业卫生服务的中介服务机构（以下统称中介机构）租借资质证书、非法挂靠、转包服务项目的行为；

二、禁止中介机构假借、冒用他人名义要求服务对象接受有偿服务，或者恶意低价竞争以及采取串标、围标等不正当竞争手段，扰乱技术服务市场秩序的行为；

三、禁止中介机构出具虚假或漏项、缺项技术报告的行为；

四、禁止中介机构出租、出借资格证书、在报告上冒用他人签名的行为；

五、禁止中介机构有应到而不到现场开展技术服务的行为；

六、禁止安全生产监管部门及其工作人员要求生产经营单位接受指定的中介机构开展技术服务的行为；

七、禁止安全生产监管部门及其工作人员没有法律依据组织由生产经营单位或机构支付费用的行政性评审的行为；

八、禁止安全生产监管部门及其工作人员干预市场定价，违规擅自出台技术服务收费标准的行为；

九、禁止安全生产监管部门及其工作人员参与、擅自干预中介机构从业活动，或者有获取不正当利益的行为。

## 评价人员

	姓名	职业资格证书编号	从业编号	签字
项目负责人	管自强	S011035000110191000614	020516	
项目组成员	黄伯扬	1800000000300643	032737	
	许玉才	1800000000200658	033460	
	王纪鹏	S011035000110193001260	036830	
	管自强	S011035000110191000614	020516	
	方忠业	1600000000200082	029926	
报告编制人	许玉才	1800000000200658	033460	
报告审核人	戴 磷	1100000000200597	019915	
过程控制负责人	檀廷斌	1600000000200717	029648	
技术负责人	管自强	S011035000110191000614	020516	

## 前 言

江西漂塘钨业有限公司前身是漂塘钨矿，于 1954 年 8 月成立，2009 年 11 月实施政策性关闭破产转制为江西漂塘钨业有限公司，现隶属于江西钨业控股集团有限公司，为国有中型企业，其所属大龙山选厂位于大余县黄龙镇大龙山村。

大龙山选厂尾矿库距大龙山选厂 1.62km，属山谷型尾矿库。设计初期坝为透水堆石坝，坝高 20.0m。堆积坝采用上游法筑坝，平均堆积外坡比 1:5.3，最终堆积高程+388.0m，总坝高 48.0m，总库容  $153.2 \times 10^4 \text{m}^3$ 。现尾矿堆积坝高程+387.9m，堆积库容  $152.5 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿处置项目于 2022 年 12 月 11 日正常投入使用，大龙山选厂尾矿全部综合利用，现大龙山选厂尾矿库处于停止排放尾矿状态，库内滩面干涸、无积水。根据《尾矿库安全监督管理规定》第二十八条“尾矿库运行到设计最终标高或者不再进行排尾作业的，应当在一年内完成闭库”、第二十九条“生产经营单位应当进行闭库前的安全现状评价”以及《江西省安委会关于印发〈江西省尾矿库销号管理办法〉的通知》的规定，江西漂塘钨业有限公司拟启动大龙山选厂尾矿库闭库项目。

我中心受江西漂塘钨业有限公司的委托，对大龙山选厂尾矿库进行闭库前安全现状评价。按照《安全评价通则》的要求，成立了安全评价组，收集有关证照、法律法规、技术标准、尾矿库设计资料、勘察报告、稳定性分析报告、现状实测图等。根据尾矿库的筑坝方式、排洪排水构筑物的特点和尾矿库的地理环境条件，调查其安全状况，定性、定量地分析其运行过程中存在的危险、有害因素，确定其安全度，对其安全管理状况给予

客观的评价，对存在的问题提出合理可行的安全对策措施建议，以作为尾矿库进行闭库安全设施设计依据之一。

本评价报告结论是基于被评价单位提供的资料完全真实，且当该尾矿库安全条件、生产工艺、安全设施、周边环境发生变化，不再符合相关的规范和规定时，则评价结论不再成立。

在此次评价过程中得到江西漂塘钨业有限公司领导、安全管理人員和工程技术人员的大力支持、协作，在此表示感谢！

# 目 录

<b>1 评价范围与依据</b>	<b>1</b>
<b>1.1 评价对象与范围</b>	<b>1</b>
1.1.1 评价对象	1
1.1.2 评价范围	1
<b>1.2 评价目的和内容</b>	<b>1</b>
1.2.1 评价目的	1
1.2.2 评价内容	1
<b>1.3 评价依据</b>	<b>2</b>
1.3.1 法律法规	2
1.3.2 规章、规定	2
1.3.3 标准、规范	9
1.3.4 建设项目合法证明文件	10
1.3.5 建设项目技术资料	10
1.3.6 其他评价依据	11
<b>1.4 评价程序</b>	<b>12</b>
<b>2 建设项目概述</b>	<b>14</b>
<b>2.1 建设单位概况</b>	<b>14</b>
2.1.1 企业基本情况	14
2.1.2 企业下属生产单位简介	错误！未定义书签。
2.1.3 尾矿库基本情况	14
2.1.4 地理位置及交通	错误！未定义书签。
2.1.5 周边环境	17

2.2 自然环境概况	17
2.3 地质概况	18
2.3.1 库区工程地质条件	错误！未定义书签。
2.3.2 岩土工程分析与评价	错误！未定义书签。
2.3.3 浸润线条件	错误！未定义书签。
2.3.4 水文地质条件	错误！未定义书签。
2.3.5 地震及不良地质作用	错误！未定义书签。
2.3.6 工勘结论及建议	错误！未定义书签。
2.4 尾矿库设计简介	19
2.5 尾矿库现状	28
2.5.1 库容、等别及防洪标准	29
2.5.2 选矿简介	29
2.5.3 尾矿库总平面布置	29
2.5.4 尾矿坝	29
2.5.5 防排洪系统	错误！未定义书签。
2.5.6 安全监测设施现状	29
2.5.7 辅助设施	错误！未定义书签。
2.5.8 尾矿排放现状	43
2.6 尾矿库安全管理	43
2.7 安全生产标准化情况	错误！未定义书签。
2.8 隐患排查体系建设情况	错误！未定义书签。
2.9 重大生产安全事故隐患判定	43
3 主要危险、有害因素辨识与分析	48

<b>3.1 坝体破坏或溃坝</b> .....	48
3.1.1 溃坝.....	48
3.1.2 坝体垮塌.....	50
3.1.3 坝体位移、变形.....	52
3.1.4 管涌或流土.....	52
<b>3.2 排洪构筑物损坏或堵塞</b> .....	53
3.2.1 排洪构筑物损坏.....	53
3.2.2 排洪系统堵塞.....	53
<b>3.3 其它危险因素</b> .....	53
3.3.1 淹溺.....	53
3.3.2 高处坠落.....	54
3.3.3 库区山体滑坡、塌方和泥石流.....	54
3.3.4 尾砂泄漏.....	54
3.3.5 车辆伤害.....	55
<b>3.4 危害因素分析</b> .....	55
3.4.1 粉尘.....	55
3.4.2 高低温.....	55
3.4.3 雷电.....	56
<b>3.5 危险有害因素产生的根源</b> .....	56
3.5.1 设备设施的不安全状态.....	56
3.5.2 环境不良.....	56
3.5.3 人的不安全行为.....	56
3.5.4 管理缺陷.....	57

3.6 重大危险源分析 .....	57
3.7 危险、有害因素分析结果 .....	错误！未定义书签。
4 评价单元划分和评价方法选择 .....	57
4.1 评价单元划分 .....	61
4.2 评价方法选择 .....	61
4.2.1 安全检查表法（SCA） .....	62
4.2.2 稳定性计算 .....	62
4.2.3 调洪演算 .....	62
4.2.4 事故树分析法 .....	62
5 定性、定量评价 .....	64
5.1 安全管理单元 .....	64
5.1.1 安全管理单元安全检查表法评价 .....	64
5.1.2 安全管理单元评价小结 .....	64
5.2 尾矿坝单元 .....	67
5.2.1 尾矿坝单元安全检查表法评价 .....	67
5.2.2 坝体稳定性计算 .....	67
5.2.3 事故树分析 .....	76
5.2.4 尾矿坝单元评价小结 .....	81
5.3 防排洪系统单元 .....	82
5.3.1 防排洪系统单元安全检查表法评价 .....	82
5.3.2 调洪演算 .....	82
5.3.3 防排洪系统单元评价小结 .....	84
5.4 观测设施单元 .....	92

<b>5.5 库区环境单元</b> .....	<b>93</b>
5.5.1 库区环境单元安全检查表法评价.....	93
5.5.2 库区环境单元评价小结.....	93
<b>5.6 综合安全评价</b> .....	<b>94</b>
5.6.1 概述.....	94
5.6.2 评价标准说明.....	95
5.6.3 评价小结.....	95
<b>6 尾矿库闭库安全对策措施建议</b> .....	<b>96</b>
6.1 尾矿库闭库一般规定.....	96
6.2 尾矿库闭库前汛期安全对策措施建议.....	97
6.3 尾矿库闭库整治设计安全对策措施建议.....	98
<b>7 尾矿库闭库后安全对策措施建议</b> .....	<b>102</b>
7.1 安全管理对策措施建议.....	102
7.2 安全技术对策措施建议.....	103
<b>8 安全评价结论</b> .....	<b>104</b>
<b>9 附图附件</b> .....	<b>106</b>
9.1 尾矿库现状图.....	106
9.2 附件.....	106

## 1 评价范围与依据

### 1.1 评价对象与范围

#### 1.1.1 评价对象

评价对象：闭库前的江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库。

#### 1.1.2 评价范围

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库（以下简称大龙山选厂尾矿库）的尾矿坝、拦洪坝+排洪隧洞、排洪（水）系统（排水井+排洪隧洞）、安全监测设施、库区、辅助设施及尾矿库的安全管理现状（不包含尾矿输送系统和回水系统）。

### 1.2 评价目的和内容

#### 1.2.1 评价目的

尾矿库闭库的安全现状评价是在尾矿库终止运行前，通过对尾矿库的坝体、排洪设施、安全监测设施、库区、辅助设施及尾矿库的安全管理进行调查和分析，运用安全系统工程的方法，进行危险、有害因素识别及其危险程度的评价。对查找出的事故隐患，有针对性的提出合理可行的安全对策措施，使尾矿库的安全风险控制在安全、可接受范围内；为下一步闭库安全设施设计提供技术依据。

#### 1.2.2 评价内容

1.评价尾矿库闭库前各系统（坝体、排洪设施、安全监测等）是否满足安全生产法律、法规和标准的要求。

2.评价尾矿库安全生产保障体系总体状况，明确其是否满足闭库的安全生产要求。

3.针对闭库前尾矿库状况，提出下一步闭库安全设施设计应采取的安全

对策措施以及闭库后安全管理措施。

## 1.3 评价依据

### 1.3.1 法律法规

《中华人民共和国环境保护法》（1989年12月26日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，中华人民共和国主席令第22号公布。根据2014年4月24日中华人民共和国主席令第9号第十二届全国人民代表大会常务委员会第八次会议修订。自2015年1月1日起施行）

《中华人民共和国水土保持法》（1991年6月29日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议通过，中华人民共和国主席令第49号公布。根据2010年12月25日中华人民共和国主席令第39号第十一届全国人民代表大会常务委员会第十八次会议修订。自2011年3月1日起施行）

《中华人民共和国矿山安全法》（1992年11月7日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过，中华人民共和国主席令第65号公布；根据2009年8月27日中华人民共和国主席令第18号《全国人民代表大会常务委员会关于修改部分法律的决定》修正。自1993年5月1日起施行）

《中华人民共和国劳动法》（1994年7月5日第八届全国人民代表大会常务委员会第八次会议通过，中华人民共和国主席令第二十八号公布。根据2018年12月29日中华人民共和国主席令第24号第十三届全国人民代表大会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第二次修正。自1995年1月1日起施行）

《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（1995年10月30日第八届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议通过，中华人民共和国主

席令第五十八号公布。根据 2020 年 4 月 29 日中华人民共和国主席令第 43 号第十三届全国人民代表大会常务委员会第十七次会议第二次修订。自 2020 年 9 月 1 日起施行)

《中华人民共和国防震减灾法》（1997 年 12 月 29 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过，中华人民共和国主席令第九十三号公布；根据 2008 年 12 月 27 日中华人民共和国主席令第 7 号第十一届全国人民代表大会常务委员会第六次会议修订。自 2009 年 5 月 1 日起施行)

《中华人民共和国消防法（2021 年修订）》（1998 年 4 月 29 日第九届全国人大常委会第 2 次会议通过，中华人民共和国主席令第 4 号公布。根据 2021 年 4 月 29 日中华人民共和国主席令第 81 号第 13 届全国人大常委会第 28 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》修正。自 2009 年 5 月 1 日起施行)

《中华人民共和国气象法》（1999 年 10 月 31 日中华人民共和国第九届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议通过，中华人民共和国主席令第二十三号公布；根据 2016 年 11 月 7 日中华人民共和国主席令第五十七号第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议第三次修正。自 2000 年 1 月 1 日起施行)

《中华人民共和国职业病防治法》（2001 年 10 月 27 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议通过，中华人民共和国主席令第六十号公布；根据 2018 年 12 月 29 日中华人民共和国主席令第 24 号第十三届全国人民代表大会常务委员会第七次会议《关于修改〈中华人民共和国劳动法〉等七部法律的决定》第四次修正，自 2002 年 5 月 1 日起施行)

《中华人民共和国安全生产法》（2002 年 6 月 29 日第九届全国人民

代表大会常务委员会第二十八次会议通过，中华人民共和国主席令第七十号公布；根据 2021 年 6 月 10 日中华人民共和国主席令第 88 号第十三届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议《全国人民代表大会常务委员会关于修改〈中华人民共和国安全生产法〉的决定第三次修正。自 2002 年 11 月 1 日起施行）

《中华人民共和国突发事件应对法》（2007 年 8 月 30 日中华人民共和国第十届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议通过，中华人民共和国主席令第 69 号公布，自 2007 年 11 月 1 日起施行）

《工伤保险条例》（2003 年 4 月 27 日国务院令第 375 号公布；经 2010 年 12 月 8 日国务院第 136 次常务会议通过，根据 2010 年 12 月 20 日国务院令第 586 号《国务院关于修改〈工伤保险条例〉的决定》修订，自 2004 年 1 月 1 日起施行）

《地质灾害防治条例》（经 2003 年 11 月 19 日国务院第 29 次常务会议通过，国务院令第 394 号公布，2004 年 3 月 1 日起施行）

《安全生产许可证条例》（经 2004 年 1 月 7 日国务院第 34 次常务会议通过，2004 年 1 月 13 日国务院令第 397 号公布；2014 年 7 月 9 日国务院第 54 次常务会议通过，根据 2014 年 7 月 29 日《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修订，国务院令第 653 号公布，自公布之日起施行）

《劳动保障监察条例》（经 2004 年 10 月 26 日国务院第 68 次常务会议通过，国务院令第 423 号公布，自 2004 年 12 月 1 日起施行）《生产安全事故报告和调查处理条例》（经 2007 年 3 月 28 日国务院第 172 次常务会议通过，国务院令第 493 号公布，自 2007 年 6 月 1 日起施行）

《生产安全事故应急条例》（经 2018 年 12 月 5 日国务院第 33 次常务

会议通过，国务院令 第 708 号公布，2019 年 4 月 1 日起施行）

《江西省实施〈中华人民共和国矿山安全法〉办法》（1994 年 10 月 24 日江西省第八届人民代表大会常务委员会第十一次会议通过，江西省人民代表大会常务委员会公告第 15 号；2010 年 9 月 17 日江西省第十一届人民代表大会常务委员会第十八次会议第二次修正，1994 年 12 月 1 日起施行）

《江西省安全生产条例》（2007 年 3 月 29 日江西省第十届人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过，江西省第十届人民代表大会常务委员会公告第 95 号；2023 年 7 月 26 日江西省第十四届人民代表大会常务委员会第三次会议第二次修订，2023 年 9 月 1 日起施行）

### 1.3.2 规章、规定

《中华人民共和国矿山安全法实施条例》（劳动部令第 4 号）

《生产经营单位安全培训规定》（国家安监总局令第 3 号，国家安监总局令第 63 号、80 号修正）

《安全生产事故隐患排查治理暂行规定》（国家安监总局令第 16 号）

《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》（国家安监总局令第 30 号，国家安监总局令第 63 号、80 号修正）

《江西省人民政府关于进一步加强企业安全生产工作的实施意见》（赣府发〔2010〕32 号）

《非煤矿山安全生产许可证实施办法》（国家安监总局令第 20 号，国家安监总局令第 78 号修正）

《江西省非煤矿山企业安全生产许可证办法》（江西省人民政府令第 189 号）

《尾矿库安全监督管理规定》（国家安监总局令第 38 号、国家安监总

局令第 78 号修正)

《生产安全事故信息报告和处置办法》(国家安监总局令第 21 号, 2011 年 11 月 1 日起施行)

《安全生产培训管理办法》(国家安监总局令第 44 号, 国家安监总局令第 63 号、80 号修正)

《金属非金属矿山建设项目安全设施目录(试行)》(国家安监总局令第 75 号)

《生产安全事故应急预案管理办法》(国家安监总局令第 88 号, 2019 年 7 月 11 日应急管理部令第 2 号修正)

《江西省生产安全事故隐患排查治理办法》(江西省人民政府令第 238 号, 2021 年 6 月 9 日省人民政府令第 250 号第一次修正)

《尾矿污染环境防治管理办法》(生态环境部第 26 号)

《国务院关于加强安全生产工作的决定》(国发〔2004〕2 号)

《国务院关于加强企业安全生产工作的通知》(国发〔2010〕23 号)

《国务院安委会办公室关于贯彻落实〈国务院关于加强企业安全生产工作的通知〉精神进一步加强非煤矿山安全生产工作的实施意见》

(安委办〔2010〕17 号)

《国务院关于加强地质灾害防治工作的决定》(国发〔2011〕20 号)

《国务院关于加强科学发展安全发展促进安全生产形势持续稳定好转的意见》(国发〔2011〕40 号)

《国务院安委办关于建立安全隐患排查治理体系的通知》(安委办〔2012〕1 号)

《关于在全省尾矿库设置安全运行标示牌的函》（赣安监管函字〔2008〕16号）

《关于印发江西省非煤矿山安全检查表的通知》（赣安监管一字〔2008〕338号）

《转发国务院安委会办公室贯彻落实国务院〈通知〉精神进一步加强非煤矿山安全生产工作实施意见的通知》（赣安办字〔2010〕73号）

《关于进一步加强尾矿库监督管理工作的指导意见》（赣安监管一字〔2012〕239号）

《江西省安委会关于加强生产经营单位事故隐患排查治理工作的指导意见》（赣安〔2014〕32号）

《国家安全监管总局关于宣布失效一批安全生产文件的通知》（安监总办〔2016〕13号）

《关于印发〈遏制尾矿库“头顶库”重特大事故工作方案〉的通知》（安监总管一〔2016〕54号）

《江西省安监局转发国家安全监管总局关于印发〈遏制尾矿库“头顶库”重特大事故工作方案〉的通知》（赣安监管一字〔2016〕56号）

《江西省安委会办公室关于印发企业安全生产资料建档通用要求的通知》（赣安办字〔2016〕53号）

《江西省安委会办公室关于印发江西省安全风险分级管控体系建设通用指南的通知》（赣安办字〔2016〕55号）

《国家安全监管总局 保监会 财政部关于印发〈安全生产责任保险实施办法〉的通知》（安监总办〔2017〕140号）

《江西省安全生产委员会关于在全省高危行业领域实施安全生产责任保险制度的指导意见》（赣安〔2017〕22号）

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

《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）

《关于印发江西省防范化解尾矿库安全风险工作实施方案的通知》（赣应急字〔2020〕64号）

《江西省安委会关于印发〈江西省尾矿库销号管理办法〉的通知》（赣安〔2020〕13号）

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

《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）

《江西省应急管理厅关于加强全省尾矿库安全生产风险监测预警系统运行管理的通知》（赣应急字〔2022〕18号）

《江西省应急管理厅关于印发〈江西省企业安全生产标准化建设定级实施办法（试行）〉的通知》（赣应急字〔2022〕49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〉的通知》（矿安〔2022〕88号）

《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）

《江西省安委会办公室关于推动生产经营单位构建安全风险分级管控

和隐患排查治理双重预防机制的指导意见》（赣安办字〔2023〕26号）

《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）

《国务院安委会办公室关于学习宣传贯彻〈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〉的通知》（安委办〔2023〕7号）

### 1.3.3 标准、规范

《岩土工程勘察规范（2009年修订版）》	GB50021-2001
《安全标志及其使用导则》	GB2894-2008
《矿山安全标志》	GB14161-2008
《建筑抗震设防分类标准》	GB50223-2008
《尾矿堆积坝岩土工程技术规范》	GB50547-2010
《混凝土结构工程施工规范》	GB50666-2011
《工业企业总平面设计规范》	GB50187-2012
《构筑物抗震设计规范》	GB50191-2012
《尾矿设施设计规范》	GB50863-2013
《尾矿设施施工及验收规范》	GB50864-2013
《防洪标准》	GB50201-2014
《中国地震动参数区划图》	GB18306-2015
《尾矿库在线监测系统工程技术规范》	GB51108-2015
《危险化学品重大危险源辨识》	GB18218-2018
《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》	GB18599-2020
《水工建筑物抗震设计标准》	GB51247-2018

《生产建设项目水土保持技术标准》	GB50433-2018
《尾矿库安全规程》	GB39496-2020
《粉尘作业场所危害程度分级》	GB/T5817-2009
《生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则》	GB/T29639-2020
《生产过程危险和有害因素分类与代码》	GB/T13861-2022
《厂矿道路设计规范》	GBJ22-87
《安全评价通则》	AQ8001-2007
《尾矿库安全监测技术规范》	AQ2030-2010
《碾压式土石坝施工技术规范》	SDJ213-83
《水工混凝土结构设计规范》	SL191-2008
《水工隧洞设计规范》	SL279-2016
《水工建筑物荷载设计规范》	SL744-2016
《溢洪道设计规范》	SL253-2018
《碾压式土石坝设计规范》	SL274-2020
《水利水电工程设计洪水计算规范》	SL/T278-2020

#### 1.3.4 建设项目合法证明文件

企业提供的营业执照、采矿许可证、安全生产许可证，主要负责人、安全管理人员、特种作业人员（尾矿工）资格证书及其他材料。

#### 1.3.5 建设项目技术资料

《江西省漂塘钨矿大龙山选厂尾矿设施方案设计说明书》（南昌有色金属设计研究院，1980年10月）

《江西省大余县漂塘钨矿大龙山尾矿设施工程地质勘查报告》（冶金工业部长沙勘察公司，1981年8月）

《大余县漂塘钨矿选厂木梓园尾矿库工程（水文）地质勘察报告（施工图设计阶段）》（江西省九零九地质工程勘察院，2007年12月）

《漂塘钨矿木梓园尾矿库加高扩容初步设计》（江西省冶金设计院，2008年4月）

《大余县漂塘钨矿选厂木梓园尾矿库补充工程（水文）地质勘察报告（施工图设计阶段）》（江西省九零九地质工程勘察院，2011年1月）

《江西漂塘钨业有限公司木梓园尾矿库塌陷坑隐患治理方案设计（修改版）》（江西省冶金设计院有限责任公司，2011年5月）

《漂塘钨矿木梓园尾矿库隐患综合治理工程初步设计》《漂塘钨矿木梓园尾矿库隐患综合治理工程初步设计安全专篇》（金建工程设计有限公司，2013年6月）

《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库排洪系统质量检测报告》（江西省山河检测集团有限公司，2021年5月）

《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库稳定性分析工程（水文）地质勘察报告》（江西赣南地质工程院，2022年1月）

《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库坝体稳定性分析报告》（金建工程设计有限公司，2022年2月）

《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库调洪演算报告（2023年）》（金建工程设计有限公司，2023年3月）

企业提供的江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库现状图纸。

### 1.3.6 其他评价依据

《江西省暴雨洪水查算手册》（江西省水文总站，2010年10月）

《江西省尾矿库应急抢险工作指南》（江西省应急管理厅，2022年8月）

月)

双方签订的评价合同书。

## 1.4 评价程序

### 1.准备阶段

明确被评价对象和范围，进行现场调查和收集相关法律法规、标准、规范及尾矿库有关资料。

### 2.危险、有害因素识别与分析

根据项目周边环境、场所、设备设施及生产工艺流程的特点，采用科学、合理的评价方法，识别和分析其存在的危险、有害因素。

### 3.划分安全评价单元

在危险、有害因素识别和分析基础上，根据评价的需要，将评价对象划分成若干个评价单元。

### 4.选择安全评价方法

根据受评价对象的特点，选择科学、合理、适用的定性、定量评价方法。

### 5.定性、定量评价

根据评价单元的特征，选择合理的评价方法，对危险、有害因素导致事故发生的可能性和严重程度进行定性、定量评价，确定事故隐患部位，预测发生事故的严重后果，同时进行风险排序。

### 6.提出安全对策措施及建议

根据危险、有害因素辨识结果和定性、定量评价结果，遵循针对性、技术可行性和经济合理性的原则，提出消除或减弱危险、有害因素的技术管理、对策措施及建议。

### 7.安全评价结论

综合归纳评价结果，明确指出该矿当前的安全状态水平以及应重点防范的危险、有害因素，从风险管理角度给出评价项目在评价时与有关安全生产法律法规、标准、规章、规范的符合性结论。

## 8.编制安全现状评价报告

按《安全评价导则》要求，依据尾矿库的安全现状评价过程和结论编制安全现状评价报告。

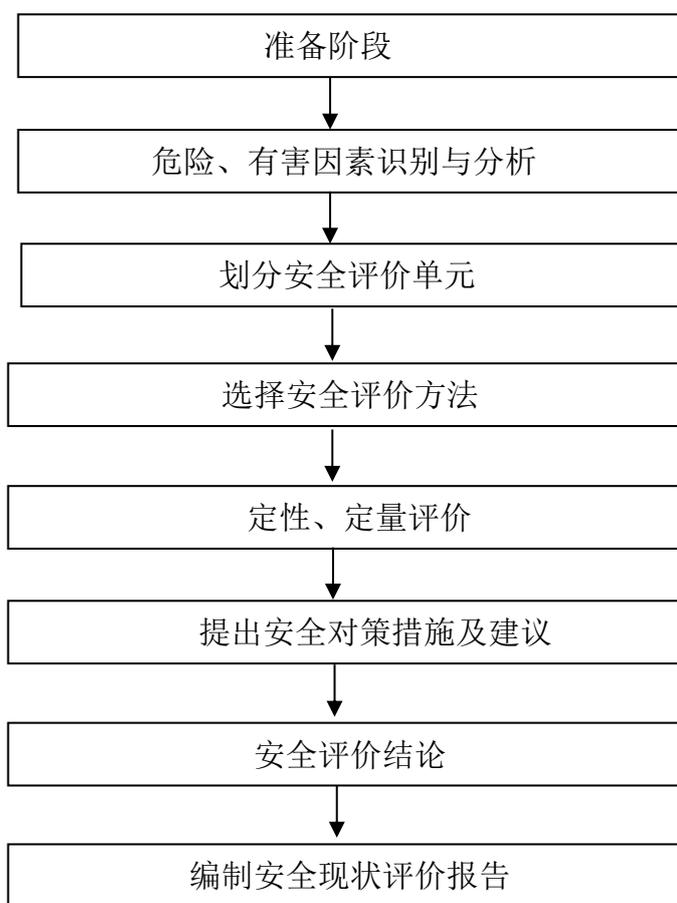


图 1-1 安全现状评价报告工作程序图

## 2 建设项目概述

### 2.1 建设单位概况

#### 2.1.1 企业基本情况

江西漂塘钨业有限公司前身是漂塘钨矿，于 1954 年 8 月成立，2009 年 11 月实施政策性关闭破产转制为江西漂塘钨业有限公司，现隶属于江西钨业控股集团有限公司，为国有中型企业。

企业从 1954 年 4 月开始在漂塘设立矿区，2011 年成立大龙山钨矿管理矿区。江西漂塘钨业有限公司现有两个矿区：漂塘矿区（漂塘钨锡矿）、木梓园矿区（大龙山钨矿）；两座尾矿库：大江选厂尾矿库、大龙山选厂尾矿库（又名木梓园尾矿库）。

江西漂塘钨业有限公司设有健康安环部、生产技术部、总经理办公室、人力企管部、党群工作部、财务部、供销部等七个部室，下辖漂塘钨锡矿、大龙山钨矿、大江选厂等三个二级单位。江西漂塘钨业有限公司现有职工 837 人，其中专业技术人员 65 人（其中高级职称 3 人，工程师 18 人；采矿专业 16 人、地质专业 7 人、测量/测绘专业 5 人、机电/电气专业 9 人、安全/通风专业 8 人、土木工程/土建专业 3 人、选矿/矿物加工专业 7 人）、注册安全工程师 12 名，专职安全管理人员 28 名（其中尾矿库至少 2 名）、尾矿工 16 人。

#### 2.1.2 地理位置及交通

江西漂塘钨业有限公司地处江西省南部，位于赣州市大余县左拔镇漂塘。大龙山选厂尾矿库位于大余县黄龙镇大龙山村，地理坐标：东经 114° 18' ，北纬 25° 30' ，矿区南距大余县城公路里程 20km，北至赣州 87km，323 国道从矿区南北方通过，矿区内有简易公路通往公司总部及各

生产点和辅助生产点，交通较为便利。见图 2-1。



图 2-1 库区交通位置图

### 2.1.3 尾矿库基本情况

大龙山选厂尾矿库位于大余县黄龙镇大龙山村木梓园，故又名木梓园尾矿库，由南昌有色冶金设计院 1980 年 10 月设计，作为木梓园、大龙山两矿区的配套尾矿库，设计初期坝为透水堆石坝，后期采用上游式尾矿堆坝，最终使用标高+380.0m，总坝高 40.0m，总库容为 104 万  $m^3$ ，为山谷型四等尾矿库，1985 年 6 月建成投入使用。

2008 年 4 月，漂塘钨矿委托江西省冶金设计院进行了木梓园尾矿库加高扩容设计，在+380m 尾矿堆积坝上增高 8m 尾矿子坝至+388m 标高，总坝高 48m，总库容 153.2 万  $m^3$ 。

大龙山选厂尾矿库自投入使用以来，初期坝坝脚位置未采取有效措施护坡，出现不同程度的塌陷。1990 年 9 月，木梓园尾矿库尾矿堆积坝+368m 标高平台处（第五期子坝顶）出现一塌陷坑，直径约 8m。后经采取碎石加

黄泥土回填的措施，已得到较好控制，但每年仍有不同程度的下降。2010年12月3日，江西漂塘钨业有限公司委托武汉科岛地理信息有限公司对该陷落区进行了物探勘察。2011年5月3日，原江西省安全生产监督管理局组织有关专家对江西省冶金设计院有限责任公司编制的《江西漂塘钨业有限公司木梓园尾矿库塌陷坑隐患治理方案设计》进行了审查。江西省冶金设计院有限责任公司于2011年5月提交了《江西漂塘钨业有限公司木梓园尾矿库塌陷坑隐患治理方案设计（修改版）》，木梓园尾矿库加高扩容工程由江西省矿山隧道建设总公司承建施工，由江西省新大地监理有限公司进行施工监理。2009年12月开始按设计要求进行工程施工，至2011年7月完成了排洪隧洞及排水支洞的掘进和支护、排水井和拦洪坝的新建、2#排水井和通气孔的封堵、原隧洞进口及新老隧洞交叉口的封堵等。塌陷坑隐患治理项目由恒丰建设集团有限公司承建施工，由江西瑞林建设监理有限公司进行施工监理，于2012年1月完工。木梓园尾矿库加高扩容暨塌陷坑隐患治理工程的安全验收评价由江西赣安安全生产科学技术咨询服务中心完成，于2014年12月完成现场竣工验收，提交了《江西漂塘钨业有限公司木梓园尾矿库加高扩容暨塌陷坑隐患治理工程安全验收评价报告》。

2013年6月，江西漂塘钨业有限公司委托金建工程设计有限公司进行了隐患综合治理工程设计，设计维持最终坝顶标高+388.0m，总库容为153.2万 $m^3$ ，主要工程内容为：坝面治理工程、排渗设施工程、溢洪道工程。施工单位为江西有色冶金建筑有限公司，监理单位为湖南和天工程项目管理有限公司，于2013年7月开工、2015年7月完工，验收评价单位为江西省赣华安全科技有限公司，2016年5月提交了《漂塘钨矿木梓园尾矿库隐患综合治理工程安全验收评价报告》。

大龙山选厂尾矿库于 2005 年首次取得安全生产许可证。后经多次延期换证，于 2021 年 10 月 26 日取得了江西省应急管理厅颁发的安全生产许可证，证书编号：（赣）FM 安许证字[2005]M0084 号，许可范围为尾矿库运营（四等库，初期坝高 20m，高程+360m 以下，堆积坝坝顶最终高程+388m 以下），有效期 2020 年 12 月 8 日至 2023 年 12 月 7 日。大龙山选厂尾矿库基本情况见表 2-1。

表 2-1 大龙山选厂尾矿库基本情况调查表

企业名称	江西漂塘钨业有限公司		
行业类别	非煤矿山		
尾矿库名称	江西漂塘钨业有限公司 大龙山选厂尾矿库	投产时间	1985 年 6 月
尾矿库地址	大余县黄龙镇大龙山村		
设计单位	原设计为南昌有色冶金设计院，加高扩容设计为江西省冶金设计院，隐患综合治理工程设计为金建工程设计有限公司。	设计审批单位	原江西省安全生产监督管理局
设计总库容（万 m <sup>3</sup> ）	153.2	已堆积库容（万 m <sup>3</sup> ）	152.5
设计总坝高（m）	48.0	当前坝高（m）	47.9
尾矿库等别	四等库	库型	山谷型
尾矿库汇水面积（km <sup>2</sup> ）	0.33（截洪后）	筑坝方式	上游式尾矿筑坝
安全生产许可证发证机关、证号、有效期	江西省应急管理厅 （赣）FM 安许证字 [2005] M0084 号 有效期至 2023 年 12 月 7 日	安全度分类	正常库
安全评价意见	符合安全生产条件		
尾矿库及库区安全存在的主要问题	无		
近三生产安全事故情况	无安全事故。		

### 2.1.4 周边环境

大龙山选厂尾矿库位于大龙山选厂（地面标高+425m）西南侧下游呈东西走向的狭长山谷中，距选厂 1.62km，其上游西北侧 2.0km 为木梓园矿区，

其+440m 平硐与新建拦洪坝直线距离约 0.66km，拦洪坝高程为+392.0m。

排洪隧洞进水口上方有一条木梓园矿区至大龙山选厂运矿轨道，标高 +434.54m，轨道铺设在旧废石堆（容积 6594m<sup>3</sup>）上。废石堆坡脚离隧洞进水口约 29m 高，但山坡植被良好，以茅竹、杂木为主。

大龙山选厂尾矿库下游 1km 左右为大龙山村。库区上游 1620m、下游 1000m 范围内无重要建筑物、其他工矿企业、大型水源地、水产基地，无居民，无全国和省重点保护名胜古迹，库区周边植被茂密，地质构造简单，无不良地质现象，库区范围内不压矿。

现场检查，库区不存在爆破、滥挖尾矿和炸鱼等危害尾矿库安全的活动。周边山体稳定，无违章建筑、违章施工和违章采矿等现象。

## 2.2 自然环境概况

库区属中亚热带季风湿润气候区，气候特点是温暖湿润，四季分明，热量丰富，雨水充沛，春温多变，夏涝秋旱，冬寒期短，无霜期长。年最高气温 42.7℃，最低气温零下 7.2℃，年平均温度 20.54℃，年降雨量 1458mm，全年最大降雨强度为 61.7mm/h，日降雨量最大为 121mm。年蒸发量为 1445.47~1846.8mm，湿润系数为 1.1。日照时间 1499.3h，光照率 39%，全年无霜期长 301d，夏冬时长，春秋时短。其特点是范围小、历时短、强度大。累年各风向平均风速最大为 3.6m/s，历年定时最大风速为 16.0m/s，常年主导风向为东北东风，夏季（七、八、九月）主导风向为西风。

大龙山选厂尾矿库库区地形地貌类型属低山丘陵剥蚀地貌区，海拔标高在+328~+460m 之间，所处沟谷为一走向西北~东南的小山谷，沟谷长约 560m，沟谷下游为溪流，自东北向西南流经。

当地矿业、林业、旅游业发达，库区周边村民极少，大部分外迁大余

县县城居住或出外务工。

## 2.3 地质概况

本节内容主要摘自江西赣南地质工程院的《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库稳定性分析工程（水文）地质勘察报告》。

### 2.3.1 库区地质条件

#### 1. 地形地貌

库区属侵蚀剥蚀丘陵地貌类型，库区北侧山脊总体上呈北西～南东走向，地势总体呈西北高东南低，南北坝肩山顶高程+380～+410m，沟谷切割深度一般为30～80m，北侧坝肩自然山坡坡度较陡，坡度 $40^{\circ} \sim 46^{\circ}$ ；南侧坝肩自然坡度相对较缓，坡度一般 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，山脊较狭窄，连续性差，山谷较窄，呈“V”字形，山坡出露全强风化变质砂岩，风化层厚度较大，植被以灌木及松杉为主，覆盖率约为80%。

本次勘察期间，坝区近坝库岸未发现有崩塌及滑坡等现代不良物理地质现象，近坝库岸基本稳定。

#### 2. 地层岩性

库区出露地层简单，主要为寒武系中统高滩组岩层（ $\epsilon_{2gt}$ ），第四系残坡积层（ $Q_4^{el+dl}$ ），第四系冲洪积层（ $Q_4^{al+pl}$ ）、人工堆积层（ $Q^r$ ）。

##### （1）寒武系中统高滩组岩层

组成区域褶皱基底，总体倾向 $105^{\circ}$ ，倾角 $58^{\circ}$ ，主要岩性为灰黄色、青灰色变质砂岩，裂隙很发育，铁锰质充填。

##### （2）第四系松散堆积层

①第四系残坡积层：分布于库区中部南侧坡地，岩性以砾质粘土为主，可塑。

②第四系冲洪积层：分布于库区中部至下游沟谷地带，岩性以卵石、砾质粘土为主，可塑～稍密。

③人工堆积层：主要为初期坝及尾砂堆积坝干砌石、碎石，坝体尾粉砂、尾中砂、尾粗砂。

### 3.地质构造与地震

库坝区勘察钻孔控制深度范围内未见区域性大构造通过，但寒武系中统变质岩经历多次地质构造作用，破坏了岩层的完整性，裂隙较发育～很发育，多为张扭性裂隙，裂隙宽一般为 0.50～2.00cm，延伸不长，一般一米至几米长。区内新构造运动较弱，主要表现为大面积间歇性缓慢升降，以河流冲蚀冲刷作用为主，未见明显的差异运动，区域地壳基本稳定。

根据《中国地震动峰值加速度区划图》（江西部分）（建标 [2001] 156 号）、《建筑抗震设计规范》，本尾矿库地震动峰值加速度值 0.05g，地震烈度Ⅵ度。

### 2.3.2 水文地质

#### 1.地下水类型

区内地下水类型主要为基岩裂隙水和松散岩类孔隙水。基岩裂隙水贮存于寒武系中统变质砂岩风化裂隙、构造裂隙中，水量一般较贫乏，主要由大气降水的垂直入渗补给和孔隙含水层的侧向补给，排泄于沟谷和河床中，水位起伏变化较大。

第四系松散岩类孔隙水主要贮存于第四系人工堆积初期坝及尾砂堆积坝坝体土、冲洪积卵石孔隙中，水量丰富，主要接受大气降水及矿区尾砂排泄自带水体补给，迳流条件较好，排泄快，排泄于初期坝下游溪流中。

#### 2.地表水土及地下水污染

勘察期间选矿厂一直在进行生产，本次未采取废水样进行水质污染性专门分析、不能做出具体评价。

据钻孔压注水试验资料、大坝存在坝基及绕坝渗漏；本次勘察钻孔控制深度及地表未发现有较大规模张性断层破碎带导水构造、坝基岩层主要为非可溶性花岗岩类，钻孔钻进过程中未发现大量~全漏水现象，库水渗漏主要通过岩土层孔隙及裂隙进行。

库水主要通过岩土层孔隙及裂隙渗漏，对地下水有一定污染，受污染地下水主要向坝下游地势较低的沟谷地段近源排泄，经地表溪水稀释后向下游沟谷径流；下游 1000m 范围内无工矿企业、大型水源地、水产基地无全国和省重点保护名胜古迹，地质构造简单，库水渗漏对下游沿河居民生活饮用水的污染影响相对较小。

### 3.库区渗漏

库区地层为寒武系中统变质砂岩，岩体本身的透水性能较小，北侧山体较雄厚，现状库区周围无深切沟谷，未发现区域性导水深大张性断裂破碎带通向库外，建库以来库区周边尚未发现有明显渗漏问题。但库区南侧山脊地势稍低，有可能产生渗漏问题。

### 4.库岸稳定

库区南岸山坡平缓处基岩风化较深，上覆第四系土层总体较厚，而北岸山坡较陡处基岩风化相对较浅，未发现大规模结构面组成的不稳定岩体。北岸溢洪道进水口处存在一人工切坡，边坡高度约 10m，走向约 147°，坡度约 70°~80°，组成边坡的岩土体主要为强~弱风化变质砂岩。该人工切坡为库区修建溢洪道开挖形成，现状未进行支护处理，坡面暴露于空气中。边坡强~弱风化变质砂岩暴露在空气中易进一步风化，受水浸泡影响

等，容易散失结构强度而降低承载力等，从而导致地基湿陷及边坡坍塌、崩塌或滑坡失稳等不良地质现象，破坏形式主要为滑移型～崩塌型。

### 2.3.3 尾矿坝坝区工程地质条件

#### 1. 地层岩性

坝区内出露地层简单，主要有寒武系中统变质砂岩及第四系冲洪积层及人工堆积层。从老到新分述如下：

##### (1) 寒武系中统高滩组岩层

组成区域褶皱基底，总体倾向  $105^{\circ}$ ，倾角  $59^{\circ}$ ，主要岩性为灰黄色、青灰色变质砂岩，裂隙很发育，铁锰质充填。

##### (2) 第四系松散堆积层

①第四系冲洪积层：分布于库区中部至下游沟谷地带，岩性以卵石、砾质粘土为主，可塑～稍密，厚度  $0.50\sim 16.10\text{m}$ 。

②人工堆积层：主要为初期坝及尾砂堆积坝干砌石、碎石，坝体尾粉砂、尾中砂、尾粗砂，厚度  $18.90\sim 38.00\text{m}$ 。

#### 2. 地质构造

由于坝区大部有全强风化基岩出露，部分地段为第四系残坡积层所覆盖，植被发育，地质调查时未发现大规模的断裂构造通过坝区，但受区域构造运动的影响，坝基岩层节理裂隙发育，主要有两组区内节理裂隙较发育，岩体较破碎。主要有两组节理裂隙：

①产状  $195^{\circ} \angle 70^{\circ}$ ，裂面比较平直，多呈闭合状，可见延伸长度  $2.5\sim 3.0\text{m}$ ，裂隙发育密度为 2 条/m，倾向下游。

②产状  $323^{\circ} \angle 53^{\circ}$ ，裂面粗糙，多呈张开状，可见延伸长度  $2.0\sim 2.50\text{m}$ ，裂隙发育密度为 3 条/m，倾向北岸。

根据两组节理与岩层产状情况，节理①与岩层产状倾向下游，不利于坝体及坝肩的稳定，节理②坝体及北坝肩的有利于坝体及坝肩的稳定。

### 3.水文地质特征

#### (1) 地下水类型

坝区地下水类型主要为基岩裂隙水和第四系松散岩类孔隙水。第四系松散岩类孔隙水埋藏于第四系冲洪积层、人工填筑坝体土及尾砂之中，水量丰富，主要靠大气降水矿区尾砂排泄自带水体补给，通过尾砂坝体往初期坝脚底面排泄于下游沟谷中。基岩裂隙水埋藏于寒武系中统裂隙中，接受大气降水或孔隙水补给，水量一般较小，排泄于下游沟谷中。

#### (2) 地表水及地下水、土腐蚀性

本次勘察期间尾矿库区无地表水。按本次勘察地下水水质分析结果，依《水利水电工程地质勘察规范》附录 L，对照环境水对混凝土腐蚀性判别标准，综合分析判定为：地下水对混凝土具有碳酸型弱腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性。场地土对混凝土具有微腐蚀性、对钢结构具微腐蚀性。

### 4.坝基岩体风化特征

据本次坝区钻探资料及地表地质测绘资料，坝址区岩体风化程度相对较强，风化带厚度主要受地形而异，总体为山顶、山坡厚，河谷地段较薄，节理发育部位风化相对较强。根据岩石的破碎程度、裂隙发育程度、力学性能、透水性能及岩芯的完整性等特征，按其风化程度可分为强风化带，分述如下：

(1) 全风化带：灰黄色，稍湿，坚硬，岩芯呈碎块状，手捏易碎，浸水易崩解，裂隙很发育，铁锰质充填。

(2) 强风化带：灰黄色，稍湿，坚硬，岩芯呈碎块状，手捏易碎，浸

水易崩解，裂隙很发育，铁锰质充填。

(3) 弱风化带：黄褐色，青灰色，岩芯呈短柱状，锤击声哑，易击断，裂隙发育，结构面间距 0.1~0.3m，铁锰质充填。控制层厚 3.11m。

## 5.坝区土层及岩体的物理力学性质

根据坝基岩体完整性，室内岩石样品测试成果，并结合相关经验数据及类似工程勘察资料，综合类比提出本工程坝区土层及岩体物理力学性质指标建议值见表 2-2、表 2-3。

表 2-2 坝区岩体物理力学性质指标建议值表

风化程度		全风化变质砂岩	强风化变质砂岩	弱风化变质砂岩
项目	数			
	值			
天然重度(kN/m <sup>3</sup> )		20	22	24.20 (饱和)
饱和单轴抗压强度(MPa)			3~5	20.21
岩体 抗剪 强度	f'	0.15~0.20	0.40~0.43	0.50~0.55
	C' (MPa)	0.05~0.10	0.05~0.10	0.35~0.40
	f	0.15~0.20	0.35~0.40	0.45~0.50
砂/岩 抗剪 强度	f'	0.05~0.10	0.42~0.45	0.50~0.55
	C' (MPa)	0.02~0.03	0.05~0.10	0.32~0.35
	f	0.10~0.15	0.30~0.35	0.40~0.45
泊松比		0.45~0.50	0.35~0.40	0.28~0.32
弹性模量 E×10 <sup>4</sup> (MPa)		0.006~0.008	0.08~0.10	0.65~0.70
地基承载力标准值 (kPa)		300	400	2500
渗透系数 k (cm/s)/透水率 q (Lu)		k=5.00×10 <sup>-4</sup> ~>1×10 <sup>-3</sup>	k=4.28×10 <sup>-4</sup> ~6.80×10 <sup>-4</sup>	q=4.5~6.8

表 2-3 土层物理力学性质建议值表

岩土名称	含水量 (%)	干重度 (kN/m <sup>3</sup> )	湿重度 (kN/m <sup>3</sup> )	直接快剪		渗透系数 (cm/s)	压缩系数 (MPa <sup>-1</sup> )	允许渗透坡降	承载力标准值 (kPa)
				凝聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)				
②碎石			20		33	7.80×10 <sup>-1</sup>		0.30	150
④砾质粘土	26.60	13.95	17.65	23.55	18.25	7.76×10 <sup>-5</sup>	0.29	0.30	150
⑤卵石			21		35	7.55×10 <sup>-1</sup>		0.35	300

## 6.初期坝主要工程地质问题

### (1) 初期坝坝基坝肩稳定

本次勘察表明，坝体主要为干砌石填筑，坝基持力层主要为强~中风化变质砂岩，厚度较大，承载力较高。勘察控制深度内未发现较大规模断层破碎带通过坝区。因此大坝坝肩现状稳定性较好。受两组裂隙及岩层产状的控制，南北坝肩局部地段在暴雨的作用下有可能产生崩塌、滑坡等不良地质作用。

### (2) 坝基及绕坝渗漏问题

据本次勘察钻孔室内渗透试验及钻孔注水压水试验成果反映，坝基下伏全、强风化变质砂岩渗透系数为  $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ ，属中等透水性；弱风化变质砂岩透水率为  $q=5.4 \sim 10.6 \text{Lu}$ ，属弱透水性。

勘察期间坝脚外坡麓存在一处渗水现象，流量约  $0.5 \text{L/s}$ 。

### (3) 初期坝的工程质量

据钻探揭露，坝体为干砌块石黄褐色，干燥，由块石，块石成分主要由弱风化变质砂岩组成，质地坚硬，块石呈不规则，大小不一，直径一般  $15 \sim 20 \text{cm}$ ，约占  $80\% \sim 85\%$ 。钻进过程中塌孔现象严重，孔壁稳定性较差，采取跟管钻进施工工艺；有掉块、活石、漏水现象，干砌石坝体砌筑质量一般，干砌石坝北西侧约  $6 \text{m}$  尾砂坝坡脚存在  $0.5 \text{L/s}$  渗漏点；综上所述，尾矿坝坡脚局部存在渗漏现象。应进行加固处理，如对坝体进行灌浆处理或在坝体内坡或渗漏处上游设置反滤墙。

据本次勘察坝体钻探取芯观察、并依据工程勘察经验，干砌石坝（初期坝）坝体的物理力学指标建议值见表 2-4。

表 2-4 干砌石坝体物理力学性质指标建议值

坝体部位	饱和重度 ( $\text{kN/m}^3$ )	饱和抗压强度 ( $\text{MPa}$ )	比重	泊松比	孔隙率	抗剪断强度		坝体与坝基抗剪断强度	
						$f'$	$C'$ ( $\text{MPa}$ )	$f'$	$C'$ ( $\text{MPa}$ )
干砌石	24.80	17.50	2.52	0.36	24.5	30	/	0.40~0.50	/

注：干砌石抗剪断强度为内摩擦角。

## 7.尾砂堆积坝工程地质特征

尾矿颗粒较不均匀，堆积在空间分布未形成明显层位划分。据钻探和地表工程地质调查表明，尾矿堆积坝从上至下的土层有：①尾粉砂、①-1尾粉砂、①-2尾中砂、①-3尾粗砂，库区基底岩土层主要为第④层、第⑤层冲洪积砾质粘土、卵石。

①-1尾粉砂：主要以堆积坝区域为主，灰~灰白色，湿~很湿，稍密为主。大于0.074mm颗粒占74.50%~60.05%。

①-2尾中砂：灰~灰白色，湿~很湿，松散为主。大于0.25mm颗粒占68.10%~70.46%。

①-3尾粗砂：灰~灰白色，湿~很湿，稍密为主。大于0.5mm颗粒占51.72%~53.43%。

①尾粉砂：分布于尾矿库尾砂滩大部地段及堆积坝上部位置，灰~灰白色，湿~很湿，松散为主。大于0.074mm颗粒占74.50%~60.05%。

根据本次勘察尾砂土工试验统计结果及类似岩性工程勘察经验值，本工程尾砂物理力学性质指标建议值如下，坝基及尾砂堆积坝岩土层物理力学参数同表2-5。

表 2-5 尾矿物理力学性质建议值表

岩土名称	含水量 (%)	干重度 (kN/m <sup>3</sup> )	湿重度 (kN/m <sup>3</sup> )	直接快剪		渗透系数 (cm/s)	压缩系数 (MPa <sup>-1</sup> )	允许渗透坡降	承载力标准值 (kPa)
				凝聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)				
①尾粉砂	20.805	13.79	17.54	6.437	28.167	9.731×10 <sup>-2</sup>	0.325	0.10	50
①-1尾粉砂	20.805	13.79	17.54	6.437	28.167	9.731×10 <sup>-2</sup>	0.325	0.10	110
①-2尾中砂	20.55	14.45	17.45	6.60	28.40	9.39×10 <sup>-2</sup>	0.325	0.15	50
①-3尾粗砂	20.40	14.46	17.40	5.86	29.98	9.624×10 <sup>-2</sup>	0.306	0.20	100

## 8. 浸润线条件

根据本次勘察施工期间 1-1' 纵剖面线反映的地下水位资料, 浸润线从北侧尾砂库内钻孔起点为+382.03m, 至初期坝钻孔水位标高+335.45m, 剖面反映浸润线随尾矿库堆积增高而增高, 至坝脚排水底部往下游沟谷排泄, 并从坝体与坝基接触面渗出。堆积库区内侧水位线微向库区外部倾斜。

从纵向地质剖面浸润线分析, 勘察期间库区水位向下游尾砂堆积坝轴线渗流过程中, 水位降落较快, 使大坝上游推力增大, 出现渗漏, 库水从尾砂坝坝脚逸出, 对尾砂堆积坝及初期坝稳定性存在不安全隐患, 库水将走堆积坝微细颗粒, 影响初期坝及尾矿坝的长期稳定。

### 2.3.4 排水系统工程地质条件

排水系统采用溢洪道、排水沟、排水隧洞与排水井相结合的排水方式。

溢洪道进水口位于尾砂滩北侧, 出水口连接消力池, 进水口处设置有沉淀池阻隔尾砂随水排出。基础位于强~中风化变质砂岩上, 基础稳定, 勘察期间未见溢洪道有阻塞、裂缝及漏水现象。

排水沟设置在尾砂坝坡面马道中间(横纵交错)及初期坝南侧肩坝。马道水沟水体向坝肩排水沟及溢洪道排泄, 基础位于经压实处理的粘性土上, 基础基本稳定; 南侧坝肩排水沟基础位于砾质粘土及全~强风化变质砂岩上。勘察期间未见排水沟有阻塞、裂缝及漏水现象。

排水井设置在尾砂滩及堆积坝上, 底部用排水支洞连接, 水体从排水隧洞排泄, 基础位于弱风化变质砂岩上, 基础稳定, 勘察期间未见排水井、排水支洞、排水隧洞有倾斜、阻塞、裂缝及漏水现象。出水口有水体排出。

### 2.3.5 不良地质现象

库区属低山丘陵剥蚀地貌类型, 植被发育, 坝区基底地层为寒武系中

上统变质细砂岩。表部为第四系全新统冲、洪积、坡积覆盖层。库区尚未发现大的滑坡体存在，只在局部出现几处小规模坍塌、滑坡现象，对库区没有影响，库区边坡基本稳定，未发现较大的断层、破碎带等，不存在软弱夹层、崩塌堆积物等不良地质现象。

### 2.3.6 结论与建议

(1) 本工程区地震动峰值加速度 0.05g，抗震设防烈度 6 度。

(2) 库区出露地层主要为寒武系中统变质砂岩层、第四系残坡积层、第四系冲洪积层、人工堆积层，勘察期间未见滑坡、崩塌等现代不良地质现象。北岸溢洪道进水口处存在一人工切坡，边坡高度约 10m，走向约 147°，坡度约 70°~80°，组成边坡的岩土体主要为强~弱风化变质砂岩。

(3) 尾矿库地下水混凝土具有碳酸型弱腐蚀性，对钢结构具弱腐蚀性；场地土对混凝土具有微腐蚀性、对钢结构具微腐蚀性。

(4) 尾矿堆积基本按设计进行，有堆积子坝台阶状堆积。本工程尾矿库为上游堆积法，尾矿颗粒组成成分以尾粉砂、尾中砂、尾粗砂为主，尾砂颗粒不均匀，密实度有一定变化，物理力学指标差异较小。

(5) 初期坝坝体填筑材料为干砌石，强透水；上坡坝脚虽设置反滤层，但反滤效果较差，无法阻挡细颗粒尾砂随库水渗出，堆积坝与初期坝上坡坝脚处可见塌陷现象，下坡坝脚见有渗漏现象。

(6) 现有初期坝为透水堆石坝。坝基深部岩体风化裂隙发育，但物理力学强度较高，未发现有较大规模破碎带通过，坝基产生深层滑动的可能性较小。

(7) 建议加强尾矿库周边排水设施检查、维护，防止洪水流入库内，对尾矿库堆积坝堆积必须严格按照设计要求堆积。建议在库区上游尾砂滩

处增设排水设施，及时将排放尾砂输送的水体排出库区，并在尾砂滩面临近山体坡脚处设置山体水体排水沟，阻隔上游及山体流出的地表水进入库区。

(8) 对尾砂坝及初期坝浸润线的变化和坝体沉降位移观测进行长期连续进行，做好记录并进行分析，发现问题及时处理，及时掌握尾矿库运行动态。

## 2.5 尾矿库现状

### 2.5.1 库容、等别及防洪标准

原设计最终使用标高+380.0m，总坝高 40.0m，总库容为 104 万 m<sup>3</sup>，为山谷型四等尾矿库；加高扩容设计，最终使用标高+388m，总坝高 48m，总库容 153.2 万 m<sup>3</sup>。隐患综合治理工程设计，维持最终坝顶标高+388.0m，总库容为 153.2 万 m<sup>3</sup>。现状实际总坝高 47.9m，堆积库容 152.5×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>，按《尾矿库安全规程》和《尾矿设施设计规范》，大龙山选厂尾矿库为四等库，主要构筑物级别 4 级，安全超高 1.0m，最小干滩长度 100m，防洪标准按 200a 一遇。

### 2.5.2 尾矿相关基础数据

- (1) 尾矿量 5.0 万 t/a;
- (2) 尾矿干容重 1.5t/m<sup>3</sup>;
- (3) 尾矿浆浓度 25%;
- (4) 尾矿粒度 - 200 占 45%.

### 2.5.3 尾矿坝

#### 一、初期坝

##### 1.设计情况

(1) 原设计情况：初期坝为透水堆石坝，坝顶标高+360.0m，坝底标高+340.0m，坝高 20.0m，坝顶宽 4.0m，内、外坡比 1：2.0。

(2) 隐患治理设计情况：《漂塘钨矿木梓园尾矿库加高扩容初步设计》未涉及初期坝工程内容，《江西漂塘钨业有限公司木梓园尾矿库塌陷坑隐患治理方案设计（修改版）》要求对初期坝进行坝后外坡反滤层压坡处理。

①在初期坝坝外坡标高+350m 处向坝外坡平推 5m（保留原 2m 马道宽），以 1：2.0 坝坡比采用块石和反滤层料向下延伸，并于标高+343.0m 处设置 5.0m 宽的平台，平台后采用块石和反滤层料以 1：2.0 的坝坡比直至坝脚。在初期坝坝外坡原坝面采用碎石层厚 300mm、粗砂层厚 150mm，找平后，其上铺设 400g/m<sup>2</sup> 无纺土工布一层，再铺设粗砂层 150mm、碎石层厚 300mm 及干砌块石层厚 500mm。无纺土工布需伸入坝肩及坝基 0.5m×0.5m 的锚固沟内 1.0m 长，锚固沟采用 C10 素混凝土冲填密实。

②在整治坝坡脚处修筑一集水沟，并在集水沟出口处设三角量水堰，记录、观测渗出的水量及水质。

## 2.现状情况

初期坝坝基基岩为砂岩、板岩和闪长石英岩，坝顶标高+360.0m，坝底标高+340.0m，坝高 20.0m，坝长 60m，坝顶宽 4.0m，内、外坡比 1：2.0。坝外坡标高+350.0m 采用块石进行反压平台，平台宽 7.0m；标高+343.0m 设有马道，马道宽 5.0m；坝坡脚处修筑了一集水沟，并在集水沟出口处设了三角量水堰，记录渗出的水量及观测水质。在坝体中部设有人行踏步。

经现场检查，初期坝符合设计要求，坝脚处渗水量较上一次评价时小了很多，水质清澈、不跑浑，主要是库内干涸无水所致。整个坝体无沉陷、滑坡、裂缝、流土和管涌等现象，运行工况正常。

## 二、尾矿堆积坝

### 1.设计情况

(1) 原设计情况：尾矿堆积坝采用上游式筑坝，最终坝顶标高为+380.0m，总坝高 40.0m，平均外坡坡比为 1：5.3。最小干滩长度 50m。

(2) 加高扩容设计：在原堆积坝坝顶高程+380m 上继续加高 8m，每堆高 4m 设一级马道，马道宽 2.5m，每级边坡 1：5.0，平均外坡比 1：5.3。

#### (3) 隐患治理设计情况

①坝面护坡与排水：沿堆积坝下游坡与两岸山坡结合处的山坡上设置坝肩截水沟，并在堆积坝下游坝面上设置坝面排水沟。坝肩排水沟横断面为矩形， $B \times H = 0.30\text{m} \times 0.30\text{m}$ ，坝面排水沟分横沟和纵沟两种，横断面为矩形， $B \times H = 0.30\text{m} \times 0.24\text{m}$ 。横沟沿马道内侧布置，纵坡 1%，纵沟间隔 30m 设置一条，横沟和纵沟相互连通。坝肩排水沟及坝面排水沟均采用 C20 轻型预制钢筋混凝土结构，1~2m 一节，两节接缝处只需 M10 水泥砂浆填塞即可。

②坝体排渗系统：采用水平排渗管以疏干堆积坝体内弱透水层下的含水层的渗透水，保证下游坝坡干燥，水平排渗管管头伸露在坝面排水沟内。在高程+380m、+384m 各布置一排水平排渗管，沿坝轴线方向间距定为 15m 一组，每两级平台之间排渗体间隔布置，水平排渗管应预埋设，水平管纵坡 3%；向库内方向抬高，将收集的渗水引入马道上坝面排水横沟；分别在每根水平排渗管上游末端设置垂直布袋井，垂直布袋井深 8.0m，水平管长 45m，采用硬质 PVC 管制成，管径 100mm，壁厚 5mm，管壁开花孔，孔径 10mm，开孔率为 10%~12%，外包 400g/m<sup>2</sup>无纺土工布。垂直布袋井采用直径 1.0m 的土工布袋碎石井，即用 400g/m<sup>2</sup>无纺土工布包 10~50mm 碎石，

布袋井与水平管水力连通，水平管深入布袋井 0.8m。

## 2.现状情况

尾矿堆积坝已堆积至+387.90m 标高，坝顶宽 35.0m，尾砂滩顶高程为 +387.54m，分别在+366.0m、+374.0m、+380.0m、+383.2m、+387.6m 高程设有马道，各级马道宽分别为 4.0m、4.0m、2.0m、2.0m、16.0m，高程+360m 至高程+366.0m 堆积坝外坡坡比 1 : 5.4；高程+366m 至高程+374.0m 堆积坝外坡坡比 1 : 5.35；高程+374m 至高程+380.0m、高程+380m 至高程+383.2m、高程+383.2m 至高程+387.6m 堆积坝外坡坡比均为 1 : 5.6，整个堆积坝平均外坡坡比 1 : 6.8。沉积滩坡度 0.83%，干堆长度为 500 余米，滩面基本上平溢洪道进水口底板。堆积坝外坡进行了植草护坡。现尾矿库内不积水。

在堆积坝坡面上设置了砖墙结构坝面排水横沟、坡面排水沟，排水沟矩形内断面 0.30m×0.25m，并在坝肩设置了坝肩截水沟，矩形内断面 0.40m×0.40m。堆积坝坝坡面排水沟汇入坝肩沟以后，分别与初期坝坝肩沟相连接排水。

2014 年 5 月至 9 月在+374.0m 标高设置了 6 组，在+380.0m 标高设置了 5 组垂直排渗竖井与水平排渗管联合排渗体，垂直排渗竖井直径 1.0m，井内回填土工布袋装碎石，水平排渗管管径 110mm，管壁开花孔，孔径 10mm，外包 400g/m<sup>2</sup>无纺土工布，排渗管纵坡 3%，向库内方向抬高，将收集的渗水引入马道上坝面排水横沟；完成排渗竖井开挖 110m 深，安装水平排渗管长 550m。

经现场检查，尾矿堆积坝技术参数与设计相符，下游坡面上无积水坑存在。为防止起风扬尘，江西漂塘钨业有限公司在库内大部分尾矿沉积滩滩面上铺设了塑料网。尾矿坝体无沉陷、滑坡、裂缝、流土、管涌、沼泽

化、深层滑动等不良迹象。尾矿坝外坡坡面无冲刷、拉沟现象，坝肩沟完好，运行工况正常。

### 三、坝体塌陷坑处理情况

大龙山选厂尾矿库 1990 年 9 月在第五期子坝顶出现一陷落坑，直径约 8m，其平面位置恰好落在初期坝上游坝脚处。分析认为，该处系原河床深谷处，施工时未处理好基础，加之河谷狭窄，水力坡降大，渗流过分集中所致。后经采取碎石加黄泥土回填的措施，当时已得到较好控制。

2010 年 9 月 19 日，在堆积坝下游坝面+368.0m 高程出现了一直径约 8.0m 的局部陷落区，后又于 2010 年 9 月 29 日在原陷落区再次出现陷落，10 月 5 日~11 月 21 日该陷落区范围进一步扩大至直径 12.0m，同时在陷落过程中，下游坝脚有尾砂随渗流水带出。

在尾矿坝堆积坝下游坝面出现的陷落区，主要为原施工缺陷导致初期坝反滤层遭受破坏，从而在堆积坝内产生长期渗透破坏、渗流水带走尾砂细颗粒而造成空洞所致。

2010 年 10 月 7 日，江西钨业集团有限公司专家组到现场察看后提出了处理方案（在陷落坑表面铺一大块土工布，用 600mm×400mm 的小土工布袋装瓜子石对陷落区进行充填，填平后将大土工布再封口。在基础坝底渗漏尾砂水的外侧用土工布袋装瓜子石，堆成拦砂墙，再铺设一层土工布形成反滤层，避免尾砂渗出）。10 月 8 日，按照专家组提出的方案进行了陷落坑的充填。2010 年 10 月至 2011 年 4 月上旬，向陷落坑内投放土工布袋装瓜子片共 4.5 万包，约 450m<sup>3</sup>。4 月 15 日开始陷落坑无明显陷落。

为了查明木梓园尾砂坝透水通道及空洞的位置及空间形态，江西漂塘钨业有限公司于 2010 年 12 月委托武汉科岛地理信息有限公司对该陷落区

进行了物探勘察，查明了陷落区的空洞位置和范围，于 2011 年 2 月委托了江西省冶金设计院进行方案设计和稳定性分析，设计单位初步确定了治理方案，即在基础坝脚增设反滤层加块石压坡治理弥补原先破坏的反滤层，防止尾砂漏出，同时起到进一步加固基础坝的作用。

2011 年 3 月 9 日，原江西省安全生产监督管理局组织有关专家到江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库进行了现场勘察，形成了专家组意见。专家组认为该公司采取的应急处理措施基本可行，要求该公司督促已委托的设计单位尽快提出整治方案，并经主管部门组织审查通过后付诸实施。

2011 年 5 月 3 日，原江西省安全生产监督管理局组织有关专家对江西省冶金设计院有限责任公司编制的《江西漂塘钨业有限公司木梓园尾矿库塌陷坑隐患治理方案设计》进行了审查。

其后，江西漂塘钨业有限公司按设计要求，采取向堆积坝陷落区投放土工布袋装碎块石的方式进行了塌陷坑治理处理。

经现场检查，目前塌陷坑已覆土、植被，与其它堆积子坝融为一体，无下沉迹象，已处稳定状态。

## 2.5.4 排洪设施

### 一、设计情况

#### 1.原设计情况

大龙山选厂尾矿库总汇水面积  $6.78\text{km}^2$ 。防洪标准采用 200a 一遇校核。库上游设拦洪坝一座，将上游  $6.45\text{km}^2$  的洪水经左岸的排洪隧洞排至库外下游。拦洪坝坝型为浆砌块石坝，坝顶标高+381m，坝高 18.0m，坝长 59m，底宽 24.0m，顶宽 4.0m，内外边坡均为 1：0.5。排洪隧洞断面为  $4.0\text{m}\times 4.0\text{m}$  圆拱直墙式，内设钢筋混凝土衬砌，衬砌断面厚 250~300mm，均为双筋配

筋。隧洞总长 630m，隧洞平均坡降 5%。

库内汇水面积 0.33km<sup>2</sup>，库内设三座排水井，均为直径 1.5m 窗口式排水井，其中 1 号、2 号排水井连接排水涵管（直径 800mm 钢筋混凝土排水管一条，总长 300m），经初期坝左侧排水明沟排出；3 号排水井通过内径 0.8m 钢筋混凝土排水涵洞及内径 0.25m 铸铁管与排洪隧洞相接。

## 2.加高扩容设计

### （1）库外排洪系统

扩建工程是在原设计尾矿堆积坝坝顶标高+380m 上增高 8m 尾矿子坝至+388m 标高，原拦洪坝在扩建后被尾砂掩埋，在其上游 220m 新建一座 C20 埋石混凝土拦洪坝拦截洪水。

在新建拦洪坝上方新建一条排洪隧洞与原排洪隧洞贯通排泄上游洪水，新建排洪隧洞与原隧洞相连，圆拱直墙式、内断面 B×H=4.0m×4.0m，内设钢筋混凝土衬砌，纵坡 0.054。为防止进口土石对排洪隧洞影响，隧洞进口坎高由 0.5m 加高至 1.0m。

### （2）库内排洪系统

在库内靠近新建拦洪坝附近新建排水井+排水支洞与新建排洪隧洞连通排泄库内汇水。原排洪隧洞在扩建后作为库外排洪系统的一部分继续投入使用。采用排水井+排水支洞方式，排水井为窗口式排水井，建基面高程+374.3m，井座面高程+378.0m，井顶高程+390.0m，内径 1.5m。

排水支洞断面 B×H=1.5m×1.8m，排水井与排洪隧洞相连，纵坡 0.035。

原库内排洪系统（排水井+排水涵管、排水井+排水涵洞和铸铁管）、原排洪隧洞进水口、通气孔及原隧洞与新隧洞结合处在扩建时封堵而停止使用。

### 3. 隐患治理工程设计

#### (1) 拦洪坝

由于尾矿坝最终堆积高程为+388m，而原拦洪坝坝顶高程仅为+381m，因此需要新建一座拦洪坝。新建拦洪坝位于原拦洪坝上游 200m 处，坝顶高程+392.0m，坝顶宽 4.0m，坝长 58.2m，坝高 14.0m，下游坡为 1:0.5，上游坡 1:0.5。结合业主要求：碎石多，质量好，成本低，坝体采用 C20 埋石混凝土。根据地勘报告，建基面高程为+378.0m。

#### (2) 新建库内排洪系统

①对库内老排洪系统进行封堵，在新建拦洪坝下游增设一套库内排洪系统，由窗口式 4 号排水井（内径 1.5m）+排洪支隧洞（净断面尺寸 1.5m×1.8m，长 54.8m，坡度  $i=0.035$ ）组成，库内洪水通过窗口式排水井及支洞排至排洪隧洞（主隧洞）后下泄。

②将现排洪主隧洞向库后延长约 347.0m，净断面尺寸 4.0m×4.0m（宽×高），侧墙和底板为 C25 钢筋混凝土衬砌。

#### (3) 新建溢洪道

原设计在排洪主隧洞洞口上游新建一段引流的溢洪道，该溢洪道包括溢流堰控制段和泄槽段（含底板和边墙）两部分。2014 年 4 月底开始施工，完成了泄槽段底板和左侧边墙浇筑。在进行溢流堰施工时，由于征地问题受到当地村民的阻挠，多次协商无果后，经设计单位同意，重新更改设计方案，取消隧洞进口溢洪道，变更为在尾矿库左坝肩新建一坝肩溢洪道，将库内洪水通过该溢洪道排出库外，且该溢洪道亦可在终期闭库工程中使用。该《设计变更》于 2014 年 12 月 16~17 日通过原江西省安全生产监督管理局组织的有关专家评审。

在尾矿坝体左侧新建溢洪道，溢洪道由引水渠、溢流堰、渐变段及泄槽组成，溢洪道总长约 278.0m，全部采用 C25 钢筋混凝土结构，底板垫层采用 C15 素混凝土。溢洪道引水渠净断面 8.0m×2.0m，长 5.0m；溢流堰采用宽顶堰，堰长 5.0m，净断面 8.0m×1.5m，堰顶高程为+386.5m；渐变段长 40.0m，净宽由 8.0m 渐变至 1.0m；泄流陡槽净断面 1.0m×1.5m，长约 228.0m，陡槽经过初期坝段采用分级台阶跌水，下游坝脚处采用消力池消能，消力池长 6.0m，净断面 3.0m×2.5m，洪水经消力池消能后接入下游沟渠排出。

#### （4）老排洪隧洞封堵

对老排洪隧洞（3 号排水井支洞）进行封堵，封堵位置在新老隧洞连接处，采用 C25 混凝土进行封堵，封堵长度为 15.0m，封堵时在隧洞底部预留一根 DN=80mm 的排水管排水。

#### （5）库内排水系统封堵

新建 4 号排水井后，原有的 3 号排水井及其涵管应及时封堵，排水井采用 C20 素混凝土进行封堵，涵管前段采用人工砌筑土工布袋装粗砂、土工布袋装粗砂碎石进行反滤后，在末端采用 C25 混凝土进行封堵，封堵时，涵管内预留一根硬质 PPR 管（DN=70mm）作为导水管，同时，设置一根冲砂管，冲砂管采用硬质 PPR 管（DN=110mm）。

#### （6）老排洪隧洞加固和整坡

由于上游采场的废石控制不力，每年汛期有大量废石被洪水冲刷下泄，经老隧洞排至下游，大量泥石常年冲刷隧洞，使隧洞衬砌被严重磨损，底板大量钢筋被翻起，衬砌结构受到严重破坏，威胁隧洞安全运行，本次采用抗冲耐磨的高温硅粉混凝土修补加固隧洞衬砌，同时与两侧墙地脚处增浇倒角，以加固整体结构。结合修复隧洞底板衬砌结构的同时对老排洪隧

洞局部底板坡度进行修整，使老排洪隧洞的底板坡度达到 5%。

## 二、现状情况

(1) 实施加高扩容工程时，按施工图设计及设计变更说明书对原隧洞进口和新、老隧洞交叉口及 2 号排水井、通气孔、3 号排水井采用 C20 素砼进行了封堵。

1 号、2 号排水井均采用 C20 混凝土对排水井座全段面封堵，排水管涵管直径 800mm 钢筋混凝土排水管也采用 C20 混凝土进行了封堵，总长 300m。涵管前段采用人工砌筑土工布袋装粗砂、土工布袋装粗砂碎石进行反滤后，在末端采用 C25 混凝土进行了封堵，封堵时涵管内预留一根硬质 PPR 管（DN=70mm）作为导水管，并设置了一根冲砂管，冲砂管采用硬质 PPR 管（DN=110mm）。

3 号排水井支洞已封堵，封堵位置在新老隧洞连接处，采用 C25 混凝土进行封堵，封堵长度为 15.0m，在启用 4#排水井前封堵时在隧洞底部预留一根 DN=80mm 的排水管排水。对通气孔、3 号排水井及留有的涵管进行了 C20 素混凝土封堵。

经现场检查，封堵效果良好，无尾矿渗漏现象。

(2) 库内采用两套排洪系统，第一套建成于实施加高扩容工程时，即 4 号排水井+排洪支洞+主隧洞。4 号排水井为窗口式排水井、采用 C25 钢筋混凝土结构，内径 1.5m，井顶高程+390.8 m，井架高 12m。进水窗口呈圆台状，直径分别为 0.35m、0.30m，四孔对称分布。4 号排水井外接一段长约 3.0m、内径 0.8m、C25 钢筋混凝土结构的排水涵洞连接，涵洞出口（渐变段）与排水支洞连接，排水支洞城门洞型、采用 C25 钢筋混凝土结构，内断面 1.5m×1.8m，底板坡度 3.5%。排水支洞连接主隧洞。

第二套建成于实施隐患治理工程时，即坝前左侧溢洪道。溢洪道由引水渠、溢流堰、渐变段及泄槽组成，全部采用 C25 钢筋混凝土结构，底板垫层采用 C15 素混凝土。引水渠净断面宽 8.0m×高 2.5m，长 25.0m，进口高程+385.5m；溢流堰采用宽顶堰，堰长 5.0m，净断面宽 8.0×高 1.5m，堰顶高程为+386.5m；渐变段长 40.0m，净宽由 8.0m 渐变至 1.0m，净高由 3.2m 渐变至 4.2m；泄流陡槽净断面宽 1.0m×高 1.5m，长 294.3m，陡槽经过初期坝段采用分级台阶跌水，下游坝脚处采用消力池消能，消力池长 6.0m，净断面宽 3.0m×高 2.5m，洪水经消力池消能后接入下游沟渠排出。

(3) 库外排洪采用拦洪坝+排洪隧洞排洪，原拦洪坝（坝顶高程为+381.0m）已被尾砂填埋，实施加高扩容工程时，构建了 C20 埋石混凝土结构拦洪坝，清基至基岩，坝基底采用双层双向直径 $\phi 20@150$ 配筋、70cm 厚 C25 混凝土浇筑。拦洪坝坝底高程+376.0m，坝顶高程+392.0m，坝高 16m，坝顶宽度 4.0m，上、下游坡比 1:0.5。

新建排洪隧洞城门洞型、内断面 4.4m×(4.4~4.6)m，进口段长约 16m 全断面采用 C25 钢筋混凝土衬砌，拱顶厚 0.5m。隧洞进口段洞脸两边采用 M5 浆砌块石结构墙体支护，上方采用 C20 素砼喷射支护。排洪隧洞其余地段侧墙及底板采用 C25 钢筋混凝土结构，壁厚 0.35m；顶拱采用 100mm 喷射混凝土支护（局部挂网喷锚）。新建排洪隧洞与原排洪隧洞连通排泄洪水及库内积水。

江西省山河检测集团有限公司于 2021 年 5 月提交了《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库排洪系统质量检测报告》，经对排洪隧洞洞身、排水井井圈砼及溢洪道进行了外观检测及砼耐久性检测（包括砼表面剥蚀检测、裂缝检测、砼碳化和钢筋锈蚀检测及砼脱空、面渗、点渗情况检测），

检测结果显示：排洪隧洞、排水井、溢洪道大部分情况良好，无裂缝、无明显砼脱空、面渗、点渗现象，但隧洞底板冲毁处需用早强水泥修复；砼碳化值抽检了 4 组（位置：排洪隧洞、排水井、溢洪道、封堵盖板），均值分别为 2.5mm、2mm、3mm、2mm；钢筋保护层厚度抽检了 4 组（位置：排洪隧洞、排水井、溢洪道、封堵盖板），均值为 30.1~30.5mm，满足设计值 30mm 要求；排水隧洞、排水井、拱板的砼强度检测采用回弹法抽检了 4 组（位置：排洪隧洞、排水井、溢洪道、封堵盖板），其抗压强度推定值 30.4~32.8MPa，均大于设计值 25.0MPa，满足设计要求。

排洪隧洞、排水井、溢洪道皆无淤堵物，畅通无阻、运行正常；排洪隧洞、排水井、溢洪道周边山体或场地皆稳定，未见滑坡、泥石流隐患。

经现场检查，大龙山选厂尾矿库库内不积水。排洪构筑物（4 号排水井+支洞+主洞、溢洪道、拦洪坝+排洪隧洞）均无倾斜、坍塌、裂缝、变形、堵塞、腐蚀或磨蚀等现象，运行工况正常。

### 2.5.5 安全观测设施

#### 一、人工监测设施

##### 1. 设计情况

（1）坝体位移监测：在尾矿坝上布置二条监测横断面，共布置 12 个监测点，尾矿坝的监测点布置在初期坝坝顶及堆积坝各级马道的外缘，并在坝坡脚处布置一个监测点。

（2）坝体浸润线监测：在尾矿坝布置二条监测横断面，测点布置在初期坝坝顶及堆积坝各级马道，至终期坝体高程时，在终期干滩面上再设置两个监测点，相隔 20~30m，总共 16 个监测点。

（3）水位监测：在 4#排水井设置水位标尺。

## 2.现状情况

(1) 坝体位移监测：已在尾矿坝上布置二条监测横断面，分为 A、B 二条监测横断面，A 断面布置 7 个监测点，B 断面布置 5 个监测点，共布置 12 个监测点，尾矿坝的监测点按设计要求布置在初期坝坝顶及堆积坝各级马道的外缘，并在坝坡脚处布置一个监测点。

(2) 坝体浸润线监测：在尾矿坝布置二条监测横断面，测点布置在初期坝坝顶及堆积坝各级马道上，现共布置 8 个监测点。

(3) 水位监测：已在 4#排水井处设有库水位标尺。

根据江西漂塘钨业有限公司提供的观测成果，至 2023 年 9 月 16 日，沉降位移数值波动幅度分别为 $\Delta X = -1 \sim 2\text{mm}$ ， $\Delta Y = -1 \sim 4\text{mm}$ ， $\Delta Z = -1 \sim 2\text{mm}$ ，观测数据变动值，均在测量允许误差范围内，坝体稳定。至 2023 年 9 月 25 日，浸润线观测点位共 8 个，经测量各浸润线观测孔水位埋深在 8.15~19.70m 范围内波动，均满足四等库浸润线最小埋深要求，符合浸润线分布规律。

## 二、在线监测系统

### 1.设计情况

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库在线监测系统由浸润线、坝体表面位移、坝体内部位移、雨量计、水位计、流量计、干滩和视频监控等设备设施、仪器组成。

### 2.现状情况

在线监测系统主要设置如下：机房（设在尾矿库左坝肩处的监控室）设备主要有商用电脑 1 套、硬盘录像机 1 台、光纤收发器 6 个、机柜 1 个、交换机 2 个、采集系统 1 套等设备。商用电脑主要用于尾矿库在线监

测，硬盘录像机用于尾矿库视频实时监控和历史查询。在机房安装有浪涌保护器，机房外请专业人员建立了接地电阻网。接地电阻网测得值为  $3.1\Omega$ ，将机房机柜用 6 个平方的铜线与接地电阻网相连，接地网端用不锈钢螺杆、螺帽与铜线相连，符合国家防雷建设规范要求。

表 2-6 在线系统主要安装设施

监测项目	设备名称	监测点位	安装位置
坝体表面位移监测	高精度静力水准仪	13 个	在马道+363.0m、+370.0m、+380.0m、+387.8m 分别布置了 4 个、2 个、4 个、3 个。
内部位移监测	高精度测斜仪	12 个	在马道+363.0m、+370.0m、+380.0m、+330m、+387.8m 分别布置了 3 个、3 个、3 个、1 个、2 个。
浸润线监测	高精度渗压计	10 个	在马道+363.0m、+370.0m、+380.0m、+387.8m 分别布置了 3 个、2 个、3 个、2 个。
干滩监测	超声波物位计	2 个	尾矿沉积滩滩面上
库区水位监测	超声波物位计	1 个	设在排水井进口处
流量计	流量计	1 个	设在初期坝坡脚处出水口
雨量计	雨量计	1 个	设在值班房
视频监控	大华摄像头	5 个	排洪系统出水口 1 个、排水井进水口 1 个、堆积坝顶 1 个，初期坝顶、坝脚各 1 个

## 2.5.6 辅助设施

### 1. 安全标志

矿山在进入库区的道路上设有库区危险警示标志，在危险地段也设置危险警示标志，严禁入内以及严禁违章爆破、采砂和建筑，严禁违章进行尾矿回采、取水，外来尾矿、废石、废水和废弃物排入，放牧和开垦等。在尾矿库值班房处设有尾矿库工况运行牌。

### 2. 库区道路

矿山修筑了通向尾矿坝、拦洪坝的库区道路，可行车，完全可以满足尾矿库工作人员上下班用以及尾矿库抗洪抢险应急用。库区道路满足要求，初期坝设置了人行踏步上下。

### 3.照明、通讯及值班房

在大龙山选厂尾矿库左坝肩+388.0m 标高山坡处，修建了尾矿库值班室和防洪物资储存库，值班室室内安装了通讯联络电话、悬挂尾矿库溃坝逃生路线图、应急救援联系电话号码牌，相关安全管理制度和责任制已上墙。防洪物资储存库规范整齐摆放有手持式强光灯、安全帽、灭火器、皮划艇、铁锹、铁镐、斗车、扁担、塑料土箕、编织袋、彩文布、土工布袋、雨衣、雨裤、救生衣、对讲机等应急物资。在尾矿坝坝顶设置了 220V 坝体照明设施。

#### 2.5.7 尾矿排放工艺

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿处置项目于 2022 年 12 月 11 日正常投入使用，大龙山选厂尾矿全部综合利用，现大龙山选厂尾矿库处于停止排放尾矿状态，库内滩面干涸、无积水。根据有关规定，江西漂塘钨业有限公司拟启动大龙山选厂尾矿库闭库项目。

### 2.6 尾矿库安全管理

#### 2.6.1 安全生产管理机构

江西漂塘钨业有限公司 2023 年 2 月 8 日调整了公司安全生产委员会（由 23 人组成），主任由总经理兼党委书记担任，副主任由党委副书记和主管安全生产副总经理担任，成员为其他副总经理、安全副总监、副总工程师、7 个部室主任、3 个二级单位行政矿（厂）长、浙江华越矿山工程有限公司漂塘项目部负责人、江西省中吉工程建设有限公司漂塘项目部负责人、精岩公司负责人、荣发公司负责人、员工代表。安委会下设办公室，设在健康安环部，由健康安环部主任兼任办公室主任。健康安环部为公司设立的专职安全生产管理机构，负责全公司的安全生产，机构定员 7 人。

大龙山选厂设立了健康安全组，配员 1 人。

### 2.6.2 安全培训与教育

江西漂塘钨业有限公司安全培训与教育工作由公司安环部负责，制定了安全教育培训制度、安全培训计划，实行公司、二级单位、班组三级安全教育制度、新职工进矿先进行三级安全教育、换岗、复岗职工先经过安全教育，再安排上岗，特种作业人员经过专门培训，考试合格后持证上岗。尾矿库管理人员 6 人，有尾矿工 7 人。

### 2.6.3 安全生产规章制度建设

江西漂塘钨业有限公司已建立的安全生产责任制、安全生产管理制度、岗位安全操作规程。安全生产责任制：包括各级、各岗位人员，以及各职能部门的安全生产责任制。

安全生产管理制度：安全检查制度、职业危害预防制度、安全教育培训制度、生产安全事故管理制度、重大危险源监控和重大隐患整改制度、设备设施安全管理制度、安全生产档案管理制度、安全生产奖惩制度、安全目标管理制度、安全例会制度、事故隐患排查与整改制度、安全技术措施审批制度、劳动防护用品管理制度、特种作业人员管理制度、图纸技术资料更新制度、安全技术措施专项经费管理制度、应急管理制度、尾矿库管理制度、计划外用工管理规定、设备管理规定矿山等二十多种管理制度。

岗位安全操作规程：包括全矿通用安全操作规程及采矿、选矿、动力、运输、建筑安装、机械加工、尾矿工等各岗位安全操作规程。

上述各项安全生产规章制度均执行的较好，有相应检查、考核、奖惩记录。

## 2.6.4 事故应急救援预案

针对大龙山选厂尾矿库存在的危险、有害因素，江西漂塘钨业有限公司重新修订了《江西漂塘钨业有限公司生产安全事故应急预案》（其中有尾矿库事故应急预案）。预案的主要内容有：尾矿库流域的自然地理及水文情况介绍、工程情况介绍、工程安全监测情况介绍、突发事件危害性分析（包括排水井堵塞、溃坝等）、事故后的影响范围情况、险情抢险措施、应急保障的组织管理、现场管理以及其它管理措施等。该预案于 2021 年 11 月 9 日，在赣州市应急管理局备案（备案编号：36070020211053）。

江西漂塘钨业有限公司成立了公司人员为主的应急救援队伍，下设公司应急救援总队、公司应急救援综合分队、尾矿库事故应急救援队伍、井下事故应急救援队伍、火灾事故应急救援分队。

江西漂塘钨业有限公司与赣州市综合应急救援支队签订了矿山救护服务协议，有效期一年，自 2023 年 1 月 1 日至 12 月 31 日止。

2023 年 4 月 20 日，江西漂塘钨业有限公司组织开展了一次大龙山选厂尾矿库溃坝事故应急演练活动，由公司相关员工参加演练。

## 2.6.5 作业组织与安全检查

生产操作岗位人员每天三班工作制，每班 8h，连续工作制。配备了尾矿工 24h 值班，并实行交接班制度，定时巡查尾矿库情况。

江西漂塘钨业有限公司正常开展公司级、选厂、班组级安全检查工作，对大龙山选厂尾矿库区岸坡长期进行巡视，并建立日常运行记录，有公司级、选厂、班组级安全检查情况及隐患整改情况记录。

## 2.6.6 安全投入

公司制定了安全生产费用提取与使用制度和年度计划，主要用于安全教

育培训、安全设施、劳保用品、应急救援、隐患整改等方面。2023年度计划提取安全生产费用1435.7万元，计划使用1435.7万元，按规定专款专用，其中包括大龙山选厂尾矿库安全评价、应急物资库等费用。

### 2.6.7 安全生产标准化

大龙山选厂尾矿库于2020年5月通过了二级安全生产标准化复评，获得安全生产标准化二级证书牌匾，证书编号：赣AQBW二[2020]023，有效期至2023年5月。通过安全生产标准化的复评，大龙山选厂尾矿库的安全管理工作有了本质性的提高，江西漂塘钨业有限公司虽拟定大龙山选厂尾矿库闭库，但大龙山选厂尾矿库的现场安全管理各项工作，一直坚持良好。

### 2.6.8 隐患排查体系建立和运行情况

江西漂塘钨业有限公司认真贯彻落实《江西省安全隐患排查治理办法》，制定了公司安全隐患排查治理体系建设工作方案，建立了隐患排查治理责任制，建立了安全隐患排查治理相关管理制度，制定了本单位安全隐患排查自查标准；深入组织开展了安全隐患排查，对排查出的安全隐患进行了分级登记，认真落实安全隐患整改工作，严格了安全隐患排查治理责任追究，建立了安全隐患闭环管理台账；并按照“两个十五天”的要求，指定专人负责登录安全隐患排查治理信息系统，定期向应急部门报送安全隐患排查治理情况，现安全隐患排查体系运行良好。

### 2.6.9 风险管控体系建立和运行情况

江西漂塘钨业有限公司成立了风险分级管控和隐患排查治理双体系建设领导小组，小组制定了各项双体系建设管理制度，编制了风险管控责任清单、风险管控措施清单、应急处置措施清单、生产事故隐患排查分级表、生产事故隐患排查责任清单等体系文件，编制并制作了安全风险四色图和

各岗位风险告知牌，在公司各岗位风险点悬挂。

对照《江西省安全风险分级管控体系建设通用指南》，企业对矿山及尾矿库主要设备、设施、岗位安全风险进行了辨识、评价梳理，根据矿山及尾矿库风险特点，全面评定风险等级，将安全风险等级从高到低划分为重大风险、较大风险、一般风险和低风险，分别用红、橙、黄、蓝四种颜色标示，绘制了矿山及尾矿库的“红橙黄蓝”四色安全风险空间分布图；并建立了主要作业岗位清单、主要设备设施清单、分级管控责任清单、分级管控措施清单和应急处置措施清单，在主要危险场所设置了安全风险公告牌，逐步建立和完善了安全风险分级管控“一牌、两图、三清单”。现风险分级管控体系运行良好。

#### **2.6.10 安全生产责任险、工伤保险**

江西漂塘钨业有限公司为员工缴纳了工伤保险、安全生产责任险。

### **2.7 生产运行情况**

现大龙山选厂尾矿库运行正常，未发生生产安全事故、环境污染事件。2022年年底实施尾矿处置项目以来，已不往大龙山选厂尾矿库排放尾矿，大龙山选厂尾矿库库内干涸无积水。近3年来，大龙山选厂尾矿库未发生人员伤亡事故、安全设施事故，尾矿坝体无变形、沉降、坝外坡面流土、沼泽化和管涌等现象，亦未发生排洪系统堵塞、损坏或变形等病害事件，保持安全生产平稳态势。

### 3 主要危险、有害因素辨识与分析

尾矿库是矿山企业生产的重要组成部分，是不可缺少的主要设施。尾矿库储存着大量的尾矿砂（泥）和水，犹如一个处于高位能的泥石流形成区，一旦失事，灾害十分严重。尾矿库在长期的运行过程中，有各种危险、有害因素威胁着尾矿库的安全，如果这些危险、有害因素不能得到有效控制或尽量消除将会发生尾矿库重大事故，尾矿坝的垮坝、溃坝，洪水漫顶，大量尾矿和水形成的泥石流一涌而泻，将给下游的工农业生产、居民的生命财产安全、交通运输和环境保护等各方面带来灾害，后果不堪设想。根据江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库的设计、施工、筑坝、放矿、排渗、防洪的实际和特点，以及地质特征，自然条件和周边环境等情况，经综合分析，其可能存在的主要危险、有害因素如下：

#### 3.1 坝体破坏或溃坝

##### 3.1.1 溃坝

溃坝是尾矿库最主要的危险因素，尾矿库溃坝是由于尾矿库(坝)处于非正常状态或者受到各种非正常因素的干扰，而导致尾矿坝破坏。根据国内外尾矿库溃坝的案例，导致溃坝有以下几种原因：

##### 1. 坝体失稳

由于尾矿坝在外力或重力作用下，超过自身的强度极限或因结构稳定性破坏，使坝体失稳导致溃坝。一般来说，这种形式的溃坝是因为设计不合理，或者变更设计造成的。典型的案例有 1962 年 9 月 26 日发生的云南锡业公司火谷都尾矿库溃坝事故。

##### 2. 坝体含水饱和

当尾矿坝体处于含水饱和状态时，坝体不仅容易产生震动液化，导致

溃坝。而且，由于坝体含水饱和使得尾砂的  $C$ 、 $\Phi$  值的大幅度降低，导致坝体失稳。典型的案例是 1976 年 3 月，原南斯拉夫兹莱托沃铅锌矿尾矿库发生的溃坝事故。

### 3.排洪能力不足或排洪设施破坏

尾矿库排洪设施受到破坏后，导致尾矿库排洪能力不足，在汛期很容易发生溃坝事故。最典型的事故案例是 1962 年 7 月 2 日发生的江西银山铅锌矿尾矿库溃坝。这次溃坝就是由于排水管施工质量差，引起了排水管断裂，减少了过水断面，导致洪水漫坝，最终发生坝体决口。另外，排洪设施受到破坏后，当水体经过坝体时，就会恶化坝体力学性能，导致坝体溃坝，典型的案例是 1989 年 2 月 25 日发生的郑州铝厂灰渣库溃坝事故。

### 4.洪水漫顶

在汛期，由于种种原因可导致尾矿库水漫出坝顶，随着尾砂不断被带出，而发生溃坝事故。典型的案例是 1985 年 8 月 25 日发生的湖南柿竹园有色金属矿牛角垅尾矿库溃坝事故。由于连降暴雨，尾矿库的排洪沟及排洪隧洞都满负荷通过最大水量，后来洪水越过排洪沟直接冲入尾矿库，造成洪水漫过尾矿库的坝面，几分钟后，尾矿坝溃决。

### 5.渗透破坏

尾矿坝体及坝基都有渗漏现象，通常有正常渗漏和异常渗漏之分。正常渗漏有利于尾矿坝及坝前干滩的固结，有利于提高坝体的整体稳定性。异常渗漏在尾矿坝中也是常有的，原因是由于设计考虑不周、施工不当以及后期管理不善等原因而产生非正常渗流，导致溢流出口处坝体流土、冲刷及管涌等多种形式的破坏，严重的能导致溃坝事故。典型的案例是 1986 年 7 月 19 日发生的贵州铝厂赤泥库 2 号尾矿坝管涌溃坝事故，原因就是由

于 2#坝基下出现管涌导致的。

#### 6.排洪构筑物垮塌和错动

导致排洪构筑物垮塌和错动的因素有：

- (1) 设计不合理或无设计；
- (2) 未按设计要求施工；
- (3) 施工质量差；
- (4) 洪水影响。

#### 7.排洪构筑物堵塞

导致排洪构筑物堵塞的因素有：

- (1) 构筑物的垮塌；
- (2) 构筑物被杂物淤积等；
- (3) 洪水影响。

#### 8.库区震动

强烈的自然地震可能导致尾矿坝体、水工建构筑物失稳，严重时可直接引起溃坝和大量尾砂泄漏。

违规在库区进行爆破活动导致库区震动，其形成的动载荷亦可能引起坝体的变形、失稳或局部影响。

经现场检查，江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库发生溃坝可能性极小，主要是尾矿坝运行几十年，仍安全稳定。

### 3.1.2 坝体垮塌

坝体垮塌是严重事故，虽不多见，但也有不少先例，必须引起高度重视。

#### 1.垮塌的主要原因

造成尾矿坝垮塌事故的主要原因是由于坝体稳定性不好、水的破坏作

用和管理不善，分析原因主要有：

- (1) 坝基不稳固，没有按要求清基和坝基处理；
- (2) 筑坝设计不合理，或未按设计要求筑坝；
- (3) 筑坝前未对坝肩、岸坡进行彻底清理，或未对泉眼、洞穴等做可靠处理；
- (4) 坝体尺寸不合理，或坝体高度过高，或坝基、坝顶过窄，或坝体内、外坡度过陡；
- (5) 放矿不规范、未形成平整，规则的干滩；
- (6) 库内水位过高，浸润线过高；
- (7) 排洪能力设计不足，或排洪构筑物施工未达设计要求的质量、能力；
- (8) 排洪构筑物遭损坏，又未及时修复，使排洪功能不能满足要求；
- (9) 管理不善，麻痹大意，未能及时发现问题，或发现问题后，没有及时采取措施治理等。

## 2.严重后果

坝体垮塌后果十分严重，主要是：

- (1) 给下游工业、农业、村庄和居民的人身安全和财产造成严重危害和损失；
- (2) 严重污染下游环境，影响工农业生产和人们的健康；
- (3) 造成矿山停产，修建坝体需要花费大量人力、物力、财力和时间；
- (4) 直接和间接的经济损失严重；
- (5) 其他危害，如有时会破坏公路，中断运输等。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库坝体垮塌的可能性极小，主要是尾矿坝运行几十年，仍安全稳定。

### 3.1.3 坝体位移、变形

坝体位移包括水平位移和垂直沉降。

#### 1.位移的主要原因

发生坝体位移的主要原因是：

- (1) 坝基没有正确处理；
- (2) 坝体高度过高；
- (3) 下游坡面坡度过陡；
- (4) 下游坡面没有护坡和排水设施，稳固性降低；
- (5) 日常观测不够或没及时采取措施治理。

#### 2.坝体位移的后果

- (1) 加固坝体，施工周期长，耗资大，且技术不很成熟；
- (2) 坝体局部位移会产生滑坡、裂缝等，严重影响坝体稳定性；
- (3) 坝体的明显位移，会造成坝体滑动、甚至垮坝。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库尾矿坝可能存在坝体位移、沉降变形，主要是尾矿堆积疏松，但假以时日最终会固结稳定。

### 3.1.4 管涌或流土

尾矿坝管涌或流土的原因包括：

- 1.无排渗降水设施；
- 2.排渗降水设施失效；
- 3.尾砂排放不均匀，造成坝前淤泥沉积。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库尾矿坝目前不存在管涌或流土危害。

## 3.2 排洪构筑物损坏或堵塞

### 3.2.1 排洪构筑物损坏

造成排洪构筑物损坏的因素有：

- 1.设计不合理或无设计，无法满足运行的强度要求；
- 2.未按设计要求施工，强度不足；
- 3.施工质量差；
- 4.未按要求进行维护保养。

### 3.2.2 排洪系统堵塞

造成排洪系统堵塞的因素有：

- 1.排洪系统入口处未设置栏栅，树枝以及其它杂物堵塞入口；
- 2.排洪系统施工质量不好，导致排洪系统变形而堵塞。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库内排洪构筑物运行正常，排水井离山体较近，但山体周边稳定性较好，发生滑坡的可能性较小。

## 3.3 其它危险因素

### 3.3.1 淹溺

尾矿库库尾低矮处容易积水，尤其是丰水季节会出现大量外来水，积水较深，存在着溺水危险，主要场所：

- 1.库尾存水处，尤其是在丰水季时；
- 2.排水构筑物中，水流量大的隧洞内；
- 3.其他积水场所。

现江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库内不积水，但不排除暴雨季节，库尾积水，可能产生意外淹溺危害。其次，库外拦洪坝+排洪隧洞常年流水，可能存在淹溺危害。

### 3.3.2 高处坠落

高处坠落是指在高度超过 2.0m 及其以上进行高处作业过程中发生坠落造成的伤亡事故。高处坠落事故是较常见的。事故的主要原因：

- 1.高处作业无安全措施，应使用安全绳时未使用，或不准确使用；
- 2.拦洪坝坝顶未安装围栏或围栏破损；
- 3.过陡的斜坡没有台阶。

### 3.3.3 库区山体滑坡、塌方和泥石流

库区山体滑坡、塌方和泥石流会阻塞库内排洪系统，造成洪水漫坝，对尾矿库的安全产生不利影响。

经检查，江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库两侧山体植被茂密，无山体滑坡、塌方和泥石流等不良地质作用。库区内遗留有人工边坡痕迹，目前边坡较稳定。

### 3.3.4 尾砂泄漏

尾砂泄漏主要是指由于排洪系统的损坏，尾砂经由排洪系统流到库外，或者溃坝直接引起尾砂泄露，直接造成人员伤亡，建筑物、道路损毁及环境污染等事故。例如 2009 年 11 月 25 日 22 时左右，江西铜业集团银山矿业有限责任公司尾矿库一老溢流槽出现尾砂泄漏，泄漏时间近 1 小时左右，泄漏尾砂使部分农田受淹，并有少量涉及一小学操场，经有关部门初步分析认为，此次泄漏是部分斜槽盖板断裂引起。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库内排洪构筑物附近囤积有尾砂，排洪构筑物经质量检测报告显示：排水隧洞、排水井、封堵盖板的钢筋保护层厚度和砼抗压强度检测值均大于设计值，出现裂缝、垮塌的可能性较小，故发生尾砂泄漏的可能性较小。

### 3.3.5 车辆伤害

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库区道路，有过往车辆通过库区。如果对安全驾驶和行车安全的重要性认识不足，思想麻痹、违章驾驶、管理不善和车辆带病运行以及道路状况差（路面坑坑洼洼、偏窄、转弯处）等，就会造成车辆伤害事故。车辆伤害主要有：碰撞、刮擦、翻车、坠车、失火和搬运、装卸中坠落及物体打击等。车辆伤害事故的主要原因是违章驾车、疏忽大意、车况欠佳、道路条件差、环境恶劣以及运输管理制度不健全等。

## 3.4 危害因素分析

### 3.4.1 粉尘

在干旱季节和久晴未雨的情况下，遇上刮风时尾矿库的干滩面上部分粒径较小的尾砂将会被风扬起，产生扬尘，对人体产生危害，或对环境产生污染。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库内堆存有尾矿，且粒径偏细，扬尘可能性较大，产生粉尘危害。

### 3.4.2 高低温

在高温环境中作业，由于不良气象因素的综合作用，可使体温调节系统、水盐代谢系统、循环系统、消化系统和神经系统产生生理机能的改变和障碍，工人在高气温与强热辐射的环境中操作，如防护不当，可发生中暑，损害工人健康，甚至造成死亡。在库区作业时，作业人员容易受到高气温与强热辐射的影响，从而出现高温危害。严寒除有可能导致设备冻损破裂外，还可造成通道结冰，行走滑跌，并造成人员冻伤。

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库最高气温 42.7℃，最低气温

- 7.2℃，存在高低温危害。

### 3.4.3 雷电

库区地处山区、林区，暴雨时，一般夹击雷电现象，尤其是夏季，为雷电多发期。雷电多发生在尾矿库空旷地带，如初期坝、尾矿堆积坝、尾矿沉积滩面、拦洪坝、上坝道路沿线等处，雷电通过闪电形成强大电流、高温对人、建构筑物、树木等进行破坏，造成人员伤亡、火灾、建构筑物损坏。

## 3.5 危险有害因素产生的根源

事故发生的根源多种多样，往往是多因素作用的结果。但从根本上可归纳为：一句话“物的不安全状态、人的不安全行为”，五个方面“物质的危险有害特性、设备设施的不安全状态、环境不良，人的不安全行为、管理缺陷”。

### 3.5.1 设备设施的不安全状态

坝体与排洪系统由于设计、建设或在运行过程中，由于性能降低而不能实现预定功能时就处于不安全状态。

### 3.5.2 环境不良

现场作业环境，如温度、湿度、通风、照明、噪声、色彩等因素的变化均可导致人的情绪异常而引发误操作，可能造成不同事故的发生。自然环境如暴风雨、地震、地质灾害等自然条件影响，也可能引起危险、有害因素的发生。

同时，项目本身与周边环境、相关方存在着相互影响和作用。

### 3.5.3 人的不安全行为

在生产实践中，由于人的不安全行为引发的各类事故屡见不鲜。如：

误合开关盒使设备带电而造成维修人员触电事故；设备、管道和阀门检修时使用钢制工具与设施碰撞产生火花而引发事故；不安全着装、操作人员不按操作规程操作，工作时精神不集中等都可能导致事故发生。

人的不安全行为应通过安全培训教育和加强管理来加以约束。

### 3.5.4 管理缺陷

管理是现代生产经营活动中最基础的要素。在安全管理方面可因安全管理机构不健全，安全管理制度执行不力，安全检查流于形式，职工的安全教育、培训不到位，安全措施不能满足正常生产需要，安全设施没有认真维护、检验，劳动保护措施没有认真落实，劳动保护用品及个人防护用品不能正常发放和使用等，都可能造成事故的发生。

## 3.6 重大危险源辨识与重大生产安全事故隐患识别

### 1. 重大危险源辨识

《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》（安监管协调字〔2004〕56号）曾经将四等及以上的尾矿库纳入重大危险源进行监督管理。《国家安全监管总局关于宣布失效一批安全生产文件的通知》（安监总办〔2016〕13号）中，已将《关于开展重大危险源监督管理工作的指导意见》宣布失效，即取消了尾矿库进行重大危险源申报登记工作。依据《中华人民共和国安全生产法》和《危险化学品重大危险源辨识》，“重大危险源，是指长期地或者临时地生产、搬运、使用或者储存危险物品，且危险物品的数量等于或者超过临界量的单元（包括场所和设施）”，可知重大危险源主要针对的是危险物品，但大龙山选厂排放的尾矿属于Ⅰ类一般工业固体废物，不在危险物品之列，故大龙山选厂尾矿库不属于重大危险源范畴。但尾矿库是矿山企业重要的危险源，是一个具有高势能的人造泥石流的危

险源，一旦失事，将给下游造成严重损失。有尾矿库的企业仍应登记建档、定期检测、评估、监控，并制定应急预案，告知从业人员和相关人员在紧急情况下应当采取的应急措施，并报应急部门备案。

## 2.重大生产安全事故隐患识别

依据《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》，对大龙山选厂尾矿库进行重大事故隐患识别，识别结果如下表：

表3-1 大龙山选厂尾矿库重大事故隐患识别情况表

序号	重大事故隐患	现场现场检查情况	识别结果
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。	无此现象	无重大隐患
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。	无此现象	无重大隐患
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。	尾矿坝的外坡比缓于设计值	无重大隐患
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。	无此现象	无重大隐患
5	尾矿堆积坝上升速率大于设计堆积上升速率。	小于设计	无重大隐患
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。	进行了全面安全性复核。	无重大隐患
7	浸润线埋深小于控制浸润线埋深。	浸润线埋深符合设计要求。	无重大隐患
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。	进行了调洪演算。	无重大隐患
9	排洪系统存在下列情形之一的： 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； 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； 3.排洪构筑物终止使用时，封堵措施不满足设计要求。	排水井+排洪隧洞、溢洪道、拦洪坝+排洪隧洞符合设计要求，无堵塞、坍塌、倾斜现象。 1号、2号、3号排水井及其配套输水构筑物封堵符合设计要求。	无重大隐患
10	设计以外的尾矿、废料或者废水进库。	无此现象	无重大隐患
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。	无此现象	无重大隐患

12	冬季未按设计要求的冰下放矿方式进行放矿作业。	无此现象	无重大隐患
13	安全监测系统存在下列情形之一的： 1.未按设计设置安全监测系统； 2.安全监测系统运行不正常未及时修复； 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。	运行正常	无重大隐患
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。	无此项	—
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。	经验算，尾矿坝坝体在各类工况均处于安全稳定状态。	无重大隐患
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。	设有应急道路。	无重大隐患
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。	无此项	—
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。	开展了尾矿库安全管理活动。	无重大隐患
19	未按国家规定配备专职安全生产管理人员、专业技术人员和特种作业人员。	配有安全管理人员、专业技术人员、尾矿工。	无重大隐患

经现场检查，目前大龙山选厂尾矿库不存在重大生产安全隐患。

### 3.7 危险、有害因素分析结论

#### 3.7.1 危险、有害因素产生的原因

- 1.勘察因素造成；
- 2.设计因素造成；
- 3.施工因素造成；
- 4.操作管理不当造成；
- 5.其他因素造成。

### 3.7.2 危险、有害因素分析结果

1.大龙山选厂尾矿库不属于重大危险源，无重大事故隐患。

2.大龙山选厂尾矿库可能存在滑坡（坝坡失稳）、洪水漫顶、渗漏，排水、泄洪构筑物破坏，调洪库容不足、裂缝、淹溺、高处坠落、粉尘，库区山体滑坡、塌方和泥石流，触电、车辆伤害、物体打击、动植物危害、其他伤害等不良环境因素及其他因素造成的病害。其中坝坡失稳、排水构筑物破坏、车辆伤害、淹溺为本库主要危害因素，在日常管理过程中应引起高度重视。

## 4 评价单元划分和评价方法选择

### 4.1 评价单元划分

评价单元划分是在危险、有害因素分析的基础上，根据评价目标和评价方法的需要进行的。按照评价单元划分的原则和方法，结合江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库的实际，划分以下评价单元。

- 1.安全管理单元。
- 2.尾矿坝单元。
- 3.防排洪系统单元。
- 4.安全监测设施单元。
- 5.库区环境单元。

### 4.2 评价方法选择

安全评价方法是进行定性、定量安全评价的工具，应根据评价对象和要实现的安全评价目标，选择适用的安全评价方法。本次评价选择如下评价方法：

- (1) 安全检查表评价法（SCA）。
- (2) 调洪演算。
- (3) 稳定性计算。
- (4) 事故树分析。

各单元选择评价方法见表 4-1。

表 4-1 评价单元划分及评价方法选择

序号	评价单元	评价方法
1	安全管理单元	安全检查表法
2	尾矿坝单元	安全检查表法、坝体稳定性计算、事故树分析法
3	防洪排水单元	安全检查表法、调洪演算
4	安全监测设施	安全检查法
5	库区环境单元	安全检查表法

### 4.2.1 安全检查表法（SCA）

安全检查表法是利用检查条款按照相关的标准、规范对已知危险类别、工艺设施、操作、管理等有关的潜在危险性和有害性进行判别检查，再把检查结果定量化，最后以评价得分值确定安全评价等级。

### 4.2.2 稳定性计算

采用瑞典圆弧法、渗流分析（有限元单元法）或其他稳定性计算方法对坝体在正常和洪水运行情况下的稳定性进行分析，以验证现状及设计最终坝体的稳定性，确定相应技术措施。

### 4.2.3 调洪演算

调洪演算的目的是根据既定的排水系统确定所需的调洪库容及泄洪流量。

### 4.2.4 事故树分析法

#### 1.分析的目的

事故树分析亦称作事故树分析，通过分析达到以下目的：

识别导致事故的基本事件，减少导致事故基本原因的线索，降低事故发生的可能性；

对导致事故的条件因素及逻辑关系能做出全面、简洁和形象的描述；

便于查明系统内固有的或潜在的各种危险因素；

使人员全面了解和掌握各项防灾要点；

便于进行逻辑运算，进行定性、定量分析和系统评价。

#### 2.基本程序

（1）事故树分析的基本程序如下：

①熟悉系统。

②调查事故。

- ③确定顶上事件。
- ④确定目标值。
- ⑤调查原因事件。
- ⑥画出事故树。
- ⑦分析：按事故树结构进行简化，确定各基本事件的结构重要度。

### （2）求出最小割集

能够引起顶上事件发生的最低限度的基本事件的集合，称为最小割集。最小割集表明系统的危险性，每个最小割集都是顶上事件发生的一种可能渠道。最小割集数目越多，系统越危险。

### （3）结构重要度分析

该项是分析基本事件对顶上事件的影响程度，为改进系统安全性提供信息的重要手段。可利用最小割集分析判断结构重要度系数，系数越大影响程度越大。

## 5 定性、定量评价

尾矿库的安全直接关系到人民的生命财产安全，保障尾矿库的安全运行责任重大。本章节主要根据评价单元的特征，选择合理的评价方法，对危险、有害因素导致事故发生的可能性和严重程度进行定性、定量评价。

### 5.1 安全管理单元

尾矿库的安全是企业安全生产的重要环节之一，在尾矿库安全管理工作中，应严格遵照《尾矿库安全监督管理规定》的有关规定，认真做好尾矿库的安全管理工作。《中华人民共和国安全生产法》《尾矿库安全监督管理规定》《安全生产许可证条例》和《非煤矿山企业安全生产许可证实施办法》《国务院于进一步加强安全生产工作的决定》等对企业的安全管理和主要负责人的安全责任都有明确的规定和要求。

#### 5.1.1 安全管理单元安全检查表法评价

运用《江西省尾矿库安全检查表》（已按现行规程规范要求进行了修订，下同），对大龙山选厂尾矿库整个系统的安全管理单元进行符合性评判，具体情况如表 5-1 所示。

表 5-1 安全管理单元安全检查表

项目	检查内容	检查依据	检查方法及地点	检查记录	标准分值	评分标准	得分
1. 安全许可	1.1 安全生产许可证合法性。 1.2 安全生产许可证有效性。 1.3 安全生产许可证是否年检。	《安全生产许可证条例》第二条	查有效证件	按有关规定待延期	否决项	任一项不符合即否决	/
2. 设计与评价	2.1 尾矿库的勘察、设计、安全评价、施工及施工监理等工作必须由具有相应资质的单位承担。	《尾矿库安全监督管理规定》第十条	查设计文件、有效证书	有	否决项		符合
	2.2 尾矿坝堆积至设计最终坝高的 1/2~2/3 高度时，应对尾矿堆积坝进行工勘和稳定性分析。	《尾矿库安全规程》第 6.1.9 条	查工勘和稳定性分析文件	有工勘和稳定性分析报告。	否决项	符合	
	2.3 在用尾矿库进行回采再利用或闭	《尾矿库安全	1. 查有关资	无此项	否决	/	

	库、停用的尾矿库重新启用或改作他用时，必须按照尾矿库建设的规定进行工程设计、安全评价和审批。	规程》第4.1、7.1、7.2、7.10、8.2条；《尾矿库	料、文件、制度及规程、规范		项		
	2.4 进行回采再利用时，必须严格按照批准的设计规划进行回采、排砂和排水，不得影响继续使用的尾矿坝和排洪设施的安全。	安全监督管理规定》第二十七条	2.查工勘和稳定性分析文件			无设计或设计未经批准的否决，出现影响安全的倒扣6分	/
3. 安全管理	3.1应有实测的尾矿库现状图（尾矿坝平、剖面图、排洪及排水设施系统图，实测图纸有效期为六个月内）及尾矿年排放计划	《尾矿库安全规程》第11.1.3条	对照设计、现状查图纸资料	有	否决项	无图纸的否决，无计划的倒扣3分	符合
	3.2建立和健全各级各岗位人员安全生产责任制 3.2.1尾矿库主要负责人安全生产责任制； 3.2.2尾矿库分管负责人安全生产责任制； 3.2.3尾矿库安全生产管理人员安全生产责任制； 3.2.4尾矿库职能管理部门安全生产责任制； 3.2.5尾矿工岗位安全生产责任制。	《尾矿库安全规程》第6.1.1条；《安全生产法》《安全生产许可条例》国家安监局、煤监局第9号令；《金属非金属矿山安全规程》第4.1.2条	1.查有关资料、文件、制度及规程、规范 2.查有效证件、证书	有	10	缺1项扣2分	10
	3.3企业应建立各项安全生产管理制度 3.3.1尾矿库日常和定期的检查制度； 3.3.2尾矿库应急管理制 3.3.3隐患排查与整改制度； 3.3.4特殊状况安全检查制度； 3.3.5安全评价制度； 3.3.6尾矿库事故管理制度； 3.3.7监控、监测制度。	《尾矿库安全规程》第6.1.1条；《安全生产许可条例》；《金属非金属矿山安全规程》第4.1.2、4.2.2、4.2.3、4.3.1、4.5.1、4.5.5、4.4.2、4.1.8条；	1.查有关资料、文件、制度及规程、规范 2.查有效证件、证书	无3.3.4、且无运行记录	14	制度缺1项扣1分；1项制度未运行或运行差扣1分	12
	3.4制定各工种岗位安全操作规程。	《特种作业人员安全技术培		有	2	缺1项扣1分	2
	3.5主要负责人、分管安全工作负责人和安全管理人	训考核管理规		有	否决项	任一类人员无证就否	符合
	3.6特种作业人员经有关部门考核合格，取得上岗资格。	定》；《财政部安全监管总局关于印发〈企业		有	否决项	尾矿工无证就否	符合
	3.7对从业人员进行安全知识培训，新员工、转岗员工应接受三级安全教育。	安全生产费用提取和使用管		有	3	不符合不得分	3
	3.8制定应急救援预案及进行不定期演练有与邻近应急救援组织签订的救	理办法〉的通知》；《国家安		符合	5		5

3.安全管理	护协议。	全监管总局办公厅关于修改用人单位劳动防护用品管理规范的通知》《安全生产许可证条例》《江西省安全生产委员会关于在全省高危行业领域实施安全生产责任保险制度的指导意见》					
	3.9按规定提取和使用安全技术措施费用；						
	3.9.1有保证安全生产投入的文件；			无	5	缺1项扣1分	4
	3.9.2有安全投入使用计划；						
	3.9.3有购置安全设施设备等实物证明。			3.9.3			
	3.10从业人员按规定穿戴和使用劳动防护用品与用具。			符合	2		2
	3.11参加安全生产保险；						
3.12有为从业人员缴纳安全生产责任保险证明；		个别人员未参保	5	不符合不得分	4		
3.13保险人数与从事尾矿库管理、尾矿工的实际人数相符。							
3.14应有防震与抗震措施。	《构筑物抗震设计规范》	查记录	有制度	5		5	
3.15 建立安全生产标准化体系。	《金属非金属矿山安全标准化规范 导则》	查记录	有记录，证书有效			符合	
3.16 开展隐患排查、风险管控双体系预防机制。	《江西省安委会办公室关于推动生产经营单位构建安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制的指导意见》	查记录	有隐患排查整改台账、有风险管控“一图一牌三清单”			符合	
小计				51		47	

### 5.1.2 安全管理单元评价小结

江西漂塘钨业有限公司设有安全管理机构，证照齐全有效，主要负责人、安全管理人員的安全资格证书、尾矿工特种作业证等证件齐全有效，符合相关国家法规要求；江西漂塘钨业有限公司建立健全了安全生产规章制度及安全生产管理体系，成立应急救援组织机构，配备有应急救援队伍，编制了尾矿库应急救援预案，并备案。江西漂塘钨业有限公司建立了安全生产标准化体系、事故隐患排查治理和风险分级管控双重预防体系，并运行良好；企业为尾矿库管理人员及作业人员办理了工伤保险、安全生产责任险等。大龙山选厂尾矿库的勘察、设计、施工、监理、评价等工作均由有资质的单位承担，符合相关规范要求；大龙山选厂尾矿库有实测图纸

且在有效期内。大龙山选厂尾矿库现场安全管理规范。

经安全检查表法分析、评判，安全管理单元应得分 51 分，实际分 47 分，得分率为 92.16%，安全管理单元安全有效、符合有关安全生产法律法规、规程规范要求。

综上所述，大龙山选厂尾矿库安全管理单元符合安全生产条件。

江西漂塘钨业有限公司应密切关注当地气象信息，不定期进行组织开展尾矿库险情应急演练活动，保留演练影像资料。

## 5.2 尾矿坝单元

尾矿坝是尾矿库的主体工程，也是最重要的安全设施。尾矿坝的稳定关系到整个库的安全。影响尾矿坝坝体稳定的因素较多。本节采用安全检查表评价方法、坝体稳定性计算评价方法以及溃坝事故树分析方法。

### 5.2.1 尾矿坝单元安全检查表法评价

本报告参考《关于印发江西省非煤矿山安全检查表的通知》中的《尾矿库安全检查表》以及《尾矿库安全规程》，制定了尾矿坝单元安全检查表，对其安全性、符合性进行评述，具体见表 5-2。

表 5-2 尾矿坝单元安全检查表

项目	检查内容	检查依据	检查方法及地点	检查记录	标准分值	评分标准	得分
初期坝、拦挡坝、堆积坝、副坝、拦水坝坝体和排水棱体	1.初期坝、拦挡坝、堆积坝、副坝、拦水坝坝体和排水棱体 1.1顶高程必须符合设计要求 1.2顶宽度必须符合设计要求 1.3筑坝材料必须符合设计要求 1.4内外坡比必须符合设计要求，当坝坡陡于设计值时，其稳定性必须符合规范要求	《尾矿库安全规程》第5.6.2、6.1.5、6.1.6条	对照设计、稳定性分析文件 查现场	坝顶高程、顶宽、内外坡比均与设计一致，稳定性符合要求	10	任1项不符合就不得分	10
	1.5坝体出现贯穿性横向裂缝，且出现较大范围管涌、流土变形，坝体出现深层滑动迹象。	《尾矿库安全规程》第6.9条	查现场	无此现象	重大险情		—

	1.6经验算，坝体抗滑稳定最小安全系数小于规范值的0.95。		查稳定性分析文件	大于规范值				—
	1.7坝体出现浅层滑动迹象。	《尾矿库安全规程》第6.9条	查现场	无此现象	重大隐患			—
	1.8经验算，坝体抗滑稳定最小安全系数小于规范值的0.98。		查稳定性分析文件	大于规范值				—
	1.9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，出现大面积沼泽化。		查现场	无此现象			—	
	1.10经验算，坝体抗滑稳定最小安全系数满足规范规定值，但部分高程上堆积边坡过陡，可能出现局部失稳。		查稳定分析文件和现场	无此现象	一般隐患		—	
堆积坝	2.1坝体应设位移、沉降和浸润线观测设施。	《尾矿库安全规程》第5.5.2条	对照设计查现场	符合	5	不符合	不得分	5
	2.2浸润线位置局部过高，有渗透水逸出，坝面局部出现沼泽化。	《尾矿库安全规程》第6.9条	查观测记录、现场	无此现象	一般隐患			正常库
	2.3坝面出现纵向或横向裂缝。		查现场	无裂缝				正常库
	2.4马道的高程、宽度必须符合设计要求。	《尾矿设施设计规范》第4.5.5、4.5.7条，《尾矿库安全规程》第5.3.20条	对照设计查现场	符合	4	不符合	不得分	4
	2.5坝面排水沟的数量、尺寸必须符合设计要求，并保持畅通。			符合	4			4
	2.6上游式尾矿坝的堆积坝下游坡面上，应结合排渗设施每隔6~10m高差设置排水沟。		对照设计、规范查现场	符合	3			3
	2.7坝面未按设计设置排水沟，冲蚀严重，形成较多或较大的冲沟。	《尾矿设施设计规范》第4.5.9条，《尾矿库安全规程》第6.9条、第5.3.20条	查现场	无此现象	一般隐患			/
	2.8尾矿堆积坝下游坡与两岸山坡结合处的山坡上设置的截水沟应符合设计要求，并畅通。		对照设计查现场	符合				/
	2.9堆积坝外坡未按设计覆土、植被。			已覆土植被				/
	2.10尾矿坝下游坡面上，不得有积水坑存在。	《尾矿库安全规程》第6.3.11条	查现场	无此现象	3			3
拦挡坝	3.1尾矿库拦挡坝在设计洪水位时，其安全超高不得小于最小安全超高、最大风雍水面高度和最大风浪爬高三者之和。地震雍浪高度可根据抗震设防烈度和水深确定，可采用0.5~1.5m。	《尾矿设施设计规范》第4.2.3条，《尾矿库安全规程》第5.3.11、5.3.12条	对照设计查现场	无此项	5	不符合	不得分	—
	3.2挑流鼻坎应与设计的相符，施工质量合格，下泄水不得冲刷坝脚。	《尾矿库安全规程》第5.6.2条	对照设计查现场	无此项	5			—
初期坝	4.1上游式尾矿堆积坝的初期透水堆石坝坝高与总坝高之比值不宜小于1/8。	《尾矿设施设计规范》第4.1.3条，《尾矿库安全规程》第5.3.3条	查设计与现场并进行验算	大于	5			5
初	4.2透水初期坝上游坡面采用土工布组合	《尾矿设施	查设计文件、	无此项	5	不符合		—

	期	反滤层时，土工布嵌入坝基及坝肩的深度不得小于0.5m，并需用土料填塞密实。	设计规范》第4.5.4条	竣工、监理报告、现场			不得分	
	坝	4.3初期坝高度的确定除满足初期堆存尾矿、澄清尾矿水、尾矿库回水和冬季放矿要求外，还应满足初期调蓄洪水要求。	《尾矿设施设计规范》第4.1.3条，《尾矿库安全规程》第5.3.3条	查设计与场察	符合	7		7
初期坝、拦挡坝、堆积坝、副坝、拦水坝坝体和排水棱体		5.1坝上必须配备有通讯照明设备、各种观测设施、救生设备。	《尾矿库安全规程》第9.7.1条	查现场	未见救生设备	2		0
		5.2每一期筑坝充填作业之前，必须进行岸坡处理。岸坡处理应做隐蔽工程记录，如遇泉眼水井、地道或洞穴等，要采取有效措施进行处理，经主管技术人员检查合格后方可充填筑坝。	《尾矿库安全规程》第6.3.3条	查设尾矿库工程档案、现场	符合	3		3
		5.3每期子坝堆筑完毕，应进行质量检查，检查记录需经主管技术人员签字后存档备查。	《尾矿库安全规程》第6.1.6、6.3.5条	查现场查尾矿库工程档案	符合	2		2
		5.4坝下游坡面不得有冲刷、拉沟现象。	《尾矿库安全规程》第6.3.11条	查现场	无此现象	4		4
		5.5若同一尾矿库内，建有一座或几座尾矿堆积坝时，不得将细粒尾矿排至尾矿堆积坝前。	《冶金矿山尾矿设施管理规程》第4.2.9条	查现场	无此项	7		/
		5.6坝面不得出现局部隆起、塌陷、流土、管涌、渗水量增大或渗水变浑等异常情况。	《尾矿库安全规程》第6.9条	查记录、现场	无此现象	7		7
		5.7上游式尾矿筑坝，应于坝前均匀分散放矿（修子坝或移动放矿管时除外）。在沉积滩范围内不允许有大面积矿泥沉积；沉积滩顶应均匀平整；沉积滩坡度及长度应符合设计要求；矿浆排放不得冲刷初期坝和子坝，严禁矿浆沿子坝内坡趾流动冲刷坝体；放矿是否有专人管理。	《尾矿库安全规程》第6.3.4条	查尾矿库工程档案、现场	已停止排放尾矿。	7	不符合	不得分
		5.8坝体较长时应采用分段交替放矿作业，使坝体均匀上升，滩面不得出现侧坡、扇形坡或细颗粒尾矿大量集中沉积于一端或一侧。	《尾矿库安全规程》第6.3.4条		已停止排放尾矿。	6	不符合	不得分
小计						52		50

## 5.2.2 坝体稳定性计算

截止至2021年12月，大龙山选厂尾矿库堆积坝坝顶高程已上升至+387.94m，堆高27.94m，尾矿坝总坝高为47.94m，已经远超过最终设计坝高的2/3。为此，江西漂塘钨业有限公司委托江西赣南地质工程院开展了大龙山选厂尾矿库工程地质勘察，2022年1月提交了《江西漂塘钨业有限公司

大龙山选厂尾矿库稳定性分析工程（水文）地质勘察报告》；委托金建工程设计有限公司进行坝体稳定性分析，2022年2月提交了《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库坝体稳定性分析报告》。本报告直接引用其成果。

## 一、尾矿坝渗流分析

### 1. 渗流计算参数确定

根据《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库稳定性分析工程（水文）地质勘察报告》提供的土层参数建议值，同时参照《尾矿设施设计规范》附录 C “坝体尾矿的平均物理力学指标”以及以往工程经验，确定本次坝体稳定计算各土层物理力学指标取值见表5-3。

表5-3 尾矿坝稳定计算物理力学指标选取表

序号	类别	天然重度 (kN/m <sup>3</sup> )	力学指标		渗透系数 (m/s)
			C (kPa)	φ (°)	
1	尾粉砂①	17.54	6.437	28.167	9.73×10 <sup>-4</sup>
2	尾粉砂①-1	17.54	6.437	28.167	9.73×10 <sup>-4</sup>
3	尾中砂	17.45	6.6	28.4	9.39×10 <sup>-4</sup>
4	尾粗砂	17.4	5.86	29.98	9.62×10 <sup>-4</sup>
5	碎石	20	0	33	7.8×10 <sup>-3</sup>
6	砾质粘土	17.65	23.55	18.25	7.76×10 <sup>-3</sup>
7	卵石	21	0	35	7.55×10 <sup>-3</sup>
8	干砌块石	19	0	38	1.0×10 <sup>-2</sup>
9	强风化变质砂岩	22	0	40	4.28×10 <sup>-6</sup>
10	弱风化变质砂岩	24.2	0	45	1.0×10 <sup>-7</sup>

### 2. 现状浸润线计算对比

在尾矿库实际运行时，库区原始地形和尾矿沉积的交错重叠现象，会对坝体浸润线产生影响。本次采用现状的浸润线在线监测数据，结合现状渗流分析计算结果，分析验证各岩土层的渗透系数的合理性。

#### (1) 现状实测浸润线

根据勘察单位的调查，提供的浸润线数据结果具体见图5-1。

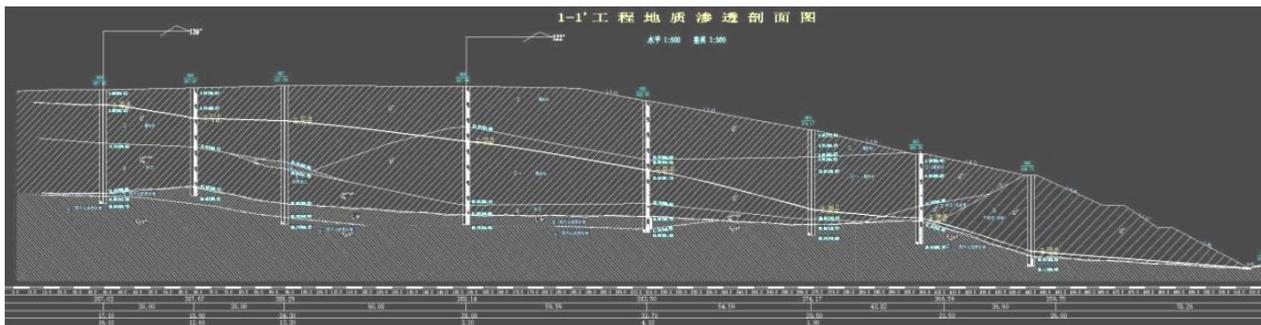


图5-1 实测浸润线图

(2) 计算现状浸润线

尾矿坝现状堆积高程+387.94m，库内干滩坡度为1%，正常运行水位+385.30m，洪水水位+387.40m。在尾矿坝最大坝高处选取一剖面进行现状渗流分析，现状渗流计算选用加拿大的Rocscience公司的Slide边坡稳定计算软件，各土层参数采用表5-3中的参数。正常工况与洪水工况的渗流分析具体结果见图5-2、5-3。

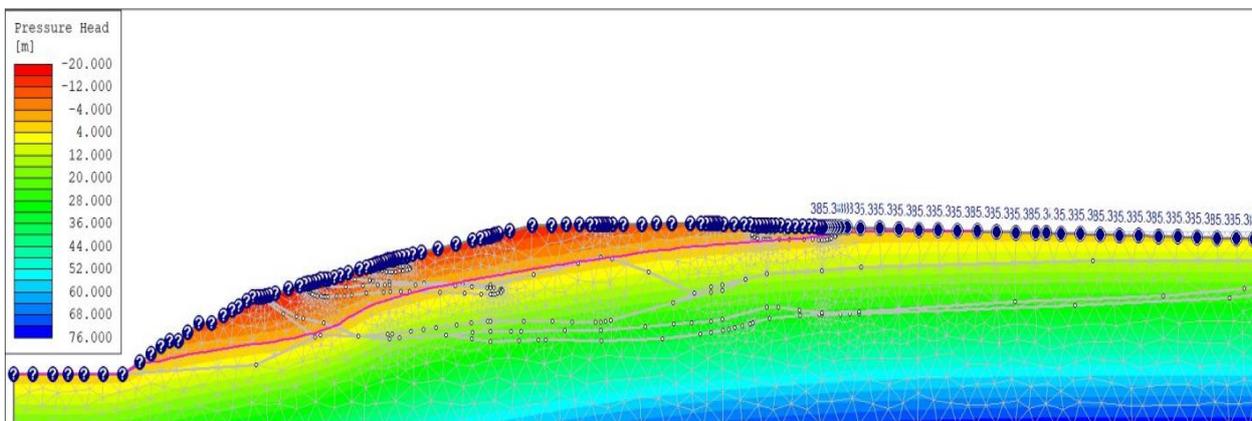


图5-2 渗流计算结果图（正常工况）

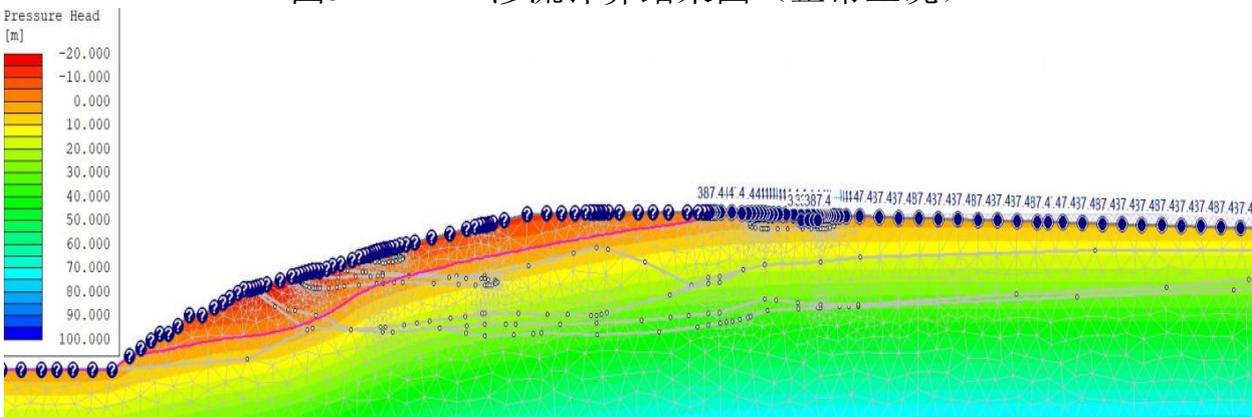


图5-3 渗流计算结果图（洪水工况）

### 3.计算结果分析

通过对现状渗流计算结果和实测浸润线进行对比分析，计算结果中的浸润线较高。

根据上述的渗流计算结果表明计算得出的浸润线埋深和实测浸润线结果相比基本吻合，存在较小的偏差，说明所选取的岩土体参数较为合理，考虑计算得出的浸润线埋深浅于实测浸润线数据，因此采用计算的浸润线进行稳定性复核。

#### 二、尾矿坝稳定性分析

大龙山选厂尾矿库堆积坝现状标高为+387.94m，与最终堆积高程+388.0m仅剩余0.06m。大龙山选厂尾矿库设计最终使用高程为+388m，总坝高为48.0m，总库容为 $153.2 \times 10^4 \text{m}^3$ ，根据《尾矿设施设计规范》规定，为四等库，其尾矿坝等主要构筑物等级为4级，次要构筑物和临时构筑物等级为5级。

#### 1.相关规范规定

根据《尾矿设施设计规范》规定，“尾矿库初期坝与堆积坝的抗滑稳定性应根据坝体材料及坝基的物理力学性质经计算确定。计算方法应采用简化毕肖普法或瑞典圆弧法，地震荷载应按拟静力法计算”。稳定计算中采用的各种荷载组合情况详见表5-4:

表5-4 尾矿坝稳定计算的荷载组合

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

注：荷载类别 1 系指运行期正常库水位时的稳定渗透压力；

荷载类别 2 系指坝体自重；

荷载类别 3 系指坝体及坝基中的孔隙水压力；

荷载类别 4 系指设计洪水位时有可能形成的稳定渗透压力；

荷载类别 5 系指地震荷载。地震水平加速度值取为 0.05g。初期坝及堆积坝坝坡抗滑稳定的最小安全系数应不小于表 5-5 中的数值：

表5-5 坝坡抗滑稳定的最小安全系数

计算方法	坝的级别				
	运行工况	1	2	3	4、5
瑞典圆弧法	正常运行	1.30	1.25	1.20	1.15
	洪水运行	1.20	1.15	1.10	1.05
	特殊运行	1.10	1.05	1.05	1.00
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

根据本工程的具体情况，本次计算中第五类荷载—地震荷载按 6 度地震计算。

## 2. 计算剖面的确定

本次计算在尾矿坝最大坝高处选取一剖面，按三种工况分别进行稳定

性分析。

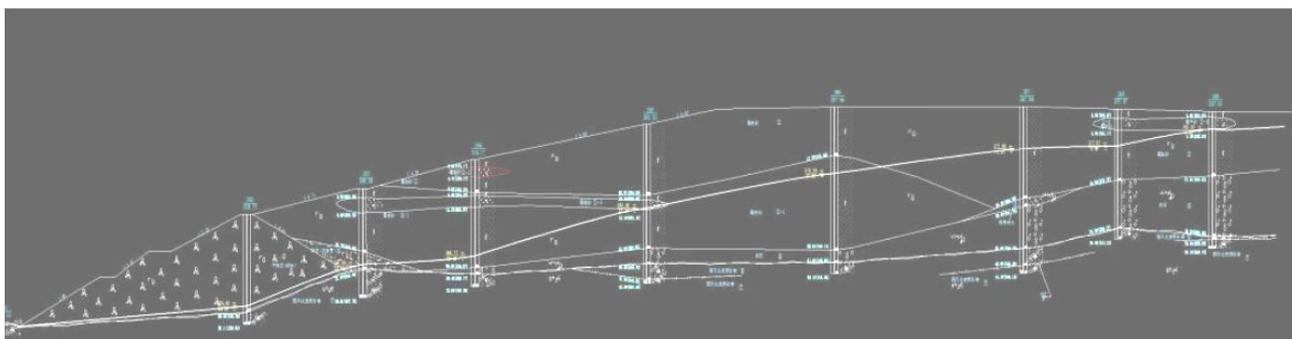


图5-4 尾矿坝稳定分析计算剖面

### 3.计算工况及水位条件

本次计算采用现状工况进行稳定分析工作。

### 4.稳定分析参数

本次坝体稳定计算各土层物理力学指标取值见表5-3。

### 5.稳定分析结果

本次坝体抗滑稳定计算采用选用加拿大的Rocscience公司的Slide边坡稳定计算软件，针对尾矿主坝现状工况进行渗流分析，然后根据渗流分析结果分别采用瑞典圆弧法和简化毕肖普法进行稳定性分析。

表5-6 尾矿坝现状工况稳定分析结果表

工况	计算安全系数		规范要求最小安全系数	
	瑞典圆弧法	简化毕肖普法	瑞典圆弧法	简化毕肖普法
正常运行	1.515	1.522	1.15	1.25
洪水运行	1.423	1.396	1.05	1.15
特殊运行	1.397	1.403	1.00	1.10

通过对现状工况的断面分别进行的稳定性分析，确定最不利滑弧位置。在选取的代表性断面稳定性计算时，经专业岩土工程分析软件计算分析，本尾矿库尾矿坝体在正常运行及洪水运行工况、正常运行遇地震工况下坝坡抗滑稳定安全系数均大于规程规定的最小安全系数值，尾矿坝体是稳定、安全的。

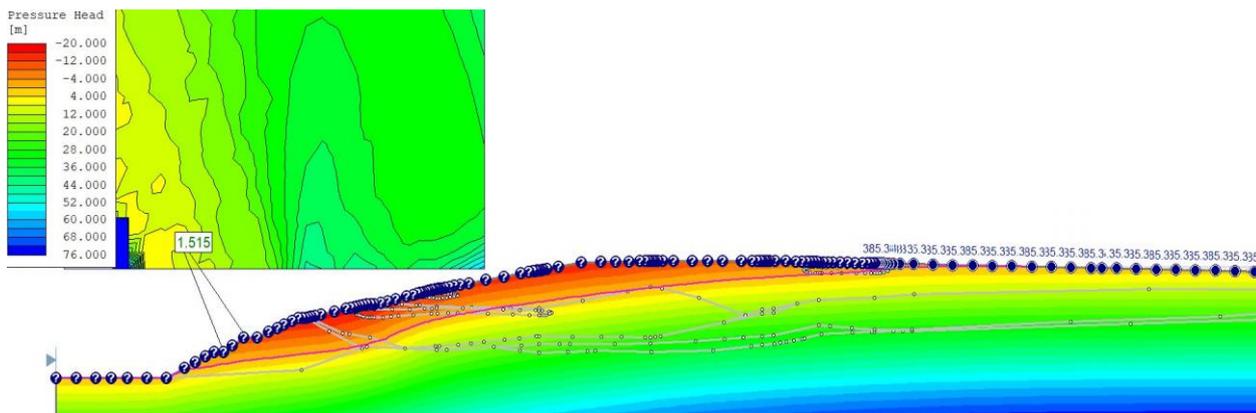


图5-5 正常运行稳定分析（瑞典圆弧法）

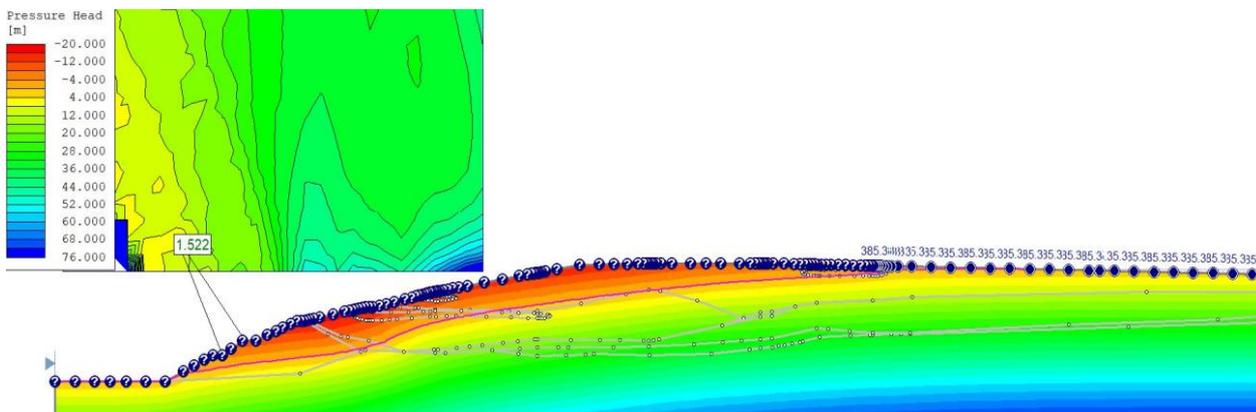


图5-6 正常运行稳定分析（bishop 法）

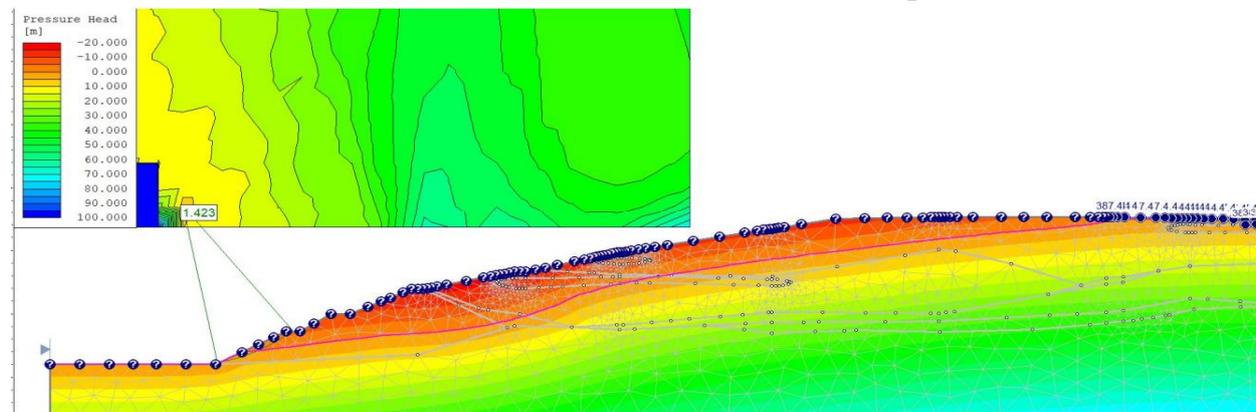


图 5-7 洪水运行稳定分析（瑞典圆弧法）

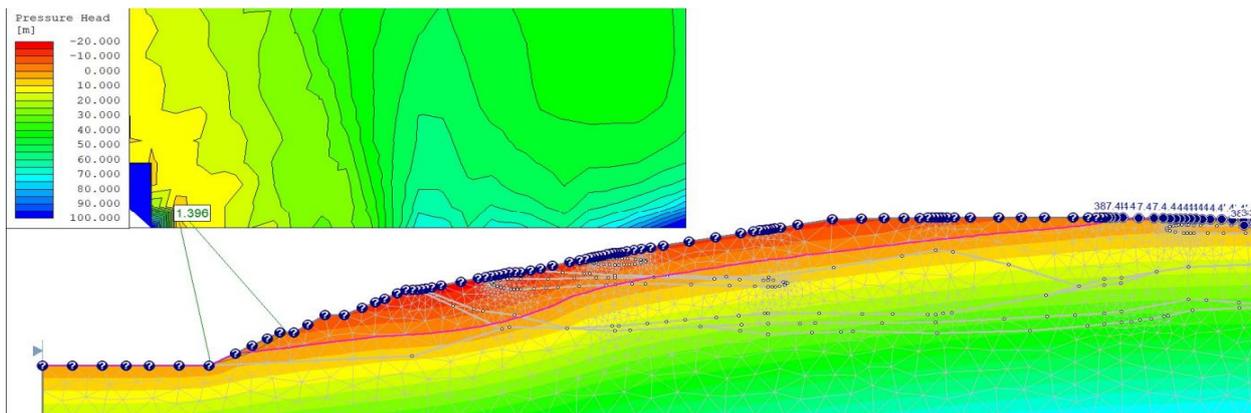


图5-8 洪水运行稳定分析（bishop 法）

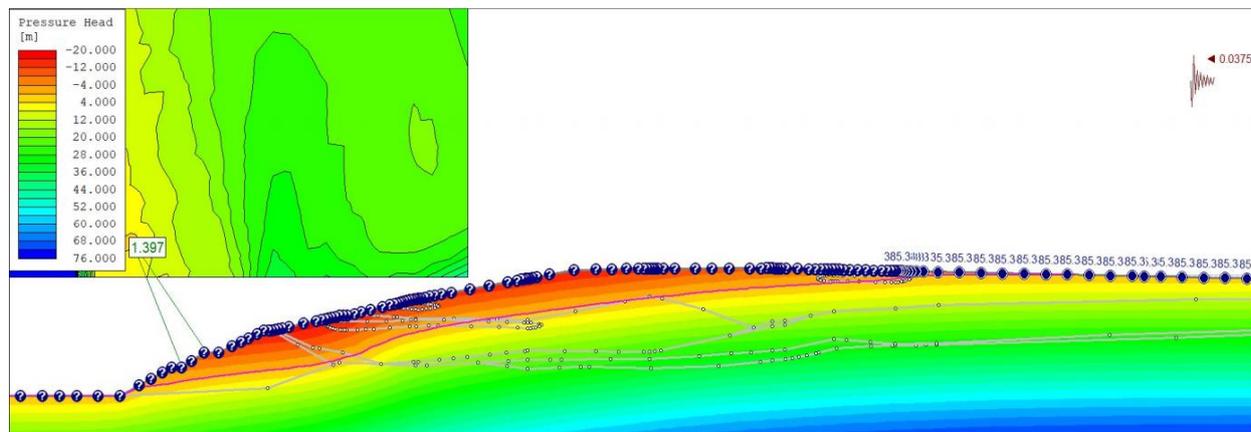


图5-9 地震运行稳定分析（瑞典圆弧法）

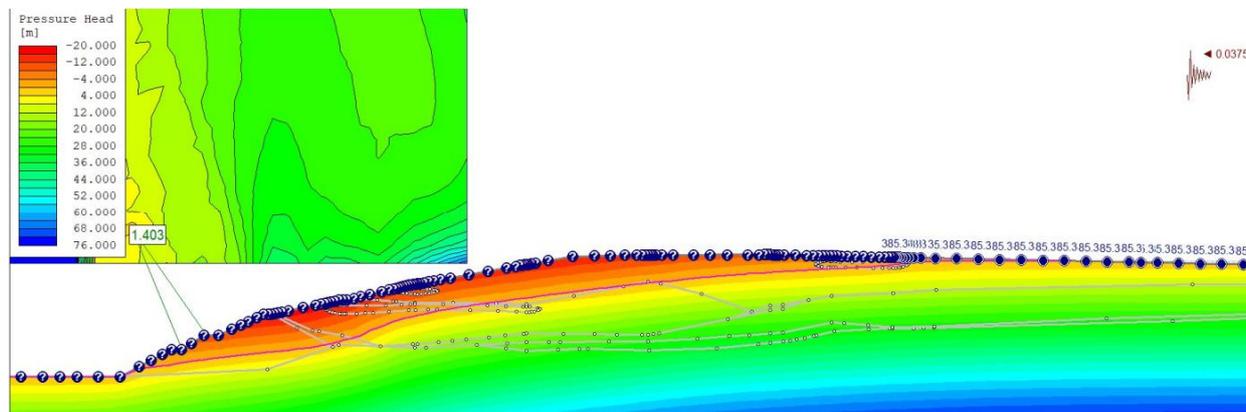


图5-10 地震运行稳定分析（bishop 法）

### 5.2.3 事故树分析

尾矿库是企业的重要设施，它的安全状况关系到企业生产建设能否顺利进行和库区下游群众生命财产的安危。在尾矿库的各类事故中，汛期溃坝事故时有发生，且其后果十分严重。导致尾矿库溃坝有许多因素，如自

然因素、管理因素等。本次安全评价将根据国内外典型尾矿坝溃坝事故，概括出导致尾矿坝溃坝的基本事件，运用安全系统工程中的事故树分析法对某某尾矿库可能出现的溃坝事故进行分析。

### （一）尾矿坝溃坝的基本事件

导致尾矿坝溃坝的因素很多，包括自然因素、设计因素、施工因素、管理因素、社会因素及技术因素。这些因素又涉及许多下一级事件，而且各因素之间又互相交叉。因此，必须从中概括出主要的易于分析的因素——基本事件，才有利于研究尾矿坝溃坝这一事件。为此，着重考察了以下典型尾矿坝溃坝事故：云南锡业公司火谷都尾矿坝溃坝事故；柿竹园有色金属矿牛角垅尾矿库溃坝事故；岢美山尾矿库洪水漫顶事故；银山铅锌矿尾矿坝决口事故；郑州铝厂灰渣库溃决事故；智利埃尔尾矿坝溃坝事故；美国布法罗河矿尾矿坝溃坝事故；南斯拉夫兹莱托沃铅锌矿尾矿库溃坝事故等等。根据上述实例，再考虑该尾矿库的具体情况，概括出导致尾矿坝溃坝事故（T）的因素。

#### （1）自然灾害（A<sub>1</sub>）

①库区内有危岩体（A<sub>3</sub>）。相关事件是滑坡量大（X<sub>3</sub>）、事先不知道（A<sub>8</sub>）。

②降雨过大（A<sub>4</sub>）。在超出正常设计的降雨（X<sub>4</sub>）的条件下，未能及时预报降雨（X<sub>5</sub>）及预报后未采取有效的排洪措施（X<sub>6</sub>）。

③发生大于设计地震烈度的地震（X<sub>7</sub>）。

#### （2）非自然灾害（A<sub>2</sub>）

①排洪设施无法满足要求（A<sub>5</sub>）。相关事件有未采取有效的排洪措施，不能排洪（X<sub>6</sub>）、排洪设计不当（X<sub>8</sub>）及排洪设施损坏（X<sub>9</sub>）。

②坝体质量差 ( $A_6$ )。相关事件有坝体设计不当 ( $X_{12}$ )、坝体施工质量差 ( $X_{13}$ )、未对坝体进行日常维护 ( $X_{14}$ )、工程地质条件差 ( $X_{15}$ )。

③坝体存在隐患 ( $A_9$ )。存在溃坝隐患 ( $X_{16}$ ) 的条件下，没有对坝体进行监测未找出坝体隐患 ( $X_{17}$ )，以及找出了隐患但未进行治疗 ( $X_{18}$ )。

④管理不当 ( $A_7$ )。相关事件是没有防洪组织机构 ( $X_{10}$ )、及没有足够的防洪物质 ( $X_{11}$ )。

## (二) 尾矿库溃坝的事故树建造

事故树分析是把所研究系统的最不希望发生状态作为分析的顶上事件，然后寻找直接导致这一顶上事件发生的全部直接因素，并逐次下推，一直追查到那些不需再深究的因素为止。图 5-11 为某某尾矿坝溃坝事故树。

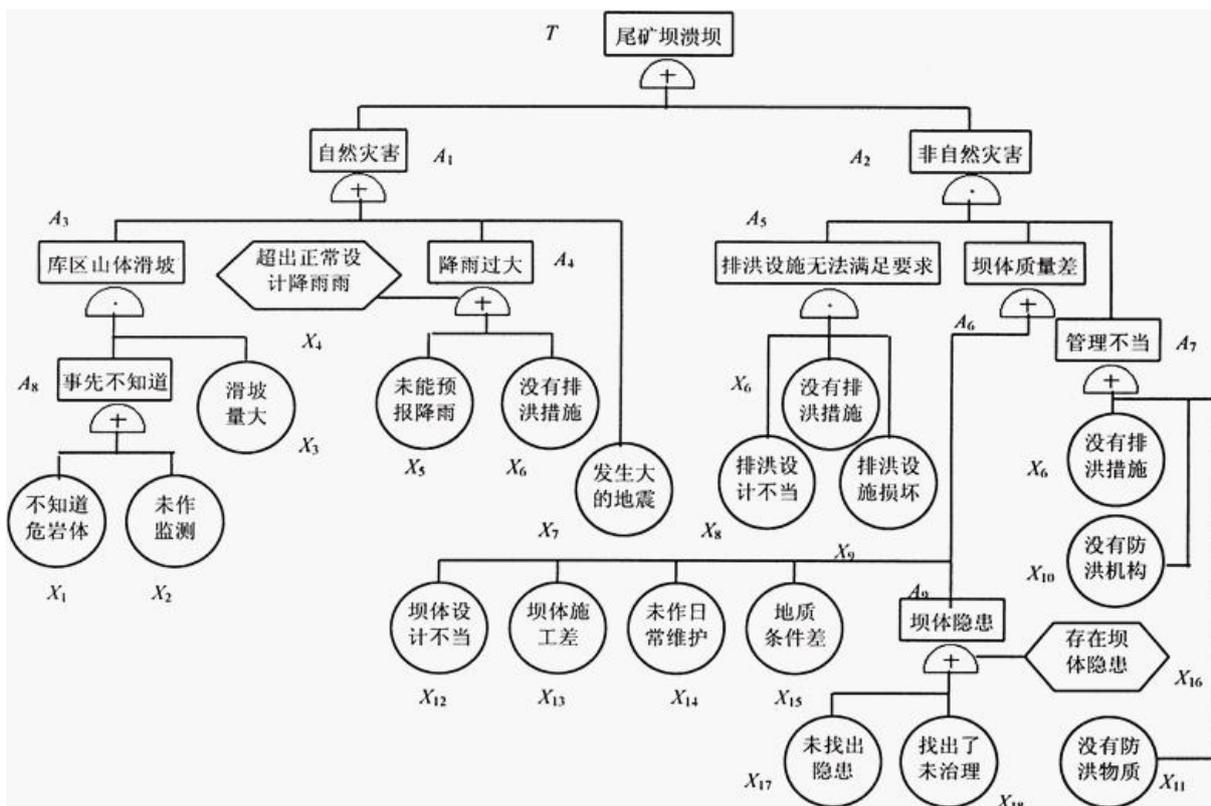


图 5-11 尾矿坝溃坝事故树分析图

## (三) 事故树的分析

### (1) 最小割集的求解

由图 5-11，可以求出 11 个最小割集： $k_1=\{X_7\}$ ； $k_2=\{X_3, X_4\}$ ；  
 $k_3=\{X_4, X_5\}$ ； $k_4=\{X_1, X_3\}$ ； $k_5=\{X_2, X_3\}$ ； $k_6=\{X_6, X_8, X_9, X_{12}\}$ ；  
 $k_7=\{X_6, X_8, X_9, X_{13}\}$ ； $k_8=\{X_6, X_8, X_9, X_{14}\}$ ； $k_9=\{X_6, X_8, X_9, X_{15}\}$ ；  
 $k_{10}=\{X_6, X_8, X_9, X_{16}, X_{17}\}$ ； $k_{11}=\{X_6, X_8, X_9, X_{16}, X_{18}\}$ 。

某某尾矿库溃坝事故树中最小割集有 11 组，任何一组最小割集的基本事件同时发生，顶上事件就必然发生，说明顶上事件发生的途径只有 11 条。

## (2) 最小径集的求解

在尾矿库防洪渡汛中，最关心的是如何才能控制尾矿库溃坝事故的发生，以便进行有效的坝体管理。因此，采用最小径集分析。

成功树的逻辑函数为：

$$\begin{aligned}
 T' &= A_1 A_2 = A_3 A_4 X_7 (A_5 + A_6 + A_7) \\
 &= (X_3 + X_1 X_2)(X_4 + X_5 X_6) X_7 [(X_6 + X_8 + X_9) + X_{12} X_{13} X_{14} X_{15} (X_{16} + X_{17} X_{18}) + X_6 X_{10} X_{11}] \\
 &= (X_7 X_3 X_4 + X_7 X_3 X_5 X_6 + X_7 X_1 X_2 X_4 + X_7 X_1 X_2 X_5 X_6) (X_6 + X_8 + X_9 + X_{12} X_{13} X_{14} X_{15} X_{16} + \\
 &X_{12} X_{13} X_{14} X_{15} X_{17} X_{18})
 \end{aligned}$$

将上式展开后，并利用布尔代数进行化简，可以得出图 5-11 的 12 组最小径集： $P_1=\{X_3, X_4, X_6, X_7\}$ ； $P_2=\{X_3, X_4, X_7, X_8\}$ ；  
 $P_3=\{X_3, X_4, X_7, X_9\}$ ； $P_4=\{X_3, X_4, X_7, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}\}$ ；  
 $P_5=\{X_3, X_4, X_7, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{17}, X_{18}\}$ ； $P_6=\{X_3, X_5, X_6, X_7\}$ ；  
 $P_7=\{X_1, X_2, X_4, X_6, X_7\}$ ， $P_8=\{X_1, X_2, X_4, X_7, X_8\}$ ； $P_9=\{X_1, X_2, X_4, X_7, X_9\}$ ；  
 $P_{10}=\{X_1, X_2, X_4, X_7, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}\}$ ； $P_{11}=\{X_1, X_2, X_4, X_7, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{17}, X_{18}\}$ ；  
 $P_{12}=\{X_1, X_2, X_5, X_6, X_7\}$ 。

某某尾矿库溃坝事故树中最小径集有 12 组，其中任何一组最小径集的基本事件都不发生，顶上事件就不可能发生，因此，这个系统的控制途径

有 12 组。

### (3) 结构重要度分析

因为  $X_1$ 、 $X_2$  同属于  $P_7$ 、 $P_8$ 、 $P_9$ 、 $P_{10}$ 、 $P_{11}$ 、 $P_{12}$ ； $X_{12}$ 、 $X_{13}$ 、 $X_{14}$ 、 $X_{15}$  同属于  $P_4$ 、 $P_5$ 、 $P_{10}$ 、 $P_{11}$ ； $X_{17}$ 、 $X_{18}$  同属于  $P_5$ 、 $P_{11}$ 。

所以， $I_{\Phi}(1) = I_{\Phi}(2)$ ； $I_{\Phi}(12) = I_{\Phi}(13) = I_{\Phi}(14) = I_{\Phi}(15)$ ； $I_{\Phi}(17) = I_{\Phi}(18)$ 。因此只要判断  $I_{\Phi}(1)$ 、 $I_{\Phi}(3)$ 、 $I_{\Phi}(4)$ 、 $I_{\Phi}(5)$ 、 $I_{\Phi}(6)$ 、 $I_{\Phi}(7)$ 、 $I_{\Phi}(8)$ 、 $I_{\Phi}(9)$ 、 $I_{\Phi}(12)$ 、 $I_{\Phi}(16)$ 、 $I_{\Phi}(17)$  的大小即可。根据下式计算结构重要度：
$$I_{\phi(i)} = \sum_{x_i \in P_j} \frac{1}{2^{n_j-1}}$$

式中： $I_{\Phi}(i)$  为第  $i$  个基本事件的结构重要度系数；

$X_i$  为第  $i$  个事件；

$P_j$  为第  $j$  个径集；

$n_{j-1}$  为第  $i$  个基本事件所在  $P_j$  中各基本事件总数减去 1。

得： $I_{\Phi}(1) = 0.255859375$ ； $I_{\Phi}(3) = 0.51171875$ ； $I_{\Phi}(4) = 0.580078125$ ；  
 $I_{\Phi}(5) = 0.1875$ ； $I_{\Phi}(6) = 0.375$ ； $I_{\Phi}(7) = 0.767578125$ ； $I_{\Phi}(8) = 0.1875$ ；  
 $I_{\Phi}(9) = 0.1875$ ； $I_{\Phi}(12) = 0.017578125$ ； $I_{\Phi}(16) = 0.01171875$ ；  
 $I_{\Phi}(17) = 0.005859375$ 。

所以，结构重要度大小的排列顺序为  $I_{\Phi}(7) > I_{\Phi}(4) > I_{\Phi}(3) > I_{\Phi}(6) > I_{\Phi}(1) = I_{\Phi}(2) > I_{\Phi}(5) = I_{\Phi}(8) = I_{\Phi}(9) > I_{\Phi}(12) = I_{\Phi}(13) = I_{\Phi}(14) = I_{\Phi}(15) > I_{\Phi}(16) > I_{\Phi}(17) = I_{\Phi}(18)$ 。

### (4) 结果分析

该尾矿库溃坝事故树最小割集有 11 组，相比其他工程事故，这个数量较少，由此可见，该库溃坝事故易于分析。

这棵事故树最小径集有 12 组，从 12 组最小径集看， $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 、 $P_6$  的

基本事件最少，所以选择这 4 组之一作为控制尾矿库溃坝的途径是比较合理的。这 4 组最小径集共设计到 7 个基本事件，分别是滑坡量大（ $X_3$ ）、超出正常设计的降雨（ $X_4$ ）、未能及时预报降雨（ $X_5$ ）、未采取有效的排洪措施（ $X_6$ ）、发生大于设计地震烈度的地震（ $X_7$ ）、排洪设施设计不当（ $X_8$ ）及排洪设施已损坏（ $X_9$ ）。

从结构重要度分析结果看， $P_1$  中的基本事件是所有基本事件中结构重要度最大的 4 个，所以，选择  $P_1$ （即滑坡量大  $X_3$ 、超出正常设计的降雨  $X_4$ 、未采取有效的排洪措施  $X_6$  和大于设计烈度的地震  $X_7$ ）进行控制是正确的。即只要使  $P_1=\{X_3, X_4, X_6, X_7\}$  中的 4 个事件都不发生，就可以确保尾矿坝不在汛期溃坝。

从尾矿库来说，在  $P_1$  中， $X_4$ 、 $X_7$  属于自然灾害，除了在设计时应尽可能考虑这些因素外，更重要的是对其进行科学预报。目前，对降雨能够做到较精确的预报，但对地震，目前的技术尚难做到，不过它可以视为小概率事件。 $X_3$  可以通过汛前尾矿库周围危岩体治理解决。因此， $P_1=\{X_3, X_4, X_6, X_7\}$  可以简化为  $P_1=\{X_6\}$ ，这是一单事件的最小径集，是最适合于进行控制的。未采取有效的排洪措施（ $X_6$ ）可以通过科学的汛期管理—采取有效排洪措施来解决。要采取有效的排洪措施，首先要对尾矿库的排洪能力、排洪形势有比较科学的分析—这种分析是建立在正确的计算和实际调查上，然后才能进行。

#### 5.2.4 尾矿坝单元评价小结

1.经安全检查表法分析、评判，尾矿坝单元应得分 52 分，实际分 50 分，得分率 96.15%，尾矿坝体单元符合安全要求。

2.大龙山选厂尾矿库尾矿坝的轮廓尺寸均符合设计要求，坝体也未发现

沉陷、滑坡、裂缝、渗流、流土和管涌、沼泽化等不良现象，运行工况正常，不存在重大事故隐患。

3.经尾矿坝稳定性分析，大龙山选厂尾矿库尾矿坝体在各运行工况下，坝坡抗滑稳定性系数均大于规范值，满足规范要求，尾矿坝现状处于稳定状态。

4.鉴于大龙山选厂尾矿库尾矿坝已堆至+387.9m，与最终堆积高程+388.0m仅相差0.1m、且已停止排放尾矿入库，故江西漂塘钨业有限公司应按《尾矿库安全监督管理规定》《江西省尾矿库销号管理办法》等规章规范的要求，实施大龙山选厂尾矿库闭库工程，维持好尾矿坝外坡面现状，对尾矿沉积滩面进行回填、覆土、植被、筑沟，并结合现场实际情况，库内主排水沟宜往溢洪道进水口方向导排水。

### 5.3 防排洪系统单元

洪水是威胁尾矿库安全运行的主要隐患之一，根据世界坝工记录资料可知，洪水浸顶造成的失事几率较大，达到了全部失事事故的28%。所以在安全评价中，对尾矿库的防洪能力进行分析和评价是十分重要的一项内容。以下根据《尾矿库安全规程》等尾矿库防洪的相关规范和标准，对大龙山选厂尾矿库的排水设施及防洪能力进行评价。评价方法选用安全检查表法、调洪演算。

#### 5.3.1 防排洪系统单元安全检查表法评价

本报告参考《关于印发江西省非煤矿山安全检查表的通知》中的《尾矿库安全检查表》以及《尾矿库安全规程》，制定了防排洪系统单元安全检查表，进行符合性评判，具体见表5-7。

表 5-7 防洪排水单元安全检查表

项目	检查内容	检查依据	检查方法及地点	检查记录	标准分值	评分标准	得分
防洪	1.调洪库容与安全超高、最小干滩长度 1.1当尾矿库调洪库库容严重不足，在设计洪水水位时，安全超高和最小干滩长度都不满足设计要求，将可能出现洪水漫顶。	《尾矿库安全规程》第6.9.3条	对照设计查现场、图纸	满足设计要求	重大险情		--
	1.2当尾矿库调洪库库容不足，在设计洪水水位时安全超高和最小干滩长度均不满足设计要求。	《尾矿库安全规程》第6.9.2条	对照设计查现场	满足设计要求	重大隐患		--
	1.3当尾矿库调洪库库容不足，在设计洪水水位时不能同时满足设计规定的安全超高和最小干滩长度要求。	《尾矿库安全规程》第6.9.1条		满足设计要求	一般隐患		--
	2.排洪系统 2.1尾矿库防洪能力低于设计能力（排洪、排水构筑物结构尺寸低于设计要求） 2.2排洪系统严重堵塞或坍塌，不能排水或排水能力急剧下降。 2.3排水井显著倾斜，有倒塌的迹象。	《尾矿库安全规程》第6.9.3条		排洪系统符合设计，运行良好	重大险情	有1项符合，就为重大险情	---
	2.4排洪系统部分堵塞或坍塌，排水能力有所降低，达不到设计要求。 2.5排水井有所倾斜。	《尾矿库安全规程》第6.9.2条	查现场	排洪系统完好	重大隐患	有1项符合，就为重大隐患	---
	2.6排水系统出现不影响安全使用的裂缝、腐蚀或磨损。	《尾矿库安全规程》第6.9.1条		排洪系统完好	一般隐患		---
	3.1库内应在适当地点设置清晰醒目的水位观测标尺，并标明正常运行水位和警戒水位。	《尾矿库安全监测技术规范》第 8.2.1 条，《尾矿库安全规程》第 5.5.4、6.4.5 条	查现场	未标明	2	缺1项扣1分	0
	3.2尾矿库水边线应与坝轴线基本保持平行。	《尾矿库安全生产标准化评分办法》	查现场	基本符合	3	不符合不得分	3
	3.3应疏浚库区内截洪沟、坝面排水沟及下游排洪（渠）道； 3.4按设计确定的排洪底坎高程，将排洪底坎以上1.5倍调洪高度内的档板全部打开； 3.5清除排洪口前水面漂浮物；	《尾矿库安全规程》第6.4.3条	查现场	符合	6	1项不符合扣2分	6
	3.6应备足抗洪抢险所需物资，落实应急救援措施； 3.7应确保上坝道路、通讯、供电及照明线路可靠和畅通； 3.8及时了解和掌握汛期水情和气象预报情况。	《尾矿库安全规程》第6.1.10、9.7.2、9.7.4、10.8条	查现场和记录	物资偏少、3.8落实差	7	不达要求前2项有1项扣3分，后1项扣1分	3
3.9不得在尾矿滩面设置泄洪口。	《冶金矿山尾矿设施管理规程》第4.3.5条	查现场	无此现象	7	不符合不得分	7	

3.10尾矿库排水构筑物停止使用后，是否按照设计要求进行封堵。	《尾矿库安全规程》第6.4.8条	查设尾矿库工程档案和现场	符合	5	5
3.12排水系统是否有变形、位移、损坏现象。	《尾矿库安全规程》第9.2.5条	查现场	完好	7	7
3.13未经技术论证，不得用常规子坝拦洪。	《尾矿库安全规程》第6.4.3条	对照设计、现场检查	无此现象	4	4
小计				41	35

### 5.3.2 调洪演算

金建工程设计有限公司 2023 年 3 月提交了《江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库调洪演算报告（2023 年）》，本报告直接引用其成果。

#### 1.防洪标准

大龙山选厂尾矿库尾矿坝坝顶高程+388.0m，总坝高 48.0m，总库容 153.2 万 m<sup>3</sup>，根据《尾矿设施设计规范》，为四等库，防洪标准为：洪水重现期 200 年。

#### 2.洪水计算

##### （1）主要参数

根据《江西省暴雨洪水查算手册》及 1：1000 地形图，得：

##### ①尾矿库上游洪水计算主要参数

原拦洪坝上游汇水面积：6.47km<sup>2</sup>；

现拦洪坝上游汇水面积：6.45km<sup>2</sup>

年最大 24h 暴雨均值（H<sub>24</sub>）：110.0mm；

年最大 24h 暴雨变差系数（C<sub>v</sub>）：0.51；

年最大 24h 暴雨偏差系数（C<sub>s</sub>）：3.5 C<sub>v</sub>；

主河沟长度（L）：3.88km；

主河沟坡降（J）：0.132；

汇流参数（m）：0.686；

暴雨强度递减指数  $n_1=0.53$ ,  $n_2=0.75$ 。

## ②库内洪水计算主要参数

库内汇水面积:  $0.33\text{km}^2$ ;

年最大 24h 暴雨均值 ( $H_{24}$ ):  $110.0\text{mm}$ ;

年最大 24h 暴雨变差系数 ( $C_v$ ):  $0.51$ ;

年最大 24h 暴雨偏差系数 ( $C_s$ ):  $3.5 C_v$ ;

设计暴雨雨力 ( $S$ ):  $99.11\text{mm/h}$ ;

下渗损失 ( $I$ ):  $2.10\text{mm/h}$ ;

暴雨强度递减指数  $n_1=0.53$ ,  $n_2=0.75$ 。

## (2) 洪水计算成果

利用《江西省暴雨洪水查算手册》中推理公式及相关参数对其进行洪水计算。洪水计算成果见表 5-8、表 5-9。

表 5-8 拦洪坝上游洪水计算成果表

汇水面积 ( $\text{km}^2$ )	洪水重现期 (a)	设计频率雨量 $H_{24P}$ (mm)	洪峰流量 $Q_m$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	一次洪水总量 ( $\times 10^4\text{m}^3$ )
6.45	200	257.14	199.6	114.5

表 5-9 尾矿库库内洪水计算成果表

汇水面积 ( $\text{km}^2$ )	洪水重现期 (a)	设计频率雨量 $H_{24P}$ (mm)	洪峰流量 $Q_m$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	一次洪水总量 ( $\times 10^4\text{m}^3$ )
0.33	200	257.14	8.9	7.12

## (3) 原设计的排洪要求

为确保尾矿库排洪安全,原设计将尾矿库上游排洪构筑物按全汇水面积的最大洪峰流量进行泄洪计算,即拦洪坝上游排洪隧洞按下泄流量  $199.6\text{m}^3/\text{s}$  进行设计。库内洪水过程线可概化为三角形,且排水过程线可近似为直线的简单情况,采用《尾矿设施设计参考资料》中第 3-30 进行调洪演算。

### 3.库内排洪设计及调洪演算

排水井泄流能力计算公式：

自由泄流： $Q_a = Q_2 = 2.7n_c\omega_c\sum\sqrt{H_i}$ ， $Q_b = Q_1 + Q_2$ ， $Q_1 = n_cAD_c^{2.5}$

半压力流： $Q = \varphi F_s\sqrt{2gH}$ ， $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\gamma j\frac{L}{D}f_1^2+\delta_1 f_2^2+\delta_2+2\delta_3 f_1^2}}$

压力流： $Q = \mu F_x\sqrt{2gH_z}$ ， $\mu = \frac{1}{\sqrt{1+\sum\gamma g\frac{L}{D}f_3^2+\sum\delta f_3^2+\delta_1 f_4^2+\delta_2 f_5^2+2\delta_3 f_3^2}}$

式中： $\omega_c$ ——一个窗口的面积， $0.07m^2$ ；

$n_c$ ——同一个横断面上排水口的个数，取 4 个；

$H_i$ ——第 i 层全淹没工作窗口的泄流计算水头，m；

$H_0$ ——最上层末淹没工作窗口的泄流水头，m；

$H_z$ ——计算水头，为库水位与排水管下游出口断面中心标高之差，m；

A——系数，根据  $H_0/D_c$  查图所得；

$D_c$ ——排水窗口直径，m， $0.3m$ ；

$F_s$ ——排水管入口水流收缩断面面积， $m^2$ ；

排水井泄流水深与泄流能力关系计算结果见下表 5-10。

表 5-10 排水井泄流水深与泄流能力关系

泄流水深 (m)	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
泄流能力 ( $m^3/s$ )	0	0.1	0.51	1.08	1.66	2.41	3.27	4.1	6.16

库内调洪水深与调洪库容关系表计算结果见下表 5-11。

表 5-11 现状 (+387.90m) 库内调洪水深与调洪库容关系表

水位高程 (m)	调洪水深 (m)	调洪库容 $V_t$ ( $m^3$ )
+383.5	0	0
+384.0	0.5	2255.75
+384.5	1.0	5965.25
+385.0	1.5	11998
+385.5	2.0	20167
+386.0	2.5	30490

水位高程 (m)	调洪水深 (m)	调洪库容 $V_t$ ( $m^3$ )
+386.5	3.0	43567.5
+387.0	3.5	59255.5
+387.5	4.0	77800.5

经调洪演算：坝顶高程为+387.90m时，目前排水井滩面高程为+383.5m，当库水位至+387.0m，可提供调洪库容  $5.93 \times 10^4 m^3$ ，调洪后最大下泄流量为  $2.16 m^3/s$ ，此时尾矿库最大泄流水深为 3.5m，窗口式排水井的最大泄流能力为  $4.1 m^3/s$ ，满足库内调洪后最大下泄流量的排洪要求，此时库内最高洪水位为+387.0m，安全超高为 0.9m，干滩长度为 108m，满足最小安全超高 0.5m 和最小干滩长度 50m 的要求。说明尾矿库排洪系统泄流能力满足安全泄洪的需要，安全超高和干滩长度满足规范要求。

同时尾矿库库内还设置了库内新建溢洪道，在尾矿库库内排水井+隧洞失效情况下，该套排洪系统满足最大流量  $8.9 m^3/s$  的过流能力要求，仍然可以满足尾矿库库内的排洪安全。

#### 4. 库内新建溢洪道排洪能力计算

##### (1) 溢流堰进口泄流计算

溢洪道进口段按宽顶堰进行泄流量计算，其计算公式为： $Q = mb\sqrt{2g}H_0^{3/2}$

式中：Q——溢流流量， $m^3/s$ ；m——流量系数，取 0.32；

b——溢流堰净宽， $b=8.0m$ ；g——重力加速度， $g=10m/s$ ；

$H_0$ ——堰上水头， $H_0=1.0m$ 。

溢洪道溢流堰堰顶高程+386.5m，当溢流水深为 0.9m 时，其最大泄流量为  $Q=10.2 m^3/s$ ，能够满足排泄 200 年一遇的洪峰  $8.9 m^3/s$  的要求，安全超高为 0.5m。

##### (2) 泄流陡槽水力计算

为推求溢流堰后泄槽段水面线，将堰后收缩断面处水深作起始计算断面，再通过能量方程推求水面线。

①泄槽首端临界水深采用以下公式计算： $h_c = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}}$

②溢流堰收缩断面水深计算采用《溢洪道设计规范》公式计算：

$$h_1 = \frac{q}{\phi \sqrt{2g(H_0 - h_1 \cos \theta)}}$$

其中： $h_c$ ——临界水深，m； $\alpha$ ——流速分布不均匀系数，取 1.05；

$q$ ——起始计算断面单宽流量， $m^3/s$ ； $g$ ——重力加速度， $m/s^2$ ；

$h_1$ ——收缩断面水深，m； $H_0$ ——起始计算渠底以上总水头，m；

$\theta$ ——泄槽底坡坡角； $\phi$ ——起始计算断面流速系数，取 0.95；

经计算，泄槽首端收缩断面水深为 0.91m，临界水深为 1.25m，故为急流，泄槽段水面线计算的起始控制断面水深取溢流堰收缩断面水深，为 0.91m。

### (3) 泄流陡槽水面线计算

根据《溢洪道设计规范》，泄槽段水面线应根据能量方程，用分段求和法计算：即以起始控制断面 1 为起始计算断面，根据已知的流量和水深  $h_1$ ，假设相邻断面 2 的水深  $h_2$ ，依据能量方程  $\Delta L = \Delta E / i - \bar{J}$  可求得第 I 流段的长度  $\Delta L_2$ （断面 1-2 之间的距离），如此逐段计算，即可推算进口段、泄槽段的水面线。再考虑掺气影响及安全超高，即可算出需要的边墙高度。

$$\Delta L_{1-2} = \frac{(h_2 \cos \theta + \alpha_2 v_2^2 / 2g) - (h_1 \cos \theta + \alpha_1 v_1^2 / 2g)}{i - \bar{J}};$$

$$\bar{J} = \frac{n^2 \bar{v}^2}{R^{4/3}};$$

式中： $\Delta L_{1-2}$ ——分段长度，m； $h_1$ 、 $h_2$ ——分段始、末断面水深，m；

$v_1$ 、 $v_2$ ——分段始、末断面平均流速，m/s；

$\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ ——流速分布不均匀系数，取 1.05；

$\theta$ ——泄槽底坡角 $^{\circ}$ ； $i_i$ ——泄槽底坡， $i = \text{tg} \theta$ ；

$\bar{J}$ ——分段内平均摩阻坡降； $n$ ——泄槽槽身糙率系数，取 0.013；

$\bar{v}$ ——分段平均流速， $v = (v_1 + v_2)/2$ ，m/s；

$\bar{R}$ ——分段平均水力半径， $\bar{R} = (R_1 + R_2)/2$ ，m。

泄槽段掺气水深可按下式计算： $h_b = (1 + \frac{\zeta v}{100})h$

式中： $h$ 、 $h_b$ ——泄槽计算断面的水深及掺气后水深，m；

$v$ ——不掺气情况下泄槽计算断面的流速，m/s；

$\zeta$ ——修正系数，可取 1.0~1.4m/s，流速大者取大值；

表 5-12 泄槽水面线计算结果

计算部位	桩号					
计算断面距起始断面距离 (m)	0	5.0	15.0	25.0	35.0	45.0
计算断面平均宽度 (m)	8.0	8.0	6.25	4.5	2.75	1
水深 (m)	0.86	0.3	0.36	0.45	0.65	0.9
流速 (m/s)	1.29	3.7	3.95	4.39	5.0	9.88
掺气后水深 (m)	0.875	0.312	0.38	0.476	0.693	1.02
设计墙高 (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

根据计算结果可见新建溢洪道满足最大流量  $8.9\text{m}^3/\text{s}$  的过流能力要求。

### 5. 拦洪坝排洪设施及泄流能力计算

根据洪水推求成果，当达 200a 一遇洪水时，库外洪峰流量为  $199.6\text{m}^3/\text{s}$ ，拦洪坝上游洪水通过新建拦洪坝排往库外，该套排洪设施必须确保库外  $199.6\text{m}^3/\text{s}$  的洪峰流量顺畅的排出。

#### (1) 临界水深及临界底坡

通过以下公式计算隧洞内的临界水深： $\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{A_k^3}{B_k}$

通过以上公式计算临界底坡，从而判别排洪隧洞内的流态： $i_k = \frac{g x_k}{\alpha B_k C_k^2}$

其中： $Q$ ——设计流量， $m^3/s$ ； $\alpha$ ——流速系数。

$A_k$ ——临界水深对应过流面积，是临界水深  $h_k$  的函数， $m^2$ ；

$B_k$ ——临界水深  $h_k$  对应水面宽度， $m$ ； $i_k$ ——临界底坡；

$x_k$ ——临界水深对应的湿周， $m$ ； $C_k$ ——谢才系数；

经计算，隧洞内临界水深为 4.145m；临界底坡  $i_k=0.0235$ ，而实际底坡  $i=0.05$ ，由于  $i > i_k$ ，为陡坡。因此，隧洞内为急流。

## (2) 隧洞内水面线计算

隧洞为城门洞型结构，在无压流状态时，其过流能力按明渠均匀流公式计算如下： $Q = AC\sqrt{Ri}$

式中： $Q$ ——设计流量， $m^3/s$ ； $A$ ——过流断面面积， $m^2$ ；

$C$ ——谢才系数， $C = R^{\frac{1}{6}}/n$ ； $R$ ——过流断面水力半径， $m$ ；

$i$ ——隧洞底坡降，5.0%； $n$ ——过流断面糙率，取 0.013。经计算，隧洞内的正常水深约 2.65m。

根据能量方程式，结合实际地形资料考虑，同时考虑支洞入流情况（按  $9.0m^3/s$  计），经计算，隧洞内水面线情况见表 5-13。

表 5-13 隧洞水面线计算结果表

分段编号	桩号	底板高程 (m)	水深 (m)	流速 (m/s)	水面高程 (m)	洞顶高程 (m)	备注
0	0.00	380.00	5.05	9.00	385.05	384.40	流量 200.0m <sup>3</sup> /s
1	45.07	377.75	4.20	11.34	381.95	381.95	
2	60.56	376.97	4.00	11.90	380.97	381.17	
3	79.97	376.00	3.80	12.53	379.80	380.20	
4	105.52	374.72	3.80	13.10	378.52	378.92	支洞出口
5	164.84	371.76	3.45	14.42	375.21	375.96	流量 209.0m <sup>3</sup> /s
6	189.00	370.55	3.35	14.85	373.90	374.75	

7	218.13	369.09	3.25	15.31	372.34	373.29	
8	254.02	367.30	3.15	15.80	370.45	371.50	
9	296.49	365.18	3.06	16.28	368.23	369.38	
10	347.01	362.65	2.97	16.76	365.62	366.85	老隧洞进口
11	819.01	339.05	2.78	18.78	341.83	343.05	老隧洞出口

由上述计算结果可知，当达  $200.0\text{m}^3/\text{s}$  洪峰流量时，在主洞进口段约  $45.0\text{m}$  范围可能出现明满交替流或有压流，之后为无压流。其中在支洞出口位置，主洞内的水深为  $3.80\text{m}$ ，在老隧洞进口位置的水深为  $2.97\text{m}$ ，在老隧洞出口位置，洞内水深为  $2.78\text{m}$ ，此时流速接达  $18.78\text{m/s}$ 。从计算结果能够满足本工程要求。

综上所述，大龙山选厂尾矿库库内及上游拦洪坝排洪系统均可满足 200a 一遇排洪要求，安全超高也满足要求。

(1) 尾矿库内调洪时只考虑排水井+隧洞进行排洪时，不考虑溢洪道的泄流能力，经调洪演算，尾矿库库内调洪水深  $3.5\text{m}$  时，即水位达到  $+387.0\text{m}$ （目前库内无积水，排水井处滩面高程为  $+383.50\text{m}$ ）时，排洪系统最大下泄流量  $4.10\text{m}^3/\text{s}$ ，可以满足调洪后排洪要求（调洪后的下泄流量为  $2.16\text{m}^3/\text{s}$ ），此时尾矿库安全超高  $0.9\text{m}$ ，干滩长度  $108\text{m}$ ，实际上安全超高  $0.9\text{m}$ ，干滩长度约  $500\text{m}$ ，安全超高和干滩长度满足规范要求。

(2) 尾矿库内另设有溢洪道，该套排洪系统可以满足 200a 一遇排洪要求（不需要调洪）。

(3) 经核算，上游设置的拦洪坝+排洪隧洞，可满足尾矿库上游区域  $199.6\text{m}^3/\text{s}$  流量的过流要求。

### 5.3.3 防排洪系统单元评价小结

(1) 经现场检查，大龙山选厂尾矿库排洪排水构筑物（排水井+排水

支洞+排洪隧洞、溢洪道、拦洪坝+排洪隧洞)符合设计要求,排水井无倾斜、裂缝、断裂、堵塞、坍塌等现象,进水口设有格栅;拦洪坝无不均匀沉降、裂缝、坍塌等现象,排洪隧洞无塌陷、裂缝、堵塞等现象,出库水质清澈。溢洪道无裂缝、断裂、堵塞、坍塌等现象,上述排洪排水构筑物运行状况正常、良好。库内安全超高、干滩长度均满足设计要求,不存在重大事故隐患。

(2)通过洪水复核,大龙山选厂尾矿库排洪排水系统的排水能力满足200a一遇的洪水安全泄流要求,按《尾矿库安全规程》,大龙山选厂尾矿库属于正常库。

(3)经采用安全检查表评价,防洪排水单元应得分41分,实际得分35分,得分率85.36%,防洪排水单元符合安全要求。

(4)考虑到大龙山选厂尾矿库闭库的长周期安全,宜对排水井及排水支洞进行封堵。

#### 5.4 安全监测设施单元

经现场检查,大龙山选厂尾矿库按设计要求设置了人工观测设施及在线监测设施,监测项目、系统较为完整,设置的位置、数量均满足设计要求,现场维护较好,能为企业提供可靠的监测信息,做到了自动监测与人工监测比对,实现了尾矿库现场管理和在线管理,符合规程规范要求。

江西漂塘钨业有限公司购置有全站仪、浸润线水位检测仪,定期进行坝体沉降位移、浸润线、库水位观测,保存有观测记录,符合规程规范要求。

从多年的观测记录成果看,江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库尾矿已固结,尾矿坝沉降位移数值波动幅度分别为 $\Delta X = -1 \sim 2\text{mm}$ ,  $\Delta Y =$

- 1~4mm,  $\Delta Z = -1 \sim 2\text{mm}$ , 观测数据变动值, 均在测量允许误差范围内, 坝体稳定。各浸润线观测孔水位埋深在 8.15~19.70m 范围内波动, 均满足四等库浸润线最小埋深要求, 符合浸润线分布规律。通过检查在线监测系统数据, 符合实际和标准规范要求, 数据均未超过预警值。在线监测系统运行、维护正常, 不存在重大生产安全事故隐患。

在实施江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库工程时, 不得损坏现有安全监测设施。

## 5.5 库区环境单元

### 5.5.1 库区环境单元安全检查表法评价

按照《尾矿库安全规程》采用检查表法, 对江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库区环境进行分析、评价, 具体见表 5-14。

表 5-14 库区环境单元安全检查表

项目	检查内容	检查依据	检查方法及地点	检查记录	标准分值	评分标准	得分
库区安全	1.1 周边山体失稳, 随时有可能滑动、坍塌影响尾矿库安全。	《尾矿库安全规程》第9.5.2条	查现场	周边山体较稳定	一般隐患		满足要求
	1.2 库区是否存在违章爆破、采石、和建筑; 违章进行尾矿回采、取水; 外来尾矿、废石、废水和废弃物排入、放牧和开垦和炸鱼等危害尾矿库安全的活动。	《尾矿库安全规程》第9.5.3条		符合	7	不符合不得分	7
	1.3 库区生产道路是否通畅, 临时及永久性安全警示标识是否定期完备、清晰。						
小计					7		7

### 5.5.2 库区环境单元评价小结

(1) 从表 5-14 及现场检查情况可以看出, 大龙山选厂尾矿库库区无不良地质现象, 符合《尾矿库安全规程》的要求。目前库区没有发现违章爆

破、采石和建筑，违章进行尾矿回采、取水，外来尾矿、废石、废水和废弃物排入等情况，未发现洞穴对场地稳定有影响或破坏的人为地质作用，亦未发现有放牧、开垦等安全的活动，周边环境相对良好。排洪隧洞进水口上方的旧废石堆进行了生态修复，完成了削坡和挡墙砌筑及覆土植草。

(2) 经采用安全检查表评价，大龙山选厂尾矿库库区环境单元应得分7分，实际得分7分，得分率为100%，库区环境单元符合安全要求。

(3) 应加强库区山体巡查，详细观察周边山体有无异常和急变，尤其是排洪隧洞、排水井、溢洪道附近有无山体滑坡、塌方和泥石流以及放牧、开垦、砍伐等情况。

大龙山选厂尾矿库的下游不宜再建住宅和其它设施，一旦发现有动工迹象即向有关部门反映予以制止。

## 5.6 综合安全评价

### 5.6.1 概述

采用安全检查表分析法对江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库各系统的综合安全状况进行检查、评价，并对各项检查内容赋予了分值。然后依据尾矿库所得分值，将尾矿库分成四个安全等级，以此来确定尾矿库的安全生产现状。

表 5-15 尾矿库综合安全检查评分统计表

序号	评价单元	应得分	实得分	得分率 (%)
1	安全管理单元	51	47	92.16
2	尾矿坝单元	52	50	96.15
3	防排洪系统单元	41	35	85.36
4	库区环境单元	7	7	100
合计		151	139	92.05

## 5.6.2 评价标准说明

表 5-16 评价标准说明见表

类型	概念	条件
A 类库	安全生产条件较好，生产活动有安全保障。	得分率在 90%以上
B 类库	安全生产条件一般，能满足基本的安全生产活动。	得分率在 76%~89%之间
C 类库	安全生产条件较差，不能完全保证安全生产活动，需要限期整改。	得分率在 60%~75%之间
D 类库	不具备基本的安全生产条件，或未通过验收，需要责令停产整顿的尾矿库。	得分率在 60%以下
备注	1.表中带“*”号的项目为否决项：达不到“**”项目要求的，归为 D 类库；达不到“*”号项目要求的，归为 C 类库。 2.本表评价内容，采用百分制。 3.尾矿库分类，采用得分率。因尾矿库型式不同，没有涉及的项目，可不予评估，总分为实际评价项目的分值总和。最后得分采用得分率，即：实际评价得分÷实际评价项目的分值总和×100%。 4.评价方法及扣分尺度，评价人员根据实际情况具体掌握。	标准分 200 分

## 5.6.3 评价小结

(1) 经采用安全检查表评价，大龙山选厂尾矿库综合得分率 92.05%，为 A 类库，即安全生产条件较好，生产活动有安全保障的尾矿库。

(2) 鉴于大龙山选厂尾矿库已停止放矿，且江西漂塘钨业有限公司决定启动江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库程序，应尽快实施尾矿库闭库工程，进行闭库整治设计，落实整治措施，消除安全隐患，确保尾矿库闭库后长周期安全稳定。

## 6 尾矿库闭库安全对策措施建议

### 6.1 尾矿库闭库一般规定

(1) 当尾矿库使用至最终设计坝高或不再排尾作业时，应请有资质的勘察单位进行工程地质勘察、设计单位进行尾矿库闭库销号设计，闭库销号设计应当包括安全设施设计。尾矿库闭库销号安全设施设计应当经应急管理部门审查批准。尾矿库闭库销号工作由建设单位负责。

(2) 尾矿库闭库销号工程建设应严格按安全设施设计审查批复的要求进行。建设单位在尾矿库闭库销号建设过程中，加强施工管理，做好坝体和排水系统清基或封堵、坝体碾压等所有隐蔽工程的隐蔽记录（施工影像资料、验收表单含签字公章）、工程质量检测报告和工作总结。

(3) 尾矿库闭库销号工程应委托有资质的施工单位施工，施工单位应当按批复的安全设施设计施工，并对安全设施的工程质量负责。建设单位不得将尾矿库闭库销号工程发包给不具备相应资质的施工单位施工。

(4) 施工单位在施工期间，发现尾矿库闭库销号工程的安全设施设计不合理或存在重大事故隐患时，应当立即停止施工，并报告建设单位。

(5) 建设单位应委托有资质的监理单位进行尾矿库闭库销号工程施工监理工作，并提供尾矿库闭库销号工程施工监理报告。

(6) 尾矿库闭库销号工程接近完工时，施工单位应向建设单位提交交工通知书，并整理好交工资料和技术文件。

(7) 建设单位应组织施工、监理、设计等单位人员组成交工验收机构，进行工程验收，形成初验资料（验收单表含签字公章、报告）。

(8) 尾矿库闭库销号工程施工完成后应委托安全评价单位进行尾矿库闭库销号工程安全验收评价工作，编制安全验收评价报告。

(9) 建设单位应组织尾矿库闭库销号工程竣工验收，保存尾矿库闭库销号工程安全设施竣工验收资料。

## 6.2 尾矿库闭库前汛期安全对策措施建议

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库已停止排放尾矿，地处南方山区，雨水充沛，加之目前极端恶劣天气频繁，在未实施闭库工程之前，江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库的防汛、度汛工作仍然不能掉以轻心、松懈麻痹。

(1) 各级管理人员应从思想上高度重视尾矿库防汛、度汛工作，做到领导重视、机构不散、队伍不乱、物资不缺、任务不松，提前计划、及时部署、狠抓落实，真正把尾矿库汛期安全工作抓紧、抓实、抓好，确保尾矿库安全运行。

(2) 应密切关注当地天气情况，加强与气象部门联系，及时了解和掌握汛期水情和气象预报情况，认真分析尾矿库汛期安全存在的薄弱环节，有针对性地做好各项防范应对工作。

(3) 完善应急管理机制，建立尾矿库应急救援联防联控机制，推进尾矿库环境风险管理，保障应急救援物资和器材储备到位，有效防范汛期和极端气候引发的事故灾难。

(4) 制定汛期应急管理制度，提醒各级管理人员包括现场作业人员手机不得关机，保证通信联络畅通。有关值班人员要做到 24 小时值守，库区应保证双人双岗 24 小时巡检值班。

(5) 及时备足配全应急物资器材（如大功率水泵、挖掘机、工程车、砂石、土工布、彩纹布、编织袋、救生衣、应急灯等等），确保质量可靠、数量满足、功效优良。

(6) 加大汛前、汛中、汛后尾矿库安全设施（尾矿坝、拦洪坝、排水井、排洪隧洞、溢洪道等主要构筑物）的安全巡查、维护力度。尾矿库管理人员应随时观测库内水位变化情况，及时清除排水井、溢洪道、排水隧洞进水口周边的杂草、枯枝、乱石等杂物，发现较大的险情、安全隐患及时汇报。管理人员要对库区进行现场巡查，不得出现巡查盲点，发现问题及时处理。一旦险情恶化，应立即通报有关应急救援机构和当地政府及有关部门，并紧急抢险和正确疏散下游村民。

### 6.3 尾矿库闭库整治设计安全对策措施建议

#### 6.3.1 尾矿坝整治

(1) 若库内囤积有山水，江西漂塘钨业有限公司应将库内积水排至下游，晾干库内尾矿沉积滩，保持其处于干枯、干燥状态，便于后期施工人身和设备安全。如果当地处于暴雨季节，暂停作业，待天气晴稳后，排除全部积水，晾干库内沉积滩，方可动工。

(2) 江西漂塘钨业有限公司应对大龙山选厂尾矿库进行一次全面、细致测量，出具测绘成果，便于有效布置闭库工程安全设施和准确核算工程量。

(3) 为减少土石料挖取、运输和回填工程量，可将江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿处置项目的尾矿滤饼（实际上该项目的尾矿原先就是排往大龙山选厂尾矿库的）运往库尾空地回填、碾压、平整，形成库尾高、坝前低（反坡）导水的平台。但施工过程中，运输车辆、作业设备不得破坏上游的拦洪坝坝体、库内的排水井以及底部的排水支洞。

回填后靠近溢洪道进水口的土层面应与溢洪道进水口底板持平（现状尾砂面已与溢洪道进水口底板持平，故此处应先进行尾砂开挖，开挖深度

应与覆土厚度持平)。

考虑到尾矿沉积滩滩面的尾砂粒径细、承载力低，容易打滑、沉陷，造成运输车辆故障频发，甚至发生车辆伤害，故应事先在滩面上铺设钢板（可调整摆放位置、重复利用），便于车辆运输土石料或尾矿滤饼出入沉积滩。

(4) 在平整后的库内平台实施粘土覆盖、平整。覆土厚度、坡度及压实度由设计单位确定。覆土后，土层整体坡向尾矿库左侧溢洪道。

(5) 库面回填、平整期间，应事先准备彩纹布或塑料薄膜，并及时关注天气变化情况，一旦下雨，或停工时，立即采用彩纹布或塑料薄膜覆盖好库面土层，防止雨水冲刷土面，继而造成坝体拉沟，造成环境污染事故。

(6) 施工过程中，江西漂塘钨业有限公司应及时组织勘察、设计、施工、监理等单位进行隐蔽工程验收工作。

(7) 库面覆好粘土后，在粘土层表面实施人工开挖沟槽、修筑排水沟，在回填土层与山坡结合部位宜修筑截洪沟，土层排水沟最终与左侧溢洪道连通排水。

排水沟、截洪沟的结构材料、断面尺寸、坡度等参数由设计单位确定。

(8) 在粘土层表面种植草皮或低矮灌木类植物，或种植经济作物，不得种植乔木，以免刮台风或砍伐时，破坏土层结构，继而破坏坝体。

### 6.3.2 尾矿库排洪系统整治

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库现使用的排洪系统为排水井+排水支洞+排洪隧洞、溢洪道以及上游的拦洪坝+排洪隧洞，为其闭库后长期安全稳定和正常排水泄洪，应：

(1) 为防止意外和便于管理，应对现有的排水井+排水支洞进行全断

面封堵。封堵工作应在库内积水抽排干净后立即实施，然后再对排水井实施封堵、预先在排水支洞出水口设堵口及排渗管（外包土工布）后再封堵。封堵材料、封堵长度及排渗管径均由设计单位确定。

（2）实施江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库工程后，位于其上游的分洪设施——拦洪坝+排洪隧洞的日常检查、维护管理就显得尤为重要和必然，考虑到江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库位于山区、林区，可能会有意外山体滑塌、砍伐后的枯枝败叶之类随山洪水灌入排洪隧洞，容易造成隧洞堵塞，造成排水困难，继而可能影响尾矿坝的安全。故应对排洪隧洞进行整治：

①对拦洪坝、排洪隧洞进水口以上积水区域内的块石、树根、树干、枯枝败叶等杂物全部清理一遍。

②在排洪隧洞进水口设导流堰及拦渣格栅，防止块石、树根、树干、枯枝败叶等杂物堵塞排洪隧洞。导流堰起将块石、泥沙、漂浮物预先拦截之功能，防止杂物直逼拦渣格栅。导流堰设置的位置应便于人员前往清理，其规格由设计单位确定。格栅网格的大小应合理确定，过小会加大清理频率，过大起不到拦渣效果，其规格由江西漂塘钨业有限公司与设计单位商定。江西漂塘钨业有限公司应派人不定期检查、清理导流堰和拦渣格栅之前的杂物。

### 6.3.3 尾矿库安全监测设施整治

现江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库安全监测设施的设置、运行、维护均正常、良好，符合设计和规程规范的要求，但实施江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库工程过程中及后期管理过程中，一方面不得损坏现有的安全监测设施，另一方面，考虑到在线监测设施主要是电

子元器件，容易受潮、雷击、意外破坏等因素影响而失效，仍需要加强检查和持续维护。因此，应先对现有在线监测设施的数据线、避雷装置、软件系统等进行全面检查、检测，再对与闭库工程实施后无关功能性设施予以取消（如干滩长度、库水位检测仪），对老化、弱化、接地电阻高于规定值的物件予以退出，重新购置、更换，有效的继续保留。并加强日常检查、维护，及时更新、更换。

## 7 尾矿库闭库后安全对策措施建议

### 7.1 安全管理对策措施建议

江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库后，虽不属于重大危险源，江西漂塘钨业有限公司仍不能松懈管理，应该做到：

(1) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库后，江西漂塘钨业有限公司按有关文件（即《江西省安委会关于印发〈江西省尾矿库销号管理办法〉的通知》）的要求，提交相关材料至应急管理部门报备，办理尾矿库销号手续。

(2) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库后的安全管理仍由建设单位负责。江西漂塘钨业有限公司仍应制定切实可行的尾矿库专项预案和现场处置方案，告知相关人员在紧急情况下应当采取的应急措施。

(3) 重视和加强江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库的建设和管理资料的归档和保管工作，如：设计图纸和说明，施工、竣工图纸和文字材料；立项报告、设计批复、工程的相关文件、评价报告等。

(4) 在江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库库区周边设置安全警示牌和防护栏，防止当地村民放牧，破坏库面植被。

(5) 密切关注江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库周边情况，确保该库下游不再新建居住、生产等设施。并阻止在尾矿坝上和库区周围进行乱采、滥挖和非法爆破等行为。

(6) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库后，江西漂塘钨业有限公司仍然必须做好坝体及排洪设施的检查、维护，未经设计论证和批准，不得储水，不得擅自重新启用或改作他用。也可结合闭库安全设施设计，充分利用库面场地，在其上实施对尾矿库无危害的其他工程（如健身活动场所、

堆料场等)。并严禁在尾矿坝和库内进行乱采、滥挖、违章建筑和违章作业。

(7) 经批准闭库销号的尾矿库重新启用或改作他用时, 按《尾矿库安全规程》第 5 章(尾矿库建设)或其他相关文件的规定, 重新开展技术论证、工程设计、安全评价等工作。

## 7.2 安全技术对策措施建议

加强尾矿库的维护与管理, 汛期来临之前, 应做好:

- (1) 检查尾矿坝和防排洪系统, 发现问题, 及时处理。
- (2) 及时清除库区防排洪设施周边的块石和树木杂草。
- (3) 备好充足的抗洪抢险器材和物资。
- (4) 汛期应加强库区巡查, 及时发现并处理事故隐患, 确保防排洪系统通道畅通。
- (5) 检查、维护好尾矿库安全监测设施, 做好尾矿库坝体位移沉降、浸润线的日常观测, 形成记录, 存档备查。
- (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。

## 8 安全评价结论

本次评价根据国家已颁布的有关安全生产法律、法规及相关文件精神，本着科学、公正、合法、自主的原则对江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库存在的主要危险、有害因素的种类及危害程度进行了分析，对导致该尾矿库重大事故的危险、有害因素进行定性、定量评价，得出如下结论：

(1) 现江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库总坝高 47.9m、堆存库容 152.5 万  $m^3$ ，属于山谷型四等库。

(2) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库不属于重大危险源，不存在重大事故隐患，可能存在溃坝、坝体垮塌、坝体位移与变形、管涌或流土、渗漏，排洪构筑物损坏或堵塞，淹溺、高处坠落、车辆伤害、尾砂泄漏，库区山体滑坡、塌方和泥石流，粉尘、高低温、雷电等危险、有害因素。

(3) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库尾矿坝的轮廓尺寸均符合设计要求；尾矿坝经稳定性计算分析，坝坡抗滑稳定性系数均大于规范值，满足规范要求，尾矿坝处于稳定状态。

经现场检查，尾矿坝无裂缝、沉陷、扭曲变形、滑坡、渗漏、渗流、沼泽化等异常现象，坝体运行状况良好。本次闭库工程应对库内尾矿沉积滩实施土石料或尾矿滤饼回填、碾压、平整、覆土、植被、筑沟整治。

(4) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库排洪构筑物的设置位置、结构型式、材料、断面尺寸均符合设计要求，防排洪系统满足 200a 一遇洪水重现期的洪水泄洪要求。在本次闭库工程中，可封堵库内排水井+排水支洞，对上游排洪隧洞实施拦渣整治。

(5) 江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库设有坝体位移沉降观测

桩、浸润线观测孔、库水位标尺等人工观测设施，和浸润线、坝体表面位移、坝体内部位移、雨量计、水位计、流量计、干滩和视频监控等在线监测设施，符合设计、规程规范要求。本次闭库工程安全监测设施的调整，由江西漂塘钨业有限公司与设计单位商定，但实施闭库工程时，不得损坏现有有效的安全监测设施。

(6) 通过对各单元安全检查表分析评价，综合得分率为 92.05%，为 A 类库，即安全生产条件较好，生产活动有安全保障的尾矿库。

鉴于江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库已停止放矿，且江西漂塘钨业有限公司决定启动江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库闭库程序，应尽快实施尾矿库闭库工程，进行闭库整治设计，落实整治措施，消除安全隐患，确保尾矿库闭库后长周期安全稳定。

(7) 江西漂塘钨业有限公司应认真考虑本报告中分析的危險、有害因素，积极落实本报告所提出的各项安全对策措施和建议，按照国家安全生产法律法规、规程规范要求，委托有资质的单位编制闭库安全设施设计。江西漂塘钨业有限公司实施尾矿库闭库工程期间，应按安全设施设计及其审查意见的要求组织施工，确保尾矿库长周期的安全稳定。

**结论：**经判定，江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库属于正常库。鉴于江西漂塘钨业有限公司大龙山选厂尾矿库已停止放矿，依据相关规程规范的要求，应尽快实施闭库工程。

## 9 附图附件

### 9.1 尾矿库现状图

- (1) 尾矿库总平面布置图
- (2) 尾矿库尾矿坝剖面图
- (3) 尾矿库排洪系统剖面图
- (4) 尾矿库库容曲线图

### 9.2 附件

江西漂塘钨业有限公司提供的营业执照、尾矿库安全生产许可证、主要负责人和安全管理人員及尾矿工的资格证书、其他资料

评价人员现场检查与企业陪同人员影像

