

DB

甘肃省地方标准

DB62/T 3271 - 2024

备案号: J17555 - 2024

生态型尾矿库修建技术标准

Technical standard for ecological tailings pond construction

2024 - 03 - 29 发布

2024 - 07 - 15 实施

甘肃省住房和城乡建设厅
甘肃省市场监督管理局

联合发布

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局

公告

甘建公告〔2024〕120号

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局 关于发布《模板支撑结构安全监测技术标准》等 6项甘肃省地方标准的公告

经甘肃省住房和城乡建设厅、甘肃省市场监督管理局共同组织专家审查,现批准发布《模板支撑结构安全监测技术标准》《农业畜牧场所电气设计标准》《人民防空工程平战功能转换技术标准》《成品住宅全装修技术标准》《基坑工程可回收锚杆(索)技术标准》《生态型尾矿库修建技术标准》等6项标准(见附件)为甘肃省地方标准。

附件:甘肃省地方标准发布信息

甘肃省住房和城乡建设厅 甘肃省市场监督管理局

2024年3月29日

附件

甘肃省地方标准发布信息

序号	标准编号	标准名称	主编单位	实施日期
1	DB62/T 3266-2024	模板支撑结构 安全监测技术 标准	甘肃第三建设集团有 限公司	2024 -07 -15
2	DB62/T 3267-2024	农业畜牧场所 电气设计标准	中国市政工程西北设 计研究院有限公司	2024 -07 -15
3	DB62/T 3268-2024	人民防空工程 平战功能转换 技术标准	甘肃省国防动员办公 室、甘肃土木工程科 学研究院有限公司、 兰州有色冶金设计研 究院有限公司	2024 -07 -15
4	DB62/T 3269-2024	成品住宅全装 修技术标准	甘肃省长城建设集团 有限责任公司、甘肃 天地装饰工程有限公司	2024 -07 -15
5	DB62/T 3270-2024	基坑工程可回 收锚杆(索) 技术标准	兰州理工大学、甘肃 第六建设集团股份有 限公司	2024 -07 -15
6	DB62/T 3271-2024	生态型尾矿库 修建技术标准	兰州有色冶金设计研 究院有限公司、甘肃 省尾矿处置行业技术 中心	2024 -07 -15

前 言

根据甘肃省住房和城乡建设厅《关于下达《2021年甘肃省工程建设标准及标准设计编制项目计划》(第一批)的通知》(甘建标〔2021〕185号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结甘肃省尾矿库大型现场试验和室内试验研究,参考国内现行有关标准,并在广泛征求意见的基础上,经反复讨论和修改,制定本标准。

本标准共分14章和2个附录,主要内容包括:总则、术语和符号、基本规定、生态型尾矿库修建、测绘、检验、勘察、设计、渗流计算和防渗设施安全分析、闭库生态修复、既有库生态型评价、施工、检查与监测、竣工资料与验收,附录A、B等。

本标准由甘肃省工程建设标准管理办公室负责管理,由兰州有色冶金设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议,请反馈至兰州有色冶金设计研究院有限公司(地址:甘肃省兰州市城关区天水南路168号,邮编:730000,邮箱1327984377@qq.com,电话:0931-8565700)。

主 编 单 位:兰州有色冶金设计研究院有限公司

甘肃省尾矿处置行业技术中心

参 编 单 位:西安理工大学

西安岩土工程新技术开发公司

华北有色工程勘察院有限公司

甘肃有色工程勘察设计研究有限公司

自然资源部高寒干旱区矿山地质环境修复工程技术
技术创新中心

中国有研科技集团国合通用测试评价认证股份
公司

中国科技产业促进会

甘肃省生态环境科学设计研究院

甘肃生态环境统计与数据中心

内蒙古兴业集团融冠矿业有限公司

金徽矿业股份有限公司

甘肃稀土新材料股份有限公司

西和县恒安工矿贸易有限公司

甘肃土木工程科学研究院

主要起草人:陈天镭 李宏儒 张 权 韩贵雷 王 立

谢 鹏 李瑞龙 张宏昆 孟祥瑞 路 洋

刘 艺 冯永林 康鸿玉 张民儒 秦 婧

曹福明 郭文礼 汪 军 张国胜 李 颖

卢成绪 王少军 李旭东 安福来 彭敏杰

颀映珍 赵尔丞 蔡明喜 杨锦锋 董志龙

曹 兴 张雄天 韩满璇 焦旭旺 鲁海涛

丁东彦 王培鑫 崔大力

主要审查人:张森安 赵军营 林颂恩 胡再强 樊步恭

朱彦鹏 王 旭 拓 钊 柴小军 陈晓东

任建民

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	4
3	基本规定	5
4	生态型尾矿库修建	7
4.1	既有库改造	7
4.2	新库建设	8
4.3	多库调节与近零排放	9
4.4	扬尘防治	9
4.5	生态修复	10
4.6	尾矿循环利用	10
5	测绘	11
5.1	一般规定	11
5.2	控制测量	12
5.3	尾矿库测绘	13
6	检验	15
6.1	一般规定	15
6.2	尾矿渣元素分析	15
6.3	有价元素分析	16
6.4	有害元素分析	17
6.5	水质分析	18
7	勘察	19

7.1	一般规定	19
7.2	勘察内容	19
7.3	工程地质与水文地质	20
7.4	勘探与取样	21
7.5	原位测试与室内试验	25
7.6	试验	29
7.7	既有尾矿库勘察	33
7.8	成果报告	33
8	设计	37
8.1	一般规定	37
8.2	库址选择	38
8.3	多库调节分区计算	39
8.4	导截洪水系统	43
8.5	截排渗系统	44
8.6	回水及水处理	48
8.7	既有库改造设计	49
9	渗流计算和防渗设施安全分析	50
9.1	一般规定	50
9.2	建设场地的渗流分析与评价	51
9.3	运行期及闭库的渗流分析与评价	52
9.4	防渗设施变形及破坏分析	53
10	闭库生态修复	54
10.1	地形重塑	54
10.2	坝坡修复治理	55
10.3	库区修复治理	55
10.4	植被重建	56
11	既有库生态型评价	59
11.1	一般规定	59

11.2	评价程序及内容	60
12	施工	65
12.1	一般规定	65
12.2	截渗连续墙	66
12.3	截渗帷幕	68
12.4	现场试验	70
13	检查与监测	72
13.1	一般规定	72
13.2	施工质量检验	72
13.3	监测	78
14	竣工资料与验收	80
14.1	一般规定	80
14.2	竣工资料	80
14.3	验收	81
附录 A	生态型尾矿库勘察任务书	83
附录 B	无人机航测技术要点	87
	本标准用词说明	94
	引用标准名录	95
	条文说明	97

Table of Contents

1	General	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	4
3	Basic Provisions	5
4	Construction of Ecological Tailings Pond	7
4.1	Renovation of Existing Pond	7
4.2	Construction of New Pond	8
4.3	Multi-pond Regulation and Near Zero Emission	9
4.4	Dust Prevention and Control	9
4.5	Ecological Restoration	10
4.6	Recycling of Tailings	10
5	Mapping	11
5.1	General Provisions	11
5.2	Control Measurement	12
5.3	Mapping for Tailings Pond	13
6	Inspection	15
6.1	General Provisions	15
6.2	Analysis of Elements in Tailings Slag	15
6.3	Analysis of Valuable Elements	16
6.4	Analysis of Harmful Elements	17
6.5	Analysis of Water Quality	18

7	Survey	19
7.1	General Provisions	19
7.2	Survey Content	19
7.3	Engineering Geology and Hydrogeology	20
7.4	Exploration and Sampling	21
7.5	In-situ Test and Indoor Testi	25
7.6	Test	29
7.7	Survey of Existing Tailings Ponds	33
7.8	Achievement Report	33
8	Design	37
8.1	General Provisions	37
8.2	Selection of Pond Site	38
8.3	Calculation of Multi-pond Regulation Zoning	39
8.4	Flood Diversion and Interception System	43
8.5	Interception, Drainage and Seepage System	44
8.6	Return Water and Water Treatment	48
8.7	Renovation Design for Existing Ponds	49
9	Calculation of Seepage and Safety Analysis for Anti-seepage Facilities	50
9.1	General Provisions	50
9.2	Analysis and Evaluation of Seepage in Construction Sites	51
9.3	Analysis and Evaluation of Seepage during Operation and Closure of Pond	52
9.4	Analysis on Deformation and Damage of Anti-seepage Facilities ...	53
10	Ecological Restoration upon Closure of Pond	54
10.1	Terrain Reshaping	54
10.2	Restoration and Treatment of Dam Slope	55
10.3	Restoration and Treatment of Pond Area	55

10.4	Vegetation Reconstruction	56
11	Ecological Evaluation on Existing Ponds	59
11.1	General Provisions	59
11.2	Evaluation Procedures and Content	60
12	Construction	65
12.1	General Provisions	65
12.2	Continuous Anti-seepage Wall	66
12.3	Anti-seepage Curtain	68
12.4	On-site Test	70
13	Inspection and Monitoring	72
13.1	General Provisions	72
13.2	Inspection on Construction Quality	72
13.3	Monitoring	78
14	Completion Data and Acceptance	80
14.1	General Provisions	80
14.2	Completion Data	80
14.3	Acceptance	81
AnnexA	Assignment for Survey of Ecological Tailings Pond	83
AnnexB	Technical Points of UAV Aerial Survey	87
	Explanation on Wording in this Standard	94
	List of Referenced Standards	95
	Explanation on Articles	97

1 总 则

1.0.1 为统一生态型尾矿库修建治理工程测绘、检验、勘察、设计、施工、评价、检测、验收技术要求,贯彻执行国家生态文明建设的方针,建设生态型尾矿库,达到安全、合理贮存尾矿和保护环境的要求,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于金属矿山生态型尾矿库的新建工程、既有尾矿库向生态型尾矿库的转变改造工程。

1.0.3 金属矿山生态型尾矿库的新建和既有尾矿库改造除应符合本标准规定外,尚应符合国家和甘肃省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 尾矿库 tailing pond

用于贮存金属、非金属矿山进行矿石选别后排出尾矿的场所。

2.1.2 尾矿坝 tailing dam

拦挡尾矿和水的尾矿库外围构筑物。

2.1.3 渗流边界 seepage boundary

尾矿库内地下水向周边山体岩土中渗透时的渗透坡降或渗透压力接近于零时的界面。

2.1.4 极限渗流边界 ultimate seepage boundary

尾矿库内水达到最终使用年限时对应的最高水位形成的渗流边界。

2.1.5 允许渗流边界 permissible seepage boundary

尾矿库周围岩土环境许可的最大渗流边界。

2.1.6 尾矿水近零排放 near zero discharge of tailings water

贮存尾矿库内的地表水在正常运行和设计标准的暴雨时不向库外自然水体排放,贮存尾矿库内地下水的渗透被限制在允许渗流边界内,不向地下允许渗流边界外扩散。

2.1.7 生态型尾矿库 ecological tailings pond

尾矿库内固液废物质不向库外自然生态系统排放和扩散,尾矿水的影响被限制在尾矿库内,尾矿渗水被限制在尾矿库允许渗流边界之内,闭库后仍能保持不污染环境,且与自然生态系统永久和谐共存的近零排放尾矿库。这种尾矿库一般具有洪水蓄存功

能,有可靠的排渗、防渗漏及防风沙扬尘系统。

2.1.8 截洪廊道 flood interception gallery

用于拦截尾矿库周边坡面汇流并将雨水排出库外的截排洪设施,也可称为格栅式截洪道。

2.1.9 多库调节 multi-library regulation

为达到设计标准下尾矿库内污染水不外排,由上游拦洪库、中游贮存尾矿库、中游贮存尾矿库外坡面截洪廊道、下游截渗蓄洪库、尾矿库回水设施共同形成的对设计频率下的洪水和库水进行分流、分蓄调节和利用的调节系统。

2.1.10 微小流域 micro watershed

专指尾矿库所在的流域。

2.1.11 贮存尾矿库 storage tailings pond

在沟谷型尾矿库中,处于拦洪库和截渗蓄洪库中间的实际用于贮存尾矿的库。

2.1.12 截渗蓄洪库 intercepting and flood storage reservoir

设置于贮存尾矿库初期坝下游用于截断尾矿水向下游渗流,且可用于调节分流并储存贮存尾矿库内洪水,参与贮存尾矿库调洪过程的水库。

2.1.13 截渗蓄洪坝 cutoff dam

设置于贮存尾矿库初期坝下游用于拦截地下渗水和贮存尾矿库洪水的构筑物。

2.1.14 拦洪库 flood interception reservoir

设置于贮存尾矿库上游用于拦挡尾矿库上游洪水的水库。

2.1.15 拦洪坝 flood interception dam

设置于贮存尾矿库上游用于拦挡尾矿库上游洪水的构筑物。

2.1.16 生态型尾矿库运行水位 ecological tailings pond operating water-level

满足生态型尾矿库进行多库调节和安全运行,实现库内水不

外排的尾矿库内安全运行的水位。

2.1.17 截渗结构 impermeable structure

布置在渗漏尾矿库坝体或地下水径流通道上用于阻断尾矿水渗出的构筑物。

2.1.18 复合截渗结构 composite cutoff structure

在土岩结合的地层中,根据地层条件采用两种及以上不同工艺建造的同—截渗结构。

2.1.19 截渗帷幕 impermeable curtain

采用注浆工艺建造的截渗结构。

2.1.20 复合截渗帷幕 composite impermeable curtain

采用两种以上工艺建造的多排截渗帷幕组合在一起形成的具有高防渗性能的截渗结构。

2.1.21 围井试验 enclosure test

为验证截渗结构的截渗性能,在采用与相同技术工艺建造的封闭型井状结构中开展的抽水或注水试验。

2.2 符 号

H ——尾矿坝高,单位为米(m);

J ——渗流坡降,即渗流水头(H)沿流程(L)的下降率;

K ——岩土渗透系数,具有流速的量纲,反映土的渗流性能,其数值需要通过现场或室内试验测定;

Q_p ——坡面汇流洪峰流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

q ——透水率;

V ——尾矿库全库容,为贮存尾矿库总库容和截渗蓄洪库总库容之和,单位为立方米(m^3);

W ——多次洪水总量,单位为立方米(m^3)。

3 基本规定

- 3.0.1 生态型尾矿库修建前应进行尾矿循环综合利用的规划和方案设计。
- 3.0.2 应统一筹划生态型尾矿库的勘察、设计、施工、运行管理、闭库各阶段工作。
- 3.0.3 生态型尾矿库必须进行多库调节设计、防渗设计、防风沙扬尘设计。
- 3.0.4 金属矿山生态型尾矿库的新建、既有尾矿库向生态型尾矿库的转变改造应坚持因地制宜、因库制宜、安全可靠、绿色环保、经济合理的原则,应注重采用新技术、新工艺、新材料和新设备。
- 3.0.5 新库设计时应按生态型尾矿库的布置要求进行库址、坝址选择和优化,尾矿库地形应适宜于拦洪库、贮存尾矿库、截渗蓄洪库、截洪廊道的设置。
- 3.0.6 生态型尾矿库的岩土工程勘察除常规勘察外,应以水文地质勘察为主,查明尾矿库内岩土的渗透力学特征,尾矿库内可能的渗漏区域、通道等。
- 3.0.7 既有库改造成生态型尾矿库时,应制定改造规划设计方案,按改造规划设计方案进行检测、测绘、勘察。
- 3.0.8 新建生态型尾矿库内存在渗漏通道时,应进行防渗治理。防渗工程较复杂时,应开展防渗工程的技术工艺和工程材料适宜性现场试验。
- 3.0.9 既有尾矿库存在渗漏通道时,应进行截渗结构方案论证,宜采用综合治理方法。截渗工程较复杂时,应开展截渗工程的技术工艺和工程材料适宜性现场试验。

3.0.10 新建生态型尾矿库宜避免全库铺设土工膜的防渗方案,不宜采用单一的渗透系数 K 值作为尾矿库全库范围内铺设人工合成防渗材料的依据。应通过岩土工程勘察查明库内岩土工程地质条件、水文地质情况、渗透力学特性,对库内岩土体整体渗透性能进行评价,重点处理裂隙、断层等不良地质构造造成的渗漏通道,对渗漏通道进行防渗处理后的沟谷可作为生态型尾矿库库址。

3.0.11 新建生态型尾矿库时,可根据尾矿库的岩土工程地质及渗透力学特征,分析研究尾矿库的极限渗流边界。极限渗流边界应在生态不影响范围之内,极限渗流边界的确定可结合水文地质勘察、渗透参数、三维渗流分析等确定,既有库改造时,宜辅以岩土工程钻探及试验等予以验证。

3.0.12 生态型尾矿库应进行库区及坝址防渗技术方案的研究论证,采用生态、安全、环保、经济、可行的防渗方案。

4 生态型尾矿库修建

4.1 既有库改造

4.1.1 应根据既有库地形、地貌测绘尾矿库现状地形图,坐标系应采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000),高程系统应采用 1985 国家高程基准,比例尺:流域 1:10000~1:50000;库区 1:1000~1:2000;坝址 1:500,测绘区域为尾矿库所在微小流域分水岭外 200m。

4.1.2 应对尾矿库进行岩土工程勘察,探明初期坝、堆积坝物理力学参数,查明水文地质情况,查明尾矿坝浸润线埋深情况,查明尾矿库渗漏情况,若尾矿库存在渗漏时需探明渗透区域及渗流边界。

4.1.3 应确定尾矿库是否为近零排放尾矿库,改造时应查明并核算洪水期进库洪水是否外排。

4.1.4 根据岩土工程勘察结果,应对既有库进行评价和判定,确定实际渗流边界、极限渗流边界和允许渗流边界,对存在渗漏的尾矿库进行防渗处理。

4.1.5 洪水计算宜采用微小流域坡面汇流的计算方法,经校核既有库在洪水期不满足近零排放的调洪要求时,宜设置截渗蓄洪库和截洪廊道进行分洪和多库调节。

4.1.6 应根据既有库所在位置地形地貌条件结合尾矿库现状,设置拦洪坝、截洪廊道、截渗蓄洪坝、回水设施,形成多库调节系统。

4.1.7 应根据本标准生态型尾矿库判定表 11.2.11、表 11.2.12 确定生态型尾矿库等级,确定既有库改造的目标和达到的标准。

4.2 新库建设

4.2.1 应进行现场踏勘、测绘拟建尾矿库区域地形图,坐标系应采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000),高程系统应采用 1985 国家高程基准,比例尺:流域 1:10000~1:50000;库区 1:1000~1:2000;坝址 1:500,进行多库址比较,选择经济合理、适合建设生态型尾矿库的库址。

4.2.2 拟建尾矿库库址区域进行生态型尾矿库勘察应符合下列规定:

- 1 查明生态型尾矿库建设的水文地质条件;
- 2 查明各土层、岩层物理力学特征;
- 3 查明各土层、岩层渗透系数;
- 4 查明拟建区域存在的断层、裂隙、溶洞、泥石流、滑坡等不良地质及构造;
- 5 其他要求。

4.2.3 应根据岩土工程勘察和尾矿库工程试验研究进行地形和渗透性评价和判断,初步确定拟建库址区域实际渗流边界、极限渗流边界和允许渗流边界,选择合理、环保的防渗技术,确保库内水在水平方向和垂直方向均不超出允许渗流边界。

4.2.4 尾矿库上游应设置拦洪坝,并连接环库截洪廊道,将尾矿堆积边界线以外的洪水截排至库外,实现洪水分流和清污分流。

4.2.5 尾矿库下游应设置截渗蓄洪坝,防止库内污水从谷底和坝肩渗漏。

4.2.6 应根据地形条件,按微小流域的洪水计算方法计算设计标准下的洪水总量,根据计算结果设置截渗蓄洪库,洪水期可通过截渗蓄洪库进行调洪,确保洪水期库内水近零排放,截渗蓄洪库内水可通过回水系统返回选厂循环利用或进入水处理系统处理达标排放。

4.2.7 尾矿库建设完成后,应根据周边环境恢复建设期破坏的植被、水系等,与周边环境相协调。

4.2.8 生态型尾矿库新库建设标准为:正常运行情况下库内水不外排不渗漏;设计标准的洪水运行情况下采用多库调节期间洪水不外排;非常情况和极端情况下,为保证大坝安全,可不作限制。

4.2.9 应根据本标准 11.2.11 条及 11.2.12 条规定确定尾矿库等别,确定目标和达到的标准。

4.3 多库调节与近零排放

4.3.1 地表水近零排放应符合以下规定:

1 正常情况和设计标准下贮存尾矿库内洪水进行多库调节并回收利用;

2 污染尾矿水应储存在贮存尾矿库及截渗蓄洪库内;

3 地表水可以通过以下途径消耗:回水利用、水面蒸发、污水处理达标后排放。

4.3.2 地下水近零排放应符合以下规定:

1 尾矿库极限渗流边界应控制在允许渗流边界以内;

2 尾矿库库区范围宜形成完整的空间隔水盆,尾矿水不会渗出隔水盆外;

3 沟谷型尾矿库的下游应设置截渗蓄洪坝,渗透污水需限制在截渗蓄洪库内,截渗蓄洪坝应按不透水坝设计,且设严格的坝下截渗;

4 沟谷型尾矿库上游应设置拦洪坝,拦洪坝的设计应严格控制库外清水和库内污水混流。拦洪坝应按不透水坝设计,且设严格坝下截渗。

4.4 扬尘防治

4.4.1 生态型尾矿库滩面、坝面均宜设置防尘设施,确保生产期

不扬尘不起沙。

4.4.2 滩面扬尘防治:湿排生态型尾矿库应合理均匀放矿,保持滩面湿润,不扬尘、不起沙;干排生态型尾矿库滩面宜采用有效的防尘措施,不宜采用塑料制品覆盖。

4.4.3 坝面扬尘防治:初期坝和堆积坝外坡面均应设置护坡,气候干燥、降雨量小的地区可采用干砌块石护坡,雨量充沛地区可采用植草防护或其他覆盖设施,不宜采用塑料制品覆盖。

4.5 生态修复

4.5.1 生态型尾矿库建设期会影响拟建区域生态环境,施工完成后宜根据建设前生态环境情况进行生态恢复,保持建设后与周边环境相协调。

4.5.2 生态型尾矿库达到服务年限必须进行闭库生态恢复。

4.6 尾矿循环利用

4.6.1 尾矿库内有价元素可进行回采,提升尾矿利用率,尾矿回采应有安全合理的回采方案,回采前提是不破坏尾矿库初期坝、排洪设施、防排渗设施、监测设施、环保设施以及其他尾矿库重要附属设施。

4.6.2 尾矿库内有害元素可根据实际情况在可行、经济、环保的前提下进行分离,指定专用场所储存。

4.6.3 根据采矿工艺尾矿可进行井下充填,充填时需对充填区域进行勘察,要求充填区域无不良地质构造,充填后不污染地下水,并按充填的相应技术标准进行设计。

4.6.4 根据尾矿成分、粒径,尾砂可用于制砖或作为水泥骨料等建筑材料,以减小尾矿库堆存区域和范围、减少尾矿污染,形成可循环利用的生态型尾矿库。

5 测 绘

5.1 一般规定

- 5.1.1 应建立或利用尾矿库测量控制网,测绘尾矿库地形图,作为生态型尾矿库的设计、建设、运营、管理、闭库恢复全过程的重要依据。
- 5.1.2 沟谷型尾矿库宜沿沟的分水岭外扩 200m 进行测绘;非沟谷型尾矿库宜按尾矿库边界范围外延 500m 进行测绘。
- 5.1.3 坐标系应采用 2000 国家大地坐标系(CGCS2000),高程系统应采用 1985 国家高程基准。
- 5.1.4 根据尾矿库规模大小和各阶段的需要,地形图成图比例尺可选用 1:500,1:1000,1:2000 等。
- 5.1.5 尾矿库应每三到五年进行一次复测,复测周期可根据实际情况和管理需要进行调整,成果应包括数字线划图、数字正射影像图、数字三维模型等。
- 5.1.6 为了保证测绘成果的质量,对测绘仪器、设备应定期检验、校正和维护,确保测绘使用的仪器设备在检验期内并运行良好。
- 5.1.7 地形图使用的图式符号应符合《国家基本比例尺地图图式》GB/T 20257 的规定。
- 5.1.8 成果文件以中误差和允许误差(限差)作为评定测量精度的标准,允许误差(限差)宜采用中误差的两倍值。
- 5.1.9 生态型尾矿库修建测绘除应符合本标准规定外,应符合《工程测量标准》GB 50026 的有关规定。

5.2 控制测量

5.2.1 应在尾矿库周边建立不少于6个平面控制点和高程控制点,控制点应布设在尾矿库淹没区域之外土质坚实、地基牢固、利于观测、扩展和长期保存的地方。

5.2.2 各等级控制点应埋设标石,四等及以上平面控制点应绘制点之记,各等级高程控制点应绘点之记。

5.2.3 平面控制测量应符合以下规定:

1 尾矿库首级控制网的布设范围和等级的选择,可依据尾矿库范围大小,参照表5.2.3选定;

表5.2.3 尾矿库首级平面控制与测量方法

尾矿库面积(km ²)	首级控制	测量方法
100 以上	三等网	GNSS 静态测量
10 ~ 100	四等网	GNSS 静态测量
10 以内	一、二级	RTK 测量

2 各等级控制网均可作为首级控制网,在满足精度指标的情况下,各等级控制网可越级布设,也可同等级扩展和加密;

3 平面控制网的基本精度应符合下列规定:

- 1) 三、四等网最弱相邻点的点间中误差不应大于5cm;
- 2) 一、二级网最弱点的点位中误差(相对于起算点)不应大于5cm;
- 3) 平面控制点实地位置的选择:应选在土质坚实、稳固,利于扩展和长期保存的地方;卫星定位点的点位周围不应有强烈干扰卫星信号的物体,高度角15°以上范围不应有遮挡物;四等及以下的卫星定位点应至少有一个通视方向。

5.2.4 高程控制测量应符合以下规定:

1 尾矿库高程控制网等级的划分,依次为三、四等水准及等

外水准,各等级水准均可作为尾矿库的首级高程控制。尾矿库首级高程控制网可采用水准控制网,其布设范围和等级选择应符合表 5.2.4 的规定;

表 5.2.4 尾矿库首级高程控制和加密层次

尾矿库面积(km ²)	首级控制	加密控制
100 以上	三等水准网	四等水准、等外水准
10 ~ 100	四等水准网	等外水准
10 以下	等外水准网	——

2 尾矿库高程控制网宜采用水准测量方法施测,四等可采用全站仪三角高程测量方法,等外水准可用 GNSS 拟合高程测量方法;

3 尾矿库高程控制网的最弱点高程中误差,三、四等不应大于 3cm;

4 尾矿库首级高程控制网应布设成环形网,加密网宜布设成附路线结点网或闭合环;

5 水准测量的技术要求应符合《工程测量标准》GB 50026 的规定。

5.3 尾矿库测绘

5.3.1 地形图的比例尺可根据工程建设各阶段的需要,参照表 5.3.1 的规定选择;

表 5.3.1 测图比例尺的选择

比例尺	工程建设阶段及用途
1 : 5000	总体规划、尾矿库选址、方案比较
1 : 2000	详细规划、初步设计
1 : 1000	初步设计、施工图设计
1 : 500	尾矿坝施工图设计、竣工验收、地理信息系统建设

5.3.2 新建尾矿库测绘时若存在陡崖、峭壁等特殊的地形情况，在地形图上应用特定的符号表示出来。

5.3.3 既有库测绘应符合以下规定：

1 既有库的地形是一个动态的变化过程，宜按要求在不同时间节点进行测绘，作为运营、管理和尾矿库容、大坝稳定验算的依据；

2 既有库地形图测绘宜优先采用无人机测绘，在尾矿库闭库后应进行测绘，作为尾矿库闭库后生态修复情况评价的最终依据，无人机测绘应符合附录 B 的规定；

3 尾矿库测绘时应准确测绘出堆积坝情况、尾矿库干滩、尾矿沉积内滩、尾矿库水面范围、库内主要构筑物、临时构筑物、其他设施等；

4 既有库测绘时应附加包括运行时间各时段和闭库时的尾矿库堆积坝剖面图，以用于尾矿大坝的边坡控制和稳定性分析；

5 既有库地形图成果应包括数字线划图、数字正射影像图、数字三维模型等。

6 检 验

6.1 一般规定

6.1.1 生产经营单位应定期对尾矿库中的有价元素、有害元素进行分析检验。

6.1.2 生产经营单位应对尾矿库水及尾矿库周边的地表水和地下水进行检验,作为尾矿综合利用和环境监控的依据。

6.2 尾矿渣元素分析

6.2.1 尾矿采样应符合以下规定:

1 在尾矿采样前,应首先进行采样方案(采样计划)设计。方案内容应包括采样目的和要求、现场踏勘、采样程序、安全措施、质量控制、采样记录和报告等。

2 宜从尾矿库中采集具有代表性的样品,通过试验和分析,获得在允许误差范围内的数据。

3 宜调查尾矿的种类、形态、数量以及尾矿的产生(处置)单位、产生时间等信息,并进行现场踏勘。

4 宜选派采样人员,确定采样点,选择采样工具,确定采样数量,制定质量控制措施。

5 采样时应记录尾矿的名称、来源、数量、地点、采样点、样品编号、样品量、采样日期、采样人等。

6 应根据尾矿库中尾矿堆放面积和堆放深度进行布点。可按对角线型、梅花型、棋盘型、蛇型等点分布确定采样点;一般要求每个尾矿库最少设置3个垂直点位;每个点位按尾矿深度设置表层、中

层、底层取样点。为保证取样的代表性,每个点位取样量至少 500g。

7 采样工具可包括:尖头钢锹;钢锤;采样探子;采样钻;气动和真空探针;取样铲;带盖盛样桶或内衬塑料薄膜的盛样袋。

8 质量控制应符合以下规定:

- 1) 为保证在允许误差范围内获得尾矿库的具有代表性的样品,应在采样的全过程进行质量控制;
- 2) 对采样人员应进行培训,应由受过专门培训、有经验的人员承担,采样人员应熟悉尾矿的性状、掌握采样技术、懂得安全操作的有关知识和处理方法,采样时,应由 2 人以上在场进行操作;
- 3) 采样工具、设备所用材质不能和待采尾矿有任何反应,不能使待采尾矿污染,采样工具应干燥、清洁,便于使用、清洗、保养、检查和维修。

6.3 有价值元素分析

6.3.1 根据不同尾矿的类别,尾矿中的有价值金属主要包括金、银、铜、铅、锌、镉、锰、镍、铝、锡、钴、铋等元素,推荐的分析方法参考表 6.3.1。

表 6.3.1 尾矿有价值元素推荐分析方法

尾矿种类	有价值元素	推荐分析方法
金矿	金	《金矿石化学分析方法 第 1 部分:金量的测定》GB/T 20899.1
银矿	银	《银精矿化学分析方法 第 1 部分:金和银含量的测定》YS/T 445.1
铜矿	铜	《铜原矿和尾矿化学分析方法 第 12 部分:铜、铅、锌、镍、钴、镉、镁和锰量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》YS/T 1115.12

续表 6.3.1

尾矿种类	有价值元素	推荐分析方法
铅锌矿	铅	《铜矿石、铅矿石和锌矿石化学分析方法 第2部分:铅量测定》GB/T 14353.2
	锌	《铜矿石、铅矿石和锌矿石化学分析方法 第3部分:锌量测定》GB/T 14353.3—2010 中 AAS 法
铋矿	铋	《铋矿石化学分析方法 铋量测定》GB/T 15925
锰矿	锰	《锰矿石 锰含量的测定 电位滴定法和硫酸亚铁铵滴定法》GB/T 1506—2016 中方法 2
镍矿	镍	《红土镍矿化学分析方法 第1部分:镍量的测定 火焰原子吸收光谱法》YS/T 820.1
铝矿	铝	《铝土矿石化学分析方法 第1部分:氧化铝含量的测定 EDTA 滴定法》YS/T 575.1
锡矿	锡	《锡矿石化学分析方法 锡量测定》GB/T 15924
钴矿	钴	《钴矿石化学分析方法 钴量测定》GB/T 15922
铋矿	铋	《铋矿石化学分析方法 铋量测定》GB/T 15926
各类尾矿	22 种金属	《固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 781
各类尾矿	17 种金属	《固体废物 金属元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 766

6.4 有害元素分析

6.4.1 尾矿中的有害金属元素主要包括铅、镉、汞、砷、六价铬。矿石冶炼过程中加入的某些药剂,如氰化物等,宜一并检测。推荐的分析方法参考表 6.4.1。

表 6.4.1 尾矿有害元素推荐分析方法

检测指标	推荐分析方法
铅、镉	《固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 781
	《固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 781
汞、砷	《固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解-原子荧光法》HJ 702
六价铬	《固体废物 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 15555.4
	《固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法》HJ 687
氰化物	《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》GB 5085.3

6.5 水质分析

6.5.1 地表水分析应符合下列要求：

- 1 地表水的采样可参考《地表水环境质量监测技术规范》HJ 91.2；
- 2 地表水分析项目可参考《地表水环境质量标准》GB 3838—2002中表 1 项目。

6.5.2 地下水分析应符合下列要求：

- 1 地下水的采样可参考《地下水环境监测技术规范》HJ 164；
- 2 地下水分析项目可参考《地下水质量标准》GB/T 14848—2017 中表 1 项目。

6.5.3 尾矿水分析应符合下列要求：

- 1 尾矿水的采样可参考《地表水环境质量监测技术规范》HJ 91.2；
- 2 尾矿水分析项目可参考《地表水环境质量标准》GB 3838—2002中表 1 项目。

7 勘 察

7.1 一般规定

7.1.1 生态型尾矿库岩土工程勘察应依据委托单位提供的勘察任务书进行。任务书的内容应符合本标准附录 A 的要求。生态型尾矿库勘察纲要应根据勘察目的和技术要求,在现场踏勘、搜集和分析已有资料的基础上编制。

7.1.2 本节适用于新建库及既有库生态型尾矿工程的初期坝、拦洪坝、尾矿坝、截渗蓄洪坝、库区、排水井或斜槽、排水涵管、截洪廊道等的工程勘察。

7.1.3 生态型尾矿库勘察是对既有尾矿库现状库区渗漏情况进行勘察和对新建库渗漏情况的预先勘察。

7.1.4 当满足尾矿库基本地质条件或岩体渗透系数达到 10^{-6} cm/s 量级时,经试验研究论证后可不采取全库防渗措施。

7.1.5 生态型尾矿库勘察应根据要求留存影像资料。

7.1.6 生态型尾矿库勘察的重点是水文地质勘察,应按《岩土工程勘察规范》GB 50021、《供水水文地质勘察规范》GB 50027、《尾矿堆积坝岩土工程技术标准》GB 50547、《有色金属工业岩土工程勘察规范》GB 51099 中的相关规定执行。

7.2 勘察内容

7.2.1 新建、改扩建生态型尾矿库勘察工作应以水文地质勘察为重点,符合下列要求:

- 1 详细查明坝基、坝肩以及各拟建构筑物地段的岩土组成、

分布特征、工程特性,提供岩土的强度和变形参数;

2 分析和评价坝基、坝肩、库岸、溢洪道等的稳定性,对潜在的不稳定因素提出治理措施建议;

3 分析和评价坝基、坝肩、库区的渗漏及其对环境的影响,提出防治渗漏的措施建议;

4 查明场地内的潜在不良地质和水文地质作用,对渗漏区域、渗漏通道等提出治理措施建议;

5 分析和评价排水井和排水管地基的压缩性和变形特征,当地基不均匀或存在软弱地基时,应提出地基处理措施建议;

6 判定水和土对建筑材料的腐蚀性。

7.2.2 既有生态型尾矿库勘察除应符合本节 7.2.1 条的规定外,还应采用工程地质勘察和水文地质勘察,并结合三维渗流分析及物探手段,综合提出尾矿水渗流的途径及渗流边界范围,为尾矿库的近零排放提供依据。

7.3 工程地质与水文地质

7.3.1 应查明库区(新建、改扩建及既有库)周边断裂、褶曲的位置、构造线走向、产状等形态特征和地质力学特征,岩层的产状和接触关系,软弱结构面的发育情况及其与工程的关系。

7.3.2 对既有库应查明库区周边有无单薄分水岭、低邻谷和贯穿库外的透水层、断层破碎带、古河道,可溶岩分布库段的岩溶发育规律、泉水及地下水分水岭的分布高程、相对隔水层的分布及封闭条件、地下水与河水的补给与排泄关系等,评价渗漏的可能性、渗漏途径、渗漏性质(管道、溶隙)及其对库区的影响。

7.3.3 应查明库区周边的地形地貌的类型、成因、特征与发展过程,与岩性、构造等地质因素的关系,与工程地质条件的关系。

7.3.4 应查明库区周边地层的层序、厚度、时代、成因及其分布情况、岩性、风化破碎程度及风化层厚度、土石类别、工程性质及

对工程的影响等。

7.3.5 地表水与地下水的勘察应符合下列规定：

1 查明地表水(既有库时包括尾矿水)的汇水面积、分布范围、水位、流量、流速及其动态变化,历史上出现的最高洪水位、洪峰流量及淹没范围、地表水对库区补给的方式、地段；

2 查明库区周边孔隙含水层的成因类型、分布、厚度,含水介质的岩性、结构、粒度、磨圆度、分选性、胶结物、胶结程度,含水层的富水性、渗透性及其变化;应查明含(隔)水层的组合关系,各含水层之间、含水层与弱透水层以及与地表水之间的水力联系；

3 查明库区周边裂隙含水层的裂隙性质、规模、发育程度、分布规律、充填情况及其富水性、透水性、含水层与其相对隔水层的组合特征及其与各含水层和地表水的水力联系。

7.4 勘探与取样

7.4.1 新建、改扩建生态型尾矿库勘察勘探及取样应满足现行有关标准的规定。

7.4.2 当工程需要时,可布置探井和探槽。

7.4.3 在查明隐伏断层的位置、破碎带的宽度、岩溶发育情况及水文地质条件等时,可辅以物探的方法。

7.4.4 勘探线应在工程地质调查和测绘的基础上,布置在对库区防渗评价有代表性的地段,勘探线方向宜垂直库区边线。每个坝应在预估容易发生渗流的地段布置不小于1条的主要勘探线,其下游端宜达到截渗蓄洪坝下游约30m,其上游端宜达到自坝顶起相当于拟评价坝高2倍~3倍的距离,且应在拦洪坝前布置钻孔。其它勘探线的长度可按实际条件控制。

7.4.5 主坝的勘探线数量不应少于3条。

7.4.6 拦截谷口建库的堆积坝的勘探线、勘探点间距应符合表7.4.6的规定。

表 7.4.6 勘探线、勘探点间距 (m)

尾矿坝级别	勘探线间距		勘探点间距	每条勘探线上勘探点数量
	坝体以粉性、粘性尾矿为主	坝体以砂性尾矿为主		
1~3	≤200	≤250	30~60	不宜少于6个
4、5	≤100	≤150	20~50	不宜少于5个

- 注:1 勘探点间距在主要勘探线上宜取小值,一般勘探线上的坝体地段宜取小值;
 2 当存在软弱夹层,特别是可能产生滑动的夹层时,应增加勘探点;
 3 当需查明初期坝的工程地质和水文地质条件时,在初期坝地段应符合初期坝勘察的要求;
 4 当有适用的前期堆积坝勘察资料时,勘探点数量可适当减少。

7.4.7 围地筑坝建库的堆积坝勘探线应布置在需评价的各坝段,主坝勘探线数量不应少于3条,其它坝段不应少于2条;勘探点间距宜符合本标准表7.4.6的规定。

7.4.8 勘探孔深度应符合下列要求:

- 1 控制性勘探孔不应少于勘探孔总数的1/2,且每条勘探线上不应少于3个;
- 2 所有勘探孔深度应进入原天然地面以下1m~2m,其中控制性勘探孔深度应满足表7.4.8的规定。

表 7.4.8 控制性勘探孔深度(进入原天然地面以下)(m)

尾矿坝级别	下游坝坡	沉积滩
1~3	15~20	5~8
4、5	10~15	3~5

- 注:1 若表中所列勘探孔深度以下存在软弱地层时,勘探孔深度应穿过软弱地层;
 2 在勘探深度内遇见稳定基岩时,孔深可减小;
 3 场地内存在岩溶等不良地质作用时,勘探点深度应另行确定;
 4 当坝体和堆场内设有加筋或防渗层时,勘探孔深度可根据情况进行调整。

7.4.9 既有库勘察应符合新建、改扩建尾矿库勘察的规定以

外,还应符合以下规定:

1 沿尾矿库周边应布置不少于6条勘探线,每条勘探线布置钻孔不宜少于3个。

2 布孔应符合下列要求:

1)第一个钻孔布置在库区内,第二个钻孔布置在库区外,两个钻孔间距10m~30m(根据现场地形条件布置);

2)采用pH试纸先在尾矿库拦洪坝上游测试地表水的pH值作为背景值,然后测钻孔中地下水的pH值,与背景值对比,初步判定地下水是否受尾矿水影响,再确定第3个钻孔布置在两个钻孔之间,还是向外侧延伸;

3)第4、5勘探孔与同侧的第2、3勘探孔间距为10m~30m(根据现场地形条件布置);采用pH试纸先在尾矿库拦洪坝上游测试地表水的pH值作为背景值,然后测钻孔中地下水的pH值,与背景值对比,初步判定地下水是否受尾矿水影响,再确定第4个和第5个钻孔布置在1、2(3)两个钻孔之间,还是向外侧延伸。

3 所有勘探孔深度高程应进入尾矿库库底高程以下10m~15m。

4 既有库勘察时应在尾矿库拦洪坝的上游采取地下水环境背景值(本底值)不应少于2组;采取库区尾矿水不应少于2组,每个钻孔遇到地下水时均应采取地下水,并根据地层分层取水。根据需要采取相邻沟谷泉水、地表水样。钻孔中水样应在洗孔干净,抽(提)干孔内的水,静置24h,等孔内重新渗出地下水后采取;采取入岩后不同深度的水样。尾矿水、泉水、地表水与钻孔水样同时采取,封好瓶口,应在规定时间内送至试验室。

7.4.10 所有勘探点均应测定地下水位,地下水位的量测应符合下列规定:

1 遇地下水时应量测水位;

- 2 应在稳定水位下进行地下水位量测；
- 3 对工程有影响的多层含水层的水位量测,应采取分层隔水措施,将被测含水层与其它含水层隔开。

7.4.11 采取岩土试样应符合下列规定：

- 1 所有钻孔和探井均应取样；对以粉性和粘性为主的尾矿应采用薄壁取土器或回转取土器采取不扰动试样,对砂性为主的尾矿土应采用取砂器采取不扰动试样；取样的垂直间距宜为1.0m~3.0m；
- 2 每一主要尾矿层和土层的不扰动试样数量应满足试验项目和统计分析的需要；
- 3 对软弱夹层,特别是可能产生滑动的夹层,应采取试样；
- 4 当尾矿层和岩土层不均匀时,应增加取样数量；
- 5 岩石取样,强风化带按间距2.0m,中等风化~微风化按间距5m~10m取岩芯样；
- 6 所有标准贯入试验点均应采取扰动试样；
- 7 堆积坝场地应采取水、土试样,并进行水、土对建筑材料腐蚀性的试验,水、土试样数量分别不宜少于3件。

7.4.12 地表水及地下水样品的采集应符合下列规定：

- 1 采样器具应选用直立式采水器和棕色玻璃采样瓶。
- 2 采样器及采样瓶的洗涤方法应符合下列要求：
 - 1)用专用洗涤剂清洗一次,再用自来水清洗二次；
 - 2)用1+3HNO₃荡洗一次,再自来水清洗三次；
 - 3)用蒸馏水清洗；
 - 4)当在不同点位进行水样采集时,应按上述要求重新洗涤。
- 3 采取水样应符合下列要求：
 - 1)选用1000mL棕色玻璃瓶；
 - 2)采样前先打碎可能存在地下水面的油膜。

4 垂直放入水面下 30cm 处,打开瓶塞,边采水边向上提,在到达水面时剩余适当空间连同表层水一并采集;地下水采样量不应少于 1000mL。

5 采样过程中应符合下列要求:

- 1) 水样应单独采集,采样前应按本标准 7.4.12 条第 2 款的要求对采样瓶进行清洗;
- 2) 水样标签应由专人填写,并做好采样记录:标签应注明工程名称、地点、坐标、识别号、采样时间、样品名称、采样深度等,并粘贴于采样瓶上;
- 4) 采样记录内容、页码、缩号应齐全,便于核查,修改时应注明修改人及修改时间;
- 5) 在采样过程中出现水体不均匀无法采到代表性水样等异常情况时,应立即记录并保留现场相关影像记录;
- 6) 采样结束,应检查采样记录、样品瓶标签,在采样示意图上标明采样地点名称及坐标,并做好记录。

6 水样的保存及运输应符合下列要求:

- 1) 水样应及时试验,清洁水放置时间不宜超过 72h,稍受污染的水不宜超过 48h,受污染的水不宜超过 12h;
- 2) 水样加盐酸酸化至 $\text{pH} \leq 2$,并于 $2^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 下冷藏保存,保存期为 7d;
- 3) 水样运输前应将容器盖密封,同一采样点的样品瓶应装在同一箱中。装箱时应用泡沫塑料隔离,并应标有“切勿倒置”标志;
- 4) 水样交实验室时,应填写交接记录。

7.5 原位测试与室内试验

7.5.1 原位测试与室内试验应符合下列规定:

1 原位测试与室内试验的试验项目、试验方法、试验条件应根据勘察技术要求和尾矿的特征确定。

2 室内试验的样品宜采用天然结构的试样,制样前应进行原状样的质量鉴定。

3 尾矿的室内物理力学性质试验应在工程现场进行。

4 原位测试和室内试验的设备、试验操作应符合有关国家现行标准的规定。

5 本节仅对生态型尾矿库勘察所需的重要原位测试手段进行说明,对于静力触探试验、动力触探试验、十字板剪切试验、抽水试验等应按现有规范进行执行。

7.5.2 压水试验应符合下列规定:

1 新建改扩建生态型尾矿库压水试验可参照《压水试验规程》YS 5216 中有关规定执行。压水试验深度应试验至地层渗透性小于 10^{-6} cm/s 量级连续 3 次以上时方可终止试验。

2 如在钻孔内发现有尾液渗漏情况时(pH 值发生改变),应进入渗漏岩土层一定深度后暂停钻进,清除孔内残留岩芯、渗漏尾液等,静置不少于 24 小时,记录渗漏段地层厚度、渗漏量、水位等。有多层渗漏岩土层时,应钻进一层,观测记录一层,然后封堵该层,钻进下一层,直至钻孔进入未渗漏岩土层,查明各渗漏岩土层渗漏情况。压水试验孔孔径为:110mm、90mm。在特殊孔径条件下,要作相应修正,主要是当孔径很大,而试验段长度较短时,与试验段假设不相符。试验工作现场完成后,可与试验区归属单位协商,保留一定数量的长期水位观测孔,进行长时间尾液渗漏情况观测分析。

3 试验资料整理应包括校核原始记录,绘制 $P-Q$ 曲线,确定 $P-Q$ 曲线类型和计算试段透水率等。

4 岩土体、岩体、土体的渗透性据其渗透系数 K 或透水率 q ,可按表 7.5.2-1、2、3 分级。

表 7.5.2-1 岩土体渗透性分级

渗透性等级	标准	
	渗透系数 K (cm/s)	透水率 q (Lu)
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1$
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	$q \geq 100$
极强透水	$K \geq 1$	

表 7.5.2-2 岩体渗透性等级

等级	透水率 q (Lu)	岩体特征
极微透水	$q < 0.1$	完整, 裂隙等价张开度 $< 0.025\text{mm}$
微透水	$0.1 \leq q < 1$	裂隙等价张开度 $0.025\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$
弱透水	$1 \leq q < 10$	裂隙等价张开度 $0.05\text{mm} \sim 0.1\text{mm}$
中等透水	$10 \leq q < 100$	裂隙等价张开度 $0.1\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$
强透水	$q \geq 100$	裂隙等价张开度 $0.5\text{mm} \sim 2.5\text{mm}$
极强透水		裂隙等价张开度 $> 2.5\text{mm}$, 连通孔洞

表 7.5.2-3 土体渗透性分级

等级	渗透系数 K (cm/s)	土类
极微透水	$K < 10^{-6}$	黏性土
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	黏性土 ~ 粉土
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	粉土, 含细粒土砂
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	砂, 含砂砾石
强透水	$10^{-2} \leq K < 1$	砾砂, 卵石
极强透水	$K \geq 1$	均匀的漂砾

7.5.3 试坑注(渗)水试验应符合下列规定:

- 1 试坑注水试验适用于测定尾矿层的垂直渗透系数; 钻孔注

水试验适用于测定尾矿层的垂直渗透系数和水平渗透系数。

2 当尾矿层位于地下水位以上,且地下水位埋深大于 5m 时,可采用试坑注水法;对砂性尾矿层宜采用单环注水法;对黏性、粉性尾矿宜采用双环自流注水法。

3 对地下水位以上或以下的渗透性较弱的粉性、粘性或砂性尾矿宜采用钻孔降水头注水法;对地下水位以下渗透性较强的砂性尾矿、初期坝堆积层宜采用钻孔常水头注水法。

4 注水试验成果整理应包括下列内容:

1) 试坑单环法和试坑双环法的成果整理应绘制稳定流量 Q 与时间 t 关系曲线 $Q=f(t)$, 并计算试验土层的垂直渗透系数 K_v ;

2) 钻孔降水头法应绘制水头高度 H 与初始水头高度 H_0 之比 H/H_0 与时间 t 的关系曲线, 确定滞后时间 T ; 钻孔常水头法应绘制流量 Q 与时间 t 的关系曲线, 确定稳定流量。两种方法各根据试验段的渗水方式和试验装置条件计算试验段尾矿层的水平渗透系数 K_h 、垂直渗透系数 k_v 和平均有效渗透系数 k_m 。

7.5.4 地下水流向、流速测定可按下列要求进行:

1 地下水流向测定的方法宜采用几何法(三角形井孔法)测定。

2 地下水流向、流速测定时宜采用无污染的食盐作为示踪剂,以满足环保要求。

7.5.5 工程物探应符合下列规定:

1 应查明库区地质构造,特别是断裂带、节理裂隙发育带;

2 应查明库区岩体的破碎(漏水)情况;

3 应对岩体进行完整性测试;

4 应查明库区地层结构,主要是覆盖层及风化带厚度;

5 工程物探主要采用高密度电法、浅层地震折射波法、全波列超声波测井等手段,具体可按国家现行相关规范执行。

7.6 试 验

7.6.1 试验应符合下列规定：

1 岩土的物理、力学性质的室内试验,应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 和《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

2 岩石试验和土工试验的试样应具有地质代表性,试验项目、试验方法、技术条件等应符合工程建设勘察、设计、施工的基本要求和特性。

3 岩石试验和土工试验的试样数量和规格应符合相关试验要求。

4 试验资料的整理,应通过对样本的研究来估计岩土体单元特征及其变化的规律,为工程设计和施工提供准确可靠的指标。

5 土工试验所用的仪器、设备应符合现行国家标准《土工仪器的基本参数与通用技术条件》GB/T 15406 的要求,并定期进行检定和校准。

7.6.2 岩石试验应符合下列规定：

1 岩石试验应根据工程需要选择下列项目：

1) 物理性质试验可进行颗粒密度和块体密度测定、吸水率和饱和吸水率测定、崩解试验、膨胀试验及冻融试验等。

2) 力学性质试验可进行单轴抗压强度试验、单轴压缩变形试验、三轴压缩试验、直接剪切试验、轴向拉伸试验和点荷载强度试验等。

3) 对软岩和极软岩可取天然状态下的不扰动试样按土工试验方法进行物理力学试验。

2 岩石单轴抗压强度应分别测定干燥和饱和状态下的强度,并提供相应单轴抗压强度,计算软化系数。

3 岩石单轴压缩变形试验,应绘制应力与纵向应变及横向应

变的关系曲线,提供岩石平均弹性模量、平均泊松比,并提供岩石单轴抗压强度。

4 岩石三轴压缩试验围压可按等差级数或等比级数进行选择,样品不应少于4个,并应根据不同围压相应的轴向应力,绘制莫尔应力圆及抗剪强度包络线,确定岩石三轴应力状态下的强度参数 c 、 φ 值。

5 岩石直剪试验可用于测定岩块、岩石结构面及混凝土与岩石结合面的抗剪强度指标 c 、 φ 值,并应绘制各法向应力下的剪应力和剪切位移及法向位移关系曲线,确定各剪切阶段特征点的剪应力。

6 岩石点荷载强度试验可用于测定岩块的点荷载强度,同一含水状态下每组岩块圆柱体试件数量宜为5件~10件,方块体或不规则体试件数量宜为每组15件~20件。

7 既有库还应进行岩石切片,来观察岩石中是否有尾矿砂充填情况,取样位置为尾矿砂以下岩层。

7.6.3 土的物理性质试验应符合下列规定:

1 土的物理性质试验应按土的类别和工程要求测定下列指标:

- 1) 砂土应测定颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、最大和最小密度;
- 2) 粉土应测定颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、液限、塑限和有机质含量;
- 3) 粘性土应测定比重、天然含水量、天然密度、液限、塑限和有机质含量。

2 土的固结试验应根据工程要求确定试验方法,并提供下列成果:

- 1) 当采用压缩模量进行沉降计算时,应进行压缩试验,最大压力应与最终坝高相适应,并提供 $e-p$ 曲线及各压力段的压缩系数和压缩模量;
- 2) 当考虑土的应力历史进行沉降计算时,应进行先期固结压力试验,最大压力应满足 $e-lgp$ 曲线下段出现较长的

直线段,提供 $e-\lg p$ 曲线及土的先期固结压力、压缩指数与回弹指数;

3) 当需要进行沉降历时分析时,应进行固结系数试验,提供相关土层的固结系数。

3 尾矿的三轴压缩试验应根据计算分析模型选择适用的试验方法,并应符合下列要求:

1) 尾矿坝坝体材料及坝基土的抗剪强度指标类别应根据强度计算方法与土的类别,按《尾矿设施设计规范》GB 50863 第 4.4.1 条规定进行相应试验;

2) 试验应采用不少于 3 种小主应力 σ_3 , 其中最大的小主应力应与拟分析的坝高的自重应力相当;

3) 三轴压缩试验应根据分析计算的要求提供各试验方法相应的应力应变曲线和强度包线,提供相应的强度指标,以及计算模型所需其它各项参数值。

7.6.4 水和土腐蚀性评价

1 尾矿库勘察时,应进行场地水(地下水和地表水)水质分析和土化学成分分析,评价场地水和土对混凝土结构及钢筋混凝土中的钢筋的腐蚀性;当工程有要求时,尚应评价场地土对钢结构的腐蚀性。

2 采取水试样和土试样应符合下列规定:

1) 工程结构处于地下水位以上时,应取土试样作土的腐蚀性的化学分析;

2) 工程结构部分处于地下水位以上,部分处于地下水位以下时,应分别取土试样和水试样作腐蚀性的化学分析;

3) 工程结构处于地表水或地下水中时,应取水试样作水的腐蚀性的化学分析;

4) 水试样和土试样应在工程结构所在的位置采取,每个场

地每个地貌单元不应少于 2 件。当土中盐类成分和含量不均匀时,应分区、层取样,每区、层不应少于 2 件;

5) 水试样应及时试验,水样放置时间应符合相关规定。

3 水、土腐蚀性的分析项目和分析方法应符合表 7.6.4 的规定。

表 7.6.4 水、土腐蚀性的化学分析方法

序号	分析项目	分析方法
1	pH 值	电位法或锥形玻璃电极法
2	Ca ²⁺	EDTA 容量法
3	Mg ²⁺	EDTA 容量法
4	Cl ⁻	摩尔法
5	SO ₄ ²⁻	EDTA 容量法或质量法
6	HCO ₃ ⁻	酸滴定法
7	CO ₃ ²⁻	酸滴定法
8	侵蚀性 CO ₂	盖耶尔法
9	游离 CO ₂	碱滴定法
10	NH ₄ ⁺	钠氏试剂比色法
11	OH ⁻	酸滴定法
12	总矿化度	计算法
13	氧化还原电位	铂电极法
14	极化电流密度	原位极化法
15	电阻率	四极法
16	质量损失	管罐法

注:1 序号 1~7 为判定土腐蚀性应分析的项目,序号 1~12 为判定水腐蚀性应分析的项目;

2 序号 1、13~16 为土对钢结构腐蚀性应分析的项目;

3 场地水、土对混凝土结构、钢筋混凝土结构中的钢筋及钢结构的腐蚀性应根据工程类别按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 或其他相关标准的规定分别进行评价;

4 既有库勘察还应在钻孔内进行水质全分析,分析项目可按本标准第 6 章规定执行。

7.7 既有尾矿库勘察

7.7.1 应搜集既有尾矿库的勘察、设计、施工资料,初步掌握区域地形、地貌、地质构造、水文地质与工程地质条件资料,编制工作大纲,通过工程地质调查与测绘工作、结合物探成果,采用钻探验证的方法,查明尾矿库范围内的断裂构造带或节理、裂隙密集发育带,特别是未胶结的断裂带和延伸出库盆的节理、裂隙密集发育带。

7.7.2 既有尾矿库勘察应符合下列要求:

- 1 应通过钻探试验工作,查明尾矿库区的地层结构与岩性;
- 2 通过钻孔压水试验,获得各类岩层风化带的渗透性及透水性;
- 3 通过现场注水试验,查明第四系覆盖层、尾矿土的渗透性;
- 4 通过采取尾矿库上游水样作为该地下水的本底值,采取钻孔水样、相邻沟谷水样及尾矿液水样进行化学成分分析对比,查明尾矿液渗漏的范围;
- 5 综合分析以上基础成果资料,查明尾矿水和地下水是否有水力联系及尾矿水渗流的通道、途径;
- 6 通过三维数值模拟计算,结合试验成果,提供尾矿水渗流途径及渗流边界。

7.8 成果报告

7.8.1 勘察报告可根据需要附如下附件:工程任务委托书(或含勘察技术要求的勘察合同);勘察纲要;与工程相关的重要函电;与工程相关的审查报告或审查会议纪要;专门性试验、专题研究报告或监测报告;其它需要的报告及资料;勘察文件的文字、术语、符号、数值、计量单位、标点符号均应符合国家现行有关标准的规定。

7.8.2 新建、改扩建库应符合下列要求:

1 勘察报告应在原始资料整理、检查和分析的基础上编制,应做到资料齐全,论证有据,评价正确,建议合理。

2 岩土工程勘察报告应根据任务要求、工程特点、地质条件和所需要评价的问题进行编制,并包括下列内容:

- 1) 工程概况,包括尾矿堆积坝的设计参数、现状条件和运行状况等;
- 2) 勘察技术要求、勘察工作实施的依据和技术标准;
- 3) 勘察方法和勘察工作量;
- 4) 场地位置、地形、地貌及区域地质概况;
- 5) 坝址的工程地质条件,包括地层、地质构造、不良地质作用以及尾矿堆积层的层位分布、岩性特征、沉积规律等;
- 6) 初期坝、堆积坝及坝基岩土的工程性能指标等;
- 7) 堆积坝水文条件和水文地质条件,库区的渗流边界;
- 8) 土和水的腐蚀性评价;
- 9) 场地地震动参数及地震效应评价;
- 10) 场地稳定性和适宜性评价;
- 11) 堆积坝的岩土工程分析和评价;
- 12) 堆积坝存在病患的分析和整治处理措施建议;
- 13) 对监测项目及监测工作的建议;
- 14) 为保障堆积坝的稳定与安全运营的管理方面的建议和措施;
- 15) 结论与建议。

3 勘察报告应附下列图表:

- 1) 勘探点主要数据一览表;
- 2) 图例;
- 3) 勘探点平面布置图;
- 4) 工程地质剖面图;
- 5) 工程地质柱状图;

- 6) 稳定性分析计算图表;
 - 7) 原位测试成果图表;
 - 8) 室内试验成果图表。
- 4 勘察报告可根据需要附下列图表。
 - 1) 区域地质图、渗流边界图;
 - 2) 综合工程地质及水文地质图;
 - 3) 裂隙玫瑰图;
 - 4) 与工程有关的照片;
 - 5) 各种有关的物探测试成果图表;
 - 6) 其它需要的图表。
- 7.8.3 既有库应符合下列要求:
- 1 既有库生态型尾矿库勘察的资料应在已有库区的勘察资料和本次原始资料的基础上进行整理、检查和分析编制,应做到资料齐全,论证有据,评价正确,建议合理。
 - 2 既有库生态型尾矿库勘察报告应根据任务要求、工程特点、地质条件和所需要评价的问题进行编制,并包括下列内容:
 - 1) 工作来源;
 - 2) 工作的主要技术依据;
 - 3) 工作完成的工作量;
 - 4) 现场踏勘;
 - 5) 工程概况,包括尾矿堆积坝的设计参数、现状条件和运行状况等;
 - 6) 工作方法及手段;
 - 7) 试验成果分析;
 - 8) 三维渗流模拟计算;
 - 9) 结果分析;
 - 10) 结论。
 - 3 勘察报告应附下列图表:

- 1) 勘探点主要数据一览表及图例;
 - 2) 勘探点平面布置图;
 - 3) 工程地质剖面图;
 - 4) 工程地质柱状图;
 - 5) 渗流边界图;
 - 6) 尾矿坝工程地质及水文地质剖面图;
 - 7) 原位测试成果图表;
 - 8) 室内试验成果图表(包含水质分析、岩石分析等)。
- 4 勘察报告还需附的资料成果报告:
- 1) 区域地质图;
 - 2) 综合工程地质及水文地质图;
 - 3) 裂隙玫瑰图;
 - 4) 与工程有关的照片;
 - 5) 各种有关的物探测试成果图表;
 - 6) 其他需要的图表。

8 设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 生态型尾矿库设计应先确定渗流边界。
- 8.1.2 生态型尾矿库设计宜采用多库调节、清污分流、循环利用、减少白色污染、减少扬尘的原则。
- 8.1.3 多库调节设计时必须制定生态型尾矿库运行水位,保证贮存尾矿库调洪库容不应小于一次设计暴雨过程(I区)的洪水总量,截渗蓄洪库的库容不应小于两次设计暴雨过程(I+II区)的洪水总量,排洪设施的泄流量应保证贮存尾矿库内的洪水按泄流过程在72h内排入截渗蓄洪库。截渗蓄洪库应留出连续降雨时的蓄洪库容,截渗蓄洪库的存水应及时回到选矿厂生产系统,回水量应与多库调节相适应。
- 8.1.4 生态型尾矿库洪水计算宜按微小流域的计算方法进行计算,贮存尾矿库区洪水宜按坡面汇流的等时线法计算。
- 8.1.5 生态型尾矿库设计宜进行三维渗流分析,地质条件复杂的还宜进行现场渗流试验或渗流模拟试验。
- 8.1.6 生态型尾矿库稳定性计算应按现行相关规范执行。
- 8.1.7 生态型尾矿库等别应根据尾矿库的最终全库容及最终坝高按表8.1.7确定。各使用期的设计等别应根据该期的全库容和坝高分别按表8.1.7确定。当按全库容和坝高分别确定的库等别的等差为一等时,应以高者为准;当等差大于一等时,应按高者降一等确定。

表 8.1.7 生态型尾矿库各使用期的设计等别

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

注:生态型尾矿库的最终全库容应包含贮存尾矿库总库容和截渗蓄洪库总库容。

8.1.8 生态型尾矿库构筑物的级别应根据库的等别及其重要性按表 8.1.8 确定。

表 8.1.8 生态型尾矿库构筑物的级别

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

注:1 主要构筑物系指尾矿坝、排水构筑物、拦洪坝及设施、截渗蓄洪坝及设施、库区截洪廊道等失事后将造成下游灾害的构筑物;

2 次要构筑物系指除主要构筑物外的永久性构筑物;

3 临时构筑物系指施工期临时使用的构筑物。

8.2 库址选择

8.2.1 生态型尾矿库不应设在下列地区:

- 1 风景名胜区、自然保护区、饮用水源保护区;

- 2 国家法律、法规规定禁止建设尾矿库的区域；
- 3 尾矿库失事将使下游重要城镇、工矿企业、铁路干线、高速公路、重要河流等遭受严重影响区域；
- 4 存在溶岩、溶洞、地下暗河、泥石流等不利地质条件及强透水地层的区域。

8.2.2 生态型尾矿库库址选择应根据工程地质及水文地质、汇水面积、库区周边环境、尾矿库类型及堆存方式等因素经多方案技术经济比较综合确定,并应符合下列要求:

- 1 不宜位于大型工矿企业、大型水源地、重要铁路和公路、水产基地及大型居民区上游；
- 2 不宜位于居民集中区主导风向的上风侧；
- 3 汇水面积小,并应有足够的库容；
- 4 避开严重不良地质区域；
- 5 上游式尾矿库库底平均纵坡不应陡于 20%；
- 6 尾矿库应有建设上游拦洪设施、下游截渗及调蓄设施的地形条件。

8.2.3 初期坝坝址的选择应以避开不良工程地质和水文地质条件以及初期坝下游留有足够截渗蓄洪库的库容为原则,并结合尾矿库回水、防洪、堆积坝填筑及施工条件等因素综合确定。

8.2.4 拦洪坝坝址的选择应以避开不良工程地质和水文地质条件以及尽可能多的拦截库外洪水为原则,并结合库外排洪系统的结构形式、地形条件和施工条件等因素综合确定。

8.2.5 截渗蓄洪坝坝址的选择应以避开不良工程地质和水文地质条件以及留有足够截渗蓄洪库的库容为原则,并结合截渗蓄洪库回水、排洪及施工条件等因素综合确定。

8.3 多库调节分区计算

8.3.1 多库调节应符合下列规定:

- 1 生态型尾矿库宜采用多库调节进行洪水调蓄。
- 2 生态型尾矿库宜采用由拦洪库、贮存尾矿库、截渗蓄洪库组成的多库联动蓄洪(水)调节,并应进行动态水量平衡计算。
- 3 尾矿库所在微小沟谷流域分区调洪时应采用尾矿库最终库区边界线进行分区,分为尾矿库上游沟谷汇流区(Ⅲ区)、截洪廊道外侧坡面汇流区(Ⅳ区)、贮存尾矿库区(Ⅰ区)、初期坝下游截渗蓄洪库区(Ⅱ区)。多库调节分区示意图 8.3.1-1。

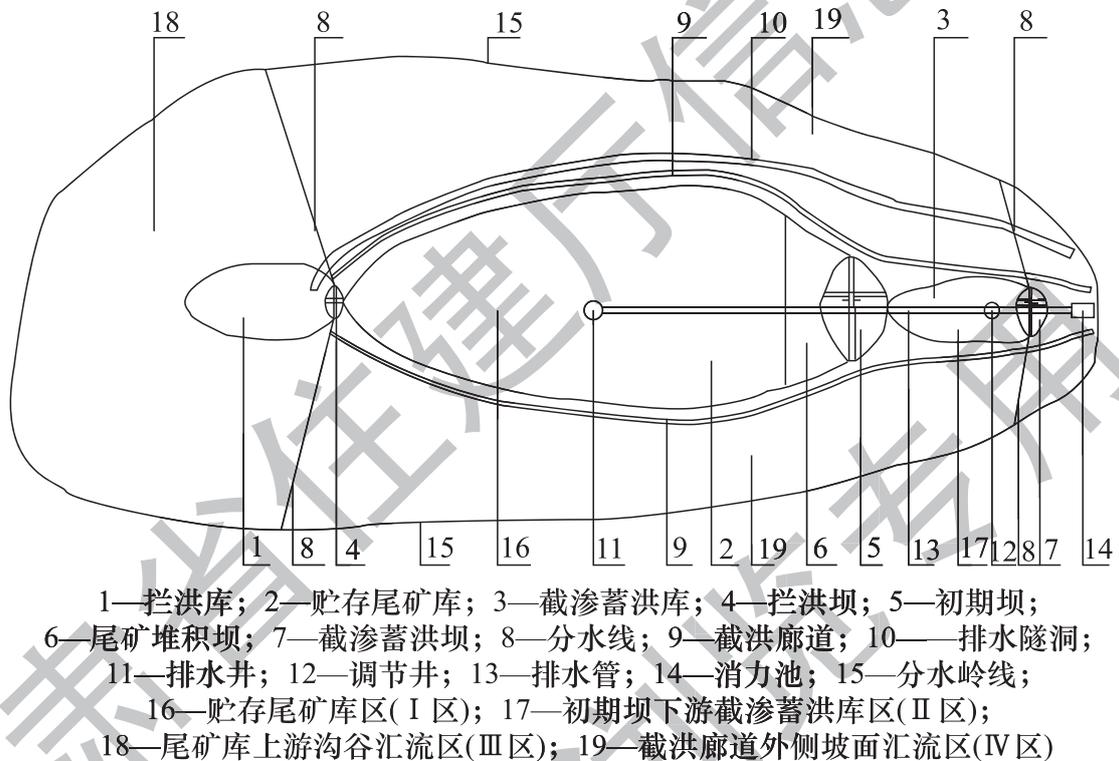
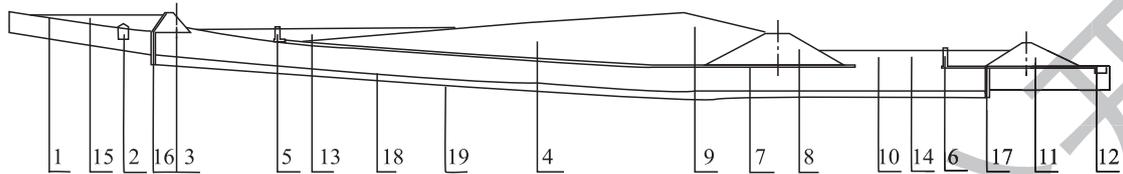


图 8.3.1-1 多库调节分区示意图

4 宜根据分区形成拦洪库、贮存尾矿库、截渗蓄洪库三个可以蓄水的区域,可实现多库分洪调蓄,减小调洪压力,提高尾矿库防洪调蓄能力。多库蓄洪调节尾矿库纵剖面图见图 8.3.1-2, V_1 为贮存尾矿库调洪库容, V_2 为截渗蓄洪库库容, V_3 为拦洪库库容。



- 1—拦洪库；2—排水隧洞；3—拦洪坝；4—贮存尾矿库；5—排水井；6—调节井；
7—排水管；8—初期坝；9—尾矿堆积坝；10—截渗蓄洪库；11—截渗蓄洪坝；
12—消力池；13—贮存尾矿库调洪库容(V_1)；14—截渗蓄洪库库容(V_2)；
15—拦洪库库容(V_3)；16—拦洪库垂直截渗；17—截渗蓄洪坝垂直截渗；
18—基岩层；19—渗流边界

图 8.3.1-2 多库蓄洪调节尾矿库纵剖面图

5 为满足贮存尾矿库近零排放,贮存尾矿库水应有如下解决途径:

- 1) 多库调蓄;
- 2) 加强回水;
- 3) 污水达标排放;
- 4) 蒸发。

6 多库调节时,贮存尾矿库调洪库容、截渗蓄洪库库容、回水及水处理能力应同时满足下列公式:

$$V_1 \geq W_1 \quad (8.3.1-1)$$

$$V_2 \geq 2(W_1 + W_2) + \Delta V \quad (8.3.1-2)$$

$$V + [q_1 + q_2 + H \times (A_1 + A_2)] \times T + \Delta V \geq W \quad (8.3.1-3)$$

$$[q_1 + q_2 + H \times (A_1 + A_2)] \times n \times t \geq W_1 + W_2 \quad (8.3.1-4)$$

式中: W_1 ——I区设计标准的一次洪水总量,单位为立方米(m^3);

W_2 ——II区设计标准的一次洪水总量,单位为立方米(m^3);

V_1 ——I区贮存尾矿库调洪库容,单位为立方米(m^3);

V_2 ——II区截渗蓄洪库库容,单位为立方米(m^3);

A_1 ——I区水面面积,单位为平方米(m^2);

A_2 ——II区水面面积,单位为平方米(m^2);

W ——设计标准的多次降雨洪水总量,单位为立方米(m^3);

V ——尾矿库可调蓄库容,即 $V_1 + V_2$,单位为立方米(m^3);
 ΔV ——尾矿库预留富裕库容,单位为立方米(m^3);
 T ——设计标准的多次降雨历时天数,单位为天(d);
 t ——设计标准的一次降雨历时天数,单位为天(d);
 n ——回水消耗能力调节参数, $t < 3d$ 时, n 取 7 ~ 14; $3d \leq t < 7d$ 时, n 取 5 ~ 7; $7d \leq t < 14d$ 时, n 取 3 ~ 5;
 q_1 ——日处理污水量,单位为立方米(m^3);
 q_2 ——日回水量,单位为立方米(m^3);
 H ——平均日蒸发量,单位为毫米(mm)。

7 贮存尾矿库与截渗蓄洪库之间应设置调洪排水设施,将贮存尾矿库中的水按调洪要求排入截渗蓄洪库;截渗蓄洪库内应设置泄洪设施,保证洪水超过非常和极端情况警戒水位时,截渗蓄洪库内的洪水能通过泄洪设施排放。

8 最终堆积标高以上两侧边坡汇流宜采用截洪廊道进行截洪,截洪廊道所需泄流能力由两侧坡面汇流的洪峰流量确定,廊道泄流能力应大于两侧坡面汇流在设计防洪标准下的洪峰流量。

9 截洪廊道标高以上坡面汇水面积一般较小,洪峰流量计算可采用坡面汇流公式计算,坡面汇流可按下式计算:

$$Q_p = 0.278 \times (S_p - 1) \times F \quad (8.3.1-5)$$

式中: S_p ——设计频率的暴雨,单位为毫米每小时(mm/h);

F ——坡面(IV区)的汇水面积,单位为平方公里(km^2)。

截洪廊道所需泄流能力应满足下式要求:

$$Q > \eta Q_p \quad (8.3.1-6)$$

式中: η ——修正系数,根据坡面地形条件确定,可取 1.2 ~ 1.4;

Q_p ——坡面汇流洪峰流量,单位为立方米每秒(m^3/s)。

Q ——截洪廊道泄流量,单位为立方米每秒(m^3/s);

8.3.2 廊道截洪应符合下列规定:

1 可在贮存尾矿库(I区)和截渗蓄洪库(II区)最高边界山

坡上设截洪廊道,将 I、II 区以外的 IV 区坡面汇流通过廊道截至库外。

2 导截洪廊道的洪峰流量可采用坡面汇流法计算。

3 导截洪廊道的设计标准宜与尾矿库设计标准一致。

8.3.3 为保证尾矿库水不外排,应在尾矿库下游修建截渗蓄洪库,截渗蓄洪库的库容应满足储存两次设计标准的洪水过程的洪水总量,并预留富裕库容,并依此确定截渗蓄洪库面积及坝高。正常运行情况下贮存尾矿库应处于放空状态,保证预留足够调洪库容。

8.3.4 初期坝应优先采用透水坝。截渗蓄洪库内水位不宜淹没初期坝下游坝坡,当截渗蓄洪库内水位淹没初期坝下游坝坡时,必须进行初期坝下游坝坡被水淹没和水位涨落时的坝体稳定性和渗流稳定性分析。初期坝下游坝坡应采取防止渗透破坏的措施。

8.4 导截洪水系统

8.4.1 上游导截洪设计应符合下列规定:

1 拦洪坝的排洪方式及布置应根据地形、地质条件、洪水总量、调洪能力、泄流能力等因素,经技术经济比较确定,并应符合下列要求:

1) 拦洪坝上游导截洪设施宜采用独立的排水隧洞系统;

2) 地形条件许可时,可采用溢洪道排洪或其它方式,同时应考虑溢洪道底部山体的稳定性。

2 拦洪坝截洪应使上游沟谷汇水不进入贮存尾矿库,并保证拦洪坝能够拦截全部沟谷汇流,库外排洪设施泄流能力宜大于上游沟谷洪峰流量。拦洪坝上游洪水为沟谷汇流时,洪峰流量计算可采用微小流域推理公式等方法。

3 拦洪坝应为不透水坝,可采用混凝土重力坝、混凝土拱坝及砌石坝,条件许可时,也可采用土石坝。

4 拦洪坝应采取严格的坝下垂直截渗措施,防止地下渗流进

入下游贮存尾矿库。

5 混凝土重力坝设计应按《混凝土重力坝设计规范》SL 319 的有关规定执行。混凝土拱坝设计应按《混凝土拱坝设计规范》SL 282 的有关规定执行。砌石坝设计应按《砌石坝设计规范》SL 25 的有关规定执行。土石坝设计应按《碾压式土石坝设计规范》SL 274 的有关规定执行。

6 排水隧洞的净高不宜小于 1.8m,净宽不宜小于 1.5m,最小设计坡度不宜小于 0.3%。

7 排水隧洞岩体条件较好且隧洞中的水流流速在该岩体或喷锚支护衬砌的允许流速范围内时,可采用不衬砌或喷锚支护。

8 排水隧洞设计应按《水工隧洞设计规范》SL 279 的有关规定执行。

9 溢洪道设计应按《溢洪道设计规范》SL 253 的有关规定执行。

8.4.2 周边导截洪设计应符合下列规定:

1 生态型尾矿库库区周边宜设置导截洪设施。导截洪设施可采用槽栅式截洪道的型式。

2 导截洪廊道的基础应避免设置在工程地质条件不良地段,无法避开时,应进行地基处理。导截洪廊道的上部山体边坡应具有足够的稳定性。

3 导截洪廊道应设拦截污设施,防止堵塞。

8.5 截排渗系统

8.5.1 库区防渗应符合下列规定:

1 尾矿性质应根据国家有关法规和标准的规定进行鉴别。尾矿性质确定后,应按《地下水质量标准》GB/T 14848 的有关规定对尾矿库运行后的地下水水质进行评定,并应根据尾矿库区地下水的功能要求,对尾矿库采取相应的环保防渗设施,环保防渗设施可分期实施。

2 尾矿应按《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599、《危险废物鉴别标准》GB 5085、《国家危险废物名录》的有关规定分为第Ⅰ类一般工业固体废物、第Ⅱ类一般工业固体废物和危险废物。

3 根据尾矿库堆存物的种类,尾矿库可按环保要求的严格程度依次分类、并应符合下列规定:

- 1) 堆存第Ⅰ类一般工业固体废物的尾矿库应为Ⅰ类库;
- 2) 堆存第Ⅱ类一般工业固体废物的尾矿库应为Ⅱ类库;
- 3) 堆存危险废物的尾矿库应为危险废物库。

4 环保要求严格程度高的尾矿不应排入环保要求严格程度低的尾矿库。

5 尾矿库应符合环保防渗要求,防止尾矿及尾矿水对地下水和地表水产生污染,并防止地下水进入尾矿库。

6 Ⅰ类库:当天然基础层饱和渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$,且厚度不小于 0.75m 时,可以采用天然基础层作为防渗衬层。当天然基础层不能满足饱和渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$,且厚度不小于 0.75m 时,可采用改性压实黏土类衬层或具有同等以上隔水效力的其它材料防渗衬层,其防渗性能应至少相当于渗透系数为 $1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ 且厚度为 0.75m 的天然基础层。

7 Ⅱ类库的环保防渗要求为库的底部和周边应具有一层防渗系统,并具备相当于一层饱和渗透系数不大于 $1.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 、厚度不小于 1.5m 的黏土层的防渗性能。防渗层的材料可采用黏土等天然材料或其它防渗材料。防渗层的结构可采用单层压实天然黏土或改性黏土,也可采用压实黏土与钠基膨润土防渗毯等的组合结构。

8 在工程地质和水文地质条件适宜时,Ⅰ、Ⅱ类库可采用垂直防渗系统,采用截渗墙、帷幕、注浆等有效方法。

9 当尾矿库的极限渗流边界在允许渗流边界之内时,可不进行全库区防渗。不宜以单一的渗透系数作为全库铺设人工合成材料防渗的条件。

10 生态型尾矿库需要库区防渗时,应优先采用天然防渗材料方案,不宜全库范围铺设人工合成材料(土工膜)防渗,必须使用时,应进行土工膜防渗的生态和技术经济论证。

8.5.2 水平及垂直排渗应符合下列规定:

1 尾矿堆积坝出现流土、管涌、浸润线出逸、沼泽化、湿地等现象或实测浸润线高于设计控制浸润线时,应进行坝体排渗加固。

2 水平排渗管宜垂直坝轴线在坝坡下游布置,可多层布设,并宜布设在尾矿粒径相对较大的层位。

3 水平排渗管的层数、间距和长度应根据勘察资料、渗流计算和稳定性分析结果结合现场条件确定。

4 水平排渗管外径宜为 63mm ~ 90mm,导水管长度宜为 5m ~ 15m。滤水管段的滤水孔宜梅花型布置,孔径宜为 6mm ~ 12mm,开孔率宜为 8% ~ 10%。滤水管外包扎的土工布规格宜为 200g/m² ~ 400g/m²。

5 垂直排渗宜采用辐射井排渗,气吸竖向排渗、机械式排渗、联合排渗等有效方式。

6 集水井的井数、井距、井深和井径应根据堆积坝轴线长度、排渗降水范围、水平排渗管的长度等因素,通过渗流和稳定计算确定。

8.5.3 截渗蓄洪库应符合下列规定:

1 截渗蓄洪坝宜采用混凝土重力坝、混凝土拱坝及砌石坝结构,条件许可时,也可采用土石坝。

2 截渗蓄洪坝应采取严格的坝下垂直截渗措施,防止尾矿水外漏。

3 截渗蓄洪坝设计应按本标准 8.4.1 条执行。

8.5.4 库内渗透通道处理应符合下列规定：

1 为保证库区防渗的完整性,应对库内渗透通道处理。库内渗透通道主要为基岩裂隙、节理、溶洞等,应对渗透通道进行注浆等方法处理。

2 截渗连续墙应符合下列规定：

- 1) 截渗连续墙可用于风化破碎岩石、碎石土、砂土等覆盖层地基；
- 2) 截渗连续墙应具有足够的抗渗性,满足渗透稳定及渗流量控制的要求;应具有适宜的强度和变形能力;应具有足够的耐久性,墙体在水的长期作用下不发生破坏；
- 3) 截渗连续墙设计宜综合考虑墙体与上部建(构)筑物结构之间的相互关系；
- 4) 截渗连续墙宜沿上部建(构)筑物防渗体的轴线布置,墙体应用上部建(构)筑物防渗体可靠连接；
- 5) 截渗连续墙宜深入基岩或相对不透水层一定深度；
- 6) 截渗连续墙可采用复合土工膜连续墙、混凝土连续墙等结构型式,土工膜厚度不宜小于1.5mm。

3 截渗帷幕应符合下列规定：

- 1) 截渗帷幕可用于岩石、碎石土、砂土等覆盖层地基；
- 2) 截渗帷幕应防止地基软弱结构面、断层破碎带、裂隙充填物及抗渗性能差的部位产生渗透破坏；
- 3) 截渗帷幕应具有可靠的连续性和足够的耐久性；
- 4) 截渗帷幕轴线布置应根据工程地质条件、水文地质条件、建(构)筑物布置及截渗要求等综合确定；
- 5) 截渗帷幕的厚度可按式(8.5.4)计算,对于深度较大的多排帷幕,可根据渗流计算成果和已有工程经验沿深度逐渐减薄；

$$T = \frac{H}{J} \quad (8.5.4)$$

式中： T ——截渗帷幕厚度，单位为米(m)；

H ——作用于帷幕的最大设计水头，单位为米(m)；

J ——帷幕允许渗透比降。

- 6) 截渗帷幕灌浆孔宜采用铅直孔。帷幕灌浆孔的排数应根据帷幕厚度要求确定，不宜少于2排。帷幕灌浆孔的排距和孔距宜为1m~3m，排距宜小于孔距；
- 7) 截渗帷幕底部宜伸入相对隔水层不小于5.0m；
- 8) 截渗帷幕灌浆压力应通过工程类比和灌浆试验确定。

8.6 回水及水处理

8.6.1 尾矿库应优先采用尾矿库澄清水回水，回水率应结合选矿厂回水及其它用水综合确定，应最大限度使用尾矿库回水，应进行尾矿库储存水量与回水量的动态监测和水量平衡分析。

8.6.2 尾矿库回水水量，应在尾矿库设计回水保证率条件下，根据入库水量、水面蒸发量和渗透损失水量等，经水量平衡计算核定。设计回水保证率应与新水水源设计保证率相同；采用雨水回用时，降雨量的设计保证率应与尾矿库设计回水保证率一致；水面蒸发量设计频率应与尾矿库设计回水保证率对应。对于特殊工程地质情况的尾矿库，应分别计算坝体、坝基、库底和沿岸的渗透损失水量。

8.6.3 尾矿库回水设计应充分利用库内水的位能。有条件可采用静压回水方式。对于尾矿坝较高、回水率和回水均衡性要求较高，以及水面结冰期较短的尾矿库，宜采用库内缆车式或围船式回水泵站回水。

8.6.4 生态型尾矿库运行水位控制必须符合下列规定：

- 1 应根据1:500~1:1000地形图对拦洪库、贮存尾矿库及

截渗蓄洪库的蓄水库容和调洪库容进行计算,精确绘制出水位标高与蓄水库容、水位标高与调洪库容、水位标高与尾矿坝上升标高的关系,供生产管理使用。

2 通过微小流域暴雨洪水计算设计标准下的洪水总量,确定所需调洪库容、限制正常运行水位、调洪水位、最高运行水位、极端情况泄洪水位。

3 在贮存尾矿库及截渗蓄洪库中设立水位观测尺,以便生产管理运行时控制水位使用。

4 应严格监控库水位,设计文件应增加尾矿库各库水位控制的专门要求。

8.6.5 贮存尾矿库内回水取水点距尾矿沉积滩水边线的距离,在尾矿库使用期间不应小于尾矿澄清距离。

8.6.6 尾矿水应优先返回选矿工艺使用;向环境排放的,应当符合国家 and 地方污染物排放标准,不应与尾矿库外的雨水混合排放,并按有关规定设置污染物排放口,设立标志,依法安装流量计和视频监控。当不能符合要求时,应设计尾矿水处理系统。

8.7 既有库改造设计

8.7.1 既有库改造成生态型尾矿库时,应按本标准第 11 章的要求进行评价,依据评价等级实施改造设计。

8.7.2 对尾矿库水应进行渗流边界的确定,根据渗漏情况采取相应的改造方案。

8.7.3 对尾矿库内水的排放应进行核查分析,接近零排放目标采用多库调节方法实现尾矿水近零排放。

8.7.4 既有尾矿库的坝体安全稳定等其它要求,应按国家现行有关标准执行。

9 渗流计算和防渗设施安全分析

9.1 一般规定

- 9.1.1 生态型尾矿库在规划设计时,应进行建设期、运行期和闭库后的渗流分析。
- 9.1.2 生态型尾矿库在可行性研究阶段应进行建设场地的渗流计算,应对运行期及闭库坝体、坝基及库岸进行渗流分析,预测渗流范围和渗流量,评价分析渗漏性,确定尾矿库的渗流边界。
- 9.1.3 尾矿堆积坝的渗流计算应根据尾矿堆积坝坝体、坝基及库岸周边地质勘察与试验成果,结合尾矿类型、地形特点、尾矿性质、堆积规律进行概化分区,并应根据工程需要选用计算模型。
- 9.1.4 生态型尾矿库的渗流计算边界应区分坝体渗流边界和库岸渗流边界,应分析两种边界对渗流场特性的影响。
- 9.1.5 库岸水位以上降雨渗流边界应考虑流量边界和水头边界转换及组合情况,库岸水位以下渗流边界宜为水头边界。
- 9.1.6 对场地渗漏性分析评价还应根据库岸、坝基的水文地质条件,分析可能存在的渗漏地层、渗漏途径和渗透破坏形式,提供各层岩土的渗透性参数,对尾矿库防渗措施提出建议。
- 9.1.7 渗流计算参数应按室内试验、原位实测试验和工程类比法,并结合有关工程经验反演分析法综合确定。
- 9.1.8 在有防渗垫层和截渗墙中设置防渗膜的尾矿库,应进行防渗垫层和防渗膜破坏失效分析。
- 9.1.9 生态型尾矿坝渗透破坏和渗透稳定性分析可按现行国家标准有关章节执行。

9.1.10 生态型尾矿库污染级别评判应通过渗流计算,并依据《生态环境损害鉴定评估技术指南环境要素 第1部分:土壤和地下水》GB/T 39792.1 和《地下水质量标准》GB/T 14848 等标准提供的评估模型及参数来定义。

9.2 建设场地的渗流分析与评价

9.2.1 库区渗流分析与评价应符合下列规定:

1 应分析评价库区断裂带、破碎带、裂隙及节理发育带对渗漏的影响;

2 应根据岩体完整性、结构面产状及其组合形式来分析评价断裂带、破碎带、裂隙及节理在建库后闭合及张裂情况,地下水补给及排泄情况;

3 应根据场地水文地质条件分析评价库区的渗漏性及其对周边环境的影响。

9.2.2 应根据场地的水文地质条件与工程地质条件对坝基、坝肩渗漏性进行分析与评价,应估算渗漏量,并应提出处理措施建议。

9.2.3 应对截渗蓄洪库地基的渗漏性进行评价,分析渗漏对地下水的影

9.2.4 生态型尾矿坝宜采用二维或三维数值分析方法进行渗流分析,I级、II级山谷型尾矿坝应进行三维渗流分析或模拟试验。

9.2.5 应对坝基是否采取防渗处理进行分析与评价,对断裂带、破碎带、裂隙及节理是否进行闭合防渗处理提出分析和评价。

9.2.6 对于渗透系数达到 10^{-6} cm/s 的完整性基岩,坝基和库岸的渗流区域应按尾矿坝下游已有或潜在的渗流边界来设置出流边界,以此来计算分析坝基和库岸内发生渗流的区域和地下水迁移速率和最大迁移距离。

9.3 运行期及闭库的渗流分析与评价

- 9.3.1 渗流计算应分析尾矿筑坝方式和速率,渗透系数的各向异性对计算结果的影响。
- 9.3.2 生态型尾矿库渗流计算应考虑库区水与地下水之间的补给与排泄关系。
- 9.3.3 上游设有拦洪坝的尾矿库,渗流计算应考虑拦洪坝和尾矿库之间水的渗流关系。
- 9.3.4 当坝体设有排渗和截渗设施时,渗流计算应分别分析排渗和截渗设施有效和失效对渗流场的影响。
- 9.3.5 生态型尾矿库渗流场分析,应考虑放矿、降雨的影响。
- 9.3.6 生态型尾矿库分析降雨渗流场时,计算宜考虑尾矿坝和坝周边山坡等土的饱和与非饱和特性对渗透系数的影响。
- 9.3.7 对运行期的尾矿库,宜分析坝体、坝基和库岸渗流特性,厘清通过坝体渗流补给给坝基或坝基渗流补给给坝体,库岸渗流补给给坝体和坝基的情况。
- 9.3.8 对闭库的尾矿库,宜分析渗流随时间的变化情况。
- 9.3.9 生态型尾矿库应分析渗流发生区域与筑坝过程的关系。宜分析通过库岸发生的渗流和通过坝体发生的渗流随筑坝高度的变化情况。
- 9.3.10 对黏土型坝基及坝肩,可根据渗流起始坡降值初步判断渗流在坝基中发生的区域范围。
- 9.3.11 渗流计算成果宜包括下列内容:
- 1 岸边、坝体的浸润线、流线,坝基及坝肩流线、等势线和及下游可能出逸点的位置。
 - 2 坝体和坝基的渗流量,坝体和坝基渗流之间的关系,补给来源和排泄去向。
 - 3 贮存尾矿库的渗流边界图。

- 4 坝体和坝基的渗流量、流速、水力坡降。
- 5 岸边、坝基、坝肩发生渗流范围。
- 6 生态型尾矿坝渗流计算宜进行坝基防渗措施优化和基岩渗透系数变化对渗流场影响的敏感性分析。

9.4 防渗设施变形及破坏分析

9.4.1 对 I 级 ~ III 级尾矿坝防渗垫层和截渗墙中设置的防渗膜应进行静力变形及破坏分析,宜进行动力应力变形分析。

9.4.2 防渗垫层和截渗墙中设置的防渗膜静力分析应模拟筑坝过程和闭库后工况,分析结果应包括坝基变形场及应力水平分布,垫层和防渗膜的变形场和应力场;动力分析结果应包括坝基和垫层残余变形、截渗墙中设置的防渗膜的变形和破坏区域。

9.4.3 采用有限元法进行坝基、垫层和截渗墙中设置的防渗膜静力或动力的应力变形分析时,选择的计算本构模型应与计算参数相匹配;垫层和截渗墙中设置的防渗膜与坝基坝体之间宜设置接触单元。

10 闭库生态修复

10.1 地形重塑

10.1.1 应结合尾矿库周边地貌特点,通过地形重塑、土地整治、重构截排水系统等措施重新塑造一个与周边地貌相协调的新地貌。

10.1.2 丘陵山区地形地貌景观破坏治理,可采用回填、整平、复绿、造景等工程措施进行地形地貌景观重塑。

10.1.3 宜通过边坡修整、尾矿(渣)清理、平台整理、台阶修筑、挖深垫浅等工程措施重塑地形。场地修复为旱耕地、园地,修复后的地形坡度一般不超过 25° ;场地修复为水浇耕地,修复后的地形坡度一般不超过 15° ;场地修复为林草地,地形坡度不做规定;场地修复为建设用地,地形应满足建(构)筑物防洪要求,地形坡度按当地同类岩土体稳定性坡度值确定。

10.1.4 尾矿库地形修复应符合安全稳定性要求,对停用的尾矿库应按正常库标准,进行闭库整治设计,确保尾矿库防洪能力和尾矿坝稳定性系数满足本标准要求,维持尾矿库闭库后长期安全稳定。

10.1.5 地形修复中涉及的地质灾害及隐患(不稳定斜坡、滑坡、崩塌、危岩体、泥石流)等要根据相关标准的要求进行预防与治理。可参考《滑坡防治设计规范》GB/T 38509、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》DZ/T 0219、《滑坡崩塌防治削方减载工程设计与施工技术规范》T/CAGHP 055、《崩塌防治工程设计与施工技术规范》T/CAGHP 032、《泥石流防治工程设计与施工技术规范》T/CAGHP 021 等。

10.2 坝坡修复治理

10.2.1 坝坡修复治理应完善坝面排水沟和土石覆盖、坝肩截水沟、观测设施等,对坝体稳定性不足的,应采取削坡、压坡、降低浸润线等措施,使坝体稳定性满足本标准的要求。

10.2.2 溃坝泥石流的防治和管理应符合国家安全生产监督管理部门有关规定和要求,泥石流治理工程设计应满足《泥石流防治工程设计规范》T/CAGHP 021,参考执行国家安全生产监督管理总局令(第38号)《尾矿库安全监督管理规定》与《尾矿库安全规程》GB 39496 的要求。

10.2.3 闭库后的尾矿库,应做好坝体及排洪设施的维护。未经论证和批准,不应储水蓄洪。严禁在尾矿坝和库内进行乱采、滥挖、违章建筑和违章作业。

10.3 库区修复治理

10.3.1 库区修复治理宜按生态环境协调性原则,根据《土地复垦编制规程》TD/T 1031.1 和《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036 的有关规定,科学合理确定土地复垦方向,对不同复垦方向的质量要求,可采取不同措施进行复垦工程设计。

10.3.2 复垦工程措施可采用工程措施、生物措施、化学措施、监测措施和管护措施。

10.3.3 库区废(污)水治理应采取有效的清污分流和防渗措施,减少降水入渗和污水外排;水环境污染治理工程可参考《水污染治理工程技术导则》HJ 2015 中相关规定执行。

10.3.4 宜通过铺设防渗层和修筑排洪沟、暗沟、截水墙、水塘等工程措施重构截排水系统。防渗层铺盖材料可选择黏土、混凝土、水泥砂浆等;排洪沟需与自然沟系相连接,采取植物岸坡形式;暗沟宜布设在沿顺山坡走向的低洼地带或天然沟谷处。尾矿库的排

水、围挡、防渗、稳定等措施参照 GB 39496 执行。

10.3.5 库区水质主要评价指标应符合《地表水环境质量标准》GB 3838 和《地下水质量标准》GB/T 14848 中相应等级质量标准。

10.3.6 库区污染土壤宜根据所在地区土地利用总体规划等文件,确定污染土壤的使用功能,通过污染区土壤的采样检测确定土壤污染物的含量,污染土壤修复标准和治理工程设计可根据《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》GB 36600、《土壤环境质量农用地土壤污染风险管控标准》GB 15618 确定。

10.3.7 应根据防洪标准复核尾矿库防洪能力,当防洪能力不足时,可增设永久溢洪道等措施。当原排洪设施结构强度不能满足要求或受损严重时,应进行加固处理;必要时,可新建永久性排洪设施。

10.4 植被重建

10.4.1 根据尾矿库所处的区域、自然地理条件、生态恢复与环境治理的技术经济条件,宜按“整体生态功能恢复”和“景观相似性”原则,坚持生态优先,坚持因地制宜,宜耕则耕、宜林则林、宜草则草、宜藤植藤、宜景建景、注重成效,因地制宜采取切实可行的恢复治理措施,恢复矿区整体生态功能。

10.4.2 自然恢复措施应符合下列规定:

1 可采取封闭修复场地、拆除废弃设施等措施,消除影响自然恢复的生态胁迫因子。

2 不宜在修复场地内翻土、取石、搬运、垦殖等人类活动,排除外界干扰,减少对场地的扰动。

3 可依赖场地和周边生态系统自我愈合能力,促进植被再生和生物种群恢复。

4 位于干旱风沙区、不具备植被恢复条件的尾矿库,可覆盖砂石等材料。

10.4.3 辅助再生措施应符合下列规定：

1 可通过坡面修整、土壤改良、截排水等人工辅助措施进行场地平整,改善土壤功能,为植被恢复提供条件。

2 可筛选适地植物物种,采取补植、补播、抚育、间伐、杂灌草清除等人工辅助措施,加快场地生态系统结构和功能的修复。

3 不应引入对当地生物多样性造成威胁的外来物种。

10.4.4 土壤重构应符合下列规定：

1 土壤重构:在地貌重塑基础上,依靠本地的水热与温湿条件等,充分利用采矿剥离的表土和采矿遗留的废石(渣)、尾矿砂(渣)、粉煤灰等固体废弃物,通过培肥改良、土层置换、表土覆盖、土层翻转、化学改良、生物修复等措施,重构土壤剖面结构与土壤肥力条件。不同场地的土壤重构可根据场地修复用途确定重构措施,应满足下列要求：

- 1) 场地修复后用作耕地,有效表土厚度不小于 40cm,土壤质地以砂壤土和砂质黏土为主,砾石含量不超过 20%,有机质含量不小于 1.5%,pH 值介于 6.0~8.5 之间,控制土壤容重不宜超过 $1.45\text{g}/\text{cm}^3$;
- 2) 场地修复后用作园地,有效表土厚度不宜小于 40cm,土壤质地以砂壤土和砂质黏土为主,砾石含量不宜超过 20%,有机质含量不宜小于 1.5%,pH 值介于 6.0~8.5 之间,控制土壤表观密度不宜超过 $1.45\text{g}/\text{cm}^3$;
- 3) 场地修复后用作林地,有效表土厚度不宜小于 20cm,土壤质地以砂土和粉黏土为主,砾石含量不宜超过 30%,有机质含量不宜小于 1%,pH 值介于 5.5~8.5 之间,控制土壤容重不宜超过 $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ 。植树造林具体要求可参照《造林技术规程》GB/T 15776;
- 4) 场地修复后用作草地,有效表土厚度不宜小于 20cm,土壤质地以砂土和壤质黏土为主,砾石含量不宜超过

20% ,有机质含量不宜小于 1% ,pH 值介于 6.0 ~ 8.5 之间,控制土壤表观密度不宜超过 $1.45\text{g}/\text{cm}^3$ 。人工草地建设技术规范可参照《人工草地建设技术规范》NY/T 1342。

2 植被重建:在地貌重塑和土壤重构基础上,可依据按生态系统的生物种群特点,考虑矿山生态重建的植被适宜性、结构布局合理性和物种多样性,合理配置植物种群组成和结构,借助人工支持和诱导,重建与周边生态系统相协调的生态系统,保障植物群落持续稳定,宜满足下列要求:

- 1) 可依据重塑的地貌形态和重构的土壤条件,充分考虑植被配置的多样性、适应性、先锋性和抗逆性,合理配置矿山植被重建空间;
- 2) 根据场地条件,筛选出根系发达、固氮能力强、生长速度快、播种栽植容易、成活率高、病虫害少、抗水土流失能力强、易管护的适生植物和先锋植物,通过林、草、花、卉、乔、灌种植结合,合理部署植被疏密和覆盖区域。

11 既有库生态型评价

11.1 一般规定

11.1.1 应按生态型尾矿库标准,对既有尾矿库进行生态型评价,并出具既有尾矿库生态型评价报告。为政府主管部门、生产经营单位提供管理依据,为设计单位提供既有库生态型改造的设计依据。

11.1.2 既有库生态型评价宜包括近零排放评价、扬尘防治评价、生态恢复评价、尾矿的循环利用评价、环保监测设施评价等部分。

11.1.3 既有库生态型评价可按尾矿库生命周期,可根据评价目的,在工程建设期、生产运行期、关停期、闭库前、闭库后进行评价。

11.1.4 在下列情况下,应进行既有库生态型评价:

- 1 既有库改造为生态型尾矿库前;
- 2 尾矿库闭库后复垦前;
- 3 尾矿库加高扩容前;
- 4 尾矿库闭库后再利用前;
- 5 尾矿库监测中发现尾矿库出现渗漏或环境污染时;
- 6 尾矿库安全、环保设施达到使用年限时;
- 7 尾矿库每三年进行一次生态型评估,或按政府主管部门要求进行评价;

8 其它特殊情况下,要求必须进行既有库生态型评价时。

11.1.5 既有库的坝体稳定性及附属构筑物安全性、尾砂地震液化应按《尾矿库安全规程》GB 39496 及其他现行相关标准

执行。

11.1.6 既有库的生态型改造后的防、排洪标准不应低于原设计尾矿库设计防、排洪标准。

11.2 评价程序及内容

11.2.1 既有库生态型评价流程应符合图 11.2.1 的规定

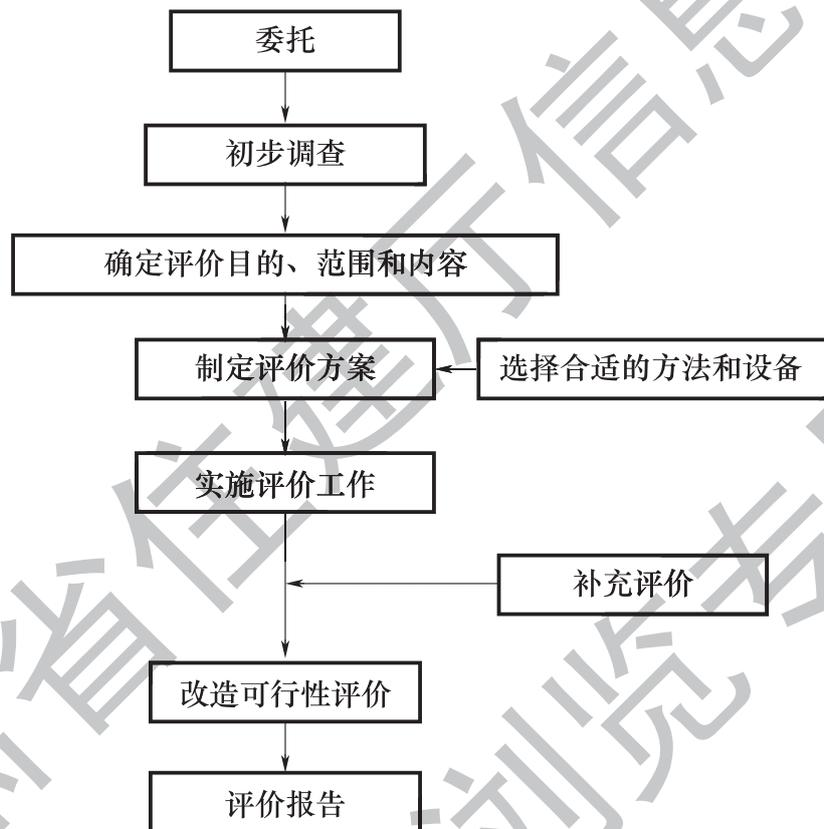


图 11.2.1 既有库生态型评价流程

11.2.2 既有库生态型评价的目的、范围和内容,应根据委托方提出的评价原因和要求,经初步调查后确定。

11.2.3 初步调查宜包括下列基本工作内容:

1 查阅图纸资料。包括岩土工程勘察报告、设计计算书、设计变更记录、施工图、施工及施工变更记录、竣工图、竣工质检及包

括隐蔽工程验收记录的验收文件、检测与监测资料、事故处理报告、维修记录、历次维修改造图纸等。

2 查询尾矿库运维历史。包括原始施工、历次维修、加固、改造以及受灾等情况。

3 考察现场。按资料核对实物现状,调查尾矿库实际使用条件和内外环境、查看已发现的问题、听取有关人员的意见等。

4 制定评价方案,并提出需由委托方完成的准备工作。

11.2.4 评价方案宜包含下列内容:

1 尾矿库基本情况,主要包括尾矿设施情况、周边环境、建造年代、运维史等;

2 评价的目的、范围、内容和要求;

3 评价依据的标准和有关技术资料等;

4 评价的方法和主要仪器设备;

5 评价工作中的安全环保措施。

11.2.5 近零排放评价:近零排放是通过多库调节、防渗措施、回水循环利用等综合措施,保证尾矿库内污染水不向尾矿库渗流边界外环境排放,并符合下列规定:

1 多库调节的防洪安全评价:查明既有库是否具有拦洪库、贮存尾矿库、截渗蓄洪库等多库调节系统设施;评价既有库是否具有多库调节的调洪能力,满足防洪目标。

2 排洪系统评价:查明既有库是否具有截洪廊道、排洪隧洞、排水井、排水斜槽、排水管 and 截洪沟等排洪构筑物,评价既有库排洪设施是否满足水力计算和调洪计算及排洪能力。

3 地下水渗漏评价:查明既有库是否有可靠的防渗漏系统,是否存在坝基渗漏、绕坝渗漏、库底渗漏、侧向渗漏等情况,评价其能否达到地下水近零排放。

11.2.6 扬尘防治评价:查明既有库是否有扬尘防治措施;评价

扬尘防治措施是否有效,治理效果能否达到国家生态环保法律法规要求。

11.2.7 生态修复评价:查明既有库进行了生态修复或自然状态下生态恢复的情况;评价生态修(恢)复措施是否符合生态恢复标准,具有可持续性、不可侵入性、生产力、营养保持力及生物间的相互作用。

11.2.8 回水循环利用评价:查明既有库是否具有回水循环利用设施;根据回水利用率等,评价是否满足回水循环全利用。

11.2.9 环保监测设施评价:评价环保监测设施布置是否合理、可靠、运行稳定,能否满足反映生态型尾矿库环保设施运营状况的要求。

11.2.10 生态型尾矿库等级宜根据环保安全要素进行划分,根据不同的等级判断可否需要治理,影响生态型尾矿库环保安全的重要因素如下:

1 库区防渗系统:采用勘察手段确定基岩渗透系数及其完整性,当渗透系数小于等于 $1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 时,库区可利用基岩进行防渗,对渗漏区段进行防渗处理,形成完整的尾矿库防渗盆。

2 截排洪系统:截排洪系统包括拦洪坝、排洪隧洞或排洪明渠(涵管)、坡面汇流槽栅式截洪廊道。

3 截渗系统:尾矿库下游是否设置截渗蓄洪库,是否有多库调节功能,尾矿水是否外渗,是判断库环保安全的重要因素。

4 回水系统:尾矿库是否有回水系统,是判断库环保安全的重要因素。

5 防尘系统:尾矿库是产生扬尘的主要场所,为抑制尾矿库区域扬尘的产生,需对尾矿库干滩、坝坡、库岸等区域设置防尘系统。

11.2.11 根据生态型尾矿库环保安全的要素可将生态型尾矿库

分为六个等级,分级划分见表 11.2.11。

A 类:库区防渗系统、截排洪系统、截渗系统、回水系统、防尘系统齐全;

B 类:库区防渗系统、截排洪系统、截渗系统、回水系统、防尘系统缺一;

C 类:库区防渗系统、截排洪系统、截渗系统、回水系统、防尘系统缺二;

D 类:库区防渗系统、截排洪系统、截渗系统、回水系统、防尘系统缺三;

E 类:库区防渗系统、截排洪系统、截渗系统、回水系统、防尘系统缺四;

F 类:库区防渗系统、截排洪系统、截渗系统、回水系统、防尘系统全无。

表 11.2.11 生态型尾矿库环保安全要素分级

等别 选项	B					C										D										E					F		
	A	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4		5	
库区防渗系统	有	有	有	有	有	无	有	有	有	无	有	有	无	有	无	无	无	无	无	有	无	无	有	无	有	有	有	无	无	无	无	无	
截排洪系统	有	有	有	有	无	有	有	有	无	无	有	无	有	无	有	有	无	无	有	有	无	有	无	有	无	无	无	有	无	无	无	无	
截渗系统	有	有	有	无	有	有	有	无	无	有	无	有	无	有	有	有	无	有	有	无	有	无	有	无	无	无	无	无	无	有	无	无	
回水系统	有	有	无	有	有	有	无	无	有	有	有	无	有	有	无	有	有	有	无	无	无	有	无	无	有	无	无	无	无	无	有	无	无
防尘系统	有	无	有	有	有	有	无	有	有	有	无	有	有	无	有	无	有	无	无	无	无	有	无	无	有	无	无	无	无	无	无	有	无

注:被岩土工程钻探证明无渗漏,暴雨时尾矿库水无外排且有防尘系统的尾矿库可直接定义为 A 等。

11.2.12 既有库的生态型改造可行性评定分级根据本标准表 11.2.11 生态型尾矿库环保安全要素分级表划分,按本标准

表 11.2.12 的规定采用。

表 11.2.12 既有库改造可行性评定分级标准

等级	分级标准
A	不必改造
B	可改造,环保安全要素分级 B1 ~ B5 级
C	应改造,环保安全要素分级 C1 ~ C10 级
D	应改造,环保安全要素分级 D1 ~ D10 级
E	必须改造,环保安全要素分级 E1 ~ E5 级
F	必须改造

11.2.13 既有库的生态型评价工作完成后,应提出评价报告,报告应包括下列内容:

- 1 工程概况;
- 2 评价的目的、范围、内容和要求;
- 3 评价依据;
- 4 调查、检测项目的实测数据;
- 5 检测数据的分析、验算及结果;
- 6 评价结论及建议;
- 7 生态型改造可行性评级;
- 8 附件。

12 施 工

12.1 一般规定

12.1.1 施工前,应进行技术交底,明确设计目的、技术参数、施工技术要求等。

12.1.2 施工组织设计文件应根据设计要求进行编制,文件中应包含安全生产与环境保护等措施。

12.1.3 在庫区内施工可能对尾矿坝产生影响时,应制定安全措施和专项应急预案并通过专家评审。

12.1.4 施工前应具备的资料:设计文件及评审、交底记录;施工组织设计;施工设备、记录计量仪器技术性能资料;材料及制品质检报告。

12.1.5 尾矿库的防渗截渗治理工程宜进行信息化施工,宜根据现场情况调整设计参数和施工工艺。

12.1.6 尾矿库的防渗截渗治理应建立技术质量管理档案,应加强实施过程质量控制。

12.1.7 采用反滤层时,技术工艺应符合下列规定:

- 1 铺设范围、厚度应满足设计要求;
- 2 采用土工织物作反滤层时,搭建方式宜采用缝接,施工铺设应遵守 GB/T 50290 的有关规定;
- 3 采用粒状反滤料作反滤层时,反滤料性质、级配、不均匀系数和含泥量应符合设计要求,施工铺设应符合《尾矿堆积坝排渗加固工程技术规范》GB 51118 的有关规定;
- 4 保护层可采用机械或人工选石堆砌和修整,宜与底部反滤

层填筑同步进行,施工过程中不应损坏反滤层。

12.2 截渗连续墙

12.2.1 截渗连续墙施工前宜建造施工平台和导墙,技术要求应符合《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》SL 174 的有关规定,复合截渗结构施工平台还应符合下列规定:

- 1 平台厚度不应小于 500mm;
- 2 平台范围宜超出注浆区两侧边线不小于 3m。

12.2.2 截渗连续墙成槽施工应符合以下规定:

1 槽孔建造设备和方法,可根据地层情况、墙体结构形式及设备性能综合选择,可选用组合设备进行施工;

2 槽孔长度应根据场地工程地质条件、水文地质条件、施工部位、成槽方法、机具性能、成槽历时、墙体材料供应强度、墙体预留孔的位置、浇筑导管布置原则及墙体平面形状等综合确定;

3 槽孔宜分期建造,同时施工的相邻槽孔之间应留有安全距离;

4 槽孔建造质量应符合下列规定:

- 1) 槽壁应平整垂直,不应有梅花孔、小墙等;
- 2) 孔位允许偏差应为 30mm;
- 3) 槽孔深度应满足设计要求;
- 4) 成槽孔斜率不应大于 4‰,遇含孤石地层及基石陡坡等特殊情况,不应大于 6‰;
- 5) 采用钻劈法时,接头套接孔的两次孔位中心在任一深度的偏差值,不应大于设计墙厚的 1/3,并应采取保证设计墙厚的措施;
- 6) 下设接头管的端孔斜率,应保证接头管下设和起拔。

5 施工过程中孔底沉渣,应符合如下规定:沉渣厚度不大于100mm;清孔检验合格后,应于4h内开浇混凝土的槽孔,浇筑前应重新测量沉渣厚度,超过100mm的,应再次清孔。

12.2.3 截渗连续墙成墙施工应满足下列要求:

1 混凝土浇筑前应拟定浇筑方案,宜包括如下内容:

- 1) 绘制槽孔纵剖面图;
- 2) 计划浇筑方量、供应强度、浇筑高程;
- 3) 导管等浇筑机具及埋设件的布置与组合;
- 4) 浇筑方法、开浇顺序及技术措施;混凝土配合比、原材料品种及用量。

2 混凝土的供应能力,不应小于平均计划浇筑强度的1.5倍,并应大于最大计划浇筑强度。

3 混凝土浇筑应连续进行,若因故中断,中断时间不应超过40min。

4 泥浆下浇筑混凝土应采用直升导管法,导管内径不应小于混凝土骨料最大粒径6倍。

5 混凝土浇筑过程应符合下列规定:

- 1) 导管理入混凝土的最小深度不宜小于2m,最大深度不宜大于6m,混凝土面接近孔口或设计墙顶高程时,导管理深可适当减小,但不宜小于1m;
- 2) 混凝土面上升速度不宜小于2m/h;
- 3) 混凝土面应均匀上升,各处高差不应大于50mm;
- 4) 相邻导管底部高差不宜超过3.0m;
- 5) 混凝土终浇高程应高于设计规定的墙顶高程50mm;
- 6) 墙体应均匀完整,不应有泥浆、夹泥、断墙、孔洞等。

12.2.4 经现场试验检测发现孔底沉渣部位防渗性能无法满足设计要求,应在墙体混凝土浇筑时预留注浆孔套管,后期应通过注浆降低沉渣部位渗透性。

12.3 截渗帷幕

12.3.1 截渗帷幕应按分序加密的原则施工。复合截渗帷幕应先施工下游排孔,再施工上游排孔,后施工中间排孔。

12.3.2 截渗帷幕钻孔施工应符合下列规定:

1 应根据地层特点和孔深要求选择钻机,宜选用回转式钻机,钻进过程中,应进行钻孔和裂隙的冲洗;

2 施工前,应进行钻孔测放,孔位测放误差不应大于100mm;

3 钻机安装前,应进行地盘平整,钻机安装与孔位误差不应大于100mm;

4 覆盖层宜采用护壁后跟管钻进,护壁管宜进入完整基岩1m~3m;

5 注浆段宜采用清水钻进,每注浆段钻探完成后,应洗孔10min~20min,孔底沉渣厚度不宜超过200mm;

6 钻进过程应采取控斜措施,宜20m~50m测斜一次,每次倾斜角度偏差不应超过设计允许值,出现偏差时应采取纠正措施;

7 岩芯采取率应达到设计要求;

8 钻孔过程中,应进行记录,并应填写班报表、岩芯登记表、护壁管下放记录表、测斜记录表、孔深验证表和孔位观测表;

9 作为勘察孔的注浆孔,应进行水文地质编录,绘制钻孔柱状图。

12.3.3 浆液制备应符合下列规定:

1 应根据浆液类型选择制浆设备;

2 制浆材料应按设计配比计量,主材和外加剂计量误差应小于3%,掺和料计量误差应小于5%;宜采用重量称量法计量,计量设备应检验合格;

3 宜建立集中制浆站,制浆能力应满足注浆高峰期用浆需要;制浆站应配备防尘、除尘设施;

4 注浆前、浆液浓度变换后或注浆超过 2h 时,应检验浆液密度、流动性等性能;

5 冬季施工浆液温度不宜低于 5℃,夏季施工浆液温度不宜超过 40℃。

12.3.4 注浆应符合下列规定:

1 注浆设备应满足流量和压力可调,耐磨和抗蚀等要求。

2 注浆泵额定工作压力应大于设计最大注浆压力的 1.5 倍,压力波动范围宜小于注浆压力的 20%。

3 注浆管路应保证浆液流动性,并能承受 1.5 倍的最大注浆压力。

4 注浆压力表的最大量程应为最大设计注浆压力的 1.2 倍 ~ 1.5 倍。

5 注浆记录仪应能自动测量记录注浆压力、注入率、浆液密度。

6 注浆采用孔内封闭方式时,止浆设备的选择与安装应根据注浆方法、注浆压力、注浆孔孔径及地质条件确定。

7 注浆前,应进行简易压水试验或注水试验,应判断注浆段透水性和确定浆液起始配比。注浆段单位透水率(Lu)大于场区地层平均单位透水率 2 倍时,可采用较浓一级浆液作为起始浆液浓度。

8 注浆孔注浆结束,应扫孔到底进行渗透性试验,试验结果未达到设计要求时,应查明原因并进行复注。

9 注浆过程中出现地面冒浆现象时应查明原因,并宜采取如下处理措施:地面出现冒浆现象应停止注浆,间歇后应进行复注;应采用低压循环注浆或浓浆慢注,并应限流、限量;具备地面封堵条件时,应对地面冒浆点采取封堵措施。

12.4 现场试验

12.4.1 现场试验应编制试验大纲。

12.4.2 截渗结构现场试验应达到下列目的：

- 1 检验截渗结构形式、施工工艺、建造材料和设备机具的有效性；
- 2 检验截渗结构设计参数的合理性；
- 3 确定截渗结构形式的实际防渗性能是否达到设计要求。

12.4.3 现场试验可采用试验段或围井试验方式。

12.4.4 采用试验方式时,应符合下列规定：

- 1 试验段应布置在水文地质、工程地质和施工条件等具有代表性的截渗结构轴线上；
- 2 截渗结构轴线长度大于1000m或水文地质和工程地质条件复杂时,可选取2个~3个有代表性的地段进行现场试验；
- 3 试验段长度宜最少包含1个独立槽或1个完整循环布孔的注浆帷幕。

12.4.5 采用围井试验方式时,应符合下列规定：

- 1 围井应布置在水文地质、工程地质和施工条件等具有代表性的区域；
- 2 围井数量不宜少于2个；
- 3 围井试验尚应根据防渗结构工艺调整；
- 4 围井试验技术要求应符合初步设计要求；
- 5 截渗结构试验围井的渗透系数可按下式计算：

$$K = QM/10LHS \quad (12.4.5)$$

式中:K——渗透系数,单位为厘米每秒(cm/s)；

Q——围井内稳定抽水量,单位为升每秒(L/s)；

M——截渗结构厚度,单位为米(m)；

L——围井内侧周长,单位为米(m)；

H ——截渗结构过水高度,单位为米(m);

S ——抽水稳定降深,单位为米(m)。

12.4.6 帷幕注浆现场试验应包括下列内容:

- 1 技术参数试验,包括排距、孔距、浆液扩散半径、段高等;
- 2 钻探工艺试验,包括钻进、防斜、控斜、纠斜、简易压水试验等;
- 3 注浆工艺试验,包括注浆方式、注浆压力、浆液变换、结束标准等;
- 4 制浆材料选择与试验,包括材料性能、材料选择等;
- 5 注浆浆液试验,包括浆液配比、浆液性能试验等;
- 6 设备调试与适配,包括钻探、制浆、注浆、检验、计量等设备。

12.4.7 混凝土截渗墙现场试验应包括下列内容:

- 1 墙体技术参数试验,包括厚度、深度、防渗性能等;
- 2 材料选择与试验,包括材料性能、材料选择、配合比、制备工艺等;
- 3 成槽工艺试验,包括机械设备选型、成槽方法、成槽历时、垂直度控制、槽孔稳定性等;
- 4 浇筑工艺试验,包括浇筑方法、浇筑顺序、机具组合、材料供应强度、墙段连接工艺等;
- 5 设备调试与适配,包括泥浆制备、成槽、混凝土拌制、运输、浇筑、检验、计量等设备。

13 检查与监测

13.1 一般规定

13.1.1 生态型尾矿库的检查、检测和监测应在生态型尾矿库设计文件中进行明确要求,按相关标准执行。

13.1.2 生态型尾矿库的检查、检测和监测应贯穿生态型尾矿库整个生命周期。

13.1.3 生态型尾矿库的检查、检测和监测应由建设单位及具备相应专业技术资质的单位进行。

13.1.4 生态型尾矿库常规尾矿设施的施工质量检验应符合《尾矿设施施工及验收规程》GB 50864 的要求。

13.1.5 生态型尾矿库的安全监测应符合《尾矿库安全规程》GB 39496、《尾矿库安全监测技术规范》AQ 2030 及其它有关规范、标准的要求。

13.2 施工质量检验

13.2.1 生态型尾矿库的截渗蓄洪坝(墙)、截渗帷幕、拦洪坝、排洪隧洞、排洪明渠(涵管)、坡面截洪廊道等构筑物的施工质量检测应按相关标准要求执行。

13.2.2 生态型尾矿库库内、拦洪库、截渗蓄洪库防渗层所设置的防渗土工膜的施工质量检验应符合《土工合成材料应用技术规范》GB 50290 的要求;利用库底基岩防渗时,基岩的渗透系数应小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$;采用黏土等天然材料作为生态型尾矿库防渗层时,防渗层的渗透系数应小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 。

13.2.3 生态型尾矿库生态恢复工程的施工质量检验应符合下列规定：

1 植物外观质量应符合表 13.2.3-1 的规定。

表 13.2.3-1 植物外观质量检验标准

序号	项目	规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量	
1	乔木、灌木	姿态和长势	观察、量测	每 100 株检查 10 株，每株为 1 点，少于 20 株全数检查	
		病虫害			树干满足设计要求，树冠较完整，分枝点和分枝合理，生长势良好
		土球苗			危害程度不超过树体的 5% ~ 10%
		裸根苗根系			土球完整，规格满足要求，包装牢固
		容器苗木			根系完整，切口平整，规格满足要求
2	棕榈类植物	规格满足要求，容器完整、苗木不徒长、根系发育良好不外露	观察	按面积抽查 10%，1m ² 为 1 点，大于或等于 5 点。小于或等于 30m ² 应全数检查	
3	草卷、草块、草束	主干挺直，树冠匀称，土球满足要求，根系完整			
4	花苗、地被、绿篱及模纹色块植物	株型范壮，根系基本良好，无伤苗，茎、叶无污染，病虫害危害程度不超过植株的 5% ~ 10%	观察	按数量抽查 10%，10 株为 1 点，大于或等于 5 点。小于或等于 50 株应全数检查	

续表 13.2.3-1

序号	项目	规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
5	整型景观树	姿态独特、曲虬苍劲、质朴古拙,株高不小于150cm多干式树景的叶片托盘不少于7个~9个,土球完整	观察、尺量	每100株检查10株,每株为1点,少于20株全数检查
6	竹类植物	品种、规格满足设计要求,竹类材料应新鲜,节边(竿根结合处)无损伤,散生竹根应来边略短、去边略长,无病、虫、草害	观察、尺量	每100株检查10株,每株为1点,少于20株全数检查

2 植物材料规格允许偏差和检验方法应满足设计要求,无设计要求时应符合表 13.2.3-2 的规定;

表 13.2.3-2 植物材料规格允许偏差和检验方法

序号	项目		允许偏差要求 (mm)	检验方法	检查数量	
1	乔木	胸径	≤5cm	-2	量测	每100株检查10株,每株为1点,少于20株全数检查
			6cm~9cm	-5		
			10cm~15cm	-8		
			16cm~20cm	-10		
		高度	—	-200		
	冠行	—	-200			
2	灌木	高度	≥100cm	-100	量测	每100株检查10株,每株为1点,少于20株全数检查
			<100cm	-50		
		冠径	≥100cm	-100		
			<100cm	-50		

3 喷播施工质量应符合表 13.2.3-3 的规定。

表 13.2.3-3 喷播施工质量验收标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
1	基质料、种子及配比	基质材料品种、规格或型号、技术参数	满足设计要求	合格证、检测报告	检验批
2		种子品种及质量	满足设计要求	检测报告、发芽率及检疫报告	—
3		基质配比	满足设计要求	现场抽查	每台班 1 次
4		种子配比	满足设计要求		—
5	喷播	喷播厚度	+10mm -5mm	地测法, 尺量	每 200m ² 抽检 1 处
		基材流失状况	满足设计要求	目测	
6	初期养护	养护用水水质	满足设计要求	按 GB 5084 的规定抽样检测	
7		肥料品种、质量	满足设计要求	出厂合格及质量检测报告	同批次、同品种为一检验批

4 种植施工质量应符合表 13.2.3-4 的规定。

表 13.2.3-4 种植施工质量验收标准

序号	检查项目		规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
1	场地整理	渣土废料、杂物有害污染物等清理	满足设计要求	观察、测量	1000m ² 检查 3 处不足 1000m ² 检查不少于 1 处
2		场地标高	满足设计要求		
3	种植土施肥和表层整理	肥料质量	满足设计要求	试验、检测报告、观察	1000m ² 检查 3 处不足 1000m ² 检查不少于 1 处
4		有机肥腐熟	满足设计要求		
6		无机肥	满足设计要求		

续表 13.2.3-4

序号	检查项目		规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
6	种植 穴、槽	定点放线	满足设计要求	观察、 测量	每 100 个穴检查 20 个, 不足 20 穴时全数检查
7		直径	大于土球或裸根苗根系 40cm ~ 60cm		
8		穴深	穴径的 $-3/4 \sim 2/3$	观察、 测量	
9		底部不透水层及重黏土层处理	疏松或采取排水措施		
10	树木 种植	品种、规格、位置	满足设计要求	观察、 测量	检查 10%, 少于 10 株全数检查, 成活率按面积抽查 10%, 4m^2 为 1 点, 至少检查 5 个点, 小于或等于 30m^2 全数检查
11		垂直度	不应频倒		
12		成活率	>95%		
13	草坪和 草本地 被播种	发芽试验、催芽处理、播种量	满足设计要求	观察、 丈量 及种子发 芽试 验报 告	每 500m^2 检查 3 处, 每点面积 4m^2 , 不足 500m^2 检查不少于 3 处
14		土壤湿度、耨细耙平	满足设计要求		
15		地面坡度	0.3% ~ 0.5%		
16		播种后喷水养护	满足设计要求		
17		成坪后覆盖度	>95%		
18		单块裸露面积	$\leq 25\text{cm}^2$		
19	杂草及病虫害面积	$\leq 5\%$			

续表 13.2.3-4

序号	检查项目		规定值或允许偏差要求	检查方法	检查数量
20	草坪和草本地被分种	植物材料保鲜	满足设计要求	观察、 丈量	每 500m ² 检查 3 处， 每点面积 4m ² ，不足 500m ² 检查不少于 3 处
21		种植前浇水浸地深度	>10cm		
22		成坪后覆盖度	>95%		
23		单块裸露面积	≤25cm ²		
24		杂草及病虫害面积	5%		
25	铺设草块和草卷	铺设前浇水湿地细整找平	满足设计要求	观察、 丈量、 查看 施工 验收 记录	每 500m ² 检查 3 处， 每点面积 4m ² ，不足 500m ² 检查不少于 3 处
26		铺设后与土壤接触	满足设计要求		
27		铺设后浇水浸湿土壤厚度	>10cm		
28		成坪后覆盖度	>95%		
29		单块裸露面积	≤25cm ²		
30		杂草及病虫害面积	≤5%		
31	花卉种植	品种、规格、种植放样、密度、图案	满足设计要求	观察、 丈量、 查看 施工 记录	每 500m ² 检查 3 处， 每点面积 4m ² ，不足 500m ² 检查不少于 3 处
32		成活率	>95%		
33	竹类种植	竹苗挖掘	满足设计要求	观察、 丈量	每 100 株检查 10 株， 不足 20 株全数检查
34		竹类材料品种规格	满足设计要求		
35		放样定位	满足设计要求		
36		土壤厚度、质量	满足设计要求		

13.2.4 生态型尾矿库的生态恢复工程附属设施(浇灌系统、防护网、土工格室等)的施工质量检验应符合相关专业施工质量验收规范的规定。

13.2.5 生态型尾矿库的回水泵站、回水管道及回水池(或消力池)等回水系统的施工质量检验应符合相关专业施工质量验收规范的规定。

13.2.6 生态型尾矿库的环保监测仪器、设备应提供合格证书、出厂率定资料等,并经过检测、检定合格。

13.2.7 生态型尾矿库的环保监测仪器、设备、设施的安装和埋设施工应按相关专业质量验收规范的规定执行,确保施工质量和运行稳定。

13.3 监测

13.3.1 生态型尾矿库除应按 13.1.5 的要求进行安全监测外,尚应进行生态环保监测。

13.3.2 生态型尾矿库可按《尾矿库安全监测技术规范》AQ 2030、《污水监测技术规范》HJ 91.1、《地下水监测技术规范》HJ/T 164、《地表水环境质量监测技术规范》HJ 91.2、《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166 的有关规定进行如下监测:

- 1 截渗蓄洪坝(墙)、截渗帷幕、拦洪坝渗流监测;
- 2 库内、拦洪库、截渗蓄洪库库底渗漏检测;
- 3 地表水、地下水监测,包括水质、水位等;
- 4 尾矿库周边土壤污染状况监测。

13.3.3 按《环境空气质量监测规范(试行)》的有关规定对生态型尾矿库区域扬尘进行监测。

13.3.4 生态型尾矿库应进行生态恢复工程监测,主要监测植物种类和群落、生长情况、覆盖度,监测点按 50m × 50m 方格网布设,施工期监测频率 1 次/月,后期 1 次/季度。

13.3.5 生态型尾矿库应对回水池(或消力池)回水量、回水利用率进行监测。

13.3.6 生态型尾矿库的生态环保监测尚应符合生态环保部发布的有关生态环境监测方法与监测标准的相关要求。

甘肃省住房和城乡建设厅信息中心
浏览专用

14 竣工资料与验收

14.1 一般规定

14.1.1 生态型尾矿库尾矿常规设施的施工质量验收应按《尾矿设施施工及验收规范》GB 50864 的相关要求执行。

14.1.2 生态型尾矿库工程应建立施工全过程档案。工程竣工验收时,除应具备完整的纸质竣工资料外,还应包括影像资料。

14.1.3 生态型尾矿库工程竣工应按国家基本建设管理办法及时组织验收,验收合格。

14.1.4 生态型尾矿库尾矿设施竣工资料及验收除应符合本标准外,尚应符合国家和地方现行有关标准、规范规定。

14.1.5 生态型尾矿库的施工验收应满足设计要求。

14.2 竣工资料

14.2.1 影像资料应符合下列规定:

1 生态型尾矿库工程档案影像资料包括工程开工前场地全貌(整个汇水面积),重要施工阶段工程形象全貌,工程竣工后形象全貌;各检验批、分项工程的质量验收与控制情况;工程形象进度情况;新材料、新技术、新工艺在工程中的运用情况及重要结构部位、重大节点控制情况;关键部位、关键工序和隐蔽工程监理旁站内容及单位工程安全和功能检验监理见证情况;施工过程中出现的工程质量问题或其他异常状况及其处理全过程(如有);强制性标准条文的执行情况及该检验批中关键工序的施工质量状况;工程重大活动、重要会议、重点检查等情况。

2 影像资料应图像清晰,其中照片资料不应低于 500 万像素,以 JPG 格式保存,应配有相应的文字说明,具体包括编号、题名、内容简要描述、拍摄时间、拍摄地点和拍摄者等;视频资料不应低于 300 万像素,以 AVI 格式保存,文件名应有编号、题名,视频拍摄过程应配有旁白解说,具体包括内容简要介绍、拍摄时间、拍摄地点和拍摄者等。

3 当拍摄需要反应偏差主题时,应立钢尺等参照物进行明确标识,以供追溯;当拍摄重要节点钢筋设置、焊接等空间部位时,应当从多个角度拍摄记录。

4 影像资料应随工程进度同步拍摄,根据需要采用全景、局部、特写等多种视角进行拍摄。拍摄的角度、方式应能全面反映相关主题,并具有代表性。

5 工程竣工后应将影像资料制作成光盘,与纸质资料同步整理、同步归档,两者应对应存放。

14.2.2 纸质资料应符合下列规定:

1 生态型尾矿库工程档案纸质资料除应满足《尾矿设施施工及验收规范》GB 50864 的要求的工程质量验收资料外,尚应包括防渗系统、截排洪系统、截排渗系统、回水系统、监测系统、生态恢复工程、扬尘防治措施的施工质量验收资料。

2 生态型尾矿库的生态恢复工程施工质量验收资料应提供基质材料、肥料的合格证、检测报告,植物种子的检测报告、检疫报告,种子发芽率的试验报告。

3 既有库的生态型改造施工资料还应包括既有库的生态型评价报告。

14.3 验收

14.3.1 生态型尾矿库生态恢复工程的施工质量验收应在施工单位自检合格的基础上,按检验批、分项工程进行,验收按

表 14.3.1 执行。

表 14.3.1 验收

分部工程	分项工程	检验批
生态恢复工程	喷播施工	按施工段及区域划分检验批
	种植	按植物种类及种植时间划分检验批

14.3.2 生态型尾矿库生态环保工程施工质量验收会议应有政府主管部门参加,验收文件应经建设、监理、勘察、设计、施工及政府主管部门各方签字认可。

14.3.3 生态型尾矿库应有本标准的要求的排洪系统及多库调洪蓄洪措施,使汛期及雨期地表水近零排放;库区设置防渗措施,使库区无坝基渗漏、绕坝渗漏、库底渗漏、侧向渗漏等情况发生,地下水零排放。

14.3.4 生态型尾矿库扬尘防治设施的验收应符合相关专业规范、标准的要求,扬尘有关监测数据达到国家相关规范允许值后,方可进行验收。

14.3.5 尾矿库的生态恢复措施最终应通过恢复效果进行评价,评价合格后,方可进行验收。生态恢复效果的评价应依据本标准第 11.2.7 条及国家环保标准相关要求执行。

14.3.6 生态型尾矿库应有符合本标准要求的回水循环利用设施,除大气蒸发外,实现回水循环全利用。

14.3.7 生态型尾矿库的验收应提交尾矿库管理的制度性文件。

附录 A 生态型尾矿库勘察任务书

A.0.1 新建生态型尾矿库勘察任务书可采用表 A.0.1。

表 A.0.1 新建生态型尾矿库勘察任务书

建设单位				工程名称					
随任务书附		图纸张份附件张份							
要求提交资料日期			要求提交份数						
初期坝	结构类型/m		坝高/m		坝长/m				
	坝宽/m		底宽/m		坝基标高				
尾矿坝	最终堆积标高/m		最终水位标高/m						
	堆积速率		回水率/%		使用年限				
拦洪坝	结构类型/m		坝高/m		坝长/m				
	坝宽/m		底宽/m		坝基标高				
截渗蓄洪坝	结构类型/m		坝高/m		坝长/m				
	坝宽/m		底宽/m		坝基标高				
有无渗漏通道等不良水文地质构造，查明预判的尾矿库渗透范围					渗流边界				
排水井	编号	结构	高度/m	井径/m	基础情况				备注
					形状	尺寸/m	砌置深度/m	总荷重/t	

续表 A. 0. 1

排水管	结构类型		断面尺寸/m		
	每米荷重/t		总长/m		
排水斜槽	结构类型		断面尺寸/m		
	每米荷重/t		总长/m		
排洪隧洞	断面尺寸/m		进口标高/m	出口标高/m	
	长度/m		拟采用的施工方法		
截洪廊道	结构类型		断面尺寸/m		
	每米荷重/t		总长/m		
筑坝材料	勘测区位置及最大运距				
	种类	需要量/m ³		对质量的要求	
	土种				
	石料				
	砂料				
勘察评价要求	a) 查明拦洪坝、尾矿库、截渗蓄洪坝上、下游范围内围岩的岩土工程特性； b) 查明尾矿库区域范围内岩土的渗流边界，需提供渗流边界平、剖面图； c) 查明拦洪坝、尾矿库、截渗蓄洪坝上、下游范围内围岩的渗透特性； d) 查明拦洪坝、尾矿库、截渗蓄洪坝上、下游范围内围岩的裂隙、溶洞等分布情况； e) 尾矿库渗透范围图				

提出任务单位项目总设计师

提出任务人

提出日期： 年 月 日

A.0.2 既有库改造生态型尾矿库勘察任务书可采用表 A.0.2。

表 A.0.2 既有库改造生态型尾矿库勘察任务书

建设单位				工程名称				
随任务书附		图纸张份附件张份						
要求提交资料日期						要求提交份数		
现状初期坝	结构类型/m		坝高/m		坝长/m			
	坝宽/m		底宽/m		坝基标高			
现状堆积坝	最终堆积标高/m		最终水位标高(m)					
	堆积速率		回水率/%		使用年限			
现状拦洪坝	结构类型/m		坝高/m		坝长/m			
	坝宽/m		底宽/m		坝基标高			
现状截渗蓄洪坝	结构类型/m		坝高/m		坝长/m			
	坝宽/m		底宽/m		坝基标高			
坝址有无渗漏通道等不良水文地质构造								
库区有无渗漏通道等不良水文地质构造、尾矿库渗流边界								
排水井	编号	结构	高度/m	井径/m	基础情况			备注
					形状	尺寸/m	砌置深度/m	
排水管	结构类型		断面尺寸/m					
	每米荷重/t		总长/m					
排水斜槽	结构类型		断面尺寸/m					
	每米荷重/t		总长/m					
排洪隧洞	断面尺寸/m		进口标高/m		出口标高/m			
	长度/m		拟采用的施工方法					
截洪廊道	结构类型		断面尺寸/m					
	每米荷重/t		总长/m					

续表 A. 0. 2

筑坝材料	勘测区位置及最大运距		
	种类	需要量/m ³	对质量的要求
	土种		
	石料		
	砂料		
勘察评价要求	<p>a) 查明拦洪坝、尾矿库、截渗蓄洪坝上、下游范围内围岩的岩土工程特性；</p> <p>b) 查明尾矿库区域范围内岩土的渗流边界,需提供渗流边界平、剖面图；</p> <p>c) 查明拦洪坝、尾矿库、截渗蓄洪坝上、下游范围内围岩的渗透特性；</p> <p>d) 查明拦洪坝、尾矿库、截渗蓄洪坝上、下游范围内围岩的裂隙、溶洞等分布情况；</p> <p>e) 查明坝体浸润线及变化规律；</p> <p>f) 分析评价现状坝高和最终坝高时的渗流边界、渗透稳定性和静力稳定性</p>		

提出任务单位项目总设计师

提出任务人

提出日期： 年 月 日

附录 B 无人机航测技术要点

B.1 性能指标要求

- B.1.1 航摄系统主要性能指标应遵循下列要求：
- 1 抗风能力应大于 4 级；
 - 2 横滚角、俯仰角、航向角测量误差均应小于 3° ；
 - 3 偏航距和航高差应小于 20m, 航线弯曲度应小于 5° ；
 - 4 相对航高不宜超过 1500m；
 - 5 航测数码相机应采用定焦镜头, 有效像素宜大于 2000 万；
 - 6 快门速度不应低于 $1/1000\text{s}$, 存储速度应与快门速度匹配；
 - 7 影像存储空间满足项目需求；
 - 8 地面监测系统的地面像元分辨率应优于 1m。

B.2 无人机航摄设计

- B.2.1 航摄计划需利用收集到的遥感影像、图纸资料和地形资料编制。
- B.2.2 航摄地面分辨率应根据成图比例尺确定。
- B.2.3 航摄分区宜完整覆盖整个作业区。当作业区内地形高差大于 $1/6$ 相对摄影航高时, 应进行航摄分区。
- B.2.4 航摄分区摄影基准面高度应依据分区内地形起伏与飞行安全条件确定, 应以分区内具代表性的高点平均高程与低点平均高程之和的 $1/2$ 作为航摄分区摄影基准面高度。
- B.2.5 摄区边界覆盖保证应按《低空数字航空摄影规范》CH/Z 3005 的规定执行。

B. 2. 6 航摄时应根据工期要求选择本作业区最有利的气象条件,确保航摄像片能够真实地显现地面细部特征,宜保证充足的光照度,避免过大的阴影。

B. 2. 7 对于不易从像片上选取控制点的作业区,在航摄前应布设地面标志,并统一编号测量。地面标志应与周边地面具有良好的反差。

B. 3 像片控制点的布设

B. 3. 1 像控点选点条件,像片控制点应满足下列条件:

1 像片控制点的目标影像应清晰,易于判别。

2 布设的控制点宜能公用,一般布设在航向及旁向六片或五片重叠范围内。

3 控制点距像片边缘不应小于 1cm ($18\text{cm} \times 18\text{cm}$ 像幅) 或 1.5cm ($23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅),综合法成图的控制点距航向边缘不应小于上述规定的 $1/2$ 。

4 控制点应选在旁向重叠中线附近,离开方位线的距离应大于 3cm ($18\text{cm} \times 18\text{cm}$ 像幅) 或 4.5cm ($23\text{cm} \times 23\text{cm}$ 像幅):当旁向重叠过大,不能满足要求时,应分别布点;旁向重叠较小使相邻航线的点不能公用时,可分别布点,此时控制范围所裂开的垂直距离一般宜小于 1cm ,困难时不应大于 2cm 。

5 位于自由图边、待成图边以及其它方法成图的图边控制点,应布设在图廓线外。

B. 3. 2 像控点的布设

1 当区域网用于加密平面控制点时,可沿周边布设 6 个平高点[图 B. 3. 2(a)];或沿周边布设 8 个平高点[图 B. 3. 2(b)]。

2 区域网用于加密平高控制点时,可沿周边布设 6 个或 8 个平高点;高程控制点跨度在 $1:2000$ 成图时,航线方向应间隔 4 条 ~ 6 条基线[图 B. 3. 2(c)]; $1:500$ 、 $1:1000$ 成图的定向点高程宜采

用全野外布点,采用内业加密时,其跨度应为 2 条~4 条基线。

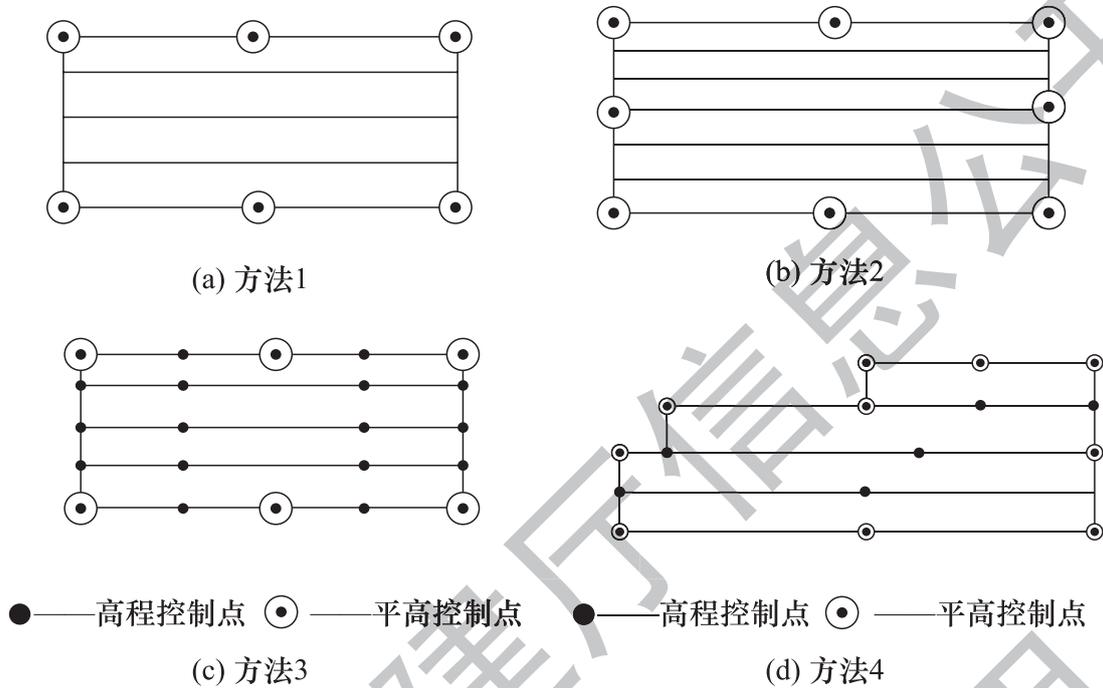


图 B.3.2 区域网布点图

3 受地形等条件限制时,可采用不规则区域网布点:应在凸出处布平高点,凹进处布高程点。当凹角点与凸角点之间距离超过两条基线时,在凹角处应布设平高点[图 B.3.2(d)]。

B.4 无人机航摄实施

B.4.1 飞行作业应根据安全要求及无人机的性能选择起降场地和备用场地,非应急性质的航摄作业,起降场地应满足下列要求:

- 1 距离军用、商用机场应在 10km 以上;
- 2 起降场地相对平坦、通视良好,地面应无明显凸起的岩石块、土坎、树桩,也无水塘、大沟渠等;
- 3 远离人口密集区,半径 200m 范围内不能有高压线、高大建筑物、重要设施等;
- 4 附近应无正在使用的雷达站、微波中继、无线通信等干

扰源。

B. 4. 2 应用 GNSS 进行差分计算曝光点平面坐标和高程时,应采用大地水准面模型计算高程异常,将椭球高转化为正常高。

B. 4. 3 静态观测设备状态正常后无人机方可起飞。

B. 4. 4 基准站和机载 GNSS 设备数据采样间隔均小于等于 1s。

B. 4. 5 每次飞行前后需逐项检查飞行平台、飞控系统、地面监控系统、影像数据采集系统、发射与回收系统和地面保障系统并记录。

B. 5 航摄质量要求

B. 5. 1 像片航向重叠度一般为 60% ~ 80% ,最小不应小于 53% ;旁向重叠度一般为 15% ~ 60% ,最小不应小于 8% 。

B. 5. 2 航向覆盖超出摄区边界线不应少于 2 条基线。

B. 5. 3 单航线航摄时,旁向覆盖超出摄区边界线不宜少于像幅的 20% ;双航线和多航线航摄时,旁向覆盖超出摄区边界线不宜少于像幅的 50% 。

B. 5. 4 摄区航向接边处不应少于 2 条有效重叠基线;摄区旁向接边处宜重叠一条航线飞行。

B. 5. 5 航摄中出现的相对漏洞和绝对漏洞均应及时补摄,应采用前一次航摄飞行的数码相机补摄,补摄航线的两端应超出漏洞之外 2 条有效基线。

B. 6 航摄成果质量检查及整理

B. 6. 1 影像的清晰度、层次、反差和色调可通过目视检查。

B. 6. 2 数字像片的重叠度和航线弯曲度宜采用软件检查。

B. 6. 3 有定点曝光记录装置时,航高检查利用其记录的曝光点坐标,通过相应软件进行。摄区、分区、图廓覆盖、航摄漏洞检查宜采用质量检查软件进行。

B. 6. 4 无人机定位姿态 (POS) 数据应与航片编号记录严格对应。

B. 7 无人机航测内业

B. 7. 1 内业加密点边点要求:

1 加密点一般选刺在 6 个标准点的点位附近,要求均匀分布,点位高差不宜过大;

2 像片控制点刺点时应选刺不低于五张的非连续像片,刺点时大小误差应符合内业标准要求;

3 平地纠正点应避免选在土堤、洼地、房顶等不能代表一般地面高程的目标上,林区应尽量选在林间空地的明显点上;

4 在地形复杂及起伏较大的地方,需增选多个点,以满足精度需求。

B. 7. 2 空中三角测量相对定向精度要求:

1 平原、丘陵等地的内业加密点上下视差中误差应小于 0. 5 个像素,最大残差应小于 1 个像素,山地等高程起伏较大地区上下视差中误差应小于 1 个像素,最大残差应小于 2 个像素;

2 相对定向精度、基本定向点残差、多余控制点不符值及区域网间公共点较差限值符合《数字航空摄影测量 空中三角测量规范》GB/T 23236 的规定。

B. 8 数字正射影像图

B. 8. 1 制作正射影像图的影像资料质量应符合下列规定:

1 影像应清晰易读、反差适中、色调均衡、无明显像片拼接痕迹;

2 影像不应有重影、模糊或纹理断裂等现象,影像应连续完整,灰度无明显不同。对于彩色影像色彩应一致;

3 数字正射影像图的地物地貌应真实,应无扭曲变形,无噪

声、云影等缺陷；

4 数字正射影像图的整体外观应整洁、美观。

B. 8. 2 影像数据作为数字正射影像图的主体数据,应以配有地理定位信息的 Tiff 格式或 GeoTiff 格式存储。也可套合地名、高程注记点及相关信息,并应进行图幅整饰。

B. 8. 3 数字正射影像的数据检查应符合下列规定:

1 数学基础应正确,数据覆盖范围应符合要求;

2 整幅影像应清晰,纹理、色调应一致,并应无明显的像片拼接痕迹;

3 应对数字正射影像图范围内所有平面检测点进行检测,检测点的平面位置中误差应符合要求。

B. 9 数字三维模型

B. 9. 1 数字三维模型的制作,宜以数字地形测量成果数据为基础,并应采用倾斜摄影测量、近景摄影测量、激光雷达扫描等方式获取的信息数据进行建模。

B. 9. 2 数学三维模型制作采集的纹理数据应符合下列规定:

1 纹理数据应色调均匀、反差适中、自然美观,应真实反映实际材质的图案、质感、颜色等;

2 视距或镜头畸变引起的纹理数据变形应进行调整;

3 纹理数据的影像应进行比例变换,应使相同层次模型的纹理分辨率相近。

B. 9. 3 数字三维模型的建模应符合下列规定:

1 外形结构应表达完整、准确,模型底部应与附着面保持一致;

2 模型按测量数据进行模型制作,比例应准确;

3 构建模型时,应将模型与对应的纹理数据进行有效融合。

B. 9. 4 数学三维模型及纹理的命名应唯一,宜使用字母、数字和

下划线表示。

B. 9.5 数字三维模型数据应进行质量检查,并应符合下列规定:

- 1 不同类型、不同比例尺模型数据的集成关系和拓扑关系应完整,不宜有冗余、遗漏;
- 2 模型数据的平面坐标及高程应以实际测量值为准;
- 3 模型数据的属性信息描述应真实,并应具有现势性。

B. 10 成果质量检查及整理

成果质量应按《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316的规定进行检查,并编写检查报告。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其它相关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程勘察通用规范》GB 55017
- 2 《工程测量通用规范》GB 55018
- 3 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 4 《工程测量标准》GB 50026
- 5 《供水水文地质勘察规范》GB 50027
- 6 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 7 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 8 《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487
- 9 《尾矿堆积坝岩土工程技术标准》GB 50547
- 10 《尾矿设施设计规范》GB 50863
- 11 《尾矿设施施工及验收规范》GB 50864
- 12 《土工合成材料应用技术规范》GB/T 50290
- 13 《有色金属工业岩土工程勘察规范》GB 51099
- 14 《尾矿堆积坝排渗加固工程技术规范》GB 51118
- 15 《地表水环境质量标准》GB 3838
- 16 《危险废物鉴别标准浸出毒性鉴别》GB 5085.3
- 17 《生活饮用水标准检验方法 第4部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4
- 18 《生活饮用水标准检验方法有机物综合指标高锰酸钾滴定法》GB/T 5750.7
- 19 《生活饮用水标准检验方法微生物指标》GB/T 5750.12
- 20 《地下水质量标准》GB/T 14848
- 21 《数字测绘成果质量检查与验收》GB/T 18316

- 22 《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》GB 18599
- 23 《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准(试行)》GB 36600
- 24 《滑坡防治设计规范》GB/T 38509
- 25 《尾矿库安全规程》GB 39496
- 26 《生态环境损害鉴定评估技术指南环境要素 第1部分:土壤和地下水》GB/T 39792.1
- 27 《尾矿库安全监测技术规范》AQ 2030
- 28 《低空数字航空摄影规范》CH/Z 3005
- 29 《砌石坝设计规范》SL 25
- 30 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》SL/T 62
- 31 《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》SL 174
- 32 《溢洪道设计规范》SL 253
- 33 《碾压式土石坝设计规范》SL 274
- 34 《水工隧洞设计规范》SL 279
- 35 《混凝土拱坝设计规范》SL 282
- 36 《混凝土重力坝设计规范》SL 319
- 37 《泥石流防治工程设计规范》T/CAGHP 021
- 38 《滑坡防治工程设计与施工技术规范》DZ/T 0219
- 39 《污水监测技术规范》HJ 91.1
- 40 《地表水环境质量监测技术规范》HJ 91.2
- 41 《地下水环境监测技术规范》HJ/T 164
- 42 《土壤环境监测技术规范》HJ/T 166
- 43 《水污染治理工程技术导则》HJ 2015
- 44 《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476
- 45 《人工草地建设技术规程》NY/T 1342
- 46 《土地复垦方案编制规程第1部分:通则》TD/T 1031.1
- 47 《土地复垦质量控制标准》TD/T 1036

甘肃省地方标准

生态型尾矿库修建技术标准

DB62/T 3271 - 2024

条文说明

目 次

1	总则	101
2	术语和符号	103
3	基本规定	104
4	生态型尾矿库修建	106
5	测绘	108
6	检验	109
6.2	尾矿渣元素分析	109
6.3	有价元素	109
6.4	有害元素	109
6.5	水质分析	109
7	勘察	116
7.1	一般规定	116
7.2	勘察内容	116
7.3	工程地质与水文地质	117
7.4	勘探与取样	117
7.5	原位测试与室内试验	119
7.6	试验	123
7.7	既有尾矿库勘察	126
7.8	成果报告	126
8	设计	127
9	渗流计算和防渗设施安全分析	128
9.1	一般规定	128
9.2	建设场地的渗流分析与评价	129

9.3	运行期及闭库的渗流分析与评价	130
9.4	防渗设施变形及破坏分析	131
10	闭库生态恢复	132
10.1	地形地貌恢复	132
10.2	坝坡恢复治理	132
10.3	库区恢复治理	133
10.4	植被恢复	133
11	既有库生态型评价	135
11.1	一般规定	135
11.2	评价程序及内容	135
12	施工	136
13	检查与监测	137
13.1	一般规定	137
13.2	施工质量检验	137
13.3	监测	137
14	竣工资料与验收	138
14.3	验收	138

1 总 则

随着“五位一体”战略布局和生态文明建设的持续推进,坚持“两山论”理念,守住自然生态安全边界,已经成为我国政府、工矿企业和社会民众的广泛共识和行动指南,矿山生态环境保护与恢复治理已贯穿矿产资源开采的全过程,是建设生态文明,实现我国生态可持续发展的关键环节。近年来,国家各机构大力开展矿山修复和生态补偿工作,对矿山矿区及其周边影响区开展植树复绿,恢复和改善被破坏的植被、地形地貌等,逐步构建起“山水林田湖草”生命共同体。矿山尾矿库的建设是一项综合的系统工程,加强零排放尾矿库的建设,最大限度的减少尾矿库对环境的损伤,充分利用新技术、新成果实现生态型尾矿库的建设,最终达到矿山生态健康持续发展的良性循环。

主编单位依托甘肃省重大科研项目《嘉陵江流域生态型尾矿库关键技术研究》和中国节能环保集团公司重大科研项目《长江流域生态型尾矿库关键技术研究》,在对长江上游嘉陵江流域、黄河中上游的甘肃、陕西、内蒙等地的大量的尾矿库渗透工程试验研究成果的基础上,总结国内大量尾矿库的相关工程实践的最新进展,提出了建设生态型尾矿库的修建标准,参考国内外有关标准和研究进展,结合参编单位在矿山生态修复工程与监测实际工作中形成的技术和经验,在充分解析生态型尾矿库工程典型案例基础上,按矿山生态修复工作的相关要求以及《山水林田湖草生态保护修复工程指南》,结合区域社会经济和自然地理差异,明确生态型尾矿库修建目标,制定生态型尾矿库修建技术标准,为生态型尾矿库的修建提供规范指导,提升矿山尾矿库修建的规范性和科学性,

加快推进全国新尾矿库的建设和既有尾矿库的改造,促进我国生态文明的发展。

尾矿库有沟谷型、平地型,又有多种筑坝方式,本标准对沟谷型上游法筑坝而言,对平地型和其它类型库,可参照本标准的基本设计思想和设计原理进行。由于既有(现有)尾矿库千差万别,地形、地质条件复杂,既有库改造时,应先进行尾矿能否有价元素回收,能否综合利用,能否井下充填等的规划研究,接着进行尾矿库水渗漏情况,库内尾矿水雨季时排放情况,扬尘情况勘察研究,对尾矿库回水率和有无尾矿水处理系统进行调研,做出综合评价和判断,确定生态型尾矿库的整改目标,因地因时制宜的确定合理可行的整体改造方案。

除金属矿山外,电厂灰渣库、垃圾填埋场等有相同要求的工程亦可参考。

2 术语和符号

为了建立生态型尾矿库的概念,增加了一些新的概念:渗流边界、尾矿水近零排放、生态型尾矿库、多库调节、贮存尾矿库、微小流域等。本标准中生态型尾矿库的核心含义是将尾矿对环境影响减少到最小范围,对生态环境的影响降到最低。

2.1.4 极限渗流边界小于允许渗流边界。

2.1.5 渗流不得超出此边界。

2.1.6 即尾矿库内污染水不向库外排放和扩散。尾矿水的近零排水只是在正常运行和设计标准的暴雨时不外排,在非常情况和极端情况时,洪水量超过设计标准时,为保证尾矿坝安全,是可以排放的。

2.1.8 截洪廊道,为了拦截贮存尾矿库库区以外的坡面降雨进入库内,在库周边设置的截洪设施,也可称为格栅式截洪道。

2.1.10 一般汇水面积很小,可在 50km^2 以下,以 10km^2 以下占多。

2.1.17 截渗结构包括截渗连续墙、截渗帷幕、截渗土工膜等。

3 基本规定

3.0.2 生态型尾矿库的全寿命过程应统一筹划,达到整体技术先进、安全可行、经济合理的效果。

3.0.5~3.0.12 全库铺设土工膜不仅施工困难,造价上升,而且由于库内土工膜底部的岩土软硬不同和库内水与尾砂压力处于动态变化中,容易出现破漏点,一旦破裂很难发现和修复。土工膜主要成分聚氯乙烯,在制作过程中会加入有毒的硬脂酸铅,这种盐极易析出,进入人体会造成积蓄性铅中毒。土工膜是塑料复合产品,难以降解,其颗粒流入水中会对水生物造成危害,随着大量土工膜的不断累积,若干年后对环境造成不可逆转的隐患。土工膜的生产会增加碳排放,采用建立在对尾矿库岩土工程条件详勘基础上的防渗方法是可以解决尾矿库渗漏的,应避免全库范围大规模铺设土工膜这种简单粗暴的方法。

大量尾矿库的岩土工程现场勘察试验证明,尾矿库中尾矿水的渗透存在渗流边界,在一定的水位和时限内,尾矿库中的渗流场被完整岩土体限制在一定范围内,不是处于无限渗流状态。且当选矿厂的生产服务年限终止后,尾矿库达到最高水位,尾矿库渗流场的外边界达到极限渗流边界,经过大量尾矿库周边现场岩土工程钻探取样证实,尾矿库的渗流边界离开尾矿库水面边缘水平距离很小,在尾矿库底的钻孔证明,尾矿水垂直渗入基岩的深度也很小,若将尾矿库看成一个盆的话,尾矿水沿着空间流场向盆外渗流的边界都在一个被限定的空间边界内,这个空间边界就是渗流边界。而且现场试验和数值模拟证明,在沟谷型尾矿库中,这个渗流边界的流态趋势是沿着沟谷向沟谷下游方向的。

渗透系数是反映土渗流性具有流速量纲的参数,岩体和土体在结构上有重大差别,土体是相对均一的多孔孔隙介质,而岩体是被结构面切割,各类结构面不仅起到分隔完整岩石的作用,而且是岩体中的主要微透水通道。岩体与土体在渗流特性上差异极大,岩体中的节理常成组出现,其渗透性呈各向异性,与裂隙的组数、产状、隙宽、密度、迹长、连通程度密切相关,而岩块的渗透系数受到渗透率、岩块孔隙的形状、大小及其排列方式的影响。绝大多数岩石的渗透系数在 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-10} \text{ cm/s}$,而岩体的渗透特性通常采用渗透张量衡量。衡量岩土中水渗透的因素除渗透系数外,还有渗径、水头、流速、流向、流量、渗透率、过水断面等,对尾矿库而言,渗流边界、渗流流量是设计者最关心的。

4 生态型尾矿库修建

4.1.4 该条款的目的是实现尾矿库污染水不外渗,库内渗水近零排放。

4.1.5 该条款的目的是实现洪水期库内水不外排。

4.1.1 ~ 4.3.2 确定尾矿库是否为近零排放尾矿库,即尾矿库库内水是否存在通过地表外排或地下渗漏。生态型尾矿库实行全库区防渗形成封闭环境,库内污水不渗漏,库外水清污分流不进库,洪水期库内污水不外排。

尾矿库中的渗流表现为岩块中的低渗透率下的达西渗流,即存在某一起始水力坡度 J_0 ,当水力坡度 J 大于起始水力坡度 J_0 后,水才会发生流动,通常发生在较完整的岩体中,绝大多数尾矿库属于这种情况;在破碎岩体或岩溶通道中表现为高流速下的非达西渗流,当流速增大达到某一数值后,渗透流速与水力坡度的关系呈现非线性,严重渗漏尾矿库属于这种情况。

评价尾矿库的渗流场时,首先通过水文地质调查和勘探工作,获得地层和岩体的组成、构造特征、可溶岩的岩溶发育特征、岩层的风化程度和风化带特征、地下水位分布及含水层的补给、排泄和径流条件资料,在此基础上结合室内和现场试验构建地下水渗流场评价的水文地质模型,包括岩体分区、岩体参数和边界条件,以及地下水运动的多孔隙水流动、裂隙网络水流运动、岩溶管道水流运动等模式,建立地下水运动的基本数学模型,通过数值方法求解。

多库调节和近零排放可以实现,是因为尾矿库所在的流域是很小的,一般在 10km^2 以下,由设计暴雨推求的洪水较小,加之采

用上游截排洪,库周导排洪,其它进入库内的洪水较少,若经核算库内调洪库容不够时,可以将洪水分流到下游截渗蓄洪库中,返回选厂循环利用。经长江流域黄河流域多个尾矿库的多库调节计算分析,完全可以实现。极个别现有尾矿库由于地形原因,下游无法建截渗蓄洪库时,可研究论证其他方法的可行性。

尾矿库内调洪库容是非常珍贵的,要重视调洪库容的计算,重视尾矿库内沉积滩坡度的控制。

多库调节应注意多次降雨过程的影响,且留有足够的安全富余库容。

微小流域暴雨推求洪水时,上游建截排洪后,沟槽汇流往往难以发生,应由坡面汇流的等时线法计算洪水总量。

尾矿坝面滩面的扬尘防治中,由于塑料制品存在的环境问题,不建议采用塑料制品覆盖。

5 测 绘

- 5.1.1 由于尾矿库的高度上升等会引起地形变化,因此要求 3—5 年复测一次,具体周期可根据实际需要进行调整;
- 5.1.2 鉴于无人机航测技术具有效率高、机动性强、成本低廉等优势,因此尾矿库的地形图测绘优先考虑采用无人机测绘;
- 5.1.3 尾矿库的内坡也处于动态变化状态,复测时要准确测绘出其断面,作为确定尾矿库调洪库容的重要依据。

6 检 验

6.2 尾矿渣元素分析

尾矿化学成分是决定尾矿综合利用方式的关键性因素之一。如果尾矿中含有较丰富的贵金属元素、稀土元素,首先考虑是否可以将尾矿中的这些有价元素进行二次回收;如果尾矿中含有的有价元素较少,则考虑将尾矿作为建筑材料、复垦植被或是充填采空区加以利用。

6.3 有价元素

指尾矿中超过一定的含量水平,通过一定的处理手段可以回收并具备回收利用价值的元素,如贵金属元素、稀土元素等。

6.4 有害元素

指尾矿中含量水平较低,无法回收利用,但对环境产生污染的重金属元素,如铅、镉、汞、砷、六价铬、氰化物等。

6.5 水质分析

6.5.1 地表水检测推荐的分析方法可参考表 1

表 1 地表水检测推荐的分析方法

序号	基本项目	推荐分析方法
1	水温	《水质水温的测定温度计或颠倒温度计测定法》GB/T 13195
2	pH	《水质 pH 值的测定电极法》HJ 1147

续表 1

序号	基本项目	推荐分析方法
3	溶解氧	《水质 溶解氧的测定 电化学探头法》HJ 506
4	高锰酸盐指数	《水质 高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892
5	化学需氧量	《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》HJ 828
6	五日生化需氧量	《水质 五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定 稀释与接种法》HJ 505
7	氨氮	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》HJ 535
8	总磷	《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》GB/T 11893
9	总氮	《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》HJ 636
10	铜	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
11	锌	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
12	氟化物	《水质 无机阴离子 (F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻) 的测定 离子色谱法》HJ 84
13	硒	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
14	砷	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
15	汞	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
16	镉	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
17	铬(六价)	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467
18	铅	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
19	总氰化物	《水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法》HJ 484
20	挥发酚	《水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》HJ 503
21	石油类	《水质 石油类和动植物油类的测定 红外分光光度法》HJ 637
22	阴离子表面活性剂	《水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法》GB/T 7494
23	硫化物	《水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法》GB/T 16489
24	粪大肠菌群	《水质 粪大肠菌群的测定 滤膜法》HJ 347.1
		《水质 粪大肠菌群的测定 多管发酵法》HJ 347.2

6.5.2 地下水检测推荐的分析方法可参考表 2

表 2 地下水检测推荐的分析方法

序号	基本项目	推荐分析方法
1	色(铂钴色度单位)	《生活 饮用水标准检验方法 第 4 部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4—2006 中 1.1
2	臭和味	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4—2006 中 3.1
3	浑浊度	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4—2006 中 2.1
4	肉眼可见物	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4—2006 中 4.1
5	pH	《水质 pH 值的测定 电极法》HJ 1147
6	总硬度(以 CaCO ₃ 计)	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4—2006 中 7.1
7	溶解性总固体	《生活饮用水标准检验方法 第 4 部分:感官性状和物理指标》GB/T 5750.4—2006 中 8.1
8	硫酸盐	《水质 无机阴离子(F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻)的测定 离子色谱法》HJ 84
9	氯化物	《水质 无机阴离子(F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻)的测定 离子色谱法》HJ 84
10	铁	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
11	锰	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
12	铜	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
13	锌	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
14	铝	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
15	挥发性酚类(以苯酚计)	《水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》HJ 503

续表 2

序号	基本项目	推荐分析方法
16	阴离子表面活性剂	《水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲基蓝分光光度法》GB/T 7494
17	耗氧量	《生活饮用水标准检验方法 第 7 部分:有机物综合指标》GB/T 5750. 7
18	氨氮(以 N 计)	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》HJ 535
19	硫化物	《水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法》GB/T 16489
20	钠	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 776
21	总大肠菌群	《生活饮用水标准检验方法 第 12 部分:微分生指标微生物指标》GB/T 5750. 12
22	菌落总数	《水质 细菌总数的测定 平皿计数法》HJ 1000
23	亚硝酸盐	《水质 无机阴离子(F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-})的测定 离子色谱法》HJ 84
24	硝酸盐 (以 N 计)	《水质 无机阴离子(F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-})的测定 离子色谱法》HJ 84
25	氰化物	《水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法》HJ 484
26	氟化物	《水质 无机阴离子(F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-})的测定 离子色谱法》HJ 84
27	碘化物	《水质 碘化物的测定 离子色谱法》HJ 778
28	汞	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
29	砷	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
30	硒	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
31	镉	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
32	六价铬	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467
33	铅	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
34	三氯甲烷	《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集 - 气相色谱 - 质谱法》HJ 639

续表 2

序号	基本项目	推荐分析方法
35	四氯化碳	《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集-气相色谱-质谱法》HJ 639
36	苯	《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集-气相色谱-质谱法》HJ 639
37	甲苯	《水质 挥发性有机物的测定 吹扫捕集-气相色谱-质谱法》HJ 639
38	总 α 放射性	《水质 总 α 放射性的测定 厚源法》HJ 898
39	总 β 放射性	《水质 总 β 放射性的测定 厚源法》HJ 899

6.5.3 尾矿水检测推荐的分析方法可参考表 3

表 3 尾矿水检测推荐的分析方法

序号	基本项目	推荐分析方法
1	pH	《水质 pH 值的测定 电极法》HJ 1147
2	浊度	《水质 浊度的测定》GB/T 13200
3	溶解氧	《水质 溶解氧的测定 电化学探头法》HJ 506
4	高锰酸盐指数	《水质 高锰酸盐指数的测定》GB/T 11892
5	化学需氧量	《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》HJ 828
6	五日生化需氧量	《水质 五日生化需氧量 (BOD ₅) 的测定 稀释与接种法》HJ 505
7	氨氮	《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》HJ 535
8	总磷	《水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法》GB/T 11893
9	总氮	《水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法》HJ 636
10	氟化物	《水质 无机阴离子 (F ⁻ 、Cl ⁻ 、NO ₂ ⁻ 、Br ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、PO ₄ ³⁻ 、SO ₃ ²⁻ 、SO ₄ ²⁻) 的测定 离子色谱法》HJ 84
11	氯化物	
12	硫酸根	
13	硝酸根	

续表 3

序号	基本项目	推荐分析方法
14	铜	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
15	锌	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
16	硒	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
17	砷	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
18	汞	《水质 汞、砷、硒、铋和锑的测定 原子荧光法》HJ 694
19	锑	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
20	镉	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
21	锰	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
22	镍	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
23	金	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
24	银	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
25	锡	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
26	铬(六价)	《水质 六价铬的测定 二苯碳酰二肼分光光度法》GB/T 7467
27	铅	《水质 65 种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》HJ 700
28	钾	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 776
29	钙	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 776
30	钠	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 776
31	镁	《水质 32 种元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法》HJ 776
32	全盐量	《水质 全盐量的测定 重量法》HJ/T 51
33	总氰化物	《水质 氰化物的测定 容量法和分光光度法》HJ 484

续表 3

序号	基本项目	推荐分析方法
34	挥发酚	《水质 挥发酚的测定 4-氨基安替比林分光光度法》HJ 503
35	石油类	《水质 石油类和动植物油类的测定 红外分光光度法》HJ 637
36	阴离子表面活性剂	《水质 阴离子表面活性剂的测定 亚甲蓝分光光度法》GB/T 7494
37	硫化物	《水质 硫化物的测定 亚甲基蓝分光光度法》GB/T 16489

7 勘 察

7.1 一般规定

7.1.1 生态型尾矿库勘察是围绕环境保护所进行的勘察,针对性比较强,其主要目的为了保护生态环境。

7.1.2、7.1.6 生态型尾矿库勘察与传统的工程地质、水文地质勘察有所不同。其主要目的为了查明场地的渗漏现状以及渗漏通道,确定渗流边界,为设计治理提供依据。

7.1.4 生态型尾矿库勘察的主要手段是通过水文地质勘察和渗流分析来判断库区的渗流途径和渗流范围。尾矿库的库区防渗可采取试验研究获得现行环境保护要求所需的参数,并通过前期尾矿库选址、地质勘察工作,查明库区地形、地貌、地质构造、地层岩性及岩土渗透性,为尾矿库防渗设计提供可靠依据。

7.1.5 影像资料包含现场地形、地貌、工作影像、岩芯照片等。

7.2 勘察内容

7.2.1 本条规定了生态型尾矿库勘察的基本内容,是编制生态型尾矿库勘察纲要的主要依据和工程分析所需要的基本内容。

查明库区(新建库、既有库)周边断裂、褶曲的位置、构造线走向、产状等形态特征和地质力学特征,岩层的产状和接触关系,软弱结构面的发育情况及其与工程的关系。

查明库区周边裂隙含水层的裂隙性质、规模、发育程度、分布规律、充填情况及其富水性、透水性、含水层与其相对隔水层的组合特征及其与各含水层和地表水的水力联系。

对既有库还需进一步查明库区周边有无单薄分水岭、低邻谷和贯穿库外的透水层、断层破碎带、古河道,查明可溶岩分布库段的岩溶发育规律、泉水及地下水分水岭的分布高程、相对隔水层的分布及封闭条件、地下水与河水的补给与排泄关系等,评价渗漏的可能性、渗漏途径、渗漏性质(管道、溶隙)及其对库区的影响。

勘察时应通过钻孔压水试验,获得各类岩层风化带的渗透性及透水性;通过现场注水试验,查明第四系覆盖层、尾矿土的渗透性。

通过采取尾矿库上游水样作为该地下水的本底值,采取钻孔水样、相邻沟谷水样及尾矿液水样进行化学成分分析对比,查明尾矿液渗漏的范围。

既有库勘察应对地下水、地表水、基岩裂隙水进行水质全分析,分析项目一般以汞、镉、铅、铬等重金属和类金属砷等生物毒性显著的元素,以及有一定毒性的金属锌、铜、镍等元素来进行,并结合尾矿的主要成分来选择分析。

7.3 工程地质与水文地质

本节规定了在生态型尾矿库勘察前需搜集和分析的专门性资料,未列入与一般场地勘察要求相同的其他资料。所列资料内容都是生态型尾矿库勘察方案编制和岩土工程分析的依据。

7.4 勘探与取样

7.4.2 为采取浅层的不扰动样,可在坝坡或干滩布设探井或探槽,开挖取样后必须及时夯实回填。

7.4.4 勘探线长度的规定是按计算剖面的需要确定的。主要勘探线是对分析评价有重要意义的勘探线,应布设在可能的最不利于稳定的位置。根据已有工程经验,主要勘探线上游端达到自坝

顶起不小于拟评价坝高 2 倍 ~ 3 倍的距离范围,可以覆盖可能产生滑面的后缘。这样规定较易操作,又可使勘探工作范围满足评价要求。现行行业标准规定勘探线上游端到达水线和进入水线,但勘察时水线位置不一定是正常运行时的水线,有可能使勘探资料不满足评价要求。

7.4.5 勘探线数量是堆积坝稳定性评价的准确性和可靠性的保证条件。在正常排放堆积条件下,沿沟谷谷底的剖面可能是稳定性最低的剖面。但尾矿的排放,尤其是一些中小型矿山,往往是无序的,或由于某些原因迫使将大量细颗粒尾矿堆积在某一侧,由此可造成堆积坝某一地段的不安全因素。这种情况在布置勘探工作前的工程地质测绘或收集分析资料中是难以发现的。在已有工程实例中,有些坝的抗滑稳定安全系数最小的剖面并不是沿谷底的剖面。但有的单位为了降低费用减少工作量,只在沿谷底垂直坝轴线布设一条勘探剖面,这样就可能使一些不安全因素被漏查,导致评价结果偏安全。为了勘察时不留盲点,保证评价结果的准确可靠,防止遗漏的隐患造成损失,本标准将在主坝不应少于 3 条勘探线的要求列为重要条文。还应说明的是“不应少于 3 条”并不是布置 3 条满足要求即可,在较长的坝或有特殊情况的坝,还应布设比 3 条更多的勘探线。

7.4.6 本条对勘探线、点间距作规定,现场布设应在进行工程地质测绘的基础上进行,把勘探线、勘探点布设在有代表性的地段或位置。表 7.4.6 中注 4 的规定是针对堆积坝进行多次勘察的情况。尾矿的工程特性随着其上覆堆积厚度的增大而改变,因此前期勘察资料并不是都可利用的。

7.4.7 本条是针对平坦或缓坡场地建库的坝,条文规定的勘探线数量,是至少要 3 条或 2 条,而不能理解为只需 3 条或 2 条。

7.4.8 勘探孔深度的规定沿用《尾矿堆积坝岩土工程技术标准》GB 50547 的规定,20 余年来的工程经验表明按此孔深控制可以满

足评价要求。

7.4.9

3 勘探孔的深度为与尾矿库上下游连线垂直库底最低点以下 10m ~ 15m。

7.5 原位测试与室内试验

7.5.2

3 P - Q 曲线类型见下表：

表 4 P - Q 曲线类型及曲线特点

类型	P - Q 曲线	曲线特点
A(层流)型		<p>升压曲线为过原点的直线, 降压曲线与升压曲线基本重合</p>
B(紊流)型		<p>升压曲线凸向 Q 轴, 降压曲线与升压曲线基本重合</p>

续表 4

类型	P-Q 曲线	曲线特点
C(扩张)型		<p>升压曲线凸向 P 轴, 降压曲线与升压曲线基本重合</p>
D(冲蚀)型		<p>升压曲线凸向 P 轴, 降压曲线与升压曲线不重合, 呈顺时针环状</p>
E(充填)型		<p>升压曲线凸向 Q 轴, 降压曲线与升压曲线不重合, 呈逆时针环状</p>

- 注:1 曲线中第 4 点与第 2 点、第 5 点与第 1 点的流量值绝对差小于 1L/min 或相对差小于 5% 为基本重合。
- 2 绘制 P - Q 曲线时, 应采用统一比例尺, 即纵坐标 (P 轴) 1mm 代表 0.01MPa, 横坐标 (Q 轴) 1mm 代表 1L/min。
- 3 曲线图上各点应标明序号, 并依次用直线相连, 升压阶段用实线, 降压阶段用虚线。

4 试段透水率采用第三阶段的压力值(P_3)和流量值(Q_3)按下式计算:

$$q = \frac{Q_3}{LP_3} \quad (1)$$

式中: q ——试段的透水率(Lu),取两位有效数字;

L ——试段长度,m;

Q_3 ——第三阶段的计算流量,L/min;

P_3 ——第三阶段的试段压力,MPa。

5 当需要根据压水试验成果计算岩体渗透系数时:

1) 试验段位于地下水位以下,透水性较小($q < 10\text{Lu}$)、 P - Q 曲线为 A(层流)型时,可按下式计算:

$$K = \frac{Q}{2\pi HL} \ln \frac{L}{r_0} \quad (2)$$

式中: K ——岩体渗透系数,m/d;

Q ——压入流量, m^3/d ;

H ——试验水头,m;

L ——试段长度,m;

r_0 ——钻孔半径,m。

2) 试验段位于地下水位以下,透水性较小($q < 10\text{Lu}$)、 P - Q 曲线为 B(紊流)型时,可用第一阶段的压力 P_1 和流量 Q_1 代入公式(2)近似计算渗透系数 K 。

目前多采用自上而下的分段压水方法,即每钻进一段,使用栓塞隔离进行试验。试验长度,一般规定为 5m,岩层钻进 6.5m(5m 试验段 + 1.5m 封堵段),取芯干净,通知现场技术人员进行钻孔压水试验;试验结束后,未变径的前提下,钻进 5m 继续压水试验,若变径,则钻进 6.5m 进行压水试验。如岩芯完好,岩石透水性很小时(单位吸水量 $\omega < 0.01\text{L/s}$),可适当加长试段,但不宜大于 10m。

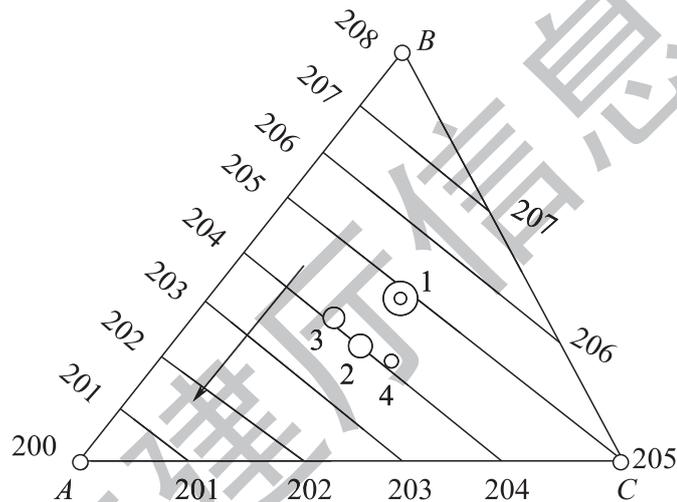
本条主要参照《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL25 及有关规范制定。大量的试验成果表明:在不同压力下,岩体裂隙内的渗流状态是不同的,岩体的裂隙状态也会发生变化,因而其渗透性也会改变。采用多级压力循环试验,将不同压力下的流量变化情况进行对比,了解岩体的渗流状态和裂隙状态的具体情况,合理地确定岩体的真实渗透性,试验压力采用三级压力、五个阶段(即 $P_1 - P_2 - P_3 - P_4 (=P_2) - P_5 (=P_1)$, $P_1 < P_2 < P_3$) 的循环试验方法,可满足工程建设需要。压力试验应尽量采用统一试验压力,以增加试验成果的可比性,吕荣试验的定义压力为 1,故一般情况下最大压力应等于或接近该值,其余两级压力分别为最大压力的 1/3 和 2/3。具体规定三级压力分别为 0.3MPa、0.6MPa、1.0MPa。

4 土体的透水性分级以渗透系数为依据,岩体的透水性分级以透水率为依据。但强透水~极强透水岩体宜采用渗透系数作为划分依据。渗透系数是通过室内试验或现场试验测定的岩土体透水性指标,其单位为 cm/s 或 m/d ,透水率是通过现场压水试验测定的岩体透水性指标,其单位为 Lu(吕荣)。

7.5.4

1 地下水流向测定

几何法(三角形井孔法):按等边三角形布置三个钻孔(图1),并测定天然地下水位,用插值的方法作出等水位线,垂直等水位线由高到低的方向即为地下水流向。



A、B、C地下水水位观测孔;水位标准:m;1—投试剂孔;
2—主要流速观测孔;3、4—辅助观测孔;

图1 地下水流向、流速测定示意图

2 测定地下水流向时选用示踪剂可参照表5确定,为保证投源井(注入井)的示踪晕并提高试验精度,监测井宜布置1~3层,每层3孔。投源井与侧面监测井连线与主流线间构成的夹角应小于 70° 。用较少的观测孔,获得不同规模条件下浓度时间观测值。钻孔施工应分两步进行:首先施工主孔和主流向两侧的两个孔,测出三个孔的水位埋深和高程,用三点法校正初测的地下水流向;再根据校正的地下水流向施工其他孔,按其水位高程再校正地下水流向。在此次基础上进行最后观测孔施工。钻孔施工中,应注意钻孔质量。滤水管类型、规格、滤水孔尺寸、下管、填砾、止水、洗井工艺等,均应严格按相关标准、规程、规范及设计要求执行。

表 5 示踪剂的类型

类型	试剂名称	特点	应用条件
化学试剂	电解液	NaCl(食盐)	NaCl(食盐)示踪剂应用最广,适用于淡水和透水性较好的含水层
		CaCl ₂	
		NH ₄ Cl	
	碳氟化合物	CCl ₃ F	
CC ₂ F			
染色剂	荧光染料	可用荧光计或比色计直接测定,灵敏度较高	适用于高矿化含水层或弱透水层
	亚甲基蓝		
	玫瑰精 B		
放射性物质(同位素)	¹³¹ I	用量小,能在较长距离示踪,但需专门仪器检测	适用于包气带、饱水带
	⁸² Br		
	² H		
微生物	酵母菌	无毒、便宜、易检出	既可用于孔隙,又可用于较大岩溶通道

7.6 试验

7.6.1 本条规定了岩土试验项目和试验方法的选取以及一些原则性问题,至于试验的具体操作和试验仪器设备的规格,应依据现行相关标准及章程进行。室内试验工作的内容应根据岩土类型、工程类型、工程分析计算的要求和需要提供的计算参数来确定。

试验资料的整理、分析,对提供可靠、准确的试验指标十分重要。对不合理的数据要分析原因,必要时,进行一定的补充试验,以便决定对可疑数据的取舍、更正。

7.6.2

1 岩石试验的目的,主要是测定岩石本身的性质,为岩土工程和天然建筑材料评价提供依据。在岩石试验中,要特别重视岩样的采取工作,使之具有足够的代表性。岩石试验内容、试验方法、技术条件等应结合工程自身特点并符合勘察、设计的基本要求。具体试验方法按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定执行。

软岩和极软岩是很难制成试验的岩样的,用环刀制成试样按土进行试验是获得其物理力学参数的一个方法。

5 岩石直剪试验是将同一类型的一组岩石试件,在不同的法向荷载下进行剪切,根据库伦表达式确定岩石的抗剪强度参数。本条所指是应力控制式的平推法直剪试验。在确定法向应力时,还应考虑岩石的强度、应力状态以及设备的精度和出力。

当剪位移量不大时,剪切面积可直接采用试件剪切面积,当剪位移量过大而影响计算精度时,应采用最终的重叠剪切面积;确定剪切阶段特征点时,按现在常用的有比例极限、屈服极限、峰值强度,在提供抗剪强度参数时,必须提供抗剪断的峰值强度参数值。

6 岩石点荷载强度试验是将试件置于上下一对球端圆锥之间,施加集中荷载直至破坏,据此求得岩石点荷载强度和其各向异性指数。点荷载强度试验是间接试验方法,利用试验关系确定岩石的强度参数。

点荷载强度试验,适用于各类岩石,可作为岩石强度分类及岩体风化分类的指标,也可用于预估与之相关的其它强度如单轴抗压强度和抗拉强度等指标。

7 岩石切片的取样位置可在可能发生渗漏的岩层内取样。

7.6.3

1 对砂土无法取得 I 级、II 级土样时,可只进行含水量、颗粒级配试验。目测鉴定不含有机物时,可不测定有机质含量。有经

验的地区,比重可根据经验确定。当需要对土方回填或坝体心墙填筑等工程进行质量控制时,应进行击实试验,测定土的干密度与含水量的关系,确定最大干密度和最优含水量。工程要求提供土的渗透性参数时,宜结合现场试验进行室内渗透试验,测定土的渗透系数。

2 采用压缩模量进行沉降计算,是目前广泛应用的沉降计算方法。由于压缩系数和压缩模量随压力段的不同而改变,因此本条对试验的最大压力值和分段提供压缩系数和压缩模量作了规定,以便沉降计算时按工作应力选择相应的压缩性指标。

3 尾矿的三轴试验是为坝坡的稳定性分析和坝体的应力应变分析提供分析计算参数的室内试验方法。它具有能控制大小主应力及排水条件,受力状态明确,又能准确测定土的孔隙压力及轴向变形和体积变化等特点。试验时可根据不同的分析计算模型选择相应的试验方法。排水状态对三轴试验成果影响很大,为获得稳定性分析所需的抗剪强度参数的三轴试验,控制排水状态是关键。不同的排水状态所测得的 c 、 φ 值差别很大,故本条规定试验时的排水条件应尽量与工程实际一致。在试验时采用适宜的小主应力 σ_3 是应注意的问题, σ_3 的取值涉及试验成果的适用性。

7.6.4 水和土腐蚀性评价

1 场地水、土对建筑材料的腐蚀性可能对工程造成严重危害,只有在有足够经验和充分资料的地区可以不进行水、土腐蚀性评价外,其他条件下均应采取水、土试样,进行腐蚀性分析。

2 地下水位以上的建(构)筑物,规定只取土样,不取水样,但实际工作中应注意地下水位的季节变化幅度,当地下水位上升,可能浸没建(构)筑物时,仍应取水样进行水的腐蚀性测试。

3 水和土对建筑材料的腐蚀性评价问题较复杂。本条对场地水、土试验项目和试验方法的要求和规定是对水或土的化学分析的通用的标准;对腐蚀性的评价则规定了应根据工程项目的性

质,如建筑工程、线路工程等,分别按国家现行相关规范的规定进行。

7.7 既有尾矿库勘察

本节说明了既有尾矿库勘察的主要内容,生态型尾矿库勘察的侧重点在于尾矿水渗漏的情况分析。

7.8 成果报告

本节是对岩土工程勘察报告应包括的内容的基本要求,但并不限于这些要求,不同类别工程尚应各有侧重。本节各条的规定是针对详细勘察阶段的,其它勘察阶段的报告可按此要求和各工程项目具体情况简化。

8 设计

8.1.1 尾矿库的渗流边界的确定可以通过水文地质勘察,结合尾矿库渗流场的三维数值模拟分析确定。也可通过岩块的渗透系数、渗透张量等来判定。一般渗透系数 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$ 的中风化基岩层可以作为渗流边界。

当尾矿库原始地层中存在破碎带等渗透通道和渗透点时,采用防渗工程措施,使整库达到完整的防渗盆后,方可建库。

8.3.1 沟谷型尾矿库的多库调节的实现方法和原理,同样适用于其它地形的尾矿库,关键是调洪库容的大小,当调洪库容满足时,多库调节可变为单库调节。调节的方式因地、因时灵活进行。

8.3.2 位于嘉陵江流域多个尾矿库周边山体高陡边坡上的截洪道成功使用的先例证明,周边截洪不仅可以大幅减少入库洪水,而且施工质量和安全均能保证,将截洪明渠改进成截洪廊道(槽栅式截洪道)后,解决了明渠的堵塞及边坡土压力和结构受力等问题。

9 渗流计算和防渗设施安全分析

防渗设施的安全除防止管涌、流土外,尚应注意尾矿坝内部细粒层中的颗粒流入粗颗粒层中的接触流失和不同级配土层的接触面带走细颗粒的接触冲刷破坏。

9.1 一般规定

9.1.2 生态型尾矿库在项目开始论证阶段,应开展坝体和坝基的渗透性分析,以确定渗漏量和渗透范围,只有达到生态型的要求后,才可开展后续工作。

9.1.3 尾矿堆积坝的渗流分析与评价工作必须以岩土工程勘察为基础。查明地形特征,地层分布,并要厘清堆积规律,这样才能进行尾矿层的概化分区,以便对尾矿坝进行渗流评价。

9.1.4 生态型尾矿堆积坝的渗流是评价工程的关键,当坝内有自由水面时,渗流可能是由坝体渗流和坝库岸周边渗流共同作用,这两种边界交织在一起引起的渗流,对坝体和坝基渗流场的影响复杂,故在进行渗流计算时,需要考虑渗流边界的不同。

9.1.5 生态型尾矿堆积坝库岸以上降雨入渗影响坝体和坝基的渗流场,这部分渗流边界随降雨强度的不同,可能从蓄满产流演变成超渗产流,故入渗边界也随之从随时间变化的流量边界演变为恒定的流量边界或水头边界,在渗流分析中应考虑这种变化特性。

9.1.6 生态型尾矿库渗流性分析要在查明库岸和坝基水文地质条件的基础上,特别是坝基有溶洞,裂隙等水文地质条件存在时,一定要重点关注这些易引起通道性渗透的情况,并要分析不同地

层的渗流特性,分析是否发生渗透破坏,避免引起管涌等渗透问题。

9.1.8 生态型尾矿库设有防渗膜时,防渗膜因坝体填筑施工,坝基产生变形,防渗垫层或防渗膜随着坝基变形可能产生拉裂撕破问题,故设置有防渗膜的尾矿库,应进行应力应变分析,评价防渗垫层或防渗膜随坝体填筑过程中的变形演化问题。

9.1.10 污染物迁移随着渗流发生,当水不流动时,应污染物离子浓度势存在,污染物会从浓度高的地方向浓度低的地方扩散运移。在判断生态型尾矿库污染级别是首先通过渗流计算,分析渗流发生的范围,再根据污染物迁移特性,分析污染区域,以确定污染区域和级别,分析原理和方法采用已有的国标相关章节执行。

9.2 建设场地的渗流分析与评价

9.2.1

3 尾矿库一般为沟谷型、平地型、凹地型等,其地质环境可能存在断裂、破碎带及节理裂隙等,这些地质构造首先会对渗漏产生影响,其次是地质构造的运动,可能对地质构造特性产生影响,继而又影响尾矿库渗漏,故应分析评价尾矿库修建前后断裂带、破碎带、裂隙及节理闭合及张裂情况。

9.2.4 本条对尾矿坝渗流计算只做了一些原则性的规定,主要应根据尾矿库的等级,场地类型分别选取计算方法和计算参数。对沟谷型湿法排放尾矿库宜进行三维数值模拟法或模拟试验,对复杂的地质情况为验算数值计算的成果用模拟试验进行核对也非常必要,主要为了确保渗流计算更符合实际状况,为尾矿坝安全运行提供依据。

对Ⅲ级及Ⅲ级以下的堆积坝的渗流计算,除按二维或三维渗流计算外,也可采用其它渗流计算方法。

9.3 运行期及闭库的渗流分析与评价

9.3.4 尾矿堆积坝的渗流控制必须确保浸润线低于控制浸润线。故为了降低浸润面在坡体和坝基内设置有排渗管、盲沟、席垫、垂直塑料排渗板和排渗井等设施,但由于化学或物理淤堵等原因,造成排渗设施失效,继而抬高浸润面,对坝坡安全稳定造成潜在威胁,继而造成绕坝基渗流区域增大可能。

9.3.5 尾矿堆积坝由于放矿方式的不同,不同时期矿渣物理性质又不同,造成坝体多层的特点,有些层透水性很差,成为相对的隔水层,这在剖面上把坝体分割成几个带,每个带都有自己的浸润线。大气降水也是尾矿堆积坝透水多补给源之一,在雨季,当雨水通过尾矿砂时,遇到透水较弱的地层则形成上层滞水。

9.3.6 生态型尾矿库分析降雨渗流分析的目的有二:一是为了估计孔隙压力,为渗流发生区域的确定和稳定性分析提供输入数据,一般假设尾矿坝内渗流是在重力下流动、稳态条件下发生的;二是为了确定尾矿坝的渗漏损失,以预测污染浅势,需要进行非稳态、瞬态或非饱和渗流评价。

9.3.7 因渗流的边界不同,发生渗流的区域不同,故出现了坝体渗流进入坝基,库岸渗流进入坝体的不同情况,这主要是坝基和坝体不同结构形式和渗透特性决定的,对生态型尾矿库,宜厘清库岸、坝体和坝基发生渗流时的相互关系。

9.3.9 因坝基和坝体渗流与边界条件有关,分析水头高度和库岸边界变化对渗流的影响,可以明确水头变化和库岸边界变化对渗流范围和渗流形态的影响。

9.3.11

6 渗流计算的主要任务是确定坝体浸润线的位置、坝体和坝基的渗流量以及浸润线出逸时的水力坡降,渗流量,发生渗流区域及范围,这为坝体稳定性分析,排渗设施设计和污染物控制提供依据。

9.4 防渗设施变形及破坏分析

9.4.1 土体的渗流、应力和变形的数值模拟分析理论与方法已趋于成熟,并且积累了较丰富经验和资料,利用大型商用软件的二次开发和岩土专业软件,对尾矿堆积坝在不同工况下的渗流场、应力场和变形场进行数值模拟分析。

9.4.2 生态型尾矿库尾矿坝防渗垫层和防渗膜完好和正常运行情况应通过坝体填筑和闭库后运行的工况静力分析要确定,通过数值模拟的方法,分析筑坝过程中应力场、变形场和应力水平的变化特性,生态型尾矿库更应关注防渗垫层和防渗膜变形情况,为工程实际的设计运行提供依据。

地震作用下的稳定性分析结果包括残余变形场、有效应力场、孔压比、液化区域和塑性区范围。对生态型尾矿坝,其中残余变形主要是评价防渗垫层和防渗膜在地震下破坏情况。

9.4.3 尾矿坝沉积层复杂且变异性大,在进行数值模拟时,防渗垫层、防渗膜、坝基和坝体宜选用相匹配的物理模型,特别是在防渗膜与坝体和坝基之间,宜设置能反映静力和动力作用下的接触模型。尾矿堆积坝应力和变形的静力数值计算中采用较多的数学模型有:非线性弹性、弹塑性、粘弹-塑性模型,最常用的非线性弹性模型是邓肯-张等人提出的非线性弹性($E \sim B$)模型,弹塑性模型主要是沈珠江提出的双屈服面弹塑性模型,非线性弹性修正的 $K \sim G$ 模型。动力计算采用的较多的模型是等效粘弹性线性模型和等效粘弹塑性模型。

10 闭库生态恢复

本章针对尾矿库的特点,如何修建生态型尾矿库,从地形地貌的恢复、坝坡恢复治理、库区恢复治理及植被恢复四个方面提出了具体要求。在修建过程中遵循地形地貌景观与周边的一致性,坝坡库区恢复治理不影响尾矿坝的稳定,植被恢复要因地制宜,符合当地自然地理条件。

10.1 地形地貌恢复

10.1.1 本条给出了修建生态型尾矿库地形地貌恢复的主要方面,在地形地貌的恢复过程中须考虑与周边地貌的协调一致性。

10.1.2 本条主要从不同地貌类型,即丘陵山区和平原区地形地貌景观恢复的侧重点,从技术方法上两个区内尾矿库的修复也不是绝对的。

10.1.3 本条主要从修复再利用的角度给出了修复为耕地、园地、水浇耕地、林草地等的具体要求。

10.1.4 地形地貌的恢复以尾矿库安全稳定为前提。对停用的尾矿库应按正常库标准进行闭库整治设计,确保尾矿库防洪能力和尾矿坝稳定性系数满足本规程要求,维持尾矿库闭库后长期安全稳定。

10.1.5 尾矿库地形地貌的恢复中涉及崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害治理,参照现行有关规范执行。

10.2 坝坡恢复治理

10.2.1 坝坡恢复治理首先考虑坝体的稳定性,坝体稳定是坝坡

恢复治理的前提,坝体不稳定的采取削坡、压坡、降低浸润线等措施,使坝体稳定性达到相关规范要求后再进行坝坡恢复治理。

10.2.2 若尾矿库所在沟谷有发生泥石流的可能,须按泥石流防治等有关规范中的要求进行设计治理。

10.2.3 本条要求闭库后的尾矿库后续要进行维护,不得他用,严禁违章操作。

10.3 库区恢复治理

10.3.1 库区恢复治理主要为土地复垦,其按土地复垦中的有关要求执行。

10.3.2 本条给出了土地复垦措施的大类,每个大类中包含诸多具体措施,具体措施要因地制宜合理选择,一般为多种措施组合式治理。

10.3.3 库区水环境污染治理参照《水污染治理工程技术导则》HJ 2015—2012 中相关规定执行。

10.3.4 尾矿库的排水、围挡、防渗、稳定至关重要,截排水系统确保有效运行。

10.3.5 库区水质要进行定期化验,须符合《地表水环境质量标准》GB 3838 和《地下水质量标准》GB/T 14848 中相应等级质量标准。

10.3.6 库区土壤污染监测、管控、治理参照《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》GB 36600、《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》GB 15618。

10.4 植被恢复

10.4.1 在尾矿库植被恢复时,要充分考虑区域自然地理条件,按“整体生态功能恢复”和“景观相似性”原则,坚持生态优先,坚持因地制宜,采取切实可行的恢复治理措施,恢复尾矿库整体生态

功能。

10.4.2 自然恢复依靠生态系统自我调节能力能够逐步得到恢复,不需进行工程干预。

采取封闭修复场地、拆除废弃设施等措施,消除影响自然恢复的生态胁迫因子。不允许在修复场地内翻土、取石、搬运、垦殖等人类活动,排除外界干扰,减少对场地的扰动。依赖场地和周边生态系统自我愈合能力,促进植被再生和生物种群恢复。

10.4.3 辅助再生措施适用于库区不适合植被生长,需要进行土地平整、表土覆盖和培肥才能使受损生态系统逐步恢复。通过土壤改良、截排水等人工辅助措施,改善库区土壤功能,为植被恢复提供条件。筛选适地植物物种,采取补植、补播、抚育、间伐、杂灌草清除等人工辅助措施,加快区内生态系统结构和功能的修复。禁止引入对当地生物多样性造成威胁的外来物种。

10.4.4 尾矿库生态重建主要为土壤重构、植被重建。

11 既有库生态型评价

11.1 一般规定

11.1.1 既有库生态型评价应在保证尾矿库建(构)筑物及附属设施安全的前提下进行。

11.1.4 其它特殊情况包括超出尾矿库设计标准的地震、暴雨等不可抗力。

11.2 评价程序及内容

11.2.5 多库调节的防洪安全评价、排洪系统评价,应通过查阅资料、现场检查、检测等手段查明其完整性、有效性、耐久性,然后通过计算复核其防洪、排洪能力可否满足近零排放;地下水渗漏评价,应采用钻探、原位测试、室内试验、物探等手段,查明是否有尾矿水渗漏,如有渗漏,应分析、预测渗漏范围。

11.2.6、11.2.7 扬尘防治评价及生态修复评价应以现场监测数据为准,监测周期至少1年。

11.2.11 生态型尾矿库环保安全要素分级,是既有尾矿库治理前评价工作的主要内容,分级后可以确定标准等级,根据标准等级可以采取因地、因时制定的治理方案。

11.2.12 本标准进行既有库的生态型评价的主要目的是为了给出既有库改为生态型尾矿库的可行性,因此,对于可否进行改造的问题,需要在鉴定报告中有所交代,本条给出改造可行性分级标准划分,为政府决策、业主明晰现状、设计改造提供依据。

11.2.14 本标准对(鉴定)评价报告的格式不强求统一,但应包括本条规定的七项内容,以保证报告的质量和完整性。

12 施 工

12.1 ~ 12.3 确定岩层不同深度的灌浆压力,应通过试验,初步确定时亦可通过经验公式估算。灌浆压力是控制灌浆质量的重要因素,无论固结灌浆或帷幕灌浆,都应使之不增大基岩裂隙、不抬动岩石、不扩散到需要灌浆的区域以外为原则。

灌浆帷幕的质量标准应按灌后基岩的透水率控制,要求较高时应为 $3Lu \sim 5Lu$,要求较低时可为 $5Lu \sim 10Lu$ 。

当基岩较破碎透水性较大时,除做帷幕灌浆外,宜同时进行固结灌浆处理,在防渗体范围内均布设固结灌浆。

13 检查与监测

13.1 一般规定

13.1.2 生态型尾矿库的检查 and 监测除尾矿库运行期间的检查和监测外,还应包括尾矿库闭库后定期的检查和监测。当发生地震、洪水以及尾矿库工作状态出现异常等特殊情况时,对重点部位的有关项目应加强监测。

13.2 施工质量检验

本节规定了生态型尾矿库工程施工质量的检验方法。对于本规程未涉及的施工工艺、材料等,应由建设单位、监理单位、设计单位研究后,确定施工质量检测方法、检测数量。

13.3 监测

本节规定了生态型尾矿库一般环保监测项目及监测依据的规范、规程等,本标准未涉及的监测项目尚应根据环保部门要求,结合尾矿水污染物性质、地理环境等要素增加监测项目。

14 竣工资料与验收

14.3 验收

生态型尾矿库尾矿基础设施的验收应按《尾矿设施施工及验收规范》GB 50864 的相关规定执行。生态型尾矿库环保设施验收按本标准 14.3.2 ~ 14.3.7 条执行。