

尾矿库注销工程设计导则

Design guidelines for tailings pond deregistration engineering

（送审稿）

（本草案完成时间：2023 年 12 月 18 日）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 基本规定 5

5 尾矿库注销方式选择 5

6 尾矿库注销标准 6

7 工程等别与构筑物级别 6

8 防洪标准 6

9 清除尾砂方式注销工程设计 6

 9.1 设计原则 7

 9.2 基础资料 7

 9.3 现场调查与分析 7

 9.4 尾砂回采方案设计 7

 9.5 尾矿库回采过程中防洪安全分析 9

 9.6 尾矿库回采过程中坝坡稳定安全分析 9

 9.7 安全监测 9

 9.8 尾矿库设施处理 10

 9.9 施工期环境保护及水土保持 10

 9.10 尾矿库场地绿化 10

 9.11 施工安全管理 10

 9.12 尾矿库注销后场地与周边环境的相互影响分析 10

10 工程措施方式注销工程设计 10

 10.1 设计原则 11

 10.2 基础资料包含 11

 10.3 现场调查与分析容 11

 10.4 工程措施注销方案设计 11

 10.5 施工期水土保持 15

 10.6 尾矿库注销后场地与周边环境的相互影响分析 15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广东省应急管理厅提出并实施。

本文件由广东省安全生产标准化技术委员会（GD/TC 81）归口。

本文件起草单位：华南理工大学、广东省应急管理厅基础处

本文件主要起草人：周小文、刘玲平、李斌、周密、杨懿、朱剑峰

尾矿库注销工程设计导则

1 范围

本文件提供了尾矿库注销工程设计的指导,包括术语和定义、基本规定、尾矿库注销方式选择、尾矿库注销标准、工程等别与构筑物级别、防洪标准、清除尾砂方式注销工程设计、工程措施方式注销工程设计。

本文件适用于省内非煤矿山尾矿库采取清除尾砂方式或工程措施方式注销的工程设计。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 39496 尾矿库安全规程
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50433 开发建设项目水土保持技术规范
- GB 50863 尾矿设施设计规范
- GB 51108 尾矿库在线安全监测系统工程技术规范
- GB 51247 水工建筑物抗震设计标准
- AQ 2030 尾矿库安全监测技术规范
- SL 274 碾压式土石坝设计规范
- SL 319 混凝土重力坝设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

尾矿库 **tailings pond**

用以贮存金属、非金属矿山进行矿石选别后排出尾矿的场所。

[来源: GB 39496—2020, 3.1]

3.2

尾矿坝 **tailings dam**

拦挡尾矿和水的尾砂库外围构筑物。

[来源: GB 39496—2020, 3.8]

3.3

初期坝 **starter dam**

用土、石等材料筑成的,作为尾矿堆积坝的排渗或支撑体的坝。

[来源: GB 39496—2020, 3.9]

3.4

尾矿堆积坝 tailings embankment

生产过程中用尾矿堆积而成的坝。

[来源: GB 39496—2020, 3.10]

3.5

尾矿库挡水坝 water dam of tailings pond

在坝前不形成有效干滩直接挡水的坝。

[来源: GB 39496—2020, 3.11]

3.6

上游式尾矿坝 upstream embankment method

湿式尾矿库在初期坝上游方向堆积尾矿的筑坝方式。其特点是堆积坝坝顶轴线逐级向初期坝上游方向推移。

[来源: GB 39496—2020, 3.13]

3.7

一次建坝 one-step constructed dam

全部用除尾砂以外的筑坝材料一次或分期建造的尾矿坝。

[来源: GB 39496—2020, 3.16]

3.8

浸润线 phreatic line

水从坝体迎水面经过坝体向下游渗透所形成的自由水面和坝体横剖面的相交线。

[来源: GB 50863—2013, 2.0.12, 有修改]

3.9

沉积滩 deposited beach

水力冲积尾矿形成的沉积体表层, 按库内集水区水面划分为水上和水下两部分。

[来源: GB 39496—2020, 3.27]

3.10

干滩长度 dry beach width

库内水边线至滩顶的最短水平距离。

[来源: GB 39496—2020, 3.29, 有修改]

3.11

安全超高 free height

在非地震运行条件下, 尾矿堆积坝为滩顶标高与设计洪水位的高差; 挡水坝和一次建尾矿坝为设计洪水位加最大波浪爬高和最大风壅水面高度之和与坝顶标高的高差。

在地震运行条件下, 尾矿堆积坝为滩顶标高与正常生产水位加地震沉降和地震壅浪高度之和的高差; 挡水坝和一次建坝尾矿坝为正常生产水位加最大波浪爬高、最大风壅水面高度、地震沉降和地震壅浪高度之和与坝顶标高的高差。

[来源: GB 39496—2020, 3.33]

3.12

尾矿库注销 tailings pond cancellation

通过采取改作其它设施、清除尾砂或工程措施的方式, 消除尾矿库或消除尾矿库的安全隐患, 不再作为尾矿库进行安全管理, 从而将尾矿库予以注销。

3.13

尾矿库注销工程 construction project of tailings pond cancellation

采取清除尾砂或工程措施注销尾矿库的建设工程。

3.14

干式尾砂回采 dry tailings mining

采用露天开挖采掘的方法对尾矿库内水面以上的尾砂进行回采。

3.15

湿式尾砂回采 wet tailings mining

用泥浆泵、水枪或用采砂船对尾矿库内水面以下的尾砂进行回采。

3.16

正坡 positive beach slope

尾矿库库尾高程高于坝顶高程形成的滩面坡。

3.17

反坡 negative beach slope

尾矿库坝顶高程高于库尾高程形成的滩面坡

4 基本规定

4.1 尾矿库注销分为改作其它设施、清除尾砂、工程措施三种方式。

注：改作其它设施方式是将尾矿库改造为其它工业、建筑、体育、公园等用途，或改造后复垦为农林用地。清除尾砂方式是通过对尾砂进行回采并清空尾矿库。工程措施方式是对尾矿库采取截排水、加固、绿化等工程措施，使尾矿库成为高度安全而无需专门安全管理的场地。本文件只对清除尾砂、工程措施方式的注销工程设计作出规定。采取改作其它设施方式注销尾矿库时，应在改造工程中采取措施消除尾矿库的安全风险，本文件不对改造工程的设计作出规定。

4.2 为促进尾砂综合利用以及恢复自然生态，应尽可能采取清除尾砂的方式注销尾矿库。

4.3 采取清除尾砂、工程措施的注销方式时，应进行尾矿库注销工程的设计。

4.4 注销工程设计前应针对所选择的注销方式，结合尾矿库历史地质资料进行有针对性的地质勘察，探明地层分布状况、地下水位和不良地质现象，提出注销工程设计所需的地层物理力学参数。地质勘察应按照 GB 50021 执行。

5 尾矿库注销方式选择

5.1 对于以下尾矿库，应采取清除尾砂的方式注销：

- a) 经济、技术条件适合于尾砂综合利用的尾矿库；
- b) 周边存在易发地质灾害且易受其影响的尾矿库；
- c) 采取工程措施难以保障长期安全的尾矿库；

注：地形地质和水文条件复杂、尾矿库处于人类活动频繁且易受人为破坏的区域，在无专门管理的条件下难以保障长期安全，对这类尾矿库应采取清除尾砂方式注销。

- d) 因周围环境要求而应消除势能或清除尾砂的尾矿库。

注：当周围近距离内有居民、重要设施、水源水库等，管理部门要求消除尾矿库势能或消除尾砂水排放时，应选择清除尾砂的方式注销尾矿库。

- 5.2 对于以下尾矿库，宜采取工程措施的方式注销：
- a) 停用多年，尾矿库已经固化、生态化，尾砂无对外污染危害，采取工程措施可保障长期安全的尾矿库；
 - b) 尾砂难以综合利用，且非为因周围环境要求而应消除势能或清除尾砂的尾矿库。

6 尾矿库注销标准

- 6.1 清除尾砂方式注销尾矿库应符合以下标准：
- a) 清除了尾砂，消除了尾矿库势能；
 - b) 不必保留的坝体、竖井-涵洞、斜槽-涵洞已拆除或封堵，场地基本恢复到建库前的地形地貌；
注：清除尾砂后，尾矿库不复存在，但是，场地水土保持与生态治理可能需要较长时间，部分非尾砂的坝体与排洪设施可能需要保留以利于水土保持与生态治理，此时可以暂不拆除。
 - c) 场地已经实现绿化或采取了可靠的绿化措施而预期短期内可实现绿化。
- 6.2 工程措施方式注销尾矿库应符合以下标准：
- a) 尾矿库场地达到不积水、地下水位埋深大的干硬状态，防洪安全满足设计要求；
 - b) 尾矿库场地覆盖了压实黏性土，坝体及坝坡稳固，渗流及抗滑稳定安全满足设计要求；
 - c) 尾矿库场地已经实现绿化或者采取了可靠的绿化措施；
 - d) 不必保留的竖井-涵洞、斜槽-涵洞已拆除或封堵，或保留为备用排水设施且不影响尾矿库与周边环境安全。

7 工程等别与构筑物级别

- 7.1 对于清除尾砂方式注销的尾矿库，施工初期尾矿库等别与构筑物级别保持不变。随回采进展尾矿库规模缩小，可分阶段相应降低等别与级别。
- 7.2 对于工程措施方式注销的尾矿库，尾矿库等别与构筑物级别可保持不变或适当提高。
- 注：以工程措施方式注销尾矿库，主要不是以提高工程等别和构筑物级别来提升安全度，而是采取防止库区积水、增强坝坡稳定性等工程措施来提升本质安全性。当考虑因周边环境变化而确有必要时，可适当提高尾矿库等别与构筑物级别。

8 防洪标准

- 8.1 对于清除尾砂方式的注销工程，现状及回采期间的尾矿库防洪标准应符合 GB 39496 的规定，按照表 1 取值。

表1 尾矿库防洪标准

尾矿库等别	二	三	四	五
洪水重现期（年）	1000	500	200	100

- 8.2 对于工程措施方式的注销工程，防洪标准应符合 GB 39496 的规定，按照表 1 取值。

9 清除尾砂方式注销工程设计

9.1 设计原则

回采尾砂的设计应符合以下原则：

- a) 通过经济、技术、环保等分析，选择最合适的尾砂综合利用方式；
- b) 现有截排水设施在回采期间应尽量使用，并应设计保护方案，防止回采施工时损坏；
- c) 回采设计方案应确保回采期间尾矿库的安全以及施工的安全；
- d) 对清除尾砂后库周不稳定的边坡应采取合适的处理措施。

9.2 基础资料

包含但不限于以下资料：

- a) 尾砂矿种、粒度、化学成分等资料；
- b) 尾矿库现状地形资料；
- c) 尾矿库已有地质资料；
- d) 按照 GB 50021 执行的现状地质勘察资料；
- e) 地震基本烈度、设防烈度；
- f) 尾矿库水文、气象、周边环境等资料；
- g) 尾矿库设计、施工、运行、评价等相关资料；
- h) 尾矿储量；
- i) 用于确定尾砂综合利用方式的采空区、市场需求、消纳场、交通条件等资料；
- j) 当地和其它地区尾矿库清除尾砂方式注销工程经验；
- k) 尾矿库管理情况。

9.3 现场调查与分析

包含但不限于以下内容：

- a) 尾矿库周边地形地貌、水文以及周边居民、学校、企业、水源地等现状环境条件；
- b) 尾矿坝的现状情况；
- c) 尾矿库沉积滩面的现状情况；
- d) 尾矿库排洪设施的现状情况；
- e) 监测设施的现状情况；
- f) 按照 GB 39496、GB 50863 的要求进行尾矿坝稳定安全分析；
- g) 回采施工期间尾矿库坝体、排水系统等设施可用性的分析。

9.4 尾砂回采方案设计

9.4.1 尾砂综合利用方式

尾砂利用方式有井下采空区充填、重选利用以及作为水泥辅料、建筑材料等多种，可采用一种或多种利用方式。应通过经济、技术、环保的可行性分析与比选，提出可靠的综合利用方案。

9.4.2 回采规模与工期

根据尾砂储量、运输条件、设备条件、生产能力等以及尾砂综合利用方案，确定年回采规模以及回采工期。尾砂量在 $3 \times 10^5 \text{ m}^3$ 以内的尾矿库宜安排在一个年度内完成回采。

9.4.3 回采工艺

9.4.3.1 回采方式选择

尾砂回采方式宜作如下选择：

- a) 对于已经干涸或可以降水疏干的尾矿库，可全部采用露天开挖的干式尾砂回采；
- b) 对于有积水的尾矿库，宜采用联合方式回采，即水下区域利用采砂船和渣浆泵等设备进行湿式尾砂开采，干滩部分的尾砂采用干式尾砂回采；在需要对尾砂进行洗筛或干采运输不方便的情况下，可以对全部尾砂实行湿采和泵送。

9.4.3.2 回采方向与顺序

应根据尾砂贮存状况、排水系统布置、运输道路、施工布置方便等条件进行综合分析，优选回采方向与顺序，基本原则如下：

- a) 回采方向可选择横向开采、纵向开采或双向联合开采。滩面面积较小时一般宜横向开采，面积较大时一般宜联合开采；

注：横向开采：尾矿库回采方向与尾矿坝坝轴线基本保持平行，采砂时沿尾矿库横向分条带进行回采；纵向开采：尾矿回采方向与尾矿坝坝轴线基本保持垂直，采砂时沿尾矿库纵向分条带进行开采；联合开采：将横向开采与纵向开采联合使用。

- b) 为有利于保障干滩长度和安全超高，从而有利于保障坝体安全，回采顺序一般应执行先库内、后坝前的顺序，从库尾向坝前推进，且应自上而下分层回采；
- c) 每层开采完成后滩面应形成约 2% 的坡度，坡向排水设施进水口。

9.4.3.3 回采分区

回采分区方式及要求如下：

- a) 一般分为坝前区、库内区，库内区宜先于坝前区开采；
- b) 根据尾矿库规模和场地条件，库内区和坝前区皆可分为一至多个采区；
- c) 为保障坝体安全，回采期间坝前区滩面标高一般应始终高于库内区滩面 2.5 m 以上，坝前区长度应不小于当前等别尾矿库的最小干滩长度；

9.4.3.4 回采分层厚度

单层开采厚度应根据设备的采掘高度和尾砂性质确定，干采时不宜大于 3m，湿采时不宜大于 2.5m。

9.4.3.5 回采台阶及坡度

干采工作面台阶坡度不宜陡于 1: 1，湿采台阶坡度不宜陡于 1: 3。

对于滩面较大的湿采区，开采作业面空间允许时一般形成由低至高 3 或 4 个台阶。每个台阶高度 2.5 m 以内。第 1、2 级台阶用于排水、降低水位，第 3、4 级台阶为主要的回采作业台阶；第 3、4 级台阶回采完成后，加深第 1、2 台阶，如此循环。

9.4.3.6 回采安全距离

回采安全距离应符合以下要求：

- a) 施工中机械设备与临空面或水边界宜保持不小于 3 m 的安全距离，人工开挖宜与临空面或水边界保持不小于 2 m 的安全距离；

- b) 在运行中的排水井、排水斜槽及涵洞周边 10 m 范围内的尾砂宜采用人工开采，不宜采用机械开采。

9.4.3.7 库周山坡修整

对尾砂回采过程中出露的周边山坡应及时进行清理、修整，使其保持稳定。如有坍塌、滑坡隐患，应进行监测和加固处理。

9.4.4 设备选型与配置

回采施工的设备宜按如下方式进行选型与配置：

- a) 干式尾砂回采可采用液压挖掘机铲装、湿地型推土机辅助和自卸汽车运输的方式，也可采用履带式斗轮机取料、短距离胶带传输和自卸汽车运输的方式；
- b) 湿式尾砂回采可用采砂船，也可用水枪喷射工艺对尾砂进行水力回收开采；
- c) 对于局部不能自流外排的涌水或特殊情况下（如超设计洪水）的应急辅助外排水，应配置抽水泵进行强排；
- d) 根据回采方式与工艺、尾砂特点、场地布置、日采强度、运输方案以及防洪要求等，对供水供电、渣浆泵、抽水泵、采砂船、挖掘机、铲车、运输车、通讯、照明等设备进行选型与配置。

9.4.5 回采施工期防洪设施

回采施工期防洪设施的构建与管理应符合以下要求：

- a) 尾矿库已有的防排洪设施应尽可能利用；
- b) 为减轻洪水对回采施工的影响，可将库周边截洪沟作为回采期间的安全设施。不易堵塞的山脚下截洪沟可以参与防洪计算；
- c) 由于回采施工导致库内排水系统能力不足的情况下，可在坝肩区域硬土地基上开挖明渠溢洪道作为新增的排洪设施，并采取措施确保溢洪道运行正常。可靠运行的溢洪道可以参与防洪计算；
- d) 随着采场工作面下降，可逐步揭开排水斜槽盖板、给涵管开孔或拆除排水竖井的围挡，使进水口高程逐步下降。库内可修建临时的排水沟连接排水斜槽、涵管或竖井的进水口，便于排出库内积水；
- e) 应采取拦污栅、结构加固等措施保护进水口，防止损坏和堵塞。

9.5 尾矿库回采过程中防洪安全分析

应按照GB 39496、GB 50863的要求对回采的不同阶段进行防洪安全分析，浸润线埋深、安全超高、干滩长度要始终满足要求。随着回采的进行和尾矿库规模的降低，可根据不同阶段尾矿库等别调整洪水标准。

9.6 尾矿库回采过程中坝坡稳定安全分析

应按照GB 39496、GB 50863的要求对回采过程中的不同阶段进行坝坡稳定安全分析。随着回采的进行和尾矿库规模的降低，可根据不同阶段尾矿库等别调整构筑物级别，并相应调整稳定安全标准。

9.7 安全监测

回采过程中应按照以下要求进行安全监测：

- a) 现有监测设施在回采期间应尽量使用，并应设计保护方案，防止回采施工时损坏；
- b) 回采期间的监测项目及设施应符合 GB 39496、GB 51108 和 AQ 2030 的规定，重点对浸润线、干滩长度、安全超高进行监测；
- c) 应在排水系统进水口、尾矿坝下游面、回采工作面等部位安装视频，监控尾矿库安全及施工安全；
- d) 随着回采的进行，监测设施的布置应根据监测部位与重点的转变进行动态调整；
- e) 在回采过程中，尾矿库周边山体存在滑坡的风险时，应对山体边坡进行安全监测。

9.8 尾矿库设施处理

对尾矿库设施应按如下方式处理：

- a) 在保障防洪安全的前提下，回采工作面以上的排水斜槽、涵管和竖井可逐步拆除或最终一次性拆除；库外山体排水涵洞如无需保留，宜用混凝土和反滤材料分别在进、出口进行封堵；
- b) 在保障防洪安全和坝坡稳定的前提下，尾矿堆积坝、初期坝或者挡水坝、一次建坝可随着回采进程逐次降低高程和拆除，最终全部拆除；尾矿坝拆除宜均衡有序进行，避免形成高陡边坡；
- c) 监测设施在回采过程中可逐步拆除；
- d) 有的非尾砂坝体已经成为当地民用道路的一部分，有的截洪沟、坝肩排水沟具备改造成当地居民生产、生活用水的设施，且可能有利于防治水土流失，对这些设施可根据具体情况予以保留、改造并进行无害化处理；
- e) 拆除其它所有不必保留的尾矿库设施。尾矿库以清除尾砂方式注销后，不应遗留影响场地安全与环境的设施。

9.9 施工期环境保护及水土保持

对于回采施工引起的粉尘、噪声、水污染、固体废弃物等污染以及水土流失，应按照相关法规及 GB 50433 的要求制定环境保护与水土保持方案。

9.10 尾矿库场地绿化

应依据当地植物生长特性，选择适宜的草种，进行场地复绿，促进场地生态恢复。对于不适当当地水土而需要长期人工维护的草皮应慎用。

9.11 施工安全管理

为保障尾砂回采期间的尾矿库安全及施工安全，应根据回采施工的特点，分析可能发生的险情及险情发生的后果，列出施工注意事项和管理要求，编制安全管理方案。

9.12 尾矿库注销后场地与周边环境的相互影响分析

应包含如下内容：

- a) 分析尾矿库清空尾砂后周边山体边坡的稳定性，并提出处理建议；
- b) 分析注销后场地的水土保持、生态治理与周围环境之间的关系并提出处理建议；
- c) 分析尾矿库注销后对场地与周边环境之间的其它可能相互影响。

10 工程措施方式注销工程设计

10.1 设计原则

工程措施设计应符合以下原则：

- a) 通过工程措施使尾矿库场地达到不积水、稳固、复绿的状态，使尾矿库成为一个高度安全的山坡形场地；
- b) 充分利用场地条件布置明渠式截排洪系统，系统的排洪能力应具有高度不可逆性；
注：高度不可逆性是指高抗干扰性，意味着排水系统是一个开放的网络、周边岩土体稳定、明渠受环境杂物而堵塞的可能性低、即使局部发生堵塞仍有可靠的排洪通道。
- c) 充分利用先进理论与技术，使注销工程达到安全、环保且经济合理的目标。

10.2 基础资料包含

包含但不限于以下资料：

- a) 尾砂矿种、粒度、化学成分等资料；
- b) 尾矿库现状地形资料；
- c) 尾矿库已有地质资料；
- d) 按照 GB 50021 执行的现状地质勘察资料；
- e) 地震基本烈度、设防烈度；
- f) 尾矿库水文、气象、周边环境等资料；
- g) 尾矿库设计、施工、运行、评价等相关资料；
- h) 当地和其它地区尾矿库工程措施方式注销工程经验；
- i) 尾矿库管理情况。

10.3 现场调查与分析容

包含但不限于以下内容：

- a) 尾矿库周边地形地貌、水文、地质灾害、周边居民、学校、企业、水源地等环境条件；
- b) 尾矿坝的现状、长期可靠性与可利用性；
- c) 尾矿库沉积滩面的现状情况；
- d) 尾矿库排洪设施的现状情况、长期可靠性；
- e) 监测设施的现状情况；
- f) 按照 GB 39496、GB 50863 的要求进行尾矿坝稳定安全分析；
- g) 对照尾矿库注销标准，提出注销工程应解决的问题。

10.4 工程措施注销方案设计

10.4.1 尾矿坝治理

10.4.1.1 上游式尾矿坝

上游式尾矿坝应按照如下要求进行加固：

- a) 一般宜结合滩面调坡，适当降低堆积坝高度，放缓上部堆积坝坡度；
- b) 堆积坝单级坡度不宜陡于 1: 2.5，综合坡度不宜陡于 1: 3，每级坡高度不宜大于 8 m；
- c) 堆积坝坡单级坡陡于 1: 2.5、综合坡度陡于 1: 3 且判断稳定性不足时，可采取浇筑混凝土格构架、堆石放缓坡度等措施进行加固；
- d) 易受雨水冲刷或易受当地人、畜活动破坏的坝坡，坡面可设置混凝土格构架进行防护；

- e) 初期坝稳定性不足时宜采取堆石反压方式加固；
- f) 坡面设置纵、横排水沟。马道排水沟的上游侧壁宜设置排水孔，利于排出上游坡面浅层降雨积水。排水沟净断面尺寸一般为 $0.20\text{ m} \times 0.20\text{ m} \sim 0.50\text{ m} \times 0.50\text{ m}$ ，视坝坡面积大小选择；
- g) 较陡的堆积坝坡与平缓的堆积坝坡之间的马道排水沟深度应穿越尾砂上部的黏性土覆盖层，以截断较陡坝坡内降雨入渗的水压力传递到缓坡表层，防止出现图 1 所示的平缓坝坡表层流土破坏；
- h) 坝肩排水沟较陡时应设置跌水、防冲槽等消能设施。

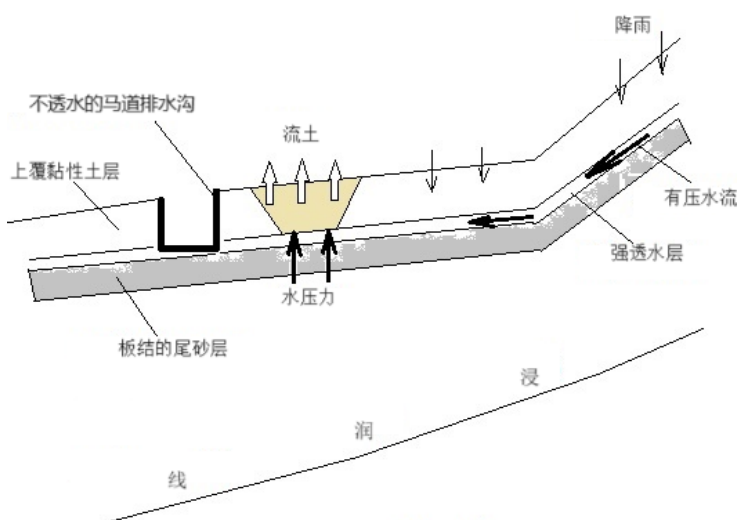


图1 平缓堆积坝坡表层流土破坏示意图

10.4.1.2 一次建坝、挡水坝

尾矿库注销后，库内皆不允许挡水，一次建坝和挡水坝皆为非尾砂筑坝，应按照如下要求进行加固：

- a) 按照水利相关规范进行坝体质量检测，分析坝的稳定性，提出大坝存在的安全问题；
- b) 依据坝体是混凝土重力坝还是土石坝，针对大坝存在的安全问题分别按照 SL 319 或 SL 274 的要求进行加固设计。

10.4.2 沉积滩治理

沉积滩应按照如下要求进行治理：

- a) 沉积滩治理应包括滩面平整、修建排水沟和复绿三项内容；
- b) 库区沉积滩面应进行调滩、平整。一般宜修整为倾向下游的正坡，滩面坡度宜不小于 2%。滩面排水沟连接排向下游的明渠或坝肩排水沟，消除滩面积水的条件；
- c) 当由于环境条件或其它原因需要维持反坡时，滩面坡度宜不小于 2%，应有可靠的双向（分排上、下游）的排水通道，消除滩面积水的条件；
- d) 截排洪明渠应沿沉积滩面周边布置，防止库外汇水流入滩面；
- e) 滩面应修建纵横交叉的排水沟网络，排水沟设置一个或多个出口，接入库边明渠或独立的坝肩排水沟；
- f) 滩面应覆盖黏性土进行加固，碾压后的黏性土厚度宜不小于 300 mm；
- g) 依据当地植物生长特性，选择适宜的草种，对覆盖黏性土后的滩面和土质坝坡进行复绿。

10.4.3 排洪系统治理

10.4.3.1 排洪系统构成

注销工程的排洪系统构成应符合如下要求：

- a) 尾矿库注销工程应修建完善的排洪系统，排洪系统由库区周边截排洪明渠和库区滩面排水沟组成；
- b) 尾矿库原斜槽-涵洞、竖井-涵洞一般应封堵；如需要保留，经可靠性分析并采取保护措施后，可作为日常辅助排水设施，但库区防洪能力设计不计其排洪能力。

注：有些尾矿库因其特殊的地形和周边环境情况，而需要保留旧的斜槽、涵洞等设施，作为尾矿库注销后场地的日常积水排泄通道。对此，应做好进出水口保护措施，防止堵塞以及防止人、畜进入而发生意外。这些旧的排水设施不能纳入防洪验算，防洪需要依靠明渠排水系统。

10.4.3.2 排洪系统布置

排洪系统布置应符合如下要求：

- a) 尾矿库周边截排洪明渠应根据场地汇水来源、地形与地质以及村庄、企业、重要建筑和设施等环境条件进行布置，应使明渠具有长期可靠性；
- b) 视具体情况，明渠可环库或分侧布置，可一条或多条；根据尾矿库汇水面积的大小、周边环境的稳定状况，排洪系统可设置一个或多个出水口。出水口应布置在周边环境适合外排的部位；
- c) 滩面为正坡时，必须设置排向下游的明渠；
- d) 当滩面为倾向库尾的反坡时，库尾必须设置稳定可靠的竖井-隧洞或者明渠-涵洞，隧洞或涵洞应是硬岩质围岩或有钢筋混凝土衬砌。同时，还应修建排向下游的截排洪明渠。明渠应具有全部汇水面积洪峰流量的过水能力；
- e) 库区内滩面排水沟宜形成纵横交错的排水网络，与明渠连通外排,或连接坝肩沟外排，示意图见图 2；
- f) 滩面排水沟接入明渠时，应注意排水沟的底高程需高于连接部位明渠内的洪水水面高程，防止明渠内的水反灌入滩面；
- g) 截排洪明渠一般应布置在硬土地基上。当布置在尾砂地基上时，应做好基础处理。

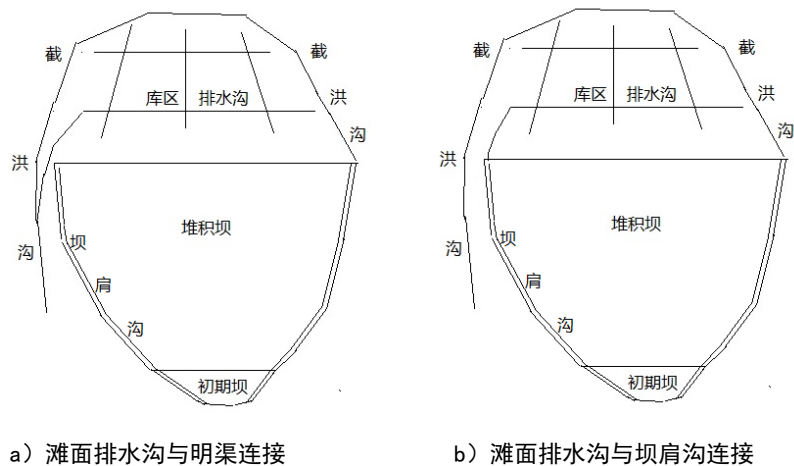


图2 滩面排水沟与截排洪明渠和坝肩沟的连接示意图

10.4.3.3 排洪系统结构

排洪系统结构宜符合下列要求：

- a) 截排洪明渠宜采用矩形或梯形断面，宜采用钢筋混凝土结构，混凝土标号不宜低于 C25；滩面排水沟宜采用矩形或梯形的明沟型式，宜采用素混凝土结构；
- b) 视库外汇水面积的大小，明渠可采用两壁同高或两壁不同高的结构。当汇水面积较小，洪峰流量较小时，可采用两壁同高的 A 型结构，见图 3（a）；当汇水面积较大，洪峰流量较大时，可采用两壁不同高的 B 型结构，见图 3（b），以便利用明渠以外的自然场地泄流，而确保库区的防洪安全。采用 B 型结构时，应充分考虑自然场地过水的安全性。

注：库周截排洪明渠的坡度一般较小，水流速度小。当库外汇水面积较大时，由于不考虑库区调洪，如果采用洪峰流量进行设计，明渠的断面会过于庞大，占地和建设成本过高。考虑到洪峰流量一般仅维持很短时间，因此，可短时间利用明渠以外的自然场地过水，分担部分排洪任务，对此情况宜采用 B 型断面。

- c) 明渠的陡坡段应采取底坎、加糙底面、多级阶梯等措施消能，明渠出口处根据下游河道地基情况采取跌水、消力池等措施消能；
- d) 在可能遭受周边松散岩土体堵塞的部位应采取隔挡、渠内横撑加固、渠顶增设盖板等防护措施。

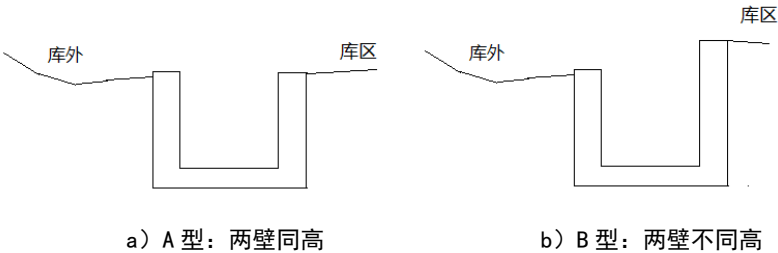


图3 截排洪明渠的二种断面型式

10.4.3.4 排洪系统尺寸确定方法

排洪系统应按照如下方式进行断面尺寸设计：

- a) 截排洪明渠承担尾矿库全部汇水面积的排洪；
- b) 排洪系统承担的洪峰流量和过流能力通过“注销后防洪安全分析”计算；
- c) A 型明渠的断面尺寸按照防洪标准下洪峰流量设计；B 型明渠的断面尺寸按照防洪标准下洪峰流量并适当考虑明渠外自然场地承担部分流量试算确定；
- d) 在满足过流能力的条件下，为防泥土或杂物堵塞，明渠宜采用偏大的尺寸；
- e) 滩面排水沟的断面尺寸按照其分摊的滩面上的洪峰流量设计，一般为 0.20 m×0.20 m~0.50 m×0.50 m。

10.4.4 注销后防洪安全分析

10.4.4.1 防洪安全要求

防洪安全要求包括以下二方面：

- a) 对于标准洪水：尾矿库注销后场地不积水、不调洪，排洪系统过流能力应满足洪峰流量要求；
- b) 对于超标准洪水：尾矿库注销后库区滩面应成为硬实、绿化的场地，A 型明渠允许短时间溢流，少部分洪水进入滩面后由排水沟排出；B 型明渠由渠外自然场地承担超标准部分的洪水。

10.4.4.2 洪峰流量计算方法

库区外汇水面积的洪峰流量应按照GB 39496、GB 50863规定的方法计算。滩面的洪峰流量可采用广东省地区经验公式（1）计算：

$$Q_m = C \times H_{24P} \times F^{0.84} \dots\dots (1)$$

式中：
 Q_m —洪峰流量，单位为立方米每秒（m³/s）；
 C —流量模数，随频率而异的系数，无量纲，按照表2选取；
 H_{24P} —频率P下24小时设计暴雨量，单位为毫米（mm）；
 F —集水面积，单位为平方公里（km²）

表2 参数 C 取值表

设计频率 P%	0.1	0.2	0.5	1
C	0.062	0.059	0.056	0.053

10.4.4.3 明渠与排水沟过流能力计算方法

明渠和排水沟的过流能力采用明渠均匀流泄流公式（2）计算：

$$Q=1/n \times A \times i^{0.5} R^{0.667} \dots\dots (2)$$

式中：
 Q —流量，单位为立方米每秒（m³/s）；
 n —材料糙率系数，无量纲，混凝土 0.015~0.017；
 i —明渠底坡度，无量纲；
 A —过水面积，单位为平方米（m²）；
 R —水力半径，为过水面积与湿周的比值，单位为米（m）。

10.4.5 注销后稳定安全分析

坝坡静、动力稳定安全验算应按照 GB 39496、GB 50863 以及 GB 51247 执行。

10.5 施工期水土保持

注销工程施工引起的粉尘、噪声、水污染、固体废弃物等的防控措施及水土保持措施设计应按相关法规及 GB 50433 执行。

10.6 尾矿库注销后场地与周边环境的相互影响分析

10.6.1 场地对周边环境的影响分析

尾矿库注销后的场地对周边环境的影响分析应包含如下内容：
a) 分析尾矿库注销后的场地行洪对下游是否有不利影响；
b) 分析明渠、高边坡等构筑物是否对人、畜安全造成影响；

- c) 对于注销后场地可能给周边环境造成的不利影响，应提出今后场地管理的措施建议。

10.6.2 周边环境对场地的影响分析

周边环境对注销后场地的影响分析应包含如下内容：

- a) 分析周边自然地质灾害可能性及其对尾矿库注销后场地安全的影响；
 - b) 分析周边生产、生活活动等对尾矿库注销后场地安全的影响；
 - c) 对于周边环境可能给注销后场地安全造成的不利影响，应提出今后场地管理的措施建议。
-

广东省地方标准《广东省尾矿库注销工程设计导则》

编制说明

1. 工作概况（包括任务来源（立项文件），协作单位、分工等）

本项目来源为广东省应急管理厅提出的地方标准编制规划，华南理工大学项目小组牵头申报项目立项工作。广东省市场监督管理局于 2021 年 1 月 15 日批准下达立项通知，将《广东省尾矿库注销工程安全设计导则》列为本批次地方标准制修订计划项目的第 64 项，为期二年（详见《广东省市场监督管理局关于批准下达 2020 年第二批广东省地方标准制修订计划项目的通知》（粤市监标准[2021]25 号））。

标准编制小组在项目实施后，因工作需要，先后邀请吸收广东省安全生产科学技术研究院、广晟有色金属股份有限公司、广东省广晟控股集团有限公司、中国建筑西南勘察设计院有限公司华南公司参与本项目，其中华南理工大学负责导则的起草和修改，广东省应急管理厅基础处负责参与导则起草、组织内部审查和外部征求意见，广东省安全生产科学技术研究院负责参与导则内部讨论和过程管理，广晟有色金属股份有限公司负责参与导则内部讨论和参与外部征求意见，广东省广晟控股集团有限公司负责参与导则内部讨论和参与外部征求意见，中国建筑西南勘察设计院有限公司华南公司负责参与导则内部讨论。

2. 立项的必要性（包括行业发展现状、痛点）、拟解决的问题

2.1 行业发展现状

尾矿库的安全风险一直是各级政府部门和矿山企业的心腹大患。国内外尾矿库屡屡发生尾砂泄漏和溃坝的恶性事故。2010 年广东省发生了信宜紫金矿业尾矿库溃坝的事故。2019 年巴西淡水河谷公司一座尾矿库突发溃坝。这些溃坝事故都造成严重的人员伤亡、财产损失和环境的巨大破坏。近年来，国家应急管理部发布了多项关于防范化解尾矿库安全风险的管理文件。

对于不再使用的尾矿库，通过采取工程措施加固或清除尾砂，消除尾矿库的安全风险，从而将尾矿库予以注销，是一个最安全和有效的管控措施。广东省安全生产监督管理局于 2015 年 7 月以政府公文形式下发了《广东省尾矿库注销办法》（试行），2018 年 9 月 5 日正式施行《广东省安全生产监督管理局尾矿库注销办法》。

在广东之后，先后有广西、山西、河北、河南、浙江、吉林等省份相继出台了有关尾矿库注销的办法。在这些省份，已经注销了一小部分尾矿库。总结以上地区开展的注销工作，注销对象主要集中在以下 3 类：尾矿已全部清除，已复垦或经相关部门批准改作其他设施的，尾矿库坝体低于 10m 且库容小于 10 万方。

实际上，大多数尾矿库难以清走尾砂，而且绝大多数坝高大于 10m，库容大于 10 万方。因此，有一大批尾矿库需要采取原地加固的方法进行注销。

2.2 痛点

对于尾矿库的设计、施工和正常运行，我国皆有相应的规范可以遵循，如《选矿厂尾矿设施设计规范》（GB 50863-2013）、《尾矿库安全技术规程》（AQ 2006-2005）等。但是，尾矿库注销是广东省率先提出来的概念，在广东先行先试。在国家层面，“尾矿库注销”的概念尚未清晰和统一，没有尾矿库注销方面的管理办法，更没有技术规范。

《广东省安全生产监督管理局尾矿库注销办法》规定了尾矿库注销的管理程序和相关要求，包括申请、设计、施工、评审、复核、批准等环节的规定。但是，对于尾矿库注销工程的技术措施、设计方法与注销的安全标准等，都没有做出规定。目前，广东省和全国都缺乏尾矿库注销工程的技术规范。

在我省正在推行的尾矿库注销工作中，由于缺乏技术规范，使得应急部门、矿山企业和设计单位都存在无所适从的现象，对尾矿库注销的深层含义不理解，不知以什么标准进行设计、验收和管理。

尾矿库注销意味着在无人管理的情况下也必须是安全的，因此，其安全标准应高于闭库。例如，应该有难以失效的截排水系统，应该消除尾矿库积水和漫坝的可能性，这就要求有全新的设计理念。现有的尾矿库相关规程规范适应不

了尾矿库工程措施的注销。目前涉足尾矿库工程措施注销的设计单位仍习惯按照闭库设计。

对于清砂销库的设计，也缺乏相关的技术规范规范。回采尾砂是一个高度动态变化的过程，一般要耗时数年，其中存在防洪安全、坝体稳定安全、施工安全、环保安全等一系列的安全问题，解决这些问题都需要有技术规范予以指导。

2.3 拟解决的问题

为了顺利推进广东省的尾矿库注销工作，需要尽快制订和试行尾矿库注销工程的设计导则，以与《广东省安全生产监督管理局尾矿库注销办法》配套。此项工作刻不容缓。在该规范的使用取得经验后，经修订、完善，拟考虑申请编制国家标准（规范），为全国数量众多的尾矿库注销工程服务。

本导则需要解决的问题：

- （1）尾矿库注销工程的基本概念、术语；
- （2）注销工程的等别、构筑物级别以及防洪标准；
- （3）尾矿库注销的标准；
- （4）注销工程的设计原则、技术、方法等。

《广东省尾矿库注销工程安全设计导则》是贯彻执行《广东省尾矿库注销办法》的必备配套技术标准，意义重大。在广东省内试行以后，可申请编制国家标准，为全国近万座尾矿库服务。

3. 标准编制原则、标准框架、主要内容及其确定依据

(一) 本标准编制符合国家现行法律法规及相关强制性标准规定,并严格按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

(二) 参照国外相关法律法规,在编制过程中着重考虑了适用性和可操作性。

本标准主要引用文件:

GB 39496 尾矿库安全规程

GB 50021 岩土工程勘察规范

GB 50433 开发建设项目水土保持技术规范

GB 50863 尾矿设施设计规范

GB 51108 尾矿库在线安全监测系统工程技术规范

GB 51247 水工建筑物抗震设计标准

AQ 2030 尾矿库安全监测技术规范

SL 274 碾压式土石坝设计规范

SL 319 混凝土重力坝设计规范

4. 与现行法律法规、强制性标准等上位标准关系

本标准内容及主要技术指标符合相关法律法规和现行相关强制性国家标准和行业标准要求。

5. 标准有何先进性或特色性

本标准针对尾矿库注销的特别安全需求,增加了相应技术要求,设计理念与部分指标优于现行标准,其先进性和特色主要体现在:

(一) 国家、地方尾矿库相关标准尚无明确的尾矿库注销的概念,本标准明确了尾矿库注销的相关定义、术语。

（二）国家、地方尾矿库相关标准尚无明确的选择尾矿库注销方式的规定，本标准第 4.1 和第 5 条明确了三种注销方式的选择原则。

（三）本标准首次提出尾矿库注销后的场地不积水、不调洪的理念，结合加固与绿化要求，形成尾矿库工程措施注销的标准，并基于此提出了一系列的设计技术要求，体现了尾矿库注销的本质安全需求。

6. 标准调研、研讨、征求意见情况。重大分歧意见的处理经过和依据

（一）成立标准编写工作组

本标准编制单位为广东省应急管理厅、华南理工大学。自 2020 年 8 月，组成了标准起草工作小组，组织开展了广东省地方标准的申报工作。

（二）立项前准备

2020 年～2021 年，标准编写工作组进行了资料的收集和整理，为省地标立项做好技术储备。同时实际开始了标准的起草工作。

（三）批准立项

2021 年 1 月 15 日，“广东省市场监督管理局关于批准下达 2020 年第二批广东省地方标准制修订计划项目的通知（粤市监标准〔2021〕25 号）”将《广东省尾矿库注销工程安全设计导则》列为第 64 项计划制定的地方标准，为期二年。

（四）形成内部讨论稿

2021年2月8日，标准编写工作组邀请有关专家对起草的标准（第一稿）进行了讨论，提出了修改意见。

2022年3月12日，邀请省内多家矿山的专家代表以及省安全生产协会的专家（刘玲平、王建德、熊万胜、杨胜州、冯少真、戴慕军等），对标准的修改稿（第二稿）进行讨论，在导则适用范围、术语、引用的标准、清砂销库的具体方法与规定、工程措施销库的技术要求、导则的格式与编排等方面提出了修改意见。

（五）征求意见专家意见-形成征求意见稿

本标准的主要起草人在技术指导广东省实施多个尾矿库注销设计的过程中，发现了一些新的安全隐患问题，补充了新的设计思路和设计理念，促使标准的编制处于不断深化和完善的过程中。经广东省应急管理厅和省安全生产协会共同申请，广东省市场监督管理局批准延期一年。

在2023年8月，邀请省内多家矿山的专家代表以及省安全生产协会的专家对标准的修改稿（第三稿）再次讨论，提出了修改意见。

2023年9月编制组根据上述内部、外部讨论结果修改标准文本，形成了征求意见稿及相关材料。

（六）形成送审稿

2023年10月7日，广东省安全生产标准化技术委员会挂网<http://yjgl.gd.gov.cn/hdjlpt/yjzj/answer/31369>）征求意见，编制组同时再向深圳市中金岭南有色金属股份有

限公司凡口铅锌矿安环部长唐建高级工程师和广东省大宝山矿业有限公司安环部长蓝宇高级工程师征求意见。

惠州市、阳江市、汕尾市、东莞市、揭阳市、清远市、深圳市、中山市、江门市、佛山市等市应急管理局回复无不同意见，广州市、珠海市、韶关市、潮州市、河源市、肇庆市、梅州市、茂名市、湛江市、汕头市、云浮市等市应急管理局未回复，视为无不同意见。

广东省粤科标准化研究院陈鸿韬、广东省标准化研究院彭兆红、大宝山矿安环部长蓝宇高级工程师都提出了详细的意见。

编制组根据收集到的意见，逐一进行了检查和修改，绝大多数意见得到了采纳。除了针对收集的意见，编制组还对全文作了进一步的修改、完善。

在上述工作基础上，形成了《广东省尾矿库注销工程设计导则》的送审稿。

在《导则》的多次讨论与征求意见中都没有重大分歧意见。

7. 技术指标设置的科学性和可行性。量化指标的确定依据。

对于清砂销库方式，本标准针对回采施工安全所提的台阶高度、边坡坡度、分层厚度等指标，是我国土建水利矿山工程中的常用指标，未提新指标。

对于工程措施销库方式，本标准主要通过科学、先进的排水系统布置和结构要求以及滩面、坝坡的处理要求，来达到注销的标准。所提的滩面坡度、坝坡坡度、渠道断面要求

等，是我国土建水利矿山工程中的常用技术指标，未提新指标。

8. 与国际、国家、行业、其他省同类标准技术内容的对比情况

国内外尚无同类技术标准。

9. 涉及专利的有关说明

本标准不涉及专利。

10. 专家技术审查会情况

11. 其它应说明的事项

无。

12. 贯彻地方标准的要求以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期等建议

（一）该标准发布后将由广东省应急管理厅和广东省安全生产协会牵头，共同组织相关单位开展标准的学习，做好宣贯培训工作，以促进其实施应用，进一步规范尾矿库注销工程设计，促进尾矿库注销工作的发展。

（二）将广东省的尾矿库注销工作经验向省外交流与推广，促进本标准的技术在我国获得更广泛应用。

《广东省尾矿库注销工程设计导则》标准编写小组

2023 年 12 月