

# 团 体 标 准

---

T/XXX-2022

## 离子型稀土浸矿场地边坡稳定性评估与 护坡技术规范

The Stability evaluation and slope protection of ion rare earth leaching  
site technical specifications

---

2022-×-××发布

2022-×-×实施

中国国际科技促进会 发布

# 目 次

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1. 范围 .....               | 4  |
| 2. 规范性引用文件 .....          | 4  |
| 3. 术语和定义 .....            | 5  |
| 4. 总则 .....               | 8  |
| 5. 稀土矿山浸矿场地土壤稳定性评价 .....  | 8  |
| 6. 稀土矿山浸矿场地边坡护坡工程技术 ..... | 13 |
| 7. 监测与评估 .....            | 15 |
| 附录 A 堆浸采矿工艺流程.....        | 18 |
| 附录 B 原地浸矿采矿工艺流程.....      | 19 |
| 附录 C 池浸采矿工艺流程.....        | 20 |

## 前 言

针对离子型稀土矿区花岗岩类风化壳及其发育的土壤稳定性低，在堆浸和原地浸矿等活动影响下土壤结构改变，易发生边坡失稳从而引发地质灾害的特点，在明确离子型稀土矿山堆场和原地浸矿滑坡等灾害关键影响因素的基础上，制订场地土壤稳定性评估方法体系规范，建立场地土壤稳定性分级标准及评估方法。根据堆浸和原地浸矿场地土壤稳定性和边坡的差异，制订新型、高效、环境友好的稀土矿山浸矿场地土壤稳定化工程材料和配套的技术要求和护坡技术规范。

编制本标准的主要依据是《中华人民共和国矿产资源法》、《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国土地管理法》、《中华人民共和国森林法》、《地质灾害防治条例》。

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》给出的规则起草。

本标准由中国国际科技促进会标准化工作委员会提出。

本标准由中国国际科技促进会归口。

本标准起草单位：江西理工大学、南京大学、中科院南京土壤研究所、江西省地质局第七地质大队、赣州稀土矿业有限公司、江西省地质局第九地质大队、国家地质实验测试中心、中国科学院地理科学与资源研究所

本标准主要起草人：陈飞、高超、陈明、王兴祥、王观石、曾伟、李海潘、周丹、朱晓华、韦朝阳、陈光飞、陈国梁、桂勇、张欢

# 离子型稀土浸矿场地边坡稳定性评估与护坡技术规范

## 1. 范围

本标准规定了离子型稀土浸矿场地稳定性评估与护坡技术的术语和定义、总则、工作程序、稀土矿山原地浸矿场地土壤稳定性评价、稀土矿山堆浸场地土壤稳定性评价、稀土矿山原地浸矿场地边坡护坡、稀土矿山堆浸场地边坡护坡、监测与评估等内容。

本标准主要适用于离子型稀土矿山开发活动结束后的浸矿场地稳定性评估与护坡等技术工作，离子型稀土矿产资源开发过程中的矿山环境问题的预防、离子型矿山环境保护与离子型矿山生态修复等技术工作可参照执行。

离子型稀土浸矿场地稳定性评估与护坡除应符合本标准的要求外，还应符合国家、相关行业现行的规范和标准的规定。

## 2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 50021—2001   | 岩土工程勘察规范（2009 年版）         |
| HJ 651-2013     | 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）     |
| GBT50123-2019   | 土工试验方法标准                  |
| GB/T 50145-2007 | 土的工程分类标准                  |
| GB 50330-2013   | 建筑边坡工程技术规范                |
| GB50843-2013    | 建筑边坡工程鉴定与加固技术规范           |
| GB 50864-2013   | 尾矿设施施工及验收规范               |
| CJ/T486-2015    | 土壤固化外加剂                   |
| CJJT 286-2018   | 土壤固化剂应用技术标准               |
| XB/T 904-2016   | 离子稀土矿原地浸出开采安全生产规范         |
| GB15618-2018    | 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准(试行)  |
| GB36600-2018    | 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行) |

### 3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 离子型稀土矿 Ion-adsorption Rare Earth Ore

地表岩石经过长期风化，游离出来的稀土以离子吸附状态在黏土矿物上迁移富集而形成的一类独特的稀土矿床，也称风化壳淋积型稀土矿床。从该类矿床中通过提取冶金生产的混合稀土氧化物或碳酸盐精矿产品称为离子型稀土矿。

#### 3.2 稀土元素rare earth

化学元素周期表中镧系元素——镧 (La)、铈 (Ce)、镨 (Pr)、钕 (Nd)、钷 (Pm)、钐 (Sm)、铕 (Eu)、钆 (Gd)、铽 (Tb)、镝 (Dy)、钬 (Ho)、铒 (Er)、铥 (Tm)、镱 (Yb)、镱 (Lu)，以及与镧系的 15 个元素密切相关的两个元素——钪 (Sc) 和钇 (Y) 共 17 种元素，称为稀土元素 (Rare Earth)。简称稀土 (RE 或 R)。

#### 3.3 池浸开采工艺 Pool Leaching Process

把可开采的离子吸附型稀土矿土采、运至特设的浸矿工艺池，用溶浸液浸泡池内矿土，抽取含矿母液反应生成稀土化合物的采矿方法。

#### 3.4 堆浸开采工艺 Heap Leaching Process

把可开采的离子吸附型稀土矿土采、运至特设堆矿场，用溶浸液淋浸堆场内矿土，抽取含矿母液反应生成稀土化合物的采矿方法。

#### 3.5 原地浸矿开采工艺 In-situ Leaching Mining Process

在矿石天然产出条件下，通过注液孔向矿层注入浸出液，浸出液选择性地浸出矿石中的有用组分，生成的可溶性化合物进入浸出液流中，通过抽液孔被提升至地表进行加工处理提取金属的一种采矿技术。

#### 3.6 注收液系统 Injection Collecting System

用于将溶浸液注入矿体和收集浸出液、防止浸出液泄露的工程组合，通常包括注液井、巷道、导流孔、集液沟等。

### 3.7 剥采区 Stripping Area

采用堆浸、池浸工艺开采，对地表表土剥离、矿体开挖后，形成的空场、边坡。

### 3.8 堆积区 Accumulation Area

采用堆浸、池浸工艺开采，矿体开采的浸矿区、排弃物集中堆放的场所，又称废土场、排土场。

### 3.9 淤积区 Siltation Area

稀土矿区及周边的边坡失稳、水土流失等原因造成稀土尾砂淤积在低洼沟谷、河道，或为拦截尾砂筑坝、围地构成的、用于贮存尾矿的场所。（统一尾砂、尾矿概念，且是否需要定义尾砂/尾矿）

### 3.10 影响区 Affected Zone

在开采稀土过程中，各工艺流程导致周边环境发生明显破坏（是否需要明确水土流失和生态/植被破坏）的区域。

### 3.11 稀土矿山固体废物 Solid Waste from Rare Earth Mines

开采离子吸附型稀土矿的过程中，产生的尾砂、剥离表土、弃土、生活垃圾等。

### 3.12 稀土矿山废水 Wastewater from Rare Earth Mines

开采离子吸附型稀土矿的过程中，未回收的溶浸液，天然溶/淋滤水、生活污水以及矿渣堆积场的浸出水等的总称。

### 3.13 地貌类型 geomorphic type

具有共同形态特征和成因的地貌单元。

### 3.14 尾矿 tailings

选矿中分选作业的产物中 useful 目标组分含量较低而无法用于生产的部分称为尾矿。

### 3.15 监测点 monitoring site

直接或间接设置在被监测对象上能反映其变化特征的观测点。

### 3.16 现场监测 in-situ monitoring

在工程施工和使用期间进行的一些必要的监测

### 3.17 变形监测 deformation monitoring

利用专用的仪器和方法对变形体的变形现象进行持续观测、对变形体变形形态进行分

析和变形体变形的发展态势进行预测等的各项工作。

### 3.18 压实度 degree of compaction

土壤压实后的干密度与标准最大干密度之比。

### 3.19 土壤含盐量 soil salt content

土壤中所含盐分的质量占干土质量的百分数。

### 3.20 土壤入渗(渗透)率 soil infiltration rate

单位时间内地表单位面积土壤的入渗水量。

### 3.21 颗粒级配 particle gradation

由不同粒度组成的散状物料中各级粒度所占的数量。

### 3.22 基土 original soil

未受人类活动干扰的土壤。

### 3.23 土壤稳定剂 soil stabilizer

用于加固土壤，提高土壤稳定性的材料。

### 3.24 稳定土 stabilized soil

用水泥、石灰、粉煤灰等结合料与土混合得到的混合料的总称。

### 3.25 临时性边坡 temporary slope

根据边坡的使用年限进行分类，将设计使用年限不超过 2 年的边坡定义为临时性边坡。

### 3.26 永久性边坡 permanent slope

根据边坡的使用年限进行分类，将设计使用年限超过 2 年的边坡定义为永久性边坡。

### 3.27 边坡支护 slope retaining

为保证边坡及其环境的安全，对边坡采取的支挡、加固与防护措施。

### 3.28 堆浸场地 Heap leaching site

采用堆浸工艺开采的浸矿区、排弃物集中堆放的场所。

### 3.29 池浸场地 Pool leaching site

采用池浸工艺开采的浸矿区、排弃物集中堆放的场所。

### 3.30 原地浸矿场地 In situ leaching site

采用原地浸矿工艺开采的浸矿区、多为山体。

## 4. 总则

### 4.1 指导思想

控制遗留离子型稀土矿浸矿场地的稳定性，制订新型、高效、环境友好的稀土矿山浸矿场地土壤稳定化工程材料、稳定性评价和配套的技术要求和护坡技术。

### 4.2 总体目标

实施有针对性的预防以及工程技术和生物技术相结合的措施，有效解决稀土矿山浸矿场地稳定化、稳定性评价和场地生态环境问题。

### 4.3 基本原则

构建符合绿色环保要求，环境友好、高效节约的技术规范，保证离子型稀土矿山场地的稳定性和生态环境。

### 4.4 适用范围

- (1) 适用场地类型：池/堆浸工艺形成的废弃地、原地浸矿闭矿后的废弃地。
- (2) 离子型稀土浸矿场地土壤稳定性影响因子分类和稳定性分级。
- (3) 浸矿场地稳定化材料分类。
- (4) 离子型稀土浸矿场地边坡分类。

## 5. 稀土矿山浸矿场地土壤稳定性评价

### 5.1 浸矿场地土壤分类

稀土矿山浸矿场地土壤参照《土的工程分类标准》(GB/T50145-2007)中土的分类方法和体系进行分类，可按颗粒级配和塑性指数可分为碎石土、砂土、粉土和黏性土。

- (1) 碎石土：粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土。
- (2) 砂土：粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量 50%，粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土。

(3) 粉土：粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，且塑性指数等于或小于 10 的土。

(4) 黏性土：塑性指数大于 10 的土为黏性土，黏性土又分为粉质黏土、黏土；塑性指数大于 10，且小于或等于 17 的土为粉质黏土，塑性指数大于 17 的土为黏土。

注：确定塑性指数应由 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 测定的液限计算而得，塑限以搓条法为准。

## 5.2 浸矿场地土壤稳定性影响因子分类和稳定性分级

### 5.2.1 浸矿场地土壤稳定性影响因子

(1) 岩土的性质：包括岩土的坚硬（密实）程度，抗风化和抗软化能力，抗剪强度，颗粒大小、形状以及透水性能等。

(2) 水文地质条件：地下水埋藏条件，流动、潜蚀情况以及动态变化等。

(3) 地貌因素：边坡的高度、坡度和形态是影响斜坡稳定性的重要因素。

(4) 地震作用：地震作用除使岩土体受到地震加速度的作用而增加下滑力外，还会因岩土中的孔隙水压力增加和岩土体强度降低对边坡的稳定不利。

(5) 人为因素：边坡不合理的设计、施工，大量外来水的渗入及爆破等都可能造成边坡失稳。

### 5.2.2 浸矿场地土壤稳定性分级标准

#### 1. 浸矿场地土壤稳定性分级

根据土的类别、土的密实程度、土的抗剪强度、结合稀土浸矿历史，将浸矿场地土壤稳定性分为分为高、中、低三级。

(1) 稳定性高：密实的砂土、粉土、黏性土、密实的碎石土，土的抗剪强度高、抗侵蚀能力强，植被生长好的土。

(2) 稳定性中：稍密的砂土、粉土、黏性土、稍密实的碎石土，土的抗剪强度中等、抗侵蚀能力中等，植被生长较差的土。

(3) 稳定性低：松散的砂土、粉土、黏性土、的碎石土，土的抗剪强度低、抗侵蚀能力差，植被生长差的土。

2. 堆浸场地依据土的类别、土的密实度或状态，其综合坡率应满足表 5-1-1、5-1-2。

表 5-1-1 土质边坡坡率允许值

| 土的类别  | 密实度或<br>状态 |  | 边坡高度 (m)      |               |
|-------|------------|--|---------------|---------------|
|       |            |  | 5m 以下         | 5~10m         |
| 碎石土   | 密实         |  | 1:0.35~1:0.50 | 1:0.50~1:0.75 |
|       | 中密         |  | 1:0.50~1:0.75 | 1:0.75~1:1.00 |
|       | 稍密         |  | 1:0.75~1:1.00 | 1:1.00~1:1.25 |
| 粉土    | 稍湿         |  | 1:1.00~1:1.25 | 1:1.25~1:1.5  |
| 老黏性土  | 坚硬         |  | 1:0.35~1:1.50 | 1:0.50~1:0.75 |
|       | 硬塑         |  | 1:0.50~1:0.75 | 1:0.75~1:1.00 |
| 一般黏性土 | 坚硬         |  | 1:0.75~1:1.00 | 1:1.00~1:1.25 |
|       | 硬塑         |  | 1:1.00~1:1.25 | 1:1.25~1:1.50 |

表 5-1-2 碎石土边坡坡率参考数值

| 土体综合密实度      | 边坡高度 (m)      |               |               |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
|              | 10m 以内        | 20m 以内        | 20~30m        |
| 胶结的          | 1:0.30        | 1:0.30~1:0.50 | 1:0.5         |
| 密实的          | 1:0.50        | 1:0.50~1:0.75 | 1:0.75~1:1.00 |
| 中等密实的        | 1:0.75~1:1.00 | 1:1           | 1:1.25~1:1.5  |
| 大多数块径大于 40cm | 1:0.50        | 1:0.75        | 1:0.75~1:1.00 |
| 多数块径大于 25cm  | 1:0.75        | 1:1.00        | 1:1~1:1.25    |
| 块径一般小于 25cm  | 1:1.25        | 1:1.5         | 1:1.5~1:1.75  |

### 5.3 浸矿场地稳定性评估方法

#### 5.3.1 浸矿场地稳定性因素

- (1) 场地土体物理力学性质
- (2) 场地水文地质、气候
- (3) 边坡高度、坡度
- (4) 植被生长情况
- (5) 稀土矿山浸矿历史

### 5.3.2 浸矿场地稳定性评价方法

浸矿场地稳定性评价按边坡稳定性进行评价，场地滑坡的稳定性评价计算应符合下列要求：

- (1) 正确选择有代表性的分析断面，正确划分牵引段、主滑段和抗滑段；
- (2) 正确选用强度指标，宜根据测试成果、反分析和当地经验综合确定；
- (3) 有地下水时，应计入浮托力和水压力；
- (4) 根据滑面条件，按平面、圆弧或折线，选用正确的计算模型；
- (5) 当有局部滑动可能时，除验算整体稳定外，尚应验算局部稳定；
- (6) 当有地震、冲刷、人类活动等影响因素时，应计算这些因素对稳定的影响。

### 5.4 浸矿场地边坡等级划分

#### 5.4.1 边坡危害等级划分

边坡危害等级按表 5-2-1 划分。

表 5-2-1 边坡危害等级划分

| 边坡危害等级  |    | I             | II           | III          |
|---------|----|---------------|--------------|--------------|
| 可能的人员伤亡 |    | 有人员伤亡         | 有人员受伤        | 无人员伤亡        |
| 潜在经济损失  | 直接 | $\geq 100$ 万  | 50 万~100 万   | $\leq 50$ 万  |
|         | 间接 | $\geq 1000$ 万 | 500 万~1000 万 | $\leq 500$ 万 |
| 综合评定    |    | 很严重           | 严重           | 不严重          |

#### 5.4.2 浸矿场地边坡安全等级

浸矿场地的边坡应按其损坏后可能造成的破坏后果(危及人的生命、造成经济损失、产生社会不良影响)的严重性、边坡类型和坡高等因素，根据表 5-2-2 确定安全等级。

表 5-2-2 浸矿场地边坡安全等级

| 边坡高度 H(m)        | 破坏后果   | 安全等级 |
|------------------|--------|------|
| $10 < H \leq 15$ | 很严重    | 一级   |
|                  | 严重、不严重 | 二级   |

|      |     |    |
|------|-----|----|
| H≤10 | 很严重 | 一级 |
|      | 严重  | 二级 |
|      | 不严重 | 三级 |

注：1 一个浸矿场地不同的边坡，可根据实际情况采用不同的安全等级。

2 对危害性极严重、环境和地质条件复杂的特殊边坡工程，其安全应根据工程情况适当提高。

**5.4.3** 破坏后果很严重、严重的下列场地，其安全等级应定为一级：.

1) 由外倾软弱结构面控制的边坡；

2) 危岩、滑坡地段；

3) 边坡塌滑区内或边坡塌方影响区内有重要建(构)筑物。破坏后果不严重的上述边坡的安全等级可定为二级。

**5.4.4** 边坡稳定性评价应在充分查明工程地质条件的基础上，根据边坡岩土类型和结构，综合采用工程地质类比法和刚体极限平衡算法进行。

**5.4.5** 对土质较软、地面荷载较大、高度较大的边坡，其坡脚地面抗隆起和抗渗流等稳定性评价应按现行有关标准执行。

**5.4.6** 在进行边坡稳定性计算之前，应根据边坡水文地质、工程地质、岩体结构特征以及已经出现的变形破坏迹象，对边坡的可能破坏形式和边坡稳定性状态做出定性判断，确定边坡破坏的边界范围、边坡破坏的地质模型，对边坡破坏趋势作出判断。

**5.4.7** 边坡工程稳定性验算时，不同荷载组合下总体边坡安全稳定性系数应不小于表 5-2-3 规定的稳定安全系数的要求，否则应对边坡进行处理。

**表 5-2-3 边坡稳定安全系数**

| 边坡安全等级 | 边坡工程安全系数  |           |           |
|--------|-----------|-----------|-----------|
|        | 荷载组合 I    | 荷载组合 II   | 荷载组合 III  |
| I      | 1.25~1.20 | 1.23~1.18 | 1.20~1.15 |
| II     | 1.20~1.15 | 1.18~1.13 | 1.15~1.10 |
| III    | 1.15~1.10 | 1.13~1.08 | 1.10~1.05 |

注：1、荷载组合 I 为自重+地下水；荷载组合 II 为自重+地下水+注液；荷载组合 III 为自重+地下水+注液+地震力。

2、对地质条件很复杂或破坏后果极严重的边坡工程，其稳定安全系数宜适当提高。

## 6. 稀土矿山浸矿场地边坡护坡工程技术

### 6.1 浸矿场地土壤稳定化材料

浸矿场地土壤稳定化材料可用工程材料、单一固化剂、复合固化剂、化学改良剂、植物根系、微生物等。

6.1.1 浸矿场地可采用土壤稳定化材料进行改良，应结合场地特征、土壤性质、矿山生产要求、地形地貌、环境影响、稳定化成本等，合理选择稳定化材料和技术、科学制定稳定化方案、使稳定化工程切实可行。

6.1.2 浸矿场地土壤稳定化材料一般不作为滑坡稳定性计算因素参与设计。

6.1.3 土壤稳定化材料需满足环境保护相关规定。

### 6.2 浸矿场地边坡护坡一般规定

6.2.1 边坡护坡工程设计应根据边坡稳定性评价的结果，结合边坡安全等级、矿山生产的要求进行。

6.2.2 边坡护坡工程设计应符合下列要求：

- (1) 边坡护坡设计应安全可靠、技术可行、经济合理、可操作性强；
- (2) 宜结合矿山开采工艺，采用综合治理方式；
- (3) 采用的工艺应相对简单易于实施且处理周期短；
- (4) 边坡护坡工程实施后，边坡安全系数必须满足设计要求。

6.2.3 边坡及滑体治理工程设计，应综合选用削坡减载、疏排水和工程加固方法、生态护坡方法。

### 6.3 疏排水

6.3.1 采场边坡地表排水系统设计应按矿区工程地质与水文地质条件、汇水面积、排水路径、截水沟排水能力等因素确定。

6.3.2 采场边坡地下水排水设计宜采用自流排水、露天排水、井巷排水和联合排水等方式。

6.3.3 采场排水设计应符合下列规定：

- (1) 采场排水方式应与采矿工艺相结合；
- (2) 采场封闭圈以上宜采用截水沟自流排水方式；

6.3.4 潜在滑坡区后缘应设置截水沟，对后缘裂缝应提出遮盖或堵塞措施。

6.3.5 支挡结构应设置泄水孔。

6.3.6 边坡体疏排水孔应深入至潜在滑裂面以下。

#### **6.4 削坡减载**

6.4.1 削坡减载应满足边坡稳定性要求。

6.4.2 削坡宜分台阶设计。

6.4.3 削坡减载宜与反压坡脚或其他边坡治理方式联合采用。

#### **6.5 生态护坡**

6.5.1 生态护坡可采用坡面绿化等方式进行。

6.5.2 生态护坡可结合土壤稳定化材料加固边坡方式进行。

6.5.3 土壤稳定化材料加固边坡可将土壤稳定化材料注入边坡土体、结合生态竹桩、生态挡土墙等方式进行。

6.5.4 对堆浸场地土壤有机质严重流失、矿化严重、植物很难存活的场地，配合工程措施采用客土、覆土法、土壤改良等方式对土壤进行修复。

6.5.5 加入固化剂提高土壤抗剪强度。

#### **6.6 喷锚支护**

6.6.1 喷锚支护设计和施工应符合锚杆喷射混凝土技术相关规定。

6.6.2 喷锚支护设计稳定性计算宜采用工程类比法，设计计算应符合现行国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086 的有关规定。

6.6.3 岩质边坡采用喷锚支护后，对局部不稳定块体应采取加强支护的措施。

6.5.4 设计和校核边坡整体稳定性时，不计算喷锚支护提供的抗力。

#### **6.7 抗滑桩**

6.7.1 抗滑桩桩长宜小于 40m，对于滑面埋深大于 25 m、倾角大于 40° 的滑坡，采用抗滑桩阻滑时，应作专项论证设计。

6.7.2 抗滑桩设计应符合下列规定：

(1) 抗滑桩所受推力可根据滑坡的物质结构和变形滑移特性，分别按三角形、矩形或梯形分布考虑；

(2) 抗滑桩设计荷载应包括滑坡体自重、渗透压力、地震力；

(3) 抗滑桩推力应按滑坡滑动面类型选用相应的推力计算公式；

(4) 抗滑桩受荷段桩身内力应根据滑坡推力和阻力计算；

- (5) 抗滑桩嵌固段桩底端距离露天边帮有效长度不应小于嵌固段深度；
- (6) 当滑坡推力较大时,宜采用大截面矩形方桩和预应力锚拉桩。

## 6.8 框架梁锚固

6.8.1 现浇钢筋混凝土框架梁锚固设计应符合相关规定。

6.8.2 框架梁节点锚杆应采用  $\phi 25 \sim \phi 40$  II 级螺纹钢加工，长度宜为 4m 以上，全粘结灌浆，并与钢筋笼点焊连接；当岩土体较为破碎和易溜滑时，可采用锚管加固；当滑坡整体稳定性差或下滑力较大时，宜采用预应力锚索进行加固。锚固深度应穿过潜在滑动面。

## 6.9 挡墙

6.9.1 挡墙设计宜符合下列规定：

(1) 挡墙选型应根据台阶状况、施工条件综合确定，宜选用仰斜式重力式挡墙和锚杆挡墙；

(2) 采用重力式挡墙高度宜小于 12.0m；

(3) 挡墙墙身材料可采用石砌体、片石混凝土或混凝土，其强度等级及适用范围应符合表 7-8-1 的规定；

(4) 采场靠帮边坡可能沿外倾结构面滑动时，应采用锚杆挡墙支挡结构；

(5) 挡墙的防渗透泄水布置应根据地形、地质条件和坡面出水来源等因素确定。

6.9.2 重力式挡墙设计抗滑移和抗倾覆稳定性验算以及地基稳定性验算和结构强度计算,应符合国家现行有关标准的规定。

## 7. 监测与评估

### 7.1 浸矿场地监测一般规定

7.1.1 浸矿场地边坡宜根据边坡情况进行变形监测。

7.1.2 边坡监测内容和方法应根据边坡工程安全等级按表 9-1-1 的规定选择。

表 7-1-1 边坡监测内容和方法

| 监测项目 | 监测内容        | 测点布置                        | 边坡工程安全等级 |      |       |
|------|-------------|-----------------------------|----------|------|-------|
|      |             |                             | I 级      | II 级 | III 级 |
| 变形监测 | 地表水平位移和垂直位移 | 采场境界线外坡顶、边坡表面、裂缝、滑带支护结构变形部位 | 应测       | 应测   | 应测    |

|      |         |           |    |    |    |
|------|---------|-----------|----|----|----|
|      | 裂缝、错位   |           | 应测 | 应测 | 应测 |
|      | 边坡深部变形  |           | 应测 | 应测 | 应测 |
|      | 支护结构变形  |           | 应测 | 应测 | 宜测 |
| 应力监测 | 边坡应力    | 边坡内部      | 应测 | 应测 | 可测 |
|      | 支护结构应力  | 结构应力最大处   | 应测 | 宜测 | 可测 |
| 水文监测 | 降雨监测    | 采场范围      | 应测 | 宜测 | 可测 |
|      | 地表水监测   | 溢流位置      | 应测 | 宜测 | 可测 |
|      | 地下水监测   | 采场范围      | 应测 | 应测 | 应测 |
|      | 地下水水质监测 | 采场范围和采场周边 | 应测 | 应测 | 应测 |

7.1.3 边坡监测方案设计应根据边坡的应用类别、安全等级和地质条件编制。监测实施方案应明确监测目的、监测项目、监测方法、测点布置及预警值等内容。

7.1.4 变形监测断面和测点应根据边坡地质条件与工程特点，分区段设置。

7.1.5 监测仪器选型应根据边坡监测等级要求，所选监测仪器的量程和精度应满足监测等级要求。

7.1.6 监测装置及监测点位应有防护措施，并应设置明显的标识。

7.1.7 边坡监测应采用固定观测地点、固定观测仪器和设备、固定观测人员的固定观测方法。

7.1.8 边坡监测数据达到预警值时应反馈。

## 7.2 浸矿场地变形监测

7.2.1 浸矿场地边坡应进行边坡变形监测和支护结构变形监测。其中边坡变形监测应包括地表位移监测和深部位移监测。

7.2.2 地表水平位移监测网和监测点的精度要求，根据不同的边坡安全等级应符合表 9-2-1 的规定。

表 7-2-1 边坡地表水平位移监测网和监测点的精度要求

| 监测等级 | 监测网           | 监测点        | 适用的边坡安全等级 |
|------|---------------|------------|-----------|
|      | 相邻点点位中误差 (mm) | 点位中误差 (mm) |           |
| 三等   | ±3            | ±6         | I、II      |
| 四等   | ±6            | ±12        | III       |

7.2.3 地表垂直位移监测网和监测点的精度要求，根据不同的边坡安全等级应符合表 7-2-2 的规定。

表 7-2-2 边坡地表垂直位移监测网和监测点的精度要求

| 监测等级 | 监测网           | 监测点        | 适用的边坡安全等级 |
|------|---------------|------------|-----------|
|      | 相邻点点位中误差 (mm) | 点位中误差 (mm) |           |
| 四等   | ±1            | ±4         | I、II      |
| 五等   | ±2            | ±8         | III       |

7.2.4 监测网和监测点的初次观测应在埋设标石 10d~15d 后进行。

7.2.5 边坡变形监测频率应跟据边坡位移速率和季节来确定。

7.2.6 监测网的观测应定期进行，建网的初期宜每个月观测 1 次，一年后可每三个月观测 1 次。当有异常情况时，应随时进行观测。

7.2.7 监测期间，个别监测网点和监测点被破坏时，应补救恢复，并应进行监测结果的校核。

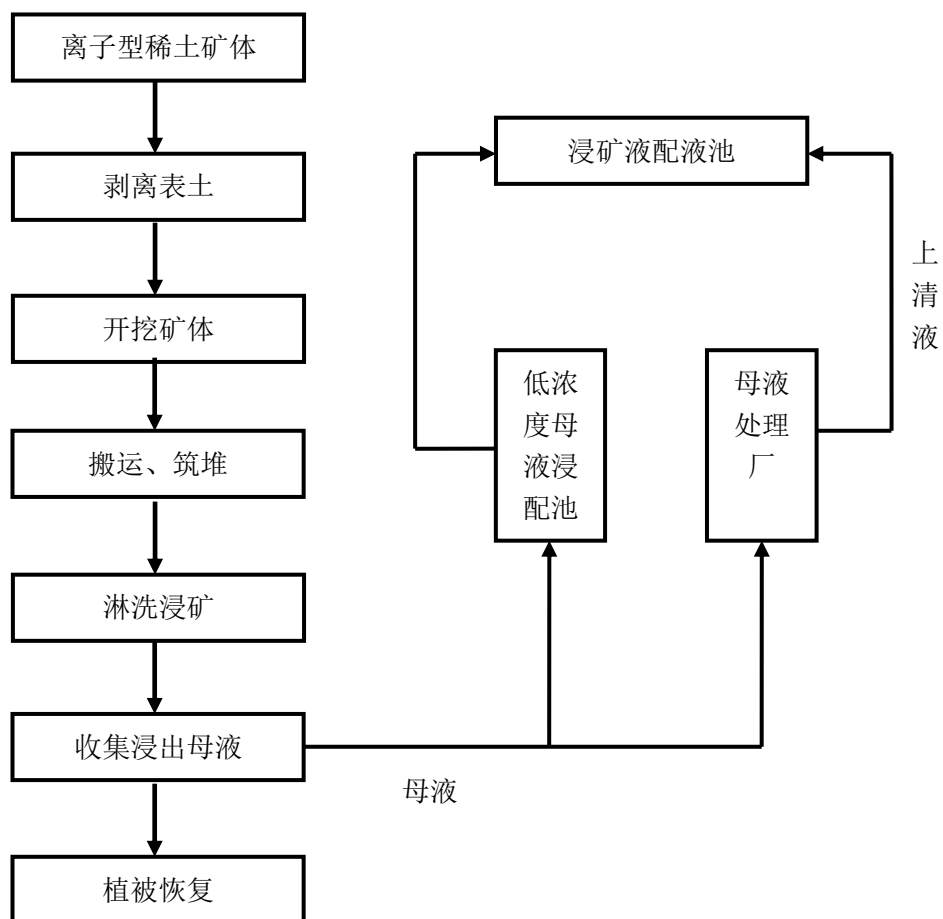
7.2.8 地表裂缝错位监测宜采用伸缩仪、位错计等仪器。

7.2.9 变形监测成果应包括下列内容：

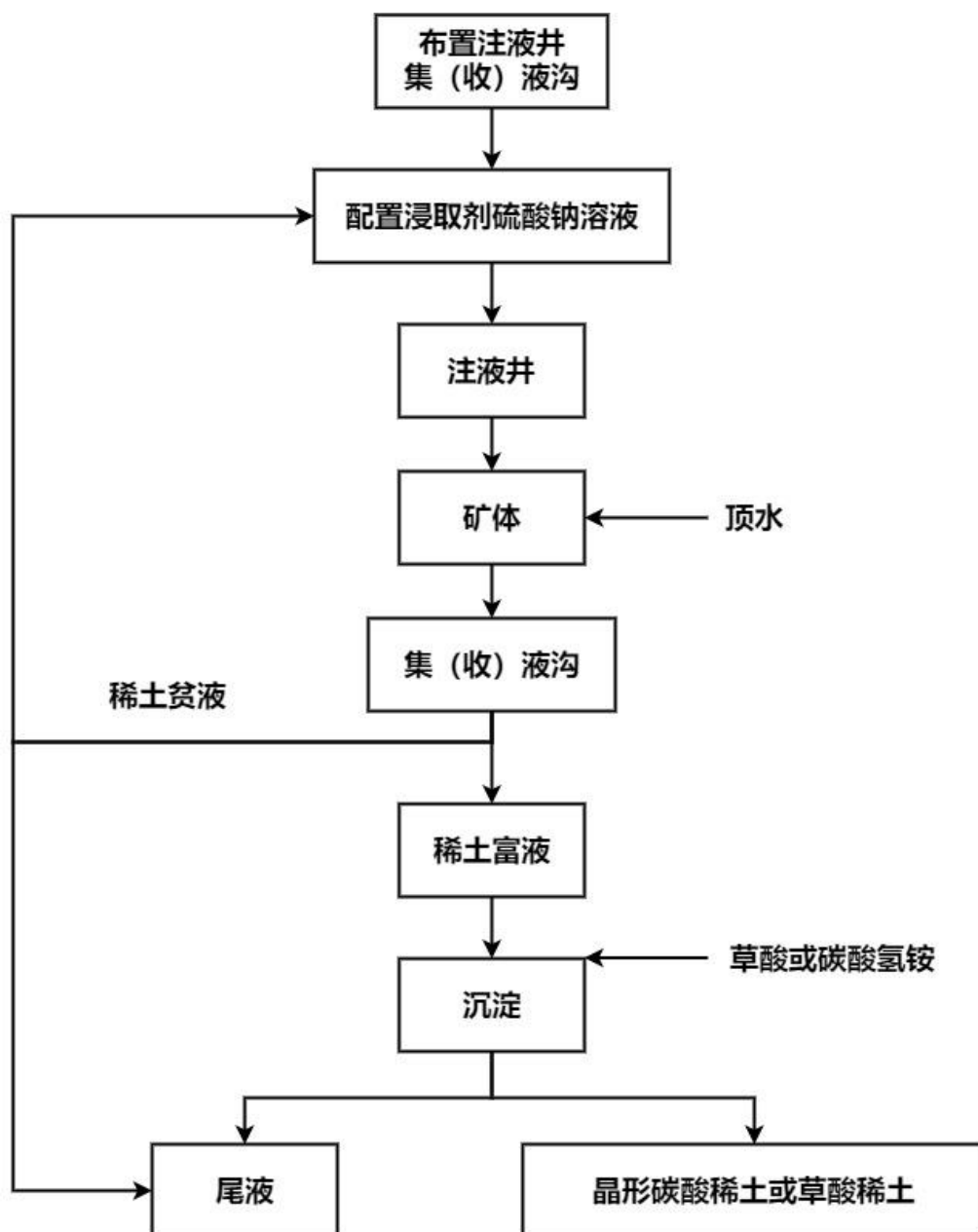
- (1) 变形监测方案；
- (2) 监测仪器的型号、规格和标定材料；
- (3) 监测原始资料、变形曲线图、相对变形曲线图、变形速率图；
- (4) 变形监测成果分析与评述。

## 附录

### 附录 A 堆浸采矿工艺流程



## 附录 B 原地浸矿采矿工艺流程



## 附录 C 池浸采矿工艺流程

