

# 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。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/715232131141011313>