

团 体 标 准

生态环境损害鉴定评估技术指南

非法开采离子型稀土案件

Technical guideline for Identification and assessment of
environmental damage—Illegal ion-adsorption rare earth mining
cases

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

广东省环境科学学会

发 布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语与定义	1
4 总体原则	2
5 总体要求	2
6 工作方案制定	5
7 生态环境损害调查与确认	6
8 因果关系分析	9
9 损害实物量化与恢复方案制定	9
10 损害价值量化	10
11 鉴定评估报告编制	11
12 生态环境损害恢复效果评估	12
附录 A 基本资料调查方法	13
附 录 B（资料性）常用土壤、地表水和地下水生态环境修复和恢复技术适用条件与技术性能 ...	14

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。

请注意本标准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。

本文件由广东省环境科学学会提出并归口。

本文件起草单位：

本标准主要起草人：

本文件首次制定。

引 言

为贯彻《中华人民共和国民法典》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国矿产资源法》《中华人民共和国土壤污染防治法》及《生态环境损害赔偿管理规定》，推进生态文明建设，落实“建立专项鉴定技术体系”的部署，针对非法开采离子型稀土引发的土壤重金属活化富集、稀土元素降低、地表水和地下水铵态氮污染、生态破坏等情况，规范鉴定评估工作流程、技术方法及成果要求，为生态环境损害赔偿责任认定、生态环境修复提供技术支撑，在现有国标技术指南GB/T 39791系列《总纲和关键环节》、GB/T 39792系列《环境要素》、GB/T 39793系列《基础方法》及行业实践基础上，制定本文件。

生态环境损害鉴定评估技术指南 非法开采离子型稀土案件

1 范围

本文件提供了非法开采离子型稀土案件生态环境损害鉴定评估的总体原则、鉴定程序、核心环节及报告编制等内容。

本文件适用于非法开采离子型稀土矿案件的生态环境损害鉴定评估活动,包括生态环境损害鉴定评估、恢复方案制定及恢复效果评估。

本文件不适用于核与辐射因素叠加非法开采行为导致的生态环境损害鉴定评估。

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。

GB26451 稀土工业污染物排放标准
GB/T 14848 地下水质量标准
GB/T 15676 稀土术语
GB/T 39791 (所有部分) 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节
GB/T 39792 (所有部分) 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素
HJ 164 地下水环境监测技术规范
HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则
HJ 493 水质采样 样品的保存和管理技术规定
HJ 494 水质 采样技术指导
HJ 495 水质 采样方案设计技术规范
HJ 651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范
HJ 651 矿山生态环境保护与恢复治理技术规范
HJ 710.1 生物多样性观测技术导则 陆生维管植物
HJ 710.3 生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物
HJ 710.4 生物多样性观测技术导则 鸟类
HJ 710.5 生物多样性观测技术导则 爬行动物
HJ 710.10 生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物
HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
TD/T 1070.6 矿山生态修复技术规范 第 6 部分: 稀土矿山
T/GDAEPI 36 非法开采离子型稀土矿点生态修复技术规范
《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林(试行)》

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 离子型稀土 ion-adsorption rare earth

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,称为离子吸附型稀土矿床。离子吸附型稀土矿床在经历池浸开采、堆浸开采或原地浸矿开采工艺后获取的化合物,称为离子型稀土。

[来源: GB/T 15676, 3.4, 有修改]

3.2 非法开采离子型稀土案件 illegal ion-adsorption rare earth mining cases

未取得采矿权、采矿许可证或者超出采矿权登记的开采区域,通过池浸开采、堆浸开采或原地浸矿开采工艺非法获取离子型稀土,且被相关执法部门立案调查的活动案件。

本文件涉及的非法开采离子型稀土案件的主要工艺为原地浸矿开采工艺:在矿山现场设置浸取剂注入孔与交换液收集孔,通过向注入孔中注入硫酸铵等作为浸矿剂,从集液沟内提取稀土母液,最终使用草酸或碳酸氢铵等进行沉淀处理得到离子型稀土。

[来源: TD/T 1070.6, 3.2~3.4, 有修改]

3.3 稀土特征污染物与特征理化指标 rare earth-specific pollutants and characteristic physicochemical indicators

非法开采离子型稀土矿产生的特征指标:硫酸铵/碳酸氢铵等浸矿剂残留浓度,土壤pH值,地表水和地下水中氨氮、总氮浓度,铅(Pb)、镉(Cd)、砷(As)等伴生重金属浓度,含镧(La)、铈(Ce)、钕(Nd)等稀土元素含量。

4 总体原则

4.1 合法合规

鉴定评估工作应符合《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国矿产资源法》等法律法规,严格遵循GB/T 39791系列、GB/T 39792系列、GB/T 39793系列国标要求,监测数据需可追溯,禁止伪造或篡改结果。

4.2 科学合理

结合离子型稀土矿赋存特征(多分布于红壤丘陵区)及开采工艺特点(浸矿药剂易淋溶),选择适配的监测方法以及制定科学、合理、可操作的工作方案,确保技术方法可操作、结果可验证。

4.3 独立客观

鉴定评估机构及人员应独立于非法开采责任方、委托方等利益相关方,基于专业知识和实践经验独立客观地开展鉴定评估,不受外部因素干扰。

5 总体要求

5.1 鉴定评估对象

本文件的鉴定评估对象为非法开采离子型稀土矿行为直接或间接导致的生态环境损害,具体包括:

- a) 土壤损害:矿产资源损失、重金属元素浓度超基线、土壤酸化、水土流失;
- b) 地下水损害:氨氮浓度、重金属元素浓度超过基线;
- c) 地表水损害:氨氮浓度、重金属元素浓度超过基线;

- d) 生态损害：植物、动物、微生物等不利改变，以及生态系统的功能退化和服务业减少等。

5.2 鉴定评估内容

根据鉴定评估需要，非法开采离子型稀土案件生态环境损害鉴定评估的内容包括：

- a) 非法开采行为调查：确认非法开采时间、范围、工艺、浸矿剂类型及用量等；
- b) 生态环境基线确定：依据GB/T 39791.1和GB/T 39791.4等，明确矿区非法开采区及周边受影响区域土壤、地表水、地下水、生态系统等环境质量现状及基线水平；
- c) 生态环境损害确认：调查环境要素及生物要素损害的时空范围及程度；
- d) 因果关系分析：排除其他干扰因素，验证非法开采行为与生态环境损害的因果关系；
- e) 损害量化：对比评估指标现状与基线，确定生态环境损害的范围和程度，计算损害实物量和价值量；
- f) 恢复方案制定：分析环境恢复的可行性，基于等值原则制定基本恢复方案，计算期间损害，制定补偿性恢复方案，筛选确定综合恢复方案；
- g) 恢复效果评估：定期跟踪生态环境恢复情况，评估恢复效果是否达到预期目标，决定是否需要开展补充性恢复。

5.3 鉴定评估程序

非法开采离子型稀土案件环境损害鉴定评估工作程序包括工作方案制定、生态环境损害调查与确认、因果关系分析、损害实物量化与恢复方案制定、损害价值量化、评估报告编制和恢复效果评估。具体程序见图1。

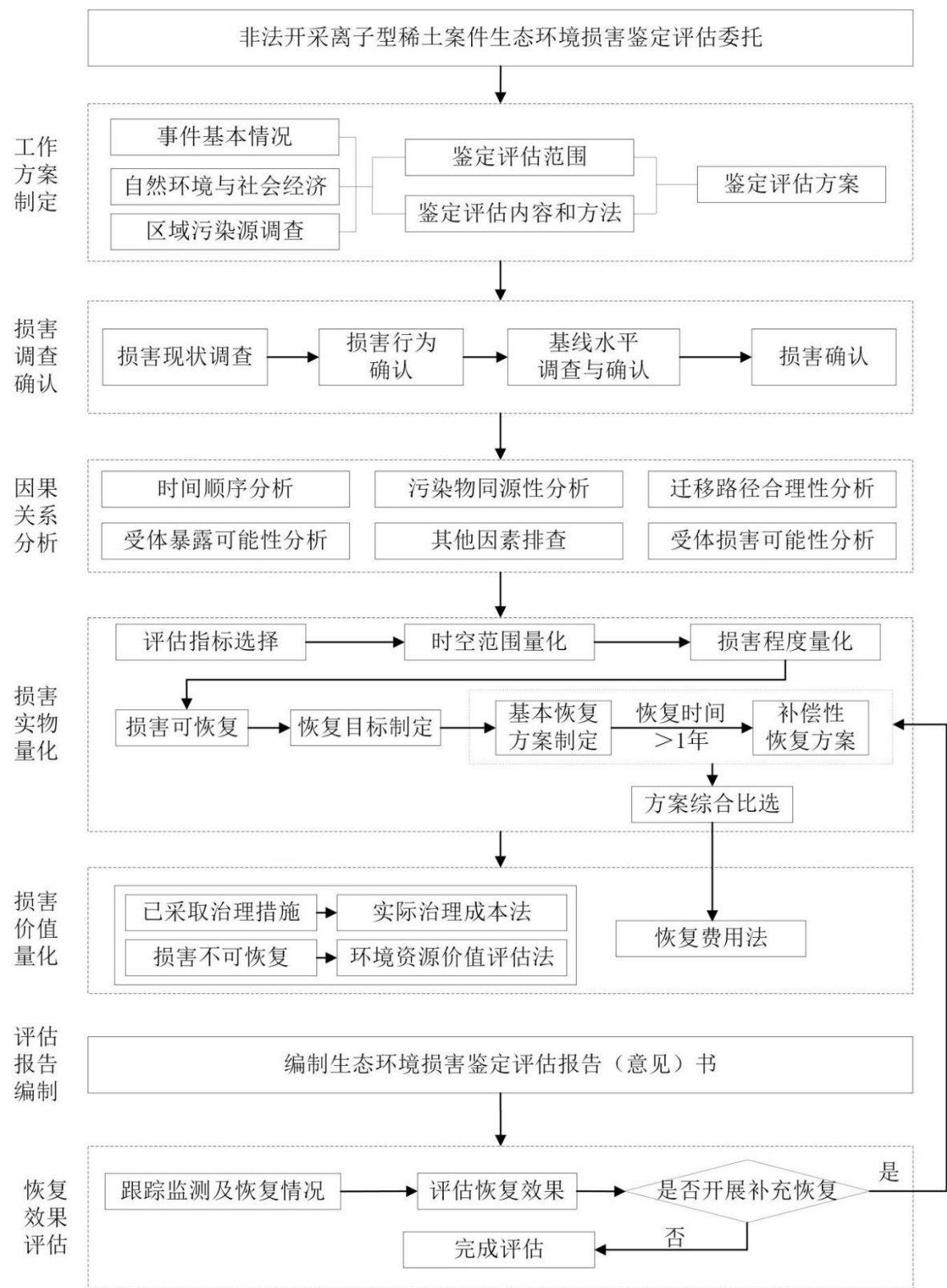


图 1 非法开采离子型稀土案件生态环境损害鉴定评估工作程序

6 工作方案制定

6.1 基本情况调查

6.1.1 损害来源相关信息

通过资料收集分析、文献查阅、座谈走访、问卷调查、现场踏勘、现场快速检测等方式，了解非法开采离子型稀土案件的发生时间、地点等基本情况，查明非法开采行为的开始时间、结束时间、持续时长、涉及区域、使用浸矿剂类型（硫酸铵或碳酸氢铵等）及注入量，注孔数量及注孔深度、非法开采量等情况。

6.1.2 损害过程相关信息

浸出液和非采区域降雨径流排放去向，地下水流向、下游最近的地表水体，特征污染物类别、浓度，可能产生的二次污染物类别、浓度等资料和情况；受破坏林地、耕地、草地、湿地等生态系统的自然状态，以及动植物受损的时间、方式和过程等信息。

6.1.3 前期处理处置相关信息

浸矿剂及浸出液清理、防止污染扩散等控制措施或生态恢复措施实施的相关资料 and 情况，包括实施过程、实施效果、费用等相关信息。

6.1.4 历史和现状监测相关信息

监测工作开展情况及监测数据，包括土壤、地下水和地表水环境质量监测数据，指示性生物物种数量、密度、丰度、结构，群落组成、结构等调查数据。

6.1.5 案发区域地形相关信息

根据已掌握的案件资料，针对非法开采离子型案件的浸矿剂配置区、注孔区、浸出液收集区、浸出液沉淀区以及周边可能受影响的范围，委托有测绘资质的单位开展地形测量，明确各区域的地形及范围，具体要求参照GB5002、GB/T18341等相关技术规范执行。

6.2 自然环境信息收集

调查收集评估区域的自然环境信息，具体包括：

- a) 地形地貌、水文、气候气象资料；
- b) 地质和水文地质资料，包括地表水的周边河流、沟渠、池塘的名称、走向、流量（枯/平/丰水期）、与矿区的水力联系（如是否接受矿区径流补给）等；地下水需要调查含水层类型（潜水/承压水）、地下水流向、水位埋深（枯/平/丰水期）、补给/排泄区位置、含水层渗透系数；
- c) 土地、地下水、地表水利用的历史、现状和规划信息；
- d) 已有地下水井的分布情况；
- e) 居民区、饮用水水源地、生态保护红线、自然保护区、湿地、风景名胜区及所在区域内基本农田、居民区等环境敏感区分布信息以及主要生物资源的分布状况，对于森林还应搜集破坏行为发生前的森林资源清查资料；
- f) 厂矿、水库、构筑物、沟渠、地下管网、渗坑及其他面源污染等分布情况。

6.3 社会经济信息收集

收集评估区域的社会经济信息，具体包括：

- a) 经济和主要产业的现状和发展状况；
- b) 地方性法规、政策与标准等相关信息；

c) 人口、交通、基础设施、能源和水资源供给等信息。

6.4 区域污染源调查

调查矿区周边 1km 范围内其他污染源，排除其对生态损害的干扰，内容包括：

- a) 污染源类型：工业企业、农业污染源、生活污染源；
- b) 污染源参数：位置、排放污染物种类、排放量、排放时间；
- c) 干扰分析：判断其他污染源与矿区损害的关联性，若存在干扰需在因果关系分析中注明。

6.5 制定工作方案

根据所掌握的初步调查数据、损害情况和所收集到的自然环境和社会信息，初步判断可能的土壤、地下水、地表水环境以及生态系统可能的损害范围和类型。必要时可结合遥感图、影像图进行辅助判断，或利用现有监测数据进行污染物空间分布模拟，在缺乏具有时效性的监测数据时，建立区域或场地概念模型进行推演，判断可能受到损害的范围。根据损害的基本情况以及鉴定评估委托事项，明确要开展的损害鉴定评估工作内容，设计工作程序，通过调研、专项研究、专家咨询等方式，确定每项鉴定评估工作的具体方法，编制评估工作方案。

7 生态环境损害调查与确认

7.1 土壤环境质量现状调查

7.1.1 土壤监测布点

根据案件实际情况，将非法开采离子型案件涉及的区域分为四个功能区：浸矿剂配制区、注孔区、浸出液收集区（含浸出液流经区）、浸出液沉淀区。

以上四个功能区均应布置土壤调查点位，采样单元面积不大于 1600 m²（40 m×40 m 网格），点位应尽可能靠近潜在污染的区域；对于案涉面积小于5000 m²的案件，布点不少于3个。

7.1.2 土壤样品采集与分析

7.1.2.1 样品采集

a) 采样深度：原则上应采集0~0.5 m表层土壤样品，0.5 m以下层土壤样品根据判断布点法采集；0.5 m~6 m 土壤采样间隔不超过 2 m，6 m以下土壤采样间隔不超过3 m；不同性质土层至少采集一个土壤样品；地下水位线附近应至少采集1个土壤样品；饱和带土壤至少采集1个土壤样品；注孔区采样深度应超过注药孔底部以下3 m，其他区域采样点的采样深度应超过涉及池体或沟渠底部以下3 m；涉及池体及沟渠采样位置应尽可能靠近，原则上不超过池体或沟渠2 m范围。

b) 采样方法：土壤钻探和土壤样品采集、保存参照 HJ 25.2。涉及钻探时，尽量选择无浆液钻进，全程套管跟进。土壤样品的流转参照 HJ/T 166。

c) 采样记录：记录采样时天气、土壤颜色、质地、是否有异常气味/结晶。

7.1.2.2 土壤分析指标

结合GB26451，土壤分析指标包括基础理化性质指标、特征污染物、土壤结构与侵蚀参数、污染迁移特性参数等，具体见表1。

表 1 分析指标一览表

指标类别	分析指标	核心作用
基础理化性质	1. 土壤基本属性：pH、有机质含量、土壤质地（砂粒/粉粒/黏粒占比）； 2. 稀土关联属性：阳离子交换量（CEC）、电导率（EC）； 3. 肥力指标：全氮、有效磷、速效钾	反映土壤功能基线及污染响应

指标类别	分析指标	核心作用
特征污染物	1. 浸矿剂残留：铵态氮、总氮、硝态氮、硫酸盐； 2. 伴生重金属：Pb、Cd、As、Cu、Zn、Cr、Cr（VI）、Mn、Ni 等	锁定污染类型、浓度及分布范围
稀土元素含量指标	稀土元素：La、Ce、Nd、Y、Sm、Gd 等	支撑损害程度判定及修复技术选型
土壤结构与侵蚀	1. 物理结构：板结程度（定性分级）、>0.25 mm 团聚体稳定性； 2. 侵蚀特征：地表侵蚀痕迹（定性）、淋溶层厚度（20-60 cm）	
污染迁移特性	1. 稀土形态：可交换态、碳酸盐结合态稀土含量； 2. 淋溶风险：土壤淋溶试验（稀土溶出浓度）	评估污染扩散风险及环境影响范围

7.2 地下水环境质量现状调查

7.2.1 地下水监测布点

对于地下水，应综合考虑非法开采离子型案件涉及的四个功能区的分布，地下水流向、水力坡降、含水层渗透性、埋深和厚度等水文地质条件及污染物迁移转化规律等因素，在地下水可能受损较严重区域、地下水流向下游以及地下水流向的两侧分别布设调查点位。其它具体布点要求参照《地下水环境状况调查评价工作指南》。地下水以调查浅层地下水为主。若调查至基岩或风化层仍无地下水，须提供各地下水监测点位现场岩芯照片或其他可靠的佐证材料，可结束该地块地下水调查。

7.2.2 地下水样品采集与分析

7.2.2.1 地下水样品采集

地下水监测井建设、成井洗井、采样前洗井等过程参照 HJ 25.2。样品保存参照 HJ 493。样品采集和流转参照 HJ 164。

7.2.2.2 地下水分析指标

结合GB26451和GB/T 14848，地下水检测指标包括pH、氨氮、Pb、Cd、As、Cu、Zn、Cr、Cr（VI）、Mn、Ni等。

7.3 地表水环境质量现状调查

7.3.1 地表水监测布点

非法开采过程中如存在浸矿剂、浸出液流入周边地表水水体（水塘、沟渠、河流等）的情形，则应对涉及的地表水水体开展环境质量状况调查。如条件允许，应考虑降雨对浸矿剂、浸出液析出的影响，可对降雨后的非法采矿区的地表径流及周边地表水水体进行调查。

以掌握地表水生态环境损害发生流域（水系）状况、反映发生区域的污染状况或生态影响的程度和范围为目的，根据水系流向、流量、流速等水文特征、地形特征和污染物性质等，结合相关规范和指南的要求，合理设置监测断面或采样点位。依据发生地的实际情况，以最少的监测断面（点）和采样频次获取足够有代表性的信息，同时考虑采样的可行性。地表水的布点采样参考GB/T 39791.1、GB/T 39791.2、GB/T 39792.2、HJ 494、HJ 91.2。

调查点位应至少布置在浸矿剂、浸出液汇入地表水水体汇入口区域、其他区域（下游区域以及上游区域）等代表性区域。

7.3.2 地表水样品采集与分析

7.3.2.1 地表水样品采集

水塘、沟渠、河流等布点采样与保存的具体要求参照HJ 91.2、HJ 493、HJ 495等相关技术规范执行。

7.3.2.2 地表水分析指标

结合GB26451，地表水分析指标包括pH、氨氮、Pb、Cd、As、Cu、Zn、Cr、Cr（VI）、Mn、Ni等。

7.4 沉积物环境质量现状调查

非法开采过程中如存在浸矿剂、浸出液流入周边地表水水体（水塘、沟渠、河流等）的情形，应对相应的地表水水体沉积物开展环境质量状况调查。

沉积物布点采样和保存参照GB/T 39791.1、GB/T 39791.2、GB/T 39792.2、HJ/T 166执行。河流、湖（库）沉积物采样布点位置和数量可以参考地表水体布点方案确定，同时，结合沉积物中污染物空间范围模拟的需求确定采样深度和点位。

沉积物检测指标应与土壤分析指标一致。

7.5 森林生态系统及其服务功能现状调查

按照评估工作需求，参照HJ 710.1、HJ 710.3、HJ 710.4、HJ 710.5、HJ 710.10、LY/T 2241和《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林（试行）》等相关规范性文件，结合事件特点开展林地生态环境受损情况调查，确定林地生态环境状况，对林地动植物资源及其功能用途开展调查。

7.6 生态环境基线确定

7.6.1 土壤基线

依据GB/T 39791.1、GB/T 39792.1和GB/T 39791.4等，明确案涉区域土壤的环境基线水平。

7.6.2 地表水和沉积物基线

依据GB/T 39791.1和GB/T 39792.2等，明确案涉区域地表水和沉积物的环境基线水平。

7.6.3 地下水基线

依据GB/T 39791.1、GB/T 39792.1等，明确案涉区域土壤的环境基线水平。

7.6.4 生态系统基线

依据GB/T 39791.1、《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林（试行）》、《生态环境损害鉴定评估技术指南生态系统 第1部分：森林和林地》（征求意见稿）确认森林和其他林地等基线水平。

7.7 损害确认

非法开采离子型稀土矿案件生态环境损害的确认原则包括：

a) 土壤、沉积物重金属元素浓度超过基线或者土壤稀土元素存在明显的浓度降低，且与基线相比存在差异；

b) 地下水、地表水中特征污染物氨态氮、重金属元素浓度超过基线，且与基线相比存在差异；

c) 森林土壤养分或土壤、植物体内污染物浓度水平，与基线水平相比存在差异；

d) 森林植被面积、物种组成及数量、密度、覆盖度等指标，与基线水平相比存在差异；

e) 动物栖息地或物种组成、数量、密度及分布范围等指标，与基线水平相比存在差异；

f) 损害事实明显、基线水平无法获取的情况，可通过查获的受损林木数量等信息确认损害；

g) 损害区域不再具备基线状态下的服务功能，包括支持服务功能（如生物多样性）的退化或丧失、供给服务（如饮用和灌溉用水供给等）的退化或丧失、调节服务（如涵养水源、水体净化、气候调节等）的退化或丧失、文化服务（如休闲娱乐、景观观赏等）的退化或丧失。

8 因果关系分析

8.1 关键分析方法

8.1.1 迁移路径验证

根据污染物浓度调查数据，结合地形（坡度、坡向）以及降雨量，分析污染物是否存在纵向迁移、是否沿地表径流方向扩散；验证是否从核心区迁移至下游监测井或地表水体，模拟结果判定参照GB/T 39792.1。

8.1.2 干扰因素排除

排除以下非非法开采因素导致的损害：

- a) 自然因素：如酸雨导致的土壤酸化、干旱导致的植被枯萎；
- b) 其他人为因素：如周边工业企业排放（对比其他污染源污染物组成，若与损害区污染物组成差异 $\geq 50\%$ ，排除其他污染源）、农业面源污染（如化肥使用导致的铵态氮超标，若损害区铵态氮浓度是农田区的3倍以上，排除农业面源）。

8.2 污染环境行为的因果关系分析

污染环境行为与生态环境损害间因果关系分析的内容包括：时间顺序分析、污染物同源性分析、迁移路径合理性分析、生物暴露可能性分析、生物损害可能性分析。具体分析要求参照GB/T 39791.1执行。

8.3 破坏生态行为的因果关系分析

生态破坏行为与生态环境损害间因果关系分析的内容包括：时间顺序分析、损害可能性分析、因果关系链建立等。具体分析要求参照GB/T 39791.1执行。

9 损害实物量化与恢复方案制定

9.1 损害程度与损害范围

9.1.1 环境要素损害程度

基于土壤、地下水、地表水和沉积物中特征污染物浓度与基线水平，确定劣于基线点位土壤、地下水、地表水和沉积物的受损害程度，计算方法详见GB/T 39792.1和GB/T 39792.2。

9.1.2 生态系统损害程度

损害程度量化是森林结构、数量与功能（用途）等各项指标的受损害现状与基线水平相比较，减少或降低的程度，如森林面积的减少量或林木受损数量、物种类型及数量的减少量、植被生长受阻程度、生态服务功能损害量等，具体参考6.6.4确定的基线水平相关指标。损害程度一般用百分比表示，计算方法详见《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林（试行）》。

9.1.3 损害范围

根据各采样点位土壤、地下水、地表水和沉积物损害确认和损害程度量化的结果，分析土壤、地下水、地表水和沉积物环境质量等损害的空间范围。

划定不同森林损害类型的空间范围，一般为受损森林的面积及其经纬度坐标；对于特定用途森林，需要确定涵养水源、土壤保持等生态服务功能的影响范围；对于栖息地，需要确定动物物种的活动范围及其经纬度坐标。根据森林损害开始与恢复方案的持续时间确定损害的起止时间。

9.1.4 期间损害计算

自生态环境损害发生到恢复至基线的持续时间大于一年的，应计算期间损害，制定基本恢复方案和补偿性恢复方案；小于等于一年的，仅制定基本恢复方案。

利用等值分析法对林地损害开始发生到恢复到基线水平的期间损害进行量化，计算补偿性恢复的规模，相关要求详见《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林（试行）》。期间损害的计算方法参照GB/T 39791.1 等相关标准执行。

9.2 恢复方案制定

9.2.1 恢复目标

土壤、地下水、地表水和沉积物基本恢复的目标是将受损土壤、地下水、地表水和沉积物环境及其生态服务功能恢复至基线水平。

对于森林生态系统，原则上以基线水平的植被物种组成及各项生长指标等作为恢复目标；对于生长条件严重受损、难以恢复到基线水平的，植被和土壤恢复目标可以分别参照 TD / T 1036 中的林地复垦质量控制标准和损毁土地复垦质量要求制定合理的恢复目标，恢复后的林地土壤质量和生产力水平不低于 TD / T 1036 中对应区域、对应类型林地的复垦质量控制标准。

9.2.2 恢复技术筛选

根据损害类型、矿区条件（地形、气候、经济成本），筛选适配的恢复技术，具体筛选考虑因素参照GB/T 39791.1、GB/T 39792.1、GB/T 39792.2进行。

针对森林生态环境损害的恢复，优先采用自然恢复，并辅以必要的管理措施，对于损害严重、自然恢复难以达到预期效果的，采取人工辅助恢复技术措施。树种选择、工序要求、质量标准等，参照 GB/T 15776 等标准、规范确定。

9.2.3 恢复方案比选

生态恢复方案的制定可参考HJ 651、T/GDAEPI 36；设计2~3套恢复方案，依据GB/T 39791.3“恢复效果评估”要求，从技术可行性、经济合理性、环境风险三方面比选，选择最优方案。

10 损害价值量化

10.1 基于实际发生费用进行价值量化

对于污染清理和恢复措施已经完成或正在进行的情况，可通过收集实际发生的费用信息，参照GB/T39791.2等，对实际发生费用的必要性和合理性进行审核后，得到实际发生的治理恢复费用。

10.2 基于恢复费用进行价值量化

按照土壤、地下水、地表水和沉积物生态环境基本恢复和补偿性恢复方案，采用费用明细法、指南和手册参考法、承包商报价法、案例比对法等方法，计算恢复方案实施所需要的费用。具体参照GB/T 39791.1中生态环境恢复费用计算的相关内容。

森林生态恢复费用的计算，包括基本恢复和补偿性恢复的费用，按照下列优先级顺序选用费用计算方法：实际费用统计法、费用明细法、承包商报价法、指南或手册参考法、案例比对法。具体方法参照GB/T 39791.1。

10.3 环境资源价值量化

对于受损地表水和沉积物生态环境不能通过实施恢复措施进行恢复或完全恢复到基线水平，或不能通过补偿性恢复措施补偿期间损害的，基于等值分析原则，采用环境资源价值评估方法对未予恢复的地表水生态环境损害进行计算。具体根据评估区的水生态服务功能，采用直接市场法、揭示偏好法、效益转移法、陈述偏好法等方法，对不能恢复或不能完全恢复的生态服务功能及其期间损害进行价值量化。具体参照GB/T 39792.2执行。

对于超过地表水环境质量基线，但没有超过地表水环境质量标准并影响水生态功能的情况，以及对于超过地表水环境质量标准并影响水生态功能的情况，相应的水生态功能损害价值以及受损的水资源非使用价值的计算和要求均参照GB/T 39792.2。

10.4 森林生态服务功能价值量化

采用生态服务功能评估法计算涵养水源、土壤保持、防风固沙等生态服务功能损害量，利用揭示偏好法计算生态服务功能损害价值量，不同生态服务功能实物量与价值量的计算方法参见《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林（试行）》附录C，计算生态服务功能实物量与价值量的主要技术参数应该通过实地调查获得。

对于面积等于或小于 0.667 hm^2 、郁闭度未达到0.2及以上的小规模林地或普通林木损毁的，其损害价值量可以按恢复林地植被所需费用的三倍或者受损林木资产价值的五倍进行计算。

10.5 其它价值量化方法

10.5.1 未修复到基线水平损害的量化方法

对于土壤和地下水，当经修复后未达到基线水平或现状污染水平超过基线水平但不需要修复，按照GB/T 39792.1中的方法计算基于风险的环境修复目标值或现状污染水平与基线水平之间的损害。

10.5.2 无法恢复的损害量化方法

对于土壤和地下水环境及其生态服务功能无法通过工程恢复或完全恢复至基线水平，没有可行的补偿性恢复方案填补期间损害，需要根据土壤和地下水提供的服务功能，利用直接市场价值法、揭示偏好法、效益转移法、陈述偏好法等方法，对不能恢复或不能完全恢复的土壤和地下水及其期间损害进行价值量化。

各种生态环境价值量化方法及其适用条件参照GB/T 39791.1附录D常用环境价值评估方法。当采用非指南推荐的方法进行生态环境价值量化评估，需要详细阐述方法的合理性。

10.6 矿产品价值调查核算

矿产品价值调查核算由第三方机构按照有关规定开展。

11 鉴定评估报告编制

非法开采离子型稀土案件生态环境损害鉴定评估报告的格式和内容参见GB/T 39791.1中生态环境损害鉴定评估报告书的编制要求。

12 生态环境损害恢复效果评估

12.1 工作内容

制定恢复效果评估计划，通过采样分析、现场观测、问卷调查等方式，定期跟踪生态环境恢复情况，全面评估恢复效果是否达到预期目标；如果未达到预期目标，应进一步采取相应措施，直到达到预期目标为止。

12.2 效果评估时间

恢复方案实施完成后，土壤、地下水、地表水和沉积物的物理、化学和生物学状态以及水生态服务功能基本达到稳定时，对恢复效果进行评估。

土壤、地下水、地表水、沉积物以及生态环境的恢复效果评估时间参照GB/T 39791.1、GB/T 39791.3、GB/T 39792.1、GB/T 39792.2以及《生态环境损害鉴定评估技术指南 森林（试行）》。

12.3 评估内容和标准

恢复过程合规性，即恢复方案实施过程需满足相关标准和规范要求，无二次污染或二次破坏。

恢复效果达标性，即根据基本恢复、补偿性恢复中设定的恢复目标，分别对基本恢复和补偿性恢复的效果进行评估。

恢复效果评估标准参照8.2确定的恢复目标。

12.4 评估方法

效果评估方法包括现场踏勘、监测分析、分析比对、问卷调查等，详见GB/T 39791.3。

12.5 补充性恢复方案的制定

由于现场条件或技术可达性等限制原因，生态环境基本恢复方案实施后未达到基本恢复目标或补偿性恢复方案未达到补偿期间损害的目标，需要进一步制定补充性恢复方案，使受损的生态环境实现既定的基本恢复和补偿性恢复目标。对于补充性恢复方案不可行或无法达到预期效果的，采用环境资源价值量化方法计算相应的损失。

补充性恢复完成后，也应该开展恢复效果评估。

12.6 恢复效果评估报告编制

生态环境恢复效果评估报告主要内容和要求包括：各环境要素（土壤、地下水、地表水和沉积物）、生态系统及生态服务功能恢复效果评估内容、标准、效果评估过程所采用的方法及评估结果；生态环境恢复过程规范性评价所依据的标准和评估结果；效果评估点位布设方案和依据，调查方法（包含样品采集、保存和流转方法，分析测试方法，质量控制措施）以及调查结果；对于采用调查问卷或调查表对恢复效果和公众满意度进行调查的，应详细介绍主要调查内容和结果。

附录 A 基本资料调查方法

A.1 资料收集

收集以下资料并交叉验证，避免单一来源偏差：

A.1.1 官方资料：自然资源部门卫星遥感影像（对比开采前后土地利用变化，如2018-2023年每年1期）、矿山巡查记录、违法采矿案件卷宗；

A.2.2 第三方资料：群众举报记录、媒体报道、环保组织检测报告（非必须，如有则补充）；

A.3.3 技术资料：非法开采使用的浸矿工艺设计图、药剂采购凭证、稀土产量估算记录，浸矿剂用量可通过采购凭证、运输台账或现场残留量反推。

A.2 现场踏勘

由不少于2名专业人员开展现场踏勘，填写现场踏勘表，重点调查：

A.2.1 开采设施遗迹：注孔区（注液孔数量、深度、孔径及分布），浸矿剂配置区（位置、残留痕迹），浸出液收集区（走向及尺寸）、浸出液沉淀区（位置及尺寸）；

A.2.2 污染物排放痕迹：浸出液流失路径（如冲刷沟）、药剂泄漏区域（土壤白色结晶、植被异常枯萎带）；

A.2.3 周边环境影响：地表水（水塘、沟渠、河流等）浑浊度、植被死亡边界、地下水井水质异常（如异味、沉淀物等）。

A.3 人员访谈

访谈对象包括非法开采参与者、周边居民、基层政府/自然资源/生态环境部门工作人员，访谈内容：

A.3.1 开采细节：浸矿剂的类型、用量、采购渠道、储存方式；稀土矿开采量、稀土沉淀工艺等；

A.3.2 损害过程：首次发现土壤/水质异常的时间、异常表现（如作物减产、井水变味）、损害范围变化趋势；

A.3.3 应急情况：是否发生过药剂泄漏、尾砂滑坡等事故，是否采取应急措施（如中和、清运等）。

附 录 B
(资料性)
常用土壤、地表水和地下水生态环境修复和恢复技术适用条件与技术性能

常用土壤、地表水和地下水生态环境修复和恢复技术适用条件与技术性能如表B. 1所示。

表 B. 1 常用土壤、地表水和地下水生态环境修复和恢复技术适用条件与技术性能

恢复对象	工程技术类型	核心工艺	优缺点分析	单价构成（元/m ² 或元/m ³ ）	适用场景
污染土壤	原位生物-化学联合修复	李氏禾种植+生物炭改良+石灰调节 pH，配合缓释肥促进微生物活性	优点：适配红壤特性，稀土吸附率≥30%，铵态氮去除率达 45%，生态友好； 缺点：修复周期长（18-24 个月），重金属高浓度区效果有限	生物炭（80 元/m ² ）+种苗（15 元/m ² ）+药剂（35 元/m ² ）+人工及机械（50 元/m ² ），综合 180 元/m ²	污染迁移区（稀土浓度≤50mg/kg）、农业用地周边
	异位淋洗-固化稳定化	土壤开挖→螯合剂（EDTA-2Na）淋洗→石灰+磷灰石固化→回填或安全处置	优点：稀土去除率≥75%，周期短（3-6 个月），适配核心区污染； 缺点：成本高，产生淋洗废水需配套处理	螯合剂（120 元/m ³ ）+固化剂（80 元/m ³ ）+开挖运输（150 元/m ³ ）+废水处理（50 元/m ³ ），综合 400 元/m ³	污染核心区（稀土浓度>50mg/kg）
	表土覆盖-植被重建	客土覆盖（30cm 厚）+狗牙根与马尾松混播+保水剂铺设	优点：快速恢复植被覆盖，抑制扬尘和水土流失，施工简单； 缺点：未根治污染，需长期监测	客土（120 元/m ² ）+种子（8 元/m ² ）+保水剂（12 元/m ² ）+人工（40 元/m ² ），综合 180 元/m ²	污染轻微区、边坡及临时堆土场
污染地表水	原位曝气-生态浮床联合处理	曝气增氧降解铵态氮+美人蕉-芦苇浮床吸附稀土+水生植物根系微生物净化	优点：稀土吸附率≥50%，铵态氮去除率达 60%，景观性好； 缺点：冬季处理效率下降 15%-20%，需定期收割植物	浮床支架（40 元/m ² ）+种苗（15 元/m ² ）+曝气设备（35 元/m ² ）+人工（30 元/m ² ），综合 120 元/m ²	矿区周边沟渠、小型池塘（水深≤3m）
	异位混凝沉淀-过滤处理	引流至一体化设备→聚合氯化铝混凝沉淀尾砂→石英砂过滤→稀土吸附树脂处理	优点：处理效率高（稀土去除率≥90%），出水达标 GB 3838-2002 III类； 缺点：设备投资高，需定期更换树脂	药剂（8 元/m ³ ）+树脂（20 元/m ³ ）+设备折旧（12 元/m ³ ）+人工（10 元/m ³ ），综合 50 元/m ³	集中式排污口、临近饮用水源的地表水体

恢复对象	工程技术类型	核心工艺	优缺点分析	单价构成（元/m ² 或元/m ³ ）	适用场景
污染地下水	可渗透反应墙（PRB）	构筑零价铁+沸石反应墙，拦截污染羽，吸附稀土及铵态氮	优点：原位处理，无需抽水，长期维护成本低（约 4 元/m ³ ·年）； 缺点：初期投资高，需定期更换填料	填料（800 元/m ³ ）+墙体构筑（400 元/m ³ ）+监测井（2000 元/口），综合 1200 元/m ³ （不含监测）	地下水污染羽迁移路径关键节点
	抽提-处理-回灌	抽提井抽水→曝气吹脱氨态氮→离子交换树脂除稀土→达标回灌	优点：处理效率高（稀土去除率≥90%），见效快； 缺点：运行能耗高，适用于小范围污染	抽提设备（15 元/m ³ ）+树脂处理（30 元/m ³ ）+能耗及人工（25 元/m ³ ），综合 70 元/m ³	集中式饮用水源地周边、地下水污染核心区
注：单价主要参考《广东省市政工程综合定额（2018）》和市场询价，仅供参考；单价浮动范围为上下 15%。					