

《矿山生态修复技术规范 第 6 部分：稀土矿山》
(报批稿)
编制说明

江西理工大学
江西省地质局第七地质大队
江西省地质局有色地质大队
中国自然资源经济研究院
中国地质环境监测院

2022 年 03 月 21 日

目 次

一、工作简况	1
(一) 任务来源	1
(二) 主要工作过程	1
(三) 主要起草人及其所做的工作	4
二、标准编制原则和确定主要内容的论据	5
(一) 标准编制原则	5
(二) 确定主要内容的论据	5
三、主要试验(或验证)的分析、综述报告、技术经济论证及预期的经济效果	12
四、采用国际标准和国外先进标准的程度及与国际、国外同类标准水平的对比（或与测试的国外样品、样机的有关数据对比）	14
五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系	15
六、重大分歧意见的处理经过和依据	16
七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议	17
八、贯彻标准的要求和措施建议	18
九、废止现行有关标准的建议	19
十、其他应予说明的事项	20

《矿山生态修复技术规范 第6部分：稀土矿山》

(报批稿)

编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

自然资源部办公厅 2019 年 11 月 15 日在其官网发布《自然资源部办公厅关于印发 2019 年度自然资源标准制修订工作计划的通知》(自然资办发〔2019〕49 号), 将该技术规范列入 2019 年度标准制修订计划, 计划号 201917011。委托相关单位开展《矿山生态修复技术规范》编制工作(拟申报标准计划 TC93/SC7), 包括《第 1 部分: 通则》和《第 2 部分: 煤炭矿山》、《第 3 部分: 金属矿山》、《第 4 部分: 建材矿山》、《第 5 部分: 化工矿山》、《第 6 部分: 稀土矿山》、《第 7 部分: 油气矿山》等 7 个部分。江西理工大学、江西省地质局第七地质大队、江西省地质局有色地质大队、中国自然资源经济研究院、中国地质环境监测院等五家单位组建了《矿山生态修复技术规范 第 6 部分: 稀土矿山》(以下简称本规范)编制组, 承担本规范制订工作。

(二) 主要工作过程

1、前期研究阶段

(1) 2018.07~2018.09 资料收集

收集了稀土矿山生态环境修复相关法律法规、标准规范、政策文件、矿山报告(修复方案、验收报告等)等资料, 获取的资料满足本规范编制需要。

(2) 2018.07~2018.09 大纲编制

编制本规范大纲, 确定适用范围、章节目录、主要条款等。邀请专家及

编制单位相关领导召开**专家研讨会**，讨论本规范编制大纲及主要内容。专家提议本规范仅针对南方离子吸附型稀土矿，岩矿型稀土矿的生态修复按《第3部分：金属矿山》规定执行。

(3) 2018.09~2019.02 现场调研

① 赴江西省赣州市龙南县、定南县、安远县、全南县、赣县等所辖足洞、长坊、车头、打石坳、岗下、古田、冷坑、牛皮碛、铜锣窝、涂屋、西坑、大埠等稀土矿区调研生态修复工程。

② 赴福建省龙岩市武平县橙铈稀土开发有限公司调研稀土采选尾水微生物处理技术。

③ 赴江西赣州市调研稀土矿山水污染防治措施：龙南县关西地下水污染修复渗透反应格栅（PRB）技术、龙南县关西 2A 车间 50m³/d 清水淋洗工程、龙南县关西小流域尾水收集处理站工程、赣县区大田乡调研废弃稀土矿区重金属综合治理工程（一期）。

(4) 2018.10~2019.08 初稿编制

① 参加《矿山生态修复技术规范》第一次专家研讨会（**大纲研讨会**）。

② 结合第一次专家研讨会修改建议及龙岩稀土矿、龙南县和赣县区稀土矿山调研情况，形成了规范初稿。

③ 参加《矿山生态修复技术规范》第二次专家研讨会（**初稿研讨会**）。

2、征求意见阶段

(1) 2019.09~2020.12 征求意见稿编制

① 结合第二次专家研讨会修改要求，修改了规范初稿及编制说明。

② 参加《矿山生态修复技术规范》第三次专家研讨会。结合第三次专家研讨会修改要求，形成了规范征求意见稿。

(2) 2021.01~2021.10 征求意见稿修改

① 2021年2月，编制组向空间修复生态司汇报规范编制情况，生态司

要求“按照生态逻辑突出生态修复的内容、突出矿种矿山的特点”。

② 据生态司“生态逻辑”思路对规范进行大修（包括框架结构、内容章节、语言表述，等），再次形成了规范初稿。

③ 参加《矿山生态修复技术规范 第1部分：通则》专题研讨会（第四次专家研讨会），汇报了修改后初稿，会议对各矿种提出了统一的大纲。

④ 结合第四次专家研讨会修改要求，形成了规范征求意见稿。

⑤ 参加各矿种“生态逻辑”征求意见稿专家研讨会（第五次专家研讨会）。

⑥ 编制组再次向空间修复生态司汇报规范的编制情况，生态修复司原则同意各矿种规范框架和内容，并提出修改建议。

⑦ 结合空间修复生态司第二次反馈意见，再次形成了规范征求意见稿。

(3) 征求意见

① 2020年11月，编制组将征求意见稿函送主管部门、矿山企业等相关单位征求意见（详见征求意见汇总处理表）。

② 2021年8月，编制组将征求意见稿再次函送主管部门、矿山企业等相关单位征求意见（详见征求意见汇总处理表）。

③ 2021年9月30日至10月29日，自然资源标准化信息服务平台（<http://www.nrsis.org.cn/>）挂网30天公开征集意见（无修改意见）。

3、送审稿形成阶段

(1) 2021.11~2021.12 送审稿编制

2021年11月，对规范征求意见稿反馈情况进行讨论修改（第三次为挂网征求意见，无修改意见），形成了规范送审稿。

(2) 2021.12 送审稿专家审查

2021年12月10日，全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会保护与修复分技术委员会对矿山生态修复技术规范等4项标准，以视频会议方式召开专家审查会，标委会专家提出了修改意见。

4、报批稿形成阶段

2021年12月29日，编制组召开报批稿研讨会（线上），对报批稿定稿提出了修改意见和详细要求。

根据送审稿专家审查意见和报批稿研讨会定稿要求，编制组对规范进行了修改完善，形成了本报批稿。

（三）主要起草人及其所做的工作

本规范主要起草人：饶运章、王丹、陈光飞、宋勇、李海潘、符勋、陈国梁、陈仁祥、陈飞、陈云嫩、张进德、余振国、白雪华、张德强、余洋。

第一起草人饶运章全面负责规范编制工作，包括任务分工、进度安排、内容编写、技术把关和成稿审定等，其他起草人负责分工内容的编写。

主要起草人长期从事稀土矿山地质环境、生态修复等工作，具有稀土矿山地质环境治理和生态修复工程的勘察、设计、施工、评估、验收、督查等经验。主要起草人除1人为博士研究生外，其他人员全部具有高级职称，专业包括地质、采矿、岩土、环境、水工环等。

二、标准编制原则和确定主要内容的论据

（一）标准编制原则

本标准首次全面分析了稀土矿山生态环境修复涵盖的范围和技术指标要求，首次在国内提出并规定了稀土矿山生态环境修复的内容和技术要求。具体编制原则如下：

（1）按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》要求和规定，编制本标准相关内容。

（2）依据《中华人民共和国矿产资源法》、《中华人民共和国矿山安全法》、《中华人民共和国土地管理法实施条例》、《土地复垦条例》、《土壤污染防治行动计划》、《矿山地质环境保护规定》等相关法律法规，编制本标准相关内容。

（3）尊重生态系统自然演替规律。坚持自然恢复与人工修复相结合，改变单纯工程修复的思维，最大限度地发挥自然修复效能。

（4）发挥国土空间规划引领作用。依据国土空间规划确定的土地用途，宜耕则耕、宜果则果、宜林则林、宜水则水、宜建则建。

（5）注重稀土矿山修复长期效益。按照技术可行、经济合理、谁投资谁受益原则，确定修复方向，最大限度实现修复长期效益。

（二）确定主要内容的论据

（1）4.2.2 根据国土空间规划和生态修复定位（即城镇空间、农业空间、生态空间），综合考虑矿山自然条件、地形地貌条件、生态环境问题及其危害程度，以及周边资源环境承载力等要素，坚持山水林田湖草一体化保护修复理念，根据离子型稀土矿区的低山丘陵风化壳特征和多雨温暖潮湿特点，依靠自然恢复能力，辅以必要的人工修复措施，对因稀土资源开发造成的矿山生态破坏进行综合治理与系统修复，消除地质安全隐患，改善水土环境，实施地貌重塑、土壤重构、植被重建，有效恢复生态系统功能。

据 HJ 651《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范（试行）》：恢复治理后的各类场地和景观相协调；恢复土地基本功能，因地制宜实现土地可持续利用；区域整体生态功能得到保护和恢复；矿山生态环境恢复指对矿产资源勘探和采选过程中的各类生态破坏和环境污染采取人工促进措施，依靠生态系统的自我调节能力与自组织能力，逐步恢复与重建其生态功能。

据 TD/T 1036《土地复垦质量控制标准》：土地复垦质量控制标准确定应依据技术经济合理原则，兼顾自然条件与土地类型，选择复垦土地用途。因地制宜、综合治理。宜农则农、宜林则林、宜牧则牧、宜渔则渔、宜建则建。条件允许的地方，应优先复垦为耕地。

据国土资源部《关于贯彻落实全国矿产资源规划发展绿色矿业建设绿色矿山工作的指导意见》（国土资发[2010]119号）：各级国土资源管理部门要加大矿产资源规划实施力度，将各级规划提出的绿色矿山建设目标任务和具体要求予以落实，结合规划确定的矿山结构布局优化调整、资源高效利用和矿山地质环境治理恢复等要求，切实统筹好新建和生产矿山、大中小型矿山，以及各行业绿色矿山建设，采取有效措施，有序推进绿色矿山建设。

据《关于加强矿山地质环境恢复和综合治理的指导意见》（国土资发[2016]63号）：坚持绿色发展理念，倡导和培育绿色矿业，构建矿产资源开发与矿山地质环境保护新格局；发展绿色矿业，建设绿色矿山，鼓励矿山企业按照高效利用资源、保护环境、促进矿地和谐的绿色矿业发展要求，编制实施绿色矿山发展规划，加快建设资源节约型和环境友好型企业。

（2）5.2.5.2 稀土矿山生态问题严重程度等级

依据矿山生态问题的分布、规模、特征、危害程度、严重程度，以及区域重要程度等，将矿山场地主要生态问题严重程度划分为三个等级。所列各项指标（地质安全隐患、地形地貌景观、水土环境、土地损毁、水土流失、水资源破坏、生态退化、区域重要性）中至少有一项达到“严重”或“重要”则定为 I 级，至少有一项达到“较严重”或“较重要”且均未达到“严重”

或“重要”则定为 II 级，全部为“较轻”或“一般”则定为 III 级。

I 级：场地存在重大地质安全隐患或重大水土环境问题，或存在严重土地损毁、水土流失、水资源破坏、生态退化，导致生态系统结构与功能严重损坏，或区域重要程度为重要。

II 级：场地存在一定地质安全隐患或局部水土环境问题，或存在一定程度土地损毁、水土流失、水资源破坏、生态退化，局部植被盖度与质量受到影响，生态系统结构与功能较为完好，或区域重要程度为较重要。

III 级：场地存在较轻地质安全隐患或较轻水土环境问题，或地表仅存在少量土地损毁、水土流失、水资源破坏、生态退化，生态系统结构与功能完好，或区域重要程度为一般。

各指标及其等级（影响程度）划分，依据下列标准确定：

① 地质安全隐患

参照 DZ/T 0223《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》表 E.1 地质灾害部分确定。考虑到闭坑矿山或废弃矿山远离居民区，威胁对象主要为交通设施等财产，对威胁人员内容进行了删减。

② 地形地貌景观影响与破坏

依据 DZ/T 0223《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》表 E.1 地形地貌景观部分确定。

③ 土地损毁

依据 DZ/T 0223《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》表 E.1 土地资源部分确定。

④ 水资源破坏

参照 DZ/T 0223《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》表 E.1 含水层部分确定。

⑤ 水土流失

依据附录 B（即 SL 190《土壤侵蚀分类分级标准》表 4.1.2-2、表 4.1.2-

3) 确定面蚀(片蚀)、沟蚀的水土流失(土壤侵蚀)程度分级(轻度、中度、强烈、极强烈、剧烈),再依据附录 A 建立矿山生态问题严重程度等级(严重、较严重、较轻)与水土流失(土壤侵蚀)程度分级的关系。

⑥ 生态退化

生态退化是生态系统运动的一种形式,是由生态基质、内在动能因素和外在于扰共同作用的结果,是生态系统内在的物质与能量匹配结构的脆弱性或不稳定性以及外在于扰因素共同作用的产物。生态基质是植物生长的承载体,主要是指植物生长所需的各种颗粒状矿物质、有机物质、水分、空气、微生物等。

根据赣南废弃稀土矿山已治理项目统计,工程治理中的植被恢复 10 年后,植物群落人工干涉效应该逐渐降低,逐渐演变为自然演替;当采用原地浸矿等不剥离表土层开采工艺时,因南方低山丘陵地区气候温润,3 年内一般可实现自然恢复。

⑦ 区域重要程度

参照 DZ/T 0223 《矿山地质环境保护与恢复治理方案编制规范》表 B.1 确定区域重要程度,有删改。

⑧ 水土环境污染

A、地表水: 矿区边界处地表水 pH、氨氮、硫酸盐指标超过《稀土工业污染物排放标准》定为“严重”; 低于《稀土工业污染物排放标准》但超过《地表水环境质量标准》III类水指标定为“较严重”; 不超过《地表水环境质量标准》III类水指标定为“较轻”。

B、地下水: 矿区边界处地下水 pH、氨氮、硫酸盐指标超过《地下水质量标准》IV类水指标定为“严重”; 介于III~IV类水指标定为“较严重”; 不超过《地下水质量标准》III类水指标定为“较轻”。

C、土壤: 修复场地周边存在耕地、园地、饮用水源地或居民区等土壤环境敏感目标,且土壤中重金属砷、镉、六价铬、铅超过《土壤环境质量 建

设用地土壤污染风险管控标准（试行）》中第二类用地风险管制值定为“严重”；修复场地周边存在耕地、园地、饮用水源地或居民区等土壤环境敏感目标，或土壤中重金属砷、镉、六价铬、铅超过《土壤环境质量 建设用土壤污染风险管控标准（试行）》中第二类用地风险筛选值定为“较严重”；修复场地周边不存在耕地、园地、饮用水源地或居民区等土壤环境敏感目标，且土壤中重金属砷、镉、六价铬、铅低于《土壤环境质量 建设用土壤污染风险管控标准（试行）》中第二类用地风险筛选值定为“较轻”。

(3) 7.2.3.3.4 b) 回填压脚即在坡脚堆填材料进行反压，材料可采用矿山削坡岩土、砂质粘土等，应分层碾压，层厚 30~50cm，距表层 80cm 以内填料压实度 $\geq 93\%$ ，距表层 80cm 以上填料压实度 $> 90\%$ 。每隔 1m 宜设置 10~20cm 透水层，透水层可用土工布、砂砾、碎石、卵石等组成。

稀土矿山地质灾害治理过程中，应尽量就地取材，利用尾矿进行回填压脚，但尾矿含泥砂量高易冲刷流失，应分层碾压压实并设置透水层，排出回填体中的水。据 JTG/T 3610《公路路基施工技术规范》：路床填筑，每层最大压实厚度 $< 300\text{mm}$ ，顶面最后一层压实厚度应 $\geq 100\text{mm}$ 。据 GB/T 38509《滑坡防治设计规范》：回填土压实度应不低于 0.9。

(4) 7.2.3.3.4 c) 支（拦）挡工程主要对剥采区、原地浸矿区坡面采用锚固，对坡脚采用挡土墙、抗滑桩、锚拉桩等，堆积区及淤积区坡脚宜设置挡土墙或护脚墙。

对不允许削坡或削坡工程量太大或仅用削坡法达不到稳定要求的边坡，应进行边坡加固，并根据不同的边坡条件选用不同的加固措施，包括注浆加固、外加挡墙、锚杆（索）、格构锚固、抗滑桩及综合支挡结构等。边坡加固后的坡体应达到稳固状态，加固工程应与周围自然景观相协调，并与当地降水条件、土壤类型和植被覆盖情况和谐一致。

(5) 7.2.3.4.4 剥采区、堆积区、淤积区应充分利用自然沟谷修筑截排水系统；凹坑场地的水面应设置防洪排水系统；治理恢复为农林草地、建设

用地、蓄水养殖的场地也应设置排水系统。剥采区的截排水系统可采用现浇、浆砌、预制等结构，堆积区宜采用现浇结构，淤积区宜采用现浇结构或生态水沟。截排水沟断面应根据地表水汇流量和地下水涌水量，参照 JTG/T D33 《公路排水设计规范》设计。

稀土矿山的固体废物含泥砂量较高，受大气降水及地表径流影响，极易受冲刷，造成水土流失及二次污染，截排水是关键；池浸和堆浸工艺开采后的尾砂堆积区和淤积区，透水性强，截排水沟的基础极易变形，宜采用抗剪性能更好的现浇砼，并尽量避免采用预制块砌筑的形式。

(6) 7.2.3.5.1 矿山土地修复应全局考虑，结合国土空间规划，综合分析区域地理气候、人文乡俗等特点及经济发展情况，进行科学合理的分类和规划设计及可持续利用，实现生态效益与经济效益双赢，提高恢复治理与开发利用的可行性与整体性。

据 DZ/T 0223 《矿山地质环境保护与恢复治理编制规范》、TD/T 1031.1 《土地复垦方案编制规程》：地质环境恢复治理与土地复垦后的场地应达到对人类和动植物不构成威胁、对周边环境不产生影响和污染，并与周边生态自然环境和地形地貌景观相协调，土地基本功能得到恢复并因地制宜实现可持续利用，区域整体生态功能得到保护和恢复的目标。

矿山露采场（坑）、露采边坡以及资源勘查、开发挖损及引起的崩塌、滑坡、泥石流等矿山地质灾害破坏，矿山废土石、废渣堆、尾矿库区等压占所导致的植被资源破坏的需进行土地复垦（植被恢复与重建）。稀土矿山的土地复垦工作应兼顾自然条件与土地类型，选择复垦土地的用途，因地制宜，综合治理。宜农则农，宜林则林，宜牧则牧，宜渔则渔，宜建则建。条件允许的地方，应优先复垦为耕地。

(7) 7.2.3.6.1 结合治理区实际情况确定乔、灌、草物种，优先选择耐酸性强、抗病虫害、成活率高的乡土或先锋物种，植物类型可按《矿山生态修复技术规范 第 1 部分：通则》附录 D 选用。7.2.3.6.2 植被重建工程设计

宜乔、灌、草套种及多草种混播，兼顾生物多样性及矿山恢复后的生态效益和经济效益。

植被恢复工程的要求：① 根据治理区的实际情况确定林(草)地类型，优先选择稳定性好、抗病虫害能力强的乡土树种(草种)。② 植被恢复工程设计应宜林则林、宜草则草，鼓励乔灌草套种混播，兼顾治理区生态效益和经济效益。③ 对于采用常规绿化方法无法实现植被恢复的特殊治理区域，可设计采用生态植被毯法、普通喷播、挂网客土喷播、土工格室法、三维网植被恢复法、原生植物移植、高大乔木遮挡、植生袋法、堆土袋法、藤蔓植物攀爬法和鱼鳞坑种植法等特殊绿化方法。

(8) 7.2.3.6.4 土质边坡植被重建应设置防冲刷措施，避免水土流失；坡面植草宜选用生态毯、挂网(三维网)等措施。

池(堆)浸工艺开采的稀土矿，其尾矿堆(淤)积体的泥砂含量较高，雨水冲刷极易造成水土流失，此外，场地平整后的边坡以及植被恢复初期的边坡受雨水冲刷也极易造成水土流失，所以应选用生态植被毯、三维植被网、挂网喷播等防冲刷措施。

三、主要试验(或验证)的分析、综述报告、技术经济论证及预期的经济效果

编制组成员经过多次实地调研及赣南 10 多年离子型稀土矿山治理实践经验总结，结合稀土矿山生态修复特点，提出了如下量化指标：

1、7.2.1.5.2 原地浸矿区的植被覆盖率 $\geq 85\%$ ，或剥采区、堆积区、淤积区等裸露面积 $\leq 0.1 \text{ hm}^2$ ，或剥采区的高陡边坡基岩坡度 $\geq 60^\circ$ 且高度 $\geq 30\text{m}$ 。宜采取拆除废弃设施、封闭修复场地等措施进行自然恢复。

2、原地浸矿区的植被覆盖率 $< 85\%$ ；或剥采区、堆积区、淤积区等裸露面积 $0.1\sim 0.2\text{hm}^2$ 宜辅助再生修复。

3、剥采区、堆积区、淤积区等裸露面积 $\geq 0.2\text{hm}^2$ ，或工业场地则均须生态重建。

4、7.2.3.3.4 b) 回填压脚即在坡脚堆填材料进行反压，材料可采用矿山削坡岩土、砂质粘土等，应分层碾压，层厚 $30\sim 50\text{cm}$ ，距表层 80cm 以内填料压实度 $\geq 93\%$ ，距表层 80cm 以上填料压实度 $> 90\%$ 。每隔 1m 宜设置 $10\sim 20\text{cm}$ 透水层，透水层可用土工布、砂砾、碎石、卵石等组成。

5、原地浸矿区的注液井(孔)应回填，收液巷应封堵，封堵厚度 $\geq 1.5\text{m}$ ，并设置泄水孔。

6、7.2.3.4.2 剥采区、堆积区边坡的治理措施主要有削方(坡)、加固、护坡等工程。边坡加固、防护等应满足 GB 50330《建筑边坡工程技术规范》。

a) 削方工程：总体实现挖高填低、挖填平衡，且剥采区边坡角不宜超过 60° 、台阶高度不宜超过 8m ，堆积区边坡角不宜超过 45° 、台阶高度不宜超过 6m 。

7、7.2.3.6.3 小于 25° 边坡可选用撒播或喷播植草复绿； $25^\circ\sim 60^\circ$ 边坡宜选用喷播植草复绿；大于 60° 边坡应在安全稳定前提下，采用自然恢复或选用爬藤类植物、穴(槽)栽灌草、生态基材等措施或坡脚种植乔木遮挡边坡。

8、7.2.3.6.6 植被重建工程结束三个月后，苗木成活率不低于 70%、草地覆盖率不低于 80%；一年后苗木成活率不低于 85%、草地覆盖率不低于 90%。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度及与国际、国外同类标准水平的对比（或与测试的国外样品、样机的有关数据对比）

1、国际标准和国外先进标准的程度

国际标准和国外无此类标准。

2、国际、国外同类标准水平的对比情况

我国（江西赣南）是离子型稀土矿的发现地和命名地，在离子型稀土矿山开采及生态环境修复技术方面有着丰富生产实践经验，国外无此类标准，《矿山生态修复技术规范 第6部分：稀土矿山》的制定，可达国际领先水平。

五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系

本标准不违背现有法律、法规、标准，是现有相关法律、法规和标准的延伸。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

七、标准作为强制性标准或推荐性标准的建议

建议本标准为推荐性行业标准。

八、贯彻标准的要求和措施建议

本标准发布后建议政府主管部门组织专门的标准发布会，举办管理部门和企业主管人员的培训班，以便更好使用标准、推广标准。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、其他应予说明的事项

无。