

T/GXAS

团 体 标 准

T/GXAS 986—2025

废弃矿山生态修复工程成效评估技术规范

Technical specification for evaluating the effectiveness evaluation of
ecological restoration projects of abandoned mines

2025 - 04 - 30 发布

2025 - 05 - 06 实施

广西标准化协会 发 布

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 基本原则 4

5 评估流程 4

6 评估准备 5

7 建立指标体系 6

8 开展评估 8

9 成效分级 9

10 形成评估报告 9

11 评估结果应用 9

附录 A（资料性） 矿山生态修复工程成效评估指标数据来源 10

附录 B（资料性） 矿山生态修复工程成效评估打分细则 17

附录 C（资料性） 废弃矿山生态修复工程成效评估指标调查监测数据表 20

附录 D（资料性） 废弃矿山生态修复工程成效评估报告编写提纲 21

参考文献 23

前 言

本文件参照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。

本文件由广西生态修复协会提出、归口并宣贯。

本文件起草单位：广西壮族自治区自然资源生态修复中心、南方石山地区矿山地质环境修复工程技术创新中心、桂林理工大学、广西生态修复协会、广西壮族自治区地质矿产测试研究中心、广西机电工业学校、广西壮族自治区桂林水文工程勘察院有限公司、广西新桂环保科技集团有限公司、武汉大学、成都理工大学、重庆市国土整治中心、江苏绿岩生态技术股份有限公司。

本文件主要起草人：叶宗达、黄玉莉、黄佳、韦华周、江凡、赖科、韦连军、韦文光、韦宇帝、李志强、周吕、陈雨欣、廖千、王朝胜、甘惠云、黄翔、张春云、莫凌云、吴静、黄玲、陆英睿、王显彬、莫佳蓉、邹雄宇、陆小钢、周海、徐佼、陈宇、梁家琿、向星多、黎瀚鸿、焦利民、钟静、雷泞菲、张晓超、柳锦森、李远春、张波、沈奕锋。

废弃矿山生态修复工程成效评估技术规范

1 范围

本文件界定了废弃矿山生态修复工程成效评估涉及的术语和定义,规定了废弃矿山生态修复工程成效评估的基本原则、评估流程、评估准备、建立指标体系、开展评估、成效分级、形成评估报告和评估结果应用的要求。

本文件适用于废弃矿山生态修复工程成效评估。

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。

- GB/T 43678 生态系统评估 生态系统服务评估方法
- GB/T 43935 矿山土地复垦与生态修复监测评价技术规范
- DZ/T 0392 矿山环境遥感监测技术规范
- HJ 1166 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统遥感解译与野外核查
- HJ 1167 全国生态状况调查评估技术规范——森林生态系统野外观测
- HJ 1168 全国生态状况调查评估技术规范——草地生态系统野外观测
- HJ 1171 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统格局评估
- HJ 1172 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统质量评估
- HJ 1173 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统服务功能评估
- SL 773 生产建设项目土壤流失量测算导则
- TD/T 1010 土地利用动态遥感监测规程
- TD/T 1069 国土空间生态保护修复工程验收规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

废弃矿山 abandoned mines

现状废弃,目前已停止或不再实施开采活动的矿山。

3.2

矿山生态修复 mine ecological restoration

依靠自然力量 and 通过人工措施干预,对因矿产资源开采活动造成的地质灾害隐患、土地损毁和植被破坏等矿山生态问题进行修复,使矿山地质环境达到稳定、损毁土地得到复垦利用、生态系统功能得到恢复和改善。

[来源: TD/T 1070.1—2022, 3.1, 有修改]

3.3

矿山生态修复工程成效评估 evaluate the effectiveness evaluation of ecological restoration project of mines

依据工程实施方案或施工图设计的矿山生态修复目标,对工程任务完成情况以及工程实施后在生态、社会、经济等方面所取得的成效进行定性和定量分析的过程。

3.4

矿山图斑 mine polygon

现状废弃、今后不再实施采矿活动，并纳入自然资源部废弃矿山核查成果库中的范围，包括因矿山开采形成的采场、中转场、固体废弃物堆场、矿山建筑、塌陷坑、井口或硐口等。

3.5

子项目 sub-project

在实施区域内，综合考虑行政区域和工程组织实施的便利性等，组织实施的可独立开展工程设计并可独立进行预算管理和经济核算的工程项目。子项目可由一个或多个矿山图斑组成。

[来源：TD/T 1068—2022，3.6，有修改]

3.6

工程范围 scope of project

在矿山生态修复基础调查与问题识别的基础上确定的矿山生态修复空间范围，包括矿山生态修复工程实施区域及其影响区域。

[来源：TD/T 1068—2022，3.2，有修改]

4 基本原则

4.1 系统性

根据废弃矿山生态修复项目在矿山图斑、子项目、工程范围等不同空间尺度的特点，以改善矿区环境，恢复采矿废弃土地功能，促进生态系统稳定性为目标，科学确定评估内容，系统反映工程实施的综合成效。

4.2 客观性

根据废弃矿山生态修复项目实施方案或施工图设计的生态问题识别诊断结果和设定的总体绩效目标，科学确定针对性的评估指标。通过定量和定性相结合的方式开展评估，数据来源注重时效，能够客观反映工程实施前后的综合情况，确保评估结果真实准确。

4.3 可行性

通过定量和定性相结合的方式开展评估，结合实际明确评估标准，确保评估数据可获取、结果可量化，易于操作，评估工作经济可行，成效评估结果与工程项目的适应性管理相衔接，为工程项目的绩效评价服务。

4.4 因地制宜

根据废弃矿山地质条件、生态系统特征及受损程度，采取适配修复措施与评估内容，确保生态恢复与地域特征相协调。

5 评估流程

矿山生态修复工程成效评估分为验收阶段评估、验收后评估。评估流程见图1。

注：验收阶段评估由工程业主或项目管理部门在工程整体验收时组织开展，验收阶段评估在工程整体验收前完成。

验收后评估由项目管理部门在工程整体验收完成后组织开展，通常在工程验收后两年内进行，难以在两年内体现生态成效的项目根据实际情况确定评估时间节点。

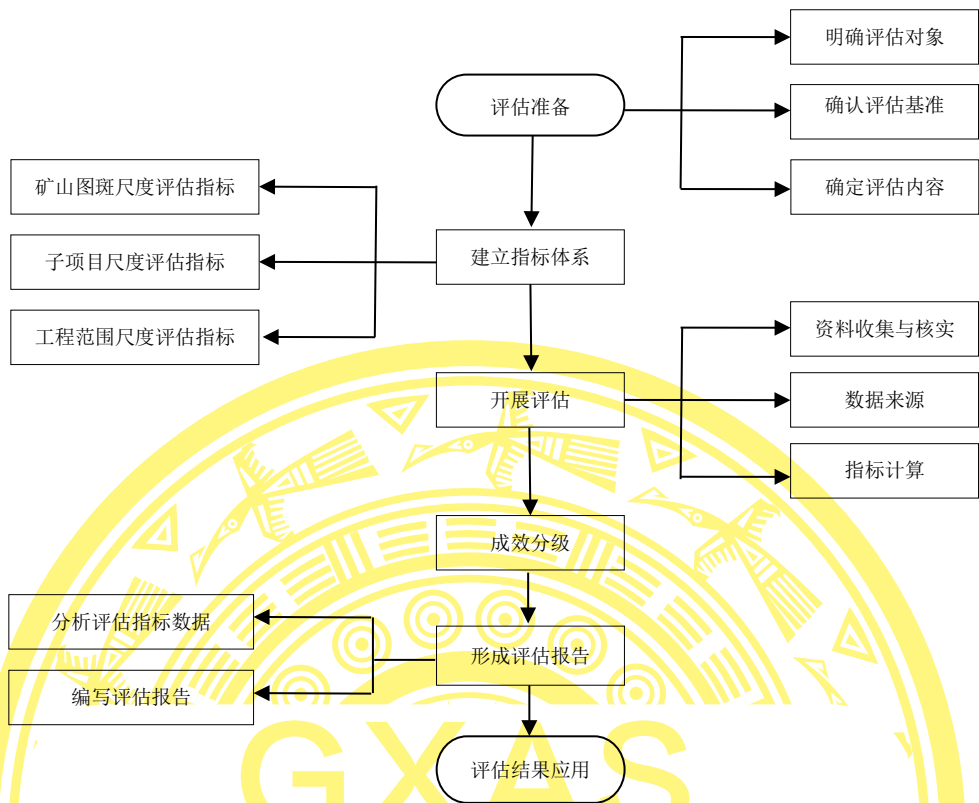


图1 废弃矿山生态修复工程成效评估流程

6 评估准备

6.1 明确评估对象

废弃矿山生态修复工程成效评估宜在矿山图斑、子项目、工程范围三个尺度开展，具体根据项目实施范围、项目分区和最小实施单元确定。

6.2 确认评估基准

工程起始年份前两年（含）的评估指标平均水平为评估基准，当历史数据不足或遇到气候异常的年份，可将评估年份工程影响范围外具有相似自然生态特征区域的评估指标值作为评估基准值。

6.3 确定评估内容

6.3.1 矿山图斑尺度

评估应涵盖地质环境治理恢复情况、生态系统质量改善和土地修复利用等内容，主要为子项目尺度评估收集基本的数据。

6.3.2 子项目尺度

评估应涵盖项目适宜性协调性、地质安全隐患、生态系统质量改善、土地修复利用、人居环境改善、单位面积投资和子项目任务完成情况等内容。适用于单体矿山生态修复重大工程中子项目的生态修复进行成效评估。

6.3.3 工程范围尺度

评估应涵盖项目关联性、生态系统质量改善、景观格局、防灾减灾能力提高情况、土地修复利用、人居环境改善、项目投入、监测情况、经济效益、绩效目标完成情况、管护机制和适应性管理等内容。适用于废弃矿山生态修复工程整体生态修复成效评估。

7 建立指标体系

7.1 矿山图斑尺度评估指标

矿山图斑尺度评估指标体系见表1。

表1 矿山图斑尺度评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	评估方法	评估阶段	指标类型
生态成效	地质环境治理恢复情况	地质环境隐患点消除数量	调查统计	验收阶段	必选
		地形地貌修复治理面积	调查统计	验收阶段	必选
		土地损毁治理恢复情况	遥感监测、调查统计	验收阶段	必选
	生态系统质量改善	植被覆盖度	遥感监测、调查统计	验收阶段	必选
		生物量	遥感监测、调查统计	验收阶段	可选
社会成效	土地修复利用	土地修复利用面积	遥感监测、调查统计	验收阶段	必选
注：修复措施和保护目标涉及可选指标评估内容的，将该指标纳入评估体系。					

7.2 子项目尺度评估指标

子项目尺度评估指标体系见表2。

表2 子项目尺度评估内容及指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	评估方法	评估阶段	指标类型
生态成效	项目适宜性、协调性	修复技术措施与生态问题对应关系	调查统计	验收阶段、验收后	必选
		与周围环境协调性	调查统计	验收阶段、验收后	必选
	地质安全隐患	地质安全隐患点治理率	矿山图斑尺度指标汇总计算	验收阶段、验收后	必选
		地形地貌修复治理率	矿山图斑尺度指标汇总计算	验收阶段、验收后	必选
	生态系统质量改善	生态系统碳汇	调查统计、遥感监测	验收阶段、验收后	可选
		植被成活率	遥感监测、调查统计	验收后	必选
社会成效	土地修复利用	修复利用率	矿山图斑尺度指标汇总计算	验收阶段、验收后	必选
	人居环境改善	环境改善受惠人数	调查统计	验收阶段、验收后	可选
		实施区域群众满意度	调查统计	验收阶段、验收后	必选
经济成效	单位面积投资	—	调查统计	验收阶段、验收后	必选
子项目任务完成情况	时效指标	子项目矿山图斑按时开工情况	调查统计	验收阶段、验收后	必选
	质量指标	子项目工程质量合格情况	调查统计	验收阶段、验收后	必选
	管护措施	—	调查统计	验收阶段、验收后	必选
注：修复措施和保护目标涉及可选指标评估内容的，将该指标纳入评估体系。根据子项目特点，确有其他需要评估的内容，可相应增加指标纳入评估体系。					

7.3 工程范围尺度评估指标

工程范围尺度评估指标体系见表3。

表3 工程范围尺度评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	评估方法	评估阶段	指标类型
生态成效	关联性	子项目关联性	专家打分	验收阶段	必选
	地质环境治理恢复	—	子项目数据汇总分析	验收阶段、验收后	必选
	生态系统质量改善	植被覆盖度变化情况	子项目范围数据汇总、遥感监测	验收阶段、验收后	必选
		生物量变化量	子项目范围数据汇总、遥感监测	验收阶段、验收后	可选
		水源涵养变化情况	遥感监测、模型测算	验收阶段、验收后	可选
		水土保持变化情况	遥感监测、模型测算	验收阶段、验收后	必选
		石漠化改善情况	遥感监测、模型测算	验收阶段、验收后	可选
		水土流失改善情况	遥感监测、模型测算	验收阶段、验收后	可选
		生态退化改善情况	遥感监测、模型测算	验收阶段、验收后	可选
		水土污染胁迫消除或减缓情况	调查统计、相关部门数据收集	验收阶段、验收后	可选
		岩溶塌陷风险降低情况	调查统计、相关部门数据收集	验收阶段、验收后	可选
		生态系统碳汇变化情况	子项目资料数据汇总分析、模型测算	验收阶段、验收后	可选
		物种丰富度变化情况	调查统计、遥感监测、文献资料调研	验收阶段、验收后	可选
	景观格局	生态系统类型构成变化情况	实地调查、遥感监测、相关部门数据收集	验收阶段、验收后	必选
		生态连通性变化情况	实地调查、遥感监测	验收阶段、验收后	可选
社会成效	防灾减灾能力提高情况	—	实地调查、相关部门数据收集	验收阶段、验收后	必选
	土地修复利用	—	子项目资料数据汇总分析	验收阶段、验收后	必选
	人居环境改善	人居环境改善满意度	子项目资料数据汇总分析	验收阶段、验收后	必选
	项目投入	项目投资情况	相关部门数据收集	验收阶段、验收后	必选
		新增就业岗位	相关部门数据收集、调查统计	验收阶段、验收后	可选
	监测情况	监测工程科学、合理性	调查统计	验收阶段、验收后	必选
		监测数据完整性	调查统计	验收阶段、验收后	必选
经济成效	经济效益	直接经济效益	遥感监测、模型测算、调查统计	验收阶段、验收后	必选
		居民收入提升	相关部门数据收集、现场调查和访谈	验收阶段、验收后	可选
		自然资源价值转化情况	相关部门数据收集，现场调查和访谈	验收阶段、验收后	可选
工程任务完成情况	绩效目标完成情况	时效指标	调查统计	验收阶段、验收后	必选
		质量指标	调查统计	验收阶段、验收后	必选
	管护机制	—	调查统计	验收阶段、验收后	必选
	适应性管理	—	调查统计	验收阶段、验收后	必选
注：修复措施和保护目标涉及可选指标评估内容的，将该指标纳入评估体系。根据工程特点，确有其他需要评估的内容，可相应增加指标纳入评估体系。					

8 开展评估

8.1 资料收集与核实

收集所需的基础数据资料并核实，应包括但不限于：

- 项目实施全周期工程范围、子项目、矿山图斑的生态环境背景条件和生态环境问题的有关资料，包括区位条件、自然资源与生态环境、人口经济社会、土地利用、相关规划成果等数据资料；
- 相关部门已有的国土调查、林草水湿专项调查、野生动植物调查等自然资源调查监测数据，以及生态功能区划、重点生态功能区、生态保护红线、生物多样性保护优先区、自然保护区等数据资料；
- 通过建立生态监测点位，采用遥感监测、观测站自动监测、实地调查等获取的数据资料，包括土地利用、植被覆盖度、物种数量、生态系统面积、水质、土壤质量等变化数据。其中，遥感监测按 TD/T 1010、DZ/T 0392 和 HJ 1166 的规定执行；
- 资料收集完成后应及时对数据进行核实，确保数据的准确性。

8.2 数据来源

评估数据应使用相同的分类体系，同类数据具有可比性。矿山生态修复工程成效评估指标数据来源见附录 A。

8.3 指标计算

采用定性与定量结合的方式，根据评估指标体系开展成效评估工作，矿山生态修复工程成效评估打分细则见附录B。总分以及指标得分计算方式分别见式（1）、（2）和（3）。

$$S_T = \sum_{i=1}^n S_i \times \alpha_i \quad \text{..... (1)}$$

式中：

S_T ——评估总体得分；

S_i ——指标S第i项一级指标得分；

α_i ——第i项一级指标权重， $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ ；

n ——一级指标总数量。

$$S_i = \sum_{j=1}^m S_j \times \beta_j \quad \text{..... (2)}$$

式中：

S_i ——指标S第i项一级指标得分；

S_j ——第j项二级指标得分；

β_j ——第j项二级指标权重， $\sum_{j=1}^m \beta_j = 1$ ；

m ——二级指标总数量。

$$S_j = \sum_{k=1}^p S_k \times \gamma_k \quad \text{..... (3)}$$

式中：

S_j ——第j项二级指标得分；

S_k ——第k项三级指标得分；

γ_k ——第k项三级指标权重； $\sum_{k=1}^p \gamma_k = 1$ ；应根据项目实际情况，确定三级指标权重；

p ——三级指标总数量。

三级指标的得分，根据表B.3和专家经验判断进行评分，通过内插法确定量化分值。

9 成效分级

废弃矿山生态修复工程成效分级见表4。

表4 废弃矿山生态修复工程成效分级

评估总得分范围	评估结论
$90 \leq S_r \leq 100$	一级
$70 \leq S_r < 90$	二级
$60 \leq S_r < 70$	三级
$S_r < 60$	四级
注1：一级：废弃矿山生态修复成效优良，达到预定目标。宜持续实施现有管理和监测措施，确保生态系统稳定，定期进行评估以维持长期成效。 注2：二级：生态修复成效较好，基本满足修复目标。宜针对未完全达标的指标制定具体改进措施，加强关键生态指标的监测，优化管理措施，以提升整体修复效果。 注3：三级：生态修复成效一般，基本满足修复目标但效果不显著。宜对评分较低的指标进行整改，适当延长管护年限，优化现有修复措施，确保整改措施有效落实，促进生态系统恢复。 注4：四级：生态修复成效欠佳，未达到修复目标。宜优化工程修复技术，制定并实施整改方案，加强项目监督，确保整改措施落实到位。	

10 形成评估报告

10.1 分析评估指标数据

采用定性与定量相结合方式，基于评估指标和评估方法计算结果，结合废弃矿山生态修复工程成效评估指标调查监测数据表（见附录C），对各评估指标的变化情况、生态系统服务的权衡等进行分析总结，并对生态保护修复工程成效变化趋势进行研判，根据实际情况计算评估总体评估得分。

10.2 编写评估报告

结合成效评估指标数据，编写废弃矿山生态修复工程成效评估报告（见附录D）。

11 评估结果应用

验收阶段评估的结果宜应用到子项目验收报告和工程整体验收报告中，也可为绩效评价提供参考。验收后评估的结果可作为生态保护修复相关规划、生态保护修复工程布局的依据。

附录 A

(资料性)

矿山生态修复工程成效评估指标数据来源

A.1 矿山图斑尺度评估指标数据来源

A.1.1 地质环境治理恢复情况

A.1.1.1 地质环境隐患点消除数量

A.1.1.1.1 指标解释：采取定量方法，评估各矿山图斑内地质环境隐患点消除数量情况。

A.1.1.1.2 数据来源：验收材料、现场调查等。

A.1.1.2 地形地貌修复治理面积

A.1.1.2.1 指标解释：采取定量方法，统计所进行的矿山地形地貌重塑治理面积。

A.1.1.2.2 数据来源：验收材料、现场调查等。

A.1.1.3 土地损毁治理恢复情况

A.1.1.3.1 指标解释：采取定性方法，评估矿山图斑内不合理的利用所造成的损毁的土地的治理与恢复情况。

A.1.1.3.2 数据来源：现场调查、验收材料等。

A.1.2 生态系统质量改善

A.1.2.1 植被覆盖度

A.1.2.1.1 指标解释：植被覆盖度是指植被（包括叶、茎、枝）在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。采取定量方法，相关评估因子计算和获取方式按 HJ 1172 的规定执行。

A.1.2.1.2 数据来源：遥感解译、现场调查等。

A.1.2.2 生物量

A.1.2.2.1 指标解释：生物量是指评价区域内地上植被在一定时间内积累的有机质（干重）的总量。采取定量方法，遥感监测分析植被、光谱特征参数与植被地上生物量间的数学关系，构建植被指数、光谱特征参数与生物量的拟合模型，根据模型反演得到生物量数据。森林生态系统、草地生态系统的生物量调查和测算按 HJ 1167、HJ 1168 的规定执行。

A.1.2.2.2 数据来源：遥感解译、现场调查、文献资料等。

A.1.3 土地修复利用

A.1.3.1 土地修复利用面积

A.1.3.1.1 指标解释：采用 GB/T 43935 复垦修复评价方法，统计废弃地土地修复为耕地、园地、林地、草地、湿地、水域、建设用地等面积。

A.1.3.1.2 数据来源：验收材料、现场调查、遥感解译等。

A.2 子项目尺度评估指标计算方法及数据来源

A.2.1 项目适宜性、协调性

A.2.1.1 修复技术措施与生态问题对应关系

A.2.1.1.1 指标解释：采用定性的方法，评估修复措施对解决子项目中石漠化、土地损毁、地质安全隐患等主要生态破坏问题的匹配性和有效性。

A.2.1.1.2 数据来源：现场调查、实施方案、验收材料等。

A.2.1.2 与周围环境协调性

A.2.1.2.1 指标解释：评估各子项目生态修复后环境是否与周围环境协调，恢复当地生态系统的完整性和多样性。

A.2.1.2.2 数据来源：现场调查、验收材料等。

A.2.2 地质安全隐患

A.2.2.1 地质安全隐患点治理率

A.2.2.1.1 指标解释：采用定量的方法，评估各子项目内地质安全隐患治理率，计算公式见式（A.1）：

$$G = \frac{n_g}{N_g} \times 100\% \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

G ——地质安全隐患点治理率；

n_g ——已消除地质安全隐患数量；

N_g ——工程实施前地质安全隐患数量（依据勘查设计）。

A.2.2.1.2 数据来源：矿山图斑尺度指标汇总计算。

A.2.2.2 地形地貌修复治理率

A.2.2.2.1 指标解释：根据矿山图斑尺度所统计的矿山地形地貌重塑治理面积总数/需采取地形地貌修复措施的矿山图斑面积总数（依据勘查设计）。

A.2.2.2.2 数据来源：矿山图斑尺度指标汇总计算。

A.2.3 生态系统质量改善

A.2.3.1 生态系统碳汇

A.2.3.1.1 指标解释：生态系统碳汇是生态系统吸收大气中的二氧化碳合成有机质，将碳固定在植物或土壤中的所有过程、活动或机制，亦可表征为固碳服务，计算方法参照 GB/T 43935、GB/T 43678 的规定执行。

A.2.3.1.2 数据来源：现场调查、遥感解译、自然资源等部门数据收集等。

A.2.3.2 植被成活率

A.2.3.2.1 指标解释：指进行生态修复的植树或植被种植后，成活的树木或植被数量占总种植数量的百分比。

A.2.3.2.2 数据来源：现场调查、遥感解译、自然资源等部门数据收集等。

A.2.4 土地修复利用

A.2.4.1 修复利用率

A.2.4.1.1 指标解释：根据子项目范围内各矿山图斑土地修复利用的面积，计算子项目内废弃地修复利用率。

A.2.4.1.2 数据来源：矿山图斑尺度指标汇总计算。

A.2.5 人居环境改善

A.2.5.1 环境改善受惠人数

A.2.5.1.1 指标解释：采用定量的方法，统计子项目范围内环境改善受惠的人数。

A.2.5.1.2 数据来源：现场调查与访谈等。对象为生态修复利益相关群体，如社区，农村集体经济组

织、单位、个人等。

A.2.5.2 实施区域群众满意度

A.2.5.2.1 指标解释：采用定量和定性结合的方法，评估子项目范围内居民对工程实施的满意度。

A.2.5.2.2 数据来源：现场调查与访谈等。对象为生态修复利益相关群体，如社区、农村集体经济组织、单位和个人等。

A.2.6 单位面积投资

A.2.6.1.1 指标解释：根据单位面积投资，评估是否存在过度修复的问题。

A.2.6.1.2 数据来源：实施方案、验收材料。

A.2.7 时效指标

A.2.7.1 子项目矿山图斑按时开工情况

A.2.7.1.1 指标解释：指子项目中按照预定计划时间开工的矿山图斑比例，计算公式为：子项目按时开工率=（子项目按时开工矿山图斑个数/子项目矿山图斑个数）×100%。

A.2.7.1.2 数据来源：实施方案、验收材料等。

A.2.7.2 子项目工程质量合格情况

A.2.7.2.1 指标解释：指子项目中评为合格的矿山图斑比例，计算公式为：子项目工程质量合格率=（子项目合格的矿山图斑个数/子项目矿山图斑个数）×100%。

A.2.7.2.2 数据来源：实施方案、验收材料等。

A.2.8 管护措施

A.2.8.1 指标解释：评估子项目设置管护的措施是否合理，管护工作是否按设计开展。

A.2.8.2 数据来源：实施方案、设计文件、验收材料等。

A.3 工程范围尺度评估指标计算方法及数据来源

A.3.1 关联性

A.3.1.1 子项目关联性

A.3.1.1.1 指标解释：围绕工程范围内主要生态问题和修复保护目标，采取定性方法，评估工程范围内子项目的关联性与协调程度。

A.3.1.1.2 数据来源：专家打分等。

A.3.2 地质环境治理恢复

A.3.2.1 指标解释：地质环境治理恢复是指通过采取各种手段和措施，对地质环境进行修复和恢复的过程。主要判断依据通过地质安全隐患消除情况为评价参考指标，采用定性和定量结合的方法，计算方式参见A.2.2.1。

A.3.2.2 数据来源：子项目资料数据汇总分析。

A.3.3 生态系统质量改善

A.3.3.1 植被覆盖度变化量

A.3.3.1.1 指标解释：计算矿山图斑工程实施后，植被覆盖度（百分数）与基准值的差值，评估变化情况。

A.3.3.1.2 数据来源：子项目范围数据汇总、遥感解译等。

A.3.3.2 生物量变化量

A.3.3.2.1 指标解释：计算工程实施后，生物量与基准值的差值，评估变化情况。

A.3.3.2.2 数据来源：子项目范围数据汇总、遥感解译等。

A.3.3.3 水源涵养变化情况

A.3.3.3.1 指标解释：计算子项目实施后，水源涵养服务与基准值的差值，评估变化情况。水源涵养量计算公式见式（A.2）：

$$Q_{wr} = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_j - R_i - ET_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

Q_{wr} ——水源涵养量， m^3/a ；

A_i —— i 类生态系统的面积， m^2 ；

P_j ——降雨量， mm/a ；

R_i ——地表径流量， mm/a ；

ET_i ——蒸散发量， mm/a ；

i ——生态系统类型， $i=1, 2, \dots, n$ ，量纲为一。

单个因子计算和获取按HJ 1173的规定执行。

A.3.3.3.2 数据来源：遥感监测、模型测算等。

A.3.3.4 水土保持变化情况

A.3.3.4.1 指标解释：计算子项目实施后，水土保持变化量与基准值的差值，评估变化情况。可采用修正通用土壤流失方程（RULSE）计算，计算公式见式（A.3）：

$$A_c = \sum_{i=1}^n A_i \times \{R \times K \times L \times S \times (1-C)\} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

A_c ——土壤保持量， t/a ；

A_i ——第 i 类生态系统的面积， hm^2 ；

R ——降雨侵蚀力因子， $MJ \cdot mm / (hm \cdot h \cdot a)$ ，用多年平均年降雨侵蚀力指数表示；

K ——土壤可蚀性因子， $t \cdot hm^2 \cdot h / (hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$ ，通常用标准小区的单位降雨侵蚀力所引起的土壤流失量来表示；

L ——坡长因子，量纲为一；

S ——坡度因子，量纲为一；

C ——植被覆盖因子，量纲为一。

单个因子计算和获取按HJ 1173和SL 773的规定执行。

A.3.3.4.2 数据来源：遥感监测、模型测算等。

A.3.3.5 石漠化改善情况

A.3.3.5.1 指标解释：计算子项目实施后，石漠化治理面积与基准值的差值，评估变化、改善情况。

A.3.3.5.2 数据来源：遥感监测、模型测算等。

A.3.3.6 水土流失改善情况

A.3.3.6.1 指标解释：计算子项目实施后，水土治理流失面积与基准值的差值，评估变化、改善情况。

A.3.3.6.2 数据来源：遥感监测、模型测算等。

A.3.3.7 生态退化改善情况

A.3.3.7.1 指标解释：计算子项目实施后，生态退化治理面积与基准值的差值，评估变化、改善情况。

A.3.3.7.2 数据来源：遥感监测、模型测算等。

A.3.3.8 水土污染胁迫消除或减缓情况

A.3.3.8.1 指标解释：采用定性的方法，评估工程范围内不合理土地利用结构和方式、生产生活造成的水土环境污染消除情况。

A.3.3.8.2 数据来源：现场调查、相关部门数据收集等。

A.3.3.9 岩溶塌陷风险降低情况

A.3.3.9.1 指标解释：采用定性和定量的方法，评估工程实施范围内岩溶塌陷降低的情况。

A.3.3.9.2 数据来源：现场调查、验收材料、自然资源部门资料。

A.3.3.10 生态系统碳汇变化情况

A.3.3.10.1 指标解释：计算子项目实施后，生态系统碳汇量与基准值的差值，评估变化情况。

A.3.3.10.2 数据来源：子项目资料数据汇总分析、模型测算等。

A.3.3.11 物种丰富度变化情况

A.3.3.11.1 指标解释：计算各生态保护修复单元内工程实施后，物种数目与基准值的差值，评估变化情况。可采用样方调查方法统计生态系统群落中物种数目的多少，调查方法按 HJ 1168、HJ 1169、HJ 1170 的规定执行。

A.3.3.11.2 数据来源：样方调查、林草等部门。

A.3.4 景观格局

A.3.4.1 生态系统类型构成变化情况

A.3.4.1.1 指标解释：计算工程实施后，生态系统类型构成比例与基准值的差异，评估变化情况。生态系统类型构成是指工程范围内各类生态系统面积比例，代表了各生态系统类型在工程范围的组成现状，计算方法按 HJ 1171 的规定执行。

A.3.4.1.2 数据来源：实地调查、遥感解译、自然资源部门资料等。

A.3.4.2 生态连通性变化情况

A.3.4.2.1 指标解释：是指工程实施区域范围生态系统整体连通程度提升情况。当一个生态系统与另一个生态系统连通时，物种可以自由地从一个生态系统迁移到另一个生态系统，进行物种之间的迁移和基因流动。通过计算工程实施后的生态连通性与基准值的差值，评估变化情况。选择连通性指数（COHESION）和聚集度指数（AI）作为生态系统连通度的关键表征指标。应用 Fragstats 软件计算，计算公式见式（A.4）（A.5）：

$$COH = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right]^{-1} \times 100 \quad \text{..... (A. 4)}$$

式中：

COH ——生态景观连通性指数；

P_{ij} ——斑块周长（m）；

a_{ij} ——斑块的面积（m²）；

A ——景观内的斑块总数。

$$AI = \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{g_{ii}}{\max - g_{ii}} \right) p_i \right] \times 100 \quad \text{..... (A. 5)}$$

式中：

AI ——聚集度指数（0-100）；

g_{ii} ——i 类型斑块像元毗邻的数量；

$\max$ ——i 类型斑块像元可能毗邻的最大数量；

p_i ——包含 i 类型斑块的景观所占比例。

A.3.4.2.2 数据来源：遥感和实地调查、文献资料以及自然资源、林草等部门。

A.3.5 防灾减灾能力提高情况

A.3.5.1 指标解释：采用定性和定量的方法，评估工程实施范围内防灾减灾能力提高的情况。

A.3.5.2 数据来源：现场调查、验收材料、自然资源部门资料等。

A.3.6 土地修复利用

A.3.6.1 指标解释：根据工程范围内各子项目土地修复利用的面积，评估废弃地修复利用为耕地、园地、林地、草地、湿地、水域、建设用地的情况。

A.3.6.2 数据来源：子项目资料数据汇总分析。

A.3.7 人居环境改善

A.3.7.1 指标解释：采用定量和定性结合的方法，结合工程范围内环境改善受惠人数和实施区域群众满意度，综合评估人居环境改善程度。

A.3.7.2 数据来源：子项目资料数据汇总分析。

A.3.8 项目投入

A.3.8.1 项目投资情况

A.3.8.1.1 指标解释：采用定量和定性结合的方法，评估是社会资本和地方财政投入和落实情况，计算吸引社会资本投资占工程总投资的百分比。

A.3.8.1.2 数据来源：验收材料、财政部门资料等。

A.3.8.2 新增就业岗位

A.3.8.2.1 指标解释：采用定量和定性结合的方法，评估工程实施是否吸引产业的导入，从而增加就业岗位。

A.3.8.2.2 数据来源：验收资料、政府部门资料和现场调研等。

A.3.9 监测情况

A.3.9.1 监测工程科学、合理性

A.3.9.1.1 指标解释：定性评估监测点数量、位置分布的科学性和合理性。

A.3.9.1.2 数据来源：实施方案、验收材料、现场调查等。

A.3.9.2 监测数据完整性

A.3.9.2.1 指标解释：定性评估监测数据的完成度。

A.3.9.2.2 数据来源：监测材料等。

A.3.9.3 地质灾害监测覆度

A.3.9.3.1 指标解释：采用定量的方法，评估工程范围内，对地质灾害在空间、时间、灾害类型等方面的覆盖程度。

A.3.9.3.2 数据来源：现场调查、监测材料等。

A.3.10 经济效益

A.3.10.1 直接经济效益

A.3.10.1.1 指标解释：评估工程范围内产生的直接效益。计算子项目内工程实施后，产生的收益总和与投入资金的比值。收益包括耕地农作物收益、林草湿地固碳收益、建设用地土地出让收益等因素，可

采取定量与定性结合的方法进行评估。耕地农作物、林草湿地固碳、建设用地土地出让收益计算方法如下：

- 耕地农作物收益=新增耕地面积×农作物单位面积年均产量×农作物单价
- 林草湿地固碳收益=新增林草湿地面积×单位面积年均固碳量×碳交易价格
- 建设用地土地出让收益=新增建设用地面积×地方土地转让均价×转让年限

A. 3. 10. 1. 2 数据来源：实施方案、验收材料、遥感解译、模型测算、现场调查等。

A. 3. 10. 2 居民收入提升

A. 3. 10. 2. 1 指标解释：工程实施对当地居民收入提升的状况，可采取定量与定性相结合的方式进行评估。

A. 3. 10. 2. 2 数据来源：通过统计、财政、自然资源等部门数据，以及现场调查和访谈等。

A. 3. 10. 3 自然资源价值转化情况

A. 3. 10. 3. 1 指标解释：指工程实施后，恢复和提升自然资源的质量和数量，可采取定量与定性相结合的方式进行评估。

A. 3. 10. 3. 2 数据来源：通过统计、财政、自然资源等部门数据，现场调查和访谈等。

A. 3. 11 绩效目标完成情况

A. 3. 11. 1 时效指标

A. 3. 11. 1. 1 指标解释：衡量预期完成子项目的时间效率和及时性。

A. 3. 11. 1. 2 数据来源：实施方案、验收材料等。

A. 3. 11. 2 质量指标

A. 3. 11. 2. 1 指标解释：子项目任务是否全部完成，各项指标均满足设计要求，全部子项目验收通过，资料完整、内容真实有效、签章齐全；按 TD/T 1069 的相关要求，对矿山生态修复工程总体目标和绩效目标完成情况进行复核。

A. 3. 11. 2. 2 数据来源：实施方案、验收材料等。

A. 3. 12 管护机制

A. 3. 12. 1 指标解释：评估工程是否建立专业化运营的管护机制，是否落实管护责任人、管护经费，管护工作总体落实情况等。

A. 3. 12. 2 数据来源：现场调查、设计文件、验收材料等。

A. 3. 13 适应性管理

A. 3. 13. 1 指标解释：评估是否根据跟踪监测发现的生态风险，建立相应处置机制与措施，以及相应措施调整的合理性与合规性。

A. 3. 13. 2 数据来源：实施方案、验收材料等。

附 录 B

(资料性)

矿山生态修复工程成效评估打分细则

B.1 子项目成效评估指标权重

子项目成效评估指标权重见表B.1。

表B.1 子项目成效评估指标权重（参考值）

一级指标	二级指标	一级指标权重 α	二级指标权重 β
生态成效	项目适宜性、协调性	0.6	1/6
	地质环境治理恢复		3/6
	生态系统质量改善		2/6
社会成效	土地修复利用	0.2	1/2
	人居环境改善		1/2
经济成效	单位面积投资	0.1	1
子项目任务完成情况	时效指标	0.1	1/3
	质量指标		1/3
	管护措施		1/3

B.2 工程成效评估指标权重参

工程成效评估指标权重见表B.2。

表B.2 工程成效评估指标权重（参考值）

一级指标	二级指标	一级指标权重 α	二级指标权重 β
生态成效	关联性	0.6	3/12
	地质环境治理恢复		3/12
	生态系统质量改善		4/12
	景观格局		2/12
社会成效	防灾减灾能力提高情况	0.2	1/5
	土地修复利用		1/5
	人居环境改善		1/5
	项目投入		1/5
	监测情况		1/5
经济成效	经济效益	0.1	1
工程建设任务完成情况	绩效目标完成情况	0.1	1/3
	管护机制		1/3
	适应性管理		1/3

B.3 废弃矿山生态修复工程成效评估定量指标评分表

废弃矿山生态修复工程成效评估定量指标评分表见表B.3。

表B.3 废弃矿山生态修复工程成效评估定量指标评分表（参考值）

序号	一级指标	二级指标	三级指标	评估分值		
				100分~76分	75分~60分	59分~0分
1	生态成效	地质环境治理恢复	地形地貌修复治理率	≥90%	80%~90%	<80%
2			地质安全隐患点治理率	≥90%	80%~90%	<80%
3		生态系统质量改善	植被覆盖度变化量	≥5个百分点	0~5个百分点	<0
4	社会成效	土地修复利用	修复利用率	≥80%	65%~80%	<65%
5		人居环境改善	人居环境改善满意度	≥90%	80%~90%	<80%
6	工程建设任务完成情况	绩效目标完成情况	绩效目标完成率	≥90%	70%~90%	<70%

B.4 子项目尺度生态修复成效评估内容专家打分表

子项目尺度生态修复成效评估内容专家打分表见表B.4。

表B.4 子项目尺度生态修复成效评估内容专家打分表

一级指标	二级指标	三级指标	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5
生态成效	适宜性、协调性	修复技术措施与生态问题对应关系					
		与周围环境协调性					
	地质安全隐患	地质安全隐患点治理率					
		地形地貌修复治理率					
	生态系统质量改善	生态系统碳汇					
		植被成活率					
社会成效	土地修复利用	修复利用率					
	人居环境改善	环境改善受惠人数					
		实施区域群众满意度					
经济成效	单位面积投资	—					
子项目任务完成情况	时效指标	子项目矿山图斑按时开工情况					
	质量指标	子项目工程质量合格情况					
	管护措施	—					

B.5 工程范围尺度生态修复成效评估内容专家打分表

工程范围尺度生态修复成效评估内容专家打分表见表B.5。

表B.5 工程范围尺度生态修复成效评估内容专家打分表

一级指标	二级指标	三级指标	专家1	专家2	专家3	专家4	专家5
生态成效	关联性	子项目关联性					
	地质环境治理恢复	—					
	生态系统质量改善	植被覆盖度变化量					
		生物量变化量					
		水源涵养变化情况					
		水土保持变化情况					
		石漠化改善情况					
		水土流失改善情况					
		生态退化改善情况					
		水土污染胁迫消除或减缓情况					
		岩溶塌陷风险降低情况					
		生态系统碳汇变化情况					
		生态系统类型构成变化情况					
	景观格局	生态连通性变化情况					
社会成效	防灾减灾能力提高情况	—					
	土地修复利用	—					
	人居环境改善	人居环境改善满意度					
	项目投入	项目投资情况					
		新增就业岗位					
	监测情况	监测工程科学、合理性					
		监测数据完整性					
经济成效	经济效益	地质灾害监测覆度					
		直接经济效益					
		居民收入提升					
		自然资源价值转化情况					
工程任务完成情况	绩效目标完成情况	时效指标					
		质量指标					
	管护机制	—					
	适应性管理	—					

附录 C

(资料性)

废弃矿山生态修复工程成效评估指标调查监测数据表

废弃矿山生态修复工程成效评估指标调查监测数据表见表C.1。

表C.1 废弃矿山生态修复工程成效评估指标调查监测数据表

序号	二级指标	三级指标	单位	参照值		基准值		监测值						目标值		备注
								基期(N)		监测年(N+1)		监测年(…)				
		指标名称		数值	来源	数值	来源	数值	来源	数值	来源	数值	来源	数值	来源	
1	01 地质环境治理恢复情况	011 地质环境隐患点消除情况														
2	02 生态系统	021 水源涵养														
3		022 水土保持														
4		023 石漠化治理														
5		024 水土流失治理														
6		025 生态退化治理														
7		026 植被覆盖度变化量														
8		027 生物量变化量														
9	03 生态系统质量改善	031 植被覆盖度														
10		032 生物量														
11	04 土地修复利用	041 耕地修复利用面积														
12		042 园地修复利用面积														
13		043 林地修复利用面积														
14		044 草地修复利用面积														
15		045 湿地修复利用面积														
16		046 水域修复利用面积														
17		047 建设用地面积														
18		048 土地修复利用率														
19	05 人居环境改善	051 环境改善受惠人数														
20	06 社会资本	061 新增就业岗位														
21	07 经济效益	071 居民收入提升														
22	08 质量指标	081 子项目工程质量合格率														

注1：上表可用于基础调查、监测评估。

注2：生态调查监测评估指标，指通过整体性、系统性、综合性实施生态系统保护修复等工程，区域生态系统功能提升的具体、量化表现。指标获取符合国家有关技术标准和规范、相关部门的规定，耕地、园地、林地、草地、湿地等自然生态系统监测指标参照《自然资源调查监测体系构建总体方案》要求获取。各地根据实际和工程建设内容增减调查监测评估指标。

注3：指标编号按照“01”到“08”的顺序进行编号，其中与“0”组合的为二级指标，如“01”代表二级指标“地质环境治理恢复情况”；与其他非“0”组合为两位数的，为三级指标，如“011”代表三级指标“地质环境隐患点消除情况”。根据区域实际情况增减三级指标，并按照现有编号的顺序接续排号。

注4：指标的“参照值”为参照生态系统或者现有国家、行业、地方标准规范或国家(地区)的相关要求。“基准值”为工程起始年份前两年(含)的平均水平；“监测值”是根据需要在工程实施前一段时期、实施过程中、竣工验收后(包括后期管护期)的调查监测结果(根据需要增加监测频次和密度)；“基期”是指工程实施起始年份。指标的“目标值”是实施方案和设计文件确定的约束性目标以及引导性目标。

注5：矿山图斑、子项目、工程范围三个尺度的生态调查监测评估指标分别根据三个尺度的评估内容与指标体系针对性选取。

附录 D (资料性)

废弃矿山生态修复工程成效评估报告编写提纲

D.1 摘要

简述工程基本情况、评估对象、内容与方法，阐明评估结果。

D.2 前言

简要介绍成效评估的组织形式与工作过程，主要包括有关政策规定、任务来源、业主委托书（或合同）、标准规范要求，人员构成、专业配置，工作方法、技术路线、工作质量等。

D.3 项目基本情况

D.3.1 自然地理概况

简述修复区地理位置、气候特征、交通状况；所处的生态功能区块位置等。

D.3.2 项目概况

简述生态修复工程的项目基本情况、工程建设任务完成情况、项目资金来源和使用、项目组织情况。

D.3.3 参照生态系统特征

简述项目区周边地形、土壤、水文条件；植被种类组成、数量特征，本地物种、优势植物；景观特色、环境特征等。

D.4 成效评估过程与结果

D.4.1 矿山图斑尺度评估过程与结果

D.4.1.1 阐述矿山图斑尺度指标选取的理由，各指标赋分规则、计算方法，以及所使用的相关数据、参数的来源。

D.4.1.2 阐述矿山图斑尺度评估结果。定性与定量相结合，对矿山图斑各评估指标的变化情况进行分析总结。

D.4.2 子项目尺度评估过程与结果

D.4.2.1 阐述各子项目拟解决的生态问题、年度目标，采取的工程措施和完成的工程量等。

D.4.2.2 阐述子项目尺度指标选取的理由，各指标赋分规则、计算方法，以及所使用的相关数据、参数的来源。

D.4.2.3 阐述子项目尺度评估结果。定性与定量相结合，对子项目各评估指标的变化情况进行分析总结，并对子项目生态修复工程成效变化趋势进行研判。

D.4.3 工程范围尺度评估过程与结果

D.4.3.1 阐述工程范围拟解决的生态问题、总体目标与绩效目标完成情况、适应性管理和管护监测情况。

D.4.3.2 阐述工程范围尺度指标选取的理由，各指标赋分规则、计算方法，以及所使用的相关数据、参数的来源。

D.4.3.3 阐述工程范围尺度评估结果。定性与定量相结合，对工程范围各评估指标的变化情况进行分析总结，并对生态修复工程成效变化趋势进行研判。

D.5 结论与建议

D.5.1 总结各子项目及工程范围评估结果，根据实际情况可计算总体评估得分。

D.5.2 分析生态修复工程存在的主要问题及生态风险，提出改进完善的措施与建议。

D.6 附件

阐述评估所用的原始数据表格、重要指标计算方法等。

参 考 文 献

- [1] TD/T 1068—2022 国土空间生态保护修复工程实施方案编制规程
- [2] TD/T 1070.1—2022 矿山生态修复技术规范 第1部分：通则
- [3] TD/T 1102—2024 国土空间生态保护修复工程成效评估规范
- [4] 山水林田湖草生态修复工程指南（试行）（自然资办发〔2020〕38号）
- [5] 广西壮族自治区废弃矿山生态修复管理办法（桂自然资规〔2022〕2号）



中华人民共和国团体标准
废弃矿山生态修复工程成效评估技术规范
T/GXAS 986—2025
广西标准化协会统一印制
版权专有 侵权必究