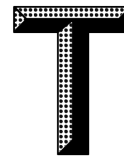


ICS 65.020.01
CCS A 18



团 体 标 准

T/CI 1119—2025

青藏高原多年冻土区矿山生态修复 成效评价规程

Code of practices for effectiveness evaluation of ecological restoration of
abandoned mine land in the permafrost regions of the
Qinghai-Xizang Plateau

2025-08-01 发布

2025-08-01 实施

中国国际科技促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 青藏高原多年冻土区矿山生态修复成效评价程序的构成	3
5 场地尺度土壤植被数据监测和收集	4
6 流域尺度土壤植被数据监测和收集	5
7 综合评价	7
附录 A (资料性) 调查样地基本信息记录表	10
附录 B (资料性) 专家打分表	11
参考文献	12

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。

本文件由中国科学院西北生态环境资源研究院提出。

本文件由中国国际科技促进会归口。

本文件起草单位：中国科学院西北生态环境资源研究院、兰州大学、西北师范大学、中国科学院西北高原生物研究所、兰州理工大学。

本文件主要起草人：彭飞、张芬、陈小杰、李森、陈翔、周华坤、王英梅。

青藏高原多年冻土区矿山生态修复 成效评价规程

1 范围

本文件规定了多年冻土区露天矿山迹地围绕冻土-生态-水文耦合的生态修复成效评价工作中场地-流域-综合评价的程序,流域和场地尺度及综合评价中的相关指标调查、监测、处理、评价和数据保存方法,综合评价中相关指标权重、综合评价指标的计算和分级方法,过程和结果数据的保存方法和时长以及评价周期。

本文件适用于青藏高原多年冻土区从场地-流域-综合评价露天矿山迹地围绕冻土-生态-水文耦合的生态修复工程成效的评价工作。我国其他冻土发育的高寒露天矿山迹地围绕冻土-生态-水文耦合的生态修复成效评价参照执行。

注:本文件中的矿山生态修复成效评价仅针对露天采矿迹地,不包含选矿迹地。所评估的生态修复工程需有采矿工程的环境评估报告以及生态修复工程的工程结题验收报告。评价周期参考生态修复工程验收报告中的评价周期,一般为修复后5年~10年。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中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 19377—2003 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标
HJ 1174 全国生态状况调查评估技术规范——生态问题评估
HJ 2016 环境工程 名词术语

3 术语和定义

HJ 2016界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

多年冻土区 permafrost area

海拔或者纬度高,多年平均温度低导致冻土发育的地区。

3.2

多年冻土区矿山迹地 abandoned mine land in permafrost areas

位于高海拔、寒冷气候条件下,具有气候条件极端、生态系统脆弱、下伏多年冻土等特点区域的矿山。

3.3

植被生产力 vegetation productivity

单位面积植物在单位时间内通过光合作用生产有机物质的量^[9]。

注:单位为 $\text{g} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

3.4

植被生产力对气候变化的抵抗力 resistance of vegetation productivity to climate change

在极端气候事件^[9]后植被生产力恢复到多年(20年)平均水平的程度,是衡量生态系统对气候变化

响应的重要指标。

3.5

植被生产力对干扰的恢复力 **resilience of vegetation productivity to disturbance**

生态系统受到自然(极端气候事件)或人为活动(采矿或者生态保护措施)干扰后植被生产力恢复到未受干扰前的能力。

3.6

植物多样性 **plant biodiversity**

代表植物群落中物种构成及不同物种个体相对多少的综合统计量,由物种丰富度和多样性指数共同构成^[1]。

注1:物种丰富度:单位面积内植物物种数。

注2:植物多样性指数:本文件中指Shannon-Wiener多样性指数。

3.7

土壤容重 **soil bulk density**

单位容积原状土壤(包括土粒及粒间的孔隙)的干物质量。

注1:用 $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 表示。

注2:参照NY/T 1121.4。

3.8

田间持水量 **field water capacity**

在地下水较深或排水良好的土壤上充分灌水或降水后,允许水分充分下渗,并防止蒸发,经过一定时间,土壤剖面所能维持的较稳定的土壤水含量。

注1:田间持水量是土壤中所能保持悬着水的最大量,是对作物有效的最高土壤水含量。

注2:参照NY/T 1121.22。

3.9

饱和含水量 **saturated water content**

所有土壤孔隙均被水充满时的土壤含水量,是土壤含水量的最大值,用体积含水量表示。

注1:单位为 $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

注2:参照NY/T 1121.22。

3.10

土壤侵蚀强度 **soil erosion intensity**

单位面积、单位时段内发生的土壤侵蚀量(包括风蚀、水蚀和风水复合侵蚀)。

注:用 $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 表示。

3.11

蒸散发量 **soil evapotranspiration**

单位时间单位面积上水分从土壤/植被以蒸发/蒸腾的形式进入大气的水量。

注:用 $\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$ 表示。

3.12

洪峰流量 **flood flow**

一次洪水过程中的最大瞬时流量。

注:用 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 表示。

3.13

年径流量 **runoff**

一个年度内在河流的某一断面监测的在河槽里流动的水流。

注:用 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 表示。

3.14

冻土活动层厚度 active layer thickness

位于多年冻土层(至少两年内温度从未超过 0℃的土层)之上、地表下一定深度内暖季融化、冷季完全冻结(活动层)的近地表层厚度。

注:单位为 m 或 cm。

3.15

冻结指数 freeze index

气温或地表温度低于 0℃的持续时间与相应累积温度的乘积。

3.16

冻土热稳定性 thermal stability of permafrost

冻土在随外部热量而变化的过程中能够维持原有多年冻土的冻融过程和维持原有多年冻土的平均低温变化的能力。

3.17

植被生态质量指数 ecological quality index of vegetation

指示植被覆盖度和植被生产力的综合指数,代表植被生态优劣程度的指标。

3.18

植被生态退化指数 ecological degradation index of vegetation

根据植被生态质量指数计算的指示植被生态质量变化的指数。

4 青藏高原多年冻土区矿山生态修复成效评价程序的构成

评价由场地、流域和综合分级评价三部分构成。场地尺度评价中主要包括对植被生产力、植物多样性、土壤持水和保水能力在修复前后的对比,流域尺度评价中主要包括遥感反演的植被生态质量指数、退化指数,流域水文过程、水质、冻土稳定性在修复前后的对比。综合分级评价包括三个步骤,第一步为基于专家打分法和层次分析法量化场地和流域尺度各指标权重,第二步为采用归一化加权方法计算综合评价指标,最后根据对照表对修复成效开展分级评价。

4.1 场地尺度土壤植被数据监测和收集与评价方法

场地尺度数据主要包括植被生产力、植物多样性和土壤持水和保水能力等数据的监测和收集。在开展修复的矿山迹地和周围 2km 范围内的天然生态系统,设置植被调查样方、采集土壤样品分析土壤水力特征等。关于野外植被调查样方设定、植物和土壤各指标的野外采集和室内测定方法见第 5 章。对比不同修复年限和修复措施实施后各植被和土壤指标与天然生态系统的相对差值。建立修复年限和各指标相对差值的拟合关系,明确场地尺度的修复所需年限。修复后各指标稳定值达到天然场地相应指标的 85% 即可视为修复成效显著^[3]。

4.2 流域尺度遥感反演、水文过程和水质数据监测和收集与评价方法

4.2.1 流域尺度评价流程

流域尺度评价主要监测植被生产力对干扰的抵抗力、流量和产流过程、植被生态质量指数、退化指数、冻土热稳定性等开展分级评价,对比生态修复措施实施前后流域生态过程等级变化进行评估。

4.2.2 流域尺度相关指标的获取和处理流程

植被生产力对干扰抵抗力、植被生态质量指数和退化指数可以通过遥感数据获取并计算,这些指

标的遥感数据获取、数据处理和相关指标的计算方法见 6 章。流域产流数据主要通过 在 矿 山 迹 地 上 下 游 分 别 架 设 连 续 水 文 观 测 站 或 者 与 水 文 监 测 部 门 合 作 获 取 修 复 措 施 实 施 前 后 基 流、洪 峰 流 量 和 不 同 强 度 单 次 降 雨 下 的 产 流 过 程 数 据，分 析 其 变 化。有 地 表 水 流 的 矿 山 迹 地，对 流 经 和 未 流 经 矿 山 迹 地 采 取 水 样，测 定 水 质。冻 土 热 稳 定 性 指 标 可 以 在 矿 山 迹 地 架 设 冻 土 温 度 监 测 场 地 获 取 冻 土 热 稳 定 性 数 据。产 流 过 程、水 质 测 定 和 冻 土 监 测 和 相 关 的 计 算 见 第 6 章。

注：流域产流数据的监测需同水文监测部门沟通，获取时间序列的观测数据。如矿山迹地无水文观测站，则需在矿山迹地上下游分别参照 SL/T 195 和 GB 50179 设定观测站，开展巡测工作；如矿山迹地 5km 范围内无 5 级以下河流，则在评价工作中不考虑矿山迹地生态修复过程对水文过程的影响。水质测定中指标的选择由矿山类型以及生态修复过程所采用的措施决定。

4.3 修复成效整体评价

围绕与青藏高原区冻土-生态-水文耦合过程相关的指标，设置不同指标权重专家打分表（7 份及以上打分表），采用层次分析法综合专家打分表确定各指标的最终权重。将场地和流域尺度评价指标归一化后，结合权重形成综合指标。计算修复措施对场地和流域的综合评价指标。开展修复措施成效的分级评价。具体过程见第 7 章，并对修复措施的成效做出总结以及整改意见。

4.4 数据保管

评价过程中的专家打分表、原始数据和遥感数据及评价工作过程的中间数据都需按照项目和委托单位的相关管理规定备份保存。为开展后续连续评价工作，每次评价的全部数据，包括原始数据、中间数据、群落调查表、环评报告和工程验收报告等文件均需备份 2 份，在不同的电子介质中保留至少 5 年以上。

5 场地尺度土壤植被数据监测和收集

5.1 植被调查样方设置及调查频率

在明确修复措施实施年限的基础上，于评价当年植被生长高峰期（8 月中旬）进行实地调查为宜。在试验区随机设置 5 个 $1 \times 1 \text{ m}^2$ 样方，记录物种名、高度、株丛数、植被盖度等群落信息，采用刈割法将样方内植物分种采集，并测量植物的鲜重和干重。植被调查记录见附录 A。

样方选择应满足以下 3 个条件：

- a) 选择的样方具有代表性；
- b) 远离公路以及放牧带，样方受人为干扰较小；
- c) 选择平地或缓坡，避免坡顶、沟谷等复杂地形。为了对比修复成效，需在矿山迹地一定范围内（2 km）设置参考样方。

参考样方可为未修复的受损迹地，或为完全未受采矿干扰的天然未退化生态系统，样方大小与修复措施样方一致。

5.2 土壤结构和持水性能监测

主要监测内容为土壤容重、饱和含水量和田间持水量。在矿山迹地未修复、不同修复年限或不同修复措施及未受采矿干扰的天然场地上，根据 5 点取样法，利用环刀在 $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 样方内取中心采样点以及样方对角线上 4 个与中心样点等距的点作为取样点。采用体积为 100 cm^3 的标准环刀采集 $0 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$ 、 $10 \text{ cm} \sim 20 \text{ cm}$ 和 $20 \text{ cm} \sim 30 \text{ cm}$ 深度土壤样品。土壤容重测量方法可参照 NY/T 1121.4 中土壤容重的测定方法。田间持水量测定参照 NY/T 1121.22 中土壤田间持水量的测定方法。土壤饱和含水量按照 NY/T 1121.22 分析步骤 6.1、6.2 处理完成后，称重（精确至 0.01 g ）。在 $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘

干至恒重,取出后放入干燥器内冷却至室温,称重,计算水分含量,此值即为土壤饱和含水量。

6 流域尺度土壤植被数据监测和收集

6.1 植被要素遥感监测与指标计算

数据源:植被生产力指标监测和模拟以 Gaofen1 或 Gaofen2 高分辨率遥感影像为数据源。Gaofen 系列数据需经过大气和几何校正,采用相同的坐标系,根据不同波段的光谱信息计算获取 NDVI。逐年数据的时间序列开始时间不晚于修复措施实施前 5 年,持续到修复措施结束后 5 年。

植被生产力稳定性计算:植被生产力稳定性采用变异系数的倒数的绝对值表示,见公式(1):

$$S_{i,j} = \left| \frac{M_{i,j}}{STD_{i,j}} \right| \dots\dots\dots (1)$$

式中,S、M 和 STD 分别表示某时间段内的植被生产力的稳定性、均值和标准偏差; i 为第 i 年; j 为第 j 个像元点^[9]。

植被生产力对气候变化抵抗力:植被生产力对气候变化的抵抗力见公式(2):

$$\Omega = \frac{\overline{Y_n}}{|Y_e - \overline{Y_n}|} \dots\dots\dots (2)$$

植被对干扰的恢复力:植被对干扰的恢复力由 NDVI 计算获得,见公式(3):

$$\Delta = \left| \frac{Y_e - \overline{Y_n}}{Y_{e+1} - \overline{Y_n}} \right| \dots\dots\dots (3)$$

式中, $\overline{Y_n}$ 为气候正常年份植被生长季 NDVI 值; Y_e 为极端气候或人为扰动下(生态修复措施)植被生长季 NDVI 值; Y_{e+1} 为极端气候发生后 1 年的生长季 NDVI 值。

注:Gaofen1 和 Gaofen2 遥感影像数据的地面分辨率为根据矿山迹地大小选择,矿山迹地面积大于 1 km² 的采用 Gaofen1 号,矿山迹地面积小于 1 km² 的采用 Gaofen2 号;极端气候为年平均气温或年降水量与 30 年平均值之差超过标准差的 2 倍。

6.2 植被生态质量指数和退化指数计算

植被生态质量指数和退化指数主要依据植被盖度计算获得。植被覆盖度(FVC)通过 NDVI 获得,见公式(4):

$$FVC_i = \frac{NDVI_i - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \dots\dots\dots (4)$$

式中 $NDVI_i$ 为第 i 年 NDVI 值, $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 分别是裸地和完全覆盖时的 NDVI 值。裸地和完全覆盖 NDVI 的空间范围为矿区周围 2 km~5 km。

植被生态质量指数计算见公式(5):

$$EQI_i = \left(f_1 \times FVC_i + f_2 \times \frac{NPP_i}{NPP_{max}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中 EQI_i 为第 i 年植被综合生态质量指数,其值在 0%~100% 之间; f_1 和 f_2 分别为植被覆盖度和净初级生产力的权重系数(默认值为 0.5 和 0.5),和为 1; NPP_i 为第 i 年的年均 NPP 值; NPP_{max} 为年均 NPP 历史最大值。

修复区域整体退化指数的计算见公式(6):

$$DG = \frac{\left(\sum_{k=1}^m D_k \times A_k \right)}{A} \dots\dots\dots (6)$$

式中,DG 为待评估修复措施实施后退化程度评分; m 为退化等级个数,本标准中取值为 4; D_k 和

A_k 分别为第 k 退化等级的评分和面积, A 为区域总面积。 D_k 的计算见公式(7)。

表 1 区域植被退化分级划分标准

退化等级	退化评分	退化评分(DG)
未退化	1	$DG < 0.1$
轻度退化	2	$0.1 < DG < 0.2$
中度退化	3	$0.2 < DG < 0.5$
重度退化	4	$DG \geq 0.5$

单一像元退化指数的计算见公式(7)和退化分级见表 2。单一像元退化指数的计算基于像元覆盖度与参考覆盖度。

$$D_k = \frac{FVC_a - FVC_i}{FVC_a} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

式中, FVC_a 为矿山迹地周围天然场地的平均植被覆盖度。根据 GB 19377—2003, 取 1986—1988 年时段, 矿山迹地边界向外 2km~5 km 植被平均盖度。 FVC_i 为修复措施实施点的植被覆盖度。

表 2 单一像元草地退化分级标准

退化等级	退化评分	D_k 变化率
未退化	1	减少 10% 以下
轻度退化	2	减少 11%~20%
中度退化	3	减少 21%~30%
重度退化	4	减少 30% 以上

6.3 冻土相关指标监测

监测密度和频率: 在矿山迹地内至少建立 1 个~2 个, 深度为 8 m~10 m 的温度监测场地^{[7],[8]}。垂直方向上土壤温度监测设置为 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、30 cm、50 cm、100 cm、150 cm、200 cm、250 cm、300 cm、400 cm、500 cm、600 cm、700 cm、800 cm、900 cm 和 1 000 cm。采用常见的热电偶温度探头监测土壤温度, 监测频率为 0.5 h。观测规程参照 DB63/T 2188 和 T/CI 193。

冻结指数: 冻结指数由评估周期内日平均气温计算获得^[7], 详见公式(8):

$$FI = \sum_{i=1}^{N_F} |T_i| \quad T_i < 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中, N_F 为年内气温低于 0℃日数; T_i 为日平均气温。

冻土热稳定性: 冻土热稳定性划分依据如表 3^[10]。

表 3 高海拔多年冻土稳定性分类系统

名称	年平均地温/℃	多年冻土厚度/m	年平均气温/℃
极稳定型	< -5	170	< -8.5
稳定型	-3.0~-5.0	110~170	-6.5~-8.5
亚稳定型	-1.5~-3.0	60~110	-5.0~-6.5
过渡型	-0.5~-1.5	30~60	-4.0~-5.0

表 3 高海拔多年冻土稳定性分类系统（续）

名称	年平均地温/℃	多年冻土厚度/m	年平均气温/℃
不稳定型	0~-0.5	0~30	-2.0~-4.0
极不稳定型	>0	—	>-2.0

6.4 水文指标监测和收集

水文指标主要采用距离矿山迹地最近的水文监测断面数据,包括径流量、洪峰流量、产流过程等^{[1],[6]}。水文指标测定参考 GB 50179 和 SL/T 195,可与水文监测部门合作获取。

6.5 水质监测和测定

如有河流流经的矿山迹地,需在河流未流经前、矿山迹地内以及流经矿山后,每月采集一次水样,每个样点 5 个重复,每个重复采集水样 100 mL。样品带回实验室后及时测定固体固形物、可溶解氧、铵盐和硝酸盐含量等^[2]。水质参考 HJ/T 91。

注:在采用羊板粪、有机-无机肥配施等措施恢复植被的修复评价中,侧重水源涵养区水体中的硝氮、氨氮和溶解氧含量。其他类型矿山水质相关指标的选择以矿山主要污染物含量的测定为主。在湖泊等非开放水体中需采集底泥测定主要污染物含量。

6.6 土壤侵蚀计算

土壤侵蚀和分类标准应采用 HJ 1174 中的通用土壤水土流失模型计算和划分等级。

7 综合评价

7.1 综合评价中不同指标权重的确定

针对矿区中流域尺度的各指标权重计算采用专家打分法和层次分析法计算。专家打分表需根据 7 位以上熟悉高寒生态系统的高级职称专家打分,见附录 B。专家打分的设计中围绕冻土-生态-水文耦合,打分表中植被、土壤、产流过程、水质和冻土部分需要针对矿山迹地类型进行修改以适用于目标矿区修复成效评价。层次分析法用于计算多位专家打分结果各指标权重计算。供参考的露天开采煤矿迹地各指标相应权重见表 4。

表 4 流域尺度评价各指标权重

维度	指标	权重/%
植被	植被生产力和多样性	10.89
	生产力抵抗力	6.77
	生产力恢复力	6.59
	生产力稳定性	2.65
土壤	田间持水量	11.56
	土壤侵蚀强度	10.89
	容重	7.10

表 4 流域尺度评价各指标权重(续)

维度	指标	权重/%
土壤	饱和含水量	3.29
	土壤蒸散发量	3.29
产流过程	降雨洪峰形成时间	3.29
	总径流量	2.86
	洪峰流量	2.81
水质	总固体固形物	3.66
	硝酸根和铵根含量	3.43
	重金属种类及含量	3.43
	pH值	2.99
冻土	冻结指数	6.59
	冻土层年平均地温	4.36
	活动层厚度	3.55

7.2 综合评价

为了消除不同指标量纲差异的影响,对场地和流域尺度的监测的相关指标(共 19 个)首先进行标准化,然后构建综合评价指标,最后开展分级评价。相关评价指标的选取可以根据不同区域的环境特点和修复侧重点取舍。

各指标标准化:表中水质、产流过程、土壤持水和保水能力等对生态修复措施实施前后,或流经和未流经矿山的相对变化值进行标准化。通过遥感获取的像元尺度的数据采用公式(9)进行标准化。对于遥感影像数据,逐像元计算,最后天然场地和矿山迹地采用区域平均值代表该指标的实际值。所有数据覆盖的时段依据生态修复工程和项目开展的时间、矿山开发历史和评估要求确定。

$$P_{isd} = \frac{P_i - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}} \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中, P_i 为某一指标在像元*i*中的值, P_{\min} 和 P_{\max} 为天然场地和矿山迹地范围内该指标的最大值和最小值。矿山迹地的范围为矿山所覆盖的范围,天然场地的范围与矿山大小相近,形状类似,距离矿山迹地 2 km~5 km 半径范围内。

综合指标指数计算:综合指标得分采用公式(10)计算。

$$S_r = \sum_{i=1}^{19} P_{isd} \times W_i \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中, S_r 为综合指标指数, P_{isd} 为表 4 中某一指标标准化后值, W_i 为表 4 中该指标的权重。

修复成效评价:综合评价指标为 19 个指标的加权平均值,取值范围为 0~1。修复措施开展后相关措施与矿山迹地的差值越大代表修复成效越好,即 S_r 越大,修复成效越好。0< S_r <0.3 时,表示修复措施实施后仅有少数指标达到与天然场地接近;0.3≤ S_r <0.7 时,表示多数指标达到与天然场地相同值;0.7≤ S_r <1 时,表示几乎全部指标达到与天然场地相同值。根据综合评价指数依据表 5 对修复成效开展分级评定。

表5 多年冻土区矿山修复成效等级划分

综合评价指数	修复措施评价
$0.7 \leq S_i < 1$	修复成效显著
$0.3 \leq S_i < 0.7$	修复有一定效果还需巩固
$0 < S_i < 0.3$	改进或加强修复措施

7.3 结论

围绕矿山迹地所在的天然生态系统的主要服务功能,从场地和流域尺度明确生态修复措施或工程对相应指标的影响,结合表5明确生态修复措施或工程的综合效应。如综合得分小于0.7,需结合场地和流域尺度的评价结果,提出修改建议。

附 录 A
(资料性)
调查样地基本信息记录表

调查样地基本信息记录表见表 A.1。

表 A.1 调查样地基本信息记录表

样地编号		群落类型		矿区名称	
调查地点					
经度		矿山/矿坑面积			
纬度		干扰程度	无干扰() 轻微() 中度() 重度()		
海拔		样方位置	矿坑内部() 矿坑周围() 矿区外部()		
坡度		矿坑修复年限			
坡向		样地植被盖度			
土壤类型		照片编号			
物种组成	株丛数	盖度	株高	是否为优势种(√)	
禾本科					
莎草科					
杂类草					
调查人			样格位置图：		
记录人					

说明：

- (1) 调查地点:详细说明样地位置,如县市村镇或保护区名称,并标注在地形图上。
- (2) 样地面积:样地面积,一般为 $1 \times 1\text{m}^2$ 。
- (3) 样地植被盖度:所选样地的植被盖度,用百分比表示。
- (4) 坡向:样地所在的方位,以偏离正北的方向如 30° (北偏东 30°)的方式记入。
- (5) 优势种:记录样地内优势种,如有多个优势种,同时在栏中打√。

附 录 B
(资料性)
专家打分表

专家打分表见表 B.1。

表 B.1 专家打分表

维度	指标	指标属性	相对重要性得分(1分~9分)
植被	生产力的稳定性	+	
	生产力对气候变化的抵抗力	+	
	生产力对干扰的恢复力	+	
	生产力的多样性	+	
土壤	容重	-	
	田间持水量	+	
	饱和含水量	+	
	土壤侵蚀强度	-	
	土壤蒸散量	-	
产流过程	降雨后洪峰形成所需时间	+	
	洪峰流量	-	
	总径流量	-	
水质	总固体固形物	-	
	硝酸根和铵根含量	-	
	pH		
	重金属种类及含量	-	
冻土	活动层厚度		
	冻结指数		
	冻土层年平均地温		
其他			

参 考 文 献

- [1] GB 50179 河流流量测验规范
- [2] HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范
- [3] HJ 1272 生态保护修复成效评估技术指南(试行)
- [4] NY/T 1121.4 土壤检测 第4部分:土壤容重的测定
- [5] NY/T 1121.22 土壤检测 第22部分:土壤田间持水量的测定环刀法
- [6] SL/T 195 水文巡测规范
- [7] DB63/T 2188 多年冻土基本参数监测技术规程
- [8] T/CI 193 冻土工程测试及观测技术指南
- [9] 陈猩,王军邦,何启凡,等,未来气候情景下中国植被净初级生产力稳定性及气候影响[J],地理学报,2023,78(3):6944-713.
- [10] 程国栋,我国高海拔多年冻土地带性规律之探讨[J],地理学报,1984,39(2):185-193.
- [11] Isbell, Craven, Connolly, et al., Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes[J], Nature, 2015, 526: 574-577.
-

中国国际科技促进会
团体标准
青藏高原多年冻土区矿山生态修复
成效评价规程
T/CI 1119—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 23 千字
2025年11月第1版 2025年11月第1次印刷

*

书号:155066·5-16884 定价 43.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



T/CI 1119-2025