

重庆市水利局科技项目

生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定 通用导则

西南大学

2022 年 5 月

目录

前言	II
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 损害鉴定评估程序	3
5 人为水土流失生态环境损害调查确认	6
6 人为水土流失因果关系分析	9
7 人为水土流失生态环境损害实物量化	13
8 人为水土流失生态环境损害价值量化	14
9 人为水土流失生态环境可恢复效果评估	17
附录 A 生态环境损害鉴定评估报告书的编制要求	23
附录 B 生产建设项目人为水土流失生态环境损害调查表	25
附录 C 常用的人为水土流失生态环境损害价值评估方法	36
附录 D 生态环境恢复方案筛选考虑因素	43

前言

为贯彻《中华人民共和国民法典》《中华人民共和国水土保持法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国森林法》《生态环境损害赔偿制度改革方案》《重庆市实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》和《重庆市生态环境损害赔偿制度改革实施方案》，保护生态环境，保障公众健康，规范重庆市生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估工作，制定本导则。

本导则规定了生产建设项目人为水土流失生态破坏导致的生态环境损害鉴定评估的一般性原则、程序、内容和方法。

本导则附录 A 、附录 B 、附录 C 和附录 D 为资料性附录。

本导则按照 GB/T1.1-2020 给出的规则起草。

本导则为首次发布。

本导则由重庆市水利局组织制定。

本导则主要起草单位：西南大学。

本导则的起草人：

本导则自 2023 年 1 月 1 日起实施。本导则实施之前发生的由于生产建设项目人为水土流失破坏生态行为导致的生态环境损害鉴定评估，继续参照《生态环境损害鉴定评估技术指南总纲》（GB/T 39791.1-2020）开展；但该损害持续至本导则发布之日的，可参照导则执行。

本导则由重庆市水利局解释。

《生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定通用导则》

1 适用范围

本标准规定了生态环境损害鉴定评估的一般性原则、程序、内容和方法。

本标准适用于因生产建设项目人为水土流失破坏生态行为导致的生态环境损害的鉴定评估。

本标准不适用于污染环境、核与辐射所致生态环境损害的鉴定评估。

2 规范性引用文件

本指南引用下列文件中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改版）适用于本指南。

《中华人民共和国长江保护法》2020年12月26日正式版

《中华人民共和国水土保持法》2010年12月25日修订版

《生态环境损害赔偿制度改革方案》(中办发〔2015〕57号)

《重庆市实施〈中华人民共和国水土保持法〉办法》2018年修正版

《重庆市生态环境损害赔偿制度改革实施方案》(渝委办发〔2018〕43号)

《重庆市生态环境损害赔偿鉴定评估管理办法》(渝司发〔2019〕147号)

GB/T 39791.1-2020 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第1部分：总纲

GB/T 39791.2-2020 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第2部分：损害调查

GB/T 39792.1-2020 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第1部分：土壤和地下水

GB/T 39792.2-2020 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第2部分：地表水和沉积物

GB 50433-2018 生产建设项目水土保持技术标准

GB/T 50434-2018 生产建设项目水土流失防治标准

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）

SL 773-2018 生产建设项目土壤流失量测算导则

SL718-2015 水土流失危险程度分级标准

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范

DB50/T 291-2019 重庆市水土保持监测技术规范

《水利部办公厅关于做好生产建设项目水土保持承诺制管理的通知》(办水保〔2020〕160号)

《水利部办公厅关于进一步加强生产建设项目水土保持监测工作的通知》(办水保〔2020〕161号)

《重庆市水利局关于认真落实生产建设项目水土保持信用监管“两单”制度的通知》(渝水水保〔2020〕13号)

3 术语和定义

3.1 生产建设项目

指建设类项目 and 建设生产类项目，建设类项目指工程竣工后，运营期没有开挖、取土（石、砂）、弃土（石、渣、灰、矸石、尾矿）等扰动地表活动的项目，建设生产类项目指工程竣工后，生产期仍存在开挖、取土（石、砂）、弃土（石、渣、灰、矸石、尾矿）等扰动地表活动的项目。

3.2 人为水土流失生态环境损害

因生产建设项目人为水土流失引起的破坏生态行为造成项目区或周边地区土壤、地表水、地下水、植物等因素的不利改变，及上述要素构成的水土保持生态服务功能的退化。

3.3 人为水土流失生态环境损害鉴定评估

按照鉴定评估流程和方法，综合运用科学技术和专业知识，调查生产建设项目人为水土流失引起的破坏生态行为与生态环境损害情况，分析生产建设项目人为水土流失破坏生态行为与生态环境损害之间的因果关系，评估破坏生态行为所致的生态环境损害范围、特征和程度，确定生态环境恢复至基线并补偿期间损害的恢复措施，量化生态环境损害价值的全过程。

3.4 水土保持生态服务功能

指各项水土保持措施对保护和改良人类及人类社会赖以生存的自然环境条件的综合效用，可分为利用价值和非利用价值，主要体现在保护和改良土壤、保护和涵养水源、防风固沙、固碳供氧、净化空气、维持生物多样性和维持景观 7 方面功能。

3.5 调查区

为确定生态环境损害的类型、范围和程度，需要开展勘察、监测、观测、观察、调查、测量的区域，包括破坏生态或污染环境行为的发生区域、可能的影响区域、损害发生区域和对照区域等。

3.6 评估区

经调查发现发生环境质量不利改变、生态服务功能退化等，需要开展生态环境损害识别、分析和确认的区域。

3.7 基线

指破坏生态或污染环境行为未发生时，评估区内生态环境及其生态系统服务的状态。

3.8 期间损害

自生态环境损害发生到恢复至基线期间，生态系统提供服务功能的丧失或减少。

3.9 水土保持生态修复

在水土流失区，通过一定的人工辅助措施，促使自然界本身固有的再生能力得以最大限度的发挥，促进植被的持续生长和演替，保护和改善受损生态系统的功能，加快水土流失防治的步伐，建立和维系与自然条件相适应、经济社会可持续发展相协调并良性发展的生态系统。

3.10 生态环境恢复

采取必要、合理的措施将受损生态环境及其服务功能恢复至基线并补偿期间损害的过程，包括环境修复和生态服务功能的恢复。按照恢复目标和阶段不同，生态环境恢复可分为基本恢复、补偿性恢复和补充性恢复。

3.11 基本恢复

采取必要、合理的自然或人工措施将受损的生态环境及其服务功能恢复至基线的过程。

3.12 补偿性恢复

采取必要、合理的措施补偿生态环境期间损害的过程。

3.13 补充性恢复

基本恢复无法完全恢复受损的生态环境及其服务功能，或补偿性恢复无法补偿期间损害时，采取额外的、弥补性的措施进一步恢复受损的生态环境及其服务功能并补偿期间损害的过程。

3.14 永久性损害

受损生态环境及其生态服务功能难以恢复，其向人类或其它生态系统提供服务的能力完全丧失。

4 损害鉴定评估程序

4.1 鉴定评估原则

4.1.1 合法合规原则

损害鉴定评估工作应遵守国家 and 地方有关法律、法规和技术规范，主要包括国家生态环境损害鉴定评估技术指南总纲、生产建设项目水土流失和水土保持相关标准、项目类型涉及的相关行业标准等进行。禁止伪造数据和弄虚作假。

4.1.2 科学合理原则

损害鉴定评估应制定科学、合理、可操作的工作方案。损害鉴定应当根据鉴定委托内容和预先设计工作方案开展，不做超范围鉴定或随意偏离或变更。在鉴定工作过程中，有关数据、资料收集，样品采集和测试分析等应按生产建设项目相关技术标准，并项目类型涉及的相关行业标准进行。

4.1.3 客观独立原则

损害鉴定评估机构及损害鉴定评估人员应当运用专业知识和实践经验独立、客观地开展损害鉴定评估，不受损害鉴定委托方以及其他方面因素影响。

4.1.4 可测实用原则

损害鉴定评估指标应容易定量测定或获得，被广泛理解和普遍接受；筛选对不同生产建设项目人为水土流失影响特征具有指示性、稳定性的指标，建立生态环境损害鉴定评估指标体系，使生产建设项目人为水土流失导致的生态环境损害鉴定评估结果具有更大公信力。

4.2 鉴定评估内容

在生产建设项目人为水土流失破坏生态导致的生态环境损害鉴定评估实践中，可根据委托事项和鉴定评估需要，合并或简化以下鉴定内容：

- （1）调查和确定破坏生态行为导致的生态环境损害事实和类型。
- （2）鉴定分析破坏生态行为与生态环境损害之间的因果关系。
- （3）确定生态环境损害的时空范围、程度及可恢复性。
- （4）根据生态环境损害类型的可恢复性，量化生态环境损害价值。
- （5）制定生态环境损害恢复方案、计算恢复费用。
- （6）评估生态环境损害恢复效果。

在鉴定评估时，可利用生产建设项目水土流失和水土保持“天地一体化”动态监测，对调查区、评估区及周边可能影响地区，由于人为生态破坏行为造成的生态环境损害进行损害类型、时空范围、损害程度、损害可恢复性与恢复效果鉴定评估；其人为水土流失生态环境损害鉴定评估可采用生产建设项目水土保持方案编制、监测、验收等环节基本数据，实现生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估与生产建设项目水土流失全过程监测有效关联。

4.3 鉴定评估流程

生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估流程包括鉴定评估准备、生态环境损害调查、因果关系分析、生态环境损害实物量化、生态环境损害价值量化和生态环境损害恢复效果评估。在鉴定评估实践中，应根据鉴定评估委托事项开展相应鉴定评估工作，可根据鉴定委托情况适当简化评估流程，必要时应针对生态环境损害鉴定评估的关键问题开展专项研究，研究成果作为鉴定评估报告附件。生产建设项目人为水土流失生态环境损害评估流程见图 1。

4.3.1 鉴定评估准备

通过收集资料、现场踏勘、座谈走访、文献查阅、遥感影像分析等方式，掌握生产建设项目人为水土流失破坏生态行为以及生态环境的基本情况，确定生态环境损害鉴定评估的目的、对象、范围、内容、方法、质量控制和质量保证措施等，编制鉴定评估工作方案。

4.3.2 损害调查确认

掌握评估区生产建设项目人为水土流失破坏生态行为事实，并通过调查区近三年历史数据、相似现场或综合方法确定生态环境损害基线，对比分析生态环境要素及其水土保持服务功能损害现状与基线，确定评估区生态环境损害的事实和损害类型。

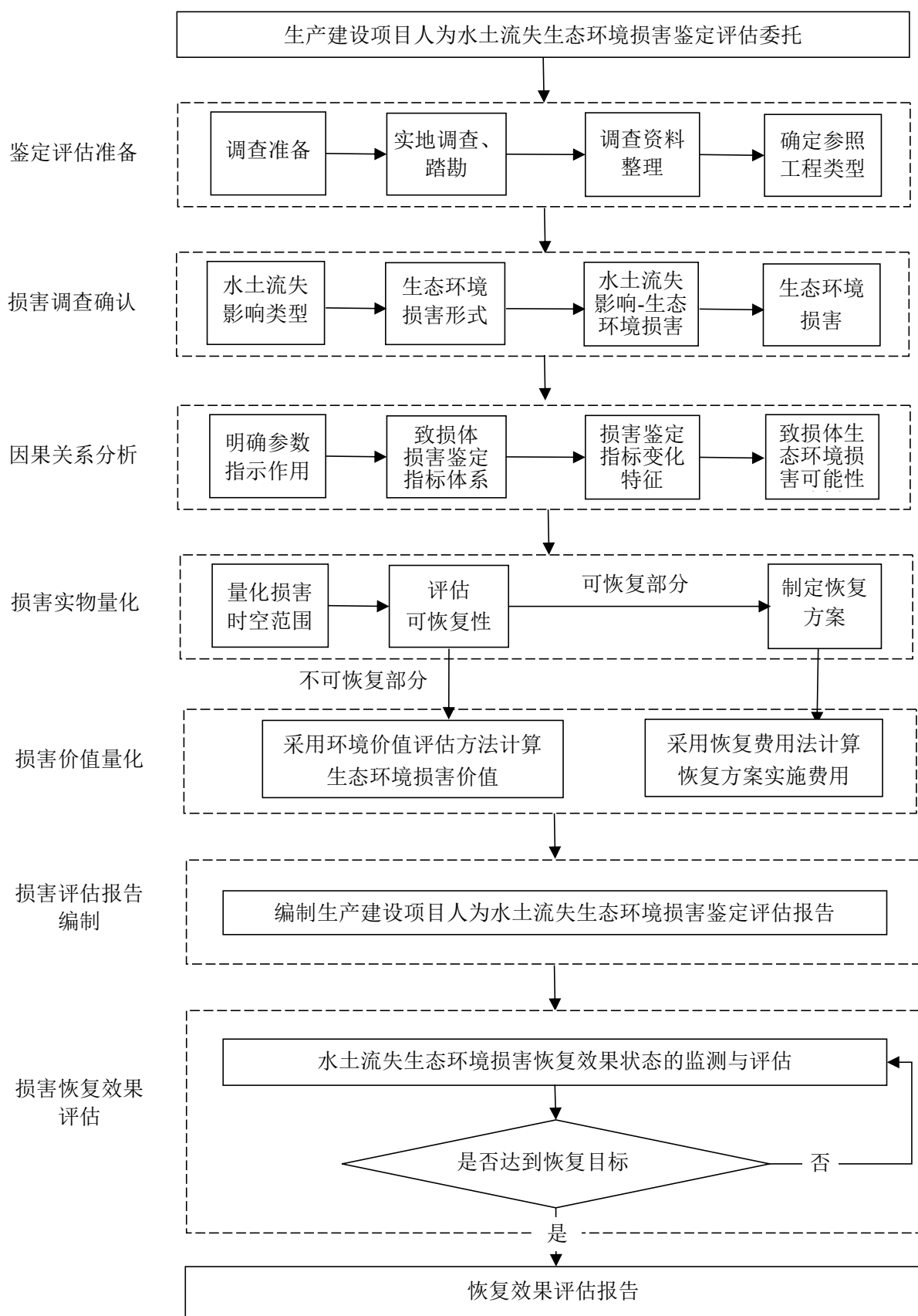


图 1 生产建设项目人为水土流失生态环境损害评估流程

4.3.3 因果关系分析

根据评估区生态环境损害调查结果，分析各种生态破坏行为与生态环境要素、水土保持生态服务功能损害的致损机理和损害途径，判断生产建设项目人为水土流失生态破坏行为与生态环境损害之间的因果关系。

4.3.4 损害实物量化

明确评估区不同生态环境损害类型的鉴定评估量化指标参数，量化生态环境损害的时空范围、程度和数量；分析受损生态环境恢复的可行性、可恢复程度和恢复时间；明确生态环境损害的恢复目标，制定生态环境恢复备选方案，筛选确定最佳恢复方案。

4.3.5 损害价值量化

评估区生态环境损害价值主要以水土保持经济学方法、生态环境恢复费用方法和水土保持生态服务功能补偿法为主。对于可以恢复的生态环境损害，采用替代工程费用法计算生态环境损害价值，估算最佳生态环境恢复方案的实施费用；当生态环境损害无法恢复或仅部分恢复时，则采用水土保持生态服务功能价值评估方法，量化生态环境损害价值。

4.3.6 恢复效果评估

跟踪生态环境损害基本恢复和补偿恢复方案的实施情况，开展必要的调查和监测，评估生态环境恢复的效果，必要时开展补充性恢复。

4.4 鉴定评估报告编制总体要求

鉴定评估机构应根据鉴定委托方要求，依据相关法律法规的规定，编制司法鉴定意见书或鉴定评估报告书。司法鉴定意见书的编制应执行《司法部关于印发司法鉴定文书格式的通知》中要求的司法鉴定意见书文书格式，应突出评估区生态环境损害事实确定、因果关系分析、生态环境损害实物量化和价值量化的鉴定过程和分析说明。鉴定评估报告书的格式和内容要求参见附录 A。评估区生态环境损害恢复效果评估应编制独立的评估报告。

5 人为水土流失生态环境损害调查确认

5.1 生态环境损害调查流程

生态环境损害调查分为初步调查和系统调查两个阶段，初步调查主要通过资料搜集、现场踏勘和人员访谈，对生产建设项目人为水土流失生态环境损害范围和程度进行初步的判断和分析。系统调查在初步调查的基础上，对生产建设项目人为水土流失生态环境损害开展针对性调查，为损害确认、损害实物量化与价值量化提供支撑。

初步调查和系统调查阶段应分别制定调查工作方案，方案包括调查对象、调查内容、调查方法、调查方式和质量控制等内容。调查人员应根据生态环境损害具体情况和生态环境损害评估需求，选择搜集

相关信息，并制作生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估资料清单（参见附表 B.2）。具体调查流程见图 2。

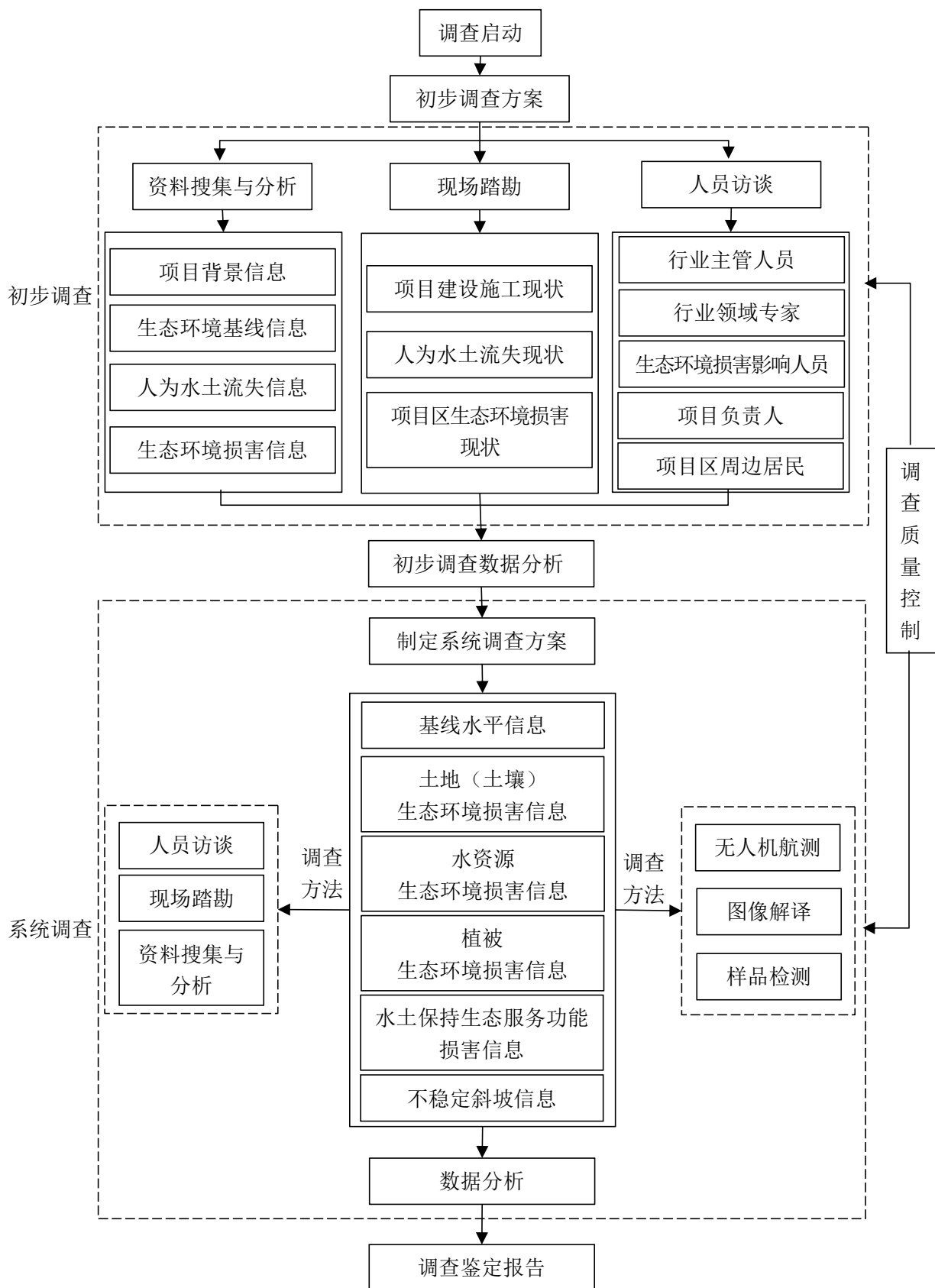


图 2 生产建设项目人为水土流失生态环境损害调查流程

5.2 生态环境损害调查

5.2.1 土地（土壤）生态环境损害调查

主要包括土地资源和土壤资源两个方面，根据评估工作需要测定相应的评价指标，确认评估区土地（土壤）生态环境损害的事实。有关调查表格见附表 B.5 和附表 B.6。

（1）土地资源

搜集分析评估区的土地资源信息和破坏土地生态环境的相关资料，查找土地利用类型图、高分辨率卫星遥感影像资料以及进行现场踏勘和实地测量，明确土地生态环境损害的类型、发生的时间、地点和损害面积。调查内容包括项目工程占地面积、工程堆积体总量、评估区内表土可剥离范围、表土保护率、拦渣率、地表裸露度等。

（2）土壤资源

通过资料搜集、实地测量、样品检测等方式对评估区土壤生态环境损害开展调查，明确土壤生态环境损害的类型、发生的时间和地点、损害的面积。调查内容包括评估区土壤流失控制比、土壤流失总量、新增土壤流失量、土壤有效土层厚度、土壤容重、土壤非毛管孔隙度、土壤渗透系数、土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量等指标，同时调查土壤肥力变化导致的农作物种植成本及农作物产量变化。

5.2.2 水资源生态环境损害调查

主要包括地表水资源和地下水资源两个方面，一般选取地表水作为水资源生态环境损害的主要调查对象，必要时可对地下水资源进行调查。根据搜集的水资源资料和实地踏勘测量数据，确认评估区水资源生态环境损害的事实。有关调查表格见附表 B.7 和附表 B.8。

（1）地表水资源

通过资料搜集与分析，调查评估区内的地表水总量和利用情况，年平均降雨量、产流方式和平均产流系数等；通过现场踏勘、现场快速检测等方式，明确地表水资源生态环境损害的时间、面积和体积，分析地表水资源的受损情况和水文过程的变化状况。调查地表水可利用量、水质等指标，同时根据实际需要调查生产建设项目不透水面积对降雨径流调节能力的影响、对周边河道（流）等行洪能力的影响等。

（2）地下水资源

必要时可进行地下水资源损害调查。通过历史数据查询、对照区调查，掌握地下水赋存条件、地下水循环等关键信息；通过开展现场调查与地质勘探，针对生产建设项目特征进行地下水布点采样分析，调查内容包括地下水位、水层深度、地下水类型和地下水流量等指标，明确地下水资源损害量以及对地下水资源进行感官指标描述。

5.2.3 植被生态环境损害调查

主要包括植被覆盖度和植物生长状况两方面。其中，植被分乔木林、灌木林和草地三类进行调查统

计。根据搜集的植被资料和实地踏勘测量数据，确认评估区植被生态环境损害的事实。有关调查表格见附表 B. 9。

（1）植被覆盖度

通过现场踏勘、无人机航测等手段，调查评估区植被类型、面积、郁闭度，植被覆盖度等。按植被类型选择 3-5 个有代表性的样地，测定林草地面积并计算林地郁闭度和灌、草地盖度，计算平均值作为植被郁闭度（或盖度），其中郁闭度可采用样线法和照相法测定，盖度可采用针刺法、网格法和照相法等测定。

（2）植物生长状况

通过现场踏勘、查询评估区植被状况历史资料信息等方法，搜集评估区植物种类组成、优势物种、乡土植物占比、植被高度、植物群落结构变化情况，调查树种多样性、植被存活率、植物面积和植被损害程度等评估指标，分析生产建设项目人为水土流失对植被生长和种类的影响。

5.2.4 水土保持生态服务功能损害调查

主要包括保持和改良土壤功能、保持和涵养水源功能两个方面。通过资料搜集与分析、现场踏勘等方式对水土保持生态服务功能受损时间、程度和范围进行调查，确认评估区水土保持生态服务功能损害的事实。有关调查表格见附表 B. 10。

（1）保持和改良土壤功能

通过资料搜集、现场踏勘、查阅报告等方式，调查评估区内生产建设项目人为水土流失状况及水土保持措施实施情况，评判评估区内水土保持措施固结土壤、拦截泥沙、减少土壤侵蚀的效果，以评估区水土保持措施的保土效益作为保持和改良土壤功能的评价内容，进行水土保持生态服务功能损害调查。

（2）保持和涵养水源功能

通过现场采样测试和查阅报告等方式，结合 5.2.1 中“土壤资源”调查，并利用水量平衡方程（ $P - R - E = \Delta S$ ，其中 P、R、E、 ΔS 分别为某一时段的降水量、径流量、蒸发量和蓄水变量）计算评估区的水源涵养量，分析评估区土壤持水、透水能力和地表径流调蓄能力的变化情况，定性评价生态系统保持和涵养水源功能，进行水土保持生态服务功能损害调查。

5.2.5 不稳定斜坡调查

主要包括斜坡环境和斜坡基本特征两个方面。通过实地踏勘测量、无人机航测和计算机模拟等方式，分析斜坡环境和基本特征，计算边坡稳定性安全系数，判定不稳定斜坡可能失稳因素、目前不稳定程度、今后变化趋势和已造成危害等。以边坡稳定性安全系数作为主要评价指标，确认评估区生产建设项目人为水土流失生态环境损害事实。有关调查表格见附表 B. 11。

5.3 生态环境损害确定

5.3.1 生态环境基线确定

生产建设项目人为水土流失生态环境损害基线通过利用历史数据、对照区数据、相关标准（基准）及模型等方法确定。

（1）利用历史数据确定

优先利用评估区生产建设项目人为水土流失生态环境损害行为发生前2—3年的历史数据确定基线，如调查区常规监测、专项调查、文献调研等历史数据。采用的历史资料，应注明资料来源和时间，经过筛选和甄别后应具有较好时间和空间代表性且其采样、测试方法与现状调查方法具有可比性，一般样本数（点位数或采样次数）不少于5个。历史数据需进行统计分析，首先确定是否剔除极值或异常值；其次根据损害评价指标的指示意义采用定量化方法确定基线。对于服从正态分布数据，当评价指标增大为生态环境损害时，采用历史数据90%参考值上限（算术平均数+1.65倍标准差）作为基线；当评价指标降低为生态环境损害时，采用历史数据90%参考值下限（算术平均数-1.65倍标准差）作为基线。对于不服从正态分布数据，当生态环境损害导致评价指标升高时，采用历史数据第90百分位数作为基线；当生态环境损害导致评价指标降低时，采用历史数据第10百分位数作为基线。

（2）利用对照区数据确定

当缺乏评估区历史数据或历史数据不满足要求时，可利用未受生产建设项目人为水土流失生态环境破坏影响的对照区历史或现状数据确定基线。应选择一个或多个未受生产建设项目人为水土流失生态环境损害的相似区作为对照区确定基线，“对照区”应与评估区土壤、植被、地形地貌和水土保持生态服务功能等具有可比性和代表性。对照区数据应具有较好时间和空间代表性，样本数（点位数或采样次数）不少于5个，且其数据收集方法应与评估区具有可比性，并遵守评估方案的质量保证规定，结合生产建设项目人为水土流失生态环境损害评价指标指示意义定量化确定基线。

（3）利用相关标准或基线确定

参考适用的生产建设项目国家标准、行业标准或地方标准确定基线；当缺乏适用的生产建设目标标准时，可根据生产建设项目人为水土流失生态环境损害特征，参照其他部门的国家标准、行业标准或地方标准中的适用值或目标值作为基线标准值；当缺乏适用的国内标准时，可参考国外政府部门或国际组织发布的相关标准或基准。

（4）利用相关模型确定

基于评估区特定生态环境损害类型和形式，查阅生产建设项目人为水土流失研究成果，构建生产建设项目水土保持生态环境质量与工程堆积体量、土层厚度、地表不透水面积、植被覆盖度、边坡稳定性安全系数等评估指标之间的形态参数-生态破坏响应关系确定基线。缺乏上述研究成果，则可利用现有的土壤、水文、植被等方面模型（例如中国水土流失方程（CLSE）、径流曲线数模型等），通过鉴定评

估指标的灵敏性分析确定基线。在使用模型确定基线条件时，必须结合其他相关信息共同判定推测结果的准确性和可用性。

当损害基线确定所需数据充分时，选择（1）或（2）确定基线。如果（1）和（2）不可行，则优先选择（3）确定基线。

5.3.2 人为水土流失生态环境损害确定

对比分析评估区生态环境及水土保持生态服务功能现状与基线，确定评估区内外生态环境损害事实和损害类型。生态环境损害确定应满足以下任一条件：

（1）评估区土壤、地表水等环境介质中生态环境损害评估变量特征值超过或降低为基线 20%以上；

（2）评估区农业用地可使用面积减小，表土剥离量增加，且与基线相比存在统计学显著差异。其中，侵占耕地或其他农地占地面积较水土流失防治责任范围增加 30%及以上，表土保护率低于批复方案确定值，则直接确认产生土地资源生态环境损害；

（3）有效土层厚度、土壤稳定入渗率降低，且与基线相比存在统计学显著差异。其中，有效土层厚度降低 30cm 及以上或土壤稳定入渗率降低 30%及以上，或存在新增土壤流失量，或土壤流失控制比低于批复方案确定值，则直接认定产生土壤资源生态环境损害；

（4）评估区地表水可利用量减少，地表不透水面积增大，平均产流系数减小，周边河道（流）行洪能力降低，且与基线相比存在统计学显著差异；

（5）评估区植被覆盖度降低，乔、灌、草植被退化程度加剧，且与基线相比存在统计学显著差异。其中，植被覆盖度降低 30%及以上，则直接确认产生植被生态环境损害；

（6）评估区水土保持措施固结土壤、拦截泥沙的保土效益降低，地表径流调蓄能力、土壤渗透性能、土壤持水性能和水源涵养量降低，且与基线相比存在统计学显著差异；

（7）调查区工程堆积体斜坡失稳发生概率增加或风险增大，且与基线相比存在统计学显著差异。其中，边坡稳定性安全系数小于 1 时，则直接确认为不稳定斜坡；

（8）造成生产建设项目人为水土流失生态环境损害的其他情形。

6 人为水土流失因果关系分析

6.1 因果关系分析

生产建设项目在各种施工活动及水力（风力）和重力等侵蚀动力作用下对项目区及周边地区原地貌的生态破坏行为是造成评估区生态环境损害的根本原因。生产建设项目人为水土流失破坏生态行为导致的生态环境损害类型集中表现为改变土壤理化性质，占用土地，危害农田、林地和草地；破坏植被，生态环境恶化；淤积河道，加剧洪涝灾害，破坏基础设施；降低岩土稳定性，引发地质灾害等。生产建设项目人为水土流失危害与生态环境损害评估之间存在因果关系、共性关系、定量关系（图 2）。提出生产建设项目人为水土流失影响影响量化分类指标体系，在评估区和调查区开展相关调查，对评估区破坏

生态行为与生态环境损害之间进行关联分析，定量生态环境损害基线标准和损害阈值，判定生态环境损害类型、程度及可恢复性。

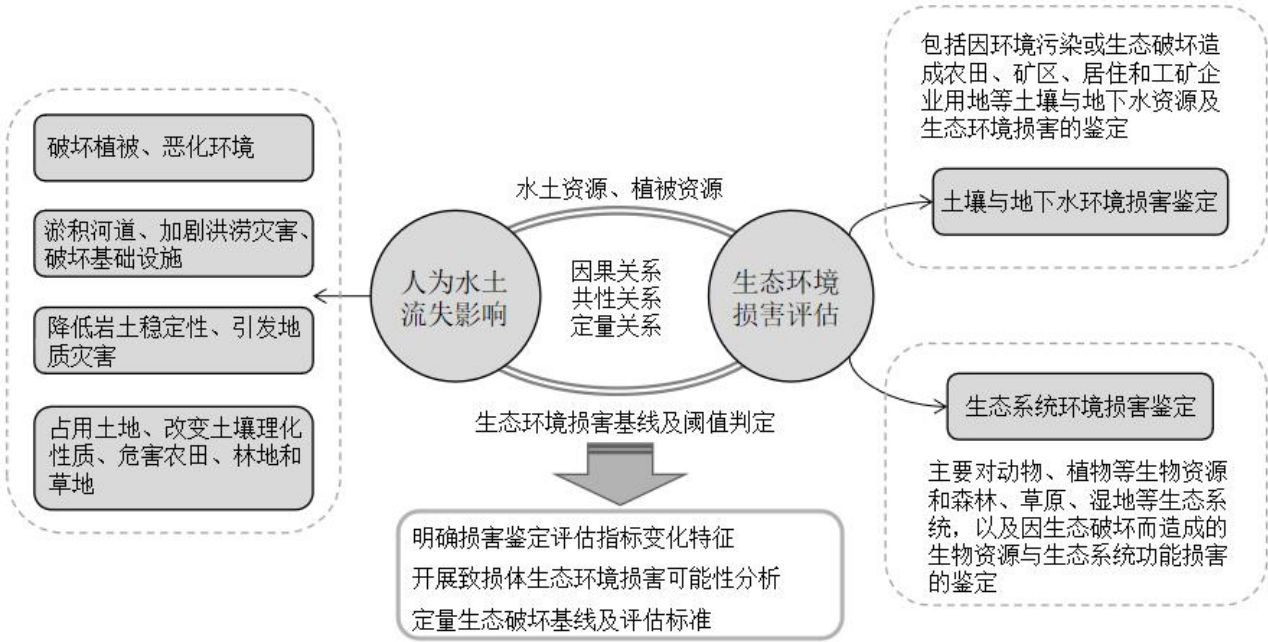


图 2 人为水土流失影响与生态环境损害因果关系

6.2 破坏生态行为的因果关系分析

生产建设项目人为水土流失生态破坏行为与生态环境损害之间的因果关系分析内容和方法包括：

(1) 时空关系分析 分析判断评估区破坏生态行为与生态环境损害发生的时间先后顺序，破坏生态行为应发生在生态环境损害之前；判别评估区各种扰动地貌单元与调查区原地貌单元的土壤、植被、水源涵养功能的差异性、分析生态环境损害的程度。

(2) 损害可能性分析 根据土壤侵蚀学和水土保持学原理，通过文献查阅、专家咨询、遥感影像分析、径流小区监测、侵蚀示踪法、样方调查和生态实验等方法，分析破坏生态行为与生态环境损害之间的关联。

(3) 因果关系链建立 根据土壤侵蚀学和水土保持学原理，结合土壤侵蚀过程和水土保持生态修复过程分析、水动力过程分析等，建立破坏生态行为所导致土壤流失、径流损失、植被盖度下降和生态系统结构、过程与功能受损的损害原因（源）-损害方式（路径）-损害后果的因果关系链，分析因果关系链条环节的科学性和合理性。

(4) 分析自然和其他人为可能因素的影响，并阐述因果关系分析的不确定性及发生概率。

(5) 环境污染行为与损害分析 对于矿山开采等存在污染可能性的生产建设项目类型，分析判断污染环境行为与生态环境损害发生的时间先后顺序。通过野外调查、收集资料、文献查阅等方法分析污染物同源性、迁移路径合理性、生物暴露可能性和生物损害可能性；分析自然和其他人为可能的因素的影响，并阐述因果关系分析的不确定性。

7 人为水土流失生态环境损害实物量化

对评估区人为水土流失生态环境损害实物量化包括土地（土壤）损害、水资源损害、水土保持设施损害、水土保持生态服务功能损害量化，依据生态环境损害类型、损害程度、损害可恢复性及资料完备程度，选择实地调查、专家咨询、案例分析、空间分析及原位试验等多种实物量化方法。

7.1 生态环境损害实物量化内容

7.1.1 土地（土壤）损害实物量化内容

对土地（土壤）损害进行量化，可以土壤有效土层厚度、土壤有机质及土壤养分氮、磷、钾含量为量化指标，比较损害行为发生前后土壤结构、养分等变化状况及其程度，确定超过基线的时间、面积和程度，以及损害造成的变化量。

7.1.2 水资源损害实物量化内容

超过坡面尺度及以上且对江、河、塘、库等水体造成损害，需对水资源损害进行量化，以水量、水质为量化指标，可参照《森林生态系统服务功能评估规范》(GB/T38582-2020)，比较损害行为发生前后水资源、水文过程等变化状况，确定超过基线的时间、面积、体积和程度等，以及损害造成的变化量。

7.1.3 水土保持设施损害实物量化内容

以水土保持工程措施、植物措施、临时措施的完整性为量化指标，比较损害行为发生前后措施完整程度变化状况，确定缺损的时间、面积和程度等，以及损害造成的变化量。

7.1.4 水土保持生态服务功能损害的实物量化内容

超过坡面尺度及以上未对江、河、塘、库等水体造成直接损害，以水土保持综合治理效益为量化指标，按照《水土保持综合治理 效益计算方法》(GB/T15774-2008)，比较损害行为发生前后蓄水保土效益、经济效益、社会效益和生态效益等四类变化状况，确定各类效益超过基线的时间、面积和程度等，以及损害造成的变化量。

7.2 生态环境损害实物量化方法

7.2.1 生态环境损害范围量化方法

生态环境损害实物量化的常用方法主要包括实地调查、专家咨询、案例分析、空间分析、原位试验与模型模拟等。生产建设项目人为水土流失的生态环境损害范围根据现场调查或监测结果并结合数值模拟、遥感技术及其他相关技术综合确定，应为损害程度显著超过基线的影响范围。生态环境损害实物量化过程中应综合利用所列方法，并对不同方法量化结果的不确定性、合理性进行分析。

7.2.2 生态环境损害程度量化方法

土地（土壤）损害程度参照土壤理化性质、生态功能等指标与基线水平的比对，确定受损程度。

水资源损害程度参照水体理化性质、生态功能等指标与基线水平的比对，确定受损程度。

水土保持生态服务功能、水土保持设施的受损程度根据损害时间、范围、水土保持措施类型与布局、水土保持生态服务功能基本恢复至基线的持续时间等综合分析确定，并以《生产建设项目水土保持设施验收技术规程》（GB/T22490—2008）、《水土保持综合治理效益计算方法》(GB/T15774-2008)、《水土流失危险程度分级》(SL718-2015)、《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-2007)为标准进行评价。

8 人为水土流失生态环境损害价值量化

对评估区人为水土流失生态环境损害价值量化包括可恢复水土保持措施损失、水土保持功能恢复期损失与不可恢复损害量化，依据生态环境损害类型、损害程度、损害可恢复性及资料完备程度，可选择单项价值量化方法、水土保持经济学方法、生态环境恢复费用方法或生态环境补偿方法等多种价值量化方法。针对单项水土保持生态服务功能价值选择适当方法（附录 C.1-C.12）进行价值量化；当损害多种功能时，应叠加量化并获得水土保持生态服务功能总价值。

8.1 生态环境损害价值量化内容

生产建设项目人为水土流失生态环境损害价值主要根据将受损水土保持功能恢复至基线需要开展的水土保持设施的费用进行计算，同时还应包括水土保持功能损害开始发生至恢复到基线水平期间水土保持功能价值的损害量。对于无法恢复的情形，则通过替代工程费用来计算损害的价值损失。

生产建设项目人为水土流失生态环境损害价值通用计算公式：

$$M = M_A + M_B + M_C \quad (8-1)$$

式中：

M—生产建设项目人为水土流失生态环境损害价值；

M_A —可恢复水土保持措施费用；

M_B —水土保持功能恢复期的损失费用；

M_C —不可恢复损害的费用。

在生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估过程中，不涉及的费用，以零计。

8.2 生态环境损害价值量化选择

根据生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估对象不同，价值量化方法可分为水土保持经济学方法、生态环境恢复费用方法和生态补偿方法。水土保持经济学方法适用于各种尺度，生态环境恢复费用方法和生态补偿方法适用于坡面尺度以上。

8.2.1 单项价值量化方法

（1）土地（土壤）损害量化

土壤流失量按 C.1 量化，水土保持补偿按 C.8 量化，农作物减产按 C.9 量化，草场退化按 C.10 量化，土地不可恢复生态功能按 C.11 量化，土地占用价值按 C.12 量化。理清损害发生范围，避免重复计量。

（2）水资源损害量化

损害发生在坡面尺度以上，位于水源区域，按水源涵养 C.2 量化。

（3）水土保持功能损害量化

损害发生在坡面尺度以上，造成水土保持生态环境功能损失，防洪功能按 C.3 量化，保土功能按 C.4 量化，减沙功能按 C.5 量化，改善水质功能按 C.6 量化，固碳释氧功能按 C.7 量化。理清损害发生范围，避免重复计量。

8.2.2 水土保持经济学方法

（1）资源等值分析方法

属于替代等值分析的一种，如果受损的生态环境以提供资源为主，采用资源等值分析方法，根据不同资源及其价格进行计量的方法。

（2）服务等值分析法

属于替代等值分析的一种，如果受损的生态环境以提供生态系统服务为主，或兼具资源与生态系统服务，根据不同水土保持生态服务功能类型确定其价值计算方法。

（3）价值等值分析方法

如果不能满足资源等值分析方法和服务等值分析方法的基本条件，可考虑采用价值等值分析方法。如果恢复行动产生的单位效益可以货币化，考虑采用价值-价值法；如果恢复行动产生的单位效益的货币化不可行（耗时过长或成本过高），则考虑采用价值-成本法，同等条件下，优先采用价值-价值法。

（4）直接市场价值法

包括剂量反应法和生产率变动法。剂量反应法也称为生产率法或生产要素收入法，将产出与生产要素（如土地、劳动力、资本、原材料）的不同投入水平联系起来，根据不同产出物组成要素及其市场价格进行计量的方法。

生产率变动法也称作观察市场价值法，是利用生产率的变动来评价环境状况变动的方法，根据不同时期产品及其市场价格进行计量的方法。

（5）揭示偏好法

包括享乐价格法、费用支出法、边际机会成本法。享乐价格法即人根据自己的爱好和经济收入状况来选择自己住房的属性。本方法适用表达房产价格与属性之间的关系，例如树木、环境污染物质如硫化物、氮氧化物和尘埃每与地产价格的关系。

费用支出法是以人们对某种生态服务功能的支出费用来表示其经济价值，主要以游客游憩时各种费用支出的总和或部分费用支出的总和作为游憩价值。通常分为总支出法、区内支出法和部分费用法。

边际机会成本法由边际生产成本、边际使用成本和边际外部成本组成。在核算时既考虑使用者本人开发资源所付出的代价，也反映了资源开发对他人的影响以及后代由于不能使用资源所付出的代价，比较客观全面地体现了某种资源系统的生态价值。只针对稀缺性生态环境损害类型，且不易操作。

（6）陈述偏好法

包括条件价值法和旅行费用法。条件价值法也叫问卷调查法、意愿调查评估法、投标博弈法等，属于模拟市场技术评估方法，它以支付意愿和净支付意愿，表达环境商品的经济价值。本方法适用缺乏实

际市场和替代市场交换的商品的价值评估，是“公共商品”价值评估的一种特有的重要方法，可评价各种生态系统服务功能的经济价值，包括直接利用价值、间接利用价值、存在价值和选择价值。

旅行费用法是一种评价无价格商品的方法，它是目前国外最流行和最重要的一种森林游憩价值评估方法，可采用分区模型、个体模型和随机效用模型来表达。本方法适用旅游业发达的地区，能有效统计旅游相关参数。

(7) 效益转移法

包括恢复或防护费用法和影子工程法。恢复或防护费用法把恢复或防护一种资源不受破坏所需的费用，作为环境资源破坏带来的最低经济损失，这就是恢复或防护费用法。本方法适用难以全面评价环境质量改善的效益的情况。

影子工程法是恢复费用的一种特殊形式。某一工程损害以后，人工建造一个工程来代替原来的环境功能，用建造该工程的费用来估计损害造成的经济损失。本方法适用难以量化或者具体评价原生产建设项目环境损失时。

8.2.3 生态环境恢复费用方法

以《生产建设项目水土保持技术标准》(GB50433-2018)、《水土保持工程设计规范》(GB51018-2014)为标准，按照生产建设项目水土保持专项投资估算的规定列出工程措施、植物措施、临时措施的投资，独立费用、水土保持补偿费、工程费、设备及材料购置费、替代工程建设所需的土地、水域等购置费用和工程建设费用及其他费用，采用概算定额法、类比工程预算法评估。生态环境损害行为发生后，为减轻和消除损害对水土保持生态服务功能的损害，而发生的阻断、去除、转移、处理和处置费用，以实际发生费用为准，并对实际发生费用的必要性和合理性进行判断。生态环境损害可恢复部分的恢复方案费用计算方法，见 9.3。

8.2.4 生态环境补偿方法

生产建设项目人为水土流失生态环境损害行为发生后，为减轻或消除损害对水土保持功能的危害而采取的资金补偿，按资源有偿使用进行补偿，包括生态环境损害的直接费用，以及相应的效益费用，并对与生产建设项目有关的实际发生费用的必要性和合理性进行判断。

8.3 生态环境损害价值评估方法

8.3.1 可恢复水土保持措施费用评估 (M_k)

根据可恢复水土保持设施类型、特征等制定恢复方案，可恢复水土保持设施直接费用构成及评估方法，见 9.3 条。

8.3.2 水土保持功能恢复期的损失费用评估 (M_s)

如果受损水土保持功能以提供资源为主，推荐采用资源等值分析方法；如果受损的水土保持功能以提供生态系统服务为主，或兼具资源与生态系统服务，推荐采用服务等值分析方法。

如果不能满足资源等值分析方法和服务等值分析方法的基本条件，可考虑采用价值等值分析方法。如果恢复行动产生的单位效益可以货币化，考虑采用价值-价值法；如果恢复行动产生的单位效益的货

币化不可行(耗时过长或成本过高),则考虑采用价值-成本法,同等条件下,可考虑优先采用价值-价值法。

如果替代等值分析方法不可行,则考虑采用环境价值评估方法。根据方法的不确定性从小到大,建议依次采用直接市场价值法、揭示偏好法和陈述偏好法,条件允许时可以采用效益转移法。

8.3.3 不可恢复损害费用评估 (M_c)

经过调查评估,损害是不可恢复的,则为不可恢复损害。不可恢复损害费用包括土地不可恢复生态功能损失费、土地占用价值及减轻或消除损害的预防措施所产生的费用。减轻或消除损害费用主要包括应急处理费用和清理费用。应急处理费用主要包括应急监测费用、检测费用、应急处理设备和物品使用费、应急人员费等;清理费用包括清理设备的使用费、清理物资的费用、清理人员费、清理物的运输与处理费用等;减轻或消除损害的费用根据国家和地方有关标准或实际发生的费用进行计算。

9 人为水土流失生态环境可恢复效果评估

9.1 生态环境可恢复方案筛选

结合水土流失生态环境特征、恢复目标和恢复策略等,从技术成熟度、恢复效果、恢复时间、恢复成本和水土流失影响等方面比较分析现有的土地(土壤)损害、水资源损害、植物损害和稳定边坡损害等恢复方案的优缺点,通过比较分析,提出备选恢复技术清单。筛选恢复技术应考虑的因素见附录 D。

9.1.1 土地(土壤)损害恢复方案

根据评估区调查和实物量化结果,参照《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433-2018)和《生产建设项目水土流失防治标准》(GB/T 50434-2018),对评估区土地(土壤)损害区域进行生态环境恢复,恢复方案总体措施为先清除损害区(包括耕地、林草地、河湖水库等)内的工程堆积体,对评估区域采取土地整治、土壤改良和生态环境修复措施。生态环境恢复方案措施有土地整治措施、拦渣措施、土壤改良措施。

(1) 土地整治措施

生产建设项目除了永久建筑物和硬化区域外,其余扰动范围内土地被破坏或占压的区域,通过采取土地整治措施,使评估区恢复到原有土地利用状态,达到恢复生态环境目的。工程施工中,开挖、回填、取料、清淤及堆放弃渣等施工扰动或占压地表形成的裸露土地,在恢复植被或耕作前应采取土地整治措施。在措施实施过程中,应根据占地性质、类型、适宜性确定土地利用方案,根据扰动土地情况、覆土来源、土地利用方案等确定土地整治内容。矿山排土场、尾矿库等生产建设项目土地整治还应符合行业土地复垦的有关规定。本恢复方案适合生产建设项目经占压或破坏后造成地表裸露的临时用地区域、生产建设项目需进行植被恢复或景观恢复的永久用地区域、生产建设项目弃土(石、渣)场渣体表面区域、取料场取料平台恢复区域等。

(2) 拦渣措施

生产建设项目在堆放弃土（石、渣）前应在设计堆渣边坡坡脚设置拦渣措施，应综合考虑弃土（石、渣）场类型、堆置方案、地形、地质、气象、水文、建筑材料及施工机械等因素选择挡渣墙、拦渣堤、拦渣坝、围渣堰等不同的拦渣措施类型。拦渣措施应与防洪排水、土地整治统筹设计，满足弃土（石、渣）场整体稳定和安全运行，措施实施应满足《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）有关规定。本恢复方案适合于生产建设项目存在弃土（石、渣）场、排土场或者矸石场的情景。

（3）土壤改良措施

生产建设项目在地貌重塑过程中，评估区内复垦和景观植被恢复区土壤质地、土壤肥力达不到要求的情景应采取土壤改良措施。生产建设项目扰动部分区域需达到城市景观生态环境恢复效果，需城市绿地土壤、草坪土和花坛土等景观土壤；部分土地复垦区域因土壤退化或土壤盐渍化等需客土置换达到复垦标准。土壤改良措施可参照《园林绿化用地土壤改良技术规程》（T/ZS 0038-2019）有关规定。本恢复方案适合于生产建设项目景观绿化区域、存在土壤污染的弃土（石、渣）场、排土场或者矸石场等情景。

9.1.2 水资源损害恢复方案

根据评估区调查和实物量化结果，参照《生产建设项目水土保持技术标准 GB 50433-2018》和《生产建设项目水土流失防治标准 GB/T 50434-2018》，对生态环境评估区水资源损害区域进行生态环境恢复，恢复方案总体措施为根据周边汇水及流域分布情况，采用坡面水系整治、防洪排导措施和降雨蓄渗措施，顺接至自然水系，减少地表径流。生态环境恢复方案措施有截排水措施、降水蓄渗措施。

（1）截排水措施

生产建设项目施工破坏原地表水系的，应根据具体情况和所在区汇水特点，因地制宜地采取截排水措施，按所处空间分为地面排水工程和地下排水工程。截排水措施应结合区域自然条件和地形条件，按照高水高排、低水低排、就近排泄、自流原则进行布设，其设计与平面布置应满足《水土保持工程设计规范》（GB51018-2014）有关规定。本恢复方案适合于生产建设项目破坏原地表水系或影响周边雨水汇集的区域、生产建设项目改变了下垫面雨水渗透性能的情景、弃土（石、渣）场周边汇水区域、取料场开采周边区域等。

（2）降水蓄渗措施

生产建设项目建设过程中改变了下垫面透水性，影响地表径流汇集和入渗性能，应在地表硬化区域在满足自身功能的前提下，根据不同情景采取雨水入渗和雨水集蓄措施。结合项目市政规划、城镇规划和项目运行管理要求，选择符合城市建设、环境保护等有关规定的透水性铺装措施、地下渗透管沟措施、下凹式绿地措施和雨水回用措施等，降水蓄渗措施应符合地方市政规划、城镇景观规划和环境保护规划等规定。本恢复方案适合于生产建设项目破坏了原地表下垫面透水性能的情景。

9.1.3 植物损害恢复方案

根据评估区调查和实物量化结果，对存在林草结构破坏、覆盖度降低的评估区域，应结合评估区立地条件、景观需求、生态修复需求及其周边环境的协调性等，采取植被恢复措施。植被恢复措施在满足《造林技术规程》（GBT 15776-2016）相关规定的前提下，布局要求除了满足生态环境要求外，应与周边景观协调性保持一致。本恢复方案适用于生产建设项目对林草结构破坏后的裸露区域、景观绿化区域、弃土（石、渣）场渣体表面及取土场取料平台区域等。

9.1.4 稳定边坡损害恢复方案

根据评估区调查和实物量化结果，对生产建设项目存在的工程开挖、填筑、弃渣、取料等活动形成的土、石、沙边坡，以及受工程影响的边坡，应在确保边坡稳定的基础上采取边坡坡面防护措施，恢复边坡植被。边坡生态环境恢复方案措施有植物护坡措施、综合护坡措施。

（1）植物护坡措施

生产建设项目结合评估区边坡坡度、立地条件、自然条件，经土地整治实施后采取植树种草护坡措施，提高边坡植被覆盖和景观效果，植物护坡布局及设计应满足《造林技术规程》（GBT 15776-2016）和《裸露坡面植被恢复技术规范》（GB/T 38360-2019）相关规定。本恢复方案适用于生产建设项目土质挖填边坡区域、弃土（石、渣）堆渣边坡区域等。

（2）综合护坡措施

生产建设项目形成的开挖岩质、石质边坡处于裸露状态，或生产建设项目因景观需求应采取工程与植物相结合的综合护坡措施。综合护坡措施实施应根据边坡立地条件、圬工方案和自然条件，结合土地（土壤）损害恢复方案，选择骨架植草、土工格室植草等措施，措施布局与实施应满足《裸露坡面植被恢复技术规范》（GB/T 38360-2019）相关规定。本恢复方案适用于生产建设项目开挖岩质和石质裸露边坡区域、取料场岩质开挖边坡区域及其他景观需求的裸露边坡等。

9.2 生态环境恢复效果评估内容

9.2.1 恢复目标评估

原则上，评估区水土保持设施恢复及水土保持生态服务功能应恢复至基线。自水土流失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；小于或等于一年的，仅需制定基本恢复方案。恢复方案制定参照 9.1。

当不具备经济、技术和操作可行性时，应结合《生产建设项目水土流失防治标准》（GB/T50434-2018）中确定的水土流失防治目标值，评估区水土流失治理度（%）、土壤流失控制比、渣土防护率（%）、表土保护率（%）、林草植被恢复率（%）和林草覆盖率（%）六大防治目标值应满足《生产建设项目水土保持设施自主验收规程(试行)》（办水保[2018] 133 号）中验收标准，水土保持要素修复至维持其基

线功能的可接受风险水平。可接受风险水平与基线之间不可恢复的部分，可以采取适合的替代性恢复方案，或采用环境价值评估方法进行价值量化。

9.2.2 恢复效果评估内容

评估区生态环境损害恢复方案实施后，生产建设项目进入自然恢复期，参照《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）和《水土保持工程调查与勘测标准》（GB/T51297-2018），结合水土保持监测频率，定期跟踪水土流失生态环境及生态系统服务的恢复情况，全面评估生态环境恢复效果，包括是否正确执行生态环境恢复方案，是否达到生态环境恢复的总体目标和水土保持方案批复的定量目标，生态环境恢复行动实施期间是否形成水土流失危害，是否需要开展补充性恢复，是否达到生产建设项目水土保持设施验收标准等。

土地（土壤）恢复效果评估应结合恢复方案类型，全面评估区域土地整治及水土流失治理情况，包括水土流失治理度、渣土防护率和表土保护率是否达到水土保持设施自主验收标准，全面评估土地（土壤）表层土厚度恢复情况，定期跟踪土壤污染环境恢复情况，包括是否达到植被生长所需土壤要求，是否达到复垦农作物种植要求等。

水资源恢复效果评估应根据结合恢复方案实施效果和平面布局，全面评估区域内雨水汇集和导流去向对工程及周边环境的影响，全面评估水土保持设施运行情况，定期评估水土保持设施行洪防洪能力，包括过水能力、抗冲性和入渗性能。

植物恢复效果评估结合恢复方案的时效性，全面评估区域植被恢复效果，包括植被群落空间结构是否满足生态环境需求，林草覆盖率和林草植被恢复率是否达到水土保持设施自主验收标准。

稳定边坡恢复效果评估结合恢复筛选方案，定期评估边坡是否形成二次水土流失危害，是否需要开展补充性恢复方案。

9.2.3 恢复效果评估方法

生态环境损害恢复效果评估应参照《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲》，结合《生产建设项目水土保持监测与评价标准》（GB/T51240-2018）和《生产建设项目水土保持设施自主验收规程(试行)》（办水保[2018] 133 号）制定生态环境调查和水土流失监测方案，定期进行调查、监测和分析水土保持指标、土壤环境指标、植物措施指标、水资源监测指标和生态系统恢复状况等，其中水土保持指标监测包括水土流失面积、土壤流失量、表土保护率、弃土弃渣量及堆放方式、渣土防护率、土壤流失控制比、扰动土地整治率和林草覆盖度等，土壤环境指标监测包括壤机械组成、土壤容重、土壤总孔隙度、饱和导水率和入渗率等，植物措施指标监测包括植物种类、成活率、生境面积、植物高度等，水资源监测指标包括产流系数、地表径流量、地下水位、水层深度等。

评估区生态环境损害恢复方案实施后，应采用水土流失监测、环境监测、生物监测、生态环境调查、

问卷调查等方法，跟踪水土流失生态环境恢复方案的执行情况、实施期间水土流失危害情况、恢复目标达成情况、生态环境恢复效果以及公众对恢复行动的满意度等。

9.3 可恢复水土保持措施费用计算

9.3.1 可恢复水土保持措施费用（ M_A ）

根据评估区生态环境损害类型、程度等，制定恢复或替代方案。可恢复部分方案费用采用价值量化方法进行计算，按照国家工程投资估算的规定列出，包括工程措施费、植物措施费、工程场地清理费、替代工程建设所需的土地（水域）购置费和工程建设其他费等部分组成，计算公式为：

$$M_A = FG + FZ + FT + FC + FQ \quad (9-3.1)$$

式中：

M_A —可恢复水土保持措施费用，万元；

FG —水土保持工程措施费，万元；

FZ —水土保持植物措施费，万元；

FC —工程场地清理费，万元；

FT —替代工程建设所需的土地的购置费，万元；

FQ —其他恢复费（包括调查、制订恢复方案、跟踪监测、临时措施等费用），万元。

各项费用计算应符合《重庆市水土保持工程概算定额》及行业颁布的其他概算定额规定，如果损害为不可恢复部分， M_A 直接取 0。

9.3.2 可恢复水土保持措施费用计算方法

（1）费用明细法

适用于生态环境措施方案比较明确，各项具体工程措施及其规模比较具体，所需要的设施、材料、设备及人工等比较明确，且鉴定评估机构对恢复方案实施各要素的成本比较清楚的情况。费用明细法应列出恢复方案的各项具体工程措施、各项措施的规模及工程量，明确需要的设施以及需要用到的材料和设备的数量和规格、能耗等内容，根据《重庆市水土保持工程概算定额》计算措施单价，列出可恢复水土保持措施费明细。

（2）指南或手册参考法

适用于恢复技术有确定的工程投资手册可以参照的情况，根据确定的可恢复措施工程量，参照相关指南或投资手册，计算可恢复水土保持措施费。

（3）承包商报价法

适用于恢复方案比较明确，各项具体工程措施及其规模比较具体、所需要的设施、材料、设备等比较明确，措施工程量明确，但鉴定评估机构对恢复方案各要素的成本不清楚或不确定的情况。承包商报价法应选择 3 家或 3 家以上符合要求的承包商，由承包商根据恢复目标和恢复方案提出报价，对报价进行综合比较，确定合理的可恢复水土保持措施费。

（4）案例比对法

适用于恢复技术不明确的情况，无法判断恢复工程措施及其规模，无法判断恢复工程措施量的情况。通过调研与本项目规模、损害特征、生态环境条件相类似且时间较为接近的案例，基于案例的恢复费用，计算可恢复水土保持措施费。

附录 A (资料性附录)

《生产建设项目人为水土流失生态环境损害鉴定评估报告》编制要求

A.1 案情分析

写明生态环境损害鉴定评估的背景，包括损害发生的时间、地点、起因和经过；简要说明生态环境损害发生地的社会经济背景、造成潜在生态环境损害的主要因素等基本情况。

A.2 鉴定评估内容

写明本次鉴定评估工作的主要内容，包括生态环境损害鉴定评估的对象和生态环境损害鉴定评估内容（生态环境损害确定、因果关系分析和损害数额量化等）。

A.3 鉴定评估过程及方法

A.3.1 生态环境损害调查确定

详细介绍生产建设项目人为水土流失行为调查和生态环境损害调查方案，包括资料收集、现场踏勘、座谈走访、采样方案、检测分析、质量控制等过程，写明调查结果，包括是否存在破坏生态行为以及行为方式，是否存在生态环境损害及损害类型等。

A.3.2 生态环境损害因果关系分析

详细阐明本次生态环境损害鉴定评估中鉴定生产建设项目人为水土流失行为与生态环境损害间因果关系所依据的标准或条件，以及分析因果关系所采用的技术方法。详细介绍因果关系分析过程中所依据的证明材料，现场踏勘、监测分析、实验模拟、数值模拟的过程和结果。写明因果关系分析的结论。

A.3.3 生态环境损害实物量化

详细阐明本次生态环境损害鉴定评估中生态环境损害实物量化所依据的标准和条件，以及量化生态环境损害所采用的技术方法。给出生态环境损害实物量化的结果，即生态环境损害的类型、时空范围及损害程度。

A.3.4 生态环境损害恢复方案筛选

开展生态环境损害恢复可行性评估，写明确定备选生态环境恢复方案的原则、依据与思路，介绍各方案的有效性、合法性、技术可行性、实施成本、公众可接受性、环境安全性和可持续性，开展备选恢复方案筛选，确定最终的生态环境恢复方案。

A.3.5 生态环境损害价值量化

详细阐明本次生态环境损害鉴定评估中生态环境损害价值量化所依据的标准、规范，所采用的评估方法，以及相应的证明材料。明确界定生态环境损害价值量化的范围，包括需要价值量化的生态环境损害以及每种类型损害量化的方法、计算依据和结果。

采用恢复费用法量化生态环境损害价值时，应详细阐述恢复方案的工作量、持续时间、实施成本，提供数据来源与依据。对于实际已经发生的损害恢复费用，应详细阐述数据的来源，对各项费用的完整性、规范性、逻辑合理性进行审核，提供纳入实际治理费用计算的原始费用单据。采用虚拟治理成本法

量化生态环境损害时，应详细阐述单位治理成本的确定依据，以及适用虚拟治理成本法的原因。

A.4 鉴定评估结论

针对生态环境损害鉴定评估委托事项，写明每一项生态环境损害的鉴定评估结论，包括生态环境损害确定结论、因果关系分析结论和生态环境损害量化结论。

A.5 鉴定评估说明

针对生态环境损害鉴定评估委托事项，写明每一项生态环境损害的鉴定评估结论，包括生态环境损害确定结论、因果关系分析结论和生态环境损害量化结论。

A.6 签字盖章

生态环境损害鉴定评估报告书应当附有鉴定人《司法鉴定执业证》证号及证书复印件，由鉴定人签名，并加盖鉴定评估机构公章。

附件

附件包括生态环境损害鉴定评估工作过程中所依据的证明材料，现场调查的时间、数据、照片等原始数据。

如针对生态环境损害鉴定评估中的关键问题开展专项研究，应附该专项研究报告。

附录 B
(资料性附录)

生产建设项目人为水土流失生态环境损害调查表

附表 B.1 人为水土流失生态环境损害调查相关技术标准

调查内容	参照标准	
	标准号	标准名称
土地 (土壤)	GB 50433-2018	生产建设项目水土保持技术标准
	GB/T 50434-2018	生产建设项目水土流失防治标准
	GB/T 51297-2018	水土保持工程调查与勘测标准
	DB 50/T 291-2019	重庆市水土保持监测技术规范
	GB/T 21010-2017	土地利用现状分类
	SL190—2007	土壤侵蚀分类分级标准
	HJ/T 166-2004	土壤环境监测技术规范
水资源	DZ/T 0282-2015	水文地质调查规范
	GB/T 39792.1—2020	生态环境损害鉴定评估技术指南环境要素 第1部分：土壤和地下水
	GB/T 39792.2—2020	生态环境损害鉴定评估技术指南环境要素 第2部分：地表水和沉积物
	HJ/T 164-2020	地下水环境监测技术规范
植被	GB 50433-2018	生产建设项目水土保持技术标准
	GB/T 51240-2019	生产建设项目水土保持监测与评价标准
	GB/T 51297-2018	水土保持工程调查与勘测标准
水土保持 生态服务功能	GB 50433-2018	生产建设项目水土保持技术标准
	GB/T 50434-2018	生产建设项目水土流失防治标准
	SL 773—2018	生产建设项目土壤流失量测算导则
	SL190—2007	土壤侵蚀分类分级标准
	HJ 1173-2021	全国生态环境状况调查评估技术规范——生态环境系统服务功能评估
不稳定边坡	GB50330-2013	建筑边坡工程技术规范

附表 B.2 人为水土流失生态环境损害鉴定评估资料清单

项目名称：

记录表编号：

序号	类别	名称	搜集时间	资料来源	数量	格式						编号
						报告	图片	照片	调查表	论文	其他	
	项目背景信息	项目占地行政区规划图										
		项目区周边水系图										
		项目区土地利用原状图										
		项目区卫星、航拍影像										
		项目区历史监测数据										
		其他										
	生态环境基线信息	土地（土壤）基线调查报告										
		水资源基线调查报告										
		植被调查报告										
		水土保持生态服务功能基线调查报告										
		不稳定斜坡调查报告										
		对照区基线调查报告										
		其他										
	生态环境损害信息	损害现场照片										
		损害现场视频										
		临时处置措施情况报告										
		调查区历史损害或生态环境破坏信息										
		其他										

调查单位：

调查负责人：

填表人：

审核人：

填表日期： 年 月 日

附表 B.3 现场踏勘表

项目名称：

记录表编号：

踏勘地点：			踏勘时间			
项目建设施工现状	项目规模					
	土石方量					
	水土流失防治责任范围					
人为水土流失现状	水土流失发生时间		水土流失类型			
	水土流失面积		水土流失强度			
	水土流失影响因子		其他			
项目区生态环境损害	土地（土壤）生态环境损害	☐ 是 ☐ 否				
	水资源生态环境损害	☐ 是 ☐ 否				
	植被生态环境损害	☐ 是 ☐ 否				
	水土保持生态服务功能损害	☐ 是 ☐ 否				
	不稳定斜坡	☐ 有（数量： ） ☐ 无				
踏勘材料 信息汇总	踏勘次数和时间					
	照片		记录内容			
	录像		记录内容			
	踏勘表		记录内容			
	其他		记录内容			
	监测次数和时间					
	野外速测对象		点位数量		样品数量	
	室内检测对象		点位数量		样品数量	
下一步调查建议						

调查单位：

调查负责人：

填表人：

审核人：

填表日期：

年

月

日

附表 B.4 人员访谈记录表

项目名称：

记录表编号：

姓名		访谈人员类型			
职业		学历		联系方式	
访谈方式	☐ 面谈 ☐ 电话		谈话日期		
访谈内容					
访谈分析：					

调查单位：

调查负责人：

填表人：

审核人：

填表日期： 年 月 日

附表 B. 5 土地利用原状调查表

项目名称:

访谈编号:

单位: hm^2

调查地点							
调查时间							
土地总面积							
耕地	水田						
	旱地	平地					
		梯田					
		坡耕地	其中 $>25^\circ$				
			小计				
	小计						
园地	小计						
林地	有林地						
	灌木林地						
	疏幼林地						
	小计						
草地	牧草地						
	荒草地						
	小计						
居民及交通工况用地							
水域及水利设施用地							
其他用地							

调查单位:

调查负责人:

访谈人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

附表 B.6 土地（土壤）生态环境损害调查记录表

项目名称：

记录表编号：

调查地点			调查时间		调查面积	
工程占地面积 (hm ²)			表土可剥离范围 (hm ²)		表土保护率 (%)	
工程堆积体总量 (m ³)			拦渣率 (%)		地表裸露度 (%)	
土壤流失控制比			土壤流失总量 (t)		新增土壤流失量 (t)	
土地生态环境损害	土地利用类型	损害时间	损害地点	损害面积 (hm ²)	合计损害面积 (hm ²)	
	耕地 (hm ²)					
	旱地 (hm ²)					
	坡耕地 (hm ²)					
	林地 (hm ²)					
	草地 (hm ²)					
	其他用地 (hm ²)					
土壤生态环境损害	土壤类型	损害时间	损害地点	损害面积 (hm ²)	合计损害面积 (hm ²)	
土壤理化性质及影响	有效土层厚度 (cm)					
	土壤容重 (g/cm ³)					
	土壤非毛管孔隙度 (%)					
	土壤总孔隙度 (%)	参考标准				
		粗砂土孔隙度约 33—35%				
		粘质土孔隙度约为 45—60%				
		壤土的孔隙度约有 55—65%				
	土壤渗透系数 (%)					
	土壤有机质 (g/kg)					
	土壤全氮含量 (mg/kg)					
	土壤全磷含量 (mg/kg)					
	土壤全钾含量 (mg/kg)					
	农作物种植成本变化值 (万元/hm ²)					
	农作物产量变化值 (t/hm ²)					

调查单位：

调查负责人：

填表人：

审核人：

访谈日期： 年 月 日

附表 B.7 地表水资源损害调查记录表

项目名称:

记录表编号:

样点 编号	采样 时间	采样位置			地表水可利用量 (万 m ³)			不透水 面积 (hm ²)	年平均 降雨量 (mm)	产 流 方式	平均 产流 系数	水 质	损 害 量
		经 度	纬 度	面 积	工业 用水	生活 用水	小 计						

调查单位:

调查负责人:

采样人:

填表人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

附表 B.8 地下水资源损害调查记录表

项目名称:

记录表编号:

监测井 编号	采样 时间	采样位置		地下水位 (m)	水层深度 (m)	地下水 类型	地下水 流量	感官指标 描述*	损害量
		经度	纬度						

*注: 感官指标描述主要从透明度(透明、微浊、浑浊)、颜色(无色、其他色)、臭味等级(无、微弱、弱、强、强烈)进行描述。

调查单位:

调查负责人:

采样人:

填表人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

附表 B. 9 植被损害调查记录表

项目名称:

记录表编号:

立地条件		地貌类型						
海拔 (m)		坡向						
坡度 (°)		土壤类型						
其他								
调查点		调查区域范围						
乔木林调查表								
乔木林 调查信息	树种 种类	面积 (hm ²)	郁闭度	平均高度 (m)	优势 物种	乡土树种 占比	乔木林 存活率	损害程度
灌木林调查表								
灌木林 调查信息	灌木 种类	面积 (hm ²)	覆盖度 (%)	平均高度 (m)	优势 物种	乡土灌木 占比	灌木林 存活率	损害程度
草地调查表								
草地 调查信息	草种 种类	面积 (hm ²)	覆盖度 (%)	平均高度 (m)	优势 物种	乡土草种 占比	草本存 活率	损害程度

损害程度：主要依据植物种类、优势物种、覆盖度变化来进行评判，分 3 个等级：轻度、中度、重度。

调查单位:

调查负责人:

采样人:

填表人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

附表 B. 10 水土保持生态服务功能损害调查记录表

项目名称:

记录表编号:

调查地点			
调查范围			
	调查内容	损害评估	
改良土壤功能	拦截泥沙量	☐ 增加	☐ 减少 ☐ 无变化
	土壤流失量	☐ 增加	☐ 减少 ☐ 无变化
	土地生产力	☐ 上升	☐ 下降 ☐ 无变化
	保土效益	☐ 上升	☐ 下降 ☐ 无变化
水源涵养功能	水源涵养量	☐ 上升	☐ 下降 ☐ 无变化
	土壤持水性能	☐ 上升	☐ 下降 ☐ 无变化
	土壤渗透能力	☐ 上升	☐ 下降 ☐ 无变化
	地表径流调蓄能力	☐ 上升	☐ 下降 ☐ 无变化

调查单位:

调查负责人:

填表人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

附表 B. 11 不稳定斜坡调查记录表

项目名称:

记录表编号:

名称	地理位置			省 县 (市) 乡 村 社					
野外编号	斜坡类型	☐ 人工 ☐ 岩质 ☐ 土质		坐标 (m)	X: Y:	标高 (m)	坡顶		
室内编号				经度: ° ' " 纬度: ° ' "					
周边交通情况									
斜坡环境	地质环境	地层岩性			地质构造		微地貌		地下水类型
		时代	岩性	产状	构造部位	地震烈度	☐ 陡崖 ☐ 陡坡 ☐ 缓坡 ☐ 平台	☐ 孔隙水 ☐ 裂隙水 ☐ 岩溶水	
	地理环境	降雨量 (mm)			水文			土地利用	
		年均	最大降雨量		丰水位 (m)	枯水位 (m)	斜坡与河流位置	☐ 耕地 ☐ 草地 ☐ 灌木 ☐ 森林 ☐ 裸露 ☐ 建筑	
			日	时					
					☐ 左岸 ☐ 右岸 ☐ 凹岸 ☐ 凸岸				
斜坡基本特征	外形特征	坡高 (m)	坡长 (m)	坡宽 (m)	坡度 (°)	休止角 (°)	坡向 (°)	坡面形态	
								☐ 凸 ☐ 凹 ☐ 直 ☐ 阶	
	结构特征	岩体结构						斜坡结构类型	
		结构类型	厚度	裂隙组数	块度 (长×宽×高 (m))				
		控制面结构						坡体是否异常	
		类 型	产 状	长度 (m)	间距 (m)				
余方处置合理性	☐ 合理 ☐ 不合理								
可能失稳因素	☐ 降雨 ☐ 地震 ☐ 人工加载 ☐ 开挖坡脚 ☐ 坡脚冲刷 ☐ 坡脚浸润 ☐ 坡体切割 ☐ 风化 ☐ 卸荷 ☐ 动水压力 ☐ 爆破震动								
目前不稳定程度	☐ 稳定性较差 ☐ 稳定性差			今后变化趋势	☐ 危险 ☐ 潜在危险				
已造成危害	损坏房屋	毁路 (m)	毁渠 (m)	其他危害	直接损失 (万元)		灾情等级		
	户 间								
潜在危害	威胁人口 (人)		威胁财产 (万元)		险情等级				
影响范围									

调查单位:

调查负责人:

填表人:

审核人:

填表日期: 年 月 日

附表 B. 12 生态环境损害调查信息汇总表

项目名称：

记录表编号：

调查区 空间范围	省市县（区）				
	坐标范围	经度：		至	
		纬度：		至	
		高程：			
时间范围	人为水土流失生态环境损害发生时间				
	人为水土流失生态环境损害结束时间				
	水土保持措施实施开始时间				
	水土保持措施实施结束时间				
损害发生原因	☐ 非法倾倒 ☐ 违规排放 ☐ 其他：				
基线信息	（基线信息描述）				
生态环境损害 调查内容	土地（土壤）资源	土地资源	（总结描述，下同）		
		土壤资源			
	水资源	地表水资源			
		地下水资源			
	植被	植被覆盖度			
		植被生长状况			
	水土保持生态服务功能	保持和改良土壤			
		保持和涵养水源			
	不稳定斜坡				
	其他				
调查工作 主要情况	资料搜集	数量		编号范围	
		主要缺失资料			
	现场踏勘	次数		踏勘表编号范围	
		野外速测样品数量		室内检测样品数量	
	人员访谈	人次		访谈表编码范围	
	调查数据质量情况	☐ 优 ☐ 良好 ☐ 中等 ☐ 差 ☐ 极差			
补充调查建议	是否需要补充调查	☐ 是（填写以下内容） ☐ 否（不填以下内容）			
	补充调查内容建议				
	补充调查方法建议				

调查单位：

调查负责人：

填表人：

审核人：

填表日期： 年 月 日

附录 C

（资料性附录）

常用的人为水土流失生态环境损害价值评估方法

C.1 生产建设项目人为水土流失土壤流失量计量

C.1.1 适用于通常情况下的土壤流失量计量

$$T_A = T_s \cdot A \quad (C-1)$$

式中： T_A —土壤流失量；

T_s —土壤流失系数，根据土壤损害发生情况，参照《生产建设项目土壤流失量测算导则》(SL773-2018)、《生产建设项目水土保持监测与评价标准》(GB/T51240-2018)、《水土保持遥感监测技术规范》(SL592-2012)，优先选用资料完整的计量公式，计算土壤流失系数；

A —土壤损害面积。

C.1.2 适用于植被破坏型的土壤流失量计量

对于主要由植被破坏造成的土壤流失量，可采用《生产建设项目土壤流失量测算导则》的植被破坏型一般扰动地表土壤流失量计量。

$$M_{yz} = RKL_y S_y B E T A \quad (C-1.1)$$

式中： M_{yz} —植被破坏型一般扰动地表计算单元土壤流失量，t；

R —降雨侵蚀力因子， $\text{MJ} \cdot \text{mm} / (\text{hm}^2 \cdot \text{h})$ ；

K —土壤可蚀性因子， $\text{t} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h} / (\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm})$ ；

L_y —坡长因子，无量纲；

S_y —坡度因子，无量纲；

B —植被覆盖因子，无量纲；

E —工程措施因子，无量纲；

T —耕作措施因子，无量纲；

A —计算单元的水平投影面积， hm^2 ；

C. 1. 3 适用于地表开挖型的土壤流失量计量

对于主要由地表开挖、堆垫造成的土壤流失量，可采用《生产建设项目土壤流失量测算导则》的地型一般扰动地表土壤流失量计量。

$$M_{yd}=RK_{yd}L_yS_yBETA \quad (C-1.2)$$

$$K_{yd}=NK \quad (C-1.3)$$

式中： M_{yd} —地表翻扰型一般扰动地表计算单元土壤流失量， t；

K_{yd} —地表翻扰后土壤可蚀性因子， $t \cdot hm^2 \cdot h / (hm^2 \cdot MJ \cdot mm)$ ；

N —地表翻扰后土壤可蚀性因子增大系数， 无量纲。

C. 2 水源涵养效益计量

适用于损害范围在坡面尺度以上，植被为森林或草场的情形，且需要对水资源影响进行评估，以林草地土壤非毛管孔隙饱和含水量为主体进行计量。

$$V_w = I \cdot (H \cdot P - V_p \cdot 10^{-3}) \cdot A \quad (C-2)$$

式中： V_w —林草措施水源涵养效益计量值， 元；

I —修建水库的单位水量建设费， 元/ m^3 ；

H —土壤渗透的峰面厚度， m；

P —林草地土壤非毛管孔隙度， %；

V_p —林草地蒸散量， m；

A —林草地面积， m^2 。

C. 3 林草措施防洪效益计量

适用于损害范围在坡面尺度以上，植被为森林或草场的情形，且需要对防洪影响进行评估，以其它防洪措施（如水库、滞洪区等）代替森林的防洪效能，而以替代措施的投资定额计算。

$$V_f = I_f \cdot (Q_1 - Q_2) \cdot A \quad (C-3)$$

式中： V_f —林草措施的防洪效益计量值， 元；

I_f —当地小型水库防洪库容的投资定额， 元/ m^3 ；

Q_1 —无林流域的洪水总量， m^3/km^2 ；

Q_2 —有林草流域的洪水总量， m^3/km^2 ；

A —林草地面积， km^2 。

C.4 防治土壤侵蚀效益（保持土壤）计量

适用于林草地流失土壤养分价值核算，以林草地土壤养分含量为基准，核算相应肥料费用，并考虑林草生长发育带来的土地增值。

$$V_s = \sum_{i=1}^n W_i \sum_{j=1}^m \frac{R_j}{A_j} C_j + B \quad (C-4)$$

式中： V_s —林草措施整个生产周期内防治土壤侵蚀效益值，元；

W_i —第 i 年保持土壤量，t；

R_j —侵蚀物中第 j 种养分物质的含量，kg/t；

A_j —第 j 种养分元素在标准化肥中的含量，%；

C_j —第 j 种标准化肥价格，元/kg；

B —林草生产周期末土地价格的增值，暂以其土地肥力为评价标准；

n —林草措施的生产周期，年；

m —养分元素种类数。

C.5 减沙效益的计量

适用于损害范围在坡面尺度以上，植被为森林或草场的情形，且需要对水资源泥沙含量影响进行评估。

$$V_d = \sum_{i=1}^n (Sl_i - S2_i) \cdot A \cdot B_s \cdot I_d \quad (C-5)$$

式中： V_d —林草措施拦沙效益价值，元；

Sl_i —对照小流域产沙率， m^3/km^2 ；

$S2_i$ —实施林草措施的小流域的产沙率， m^3/km^2 ；

A —林草地面积， km^2 ；

B_s —泥沙输移比;

I_d —小型水库死库容或拦沙坝建筑费定额, 元/ m^3 ;

n —林草措施的生产周期, 年。

C.6 水土保持林草措施改善水质的效益计量

适用于损害范围在坡面尺度以上, 植被为森林或草场的情形, 且需要对水质影响进行评估。

$$V_Q = W \cdot (C_1 - C_2) \cdot n \quad (C-6)$$

式中: V_Q —林草措施改善水质的计量值, 元;

W —工业、生活用水的年总量平均值, t ;

C_1 —无林草措施, 或无林流域情况下, 该地区水处理费用的平均值, 元/ t ;

C_2 —有林草措施, 或森林流域情况下, 该地区水处理费的平均值, 元/ t ;

n —实施林草措施的时间, 年。

C.7 固碳释氧效益计量

适用于损害范围在坡面尺度以上, 植被为森林, 且需要对空气质量中的碳或氧, 或需要对碳汇影响进行评估的情形。

C.7.1 固碳价值量核算方法

$$V_{CF} = Q_{tCO_2C} \cdot C_C \quad (C7.1)$$

式中: V_{CF} —固碳价值量, 元/ a ;

Q_{tCO_2C} —固碳量, tCO_2/a ;

C_C —碳价, 元/ t ;

a) 固碳量净生态系统生产力法

适用于当发生生态环境损害的水土保持林面积大于 1 平方公里, 且能通过遥感影像得到小尺度 NPP 值时的情形:

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2} / M_C \cdot NEP \quad (C7.2)$$

式中: Q_{tCO_2} —生态系统固碳量, tCO_2/a ;

$M_{CO_2}/M_C=44/12$ —C 转化为 CO_2 的系数;

NEP—净生态系统生产力, t_C/a ;

$$NEP=NPP-RS \quad (C7.3)$$

$$NEP=\alpha \cdot NPP \cdot M_{C6}/M_{C6H10O5} \quad (C7.4)$$

式中: NPP—净初级生产力, $t_{\text{干物质}}/a$;

RS—土壤呼吸消耗碳量, t_C/a , 通过实际调查获得;

α —NEP 和 NPP 的转换系数, 通过实际调查获得;

$M_{C6}/M_{C6H10O5}=72/162$ —干物质转化为 C 的系数;

b) 固碳量生物量法

适用于当发生生态环境损害的水土保持林面积较小或遥感数据不可得的情形:

$$Q_{tco2}=M_{CO_2}/M_C \cdot A \cdot C_C \cdot AGB \quad (C7.5)$$

式中: Q_{tco2} —生态系统固碳量, t_{CO_2}/a ;

A—发生损害的水土保持林面积, ha ;

C_C —生物量-碳转换系数, 一般取 0.5;

AGB—水土保持林生物量, t/ha ;

$M_{CO_2}/M_C=44/12$ —C 转化为 CO_2 的系数。

C. 7. 2 释氧价值量核算方法

因植物光合作用需固定 $1mol CO_2$ 才能释放 $1mol O_2$, 所以当发生生态环境损害导致水土保持林固碳功能遭到损害时, 同时适用该公式:

$$V_{Op}=Q_{Op} \cdot C_O \quad (C7.6)$$

式中: V_{Op} —释氧价值量, 元/ a ;

Q_{Op} —生态系统释氧量, t_{CO_2}/a ;

C_O —医疗制氧价格, 元/ t ;

$$Q_{Op}=M_{O_2}/M_{CO_2} \cdot Q_{CO_2} \quad (C7.2)$$

式中: Q_{Op} —生态系统释氧量, t_{O_2}/a ;

$M_{O_2}/M_{CO_2}=32/44$ —CO₂ 转化为 O₂ 的系数;

C.8 水土保持补偿费计量

适用于一般性生产建设项目、开采矿产资源、取土、挖砂（河道采砂除外）、采石以及烧制砖、瓦、瓷（陶）、石灰和排放废弃土、石、渣等情形。其中一般性生产建设项目按 1.4 元/m²（不足 1m²的按 1m²计）；取土、挖砂等按 0.5 元/m³计征（不足 1m³的按 1m³计）；开采矿产资源收费 1.4 元（m²·a）（占地面积按不超过 2000m²，对丛式井每口井增加计征面积按不超过 400m²）；石油、天然气（含页岩气）以外的矿产资源，按 0.3 元/t 计征（不足 1 吨的按 1 吨）：

$$V_A = C_A \cdot A \quad (C-8.1)$$

$$V_V = C_V \cdot V \quad (C-8.2)$$

式中：V_A—按面积补偿价值，元；

C_A—单位面积补偿价值，元/m²；A—补偿面积，m²；

V_V—按体积补偿价值，元；

C_V—单位体积补偿价值，元/m³；

V—补偿体积，m³。

C.9 农作物减产损失价值计量

适用于损害范围内损害期间种植有农作物尚未收获或影响农作物产量的情形。

$$V_q = C_n \cdot K \quad (C-9)$$

式中：V_q—作物减产的经济损失价值，元；

C_n—农作物的价格，元/kg；

K—农作物减产量，kg。

C.10 草场退化损失价值计量

适用于损害范围内损害期间草场有退化的情形。

$$V_L = C_k \cdot A \cdot L \quad (C-10)$$

式中：V_L—草场退化损失价值，元；

C_k —草料价格，元/kg；

A —退化草场面积， hm^2 ；

L —草场单位面积产量， kg/hm^2 。

C. 11 土地不可恢复生态功能损失价值计量

适用于损害范围内部分土地具有生态功能，但该部分土地的生态功能已无法恢复原有生态功能的情形，如坡面无法恢复原有植被，只能进行硬化处理来维持坡面的稳定，而该植被原有水土保持功能已无法恢复。

$$V_E = \Delta S_n \cdot P_o \quad (C-11)$$

式中： V_E —土地不可恢复生态功能损失价值，元；

ΔS_n —不可恢复生态功能土地面积，元/ m^2 ；

P_o —生态系统服务功能单价，元。

C. 12 土地占用价值计量

适用于损害范围内部分土地在恢复原有状态前仍需继续占用，但该部分土地占用期间不会发生水土流失的情形，如临时堆土场地，在采取水土保持措施后，在该场地恢复原生态功能前：

$$V_m = S_m \cdot B_c \cdot n \quad (C-12)$$

式中： V_m —土地占用价值，元；

S_m —土地占用面积， m^2 ；

B_c —土地机会成本，元；

n —占用年限，年。

附录 D
(资料性附录)

生态环境恢复方案筛选考虑因素

表 D.1 生态环境可恢复技术筛选考虑因素

指标名称	指标说明
成熟度	衡量技术状态满足其应用目标程度的尺度。
可靠性	技术在规定的条件和规定的时间内是否可以达到预期目标。
恢复时间	采用该技术达到生态环境损害恢复目标所需的时间。
恢复成本	采用该技术达到生态环境损害恢复目标所需的费用。
水土流失影响	技术实施是否造成水土流失危害或其他生态环境损害以及对施工人员、周边人群健康、重要基础设施和生态受体的影响等。

表 D.2 生态环境可恢复方案比选考虑因素

指标名称	指标说明
合法合规性	工程项目是否遵守相关的法律法规和标准。
目标可达性	生态恢复方案实施后预计能够达到的效果，能否达到预期的恢复目标。
公众可接受性	公众对实施方案的接受程度以及方案实施后是否达到公众可接受风险水平。
实施费用	生态恢复方案设计和编制费用，实施过程中产生的设备采购费、设备租赁费、药剂采购费、耗材采购费、燃料使用费、人工费等，以及实施后发生的后续监测和维护费用等。
实施效益	是指方案实施后可以带来哪些社会、经济和额外的生态效益。
可持续性	被恢复的生态环境是否具有稳定性和自我维持能力。

表 D.3 人为水土流失生态环境可恢复技术

类型	恢复技术		技术功能	适用性	成本	成熟度	可靠性	二次污染和破坏	备注
工程 生物 技术	土地 (土壤)损 害恢 复技 术	土地整治技术	根据临时用地土地利用方案,对生产建设项目扰动范围内临时土地被破坏或占压的区域进行清除场地,填平凹坑,局部地面平整,压实土挖松和覆土,使扰动区达到复垦和恢复植被标准	普遍适用所有水土流失生态损害区域	较低	高	高	无产生二次污染和破坏的风险	
		拦渣技术	使用挡渣墙、拦渣堤、拦渣坝、围渣堰等工程拦渣技术对生产建设项目产生的弃土(石、渣)场防护而保证弃土(石、渣)场的稳定性,为弃土(石、渣)场原地貌恢复提供保障	弃土(石、渣)场、煤矸石场、矿产开采排土场等	高	施工前期设计及稳定性验算十分重要,施工条件复杂	实施后监测很重要	无产生二次污染和破坏的风险	
		土壤化学改良技术	使用化学改良剂使土壤中过量的重金属转化为难溶的硫化物、氢氧化物、磷酸盐等物质而降低其毒性,如在酸性污染土中施加石灰或碱性炉灰渣以提高土壤碱度,使重金属在中性或碱性条件下形成氢氧化物沉淀以抑制其危害,使生产建设项目扰动部分区域土壤达到景观、复垦和植被恢复标准	污染土壤的生产建设项目	较高	较高	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
	水资源 损害恢 复技	截排水技术	结合区域自然条件和地形条件,因地制宜地的布置地面和地下排水工程,恢复和引导地表水系排泄	破坏地表水系或影响周边地表汇水的特定区域、防止地表汇水冲刷区域	高	技术较成熟	高	无产生二次污染和破坏的风险	

类型	恢复技术		技术功能	适用性	成本	成熟度	可靠性	二次污染和破坏	备注
	术	降水蓄渗技术	使用符合城市建设、环境保护等有关规定的透水性铺装技术、地下渗透管沟技术、下凹式绿地技术和雨水回用技术，增加地下水入渗和地表水蓄存。	生产建设项目破坏了原地表下垫面透水性	较高	较高	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
植被恢复技术	植物 恢复 技术	乡土树种种植技术	以大自然中的多稳态现象为基础，充分利用自然界的正负反馈关系，将稳态转化理论运用到工程实践中，使生态环保工程真正做到零耗能、可持续、健康长效、自我运行，	普遍适用所有水土流失生态损害的林地和草地	低	部分措施技术成熟	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
		人工补植造林技术	适地适树、增加生物多样性，依据林中天窗空地补植造林	恢复效果不良的区域进行补植补种或人工重建	造林工作量较大时，人工、资金、苗木物资等方面的支出较大	技术成熟	布置后的养护管理工作十分重要	无产生二次污染和破坏的风险	
		混交林营造技术	增加植物多样性，提高生态系统结构和功能稳定性，提高抗干扰能力和抵御病虫害能力	混交林最常见的方式就是乔灌混交林与针阔混交林等。其中，混交林营林也逐渐发展成为人工造林的主体形式	涉及人管理、苗木成本，支出较高	培育混交林的技术关键在于正确认识	技术可靠，应用广泛	无产生二次污染和破坏的风险	

类型	恢复技术	技术功能	适用性	成本	成熟度	可靠性	二次污染和破坏	备注
					理的混交方法			
	景观设计技术	结合区域系统性、完整性、开放性和综合性特点，适时适地的利用景观生态需求，规划场地和人文自然景观	城市开发及生活配套设施区域	高	高	景观绿化后期养护重要	无产生二次污染和破坏的风险	
	稳定边坡损害恢复技术	植物护坡技术	结合评估区边坡坡度、立地条件、自然条件，经土地整治实施后采取植树种草护坡措施，提高边坡植被覆盖和景观效果	挖填边坡区域、弃土（石、渣）堆渣边坡区域	较高	较高	较高	无产生二次污染和破坏的风险
	综合护坡技术	结合土地（土壤）损害恢复方案，选择骨架植草、土工格室植草等技术	项目开挖岩质和石质裸露边坡区域、取料场岩质开挖边坡区域及其他景观需求的裸露边坡	高	设计及稳定性验算很重要，技术较成熟	高	无产生二次污染和破坏的风险	