

ICS13.020.01

CCS Z 06

T/ECOSC

团 体 标 准

T/ECOSC 0001—2026

山水林田湖草沙一体化保护和修复工程
效益评估规范

Specification for evaluating the ecological and socioeconomic benefits of

Shan-Shui Initiatives

2026-06-16 发布

2026-06-16 实施

中国生态学学会 发布

目 次

前言.....	III
引言.....	V
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	2
4 总体要求.....	4
4.1 科学性.....	4
4.2 系统性.....	5
4.3 可操作性.....	5
4.4 动态性.....	6
5 评估流程.....	6
6 评估范围、尺度和周期.....	9
6.1 评估范围.....	9
6.2 评估尺度.....	9
6.3 评估周期和频率.....	9
7 评估指标和评估数据.....	9
7.1 评估指标.....	9
7.2 评估数据.....	11
8 评估方法.....	12
8.1 评估原则.....	12
8.2 评估依据.....	12
8.3 评估方式.....	13
8.4 测量值来源.....	13
8.5 效益核算.....	14
8.6 综合效益评估.....	15
9 评估结果.....	19
10 评估资料管理.....	19
10.1 基本要求.....	19
10.2 资料类型.....	20
10.3 评估资料归档.....	21
10.4 建立评估成果发布机制.....	21
附录 A（规范性） 评估指标测算方法.....	22
A.1 生态效益.....	22
A.1.1 景观结构多样性.....	22
A.1.2 景观连通性.....	23
A.1.3 重要生态系统面积.....	24

A.1.4	植被覆盖度	25
A.1.5	自然岸线保有率	25
A.1.6	本地物种数目	26
A.1.7	重要物种及生境状况	26
A.1.8	有害物种变化	27
A.1.9	水源涵养	28
A.1.10	洪水调蓄	30
A.1.11	水土保持	31
A.1.12	水质净化	32
A.1.13	防风固沙	34
A.1.14	空气净化	34
A.1.15	土壤环境	35
A.1.16	固碳增汇	36
A.1.17	气候调节	38
A.1.18	声环境	39
A.2	经济效益	40
A.2.1	居民收入	40
A.2.2	农林牧渔业生产	40
A.2.3	休闲旅游康养	41
A.2.4	自然资源资产收益	41
A.2.5	政府自然环境应急资金投入	41
A.2.6	景观增值	41
A.3	社会效益	42
A.3.1	公众满意度	42
A.3.2	公众就业率	42
A.3.3	生态教育	42
A.4	工程后期管理机制	42
A.4.1	概念解析	42
A.4.2	测算方法	43
A.5	数据来源	43
附录 B (资料性)	评估报告编写提纲	45
参考文献	48

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》的规定制定。

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。

本文件由中国林业科学研究院林业研究所提出。

本文件由中国生态学学会归口。

本文件起草单位：中国林业科学研究院林业研究所、中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所、生态环境部南京环境科学研究所、中国科学院沈阳应用生态研究所、辽宁省林业科学研究所、中国科学院城市环境研究所、国家林业和草原局国家公园（自然保护地）发展中心、水利部水土保持生态工程技术研究中心、中国水利水电科学研究院、中国国际工程咨询有限公司、中铁第五勘察设计院集团有限公司、中国林业科学研究院林业科技信息研究所、国家林业和草原局西北调查规划院、北京神州瑞霖环境技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：张雷、董莉莉、尹昌君、张劲松、孙守家、孙鹏森、刘世荣、孙一荣、侯晓静、王燕、高卫东、王昭艳、任引、陆霁、吴志丰、冀春雷、李振坚、王祥福、周俭、刘俊祥、王茱雯、王玲荣、周瑜鑫。

本标准自发布之日起实施。

引 言

当前，山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，是国家生态安全治理体系和生态文明建设的重要实践路径和核心内容之一，是生态保护修复工作的根本遵循和基本方法论。自2016年以来，全国范围内多个山水林田湖草沙一体化保护和修复工程（以下简称“山水工程”）项目已陆续启动实施，部分项目已陆续竣工。

为深入贯彻生态文明建设总体要求，落实“山水林田湖草沙生命共同体”的生态保护和修复理念，规范山水工程系统治理效益评估工作，进而客观、准确地评价山水工程在生态—经济—社会维度的可持续性，为当前及未来山水工程的决策和管理提供科学依据，特制定本文件。

本文件是为山水工程全流程（含勘察、规划、设计、施工、监理、验收、管护及效益评估等环节）闭环管理中效益评估相关工作制定的专项规范标准。

山水林田湖草沙一体化保护和修复工程 效益评估规范

1 范围

本文件规定了山水林田湖草沙一体化保护和修复工程（以下简称“山水工程”）生态效益、经济效益和社会效益评估的总体要求、评估流程、评估周期、评估范围、评估尺度、评估指标、评估数据、评估依据、评估方法、评估结果、评估报告及评估资料管理等各方面的基本要求及相应的技术方法。

本文件适用于全国国土范围内山水工程的效益评估工作，其他生态系统保护修复工作可参照执行。

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 3095 环境空气质量标准
- GB 3096 声环境质量标准
- GB 3838 地表水环境质量标准
- GB 5084 农田灌溉水质标准
- GB 5749 生活饮用水卫生标准
- GB 11607 渔业水质标准
- GB/T 14848 地下水质量标准
- GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB/T 15774—2008 水土保持综合治理 效益计算方法
- GB/T 15781 森林抚育规程
- GB/T 18337.3 生态公益林建设 技术规程
- GB/T 20479 沙尘暴天气监测规范
- GB/T 33027 森林生态系统长期定位观测方法
- GB/T 34815 植被生态质量气象评价指数
- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
- GB/T 37364（所有部分） 陆生野生动物及其栖息地调查技术规程
- GB/T 38582—2020 森林生态系统服务功能评估规范
- GB/T 39791.3 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第3部分：恢复效果评估
- GB/T 41222 土壤质量 农田地表径流监测方法
- GB/T 43648 主要树种立木生物量模型与碳计量参数
- GB/T 43681 生态系统评估 区域生态系统调查方法
- GB/T 46869 生态系统评估 陆域生态产品总值核算技术指南
- GB/T 50159 河流悬移质泥沙测验规范
- GB 50179 河流流量测验规范
- HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）
- HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
- HJ 164 地下水环境监测技术规范
- HJ 192—2015 生态环境状况评价技术规范
- HJ 633 环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）
- HJ 710（所有部分） 生物多样性观测技术导则
- HJ 1167 全国生态状况调查评估技术规范——02 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——03 草地生态系统野外观测
HJ 1169 全国生态状况调查评估技术规范——04 湿地生态系统野外观测
HJ 1170 全国生态状况调查评估技术规范——05 荒漠生态系统野外观测
HJ 1172 全国生态状况调查评估技术规范——07 生态系统质量评估
HJ 1173 全国生态状况调查评估技术规范——08 生态系统服务功能评估
HJ 1296 水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价（试行）
HJ 1311 自然保护区生态环境调查与观测技术规范
HJ 1340—2023 生物多样性（陆域生态系统）遥感调查技术指南
HJ 1345 外来入侵植物对陆域自然保护区生物多样性影响评估技术导则
HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
HY/T 081 红树林生态监测技术规程
HY/T 0457 蓝碳生态系统碳储量调查与评估技术规程
LY/T 1218 森林土壤渗透率的测定
LY/T 2244（所有部分） 自然保护区保护成效评估技术导则
LY/T 2653 大熊猫栖息地适宜性监测与评价规范
LY/T 2988 森林生态系统碳储量计量指南
LY/T 3317 竹林低碳经营与碳汇计量监测技术规范
NY/T 1861 外来草本植物普查技术规程
QX/T 780 卫星遥感监测技术导则 城市热岛
SL 42 河流泥沙颗粒分析规程
SL 43 河流推移质泥沙及床沙测验规程
SL 190 土壤侵蚀分类分级标准
SL 339 水库水文泥沙观测规范
SL 395 地表水资源质量评价技术规程
SL 537 水工建筑物与堰槽测流规范
SL/T 277 水土保持监测技术规程
SL/T 712 河湖生态环境需水计算规范
SL/T 793 河湖健康评估技术导则
SL/T 800 河湖生态系统保护与修复工程技术导则
SL/T 820 水利水电工程生态流量计算与泄放设计规范
SL/T 823 淤地坝维修养护标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

山水林田湖草沙生命共同体 mountains, rivers, forests, farmlands, lakes and grasslands are a community of life

山脉、河流、森林、农田、湖泊、草地、沙漠（沙地）等自然生态要素是一个相互联系、相互依存、相互作用的有机生命系统，这个生命系统是人类赖以生存和发展的物质基础，同时人类也是自然界的组成部分，人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然，实现人与自然的和谐共生。

3.2

山水林田湖草沙一体化保护和修复工程 Shan-Shui Initiative

又称“山水林田湖草沙生态保护修复工程”或“山水林田湖草沙系统治理工程”，简称“山水工程”。按照山水林田湖草沙生命共同体理念，依据国土空间总体规划以及国土空间生态保护修复等相关专项规划，在一定区域范围内，为提升生态系统自我恢复能力，增强生态系统稳定性，促进自然生态系

统质量的整体改善和生态产品供应能力的全面增强，遵循自然生态系统演替规律和内在机理，对受损、退化、服务功能下降的生态系统进行整体保护、系统修复、综合治理的过程和活动。山水工程通常需要政府或社会资本进行投资支撑。

[来源：自然资办发〔2020〕38号，A.2定义]

3.3

治理效益评估 **evaluation of the benefits of eco-environmental governance**

在科学的治理技术与政策措施实施后，依据山水工程项目规划设计的总体目标、具体目标及分期分阶段目标，通过跟踪监测、现场考察与检验等技术手段，采用定性与定量相结合的方法，对山水工程短期和长期的生态效益、经济效益及社会效益的变化开展综合分析与评估，并判定治理目标实现进度的过程。

3.4

评估单元 **assessment unit**

根据评估目的和评估方法的需要，划分的用于效益评估的地理空间单元。

3.5

基准期 **baseline period**

通常指山水工程实施的前一年；也可以根据需要，以工程治理前处于干扰状态下较长的一个时间段作为评估期。

3.6

本底值 **baseline value**

又称“基准值”，基准期针对山水工程评估区开展测量获取的指标数值。

3.7

评估期 **assessment period**

开展效益评估的年份，可以是工程实施期间的某一年或工程实施后的一个时间段。

3.8

现状值 **current status value**

在评估期针对山水工程评估区开展测量获取的指标数值。

3.9

参照生态系统 **reference ecosystem**

一个能够作为生态恢复目标或参考模式的本地生态系统。通常包括历史破坏前的生态系统、未因人类活动而退化的生态环境相似的周边本地原生生态系统，以及能够适应正在发生的或可预测的环境变化的类似生态系统。

注：演替后期的生态系统可能不适合演替早期林地初始恢复阶段的参考场地，尽管这些演替后期的生态系统有助于作为多阶段、长期的参考模式，并制定长期的项目目标。

[来源：自然资办发〔2020〕38号，A.17定义，有修改]

3.10

参照区 **reference area**

与治理区在自然地理及社会经济条件上具有历史相似性,可作为山水工程保护恢复目标或理想参考模式的毗邻区域。例如,参照生态系统、水文学配对小流域中保持自然状态的流域等。

3.11

参照值 reference value

在参照生态系统或参照区中获取的某一评估指标的数值。包括来自历史参照区的历史参照值和来自评估期参照区的现实参照值。

3.12

对照区 control area

与山水工程治理区自然生态环境和社会经济条件相似,面临相同的环境压力,但未进行工程治理的毗邻区域。通常可选择生态系统或小型流域作为对照区。

3.13

对照值 control value

从对照区测定的某一指标数值。包括基准期获得的历史对照值和评估期获取的现实对照值。

3.14

目标值 target value

山水工程规划设计阶段设定的总体目标、具体目标及分期分阶段目标中包含的明确的指标数值。

3.15

限定值 limit value

国家、行业及地方强制性标准所限定的指标数值,或国家及地方特殊规定中所限定的指标数值。有时目标值和限定值相同。

3.16

达标率 compliance rate

针对单点同一指标的多次监测中,达到某类标准的次数占总监测次数的百分比;或针对同一指标的多个监测点中,达标监测点数占总监测点数的百分比。

3.17

适应性管理 adaptive management

通过评估过去采用的政策和实践来获得知识,并应用于未来项目和计划中,从而改进管理政策和实践的持续过程。

[来源:自然资办发〔2020〕38号,A.2定义,有修改]

4 总体要求

4.1 科学性

评估工作应基于坚实的科学技术、方法和理论,以确保评估过程的严谨性和评估结果的可靠性,要求如下:

——目标明确:评估目的和目标应明确,评估指标应与目标紧密相关,且有公认的理论支撑;

- 指标适宜：评估指标应最能清晰反映治理措施带来的山水林田湖草沙系统的状态特征变化，准确识别工程实施带来的效益改善或存在的问题，并揭示其成因；
- 操作规范：采用的评估指标、模型、标准和技术流程应符合国家、行业相关标准与规范，优先选用经过实践检验的成熟方法；
- 情景适配：在遵循本文件总体要求的基础上，每个山水工程都应根据自身自然地理特征、治理目标、管理和评估需求，选择一套具有情境特定性的评估指标体系；
- 可修订性：评估方案应具备动态调整与迭代完善机制，可依据评估实施结果及时优化修正，并能够随着数据资源的积累、技术方法的改进及研究能力的提升实现持续扩展与升级；
- 政策衔接：评估工作需与现行及拟出台的政策导向紧密衔接、同频共振，评估结论不仅要为山水工程的科学化管理与决策优化提供实证支撑，同时要为其长期发展方向提供前瞻性指引；
- 透明可溯：应详细记录评估方法、数据来源、假设条件、模型参数、不确定性分析等方面的工作，确保评估过程透明、可核查、可重复。

4.2 系统性

评估工作应遵循“山水林田湖草沙生命共同体”理念，统筹考虑工程范围内自然地理单元的整体性与连续性、生态系统的完整性与关联性、生产—生活—生态空间布局的协调性、生态网络与生态廊道的连通性、区域生态系统和人类福祉协同提升等方面，要求如下：

- 要素全面性：评估对象需全面涵盖工程区山、水、林、田、湖、草、沙等核心要素，及其相互作用的完整生态系统或生态—社会—经济复合系统，确保各要素之间的相互关系和联动效应得到充分考虑，避免单一要素、局部区域或孤立功能的碎片化评估；
- 空间整体性：评估工作应筹考虑工程区内上中下游、左右岸、山上山下、岸上水下的协同治理效果，检视项目布局及措施配置的空间合理性，及其对区域生态系统结构与功能整体性提升的贡献；
- 因果分析：评估工作应构建“工程措施—结构—过程—服务—效益”的评估框架和因果链条，评估指标和方法能够追踪和验证这一链条，证明效益增量确实源于山水工程，而非其他干扰因素；
- 空间尺度嵌套：评估应考虑多空间尺度效应，建立立地—生态系统—小流域—区域/景观的多尺度评估框架，说明效益产生的空间尺度及其传导路径；
- 权衡性：应关注评估指标之间的权衡性，尤其是评估指标的选择应既要聚焦工程既定治理目标，也需覆盖与之存在显著权衡关系的其他非治理目标领域，确保评估工作成功实现权衡；
- 效益联动：评估工作宜全面涵盖生态效益、经济效益和社会效益，突出生态效益的核心地位，阐明生态效益如何反馈并惠及社会经济效益，以及评估指标之间和生态要素之间效益权衡协同和互作关系；
- 多方参与：评估过程应吸纳多元利益相关方和权利持有人（政府部门、科研机构、实施单位、当地社区、等）参与，确保评估视角全面，结果广泛认可，特别是社会经济效益评估环节；
- 管理层次应对：评估应形成完整的“目标设定—执行—核算—反馈—学习—再评估”闭环管理系统，评估结果应能反馈指导工程的适应性管理，并为区域宏观政策制定提供依据；
- 评估流程闭环：评估框架、指标体系、方法要求、数据要求、结果报告等各部分应紧密衔接，形成逻辑闭环。

4.3 可操作性

评估工作在确保科学性的基础上，需注重实践的可操作性，要求如下：

- 指标本身可执行：应优先选择易理解、易监测、易获取、代表性强、可靠性高的评估指标；

- 指标精干专一：评估指标数量应尽可能少，指标间应保持相对独立性，同一指标通常不能用于多个评估目标；
- 数据成本优异：应结合工程区生态环境特征，兼顾调查监测便利性、高效性与经济性，充分利用现有数据资料与成果，或项目管理过程中通过合理额外努力可收集到的数据；
- 方法成本优异：应致力于采用最具成本效益的评估方法，且能充分检视该指标的治理目标（即其状态）或管理目标（即与压力相关的目标）是否达成；所选评估方法不应产生不可接受的环境或社会经济影响；
- 总投入成本优异：评估工作的总投入（人力、物力、财力）应与工程规模、重要性及评估精度要求相匹配，力求以合理的成本获得有价值的评估结论。

4.4 动态性

评估工作应反映工程在时间和环境变化条件下的动态特征，避免静态数据替代系统动态特征，要求如下：

- 长期评估：鼓励建立长效监测机制，开展动态跟踪评估，及时捕捉系统变化趋势、长期效益、稳定性和可持续性，以支持迭代式评估循环；
- 时空可比性：评估过程中，应确保采样、监测、分析及计算方法的一致性，以反映系统在时空尺度上的动态变化。如因周期或规模变动导致方法不可延续，应在评估报告中说明差异及校正措施。

5 评估流程

山水工程效益评估流程见图1，可划分为五个阶段，具体如下：

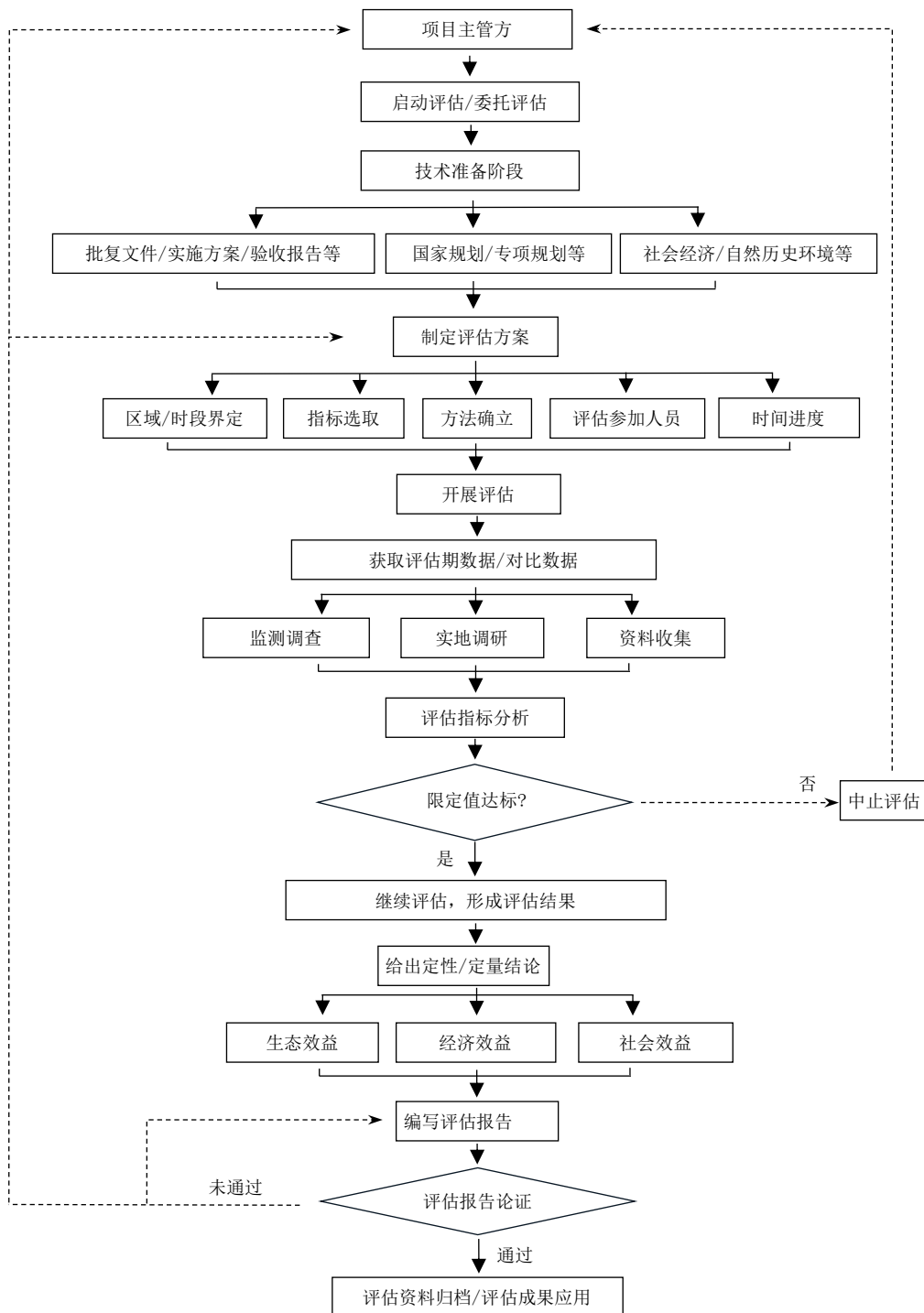


图 1 效益评估流程图（实线表示顺序执行流程，虚线表示反馈执行流程）

- a) 技术准备阶段。评估工作应首先通过资料回顾、现场勘察和人员访谈等途径，完成技术准备工作：
- 资料回顾：收集与山水工程相关的政策文件、规划文本及工程建设和管理资料，主要包括：工程项目批复文件、工程实施方案、可行性研究报告、工程设计资料、施工组织设计资料、监理报告、实施方案变更协议、工程验收报告、施工和运行过程中的监测数据、

施工管理文件、建设区自然环境与社会经济背景数据，国土空间规划、生态保护红线专项规划等国家和地方重大规划及相关专项资料，工程应急处理方案、监理监测方案及相关数据等；

- 现场踏勘：应开展现场勘察工作，了解山水工程实施、工程设施运行和管理等方面情况；
 - 人员访谈：通过访谈工程责任单位、勘察调查单位、方案编制单位、工程监理单位、工程施工单位的参与人员，全面了解山水工程建设、运行和管理等方面的情况；
 - 明确评估目的与目标：结合山水工程的核心任务、生态系统特征和区域发展需求，构建涵盖“生态—社会—经济”维度的综合效益评估体系，重点评估工程在生态功能提升、社会福祉增进与经济可持续增长等方面的动态效益及可持续性，为后续工程优化与政策调整提供依据；
 - 明确评估组织架构：明确评估工作的组织主体、实施主体与审核主体，界定各方职责与协作机制。
- b) 方案制定阶段。应依据评估目的和目标制定评估工作方案：
- 评估方案应明确评估内容、评估指标、效益类型、受益对象、评估的空间与时间范围、评估方法与工具、数据来源与获取时段、专家团队组成、时间节点安排、数据管理流程（包括收集、分析、存储与共享）等内容；
 - 应根据实际需要，确定定量与定性相结合的评估指标，识别须遵循强制性标准或政府部门特殊规定的指标，构建完整的山水工程效益评估指标体系；
 - 评估方案宜由工程相关管理机构工作人员、主要利益相关方及领域专家共同参与制定与实施。
- c) 开展评估阶段。按评估方案开展数据收集、处理、分析和效益核算工作：
- 通过资料调取、实地勘察、监测记录、社会调查等方法，系统收集各项评估指标所需数据，建立统一规范的评估数据库；
 - 按指标计算方法处理基础数据，得出指标现状值及变化趋势，形成相应图表，完成定量与定性评估，并对评估结果进行解释和分析；
 - 如评估期内涉及国家、行业或地方强制性标准限定值或政府部门特殊要求的指标限值（限定值），须优先进行监测评估。如该类指标未达标，则应中止评估，并将结果及时反馈委托方。
- d) 编写评估报告。评估成果应以报告形式呈现，要求如下：
- 报告应包含摘要、前言、项目背景、工程概况、实施情况、评估方法与方案、评估结果与结论、存在问题、建议与适应性管理措施、附录等部分。具体格式参照附录B；
 - 应清晰展示评估结果及治理目标完成情况，辅以图表等可视化形式增强表达效果。结果表述要规范，禁止使用模糊表述（如，显著改善），尽可能采用量化表述并注明置信区间；
 - 报告应系统分析工程实施的系统性效果，包括要素间相互作用、多维效益关联性、因果机制验证、工程区整体增量效益的量化等方面；
 - 报告编制过程中或完成后，应与利益相关方和权力主体进行充分沟通与意见征询。
- e) 评估报告论证。评估报告应经专家评审组论证确定，要求如下：
- 评审专家组人员应具备相关领域的多年实践经验，且专家人数不少于5人；
 - 应结合室内资料审核、现场踏勘与实测检验等方式，对评估指标选择的合理性、数据与方法可靠性、阶段目标完成情况、结论严谨性等方面提出意见，最终明确报告是否通过；
 - 如报告未通过评审，专家组应提出书面整改意见，待整改完成后重新组织评审；
 - 评审内容应包括报告文本、基础数据、图件文档等。数据宜以系统检查为主、人工复核为辅；文档及图件应分类整理、编号成册，确保清晰规范。

6 评估范围、尺度和周期

6.1 评估范围

在调查分析基础上，参考山水工程规划设计和施工范围，结合行政区范围，确定效益评估范围，要求如下：

- 一般选取由相互作用的多类生态系统（多个自然生态要素）组成的空间范围作为评估范围，包括山水工程的实施区域及其主要影响区域。例如，以相对完整、封闭的自然地理单元或生态系统自然边界（如江河湖流域、地貌单元、生物地理区）、或行政单元作为评估范围；
- 鉴于评估的可操作性，推荐选取治理区域及其影响区域所在的流域作为评估范围；
- 评估范围应有明确的地理坐标边界。

6.2 评估尺度

空间评估尺度划分为区域尺度（见6.1中的评估范围）和生态系统尺度两类，生态系统尺度是区域尺度内部又划分出的若干评估单元，要求如下：

- 应根据评估目的和目标，以及山水工程规划设计阶段制定的区域和保护修复单元尺度上的保护修复措施和目标，划分效益评估单元，综合确立开展评估指标分析的焦点评估尺度；
- 考虑到山水工程要素间的关联性，必要时生态系统尺度制定的工程规划设计目标，需要在工程区域尺度上进行效益评估；
- 区域尺度和生态系统尺度关注社会、经济和生态方面的效益改善情况；
- 山水工程施工的场地尺度不作为效益评估的基本单元，其主要侧重工程基础设施维修管护机制方面的评估。

6.3 评估周期和频率

效益评估贯穿于山水工程规划、设计、实施和竣工验收后全过程。规划、设计和实施阶段侧重效益预测与目标设定，验收后评估侧重效益实现度与归因分析。本文件侧重山水工程验收后效益评估工作，其他阶段的效益预估不在本文件规定之内。

- 评估周期和频率根据山水工程特点、评估指标特性及区域生态—社会环境特征综合确定，要求如下：
- 基本原则是评估周期应尽可能较长，必要时可适当或尽可能缩短。一般来说，在评估初期，评估频率会较高。支持长期跟踪和动态评估，及时反馈工程带来的效益变化；
 - 评估工作应具备足够的灵活性，以应对未预见的、可能快速发生的应急性事件；
 - 一般原则是评估工作宜在工程竣工验收后每3~5年开展一次。五年评估周期，原则上与区域国民经济和社会发展五年规划期限相对应，每个区域5年规划期结束后开展一次。若评估基期年份至区域五规划未满足5年，则以实际年份计算；
 - 纯工程性的治理单元，在工程验收后开始进行效益评估；纯植被建设的治理单元，在植被成活且开始产生生态效益时开始效益评估；经济效益在有经济收入时开展效益评估。

7 评估指标和评估数据

7.1 评估指标

山水工程治理效益评估指标宜体现生态效益、经济效益和社会效益三大维度，具体评价指标见表1，要求如下：

- 指标类型的设立主要体现山水工程总体治理目的。其中生态效益涉及到宏观生态格局、生物多样性和生态功能三个子维度，分别体现生态格局优化、生物多样性提升和生态功能增强；

- 一级指标由能表征每个指标类别的指标构成，是指标类别的具体分类，体现山水工程的总体治理目标；
- 二级指标是一级指标下具体取值指标，由能衡量二级评价指标的具体指标构成，体现山水工程的具体治理目标。一级和二级指标的概念定义见附录A；
- 鼓励评估实施单位根据山水工程实际情况，在满足整体系统性评估要求的前提下，合理缩减一级指标或新增特色指标，酌情选择二级指标或另立，构建适配性评估指标体系，实现对特定山水林田湖草沙系统状态的全面掌握；
- 各指标的数据获取和计算方法应符合附录A中的相关要求。附录A中未列出的新方法在理论和逻辑层面合理，满足指标测算准确度和精度要求，且符合4.3和4.4要求的前提下，也可采用；
- 表1中管理机制不作为效益评估指标，只针对出现的问题提出需要持续改进的意见和建议，附着在效益评估总体报告中。

表1 评估指标体系及指标测算方法

指标类别	一级指标	二级指标（示例）	指标测算方法	
生态效益	宏观生态格局	景观结构多样性	斑块数、斑块多样性指数等	见 A.1.1：统计调查、遥感调查
		景观连通性	景观概率连通度、水网密度指数、水域连通度等	见 A.1.2：统计调查、遥感调查
		重要生态系统面积	生态系统类型构成比例，生态系统类型面积变化，地带性生态系统比例等	见 A.1.3：统计调查、遥感调查
		植被覆盖度	植被覆盖度，叶面积指数等	见 A.1.4：现场调查、遥感调查
		自然岸线保有率	河湖海自然岸线保有率	见 A.1.5：现场调查、遥感调查
	生物多样性	本地物种数目	物种数目、物种重要值、物种多样性指数等	见 A.1.6：现场调查
		重要物种及生境	物种丰度、种群数量和结构、生境（栖息地）分布范围、生境破碎度、生境适宜性等	见 A.1.7：现场调查、遥感调查、生境模型
		有害物种	入侵物种或本地有害物种种类和数量等	见 A.1.8：统计调查，生境模型
	生态功能	水源涵养	水源涵养量（m ³ /a）、生态流量（m ³ /a）、年产流量（m ³ /a）、地下水位（m）等	见 A.1.9：直接监测、水量平衡法、水量供给法、净初级生产力法
		洪水调蓄	洪峰消减量（m ³ ）	见 A.1.10：植被，水量平衡法；湿地，调蓄模型
		水土保持	土壤侵蚀模数（t·ha ⁻¹ ·a ⁻¹ ）、土壤侵蚀深度（mm）、水蚀产沙量（t·ha ⁻¹ ·a ⁻¹ ）等	见 A.1.11：直接监测、土壤流失模型、净初级生产力方法
		水质净化*	污染物浓度、水质监测断面达标率（%）等	见 A.1.12：直接监测
		防风固沙	土壤风蚀量（t/a 或 t）、防风固沙量（t/a 或 t）等	见 A.1.13：直接监测、风力侵蚀模型
		空气净化*	污染物浓度（μg/m ³ ）、空气质量优良天数（d）等	见 A.1.14：直接监测
		土壤环境*	土壤保肥能力（t/a）、土壤污染物浓度（mg/kg）、土壤含盐量（k/kg）等	见 A.1.15：直接监测
	固碳增汇	生物量（t.d.m/ha）、碳储量（t C/ha）、固碳速率（t C/a·ha）、森林蓄积（m ³ /ha）等	见 A.1.16：直接监测、生物量模型法、净生态系统生产力法、固碳速率法	

表 1 评估指标体系及指标测算方法（续）

指标类别		一级指标	二级指标（示例）	指标测算方法
生态效益	生态功能	气候调节	温度（℃）、城市热岛强度等	见 A.1.17：直接监测、蒸散模型
		声环境*	噪音值（dB）、声环境质量达标率（%）	见 A.1.18：直接监测
经济效益		居民收入	居民收入	见 A.2.1：统计调查
		农林牧渔业生产	农林牧渔产品产量、质量与价值量，农林牧渔总产值及各占总产值的比例等	见 A.2.2：统计调查
		休闲旅游康养	年旅游总人次或收入等	见 A.2.3：统计调查
		自然资源资产收益	自然资源资产保值增值额度、生态产品市场化交易收益，市场化生态补偿收益等	见 A.2.4：统计调查
		政府自然环境应急资金投入	野生动物肇事补偿、森林火灾控制等	见 A.2.5：统计调查
		景观增值	景观增值的土地面积、景观货币价值量等	见 A.2.6：统计调查
社会效益		公众满意度	公众满意度、景观协调性等	见 A.3.1：统计调查
		公众就业率	公众就业率	见 A.3.2：统计调查
		生态教育	生态教育场次和人数等	见 A.3.3：统计调查
后期管理机制		基础设施运行维护	工程基础设施的检查、养护和维修等管护机制建立与落实	见 A.4：调查、访谈
		适应性管理	—	
		前期组织机制管理模式可持续性	政府领导和监督、专业机构和专家参与、资金筹措和管理、长期监测和评估机制、不当人为干扰控制等	
<p>注： 1) 针对特定的山水工程，一级指标可缩减，二级指标可酌情选择或另立。</p> <p>2) 一级和二级指标的定义见附录 A。</p> <p>3) *代表存在强制性指标，这些指标来自国家、行业和地方强制性标准规范或国家和地方政府相关的特别要求。</p> <p>4) 指标测算方法一栏中，方法排列顺序越靠前代表测算精度越高。</p> <p>5) 指标应用的空间尺度见 6.2 和表 2。</p> <p>6) 管理机制不作为效益评估打分项目，只针对出现的问题提出需要持续改进的意见和建议，附着在效益评估总体报告中。</p>				

7.2 评估数据

评估数据应满足以下基本要求：

- 评估数据宜主要来自实施单位或评估单位的监测数据，自然资源、生态环境、水利、农业农村、林业和草原、气象、旅游和统计等部门的自然资源调查监测和生态环境监测结果，以及相关科研机构和院校的长期监测数据及其研究成果；
- 应确保评估数据的权威性、准确性、时效性和可获得性。如有上级主管部门审定的数据，应当优先采用；其次应优先采用权威部门的遥感、监测、普查、调查、统计等数据，尽可能使用高分辨率时空数据；

- 现有数据资料不能满足需求时，可加大统计调查监测频率，增加调查监测点，由相关领域的专家按照相应标准规范或有关部门统一制定的调查方法和技术准则开展调查监测；
- 数据获取方法（如，野外调查和监测、卫星监测、模型模拟）应与评估指标特征相匹配，与评估的空间尺度和时间尺度（短期、中期、长期）相匹配；
- 采用自然资源基础数据应依据最新的自然资源调查、确权登记以及相关生态状况监测评估等成果；相关图件应符合自然资源及国土空间基础信息平台建设管理和应用要求；数据的传输、共享和应用符合国家安全保密规定；
- 同一指标有不同数据来源时，应评估、比较和确定数据来源，从数据的完整性、代表性、准确性与可比性等角度进行分析筛选；
- 无论数据来自何处，拟使用这些数据的评估工作都应确保数据收集、存储、分析和解读的协调性。

8 评估方法

8.1 评估原则

评估方法应满足山水工程建设和管理方面的实际需求：

- 目标导向：评估方法应紧密围绕工程规划的总体目标、具体目标和分期分阶段目标，衡量目标的实现进度；
- 问题导向：评估方法应针对工程区亟待解决的核心生态问题（如水土流失、水源涵养功能下降、生物多样性受损等），重点评估这些问题区域的改善状况；
- 管理导向：评估方法应不仅限于发现山水工程取得的成就和存在的问题，更应深入分析成就或问题的成因，提出具有针对性的管理建议，为未来同类工程的规划、设计和管理提供经验借鉴；
- 效益指标：根据工程目标和本文件第7章（指标体系）筛选出本次评估的核心效益指标；
- 量化优先原则：尽可能采用定量评估方法，对难以量化的效益，规定定性描述的标准化要求和佐证材料；
- 对比原则：评估应建立有效的基线（工程实施前）、对照（未实施工程的相似区域）或参照；增量效益核算可采用工程建设前后对比、与对照区进行对比、与参照区进行对比，与目标值或限定值进行对比、以及问卷调查和人员访谈等方法；
- 排除干扰：当工程治理效果评估发生在工程建设后较长一段时间时，或者评估指标受气候变化影响较大时，应考虑气候变化等因素对相关评估指标的影响，理清山水工程独立贡献；
- 时间变异：当所选评估指标年际波动较大，工程治理前后进行对比时，评估基准年建议选取2000—2015年，工程建设后的评估期宜至少选择连续3年（当年及过去2年）监测值的滑动平均值或并集作为现状值。年际波动较小的指标，可采用当年监测值作为现状值；
- 综合得分：综合效益核算不应简单追求一个总分，而应清晰呈现各项效益的达成情况、协同与权衡关系，为决策提供多维度信息。

8.2 评估依据

8.2.1 事实依据

山水工程治理效益评估应以项目规划设计阶段制定的预期目的和目标及其相应的生态—经济—社会（含文化）效益目标为主要事实评估依据。

事实评估依据主要来自反映山水工程综合治理任务来源、工作部署与验收情况的资料信息，包括但不限于上级主管部门提出的规划与治理任务书（或通知）、项目主管单位或实施单位上报的申请书和上

级的批复、综合治理规划设计报告、工程实施方案、调查报告、勘察报告、工程设计方案及变更或补充设计、施工图设计、综合治理承包合同、监理报告、阶段性验收或工程竣工验收报告及验收意见，相应的规划图件、分析评估图件、专题图件、综合图件等附图附表、以及山水工程资金管理办法等。

8.2.2 背景依据

评估工作应置于广泛的可持续发展背景下开展。评估过程要以国家及地区国民经济和社会发展规划、国土空间总体规划、生态保护红线专项规划等宏观战略管制要求为基础背景评估依据，做到效益评估与国家、行业和地方重大发展规划和专项规划相衔接相协调。同时利用共同的基础数据。

8.3 评估方式

山水工程效益评估应采用定量评估和定性评估相结合的方式，要求如下：

- 通常宜针对同一指标同时开展定量和定性评估；
- 当某一具体定量目标（指标）的评估期限还未到达时，可只开展定量评估；当评估指标不涉及工程具体治理目标时可只开展定量评估；
- 定量评估应通过可量化指标、数学模型及统计方法，对工程效益进行数值化测算与分析；
- 定量评估应按“数据采集—指标计算—达标分析—趋势研判”流程开展，形成量化评估报告，明确各项指标的改善幅度、达标程度及未达标的原因；
- 对于实在难以量化的效益指标，采用定性评估方法，以弥补定量评估的不足，凸显工程的系统性治理价值；
- 定性评估应能反映山水工程既定目标的完成情况和生态问题解决程度，以及在生态系统整体性、协同性与社会—生态系统适配性方面的效益特征。

8.4 测量值来源

定量和定性评估中测量值包括现状值和与之进行比较的对比值（本底值、对照值、参照值、目标值、限定值）。

效益核算过程中，应根据指标特征及数据的可获取性，选择相应来源的对比值：

- 现状值认定见3.10；
- 目标值认定见3.17；
- 限定值认定见3.18；评估工作应优先以限定值作为对比值，对该指标进行评估；
- 现有标准规范或山水工程治理领域广泛应用的标准规范中规定的评估指标限定值，可作为对比值；已颁布标准中明确规定的指标，宜采用本方法；
- 若参照生态系统设定为工程治理区的邻近区域，且该区域与治理区生态环境特征相似、未发生退化或仅轻微退化（保存较完整），可以参照生态系统的监测值作为现实参照值；
- 可基于权威调查数据或专家判断确定历史参照值。若对比区设定为治理区受干扰前的历史状态，以历史数据为基础，经专家评议后确定某一时段为参照区或参照生态系统，其指标值可作为历史参照值（对比值）；
- 本底值认定见3.7；
- 对照值认定见3.16；
- 社会经济效益指标，可以工程治理前的指标值（本底值）作为对比值；
- 对于从参照生态系统或参照区获取参照值困难的评估指标，可酌情采用该指标最大值或参考文献数据作为对比值；
- 如果难以找到合适的对比值，应组织专家对评估指标进行评估，评估工作的原则、程序和标准应由专家组商议确定；专家组成员至少有5人组成，组内成员由长期从事相关指标研究的科研人员和工作人员组成，且最好熟悉当地的生态和社会经济环境条件。

8.5 效益核算

8.5.1 单指标提升率

单指标提升率按公式 (1) 计算:

$$\Delta A_i = \frac{A_{o,i} - B_{c,i}}{B_{c,i}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- ΔA_i ——第 i 项指标的提升率;
- $A_{o,i}$ ——为第 i 项指标评估时的现状值;
- $B_{c,i}$ ——为第 i 项指标的本底值或对照值。

8.5.2 单指标恢复度

当待评估指标为正向指标 (即当该指标增大时表示相应的目标朝好的方向发展) 时, 单指标恢复度按公式 (2) 进行求算:

$$E_i = \begin{cases} A_{o,i}/E_{r,i} \times 100\%, & A_{o,i} < E_{r,i} \\ 1 \times 100\%, & A_{o,i} \geq E_{r,i} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (2)$$

当待评估指标为负向指标 (即当该指标减小时表示相应的目标朝好的方向发展) 时, 单指标恢复度按公式 (3) 进行求算:

$$E_i = \begin{cases} 1 \times 100\%, & A_{o,i} \leq E_{r,i} \\ (2 - A_{o,i}/E_{r,i}) \times 100\%, & E_{r,i} < A_{o,i} < 2E_{r,i} \\ 0, & A_{o,i} \geq 2E_{r,i} \end{cases} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- E_i ——为第 i 项指标的恢复度;
- $A_{o,i}$ ——为第 i 项指标评估时的现状值;
- $E_{r,i}$ ——为第 i 项指标的限定值、参照值或目标值。

8.5.3 生态工程贡献率

8.5.3.1 模型参数控制法

基于工程实施前后评估指标的时间序列数据, 通过统计模型或过程模型的变量参数控制, 区分自然气候因素 (如, 降水、径流) 与山水工程对工程区指标变化的贡献率, 进而界定山水工程的真实贡献。生态工程贡献率按式 (4) 求算:

$$EE_c = \frac{A_{avg}}{A_{real}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- EE_c ——为评估指标工程实施前后变化中山水工程自身的贡献率;
- A_{avg} ——为平均气候条件下评估指标工程治理前后变化的平均值;
- A_{real} ——为真实气候条件下评估指标工程治理前后变化平均值。

8.5.3.2 双重差分法

通过将治理区工程实施前后的指标变化, 与对照区同期的指标变化进行对比分析, 剥离治理措施的净效益, 从而解决传统工程实施前后对比中, 时间趋势混淆治理效益的问题。

净效益按式 (5) 计算:

$$V_{net} = (V_{a,t} - V_{b,t}) - (V_{a,c} - V_{b,c}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

V_{net} ——为评估指标工程实施前后的净变化（即“净效益”）；

$V_{a,t}$ ——为工程区评估指标评估值（工程施工后）；

$V_{b,t}$ ——为工程区评估指标本底值（工程施工前）；

$V_{a,c}$ ——为与 $V_{a,t}$ 同期监测的对照区评估指标测量值/现状对照值（工程施工后）；

$V_{b,c}$ ——为与 $V_{b,t}$ 同期监测的对照区评估指标测量值/历史对照值（工程施工前）。

8.6 综合效益评估

8.6.1 多指标综合效益

8.6.1.1 专家打分

当需对山水工程治理效益给出一个综合评估指数及分类分级价值认定准则时，宜采用专家打分法对已选择的评估指标进行赋值打分（0—100）。专家打分样表见表2。管理机制不作为效益评估打分项目，只针对出现的问题提出需要持续改进的意见和建议，附着在效益评估总体报告中。

专家打分过程应遵循以下基本要求：

- 专家打分过程中需在综合考虑区域本底特征、生态系统类型及演替状态、气候等自然地理因素，以及区域发展定位等社会经济因素的前提下，以各指标提升率（ ΔA_i ）和恢复度（ E_i ）为主要评估依据，对各个指标的改善情况进行打分；
- 专家打分过程中建议兼顾主体努力与进步幅度。受自然禀赋、社会经济发展水平、资金投入与修复成本差异及历史基础等因素影响，各地山水工程建设基础与成果存在客观差异，评估考核需重点考量建设主体的实际努力与进步幅度。例如，部分地区虽基础薄弱、指标完成的绝对值不高，但付出了显著努力且进步突出，对此应侧重考量其进步幅度，以充分保护基础薄弱、发展相对滞后地区参与山水工程建设的积极性；
- 由于各山水工程评估过程中涉及到的指标类型和数量以及评估目的和目标会存在不同，因此需针对每个山水工程进行独立打分；
- 专家评估打分过程优先推荐德尔菲（Delphi method）法，实际参与打分专家人数不少于7人，且具有多年相关领域的专业技能；条件不具备时可采用平均数或中位数或众数汇总所有专家的单评估指标分值，此时专家打分人数不少于10人；
- 在邀请专家进行打分的同时，应把山水工程相关背景资料和表2（填写数值后）同步发送专家。

表 2 山水工程效益评估指标专家打分样表

项目名称:																			
专家姓名:		单位:		专业:		职称:		从业年限:		邮箱:		电话:							
评分方式: 对山水工程效益评估中各指标的相对重要程度进行评分; 每个一级指标层最高评估得分为 100 分, 最低分为 0 分。																			
评估区	指标类别	一级指标	二级指标	基期 (时间)		当前评估 (第 X 期, XX 年)						下次评估	评分	备注					
				本底值 (治理前)		对照值 (未治理区)		评估值 (现状值)		期望值 (目标值/参照值/限定值)					提升度 (%)	恢复度 (%)	达标情况 (Y/N)	
				数值	来源	数值	来源	数值	来源	数值	来源								
整个工程区内的独立评估单元 (生态系统)	评估单元 1	宏观生态格局	植被覆盖度		XX	遥感			XX	遥感	XX	工程目标 (工程竣工 3 年后)							
	评估单元 2	生物多样性	本地物种数目		XX	监测			XX	监测									
	评估单元 3	水质净化	地表饮用水*	总氮含量 (mg/L)					XX	监测	≤0.5 (II类水)	GB3838			Y				
				粪大肠菌群 (ind./L)						XX	监测	≤2000 (II类水)	GB3838						
																		
	评估单元 4	碳汇功能	碳储量 (t/ha)		XX	调查					XX	参照生态系统							
.....																			
整个工程区尺度上的评估指标	宏观生态格局	景观连通度	水文连通度		XX	遥感			XX	遥感									
	社会经济效益	居民收入 (元)			XX	调查			XX	调查									
																		

表2 山水工程效益评估指标专家打分样表（续）

- 注：1) 本表为针对某一山水工程的评估样表，需要在整个工程区尺度上开展评估的指标标记到“整个工程区”一栏中，需要在生态系统尺度上开展评估的指标划分到“评估单元”一览中。
- 2) 通常专家评分只针对一级指标开展，根据需要也可在二级指标基础上开展评分。
- 3) 国家、行业或地方强制性标准规范中的指标，或国家和地方政府特别规定的指标限值需进行标注说明（*）。
- 4) 基期值和对照值可择机选择其一或全选进行测定。
- 5) 指标“目标值”有明确工程治理要求的需填写，其他情况择机选择。
- 6) “提升度”根据本底值或对照值测算而来，为山水工程的独立贡献，需注明数据来源。
- 7) 目标值的“来源”主要来自强制性标准规范限定值、国家和地方特别规定限值、工程治理目标值、参照生态系统属性值等。其他数值的数据“来源”主要指获取方式，包括直接监测、统计调查、模型估算、遥感反演等。
- 8) 表中除表头外，所列数字和文字仅为示例。

8.6.1.2 综合得分

8.6.1.2.1 总分集成方法

根据评估指标对比值的获取情况，综合评估指数通过以下两种方式核算：

- 在所有评估指标均可获取到恢复度 (E_i) 或提升率 (ΔA_i) 的情况下，宜对评估指标的相对重要性进行打分；以各指标的重要性得分作为权重，根据公式 (6) 计算效益完善度指数 (P)，根据公式 (7) 计算效益质量指数 (R)，作为综合评估指数；
- 在所有指标的恢复度 (E_i) 或提升率 (ΔA_i) 无法全部获取到的情况下，可直接对评估指标重要性进行打分；根据公式 (8) 以各指标的平均得分计算效益水平指数 (L)，作为综合评估指数；
- 以上三个综合效益指数宜优先选用效益完善度指数 (P)，其次是效益质量指数 (R)，最后是效益水平指数 (L)。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \times S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (\pm|\Delta A_i|) \times S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

P ——为效益完善度指数；

R ——为效益质量指数；

L ——为效益水平指数；

E_i ——为第 i 项指标的恢复度，见式 (2) 和式 (3)；

n ——为指标数量；

S_i ——为第 i 项指标的专家评分；

ΔA_i ——为第 i 项指标的提升率，见式 (1)；

$\pm|\Delta A_i|$ ——为第 i 项指标的改善效果（当其为正向变化时取正号，当其为负向变化时取负号）。

8.6.1.2.2 综合效益分级

根据综合效益指数划定治理效益为显著、较好、不明显和不佳 4 个等级（表 3），便于不同山水工程生态效益、经济效益和社会效益的对比或同一山水工程不同评估期的对比。

表 3 山水工程治理效益分级分类标准

效益等级	显著	较好	不明显	不佳
效益完善度指数 (P)	$P \geq 0.8$	$0.65 \leq P < 0.8$	$0.5 \leq P < 0.65$	$P \leq 0.5$
效益质量指数 (R)	$R \geq 0.5\%$	$0.1\% \leq R < 0.5\%$	$-0.1\% \leq R < 0.1\%$	$R \leq -0.1\%$
效益水平指数 (L)	$L \geq 80$	$65 \leq L < 80$	$50 \leq L < 65$	$L \leq 50$
注： 宜首先选用效益完善度指数 (P)，其次是效益质量指数 (R)，最后是效益水平指数 (L)。				

8.6.2 成本效益

成本效益可通过直接投资回报率和潜在直接投资回报率来表征；前者按照式（9）计算，后者根据式（10）计算：

$$ROI_d = \frac{\sum_{i=1}^r \Delta GR_i - COR}{COR} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$ROI_p = \frac{\sum_{i=1}^k \Delta GEP_i - COR}{COR} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中：

ROI_d ——为截至评估期的直接投资回报率；

ΔGR_i ——为截至评估期，工程为第 i 项经济效益评估指标带来的累计收入货币增加额度（元）；

r ——为待评估经济指标个数；

COR ——为截至评估期，工程累计投入成本（工程建设+管理）货币额度（元）；

ROI_p ——为截至评估期的潜在投资回报率；

ΔGEP_i ——为截至评估期，工程为第 i 项评估指标带来的潜在货币价值增加量（元），利用生态产品货币价值量来估算；

k ——为待评估指标个数。

价值评估过程中，基于生态产品实物量估算生态产品货币价值量的方法宜按 GB/T 46869 执行；时间价值的调整采用贴现率来实现，可按 GB/T 38582—2020 执行。

9 评估结果

评估结果应以文本和可视化形式清晰呈现，便于公众理解和决策参考，且包含以下内容：

- 定量结果：工程区宏观生态格局、生物多样性、生态功能、社会和经济效益等方面的状态和实际变化幅度和方向，以及山水工程的净效益贡献大小；
- 定性结果：工程区生态问题的解决程度，工程规划设计方案中具体目标、分期分阶段目标和总体目标的实现进度和完成情况，各项效益（生态、社会、经济）的实现程度，评估方案中评估计划完成情况；工程效益的持久性，生态系统是否形成了稳定的自我维持能力，以及应对气候变化等干扰的韧性和弹性；
- 成本效益：评估期的成本效益指数，及历次评估期成本效益指数的变化；
- 结果可靠性：评估结果应进行不确定性分析，说明主要不确定性来源，并尽可能量化不确定性范围；
- 政策建议：工程建设和维护管理方面取得的成功经验，以及需要持续改进的意见和建议，包括工程优化、监测方案完善、管理体制、政策和技术保障、监督管理、资金分配、最佳实践案例、经验推广等方面；
- 评估计划：下一次评估时间和评估内容等方面的计划安排。

10 评估资料管理

10.1 基本要求

评估成果资料管理宜遵循以下基本要求：

- 评估成果资料应包括效益评估过程中形成的各类技术资料，包括评估指标数据、评估报告、效益评估结论、专家评审意见等；

- 评估成果资料应按照规定进行质量检查与验收,主要检查和验收依据是现行国家技术标准及验收评定标准、项目委托书或合同书,以及项目委托方与实施方达成的其他文件、评估方案、项目实施方的质量管理文件等资料;
- 评估资料可参照档案管理规定进行归档,并保证归档资料的完整、真实、准确;确保评估过程清晰、透明,评估结果可追溯、可复核,关键参数、模型假设和计算过程有详细记录和说明;
- 评估结论可作为政府对工程实施效果监管、制定生态保护修护规划的重要参考依据。

10.2 资料类型

10.2.1 数据资料

数据成果包括各项指标采集的原始数据和经规范化处理后的数据,且宜以数据库、数据文件等形式提供并整理序列结构。

为使评估报告准确可信,在核算过程中应对数据的获取与处理进行质量控制,降低不确定性。在评估过程中,要确保使用的模型和收集到的数据能够代表实际情况。评估主体记录并保存核算方法及数据质量控制相关信息,需符合下列要求。

- 选择基于实地调查的方法时,应保存以下内容:
 - 连续测量的所有原始数据,包括测定时间和地点;
 - 不确定性及如何降低不确定性的相关说明;
 - 验证计算,应保留所有基于计算的保存内容。
- 选择基于模型的方法时,应保存以下内容:
 - 获取数据和参数的相关资料;
 - 不确定性及如何降低不确定性的相关说明;
 - 数据质量控制相关记录文件。
- 选择基于政府部门数据时,应保存以下内容:
 - 获取数据和参数的相关部门和时间;
 - 不确定性及如何降低不确定性的相关说明;
 - 数据质量控制相关记录文件。
- 选择基于公开出版数据时,应保存以下内容:
 - 获取数据和参数的来源及时间;
 - 数据时空范围及分辨率;
 - 数据生产方式和方法;
 - 数据质量控制相关记录文件。
- 选择基于影像(音频)材料时,应保存以下内容:
 - 宜尽可能获取各种评估对象的照片或视频,每一评估对象应提供至少3张照片或10s长视频;
 - 照片和视频的图画面清晰,鉴别特征明显;
 - 录音音频应完整、清晰。

10.2.2 评估报告

根据政府管理部门、评估出资方等委托方要求,在山水工程治理效益评估结束后,出具评估报告。评估报告应实行签字负责制,主要评估人员需在报告上签字,确保评估结果可追溯。

10.2.3 专家评审意见

评估报告完成专家评审论证后,应保留历次评估报告专家评审时的评审意见及专家签名表。

10.3 评估资料归档

将效益评估技术服务合同、评估方案、评估工作计划、评估报告、评估报告专家评审意见、基础数据（原始数据和处理后数据）、效益评估验收报告、佐证材料等，按照一定的逻辑顺序组成案卷，并编写卷内文件目录，标注每份文件的题名、页码等信息，方便档案的管理和检索。信息系统建设应符合国家相关网络安全设计要求。资料数据的传输、共享和应用应符合相关规定。

10.4 建立评估成果发布机制

在评估工作完成后，涉及社会公众关注的山水工程，履行相关的审核程序后，其评估依据、方法和主要成果（非涉密内容）应以适当方式向社会公开。

附录 A (规范性) 评估指标测算方法

A.1 生态效益

A.1.1 景观结构多样性

A.1.1.1 概念解析

景观结构多样性 (landscape structural iversity) 是指在一定空间尺度上, 景观要素 (斑块、廊道、基质等) 的大小、形状、类型、数量以及空间组合方式的多样化程度。它反映了景观的空间格局复杂性和异质性, 是自然、生物和社会要素相互作用的结果, 也是影响景观功能、生态过程和生物多样性的关键因素。

景观结构多样性并非越复杂越好, 而应根据本地实际或参照生态系统的要求设定目标。

表征景观结构多样性的指标包括: 斑块数量、斑块多样性、斑块均匀度指数等, 其他常见的景观结构指标可参见 FRAGSTATS (McGarigal et al. 2023) 中的景观指数, 部分指数的相关定义如下。

- 香农 (Shannon) 多样性: 值域为 $[0, +\infty)$, 该指标能反映景观异质性, 特别对景观中各斑块类型非均衡分布状况较为敏感, 强调稀有斑块类型对信息的贡献。随着不同斑块类型数量 (即斑块丰富度) 的增加和/或斑块类型之间的面积比例分布变得更加均匀, 香农多样性指数随之增加。
- 香农均匀度: 值域为 $[0, 1]$, 值为0时代表景观中不存在多样性, 只有一个斑块; 值为1时指景观中不同斑块类型所占总体面积比较一致, 呈现完全均匀状态; 值越大代表景观中不同斑块类型所占面积比较接近, 均匀程度越高。
- 辛普森 (Simpson) 多样性: 值域为 $[0, 1]$; 当景观中仅包含1个斑块 (即没有多样性) 时, 辛普森多样性指数等于0。随着不同斑块类型数量 (即斑块丰富度) 的增加, 斑块类型间面积的比例分布趋于均衡, 辛普森多样性指数趋于1。辛普森指数对稀有斑块类型的存在不那么敏感, 其解释比香农指数更直观。具体来说, 辛普森指数的值表示任意两个随机选择的像素为不同斑块类型的概率。
- 改进的辛普森均匀度: 值域为 $[0, 1]$; 当景观仅包含一个斑块 (即无多样性) 时, 其值等于0; 当不同斑块类型之间的面积分布越来越不均匀 (即以一种类型为主) 时, 其值趋于0。当斑块类型之间的面积分布完全均匀 (即比例丰度相同) 时, 其值等于1。

A.1.1.2 测算方法

可通过工程治理前后对比, 测算景观结构多样性的变化。

景观斑块或斑块类型一般在区域尺度上通过遥感手段进行获取, 具体方法参见 HJ 1340—2023。

香农多样性指数按式 (A.1) 计算, 香农均匀度指数按式 (A.2) 计算, 辛普森多样性指数按式 (A.3) 计算, 改进的辛普森均匀度指数按式 (A.4) 计算:

$$SHDI = - \sum_{i=1}^n (P_i \times \ln P_i) \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^n (P_i \times \ln P_i)}{\ln(n)} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2 \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

$$MSIEI = \frac{-\ln \sum_{i=1}^n P_i^2}{\ln(n)} \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

- SHDI* ——香农多样性指数；
n ——景观中斑块类型总数；
P_i ——斑块类型 *i* 在景观中出现的概率；
SHEI ——香农均匀度指数；
SIDI ——辛普森多样性指数；
MSIEI ——改进的辛普森均匀度指数。

A.1.2 景观连通性

A.1.2.1 概念解析

景观连通性指景观在空间结构特征上表现出来的连续性。它主要受需要研究的特定景观要素的空间分布特征和空间关系的控制，可通过对景观要素图进行拓扑分析加以确定。

表征景观连通度的指标包括：景观概率连通度、水域连通度、水网密度指数、近海海域生态连通度指数、景观聚集度指数等。其定义如下。

- 景观概率连通度（**probability of connectivity**）：指评估区同一生态系统类型或斑块类型中斑块空间之间的整体连通程度。
- 水域连通度：指单位河长或单位湖泊塘库闸坝数量（具备有效生态保护措施的闸坝可不计入）。引导地方努力维护水体连通性。
- 水网密度指数：指评估区域内水的丰富程度，利用评估区域内单位面积河流总长度、水域面积和水资源量表示。或者采用另一个基于面积法的定义，即水网密度指数指评估区内河流、湖泊、水库、永久性冰川雪地、近海等面积占比情况，用于表征水的丰富程度。
- 近海海域生态连通度指数：指评估范围内近海海洋水文空间的整体连通度，可通过纳潮量、水体半交换周期、潮流强度进行刻画。
- 景观聚集度指数（**Contagion index**）：指评估区内所有类型生态系统斑块的相邻概率，反映各类生态系统斑块的随机性或聚集程度。在斑块类型水平，聚集度指数描述景观中同一斑块类型之间的自然衔接程度，即斑块类型之间的相互分散性。值域在(0, 100]。当斑块类型最大程度地分解（即每个像素单元都是不同的斑块类型）并散布（所有成对邻接关系的比例相等）时，其值接近0。其值等于100时，所有斑块类型最大聚合；例如，当景观由单个斑块组成时。

A.1.2.2 测算方法

通过工程治理前后对比，测算工程区景观连通性、水域连通度、水网密度指数和斑块聚集度指数的变化。指标值测算方法如下。

- a) 景观概率连通度指数可借助 Conefor Sensinode、Makurhini 等软件平台计算，估算数值按式(A.5)计算：

$$PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \cdot a_j \cdot p_{ij}^*}{A_L^2} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

$$p_{ij} = e^{-k \cdot d_{ij}} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

- PC ——景观概率连通性指数，值域范围[0,1]；
 - n ——景观中要分析的斑块的数量；
 - a_i ——为斑块 i 的属性（如，面积）；
 - a_j ——为斑块 j 的属性；
 - A_L ——为最大景观属性，是一个覆盖了所有可能的最佳生境景观的斑块对应的属性值；
 - p_{ij}^* ——为斑块 i 与斑块 j 之间所有可能路径（包括单步路径）的最大乘积概率，某一路径的乘积概率是该路径中每一步所对应的 p_{ij} 的乘积；
 - p_{ij} ——为斑块 i 与斑块 j 间的扩散概率；
 - d_{ij} ——斑块 i 和斑块 j 的间距（km）；
 - k ——为常数。
- b) 水网密度指数的测算方法可参见 HJ 192—2015 或《环监测〔2021〕99 号》（基于面积法）。可通过现场调查或遥感分析获得相关指数的计算参数。
- c) 海域生态连通度指数可通过纳潮量变换率、水体半交换周期变化率、潮流强度获取；测算方法参见 HJ 1272。
- d) 景观聚集度指数可借助 FRAGSTATS 软件平台计算，其数值按式（A.7）计算：

$$CONT = 1 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{P_{ij} \ln(P_{ij})}{2 \ln(N)} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

- $CONT$ ——聚集度指数；
- N ——斑块类型数量；
- P_{ij} ——为随机选择的两个相邻斑块属于斑块 i 和斑块 j 的概率。

A.1.3 重要生态系统面积

A.1.3.1 概念解析

重要生态系统指对生态安全具有重要生态支撑作用，在一定时间和空间内由生物与环境构成的统一整体。主要指工程区内森林、草地、灌丛、河流、湖泊、湿地、荒漠、农田等具有自然生态属性的生态系统，尤其是地带性的生态系统；同时也包括国家公园、自然保护区、自然公园（风景名胜区、森林公园、地质公园、海洋公园、湿地公园、沙漠（石漠）公园和草原公园）、世界文化和自然遗产地、饮用水水源保护区、生态保护红线管控范围，永久基本农田、基本草原、重要湿地、天然林，重要水生生物的自然产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道，天然渔场，水土流失重点预防区和重点治理区、沙化土地封禁保护区等。

相应的评估指标包括：重要生态系统的面积及其占总面积的比例，重要生态系统的斑块数量、地带性和天然生态系统的面积比例，生态系统的面积变化率、转出率、转入率和边界密度等指标。其定义如下。

- 生态系统类型构成比例：评估区内各类生态系统面积比例，代表了各生态系统类型在评估区内的组成现状。
- 生态系统类型面积变化率：指评估区内一定时间范围内某类生态系统的面积变化情况，代表了评估区内各类生态系统在一定时间的变化程度。该指标越大，该生态系统类型越完整，需结合斑块数量指数综合分析。
- 转入率：指由其他生态系统类型转变成评估生态系统类型而来的面积占评估期评估生态系统面积的比例。

——转出率：指由其他生态系统类型转变成其他土地利用/土地覆盖类型的面积占评估期评估生态系统面积的比例。

——生态系统斑块数量：指评估区内属于同一生态系统类型的斑块的数量，反映某类生态系统在区域内分布的总体规模及连续性。

——生态系统破碎度：指评估区内某类生态系统斑块数量与这一类生态系统总面积的比例。

——生态系统平均斑块面积：评估区内某类生态系统斑块面积的算术平均值，反映该类生态系统斑块规模的平均水平。该指标越大，该生态系统类型越完整，需结合斑块数量指数综合分析。

——生态系统边界密度：指评估区内某类生态系统边界与总面积的比例，以该类边界特征描述生态系统破碎化程度。该指标越大，该生态系统类型距离边界较远的核心面积越小。

——地带性生态系统比例：指待评估的某一类生态系统中地带性生态系统所占面积的比例。

一般而言，森林、灌丛、草地、湿地等自然生态系统面积增加，破碎化程度变低，人工生态系统向自然生态系统转变程度越高，评估区生态系统总体变好趋向越明显。

重要生态系统面积并非越大越好，而应根据本地实际或参照生态系统的要求设定参照值。参照生态系统的设定值可根据本地植被类型的潜在分布模拟结果进行量化。

A.1.3.2 测算方法

测算其工程治理前后面积变化和与其他生态系统类型之间的转换情况。

通过现场调查和遥感数据等手段获取评估生态系统类型的空间分布情况，通过遥感监测获取生态系统类型和面积比例的方法参见 HJ 1340—2023，野外实地调查生态系统类型的方法参考 HJ 1311。

A.1.4 植被覆盖度

A.1.4.1 概念解析

植被覆盖度指项目区内生长季植被地上部分（包括叶、茎、枝）在地面的垂直投影面积占项目区总面积的百分比。

叶面积指数（leaf area index, LAI）反映一个生态系统或区域中单位面积上的叶面积大小。

测算工程评估范围内森林、灌丛、草地、湿地、农田（非生态用地转化）、岸滩海滨等有植被覆盖区域的生长季平均植被覆盖度提升情况。

A.1.4.2 测算方法

可通过工程实施前后对比，或与参照区对比、或对照区对比，或与目标值或限定值对比，评估其增量变化。指标值测算方法如下。

——生态系统尺度：可通过地面调查法确定植被覆盖度和叶面积指数。森林生态系统调查方法参见 GB/T 43681和HJ 1167、草地参见GB/T 43681和HJ 1167、湿地参见GB/T 43681和HJ 1168、荒漠参见GB/T 43681和HJ 1169、红树林参见GB/T 43681和HY/T 081。

——区域尺度：通过遥感数据反演植被覆盖度和叶面积指数，具体方法可参见GB/T 43681和HJ 1172。或直接利用国际上成熟的有关时间序列的相关遥感数据产品。

A.1.5 自然岸线保有率

A.1.5.1 概念解析

指天然未开发岸线或通过生态修复基本达到岸线生态功能的岸线长度占岸线总长度的比值。引导地方合理利用岸线资源，保障自然岸线比例，恢复岸线生态功能。

A.1.5.2 测算方法

通过现场调查或遥感反演方法分别测算局部和区域尺度上的自然岸线保有率,其中遥感监测方法参见 HJ 1340—2023。

A.1.6 本地物种数目

A.1.6.1 概念解析

本地物种指出现在其过去或现在的自然分布范围及潜在扩散范围以内的种、亚种或以下的分类单元。针对生物多样性下降等问题,引导地方开展生物多样性保护。

相关的评估指标包括但不限于物种数目、物种重要值、物种多样性指数、均匀度指数 Pielou、藻类密度等。其相关定义如下。

- 本地物种数:指自然恢复的土著物种数,反映生物多样性整体情况。
- 均匀度指数:通过对比群落实际观测到的物种多样性与理论上最大可能的多样性,消除物种丰富度(物种总数)的干扰,单纯反映不同物种在个体数量上的分配均衡性。
- 藻类密度:单位体积水体中的藻类个数。

A.1.6.2 测算方法

采用山水工程实施前后对比,或与参照区对比,或与对照区对比,测量本地物种丰富度的变化情况,包括陆生水生植物、动物和微生物多样性。指标值测算方法如下。

- 生态系统尺度:采用现场调查法统计物种丰富度。物种丰富度调查方法可按 HJ 710 (所有部分)和 HJ 1296 执行。
- 区域尺度:
 - 评估区内的物种丰富度地面调查和观测方法参见 HJ 1311;
 - 在评估区面积较大的情况下,也可根据净初级生产力(NPP)数据衍生的生物多样性维护服务能力指数来表征生物多样性,具体测算方法参见《环办生态(2017)48号》。

A.1.7 重要物种及生境状况

A.1.7.1 概念解析

本文件中重要物种包括但不限于国家和地方重点保护野生动植物、珍稀濒危物种、旗舰种、特有种、指示物种、伞护种、建群种、受威胁物种、极小种群物种、对气候和环境变化具有指示意义的敏感性物种、大型真菌和大型底栖无脊椎动物的分类单元、驯化或栽培物种及其野生近缘种、以及实际或潜在具有经济重要性物种等。相关物种名称可参见国家部委、各地方、国际组织和科学研究文献发布的各种物种名录。

评估指标包括:这些重要物种的种类数量,种群数量、规模和结构,生境(栖息地)分布范围和生境适宜性等。这些指标主要反映重要物种恢复与受保护情况,引导地方开展生物保护。其相关定义如下。

- 栖息地:指由一定的地理空间、土壤、植物、其他生物和非生物因子构成的生物赖以生存的环境条件。
- 分布区域:指某种生物现阶段实际占有的地理空间。在这个空间里,这种生物能够充分进行生长发育,并通过生殖繁衍出具有生命力的后代。
- 生境破碎度:也称生境片段化,是指由于人为或自然原因使得原来大面积连续分布的生境分离为片段化的生境,不仅使得生境的面积减少,同时使得各个小生境之间产生一定空间距离隔离、中心与边界的距离变小。生境破碎化状况可用生境破碎度(某类生境的斑块数与这一类生境总面积之比)表征。

A.1.7.2 测算方法

通过工程实施前后对比，或与参照区对比，或与对照区对比，测算评估指标值的变化情况。指标值测算方法如下。

- a) 种群数据获取方法。
 - 种群数据可通过地面调查方法获取。野生动物种群调查方法参见 GB/T 37364（所有部分），其他物种调查方法参见 HJ 710（所有部分）。
 - 针对部分可通过遥感数据的光谱、纹理等信息识别的动植物物种，可以结合地面调查数据，通过人工或计算机分类的方法获取其种群数量和空间分布。
 - 通过建立物种分布模型获取种群数据。具体测算方法见 GB/T 37364（所有部分）第 3 部分中附录 E。
- b) 物种适宜栖息地分布范围获取方法。
 - 适宜性生境为特定生态系统或多种生态系统时，可从区域生态系统类型调查和观测数据获取。参见 A1.1 景观丰富度测试方法。
 - 对于特殊的生境类型也可以直接通过遥感数据分类获取，一般可采用计算机分类或人工解译的方法实现，地面调查作为提取该类生境遥感影像特征的重要补充方式。
 - 通过建立物种分布模型获取物种的适宜性生境空间分布范围。具体测算方法见 GB/T 37364（所有部分）第 3 部分中附录 C。
- c) 物种生境适宜性评估方法。
 - 地面调查生境适宜性。根据相应的标准规范开展生境适宜性评价，如针对大熊猫生境适宜性变化评估可参见 LY/T 2653。
 - 建立物种生境模型来评估物种生境适宜性。具体模型测算方法可按《环办生态〔2017〕48号》执行。
 - 通过分析能表征生境特征的遥感参数来测度生境适宜性。测算方法可参见 HJ 1340—2023。
- d) 生境破碎度
可通过地面调查或遥感调查方法获取，其中遥感获取方法参见 HJ 1340—2023 中 A1.1 景观丰富度测试方法。
- e) 自然生态系统类和野生生物类自然保护区内野生植物、野生动物、植被和景观的保护效益，评估方法及指标选取可按 LY/T 2244（所有部分）执行。

A.1.8 有害物种变化

A.1.8.1 概念解析

外来入侵种指通过有意或无意的人类活动或自然因素（如飓风）被迁移至自然地理分布区外，在自然、半自然生态环境中自然扩散建立种群（没有人类的直接帮助），不断扩展种群规模，并对当地生态系统的组成、结构和进程及人类社会已经产生或将会产生重要影响的外来物种。

外来入侵种的认定包括但不限于以下物种名单：农业农村部会同自然资源部、生态环境部、住房和城乡建设部、海关总署和国家林草局组织制定的《重点管理外来入侵物种名录》、农业部和国家质量监督检验检疫总局制定的《中华人民共和国进境植物检疫性有害生物名录》、国家林业和草原局发布的《森林、草原、湿地生态系统重点外来入侵物种名单》、原环境保护部联合中国科学院发布的《中国自然生态系统外来入侵物种名单》、《中国外来入侵植物志》等。

本地有害物种是指在某一特定地理区域内自然发生（非外来引入），但对当地生态系统、经济活动或人类健康等方面产生负面影响的生物种类。这些物种在其原生环境中，由于各种自然因素（如种群数量爆发、生态平衡被打破等）而成为有害因素。

山水工程项目区外来入侵物种和本地有害物种种类、数量变化情况，反映有害物种清除程度。

评估指标包括：外来入侵种种类和数量、分布状况、潜在扩散风险和对本地生物多样性影响等，其定义如下。

- 外来入侵植物分布状况评估：指外来入侵植物种群群落分布特征，包括是否为单株分布或单优群落分布，样线或样方内外入侵植物的频度或盖度、分布面积和范围等。
- 外来入侵种潜在扩散风险评估：包括有无村庄城镇等社区状况、有无农牧业活动、路网或河网分布等状况。
- 外来入侵种对本地生物多样性影响评估：包括外来入侵种对珍稀濒危物种分布生境、特有物种分布生境、建群物种分布生境以及群落结构和景观是否改变的影响等。

A.1.8.2 测算方法

对工程实施前后进行对比，或者只针对工程实施后进行评估，从而得出各指标的变化或现实情况。也可集合各指标得出外来种是否成功控制的结论（没有控制、有限控制、得到控制、根本消除），或采用专家打分法进行各指标集成综合评估。

- 针对专项外来入侵物种的调查监测宜参见相关的行业和地方标准。在没有入侵种专项调查标准规范时，外来入侵植物野外调查方法可参见HJ 1345或NY/T 1861，农业外来入侵种野外调查方法可参见《农办科[2022]8号》，森林、草原和湿地生态系统外来入侵物种野外调查方法可按《办护字〔2021〕65号》执行。在可行范围内推荐使用无人机技术对连片分布（区域尺度）的外来入侵物种开展调查监测。
- 外来入侵种种类和数量、分布状况、潜在扩散风险和对本地生物多样性影响评估方法可参见A.1.7。
- 综合运用上述评估指标，对入侵物种治理状况及控制效果（是否成功控制）进行综合评估的具体方法，可遵照HJ 1345执行。
- 本地有害物种的评估指标和评估方法可参见上文外来入侵物种。

A.1.9 水源涵养

A.1.9.1 概念解析

水源涵养是生态系统拦截滞蓄降水，增强土壤下渗、蓄积，涵养土壤水分、调节暴雨径流和补充地下水，增加可利用水资源的功能。

水源涵养的基本内涵包括“消减洪水径流、增加枯水径流、调节年径流量、保证供水安全”。水源涵养量大的地区不仅满足核算区内生产生活的水源需求，还持续地向区域外提供水资源。

表征水源涵养能力的评估指标包括但不限于：水源涵养量、水资源年内差、径流量、土壤入渗速率、土壤水分含量、生态流量、生态基流、敏感期生态流量、有水河流长度等。其定义如下：

- 水资源年内差：是指在一个水文年度内（通常是指从10月1日到次年9月30日）最大洪峰流量与枯水流量的差值。
- 洪峰流量：指连续最大7日径流量的平均值。
- 枯水流量：指最小7日径流量的平均值。
- 洪枯比：指洪水流量除以枯水流量。其可帮助了解某地区的水流变幅，以及洪水和枯水之间的差异。它在水资源规划和管理中具有一定的参考价值，例如决定水库容量、水资源分配等方面。需要注意的是，洪枯比只是一个指标，不能单独作为水资源管理的依据，还需要综合考虑其他因素、数据和指标进行分析和决策。
- 产流降水量：指降水过程中形成径流的降水量。
- 实际产生的径流量：当降水发生时，一部分降水会被地表土壤吸收，渗透到地下水层，或者被植被逐渐蒸发；剩余的部分被地表保持不变，并形成径流流入河流、湖泊或其他水体。

- 生态流量 (ecological flow)：是维系河流、湖泊、沼泽等水生态系统基本生态功能正常发挥，及生态保护对象基本健康，需要保留在河湖沼泽内的流量（水量、水位、水深）及其过程。包括生态基流、最低生态水位、基本生态水量、敏感生态流量等。
- 生态基流 (ecological base flow)：维持河流、湖泊、沼泽等水生态系统功能不丧失，需要保留的底线流量（水量、水位、水深），是基本生态流量过程中的最低值。
- 最低生态水位：指维持湖泊基本生态功能所对应的最低水位。
- 敏感期生态流量 (ecological flow of sensitive period)：指维系河湖生态保护对象敏感期正常生态功能的所需要的流量（水量、水位、水深）及其过程。
- 最小下泄流量：是满足河流生态基流和下游河道外基本生活生产用水需求的流量（水量、水位、水深）过程。
- 目标生态流量 (optimal ecological flow)：维护河流、湖泊、沼泽良好生态状况或维持给定生态保护目标，需要保留的水流过程。目标生态流量包括年内不同时段流量（水量、水位、水深）、全年流量（水量、水位、水深）及其过程等表征指标。目标生态流量是确定河湖地表水资源开发利用程度的控制指标。
- 生态流量达标率：指满足生态流量标准的天数的比例。包括断面达标率（大于等于保障目标天数的比例）和流域河湖达标率（各控制断面达标率之和与总控制断面数的比值）。

A.1.9.2 测算方法

通过工程治理前后对比，或与对照区对比，或与参照区对比，或与水利部门限定值对比，来测算工程建设引起的水源涵养量的变化。

水源涵养量测算有多种方法，宜优先采用现场监测法，其次是选用水量平衡法，技术参数缺失的情况下可以选择遥感监测法或水量供给法，最后推荐基于生态系统净初级生产力 (NPP) 或生态系统面积构建的水源涵养指数来表征水源涵养功能。根据评估区大小、评估结果的精确度要求以及数据可获得性择优选择上述方法开展评估。

评估指标的测度方法如下。

a) 现场直接监测法

在生态系统尺度或整个工程区尺度上直接监测水源涵养量相关评估指标。

- 生态系统尺度：宜采用径流场（小区）地表径流量、旱区的小型蓄水工程拦蓄量、土壤入渗量或土壤含水量、土壤孔隙度、植被冠层截留降水量、枯落物最大蓄水量，来表征生态系统水源涵养能力。土壤入渗率测定方法见 LY/T 1218，土壤含水量监测方法见 GB/T 33027，土壤孔隙度测定方法见 GB/T 43681。地表径流测定方法见 SL/T 277，其中农田生态系统参见 GB/T 41222。蓄水工程测定方法见 GB/T 15774—2008。对于森林和灌丛生态系统而言，水源涵养量通常表征为植被冠层截留降水量、枯落物最大蓄水量和土壤蓄水量三者之和。
- 区域尺度：在工程区控制性水文站、测流堰（槽）等水工建筑物的出水口，或临时控制断面测流，开展径流监测。根据工程治理目标选取相应的径流指标进行测定，如年径流量、旱季径流、雨季径流、断流期（或常水流量期）、年产流次数、产流降水量、洪峰流量、洪水次数、枯水期流量、生态基流等单一指标，也包括径流洪枯比、水资源年内差等复合指标。河湖库渠测流堰（槽）等水工建筑物的测流方法见 SL 537，临时性断面和水文站测流方法见 GB 50179，生态流量认定方法按 SL/T 820、SL/T 712 和国家 and 地方水利部门的制定的河湖生态流量保障目标执行。
- 地下水监测井法：根据地下水位变化表征区域水源涵养能力的变化。

b) 水量平衡法

采用水量平衡法计算生态系统水源涵养,即生态系统水源涵养量是从降水输入量中扣除地表径流量和生态系统自身水分消耗量后的剩余量;测算方法参见 GB/T 46869。

c) 水量供给法

水源涵养量是生态系统为本地区和下游地区提供的水资源总量,包括本地区的用水量和净出境水量;测算方法按 GB/T 46869 执行。

d) 遥感监测法

- 土壤水分含量测定:借助采样点测得土壤含水率数据,与遥感影像提取的相关参数和地形地貌信息等建立统计/机器学习模型,反演获取小尺度土壤含水率分布栅格数据。区域尺度评估可直接利用土壤水分含量遥感产品。
- 有水河段长度:通过遥感解译确立评估区有水河流的长度及维持时间。

e) 基于净初级生产力(NPP)法

基于净初级生产力(NPP)、土壤渗流因子、降水量和坡度4个指标,组合构建水源涵养指数,表征水源涵养能力,具体计算方法按《环办生态(2017)48号》执行。NPP测算方法见A.3.8.2。

f) 基于生态系统面积法

基于河湖库塘、森林、灌丛、草地、滩地的面积及其权重,构建一个水源涵养指数来表征水源涵养量,具体测算方法参见《环监测(2021)99号》。

A.1.9.3 注意事项

水源涵养量评估过程中,应注意以下事项:

- 降水丰沛的湿润地区:建议采用多个完整水文年内的径流数据来计算径流洪枯比(水基流维护)或水资源年内差,来表征水源涵养量;数值越小,代表评估区的水源涵养能力越强;
- 干旱半干旱地区:建议采用调节小流域径流(年径流量、旱季径流、雨季径流、洪水流量或常水流量)或者大中型拦蓄工程拦蓄地表径流量,来表征水源涵养量。通常,年产流量、年产流次数、产流降水量、洪水次数和洪水流量等越少,代表治理措施的水源涵养效果越好;
- 当采用治理前后对比分析法时,推荐通过降雨径流关系分析,扣除由于治理前后显著的气候变化(如,降水不同)对评估结果的影响;具体方法参见GB/T 15774—2008;
- 当治理区的控制性水文站为纳入国家或各省颁布的保障河段(湖泊)生态流量考核控制断面时,工程治理后生态流量应不得低于考核标准,否则视为治理措施运用不当,同时测算生态流量达标率在治理前后的变化。生态流量考核目标参见国家水利部和各省水利厅相关文件规定;
- 工程治理区涉及到整个流域时,流域内河湖湿地生态流量不得小于为维护涉水生态保护对象健康而需要的最低生态流量,否则认定治理措施不合理,同时测算生态流量达标率在治理前后的变化;
- 通常河流主要控制断面生态基流保障情况原则上按日均流量进行评价,湖泊最低生态水位原则上按照旬均水位进行评价。河流主要控制断面的生态基流保证率原则上应不小于90%;
- 土壤入渗率和土壤含水量单独作为评估指标时,需要注意排除生态系统类型和时空尺度等方面的干扰影响。

A.1.10 洪水调蓄

A.1.10.1 概念解析

洪水调蓄功能是指生态系统所特有的能够吸纳大量的降水和过境水,蓄积洪峰水量,削减并滞后洪峰,以缓解汛期洪峰造成的威胁和损失的功能。

A.1.10.2 测算方法

采用工程治理前后对比的方法，量化工程引起的洪水调蓄效益的变化。

选用植被调蓄水量和洪水期湿地滞水量（库塘、湖泊、沼泽），表征生态系统的洪水调蓄能力，即调节洪水的潜在能力。

- 植被调蓄水量选用暴雨降雨量与暴雨径流量之差作为植被洪水调蓄能力，具体计算方法参见GB/T 46869。
- 库塘、湖泊和水库等湿地生态系统宜通过洪水期水位连续增加时最高水位与最低水位对应的储蓄量之差估算洪峰消减量，或通过洪水期进出湿地的水量之差作为洪峰消减量，具体计算方法参见GB/T 46869。水位或流量的变化宜通过控制性水文站进行监测，也可通过遥感反演的方式估算水位变化来间接估算洪水调蓄量。
- 沼泽湿地洪水调蓄量为土壤蓄水和地表滞水两部分之和，具体计算方法参见GB/T 46869；数据缺失情况下也可通过遥感反演的方式估算水位变化来间接粗略估算洪水调蓄量。

A. 1. 11 水土保持

A. 1. 11. 1 概念解析

土壤保持功能是指在降雨、径流等水体作用下，生态系统（如森林、草地等）通过冠层、枯落物、根系等各个层次保护土壤、消减降雨和径流侵蚀力，增加土壤抗蚀性，减少因水力侵蚀导致土壤流失，保持土壤的功能。

常用表征水土流失的指标有：水蚀产沙量（ $t/(km^2 \cdot a)$ ）、土壤侵蚀模数（ $t/(km^2 \cdot a)$ ）、土壤侵蚀深度（mm）、水土流失治理面积（ha）、土壤保持量（t/a）、年平均含沙量（ kg/m^3 ）、径流输沙模数（ $t/(km^2 \cdot a)$ ）、悬浮物浓度（mg/L）、水体浊度等。其定义如下。

- 土壤保持量：指因生态系统作用减少的土壤侵蚀量（用潜在土壤侵蚀量与实际土壤侵蚀量的差值测度）。
- 实际土壤侵蚀：指当前地表植被覆盖情形下的土壤侵蚀量。
- 潜在土壤侵蚀：指没有地表植被覆盖情形下可能发生的土壤侵蚀量。
- 含沙量：单位体积河水中所含干沙的质量。
- 径流输沙模数：每年通过河道断面的泥沙总量与流域面积的比值。通过流量-含沙量关系积分计算总输沙量后求得。
- 水体浊度：表征水体因悬浮颗粒物导致的浑浊程度。作为含沙量的快速、替代性指标，可实时连续监测。
- 悬浮物浓度：单位体积水中悬浮固体的质量。
- 输沙率：指单位时间内河湖渠通过某一断面输送的泥沙总量。它是描述河流泥沙输送能力的核心水文指标，直接反映流域侵蚀、搬运与沉积过程的动态平衡，对水利工程设计、河道整治、水土保持及生态环境评估具有重要意义。包括悬移质输沙率和推移质输沙率。
- 悬移质：指在水流紊动作用的支撑下，长期悬浮于水体中、不经常接触河床表面，随水流一同向下游运动的泥沙颗粒。其运动过程中，颗粒所受的水流向上的紊动托力与自身重力基本平衡，因此能在水中保持悬浮状态（而非快速沉降）。
- 推移质：又称“床沙质”，是在水流剪切力（水流沿河床表面的摩擦力）作用下，沿河床表面以滚动、滑动、跳跃（偶尔短暂离床但很快回落）方式运动的泥沙颗粒，运动过程中始终与河床表面保持接触或频繁碰撞。

A. 1. 11. 2 测算方法

采用工程治理前后对比，或与对照区对比，或与参照区对比，或与各地区允许土壤流失量对比，来评估工程治理带来的变化。

当采用工程治理前后对比分析法时，推荐通过降雨产沙关系分析，扣除由于治理前后降水不同对泥沙产量的影响，测算真实的土壤保持效益；具体方法参见 GB/T 15774—2008。

根据各侵蚀类型区容许水蚀土壤流失量，结合工程治理后的土壤流失量核算，给出山水工程治理水力侵蚀效果的定性评估；各侵蚀类型区容许土壤流失量应执行 SL 190 的规定。

评估指标测算方法如下。

a) 区域尺度

水力侵蚀引起的土壤流失量测算，优先推荐用控制性的测流堰（量水堰）和水文站泥沙监测数据（水文法）或者大中型拦蓄工程拦蓄的泥沙量监测数据（水保法），其次可采用水土流失方程测算，最后可采用基于净初级生产力（NPP）或归一化植被指数（NDVI）表征的水土保持能力指数刻画水土保持量。

- 产沙量直接监测：在控制性水文站、测流堰（槽）或河流控制断面等处，直接监测土壤流失量。小流域土壤流失量测定方法参见 SL/T 277；河流输沙率（悬移质泥沙）测定方法见 GB/T 50159（取样测定法）和 SL 42（现场直接测定法）；水库入库出库泥沙量（悬移质）测定法见 SL 339。
- 水土流失方程：宜优先采用中国水土流失方程（CSLE），其次是采用基于修正的土壤流失方程（RUSLE）。中国水土流失方程（CSLE）的测算方法参见 SL/T 277；修正土壤流失方程（RUSLE）的测算过程参见 HJ 1173。
- 基于归一化植被指数（NDVI）和净初级生产力（NPP），构建水土保持能力指数，表征土壤保持能力，具体方法参见《环监测〔2021〕99号》。
- 基于净初级生产力（NPP）、坡度因子和土壤可蚀性因子，构建水土保持能力指数，代表土壤保持能力，具体方法参见《环办生态〔2017〕48号》。
- 遥感反演河流泥沙含量：通过河流遥感影像，提取水体的光谱反射率等参数（含沙量越高，反射率越强），结合实地取样数据建立反演模型，推算大范围河段的含沙量（悬移质输沙率）分布。
- 河道水库淤积变化（推移质）：通过断面测量、地形扫描或遥感反演等手段，评估河道冲淤体积（ m^3/a ）或高程（ cm/a ）的变化。反映泥沙减少对减轻下游河道、水库湖泊淤积的效益。河道淤积变化测定方法参见 SL 43，水库淤积测定法见 SL 339。

b) 生态系统尺度

- 采用径流（场）小区，或插钎观测法，测算土壤流失量。具体监测方法参见 SL/T 277。
- 通过对小型工程性的拦蓄措施（如，谷坊、淤地坝、沉沙池和蓄水池等）进行调查（水保法），测算土壤保持量。测算方法参见 GB/T 15774—2008。
- 沟道侵蚀观测：对沟蚀治理情况，包括制止沟头前进、沟底下切和沟岸扩展，进行现场调查，核算土壤流失量。具体测算方法见 GB/T 15774—2008。

A. 1. 12 水质净化

A. 1. 12. 1 概念解释

水质净化功能是指地表湖泊、河流、沼泽等水域湿地生态系统吸附、降解、转化水体污染物，净化水环境的功能。

根据我国水环境强制性国家标准中对水环境质量应控制的项目和限值的规定，选取指标作为生态系统水环境净化功能的评估指标。

一些相关概念的定义如下。

——监测断面（monitoring cross-section）：是指为测量或采集水质样品，设置在江河或渠道上垂直于水流方向上的整个剖面。

——控制断面（control cross-section）：指用来反映水环境受污染程度及其变化情况的监测断面。

- 参照断面（contrast cross-section）：指具体判断某一区域水环境污染程度时，位于该区域所有污染源上游处，能够反映这一区域水环境本底值的监测断面。
- 背景断面（background cross-section）：指为评价某一完整水系的水质状况，未受或很少受人类生活和生产活动影响，能够反映水环境背景值的监测断面。
- 湿地水质达标率：项目区水质达某一类（I~III类）标准的监测断面个数占总监测断面的比例，反映水环境治理情况。
- 断面达标率：对同一断面水质的多次监测中，水质达到某一类（I~III类）标准的次数占总监测次数的百分比；或者项目区水质达标监测断面（点位）占总监测断面（点位）的比例，反映水环境治理情况。

A.1.12.2 测算方法

工程实施带来的水质变化评价方法：优先推荐与限定值和目标值对比，以划定治理后的水质类别（I~V类）并统计其达标率；其次是工程实施前后监测点水质对比，或与对照或参照监测点对比。

水质净化功能核算主要利用监测数据，根据水体生态系统中污染物构成和浓度变化，选取适当的指标对其进行定量化核算。所选监测项目应有国家或行业标准分析方法、行业监测技术规范、行业统一分析方法。

a) 地表水

于监测断面对河湖渠库等湿地的地表水体（包括集中式生活饮用水地表水源地）中水质评估指标和营养状态评估指标进行监测，对比分析其工程治理前后监测断面的浓度变化或相对于参照生态系统（参照断面或背景断面）的浓度变化，根据国家地表水水质分类标准及水域功能定位评定治理后的水质类别（I~V，劣V类）并统计其I~III类优良水质的达标率。

- 常见水质评估指标（如，氨氮、COD、总氮、总磷以及部分重金属等）及水质分类准则（包括集中式饮用水源地水质标准）应执行 GB3838，其中农田灌溉用水的水质及分类标准应执行 GB 5084，渔业水质标准执行 GB 11607。营养状态分级评定规范执行 SL 395。
- 断面水质类别评估采用单因子评估法，即根据评估时段内该断面参评的指标中类别最高的一项来确定，该项指标即为断面定类指标。标准限值相同的按最优水质评估。如果所有断面水质类别均相同，而所有断面算术平均值评估结果优于各断面水质类别，则以原断面水质类别判定的水质状况作为该河流、水系、流域的水质状况。
- 地表水水质监测的采样布点和监测频率等监测方法应符合 HJ 91.2 的要求。
- 具体地表水水质类别、水质情况和营养状态的分析和评定方法执行 SL 395 和《环办(2011)22号》。

b) 地下水

地下水水质通过地下水环境监测井取样进行测定，通过与对照监测点水质对比，或通过治理前后监测点水质对比，或与限定值对比，来评价水质变化情况，划定治理后的水质类别（I~V类）并统计其达标率。

测算方法应循序以下要求：

- 常见地下水水质评价指标及水质分类准则（包括生活饮用水水质标准）应执行 GB 5749 和 GB/T 14848；
- 地下水环境监测点布设、样品采集与保存、分析方法和监测数据处理等方面的要求参见 HJ 164；
- 可根据地下水水源环境状况和具体环境管理需求，增加其它监测指标；矿区或地球化学高背景区和饮水型地方病流行区，应增加反映地下水特种化学组分天然背景含量的监测项目；

- 地下水质量单指标评价，按指标值所在的限值范围确定地下水质量类别，指标限值相同时，从优不从劣；
- 地下水质量多指标综合评价，按单指标评价结果最差的类别确定，并指出最差类别的指标。

c) 水体沉积物

通过与目标值或参照值对比，确立水体沉积物污染物浓度的治理效果。常见沉积物污染物类型及检测方法见 GB15168 和 GB 36600。水体沉积物污染物取样方法、及恢复达标计算方法见 GB/T 39791.3。

A. 1. 13 防风固沙

A. 1. 13. 1 概念解析

防风固沙功能是指生态系统减少因大风导致的土壤流失和风沙危害的功能。

在风力侵蚀过程中，植被减少土壤裸露，对土壤形成保护，减少风蚀输沙量，还可以通过根系固定表层土壤，改良土壤结构，提高土壤抗风蚀的能力，植被还可以通过增加地表粗糙度、阻截等方式降低风速、降低大风风力侵蚀和风沙危害。

可采用土壤风蚀量（t/a 或 t）或防风固沙量（t/a 或 t）等指标来表征山水工程对土壤风蚀治理作用。其定义如下。

——土壤风蚀量：由风力作用引起的地表土壤颗粒（沙粒）流失的数量（t/ha，m³/ha）。

——防风固沙量：通过生态系统减少的风蚀量（无植被时的潜在风蚀量与有植被时的实际风蚀量的差值），作为生态系统防风固沙功能的评估指标，反映防风固沙效果。

A. 1. 13. 2 评估方法

通过工程治理前后沙尘流失量对比，与各侵蚀类型区容许土壤流失量对比，或与工程治理土壤风蚀目标对比，核算山水工程治理风蚀的效果。各侵蚀类型区容许土壤流失量应按 SL 190 执行。

土壤风蚀量测定方法。

——生态系统尺度：采用监测设备（如，插钎法、风蚀桥法、集尘缸法、蠕移收集器、集沙仪等），或固沙阻沙输沙导沙型（工程或生物）治沙措施，直接监测数土壤风蚀量。监测方法见 SL/T 277。

——区域尺度：评估方法优先推荐针对具体生态系统的风力侵蚀模型，其次是修正风蚀模型（RWEQ），最后是基于植被指数的和净初级生产力（NPP）的简易替代方法。

- 宜采用分别针对耕地（水浇地、旱地）、林草灌地（含园地）、沙地（盐碱地、沙地、裸土地、建设用地中的采矿用地）的风力侵蚀模型（RWEQ），测算风力侵蚀量，具体计算方法见 SL/T 277。
- 在数据不完整的情况下，采用修正风蚀模型（RWEQ），具体计算方法见 HJ 1173。
- 基于归一化植被指数（NDVI）和净初级生产力（NPP）构建防风固沙指数，表征固沙功能，具体计算方法见《环监测 2021-99 号》。
- 仅基于净初级生产力（NPP）构建防风固沙指数来表征固沙功能，具体计算方法见《环办生态（2017）48 号》。
- 沙尘暴监测技术规范参见 GB/T 20479；沙尘暴的位置、强度和变化情况可通过遥感方法进行监测。

A. 1. 14 空气净化

A. 1. 14. 1 概念解析

空气质量指的是大气环境的状态，特别是空气中污染物的浓度水平。它衡量的是空气的清洁程度或受污染程度，直接关系到人类健康、生态环境以及生活质量。

空气净化功能是指生态系统吸收、过滤、阻隔和分解大气污染物（如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等），净化空气污染物，改善大气环境的功能。空气净化功能主要体现在净化污染物和阻滞颗粒物方面。

相关评估指标定义。

——空气质量达标率：在一定的时间段里，污染物短期评价（小时评价、日评价）结果为达标的百分比。

——空气质量指数：定量描述空气质量状况的无量纲指数，计算方法见HJ 633。

——空气质量优良天数：在一个特定区域（如城市）内，空气质量指数日均值处于“优”或“良”级别的天数。

A.1.14.2 测算方法

通过工程治理前后空气污染物浓度差异，或现状值与目标值/限定值对比，判定工程治理效果。

根据环境空气功能区质量分类标准（GB 3095），定性判定空气环境治理达标情况（即，治理后空气污染物浓度未超过环境空气功能区质量标准）。如果治理前污染物浓度超过环境空气功能区质量标准，治理后污染物浓度未超过环境空气功能区质量标准，则判定空气质量治理达标，并统计达标率；如果治理后污染物浓度仍然超过环境空气功能区质量标准，则判定空气质量治理未达标。

常见的环境空气污染物类别、其污染物监测技术规范、环境空气功能区分类及其质量要求（浓度限值）应按 GB 3095 执行；对于此标准中未规定的污染物项目，其污染物监测技术规范、环境空气功能区分类及其质量要求（浓度限值）参照各省级人民政府制定的地方环境空气质量标准执行。

A.1.15 土壤环境

A.1.15.1 概念解析

土壤环境功能是指土壤及其自身的环境状态所能承担的职能和所能发挥的作用，是土壤功能的组成与延伸。

土壤可不断提供植物生长所需的水分、养分、空气和热量；利用土壤中的植物、微生物等对污染物进行解毒，减少或杜绝污染物对环境和人的危害。

生态系统通过保持土壤，减少氮、磷等土壤营养物质进入下游水体（包括河流、湖泊、水库和海湾等），可降低下游水体的面源污染，也降低了土壤肥力的消减。

——土壤质量：土壤在生态系统中保持生物的生产力、维持环境质量、促进动植物健康的能力。

——土壤肥力：土壤能够持续供给植物生长所需的养分、水分、空气和热量，并为植物根系提供良好生长环境的能力，是土壤生产力的核心指标。根据土壤保持量和（或）土壤中氮、磷和钾的含量，测算土壤改良效果。

——土壤含盐量：土壤中所含盐分(主要是氯化盐、硫酸盐、碳酸盐)的质量占干土质量的百分数。

A.1.15.2 测算方法

A.1.15.2.1 土壤肥力

根据工程治理前后对比，或与参照区对比，或与对照区对比，评估土壤肥力的提升幅度。

土壤肥力的表征指标有直接指标（如，土壤有机质含量、有效养分含量、土壤 pH、土壤盐含量、土壤微生物和土壤动物）和间接指标（如，群落特征、地上生物量、盐碱斑块面积比例）。根据评估需要，选用合适的评估指标。测试方法如下。

——群落特征调查方法见A.1.7。

——地上生物量测算方法见A.1.16。

——盐碱斑块面积比例测算方法见A.1.1和A.1.7。

——土壤肥力直接表征指标的野外布点取样方法见HJ/T 166，其中土壤含盐量可通过野外取样实验室测定（重量法）或野外现场电导仪快速测定，其他指标含量的室内检测方法参见相关标准。

——基于土壤保持量的土壤保肥能力按式（A.8）计算：

$$V_{apd} = Q_{sr} \times C_i \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

V_{apd} ——土壤肥料保持量或某类土壤面源污染消减量（t/a）；

Q_{sr} ——土壤保持量（t/a），测算方法参见 A.1.11；

C_i ——土壤中某类元素（如氮、磷、钾）的纯含量（%）。

A. 1. 15. 2. 2 土壤污染

通过与对照监测点土壤污染物含量对比，或通过治理前后监测点对比，或者目标值和限定值对比，来评估土壤污染物浓度变化情况，同时判定治理后的土壤污染物浓度是否超过风险值或管控值，并统计土壤质量达标率（项目区土壤质量达标点位占总监测点位的比例）。

土壤污染物监测项目及管控标准应分别按 GB 15618 和 GB 36600 执行；土壤环境调查与监测、布点采样及土壤污染物分析方法等相关技术规范参见 HJ/T 166。

A. 1. 16 固碳增汇

A. 1. 16. 1 概念解析

生态系统固碳功能是指自然生态系统吸收大气中的二氧化碳（CO₂）合成有机质，将碳固定在植物或土壤中的功能。该功能有利于降低大气中二氧化碳浓度，减缓温室效应。生态系统的固碳功能，对降低减排压力具有重要意义。

通常选用的生态系统固碳功能评估指标包括：生物量（t/ha）、生物量碳储量（t d.m/ha）、生态系统碳储量（t C/ha）、森林蓄积（m³）、土壤有机碳含量（g/kg）、土壤有机碳密度（kg/m²）、土壤碳储量（kg）、碳通量（t C/(hm²·a)）等。相关定义如下。

——植被碳库：即生物量碳库，表示所有生物体组分的质量，一般指活体植物的质量。与生物量相区别的是植物残体，包括枯枝落叶、倒木、枯立木、树桩和死根，或称死生物量。

——净初级生产力（NPP）：表示植被的净碳吸收，也译为净第一性生产力，即等于总初级生产力（GPP）减去自养呼吸碳消耗。它代表了植物可用于自身生长、发育和繁殖的有机质净积累量，直接决定了能为生态系统中其他生物（如食草动物、分解者）提供的物质和能量基础。

——生态系统呼吸（Re）：单位地表面积单位时间生态系统所有有机体的呼吸总量，包括自养呼吸（Ra）和异养呼吸（Rh）。

——总初级生产力（GPP）：单位地表面积上单位时间内绿色植物通过光合作途径所固定的碳量（GPP=NPP+Ra）。

——净生态系统生产力（NEP）：生态系统光合作用固定的碳与异养生物呼吸作用释放的碳之差（NEP=NPP-Rh）。

——碳通量：表示生态系统中单位时间通过单位地表面积的某一特定组分碳的数量。

——净生态系统交换（NEE）：定义为大气—植被界面的净 CO₂ 通量。

A. 1. 16. 2 测算方法

利用工程治理前后对比，或与对照和参照区对比，估算工程引起的生态系统碳汇功能变化。

评估方法主要有四种，根据数据可获得性和评估结果的可靠性，推荐优先选择直接调查法，其次选择生态—大气界面通量监测法，然后选择遥感估算法，最后是固碳速率法。

a) 直接调查法

生态系统生物量：推荐通过选择代表性样方，采用野外调查法测算生物量（t d.m/ha）。森林和灌丛、草地、湿地和荒漠生物量野外调查方法分别参见 HJ 1167、HJ 1168、HJ 1169 和 HJ 1170。

- 生物量模型法：对于乔木和灌木，基于测树因子（树木胸径和树高）建立的一元或二元立木生物量模型（异速生长方程），估算整树生物量（包含地上和地下部分），进而基于样地每木检尺估算生态系统总生物量。生物量模型参见相关标准（GB/T 43648、LY/T 3317 和 HY/T 0457）和文献资料，或利用单木全收获法建立相关生物量模型。
- 全株收获法：采用全株收获法测定样方内植被地上和地下生物量。森林生态系统通常对样方内标准木进行收获测算生物量，然后基于胸高断面推算生态系统生物量，具体方法参见 GB/T 33027。
- 根茎（冠）比值：在只有乔木和灌木地上生物量数据，而无其地下生物量数据的情况下，可根据根茎比值，推算树木或灌木的地下生物量。根茎比值来源于实测数据、标准规范（GB/T 43648、LY/T 2988）、文献资料、基于测树因子的根茎比模型，或默认值（乔木 0.236）。相关树木根茎比模型参见 GB/T 43648 和文献资料。
- 森林蓄积量法：在只有森林蓄积量（m³）调查数据时，可采用生物量扩展因子、木材密度和森林蓄积量的乘积，估算森林生物量（t/ha）。常见树木的木材密度值参见 LY/T 2988 和 GB/T 43648；生物量扩展因子值参见 LY/T 2988，根据测树因子估算生物量扩展因子值的模型参见 GB/T 43648。

生态系统生物量碳储量：通过生物量含碳率（吨碳/吨干物质，t C/t d.m），把生物量换算为生物质碳储量（t C/ha）。植被含碳率数据来自实验室测定值；无含碳率实测数据的情况下，可参考相关标准规范（GB/T 43648、LY/T 2988 和 HY/T 0457）和文献数据的含碳率数值，或采用含碳率默认值（乔木 0.48、灌木 0.47、草本 0.45、枯落物和枯死木 0.37、红树林凋落物 0.45）替代。

生态系统土壤碳储量：采用野外土壤分层取样，室内化学分析，测定土壤有机碳含量（g/kg），进而据此估算有机碳密度（kg/m²）和碳储量（t C/ha）。具体取样和测算方法参见 GB/T 33027。

生态系统碳储量：植被、植物残体和土壤的碳储量之和。计量方法参见 LY/T 2988。

区域尺度生物量和碳储量：

- 可在整个区域内均匀布设样地，并利用实测方法计算样地的地上生物量、地下生物量和土壤碳密度，进而利用插值方法获得整个评估区域范围内的地上生物量、地下生物量和土壤碳储量的栅格数据。结合植被碳储量和土壤碳储量估算区域碳储量。
- 在只有生物量碳储量测定结果且无土壤碳储量测定结果的情况下，可基于生态系统土壤和植被固碳速率之比，估算整个生态系统的固碳量，各生态系统的固碳速率比值参见 GB/T 46869 及相关文献资料。

b) 生态系统—大气界面碳通量监测法

该方法适用于有生态系统—大气界面碳通量监测数据的通量源区的评估，可直接获取监测时刻的碳汇值（NEE）。如，涡度相关法，箱式法（Chamber Method）等。箱法可以测量叶片、枝条、树干和根系以及土壤等生态系统某一组分的气体交换，涉及到光合作用（透明箱）与呼吸作用（暗箱）等众多生理生态学参数。可以测量 GPP 和 Re 及其组分（自养 R_a 和异养呼吸 R_h）。

c) 遥感数据估算法

区域尺度上可采用遥感反演法估算生物量储量、植被净初级生产力（NPP，t C/a）、总初级生产力（GPP，t C/a）或净生态系统生产力（NEP，t C/a），来表征碳汇功能。

- 遥感估算生物量方法一：根据现场实测的地上或地下生物量与获取的遥感数据信息（包括原始波段、纹理、激光雷达数据、植被指数等）建立模型，进而利用模型分别反演工程区植被地上和地下生物量，制作工程区植被生物量栅格图。具体测算方法可参见 HJ 1340—2023。或利用各植被类型的根冠比，根据地上生物量估算结果来推算其地下生物量。根据各植被类型的含碳率，推算生物量碳储量。

- 遥感估算生物量方法二（森林和灌丛）：首先，利用现场调查得到的冠幅、树冠面积与平均胸径，建立胸径预测模型，拟合出冠幅—树冠面积—胸径的多元回归模型。然后，再通过遥感数据获取单株冠幅与树冠面积的基础上，结合胸径预测模型，可获得区域乔灌木的胸径信息。最后，利用生物量方程估算生物量储量。具体方法参见 GB/T 43681。
- 植被净初级生产力（*NPP*）和总初级生产力（*GPP*）估算：基于遥感影像提取相关参数，结合光能利用率模型（如：CASA 模型），计算 *GPP* 和 *NPP* 数值；或直接利用相关的 *NPP* 和 *GPP* 遥感产品，或利用陆地生态过程模型结合遥感数据估算 *NPP* 和 *GPP*。可根据区域植被特点和数据基础确定具体方法。遥感估算方法参见 GB/T 43681 和 GB/T 34815。
- 净生态系统生产力（*NEP*）估算：通过 *NEP* 和 *NPP* 的转换系数，或从 *NPP* 中去除土壤异养呼吸消耗碳量（ R_h , t C/a），来估算区域 *NEP*，具体测算方法参见 GB/T 46869。区域尺度上土壤呼吸可通过气候因子模型或气候—土壤因子模型进行估算，具体方法参见 GB/T 43681。
- 直接利用国内外相关陆地生态系统碳监测卫星提供的数据，包括地上生物量测量值，碳储量测量值等指标，但前提是必须通过针对评估区应用可靠性的提前验证。
- 在固碳量精度要求不高的情况下，也可采用能表征植被生物量变化特征的遥感植被指数（如，*NDVI*, *EVI* 等）和植被结构特征遥感参数（如，冠层高度）的变化趋势表征碳汇能力的变化。

d) 固碳速率法

给予特定生态系统一定的固碳速率默认值，根据评估区内各生态系统类型的面积，估算评估区总固碳量（碳汇功能）。测算方法参见 GB/T 46869。

A. 1. 17 气候调节

A. 1. 17. 1 概念解析

气候调节是指山水工程实施后在生态系统内外及其四周一定距离内小气候发生的变化，包括温度、湿度、风力、波文比（Bowen ratio）等的变化，也包括减轻霜、冻、干热风 and 风暴危害，提高农业产量和改善人居环境舒适程度的生态功能。相关评估指标还包括城市热岛日数、热岛强度、热岛比例指数、城市热岛面积、地表反射率等。

相关概念定义如下：

- 城市热岛效应（urban heat island effect）：指一个地区（主要是城市）环境温度高于周边郊区的现象。可以用气象观测站点的城郊气温之差来表示，也可利用卫星遥感反演的城郊地表温度之差来表示。
- 地表温度（land surface temperature）：大气与地表结合部的温度状况，地面表层的温度。
- 城市热岛强度（urban heat island intensity）：城区地表温度与参照区域温度的距平等级，是评价城市热岛效应强弱的定性指标，可直接表示强度的大小和范围。
- 城市热岛比例指数（urban heat island proportion index）：是指区域内城区温度高于郊区温度的热岛强度等级的面积加权比重，是区域内的热岛强度大小的一个定量指标。
- 城市热岛韧性指数：指郊区平均温度与城区平均温度的比值。
- 地表反射率：地表总反射辐射通量与总入射辐射通量之比。

A. 1. 17. 2 测算方法

通过工程治理前后对比，与参照区对比，或与对照区对比，分析工程引起的相关评估指标的变化情况。

a) 生态系统尺度

- 宜采用生态系统内外或四周一定距离内直接监测的小气候的变化来测算山水工程的气候调节能力，如温度、湿度、风力等的变化、或减轻霜、冻和干热风危害。生态系统点位小气候观测方法参见 GB/T 33027。
- 也可在通量源区利用涡动仪进行潜热通量监测、或利用闪烁仪监测空气折射率的结构参数来间接估算潜热通量。

b) 区域尺度

- 可通过遥感数据，或再结合地面观测数据等资料，获取地表气象指标。如，地表温度测算方法参见 SL/T 277。
- 选用遥感蒸散发产品或潜热通量产品，作为生态系统局部气候调节实物量的评估指标。蒸散量也可通过蒸散发模型进行估算。实际和潜在蒸散发计算方法见 GB/T 43681。
- 遥感数据测算城市热岛效应强度和热岛比例指数的方法，及城市热岛效应强度分级准则见《气测函〔2019〕103号》和 QX/T 780。
- 地表反射率：直接利用相关的遥感产品；或依据植被二向性反射模型，基于遥感信息，测算反射率，具体计算方法见 GB/T 43681。

城市热岛效应强度按式 (A.9) 计算：

$$UHII_i = T_i - \frac{1}{m} \sum_1^m T_{sub} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中：

$UHII_i$ —— 遥感影像上第 i 个像元所对应的热岛强度 (°C)；

T_i —— 第 i 个像元地表温度 (°C)；

m —— 郊区内的有效像元数；

T_{sub} —— 郊区内的有效像元地表温度 (°C)。

城市热岛比例指数按式 (A.10) 计算：

$$UHPI = \frac{1}{100d} \sum_1^n w_i p_i \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

$UHPI$ —— 为城市热岛比例指数；值在 0~1.0 之间，该值越大，热岛现象越严重。其值为 0 时，表明此地没有热岛现象，值为 1 时，表明处于强热岛范围；

d —— 为热岛强度等级数量；

i —— 为城区温度高于郊区温度等级序号；

n —— 为城区温度高于郊区温度的等级的数量；

w_i —— 为第 i 级的权重，取等级值；

p_i —— 为第 i 级所占的面积比例，数值为 0 - 100。

A.1.18 声环境

A.1.18.1 概念解析

声环境是指在特定时空范围内，由自然声源与人为声源共同作用形成的，以声音的物理特性（如声压级、频率、时空分布等）为核心特征的环境要素总和，其状态直接影响生物体（尤其是人类）的生存质量、生理健康及生态系统的自然功能。

噪声是指在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中产生的干扰周围生活环境的声音（频率在 20 Hz~20 kHz 的可听声范围内）。生态系统借助植物的反射、吸收及散射等声学作用机制，可实现对环境噪声的衰减效应。可通过噪音值大小或声环境达标率来表征山水工程对噪声环境的改善作用。

本文件以噪音值作为声环境评估的唯一维度。

声环境达标率指所有环境噪声监测点中噪音达到标准值的监测点比例。

A. 1. 18. 2 测算方法

通过工程治理前后噪音值对比，或与未治理区进行对比，或与声环境功能区噪声限值进行对比，或统计声环境达标率，来评定噪音的消减幅度。

城市和乡村声环境功能区分区情况，各类声环境功能区适用的环境噪声等效声级限值，及噪音监测方法，执行 GB 3096 的规定。

A. 2 经济效益

A. 2. 1 居民收入

采用公众问卷调查方法测算或通过政府统计部门的数据进行核算。

根据国家或地方政府规定的标准，统计调查工程治理前后工程区富裕户和小康户的数量，进行对比，说明其变化。

A. 2. 2 农林牧渔业生产

A. 2. 2. 1 概念解析

农林牧渔物质产品是指人类从生态系统获取的能够在市场交易的产品，满足人类生活、生产与发展的物质需求，包括农业、林业、畜牧业、渔业产品、生态能源及其他等。

生态系统物质产品价值是指生态系统通过初级生产、次级生产为人类提供农产品、林业产品、畜牧业产品、渔业产品、生态能源等的经济价值。

农林牧渔产品清单参见 GB/T 46869，包括但不限于以下内容：

- 从农业生态系统中获得的初级产品，如小麦，玉米、花生、大豆、马铃薯、茶叶、药材、水果、蔬菜等。
- 从森林生态系统中获得的初级产品，如林木产品、林下产品以及与森林资源相关的初级产品，如木材、竹材、以及松脂、生漆、油桐籽、核桃、板栗、白果、无花果、蓝莓等特色经济林产品。
- 用放牧、圈养或者两者结合的方式，饲养禽畜以取得动物产品或役畜，如牛、羊、猪等肉类产品，牛奶类，禽蛋等。
- 人类利用水域中生物获取的产品。通过捕捞、养殖等方式获取水产品，如鱼类、甲壳类、贝类、藻类、水生植物等。

相关的评估指标包括：单位面积的或整个工程区的产品产量和价值量、单位劳工的产量[千克/(工·日)]或产值[元/(工·日)]、草地载畜量(羊单位/公顷)和饲草量(千克/羊单位)、农林牧渔和第三产业等分别的总产值及各占总产值的比例等。

A. 2. 2. 2 测算方法

通常采用工程治理前后对比，或与对照区对比，来量化农林牧渔物质产品的变化。在核算山水工程实施带来的农林牧渔物质产品产量和价值量的增加时，需充分考虑评估期之前各年度的变化情况，以此确保对增量的核算更为精准合理。

——区域尺度：工程治理前后农林牧渔产品产量或价值量，可从政府统计部门获取相关数据。

——生态系统尺度：产品产量可通过实地调查获取。农田、草地、经济林和果园产量统计调查方法按 GB/T 15774—2008 附录A和附录B执行。

A.2.3 休闲旅游康养

A.2.3.1 概念解析

人类通过精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验从生态系统获得的非物质惠益。

A.2.3.2 测算方法

采用治理区域内自然景观的年旅游总人次作为文化服务功能实物量评估指标。

运用旅行费用法核算人们通过休闲旅游活动体验生态系统与自然景观美学价值,并获得知识和精神愉悦的货币价值。具体计算过程及核算数据获取可参见 GB/T 46869。

A.2.4 自然资源资产收益

A.2.4.1 概念解析

工程实施对区域自然资源资产价值的提升情况,包括工程实施对工程区及其影响区域自然资源资产保值增值额度,以及因工程实施提供生态产品纳入市场交易取得的经济补偿或收益情况。

A.2.4.2 测算方法

统计调查工程治理前后,生态受益区对工程评估区支付的生态补偿资金的差异。

统计分析生态产品市场化后,工程治理前后生态系统的经济收益。

A.2.5 政府自然环境应急资金投入

A.2.5.1 概念解析

指政府在工程区为维护与工程治理任务相关的环境健康安全而在公共财政方面的开支,包括但不限于减轻风沙对交通危害性的影响、抢险救灾、野生动物肇事补偿等方面。

A.2.5.2 测算方法

统计调查工程治理前后,或与未治理区进行对比,测算政府在工程区防治与山水工程治理相关的灾害方面的资金投入的变化。对于周期性的灾害,可根据治理前后一个或多个周期内资金投入总值进行对比分析;对于无明显周期性的自然灾害,可择机对治理前后某一次的自然灾害资金投入进行对比分析。

A.2.6 景观增值

A.2.6.1 概念解析

指生态系统为人类提供美学享受,从而提高周边土地和房产价值,产生房屋销售和租赁过程中的自然景观溢价的功能。

A.2.6.2 测算方法

通过对比分析工程治理前后景观货币价值量的变化评估治理效果。

采用能直接从评估区获得景观增值的土地与居住小区房产面积或数量,作为景观价值实物量评估指标。运用享乐价值法核算生态系统为其周边地区人群提供美学体验、精神愉悦功能的货币价值。具体计算过程及核算数据获取可参见 GB/T 46869。

同时,部分价格参数并非评估期价格参数,因此,需要使用价格参数转换系数将非评估年份价格参数换算为评估年份价格参数以计算各项功能价值量的现价。具体价格转换系数测算方法参见 GB/T 38582—2020。

A.3 社会效益

A.3.1 公众满意度

A.3.1.1 概念解析

公众满意度，是指特定社会群体或公众对某一山水工程及其所提供产品与服务的质量、数量、可及性及公平性满足其物质需求、精神文化期望和整体福祉水平的主观感知与满意程度。

景观协调性指山水工程治理措施导致的地形地貌或土地利用变化后与周边环境的协调性。

A.3.1.2 测算方法

A.3.1.2.1 公众满意度

采用公众问卷调查方法评估，以工程范围内居民为抽调对象，评估公众对山水工程治理效果的满意程度，即满意的人数与抽调总人数的比值，通过对比工程治理前后公众满意度的变化评估工程治理效果，其中基准年总调查人数不宜少于 100 人；或者调查统计评估期抽调的人员对工程治理前后满意度进行打分，分值变化的平均值作为工程治理效果的量化值。

以工程范围内居民为抽调对象，公众满意度判定为良好的判定准则是，原则上满意度不低于 85%。采用公众调查方法的同时，也调查公众不满意的原因是什么？公众希望状况是什么样的？公众满意度调查方法参见 SL/T 793。

公众满意程度指标也可采用国家统计局组织的调查数据。国家统计局组织开展居民对本地区山水工程建设、生态环境改善满意程度抽样调查，通过每年调查居民对本地区生态环境质量表示满意和比较满意的人数占调查人数的比例，并将多年的年度调查结果取算术平均值得到工程区“公众满意程度”分值。

A.3.1.2.2 景观协调性

景观协调性可采用量表法来度量：十分协调（5 分）、协调（4 分）、一般（3 分）、不协调（2 分）、很不协调（1 分）。通过人员访谈或问卷调查，由调查对象来填写等级评价量表，把主观评价数据转化为指标数值。

A.3.2 公众就业率

因工程实施雇佣当地群众务工的人员数量，或工程基础设施后期长期维护岗位人员聘用情况。

采用公众问卷调查方法测算或通过政府统计部门的数据进行核算。

A.3.3 生态教育

生态教育是指根据解决全球生态危机、建设生态文明的需要，有目的、有计划、有组织、系统地引导受教育者获得生态知识与技能，养成生态意识、生态道德和生态行为习惯的实践活动，提高受教育者生态综合素养，促进生态系统和谐可持续发展。

采用每年接待学生、游客等生态教育活动的场次和人数作为核算数据。

A.4 工程后期管理机制

A.4.1 概念解析

工程基础设施运行管护：工程竣工验收后，对相关基础设施和设备的管理应坚持“日常养护、及时维修、养修并重”的原则，做到养护到位、安全可靠；建立规模化、专业化、社会化运营管护机制，落实管护责任人、管护经费。

适应性管理：鉴于生态保护与修复工作具有长期性，且生态系统具备高度复杂性和动态性，各种环境条件和管理背景不可避免会发生变化。因此，有必要建立一种能够及时识别新生态问题与潜在风险的管理机制，对实施过程中可能偏离既定保护修复目标，或可能对生态系统造成新干扰的保护修复措施、技术选择、子项目空间布局与实施时序等，进行动态调整与优化，并通过持续监测与反馈实现管理效果的迭代改进和优化提升。

可持续影响：项目前期建立的山水工程保护和修复组织机制、管理模式持续发挥作用，包括政府领导和监督、专业机构和专家参与、资金筹措和管理、长期监测和评估机制、不当人为干扰控制等。

A.4.2 测算方法

通过资料审阅、野外现场调查和人员走访相结合的方法，评估工程后期管理机制的合理性。

——评估山水工程基础设施设备的检查、养护、维修等机制是否健全，相关的管理活动记录文件和报告的完整性。包括：责任主体、后期管护协议（规模化、专业化、社会化运营管护机制）和资金保障的落实情况；检查项目和周期（日常检查、定期检查和专项检查）、检查方法和内容、以及监测数据完整程度；尤其要关注治理措施达到工程设计年限时，是否有后续的维修维护措施。

- 工程建设措施的相关养护维修要求可参考相关的技术标准执行。如，淤地坝维修养护执行 SL/T 823。
- 河湖生态系统保护与修复工程，管理维护措施按照 SL/T 800 执行。
- 植被建设措施的相关养护，涉及到林分抚育、病虫害防治、森林防火、修剪整形、施肥灌溉等方面，按照相关标准规范执行。如，森林管护按照 GB/T 1578 和 GB/T 18337.31 执行。
- 污染物管控参见相关的标准规范。如，污染地块的管护按照 HJ 25.5 执行。

——管护资金使用的合理性、管护费用发放及时性和管护保险缴纳情况。

——评估是否根据定期长效跟踪监测评估发现的生态风险，建立了相应处置机制并采取了应对措施等适应性管理方案，包括适应性管理措施的及时性、针对性、可行性。

——综合评定工程设计变更或调整的程序合规性、内容科学性、措施合理性，以及对总体目标和具体目标的影响。

——工程实施方案提出及工程建设过程中设置的监测点和监测指标设置的科学合理有效性。

——生态过程跟踪管护、跟踪监测评估开展、不当人为干扰控制等成效维护情况。

——管理机制不作为效益评估打分项目，只针对出现的管理问题提出需要持续改进的意见和建议，附着在效益评估总体报告中。

A.5 数据来源

各评估指标测算数据来源如下：

——现场实测数据：评估指标数据有精度和准确度要求时，采用现场实测数据或各行业部门监测数据，如水环境、大气环境和土壤环境方面的指标数据。其他情况下可按本文件4总体要求，酌情采用其他来源数据。

——统计数据：统计数据来自国家、省及市县编制的统计年鉴，包括人口、经济、资源环境、农业、旅游业等数据。农林牧渔产量和产值数据来自林业、农业、渔业及统计部门相关资料。自然景观名录、旅游人数与旅客来源数据，来自文化和旅游、园林、统计等部门。

——行业部门：行业部门调查监测数据包括，土地利用分类数据或生态系统类型空间分布数据（自然资源部门、林草部门），大气环境、水环境和土壤环境质量监测数据（生态环境部门、水利部门、农业部门），生态环境遥感调查评估数据（生态环境部门），生物物种资源调查数

据（林草部门、农业部门、海洋部门），野生动植物资源调查数据（林草部门、农业部门），自然保护区人类活动遥感监测及核查数据（生态环境部门、林草部门），污染源普查数据（生态环境部门、农业部门），气象数据（气象部门），水资源调查数据（水利部门），自然资源国土调查及年度变更数据（自然资源部门、林草部分），河湖自然岸线（国土部门），土壤调查数据（农业部门、林草部门）、国土空间规划数据（自然资源部门）、遥感数据（自然资源、国家航天局、生态环境部门、中国科学院）等。

- 国际遥感数据：根据数据可获得性，尽可能选用较高分辨率的数据产品，空间分辨率至少要优于1000 m。
- 标准规范：从已有相关标准规范中提取相关目标值/限定值数据，或模型参数数值（情境数值或默认值）。
- 科技文献：为提高相关模型中的参数设置的可靠性，可从文献中提取相关数值。
- 人员访谈和问卷调查：可通过人员访谈或问卷调查方式获取相关评估数据。访谈对象包括工程区影响范围的本地居民、利益相关者、权力持有人、工程管护人员、旅游到访和休闲娱乐人员、相关管理部门等。

附 录 B
(资料性)
评估报告编写提纲

B.1 评估报告封面格式

评估报告封面包括：评估报告名称、评估报告编制单位和编制时间等内容。

B.2 评估报告扉页格式

评估报告扉页包括：业主单位、编制单位、编制人员、审核人员和法人代表等内容。

B.3 评估报告编制大纲

评估报告包括但不限于以下内容：

B.3.1 前言

概要介绍山水工程治理效益评估的工作背景与意义、组织形式、工作过程与评估结果。

B.3.2 山水工程项目背景

B.3.2.1 工程项目名称

B.3.2.2 工程项目地址

B.3.2.3 业主单位

B.3.2.4 施工单位

B.3.2.5 监理单位

B.3.2.6 验收单位

B.3.2.7 管护单位

B.3.2.8 工程效益评估单位

B.3.2.9 工程项目批复情况

B.3.2.10 报告编制依据

B.3.3 山水工程项目概况

B.3.3.1 工程项目区基本信息

介绍工程范围（区域或流域）自然地理概况、社会经济与自然资源利用概况、生态系统概况等；包括但不限于工程范围所在流域或自然地理单元名称，工程范围内主要生态系统类型，构成生态系统的动植物群落及其生境特征，生态系统退化程度与退化格局，工程范围内生态、农业和城镇空间格局，永久基本农田、生态保护红线、城镇开发边界范围的面积及比例，自然资源开发利用状况。

B.3.3.2 工程项目建设的必要性

针对区域生态环境问题的严重性、关键性及生态保护修复的紧迫性，从生态安全、生物多样性、自然资源保护与可持续利用、人与自然和谐共生等角度，阐述实施山水工程、破解生态环境难题的必要性。

B.3.3.3 工程项目与国家重大规划的关系

阐述工程范围是否属于关乎国家生态安全格局的生态安全屏障核心区域或重点区域，是否具有突出生态环境战略意义；项目实施与贯彻落实党中央、国务院重大决策部署和国家重大战略、重大规划和专项规划的关系等。

B.3.4 工程项目建设及实施概况

B.3.4.1 工程建设与实施情况

B.3.4.2 建设与实施中偏差及原因

B.3.4.3 工程建设的主要工作总结

B.3.4.4 工程建设的重要时间节点或里程碑

B.3.3.5 工程技术方案及调整情况

B.3.4.6 工程验收情况汇总

B.3.3.7 工程目标及相关要求

介绍工程展望期目标情况，包括工程治理效益的总体目标、具体目标及相关时间节点等。

B.3.5 评估过程

B.3.5.1 指导思想

B.3.5.2 评估目的和目标

B.3.5.3 评估原则

B.3.5.4 评估依据

B.3.5.4.1 法律法规

B.3.5.4.2 标准规范

B.3.5.4.3 项目文件

B.3.5.5 评估工作方案

B.3.5.6 资料和数据获取及处理

B.3.5.7 评估指标体系

阐述效益评估所选指标及选取理由。记录指标及其绩效标准的选择过程，尤其是决策的制定方式、达成的妥协（若有）以及最终决策所依据的通用标准。

B.3.5.8 评估单元划分

B.3.5.9 评估方法

B.3.5.10 特殊情况的处理

B.3.6 评估结果与分析

评估结果包括定性和定量结果两部分。

定量结果：分别列出所选指标在生态环境变化和生态环境状况两个方面的测算值，给出评估指标在工程治理后的提升幅度值。

定性结果：根据工程建设总体目标、具体目标、分期分阶段目标及涉及的各评估指标相关的强制性国家、行业或地方标准规范限定的阈值，或国家和地方特殊规定指标限值，结合各指标定量评估结果，给出单项评估指标达标情况和项目目标及任务是否完成的定性结果，如存在多个目标及任务，每个都需要给出是否完成的定性结果。

开展定期评估的工程，结合前期评估结果，说明变化趋势。

评估所用的原始数据、计算过程和具体数值等内容作为附件。

根据需要给出效益评估专家打分表。

B.3.7 结论与建议

B.3.7.1 主要结论

参见正文第9章。

此外，还包括：不同评估维度/议题之间的目标完成情况的比较，当前状态与理想状态的差异，不同评估单元之间治理效益的比较，不同效益评估指标或评估议题间的权衡协同关系等。

B.3.7.2 经验和问题

根据评估结果和评估过程中发现的效益变化情况，总结归纳山水工程技术、政策和管理措施等方面的成功经验和存在的问题。比如，哪些方面进展顺利？哪些方面进展不佳？原因是什么？根源何在？

B.3.7.3 工作建议

结合山水工程的实际建设情况，根据评估结果和存在的主要问题，提出山水工程建设和管理方面持续改进的相关意见和建议。比如，当工程区治理效果显著时，保留并继续实施现有的系统治理和管护措施；当工程区治理效果不明显时，对治理措施进行适当调整，经专家论证修改后实施；当工程区治理没有效果时，调整生态保护修复方案，经专家论证修改后实施。

根据整体评估情况，提出拟采取的适应性管理措施和建议。

B.3.8 附图

附图采用地图学常用方法表示，制图规范、附图清晰、表达清楚，比例尺应与区域的面积相匹配。附图必须包括以下类型：

附图 1：项目区位图

附图 2：项目区工程设计图

附图 3：项目区工程前遥感影像图

附图 4：项目区工程后遥感影像图

附图 5：项目区工程效果系列评估图

B.3.9 附件

调查实测数据一览表和计算过程等内容。

参 考 文 献

- [1] GB/T 44590 天然林保护修复生态效益评估指南
- [2] HJ 1272 生态保护修复成效评估技术指南（试行）
- [3] LY/T 1758 京津风沙源治理工程社会效益监测与评价指标
- [4] LY/T 3318 草原生态建设工程效益监测评价技术规范
- [5] TD/T 1102 国土空间生态保护修复工程成效评估规范
- [6] DB32/T 4867 国土空间生态保护修复工程生态成效监测评估技术导则
- [7] DB63/T 1342 三江源生态保护和建设生态效果评估技术规范
- [8] 《生态保护补偿条例》（中华人民共和国国务院令 第 779 号）. 2024 年 4 月 10 日.
- [9] 《山水林田湖草生态保护修复工程指南（试行）》（自然资办发〔2020〕38 号）
- [10] 《关于印发〈区域生态质量评价办法（试行）〉的通知》（环监测〔2021〕99 号）
- [11] 《关于印发〈地表水环境质量评价办法（试行）〉的通知》（环办〔2011〕22 号）
- [12] 《关于印发〈生态保护红线划定指南〉的通知》（环办生态〔2017〕48 号）
- [13] 《关于印发〈农业外来入侵物种普查面上调查技术规程（试行）〉的通知》（农办科〔2022〕8 号）
- [14] 《关于印发〈城市热岛卫星遥感监测评估技术导则（试行）〉的函》（气测函〔2019〕103 号）
- [15] 《关于印发〈全国森林、草原、湿地生态系统外来入侵物种普查工作方案〉的通知》（办护字〔2021〕65 号）
- [16] 国家发展改革委, 国家统计局. 生态产品总值核算规范[M]. 北京: 人民出版社, 2022. [发改基础〔2022〕481 号]
- [17] 马金双. 中国外来入侵植物志[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2021.
- [18] 生态系统固碳项目技术规范编写组. 生态系统固碳观测与调查技术规范[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [19] SAURA S, TORNÉ J. Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity [J]. Environmental Modelling & Software, 2009, 24:135-139.
- [20] MCGARIGAL K, CUSHMAN, SA, ENE E. 2023. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps [EB/OL]. Computer software program produced by the authors; available at the following web site: <https://www.fragstats.org>.
- [21] The IUCN M&E Initiative and The IUCN Biodiversity Policy and International Agreements Unit. A Guide to the Assessment of Biological Diversity (DRAFT) [R]. April, 2000.
- [22] IUCN. Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions. First edition [R]. Gland, Switzerland: IUCN. 2020.