



中华人民共和国国家标准

GB/T 39791.3—2024

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

Technical guidelines for identification and assessment of environmental
damage—General principles and key components
—Part 3: Verification of restoration

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

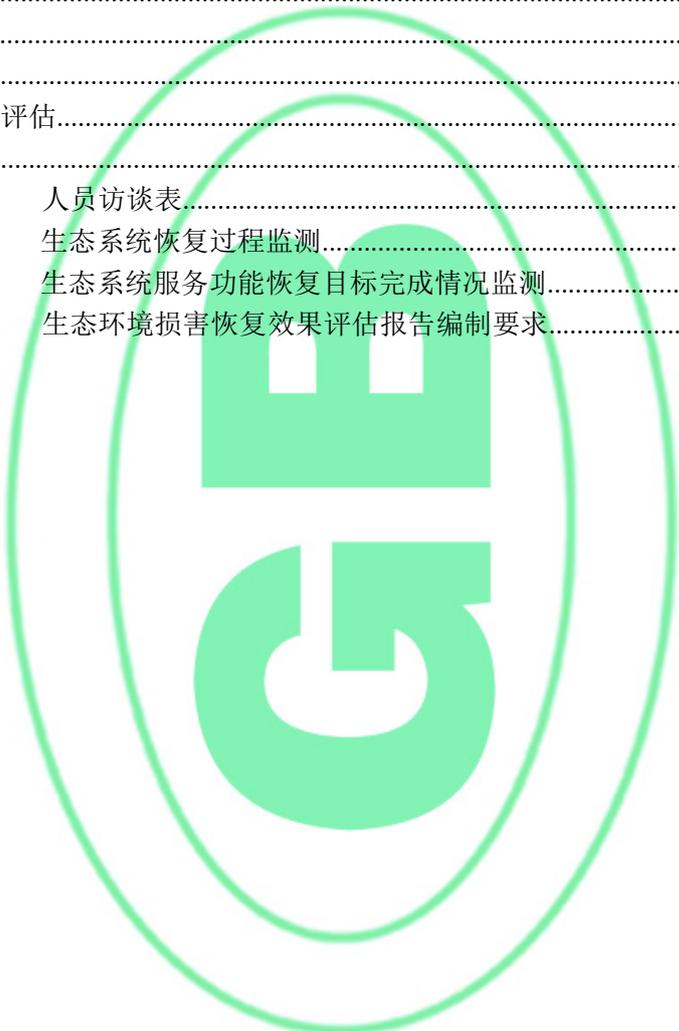
2024-01-15 发布

2024-04-01 实施

生态环境部
国家市场监督管理总局 发布

目 次

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 工作程序.....	3
5 前期准备.....	5
6 恢复过程评估.....	5
7 恢复目标完成情况评估.....	7
8 效果评估报告编制.....	12
附录 A（资料性附录） 人员访谈表.....	13
附录 B（规范性附录） 生态系统恢复过程监测.....	15
附录 C（规范性附录） 生态系统服务功能恢复目标完成情况监测.....	18
附录 D（资料性目录） 生态环境损害恢复效果评估报告编制要求.....	20



前 言

为贯彻《中华人民共和国民法典》《中华人民共和国环境保护法》等法律法规和《生态环境损害赔偿制度改革方案》《生态环境损害赔偿管理规定》等文件，保护生态环境，保障公众健康，规范生态环境损害恢复效果评估工作，制定本标准。

本标准规定了生态环境损害恢复效果评估的程序、内容和方法。

本标准首次发布。

本标准是 GB/T 39791《生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节》的第 3 部分，GB/T 39791 已经发布了以下部分：

——第 1 部分：总纲；

——第 2 部分：损害调查。

本标准的附录 A 和附录 D 为资料性附录，附录 B 和附录 C 为规范性附录。

本标准由生态环境部组织制定。

本标准主要起草单位：生态环境部环境规划院。

本标准生态环境部 2024 年 1 月 15 日批准。

本标准自 2024 年 4 月 1 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

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

1 适用范围

本标准规定了生态环境损害恢复效果评估的程序、内容和方法。

本标准适用于生态环境受到损害后的污染清除、环境修复、生态服务功能恢复等不同阶段的损害恢复效果评估，以及替代性恢复实施效果评估。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。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（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 3838	地表水环境质量标准
GB 15618	土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 50026	工程测量规范
GB 50179	河流流量测验规范
GB 50286	堤防工程设计规范
GB 50330	建筑边坡工程技术规范
GB/T 27618	植物有害生物调查监测指南
GB/T 27648	重要湿地监测指标体系
GB/T 30363	森林植被状况监测技术规范
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 25.6	污染地块地下水修复和风险管控技术导则
HJ 91.2	地表水环境质量监测技术规范
HJ 495	水质 采样方案设计技术指导
HJ 589	突发环境事件应急监测技术规范
HJ 710.1	生物多样性观测技术导则 陆生维管植物
HJ 710.3	生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物
HJ 710.4	生物多样性观测技术导则 鸟类
HJ 710.5	生物多样性观测技术导则 爬行动物
HJ 710.6	生物多样性观测技术导则 两栖动物
HJ 710.7	生物多样性观测技术导则 内陆水域鱼类
HJ 710.8	生物多样性观测技术导则 淡水底栖大型无脊椎动物
HJ 710.9	生物多样性观测技术导则 蝴蝶
HJ 710.10	生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物
HJ 710.12	生物多样性观测技术导则 水生维管植物

HJ 710.13	生物多样性观测技术导则 蜜蜂类
HJ 1091	固体废物再生利用污染防治技术导则
HJ 1166	全国生态状况调查评估技术规范——生态系统遥感解译与野外核查
HJ 1167	全国生态状况调查评估技术规范——森林生态系统野外观测
HJ 1168	全国生态状况调查评估技术规范——草地生态系统野外观测
HJ 1169	全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测
CH/T 1026	数字高程模型质量检验技术规程
NY/T 87	土壤全钾测定法
NY/T 88	土壤全磷测定法
NY/T 1121.3	土壤机械组成的测定
NY/T 1121.4	土壤容量的测定
NY/T 1121.6	土壤有机质的测定
NY/T 1121.16	土壤水溶性盐总量
NY/T 1121.24	土壤全氮的测定
NY/T 1377	土壤 pH 的测定
NY/T 3343	耕地污染治理效果评价准则
NY/T 4154	农产品产地环境污染应急监测技术规范
SL 44	水利水电工程设计洪水计算规范
TD/T 1055	第三次全国国土调查技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

替代性恢复 alternative restoration

当基本恢复或补偿性恢复方案不可行时，基于资源或服务等量原则，采取异位或原位恢复措施和活

动，使恢复措施获得的资源或服务收益与损害的资源或服务相等的过程。

3.2

目标污染物 target pollutant

需要进行风险管控与治理修复的污染物。

3.3

恢复效果评估 verification of restoration

通过资料回顾与现场踏勘、布点采样与实验室检测、样方样带调查、测量测绘等手段，评估恢复工程实施与恢复方案的符合情况、设定目标完成情况以及潜在二次污染或破坏情况。

3.4

恢复过程评估 evaluation of the restoration process

对恢复过程进行评估，分析恢复工程实施与恢复方案的符合情况，分析恢复工程实施造成潜在二次污染或破坏的情况，初步判断相关指标恢复目标完成情况或达到稳定状态的情况。

3.5

恢复目标完成情况评估 compliance assessment

通过调查监测和数据分析，评估通过实施恢复措施达到生态环境损害恢复方案中设定的恢复目标的情况。

3.6

潜在二次污染 potential secondary pollution

受损生态环境恢复过程中因污染物迁移扩散、废水废气排放、固体废物堆存等可能导致恢复区域外的其它区域污染物超标或导致其它介质中污染物超标的现象。

3.7

潜在二次破坏 potential secondary destruction

受损生态环境恢复过程中因污染物引流、土地侵占、施工碾压、养护不当等原因可能导致土地利用的不利改变、生境条件恶化、植被破坏、有害生物发生、外来物种入侵、生物多样性降低等情况的现象。

3.8

原位恢复 in-situ restoration

不移动受损害的环境介质，直接在损害发生地进行原地恢复的过程。

3.9

异位恢复 ex-situ restoration

将受损害的环境介质从损害发生地挖掘或抽提出来，搬运或转移到其他场所或位置进行恢复的过程。

4 工作程序

生态环境损害恢复效果评估的工作程序包括前期准备、恢复过程评估（根据需要确定开展的必要性）、恢复目标完成情况评估和效果评估报告编制。

a) 前期准备阶段

开展资料收集、人员访谈和现场踏勘，收集应急处置、环境修复、生态恢复工程实施、监理监测相关方案、数据、报告、图件等资料。结合损害鉴定评估结果、损害赔偿磋商结果、诉讼判决结果等，确定恢复效果评估指标和标准。

b) 恢复过程评估阶段

根据委托或者评估需要开展恢复过程评估。梳理受损生态环境恢复过程，分析恢复方案中涉及的所有工程的实施情况，分析恢复过程潜在二次污染或破坏情况。开展数据分析，初步判断相关指标达到恢复目标或达到稳定状态的情况，数据不足以开展分析时，要求开展补充监测。

c) 恢复目标完成情况评估阶段

构建概念模型。制定恢复目标完成情况评估调查监测计划，明确恢复目标完成情况评估阶段的调查监测对象、时间、点位、数量以及分析指标等。开展现场调查监测，对调查所获取的数据进行必要的分析，判断相关指标达到恢复目标情况。

d) 效果评估报告编制阶段

效果评估工作完成后，编制生态环境损害恢复效果评估报告。

生态环境损害恢复效果评估的工作程序见图 1。

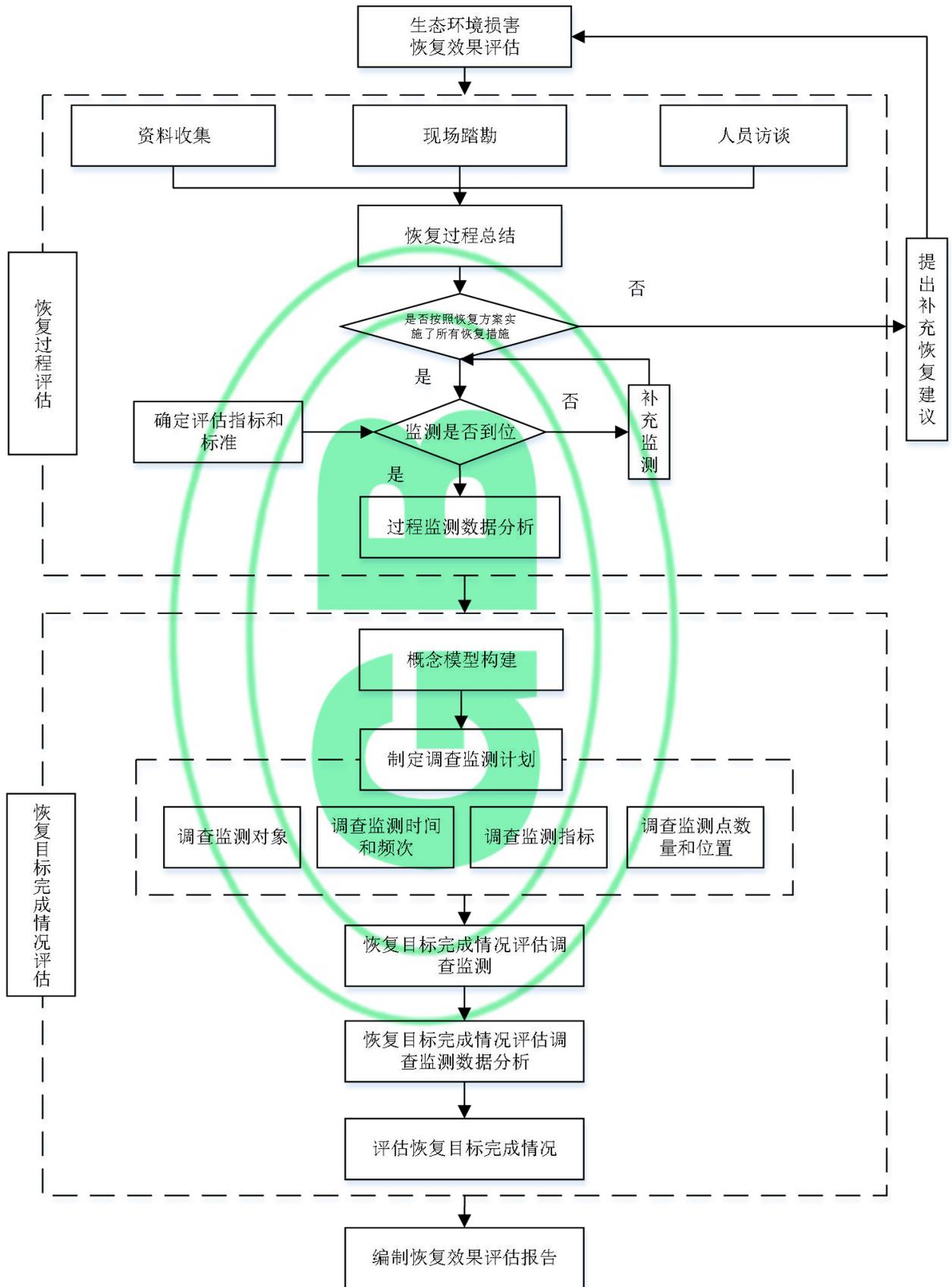


图 1 恢复效果评估程序

5 前期准备

5.1 资料收集

在效果评估工作开展之前，从责任方、相关管理部门、参与前期工作的相关单位处收集受损区域生态环境恢复过程相关资料，具体包括调查报告、监测数据、损害鉴定评估报告、风险评估报告、风险管控与治理修复方案、工程实施方案、工程设计资料、施工组织设计资料、施工与运行过程中监测数据、监理报告和相关资料、工程竣工报告、工程竣工环境保护验收报告、实施方案变更协议、运输与接收的协议和记录、施工管理文件、后期管护相关记录等。

5.2 人员访谈

开展人员访谈，对受损区域调查评估情况、生态环境恢复的工程方案编制和实施情况、环境保护措施落实情况、恢复系统运行维护情况等进行全面了解。访谈对象包括相关管理部门、责任人，以及调查、风险评估、鉴定评估、风险管控与治理修复方案编制、生态恢复方案编制、施工、监理等单位参与人员。填写附录 A 人员访谈表。

5.3 现场踏勘

开展现场踏勘，了解受损区域生态环境恢复工程实施情况，环境保护措施落实情况，包括工程进度，处理设施运行情况，污染源清理情况，污染土壤、水体、沉积物暂存、外运或处置情况，植被种植养护、动物孵化保育措施实施情况，施工管理情况，恢复效果等。可通过照片、视频、录音、文字等方式，记录现场踏勘情况。

5.4 效果评估指标和标准确定

根据生态环境损害鉴定评估报告或恢复方案中确定的恢复目标，结合损害赔偿磋商结果、诉讼判决结果等，确定恢复效果评估指标和标准。

6 恢复过程评估

6.1 恢复过程总结

基于资料收集、人员访谈、现场踏勘所获取的信息，全面梳理生态环境损害调查评估、恢复方案制定、恢复工程实施等过程，分析恢复工程实施与恢复方案的符合情况。当存在恢复工程未覆盖恢复方案确定的建设内容或对象、恢复工程量不满足方案设计要求、恢复的范围与设计文件不一致等情况，且未经过设计方案优化时，应提出补充恢复建议。当存在药剂类型、注入流量、运输方式、最终去向、种植养护方式、灌溉方式、孵化保育方式等技术指标与技术方案不一致的情况时，要求提供合理的变更说明。

分析施工方固体废物、废水、废气、噪声等必要的二次污染防治措施实施情况，土壤资源、生物群落、生态系统的必要的二次破坏防控措施实施情况，同时分析产生二次污染或二次破坏的可能性、可能的二次污染或二次破坏类型以及可能产生二次污染或二次破坏的区域等。

6.2 过程监测数据分析

基于资料收集、人员访谈、现场踏勘所获取的监测数据，分析施工单位和相关管理部门按照恢复方案和相关标准规范要求开展监测的情况。当监测数据不足时，需要补充监测数据，监测应满足 6.3 要求。

当监测数据充分时，按照 7.3 要求初步分析达到恢复目标或达到稳定状态的情况。

6.3 过程监测要求

6.3.1 突发生态环境事件应急监测

突发生态环境事件应急监测及相关质量控制应根据应急处置工程实施情况，参照 HJ 589、NY/T 4154 等进行。

6.3.2 土壤和地下水监测

土壤监测及相关质量控制要求参照土壤污染风险管控和修复相关技术标准规范执行；地下水监测及相关质量控制要求参照 HJ 25.6 执行，区分风险管控和修复两种情况，通过合理设置监测井，对地下水水位、水质、注入药剂特征指标、工程性能指标、二次污染物等进行监测，地下水修复工程运行初期采用较高监测频率，运行稳定期和运行后期适当降低频次，地下水风险管控工程运行监测频次取决于风险管控措施类型。

6.3.3 地表水和沉积物监测

6.3.3.1 监测指标

根据恢复方案中确定的恢复目标，对目标指标、潜在二次污染相关指标、可能影响目标指标的其他理化指标等进行监测。

6.3.3.2 监测点位

a) 地表水

优先根据水体功能区划、所采用的环境修复技术特点等布设河流恢复过程监测断面。如没有特定要求，应在恢复工程涉及的监测断面选择代表性断面或监测点进行监测，同一水体功能区至少设置 1 个监测断面。如果存在死水区、回水区、排污口等薄弱区，应综合考虑恢复工程的实施效果布设代表性采样点。

对于湖（库）等地表水体，优先根据湖（库）功能区划、所采用的环境修复技术特点等布设湖（库）恢复过程监测垂线。湖（库）的不同水域，如进水区、出水区、深水区、浅水区、湖心区、岸边区，分别设置代表性监测垂线。如无明显功能区别或环境修复技术对布点没有特定要求，在环境修复区域内按照网格均匀布设原则，选择代表性垂线进行监测，同时兼顾环境修复薄弱区。

同一监测断面设置的监测垂线与各垂线上的采样点数参照 HJ 91.2 和 HJ 495 中要求执行。

采用异位方式进行环境修复的，应根据批次处理水量进行采样监测，原则上每批次至少采集 1 个样品。

b) 沉积物

采用原位恢复方式对沉积物进行处理的，在恢复区域内按照均匀分布原则，结合地表水点位进行布设，通常布设在水质监测垂线正下方，当正下方无法采样时，可在附近区域采样，点位布设应具有代表性。原则上，对于河流长度、湖库半径 ≤ 1 km 的情况，分别按照 50 m 的间距或者 50 m \times 50 m 的网格布设点位，至少布设 2 个点位；对于河流长度、湖库半径 > 1 km 的情况，根据实际河流长度、湖库半径与 1 km 的比值倍数，等比例放大点位布设间距。同时，按照均匀分布原则，结合沉积物垂向分层特征进行分层采样，原则上每个层位采集 1 个样品。

对沉积物进行异位处理的，优先按照堆体大小设置采样点数量，见表 1。按批次处理的，每批次至少采集 1 个样品。采用资源化利用方式对沉积物进行处理时，应符合 HJ 1091 中的相关规定。

表 1 异位处理布点要求

恢复区域体积	采样点数量
体积 $\leq 100\text{ m}^3$	≥ 2
$100\text{ m}^3 < \text{体积} \leq 300\text{ m}^3$	≥ 3
$300\text{ m}^3 < \text{体积} \leq 500\text{ m}^3$	≥ 4
$500\text{ m}^3 < \text{体积} \leq 1000\text{ m}^3$	≥ 5
超过 1000 m^3 后每增加 500 m^3	增加 1 个点位

采用异位方式进行沉积物处理的，具备条件的情况下应同时对清挖区进行系统布点采样，可参照 HJ 25.5 基坑布点方法进行布点采样。

6.3.3.3 监测频次和时间

根据监测指标类型、介质类型和恢复技术类型等，确定监测频次，地表水恢复过程监测原则上为每月一次，根据恢复过程水质变化情况调整监测频次，沉积物恢复过程监测在恢复技术实施关键节点进行，原位恢复的，需根据沉积物中污染物释放规律，定期开展地表水监测。对于连续式处置过程的监测，可根据污染物转化降解速率开展定期监测。

6.3.3.4 质量控制要求

地表水和沉积物监测的质量控制应满足相关生态环境监测标准的要求。

6.3.4 生物与生态服务功能过程监测

根据恢复方案中设定的目标指标，选择相应指标开展过程监测，具体监测指标、监测方法、监测频次、监测时间和参照标准见附录 B 和附录 C。

对于具有迁徙性或周期性特点的动物，应根据观测目标和观测区域野生动物的繁殖、迁徙及其出现的季节规律等确定监测时间。对于植物，应当根据各类型植物物候特征确定监测时间。

7 恢复目标完成情况评估

7.1 概念模型构建

基于上述资料收集、人员访谈、现场踏勘等过程掌握的信息以及恢复过程总结、监测数据分析结果，用文字、图、表等形式构建恢复后概念模型，为恢复目标完成情况评估阶段调查监测计划的制定提供依据。概念模型中包含：

- a) 风险管控与治理修复、生态恢复概况：风险管控与治理修复、生态恢复起始时间、范围、目标、主要技术和工艺参数及其变化情况，废气、废水和固体废物产生和排放情况；对于环境修复，涉及药剂添加时包括药剂添加量等情况；对于生态恢复，涉及植被种植时包括覆土量、植被类型、覆盖度、养护等情况，涉及动物恢复时包括动物类型、数量、活动范围、栖息地质量等情况。
- b) 自然环境条件：对于环境修复案例，主要包括地质和水文地质条件及其变化情况，水体和沉积物理化性质及其变化情况，周边敏感受体及相关暴露途径等；对于湿地生态恢复，主要包括水体相关物理、化学、生物条件及其变化情况；对于林地、草地、农田等生态恢复，主要包括气候、地形地貌、土壤、森林覆盖率、草原综合植被盖度等条件及其变化情况。
- c) 目标指标情况：对于环境修复，主要包括目标污染物原始浓度以及环境修复过程中目标污染物

浓度的时空变化，潜在二次污染情况；对于生态恢复，主要关注地形地貌、土壤、水文、植被、生物原始情况及恢复过程中的变化，潜在二次破坏情况。

7.2 恢复目标完成情况评估调查与监测

7.2.1 制定恢复目标完成情况评估调查与监测计划

基于概念模型中有关损害恢复过程和评估区现状的相关信息，结合损害恢复目标，制定恢复目标完成情况评估调查与监测计划，明确恢复目标完成情况评估阶段的调查与监测内容、区域、指标、点位布设、频次和时间等，指导后续调查与监测过程。

7.2.2 土壤和地下水环境修复目标完成情况评估调查与监测

土壤和地下水环境修复目标完成情况评估调查与监测参照 HJ 25.5、NY/T 3343 和 HJ 25.6 执行。对于地下水修复工程，采用修复工程运行阶段至少 4 个批次数据进行修复目标完成情况初判，初步判断污染物浓度稳定达到修复目标且地下水流场稳定时，在修复范围内以及修复范围外的地下水流向上游、下游以及可能涉及的潜在二次污染区域进行布点，至少采集 8 个批次样品（持续时间至少 1 年，原则上每季度 1 次，两个批次之间间隔不得少于 1 个月），对目标污染物和可能的二次污染物进行监测，必要时增加地下水常规指标、修复设施运行参数等作为评估依据；对于地下水风险管控工程，在工程设施完工 1 年内开展修复目标完成情况评估调查与监测，在风险管控范围内以及风险管控范围外的地下水流向上游、下游和可能涉及的潜在二次污染区域进行布点，至少采集 4 个批次样品（原则上每季度 1 次，两个批次之间间隔不得少于 1 个月），对工程性能指标和污染物指标进行监测，必要时可增加地下水水位、地下水流速、地球化学参数等作为辅助判断依据。

7.2.3 地表水和沉积物环境修复目标完成情况评估调查与监测

7.2.3.1 调查与监测对象

调查与监测主要针对原位或异位环境修复后的地表水、沉积物环境质量状况，以及环境修复过程中可能产生的二次污染。如果涉及沉积物清挖，还应对清挖效果进行调查与监测。如果涉及阻隔等控制污染物释放到地表水的风险管控措施，还应对风险管控措施的性能（如阻隔结构的渗透性等）进行调查与监测。调查与监测对象见表 2。

表 2 环境修复目标完成情况评估调查与监测对象

受损介质	风险管控与治理修复模式	修复目标完成情况评估调查与监测对象	潜在二次污染评价调查与监测对象
地表水	原位	环境修复区域	周边地表水、沉积物 化学生物试剂堆放区 环境修复过程中试剂可能影响的其它区域 环境修复过程中污染物迁移扩散可能影响的其它区域
	异位	处理后水质	水体和沉积物暂存区 环境修复区或临时处置区 待检区 化学生物试剂堆放区 运输车辆道路（运输试剂、待处理水体） 固体废物堆存区、废水暂存处理区

续表

受损介质	风险管控与治理修复模式	修复目标完成情况评估调查与监测对象	潜在二次污染评价调查与监测对象
沉积物	原位	环境修复区域	周边地表水、沉积物 化学生物试剂堆放区 环境修复过程中试剂可能影响的其它区域 环境修复过程中污染物迁移扩散可能影响的其它区域
	异位	清挖区 环境修复区域 处理后沉积物	水体和沉积物暂存区 环境修复区或临时处置区 待检区 化学生物试剂堆放区 运输车辆道路（运输试剂、待处理沉积物） 固体废物堆存区、废水暂存处理区
	风险管控	风险管控措施 性能	周边地表水、沉积物

7.2.3.2 指标

根据恢复方案中确定的恢复目标，对相关指标进行监测。如恢复目标中未考虑潜在二次污染，应在效果评估时对潜在二次污染相关指标进行监测评估，具体见表3。

表3 潜在二次污染区调查监测指标

序号	潜在二次污染区	指标	备注
1	周边地表水、沉积物	目标污染物和反应过程中的二次产物	/
2	污染水体和沉积物暂存区、环境修复区、临时处置区、待检区	目标污染物和反应过程中的二次产物	如有机物氧化还原产物、硝酸盐、氨氮转化产物等
3	化学生物试剂堆放区、环境修复过程中试剂可能影响的其它区域	试剂中可能涉及的污染物	如过硫酸盐氧化引入的硫酸根离子、酸碱调节剂导致的pH变化等
4	固体废物堆存区、废水暂存处理区	固体废物、废水中可能涉及的污染物	分析原辅材料、生产工艺进行判断
5	运输车辆道路	运输材料可能涉及的污染物	污染物或者药剂中可能存在的污染物
6	环境修复过程中污染物迁移扩散可能影响的其它区域（包括大气）	目标污染物和反应过程中的二次产物	开挖、药剂投加等过程可能导致的污染物扩散

7.2.3.3 点位布设

地表水和沉积物监测布点数量和位置同6.3.3.2。

7.2.3.4 采样频次和时间

地表水和沉积物恢复效果通常采用1次性评估。通常在环境修复完成且环境修复介质的物理、化学、生物学状态及生态服务功能达到稳定后以及受到其它扰动前进行。对于采用序批式方式进行环境修复的，通常在每批次处置完成后开展监测。如果涉及沉积物清挖，应在清挖之后、回填之前对清挖区域进行采样。对于采用覆盖等风险管控方式控制沉积物污染风险的，应在风险管控措施实施完成后，至少对水体中的目标污染物监测4次，每次间隔不少于1个月，确保稳定达到恢复目标。

7.2.4 生态恢复目标完成情况评估调查与监测

7.2.4.1 调查与监测对象

针对生态系统恢复情况进行调查监测，包含恢复区域/流域、周边区域/流域，并对恢复过程中可能产生的二次破坏进行调查监测，见表 4。

表 4 生态恢复目标完成情况评估调查与监测对象

恢复模式	恢复目标完成情况评估调查与监测对象	潜在二次破坏评价调查与监测对象
人工恢复	恢复区域/流域	周边区域/流域
人工促进自然恢复	恢复区域/流域	周边区域/流域
自然恢复（监测）	恢复区域/流域	——

7.2.4.2 指标

根据恢复方案中设定的目标，参照附录 C 选取适当的指标开展生态恢复目标完成情况评估调查与监测，其中，核心指标至少选择一项，参考指标根据需要选择。潜在二次破坏的调查与监测指标见表 5。

表 5 潜在二次破坏调查与监测指标

序号	潜在二次破坏情形	调查监测指标
1	污染物引流占用土地	土壤污染物含量、土壤理化性质
2	恢复施工过程中碾压导致土地植被破坏	植被面积、覆盖度，物种及盖度、高度、生物量，昆虫和土壤微生物种类及数量
3	河流、水体恢复措施，如清淤、药剂使用等，对水生生物的影响	生物体污染物残留浓度、物种数量、生物量、密度、生物多样性
4	恢复区域植被由于较高的土壤水分、养分等需求导致当地生境条件恶化	地下水位、土壤含水率、土壤养分含量等
5	恢复过程可能导致恢复区域有害生物发生	有害生物种类、种群数量及其密度
6	引入的物种扩张侵占周边植被群落、导致有害生物发生或生物多样性降低	物种数量、生物量及其密度、多样性

7.2.4.3 样方、样线、样点布设

样方、样线、样点布设方法见附录 B 和附录 C。潜在二次破坏调查监测点位和数量的确定参照 HJ 710 系列标准。

7.2.4.4 监测频次和时间

监测在生态服务功能达到稳定后进行，监测频次根据不同生态要素特点确定。

不同生态要素的监测频次和时间要求参照附录 B，生态服务功能的监测频次和时间要求参照附录 C。

7.2.4.5 调查监测方法

调查监测方法参照附录 B 和附录 C。

7.3 恢复目标完成情况分析

根据恢复工程特点和监测数据的情况，选择适用方法进行恢复目标完成情况分析。

对于恢复目标为降低土壤、地表水、沉积物中污染物浓度的情形，以及采取异位方式修复地下水的情形，根据监测数据数量，从 a) 和 b) 中选择相应的方法进行恢复目标完成情况分析；对于采取原位环境修复措施修复地下水修复的情形，选择方法 c) 进行恢复目标完成情况分析，对于地下水风险管控，应满足风险管控工程性能指标符合设计要求或不影响预期效果、风险管控措施下游地下水中污染物浓度持续下降及地下水污染扩散得到控制两条标准即判断达到目标；对于生态恢复，按照方法 d) 进行恢复

目标完成情况分析。

a) 逐一比对法

当样品数量 <8 个（不含平行样）时，将调查监测数据与恢复目标值逐个对比，判断恢复目标完成情况。当平行样数量 ≥ 4 时，可参照 HJ 25.5，结合 t 检验确定数据与恢复目标值的差异，若监测结果显著低于目标值或与目标值差异不显著，表明达到恢复目标；若监测结果显著高于目标值，表明未达到恢复目标。

b) 统计分析法

当样品数量 ≥ 8 个时，将数据均值的 95%置信上限（或下限）与恢复目标值进行比较，同时符合以下条件时，可认为达到恢复目标：

- 1) 对于目标为降低指标数值的情况，数据均值的 95%置信上限 \leq 恢复目标值；对于目标为提高指标数值的情况，数据均值的 95%置信下限 \geq 恢复目标值；
- 2) 对于目标为降低指标数值的情况，数据最大值不超过恢复目标值的 2 倍；对于目标为提高指标数值的情况，数据最小值不低于恢复目标值的 1/2。

低于报告限的数据，用报告限值数值进行统计分析。

c) 趋势分析法

对于地下水环境修复工程，利用至少 8 期（采样持续时间至少 1 年，原则上采样频次为每季度一次，两个批次之间间隔不得少于 1 个月）监测数据，采用趋势分析法判断恢复目标完成情况。在 95%置信水平下，趋势线斜率显著小于 0 或与 0 没有显著差异，且目标指标的 95%置信上限小于等于恢复目标值，说明达到恢复目标；在 95%置信水平下，趋势线斜率显著小于 0，但目标指标的 95%置信上限大于恢复目标值，判断未达到恢复目标，需要继续恢复；趋势线斜率显著大于 0 或与 0 没有显著差异，且目标指标的 95%置信上限大于恢复目标值，判断未达到恢复目标，且继续采取目前的恢复措施难以达到恢复目标，需要判断恢复策略调整的必要性。

d) 综合指数评估法

如果生态恢复目标中涉及多个指标，可采用综合指数评估法判断恢复目标完成情况。

1) 评估指标归一化处理

$$R_i = \frac{R_{ii}}{R_{ick}} \quad (1)$$

式中： R_i ——第 i 个指标的归一化值， $R_i \in [0, 1]$ ，若 $R_i > 1$ ，统一取 $R_i = 1$ ；

R_{ii} ——评估指标调查与监测结果；

R_{ick} ——评估指标对应的目标值。

2) 恢复效果综合指数计算方法

$$E = \sum_{i=1}^n R_i \times W_i \quad (2)$$

$$W_1 + W_2 + \dots + W_n = 1 \quad (3)$$

式中： E ——恢复效果指数；

n ——计算综合指数的指标数量；

W_i ——各指标权重。根据表 6 示例确定各指标相对权重，相对权重为 A*B，根据不同指标的相对权重以及各指标权重之和为 1 的原则，确定各指标权重。

表 6 各指标的相对权重

类型	类型权重 ^a	评估指标	指标权重 ^a
植物	0.3	覆盖度	0.4
		物种丰富度	0.3
		生物量	0.2
		其他	0.1
土壤	0.25	土壤养分	0.3
		有机质	0.3
		孔隙度	0.3
		其他	0.1
野生动物	0.25	主要物种数量	0.4
		物种丰富度	0.3
		栖息地面积	0.3
水体	0.2	水文(流量、流速、水位、水深等)	0.4
		水质(pH、化学需氧量、生物需氧量、透明度、氮、磷、重金属等)	0.4
		沉积物质量	0.2

3) 生态恢复状况分级

根据恢复效果指数(E)，将生态恢复效果划分为四个等级，即：一级、二级、三级、四级，具体划分方法见表7。

表 7 生态恢复效果评估等级划分

生态恢复效果综合指数	等级
$E \geq 0.75$	一级
$0.5 \leq E < 0.75$	二级
$0.25 \leq E < 0.5$	三级
$E < 0.25$	四级

当评估等级为一级时，可认为达到恢复目标；当评估等级为二级时，提出应继续恢复的建议；当评估等级为三级及以下时，应分析实施补充恢复措施或者调整恢复策略的必要。

8 效果评估报告编制

完成效果评估后，编制效果评估报告，效果评估报告的格式和内容要求参见附录D。

附录 A
(资料性附录)
人员访谈表

表 A.1 环境修复效果评估人员访谈表

访谈人员： _____ 访谈时间： _____ 访谈形式： _____

受访人员	姓名：	联系方式：
	单位：	职务/职称：
	受访人员类型： <input type="checkbox"/> 建设单位 <input type="checkbox"/> 实施方案编制单位 <input type="checkbox"/> 施工单位 <input type="checkbox"/> 环境监理单位 <input type="checkbox"/> 工程监理单位	
1、调查结果		
2、风险评估结果		
3、风险管控或修复目标		
4、风险管控或修复措施		
5、风险管控或修复范围、工程量		
6、环境污染防治措施		
7、潜在二次污染区域		
8、风险管控或修复措施变更情况		
9、实际施工范围、工程量以及与方案一致性		
10、污染防治措施落实情况及监测结果		
11、施工进度情况		
12、施工现场管理情况		
13、工程质量情况		
14、各环节施工完成情况评估		
15、其他相关情况		
<p>注 1：建设单位人员填写第 1、2、3、4、5、15；实施方案编制单位人员填写第 3、4、5、6、7、15 项；施工单位人员填写第 8、9、10、11、15 项；环境监理单位人员填写第 8、9、10、15 项；工程监理单位人员填写第 9、11、12、13、14、15 项。</p> <p>注 2：此表可分开，按不同受访人员单独设计表格，根据项目具体情况添加访谈问题，记录相应访谈内容。</p>		

表 A.2 生态恢复效果评估人员访谈表

访谈人员：

访谈时间：

访谈形式：

受访人员	姓名：	联系方式：
	单位：	职务/职称：
	受访人员类型： <input type="checkbox"/> 建设单位 <input type="checkbox"/> 实施方案编制单位 <input type="checkbox"/> 施工单位 <input type="checkbox"/> 环境监理单位 <input type="checkbox"/> 工程监理单位	
1、生态破坏情况		
2、生态恢复目标		
3、生态恢复措施		
4、生态恢复范围、工程量		
5、配套措施		
6、潜在二次破坏		
7、生态恢复措施变更情况		
8、实际施工范围、工程量以及方案一致性		
9、二次破坏防控措施落实情况及其监测结果		
10、施工进度情况		
11、施工现场管理情况		
12、工程质量情况		
13、各环节施工完成情况评估		
14、其他相关情况		
注 1：建设单位人员填写第 1、2、3、4、14；实施方案编制单位人员填写第 2、3、4、5、6、14 项；施工单位人员填写第 7、8、9、10、14 项；工程监理单位人员填写第 8、10、11、12、13、14 项。 注 2：此表可分开，按不同受访人员单独设计表格，根据项目具体情况添加访谈问题，记录相应访谈内容。		

附录 B
(规范性附录)
生态系统恢复过程监测

表 B.1 生态系统恢复过程监测

生态系统类型	监测指标	监测方法	监测频次	监测时间	参照标准	
林地、草地、农田 (旱地)	植物	植被覆盖度	样方法或遥感监测	一年一次	植物生长旺盛期,一般为7—9月	HJ 710.1、GB/T 30363
		植物种类	样方法	一年一次		HJ 710.1、GB/T 30363
		种群密度	样方法	一年一次		HJ 710.1、GB/T 30363
		生物量	遥感监测或收获法	林地五年一次、灌丛三年一次、草地(旱地)一年一次		HJ 710.1、GB/T 30363
	土壤	土壤 pH	电位法	一年一次		NY/T 1377
		有机质	重铬酸钾氧化法	一年一次		NY/T 1121.6
		含水率	烘干法	一年一次		HJ 1168
		容重	环刀法	五年一次		NY/T 1121.4
		渗透性	环刀法	一年一次		HJ 1169
		含盐量	重量法	一年一次		NY/T 1121.16
		全氮	半微量凯氏法	一年一次		NY/T 1121.24
		全磷	高氯酸-硫酸法	一年一次		NY/T 88
		全钾	碱熔法	一年一次		NY/T 87
污染物浓度	/	一年一次	GB 15618、GB 36600			

生态系统类型	监测指标		监测方法	监测频次	监测时间	参照标准	
林地、草地、农田（旱地）	动物	有害生物种类	地面监测或遥感监测	一年一次	根据有害生物生活周期，在其发生高峰期或数量最大、危害最重、最易发现的时间	GB/T 27618	
		动物种类	样方法或样线法等	一年一次	根据野生动物（哺乳动物、鸟类等）的习性确定，一般在其活动高峰期进行，具体参照生物多样性观测技术导则等相关标准	HJ 710.3、HJ 710.4、HJ 710.5、HJ 710.13、HJ 710.9、HJ 710.10	
		种群数量	样方法或样线法等	一年一次		HJ 710.3、HJ 710.4、HJ 710.5、HJ 710.13、HJ 710.9、HJ 710.10	
		栖息地面积	地面监测或遥感监测	一年一次		HJ 710.3、HJ 710.4、HJ 710.5、HJ 710.13、HJ 710.9、HJ 710.10	
湿地/农田（水田）	植被	植被类型	目测法	一年一次	植物生长旺盛期，一般为7—9月	HJ 1169、GB/T 27648、TD/T 1055	
		面积	遥感监测或测绘法	一年一次		/	
		植物种类	样方法	一年一次		HJ 710.1、HJ 710.12、GB/T 27648、TD/T 1055	
		物种高度	样方法	一年一次		HJ 710.1	
		密度	样方法	一年一次		HJ 710.1、HJ 710.12、GB/T 27648、TD/T 1055	
		植被覆盖度	样方法或遥感监测	一年一次		HJ 710.1、HJ 710.12、GB/T 30363、GB/T 27648、TD/T 1055	
		生物量	遥感监测或收获法	林地五年一次、灌丛三年一次、草地（旱地）一年一次		HJ 710.1、HJ 710.12、GB/T 30363、GB/T 27648、TD/T 1055	
	动物	湿地动物种类	样方法或样线法	一年一次		根据野生动物（哺乳动物、鸟类等）的习性确定，一般在其活动高峰期进行，具体参照生物多样性观测技术导则等相关标准	HJ 710.4、HJ 710.7、HJ 710.6、HJ 710.8
		湿地动物数量	样方法、样线法、渔获物调查、标记重捕法等	一年一次			HJ 710.4、HJ 710.7、HJ 710.6、HJ 710.8、GB/T 27648、TD/T 1055
		物种入侵及其扩散状况	遥感监测、样线法、渔获物调查、标记重捕法等	一年一次			根据入侵物种生活周期，在其发生高峰期或数量最大、危害最重、最易发现的时间

生态系统类型	监测指标		监测方法	监测频次	监测时间	参照标准
湿地/农田 (水田)	水文	水量、水位、水深	流速仪、测深杆、测深锤	连续一周/平水期	1—12月	/
		径流量	自动观测仪器设备	根据恢复方案确定		HJ 1169
		积水水深	水位自动监测系统	根据恢复方案确定		HJ 1169
	水质	pH	玻璃电极法	根据恢复方案确定		GB 3838
		溶解氧	碘量法/电化学探头法	根据恢复方案确定		GB 3838
		水体污染物含量	/	一年一次		GB 3838
	土壤或沉积物	土壤有机碳密度	重铬酸钾氧化-分光光度法	一年一次		HJ 1169
		土壤湿度	水分传感器	一年一次		HJ 1169
		沉积物的理化性质	样方法	一年一次		HJ 1169
		土壤的渗透性	环刀法	一年一次		HJ 1169
		土壤或沉积物污染物含量	/	一年一次		GB 15618 或 GB 36600

附录 C
(规范性附录)

生态系统服务功能恢复目标完成情况监测

表 C.1 生态系统服务功能恢复目标完成情况监测

指标类型	生态系统服务功能		监测指标	监测方法	监测频次	监测时间	参照标准
核心指标	支持	生物多样性维持	动物种类和数量	样方法或样线法等	一年一次	根据野生动物(哺乳动物、鸟类等)的习性确定,一般在其活动高峰期进行,具体参照生物多样性观测技术导则等相关标准	HJ 710.3、HJ 710.4、HJ 710.5、HJ 710.13、HJ 710.9、HJ 710.10
			植物种类和数量	样方法	一年一次	植物生长旺季,一般7—9月	HJ 710.1、HJ 710.12
		土壤保持	土壤机械组成	环刀法	一年一次	1—12月	NY/T 1121.3
			数字高程	地形测绘或雷达遥感	一年一次		GB 50026、CH/T 1026
			植被覆盖度	样方法或遥感监测	一年一次		植物生长旺季,一般7—9月
		地质稳定维持	坡岸及水工构筑物稳定性	调查计算	一年一次	1—12月	GB 50286、GB 50330
	航运支持	航道里程、客运量、货运量	统计调查	一年一次	/		
供给	产品供给	农业产品、林业产品、畜牧业产品、渔业产品、供水量、生态能源、其他产品	统计调查	一年一次		/	

指标类型	生态系统服务功能	监测指标	监测方法	监测频次	监测时间	参照标准
参考指标	生态固碳	植被生物量	样方法或遥感监测	一年一次	植物生长旺季，一般7—9月	HJ 710.1、HJ 710.12
		土壤碳密度	样方法	一年一次		HJ 1167、HJ 1168、HJ 1169
	气候调节	夏季连续72小时植被区内外温度差	监测调查	一年一次	一般温度大于26摄氏度	/
	空气净化	植被生物量	样方法或遥感监测	一年一次	植物生长旺季，一般7—9月	HJ 710.1、HJ 710.12
		植被面积	实地测量或遥感监测	一年一次		TD/T 1055、HJ 1166
	水质净化	径流量	统计调查或自动观测仪器设备	年均值	1—12月	GB 50179
		库容量	统计调查或自动观测仪器设备	年均值		SL 44
	水源涵养	植被类型	目测法	一年一次	植物生长旺季，一般7—9月	HJ 710.1、HJ 710.12
		植被面积	实地测量或遥感监测	一年一次		TD/T 1055、HJ 1166
	洪水调蓄	湿地面积	实地测量或遥感监测	一年一次	丰水期	TD/T 1055
		土壤厚度、土壤非毛细孔隙度、最大滞水高度	样方法或遥感监测	一年一次	1—12月	GB/T 27648、HJ 1169
	防风固沙	数字高程	地形测绘或雷达遥感	一年一次	植物生长旺季，一般7—9月	GB 50026、CH/T 1026
		植被覆盖率	样方法或遥感监测	一年一次		HJ 710.1、HJ 710.12
		土壤机械组成	环刀法	一年一次		1—12月
	文化	休闲旅游	自然景点旅游人次、自然景点旅游收入	统计调查	一年一次	/

附录 D
(资料性附录)

生态环境损害恢复效果评估报告编制要求

D.1 项目背景

写明项目名称、效果评估委托方、损害鉴定评估单位(如有)、恢复设计单位(如有)、恢复施工单位(如有)、恢复工程监理单位(如有)、效果评估单位、评估事项和目的;写明项目基本信息,包括项目场地所在位置,损害原因、调查评估及恢复的时间节点与概况等。

D.2 评估工作方案

D.2.1 评估目标

写明本次恢复效果评估工作的目标。

D.2.2 评估依据

写明开展本次恢复效果评估工作所依据的法律法规、标准、技术规范以及项目相关文件等。

D.2.3 评估内容和标准

写明本次恢复效果评估工作针对的对象和评估的主要内容(包括恢复过程评估、恢复目标完成情况评估等),明确每项评估内容的标准。

D.2.4 评估范围

写明本次恢复效果评估工作的空间范围,以及确定该范围的依据。

D.2.5 技术路线和方法

阐明开展本次恢复效果评估工作的技术路线及每一项评估工作所使用的技术方法。

D.3 恢复过程评估

D.3.1 恢复过程总结

汇总资料收集、人员访谈、现场踏勘所获取的信息,写明生态环境损害调查评估、恢复方案制定、恢复工程实施等过程,分析恢复工程实施与恢复方案的符合情况,变更的合理性,必要的二次污染防治或二次破坏防控措施的落实情况,识别可能产生二次污染或二次破坏的类型和区域,写明分析过程和结果。

D.3.2 过程监测数据分析

详细阐述过程监测数据获取过程，包括监测指标、点位分布、深度、监测时间等，选取符合条件的数据开展分析，写明分析结果。

D.4 恢复目标完成情况评估

D.4.1 概念模型

以文字、图、表等形式给出概念模型，包括环境修复或生态恢复概况、影响环境修复或生态恢复的自然环境条件、目标指标随时间的变化情况等。

D.4.2 恢复目标完成情况评估调查与监测

详细阐述恢复目标完成情况评估监测数据获取过程，包括监测指标、点位分布、深度、监测时间，对于涉及采样的情况，还应给出样品采集、保存、流转、检测以及相关的质控方法，对于现场监测的情况，还应给出监测方法等。

D.4.3 恢复目标完成情况分析

写明恢复目标完成情况分析的方法、标准和结果。

D.5 结论

针对每类评估对象，写明恢复效果评估结论。

D.6 附件

对于环境修复效果评估项目，附件应包含环境修复范围图、监测样点分布图、环境修复区域平面布置图、采样记录、检测报告等，如果涉及水文地质调查，还应包含柱状图、剖面图、地下水流向图等图件，如果涉及地下水监测，还应包含建井结构图、洗井记录单等。

对于生态恢复效果评估项目，附件应包含生态恢复范围图、调查样方分布图、恢复区域平面布置图、样方调查记录、生物调查报告等。