

ICS 13.080.01

CCS Z50

团体标准

T/LNEMA 001--2022

重金属污染场地土壤生态环境损害价值量化 评估技术指南

Technical guideline for quantifying the value of soil environmental damage of
heavy metal contaminated sites

2022-09-26 发布

2022-09-26 实施

辽宁省环境监测协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 价值量化原则和流程	2
5 生态环境损害的价值量化	3
6 其他类型损害的价值量化	8
7 结果的不确定性分析	9
附录 A（资料性） 土壤和地下水损害情景	10
附录 B（资料性） 等值分析方法	11
附录 C（资料性） 环境价值评估方法	14
参考文献	17

前 言

本指南按照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》、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 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》的规定起草。

请注意本指南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。

本指南由中国科学院沈阳应用生态研究所提出。

本指南由辽宁省环境监测协会归口。

本指南起草单位：中国科学院沈阳应用生态研究所、辽宁省环境监测协会、辽宁省环保集团有限责任公司、沈阳环境科学研究院、沈阳环科检测技术有限公司、沈阳泽尔检测服务有限公司、辽宁标普检测技术有限公司、沈阳师范大学生命科学学院、北方水资源（大连）新技术工程有限公司、北方测盟测试技术（辽宁）有限公司，辽宁省生态环境监测中心、辽宁省生态环境事务服务中心、辽宁省生态环境保护科技中心、辽宁省分析科学研究院、辽宁省林业科学研究院、中国科学院沈阳计算技术研究所有限公司、沈阳市生态环境事务服务中心、辽宁省丹东生态环境监测中心、沈阳化工研究院有限公司等。

本指南主要起草人：王颜红、王阳、刘首正、王镜然、孔庆伟、白玉花、赵璐璐、祝雷、徐春萍、李伟、石帅、苏小林、段志娟、张阳、张蕾、李志东、倪东梅、宋雪、张旭、于岩、孙书晶、任长顺、刘兴鑫、张霄、李赫、魏建勋、宋闯、王迎春、陈振宇、周鑫、王德安、高爽、陶冶、张威、马巍峰、康楠、张丁楠、吴喆、贾澍、王鹏、张子伯、陈阳、徐鹏、王金雷、高坤宇、曾军、宋大明、赵兢兢、齐亚辉、靳辉、王金宏、陈瑛亮、李红、魏静元、刘红民、赵济川、胡博、王月婵、黄夏、王宁、周晓磊、祁柏林、赵宏德、姚亮、路阳、王铁龙、杨国玉、周思宁、张增磊、石峰、赵国杰、张宇宁、洪德伟、张浩洋、王占龙、刘金星、宋金田、侯松岫、郭静、王海艳、杨军泽、王丹、黄志英、高尚、孙丽娜、杨洋、朱颖、于淼、吕晓佼、李静娴、刘宏燕、于丰阁、宁梅、吴红霞、吴广勇、李强、张立刚。

重金属污染场地土壤生态环境损害价值量化评估技术指南

1 范围

本标准规定了以重金属为主的污染地块土壤环境损害鉴定评估价值量化的原则、流程和方法。

本标准适用于因环境污染行为导致的重金属污染场地土壤生态环境、人体健康和财产损害的价值核算工作。

2 规范性引用文件

本指南引用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指南。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本指南。

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 21678 渔业污染事故经济损失计算方法

GB/T 39791.1 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

HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则

HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则

NY/T 3499 受污染耕地治理与修复导则

SF/Z JD0601001 农业环境污染事故司法鉴定经济损失估算实施规范

《最高人民法院关于审理人身损害赔偿案件适用法律若干问题的解释》（法释[2003]20号）

《最高人民法院关于确定民事侵权精神损害赔偿责任若干问题的解释》（法释[2001]7号）

《环境损害鉴定评估推荐方法（第II版）》（环办〔2014〕90号）

《突发环境事件应急处置阶段环境损害评估推荐方法》（环发〔2014〕118号）

《地下水污染模拟预测评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕770号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

3.2 污染场地 contaminated site

污染场地，是指从事过有色金属冶炼、采矿、电镀等行业生产经营活动，以及从事过危险废物贮存、利用、处置活动的用地以及按照国家技术规范确认超过有关土壤环境标准的污染地块。

3.3

3.4 受体 receptor

一般指场地及其周边环境可能受到污染物影响的人群或生物类群，也可泛指场地周边受影响的功能水体（如地表水、地下水等）和自然及人文景观（区域）等（如居民区、商业区、学校、医院、饮用水源保护区等公共场所）。

3.5

3.6 基线 baseline

污染环境或破坏生态未发生时评估区生态环境及其服务功能的状态。

3.7

3.8 生态服务功能 ecosystem services

土壤生态服务功能指土壤具有的内在用途以及为保障人类生存及生活质量提供的惠益，如工业或商业用地、物种栖息地、农产品供给等。

3.9

3.10 价值量化 value quantification

针对不同的受体，以生态服务功能价值或特征污染物浓度修复至基线为目标，比较土壤环境损害行为发生前后土壤环境质量或服务功能变化状况，确定土壤环境损害恢复所需的价值或补偿的价值，并以造成的财产损失和人体健康损害情况，确定需赔付的价值金额。

3.11

3.12 评估区 assessment area

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。

3.13

3.14 期间损害 interim damage

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。

4 价值量化原则和流程

4.1 价值量化的原则

4.1.1 规范合法原则

量化评估工作应当按照有关法律法规和技术规范规定的程序和方法开展，鉴定评估文书应符合法律法规和技术规范规定的程序、结构及内容要求。

4.1.2 科学合理原则

量化评估工作应制定科学、合理、可操作的工作方案。量化评估工作方案中应包含不确定性分析部分。

4.1.3 独立客观原则

量化评估是价值量化的基础，鉴定评估机构及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量化评估，不受鉴定评估委托方以及其他方面的不正当影响。鉴定评估机构及其工作人员应当与环境损害利益相关方等无利害关系。

4.1.4 以土壤环境损害恢复为中心的原则

价值量化首要考虑的因素为以土壤污染为主的污染场地环境，兼顾考虑地下水，以及由土壤环境污染引发生态服务功能、人体健康、财产等损害价值的量化评估。

4.2 价值量化的流程

根据前置环节获取的重金属场地污染损害相关资料，对各类型损害的价值量进行计算。对于生态环境损害，根据实物量计算结果，制定恢复方案并评价可恢复性，计算期间损害并划分可恢复和不可恢复部分，可恢复部分利用恢复费用法计算，不可恢复部分选取环境价值评估法计算。人体健康损害中个体损害对相关费用进行统计，群体损害使用人力成本法计算，财产损害针对受体类型选取方法计算，处置、价值评估等其他费用按照实际产生费用计算。重金属污染场地土壤生态环境损害价值量化工作流程如图1虚线框中内容所示。

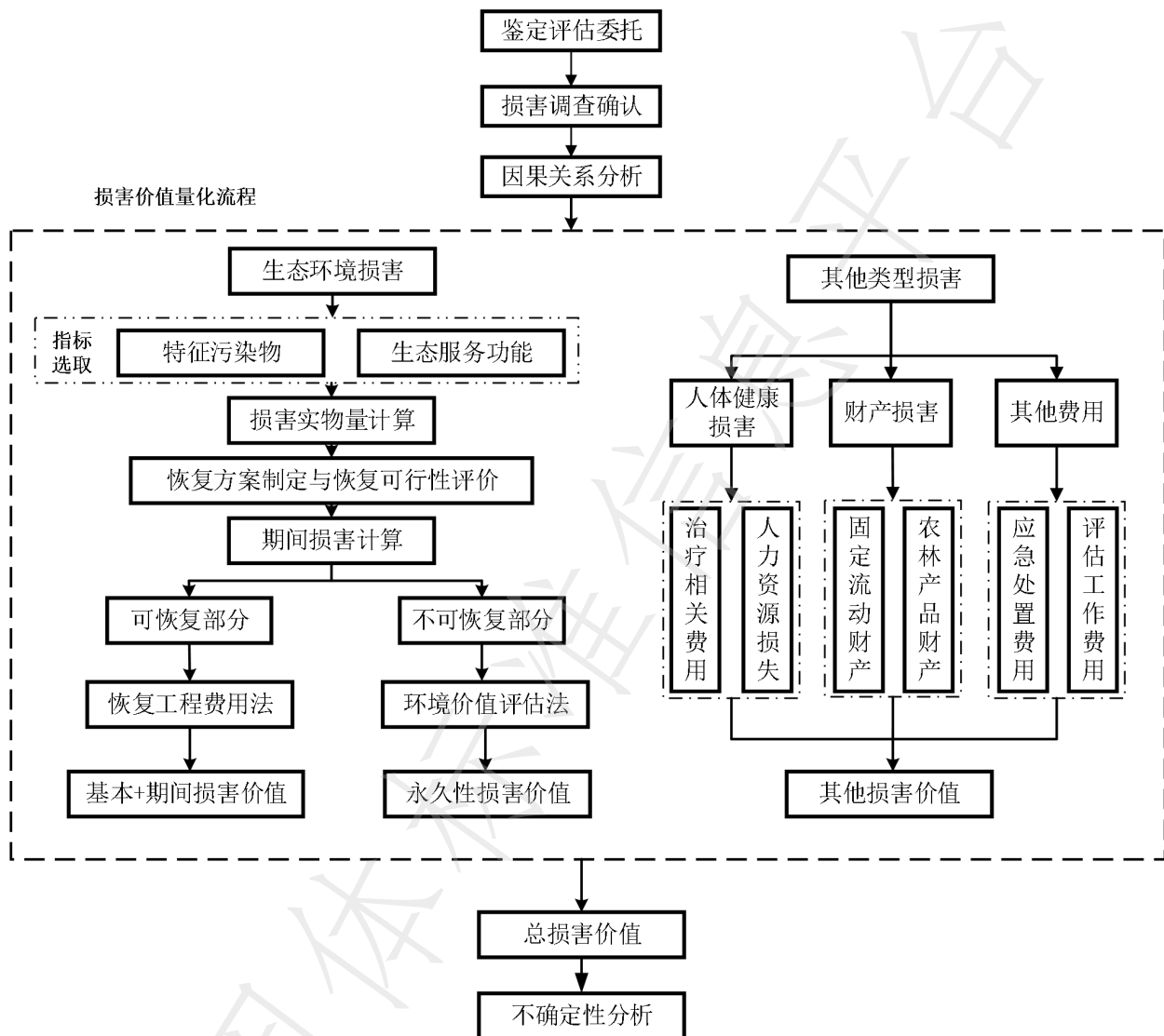


图 1 重金属污染场地土壤环境损害鉴定评估流程图（虚线框为价值量化的流程）

5 生态环境损害的价值量化

5.1 指标的选取

生态环境损害分为两个部分，一部分是土壤、地下水等相关环境介质的污染损害，另一部分是代表性的生态服务功能。量化的指标分别为环境特征污染物和生态服务功能。

5.1.1 特征污染物指标的选取

重金属的污染场地的特征污染物以重金属为主，优先从GB 36600中的表1、表2中选取重金属及类金属元素选取，在GB 36600范围外的重金属元素，参考GB 15618和部分我国地方标准及相关文件的规定，包括《辽宁省污染场地风险评估筛选值（试行）》、DB43/T 1165、DB11/T 811等。此外，根据GB 36600中5.2.1对于必测项目的要求，对场地土壤污染物指标的挥发性有机物、半挥发性有机物进行考量。根据调查得来的评估区土壤及相关环境介质的污染物排放量、迁移路径及毒理学特征等资料，参考评估区各类型损害特征选取特征污染物指标。优先选取损害程度或危害风险较大的污染物，其次选取污染时空范围最广的污染物。重金属污染场地土壤特征污染物见表1。

表1 特征污染物指标

分类	污染物指标
重金属	砷、镉、铬、六价铬、铜、铅、汞、甲基汞、镍、锌、锑、铍、钴、钒、锰等
VOCs	苯系物：苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯、间二甲苯、对二甲苯等
SVOC	多环芳烃：苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、蒽等

5.1.2 生态服务功能指标选取

生态服务功能指在维持生命的物质循环和能量转换过程中，为人类与生物提供的各种惠益，如提供工业或商业用地、物种栖息地、农产品生产、水源供给等，主要包括供给服务、调节服务、文化服务和支持功能。此指标的筛选主要考虑其代表性和在鉴定评估工作中的可操作性，识别相互依赖的生态服务功能，确定生态系统的代表性功能指标，避免过度评估。当以恢复的方式进行赔偿，实物量化和恢复目标的度量指标必须相同，以实现等价性计算。选取的指标需有助于辨别基线、受损和补偿生境所提供服务的数量和质量的数量相对差异。生态服务功能指标见表2。

表2 生态环境损害指标

序号	量化指标
1	特定栖息地类型的范围
2	某些资源的单位或数量（如河流的公里数、特定栖息地、耕地的面积、可用水量、种植数量等等）
3	植被密度、覆盖率或生物量的测量
4	理想的、主要的或必要的植被物种的覆盖率
5	优势植被地上生物量
6	苗木密度
7	植被结构多样性指数
8	生境质量指数
9	生物生产力（如初级生产力或第二生产力）、物种丰度、生物量、多样性或群落组成的度量
10	生育率
11	栖息地使用日（例如，如果事件减少了栖息地的可利用性，从而减少了可占用栖息地的生物体）
12	种群完整性指数，如性别比、年龄级分布、生物量
13	生态过程的量度，如碳矿化率、养分输出率或分解率
14	根据毒性阈值超标程度分配的服务损失类别（例如，从文献或现场特定研究中汇编剂量反应信息，并根据土壤、沉积物、地表水或生物组织中污染物浓度的增加来估算服务损失）

5.2 生态环境损害实物量计算

5.2.1 损害程度量化

生态环境损害程度量化即为计算评估区指标现状水平与基线水平的差异。当指标为污染物时，先将评估区划定为相对均匀的空间单元，对空间单元内多个点位进行采样混合，将混合样的检测值作为该空间单元的平均浓度，基于土壤及地下水中特征污染物平均浓度与基线水平，确定损害程度。当指标为生态服务功能时，基于场地土壤及地下水提供的生态服务功能现状与基线水平，确定损害程度。计算公式见公式（1）：

$$K = \left| \frac{S-B}{B} \right| \dots\dots\dots (1)$$

式中：

K —场地土壤地下水环境或生态服务功能的受损害程度；

S —特征污染物或生态服务功能指标的现状水平；

B —特征污染物或生态服务功能指标的基线水平。

5.2.2 损害范围量化

对于场地土壤及地下水污染损害，根据各采样点位土壤及地下水损害程度量化的结果，分析受损土壤及地下水点位的位置等信息。在充分获取土壤和水文地质等相关参数的情况下，构建评估区土壤及地下水的污染概念模型，采用空间插值方法，模拟未采样位置土壤及地下水的损害情况，获得受损土壤及地下水的二维、三维空间分布，并根据需要模拟土壤和地下水中污染物的迁移扩散情况，明确土壤和地下水当前的损害范围及在评估时间范围内可能的损害范围，计算目前在评估时间范围内可能受损的土壤、地下水面积与体积。地下水中污染物的迁移扩散模拟可参照《地下水污染模拟预测评估工作指南》。对于不满足插值条件、调查点位分布规律的情形，也可通过分析调查点位所能代表的区域，确定损害范围。对于无法找到损害边界的情况，根据对污染物迁移模拟扩散能力和条件的分析，判定可能的损害范围，合理确定损害边界。

对于生态服务功能损害，基于目标场地评估区不同调查点位生态系统服务功能损害确定和损害程度量化结果，通过插值方法，对不同点位所能代表的区域的分析研究，量化损害范围；或根据现场调查结果或遥感、无人机航拍等影像分析结果，量化损害范围。

5.3 恢复可行性评价

通过文献调研、专家咨询、案例研究、室内实验、现场试验等方法，评价受损场地土壤和地下水及其生态服务功能恢复至基线的经济性、技术和操作的可行性。当受损土壤和地下水及其服务功能可以完全或部分恢复时，制定基本恢复方案；对于需要实施补偿性恢复的情形，要计算期间损害，制定补偿性恢复方案并评价方案的可实施性。

5.4 基本恢复方案的制定

5.4.1 基本恢复目标确定

原则上，基本恢复目标应将受损的土壤、地下水及相应的生态服务功能恢复至基线水平。

- a) 当需要修复时，如果基于风险的环境修复目标值低于基线水平（见附录 A 图 A.1），应当先修复到基线水平，再责令由相关法律规定确认的应承担将污染物浓度从基线水平降至基于风险的环境修复目标值的责任方修复这部分损害，此情况下损害均为可恢复损害；
- b) 如果基于风险的环境修复目标值高于基线水平且均低于现状污染水平（见附录 A 图.2），应先修复至基于风险的环境修复目标值，作为可恢复损害，再将基于风险的环境修复目标值与基线水平之间的损害作为不可恢复损害；
- c) 当修复不可行，则全部损害均为不可恢复损害。

基于风险的环境修复目标值参照HJ 25.4中5.2和HJ 25.6中5.3规定的土壤和地下水修复目标的确定方法以及相关标准给出的相关内容确定。废弃地可以按照未来拟利用方式及保护目标判定是否需要修复。

5.4.2 恢复策略选择及恢复技术的筛选

恢复策略选择按GB/T 39791.1中7.3.2的规定选取。

建设用地和耕地土壤修复可分别参考HJ 25.4中第7章和NY/T 3499中7.5的规定选择恢复模式和技术。

根据场地环境损害特性，从技术可行、经济合理、恢复有效等方面比较恢复技术，或采用专家评分法，设置权重对不同恢复技术评分，或通过实验室小试、现场中试、案例分析等选取备用修复技术。基于恢复技术比选和可行性评估结果，选择和确定恢复技术。恢复技术的选取考虑的因素见表3。

表3 生态环境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。
环境影响	技术实施是否造成二次污染或其他生态环境损害以及对施工人员、周边人群健康和生态受体的影响等。

5.4.3 备选基本恢复方案制定

根据土壤和地下水的损害类型、范围和程度以及所确定的恢复目标、模式和技术，制定2-3种备选恢复方案。可以采用单一恢复技术，也可以综合采用多种恢复技术。方案中应明确恢复工程实施的技术路线、具体步骤、工艺参数、材料及其用量、设备及其运行维护、成本等，还应包括恢复过程中受污染水体、气体和固体废物等的无害化处理处置及其他二次污染防治措施等。制定备选恢复方案时，应对每种方案的年恢复速率和恢复到基线水平所需时间周期进行预估。

5.5 期间损害的量化

当土壤污染损害导致其所在的生态系统服务损害的持续时间大于一年，需要参照相关生态系统的损害评估标准计算生态系统服务的期间损害。

当地下水损害的持续时间大于一年，应结合确定的损害范围、程度以及预估的备选基本恢复方案年恢复速率和恢复到基线水平的的时间，计算地下水所能提供的服务的期间损害。期间损害计算方法参照附录B等值分析方法。当没有适合的基本恢复方案或基本方案实施后，生态环境无法恢复到基线水平时，为永久性生态环境损害。

服务性损害计算期间损害，功能性损害不计算期间损害。

5.6 生态环境损害的价值量化方法

5.6.1 可恢复与不可恢复部分的生态环境损害的划分原则

可恢复部分的损害包括基本恢复和补偿性恢复方案确定能够通过修复工程恢复的损害，不可恢复部分损害包括以下情形：

- a) 基本恢复和补偿性恢复工程无法弥补的永久性损害；
- b) 修复达到了基于风险的环境修复目标值，而未达到基线的部分损害。

5.6.2 可恢复部分的生态环境损害价值量化

可恢复部分的价值量化使用恢复工程费用法。测算最佳恢复方案的实施费用，包括直接费用和间接费用。其中，直接费用包括生态环境恢复工程主体设备、材料、工程实施等费用，间接费用包括恢复工程监测、工程监理、质量控制、安全防护、二次污染或破坏防治等费用。按照下列优先级顺序选择恢复费用计算方法，相关成本和费用以恢复方案实施地的实际调查数据为准。

- a) 费用明细法：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、人工等比较明确，且鉴定评估机构对恢复方案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，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，根据各种设施、材料、设备、能耗的单价，列出恢复工程费用明细。
- b) 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，根据确定的恢复工程量，参照相关指南或手册，计算恢复工程费用。
- c) 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、设备等比较确切，但鉴定评估机构对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，确定合理的恢复工程费用。
- d) 案例比对法：适用于恢复技术不明确的情况，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，基于类似案例的恢复费用，计算恢复工程费用。

5.6.3 不可恢复分损害的价值量化

不可恢复部分的生态环境损害根据评估区损害受体的特点，选取不同的环境价值评估法量化永久性损害价值。环境价值评估方法包括市场价值法、剂量-反应法、人力资本法、影子工程法、专家评判法和类比法。方法的使用范围和计算原理见表4，计算方法见附件C。

表4 环境价值评估方法的适用范围及计算原理

方法	适用范围	计算原理
市场价值法	对有市场价格的生态系统产品和服务进行估价	环境污染造成的产品产量和质量的经济损失=受污染情况下生态系统产品的损失
剂量-反应法	用于人类资源利用活动产生的生态环境破坏对农业、渔业、水资源等自然系统或建筑物腐蚀等人工系统影响的评价	生态环境改善带来的效益或者是生态破坏带来的损失=环境变化前后生产成本的差值
人力资本法	通过环境属性对劳动力数量和质量的影响来评估环境属性的价值	污染对人体健康造成的损失=患者的直接劳力损失+医疗费用开支的增加+陪床人员的间接劳动损失
影子工程法	用于环境的经济价值难以直接估算时的环境估价	生态环境价值=替代工程中各项目的建设费用
专家评判法	难以通过恢复费用法评估的情形	—
类比法	资源信息有限，无法通过恢复费用法估算且需要在较短时间内形成评估意见的情形	—

6 其他类型损害的价值量化

其他类型的损害包括财产损失、人体健康损害和其他费用。财产损失包括农产品财产损失、林业产品财产损失、渔业产品财产损失、固定资产财产损失和流动资产财产损失。人体健康损害包括对个体的花费统计和群体的人力损失计算。其他费用包括应急处置费用和评估费用。

6.1 财产损失的价值量化

6.1.1 农产品财产损失的价值量化

指环境污染或生态破坏导致的农产品产量减少和农产品质量受损的经济损失，使用的方法包括市场价值损失法、专家评判法和类比法，计算方法参照SF/Z JD0601001中7.3.1的规定。农业环境损害的价值量化纳入生态环境损害范围中。

6.1.2 林产品损失的价值量化

指环境污染或生态破坏导致的具有私人属性的林产品和树木损毁或价值减少的经济损失，对林业资源本身的损害列入生态环境损害评估。评估方法参照农产品财产损失计算方法执行。

6.1.3 渔业产品损失的价值量化

指环境污染或生态破坏导致天然渔业水域或人工养殖渔业水域受损，致使渔业产量减少，售价降低产生的经济损失，计算方法参照GB21678第5章的规定和执行。

6.1.4 固定资产损失的价值量化

固定资产损失指因污染环境或破坏生态行为造成固定资产损毁或价值减少带来的损失，价值量化计算按《环境损害鉴定评估推荐方法（第Ⅱ版）》中8.2.1.1的规定执行，即采用修复费用法或重置成本法计算。若固定资产完全损毁，采用重置成本法计算；若部分损毁，采用重置成本法或修复费用法计算。修复费用法按实际发生的固定资产的维修费用进行计算。

6.1.5 流动资产损失的价值量化

流动资产损失指生产经营过程中参加循环周转，不断改变其形态的资产，如原料、材料、燃料、在制品、半成品、成品等的经济损失。价值量化计算按《环境损害鉴定评估推荐方法（第Ⅱ版）》中8.2.1.2的规定执行，即按不同流动资产种类分别计算并汇总，本指南流动资产特指非生物的流动资产。

6.2 人体健康损害的价值量化

人体健康损害的就价值量化分为两个情况，当对部分个体造成了损害，则核算相关费用。当场地污染对周边人群的健康产生影响，使用人力资本法量化群体健康损害价值。如果已使用人力资本法对评估区的生态服务功能损害价值进行了量化，则不重复对人体健康损害进行价值量化。

6.2.1 个体健康损害费用的范围

个体健康损害费用的范围包括：

- a) 医治疗支出的各项费用以及因误工减少的收入，包括医疗费、误工费、护理费、交通费、住宿费、住院伙食补助费、必要的营养费。
- b) 致残的，还应当增加生活上需要支出的必要费用以及因丧失劳动能力导致的收入损失，包括残疾赔偿金、残疾辅助器具费、被扶养人生活费，以及因康复护理、继续治疗实际发生必要的康复费、护理费、后续治疗费。
- c) 致死的，还应当包括丧葬费、被扶养人生活费、死亡补偿费以及受害人亲属办理丧葬事宜支出的交通费、住宿费和误工损失等其他合理费用。

6.2.2 个体健康损害的计算方法

人身损害中医疗费、误工费、护理费、交通费、住宿费、住院伙食补助费、营养费、残疾赔偿金、残疾辅助器具费、被扶养人生活费、丧葬费、死亡补偿费等费用的计算参见《最高人民法院关于审理人身损害赔偿案件适用法律若干问题的解释》。精神损害抚慰金参见《最高人民法院关于确定民事侵权精神损害赔偿责任若干问题的解释》。

6.3 其他费用的量化

6.3.1 调查评估费用

调查评估费用应包括现场预调查、勘测监测、污染场地调查、风险评估以及评估人员的劳务费用。

6.3.2 污染处置费用

受损方为防止事故进一步扩大或减少事故危害而采取措施所支出的合理费用，按实际支出计算。参照《突发环境事件应急处置阶段环境损害评估推荐方法》（环发〔2014〕118号）执行。

7 结果的不确定性分析

分析价值量化结果不确定性的主要来源，包括基本恢复方案的选择、等值分析方法的选择、环境价值评估方法选择等多个方面的影响分析。

一般应是对风险计算结果影响较大的参数，如成本法的取值，价值评估方法的适用性等开展不确定性分析。进行模型参数敏感性分析，应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

附录 A
附录 B (资料性)
附录 C 土壤和地下水损害情景

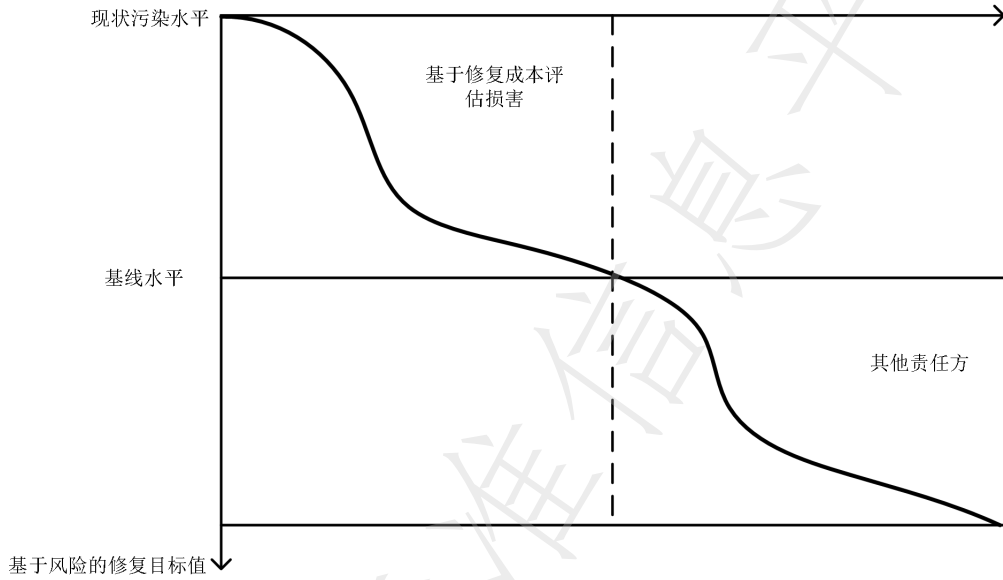


图 A.1 损害情景 I

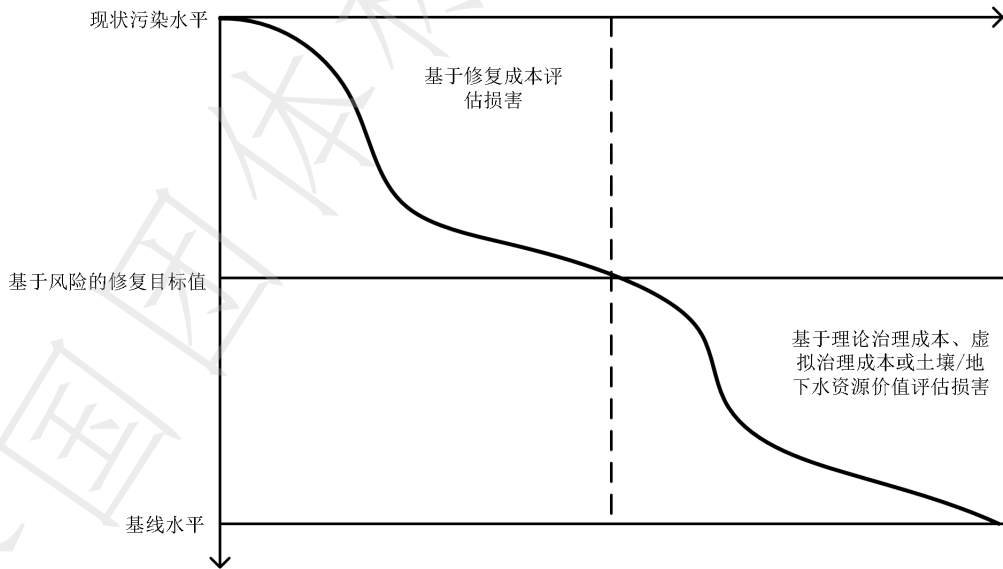


图 A.2 损害情景 II

附录 D

附录 E (资料性)

附录 F 等值分析方法

F.1 等值分析方法类型与适用性

按照表征指标的不同，等值分析方法包括资源等值分析、服务等值分析和价值等值分析。按照以下原则选择适合的等值分析方法：

- a) 优先选择资源等值分析和服务等值分析方法。当受损的生态环境以提供供给服务为主，采用资源类指标表征服务水平；当受损的生态环境以提供栖息地服务为主，采用栖息地面积与指示性物种指标表征服务水平。
- b) 当无法开展资源或服务等值分析时，采用价值等值分析；当恢复措施产生的单位效益可以货币化时，采用价值-价值法；当恢复措施产生的单位效益难以货币化时（如耗时过长或成本过高），则采用价值-成本法；同等条件下，优先采用价值-价值法。

F.2 量化期间损害

F.2.1 资源或服务等值分析

期间损害的大小与基本恢复的方式和恢复所需时间有关。如图B.1所示，若采取人工恢复，受损生态环境服务功能可以较快地恢复到基线，相应的期间损害对应图B.1中的A区域；若采取自然恢复，受损生态环境服务功能恢复到基线需要较长的时间，相应的期间损害对应图B.1中的A+B区域。

计算期间损害需要预测实施基本恢复方案后受损生态环境服务功能的恢复路径，即受损生态环境服务功能在损害发生到恢复至基线期间每年损失的生态环境服务功能的大小。期间损害等于生态环境损害发生至恢复到基线期间每年生态环境服务功能损失贴现量的和。计算方法见公式B.1。

$$H = \sum_{t=t_0}^{t_n} R_t \times d_t \times (1+r)^{(T-t)} \dots \dots \dots (B.1)$$

式中：

H —期间损害量；

t —生态环境损害发生至恢复到基线期间的任意年份（ t_0-t_n 之间）。 t_0 表示起始年，是生态环境损害发生的年份； t_n 是终止年，是生态环境损害恢复至基线的年份；在某些情况下，即使采取了恢复措施，受损生态环境服务功能也可能始终无法恢复到基线，此时 n 取值为100；

T —基准年，一般选择开展生态环境损害鉴定评估的年份作为基准年；

R_t —第 t 年受损区域生态环境服务功能的数量。对于资源，该参数可能是个体数量、生物量、寿命值、资源数量、能量、生产率或对生物或生态系统具有重要影响的其他量度；对于服务，该参数可能是受影响的栖息地面积（公顷），也可能是河流长度或其他栖息地的面积等；

d_t —第 t 年受损区域生态环境服务功能相对于基线损失的比例。该比例随时间变化，取值0-1；

r —贴现系数，推荐取值2%-5%。

在某些情况下，即使采取了恢复措施，受损生态环境服务功能也可能始终无法恢复到基线（如图B.2所示），此时 n 取值为100。

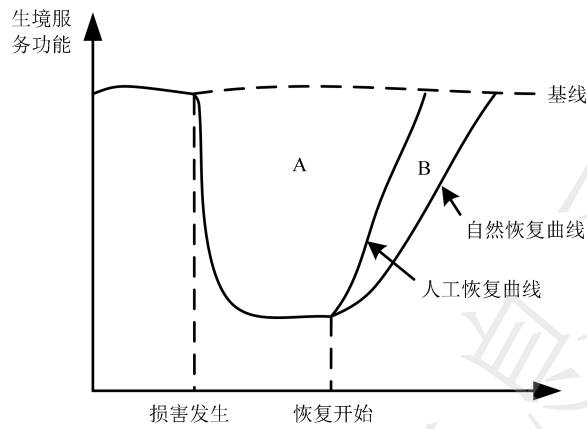


图 B.1 生态环境恢复过程

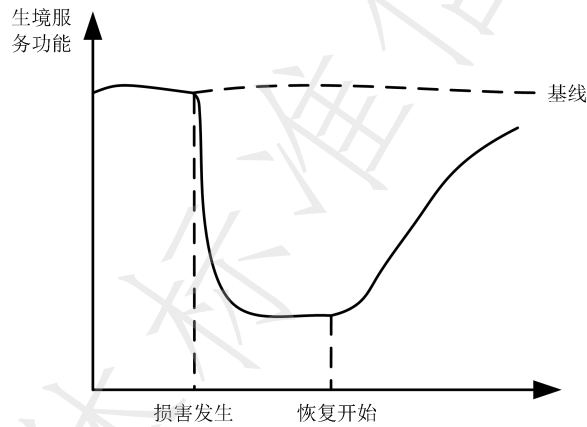


图 B.2 生态环境恢复过程（受损生态环境无法恢复至基线）

F.2.2 价值等值分析

F.2.2.1 使用价值等值分析

当采用使用价值量化生态环境服务功能的期间损害时，计算方法见公式B.2:

$$H = \sum_{t=t_0}^{t_n} [(Q_{n,t} \times P_{n,t}) + (Q_{1,t} \times P_{1,t})] \times (1+r)^{(T-t)} \dots \dots \dots (B.2)$$

式中:

H —期间损害量（生态环境服务功能的价值量化）；

t —生态环境损害发生至恢复到基线期间的任意年份（ t_0-t_n 之间）。 t_0 表示起始年，是生态环境损害发生的年份； t_n 是终止年，是生态环境损害恢复至基线的年份；

T —基准年，一般选择开展生态环境损害鉴定评估的年份作为基准年；

$Q_{n,t}$ —第 t 年完全丧失使用价值的生态环境服务功能的数量。如娱乐（钓鱼、海滩旅行、划船）天数，或使用公众所认可的其他非使用价值的指标；

$P_{n,t}$ —第 t 年完全丧失使用价值的生态环境服务功能的单位经济价值。如损失一个钓鱼日的价值。一般通过文献或专项调查获取；

$Q_{1,t}$ —第 t 年在质量降低状态下使用的生态环境服务功能的数量。例如，有些人可能仍在被污染的现场钓鱼，但他们从垂钓中获得的价值减少；

$P_{1,t}$ —第 t 年在质量降低状态下使用的生态环境服务功能的单位经济价值。例如，因生态环境损害导致捕获率下降，进而使某地垂钓价值下降。一般通过文献或专项调查获取；

r —贴现系数，推荐取值2%-5%。

F.2.2.2 非使用价值等值分析

当采用非使用价值量化生态环境服务功能的期间损害时，计算方法见公式 B.3：

$$H = \sum_{t=t_0}^{t_n} (Q_{n,t} \times P_{n,t}) \times (1+r)^{(T-t)} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

H —期间损害量（生态环境服务功能的价值量化）；

t —生态环境损害发生至恢复到基线期间的任意年份（ t_0 - t_n 之间）。 t_0 表示起始年，是生态环境损害发生的年份； t_n 是终止年，是生态环境损害恢复至基线的年份；

T —基准年，一般选择开展生态环境损害鉴定评估的年份作为基准年；

$Q_{n,t}$ —第 t 年完全丧失使用价值的生态环境服务功能的数量。如娱乐（钓鱼、海滩旅行、划船）天数，或使用公众所认可的其他非使用价值的指标；

$P_{n,t}$ —第 t 年完全丧失使用价值的生态环境服务功能的单位经济价值。如损失一个钓鱼日的价值。一般通过文献或专项调查获取；

r —贴现系数，推荐取值2%-5%。

附录 G

附录 H (资料性)

附录 I 环境价值评估方法

1.1 市场价值法

市场价值法是评价计量资源经济价值最基本和应用最广泛的一种方法,这种方法是对有市场价格的生态系统产品和服务进行估价。

$$C_p = \sum_{j=1}^m V_j' \sum_{i=1}^n (Q_{ij}' - Q_{ij}) + \sum_{i=1}^n Q_{ij} \sum_{j=1}^m (V_j' - V_i) - \sum_{j=1}^m C_{ij}' + \sum_{j=1}^m C_{ij} \dots \dots \dots (C.1)$$

式中:

C_p —环境污染造成的产品产量和质量的经济损失,万元;

j —受污染的产品种类;

i —污染类型;

V_j —受污染情况下 j 产品的市场价格,元/kg;

V_j' —未受污染情况下 j 产品的市场价格,元/kg(以当地当时该产品的市场均价为准);

Q_{ij} — j 产品受 i 污染影响下的产量,吨;

Q_{ij}' —未受污染下 j 产品的产量,吨(如为农作物产量,可按当地同等地力前3a平均亩产计算);

C_{ij}' —未受污染条件下 j 产品成本投入,万元;

C_{ij} —污染事故发生时当期 j 产品投入的生产成本,万元。

1.2 剂量—反应法

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。该方法的适用条件有:

- a) 环境变化直接导致销售的某种商品(或服务)的产量增加或减少,同时影响明确且能够观察或根据经验测试;
- b) 市场功能完好,价格是经济价值的有效指标。

生产率法依据的是真实市场资料,数据有限且较容易获得,容易被公众接收且使用的成本很低。缺点是由于生态系统服务功能存在交叉影响,难以保证能在真实市场中得到实现,高度依赖环境条件,缺乏对消费者剩余的考虑。评价方法可以分为3个基本步骤是:先估算环境变化之前的生产成本,再估算环境变化之后的生产成本,最后计算总的经济剩余。

$$E = \left(\sum_{i=1}^k P_i \times Q_i - \sum_{j=1}^k C_j \right) x - \left(\sum_{i=1}^k P_i \times Q_i - \sum_{j=1}^k C_j \right) y \dots \dots \dots (C.2)$$

式中:

P —产品的价格;

C —产品的成本;

Q —产品的数量;

E —生态环境改善带来的效益或者是生态破坏带来的损失。

1.3 人力资本法

人力资本法通过环境属性对劳动力数量和质量的评估来评估环境属性的价值。通常用因疾病引起的收入损失或治疗费用表示。

由于环境污染对人体健康造成损害的复杂性,很难精确计算。为方便计算,仅考虑污染造成的医疗费用的增加以及直接和间接的劳动力损失等几部分。这样环境污染对人体健康造成的损害有3部分:

- a) 患者的直接劳力损失;
- b) 医疗费用开支的增加;
- c) 陪床人员的间接劳动损失。

评估步骤为：通过污染区与无污染区的流行病学调查和对比分析，确定环境污染因素在发病原因中占多大比重，调查患病和死亡人数，确定相关疾病的平均医疗费用，以及病人和陪住人员耽误的劳动总工日等，最后计算环境污染对人体健康损害的经济损失。

$$C_H = M \left[P \sum_{i=1}^n T_i (L_i - L_{i0}) + \sum_{i=1}^n Y_i (L_i - L_{i0}) + P \sum_{i=1}^n H_i (L_i - L_{i0}) \right] \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：

- C_H —污染对人体健康造成的损失，万元/a；
- M —污染区域内的人口数，万人；
- P —污染区的平均人力资本，万元/人·a；
- T_i — i 种疾病患者的平均误工时间，a/人；
- Y_i — i 种疾病平均医疗护理费用，万元/人·a；
- H_i — i 种疾病患者的陪床照看人员的平均误工时间，a/人；
- L_{i0} —未受污染的同类地区 i 种疾病的发病率，%；
- L_i —污染区 i 种疾病的发病率，%。

1.4 影子工程法

通过计算花费多少钱来建立一个工程才能替代生态系统的某一种服务功能，常用于环境的经济价值难以直接估算时的环境估价。比如：森林、草原或湿地涵养水源、调蓄洪水、防止水土流失的生态系统服务功能价值就可采用此法。

$$V = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \dots\dots\dots (C.4)$$

式中：

- V —生态环境价值；
- x —替代工程中各项目的建设费用。

1.5 专家评判法

- a) 适用情形：适用于难以通过恢复费用法评估的情形。
- b) 专家遴选：专家数量应根据鉴定需要确定，不得少于5人。专家应从设区市以上行业主管部门建立的专家库中遴选，并满足以下条件：
 - 1) 应具有高级以上职称，长期从事该领域研究或开发工作，在该领域具有较高的权威性；
 - 2) 精通业务，具有相关工作经验，有一定知名度，有代表性；
 - 3) 熟知估算对象经济价值。
- c) 评估程序：
 - 1) 由受委托鉴定机构根据评估对象具体情况，遴选专家；
 - 2) 广泛收集近3年来评估区域的相关资料；
 - 3) 组织评估专家赴污染源、评估区域及其周边、对照区域实地勘察；
 - 4) 结合现场勘察情况，对获得的资料进行筛选、统计、分析、整理；
 - 5) 形成专家个人意见，并由评估专家亲笔签名。
- d) 意见处理：专家针对评估对象提出意见或建议后，鉴定人员应结合自己的判断，对专家意见进行分析研究，形成鉴定意见。常用的方法有：
 - 1) 平均法：对专家提出的价格建议，采用算术平均法，计算平均数，以此平均数作为评估价值。在计算平均值时，也可以根据专家的权威，确定专家意见的权数，采用加权平均的方法计算平均值；
 - 2) 众数法：将专家意见中出现最多的意见，作为评估土壤环境损害价值的依据。

1.6 类比法

- a) 适用于资源信息有限，无法通过恢复费用法估算且需要在较短时间内形成评估意见的情形。
- b) 适用类比法，需要同时具备以下条件：

- 1) 存在相同或相似已发生的土壤环境损害事件;
 - 2) 由具有资质的司法鉴定机构或其他合法评估机构形成评估意见,且已被人民法院或政府相关部门采信。
- c) 采用此方法时,应充分注意分析本次事件与类比事件之间的相似性,主要包括:
- 1) 土壤损害事件的相似性。包括污染事件的性质、特征污染物、污染途径等;
 - 2) 针对农用地需考虑受污染农产品的一致性。包括农产品类型、品种、生长环境、田间管理等;分析事件与类比事件时间跨度不能过大,事件与类比事件跨度超过一年时,需考虑价格变动因素。

参 考 文 献

- [1] GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）
 - [2] GB/T 39792.1 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
 - [3] HJ 682 建设用地土壤污染风险管控和修复术语
 - [4] DB11/T 811 场地土壤环境风险评价筛选值
 - [5] DB43/T 1165 重金属污染场地土壤修复标准
 - [6] 《辽宁省污染场地风险评估筛选值（试行）》（辽环综函〔2020〕364号）
-