

中华人民共和国国家标准

□□ □□□□□□—□□□□

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

Technical guidelines for identification and assessment of
environmental damage—Ecosystem—Part 1: Forest and woodland
(征求意见稿)

□□□□—□□—□□发布

□□□□—□□—□□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.....	1
4 工作程序.....	2
5 鉴定评估准备.....	4
6 林地生态环境损害调查确认.....	4
7 林地生态环境损害因果关系分析.....	7
8 林地生态环境损害实物量化.....	7
9 林地生态环境损害恢复与价值量化.....	8
10 鉴定评估报告编制.....	12
11 林地生态环境恢复效果评估.....	12
附录 A（资料性附录）鉴定评估报告编制要求.....	14
附录 B（资料性附录）林地动植物资源调查表.....	17
附录 C（资料性附录）林地资产与生态系统服务功能损害评估方法.....	18
附录 D（资料性附录）其他林地生态环境损害调查评估表.....	30
附录 E（资料性附录）31个省、直辖市、自治区林地生态服务功能调节系数.....	31
附录 F（资料性附录）森林生态系统常用恢复技术.....	42
附录 G（资料性附录）森林生态系统相关术语.....	42

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》《中华人民共和国森林法》《中华人民共和国野生动物保护法》和《生态环境损害赔偿制度改革方案》，保护森林等林地资源及其生态服务功能，保障公众健康，规范生态破坏或环境污染行为导致的森林与其他林地生态环境损害鉴定评估工作，制定本标准。

本标准规定了森林与其他林地的生态环境损害鉴定评估内容、程序和技术要求。

本标准的附录 A~附录 F 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准由生态环境部法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部环境规划院、国家林业和草原局调查规划设计院、中国科学院生态环境研究中心。

本标准自□□□□年□□月□□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 生态系统

第 1 部分：森林和林地

1 适用范围

本标准用于因生态破坏或环境污染行为导致的林地生态环境损害鉴定评估，规定了林地的生态环境损害鉴定评估的内容、工作程序、方法和技术要求。

核与辐射事故导致的林地生态环境损害鉴定评估工作可参照执行。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列标准规范、政策文件中的部分条款或内容。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 15776 造林技术规程

GB/T 38582 森林生态系统服务功能评估规范

GB□□□□□□□□ 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□□□□□□□□ 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□□□□□□□□ 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分：土壤与地下水

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 710.10 生物多样性观测技术导则 大中型土壤动物

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

LY/T 2241 森林生态系统生物多样性监测与评估规范

LY/T 2407 森林资源资产评估技术规范

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）

防护林造林工程投资估算指标（林规发〔2016〕58号）

野生动物及其制品价值评估方法（国家林业局令 第46号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

林地生态环境损害 woodland environment damage

由于乱砍滥伐、毁林开荒、违规工程建设等生态破坏行为或污染物排放等环境污染行为，造成林地立地条件或生境质量下降、物种数量减少、结构受损、生态服务功能降低甚至丧失。根据生态环境损害鉴定评估实际工作需求，本标准将林地分为森林林地与其他林地。

3.2

森林林地 forest woodland

划定为县级及以上森林生态系统自然保护区以及郁闭度 0.2 以上的乔木林、竹林和国家特别规定的灌木林林地。

3.3

其他林地 small-scaled woodland

除 3.2 森林林地规定以外的林地，包括小规模的一片状林地、农田林网以及村旁、路旁、水旁、宅旁林地等。

4 工作程序

其他林地和森林林地分别采用简易程序和 GB□□□□□□《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》确定的工作程序开展生态环境损害鉴定评估，林地生态环境损害鉴定评估程序见图 1。具体内容包括：

a) 鉴定评估准备

掌握林地生态环境损害的基本情况和主要特征，确定生态环境损害鉴定评估的内容、范围和方法，对于森林应该查阅所在区域的主要植被和生物状况背景资料，编制鉴定评估工作方案。对于直接查获的非法砍伐林木、基线水平无法确定的情况，直接进行林木资源生态环境损害的评估。

b) 损害调查确认

开展林地基本状况调查，对于森林需要开展主要生物物种与生态服务功能调查，对于其他林地需要明确林地的主要功能；确定林地的主要服务功能的基线水平，判断林地生物的种类、数量、结构以及服务功能是否受到损害。

c) 因果关系分析

分析生态破坏、环境污染行为与林地生态环境损害之间是否存在因果关系。

d) 生态环境损害实物量化

筛选确定林地生态环境损害的评估指标，对比评估指标现状与基线，确定生态环境损害的范围和程度，计算生态环境损害实物量。

e) 生态环境损害恢复或价值量化

对于其他林地，可以采用造林成本法、生态服务功能系数调节法等方法计算林地生态环境损害数额，也可以制定受损林地恢复方案；对于森林，基于等值分析原则，编制并比选森林生态环境恢复方案，不能恢复的，采用实地调查法与适用的生态服务功能价值量化方法计算森林生态环境损害数额。

f) 生态环境损害鉴定评估报告编制

编制森林生态环境损害鉴定评估报告书或其他林地生态环境损害鉴定评估意见，根据需要建立鉴定评估工作档案。

g) 生态环境恢复效果评估

定期跟踪林地生态环境的恢复情况，全面评估恢复效果是否达到预期目标；对于未达到预期目标的，应进一步采取相应措施，直到达到预期目标。

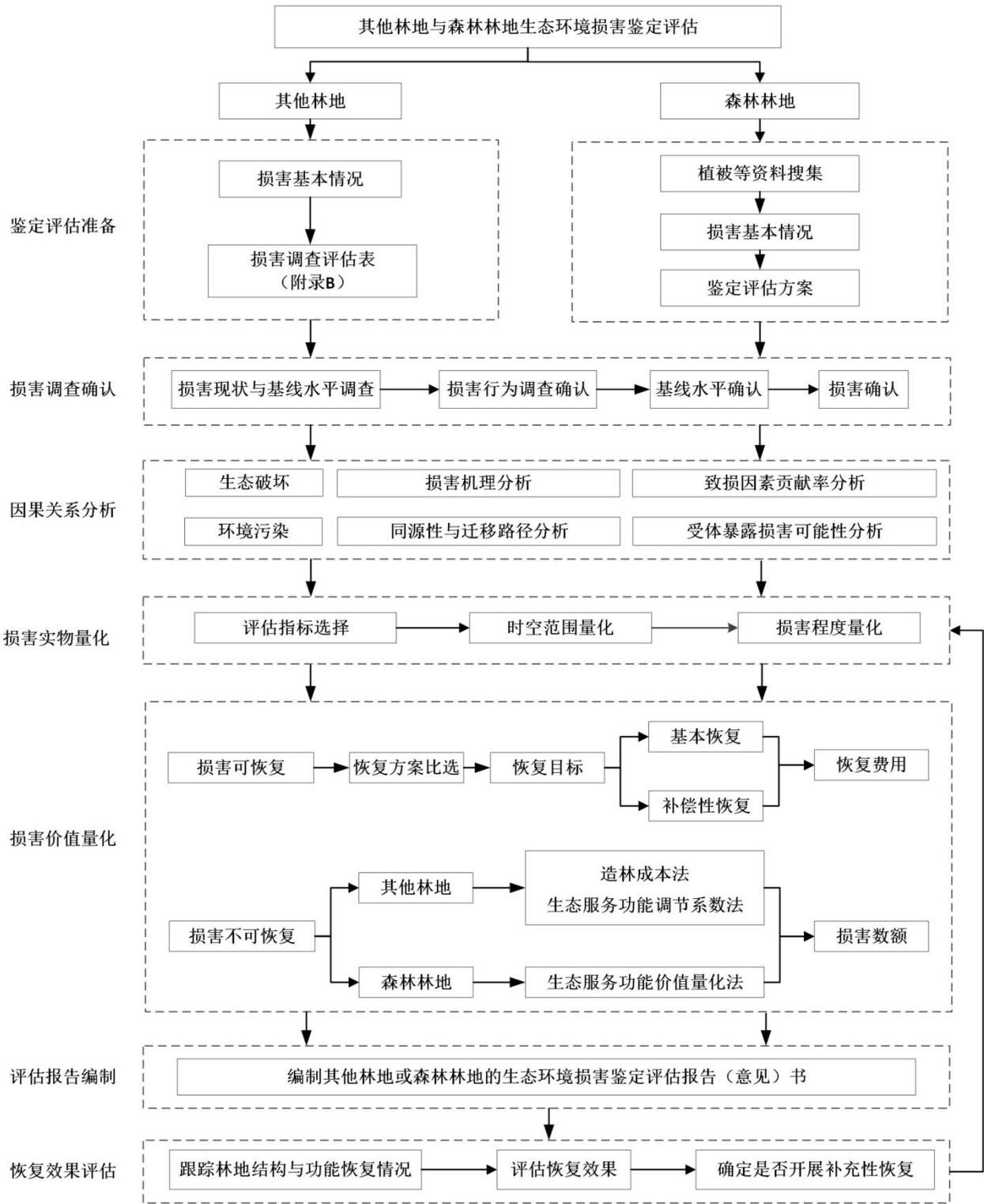


图 1 森林和林地生态环境损害鉴定评估技术路线

5 鉴定评估准备

5.1 基本情况调查

通过资料收集分析、文献查阅、走访座谈、问卷调查、现场踏勘等方式，了解评估区的自然环境与社会状况，包括地理位置、地形地貌、海拔、气候、土壤类型、水文和生物资源等自然资源条件，调取损害区域受损前后的遥感影像，初步分析林地生态环境的损害行为与损害后果之间的关系，掌握林地生态环境损害的基本情况，明确林地生态环境损害鉴定评估工作的主要内容。

获取受损区域的生态保护规划以及生态功能区划、生态保护红线、自然保护区、风景名胜区、土地利用类型与历史等相关资料，对于森林，还应搜集污染或破坏行为发生前的森林资源清查资料。

5.2 工作方案制定

对于其他林地，参照附表 B.1 与附表 D.1，开展其他林地生态环境损害调查评估。

对于森林，根据所掌握的初步调查数据、损害情况以及生态环境和社会经济信息，初步判断森林生态系统可能的损害范围与类型，根据鉴定评估需求，明确生态环境损害鉴定评估工作内容，设计工作程序，通过调研、专项研究、专家咨询等方式，确定鉴定评估工作的具体方法，编制工作方案。

6 林地生态环境损害调查确认

按照评估工作需求，参照 HJ 710.1、LY/T 2241 等相关规范性文件，结合事件特点开展林地生态环境受损情况调查，确定林地生态环境状况，对林地动植物资源及其功能用途开展调查。通过受损前历史数据查询、对照区调查等方式，确定林地生态环境基线，通过对比确认林地生态环境是否受到损害。

6.1 生态破坏或环境污染行为调查

对于生态破坏行为，了解破坏方式、地点等基本情况，查明生态破坏行为的开始时间、结束时间、持续时长、频次和强度、破坏面积、损害类型等，收集生态破坏活动对林地造成影响的相关证据材料。对于违规旅游开发等生产经营活动，调查生产经营活动的持续时间和活动强度等；对于地下水超采可能导致的林木生长影响，开展地下水水位和流量等指标的监测；对于物种入侵，调查入侵物种的种类、数量和活动范围。主要生态破坏行为包括乱砍滥伐、毁林开荒、违规工程与房地产建设、违规地下水超采、人为物种入侵、纵火、违规旅游开发等。

对于环境污染行为，了解污染物性质及污染来源，发生的时间、地点、起因、经过等情况，调查废气或废水污染物排放量、排放浓度、排放频次与持续时间以及污染物类型，固体废物的倾倒或填埋量、倾倒或填埋的持续时间、废物的危险或有毒等特性，必要时对废气或废水污染物的排放浓度、固体废物的污染物组分与浓度进行检测分析。对于调查时污染行为或影响仍在持续的，参照 GB□□□□□□□□《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》以及相关监测技术规范对林地所在的大气、地表水与沉积物以及土壤与地下水环境开展必要的环境质量监测，明确污染物组成与含量。主要环境污染行为包括林地及其周边违规排放废气或废水、倾倒填埋固体废物、尾矿泄漏等。

6.2 林地调查

6.2.1 其他林地

对于其他林地，主要调查受损区域和对照区域林木的类型、受损林木数量（或密度和面积）、株高、胸径、覆盖度、功能用途以及林木或林下产品价格、林地的保育维护成本等，参照附录 B《林地动植物资源调查表》和附录 D《其他林地生态环境损害评估表》开展调查。对于土壤保持、涵养水源、防风固沙等特定用途其他林地，参照附录 C.2 开展相应的生态服务功能调查，其他林地不涉及气候调节、固碳释氧、旅游景观和物种栖息地功能。

6.2.2 森林

对于森林，主要调查内容和指标包括：

- a) 受损区域和对照区域植被调查：包括植被特征、类型、损害面积、范围和程度。其中，乔木主要调查物种、数量（株数）、株高、胸径、密度、郁闭度、蓄积量等，灌木主要调查物种、株数或丛数、密度、高度、覆盖度等，草本主要调查物种、高度、密度、覆盖度等，参照附表 B.1；
- b) 受损区域和对照区域野生动物调查：包括物种、数量、成（幼）体、密度及分布情况。搜集所在区域的珍稀动植物物种及其他主要生物资源的分布状况，包括动植物名录、种群特征与分布，重点保护动植物名录、种群特征、分布与栖息地状况等，参照附表 B.1；
- c) 土壤调查：涉及到土壤破坏的，应根据实际情况，调查土壤类型、土壤层厚度，土壤理化性质与养分元素含量，如土壤 pH、有机碳含量、土壤氮磷钾含量等指标，土壤动物的类群、数量、生物量等；
- d) 森林生态系统服务功能调查：获取评估区森林生态系统的历史、现状和规划信息，查明森林生态环境损害发生前、损害期间、恢复期间评估区域的主要生态服务功能。根据生态服务功能损害类型，按照附录 C.2 开展必要的技术参数调查。

6.2.3 其他

对于环境污染行为导致的林地生态环境损害，除上述调查内容以外，还包括林地及林下植物死亡，以及叶片、树干、根系组织的受损状况与表现症状，确定植被或树木受损害的程度，以百分比表示。

6.3 调查方法

6.3.1 植物调查

利用遥感影像、航拍照片、地形图、森林资源清查数据等资料结合野外勘察，调查植被类型、面积及分布情况。

参考 HJ 710.1 开展调查区域的植物样方调查，样地应选择能够反映当地植被特征（群落组成和结构特征）的典型植被群落。一般采用随机取样法，样方数量的设定以能反映群落基本特征情况为准。其中，乔木样方大小一般为 20 m×20 m，若林地地形复杂、坡度较陡，林地面积较小，林木种类组成简单，可根据实际情况，将样方大小设置为 10 m×10 m 或 5 m×5 m。灌木样方大小一般为 10 m×10 m 或 5 m×5 m。草本样方大小一般为 1 m×1 m。根据实际情况确定合理的样方数量，保证样方大小和数量能反映总体植物群落的空间结构特征。记录样方经纬度、海拔、坡度等样地信息。

对于污染导致的植被受损，一般采用专家咨询法确定林木或植被受损害的程度。

6.3.2 森林野生动物调查

对于有野生动物栖息的林地，需要开展野生动物及栖息地受损情况调查并填写附表 B.1，调查对象包括哺乳动物、大中型土壤动物、爬行动物、鸟类等，具体调查方法包括总体计数法、样方法、样线法、

样点法等，具体方法和步骤参照 HJ 710.3、HJ 710.10、HJ 710.5、HJ 710.4 执行。可采用高分辨率遥感影像或红外相机等观测技术辅助调查野生动物分布情况。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调查时间。

6.3.3 土壤调查

参照 HJ/T 166 开展土壤调查，具体见附录 C.2.2。

6.3.4 林地功能用途与成本价值信息调查

通过查阅生态保护红线、生态功能区划、土地利用类型或国土空间规划等资料获取林地功能用途；通过开展景观调查、社会经济调查获得木材、林下经济产品、景观旅游收入与运营成本、自然保护区维护成本等相关经济价值与维护成本等信息，其中，社会经济调查参考 LY/T 2242、LY/T 2407 以及相关文献书籍，查阅相关统计数据或开展问卷调查，获取林地的产品供给、休闲娱乐、涵养水源、土壤保持等功能的经济价值、维护成本、经济产出等信息。

6.4 损害确认

6.4.1 基线确认

6.4.1.1 基线确认方法

a) 利用受损前最近历史数据确认基线。通过历史资料、专项调查、学术研究等，获取能够表征调查区林地生态环境状况或生态系统功能与用途历史状况的数据。

b) 利用未受环境污染或生态破坏行为影响的相似现场数据确定基线。通过对照区的调查数据，确定基线水平。

根据实际情况，可结合以上两种方法确认林地的基线水平。

6.4.1.2 基线确认内容

基线确认包括损害类型确认与基线水平表征指标确定。

a) 损害类型确认

对于其他林地，损害类型一般包括植被损害类型，特定用途林地还包括涵养水源、土壤保持、防风固沙等服务功能损害类型，涉及动物栖息地的，还包括动物群落或种群损害类型。

对于森林，除上述损害类型外，还需要确认重点保护物种损害类型以及物种栖息地、休闲娱乐等生态服务功能的损害类型。

b) 基线水平表征指标确定

植被基线水平主要为受损前的植被组成或服务功能状况，可通过搜集历史资料或对照区植被调查获得。植被基线水平指标根据林地实际情况确定，包括物种、数量、高度、覆盖度等，具体见 6.2.2。对于特地用途林地，基线水平包括涵养水源量、土壤保持量、固沙量等或枯枝落叶层持水量、植被覆盖因子、土壤侵蚀因子等能够表征生态服务量的关键技术参数；对于风景名胜区等旅游类林地，基线水平包括旅游人次、旅游消费等；对于自然保护区等栖息地，基线水平包括栖息地面积和指示性物种的数量或密度、种群或群落的数量或密度。

6.4.2 损害确认

由生态破坏或环境污染导致的林地生态环境损害判定内容包括：

- a) 林地植被面积、物种组成及数量，与基线水平相比存在差异；
- b) 动物栖息地或物种组成、数量及分布范围，与基线水平相比存在差异；
- c) 林地土壤养分或土壤、植物体内污染物浓度水平，与基线水平相比存在差异；
- d) 损害事实明显、基线水平无法获取的情况，可通过查获的受损林木数量等信息确认损害。

7 林地生态环境损害因果关系分析

通过文献查阅、现场调查、专家咨询等方法，分析乱砍滥伐、毁林开荒、违规建设、地下水超采、物种入侵、纵火、病虫害、旅游开发等生态破坏或环境污染行为导致林地生物数量减少或结构与功能受到损害的原因与作用方式，建立生态破坏或环境污染行为导致林地生态环境损害的因果关系链条。因果关系判定原则具体包括：

- a) 存在明确的生态破坏或环境污染行为；
- b) 林地生物数量减少或林地生物结构、用途与生态服务功能受到损害；
- c) 生态破坏或环境污染的行为先于损害的发生；
- d) 根据生态学和环境学理论，生态破坏或环境污染行为与林地生态环境损害具有关联性；
- e) 可以排除其他人为或自然原因对林地生态环境损害的贡献；
- f) 对于林地结构或功能受损原因除了当地生态破坏或环境污染行为以外，还存在气候变化、自然灾害等自然因素，或跨区域人为因素的影响的，应同时界定和分析其他各因素对损害的贡献率，若其他各因素导致的损害难以量化，可以通过专家咨询法、专家打分法确定各种因素对林地生态环境损害的贡献率。

8 林地生态环境损害实物量化

林地生态环境损害的实物量化包括损害范围量化和损害程度量化。

8.1 损害范围量化

根据 6.4.1.2 确定的损害类型，划定不同林地损害类型的空间范围，一般为受损林地的面积及其经纬度坐标；对于特定用途林地，需要确定涵养水源、土壤保持、防风固沙等生态服务功能的影响范围；对于栖息地，需要确定动物物种的活动范围及其经纬度坐标。

根据林地损害开始与基本恢复方案的持续时间确定林地损害的起止时间。林地不可恢复，则永久性损害，损害持续时间一般按 200 年计算。

8.2 损害程度量化

损害程度量化是林地结构、数量与功能（用途）等各项指标的受损害现状与基线水平相比较，减少或降低的程度，如林地面积的减少量或林木受损数量、物种类型及数量的减少量、植被生长受阻程度、生态服务功能损害量等，具体参考 6.4.1.2 确定的基线水平相关指标。损害程度一般用百分比表示，见公式 1：

$$K = \frac{B-S}{B} \times 100\% \quad (1)$$

式中：K—损害程度；

B—基线水平；

S—损害发生后的现状水平。

8.3 期间损害计算

利用等值分析法对林地损害开始发生到恢复到基线水平的期间损害进行量化，计算补偿性恢复的规模。根据林地的特点，可以选择资源指标或者服务指标计算期间损害，对于其他林地，以林地毁坏面积或砍伐林木数量作为期间损害的量化指标，也可以直接以林木或林下产品的生态环境资源经济价值作为

量化指标；对于特定用途林地，以林地毁坏面积或涵养水源量、土壤保持量、固沙量等指标作为期间损害的量化指标；对于风景名胜等旅游用途森林，以森林毁坏面积或旅游人次、旅游收入作为期间损害的量化指标；对于森林栖息地，选择森林毁坏面积或能够代表森林栖息地生态系统完整性的物种数量或密度作为期间损害的量化指标。一般选择表征损害范围或损害程度中损害时间最长的指标。

期间损害的计算方法参照《环境损害鉴定评估推荐方法（第Ⅱ版）》。

9 林地生态环境损害恢复与价值量化

林地的生态环境损害包括产品供给服务功能价值损失与生态服务功能损害，以及多年产品供给服务与生态服务功能的期间损失。其中，产品供给服务功能价值损失包括林木的一次性使用供给价值损失、以及林下产品或旅游休憩的多年供给的期间损失；生态服务功能损害指林地提供的涵养水源、土壤保持、固碳释氧等间接使用服务功能以及森林栖息地为其他物种资源提供服务功能的丧失及其期间损害。原则上，对于所有林地类型，都需要计算木材的一次性使用供给价值以及林下产品的多年供给价值损失，根据用材林、薪炭林、经济林、苗圃等不同用途确定林木与林下产品的资源价值，具体计算方法见附录 C.1.1~附录 C.1.4。林地的旅游休憩供给服务与生态服务功能损失的计算方法见 9.1 和 9.2 节。

9.1 其他林地

根据基线水平和期间损害，分别制定基本恢复和补偿性恢复方案，采用造林成本法估算恢复方案实施成本；对于恢复方案不可行或不能实施的，采用生态服务功能系数调节法计算生态环境损害数额。针对其他林地生态环境损害的恢复，优先采用自然恢复，并辅以必要的管理措施，对于损害严重、自然恢复难以达到预期效果的，采取人工辅助恢复技术措施。对于具有旅游收入的其他林地，评估方法见 9.1.3。

当林地破坏或污染导致野生动物直接死亡的，计算野生动物资源及其生态服务功能的损失，见 9.1.4。

9.1.1 造林成本法

通过对受损林地进行生态恢复，计算实施恢复工程的费用，作为生态服务功能损害价值量。具体工程措施内容、方法和各项技术经济指标参考 GB/T 15776 和《防护林造林工程投资估算指标》等相关标准或规范性文件。生态恢复工程费用主要包括直接工程费用（基本造林费和辅助措施费等）、工程建设其他费用（建设单位管理费、调查设计费、工程监理费、招投标费等）及不可预见费用。根据造林成本法，计算林地生态环境损害价值，具体公式 2：

$$V_f = E + F + \sum_{t=0}^n V_p \times d_t \times (1+r)^{T-t} \quad (2)$$

式中： V_f —林地生态环境损害价值；

E —林地资源损害价值，计算方法见附录 C.1；

F —木材的一次生产经营利润；

V_p —受损林地的造林施工成本，

d_t —损失程度（林地资源损失百分比）；

r —贴现（或复利）率，一般取 3%；

t —评估期内的任意给定年（0-n 之间）；

T —评估基准年；

$t=0$ —损害起始年；

$t=n$ —损害终止年，评估期为损害发生年至造林成活至基线水平预期年之间的持续时间。

9.1.2 生态服务功能系数调节法

生态服务功能损害价值通过林木资源损害价值乘以生态服务功能调节系数计算。具体见公式 3：

$$V_f = E + F + \sum_{t=0}^n (E \times \delta_a) \times d_t \times (1+r)^{T-t} \quad (3)$$

式中： δ_a —生态服务功能调节系数，不同区域、不同类型其他林地的生态服务功能调节系数取值见附录 E，对于幼龄林和苗圃，只计算林地的资源损害价值， δ_a 取 0，对于中龄林， δ_a 取推荐值的 1/2；其他符号意义同前。

9.1.3 旅游收入法

对于主要功能为风景林和文化纪念林的其他林地，以年金资本化法得到的年旅游收入为基准进行生态服务功能损害的计算，具体见公式 4，年金资本化法见 C.1.5。

$$V_f = \sum_{t=0}^n E \times d_t \times (1+r)^{T-t} \quad (4)$$

式中： E —受损林地的年旅游收入；
其他符号意义同前。

9.1.4 动物资源

对于其他林地生态环境损害涉及野生动物的，将《野生动物及其制品价值评估方法》中的《陆生野生动物基准价值目录》作为野生动物资源损害价值，以野生动物资源损害价值乘以生态服务功能调节系数作为生态服务功能损害价值，具体见公式 5：

$$V_w = \sum_i \sum_{t=0}^n V_{wdi} \times (1 + \delta_{wi}) \times (1+r)^{T-t} \quad (5)$$

式中： V_w —野生动物生态环境损害；

V_{wdi} —野生动物资源损害价值，为基准价值与损害数量的乘积；

δ_w —野生动物生态服务功能调节系数，国家一级重点保护物种取值 10，国家二级重点保护物种取值 6，非国家重点保护物种取值 3；

i —物种类型；

其他符号意义同前。

9.2 森林

涉及国家重点生态功能区、生态保护红线、县级以上自然保护区、自然保护地、森林公园、风景名胜区的森林生态环境损害，采用等值分析法，制定受损森林基本恢复方案与补偿性恢复方案。对于未能将受损森林生态系统完全恢复至基线水平并补偿期间损害的，制定补充性恢复方案。

受损森林不能通过实施恢复方案部分或完全恢复到基线水平，补偿期间损害，根据 9.2.2 推荐的方法计算不能恢复的森林生态环境损害。

对于非国家重点生态功能区、生态保护红线、县级以上自然保护区、自然保护地、森林公园、风景名胜区，但符合本标准定义森林的生态环境损害，根据实际情况参照 9.1 或本节推荐的方法进行评估。

9.2.1 恢复方案的制定

9.2.1.1 恢复目标的确定

- a) 对于生态服务功能主要为物种栖息地的森林，一般选择森林面积与能够表征森林生态系统结构完整性的 1~3 种物种数量（建群种、优势种或指示种）或密度作为基本和补偿性恢复方案的评价指标，植物和动物物种均选择原生物种；
- b) 对于生态服务功能为涵养水源、水土保持、防风固沙其中一项服务功能为主的森林，一般选择森林面积或水土保持量、涵养水源量、固沙量等服务功能的实物量作为基本和补偿性恢复方案评价指标；
- c) 对于生态服务功能主要为旅游和休闲娱乐的森林，一般选择旅游或休闲娱乐人次作为基本和补偿性恢复方案的评价指标；

- d) 涉及土壤破坏或环境质量下降的,还应以土壤环境质量指标以及植被体内污染物浓度作为基本恢复方案的评价指标;

其中,以基线水平作为基本恢复方案的恢复目标,以期间损害的计算结果作为补偿性恢复方案的恢复目标。

对于以林地面积、生态服务功能等服务类指标作为恢复目标的,应参照 6.4.1.2 选取基线水平确认中的部分相关指标作为二级恢复评价指标,并以基线水平作为恢复目标。

9.2.1.2 森林生态恢复技术

森林生态恢复技术包括土壤肥力恢复技术、水土流失控制与保持技术、土壤污染控制与土壤环境质量恢复技术、节水与保水技术、植物育种技术、物种引入与恢复技术、植物种植栽培技术、动物孵化技术、动物繁育技术、栖息地重构技术,对于污染因素或物种入侵等造成的森林生态环境损害,还应该考虑污染源搬迁、面源污染阻隔、入侵物种控制等技术等使用。

在掌握森林土壤、生物、栖息地生态恢复技术的原理、适用条件、费用、成熟度、可靠性、恢复时间、技术功能、恢复的可持续性等因素的基础上,参照附录 F 中的恢复技术清单、相关文献与当地森林生态恢复实际经验,结合受损森林的主要损害对象、损害程度和范围以及生境特征,从主要技术指标、经济指标等方面对各项恢复技术进行全面分析比较,确定备选技术。对于没有实践经验可参照的物种培育或孵化技术,需要开展必要的现场试验,对备选恢复技术进行可行性评估。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。

针对森林生态环境损害的恢复,优先采用自然恢复,并辅以必要的管理措施,对于损害严重、自然恢复难以达到预期效果的,采取人工辅助恢复技术措施。

9.2.1.3 恢复方案确定

森林生态系统恢复一般需要多种恢复和重建技术进行组合,制定备选的综合恢复方案。综合恢复方案需要同时考虑基本恢复方案和补偿性恢复方案,对于未达到基本恢复或补偿性恢复目标的,制定补充性恢复方案。具体包括:

- a) 基本恢复和补偿性恢复方案为原位恢复,补偿性恢复目标为受损的森林具有更高生态服务功能水平时,如森林生物物种类型或数量高于基线水平,统筹制定基本恢复和补偿性恢复方案;
- b) 基本恢复方案为原位恢复、补偿性恢复方案为异位替代性恢复,补偿性恢复目标为补偿性恢复的森林与受损森林具有相同生态服务功能水平时,根据受损和补偿性恢复区域的土壤和生境特征分别制定基本恢复方案和补偿性恢复方案;
- c) 受损森林无法原位恢复或用途变更不需要恢复,基本恢复和补偿性恢复方案可以同时采用异位替代性恢复。基本恢复和补偿性恢复在同一区域实施的,情形同 a);基本恢复和补偿性恢复在不同区域实施的,情形同 b);
- d) 受损森林无法原位恢复或用途变更不需要恢复,也无法采用异位替代性恢复方案进行基本恢复和补偿性恢复,通过生态服务功能量化模型以及适当的生态环境资源价值评估方法对受损森林的生态服务功能及其期间损害进行实物和价值量化,见附录 C.2 和附录 C.3。

基本恢复或补偿性恢复没有达到恢复目标,应根据实际恢复效果与基本恢复效果目标、补偿性恢复目标之间的差距计算补充性恢复目标,制定并实施补充性恢复方案。

基本恢复方案和补偿性恢复方案的制定原则参见《环境损害鉴定评估推荐方法(第 II 版)》。由于基本恢复方案和补偿性恢复方案的实施时间与成本相互影响,应考虑损害的程度与范围、不同恢复技术和方案的难易程度、恢复时间和成本等因素,对包括基本恢复和补偿性恢复的综合恢复方案进行比选,综合恢复方案的比选需要考虑不同方案的成熟度、可靠性、社会效益、经济效益和环境效益等方面,按照《生态环境损害鉴定评估技术指南 损害调查》(环办政法〔2016〕67号)附录表 C-8,必要时采用专家评分法确定最佳恢复方案。

9.2.1.4 恢复费用计算

恢复费用的计算，按照下列优先级顺序选用费用计算方法：实际费用统计法、费用明细法、承包商报价法、指南或手册参考法、案例比对法。相关成本和费用以恢复方案实施当地的实际调查数据为准。

a) 实际费用统计法

实际费用统计法适用于森林恢复方案已经完成或正在进行的情况，可通过收集实际发生的费用信息，参见 GB□□□□□□□□《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》，并对实际发生费用的合理性进行审核后，将统计得到的实际发生费用作为恢复费用。

b) 费用明细法

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（苗木、种子及其他动物等）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。具体包括种苗购买费、投资费、运行维护费、技术服务费等。投资费包括场地整理、土石方工程、材料购置、植物种植、动物引入或孵化设备租用或购买等费用；运行维护费包括管护抚育、监测、灌溉水电消耗和其它能耗等费用；技术服务费包括项目管理、调查设计、工程监理、质量控制、专项研究、恢复方案设计、报告编制等费用。

c) 承包商报价法

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，且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) 指南或手册参考法

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。

e) 案例比对法

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，计算本项目可能的恢复费用。

9.2.2 森林生态系统服务功能价值量化

9.2.2.1 一般原则

- a) 对于损害前森林主要生态服务功能为物种栖息地的，采用陈述支付意愿法将物种栖息地整体作为问卷调查对象，根据实际功能对生态系统的存在价值、遗赠价值、选择价值等服务功能价值损失进行调查评估。其次，采用物种保育法进行物种栖息地的损害评估，并根据恢复时间或永久性丧失计算相应的物种保育期间损失，计算方法参照 9.2.2.2。
- b) 对于损害前森林主要生态服务功能为旅游和休闲娱乐的，根据实际情况采用旅行费用法或陈述意愿法对生态系统的文化服务功能损失进行调查评估，并根据恢复时间或永久性丧失计算相应的生态服务功能期间损失，计算方法参照 9.2.2.2。
- c) 对于损害前森林的主要生态服务功能为涵养水源、土壤保持或防风固沙中的一种，采用实地调查法，获取必要的技术参数，参照附录 C.2 的模型计算获得涵养水源量、土壤保持量、固沙量等服务功能的实物量与价值量，并根据恢复时间或永久性丧失计算相应的生态服务功能期间损失，计算方法见 9.2.2.2。森林损害面积超过 1km² 以上，需要同时考虑除主要功能以外的其他森林生态系统服务功能，包括涵养水源、土壤保持、固碳释氧、气候调节与防风固沙。

- d) 采用陈述支付意愿法进行栖息地生态服务功能价值量化的，不再考虑其他服务功能损失。
- e) 森林破坏或污染导致野生动物直接死亡的，对于非物种栖息地类森林，应计算野生动物资源及其生态服务功能的损失，对于物种栖息地，只计算野生动物资源直接经济损失，计算方法见 9.1.4。
- f) 森林生态系统服务功能价值评估应避免重复计算。

9.2.2.2 生态服务功能价值量化法

采用生态服务功能评估法计算涵养水源、土壤保持、防风固沙等生态服务功能损害量，利用揭示偏好法计算生态服务功能损害价值量，不同生态服务功能实物量与价值量的计算方法见附录 C.2，计算生态服务功能实物量与价值量的主要技术参数应该通过实地调查获得。具体见公式 6：

$$V_f = \sum_{t=0}^n V_s \times d_t \times (1+r)^{T-t} \quad (6)$$

式中： V_s —受损森林的生态服务功能价值；

其他符号意义同前。

10 鉴定评估报告编制

根据委托内容，基于评估过程所获得的数据和信息，编制森林生态环境损害鉴定评估报告或其他林地生态环境损害鉴定评估意见，报告和意见的格式和内容参见附录 A.1 和 A.2。按照委托要求，报告和意见可根据需要，包括附录的部分或全部内容。

11 林地生态环境恢复效果评估

制定恢复效果评估计划，通过现场调查、遥感监测、问卷调查等方式，定期跟踪林地生态系统结构和功能的恢复情况，全面评估恢复效果是否达到预期目标；未达到预期恢复目标的，应及时制定补充性恢复方案，直到达到预期恢复目标为止。

11.1 评估时间

林地生态环境恢复效果评估需要开展多次，恢复方案实施完成后，植物栽种完成 1 个生长年以及第 3、第 5 年，或生长情况基本达到稳定时，对恢复效果开展评估，观测植物成活率、生长状况、土壤理化性状、土壤生物情况、野生动物出现频率、恢复方案实施进度、林地生态服务功能恢复情况等，直到受损林地结构、功能与服务完全恢复至基线水平。

11.2 评估内容和标准

恢复过程合规性，即恢复方案实施过程是否满足相关标准规范要求，是否产生了二次破坏。

恢复效果达标性，即根据基本恢复、补偿性恢复、补充性恢复方案中设定的恢复目标，分别对基本恢复、补偿性恢复、补充性恢复的效果进行评估。

恢复效果评估标准参照本标准第 9.2 节确定的恢复目标，同时还应该观测林地病虫害或鼠害等的发生情况。

11.3 评估方法

11.3.1 现场踏勘

通过现场踏勘，了解林地或森林生态系统结构与功能恢复进展，判断群落结构恢复是否达到预期目标，观察关键生态服务功能指标的恢复情况，确定调查、观测时点、周期和频次，对植被状况进行拍照。

11.3.2 监测分析

a) 植物监测

根据恢复效果评估计划,对恢复后的林地或森林生态系统进行样方调查,分析群落结构、物种、成活率、胸径、株高、覆盖度等指标,开展生物调查以及生态服务功能调查。调查应覆盖全部恢复区域,并基于恢复方案的特点制定分别针对森林生态系统结构与功能的差异化监测调查方案。基于监测调查结果,采用对比法或统计分析法判断是否达到恢复目标。

b) 土壤监测

监测土壤理化性状与养分含量情况。植被恢复效果评估时,采集土壤样品,观测土壤生物情况,并对土壤理化性状与养分含量情况进行检测分析。

c) 野生动物监测

监测恢复区域内野生动物出现的频率与数量,包括对群落有重要影响的鸟类、兽类、昆虫等类群的主要物种。

11.3.3 分析比对

采用分析比对法,对照林地生态系统恢复方案,以及相关的标准规范,分析林地或森林生态系统结构与功能恢复过程中各项措施是否与方案一致,是否符合恢复方案或相关标准规范的要求;分析恢复过程中的相关调查、观测数据,判断是否产生了二次破坏和其他生态影响;综合评价林地或森林生态系统恢复过程的合规合理性。

11.3.4 问卷调查

通过设计调查表或调查问卷,调查基本恢复、补偿性恢复、补充性恢复措施所提供的生态服务功能类型和服务量,判断是否达到恢复目标;此外,调查公众与其他相关方对于恢复过程和结果的满意度。

11.4 恢复效果评估报告编制

编制独立的生态环境恢复效果评估报告。对受损林地或森林的生态恢复的开展情况、监测结果进行分析与评价。基本内容包括 a) 林地或森林生态系统结构与功能恢复效果评估内容、标准、效果评估过程所采用的方法及评估结果; b) 林地或森林生态系统结构与功能恢复过程规范性评价所依据的标准和评估结果; c) 效果评估调查方案和依据、调查方法以及调查结果; d) 采用调查问卷或调查表对林地或森林生态系统服务功能和公众满意度进行调查的,还应包括主要调查内容和结果。

附 录 A
(资料性附录)
鉴定评估报告编制要求

A.1 森林生态环境损害鉴定评估报告

A.1.1 概述

A.1.1.1 事件基本情况

森林生态环境损害鉴定评估的背景。对于生态破坏事件，应写明生态破坏发生的时间、地点、起因和经过，生态服务功能破坏的类型、范围和程度，对森林生态环境的影响方式，已经采取的生态恢复措施等基本情况。

A.1.1.2 区域基本情况

森林生态环境损害区域的生态环境功能区划、自然环境状况和社会经济状况。自然环境状况包括地形地貌、植被特征、气候、环境敏感区分布、生态服务功能类型等内容。

A.1.1.3 鉴定评估工作基本情况

A.1.1.3.1 鉴定评估目标

开展森林生态环境损害鉴定评估的目标。

A.1.1.3.2 鉴定评估依据

开展森林生态环境损害鉴定评估所依据的法律法规、标准、技术规范等内容。

A.1.1.3.3 鉴定评估范围

森林生态环境损害鉴定评估的损害类型、时间范围、空间范围及确定依据。

A.1.1.3.4 鉴定评估内容

森林生态环境损害鉴定评估工作的主要内容，包括损害调查确认、因果关系分析、损害实物量化、损害恢复、恢复效果评估等方面。

A.1.1.3.5 鉴定评估工作程序

开展森林生态环境损害鉴定评估工作的技术路线和工作程序，并给出相应的流程图。

A.1.2 森林生态环境损害调查确认

A.1.2.1 确定调查对象与范围

影响森林生态服务功能主要类型，以及调查重点和调查范围划定的依据。

A.1.2.2 确定调查指标

需要开展调查、监测和评估的植被与动物资源特征以及相关表征指标、生态服务功能指标，说明指标筛选和确定的依据。

A.1.2.3 植被调查

植被调查的调查目的、调查方法和调查结果，包括生物群落物种组成、胸径、株高、覆盖度、密度等指标。

A.1.2.4 动物调查

动物调查的调查目的、调查方法和调查结果，包括动物群落物种组成、数量或密度等指标。

A.1.2.5 生态服务功能调查

森林生态服务功能调查过程、调查方法和调查结果，破坏或污染原因及其对森林生态环境的影响程度。

A.1.2.6 生态环境基线

包括森林结构与功能基线水平确定的过程和依据。采用对照区域数据作为基线水平的，还应包括对照区域调查过程、调查方案、方法以及调查结果。

A.1.2.7 损害确认

森林生态环境损害确认的结果,包括是否存在生态环境损害、生态环境损害类型、生态环境损害区域等内容。

A.1.3 损害因果关系分析

对于生态破坏行为导致的损害,因果关系分析内容包括生态破坏行为导致森林与功能受到损害的作用机理,依据因果关系判定原则,得出因果关系判定结论。涉及人为因素与其他自然因素的,分析各类因素对森林生态环境损害的贡献率与判定依据。

对于污染行为导致的损害,因果关系分析内容包括污染排放与森林叶片或林木损害或土壤污染之间的暴露-反应关系,得出因果关系判定结论。

A.1.4 生态环境损害实物量化

基于 2.6 所确定的基线水平,对森林结构与功能、自然资源与生物资源的损害程度和范围进行量化,计算损害程度,给出损害的空间范围与时间范围。

A.1.5 生态环境损害恢复或价值量化

主要包括:

- a) 森林结构与功能综合恢复方案确定与价值量化的基本思路与依据。对于已经完成森林恢复工程的,需要介绍森林恢复方案,统计恢复费用。
- b) 基本恢复、补偿性恢复、补充性恢复的总体目标和分阶段目标及其确定依据,各个阶段所采用的恢复技术和方案及其比选过程。根据需要,基于所确定的恢复方案计算各阶段恢复费用。
- c) 对于基于生态环境资源价值量化方法确定损失的,应包括价值量化方法、选择依据、评估过程和评估结果。

A.1.6 鉴定评估结论

评估结论内容包括森林生态环境是否受到损害、损害是否与生态破坏或环境污染行为具有因果关系、损害的范围和程度、受损林地恢复过程是否合规以及是否达到目标等内容。对森林生态环境损害鉴定评估过程中的特别事项进行说明,分析鉴定评估结论可能存在的不确定性。

对森林生态环境损害的基本与补偿性恢复方案实施、跟踪监测、效果评估等工作提出必要的建议。

A.1.7 签字盖章

主要包括:森林生态环境损害鉴定评估报告的真实性、合法性、科学性;明确报告的所有权、使用目的和使用范围;所有参与报告编制的人员进行署名,并盖报告编制单位公章。

A.1.8 附件

附件包括森林生态环境损害鉴定评估工作过程中所制定的各类方案和所获取的各种证据资料,包括鉴定评估方案、各类调查监测方案、效果评估方案,以及各类图件、照片、访谈记录等材料。

A.2 其他林地生态环境损害鉴定评估意见

A.2.1 基本情况

鉴定事项的基本情况,包括委托方、委托鉴定事项、受理日期等,列举相关鉴定材料。

A.2.2 案件摘要

损害事件发生时间、地点、基本案情介绍;委托鉴定评估事项、目的和必要性。

A.2.3 鉴定依据

开展损害鉴定评估所依据的法律法规、标准、技术规范等内容。

A.2.4 鉴定过程

(1) 损害调查

针对受损林地,进行受损情况调查,包括植被、生物、土壤等生物和非生物因素以及生态服务功能的损害现状及基线水平。

(2) 林地生态环境损害类型确定

根据损害调查情况，结合相关文献资料、研究报告等资料，阐述受损原因、过程，确定损害类型。

（3）受损程度与损害实物量化

不同损害类型的受损程度计算方法、计算过程、数据来源及计算结果，确定损害程度及损害实物量。

（4）损害价值量化

采用适当的损害价值量化方法，计算林地损害价值量，获得损害数额。

A.2.5 鉴定结论

针对林地生态环境损害鉴定评估委托事项，写明每一项鉴定评估结论，包括林地生态环境是否受到损害、损害因果关系、受损范围和程度、损害实物量与价值量结果与结论等内容。

A.2.6 其他

对林地生态环境损害鉴定评估过程中的特别事项进行说明，分析鉴定评估结论可能存在的不确定性。

A.2.7 附件

附件包括林地生态环境损害鉴定评估工作过程中制定的各类调查评估表，以及各类图件、照片、访谈记录等材料。

附 录 B
(资料性附录)

林地动植物资源调查表

附表 B.1 林地动植物资源调查表

林地类型/主要功能:

海拔:

经纬度:

地理位置:

日期:

调查人:

类型	序号	样方面积	物种	胸径	株高	数量	郁闭度	覆盖度	密度	备注
乔木										
									
灌木										
									
草本										
									
野生动物				---	---		---			
			---	---		---			
其他				---	---		---			
			---	---		---			
经济价值	林木或林下产品价格									
	林地保育维护成本									
									

调查单位:

审核人:

注: 此表适用于受损区和对照区林地调查。

附录 C
(资料性附录)

林地资产与生态服务功能损害评估方法

C.1 林地资源价值评估

用材林、经济林、实验林、文化风景林等按照以下推荐方法进行受损林地或林木资源价值的评估；防护林和环境保护林参照用材林，母树林参照经济林并考虑母树林木材价值高的特点进行评估；国防林根据实际情况选择适当的方法进行评估，并通过实际调查确定相关参数。

C.1.1 市场价倒算法

适用于成熟林、过熟林资源价值的损害评估。

将被评估的林木木材市场销售总收入，扣除木材生产经营所耗费的成本（含税、费等）及应得的利润后，剩余的部分作为林木资源价值。见公式 C.1：

$$E = W - C - F \quad (C.1)$$

式中： E —受损林木资源价值；

W —木材销售总收入；

C —木材生产经营成本；

F —木材生产经营利润。

C.1.2 市场成交价比较法

适用于林木资产交易市场公开、发育完善条件下，各类林木、林地的资源价值的损害评估。

市场成交价比较法是将相同或类似的林地资源的现行市场成交价格作为比较基础，估算拟评估林地资源价值的方法。对同一评估对象应选取三个以上参照交易案例，并从评估资料、评估参数指标等的代表性、适宜性、准确性方面，客观分析参照交易案例，对各估算结果进行分析判断后，可采用简单算数平均法、加权算数平均法、中位数法、众数法、综合分析法等方法确定评估结果，并在评估报告中说明所采用的方法和理由。其中简单算数平均法计算见公式 C.2：

$$E = \frac{X}{N} \sum_{i=1}^N K_i \times K_{bi} \times G_i \quad (C.2)$$

式中： E —受损林地资源评估值；

X —拟评估受损林地资源的实物量， m^2 ；

K_i —第 i 个参照交易案例林分质量综合调整系数（见 LY/T 2407 附录 C）；

K_{bi} —第 i 个参照交易案例物价调整系数；

G_i —第 i 个参照交易案例市场交易价格；

N —参照交易案例个数。

G_i 也可以通过调查当地林业、发改或统计部门近 3 年类似产品的平均价格获得。

C.1.3 收益现值法

适用于幼龄林、产前期和初产期经济林、新造竹林、结构不合理的竹林资产、实验林的林地或林木资源价值评估。

收益现值法是通过估算被评估林地资源资产在未来的预期收益，并采用适宜的折现率（一般采用林业行业投资收益率）折算成现值，然后累加求和，得出被评估林地资源价值。其计算公式见公式 C.3：

$$E = \sum_{i=n}^u \frac{A_i}{(1+p)^{i-n+1}} \quad (C.3)$$

式中： E —受损林地资源价值；
 A_i —第 i 年的年净收益；
 u —经营周期；
 P —投资收益率；
 n —林分年龄；
其他符号意义同上。

C.1.4 收获现值法

适用于中龄林、近熟林、盛产期经济林的林地或林木资源价值的评估。

收获现值法是利用收获表预测被评估林木资产在主伐时净收益的折现值，扣除评估基准日后到主伐期间所支出的营林生产成本折现值的差额，见公式 C.4：

$$E = K \times \frac{A_u + A_a(1+P)^{u-a} + A_b(1+P)^{u-b} + \dots}{(1+P)^{u-n+1}} - \sum_{i=n}^{u-1} \frac{C_i}{(1+P)^{i-n+1}} \dots \dots \quad (C.4)$$

式中： E —受损林木资源价值；
 K —林分质量综合调整系数（见 LY/T 2407 附录 C）；
 A_u —参照林分 u 年主伐时的净收益；
 A_a 、 A_b —参照林分第 a 、 b 年的间伐和其他纯收益（ $n > a, b$ 时， A_a 、 $A_b = 0$ ）；
 u —经营周期；
 n —林分年龄；
 P —投资收益率（见 LY/T 2407 附录 C）。

C.1.5 年金资本化法

适用于风景林、文化纪念林的林地价值评估。

年金资本化法是将评估林地资源资产每年的稳定收益作为资本投资的收益，再按恰当的投资收益率求出资源的价值，使用该方法以实现林地资源永续利用为前提条件，见公式 C.5：

$$E = \frac{A}{P} \quad (C.5)$$

式中： E —受损林地资源价值；
 A —年平均纯收益；
 P —投资收益率（见 LY/T 2407 附录 C）。

C.2 林地生态服务功能实物与价值量化

各类型服务功能实物量与价值量的计算均以年为单位。

C.2.1 涵养水源功能

C.2.1.1 涵养水源量

涵养水源的估算采用综合蓄水能力法，考虑了植被层、枯落物层和土壤层拦蓄降水的综合作用，见公式 C.6~C.9：

$$W = C + L + S \quad (C.6)$$

$$C = \sum_{i=1}^n R \times A_i \times \alpha_i \quad (C.7)$$

$$L = \sum_{i=1}^n A_i \times L_i \times \beta_i \quad (C.8)$$

$$S = \sum_{i=1}^n A_i \times D_i \times \gamma_i \quad (C.9)$$

式中： W —涵养水源量， m^3 ；
 i —植被类型；

C —林冠截留降水量, m^3 ;
 L —枯枝落叶层持水量, m^3 ;
 S —土壤蓄水量, m^3 ;
 R —当地 10 年平均降雨量, mm , 从当地气象局或相关气象网站获得;
 A_i —第 i 种植被类型的面积, m^2 , 植被类型面积通过实地调查、遥感影像或从当地林草局获得;
 α_i —第 i 种植被类型的林冠截留率, %, 可通过实地调查或从相关研究文献中获得;
 L_i —第 i 种植被类型的枯枝积累量, t/hm^2 ;
 β_i —第 i 种植被类型枯枝落叶层最大持水率, %, 可通过实地调查或从相关研究文献中获得;
 D_i —第 i 种植被类型的土壤厚度, cm , 土壤厚度可通过实地调查或从当地林草或农业农村局获得;
 γ_i —第 i 种植被类型下土壤的非毛管孔隙度, %, 可通过实地调查或从当地林草或农业农村局获得。

C.2.1.2 涵养水源价值量

涵养水源价值量采用替代工程法估算, 以水库的建设成本来评价生态系统水流动调节的价值, 见公式 C.10:

$$V_w = W \times C \quad (C.10)$$

式中: V_w —涵养水源的价值量, 元;

W —涵养水源量, m^3 ;

C —当地水资源交易市场价格, 当交易市场未建立时, 以水库建设的工程成本替代或水资源影子价格 (元/ m^3) 替代, 从当地水利与发改委等组织实施水库建设的部门或工程实施单位调查获得。

C.2.2 土壤保持功能

C.2.2.1 土壤保持量

通用土壤流失方程 (USLE) 是世界范围内应用最广泛的土壤侵蚀预报模型, 本标准基于修正的 USLE 模型进行土壤保持功能评估, 见公式 C.11~见公式 C.20:

$$SC = R \times K \times LS \times (1 - C \times P) \quad (C.11)$$

式中: SC —森林生态系统土壤保持量, t/hm^2 ;

R —降雨侵蚀力因子, $MJ \cdot mm/hm^2 \cdot h^{-1}$, 是土壤侵蚀的驱动因子;

K —土壤可蚀性因子, $t \cdot hm^2 \cdot h/hm^2 \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$, 表征土壤性质对侵蚀的敏感程度;

L 、 S —坡长和坡度因子, 无量纲, 表征特定坡面 (特定坡度和坡长) 的土壤流失量与标准径流小区土壤流失量之比值, 基于高程数据在地理信息系统软件中计算获得, 在调查区域的外边界和区域内部均匀布点, 利用手持式定位装置实地测量获取代表性点位的高程数据, 插值获得整个区域的面状高程数据, 利用地理信息系统软件的地形模块计算获得相应的坡长和坡度因子;

C —植被覆盖因子, 是评价植被覆盖因素抵抗土壤侵蚀的能力, 无量纲;

P —土壤保持措施因子, 无量纲, 森林一般取值 1。

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-1.5527 + 0.1792p_i) \quad (C.12)$$

$$K = 10^{-3}(160.80 - 2.31x_1 + 0.38x_2 + 2.26x_3 + 1.31x_4 + 14.67x_5) \quad (C.13)$$

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (C.14)$$

$$m = \frac{\beta}{1+\beta} \quad (C.15)$$

$$\beta = \frac{(\sin \theta / 0.089)}{[3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]} \quad (C.16)$$

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & t < 9\% \\ 16.8 \sin \theta - 0.5 & 9\% \leq t < 18\% \\ 21.91 \sin \theta - 0.96 & t \geq 18\% \end{cases} \quad (C.17)$$

$$C = \begin{cases} 1 & f = 0.1 \\ 0.6508 - 0.3436 \lg f & 0.1 < f \leq 78.3\% \\ 0 & f > 78.3\% \end{cases} \quad (C.18)$$

$$f = \frac{(NDVI - NDVI_{soil})}{(NDVI_{max} - NDVI_{soil})} \quad (C.19)$$

$$NDVI = (IR - R_s) / (IR + R_s) \quad (C.20)$$

式中： p_i —10年平均月降雨量，mm，从当地气象站点或相关气象网站调查获得；

x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 —细砾、细砂、粗粉粒、细粉粒、有机质的百分含量，根据《土壤环境监测技术规范》在调查区域森林内外进行布点采样，样品带回实验室检测土壤颗粒度、有机质含量等参数；

L —坡长因子；

λ —坡长，m；

S —坡度因子；

t —百分比坡度；

θ —坡度，单位是弧度，通过实地调查获得；

f —植被覆盖度，通过植被盖度归一化植被指数（ $NDVI$ ）计算获得，可直接从相关网站下载植被覆盖度最高月份的 $NDVI$ 产品数据，或者相应时段的遥感影像，利用影像波段信息进行计算， $NDVI_{soil}$ 为纯裸土像元的 $NDVI$ 值， $NDVI_{max}$ 纯植被像元的 $NDVI$ 值， IR 和 R_s 分别为遥感影像的近红外波段和红外波段的反射率，当林地面积小于 1km^2 时，也可以通过实际调查获得。

C.2.2.2 土壤保持价值量

森林生态系统通过保持土壤，减少氮、磷、钾等土壤物质流失，从而达到保持土壤营养物质和降低河流泥沙淤积的作用，运用替代成本法进行营养物质保持和泥沙淤积减少的价值核算，见公式 C.21~C.23：

$$V_{sc} = V_{sd} + V_{dpd} \quad (C.21)$$

$$V_{sd} = \lambda \times (SC/\rho) \times c \quad (C.22)$$

$$V_{dpd} = \sum_{i=1}^n SC \times C_i \times R_i \times T_i \quad (C.23)$$

式中： V_{sc} —生态系统土壤保持价值，元；

V_{sd} —减少泥沙淤积价值，元；

V_{dpd} —保持土壤营养物质价值，元；

SC —土壤保持量，t；

c —单位土壤保持工程成本，元/ m^3 ，从当地自然资源、林业草原以及发改委等组织实施土壤保持工程的部门或工程实施单位调查获得；

ρ —土壤容重， t/m^3 ；

λ —泥沙淤积系数，一般取值为 24%；

i —土壤中营养物质种类数量， $i = 1, 2, \dots, n$ ；

C_i —土壤营养物质（如氮、磷、钾和有机质）的纯含量，%；

R_i —氮、磷、钾元素和有机质转换成相应肥料（尿素、过磷酸钙和氯化钾）及碳的比率；

T_i —尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质（转化成碳）价格，元/t，通过市场调查获得。

C.2.3 气候调节功能

C.2.3.1 气候调节量

气候调节利用森林生态系统蒸腾作用消耗的能量进行计算，见公式 C.24：

$$TQ = \Delta T \times \sigma \times D \times A \times H \times 2.778 \times 10^{-7} \quad (\text{C.24})$$

式中： TQ —单位体积森林消耗的能量，kWh/m³；

ΔT —森林内外温差，℃，表征森林对周边空气温度的调节作用，一般在夏季开展，选取气温超过 26℃ 的日期进行监测，监测时间持续 3-5 天，每天从上午 10 点至下午 3 点，每隔 1 小时分别测量森林内外的气温，取温差的平均值；

σ —空气容积热容量，取值 1256J/(m³×℃)；

A —森林面积，m²；

H —森林平均高度，m；

D —一年内气温超过 26℃ 的天数；

常数 2.778×10^{-7} (kWh/J) 为能量与电量转换系数。

C.2.3.2 气候调节价值量

通过人工调节温度所需要的耗电量进行降温价值量计算，见公式 C.25：

$$V_T = TQ \times P_e / r \quad (\text{C.25})$$

式中： V_T —生态系统气候调节的价值，元；

TQ —生态系统调节温度消耗的总能量，kWh；

r —空调能效比；

P_e —当地生活消费电价，元/kWh，从当地发改委或供电部门调查获得。

C.2.4 防风固沙

C.2.4.1 防风固沙功能量

由植被作用引起的风蚀减小量为防风固沙实物量，用潜在风蚀量和实际风蚀量的差值表示。潜在风蚀量指没有植被的裸土条件下的土壤风蚀量，实际风蚀量指现实中地表植被覆盖条件下的土壤风蚀量，利用修正的风蚀模型（RWEQ）进行评估，见公式 C.26~C.32：

$$SL_r = \frac{2z}{S_r^2} Q_{rmax} \cdot e^{-\left(\frac{z}{S_r}\right)^2} \quad (\text{C.26})$$

$$Q_{rmax} = 109.8 \cdot (WF \cdot EF \cdot SCF \cdot K') \quad (\text{C.27})$$

$$S_r = 150.71 \cdot (WF \cdot EF \cdot SCF \cdot K')^{-0.3711} \quad (\text{C.28})$$

$$SL = \frac{2z}{S^2} Q_{max} \cdot e^{-z/S^2} \quad (\text{C.29})$$

$$Q_{max} = 109.8 \cdot (WF \cdot EF \cdot SCF \cdot K' \cdot C) \quad (\text{C.30})$$

$$S = 150.71 \cdot (WF \cdot EF \cdot SCF \cdot K' \cdot C)^{-0.3711} \quad (\text{C.31})$$

$$SR = SL_r - SL \quad (\text{C.32})$$

式中： SL_r —潜在风蚀量，kg/m²；

Q_{rmax} —潜在风力的最大输沙能力，kg/m；

S_r —潜在关键地块长度，m；

SL —实际风蚀量，kg/m²；

Q_{max} —风力的最大输沙能力, kg/m;

S —关键地块长度, m;

SR —防风固沙量, kg/m²;

z —所计算的下风向距离, m;

WF —气候侵蚀因子, kg/m;

EF —土壤侵蚀因子;

SCF —土壤结皮因子;

K' —地表糙度因子;

C —植被覆盖因子。

- a) 气候侵蚀因子表征了在考虑降雨、温度、日照及雪盖等因素下风力对土壤颗粒的搬运能力, 见公式 C.33:

$$WF = \frac{SW \times SD \times \sum_{i=1}^N u_2(u_2 - u_1)^2 \times N_d \times \rho}{N_g} \quad (C.33)$$

式中: u_2 —2 m 高度处的风速, m/s;

u_1 —2 m 高度处的起动风速, m/s;

N —风速的观察次数 (一般为 500);

N_d —观测 (模拟) 天数;

ρ —空气密度, 一般取 1.29 kg/m³;

g —重力加速度 (9.8 m/s²);

SW —土壤湿度因子, 无量纲;

SD —积雪覆盖因子(无积雪覆盖天数/研究总天数, 定义雪盖深度 < 25.4 mm 为无积雪覆盖), 无量纲。

WF 用 1-15d 期间的 500 个风速计算, 500 个风速是描述一个地点风速分布需要的最小数量。

其中, 土壤湿度因子 SW 的计算见公式 C.34~C.35:

$$SW = \frac{ET_0 - (P + I) \frac{R_d}{N}}{ET_0} \quad (C.34)$$

式中: ET_0 —潜在蒸散发量, mm, 利用彭曼公式计算得到;

P —降水量, mm;

I —灌溉量, mm;

R_d —降雨次数;

N —观测天数。

$$ET_0 = 0.162 \left(\frac{SR}{58.5} \right) (DT + 17.8) \quad (C.35)$$

式中: SR —观测期间总的太阳辐射数, cal/cm²;

DT —观测期间的平均气温 (°C)。

气候侵蚀因子计算相关的日均风速、月均风速、降水量、降雨次数等气象数据, 可从当地气象站点或相关气象网站调查获得。

- b) 地表糙度因子是地形所引起地表粗糙程度对风蚀影响的反映, 见公式 C.36:

$$K' = \cos \alpha \quad (C.36)$$

式中: α —坡度, 通过高程数据经过地理信息系统的高程变化率模块计算得到。

- c) 土壤侵蚀因子是土壤受风蚀影响的大小, 见公式 C.37:

$$EF = \frac{\mu EF + 0.31Sa + 0.17Si + 0.33\left(\frac{Sa}{Si}\right) - 2.59OM - 0.95CaCO_3}{100} \quad (C.37)$$

式中： μEF —土壤可蚀性因子的修正参数，%，取值 29.09；

Sa —土壤砂粒含量，%；

Si —土壤粉粒含量，%；

Sa/Si —沙粒含量与粉粒含量的比值；

OM —土壤有机质含量，%；

$CaCO_3$ —碳酸钙含量，%。

通过土壤采样，测定土壤砂粒、粉砂、粘粒、有机质、碳酸钙含量，或通过当地农业局或自然资源局土壤调查数据获得；对于土壤数据库中部分土壤类型的属性值缺失情况，采用相近土壤类型的属性值进行替代。

d) 土壤结皮因子是土壤结皮抵抗风蚀能力的大小，见公式 C.38：

$$SCF = \frac{1}{1 + 0.0066(cl)^2 + 0.021(OM)^2} \quad (C.38)$$

式中： cl —土壤粘粒含量，%；

OM —土壤有机质含量，%，通过土壤采样或通过当地农业局或自然资源局土壤调查数据获得。

e) 植被覆盖因子表示一定植被条件对风蚀的抑制程度，见公式 C.39~C.40：

$$C = e^{-0.0483(SC)} \quad (C.39)$$

$$SC = (NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \quad (C.40)$$

式中： SC —风蚀季节的月度绿色植被覆盖度，%；

$NDVI$ 、 $NDVI_{max}$ 、 $NDVI_{min}$ —归一化植被指数实际值、最大值及最小值，通过遥感影像获得，对于面积小于 1km² 的林地，可通过实地调查获得。

C.2.4.2 防风固沙价值量

运用恢复成本法，根据单位面积沙化土地治理费用核算生态系统防风固沙功能的价值，见公式 C.41：

$$V_{sf} = (SR \times c) / (\rho \times h) \quad (C.41)$$

式中： V_{sf} —减少土地沙化价值，元；

SR —防风固沙量，t；

ρ —土壤容重，t/m³，通过土壤采样测定或通过文献资料、当地农业局或自然资源局土壤调查数据获得；

h —土壤沙化覆沙厚度，m，通过实地测量覆沙层厚度获得；

c —治沙成本，元/m²，从当地自然资源、林业草原或发改委等组织实施土壤保持工程的部门或工程实施单位调查获得。

C.2.5 固碳释氧功能

C.2.5.1 固碳实物量核算方法

森林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，固碳功能有利于降低大气中二氧化碳浓度，减缓温室效应。

a) 净生态系统生产力法

森林生态系统固碳量可以用净生态系统生产力 (NEP) 衡量, NEP 可由净初级生产力 (NPP) 减去异氧呼吸消耗得到, 或根据 NPP 与 NEP 的相关转换系数换算得到。当进行生态环境损害评估的森林面积大于 1 平方公里, 且能够通过遥感影像得到的小尺度 NPP 值时, 该方法准确度相对最高, 见公式 C.42:

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times NEP \quad (C.42)$$

式中: Q_{tCO_2} —森林生态系统固碳量, $t \cdot CO_2/a$;
 $M_{CO_2}/M_C=44/12$ —C 转化为 CO_2 的系数;
 NEP —森林净生态系统生产力, tC/a 。
 NEP 的计算方法见公式 C.43~C.44:

$$NEP = NPP - RS \quad (C.43)$$

$$NEP = \alpha * NPP * M_{C_6}/M_{C_6H_{10}O_5} \quad (C.44)$$

式中: NEP —净生态系统生产力, $t \cdot C/a$;
 RS —土壤呼吸消耗碳量, $t \cdot C/a$, 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;
 NPP —净初级生产力, $t \cdot$ 干物质/ a ;
 $M_{C_6}/M_{C_6H_{10}O_5}=72/162$ —干物质转化为 C 的系数。

b) 生物量法

如果受损害的森林面积较小或者遥感数据不可得的情况下, 可以结合植被调查结果, 利用森林的生物量测算出固定二氧化碳的量, 见公式 C.45:

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times A \times C_C \times AGB \quad (C.45)$$

式中: DQ_{tCO_2} —森林生态系统固碳量, $t \cdot CO_2/a$;
 A —评估森林面积, ha ;
 C_C —生物量-碳转换系数, 一般取 0.5;
 AGB —森林的生物量, t/ha ;
 M_{CO_2}/M_C 同上。

c) 固碳速率法

该方法适合于森林生态与土壤资源受到完全损害的情况, 准确率相对低于上述两种方法, 见公式 C.46:

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times FCSR \times SF \times (1 + \beta) \quad (C.46)$$

式中: Q_{tCO_2} —森林生态系统固碳量, tCO_2/a ;
 M_{CO_2}/M_C 同上;
 $FCSR$ —森林及灌丛的固碳速率, $tC \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$, 可以参考同区域相关文献或实际调查获得;
 SF —受损害的森林及灌丛面积, ha ;
 β —森林及灌丛土壤固碳系数, 取值 0.646。

C.2.5.2 固碳价值量核算方法

采用工业减排成本与市场价值法 (碳交易价格) 核算生态系统固碳的价值, 见公式 C.47:

$$V_{CF} = Q_{CO_2} \times C_c \quad (C.47)$$

式中, V_{CF} —森林的固碳价值量, 元/ a ;
 Q_{CO_2} —森林固碳量, CO_2/a ;
 C_c —碳价, 元/ t 。

C.2.5.3 释氧实物量核算方法

森林生态系统的释氧功能指植物在光合作用过程中，释放出氧气的功能。这种功能对于维护大气中氧气的稳定，改善人居环境具有重要意义。

根据光合作用化学方程式可知，植物每生产吸收 1molCO₂，就会释放 1mol 氧气，森林生态系统释氧量可以根据固碳量计算获取，见公式 C.48:

$$Q_{op} = M_{O_2}/M_{CO_2} \times Q_{CO_2} \quad (C.48)$$

式中： Q_{op} —森林减少的释氧量，t O₂/a，；

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

C.2.5.4 释氧价值量核算方法

采用市场价值法（即医疗制氧价格）核算生态系统提供氧气的价值，见公式 C.49:

$$V_{op} = Q_{op} \times C_o \quad (C.49)$$

式中： V_{op} —受损害的森林释氧减少价值，元/a；

C_o —医疗制氧价格，元/t。

C.2.6 物种保育功能

计算见公式 C.50:

$$V_{bio} = S \times S_c \quad (C.50)$$

式中： V_{bio} —物种保育价值，元；

S —栖息地面积，hm²；

S_c —栖息地单位面积的保育成本，元/hm²，通过调查获得当地或其他地方具有类似物种栖息地的单位面积保育成本，包括建设折旧费与每年的运行维护费用。

C.2.7 文化服务功能

森林生态系统的文化服务价值是指森林生态系统可以为周边的人群提供美学体验、精神愉悦、科研等方面的功能，由于科研功能价值较难评估，通常大多以景观服务价值作为文化服务功能的替代价值。

C.2.7.1 文化服务价值实物量核算方法

计算见公式 C.51:

$$EC = Pb_{num} - Pd_{num} \quad (C.51)$$

式中： EC —生态系统文化服务实物量，人次；

Pb_{num} —基准年评估区的旅游人次，通过旅游调查问卷、当地统计年鉴或者当地景区管理经营单位获得评估景区全年旅游人次，可以用评估区上一年全年旅游人次*近五年旅游人次年平均增长率；

Pd_{num} —损害后评估区的旅游人次，通过旅游调查问卷、当地统计年鉴或者当地景区管理经营单位获得评估景区基准年全年旅游人次。

C.2.7.2 文化服务价值价值量核算方法

本方法适合在有条件进行调查问卷的地区核算旅游景观的文化服务价值实物量，计算见公式 C.52:

$$EC_v = Tb_v - Td_v \quad (C.52)$$

式中： EC_v —生态系统文化服务价值量，元/a；

Tb_v —基准年旅游收入（元/a），通过旅游调查问卷、当地统计年鉴或者当地景区管理经营单位获得评估景区全年旅游收入，可以用评估区上一年全年旅游人次收入*近五年旅游人次年平均增长率，旅游收入包括门票收入以及由于景点旅游带来的餐饮、住宿、交通及相关商业收入；

Td_v —森林生态受损后的旅游收入，元/a，含义同前。

C.2.7.3 旅行费用调查技术要点

a) 调查问卷设计

- 1) 调查问卷主要介绍调查的目的、内容、方式和相关背景；
- 2) 以图文结合的形式将需要调查的森林景区向受访者做详细的展示和介绍；
- 3) 调查问卷表：以封闭式选项对被受访者的相关信息及其在森林景点旅游的相关信息进行调查。
- 4) 受访者的基本信息：在问卷中对容易混淆的问题设计 1-2 个可以互证的问题，证实受访者对问题理解正确，提高问卷的有效性，整个调查问卷的总体答题时间一般控制在 10 分钟以内。

b) 调查开展

- 1) 在调查前应对调查人员进行培训，并在小范围开展模拟调查，对调查问卷中出现的问题进行调整；
- 2) 调查人员在现场开展问卷调查是，应选择有意识地保证受访者的随机性和受访者各项基本信息（客源地、年龄、性别、学历和收入等）的大致均匀分布，对每个旅游团最多进行两份问卷调查，对每个家庭只进行一份调查，不对青少年儿童进行调查。如果遇到团队游客，在旅游费用部分只需填写人均成本。
- 3) 在受访者答卷过程中，调查人员应该在旁边进行解释，对受访者的疑问及时进行解答，在受访者答完后调查人员应仔细检查问卷，确保所有信息填报完整，并记录调查人员姓名、调查地点、日期、时间、问卷序号等内容，以便事后整理。

c) 调查结果分析

计算见公式 C.53~C.56:

$$EC = CE + TC + CS \quad (C.53)$$

式中： CE —消费者直接支出，包括交通费用、景区门票费、食宿费、购买旅游商品费用和娱乐休闲费用等，通过调查问卷获取；

TC —时间成本；

CS —消费者剩余。

$$\text{时间价值} = \text{旅行时间} * \text{客源地平均工资} \quad (C.54)$$

$$TC = \sum_{i=1}^n AW_i \times T_i \quad (C.55)$$

式中： AW_i —不同客源地的日平均工资；

T_i —不同客源地的平均旅行时间；

n —到评估景区旅游的客源地总数量；

i —客源地。

$$CS = \int_{\text{实际旅费}}^{Pm} f(x) dx \quad (C.56)$$

式中： P_m —追加旅费最大值；
 $Y(x)$ —旅游费用与旅游率的函数关系式。

C.3 森林栖息地陈述意愿法

以条件价值评估法为例介绍。

C.3.1 调查问卷设计

- a) 调查问卷主要介绍调查的目的、内容、方式和相关背景；
- b) 以图文结合的形式将需要调查的森林栖息地基本情况、生物多样性及其受损害情况向受访者做详细的展示和介绍；
- c) 调查问卷表：i.单边界二分式：给受访者提供一个投标值，询问其是否同意支付；ii.开放式：以开放式选项对被受访者的相关信息及其对修复受损的森林栖息地愿意支付的金额进行调查。
- d) 受访者的基本信息：在问卷中对容易混淆的问题设计 1-2 个可以互证的问题，证实受访者对问题理解正确，提高问卷的有效性，整个调查问卷的总体答题时间一般控制在 10 分钟以内。

C.3.2 调查开展

- a) 在调查前应对调查人员进行培训，并在小范围开展模拟调查，对调查问卷中出现的问题进行调整；
- b) 调查人员在现场开展问卷调查是，应选择有意识地保证受访者的随机性和受访者各项基本信息（居住地、年龄、性别、学历和收入等）的大致均匀分布，不对青少年儿童进行调查。
- c) 在受访者答卷过程中，调查人员应该在旁边进行解释，对受访者的疑问及时进行解答，在受访者答完后调查人员应仔细检查问卷，确保所有信息填报完整，并记录调查人员姓名、调查地点、日期、时间、问卷序号等内容，以便事后整理。

C.3.3 调查结果分析

通过调查问卷的方式直接考察受访者在假设性市场里的经济行为，在受访者的回答中统计对森林受损害的支付意愿（ WTP ）或受偿意愿（ WTA ），进而得到森林生态环境损害。

方法 1：单边界二分式问卷模式，计算见公式 C.57：

$$E(WTP) = \frac{1}{-\beta} \ln (1 + e^{\alpha + \sum_{k=1}^K \gamma_k \bar{X}_k}) \quad (C.57)$$

式中： \bar{X}_k —第 n 个被调查者第 i 个选择中包含的第 k 个特性变量的平均值；

K —特性变量的个数；

γ_k —第 k 个特性变量所对应的未知参数；

α 、 β —用最大似然法估计得到的参数。

在对单边界二分式调查结果进行分析时，也可以利用其他推导方式得到的计算公式进行计算。

方法 2：开放式问卷模式

根据受访者对受损害森林栖息地的修复支付意愿或接受补偿意愿来评估受损害森林栖息地的损害价值。见公式 C.58：

$$V_d = \sum WTP_j \times P_j \times \varphi_j \quad (C.58)$$

式中： V_d —受损害森林栖息地的损害价值，元；
 WTP_j — j 地区受访者的人均或户均支付意愿或受偿意愿，元；
 P_j —调查的第 j 个区域的调查人数或户数；
 φ_j —第 j 个区域受访者有支付或受偿意愿问卷占总有效调查问卷数量的比例。

附 录 D
(资料性附录)

其他林地生态环境损害调查评估表
附表 D.1 其他林地生态环境损害调查评估表

林地类型:

损害事件类型:

调查时间:

损害发生时间:

调查人:

类型	受损面积/数量	受损程度	资源价值	损害评估结果	备注
乔木					
灌木					
草本					
野生动物					
土壤					
其他					

调查单位:

审核人:

注: 受损程度定量描述, 例如面积、密度、数量等损失的百分比。

附录 E
(资料性附录)

31 个省、直辖市、自治区林地生态服务功能调节系数
附表 E.1 31 个省、直辖市、自治区林地生态服务功能调节系数

地区	用材林/薪炭林/竹林/经济林	水源涵养林	防风固沙林	水土保持林	农田牧场防护林	护路护岸林/其他人工防护林/国防林	实验林/种子林	环境保护林	城市及城市规划区林地
北京	4.39	3.21	2.76	3.91	4.43	4.42	4.39	4.45	2.76
天津	4.33	3.29	2.82	3.81	4.38	4.37	4.33	4.39	2.80
河北	3.94	3.05	2.55	3.40	4.00	3.99	3.94	4.01	2.52
山西	4.01	3.13	2.31	3.17	4.04	4.04	4.01	4.07	2.32
内蒙古东	4.41	4.18	2.72	2.87	4.49	4.49	4.41	4.51	2.66
内蒙古中	4.17	3.17	2.61	3.57	4.21	4.21	4.17	4.23	2.60
内蒙古西	3.50	2.46	2.60	3.20	3.95	3.94	3.50	3.96	2.17
辽宁	4.52	4.19	2.60	2.89	4.58	4.57	4.52	4.60	2.59
吉林	4.44	4.21	2.76	2.91	4.53	4.52	4.44	4.54	2.70
黑龙江	4.26	4.13	2.80	2.82	4.37	4.37	4.26	4.38	2.70
上海	7.68	7.65	2.04	2.05	7.69	7.69	7.68	7.90	2.24
江苏	8.14	7.64	2.57	3.06	8.15	8.15	8.14	8.19	2.60
浙江	7.39	5.90	2.82	4.29	7.40	7.40	7.39	7.43	2.84
安徽	8.39	6.73	2.76	4.41	8.41	8.40	8.39	8.41	2.77
福建	9.01	7.09	3.23	5.14	9.02	9.02	9.01	9.04	3.25
山东	4.71	4.10	2.39	2.97	4.75	4.74	4.71	4.77	2.39
江西	8.41	7.16	2.97	4.21	8.42	8.42	8.41	8.43	2.97
河南	4.94	3.99	2.59	3.51	4.98	4.96	4.94	4.98	2.58
湖北	5.79	4.72	2.63	3.68	5.81	5.81	5.79	5.82	2.63
湖南	6.56	5.44	2.79	3.89	6.59	6.59	6.56	6.59	2.78
广东	8.90	7.53	3.13	4.48	8.92	8.92	8.90	8.96	3.14
广西	7.86	6.46	3.22	4.61	7.87	7.87	7.86	7.88	3.22
海南	9.46	8.22	3.57	4.66	9.60	9.60	9.46	9.62	3.44
重庆	6.47	5.01	2.54	4.00	6.48	6.47	6.47	6.50	2.56
四川	5.41	3.44	2.61	4.56	5.44	5.44	5.41	5.44	2.59
贵州	5.44	4.48	2.81	3.77	5.45	5.45	5.44	5.46	2.82
云南	5.62	4.21	3.26	4.66	5.63	5.63	5.62	5.64	3.26
西藏	4.28	3.04	2.53	3.50	4.55	4.55	4.28	4.55	2.26
陕西	4.09	2.85	2.45	3.68	4.11	4.10	4.09	4.12	2.45
甘肃	3.92	2.58	2.55	3.69	4.13	4.13	3.92	4.13	2.35
青海	3.92	2.40	2.62	3.65	4.41	4.41	3.92	4.41	2.13
宁夏	2.82	2.11	2.02	2.49	3.05	3.05	2.82	3.10	1.84
新疆	2.75	2.35	3.37	2.49	4.04	4.03	2.75	4.03	2.10

注：内蒙古东包括赤峰市、通辽市、兴安盟和呼伦贝尔市，内蒙古中包括呼和浩特市、乌兰察布市和锡林郭勒盟，内蒙古西包括包头市、鄂尔多斯市、乌海市、巴彦淖尔市和阿拉善盟。

附录 F

(资料性附录)

森林生态系统常用恢复技术

附表 F.1 森林生态系统常用恢复技术

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	
非生物因素	土壤肥力恢复技术	绿肥与有机肥施用技术	普遍适用林地恢复	较低	高	高	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	污染土壤的林地	较高	较高	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
	水土流失控制与保持技术	土石方工程技术	场地平整、基坑(槽)与管沟开挖与回填等,恢复原有地形、地貌	矿产开采等活动造成采矿坑货排土场等地表受扰动较大的区域	较高	面广,量大,劳动繁重;施工条件复杂	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
		疏干法	开挖大量排水渠、使塌陷区积水排干,再加以必要整修	井下采矿废弃地	较高	以土方工程为主,技术成熟	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
		挖深垫浅法	将塌陷深的区域再挖深,形成水塘,取出的土方充填塌陷坑浅的区域	井下采矿废弃地	较高	操作简单、适用范围广、经济生态效益显著,常用的工程措施主要包括泥浆泵抽取法或推土机搬运法	挖深垫浅的深度适宜时,技术可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
		充填复垦法	采用粉煤灰进行充填	井下采矿废弃地	较高	技术较成熟	较高	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
	复合农林业技术	把林木培养与农业有机结合起来的一种综合利用土地和空间的林地恢复模式，提高土地的生产力及土地利用的持续性，并从农、林不同成分的相互作用中获得经济、生态和社会效益	对解决人多地少、农林争地、保持水土、恢复生态、提高土地利用效率等都具有重要作用	涉及技术、人工、物种配置等方面的投入	目前国内应用较少	对于解决生态环境与社会经济发展问题具有重要意义	无产生二次污染和破坏的风险	
	生态堤及边坡防护技术	生态堤是指在水库堤岸种植乔灌等树种，堤岸边坡上采用框格植草护坡，构造水库生态型堤岸，以起到综合过滤营养物质、净化水质、保持生物多样性的作用	适用于山区水库建设后的边坡恢复	施工工程量较大，需要一定的机械设备和人力投入，成本较高	边坡恢复主要采用砌筑种植槽、坡面种植槽、飘台、挂网喷播、生态植被毯等措施，技术成熟	改善河岸带环境具有较高的可靠性	无产生二次污染和破坏的风险	
	沙障技术	利用作物秸秆、灌木枝条或多年生草本植物作为沙障材料，设置草方格。也可在砾石和黏土丰富的地区，采用用黏土碎块或者砾石堆成小土埂来固定流沙。聚乳酸纤维（PLA）沙障是以玉米、马铃薯、红薯等富含淀粉的农作物为原材料，加工成筒状纺织物，并填充流沙以起到防风固沙作用。通过改变下垫面结构和性质，可有效降低风沙流通量和地表侵蚀强度，从而起到快速固定流沙的作用	适用于风沙严重的沙漠、荒漠、戈壁等区域植被恢复	施工简单，成本较低	有相关技术规范，技术成熟	具有材质轻、运输容易、施工简单、速度快，成本低、高效持久的特点，沙障固沙造林成效显著	无产生二次污染和破坏的风险	
	植物篱保水技术	以一定间距带状密集种植适宜当地生长的木本或茎干较硬的草本植物，可有效拦截地表径流、减缓土壤侵蚀	适用于山坡地和河岸边坡等较易发生水蚀的地区	低	高	考虑草本物种与种植植物的种间竞争作用，避免因草本生长抑制恢复植物的生长尤其避免采用外来种	产生二次破坏的风险低	自然恢复
土壤污染控制	土壤生物自净技术	在自然条件下，污染物在土壤环境中通过吸附、分解、迁移、转化等过程浓度降低、毒性或活性下降，甚至消失的过程	污染物浓度低、不扩散、不严重的区域	依靠自然恢复，无人工成本	一般应用较少，难以判断是否可自然恢复	一般	无产生二次污染和破坏的风险	自然恢复

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
与恢复技术	移土客土技术	从恢复区域以外的地方采运土壤，用于恢复受损区域	普遍适用于土壤受损严重的区域	较高	较高	一般，需控制取土量，避免破坏性取土	对于取土区域可能产生一定的破坏	
	物理复垦技术	包括回填、覆土、整平等	工程建设区	施工简单，成本较低	高	高	无产生二次污染和破坏的风险	
节水与保水技术	地膜覆盖技术	减少土壤水分无效蒸发，延长水分在土壤中的集蓄时间，供植物充分利用	干旱少雨、蒸发量大的区域	较高	较高	选择环保生物材料、化学和物理材料，避免采用难降解塑料覆盖，以免造成白色污染	二次污染和破坏的风险较低	
	滴灌技术	利用塑料管道将水通过直径约 10mm 毛管上的孔口或滴头送到种植物根部进行局部灌溉	干旱少水区域	较低	技术成熟	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
	小水库、谷坊、鱼鳞坑等保水技术	小水库是通过设置小型蓄水用水工程措施，将未能就地拦蓄的坡地径流引入小型蓄水工程，谷坊又名防冲坝、沙土坝、闸山沟，与鱼鳞坑均是水土流失地区沟道治理山洪与泥石流的主要工程措施，减少或防治坡面径流，增加林木可利用的土壤水分	坡地等水土流失较严重的区域	较低	技术成熟	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
	径流林业整地技术——土坑法（集水技术）	土壤贫瘠化和季节性干旱的区域，采用土坑法，利用地形挖掘沟槽，收集地表雨水并经下渗，提高土层含水量，低于旱情	常用在土壤贫瘠化和季节性干旱的区域	较低	技术成熟	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
沙漠治理恢复技术	化学治沙	造纸废液改良沙地技术，栲胶高分子固沙材料，油膜（石油提炼的副产品）治沙等	沙漠化防治	成本高	技术难度较大	化学治沙需要控制化学材料使用的量，并排除有毒有害物质的使用	二次污染和破坏的风险极小	

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
	微生物类固沙材料	利用沙漠生物结皮人工接种固沙细菌或从生物结皮中分离出可固沙细菌，然后将制成的液体菌剂直接用于固沙	干旱、半干旱地区沙漠化防治	成本高	技术难度大	可靠性高	二次污染和破坏的风险极小	
生物因素	物种选育与繁殖技术	种质库技术	种质库是用来保存种质资源（一般为种子）的低温保存设施	适用范围较广	建设与维护成本高	应用较为广泛，技术成熟	是保存种质资源的重要途径	无产生二次污染和破坏的风险
		野生生物物种驯化技术	将野生的动物和植物的自然繁殖过程变为人工控制下的过程。为各种野生动物创造新的环境，保证给予食物及其它必要的生活条件	适用范围有限，大部分野生生物难以驯化	成本高、周期长	取决于物种种类，许多野生生物物种无法驯化	取决于物种种类，许多野生生物物种无法驯化	无产生二次污染和破坏的风险
	物种引入与恢复技术	先锋种引入技术	在生态恢复中被使用，对于一个受到破坏、丧失原有动植物群落的环境，先锋物种在林地破坏后较早出现且相对容易生存。对于一个待恢复的生态群落，通常采用喜光的、易于传播的草本植物作为先锋物种它们在演替的早期出现，可以改变地区土质，招引动物，为其他植物、动物的恢复创造条件	受损严重、土壤贫瘠、水分等环境条件差的区域，其他植被难以存活生长，可引入先锋种	低	高	先锋物种使用过度也可能抑制后来物种的发展，因而要合理适度采用	产生二次破坏的风险较低
		土壤种子库引入技术	是指存在于土壤表层凋落物和土壤中全部活性种子的总和。土壤种子库在合适的干扰作用下对退化生态系统的恢复以及植被更新发挥重要的作用	种质资源缺乏的恢复区域可利用周边区域的土壤种子库资源	主要为人工收集土壤种子库成本	高	采用同一区域的土壤种子库资源，因地制宜，利于当地植被恢复	无产生二次污染和破坏的风险
	有害生物控制	包括 1) 引入天敌，控制有害生物群落发展；2) 通过物理、化学等途径去除有害生物，降低其繁殖能力；3) 构建人工防御体系，控制有害生物蔓延	适用于林木叶部和干部病毒防治，苗木猝倒病防治，林木食叶害虫、钻蛀性和果实种子害虫防治以及森林鼠兔害和生态调控	成本与具体的物理、化学、生物措施相关，一般物理、化学措施成本较高，效率较高，生物措施主要为生物	需要考虑社会条件及其栖息环境作为一整体，再用合理的环境治理、物理治理、化学治理或其它有效手段，组成一套系统的防治措施，达到治本目的	引入天敌，对当地生态环境改善具有重要作用，尽量采用化学防治法	控制不当时会产生二次污染、生物入侵等问题	

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
				天敌生物引入和人工管护成本				
	营建生物栖息地	针对部分生物，如集群营巢的鸟类、哺乳动物或其他也是动物可以通过环境修复、围封（禁止外界干扰）、环境噪声控制、捕食者或竞争者控制等来帮助创造营巢地、栖息地，改善栖息地生态状况，创造适宜动物栖息的空间	适用于生物栖息地受到破坏导致物种和种群数量减少的情况通过营建人工栖息地，促进物种种群数量增长与恢复	需要一定的场地空间，并建立适宜的栖息环境，且需要适当的监测维护措施，成本较高	针对不同物种栖息地建设，国内外均有一定数量的成功案例但针对不同物种栖息地建设的成熟度及发展水平不一部分鸟类物种栖息地建设发展较为成熟	适合鸟类和其他野生动物等物种数量和种群的恢复	无产生二次污染和破坏的风险	
	物种孵化技术	采用人工孵化计算，对受损生物物种进行恢复，增加物种数量	适合于受损物种的数量恢复，孵化技术措施包括饲养场选择、布局、笼舍、孵化室、育雏室、饲养等	需要一定的场地空间，并进行笼舍建设等，成本较高技术水平及环境条件要求较高	该技术在国内应用成熟，具有相关技术规程	非常适合动物物种数量及种群的恢复	无产生二次污染和破坏的风险	
	就地保护	保持和恢复生态系统内生物的繁衍与进化，系统内的物质能量流动和循环与生态过程	适用于价值较高的自然生态系统和野生生物及其栖息地的保护，主要包括有代表性的自然生态系统和珍稀濒危动植物的天然集中分布区等	成本低	就地保护是生物多样性保护中最为有效的一项措施，是拯救生物多样性的必要手段，技术成熟	建立自然保护区和各种类型的风景名胜区是实现就地保护目标的重要措施	无产生二次污染和破坏的风险	自然恢复

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
群落	异地保护	通过引种、驯养、繁育、保护及野化等，减轻原栖息地的压力，在其他地区建立和发展种群	针对某些野生动物因栖息环境不复存在、种群数量极少或难以找到配偶等	需要异地营造合适生境，成本较高	需要深入认识被保护生物的形态学特征、系统和进化关系、生长发育等生物学规律，从而为就地保护的管理和监测提供依据	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
	天然恢复技术（封山育林）	在保护的基础上依靠自然演替的力量来恢复天然林。在林区实行全封，入口处设置防护门、宣传牌、高清监控探头等措施，防止人、畜破坏，同时增设护林员，加强日常巡查。保护林地生境、促进次生林的顺行演替与发展、为地带性植被的发展创造适宜的生态条件	适用于天然更新等级中等以上、林下阔叶幼树较大的受损林地，进行封山育林可以取得较好效果	成本较低，主要是日常巡查的人工成本	关键是要确定被恢复林分或地段，要求选择有种子或无性繁殖体，或附近有来源的林地。对原始林应通过自然保护区各项管理措施，进行科学有效地管理和保护，对于一般的受损或退化较轻的次生林，采取封山育林	技术可靠，管理工作是核心	无产生二次污染和破坏的风险	自然恢复
	人工促进天然更新技术	用人工的方法，顺应自然演替规律，调整林分结构，改善林地条件，促进树种更新和群落进展演替	需要采取人工促进天然恢复的，主要是各类退化次生林和低产人工林，适用于结构不合理的人工林和天然更新等级为中等以上、阔叶幼苗幼树株形幼小的林地，促进天然更新幼苗幼树生长	主要成本是人工养护、管理	技术成熟，在人工促进恢复时，要综合考虑改善退化生态系统的物理因素、营养元素、种源条件、物种关系等，关键是调整林分树种组成、配置、密度等，促进向优化的群落结构发展	技术可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
	林分改造	对在组成、林相、郁闭度等方面无法自然可持续发展，采取人工措施，加速林地演替进程，促进林地向自然林发现演替	人工纯林；天然更新不良、低产的残破近熟林；大片低效灌丛	人工、苗木物资等方面的支出较大	技术成熟，适地适树，改人工纯林为混交林；变低产林为高产林；改萌生林为实生林；改疏林为密林；改灌丛为乔林	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
	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	涉及人工、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和调节林分内不同树种之间的种间关系,包括选择适宜的混交树种、确定合理的混交比例、设计合理的混交方法	技术可靠,应用广泛	无产生二次污染和破坏的风险	
	抚育间伐	在幼林郁闭后到林分成熟前的时间段内,在未成熟林分中按一定指标采伐部分林木,为林木生长创造良好生存环境,包括透光抚育、遮光抚育和生长抚育	适用于林木密度过大的林地	主要为人工和管理成本	技术成熟	技术可靠,适用性广	无产生二次污染和破坏的风险	
	容器苗技术	容器苗在运输和栽植过程中不伤根系,保持营养土完整,栽植后基本没有缓苗期	可用于各种土壤条件不良的区域林地恢复	较高	技术成熟	成活率高	无产生二次污染和破坏的风险	
	生物固氮	利用豆科植物种的固氮能力,在贫瘠的土地上快速生长,改善生态环境	只有侵入到豆科植物的根内才能完成固氮作用,具有一定的专一性,某种特定的根瘤菌只能侵入某种特定的豆科植物	较低	在基础理论研究和应用研究方面有一定的探索与应用	以自然固氮为主,人工模拟固氮尚处于理论研究阶段	无产生二次污染和破坏的风险	自然恢复
	避免化感作用	避免具有化感作用的植物物种配置,此类植物产生的次生代谢产物(化感化合物)在植物生长过程中,通过信息抑制其他植物的生长,发育并加以排除的现象。如松柏类、竹类等具有高的萜烯类挥发性有机物排放潜力,不可与其他树种近距离种植,防止因化感作用影响植物生长	避免化感作用强的树种与其他树种同时使用	无	具有高化感作用的树种较少为非专业人士所知,在植物种植中缺乏关注,成熟度不高	方法可靠	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,或者人工重建	造林工作量大时,人工、资金、苗木物资等方面的支出较大	技术成熟	补植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	

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	
	围栏技术	一般采用围栏减少过度放牧和采集薪材等干扰，利用植被和水分自然恢复力逐渐恢复植被。围栏设置需考虑野生动物迁徙通道等因素，不宜范围过长、过大。包括刺线围栏、生物围栏，石（土）墙围栏等	普遍适用于各地区受损林地的恢复	根据围栏材料，成本费用不同	技术成熟	围栏封育有效减小外界干扰	无产生二次污染和破坏的风险	自然恢复	
	飞播造林（治沙）	利用飞机把种子均匀撒播在恢复区域，借助风力覆土、依靠自然降雨，实施一定的管护使其成林成草	大规模的林地、草地恢复	成本低	难度小	可靠性高	无产生二次污染和破坏的风险		
	液体喷播	使用加压泵将容积罐内由水、粘合剂、保水剂、纤维覆盖材料、土壤稳定剂、种子和营养元素等组分，搅拌均匀后，利用高压喷头均匀喷洒于地表	平坡、缓坡、陡坡及复杂地形区域的植物群落建植	成本高	需专业仪器设备，技术成熟	可靠性高	无产生二次污染和破坏的风险		
	红树林育苗造林	红树林恢复	调查种植地点水土条件和养分状况，去除恢复障碍，苗木培育点不能距离实施地点太远，以免影响幼苗成活率，集中快速实施恢复工程	污染导致的红树林损害	成本较高	较成熟	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
		胚轴插植法	从野外直接采集繁殖体种植	适用于可插植繁殖的植物种	成本低	操作简单，成活率高	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
		人工育苗法	人工方法育苗	经济条件允许或逆境造林时采用	成本高	成活率高、成效快	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
		直接移植法	采用异地移植进行植被恢复	经济条件允许或逆境造林时采用	运输、管护成本高	技术成熟	可靠	无产生二次污染和破坏的风险	
		无性繁殖法	无性繁殖是用母本植株上的枝条、芽、叶片、根蘖、块茎、鳞茎、珠芽等，通过扦插、嫁接、压条、分植等方法进行繁殖，培育出新植株。能够保持母株的优良特征，繁殖速度快	适用于可无性繁殖的植物种	主要涉及人工与管护成本	技术成熟	可靠	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
生态系统与景观	生态工程设计技术	生态工程是指应用生态系统中物质循环原理，结合系统工程的最优化方法设计的分层多级利用物质的生产工艺系统，其目的是将生物群落内不同物种共生、物质与能量多级利用、环境自净和物质循环再生等原理与系统工程的优化方法相结合，达到资源多层次和循环利用的目的	可广泛应用于生态建设保护工程、封山育林工程、退耕还草、还林工程	较高	需要根据工程实施区域自然、社会和经济条件，优化组合各种技术，使之相互联系成一个有机系统，达到多层次多目标分级利用物质、促进良性循环、同步增加与兼收经济、生态和社会效益的目的	结合生态系统模型提供的系统的静态特征和动态变化的抽象描述，进行论证分析，可以提高技术的可靠性	无产生二次污染和破坏的风险	
	景观设计技术	指在需要进行景观规划设计的过程中，对周围环境要素的整体考虑和设计，包括自然要素和人工要素，使得生态恢复与自然环境产生呼应关系，景观设计是整个生态系统中的重要组成部分，对生态系统的功能提高和良好发展有着重要的作用	适用于自然景观和人工景观恢复中，需要与周边景观协调的区域	较低	景观设计涉及环境园艺学、地域植物学、恢复生态学等学科，需要充分理解植被群落和本地的环境、气候等。技术成熟且具有挑战性	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
	生态系统构建与集成技术	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，将生态环境恢复到可持续发展的状态	适用范围较广，对于受损的生态系统可采用这一技术重建、恢复，包括水域林地、鸟类栖息地重建等	工程复杂，投资巨大	常用于水域动植物恢复，部分措施技术成熟	较高	无产生二次污染和破坏的风险	
管理	社区林业管理	基于原住居民对森林资源的利用方式——不损害其更新能力且有利于生物和土地的可持续发展等传统知识文化，进行社区林业管理，会带来积极的影响	恢复森林的后期管理	成本低	国内森林恢复管理较少采用，国外技术成熟	需把社区居民的需求和造林成果联系起来，提高居民积极性和参与程度	无产生二次污染和破坏的风险	

附录 G
(资料性附录)
森林生态系统相关术语

G.1 植被

覆盖地面的植物及其群落的总称。

G.2 优势种

在群落中占重要地位，对群落结构和环境的形成具有明显控制作用的物种，通常为数量、体积大或生物量较高的物种。

G.3 建群种

生物群落中，优势层的优势种常称为建群种，个体数量不一定很多，但却能决定群落结构和内部环境条件，是群落的建造者。

G.4 群落

相同时间聚集在同一区域或环境内各种生物种群的集合。

G.5 指示种

其生物学或生态学特性（如出现与缺失、种群密度、传布和繁殖成功率）能够表征其他物种或环境类型、特点或所处状况的物种。

G.6 栖息地

栖息地是指生物生存空间内一系列物理和生物环境因素的总和，包括光线、湿度、筑巢地点等，所有这些因素一起构成适宜于动物居住的某一特殊场所，它能够提供食物和防御捕食者等条件。

G.7 生物多样性

生物多样性是指在一定时间和一定地区所有生物（动物、植物、微生物）物种及其遗传变异和生态系统的复杂性总称，包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。本标准中的生物多样性主要针对物种多样性，即群落内或生态系统中生物种类的丰富程度，包括物种的数量和物种的均匀程度两个方面。

G.8 天然林

天然林指天然起源的森林，包括自然形成与人工促进天然更新或者萌生所形成的森林。

G.9 人工林

人工林指通过人工措施形成的森林及其他林地。

G.10 次生林

次生林是经人为采伐和破坏后，自然恢复起来的森林，一般由先锋树种组成，郁闭较低，大多丧失原始林的森林环境，生态稳定性和生态功能较差。

G.11 郁闭度

指森林中乔木树冠在阳光直射下在地面的总投影面积（冠幅）与此林地（林分）总面积的比。

G.12 覆盖度

即盖度，指植物地上部分的垂直投影面积占统计区域总面积的百分比。

G.13 多度

指某一植物物种在群落中的个体数量，通常采用直接计数法或目测估计法进行测定。

G.14 防护林

以防护为主要目的的森林、林木和灌木丛，包括涵养水源林、水土保持林、防风固沙林、农田防护林、草场防护林、护岸林、护路林、自然灾害防护林等。

G.15 用材林

以生产木材为主的各类森林和林木以及竹林。

G.16 经济林

以生产果品、油料、饮料、调料、工业原料和药材的森林和林木。

G.17 薪炭林

以生产燃料为主的林木

G.18 特种用途林

具有特定用途的林地，包括国防林、实验林、母树林、环境保护林、风景林、名胜古迹和革命纪念地的林木、自然保护区的森林。