



中华人民共和国国家标准

GB/T 38582—2020

森林生态系统服务功能评估规范

Specifications for assessment of forest ecosystem services

2020-03-06 发布

2020-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本要求 2

5 数据来源 3

6 评估指标体系 3

7 分布式测算方法 4

8 评估公式 4

附录 A（规范性附录） 森林生态系统服务功能评估数据汇总表 10

附录 B（资料性附录） 物种资源保育功能评估数据汇总表 16

附录 C（规范性附录） 其他说明 18

参考文献 19

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由国家林业和草原局提出并归口。

本标准起草单位：中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所。

本标准主要起草人：王兵、蒋有绪、牛香、陶玉柱、宋庆丰、黄龙生、陈波。



森林生态系统服务功能评估规范

1 范围

本标准规定了森林生态系统服务功能评估的术语和定义、基本要求、数据来源、评估指标体系、分布式测算方法、评估公式。

本标准适用于森林生态系统服务功能评估工作。

本标准不适用于林地自身价值。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 33027 森林生态系统长期定位观测方法

GB/T 35377 森林生态系统长期定位观测指标体系

LY/T 1721 森林生态系统服务功能评估规范

3 术语和定义

LY/T 1721 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

森林生态系统服务功能 forest ecosystem services

人类从森林生态系统中获得的各种惠益。

3.2

森林生态系统服务功能评估 assessment of forest ecosystem services

采用森林生态系统长期连续定位观测数据、森林资源清查数据及社会公共数据对森林生态系统支持服务(3.3)、调节服务(3.4)、供给服务(3.5)、文化服务(3.6)进行评估。

3.3

支持服务 supporting services

森林生态系统土壤形成、养分循环和初级生产等一系列对于所有其他森林生态系统服务的生产必不可少的服务。

3.4

调节服务 regulating services

人类从气候调节、疾病调控、水资源调节、净化水质和授粉等森林生态系统调节作用中获得的各种惠益。

3.5

供给服务 provisioning services

人类从森林生态系统获得的食物、淡水、薪材、生化药剂和遗传资源等各种产品。

3.6

文化服务 cultural services

人类从森林生态系统获得的精神与宗教、消遣与生态旅游、美学、灵感、教育、故土情结和文化遗产

等方面的非物质惠益。

3.7

林木养分固持 forest nutrient retention

林木在大气、土壤和降水中吸收 N、P、K 等营养元素并贮存在体内的功能。

3.8

农田防护 farmland protection

森林保护耕地免受风蚀沙埋,改善农田小气候,促进农作物稳产、高产的功能。

3.9

防风固沙 windbreak and sand fixation

森林通过控制和固定流沙以达到改善沙漠化土地的功能。

3.10

物种资源保育 conservation of species resources

森林生态系统为动植物的繁育、生物工艺的基因以及遗传信息等起到保育作用的功能。

3.11

森林康养 forest health care

森林生态系统为人类提供森林医疗、疗养、康复、保健、养生、休闲、游憩和度假等消除疲劳、愉悦身心、有益健康的功能。

3.12

森林生态系统服务修正系数 forest ecosystem services correction coefficient

评估目标林分生物量等因子与同一评估单元内实测林分生物量等因子的比值。

3.13

分布式测算方法 distributed and calculation measure

将一个异质化的森林资源整体按照行政区划、林分类型(优势树种组)、起源、林龄等不同分布式级别,划分为相对独立的、均质化的评估测算单元,并将这些单元分别处理最后汇总得出结论的一种测算方法。

3.14

林木产品供给 supply of forest products

森林提供食物类、药材类、油料类、材料类等林木产品的功能。

3.15

应税污染物当量 taxable pollutant equivalent

根据应税污染物排放对环境的有害程度以及处理的技术经济性,衡量不同应税污染物对环境污染的综合性指标或者计量单位。

3.16

等效替代法 equal service substitution

在保证某项生态系统服务效果相同的前提下,将深奥的、复杂的、不易测算的自然过程和社会效果用等效的、简单的、易于测算的自然过程和社会效果来代替的评估方法。

3.17

权重当量平衡法 equivalent weighting equilibrium

定量评价某一物理问题和物理过程采用各分量在总量中所占权重而使其归一化量值相对平衡并具备可比性的测算方法。

4 基本要求

4.1 评估对象仅限于森林生态系统。

4.2 评估应科学合理,在规定的指标体系下开展森林生态系统服务功能评估工作。

5 数据来源

根据我国森林生态系统研究现状,本标准在森林生态系统服务功能评估中最大限度地使用森林生态站长期连续观测的实测数据,以保证评估结果的准确性。

本标准所用数据主要有三个来源:

- 森林生态要素全指标体系连续观测与清查(简称“森林生态连清”)数据集,具体按照 GB/T 33027 和 GB/T 35377 的规定;
- 森林资源连续清查数据集或森林资源二类调查数据集;
- 权威机构公布的社会公共资源数据集。

6 评估指标体系

森林生态系统服务功能测算评估指标体系见图 1,各功能类别评估数据汇总见附录 A(表 A.1 至表 A.9),物种资源保育功能评估数据汇总参见附录 B(表 B.1 至表 B.4),净化水质和滞尘功能评估参见中华人民共和国环境保护税法(2018)中的“环境保护税税目税额表”以及“应税污染物和当量值表”。

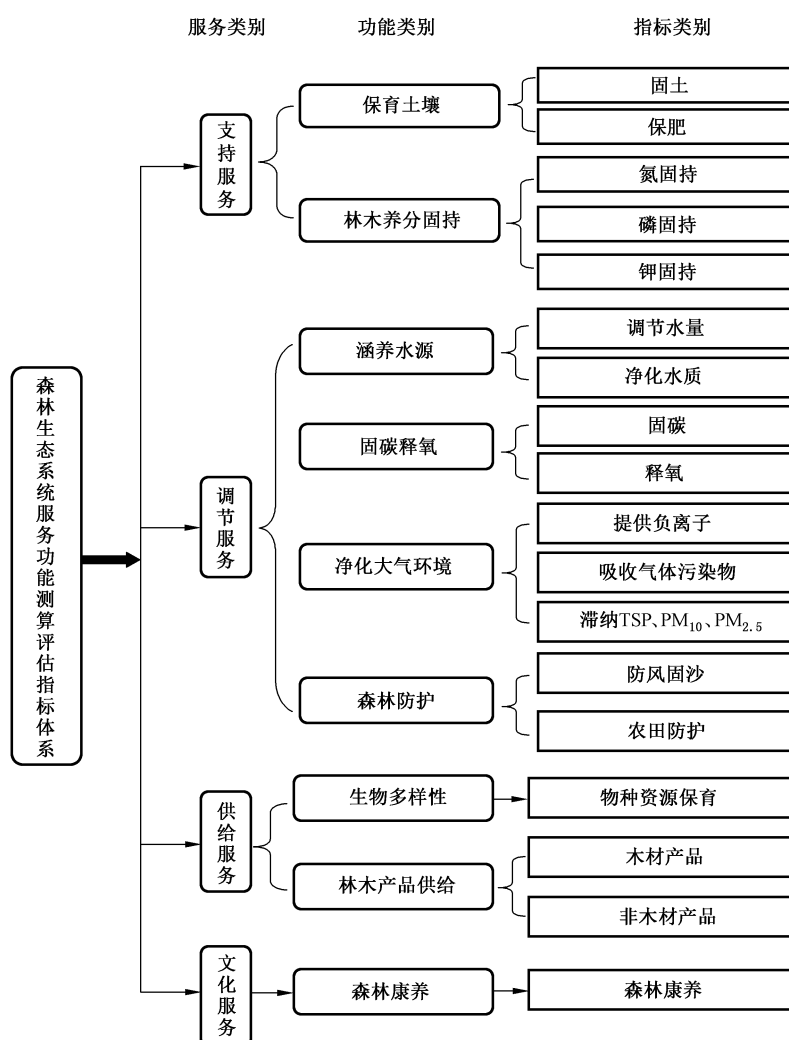


图 1 森林生态系统服务功能测算评估指标体系

7 分布式测算方法

分布式测算方法的具体思路为：

- a) 将一个异质化的森林资源整体按照行政区划分为 N 个一级测算单元；
- b) 每个一级测算单元按照林分类型(优势树种组)划分成 M 个二级测算单元(经济林、竹林和灌木林按照林分类型对待)；
- c) 每个二级测算单元按照起源分为天然林和人工林 2 个三级测算单元；
- d) 每个三级测算单元按照林龄组划分为幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林 5 个四级测算单元；
- e) 再结合不同立地条件的对比观测,最终确定多个相对独立的、均质化的生态系统服务评估测算单元,最后汇总得出结果(如图 2 所示)。

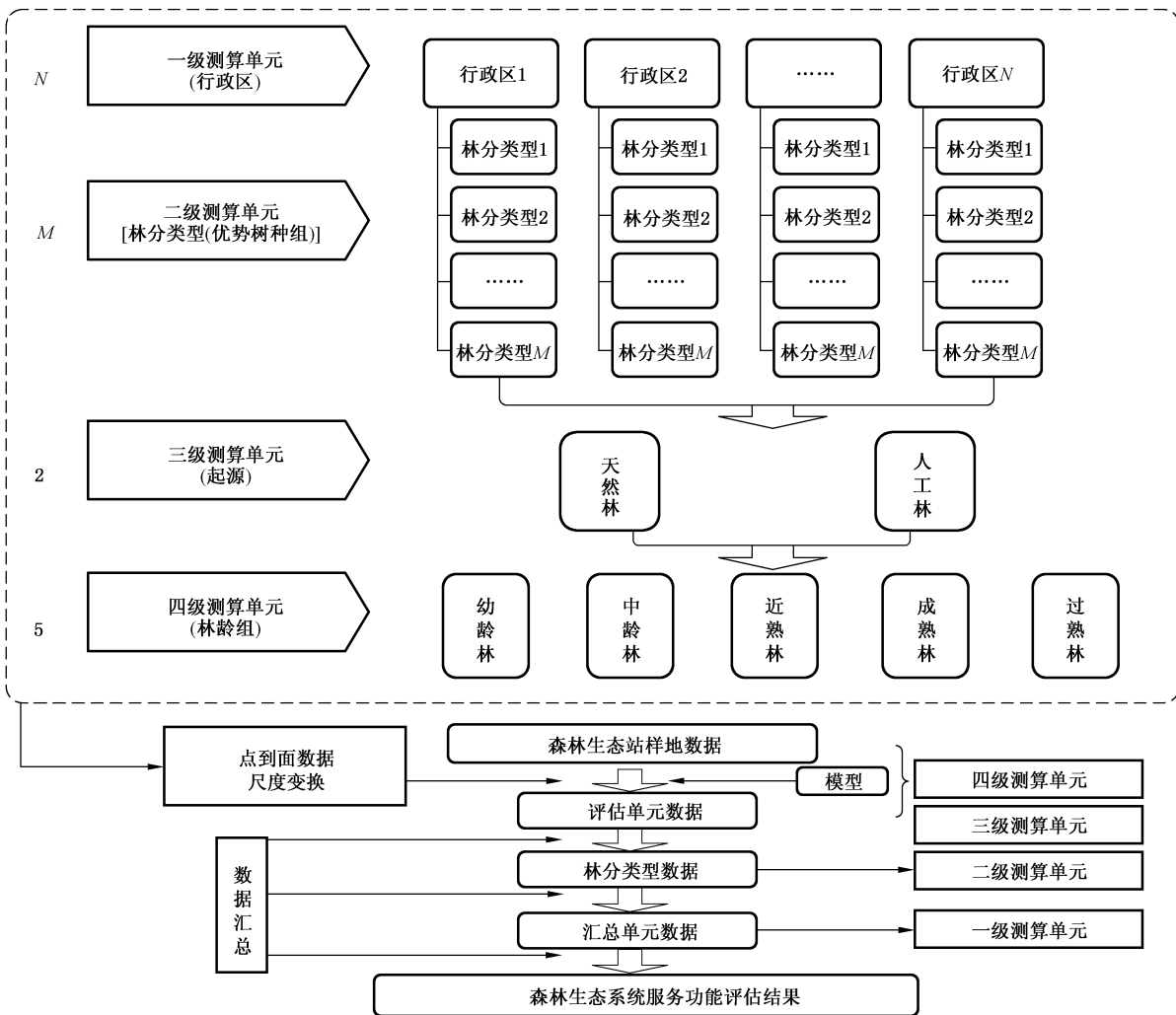


图 2 森林生态系统服务功能评估分布式测算方法

8 评估公式

森林生态系统服务功能物质质量评估公式及参数设置见表 1 和附录 C,森林生态系统服务功能价值量评估公式及参数设置见表 2。

表 1 森林生态系统服务功能质量评估公式及参数设置

| | | 计算公式和参数说明 | |
|------|--------|-----------|---|
| 支持服务 | 固土 | 固土 | $G_{\text{固土}} = A \times (X_2 - X_1) \times F$ 式中： $G_{\text{固土}}$ 为评估固土量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； A 为林分面积，单位： hm^2 ； X_2 为无林地土壤侵蚀模数，单位： $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ； X_1 为实测林分有林地土壤侵蚀模数，单位： $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ； F 为森林生态系统服务修正系数（见附录 C） |
| | | | $G_N = A \times N \times (X_2 - X_1) \times F$ 式中： G_N 为评估林分固持土壤而减少的氮流失量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； A 为林分面积，单位： hm^2 ； N 为实测林分中土壤含氮量，%； X_2 为无林地土壤侵蚀模数，单位： $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ； X_1 为实测林分有林地土壤侵蚀模数，单位： $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ； F 为森林生态系统服务修正系数（下同） |
| | 保肥 | 减少氮流失 | $G_P = A \times P \times (X_2 - X_1) \times F$ 式中： G_P 为评估林分固持土壤而减少的磷流失量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； P 为实测林分中土壤含磷量，% |
| | | | $G_K = A \times K \times (X_2 - X_1) \times F$ 式中： G_K 为评估林分固持土壤而减少的钾流失量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； K 为实测林分中土壤含钾量，% |
| | | 减少有机质流失 | $G_{\text{有机质}} = A \times M \times (X_2 - X_1) \times F$ 式中： $G_{\text{有机质}}$ 为评估林分固持土壤而减少的有机质流失量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； M 为实测林分中土壤含有机质质量，% |
| | | | $G_{\text{氮}} = A \times N_{\text{营养}} \times B_{\text{年}} \times F$ 式中： $G_{\text{氮}}$ 为评估林分年氮固持量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； A 为林分面积，单位： hm^2 ； $N_{\text{营养}}$ 为实测林木氮元素含量，%； $B_{\text{年}}$ 为实测林分净生产力，单位： $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ； F 为森林生态系统服务修正系数（下同） |
| | 林木养分固持 | 氮固持 | $G_{\text{磷}} = A \times P_{\text{营养}} \times B_{\text{年}} \times F$ 式中： $G_{\text{磷}}$ 为评估林分年磷固持量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； $P_{\text{营养}}$ 为实测林木磷元素含量，% |
| | | 磷固持 | $G_{\text{钾}} = A \times K_{\text{营养}} \times B_{\text{年}} \times F$ 式中： $G_{\text{钾}}$ 为评估林分年钾固持量，单位： $t \cdot a^{-1}$ ； $K_{\text{营养}}$ 为实测林木钾元素含量，% |
| | | 钾固持 | $G_{\text{调}} = 10A \times (P_{\text{水}} - E - C) \times F$ 式中： $G_{\text{调}}$ 为评估林分年调节水量，单位： $m^3 \cdot a^{-1}$ ； A 为林分面积，单位： hm^2 ； $P_{\text{水}}$ 为实测林分降水量，单位： $mm \cdot a^{-1}$ ； E 为实测林分蒸散量，单位： $mm \cdot a^{-1}$ ； C 为实测林分地表快速径流量，单位： $mm \cdot a^{-1}$ ； F 为森林生态系统服务修正系数（下同） |
| | 调节服务 | 涵养水源 | $G_{\text{净}} = 10A \times (P_{\text{水}} - E - C) \times F$ 式中： $G_{\text{净}}$ 为评估林分年净化水质量，单位： $m^3 \cdot a^{-1}$ |
| 净化水质 | | | |

表 1 (续)

| 计算公式和参数说明 | |
|-----------|--|
| 植被固碳 | $G_{\text{植被固碳}} + G_{\text{土壤固碳}} = 1.63R_{\text{碳}} \times A \times B_{\text{年}} \times F$ <p>式中: $G_{\text{植被固碳}}$ 为评估林分生态系统年固碳量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $G_{\text{土壤固碳}}$ 为评估林分对应的土壤年固碳量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $R_{\text{碳}}$ 为二氧化碳中碳的含量, 为 27.27%; A 为林分面积, 单位: hm^2; $B_{\text{年}}$ 为实测林分净生产力, 单位: $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; F 为森林生态系统服务修正系数(下同)</p> |
| 土壤固碳 | $G_{\text{土壤固碳}} = A \times S_{\text{土壤}} \times F$ <p>式中: $G_{\text{土壤固碳}}$ 为评估林分对应的土壤年固碳量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; A 为林分面积, 单位: hm^2; $S_{\text{土壤}}$ 为单位面积实测林分土壤的固碳量, 单位: $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; F 为森林生态系统服务修正系数</p> |
| 释氧 | $G_{\text{氧}} = 1.19A \times B_{\text{年}} \times F$ <p>式中: $G_{\text{氧}}$ 为评估林分年释氧量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; A 为林分面积, 单位: hm^2; $B_{\text{年}}$ 为实测林分净生产力, 单位: $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; F 为森林生态系统服务修正系数</p> |
| 提供负离子 | $G_{\text{负离子}} = 5.256 \times 10^{15} Q_{\text{负离子}} \times A \times H \times F / L$ <p>式中: $G_{\text{负离子}}$ 为评估林分年提供负离子数, 单位: 个; a^{-1}; $Q_{\text{负离子}}$ 为实测林分负离子浓度, 单位: 个; cm^{-3}; A 为林分面积, 单位: hm^2; H 为实测林分高度, 单位: m; F 为森林生态系统服务修正系数; L 为负离子寿命, 单位: min</p> |
| 吸收气体污染物 | $G_{\text{二氧化硫}} = Q_{\text{二氧化硫}} \times A \times F / 1\ 000$ <p>式中: $G_{\text{二氧化硫}}$ 为评估林分年吸收二氧化硫量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $Q_{\text{二氧化硫}}$ 为单位面积实测林分吸收二氧化硫量, 单位: $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; A 为林分面积, 单位: hm^2; F 为森林生态系统服务修正系数(下同)</p> |
| | $G_{\text{氟化物}} = Q_{\text{氟化物}} \times A \times F / 1\ 000$ <p>式中: $G_{\text{氟化物}}$ 为评估林分年吸收氟化物量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $Q_{\text{氟化物}}$ 为单位面积实测林分吸收氟化物量, 单位: $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$</p> |
| 净化大气环境 | $G_{\text{氮氧化物}} = Q_{\text{氮氧化物}} \times A \times F / 1\ 000$ <p>式中: $G_{\text{氮氧化物}}$ 为评估林分年吸收氮氧化物量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $Q_{\text{氮氧化物}}$ 为单位面积实测林分年吸收氮氧化物量, 单位: $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$</p> |
| | $G_{\text{TSP}} = Q_{\text{TSP}} \times A \times F / 1\ 000$ <p>式中: G_{TSP} 为评估林分年潜在滞纳 TSP(总悬浮颗粒物)量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; Q_{TSP} 为实测林分单位面积年滞纳 TSP 量, 单位: $kg \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; A 为林分面积, 单位: hm^2; F 为森林生态系统服务修正系数(下同)</p> |
| 滞尘 | $G_{\text{PM}_{10}} = 10 \times Q_{\text{PM}_{10}} \times A \times n \times F \times LAI$ <p>式中: $G_{\text{PM}_{10}}$ 为评估林分年潜在滞纳 PM_{10}(直径 $\leq 10 \mu m$ 的可吸入颗粒物)的量, 单位: $kg \cdot a^{-1}$; $Q_{\text{PM}_{10}}$ 为实测林分单位叶面积滞纳 PM_{10} 的量, 单位: $g \cdot m^{-2}$; n 为年洗脱次数; LAI 为叶面积指数</p> |
| | $G_{\text{PM}_{2.5}} = 10 \times Q_{\text{PM}_{2.5}} \times A \times n \times F \times LAI$ <p>式中: $G_{\text{PM}_{2.5}}$ 为评估林分年潜在滞纳 $PM_{2.5}$(直径 $\leq 2.5 \mu m$ 的可入肺颗粒物)的量, 单位: $kg \cdot a^{-1}$; $Q_{\text{PM}_{2.5}}$ 为实测林分单位叶面积滞纳 $PM_{2.5}$ 的量, 单位: $g \cdot m^{-2}$</p> |

表 1 (续)

| 服务类别 | 功能类别 | 指标类别 | 计算公式和参数说明 |
|--------------|------|--------------|--|
| 调节服务 | 森林防护 | 防风固沙 | $G_{\text{防风固沙}} = A_{\text{防风固沙}} \times (Y_2 - Y_1) \times F$ <p>式中: $G_{\text{防风固沙}}$ 为评估林分防风固沙量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $A_{\text{防风固沙}}$ 为防风固沙林面积, 单位: hm^2; Y_2 为无林地风蚀模数, 单位: $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; Y_1 为林地风蚀模数, 单位: $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$; F 为森林生态系统服务修正系数</p> |
| 森林生态系统服务修正系数 | | 森林生态系统服务修正系数 | $FES-CC = \frac{B_e}{B_0} \times BEF \times V$ <p>式中: $FES-CC$ 为森林生态系统服务修正系数; B_e 为评估林分的生物量, 单位: $kg \cdot m^{-3}$; B_0 为实测林分的生物量, 单位: $kg \cdot m^{-3}$; BEF 为蓄积量与生物量的转换因子; V 为评估林分的蓄积量, 单位: m^3</p> |

表 2 森林生态系统服务功能价值量评估公式及参数设置

| 服务类别 | 功能类别 | 指标类别 | 计算公式和参数说明 | |
|--------|------|------|---|---|
| 支持服务 | 保育土壤 | 固土 | $U_{\text{固土}} = G_{\text{固土}} \times C_{\text{土}} / \rho$ <p>式中: $U_{\text{固土}}$ 为评估林分年固土价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{\text{固土}}$ 为评估林分年固土量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $C_{\text{土}}$ 为挖取和运输单位体积土方所需费用, 单位: $元 \cdot m^{-3}$; ρ 为土壤容重, 单位: $g \cdot cm^{-3}$</p> | |
| | | 保肥 | 减少氮流失 | $U_{\text{肥}} = G_N \times C_1 / R_1 + G_P \times C_1 / R_2 + G_K \times C_2 / R_3 + G_{\text{有机质}} \times C_3$ <p>式中: $U_{\text{肥}}$ 为评估林分年保肥价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; G_N 为评估林分固持土壤而减少的氮流失量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; C_1 为磷酸二铵化肥价格, 单位: $元 \cdot t^{-1}$; R_1 为磷酸二铵化肥含氮量, %; G_P 为评估林分固持土壤而减少的磷流失量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; R_2 为磷酸二铵化肥含磷量, %; G_K 为评估林分固持土壤而减少的钾流失量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; C_2 为氯化钾化肥价格, 单位: $元 \cdot t^{-1}$; R_3 为氯化钾化肥含钾量, %; $G_{\text{有机质}}$ 为评估林分固持土壤而减少的有机质流失量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; C_3 为有机质价格, 单位: $元 \cdot t^{-1}$</p> |
| | | | 减少磷流失 | |
| | | | 减少钾流失 | |
| | | | 减少有机质流失 | |
| 林木养分固持 | 氮固持 | 氮固持 | $U_{\text{氮}} = G_{\text{氮}} \times C_1$ <p>式中: $U_{\text{氮}}$ 为评估林分年氮固持价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{\text{氮}}$ 为评估林分年氮固持量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; C_1 为磷酸二铵化肥价格, 单位: $元 \cdot t^{-1}$ (下同)</p> | |
| | | 磷固持 | $U_{\text{磷}} = G_{\text{磷}} \times C_1$ <p>式中: $U_{\text{磷}}$ 为评估林分年磷固持价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{\text{磷}}$ 为评估林分年磷固持量, 单位: $t \cdot a^{-1}$</p> | |
| | | 钾固持 | $U_{\text{钾}} = G_{\text{钾}} \times C_2$ <p>式中: $U_{\text{钾}}$ 为评估林分年钾固持价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{\text{钾}}$ 为评估林分年钾固持量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; C_2 为氯化钾化肥价格, 单位: $元 \cdot t^{-1}$</p> | |

表 2 (续)

| 计算公式和参数说明 | |
|-----------|---|
| 服务类别 | <p>指标类别</p> <p>调节水量</p> $U_{调} = G_{调} \times C_{库}$ <p>式中: $U_{调}$ 为评估林分年调节水量, 单位: $m^3 \cdot a^{-1}$; $G_{调}$ 为水资源市场交易价格, 单位: $元 \cdot m^{-3}$</p> |
| | <p>净化水质</p> $U_{净} = G_{净} \times K_{水}$ <p>式中: $U_{净}$ 为评估林分年净化水质, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{净}$ 为评估林分年净化水质量, 单位: $m^3 \cdot a^{-1}$; $K_{水}$ 为水的净化费用, 单位: $元 \cdot a^{-1}$</p> |
| 功能类别 | <p>固碳</p> $U_{碳} = G_{碳} \times C_{碳}$ <p>式中: $U_{碳}$ 为评估林分年固碳价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{碳}$ 为评估林分生态系统在年固碳量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $C_{碳}$ 为固碳价格, 单位: $元 \cdot t^{-1}$</p> |
| | <p>释氧</p> $U_{氧} = G_{氧} \times C_{氧}$ <p>式中: $U_{氧}$ 为评估林分年释放氧气价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{氧}$ 为评估林分年释氧量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $C_{氧}$ 为氧气价格, 单位: $元 \cdot a^{-1}$</p> |
| 指标类别 | <p>提供负离子</p> $U_{负离子} = 5.256 \times 10^{15} \times A \times H \times F \times K_{负离子} \times (Q_{负离子} - 600) / L$ <p>式中: $U_{负离子}$ 为评估林分年提供负离子价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; A 为林分面积, 单位: hm^2; H 为实测林分高度, 单位: m; F 为森林生态系统服务修正系数; $K_{负离子}$ 为负离子生产费用, 单位: $元 \cdot 个^{-1}$; $Q_{负离子}$ 为实测林分负离子浓度, 单位: $个 \cdot cm^{-3}$; L 为负离子寿命, 单位: min</p> |
| | <p>吸收二氧化硫</p> $U_{二氧化硫} = G_{二氧化硫} \times K_{二氧化硫}$ <p>式中: $U_{二氧化硫}$ 为评估林分年吸收二氧化硫价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{二氧化硫}$ 为评估林分年吸收二氧化硫流量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $K_{二氧化硫}$ 为二氧化硫的治理费用, 单位: $元 \cdot kg^{-1}$</p> |
| 功能类别 | <p>吸收气体污染物</p> $U_{氟化物} = G_{氟化物} \times K_{氟化物}$ <p>式中: $U_{氟化物}$ 为评估林分年吸收氟化物价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{氟化物}$ 为评估林分年吸收氟化物量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $K_{氟化物}$ 为氟化物治理费用, 单位: $元 \cdot kg^{-1}$</p> |
| | <p>吸收氮氧化物</p> $U_{氮氧化物} = G_{氮氧化物} \times K_{氮氧化物}$ <p>式中: $U_{氮氧化物}$ 为评估林分年吸收氮氧化物价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $G_{氮氧化物}$ 为评估林分年吸收氮氧化物量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $K_{氮氧化物}$ 为氮氧化物治理费用, 单位: $元 \cdot kg^{-1}$</p> |
| 服务类别 | <p>净化大气环境</p> <p>滞纳 TSP</p> $U_{滞纳 TSP} = (G_{TSP} - G_{PM_{10}} - G_{PM_{2.5}}) \times K_{TSP} + U_{PM_{10}} + U_{PM_{2.5}}$ <p>式中: $U_{滞纳 TSP}$ 为评估林分年潜在滞纳 TSP 量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; G_{TSP} 为评估林分年潜在滞纳 TSP 量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $G_{PM_{10}}$ 为评估林分年潜在滞纳 PM_{10} 的量, 单位: $kg \cdot a^{-1}$; $G_{PM_{2.5}}$ 为评估林分年潜在滞纳 $PM_{2.5}$ 的量, 单位: $kg \cdot a^{-1}$; K_{TSP} 为降尘清理费用, 单位: $元 \cdot kg^{-1}$; $U_{PM_{10}}$ 为评估林分年潜在滞纳 PM_{10} 的价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$; $U_{PM_{2.5}}$ 为评估林分年潜在滞纳 $PM_{2.5}$ 的价值, 单位: $元 \cdot a^{-1}$ (下同)</p> |
| | <p>滞尘</p> <p>滞纳 PM_{10}</p> $U_{PM_{10}} = C_{PM_{10}} \times G_{PM_{10}}$ <p>式中: $C_{PM_{10}}$ 为 PM_{10} 清理费用, 单位: $元 \cdot kg^{-1}$</p> <p>滞纳 $PM_{2.5}$</p> $U_{PM_{2.5}} = C_{PM_{2.5}} \times G_{PM_{2.5}}$ <p>式中: $C_{PM_{2.5}}$ 为 $PM_{2.5}$ 清理费用, 单位: $元 \cdot kg^{-1}$</p> |

表 2(续)

| 计算公式和参数说明 | | 指标类别 |
|-----------|---|--------|
| 调节服务 | 防风固沙 $U_{\text{防风固沙}} = K_{\text{防风固沙}} \times G_{\text{防风固沙}}$ 式中： $U_{\text{防风固沙}}$ 为评估防风固沙价值，单位：元·a ⁻¹ ； $K_{\text{防风固沙}}$ 为防风固沙成本，单位：元·t ⁻¹ ； $G_{\text{防风固沙}}$ 为评估防风固沙物质质量，单位：t·a ⁻¹ | 防风固沙 |
| | 农田防护 $U_{\text{农田防护}} = K_{\text{农田防护}} \times V_{\text{农田防护}} \times m_{\text{a}} \times A_{\text{农}}$ 式中： $U_{\text{农田防护}}$ 为评估农田防护功能的价值，单位：元·a ⁻¹ ； $K_{\text{农田防护}}$ 为平均 1 hm ² 农田防护林能够实现农田防护面积 19 hm ² ； $V_{\text{农田防护}}$ 为农作物、牧草的价格，单位：元·kg ⁻¹ ； m_{a} 为农作物、牧草平均增产量，单位：kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ ； $A_{\text{农}}$ 为农田防护林面积，单位：hm ² | 农田防护 |
| 供给服务 | 物种资源保育 $U_{\text{生}} = (1 + \sum_{m=1}^x E_m \times 0.1 + \sum_{n=1}^y B_n \times 0.1 + \sum_{r=1}^z O_r \times 0.1) \times S_{\text{生}} \times A$ 式中： $U_{\text{生}}$ 为评估林分年物种资源保育价值，单位：元·a ⁻¹ ； E_m 为评估林分(或区域)内物种 m 的珍稀濒危指数(见表 B.1)； B_n 为评估林分(或区域)内物种 n 的特有物种指数(见表 B.2)； O_r 为评估林分(或区域)内物种 r 的古树年龄指数(见表 B.4)； x 为计算珍稀濒危物种数量； y 为计算特有物种数量； z 为计算古树物种数量； $S_{\text{生}}$ 为单位面积物种资源保育价值(见表 B.3)，单位：元·hm ⁻² ·a ⁻¹ ； A 为林分面积，单位：hm ² | 物种资源保育 |
| | 林木产品供给 $U_{\text{木材产品}} = \sum_i^n (A_i \times S_i \times U_i) \quad (i=1,2,\dots,n)$ 式中： $U_{\text{木材产品}}$ 为区域内年木材产品价值，单位：元·a ⁻¹ ； A_i 为第 i 种木材产品面积，单位：hm ² ； S_i 为第 i 种木材产品单位面积蓄积量，单位：m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹ ； U_i 为第 i 种木材产品市场价格，单位：元·m ⁻³ | 木材产品 |
| 文化服务 | 非木材产品 $U_{\text{非木材产品}} = \sum_j^n (A_j \times V_j \times P_j) \quad (j=1,2,\dots,n)$ 式中： $U_{\text{非木材产品}}$ 为区域内年非木材产品价值，单位：元·a ⁻¹ ； A_j 为第 j 种非木材产品种植面积，单位：hm ² ； V_j 为第 j 种非木材产品单位面积产量，单位：kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ ； P_j 为第 j 种非木材产品市场价格，单位：元·kg ⁻¹ | 非木材产品 |
| | 森林康养 $U_r = 0.8U_k$ 式中： U_r 为区域内年森林康养价值，单位：元·a ⁻¹ ； U_k 为各行政区林业旅游与休闲产业及森林康养产业的价值，包括旅游收入、直接带动的其他产业的产值，单位：元·a ⁻¹ ； k 为行政区个数；0.8 为森林公园接待游客量和创造的旅游产值约占全国森林旅游总规模的 80% | 森林康养 |

附录 A
(规范性附录)
森林生态系统服务功能评估数据汇总表

表 A.1~表 A.9 给出了森林生态系统服务功能的各项评估数据。

表 A.1 保育土壤功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | |
|-------------|--|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | |
| 林分面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 有林地土壤侵蚀模数 | t · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 无林地土壤侵蚀模数 | t · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林地土壤容重 | g · cm ⁻³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林地土壤含氮量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林地土壤含磷量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林地土壤含钾量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林地土壤有机质含量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年固土量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年固土价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年减少氮损失量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年减少磷损失量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年减少钾损失量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年减少有机质损失量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年保肥价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年保育土壤总价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.2 林木养分固持功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | |
|-----------|--|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | |
| 林分面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分净生产力 | t · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林木含氮量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林木含磷量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林木含钾量 | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年固持氮量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年固持磷量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年固持钾量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林木养分固持总价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.3 涵养水源功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | |
|----------|----------------------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | |
| 林分面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 年降水量 | mm · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年蒸散量 | mm · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 快速地表径流量 | mm · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分调节水量 | m ³ · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分净化水质 | m ³ · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分调节水量价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分净化水质价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 涵养水源总价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.4 固碳释氧功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分净生产力 | t · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 单位面积林分土壤年固碳量 | t · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 植被和土壤年固碳量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 植被和土壤年固碳价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年释氧量 | t · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年释氧价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分年固碳释氧总价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.5 净化大气环境功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 林分负离子浓度 | 个 · cm ⁻³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 单位面积林分年吸收二氧化碳量 | kg · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 单位面积林分年吸收氟化物量 | kg · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 单位面积林分年吸收氮氧化物量 | kg · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.6 森林防护功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | |
|--------------|---|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | |
| 农田防护林面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 防风固沙林面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 农作物、牧草等平均增产量 | kg · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 农作物、牧草等价格 | 元 · kg ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 固沙成本 | 元 · t ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 年防风固沙量 | t · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 农田防护价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 防风固沙价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.7 物种资源保育功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 林分类型 1/林龄 | | | | | 林分类型 2/林龄 | | | | | | | | | | 林分类型 n/林龄 | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-----------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|
| | | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | 幼龄林 | 中龄林 | 近熟林 | 成熟林 | 过熟林 | | | | | |
| 面积 | hm ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Shannon-Wiener 多样性指数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 珍稀濒危指数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 特有种指数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 古树年龄指数 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 单位面积物种资源保育价值 | 元 · hm ⁻² · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 物种资源保育年总价值 | 元 · a ⁻¹ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 A.8 森林康养功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 类型 1 | 类型 2 | 类型 3 | …… | 类型 n |
|--------------|-------------------|------|------|------|----|--------|
| 旅游收入 | 元·a ⁻¹ | | | | | |
| 森林康养产业的产值 | 元·a ⁻¹ | | | | | |
| 直接带动的其他产业的产值 | 元·a ⁻¹ | | | | | |
| 森林康养总价值 | 元·a ⁻¹ | | | | | |

表 A.9 提供林产品功能评估数据汇总表

| 项目 | 单位 | 类型 1 | 类型 2 | 类型 3 | …… | 类型 n |
|-------------|---|------|------|------|----|--------|
| 木材产品面积 | hm ² | | | | | |
| 木材产品单位面积蓄积量 | m ³ ·hm ⁻² ·a ⁻¹ | | | | | |
| 木材产品市场价格 | 元·m ⁻³ | | | | | |
| 非木材产品种植面积 | hm ² | | | | | |
| 非木材产品单位面积产量 | kg·hm ⁻² ·a ⁻¹ | | | | | |
| 非木材产品市场价格 | 元·kg ⁻¹ | | | | | |
| 区域内木材产品价值 | 元·a ⁻¹ | | | | | |
| 区域内非木材产品价值 | 元·a ⁻¹ | | | | | |

附录 B
(资料性附录)

物种资源保育功能评估数据汇总表

表 B.1~表 B.4 给出了物种资源保育功能的各项评估数据。

表 B.1 濒危指数体系

| 濒危指数 | 濒危等级 | 物种种类 |
|------|------|----------------------|
| 4 | 极危 | 参见《中国物种红色名录》第一卷:红色名录 |
| 3 | 濒危 | |
| 2 | 易危 | |
| 1 | 近危 | |

表 B.2 特有种指数体系

| 特有种指数 | 分布范围 |
|-------|---|
| 4 | 仅限于范围不大的山峰或特殊的自然地理环境下分布 |
| 3 | 仅限于某些较大的自然地理环境下分布的类群,如仅分布于较大的海岛(岛屿)、高原、若干个山脉等 |
| 2 | 仅限于某个大陆分布的分类群 |
| 1 | 至少在 2 个大陆都有分布的分类群 |
| 0 | 世界广布的分类群 |

表 B.3 Shannon-Wiener 指数等级划分及其价值

| 等级 | Shannon-Wiener 多样性指数 | 单位/(元·hm ⁻² ·a ⁻¹) |
|----|----------------------|---|
| 1 | 指数 ≥ 6 | 50 000 |
| 2 | 5 ≤ 指数 < 6 | 40 000 |
| 3 | 4 ≤ 指数 < 5 | 30 000 |
| 4 | 3 ≤ 指数 < 4 | 20 000 |
| 5 | 2 ≤ 指数 < 3 | 10 000 |
| 6 | 1 ≤ 指数 < 2 | 5 000 |
| 7 | 指数 < 1 | 3 000 |

表 B.4 古树年龄指数体系

| 古树年龄 | 指数等级 | 来源及依据 |
|-------------|------|--------------------------------------|
| 100 年~299 年 | 1 | 参见全国绿化委员会、国家林业局文件《关于开展古树名木普查建档工作的通知》 |
| 300 年~499 年 | 2 | |
| ≥500 年 | 3 | |



附 录 C
(规范性附录)
其 他 说 明

C.1 森林生态系统服务功能评估中,由物质量向价值量转换时,除了评估公式中涉及的测算方法外,采用了应税污染物当量、等效替代法和权重当量平衡法。同时,部分价格参数并非评估年价格参数,因此,需要使用价格参数转换系数(D)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。

$$D = (1+d_{n+1})(1+d_{n+2})\cdots(1+d_m)$$

$$d = (D_r + L_r)/2$$

式中: d 为价格指数; n 为价格参数可获得年份,单位为年; m 为评估年份,单位为年; D_r 为银行的平均存款利率,%; L_r 为银行的平均贷款利率,%。

C.2 保育土壤及固碳功能野外实测中涉及土层有效深度,当土层深度 <1 m时,以实际测量值为准;当土层深度 ≥ 1 m时,土层深度取值 1 m。

参 考 文 献

- [1] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国环境保护税法[M]. 北京: 中国法治出版社, 2018.
- [2] 国家林业局中国森林资源生态系统服务功能评估项目组. 中国森林资源及其生态功能四十年监测与评估[M]. 北京: 中国林业出版社, 2018.
- [3] 国家林业局. 2016 退耕还林工程生态效益监测国家报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2017.
- [4] 国家林业局. 2015 退耕还林工程生态效益监测国家报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2016.
- [5] 国家林业局. 2014 退耕还林工程生态效益监测国家报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [6] 国家林业局. 2013 退耕还林工程生态效益监测国家报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2014.
- [7] 国家林业局. 2015 天然林资源保护工程东北、内蒙古重点国有林区效益监测国家报告[M]. 北京: 中国林业出版社, 2016.
- [8] 中国森林资源核算研究项目组. 生态文明制度构建中的中国森林资源核算研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2015.
- [9] 王兵, 牛香, 陶玉柱, 等. 森林生态学方法论[M]. 北京: 中国林业出版社, 2018.
- [10] 王兵, 丁访军, 等. 森林生态系统长期定位研究标准体系[M]. 北京: 中国林业出版社, 2012.
- [11] 千年生态系统评估项目概念框架工作组. 生态系统与人类福祉: 评估框架[M]. 张永民, 译. 赵士洞, 审校. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [12] 苏志尧. 植物特有现象的量化[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(1): 92-96.
- [13] Economic Statistics Branch of the United Nations Statistics Division, et al. System of Environmental Economic Accounting 2012—Central Framework. 此文件以 PDF 电子文件格式存放于网页(WEB)上(https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/seea_cf_final_en.pdf)
- [14] Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being [M]. Washington D C: Island Press, 2005.