

CSF

团 体 标 准

T/CSF 0154-2026

陆地生态系统碳汇效应测算与评价
技术规程

Technical specification for quantification and evaluation of
carbon sink effect in terrestrial ecosystems

2026-07-28 发布

2026-07-28 实施

中 国 林 学 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 基本原则	2
5 总体框架与流程	2
6 核算边界的确定	3
7 情景识别	3
8 评价指标	4
9 技术方法	6
10 报告与审核	9
附 录 A（资料性） 常用缺省参数参考值	12
附 录 B（资料性） 森林生态系统参数	14
附 录 C（资料性） 灌丛生态系统参数	17
附 录 D（资料性） 草原生态系统参数	19
附 录 E（资料性） 湿地生态系统参数	21
附 录 F（资料性） 农田生态系统参数	24
参考文献	27

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

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专利的责任。

本文件由中国林学会提出并归口。

本文件起草单位：北京工商大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院大学、中国地质大学（北京）。

本文件主要起草人：邓祥征、韩赧、刘禹含、李志慧、张帆、白羽萍、石金莲、张珣。

本文件首次发布。

陆地生态系统碳汇效应测算与评价技术规程

1 范围

本文件规定了陆地生态系统碳汇效应测算与评价的基本原则、总体框架、边界确定、指标体系、技术方法、报告与审核要求。

本文件适用于森林、灌丛、草原、湿地和农田生态系统碳汇效应的测算与评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 43648—2024 主要树种立木生物量模型与碳计量参数

GB/T 43858—2024 陆地生态系统生物长期监测规范

GB/T 46105—2025 陆地生态系统碳汇核算指南

LY/T 2898—2017 湿地生态系统定位观测技术规范

NY/T 1121.6—2006 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

NY/T 1233—2006 草原资源与生态监测技术规程

NY/T 2998—2016 草地资源调查技术规程

3 术语和定义

陆地生态系统 **terrestrial ecosystem**

地球陆地表面由陆生生物与其所处环境相互作用构成的统一体。

注：大陆上水体以外的各种类型生态系统的总称，主要包括森林、灌丛、草原、湿地（不包括内陆水域）和农田生态系统类型。[来源：GB/T 43858—2024，3.3，有修改]

3.1

碳汇效应 **carbon sink effect**

在特定的时间和空间边界内，陆地生态系统通过光合作用固定的温室气体量，抵消因自然过程和人为干扰排放的碳损失后的剩余部分。以二氧化碳当量(tCO₂-e)表示。[来源：GB/T 46105—2025，3.5，有修改]

3.2

核算边界 **accounting boundary**

为测算和评价陆地生态系统碳汇效应而界定的核算范围。

注：主要包括地理边界、核算的时间区间、碳库和温室气体种类。[来源：GB/T 46105—2025，3.14，有修改]。

3.3

不确定性 **uncertainty**

因活动数据与排放因子的抽样误差和测量误差，以及模型结构与参数选择等原因引起的测算结果偏离真实值的程度。

4 基本原则

陆地生态系统碳汇效应的测算与评价应遵循以下基本原则：

相关性 **Relevance**：选取与评价目的相适应的温室气体源与汇、碳库以及数据与方法。

一致性 **Consistency**：应采取统一的方法和措施，在核算期内及不同区域间保持核算边界、方法与数据来源的一致；若有调整，应对已开展过的核算进行回算，并在报告中说明其影响。

延续性 **Continuity**：评价应在时间序列上保持连续，以便追踪碳汇效应的动态变化；不同时期的评价结果之间应具有可比性。

透明度 **Transparency**：清晰记录核算过程，以使数据真实、可追溯、可验证，并能对结果做出合理解释。

准确性 **Accuracy**：测算结果应最大限度接近真实值，避免系统性偏差；应量化不确定性并将其控制在可接受范围内。

5 总体框架与流程

5.1 总体框架

陆地生态系统碳汇效应的测算与评价总体框架包括以下三个阶段：

- a) 准备阶段：主要包括评价目的识别、核算边界确定与情景识别。
- b) 实施阶段：主要包括数据收集与监测，以及碳储量、温室气体排放的测算，碳汇效应评价等。
- c) 报告与审核阶段：主要包括不确定性评估、测算与评价报告的撰写与审核。

5.2 工作流程

具体工作流程应遵循图 1 所示的步骤。

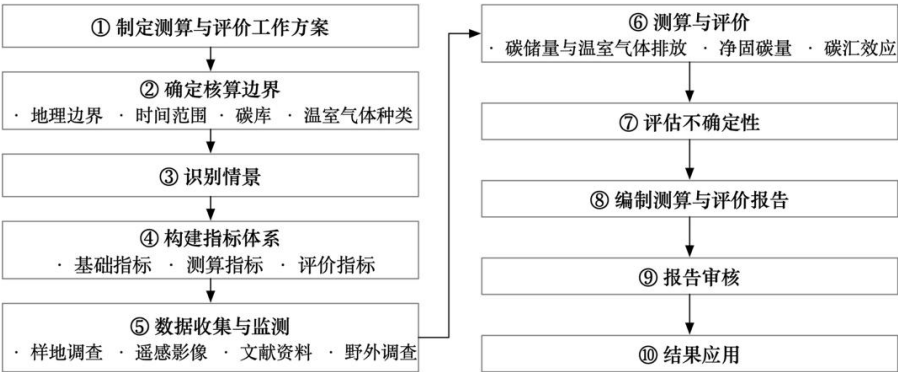


图 1 陆地生态系统碳汇效应测算与评价工作流程图

6 核算边界的确定

6.1 地理边界

地理边界的确定应采用以下方法之一：

a) 利用北斗卫星导航系统（BDS）、全球定位系统（GPS）等卫星定位系统，直接测定边界拐点坐标，单点定位误差不超过 5 m；

b) 利用空间分辨率不低于 5 m 的地理空间数据（如卫星遥感影像、航拍影像等）、林草资源调查数据或国土调查数据等，在地理信息系统（GIS）辅助下读取边界坐标。

应在边界内依据生态系统类型或土地利用类型划分测算单元，涵盖的空间范围应不重叠、不遗漏。

6.2 时间区间

选择核算的时间范围，以 1 年为最小核算时间单元，确定核算期初和核算期末的时间。

6.3 温室气体类型与碳库选择

温室气体类型应包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）等[来源：GB/T 33760—2017，3.3]。所有陆地生态系统均应核算上述三种气体，以确保碳汇效应评价的完整性。

应将温室气体排放量依据其全球增温潜势（GWP）值折算为二氧化碳当量（CO₂-e）。

不同生态系统类型的碳库选择见表 1。

表 1 各生态系统类型的碳库选择

碳库	森林	灌丛	草原	湿地	农田
地上生物量	●	●	—	●	—
地下生物量	●	●	●	●	—
枯死木	○	—	—	—	—
枯落物	○	○	—	—	—
土壤有机碳	●	●	●	●	●

注 1：● 必须核算；○ 可选核算；— 可不核算。

注 2：草原生态系统地上生物量受放牧等活动的年际影响较大，仅核算地下生物量与土壤有机碳；农田生态系统仅核算土壤有机碳，作物生物量因当年收获移出不计入。

注 3：对于变化量不足总碳储量变化 2% 的碳库，或监测成本过高的碳库，可在提供充分科学依据后予以排除并记录在案。

7 情景识别

7.1 情景类型

根据评价目的，在核算边界内识别以下三种情景：

a) 退化情景：碳储量或碳汇功能呈下降趋势，生态系统面临退化压力。

b) 维持情景：碳储量或碳汇功能基本稳定，无显著变化趋势。

c) 增长情景：碳储量呈上升趋势，存在增汇管理活动的正向驱动。

情景识别结果应在测算与评价报告中说明。

7.2 情景识别方法

情景识别的依据包括：

- a) 评价区域历史遥感影像与土地利用变化数据；
- b) 现场调查获取的植被结构与土壤碳储量数据；
- c) 区域生态系统管理的政策与规划文件；
- d) 其他可获取的相关科学文献与监测数据。

8 评价指标

8.1 指标框架

陆地生态系统碳汇效应测算与评价的指标体系由基础指标、测算指标和评价指标三类构成。基础指标描述评价对象的本底特征，为后续测算提供基本参数；测算指标量化各生态系统碳储量水平；评价指标表征各生态系统的碳汇规模、质量与效率。

8.2 基础指标

基础指标描述评价对象的生态系统类型、面积及结构等本底特征，是测算与评价所需的基本数值依据，包括以下内容：

a) 生态系统类型

核算边界内的生态系统类型，包括森林、灌丛、草原、湿地和农田等。

b) 生态系统面积

各类生态系统的面积，依据国土调查数据或遥感解译数据确定，按式（1）计算：

$$A_{total} = \sum A_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

A_{total} ——总面积，单位为公顷（ha）；

A_i ——第 i 类生态系统面积，单位为公顷（ha）。

c) 生态系统结构

各类生态系统面积占总面积的比例，按式（2）计算：

$$P_i = A_i / A_{total} \times 100 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_i ——第 i 类生态系统面积占比，单位为百分比（%）。

8.3 测算指标

测算指标以基础指标的调查数据，量化评价对象的生物量水平与碳储量变化，包括以下内容：

a) 生物量

生物量是各碳库的干物质质量。生物量碳库按实测干重计算；土壤有机碳库按容重、有机碳含量、土层厚度与石砾体积比例计算。各碳库的具体测算方法按附录 B～附录 F 相应生态系统类型的规定执行。

总生物量为各碳库生物量之和，按式（3）计算：

$$B = \sum B_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

B ——总生物量，单位为吨（t）；

B_i ——第 i 个碳库的生物量，单位为吨（t）。

b) 碳储量

各碳库生物量换算为碳的数量，按式（4）计算

$$C_i = B_i \times CF_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

C_i ——第 i 个碳库的碳储量，单位为吨碳（tC）；

B_i ——第 i 个碳库的生物量，单位为吨（t）；

CF_i ——第 i 个碳库的含碳率，单位为吨碳每吨（tC/t）。

总碳储量为各碳库碳储量之和，按式（5）计算：

$$C = \sum C_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

C ——总碳储量，单位为吨碳（tC）。

c) 碳储量变化

核算期内期末与期初碳储量之差，按式（6）计算：

$$\Delta C = C_{t2} - C_{t1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

ΔC ——碳储量变化量，单位为吨碳（tC）， $\Delta C > 0$ 表示增加， $\Delta C < 0$ 表示减少；

C_{t2} ——核算期末总碳储量，单位为吨碳（tC）；

C_{t1} ——核算期初总碳储量，单位为吨碳（tC）。

d) 温室气体排放量

核算期内各生态系统因自然过程和人为活动产生的温室气体排放折合二氧化碳当量之和，按式（7）计算：

$$E = \sum (GHG_j \times GWP_j) \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

E ——温室气体排放总量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂-e）；

GHG_j ——第 j 类温室气体的排放量，单位为吨（t）；

GWP_j ——第 j 类温室气体的全球增温潜势，取值可参考附录 A.1。

各生态系统类型的温室气体排放测算方法按附录 B～附录 F 的规定执行。

8.4 评价指标

评价指标以测算指标为基础，从碳汇量、碳汇效应、碳汇速率和碳密度四个维度评估陆地生态系统的碳汇效应，包括以下内容：

a) 碳汇量

核算期内生态系统净吸收温室气体的总量，按式（8）计算：

$$NCS_k = (\Delta C_k \times 44/12) - E_k \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中：

NCS_k ——第 k 类生态系统的碳汇量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂-e）， $NCS_k > 0$ 表示净碳汇， $NCS_k < 0$ 表示净碳源；

ΔC_k ——第 k 类生态系统的碳储量变化量，单位为吨碳（tC）；

44/12——碳转换为二氧化碳的系数；

E_k ——第 k 类生态系统的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO₂-e）。

b) 碳汇效应

核算边界内所有生态系统碳汇量的总和，按式（9）计算：

$$NCS = \sum NCS_k \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

NCS ——碳汇效应, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2-e), $NCS > 0$ 表示核算边界内整体为净碳汇, $NCS < 0$ 为净碳源。

c) 碳汇速率

单位时间、单位面积上的净固碳强度, 按生态系统类型和核算边界整体分别计算, 按式 (10) 和式 (11) 计算:

$$CSR_k = NCS_k / A_k \times T \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

CSR_k ——第 k 类生态系统的碳汇速率, 单位为吨二氧化碳当量每公顷每年 ($tCO_2-e/(ha \cdot a)$);

NCS_k ——第 k 类生态系统的碳汇量, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2-e);

A_k ——第 k 类生态系统总面积, 单位为公顷 (ha);

T ——核算期时长, 单位为年 (a)。

$$CSR = NCS / (A \times T) \quad \dots\dots\dots (11)$$

d) 碳密度

单位面积的碳储量, 按生态系统类型和核算边界整体分别计算, 用于比较不同生态系统碳储量的质量与空间差异, 按式 (12) 和式 (13) 计算:

$$CD_k = C_k / A_k \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

CD_k ——第 k 类生态系统的碳密度, 单位为吨碳每公顷 (tC/ha);

C_k ——第 k 类生态系统的总碳储量, 单位为吨碳 (tC);

A_k ——第 k 类生态系统的面积, 单位为公顷 (ha)。

$$CD = C / A \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

CD ——核算边界内的碳密度, 单位为吨碳每公顷 (tC/ha);

C ——核算边界内的总碳储量, 单位为吨碳 (tC);

A ——总面积, 单位为公顷 (ha)。

9 技术方法

9.1 基础资料收集与调查

a) 基础资料收集

收集以下现有资料:

- 国土调查数据 (国土“三调”及年度变更数据), 用于提取评价区土地利用类型与面积;
- 林草资源调查监测数据 (林草资源“一张图”、森林资源规划设计调查数据), 用于获取森林、草地和湿地类型、树种组成、林龄结构及空间分布。
- 遥感影像数据, 历史追溯期不低于核算期前3年, 用于土地利用变化监测和碳层划分;
- 土壤普查数据, 用于获取土壤类型、土层厚度和有机碳含量背景信息;
- 气象与水文数据, 用于辅助碳层划分和温室气体排放因子选择;

——农田管理历史数据：评价区近5年的作物类型、轮作制度、施肥量、灌溉方式与秸秆还田比例；

——数字高程模型（DEM）数据，用于辅助碳层划分与地形校正。

b) 遥感调查

在已有资料不能满足需求时，补充以下遥感调查：

——采用空间分辨率不低于30 m的光学遥感影像，解译各类生态系统的空间分布与面积（ A_k ）；

——碳层划分有特殊精度要求时，可采用空间分辨率不低于5 m的高分影像或优于2 m的无人机正射影像；

——采用时间序列遥感数据提取归一化植被指数（NDVI）。在植被覆盖度较高区域，宜同时采用增强型植被指数（EVI）或叶面积指数（LAI）作为补充；

——优先采用激光雷达（LiDAR）获取冠层高度模型；可采用合成孔径雷达（SAR）在多云多雨地区作为光学影像的补充。

c) 样地调查

——碳层划分。依据植被类型、优势物种、土壤类型、立地条件和经营历史等因素，借助遥感影像和实地踏查，将评价区划分为相对同质的碳层。各生态系统类型的碳层划分见附录B~附录F的相应规定。

——样地布设。在各碳层内采用随机抽样或系统抽样方法布设永久样地。样地数量按式（14）计算，在95%置信水平下确保相对误差不超过目标值：

$$n = \left(\frac{t_{\alpha} \times CV}{E} \right)^2 \dots\dots\dots (14)$$

式中：

n ——样地数量；

t_{α} ——置信水平对应的 t 值，95%置信水平时取 1.96；

CV ——变异系数（%），可通过预调查或历史数据估算；

E ——允许的相对误差（%）。

样地总数按各碳层面积比例分配，每层最少3个。当变异系数超过50%时，应引入设计效应系数校正。各生态系统类型的样地规格、布设密度和起测标准见附录B~附录F。

——现场测量。对各碳库指标进行测量与记录。生物量（乔木层异速生长方程、灌木层与草本层样方收获法）、枯死木与枯落物、土壤各碳库的测量方法按附录B~附录F的规定执行。

——土壤采样。在样地内按固定深度分层采集土壤样品。矿质土采样层级为0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm，森林生态系统应延伸至60 cm或至母质层，每样地至少3个采样点混合为一个样品。容重采用环刀法（体积100 cm³）测定，同时记录石砾含量（>2 mm）用于碳储量校正。采样避开强降水事件后72小时内进行。各生态系统类型的土壤采样深度与点位布设要求见附录B~附录F。

d) 数据记录与管理

——所有野外测量数据使用标准化样表当场记录，内容包括样地号、调查日期、调查人员、天气状况及各项测量指标；

——野外调查结束后及时录入电子数据库，数据库具备备份和版本控制功能；

——遥感影像、样地矢量边界、碳储量空间图层保留原始数据与处理步骤的元数据记录，定期备份；

——原始记录至少保留至核算期结束后5年。

e) 多期调查衔接

碳汇效应核算需至少两期调查数据（期初与期末）。多期调查应符合以下要求：

- 永久样地复测按评价目的确定周期，森林一般 3~5 年，草地一般 2~3 年；
- 每次调查应检查永久标记的完整性，丢失或损坏的标记应及时恢复；
- 调查方法、仪器或参数变更时，应对新旧方法进行交叉校准，并对已完成的测算进行回算。

9.2 测算方法

a) 通用测算流程

各类生态系统的碳储量与温室气体排放量按照以下流程测算：

——数据质量审查。在核算前应对实测数据进行质量审查，包括异常值识别和缺失数据处理。异常值可采用三倍标准差法或 Grubbs 检验方法识别，缺失数据应注明插补方法。

——生物量测算。各碳库的生物量按以下方法分别测算：

- 乔木层地上生物量采用异速生长方程测算（方程形式与参数取值见附录 B）。本款适用于森林以及湿地的红树林、森林沼泽。
- 灌木层地上生物量采用基径或冠幅回归方程（见附录 C），或采用样方收获法。本款适用于灌丛、森林及湿地中的灌木碳库。
- 草本层地上生物量采用样方收获法。草原生态系统取生长季峰值生物量。本款适用于森林、灌丛、草原及湿地中的草本碳库。
- 地下生物量采用地上生物量与根茎比（RSR）换算。根茎比优先采用本地区实测值，实测数据不可得时，采用附录 B~附录 E 对应生态系统类型的缺省值。
- 枯死木分站立枯死木与倒木分别测算。站立枯死木在地测量胸径和树高，以体积与木材密度换算生物量；倒木采用样方截线法收集，测定截面直径、长度与腐烂等级，换算生物量。腐烂等级与木材密度见附录 B 表 B.5。本款适用于森林。
- 枯落物采用样方收集法。本款适用于森林和灌丛。

——碳储量测算。植被生物量碳库（地上生物量、地下生物量、枯死木、枯落物）的碳储量由干生物量与含碳率换算，含碳率优先采用实测值，实测数据不可得时采用附录 B~附录 E 对应生态系统类型的缺省值。土壤有机碳储量通过剖面采样法直接测定（参考值见附录 A 表 A.2）。各生态系统类型的碳库选择按第 6 章的规定执行。

——温室气体排放量测算。各排放源的温室气体排放量由活动数据与排放因子（或实测通量）计算，排放因子缺省值见附录 E~附录 F，温室气体全球增温潜势值见附录 A 表 A.1。对湿地和水稻田等 CH₄ 高排放生态系统，应采用静态箱-气相色谱法实测 CH₄ 通量（生长季不低于每月 2 次）；对施肥农田应实测 N₂O 通量（施肥季不低于每周 2 次）。各生态系统类型的排放源清单与测算方法见附录 B~附录 F。

——碳储量变化测算。采用库差别法，以核算期末与期初两期碳储量的差值作为碳储量变化量。当不具备两期实测数据时，可采用损益法，基于碳收支过程分别计算核算期内的碳输入量（包括光合固定、秸秆还田、有机肥施用等途径）与碳输出量（包括呼吸作用、有机质分解、燃烧等途径），以二者差值作为碳储量变化量。

碳储量与温室气体排放量的测算结果应报告 95% 置信区间下的不确定性范围，分析方法按第 10 章的规定执行。

b) 空间外推与新技术辅助测算

——空间外推：样地碳密度按各碳层面积加权后，换算至各类生态系统面积（ A_k ），得到各类生态系统的碳储量（ C_k ）和碳储量变化量（ ΔC_k ）。异质性较强的碳层可采用地统计克里金插值或贝叶斯空间建模替代面积加权。

——新技术辅助测算：生态系统过程模型、机器学习融合制图、涡度相关系统（须经摩擦风速阈值过滤和能量闭合度检验）可作为辅助手段。机器学习融合制图应采用交叉验证评估精度，决定

系数 (R^2) 不低于 0.65, 相对均方根误差 ($rRMSE$) 不高于 20%, 偏差 ($Bias$) 不超过样地实测碳储量均值的 $\pm 5\%$ 。新技术估算结果应抽取不少于总样本 10% 的地面实测数据进行独立验证。

9.3 评价方法

a) 碳汇规模评价。

给出各生态系统类型的碳汇量 (NCS_k) 和核算边界内整体的碳汇效应 (NCS)。

b) 碳汇/碳源判定

依据碳汇量 (NCS_k) 和碳汇效应 (NCS) 的正负, 判定各生态系统类型和整体为碳汇或碳源。

c) 碳密度评价

给出各生态系统类型的碳密度 (CD_k), 比较不同生态系统类型单位面积的碳储量, 识别碳密度较高的类型。

d) 碳汇速率评价

给出各生态系统类型的碳汇速率 (CSR_k), 比较不同生态系统类型单位面积年净固碳强度, 识别碳汇速率较高的类型。

e) 碳汇结构分析

计算各生态系统类型碳汇量占整体碳汇效应的比重 ($NCS_k/NCS \times 100$), 给出贡献排序。当整体碳汇效应 (NCS) 为正值时, 应分别列明碳汇类型的碳汇量与碳源类型的抵消量。

f) 碳汇动态趋势分析

对有多期评价数据的对象, 比较不同时点的碳汇效应 (NCS)、碳密度 (CD_k) 和碳汇速率 (CSR_k) 的变动, 分析碳汇规模、碳密度和碳汇速率的变化趋势。

10 报告与审核

10.1 报告

测算与评价工作完成后应编制测算与评价报告。报告应至少包括以下章节:

a) 评价目的与核算边界

说明评价项目的背景、目的, 以及核算边界的确定依据和结果。

b) 数据收集与调查方法

说明基础资料收集来源、遥感调查数据及处理方法、样地布设方案与现场调查方法。

c) 测算方法

说明生物量、碳储量、碳储量变化量及温室气体排放量所采用的测算方法及其依据。

d) 碳储量测算结果

给出各碳库的碳储量、总碳储量和碳储量变化量的测算结果。

e) 温室气体排放量测算结果

给出各类排放源的排放量及排放总量的测算结果。

f) 碳汇效应评价结果

给出各生态系统类型和核算边界整体碳汇效应、碳密度和碳汇速率的评价结果。

g) 不确定性分析

说明不确定性的来源、量化方法、各来源的贡献以及测算与评价结果的置信区间。

h) 质量保证与质量控制措施

说明数据质量管理所采取的措施及其执行情况。

i) 结论与建议

总结评价的主要结论，提出相关建议。

10.2 审核

测算与评价报告宜由第三方机构或主管部门进行审核。审核内容包括报告的合规性、数据的可靠性以及测算与评价结果的准确性，审核完成后出具审核报告。审核工作可采取以下方式：

- a) 内部技术审核
- b) 同行专家评审
- c) 委托专业机构技术评估

审核报告应包含以下数据质量管理内容：

a) 质量保证（QA）

质量保证是为确保数据满足预定标准而实施的系统性管理活动，包括：

- 人员职责与培训；
- 设备操作规程与校准维护；
- 标准化记录文件的建立与管理。

原始记录至少保留要求见9.1。

b) 质量控制（QC）

质量控制是在数据产生过程中为发现和纠正错误而采取的操作措施，包括：

- 野外数据与录入数据的交叉核对与异常值检查；
- 样地复查，每年随机抽取不少于5%的样地独立复查，差异超过10%时应分析原因并采取纠正措施；
- 实验室分析中的标准样品与平行样品质控。

c) 空间数据管理

遥感影像、样地矢量边界、碳储量空间图层保留原始数据与处理步骤的元数据记录，包括：

- 投影坐标系与几何校正信息；
- 重采样与分类方法；
- 精度评价指标。

电子数据库应定期备份，并采用只读版本或日志记录方式防止篡改。

10.3 不确定性评估

不确定性评估是评价测算结果可靠性的重要环节，应在审核报告中专章说明。

a) 不确定性来源识别

系统识别并记录不确定性的来源，主要包括：

- 模型不确定性，如异速生长方程的选择；
- 参数不确定性，如含碳率、根茎比、排放因子等缺省值；
- 测量不确定性，由抽样误差和测量设备误差导致。

b) 不确定性量化

采用误差传播法等方法量化测算结果的不确定性。

c) 不确定性报告

应在审核报告中列出：

- 各不确定性来源及其类型（随机误差或系统误差）；
- 采用的量化方法；
- 各来源对总不确定度的贡献；

——最终测算结果的95%置信区间。

对于不可量化的不确定性来源，应进行定性讨论并评估其可能的影响方向和程度。

10.4 结果应用

测算与评价结果可应用于：

- a) 区域碳收支评估与温室气体清单编制
- b) 生态保护修复成效评价
- c) 政府决策支持与生态补偿核算
- d) 科研分析与国际比较

附 录 A
(资 料 性)
常用缺省参数参考值

表 A.1 温室气体全球增温潜势 (GWP100)

温室气体	排放源类型	GWP100
CH ₄	化石源 (燃料燃烧)	29.8
CH ₄	生物源 (肠道发酵、水稻田、湿地)	27.0
N ₂ O	所有排放源	273
CO ₂	化石源 (燃料燃烧)	1

注：GWP 值随 IPCC 评估报告更新，本表参数采用第六次评估报告 (AR6, 2021) 发布值。

表 A.2 不同土地利用类型土壤有机碳参考储量

(1) 0-30cm土层SOC储量 (tC/ha)

土地利用类型	气候带	土壤类型	参考储量	来源
森林				
森林	寒温带	湿润	95	IPCC 2006
森林	暖温带	湿润	80	IPCC 2006
森林	亚热带	湿润	70	IPCC 2006
森林	热带	湿润	60	IPCC 2006
森林	温带	干旱	60	IPCC 2006
草地				
草地	寒温带	湿润	80	IPCC 2006
草地	暖温带	湿润	65	IPCC 2006
草地	热带	湿润	50	IPCC 2006
草地	温带	干旱	50	IPCC 2006
农田				
农田	寒温带	湿润	55	IPCC 2006
农田	暖温带	湿润	40	IPCC 2006
农田	热带	湿润	35	IPCC 2006
农田	温带	干旱	30	IPCC 2006
湿地				
矿质土湿地	温带	—	70-120	IPCC 2013 补充

(2) 中国典型土壤类型SOC储量 (tC/ha, 0-100cm)

土壤类型	主要分布区域	平均 SOC 储量	范围
黑土	东北平原	180-220	150-250
黑钙土	东北西部、内蒙古	120-160	100-200
栗钙土	内蒙古、华北	80-120	60-150

土壤类型	主要分布区域	平均 SOC 储量	范围
褐土	华北、西北	60-90	40-120
黄棕壤	华中	70-100	50-130
红壤	华南	60-90	40-120
黄壤	西南	80-120	60-150
水稻土	南方各省	50-80	30-100

注：以上数据为通用参考值，实际应用中必须优先采用本地化实测数据。

附 录 B
(资 料 性)
森林生态系统参数

B.1 适用范围

本附录适用于乔木林（天然林和人工林）、竹林（散生竹林和丛生竹林）、灌木林（天然灌木林和人工灌木林）以及经济林（果树林、油料林、特用经济林等）的碳库测算。

B.2 样地规格

各类森林的样地规格与起测标准按表 B.1 的规定执行。

表 B.1 森林生态系统样地规格与起测标准

森林类型	样地规格	起测标准
乔木林（成熟林）	20 m×20 m	DBH ≥5 cm
乔木林（幼龄林）	20 m×20 m	DBH ≥2 cm
竹林	10 m×10 m	DBH ≥2 cm
灌木林	5 m×5 m	基径，全部记录
经济林（乔木型）	20 m×20 m	DBH ≥2 cm
经济林（灌木型）	5 m×5 m	基径，全部记录

B.3 单木生物量方程

单木地上生物量采用异速生长方程计算，方程形式为式（B1）或式（B2）。方程参数 a、b 的取值应优先采用本地区实测值或本地区已发表的模型参数；无本地参数时，优先采用 GB/T 43648—2024 中对应树种的参数值。

$$W = a \times DBH^b \dots\dots\dots (B.1)$$

$$W = a \times DBH^b \times H^c \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：
W——单木地上生物量，单位为千克（kg）；
DBH——胸径，单位为厘米（cm）；
H——树高，单位为米（m）；
a、b、c——模型参数。

B.4 含碳率

生物量换算为碳储量所需的含碳率（CF）按表 B.2 取值，优先采用实测值。

表 B.2 森林植被含碳率

类型	CF（tC/t）
针叶树种	0.50
阔叶树种	0.47
灌木茎干	0.47

灌木枝叶	0.45
草本	0.45
枯死木/枯落物	0.47~0.50

注：针叶、阔叶取值为 IPCC 2006 默认值。

B.5 根茎比

地下生物量按式（B3）计算，所需根茎比（RSR）按表 B.3 取值，优先采用实测值。

$$B_{below} = B_{above} \times RSR \quad \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

B_{below} ——单位面积地下生物量，单位为吨每公顷（t/ha）；

B_{above} ——单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t/ha）；

RSR ——根茎比，无量纲。

表 B.3 不同森林类型根茎比（RSR）

森林类型	气候带	地上生物量范围(t/ha)	根茎比(RSR)
针叶林			
针叶林	寒温带	<150	0.40
针叶林	寒温带	>150	0.29
针叶林	暖温带	<150	0.28
针叶林	暖温带	>150	0.24
针叶林	亚热带	<150	0.27
针叶林	亚热带	>150	0.23
针叶林	热带	<150	0.27
针叶林	热带	>150	0.24
阔叶林			
阔叶林	寒温带	<150	0.40
阔叶林	暖温带	<125	0.24
阔叶林	暖温带	>125	0.23
阔叶林	亚热带湿润	<150	0.20
阔叶林	亚热带湿润	>150	0.19
阔叶林	亚热带干旱	<150	0.56
阔叶林	热带雨林	任意	0.24
阔叶林	热带季雨林	任意	0.28
阔叶林	热带旱生林	任意	0.56
人工林			
杨树人工林	中国北方	<100	0.25
杉木人工林	中国南方	<100	0.22
马尾松人工林	中国南方	<100	0.26
桉树人工林	中国南方	<100	0.20

注：1. RSR 随地上生物量的增加而降低，表中提供了不同生物量范围的参考值。2. 实际应用时，应根据调查得到的地上生物量选择相应的 RSR 值。3. 优先使用本地区实测的 RSR 数据。

B.6 枯死木密度

枯死木体积换算为生物量所需的木材密度（WD）按表 B.4 取值。

表 B.4 枯死木腐烂等级与木材密度

腐烂等级	状态描述	WD（t/m ³ ）
1	未腐烂，树皮完整	0.40~0.50
2	轻微腐烂，树皮部分脱落	0.30~0.40
3	中度腐烂，木质软化	0.20~0.30
4	重度腐烂，木质松碎	<0.20

附录 C (资料性) 灌丛生态系统参数

C.1 适用范围

本附录给出了灌丛生态系统碳储量测算所需的样地规格、生物量方程参数、含碳率及根茎比缺省值，适用于天然灌丛和人工灌木林。

C.2 样地规格

灌丛样地设置按表 C.1 的规定执行。

表 C.1 灌丛样地规格

覆盖度	样地规格	灌木样方规格
<30% (稀疏)	20 m×20 m	2 m×2 m, 不少于 3 个
30%~70% (中密度)	10 m×10 m 或 5 m×5 m	2 m×2 m, 不少于 3 个
>70% (密集)	5 m×5 m	2 m×2 m, 不少于 3 个

C.3 灌木生物量方程

灌木单株(丛)地上生物量采用式(C1)或式(C2)计算。

$$W = a \times D^b \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

$$W = a \times CA^b \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：

W——单株(丛)地上生物量，单位为千克(kg)；

D——基径，单位为厘米(cm)；

CA——冠幅面积，单位为平方米(m²)；

a、b——模型参数。

C.4 含碳率

地上生物量换算为碳储量所需的含碳率(CF)按表 C.2 取值，优先采用实测值。

表 C.2 灌丛植被含碳率

类型	CF (tC/t)
灌木茎干	0.47
灌木枝叶	0.45
灌木根系	0.42
草本(林下)	0.45
枯落物	0.47

C.5 根茎比

地下生物量按式（C3）计算，所需根茎比（RSR）按表 C.3 取值，优先采用实测值。

$$B_{below} = B_{above} \times RSR \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

式中：
B_{below}——单位面积地下生物量，单位为吨每公顷（t/ha）；
B_{above}——单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t/ha），取值见表 C.2；
RSR——根茎比，无量纲，取值见表 C.3。

表 C.3 灌丛根茎比（RSR）

灌丛类型/气候区	RSR	来源
温带灌丛（冷温带）	2.8	IPCC 2006, Table 6.1
亚热带灌丛	2.8	IPCC 2006, Table 6.1
寒温带灌丛	4.0	IPCC 2006, Table 6.1
LY/T 2988—2018 缺省推算	0.54	LY/T 2988-2018

注：LY/T 2988—2018 缺省推算值（6.72/12.51≈0.54）适用于缺乏气候分区信息的保守估算。IPCC 值适用于基于气候区的估算。优先采用本地区实测 RSR。

附录 D (资料性) 草原生态系统参数

D.1 适用范围

本附录给出了草原生态系统碳储量测算所需的样地规格、生物量缺省值、含碳率及根茎比参数，适用于天然草地和人工草地的碳库测算。

D.2 样地规格

草原样地规格按表 D.1 的规定执行。

表 D.1 草原样地规格

样方类型	规格	数量
草本测产样方	1 m × 1 m	每样地不少于 3 个
草本观测样方	2 m × 2 m	每样地不少于 3 个
灌木或高大草本样方	10 m × 10 m	视情况确定

注：1. 样地中心点用北斗（BDS）或其他卫星定位系统定位。2. 来源为 NY/T 1233—2006、NY/T 2998—2016。

D.3 地上生物量

草地地上生物量与总生物量的缺省值按表 D.2 取值，优先采用实测值。地下生物量按式（D.1）计算。

$$B_{below} = B_{above} \times RSR \quad \dots\dots\dots (D.1)$$

式中：

B_{below} ——单位面积地下生物量，单位为吨每公顷（t/ha）；

B_{above} ——单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t/ha），取值见表 D.2；

RSR ——根茎比，无量纲，取值见表 D.4。

总生物量按式（D.2）计算。

$$B_{total} = B_{above} + B_{below} \quad \dots\dots\dots (D.2)$$

表 D.2 草地生物量缺省值

气候区	地上生物量（t/ha）	总生物量（t/ha）
寒带/冻原	1.7	8.5
冷温带-干旱	1.6	6.5
冷温带-湿润	2.4	13.6
暖温带-干旱	1.6	6.1
暖温带-湿润	2.7	13.5

热带-干旱	2.3	8.7
热带-湿润	6.2	16.1

注：1. 总生物量为地上部分与地下部分之和。地上生物量取峰值生物量。2. 来源：IPCC 2006, Vol.4, Ch.6, Table 6.4。

D.4 含碳率

草原碳储量测算所需的含碳率（CF）按表 D.3 取值，优先采用实测值。

表 D.3 草原植被含碳率

类型	CF (tC/t)
草本活体（地上+地下）	0.47
枯落物	0.40
木质生物量（灌木）	0.50

注：草本活体含碳率 0.47 来自 IPCC 2006, Vol.4, Ch.6, Section 6.2.3; IPCC 2019 Refinement 确认该值保持不变。枯落物和木质生物量含碳率来自 IPCC 2006。

D.5 根茎比

地下生物量与地上生物量的转换所需的根茎比（RSR）按表 D.4 取值，优先采用实测值。

$$B_{below} = B_{above} \times RSR \quad \dots\dots\dots (D.3)$$

式中：

B_{below} ——单位面积地下生物量，单位为吨每公顷（t/ha）；

B_{above} ——单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t/ha）；

RSR ——根茎比，无量纲。

表 D.4 草地根茎比（RSR）

草地类型/气候区	RSR
高寒草甸、草甸草原（寒带、冷温带-湿润）	4.0
典型草原、荒漠草原（冷温带-干旱、暖温带-干旱）	2.8
暖性草丛、热性草丛（暖温带-湿润、热带-湿润）	1.6

注：来源 IPCC 2006。

附录 E (资料性) 湿地生态系统参数

E.1 适用范围

本附录给出了湿地生态系统碳储量测算与温室气体排放量测算所需的样地规格、含碳率及温室气体排放因子参数，适用于泥炭地、淡水沼泽和滨海湿地（含红树林、盐沼等 s）。

E.2 样地设置

湿地不同植被类型的样方规格按表 E.1 的规定执行。调查时应同步记录水深（m）、淹水时长（d/a）和盐度（‰，滨海湿地适用）。森林沼泽和红树林乔木层调查参照附录 B。

表 E.1 湿地样方规格

植被类型	样方规格	调查方法
草本沼泽和盐沼	1 m × 1 m	收获法
灌丛沼泽	5 m × 5 m	标准收获法
森林沼泽和红树林	10 m × 10 m 或 20 m × 20 m	每木检尺
沉水植被	0.5 m × 0.5 m	潜水采样

注：1. 各类样方每样地不少于 3 个。样地应沿水文梯度在常年积水区、季节性积水区和边缘区分别布设样带。2. 来源：IPCC 2013 WS；国内湿地观测方法参照 LY/T 2898—2017

E.3 含碳率

湿地植被碳储量测算所需的含碳率（CF），即单位干物质中的碳含量（tC/t），按表 E.2 取值，优先采用实测值。

表 E.2 湿地植被含碳率

植被类型	CF (tC/t)
红树林（地上）	0.48
红树林（地下）	0.39
盐沼植物（地上）	0.45
盐沼植物（地下）	0.40
淡水沼泽草本	0.45
海草	0.30~0.40

注：1. 红树林含碳率适用于所有区域的天然和人工红树林。2. 来源：IPCC 2013 Wetlands Supplement, Table 4.2 及 Ch.4；淡水沼泽草本来自 IPCC 2006, Vol.4, Ch.6。

E.4 温室气体排放

a) 排水泥炭地排放

排水有机土壤 CO₂ 排放量按式（E.1）计算，CH₄ 排放量按式（E.2）计算，排放因子取值见

表 E.3。

$$E_{CO_2} = A_{drained} \times EF_{CO_2} \times (44/12) \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

$$E_{CH_4} = A_{drained} \times EF_{CH_4} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

E_{CO_2} ——CO₂ 排放总量，单位为吨二氧化碳（t CO₂）；

E_{CH_4} ——CH₄ 排放总量，单位为吨（t CH₄）；

$A_{drained}$ ——排水有机土壤面积，单位为公顷（ha）；

EF_{CO_2} ——CO₂-C 排放因子，单位为吨碳每公顷每年（t C/(ha·a)），取值见表 E.3；

EF_{CH_4} ——CH₄ 排放因子，单位为千克每公顷每年（kg CH₄/(ha·a)），取值见表 E.3；

44/12——碳转换为二氧化碳的分子量系数；

10⁻³——千克转换为吨的系数。

表 E.3 排水泥炭地 CO₂ 与 CH₄ 排放因子

土地利用	气候区	CO ₂ (tC/(ha·a))	CH ₄ (kg CH ₄ /(ha·a))
林地（排水）	寒温带	0.37~2.60	1.8~11
林地（排水）	热带	5.30	—
农田（排水）	寒温带及温带	7.90	16
农田（排水）	热带	14.00	—

注：1. 寒温带林地分贫营养（CO₂=0.37, CH₄=1.8）和富营养（CO₂=0.93, CH₄=11）两种条件，温带林地 CO₂ 取 2.60。热带排水林地 CO₂ 排放因子不确定性较大。2. 表中“—”表示应优先采用实测值。3. 来源 IPCC 2013 WS, Table 2.1, Table 2.3。

b) 复湿有机土壤与滨海湿地 CH₄ 排放

复湿有机土壤与滨海湿地 CH₄ 排放量按式（E3）计算，排放因子取值见表 E.4。

$$E_{CH_4} = A_{wetland} \times EF_{CH_4} \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：

E_{CH_4} ——CH₄ 排放总量，单位为吨（t CH₄）；

$A_{wetland}$ ——湿地面积，单位为公顷（ha）；

EF_{CH_4} ——CH₄ 排放因子，单位为千克每公顷每年（kg CH₄/(ha·a)），取值见表 E.4；

10⁻³——千克转换为吨的系数。

表 E.4 复湿有机土壤与滨海湿地 CH₄ 排放因子

湿地类型	条件	CH ₄ (kg CH ₄ /(ha·a))
复湿有机土（寒温带）	石炭藓型（贫营养）	134
复湿有机土（寒温带）	草本型（富营养）	250
复湿有机土（温带）	石炭藓型	217
复湿有机土（温带）	草本型	578
红树林	盐度<18‰	194
盐沼	盐度<18‰	184

注：1. 复湿有机土壤指由排水状态恢复为淹水状态的有机土壤。盐度≥18‰的滨海湿地 CH₄ 排放受硫酸盐抑制，按保守性原则可忽略不计。2. 来源 IPCC 2013 WS, Table 3.3, Table 4.14。

c) N₂O 排放

排水有机土壤 N_2O 排放量按式 (E4) 计算, 排放因子取值见表 E.5。

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = A_{\text{drained}} \times EF_{\text{N}_2\text{O}} \times (44/28) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{E.4})$$

式中:

$E_{\text{N}_2\text{O}}$ —— N_2O 排放总量, 单位为吨 ($\text{t N}_2\text{O}$) ;

A_{drained} ——排水有机土壤面积, 单位为公顷 (ha) ;

$EF_{\text{N}_2\text{O}}$ —— N_2O -N 排放因子, 单位为千克每公顷每年 ($\text{kg N}_2\text{O-N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$) , 取值见表 E.5;

44/28—— N_2O -N 转换为 N_2O 的分子量系数;

10^{-3} ——千克转换为吨的系数。

表 E.5 湿地 N_2O 排放因子

湿地类型	N_2O ($\text{kg N}_2\text{O-N}/(\text{ha} \cdot \text{a})$)
排水有机土壤 (森林、寒温带)	6.4
排水有机土壤 (森林、温带)	2.5
排水有机土壤 (农田、寒温带)	6.4
排水有机土壤 (农田、温带)	2.5
滨海湿地水产养殖 ($\text{kg N}_2\text{O-N}/(\text{ha} \cdot \text{d})$)	0.065

注: 来源为 IPCC 2013 WS, Table 2.5, Table 4.15。

附 录 F
(资料性)
农田生态系统参数

F.1 适用范围

本附录给出了农田生态系统温室气体排放量测算所需的排放因子、管理因子参数，适用于水田和旱地农田。农田仅核算土壤有机碳库。

F.2 土壤有机碳采样

土壤有机碳采样深度为 0~20 cm（耕作层）和 20~30 cm（犁底层）。容重采用环刀法（体积 100 cm³）测定。采样避开强降水事件后 72 h 及翻耕施肥期。有机碳含量测定按 NY/T 1121.6-2006 的规定执行。

F.3 温室气体排放测算

a) N₂O 排放

农田 N₂O 排放包括直接排放和间接排放。直接排放量按式（F1）计算，间接排放量按式（F2）-式（F4）计算。

$$E_{N_2O,direct} = N_{input} \times EF_1 \times (44/28) \dots\dots\dots (F.1)$$

$$E_{N_2O,indirect} = E_{N_2O,vol} + E_{N_2O,leach} \dots\dots\dots (F.2)$$

$$E_{N_2O,vol} = N_{input} \times Frac_{GASF} \times EF_4 \times (44/28) \dots\dots\dots (F.3)$$

$$E_{N_2O,leach} = N_{input} \times Frac_{LEACH} \times EF_5 \times (44/28) \dots\dots\dots (F.4)$$

式中：

- $E_{N_2O,direct}$ ——直接排放量，单位为千克每公顷（kg N₂O-N/ha）；
- $E_{N_2O,indirect}$ ——间接排放总量，单位为千克每公顷（kg N₂O-N/ha）；
- $E_{N_2O,vol}$ ——挥发沉降间接排放量，单位为千克每公顷（kg N₂O-N/ha）；
- $E_{N_2O,leach}$ ——淋溶径流间接排放量，单位为千克每公顷（kg N₂O-N/ha）；
- N_{input} ——施氮总量（化肥 + 有机肥 + 秸秆），单位为千克每公顷（kg N/ha）；
- EF_1 ——直接排放因子，单位为千克每千克（kg N₂O-N/kg N），取值见表 F.1；
- EF_4 ——挥发沉降排放因子，单位为千克每千克（kg N₂O-N/kg N），取值见表 F.2；
- EF_5 ——淋溶排放因子，单位为千克每千克（kg N₂O-N/kg N），取值见表 F.2；
- $Frac_{GASF}$ ——氮肥挥发比例，无量纲，取值见表 F.2；
- $Frac_{LEACH}$ ——氮淋溶比例，无量纲，取值见表 F.2；
- 44/28——N₂O-N 转换为 N₂O 的分子量系数。

表 F.1 农田 N₂O 直接排放因子（EF₁）

农田类型	EF ₁ (kg N ₂ O-N/kg N)
旱地（中国推荐值）	0.0105
水田（中国推荐值）	0.0041
IPCC Tier 1 缺省值	0.01

注：1. EF_1 为施入土壤的每千克氮（N）以 N_2O-N 形式直接排放的质量。中国旱地和水田推荐值来自 IPCC 2019 Refinement 引用的中国本土研究。无本土数据时采用 Tier 1 缺省值。2. 来源为 IPCC 2019 RF, Vol.4, Ch.11, Table 11.1。

表 F.2 N_2O 间接排放参数

参数	符号	数值
氮肥挥发比例	$Frac_{GASF}$	0.10
挥发沉降排放因子（kg N_2O-N /kg N）	EF_4	0.01
氮淋溶比例（湿润气候）	$Frac_{LEACH}$	0.30
淋溶排放因子（kg N_2O-N /kg N）	EF_5	0.011

注：1. $Frac_{LEACH} = 0.30$ 适用于湿润气候。2. 来源为 IPCC 2019 RF, Vol.4, Ch.11, Table 11.3。

b) 水稻田 CH_4 排放

水稻田 CH_4 排放量按式（F5）计算，排放因子及调节因子取值见表 F.3。

$$E_{CH_4} = EF_c \times SF_w \times SF_p \times CFOA \times A \times t \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (F.5)$$

式中：

E_{CH_4} ——水稻田 CH_4 排放总量，单位为吨（t）；

EF_c ——基准排放因子，单位为千克每公顷每天（kg CH_4 /(ha·d)），取值见表 F.3；

SF_w ——水分管理调节因子，无量纲，取值见表 F.3；

SF_p ——移栽前水分管理调节因子，无量纲；

$CFOA$ ——有机添加物转化因子，无量纲，取值见表 F.3；

A ——水稻种植面积，单位为公顷（ha）；

t ——水稻生育期天数，单位为天（d）；

10^{-3} ——单位转换系数。

表 F.3 水稻田 CH_4 排放参数

参数	符号	数值
基准排放因子（kg CH_4 /(ha·d)）	EF_c	1.30
水分管理因子—持续淹水	SF_w	1.00
水分管理因子—单次烤田	SF_w	0.52
水分管理因子—多次烤田	SF_w	0.20
水分管理因子—间歇灌溉	SW	0.60
有机添加物转化因子—新鲜秸秆	$CFOA$	1.0
有机添加物转化因子—堆肥	$CFOA$	0.14
有机添加物转化因子—沼渣	$CFOA$	0.05

注：1. EF_c 为持续淹水无有机添加条件下的日排放基准值。 SF_w 和 $CFOA$ 分别为水分管理和有机添加的校正系数，无量纲。2. 来源为 IPCC 2019 RF, Vol.4, Ch.5, Table 5.11、Table 5.12、Table 5.14。

c) 燃料与农用化学品 CO_2 排放

农机燃料及农用化学品施用产生的 CO_2 排放量按式（F6）计算，排放因子取值见表 F.4。

$$E_{CO_2} = \sum (Q_j \times EF_j) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (F.6)$$

式中：

E_{CO_2} ——CO₂ 排放总量，单位为吨（t CO₂）；

Q_j ——第 j 类排放源的消耗量，柴油和汽油单位为升（L），尿素、石灰石和白云石单位为千克（kg）；

EF_j ——第 j 类排放源的排放因子，单位及取值见表 F.4；

10^{-3} ——千克转换为吨的系数。

表 F.4 农机燃料与农用化学品 CO₂ 排放因子

排放源	排放因子
柴油（kg CO ₂ /L）	2.73
汽油（kg CO ₂ /L）	2.26
尿素（kg CO ₂ /kg）	0.733
石灰石 CaCO ₃ （kg CO ₂ /kg）	0.44
白云石（kg CO ₂ /kg）	0.48

注：1. 尿素 CO₂ 排放为尿素水解过程中碳全部释放在 CO₂ 的系数。2. 来源为 IPCC 2006, Vol.2 及 Vol.4, Ch.11。

F.4 土壤有机碳管理因子

矿质土壤有机碳储量变化按式（F7）计算，管理因子取值见表 F.5，SOC_{ref}取值见附录 A 表 A.2。

$$\Delta SOC = SOC_{ref} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I \times A \dots \dots \dots (F.7)$$

式中：

ΔSOC ——土壤有机碳储量变化量，单位为吨碳（t C）；

SOC_{ref} ——参考土壤有机碳储量，单位为吨碳每公顷（t C/ha），取值见附录 A 表 A.2；

F_{LU} ——土地利用因子，无量纲，取值见表 F.5；

F_{MG} ——耕作因子，无量纲，取值见表 F.5；

F_I ——碳输入因子，无量纲，取值见表 F.5；

A ——农田面积，单位为公顷（ha）。

表 F.5 农田土壤有机碳管理因子

因子	符号	管理类型	默认值
土地利用	F_{LU}	长期耕作农田（温带旱作农田）	0.69
土地利用	F_{LU}	水稻田	0.83
耕作	F_{MG}	全面翻耕	1.00
耕作	F_{MG}	少耕	1.08
耕作	F_{MG}	免耕	1.15
碳输入	F_I	低投入	0.95
碳输入	F_I	中投入	1.00
碳输入	F_I	高投入（加有机肥）	1.11

注：1. 碳输入分级按年残留物还田量和有机肥施用量确定。2. 来源为 IPCC 2006, Vol.4, Ch.5, Table 5.5、IPCC 2019 RF, Vol.4, Ch.5。

参 考 文 献

- [1] 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.
 - [2] GB/T 24708—2009 湿地分类.
 - [3] GB/T 33760—2017 基于项目的温室气体减排量评估技术规范 通用要求.
 - [4] GB/T 41198—2021 林业碳汇项目审定和核证指南.
 - [5] GB/T 42340—2023 生态系统评估 生态系统格局与质量评价方法.
 - [6] LY/T 2988—2018 森林生态系统碳储量计量指南.
 - [7] IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
 - [8] IPCC. 2013. 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南 2013 年增补：湿地.
 - [9] IPCC. 2019. 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
 - [10] 国家发展和改革委员会. 温室气体自愿减排项目方法学.
 - [11] 温室气体自愿减排交易管理办法（试行）.
 - [12] 中国绿色碳汇基金会. 碳汇造林项目方法学.
-