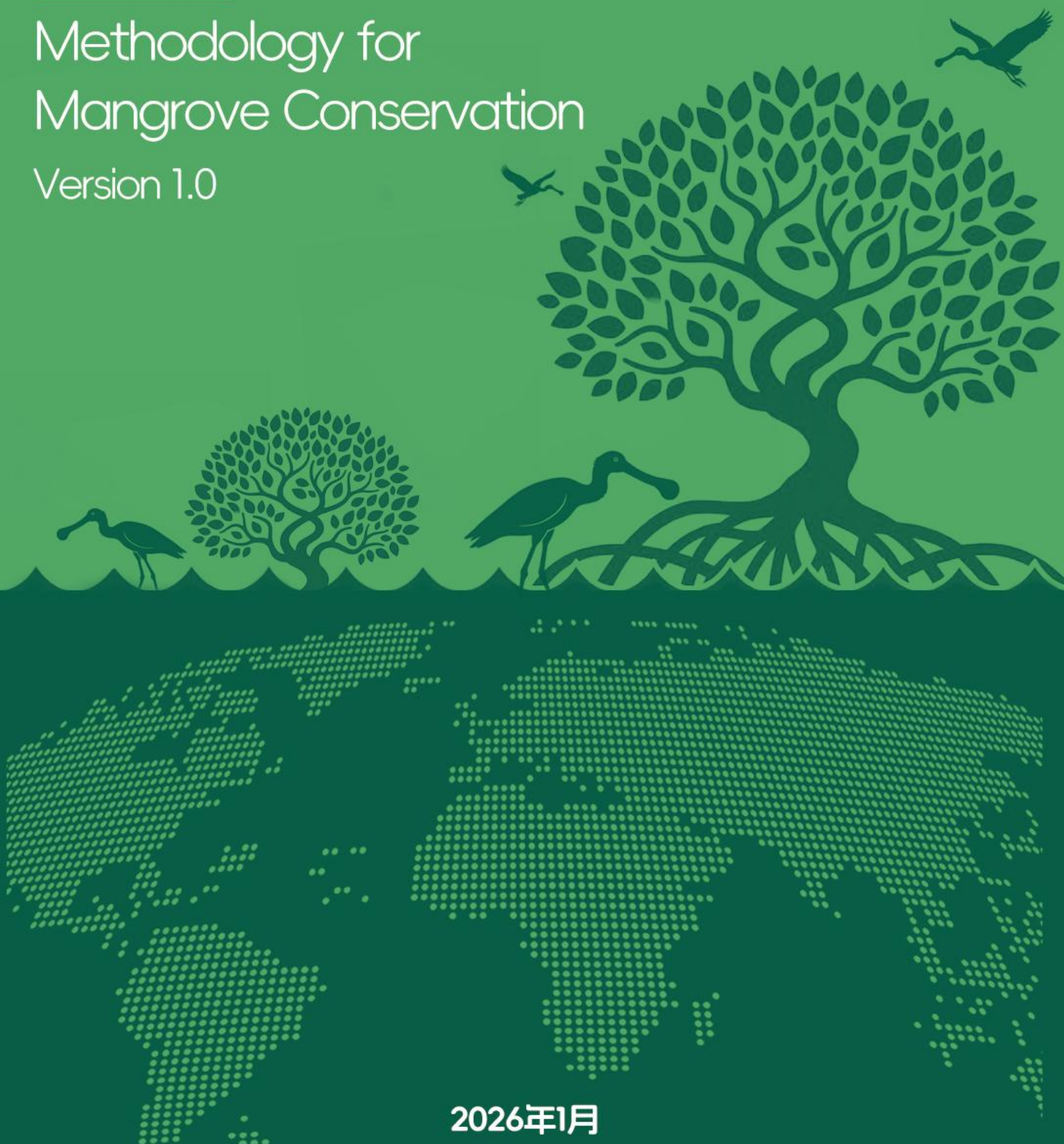


# 红树林保护碳汇 项目方法学 (V1.0)

Methodology for  
Mangrove Conservation

Version 1.0



2026年1月



---

## 编制说明

红树林作为滨海生态系统的重要组成部分，在调节区域水质、抵挡风暴潮、减缓海平面上升、捕获沉积物、固储碳物质以及为滨海生物提供栖息地等方面发挥着极其重要的生态作用，红树林保护已成为国际社会共识。但随着城市化进程加剧，全球红树林面积仍以每年0.7%的速率减少。在全球气候问题日益严峻的背景下，利用碳交易机制激励红树林生态系统固碳增汇已成为国际组织及其分布国家制定应对气候变化战略和实施路径的重要选择。

持续发挥红树林生态系统的固碳增汇能力对于助力实现“双碳”目标的意义重大。2021年10月，国务院发布《2030年前碳达峰行动方案》中提到，要整体推进海洋生态系统保护和修复，提升红树林等生态系统的固碳能力。同月发布《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书中强调，要持续提升生态碳汇能力，实施红树林保护修复专项行动。在国家政策引导下，未来我国不同主体将持续开展红树林保护活动。为了科学合理地计量红树林保护项目所产生的碳汇，指导和规范国内红树林保护碳汇项目设计文件编写、碳汇计量监测、监测报告编写以及碳信用核证等工作；确保红树林保护碳汇项目产生减缓气候变化、促进当地社区可持续发展、保护生物多样性等多重效益，推动利用市场机制为红树林保护活动引流资金以实现资源的有效配置，进一步保护红树林生态系统；2023年5月，深圳市规划和自然资源局正式发布全国首个突出红树林保护活动气候、社区及生物多样性综合价值的《红树林保护项目碳汇方法学（试行）》，并依托该方法学在深圳福田以及恩平市镇海湾等红树林分布区进行了红树林保护碳汇项目的开发及交易。方法学发布以来，根据应用实践过程中项目业主、相关管理机构以及社会各界反馈的意见和建议，2025年10月深圳市规划和自然资源局组织相关领域的专家和机构对《红树林保护项目碳汇方法学（试行）》进行了修订。

新修订的方法学以开发高质量碳信用为导向，在遵循自愿碳市场诚信委员会（The Integrity Council for the Voluntary Carbon Market, ICVCM）发布的核心碳原则（The Core Carbon Principles, CCP）以及《IPCC关于土地利用、土地利用变化及林业好的做法和指南》（The IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, GPG-LULUCF）相关要求的基础上，以自愿碳标准（Verified Carbon Standard, VCS）管理委员会备案的最新版 REDD+方法学为主体框架，借鉴气候、社区和生物多样性标准（Climate, Community and Biodiversity Standards, CCB）和 Plan Vivo 标准关于促进当地社区可持续发展和生物多样性保护的应用实践，结合我国红树林保护经验，经有关领域的专家学者及利益相关方反复研讨后编制而成。修订的方法学与《红树林保护项目碳汇方法学（试行）》相比，补充和完善了以下内容：

1.基线情景的识别：修订方法学补充利用 FLUS 模型增强方案、CA-Markov 模型增强方案、基础模型方案或图神经网络方案来识别基线情景的选项和相关步骤；

---

2.额外性论证：补充了无法满足免于额外性论证条件的其他项目的论证方法，并考虑到本方法学国际市场的应用场景，给出了全球红树林主要分布区保护和修复红树林成本的缺省值，便于使用者进行与投资相关的额外性论证；

3.从提高可操作性的角度，对生物多样性和社区相关的指标进行修订和补充；

4.补充了土壤碳库及土壤有机碳储量的测定方法。

方法学编制单位：深圳市自然资源和不动产评估发展研究中心，北京林业大学。

---

## 目次

1 引言 .....	1
2 适用条件 .....	2
3 规范性引用文件 .....	2
4 定义 .....	3
5 基线与碳计量方法 .....	4
5.1 项目边界的确定 .....	4
5.2 碳库和温室气体排放源 .....	5
5.3 项目期和计入期 .....	5
5.4 基线情景识别与额外性论证 .....	6
5.4.1 基线情景识别 .....	6
5.4.2 额外性论证 .....	8
5.5 碳层划分 .....	9
5.6 基线情景 .....	9
5.6.1 基线情景碳汇量 .....	9
5.6.2 基线情景社区状况 .....	10
5.6.3 基线情景生物多样性状况 .....	10
5.7 项目情景 .....	11
5.7.1 项目情景碳汇量 .....	11
5.7.2 泄漏 .....	11
5.7.3 项目减排量 .....	11
5.7.4 项目情景社区状况 .....	11
5.7.5 项目情景生物多样性状况 .....	12
6 监测程序 .....	12
6.1 碳效益的监测 .....	12
6.1.1 基线碳汇量的监测 .....	12
6.1.2 项目边界的监测 .....	12
6.1.3 碳层更新 .....	13
6.1.4 抽样设计 .....	13
6.1.5 样地设置 .....	13
6.1.6 监测频率 .....	14

---

6.1.7 林木生物质碳储量的测定 .....	14
6.1.8 灌木生物质碳储量的测定 .....	14
6.1.9 藤本生物质碳储量的测定 .....	14
6.1.10 枯死木生物质碳储量的测定 .....	14
6.1.11 土壤有机碳储量的测定 .....	14
6.1.12 精度控制与校正 .....	15
6.2 对当地社区与生物多样性影响的监测 .....	15
6.2.1 对当地社区影响的监测 .....	15
6.2.2 对生物多样性影响的监测 .....	16
6.2.3 项目评定 .....	17
6.2.4 可持续发展碳信用的核算 .....	17
6.3 不需要监测的数据和参数 .....	17
6.4 需要监测的数据和参数 .....	18
7 附件 .....	19
7.1 附件 1 基线情景碳汇量计算方法 .....	19
7.2 附件 2 项目情景碳汇量计算方法 .....	27
7.3 附件 3 项目减排量计算方法 .....	31
7.4 附件 4 抽样设计方法 .....	32
7.5 附件 5 林木生物质碳储量的测定方法 .....	34
7.6 附件 6 灌木生物质碳储量的测定方法 .....	37
7.7 附件 7 藤木生物质碳储量的测定方法 .....	39
7.8 附件 8 枯死木生物质碳储量的测定方法 .....	41
7.9 附件 9 土壤有机碳储量的测定方法 .....	44
7.10 附件 10 不需要监测的数据和参数集 .....	45
7.11 附件 11 需要监测的数据和参数集 .....	53
7.12 附件 12 中国主要红树林树种生物量方程参考表 .....	57
7.13 附件 13 基线识别步骤预测模型构建方法 .....	60

---

# 1 引言

为推动以保护红树林生态系统固碳、增汇功能为主要目的的红树林保护活动，指导国内红树林保护碳汇项目产生的气候、社区和生物多样性等多重效益的量化工作，确保项目产生的气候、社区和生物多样性综合效益可测量、可报告、可核查，力求方法学的一致性、保守性、可操作性、成本有效性和可推广性。本方法学基于政府间气候变化专门委员会（IPCC）《2006 年国家温室气体清单指南（2019 修订版）》、IPCC《关于土地利用、土地利用变化和林业方面的优良做法指南》（IPCC LULUCF GPG）、气候、社区和生物多样性联盟（CCBA）开发的项目设计标准（CCB）、气候组织（CG）、国际排放交易联盟（IETA）和世界经济论坛（WEF）联合开发的与红树林保护相关的核证减排标准（VCS）以及联合国气候变化框架公约（UNFCCC）有关清洁发展机制（CDM）下的《退化红树林生境造林再造林方法学》（AR-AM0014，V3.0）及其工具的研究和分析，结合我国红树林保护的工作实际和经验，经有关领域专家学者及利益相关方反复研讨后编制而成。

本方法学参考了下列方法学、指南和方法学工具：

IPCC《2006 年国家温室气体清单指南（2019 修订版）》

IPCC《土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》（IPCC,2003）

CCBA 气候、社区与生物多样性项目设计标准（CCBA,2013）

VM0007：VCS REDD+方法学框架（v1.8）

VMD0001：林地和无林地地上和地下生物量碳储量的估算（v1.2）

VMD0006：计划内的砍伐森林和森林退化造成的基线碳储量变化和温室气体排放量的估算（v1.4）

VMD0007：估计基线碳储量变化和计划外的砍伐造成的温室气体排放量的估算（v3.3）

VMD0042：泥炭地复湿和保护项目活动中基线土壤碳储量变化和温室气体排放的估算（v1.1）

VMD0046：泥炭地复湿和保护项目活动中的土壤碳储量变化和温室气体排放和清除的监测（v1.1）

VMD0004：土壤有机碳库储量的估算（v1.1）

VMD0016：项目区域内的分层方法（v1.3）

VMD0002：枯死木碳库碳储量的估算（v1.1）

---

VT0001：用于证明和评估 VCS 农业、林业和其他土地利用(AFOLU)项目活动中额外性的工具（v3.0）

AR-AM0014：CDM 退化红树林生境造林再造林方法学（V03.0）

AR-TOOL02：CDM 项目活动基线情景确定和额外性论证工具（V01）

AR-TOOL14：CDM 项目活动乔灌木碳储量及其变化的估算工具（V04.2）

AR-TOOL12：CDM 项目活动枯死木和枯落物碳储量及其变化的估算工具（V03.1）

AR-TOOL08：CDM 项目活动生物质燃烧导致的非二氧化碳温室气体排放的估算工具（V04.0）

A6.4-SBM015-A11：标准：机制方法学中额外性表述（V01.0）

A6.4-SBM016-A12：标准：机制方法学中设置基线（V01.0）

## 2 适用条件

本方法学适用于以保护红树林生态系统、避免红树林面积减少或退化引起的碳排放和生物多样性减少以及振兴乡村为主要目的的项目活动，其适用条件包括：

- （a）项目活动符合国家和地方政府颁布的有关红树林保护的法律法规和政策措  
施以及相关的技术标准或规程；
- （b）项目边界内海域和土地权属清晰；
- （c）在未实施红树林保护碳汇项目活动的情景下，项目边界内的红树林部分或全  
部红树林会发生土地类型的转变；
- （d）项目活动不会造成项目开始前项目区内活动的转移；
- （e）项目活动不会移除枯死木、树根以及果实等；

此外，使用本方法学时，还需满足有关步骤中的其它相关适用条件。

## 3 规范性引用文件

本方法学遵循下列规范性文件的规定：

- （1）中华人民共和国国家标准《林业碳汇项目审定和核证指南》(GB/T 41198-  
2021)
- （2）中华人民共和国国家标准《红树林生态保护修复技术规程》(GB/T 44592-  
2024)



- 
- (3) 中华人民共和国国家标准《红树林生态修复监测和效果评估技术指南》  
(GB/T 45140-2025)

- (4) 中华人民共和国林业行业标准《红树林建设技术规程》(LY/T 1938-2011)

## 4 定义

本方法学所使用的有关术语的定义如下：

**红树林：**分布在热带、亚热带地区潮间带湿地的木本植物群落，不包括卤蕨、尖叶卤蕨等非木本红树植物。

**红树林生态系统：**以红树植物为主体的，包含了其他植物、动物、微生物、土壤 和 水体之间相互依存相互制约，并与环境相互影响，形成的生态系统。

**基线情景：**在没有拟议项目时，能合理代表项目区未来最可能发生的土地利用和管理的假定情景。

**项目情景：**在拟议项目活动下，项目边界内发生的土地利用和管理情景。

**项目边界：**是指由拥有土地所有权或使用权的项目参与方或其他项目参与方实施的红树林保护碳汇项目活动的地理范围。一个项目活动可以在若干个不同的地块上进行，但每个地块都应有特定的地理边界。该边界不包括位于两个或多个地块之间的湿地。

**计入期：**指项目情景相对于基线情景产生额外的温室气体减排量的时间区间。

**基线碳汇量：**基线情景下，项目边界内各碳库中的碳储量变化之和减去基线情景下由于土地利用方式改变引起的项目边界内温室气体排放的增加量。

**项目碳汇量：**项目情景下项目边界内所选碳库中的碳储量变化量减去拟议的碳汇项目活动引起的项目边界内温室气体排放的增加量。

**泄漏：**指由拟议项目活动引起的、发生在项目边界之外的、可测量的温室气体源排放的增加量。

**项目减排量：**指由拟议的红树林保护碳汇项目活动产生的净碳汇量。项目减排量等于项目碳汇量减去基线碳汇量，再减去泄漏量。

**额外性：**指项目碳汇量高于基线碳汇量的情形，这种额外的碳汇量在没有拟议的红树林保护碳汇项目活动时是不会产生的。

**碳库：**在碳循环过程中，红树林生态系统存储碳的各组成部分，包括地上生物质、地下生物质、枯落物、枯死木和土壤有机质碳库。

---

**地上生物质：**地表以上所有活体植物的生物质，包括茎干、气生根、枝、皮、叶、花和繁殖体（果实或胚轴）等。

**地下生物质：**地表以下所有植物活根的生物质，通常不包括难以从土壤中区分出来的细根（直径 $\leq 2.0\text{ mm}$ ）。

**枯落物：**土壤层以上，直径小于 $\leq 5.0\text{ cm}$ 、处于不同分解状态的所有死生物质。包括凋落物、腐殖质，以及难以从地下生物量中区分出来的细根。

**枯死木：**土壤层以上除枯落物以外的所有死生物质，包括枯立木、枯倒木以及直径 $\geq 5.0\text{ cm}$ 的枯枝、死根和树桩。

**土壤有机质：**一定深度内（通常为  $1.0\text{ m}$ ）矿质土和有机土（包括泥炭土）中的有机质，包括难以从地下生物量中区分出来的细根。

**生物多样性：**一定地区的全部物种、生物的所有遗传变异和各种各样的生态系统，包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性三个层次。

**社区：**聚居在一定地域范围内的人们所组成的社会生活共同体。

## 5 基线与碳计量方法

### 5.1 项目边界的确定

红树林保护碳汇项目活动区域可包括若干个不连续地块，每个地块应有特定的地理边界。项目边界可采用下述方法之一确定：

（a）采用北斗卫星导航系统（BDS）等卫星定位系统，直接测定项目地块边界的拐点坐标，单点定位误差不超过  $\pm 5\text{ 米}$ ；

（b）利用高分辨率的地理空间数据（如卫星遥感影像、航拍影像等）、红树林分布图等，在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取项目地块的边界坐标。

项目实施阶段的项目边界可采用上述方法(a)或(b)进行，面积测定误差不超过  $5\%$ 。

在项目审定和核查时，项目参与方须提交地理信息系统（GIS）产出的项目边界的矢量图形文件。在项目审定时，项目参与方须提供项目总面积三分之二或以上的红树林土地所有权或使用权的证据。在首次核查时，项目参与方须提供所有项目地块的土地所有权或使用权的证据。

## 5.2 碳库和温室气体排放源

本方法学对项目活动的碳库选择如表 5-1。其中地上生物质、地下生物质和土壤碳库是必须选择的碳库。由于红树林枯落物碳库受潮汐流影响，具有高的周转率，保护活动也不会降低枯落物的积累速率，因此该碳库保守地忽略不计。另外，项目参与方可以根据实际数据的可获得性、成本有效性、保守性原则，选择是否忽略枯死木碳库。

表 5-1 碳库的选择

碳库	是否选择	理由或解释
地上生物质	是	产生碳汇量的主要碳库。
地下生物质	是	产生碳汇量的主要碳库。
枯死木	可选择	项目参与方可选择计量该碳库； 根据方法学的适用条件，项目活动的实施会增加这个碳库，项目参与方也可根据减排量计算的保守性原则选择忽略该碳库。
枯落物	否	潮汐流使枯落物具有高的周转率和位移，且项目活动不会降低枯落物的积累速率，选择忽略该碳库不会导致项目减排量被高估。
土壤有机碳	是	产生碳汇量的主要碳库。

项目边界内的温室气体源排放选择如表 5-2：

表 5-2 温室气体排放源的选择

情景选择	温室气体排放源	气体种类	是否选择	理由或解释
基线情景	土地利用方式转变	CO <sub>2</sub>	可选择	根据方法学的适用条件，项目边界内的红树林转变为其他土地利用方式会带来碳排放。为避免过高估计减排量，仅计算红树林地转变为其他地类而产生的排放，不再计量转变为其他地类后人类活动的排放，项目参与方可选择计量该排放； 项目参与方也可更为保守地选择不计算此排放。
	红树林生态系统	CH <sub>4</sub>	是	红树林生态系统的微生物会对土壤有机质进行厌氧分解，并释放甲烷。
项目情景	自然灾害	CO <sub>2</sub>	否	海啸、病虫害等自然灾害导致的 CO <sub>2</sub> 排放已在碳储量变化中考虑。
	红树林生态系统	CH <sub>4</sub>	是	红树林生态系统的微生物会对土壤有机质进行厌氧分解，并释放甲烷。

## 5.3 项目期和计入期

项目参与方或其他项目参与方必须准确说明项目活动的开始时间、计入期和项目期，并解释选择的理由。

红树林保护碳汇项目的开始时间是指开始实施红树林保护活动的日期。项目参与方须提供透明的、可核实的证据，证明项目活动是 2010 年 1 月 1 日以后实施的。

---

计入期是指项目活动相对于基线情景产生额外的温室气体减排、生物多样性保护以及促进社区发展效益的时间区间。本方法学计入期的起始日期不应早于 2010 年 1 月 1 日。计入期最短为 20 年，最长不超过 60 年。

项目期是指实施红树林保护碳汇项目活动开始到项目活动结束的间隔时间。

## 5.4 基线情景识别与额外性论证

红树林保护碳汇项目活动基线情景的识别须基于透明、保守性的原则，确定在没有红树林保护活动的情景下红树林的碳汇量、社区发展状况以及生物多样性状况。项目业主或其他项目参与方要提供所有与基线情景识别和额外性论证相关的数据、原理、假设、理由和文本（如相关官方文件批复、运用模型进行模拟预测的原始数据集等），由独立的第三方机构进行可信度评估。

### 5.4.1 基线情景识别

项目开发方应优先选择与项目区域在社会经济和生态环境等方面条件相似的区域作为对照区，以对照区的土地利用方式转变情况作为基线情景下项目区域内土地利用方式转变的情况，确定基线情景下红树林地减少或退化速率及转变为其他地类的情况，对照区域的选择可以不受限于面积要素。在无法获取对比地块的情况下可以使用以下方法预测项目区未来的土地利用情景：

#### 1) 影响红树林的关键因素识别

**自然因素：**项目地潮汐范围与频率、盐度、沉积速率、海岸线侵蚀/淤积动态、极端天气事件频率/强度(台风、风暴潮)、海平面上升情景；

**人为因素：**水产养殖塘扩张压力、港口/码头建设、围垦活动、旅游开发强度、保护区管理政策有效性、海堤/护岸建设面积；

**生态过程因素：**红树林扩散风险、病虫害风险、与其他生态系统(如盐沼、海草床)的发生相互作用风险；

将上述数据作为预测模型的输入量。

#### 2) 数据获取

**土地利用数据：**收集对照区域 Landsat TM/ETM/OLI 遥感影像以及土地利用类型栅格数据集和矢量数据集等能体现对照区域历史土地利用情况的数据，可以选用中国土地利用

---

现状遥感监测数据库作为数据来源(该数据库是目前我国精度最高的土地利用遥感监测数据产品);

其他数据：水文气象数据、社会经济统计数据、项目区规划性政策文件等。

### 3) 项目区域划分

将项目区划分为核心区、生态修复区和可持续利用区以适应预测模型的驱动条件。核心区禁止任何形式的土地利用情景转化；生态修复区允许将适宜区域(如废弃养殖塘等)恢复为红树林；可持续利用区允许开发有限的生态养殖或生态旅游。

### 4) 预测模型构建

红树林的发展过程除了需要考虑潮汐作用、盐度梯度、生物迁徙廊道等独特因子外，项目所在地政策变化也会对红树林的存续产生影响，而传统模型对这些复杂非线性关系的刻画能力有限，机器学习/神经网络技术的引入将能显著提升预测精度、捕捉复杂非线性关系并优化空间格局的模拟。

在预测模型构建时应获取至少 3 期项目所在区域的土地利用类型数据，使用第 1 期和第 2 期的数据模拟第 3 期的土地利用类型预测结果，若第 3 期的预测结果和真实土地利用类型之间的卡帕系数 $>0.8$ ，则认为预测模型的结果是可信的，可以被用于预测项目区域未来的土地利用情景。按照预测精确度和计算成本逐次下降的模型选择策略依次为：

a. FLUS 模型增强方案：利用多层感知机(MLP)、卷积神经网络(CNN)、随机森林(RF)、XGBoost 和 LightGBM 等优化算法替代 FLUS 模型本身的神经网络模块，在保留预测结果空间属性的同时提高模型的可解释性和预测准度；

b. CA-Markov 模型增强方案：使用神经网络技术替代元胞自动机—马尔科夫链中的原有转移概率计算模块，在满足总需求的迭代分配过程中，引入多智能体强化学习算法，在存在生态约束(联通廊道、核心区保护、政策因素)的情况下获得可能性最大的空间分配策略；

c. 基础模型方案：使用 FLUS 模型或 CA-Markov 模型的基础架构预测未来土地利用情景，保留红树林生态系统发展的过程刻画；

d. 图神经网络方案：在人文和经济数据难以获得同时无法开展外业调查的情况下，可选用图卷积网络(GCNs)、图注意力网络(GANs)和 Graph SAGE 等技术，直接根据以往土地利用类型数据预测未来的基线情景。

## 5.4.2 额外性论证

开展红树林保护碳汇项目的额外性可按照以下方法进行论证：

### a. 免于论证

红树林湿地属于重要的海岸带生态系统，具有防风消浪、促淤护岸、固碳储碳和维持生物多样性等生态功能。保护红树林能够有效发挥红树林生态功能，但容易受到极端气候事件和人类活动的干扰，建设和管护成本高，开展红树林保护项目通常不具备财务吸引力，如在项目计入期项目边界内没有开展任何经营性的活动，其额外性可免于论证。

### b. 一般论证

其他红树林保护项目可按照以下步骤对项目额外性进行论证：

**步骤 1：普遍性分析。**普遍性分析旨在证明拟议项目活动并非普遍性做法。普遍性做法，指在拟开展项目活动的地区或相似地区（相似的地理位置、环境条件、社会经济条件以及投资环境等），经营机构普遍实施的类似保护活动或方案中规定活动。项目参与方须提供透明性文件，证明拟议红树林保护项目的技术措施与项目活动地区或相似地区普遍性做法有本质差异。项目活动一旦被认为不是普遍性做法，即被认定为在其计入期内具有额外性。

如果拟议项目活动是普遍性做法，项目参与方需要通过下述“投资分析”或“障碍分析”来确定拟议项目具有额外性。

**步骤 2：投资分析。**投资分析旨在确定拟议项目在没有温室气体减排量收益的情况下，不具备经济或财务上的吸引力。投资分析可作为独立步骤进行额外性分析，也可与障碍分析（步骤 3）结合使用。

红树林保护碳汇项目除项目获得的减排量收益外无法产生任何经济收益，因此使用简单成本分析法进行分析。若拟议项目单位面积建设和维护成本高于项目所在区域指导成本（见表 5-3），认为拟议项目具备额外性。如果采用投资分析，项目参与方应提供可靠的定量分析的证据。

表 5-3 不同区域红树林保护碳汇项目指导成本<sup>[1][2]</sup>

区域	成本（美元/公顷）
非洲	7343
除中国以外的亚洲	14678
澳大利亚	13620
拉丁美洲	14637
太平洋岛屿	16723
美国	66230

中国	25186
----	-------

**步骤 3：障碍分析。**障碍分析旨在确定拟议项目是否存在特有的障碍，拟议项目情景是否有助于克服该障碍。障碍分析可以替代投资分析或者可以与投资分析结合进行。

障碍分析包括但不限于以下三类：

（1）技术障碍：包括缺少必需的材料（如种植材料），缺乏有技能的和接受过良好培训的劳动力，缺少法律、传统、市场条件和时间措施等相关知识，缺少实践经验等；

（2）机制障碍：包括对政府政策或法律变更相关的风险、执法机构的缺失，技术实施的制度性排斥，缺少激励机制或政策、缺少项目实施的组织机制等；

（3）生态障碍：包括自然环境的退化、自然灾害或人为意外灾害事件的发生、不利的气象条件、潜在的生物入侵和种群演替、农牧活动造成的生态压力等因素。

项目参与方可能存在多种实施障碍，但只要证明一种障碍存在即可。

## 5.5 碳层划分

项目边界内生物质碳库生物量的分布往往是不均匀的，为提高碳储量变化量计算精度，应按照不同的分层因子将项目边界内的地块划分不同碳层，包括项目设计阶段的碳层划分和项目实施阶段的碳层划分。

项目设计阶段的碳层划分用于预估碳储量变化量，综合考虑项目边界内主要植被类型、植被冠层覆盖度或土地利用类型，以及树种组成、生活型等因素划分碳层，将无显著差别的地块划分为同一碳层。

项目实施阶段的碳层划分用于计算碳储量变化量，主要基于项目设计阶段碳层的划分，结合红树林生长的实际情况进行调整确定。若存在自然因素（如病虫害、台风风暴潮、寒潮等）或人为干扰（如砍伐等）引起植物死亡，导致原有碳层的异质性增加，或因海域使用或土地利用类型发生变化造成碳层边界发生变化，须对项目碳层进行调整。

## 5.6 基线情景

### 5.6.1 基线情景碳汇量

红树林保护碳汇项目基线情景碳汇量主要考虑基线情景下红树林生态系统的林木生物量、灌木生物量、藤本生物量、枯死木碳库及土壤有机碳的碳储量变化量，还有土地利用变化（由红树林转化为耕地、建设用地等其他地类）导致红树林退化、面积减少甚至消失

所产生的温室气体排放量的增加量，以及红树林生态系统自身的甲烷排放造成的温室气体排放量的增加量。本方法学基线情景碳汇量计算方法见附件 1。

### 5.6.2 基线情景社区状况

红树林保护碳汇项目基线情景社区状况主要描述当地社区在无项目实施情况下当地社区的社会、经济和文化情况及其潜在的变化趋势，详细内容应包括基线情景下当地社区的社会和经济状况、土地利用和权属情况及生态系统服务情况。具体描述内容及其调查方法详见表 5-4。

表 5-4 社区状况描述内容

状况评估要素	描述内容及其调查方法
当地社区社会和经济状况	应用参与式乡村评估和生计框架等方法，调查和评估项目边界内及其周边社区社会和经济状况，主要内容包括居民的人口数量、年龄结构、家庭结构、性别比、教育背景、年均收入和来源以及支出用途等项目区居民基本信息，以及当地社区居民目前使用或具有潜在用途的资源种类、分布状况以及使用程度。
土地利用和权属情况	调查和描述项目边界内的土地利用情况以及土地所有权、使用权及使用期等权属情况。
生态系统服务情况	调查和描述项目边界内的生态系统服务功能和价值，及其对当地和周边社区居民生活的影响。

### 5.6.3 基线情景生物多样性状况

红树林保护碳汇项目基线情景生物多样性状况主要描述在无拟议项目实施情况下的原始生物多样性状况及其潜在变化趋势，详细内容应包括基线情景下野生物种生存状况、与多样性相关的高价值保护物种、生物多样性潜在威胁因素和生物多样性景观特征描述。具体描述内容及调查方法见表 5-5。

表 5-5 生物多样性状况描述内容

状况描述要素	描述内容及其调查方法
野生物种生存状况	应用关键物种生境分析、通道分析等方法描述基线情景下项目边界内的野生物种生存状况
项目区域内与生物多样性相关的高价值保护物种	可以采用已有的历史文献和科研成果进行文献调研以及实地访谈，调查项目所在地区在项目开始前是否有被列入世界自然保护联盟（IUCN）红色名录或被列为国家和地方重点保护的珍稀濒危物种。
生物多样性潜在威胁因素	通过历史文献、实地访谈以及航空影像资料的收集，调查对项目所在地威胁生物多样性的因素： a 住宅及商业发展：调查商业服务业用地、工矿用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地、特殊用地和交通运输用地等情况与范围； b 能源生产和采矿：调查采矿、挖石、石油和天然气钻井勘探等情况； c 生物资源利用：调查以商业、娱乐、研究为目的的人为捕猎与采集等情况； d 人为侵扰干扰：调查娱乐活动（旅游、野营、携带宠物等）、军事演练等情况。



	e 自然生态系统的改变：火灾情况、水坝修建及使用等情况。 根据实际情况，还可开展外来入侵物种的引进途径调查，调查项目所在地是否存在列入我国及国际组织、其他国家或地区的外来入侵物种名录、检疫性有害生物、危险性有害生物或其他有害生物名单的情况，同时调查项目所在地区的社会经济活动中所有可能引进外来物种的途径，包括外来物种的引种、生产、加工、经营、进口和出口等以及其它贸易、交通运输和旅游等。
生物多样性景观特征描述	应用物种的丰富度和多样性、景观的连通性、栖息地破碎状况、生境及其多样性等指标，对项目区域内生物多样性景观格局进行描述。

## 5.7 项目情景

### 5.7.1 项目情景碳汇量

项目情景碳汇量等于项目边界内各碳库中碳储量变化之和，减去项目边界内产生的温室气体排放的增加量。项目情景下项目边界内红树林的温室气体排放主要是红树林生态系统自身的甲烷排放造成的温室气体排放量的增加量。项目情景碳汇量的具体计算方法见附件 2。

### 5.7.2 泄漏

根据本方法学的适用条件，项目活动不会造成项目边界内未来可能开展的土地利用方式的转移，也不考虑项目活动中使用运输工具和燃油机械造成的排放。因此在本方法学下，红树林保护活动不考虑潜在泄漏，即 $LK_t=0$ ，其中 $LK_t$ 为第 $t$ 年时项目活动所产生的泄漏排放量。

### 5.7.3 项目减排量

项目减排量等于项目情景碳汇量减去基线情景碳汇量，再减去项目活动引起的泄漏量。本方法学项目减排量计算方法见附件 3。

### 5.7.4 项目情景社区状况

项目情景社区状况主要评估在项目情景下项目活动对当地社区社会、经济和文化方面、土地利用情况和生态系统服务的正面与负面影响，详细评价内容和方法参照基线情景社区状况描述，详见表 5-4。

---

### 5.7.5 项目情景生物多样性状况

项目情景生物多样性状况主要评估在项目情景下项目活动对项目区域内野生生物生存情况、与生物多样性保护的高价值物种保护、生物多样性潜在威胁因素和生物多样性景观格局的正面与负面影响，评价内容和方法参照基线情景生物多样性状况描述，详见表 5-5。

## 6 监测程序

项目参与方在编制项目设计文件时，必须制定详细的监测计划，提供监测报告和核查所有必需的相关证明材料和数据。除非在监测数据/参数表中另有要求，均须按相关标准进行全面的监测和测定。监测过程中收集的所有数据都须以电子版和纸质方式存档，直到计入期结束后至少两年。

### 6.1 碳效益的监测

#### 6.1.1 基线碳汇量的监测

基线碳汇量在编制项目设计文件时，在项目设计阶段计量确定。一旦项目被审定，在项目计入期内就是有效的，因此不需要对基线碳汇量进行监测。

#### 6.1.2 项目边界的监测

- (1) 边界变化都应采用北斗卫星导航系统（BDS）或其他卫星导航系统，进行单点定位或差分技术直接测定项目地块边界的拐点坐标。也可利用高分辨率的地理空间数据（如卫星影像、航片），在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取项目地块的边界坐标。在监测报告中说明使用的坐标系，使用仪器设备的精度；
- (2) 检查实际边界坐标是否与项目设计文件中描述的边界一致；
- (3) 如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之外，位于项目设计文件确定的边界外的部分将不能纳入监测范围；
- (4) 如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之内，则以实际边界为准；
- (5) 将测定的拐点坐标或项目边界输入地理信息系统，计算项目地块及各碳层的面积；
- (6) 在计入期内须对项目边界进行定期监测，如果项目边界发生任何变化，例如发生毁林，应测定毁林的地理坐标和面积，并在下次核查中予以说明。毁林部分地块将调出项目边界之外，并在之后不再监测，也不能再重新纳入项目边界内。但是，

---

如果在调出项目边界之前，对这些地块进行过核查，其前期经核查的碳储量应保持不变，并纳入碳储量变化的计算中。

### 6.1.3 碳层更新

在项目执行过程中，可能由于下述原因的存在，需要在每次监测时对项目设计阶段或上一次监测时划分的碳层进行更新：

- (1) 计入期内可能发生无法预计的干扰，从而增加碳层内的变异性；
- (2) 发生土地利用变化（项目地转化为其他土地利用方式）；
- (3) 过去的监测发现层内碳储量及其变化存在变异性。可将变异性太大的碳层细分为两个或多个碳层；将变异性相近的两个或多个碳层合并为一个碳层；
- (4) 某些项目在设计阶段或上一次监测时划分的碳层可能不复存在。

### 6.1.4 抽样设计

本方法学要求达到 90%可靠性水平下 90%的精度要求。如果测定的精度低于该值，项目参与方可通过增加样地数量，从而使测定结果达到精度要求。项目监测所需要的样地数量的计算方法见附件 4。

### 6.1.5 样地设置

项目参与方须基于固定样地的连续测定方法，采用碳储量变化法，测定和估计相关碳库中碳储量的变化。在各项目碳层内，样地的空间分配采用随机起点、系统布点的布设方案。

为了避免边际效应，样地边缘应离地块边界至少 10m 以上。

在测定和监测项目边界内的碳储量变化时，可采用矩形或圆形样地。样地水平面积为 100-600m<sup>2</sup>。在同一个红树林保护碳汇项目中，所有样地的面积应当相同。此外，红树林土壤碳储量评估的采集标准深度宜为 100 cm。使用土壤柱状采样器采集原状土壤沉积物柱状样品，并将采集的土柱按预定深度（如 0-15 cm, 15-30 cm, 30-50 cm, 50-100 cm）进行分层。

选用的样地应保证其内部的红树林保护活动与项目边界内样地外的红树林保护活动完全一致，并尽可能保证样地在碳层内均匀分布。

---

### 6.1.6 监测频率

项目开始后，红树林生态系统碳储量的监测频率为 3-8 年一次，突发或偶发事件发生时，如强热带风暴、快速海平面上升或土地利用方式改变等，可以在原计划的基础上增加监测频率。

### 6.1.7 林木生物质碳储量的测定

林木生物质碳储量的测定见附件 5。

### 6.1.8 灌木生物质碳储量的测定

项目边界内灌木生物质碳储量及其变化在项目设计阶段进行了预估。根据保守性原则和成本有效性原则，项目参与方可以选择不再对其进行监测。但是如果项目活动或项目边界发生变化，项目参与方要根据调整后项目边界和分层，采用项目设计阶段的缺省方法重新计算项目边界内灌木生物质碳储量及其变化。项目参与方也可采用附件 6 的方法进行实地监测。

### 6.1.9 藤本生物质碳储量的测定

项目边界内藤本生物质碳储量变化量在项目设计阶段进行了预估。根据保守性原则和成本有效性原则，项目参与方可以选择不再对其进行监测。但是如果项目活动或项目边界发生变化，项目参与方要根据调整后的项目边界和项目分层，采用项目设计阶段的方法重新计算项目边界内藤本生物质碳储量及其变化。项目参与方也可以选择实测估计藤本生物质碳储量，方法见附件 7。

### 6.1.10 枯死木生物质碳储量的测定

项目边界内枯死木生物质碳储量的测定，项目参与方可选择基于林木生物质碳储量的测定结果乘以缺省因子来确定。也可以选择实测估计枯死木生物质碳储量，实测时应按枯立木和枯倒木分别进行测定和计算（对于连根拨起的倒木，应按枯立木来计算），具体监测方法见附件 8。

### 6.1.11 土壤有机碳储量的测定

项目边界内土壤有机碳储量及其变化在项目设计阶段进行了预估。根据保守性原则和成本有效性原则，项目参与方可以选择不再对其进行监测。但是如果项目活动或项目边界发生变化，项目参与方要根据调整后的项目边界和项目分层，采用项目设计阶段的方法重

新计算项目边界内土壤有机碳储量及其变化。项目参与方也可采用附件 9 的方法进行实地监测。

6.1.12 精度控制与校正

本方法学要求碳储量的测定达到 90%可靠性水平下 90%的精度。

如果测定的不确定性大于 10%，项目参与方可通过增加样地数量，从而使测定结果达到精度要求。项目参与方也可以选择下述方法。

若 $\Delta C_{PROJ,t} > 0$ ，则：

$$\Delta C_{TOTAL,t} = \Delta C_{PROJ,t} \cdot (1 - DR)$$

若 $\Delta C_{PROJ,t} < 0$ ，则：

$$\Delta C_{TOTAL,t} = \Delta C_{PROJ,t} \cdot (1 + DR)$$

式中：

$\Delta C_{TOTAL,t}$  = 第 $t$ 年时，项目边界内所选碳库的碳储量估测年变化量； $\text{tCO}_2\text{e}\cdot\text{a}^{-1}$

$\Delta C_{PROJ,t}$  = 第 $t$ 年时，项目边界内所选碳库的碳储量年变化量； $\text{tCO}_2\text{e}\cdot\text{a}^{-1}$

$DR$  = 基于监测结果不确定性的调减因子，如表 6-1

表 6-1 扣减率

不确定性（%）	$DR(\%)$
$\leq 10\%$	0%
$> 10\%$ 且 $\leq 20\%$	6%
$> 20\%$ 且 $\leq 30\%$	11%
$> 30\%$	增加监测样地数量

6.2 对当地社区与生物多样性影响的监测

6.2.1 对当地社区影响的监测

项目参与方必须制定监测计划以量化和记录项目活动引起的当地社区社会和经济状况的变化。监测计划应明确列出调查内容、调查方法、监测频率。

项目业主可采用参与式乡村评估或者半结构式访谈的调查方法对监测期期间项目对当地社区的影响状况进行评估，监测指标见表 6-2。

表 6-2 项目情景社区状况监测指标

基础指标	额外指标
项目活动将给社区带来净效益，即改善了社区当地的社会或经济状况。	加强针对当地社区参与应对气候变化行动的能力建设。
项目活动的实施有利于缓解了当地社区发展与保护红树林活动的矛盾。	加强针对妇女群体的能力建设，并推动其平等参与项目活动。

详实记载了当地利益相关群体项目参与情况。	加强针对当地社区内广泛群体的能力建设。
制定规范管理办法，以处理在项目实施过程中出现的冲突和意见。	项目设计及活动须尊重并契合当地风俗习惯。
确定了项目可能对项目区外的社区产生的潜在负面影响。	项目活动所产生的就业岗位（包括管理岗位）优先雇佣当地社区的相关利益群体。
制定了减少对社区产生负面影响的计划。	项目参与方能够依据相关法律法规充分保障雇员权益。

对监测期期间项目在社区方面的影响进行评估。根据项目所达成的指标数量，将项目分为优、良、合格、基本合格四级，各级划分依据如下：

优：完成全部基础指标，并完成 4 个以上额外指标。

良：完成全部基础指标，并完成 1-4 个额外指标。

合格：仅完成全部基础指标。

基本合格：没有完成全部基础指标。

## 6.2.2 对生物多样性影响的监测

项目参与方必须制定监测计划以量化和记录项目活动引起的生物多样性的变化。监测计划应明确列出调查内容、调查方法、监测频率。

项目参与方应选择合适的生物多样指标进行监测，包括物种的丰富度和多样性、景观的连通性、森林破碎状况、生境及其多样性等，对项目活动产生负面影响的生物多样性指标也应该进行监测。

项目须制定关于如何选择要监测的生物多样性指标和监测频率的初始计划。潜在的指标包括物种的丰富度和多样性、景观的连通性、森林破碎状况、生境及其多样性等。对受项目活动负面影响的其他生物多样性指标也应该进行监测，监测指标详见 6-3。

**表 6-3 项目情景生物多样性状况评估指标**

基础指标	额外指标
相较于基线情景，项目生物多样性没有受到影响	项目活动仅使用了本地种，或能论证项目使用的任何外来种在生物多样性效益方面优于本地种。
相较于基线情景，项目活动有助于减缓项目区域内濒危动植物濒危状况。	项目活动有效降低了外来入侵种的危害。
确定了项目可能引起的对项目边界外生物多样性的潜在负面影响。	项目活动能增强项目区域内水土保持性。
制定了项目计划减少对项目边界外生物多样性的负面影响。	项目活动有助于增强项目区域林分质量。
如若对项目区外的生物多样性产生了无法减轻的负面影响，提供了论证材料，对比由项目产生的项目区域内生物多样性效益，证明了项目对生物多样性保护的影响是积极的。	描述项目实施有助于修复破碎化栖息地和增强景观连通性。

项目实施后，本方法学将对项目在生物多样性方面的影响进行评级。根据项目所达成的指标数量，将项目分为优、良、合格及基本合格四级，各级划分依据如下：

优：完成全部基础指标，并完成 2 个以上额外指标。

良：完成全部基础指标，并完成 1-2 个额外指标。

合格：仅完成全部基础指标。

基本合格：没有完成全部基础指标。

6.2.3 项目评定

根据项目所产生当地社区效益和生物多样性效益，将项目划分为以下类型（见表 6-4）。根据项目开展后，当地社区和生物多样性状况的评定结果，以最低评级为标准将项目划分为 A、B、C、D 四类项目。

表 6-4 项目类别评定

当地社区 \ 生物多样性	优	良	合格	基本合格
优	A 类项目	B 类项目	C 类项目	D 类项目
良	B 类项目	B 类项目	C 类项目	D 类项目
合格	C 类项目	C 类项目	C 类项目	D 类项目
基本合格	D 类项目	D 类项目	D 类项目	D 类项目

6.2.4 可持续发展碳信用的核算

根据项目评定结果，按照表 6-5 的换算系数对项目减排量进行调整得出可持续发展碳信用（ $\Delta C_{SD,t}$ ），计算方法如下：

若项目为 A 类项目，则对项目减排量不进行调整,即： $\Delta C_{SD,t} = \Delta C_{NET,t}$ ；

若项目为 B 类项目，则对项目减排量进行 1%的扣减调整，即： $\Delta C_{SD,t} = \Delta C_{NET,t} - \Delta C_{NET,t} * 0.01$ ；

若项目为 C 类项目，则对项目减排量进行 5%的扣减调整，即： $\Delta C_{SD,t} = \Delta C_{NET,t} - \Delta C_{NET,t} * 0.05$ ；

若项目为 D 类项目，则对项目减排量进行 10%的扣减调整，即： $\Delta C_{SD,t} = \Delta C_{NET,t} - \Delta C_{NET,t} * 0.1$ 。

表 6-5 换算系数

项目等级	换算系数
A 类	0
B 类	0.01
C 类	0.05
D 类	0.1

6.3 不需要监测的数据和参数

不需要监测的数据和参数见附件 10。

---

## 6.4 需要监测的数据和参数

需要监测的数据和参数见附件 11。



## 7 附件

### 7.1 附件 1 基线情景碳汇量计算方法

本附件对应正文 5.6.1 节内容。

$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{BIO\_BSL,t} - \Delta GHG_{BSL,t}$	公式（1）
$\Delta C_{BIO\_BSL,t} = \Delta C_{TREE\_BSL,t} + \Delta C_{SHRUB\_BSL,t} + \Delta C_{VINE\_BSL,t} + \Delta C_{DW\_BSL,t} + \Delta C_{SOC\_BSL,t}$	公式（2）
式中：	
$\Delta C_{BSL,t}$	= 第 $t$ 年的基线碳汇量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{BIO\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线红树林生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{TREE\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{SHRUB\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线灌木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{VINE\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线藤本生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{DW\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线枯死木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{SOC\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线土壤有机碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta GHG_{BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，基线情景下项目边界内温室气体排放的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$

#### 7.1.1 基线红树林林木生物质碳储量的变化

假定一段时间内（第 $t_1$ 至 $t_2$ 年）红树林基线情景下各碳层林木生物量的变化是线性的，变化采用“碳储量变化法”进行估算。计算方法如下：

$\Delta C_{TREE\_BSL,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{TREE\_BSL,i,t}$	公式（3）
$\Delta C_{TREE\_BSL,i,t} = \frac{C_{TREE\_BSL,i,t_2} - C_{TREE\_BSL,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式（4）
式中：	
$\Delta C_{TREE\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{TREE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{TREE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层林木的生物质碳储量； $tCO_2e$
$t_1, t_2$	= 基线情景第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年， $t_1 \leq t \leq t_2$
$i$	= 1,2,3.....项目碳层
$t$	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数； $a$

红树林林木生物质碳储量计算方法为利用林木生物量含碳率将林木生物量转化为碳含量，再利用  $CO_2$  与 C 的分子量比（44/12）将碳含量（ $tC$ ）转换为二氧化碳当量（ $tCO_2e$ ）：

$C_{TREE\_BSL,i,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} (B_{TREE\_BSL,i,j,t} * CF_j)$	公式（5）
式中：	
$C_{TREE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层林木的生物质碳储量； $tCO_2e$
$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的生物量； $t d.m.$
$CF_j$	= 树种 $j$ 的生物量含碳率； $tC \cdot (td.m.)^{-1}$
$i$	= 1,2,3.....项目碳层

$j$	=	1,2,3.....基线第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
-----	---	---------------------------------------

项目参与方可以根据下述从优至劣的方法，选择采用其中一个方法来估算第*t*年时，基线第*i*碳层树种*j*的生物量：

#### 方法I：生物量方程法

项目方可根据“生物量方程法”来估算第*t*年时，基线第*i*碳层树种*j*的生物量（ $B_{TREE\_BSL,i,j,t}$ ），计算方法如下：

预测基线情景下，计入期内不同年份（*t*）第*i*碳层树种*j*的胸径（*DBH*）、树高（*H*）和木材密度（ $\rho$ ），利用生物量方程法计算林木生物量：

$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = f_{AB,j}(DBH_{TREE\_BSL,i,j,t} H_{TREE\_BSL,i,j,t} \rho_j) * (1 + R_j) * N_{TREE\_BSL,i,j,t} * A_{BSL_i}$		公式（6）
式中：		
$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层树种 <i>j</i> 的生物量；t d.m.
$f_{AB,j}(DBH, H, \rho)$	=	树种 <i>j</i> 的林木地上生物量与胸径、树高与木材密度的相关方程；t d.m·株 <sup>-1</sup>
$DBH_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层树种 <i>j</i> 的胸径；
$H_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层树种 <i>j</i> 的树高；
$\rho_j$	=	树种 <i>j</i> 的木材密度；
$R_j$	=	树种 <i>j</i> 的林木地下生物量/地上生物量之比；无量纲
$N_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层树种 <i>j</i> 的每公顷株数；株·hm <sup>-2</sup>
$A_{BSL_i}$	=	基线第 <i>i</i> 碳层的面积；hm <sup>2</sup>
<i>i</i>	=	1,2,3.....项目碳层
<i>j</i>	=	1,2,3.....基线第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
<i>t</i>	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

如若有树种*j*依据上述方法选择的地上生物量相关方程未包含呼吸根生物量的计量，可依据下述方法单独计算呼吸根生物量，将其与公式（6）计算结果相加，方可得到该树种的全株生物量：

$B_{AR\_BSL,i,j,t} = f_{AR,j}(h) * N_{AR\_BSL,i,j,t} * A_{BSL_i}$		公式（7）
式中：		
$B_{AR\_BSL,i,j,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层树种 <i>j</i> 呼吸根生物量；t d.m.
$f_{AR,j}(h)$	=	树种 <i>j</i> 呼吸根生物量与呼吸根高度的异速生长方程；t d.m·株 <sup>-1</sup>
<i>h</i>	=	树种 <i>j</i> 呼吸根的高度；
$N_{AR\_BSL,i,j,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层树种 <i>j</i> 呼吸根的平均每公顷数量株·hm <sup>-2</sup>
$A_{BSL_i}$	=	基线第 <i>i</i> 碳层的面积；hm <sup>2</sup>
<i>i</i>	=	1,2,3.....项目碳层
<i>j</i>	=	1,2,3.....基线第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
<i>t</i>	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = f_{TB,j}(DBH_{TREE\_BSL,i,j,t} H_{TREE\_BSL,i,j,t} \rho_j) * N_{TREE\_BSL,i,j,t} * A_{BSL_i}$		公式（8）
--	--	-------

式中:		
$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的生物量; t d.m.
$f_{TB,j}(DBH, H, \rho)$	=	树种 $j$ 的全株生物量与胸径、树高以及木材密度的相关方程; t d.m·株 <sup>-1</sup>
$DBH_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的胸径;
$H_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的树高;
$\rho_j$	=	树种 $j$ 的木材密度;
$N_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的平均每公顷株数; 株·hm <sup>-2</sup>
$A_{BSL_i}$	=	基线第 $i$ 碳层的面积; hm <sup>2</sup>
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$j$	=	1,2,3.....基线第 $i$ 碳层的树种 $j$
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数; a

## 方法II: 生物量转换因子法

项目参与方还可采用下述方法计算林木生物量:

$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = V_{TREE\_BSL,i,j,t} * \rho_j * BEF_j * (1 + R_j) * A_{BSL_i}$		公式 (9)
式中:		
$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的生物量; t d.m.
$V_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单位面积蓄积量; m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>
$\rho_j$	=	树种 $j$ 的木材密度;
$BEF_j$	=	树种 $j$ 的生物量扩展因子; 无量纲
$R_j$	=	树种 $j$ 的林木地下生物量/地上生物量之比; 无量纲
$A_{BSL_i}$	=	基线第 $i$ 碳层的面积; hm <sup>2</sup>
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$j$	=	1,2,3.....基线第 $i$ 碳层的树种 $j$
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数; a

## 方法III: 平均生长量法

如果项目边界内红树林或其中部分区域未进入成林稳定阶段, 且项目参与方有该区域的红树林单株或单位面积生物量年变化量的数据, 可直接根据该数据估算项目开始以后各年度的林木生物量, 直至红树林进入成林稳定阶段。此后, 假定红树林林木生物量变化量为0。

$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = B_{TREE\_BSL,i,j,t-1} + \bar{B}_{TREE\_BSL,i,j,t} * (1 + R_j) * N_{TREE\_BSL,i,j,t} * A_{BSL_i}$		公式 (10)
式中:		
$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的生物量; t d.m.
$B_{TREE\_BSL,i,j,t-1}$	=	第 $t-1$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的生物量; t d.m.
$\bar{B}_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单株地上生物量年变化量; t d.m·a <sup>-1</sup> ·株 <sup>-1</sup>
$R_j$	=	树种 $j$ 的林木地下生物量/地上生物量之比; 无量纲
$N_{TREE\_BSL,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单位面积株数; 株·hm <sup>-2</sup>

$A_{BSL_i}$	=	基线第 <i>i</i> 碳层的面积；hm <sup>2</sup>
<i>i</i>	=	1,2,3.....项目碳层
<i>j</i>	=	1,2,3.....基线第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
<i>t</i>	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

### 7.1.2 基线红树林灌木生物质碳储量的变化

假定一段时间内（第*t*<sub>1</sub>至*t*<sub>2</sub>年）基线情景下各碳层灌木生物量的变化是线性的前提下，变化采用“碳储量变化法”进行估算。计算方法如下：

$\Delta C_{SHRUB\_BSL,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{SHRUB\_BSL,i,t}$	公式（11）
$\Delta C_{SHRUB\_BSL,i,t} = \frac{C_{SHRUB\_BSL,i,t_2} - C_{SHRUB\_BSL,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式（12）
式中：	
$\Delta C_{SHRUB\_BSL,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，项目边界内基线灌木生物质碳储量的年变化量；tCO <sub>2</sub> e·a <sup>-1</sup>
$\Delta C_{SHRUB\_BSL,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层灌木生物质碳储量的年变化量；tCO <sub>2</sub> e·a <sup>-1</sup>
$C_{SHRUB\_BSL,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层灌木的生物质碳储量；tCO <sub>2</sub> e
<i>t</i> <sub>1</sub> , <i>t</i> <sub>2</sub>	= 基线情景第 <i>t</i> <sub>1</sub> 年和第 <i>t</i> <sub>2</sub> 年， <i>t</i> <sub>1</sub> ≤ <i>t</i> ≤ <i>t</i> <sub>2</sub>
<i>i</i>	= 1,2,3.....项目碳层
<i>t</i>	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

第*t*年时，基线第*i*项目碳层灌木的生物质碳储量计算方法如下：

$C_{SHRUB\_BSL,i,t} = \frac{44}{12} * CF_S * (1 + R_S) * B_{SHRUB\_BSL,i,t} * A_{BSL_i}$	公式（13）
式中：	
$C_{SHRUB\_BSL,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层灌木的生物质碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$CF_S$	= 灌木生物量含碳率；tC·(td.m.) <sup>-1</sup>
$R_S$	= 灌木的地下生物量/地上生物量之比；无量纲
$B_{SHRUB\_BSL,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层平均每公顷的灌木生物量；t d.m·hm <sup>-2</sup>
$A_{BSL_i}$	= 基线第 <i>i</i> 碳层的面积；hm <sup>2</sup>
<i>i</i>	= 1,2,3.....项目碳层
<i>t</i>	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数；a
44/12	= CO <sub>2</sub> 与C的分子量比；无量纲

灌木平均每公顷生物量可采用缺省值法进行估算，即当灌木盖度<5%时，基线情景的灌木生物质碳储量变化可被假定为0；当灌木盖度≥5%时，按下列方式进行估算：

$B_{SHRUB\_BSL,i,t} = BDR_{SF} * B_{TREE} * CC_{SHRUB\_BSL,i,t}$	公式（14）
式中：	
$B_{SHRUB\_BSL,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层平均每公顷的灌木生物量；t d.m·hm <sup>-2</sup>
$BDR_{SF}$	= 灌木盖度为1.0时的平均每公顷灌木地上生物量，与项目实施区域的平均每公顷林木地上生物量的比值；无量纲
$B_{TREE}$	= 平均每公顷林木地上生物量；t d.m·hm <sup>-2</sup>
$CC_{SHRUB\_BSL,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时，基线第 <i>i</i> 碳层的灌木盖度,以小数表示（如盖度为10%，则

		$CC_{SHRUB\_BSL_{it}}=0.10$ )；无量纲
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

### 7.1.3 基线红树林藤本生物质碳储量的变化

基于成本有效与保守性原则，当藤本生物质碳储量占项目边界内总碳储量的比例低于5%时，项目参与方可选择不计量藤本生物质碳储量。假定一段时间内（第 $t_1$ 至 $t_2$ 年）基线情景下各碳层藤本生物量的变化是线性的前提下，变化采用“碳储量变化法”进行估算，计算方法如下：

$\Delta C_{VINE\_BSL,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{VINE\_BSL,i,t}$	公式（15）
$\Delta C_{VINE\_BSL,i,t} = \frac{C_{VINE\_BSL,i,t_2} - C_{VINE\_BSL,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式（16）
$C_{VINE\_BSL,i,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} (B_{VINE\_BSL,i,j,t} * CF_{V,j})$	公式（17）
式中：	
$\Delta C_{VINE\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内基线藤本生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{VINE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层藤本植物生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{VINE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层藤本植物的生物质碳储量； $tCO_2e$
$B_{VINE\_BSL,i,j,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层藤本植物 $j$ 的生物量；t d.m.
$t_1, t_2$	= 基线情景第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年， $t_1 \leq t \leq t_2$
$CF_{V,j}$	= 藤本植物 $j$ 生物量含碳率； $tC \cdot (td.m.)^{-1}$
$i$	= 1,2,3.....项目碳层
$t$	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数；a
44/12	= $CO_2$ 与C的分子量比；无量纲

项目方可根据下列方法来估算第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层藤本植物 $j$ 生物质的生物量：

$B_{VINE\_BSL,i,j,t} = f_{VINE}(\Phi) * N_{VINE\_BSL,i,t} * A_{BSL_i}$	公式（18）
式中：	
$B_{VINE\_BSL,i,j,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层藤本植物 $j$ 的生物量；t d.m.
$f_{VINE}(\Phi)$	= 基于藤本植物距地面1.3m处直径与生物量相关关系建立的异速生长方程； $t d.m \cdot 株^{-1}$
$\Phi$	= 藤本植物 $j$ 距地面1.3m处直径；cm
$N_{VINE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时，基线第 $i$ 碳层藤本植物 $j$ 的平均每公顷株数；株 $\cdot hm^{-2}$
$A_{BSL_i}$	= 基线第 $i$ 碳层的面积； $hm^2$
$i$	= 1,2,3.....项目碳层
$t$	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

### 7.1.4 基线红树林枯死木生物质碳储量的变化

基线情景下各碳层枯死木碳储量的变化量采用“碳储量变化法”与“缺省值法”估算：

$\Delta C_{DW\_BSL,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{DW\_BSL,i,t}$	公式 (19)
$\Delta C_{DW\_BSL,i,t} = \frac{C_{DW\_BSL,i,t_2} - C_{DW\_BSL,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式 (20)
$C_{DW\_BSL,i,t} = C_{TREE\_BSL,i,t} * DF_{DW}$	公式 (21)
式中:	
$\Delta C_{DW\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时, 项目边界内基线枯死木生物质碳储量的年变化量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{DW\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层枯死木碳储量的年变化量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{DW\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层枯死木的碳储量; $tCO_2e$
$C_{TREE\_BSL,i,t}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层林木的生物质碳储量; $tCO_2e$
$DF_{DW}$	= 保守的缺省因子, 是项目边界内枯死木碳储量与活立木生物质碳储量的比值; %
$t_1, t_2$	= 基线情景第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年, $t_1 \leq t \leq t_2$
$i$	= 1,2,3.....基线碳层

### 7.1.5 基线红树林土壤有机碳储量的变化

本方法学参考《滨海蓝碳——红树林、盐沼、海草床碳储量和碳排放因子评估方法》，在基线情景下各碳层土壤有机碳储量的变化量采用基于地表高程监测的土壤碳库增量测定方法估算：

$\Delta C_{SOC\_BSL,t} = \frac{44}{12} * \frac{1}{100} \sum_{i=1} (A_{BSL_i} * CAR_{BSL,t,i} * 1a)$	公式 (22)
$CAR_{BSL,t,i} = 10 * SEC_{BSL,t,i} * SBD_{BSL,t,i} * CF_{Soil\_BSL,t,i}$	公式 (23)
式中:	
$\Delta C_{SOC\_BSL,t}$	= 第 $t$ 年时, 项目边界内基线土壤有机碳储量的年变化量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$A_{BSL_i}$	= 基线第 $i$ 碳层的面积; $hm^2$
$CAR_{BSL,t,i}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层的土壤沉积物碳埋藏速率; $gC \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$
$SEC_{BSL,t,i}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层的地表高程变化速率; $mm \cdot a^{-1}$
$SBD_{BSL,t,i}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层的土壤沉积物容重; $g \cdot cm^{-3}$
$CF_{Soil\_BSL,t,i}$	= 第 $t$ 年时, 基线第 $i$ 碳层的土壤沉积物碳含量; %
$i$	= 1,2,3.....项目碳层
$t$	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数; $a$
$1a$	= 1 年
$44/12$	= $CO_2$ 与C的分子量比; 无量纲
$1/100$	= 将 $g \cdot m^{-2}$ 转换成 $t \cdot ha^{-1}$ 的系数

可采用当地或相似生态条件下的地表高程变化速率 SEC 的观测数据, 应用公式 (22)、(23) 进行计算。

### 7.1.6 基线红树林生物质碳储量的变化

项目参与方可根据下述从优至劣的方法估算第 $t$ 年时，项目边界内基线红树林生物质碳储量的年变化量：

#### 方法I：

基线情景下红树林生物质碳储量变化量（ $\Delta C_{BIO\_BSL,t}$ ）等于根据上述 7.1.1-7.1.5 节方法获得的林木生物质碳储量变化量（ $\Delta C_{TREE\_BSL,t}$ ）、灌木生物质碳储量变化量（ $\Delta C_{SHRUB\_BSL,t}$ ）、藤本生物质碳储量变化量（ $\Delta C_{VINE\_BSL,t}$ ）、枯死木碳储量变化量（ $\Delta C_{DW\_BSL,t}$ ）、土壤有机碳储量变化量（ $\Delta C_{SOC\_BSL,t}$ ）之和。

#### 方法II：

项目参与方还可根据项目实际情况选择下述两种“缺省值法”之一来估算第 $t$ 年时，项目边界内基线红树林生物质碳储量的年变化量，计算方法如下：

##### 缺省值法 1：

$\Delta C_{BIO\_BSL,t} = \frac{44}{12} * DV_{BI} * A_{BSL}$		公式（24）
式中：		
$\Delta C_{BIO\_BSL,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内基线红树林生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$DV_{BI}$	=	保守的缺省因子，单位面积每年的红树林生物质碳储量增量； $tC \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
$A_{BSL}$	=	基线项目边界内总面积； $hm^2$
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数； $a$
44/12	=	$CO_2$ 与C的分子量比；无量纲

##### 缺省值法 2：

$\Delta C_{BIO\_BSL,t} = \sum_{i=1} \left( \frac{C_{BIO\_BSL,t_2} - C_{BIO\_BSL,t_1}}{t_2 - t_1} \right)$		公式（25）
$C_{BIO\_BSL,t} = \frac{44}{12} * DV_{Bio} * A_{BSL}$		公式（26）
式中：		
$\Delta C_{BIO\_BSL,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内基线红树林生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{BIO\_BSL,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内基线红树林的生物质碳储量； $tCO_2e$
$DV_{Bio}$	=	保守的缺省因子，单位面积的红树林生物质碳储量； $tC \cdot hm^{-2}$
$A_{BSL}$	=	基线项目边界内总面积； $hm^2$
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数； $a$
44/12	=	$CO_2$ 与C的分子量比；无量纲

### 7.1.7 基线情景下项目边界内温室气体排放的变化

基线情景下，项目边界内温室气体排放的来源有两种，一是土地利用方式转变引起的项目边界内温室气体排放的变化，计算方法见公式（27）；二是红树林生态系统自身的甲烷排放，计算方法见公式（28）：

$\Delta GHG_{BSL,t} = \Delta GHG_{CL\_BSL,t} + \Delta GHG_{ME\_BSL,t}$		公式（27）
$GHG_{CL\_BSL,t} = \sum_{x=1}^{44} \frac{44}{12} * A_{LUC,t,x} * \beta_{LUC,x}$		公式（28）
式中：		
$\Delta GHG_{BSL,t}$		第 $t$ 年时，基线情景下项目边界内温室气体排放的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta GHG_{CL\_BSL,t}$	=	第 $t$ 年时，基线情景下土地利用方式转变所导致的温室气体排放的增加量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta GHG_{ME\_BSL,t}$	=	第 $t$ 年时，基线情景下项目边界内红树林生态系统的甲烷排放； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$A_{LUC,t,x}$	=	第 $t$ 年时,基线情景下红树林林地转变为第 $x$ 种土地利用方式的土地面积； $hm^2$
$\beta_{LUC,x}$	=	红树林林地转变为第 $x$ 种土地利用方式的碳排放系数； $tC \cdot hm^{-2}$
44/12	=	$CO_2$ 与C的分子量比；无量纲
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

$\Delta GHG_{ME\_BSL,t} = \sum_{x=1} A_{MA,BSL,t,x} * \beta_{MA,t} * GWP_{CH_4}$		公式（29）
式中：		
$GHG_{ME\_BSL,t}$	=	第 $t$ 年时，基线情景下项目边界内红树林生态系统的甲烷排放； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$A_{MA,BSL,t,x}$	=	第 $t$ 年时，基线情景下红树林第 $x$ 种土地利用方式的面积； $hm^2$
$\beta_{MA,t}$	=	红树林生态系统的甲烷排放系数；缺省值 $0.012 t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
$GWP_{CH_4}$	=	$CH_4$ 的全球增温潜势，用于将 $CH_4$ 转换为 $CO_2$ 当量；缺省值 28
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a



## 7.2 附件 2 项目情景碳汇量计算方法

本附件对应正文 5.7.1 节内容。

项目碳汇量等于项目边界内各碳库中碳储量变化之和，减去项目边界内产生的温室气体排放的增加量，即：

$\Delta C_{ACTURAL,t} = \Delta C_{p,t} - \Delta GHG_{ME\_PROJ,t}$		公式（30）
式中：		
$\Delta C_{ACTURAL,t}$	=	第 $t$ 年的项目碳汇量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{p,t}$	=	第 $t$ 年时,项目边界内所选碳库碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta GHG_{ME\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时,项目情景下项目边界内红树林生态系统甲烷排放的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$

第 $t$ 年时,项目边界内所选碳库碳储量的年变化量的计算方法如下：

$\Delta C_{p,t} = \Delta C_{BIO\_PROJ,t}$		公式（31）
$\Delta C_{BIO\_PROJ,t} = \Delta C_{TREE\_PROJ,t} + \Delta C_{SHRUB\_PROJ,t} + \Delta C_{VINE\_PROJ,t} + \Delta C_{DW\_PROJ,t} + \Delta C_{SOC\_PROJ,t}$		公式（32）
式中：		
$\Delta C_{p,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内所选碳库碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{BIO\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目红树林生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{TREE\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{SHRUB\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目灌木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{VINE\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目藤本生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{DW\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目枯死木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{SOC\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目土壤有机质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$

### 7.2.1 项目边界内项目红树林林木生物质碳储量的变化

项目边界内项目红树林林木生物质碳储量变化的计算方法如下：

$\Delta C_{TREE\_PROJ,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{TREE\_PROJ,i,t}$		公式（33）
$\Delta C_{TREE\_PROJ,i,t} = \frac{C_{TREE\_PROJ,i,t_2} - C_{TREE\_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1}$		公式（34）
$C_{TREE\_PROJ,i,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} (B_{TREE\_PROJ,i,j,t} * CF_j)$		公式（35）
式中：		
$\Delta C_{TREE\_PROJ,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内项目林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{TREE\_PROJ,i,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{TREE\_PROJ,i,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层林木的生物质碳储量； $tCO_2e$
$B_{TREE\_PROJ,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层树种 $j$ 的生物量； $t \text{ d.m.}$
$CF_j$	=	树种 $j$ 的生物量含碳率； $tC \cdot (t \text{ d.m.})^{-1}$
$t_1, t_2$	=	项目情景第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年， $t_1 \leq t \leq t_2$
$i$	=	1,2,3.....项目碳层

$j$	=	1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a
44/12	=	CO <sub>2</sub> 与C的分子量比；无量纲

项目边界内林木生物量 ( $B_{TREE\_PROJ,i,j,t}$ ) 的估算, 可以采用 7.1.1 中的方法进行计算, 但要保证与基线情景下选择的计算方法一致。

## 7.2.2 项目边界内项目红树林灌木生物物质碳储量的变化

项目边界内灌木生物物质碳储量变化的计算方法与基线情景计算方法一致, 方法如下:

$\Delta C_{SHRUB\_PROJ,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{SHRUB\_PROJ,i,t}$	公式 (36)
$\Delta C_{SHRUB\_PROJ,i,t} = \frac{C_{SHRUB\_PROJ,i,t_2} - C_{SHRUB\_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式 (37)
$C_{SHRUB\_PROJ,i,t} = \frac{44}{12} * CF_S * (1 + R_S) * B_{SHRUB\_PROJ,i,t} * A_{PROJ_i}$	公式 (38)
式中:	
$\Delta C_{SHRUB\_PROJ,t}$	= 第 <i>t</i> 年时, 项目边界内项目灌木生物物质碳储量的年变化量; tCO <sub>2</sub> e·a <sup>-1</sup>
$\Delta C_{SHRUB\_PROJ,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时, 项目第 <i>i</i> 碳层灌木生物物质碳储量的年变化量; tCO <sub>2</sub> e·a <sup>-1</sup>
$C_{SHRUB\_PROJ,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时, 项目第 <i>i</i> 碳层灌木的生物物质碳储量; tCO <sub>2</sub> e
$CF_S$	= 灌木生物量含碳率; tC·(t d.m.) <sup>-1</sup>
$R_S$	= 灌木的地下生物量/地上生物量之比; 无量纲
$B_{SHRUB\_PROJ,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时, 项目第 <i>i</i> 碳层平均每公顷的灌木生物量; t d.m.·hm <sup>-2</sup>
$A_{PROJ_i}$	= 项目第 <i>i</i> 碳层的面积; hm <sup>2</sup>
$t_1, t_2$	= 项目情景第 <i>t</i> <sub>1</sub> 年和第 <i>t</i> <sub>2</sub> 年, $t_1 \leq t \leq t_2$
$i$	= 1,2,3.....项目碳层
$j$	= 1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
$t$	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数; a
44/12	= CO <sub>2</sub> 与C的分子量比; 无量纲

项目边界内灌木生物量 ( $B_{SHRUB\_PROJ,i,t}$ ) 的估算, 采用 7.1.2 中的方法计算。

## 7.2.3 项目边界内项目红树林藤本植物生物物质碳储量的变化

项目情景下的红树林藤本植物碳储量变化的计算方法与基线情景一致, 方法如下:

$\Delta C_{VINE\_PROJ,t} = \sum_{i=1} \Delta C_{VINE\_PROJ,i,t}$	公式 (39)
$\Delta C_{VINE\_PROJ,i,t} = \frac{C_{VINE\_PROJ,i,t_2} - C_{VINE\_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式 (40)
$C_{VINE\_PROJ,i,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} (B_{VINE\_PROJ,i,j,t} * CF_{V,j})$	公式 (41)
式中:	
$\Delta C_{VINE\_PROJ,t}$	= 第 <i>t</i> 年时, 项目边界内项目藤本生物物质碳储量的年变化量; tCO <sub>2</sub> e·a <sup>-1</sup>
$\Delta C_{VINE\_PROJ,i,t}$	= 第 <i>t</i> 年时, 项目第 <i>i</i> 碳层藤本植物生物物质碳储量的年变化量; tCO <sub>2</sub> e·a <sup>-1</sup>

$C_{VINE\_PROJ,i,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层藤本植物的生物质碳储量； $tCO_2e$
$B_{VINE\_PROJ,i,j,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层藤本植物 $j$ 的生物量； $t\ d.m.$
$CF_{V,j}$	=	藤本植物 $j$ 生物量含碳率； $tC \cdot (t\ d.m.)^{-1}$
$t_1, t_2$	=	项目情景第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年， $t_1 \leq t \leq t_2$
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数； $a$
44/12	=	$CO_2$ 与 $C$ 的分子量比；无量纲

计算项目情景藤本植物碳储量 $C_{VINE\_PROJ,i,t}$ 同样与基线情景计算方法一致，采用 7.1.3 中的方法计算。

#### 7.2.4 项目边界内项目枯死木碳储量的变化

项目边界内项目各碳层枯死木碳储量变化的计算方法与基线情景一致，采用 7.1.4 中的方法估算：

$\Delta C_{DW\_PROJ,t} = \sum_{i=1}^t \Delta C_{DW\_PROJ,i,t}$	公式（42）
$\Delta C_{DW\_PROJ,i,t} = \frac{C_{DW\_PROJ,i,t_2} - C_{DW\_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1}$	公式（43）
$C_{DW\_PROJ,i,t} = C_{TREE\_PROJ,i,t} * DF_{DW}$	公式（44）
式中：	
$\Delta C_{DW\_PROJ,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内项目枯死木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{DW\_PROJ,i,t}$	= 第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层枯死木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{DW\_PROJ,i,t}$	= 第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层枯死木的生物质碳储量； $tCO_2e$
$C_{TREE\_PROJ,i,t}$	= 第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层林木的生物质碳储量； $tCO_2e$
$DF_{DW}$	= 保守的缺省因子，是项目边界内枯死木碳储量与活立木生物质碳储量的比值；%
$t_1, t_2$	= 项目情景第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年， $t_1 \leq t \leq t_2$
$i$	= 1,2,3.....项目碳层
$t$	= 1,2,3.....自项目开始以来的年数； $a$

#### 7.2.5 项目边界内项目土壤有机碳储量的变化

项目情景下的红树林土壤有机碳储量变化的计算方法与基线情景一致，采用 7.1.5 中的方法估算：

$\Delta C_{SOC\_PROJ,t} = \frac{44}{12} * \frac{1}{100} \sum_{i=1} (A_{PROJ,i} * CAR_{PROJ,t,i} * 1a)$	公式（45）
$CAR_{PROJ,t,i} = 10 * SEC_{PROJ,t,i} * SBD_{PROJ,t,i} * CF_{Soil\_PROJ,t,i}$	公式（46）
式中：	
$\Delta C_{SOC\_PROJ,t}$	= 第 $t$ 年时，项目边界内项目土壤有机碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$A_{PROJ,i}$	= 项目第 $i$ 碳层的面积； $hm^2$
$CAR_{PROJ,t,i}$	= 第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层的土壤沉积物碳埋藏速率； $gC \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$

$SEC_{PROJ,t,i}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层的地表高程变化速率； $\text{mm}\cdot\text{a}^{-1}$
$SBD_{PROJ,t,i}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层的土壤沉积物容重； $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
$CF_{Soil\_PROJ,t,i}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层的土壤沉积物碳含量；%
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a
1a	=	1 年
44/12	=	$\text{CO}_2$ 与 C 的分子量比；无量纲
1/100	=	将 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 转换成 $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ 的系数

### 7.2.6 项目边界内红树林生物质碳储量的变化

项目边界内红树林生物质碳储量变化的计算方法与基线情景一致，采用 7.1.6 中的方法估算。

### 7.2.7 项目情景下项目边界内温室气体排放量的变化

项目情景下，项目边界内温室气体排放量的变化来源于红树林生态系统自身的甲烷排放，其计算方法与基线情景一致，采用 7.1.7 中的公式（27）进行计算。

---

### 7.3 附件 3 项目减排量计算方法

本附件对应正文 5.6.3 节内容。

$\Delta C_{NET,t} = \Delta C_{ACTURAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t$		公式 (47)
式中:		
$\Delta C_{NET,t}$	=	第 $t$ 年时的项目减排量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{ACTURAL,t}$	=	第 $t$ 年时的项目碳汇量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{BSL,t}$	=	第 $t$ 年时的基线碳汇量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$LK_t$	=	第 $t$ 年时, 项目活动引起的泄漏量; $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数; $a$

## 7.4 附件 4 抽样设计方法

本附件对应正文 6.1.4 节内容。本方法学要求达到 90%可靠性水平下 90%的精度要求。如果测定的精度低于该值，项目参与方可通过增加样地数量，从而使测定结果达到精度要求。项目监测所需要的样地数量，可采用如下方法进行计算：

（1）根据公式（48）计算，如果得到 $n \geq 30$ ，则最终的样地数即为 $n$ 值；如果 $n < 30$ ，则需要采用自由度为 $n-1$ 时的 $t$ 值，运用公式（48）进行第二次迭代计算，得到的 $n$ 值即为最终的样地数；

$n = \frac{N * t_{VAL}^2 * (\sum_i w_i * s_i)^2}{N * E^2 + t_{VAL}^2 * \sum_i w_i * s_i^2}$		公式（48）
式中：		
$n$	=	项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
$N$	=	项目边界内监测样地的抽样总体， $N = \frac{A}{A_p}$ ，其中 $A$ 是项目总面积（ $\text{hm}^2$ ）， $A_p$ 是样地面积；无量纲
$t_{VAL}$	=	可靠性指标。在一定的可靠性水平下，自由度为无穷（ $\infty$ ）时查 $t$ 分布双侧 $t$ 分位数表的 $t$ 值；无量纲
$w_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层的面积权重， $w_i = A_i/A$ ，其中 $A$ 是项目总面积（ $\text{hm}^2$ ）， $A_i$ 是项目第 $i$ 碳层的面积（ $\text{hm}^2$ ）；无量纲
$s_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层生物质碳储量估计值的标准差； $\text{tC}/\text{hm}^2$
$E$	=	项目生物质碳储量估计值允许的误差范围（即置信区间的一半），在各碳层内用 $s_i$ 表示； $\text{tC}/\text{hm}^2$
$i$	=	1,2,3.....项目碳层

（2）当抽样面积较大时（抽样面积大于项目面积的 5%），按公式（48）进行计算获得样地数 $n$ 之后，按公式（49）对 $n$ 值进行调整，从而确定最终的样地数（ $n_a$ ）：

$n_a = n * \frac{1}{1+n/N}$		公式（49）
式中：		
$n_a$	=	调整后项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
$n$	=	项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
$N$	=	项目边界内监测样地的抽样总体；无量纲

（3）当抽样面积较小时（抽样面积小于项目面积的 5%），可以采用简化公式（50）计算：

$n = \left(\frac{t_{VAL}}{E}\right)^2 * \left(\sum_i w_i * s_i\right)^2$		公式（50）
式中：		
$n$	=	项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
$t_{VAL}$	=	可靠性指标。在一定的可靠性水平下，自由度为无穷（ $\infty$ ）时查 $t$ 分

		布双侧 $t$ 分位数表的 $t$ 值；无量纲
$w_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层的面积权重， $w_i = A_i/A$ ，其中 $A$ 是项目总面积（ $\text{hm}^2$ ）， $A_i$ 是第 $i$ 项目碳层的面积（ $\text{hm}^2$ ）；无量纲
$s_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层生物质碳储量估计值的标准差； $\text{tC}/\text{hm}^2$
$E$	=	项目生物质碳储量估计值允许的误差范围（即置信区间的一半），在各碳层内用 $s_i$ 表示； $\text{tC}/\text{hm}^2$
$i$	=	1,2,3.....项目碳层

（4）分配到各红树林类型的监测样地数量，采用最优分配法按公式（51）进行计算：

$n = n_i = n * \frac{w_i * s_i}{\sum_i w_i * s_i}$		公式（51）
式中：		
$n_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
$n$	=	项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
$w_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层的面积权重， $w_i = A_i/A$ ，其中 $A$ 是项目总面积（ $\text{hm}^2$ ）， $A_i$ 是项目第 $i$ 碳层的面积（ $\text{hm}^2$ ）；无量纲
$s_i$	=	项目边界内项目第 $i$ 碳层生物质碳储量估计值的标准差； $\text{tC}/\text{hm}^2$
$i$	=	1,2,3.....项目碳层

## 7.5 附件 5 林木生物质碳储量的测定方法

本附件对应正文 6.1.7 节内容。

**第一步：**样地每木检尺，实测样地内所有活立木的胸径（ $DBH$ ）、树高（ $H$ ）和/木材密度（ $\rho$ ），起测胸径为 3cm；依据实际计算所采用的生物量方程决定是否要测算样地内呼吸根的高度（ $h$ ），若所选生物量方程的计量已包含呼吸根生物量的计量，则可以不测量样地内呼吸根的高度（ $h$ ），反之，则需测量样地内所有呼吸根的高度（ $h$ ），通过实测数据建立呼吸根高度与呼吸根生物量的异速生长方程；

**第二步：**采用生物量方程法计算样地内各树种的林木生物量。将样地内各树种的林木生物量累加，得到样地水平生物量。根据样地林木生物量计算样地水平的林木生物质碳储量、各碳层的平均单位面积林木生物质碳储量；

**第三步：**采用公式（52）和公式（53）计算第  $i$  碳层样本平均数（平均单位面积林木生物质碳储量的估计值）及其方差：

$C_{TREE,i,t} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} C_{TREE,i,p,t}}{n_i}$		公式（52）
式中：		
$C_{TREE,i,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层平均单位面积林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2 \text{ e} \cdot \text{hm}^{-2}$
$C_{TREE,i,p,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 的单位面积林木生物质碳储量； $tCO_2 \text{ e} \cdot \text{hm}^{-2}$
$n_i$	=	项目第 $i$ 碳层的样地数
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$p$	=	1,2,3.....项目第 $i$ 碳层中的样地
$t$	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数； $a$

$S^2_{C_{TREE,i,t}} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} (C_{TREE,i,p,t} - C_{TREE,i,t})^2}{n_i * (n_i - 1)}$		公式（53）
式中：		
$S^2_{C_{TREE,i,t}}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层平均单位面积林木生物质碳储量估计值的方差； $(tCO_2 \text{ e} \cdot \text{hm}^{-2})^2$
$C_{TREE,i,p,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 的单位面积林木生物质碳储量； $tCO_2 \text{ e} \cdot \text{hm}^{-2}$
$C_{TREE,i,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层平均单位面积林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2 \text{ e} \cdot \text{hm}^{-2}$
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$p$	=	1,2,3.....项目第 $i$ 碳层中的样地
$t$	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数； $a$

**第四步：**采用公式（54）和公式（55）计算项目总体平均数估计值（平均单位面积林木生物质碳储量的估计值）及其方差：



$C_{TREE,t} = \sum_{i=1}^M (w_i * C_{TREE,i,t})$		公式（54）
式中：		
$C_{TREE,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$w_i$	=	项目第 $i$ 碳层面积与项目总面积之比， $w_i = A_i/A$ ；无量纲
$C_{TREE,i,t}$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层的平均单位面积林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$

$S_{C_{TREE,t}}^2 = \sum_{i=1}^M (w_i^2 * \frac{S_{C_{TREE,i,t}}^2}{n_i})$		公式（55）
式中：		
$S_{C_{TREE,t}}^2$	=	第 $t$ 年时，项目总体平均数（平均单位面积林木生物质碳储量）估计值的方差； $(tCO_2e \cdot hm^{-2})^2$
$w_i$	=	项目第 $i$ 碳层面积与项目总面积之比， $w_i = A_i/A$ ；无量纲
$S_{C_{TREE,i,t}}^2$	=	第 $t$ 年时，项目第 $i$ 碳层平均单位面积林木生物质碳储量估计值的方差； $(tCO_2e \cdot hm^{-2})^2$
$n_i$	=	项目第 $i$ 碳层的样地数
$M$	=	项目边界内估算林木生物质碳储量的分层总数
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$t$	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数

**第五步：**采用公式（56）计算项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的不确定性：

$u_{C_{TREE,t}} = \frac{t_{VAL} * S_{C_{TREE,t}}}{C_{TREE,t}}$		公式（56）
式中：		
$u_{C_{TREE,t}}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值的不确定性（相对误差限）；%。要求相对误差不大于10%，即抽样精度不低于90%。
$t_{VAL}$	=	可靠性指标：自由度等于 $n - M$ （其中 $n$ 是项目边界内样地总数， $M$ 是林木生物量估算的分层总数），置信水平为90%，查 $t$ 分布双侧分位数表获得。例如：置信水平为90%，自由度为45时，双侧 $t$ 分布的 $t$ 值在Excel电子表中输入“=TINV(0.10,45)”可以计算得到 $t$ 值为1.6794
$S_{C_{TREE,t}}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值的方差的平方根（即标准误差）； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$C_{TREE,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$

**第六步：**采用公式（57）计算第 $t$ 年项目边界内的林木生物质总碳储量：

$C_{TREE,t} = A * C_{TREE,t}$		公式（57）
式中：		
$C_{TREE,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2e$
$A$	=	项目边界内各碳层的面积总和； $hm^2$

$C_{TREE,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内平均单位面积林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$t$		1,2,3.....自项目活动开始以来的年数； $a$

**第七步：**采用公式（58）计算项目边界内林木生物质碳储量的年变化量。假设一段时间内，林木生物量的变化是线性的：

$dC_{TREE(t_1,t_2)} = \frac{C_{TREE,t_2} - C_{TREE,t_1}}{T}$		公式（58）
式中：		
$dC_{TREE(t_1,t_2)}$	=	第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年之间项目边界内林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$C_{TREE,t}$	=	第 $t$ 年时，项目边界内林木生物质碳储量的估计值； $tCO_2e$
$T$	=	两次连续测定的时间间隔（ $T = t_2 - t_1$ ）； $a$
$t_1, t_2$	=	自项目活动开始以来的第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年， $t_1 \leq t \leq t_2$

首次核查时，将项目活动开始时林木生物量的碳储量赋值给公式（52）中的变量 $C_{TREE,i,t}$ ，即：首次核查时 $C_{TREE,i,t_1} = C_{TREE\_BSL}$ ，此时， $t_1=0$ ， $t_2$ =首次核查的年份。

**第八步：**采用公式（59）计算核查期内第 $t$ 年（ $t_1 \leq t \leq t_2$ ）时项目边界内林木生物质碳储量的变化量：

$\Delta C_{TREE,t} = dC_{TREE(t_1,t_2)} * 1$		公式（59）
式中：		
$\Delta C_{TREE,t}$	=	第 $t$ 年时,项目边界内林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
$dC_{TREE(t_1,t_2)}$	=	第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年之间项目边界内林木生物质碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
1	=	1年； $a$

## 7.6 附件 6 灌木生物质碳储量的测定方法

本附件对应正文 6.1.8 节内容。

灌木林的生物量通常与地径、分枝数、灌高和冠径有关，为此，可采用生物量方程的方法来监测灌木林生物量碳库中的碳储量。

**第一步：**在项目第*i*碳层样地*p*内设置样方*k*（面积≥2m<sup>2</sup>,推荐 10m<sup>2</sup>）,测定样方内灌木的地径、高、冠幅和枝数等，利用一元或多元生物量方程，采用公式（60）计算样地*p*内灌木的单位面积生物量：

$c_{SHRUB,i,p,t} = \frac{\sum_{k=1} \sum_{j=1} [f_{SHRUB,j}(x_1, x_2, x_3 \dots) * N_{i,p,k,j,t} * CF_{S,j} * (1 + R_{S,j})]}{\sum_{k=1} A_{SHRUB,i,p,k,t}} * \frac{1}{100} * \frac{44}{12}$		公 式 (60)
式中：		
$c_{SHRUB,i,p,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，项目边界内项目第 <i>i</i> 碳层样地 <i>p</i> 内的平均单位面积灌木生物质碳储量；tCO <sub>2</sub> e·hm <sup>-2</sup>
$f_{SHRUB,j}(x_1, x_2, x_3 \dots)$	=	第 <i>j</i> 类灌木地上生物量与灌木测树因子( $x_1, x_2, x_3 \dots$ )（如基径、灌高、冠幅、冠径等）的单枝生物量方程；gd·m·枝 <sup>-1</sup>
$N_{i,p,k,j,t}$	=	项目第 <i>i</i> 碳层样地 <i>p</i> 样方 <i>k</i> 内第 <i>j</i> 类灌木的枝数；枝
$CF_{S,j}$	=	第 <i>j</i> 类灌木生物量中的含碳率；tC·(t d.m.) <sup>-1</sup>
$R_{S,j}$	=	第 <i>j</i> 类灌木的地下生物量/地上生物量比值；无量纲
$A_{SHRUB,i,p,k,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，项目第 <i>i</i> 碳层样地 <i>p</i> 内样方 <i>k</i> 的面积；m <sup>2</sup>
<i>i</i>	=	1,2,3.....项目碳层
<i>p</i>	=	1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层中的样地
<i>k</i>	=	1,2,3.....样地 <i>p</i> 内的样方
<i>j</i>	=	1,2,3.....灌木类型 <i>j</i>
<i>t</i>	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数；a
$\frac{1}{100}$	=	将 g·m <sup>-2</sup> 转换成 t·hm <sup>-2</sup> 的系数
44/12	=	CO <sub>2</sub> 与 C 的分子量比；无量纲

**第二步：**计算项目第*i*碳层平均单位面积灌木生物质碳储量的估计值及其方差，参考公式（52），公式（53），用 $c_{SHRUB,i,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,t}$ ，用 $c_{SHRUB,i,p,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,p,t}$ ，用 $S_{c_{SHRUB,i,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,i,t}}$ ；

**第三步：**计算项目边界内项目总体平均数估计值(平均单位面积灌木生物质碳储量的估计值)及其方差，参考公式（54），公式（55），用 $c_{SHRUB,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,t}$ ，用 $c_{SHRUB,i,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,t}$ ，用 $S_{c_{SHRUB,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,t}}$ ，用 $S_{c_{SHRUB,i,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,i,t}}$ ；

---

**第四步：**计算项目边界内平均单位面积灌木生物质碳储量估计值的不确定性，参考公式（56）用 $u_{C_{SHRUB,t}}$ 替换其中的 $u_{C_{TREE,t}}$ ，用 $S_{C_{SHRUB,t}}$ 替换其中的 $S_{C_{TREE,t}}$ ，用 $c_{SHRUB,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ；

**第五步：**计算第 $t$ 年项目边界内的灌木总生物质碳储量估计值，参考公式（57），用 $C_{SHRUB,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ，用 $c_{SHRUB,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ；

**第六步：**计算项目边界内灌木生物质碳储量的年变化量。假定一段时间内，灌木生物量变化是线性增长的。参考公式（58），用 $C_{SHRUB,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ，用 $dC_{SHRUB(t_1,t_2)}$ 替换其中的 $dC_{TREE(t_1,t_2)}$ ；

**第七步：**计算核查期内第 $t$ 年（ $t_1 \leq t \leq t_2$ ）时项目边界内灌木生物质碳储量的变化量，参考公式（59），用 $dC_{SHRUB(t_1,t_2)}$ 替换其中的 $dC_{TREE(t_1,t_2)}$ ，用 $\Delta C_{SHRUB,t}$ 替换其中的 $\Delta C_{TREE,t}$ 。

## 7.7 附件 7 藤木生物质碳储量的测定方法

本附件对应正文 6.1.9 节内容。

藤本植物的生物量通常与距地面 1.3m 处的直径有关，为此，可采用生物量方程来监测藤本植物生物量碳库中的碳储量。

**第一步：**在项目第*i*碳层样地

内设置样方*k*（面积≥2m<sup>2</sup>，推荐 10m<sup>2</sup>），测定样方内藤本植物距地面 1.3m 处的直径，利用生物量方程，采用公式（61）计算样地

内藤本植物的单位面积生物量：

$c_{VINE,i,p,t} = \frac{\sum_{k=1} \sum_{j=1} [f_{VINE,j}(\Phi) * N_{i,p,k,j,t} * CF_{V,j}]}{\sum_{k=1} A_{VINE,i,p,k,t}} * \frac{1}{100} * \frac{44}{12}$		公式（61）
式中：		
$c_{VINE,i,p,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，项目边界内项目第 <i>i</i> 碳层样地 <p>内的平均单位面积藤本植物碳储量；tCO<sub>2</sub>e·hm<sup>-2</sup></p>
$f_{VINE,j}(\Phi)$	=	第 <i>j</i> 类藤本植物生物量与藤本植物距地面 1.3m 处的直径相关关系方程；gd·m·枝 <sup>-1</sup>
$N_{i,p,k,j,t}$	=	项目第 <i>i</i> 碳层样地 <p>样方<i>k</i>内第<i>j</i>类藤本植物的枝数；枝</p>
$CF_{V,j}$	=	第 <i>j</i> 类藤本植物生物量中的含碳率；tC·(t d.m.) <sup>-1</sup>
$A_{VINE,i,p,k,t}$	=	第 <i>t</i> 年时，项目第 <i>i</i> 碳层样地 <p>内样方<i>k</i>的面积；m<sup>2</sup></p>
<i>i</i>	=	1,2,3.....项目碳层
<i>p</i>	=	1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层中的样地
<i>k</i>	=	1,2,3.....样地 <p>内的样方</p>
<i>j</i>	=	1,2,3.....藤本类型 <i>j</i>
<i>t</i>	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数；a
$\frac{1}{100}$	=	将 g·m <sup>-2</sup> 转换成 t·hm <sup>-2</sup> 的系数
44/12	=	CO <sub>2</sub> 与 C 的分子量比；无量纲

**第二步：**计算项目第*i*碳层平均单位面积藤本生物质碳储量的估计值及其方差，参考公式（52），公式（53），用 $c_{VINE,i,t}$  替换其中的 $c_{TREE,i,t}$ ，用 $c_{VINE,i,p,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,p,t}$ ，用 $S_{C_{VINE,i,t}}$  替换其中的 $S_{C_{TREE,i,t}}$ ；

**第三步：**计算项目边界内项目总体平均数估计值(平均单位面积藤本生物质碳储量的估计值)及其方差，参考公式（54），公式（55），用 $c_{VINE,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,t}$ ，用 $c_{VINE,i,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,t}$ ，用 $S_{C_{VINE,t}}$ 替换其中的 $S_{C_{TREE,t}}$ ，用 $S_{C_{VINE,i,t}}$ 替换其中的 $S_{C_{TREE,i,t}}$ ；

**第四步：**计算项目边界内平均单位面积藤本生物质碳储量估计值的不确定性，参考公式（56）用 $u_{C_{VINE,t}}$  替换其中的 $u_{C_{TREE,t}}$ ，用 $S_{C_{VINE,t}}$ 替换其中的 $S_{C_{TREE,t}}$ ，用 $c_{VINE,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ；

---

**第五步：**计算第 $t$ 年项目边界内的藤本总生物质碳储量估计值，参考公式（57），用 $C_{VINE,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ，用 $c_{VINE,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,t}$ ；

**第六步：**计算项目边界内藤本生物质碳储量的年变化量。假定一段时间内，藤本生物量变化是线性增长的。参考公式（58），用 $C_{VINE,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ，用 $dC_{VINE(t_1,t_2)}$ 替换其中的 $dC_{TREE(t_1,t_2)}$ ；

**第七步：**计算核查期内第 $t$ 年（ $t_1 \leq t \leq t_2$ ）时项目边界内藤本生物质碳储量的变化量，参考公式（59），用 $dC_{VINE(t_1,t_2)}$ 替换其中的 $dC_{TREE(t_1,t_2)}$ ，用 $\Delta C_{VINE,t}$ 替换其中的 $\Delta C_{TREE,t}$ 。

## 7.8 附件 8 枯死木生物质碳储量的测定方法

本附件对应正文 6.1.10 节内容。

### 7.8.1 枯死木碳储量的测定

$C_{DWS,i,p,t} = C_{DWS\_TREE_{i,p,t}} + C_{DWS\_STUMP_{i,p,t}}$		公式 (62)
式中:		
$C_{DWS,i,p,t}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 枯死木的碳储量; tCO <sub>2</sub> e
$C_{DWS\_TREE_{i,p,t}}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 枯立木的碳储量; tCO <sub>2</sub> e
$C_{DWS\_STUMP_{i,p,t}}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 枯立树桩的碳储量; tCO <sub>2</sub> e
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$p$	=	1,2,3.....项目第 $i$ 碳层中的样地
$t$	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数; a

其中, 枯死木是指(a)仅损失了叶和小枝的枯立木; (b)损失了叶、小枝和细枝的枯立木。对于上述两类枯立木, 首先测定每株枯立木的胸径和高度, 并采用估算活立木碳储量的方法计算每株的碳储量, 再乘以折扣因子, 基于相应的活立木碳储量估算每株枯死木碳储量, 并累加到样地水平的枯死木碳储量 ( $C_{DWS\_TREE_{i,p,t}}$ ) :

(a)仅损失了叶和小枝的枯立木: 枯死木碳储量为整株活立木碳储量乘以折扣因子 0.975;

(b)损失了叶、小枝和细枝的枯立木: 枯死木碳储量为整株活立木碳储量乘以折扣因子 0.80。

对于不符合上述两类的枯立木或枯立树桩, 可以采用下述方法获得样地水平的枯立树桩碳储量  $C_{DWS\_STUMP_{i,p,t}}$ 。采用弯刀测试法 (用弯刀敲击枯倒木, 如果刀刃反弹回来, 即为未腐木; 如果刀刃进入少许, 则为半腐木; 如果枯倒木裂开则为腐木), 将枯立树桩分为三个密度级, 即(i)未腐木; (ii)半腐木; 和(iii)腐木。对每一个密度级赋予一个密度折扣系数 ( $\beta$ ), 用该折扣系数乘以基本木材密度, 得到枯立树桩的密度。

如果枯立树桩高度低于 4 米, 测定每个树桩的中间点直径 ( $D_{MID\_STUMP}$ ); 如果枯立树桩高度等于或大于 4 米, 则测定每个树桩的胸高直径。当树桩高度超过 4 米时, 其中间点的直径采用下式计算:

$D_{MID\_STUMP} = 0.57 * DBH_{STUMP} * (\frac{H_{STUMP}}{H_{STUMP} - 1.3})^{0.80}$		公式 (63)
式中:		
$D_{MID\_STUMP}$	=	枯立树桩中间点的直径; m
$DBH_{STUMP}$	=	枯立树桩的胸高 (1.3m) 直径; m
$H_{STUMP}$	=	枯立树桩的高度; m

1.3	=	测定DBH的高度；m
-----	---	------------

枯立树桩碳储量计算方法如下：

$c_{DWS\_STUMP,i,p,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} [CF_j * \rho_j * (1 + R_j) * \frac{\Pi}{4} * \sum_{q=1} D_{MID\_STUMP,j,q}^2 * H_{STUMP,j,q} * \beta_{j,q}]$		公式（64）
式中：		
$c_{DWS\_STUMP,i,p,t}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 枯立树桩的碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$CF_j$	=	树种 $j$ 的生物量含碳率； tC(t d.m.) <sup>-1</sup>
$\rho_j$	=	树种 $j$ 的木材密度；
$R_j$	=	树种 $j$ 的林木地下生物量/地上生物量之比；无量纲
$D_{MID\_STUMP,j,q}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 树种 $j$ 第 $q$ 棵枯立树桩的中间点直径； m
$H_{STUMP,j,q}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 树种 $j$ 第 $q$ 棵枯立树桩的高度； m
$\beta_{j,q}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 树种 $j$ 第 $q$ 棵枯立树桩对应的密度折扣系数。除非项目参与方有更详细的数据，否则采用下列密度折扣因子的缺省值：(i) 未腐木=1.00；(ii) 半腐木=0.80；(iii) 腐木=0.45；无量纲
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$j$	=	1,2,3.....项目第 $i$ 碳层的树种 $j$
$p$	=	1,2,3.....项目第 $i$ 碳层中的样地
$q$	=	1,2,3.....项目第 $i$ 碳层的树种 $j$ 中第 $q$ 棵枯立树桩
$t$	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数； a

### 7.8.2 枯倒木碳储量的测定

枯倒木碳储量需要采用样线方法来进行测定和估计。在样地中设置两条样线，总长度不少于 100 米，使之在样地中心呈垂直交叉，测定与样线交叉的所有枯倒木（≥5cm）的直径。

将枯倒木按腐烂程度分成三个密度级，按照枯立树桩的方法赋予每个密度级一个折扣因子。样地  $p$  的枯倒木碳储量为：

$c_{DWL,i,p,t} = \frac{44}{12} * \sum_{j=1} CF_j * \rho_j * \frac{\Pi^2}{8L} * \sum_{q=1} D_{j,q}^2 * \beta_{j,q}$		公式（65）
式中：		
$c_{DWL,i,p,t}$	=	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 枯倒木的碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$CF_j$	=	树种 $j$ 的生物量含碳率； tC(t d.m.) <sup>-1</sup>
$\rho_j$	=	树种 $j$ 的木材密度；
$L$	=	样线总长度； m
$D_{j,q}$	=	与样线交叉的树种 $j$ 第 $q$ 棵枯倒木的直径； cm
$\beta_{j,q}$	=	与样线交叉的树种 $j$ 第 $q$ 棵枯倒木的密度折扣系数，参照枯立树桩的系数；无量纲



$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$j$	=	1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i>
$p$	=	1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层中的样地
$q$	=	1,2,3.....项目第 <i>i</i> 碳层的树种 <i>j</i> 中第 <i>q</i> 棵枯倒木
$t$	=	1,2,3.....自项目活动开始以来的年数；a

### 7.8.3 枯死木碳储量的计算

**第一步：**基于 7.8.1 和 7.8.2 的测定结果，将样地内枯立木和枯倒木的生物质碳储量累加，可以得到样地水平的枯死木生物质碳储量（ $c_{DW,i,p,t}$ ）；

**第二步：**计算项目第*i*碳层平均单位面积枯死木生物质碳储量的估计值及其方差，参考公式（52），公式（53），用 $c_{DW,i,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,t}$ ，用 $c_{DW,i,p,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,p,t}$ ，用 $S_{c_{DW,i,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,i,t}}$ ；

**第三步：**计算项目边界内项目总体平均数估计值(平均单位面积枯死木生物质碳储量的估计值)及其方差，参考公式（54），公式（55），用 $c_{DW,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,t}$ ，用 $c_{DW,i,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,i,t}$ ，用 $S_{c_{DW,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,t}}$ ，用 $S_{c_{DW,i,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,i,t}}$ ；

**第四步：**计算项目边界内平均单位面积枯死木生物质碳储量估计值的不确定性，参考公式（56）用 $u_{c_{DW,t}}$ 替换其中的 $u_{c_{TREE,t}}$ ，用 $S_{c_{DW,t}}$ 替换其中的 $S_{c_{TREE,t}}$ ，用 $c_{DW,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,t}$ ；

**第五步：**计算第*t*年项目边界内的枯死木总生物质碳储量估计值，参考公式（57），用 $C_{DW,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ，用 $c_{DW,t}$ 替换其中的 $c_{TREE,t}$ ；

**第六步：**计算项目边界内枯死木生物质碳储量的年变化量。假定一段时间内，枯死木生物量变化是线性增长的。参考公式（58），用 $C_{DW,t}$ 替换其中的 $C_{TREE,t}$ ，用 $dC_{DW(t_1,t_2)}$ 替换其中的 $dC_{TREE(t_1,t_2)}$ ；

**第七步：**计算核查期内第*t*年（ $t_1 \leq t \leq t_2$ ）时项目边界内枯死木生物质碳储量的变化量，参考公式（59），用 $dC_{DW(t_1,t_2)}$ 替换其中的 $dC_{TREE(t_1,t_2)}$ ，用 $\Delta C_{DW,t}$ 替换其中的 $\Delta C_{TREE,t}$ 。

## 7.9 附件 9 土壤有机碳储量的测定方法

本附件对应正文 6.1.11 节内容。

第一步：布设监测样方，布设需考虑生态系统的空间异质性，例如红树林的潮汐梯度、植被群落差异等。根据《基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程第 2 部分：地表高程监测》（T/CAOE 65-2023），需为地表高程监测设立固定的监测样方。

第二步：计算地表高程变化速率、土壤沉积物容重和土壤沉积物碳含量。在布设的固定监测样方内，使用沉降板-基准杆组合或其他符合规程要求的精密水准测量方法，定期（如每年）测量地表相对于固定基准的高度变化，以获得地表高程变化速率；使用土壤柱状采样器（如俄罗斯泥炭采样器）采集原状土壤沉积物柱状样品，并将采集的土柱按预定深度（如 0-15 cm, 15-30 cm, 30-50 cm, 50-100 cm）进行分层。使用环刀法获取已知体积的原状土样。将土壤样品在 105℃ 下烘干至恒重，称量干土重量，土壤容重即为干土重量与环刀体积的比值。此项指标必须现场实测，严禁使用估算值；随后将采集的各层土壤样品剔除植物根系、石块等杂物后，研磨过筛，使用元素分析仪直接测定土壤样品的有机碳含量。

第三步：采用公式（66）计算土壤沉积物碳埋藏速率：

$CAR_{BSL,t,i} = 10 * SEC_{BSL,t,i} * SBD_{BSL,t,i} * CF_{Soil\_BSL,t,i}$		公式（66）
式中：		
$CAR_{BSL,t,i}$	=	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层的土壤沉积物碳埋藏速率； $gC \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$
$SEC_{BSL,t,i}$	=	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层的地表高程变化速率； $mm \cdot a^{-1}$
$SBD_{BSL,t,i}$	=	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层的土壤沉积物容重； $g \cdot cm^{-3}$
$CF_{Soil\_BSL,t,i}$	=	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层的土壤沉积物碳含量；%
$i$	=	1,2,3.....项目碳层
$t$	=	1,2,3.....自项目开始以来的年数；a

若监测困难，宜使用项目周边区域、或与项目区相似生态条件下的地表高程变化速率 SEC 的观测数据进行计算土壤有机碳库变化。

## 7.10 附件 10 不需要监测的数据和参数集

本附件对应正文 6.3 节内容。

数据/参数:	$CF_j$
数据单位:	$tC(td.m.)^{-1}$
应用的公式编号:	公式 (5)、(35)、(64) (65)
描述:	树种 $j$ 的生物量含碳率
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 省级红树林树种或树种组的数据 (如省级温室气体清单);</p> <p>(d) 国家级红树林树种或树种组的数据 (如国家温室气体清单);</p> <p>(e) 缺省值: 0.50。</p> <p>数据来源: IPCC LULUCF 优良做法指南</p>
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$f_{AB,j}(DBH, H, \rho)$
数据单位:	$td.m \cdot 株^{-1}$
应用的公式编号:	公式 (6)
描述:	树种 $j$ 的林木地上生物量与胸径、树高与木材密度的相关方程
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 从附件 11 中选择。</p>
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$\rho_j$
数据单位:	$g/cm^3$
应用的公式编号:	公式 (6)、(8)、(9)、(64)、(65)
描述:	树种 $j$ 的木材密度

数据源：	<p>数据源优先选择顺序：</p> <p>（a）项目参与方测定的当地相关树种的参数（需提供透明和可核实的资料来证明）；</p> <p>（b）现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据；</p> <p>（c）省级红树林树种或树种组的数据（如省级温室气体清单）；</p> <p>（d）国家级红树林树种或树种组的数据（如国家温室气体清单）；</p> <p>（e）从下表中选择缺省值：</p> <table><tr><th>树种</th><th><math>\rho_j</math></th><th>树种</th><th><math>\rho_j</math></th></tr><tr><td>白骨壤</td><td>0.62</td><td>拉关木</td><td>0.60</td></tr><tr><td>木榄</td><td>0.81</td><td>红树</td><td>0.87</td></tr><tr><td>角果木</td><td>0.85</td><td>红茄苳</td><td>0.83</td></tr><tr><td>海漆</td><td>0.41</td><td>杯萼海桑</td><td>0.47</td></tr><tr><td>小叶银叶树</td><td>0.86</td><td>无瓣海桑</td><td>0.50</td></tr><tr><td>银叶树</td><td>0.84</td><td>木果楝</td><td>0.61</td></tr></table> <p>数据来源： <i>Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses</i></p>	树种	$\rho_j$	树种	$\rho_j$	白骨壤	0.62	拉关木	0.60	木榄	0.81	红树	0.87	角果木	0.85	红茄苳	0.83	海漆	0.41	杯萼海桑	0.47	小叶银叶树	0.86	无瓣海桑	0.50	银叶树	0.84	木果楝	0.61
树种	$\rho_j$	树种	$\rho_j$																										
白骨壤	0.62	拉关木	0.60																										
木榄	0.81	红树	0.87																										
角果木	0.85	红茄苳	0.83																										
海漆	0.41	杯萼海桑	0.47																										
小叶银叶树	0.86	无瓣海桑	0.50																										
银叶树	0.84	木果楝	0.61																										
测定步骤：	不适用																												
其他说明：																													

数据/参数:	$R_j$
数据单位:	无量纲
应用的公式编号:	公式 (6)、(9)、(10)、(64)
描述:	树种j的林木地下生物量/地上生物量之比
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 省级红树林树种或树种组的数据 (如省级温室气体清单);</p> <p>(d) 国家级红树林树种或树种组的数据 (如国家温室气体清单)。</p>
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$f_{AR,j}(h)$
--------	---------------

数据单位:	td.m.
应用的公式编号:	公式 (7)
描述:	树种 $j$ 的呼吸根生物量与呼吸根高度的异速生长方程
数据源:	数据源优先选择顺序: (a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明); (b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据; (c) 省级红树林树种或树种组的数据 (如省级温室气体清单); (d) 国家级红树林树种或树种组的数据 (如国家温室气体清单)
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$f_{TBj}(DBH_j, H_j, \rho_j)$
数据单位:	td.m·株 <sup>-1</sup>
应用的公式编号:	公式 (8)
描述:	树种 $j$ 的全株生物量与胸径、树高与木材密度的相关方程
数据源:	数据源优先选择顺序: (a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明); (b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据; (c) 从附件 11 中选择。
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$BEF_j$
数据单位:	无量纲
应用的公式编号:	公式 (9)
描述:	树种 $j$ 的生物量扩展因子
数据源:	数据源优先选择顺序: (a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明); (b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据; (c) 省级红树林树种或树种组的数据 (如省级温室气体清单); (d) 国家级红树林树种或树种组的数据 (如国家温室气体清

	单)； (e) 缺省值：3.4。 <i>数据来源：IPCC LULUCF 优良做法指南</i>
测定步骤：	不适用
其他说明：	

数据/参数：	$CF_S$
数据单位：	$tC \cdot (td.m.)^{-1}$ 或 $gC \cdot (gd.m.)^{-1}$
应用的公式编号：	公式 (13)、(38)
描述：	灌木生物量含碳率
数据源：	数据源优先选择顺序： (a) 项目参与方测定的当地相关数据（需提供透明和可核实资料来证明）； (b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据； (c) 省级灌木种（组）的数据（如省级温室气体清单）； (d) 国家级灌木种（组）的数据（如国家温室气体清单）； (e) 缺省值：0.47。 <i>数据来源：A/R CDM 项目活动乔灌木碳储量及其变化的估算工具 (V04.2, EB 85)</i>
测定步骤：	不适用
其他说明：	

数据/参数：	$R_S$
数据单位：	无量纲
应用的公式编号：	公式 (13)、(38)
描述：	灌木的地下生物量/地上生物量之比
数据源：	数据源优先选择顺序： (a) 项目参与方测定的当地相关数据（需提供透明和可核实资料来证明）； (b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据； (c) 省级灌木种（组）的数据（如省级温室气体清单）； (d) 国家级灌木种（组）的数据（如国家温室气体清单）； (e) 缺省值：0.40。 <i>数据来源：A/R CDM 项目活动乔灌木碳储量及其变化的估算工具 (V04.2, EB 85)</i>
测定步骤：	不适用

其他说明:	
-------	--

数据/参数:	$BDR_{SF}$
数据单位:	无量纲
应用的公式编号:	公式 (14)
描述:	灌木盖度为 1.0 时的平均每公顷灌木地上生物量, 与项目实施区域的平均每公顷林木地上生物量的比值
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关数据 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 省级灌木种 (组) 的数据 (如省级温室气体清单);</p> <p>(d) 国家级灌木种 (组) 的数据 (如国家温室气体清单);</p> <p>(e) 缺省值: 0.10。</p> <p>数据来源: <i>A/R CDM 项目活动乔灌木碳储量及其变化的估算工具 (V04.2, EB 85)</i></p>
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$CF_{v,j}$
数据单位:	$tC \cdot (td.m.)^{-1}$ 或 $gC \cdot (td.m.)^{-1}$
应用的公式编号:	公式 (17)、(41)、(61)
描述:	藤本植物 $j$ 的生物量含碳率
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关数据 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 缺省值: 0.46。</p> <p>数据来源: <i>Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses</i></p>
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$f_{VINE} (\Phi)$
数据单位:	$td.m \cdot 株^{-1}$

应用的公式编号：	公式（18）
描述：	基于藤本植物距地面 1.3m 处直径与生物量相关关系建立的异速生长方程
数据源：	<p>数据源优先选择顺序：</p> <p>（a）项目参与方测定的当地相关数据（需提供透明和可核实资料来证明）；</p> <p>（b）现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据；</p> <p>（c）采用下述缺省方程计算：</p> $\text{藤本植物生物量} = (\text{离地面 1.3 m 的直径})^{2.657} * e^{0.968 * \ln(\text{离地面 1.3 m 的直径})}$ <p>数据来源：Coastal blue carbon: methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses</p>
测定步骤：	不适用
其他说明：	

数据/参数：	$DF_{DW}$
数据单位：	%
应用的公式编号：	公式（21）、（44）
描述：	项目边界内枯死木碳储量与活立木生物质碳储量的比值
数据源：	<p>数据源优先选择顺序：</p> <p>（a）项目参与方测定的当地相关数据（需提供透明和可核实资料来证明）；</p> <p>（b）现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据；</p> <p>（c）缺省值：2.55。</p> <p>数据来源：IPCC LULUCF 优良做法指南</p>
测定步骤：	不适用
其他说明：	

数据/参数：	$DV_{BI}$
数据单位：	$tC \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
应用的公式编号：	公式（24）
描述：	保守的缺省因子，单位面积每年的红树林生物质碳储量增量。
数据源：	<p>数据源优先选择顺序：</p> <p>（a）项目参与方测定的当地相关数据（需提供透明和可核实资料来证明）；</p>



	(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据。
测定步骤:	不适用
其他说明:	

数据/参数:	$DV_{BIO}$												
数据单位:	$tC \cdot hm^{-2}$												
应用的公式编号:	公式 (26)												
描述:	保守的缺省因子, 单位面积的红树林生物质碳储量												
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关数据 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 从下表中选择缺省值:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>地区</th><th>碳储量 (<math>tC \cdot hm^{-2}</math>)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>海南</td><td>108.35</td></tr> <tr> <td>广东</td><td>70.11</td></tr> <tr> <td>福建</td><td>25.63</td></tr> <tr> <td>浙江</td><td>1.09</td></tr> <tr> <td>全国</td><td>51.3</td></tr> </tbody> </table> <p>数据来源: 江小芳. 中国红树林植被和土壤碳储量及其影响因子 [D]. 厦门大学, 2021.</p>	地区	碳储量 ( $tC \cdot hm^{-2}$ )	海南	108.35	广东	70.11	福建	25.63	浙江	1.09	全国	51.3
地区	碳储量 ( $tC \cdot hm^{-2}$ )												
海南	108.35												
广东	70.11												
福建	25.63												
浙江	1.09												
全国	51.3												
测定步骤:	不适用												
其他说明:													

数据/参数:	$\beta_{LUC,x}$		
数据单位:	$tC \cdot hm^{-2}$		
应用的公式编号:	公式 (28)		
描述:	红树林林地转变为第x种土地利用方式的碳排放系数		
数据源:	<p>数据源优先选择顺序:</p> <p>(a) 项目参与方测定的当地相关数据 (需提供透明和可核实的资料来证明);</p> <p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的调查数据;</p> <p>(c) 省级或国家水平的适用于项目实施区的数据。</p> <p>(d) 缺省值:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>土地利用类型</th><th>碳排放系数 (<math>tC \cdot hm^{-2}</math>)</th></tr> </thead> <tbody> </tbody> </table>	土地利用类型	碳排放系数 ( $tC \cdot hm^{-2}$ )
土地利用类型	碳排放系数 ( $tC \cdot hm^{-2}$ )		

	耕地	3.732
	牧草地	4.011
	建设用地	59.957
	水域	-0.360
	未利用地	7.215
数据来源：赖力. 中国土地利用的碳排放效应研究[D]. 南京大学, 2010.		
测定步骤：	不适用	
其他说明：		

## 7.11 附件 11 需要监测的数据和参数集

本附件对应正文 6.4 节内容。

数据/参数:	$A_{BSL_i}$
数据单位:	hm <sup>2</sup>
应用的公式编号:	公式 (6)、(7)、(8)、(9)、(10)、(13)、(18)、(22)、(38)、(45)
描述:	基线第 <i>i</i> 碳层的面积
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5/10 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 面积测定误差不大于 5%
其他说明:	在项目情景下用 $A_{PROJ_i}$ 表示

数据/参数:	$DBH_j, H_j$
数据单位:	cm
应用的公式编号:	公式 (6)、(8)
描述:	树种 <i>j</i> 的胸径、眉径或地径, 树高
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序。
其他说明:	树木高度可以使全林木高度, 也可以使其它高度; 取决于方程中的使用定义

数据/参数:	$h$
数据单位:	cm
应用的公式编号:	公式 (7)
描述:	树种 <i>j</i> 呼吸根的高度
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$CC_{SHRUB\_BSL_{i,t}}$
数据单位:	无量纲
应用的公式编号:	公式 (14)
描述:	第 <i>t</i> 年第 <i>i</i> 项目碳层的灌木盖度
数据来源:	野外测定

测定步骤:	在估算灌木盖度时通常采用目测法、样线法、速测镜法等。
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	在项目情景下用 $CC_{SHRUB\_PROJ,i,t}$ 表示

数据/参数:	$\phi$
数据单位:	cm
应用的公式编号:	公式 (18)
描述:	藤本植物距地面 1.3 处的直径
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序。如果没有,可采用公开出版的相关技术手册或 IPCC GPG LULUCF 2003 中说明的程序。
其他说明:	

数据/参数:	$A_{BSL}$
数据单位:	hm <sup>2</sup>
应用的公式编号:	公式 (24)、(26)
描述:	基线项目边界内总面积
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5/10 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序,面积测定误差不大于 5%
其他说明:	在项目情景下用 $A_{PROJ}$ 表示

数据/参数:	$A_p$
数据单位:	hm <sup>2</sup>
应用的公式编号:	公式 (48)
描述:	固定样地面积
数据来源:	野外测定、核实
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5/10 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$A_k$
数据单位:	hm <sup>2</sup>
应用的公式编号:	公式 (60)、(61)
描述:	固定样地内样方面积

数据来源:	野外测定、核实
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5/10 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$DBH_{STUMP,j,q}$
数据单位:	m
应用的公式编号:	公式 (63)
描述:	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 树种 $j$ 第 $q$ 棵枯立树桩的胸高直径
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$H_{STUMP,j,q}$
数据单位:	m
应用的公式编号:	公式 (63)、(64)
描述:	第 $t$ 年时,项目第 $i$ 碳层样地 $p$ 树种 $j$ 第 $q$ 棵枯立树桩的高度
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$D_{j,q}$
数据单位:	cm
应用的公式编号:	公式 (65)
描述:	与样线交叉的树种 $j$ 第 $q$ 棵枯倒木的直径
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序
监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$L$
数据单位:	m
应用的公式编号:	公式 (65)
描述:	样线总长度
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或森林规划设计调查使用的标准操作程序

监测频率:	每 5 年监测一次
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	树木高度可以使全林木高度，也可以使其它高度；取决于方程中的使用定义

数据/参数:	$SEC$
数据单位:	$mm \cdot a^{-1}$
应用的公式编号:	公式 (23)、(46)
描述:	地表高程变化速率
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或《基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程 第 2 部分：地表高程监测》(T/CAOE 65-2023) 的标准操作程序
监测频率:	
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$SBD$
数据单位:	$g \cdot cm^{-3}$
应用的公式编号:	公式 (23)、(46)
描述:	土壤沉积物容重
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或《基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程 第 2 部分：地表高程监测》(T/CAOE 65-2023) 的标准操作程序
监测频率:	
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

数据/参数:	$CF_{Soil\_SOC}$
数据单位:	%
应用的公式编号:	公式 (23)、(46)
描述:	土壤沉积物碳含量
数据来源:	野外测定
测定步骤:	采用国家森林资源清查或《基于储量差值法的滨海蓝碳碳库增量监测技术规程 第 2 部分：地表高程监测》(T/CAOE 65-2023) 的标准操作程序
监测频率:	
QA/QC:	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序
其他说明:	

## 7.12 附件 12 中国主要红树林树种生物量方程参考表

中国主要红树林树种生物量方程参考表

序号	树种	异速生长方程（地上生物量）	异速生长方程（地下生物量）	测定指标	碳转换系数（%）	文献依据	研究地区
1	白骨壤 <i>Avicennia marina</i>	$lgW_A = 2.092 + 0.529Lg(D^2H)$ (R <sup>2</sup> =0.45,n=17)	$LgW_B = 1.361 + 0.615Lg(D^2H)$ (R <sup>2</sup> =0.92,n=27)	D, H	41.5	[3]	广东深圳福田
		$W_A = -2.4386 + 0.00801 \times \frac{H}{\ln H} + 1.4796 \times C + 0.0991 \times D_0^2$ (R <sup>2</sup> =0.9991)		D <sub>0</sub> , H, C		[4]	广西北海大冠沙
		$W_A = 0.076123 \times (D_0^2H) - 0.222424$ (R <sup>2</sup> =0.983)	$W_B = 0.040168 \times (D_0^2H) - 0.12623$ (R <sup>2</sup> =0.903)	D <sub>0</sub> , H		[5]	广西钦州湾
2	桐花树 <i>Aegiceras corniculatum</i>	$LgW_A = 1.496 + 0.465Lg(D^2H)$ (R <sup>2</sup> =0.94, n=15)	$LgW_B = 0.967 + 0.303Lg(D^2H)$ (R <sup>2</sup> =0.93, n=20)	D, H	43.7	[3]	广东深圳福田
		$W_A = 0.644347 \times (D) - 0.425066$ (R <sup>2</sup> =0.912)	$W_B = 0.163242 \times (D) - 0.10423$ (R <sup>2</sup> =0.874)	D		[5]	广西钦州湾
		$W_A = 0.02039 \times (D_0^2H)^{0.83749}$ (R <sup>2</sup> =0.9871)		D <sub>0</sub> , H		[6]	广西龙门岛

3-4	秋茄 <i>Kandelia obovate</i> 、 角果木 <i>Ceriops tagal</i>		$W_B = 4.6 * D_{0.1}^{1.136}$	D <sub>0.1</sub>	47.1	[7]	浙江苍南
		$W_A = 0.05698 \times D_0^2 - 0.295595$ (R <sup>2</sup> =0.958)	$W_B = 0.009685 * (D_0^2 H) + 0.108358$ (R <sup>2</sup> =0.928)	D <sub>0</sub> , H		[5]	广西钦州湾
		$W_A = 10.16 \times D_0^{2.454}$	$W_B = 7.649 \times D_0^{2.064}$			[8]	广东深圳福田
		$LgW_A = 1.053 * lg(D^2 H) + 2.814$ (R <sup>2</sup> =0.83)	$LgW_B = 0.990 * lg(D^2 H) + 2.433$ (R <sup>2</sup> =0.95)			[3]	广东深圳福田
5-7	红树 <i>Rhizophora apiculata</i> 、 红海榄 <i>Rhizophora stylosa</i> 、 拉氏红树 <i>Rhizophora × lamarckii</i>	$W_A = 2.465lg(D) - 0.696$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=6)	$W_B = 1.8601lg(D) - 0.583$ (R <sup>2</sup> =0.92, n=5)	D	49.0	[9]	
8-10	木榄 <i>Bruguiera gymnorrhiza</i> 、 海莲 <i>Bruguiera sexangula</i> 、 尖瓣海莲 <i>Bruguiera sexangula</i> var. <i>rhynchopetala</i>	$W_A = 0.186 \times D^{2.31}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=17)	$LgW_B = 1.5541Lg(D^2 H) - 0.328$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=17)	D, H	45.0	[10]	
11-15	杯萼海桑 <i>Sonneratia alba</i> 、 海桑 <i>Sonneratia caseolaris</i> 、 海南海桑	$W_A = 0.251\rho D^{2.46}$ ( $\rho$ =0.475, R <sup>2</sup> =0.99, n=15)	$W_B = 0.199\rho^{0.899} D^{2.22}$ ( $\rho$ =0.475, R <sup>2</sup> =0.99, n=26)	$\rho$ , D	45.0	[11]	



	<i>Sonneratia</i> × <i>hainanensis</i> 卵叶海桑 <i>Sonneratia ovata</i> 、 拟海桑 <i>Sonneratia</i> × <i>gulngai</i>						
16	无瓣海桑 <i>Sonneratia apetala</i>	$W_A = 0.280 (D^2H)^{0.693}$	$W_B = 0.038 (D^2H)^{0.759}$	D, H	42.9	[12]	
		$W_A = 0.034 * (D^2H)^{0.966}$ (R <sup>2</sup> =0.915)	$W_B = 0.003 * (D^2H)^{1.119}$ (R <sup>2</sup> =0.948)	D, H	42.9	[13]	广东潮州、广州、惠州、江门、茂名、汕头、深圳、湛江、中山、珠海
17	海漆 <i>Acrostichum areum</i>	$W_A = 0.251\rho D^{2.46}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=15)	$W_B = 0.199\rho^{0.899}D^{2.22}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=26)	$\rho, D$	45.0	[11]	
20	木果楝 <i>Xylcoarpus granatum</i>	$W_A = 0.251\rho D^{2.46}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=15)	$W_B = 0.199\rho^{0.899}D^{2.22}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=26)	$\rho, D$	45.0	[11]	
21	榄李 <i>Laguncularia racemosa</i>	$W_A = 0.102D^{2.50}$ (R <sup>2</sup> =0.97, n=70)		D	45.0	[14]	
22	瓶花木 <i>Scyphiphora hydrophyllacea</i>	$W_A = 0.251\rho D^{2.46}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=15)	$W_B = 0.199\rho^{0.899}D^{2.22}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=26)	$\rho, D$	45.0	[11]	
23	银叶树 <i>Heritiera littoralis</i>	$W_A = 0.251\rho D^{2.46}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=15)	$W_B = 0.199\rho^{0.899}D^{2.22}$ (R <sup>2</sup> =0.99, n=26)	$\rho, D$	45.0	[11]	

---

## 7.13 附件 13 基线识别步骤预测模型构建方法

基线识别步骤预测模型构建方法——以 FLUS 模型为例

### 7.12.1. 数据清单

FLUS 模型的运行需要两类核心数据：历史土地利用数据和驱动因子数据。

#### (1) 历史土地利用数据 (LUCC)

a. 至少两期(例如 2000 年、2010 年)的土地利用/土地覆盖图，数据应为栅格格式(\*.tif 或 \*.asc)，所有年份的像元大小、投影坐标系和空间范围必须完全一致；

b. 应采用明确的分类系统(如：耕地、林地、草地、水域、建设用地、未利用地)。分类不宜过多，通常 6-8 类为宜，否则会大幅增加模型复杂度和计算时间；

#### (2) 驱动因子数据

选择与土地利用变化密切相关的自然地理和社会经济变量，所有驱动因子必须与土地利用数据具有相同的投影坐标系、空间范围和像元大小；

##### a. 自然地理因子：

高程；

坡度；

坡向；

项目区到河流/水体的距离；

项目区到海岸线的距离；

土壤类型；

温度；

降水；

蒸散发；

##### b. 社会经济与区位因子：

项目区到城市中心(市中心、镇政府)的距离；

项目区到交通干线(高速公路、国道、铁路)的距离；

项目区人口密度分布图；

项目区 GDP 分布图；

项目区到商业中心、学校的距离；

注意：所有连续型的驱动因子数据在输入模型前需要进行标准化(如归一化到 0-1 之间)，以消除量纲影响。

#### (3) 辅助数据(用于设置限制区域和未来情景)

##### a. 限制区域数据

---

国土空间规划中的生态保护红线、永久基本农田、禁止建设区等。通常制作成二值图(0 表示禁止转换, 1 表示允许转换);

b. 未来情景设置数据

如不同的 SSP(共享社会经济路径)或 RCP(典型浓度路径)下的气候、人口、GDP 预测数据, 用于构建不同的发展情景;

### 7.12.2. 数据来源

(1) 土地利用数据:

a. 全球范围

ESA CCI Land Cover: 提供 1992 年至今的年度全球数据, 分辨率 30m。 <https://www.esa-landcover-cci.org/>

MODIS Land Cover (MCD12Q1): 提供 2001 年至今的年度数据, 分辨率 500m。 <https://www.earthdata.nasa.gov/data/catalog/lpcloud-mcd12q1-006>

b. 中国范围

中国科学院资源环境科学与数据中心: 提供多期(每 5 年)的 1km 和 100m 分辨率中国土地利用数据集。这是最常用且质量较高的中文数据源。 <https://www.resdc.cn/>

FROM-GLC: 清华大学生产的全球 30m 分辨率土地覆盖数据。 <https://data.ess.tsinghua.edu.cn/>

(2) 自然地理因子数据

高程数据:

SRTM: 90m 和 30m 分辨率全球数据。 <https://srtm.csi.carnegiescience.edu/>

ALOS World 3D: 30m 分辨率全球数据。 <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/>

气象数据:

WorldClim: 全球高分辨率气候数据。 <https://www.worldclim.org/>

(3) 社会经济因子数据:

WorldPop: 高分辨率的全球人口空间分布数据。 <https://www.worldpop.org/>

NPP-VIIRS: 新一代夜间灯光数据(可作为经济发展水平的代理变量)。 <https://eogdata.mines.edu/products/vnl/>

POI(兴趣点)数据: 从开放地图平台(如 OpenStreetMap, 高德地图 API, 百度地图 API)获取, 用于计算项目区到限制因子(如核心保护区、水体等)。

### 7.12.3. 操作步骤

(1) 数据准备与预处理

a. 确定研究区并划定边界

---

将所有的土地利用数据和驱动因子数据统一处理为完全一致的栅格格式(.tif)、像元大小、投影和范围;

b. 制作限制区域文件, 即确定项目区范围。

## (2) 模型训练与精度验证

### a. 构建预测模型

在 FLUS 软件中, 将早期土地利用图(如 2000 年)作为“T1 时期”, 将后期图(如 2010 年)作为“T2 时期”;

### b. 输入驱动因子

加载所有处理好的驱动因子图层;

### c. 训练 ANN(人工神经网络)

获取每个土地利用类型在不同驱动因子影响下的发展概率, 模型会随机抽取大量样本点来训练神经网络;

### d. 设置训练参数

迭代次数、隐藏层神经元数量等变量需根据实际情况调整, 一般认为迭代 1000 次, 单隐藏层的神经网络能达到最佳的预测效果;

### e. 验证模拟精度:

使用训练好的 ANN 模拟 2010 年的土地利用(以 2000 年为基期), 将模拟结果与真实的 2010 年土地利用图进行对比。计算 Kappa 系数来评估模拟精度。通常  $Kappa > 0.8$  认为模型性能可以接受。如果精度不佳, 需要检查驱动因子的选择或数据质量;

## (3) 未来情景预测

### a. 设置未来需求

需要确定到目标年(如 2030 年), 各类土地利用类型的总量需求(面积)。获取方式可以是城市规划目标、历史趋势外推、马尔可夫链预测等;

### b. 设置成本和邻域权重参数

成本矩阵: 定义地类之间相互转换的难易程度(例如, 耕地转为建设用地容易, 但建设用地转为耕地极难);

邻域权重: 反映每种地类的空间聚集效应(通常建设用地有很高的邻域权重, 意味着它容易在现有城镇周围扩张);

### c. 运行 CA(元胞自动机)模拟

以最近一期(如 2010 年)的土地利用为基期, 导入训练好的 ANN 计算出的概率图, 输入未来需求、成本矩阵和邻域权重, 设置迭代次数(目标年 - 基期年)×迭代年数, 例如预测 20 年, 每年迭代 10 次, 则总迭代次数为 200);

### d. 输出结果

得到目标年的土地利用模拟图;

---

#### (4) 结果分析与后处理

##### a. 可视化

在 Arcgis 软件中对模拟结果进行制图，直观展示未来空间格局；

##### b. 变化分析

计算各地类的面积变化量、空间变化热点区域等；

##### c. 设置多情景

通过改变“未来需求”或“限制区域”(例如生态保护情景、城市扩张情景等)，重复步骤(3)，进行多情景模拟与对比分析；

#### (5)模型筛选

若所收集的数据足以支撑多个模型的构建，须根据步骤(2)筛选出精度最高的模型。

---

## 参考文献

- [1] 国家林业和草原局. 重点区域生态保护修复项目投资估算指南. 2024.
- [2] Garrett M.G., Candela S.G., Rod B., et al. Implementation costs of restoring global mangrove forests [J]. *One Earth*, 2025, 8 (7): 101342.
- [3] Tam, N.F.Y., Wong, Y.S., Lan, C.Y., et al. Community structure and standing crop biomass of a mangrove forest in Futian Nature Reserve, Shenzhen, China[J]. *Hydrobiologia*, 1995, 295(1-3): 193-201.
- [4] 范航清, 尹毅, 劳丽荣. 广西海岸白骨壤红树植物地上部生物量的相关分析 [J]. *广西科学院学报*, 1993, 9 (2): 25-30.
- [5] 何琴飞, 郑威, 黄小荣, 等. 广西钦州湾红树林碳储量与分配特征 [J]. *中南林业科技大学学报*, 2017, 37 (11): 121-126.
- [6] 宁世江, 蒋运生, 邓泽龙, 等. 广西龙门岛群桐花树天然林生物量的初步研究 [J]. *植物生态学报*, 1996, 20 (1): 57-64.
- [7] 金川, 王金旺, 郑坚, 等. 异速生长法计算秋茄红树林生物量[J]. *生态学报*, 2012, 32(11): 3414-3422.
- [8] Lunstrum A, Chen L. Soil carbon stocks and accumulation in young mangrove forests [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2014, 75: 223-232.
- [9] Comley B.W.T., McGuinness K.A. Above- and below-ground biomass, and allometry, of four common northern Australian mangroves [J]. *Australian Journal of Botany*, 2005, 53(5): 431-436.
- [10] Clough B.F., Scott K. Allometric relationships for estimating above-ground biomass in six mangrove species [J]. *Forest Ecology and Management*, 1989, 27(2): 117-127.
- [11] Komiyama A., Pongparn S., Kato S. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves [J]. *Journal of Tropical Ecology*, 2005, 21(4): 471-477.
- [12] Liu, H.X., Ren, H., Hui, D.F., et al. Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014, 133: 86-93.
- [13] 胡懿凯, 徐耀文, 薛春泉, 等. 广东省无瓣海桑和林地土壤碳储量研究[J]. *华南农业大学学报*, 2019, 40 (6): 95-103.
- [14] Fromard F., Puig H., Mougin E., et al. Structure, aboveground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana [J]. *Oecologia*, 1998, 115: 39-53.