

# 福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法

## （试行）

2024年8月

# 目 录

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 适用条件 .....	1
4 术语与定义 .....	2
4.1 碳库 .....	2
4.2 地上生物质 .....	3
4.3 地下生物质 .....	3
4.4 生物量 .....	3
4.5 枯落物 .....	3
4.6 枯死木 .....	3
4.7 土壤有机碳 .....	3
4.8 木（竹）产品 .....	3
4.9 项目碳汇量 .....	4
4.10 额外性 .....	4
4.11 纯林 .....	4
4.12 混交林 .....	4
4.13 商业性采伐 .....	4
5 碳中和林的认定 .....	4
6 项目边界、碳库和温室气体排放源 .....	5
6.1 项目边界 .....	5
6.2 碳库的选择 .....	6
6.3 温室气体排放源的选择 .....	8
7 项目碳汇量核算方法 .....	9
7.1 基准线情景识别 .....	9
7.2 额外性论证 .....	9
7.3 碳层划分 .....	11
7.4 基准线碳储量 .....	12
7.5 项目碳储量 .....	24
7.6 项目泄漏量 .....	28
7.7 首次监测基准线生物质碳储量和死有机质碳储量的计算 .....	28
7.8 项目碳汇量核算 .....	29
8 监测程序 .....	29

8.1 项目地理边界的监测 .....	29
8.2 项目活动的监测 .....	30
8.3 项目碳层的调整 .....	30
8.4 监测样地数量计算与样地布设 .....	31
8.5 项目样地监测方法和精度控制与校正 .....	32
8.6 不需监测的数据和参数 .....	35
8.7 需要监测的数据和参数 .....	40
附表 .....	43

# 前言

2020年9月22日,第七十五届联合国大会一般性辩论上,习近平总书记郑重宣布:“中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。”森林植被通过光合作用吸收大气中的二氧化碳,是陆地生态系统中最大的碳库,发挥巨大的碳汇功能。林业碳汇是全球公认的最经济、最环保、最可持续的固碳减排措施。随着大规模造林和天然林保护,全省森林资源得到了有效的保护和发展,森林面积和蓄积均有较大幅度增长,森林资源禀赋得以不断提升,森林碳汇量也大幅度增加。根据全国第九次森林资源清查,我省森林面积1.21亿亩,森林蓄积7.29亿立方米,乔木林每亩蓄积7.8立方米,碳汇潜力巨大,随着森林数量、质量不断提升和结构改善,对助力实现“双碳”目标发挥越来越重要的作用,在2030年实现碳达峰之际提前谋划林业碳中和方案紧迫而必要。

福建省作为全国8个省级碳排放权交易市场之一,随着碳中和目标的推进,未来用于碳中和的林业碳汇项目具备较大潜力。编者在《福建碳中和林项目监测技术方案》基础上,研究吸收一元碳汇、林业碳票的成功经验,特编制《福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法》(以下简称“方法”),以规范福建碳中和林项目的碳汇计量与监测等工作,确保项目所产生的碳汇量可测量、可报告、可核查。

本“方法”由福建省林业局组织制定,福建省林业科学研究院、福建省林业调查规划院和龙岩市林业局共同编制。

# 福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法

## 1 范围

本技术文件适用于社会各界为实施碳中和而开展的林业碳汇活动。

## 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。

温室气体管理和气候变化管理及相关活动——碳中和（ISO 14068）

温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇（CCER—14—001—V01）

森林经营碳汇项目方法学（AR—CM—003—V01）

竹林经营碳汇项目方法学（AR—CM—005—V01）

《福建省大型活动和公务会议碳中和实施方案（试行）》

《2006 年国家温室气体清单编制指南》

《土地利用、土地利用变化与林业优良做法指南》

造林技术规程（DB35/T 84—2020）

森林抚育技术规程（DB35/T 1964—2021）

森林资源规划设计调查技术规程（GB/T 26424）

林业资源分类与代码 森林类型（GB/T 14721—2010）

## 3 适用条件

本文件适用于在疏林地、无林地上进行营造林，或在有林地上进行森林抚育，所增加的乔木林、竹林碳汇量；通过保护和恢复森林植被等林业活动，避免森林

损毁而保存的碳汇量，包括生态公益林、商品林停止商业性采伐等。但不适用于经济林、灌木林、湿地、泥炭地。

同时，使用本《方法》还应满足以下几点：

(1) 项目土地权属清晰，且项目参与方须提供所有项目地块的林地及森林和林木所有权或使用权的证据，如县级以上<sup>1</sup>人民政府核发的权属证书或其他有效的证明材料；

(2) 项目单个地块土地连续面积不小于 400m<sup>2</sup>。对于 2022 年之前开始的项目，土地连续面积不小于 667m<sup>2</sup>。

(3) 实施项目活动的土地为符合国家规定的乔木林（郁闭度 $\geq 0.20$ ，树高 $\geq 2\text{m}$ ）；或以经营竹子为目的的竹林；或连续分布面积 $\geq 400\text{m}^2$ 的新造林、未成林造林地和适合造林的林地。

(4) 造林项目不移除原有散生乔木和竹子，原有灌木和胸径小于 2cm 的竹子的移除比例总计不超过项目边界内地表面积的 20%；

(5) 项目活动不涉及全面清林和炼山等控制火烧；

(6) 除对病（虫）原疫木进行必要的火烧外，项目不允许其他人为火烧活动；

(7) 除改善林分卫生状况而开展的森林经营活动外，不移除枯死木和地表枯落物；

(8) 项目活动对土壤的扰动符合下列所有条件：

A. 符合水土保持的实践，如沿等高线进行整地；

B. 对土壤的扰动面积不超过地表面积的 10%；

## 4 术语与定义

本文件所使用的有关术语的定义如下：

### 4.1 碳库

生态系统中碳储存的形式或场所，包括地上生物物质、地下生物物质、枯落物、枯死木、土壤有机质及木（竹）产品。

---

<sup>1</sup> 文中的“以上”、“以下”均包含本数，下同。

[来源：CCER—14—001—V01，4.10]

#### 4.2 地上生物质

土壤层以上所有活体植物的生物质，包括茎干、桩、枝、皮、叶、花、果和繁殖体等。

[来源：CCER—14—001—V01，4.11]

#### 4.3 地下生物质

土壤层以下所有植物活根的生物质，通常不包括难以从土壤有机成分或枯落物中区分出来的直径 $\leq 2\text{mm}$ 的细根。

[来源：CCER—14—001—V01，4.12]

#### 4.4 生物量

地上生物质和地下生物质总的干物质质量。

[来源：CCER—14—001—V01，4.13]

#### 4.5 枯落物

土壤层以上、直径 $\leq 5\text{cm}$ ，处于不同分解状态的所有死有机质，包括凋落物、腐殖质以及难以从地下生物质中区分出来的细根。

[来源：CCER—14—001—V01，4.14]

#### 4.6 枯死木

枯落物以外的所有死有机质，包括枯立木、枯倒木以及直径大于 $5\text{cm}$ 的枯枝、死根和树桩。

[来源：CCER—14—001—V01，4.15]

#### 4.7 土壤有机碳

一定深度内（通常为 $30\text{cm}$ ）矿质土和有机土（包括泥炭土）中的有机碳，包括难以从地下生物质中区分出来的直径 $\leq 2\text{mm}$ 的细根。

[来源：CCER—14—001—V01，4.16]

#### 4.8 木（竹）产品

由项目产生的、从项目边界内移出的木材（或竹材）加工而成，在项目计入期结束后仍然在用或进入垃圾填埋的木制（或竹制）产品。

[来源：CCER—14—001—V01，4.17]

#### 4.9 项目碳汇量

碳中和项目的碳汇量，指项目边界内所选碳库的碳储量变化量之和，减去温室气体排放的增加量，单位为二氧化碳当量（tCO<sub>2e</sub>）。

[来源：LY/T 3253—2021，2.3，有修改]

#### 4.10 额外性

指拟议的碳中和林项目活动产生的项目碳汇量高于基准线碳汇量的情形。这种额外的碳汇量在没有拟议项目活动时是不会产生的。

[来源：AR—CM—003—V01，4，有修改]

#### 4.11 纯林

指以乔木树种为经营目的的任一树种蓄积量或株数占乔木树种比例达到65%以上的林分。

[来源：GB/T 14721—2010，2.1，有修改]

#### 4.12 混交林

指以乔木树种为经营目的的任一树种蓄积量或株数占乔木树种比例均不足65%的林分。在此前提下，针叶树占比65%以上的为针叶混交林，阔叶树占比65%以上的为阔叶混交林，针叶树和阔叶树占比均不足65%的为针阔混交林。

[来源：GB/T 14721—2010，2.1，有修改]

#### 4.13 商业性采伐

指以取材为主要目的的采伐，包括基于主伐年龄来确定的皆伐及强度超过30%的间伐。为增汇和提升森林质量而进行的采伐，如强度小于30%的抚育间伐、择伐或卫生伐等均不在此列。

[来源：国办函〔2021〕15号，附件注1，有修改]

## 5 碳中和林的认定

碳中和林是指以服务碳中和为目标，所营建、新造、保护和恢复的林分，其在一定时期内通过人为管理产生的碳汇量，用于抵消企业和个人碳排放、党政机关为主实施的大型活动和公务会议等产生的碳排放。具体应同时满足以下条件：



(1) 碳中和林的碳汇量是按本文实施并核算的，用于抵消企业和个人碳排放、党政机关为主实施的大型活动和公务会议等产生的碳排放；

(2) 企业和个人碳排放、党政机关为主实施的大型活动和公务会议等产生的碳排放，须经主管部门认可的程序软件测算，或通过有资质的第三方机构核算；

(3) 党政机关、企业、个人的碳中和活动参照《气候变化管理—向净零过渡—第 1 部分：碳中和》（ISO 14068—1），其中大型活动和公务会议，包括但不限于：会议、培训、演出、论坛、赛事、展览等。

## 6 项目边界、碳库和温室气体排放源

### 6.1 项目边界

#### 6.1.1 地理边界

是指由对拟议项目所在区域的林地拥有所有权或使用权的项目参与方实施林业项目活动的地理范围。一个项目活动可在若干个不同的地块上进行，但每个地块应有特定的地理边界，该边界内不包括宽度大于 3m 的道路、沟渠、坑塘、河流等不符合适用条件的土地。项目边界包括事前项目边界和事后项目边界。

事前项目边界：是在项目设计和开发阶段确定的项目边界，是计划实施项目活动的边界。

事后项目边界：是在项目监测时确定的、经过核实的、实际实施的项目活动的边界。

项目边界可采取下述方法之一确定：

(1) 采用全球定位系统（GPS）、北斗卫星导航系统（BDS）及其他卫星导航系统，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，单点定位误差不超过 $\pm 5\text{m}$ ；

(2) 利用空间分辨率不低于 5m 的地理空间数据（如卫星遥感影像、航拍影像等）、林草资源“一张图”、造林作业设计等，在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取项目地块的边界坐标。

(3) 使用大比例尺地形图（比例尺不小于 1:10000）进行现场勾绘，结合 GPS、BDS 等定位系统进行精度控制。

事后项目边界可采用上述方法（1）或（2）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、核查时，项目参与方须提供所有项目地块的林地所有权或使用权的证据，如县（含县）级以上人民政府核发的林地林木权属证书或其他有效的证明材料。

项目活动可以在几处不相连的地块（连续分布面积 $\geq 0.04\text{hm}^2$ ）上进行。

在描述项目的边界时，各分离的项目地块需要包含下列信息：

- （1）项目区域名称（包括林班号，分配编号和当地的地名）；
- （2）项目区地图（数字地图）；
- （3）每个多边形地块的拐点地理坐标（国家 2000 坐标系）；
- （4）总体面积；
- （5）详细的林地所有权和使用权。

项目地理边界是固定的，在整个项目期内不应发生变化。

## 6.1.2 时间边界

### 6.1.2.1 项目开始日期

项目活动开始日期即项目边界内首次实施项目活动的日期。项目活动的开始日期应于 2012 年 11 月 8 日之后。

### 6.1.2.2 项目计入期

项目计入期为可申请项目碳汇量登记的时间期限，从项目业主申请登记的项目碳汇量的产生时间开始，应在 2020 年 9 月 22 日之后。项目计入期一般不超过 6 年，当期项目结束前 1 年内，项目业主可向主管部门提出续期申请，以 3 年为一个单位期限延续。项目设计文件可按项目续期后的期限一次编制。两个续期单位（6 年）内，应至少开展一次碳汇量监测、核查，并报主管部门备案。项目计入期超出林权权属寿命期限的，项目业主应提供林权发包方同意在剩余计入期内继续实施项目的承诺文件。

## 6.2 碳库的选择

项目边界内选择或不选择的碳库见表 1—3。

**表 1 森林经营碳汇项目边界内的碳库选择**

项目类	碳库	是否	理由/选择说明
-----	----	----	---------

型		选择	
基准线情景	地上生物质	是	根据适用条件,计算地上生物质和地下生物质碳储量的变化量。
	地下生物质		
	枯死木	是或否	根据适用条件,该碳库的碳汇量所占比例小,可以选择忽略不计。
	枯落物		
	土壤有机碳	是	根据适用条件,计算土壤有机碳储量的变化量。
	木(竹)产品	是或否	根据适用条件,选择是否计算该碳库的碳汇量。
项目情景	地上生物质	是	项目活动影响的主要碳库。
	地下生物质		
	枯死木	是或否	该碳库可能会增加或降低。如果项目活动下该碳库不会降低,根据成本有效性原则可以忽略该碳库。
	枯落物		
	土壤有机碳	是	根据适用条件,计算土壤有机碳储量的变化量。
	木(竹)产品	是或否	根据适用条件,选择是否计算该碳库的碳汇量。

**表 2 造林碳汇项目边界内的碳库选择**

项目类型	碳库	是否选择	理由/选择说明
基准线情景	地上生物质	否	在计算项目碳汇量时扣除。
	地下生物质		
	枯死木	否	根据适用条件,该碳库的碳汇量所占比例小,忽略不计。
	枯落物		
	土壤有机碳	否	根据适用条件,土地处于稳定或退化状态,忽略不计。
	木(竹)产品	否	根据适用条件,该碳库的碳汇量占比小,忽略不计。
项目情景	地上生物质	是	项目活动影响的主要碳库。
	地下生物质		
	枯死木	是或否	相比基准线情景,造林项目通常会增加枯死木碳储量,基于保守性原则可不选择该碳库。但如果项目存在移除枯死木或枯落物的情形,则不选择该碳库。
	枯落物		
	土壤有机碳	是	根据适用条件,造林会引起土壤有机碳储量发生变化。
	木(竹)产品	否	基于保守性原则,选择忽略该碳库。

**表 3 保护和恢复森林植被碳汇项目的碳库选择**

项目类	碳库	是否	理由/选择说明
-----	----	----	---------

型		选择	
基准线情景	地上生物质	是	根据适用条件,计算地上生物质和地下生物质碳储量的变化量。
	地下生物质		
	枯死木	是或否	根据适用条件,该碳库的碳汇量所占比例小,可以选择忽略不计。
	枯落物		
	土壤有机碳	是	根据适用条件,计算土壤有机碳储量的变化量。
	木(竹)产品	是	根据适用条件,计算木(竹)产品的碳储量。
项目情景	地上生物质	是	项目活动影响的主要碳库。
	地下生物质		
	枯死木	是或否	项目活动会增加该碳库。若项目存在移除枯死木或枯落物的情形,基于保守性原则不选择该碳库。
	枯落物		
	土壤有机碳	是	根据适用条件,计算土壤有机碳储量的变化量。
	木(竹)产品	是或否	根据适用条件,若存在改善性林木采伐时,则计算木(竹)产品的碳储量。

### 6.3 温室气体排放源的选择

项目边界内选择不选择的温室气体排放源见表4。

表4 项目边界内的温室气体排放源选择

情景	温室气体排放源	温室气体种类	是否选择	理由/选择说明
基准线情景	火灾或人为火烧	CO <sub>2</sub>	是或否	如果是一般造林,通常会进行炼山整地,而增加温室气体排放量;如果未实施造林,则可选择忽略。如果是森林经营、保护和恢复森林植被,有可能发生火灾而增加温室气体排放量。
		CH <sub>4</sub>	是或否	
		N <sub>2</sub> O	是或否	
	使用车辆、机械设备等过程中化石燃料燃烧产生的排放	CO <sub>2</sub>	否	按保守性原则,忽略不计。
		CH <sub>4</sub>	否	
		N <sub>2</sub> O	否	
项目情景	化石燃料燃烧(车辆、机械、设备)	CO <sub>2</sub>	否	相对于基准线情景,排放量的变化量不显著,忽略不计。
		CH <sub>4</sub>	否	
		N <sub>2</sub> O	否	

	森林火灾	CO <sub>2</sub>	否	生物质燃烧导致的 CO <sub>2</sub> 排放已在碳储量变化中考虑。
		CH <sub>4</sub>	是	在项目设计阶段计为 0；如果项目计入期内发生森林火灾或人为的火烧活动，则必须选择该排放源。
		N <sub>2</sub> O	是	
	使用石灰、污泥施肥过程中产生的排放	CO <sub>2</sub>	否	相对于基准线情景，排放量的变化量不显著，忽略不计。
		CH <sub>4</sub>	否	
		N <sub>2</sub> O	否	

## 7 项目碳汇量核算方法

### 7.1 基准线情景识别

本文件规定的碳汇项目基准线情景为：维持项目开始前的土地利用与管理方式，不考虑计入期碳储量变化。

### 7.2 额外性论证

#### 7.2.1 免于论证

以保护和改善人类生存环境、维持生态平衡等为主要目的的公益性林项目，在计入期除碳汇收益外难以获得其他经济收入，造林及森林（竹子）经营等活动成本高，不具备财务吸引力。符合下列条件之一的碳汇项目，其额外性免于论证：

7.2.1.1 属于生态公益林的碳汇项目。

7.2.1.2 属于成过熟商品林的碳汇项目。

7.2.1.3 在福建省重要生态系统保护和修复重大工程项目县（区、市）开展的项目。

注：项目县（区、市）依据《福建省重要生态系统保护和修复重大工程实施方案（2021—2035 年）》（闽发改农业〔2021〕199 号）

#### 7.2.2 普遍性做法分析

项目参与方须证明拟议项目活动不是普遍性做法，即没有与拟议项目活动相类似的项目活动，其基准线情景则为历史的或现有的土地利用情景。类似的项目活动指在项目所在区域、类似的社会经济和生态条件下、普遍实施的与拟议项目活动相类似的活动，包括那些由具有可比性的实体或机构（如大公司、小公司、国家政府项目、地方政府项目等）实施的项目活动和那些具有可比性的地理范围、

地理位置、环境条件、社会经济条件、制度框架以及投资环境下的项目活动，也包括项目以前制定的土地利用规划方案。拟议项目按下列措施全部实施的，可认定不是普遍性做法。

#### 7.2.2.1 森林经营项目措施

(1) 科学设计抚育方式和强度，综合考虑水土流失防治、生物多样性保护、天然更新促进；

(2) 注重适时抚育，如强度小于 30%的间伐、修枝及补植等，补植生长速率快、材质优良的乡土良种壮苗；

(3) 当灌木杂草高度超过目的树种并对其生长造成严重影响时，只割除目的树种周边 1 米左右范围的灌木杂草，避免全面割灌除草、禁止使用除草剂；

(4) 抚育作业剩余物的处置应当综合考虑有效利用、森林病虫害防治、森林防火、环境保护等要求，进行合理分类并采取运出、平铺，或者按一定间距均匀堆放等适当方式处理；

(5) 注重人工促进天然更新，乔灌草结合，提高森林的稳定性；

(6) 加强病虫害防治与森林防火等。

#### 7.2.2.2 造林项目措施

(1) 采用生长速率快、含碳率高的树种（如杉木、木荷、枫香等），优先选择乡土树种；

(2) 营造混交林（包括针阔混交、不同针叶树混交、不同阔叶树混交等），注重速生互生共生树种配置；

(3) 使用实生苗，优先选择良种壮苗，若使用袋装苗，应去袋，舒根呈辐射状后栽植；

(4) 采用不炼山耙带造林，禁止陡坡全锄全垦整地，保护林地原有的幼苗幼树；

(5) 基肥应尽量减少化肥使用，以改良土壤的有机肥为主。

#### 7.2.2.3 保护和恢复森林植被项目措施

(1) 森林经营以固碳增汇为主要目的，全面停止商业性采伐；

(2) 为改善林分结构，提高森林活力，可进行适当的、强度小于 30%的抚育间伐；或进行择伐、渐伐等主伐，主伐强度可按蓄积或面积比例设计。监测间

隔期内，商品林年均采伐量不超过项目面积或蓄积量的 1/30，生态林不超过项目面积或蓄积量的 1/70。

(3) 其他经营措施同 7.2.2.1。

如果项目参与方无法证明拟议的项目活动不是普遍性做法，或者存在与拟议的项目活动相类似的造林或森林经营项目活动（即拟议的项目活动属于普遍做法），项目参与方须通过下文 7.2.3 节的障碍分析，来确定拟议项目的基准线情景并证明拟议的项目的额外性。

### 7.2.3 障碍分析

如果拟议的项目活动属于普遍性做法，项目参与方仍可通过实施障碍分析来确定项目活动的基准线情景并证明项目活动的额外性，例如由于项目参与方面临相关的障碍，阻碍其在项目区实施通常做法或原有的土地利用规划方案，使得基准线情景为维持原有的土地利用方式。实施障碍是指任何可能阻止项目活动开展的因素。项目参与方至少需要对下列三种障碍之一进行评估：财务障碍、技术障碍或机构障碍。项目参与方可以证明存在多种障碍，但只要证明一种障碍存在即可。

财务障碍可以包括高成本、有限的资金，或者在没有项目碳汇收益时，内部收益率低于项目参与方预期能接受的最低收益率。如果采用财务障碍测试，项目参与方须提供可靠的定量分析的证据，如净现金流和内部收益率测算，以及相关批准文件等书面材料。

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、市场条件和实践措施等相关知识，缺少实践经验等。

机构障碍包括对技术实施的制度性排斥，技术实施能力不足，管理层缺乏共识等。

## 7.3 碳层划分

为提高碳计量的准确性和精度、降低在一定精度要求下所需监测的样地数量，需要对项目区进行分层。分层因子可以是森林类型、优势树种、林龄、立地质量等级、起源等，有利于减少碳层的异质性。按照不同的分层因子将项目边界内的

地块划分为不同的层次，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。

项目设计阶段划分的碳层用于预估碳储量变化量。造林项目考虑项目边界内土地在造林前的立地条件，以及拟实施的项目造林时间、造林树种、造林密度等因素划分项目碳层，将无显著差别的造林地块划分为同一碳层；森林经营项目按森林类型、优势树种、林龄、立地质量等级、起源等划分碳层。

项目实施阶段划分的碳层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，结合实际情况进行调整确定。若存在自然因素（如火灾、病虫害等）或人为干扰（如火烧、采伐等）导致原有碳层的异质性增加，或土地利用发生变化，须对项目碳层进行调整。

## 7.4 基准线碳储量

基准线碳储量是在没有拟议项目活动的情况下，项目边界内所选碳库中碳储量之和。本方法根据碳汇项目类型，选择相应的碳库，考虑乔木生物质碳、土壤有机质碳库、林下灌木、枯死木、枯落物及木（竹）产品碳库的碳储量。基于保守性原则，项目活动事前不考虑基准线情景下火灾引起的生物质燃烧造成的温室气体排放。

### 7.4.1 森林经营项目基准线碳储量

森林经营碳汇项目，主要考虑基准线森林生物质碳储量、土壤有机碳储量、森林死有机质碳储量和木（竹）产品的碳储量，不考虑林下灌木和草本等的碳储量。采用下列公式进行计算：

$$C_{BSL,t} = C_{TREE\_BSL,t} + C_{DOM\_BSL,t} + C_{SOC\_BSL,t} + C_{HWP\_BSL,t} \quad (1)$$

式中：

- $C_{BSL,t}$  第  $t$  年时的基准线碳储量； tCO<sub>2</sub>e
- $C_{TREE\_BSL,t}$  第  $t$  年时，项目边界内基准线木（竹）生物质碳储量； tCO<sub>2</sub>e
- $C_{DOM\_BSL,t}$  第  $t$  年时，项目边界内基准线森林死有机质碳储量； tCO<sub>2</sub>e



$C_{SOC\_BSL,t}$  第  $t$  年时，项目边界内基准线土壤有机碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$C_{HWP\_BSL,t}$  第  $t$  年时，项目边界内基准线收获木（竹）产品的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

#### 7.4.1.1 森林生物质碳储量计算

森林生物质碳储量是利用森林生物量含碳率将森林生物量转化为碳储量：

$$C_{TREE\_BSL,t} = \frac{44}{12} \times \sum_i \sum_j (B_{TREE\_BSL,i,j,t} \times CF_j \times A_{i,j,t}) \quad (2)$$

式中：

$C_{TREE\_BSL,t}$  第  $t$  年时，项目边界内基准线碳层林木生物质的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$  第  $t$  年项目边界内基准线第  $i$  碳层树种  $j$  的单位面积全林生物量；t d.m.·hm<sup>-2</sup>

$CF_j$  树种  $j$  的生物量含碳率；tC·(t d.m.)<sup>-1</sup>

$A_{i,j,t}$  第  $t$  年时，第  $i$  项目碳层树种  $j$  的森林面积，hm<sup>-2</sup>

$i$  基准线碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲

$j$  树种， $j=1,2,3,\dots$ ，无量纲

$\frac{44}{12}$  CO<sub>2</sub> 与 C 的分子量比；无量纲

$t$  项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

#### 7.4.1.2 生物量计算

##### 7.4.1.2.1 乔木生物量计算

项目参与方可以根据下列方法的优先顺序，采用其中方法之一来估算基准线第  $i$  碳层乔木树种  $j$  的生物量 ( $B_{TREE\_BSL,i,j,t}$ )。项目审定时已开展首次监测的，项目设计使用最接近项目监测生物量的预估方法；项目审定后再开展首次监测的，项目设计优先使用立地质量指数估测法结合福建一元方程，其次为生物量方程法

或立地质量指数估测法结合生物量转换和扩展因子,并可采用激光雷达估测法进行。在项目实施阶段,每次监测和核算均使用同一类方法,以保证项目碳汇量核算结果的可比性。

### 方法 I 生物量方程法

在项目设计阶段,采用乔木林全林生物量与单位面积蓄积量的相关方程(见CCER—14—001—V01的表A.5)计算乔木林全林生物量。其中,乔木林单位面积蓄积采用单位面积蓄积量与林龄的相关方程(CCER—14—001—V01的表A.11)计算:

$$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = f(V_{BSL,i,j,t}) \quad (3)$$

$$V_{BSL,i,j,t} = f(Age_{BSL,i,j,t}) \quad (4)$$

式中:

$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	第 $t$ 年时,第 $i$ 碳层树种 $j$ 的乔木林单位面积全林生物量; t d.m. ·hm <sup>-2</sup>
$f(V_{BSL,i,j,t})$	第 $i$ 碳层树种 $j$ 的乔木林单位面积全林生物量与单位面积蓄积的相关方程; t d.m. ·hm <sup>-2</sup>
$V_{BSL,i,j,t}$	第 $t$ 年时,第 $i$ 碳层树种 $j$ 的乔木林单位面积蓄积量; m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>
$f(Age_{BSL,i,j,t})$	第 $i$ 碳层树种 $j$ 的乔木林单位面积蓄积量与林龄的相关方程, m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>
$Age_{BSL,i,j,t}$	第 $t$ 年时,乔木林的林龄; 无量纲

在项目实施阶段,须使用单株林木的全株生物量(见CCER—14—001—V01的表A.1、表A.2和表A.3)与林木胸径和(或)树高的相关方程,再根据单位面积林木数量,计算乔木林全林生物量。

$$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = [f(DBH_{AF,i,j,t}, H_{AF,i,j,t}) \times N_{i,j,t}] \times 10^{-3} \quad (5)$$

式中:

$B_{TREE\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年时,第 $i$ 碳层树种 $j$ 的乔木林单位面积全林生物量; t d.m. ·hm <sup>-2</sup>
$f(DBH_{AF,i,j,t}, H_{AF,i,j,t})$	第 $i$ 碳层树种 $j$ 乔木全株生物量与胸径(cm)和(或)树高(m)的相关方程; kg d.m. ·stem <sup>-1</sup>

$DBH_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时, 第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 的平均胸径; cm
$H_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时, 第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 的平均树高; m
$N_{i,j,t}$	第 $t$ 年时, 第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 的单位面积株 数, stem · hm <sup>-2</sup>
$i$	项目碳层, $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$j$	树种, $j=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$t$	项目开始以来的年数, $t=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$10^{-3}$	将千克转换为吨的常数。

## 方法 II 生物量扩展因子法

通过调查计入期内不同年份 ( $t$ ) 各碳层乔木的胸径 (DBH) 和 (或) 树高 (H), 查材积表或运用材积公式转化成林木树干材积; 利用基本木材密度 ( $SVD$ ) 和生物量扩展因子 ( $BEF$ ) 将林木树干材积转化为地上生物量, 再通过地下生物量与地上生物量的比值 ( $RSR$ ) 计算全林生物量:

$$B_{TREE\_BSL,i,j,t} = AGB_{AF,i,j,t} \times (1 + RSR_j) \quad (6)$$

$$AGB_{AF,i,j,t} = V_{BSL,i,j,t} \times SVD_{BSL,j} \times BEF_{BSL,j} \quad (7)$$

式中:

$B_{TREE\_BSL,i,j,t}$	第 $t$ 年时, 第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单位面积全林生物量; t d.m. · hm <sup>-2</sup>
$AGB_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时, 第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单位面积地上生物量; t d.m. · hm <sup>-2</sup>
$V_{BSL,i,j,t}$	第 $t$ 年, 第 $i$ 碳层树种 $j$ 的材积, 是通过胸径和 (或) 树 高数据查材积表或将数据代入材积方程计算得来; m <sup>3</sup> · hm <sup>-2</sup>
$SVD_{BSL,j}$	树种 $j$ 的基本木材密度 (带皮); t d.m. · m <sup>-3</sup>
$BEF_{BSL,j}$	树种 $j$ 的生物量扩展因子, 地上生物量与树干生物量比值, 无量纲
$RSR_j$	树种 $j$ 的地下生物量与地上生物量的比值, 无量纲

$i$	项目碳层, $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$j$	树种, $j=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$t$	项目开始以来的年数, $t=1,2,3,\dots$ , 无量纲

### 方法 III 机载激光雷达估测法

利用机载激光雷达数据进行单木分割, 获取单木位置、树高和冠幅, 并与实际中单木位置进行精准匹配。通过实测不同径级的单木样株生物量, 构建单木生物量模型。基于激光雷达单木分割获取的单株单木的激光点云数据, 计算每株单木的地上生物量, 以及单位面积地上生物量:

$$AGB_{AF,i,j,t} = \frac{\sum_s f_{AGB,AF}(x_{1,i,j,s,t}, x_{2,i,j,s,t}, x_{3,i,j,s,t}, \dots)}{A_{AF,i,t}} \times 10^{-3} \quad (8)$$

式中:

$AGB_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时, 乔木林基准线第 $i$ 碳层树种 $j$ 单位面积地上生物量; t d.m. · hm <sup>-2</sup>
$f_{AGB,AF}(x_1, x_2, x_3, \dots)$	乔木单株地上生物量与激光点云数据的相关方程, 千克每株 ( kg d.m. · stem <sup>-1</sup> ); 其中, $x_1, x_2, x_3, \dots$ 为树高、冠幅、枝下高等;
$A_{AF,i,t}$	第 $t$ 年时, 乔木林基准线第 $i$ 碳层面积, hm <sup>2</sup>
$i$	基准线碳层, $i=1, 2, 3, \dots$ , 无量纲
$j$	树种, $j=1, 2, 3, \dots$ , 无量纲
$s$	第 $i$ 碳层内第 $j$ 类树种的单木, $s=1, 2, 3, \dots$ , 株 (stem)
$t$	项目开始以来的年数, $t=1, 2, 3, \dots$ , 无量纲

基于上述方法获得乔木林单位面积地上生物量, 再按公式 (6) 利用乔木林地下生物量与地上生物量的比值转换成单位面积全林生物量。

### 方法IV 立地质量指数估测法

根据不同立地质量等级各乔木树种 (组) 年龄与胸径相关方程 (见附表 3), 按照以下公式计算得出的胸径值可以通过 2017 年《福建省地方森林资源监测体系小班区划调查用表》的一元方程 (见附表 8) 计算单株蓄积量并转为单位面积

蓄积量后再使用 CCER—14—001—V01 的表 A.5 计算全林生物量和地上生物量；也可以通过单株生物量（见 CCER—14—001—V01 的表 A.1、表 A.2 和表 A.3）与林木胸径的相关方程获得单株林木生物量，再根据单位面积林木数量，通过公式（5）计算乔木林全林生物量。

$$DBH_{AF,i,j,t} = f(Age_{AF,i,j,t}, Ldzldj_{AF,i}) \quad (9)$$

$$V_{AF,i,j,t} = f(DBH_{AF,i,j,t}) \times N_{AF,i,j,t} \quad (10)$$

式中：

$DBH_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 的平均胸径； cm
$f(Age_{AF,i,j,t}, Ldzldj_{AF,i})$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 平均胸径与年龄和立地质量等级的相关方程；cm，见附表 3
$Age_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 的年龄；无量纲
$Ldzldj_{AF,i}$	第 $i$ 碳层的立地质量等级，无量纲
$V_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单位面积蓄积量； $m^3 \cdot hm^{-2}$
$f(DBH_{AF,i,j,t})$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层树种 $j$ 乔木蓄积量与胸径的相关方程； $m^3 \cdot stem^{-1}$ ，见附表 8
$N_{AF,i,j,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层乔木林树种 $j$ 的单位面积株数， $stem \cdot hm^{-2}$
$i$	项目碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲
$j$	树种， $j=1,2,3,\dots$ ，无量纲
$t$	项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3,\dots$ ，无量纲

#### 7.4.1.2.2 竹林生物量计算

单位面积竹林生物量包括地上生物量和地下生物量：

$$B_{BAMBOO\_BSL,t} = AGB_{BF,t} + BGB_{BF,t} \quad (11)$$

式中：

$B_{BAMBOO\_BSL,t}$  第  $t$  年时，基准线竹林单位面积全林生物量； $t \text{ d.m.} \cdot hm^{-2}$

$AGB_{BF,t}$  第  $t$  年时, 竹林单位面积地上生物量;  $t \text{ d.m.} \cdot \text{hm}^{-2}$

$BGB_{BF,t}$  第  $t$  年时, 竹林单位面积地下生物量;  $t \text{ d.m.} \cdot \text{hm}^{-2}$

### (1) 竹林地上生物量计算

新造竹林生长发育可分为发育阶段(一般大径散生竹林 1-9 年、小径散生竹林 1-5 年、丛生竹 1-5 年、混生竹 1-6 年)和成林稳定阶段(一般大径散生竹林从第 10 年开始、小径散生竹林从第 6 年开始、丛生竹从第 6 年开始、混生竹从第 7 年开始)。

在发育阶段, 竹林的生物量、株数、平均胸径、平均竹高等都会发生明显的变化。而达到成林稳定阶段后, 由于择伐或自然枯损以及新竹的生长, 竹林地上生物量基本上处于动态平衡状态。

假定竹林达到成熟稳定的竹龄为  $T_b$ , 在竹龄( $t_b$ )达到成熟稳定年龄之前( $t_b \leq T_b$ ), 可采用下列方法计算竹林地上生物量。竹林达到成林稳定后( $t_b > T_b$ ), 则等于第  $T_b$  年时的竹林地上生物量。

在项目设计阶段, 采用平均生长量的方法计算竹林地上生物量:

$$AGB_{BF,t_b} = \begin{cases} \frac{AGB_{BF,T_b}}{T_b} \times t_b & t_b \leq T_b \\ AGB_{BF,T_b} & t_b > T_b \end{cases} \quad (12)$$

式中:

$AGB_{BF,t_b}$  第  $t_b$  年时, 竹林单位面积地上生物量, 单位为吨每公顷 ( $t \text{ d.m.} \cdot \text{hm}^{-2}$ );

$AGB_{BF,T_b}$  竹林达到成熟稳定后的单位面积地上生物量, 单位为吨每公顷 ( $t \text{ d.m.} \cdot \text{hm}^{-2}$ ), 见附表 1;

$T_b$  竹林达到成熟稳定的年龄, 无量纲;

$t_b$  项目竹龄, 无量纲。

在项目实施阶段, 监测竹林单位面积株数、平均胸径等, 采用单株地上生物

量与胸径的相关方程计算单位面积地上生物量。

$$AGB_{BF,t_b} = f_{AGB,BF}(DBH_{t_b}) \times N_{t_b} \times 10^{-3} \quad (13)$$

式中：

- $AGB_{BF,t_b}$  第  $t_b$  年时，竹林单位面积地上生物量；单位为吨每公顷 (t d.m.·hm<sup>-2</sup>)；
- $f_{AGB,BF}(DBH_{t_b})$  竹子单株地上生物量与胸径的相关方程；单位为千克每株 (kg d.m.·stem<sup>-1</sup>)，见附表 2；
- $DBH_{t_b}$  第  $t_b$  年时，竹林平均单株胸径；单位为厘米 (cm)；
- $N_{t_b}$  第  $t_b$  年时，竹林的单位面积株数；单位为株每公顷 (stem·hm<sup>-2</sup>)；
- $t_b$  项目竹龄；无量纲；
- $10^{-3}$  将千克转换为吨的常数。

## (2)竹林地下生物量计算

由于竹林经营通常只移除地上部分，而地下部分（竹蔸、竹根和竹鞭）仍会在较长时间内留存于林地中，竹林地下生物质碳储量通常还会继续增加，即竹林地下生物量与地上生物量的比值会随着竹林年龄的增加而增加，呈现动态变化关系。

在竹林达到成熟稳定的年龄前，通过竹林地下生物量与地上生物量的比值，结合竹林地上生物量的变化，计算竹林地下生物量。当竹林成熟稳定后，经过一段时间的经营，考虑到地下生物量生长也存在上限，本文件保守地假定  $t_b > 2T_b$  时，地下生物量不再增长。

$$BGB_{BF,t_b} = \begin{cases} AGB_{BF,t_b} \times RSR_{BF} & (t_b \leq T_b) \\ AGB_{BF,T_b} \times RSR_{BF} + SC_{BF,T_b} \times AGB_{BF,T_b} \times RSR_{BF} & (T_b < t_b \leq 2T_b) \\ AGB_{BF,T_b} \times RSR_{BF} + SC_{BF,2T_b} \times AGB_{BF,T_b} \times RSR_{BF} & (t_b > 2T_b) \end{cases} \quad (14)$$

式中：

$BGB_{BF,t_b}$	第 $t_b$ 年时，竹林单位面积地下生物量；单位为吨每公顷（t d.m.·hm <sup>-2</sup> ）
$AGB_{BF,t_b}$	第 $t_b$ 年时，竹林单位面积地上生物量；单位为吨每公顷（t d.m.·hm <sup>-2</sup> ）
$RSR_{BF}$	基于林分的竹林地下生物量与地上生物量的比值；无量纲，见附表 1
$AGB_{BF,T_b}$	竹林达到稳定成熟年龄时的单位面积地上生物量；单位为吨每公顷（t d.m.·hm <sup>-2</sup> ）
$SC_{BF,T_b}$	第 $t_b$ 年时，竹林累计择伐地上生物量占地上生物量的比例（如株数比例）， $t_b$ 从竹林稳定成熟年龄当年 10 月算起（大部分毛竹采伐在 10 月份以后，如毛竹 10 年达到稳定成熟年龄，则第 10 年 10 月前监测的 $t_b$ 为 0 年，10~12 月监测的 $t_b$ 为 1 年）；无量纲

#### 7.4.1.3 森林死有机质碳储量计算

基准线森林死有机质碳储量的计算，采用缺省值的方法进行估算，计算公式如下：

$$C_{DOM\_BSL,t} = \frac{44}{12} \times \sum_i \sum_j (AGB_{BSL,i,j,t} \times (DF_{LI,i,j} \times CF_{LI,j} + DF_{DW,i,j} \times CF_{DW,j})) \times A_{i,t} \quad (15)$$

式中：

$C_{DOM\_BSL,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内基准线枯落物的碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$AGB_{BSL,i,j,t}$	第 $t$ 年项目边界内基准线第 $i$ 碳层树种 $j$ 的单位面积地上生物量；t d.m.·hm <sup>-2</sup>
$DF_{LI,i,j}$	第 $i$ 碳层树种 $j$ 的枯落物量与地上生物量的比值，无量纲，见附表 4。
$DF_{DW,i,j}$	第 $i$ 碳层树种 $j$ 的枯死木与地上生物量的比值，无量纲，见附表 5。
$CF_{LI,j}$	树种 $j$ 的枯落物含碳率；tC·(t d.m.) <sup>-1</sup> ，缺省值 0.37
$CF_{DW,j}$	树种 $j$ 的枯死木含碳率；tC·(t d.m.) <sup>-1</sup> ，缺省值 0.37



$A_{i,t}$	第 $t$ 年时, 第 $i$ 碳层森林面积, $\text{hm}^2$
$i$	基准线碳层, $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$j$	树种, $j=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$\frac{44}{12}$	$\text{CO}_2$ 与 C 的分子量比; 无量纲
$t$	项目开始以来的年数, $t=1,2,3,\dots$ , 无量纲

#### 7.4.1.4 森林土壤有机碳储量计算

基准线土壤有机碳储量采用如下公式计算:

$$C_{SOC\_BSL,t} = \sum_t C_{SOC\_BSL,i,t} \quad (16)$$

$$C_{SOC\_BSL,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_j \sum_m (\delta SOC_{i,j,m} \times A_{i,j,m}) \quad (17)$$

式中:

$C_{SOC\_BSL,t}$	第 $t$ 年时, 项目边界内基准线土壤有机质的碳储量; $\text{tCO}_2\text{e}$
$C_{SOC\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年时, 项目边界内第 $i$ 项目碳层土壤有机碳储量的年变化量; $\text{tCO}_2\text{e}\cdot\text{a}^{-1}$
$\delta SOC_{i,j,m}$	项目边界内第 $i$ 项目碳层第 $j$ 图斑第 $m$ 林龄土壤有机碳密度平均 年变化量; $\text{tC}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$
$A_{i,j,m}$	项目边界内第 $i$ 项目碳层第 $j$ 图斑的面积; 单位为公顷 ( $\text{hm}^2$ )
$i$	项目边界内基准线碳层, $i=1,2,3,\dots$ ; 无量纲
$j$	第 $i$ 碳层第 $j$ 图斑, $j=1,2,3,\dots$ ; 无量纲
$m$	第 $i$ 碳层第 $j$ 图斑的林龄, $m=0,1,2,3,\dots,t$ 年的林龄; $\text{a}$
$\frac{44}{12}$	$\text{CO}_2$ 与 C 的分子量比; 无量纲
$t$	项目开始以来的年数, $t=1,2,3,\dots$ ; 无量纲

### 7.4.1.5 木（竹）产品碳储量计算

本方法假定木（竹）产品碳储量的长期变化，等于木（竹）产品在项目期末或产品生产后 30 年（以时间较后者为准）仍在或使用或进入垃圾填埋地木产品中的碳，而其他部分则在生产木产品时立即排放。计算公式如下：

$$C_{HWP\_PROJ,t} = \sum_j \sum_{ty} [C_{EX\_PROJ,j,t} \times TOR_{ty,j} \times (1 - WW_{ty}) \times OF_{ty,j}] \quad (18)$$

$$C_{EX\_PROJ,j,t} = AGB_{PROJ,j,t} \times RT_{EX,j,t} \div BEF_j \times CF_j \times \frac{44}{12} \quad (19)$$

$$OF_{ty,j} = e^{(-\ln(2) \times WT \div LT_{ty})} \quad (20)$$

式中：

$C_{HWP\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，采伐产生的木（竹）产品的碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$C_{EX\_PROJ,j,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层采伐树种 $j$ 的树干（竹杆）生物质碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$AGB_{PROJ,j,t}$	第 $t$ 年时，树种 $j$ 地上生物量； t d.m.
$RT_{EX,j,t}$	第 $t$ 年时，树种 $j$ 采伐比例（株数或蓄积量），缺省值：商品林为当年的 1/30，公益林为当年的 1/70，毛竹项目设计阶段和首次监测为当年的 1/6；无量纲
$BEF_j$	生物量扩展因子，树种 $j$ 地上生物量与干材生物量的比值，用于计算树干（竹杆）碳储量，无量纲
$CF_j$	树（竹）种 $j$ 的地上生物量含碳率； tC·(t d.m.) <sup>-1</sup>
$TOR_{ty,j}$	采伐树种 $j$ 用于生产加工 $ty$ 类木（竹）产品的比例；总和为 100%；竹类产品去向占比未调查到的，也可参照《全国竹产业发展规划（2021-2030）年》表 1-2~表 1-9 推算；竹炭等从废料中再利用的，可以另外计算碳储量后并入；无量纲
$WW_{ty}$	加工 $ty$ 类木（竹）产品产生的废料比例，缺省值：20%；无量纲
$OF_{ty,j}$	根据 IPCC 一阶指数衰减函数确定的 $ty$ 类木（竹）产品在项目期末或产品生产后 30 年仍在或使用或进入垃圾填埋的比例；无量纲
$WT$	木（竹）产品生产到项目期末的时间，缺省值：30 年；年（a）
$LT_{ty}$	$ty$ 类产品的使用寿命；年（a）
$ty$	木竹产品的种类；

$i$	基准线碳层, $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$j$	树种, $j=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$t$	项目开始以来的年数, $t=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$\frac{44}{12}$	$\text{CO}_2$ 与 C 的分子量比, 无量纲

注：自然保护区林不涉及采伐，不计算采伐及因采伐引起的木质产品和再造林碳储量变化。

#### 7.4.2 造林碳汇项目基准线碳储量

根据本方法的适用条件，在无林地上造林，基准线情景下的森林死有机质、土壤有机质和木产品碳库的变化量可忽略不计，统一视为 0，因此，基准线碳汇量只考虑原有林木和竹子生物质的碳储量。

采用以下公式进行计算：

$$C_{BSL,t} = C_{TREE\_BSL,t} \quad (21)$$

式中：

$C_{BSL,t}$  第  $t$  年项目基准线各碳库的生物质碳储量； $\text{tCO}_2\text{e}$

$C_{TREE\_BSL,t}$  第  $t$  年时，项目边界内基准线乔木生物质的碳储量；如果对项目边界内的原有 2cm 以上的林木和竹子进行标记排除，该值计 0，在项目监测时已标记排除的林木和竹子不纳入计算； $\text{tCO}_2\text{e}$

#### 7.4.3 保护和恢复森林植被项目基准线碳储量

保护和恢复森林植被的碳汇项目，需分段累加计量基准线林木生物质碳储量。基准线林木生物质碳储量包括项目计入期开始时的碳储量，采伐引起的乔木地上生物质碳储量变化量（排放，数值为负），采伐林木所产生的木产品碳储量变化量，以及更新引起的地上生物质碳储量变化量，具体计算公式如下：

$$C_{BSL,t} = C_{TREE\_BSL,t} + C_{DOM\_BSL,t} + C_{SOC\_BSL,t} \quad (22)$$

$$C_{TREE\_BSL,t} = \begin{cases} \sum C_{TREE\_BSL,i,t} & (t < n) \\ + \sum C_{EX\_BSL,i,t} + \sum C_{HWP\_BSL,i,t} & (t = n) \\ + \sum C_{RG\_BSL,i,t} & (t > n) \end{cases} \quad (23)$$

式中：

$C_{BSL,t}$	第 $t$ 年时的基准线碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_BSL,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内基准线林木的生物质碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$C_{DOM\_BSL,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内基准线森林死有机质碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$C_{SOC\_BSL,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内基准线土壤有机碳储量； tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内第 $i$ 基准线碳层累计的生物质碳储量，计量方法参照 7.4.1； tCO <sub>2</sub> e
$C_{EX\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 基准线碳层采伐引起的森林地上生物质碳储量的变化量，按商品林 1/30、生态林 1/70 的可采伐林木类别的年均可采量编制； tCO <sub>2</sub> e
$C_{RG\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 基准线碳层更新引起的森林地上生物质碳储量的变化量，参照 7.4.1 计算； tCO <sub>2</sub> e
$C_{HWP\_BSL,i,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 碳层采伐产生的木产品碳储量总量，参照公式 (18)； tCO <sub>2</sub> e
$n$	主伐年龄，商品林 $n=30$ ，生态林 $n=70$ ；无量纲
$t$	项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲
$i$	基准线碳层， $i=1,2,3, \dots$ ，无量纲

## 7.5 项目碳储量

项目碳储量，等于拟议的项目活动边界内所选碳库的碳储量之和，减去项目边界内产生的温室气体排放量和非森林火灾自然干扰造成的碳排放量。根据碳汇项目类型，选择相应的碳库，考虑森林生物质、土壤有机碳、枯死木、枯落物及木（竹）产品碳库的碳储量。项目设计阶段预估时， $GHG_{FIRE,t}$  和  $C_{DIST,t}$  二者合计的项目碳排放量，按项目碳储量与基准线碳储量差值 ( $C_{PROJ,t} - C_{BSL,t}$ ) 的 10% 预估（根据《中国林业统计年鉴》统计全国及各省（区、市）因火灾引起的蓄积损

失量占当年森林蓄积增长量的比例，以及病虫害重度危害面积占森林面积的比例，1999-2018 年全国年均因灾损失率约 4.98%，出于保守性原则取值 10%）；项目实施阶段依据实际情况计算。

$$C_{ACTUAL,t} = C_{PROJ,t} - GHG_{FIRE,t} - C_{DIST,t} \quad (24)$$

式中：

$C_{ACTUAL,t}$	第 $t$ 年时的项目净碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{PROJ,t}$	第 $t$ 年时的项目碳储量；tCO <sub>2</sub> e，计量方法参照 7.4
$GHG_{FIRE,t}$	项目计入期内，上次监测到第 $t$ 年，项目边界内由于森林火灾引起的非 CO <sub>2</sub> 温室气体的排放量，项目设计阶段预估时设为 0；tCO <sub>2</sub> e
$C_{DIST,t}$	项目计入期内，上次监测到第 $t$ 年，项目边界内非森林火灾自然干扰造成的碳排放量；tCO <sub>2</sub> e
$t$	项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲

### 7.5.1 森林经营项目碳库碳储量

林经营碳汇项目，主要考虑项目活动下森林生物质碳储量、土壤有机碳储量、森林死有机质碳储量和木（竹）产品碳储量，不考虑林下灌木和草本等的碳储量。采用下列公式进行计算，各碳库的计算方法同 7.4.1：

$$C_{PROJ,t} = C_{TREE\_PROJ,t} + C_{DOM\_PROJ,t} + C_{SOC\_PROJ,t} + C_{HWP\_PROJ,t} \quad (25)$$

式中：

$C_{PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内所选碳库的碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下林木生物质的碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{DOM\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下森林死有机质的碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{SOC\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内土壤有机碳储量；tCO <sub>2</sub> e

$C_{HWP\_PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目情景下收获木（竹）产品的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$t$  项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲

### 7.5.2 造林项目碳库碳储量

造林碳汇项目，主要考虑森林生物质碳储量、土壤有机碳储量和森林死有机质碳储量。采用下列公式进行计算，不同碳库的计算方法同 6.4.1。

$$C_{PROJ,t} = C_{TREE\_PROJ,t} + C_{DOM\_PROJ,t} + C_{SOC\_RPOJ,t} \quad (26)$$

式中：

$C_{PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目边界内所选碳库的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$C_{TREE\_PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目情景下林木生物质的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$C_{DOM\_PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目情景下森林死有机质的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$C_{SOC\_PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目边界内土壤有机碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$t$  项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲

### 7.5.3 保护和恢复森林植被项目碳库碳储量

保护和恢复森林植被项目，主要考虑项目活动下森林生物质碳储量、森林死有机质碳储量、土壤有机碳储量和木（竹）产品的碳储量，不考虑林下灌木和草本等的碳储量。采用下列公式进行计算，各碳库的计算方法同 7.4.1：

$$C_{PROJ,t} = C_{TREE\_PROJ,t} + C_{DOM\_PROJ,t} + C_{SOC\_PROJ,t} + C_{HWP\_PROJ,t} \quad (27)$$

式中：

$C_{PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目边界内所选碳库的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$C_{TREE\_PROJ,t}$  第  $t$  年时，项目情景下林木生物质的碳储量；tCO<sub>2</sub>e

$C_{DOM\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下森林死有机质的碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{SOC\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目边界内土壤有机碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{HWP\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下收获木（竹）产品的碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$t$	项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲

#### 7.5.4 森林火灾造成的碳储量的变化量

项目情景下发生森林火灾区域需要被准确测量勾绘出来，具体要求见监测部分。按照 IPCC 国家温室气体清单指南中的规定，项目情景下由森林火灾造成的碳储量年变化量计算如下：

$$GHG_{FIRE,t} = \sum [A_{BURN,i,t} \times AGB_{i,t} \times COMF_i \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O})] \times 10^{-3} \quad (28)$$

式中：

$GHG_{FIRE,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下由森林火烧引起地上生物质燃烧造成的非 CO <sub>2</sub> 温室气体的排放量，tCO <sub>2</sub> e
$A_{BURN,i,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 项目碳层发生燃烧的土地面积，hm <sup>2</sup>
$AGB_{i,t}$	第 $t$ 年时，第 $i$ 项目碳层发生火灾前，项目情景下单位面积地上乔木生物量，t d.m.·hm <sup>-2</sup>
$COMF_i$	碳层 $i$ 燃烧因子，无量纲
$EF_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> 排放因子，g·kg <sup>-1</sup>
$EF_{N_2O}$	N <sub>2</sub> O 排放因子，g·kg <sup>-1</sup>
$GWP_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> 全球增温潜势（IPCC 第五次评估报告，缺省值：28），tCO <sub>2</sub> e·tCH <sub>4</sub> <sup>-1</sup>
$GWP_{N_2O}$	N <sub>2</sub> O 全球增温潜势（IPCC 第五次评估报告，缺省值：265），tCO <sub>2</sub> e·tCH <sub>4</sub> <sup>-1</sup>

$i$	项目碳层, $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲
$t$	项目开始以来的年数, $t=1, 2, 3,\dots$ , 无量纲

## 7.6 项目泄漏量

根据本文件的适用条件, 不考虑农业活动的转移、燃油工具的化石燃料燃烧、施用肥料导致的温室气体排放等, 而考虑到采伐指标无法转让或转移, 因此采用本文件的碳汇项目活动无潜在泄漏, 视为 0。

## 7.7 首次监测基准线生物质碳储量和死有机质碳储量的计算

首次监测计算基准线生物质碳储量时, 先计算设计阶段从首次监测时间( $T_1$ )到项目计入期开始时 ( $t_0$ ) 的逐年生物质碳储量的比例, 再根据核查的首次监测项目生物质碳储量, 采用如下公式逐年计算上一年的生物质碳储量, 直至计入期开始时 (第  $t_0$  年, 需按该年剩余的天数计算变化量) 为止, 得到的最终值即为基准线生物质碳储量 ( $C_{BSL,t}$ ) :

$$C_{TREE\_PROJ,i,T_1-1} = C_{TREE\_PROJ,i,T_1} / (C_{TREE\_BSL,i,T_1} / C_{TREE\_BSL,i,T_1-1}) \quad (29)$$

式中:

$C_{TREE\_PROJ,i,T_1-1}$	首次监测第 $i$ 碳层第 $T_1-1$ 年的生物质碳储量; tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_PROJ,i,T_1}$	首次监测第 $i$ 碳层第 $T_1$ 年的碳储量, 首个值为监测生物质碳储量; tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_BSL,i,T_1}$	设计阶段预估的第 $i$ 碳层第 $T_1$ 年的生物质碳储量, 保护和恢复森林植被项目为公式 (24) 计算的结果; tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_BSL,i,T_1-1}$	设计阶段预估的第 $i$ 碳层第 $T_1-1$ 年的生物质碳储量, 保护和恢复森林植被项目为公式 (24) 计算的结果; tCO <sub>2</sub> e

监测期内各年度的木竹产品碳储量值参照此方法使用设计阶段各年度的木竹产品碳储量比例推算。

首次监测计算基准线死有机质碳储量的值, 在取得基准线生物质碳储量后, 使用以下公式计算:



$$C_{DOM\_BSL,t} = C_{DOM\_PROJ,t} \times C_{TREE\_BSL,t} / C_{TREE\_PROJ,t} \quad (30)$$

式中：

$C_{DOM\_BSL,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下森林死有机质的基准线碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{DOM\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下森林死有机质的监测碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_BSL,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下基准线生物质碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{TREE\_PROJ,t}$	第 $t$ 年时，项目情景下监测生物质碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$t$	项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ，无量纲

## 7.8 项目碳汇量核算

项目开始后第  $t_2$  年的项目碳汇量，按如下公式核算：

$$C_{AR,t_2} = C_{ACTUAL,t_2} - C_{BSL,t_1} - LK \quad (31)$$

式中：

$C_{AR,t_2}$	项目第 $t_2$ 年的项目碳汇量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{ACTUAL,t_2}$	第 $t_2$ 年时的项目净碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$C_{BSL,t_1}$	第 $t_1$ 年时的基准线碳储量；tCO <sub>2</sub> e
$t_1, t_2$	项目开始后的第 $t_1$ 年和第 $t_2$ 年，单位为年（a）
$LK$	项目监测间隔期的泄漏量，tCO <sub>2</sub> e；根据使用条件， $LK=0$

## 8 监测程序

除非在监测数据/参数表中另有要求，本文件涉及的所有数据，包括所使用的工具中所要求的监测项，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。

### 8.1 项目地理边界的监测

(1) 采用全球定位系统（GPS）、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测定项目地块边界的拐点坐标。也可利用高分辨率的遥感影像数据（如卫星影像、航片），在地理信息系统（GIS）辅助下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及仪器设备精度；

(2) 检查实际边界坐标是否与项目设计文件中描述的一致；

(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计入项目范围；

(4) 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；

(5) 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，并在之后不再监测，也不再重新纳入项目内。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。

## 8.2 项目活动的监测

项目实施阶段，主要监测和记录项目边界内发生的造林、管护以及与温室气体排放有关项目活动的实施情况，并判断是否与项目设计文件及监测方案一致。主要包括：

(1) 造林活动：造林时间、造林地块、造林树种、造林密度、苗木成活率和保存率、整地清林方式等；

(2) 管护活动：巡护、补植、采伐、有害生物防治和森林火灾预防措施等；

(3) 采（间）伐和补植：时间、地点（边界）、面积、树种和强度；

(4) 如果采取人工更新，检查并确保皆伐后的迹地得以立即更新造林；

(5) 其他森林经营：施肥、除灌等的地点（边界）、面积等

(6) 项目边界内自然灾害（如火灾、病虫害、台风、干旱等）和人为干扰（如土地利用变化等）的发生情况（如时间、地点、面积、边界及损害强度等）

## 8.3 项目碳层的调整

在项目实施过程中，可能由于下述原因的存在，需要在每次监测前对上一次

的分层进行更新或调整：

(1) 计入期内可能发生无法预计的干扰（如林火、病虫害等），从而增加碳层内的变异性；

(2) 森林经营活动（如间伐、主伐或人工更新）影响了项目碳层内的均一性；

(3) 发生土地利用变化（项目地转化为其他土地利用方式）；

(4) 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；

(5) 某些项目事前或上一次监测时划分的碳层可能不存在。

#### 8.4 监测样地数量计算与样地布设

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，每个碳层布设样地数不少于 3 个。首次监测在项目开始前进行，首次核查与审定同时进行。项目开始后的监测和核查的间隔期为 3~10 年。

项目监测所需的样地数量，可以采用如下方法进行计算：

(1) 计算样地数量。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，运用公式进行第二次迭代计算，得到的  $n$  值即为最终的样地数：

$$n = \frac{t_{VAL}^2}{E^2} \times [\sum (\omega_i \times S_i)]^2 \quad (32)$$

式中：

$n$  项目边界内估算乔木地上生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲

$t_{VAL}$   $t$  分布双侧分位数。可靠性水平取 90%，初次计算  $t$  取值 1.645，第二次迭代取  $t(0.1, n-1)$  的值；无量纲

$\omega_i$  项目边界内第  $i$  碳层的面积权重；无量纲

$S_i$  项目边界内第  $i$  碳层生物质碳储量估计值的标准差； $tC \cdot hm^{-2}$

$E$  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），在每一碳层内用  $si$  表示； $tC \cdot hm^{-2}$

$i$  项目碳层,  $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲

(2) 分配到各层的监测样地数量, 采用最优分配法按以下公式进行计算:

$$n_i = n \times \frac{\omega_i \times S_i}{\sum (\omega_i \times S_i)} \quad (33)$$

式中:

$n_i$  项目边界内第  $i$  碳层估算乔木地上生物质碳储量所需的监测样地数量; 无量纲

$n$  项目边界内估算乔木地上生物质碳储量所需的监测样地数量; 无量纲

$\omega_i$  项目边界内第  $i$  碳层的面积权重; 无量纲

$S_i$  项目边界内第  $i$  碳层生物质碳储量估计值的标准差;  $tC \cdot hm^{-2}$

$i$  项目碳层,  $i=1,2,3,\dots$ , 无量纲

项目生物质碳储量的变化采用固定样地连续监测。项目采用随机起点、系统布点的方法尽可能均匀地设置样地。为了避免边际效应, 样地边缘应离地块边界应不小于 10m。如果样地边界距离林缘、悬崖等地形地物小于 10m, 可从东西或南北方向平行移动 10 米距离; 因地形特殊如项目边界狭长等因素, 4 个方向均无法避免边际效应的, 可以跳转至下(上)一个样地总体编号设置样地, 直至样地可以避免边际效应为止, 并记录新的样地中心点坐标, 坐标以度表示, 至少保留 6 位小数。

## 8.5 项目样地监测方法和精度控制与校正

**第一步:** 测定样地内所有活立木(竹)的胸径( $DBH$ )和(或)树高( $H$ ), 起测胸径为 2cm。测定方法应符合森林资源调查规程的要求。或者使用激光雷达等新型计量监测技术测定。

**第二步:** 利用生物量扩展因子法计算单株乔木(或竹子)的生物量, 单株生物量结合树种含碳率确定每株乔木(竹子)的生物质碳储量, 累加得到样地水平生物量和碳储量数据。

乔木使用公式(5)计算全株生物量和地上生物量, 竹子使用公式(11)(13)(14)计算单位面积地上生物量和单位面积全株生物量。使用单位面积全株生物量乘以含碳率计算单位面积生物质碳储量。

样地  $p$  平均单位面积生物质碳储量的估计值由如下公式确定:

$$C_{Plot,i,p,t} = \frac{\sum_m c_{Tree,i,p,m,t}}{A_p} \quad (34)$$

式中：

- $C_{Plot,i,p,t}$  第  $t$  年时，项目边界内第  $i$  碳层第  $p$  样地林分单位面积生物质碳储量；  
tCO<sub>2</sub>e·hm<sup>-2</sup>
- $c_{Tree,i,p,m,t}$  第  $t$  年时，项目边界内第  $i$  碳层第  $p$  样地第  $m$  样木生物质碳储量； tCO<sub>2</sub>e
- $A_p$  第  $t$  年时，项目边界内第  $i$  碳层第  $p$  样地的样地面积； hm<sup>2</sup>
- $i$  项目碳层，  $i=1,2,3,\dots$ ； 无量纲
- $p$  样地数量，  $p=1,2,3,\dots$ ； 无量纲
- $m$  样木序号，  $m=1,2,3,\dots$ ； 无量纲
- $t$  项目开始以来的年数，  $t=1,2,3,\dots$ ； 无量纲

**第三步：**计算第  $i$  项目碳层样本平均数（平均单位面积生物质碳储量的估计值）及其方差：

碳层  $i$  平均单位面积生物质碳储量的估计值及方差由如下公式确定：

$$C_{layer,i,t} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,p,i,t}}{n_i} \quad (35)$$

$$S_{C_{layer,i,t}}^2 = \frac{n_i \times \sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,p,i,t}^2 - \left(\sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,p,i,t}\right)^2}{n_i \times (n_i - 1)} \quad (36)$$

式中：

- $C_{layer,i,t}$  第  $t$  年时，项目边界内第  $i$  碳层平均单位面积生物质碳储量；  
tCO<sub>2</sub>e·hm<sup>-2</sup>
- $C_{Plot,p,i,t}$  第  $t$  年时，项目边界内第  $i$  碳层第  $p$  样地林分单位面积生物质碳储量； tCO<sub>2</sub>e·hm<sup>-2</sup>
- $n_i$  项目边界内第  $i$  项目碳层的监测样地数量； 无量纲
- $S_{C_{layer,i,t}}^2$  第  $t$  年时，项目边界内第  $i$  碳层林分单位面积生物质碳储量的方差；  
(tCO<sub>2</sub>e·hm<sup>-2</sup>)<sup>2</sup>
- $A_p$  样地面积； hm<sup>2</sup>
- $i$  项目碳层  $i=1, 2, 3,\dots$ ； 无量纲

$p$  样地数量  $p=1, 2, 3, \dots$ ; 无量纲  
 $t$  项目开始以来的年数,  $t=1, 2, 3, \dots$ ; 无量纲

**第四步:** 计算项目边界内单位面积乔木生物质碳储量及其方差:

$$C_{proj,t} = \sum_{i=1} (w_i \times C_{layer,i,t}) \quad (37)$$

$$S_{C_{proj,t}}^2 = \sum_{i=1} (w_i^2 \times \frac{S_{C_{layer,i,t}}^2}{n_i}) \quad (38)$$

式中:

$C_{proj,t}$  第  $t$  年时, 项目林分单位面积生物质碳储量;  $tCO_2e \cdot hm^{-2}$

$w_i$  项目第  $i$  碳层面积权重; 无量纲

$C_{layer,i,t}$  第  $t$  年时, 项目边界内第  $i$  碳层林分单位面积生物质碳储量;  $tCO_2e \cdot hm^{-2}$

$S_{C_{proj,t}}^2$  第  $t$  年时, 项目林分单位面积生物质碳储量的方差;  
 $(tCO_2e \cdot hm^{-2})^2$

$n_i$  项目边界内第  $i$  碳层的监测样地数量; 无量纲

$S_{C_{layer,i,t}}^2$  第  $t$  年时, 项目边界第  $i$  碳层林分单位面积生物质碳储量的方差;

$i$  项目碳层,  $i=1, 2, 3, \dots$ ; 无量纲

$t$  项目开始以来的年数,  $t=1, 2, 3, \dots$ ; 无量纲

**第五步:** 计算项目边界内乔木生物质碳储量及其不确定性:

$$C_{TREE\_PROJ,t} = A \times C_{proj,t} \quad (39)$$

$$UNC_{proj,t} = \frac{t_{VAL} \times S_{C_{proj,t}}}{C_{proj,t}} \quad (40)$$

式中:

$C_{TREE\_PROJ,t}$  第  $t$  年时, 项目边界内林分生物质碳储量;  $tCO_2 e$

$A$  项目总面积;  $hm^2$

$C_{proj,t}$  第  $t$  年时, 项目林分单位面积生物质碳储量;  $tCO_2 e \cdot hm^{-2}$

$UNC_{proj,t}$	第 $t$ 年时，以抽样调查的相对误差限（%）表示的项目单位面积林分生物质碳储量的不确定性；%
$S_{C_{proj,t}}$	第 $t$ 年，项目边界内平均单位面积森林生物质碳储量的估计值的标准差； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$t_{VAL}$	可靠性指标：通过危险率（1-置信度）和自由度（N-M）查 $t$ 分布双侧分位数，其中 N 是项目样地总数，M 是项目碳层数量。置信度取 90%。
$t$	项目开始以来的年数， $t=1, 2, 3, \dots$ ；无量纲

#### 第六步：生物质碳储量的总变化量

本文件仅要求乔木生物质碳储量的监测精度进行控制，要求达到 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，使测定结果达到精度要求，也可以选择下述的方法打折。

$$\Delta C_{proj,t_1,t_2} = (C_{proj,t_2} - C_{proj,t_1}) \times (1 - DR) \quad (41)$$

式中：

$\Delta C_{proj,t_1,t_2}$	时间区间 $t_1 \sim t_2$ 内，项目林分生物质碳储量的总变化量； $tCO_2e$
$C_{proj,t_1}$	第 $t_1$ 年时，项目边界内的林分生物质碳储量； $tCO_2e$
$C_{proj,t_2}$	第 $t_2$ 年时，项目边界内的林分生物质碳储量； $tCO_2e$
$DR$	基于监测结果不确定性的调减因子，见附表 7。

### 8.6 不需监测的数据和参数

不需要监测的参数，包括那些可以使用缺省值或只需要一次性测定即可确定的参数和数据。

数据/参数	$SVD_j$		
单位	$t \cdot m^{-3}$		
描述	树种 $j$ 基本木材密度		
数据源	数据源优先选择次序为：		
	(a) 现有的、当地的基于树种或树种组的数据； (b) 省级的基于树种或树种组的数据（如省级温室气体清单）； (c) 从下表中选择缺省值：		
	树种（组）	$SVD_j$	树种（组） $SVD_j$

	桉树	0.578	其它杉类	0.359
	黑松	0.493	其它松类	0.424
	阔叶混	0.482	软阔类	0.443
	栎类	0.676	杉木	0.307
	楝树	0.443	湿地松	0.424
	柳杉	0.294	相思	0.443
	马尾松	0.380	硬阔类	0.598
	木荷	0.598	油杉	0.448
	木麻黄	0.443	杂木	0.515
	楠木	0.477	樟树	0.460
	针阔混	0.486	针叶混	0.405
数据来源：《中国第二次国家信息通报》土地利用变化与林业温室气体清单。				
说明				

数据/参数	$BEF_j$																																																				
单位	无量纲																																																				
描述	生物量扩展因子，即地上生物量与树干（竹杆）生物量的比值																																																				
数据源	<p>数据源优先选择次序为：</p> <p>(a) 现有的、当地的基于树种或树种组的数据；</p> <p>(b) 省级的基于树种或树种组的数据（如省级温室气体清单）；</p> <p>(c) 从下表中选择缺省值：</p> <p>当乔木林公顷蓄积<math>\leq 100 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}</math>时，使用 <math>BEF_1</math> 的值，否则使用 <math>BEF_2</math> 的值。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>树种(组)</th> <th><math>BEF_1</math></th> <th><math>BEF_2</math></th> <th>树种(组)</th> <th><math>BEF_1</math></th> <th><math>BEF_2</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>马尾松林</td> <td>1.5565</td> <td>1.2063</td> <td>杨树林</td> <td>1.5558</td> <td>1.4184</td> </tr> <tr> <td>暖性针叶林</td> <td>1.7119</td> <td>1.3971</td> <td>桉树林</td> <td>1.2413</td> <td>1.1266</td> </tr> <tr> <td>杉类</td> <td>1.9085</td> <td>1.2875</td> <td>其它软阔类</td> <td>1.4719</td> <td>1.3335</td> </tr> <tr> <td>柏木林</td> <td>1.7029</td> <td>1.3593</td> <td>针叶混</td> <td>1.6166</td> <td>1.3033</td> </tr> <tr> <td>栎类</td> <td>1.3694</td> <td>1.2693</td> <td>阔叶混</td> <td>1.4042</td> <td>1.3587</td> </tr> <tr> <td>桦木林</td> <td>1.3889</td> <td>1.2416</td> <td>针阔混</td> <td>1.6713</td> <td>1.3725</td> </tr> <tr> <td>其它硬阔类</td> <td>1.5670</td> <td>1.3104</td> <td>毛竹</td> <td colspan="2">1.3775</td> </tr> </tbody> </table> <p>数据来源：乔木：《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》（CCER—14—001—V01）；毛竹：使用福建农林大学 2024 年在漳平市实测的 10 株毛竹干物质数据的平均数，比郑郁善《毛竹经营学》的值略大，基于保守性原则使用该值。</p>					树种(组)	$BEF_1$	$BEF_2$	树种(组)	$BEF_1$	$BEF_2$	马尾松林	1.5565	1.2063	杨树林	1.5558	1.4184	暖性针叶林	1.7119	1.3971	桉树林	1.2413	1.1266	杉类	1.9085	1.2875	其它软阔类	1.4719	1.3335	柏木林	1.7029	1.3593	针叶混	1.6166	1.3033	栎类	1.3694	1.2693	阔叶混	1.4042	1.3587	桦木林	1.3889	1.2416	针阔混	1.6713	1.3725	其它硬阔类	1.5670	1.3104	毛竹	1.3775	
树种(组)	$BEF_1$	$BEF_2$	树种(组)	$BEF_1$	$BEF_2$																																																
马尾松林	1.5565	1.2063	杨树林	1.5558	1.4184																																																
暖性针叶林	1.7119	1.3971	桉树林	1.2413	1.1266																																																
杉类	1.9085	1.2875	其它软阔类	1.4719	1.3335																																																
柏木林	1.7029	1.3593	针叶混	1.6166	1.3033																																																
栎类	1.3694	1.2693	阔叶混	1.4042	1.3587																																																
桦木林	1.3889	1.2416	针阔混	1.6713	1.3725																																																
其它硬阔类	1.5670	1.3104	毛竹	1.3775																																																	
说明	-																																																				

数据/参数	$CF_j$
单位	$\text{tC} \cdot \text{t}^{-1}$
描述	树种 $j$ 生物质含碳率，用于将生物量转换成含碳量



数据源	数据源优先选择次序为：					
	a) 现有的、当地的基于树种或树种组的数据；					
	b) 省级的基于树种或树种组的数据（如省级温室气体清单）；					
	c) 国家级的数据（如国家温室气体清单），见下表：					
	树种(组)	$CF_{Total}$	$CF_{AGB}$	树种(组)	$CF_{Total}$	$CF_{AGB}$
	马尾松林	0.5252	0.5254	桉树林	0.4730	0.4750
	暖性针叶林	0.5034	0.5045	其它软阔类	0.4730	0.4750
	杉类	0.4990	0.5003	针叶混	0.5005	0.5014
柏木类	0.4847	0.4846	阔叶混	0.4718	0.4741	
栎类	0.4802	0.4827	针阔混	0.4861	0.4877	
其它硬阔类	0.4711	0.4734	竹子	0.5000		
数据来源：《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》（CCER—14—001—V01）；《竹林经营碳汇项目方法学》（V01）。						
说明	-					

数据/参数	$RSR$			
单位	无量纲			
描述	树种地下生物量与地上生物量之比，用于将地上生物量转换全林生物量			
数据源	数据源优先选择次序为：			
	a) 现有的、当地的基于树种或树种组的数据；			
	b) 省级的基于树种或树种组的数据；			
	c) 从下表中选择缺省值：			
	树种(组)	$RSR$	树种(组)	$RSR$
	杉木林	0.2332	桉树林	0.2832
	柏木林	0.2489	其他软阔类	0.2690
	马尾松林	0.2053	其他硬阔类	0.2572
其他针叶林	0.2436	针叶混交林	0.2364	
栎树林	0.2610	针阔混交林	0.2561	
刺槐林	0.2767	阔叶混交林	0.2598	
竹子：见附表 1。				
数据来源：《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》（CCER—14—001—V01）；《竹林经营碳汇项目方法学》（V01）。				
说明	-			

数据/参数	$WW_{ty}$
单位	无量纲
描述	加工 $ty$ 类木（竹）产品产生的木竹材废料比例。这部分废料中的碳在加工过程中视作是立即排放。
数据源	数据源优先选择次序为：
	(a) 公开出版的适于当地条件和产品类型的文献数据；
	(b) 国家级基于木产品的数据；
	(c) 缺省值 20%。

说明	-
----	---

数据/参数	$LT_{ty}$																																
单位	年																																
描述	$t_y$ 类木（竹）产品的使用寿命																																
数据源	<p>数据源优先选择次序为：</p> <p>(a) 公开出版的适于当地条件和产品类型的文献数据；</p> <p>(b) 国家级基于木（竹）产品的数据；</p> <p>(c) 如果没有上述数据，从下表选择缺省数据：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>木（竹）产品类型</th> <th><math>LT_{ty}</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>建筑</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>家具</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>矿柱</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>车船</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>包装用材</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>纸和纸板</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>锯材</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>人造板</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>薪材</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板）</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘）</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板）</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>竹纤维制品（竹纤维毛巾、内衣）</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>竹质化学制品（竹炭、竹醋液）</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>竹工艺品（竹根雕、竹笔筒）</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table> <p>数据来源：</p> <p>a) IPCC LULUCF 优良做法指南；</p> <p>b) COP 17 关于《京都议定书》第二承诺期 LULUCF 的决议；</p> <p>c) 白彦锋. 2010.中国木质林产品碳储量.中国林业科学研究院博士学位论文。</p> <p>d) 《竹林经营碳汇项目方法学》（V01）</p>	木（竹）产品类型	$LT_{ty}$	建筑	50	家具	30	矿柱	15	车船	12	包装用材	8	纸和纸板	3	锯材	30	人造板	20	薪材	1	竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板）	30	竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘）	30	竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板）	10	竹纤维制品（竹纤维毛巾、内衣）	5	竹质化学制品（竹炭、竹醋液）	5	竹工艺品（竹根雕、竹笔筒）	20
木（竹）产品类型	$LT_{ty}$																																
建筑	50																																
家具	30																																
矿柱	15																																
车船	12																																
包装用材	8																																
纸和纸板	3																																
锯材	30																																
人造板	20																																
薪材	1																																
竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板）	30																																
竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘）	30																																
竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板）	10																																
竹纤维制品（竹纤维毛巾、内衣）	5																																
竹质化学制品（竹炭、竹醋液）	5																																
竹工艺品（竹根雕、竹笔筒）	20																																
说明	-																																

数据/参数	$COMF_i$								
单位	无量纲								
描述	碳层 $i$ 燃烧因子								
数据源	<p>数据来源的选择应遵循如下顺序：</p> <p>(a) 项目实施区当地或相邻地区相似条件下的数据；</p> <p>(b) 国家水平的适用于项目实施区的数据；</p> <p>(c) 如下的默认值：</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>林龄（年）</th> <th>缺省值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3-5</td> <td>0.46</td> </tr> <tr> <td>6-10</td> <td>0.67</td> </tr> <tr> <td>11-17</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table>	林龄（年）	缺省值	3-5	0.46	6-10	0.67	11-17	0.5
林龄（年）	缺省值								
3-5	0.46								
6-10	0.67								
11-17	0.5								

	18 年以上	0.32
	数据来源：A/R CDM 项目活动生物质燃烧造成非 CO <sub>2</sub> 温室气体排放增加的估算工具（V4.0.0，EB 65）；	
说明		

数据/参数	$EF_{CH_4}$
单位	g/kg
描述	碳层 $i$ 甲烷排放因子
数据源	数据来源的选择应遵循如下顺序： (a) 项目实施区当地的调查数据； (b) 相邻地区相似条件下的调查数据； (c) 国家水平的适用于项目实施区的数据； (d) 默认值：4.7。
说明	

数据/参数	$EF_{N_2O}$
单位	g/kg
描述	碳层 $i$ N <sub>2</sub> O 排放因子
数据源	数据来源的选择应遵循如下顺序： (e) 项目实施区当地的调查数据； (f) 相邻地区相似条件下的调查数据； (g) 国家水平的适用于项目实施区的数据； (h) 默认值：0.26。
说明	

数据/参数	$GWP_{CH_4}$
单位	tCO <sub>2</sub> e·tCH <sub>4</sub> <sup>-1</sup>
描述	甲烷全球增温潜势
数据源	数据来源的选择应遵循如下顺序： (a) 项目实施区当地的调查数据； (b) 相邻地区相似条件下的调查数据； (c) 国家水平的适用于项目实施区的数据； (d) 参考 IPCC 第五次评估报告缺省值：28
说明	

数据/参数	$GWP_{N_2O}$
单位	tCO <sub>2</sub> e·tN <sub>2</sub> O <sup>-1</sup>
描述	N <sub>2</sub> O 全球增温潜势

数据源	数据来源的选择应遵循如下顺序： (e) 项目实施区当地的调查数据； (f) 相邻地区相似条件下的调查数据； (g) 国家水平的适用于项目实施区的数据； (h) 参考 IPCC 第五次评估报告缺省值：265
说明	

## 8.7 需要监测的数据和参数

项目参与方须对下表中所列参数进行监测。

数据/参数	$A_i$
单位	hm <sup>2</sup>
描述	项目第 $i$ 碳层的面积
数据源	野外测定或通过影像和 GIS 工具测定
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序 (SOP)。
监测频率	项目设计和监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计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 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	

数据/参数	$A_{sp}$
单位	hm <sup>2</sup>
描述	样地面积
数据源	野外测定
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序 (SOP)。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计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 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	样地位置应用 GPS 或 BDS 记录且在图上标出。

数据/参数	$DBH$
单位	cm
描述	林木胸径
数据源	野外样地测定。
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序 (SOP)。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计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 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序

说明	
----	--

数据/参数	$H$
单位	m
描述	林木高度
数据源	野外样地测定。
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序（SOP）。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计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 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	

数据/参数	$SC_{BF,t_b}$
单位	无量纲
描述	第 $t_b$ 年时，竹林累计择伐地上生物量占 $AGB_{BF,t_b}$ 的比例（如株数比例），从竹林稳定成熟的次年算起。
数据源	野外测定。
测定步骤	通过监测时调查各年度保留竹的数量推算，假定立竹量是平衡的，因存在花年竹和大小年竹，年均的新竹数取当年竹和上年竹的总量的一半，年均择伐数=年均新竹数。年均择伐数×监测间隔期=累计择伐数。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用森林资源规划设计调查技术规程（GB/T 26424）和森林资源连续清查技术规程（GB/T 38590）使用的质量保证和质量控制（QA/QC）程序
说明	项目设计阶段和首次监测可以按照 3 年采伐一次，一次择伐一半测算，即按每年的择伐比例为 1/6 确定。

数据/参数	$ty$
单位	无量纲
描述	采伐形成的木竹制品的种类
数据源	调查测定
测定步骤	对于个人为主的采伐，通过公众调查获得其采伐的林木的用途、销售去向，调查样本不少于所涉及个人的 10%。同时跟踪调查所销售林木的用途和产品种类及其比例； 对于企业为主的采伐，记录销售去向，并跟踪调查所销售林木的用途和产品种类及其比例。 竹类产品难以调查竹产品比例时，可参照《全国竹产业发展规划（2021-2030）年》表 1-2~表 1-9 测算。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	

说明	
----	--

数据/参数	$A_{burn,i,t}$
单位	hm <sup>2</sup>
描述	第 $t$ 年时，第 $i$ 项目碳层在监测间隔期内的过火面积
数据源	大地坐标和/或遥感数据
测定步骤	-
监测频率	项目监测时
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计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 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	

## 附表

附表 1 中国主要竹林类型的生物量参数（文献整合分析）

指标	毛竹	其他竹子
林分地上生物量 (t d.m.·hm <sup>-2</sup> )	63.4237	34.1104
林分地下/地上生物量的比值	0.5110	0.7224

附表 2 中国主要竹林类型地上生物量与胸径的相关方程（文献混合建模）

生长型	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i> <sup>2</sup>	胸径范围
散生竹	0.1697	2.0812	0.912	1.9~17.0
丛生竹	0.4723	1.7928	0.948	0.5~7.0
混生竹	0.3382	1.9156	0.989	1.0~5.5

注：方程表达式为： $AGB=a \times DBH^b$ 。其中，*AGB* 为地上生物量，单位为千克每株 (kg·stem<sup>-1</sup>)；*DBH* 为胸径，单位为厘米 (cm)；*a*、*b* 为模型参数；*R*<sup>2</sup> 为决定系数。

附表 3 主要乔木林树种（组）各立地质量等级胸径随林龄的 Richards 生长方程

树种名称	立地质量等级	模型参数			<i>R</i> <sup>2</sup>	样本数	年龄范围
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			
马尾松	I	107.061	0.544	0.001	0.828	722	5~60
	II	30.279	0.529	0.010	0.863	1103	4~52
	III	77.438	0.479	0.001	0.819	1182	4~59
	IV	157.717	0.692	0.001	0.692	45	7~68
杉木	I	28.387	0.395	0.005	0.836	1115	5~56
	II	54.614	0.396	0.001	0.889	1707	4~50
	III	55.384	0.411	0.001	0.881	1165	3~59
	IV	43.258	0.405	0.001	0.529	71	7~34
木荷	I	218.264	0.737	0.001	0.842	445	4~82
	II	176.37	0.689	0.001	0.918	635	2~60
	III	152.987	0.646	0.001	0.899	556	2~84
	IV	141.836	0.657	0.001	0.803	115	4~57
枫香	I	45.190	1.001	0.022	0.700	157	4~73
	II	24.099	1.187	0.053	0.725	248	5~89
	III	27.369	0.894	0.027	0.563	175	4~47
	IV	18.362	1.854	0.109	0.542	25	5~35
栎类	I	81.518	0.515	0.001	0.524	278	8~55
	II	101.268	0.591	0.001	0.637	302	7~52
	III	282.041	0.85	0.001	0.613	222	12~45
	IV	12.181	3.836	0.165	0.527	43	10~42
槲类	I	152.183	0.647	0.001	0.605	365	8~100
	II	149.954	0.645	0.001	0.728	489	7~58

树种名称	立地质量等级	模型参数			$R^2$	样本数	年龄范围
		$a$	$b$	$c$			
	III	31.238	0.910	0.021	0.781	353	7~56
	IV	136.578	0.682	0.001	0.617	65	12~39
锥类	I	151.321	0.633	0.001	0.571	355	8~60
	II	100.073	0.545	0.001	0.738	472	4~58
	III	23.557	0.881	0.035	0.525	287	10~62
	IV	19.783	11.128	0.124	0.696	25	22~39
樟类	I	96.666	0.571	0.001	0.572	163	9~57
	II	84.584	0.524	0.001	0.547	230	7~55
	III	156.891	0.689	0.001	0.724	184	7~68
	IV	65.592	0.490	0.001	0.505	25	10~37
楠类	I	69.980	0.493	0.001	0.52	152	10~57
	II	22.554	0.613	0.017	0.539	262	12~58
	III	82.942	0.526	0.001	0.549	189	7~68
	IV	170.976	0.731	0.001	0.506	16	25~57
其它针叶类	I	119.812	0.534	0.001	0.920	60	6~27
	II	31.161	113.479	0.225	0.967	59	22~35
	III	226.085	0.749	0.001	0.878	51	7~29
	IV	24.763	0.648	0.012	0.518	153	11~60
其它硬阔类	I	115.657	0.597	0.001	0.844	1382	7~82
	II	110.743	0.589	0.001	0.883	2010	4~79
	III	94.399	0.55	0.001	0.875	1788	3~84
	IV	85.326	0.527	0.001	0.753	523	3~76
其它软阔类	I	71.785	0.457	0.001	0.598	459	6~70
	II	80.967	0.491	0.001	0.774	577	4~65
	III	23.484	0.545	0.015	0.603	355	7~53
	IV	74.344	0.462	0.001	0.59	43	3~57
针叶混	I	29.146	0.658	0.015	0.761	572	6~44
	II	134.128	0.608	0.001	0.88	641	5~50
	III	19.3	1.292	0.056	0.839	580	8~59
	IV	18.882	1.331	0.056	0.645	94	14~45
阔叶混	I	219.421	0.751	0.001	0.747	285	9~60
	II	105.866	0.57	0.001	0.766	409	5~76
	III	78.641	0.495	0.001	0.745	229	5~48
	IV	136.276	0.635	0.001	0.88	56	14~40
针阔混	I	113.867	0.583	0.001	0.807	718	5~57
	II	88.935	0.521	0.001	0.895	936	4~48
	III	80.764	0.503	0.001	0.853	861	4~59
	IV	52.798	0.427	0.001	0.548	171	4~34

注：方程表达式为  $DBH = a \cdot (1 - e^{-c \cdot Age})^b$ 。其中， $DBH$  为胸径，单位为厘米（cm）； $Age$  为林龄，无量纲； $a$ 、 $b$ 、 $c$  为模型参数； $R^2$  为决定系数。



附表 4 中国主要乔木林树种的枯落物量与地上生物量的比值 ( $DF_{LI}$ , %) (基于文献整合分析)

森林类型	适用的林龄范围				
	1 年—10 年	11 年—20 年	21 年—30 年	31 年—40 年	≥41 年
针叶林	5.27	5.54	5.82	5.42	
阔叶林	9.67	6.92	4.72	4.35	
针阔混	7.84	7.58	6.78	4.89	
毛竹林	6.63				
其他竹林	17.73				

附表 5 中国主要乔木林树种的枯死木量与地上生物量的比值 ( $DF_{DW}$ , %) (基于文献整合分析)

森林类型	适用的林龄范围			
	1 年—10 年	11 年—20 年	21 年—30 年	≥31 年
针叶林	5.12	5.30	5.82	1.74
阔叶林	4.60			
针阔混	3.28			

附表 6 土壤有机碳密度年变化率参考值 ( $tC \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ) (基于文献整合分析)

整地造林后的年限	常绿阔叶	落叶阔叶	针叶	竹子
0—5 年	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
6—20 年	+0.20	+0.15	+0.15	+0.15
21—40 年	+0.70	+0.40	+0.40	+0.40
≥41 年	0	0	0	0

附表 7 碳汇量监测调减因子表

不确定性 (%)	$DR$ (%)	
	$C_{PRJ,t2} - C_{PRJ,t1} > 0$	$C_{PRJ,t2} - C_{PRJ,t1} < 0$
小于或等于 10%	0%	0%
大于 10% 小于 20%	6%	-6%
大于 20% 小于 30%	11%	-11%
大于或等于 30%	增加监测样地数量	

附表 8 福建省一元立木材积方程 (基于文献整合分析)

类型区	树种组	模型参数					
		$a$	$b$	$c$	$d$	$f$	$g$
南平市	杉木	8.72	78.762	6702.142	83.226	1.785388607	0.9313923697
	马尾松	9.42941	78.334	6628.446	83.838	1.832223553	0.8197255549
	阔叶树	5.2764291	49.842	3571.891	77.068	1.8821611	1.0093166

类型区	树种组	模型参数					
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>f</i>	<i>g</i>
三明市	杉木	8.72	92.856	10186.041	107.907	1.785388607	0.9313923697
	马尾松	9.42941	81.06	6689.313	81.024	1.832223553	0.8197255549
	阔叶树	5.2764291	34.862	1042.227	29.953	1.8821611	1.0093166
龙岩市	杉木	8.72	96.554	11464.35	116.963	1.785388607	0.9313923697
	马尾松	9.42941	108.206	14878.041	137.943	1.832223553	0.8197255549
	阔叶树	5.2764291	38.308	1478.203	39.705	1.8821611	1.0093166
沿海内山县	杉木	8.72	100.022	12692.996	124.553	1.785388607	0.9313923697
	马尾松	9.42941	75.536	6185.134	80.868	1.832223553	0.8197255549
	阔叶树	5.2764291	29.065	595.466	20.044	1.8821611	1.0093166
其他县市区	杉木	8.72	52.756	3259.88	60.374	1.785388607	0.9313923697
	马尾松	9.42941	78.012	8092.516	102.81	1.832223553	0.8197255549
	阔叶树	5.2764291	29.898	962.264	33.662	1.8821611	1.0093166

注 1: 方程表达式为  $V=a \times DBH^f \times [b-c/(DBH+d)]^g \times 10^{-5}$ , 其中  $V$  为单株蓄积量, 单位为立方米每株 ( $m^3 \cdot stem^{-1}$ ),  $DBH$  为胸径, 单位为厘米 ( $cm$ );  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $f$ 、 $g$  为模型参数;

注 2: 沿海内山县包括古田、屏南、仙游、永泰、永春、德化、平和、南靖、华安; 其它县市区包括福建省除南平市、三明市、龙岩市等 3 个设区市和沿海内山县外的各县(市、区)。

注 3: 黄立木材积与胸径的关系可查询《福建省地方森林资源监测体系小班区划调查用表》或《福建省地方森林资源监测体系抽样调查用表》。