

ICS 65.20.99

CCS B65

DB

长三角区域统一地方标准

DB31/T 310XXX—XXXX
DB32/T 310XXX—XXXX
DB33/T 310XXX—XXXX
DB34/T 310XXX—XXXX

森林碳汇计量监测技术规程

Technical regulations for accounting and monitoring of forest carbon sinks

(征求意见稿)

(本草案完成时间: 2026年3月)

在提交反馈意见时, 请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

上海市市场监督管理局
江苏省市场监督管理局
浙江省市场监督管理局
安徽省市场监督管理局

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 核算边界	2
5 监测	3
6 计量方法	4
7 计量监测要求	17
附录 A（资料性） 单木生物量异速生长方程	19
附录 B（资料性） 主要优势树种（组）生物量参数	25
附录 C（资料性） 地下生物量、灌、草及枯落物生物量换算参数	26
附录 D（资料性） 图斑不同森林类型碳库核算参数	28
附录 E（资料性） 森林碳汇遥感监测参数	30
附录 F（资料性） 二氧化碳核算相关参数推荐值	31
参考文献	32

前 言

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

本文件由上海市林业局、江苏省林业局、浙江省林业局和安徽省林业局提出。

本文件由上海市林业标准化技术委员会、江苏省林业局、浙江省林业标准化技术委员会和安徽省林业局归口。

本文件起草单位：上海市园林科学规划研究院、江苏省林业科学研究院、浙江省林业科学研究院、安徽省林业科学研究院。。。。

本文件主要起草人：

森林碳汇计量监测技术规程

1 范围

本标准规定了长三角区域森林生态系统碳汇核算边界、监测、计量方法和计量监测要求等技术要求。本标准适用于长三角区域森林质量评价、碳汇计量及碳库动态的长期监测。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 15968 遥感影像平面图制作规范
- GB/T 1927.5 无疵小试样木材物理力学性质试验方法 第5部分：密度测定
- GB/T 26424 森林资源规划设计调查技术规程
- GB/T 30115 卫星遥感影像植被指数产品规范
- GB/T 36296 遥感产品真实性检验导则
- GB/T 38590 森林资源连续清查技术规程
- LY/T 1237 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算
- LY/T 1957 国家森林资源连续清查数据处理统计规范
- LY/T 2258 立木生物量建模方法技术规程
- LY/T 2259 立木生物量建模样本采集技术规程
- LY/T 3330 森林土壤碳储量调查技术规程
- NY/T 1121.4 土壤检测 第4部分：土壤容重的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

森林碳汇 forest carbon sink

森林生态系统吸收和储存大气中二氧化碳（CO₂）的过程、活动或机制。

注：森林生态通过植物光合作用吸收大气中的二氧化碳，再通过植物、动物或微生物的呼吸作用、生物质或死亡有机质的分解和燃烧等过程向大气中排放二氧化碳，最终表现为森林生态系统碳库中碳储量的净增加量。

[来源：GB/T 46113—2025，3.2]

3.2

森林碳储量 forest carbon storage

至某一时间点，森林生态系统各碳库中碳元素的储备量（或质量）。

[来源：LY/T 2988—2018，3.3，有修改]

3.3

森林碳库 forest carbon pools

森林生态系统中碳储存的形式或场所，包括地上生物质、地下生物质、枯落物、枯死木和土壤有机碳。

[来源：CCER-14-001-V01，4.10，有修改]

3.4

森林碳排放 forest carbon emission

特定空间边界内，因自然灾害（如火灾、病虫害等）、采伐、林地清理等营林活动及林地利用变化所产生的温室气体排放。

3.5

图斑监测 polygons surveying

以图斑为单元，采用遥感和地面调查相结合的方法进行动态观测并获取变化图斑因子属性的过程。

[来源：森林草原湿地荒漠调查监测技术要求（自然资办发〔2025〕33号），3.1，有修改]

3.6

样地调查 sample plot surveying

以样地为单元，采用地面调查与遥感判读相结合的方法，调查样地（样方）、样木因子，获取森林资源储量、质量、结构及其动态变化信息的过程。

[来源：森林草原湿地荒漠调查监测技术要求（自然资办发〔2025〕33号），3.2，有修改]

3.7

核算边界 accounting boundary

与报告主体（具有碳排放或碳清除行为的独立核算单位）的生产经营活动相关的碳排放或碳清除的范围。

[来源：GB/T 46105-2025，3.13]

4 核算边界

4.1 地理边界

核算森林的地理范围与面积应优先依据已有权威资料核定；若项目单位无相关基础资料，可采用地面调查与遥感影像解译相结合的方式获取相关信息。核算所用遥感影像的空间分辨率，应根据核算区域的行政空间范围合理选定，各层级区域最低适用分辨率要求如下：

- a) 省域森林碳汇评估使用 1 km ~ 10 km；
- b) 市级单元森林碳汇评估使用 100 m ~ 1000 m；
- c) 县域单元森林碳汇评估使用 30 m ~ 100 m；
- d) 乡镇等更小区域森林碳汇评估使用 1 m ~ 30 m。

4.2 碳库选择

核算边界内，采用固定样地和图斑法监测的主要碳库见表1。在碳库选择与确定时应充分考虑保守性、降低不确定性和成本有效性原则，并明确的说明选择不选择某一个或多个碳库的理由，应对选择的碳库进行连续的监测和计量。

表 1 不同森林覆盖类型主要碳库

森林覆盖类型	固定样地监测	图斑调查监测
乔木林地	乔木层、灌木层、草本层、枯落物、枯死木、土壤（100 cm）	乔木层、枯落物、枯死木、土壤（30 cm）

森林覆盖类型	固定样地监测	图斑调查监测
灌木林地	灌木层、草本层、枯落物、枯死木、土壤（100 cm）	灌木层、枯落物、土壤（30 cm）
竹林地	竹林层、灌木层、草本层、枯落物、枯死木、土壤（100 cm）	竹林层、枯落物、土壤（30 cm）
疏林地	乔木层、灌木层、草本层、枯落物、枯死木、土壤（100 cm）	乔木层、土壤（30 cm）
苗圃地	乔木层、灌木层、草本层、枯落物、枯死木、土壤（100 cm）	土壤（30 cm）
未成林		
造林地		
迹地	土壤（100 cm）	土壤（30 cm）

4.3 温室气体种类

碳汇过程主要核算二氧化碳，不包括甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）等其他温室气体。碳源过程主要核算采伐及其他人为管理过程中，化石燃料燃烧产生的二氧化碳；若发生火灾等造成生物质和死有机质燃烧情景，除核算二氧化碳外，还应核算甲烷和氧化亚氮排放量。

5 监测方法

5.1 固定样地

5.1.1 固定样地布设

根据地形地势、地类、树种、林龄、种植密度等特征，结合遥感影像与地面调查结果划分碳层，并确定分层后各森林类型的面积，采用典型抽样法在每个类型抽取不少于3个固定样地。遥感数据以高分系列、资源系列等卫星数据为基础，进行二级及以上地类分类，空间分辨率优于2 m，分类结果经过解译验证。固定样地布设按照GB/T 38590的规定执行；灌木层样方应在乔木层样地内部或附近，采用对角线布点法布设5个样方，大小为2 m×2 m；草本层和枯落物层样方应设置于灌木样方内的西南角，大小为1 m×1 m。

5.1.2 固定样地调查

固定样地调查因子应按照核算需求进行调查记载。

- 乔木层：应对样地内所有胸径不小于5.0 cm的活立木进行每木检尺，记录树种、胸径、树高、生长状况等指标。
- 竹林：当调查工作量大时，可分散生竹、丛生竹类型，设置10 m×10 m代表性样方或选择2个~3个典型竹丛，调查毛竹或其他竹株数、胸径、树高、冠长。
- 灌木层：调查灌木样方内所有木本植物种类（包括胸径小于5.0 cm的乔木幼树，株高小于50 cm的植株不计入）、株/丛数、（平均）胸（地）径、（平均）冠幅、（平均）高度和盖度等因子。若无相关生物量异速生长方程，应在样方内选取3株平均大小（地径与高度处于平均水平）的标准灌木，采用全收获法分器官测定其鲜重，结合各器官样品含水率计算灌木生物量；若灌木为丛生状，则在样方内选取1丛~2丛冠幅处于平均水平的灌丛，采用全株收获法测定其鲜重和干重。
- 草本层：调查草本样方内所有维管束植物（含株高小于50 cm的木本植物幼苗）种类、平均高度及盖度，全株收获样方内所有植物测定总鲜重，结合样品含水率计算其干重。

- 枯落物：收集样方内全部枯落物，剔除石砾、土块等非有机物质，测定鲜重，结合样品含水率计算干重。
- 枯死木：按枯立木和枯倒木（胸径大于5.0 cm）在乔木层样地内进行调查，与活立木每木检尺同时进行。对于枯立木，测定胸径和实际高度，记录其枯立木分解状态，分为腐木、半腐木和未腐木。对于枯倒木，可按1 m为区分段，测定每一区分段两端直径，计算体积。同时记录密度级，不同密度级枯倒木应各收集至少2份样本，带回实验室按照GB/T 1927.5的规定测定基本木材密度。
- 土壤：土壤调查和测定内容应包括土壤类型、土层厚度、土壤容重和有机碳含量。土壤样品应按0 cm~10 cm、10 cm~30 cm和30 cm~100 cm分层采集，土壤调查方法按照LY/T 3330的规定执行，土壤容重测定按照NY/T 1121.4规定执行，土壤有机碳含量测定按照LY/T 1237规定执行。

5.2 图斑

5.2.1 图斑数据来源

森林资源连续清查数据、森林资源规划设计调查数据、专项调查数据及其他经过林业部门审核批准的调查监测数据。

5.2.2 图斑调查

图斑调查方法按照GB/T 38590和GB/T 26424规定执行。

6 核算方法

6.1 森林碳清除量核算

森林二氧化碳清除量为监测期内森林生态系统固定二氧化碳量与排放二氧化碳量的差值，当 ΔCO_2 清除为正值时表现为碳汇，当 ΔCO_2 清除为负值时表现为碳源，当 ΔCO_2 清除为零时处于碳中和状态， ΔCO_2 清除按照公式（1）计算：

$$\Delta CO_{2\text{清除}} = \Delta C_{\text{总汇}} - CO_{2\text{排}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $\Delta CO_{2\text{清除}}$ ——在监测期内，森林二氧化碳清除量，单位为吨二氧化碳当量（t CO₂e）；
- $\Delta C_{\text{总汇}}$ ——在监测期内，森林碳汇量，单位为吨二氧化碳当量（t CO₂e）；
- $CO_{2\text{排}}$ ——在监测期内，因火灾和人为管理引起的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（t CO₂e）。

6.2 森林碳固定量核算

本标准采用“库-差别法”计算监测期内森林碳汇量，即监测区域内各森林类型包含碳库的碳储量变化量之和，按照公式（2）计算：

$$\Delta C_{\text{总汇}} = \sum_{z=1}^n [(C_{z,t_2} - C_{z,t_1}) \times \frac{44}{12}] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $\Delta C_{\text{总汇}}$ ——在监测期内，森林碳汇量，单位为吨二氧化碳当量（t CO₂e）；
- C_{z,t_1} ——监测初期，森林类型z的碳储量，单位为吨碳（t C）；
- C_{z,t_2} ——监测末期，森林类型z的碳储量，单位为吨碳（t C）；

- 44/12——二氧化碳与碳的相对分子质量之比，无量纲；
 z ——森林类型编号， $z=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；
 n ——森林类型数，无量纲；
 t_1, t_2 ——监测初期和监测末期，单位为年（a）。

6.2.1 基于固定样地森林碳储量核算

6.2.1.1 森林总碳储量核算

森林碳储量为平原、山地（包括丘陵）不同森林类型碳储量之和，先根据不同森林类型样地碳储量估算其平均碳密度，再基于相应面积计算该森林类型碳储量，按照公式（3）计算：

$$C = \sum_{z=1}^n (\overline{C}_{\text{平原}z} \times A_{\text{平原}z}) + \sum_{z=1}^m (\overline{C}_{\text{山地}z} \times A_{\text{山地}z}) \dots \dots \dots (1)$$

式中：

C ——森林碳储量，单位为吨碳（tC）；

$\overline{C}_{\text{平原}z}$ ——平原森林类型 z 样地植被的平均碳密度，单位为吨碳每公顷（tC/ha）；

$A_{\text{平原}z}$ ——平原森林类型 z 的总体面积，单位为公顷（ha）；

$\overline{C}_{\text{山地}z}$ ——山地（包括丘陵）森林类型 z 样地植被的平均碳密度，单位为吨碳每公顷（tC/ha）；

$A_{\text{山地}z}$ ——山地（包括丘陵）森林类型 z 的总体面积，单位为公顷（ha）；

z ——森林类型编号， $z=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；

n ——平原森林类型数，无量纲；

m ——山地森林类型数，无量纲。

6.2.1.2 乔木林碳密度

平原和山地（包括丘陵）不同森林类型乔木林样地的平均碳密度分别按照公式（4）~（9）计算：

$$\overline{C}_{\text{样乔木林}} = (C_{\text{样乔木层}} + C_{\text{样灌木层}} + C_{\text{样草本层}} + C_{\text{样枯落物层}} + C_{\text{样枯死木层}} + C_{\text{样土壤}}) \times \frac{1}{a \times N} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

$\overline{C}_{\text{样乔木林}}$ ——乔木林样地平均碳密度，单位为吨碳每公顷（tC/ha）；

$C_{\text{样乔木层}}$ ——乔木林样地乔木层碳储量，单位为吨碳（tC）；

$C_{\text{样灌木层}}$ ——乔木林样地灌木层碳储量，单位为吨碳（tC）；

$C_{\text{样草本层}}$ ——乔木林样地草本层碳储量，单位为吨碳（tC）；

$C_{\text{样枯落物层}}$ ——乔木林样地枯落物层碳储量，单位为吨碳（tC）；

$C_{\text{样枯死木层}}$ ——乔木林样地枯死木层碳储量，单位为吨碳（tC）；

$C_{\text{样土壤}}$ ——乔木林样地土壤碳储量，单位为吨碳（tC）；

a ——乔木林样地面积，单位为公顷（ha）；

N ——抽样总体样地数，无量纲。

其中，乔木林样地的乔木层碳储量按照公式（5）计算，乔木生物量优先采用“生物量异速生长方程法”，根据调查获得不同树种乔木的胸径、树高等测量因子，按照附录 A 中表 A.1 单木生物量异速生长方程进行计算；若无相同树种对应的方程，可采用生物量扩展因子法，按照附录 B 中公式 B.1 获取单株生物量，若上述方法均无法适用，可采用同属树种生物量异速生长方程或生物量扩展因子法的平均值法进行近似推算。

$$C_{\text{样乔木层}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (W_{\text{乔木},ij} \times CF_j) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$C_{\text{样乔木层}}$ ——所有乔木林样地的乔木层总碳储量，单位为吨碳（tC）；

$W_{\text{乔木},ij}$ ——第 i 号样地的样木 j 的生物量，单位为千克（kg）；

CF_j —— j 树种的含碳系数，无量纲，省缺值为 0.5，也可通过实测获得；

i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；

n ——样地数，无量纲；

j ——样木编号， $j=1, 2, 3 \dots m$ ，无量纲；

m ——样木数，无量纲；

10^{-3} ——单位换算系数，无量纲。

乔木林样地的灌木层碳储量按照公式（6）计算：

$$C_{\text{样灌木层}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (W_{\text{灌木},ij} \times x_{ij} \times CF_j) \times K \times 10^{-3} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$C_{\text{样灌木层}}$ ——所有乔木林样地灌木层总碳储量，单位为吨碳（tC）；

$W_{\text{灌木},ij}$ ——第 i 号样地的灌木样方中树种 j 标准株的生物量，单位为千克（kg）；

x_{ij} ——第 i 号样地的灌木树种 j 的株数，无量纲；

CF_j —— j 树种的含碳系数，无量纲，省缺值为 0.4672，也可通过实测获得；

K ——乔木林样地面积与灌木样方面积的比值，无量纲；

i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；

n ——样地数，无量纲；

j ——灌木树种， $j=1, 2, 3 \dots m$ ，无量纲；

m ——灌木树种数，无量纲；

10^{-3} ——单位换算系数，无量纲。

乔木林样地的草本层碳储量按照公式（7）计算：

$$C_{\text{样草本层}} = \sum_{i=1}^n (W_{\text{草本},i} \times CF_{\text{草}} \times s \times K) \times 10^{-3} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

- $C_{\text{样草本层}}$ ——所有乔木林样地的草本层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $W_{\text{草本},i}$ ——第 i 号样地的草本层单位面积生物量，单位为千克每平方米 (kg/m^2)；
 $CF_{\text{草}}$ ——草本植物的含碳系数，无量纲，省缺值为 0.327，也可通过实测获得；
 s ——草本样方面积，单位为平方米 (m^2)；
 K ——乔木林样地面积与草本样方面积的比值，无量纲；
 i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \cdots n$ ，无量纲；
 n ——样地数，无量纲；
 10^{-3} ——单位换算系数，无量纲。

乔木林样地的枯落物碳储量按照公式 (8) 计算：

$$C_{\text{样枯落物层}} = \sum_{i=1}^n (W_{\text{枯落物},i} \times CF_{\text{枯落物}} \times s \times K) \times 10^{-3} \cdots \cdots (5)$$

式中：

- $C_{\text{样枯落物层}}$ ——所有乔木林样地的枯落物层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $W_{\text{枯落物},i}$ ——第 i 号样地的枯落物单位面积生物量，单位为千克每平方米 (kg/m^2)；
 $CF_{\text{枯落物}}$ ——枯落物的含碳系数，无量纲，缺省值为 0.3506，也可通过实测获得；
 s ——枯落物样方面积，单位为平方米 (m^2)；
 K ——乔木林样地面积与枯落物样方面积的比值，无量纲；
 i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \cdots n$ ，无量纲；
 n ——样地数，无量纲；
 10^{-3} ——单位换算系数，无量纲。

乔木林样地的枯死木碳储量按照公式 (9) 计算：

$$C_{\text{样枯死木}} = \sum_{i=1}^n (B_{\text{枯死木},i} \times CF_{\text{枯死木}} \times A_i) \cdots \cdots (6)$$

式中：

- $C_{\text{样枯死木}}$ ——所有乔木林样地的枯死木总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 $B_{\text{枯死木},i}$ ——第 i 号样地的枯死木单位面积生物量，单位为吨 (t)；
 $CF_{\text{枯死木}}$ ——枯死木含碳系数，推荐值为 0.37，也可通过实测获得；
 A_i ——第 i 森林类型的面积，单位为公顷 (hm^2)；
 i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \cdots n$ ，无量纲；
 n ——样地数，无量纲。

乔木林样地的土壤碳储量按照公式 (10) 和 (11) 计算：

$$C_{\text{样土壤}} = \sum_{i=1}^n (SOC_i \times a) \cdots \cdots (7)$$

式中：

- $C_{\text{样土壤}}$ ——所有乔木林样地的土壤总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
 SOC_i ——第 i 号样地的土壤有机碳密度，单位为吨碳每公顷 (tC/ha)；

- a ——乔木林样地面积，单位为公顷（ha）；
- i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \cdots n$ ，无量纲；
- n ——样地数，无量纲。

土壤有机碳密度，计算见公式（11）：

$$SOC = C \times D \times E \times (1 - G) \times 10 \cdots \cdots (8)$$

式中：

- SOC ——土壤有机碳密度，单位为吨碳每公顷（t C/ha）；
- C ——土壤有机碳含量，单位为克碳每千克（g C/kg）；
- D ——土壤密度，单位为克每立方厘米（g/cm³）；
- E ——土壤厚度，单位为厘米（cm）；
- G ——直径大于等于 2 mm 的石砾所占体积的百分比，以百分比（%）表示；
- 10——单位换算系数，无量纲。

6.2.1.3 灌木林碳密度

平原和山地（包括丘陵）灌木林的平均碳密度按照公式（12）计算，灌木林样地的灌木层、草本层、枯落木层、枯死木层和土壤碳储量分别按照公式（6）~（11）计算。

$$\overline{C}_{\text{样灌木林}} = (C_{\text{样灌木层}} + C_{\text{样草本层}} + C_{\text{样枯落物层}} + C_{\text{样枯死木层}} + C_{\text{样土壤}}) \times \frac{1}{a \times N} \cdots \cdots (1)$$

式中：

- $\overline{C}_{\text{样灌木林}}$ ——灌木林样地平均碳密度，单位为吨碳每公顷（t C/ha）；
- $C_{\text{样灌木层}}$ ——灌木林灌木层样地植被碳储量，单位为吨碳（t C）；
- $C_{\text{样草本层}}$ ——灌木林草本层样地植被碳储量，单位为吨碳（t C）；
- $C_{\text{样枯落物层}}$ ——乔木林样地枯落物层碳储量，单位为吨碳（t C）；
- $C_{\text{样枯死木层}}$ ——乔木林样地枯死木层碳储量，单位为吨碳（t C）；
- $C_{\text{样土壤}}$ ——灌木林样地土壤碳储量，单位为吨碳（t C）；
- a ——灌木林样地面积，单位为公顷（ha）；
- N ——抽样总体样地数，无量纲。

6.2.1.4 竹林碳密度

平原和山地（包括丘陵）竹林平均碳密度分别按照公式（13）计算：

$$\overline{C}_{\text{样竹林}} = (C_{\text{样竹层}} + C_{\text{样灌木层}} + C_{\text{样草本层}} + C_{\text{样枯落物层}} + C_{\text{样枯死木层}} + C_{\text{样土壤}}) \times \frac{1}{a \times N} \cdots \cdots (1)$$

式中：

- $\overline{C}_{\text{样竹林}}$ ——竹林样地植被碳密度，单位为吨碳每公顷（t C/ha）；
- $C_{\text{样竹层}}$ ——竹林竹层样地植被碳储量，单位为吨碳（t C）；
- $C_{\text{样灌木层}}$ ——竹林灌木层样地植被碳储量，单位为吨碳（t C）；

- $C_{\text{样草本层}}$ ——竹林草本层样地植被碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{\text{样枯落物层}}$ ——乔木林样地枯落物层碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{\text{样枯死木层}}$ ——乔木林样地枯死木层碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{\text{样土壤}}$ ——乔木林样地土壤碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- a ——竹林样地面积，单位为公顷 (ha)；
- N ——抽样总体样地数，无量纲。

其中，毛竹林样地的竹层碳储量按照公式 (14) 计算，杂竹林样地的竹层碳储量按照公式 (15) 计算，竹林的灌木层、草本层和土壤碳储量分别按照公式 (6) ~ (11) 计算。

$$C_{\text{样毛竹层}} = \sum_{i=1}^n (W_{\text{毛竹层},i} \times CF_{\text{毛竹}}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $C_{\text{样毛竹层}}$ ——所有毛竹林样地的竹层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $W_{\text{毛竹层},i}$ ——第 i 号样地的毛竹林竹层生物量，单位为千克 (kg)；
- $CF_{\text{毛竹}}$ ——竹子的含碳系数，无量纲，省缺值为 0.5，也可通过实测获得；
- i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；
- n ——样地数，无量纲。

$$C_{\text{样杂竹层}} = \sum_{i=1}^n (0.015189D_i^{0.6305} H_i^{2.0687} \times Z_i \times CF_{\text{杂竹}}) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $C_{\text{样杂竹层}}$ ——所有杂竹林样地的竹层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $W_{\text{杂竹层},i}$ ——第 i 号杂竹林样地的竹层生物量，单位为千克 (kg)；
- D_i ——第 i 号杂竹林样地平均胸径，单位为厘米 (cm)；
- H_i ——第 i 号杂竹林样地平均高，单位为米 (m)；
- Z_i ——第 i 号杂竹林样地的总株数；
- $CF_{\text{杂竹}}$ ——杂竹的含碳系数，无量纲，省缺值为 0.5，也可通过实测获得；
- i ——样地编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；
- n ——样地数，无量纲。

6.2.1.5 其他森林类型碳密度

疏林地、苗圃地、未成林地、造林地和迹地碳密度按照 6.2.1.1 执行。

6.2.2 基于图斑数据森林碳储量核算

森林总碳储量是监测区域内各森林覆盖类型包含碳库的碳储量之和，计算见公式 (16)：

$$C_{\text{总}} = C_{\text{乔木林}} + C_{\text{竹林}} + C_{\text{灌木林}} + C_{\text{疏林}} + C_{\text{苗圃}} + C_{\text{未成林}} + C_{\text{造林地}} + C_{\text{迹地}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $C_{总}$ ——森林总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{乔木林}$ ——乔木林地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{竹林}$ ——竹林地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{灌木林}$ ——灌木林地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{疏林}$ ——疏林地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{苗圃}$ ——苗圃地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{未成林}$ ——未成林地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{造林地}$ ——造林地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{迹地}$ ——采伐和火烧迹地总碳储量，单位为吨碳 (tC)；

6.2.2.1 乔木林碳储量

区域范围内乔木林总碳储量按照公式 (17) 计算：

$$C_{乔木林} = C_{乔木层} + C_{灌木层} + C_{草本层} + C_{枯落物层} + C_{枯死木层} + C_{土壤} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $C_{乔木林}$ ——乔木林总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{乔木层}$ ——乔木层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{灌木层}$ ——灌木层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{草本层}$ ——草本层总碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{枯落物层}$ ——枯落物层碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{枯死木层}$ ——枯死木层碳储量，单位为吨碳 (tC)；
- $C_{土壤}$ ——土壤总碳储量，单位为吨碳 (tC)。

其中，乔木层总碳储量采用“生物量扩展因子法”，按照公式 (18) 计算：

$$C_{乔木层} = \sum_{i=1}^n (V_{蓄积j} \times SVD_j \times BEF_j \times (1 + RSR_j) \times CF_j) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C_{\text{乔木层}}$ ——乔木层总碳储量，单位为吨碳 (t C)；

i ——图斑编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；

n ——图斑数，无量纲；

j ——优势树种，无量纲；

$V_{\text{蓄积}}$ ——图斑优势树种总蓄积量，单位为立方米 (m^3)；

SVD_j ——优势树种 j 的木材基本密度，单位为吨每立方米 (t/m^3)，若无实测数据可参考附录D中表 D.1；

BEF_j ——优势树种 j 的生物量扩展系数，无量纲，若无实测数据可参考附录D中表D.1；

RSR_j ——优势树种 j 的根茎比，无量纲，若无实测数据可参考附录D中表D.1；

CF_j ——优势树种 j 的含碳系数，无量纲，若无实测数据可参考附录 D 中表 D.1。

灌木层、草本层、枯落物层和枯死木层总碳储量采用“单位面积生物量法”按照公式 (19) 计算：

$$C = \sum_{i=1}^n (W \times A_i) \times CF \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C ——碳库总碳储量，单位为吨碳 (t C)；

i ——图斑编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；

n ——图斑数，无量纲；

W ——计算碳库的单位面积生物量，单位为吨碳每公顷 (t C/ha)，若无实测数据可参考附录D中表 D.1~表D.5；

A_i ——第 i 号图斑面积，单位为公顷 (ha)；

CF ——平均含碳系数，无量纲。

土壤总碳储量根据土壤碳密度，按照公式 (20) 计算：

$$C_{\text{土壤}} = \sum_{i=1}^n (SOC \times A_i) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$C_{\text{土壤}}$ ——土壤总碳储量，单位为吨碳 (t C)；

i ——图斑编号， $i=1, 2, 3 \dots n$ ，无量纲；

n ——图斑数，无量纲；

SOC ——土壤有机碳密度，单位为吨碳每公顷 (t C/ha)，若无实测数据可参考附录 D 中表 D.6；

A_i ——第 i 号图斑面积，单位为公顷 (ha)。

6.2.2.2 灌木林碳储量

区域范围内灌木林总碳储量按照公式(21)计算,其中灌木层、草本层、枯落物层和土壤碳储量分别按照公式(19)~(20)计算,枯死木生物量记为0。

$$C_{\text{灌木林}} = C_{\text{灌木层}} + C_{\text{草本层}} + C_{\text{枯落物层}} + C_{\text{土壤}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$C_{\text{灌木林}}$ ——灌木林总碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{灌木层}}$ ——灌木层总碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{草本层}}$ ——草本层总碳储量,单位为吨碳(tC),若无草本层可记为0;

$C_{\text{枯落物层}}$ ——枯落物层碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{土壤}}$ ——土壤总碳储量,单位为吨碳(tC)。

6.2.2.3 竹林碳储量

区域范围内竹林总碳储量按照公式(22)计算,枯死木生物量记为0。

$$C_{\text{竹林}} = C_{\text{竹层}} + C_{\text{灌木层}} + C_{\text{草本层}} + C_{\text{枯落物层}} + C_{\text{土壤}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$C_{\text{竹林}}$ ——竹林总碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{竹层}}$ ——竹层总碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{灌木层}}$ ——灌木层总碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{草本层}}$ ——草本层总碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{枯落物层}}$ ——枯落物层碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{土壤}}$ ——土壤总碳储量,单位为吨碳(tC)。

竹层总碳储量按照公式(23)计算,灌木层、草本层、枯落物层和土壤碳储量分别按照公式(17)~(20)计算。

$$C_{\text{竹层}} = \sum_{i=1}^n (W_{\text{竹}} \times A_i) \times CF \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$C_{\text{竹层}}$ ——竹层总碳储量,单位为吨碳(tC);

i ——图斑编号, $i=1, 2, 3 \dots n$, 无量纲;

- n ——图斑数, 无量纲;
- $W_{竹}$ ——竹林单位面积生物量, 单位为吨碳每公顷 (t C/ha), 若无实测数据可参考附录D中表D.1;
- A_i ——第*i*号竹林图斑面积, 单位为公顷 (ha);
- CF ——竹子含碳系数, 无量纲。

6.2.2.4 其他类型森林碳储量

苗圃、采伐迹地和火烧迹地的地上生物量、地下生物量、枯落物和枯死木生物量记为0, 土壤碳储量, 土壤碳储量按照公式(20)计算。疏林地的枯落物和枯死木生物量记为0, 土壤碳储量按照公式(20)计算, 地上和地下生物量按照公式(24)计算:

$$C_{乔木层} = \sum_{i=1}^n (V_{蓄积j} \times SVD_j \times BEF_j \times 1.3 \times (1 + RSR_j) \times CF_j) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- $C_{乔木层}$ ——疏林乔木层总碳储量, 单位为吨碳 (t C);
- i ——图斑编号, $i=1, 2, 3 \dots n$, 无量纲;
- n ——图斑数, 无量纲;
- j ——优势树种, 无量纲;
- $V_{蓄积}$ ——图斑优势树种总蓄积量, 单位为立方米 (m^3);
- SVD_j ——优势树种的木材基本密度, 单位为吨每立方米 (t/m^3);
- BEF_j ——优势树种的生物量扩展因子, 无量纲;
- 1.3 ——疏林根冠比与乔木林根冠比的比值, 无量纲;
- RSR_j ——优势树种的根茎比, 无量纲;
- CF_j ——优势树种 j 的含碳系数, 无量纲。

6.2.3 卫星遥感反演森林碳储量

6.2.3.1 遥感影像选取

数据源应符合如下要求:

- 选用空间分辨率优于1 m的高分辨率影像, 或无人机多光谱影像;
- 所使用的遥感数据应包含红外波段 (RED)、近红外波段 (NIR)、蓝波段 (Blue);
- 应尽可能选用夏季或秋季的同一时段的影像, 影像应纹理清晰、色调均匀, 避免光谱失真;
- 云层覆盖面积应少于5%, 且重要植被区域未有云层覆盖; 若云层覆盖面积不少于5%, 用同期无云影像替换, 或按照GB/T 15968规定执行处理掉云层;
- 影像覆盖范围应比工作区大5%~10%, 避免边缘植被碳汇漏算;
- 数据避免存在条带、斑点噪声、行丢失等现象, 若存在噪声干扰, 需在后续预处理阶段采用均值滤波、中值滤波等方法去除, 确保光谱信息的真实性;

——相相邻影像之间应有4%以上的重叠或重复，特殊情况下（如山地陡峭区域、影像获取难度较大区域）重叠或重复可小于上述指标，但应确保重叠区域植被信息连续，避免拼接后出现边界断裂、信息缺失等问题。若样地位于影像重叠区，应通过直方图匹配验证，确保重叠区像元光谱一致性，避免重叠区样地特征提取误差。

6.2.3.2 遥感影像预处理

进行植被碳储量计算前，卫星遥感数据应经过系统预处理，消除影像自身误差及外界环境干扰，确保数据一致性和可用性。

——基础预处理：包括辐射定标、大气校正、几何校正、正射校正、图像噪声处理、波段组合和图像增强等，按照GB/T 15968规定执行；

——影像拼接合成：如给定的时间周期（周/旬/月）内的研究区域范围由多幅遥感影像组成，应对不同时期的多景影像进行拼接合成处理。拼接过程中需对影像进行配准，确保相邻影像空间位置一致，影像边界处应衔接平滑，采用直方图匹配、线性融合等方法消除拼接缝隙和色调差异，确保合成后影像的整体性和一致性。

6.2.3.3 植被群落类型解译

——建立样本库：将实地调查的植被边界与预处理后的遥感影像结合，建立不同森林覆盖类型样本库；

——解译标志建立：基于遥感影像样本数据，结合不同植被类型的生物学特征，分析其在遥感影像上显示出的光谱、形状、纹理结构等影像特征，分别建立乔木、灌木、竹林、其他类型森林地被的遥感解译标志；

——采用监督分类法（如SVM、随机森林等），结合建立的遥感解译标志，把森林植被类型分成乔木林、灌木林、竹林林、其他森林植被类型（疏、苗、未、造、迹）四大类；

——精度验证：采用混淆矩阵对分类结果进行精度验证，监督分类Kappa系数应大于0.85，总体精度应大于0.80，用户精度和生产者精度均应大于0.75。如未达到要求，应补充样本库数量、优化解译标志，调整分类算法参数，进行再次分类，直至满足精度要求为止；对于分类误差较大的区域（如山地边界、植被过渡区），可结合实地调查数据进行人工修正，确保分类结果的准确性。

6.2.3.4 常用植被指数遥感反演

常用植被指数包括归一化植被指数(NDVI, Normalized Vegetation Index)、比值植被指数(RVI, Ratio Vegetation Index)、增强植被指数(EVI, Enhanced Vegetation Index)、叶绿素敏感指数（CSI, Chlorophyll Sensitive Index）等,植被指数计算按照GB/T 30115规定执行。

6.2.3.5 非生物因子变量获取与处理

常用气候因子包括温度、降水等多年均值及其季节性变异；常用土壤因子包括容重和pH等；地形包括高程、坡度、坡向和地形粗糙度指数（TRI, Terrain Roughness Index）等，碳汇遥感监测预测常用变量见附录E中表E.1。

6.2.3.6 碳储量反演模型构建

根据项目范围内样地空间分布及碳储量（总样地数量应不小于300个），结合地面调查、遥感和非生物变量提取参数，以样地碳储量为因变量，在去除共线性基础上，综合利用多元回归模型及随机森林、BP神经网络、XGBoost-SHAP等机器学习算法，依据不同森林覆盖类型，构建森林碳储量遥感反演模型。具体可通过R语言程序包caret和ranger开展函数调参、模型训练和评估，步骤如下：

- 样本划分：样地数据按2:1比例分为训练集（建模）和验证集（精度检验）；
- 特征筛选：通过Pearson/Sperman相关性分析，筛选与各植被类型碳储量显著相关（ $P < 0.01$ ）的遥感指数和纹理参数，剔除多重共线性变量（ $VIF < 7.5$ ）；
- 模型训练：分植被覆盖类型建立每个样地单位面积实测碳储量与该样地在遥感影像上对应位置的筛选后特征指数的关联模型，以筛选后的最优特征变量集作为自变量，各类型样地单位面积碳储量作为因变量，分别开展多元回归模型、随机森林、BP神经网络、XGBoost-SHAP等模型的构建与优化；
- 模型拟合：基于各植被类型的训练集数据和最优参数组合，分别训练对应模型，完成模型拟合，得到各植被类型、各算法对应的碳储量遥感反演模型（即建立自变量与因变量之间的定量映射关系）；
- 模型预测：将各植被类型的验证集特征变量输入至训练完成的对应模型中，输出验证集样地碳储量的预测值；
- 结果输出与记录：记录各模型的训练过程拟合结果，以及验证集的预测结果；同时，针对XGBoost模型，利用SHAP（SHapley Additive exPlanations）方法进行特征重要性解释，量化各特征对碳储量预测结果的贡献度与影响方向，明确关键驱动因子；
- 精度验证：基于地面实测数据对模型预测结果进行交叉验证，模型精度评价参数如决定系数（ R^2 ）、系统性均方差（MSE）、均方根误差（RMSE）等，其中 R^2 越接近1，RMSE和MAE越接近0，表明模型的拟合能力和预测精度越高。若验证精度较低（如 $R^2 < 60\%$ ），可通过增加样本量、增加关键预测变量等以提高预测精度，按照GB/T 36296中规定的执行。
- 最优模型筛选：针对每种植被类型，对比多元回归、随机森林、BP神经网络、XGBoost-SHAP等模型的评估指标结果，筛选出各植被类型对应的最优碳储量遥感反演模型，形成分植被类型的最优模型体系。

6.2.3.7 森林碳储量核算

根据筛选最优模型输出不同森林覆盖类型碳储量，根据公式（16）核算森林总碳储量。

6.3 森林碳排放量核算

6.3.1 森林总碳排放量核算

根据监测边界内森林火烧引起林木地上生物量、枯落物和枯死木的燃烧造成非二氧化碳温室气体排放量，以及人为管理等消耗化石燃料（主要为汽油、柴油）和电力产生的二氧化碳排放量，按照公式（25）计算：

$$CO_{2\text{排}} = \sum_{z=1}^n (GHG_{\text{地上生物量}} + GHG_{\text{死有机质}} + CO_{2\text{柴油}z} + CO_{2\text{汽油}z} + CO_{2\text{电}z}) \cdots \cdots (1)$$

式中：

$CO_{2\text{排}}$ ——森林碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$GHG_{\text{地上生物量}}$ ——森林火灾引起的地上生物量燃烧造成的非二氧化碳温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$GHG_{\text{死有机质}}$ ——森林火灾引起的死有机质（包括枯落物和枯死木）燃烧造成的非二氧化碳温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$CO_{2\text{柴油}z}$ ——森林类型 z 柴油燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ tCO_2e ）；

$CO_{2\text{汽油}z}$ ——森林类型 z 汽油燃烧产生的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t\text{CO}_2e$ ）；

$CO_{2\text{电}z}$ ——森林类型 z 消耗外购电力（非绿电）产生的二氧化碳排放量；

$C_{\text{火}z}$ ——火灾发生前，最近一次核查时森林类型 z 发生燃烧的森林植物碳储量，单位为吨碳（ $t\text{C}$ ）；

z ——森林类型， $z=1, 2, 3\cdots n$ ，无量纲；

n ——森林类型数，无量纲。

6.3.2 火灾引起地上生物质燃烧造成温室气体排放的核算

火灾引起森林地上生物质燃烧造成的非二氧化碳温室气体排放，按照公式（26）计算：

$$GHG_{\text{地上生物质}} = \sum_{z=1}^n [A_z \times AGB_z \times COMF_z \times (EF_{\text{CH}_4} \times GWP_{\text{CH}_4} + EF_{\text{N}_2\text{O}} \times GWP_{\text{N}_2\text{O}})] \quad (1)$$

式中：

$GHG_{\text{地上生物质}}$ ——森林火灾引起的地上生物质燃烧造成的非二氧化碳温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t\text{CO}_2e$ ）；

A_z ——类型 z 发生燃烧的土地面积，单位为公顷（ ha ）；

AGB_z ——发生火灾前森林类型 z 最近一次核算时的地上生物量，单位为吨每公顷（ t/ha ）；

$COMF_z$ ——森林类型 z 的燃烧指数，根据植被类型数据参考附录E中表E.1；

EF_{CH_4} —— CH_4 排放因子，推荐值为4.7，单位为克甲烷每千克（ $g\text{CH}_4/kg$ ）；

GWP_{CH_4} —— CH_4 的全球增温潜势，将 CH_4 转换为 CO_2e ，推荐值为28，无量纲；

$EF_{\text{N}_2\text{O}}$ —— N_2O 排放因子，推荐值为0.26，单位为克氧化亚氮每千克（ $g\text{N}_2\text{O}/kg$ ）；

$GWP_{\text{N}_2\text{O}}$ —— N_2O 的全球增温潜势，将 N_2O 转换为 CO_2e ，推荐值为265，无量纲；

z ——森林类型， $z=1, 2, 3\cdots n$ ，无量纲；

n ——森林类型数，无量纲。

6.3.3 火灾引起地死有机质燃烧造成温室气体排放的核算

火灾引起森林枯落物和枯死木等死有机质燃烧造成的非二氧化碳温室气体排放，按照公式（27）计算：

$$GHG_{\text{死有机质}} = \sum_{z=1}^n [A_z \times (B_{\text{枯死木}z} \times CF_{\text{枯死木}} + B_{\text{枯落物}z} \times CF_{\text{枯落物}})] \times \frac{44}{12} \times 0.07 \cdots \cdots (1)$$

式中：

$GHG_{\text{死有机质}}$ ——森林火灾引起森林枯落物和枯死木等死有机质燃烧造成的非二氧化碳温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（ $t\text{CO}_2e$ ）；

A_z ——类型 z 发生燃烧的土地面积，单位为公顷（ ha ）；

$B_{\text{枯死木}z}$ ——发生火灾前森林类型 z 最近一次核算时枯死木单位面积生物量，单位为吨每公顷（ t/ha ）；

$CF_{\text{枯死木}}$ ——枯死木的含碳系数，无量纲，缺省值为0.37，也可通过实测获得；

$B_{\text{枯落物}z}$ ——发生火灾前森林类型 z 最近一次核算时枯落物单位面积生物量，单位为吨每公顷（ t/ha ）；

$CF_{\text{枯落物}}$ ——枯落物的含碳系数，无量纲，缺省值为0.35，也可通过实测获得；

- z ——森林类型, $z=1, 2, 3 \dots n$, 无量纲;
- n ——森林类型数, 无量纲;
- 44/112——二氧化碳与碳的相对分子质量之比, 无量纲;
- 0.07 ——非二氧化碳排放量占碳储量的比例。

6.3.4 人为管理引起温室气体排放的核算

柴油和汽油等化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放量, 按照公式(28)计算:

$$CO_{2\text{柴/汽油}} = FC_{\text{柴/汽油}} \times NCV_{\text{柴/汽油}} \times CC_{\text{柴/汽油}} \times OF_{\text{柴/汽油}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$CO_{2\text{柴/汽油}}$ ——柴油或汽油燃烧产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t CO_2e$);

$FC_{\text{柴/汽油}}$ ——柴油或汽油消耗量, 单位为吨 (t);

$NCV_{\text{柴/汽油}}$ ——柴油或汽油的平均低位发热量, 单位为太焦每吨 (TJ/t), 推荐值见附录F中表F.2;

$CC_{\text{柴/汽油}}$ ——柴油或汽油的单位热值含碳量, 单位为吨碳每太焦 ($t C/TJ$), 推荐值见附录F中表F.2;

$OF_{\text{柴/汽油}}$ ——柴油或汽油的碳氧化率, 以%表示, 推荐值见附录F中表F.2;

44/12——二氧化碳与碳的相对分子质量之比, 无量纲。

外购电力(非绿电)产生的二氧化碳排放量, 按照公式(29)计算:

$$CO_{2\text{电}} = AD_{\text{外购电}} \times EF_{\text{电}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$CO_{2\text{电}}$ ——外购电力产生的二氧化碳排放量, 单位为吨二氧化碳当量 ($t CO_2e$);

$AD_{\text{外购电}}$ ——消耗外购电力的电量, 单位为兆瓦时 (MWh);

$EF_{\text{电}}$ ——电网供电的二氧化碳排放因子, 单位为吨二氧化碳每兆瓦时 ($t CO_2/MWh$), 推荐值见附录E中表E.3。

7 计量监测要求

7.1 森林碳汇计量监测优先选择采用典型固定样地监测法, 其次可采用固定样地结合卫星遥感反演法。若无固定样地监测数据, 基于保守性、成本有效性等原则, 可采用图斑数据进行森林碳汇计量监测。

7.2 在一定的时间序列上, 应采用统一的方法和措施进行碳储量、碳汇量核算, 保证核算结果的可比性。

7.3 根据项目周期确定监测间隔期, 监测间隔期应不超过5年。

7.4 建立健全覆盖数据收集、整理、审核、存储、备份、归档全流程的数据管理与归档制度。对收集的原始监测数据、影像资料(含照片、视频)等各类信息, 应明确数据来源、获取时间、获取方法; 按

照统一规范进行数字化整理与归档，并定期开展数据备份，防止数据丢失、篡改或泄露。数据保存期限应不短于项目有效期，确保数据全程可追溯。

附录 A

(资料性)

单木生物量异速生长方程

表 A.1 部分树种单木生物量异速生长方程

树种	自变量	器官	方程	胸径取值范围/cm	参考文献	建模区域
侧柏 <i>Platycladus orientalis</i>	D	地上	$M_{\text{地上}}=0.02479D^{2.0333}$	7-25	闫家峰等, 2009	江苏
		树根	$M_{\text{根}}=0.0261D^{2.1377}$			
		树干	$M_{\text{干}}=0.0681(D^2H)^{0.9865}$			
		树枝	$M_{\text{枝}}=12.020+0.009(D^2H)$			
		树叶	$M_{\text{叶}}=-0.549+0.007(D^2H)$			
		树皮	$M_{\text{皮}}=4.217+0.008(D^2H)$			
		树根	$M_{\text{根}}=0.0087(D^2H)^{1.0513}$			
刺槐 <i>Robinia pseudoacacia L.</i>	D ² H	树干	$M_{\text{干}}=0.05527(D^2H)^{0.8576}$	-	DB32/T4571	江苏
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.02425(D^2H)^{0.7908}$			
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.0545(D^2H)^{0.4574}$			
		树根	$M_{\text{根}}=0.1145(D^2H)^{0.6328}$			
杜英 <i>Elaeocarpus decipiens</i>	D	立木	$M_{\text{立木}}=0.18833D^{2.14125}$	5-17	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{\text{干}}=0.10463D^{2.09}$			
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.01202D^{2.66937}$			
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.00257D^{2.58946}$			
		树皮	$M_{\text{皮}}=0.00373D^{2.37250}$			
		树根	$M_{\text{根}}=0.12684D^{1.61375}$			
	D ² H	立木	$M_{\text{立木}}=0.00015(D^2H)^{1.28808}$			
		树干	$M_{\text{干}}=0.01515(D^2H)^{0.86477}$			
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.00028(D^2H)^{1.46663}$			
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.00007(D^2H)^{1.42877}$			
		树皮	$M_{\text{皮}}=0.00665(D^2H)^{1.12058}$			
		树根	$M_{\text{根}}=0.01504(D^2H)^{1.10051}$			
黑松 <i>Pinus thunbergii Parlatores</i>	D ² H	地上	$M_{\text{地上}}=0.0462(D^2H)0.9446$	-	张旭东等, 1994	安徽
		树根	$M_{\text{根}}=0.0064(D^2H)1.0427$			
		地上	$M_{\text{地上}}=0.0647H^{0.8959}D^{1.488}$			
		树根	$M_{\text{根}}=0.061D^{2.115252}H^{-0.10374}$			
厚朴 <i>Houpoa officinalis</i>	D ² H	立木	$M_{\text{立木}}=0.03872(D^2H)^{0.9589}$	-	斯金平, 1993	浙江
		地上	$M_{\text{地上}}=0.02820(D^2H)^{0.9682}$			
		树根	$M_{\text{根}}=0.00831(D^2H)^{0.9700}$			
黄山栎树 <i>Koelreuteria bipinnata var.</i>	D	立木	$M_{\text{立木}}=0.10994D^{2.48438}$	5-15	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{\text{干}}=0.04215D^{2.56359}$			

<i>integrifoliola</i>		树枝	$M_{枝}=0.00379D^{3.13611}$				
		树叶	$M_{叶}=0.00024D^{3.48156}$				
		树皮	$M_{皮}=0.02721D^{1.69563}$				
		树根	$M_{根}=0.04727D^{2.32726}$				
	D ² H	立木	$M_{立木}=0.02173(D^2H)^{1.08777}$				
		树干	$M_{干}=0.00778(D^2H)^{1.12490}$				
		树枝	$M_{枝}=0.00052(D^2H)^{1.36475}$				
		树叶	$M_{叶}=0.00003(D^2H)^{1.51438}$				
		树皮	$M_{皮}=0.00905(D^2H)^{0.74152}$				
		树根	$M_{根}=0.01026(D^2H)^{1.02029}$				
火炬松 <i>Pinus taeda</i> L.	D ² H	立木	$M_{立木}=0.06227(D^2H)^{2.52444}$	-	林良琪, 2008	江苏	
		D	树干				$M_{干}=0.02764(D^2H)^{0.92366}$
	树枝		$M_{枝}=0.00751D^{2.64633}$				
	树叶		$M_{叶}=0.03432D^{2.06055}$				
	D	树根	$M_{根}=0.0343D^{2.23133}$	10.6-15.8	江波, 1992	浙江	
		地上	$M_{地上}=0.0336D^{2.6352}$				
		树干	$M_{干}=0.0027D^{2.5716}$				
		树枝	$M_{枝}=0.0005D^{3.2608}$				
	树叶	$M_{叶}=0.0002D^{3.6583}$					
	D ² H	地上	$M_{地上}=0.06548(D^2H)^{0.8506}$				
		树干	$M_{干}=0.0502(D^2H)^{0.8338}$				
		树枝	$M_{枝}=0.0001(D^2H)^{1.4843}$				
		树叶	$M_{叶}=0.000001(D^2H)^{2.005}$				
	广玉兰 <i>Magnolia grandiflora</i>	D	立木	$M_{立木}=0.330788D^{1.90957}$	3-13	王哲, 2012	上海
			树干	$M_{干}=0.057657D^{2.25148}$			
			树枝	$M_{枝}=0.052639D^{1.78865}$			
树叶			$M_{叶}=0.062077D^{1.85157}$				
树皮			$M_{皮}=0.028253D^{1.80469}$				
树根			$M_{根}=0.104937D^{1.80928}$				
D ² H		立木	$M_{立木}=0.267867(D^2H)^{0.71442}$	3-13	王哲, 2012		
		树干	$M_{干}=0.044059(D^2H)^{0.84615}$				
		树枝	$M_{枝}=0.04287(D^2H)^{0.67063}$				
		树叶	$M_{叶}=0.050615(D^2H)^{0.69263}$				
		树皮	$M_{皮}=0.023153(D^2H)^{0.67512}$				
		树根	$M_{根}=0.088406(D^2H)^{0.67152}$				
柳杉 <i>Cryptomeria japonica</i> var. <i>sinensis</i> Miq.	D ² H	立木	$M_{立木}=38.665+0.055(D^2H)$	-	卢义山, 2000	江苏	
		树干	$M_{干}=0.2716(D^2H)^{0.7379}$				
		树枝	$M_{枝}=0.0326(D^2H)^{0.8472}$				
		树叶	$M_{叶}=0.0250(D^2H)^{1.1778}$				
		树皮	$M_{皮}=0.0379(D^2H)^{0.7328}$				
		树根	$M_{根}=10.329+0.009(D^2H)$				

毛竹 <i>Phyllostachys edulis</i>	D	立木	$M_{立木}=0.1686D^{1.8358}$	4月14日	詹自强, 2011	上海
		树干	$M_{干}=0.0348D^{2.3208}$			
		树枝	$M_{枝}=0.0571D^{1.4001}$			
		树叶	$M_{叶}=0.0904D^{1.8146}$			
		树根	$M_{根}=0.0773D^{1.4965}$			
	D ² H	立木	$M_{立木}=0.0712(D^2H)^{0.7066}$			
		树干	$M_{干}=0.0119(D^2H)^{0.8909}$			
		树枝	$M_{枝}=0.0283(D^2H)^{0.5463}$			
		树叶	$M_{叶}=0.0645(D^2H)^{0.2759}$			
		树根	$M_{根}=0.0379(D^2H)^{0.5776}$			
马褂木 <i>Liriodendron chinense</i>	D	立木	$M_{立木}=0.06393D^{2.61147}$	4-14	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{干}=0.01959D^{2.80941}$			
		树枝	$M_{枝}=0.00715D^{2.85853}$			
		树皮	$M_{皮}=0.00321D^{2.83529}$			
		树根	$M_{根}=0.04772D^{2.10647}$			
	D ² H	立木	$M_{立木}=0.00950(D^2H)^{1.17994}$			
		树干	$M_{干}=0.00392(D^2H)^{1.20113}$			
		树枝	$M_{枝}=0.00109(D^2H)^{1.26301}$			
		树皮	$M_{皮}=0.00065(D^2H)^{1.20753}$			
		树根	$M_{根}=0.01755(D^2H)^{0.86672}$			
马尾松 <i>Pinus massoniana</i> Lamb.	D	地上	$M_{地上}=0.0263D^{2.7751}$	4.2-14.1	江波, 1992	浙江
		树干	$M_{干}=0.0156D^{3.1034}$			
		树枝	$M_{枝}=0.0023D^{2.9631}$			
		树叶	$M_{叶}=0.0889D^{1.3881}$			
	D ² H	地上	$M_{地上}=0.0263(D^2H)^{0.9797}$	4.2-14.1	江波, 1992	浙江
		树干	$M_{干}=0.0111(D^2H)^{1.0919}$			
		树枝	$M_{枝}=0.0019(D^2H)^{0.9912}$			
		树叶	$M_{叶}=0.0095(D^2H)^{0.7454}$			
女贞 <i>Ligustrum lucidum</i>	D	立木	$M_{立木}=0.13999D^{2.34273}$	4-14	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{干}=0.049087D^{2.34158}$			
		树枝	$M_{枝}=0.044991D^{2.12467}$			
		树叶	$M_{叶}=0.071D^{1.720}$			
		树皮	$M_{皮}=0.031376D^{1.58339}$			
		树根	$M_{根}=0.107468D^{1.61921}$			
	D ² H	立木	$M_{立木}=0.08685(D^2H)^{0.89923}$	4-14	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{干}=0.02798(D^2H)^{0.91277}$			
		树枝	$M_{枝}=0.02714(D^2H)^{0.82746}$			
		树叶	$M_{叶}=0.049292(D^2H)^{0.66364}$			
		树皮	$M_{皮}=0.021305(D^2H)^{0.61837}$			
		树根	$M_{根}=0.084559(D^2H)^{0.60667}$			
杉木	D、H	地上	$M_{地上}=0.0647H^{0.8959}D^{1.488}$	-	袁位高等,	浙江

		树根	$M_{\text{根}}=0.061D^{2.115252}H^{-0.10374}$		2009							
湿地松 <i>Pinus elliottii</i> Engelman	D	地上	$M_{\text{地上}}=0.0538D^{2.5120}$	8.1-17.7	江波, 1992	浙江						
		树干	$M_{\text{干}}=0.0436D^{2.4741}$									
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.0009D^{3.3817}$									
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.0002D^{3.8174}$									
	D ² H	地上	$M_{\text{地上}}=0.0102(D^2H)^{1.0980}$									
		树干	$M_{\text{干}}=0.0052(D^2H)^{1.1545}$									
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.0005(D^2H)^{1.2580}$									
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.000004(D^2H)^{1.8550}$									
	D ² H	树干	$M_{\text{干}}=0.0357(D^2H)^{0.9003}$				-	DB32/T 4571	江苏			
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.00294(D^2H)^{1.0638}$									
树叶		$M_{\text{叶}}=0.1639(D^2H)^{0.6101}$										
树根		$M_{\text{根}}=0.007024(D^2H)^{1.0138}$										
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i>	D	地上	$M_{\text{地上}}=0.06291D^{2.4841}$	8.4-27.5	庄红蕾等, 2012	上海						
		树干	$M_{\text{干}}=0.02163D^{2.7593}$									
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.02998D^{2.0946}$									
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.10842D^{1.3673}$									
	D ² H	地上	$M_{\text{地上}}=0.01749(D^2H)^{0.9606}$									
		树干	$M_{\text{干}}=0.03037(D^2H)^{0.7082}$									
		树枝	$M_{\text{枝}}=0.05488(D^2H)^{0.8583}$									
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.11079(D^2H)^{0.4607}$									
	D	立木	$M_{\text{立木}}=0.1525D^{2.1549}$				9.5-25.4	高智慧等, 1992	浙江			
	D ² H	地上	$M_{\text{地上}}=0.08004(D^2H)^{0.8026}$									
		树干	$M_{\text{立木}}=0.0427(D^2H)^{0.8428}$									
	D	树枝	$M_{\text{枝}}=0.5973D^{0.1434}$									
		树叶	$M_{\text{叶}}=0.1635^5D^{0.1137}$									
	D ² H	树根	$M_{\text{根}}=0.03585D^{2.0887}$							-	卢义山, 2000	江苏
		立木	$M_{\text{立木}}=-5.826+0.047D^2H$									
		树干	$M_{\text{干}}=-0.656+0.028D^2H$									
树枝		$M_{\text{枝}}=-1.258+0.007D^2H$										
D ² H	树叶	$M_{\text{叶}}=0.004+0.001D^2H$										
	树皮	$M_{\text{皮}}=0.135+0.003D^2H$										
	树根	$M_{\text{根}}=0.522+0.006D^2H$										
	桐类	D ² H	立木	$M_{\text{立木}}=0.0574(D^2H)^{0.8925}$	-	陆新育等, 1990				安徽		
			树干	$M_{\text{干}}=0.01693(D^2H)^{0.9234}$								
			树枝	$M_{\text{枝}}=0.00247(D^2H)^{1.0977}$								
树叶			$M_{\text{叶}}=0.145(D^2H)^{0.7156}$									
树皮			$M_{\text{皮}}=0.004105(D^2H)^{0.9296}$									
树根			$M_{\text{根}}=0.06457(D^2H)^{0.6966}$									
香樟 <i>Cinnamomum camphora</i>	D	立木	$M_{\text{立木}}=0.10387D^{2.535}$	7-17	王哲, 2012	上海						
		树干	$M_{\text{干}}=0.07086D^{2.27885}$									

		树枝	$M_{枝}=0.01141D^{2.85885}$			
		树叶	$M_{叶}=0.00139D^{3.23231}$			
		树皮	$M_{皮}=0.02302D^{1.93423}$			
		树根	$M_{根}=0.03345D^{2.43692}$			
	D ² H	立木	$M_{立木}=0.00751(D^2H)^{1.2675}$			
		树干	$M_{干}=0.00668(D^2H)^{1.13942}$			
		树枝	$M_{枝}=0.00059(D^2H)^{1.42942}$			
		树叶	$M_{叶}=0.00005(D^2H)^{1.61615}$			
		树皮	$M_{皮}=0.00310(D^2H)^{0.96712}$			
		树根	$M_{根}=0.00268(D^2H)^{1.21846}$			
杨树 <i>Populus</i>	D	立木	$M_{立木}=0.019011D^{3.1051}$	5-25	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{干}=0.006725D^{3.1964}$			
		树枝	$M_{枝}=0.001885D^{3.0213}$			
		树叶	$M_{叶}=0.003399D^{2.6815}$			
		树皮	$M_{皮}=0.001848D^{3.0384}$			
		树根	$M_{根}=0.013449D^{2.4535}$			
杨树 <i>Populus</i>	D ² H	立木	$M_{立木}=0.008429(D^2H)^{1.1249}$	5-25	王哲, 2012	上海
		树干	$M_{干}=0.002793(D^2H)^{1.1949}$			
		树枝	$M_{枝}=0.000871(D^2H)^{1.1217}$			
		树叶	$M_{叶}=0.001632(D^2H)^{1.0018}$			
		树皮	$M_{皮}=0.0000812(D^2H)^{1.1339}$			
		树根	$M_{根}=0.006882(D^2H)^{0.9164}$			
	D ² H	树干	$M_{干}=0.0074046(D^2H)^{1.069}$	-	唐罗忠等, 2004	江苏
		树枝	$M_{枝}=0.0041773(D^2H)^{0.9911}$			
		树叶	$M_{叶}=0.071532(D^2H)^{0.4489}$			
		树根	$M_{根}=0.055106(D^2H)^{0.7061}$			
	D ² H	立木	$M_{立木}=0.13513(D^2H)^{0.802003}$	-	吴泽民, 2001	安徽
		地上	$M_{地上}=0.104307(D^2H)^{0.806579}$			
地下		$M_{地下}=0.028993(D^2H)^{0.79062}$				
银杏 <i>Ginkgo biloba L.</i>	D	立木	$M_{立木}=0.133137D^{2.3357}$	-	王兵等, 2016	上海
		树干	$M_{干}=0.040188D^{2.5343}$			
		树枝	$M_{枝}=0.001554D^{3.3962}$			
		树叶	$M_{叶}=0.007892D^{1.8146}$			
		树皮	$M_{皮}=0.015311D^{2.1639}$			
		树根	$M_{根}=0.09732D^{1.9429}$			
桃 <i>Prunus persica L.</i>	D (地径)	立木	$M_{立木}=0.18241D^{2.0558}$	3.2-23.1	郭雪艳等, 2013	上海
		树干	$M_{干}=0.0189D^{2.2020}$			
		树枝	$M_{枝}=0.0455D^{2.3207}$			
		树叶	$M_{叶}=0.0666D^{1.4565}$			
		树根	$M_{根}=0.0821D^{1.7652}$			
桔	D (地径)	立木	$M_{立木}=0.0911D^{2.3781}$	3.3-23.3	郭雪艳等,	上海

<i>Citrus reticulata</i> Blanco	树干	$M_{\text{干}}=0.0143D^{1.9779}$	2013
	树枝	$M_{\text{枝}}=0.0291D^{2.6148}$	
	树叶	$M_{\text{叶}}=0.0301D^{2.0185}$	
	树根	$M_{\text{根}}=0.0235D^{2.2906}$	
	地下	$M_{\text{地下}}=0.0417D^{2.2618}H^{-0.078}$	
<p>注1: 表A.1中所列出的异速生长方程在数据代入时, M为生物量, 单位为kg; D为胸径/地径, 单位为cm; H为树高, 单位为m。</p> <p>注2: 优先选择本省市生物量异速生长方程; 若无, 可选择其他省市生物量异速生长方程。</p> <p>注3: 生物量核算优先采用二元生物量异速生长方程; 若无, 可采用一元生物量异速生长方程。</p>			

附 录 B
(规范性)
乔木生物量扩展因子法

根据实测乔木胸径、树高等参数，优先采用二元材积表获取乔木材积，其次可采用一元材积表获取乔木材积。基于乔木材积，采用“生物量扩展因子法”计算乔木生物量，见公式（B.1）：

$$W_{\text{乔木}j} = V_{\text{蓄积}j} \times SVD_j \times BEF_j \times (1 + RSR_j) \cdots \cdots (B.1)$$

式中：

$W_{\text{乔木}j}$ ——树种 j 的生物量，单位为千克（kg）；

$V_{\text{蓄积}}$ ——树种 j 材积，单位为立方米（ m^3 ）；

SVD_j ——树种 j 的木材基本密度，单位为吨每立方米（ t/m^3 ），若无实测数据可参考附录C中表C.1；

BEF_j ——树种 j 的生物量扩展因子，无量纲，若无实测数据可参考附录C中表C.1；

RSR_j ——树种 j 的根茎比，无量纲，若无实测数据可参考附录C中表C.1；

附录 C

(资料性)

主要优势树种(组)生物量参数

表 C.1 主要优势树种(组)生物量扩展因子、基本木材密度与根茎比参考值

编号	优势树种	生物量扩展因子 <i>BEF</i> (无量纲)	基本木材密度 <i>SVD</i> (t/m ³)	根茎比 <i>RSR</i> (无量纲)
1	桉树	1.263	0.578	0.221
2	柏类	1.732	0.478	0.220
3	檫木	1.483	0.477	0.270
4	池杉	1.218	0.359	0.435
5	赤松	1.425	0.414	0.236
6	刺槐	1.674	0.598	0.261
7	杜英	1.674	0.598	0.261
8	杜仲	1.674	0.598	0.261
9	椴树	1.407	0.420	0.201
10	枫香	1.765	0.598	0.398
11	高山松	1.651	0.413	0.235
12	桂花	1.674	0.598	0.261
13	国槐	1.674	0.598	0.261
14	国外松	1.631	0.424	0.206
15	含笑	1.674	0.598	0.261
16	核桃	1.674	0.598	0.261
17	黑松	1.551	0.493	0.280
18	桦木	1.424	0.541	0.248
19	火炬松	1.631	0.424	0.206
20	阔叶混	1.514	0.482	0.262
21	栎类	1.355	0.676	0.292
22	冷杉	1.316	0.366	0.174
23	楝树	1.586	0.443	0.289
24	柳杉	2.593	0.294	0.267
25	柳树	1.821	0.443	0.288
26	栎树	1.586	0.443	0.289
27	马尾松	1.472	0.380	0.187
28	木荷	0.894	0.598	0.258
29	木兰类	1.674	0.598	0.261
30	木麻黄	1.505	0.443	0.213
31	楠木	1.639	0.477	0.264
32	女贞	1.674	0.598	0.261
33	泡桐	1.833	0.443	0.247

34	其它工 ^b	1.674	0.598	0.261
35	其它经 ^c	1.674	0.598	0.261
36	其它杉类	1.667	0.359	0.277
37	其它松类	1.631	0.424	0.206
38	软阔类	1.586	0.443	0.289
39	杉木	1.634	0.307	0.246
40	湿地松	1.614	0.424	0.264
41	水杉	1.506	0.278	0.319
42	铁杉	1.667	0.442	0.277
43	桐类	1.926	0.239	0.269
44	乌桕	1.674	0.598	0.261
45	梧桐	1.586	0.443	0.289
46	雪松	1.631	0.424	0.206
47	杨树	1.446	0.378	0.227
48	银杏	1.674	0.598	0.261
49	硬阔类	1.674	0.598	0.261
50	油杉	1.589	0.360	0.251
51	榆树	1.671	0.598	0.621
52	云杉	1.734	0.342	0.224
53	杂木	1.586	0.515	0.289
54	樟木类	1.412	0.46	0.275
55	针阔混	1.656	0.486	0.248
56	针叶混	1.587	0.405	0.267
57	中山杉	1.667	0.359	0.277
58	紫杉	1.667	0.359	0.277

附录 D

(资料性)

图斑不同森林类型碳库核算参数

相关参数推荐值见表D.1~D.6。

表 D.1 不同森林类型乔木生物量换算参数

森林类型	基本木材密度 <i>SVD</i> (t/m^3)	生物量扩展因子 <i>BEF</i>		根茎比 <i>RSR</i>		含碳系数 <i>CF</i>	枯落物量与地上生物量比值 <i>LAR</i> (%)
		公顷蓄积 \leq 100 m^3/ha	公顷蓄积 $>$ 100 m^3/ha	公顷蓄积 \leq 100 m^3/ha	公顷蓄积 $>$ 100 m^3/ha		
云冷杉林	0.3597	1.8275	1.4048	0.2066	0.1991	0.4931	9.5746
落叶松林	0.4059	1.4511	1.2224	0.2645	0.2545	0.4893	26.9961
温性针叶林	0.3897	1.8100	1.3405	0.2531	0.2302	0.4961	8.0324
油松林	0.4243	1.8359	1.4081	0.2160	0.2376	0.5165	19.8430
马尾松林	0.4476	1.5565	1.2063	0.2017	0.1616	0.5252	6.0230
暖性针叶林	0.3942	1.7119	1.3971	0.2741	0.2263	0.5034	10.1745
杉类	0.3098	1.9085	1.2875	0.3061	0.2167	0.4990	5.0519
柏木林	0.5010	1.7029	1.3593	0.2555	0.2242	0.4847	3.8738
栎类	0.5762	1.3694	1.2693	0.2897	0.2471	0.4802	8.8725
桦木林	0.4848	1.3889	1.2416	0.2743	0.1830	0.4872	14.6175
其他硬阔类	0.5257	1.5670	1.3104	0.3214	0.2252	0.4711	6.4043
杨树林	0.4177	1.5558	1.4184	0.3708	0.1437	0.4705	4.5192
桉树林	0.3848	1.2413	1.1266	0.2528	0.2085	0.4730	13.1011
其他软阔类	0.3848	1.4719	1.3335	0.2679	0.1757	0.4730	12.9121
针叶混	0.3748	1.6166	1.3033	0.2405	0.2297	0.5005	15.4696
阔叶混	0.4967	1.4042	1.3587	0.2533	0.2669	0.4718	11.2130
针阔混	0.4397	1.6713	1.3725	0.2590	0.2132	0.4861	8.0433

注：数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》

表 D.2 主要竹林生物量参数

	生物量参数	毛竹	杂竹
林分	地上生物量 (t/ha)	63.4237	34.1104
	地下生物量 (t/ha)	30.5144	16.5211
	总生物量 (t/ha)	99.0707	40.2236
	地下/地上生物量比值	0.5110	0.7224
单株	地上生物量 (t/ha)	22.3061	4.9882
	地下生物量 (t/ha)	10.4158	1.3121
	总生物量 (t/ha)	32.4257	3.1617
	地下/地上生物量比值	0.5204	0.7386

注：数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》

表 D.3 主要灌木林生物量参数

生物量参数	人工灌木林	天然灌木林
林分地上生物量 (t/ha)	13.4704	8.7383
林分地下生物量 (t/ha)	6.6772	9.3568
全林生物量 (t/ha)	24.6358	17.2700
全林地下/地上生物量比值	0.6590	1.3838

注：数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》

表 D.4 主要经济林生物量参数

生物量参数	经济林
林分地上生物量 (t/ha)	29.7199
林分地下生物量 (t/ha)	7.2585
全林生物量 (t/ha)	34.3027
全林地下/地上生物量比值	0.2973
林分枯落物/地上生物量比值	0.1394

注：数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》

表 D.5 主要森林类型枯死木量与地上生物量的比值

森林类型	枯死木量与地上生物量的比值 DAR (%)
针叶林	3.7089
阔叶林	3.7415

注：数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》

表 D.6 0~30 cm 土壤有机碳密度

森林类型	土壤有机碳密度 (t/ha)
乔木林	54.36
竹林	58.34
灌木林	29.07

注：数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》

附 录 E
(资料性)
森林碳汇遥感监测参数

森林碳汇遥感监测参数见表E.1。

生态参量		分辨率	方法或来源
地形	高程	30 m	ASTER GDEM
	地形粗糙指数		
	TRI		
	坡度		
	坡向		
土壤 0 cm ~ 5 cm, 5 cm ~ 15 cm, 15 cm ~ 30 cm, 30 cm ~ 60 cm, 60 cm ~ 100 cm	pH	90 m	国家地球系统科学 数据中心
	厚度		
	容重		
	总钾		
	总氮		
	总磷		
气象	降水	1000 m	
	降水季节性分 配指数		
	温度		
	蒸散发		
净初级生产力 NPP 年最大、年平均、生长季平均、年际变异系数		10 m ~ 1000 m	CASA 模型
光合有效系数 FPAR 年最大、年平均、生长季平均、年际变异系数		10 m ~ 1000 m	神经网络模拟
叶面积指数 LAI 年最大、年平均、生长季平均、年际变异系数)		10 m ~ 1000 m	MODIS MOD15 产 品
归一化植被指数 NDVI 年最大、年平均、生长季平均、年际变异系数		10 m ~ 1000 m	MODIS MOD09 波 段合成

附录 F
(资料性)
二氧化碳核算相关参数推荐值

相关参数推荐值见表F.1~F.3。

表 F.1 不同植被类型燃烧因子推荐值

植被类型	林龄	缺省值
亚热带	3年~5年	0.46
	6年~10年	0.67
	11年~17年	0.50
	≥18年	0.32
温带	全林龄	0.45
注：数据来源于《省级温室气体清单编制指南（2025年版）》		

表 F.2 汽油和柴油相关参数推荐值

燃油	平均低位发热量 ^a (TJ/t)	单位热值含碳量 ^b (tC/TJ)	碳氧化率 ^b (%)
汽油(t)	0.043124	18.9	100
柴油(t)	0.042705	20.20	100
^a 数据来源于《综合能耗计算通则》(GB/T 2589-2020)			
^b 数据来源于《省级温室气体清单指南（2025年版）》			

表 F.3 电力排放因子

单位	上海	江苏	浙江	安徽
kgCO ₂ /kWh	0.5737	0.5827	0.4974	0.6553
注：数据来源于生态环境部发布《2023年电力平均二氧化碳排放因子》				

参 考 文 献

- [1] GB/T 43648 主要树种立木生物量模型与碳计量参数
- [2] GB/T 46105 陆地生态系统碳汇核算指南
- [3] GB/T 50280 城市规划基本术语
- [4] LY/T 2988 森林生态系统碳储量计量指南
- [5] DB11/T 953 林业碳汇计量监测技术规程
- [6] DB15/T 3763 草地碳汇遥感监测技术指南
- [7] DB31/T 1232 城市森林碳汇调查及数据采集技术规范
- [8] DB31/T 1234 城市森林碳汇计量监测技术规程
- [9] DB32/T 4571 生态公益林碳汇计量监测技术规程
- [10] DB33/T 1424 森林植被碳储量计量监测规范
- [11] CCER-14-001-V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇
- [12] 王哲. 上海市森林碳储量研究[D]. 上海交通大学, 2012.
- [13] 庄红蕾, Xavier Becuwe, 肖春波, 等. 上海崇明岛水杉人工林生物量方程构建及固碳潜力研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2012, 30(2): 48-55.
- [14] 高智慧, 蒋国洪, 邢爱金, 等. 浙北平原水杉人工林生物量的研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(1): 64-71.
- [15] 卢义山, 梁珍海, 吴仲祥, 等. 苏北海堤防护林主要造林树种林分生物量与生产力的研究[J]. 江苏林业科技, 2000, 27(2): 12-15.
- [16] 袁位高, 江波, 葛永金, 等. 浙江省重点公益林生物量模型研究[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(2): 1-5.
- [17] 张旭东, 吴泽民, 彭镇华. 黑松人工林生物量结构的数学模型[J]. 生物数学学报, 1994, 9(5): 60-65.
- [18] 江波, 袁位高, 朱光泉, 等. 马尾松、湿地松和火炬松人工林生物量与生产结构的初步研究[J]. 浙江林业科技, 1992, 12(5): 1-8+22.
- [19] 闫家锋, 关庆伟, 邓送求, 等. 徐州云龙山侧柏林生物量和生产力研究[J]. 林业科技开发, 2009, 23(2): 48-50.
- [20] 斯金平, 姚荣明, 陈德标, 等. 厚朴人工林生物量的研究[J]. 浙江林学院学报, 1993, 10(2): 41-47.
- [21] 郭雪艳, 蔡婷, 段秀文, 等. 上海主要经果林生态系统碳储量及其分布格局[J]. 生态学杂志, 2013, 32(11): 2881-2885.
- [22] 王兵. 上海市森林生态连清体系监测布局与网络建设研究[M]. 中国林业出版社, 2016.
- [23] 詹自强. 上海佘山地区毛竹生物量与碳储量研究[D]. 上海交通大学, 2011.
- [24] 唐罗忠, 生原喜久雄, 黄宝龙, 等. 江苏省里下河地区杨树人工林的碳储量及其动态[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2004, 28(2): 1-6.
- [25] 陆新育, 陈绍信, 李森泉, 等. 泡桐生物量的研究[J]. 林业科学研究, 1990, 3(5): 421-426.
-