

ICS 65.020.99
B 60
备案号: 53528-2017

分类号	案卷号	件号
G4A1		124

DB44

广东省地方标准

DB44/T 1917—2016

林业碳汇计量与监测技术规程

Technical regulations on forestry carbon accounting and monitoring

地方标准信息服务平台

2016-09-30 发布

2017-01-01 实施

广东省质量技术监督局 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本原则	4
5 林业碳汇项目要求	5
6 基线和项目碳汇计量	7
7 监测程序和方法	12
8 基线和项目碳汇监测	15
附录 A (规范性附录) 碳库及温室气体排放源选择表	24
附录 B (规范性附录) 经营活动记录表	25
附录 C (规范性附录) 精度控制的计算过程	29

地方标准信息服务平台

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009的规定编写。

本标准由广东省林业厅科技与交流合作处提出。

本标准由广东省林业厅归口。

本标准起草单位：广东省林业科学研究院，广东省林业厅，广东省林业调查规划院。

本标准主要起草人：周平、程伟文、张苏峻、李洁华、魏龙、高常军、贾朋、田惠玲、刘飞鹏、罗勇、张红爱。

本标准首次发布。

地方标准信息服务平台

林业碳汇计量与监测技术规程

1 范围

本标准规定了林业碳汇计量监测的基本原则、基线和碳汇计量方法、碳汇监测程序与方法等技术要求。

本标准适用于林业碳汇的计量与监测。

2 规范性引用文件

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

ISO14064-1 温室气体 第一部分 组织层次上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南（中文）

ISO14064-2 温室气体 第二部分 项目层次上对温室气体减排和清除增加的量化、监测和报告的规范及指南（中文）

温洛克国际2005《陆地碳测量方法指南》

3 术语和定义

ISO14061-1和ISO14062-2界定的及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

林业碳汇 forestry carbon sink

通过实施造林再造林和森林经营、植被恢复、减少毁林等活动，吸收并固定大气中的二氧化碳并与碳汇交易相结合的过程、活动或机制。

3.2

碳汇造林 carbon sink afforestation

特指在确定了基线的土地上，以增加碳汇为主要目的，并对造林及其林分（木）生长过程实施碳汇计量和监测而开展的有特殊要求的营造林活动。

3.3

森林经营 forest management

调整和控制森林的组成、结构及养分，促进森林增长，以维持和提高森林生长量和碳储量，从而增加森林碳汇及其它生态服务功能的经营活动。

3.4

基线情景 baseline scenario

在项目所在地区的技术条件、融资能力、资源条件和政策法规情况下，能合理地代表没有拟议的造林项目活动时的土地利用方式。

3.5

项目情景 project scenario

拟议的碳汇造林项目活动下的土地利用和管理情景。

3.6

项目边界 project boundary

项目参与方控制范围内的碳汇造林、森林经营和森林保护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，该边界不包括位于两个或多个地块之间的土地。

3.7

碳库 forestry carbon pools

碳循环过程中存储碳的部分。林业相关的五大碳库主要为地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质碳库。

3.8

地上生物量 above-ground biomass

土壤层以上以干重表示的木本植被活体的生物量，包括干、桩、枝、皮、种子、花、果和叶等。

3.9

地下生物量 below-ground biomass

所有木本植被活根的生物量，但通常不包括难以从土壤有机成分或枯落物中区分出来的细根（直径 ≤ 2.0 mm）。

3.10

枯落物 litter

土壤层以上，直径 ≤ 5.0 cm、处于不同分解状态的所有死生物量。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。

3.11

枯死木 dead wood

枯落物以外的所有死生物量，包括枯立木、枯倒木以及直径 ≥ 5.0 cm的枯枝、死根和树桩。

3.12

土壤有机质 soil organic matter

一定深度内矿质土和有机土（包括泥炭土、沙砾层）中的有机质，包括不能凭经验从土壤中区分出来的直径 ≤ 2 mm的活细根。

3.13

碳储量 carbon stocks

在特定时间内保留在某个库中碳的数量。

3.14

计入期 crediting period

对造林项目活动产生的项目净碳汇量的初始年至最后一年的时期，项目活动相对于基线情景所产生的额外的温室气体减排量的时间区间。

3.15

基线碳汇量 baseline carbon stock changes

基线情景下项目边界内各碳库中的碳储量变化之和。

3.16

项目碳汇量 project carbon stock changes

项目情景下项目边界内所选碳库中的碳储量变化量，减去由拟议的碳汇造林项目活动引起的项目边界内温室气体排放的增加量。

3.17

额外性 additionality

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碳汇造林项目活动时是不会产生的。

3.18

含碳率 carbon fraction

每克干物质的碳含量。

3.19

碳汇计量 carbon accounting

对预期产生的项目净碳汇量进行预估，即事前估算。

3.20

碳汇监测 carbon monitoring

为了确保造林项目产生的项目净碳汇量的透明性、可测定性和可核查性，必须在编制项目可研报告时制定监测计划。在项目实施过程中应当收集所有对测定和计量项目运行期内的项目碳储量变化、项目边界内温室气体排放、泄漏所需的相关数据并对其进行归档，详细说明测定和计量的技术和方法，包括项目边界和事后分层、抽样设计方法、不确定性分析、质量保证和质量控制程序等。

3.21

泄漏 leakage

由拟议的碳汇造林项目活动引起的、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。

3.22

碳汇量 carbon removals by sinks

一定时间段内林地碳储量变化量，减去监测边界内的排放量，反映了林地对温室气体的清除能力和贡献。

3.23

项目减排量 reduced carbon emissions

由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。

4 基本原则

4.1 相关性原则

选择适当的GHG（Greenhouse Gas）源（温室气体源）、GHG汇（温室气体汇）、GHG库（温室气体库）、数据和方法以适应目标用户的需求。

4.2 完整性原则

包括所有相关的GHG排放和清除。

4.3 一致性原则

能够对有关温室气体进行有意义的比较。

4.4 准确性原则

尽可能减少偏差和不确定性

4.5 透明性原则

发布充分适用的温室气体减排量信息，使目标用户能够在合理的置信度内做出决策。

4.6 保守性原则

使用保守的假定、数值和程序，以确保不高估温室气体的减排量。

4.7 经济性原则

在选择碳汇计量、监测方法和确定参数时，既要考虑计量和监测的精度和准确性，也要考虑成本因素，需要在计量和监测的精度和准确性与成本之间寻找一个合理的成本。

4.8 额外性原则

确保拟议的林业碳汇项目比基线情景具有更多的减排量。

5 林业碳汇项目要求

5.1 土地条件

应符合以下要求：

(a) 造林再造林项目：自2005年2月16日起，项目活动所涉及的每个地块上的植被状况达不到我国政府规定的森林标准，即植被状况不能同时满足下列所有条件：

- ①连续面积 $\geq 0.0667 \text{ hm}^2$ ；
- ②郁闭度 ≥ 0.20 ；
- ③成林后树高 $\geq 2 \text{ m}$ 。

(b) 森林经营碳汇项目：实施项目活动的土地为符合国家规定的乔木林地，即郁闭度 ≥ 0.20 ，连续分布面积 $\geq 0.0667 \text{ hm}^2$ ，树高 $\geq 2 \text{ m}$ 的乔木林；拟实施项目活动的林地属人工幼、中龄林；不适用于竹林和灌木林。

(c) 森林保护项目：实施森林保护措施比采用经济和政策允许条件下的森林经营措施能发挥更大碳汇功能的林地。

5.2 土地合格性

项目业主须提供下列证明材料之一：

- (a) 经过地面验证的高分辨率的地理空间数据（如卫星影像、航片）；
- (b) 森林分布图、林相图或其他林业调查规划空间数据；
- (c) 土地权属证或其他可用于证明的书面文件；
- (d) 如果没有上述的资料，项目业主或其他项目参与方须呈交通过参与式乡村评估（PRA）方法获得的书面证据。

5.3 项目边界

以项目业主或其他项目参与方提交的项目边界图形文件为依据。项目边界可以利用高分辨率的地理空间数据，或比例尺不小于1:10000的地形图结合GPS现场勾绘的边界图。项目边界的面积误差须控制在5%以内。

5.4 碳库和温室气体排放源

项目活动的碳库选择见附录A的表A.1。其中地上生物量和地下生物量碳库是应选择的碳库。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、枯落物、土壤有机碳和木产品碳库。计量监测单位应明确地说明选择或不选择某一个或多个碳库的理由，当选择了某个碳库后，应连续对其进行碳计量与碳监测。温室气体排放源的选择见附录A的表A.2。

5.5 基线情景与额外性

5.5.1 基线情景的识别

参照ISO 14064-2中A.3.4确定基准线情景及A.2GHG源、汇、库的识别与选择，进行基线情景识别。识别在没有拟议的项目活动的情况下，项目边界内有可能会发生的各种真实可靠的土地利用情景。可以根据当地土地利用情况的记录、实地调查资料、根据利益相关者提供的数据和反馈信息等途径来识别可能的土地利用情景。还可以走访当地专家、调研土地所有者或使用者在拟议的项目运行期间关于土地管理或土地投资的计划。从上述识别的土地利用情景中，遴选出不违反任何现有的法律法规、其他强制性规定、以及国家或地方技术标准的土地利用情景。可以不考虑不具法律约束力或尚未强制执行的法律和规章制度，但要证明这类法律或规章制度至少覆盖了项目所在地最小行政单元（行政村、乡镇或以上）30%以上的面积，即在当地具有普适性。

- (a) 如果遴选结果为0，或只具有1个土地利用情景，则拟议的项目活动不具有额外性；
- (b) 如果遴选结果不止1个土地利用情景，则继续进行下述5.5.2“障碍分析”。

5.5.2 障碍分析

主要从以下几方面进行分析：

(a) 投资障碍：缺少财政补贴或非商业性投资；没有来自国内或国际的民间资本；不能进行融资；缺少信贷的途径等。

(b) 制度障碍：国家或地方政策与法规发生变化可能带来的风险；缺乏与土地利用相关的立法与执行保障等。

(c) 技术障碍：缺少必需的材料（如种植材料）；缺少有关设备和技术；缺少法律、传统、市场条件和实践措施等相关知识；缺乏有技能的和接受过良好培训的劳动力等。

(d) 生态条件障碍：土地退化；存在自然或人为灾害；不利的气候条件；不利的生态演替过程；放牧或饲料生产对生物需求的压力等。

(e) 社会条件障碍：人口增长导致的土地需求压力；当地利益集团之间的社会冲突；普遍存在非法放牧、盗砍盗伐行为；缺乏当地社区组织等。

(f) 其它障碍：不同利益相关者对公共土地所有权等级限制；缺乏土地所有权法律法规的保障；缺乏有效的市场和保险机制，项目运行期内存在产品价格波动风险；与市场服务、运输和存储相关的障碍降低了产品竞争性和项目收益等。剔除因受上述至少一种障碍影响而不能实现的土地利用情景，保留不受任何障碍影响的土地利用情景：

1) 如果只有1种土地利用情景不受上述任何障碍的影响：在该土地利用情景就是拟议的项目活动的情况下，则不具有额外性；在该土地利用情景不是拟议的项目活动的情况下，则该土地利用情景为基线情景，并进行下述5.5.4普遍性做法分析；

2) 如果不受任何障碍影响的土地利用情景有多个：在拟议的项目活动包括上述土地利用情景之内，则需进行5.5.3投资分析；在拟议的项目活动不包括在上述土地利用情景之内，则需定量评估每个土地利用情景下的减排量，选择其中减排量最高的情景作为基线情景，并进行5.5.4普遍性做法分析。

5.5.3 投资分析

对5.5.2中(f)“2)”遴选出的情景进行投资分析，确定其中哪一种情景最具经济吸引力或收益最高。投资分析可以采用简单成本分析、投资对比分析或基准线分析法，选择其中净收益最高的土地利用情景作为基线情景。但如果该情景就是拟议的项目活动，则项目不具有额外性。

5.5.4 普遍性做法分析

“普遍性做法”是指在项目地块所在区域、或在类似的社会经济和生态环境条件下、普遍实施的与拟议的项目活动相类似的造林活动，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）实施的造林项目活动和那些在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造林项目活动，也包括2005年2月16日以前制定的土地利用规划方案。对拟议的项目活动和“普遍性做法”的造林活动进行比较分析，并评价二者是否存在本质区别：

(a) 如果类似的造林活动确实存在，而拟议的项目活动和类似活动不存在本质区别，那么拟议的项目活动就不具有额外性；

(b) 如果拟议的项目活动不属于普遍性做法，则拟议的项目活动不是基线情景，因而具有额外性。

5.6 项目期和计入期

项目期是指自项目活动开始到项目活动结束的间隔时间。项目活动开始时间不得早于2005年2月16日。如果项目活动的开始时间早于向国家主管部门提交备案的时间，项目业主或其他项目参与方必须提供透明的、可核实的证据，证明项目活动最初的主要目的是为了实现在温室气体减排。这些证据必须是发生在项目开始之时或之前的官方的、或有法律效力的文件。

计入期按国家主管部门规定的方式确定。在颁布相关规定以前，计入期的起止时间应与项目期相同。计入期最短为20年，最长不超过60年。

5.7 项目活动要求

项目活动应符合以下要求：

- (a) 不违反任何国家有关法律、法规或政策措施，且符合国家相关技术规程；
- (b) 对土壤的扰动符合水土保持要求，土壤扰动面积不超过地表面积的10%；
- (c) 不采取烧除的林地清理方式（炼山）以及其它人为火烧活动；
- (d) 不会造成项目开始前农业活动的转移；
- (e) 项目活动的土地不属于湿地和有机土的范畴。

6 基线和项目碳汇计量

6.1 碳层划分

项目边界内生物量的分布往往是不均匀的。为提高生物量估算的精度并降低监测成本，可采用分层抽样（分类抽样）的方法调查生物量。为了更精确地估算项目碳汇量和减排量，基线情景和项目情景可能需要采用不同的分层因子，划分不同的层次（类型、亚总体）。碳层划分的目的是降低层内变异性，增加层间变异性，从而降低一定可靠性和精度要求下所需监测的样地数量。

分层分为“事前分层”和“事后分层”。其中，事前分层又分为“事前基线分层”和“事前项目分层”。“事前基线分层”通常根据主要植被类型、植被冠层盖度和（或）土地利用类型进行分层；“事前项目分层”主要根据项目设计的造林或营林模式（如树种、造林时间、间伐、轮伐期等）进行分层。如果在项目边界内由于自然或人为影响（如火灾）或其他因素（如土壤类型）导致生物量分布格局发生显著变化，则应对事后分层作出相应调整。

6.2 基线碳汇计量

6.2.1 基线碳储量计算

采用生物量扩展因子法计算项目期内不同时间基线情景下散生木的地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量，按照公式（1-4）计算：

$$C_{BSL,AB,i,t} = \sum_{j=1}^J (V_{ij,t} \times N_{ij} \times WD_j \times BEF_j \times CF_j) \times A_i \dots\dots\dots (1)$$

$$C_{BSL,BB,i,t} = \sum_{j=1}^J (V_{ij,t} \times N_{ij} \times WD_j \times BEF_j \times CF_j \times R_j) \times A_i \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta C_{BSL,AB,i,t} = (C_{BSL,AB,i,t} - C_{BSL,AB,i,t-1}) \times 44/12 \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta C_{BSL,BB,i,t} = (C_{BSL,BB,i,t} - C_{BSL,BB,i,t-1}) \times 44/12 \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$C_{BSL,AB,i,t}$ ——第 t 年第 i 碳层地上生物量碳库中的碳储量 (t C)；

$C_{BSL,BB,i,t}$ ——第 t 年第 i 碳层地下生物量碳库中的碳储量 (t C)；

$C_{BSL,AB,i,t-1}$ ——第 $t-1$ 年的地上生物量碳库中的碳储量 (t C)；

$C_{BSL,BB,i,t-1}$ ——第 $t-1$ 年时地下生物量碳库中的碳储量 (t C)；

$V_{ij,t}$ ——第 t 年第 i 碳层 j 树种的单株材积 ($m^3 \cdot 株^{-1}$)；

N_{ij} ——第 i 碳层 j 树种的每公顷株数 ($株 \cdot hm^{-2}$)；

WD_j —— j 树种的木材密度 (每立方米吨干重, $t DM \cdot m^{-3}$)；

BEF_j ——将 j 树种的树干生物量转换到地上生物量的生物量扩展因子 (无单位)；

CF_j —— j 树种的平均含碳率；

R_j —— j 树种的生物量根茎比 (即地下生物量与地上生物量之比, 无单位)；

A_i ——第 i 碳层的面积 (hm^2)；

44/12 —— CO_2 与 C 的分子量比；

t ——项目开始后的年数 (a)；

i ——基线碳层；

j ——树种 ($j=1, 2 \dots J$)。

在选择BEF、CF和R等参数时, 首先优先考虑来自当地的参数。如果没有, 可考虑最新的国家水平的参考值。树种的单株材积计算详见6.2.2。

6.2.2 异速生长方程

收集相关树种的生长过程曲线 ($V=f(A)$, V 为单株材积, A 为年龄) 或材积生长过程表, 或伐倒数株成熟的散生木进行树干解析, 选用方程 (5-7) 或其它任何适合的函数, 拟合生长曲线。

$$\text{理查德方程: } V = a \times (1 - e^{-b \cdot A})^c \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{单分子曲线: } V = a \times (1 - e^{-b \cdot A}) \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{逻辑斯缔方程: } V = \frac{a}{1 + b \times e^{-c \cdot A}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

- V —— 单株材积;
 A —— 树木年龄;
 a 、 b 、 c —— 参数。

6.2.3 基线碳储量变化计算

基线情景指能合理地代表在没有开展碳汇造林项目活动时历史的和现在的地表植被、土地利用、人为活动、碳库的状况。在对基线碳储量变化进行计量时,可保守地假定活有机碳库的草本、死有机碳库、枯落物碳库、土壤碳库等处于稳定或退化状态,其碳储量变化为零,从而只考虑项目造林地上现有乔木、棕榈、藤蔓、竹子、灌木生长引起的地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量变化,按照公式(8)计算:

$$\Delta C_{BSL,t} = \sum_{i=1}^I (\Delta C_{BSL,AB,i,t} + \Delta C_{BSL,BB,i,t}) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- $\Delta C_{BSL,t}$ —— 第 t 年基线碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);
 $\Delta C_{BSL,AB,i,t}$ —— 第 t 年第 i 基线碳层地上生物量碳库中碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);
 $\Delta C_{BSL,BB,i,t}$ —— 第 t 年第 i 基线碳层地下生物量碳库中碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);
 I —— 基线碳层(乔木、棕榈、藤蔓、竹子、灌木等);
 T —— 项目开始后的年数 (a);
 i —— 基线碳层 ($i=1, 2, \dots, I$)。

在基线情景下,对于没有乔木、棕榈、藤蔓、竹子、灌木的各基线碳层:

$$\Delta C_{BSL,AB,i,t} = 0$$

$$\Delta C_{BSL,BB,i,t} = 0$$

6.3 项目碳汇计量

6.3.1 项目碳储量变化计算

对于造林和新造林及森林保护项目,不会引起原有植被碳储量的减少,在碳储量变化的计量时,可忽略草本、死有机物质、枯落物和土壤有机质而仅考虑乔木、棕榈、藤蔓、竹子、灌木地上生物量和地下生物量碳库。其地上生物量和地下生物量分别是林分、竹林和灌木林地上生物量和地下生物量之和,按照公式(9-10)计算:

$$\Delta C_{PROJ,AB,ijk,t} = \Delta C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_B,AB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_S,AB,ijk,t} \dots\dots\dots (9)$$

$$\Delta C_{PROJ,BB,ijk,t} = \Delta C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_B,BB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_S,BB,ijk,t} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$\Delta C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 树种 k 年龄林分地上生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ_B,AB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 竹种 k 年龄竹林地上生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ_S,AB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 灌木种 k 年龄灌木林地上生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 树种 k 年龄林分地下生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ_B,BB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 竹种 k 年龄竹林地下生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ_S,BB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 灌木种 k 年龄灌木林地下生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

- t ——项目开始后的年数 (a);
- i ——项目碳层;
- j ——树种, 包括灌木种和竹种;
- k ——年龄 (a)。

6.3.2 森林经营项目碳储量变化计算

对于森林经营项目, 项目碳储量变化量等于各项目碳层生物量碳库中的碳储量变化量之和, 减去项目引起的原有植被生物量碳储量的减少量, 按照公式 (11) 计算:

$$\Delta C_{PROJ,t} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (\Delta C_{PROJ,AB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ,BB,ijk,t}) - \sum_{l=1}^L (\Delta C_{LOSS,AB,l,t} + \Delta C_{LOSS,BB,l,t}) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

$\Delta C_{PROJ,t}$ ——第 t 年项目碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ,AB,ijk,t}$ ——第 t 年第 i 项目碳层 j 树种 k 年龄地上生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{PROJ,BB,ijk,t}$ ——第 t 年第 i 项目碳层 j 树种 k 年龄地下生物量碳库中的碳储量的变化量
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{LOSS,AB,l,t}$ ——第 t 年 l 基线碳层地上生物量碳库中的碳储量的降低量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

$\Delta C_{LOSS,BB,l,t}$ ——第 t 年 l 基线碳层地下生物量碳库中的碳储量的降低量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$);

t ——项目开始后的年数 (a);

- i ——项目碳层 ($i=1, 2\dots I$);
 j ——树种 ($j=1, 2\dots J$);
 k ——年龄 (a);
 l ——基线碳层 ($l=1, 2\dots L$).

6.4 项目边界内的温室气体排放

碳汇项目边界内温室气体排放的事前计量,仅考虑因施用含N肥料引起的 N_2O 排放和营造林过程中使用燃油机械引起的 CO_2 排放,具体计算见8.3.1的公式(37)和8.3.2总的公式(40)。森林火灾引起的温室气体排放无法进行事前计量,但在项目运行期内将予以监测。在计量阶段,温室气体排放量按照公式(12)计算:

$$GHG_{E,t} = E_{Equipment,t} + E_{N_Fertilizer,t} \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$GHG_{E,t}$ ——第 t 年项目边界内温室气体排放的增加量 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);

$E_{Equipment,t}$ ——第 t 年项目边界内燃油机械使用化石燃料燃烧引起的温室气体排放的增加量 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);

$E_{N_Fertilizer,t}$ ——第 t 年项目边界内施用含氮肥料引起的 NO_2 排放的增加量 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);

t ——项目开始后的年数 (a)。

6.5 泄漏

碳汇项目引起的泄漏主要考虑使用运输工具(消耗燃油的机动车)燃烧化石燃料引起的 CO_2 排放。在国家发展改革委备案的方法学中,对泄漏进行了忽略,以此为依据该部分也可以忽略。如果泄漏的碳值较大,也可以考虑计算,如若需要计算则需要调研和收集分别用于运输肥料、灌溉用水、苗木、木材和非木质林产品所使用的运输工具种类、燃油种类、平均运输距离、每千米耗油量等。木材和非木质林产品的运输距离以项目地到最近的市场距离为计算依据。运输引起的 CO_2 排放按照公式(13-14)计算:

$$LK_{Vehicle,t} = \sum_f (EF_{CO_2,f} \times NCV_f \times FC_{f,t}) \dots\dots\dots (13)$$

$$FC_{f,t} = \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I n \cdot (MT_{f,v,i,t} / TL_{f,v,i}) \cdot AD_{f,v,i} \cdot SECK_{f,v} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$LK_{Vehicle,t}$ ——第 t 年项目边界外运输引起的 CO_2 排放 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);

$EF_{CO_2,f}$ —— f 类燃油的 CO_2 排放因子 ($tCO_2-e \cdot GJ^{-1}$);

NCV_f —— f 类燃油的热值 ($GJ \cdot L^{-1}$);

$FC_{f,t}$ ——第 t 年 f 类燃油消耗量 (L);

- n —— 车辆回程装载因子（满载时 $n=1$ ，空驶时 $n=2$ ）；
- $MT_{f,v,i,t}$ —— 第 t 年 f 类燃油 v 类车辆运输 i 类物资的总量（ m^3 或 t ）；
- $TL_{f,v,i}$ —— f 类燃油 v 类车辆装载 i 类物资的装载量（ $m^3 \cdot \text{辆}^{-1}$ 或 $t \cdot \text{辆}^{-1}$ ）；
- $AD_{f,v,i}$ —— f 类燃油 v 类车辆运输 i 类物资的单程运输距离（ km ）；
- $SECK_{f,v}$ —— f 类燃油 v 类车辆的单位耗油量（ $L \cdot km^{-1}$ ）；
- v —— 车辆种类；
- i —— 物资种类；
- f —— 燃油种类；
- t —— 项目开始后的年数（ a ）。

6.6 项目减排量计量

碳汇项目活动涉及基线、项目、项目边界内温室气体排放和泄漏等问题，项目减排量与项目碳储量变化量往往不会完全一致，项目减排量按照公式（15）计算：

$$C_{Proj,t} = \Delta C_{Proj,t} - GHG_{E,t} - LK_t - \Delta C_{BSL,t} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- $C_{Proj,t}$ —— 第 t 年的项目净碳汇量（ $t \text{ CO}_2\text{-e} \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{Proj,t}$ —— 第 t 年项目碳储量的变化量（ $t \text{ CO}_2 \cdot a^{-1}$ ）；
- $GHG_{E,t}$ —— 第 t 年项目边界内增加的温室气体排放量（ $t \text{ CO}_2\text{-e} \cdot a^{-1}$ ）；
- LK_t —— 第 t 年项目活动引起的泄漏（ $t \text{ CO}_2\text{-e} \cdot a^{-1}$ ）；
- $\Delta C_{BSL,t}$ —— 第 t 年基线碳储量变化量（ $t \text{ CO}_2 \cdot a^{-1}$ ）；
- t —— 项目开始后的年数（ a ）。

7 监测程序和方法

7.1 监测程序

7.1.1 监测项目文件

项目参与方在编制项目设计文件时，应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，包括：

- (a) 证明项目符合和满足本方法学适用条件的证明材料；
- (b) 计算所选碳库及其碳储量变化的证明材料和数据；
- (c) 计算项目边界内排放和泄漏的证明材料和数据。

上述所有数据均应按照相关标准进行监测和测定。监测过程的所有数据均应同时以纸质和电子版方式归档保存，且至少保存至计入期结束后2年。

7.1.2 项目活动监测

项目参与方需对项目运行期内的所有造林活动、营林活动以及与温室气体排放有关的活动进行监测，主要包括：

- (a) 造林活动：包括确定种源、育苗、林地清理和整地方式、栽植、成活率和保存率调查、补植、草、施肥等措施；
- (b) 营林活动：抚育、间伐、施肥、主伐、更新、有害生物防治和防火措施等；
- (c) 项目边界内森林灾害（毁林、林火、有害生物灾害）发生情况（时间、地点、面积、边界等）。

7.1.3 项目边界监测

为了获得真实、可靠的减排量，在整个项目运行期内，应对项目活动的实际边界进行监测。每次监测时，应对下列各项内容进行测定、记录和归档：

- (a) 确定每个项目地块造林的实际边界（以林缘为界）；
- (b) 检查造林地块的实际边界与项目设计的边界是否一致；
- (c) 如果实际边界位于项目设计边界之外，则项目边界之外的部分不能纳入监测的范围；
- (d) 如果实际边界位于项目设计边界之内，则应以实际边界为准；
- (e) 如果由于发生毁林、火灾或病虫害等导致项目边界内的土地利用方式发生变化（转化为其它土地利用方式），应确定其具体位置和面积，并将发生土地利用变化的地块调整到边界之外，并在下次核查中予以说明。已移出项目边界的地块，在以后不能再纳入项目边界内；如果移出项目边界的地块以前进行过核查，其前期经核查的碳储量应保持不变，纳入碳储量变化的计算中。
- (f) 任何边界的变化都应采用卫星定位系统直接测定项目地块边界的拐点坐标，也可采用适当的空间数据（如1:10000地形图、卫星影像、航片等），辅以地理信息系统界定地块边界坐标。

7.2 监测方法

7.2.1 事后项目分层

事后项目分层可在事前分层的基础上进行，并根据实际造林情况、造林模式等进行调整。如果项目活动边界内出现下述原因，则在每次监测前应对上一次的分层进行更新或调整：

- (a) 造林项目活动与项目设计不一致，如造林时间、树种选择和配置、造林地块的边界等发生变化；
- (b) 项目活动的干扰（如间伐、施肥等）影响了项目碳层内部的均一性；
- (c) 发生火灾或土地利用变化（如毁林）导致项目边界发生变化；
- (d) 通过上一次监测发现，同一碳层碳储量及其变化具有很高的不确定性，在下一次监测前需对该碳层进行重新调整，将该碳层划分成两个或多个碳层；如果上一次监测发现，两个或多个碳层具有相近的碳储量及其变化，则可考虑将这些不同的碳层合并成一个碳层，以降低监测工作量。

7.2.2 确定样地数量

在置信水平为 $1-\alpha$ 、允许误差为 E_1 ，估计一个总体的平均值时，采用下式计算所需的最少样地数量。

$$n = \frac{\left[\sum_{i=1}^I N_i \times st_i \times \sqrt{C_i} \right] \times \left[\sum_{i=1}^I N_i \times st_i \times \frac{1}{\sqrt{C_i}} \right]}{\left(N \times \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^I N_i \times (st_i)^2} \dots\dots\dots (16)$$

$$n_i = \frac{\left[\sum_{i=1}^I N_i \times st_i \times \sqrt{C_i} \right]}{\left(N \times \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^I N_i \times (st_i)^2} \times \frac{N_i \times st_i}{\sqrt{C_i}} \dots\dots\dots (17)$$

式中:

n ——最少所需要的样地总数;

n_i ——第 i 碳层最少所需要的样地数;

i ——项目碳层数, $i=1, 2, \dots, I$;

N_i ——第 i 碳层最大可能的样地数量;

N ——项目最大可能的样地数量;

st_i ——第 i 碳层的标准偏差;

C_i ——在第 i 碳层建立和维护一个样地的成本, 元;

E_1 ——估计量 Q 的允许误差;

α —— $1-\alpha$ 表示估计的平均值在误差范围内的概率 (取 0.05);

$z_{\alpha/2}$ ——统计 z 值, 如对于 $1-\alpha=0.05$ (95%置信水平), $z_{\alpha/2}=1.9599$ 。

$$N = \frac{A}{AP} \dots\dots\dots (18)$$

$$N_i = \frac{A_i}{AP} \dots\dots\dots (19)$$

$$E_1 = Q_1 \times p \dots\dots\dots (20)$$

式中:

A ——项目区总面积 (hm^2);

A_i ——第 i 碳层的面积 (hm^2);

AP ——样地面积 (hm^2);

p ——期望达到的误差水平 ($\pm 10\%$);

Q_1 ——估计量 Q 的平均值 ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)。

如果在各碳层建立和维护样地的成本相同, 则公式 (21) 和 (22) 可简化为:

$$n = \frac{\left[\sum_{i=1}^l N_i \times st_i \right]^2}{\left(N \times \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^l N_i \times (st_i)^2} \dots\dots\dots (21)$$

$$n_i = \frac{\left[\sum_{i=1}^l N_i \times st_i \right]^2}{\left(N \times \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^l N_i \times (st_i)^2} \times N_i \times st_i \dots\dots\dots (22)$$

各层的标准偏差 (st_i) 可通过当地相似立地条件的森林调查资料、生物量数据、材积生长数据或上述代表性样地调查来确定。由于土壤条件对林木生长往往起着决定的作用, 在没有现存数据可用的情况下, 可用每层土壤因子的标准误。从 t 分布表可知, 在 95% 置信水平上, 当 $n > 30$ 时, t 值约等于 2, 该值对于大于 30 的各个 n 值影响不大。因此开始时可将 t 值设为 2, 如果计算出的 n 值小于 30, 可用新的 $n-1$ 值查得 t 值, 再代入计算新的 n 值, 如此反复叠代直至得到稳定的 n 值 (样地数)。

7.2.3 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 10 m 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 $0.04 \text{ hm}^2 \sim 0.06 \text{ hm}^2$ 。在同一个造林项目中, 所有样地的面积应当相同。样地内林木和管理方式 (如施肥、间伐、采伐、更新等) 应与样地外的林木完全一致。记录每个样地的行政位置、小地名和定位坐标、造林树种、模式和造林时间等信息。如果一个层包括多个地块, 应采用下述方法以保证样地在碳层内尽可能均匀分布:

(a) 根据各碳层的面积及其样地数量, 计算每个样地代表的平均面积;

(b) 根据地块的面积, 计算每个地块的样地数量, 计算结果不为整数时, 采用四舍五入的方式解决。固定样地复位率需达 100%, 检尺样木复位率 $\geq 98\%$ 。为此, 需对样地的四个角采用卫星定位或罗盘仪引线定位, 埋设地下标桩。复位时利用卫星导航, 用罗盘仪和明显地物标按历次调查记录的方位、距离引线定位找点。

7.2.4 监测频率

碳汇项目固定样地的监测频率为每 3-10 年一次。根据主要造林树种的生物学特性, 在项目设计阶段确定固定样地监测频率。首次监测时间由项目实施主体根据项目设计自行选择, 但首次监测时间的选择要避免引起未来的监测时间与项目碳储量的峰值出现时间重合。间伐和主伐均会导致碳储量降低, 为使监测时间与碳储量的峰值出现时间重合, 应对首次监测时间或间伐和主伐时间进行精心设计, 避免在采伐或间伐后一年内监测, 或在监测后一年内采伐或间伐, 否则应对首次监测时间或者对间伐和主伐时间进行重新调整。

8 基线和项目碳汇监测

8.1 基线碳汇监测

如果基线碳汇量在项目事前进行确定，一旦项目被审定和注册，在项目计入期内就是有效的。项目参与方可选择在计入期内不再对其进行监测。项目参与方也可以通过建立基线监测样地，对基线碳汇量进行监测。基线碳汇量的监测应基于基线碳层，采取分成抽样的方法进行。项目参与方应提供透明的和可核实的信息，证明基线监测样地能合理的代表项目的基线状况（如在项目开始时，基线样地中各碳库中的碳储量与项目监测样地相同，即在90%可靠性水平下，误差不超过10%）；同时证明基线监测样地的森林经营措施与确定的基线情景相同。基线监测样地数量的确定、样地设置、监测频率详见7.2。碳储量变化的测定和计算方法、精度要求和校正等，应与项目情景下的监测相同，详见8.2。

8.2 项目碳汇监测

8.2.1 地上生物碳储量

8.2.1.1 树木

树木碳储量通过生物量和含碳率来计算。树木的生物量通过生物量与胸径和树高相互关系（二元方程），见公式（23）来估算。

$$C_t = \sum(DBH, H) \times C\% \dots\dots\dots (23)$$

式中：

- C_t ——每公顷树木的碳储量 ($t \cdot hm^{-2}$)；
- DBH ——树木的胸径 (cm)；
- H ——树木的树高 (m)；
- $C\%$ ——树木的含碳量。

8.2.1.2 棕榈类植物

棕榈类植物碳储量的计算见公式（24）。

$$C_p = \sum(f(H) \times C\%) \dots\dots\dots (24)$$

式中：

- C_p ——用吨计量的每公顷棕榈类植物的碳储量 ($t \cdot hm^{-2}$)；
- H ——棕榈类植物的树高 (m)；
- $C\%$ ——棕榈类植物的含碳量。

8.2.1.3 藤蔓植物

藤蔓植物碳储量的计算见公式（25）。

$$C_r = \sum(f(DBH) \times C\%) \dots\dots\dots (25)$$

式中：

- C_r ——用吨计量的每公顷藤蔓植物的碳储量 ($t \cdot hm^{-2}$)；
- DBH ——藤蔓植物的胸径 (cm)；
- $C\%$ ——藤蔓植物的含碳量。

8.2.1.4 竹子

竹子碳储量的计算见公式（26）。

$$C_b = \sum(f(n, H, D) \times C\%) \dots\dots\dots (26)$$

式中：

- C_b ——用吨计量的每公顷竹子的碳储量 ($t \cdot hm^{-2}$)；

- n ——竹干的数量；
 H ——竹子的高度 (m)；
 D ——竹子的胸径 (cm)；
 $C\%$ ——竹子的含碳量。

8.2.1.5 灌木

灌木的碳储量计算分两种情况：

- (a) 灌木高度 $H \geq 30\text{cm}$ ，计算见公式 (27)。

$$C_s = \sum (f(D, C) \times C\%) \dots\dots\dots (27)$$

式中：

- C_s ——用吨计量的每公顷灌木碳储量 ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)；
 D ——灌木基部直径 (cm)；
 C ——灌木冠幅 (m)；
 $C\%$ ——灌木含碳量。

- (b) 灌木高度 $H < 30\text{cm}$ ，计算见公式 (28)

$$C_s = D_s / F_s \times F_a \times C\% \dots\dots\dots (28)$$

式中：

- C_s ——用吨计量的每公顷灌木碳储量 ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)；
 D_s ——灌木样品干重 (g)；
 F_s ——灌木样品鲜重 (g)；
 F_a ——灌木总重 (g)；
 $C\%$ ——灌木含碳量。

8.2.1.6 草本

草本碳储量的计算见公式 (29)。

$$C_g = D_s / F_s \times F_a \times C\% \dots\dots\dots (29)$$

式中：

- C_g ——用吨计量的每公顷草本植物的碳储量 ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)；
 D_s ——草本植物的样品干重 (g)；
 F_s ——草本植物的样品鲜重 (g)；
 F_a ——草本植物的总重 (g)；
 $C\%$ ——草本植物的含碳量。

8.2.2 地下生物量碳储量

地下生物量碳储量可用回归模型，计算见公式 (30)，再根据公式 (31) 计算地下生物量碳储量，对于某些植物，如果预计地下生物量与公式 (31) 的回归模型有较大差距时，则需要根据实际测量所建立的公式进行计算。

$$BBD = \exp(-1.0587 + 0.8836 \times \ln ABD) \dots\dots\dots (30)$$

$$C_h = BBD \times C\% \dots\dots\dots (31)$$

式中：

- BBD ——用吨计量的每公顷地下生物量密度 ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)；
 ABD ——地上生物量密度 ($\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$)；

C_h ——用吨计量的每公顷根系的碳储量 ($t \cdot hm^{-2}$) ;
 $C\%$ ——根系的含碳量;

8.2.3 枯落物碳储量

在样地内取样收集、称重,带回实验室测定干重,并根据温洛克国际《陆地碳测量方法指南》中枯落物碳储量的计算方法进行计算,也可以按下列公式(32)和(33)进行计算。

$$C_{L,m,ijk,p} = \sum L_p \cdot CF_{j,L} \cdot 10 / AL \dots\dots\dots (32)$$

$$C_{L,m,ijk} = \left(\sum_{p=1}^P C_{L,m,ijk,p} / P \right) \cdot A_{ijk,m} \dots\dots\dots (33)$$

式中:

- $C_{L,m,ijk,p}$ ——第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄第 p 样地林分枯落物碳储量 ($t C \cdot hm^{-2}$);
- L_p ——样地 p 内各枯落物样方中的枯落物量 (kg DM);
- AL ——样地 p 内测定的枯落物样方总面积 (m^2);
- $A_{ijk,m}$ ——第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分面积 (hm^2);
- p ——林分样地数, $p=1, 2, \dots, P$;
- $CF_{j,L}$ ——枯落物碳含率 (%);
- m ——监测时间 (a);
- i ——项目碳层;
- j ——树种;
- k ——林龄 (a)。

8.2.4 枯死木碳储量

在国家发展改革委备案的方法学中,对枯死木碳储量进行了忽略,如若需要计算,则参考温洛克国际《陆地碳测量方法指南》中的4.3.1测量枯死立木和4.3.2测量枯死倒木的方法。

8.2.5 土壤有机质碳储量

在国家发展改革委备案的方法学中,对土壤有机质碳储量进行了忽略,以此为依据该部分也可以忽略。如若需要计算,则参考如若需要计算,则参考温洛克国际《陆地碳测量方法指南》中4.4测量土壤有机质碳储量的计算方法,也可以按下列公式(34)计算样地单位面积土壤有机碳储量,在此基础上计算平均土壤有机碳储量:

$$C_{SOC,m,ijk,p} = \sum_{l=1}^L [SOCC_{m,ijk,p,l} \cdot BD_{m,ijk,p,l} \cdot (1 - F_{m,ijk,p,l}) \cdot Depth_l] \dots\dots\dots (34)$$

式中:

- $C_{SOC,m,ijk,p}$ ——第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地单位面积土壤有机碳储量 ($t C \cdot hm^{-2}$)
- $SOCC_{m,ijk,p,l}$ ——第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地 l 土层土壤有机碳含量 ($g C \cdot (100 g \text{ 土壤})^{-1}$)

$BD_{m,ijk,p,l}$	——第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地 l 土层土壤容重 ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)
$Fm_{ijk,p,l}$	——第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地 l 土层直径大于2 mm石砾、根系和其它死残体的体积百分比 (%)
$Depth_l$	——各土层的厚度 (cm)
m	——监测时间 (a)
i	——项目碳层
j	——树种
k	——林龄 (a)
l	——土层

8.2.6 监测的项目边界内碳储量变化

计算第 t 年监测的各碳层的碳储量相对于项目起始年的变化量，按公式(35)进行汇总得出项目在第 t 年监测的项目边界内的变化量。

$$\Delta C_{proj,t} = (\Delta C_{t,t} + \Delta C_{p,t} + \Delta C_{r,t} + \Delta C_{b,t} + \Delta C_{s,t} + \Delta C_{g,t} + \Delta C_{h,t} + \Delta C_{l,t} + \Delta C_{d,t} + \Delta C_{o,t}) \times 3.67 \dots \dots \dots (35)$$

式中：

$\Delta C_{proj,t}$ ——第 t 年项目边界内碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{t,t}$ ——第 t 年项目边界内树木碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{p,t}$ ——第 t 年项目边界内棕榈类植物碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{r,t}$ ——第 t 年项目边界内藤蔓植物碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{b,t}$ ——第 t 年项目边界内竹子碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{s,t}$ ——第 t 年项目边界内灌木碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{g,t}$ ——第 t 年项目边界内草本碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{h,t}$ ——第 t 年项目边界内地下生物量碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{l,t}$ ——第 t 年项目边界内枯落物碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{d,t}$ ——第 t 年项目边界内枯死木碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

$\Delta C_{o,t}$ ——第 t 年项目边界内土壤有机质碳储量对比于起始年的变化量 ($\text{t CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)；

t ——项目开始后的年数 (a)；

8.3 项目边界内碳排放测定

项目边界内温室气体排放的监测主要包括施肥引起的 N_2O 直接排放、化石燃料燃烧引起的 CO_2 排

放，以及森林火灾引起的非 CO₂ 温室气体的排放，按照公式 (36) 计算：

$$GHG_{E,t} = E_{Equipment,t} + E_{N_Fertilizer,t} + E_{Fire,t} \dots \dots \dots (36)$$

式中：

$GHG_{E,t}$ ——第 t 年项目边界内温室气体排放的增加 (t CO₂-e·a⁻¹)；

$E_{Equipment,t}$ ——第 t 年项目边界内燃油机械使用化石燃料燃烧引起的温室气体排放的增加 (t CO₂-e·a⁻¹)；

$E_{N_Fertilizer,t}$ ——第 t 年项目边界内施用含氮肥料引起的 NO₂ 排放的增加 (t CO₂-e·a⁻¹)；

$E_{Fire,t}$ ——第 t 年项目边界内森林火灾引起的非 CO₂ 温室气体排放的增加 (t CO₂-e·a⁻¹)；

t ——时间 (a)。

这些源排放的计算方法与前述相关章节的描述相同。但是，与 3-10 年一次的碳储量变化监测不同的是，这些源排放的监测，特别是其活动水平数据的收集，都主要依据日常记录。

8.3.1 施肥

按小班实时记录施肥时间、肥料种类、含氮率、施肥对象 (树种、年龄)、单位面积施用量和面积数据 (附表 B.1)。每年年底根据小班记录卡，计算并汇总各类有机肥和化肥施用中的氮量 (附表 B.2)。按公式 (37-39) 计算施肥引起的 N₂O 直接排放。

$$E_{N_Fertilizer,t} = [(F_{SN,t} + F_{ON,t}) \times EF_1] \times MW_{N_2O} \times GWP_{N_2O} \dots \dots \dots (37)$$

$$F_{SN,t} = \sum_i M_{SFi,t} \times NC_{SFi} \times (1 - Frac_{GASF}) \dots \dots \dots (38)$$

$$F_{ON,t} = \sum_j M_{OFj,t} \times NC_{OFj} \times (1 - Frac_{GASM}) \dots \dots \dots (39)$$

式中：

$F_{SN,t}$ ——第 t 年施用的含氮化肥经 NH₃ 和 NO_x 挥发后的量 (t N·a⁻¹)；

$F_{ON,t}$ ——第 t 年施用的有机肥经 NH₃ 和 NO_x 挥发后的量 (t N·a⁻¹)；

EF_1 ——氮肥施用 NO₂ 排放因子 (IPCC 参考值=0.01, t N₂O·N·(t N)⁻¹)；

MW_{N_2O} ——N₂O 与 N 的分子量比 (44/28) (t-N₂O·(tN)⁻¹)；

GWP_{N_2O} ——N₂O 全球增温潜势 (IPCC 参考值=310, t CO₂-e·(t N₂O)⁻¹)；

$M_{SFi,t}$ ——第 t 年施用第 i 类化肥的量 (t·a⁻¹)；

$M_{OFj,t}$ ——第 t 年施用第 j 类有机肥的量 (t·a⁻¹)；

NC_{SF_i} —— i 类化肥的含氮率 ($\text{g-N} \cdot (100 \text{ g 化肥})^{-1}$);

NC_{OF_j} —— j 类有机肥的含氮率 ($\text{g-N} \cdot (100 \text{ g 有机肥})^{-1}$);

$Frac_{GASF}$ ——施用化肥的 NH_3 和 NO_x 挥发比例 (IPCC 参考值=0.1, $\text{t NH}_3\text{-N} \ \& \ \text{NO}_x\text{-N} \cdot (\text{t N})^{-1}$);

$Frac_{GASM}$ ——施用有机肥的 NH_3 和 NO_x 挥发比例 (IPCC 参考值=0.2, $\text{t NH}_3\text{-N} \ \& \ \text{NO}_x\text{-N} \cdot (\text{t N})^{-1}$);

t ——项目开始后的年数 (a);

I ——化肥种类, $i=1 \dots I$;

j ——有机肥种类, $j=1 \dots J$ 。

8.3.2 燃油机械使用

按小班实时记录整地、间伐、主伐使用机械种类、单位耗油量、作业对象(树种、年龄)和面积数据(附表 B.3)。每年年底根据小班记录卡,计算并汇总各类机械施用中的汽油和柴油的耗油量(附表 B.4)。按公式(40)计算 CO_2 排放。

$$E_{\text{Equipment},t} = (CSP_{\text{diesel},t} \times EF_{\text{diesel}} \times NCV_{\text{diesel}} \times CSP_{\text{gasoline},t} \times EF_{\text{gasoline}} \times NCV_{\text{gasoline}}) \dots \dots \dots (40)$$

式中:

$CSP_{\text{diesel},t}$ ——第 t 年柴油消耗量 ($\text{L} \cdot \text{a}^{-1}$);

EF_{diesel} ——柴油燃烧 CO_2 排放因子 ($\text{tCO}_2\text{-e} \cdot \text{GJ}^{-1}$);

NCV_{diesel} ——柴油热值 ($\text{GJ} \cdot \text{L}^{-1}$);

$CSP_{\text{gasoline},t}$ ——第 t 年汽油消耗量 ($\text{L} \cdot \text{a}^{-1}$);

NCV_{gasoline} ——汽油热值 ($\text{GJ} \cdot \text{L}^{-1}$);

EF_{gasoline} ——汽油燃烧 CO_2 排放因子 ($\text{tCO}_2\text{-e} \cdot \text{GJ}^{-1}$);

t ——项目开始后的年数 (a)。

8.3.3 森林火灾

森林火灾引起的碳排放已包括在上述碳储量变化的监测,为避免重复计量,这里只监测和计量燃烧引起的 N_2O 和 CH_4 排放。在森林火灾发生后,采用以下方法和步骤测定和计量相应的温室气体排放。

(a) 确定火灾边界和火灾面积,在下次碳储量变化监测时将发生该次火灾的林分划分为一个单独的碳层;

(b) 选择未发生火灾的同一碳层、相同树种和年龄的林分,对其地上生物量进行调查测定;

(c) 对过火林分的地上生物量进行抽样调查,以确定燃烧的生物量比例;

(d) 采用公式(41-44)计算 N_2O 和 CH_4 排放:

$$E_{\text{Fire},t} = E_{\text{Fire},\text{N}_2\text{O},t} + E_{\text{Fire},\text{CH}_4,t} \dots \dots \dots (41)$$

$$E_{Fire,N_2O,t} = E_{Fire,C,t} \times (N / C ratio) \times EF_{N_2O} \times 310 \times 44 / 28 \dots\dots\dots (42)$$

$$E_{Fire,CH_4,t} = E_{Fire,C,t} \times EF_{CH_4} \times 21 \times 16 / 12 \dots\dots\dots (43)$$

$$E_{Fire,C,t} = \sum_i \sum_j \sum_k A_{Fire,ijk,t} \times B_{Fire,ijk,t} \times B \times P_{ijk,t} \times CE \times CF \dots\dots\dots (44)$$

式中:

- $E_{Fire,C,t}$ ——第 t 年由于森林火灾引起的地上生物量碳排放 ($tC \cdot a^{-1}$);
- $E_{Fire,CH_4,t}$ ——第 t 年由于森林火灾引起的 CH_4 排放 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);
- $E_{Fire,N_2O,t}$ ——第 t 年由于森林火灾引起的 N_2O 排放 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);
- $N/C ratio$ ——过火森林的 N/C 比值 (IPCC 参考值=0.01)
- EF_{N_2O} —— N_2O 排放因子 (IPCC 参考值=0.007, $t N (t C)^{-1}$);
- EF_{CH_4} —— CH_4 排放因子 (IPCC 参考值=0.012, $t CH_4-C (t C)^{-1}$);
- 310 ——IPCC 缺省的 N_2O 全球增温潜势 ($t CO_2-e (t N_2O)^{-1}$);
- 21 ——IPCC 缺省的 CH_4 全球增温潜势 ($t CO_2-e (t CH_4)^{-1}$);
- 16/12 —— CH_4 与 C 的分子量比;
- 44/28 —— N_2O 与 N 的分子量比;
- $A_{Fire,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 树种 k 年龄林分发生火灾的面积 ($hm^2 \cdot a^{-1}$);
- $B_{AB,ijk,t}$ ——第 t 年 i 碳层 j 树种 k 年龄林分的地上生物量 ($t DM \cdot hm^{-2}$);
- $BP_{ijk,t}$ ——燃烧的生物量比例;
- CE ——燃烧效率 (IPCC 参考值=0.5);
- CF ——碳含量 (IPCC 参考值=0.5);
- $E_{Fire,t}$ ——项目边界内森林火灾引起的非 CO_2 温室气体排放的增加 ($t CO_2-e \cdot a^{-1}$);
- t ——时间 (a)。

8.4 泄漏

在国家发展改革委备案的方法学中,对泄漏进行了忽略,以此为依据该部分也可以忽略。如若需要计算,项目参与方或实施主体应实时记录与项目活动有关的车辆使用情况(附表B.5),按6.5中的公式(13-14)计算运输工具使用引起的 CO_2 排放泄漏。需要注意的是,运输工具的使用量应与化肥、苗木使用量以及木材产量等活动数据相对应,相互验证。

8.5 项目减排量

在8.1~8.4中对项目基线碳储量变化量、项目碳储量变化量、项目边界内温室气体排放、泄漏等根据实际情况进行监测后计算的基础上,按公式(45)计算项目减排量,按照下表1统计项目20年的计入

期内的项目减排量。

$$\Delta GHG_{re,t} = \Delta C_{proj,t} - \Delta C_{BSL,t} - \Delta GHG_{e,t} - \Delta LK_{Vehicle,t} \dots \dots \dots (45)$$

式中：

- $\Delta GHG_{re,t}$ ——第 t 年项目减排量对比于起始年的变化量 (t CO₂-e·a⁻¹);
- $\Delta C_{proj,t}$ ——第 t 年项目边界内碳储量对比于起始年的变化量 (t CO₂-e·a⁻¹);
- $\Delta C_{BSL,t}$ ——第 t 年项目边界内碳储量对比于起始年的变化量 (t CO₂-e·a⁻¹);
- $\Delta GHG_{e,t}$ ——第 t 年项目边界内温室气体排放对比于起始年的变化量 (t CO₂-e·a⁻¹);
- $\Delta LK_{Vehicle,t}$ ——第 t 年项目边界外泄漏对比于起始年的变化量 (t CO₂-e·a⁻¹);
- t ——项目开始后的年数 (a)。

表1 ****项目减排量

年份	项目碳储量变化		基线碳储量变化		项目温室气体排放		泄漏		项目减排量	
	A		B		C		D		E=A-B-C-D	
	年变化 (tCO ₂ -e·a ⁻¹)	累计 (tCO ₂ -e)	年排放 (tCO ₂ -e·a ⁻¹)	累计 (tCO ₂ -e)	年排放 (tCO ₂ -e·a ⁻¹)	累计 (tCO ₂ -e)	年变化 (tCO ₂ -e·a ⁻¹)	累计 (tCO ₂ -e)	年排放 (tCO ₂ -e·a ⁻¹)	累计 (tCO ₂ -e)
1										
2										
...										
20										
合计										

8.6 精度控制

精度控制的计算过程见附录C。

附录 A
(规范性附录)

碳库及温室气体排放源选择表

表A.1 碳库的选择和确定标准

	被计量的碳库					
	地上生物量	地下生物量	枯落物	枯死木	土壤有机碳	木产品
造林再造林	Y	Y	M	M	M	M
森林经营	Y	Y	M	M	M	M
森林保护	Y	Y	M	M	M	M
备注： Y——该碳库代表了主要变化，必须计量和监测。 M——指该碳库变化可能是重要的，也可能是不重要的，是否计量取决于各种因素，这些因素和以前的土地利用方式（造林再造林、森林经营或森林保护），替代性的土地利用方式（森林保护）或者可获得的资金相关。根据方法学的适用条件，项目活动的实施会增加这个碳库；也可以保守地忽略该碳库。						

表A.2 温室气体排放源的确定标准

温室气体排放源	温室气体总类	是否选择	理由或解释
生物质燃烧	CO ₂	否	生物质燃烧导致的CO ₂ 排放已在碳储量变化中考虑
	CH ₄	是	有森林火灾发生，会导致生物质燃烧产生CH ₄ 排放
		否	没有森林火灾发生
	N ₂ O	是	有森林火灾发生，会导致生物质燃烧产生N ₂ O排放
否		没有森林火灾发生	

附 录 B
(规范性附录)
经营活动记录表

B.1 施肥小班记录卡

县： 乡（镇）： 村： 林班： 小班： 项目号：

时间	肥料种类	含氮率 (%)	树种	年龄	施用量 (kg·hm ⁻²)	面积 (hm ²)	氮量 (kg)
A	B	C	D	E	F	G	H=C×F×G
20**-01-01	肥料 A	N1	树种 A	A1	F1	A1	
	肥料 B	N2	树种 B	A2	F2	A2	
...
20**-01-31							
1 月小计	化肥						
	有机肥						
...
20**-12-31							
12 月小计	化肥						
	有机肥						
20**年度 小班汇总	化肥						
	有机肥						

B.2 年度施肥汇总表

20XX 年

县	乡(镇)	村	林班	小班	肥料种类	施氮量 (kg)
县 A				1	化肥	
					有机肥	
					
				N	化肥	
					有机肥	
					
项目合计					化肥 ($N_{SN,t}$)	
					有机肥 ($N_{ON,t}$)	

B.3 燃油机械使用小班记录卡

县: 乡(镇): 村: 林班: 小班:

时间	机械种类	燃油种类	树种	年龄	单位耗油量 (L/hm ²)或 (L/小时)	作业量 (hm ²)或 (小时)	耗油量 (L)
A	B	C	D	E	F	G	H=F×G
20**-01-01	机械 A	柴油	树种 A	A1	F1	A1	
20**-01-05	机械 B	汽油	树种 B	A2	F2	A2	
...
20**-01-31							
1 月份小计		柴油					
		汽油					
...
20**-12-31							
12 月份小计		柴油					
		汽油					
20**年度 小班汇总		柴油					
		汽油					

B.4 年度耗油机械使用汇总表

20XX 年

县	乡(镇)	村	林班	小班	肥料种类	耗油量 (L)
				1	柴油	
					汽油	
					
				N	柴油	
					汽油	
					
项目合计					柴油 ($CSP_{diesel,t}$)	
					汽油 ($CSP_{gasoline,t}$)	

地方标准信息服务平台

B.5 运输工具使用记载表

日期	出发地	目的地	装载货物	距离(km)	回程空驶/载货情况	车辆种类	燃油种类	车辆数量	公里耗油量(L/km)	耗油量(L)	
										汽油	柴油
__**	A	B	化肥	*	1	重卡	汽油	*	*	*	
__**	A	C	苗木	*	2	重卡	柴油	*	*		*
__**	A	D	木材	*	1	轻卡	汽油	*	*	*	
__**	A	B	木材	*	2	重卡	汽油	*	*	*	
...											
...											
...											
1月合计											
__**											
...											
...											
...											
...											
年度合计											

地方标准信息服务平台

附 录 C
(规范性附录)
精度控制的计算过程

将永久样地上的活的树木、枯死立木、地上和地下生物量平均，得出在95%置信区间内特定层的平均数，从而获得样地层次的生物量增量结果。

再针对树木、土壤碳库、枯死倒木、林下地被物和非树木植被的临时样地，分别计算不确定性，置信区间计算：

$$Total \cdot 95\% \cdot CI = \sqrt{95\%CI_{Time1}^2 + 95\%CI_{Time2}^2} \dots\dots\dots (44)$$

(这里 $[95\%CI_{Time1}]$ = 第一次的 95% 的置信区间， $[95\%CI_{Time2}]$ = 第二次的 95% 置信区间)。

总的置信区间计算如下：

$$Total \cdot 95\% \cdot CI = \sqrt{95\%CI_{veg}^2 + 95\%CI_{soil}^2 + 95\%CI_{DDW}^2 + 95\%CI_{FF}^2 + 95\%CI_{NTV}^2} \dots\dots (45)$$

(这里 $95\%CI_{veg}$ = 95% 的植被置信区间， $95\%CI_{soil}$ = 95% 的土壤等置信区间。DDW=枯死倒木，FF=林下植被层，NTV=非树木植被)。

理想情况下，基线也要有一个95%的置信区间，这样在减去平均值后，95%的置信区间可以从下式得出：

$$Total \cdot 95\% \cdot CI = \sqrt{95\%CI_{Carbon-Stocks}^2 + 95\%CI_{Baseline}^2} \dots\dots\dots (46)$$

如果项目被划分成多层，那么，对于各层加起来的新的置信区间可以按下式估计：

$$Total \cdot 95\% \cdot CI = \sqrt{95\%CI_{S1}^2 + 95\%CI_{S2}^2 \dots\dots 95\%CI_{Sn}^2} \dots\dots\dots (47)$$

(这里 $95\%CI_{S1}$ = 第一层、第二层.....等项目所有测量的层的 95% 置信区间)。

最后，用单位面积碳储量的总的不确定性，乘以项目的整个面积，就得出对碳储量变化的总的估算。

用这个总的估算值，再乘以3.67，则转化为吨二氧化碳当量。

地方标准信息服务平台

广东省地方标准
林业碳汇计量与监测技术规程
DB44/T 1917—2016

*

广东省标准化研究院组织印刷
广州市海珠区南田路 563 号 1104 室
邮政编码：510220
网址：www.bz360.org
电话：020-84250337
广东省农垦总局印刷厂