

小规模非煤矿区生态修复项目方法学

(版本号 V.01.0)

2014 年 12 月

编制说明

随着我国经济的高速增长，对矿产资源的需求日益增大，开发强度不断加大，矿区土地资源破坏十分严重，矿区生态环境日益恶化。目前我国有大中型矿山 9000 多座，小型矿山 26 万座，矿山废弃地 4 万余平方公里，且每年以 330~470 平方公里的速度递增。而矿区土地复垦率只有 15%，复垦速度远远落后于损毁速度¹²。为恢复矿区生态环境，促进矿区经济与环境协调发展，矿区土地复垦和生态修复已经成为急需解决的生态问题。

无论是 CDM 还是 VCS、黄金标准等国际自愿碳标准以及中国温室气体自愿减排项目，目前均无有关矿区生态修复项目的方法学。同时，由于矿区生态修复技术与一般意义的造林和草地恢复有较大区别，目前的国际和国内与矿区生态修复较接近的造林和草地管理碳汇项目方法学均不能满足矿区生态修复的要求。为将矿区生态修复纳入中国温室气体自愿减排，特开发本小规模方法学。本方法学同已有的国内造林和草地管理方法学相比，具有如下特点：

1. 专门针对非煤矿山废弃地，简化了基线情景和额外性论证。基线碳汇量设定为零。对小型项目，不须论证额外性。
2. 林木碳汇量的计量以单株林木和株数为基础，而不是造林和森林经营碳汇项目方法学中采用的以单位面积为基础（不适于地形和修复模式破碎的矿区修复）。
3. 提出了适于矿区修复的基于单株林木的抽样、监测和计量方法。
4. 简化了土壤有机碳的计量，提出了土壤碳的缺省值方法。
5. 考虑了其他方法学未涉及的石灰施用引起的 CO₂ 排放，并提供了详细的方法和缺省参数。
6. 考虑了其他方法学未涉及的客土使用引起的泄漏，包括挖掘和运输客土引起的温室气体排放，并提供了详细的方法和缺省参数。

本方法学由大自然保护协会和北京环境交易所编制。

¹ 李永庚，蒋高明. 2004. 矿山废弃地生态重建研究进展. 生态学报, 24 (1) : 95-100

² 2012 北京国际生态修复论坛, 2012 年 11 月 29-30 日, 北京

目录

第 I 部分. 来源、定义和适用条件	4
1. 来源	4
2. 规范性引用文件	4
3. 定义	4
4. 适用条件	6
第 II 部分. 基线和碳计量方法	7
1. 项目边界	7
2. 土地合格性	7
3. 碳库和温室气体排放源选择	7
4. 计入期选择	8
5. 基线情景识别和额外性论证	8
6. 碳层划分	10
7. 基线碳汇量	10
8. 项目碳汇量	10
9. 泄漏	17
10. 项目减排量	19
第 III 部分. 监测程序	20
1. 项目实施监测	20
2. 抽样设计和碳层划分	21
3. 精度控制和校正	24
4. 不需监测的数据和参数（采用的缺省值或一次性测定值）	24
5. 监测的数据和参数	33
附件：主要树种生物量方程	37

第 I 部分. 来源、定义和适用条件

1. 来源

为满足中国温室气体自愿减排交易体系下矿区生态修复项目减排量的计量与监测的要求，规范国内矿区生态修复项目的碳计量和监测方法，确保项目产生的减排量可测量、可报告、可核查，特开发了本《小规模非煤矿区生态修复项目方法学》（版本号 V.01.0）。本方法学基于“北京市房山区废弃矿山生态修复”项目，该项目由大自然保护协会和房山区政府共同开发。本小规模方法学充分结合我国矿区生态修复实际情况，参考了下列方法学、指南或方法学工具。

- (1) IPCC《土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》（IPCC，2003）
- (2) 中国温室气体自愿减排交易方法学《碳汇造林项目方法学》（AR-CM-001-V01）
- (3) 非湿地类 CDM 造林再造林项目活动的基线与监测方法学（AR-ACM0003,V02.0）
- (4) CDM 造林再造林项目活动林木和灌木生物量及其变化的估算工具（V04.0）
- (5) CDM 造林再造林项目活动枯死木和枯落物碳储量及其变化的估算工具(V03.0)

2. 规范性引用文件

本方法学遵循下列规范性文件的规定：

- (1) 温室气体自愿减排交易管理暂行办法（国家发展与改革委员会，发改气候[2012]1668号）
- (2) 《土地复垦条例》（中华人民共和国国务院令第 592 号，2011）
- (3) 《土地复垦条例实施办法》（国土资源部，2012）
- (4) 矿山生态环境保护与污染防治技术政策（环境保护部，环发[2005]109号）
- (5) 《国家森林资源连续清查技术规定》（林资发[2004]25号）；
- (6) 《森林资源规划设计调查技术规程》（GB/T 26424-2010）。

3. 定义

本方法学基于以下特定的定义：

矿区生态修复：是指对因采矿等人为或自然因素而毁坏或退化的矿山废弃地，采取因地制宜的生态修复措施，包括土地整治，乔、灌、草的种植以及其他生态和工程措施，逐步恢复与重建其生态功能。

矿山废弃地：由于矿山勘探和采选过程中形成的失去经济利用价值的土地，包括关闭的露天采矿场、排土（渣）场、尾矿场、矿区道路、矿山工业场地、塌陷区、矸石场以及矿山污染场地。

非煤矿山：是指开采金属矿石、放射性矿石以及作为石油化工原料、建筑材料、辅助原料、耐火材料及其他非金属矿物（煤炭除外）的矿山、尾矿库等。

基线情景：指在没有非煤矿区生态修复项目活动时，最能合理地代表项目边界内未来的土地利用和管理方式的情景。

项目情景：指拟议的非煤矿区生态修复项目活动下的土地利用和管理情景。

项目边界：是指由拥有土地所有权或使用权的项目业主或其他项目参与方实施的非煤矿区生态修复项目活动的地理范围。一个项目活动可以在若干个不同的地块上进行，但每个地块都应有特定的地理边界。该边界不包括位于两个或多个地块之间的土地。

计入期：指项目情景相对于基线情景产生额外的温室气体减排量的时间区间。

基线碳汇量：基线情景下项目边界内各碳库中的碳储量变化之和。

项目碳汇量：项目情景下项目边界内所选碳库中的碳储量变化量，减去由拟议的非煤矿区生态修复项目活动引起的项目边界内温室气体排放的增加量。

泄漏：指由拟议的非煤矿区生态修复项目活动引起的、发生在项目边界之外的、可测量的温室气体源排放的增加量。

项目减排量：指由于非煤矿区生态修复项目活动产生的净碳汇量。项目减排量等于项目碳汇量减去基线碳汇量，再减去泄漏量

额外性：指项目碳汇量高于基线碳汇量的情形。这种额外的碳汇量在没有拟议的非煤矿区生态修复项目活动时是不会产生的。

碳库：包括地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质碳库。

地上生物量：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。

地下生物量：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 $\leq 2.0\text{mm}$ ）。

枯落物：土壤层以上，直径小于 $\leq 5.0\text{cm}$ 、处于不同分解状态的所有死生物量。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。

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

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

4. 适用条件

本方法学适用于温室气体自愿减排交易体系下非煤矿区生态修复项目活动的减排量的计量与监测。使用本方法学的非煤矿区生态修复项目活动必须满足以下条件：

- (a) 项目活动的土地属非煤矿山废弃土地；
- (b) 计入期内项目年均减排量小于或等于 16000 吨 CO₂ 当量；
- (c) 项目活动不违反任何国家有关法律、法规和政策措施，且符合《土地复垦条例》、《土地复垦条例实施办法》、《矿山生态环境保护与恢复治理技术规范》；
- (d) 在项目活动边界内填埋的客土不为有机土。
- (e) 项目活动不移除地表枯落物、不移除树根、枯死木及采伐剩余物。
- (f) 土地权属清晰，无争议（提供土地权属证明或其他可用于证明的书面文件）。

第 II 部分. 基线和减排量计量方法

1. 项目边界

非煤矿区生态修复项目活动的“项目边界”是指，由拥有土地所有权或使用权的项目参与方实施的非煤矿区生态修复项目活动的地理范围。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，是计划实施非煤矿区生态修复项目活动的地理边界。事前项目边界可采用下述方法之一确定：

- (a) 利用全球卫星定位系统（GPS）或其它卫星定位系统，直接测定项目地块边界的拐点坐标，单点定位误差不超过 5m。
- (b) 利用高分辨率的地理空间数据（如卫星影像、航片）、森林分布图、林相图、森林经营管理规划图等，在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取项目地块的边界坐标。
- (c) 使用比例尺不小于 1:10000 的地形图进行现场勾绘，结合 GPS 或其它卫星定位系统进行精度控制。

事后项目边界是在项目监测时确定的、项目核查时核实的、实际实施的非煤矿区生态修复项目活动的边界。事后项目边界可采用上述(a)或(b)方法之一进行，面积测定误差不超过 5%。

在项目审定和核查时，项目业主或其他项目参与方须提交项目边界的矢量图形文件。在项目审定时，项目业主或其他项目参与方须提供占项目活动总面积三分之二或以上的项目业主或其他项目参与方的土地所有权或使用权的证据。在首次核查时，项目业主或其他项目参与方须提供所有项目地块的土地所有权或使用权的证据，如县（含县）级以上人民政府核发的土地权属证书或其他有效的证明材料。

2. 土地合格性

项目参与方须提供透明的和可核实的信息证明，在项目开始时项目边界内每个地块均为非煤矿山废弃土地，或经过整治为可利用土地，但未采取生态恢复措施。为此，项目参与方须提供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、现场照片）。

3. 碳库和温室气体排放源选择

本方法学对项目活动的碳库选择如表 1。本方法学对项目边界内温室气体排放源的选择如表 2。

表 1 碳库的选择

碳库	是否选择	理由或解释
地上生物量	是	这是项目活动产生的主要碳库

地下生物量	是	这是项目活动产生的主要碳库
枯死木	是或否	根据方法学的适用条件，项目活动的实施会增加这个碳库；项目参与方也可保守地忽略该碳库。
枯落物	是或否	根据方法学的适用条件，项目活动的实施会增加这个碳库；项目参与方也可保守地忽略该碳库。
土壤有机碳	是或否	根据方法学的适用条件，项目活动的实施会增加这个碳库；项目参与方也可保守地忽略该碳库。

表 2 温室气体排放源的选择

温室气体排放源	温室气体种类	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	有火灾发生，会导致生物质燃烧产生 CH ₄ 排放
		否	没有火灾发生
	N ₂ O	是	有火灾发生，会导致生物质燃烧产生 N ₂ O 排放
		否	没有火灾发生
石灰使用	CO ₂	是	部分矿山废弃地为强酸性，需要施用大量石灰以中和酸性提高土壤 pH 值，从而形成有利于生态恢复的土壤。但大量施用石灰会引起 CO ₂ 的大量排放。

4. 计入期选择

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

项目活动开始日期是指实施非煤矿区生态修复项目活动开始的日期，不得早于 2005 年 2 月 16 日。如果项目活动的开始日期早于向国家主管部门提交备案的日期，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日或之前的官方的、或有法律效力的文件。

计入期是指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。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。

项目期是指自项目活动开始到项目活动结束的间隔时间。

5. 基线情景识别

由于非煤矿山废弃地属关闭的露天采矿场、排土（渣）场、尾矿场、塌陷区以及受重金属污染而失去经济利用价值的土地，包括裸露的采矿宕口、废石（渣）堆、尾矿场、废弃厂房等建筑物，以及地下采空塌陷地等，往往缺乏土壤基质，或大量有毒物质或污染物积累，基本没有植被，属不可利用（农、林、牧）的土地。非经人工整治，靠自然的力量难以实现生态恢复。尽管国务院分别于 1988 年和 2011 年颁布了《土地复垦规定》和《土地复垦条例》，国土资源部于 2012 年颁布了《土地复垦条例实施办法》，但我国矿区土地复垦率仍很低。因此，本方法学假定非煤矿区生态修复的基线情景为一直维持非煤矿区废弃土地状态。

6. 额外性论证

在进行生态修复前，需对非煤矿区进行土地整治，如稳定边坡（消除滑石、滑坡或崩塌等各种地质灾害）、固定土壤基质等，因此需要通过大量的工程措施，成本非常高，是常规生态修复的数倍。而且，矿山废弃地通常较分散，生态修复的规模小，减排量交易成本高。因此，对于微型非煤矿区生态修复项目（即年均减排量低于 5000 tCO₂ 当量），不需对其额外性进行论证。对于不属于微型非煤矿区生态修复项目，采用下述“三重测试”程序来论证项目活动的额外性³：

2.1. 符合法律法规的要求

项目参与方须证明发生在项目边界内的所有项目活动不会违反任何现有的法律、法规、规章以及其他强制性规定和技术标准。既包括国家级的法律法规和规章以及技术标准，也包括适用的省级和地方的规章以及技术标准。

2.2. 普遍性做法

项目参与方须证明拟议的项目活动不是普遍性做法。如果不存在普遍的与拟议的项目活动相类似的非煤矿区生态修复项目活动，该拟议的项目活动就被认为不是普遍性做法。“类似的非煤矿区生态修复项目活动”是指，在项目所在区域（覆盖所有项目地块的最小行政区域）、类似的社会经济和生态条件下、普遍实施的与拟议的项目活动相类似（非煤矿区生态修复）的活动。“普遍的”是指项目开始前 10 年内，实施非煤矿区生态修复的面积占类似废弃非煤矿区面积的百分比大于或等于 30%。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，项目参与方须通过下文 2.3 节的障碍分析，来证明拟议的项目的额外性。项目活动一旦被认定不是普遍性做法，即被认定为在其计入期内具有额外性，并可略去进行下文 2.3 节的障碍分析。

2.3. 实施障碍

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普遍性做法。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两种障碍之一进行评估：财务障碍和技术障碍。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。

³ 基于“熊猫标准农林业及其他土地利用行业细则”中的“三重测试”程序修改而来。

- 财务障碍可以包括高成本、有限的资金。
- 技术障碍包括缺少进行土地整治和（或）土壤改良的技术措施，缺乏必要的种植材料，缺少非煤矿区生态修复的实践经验，现有复垦措施不能很好考虑后续生态恢复对立地的要求等。

7. 碳层划分

为了更精确地估算非煤矿区生态修复项目碳汇量和减排量，须对项目区进行分层。碳层划分包括基线碳层划分和项目碳层划分。基线碳层划分的目的是为了分别基线碳层确定基线情景、估计基线碳汇量和论证项目的额外性。由于本方法学涉及的土地为矿山废弃土地，基线情景已自动确定，因此不须进行基线碳层划分。

项目碳层划分包括“事前”项目碳层划分和“事后”项目碳层划分。事前项目碳层用于项目碳汇量的事前估计。由于废弃非煤矿山类型复杂而破碎，如采矿宕口、废石（渣）堆、尾矿场、废弃厂房、地下采空塌陷地等，恢复前还涉及大量的土地整治措施，生态修复措施也因地制宜，生态修复类型多呈斑块状，斑块大小不一，小至几十平方米，大至数公顷。因此，事前分层主要根据非煤矿山废弃地的基质情况和生态修复计划（土地整治、生态修复模式、生态修复时间等）和未来经营管理计划来划分。事后项目碳层用于项目碳汇量的事后估计，主要根据生态修复和经营管理实际发生的情况来划分。

8. 基线碳汇量

根据本方法学的适用条件以及矿山废弃地的特性，假定基线碳汇量为零，即 $\Delta C_{BSL,t} = 0$ 。

9. 项目碳汇量

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

$$\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{P,t} - GHG_{E,t} \quad (1)$$

式中：

- $\Delta C_{ACTUAL,t}$ 第t年项目碳汇量 (t CO₂-e.a⁻¹)
- $\Delta C_{P,t}$ 第t年项目边界内所选碳库中碳储量年变化量 (t CO₂-e.a⁻¹)
- $GHG_{E,t}$ 第t年项目活动引起的温室气体排放的年增加量 (t CO₂-e.a⁻¹)
- t 1, 2, 3, ... t^* 非煤矿区生态修复项目活动开始后的年数 (年)

采用下述公式计算项目边界内所选碳库中碳储量的年变化量

$$\Delta C_{P,t} = \Delta C_{TREE_PROJ,t} + \Delta C_{SHRUB_PROJ,t} + \Delta C_{DW_PROJ,t} + \Delta C_{LI_PROJ,t} + \Delta C_{SOC_AL,t} \quad (2)$$

式中:

$\Delta C_{P,t}$	第t年项目边界内所选碳库中碳储量的年变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$\Delta C_{TREE_PROJ,t}$	项目情景下, 第 t 年项目边界内营造的林木生物质碳储量的变化量 (tCO ₂ -e a ⁻¹)
$\Delta C_{SHRUB_PROJ,t}$	项目情景下, 第t年项目边界内灌木生物质碳储量的年变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)。
$\Delta C_{DW_PROJ,t}$	项目情景下, 第t年项目边界内枯死木碳储量的年变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$\Delta C_{LI_PROJ,t}$	项目情景下, 第t年项目边界内枯落物碳储量的年变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$\Delta C_{SOC_AL,t}$	项目情景下, 第t年项目边界内土壤有机碳储量的年变化 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
t	1, 2, 3, ... t*非煤矿区生态修复项目活动开始后的年数 (年)

9.1 林木生物质碳储量变化量 ($\Delta C_{TREE_PROJ,t}$) 的事前估算

项目情景下林木生物质碳储量的变化, 应针对不同的项目碳层分别进行计算:

$$\Delta C_{TREE_PROJ,t} = \sum_i \frac{C_{TREE_PROJ,i,t_2} - C_{TREE_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

式中:

$\Delta C_{TREE_PROJ,t}$	项目情景下, 第 t 年项目边界内营造的林木生物质碳储量的变化量 (tCO ₂ -e a ⁻¹)
$C_{TREE_PROJ,i,t}$	项目情景下, 第 t 年 i 项目项目碳层林木生物质碳储量 (tCO ₂ -e)
t_1, t_2	两次监测或核查时间 (t_1 和 t_2)
T	项目开始后的年数, $t_1 \leq t \leq t_2$; 年 (a)
I	1, 2, 3……项目碳层

对于项目事前估计, 林木生物质碳储量 ($C_{TREE_PROJ,i,t}$) 可采用如下方法进行计算:

$$C_{TREE_PROJ,i,t} = \sum_{j=1} (V_{i,j,t} \cdot WD_j \cdot BEF_j \cdot N_{i,j,t} \cdot (1 + R_j) \cdot CF_j) \cdot \frac{44}{12} \quad (4)$$

式中:

$C_{TREE_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层林木生物质碳储量 (t CO ₂)
$V_{i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层树种 j 的平均单株材积 (m ³ .株 ⁻¹)
$N_{i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层树种 j 的株数。该株数须考虑种植的成活率、保存率和枯损率。

WD_j	树种 j 的木材密度 (t d.m.m ⁻³) ⁴
BEF_j	将树种 j 的树干生物量转化为地上生物量的生物量扩展因子 (无量纲)
R_j	树种 j 地下生物量与地上生物量之比 (无量纲)
CF_j	树种 j 的含碳率 (t C (t d.m.) ⁻¹)
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 与 C 的分子量之比 (无量纲)

对于事前估计, 栽植后的前三年按当地类似条件下种植的存活率和保存率计算。以后每年按一定的枯损率计算; 或按林分成熟后针叶树 60 株/亩, 阔叶树 50 株/亩, 计算平均枯损率。单株材积根据当地单木生长方程计算。

对于项目事后估计, 采用第 III 部分的监测程序进行计算。如果采用大苗 (胸径大于或等于 5cm), 则应扣除栽植时苗木的生物物质碳储量, 只计算栽植后林木生物物质碳储量的变化。

9.2 灌木生物物质碳储量的变化量 ($\Delta C_{SHRUB_PROJ,t}$)⁵

对于事前计量, 可假定灌木生物物质碳储量变化为零。对事后监测和计量, 根据灌木盖度对项目边界内的灌木生物量进行分层, 并估算每层灌木生物物质碳储量。假定一段时间内 (第 t_1 至 t_2 年) 灌木生物量的变化是线性的, 灌木生物物质碳储量的年变化量 ($\Delta C_{SHRUB_PROJ,t}$) 计算如下:

$$\Delta C_{SHRUB_PROJ,t} = \sum_i \left(\frac{C_{SHRUB_PROJ,i,t_2} - C_{SHRUB_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1} \right) \quad (5)$$

式中:

$\Delta C_{SHRUB_PROJ,t}$	项目情景下, 第 t 年灌木生物物质碳储量的年变化量 (t CO ₂ -e a ⁻¹)
$C_{SHRUB_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层灌木生物物质碳储量 (t CO ₂ -e)
I	1,2,3,……项目碳层
T	1,2,3,……自项目开始以来的年数
t_1, t_2	项目开始以后的第 t_1 年和第 t_2 年, 且 $t_1 \leq t \leq t_2$

采用下式计算第 t 年 i 项目碳层内灌木生物物质碳储量:

$$C_{SHRUB_PROJ,i,t} = B_{SHRUB_PROJ,i,t} \cdot (1 + R_s) \cdot A_{SHRUB_PROJ,i,t} \cdot CF_s \cdot \frac{44}{12} \quad (6)$$

式中:

⁴ t d.m 指吨干重, 下同。

⁵ 参考“CDM 造林再造林项目活动林木和灌木碳储量及其变化的估算工具”

$B_{SHRUB_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层灌木的平均每公顷地上生物量 (t d.m.hm ⁻²)
R_s	灌木的地下生物量与地上生物量之比 (无量纲)
$A_{SHRUB_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层的面积 (hm ²)
CF_s	灌木生物量中的含碳率 (t C (t d.m.) ⁻¹)
I	1,2,3,……项目碳层
T	1,2,3,……自项目开始以来的年数
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 与 C 的分子量之比 (无量纲)

灌木平均每公顷生物量的估算方法如下:

- 灌木盖度 < 5% 时, 灌木平均每公顷生物量视为 0;
- 灌木盖度 ≥ 5% 时, 按下列方式进行估算:

$$B_{SHRUB_PROJ,i,t} = BDR_{SF} \cdot B_{FOREST} \cdot CC_{SHRUB_PROJ,i,t} \quad (7)$$

式中:

BDR_{SF}	灌木盖度为 1.0 时的每公顷灌木生物量与拟议项目所在地区完全郁闭森林每公顷地上生物量之比 (无量纲)
B_{FOREST}	拟议项目所在地区完全郁闭的森林平均每公顷地上生物量 (t d.m. hm ²)
$CC_{SHRUB_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层的灌木盖度, 以小数表示 (如盖度为 10%, 则 $CC_{SHRUB_PROJ,i,t} = 0.10$) (无量纲)
I	1,2,3,……项目碳层
T	1,2,3,……自项目开始以来的年数

9.3 枯死木碳储量的变化量⁶

枯死木碳储量的变化量, 采用缺省因子法进行计算。假定一段时间内枯死木碳储量的年变化量为线性, 一段时间内枯死木碳储量的平均年变化量计算如下:

$$\Delta C_{DW_PROJ,t} = \sum_i \frac{C_{DW_PROJ,i,t_2} - C_{DW_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

$$C_{DW_PROJ,i,t} = DF_{DW} \cdot C_{TREE_PROJ,i,t} \quad (9)$$

式中:

$\Delta C_{DW_PROJ,t}$	第 t 年 i 项目碳层枯死木碳储量的年变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$C_{DW_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层枯死木碳储量 (t CO ₂)
t_1, t_2	项目开始以后的第 t_1 年和第 t_2 年, 且 $t_1 \leq t \leq t_2$
$C_{TREE_PROJ,i,t}$	第 t 年 i 项目碳层林木生物质碳储量 (t CO ₂)

⁶ 参考“CDM 造林再造林项目活动枯死木和枯落物碳储量及其变化的估算工具(V03.0)”

DF_{DW} 枯死木林木碳储量占林木生物质碳储量的百分比 (%)

9.4 枯落物碳储量的变化量 ($\Delta C_{LI_PROJ,t}$)⁶

假定一段时间内枯落物碳储量的年变化量为线性，对于事前和事后估计，一段时间内枯落物碳储量的平均年变化量采用下式计算：

$$\Delta C_{LI_PROJ,t} = \sum_i \left(\frac{C_{LI_PROJ,i,t_2} - C_{LI_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1} \right) \quad (10)$$

$$C_{LI_PROJ,i,t} = \sum_{j=1} (B_{TREE_AGB,PROJ,i,j,t} \cdot DF_{LI,j} \cdot CF_{LI,j}) \cdot \frac{44}{12} \quad (11)$$

式中：

$DF_{LI,j}$	树种 (组) j 林分枯落物干重 (t d.m.hm ⁻²) 占林分单位面积地上生物量干重 (t d.m.hm ⁻²) 的百分比 (%)
$B_{TREE_AGB,PROJ,i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种 (组) 林木地上生物量 (t d.m)。
$CF_{LI,j}$	j 树种 (组) 枯落物含碳率 (t C (t d.m.) ⁻¹)
t_1, t_2	项目开始以后的第 t_1 年和第 t_2 年，且 $t_1 \leq t \leq t_2$
i	1, 2, 3, …, 项目碳层
j	树种 (组)

9.5 土壤有机碳储量的变化量 ($\Delta C_{SOC_AL,t}$)

采用缺省方法估算土壤有机碳储量的变化量。由于修复地立地条件通常较差，植被生长慢，因此假定生态修复活动开始后 5 年内土壤碳没有变化，即 $\Delta C_{SOC_AL,t} = 0$ ；在 6~55 年间，项目情景下土壤有机碳储量的增加是线性的， $\Delta C_{SOC_AL,t} = 0.2 \text{ tC.hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。以后土壤有机碳不再增加，即 $\Delta C_{SOC_AL,t} = 0$ 。

9.6 项目边界内温室气体排放的估计

项目边界内的温室气体排放包括火灾引起的非 CO₂ 温室气体排放和石灰施用引起的 CO₂ 排放。

$$GHG_{E,t} = GHG_{E,FIRE,t} + GHG_{E,LIME,t}$$

式中：

$GHG_{E,t}$	项目情景下，第 t 年由项目活动引起的项目边界内的温室气体排放量 (tCO ₂ -e.a ⁻¹)
$GHG_{E,FIRE,t}$	第 t 年项目边界内发生的火灾引起的非 CO ₂ 温室气体排放量 (tCO ₂ -e.a ⁻¹)
$GHG_{E,LIME,t}$	第 t 年项目边界内施用石灰引起的 CO ₂ 排放量 (t CO ₂ .a ⁻¹)

9.7.1 火灾引起的非 CO₂ 温室气体排放

对于项目事前估计，由于无法预知项目边界内的火灾发生情况，因此可以不考虑火灾造成的项目边界内温室气体排放，即 $GHG_{E,FIRE,t} = 0$ 。对于项目事后估计，由于项目活动引起的项目边界内的温室气体排放的增加为⁷：

$$GHG_{E,FIRE,t} = GHG_{E,TREE,t} + GHG_{E,LI,t} \quad (12)$$

式中：

$GHG_{E,FIRE,t}$	第t年项目边界内火灾导致的生物质燃烧引起的非CO ₂ 温室气体排放的增加量(t CO ₂ -e.a ⁻¹)。
$GHG_{E,TREE,t}$	第t年项目边界内火灾导致的林木地上生物质燃烧引起的非CO ₂ 温室气体排放的增加量(t CO ₂ -e.a ⁻¹)。
$GHG_{E,LI,t}$	第t年项目边界内火灾导致的枯落物燃烧引起的非CO ₂ 温室气体排放的增加量(t CO ₂ -e.a ⁻¹)。
t	1, 2, 3, ... t^* 非煤矿区生态修复项目活动开始后的年数(年)

使用最近一次项目核查时各碳层林木地上生物量数据和燃烧因子，计算火灾引起林木地上生物质燃烧造成的非 CO₂ 温室气体排放。第一次核查时，无论自然或人为原因引起火灾，其非 CO₂ 温室气体排放量都假定为 0。

$$GHG_{E,TREE,t} = 0.001 \cdot \sum_i A_{burn,i,t} \cdot b_{TREE,i,t_{last}} \cdot COMF \cdot (EF_{CH_4} \cdot GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \cdot GWP_{N_2O}) \quad (13)$$

式中：

$GHG_{E,TREE,t}$	第t年项目边界内火灾导致的林木地上生物质燃烧引起的非CO ₂ 温室气体排放的增加量(t CO ₂ -e.a ⁻¹)。
$A_{burn,i,t}$	第t年i项目碳层发生火灾的面积 (hm ²)
$b_{TREE,i,t_{last}}$	火灾发生前，项目最近一次核查时第i项目碳层的林木地上生物量 (t d.m hm ⁻²)，详见 9.1 节。如果只是发生地表火，则 $b_{TREE,i,t_{last}}$ 设定为 0。
$COMF$	林木燃烧系数 (无量纲)
EF_{CH_4}	CH ₄ 排放因子 (g CH ₄ (kg 燃烧的干物质) ⁻¹)
EF_{N_2O}	N ₂ O 排放因子 (g N ₂ O (kg 燃烧的干物质) ⁻¹)
GWP_{CH_4}	CH ₄ 的全球增温潜势，用于将 CH ₄ 转换成 CO ₂ 当量，IPCC 缺省值为 25
GWP_{N_2O}	N ₂ O 的全球增温潜势，用于将 N ₂ O 转换成 CO ₂ 当量，IPCC 缺省值为 298
i	1, 2, 3……第i项目碳层

⁷参考“CDM 造林再造林项目活动导致的生物质燃烧引起的非 CO₂ 温室气体排放的估算工具”

t 1, 2, 3……项目开始以后的年数；年 (a)
 0.001 将 kg 转换成 t 的常数

火灾引起枯落物燃烧造成的非 CO₂ 温室气体排放，应使用最近一次核查的枯落碳储量来计算。第一次核查时由于火灾导致枯落物燃烧引起的非 CO₂ 温室气体排放量设定为 0，之后核查时的非 CO₂ 温室气体排放量采用下式计算：

$$GHG_{E_LI,t} = 0.07 \cdot \frac{44}{12} \cdot \sum_i A_{burn,i,t} \cdot C_{LI,i,t_{last}} \quad (14)$$

式中：

$GHG_{E,LI,t}$ 第 t 年项目边界内火灾导致的枯落物燃烧引起的非 CO₂ 温室气体排放的增加量 (t CO₂-e.a⁻¹)。
 $A_{burn,i,t}$ 第 t 年 i 项目碳层发生火烧的面积 (hm²)
 $C_{LI,i,t_{last}}$ 火灾发生前，项目最近一次核查时第 i 项目碳层的枯落物单位面积碳储量，使用第 9.4 节的方法计算 (t CO₂-e.hm⁻²)
 i 1, 2, 3……第 i 项目碳层
 t 1, 2, 3……项目开始以后的年数；年 (a)
 0.07 常数，非 CO₂ 排放量占 CO₂ 排放量的比例

9.7.2 石灰施用引起的 CO₂ 排放

施用石灰可以降低土壤酸性，有效缓解铝和其他重金属的毒害，补充 Ca、Mg 营养，改善土壤结构，提高土壤的生物活性和养分循环能力，从而改善植物营养和生长状况。石灰的种类有生石灰 (CaO)、熟石灰 (Ca(OH)₂) 以及白云石和方解石粉 (CaCO₃) 和白云石粉 (CaMg(CO₃)₂)。不同种类的石灰对土壤改良作用不同，对土壤酸性的中和作用也不同，生石灰最强，熟石灰次之，然后是石灰石、方解石和白云石粉。我国主要以熟石灰为主，某些情况下也施用生石灰，或几类石灰混合施用。由于施用生石灰和熟石灰均不产生 CO₂ 排放，因此，只考虑施用石灰石、方解石和白云石粉引起的 CO₂ 排放。

虽然使用石灰石、方解石和白云石粉的效应一般持续数年，但根据 IPCC 方法学，假定使用石粉引起的 CO₂ 排放全部发生在施用当年。采用下式计算：

$$GHG_{E_LIME,t} = (M_{Limestone,t} \cdot EF_{Limestone} + M_{Dolomite,t} \cdot EF_{Dolomite}) \cdot \frac{44}{12} \quad (15)$$

式中：

$GHG_{E,LIME,t}$ 第 t 年项目边界内使用石灰引起的 CO₂ 排放量 (t CO₂.a⁻¹)
 $M_{Limestone,t}$ 第 t 年使用的石灰石和方解石石粉的量 (t.a⁻¹)

$M_{Dolomite,t}$	第 t 年使用的白云石石粉的量 (t.a ⁻¹)
$EF_{Limestone}$	使用石灰石和方解石石粉的排放因子 (tC.(t 石灰石和方解石粉) ⁻¹)，取值 0.12。
$EF_{Dolomite}$	使用白云石石粉的排放因子 (tC.(t 白云石石粉) ⁻¹)，取值 0.122。
T	1, 2, 3……项目开始以后的年数；年 (a)

10. 泄漏

由于矿山废弃地几乎无利用价值，因此无潜在的基线土地利用活动转移泄漏。但是，绝大部分矿山废弃地缺乏土壤基质，需要进行土地整治，填埋客土。从项目边界外挖取客土，会造成项目边界外的碳排放，引起泄漏。同时，由于运输客土的量较大，运输工具使用也会引起的明显的温室气体排放。因此，非煤矿区生态修复活动的潜在泄漏为：

$$LK_t = LK_{SD,t} + LK_{Vehicle,t} \quad (16)$$

式中：

LK_t	第 t 年由项目活动引起的项目边界外的温室气体排放的增加量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$LK_{SD,t}$	第 t 年由项目活动引起的客土使用引起的 CO ₂ 排放的增加量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$LK_{Vehicle,t}$	第 t 年由项目活动引起的、从项目边界外运输客土和石灰的运输工具引起的温室气体排放的增加量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
t	1, 2, 3……项目开始以后的年数；年 (a)

10.1 客土使用引起的 CO₂ 排放的估算

客土使用引起的 CO₂ 排放，是指从项目边界外挖取客土，对客土原地的扰动而引起的有关碳库中碳储量的减少。

$$LK_{SD,t} = LK_{TREE,t} + LK_{SHRUB,t} + LK_{SOC,t} \quad (17)$$

$$LK_{TREE,t} = B_{FOREST} \cdot (1 + R_{FOREST}) \cdot A_{LK,t} \cdot CF_{FOREST} \cdot \frac{44}{12} \quad (18)$$

$$LK_{SHRUB,t} = B_{SHRUB_LK,t} \cdot (1 + R_S) \cdot A_{LK,t} \cdot CF_s \cdot \frac{44}{12} \quad (19)$$

$$LK_{SOC,t} = \sum_k SOC_{REF,k} \cdot A_{LK,k,t} \cdot C_d \cdot \frac{44}{12} \quad (20)$$

式中：

$LK_{SD,t}$	第 t 年由项目活动引起的客土使用引起的 CO ₂ 排放的增加量(t CO ₂ -e.a ⁻¹)
-------------	--

$LK_{TREE,t}$	第 t 年客土使用引起的林木生物质碳储量的减少量($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$LK_{SHRUB,t}$	第 t 年客土使用引起的灌木生物质碳储量的减少量($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$LK_{SOC,t}$	第 t 年客土使用引起的土壤有机碳储量的减少量($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
B_{FOREST}	拟议项目所在地区完全郁闭的森林平均每公顷地上生物量($t \text{ d.m. hm}^{-2}$)
R_{FOREST}	拟议项目所在地区森林地下生物量与地上生物量之比(无量纲), 取缺省值 0.25
CF_{FOREST}	拟议项目所在地区森林生物量中的含碳率 ($t \text{ C (t d.m.)}^{-1}$), 取缺省值 0.47
$A_{LK,t}$	第 t 年客土挖取破坏的土地面积 (hm^2), $A_{LK,t} = \sum_k A_{LK,k,t}$
$A_{LK,k,t}$	第 t 年客土挖取破坏的 k 类土地面积 (hm^2)
$B_{SHRUB_LK,t}$	第 t 年客土挖取地灌木的平均每公顷地上生物量 ($t \text{ d.m.hm}^{-2}$)。灌木盖度 $<5\%$ 时, 灌木平均每公顷生物量视为 0; 灌木盖度 $\geq 5\%$ 时, 采用公式 (7) 计算。
R_s	灌木的地下生物量与地上生物量之比 (无量纲)
CF_s	灌木生物量中的含碳率 ($t \text{ C (t d.m.)}^{-1}$)
$SOC_{REF,k}$	与客土原位所在地具有相似气候、土壤条件的当地自然植被 (如当地未退化的、未利用土地上的自然植被) 下土壤有机碳储量的参考值 ($t \text{ C.hm}^{-2}$)
C_d	土壤碳排放比例 (无量纲), 缺省值为 0.20。
k	地类/植被类型
t	1,2,3,……自项目开始以来的年数
$\frac{44}{12}$	CO_2 与 C 的分子量之比 (无量纲)

如果项目参与方能提供透明的、可核实的信息, 证明客土来自附近工矿或建设项目挖掘出的土壤, 则 $LK_{SD,t} = 0$ 。

10.2 客土运输引起的温室气体排放的估算

运输客土和石灰的工具可能包括轻型卡车、重型卡车、农用三轮车、农用四轮车等, 耗油种类也可能不同。根据下式计算运输工具使用引起的温室气体排放:

$$LK_{Vehicle,t} = \sum_f (EF_{CO_2,f} \cdot NCV_f \cdot FC_{f,t}) \cdot 0.001 \quad (21)$$

$$FC_{f,t} = \sum_v (MT_{f,v,t} / TL_{f,v}) \cdot 2 \cdot AD_{f,v} \cdot SECK_{f,v} \quad (22)$$

式中:

$LK_{vehicle,t}$	第 t 年项目边界外运输引起的 CO_2 排放 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$EF_{CO_2,f}$	f 类燃油的 CO_2 排放因子 ($\text{kg CO}_2\text{-e.GJ}^{-1}$)
NCV_f	f 类燃油的热值 (GJ.l^{-1})

$FC_{f,t}$	第 t 年 f 类燃油消耗量 (l)
$MT_{f,v,t}$	第 t 年 f 类燃油 v 类车辆运输物资的总量 (m^3 或 t)
$TL_{f,v}$	f 类燃油 v 类车辆平均装载量 (m^3 /辆或 t/辆)
$AD_{f,v}$	f 类燃油 v 类车辆单程运输距离 (km)
$SECK_{f,v}$	f 类燃油 v 类车辆的单位耗油量 ($l.km^{-1}$)
V	车辆种类
F	燃油种类
T	项目开始后的年数 (a)

11. 项目减排量

非煤矿区生态修复项目活动引起的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，即：

$$\Delta C_{AR-CHINA,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad (23)$$

式中：

$\Delta C_{AR-CHINA,t}$	第 t 年项目减排量 ($t CO_2-e.a^{-1}$)
$\Delta C_{ACTUAL,t}$	第 t 年项目碳汇量 ($t CO_2-e.a^{-1}$)
$\Delta C_{BSL,t}$	第 t 年基线碳汇量 ($t CO_2-e.a^{-1}$)
LK_t	第 t 年项目活动引起的泄漏量 ($t CO_2-e.a^{-1}$)
t	1, 2, 3, ... t^* 非煤矿区生态修复项目活动开始后的年数(年)

第 III 部分.监测程序

除非下面的监测变量表中另有要求，所有数据，包括本方法学所用工具中要求的监测项，均须按相关标准进行全面监测和测定。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。

1. 项目实施监测

1.1 基线碳汇量的监测

基线碳汇量在事前确定，计入期内不再对其进行监测。

1.2 项目边界的监测

- 采用全球定位系统（GPS）、北斗卫星导航系统（Compass）或其他卫星导航系统，进行单点定位或差分技术直接测定项目地块边界的拐点坐标。也可利用高分辨率的地理空间数据（如卫星影像、航片），在地理信息系统（GIS）辅助下直接读取项目地块的边界坐标。在监测报告中说明使用的坐标系，使用仪器设备的精度；
- 检查实际边界坐标是否与非煤矿区生态修复项目设计文件中描述的边界一致；
- 如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之外，则位于项目设计文件确定的边界外的部分将不计入项目边界中；如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之内，则以实际边界为准；
- 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；
- 在计入期内须对项目边界进行定期监测。

1.3 非煤矿区生态修复活动的监测

- 土地整治和整地的监测：时间、地点（边界）、面积、整治和整地的方式和规格；
- 生态修复和管护活动监测：生态修复和管护的方式、时间、地点、面积、树种等；
- 经营管理监测：采伐、松土、除草、施肥等活动的时间和地点；
- 确保复垦各项活动符合本方法学的适用条件。

项目参与方须在项目文件中描述，项目的生态修复活动及其监测，符合相关的技术要求和调查技术规范。项目参与方在其监测活动中须制定标准操作程序（SOP）及质量保证和质量控制程序（QA/QC），包括野外数据的采集、数据记录、管理和存档。最好是采用国家森林资源清查或林业规划设计调查中的程序。

2. 抽样设计和碳层划分

2.1 碳层更新

由于下述原因，每次监测时须对事前或上一次监测划分的碳层进行更新：

- 实际的非煤矿区生态修复活动（如植被恢复时间和植物种类配置）可能与项目设计发生偏离；
- 计入期内可能发生无法预计的干扰（如火灾、病虫害），从而增加碳层内的变异性；
- 经营管理活动（如采伐、施肥、土地利用方式变化）活动影响了项目碳层内的均一性；
- 过去的监测发现层内碳储量和碳储量变化的变异性：可将变异性太大的碳层细分为两个或多个碳层，或者将碳储量和碳储量变化及其变异性相近的两个或多个碳层合并为一个碳层；
- 某些事前或前一次监测划分的碳层可能不复存在。

2.2 抽样设计

林木生物质碳储量必须基于样木的测定。枯死木、枯落物、土壤碳不需进行野外测定，直接采用上述相关方法（9.1、9.3~9.5）进行计算。项目参与方须基于样木的测定，采用碳储量变化法，测定和估计林木生物质碳库中碳储量的变化。

在每一碳层，分别计点各树种的林木株数，抽取株数按下式确定：

$$n_{i,j} = \sqrt{N_{i,j}} \quad (24)$$

式中：

$n_{i,j}$	第 t 年 i 项目碳层（或地块） j 树种的样木株数（株）。当 $n_{i,j} < 30$ ，则 $n_{i,j}=30$ ；当 $N_{i,j} < 30$ 时， $n_{i,j}=N_{i,j}$ 。
$N_{i,j}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种的总株数（株）。为保守起见，首次监测时为种植株数，以后监测时为前一次监测获得的总株数。

基于不同的碳层和树种，采用分层抽样的方法，样木的选择可采取随机起点系统抽样的方式。例如，某碳层内树种 j 的总株数为 10000 株，则从 10000 株中随机抽取一株作为第一株样木，然后按一定的方向以每隔 99 株该树种林木作为抽取的样木，共 100 株。项目参与方须确定首次监测和核查的时间以及间隔期。监测和核查的间隔期为 3~10 年。项目参与方也可采用随机抽样的方式抽取样木。

2.3 林木生物质碳储量变化测定

林木生物质碳储量的测定和计算步骤如下⁸：

⁸参考“CDM 造林再造林项目活动林木和灌木碳储量及其变化的估算工具”

第一步：分别每个碳层和树种测定样木的胸径（ $DBH_{i,j,k,t}$ ）和高度（ $H_{i,j,k,t}$ ）。起测胸径为 2cm，如果不到起测胸径，则保守地假定为零。项目边界内原有的散生木（如果有）不包括在测定的范围内。

第二步：利用单木地上生物量方程（ $f_{AB,j}(DBH,H)$ ）计算每株样木的生物物质碳储量。

$$C_{TREE,i,j,k,t} = f_{AB,j}(DBH_{i,j,k,t}, H_{i,j,k,t}) \cdot (1 + R_j) \cdot CF_j \cdot \frac{44}{12} \quad (25)$$

式中：

$C_{TREE,i,j,k,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种测定的 k 样木的生物物质碳储量（ $\text{kg CO}_2 \cdot \text{株}^{-1}$ ）
$DBH_{i,j,k,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种测定的 k 样木的胸径（ cm ）
$H_{i,j,k,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种测定的 k 样木的树高（ m ）
R_j	树种 j 地下生物量与地上生物量之比（无量纲）
CF_j	树种 j 的含碳率（ t C (t d.m.)^{-1} ）
$\frac{44}{12}$	CO_2 与 C 的分子量之比（无量纲）

各树种单木生物量方程详见附件。如果没有地上生物量方程，可用全株生物量方程直接计算全株林木的生物量，此时公式（25）中不再乘 $(1+R_j)$ 。如果没有合适的生物量方程，可通过材积公式，计算出单株材积，再按类似公式（4）的方法计算单株生物物质碳储量（ kg CO_2 ）。

第三步：计算碳层各树种平均单株碳储量和方差

$$C_{TREE,i,j,t} = \frac{\sum_{k=1}^K C_{TREE,i,j,k,t}}{n_{i,j,t}} \quad (26)$$

$$S_{i,j,t}^2 = \frac{n_{i,j,t} \cdot \sum_{k=1}^K C_{TREE,i,j,k,t}^2 - \left(\sum_{k=1}^K C_{TREE,i,j,k,t} \right)^2}{n_{i,j,t} \cdot (n_{i,j,t} - 1)} \quad (27)$$

式中：

$C_{TREE,i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种平均单株林木的生物物质碳储量（ $\text{kg CO}_2 \cdot \text{株}^{-1}$ ）
$C_{TREE,i,j,k,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种测定的 k 样木生物物质碳储量（ $\text{kg CO}_2 \cdot \text{株}^{-1}$ ）
$n_{i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层测定的 j 树种的样木株数（株）
$S_{i,j,t}^2$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种单株林木生物物质碳储量的方差($\text{kg CO}_2 \cdot \text{株}^{-1}$) ²
K	i 项目碳层 j 树种的样木总数

第四步：计算项目边界内单株林木生物物质碳储量及其方差：

$$C_{TREE,t} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J w_{i,j,t} \times C_{TREE,i,j,t} \quad (28)$$

$$S_{C_{TREE,t}}^2 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J w_{i,j,t}^2 \times \frac{S_{i,j,t}^2}{n_{i,j,t}} \quad (29)$$

$$w_{i,j} = \frac{N_{i,j,t}}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J N_{i,j,t}} \quad (30)$$

式中:

$C_{TREE,t}$	第 t 年项目边界内单株林木生物质碳储量 ($\text{kg CO}_2 \text{株}^{-1}$)
$w_{i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种的株数在项目总株数中的权重 (无量纲)
$C_{TREE,i,j,t}$	第 t 年 i 项目碳层 j 树种单株林木生物质碳储量 ($\text{kg CO}_2 \text{株}^{-1}$)
$S_{C_{TREE,t}}^2$	第 t 年时项目单株林木生物质碳储量的方差 ($\text{kg CO}_2 \text{株}^{-1}$) ²
$S_{i,j,t}^2$	第 t 年时 i 项目碳层 j 树种单株林木生物质碳储量的方差 ($\text{kg CO}_2 \text{株}^{-1}$) ²
$N_{i,j,t}$	第 t 年时 i 项目碳层 j 树种的株数 (株)

第五步: 计算项目边界内林木生物质碳储量:

$$C_{TREE,PROJ,t} = N_t \times C_{TREE,t} / 1000 \quad (31)$$

式中:

$C_{TREE,PROJ,t}$	第 i 年项目边界内林木生物质碳储量 (t CO_2)
N_t	项目林木总株数 (株), $N_t = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^J N_{i,j,t}$
$C_{TREE,t}$	第 t 年项目边界内单株林木生物质碳储量 ($\text{kg CO}_2 \text{株}^{-1}$)

第六步: 计算项目单株林木生物质碳储量的不确定性:

$$UNC_{TREE,t} = \frac{t_{VAL} \times S_{C_{TREE,t}}}{C_{TREE,t}} \quad (32)$$

式中:

$UNC_{TREE,t}$	以抽样调查的相对误差限 (%) 表示的项目单株林木生物质碳储量的不确定性 (%)
t_{VAL}	可靠性指标: 通过危险率 (1-置信度) 和自由度 (N-M) 查 t 分布的双侧分位数表, 其中 N 为项目样本总数, M 为项目碳层数量。例如: 置信度 90%, 自由度为 45 时的可靠性指标可在 excel 中用 “=TINV(0.10,45)” ⁹ 计算得到 1.6794。

⁹在 EXCEL 2010 中采用了 T.INV.2T(), 而不是 TINV()。

$S_{C_{TREE,t}}$ 项目单株林木生物质碳储量的方差的平方根，即平均值的标准误（kg CO₂株⁻¹）。

2.4 灌木生物质碳储量变化测定

采用目视方法，测定每个碳层灌木平均盖度，然后根据 9.2 节的方法计算灌木生物质碳储量及其变化量。

3. 精度控制和校正

本方法学仅要求对营造的林木生物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。如果不确定性 $UNC_{TREE,t} > 10\%$ ，项目参与方可通过增加样木数量，从而使测定结果达到精度要求，也可以选择下述打折的方法。

$$\Delta C_{TREE,PROJ,t_1,t_2} = (C_{TREE,PROJ,t_2} - C_{TREE,PROJ,t_1}) \times (1 - DR) \quad (33)$$

式中：

$\Delta C_{TREE,PROJ,t_1,t_2}$ 时间区间 $t_1 - t_2$ 内林木生物质碳储量的变化量(t CO₂-e)

$C_{TREE,PROJ,t_1}$ 时间为 t_1 时林木生物质碳储量(t CO₂-e)

$C_{TREE,PROJ,t_2}$ 时间为 t_2 时林木生物质碳储量(t CO₂-e)

DR 根据项目的不确定性确定的调减因子 (%)

调减因子表

不确定性 $UNC_{BAMBOO,t}$ (%)	DR (%) ¹⁰	
	$(C_{TREE,PROJ,t_2} - C_{TREE,PROJ,t_1}) > 0$	$(C_{TREE,PROJ,t_2} - C_{TREE,PROJ,t_1}) < 0$
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%	增加监测样木数量	

4. 不需监测的数据和参数（采用的缺省值或一次性测定值）

数据/参数	$f_j(DBH, H)$
单位:	Kg d.m. 株 ⁻¹
应用的公式编号:	(25)
描述:	树种 j 单木生物量方程
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的方程; (b) 从附件中选择适宜于项目区的方程。

¹⁰根据 AR-ACM0003 调整。

测定步骤（如果有）	不适用
说明：	

数据/参数	WD_j		
单位：	t d.m. m ⁻³		
应用的公式编号：	(4)		
描述：	树种 j 的木材密度		
数据源：	<p>数据源优先选择次序为：</p> <p>(a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的数据；</p> <p>(b) 省级分别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>		
	树种（组）	WD_j	树种（组）
	桉树	0.578	泡桐
	柏木	0.478	其它杉类
	檫木	0.477	其它松类
	池杉	0.359	软阔类
	赤松	0.414	杉木
	榎树	0.420	湿地松
	枫香	0.598	水胡黄
	高山松	0.413	水杉
	国外松	0.424	思茅松
	黑松	0.493	铁杉
	红松	0.396	桐类
	华山松	0.396	相思
	桦木	0.541	杨树
	火炬松	0.424	硬阔类
	阔叶混	0.482	油杉
	冷杉	0.366	油松
	栎类	0.676	榆树
	楝树	0.443	云南松
	柳杉	0.294	云杉
	柳树	0.443	杂木
	落叶松	0.490	樟树
	马尾松	0.380	樟子松
	木荷	0.598	针阔混
	木麻黄	0.443	针叶混
	楠木	0.477	紫杉
	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。		
测定步骤（如果有）	不适用		
说明：			

数据/参数	R_j			
单位:	无量纲			
应用的公式编号:	(4)			
描述:	树种 j 的地下生物量与地上生物量之比			
数据源:	数据源优先选择次序为:			
	(a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的数据; (b) 省级基于树种的数据 (如省级温室气体清单编制中的数据); (c) 从下表中选择缺省值:			
	树种 (组)	R_j	树种 (组)	R_j
	桉树	0.221	泡桐	0.247
	柏木	0.220	其它杉类	0.277
	檫木	0.270	其它松类	0.206
	池杉	0.435	软阔类	0.289
	赤松	0.236	杉木	0.246
	椴树	0.201	湿地松	0.264
	枫香	0.398	水胡黄	0.221
	高山松	0.235	水杉	0.319
	国外松	0.206	思茅松	0.145
	黑松	0.280	铁杉	0.277
	红松	0.221	桐类	0.269
	华山松	0.170	相思	0.207
	桦木	0.248	杨树	0.227
	火炬松	0.206	硬阔类	0.261
	阔叶混	0.262	油杉	0.277
	冷杉	0.174	油松	0.251
	栎类	0.292	榆树	0.621
	楝树	0.289	云南松	0.146
	柳杉	0.267	云杉	0.224
	柳树	0.288	杂木	0.289
	落叶松	0.212	樟树	0.275
	马尾松	0.187	樟子松	0.241
	木荷	0.258	针阔混	0.248
木麻黄	0.213	针叶混	0.267	
楠木	0.264	紫杉	0.277	
	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。			
测定步骤 (如果有)	不适用			
说明:	萌芽林的地下生物量与地上生物量之比通常高于通过人工种植营造的林分, 特别是在萌芽的最初 5 年, 并随年龄的增加呈递减趋势。这种情况下进行碳计量时, 采伐林木的地下生物物质碳储量可不计为排放, 而计为采伐前的量, 并维持不变, 直到重新植苗造林更新为止。			

数据/参数	CF_j			
单位:	$t C (t d.m.)^{-1}$			
应用的公式编号:	(4)			
描述:	树种 j 的含碳率			
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) 省级分别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)	CF_j	树种 (组)	CF_j
	桉树	0.525	泡桐	0.470
	柏木	0.510	其它杉类	0.510
	檫木	0.485	其它松类	0.511
	池杉	0.503	软阔类	0.485
	赤松	0.515	杉木	0.520
	椴树	0.439	湿地松	0.511
	枫香	0.497	水胡黄	0.497
	高山松	0.501	水杉	0.501
	国外松	0.511	思茅松	0.522
	黑松	0.515	铁杉	0.502
	红松	0.511	桐类	0.470
	华山松	0.523	相思	0.485
	桦木	0.491	杨树	0.496
	火炬松	0.511	硬阔类	0.497
	阔叶混	0.490	油杉	0.500
	冷杉	0.500	油松	0.521
	栎类	0.500	榆树	0.497
	楝树	0.485	云南松	0.511
	柳杉	0.524	云杉	0.521
	柳树	0.485	杂木	0.483
	落叶松	0.521	樟树	0.492
	马尾松	0.460	樟子松	0.522
	木荷	0.497	针阔混	0.498
	木麻黄	0.498	针叶混	0.510
楠木	0.503	紫杉	0.510	
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。				
测定步骤 (如果有)	不适用			
说明:				

数据/参数	BEF_j
数据单位	无量纲
应用的公式编号	(4)
描述	树种 j 的生物量扩展因子, 用于将树干生物量转换为地上生物量
数据源	数据源优先顺序: (a) 项目参与方测定的当地相关树种的参数 (需提供透明和可核实的资料来证明);

	<p>(b) 现有的、公开发表的、当地的或相似生态条件下的数据；</p> <p>(c) 省级的数据（如省级温室气体清单）；</p> <p>(d) 国家级的数据（如国家温室气体清单），见下表：</p> <p style="text-align: center;">中国主要优势树种（组）生物量扩展因子（<i>BEF</i>）参考值</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>优势树种(组)</th> <th><i>BEF_j</i></th> <th>优势树种(组)</th> <th><i>BEF_j</i></th> <th>优势树种(组)</th> <th><i>BEF_j</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>桉树</td><td>1.263</td><td>楝树</td><td>1.586</td><td>铁杉</td><td>1.667</td></tr> <tr><td>柏木</td><td>1.732</td><td>柳杉</td><td>2.593</td><td>桐类</td><td>1.926</td></tr> <tr><td>檫木</td><td>1.483</td><td>柳树</td><td>1.821</td><td>相思</td><td>1.479</td></tr> <tr><td>池杉</td><td>1.218</td><td>落叶松</td><td>1.416</td><td>杨树</td><td>1.446</td></tr> <tr><td>赤松</td><td>1.425</td><td>马尾松</td><td>1.472</td><td>硬阔类</td><td>1.674</td></tr> <tr><td>椴树</td><td>1.407</td><td>木荷</td><td>1.894</td><td>油杉</td><td>1.667</td></tr> <tr><td>枫香</td><td>1.765</td><td>木麻黄</td><td>1.505</td><td>油松</td><td>1.589</td></tr> <tr><td>高山松</td><td>1.651</td><td>楠木</td><td>1.639</td><td>榆树</td><td>1.671</td></tr> <tr><td>国外松</td><td>1.631</td><td>泡桐</td><td>1.833</td><td>云南松</td><td>1.619</td></tr> <tr><td>黑松</td><td>1.551</td><td>其它杉类</td><td>1.667</td><td>云杉</td><td>1.734</td></tr> <tr><td>红松</td><td>1.510</td><td>其它松类</td><td>1.631</td><td>杂木</td><td>1.586</td></tr> <tr><td>华山松</td><td>1.785</td><td>软阔类</td><td>1.586</td><td>樟树</td><td>1.412</td></tr> <tr><td>桦木</td><td>1.424</td><td>杉木</td><td>1.634</td><td>樟子松</td><td>2.513</td></tr> <tr><td>火炬松</td><td>1.631</td><td>湿地松</td><td>1.614</td><td>针阔混</td><td>1.656</td></tr> <tr><td>阔叶混</td><td>1.514</td><td>水胡黄</td><td>1.293</td><td>针叶混</td><td>1.587</td></tr> <tr><td>冷杉</td><td>1.316</td><td>水杉</td><td>1.506</td><td>紫杉</td><td>1.667</td></tr> <tr><td>栎类</td><td>1.355</td><td>思茅松</td><td>1.304</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p>来源：《中华人民共和国气候变化第二次国家信息通报》“土地利用变化与林业温室气体清单”（2013）</p>	优势树种(组)	<i>BEF_j</i>	优势树种(组)	<i>BEF_j</i>	优势树种(组)	<i>BEF_j</i>	桉树	1.263	楝树	1.586	铁杉	1.667	柏木	1.732	柳杉	2.593	桐类	1.926	檫木	1.483	柳树	1.821	相思	1.479	池杉	1.218	落叶松	1.416	杨树	1.446	赤松	1.425	马尾松	1.472	硬阔类	1.674	椴树	1.407	木荷	1.894	油杉	1.667	枫香	1.765	木麻黄	1.505	油松	1.589	高山松	1.651	楠木	1.639	榆树	1.671	国外松	1.631	泡桐	1.833	云南松	1.619	黑松	1.551	其它杉类	1.667	云杉	1.734	红松	1.510	其它松类	1.631	杂木	1.586	华山松	1.785	软阔类	1.586	樟树	1.412	桦木	1.424	杉木	1.634	樟子松	2.513	火炬松	1.631	湿地松	1.614	针阔混	1.656	阔叶混	1.514	水胡黄	1.293	针叶混	1.587	冷杉	1.316	水杉	1.506	紫杉	1.667	栎类	1.355	思茅松	1.304		
优势树种(组)	<i>BEF_j</i>	优势树种(组)	<i>BEF_j</i>	优势树种(组)	<i>BEF_j</i>																																																																																																								
桉树	1.263	楝树	1.586	铁杉	1.667																																																																																																								
柏木	1.732	柳杉	2.593	桐类	1.926																																																																																																								
檫木	1.483	柳树	1.821	相思	1.479																																																																																																								
池杉	1.218	落叶松	1.416	杨树	1.446																																																																																																								
赤松	1.425	马尾松	1.472	硬阔类	1.674																																																																																																								
椴树	1.407	木荷	1.894	油杉	1.667																																																																																																								
枫香	1.765	木麻黄	1.505	油松	1.589																																																																																																								
高山松	1.651	楠木	1.639	榆树	1.671																																																																																																								
国外松	1.631	泡桐	1.833	云南松	1.619																																																																																																								
黑松	1.551	其它杉类	1.667	云杉	1.734																																																																																																								
红松	1.510	其它松类	1.631	杂木	1.586																																																																																																								
华山松	1.785	软阔类	1.586	樟树	1.412																																																																																																								
桦木	1.424	杉木	1.634	樟子松	2.513																																																																																																								
火炬松	1.631	湿地松	1.614	针阔混	1.656																																																																																																								
阔叶混	1.514	水胡黄	1.293	针叶混	1.587																																																																																																								
冷杉	1.316	水杉	1.506	紫杉	1.667																																																																																																								
栎类	1.355	思茅松	1.304																																																																																																										
测定步骤	采用国家森林资源调查使用的标准操作规程（SOPs）。如果没有，可采用公开出版的相关技术手册或 IPCC GPG LULUCF 2003 中说明的 SOPs 程序。																																																																																																												
说明																																																																																																													

数据/参数	R_s
单位:	无量纲
应用的公式编号:	(6)
描述:	灌木地下生物量与地上生物量之比
数据源:	<p>数据源优先选择次序为：</p> <p>(a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的数据；</p> <p>(b) 省级基于灌木种的数据 (如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据)；</p> <p>(c) 国家级基于灌木种的数据 (如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据)。</p> <p>(d) 采用 IPCC 缺省值： 0.40</p>

测定步骤（如果有）	不适用
说明:	

数据/参数	CF_S
单位:	$t\ C\ (t\ d.m.)^{-1}$
应用的公式编号:	(6)
描述:	灌木生物量中的含碳率
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 当地分别灌木种（组）的数据; (b) 省级分别灌木种（组）的数据 (如省级温室气体清单); (c) 国家级分别灌木种（组）的数据 (如国家级温室气体清单); (d) 采用 IPCC 缺省值: $0.47\ t\ C\ (t\ d.m.)^{-1}$
测定步骤（如果有）	不适用
说明:	

数据/参数	BDR_{SF}
单位:	无量纲
应用的公式编号:	(7)
描述:	灌木盖度为 1.0 时的每公顷灌木生物量与拟议项目所在地区完全郁闭森林每公顷地上生物量之比
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 现有的、当地的或相似生态条件下的数据 (b) 国家级的数据 (如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据) (c) 使用缺省值 0.10
测定步骤（如果有）	不适用
说明:	

数据/参数	B_{FOREST}
单位:	$t\ d.m.\ hm^{-2}$
应用的公式编号:	(7)
描述:	拟议项目所在地区完全郁闭的森林林平均每公顷地上生物量
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 现有的、当地的或相似生态条件下的数据 (b) 国家级数据 (如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据)
测定步骤（如果有）	不适用
说明:	

数据/参数	DF_{DW}
单位:	%
应用的公式编号:	(9)

描述:	林分枯死木碳储量占林分生物质碳储量的百分比 (%)	
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的数据; (b) 采用下述缺省值:	
	区域	DF_{DW}
	东北内蒙 (辽宁、吉林、黑龙江和内蒙古东部)	3.51%
	华北中原 (北京、天津、河北、山西、山东、河南)	2.06%
	西北 (陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆和内蒙中西部)	3.11%
	华东华中华南 (上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南)	2.25%
	西南 (重庆、四川、贵州、云南、西藏)	1.88%
	数据来源: 1994-1998 和 1999-2003 两次国家森林资源清查林分蓄积与枯倒木蓄积。	
测定步骤 (如果有)	不适用	
说明:		

数据/参数	$DF_{L,j}$	
单位:	%	
应用的公式编号:	(11)	
描述:	树种 j 林分枯落物干重占林分地上生物量的百分比	
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的数据; (b) 国家级基于树种的数据 (如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据); (c) 采用下列缺省值:	
	树种	$DF_{L,j}$ (%)
	云杉、冷杉	9.12
	落叶松	27.55
	油松	9.83
	马尾松	
	其他松类 (包括思茅松、云南松、台湾松、赤松、黑松、高山松、长白松、火炬松、樟子松、华山松、湿地松、红松等)	8.52
	柏木	2.84
	杉木和其他杉类	4.96
	栎类	5.15
	其他硬阔类 (桦木、枫香、荷木、水胡黄、樟树、楠木等)	6.78
	杨树	10.63
	桉树	11.69

	相思	9.82
	其他软阔类（椴树、檫木、柳树、泡桐、楝树、木麻黄等）	8.40
测定步骤（如果有）	不适用	
说明：		

数据/参数	$CF_{L,j}$
单位：	$t\ C\ (t\ d.m.)^{-1}$
应用的公式编号：	(11)
描述：	j 树种（组）枯落物含碳率
数据源：	数据源优先选择次序为： (a) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于树种或树种组的数据； (b) 国家级基于树种的数据（如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据）； (c) 可采用 IPCC 缺省值：0.37
测定步骤（如果有）	不适用
说明：	

数据/参数	$COMF$
数据单位	无量纲
应用的公式编号	(13)
描述	林木燃烧系数
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) 使用缺省值：0.67
测定步骤	
说明	

数据/参数	EF_{CH_4}
数据单位	$g\ CH_4\ (kg\ 燃烧的干物质)^{-1}$
应用的公式编号	(13)
描述	CH_4 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) 省级或国家水平的适用于项目实施区的数据； (d) 采用缺省值：6.8
测定步骤	
说明	

数据/参数	EF_{N_2O}
数据单位	$g\ N_2O\ (kg\ 燃烧的干物质)^{-1}$

应用的公式编号	(13)
描述	N ₂ O 排放因子
数据源	应对数据来源进行选择，具体选择顺序如下： (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) 省级或国家水平的适用于项目实施区的数据； (d) 采用缺省值：0.26。
测定步骤	
说明	

数据/参数	$SOC_{REF,k}$																																																								
数据单位	t C.hm ⁻²																																																								
应用的公式编号	(20)																																																								
描述	与客土原位所在地具有相似气候、土壤条件的当地自然植被（如当地未退化的、未利用土地上的自然植被）下土壤有机碳储量的参考值																																																								
数据源	<p>数据源优先顺序：</p> <p>(a) 公开出版的与项目区条件相似的数据；</p> <p>(b) 国家相关资源调查数据 (如土壤普查、森林资源清查或温室气体国家清单)；</p> <p>(c) 从下表中选择缺省值：</p> <p>矿质土壤的土壤有机碳参考值 (t C hm⁻²，深度 0-30cm)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>地类/植被类型</th> <th>SOC_{REF}</th> <th>地类/植被类型</th> <th>SOC_{REF}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>热带常绿林、雨季雨林</td> <td>33.1</td> <td>温带落叶阔叶林</td> <td>65.5</td> </tr> <tr> <td>热带灌丛、矮林</td> <td>35.8</td> <td>温带针阔混交林</td> <td>62.5</td> </tr> <tr> <td>亚热带常绿阔叶林</td> <td>40.0</td> <td>温带疏林</td> <td>33.3</td> </tr> <tr> <td>亚热带常绿-落叶阔叶林混交林</td> <td>49.2</td> <td>温带灌丛</td> <td>46.4</td> </tr> <tr> <td>亚热带落叶阔叶林</td> <td>53.6</td> <td>温带灌木半灌木荒漠</td> <td>11.7</td> </tr> <tr> <td>亚热带常绿针叶林</td> <td>31.7</td> <td>温带高寒灌丛</td> <td>37.8</td> </tr> <tr> <td>亚热带针阔混交林</td> <td>50.3</td> <td>温带草原</td> <td>33.3</td> </tr> <tr> <td>亚热带矮林</td> <td>228.3</td> <td>温带荒漠草地</td> <td>10.2</td> </tr> <tr> <td>亚热带疏林</td> <td>36.9</td> <td>高寒草原草甸</td> <td>75.6</td> </tr> <tr> <td>亚热带灌丛</td> <td>39.9</td> <td>高寒荒漠</td> <td>20.8</td> </tr> <tr> <td>温带暗针叶林</td> <td>153.7</td> <td>荒漠</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>温带常绿针叶林</td> <td>67.9</td> <td>荒山荒地</td> <td>29.0</td> </tr> <tr> <td>温带落叶针叶林</td> <td>37.9</td> <td>旱地</td> <td>26.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>数据来源：根据全国第二次土壤普查数据整理。</p>	地类/植被类型	SOC_{REF}	地类/植被类型	SOC_{REF}	热带常绿林、雨季雨林	33.1	温带落叶阔叶林	65.5	热带灌丛、矮林	35.8	温带针阔混交林	62.5	亚热带常绿阔叶林	40.0	温带疏林	33.3	亚热带常绿-落叶阔叶林混交林	49.2	温带灌丛	46.4	亚热带落叶阔叶林	53.6	温带灌木半灌木荒漠	11.7	亚热带常绿针叶林	31.7	温带高寒灌丛	37.8	亚热带针阔混交林	50.3	温带草原	33.3	亚热带矮林	228.3	温带荒漠草地	10.2	亚热带疏林	36.9	高寒草原草甸	75.6	亚热带灌丛	39.9	高寒荒漠	20.8	温带暗针叶林	153.7	荒漠	2.7	温带常绿针叶林	67.9	荒山荒地	29.0	温带落叶针叶林	37.9	旱地	26.7
地类/植被类型	SOC_{REF}	地类/植被类型	SOC_{REF}																																																						
热带常绿林、雨季雨林	33.1	温带落叶阔叶林	65.5																																																						
热带灌丛、矮林	35.8	温带针阔混交林	62.5																																																						
亚热带常绿阔叶林	40.0	温带疏林	33.3																																																						
亚热带常绿-落叶阔叶林混交林	49.2	温带灌丛	46.4																																																						
亚热带落叶阔叶林	53.6	温带灌木半灌木荒漠	11.7																																																						
亚热带常绿针叶林	31.7	温带高寒灌丛	37.8																																																						
亚热带针阔混交林	50.3	温带草原	33.3																																																						
亚热带矮林	228.3	温带荒漠草地	10.2																																																						
亚热带疏林	36.9	高寒草原草甸	75.6																																																						
亚热带灌丛	39.9	高寒荒漠	20.8																																																						
温带暗针叶林	153.7	荒漠	2.7																																																						
温带常绿针叶林	67.9	荒山荒地	29.0																																																						
温带落叶针叶林	37.9	旱地	26.7																																																						
测定步骤	不适用																																																								
说明																																																									

数据/参数	EF_{CH_4}
数据单位	g CH ₄ (kg 燃烧的干物质) ⁻¹
应用的公式编号	(13)
描述	CH ₄ 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) 省级或国家水平的适用于项目实施区的数据； (d) 采用缺省值： 6.8
测定步骤	
说明	

数据/参数	$EF_{CO_2,f}$
数据单位	kg CO ₂ -e.GJ ⁻¹
应用的公式编号	(21)
描述	f 类燃油的 CO ₂ 排放因子
数据源	应对数据来源进行选择，具体选择顺序如下： (a) 所在省、市、自治区的数据（如省级温室气体清单）； (b) 国家温室气体清单中使用的适于项目地区的数据； (c) 采用 IPCC 缺省值：汽油： 67.5；柴油： 74.11。
测定步骤	
说明	

数据/参数	NCV_f
数据单位	GJ.l ⁻¹
应用的公式编号	(21)
描述	f 类燃油的热值
数据源	应对数据来源进行选择，具体选择顺序如下： (a) 所在省、市、自治区的数据（如省级温室气体清单）； (b) 国家温室气体清单中使用的适于项目地区的数据； (c) 采用缺省值：汽油： 0.059 GJ.l ⁻¹ ；柴油： 0.050 GJ.l ⁻¹ （《中国能源统计年鉴 2012》 p353 页）。
测定步骤	
说明	

5. 监测的数据和参数

数据/参数	$N_{i,j,t}$
单位:	株
应用的公式编号:	(30)、(31)
描述:	第 t 年时 i 项目碳层 j 树种的株数
数据源:	野外测定
测定步骤	采用国家森林资源清查、规划设计调查或作业设计调查使用的标准操作程序(SOP)。
监测频率:	首次核查后每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用国家森林资源清查、规划设计调查或作业设计调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序。
说明	

数据/参数	$DBH_{i,j,k,t}$
单位:	cm
应用的公式编号:	(25)
描述:	第 t 年 i 项目碳层 j 树种测定的 k 样木的胸径
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:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用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。
说明:	

数据/参数	$H_{i,j,k,t}$
单位:	m
应用的公式编号:	(25)
描述:	第 t 年 i 项目碳层 j 树种测定的 k 样木的树高
数据源:	野外样地测定。
测定步骤	采用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:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用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。
说明:	

数据/参数	$A_{SHRUB_PROJ\ i,t}$
单位:	hm ²
应用的公式编号:	(6)
描述:	t 年时 i 项目碳层灌木的面积
数据源:	野外测定
测定步骤	采用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:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用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。
说明:	

数据/参数	$CC_{SHRUB_PROJ\ i,t}$
单位:	无量纲
应用的公式编号:	(7)
描述:	第 t 年 i 项目碳层的灌木盖度
数据源:	野外测定
测定步骤 (如果有)	考虑到灌木生物量相对于林木生物量较小, 可采用简化的方法测定灌木盖度, 如样线方法、目测方法
频率	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序	采用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。
说明	

数据/参数	$A_{burn,i,t}$
数据单位	hm ²
应用的公式编号	(17)、(18)
描述	第 t 年第 i 层发生火灾的面积;
数据源	野外测量或者遥感监测
测定步骤	对发生火灾的区域边界进行定位,可采用地面 GPS 定位或是通过遥感数据反演
监测频率	每次森林火灾发生时均须测量
QA/AC	采用国家森林资源调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
说明	

数据/参数	$M_{Dolomite,t}$
数据单位	t.a ⁻¹
应用的公式编号	(15)
描述	第 t 年使用的白云石石粉的量
数据源	使用或购买记录
测定步骤	
监测频率	每次使用或购买时均须记录
QA/AC	
说明	

数据/参数	$M_{Limestone,t}$
数据单位	t.a ⁻¹
应用的公式编号	(15)
描述	第 t 年使用的石灰石和方解石石粉的量
数据源	使用或购买记录
测定步骤	
监测频率	每次使用或购买时均须记录
QA/AC	
说明	

数据/参数	$A_{LK,k,t}$
数据单位	hm ²
应用的公式编号	(18)、(19)、(20)
描述	第 t 年客土挖取破坏的 k 类土地面积
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	每次挖掘前
QA/AC	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)。
说明	

数据/参数	$FC_{f,t}$
数据单位	升 (l)
应用的公式编号	(21)
描述	第 t 年 f 类燃油消耗量
数据源	计算或购买记录
测定步骤	
监测频率	
QA/AC	
说明	可采用公式 (22) 间接计算

附件：主要树种生物量方程

树种	部位	方程形式 (B =林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
柏木	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.12703	0.79975			6~20			贵州德江	安和平等, 1991
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.1789	0.7406	16		-			四川盐亭	石培礼等, 1996
福建柏	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0614	0.9119	17				10~37	福建安溪	杨宗武等, 2000
	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.13059	2.20446	28	4.4~14.8	4.4~9.3	6~15		湖南株洲	薛秀康等, 1993
侧柏	地上部	$B = a + b \cdot (DBH^2 \cdot H)$	2.57097	0.03172	75	3.9~15.2	3.16~10.35			河北易县	马增旺等, 2006
黑松	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.1425	0.9181	18			33		山东牟平	许景伟等, 2005
红松	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.30891	0.79746	53	2.8~32.8	2.80~20.71			辽宁	贾云等, 1985
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0615	0.3815	15					白河林业局	陈传国等, 1984
华山松	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.9132	0.9302	86	4.0~38.3	3.0~20.1	14~57		甘肃小陇山	程堂仁等, 2007
黄山松	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.02193	1.04658		6.0~17.95	5.75~9.15			河南商城	赵体顺等, 1989
火炬松	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH)$	-2.77631	2.52444	50			9~17		江苏句容	孔凡斌等, 2003
峨眉冷杉	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0387	0.9293		6.2~29.1	7.7~15.8			四川峨边	宿以明等, 2000
冷杉	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0323	0.9294	20					白河林业局	陈传国等, 1984
云冷杉	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-3.2999	0.9501	57	5.5~45.7	6.0~20.5	10~69		甘肃小陇山	程堂仁等, 2007
红皮云杉	地上部	$B = a + b \cdot DBH + c \cdot DBH^2$	5.2883	-2.3268	0.5775	17			6~37	黑龙江绥棱	穆丽蕾等, 1995
天山云杉	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.73863	0.56076	50					新疆乌鲁木齐	张思玉等, 2002
华北落叶松	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.02748	0.95757		6.50~29.10	9.32~22.60			山西吕梁山	陈林娜等, 1991

树种	部位	方程形式 (B =林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
	地上部	$B = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.01736	1.82232	1.20988	44				山西关帝山	郭力勤等, 1989
	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-1.4325	0.6784		57				山西关帝山	罗云建等, 2009
	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH)$	-1.0541	1.7707		24				山西五台山 中山	罗云建等, 2009
	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH)$	-3.9187	3.0349		24				山西五台山 山间盆地	罗云建等, 2009
	地上部 全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.33044 0.58022	0.6827 0.64403		16	1.5-21.5	3.0-16.1	6~21	山西五台山	刘再清等, 1995
	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.382	0.8047		32				河北塞罕坝	罗云建等, 2009
兴安落叶松	地上部 全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.1200 0.1500	0.78759 0.78153					辽宁东部和 东北部山区	杨玉林等, 2003	
日本落叶松	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-0.95443	0.81881		35	9.7-24.4	9.2-25.5	10~33	河南栾川	赵体顺等, 1999
	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.28286	0.72380		24				湖北恩施	沈作奎等, 2005
落叶松	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-3.3583	0.9552		73	6.3-31.5	5.0-20.0		甘肃小陇山	程堂仁等, 2007
马尾松	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.14568	0.74615			5.0~22.0			贵州德江	安和平等, 1991
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.05396	0.88590		28	5.0~12.1	3.45~8.80		重庆江北	罗韧, 1992
	地上部	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-1.5794	0.9797		54	4.2~14.1	3.0~13.2	6~25	浙南	江波等, 1992
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.09733	0.82848		108	4.90~18.00	5.28~19.95	8~30	贵州龙里	丁贵杰等, 1998
油松	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-3.5234	0.9655		121	2.3~40.0	3.8~19.4	12-72	甘肃小陇山	程堂仁等, 2007
	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	1.7401	0.3844		16				北京延庆	武会欣等, 2006
	地上部	$B = a \cdot DBH^b$	0.1002	2.3216		16				山西离石	邱扬等, 1999
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.05189	0.91388		16				山西太谷	肖扬等, 1983
	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-3.0861	0.90625		96	3.0~36.0	4.0~21.0		内蒙宁城	马钦彦, 1987
	树干 树枝	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-1.4475 -2.019	0.91389 0.90879		114				河北承德	马钦彦, 1983

树种	部位	方程形式 (B =林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
	树叶		-1.6705	0.76205							
	树干 树枝 树叶	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-1.3557 -2.7186 -2.3155	0.86795 1.10705 0.95055		106			山西太岳	马钦彦, 1983	
樟子松	树干 树枝 树叶 树根	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-0.79108 -0.7908 -0.84648 -0.66268	0.69528 0.56789 0.52498 0.53728		262	5.3~16.5	3.3~11.2	辽宁章古台	焦树仁, 1985	
	地上部	$B = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.08558	2.00651	0.45839	139	4.20~34.50	3.45~22.45	11~47	黑龙江佳木斯	贾炜玮等, 2008
云南松	地上部	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-0.8093	1.2660		>60	4.3~22.0	2.0~17.0	6~23	四川凉山	江洪等, 1985
湿地松	地上部	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-1.9929	1.098		21	8.1~17.7	5.0~11.4	6~15	浙南	江波等, 1992
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.009	1.1215		24				广西武宣	谌小勇等, 1994
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.05405	2.4295		19				江西千烟洲	马泽清等, 2008
杉木	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.10301	0.77726			6~22			贵州德江	安和平等, 1991
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.02106	0.9476		22	9.6~25.9	8.4~14.5	20	江西千烟洲	李轩然等, 2006
	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0356	0.9053		32	5.0~25.0	6.22~20.92	7~26	福建洋口林场	叶镜中等, 1984
	树干	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.02649	0.80241		162				湖南会同	康文星等, 2004
	树枝	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.00604	0.33882							
	树叶	$\log B = a + b \cdot \log(DBH)$	-2.74521	3.04085							
	树根	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.03262	0.7271							
	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.2236	0.6912		103	6.10~20.25	3.94~15.95		浙江开化	林生明等, 1991
	地上部	$B = a \cdot DBH^b$	0.4776	1.5807		33	2.0~16.0	2~18		江苏镇江	叶镜中等, 1983
地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.08371	2.31003		118			11~25	湖南株州	李炳铁, 1988	
全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.1043	0.8335			7.95~19.60	6.10~16.90		浙江庆元	周国模等, 1996	

树种	部位	方程形式 (B =林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
	地上部	$B = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.062	1.769	0.774	260				闽江流域	张世利等, 2008
	地上部	$\log B = a + b \cdot \log(DBH^2 \cdot H)$	-1.0769	0.8026		30				浙江北部	高智慧等, 1992
水杉	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.2311	0.7659		18	3.2~24.8	3.5~15.9	6~19	江苏东台	季永华等, 1997
	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-1.8998	0.7271		15	1.9~15.8	2.2~11.4	5~15	江苏如东	季永华等, 1997
柳杉	树干	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.1117	0.7096		20	10.0~26.0	10.0~17.0	16~19	四川洪雅	黄道存, 1986
	枝叶	$B = a + b \cdot DBH^2$	3.432	0.05706		15					
尾叶桉	地上部	$B = a + b \cdot DBH + c \cdot DBH^2$	13.372	5.8931	0.8481	35			1~6	广东湛江	黄月琼等, 2001
窿缘桉	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.04913	0.89497		99				广东	郑海水等, 1995
雷州 1 号桉	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.03471	0.95078		70	2.0~14.0	4.0~16.0		广东雷州林业局	谢正生等, 1995
柠檬桉	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.05124	0.89852		82	2.0~18.0	3.0~19.0		广东雷州林业局	谢正生等, 1995
毛赤杨	全林	$B = a \cdot e^{b \cdot DBH}$	1.9055	0.2349		24				长白山	牟长城等, 2004
桫欏木	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.117	0.7577		16				四川盐亭	石培礼等, 1996
刺槐	树干 树枝 树叶	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.89553 -3.71916 -2.90872	0.86764 0.79079 0.45739		420				河北平山	黄泽舟等, 1992
	全林	$\log B = a + b \cdot \log(DBH)$	-0.85478	2.52429		33	4.5~24.7	6.6~21.9		河南尉氏/通许/开封/中牟/新郑	李增禄等, 1990
	树干 树皮 树枝 树叶	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.02583 0.00763 0.00464 0.02340	0.95405 0.94478 3.21307 1.92788		31	4.0~16.0	6.4~14.2		陕西长武	张柏林等, 1992
枫香	树干 树枝 树叶	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0927 0.0825 1.0836	0.8006 0.6490 0.2166		34			17	福建顺昌	钱国钦, 2000

树种	部位	方程形式 (B =林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
白桦	全林	$B = a \cdot e^{b \cdot DBH}$	2.1392	0.2557		27				长白山	牟长城等, 2004
	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.836	0.9222		92	5.1-44.2	5.0-22.3		甘肃小陇山	程堂仁等, 2007
白桦和棘皮桦	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0327	0.9951		18	5.8-23.8		6.1-14.5	北京门头沟	方精云等, 2006
大叶相思	地上部	$B = a \cdot DBH^b$	0.31334	1.93709		249	1.0-11.5	3.0-5.0			郑海水等, 1994
栲树	地上部	$B = a \cdot DBH^b$	0.0941	2.5658		12	3.2-31.6	5.0-18.3		广西恭城	卢琦等, 1990
元江栲	全林	$B = a \cdot (b + DBH)^2$	0.6131	-0.9678		17	4.5-31.2			云南嵩明	党承林等, 1994
乳状石砾	全林	$B = a \cdot (b + DBH)^2$	0.7205	-1.040		15	4.7-28.6			云南嵩明	党承林等, 1994
栓皮栎	树干	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	1.7271	0.0015		224				四川沱江流域	刘兴良等, 1997
	树皮		-5.0662	1.0506							
	树枝		-4.5282	0.8745							
	树叶		-4.9172	0.9257							
	树根		-0.2775	0.4539							
木麻黄	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-1.8272	0.7964		21				福建东山	张水松等, 2000
	树干	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	2.1898	0.7818	300					福建平潭	黄义雄等, 1996
	树枝		1.5646	0.8621							
	树叶		1.4146	0.8767							
树根	1.7529		0.8376								
楠木	地上部	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.05571	0.94293		21	5.0-36.9	4.5-20.4	5~53	江西安福	钟全林等, 2001
泡桐	地上部	$B = a \cdot DBH^b$	0.11246	2.22289		26	18.3-40.5		8	河南扶沟	蒋建平, 1989
	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.07718	2.27589		27	4-44		>5	河南扶沟: 农桐间作	杨修等, 1999
	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.04234	0.92868		91			1~20	河南许昌: 山地	魏鉴章等, 1983
	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.09727	0.86973		92			1~20	河南许昌: 平原	魏鉴章等, 1983
热带山地雨林	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.04569	0.96066		171				海南琼中	黄全等, 1991
热带季雨林	地上部	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.11312	0.84065		22				海南尖峰岭	李意德, 1993

树种	部位	方程形式 ($B=$ 林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
石灰山季雨林 (小径级乔木)	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.2295	2.2311			2.0-5.0			云南勐腊	戚剑飞等, 2008
石灰山季雨林 (中径杉乔木)	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.1808	2.4027		45	5.0-20.0			云南勐腊	戚剑飞等, 2008
石灰山季雨林 (大径级乔木)	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.2956	2.26921		12	20.0-88.4			云南勐腊	戚剑飞等, 2008
毛白杨	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-1.1142	0.8964		21	DBH: 9.3-20.0 H: 7.4-18.3			山东冠县	徐孝庆等, 1987
南方型杨树	树干 树皮 树枝 树叶 树根	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.0300 0.0028 0.0174 0.4562 0.0040	0.8734 0.9875 0.8578 0.3193 0.9035		62				湖北石首/公安/洪湖/监利/潜江/沙洋/襄樊/枣阳/钟祥/天门等	唐万鹏等, 2004
藏青杨/北京杨/银白杨/箭杆杨	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.07052	0.93817		43				西藏	关洪书等, 1993
新疆杨	全林	$B = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.03293	1.99960	0.85005	45			8~23	新疆疏勒/麦盖提/叶城等县	陈章水等, 1988
健杨	树干 树枝 树叶 树根	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.01372 0.00022 0.00462 0.09858	1.00591 1.29693 0.80926 0.63615		103	10.0-33.0	11.0-26.0	3~14	山东长清	王彦等, 1990
I-214 杨	树干 树枝 树叶 树根	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.00235 0.00087 0.05072 0.02586	1.18784 1.12873 0.53636 0.71964		41	13.0-31.0	15.0-25.0	3~14	山东长清	王彦等, 1990
I-72 杨	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.015	1.032		23	12.0-36.0		10	河南武陟	李建华等, 2007

树种	部位	方程形式 (B =林木单株生物量, kg d.m.)	参数值			样本数	适用范围			建模地点	文献来源
			a	b	c		胸径 DBH (cm)	树高 H (m)	林龄 (年)		
胡杨	全林	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.1221	0.7813		24	3.5-33.5	3.18-12.54	幼龄林 ~成熟 林	塔里木河中 游	陈炳浩等, 1984
山杨	全林	$\ln B = a + b \cdot \ln(DBH^2 \cdot H)$	-2.836	0.9222		92	5.1-44.2	5.0-22.3		甘肃小陇山	程堂仁等, 2007
樟树	全林	$B = a \cdot DBH^b$	0.2191	2.0052		16				重庆南岸	吴刚等, 1994
桐花树	地上	$B = a \cdot (DBH^2 \cdot H)^b$	0.02039	0.83749		18	2.5-9.2	1.40-2.49		广西龙门岛	宁世江等, 1996

参考文献

1. 安和平,金小麒,杨成华,1991.板桥河小流域治理前期主要植被类型生物量生长规律及森林生物量变化研究.贵州林业科技,19(4):20-34
2. 杨宗武,谭芳林,肖祥希,陈林生,卓开发,2000.福建柏人工林生物量的研究.林业科学,36(专刊1):120-124
3. 潘攀,李荣伟,向成华,朱志芳,尹学明,2002.墨西哥柏人工林生物量和生产力研究.长江流域资源与环境,11(2):133-136
4. 王金叶,车克钧,傅辉恩,常学向,宋采福,贺红元,1998.祁连山水源涵养林生物量的研究.福建林学院学报,18(4):319-323
5. 马增旺,毕君,孟祥书,李仲才,2006.人工侧柏林单株生物量研究.河北林业科技,(3):1-3
6. 石培礼,钟章成,李旭光,1996.四川桉柏混交林生物量的研究.植物生态学报,20(6):524-533
7. 薛秀康,盛炜彤,1993.朱亨福建柏人工林生物量研究.林业科技通讯,(4):16-19
8. 王玉涛,马钦彦,侯广维,等.2007.川西高山松林火烧迹地植被生物量与生产力恢复动态.林业科技,32(1):37-40
9. 张旭东,吴泽民,彭镇华,1994.黑松人工林生物量结构的数学模型.生物数学学报,9(5):60-65
10. 许景伟,李传荣,王卫东,乔勇进,程鸿雁,王月海,2005.沿海沙质岸黑松防护林的生物量及生产力.东北林业大学学报,33(6):29-32
11. 贾云,张放,1985.辽宁草河口林区红松人工纯林生物产量的调查研究.辽宁林业科技,(5):18-23
12. 陈传国,郭杏芳,1984.阔叶红松林生物量的研究(1).林业勘察设计,(2):10-20
13. 程堂仁,马钦彦,冯仲科,罗旭,2007.甘肃小陇山森林生物量研究.北京林业大学学报,29(1):31-36
14. 赵体顺,张培从,1989.黄山松人工林抚育间伐综合效应研究.河南农业大学学报,23(4):409-421
15. 胡道连,李志辉,谢旭东,1998.黄山松人工林生物产量及生产力的研究.中南林学院学报,18(1):60-64
16. 吴泽民,吴文友,卢斌,2003.安徽大别山黄山松林分生物量及物质积累与分配.安徽农业大学学报,30(3):294-298
17. 孔凡斌,方华,2003.不同密度年龄火炬松林生物量对比研究.林业科技,28(3):6-9
18. 宿以明,刘兴良,向成华,2000.峨眉冷杉人工林分生物量和生产力研究.四川林业科技,21(2):31-35
19. 陈德祥,李意德,骆土寿,林明献,孙云霄,2004.海南岛尖峰岭鸡毛松人工林乔木层生物量和生产力研究.林业科学研究,17(5):598-604
20. 陈林娜,肖扬,盖强,冀文孝,1991.庞泉沟自然保护区华北落叶松森林群落生物量的初步研究-群落结构、生物量和净生产力.山西农业大学学报,11(3):240-245
21. 杨玉林,高俊波,曹飞,卢德宝,赵庆喜,吴耀先,卢正茂,2003.抚育间伐对落叶松生长量的影响.吉林林业科技,32(5):21-24
22. 赵体顺,光增云,赵义民,刘国伟,1999.日本落叶松人工林生物量及生产力的研究.河南农业大学学报,33(4):350-353
23. 郭力勤,肖扬,1989.华北落叶松天然林立木重量的试编.林业资源管理,(5):36-39
24. 刘再清,陈国海,孟永庆,李建国,刘命荣,1995.五台山华北落叶松人工林生物生产力与营养元素的积累.林业科学研究,8(1):88-93
25. 沈作奎,鲁胜平,艾训儒,2005.日本落叶松人工林生物量及生产力的研究.湖北民族学院(自然科学版),23(3):289-292
26. 罗云建,张小全,王效科,朱建华,张治军,孙贵生,高峰,2009.华北落叶松人工林生物量及其分配模式.北京林业大学学报,31(1):13-18
27. 罗韧,1992.抚育间伐对马尾松生物生产力的影响.四川林业科技,13(2):29-34
28. 江波,袁位高,朱光泉,等.1992.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.浙江林业科技,12(5):1-9
29. 丁贵杰,王鹏程,严仁发,1998.马尾松纸浆商品用材林生物量变化规律和模型研究.林业科学,34(1):33-41
30. 李轩然,刘琪璟,陈永瑞,等.2006.千烟洲人工林主要树种地上生物量的估算.应用生态学报,17(8):1382-1388
31. 武会欣,史月桂,张宏芝,等.2006.八达岭林场油松林生物量的研究.河北林果研究,21(3):240-242
32. 邱扬,张金屯,柴宝峰,等.1999.晋西油松人工林地上部分生物量与生产力的研究.河南科学,17(专辑):72-77
33. 肖扬,吴炳森,陈宝强,等.1983.油松林地上部分生物量研究初报.山西林业科技,(2):5-14
34. 马钦彦.1987.内蒙古黑里河油松生物量研究.内蒙古林学院学报,(2):13-22
35. 焦树仁.1985.辽宁章古台樟子松人工林的生物量与营养元素分布的初步研究.植物生态学与地植物学丛刊,9(4):257-265
36. 贾炜玮,姜生伟,李凤日,2008.黑龙江东部地区樟子松人工林单木生物量研究.辽宁林业科技,(3):5-10
37. 江洪,林鸿荣.1985.飞播云南松林分生物量和生产力的系统研究.四川林业科技,(4):1-10
38. 谌小勇,项文化,钟建德,1994.不同密度湿地松林分生物量的研究.//林业部科技司.中国森林生态系统定位研究.哈尔滨:东北林业大学出版社,533-540
39. 马泽清,刘琪璟,王辉民,李轩然,曾慧卿,徐雯佳,2008.中亚热带人工湿地松林(Pinus elliottii)生产力观测与模拟.中国科学 D 辑:地球科学,38(8):1005-1015
40. 马钦彦,1983.华北油松人工林单株林木的生物量.北京林学院学报,(4):1-16

41. 叶镜中,姜志林,周本琳,等.1984.福建省洋口林场杉木林生物量的年变化动态.南京林学院学报,(4):1-9
42. 康文星,田大伦,闫文德,等.2004.杉木林杆材阶段能量积累和分配的研究.林业科学,40(5):205-209
43. 林生明,徐土根,周国模.1991.杉木人工林生物量的研究.浙江林学院学报,8(3):288-294
44. 叶镜中,姜志林.1983.苏南丘陵杉木人工林的生物量结构.生态学报,3(1):7-14
45. 李炳铁.1988.杉木人工林生物量调查方法的初步探讨.林业资源管理,(6):57-60
46. 周国模,姚建祥,乔卫阳,等.1996.浙江庆元杉木人工林生物量的研究.浙江林学院学报,13(3):235-242
47. 张世利,刘健,余坤勇,2008.基于 SPSS 相容性林分生物量非线性模型研究.福建农林大学学报:自然科学版,37(5):496-500
48. 穆丽蕾,张捷,刘祥君,等.1995.红皮云杉人工林乔木层生物量的研究.植物研究,15(4):551-557
49. 张思玉,潘存德.2002.天山云杉人工幼林相容性生物量模型.福建林学院学报,22(3):201-204
50. 高智慧,蒋国洪,邢爱金,等.1992.浙北平原水杉人工林生物量的研究.植物生态学与地植物学学报,16(1):64-71
51. 季永华,张纪林,康立新.1997.海岸带复合农林业水杉林带生物量估测模型的研究.江苏林业科技,24(2):1-5
52. 黄月琼,陈士银,吴小凤,2001.尾叶桉各器官生物量估测模型的研究.安徽农业大学学报,28(1):44-48
53. 郑海水,翁启杰,黄世能,1995.窿缘桉生物量表的编制.广东林业科技,11(1):41-46
54. 谢正生,陈北光,韩锦光,邓玉森,1995.雷州两种桉树的生物量估测模型.//曾天勋.雷州短轮伐期桉树生态系统研究.北京:中国林业出版社,66-75
55. 牟长城,万书成,苏平,宋宏文,孙志虎,2004.长白山毛赤杨和白桦_沼泽生态交错带群落生物量分布格局.应用生态学报,15(12):2211-2216
56. 黄则舟,毕君,1992.太行山刺槐林分生物量研究.河北林业科技,(2):48-52
57. 李增禄,张楷,马洪志,1990.豫东沙区刺槐人工林经营数表编制的研究.河南农业大学学报,24(3):319-326
58. 张柏林,陈存根,1992.长武县红星林场刺槐人工林的生物量和生产量.陕西林业科技,(3):13-17
59. 方精云,刘国华,朱彪,王效科,刘绍辉,2006.北京东灵山三种温带森林生态系统的碳循环.中国科学 D 辑:地球科学,36(6):533-543
60. 郑海水,翁启杰,周再知,黄世能,1994.大叶相思材积和生物量表的编制.林业科学研究,7(4):408-413
61. 卢琦,李治基,黎向东,1990.栲树林生物生产力模型.广西农学院学报,9(3):55-64
62. 党承林,吴兆录,1994.元江栲群落的生物量研究.云南大学学报:自然科学版,16(3):195-199
63. 刘兴良,鄢武先,向成华,蒋俊民,1997.沱江流域亚热带次生植被生物量及其模型.植物生态学报,21(5):441-454
64. 张水松,叶功富,徐俊森,林武星,黄荣钦,陈胜,潘惠忠,谭芳林,2000.滨海沙土立地条件与木麻黄生长关系的研究.防护林科技,(专刊 1):1-5,14
65. 黄义雄,沙济琴,谢皎如,方祖光,郑达贤,1996.福建平潭岛木麻黄防护林带的生物生产力.生态学杂志,15(2):4-7
66. 钟全林,张振瀛,张春华,周海林,黄志强,2001.刨花楠生物量及其结构动态分析.江西农业大学学报,23(4):533-536
67. 杨修,吴刚,黄冬梅,杨长群,1999.兰考泡桐生物量积累规律的定量研究.应用生态学报,10(2):143-146
68. 蒋建平,杨修,李荣幸,1989.泡桐人工林生态系统的研究(IV):净生产力和有机质归还.河南农业大学学报,23(4):327-337
69. 魏鉴章,吴理安,赵海琳,刘炳文,刘正芳,朱礼楚,1983.泡桐生物产量问题的研究.河南林业科技,(增刊 1):8-23
70. 黄全,李意德,赖巨章,彭国金,1999.黎母山热带山地雨林生物量研究.植物生态学与地植物学学报,15(3):197-206
71. 李意德,1993.海南岛热带山地雨林林分生物量估测方法比较分析.生态学报,13(4):313-320
72. 戚剑飞,唐建维,2008.西双版纳石灰山季雨林的生物量及其分配规律.生态学杂志,27(2):167-177
73. 徐孝庆,陈之瑞,1987.毛白杨人工林生物量的初步研究.南京林业大学学报,(1):130-136
74. 唐万鹏,王月容,郑兰英,2004.南方型杨树人工林生物量与生产力研究.湖北林业科技,(增刊):43-47
75. 陈章水,方奇,1988.新疆杨元素含量与生物量研究.林业科学研究,1(5):535-540
76. 关洪书,刘玉林,1993.西藏一江两河中部流域杨树人工林生物量的研究.林业科技通讯,(9):20-22,32
77. 王彦,李琪,张佩云,吴晓星,蒋岳忠,姜俊涛,1990.杨树丰产林生物量和营养元素含量的研究.山东林业科技,(2):1-7
78. 李建华,李春静,彭世揆,2007.杨树人工林生物量估计方法与应用.南京林业大学学报:自然科学版,31(4):37-40
79. 陈炳浩,李护群,刘建国,1984.新疆塔里木河中游胡杨天然林生物量研究.新疆林业科技,(3):8-16
80. 吴刚,章景阳,王星,1994.酸沉降对重庆南岸马尾松针叶林年生物生产量的影响及其经济损失的估算.环境科学学报,14(4):461-465