

附件

造林项目碳汇计量与监测指南

前言

以变暖为主要特征的全球气候变化,已经对地球自然生态系统和人类社会经济系统产生了明显而深远的影响。人类活动引起的大气温室气体浓度增加是导致全球变暖的主要因素。森林作为全球陆地生态系统的主体,是全球最重要的碳贮存库,是大气 CO₂ 重要的吸收汇。毁林是仅次于化石燃料燃烧的全球温室气体排放源。林业活动(造林、森林管理、减少毁林、植被恢复等)是大气温室气体增汇减排、缓解全球气候变化的重要措施之一。为此,《京都议定书》允许将这些林业活动获得的增汇减排,按一定的规则用于抵偿工业化国家承诺的温室气体减排目标。同时《京都议定书》确定了清洁发展机制(CDM),允许工业化国家通过在发展中国家的项目活动获得的碳减排量或增汇量来抵偿其承诺的减排指标。造林和再造林项目活动是第一承诺期合格的 CDM 林业项目。在未来承诺期,林业活动预计仍将在温室气体减排增汇中发挥重要作用。

我国于 2007 年发布《中国应对气候变化国家方案》,明确了到 2010 年中国应对气候变化的具体目标、基本原则、重点领域及其政策措施,林业是其中的重要内容之一。国家林业局 2009 年也对外公布了《应对气候变化林业行动计划》,其中就明确将扩大植树造林面积、增强森林碳汇作为未来林业应对气候变化的重要措施之一。

碳汇造林是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。为规范碳汇造林项目的计量与监测方法,推进碳汇造林项目计量与监测工作的开展,确保项目产生的碳汇可测量、可报告和可核查,受国家林业局应对气候变化和节能减排工作领导小组办公室(以下简称“国家林业局气候办”)委托,中国林科院牵头编制了《造林项目碳汇计量与监测指南》(以下简称“指南”)。本“指南”不仅适用于碳汇造林项目的计量和监测,也可作为其它类似造林项目的碳汇计量和监测的参考。

本“指南”在国家林业局气候办的指导和组织协调下编制完成。在编制过程中,广泛征求了中国科学院、中国林科院、北京林业大学等有关科研院校,有关省区林业调查规划院、林业企业以及国家林业局有关司局和直属单位的意见,有关专家提出了修改意见,最终由国家林业局气候办组织专家进行审定。

根据国家林业局对碳汇造林的要求,造林项目实施主体应在其碳汇计量和监测报告或可研究报告中,详细说明如何应用本指南:包括具体使用的计量方法和监测步骤、数据(包括图面数据)、公式、参数、假设,并描述详细的监测计划和技术细则。

目 录

前 言	I
目 录	II
1 目的和范围	4
2 术语和定义	5
3 项目边界和土地合格性	8
3.1 土地合格性	8
3.2 项目边界确定	8
4 碳库与温室气体排放源的确定	9
4.1 碳库选择	9
4.2 温室气体排放源	10
4.3 关键排放源的确定	12
4.3.1 标准	12
4.3.2 确定方法	12
5 计量方法	14
5.1 概述	14
5.2 分层	14
5.3 基线碳储量变化	15
5.4 项目碳储量变化	18
5.4.1 林分生物量	19
5.4.2 竹林和灌木林	21
5.4.3 原有植被生物量减少	22
5.5 项目边界内的温室气体排放	25
5.5.1 施肥	26
5.5.2 燃油机械的使用	27
5.6 泄漏	28
5.7 项目净碳汇量	29
6 监测方法	30
6.1 概述	30
6.2 项目活动及其边界监测	30
6.3 抽样设计	31
6.3.1 事后分层	31
6.3.2 确定样地数量	32
6.3.3 样地设置	34
6.3.4 监测频率	35
6.4 项目碳储量变化监测	35
6.4.1 地上和地下生物量	36
6.4.1.1 林分	37
6.4.1.2 竹林	39
6.4.1.3 灌木林	39
6.4.2 枯落物	40
6.4.3 枯死木	41

6.4.4 土壤有机质	45
6.5 项目边界内的排放	46
6.5.1 施肥.....	47
6.5.2 燃油机械使用	48
6.5.3 森林火灾	49
6.6 泄漏	50
6.7 质量保证和质量控制	52
6.7.1 可靠的野外测定.....	52
6.7.2 野外调查测定数据的核实	52
6.7.3 数据录入和分析.....	53
6.7.4 数据归档.....	53
6.8 不确定性分析.....	53
6.9 核查	54
附 1 国家和 IPCC 碳计量参数参考值	56
附 2 全国优势树种（组）异速生长方程	60

1 目的和范围

为规范造林项目的碳汇计量与监测方法，确保项目产生的碳汇可测量、可报告和可核查，特制定《造林项目碳汇计量与监测指南》（以下简称“指南”）。

本指南的制定遵循了国家林业局应对气候变化工作办公室编制的《碳汇造林项目技术规定（试行）》和《碳汇造林检查验收办法（试行）》及其它相关管理规定。因此，本指南适用于碳汇造林项目产生的碳汇的计量和监测，也可作为其它类似造林项目的碳汇计量和监测的参考。

本指南以政府间气候变化专门委员会（IPCC）出版的方法学和其它国际权威技术报告为基础，如《IPCC 2006 国家温室气体清单指南》、《IPCC 2000 优良做法指南和不确定性管理》、《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》、《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业特别报告》^①、温洛克国际（Winrock International）《土地利用、土地利用变化和林业项目指南》^②等，并参考清洁发展机制（CDM）执行理事会批准的有关 CDM 造林再造林项目活动的基线方法学和监测方法学、适用工具^③，同时参照《CDM 造林再造林项目活动的方式和程序》和国际自愿者市场造林再造林碳汇项目实施的一般要求^④，结合我国林业实际，制定本指南。为避免混淆，同时便于与相关国际通行规则接轨，相关术语及其定义尽可能与上述技术报告和方法学相一致。

造林项目的碳汇计量和监测必须遵循下述原则：

（1）保守性原则：如果活动水平的确定或参数的选择导致项目净碳汇量最终被低估，例如：（i）基线情景下的碳储量增加量被高估，或（ii）项目情景下的碳储量增加量被低估，或（iii）项目情景下的排放量被高估，则项目净碳汇量计量结果取被低估的值。反之，则是不保守的。

（2）透明性原则：除个别涉及商业机密的数据外，活动水平和碳计量参数的确定方法和数据应公开、透明，并易于为公众所获取。

（3）可比性原则：采用的碳计量参数应具有可比性，如果所选择的当地参数超出 IPCC 或国家水平参数值的正常范围，应详细说明其理由。

（4）确定性原则：碳计量和监测须尽可能采取必要措施，提高计量和监测的精度和准确性，降低不确定性。监测报告中须包括不确定性分析和评价。

（5）经济性原则：随着碳计量和监测精度和准确性的提高，计量和监测的成本往往呈指数增加。因此在选择碳计量和监测方法时，包括确定参数时，既要

^① www.ipcc.ch

^② www.winrockinternational.org

^③ Cdm.unfccc.int

^④ www.v-c-s.org

考虑计量和监测的精度和准确性，也要考虑成本因素，亦即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有效的平衡点。

2 术语和定义

森林 (Forest): 本《指南》所指的森林，是指土地面积大于等于 0.067 公顷，郁闭度大于等于 0.2，就地生长高度大于等于 2 米的以树木为主体的生物群落，包括天然与人工幼林，符合这一标准的竹林，以及特别规定的灌木林，行数大于等于 2 行且行距小于等于 4 米或冠幅投影宽度大于等于 10 米的林带。国家特别规定的灌木林，按照国家林业局《“国家特别规定的灌木林地”的规定》（林资发[2004]14 号）执行。

造林 (Afforestation): 本《指南》特指碳汇造林，即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。

项目参与方 (Project Participants): 参与碳汇造林项目活动的国有、集体单位、企业或个人。

项目边界 (Project boundary): 是项目参与方控制范围内的造林项目活动的地理范围。一个造林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。

森林碳库 (Forest carbon pool): 包括地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质。

地上生物量 (Above-ground biomass): 土壤层以上以干重表示的所有活生物量，包括干、桩、枝、皮、种子和叶。

地下生物量 (Below-ground biomass): 所有活根生物量。由于活细根（直径 $\leq 1-2\text{mm}$ ）通常很难从土壤有机成分或枯落物中区分出来，因此通常不纳入该部分。

枯落物 (Litter): 矿质土层或有机土壤以上、直径 $< 5\text{cm}$ 或其它规定直径的、处于不同分解状态的所有死生物量，包括枯落物、腐殖质、以及经验上不能从地下生物量中区分出来的直径 $\leq 2\text{mm}$ 的活细根。

枯死木 (Dead wood): 枯落物以外的所有死生物量，包括枯立木、枯倒木和直径 $\geq 5\text{cm}$ 的枯枝、死根和树桩。

土壤有机质 (Soil organic matter): 一定深度（通常为 1m ）内矿质土和有机土（包括泥炭土）中的有机碳，包括不能从经验上从地下生物量中区分出来的直径 $\leq 2\text{mm}$ 的活细根

基线碳储量变化量 (Baseline carbon stock changes): 在没有拟议的造林项目活动时, 项目边界内碳储量的净变化量。

项目碳储量变化量 (Project carbon stock changes): 拟议的造林项目活动边界之内的、由项目活动本身引起的、可测定的和可核查的碳储量的净变化量。

增加的排放量 (Increase in emissions by sources): 由拟议的造林项目活动本身引起的、发生在项目活动边界之内的、可测定的和可核查的温室气体源排放的增加量。

泄漏 (Leakage): 由造林项目本身引起的、发生在项目活动边界之外的、可测定的和可核查的温室气体源排放的增加量或减少量。

项目净碳汇量 (Project net carbon removals by sinks): 项目碳储量变化量在减去基线碳储量变化量、项目边界内增加的排放量和项目边界外的泄露之后的净碳汇量。项目净碳汇量 = 项目碳储量变化量 - 基线碳储量变化量 - 增加的排放量 - 泄漏。

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。

额外性 (Additionality): 造林项目活动产生的项目净碳汇量超过基线碳储量变化量以上的情景。

计入期 (Crediting Period): 对造林项目活动产生的项目净碳汇量进行计量和核查的时期。

利益方 (Stakeholder): 已经或可能受到拟议的造林项目活动影响的公众, 包括个人、群体或社区。

核查 (Verification): 由第三方定期地、独立地审评造林项目开始以来所产生的项目净碳汇量。

准确度 (Accuracy): 样本测定值与真值的接近程度。

精度 (Precision): 是与不确定性相反的概念, 表示规定条件下不同的独立的样本测定结果之间的接近程度。越接近则精度越高。

置信区间 (Confidence interval): 一定可靠性水平下 (通常为 95%) 真值所在的范围, 也称为置信水平。本指南要求为 95%。

活动水平 (Activity data): 一定时间内引起温室气体源排放或汇清除的人类活动数量的大小, 如森林的面积、蓄积等。

排放因子 (Emission factor): 单位活动水平数据的温室气体排放量或吸收量。

二氧化碳当量 (CO₂-e): 根据不同种类的温室气体对辐射强迫的贡献来度量温室气体的单位。目前是通过全球增温潜势 (Global Warming Potentials, GWP)

来计算二氧化碳当量。

全球增温潜势 (GWP): 排放到大气中的 1 吨温室气体与同期 1 吨二氧化碳所产生的辐射强迫之比。目前 CO₂、CH₄ 和 N₂O 的 GWP 值分别为 1、25 和 298。利用该 GWP 值可将 CH₄ 和 N₂O 温室气体转化为等当量的 CO₂。

温室气体排放源 (GHG source): 向大气中排放二氧化碳等温室气体的过程或活动或机制。

碳汇 (Carbon sink): 从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。

碳汇计量 (Carbon accounting): 是指对预期产生的项目净碳汇量进行预估，即事前估算。

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。本《指南》从碳汇造林项目的实际出发，并考虑监测的成本有效性原则，采用基于固定样地的连续测定方法。

3 项目边界和土地合格性

3.1 土地合格性

根据《碳汇造林项目技术规定（试行）》第 5 条对项目地合格性的规定，碳汇造林实施地点优先考虑生态区位重要和生态环境脆弱的地区，选择实施碳汇造林的地点应同时满足以下条件：

- （1）至少自 2000 年 1 月 1 日以来一直是无林地（包括宜林荒山荒地、宜林沙荒地和其他宜林地等）。
- （2）造林地权属清晰，具有县级以上人民政府核发的土地权属证书。
- （3）适宜树木生长，预期能发挥较大的碳汇功能。
- （4）有助于促进当地生物多样性保护、防治土地退化、促进地方经济社会发展等多种效益。

为证明项目地的合格性，项目实施主体需提供的证据包括：

- （1）航空照片、卫片或其它空间数据。
- （2）土地利用图、土地覆盖图、森林分布图、林相图等。
- （3）项目地实地调查数据和参与式乡村评估，包括调查方法和结果。
- （4）其它可用于证明的文件等。

3.2 项目边界确定

项目边界的确定分为事前项目边界确定和事后项目边界确定。事前确定的项目边界主要是用于项目造林地合格性的认证、项目造林设计以及面积、基线碳储量变化、项目碳储量变化、排放增加、泄漏等的估算。而项目活动的实际边界可能不完全与事前边界吻合，并可能在项目实施过程中发生变化。因此事前项目边界的确定与事后边界的监测可在不同的精度下进行。

从成本、实际需要以及我国的实际情况，事前项目边界可通过以下几种方式确定：

- （1）用 GPS 直接测定项目地块边界的拐点座标；
- （2）利用高分辨率的地理空间数据（卫星影像、航片等）以及土地利用/覆盖图、森林分布图、林相图等读取项目边界；
- （3）利用地形图（比例尺 $\geq 1:10000$ ）进行对坡勾绘；
- （4）县或乡镇级林业区划。

4 碳库与温室气体排放源的确定

4.1 碳库选择

根据国际通行做法，将造林项目涉及的碳库划分为地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质。一般从长远来看，造林都会增加这五个碳库的碳储量，对全部碳库进行计量和监测可使项目参与方获得更多的碳汇量。但另一方面，这又会大大增加计量和监测的成本。由于在计入期内有的碳库中的碳储量变化相对较小，而监测成本又较大（如土壤有机质碳库），以较高的监测成本为代价获得微不足道的碳汇收益，不符合“成本有效性”原则。另外，碳储量变化速率较小的碳库，往往不确定性较高。因此，选择碳库时，除考虑是否是净温室气体排放源这一因素外，还须考虑监测的成本有效性、不确定性和保守性。

对不是净温室气体排放源的碳库可以不予计量和监测。但无论在任何条件下，地上生物量和地下生物量碳库都是不能忽略的。枯落物和枯死木碳库中的碳储量一般较低，且在无林地上造林通常会增加这两个碳库中的碳储量，因此可保守地忽略这两个碳库。而土壤有机质碳库则要复杂得多。

4.1.1 温室气体排放源的确定

确定碳库是否为净温室气体排放源，可采取如下方法：

- （1）具有代表性的抽样调查和分析表明该碳库中的碳储量没有下降，并提供统计可靠性以及抽样调查方法的说明；
- （2）被普遍认可的经验或知识。例如在农地上造林枯死木碳库中的碳储量是不会减少的，因为农地上没有树木，也不可能有枯死木；
- （3）文献调研。例如有可靠的文献依据，证明在某地区造林后，土壤有机质碳库中的碳储量是增加的。

4.1.2 土壤有机碳库

对于土壤有机质碳库，通常可以保守地忽略不计。但如出现下列情况则不能忽略：

- （1）项目造林地为湿地、有机土（泥炭土）。
- （2）整地、造林和森林管理对土壤的扰动超过地表面积的 10%，除非项目参与方能证明：项目开始五年后，项目情景下矿质土壤中有机碳的损

失速率低于基线情景，或有机碳的增加速率高于基线情景。

(3) 整地未沿等高线进行。

如果没有上述情况发生，则在下列条件下，土壤有机质碳库可以保守地忽略不计：

- (1) 基线情景下土壤有机碳呈下降趋势。
- (2) 基线情景下土壤有机碳处于稳定或基本稳定状态。从保守角度出发，如果碳汇造林项目开始前的土地利用方式已连续维持了至少 20 年，本“指南”则可认为基线情景下土壤有机碳处于稳定或基本稳定状态。
- (3) 基线情景下土壤有机碳增加速率小于或等于项目情景。

如满足上述条件，则下列碳汇造林项目可以保守地忽略土壤有机质碳库：

- (1) 在农地上的造林。
- (2) 在城市用地上的造林。
- (3) 已退化或正在退化的草地上的造林。
- (4) 维持 20 年以上的非退化草地上的造林，且造林树种为非针叶树种。
- (5) 维持 20 年以上的非退化草地上的造林，造林树种为针叶树种，但是必须满足下列条件：
 - 不计量和监测枯死木和枯落物碳库。
 - 在项目地上保留枯死木和枯落物。

为透明起见，项目参与方须明确地说明选择或不选择某一个或多个碳库的理由（表 4.1）。

表 4.1 碳库选择表

碳库	选择与否	选择或忽略某碳库的理由
地上生物量		
地下生物量		
土壤有机质		
枯落物		
枯死木		

4.2 温室气体排放源

在实施碳汇造林项目时，一些造林活动可能会引起项目边界内或边界外的温室气体排放量的增加。而在没有该造林活动时，这些温室气体排放是不会发生的。造林活动可能引起的温室气体排放源包括：

(1) 化石燃料燃烧^{① ②}：与造林项目有关的化石燃料燃烧的活动包括：

- 运输工具的使用：用于运输苗木、肥料、灌溉水、木质和非木质林产品所使用的运输工具（消耗燃油的机动车）消耗的化石燃料燃烧引起的温室气体排放。运输项目相关劳动力和管理人员的专用车辆引起的排放忽略不计。
- 燃油机械设备的使用：如整地机械、油锯、灌溉用的燃油机械等。

(2) 肥料施用：在造林和森林管理活动中施用的有机肥料和含 N 化肥，在土壤中经过氧化还原作用都会产生 N₂O（直接排放）；同时，还有一部分以 NO_x 和 NH₃ 的形式挥发进入大气，然后沉降到土壤产生 N₂O 排放（间接排放）^③。

(3) 森林火灾：本指南适用的碳汇造林项目不允许炼山，因此不存在相关的温室气体排放。但是，项目实施过程中有可能发生森林火灾，从而引起温室气体排放。森林火灾引起的 CO₂ 排在碳储量变化的计量和监测中予以考虑，而非 CO₂ 排放（N₂O、CH₄）则计为项目边界内的排放。

考虑到科学和计量方法上的不确定性，本指南适用的碳汇造林项目对下述可能的排放不予计量和监测：

(1) 种植固氮树木或植物引起的 N₂O 排放；

(2) 饲料生产引起的 N₂O 和 CH₄ 排放；

(3) 由于造林项目的实施，使得在项目实施前的活动（薪材采集、农业耕种、放牧等）转移到项目边界外，导致项目边界外发生毁林现象，从而引起温室气体排放（泄漏）。

表 4.2 温室气体排放源

排放源	温室气体	包括/不包括	论证或解释
运输工具	CO ₂		
燃油机械	CO ₂		
肥料施用	N ₂ O		
森林火灾	CO ₂		
	CH ₄		
	N ₂ O		

^①不考虑与造林活动间接相关的上游（如肥料生产等）和下游（如木材加工等）生产活动引起化石燃料燃烧的排放。

^②虽然化石燃料燃烧过程中会伴随着非 CO₂ 温室气体（CH₄、N₂O）以及其它污染气体（CO、NMVOCs、SO₂、NO_x 等）的排放，但根据国际惯例，在造林再造林项目引起的化石燃料的排放只考虑 CO₂ 排放。

^③根据国际惯例，由于施肥引起的 N₂O 间接排放通常较小，可以忽略不计。因此，只考虑施用含氮肥料引起的直接 N₂O，且育苗过程中肥料施用引起的直接和间接 N₂O 排放均可忽略不计。

4.3 关键排放源的确定

4.3.1 标准

根据国际上的通行做法，造林项目关键温室气体排放源的确定标准为下述两种中较高的一种。

- (1) 温室气体排放（或泄漏）源的累积排放量超过温室气体源排放总量的 95%。
- (2) 温室气体排放（或泄漏）源的排放量超过项目净碳汇量的 5%。

4.3.2 确定方法

针对 4.3.1 中的第（1）中情形，可采用如下步骤确定某一温室气体排放源是否为关键排放源。

(1) 根据项目有关活动数据和相关排放因子，分别计算项目边界内每一种温室气体排放源的大小，和项目边界外每一种温室气体泄漏源的大小。如果使用 IPCC 缺省参数值，则事前计量和事后监测须采用相同的参数值，以避免由于参数值更新带来的偏差。

(2) 根据不同温室气体的全球增温潜势，将计算的温室气体排放量转化为 CO₂ 当量。

(3) 计算项目边界内每一种温室气体排放源和泄漏源对项目总排放的相对贡献 RC_{E_i} （公式 4.1），并将计算的 RC_{E_i} 由高到低进行排序。

$$RC_{E_i} = \frac{E_i}{\sum_{i=1}^I E_i} \quad (4.1)$$

式中：

RC_{E_i} 第 i 类温室气体排放（或泄漏）源的排放量对项目总排放量的相对贡献

E_i 第 i 类温室气体排放（或泄漏）源的排放量

(4) 由高到低累积计算 RC_{E_i} ，直到累积值达到 0.95 时为止（如表 4.3）。纳入累积范围的排放源视为关键排放（或泄漏）源，须进行计量和监测。未进入累积计算范围的则视作非关键排放（或泄漏）源，可不予计量和监测。

针对 4.3.1 中的第 (2) 中情形, 只需计算 E_i 和 $C_{Proj,t}$ (见第 5 章)。如 E_i 超过 $C_{Proj,t}$ 的 5%, 则视作关键排放源, 需予以计量和监测, 否则可忽略。

表 4.3 确定关键温室气体排放源的例子

排放源	排放量 (10^3 t CO_2 当量)	相 对 贡 献 (RC_{E_i})	累积贡献	关键排放源
排放源 1	20	0.344	0.344	√
泄漏源 1	15	0.258	0.601	√
排放源 2	12	0.206	0.808	√
排放源 3	8	0.137	0.945	√
泄漏源 4	2	0.034	0.979	√
排放源 5	1	0.017	0.997	非关键排放源
泄漏源 6	0.2	0.003	1.000	
合计	58.2			

5 计量方法

5.1 概述

由于造林项目活动涉及基线、温室气体源排放和泄漏等问题，项目净碳汇量与项目碳储量变化量往往不会完全一致。因此项目实际产生的净碳汇量计算方法如公式 5.1。本章以下各节将分别对各部分计量方法予以阐述。

$$C_{Proj,t} = \Delta C_{Proj,t} - GHG_{E,t} - LK_t - \Delta C_{BSL,t} \quad (5.1)$$

式中

$C_{Proj,t}$ 第 t 年的项目净碳汇量 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)

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

$GHG_{E,t}$ 第 t 年项目边界内增加的温室气体排放量 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)

LK_t 第 t 年项目活动引起的泄漏 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)

$\Delta C_{BSL,t}$ 第 t 年基线碳储量变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)

t 项目开始后的年数 (a)

5.2 分层

碳汇造林项目边界内的碳储量及其变化，往往因气候、土地利用方式、土地覆被状况、土壤和立地条件的变异，而呈现较大的空间变异性。为满足一定的精度要求并遵循成本有效性的原则，在计量和监测基线情景和项目情景的碳储量变化时，需对项目区进行分层。通过分层，把项目区合理地划分成若干个相对均一的同质单元（层），分别估计、测定和监测各层基线碳储量的变化和项目碳储量的变化。由于每一层内部相对较均一，因此能以较低的抽样测定强度达到所需的精度，从而从总体上降低测定和监测成本。分层的过程不受项目地块的大小及其空间分布的影响。成片的大块土地或若干分散的小块土地都可看成是一个总体，用同样的方法对其进行分层。

分层可分为“事前分层”和“事后分层”。“事前分层”需在项目开始前或在进行项目设计阶段完成，其目的是为了对基线碳储量变化和项目碳储量变化进行

计量和预估。“事后分层”是在项目开始后进行，其目的是为了对造林项目的碳储量变化进行测定和监测。事后分层将在第 6 章进行阐述。

事前分层又分为“事前基线分层”和“事前项目分层”。事前基线分层以造林前项目地植被状况为依据，主要考虑以下因素：

- (1) 是否有散生木及其优势树种和年龄。
- (2) 非林木植被的高度和盖度，特别是灌木植被的种类和盖度。

上述第(1)项分层指标主要用于计量不同层的基线碳储量的变化。第(2)项指标主要用于分层测定和计量造林前非林木植被生物量碳储量，作为计量因造林活动引起的原有非林木植被生物量碳储量的降低量。

表 5.1 基线分层表

事前基线 碳层编号	散生木			草本植物		灌木盖度	
	优势树种	平均 年龄	每公顷 株数	平均 盖度	平均 高度	平均 盖度	平均 高度
BSL-1							
BSL-2							
...							
BSL-N							

项目事前分层主要依据造林和管理模式，主要指标包括：树种、造林时间、间伐、轮伐期等（表 5.2）。

表 5.2 事前项目分层表

事前项目 碳层编号	树种	混交		造林 时间	首次间伐		二次间伐		主伐 年龄
		方式	比例		年龄	强度	年龄	强度	
PROJ-1									
PROJ-2									
...									
PROJ-N									

5.3 基线碳储量变化

根据《碳汇造林项目技术规定（试行）》对项目造林地的合格性要求，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

假定土壤有机碳、枯落物和枯死木三个碳库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散生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（公式 5.2）。

$$\Delta C_{BSL,t} = \sum_{i=1}^I (\Delta C_{BSL,AB,i,t} + \Delta C_{BSL,BB,i,t}) \quad (5.2)$$

式中：

$\Delta C_{BSL,t}$	第 t 年基线碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e. a}^{-1}$)
$\Delta C_{BSL,AB,i,t}$	第 t 年第 i 基线碳层地上生物量碳库中碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e. a}^{-1}$)
$\Delta C_{BSL,BB,i,t}$	第 t 年第 i 基线碳层地下生物量碳库中碳储量的变化量 ($t \text{ CO}_2\text{-e. a}^{-1}$)
I	基线碳层总数
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，对于没有散生木生长的各基线碳层：

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

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

对于有散生林木生长的各基线碳层，可采取随机抽样调查方法，设置临时调查样地（样地面积 900m^2 ），样地数量取决于每层内散生木的变异性，但每个碳层应不少于3个样地。如果某碳层内的散生木很少，应尽可能对全碳层进行每木调查。调查测定样地内散生木的树种、年龄、胸径、树高。分别计算每个碳层中各树种的平均年龄、每公顷株数、平均胸径和平均树高。在95%可靠性水平下，要求调查的精度 $\geq 90\%$ ，即标准差 $\leq \pm 10\%$ 。当没有达到要求的精度时，则需增加调查样地数量，直至达到要求的精度为止。

收集散生木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5.3~5.5或其它任何适合的函数，拟合生长曲线。

$$\text{理查德方程: } V = a \cdot (1 - e^{-b \cdot A})^c \quad (5.3)$$

$$\text{单分子曲线: } V = a \cdot (1 - e^{-b \cdot A}) \quad (5.4)$$

$$\text{逻辑斯缔方程: } V = \frac{a}{1 + b \cdot e^{-c \cdot A}} \quad (5.5)$$

式中， V 为单株材积， A 为树木年龄， a 、 b 、 c 为参数。

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，即：

$$C_{BSL,AB,i,t} = \sum_{j=1}^J (V_{ij,t} \cdot N_{ij} \cdot WD_j \cdot BEF_j \cdot CF_j) \cdot A_i \quad (5.6)$$

$$C_{BSL,BB,i,t} = \sum_{j=1}^J (V_{ij,t} \cdot N_{ij} \cdot WD_j \cdot BEF_j \cdot CF_j \cdot R_j) \cdot A_i \quad (5.7)$$

$$\Delta C_{BSL,AB,i,t} = (C_{BSL,AB,i,t} - C_{BSL,AB,i,t-1}) \cdot 44 / 12 \quad (5.8)$$

$$\Delta C_{BSL,BB,i,t} = (C_{BSL,BB,i,t} - C_{BSL,BB,i,t-1}) \cdot 44 / 12 \quad (5.9)$$

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 ($\text{m}^3 \cdot \text{株}^{-1}$)
N_{ij}	第 i 碳层 j 树种的每公顷株数 ($\text{株} \cdot \text{ha}^{-1}$)
WD_j	j 树种的木材密度 (每立方米吨干重, $\text{t DM} \cdot \text{m}^{-3}$)
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 (ha)
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 ($j=1, 2 \cdots J$)

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（见本指南附件）。如果在国家水平的缺省参数表中没有所需的参数值，可选用附件中的 IPCC 参考值。由于散生木通常比林分中的林木具有较大的树冠，从而具有较高的 *BEF* 值。而现有文献中的 *BEF* 值几乎都来自林分。因此为保守起见，将散生木的 *BEF* 值设定为林分中林木 *BEF* 值（通常来自文献）的 1.3 倍。

表 5.3 基线碳储量变化

年份	碳储量 (t C)			碳储量变化 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)		
	地上 生物量	地下 生物量	合计	地上 生物量	地下 生物量	合计
1						
2						
...						
20						

5.4 项目碳储量变化

尽管部分项目参与方有可能选择所有的碳库，但是考虑到在不允许全垦和炼山整地的情况下，在无林荒山或农地上的造林，通常不会引起土壤有机碳、枯落物和枯死木碳库的长期下降，同时由于缺乏可靠的相关参数。因此在碳储量变化的事前计量时，可忽略土壤有机碳、枯落物和枯死木碳库，而仅考虑地上生物量和地下生物量碳库。因此，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降低量，即：

$$\Delta C_{PROJ,t} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (\Delta C_{PROJ,AB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ,BB,ijk,t}) - \sum_{l=1}^L (\Delta C_{LOSS,AB,l,t} + \Delta C_{LOSS,BB,l,t}) \quad (5.10)$$

式中：

$\Delta C_{PROJ,t}$	第 t 年项目碳储量的变化量 (t CO ₂ -e.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 CO ₂ -e.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 CO ₂ -e.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 CO ₂ -e.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 CO ₂ -e.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 ($l=1, 2 \dots L$)

根据我国的森林定义，竹林和国家特别规定的灌木林也属有林地，将无林地转化为这些类型的有林地也属于合格的造林活动。因此，公式 5.10 中的树种 j 除包括一般的树种外，还包括竹林和灌木林。其地上生物量和地下生物量分别是林分、竹林和灌木林^①地上生物量和地下生物量之和，即：

$$\Delta C_{PROJ,AB,ijk,t} = \Delta C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_B,AB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_S,AB,ijk,t} \quad (5.11)$$

$$\Delta C_{PROJ,BB,ijk,t} = \Delta C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_B,BB,ijk,t} + \Delta C_{PROJ_S,BB,ijk,t} \quad (5.12)$$

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 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_B,AB,ijk,t}$	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 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_S,AB,ijk,t}$	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 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t}$	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 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_B,BB,ijk,t}$	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 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_S,BB,ijk,t}$	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 ($t \text{ CO}_2\text{-e.a}^{-1}$)
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)

5.4.1 林分生物量

收集能代表项目区气候和立地条件的各造林树种的相关生长过程曲线

^① 本指南中的灌木林除一般的灌木林外，还包括在一定环境条件下灌木化的矮乔木，以及不能通过材积来度量的乔木林分。

($V=f(A)$, V 为单位面积蓄积, A 为年龄) 或蓄积生长过程表。如果没有相关生长过程曲线或生长过程表, 可利用森林资源一类和二类调查相关的人工林样地资料, 选用方程 5.3~5.5 或选用附件中的异速生长方程, 拟合生长曲线。采用生物量扩展因子法, 估算项目实施后的不同碳层、不同树种和不同种植时间的林分在项目期内的地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量, 即:

$$C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t} = V_{ijk,t} \cdot WD_j \cdot BEF_{j,v} \cdot CF_j \cdot A_{ijk} \quad (5.13)$$

$$C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t} = C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t} \cdot R_{jk} \quad (5.14)$$

$$\Delta C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t} = (C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t} - C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t-1}) \cdot 44/12 \quad (5.15)$$

$$\Delta C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t} = (C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t} - C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t-1}) \cdot 44/12 \quad (5.16)$$

式中:

$C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t}$	第 t 年第 i 项目碳层 j 树种 k 年龄林分地上生物量碳库中的碳储量 (t C)
$C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t}$	第 t 年第 i 项目碳层 j 树种 k 年龄林分地下生物量碳库中的碳储量 (t C)
$C_{PROJ_Tr,AB,ijk,t-1}$	$t-1$ 年时林分地上生物量碳储量 (t C)
$C_{PROJ_Tr,BB,ijk,t-1}$	$t-1$ 年时林分地下生物量碳储量 (t C)
$V_{ijk,t}$	第 t 年第 i 项目碳层 j 树种 k 年龄林分单位面积蓄积量 ($m^3 \cdot ha^{-1}$)
WD_j	j 树种平均木材密度 (t DM. m^{-3})
$BEF_{j,v}$	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, 该生物量扩展因子与材积有关)。
CF_j	j 树种的平均含碳率 (无单位)
R_{jk}	j 树种 k 年龄林分生物量根茎比 (地下生物量与地上生物量之比, 无单位)
A_{ijk}	i 碳层 j 树种 k 年龄林分的面积 (ha)
44/12	CO ₂ 与 C 的分子量比
t	项目开始后的年数 (a)
i	项目碳层
j	树种
k	年龄 (a)

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 (见本指南附件)。如果在国家水平的缺省参数

表中没有所需的参数值，可选用附件中的 IPCC 参考值。如果没有不同年龄的 R 参数或不同材积的 BEF ，可采用各树种的平均值。

表 5.4 林分生物量碳库中的碳储量变化

年份	碳储量 (t C)			碳储量变化 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)		
	地上 生物量	地下 生物量	合计	地上 生物量	地下 生物量	合计
1						
2						
...						
20						

5.4.2 竹林和灌木林

竹林和灌木林生物量碳库中的碳储量可直接通过生物量来估算，即：

$$\Delta C_{PROJ_BS,AB,ijk,t} = \Delta B_{PROJ_BS,AB,ijk,t} \cdot CF_j \cdot A_{ijk} \cdot 44 / 12 \quad (5.17)$$

$$\Delta C_{PROJ_BS,BB,ijk,t} = \Delta B_{PROJ_BS,BB,ijk,t} \cdot CF_j \cdot A_{ijk} \cdot 44 / 12 \quad (5.18)$$

式中

$\Delta C_{PROJ_BS,AB,ijk,t}$	第 t 年 i 碳层 j 种类 k 年龄竹林或灌木林地上生物量碳库中的碳储量的变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$\Delta C_{PROJ_BS,BB,ijk,t}$	第 t 年 i 碳层 j 种类 k 年龄竹林或灌木林地下生物量碳库中的碳储量的变化量 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$\Delta B_{PROJ_BS,AB,ijk,t}$	第 t 年 i 碳层 j 种类 k 年龄竹林或灌木林单位面积地上生物量的变化量 (t DM.hm ⁻² .a ⁻¹)
$\Delta B_{PROJ_BS,BB,ijk,t}$	第 t 年 i 碳层 j 种类 k 年龄竹林或灌木林单位面积地下生物量 (t DM.hm ⁻² .a ⁻¹)
CF_j	j 种类竹林或灌木林平均含碳率 (无单位)
A_{ijk}	i 碳层 j 种类 k 年龄竹林或灌木林的面积 (hm ²)
44/12	CO ₂ 与 C 的分子量比
t	项目开始后的年数 (a)
i	项目碳层
j	竹林或灌木林种类
k	年龄 (a)

不同年龄阶段的竹林和灌木林的单位面积生物量的变化量通常来自与项目区接近的或类型相似的竹林或灌木林生物量或生产力研究文献。如果缺乏相关数据，在碳储量变化预测时，可假定所营造的竹林和灌木林到一定年龄阶段后，其生物量处于相对稳定状态，则：

$$\Delta B_{PROJ_BS,AB,ijk,t} = \frac{B_{PROJ_BS,AB,ij,Max}}{T_j} \cdot 44/12 \quad (5.19)$$

$$\Delta B_{PROJ_BS,BB,ijk,t} = \frac{B_{PROJ_BS,BB,ij,Max}}{T_j} \cdot 44/12 \quad (5.20)$$

$$\text{或 } \Delta B_{PROJ_BS,BB,ijk,t} = \Delta B_{PROJ_BS,AB,ijk,t} \cdot R_j \quad (5.21)$$

式中

$B_{PROJ_BS,AB,ij,Max}$	i 碳层 j 种类竹林或灌木林到达稳定时的单位面积地上生物量 (t DM.hm ⁻²)
$B_{PROJ_BS,BB,ij,Max}$	i 碳层 j 种类竹林或灌木林到达稳定时的单位面积地下生物量 (t DM.hm ⁻²)
R_j	j 种类竹林或灌木林地下生物量与地上生物量之比 (无单位)
T_j	j 种类竹林到达稳定时的年数 (a)
44/12	CO ₂ 与 C 的分子量比
i	项目碳层
j	竹林或灌木林种类
k	年龄 (a)

竹林、灌木林生物量到达稳定时的年龄和生物量，可从相关文献中获得。在选择这些参数时，首先选择来自本地区、相同种类的竹林和灌木林。如果没有，再考虑选择来自其它相邻地区相同种类的竹林和灌木林生物量数据。对引用文件要说明其合理性。项目实施单位也可选择当地类似立地条件下的现有成熟林分，实测其地上和地下生物量。实测的样地数量取决于生物量的变异性，其标准误差应 ≤10%。

5.4.3 原有植被生物量减少

由于林地清理和整地、造林后最初几年可能发生的农作物套种以及林分的竞争，原有的非林木植被可能会大大减少，散生木也可能被伐除。这种原有植被生物量的减少必须从林分碳储量变化中扣减。为保守起见，同时为降低未来监测成本，假定原有林木和非林木植被在整地时全部消失。因此只需在项目开始前测定并计算原有植被生物量碳储量即可。

$$\Delta C_{BSL} = \sum_{i=1}^I (C_{BSL,Tree,i,t=0} + C_{BSL,NTree,i,t=0}) \cdot 44 / 12 \quad (5.22)$$

式中：

ΔC_{BSL}	原有植被生物量碳库中的碳储量的减少 (t CO ₂ -e)
$C_{BSL,Tree,i,t=0}$	项目开始前 (t=0) 原有散生木生物量碳库中的碳储量 (t C)
$C_{BSL,NTree,i,t=0}$	项目开始前 (t=0) 原有非林木植被生物量碳库中的碳储量, (t C)
44/12	CO ₂ 与 C 的分子量比
i	基线碳层 ($i=1, 2 \cdots I$)
t	项目开始后的年数 (a)

但在下列情况下，不必对造林开始前的植被生物量的减少进行扣减：

- (1) 在基线情景下，由于人为或自然原因，现有植被每 10 年至少被破坏(清除)一次，如火灾、垦植。
- (2) 基线情景下的植被处于退化状态，未来 20 年内现有木本植被(散生木和灌木植被)将全部消失。
- (3) 农地上的造林。
- (4) 如果整地和造林时不清除原有散生木，在监测时也不将原有散生木计入项目碳储量，则不必扣减原有散生木生物量的减少。

5.4.3.1 散生木碳储量

计算原有散生木的碳储量有以下两种方法，在可能的情况下，优先使用方法一。

方法一：异速生长方程法

利用上述 5.3 节测定获得的各基线碳层中的各树种的平均胸径和平均树高，直接通过生物量异速生长方程计算散生木生物量碳储量，即：

$$C_{BSL,Tree,i,t=0} = C_{BSL,AB,Tree,i,t=0} + C_{BSL,BB,Tree,i,t=0} \quad (5.23)$$

$$C_{BSL,AB,Tree,i,t=0} = \sum_{j=1}^J f_{AB,tree,j}(DBH, H) \cdot N_{ij} \cdot A_i \cdot CF_j \quad (5.24)$$

$$C_{BSL,BB,Tree,i,t=0} = \sum_{j=1}^J f_{BB,tree,j}(DBH, H) \cdot N_{ij} \cdot A_i \cdot CF_j \quad (5.25)$$

式中：

$C_{BSL,AB,Tree,i,t=0}$	项目开始前 (t=0) 散生木地上生物量碳库中的碳储量 (t C)
-------------------------	-----------------------------------

$C_{BSL, BB, Tree, i, t=0}$	项目开始前 ($t=0$) 散生木地下生物量碳库中的碳储量 (t C)
$f_{AB, tree, j}(DBH, H)$	j 树种地上生物量异速生长方程 (t DM.株 ⁻¹)
$f_{BB, tree, j}(DBH, H)$	j 树种地下生物量异速生长方程 (t DM.株 ⁻¹)
N_{ij}	项目开始前 ($t=0$) i 基线碳层 j 树种散生木单位面积的株数 (株.hm ⁻²)
A_i	i 基线碳层的面积 (hm ²)
CF_j	j 树种平均含碳率 (参考值=0.5)
i	基线碳层
j	树种 ($j=1, 2 \dots J$)

在选择异速生长方程时,应尽可能选择来自项目地区或与项目地区条件类似的方程。上述生物量异速生长方程可用一元(以 DBH 为自变量)或二元(以 DBH 和 H 为自变量),取决于可获得的异速生长方程的种类。

方法二：生物量扩展因子法

当没有可用的生物量异速生长方程时,可根据测定的各基线碳层中的散生木的平均胸径 (DBH) 和平均树高 (H), 利用一元或二元立木材积公式计算平均单株材积 (V)。然后利用公式 5.6 和 5.7 计算项目开始前各基线碳层中的散生木地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量。

5.4.3.2 非林木植被

非林木植被生物量, 可通过文献调研或直接测定来获得。

(1) 文献调研

如果能获得类似地区或类似气候和土壤条件下的有关非林木植被生物量(荒草地、灌木林地)的研究文献或被有关权威机构认可的报告, 可直接引用文献中的数据进行计量。如果没有相关文献, 可从本指南附件中的 IPCC 参考值中选择。

地下生物量也可根据根茎比 (R) 来进行间接计算。根茎比可从相关文献或被有关权威机构认可的报告中获得。如果没有当地的数据, 可采用本指南附件中的 IPCC 参考值。平均而言, 灌木林的根茎比 (R) 为林木的 1.25 倍, 如果没有可用数据, 可用该数据作为缺省数据。

(2) 直接测定

对于小型灌木(高度<2m)和草本植被, 可通过普通的直接收获法测定其生物量。草本植被样方面积 0.5~1.0 m²(方形或圆形), 小型灌木样方面积 2~4 m²。将样方里所有灌木和草本植被全部收割并称鲜重, 挖出地下部分称鲜重。采集样

品≤70℃烘干至恒重，计算含水率，然后计算样方内灌木和草本的生物量干重。采用直接测定方法，必须保证足够的样地数量，使测定结果达到 95%置信区间下 80%的精度水平。

对于大型灌木（高度≥2m），可直接测定灌木基径、灌高等与生物量有关的特征因子，通过灌木生物量异速生长方程计算其生物量。灌木生物量可用灌木基径（DB）、灌高（SH）、冠径（SD）、丛生灌木的枝干数（N）中的一个或多个因子表达的异速生长方程来计算：

$$B_{AB,shrub} = f_{AB,shrub}(DB,SH,SD,N) \tag{5.26}$$

$$B_{BB,shrub} = f_{BB,shrub}(DB,SH,SD,N) \text{ 或} \tag{5.27}$$

$$B_{BB,shrub} = B_{AB,shrub} \cdot R_{shrub} \tag{5.28}$$

其中基径（DB）和冠径（SD）可分别代之以基径断面积（BA）和冠投影面积（CA），取决于实际情况。灌木和草本植被含碳率参考值分别为 0.49 和 0.47。

表 5.5 原有植被生物量碳储量减少量 （t CO₂-e）

基线碳层 编号	非林木植被			散生木			合计		
	地上 生物量	地下 生物量	小计	地上 生物量	地下 生物量	小计	地上 生物量	地下 生物量	合计
BLS-1									
BLS-2									
...									
BLS-N									
合计									

5.5 项目边界内的温室气体排放

碳汇造林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 N₂O 排放和营造林过程中使用燃油机械引起的 CO₂ 排放。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和计量。

$$GHG_{E,t} = E_{Equipment,t} + E_{N_Fertilizer,t} \tag{5.29}$$

式中

$$GHG_{E,t} \quad \text{第 } t \text{ 年项目边界内温室气体排放的增加量 (t CO}_2\text{-e.a}^{-1}\text{)}$$

$E_{Equipment,t}$	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.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.a ⁻¹)
t	项目开始后的年数 (a)

5.5.1 施肥

碳汇造林项目仅考虑施肥引起的直接 N₂O 排放，包括含 N 化肥和有机肥。根据项目设计每年施用肥料的种类、面积、施肥量、肥料含 N 率等，计算引起的直接 N₂O 排放：

$$E_{N_Fertilizer,t} = [(F_{SN,t} + F_{ON,t}) \cdot EF_1] \cdot MW_{N_2O} \cdot GWP_{N_2O} \quad (5.30)$$

$$F_{SN,t} = \sum_i^I M_{SFi,t} \cdot NC_{SFi} \cdot (1 - Frac_{GASF}) \quad (5.31)$$

$$F_{ON,t} = \sum_j^J M_{OFj,t} \cdot NC_{OFj} \cdot (1 - Frac_{GASM}) \quad (5.32)$$

式中：

$F_{SN,t}$	第 t 年施用的含氮化肥经 NH ₃ 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 NH ₃ 和 NO _x 挥发后的量 (t N.a ⁻¹)
EF_1	氮肥施用 NO ₂ 排放因子 (IPCC 参考值=0.01, t N ₂ O-N.(t N) ⁻¹)
MW_{N_2O}	N ₂ O 与 N 的分子量比 (44/28) (t-N ₂ O.(t-N) ⁻¹)
GWP_{N_2O}	N ₂ O 全球增温潜势 (IPCC 参考值=310, t CO ₂ -e.(t N ₂ O) ⁻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_{SFi}	i 类化肥的含氮率 (g-N.(100 g 化肥) ⁻¹)
NC_{OFj}	j 类有机肥的含氮率 (g-N.(100 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, t

	NH ₃ -N & NO _x -N. (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, t NH ₃ -N & NO _x -N (t N) ⁻¹)
t	项目开始后的年数 (a)
i	化肥种类, $i=1\cdots I$
j	有机肥种类, $j=1\cdots J$

5.5.2 燃油机械的使用

根据项目设计的整地、间伐、主伐等需要使用的机械设备情况, 确定各种活动使用的机械种类、耗油种类、单位耗油量 (如每小时或每 hm² 耗油量), 按不同机械和燃油种类计算耗油量, 采用下述公式计算燃油机械燃烧化石燃料引起的 CO₂ 排放:

$$E_{Equipment,t} = (CSP_{diesel,t} \cdot EF_{diesel} \cdot NCV_{diesel} + CSP_{gasoline,t} \cdot EF_{gasoline} \cdot NCV_{gasoline}) \quad (5.33)$$

式中:

$CSP_{diesel,t}$	第 t 年柴油消耗量 (L.a ⁻¹)
EF_{diesel}	柴油燃烧 CO ₂ 排放因子 (tCO ₂ -e.GJ ⁻¹)
NCV_{diesel}	柴油热值 (GJ.L ⁻¹)
$CSP_{gasoline,t}$	第 t 年汽油消耗量 (L.a ⁻¹)
$NCV_{gasoline}$	汽油热值 (GJ.L ⁻¹)
$EF_{gasoline}$	汽油燃烧 CO ₂ 排放因子 (tCO ₂ -e.GJ ⁻¹)
t	项目开始后的年数 (a)

表 5.6 项目边界内的温室气体排放 (tCO₂-e)

年份	施肥		燃油机械的使用		合计	
	年排放 (tCO ₂ -e.a ⁻¹)	累计排放 (tCO ₂ -e)	年排放 (tCO ₂ -e.a ⁻¹)	累计排放 (tCO ₂ -e)	年排放 (tCO ₂ -e.a ⁻¹)	累计排放 (tCO ₂ -e)
1						
2						
...						
20						
合计						

5.6 泄漏

碳汇造林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 CO₂ 排放。为此，需要调研和收集不同事前项目碳层分别用于运输肥料、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、每公里耗油量等。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。根据下式计算运输引起的 CO₂ 排放：

$$LK_{Vehicle,t} = \sum_f (EF_{CO_2,f} \cdot NCV_f \cdot FC_{f,t}) \quad (5.34)$$

$$FC_{f,t} = \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I n \cdot (MT_{f,v,i,t} / TL_{f,v,i}) \cdot AD_{f,v,i} \cdot SECK_{f,v} \quad (5.35)$$

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.a ⁻¹)
$EF_{CO_2,f}$	f 类燃油的 CO ₂ 排放因子 (tCO ₂ -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)
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 /辆或 t/辆)
$AD_{f,v,i}$	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 ($L.km^{-1}$)
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)

表 5.7 项目边界外的温室气体泄漏

年份	汽油		柴油		合计	
	年排放 ($tCO_2-e.a^{-1}$)	累计排放 (tCO_2-e)	年排放 ($tCO_2-e.a^{-1}$)	累计排放 (tCO_2-e)	年排放 ($tCO_2-e.a^{-1}$)	累计排放 (tCO_2-e)
1						
2						
...						
20						
合计						

5.7 项目净碳汇量

利用公式 5.1, 通过上述 5.3~5.6 节的计算结果, 计算项目净碳汇量 (表 5.8)。

表 5.8 项目净碳汇量

年份	项目碳储量变化		项目温室气体排放		泄漏		基线碳储量变化		项目净碳汇量	
	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										

6 监测方法

6.1 概述

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，在对项目进行碳计量或编制项目可研报告时，必须制定监测计划。项目参与方在制定监测计划时，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。

基线碳储量变化量应在编制项目可研报告或碳计量阶段完成。一旦项目被立项和批准，在项目运行期内就是有效的，因此不需要对基线碳储量变化量进行监测。

项目碳储量变化量的监测有多种手段，如固定样地的连续观测、模型模拟、遥感方法、涡度相关测定法等。本指南从碳汇造林项目的实际出发，并考虑监测的成本有效性原则，采用基于固定样地的连续测定方法。

6.2 项目活动及其边界监测

为了确保造林项目严格遵循《碳汇造林技术规定（试行）》、《碳汇造林检查验收办法（试行）》以及本指南的相关要求，需对项目运行期内的所有造林活动、森林管理活动、与温室气体排放有关的活动以及项目边界进行监测，主要包括：

（1）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、除草、施肥等措施；

（2）森林管理活动：抚育、间伐、施肥、主伐、更新、病虫害防治和防火措施等；

（3）项目边界内森林灾害（毁林、林火、病虫害）发生情况（时间、地点、面积、边界等）；

（4）项目边界：碳汇造林项目的实际边界有可能与项目设计边界不完全一致，难免出现偏差。为了获得真实、可靠的净碳汇量，在整个项目运行期内，必须对项目实施的边界进行监测。每次监测时必须就下述各项进行测定、记录和归档：

- 造林地块是否发生变化。
- 确定发生造林的实际边界（以林缘为界）。

- 如果实际边界位于项目设计边界之外，处于项目边界之外的部分不能纳入监测和计量的范围。
- 如果实际边界位于项目设计边界之内，应以实际边界为准。
- 如果由于毁林、火灾或病虫害等的发生导致土地利用方式发生变化（转化为其它土地利用方式），应确定具体位置和面积，并将发生土地利用变化的地块调整到边界之外。
- 任何边界的变化都必须用 GPS 或适当的空间数据（如卫星影像）予以界定。

6.3 抽样设计

6.3.1 事后分层

事后项目分层可在事前分层的基础上进行，但需进一步考虑事前分层中未予考虑的因素，如：项目区气候、立地条件差异等。同时考虑实际造林情况，如：实际造林树种、造林模式、造林时间以及施肥、间伐等管理方式等。

事后项目分层完成后，需调查并通过 GPS 或适当的空间数据（如卫星影像）确定各项目碳层的边界，并计算各碳层的面积，包括不同碳层、不同树种、不同林龄的面积。以后每次监测前，都需要对之前所划分的碳层进行核实，保证每个碳层内部的均一性，否则就需对所划分的碳层进行调整。如果通过监测发现，同一碳层碳储量及其变化具有很高的不确定性（标准误 $>10\%$ ），则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。同时，如果项目边界发生变化，涉及的相应碳层的边界也需做相应的调整。

表 6.1 事后项目分层表

事后项目 碳层编号	气候	土壤	其它 立地 要素	树种	混交		造林 时间	肥料 种类 和施 肥量	间伐 1		间伐 2		主伐 年龄
					方式	比例			年龄	强度	年龄	强度	
PROJ-1													
PROJ -2													
...													
PROJ -N													

6.3.2 确定样地数量

假定测定和监测的数据变量成正态分布，在一定的精度和可靠性要求下，可根据下述两种方法（或根据项目需要选择其他可靠的方法）来确定监测最少需要设定的固定样地数量。

方法一： 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。

$$n = \frac{\left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \cdot \sqrt{C_i} \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \cdot \frac{1}{\sqrt{C_i}} \right]}{\left(N \cdot \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^I N_i \cdot (st_i)^2} \quad (6.1)$$

$$n_i = \frac{\left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \cdot \sqrt{C_i} \right]}{\left(N \cdot \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^I N_i \cdot (st_i)^2} \cdot \frac{N_i \cdot st_i}{\sqrt{C_i}} \quad (6.2)$$

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）， $z_{\alpha/2} = 1.9599$

$$N = \frac{A}{AP} \quad N_i = \frac{A_i}{AP} \quad E_1 = Q_1 \cdot p \quad (6.3)$$

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 (6.1) 和 (6.2) 可简化为:

$$n = \frac{\left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \right]^2}{\left(N \cdot \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^I N_i \cdot (st_i)^2} \quad (6.4)$$

$$n_i = \frac{\left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \right]}{\left(N \cdot \frac{E_1}{z_{\alpha/2}} \right)^2 + \sum_{i=1}^I N_i \cdot (st_i)^2} \cdot N_i \cdot st_i \quad (6.5)$$

方法二:

$$n = \left(\frac{t_{n-L, \alpha}}{E_2} \right)^2 \left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \cdot \sqrt{C_i} \right] \cdot \left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i / \sqrt{C_i} \right] \quad (6.6)$$

$$n_i = n \cdot \frac{N_i \cdot st_i / \sqrt{C_i}}{\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i / \sqrt{C_i}} \quad (6.7)$$

$$E_2 = Q_2 \cdot p \quad (6.8)$$

式中

$t_{n-L, \alpha}$ 置信水平 $1 - \alpha$ 和自由度 $n - I$ 下的学生 t 氏分布值

E_2 估计量 Q 的允许误差

Q_2 估计量 Q 的平均值 (如样地蓄积量)

同样, 如果在各碳层建立和维护样地的成本相同, 则 (6.6) 和 (6.7) 可简化为:

$$n = \left(\frac{t_{n-I, \alpha}}{E_2} \right)^2 \left[\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i \right]^2 \quad (6.9)$$

$$n_i = n \cdot \frac{N_i \cdot st_i}{\sum_{i=1}^I N_i \cdot st_i} \quad (6.10)$$

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，所以，如果没有现存数据可用，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 $n-I$ 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）。

在每次监测后，需根据所监测到的碳储量的变异性，重新计算和调整所需样地数。

6.3.3 样地设置

在测定和监测项目边界内的碳储量变化时，宜采用矩形样地。样地的大小取决于林分密度，一个样地至少应包含 100 株林木、或样地投影面积 $\geq 600\text{m}^2$ 。但在同一个造林项目中，所有样地的面积应当相同。

固定样地的设置采用随机起点的系统设置方式。但为了避免边际效应，样地边缘应离地块边界至少 10m 以上。样地内林木和管理方式上（如施肥、灌溉、间伐甚至采伐、更新）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 GPS 座标、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：

- (1) 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；
- (2) 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。

固定样地每 5 年需要复位测定一次，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 GPS 或罗盘仪引线定位，埋设地下标桩。复位时利用 GPS 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。

6.3.4 监测频率

碳汇造林项目的监测频率因不同碳库而异。其中生物量、枯落物和枯死木每 5 年一次，土壤有机碳库每 10 年一次。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。由于间伐和主伐均会导致碳储量降低，为使监测时间不与碳储量的峰值出现时间重合，就需要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，否则必须对首次监测时间或者对间伐和主伐时间进行重新调整。

6.4 项目碳储量变化监测

项目边界内的碳储量变化量是各碳库中碳储量变化量之和，即：

$$\begin{aligned}\Delta C_{PROJ,t} = & \Delta C_{PROJ,AB,t} + \Delta C_{PROJ,BB,t} + \Delta C_{PROJ,DW,t} + \Delta C_{PROJ,L,t} \\ & + \Delta C_{PROJ,SOC,t} - \Delta C_{LOSS,AB,t} - \Delta C_{LOSS,BB,t}\end{aligned}\quad (6.11)$$

式中：

$\Delta C_{PROJ,t}$	第 t 年项目碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ,AB,t}$	第 t 年地上生物量碳库中的碳储量的变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ,BB,t}$	第 t 年地下生物量碳库中的碳储量的变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ,L,t}$	第 t 年枯落物碳库中的碳储量的变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ,DW,t}$	第 t 年枯死木碳库中的碳储量的变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ,SOC,t}$	第 t 年土壤有机质碳库中的碳储量的变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{LOSS,AB,t}$	第 t 年原有植被地上生物量碳库中的碳储量的降低量 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{LOSS,BB,t}$	第 t 年原有植被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)

地上生物量和地下生物量碳储量的降低量数据不需要监测，直接来自事前的测定和估计（详见 5.4.3 节）。

6.4.1 地上和地下生物量

地上生物量和地下生物量中的碳储量变化应分别林分、竹林和灌木林进行监测和计算^①，即：

$$\Delta C_{PROJ,AB,t} = \Delta C_{PROJ_Tr,AB,t} + \Delta C_{PROJ_B,AB,t} + \Delta C_{PROJ_S,AB,t} \quad (6.12)$$

$$\Delta C_{PROJ,BB,t} = \Delta C_{PROJ_Tr,BB,t} + \Delta C_{PROJ_B,BB,t} + \Delta C_{PROJ_S,BB,t} \quad (6.13)$$

式中：

$\Delta C_{PROJ_Tr,AB,t}$	第 t 年林分地上生物量碳库中的碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_B,AB,t}$	第 t 年竹林地上生物量碳库中的碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_S,AB,t}$	第 t 年灌木林地上生物量碳库中的碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_Tr,BB,t}$	第 t 年林分地下生物量碳库中的碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_B,BB,t}$	第 t 年竹林地下生物量碳库中的碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
$\Delta C_{PROJ_S,BB,t}$	第 t 年灌木林地下生物量碳库中的碳储量变化 ($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$)
t	项目开始后的年数 (a)

碳储量变化为两次监测所得到的碳储量之差除以监测的间隔期，即：

$$\Delta C_{PROJ} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (C_{m_2,ijk} - C_{m_1,ijk}) / T \cdot 44 / 12 \quad (6.14)$$

式中，

$C_{m_2,ijk}$	后一次监测 (m_2) i 碳层 j 树种 k 年龄林分 (或竹林、灌木林) 地上 (或地下) 生物量碳库中的碳储量 ($t \text{ C}$)
$C_{m_1,ijk}$	前一次监测 (m_1) i 碳层 j 树种 k 年龄林分 (或竹林、灌木林) 地上 (或地下) 生物量碳库中的碳储量 ($t \text{ C}$)
T	监测的间隔期 ($5 a$)
t	项目开始后的年数 (a)
i	项目碳层 ($i=1, 2 \cdots I$)
j	树种 ($j=1, 2 \cdots J$)
k	年龄 (a)

^① 这里的灌木林包括灌木化的乔木树种林分。

6.4.1.1 林分

在每一个监测年份，测定每个固定样地内每株林木的胸径（或胸径和树高）。采用生物量异速生长方程法或生物量扩展因子法计算各样地单位面积的地上和地下生物量碳库中的碳储量。再计算各项目碳层、各树种各龄级碳储量，即：

$$C_{Tr,m,ijk} = \left(\sum_{p=1}^P C_{Tr,m,ijk,p} / P \right) \cdot A_{Tr,ijk,m} \quad (6.15)$$

式中

$C_{Tr,m,ijk,p}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄第 p 样地林分地上(或地下)生物量碳库中的碳储量 (t C.hm ⁻²)
$A_{Tr,ijk,m}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分的面积 (hm ²)
m	监测时间 (a)
i	项目碳层
j	树种
k	林龄 (a)
p	监测样地数 ($p=1, 2 \dots P$)

各样地单位面积林分地上和地下生物量的测定和计算优先采用生物量异速生长方程法，如果没有可用的生物量方程，可用生物量扩展因子法。

(1) 生物量异速生长方程法

通过收获法建立生物量异速生长方程。选择有代表性的林分，进行每木检尺，测定胸径、树高、冠幅、活枝下高，根据各径级的平均胸径（最好是胸高断面积）、树高、冠幅、活枝下高，每个径级选择 2~3 株标准木，采用分层切割法，测定各器官鲜重。同时采取少量各器官样品，称取样品鲜重，然后在 ≤70℃ 条件下烘干至恒重，计算样品含水率。根据样品含水率计算各器官干重。最后建立单株生物量与胸径（DBH）（一元）或胸径和树高（H）（二元）的异速生长方程，方程形式如：

$$\ln B = a_1 + a_2 \ln(DBH) \quad (6.16)$$

$$\ln B = a_1 + a_2 \ln(DBH) + a_3 \ln H \quad (6.17)$$

式中：

B	生物量，t DM.株 ⁻¹
DBH	胸径，cm

H 树高, m
 $a_1 \sim a_3$ 参数

逐株计算样地内每株林木的生物量, 累加计算样地水平单位面积生物量和碳储量:

$$C_{AB_Tr,m,ijk,p} = \sum f_{AB_Tr,j}(DBH,H) \cdot CF_j \cdot 10000 / AP \quad (6.18)$$

$$C_{BB_Tr,m,ijk,p} = \sum f_{BB_Tr,j}(DBH,H) \cdot CF_j \cdot 10000 / AP \quad (6.19)$$

$$\text{或 } C_{BB_Tr,m,ijk,p} = C_{AB_Tr,m,ijk,p} \cdot R_{jk} \quad (6.20)$$

式中

$f_{AB_Tr,j}(DBH,H)$ J 树种地上生物量异速生长方程(t D M.株⁻¹)

$f_{BB_Tr,j}(DBH,H)$ J 树种地下生物量异速生长方程(t D M.株⁻¹)

CF_j J 树种平均含碳率

R_{jk} J 树种 k 年龄林分生物量根茎比

AP 样地面积 (m²)

j 树种

k 林龄 (a)

为降低监测成本, 也可以通过文献资料选择适用的生物量异速生长方程。在选择生物量异速生长方程时, 应尽可能选择来自项目所在地区或与项目所在地区条件类似的其它地区的方程。对于来自条件类似的其它地区或其它树种的异速生长方程, 包括来自 IPCC 的参考方程, 在将其用于项目监测前, 须对其适用性进行验证。例如, 可选取不同大小的林木, 采用收获法实测其生物量, 并与生物量异速生长方程的计算结果进行比较, 如果二者相差不超过±10%, 就可在项目监测中使用该生物量异速生长方程。如果不能获得可靠的生物量异速生长方程, 项目参与方可采用下述生物量扩展因子法。

(2) 生物量扩展因子法

该方法是根据测定的样地内的林木的胸径 (DBH) 或 DBH 和树高 (H), 利用一元或二元立木材积公式得到单株林木材积 (V), 然后利用树干材积密度 (WD)、生物量扩展因子 (BEF)、碳含量 (CF)、样地内林木株数 (N) 和样地面积 (AP) 计算地上生物量碳储量, 通过根-茎比 (R) 计算地下生物量碳储量 (计算方法参照第 5 章 5.3 和 5.4.1 节)。

6.4.1.2 竹林

竹林的生物量通常与胸径或眉径(1.5 m 高处的直径)、竹高和竹龄或度有关,为此,可采用生物量异速生长方程的方法来监测竹林碳储量。首先测定样地内立竹的胸径或眉径、高度和竹龄或度,利用一元或多元生物量异速生长方程计算各立竹的生物量,累加得到样地内单位面积生物量碳储量:

$$C_{AB_B,m,ijk,p} = \sum f_{AB_B,j}(D,H,BA) \cdot CF_j \cdot N \cdot 10000 / AP \quad (6.21)$$

$$C_{BB_B,m,ijk,p} = \sum f_{BB_B,j}(D,H,BA) \cdot CF_j \cdot N \cdot 10000 / AP \quad (6.22)$$

$$\text{或 } C_{BB_B,m,ijk,p} = C_{AB_B,m,ijk,p} \cdot R_j \quad (6.23)$$

式中

$f_{AB_B,j}(D,H,BA)$	j 类竹林地上生物量与胸径或眉径(D)、竹高(H)和竹龄或度(BA)的异速生长方程(t DM.株 ⁻¹)
$f_{BB_B,j}(D,H,BA)$	j 类竹林地下生物量与胸径或眉径(D)、竹高(H)和竹龄或度(BA)的异速生长方程(t DM.株 ⁻¹)
CF_j	j 类竹林平均含碳率
R_j	j 类竹林生物量根茎比
N	样地内林木株数(株)
AP	样地面积(m ²)
i	项目碳层
j	竹林种类

在选择生物量异速生长方程时,应尽可能选择来自项目所在地区或与项目所在地区条件类似的其它地区的方程。如果不能获得可靠的生物量异速生长方程,项目参与方可通过 6.4.1.1 节所述的收获法建立生物量异速生长方程。

6.4.1.3 灌木林

灌木林的生物量通常与地径、分枝数、灌高和冠径有关,为此,可采用生物量异速生长方程的方法来监测灌木林生物量碳库中的碳储量。首先测定样地内灌木的地径、高、冠幅和枝数,利用一元或多元生物量异速生长方程计算样地内单位面积生物量碳储量:

$$C_{AB_S,m,ijk,p} = \sum f_{AB_S,j}(BD,H,CD) \cdot N \cdot CF_j \cdot 10000 / AP \quad (6.24)$$

$$C_{BB_S,m,ijk,p} = \sum f_{BB_S,j}(BD,H,CD) \cdot N \cdot CF_j \cdot 10000 / AP \quad (6.25)$$

$$\text{或 } C_{BB_S,m,ijk,p} = C_{AB_S,m,ijk,p} \cdot R_j \quad (6.26)$$

式中

$f_{AB_S,j}(BD,H,CD)$ j 类灌木林地上生物量与基径(BD)、高(H)和冠径(CD)的异速生长方程 ($t DM \cdot 枝^{-1}$)

$f_{BB_S,j}(BD,H,CD)$ j 类灌木林地下生物量与基径(BD)、高(H)和冠径(CD)的异速生长方程 ($t DM \cdot 枝^{-1}$)

CF_j j 类灌木林平均含碳率

R_j j 类灌木林生物量根茎比

N 样地内灌木枝数 (枝)

AP 样地面积 (m^2)

j 灌木种类

在选择生物量异速生长方程时,应尽可能选择来自项目所在地区或与项目所在地区条件类似的其它地区的方程。如果不能获得可靠的生物量异速生长方程,项目参与方可自行建立生物量异速生长方程。

6.4.2 枯落物

枯落物储量变化是年凋落量与年分解量之差,在幼龄林阶段,枯落物增加很快,以后逐渐减慢,直至稳定(即年凋落量等于年分解量)。由于枯落物的凋落和分解具有明显的季节特征,因此每次枯落物碳储量的测定均应在同一季节进行。

枯落物碳储量的测定可采用收获法。在样地内设置 4~5 个(样地四个角和中央各一个)圆形或矩形样方,样方面积 $0.5 \sim 1.0 m^2$ 。收集样方内的所有枯落物,称湿重,并将各样方内枯落物充分混合后取样,在 $\leq 70^\circ C$ 条件下烘干至恒重,计算含水率,进而计算各样方内枯落物干重,样地内单位面积枯落物干重以及碳储量。

$$C_{L,m,ijk,p} = \sum L_p \cdot CF_{j,L} \cdot 10 / AL \quad (6.27)$$

$$C_{L,m,ijk} = \left(\sum_{p=1}^P C_{L,m,ijk,p} / P \right) \cdot A_{ijk,m} \quad (6.28)$$

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.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	$p=1, 2, \dots, P$, 林分样地数
$CF_{j,L}$	枯落物碳含率 (%)
m	监测时间 (a)
i	项目碳层
j	树种
k	林龄 (a)

如果枯落物层界线分明且较厚时 (大于 5cm), 也可以通过上述样方调查建立枯落物层厚度与单位面积储量之间的回归方程, 这样在监测时只需测定枯落物层厚度即可。该方程至少应该基于 10~15 个样点数据。

6.4.3 枯死木

枯死木主要包括两大类, 即枯立木和枯倒木, 即:

$$C_{DW\ m,ijk} = C_{SDW\ m,ijk} + C_{LDW\ m,ijk} \quad (6.29)$$

式中:

$C_{DW\ m,ijk}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分枯死木碳储量 (tC)
$C_{SDW\ m,ijk}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分枯立木碳储量 (tC)
$C_{LDW\ m,ijk}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分枯倒木碳储量 (tC)
m	监测时间 (a)
i	项目碳层
j	树种
k	年龄 (a)

$$C_{SDW\ m,ijk} = \left(\sum_{p=1}^P C_{SDW\ m,ijk,p} / P \right) \cdot A_{ijk,m} \quad (6.30)$$

$$C_{LDW,m,ijk} = \left(\sum_{p=1}^P C_{LDW,m,ijk,p} / P \right) \cdot A_{ijk,m} \quad (6.31)$$

式中

$C_{SDW,m,ijk,p}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地枯立木碳储量 (t C. hm^{-2})
$C_{LDW,m,ijk,p}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地枯倒木碳储量 (t C. hm^{-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	$p=1, 2, \dots, P$, 样地数
m	监测时间 (a)
i	项目碳层
j	树种
k	年龄 (a)

6.4.3.1 枯立木

为测定枯立木碳储量,在进行活立木检尺的同时,需对枯立木每木检尺(胸径和树高)。根据枯立木的分解状态,可进一步分为四类:

- (a) 大、中、小枝完整(与活立木相比,只是没有叶);
- (b) 无小枝,但有中、大枝,;
- (c) 只有大枝;
- (d) 完全没有枝,只剩主干;

在每木检尺时,须分别不同类型的枯立木测定和详细记录。枯立木碳储量的计算可采用与活立木生物量类似的方法,即生物量扩展因子方法和异速生长方程法。

$$C_{SDW,m,ijk} = C_{SDW,AB,m,ijk,p} + C_{SDW,BB,m,ijk,p} \quad (6.32)$$

式中

$C_{SDW,AB,m,ijk,p}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地枯立木地上部分碳储量 (t C. hm^{-2})
$C_{SDW,BB,m,ijk,p}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地枯立木地下部分碳储量 (t C. hm^{-2})

(1) 异速生长方程法

利用 6.4.1.1 中的活立木生物量异速生长方程计算枯立木生物量,再计算碳储量,

$$C_{SDW,AB,m,ijk,p} = \sum f_{AB,j}(DBH,H) \cdot (1-\rho) \cdot CF_{SDW,j} \cdot N \cdot 10000 / AP \quad (6.33)$$

$$C_{SDW,BB,m,ijk,p} = \sum f_{BB,j}(DBH,H) \cdot (1-\rho) \cdot CF_{SDW,j} \cdot N \cdot 10000 / AP \quad (6.34)$$

式中

$f_{AB,j}(DBH,H)$ 树种 k 地上生物量异速生长方程 (t DM.株⁻¹)

$f_{BB,j}(DBH,H)$ 树种 k 地下生物量异速生长方程 (t DM.株⁻¹)

ρ 枯立木缺枝少叶的折算系数

$CF_{SDW,j}$ 树种 k 枯立木平均含碳率

N 样地内枯立木株数 (株)

AP 样地面积 (m²)

对于上述(a)类枯立木, $\rho=2\sim3\%$; 对于(b)类, $\rho=20\%$; 对于(c)和(d)类枯立木, ρ 值可分别设定为 30%和 50%。由于枯立木地下部分的分解要比地上部分慢得多, 因此, 从保守的角度考虑, 可用活立木的根-茎比 (R_j) 来代替枯立木的根茎比 ($R_{DW,j}$)。

(2) 生物量扩展因子法

利用方程一元或二元材积公式计算枯立木材积, 采用类似生物量扩展因子的方法计算枯立木地上部分和地下部分碳储量 (参考第 5 章 5.3 和 5.4.1 节)

6.4.3.2 枯倒木

在幼林阶段, 枯倒木通常非常少, 可以忽略不计。因此第 1~2 次监测时, 枯倒木可能是不需测定的。枯倒木地下部分生物量也可以保守地忽略不计。地上部分枯倒木碳储量可通过枯倒木材积的测定来估计, 即:

$$C_{LDW,m,ijk,p} = \sum_{dc=1}^3 V_{LDW,m,ijk,p,dc} \cdot WD_{LDW,dc} \cdot CF_{LDW} \quad (6.35)$$

式中:

$C_{LDW,m,ijk,p}$ 第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地枯倒木碳储量 (t C. hm⁻²)

$V_{LDW,m,ijk,p,dc}$ 样地 p 内不同密度级 (dc) 枯倒木材积 (m³.hm⁻²)

$WD_{LDW,dc}$ 不同密度级 (dc) 枯倒木木材密度 (t.m⁻³)

CF_{LDW} 枯倒木含碳率

m 监测时间 (a)

i 项目碳层

j	树种
k	林龄 (a)

枯倒木的密度级划分为腐木、半腐木、未腐木三级，可通过用弯刀敲击枯倒木，如果刀刃反弹回来，即为未腐木；如果刀刃进入少许，则为半腐木；如果枯倒木裂开则为腐木。对每个密度级的枯倒木的密度都需进行采样测定，每个密度级至少抽取 10 个样木。对于中空的枯倒木，须单独作为一个密度级进行测定。各密度级枯倒木材积的测定和计算有下述两种方法。

方法一：当枯倒木的数量在地上生物量中所占比例相对较小时（例如 10~15%），可在监测样地内设置 100 m 的样线，一般分成两个 50 m 的样线，使之在样地中心呈垂直交叉，测定与样线交叉的所有枯倒木的直径，并按密度级分类记录。采用下式估计枯倒木的每公顷的材积：

$$V_{LDW,m,ijk,p,dc} = \pi^2 \cdot (D_{dc,1}^2 + D_{dc,2}^2 + \dots D_{dc,l}^2) / (8 \cdot L) \quad (6.36)$$

式中，

$V_{LDW,m,ijk,p,dc}$	枯倒木的每公顷采集 ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)
$D_{dc,1}^2 \dots D_{dc,l}^2$	某密度级枯倒木直径 (cm)
L	样线长度 (m)

方法二：当枯倒木的数量在地上生物量中所占比例相对较大时（例如达 15% 以上），且枯倒木在林地上分布不均时（例如采伐迹地），需样地中调查测定不同密度级的所有枯倒木。按 1m 为区分段，测定每一区分段两端的直径，假定每一区分段为圆柱体，以其两端直径的平均值作为区分段的平均直径，计算每区分段的体积，累加得每一密度级的材积：

$$V_{LDW,m,ijk,p,dc} = \frac{10000}{AP} \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^S \frac{D_{dc,rs}^2}{4} \times \pi \times L_{dc,rs} \quad (6.37)$$

式中：

$D_{dc,rs}^2$	某密度级第 r 棵枯倒木第 s 区分段的平均直径 (cm)
$L_{dc,rs}$	某密度级第 r 棵枯倒木第 s 区分段的长度 (m)

6.4.4 土壤有机碳

在样地内分别选择至少 5 个有代表性的采样点，用土钻或挖掘土壤剖面分层（如 0~10cm、10~30cm 和 30~50cm）采取土壤，按土层充分混合后，用四分法分别取 200-300 克土壤样品，去除全部直径大于 2 mm 石砾、根系和其它死有机残体，带回实验室风干、粉碎，过 2 mm 筛，采用碳氮分析仪测定土壤有机碳含量（也可用其它方法测定土壤有机碳含量，但每次监测使用的土壤有机碳分析方法应相同）。

同时，在每个采样点，用环刀分层各取原状土样一个，称土壤湿重，估计直径大于 2 mm 石砾、根系和其它死有机残体的体积百分比。每个采样点每层取 1 个混合土样，带回室内 105℃ 烘干至恒重，测定土壤含水率，或用野外土壤含水率测定仪（如 TDR）现场测定每个采样点各土层的土壤含水率。计算环刀内土壤的干重和各土层平均容重，并采用下式计算样地单位面积土壤有机碳储量：

$$C_{SOC,m,ijk,p} = \sum_{l=1}^L [SOCC_{m,ijk,p,l} \cdot BD_{m,ijk,p,l} \cdot (1 - F_{m,ijk,p,l}) \cdot Depth_l] \quad (6.38)$$

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 ($g\ C \cdot (100\ g\ 土壤)^{-1}$)
$BD_{m,ijk,p,l}$	第 m 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄 p 样地 l 土层土壤容重 ($g \cdot cm^{-3}$)
$F_{m,ijk,p,l}$	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

则第 i 项目碳层、 j 树种、 k 年龄林分平均土壤有机碳储量为 ($MC_{SOC,m,ijk}$)：

$$MC_{SOC,m,ijk} = \sum_{p=1}^P C_{SOC,m,ijk,p} / P \quad (6.39)$$

由于土壤有机碳通常具有较大的不确定性，因此为保守起见，采用可靠的最

小估计（Reliable Minimum Estimate, RME）方法来计算相邻两次监测的土壤有机碳储量。即用下式估计第 m_1 和 m_2 次监测测定到的土壤碳储量：

$$C_{SOC,m_2,ijk} = (MC_{SOC,m_2,ijk} - 95\% \text{的置信水平}) \cdot A_{ijk} \quad (6.40)$$

$$C_{SOC,m_1,ijk} = (MC_{SOC,m_1,ijk} + 95\% \text{的置信水平}) \cdot A_{ijk} \quad (6.41)$$

式中：

$MC_{SOC,m_2,ijk}$	第 m_2 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分单位面积平均土壤有机碳储量 (t C. hm ⁻²)
$MC_{SOC,m_1,ijk}$	第 m_1 次监测 i 碳层 j 树种 k 年龄林分单位面积平均土壤有机碳储量 (t C. hm ⁻²)
A_{ijk}	i 碳层 j 树种 k 年龄林分面积 (hm ²)
i	项目碳层
j	树种
k	林龄 (a)

该方法用后一次测定的最小估计值减去前一次测定的最大估计值，得到的土壤有机碳储量的变化，保证了监测结果的可靠性和保守性原则。

6.5 项目边界内的排放

项目边界内温室气体排放的监测主要包括施肥引起的 N₂O 直接排放、化石燃料燃烧引起的 CO₂ 排放，以及森林火灾引起的非 CO₂ 排放，即：

$$GHG_{E,t} = E_{Equipment,t} + E_{N_Fertilizer,t} + E_{Fire,t} \quad (6.42)$$

式中

$GHG_{E,t}$	第 t 年项目边界内温室气体排放的增加 (t CO ₂ -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 CO ₂ -e.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 (t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$E_{Fire,t}$	第 t 年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.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 5~10 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。

6.5.1 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（表 6.1）。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（表 6.2）。按公式 5.30~5.32 计算施肥引起的 N₂O 直接排放。

表 6.1 施肥小班记录卡

县：_____ 乡（镇）：_____ 村：_____ 林班：_____ 小班：_____

时间	肥料种类	含氮率 (%)	树种	年龄	施用量 (吨/公顷)	面积 (公顷)	氮量 (吨氮)
A	B	C	D	E	F	G	H=C×F×G
2007-01-01	肥料 A	N1	树种 A	A1	F1	A1	
	肥料 B	N2	树种 B	A2	F2	A2	
...	...	...	...	...	...	...	...
2007-01-31							
1 月小计	化肥						
	有机肥						
...	...	...	...	...	...	...	...
2007-12-31							
12 月小计	化肥						
	有机肥						
2007 年度 小班汇总	化肥						
	有机肥						

表 6.2 年度施肥汇总表

20XX 年

县	乡（镇）	村	林班	小班	肥料种类	施氮量 (吨氮)
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 ($N_{ON,t}$)	

6.5.2 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（表 6.3）。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（表 6.4）。按下公式(5.33) 计算 CO₂ 排放。

表 6.3 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 (升/公顷) 或 (升/小时)	作业量 (公顷)或 (小时)	耗油量 (升)
A	B	C	D	E	F	G	H=F×G
07-01-01	机械 A	柴油	树种 A	A1	F1	A1	
07-01-05	机械 B	汽油	树种 B	A2	F2	A2	
...	...	...	...	...	...	...	...
07-01-31							
1 月份小计		柴油					
		汽油					
...	...	...	...	...	...	...	...
2007-12-31							
12 月份小计		柴油					
		汽油					
2007 年度 小班汇总		柴油					
		汽油					

表 6.4 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 (升)
				1	柴油	
					汽油	
						
				N	柴油	
					汽油	
						
项目合计					柴油 ($CSP_{diesel,t}$)	
					汽油 ($CSP_{gasoline,t}$)	

6.5.3 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测定和监测中（6.4.1 节），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。

（1）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。

（2）采用前述 6.4.1 节的方法，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。

（3）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。

（4）采用下述公式计算 N_2O 和 CH_4 排放。

$$E_{Fire,t} = E_{Fire,N_2O,t} + E_{Fire,CH_4,t} \quad (6.43)$$

$$E_{Fire,N_2O,t} = E_{Fire,C,t} \cdot (N/C \text{ ratio}) \cdot EF_{N_2O} \cdot 310 \cdot 44 / 28 \quad (6.44)$$

$$E_{Fire,CH_4,t} = E_{Fire,C,t} \cdot EF_{CH_4} \cdot 21 \cdot 16 / 12 \quad (6.45)$$

$$E_{Fire,C,t} = \sum_i \sum_j \sum_k A_{Fire,ijk,t} \cdot B_{AB,ijk,t} \cdot BP_{ijk,t} \cdot CE \cdot CF \quad (6.46)$$

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.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.a ⁻¹)
$E_{Fire,N_2O,t}$	第 t 年由于森林火灾引起的 N ₂ O 排放(t CO ₂ -e.a ⁻¹)
$N/C\ ratio$	过火森林的 N/C 比值(IPCC 参考值=0.01)
EF_{N_2O}	N ₂ O 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 ₂ O全球增温潜势(t CO ₂ -e (t N ₂ O) ⁻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 ₂ O 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 .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 D M.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.a ⁻¹)
t	时间(a)

6.6 泄漏

为监测运输工具使用引起的项目边界外的温室气体泄漏，项目参与方或实施主体应实时记录与造林项目活动有关的车辆使用情况（表 6.5），应用公式 5.34~5.35 计算运输工具使用引起的 CO₂ 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。

表 6.5 运输工具使用记载表（例子）

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(升)	
										汽油	柴油
07-01-01	A	B	化肥	30	1	重卡	汽油	2	0.2	6	
07-01-01	A	C	苗木	26	2	重卡	柴油	1	0.2		5.2
07-01-01	A	D	木材	50	1	轻卡	汽油	1	0.1	5	
07-01-02	A	B	木材	30	2	重卡	汽油	1	0.2	12	
...											
...											
...											
1 月合计											
07-02-01											
...											
...											
...											
...											
年度合计											

根据上述 6.4~6.6 节的监测和计算结果，采用公式（5.1）计算得到整个造林项目的净碳汇量，填入表 6.6。

表 6.6 项目净碳汇量

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

6.7 质量保证和质量控制

为确保项目净碳汇量，特别是碳储量变化的测定和监测准确、可靠、透明、可核查，项目实施主体或参与方应实施如下质量保证和质量控制（QA/QC）程序。

6.7.1 可靠的野外测定

为确保可靠的野外测定，项目参与方或实施主体应实施如下质量保证和质量控制程序：

- （1） 在本指南的基础上，制定详细的监测计划。
- （2） 制定野外测定和数据收集的技术步骤和细则，用于每一步野外测量工作，野外测量的所有细节都要记录在案以便于核查。
- （3） 对从事野外测量工作的人员就外业数据收集和数据分析进行培训。培训课程应确保每个野外工作组的成员，能全面了解准确收集数据的所有步骤及其重要性。为达到这一目的，除进行课堂考试外，还需要进行野外现场操作考试。只有通过考试的学员才可以参加调查工作组。任何新的调查工作人员都需进行适当的培训。
- （4） 在监测报告中，应包括如何执行上述步骤的描述，包括列出野外工作组组员的所有人员名字，而且项目负责人要确认组员得到了培训。

6.7.2 野外调查测定数据的核实

在监测计划中须描述野外调查数据的核对和纠错程序，至少包括以下内容：

- （1） 每 10 个固定样地中随机抽取 1 个样地（抽取的总样地数不应少于 3 个），采用相同的方法和设备，进行重复测定（该测定应为与原调查组不同的调查组完成）。计算两次测定的误差，发现并纠正可能发生的错误。两次测定的误差应不超过以下标准。
 - 胸径：± 0.5 cm or 3 % （选其最大者）
 - 树高：+ 10%或-20%
- （2） 如果两次测定的误差没有达到上述任何一项标准，应采取以下措施：
 - 检查两次测定的原始记录。
 - 重新计算平均树高和平均胸径，如果发现计算错误，须检查并纠正所有固定样地计算中的相应错误。

- 如果不能找到误差原因，在碳储量变化计算时排除该样地。同时从同一样地组中重新随机选择一个样地，再次进行核定，以确定在其它样地中是否存在同样的误差。
- (3) 描述开展上述有关工作的详细过程，保留并归档原始记录、修证记录、验证记录。如果发现误差是由于对标准操作程序的理解不同引起的，应共同对操作程序进行修正。

6.7.3 数据录入和分析

为在数据录入过程中尽可能减少错误，录入的野外调查数据和实验室数据都应由一个独立专家组进行复核，并与独立的数据进行比较以确保数据的一致性。

如果发现错误或异常情况，需与所有参与测定和分析数据的人员进行的交流，找到问题的原因及解决办法。如果发生了任何难以解决的监测数据问题，该样地不能用于分析目的。

描述执行上述工作的程序，归档相关资料。

6.7.4 数据归档

数据的归档方式包括电子版和印刷版，所有数据备份给每个项目参与方。所有的电子版数据和报告均须通过可永久存放的载体如光盘备份，这些光盘的备份件将存放在不同位置。存档的内容包括：

- (1) 所有原始的外业测量数据、实验室数据、数据分析和电子数据表的备份件
- (2) 所有碳库碳储量的变化以及非二氧化碳温室气体排放的估算数据，以及相关的电子数据表
- (3) 各种图件，包括 GIS 生成的文件
- (4) 测量监测报告的备份文件。

6.8 不确定性分析

通常情况下，项目边界内的温室气体排放、泄漏以及基线碳储量变化相对较小，项目碳储量变化构成项目净碳汇量的主体。项目碳储量变化主要基于固定样地的抽样测定。因此，本指南的不确定性分析主要针对固定样地的抽样测定，其不确定性主要来源于：

- (1) 立地条件的异质性：尽管采取分层抽样措施，但同一层内仍存在一定

程度的异质性，从而导致不同样地之间的测定结果的差异。

- (2) 样地测定误差。
- (3) 计算过程中使用的相关参数（木材密度、生物量扩展因子、根-茎比、碳含量等）、方程（如生物量异速生长方程、二元立木材积方程）等。
- (4) 由于方法学本身引起的系统误差。
- (5) 野外测定、室内分析和数据处理过程中的系统误差。

本指南要求项目碳储量变化的测定和监测的总体标准误应控制在 20%以内。

由于项目碳储量的不确定性起源于不同项目碳层、不同树种、不同龄级中不同的固定样地，因此首先应在固定样地水平上计算标准误，然后采用简单的误差传递方法逐级估计误差，最终获得项目总体碳储量的误差。

(1) 当某一估计值为 n 个估计值之和或差时，该估计值的标准误差采用下式计算。

$$U_c = \frac{\sqrt{(U_{s1} \cdot \mu_{s1})^2 + (U_{s2} \cdot \mu_{s2})^2 + \Lambda + (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{|\mu_{s1} + \mu_{s2} + \Lambda + \mu_{sn}|} = \frac{\sqrt{\sum_{n=1}^N (U_{sn} \cdot \mu_{sn})^2}}{\left| \sum_{n=1}^N \mu_{sn} \right|} \quad (6.47)$$

式中：

U_c n 个估计值之和或差的标准差(%)

$U_{s1} \text{ K } U_{sn}$ n 个相加减的估计值的标准差(%)

$\mu_{s1} \text{ K } \mu_{sn}$ n 个相加减的估计值

(2) 当某一估计值为 n 个估计值之积时，该估计值的标准误差采用下式计算。

$$U_C = \sqrt{U_{s1}^2 + U_{s2}^2 + \Lambda U_{sn}^2} = \sqrt{\sum_{n=1}^N U_{sn}^2} \quad (6.48)$$

式中

U_C n 几个估计值之积的标准误差(%)

$U_{s1}, \Lambda U_{sn}$ n 个相乘的估计值的标准误差(%)

6.9 核查

核查是在项目参与方或实施主体完成监测，并递交监测报告后，由第三方核

查机构对监测的精度、可靠性、透明性、保守性、质量保证和质量控制程序以及碳储量变化测定的不确定性进行的独立评估。

核查过程包括监测报告的审查和现场核定。监测报告的审查是在室内进行，主要审查内容包括：

- (1) 监测报告是否完整。
- (2) 监测计划得以正确执行。
- (3) 监测方法是否正确以及是否得以有效实施，包括项目边界确定是否正确可靠、分层方法是否正确、各碳层各树种和年龄林分面积的确定方法是否正确、抽样设计方法是否正确、采用的计算公式和参数选择是否正确。
- (4) 参数选择是否采取了保守的方式。
- (5) 是否制定了质量保证和质量控制程序并得以实施。
- (6) 不确定性分析方法是否正确可靠。
- (7) 野外测定、室内分析以及数据处理是否透明，相关文件资料是否完整。

现场核定是与项目参与方或实施主体以及监测人员就监测报告中有关问题进行讨论，核定有关的原始数据和资料及其归档情况。同时随机选择 10% 的固定样地（总数不少于 5 个样地），进行现场复位测定。复位测定的误差（复位测定-原测定）应不超过以下标准。

- (1) 胸径：± 0.5 cm 或 ± 3 % （选其最大者）
- (2) 树高：+ 10% 或 -20%

如果复位测定误差（复位测定-原测定）超过下述任何一项标准：

- (1) 胸径：- 0.5 cm or -3 % （选其最大者）
- (2) 树高：-20%

将按以下标准对项目碳储量予以扣减。

$$C_s = C_c \cdot (1 - \frac{U_c}{2}) \quad (6.49)$$

式中：

- C_s 扣减后项目碳储量，t C
- C_c 扣减前项目碳储量，t C
- U_c 项目碳储量标准误(%)

附 1：国家和 IPCC 碳计量参数参考值

附表 1 木材密度与生物量扩展因子国家参考值

树种森林类型	木材密度 (t D M.m ³)	BEF
红松	0.396	1.45
冷杉	0.366	1.72
云杉	0.342	
柏木	0.478	1.80
落叶松	0.490	1.40
樟子松	0.375	1.88
油松	0.360	1.59
华山松	0.396	1.96
马尾松	0.380	1.46
云南松	0.483	1.74
铁杉	0.442	1.84
赤松	0.414	1.68
黑松	0.493	
油杉	0.448	
思茅松	0.454	1.58
高山松	0.413	
杉木	0.307	1.53
柳杉	0.294	1.55
水杉	0.278	1.49
水胡黄	0.464	1.29
樟树	0.460	1.42
楠木	0.477	
栎类	0.676	1.56
桦木	0.541	1.37
椴树类	0.420	1.41
檫树	0.477	1.70
硬阔类	0.598	1.79
桉树	0.578	1.48
杨树	0.378	1.59
桐树	0.239	3.27
杂木	0.515	1.30
软阔类	0.443	1.54

数据来源：《中国初始国家信息通报》（2004）土地利用变化和林业温室气体清单。本表中的参数将在第二次国家信息通报中更新。

附表 2 IPCC 碳含量参考值

气候带	树种	碳含量	
		平均值	范围
热带和亚热带	所有树种	0.47	0.44~0.49
温带和寒温带	所有树种	0.47	0.44~0.49
	阔叶树种	0.48	0.46~0.50
	针叶树种	0.51	0.47~0.55

数据来源: 2006 IPCC 国家温室气体清单指南: 农业、林业和其它土地利用(表 4.3)

附表 3 IPCC 生物量扩展因子(BEF)参考值

气候带	森林类型	生物量扩展因子	
		平均值	范围
热带	松树林	1.3	1.2~4.0
	阔叶林	3.4	2.0~9.0
温带	云杉林	1.3	1.15~4.2
	松树林	1.3	1.15~3.4
	阔叶林	1.4	1.15~3.2
寒温带	针叶林	1.35	1.15~3.8
	阔叶林	1.3	1.15~4.2

数据来源: IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南(表 3A.1.10)

附表 4 IPCC 生物量转换与扩展因子参考值

气候带	森林类型	蓄积量 (m ³ .ha ⁻¹)	生物量转换与扩展因子参考值	
			平均值	范围
热带湿润 区	针叶林	<10	4.0	3.0~6.0
		11~20	1.75	1.4~2.4
		21~40	1.25	1.0~1.5
		41~60	1.0	0.8~1.2
		61~80	0.8	0.7~1.2
		80~120	0.76	0.6~1.0
		120~200	0.7	0.6~0.9
		>200	0.7	0.6~0.9
热带干旱 区和亚热	硬阔叶林	<20	5.0	2.0~8.0
		21~40	1.9	1.0~2.6

带		41~80	0.8	0.6~1.4
		>80	0.66	0.4~0.9
	针叶林	<20	6.0	3.0~8.0
		21~40	1.2	0.5~2.0
		41~80	0.6	0.4~0.9
		>80	1.55	0.4~0.7
温带	硬阔叶林	<20	3.0	0.8~4.5
		21~40	1.7	0.8~2.6
		41~100	1.4	0.7~1.9
		100~200	1.05	0.6~1.4
		>200	0.8	0.55~1.1
	松树林	<20	1.8	0.6~2.4
		21~40	1.0	0.65~1.5
		41~100	0.75	0.6~1.0
		100~200	0.7	0.4~1.0
		>200	0.7	0.4~1.0
	其它针叶林	<20	3.0	0.7~4.0
		21~40	1.4	0.5~2.5
		41~100	1.0	0.5~1.4
		100~200	0.75	0.4~1.2
		>200	0.7	0.35~0.9

数据来源: 2006 IPCC 国家温室气体清单指南: 农业、林业和其它土地利用(表 4.5)

附表 5 IPCC 树木根茎比参考值

气候带	生态区划/森林类型	地上生物量 (t D M.ha ⁻¹)	根茎比	
			平均值	范围
热带	热带雨林		0.37	
	热带湿润森林	<125	0.20	0.09~0.25
		>125	0.24	0.22~0.33
	热带干旱森林	<20	0.56	0.28~0.68
		>20	0.28	0.27~0.28
	热带灌丛		0.40	
	热带山地生态系统		0.27	0.27~0.28
亚热带	亚热带湿润森林	<125	0.20	0.09~0.25

		>125	0.24	0.22~0.33
	亚热带草地		0.32	0.26~0.71
温带	针叶林	<50	0.40	0.21~1.06
		50~150	0.29	0.24~0.50
		>150	0.20	0.12~0.49
	栎类	>70	0.30	0.20~1.16
	桉树	<50	0.44	0.29~0.81
		50~150	0.28	0.15~0.81
		>150	0.20	0.10~0.33
	其它阔叶林	<75	0.46	0.12~0.93
		75~150	0.23	0.13~0.37
		>150	0.24	0.17~0.44
寒温带		<75	0.39	0.23~0.96
		>75	0.24	0.15~0.37

数据来源: 2006 IPCC 国家温室气体清单指南: 农业、林业和其它土地利用(表 4.4)

附表 6 IPCC 草地生物量参考值

气候带	地上生物量峰值 (t D M.ha ⁻¹)	草本植物总生物量 (t D M.ha ⁻¹)	误差
热带-干旱区	2.3	8.7	±75%
热带-湿润区	6.2	16.1	±75%
暖温带-干旱区	1.6	6.1	±75%
暖温带-湿润区	2.7	13.5	±75%
温带-干旱区	1.7	6.5	±75%
温带-湿润区	2.4	13.6	±75%

数据来源: 2006 IPCC 国家温室气体清单指南: 农业、林业和其它土地利用(表 6.4)

附表 7 IPCC 草地生物量根冠比参考值

类型	根茎比 (t D M.ha ⁻¹)	误差
亚热带和热带-湿润草地	1.6	±130%
热带和温带-半干旱草地	2.8	±95%
温带-湿润草地	4.0	±150%
灌丛	2.8	±144%

数据来源: 2006 IPCC 国家温室气体清单指南: 农业、林业和其它土地利用(表 6.1)

附 2 全国优势树种（组）异速生长方程

根据《国家森林资源清查主要技术规定》树种（组）划分方法，对全国目前已经正式发表的树木异速生长方程分别按省（市）进行分类整理，并筛选除去部分变异较大树木异速生长方程，通过整理与优化，编制了全国优势树种（组）异速生长方程。

附表8 全国优势树种（组）异速生长方程

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
红松	$W_S=0.0417D^{2.579}$; $W_B=0.0178D^{2.417}$; $W_L=0.0037D^{2.282}+0.003D^{2.207}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			辽宁
	$W_S=0.02357(D^2H)^{0.9660}$; $W_B=0.0138(D^2H)^{0.7304}$; $W_L=0.0663(D^2H)^{0.5011}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.02588(D^2H)^{0.844}$		吉林
	$W_T=0.07557D^{2.5705}$; $W_B=0.1676D^{1.7632}$; $W_L=0.3574D^{0.9985}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			黑龙江
冷杉	$W_T=0.0387(D^2H)^{0.9293}$	$W_R=0.1530(D^2H)^{0.5208}$		四川
	$W_S=0.3274(D-3.6998)^2$; $W_B=2.6259+0.0633D^2$; $W_L=3.5207 \times 10^{-4}(15.9739+D)^3$; $W_P=0.054124(D-3.502)^2$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=3.5112 \times 10^{-4}(D-0.7762)^2+0.06136$ $9(D+3.662)^2$		云南
	$W_T=2.8048(D^2H)^{0.5729}$	$W_R=0.8356(D^2H)^{0.5091}$		西藏
云杉	$W_S=0.10730(D^2H)^{0.7528}$; $W_B=0.04940(D^2H)^{0.8138}$; $W_L=0.04172(D^2H)^{0.6923}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			内蒙古
	$W_T=5.2883-2.3268D+0.5775D^2$	$W_R=1.9580-1.3556D+0.1834D^2$		黑龙江
	$W_S=0.02091(D^2H)^{0.9285}$; $W_B=0.1336(D^2H)^{0.8870}$; $W_L=0.007974(D^2H)^{0.8998}$; $W_P=0.011332(D^2H)^{0.9285}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$			四川
	$W_S=0.018791(D^2H)^{0.9434}$; $W_B=0.00971(D^2H)^{0.9257}$; $W_L=0.002634(D^2H)^{0.9753}$; $W_P=0.003854(D^2H)^{0.893}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.005097(D^2H)^{0.9457}$	$W=0.03689(D^2H)^{0.9501}$	甘肃
	$W_S=0.0478(D^2H)^{0.8665}$; $W_B=0.0122(D^2H)^{0.8905}$; $W_L=0.265(D^2H)^{0.4701}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=3.3756(D^2H)^{0.2725}$		青海
	$W_S=0.04747(D^2H)^{0.88217}$; $W_B=0.00189(D^2H)^{1.0398}$; $W_L=0.014514(D^2H)^{0.78914}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			新疆
	$W_T=0.12531(D^2H)^{0.733}$			北京
柏木	$W_T=0.02479D^{2.0333}$	$W_R=0.0261D^{2.1377}$		江苏

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
	$W_s=0.2682D^{1.9161}$; $W_b=0.0103D^{2.4304}$; $W_l=0.0414e^{0.3376D}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.0261D^{2.1377}$		福建
	$W_s=1.034885+0.0223(D^2H)$; $W_b=0.095(D^2H)^{0.571}$; $W_l=0.714(D^2H)^{0.583}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.036+0.0098(D^3H)$		山东
	$W_t=0.12703(D^2H)^{0.79775}$	$W_r=0.1155(D^2H)^{0.56696}$	$W=0.1224(D^2H)^{0.8169}$	贵州
	$W_s=0.2738(D^2H)^{0.6912}$; $W_b=0.0061(D^2H)^{0.9455}$; $W_l=0.0042(D^2H)^{0.8986}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=8.7356(D^2H)^{0.2274}$	$W=0.8932(D^3H)^{0.6307}$	青海
落叶松	$W_s=0.119769D^{2.269352}$; $W_b=0.106747D^{1.750152}$; $W_l=0.291676D^{1.066997}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.071271D^{2.085668}$	$W=0.328988D^{2.095846}$	河北
	$W_t=0.2387114(D^2H)^{0.6784}$	$W_r=0.03086291D^{2.0885}$		山西
	$W_s=0.04607(D^2H)^{0.8722}$; $W_b=0.0356(D^2H)^{0.5624}$; $W_l=0.01397(D^2H)^{0.5628}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.007534(D^2H)^{0.9725}$	$W=0.5526(D^2H)^{0.6050}$	内蒙古
	$W_s=0.01594D^{2.949}$; $W_b=0.05577D^{2.483}$; $W_l=0.00011D^{4.293}$; $W_p=0.6301D^{0.759}$; $W_t=W_s+W_b+W_l+W_p$	$W_r=0.20003D^{1.495}$		吉林
	$W_t=0.039464D^{2.442532}$;	$W_r=0.09848D^{2.2313}$		黑龙江
	$W_s=0.099496(D^2H)^{0.786530}$; $W_b=0.098620(D^2H)^{0.598367}$; $W_l=0.294136(D^2H)^{0.357506}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.060741(D^2H)^{0.721508}$		湖北
	$W_t=0.0204(D^2H)^{0.9719}$	$W_r=0.0019(D^2H)^{1.0951}$		四川
	$W_s=0.01367(D^2H)^{0.99794}$; $W_b=0.07802D^{2.04597}$; $W_l=0.03184D^{1.90488}$; $W_p=0.01072(D^2H)^{0.80398}$; $W_t=W_s+W_b+W_l+W_p$	$W_r=0.03136D^{2.18625}$		陕西
	$W_s=0.06262D^{2.4048}$; $W_b=0.00198D^{3.1639}$; $W_l=3.011 \times 10^{-5}D^{3.8032}$; $W_p=0.0174D^{2.19}$; $W_t=W_s+W_b+W_l+W_p$	$W_r=0.02082D^{2.3669}$	$W=0.09592D^{2.4419}$	甘肃
	$W_s=0.03984(D^2H)^{0.8718}$; $W_b=0.03389(D^2H)^{0.5511}$; $W_l=0.1388(D^2H)^{0.8438}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.00698(D^2H)^{0.9724}$		新疆
樟子松	$W_s=0.3364D^{2.0067}$; $W_b=0.2983D^{1.144}$; $W_l=0.2931D^{0.8486}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$			内蒙古
	$W_t=0.15279(D^2H)^{0.74238}$	$W_r=0.675305e^{0.156762D}$		黑龙江
黑松	$W_t=0.0462(D^2H)^{0.9446}$	$W_r=0.0064(D^2H)^{1.0427}$		安徽
	$W_s=-25.244+4.7759D$; $W_b=1.0395+0.0140D^2H$; $W_l=0.4234+0.0122D^2H$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.0180D^{2.7546}$	$W=0.1425(D^2H)^{0.9181}$	山东
油松	$W_s=0.0475(D^2H)^{0.8539}$; $W_b=0.0017(D^2H)^{1.1515}$; $W_l=0.0134(D^2H)^{0.8099}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.0027(D^2H)^{1.0917}$	$W=0.0482(D^2H)^{0.9401}$	北京
	$W_s=0.14187(D^2H)^{0.8728}$; $W_b=0.0147083(D^2H)^{0.9157}$; $W_l=0.066901(D^2H)^{0.8017}$; $W_t=W_s+W_b+W_l$	$W_r=0.36362(D^2H)^{0.7508}$		山西
	$W_t=0.16025D^{2.205}$	$W_r=0.7092e^{0.1771D}$		内蒙古

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
	$W_S=0.946835+0.0214(D^2H)$; $W_B=0.077(D^2H)^{0.679}$; $W_L=0.848(D^2H)^{0.594}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.12(D^2H)^{0.533}$		山东
	$W_S=0.06920(D^2H)^{0.9520}$; $W_B=0.005229(D^2H)^{0.9884}$; $W_L=0.003619(D^2H)^{0.9376}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.001597(D^2H)^{1.0722}$		四川
	$W_S=0.009741(D^2H)^{1.04086}$; $W_B=0.01690D^{2.57733}$; $W_L=0.00599D^{2.57495}$; $W_P=0.010723(D^2H)^{0.80398}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.015891D^{2.28692}$		陕西
	$W_S=0.02059(D^2H)^{0.9359}$; $W_B=0.00169(D^2H)^{1.1242}$; $W_L=0.004855(D^2H)^{0.8812}$; $W_P=0.00602(D^2H)^{0.8649}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.0086025(D^2H)^{0.9204}$	$W=0.0295(D^2H)^{0.9655}$	甘肃
华山松	$W_S=0.04513(D^2H)^{0.826400}$; $W_B=0.02983(D^2H)^{0.814591}$; $W_L=0.00647(D^2H)^{1.042855}$; $W_P=0.02224(D^2H)^{0.632578}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.0247(D^2H)^{0.785732}$		云南
	$W_S=0.01308(D^2H)^{1.0038}$; $W_B=0.0055(D^2H)^{1.0439}$; $W_L=0.0011(D^2H)^{1.12566}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.0033(D^2H)^{1.0148}$		陕西
	$W_S=0.04294D^{2.4567}$; $W_B=0.0260D^{2.438}$; $W_L=0.0121D^{2.0955}$; $W_P=0.0184D^{2.0589}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.002223D^{3.0376}$	$W=0.10064D^{2.4119}$	甘肃
马尾松	$W_T=0.02634(D^2H)^{2.7751}$	$W_R=0.0417D^{2.2618}H^{-0.078}$		浙江
	$W_T=0.01672(D^2H)^{0.8559}$			安徽
	$W_S=0.01747(D^2H)^{0.998299}$; $W_B=0.00003(D^2H)^{1.5717}$; $W_L=0.00025(D^2H)^{1.2615}$; $W_P=0.004736(D^2H)^{0.876541}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.004736(D^2H)^{0.876541}$	$W=0.00951(D^2H)^{1.138668}$	福建
	$W_S=0.0367(D^2H)^{0.8937}$; $W_B=0.0024(D^2H)^{1.04}$; $W_L=0.145(D^2H)^{0.7156}$; $W_P=0.0081(D^2H)^{1.093}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.00885(D^2H)^{0.8896}$	$W=0.0657(D^2H)^{0.8896}$	江西
	$W_S=0.0459(D^2H)^{0.8867}$; $W_B=0.0127(D^2H)^{0.7886}$; $W_L=0.0283(D^2H)^{0.6012}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.0298(D^2H)^{0.7415}$		湖北
	$W_S=0.1369(D^2H)^{0.7123}$; $W_B=0.0469(D^2H)^{0.6699}$; $W_L=0.0173(D^2H)^{0.7125}$; $W_P=0.0147(D^2H)^{0.7512}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.2525(D^2H)^{0.4965}$		湖南
	$W_S=7.916D^{0.5521}$; $W_B=0.3515D^{1.402}$; $W_L=0.0055D^{2.5631}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.13D^{1.8237}$		广东
	$W_S=0.038120(D^2H)^{0.8794}$; $W_B=0.002917(D^2H)^{1.0638}$; $W_L=0.001161(D^2H)^{0.9994}$; $W_P=0.004785(D^2H)^{0.8823}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.002205(D^2H)^{1.0590}$		广西
	$W_T=0.0973(D^2H)^{0.8285}$	$W_R=0.0091D^{1.9114}H^{0.6755}$		贵州
云南松	$W_S=0.0105(D^2H)^{1.0652}$; $W_B=0.8775(D^2H)^{0.9894}$; $W_L=0.033(D^2H)^{0.9352}$; $W_P=0.043(D^2H)^{0.6628}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R = \frac{(D^2H)}{0.2703(D^2H) + 110.436}$		云南

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
	$W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$			
	$W_T=0.10301 (D^2H)^{0.7773}$	$W_R=0.0255 (D^2H)^{0.8041}$	$W=0.1541 (D^2H)^{0.7470}$	贵州
油杉	$W_T=0.0729 (D^2H)^{0.9334}$	$W_R=0.1783 (D^2H)^{0.5754}$	$W=0.2029 (D^2H)^{0.8024}$	贵州
柳杉	$W_S=0.2716 (D^2H)^{0.7379}$; $W_B=0.0326 (D^2H)^{0.8472}$; $W_L=0.0250 (D^2H)^{1.1778}$; $W_P=0.0379 (D^2H)^{0.7328}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=10.329+0.009D^2H$		江苏
水杉	$W_S=-0.656+0.028D^2H$; $W_B=-1.258+0.007D^2H$; $W_L=0.004+0.001D^2H$; $W_P=0.135+0.003D^2H$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.522+0.006D^2H$	$W=-5.826+0.047D^2H$	江苏
	$W_T=0.08004 (D^2H)^{0.8026}$	$W_R=0.03585D^{2.0887}$	$W=0.1525D^{2.1549}$	浙江
	$W_S=0.03576 (D^2H)^{0.8895}$; $W_B=0.01743 (D^2H)^{0.7449}$; $W_L=0.0004283 (D^2H)^{0.8782}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			福建
水胡黄	$W_S=1.416D^{1.71}$; $W_B=1.154D^{1.549}$; $W_L=0.7655D^{0.886}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			辽宁
	$W_S=0.02511 (D^2H)^{0.9271}$; $W_B=0.00957 (D^2H)^{0.9740}$; $W_L=0.8725 (D^2H)^{0.2634}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.0303 (D^2H)^{0.8058}$		黑龙江
樟树	$W_S=0.05560 (D^2H)^{0.850193}$; $W_B=0.00665 (D^2H)^{1.051841}$; $W_L=0.05987 (D^2H)^{0.574327}$; $W_P=0.01476 (D^2H)^{0.808395}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.1754 (D^2H)^{0.819874}$	$W=0.05560 (D^2H)^{0.850193}$	湖南
	$W_S=0.812+0.012D^2H$; $W_B=-0.246+0.012 (D^2H)$; $W_L=0.153+0.006 (D^2H)$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.218+0.007 (D^2H)$	$W=0.937+0.037 (D^2H)$	贵州
楠木	$W_S=0.0642 (D^2H)^{0.8596}$; $W_B=0.0514 (D^2H)^{0.6781}$; $W_L=0.3124 (D^2H)^{0.4511}$; $W_P=0.2632 (D^2H)^{0.5317}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=2.1468 (D^2H)^{0.221}$		福建
	$W_S=0.04709 (D^2H)^{0.9429}$			江西
	$W_T=0.04271 (D^2H)^{0.9599}$	$W_R=1.72624 \times 10^{-5} (D^2H)^{1.7222}$		四川
栎类	$W_S=0.0369 (D^2H)^{0.9165}$; $W_B=0.00051 (D^2H)^{1.3377}$; $W_L=0.00021 (D^2H)^{1.171}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.0778 (D^2H)^{0.7301}$		北京
	$W_S=0.0215 (D^2H)^{0.9630}$; $W_B=0.0063 (D^2H)^{0.9949}$; $W_L=0.0052 (D^2H)^{0.8202}$; $W_P=0.0084 (D^2H)^{0.8848}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.0096 (D^2H)^{0.9412}$		河北
	$W_S=0.1069D^{2.51353}$; $W_B=0.0176D^{2.65462}$; $W_L=0.0495D^{1.84438}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=2.91599e^{0.14465D}$		黑龙江
	$W_S=0.3108 (D^2H)^{0.67428}$; $W_B=0.0293 (D^2H)^{0.75662}$; $W_L=0.0922 (D^2H)^{0.39445}$; $W_P=0.93685 (D^2H)^{0.614021}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.1672284 (D^2H)^{0.64106}$		河南
	$W_S=0.00888 (D^2H)^{1.08}$; $W_B=0.01 (D^2H)^{0.90}$; $W_L=0.00378 (D^2H)^{0.94}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.00641 (D^2H)^{0.99}$		湖北

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
	$W_S = 0.6159 - 0.23721D^3$; $W_B = 0.3058 \times 1.3373D$; $W_L = 0.124309 \times 1.36856^D$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = -5.216876 + 1.5859D$		四川
	$W_T = 0.16625 (D^2H)^{0.7821}$	$W_R = 0.01977 (D^2H)^{0.88233}$	$W = 0.10141 (D^2H)^{0.8771}$	贵州
	$W_S = 0.1286D^{2.368575}$; $W_B = 0.00864D^{2.76158}$; $W_L = 3.3698 \times 10^{-4} D^{3.1455}$; $W_F = 58.5659 (1.7953 \times 10^{-12})^{1/D}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.4443 \times 1.1801^D$		云南
	$W_S = 0.04930 (D^2H)^{0.8514}$; $W_B = 0.004917D^{3.09503}$; $W_L = 0.018504D^{2.1740}$; $W_F = 0.03355 (D^2H)^{0.7263}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.1449D^{1.7971}$	18	陕西
	$W_S = 0.02364 (D^2H)^{0.9679}$; $W_B = 0.00787 (D^2H)^{1.0013}$; $W_L = 0.03484 (D^2H)^{0.605}$; $W_F = 0.0385 (D^2H)^{0.7156}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.05466 (D^2H)^{0.8144}$	$W = 0.13453 (D^2H)^{0.8579}$	甘肃
桦木	$W_S = 0.0319 (D^2H)^{0.9356}$; $W_B = 0.00063 (D^2H)^{1.2781}$; $W_L = 0.00016 (D^2H)^{1.1688}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.0093 (D^2H)^{0.9396}$		北京
	$W_S = 0.0494 (D^2H)^{0.9011}$; $W_B = 0.0142 (D^2H)^{0.7686}$; $W_L = 0.0109 (D^2H)^{0.6472}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.0110 (D^2H)^{0.9209}$		吉林
	$W_T = 0.1193 (D^2H)^{0.8372}$			黑龙江
	$W_S = 0.0684 (D^2H)^{0.8328}$; $W_B = 0.016 (D^2H)^{0.8214}$; $W_L = 0.0047 (D^2H)^{0.7606}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.8221 (D^2H)^{0.341}$	$W_{总} = 0.2679 (D^2H)^{0.71}$	云南
	$W_S = 0.02275 (D^2H)^{0.91035}$; $W_B = 0.002645D^{3.35934}$; $W_L = 0.003813D^{2.3901}$; $W_F = 0.01388 (D^2H)^{0.8102}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.01309D^{2.6888}$		陕西
	$W_S = 0.02232 (D^2H)^{0.9631}$; $W_B = 0.00272 (D^2H)^{1.0903}$; $W_L = 0.02002 (D^2H)^{0.6104}$; $W_F = 0.00293 (D^2H)^{0.9682}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.03779 (D^2H)^{0.7692}$	$W = 0.05866 (D^2H)^{0.9222}$	甘肃
马褂木	$W_S = 0.02426 (D^2H)^{0.9423}$; $W_B = 0.000349 (D^2H)^{1.268207}$; $W_L = 0.000419 (D^2H)^{1.048786}$; $W_F = 0.004283 (D^2H)^{0.88245}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.023475 (D^2H)^{0.770223}$	$W = 0.039934 (D^2H)^{0.938578}$	江西
木荷	$W_S = 0.013369 (D^2H)^{1.0569}$; $W_B = 1.086042 (D^2H)^{0.98964}$; $W_L = 0.000411 (D^2H)^{1.308806}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$		$W = 0.031103 (D^2H)^{1.019796}$	江西
	$W_S = 0.04188 (D^2H)^{0.9426}$; $W_B = 0.01208 (D^2H)^{0.8687}$; $W_L = 0.00313 (D^2H)^{0.9418}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.01645 (D^2H)^{0.9002}$		广东
海南木莲	$W_T = 0.06927 (D^2H)^{0.8337}$			海南
木榄	$W_S = 0.04167 (D^2H)^{0.9687}$; $W_B = 0.02202 (D^2H)^{1.2596}$; $W_L = 0.00607 (D^2H)^{1.0746}$; $W_F = 0.02203 (D^2H)^{0.6760}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_F$	$W_R = 0.3697 (D^2H)^{0.6226}$		海南
海南粗榧	$W_T = 0.10458 (D^2H)^{0.7824}$			海南

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
硬阔类	$W_S=0.0179D^{2.857}$; $W_B=0.00002D^{4.292}$; $W_L=0.000037D^{3.49}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			辽宁
	$W_S=0.3274(D^2H)^{0.7218}$; $W_B=0.01347(D^2H)^{0.7198}$; $W_L=0.02347(D^2H)^{0.6929}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.0976(D^2H)^{0.6925}$		吉林
	$W_T=0.03451(D^2H)^{1.0037}$	$W_R=0.0549H^{0.1068}D^{2.0953}$		浙江
	$W_T=0.07112(D^2H)^{0.910358078}$			安徽
	$W_S=-80.049+50.0544\ln D$; $W_B=-30.5257+18.6683\ln D$; $W_L=-11.905+7.247\ln D$; $W_P=-8.2984+5.3661\ln D$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=-22.963+14.6981\ln D$		福建
	$W_S=0.0125(D^2H)^{1.05}$; $W_B=0.000933(D^2H)^{1.23}$; $W_L=0.000294(D^2H)^{1.20}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.00322(D^2H)^{1.13}$		湖北
	$W_S=0.0311D^{2.714}$; $W_B=0.212D^{1.644}$; $W_L=0.0181D^{1.9945}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W=0.0319D^{2.2582}$		广东
	$W_S=0.3507(D-1.1948)^2$; $W_B=0.03017D^{2.3643}+0.051$; $W_L=0.01813D^2-0.2477$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.1278(D-0.05)^2$	$W_{总}=0.6131$ $(D-0.9678)^2$	云南
	$W_S=0.02054(D^2H)^{0.9803}$; $W_B=0.00357(D^2H)^{1.0851}$; $W_L=0.01076(D^2H)^{0.7377}$; $W_P=0.0117(D^2H)^{0.7713}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.00023(D^2H)^{1.3456}$	$W=0.04253(D^2H)^{0.7758}$	甘肃
椴树类	$W_S=0.098D^{2.353}$; $W_B=0.00287D^{2.99}$; $W_L=0.469D^{0.714}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			辽宁
	$W_S=0.01275(D^2H)^{1.0094}$; $W_B=0.00182(D^2H)^{0.9746}$; $W_L=0.00024(D^2H)^{0.9907}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.1473(D^2H)^{0.5099}$		吉林
桉树	$W_S=0.0761D^{2.4275}$; $W_B=0.0088D^{2.7829}$; $W_L=0.0117D^{2.5951}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			福建
	$W_S=0.004886(D^2H)^{1.207994}$; $W_B=0.00289(D^2H)^{1.002944}$; $W_L=0.4381(D^2H)^{0.292688}$; $W_P=0.00188(D^2H)^{1.004247}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.00332(D^2H)^{1.016668}$		湖南
	$W_T=0.05165D^{2.86136}$		$W=0.0703D^{2.8036}$	广东
	$W_S=0.02407389(D^2H)^{0.9768058}$; $W_B=0.00492556(D^2H)^{0.8449044}$; $W_L=0.0007088(D^2H)^{0.935545}$; $W_P=0.0063525(D^2H)^{0.8738162}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.00348(D^2H)^{1.013413}$		广西
	$W_T=0.0180(D^2H)^{1.0283}$	$W_R=0.0273(D^2H)^{0.7318}$		四川
木麻黄	$W_S=1.6128455(D^2H)^{0.515}$; $W_B=1.794991(D^2H)^{0.248}$; $W_L=4.0755267(D^2H)^{0.141}$; $W_P=0.0655462(D^2H)^{0.685}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=2.225541(D^2H)^{0.251}$		福建
	$W_S=0.047(D^2H)^{0.9383}$; $W_B=0.00021(D^2H)^{1.4847}$; $W_L=0.0226(D^2H)^{0.740}$; $W_P=0.0011(D^2H)^{1.1297}$	$W_R=6.166+4.944*10^{-6}(D^2H)^2$		广西

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
	$W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$			
马占相思	$W_T = 1.4256 (D^2H)^{0.568}$			广东
	$W_S = 0.1174013D^{2.27933}$; $W_B = 0.067161D^{1.76728}$; $W_L = 0.057264D^{1.67667}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$		$W = 0.313344D^{1.93709}$	海南
杨树	$W_S = 0.0231 (D^2H)^{0.9258}$; $W_B = 0.00121 (D^2H)^{1.1337}$; $W_L = 0.00063D^{1.1706}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$			北京
	$W_S = 0.07363 (D^2H)^{0.7745}$; $W_B = 0.1136 + 0.00603 (D^2H)$; $W_L = -1.5367 + 0.43161n (D^2H)$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = -2.1388 + 0.72191n (D^2H)$		山西
	$W_S = 0.2286 (D^2H)^{0.6933}$; $W_B = 0.0247 (D^2H)^{0.7378}$; $W_L = 0.0108 (D^2H)^{0.8181}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.1553 (D^2H)^{0.5951}$		吉林
	$W_T = 0.02884D^{2.8785}$			黑龙江
	$W_S = 0.0074046 (D^2H)^{1.069}$; $W_B = 0.0041773 (D^2H)^{0.9911}$; $W_L = 0.071532 (D^2H)^{0.4489}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.055106 (D^2H)^{0.7061}$		江苏
	$W_S = 0.02582 (D^2H)^{0.9084}$; $W_B = 0.0873 (D^2H)^{0.6279}$; $W_L = 0.03258 (D^2H)^{0.5855}$; $W_P = 0.0643 (D^2H)^{0.6160}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$	$W_R = 0.04176 (D^2H)^{0.69713}$	$W = 0.13513 (D^2H)^{0.802003}$	安徽
	$W_S = 0.03456 (D^2H)^{0.9273}$; $W_B = 0.00744 (D^2H)^{0.9767}$; $W_L = 0.8861 (D^2H)^{1.20}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.0190 (D^2H)^{0.8566}$	$W = 0.07688 (D^2H)^{0.8964}$	山东
	$W_S = 0.006 (D^2H)^{1.098}$; $W_B = 0.001 (D^2H)^{1.157}$; $W_L = 0.012 (D^2H)^{0.685}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.083 (D^2H)^{0.636}$		河南
	$W_S = 0.03 (D^2H)^{0.8734}$; $W_B = 0.0174 (D^2H)^{0.8574}$; $W_L = 0.4562 (D^2H)^{0.3193}$; $W_P = 0.0028 (D^2H)^{0.9675}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$	$W_R = 0.004 (D^2H)^{0.9035}$		湖北
	$W_S = 0.0527 (D^2H)^{0.8023}$; $W_B = 0.0377 (D^2H)^{0.6679}$; $W_L = 0.0089 (D^2H)^{0.7269}$; $W_P = 0.0069 (D^2H)^{0.8449}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$	$W_R = 0.0445 (D^2H)^{0.7596}$	$W = 0.1535 (D^2H)^{0.7601}$	四川
	$W_T = 0.07052 (D^2H)^{0.9381716}$			西藏
	$W_S = 0.03388 (D^2H)^{0.87652}$; $W_B = 0.0042 (D^2H)^{1.38703}$; $W_L = 0.0031 (D^2H)^{1.20433}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.02153 (D^2H)^{0.77569}$		青海
	$W_T = 0.1221 (D^2H)^{0.7813}$	$W_R = 0.1059 (D^2H)^{0.6185}$	$W_R = 0.5162 (D^2H)^{0.5985}$	新疆
胡杨	$W_S = 0.0611 (D^2H)^{0.7858}$; $W_B = 0.0679 (D^2H)^{0.6698}$; $W_L = 2.40 \times 10^{-4} (D^2H)^{3.34}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.0548 (D^2H)^{0.6767}$		新疆
桐类	$W_S = 0.01693 (D^2H)^{0.9234}$; $W_B = 0.00247 (D^2H)^{1.0977}$; $W_L = 0.145 (D^2H)^{0.7156}$; $W_P = 0.004105 (D^2H)^{0.9296}$; $W_T = W_S + W_B + W_L + W_P$	$W_R = 0.06457 (D^2H)^{0.6966}$	$W = 0.0574 (D^2H)^{0.8925}$	安徽
	$W_S = 0.086217D^{2.00297}$; $W_B = 0.072497D^{2.011502}$; $W_L = 0.035183D^{1.63929}$; $W_T = W_S + W_B + W_L$	$W_R = 0.016865D^{2.3294227}$		河南

树种 (组)	地上生物量公式	地下生物量公式	全树生物量公式	适用省份
刺槐	$W_S=0.05527(D^2H)^{0.8576}$; $W_B=0.02425(D^2H)^{0.7908}$; $W_L=0.0545(D^2H)^{0.4574}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.1145(D^2H)^{0.6328}$		河北
	$W_S=0.0681(D^2H)^{0.9865}$; $W_B=12.020+0.009(D^2H)$; $W_L=-0.549+0.007(D^2H)$; $W_P=4.217+0.008D^2H$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.0087(D^2H)^{1.0513}$		江苏
	$W_S=0.312+0.016(D^2H)$; $W_B=0.161+0.003(D^2H)$; $W_L=0.091+0.003(D^2H)$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.150+0.008(D^2H)$	$W=0.714+0.029(D^2H)$	贵州
	$W_S=0.02583(D^2H)^{0.6841}$; $W_B=0.00464D^{3.2181}$; $W_L=0.02340D^{1.9277}$; $W_P=0.00763(D^2H)^{0.0447}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.01779D^{2.6448}$		陕西
榆树	$W_S=0.0709D^{2.42}$; $W_B=4.924D^{0.976}$; $W_L=1.163D^{0.64}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			辽宁
软阔类	$W_S=0.0444H^{0.7197}L^{1.7095}$; $W_B+W_L=0.02453H^{0.2881}L^{1.7101}$ (L 为冠长); $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.0459H^{0.1067}D^{2.0247}$		安徽
	$W_S=0.012541(D^2H)^{1.144}$; $W_B=0.004786(D^2H)^{1.006}$; $W_L=0.047180(D^2H)^{0.769}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$	$W_R=0.004808(D^2H)^{1.119}$		福建
	$W_S=0.02739(D^2H)^{0.89869}$; $W_B=0.01497(D^2H)^{0.875639}$; $W_L=0.01059(D^2H)^{0.813953}$; $W_P=0.0121(D^2H)^{0.854295}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.03623(D^2H)^{0.728875}$	$W=0.09517(D^2H)^{0.847291}$	云南
红海榄	$W_S=0.01604(D^2H)^{1.08189}$; $W_B=0.00586(D^2H)^{0.65625}$; $W_L=0.05940(D^2H)^{0.66681}$; $W_P=0.01126(D^2H)^{1.04682}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$			广西
厚朴	$W_T=0.02820(D^2H)^{0.9682}$	$W_R=0.00831(D^2H)^{0.9700}$	$W=0.03872(D^2H)^{0.9589}$	浙江
杜仲	$W_S=0.118194D^{2.047788}$; $W_B=0.013137D^{2.919738}$; $W_L=0.033970D^{0.001548}$; $W_T=W_S+W_B+W_L$			河南
	$W_S=0.20071(D^2H)^{0.5013}$; $W_B=0.0663(D^2H)^{0.6023}$; $W_L=0.04876(D^2H)^{0.6019}$; $W_P=0.07754(D^2H)^{0.5013}$; $W_T=W_S+W_B+W_L+W_P$	$W_R=0.0650(D^2H)^{0.8760}$	12	陕西
橡胶	$W_T=0.05712(D^2H)^{0.94760}$	$W_R=0.0004406(D^2H)^{1.18543}$	$W=0.08280(D^2H)^{0.928894}$	广东
阔叶混	$W_T=0.042086(D^2H)^{0.9703}$			海南
	$W_T=0.17322D^{2.3458}$			贵州

注: W_S 树干生物量, W_B 树枝生物量, W_L 树叶生物量, W_T 地上部分总生物量, W_R 地下部分生物量, W 全树总生物量, D 树木胸径, H 树木树高。