

竹林经营碳汇项目方法学

(版本号 V01)

2015 年 12 月

编制说明

竹林是我国南方地区十分重要而特殊的森林类型，我国竹林资源丰富、分布广泛，现有面积约 601 万公顷，其中 75%以上属于低产低效林，竹林经营水平和固碳能力有待提高，广大竹农对于开展竹林经营碳汇项目，提高竹林生态和经济效益具有迫切需求。但由于竹林生长更新和经营方式与普通乔木林存在显著不同，现有的国际林业碳汇项目方法学和国内《森林经营碳汇项目方法学 V01》（编号：AR-CM-003-V01）都不适用于竹林经营。

为推动以增加碳汇为主要目的的竹林科学经营和管理活动，规范国内竹林经营碳汇项目设计文件编制、项目实施、项目碳汇计量与监测等工作，确保项目所产生的核证减排量（CCER）达到可测量、可报告、可核查的要求，推动国内竹林经营碳汇项目的自愿减排交易，特编制《竹林经营碳汇项目方法学（V01）》。

本方法学以《联合国气候变化框架公约》清洁发展机制执行理事会（UNFCCC CDM EB）最新批准的在非湿地上的大型造林再造林项目方法学（AR-ACM0003）模版为框架基础，参考和借鉴 CDM 方法学有关工具、方式和程序，以及国际国内自愿减排相关林业碳汇项目方法学和要求，充分吸收竹林碳汇的最新研究成果，充分体现竹林经营活动和固碳特性，经林业和 CDM 领域专家学者及利益相关方反复研讨修改后编制而成，力求方法学既符合国际规则又适合我国竹林经营活动实际，使之具有科学性、合理性和可操作性。

目 录

1 引言	1
2 适用条件	1
3 规范性引用文件	2
4 术语定义	2
5 基线与碳计量方法	4
5.1 项目边界确定	4
5.2 碳库和温室气体排放源选择	5
5.3 项目期和计入期选择	6
5.4 基线情景识别和额外性论证	6
5.5 碳层划分	7
5.6 基线碳汇量	8
5.6.1 基线竹子生物质碳储量的变化	8
5.6.2 基线收获竹材产品的碳储量变化	13
5.6.3 基线土壤有机碳储量的变化	15
5.7 项目碳汇量	16
5.7.1 项目竹子生物质碳储量的变化	18
5.7.2 项目收获竹材产品的碳储量变化	21
5.7.3 项目土壤有机碳储量的变化	23
5.7.4 项目边界内温室气体排放的估计	26
5.7.5 泄漏	27
5.8 项目减排量	27
6 监测程序	28
6.1 项目实施监测	28
6.1.1 基线碳汇量的监测	28
6.1.2 项目边界的监测	28
6.1.3 项目活动的监测	29
6.2 项目碳层更新和抽样设计	29
6.2.1 项目碳层更新	29
6.2.2 项目抽样设计	30
6.2.3 样地设置与监测	30

6.3 竹林生物质碳储量变化的测定	31
6.4 项目收获竹材竹产品碳储量变化的测定	34
6.5 项目土壤有机碳储量变化的测定	34
6.6 项目边界内温室气体排放增加量的监测	34
6.7 监测精度控制和校正	34
6.8 不需监测的数据和参数	35
6.9 需要监测的数据和参数	44
附件 1 主要竹林经营活动	48
附件 2 主要竹种（组）生物量方程	49
参考文献.....	54

1 引言

竹林作为一种特殊的植被类型，是我国重要的森林类型之一。我国竹子资源丰富，分布十分广泛，在竹子栽培、经营与加工利用方面具有悠久的历史，被誉为“世界竹子王国”。竹林经营固碳增汇活动在我国林业应对气候变化中具有重要作用，而现有国家发展和改革委员会备案的《森林经营碳汇项目方法学 V01》（编号：AR-CM-003-V01）不适用于竹林经营碳汇项目。根据中华人民共和国《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》（发改气候[2012]1668 号）的有关规定，为推动以增加碳汇为主要目的的竹林科学经营管理活动，规范国内竹林经营碳汇项目的经营作业设计与项目设计文件（PDD）编写、项目实施、项目计量与监测以及项目审定与核证工作等，确保项目所产生的核证减排量（CCER）达到可测量、可报告、可核查的要求，推动国内竹林经营碳汇项目的自愿减排交易，特编制《竹林经营碳汇项目方法学（V01）》。

方法学以《联合国气候变化框架公约》清洁发展机制执行理事会（UNFCCC CDM EB）最新批准的在非湿地土地上的大型造林再造林项目方法学（AR-ACM0003）框架结构为基础，参考和借鉴 CDM 方法学有关工具、方式和程序，以及国家发展和改革委员会备案的《竹子造林碳汇项目方法学》（AR-CM-002-V01）和《森林经营碳汇项目方法学》（AR-CM-003-V01），结合我国竹林经营管理工作实际编制而成。

2 适用条件

本方法学适用于以增加碳汇为重要经营目标的竹林经营管理活动，其适用条件包括：

（1）实施项目活动的土地为符合国家规定的竹林，即郁闭度 ≥ 0.20 、连续分布面积 ≥ 0.0667 ha、成竹竹秆高度不低于 2 m、竹秆胸径不小于 2 cm 的竹林。当竹林中出现散生乔木时，乔木郁闭度不得达到国家乔木林地标准，即乔木郁闭度必须小于 0.2。

（2）项目区不属于湿地和有机土壤。

（3）项目活动，不违反国家和地方政府有关森林经营的法律、法规和有关强制性技术标准。

（4）项目采伐收获竹材时，只收集竹秆、竹枝，而不移除枯落物；项目活动不清除竹林内原有的散生林木。

（5）项目活动对土壤的扰动符合下列所有条件：

（i）符合竹林科学经营和水土保持要求，松土锄草时，沿等高线方向带状进行，对项目林地的土壤管理不采用深翻垦复方式。

（ii）采取带状沟施和点状施方式施肥，施肥后必须覆土盖严。

(6) 采用附录 1 所列的一项或多项竹林科学经营技术措施。

(7) 项目活动的开始时间不早于 2005 年 2 月 16 日。

此外，使用本方法学时，还应遵循引用工具中的其它相关适用条件。

3 规范性引用文件

本方法学参考或引用了下列文件和工具的规定：

(1) 温室气体自愿减排交易管理暂行办法（国家发展和改革委员会，发改气候[2012]1668 号）；

(2) GB/T15781-2009 森林抚育规程；

(3) GB/T20391-2006 毛竹林丰产技术；

(4) LY/T1560-1999 低产用材林改造技术规程；

(5) GB/T26424-2010 森林资源规划设计调查技术规程

(6) 《国家森林资源连续清查技术规定》（林资发[2004]25 号）；

(7) 国家林业局《造林项目碳汇计量与监测指南》（办造字[2011]18 号）；

(8) 有关方法学、工具和指南：

- 非湿地大规模 CDM 造林再造林项目活动的基线与监测方法学（AR-ACM0003）；
- 森林经营碳汇项目方法学（AR-CM-003-V01，国家发展和改革委员会备案）；
- 竹子造林碳汇项目方法学（AR-CM-002-V01，国家发展和改革委员会备案）；
- CDM 造林再造林项目活动基线情景识别和额外性论证的组合工具（V01，EB35）；
- CDM 造林再造林项目活动监测样地数量的计算工具（V02.1.0，EB58）；
- 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（V04.0.0，EB65）；
- CDM 项目活动导致的土壤有机碳储量变化的估算工具（V01.1.0，EB60）。

4 术语定义

本方法学所使用的有关术语定义如下：

竹林：指连续面积不小于 0.0667 公顷（1 亩）、郁闭度不低于 0.20、成竹竹秆高度不低于 2 米、竹秆胸径不小于 2 厘米的以竹类为主的植物群落。当竹林中出现散生乔木时，乔木郁闭度不得达到国家乔木林地标准，即乔木郁闭度必须小于 0.2。竹林属于中国森林的一种类型。

大径散生竹林：指成竹竹秆高度大于 6 米、竹秆胸径大于 5 厘米的单轴散生型竹林。

大径丛生竹林：指成竹竹秆高度大于 6 米、竹秆胸径大于 5 厘米的合轴丛生型竹林。

小径散生竹林：指成竹竹秆高度大于 6 米、竹秆胸径为 2~5 厘米的单轴散生竹林。

小径丛生竹林：指成竹竹秆高度大于 6 米、竹秆胸径为 2~5 厘米的合轴丛生竹林。

复轴混生型竹林：指成竹竹秆高度大于 6 米、竹秆胸径大于 5 厘米的单轴和合轴混生的竹林。

小竹丛：是指成竹竹秆高度低于 2 米或竹秆胸径小于 2 厘米的竹类植物群落。小竹丛不属于森林范畴。

竹林经营：本方法学中的“竹林经营”是指通过改善竹林生长营养条件，调整竹林结构（如竹种组成、经营密度、胸径、年龄、根鞭状况），从而改善竹林结构，促进竹林生长，提高竹林质量、竹材产量，同时增强竹林碳汇能力和其他生态和社会服务功能的经营活动。主要的竹林经营活动包括：促进竹林发笋、改善竹林结构、维护竹林健康、衰退竹林复壮、竹种更新调整，及其他综合措施等（见附录 1）。

立竹（密）度：指单位面积内正常生长的竹子（病死竹、枯死竹、倒伏竹除外）的株数。

基线情景：指在没有拟议的项目活动时，项目边界内的竹林经营活动的未来情景。

项目情景：指拟议的项目活动下的竹林经营情景。

项目边界：是指由拟议项目所在区域的林地拥有所有权或使用权的项目参与方（项目业主）实施竹林经营碳汇项目活动的地理范围，也包括竹产品生产地点。竹林经营活动可在若干个不同的地块上进行，但每个地块均应有明确的地理边界，该边界不包括位于两个或多个地块之间的林地。项目边界包括事前项目边界和事后项目边界。

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

事后项目边界：是在项目监测时确定的、经过核实的、实际实施的项目活动的边界。

碳库：包括地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木、土壤有机质和竹材产品碳库。

地上生物量：竹类地上部分的生物量，包括竹秆、竹枝、竹叶生物量。

地下生物量：竹类地下部分的生物量，包括竹箨、竹鞭、竹根生物量。

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，对于本方法学，包括各种原因引起的枯立竹、枯倒竹以及死亡腐烂的竹箨、竹根、竹鞭。

土壤有机质：指一定深度内（本方法学中为 100cm）矿质土中的有机质，包括不能从经验上从地下生物量中区分出来的活细根。

竹材产品碳库：指利用项目边界内收获的成熟竹材（主要指竹秆部分）而生产的竹产品，在项目期末或产品生产后 30 年（以时间长者为准）仍在使用或进入垃圾填埋的竹产品中的碳量。

泄漏：指由拟议竹林经营碳汇项目活动引起的发生在项目边界之外的、可测量的温室气体排放的增加量。

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：指在基线情景下项目边界内所选碳库中碳储量变化之和。

项目碳汇量：指在项目情景下项目边界内所选碳库中碳储量变化量，减去由拟议的竹林经营碳汇项目活动引起的项目边界内温室气体源排放的增加量。

项目减排量：指竹林经营碳汇项目活动引起的净碳汇量。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：指拟议的竹林经营碳汇项目活动产生的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竹林经营碳汇项目活动时是不会产生的。

竹子择伐强度：指单位面积竹林内，采伐的竹子株数与伐前立竹株数之比。它与拟议项目竹子成熟择伐年龄和竹林留养的度数（年龄）结构有关。

竹林择伐更新周期：类似于乔木林的轮伐周期，指竹林通过不断的老竹择伐和新竹发育，其立竹实现全部更新一次所需的年数，在数值上与项目确定的竹子成熟择伐年龄一致。

土壤扰动：是指导致土壤有机碳降低的活动，如松土除草、深翻垦复、挖除竹筴竹鞭等活动。

5 基线与碳计量方法

5.1 项目边界确定

竹林经营项目活动的“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竹子经营项目活动的地理范围，也包括以竹林经营活动的竹材为原材料的竹产品生产地点。竹林经营活动可在若干个不同的地块上进行，但每个地块均应有明确的地理边界，该边界不包括位于两个或多个地块之间的林地。

项目边界包括事前项目边界和事后项目边界。事前项目边界是在项目设计和开发阶段确定的项目边界，是计划实施竹林经营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：

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

(2) 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，直接测定项目地块的边界坐标。

(3) 利用高分辨率的地理空间数据（如航片、卫星影像）、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。

事后项目边界是在项目监测时确定的、项目核查时核实的、实际实施的项目活动的边界。事后项目边界可采用上述方法之一进行确定，面积测定允许误差小于 5%。

在项目审定时，项目参与方须提供项目总面积三分之二或以上的林地所有权或使用权的证据。在首次核查时，项目参与方须提供所有项目地块的林地所有权或使用权的证据，如县（含县）级以上人民政府核发的林地权属证书或其他有效的证明材料。

5.2 碳库和温室气体排放源选择

本方法学在项目边界内考虑或选择的碳库如表 1。其中竹材产品碳库是指对项目边界内收获并产出的竹产品进行计量或监测。尽管竹材产品是发生在项目边界外的碳库，但为了计量和监测方便，本方法学统一将其视为项目边界内的碳库来考虑。

表 1 竹林经营项目活动边界内的碳库选择

碳库	是否考虑	理由或解释
地上生物量	考虑	竹林经营项目活动影响的主要碳库
地下生物量	考虑	竹林经营项目活动影响的主要碳库
枯死木	不考虑	与基线情景相比该碳库一般不会降低。根据成本有效性原则可以忽略该碳库。
枯落物	不考虑	根据方法学的适用条件，与基线情景相比该碳库一般不会降低。基于保守性和成本有效性原则，可以忽略该碳库。
土壤有机碳	不考虑或考虑	竹林经营措施对土壤扰动较大，可能对土壤有机质变化产生较大影响，如果项目情景土壤扰动强度（面积比例、频次）小于基于情景或当地普遍性做法，则不考虑土壤有机碳库。如果项目情景土壤扰动强度超过基线情景或当地普遍性做法，则需要考虑土壤有机碳库。
竹材产品碳库	考虑或不考虑	根据本方法学的适用条件，竹林经营项目活动影响的主要碳库之一，一般需要考虑。与基线

		情景相比该碳库会明显增加，但由于竹材产品去向的监测又比较困难，基于保守性和成本有效性原则，可以忽略该碳库。
--	--	---

本方法学对项目边界内的温室气体排放源的选择如表 2。

表 2 项目边界内的温室气体排放源的选择

温室气体	排放源	考虑或不考虑	理由或解释
CO ₂	木本生物质（包括竹类）燃烧	不考虑	该 CO ₂ 排放已在碳储量变化中考虑。
CH ₄	木本生物质（包括竹类）燃烧	考虑	竹林经营过程中，由于木本植被（包括竹类）生物质燃烧可引起显著的 CH ₄ 排放。
N ₂ O	木本生物质（包括竹类）燃烧	考虑	竹林经营过程中，由于木本植被（包括竹类）生物质燃烧可引起显著的 N ₂ O 排放。

5.3 项目期和计入期选择

项目期是指实施项目活动的时间区间。项目活动开始日期是指实施竹林经营碳汇项目活动的开始日期。项目活动开始日期不应早于 2005 年 2 月 16 日。如果项目活动开始日期早于向国家气候变化主管部门提交备案的日期，项目参与方须提供透明和可核实的证据，证明温室气体减排是项目活动最初的主要目的。这些证据必须是发生在项目开始日之前的、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产生额外温室气体减排量的时间区间。计入期的起始日期应与项目开始日期相同。计入期按国家气候变化主管部门规定的方式确定，在颁布相关规定以前，计入期最短为 20 年，最长不超过 40 年。

项目参与方须清晰地说明项目的开始日期、计入期和项目期，并解释选择该日期的理由。

5.4 基线情景识别和额外性论证

项目参与方须采用下述程序，识别和确定项目活动的基线情景，并论证项目活动的额外性。

（1）普遍性做法分析

普遍性做法，指在拟开展项目活动的地区或相似地区（相似的地理位置、环境条件、社会经济条件以及投资环境等），农户或经营实体机构普遍实施的类似的竹林经营活动，也包括 2005 年 2 月 16 日以前编制的森林经营方案。项目参与方须提供透明性文件，证明拟议竹林经营碳汇项目的经营技术措施与项目活动地区或相似地区普遍性做法有本质差异，即拟议项目活动不是普遍性做法。

项目活动一旦被认为不是普遍性做法，即被认定为在其计入期内具有额外性。此时，基线情景为历史或现有的竹林经营活动情景，如：在计入期内不采取任何竹林经营措施、延续原来的竹林经营模式、或采用原定森林经营方案进行经营等。

如果拟议的项目活动属于普遍性做法，或者无法证明拟议的项目活动不是普遍性做法，项目参与方须要通过下述“障碍分析”来确定拟议的项目活动的基线情景并论证其额外性。

(2) 障碍分析

项目参与方须提供文件证明，由于各种障碍因素的存在阻碍了在项目区实施普遍性做法或原有的森林经营方案，则项目情景具有额外性。这种情况下，基线情景为维持历史或现有的森林经营方式。

本方法学中的“障碍”是指实施障碍，即任何可能阻止拟议项目活动开展的因素。项目参与方至少需要对下列三种障碍之一进行评估：

- 财务障碍：包括高成本、有限的资金，或者在没有项目活动温室气体减排量收益时，内部收益率低于项目参与方预期能接受的最低收益率。如果采用财务障碍分析，项目参与方须提供可靠的定量分析的证据，如净现金流和内部收益率测算，以及相关批准文件等书面材料。
- 技术障碍：包括缺少必需的经营技术，缺乏实施技术的高素质人才支撑，缺少相关信息支持、实践经验不足等。
- 机制障碍：包括对技术实施的制度性排斥，缺少激励机制或政策、缺少项目实施的组织机制等。

项目参与方可能存在多种实施障碍，但只要证明一种障碍存在即可。

5.5 碳层划分

项目边界内的竹林林分、生产力水平及项目活动等分布不均匀、差异较大，需要对项目区进行分层，以提高碳计量的精度，减少在一定精度要求下所需监测的样地数量，同时降低监测成本。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”的目的是为了分别不同的基线碳层确定基线情景和估计基线碳汇量。项目参与方可根据项目边界内现有竹林类型或竹种类型、竹林林分结构状况（如立竹度、平均胸径、年龄结构等）和基线经营技术措施来划分基线碳层。

“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计量预估，根据拟实施的竹林经营措施类型和预期达到的目标竹林结构来划分。事后项目碳层用于项目碳汇量的事后监测，主要根据各项目碳层上竹林经营管理活动实际发生的情况来划分。如果发生自然或人为干扰（如火灾、毁林）导致项目的异质性增加，在每次监测和核查时的事后分层调整时均须考虑这些因素的影响。

5.6 基线碳汇量

基线碳汇量是指在基线情景下（即没有拟议的竹林经营碳汇项目活动的情况下），项目边界内所选碳库中各碳层碳储量变化之和。根据竹林生长经营特点与碳库选择部分的论述，本方法学主要考虑基线竹子生物量（地上和地下）、基线竹材产品、基线土壤有机质碳储量的变化，不考虑枯死木、枯落物和基线林下灌木生物量（地上和地下）碳储量的变化。基于保守性原则，不考虑基线情景下可能发生火灾引起的生物质燃烧造成的温室气体排放。对于项目边界竹林地内的少量散生木，基线情景和项目情景都不进行计量监测。基线碳汇量计算方法如下：

$$\Delta C_{BSL,t} = \Delta C_{BAMBOO_BSL,t} + \Delta C_{HBP_BSL,t} + \Delta C_{SOC_BSL,t} \quad \text{公式（1）}$$

式中：

$\Delta C_{BSL,t}$	—	第t年基线碳汇量；t CO ₂ -e·a ⁻¹
$\Delta C_{BAMBOO_BSL,t}$	—	第t年时，项目边界内基线竹子生物质碳储量的年变化量； t CO ₂ -e·a ⁻¹
$\Delta C_{SOC_BSL,t}$	—	第t年时，项目边界内基线土壤有机碳储量的年变化量；t CO ₂ -e·a ⁻¹
$\Delta C_{HBP_BSL,t}$	—	第t年时，项目边界内基线情景下收获的竹材生产的竹产品碳储量的年变化量；t CO ₂ -e·a ⁻¹
t	—	1, 2, 3, ... 项目活动开始以后的年数；a

5.6.1 基线竹子生物质碳储量的变化

$$\Delta C_{BAMBOO_BSL,t} = \Delta C_{BAMBOO_BSL,AB,t} + \Delta C_{BAMBOO_BSL,BB,t} \quad \text{公式（2）}$$

式中：

$\Delta C_{BAMBOO_BSL,AB,t}$	—	第t年时，项目边界内基线竹子地上生物质碳储量的年变化量； t CO ₂ -e·a ⁻¹
$\Delta C_{BAMBOO_BSL,BB,t}$	—	第t年时，项目边界内基线竹子地下生物质碳储量的年变化量； t CO ₂ -e·a ⁻¹

（1）基线竹子地上生物质碳储量的变化

竹林生长发育可分为竹林发育成林阶段（大径散生竹林 1-9 年，小径散生竹林 1-5 年，

丛生竹 1-5 年，混生竹 1-6 年）和竹林成林稳定阶段（大径散生竹林从第 10 年开始，小径散生竹林从第 6 年开始，丛生竹第 6 年开始；混生竹从第 7 年开始）。在发育成林阶段，竹林株数、平均胸径、平均竹高等都会发生明显的变化；而处于成林稳定阶段的竹林，由于新竹生长、择伐或自然枯损，竹子地上生物量达到动态平衡状态。根据可获得的方程及数据情况，可选择以下方法之一进行估算。

方法 I：竹子生物量连年增长变化法

$$\Delta C_{BAMBOO_BSL,AB,t} = \sum_i \sum_j \begin{cases} (C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t} - C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t-1}) \cdot A_{BSL,i,j} & \text{当 } t_a \leq t_{e,j} \\ 0 & \text{当 } t_a > t_{e,j} \end{cases}$$

公式（3）

式中：

$\Delta C_{BAMBOO_BSL,AB,t}$	— 第 t 年时，项目边界内基线竹子地上生物质碳储量的年变化量； t CO ₂ -e·a ⁻¹
$C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t}$	— 第 t 年时，基线情景第 i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹子地上生物质碳储量；t CO ₂ -e·hm ⁻²
$C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t-1}$	— 第 (t-1) 年时，基线情景第 i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹子地上生物质碳储量；t CO ₂ -e·hm ⁻²
$A_{BSL,i,j}$	— 项目边界内基线第 i 碳层 j 竹种（组）的面积；hm ²
$t_{e,j}$	— 第 j 竹种（组）竹林到达成林稳定阶段所需的时间；a
t_a	— 竹林年龄； $t_a = t + t_s$ ，其中 t_s 为项目开始时的竹林初始年龄
t	— 1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a

而第 t 年时，单位面积竹子地上生物质碳储量可以采用以下二种方法之一进行计算。

一是根据基线情景下竹林的平均立竹度、平均胸径、平均高度与竹林年龄的相关方程，再结合单株生物量方程计算第 t 年时单位面积地上生物质碳储量，即：

$$C_{BAMBOO_BSL,AB,j,t} = f_{AB}(DBH_j, H_j, T_j) \cdot N_{j,t} \cdot CF_j \cdot \frac{44}{12} \cdot 10^{-3} \quad \text{公式（4）}$$

$$DBH_j = f_{DBH,j}(t_a)$$

$$H_j = f_{H,j}(t_a, DBH)$$

$$N_{j,t} = f_{N,j}(t_a)$$

式中：

$C_{BAMBOO_BSL,AB,j,t}$	— 基线情景 j 竹种（组）单位面积竹子地上生物质碳储量； t $CO_2-e \cdot hm^{-2}$
$f_{AB}(DBH_j, H_j, T_j)$	— 竹种（组） j 的平均单株地上生物量方程（单株生物量与胸径、竹高、竹龄（度数）的相关方程），可采用一元、二元或多元单株生物量方程； $kg\ d.m.株^{-1}$
DBH_j	— 竹种（组） j 发育到 t_a 时，竹林平均胸径； cm
H_j	— 竹种（组） j 发育到 t_a 时，竹林平均高； m
T_j	— 竹种（组） j 的竹龄或度数；年或度
$N_{j,t}$	— 为发育到 t_a 时单位面积立竹数量（立竹度）； $株 \cdot hm^{-2}$ 。对于丛生竹种，可根据单位面积丛数和平均每丛的株数来计算。
CF_j	— 竹种（组） j 的生物量含碳率； $t\ C \cdot (t\ d.m.)^{-1}$
t	— $1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a
j	— 竹种或竹种组
t_a	— 竹林年龄； $t_a = t + t_s$ ，其中 t_s 为项目开始时的竹林初始年龄

二是直接根据当地或相近地区竹林单位面积生物量随竹林年龄变化的相关方程，计算第 t 年时单位面积地上生物质碳储量，直到进入竹林成林稳定阶段为止。此后，可假定竹子地上生物质碳储量变化量为零。

$$C_{BAMBOO_BSL,AB,j,t} = f_{AB,j}(t_a) \cdot CF_j \cdot \frac{44}{12} \quad \text{公式（5）}$$

式中：

$C_{BAMBOO_BSL,AB,j,t}$	— 基线情景 j 竹种（组）单位面积竹子地上生物质碳储量； t $CO_2-e \cdot hm^{-2}$
$f_{AB,j}(t_a)$	— 竹种（组） j 的单位面积生物量随竹林年龄变化的相关方程； $t\ d.m.hm^{-2}$
CF_j	— 竹种（组） j 的生物量含碳率； $t\ C \cdot (t\ d.m.)^{-1}$
t	— $1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a
j	— 竹种或竹种组
t_a	— 竹林年龄； $t_a = t + t_s$ ，其中 t_s 为项目开始时的竹林初始年龄

方法Ⅱ：竹子生物量平均生长变化法

$$\Delta C_{BAMBOO_BSL,AB,t} = \sum_i \sum_j \begin{cases} \left(\frac{C_{BAMBOO_BSL,AB,t_e,i,j} - C_{BAMBOO_BSL,AB,t_s,i,j}}{t_{e,j} - t_{s,j}} \right) \cdot A_{BSL,i,j} & \text{当 } t \leq t_{e,j} - t_{s,j} \\ 0 & \text{当 } t > t_{e,j} - t_{s,j} \end{cases}$$

公式（6）

式中：

- $\Delta C_{BAMBOO_BSL,AB,t}$ — 第 t 年时，项目边界内基线竹子地上生物质碳储量的年变化量；
 $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
- $C_{BAMBOO_BSL,AB,t_s,i,j}$ — 第 t_s 年时（即项目开始时），基线情景 i 碳层 j 竹种（组）现有单位面积竹子地上生物质碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $C_{BAMBOO_BSL,AB,t_e,i,j}$ — i 碳层 j 竹种（组）到达成林稳定阶段时，基线情景单位面积竹子地上生物质碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $A_{BSL,i,j}$ — 项目边界内基线第 i 碳层 j 竹种（组）的面积； hm^2
- $t_{s,j}$ — 项目开始时， j 竹种（组）竹林的初始年龄； a
- $t_{e,j}$ — 第 j 竹种（组）竹林达到成林稳定阶段所需的年限； a
- t — $1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a

上述公式中：项目开始时， i 碳层 j 竹种（组）现有单位面积竹子地上生物质碳储量可通过基线调查或者根据已有的森林小班调查资料获取各碳层竹子平均立竹度、平均胸径、平均高度等竹林结构状况，再根据单株地上生物量方程计算得到； i 碳层 j 竹种（组）到达成林稳定阶段时，基线情景单位面积竹子地上生物质碳储量，可通过实地调查当地或附近地区相似经营水平下已达到稳定阶段的竹林结构状况（平均立竹度、平均胸径、平均高度）和单株地上生物量方程计算得到。具体计算方法参照本方法学中的公式（4），公式中的平均胸径、平均高度和单位面积立竹数量分别采用第 t_s 年（项目开始时）和第 t_e 年（到达成林稳定阶段时）的数值。这些数值可以通过实地调查获取，也可以根据可靠的森林小班调查资料和相关科技文献获得。

（2）基线竹子地下生物质碳储量的变化

在竹林生长发育和经营过程中，会不断长出新笋新竹，同时会进行不断的择伐活动，以保持竹林健康和竹材的合理利用。因此当竹林到达成林稳定年限后，其地上生物质碳储量会

基本保持不变，但由于竹子择伐经营时，基本只移除地上部分（竹秆、竹枝、竹叶），而地下部分（竹蔸、竹根和竹鞭）仍会在较长时间内留存于林地中，竹林地下生物量碳储量通常还会继续增加，即竹林地下生物量与地上生物量之比通常随着竹林年龄的增加而增加，呈现动态变化关系。

因此，竹林地下生物量碳储量的变化可通过动态的竹林地下生物量与地上生物量之比和当年的地上生物量碳储量变化来计算。如果项目参与方无法获得竹子地下生物量与地上生物量之比随竹林年龄变化的相关关系，则可假定地下生物量与地上生物量之比为常数。

根据竹林经营择伐活动实际，在择伐时，通常每采伐一根竹材，必有一个相应的竹蔸及其竹根留存于林地中，长期不会腐烂分解。项目参与方也可以根据当年的竹子择伐量（可由地上生物量和择伐强度来计算）和平均单株竹子的地下部分生物量（竹蔸、竹根）与地上生物量（竹秆、竹枝、竹叶）之比来计算竹林地下生物量碳储量的变化。但由于受到密度效应和人为经营活动的影响，到一定年限后竹林地下生物量碳储量的增长会受到抑制或停止，根据竹林经营经验，本方法学设定 2T（T：指基线情景下的竹林择伐更新周期或竹子成熟择伐年龄）作为时间年限，即自项目活动开始 2T 后，竹林地下生物量碳储量的增长为零。

根据以上分析，竹林地下生物量碳储量的变化可选择以下方法之一进行估算。

方法 I：动态的竹林地下生物量与地上生物量之比法

$$\Delta C_{BAMBOO_BSL,BB,t} = \sum_i \sum_j (C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t} \cdot R_{j,t} - C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t-1} \cdot R_{j,t-1}) \cdot A_{BSL,i,j}$$

公式（7）

式中：

$\Delta C_{BAMBOO_BSL,BB,t}$	—	第 t 年时，项目边界内基线竹子地下生物量碳储量的年变化量； t CO ₂ -e·a ⁻¹
$C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t}$	—	第 t 年时，i 碳层 j 竹种（组）基线情景单位面积竹子地上生物 质碳储量；t CO ₂ -e·hm ⁻²
$C_{BAMBOO_BSL,AB,i,j,t-1}$	—	第 t-1 年时，i 碳层 j 竹种（组）基线情景单位面积竹子地上生物 质碳储量；t CO ₂ -e·hm ⁻²
$A_{BSL,i,j}$	—	项目边界内基线第 i 碳层 j 竹种（组）的面积；hm ²
$R_{j,t}$	—	基线情景下第 t 年时，j 竹种（组）竹林地下生物量与地上生物 量之比；无量纲
$R_{j,t-1}$	—	基线情景下第 t-1 年时，j 竹种（组）竹林地下生物量与地上生 物量之比；无量纲
t	—	1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a

如果项目参与方无法获得竹子地下生物量与地上生物量之比随竹林年龄变化的相关关系，则可假定地下生物量与地上生物量之比为常数。即用 R_j （竹种 j 竹林平均地下生物量与平均地上生物量之比）来代替公式中的 $R_{j,t}$ 和 $R_{j,t-1}$ 。

方法 II：择伐竹子平均单株地下生物量与地上生物量之比法

$$\Delta C_{BAMBOO_BSL, BB, t} = \sum_i \sum_j \begin{cases} [(C_{BAMBOO_BSL, AB, i, j, t} - C_{BAMBOO_BSL, AB, i, j, t-1}) \cdot R_j + C_{BAMBOO_BSL, AB, i, j, t} \cdot IC_{BSL, i, j, t} \cdot R_{P, j}] \cdot A_{BSL, i, j} & \text{当 } t \leq 2T_j \\ 0 & \text{当 } t > 2T_j \end{cases}$$

公式(8)

式中：

$\Delta C_{BAMBOO_BSL, BB, t}$	—	第 t 年时，项目边界内基线竹子地下生物量碳储量的年变化量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
$C_{BAMBOO_BSL, AB, i, j, t}$	—	第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）基线情景单位面积竹子地上生物量碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
$C_{BAMBOO_BSL, AB, i, j, t-1}$	—	第 $t-1$ 年时， i 碳层 j 竹种（组）基线情景单位面积竹子地上生物量碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
$IC_{BSL, i, j, t}$	—	第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）基线情景竹子择伐强度；无量纲
$R_{P, j}$	—	j 竹种（组）平均单株地下部分生物量（竹兜、竹根）与地上生物量（竹秆、竹枝、竹叶）之比；无量纲
R_j	—	j 竹种（组）竹林平均地下生物量与平均地上生物量之比；无量纲
$A_{BSL, i, j}$	—	项目边界内基线第 i 碳层 j 竹种（组）的面积； hm^2
T_j	—	基线情景下， j 竹种（组）的竹林择伐更新周期； a
t	—	$1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a

5.6.2 基线收获竹材产品的碳储量变化

人工经营的竹林通常有频繁的竹材择伐情况发生，择伐的部分竹材中的碳将以竹产品的形式储存一定时间，而不是立即排放到大气中。目前我国竹材的主要生产利用类型为：竹集

成材、重组竹材、展开竹材、竹拉丝材等，广泛应用于我国的汽车、火车、建筑、家装等领域。竹材产品是竹林经营碳汇项目的重要碳库。

本方法学中的竹产品碳储量的变化，是指利用项目边界内收获的成熟竹材（主要指竹秆部分）而生产的竹产品，在项目期末或产品生产后 30 年（以时间长者为准）仍在使用的或进入垃圾填埋的竹产品中的碳量，而其他部分则假定在生产竹产品时立即排放。采用下述公式计算：

$$\Delta C_{HBP_BSL,t} = \sum_{ty} \sum_j HB_{BAMBOO_BSL,stem,j,t} \cdot CF_j \cdot BPP_{ty,j} \cdot BU_{ty} \cdot OF_{ty} \times \frac{44}{12} \quad \text{公式 (9)}$$

$$OF_{ty} = e^{(-\ln(2) \cdot BT / LT_{ty})} \quad \text{公式 (10)}$$

$\Delta C_{HBP_BSL,t}$	— 第t年时，基线情景竹产品碳储量的年变化量；t CO ₂ -e·a ⁻¹
$HB_{BAMBOO_BSL,stem,j,t}$	— 第t年时，基线情景下，采伐收获的j竹种（组）的竹秆干重生物量；t d.m.。如果采伐的竹子是以竹秆鲜重计，则应将鲜重通过含水率换算成干重。
CF_j	— 竹种（组）j的含碳率；t C·(t d.m.) ⁻¹
$BPP_{ty,j}$	— 采伐收获的竹种（组）j用于生产加工ty类竹产品的比例；无量纲
BU_{ty}	— 生产加工ty类竹产品的竹材利用率；无量纲
BT	— 竹产品生产至项目期末的时间，或选择30年（以时间较长者为准）；年（a）
OF_{ty}	— 根据IPCC一阶指数衰减函数确定的、ty类竹产品在项目期末或产品生产后30年（以时间较长者为准）仍在使用的或进入垃圾填埋的比例；无量纲
ty	— 竹产品种类
LT_{ty}	— ty类竹产品的使用寿命；年（a）
t	— 1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a
44/12	— 将C转换为CO ₂ 的分子量比值；无量纲

在事前计量时，根据竹林的普遍经营特点，第 t 年时采伐收获的竹材（竹秆）量可用下式估算：

$$HB_{BAMBOO_BSL,stem,j,t} = \sum_i \sum_j B_{BAMBOO_BSL,stem,i,j,t} \cdot IC_{BSL,i,j,t} \cdot A_{BSL,i,j} \quad \text{公式 (11)}$$

式中：

$HB_{BAMBOO_BSL,stem,j,t}$	— 第 t 年时，基线情景下，采伐收获的 j 竹种（组）的竹秆干重生物量；t d.m.。如果采伐的竹子是以竹秆鲜重计，则应将鲜重
-----------------------------	--

	通过含水率换算成干重。
$B_{BAMBOO_BSL,stem,i,j,t}$	— 第 t 年时，基线情景下，第 i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹秆干重生物量； $t\text{ d.m.}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。
$IC_{BSL,i,j,t}$	— 第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）基线情景竹子择伐强度；无量纲
$A_{BSL,i,j}$	— 项目边界内基线第 i 碳层 j 竹种（组）的面积； hm^2
t	— $1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a

第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹秆干重生物量，根据当年的单位面积竹子地上干重生物量乘以 j 竹种（组）竹秆生物量占地上生物量（秆、枝、叶）的平均比例获得或直接利用竹子单株竹秆生物量方程和第 t 年时的竹林林分结构（平均胸径、平均竹高、单位面积立竹数量）获得。而第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹子地上干重生物量及竹林林分结构的估算方法参考 5.6.1 相关内容。

5.6.3 基线土壤有机碳储量的变化

无论是基线情景还是项目情景，在估算竹林土壤有机碳储量变化时，本方法学均基于以下假设：

- （1） 竹林土壤有机碳储量的变化主要由于竹林经营（施肥、土壤扰动）引起；
- （2） 对于长期处于粗放管理的竹林，假定其土壤碳储量长期保持稳定，即年变化为零；
- （3） 对于处于集约经营的竹林，假定从实施集约经营开始，至土壤有机碳储量再次进入稳定状态需要 20 年的时间，在这期间土壤有机碳储量呈线性均匀变化；

基于上述假设条件，如果基线情景下是长期粗放管理并将延续粗放管理的竹林，则无需考虑其土壤有机碳储量变化，设为零。

如果基线情景下是集约经营的竹林，则首先需要确定其采取集约经营措施的时间。如果长于 20 年，则其土壤有机碳储量视为进入了稳定状态，不考虑其变化，视为零。如果短于 20 年，则需要确定已采取集约经营的时间，并估算至第 20 年时的土壤有机碳储量年变化，第 20 年后同样视作为零。

具体方法是：在项目开始前采用国家规定的标准操作程序，直接测定出拟议项目竹林当前的土壤有机碳密度和当地或附近气候、立地条件相似但处于粗放管理的竹林土壤有机碳密度，比较两者之间的差异，再根据竹林经营历史，利用“土壤有机碳储量平均变化法”进行基线土壤有机碳储量变化的事前估算。

$$\Delta C_{SOC_BSL,t} = \sum_i \begin{cases} \frac{C_{SOC_BSL,IM,i} - C_{SOC_EM,i}}{t_{IM,i}} \times A_{SOC,i} \times \frac{44}{12} & \text{当 } t \leq 20 - t_{IM,i} \\ 0 & \text{当 } t > 20 - t_{IM,i} \end{cases}$$

公式 (12)

式中:

- $\Delta C_{SOC_BSL,t}$ — 第 t 年时,项目边界内基线土壤有机碳储量的年变化量; $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
- $C_{SOC_BSL,IM,i}$ — 项目开始时,第 i 碳层集约经营竹林现有的单位面积土壤有机碳储量; $t \text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $C_{SOC_EM,i}$ — 项目开始时,与第 i 碳层竹林具有相似气候、立地条件但处于粗放管理的竹林单位面积土壤有机碳储量; $t \text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $A_{SOC,i}$ — 基线情景下,第 i 碳层的土壤面积; hm^2
- $t_{IM,i}$ — 项目开始时,第 i 碳层竹林已经实施集约经营的历史年数; a 。
- t — $1, 2, 3, \dots$, 项目活动开始以后的年数; a

如果无法确定基线情景下竹林采取集约经营的历史(时间),则需要分两种情况:一是采取集约经营后,土壤有机碳储量比粗放经营时低。基于保守性原则,可假定基线情景下土壤有机碳已经处于稳定状态,不再下降,即年变化视为零。二是采取集约经营后,土壤有机碳储量比粗放经营时高。基于保守性原则,则假定基线情景下土壤有机碳储量达到稳定还需要 20 年时间。这种情况下:

$$\Delta C_{SOC_BSL,t} = \sum_i \begin{cases} \frac{C_{SOC_BSL,IM,i} - C_{SOC_EM,i}}{20} \times A_{SOC,i} \times \frac{44}{12} & \text{当 } t \leq 20 \text{ 且 } C_{SOC_BSL,IM,i} \geq C_{SOC_EM,i} \\ 0 & \text{当 } t > 20 \text{ 或 } C_{SOC_BSL,IM,i} \leq C_{SOC_EM,i} \end{cases}$$

公式 (13)

式中:

- $\Delta C_{SOC_BSL,t}$ — 第 t 年时,项目边界内基线土壤有机碳储量的年变化量; $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
- $C_{SOC_BSL,IM,i}$ — 项目开始时,第 i 碳层集约经营竹林现有的单位面积土壤有机碳储量; $t \text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $C_{SOC_EM,i}$ — 项目开始时,与第 i 碳层竹林具有相似气候、立地条件但处于粗放管理的竹林单位面积土壤有机碳储量; $t \text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$

- $A_{SOC,i}$ — 基线情景下，第*i*碳层的土壤面积；hm²
- t — 1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a

5.7 项目碳汇量

项目碳汇量是指在项目情景下（拟议的竹林经营碳汇项目活动的情况下），项目边界内所选碳库中碳储量变化量，减去由拟议的竹林经营碳汇项目活动引起的温室气体排放的增加量。采用下式计算：

$$\Delta C_{ACTUAL,t} = \Delta C_{PROJ,t} - GHG_{E,t} \quad \text{公式（14）}$$

式中：

- $\Delta C_{ACTUAL,t}$ — 第*t*年项目碳汇量；t CO₂-e·a⁻¹
- $\Delta C_{PROJ,t}$ — 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**项目活动开始以后的年数；a

与基线情景一致，在项目情景下，本方法学主要考虑竹子生物量（地上和地下）、竹材产品、土壤有机质碳储量的变化，而不考虑枯死木、枯落物和林下灌木生物量（地上和地下）碳储量的变化。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：

$$\Delta C_{PROJ,t} = \Delta C_{BAMBOO_PROJ,t} + \Delta C_{HBP_PROJ,t} + \Delta C_{SOC_PROJ,t} \quad \text{公式（15）}$$

式中：

- $\Delta C_{PROJ,t}$ — 第*t*年项目边界内所选碳库的碳储量年变化量；t CO₂-e·a⁻¹
- $\Delta C_{BAMBOO_PROJ,t}$ — 项目情景下，第*t*年竹子生物质碳储量的年变化量；t CO₂-e·a⁻¹
- $\Delta C_{HBP_PROJ,t}$ — 项目情景下，第*t*年收获的竹材生产的竹产品碳储量的年变化量；t CO₂-e·a⁻¹
- $\Delta C_{SOC_PROJ,t}$ — 项目情景下，第*t*年土壤有机碳储量的年变化量；t CO₂-e·a⁻¹
- t — 1, 2, 3, ...*t**竹林经营项目活动开始以来的年数；a

5.7.1 项目竹子生物质碳储量的变化

$$\Delta C_{BAMBOO_PROJ,t} = \Delta C_{BAMBOO_PROJ,AB,t} + \Delta C_{BAMBOO_PROJ,BB,t} \quad \text{公式 (16)}$$

式中:

$$\begin{aligned} \Delta C_{BAMBOO_PROJ,AB,t} & \text{ — 第 } t \text{ 年时, 项目情景下项目边界内竹子地上生物质碳储量的年变化量; } t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1} \\ \Delta C_{BAMBOO_PROJ,BB,t} & \text{ — 第 } t \text{ 年时, 项目情景下项目边界内竹子地下生物质碳储量的年变化量; } t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1} \end{aligned}$$

(1) 项目竹子地上生物质碳储量的变化

在拟议竹林经营活动期内, 竹林会处在优化调整阶段和优化调整后的林分结构稳定阶段。在优化调整阶段(对竹林进行优化调整的起始时间为项目开始时间, 调整所需时间视竹林初始林分状况、经营技术、经营目标而定), 竹林平均株数、平均胸径、年龄结构等都会发生明显的变化; 而处于林分结构稳定阶段, 竹子地上生物量通过新竹发育和老竹采伐达到动态平衡状态。

对于项目事前估计, 可采用以下方法进行估算。

$$\Delta C_{BAMBOO_PROJ,AB,t} = \sum_i \sum_j \begin{cases} \frac{C_{BAMBOO_PROJ,AB,adjust,i,j} - C_{BAMBOO,AB,initial,i,j}}{t_{adjust,i,j}} \cdot A_{PROJ,i,j} & \text{当 } t \leq t_{adjust,i,j} \\ 0 & \text{当 } t > t_{adjust,i,j} \end{cases} \quad \text{公式 (17)}$$

式中:

$$\begin{aligned} \Delta C_{BAMBOO_PROJ,AB,t} & \text{ — 项目情景下, 第 } t \text{ 年项目边界内竹子地上生物质碳储量的年变化量; } t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1} \\ C_{BAMBOO,AB,initial,i,j} & \text{ — 项目开始时, } i \text{ 碳层 } j \text{ 竹种(组) 初始单位面积竹子地上生物质碳储量; } t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1} \\ C_{BAMBOO_PROJ,AB,adjust,i,j} & \text{ — 项目情景下, } i \text{ 碳层 } j \text{ 竹种(组) 调整到目标竹林结构进入稳定阶段时, 单位面积竹子地上生物质碳储量; } t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2} \\ A_{PROJ,i,j} & \text{ — 项目情景下, 项目边界内第 } i \text{ 碳层 } j \text{ 竹种(组) 的面积; } \text{hm}^2 \\ t_{adjust,i,j} & \text{ — 项目情景下, 把 } i \text{ 碳层 } j \text{ 竹种林分调整到目标竹林结构进入稳定阶段时, 所需的时间; 年 (a)} \\ t & \text{ — } 1, 2, 3, \dots, \text{ 项目活动开始以后的年数; a} \end{aligned}$$

竹林单位面积地上生物质碳储量可根据竹林的平均立竹度、平均胸径、平均高度、年龄（度数）结构再结合单株生物量方程计算。

$$C_{BAMBOO_PROJ,AB,i,j} = \sum f_{AB}(DBH_j, H_j, T_j) \cdot N_{i,j,T} \cdot CF_j \cdot \frac{44}{12} \cdot 10^{-3}$$

公式（18）

式中：

$C_{BAMBOO_PROJ,AB,i,j}$	—	项目情景下，i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹子地上生物质碳储量； t CO ₂ -e·hm ⁻²
$f_{AB}(DBH_j, H_j, T_j)$	—	竹种（组）j 的平均单株地上生物量方程（单株生物量与胸径、竹高、竹龄（度数）的相关方程），可以采用一元、二元或多元单株生物量方程；kg d.m.
DBH_j	—	项目开始时或调整到目标结构时，i 碳层 j 竹种（组）竹林平均胸径；cm
H_j	—	项目开始时或调整到目标结构时，i 碳层 j 竹种（组）竹林平均高；m
$N_{i,j,T}$	—	项目开始时或调整到目标结构时，i 碳层 j 竹种（组）单位面积竹林中不同竹龄（或度数）的立竹数量；株·hm ⁻²
CF_j	—	竹种（组）j 的含碳率；t C·(t d.m.) ⁻¹
t	—	1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a
j	—	竹种或竹种组

（2）项目竹子地下生物质碳储量的变化

项目情景下，竹林会处于优化调整阶段和调整后的林分结构稳定阶段。在优化调整阶段，竹林地下生物质碳储量会随着地上生物质碳储量的变化而发生明显变化，而在调整后的林分结构稳定阶段，由于新竹发育和老竹择伐基本保持平衡，竹林地上生物质碳储量会基本保持不变，但竹子地下生物量仍会在较长时间内保持一定程度增长，其变化量主要与竹子择伐数量和长期留存于林地中的竹筍、竹根比例有关。由于择伐竹子引起的地下生物质碳储量的增长与基线情景类似，也设定 2T（T：指项目情景下的竹林择伐更新周期或竹子成熟择伐年龄）作为时间年限。

对于项目事前估计，与基线情景类似，竹林地下生物质碳储量的变化也可选择以下方法之一进行估算，需要注意，在具体方法选择上，项目情景与基线情景要保持一致。

方法 I：动态的竹林地下生物量与地上生物量之比法

$$\Delta C_{BAMBOO_PROJ,BB,t} = \sum_i \sum_j (C_{BAMBOO_PROJ,AB,i,j,t} \cdot R_{j,t} - C_{BAMBOO_PROJ,AB,i,j,t-1} \cdot R_{j,t-1}) \cdot A_{PROJ,i,j}$$

公式（19）

式中：

$\Delta C_{BAMBOO_PROJ, BB, t}$	—	项目情景下，第 t 年时项目边界内竹子地下生物质碳储量的年变化量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
$C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t}$	—	第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）项目情景单位面积竹子地上生物质碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
$C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t-1}$	—	第 $t-1$ 年时， i 碳层 j 竹种（组）项目情景单位面积竹子地上生物质碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
$A_{PROJ, i, j}$	—	项目情景下，项目边界内第 i 碳层 j 竹种（组）的面积； hm^2
$R_{j, t}$	—	项目活动开始后第 t 年时， j 竹种（组）竹林地下生物量与地上生物量之比；无量纲
$R_{j, t-1}$	—	项目活动开始后第 $t-1$ 年时， j 竹种（组）竹林地下生物量与地上生物量之比；无量纲
t	—	$1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a

如果项目参与方无法获得项目情景下，竹子地下生物量与地上生物量之比随竹林年龄变化的相关关系，则可假定地下生物量与地上生物量之比为常数。即用 R_j （竹种 j 竹林平均地下生物量与平均地上生物量之比）来代替公式中的 $R_{j, t}$ 和 $R_{j, t-1}$ 。

方法Ⅱ：择伐竹子平均单株地下生物量与地上生物量之比法

$$\Delta C_{BAMBOO_PROJ, BB, t} = \sum_i \sum_j \begin{cases} [(C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t} - C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t-1}) \cdot R_j + C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t} \cdot IC_{PROJ, i, j, t} \cdot R_{p, j}] \cdot A_{PROJ, i, j} & \text{当 } t \leq 2T_j \\ 0 & \text{当 } t > 2T_j \end{cases}$$

公式（20）

式中：

$\Delta C_{BAMBOO_PROJ, BB, t}$	—	项目情景下，第 t 年时，项目边界内竹子地下生物质碳储量的年变化量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
$C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t}$	—	第 t 年时， i 碳层 j 竹种（组）项目情景单位面积竹子地上生物质碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
$C_{BAMBOO_PROJ, AB, i, j, t-1}$	—	第 $t-1$ 年时， i 碳层 j 竹种（组）项目情景单位面积竹子地上生物质碳储量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$

$IC_{PROJ,i,j,t}$	— 第 t 年时, i 碳层 j 竹种 (组) 项目情景竹子择伐强度; 无量纲
$R_{p,j}$	— j 竹种 (组) 平均单株地下部分生物量 (竹兜、竹根) 与地上生物量 (竹秆、竹枝、竹叶) 之比; 无量纲
R_j	— j 竹种 (组) 竹林平均地下生物量与平均地上生物量之比; 无量纲
$A_{PROJ,i,j}$	— 项目情景下, 项目边界内第 i 碳层 j 竹种 (组) 的面积; hm^2
T_j	— 项目情景下, j 竹种 (组) 的竹林择伐更新周期; a
t	— $1, 2, 3, \dots$, 项目活动开始以后的年数; a

在项目事后 (监测阶段) 计算时, 项目情景下竹林生物质碳储量 (含地上地下) 的变化, 采用碳储量变化法 (定期平均变化量法) 进行监测估算。对于项目开始后第 t 年时的竹子生物质碳储量变化量, 通过监测前后两次 (t_1 和 t_2 , 且 $t_1 \leq t \leq t_2$) 的项目竹子生物质碳储量 (监测计算方法详见本方法学 6.3 部分), 再计算间隔期 ($T = t_2 - t_1$) 内的碳储量年均变化量来获得:

$$\Delta C_{BAMBOO_PROJ,t} = \frac{C_{BAMBOO_PROJ,t_2} - C_{BAMBOO_PROJ,t_1}}{t_2 - t_1} \quad \text{公式 (21)}$$

式中:

$\Delta C_{BAMBOO_PROJ,t}$	— 第 t 年时, 项目情景下竹子生物质碳储量 (含地上地下) 的年变化量 $t \text{ CO}_2\text{-e} \cdot a^{-1}$
C_{BAMBOO_PROJ,t_1}	— 第 t_1 年时, 项目情景下竹子生物质碳储量 (含地上和地下); $t \text{ CO}_2\text{-e}$
C_{BAMBOO_PROJ,t_2}	— 第 t_2 年时, 项目情景下竹子生物质碳储量 (含地上和地下); $t \text{ CO}_2\text{-e}$
t_1, t_2	— 两次监测或核查的时间, 项目开始后的第 t_1 和 t_2 年; a
t	— 项目活动开始以后的年数; $t_1 \leq t \leq t_2$; a

5.7.2 项目收获竹材产品的碳储量变化

在较长的项目期中, 收获竹材生产竹产品中的碳将是竹林经营项目的主要碳汇来源。项目竹产品碳, 是指在项目情景下, 利用项目边界内收获的成熟竹材 (主要指竹秆) 而生产的竹产品, 在项目期末或产品生产后 30 年 (以时间长者为准) 仍在使⤵用或进入垃圾填埋的竹产品中的碳量, 而其他部分则假定在生产竹产品时立即排放。采用下述公式计算:

$$\Delta C_{HBP_PROJ,t} = \sum_{ty} \sum_j HB_{BAMBOO_PROJ,stem,j,t} \cdot CF_j \cdot BPP_{ty,j} \cdot BU_{ty} \cdot OF_{ty} \times \frac{44}{12} \quad \text{公式 (22)}$$

$$OF_{ty} = e^{(-\ln(2) \cdot BT / LT_{ty})} \quad \text{公式 (23)}$$

$\Delta C_{HBP_PROJ,t}$	— 第t年时，项目情景下竹产品碳储量的年变化量；t CO ₂ -e·a ⁻¹
$HB_{BAMBOO_PROJ,stem,j,t}$	— 第t年时，项目情景下，采伐收获的j竹种（组）的竹秆干重生物量；t d.m。如果采伐的竹子是以竹秆鲜重计，则应将鲜重通过含水率换算成干重。
CF_j	— 竹种（组）j的含碳率；t C·(t d.m.) ⁻¹
$BPP_{ty,j}$	— 采伐收获的竹种（组）j用于生产加工ty类竹产品的比例（%）
BU_{ty}	— 生产加工ty类竹产品的竹材利用率（%）
BT	— 竹产品生产至项目期末的时间，或选择30年（以时间较长者为准）；年（a）
OF_{ty}	— 根据IPCC一阶指数衰减函数确定的、ty类竹产品在项目期末或产品生产后30年（以时间较长者为准）仍在或使用或进入垃圾填埋的比例；无量纲
ty	— 竹产品种类；
LT_{ty}	— ty类竹产品的使用寿命；年（a）
t	— 1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a
44/12	— 将C转换为CO ₂ 的分子量比值；无量纲

根据竹林经营目标和经营特点，在优化调整阶段，需要控制采伐强度、促进发笋留竹，以不断地提高竹林质量，进入到优化后的林分结构稳定阶段，择伐利用量会明显增加且趋于稳定，其择伐利用量与竹林林分状况和所设计的择伐强度有关。

在项目事前估计时，第t年时采伐收获的竹秆干重生物量可根据当年的竹林竹秆干重生物量和项目情景择伐强度来进行估算：

$$HB_{BAMBOO_PROJ,stem,j,t} = \sum_i \sum_j B_{BAMBOO_PROJ,stem,i,j,t} \cdot IC_{PROJ,i,j,t} \cdot A_{PROJ,i,j} \quad \text{公式 (24)}$$

式中：

$HB_{BAMBOO_PROJ,stem,j,t}$	— 第t年时，项目情景下，采伐收获的j竹种（组）的竹秆干重生物量；t d.m。如果采伐的竹子是以竹秆鲜重计，则应将鲜重通过含水率换算成干重。
$B_{BAMBOO_RPOJ,stem,i,j,t}$	— 第t年时，项目情景下，第i碳层j竹种（组）单位面积竹秆干重生物量；t d.m·hm ⁻² 。根据单位面积竹子地上干重生物量乘以j竹种（组）竹秆生物量占地上生物量（秆、枝、叶）的

平均比例计算。

$IC_{PROJ,i,j,t}$	— 第 t 年时, i 碳层 j 竹种(组)项目情景竹子择伐强度; 无量纲
$A_{PROJ,i,j}$	— 项目情景下, 项目边界内第 i 碳层 j 竹种(组)的面积; hm^2
t	— $1, 2, 3, \dots$, 项目活动开始以后的年数; a

在项目事后监测时, 第 t 年时采伐收获的竹秆干重生物量, 可利用固定样地法监测得到的前后两期(t_1 和 t_2 , $t_1 \leq t \leq t_2$)地上生物质碳储量或竹秆干重生物量(详见本方法学6.3部分), 结合监测记录期间的择伐次数, 再根据期间平均变化法来获得:

$$HB_{BAMBOO_PROJ,stem,j,t} = \sum_i \sum_j \frac{B_{BAMBOO_PROJ,stem,i,j,t_1} + B_{BAMBOO_PROJ,stem,i,j,t_2}}{2 \times (t_2 - t_1)} \cdot IC_{PROJ,i,j} \cdot NC_{i,j} \cdot A_{PROJ,i,j}$$

公式 (25)

式中:

$HB_{BAMBOO_PROJ,stem,j,t}$	— 第 t 年时, 项目情景下, 采伐收获的 j 竹种(组)的竹秆干重生物量; $t \text{ d.m.}$ 。如果采伐的竹子是以竹秆鲜重计, 则应将鲜重通过含水率换算成干重。
$B_{BAMBOO_PROJ,stem,i,j,t_1}$	— 第 t_1 年时, 项目情景下, 第 i 碳层 j 竹种(组)单位面积竹秆干重生物量; $t \text{ d.m.} \cdot hm^{-2}$
$B_{BAMBOO_PROJ,stem,i,j,t_2}$	— 第 t_2 年时, 项目情景下, 第 i 碳层 j 竹种(组)单位面积竹秆干重生物量; $t \text{ d.m.} \cdot hm^{-2}$
$IC_{PROJ,i,j}$	— 项目情景下, i 碳层 j 竹种(组)的竹子择伐强度; 无量纲
$NC_{i,j}$	— 两次监测期间(第 t_1 年至第 t_2 年), i 碳层 j 竹种(组)的择伐次数; 次
$A_{PROJ,i,j}$	— 项目情景下, 项目边界内第 i 碳层 j 竹种(组)的面积; hm^2
t_1, t_2	— 两次监测或核查的时间, 项目开始后的第 t_1 和 t_2 年; a
t	— 项目活动开始以后的年数; $t_1 \leq t \leq t_2$; a

5.7.3 项目土壤有机碳储量的变化

项目情景下土壤有机碳储量的变化可以参考第 5.6.3 节的有关假设条件, 采用“土壤有机碳储量平均变化法”进行项目事前估算。

具体方法是：在项目开始前，可以在当地或附近气候、立地条件相似地区选择一块与项目目标竹林结构相近的集约经营竹林和另一块处于粗放管理的竹林，采用国家规定的标准操作程序，分别测定出两块竹林土壤有机碳密度，比较两者之间的差异，再根据集约经营竹林的经营历史，利用“土壤有机碳储量平均变化法”进行项目土壤有机碳储量变化的事前估算。

如果可以确定项目开始时，与目标林分结构相近且实施集约经营的竹林经营历史（时间）。则根据已采取集约经营的时间，估算至第 20 年时的土壤有机碳储量年变化，第 20 年后土壤有机碳储量年变化视作为零。

$$\Delta C_{SOC_PROJ,t} = \sum_i \begin{cases} \frac{C_{SOC_PROJ,IM,i} - C_{SOC_EM,i}}{t_{IM,i}} \times A_{SOC,i} \times \frac{44}{12} & \text{当 } t \leq 20 - t_{IM,i} \\ 0 & \text{当 } t > 20 - t_{IM,i} \end{cases}$$

公式（26）

式中：

- $\Delta C_{SOC_PROJ,t}$ — 第t年时，项目情景下土壤有机碳储量的年变化量； $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
- $C_{SOC_PROJ,IM,i}$ — 项目开始时，项目所在地或附近地区，与第i碳层竹林的项目经营水平相当且目标林分结构相近的集约经营竹林的单位面积土壤有机碳储量； $t \text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $C_{SOC_EM,i}$ — 项目开始时，与第i碳层竹林具有相似气候、立地条件但处于粗放管理的竹林单位面积土壤有机碳储量； $t \text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $A_{SOC,i}$ — 项目情景下，第i碳层的土壤面积； hm^2
- $t_{IM,i}$ — 项目开始时，与第i碳层竹林的项目经营水平相当且目标林分结构相近的竹林已经实施集约经营的历史年数；a。
- t — 1, 2, 3, ...，项目活动开始以后的年数；a

如果无法确定项目开始时，与目标林分结构相近竹林的集约经营历史（时间），则需要分两种情况：一是集约经营竹林的土壤有机碳储量比粗放管理竹林高。基于保守性原则，可假定项目情景下土壤有机碳已经处于稳定状态，不再上升，即年变化视为零。二是集约经营竹林的土壤有机碳储量比粗放管理竹林低。基于保守性原则，则假定项目情景下土壤有机碳储量达到稳定还需要 20 年时间。这种情况下：

$$\Delta C_{SOC_PROJ,t} = \sum_i \begin{cases} \frac{C_{SOC_PROJ,IM,i} - C_{SOC_EM,i}}{20} \times A_{SOC,i} \times \frac{44}{12} & \text{当 } t \leq 20 \text{ 且 } C_{SOC_PROJ,IM,i} \leq C_{SOC_EM,i} \\ 0 & \text{当 } t > 20 \text{ 或 } C_{SOC_PROJ,IM,i} \geq C_{SOC_EM,i} \end{cases}$$

公式（27）

式中：

$\Delta C_{SOC_PROJ,t}$	— 第 t 年时，项目情景下土壤有机碳储量的年变化量； $t\text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
$C_{SOC_PROJ,IM,i}$	— 项目开始时，项目所在地或附近地区，与第 i 碳层竹林的项目经营水平相当且目标林分结构相近的集约经营竹林的单位面积土壤有机碳储量； $t\text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
$C_{SOC_EM,i}$	— 项目开始时，与第 i 碳层竹林具有相似气候、立地条件但处于粗放管理的竹林单位面积土壤有机碳储量； $t\text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
$A_{SOC,i}$	— 项目情景下，第 i 碳层的土壤面积； hm^2
t	— $1, 2, 3, \dots$ ，项目活动开始以后的年数； a

在项目事后监测阶段，对于项目开始后第 t 年时的土壤有机碳储量变化量，可通过监测前后两期（ t_1 和 t_2 ，且 $t_1 \leq t \leq t_2$ ）的项目土壤有机碳储量，再根据间隔期（ $T = t_2 - t_1$ ）内的碳储量年均变化量来计算：

$$\Delta C_{SOC_PROJ,t} = \sum_i \left(\frac{C_{SOC_PROJ,i,t_2} - C_{SOC_PROJ,i,t_1}}{t_2 - t_1} \right) \times A_{SOC_PROJ,i} \times \frac{44}{12}$$

公式（28）

式中：

$\Delta C_{SOC_PROJ,t}$	— 第 t 年时，项目情景下土壤有机碳储量的年变化量； $t\text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{a}^{-1}$
$C_{SOC_PROJ,i,t}$	— 第 t 年时，项目情景下第 i 碳层单位面积土壤有机碳储量； $t\text{ C}\cdot\text{hm}^{-2}$
$A_{SOC_PROJ,i}$	— 第 t 年时，项目情景下第 i 碳层的土壤面积； hm^2 。如果前后两次监测时第 i 碳层的项目边界面积发生了变化，则按照变化（变小）后的面积进行计算。
t_1, t_2	— 两次监测或核查的时间，项目开始后的第 t_1 和 t_2 年； a
t	— 项目活动开始以后的年数； $t_1 \leq t \leq t_2$ ； a
i	— $1, 2, 3, \dots$ ，项目第 i 碳层

第 t 年时，项目情景下第 i 碳层单位面积土壤有机碳储量，根据样地监测结果，采用下式计算：

$$C_{SOC_PROJ,i,t} = \sum_i \sum_p \frac{SOC_{i,p,l,t} \cdot BD_{i,p,l,t} \cdot (1 - F_{i,p,l,t}) \cdot Depth_l}{p} \quad \text{公式（29）}$$

式中：

$C_{SOC_PROJ,i,t}$	= 第 t 年监测时, 第 i 项目碳层单位面积土壤有机碳储量; $t\ C\cdot hm^{-2}$
$SOC_{i,p,l,t}$	= 第 t 年监测时, 第 i 项目碳层 p 样地 l 土层土壤有机碳含量; $g\ C\cdot(100\ g\ 土壤)^{-1}$
$BD_{i,p,l,t}$	= 第 t 年监测时, 第 i 项目碳层 p 样地 l 土层土壤容重; $g\cdot cm^{-3}$
$F_{i,p,l,t}$	= 第 t 年监测时, 第 i 项目碳层 p 样地 l 土层中直径大于 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
t	= 监测时间, 即项目活动开始以后的年数; a
i	= 1, 2, 3, ..., 项目第 i 碳层
p	= 土壤样地数
l	= 土层

5.7.4 项目边界内温室气体排放的估计

对于项目事前估计, 由于无法预测项目边界内的火灾发生情况, 因此可以不考虑森林火灾造成的项目边界内温室气体排放, 即 $GHG_{E,t}$ 为 0。

对于项目事后估计, 项目活动引起的项目边界内温室气体排放的增加量只考虑森林火灾导致的竹林地上生物质燃烧引起的非 CO_2 温室气体排放的增加量。

$$\begin{aligned}
 GHG_{E,t} &= GHG_{BF,t} \\
 &= 0.001 \times \sum_{i=1} A_{BURN,i,t} \times b_{BAMBOO,i,t_L} \times COMF_i \times (EF_{CH_4,i} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O,i} \times GWP_{N_2O})
 \end{aligned}$$

公式 (30)

式中:

$GHG_{E,t}$	— 第 t 年时, 项目活动引起的项目边界内温室气体排放的增加量; $t\ CO_2\text{-}e\cdot a^{-1}$
$GHG_{BF,t}$	— 第 t 年时, 项目边界内由于森林火灾导致竹林地上生物质燃烧引起的非 CO_2 温室气体排放的增加量; $t\ CO_2\text{-}e\cdot a^{-1}$
$A_{BURN,i,t}$	— 第 t 年时, 第 i 项目碳层的过火面积; hm^2
b_{BAMBOO,i,t_L}	— 火灾发生前, 项目最近一次监测核查时第 i 项目碳层的单位面积竹子地上生物量; $t\ d.m.\cdot hm^{-2}$

t_L	— 离火灾发生前最近的一次项目监测核查时间，即距项目活动开始以后的年数；a
$COMF_i$	— 项目第 i 层的燃烧指数；无量纲
EF_{CH_4}	— 项目第 i 层的 CH_4 排放指数； $g\ CH_4 \cdot (kg\ \text{燃烧的干物质})^{-1}$
GWP_{CH_4}	— CH_4 的全球增温潜势；无量纲，缺省值为 25
EF_{N_2O}	— 第 i 层的 N_2O 排放指数； $g\ N_2O \cdot (kg\ \text{燃烧的干物质})^{-1}$
GWP_{N_2O}	— N_2O 的全球增温潜势；无量纲，缺省值为 298
0.001	— 将 kg 转化成 t 的常数。

火灾引起竹林地上生物质燃烧造成的非 CO_2 温室气体排放，使用最近一次项目核查时各碳层竹林地上生物量数据和燃烧指数进行计算。第一次核查时，无论是自然或人为原因引起竹林火灾，其非 CO_2 温室气体排放量都假定为 0。

5.7.5 泄漏

根据本方法学的适用条件，项目活动不存在潜在泄漏。即 $LK_t = 0$ 。

5.8 项目减排量

竹林经营碳汇项目活动产生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：

$$\Delta C_{NET,t} = \Delta C_{ACTUAL,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t \quad \text{公式 (31)}$$

式中：

$\Delta C_{NET,t}$	— 第 t 年项目减排量； $t\ CO_2-e \cdot a^{-1}$
$\Delta C_{ACTUAL,t}$	— 第 t 年项目碳汇量； $t\ CO_2-e \cdot a^{-1}$

$\Delta C_{BSL,t}$	— 第t年基线碳汇量； t CO ₂ -e·a ⁻¹
LK_t	— 第t年竹林经营项目活动引起的泄漏量； t CO ₂ -e·a ⁻¹
t	— 1, 2, 3, ..., 项目活动开始以后的年数； a

6 监测程序

除非在监测数据/参数表中另有要求，本方法学涉及的所有数据，包括所使用的工具中所要求的监测项，均须按相关标准进行全面的监测和测定。监测过程中收集的所有数据都须以电子版和纸质方式存档，直到计入期结束后至少两年。

首次监测期至少 3 年，其后每次监测和核查的间隔时间应在 3~10 年内选择。

每期监测时，如遇上择伐年，要统一选在竹笋长成新竹后和竹材采伐收获前进行。

6.1 项目实施监测

6.1.1 基线碳汇量的监测

基线碳汇量在项目事前进行确定。一旦项目被审定和注册，在项目计入期内就是有效的。项目参与方可选择在计入期内不再对其进行监测。在既定的经营水平下，竹林林分结构稳定，竹林生物量（地上， 地下）碳储量、竹林土壤有机质碳储量等主要碳库的变化均比较确定和稳定，波动不大，基线碳汇量可以不进行监测。

6.1.2 项目边界的监测

（1）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的边界坐标。也可利用大比例尺地形图（不小于 1: 10000）或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。在监测报告中说明所使用的地理空间数据的坐标系统和仪器设备的定位精度；

（2）检查实际项目边界坐标是否与竹林经营项目设计文件中描述的边界一致；

（3）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；

（4）将测定的项目边界及各碳层地块边界拐点坐标落实到地理信息系统底图中，计算项目地块及各碳层的面积；

(5) 在计入期内须对项目边界进行定期监测,如果项目边界发生任何变化,例如发生毁林和土地利用方式变更,应测定毁林和变更地块的地理坐标和面积,并在下次核查中予以说明。毁林或变更部分地块将调出项目边界之外,并在之后不再监测。也不能重新纳入项目边界内。但是,如果调出项目边界的地块以前进行过核查,其前期经核查的碳储量应保持不变并纳入碳储量变化的计算中。

6.1.3 项目活动的监测

在项目期内,主要监测项目所采取的竹林经营活动以及各种原因引起的项目边界内的毁林及土地利用方式变更情况:

- (1) 竹林经营管理监测:松土、除草、施肥等活动的时间和地点;
- (2) 竹林采笋择伐监测:采笋、择伐等项目活动的的时间和地点;
- (3) 采伐竹材去向监测:竹材主要去向及用于加工各类竹产品的比例;
- (4) 项目边界内森林灾害(毁林、林火、病虫害)等发生的时间、地点、强度等情况;
- (5) 项目边界内的地块土地利用方式发生变更的时间、地点和原因;
- (6) 确保竹子经营各项活动符合本方法学的适用条件(如控制土壤的扰动水平)。

项目参与方须在项目文件中描述,项目所采取的竹林经营活动及其监测,符合中国竹林经营的相关技术标准要求和森林资源清查的技术规范。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IPCC指南中的标准操作程序。

6.2 项目碳层更新和抽样设计

6.2.1 项目碳层更新

由于下述原因,每次监测时须对项目事前或上一次监测划分的碳层进行更新:

- (1) 实际的竹子经营活动措施可能与项目设计地发生偏离;
- (2) 计入期内可能发生无法预计的干扰(如林火),从而增加碳层内的变异性;
- (3) 竹林经营管理活动(如择伐、施肥、翻耕)活动影响了项目碳层内的均一性;
- (4) 发生土地利用变化(项目地转化为其他土地利用方式);
- (5) 过去的监测发现层内碳储量及其变化存在变异性:可将变异性太大的碳层细分为两个或多个碳层,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;
- (6) 某些事前或前一次监测划分的碳层可能不复存在。

6.2.2 项目抽样设计

项目参与方须基于固定样地的连续测定方法，采用碳储量变化法，测定和估计竹林生物质碳库中碳储量的变化。本方法学要求在90%可靠性水平下，达到90%的监测精度。竹林生物质碳库中碳储量的变化监测所需的样地数量，可以采用如下方法进行计算：

$$n = \left(\frac{t_{VAL}}{E} \right)^2 \times \left(\sum_i w_i \times s_i \right)^2 \quad \text{公式 (32)}$$

式中：

n	—	项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
t_{VAL}	—	可靠性指标。在一定的可靠性水平下，自由度为无穷（ ∞ ）时查 t 分布双侧 t 分位数表的 t 值；无量纲
w_i	—	项目边界内第 i 碳层的面积权重；无量纲
s_i	—	项目边界内第 i 碳层生物质碳储量估计值的标准差； $t \text{ C} \cdot \text{hm}^{-2}$
E	—	项目生物质碳储量估计值允许的绝对误差限； $t \text{ C} \cdot \text{hm}^{-2}$
i	—	1, 2, 3……项目碳层 i

分配到各层的监测样地数量，采用最优分配法按以下公式进行计算：

$$n_i = n \times \frac{w_i \times s_i}{\sum_i w_i \times s_i} \quad \text{公式 (33)}$$

式中：

n_i	—	项目边界内第 i 碳层估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
n	—	项目边界内估算生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
w_i	—	项目边界内第 i 碳层的面积权重；无量纲
s_i	—	项目边界内第 i 碳层生物质碳储量估计值的标准差； $t \text{ C} \cdot \text{hm}^{-2}$
i	—	1, 2, 3……项目碳层 i

6.2.3 样地设置与监测

(1) 在各项目碳层内，样地的空间分配采用随机或等距布点；样地大小为 $0.04 \sim 0.06 \text{ hm}^2$ ，样地形状为方形（正方形、长方形）或圆形。

(2) 样地采用全站仪或罗盘仪测设，做好引线记录，并在样地四个角设立明显的固定标志；在圆形样地中心设立明显的固定标志。

(3) 样地设置后，需详细记录样地的行政位置、小地名和样地中心点的GPS坐标、以及竹种（组）名称，样地林分结构等信息。

(4) 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。

(5) 样地内的经营方式与项目边界内样地以外林分的经营方式保持一致。除在监测期开展样地林分调查测定外，监测期间样地内的每次择伐情况要进行详细记录。

6.3 竹林生物质碳储量变化的测定

根据竹林的经营采伐利用特点，竹林生物质碳储量的测定和计算步骤如下：

第一步：对于散生竹，测定样地内每株竹秆的胸径（DBH）、竹高（H）和竹龄（T）；对于丛生竹，测定样地内竹子丛数及每丛的立竹株数、平均胸径、平均高度。项目边界内原有的散生木不包括在测定和范围之内。

第二步：对于散生竹，利用单株生物量方程（生物量与胸径、竹龄）或（生物量与胸径、竹高）逐株计算地上生物量；对于丛生竹，利用单丛生物量方程（生物量与株数、平均胸径、平均高度）计算每丛竹子的生物量。再根据该竹种含碳率计算单株或单丛的碳储量。

第三步：计算各样地内竹林生物质碳储量，可选择以下两种方法之一进行。

方法 I：不考虑监测期间择伐竹子留存于林地中的竹兜、竹根生物质碳储量

$$C_{BAMBOO,p,i,t} = C_{BAMBOO_AB,p,i,t} \cdot (1 + R_j) \quad \text{公式 (34)}$$

式中：

$C_{BAMBOO,p,i,t}$	— 第 t 年时，i 项目碳层 p 样地内竹林生物质碳储量；t CO ₂ -e
$C_{BAMBOO_AB,p,i,t}$	— 第 t 年时，i 项目碳层 p 样地内竹子地上生物质碳储量；t CO ₂ -e
R_j	— j 竹种（组）平均地下生物量与平均地上生物量之比；无量纲
t	— 1, 2, 3, …，项目活动开始以后的年数；a

方法 II：考虑监测期间择伐竹子留存于林地中的竹兜、竹根生物质碳储量

$$C_{BAMBOO,p,i,t} = \begin{cases} C_{BAMBOO_AB,p,i,t} \cdot (1 + R_j) + \frac{C_{BAMBOO_AB,p,i,t_1} + C_{BAMBOO_AB,p,i,t_2}}{2} \cdot IC_{i,j} \cdot NC_{i,j} R_{p,j} & \text{当 } t \leq 2T_j \\ C_{BAMBOO_AB,p,i,t} \cdot (1 + R_j) & \text{当 } t > 2T_j \end{cases}$$

公式 (35)

式中：

$C_{BAMBOO,p,i,t}$	— 第 t 年时, i 项目碳层 p 样地内竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}$
$C_{BAMBOO_AB,p,i,t}$	— 第 t 年时, i 项目碳层 p 样地内竹子地上生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}$
C_{BAMBOO_AB,p,i,t_2}	— 本期监测时 (第 t_2 年), i 项目碳层 p 样地内竹子地上生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}$
C_{BAMBOO_AB,p,i,t_1}	— 前期监测时 (第 t_1 年), i 项目碳层 p 样地内竹子地上生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}$
$IC_{i,j}$	— 项目情景下, i 碳层 j 竹种 (组) 的竹子择伐强度; 无量纲
$NC_{i,j}$	— 两次监测期间 (第 t_1 年至第 t_2 年), i 碳层 j 竹种 (组) 的择伐次数; 次
R_j	— j 竹种 (组) 平均地下生物量与平均地上生物量之比; 无量纲
$R_{p,j}$	— j 竹种 (组) 平均单株地下部分生物量 (竹兜、竹根) 与地上生物量 (竹秆、竹枝、竹叶) 之比; 无量纲
T_j	— 项目情景下, j 竹种 (组) 的竹林择伐更新周期; a
t	— 1, 2, 3, ..., 项目活动开始以后的年数; a

第四步: 计算项目各碳层单位面积平均碳储量:

$$C_{BAMBOO,i,t} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} C_{BAMBOO,p,i,t}}{n_i \cdot A_p} \quad \text{公式 (36)}$$

$$S_{i,t}^2 = \frac{n_i \times \sum_{p=1}^{n_i} C_{BAMBOO,p,i,t}^2 - \left(\sum_{p=1}^{n_i} C_{BAMBOO,p,i,t} \right)^2}{n_i \times (n_i - 1)} \quad \text{公式 (37)}$$

式中:

$C_{BAMBOO,i,t}$	— 第 t 年时, i 项目碳层单位面积竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e} \cdot \text{hm}^{-2}$
$C_{BAMBOO,p,i,t}$	— 第 t 年时, i 项目碳层 p 样地内竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}$
n_i	— i 项目碳层的样地数量
$S_{i,t}^2$	— 第 t 年时, i 项目碳层单位面积竹林生物质碳储量的方差; $(t \text{ CO}_2\text{-e} \cdot \text{hm}^{-2})^2$
A_p	— 样地面积; hm^2

第五步: 计算项目边界内单位面积竹林生物质碳储量及其方差:

$$C_{BAMBOO,t} = \sum_{i=1}^M w_i \times C_{BAMBOO,i,t} \quad \text{公式 (38)}$$

$$s_{C_{BAMBOO,t}}^2 = \sum_{i=1}^M w_i^2 \times s_{i,t}^2 \quad \text{公式 (39)}$$

式中:

- $C_{BAMBOO,t}$ — 第 t 年时, 项目边界内单位面积竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
- w_i — 碳层 i 在项目总面积中的面积权重; 无量纲
- $C_{BAMBOO,i,t}$ — 第 t 年时, i 项目碳层单位面积竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$
- $s_{C_{BAMBOO,t}}^2$ — 第 t 年时, 项目单位面积竹林生物质碳储量的方差;
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$)²
- $s_{i,t}^2$ — 第 t 年时, i 项目碳层单位面积竹林生物质碳储量的方差;
($t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$)²
- M — 项目碳层数量

第六步: 计算项目边界内竹林生物质碳储量:

$$C_{BAMBOO,PROJ,t} = A \times C_{BAMBOO,t} \quad \text{公式 (40)}$$

式中:

- $C_{BAMBOO,PROJ,t}$ — 第 t 年时, 项目边界内竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}$
- A — 项目总面积; hm^2
- $C_{BAMBOO,t}$ — 第 t 年时, 项目边界内单位面积竹林生物质碳储量; $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$

第七步: 计算项目单位面积竹林生物质碳储量的不确定性 (相对误差限):

$$UNC_{BAMBOO,t} = \frac{t_{VAL} \times s_{C_{BAMBOO,t}}}{C_{BAMBOO,t}} \quad \text{公式 (41)}$$

式中:

- $UNC_{BAMBOO,t}$ — 以抽样调查的相对误差限 (%) 表示的项目单位面积竹林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 为项目样地总数, M 为项目碳层数量。例如: 置信度 90%, 自由度为 30 时的可靠性指标可在 excel 中用 “=TINV(0.10,30)” 计算得到 1.6973。
- $s_{C_{BAMBOO,t}}$ — 项目单位面积竹林生物质碳储量的方差的平方根, 即平均值的标准误差; $t \text{ CO}_2\text{-e}\cdot\text{hm}^{-2}$

6.4 项目收获竹材竹产品碳储量变化的测定

可以采用以下方法之一进行估算测定监测期间采伐收获的竹秆干重生物量：

(1) 根据样地监测获得的前后两期 (t_1 和 t_2 , $t_1 \leq t \leq t_2$) 地上生物质碳储量或竹秆干重生物量, 按照5.7.2部分公式 (24), 估算监测期间采伐收获的竹秆干重生物量。

(2) 详细记录监测期内样地内采伐收获的单位面积竹秆干重生物量 (鲜重生物量通过含水率换算成干重生物量), 再根据样地面积及项目总面积获得监测期内采伐收获的总竹秆干重生物量。

获得监测期间采伐收获的竹秆干重生物量后, 再根据5.7.2部分公式 (22)、公式 (23), 计算测定监测期内项目竹产品的碳储量变化。

6.5 项目土壤有机碳储量变化的测定

在每个监测样地的中心和四个角点分别设立采样点分层采取土壤, 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。

根据土壤样品测定和分析结果, 参考第 5.7.3 节的方法, 估算测定监测期间项目土壤有机碳储量的变化。

由于土壤有机碳监测成本高、不确定性大。在项目监测阶段, 土壤有机碳储量变化量也可以采用经审定的项目设计文件中确定的土壤碳储量变化量。

6.6 项目边界内温室气体排放增加量的监测

根据监测计划, 详细记录项目边界内每一次森林火灾 (如果有) 发生的时间、面积、地理边界等信息, 参考第5.7.4 节的方法, 计算项目边界内森林火灾导致的竹林地上生物质燃烧引起的非CO₂温室气体排放的增加量 (GHG_{E,t})。

6.7 监测精度控制和校正

本方法学仅要求对竹林生物质碳储量的监测精度进行控制, 要求在 90%可靠性水平下,

达到 90%的精度。如果不确定性 $UNC_{BAMBOO,t} > 10\%$ ，项目参与方可通过增加样地数量，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。

$$\Delta C_{BAMBOO,PROJ,t_1,t_2} = \left(C_{BAMBOO,PROJ,t_2} - C_{BAMBOO,PROJ,t_1}\right) \times (1 - DR) \qquad \text{公式 (42)}$$

式中:

- $\Delta C_{BAMBOO,PROJ,t_1,t_2}$ — 时间区间 t_1-t_2 内，竹林生物质碳储量的变化量； t CO₂-e
- $C_{BAMBOO,PROJ,t_1}$ — 第 t_1 年时，竹林生物质碳储量； t CO₂-e
- $C_{BAMBOO,PROJ,t_2}$ — 第 t_2 年时，竹林生物质碳储量； t CO₂-e
- DR — 根据项目的不确定性确定的调减因子（%），数值见调减因子表

调减因子表

不确定性 UNC_{BAMBOO} (%)	DR (%)	
	$(C_{BAMBOO,PROJ,t_2} - C_{BAMBOO,PROJ,t_1}) > 0$	$(C_{BAMBOO,PROJ,t_2} - C_{BAMBOO,PROJ,t_1}) < 0$
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%	增加监测样地数量	

6.8 不需监测的数据和参数

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

数据/参数	CF_j
单位:	t C (t d.m.) ⁻¹
应用的公式编号:	本方法学公式（4）（9）（18）（22）
描述:	竹种（组） j 含碳率
数据源:	数据源优先选择次序为： (a) 当地分别竹种或竹种组的数据 (b) 省级分别竹种或竹种组的数据（如省级温室气体清单） (c) 国家级分别竹种或竹种组的数据（如国家温室气体清单） (d) 缺省值 0.50
测定步骤（如果有）	不适用
说明:	

数据/参数	$t_{e,j}$
单位:	年 (a)
应用的公式编号:	本方法学公式 (3)
描述:	j 竹种 (组) 竹林达到成林稳定阶段所需的年限
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竹种或竹种组的数据; (b) 国家级基于竹种或竹种组的数据 (如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据); (c) 如果没有上述相关的数据源可用, 可采用以下缺省值: 大径散生竹林: 9 年 小径散生竹林: 5 年 丛生竹: 5 年 混生竹: 6 年 数据源: 来自竹林生物量文献
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:	本方法学公式（7）（8）（19）（20）（34）（35）																																						
描述:	j 竹种（组）的平均竹林地下生物量与平均地上生物量之比																																						
数据源:	数据源优先选择次序为： (d) 现有的、当地的或相似生态条件下的基于竹种或竹种组的数据； (e) 国家级基于竹种或竹种组的数据（如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据）； (f) 如果没有上述相关的数据源可用，可从下表中选择缺省值： <table><tr><th>竹子类型</th><th>代表竹种</th><th>平均值</th><th>样本数</th><th>标准差</th></tr><tr><td rowspan="2">大径散生竹</td><td>刚竹属（毛竹）</td><td>0.605</td><td>50</td><td>0.071</td></tr><tr><td>刚竹属(毛环竹)</td><td>0.688</td><td>16</td><td>0.023</td></tr><tr><td rowspan="2">大径丛生竹</td><td>籼竹属（绿竹）</td><td>1.127</td><td>27</td><td>0.112</td></tr><tr><td>其他大径丛生竹</td><td>1.376</td><td>21</td><td>0.330</td></tr><tr><td>小径散生竹</td><td>刚竹属（雷竹）</td><td>0.200</td><td>75</td><td>0.034</td></tr><tr><td>小径丛生竹</td><td>所有小径丛生竹</td><td>0.632</td><td>14</td><td>0.153</td></tr><tr><td>复轴混生型竹</td><td>寒竹属（方竹）</td><td>0.389</td><td>40</td><td>0.051</td></tr></table>	竹子类型	代表竹种	平均值	样本数	标准差	大径散生竹	刚竹属（毛竹）	0.605	50	0.071	刚竹属(毛环竹)	0.688	16	0.023	大径丛生竹	籼竹属（绿竹）	1.127	27	0.112	其他大径丛生竹	1.376	21	0.330	小径散生竹	刚竹属（雷竹）	0.200	75	0.034	小径丛生竹	所有小径丛生竹	0.632	14	0.153	复轴混生型竹	寒竹属（方竹）	0.389	40	0.051
竹子类型	代表竹种	平均值	样本数	标准差																																			
大径散生竹	刚竹属（毛竹）	0.605	50	0.071																																			
	刚竹属(毛环竹)	0.688	16	0.023																																			
大径丛生竹	籼竹属（绿竹）	1.127	27	0.112																																			
	其他大径丛生竹	1.376	21	0.330																																			
小径散生竹	刚竹属（雷竹）	0.200	75	0.034																																			
小径丛生竹	所有小径丛生竹	0.632	14	0.153																																			
复轴混生型竹	寒竹属（方竹）	0.389	40	0.051																																			

	寒竹属（筴竹） 0.816 165 0.097 其他混生竹 0.928 14 0.162 数据源：来自竹林生物量文献的数据库。
测定步骤（如果有）	不适用
说明：	

数据/参数	$R_{j,t}$
单位：	无量纲
应用的公式编号：	本方法学公式（7）（19）
描述：	j 竹种（组）竹林地下生物量与地上生物量之比随竹龄（t）变化的关系方程或数据
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竹种或竹种组的随竹龄变化的关系数据； (b) 国家级基于竹种或竹种组的随竹龄变化的关系数据(如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据)； (c) 如果没有上述相关的数据源可用，则可假定地下生物量与地上生物量之比为常数（不随竹林年龄 t 而发生变化），并采用 R_j 缺省值
测定步骤（如果有）	不适用
说明：	

数据/参数	$R_{p,j}$
单位：	无量纲
应用的公式编号：	本方法学公式（8）（20）（35）
描述：	j 竹种（组）平均单株地下部分生物量（竹兜、竹根）与地上生物量（竹秆、竹枝、竹叶）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竹种或竹种组的数据； (b) 国家级基于竹种或竹种组的数据（如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据）； (c) 采用缺省值，如毛竹的缺省值为 0.399
测定步骤（如果有）	不适用
说明：	

数据/参数	$IC_{j,t}$																							
单位:	无量纲																							
应用的公式编号:	本方法学公式（8）（11）（20）（24）（25）（35）																							
描述:	基线情景或项目情景下，第 t 年时 j 竹种（组）的竹子择伐强度																							
数据源:	数据源优先选择次序为： （a）现有的、当地的或相似经营强度下的基于竹种或竹种组的数据； （b）国家级基于竹种或竹种组的数据（如森林资源清查或国家温室气体清单编制中的数据）； （c）根据竹林留养年龄（度数）结构来直接确定，可从下表中选择缺省值： <table><tr><td>伐前竹林度数结构</td><td>采伐留养方案</td><td>伐后竹林度数结构</td><td>择伐强度</td></tr><tr><td>1 度：2 度：3 度=1：1：1</td><td>全伐 3 度及以上竹</td><td>1 度：2 度=1：1</td><td>33.3%</td></tr><tr><td>1 度：2 度：3 度：4 度及以上=3：3：3：1</td><td>全伐 4 度以上竹，3 度竹采 $2/3$，留 $1/3$</td><td>1 度：2 度：3 度=3：3：1</td><td>30%</td></tr><tr><td>1 度：2 度：3 度：4 度及以上=2：2：2：1</td><td>全伐 4 度以上竹，3 度竹采 $1/2$，留 $1/2$</td><td>1 度：2 度：3 度=2：2：1</td><td>28.6%</td></tr><tr><td>1 度：2 度：3 度：4 度及以上=1：1：1：1</td><td>全伐 4 度以上竹，3 度竹全部保留</td><td>1 度：2 度：3 度=1：1：1</td><td>25%</td></tr></table>				伐前竹林度数结构	采伐留养方案	伐后竹林度数结构	择伐强度	1 度：2 度：3 度=1：1：1	全伐 3 度及以上竹	1 度：2 度=1：1	33.3%	1 度：2 度：3 度：4 度及以上=3：3：3：1	全伐 4 度以上竹，3 度竹采 $2/3$ ，留 $1/3$	1 度：2 度：3 度=3：3：1	30%	1 度：2 度：3 度：4 度及以上=2：2：2：1	全伐 4 度以上竹，3 度竹采 $1/2$ ，留 $1/2$	1 度：2 度：3 度=2：2：1	28.6%	1 度：2 度：3 度：4 度及以上=1：1：1：1	全伐 4 度以上竹，3 度竹全部保留	1 度：2 度：3 度=1：1：1	25%
伐前竹林度数结构	采伐留养方案	伐后竹林度数结构	择伐强度																					
1 度：2 度：3 度=1：1：1	全伐 3 度及以上竹	1 度：2 度=1：1	33.3%																					
1 度：2 度：3 度：4 度及以上=3：3：3：1	全伐 4 度以上竹，3 度竹采 $2/3$ ，留 $1/3$	1 度：2 度：3 度=3：3：1	30%																					
1 度：2 度：3 度：4 度及以上=2：2：2：1	全伐 4 度以上竹，3 度竹采 $1/2$ ，留 $1/2$	1 度：2 度：3 度=2：2：1	28.6%																					
1 度：2 度：3 度：4 度及以上=1：1：1：1	全伐 4 度以上竹，3 度竹全部保留	1 度：2 度：3 度=1：1：1	25%																					
测定步骤（如果有）	不适用																							
说明:	在竹子采伐年，采用上表数据；在非采伐年，其值为 0																							

数据/参数	T_j
单位:	年
应用的公式编号:	本方法学公式 (8) (20) (35)
描述:	不同经营情景下, j 竹种 (组) 的竹林择伐更新周期 (类似于乔木林的轮伐周期)
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 项目所在地或附近地区的竹林经营方案 (b) 公开出版的适于当地条件和竹种类型的竹林择伐更新周期或竹子成熟择伐年龄文献数据; (c) 省级或国家级基于竹林择伐更新周期的数据; (d) 从下表选择缺省数据: 大径散生竹: 5-7 年 大径丛生竹: 4-6 年 小径散生竹: 3-5 年 小径丛生竹: 3-5 年 复轴混生竹: 3-5 年
测定步骤 (如果有)	不适用
说明:	应用于基线情景, 是指基线情景下的 j 竹种 (组) 的竹林择伐更新周期; 应用于项目情景, 是指项目情景下的 j 竹种 (组) 的竹林择伐更新周期; 两者数据可以不一致。

数据/参数	$f_{DBH,j}(t_a)$
单位:	cm
应用的公式编号:	本方法学公式 (4)
描述:	在竹林发育成林阶段, 竹种 (组) j 的平均胸径与竹林年龄的相关方程
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竹种或竹种组的数据; (b) 从类似竹种组中选择; (c) 根据缺省方程计算: 大径散生竹 (毛竹): $DBH = 5.2000 + 0.572 \cdot t_a + 0.0452 \cdot t_a^2 - 0.0056 \cdot t_a^3$ 大径丛生竹 (麻竹): $DBH = 1.960772 + 1.1039603 \cdot t_a$
测定步骤 (如果有)	不适用
说明:	由于有的文献是用胸径, 也有少量用地径, 因此, 这里的胸径可以用地径代替, 取决于方程所用的变量的实际含义。

数据/参数	$f_{H,j}(t_a, DBH)$
单位:	m
应用的公式编号:	本方法学公式 (4)
描述:	在竹林发育成林阶段, 竹种 (组) j 的平均高度与竹林年龄和 (或) 平均胸径的相关方程
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竹种或竹种组的数据; (b) 从类似竹种组中选择; (c) 根据缺省方程计算: 大径散生竹 (毛竹): $H = 0.5702 + 1.6426 \cdot DBH - 0.0465 \cdot DBH^2$ 大径丛生竹 (麻竹): $\frac{1}{H} = 0.06452891 + 0.2233144 \cdot \frac{1}{t_a}$
测定步骤 (如果有)	不适用
说明:	由于有的文献是用胸径, 也有少量用地径, 因此, 这里的胸径可以用地径代替, 取决于方程所用的变量的实际含义。

数据/参数	$f_{N,j}(t_a)$							
单位:	株·hm ⁻²							
应用的公式编号:	本方法学公式 (4)							
描述:	竹种 (组) j 的立竹度与竹林年龄的相关方程							
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竹种或竹种组的数据;							
	(b) 从类似竹种组中选择;							
	(c) 毛竹缺省数据:							
	林龄	1	2	3	4	5	6	7
	立竹度 (株·hm ⁻²)	375	614	890	1,455	2,175	2,335	2,550
测定步骤 (如果有)	不适用							
说明:	上表缺省数据基于初植密度: 300~375 株·hm ⁻² , 当初植密度不在本范围内时, 上表立竹度扩展数据可根据文献或调查资料适当调整。							

数据/参数	$f_{AB}(DBH_j, H_j, T_j)$							
单位:	Kg d.m.·株 ⁻¹							
应用的公式编号:	本方法学公式 (4) (18)							
描述:	竹种 (组) j 的平均单株地上生物量与胸径、竹高、竹龄 (度数) 的一元或多元相关方程							
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竹种或竹种组的数据; (b) 从附件中选择适合的竹子单株生物量方程。							
测定步骤 (如果有)	不适用							
说明:	在选择竹子生物量方程时, 须充分考虑竹子类型 (丛生、散生、混生、大径竹和小径竹) 和项目所在区域的适用性。							

数据/参数	$A_{BSL,i,j}$							
单位:	hm ²							
应用的公式编号:	本方法学公式 (3) (6) (7) (8) (11)							
描述:	基线情景下, 第 i 碳层 j 竹种 (组) 的面积							
数据源:	野外测定							
测定步骤 (如果有)	采用国家森林资源调查、规划设计调查或作业设计调查使用的标准操作程序 (SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 IPCC GPG LULUCF 2003 中描述的 SOP。							
说明	采用一次性测定值							

数据/参数	BU_{ty}	
单位:	%	
应用的公式编号:	本方法学公式（9）（22）	
描述:	竹子采伐用于 ty 类竹产品利用率	
数据源:	竹产品的分类信息:	
	按照竹材加工工艺分	按照竹产品功能和用途分
	1.竹集成材	1.竹质结构材：竹家具、竹建筑用材、竹胶模板、车厢板
	2.重组竹材	2.竹质装饰材：竹地板、竹纤维板、竹地毯、竹窗帘
	3.展开竹材	3.竹日用品：竹凉席、竹筷、竹菜板、竹托盘
	4.竹拉丝材	4.竹纤维制品：竹纤维毛巾、内衣
		5.竹质化学制品：竹炭、竹叶黄酮、竹醋液
		6.竹工艺品：竹根雕、竹笔筒
数据源优先选择次序为：		
(a) 当地基于竹产品种类和竹种的数据；		
(b) 国家级基于竹产品种类和竹种的数据；		
(c) 使用如下保守的缺省值：		
• 竹集成材 35%		
• 重组竹材 59%		
• 展开竹材 62% （带青 73%，去青 61%）		
• 竹拉丝材 34%		
• 竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板） 50%		
• 竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘） 20%		
• 竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板） 50%		
数据来源：顾蕾，等（2012）；李翠琴，等（2013）；周宇峰，等（2013）；王小青等（2002）		
测定步骤（如果有）	不适用	
说明:		

数据/参数	$BPP_{ty,j}$
单位:	%
应用的公式编号:	本方法学公式 (9) (22)
描述:	采伐收获的竹种 (组) j 用于生产加工 ty 类竹产品的比例 (%)
数据源:	数据源优先选择次序为: (a) 当地或附近区域基于竹产品种类和竹种的统计数据; (b) 国家级基于竹产品种类和竹种的统计数据;

	(c) 在当地通过参与式乡村评估（PRA）方法调查测定；
测定步骤（如果有）	不适用
说明	如果采用参与式乡村评估方法调查测定，则采用一次性调查值。调查对象要具有代表性，要求涉及当地竹农、竹加工企业家和林业管理人员等。

数据/参数	OF_{ty}
单位:	%
应用的公式编号:	本方法学公式 (9) (10) (22) (23)
描述:	根据 IPCC 一阶指数衰减函数确定的、ty 类竹产品在项目期末或产品生产后 30 年（以时间较长者为准）仍在使用的比例；无量纲
数据源:	
测定步骤（如果有）	不适用
说明:	

数据/参数	LT_{ty}														
单位:	年														
应用的公式编号:	本方法学公式 (10) (23)														
描述:	ty 类竹产品的使用寿命														
数据源:	数据源优先选择次序为： (a) 公开出版的适于当地条件和产品类型的文献数据； (b) 国家级基于木（竹）产品的数据； (c) 从下表选择缺省数据： <table> <tr> <th>竹产品类型</th><th>LT_{ty}</th></tr> <tr> <td>竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板）</td><td>30</td></tr> <tr> <td>竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘）</td><td>30</td></tr> <tr> <td>竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板）</td><td>10</td></tr> <tr> <td>竹纤维制品（竹纤维毛巾、内衣）</td><td>5</td></tr> <tr> <td>竹质化学制品（竹炭、竹醋液）</td><td>5</td></tr> <tr> <td>竹工艺品（竹根雕、竹笔筒）</td><td>20</td></tr> </table>	竹产品类型	LT_{ty}	竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板）	30	竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘）	30	竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板）	10	竹纤维制品（竹纤维毛巾、内衣）	5	竹质化学制品（竹炭、竹醋液）	5	竹工艺品（竹根雕、竹笔筒）	20
竹产品类型	LT_{ty}														
竹质结构材（竹家具、竹建筑用材、竹胶模板）	30														
竹质装饰材（竹地板、竹纤维板、竹窗帘）	30														
竹日用品（竹凉席、竹筷、竹菜板）	10														
竹纤维制品（竹纤维毛巾、内衣）	5														
竹质化学制品（竹炭、竹醋液）	5														
竹工艺品（竹根雕、竹笔筒）	20														
测定步骤（如果有）	不适用														
说明:															

数据/参数	$COMF_i$
单位:	无量纲
应用的公式编号:	本方法学公式 (30)
描述:	项目第 i 层的燃烧指数;
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 (如果有)	不适用
说明:	

数据/参数	EF_{CH_4}
单位:	$g\ CH_4 \cdot (kg\ \text{燃烧的干物质})^{-1}$
应用的公式编号:	本方法学公式 (30)
描述:	项目第 i 层的 CH_4 排放因子
数据源:	CH_4 排放因子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 (如果有)	不适用
说明:	

数据/参数	EF_{N_2O}
单位:	$g\ N_2O \cdot (kg\ \text{燃烧的干物质})^{-1}$
应用的公式编号:	本方法学公式 (30)
描述:	项目第 i 层的 N_2O 排放因子
数据源:	N_2O 排放因子数据来源选择遵循如下顺序: (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: 0.26
测定步骤 (如果有)	不适用
说明:	

数据/参数	GWP_{CH_4}
单位:	无量纲
应用的公式编号:	本方法学公式 (30)
描述:	CH_4 的全球增温潜势
数据源:	采用缺省值: 25
测定步骤 (如果有)	不适用
说明:	

数据/参数	GWP_{N_2O}
单位:	无量纲
应用的公式编号:	本方法学公式 (30)
描述:	N_2O 的全球增温潜势
数据源:	采用缺省值: 298
测定步骤 (如果有)	不适用
说明:	

6.9 需要监测的数据和参数

项目参与方须对下表中所列参数进行监测。

数据/参数	$A_{PROJ,i,j}$
单位:	hm ²
应用的公式编号:	本方法学公式 (17) (19) (20) (24) (25)
描述:	项目情景下第 i 碳层 j 竹种 (组) 的面积
数据源:	野外测定
测定步骤	采用国家森林资源调查、规划设计调查或作业设计调查使用的标准操作程序 (SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 SOP。其边界数据最好易于输入 GIS。
监测频率:	首次核查后每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用国家森林资源调查、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, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明	

数据/参数	A_p
单位:	hm ²
应用的公式编号:	本方法学公式 (36)
描述:	样地的面积
数据源:	野外测定
测定步骤	采用国家森林资源清查使用的标准操作程序(SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 SOP。
监测频率:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用国家森林资源清查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明:	

数据/参数	<i>DBH</i>
单位:	cm
应用的公式编号:	本方法学公式 (4) (18)
描述:	胸径, 也可以是地径
数据源:	野外样地测定。
测定步骤	采用国家森林资源清查使用的标准操作程序(SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 SOP。
监测频率:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用国家森林资源清查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明:	

数据/参数	<i>H</i>
单位:	m
应用的公式编号:	本方法学公式 (4) (18)
描述:	竹秆高度
数据源:	野外样地测定。
测定步骤	采用国家森林资源清查使用的标准操作程序(SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 SOP。
监测频率:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用国家森林资源清查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明:	高度可以是全竹秆高, 也可以是其他高度, 取决于方程中使用的高度含义

数据/参数	$NC_{i,j}$
单位:	次
应用的公式编号:	本方法学公式 (25) (35)
描述:	两次监测期间, i 碳层 j 竹种 (组) 的择伐次数
数据源:	通过记录测定
测定步骤 (如果有)	- 项目参与方落实专人负责记录和监测项目活动 - 详细记录项目界内各碳层竹子的择伐时间并以纸质方式和电子版存档 - 根据档案记录, 统计两次监测期间各碳层的择伐次数
监测频率	每采伐一次记录一次, 每实施一期样地监测 (3-10 年), 统计一次
QA/QC 程序	
说明	

数据/参数	$A_{BURN,i,t}$
单位:	hm ²
应用的公式编号:	本方法学公式 (30)
描述:	第 t 年时第 i 碳层发生火灾的面积
数据源:	野外实测或者遥感监测
测定步骤 (如果有)	对发生火灾的区域边界进行测定, 可采用地面 GPS 定位或利用大比例尺地形图勾绘, 或通过遥感数据反演
监测频率	每发生一次森林火灾, 监测一次
QA/QC 程序	采用国家森林资源调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC) 程序
说明	

数据/参数	$A_{SOC_PROJ,i,t}$
单位:	hm ²
应用的公式编号:	本方法学公式 (28)
描述:	项目情景下, t 年时 i 碳层土壤的面积
数据源:	野外测定
测定步骤	采用国家森林资源清查使用的标准操作程序(SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 IPCC GPG LULUCF 2003 中描述的 SOP。
监测频率:	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序:	采用国家森林资源清查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 IPCC GPG LULUCF 2003 中描述的 QA/QC 程序。
说明:	

数据/参数	$SOC_{i,p,l,t}$
单位:	$t\ C\cdot hm^{-2}$
应用的公式编号:	本方法学公式 (29)
描述:	第 t 年监测时, 第 i 项目碳层 p 样地 l 土层土壤有机碳含量; $g\ C.\ (100\ g\ 土壤)^{-1}$
数据源:	调查测定
测定步骤 (如果有)	采用国家林业局《造林项目碳汇计量与监测指南》(办造字[2011]18 号) 中的土壤有机碳含量的测定方法与步骤。
频率	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序	采用国家森林土壤调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明	

数据/参数	$BD_{i,p,l,t}$
单位:	$g\cdot cm^{-3}$
应用的公式编号:	本方法学公式 (29)
描述:	第 t 年监测时, 第 i 项目碳层 p 样地 l 土层土壤容重;
数据源:	调查测定
测定步骤 (如果有)	采用国家林业局《造林项目碳汇计量与监测指南》(办造字[2011]18 号) 中的土壤有机碳含量的测定方法与步骤。
频率	首次核查开始后每 3-10 年一次
QA/QC 程序	采用国家森林土壤调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明:	

数据/参数	$F_{i,p,l,t}$
单位:	%
应用的公式编号:	本方法学公式 (29)
描述:	第 t 年监测时, 第 i 项目碳层 p 样地 l 土层中直径大于 2 mm 石砾、根系和其它死残体的体积百分比;
数据源:	调查测定
测定步骤 (如果有)	采用国家森林土壤调查使用的标准操作程序(SOP), 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 SOP。
频率	首次核查开始每 3-10 年一次
QA/QC 程序	采用国家森林土壤调查使用的质量保证和质量控制(QA/QC)程序, 如果没有, 可采用公开出版的相关技术手册或 <i>IPCC GPG LULUCF 2003</i> 中描述的 QA/QC 程序。
说明:	

附件 1 主要竹林经营活动

主要竹林经营活动	具体经营措施
促进竹林发笋	适时松土垦复，清除土中障碍物，改善竹林生长环境，促进竹鞭生长，有利于多发笋多长竹；控制竹林内其它植被的营养竞争；适时适量施用竹林专用肥，促进竹林发笋和培笋。
改善竹林结构	控制挖笋对象，挖除浅层笋和衰退笋，伐密留疏，伐弱留强，选择粗壮笋留养新竹；降低挖笋强度，在调整优化阶段，挖笋数应低于发笋数量的 30%，在结构稳定阶段，挖笋数应低于发笋数量的 50%； 在调整优化阶段，清理采伐风倒竹、雪压竹、病虫竹，优化竹林的径阶结构、年龄结构以及空间结构，使之分布均匀，提高大径竹的比例； 通过留养小年笋和小年竹，把大小年明显的竹林逐步改为年年均衡发笋长竹的花年竹林（即竹林中部分竹子处于大年而另一部分处于小年；第二年则反之，竹林中每年出笋成竹量接近），以充分利用太阳光能和每年有稳定的竹材与竹笋产量。
维护竹林健康	做好竹林病虫害防治；加强护林防火，预防竹林火灾的发生；采伐时间选择在冬季竹子生理活动减弱时进行，减轻对竹林竹秆、竹鞭、竹根系统的损伤。
竹种更新调整	把固碳能力弱、综合效益差的竹种更新改造为固碳能力强、综合效益好的竹种； 以生产竹笋为主的笋用林和笋材两用林逐渐向以竹材利用为主的材用竹林过渡，提高竹林的立竹度和平均胸径。
稳定土壤碳库	竹林碳汇经营需要采取土壤稳碳措施：（1）严格控制土壤扰动频次，土壤扰动每 2 年不超过 1 次；（2）减轻对土壤的扰动强度，每次扰动面积不超过 50%或当地普遍性做法，同时下一次扰动时，松土带与保留带轮流作业松土；（3）及时揭去竹林内的覆盖物，减少土壤呼吸和 CO ₂ 、N ₂ O 等温室气体排放；（4）增施竹林生物质焦碳等外源物质，起到竹林土壤稳碳增汇效果。

附件 2 主要竹种（组）生物量方程

竹种		方程形式（W=竹子单株生物量， 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)	竹高 H (m)	竹龄 (年)		
大径散 生竹	(刚竹属) 毛竹	$W_{总} = a \cdot DBH^2 + b \cdot DBH + c$	0.3513	-2.3434	9.7697	64				四川长宁	何亚平等， 2007, [1]
		$W_{地上} = 747.787 \times D^{2.771} \times \left(\frac{0.148 \times T}{0.028 + T} \right)^{5.555} + 3.772$				97	5-16		1-11	浙江	周国模，2006, [2]
		$W_{地上} = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.04504749 281	2.2890229	0.28643528	50			1-7	赣南	黎曦等，2007, [3]
	(刚竹属) 毛环竹	$W_{地上} = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.014467	0.6278	2.4396	60				福建松溪	徐道旺等， 2004, [4]
		$W_{地下} = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.017164	0.5842	1.4450						
		$W_{总} = a \cdot DBH^b \cdot H^c$	0.22128	0.59736	2.2214						
	(刚竹属) 台湾桂竹	$W_{地上} = a \cdot DBH^b$	0.1639	1.8990		380				福建永泰 和闽侯县	郑郁善等， 1997, [5]
		$W_{总} = a \cdot DBH^b$	0.1718	1.9756							

大径丛生竹	(牡竹属) 麻竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.540093	1.9305		211				福建、海南	梁鸿燊等, 1997, [6]
		$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b \cdot H^c$	0.172139	1.5684	0.3916						
		$W_{\text{地上}} = a \cdot (\text{DBH}^2 \cdot H)^b$	0.6600	0.4548		52			2	福建华安	周本智等, 1999, [7]
			0.6224	0.5321					3		
			0.1698	0.7364					4		
			0.7234	0.5511					5		
	(绿竹属) 绿竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.203890	2.224536		368				中国南方	郑郁善等, 1998, [8]
	(箬竹属) 大木竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.4524	2.0347		28			1-3	浙南	苏文会等, 2006, [9]
		$W_{\text{总}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.5122	2.0391							
		$W_{\text{地上}} = a + b \cdot \text{DBH}^2 \cdot H$	3.11219	0.03232		60				云南水富	付建生等, 2007, [10]
		$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH}^2 \cdot H$	3.55698	0.033789							
	(牡竹属) 甜龙竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.0795	2.4559		75				云南勐腊	杨清等, 2008, [11]
小径散生竹	(刚竹属) 雷竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b \cdot H^c$	0.1228408	3.4988	1.1228	75				浙江临安	金爱武等, 1999, [12]

		$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.1939	1.5654		94				浙江西北部	徐小军等, 2011, [13]
	(刚竹属) 石竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b \cdot H^c$	0.0302	2.4123	0.6262	90				福建尤溪	黄宗安等, 2000, [14]
小径丛 生竹	(牡竹属) 花吊丝竹	$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH} + c \cdot H$	-5.45421	1.46011	0.29207	120			1	福建华安	郭子武等, 2009, [15]
		$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH} + c \cdot H$	-3.34805	1.94950	0.13412				2		
		$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH}$	-2.95277	1.84698					3		
		$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH}$	-1.45958	1.15918					4		
	(少穗竹 属) 肿节少 穗竹	$W_{\text{秆}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.1888	1.7698		365				福建	郑郁善等, 1998, [16]
		$W_{\text{枝}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.0633	1.2135							
		$W_{\text{叶}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.0722	1.1858							
		$W_{\text{总}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.3626	1.3836							
	(刚竹属) 水竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.6439	1.5373		9280	0.5-4.0		1-6	安徽舒城	孙天任等, 1986, [17]
		$W_{\text{地上}} = a \cdot (\text{DBH}^2 \cdot H)^b$	0.3008	0.5908					1-6		
		$W_{\text{总}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.7683	1.4117					1-6		
		$W_{\text{总}} = a \cdot (\text{DBH}^2 \cdot H)^b$	0.7820	1.3257					1-6		

	(筳竹属) 椴竹	$W_{\text{地上}} = -7.445916 + 39.2548 \cdot \text{DBH} + 4.5439 \cdot \text{DBH}^2 - 96.666 \cdot \text{DBH}^3$				60	1.5-5.5		1-3	福建建瓯	杨前宇等, 2011, [18]	
		$W_{\text{总}} = -7.360122 + 39.33155 \cdot \text{DBH} + 4.1158 \cdot \text{DBH}^2 - 93.171 \cdot \text{DBH}^3$										
	(筳竹属) 硬头黄竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.55781	1.8255		36			1-3	湖北宜宾	张鹏等, 2009, [19]	
		$W_{\text{总}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.558787	1.8953								
	(慈竹属) 慈竹	$W_{\text{地上}} = e^{(a-b/\text{DBH})}$	3.92735	9.0504		50				四川盆地	邓玉林等, 1993, [20]	
		$W_{\text{总}} = e^{(a-b/\text{DBH})}$	4.07430	8.79415								
	(筴竹属) 筴竹	$W = a + b \cdot \text{DBH}^2 \cdot c \cdot H$	0.0503613	0.0388958	0.1	165				云南大关	董文渊等, 2002, [21]	
		$W = a \cdot \text{DBH} + b$	0.3440963	-0.0226012								
	复轴混 生竹	(大明竹 属) 苦竹	$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b \cdot (100 \cdot H)^c$	0.0954510	1.9709	0.1832	40				浙江余杭	林新春等, 2004, [22]
			$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH} + c \cdot \text{DBH}^2$	2.1967847	-1.6410976	0.7619892						
$W_{\text{地上}} = a + b \cdot \text{DBH}$			0.4268	0.6531		80			1-2	福建沙县	林华, 2009, [23]	
$W_{\text{总}} = a + b \cdot \text{DBH}$			1.9562	1.5130								
$W_{\text{总}} = a \cdot \text{DBH}^2 + b \cdot \text{DBH} + c$			0.2668	0.0027	0.0914	28				四川长宁	何亚平等, 2007, [1]	
(矢竹属) 茶秆竹		$W_{\text{地上}} = a \cdot \text{DBH}^b$	0.2274	1.838		20	1-5.5			广东广宁	格日乐图等, 2011, [24]	

	(少穗竹 属) 四季竹	$W_{\text{地上}} = 0.044 - 0.001305 \cdot \text{DBH} + 0.002287 \cdot \text{DBH}^2 + 0.03298 \cdot \text{DBH}^3$	45			1	浙江西北	顾大彤等, 2011, [25]
		$W_{\text{地上}} = 0.095 + 0.46 \cdot \text{DBH} - 0.5 \cdot \text{DBH}^2 + 0.2022 \cdot \text{DBH}^3$				2		

参考文献

- [1] 何亚平, 费世民, 蒋俊明, 陈秀明, 余英, 唐森强, 朱维双, 等. 2007. 长宁毛竹和苦竹有机碳空间分布格局. 四川林业科技, 28(5): 10-14
- [2] 周国模. 2006. 毛竹林生态系统中碳储量、固定及其分配与分布的研究. 浙江大学博士学位论文.
- [3] 黎曦, 鲍雪芳, 王福升. 2007. 赣南毛竹生物量研究. 安徽林业科技.
- [4] 徐道旺, 陈少红, 杨金满. 2004. 毛环竹笋用林生物量结构调查分析. 福建林业科技, 31(1): 67-70.
- [5] 郑郁善, 陈希英, 方承, 梁鸿集. 1997. 台湾桂竹生物产量模型研究. 福建林学院学报, 1(1): 52-55
- [6] 梁鸿集, 陈学魁. 1998. 麻竹单株生物量模型研究. 福建林学院学报, 18(3):260-262.
- [7] 周本智, 吴良如, 邹跃国. 1999. 闽南麻竹人工林地上部分现存生物量的研究. 林业科学研究, 12(1):47-52.
- [8] 郑郁善, 陈辉, 张炜银. 1998. 绿竹生物量优化模型建立研究. 经济林研究, 16(3):4-7.
- [9] 苏文会, 顾小平, 关凤英, 等. 2006. 大木竹种群生物量结构及其回归模型. 南京林业大学学报(自然科学版), 30(5):51-54.
- [10] 付建生, 董文渊, 韩梅, 等. 2007. 撑绿竹不同径阶的生物量结构分析. 林业科技开发, 21(5):47-49.
- [11] 杨清, 苏光荣, 段柱标, 等. 2008. 版纳甜龙竹种群生物量结构及其回归模型. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 36(7):127-134.
- [12] 金爱武, 周国模, 马跃, 等. 1999. 雷竹各器官生物量模型研究. 浙江林业科技, 19(2):7-9.
- [13] 徐小军, 周国模, 杜华强, 等. 2011. 基于 Landsat TM 数据估算雷竹林地上生物量. 林业科学, 47(9):1-6.
- [14] 黄宗安, 郑明生, 张居文, 等. 2000. 石竹各器官生物量回归模型研究. 福建林业科技, 27(3):35-37
- [15] 郭子武, 李迎春, 杨清平, 等. 2009. 花吊丝竹立竹构件与生物量关系的研究. 热带亚热带植物学报, 17(6):543-548.
- [16] 郑郁善, 陈明阳, 林金国, 赵荣军, 等. 1999. 肿节少穗竹各器官生物量模型研究. 福建林学院学报, 18(2): 159-162.
- [17] 孙天任, 唐礼俊, 魏泽长, 等. 1986. 水竹(*Phyllostachys heteroclada*)人工林生物量结构的研究. 植物生态学与地植物学学报, 10(3): 190-198.
- [18] 杨前宇, 谢锦忠, 张玮, 等. 2011. 椴竹各器官生物量模型. 浙江农林大学学报,

28(3):519-526.

[19] 张鹏, 黄玲玲, 张旭东, 等. 2009. 滩地硬头黄竹生物量结构及回归模型的研究. 竹子研究汇刊, 28(3):25-28.

[20] 邓玉林, 江心, 杨冬生, 等. 1993. 四川盆地慈竹生物量模型及其在丰产培育中的应用. 四川农业大学学报, 11(1):145-150.

[21] 董文渊, 黄宝龙, 谢泽轩, 等. 2002. 筴竹无性系种群生物量结构与动态研究. 林业科学研究, 15(4):416-420.

[22] 林新春, 方伟, 俞建新, 等. 2004. 苦竹各器官生物量模型. 浙江林学院学报, 21(2):168-171.

[23] 林华. 2009. 苦竹笋材兼用林地上部分生物量分配规律研究. 竹子研究汇刊, 28(4):27-30.

[24] 格日乐图, 吴志民, 杨校生, 等. 2011. 广宁茶秆竹地上生物量分布特征研究. 林业科学研究, 24(1):127-131.

[25] 顾大彤, 陈双林, 郭子武. 等. 2011. 四季竹立竹地上现存生物量分配及其与构件因子关系. 林业科学研究, 24(4):495-499.

[26] 陈建寅, 兰林富. 2001. 毛竹林现代经营技术初探. 竹子研究汇刊, 20(3):8-14.

[27] 孙金泉. 2010. 笋竹两用毛竹林经营管理技术探讨. 福建林业科技, 153-156.

[28] 顾蕾, 沈振明, 周宇峰, 等. 2012. 浙江省毛竹竹板材碳转移分析. 林业科学, 48(1):186-190.

[29] 李翠琴, 周宇峰, 顾蕾, 等. 2013. 毛竹拉丝材加工利用碳转移分析. 浙江农林大学学报, 30(1): 63-68.

[30] 周宇峰, 顾蕾, 刘红征, 等. 2013. 基于竹展开技术的毛竹竹板材碳转移分析. 林业科学, 49(8): 96-102.

[31] 白彦锋. 2010. 中国木质林产品碳储量. 中国林业科学研究院博士学位论文.

[32] 王小青, 赵行志, 高黎等. 2002. 竹木复合是高效利用竹材的重要途径. 木材加工机械, 4: 25-27.