

# 竹林项目碳汇计量与监测方法学

国家林业局

2012 年 11 月

## 编制说明

本方法学由国家林业局造林绿化管理司（气候办）组织编制并归口。

本方法学由中国绿色碳汇基金会资助。

编制单位：国家林业局造林绿化管理司（气候办）、浙江农林大学、国际竹藤组织、中国绿色碳汇基金会、中国标准化研究院、中国林科院亚热带林业研究所、华东林业产权交易所。

编审组：组 长：王祝雄

副组长：李怒云、王春峰、吴秀丽

成 员：蒋三乃、张国斌、章升东、沈国华、刘 玫、林 翎

主要起草人：周国模、施拥军、楼一平、李金良、雅尼克、陈健华、马国青  
何业云、王新民、于天飞

本方法学附录 A、附录 B 为规范性附录，附录 C 为资料性附录。

# 引 言

竹林是我国一种十分重要的森林资源类型。我国竹子资源十分丰富，在竹子栽培、利用方面具有悠久的历史，被誉为“竹子王国”。为了更好发挥竹林项目在促进我国林业生产和应对气候变化中的重要作用，在国家林业局造林绿化管理司（气候办）的组织指导和协调下，由中国绿色碳汇基金会资助，浙江农林大学、国际竹藤组织、中国标准化研究院、中国林科院亚热带林业研究所等单位共同研究起草了竹林项目碳汇计量与监测方法学。

本方法学的主要依据是国家林业局 2010 年颁布的《碳汇造林技术规定(试行)》（办造字[2010]84 号）和 2011 年颁布的《造林项目碳汇计量与监测指南》（办造字[2011]18 号），以及浙江农林大学在竹林碳汇领域的多年研究成果，特别是 2008 年开始在浙江临安实施的中国绿色碳汇基金会毛竹林碳汇项目的观测数据和碳汇计量与监测等实际工作经验。此外，本方法学在编写过程中也参考了国际上清洁发展机制（CDM）碳汇项目、核证碳标准（VCS 标准）、气候-社区-生物多样性标准（CCB 标准），以及国际竹藤组织近年来对竹林碳汇领域的研究成果。

本方法学（征求意见稿）在 2011 年 11 月 7-11 日于北京举行的第二届亚太林业周上组织了专门的研讨会，并进行了专家咨询。2011 年 11 月 28 日至 12 月 9 日在南非德班举行的联合国气候变化公约第 17 次缔约方大会期间，又进行了公开征求意见。2012 年 4 月 26 日，中国绿色碳汇基金会在北京组织专家召开了评审会。最终，由国家林业局造林绿化管理司（气候办）组织有关专家进行了审定。本方法学充分吸纳了现有研究进展、成果和有关专家的意见和建议。

本方法学不仅适用于在我国开展竹林项目碳汇计量与监测活动，也可供其它国家（地区）开展竹林项目碳汇计量与监测活动，以及相关教学、科研、生产活动参考。

本方法学力求与国际接轨并符合中国国情，科学合理且操作性强。但由于竹林项目碳汇计量与监测的方法开发尚处于探索阶段，相关科学技术和人的认识水平在不断深化，不足之处仍需在研究和生产实践中加以完善。

# 目 录

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	1
4	开发原则	4
5	适用条件	5
6	项目合格性	5
6.1	土地合格性要求	5
6.2	项目边界要求	6
6.3	额外性要求	7
6.4	风险管理要求	7
7	碳库确定、排放源和泄漏源选择	7
7.1	碳库的确定	7
7.2	温室气体排放源	8
7.3	温室气体泄漏源	8
8	基线论证与调查	8
8.1	基线情景论证	8
8.2	基线碳层划分	8
8.3	基线碳储量变化量	9
9	碳汇竹林造林技术	9
9.1	造林地清理与整地	9
9.2	竹种（苗）选择与处理	9
9.3	造林方法与初植密度	10
9.4	管护与抚育措施	10
10	项目情景	10
10.1	项目碳层划分	10
10.2	项目碳储量变化量	11
10.3	项目温室气体排放量和泄漏量	13

10.4 项目净碳汇量	13
11 项目监测方案	13
11.1 主要监测内容	13
11.2 主要监测方法	14
11.3 抽样方案	14
11.4 样地监测频率	15
11.5 项目碳储量变化监测	15
11.6 项目温室气体排放和泄漏监测	16
11.7 抽样监测精度与不确定性分析	17
11.8 项目核查	17
12 项目碳信用额	18
12.1 项目碳信用额计算	18
12.2 碳信用额有效期	18
附录A（规范性附录）	19
项目温室气体排放和泄漏计量与监测方法	19
A.1 施肥引起的项目边界内温室气体排放	19
A.2 森林火灾引起的项目边界内温室气体排放	20
A.3 使用运输工具引起的项目边界外的温室气体泄漏	21
附录B（规范性附录）	22
土壤有机质碳库监测方法	22
B.1 监测频率	22
B.2 采样测定方法	22
B.3 计算公式	22
附录C（资料性附录）	24
主要造林竹种的生长方程和生物量模型	24
主要参考文献	28

# 竹林项目碳汇计量与监测方法学

## 1 范围

本方法学规定了竹林碳汇项目的开发原则、适用条件、项目合格性确定、碳库选择、温室气体排放源选择、泄漏源选择、基线论证与调查、项目情景、项目监测计划、项目碳信用额等技术要求。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的，其相关条款通过引用而成为本方法学的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T15776-2006 造林技术规程

LY1059-92 毛竹林丰产技术

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本方法学。

### 3.1 竹林 (bamboo forest)

指最小面积为0.067公顷、郁闭度不低于20%、成熟时竹秆胸径不小于2厘米、竹秆高度不低于2米的以竹类为主的植物群落。

### 3.2 小竹丛 (small bamboo grove)

指成熟时竹秆高度低于2米或竹秆胸径低于2厘米的任何竹类植物群落。本方法学中所涉及的“灌木”包括上述定义的“小竹丛”。

### 3.3 竹林类型 (bamboo type)

根据营造竹子的地下茎形态、立竹特征以及造林和经营特点，把营造的竹林分为五类：大径散生竹林、大径丛生竹林、小径散生竹林、小径丛生竹林和复轴混生型竹林。按照培育和利用主导目标，把营造的竹林分为材用竹林和以竹材生产为主的材笋两用竹林两种功能类型。

大径散生竹林：单轴散生型竹林，成熟时平均高度6米以上，竹秆胸径5厘米以上；

大径丛生竹林：合轴丛生型竹林，成熟时平均高度6米以上，竹秆胸径5厘米以上；

小径散生竹林：单轴散生竹林，成熟时平均高度在2米以上，竹秆胸径在2—5厘米之间；

小径丛生竹林：合轴丛生竹林，成熟时平均高度在2米以上，竹秆胸径在2—5厘米之间。

复轴混生型竹林：所有复轴混生型竹林。

### 3.4 碳汇造林 (forestation focus on carbon)

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，对造林和林木生长全过程实施碳汇计量和监测而进行的有特殊要求的造林活动。

### 3.5 无林地 (Non-forest land)

又称无立木林地，包括采伐迹地、火烧迹地和其他无立木林地。指森林采伐或者火灾后，未能及时造林更新，或者更新达到该树种（组）规定的成林年限后，仍未达到有林地、灌木林地或疏林地标准的林地。

### 3.6 宜林地 (suitable land for forest)

指经县级以上人民政府规划，适宜用于林业发展的土地。主要包括未达到有林地、疏林地、灌木林地、未成林造林地标准的宜林荒山荒滩荒地、宜林沙荒地、以及列入退耕还林计划坡度在25度以上的坡耕地、长期弃耕不种的开垦山或旱地和其它宜林地。

### 3.7 基线情景 (baseline scenario)

是指能合理地代表在没有拟议的竹子碳汇项目活动时碳排放或碳吸收状况。

### 3.8 项目边界 (project boundary)

是指造林项目活动的地理边界范围。一个项目可在若干个不同的地块上进行，但每个地块均应有特定的地理边界，项目面积范围不包括位于多个地块之间的土地。

### 3.9 项目计入期 (project crediting period)

又称项目管理运行期，指由指定单位对项目进行计量、监测和发证的时间长度。

### 3.10 碳汇 (carbon sink)

是指从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。森林碳汇是指森林生态系统吸收二氧化碳的过程、活动或机制。

### 3.11 碳库 (carbon pool)

指在碳循环过程中，地球系统各个所存储碳的部分。森林生态系统的碳库包括地上生物量、地下生物量、凋落物、枯死木和土壤有机碳。

### 3.12 碳泄漏 (carbon leakage)

是指由项目活动引起的、发生在项目边界外的、可测量的温室气体排放源的增加量。本规定的碳泄漏主要考虑在造林、营林、护林过程中使用运输工具燃烧化石燃料、施用化肥以及对征地方式等引起的二氧化碳排放。

### 3.13 额外性 (additionality)

是指造林活动产生的项目净碳储量变化量（扣除项目引起的排放和泄漏）超过基线情景碳储量变化量，即对减缓气候变化产生了正面贡献，且如果没有拟议的造林活动时，项目地块难以通过其他途径产生这种贡献。

### 3.14 非持久性 (non-permanence)

是指造林活动产生的项目碳储量变化量，可能由于自然或人为原因而发生逆转的情形。

### 3.15 项目净碳汇量(project net carbon removals by sinks)

指造林活动产生的项目碳储量变化量，减去由项目活动引起的发生在边界内和边界外的排放和泄漏的增加量，再减去基线情景碳储量变化量，反映了该项目活动对温室气体的实际清除能力和贡献。

### 3.16 碳信用额 (verified emission reduction)

指经过第三方审定核查机构核查确认的林业碳汇项目产生的，并经林业碳汇项目注册机构批准、签发的温室气体减排额度，以t CO<sub>2</sub>-e为数量单位。

## 4 开发原则

4.1 竹林是一种兼具良好环境效益、社会效益和经济效益的特殊森林资源。竹子碳汇项目除了能增加净碳汇量以减缓气候变化外，项目情景下的竹林经营的环境效益、社会效益、经济效益应不低于基线情景，有利于保护生物多样性，增加当地社区和农民的就业机会和经济收入，改善农民的生活质量和生存条件，改善生态环境，提高缓解和适应全球气候变化的能力，有利于项目参与方和利益相关者享受到项目带来的多重效益，有利于促进当地社会经济的健康、科学和可持续发展。

4.2 项目开发针对中国境内适宜营造竹林的荒山、荒地和其他适宜竹林生长的土地。

4.3 使用中国国家林业局已开发的与碳汇造林有关的方法学工具、指南和程序。并参考联合国京都议定书清洁发展机制（CDM）碳汇项目和国际自愿碳市场的标准如“气候—社区—生物多样性标准（简称CCB标准）”、自愿碳减排标准（VCS标准）中已有的造林方法学工具、指南和程序。如果上述CDM和国际自愿碳标准中的相关指南、程序和工具与国家林业局的相关标准不一致，则以中国国家林业局颁发执行的有关标准为准。

4.4 本方法学在项目净碳汇量计量与监测时遵循如下原则：

4.4.1 保守性原则。该原则是指，项目活动水平的确定或参数的选择应导致项目净碳汇量最终不被高估。例如：基线情景下的碳储量增加量不被低估，而项目情景下的碳储量增加量不被高估、项目情景下的排放量不被低估。

4.4.2 透明性原则。该原则是指，除个别涉及商业机密的数据外，活动水平数据和参数的确定方法及数据都应公开透明且易于被公众获取。

4.4.3 可比性原则。该原则是指，项目采用的碳计量与监测的参数应具有可比性。如选用的当地参数超出IPCC或国家水平参数值的正常范围时，应加以详细说明。

4.4.4 确定性原则。该原则是指，碳计量和监测须尽可能采取必要措施，提高碳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内容。

4.4.5 成本有效性原则。随着碳计量和监测的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，既要考虑计量和监测的精度，同时更要综合考虑其成本有效性。需要在计量和监测的精度与相关成本之间寻找一个合理的平衡点。

## 5 适用条件

5.1 项目地为宜林荒山荒地、宜林沙荒地和其他宜林地，或者长期未能有效更新达不到成林标准的无立木林地，也可以是某些限定的非林地（农用地、未利用地。在没有造林项目活动时，该土地将维持原状态或出现土地退化趋势或者碳储量稳定在较低水平上。

5.2 项目地立地条件要适宜竹子生长。

5.3 项目地土壤为矿质土壤而非有机质土，项目地不属于湿地。

5.4 项目活动不会导致村庄或家庭的移民，项目边界内无大规模的放牧活动，项目情景下不采收枯落物。

5.5 项目活动除能增加碳净吸收量外，项目情景的经济收益、社会效益和生态环境效益等综合效益不低于基线情景。

## 6 项目合格性

### 6.1 土地合格性要求

6.1.1 证明项目开始时，项目活动所涉及每个地块符合下列条件：

6.1.1.1 2005年以来的无林地、宜林地（包括长期未能有效更新的无立木林地、宜林荒山荒地、宜林沙荒地和其他宜林地等）或非林地（湿地、有机质水稻土除外）。

6.1.1.2 地块内现有的植被状况在项目计入期内达不到森林定义的阈值（郁闭度低于0.20，植被就地生长平均高度小于2米，或面积小于0.067公顷）。

6.1.1.3 立地条件适宜竹类植物生长，预期能发挥较大的碳汇功能，并有助于促进当地林业和社会经济发展。

6.1.1.4 土地权属清晰且稳定，具有县级以上人民政府核发的土地权属证书或有效的证明材料。

6.1.2 证明项目自2005年以来地块的土地利用方式及其变化情况。如果项目活动地是在2005年以来发生了土地利用方式变化而达到了上述合格性要求，须证明该变

化不是项目经营主体为了实施本项目或追求项目碳汇量而驱动的。

6.1.3 实施主体可通过下列方式，并提供以下证据之一证明项目土地的合格性：

6.1.3.1 航空照片、卫星影像或其它空间数据。

6.1.3.2 土地利用图、土地覆盖图、森林分布图、林相图等。

6.1.3.3 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。

6.1.3.4 其它可用于证明的书面文件、土地登记册等。

## 6.2 项目边界要求

### 6.2.1 地理边界

6.2.1.1 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。

6.2.1.2 项目地理边界确定分为事前项目边界确定和事后项目边界确定。事前项目边界确定用于土地合格性论证、项目造林设计、项目造林面积和项目碳汇量的估算。事后项目边界确定主要在项目监测阶段进行。在确定项目边界时，其方法或工具的使用要保证事后项目边界确定精度不低于事前项目边界精度。

6.2.1.3 事前项目边界（项目设计边界）可通过以下几种方式确定：

6.2.1.3.1 用全球定位系统（GPS，平面定位精度达到米级以上）单点定位或采用差分GPS技术直接测定项目地块边界的拐点坐标。

6.2.1.3.2 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。

6.2.1.3.3 利用地形图（比例尺 $\geq 1:10000$ ）进行实地勾绘获取项目边界。

6.2.1.4 事后项目边界建议采用地形图（比例尺 $\geq 1:10000$ ）进行实地勾绘，或差分GPS技术直接测定，或利用高分辨率地理空间数据予以界定，作为项目实际边界，允许面积测量误差小于5%。如果实际边界位于项目设计边界之内，应以实际边界为准。由于散生竹林植物自身的蔓延扩张，实际边界可能会位于项目设计边界之外，处于项目设计边界之外的部分不能纳入监测的范围。

### 6.2.2 时间边界

6.2.2.2 项目计入期一般为20年。根据碳市场需要、基线重新论证及竹子生长发育特性，计入期可延长至40~60年。

6.2.2.3 根据竹子成林经营中，通过出笋更新、择伐利用后生物量基本维持稳定的

特性，结合成本有效性原则，监测和核查间隔时间在5-10年内选择。并要求监测时间选在择伐后进行。

### 6.3 额外性要求

6.3.1 要求从环境、资金、技术、政策等角度论证或证明项目具有额外性。重点需要说明或论证以下几方面内容：

6.3.1.1 拟议的竹子造林项目活动产生的项目净碳汇量超过基线情景碳储量变化量，即对减缓气候变暖可以产生额外的正面贡献。

6.3.1.2 从经济、技术角度论证项目实施地存在较大的资金或技术障碍，如没有实施该项目，该地块将长时间保持原有土地利用方式不变。

6.3.1.3 从项目地的政策和自然地理区位条件，说明项目地没有列入政府的造林和再造林计划，自然更新困难。如没有实施该项目，项目地未来最有可能的土地利用方式将延续不变或发生进一步退化，导致碳储量下降或难以提高。

### 6.4 风险管理要求

6.4.1 要求对项目风险进行合理评估，并有具体的缓解风险的方案和措施。比如竹林大面积提早开花，竹林发生严重火灾、病虫害及风雪灾害造成的碳信用指标的非持久性风险和相应的应对与缓解措施。

6.4.2 要求说明或证明项目计入期内（20年），土地权属稳定、项目业主（或实施主体）具有良好的实施和经营管护能力，由于自然或人为原因发生项目逆转的情形或风险很低。

## 7 碳库确定、排放源和泄漏源选择

### 7.1 碳库的确定

7.1.1 根据国际通行做法、本方法学的适用条件和竹林生长、采伐特性以及保守性、确定性、成本有效性原则，从地上生物量（AGB）、地下生物量（BGB）、枯落物（Litter）、枯死木（DW）土壤有机质（SOM），竹产品碳库（HBP）等6个碳库中选择地上生物量、地下生物量两个碳库进行计量和监测。对于不是净排放源，或潜在排放量小，或对增加项目净碳汇量贡献较小的枯落物、枯死木、土壤有机质碳库予以忽略。

7.1.2 特殊情况下，如果不能证明忽略土壤有机质变化是符合保守性原则的，即项

目实施对土壤扰动明显大于基线情景，可能对土壤有机质变化产生较大负面影响，则需要计量与监测土壤有机质碳库。

7.1.3 竹产品碳库是竹子碳汇造林项目的一个重要碳库。但目前国际气候谈判中对林产品储碳尚未达成公认的计量、监测、核查方法体系。国内现有关于竹产品储碳计量、监测、核查的方法体系研究还尚未成熟。因此本方法学中暂不考虑竹产品碳库，待研究成熟后再将其纳入。

## 7.2 温室气体排放源

7.2.1 肥料施用：在造林和竹林管理活动中施用有机肥料和含氮化肥引起的直接氧化亚氮（ $N_2O$ ）排放。

7.2.2 森林火灾排放：项目实施过程中可能发生森林火灾而引起的 $CO_2$ 、甲烷（ $CH_4$ ）和 $N_2O$ 排放。

7.2.3 林下由于种植固氮植物、牲畜活动及粪便等所产生的排放极小，均忽略不计。

## 7.3 温室气体泄漏源

7.3.1 只选择运输工具引起的泄漏：用于运输苗木、肥料、竹材中所使用的运输工具消耗的化石燃料燃烧引起的 $CO_2$ 排放。

7.3.2 根据项目适用条件，不存在薪材采伐、农业耕种、和放牧等活动转移到项目边界外而引起的温室气体泄漏。

# 8 基线论证与调查

## 8.1 基线情景论证

要求对项目地历史的和现在的地表植被、土地利用、人为活动进行描述和论证，同时对没有拟议的竹子造林项目活动时，项目设计边界内地表植被、土地利用方式及碳储量的变化情况进行预测和计量，为满足精度且降低成本，采用分层测定方法。

## 8.2 基线碳层划分

根据项目地的土地利用类型和植被状况来划分，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。

### 8.3 基线碳储量变化量

8.3.1 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）的工具估算基线碳储量的变化量。并根据适用条件和成本有效性原则，在估算时作如下假定：

8.3.1.1 非林木植被（原有的小竹丛和其它灌木）地上和地下生物量变化为零。

8.3.1.2 枯落物碳储量变化为零。

8.3.1.3 土壤有机碳的变化为零。

8.3.2 如果基线情景下存在林木植被（散生木），则采取随机抽样调查方法，设置样地，每木调查测定样地内散生木的树种、年龄、胸径、树高，收集散生木相关树种的生长过程曲线（单株材积、蓄积），根据生物量扩展因子法计算不同时间散生木的地上生物量和地下生物量碳库中的碳储量。

8.3.3 当基线林木植被（散生木）森林成熟后，即达到稳定状态后，基线碳储量变化量为零。

8.3.4 当项目边界内有面积小于0.067公顷或覆盖度低于20%的竹类植物，要求实施项目时，保留这些竹类植物，同时在计量阶段，又不计入项目碳储量的变化量，可假定这些散生竹类植物地上和地下生物量碳库的碳储量变化为零。

## 9 碳汇竹林造林技术

按照尽量减少造林活动造成的项目边界内碳排放和项目边界外碳泄漏的要求，对林地清理、整地方式、种苗选择、种植密度、施肥抚育等内容提出相应的技术措施。

### 9.1 造林地清理与整地

9.1.1 禁止全面深垦整地和大面积烧山炼山。在陡坡（25度以上）提倡采用块状整地。

9.1.2 严格控制大型机械整地，鼓励使用人工整地和挖栽植穴。

9.1.3 对造林地的散生树木、灌木及竹丛尽量加以保护和保留。造林地若有原生植被（小于森林阈值），要求在山脚、山顶和造林地边界保留10—20米宽的原生植被保护带。

### 9.2 竹种（苗）选择与处理

9.2.1 选择优良适生乡土竹种，或者经过驯化或成功栽培的外来优良竹种。

9.2.2 优先采用就地育苗或就近调苗，减少竹种竹苗运输距离。

9.2.3 要求优质健康，禁止使用来源不清的、带有病虫害的竹子种苗。

### 9.3 造林方法与初植密度

9.3.1 散生竹宜采用母竹移栽造林，根据不同竹种特性，要求保留合理的竹鞭长度和竹枝盘数，比如毛竹，需要保留来鞭 30~40 cm，去鞭40~50 cm，留4~5盘枝。丛生竹宜采用分蔸截杆造林，要保留合适的竹杆高度（3m~5m），竹蔸及鞭根要多带宿土，有条件地方提倡容器育苗造林。

9.3.2 最低初植密度要达到GB/T15776-2006规定，或其密度足以保证造林地在竹林成林发育年限内达到成林标准。

9.3.3 竹子造林时间，最好选择在11月至翌年4月期间雨后阴天进行，栽植时，可施一定量的基肥，鼓励使用有机肥，并合理控制使用量。

### 9.4 管护与抚育措施

9.4.1 加强植后管护，要求说明采用何种措施以保证成活率和保存率，同时还应有补植补造的计划和措施。

9.4.2 控制采笋挖笋强度，保证留笋成竹数量和质量，主要挖除残弱笋，保留健壮笋。对于材用竹林，采笋量小于当年出笋量的20%，对于材笋两用竹林，采笋量小于当年出笋量的40%。

9.4.3 控制择伐强度，选择合适的择伐对象（年龄、空间位置），适当延长择伐年龄，优先择伐过于密集、竞争力差的竹子，年择伐株数要控制在当年留养新竹株数的80%以内，不断优化竹林的年龄结构和空间结构。

9.4.4 制定并落实严格的病虫害和火灾防控措施，宜采用以生物防治为主的综合防治措施，对于大面积竹子造林，建议营建生物隔离带。

9.4.5 尽量减少或降低项目实施对当地生物多样性和生态环境的负面影响。不提倡大面积集中连片造林；杜绝全垦抚育作业；造林地块中如果遇到珍稀濒危动植物保护小区要保留足够宽度的缓冲保护带加以保护。

## 10 项目情景

### 10.1 项目碳层划分

在计量阶段，根据项目造林和管理技术模式（造林时间、竹子种类、造林密度、采伐计划和强度）进行项目事先分层；在项目监测阶段，根据实际造林核查情况和前一期的监测结果，可以进行适当调整，再次划分项目事后分层。

## 10.2 项目碳储量变化量

10.2.1 在一般的无立木林地、宜林地和本方法学限定的非林地上进行竹子造林，从较长周期看（计入期内），土壤有机质碳储量总体会有增加趋势，因此项目计量时，可忽略土壤有机质碳储量变化。

10.2.2 项目碳储量变化量等于竹林生物量（地上、地下）碳储量变化量，再减去项目引起的原有植被生物量碳储量的降低量。

10.2.3 竹林地上生物量包括竹秆、竹枝和竹叶；竹林地下生物量包括竹蔸、竹根和竹鞭。

10.2.4 竹林生物量（地上、地下）碳储量变化预估分两个阶段进行。

10.2.4.1 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）。

10.2.4.2 竹林成林稳定阶段（大径散生竹林第10年始；小径散生竹林第6年始；丛生竹第6年始；混生竹第7年始）。

10.2.5 竹林发育成林阶段：（1）散生竹种：根据立竹株数变化方程（株数与年龄）和单株生物量异速增长方程（生物量与年龄）计算地上生物量碳储量变化量；（2）丛生竹种：根据造林竹丛密度、竹丛平均立竹株数变化方程（株数与年龄）和单株生物量异速增长方程（生物量与年龄）计算地上生物量碳储量变化量（主要造林竹种生物量生长方程和生物量模型见附录C）。

10.2.6 对于本方法学未提供模型、参数的其他地区或其他竹种，由项目业主或计量与监测单位优先选择适用于当地的、经检验的模型和参数；如果当地没有适用的模型和参数，选择相似地区、相近竹种的模型、参数，并检验合格后使用；也可以根据相关专业方法开发适用于当地的新模型。

10.2.7 在有地下生物量实测模型的情况下，竹林地下生物量或碳储量采用实测模型估算；否则，可按不同竹子地下生物量与地上生物量之比  $R$  计算（主要造林竹种的  $R$  参考值见表1）。

10.2.8 竹林发育成林后，处于成林稳定阶段。根据竹林特殊的生长习性，能不断

的扩鞭出笋成竹，同时需要进行不断的择伐利用，考虑出笋留新竹和老竹的择伐利用，竹林现存地上生物量将处于相对稳定和动态平衡之中。计量时，当竹林达到成林稳定年限后，其地上生物量碳储量年变化量可视作为零。

10.2.9 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）仍留存于林地中，因此竹林地下生物量碳储量会继续增加。竹林达到成林稳定年限后，其地下生物量碳储量年变化量根据年均择伐地上生物量（或年均择伐株数）和该竹种的地下生物量与地上生物量之比  $R$  计算。而年均择伐地上生物量为：成林稳定后的竹林林分地上生物量除以竹子的成熟择伐年龄  $T$ （类似于乔木林的轮伐周期）。

10.2.10 原有植被生物量的减少。假定项目情景下项目边界内的散生木（竹林群落除外）和非林木植被在整地时全部消失。采用国家林业局《造林项目碳汇计量与监测指南》的工具估算原有植被生物量的减少。

**表 1 主要竹林类型和造林竹种地下生物量与地上生物量之比  $R$  参考值**

竹林类型 Bamboo types	代表竹种 Bamboo species	平均值 Mean value	样本数 No. of samples
大径散生竹	刚竹属（毛竹）	0.606±0.073	49
大径丛生竹	牡竹属（麻竹）	0.151±0.010	45
	籼竹属（绿竹）	0.199±0.026	60
	牡竹属（梁山慈竹）	0.180±0.029	52
小径散生竹	刚竹属（雷竹）	0.200±0.034	75
小径丛生竹	籼竹属（孝顺竹）	0.12±0.015	20
复轴混生型竹	寒竹属（方竹）	0.389±0.051	40
	寒竹属（筴竹）	0.816	165

#### 10.2.11 竹材产品碳储量

指项目边界内成熟竹林采伐后在计入期内（20年）仍然存在竹材或竹产品中的碳储量。根据竹林生长、采伐更新以及竹材加工利用和产品的特点，成林后并且保持正常采伐和加工利用的竹林地上生物量的碳储量每年有部分转移至竹材或竹材产品中并得以保存，因此竹材产品的碳储量可作为项目的重要碳库之一。但由于目前国际社会对产品碳库还存在较多争议，另外目前对竹材利用类别、加工利用率及产品分解率、保存率等参数研究还不十分充分，同时忽略竹材产品碳库

也满足保守性原则和确定性原则，将使项目净碳汇量被低估，因此本方法学暂不把竹材产品作为必须计量监测的碳库。待以后条件成熟时再将其纳入。

### 10.3 项目温室气体排放量和泄漏量

10.3.1 根据造林项目设计的肥料施用量，计量由此引起的直接N<sub>2</sub>O排放量

10.3.2 森林火灾引起的非CO<sub>2</sub>温室气体（CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O）的排放量无法进行事前预估计量

10.3.3 根据造林项目设计的母竹量、肥料量、竹材采伐量和运输距离、方式计算运输工具引起的CO<sub>2</sub>泄漏量。

10.3.4 项目温室气体排放和泄漏参考《造林项目碳汇计量与监测指南》的工具估算（具体计量方法见附录A）。

### 10.4 项目净碳汇量

项目实际产生的净碳汇量为项目碳储量变化量，减去基线碳储量变化量减去项目边界内增加的温室气体排放量，再减去项目活动引起的边界外的泄漏量。

具体计算公式如下：

$$C_{Proj,t} = \Delta C_{Proj,t} - GHG_{E,t} - \Delta C_{BSL,t} - LK_t$$

式中：

$C_{Proj,t}$  第t年造林项目产生的净碳汇量，t CO<sub>2</sub>-e.a<sup>-1</sup>

$\Delta C_{Proj,t}$  第t年项目碳储量变化量，t CO<sub>2</sub>-e.a<sup>-1</sup>

$GHG_{E,t}$  第t年项目边界内增加的温室气体排放，t CO<sub>2</sub>-e.a<sup>-1</sup>

$\Delta C_{BSL,t}$  第t年基线碳储量变化量，t CO<sub>2</sub>-e.a<sup>-1</sup>

$LK_t$  第t年项目活动引起的边界外的泄漏，t CO<sub>2</sub>-e.a<sup>-1</sup>

$t$  项目开始后的年数,a

## 11 项目监测方案

### 11.1 主要监测内容

11.1.1 项目实施活动：造林活动、竹林经营管理活动、竹林择伐活动和项目边界内森林灾害（毁林、林火、病虫害）发生情况。

11.1.2 项目地理边界变动。

11.1.3 项目碳储量变化。

11.1.4 各种竹林经营管理活动和森林灾害引起的项目温室气体排放。

11.1.5 基线碳储量变化在计量阶段已经完成，监测时，直接应用碳计量阶段结果。

## 11.2 主要监测方法

11.2.1 对项目实施的各类活动及发生的森林灾害：设计记录表格，进行记录存档。

11.2.2 项目地理边界变动：利用高精度差分GPS（平面定位精度米级以上）直接测定，或利用高分辨率遥感影像或大比例尺地形图（ $\geq 1:10000$ ）予以界定。

11.2.3 项目温室气体排放及泄漏：根据记录的项目边界内的肥料用量、运输工具、森林火灾等数据测算。

11.2.4 项目碳储量变化：采用基于固定样地的连续测定和基于档案数据记录计算相结合的方法，特别要在监测间隔期内，对固定样地内的每次择伐数量、胸径进行详细记录。一般竹子碳汇造林项目只需监测地上生物量、地下生物量两个碳库变化。特殊情况下，如果不能证明忽略土壤有机质变化是符合保守性原则的，即项目实施对土壤扰动明显大于基线情景，可能对土壤有机质变化产生较大负面影响，则需要监测土壤有机质碳库（土壤有机质碳库的具体监测方法见附录B）。

## 11.3 抽样方案

11.3.1 项目事后分层：根据实际造林情况（造林时间、竹子种类、造林密度）进行分层，一般与项目事前分层一致。

11.3.2 固定样地数量：采用抽样调查技术中分层抽样的样本确定方法计算。

11.3.3 样地设置方法：

11.3.3.1 固定样地要求采用随机起点的系统设置方式，样地边缘离开地块边界10m以上，样地大小为 $600\text{m}^2$ ，形状为矩形（ $30\text{m}\times 20\text{m}$ ）。

11.3.3.2 样地采用全站仪或罗盘仪进行角桩设置和引线记录，样地四个角桩设立明显固定标志。

11.3.3.3 样地记录：记录下样地行政位置、小地名和西南角点的GPS坐标、造林竹种、造林模式和造林时间等信息。

11.3.3.4 在特殊地段和造林地点，也可采用带状样地或圆形样地。这种情况下，每个样地内散生竹不得小于100株；丛生竹不得小于10丛。

11.3.4 固定样地内的经营方式与项目样地外林分的经营方式保持一致。

#### 11.4 样地监测频率

地上生物量、地下生物量每5至10年监测一次。同时期间样地内的每次择伐情况要进行详细记录。

土壤有机质（只针对需要监测的项目）每10年监测一次。

#### 11.5 项目碳储量变化监测

根据保守性、确定性和成本有效性原则，只重点监测地上生物量、地下生物量两个碳库变化。

##### 11.5.1 竹林生物量样地监测方法

11.5.1.1 对于散生竹，在样地内，每株实测胸径和竹龄，逐株计算其地上生物量；单株生物量采用二元生物量异速生长方程（生物量与胸径、竹龄）计算。

11.5.1.2 对于丛生竹，在样地内，实测丛数及每丛的立竹株数、平均胸径、平均高度），单丛生物量采用二元或多元生物量生长方程（生物量与株数、平均胸径、平均高度）计算。

11.5.1.3 根据竹子地下生物量与地上生物量之比  $R$  计算立竹部分的地下生物量。

11.5.1.4 根据监测间隔期间所记录的样地内竹子择伐情况（株数、胸径、竹龄），利用相应竹种的地上生物量生长方程计算监测期间择伐移出的地上生物量，再根据竹子  $R$  值计算已被择伐移出的竹子留存于林地中的地下生物量。

11.5.1.5 累加得到样地内单位面积生物量碳储量。

##### 11.5.2 样地内单位面积竹林生物量碳储量计算

$$C_{B,m,ij,p} = C_{AB\_B,m,ij,p} + C_{BB_1\_B,m,ij,p} + C_{BB_2\_B,m,ij,p}$$
$$C_{AB\_B,m,ij,p} = \sum f_{AB\_B,j} (BD, BA) \cdot CF_j \cdot 10000 / AP$$
$$C_{BB_1\_B,m,ij,p} = C_{AB_1\_B,m,ij,p} \cdot R_j$$
$$C_{BB_2\_B,m,ij,p} = C_{AB_2\_B,m,ij,p} \cdot R_j$$

式中：

$$C_{AB\_B,m,ij,p} \quad \text{第} m \text{次监测} i \text{碳层} j \text{竹种第} p \text{样地内竹林地上生物量碳储量, t C} \cdot \text{hm}^{-2}$$

$f_{AB\_B,j}(BD,BA)$	$j$ 竹种地上生物量二元异速生长方程, t DM.株 <sup>-1</sup> 或t DM.丛 <sup>-1</sup>
$C_{BB1\_B,m,ij,p}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种第 $p$ 样地内立竹部分的地下生物量碳储量, t C.hm <sup>-2</sup>
$C_{BB2\_B,m,ij,p}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种第 $p$ 样地内已被择伐竹子的地下生物量碳储量, t C.hm <sup>-2</sup>
$CF_j$	$j$ 竹种平均含碳率, 一般可取 0.5
$R_j$	$j$ 竹种地下生物量与地上生物量之比, 无单位
$AP$	样地面积, m <sup>2</sup>

### 11.5.3 各碳层竹林生物量碳储量计算

$$C_{B,m,ij} = \left( \sum_{p=1}^P C_{B,m,ij,p} / P \right) \cdot A_{B,ij,m}$$

式中:

$C_{B,m,ij,p}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种第 $p$ 样地内的生物量碳储量, t C.hm <sup>-2</sup>
$A_{B,ij,m}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种的林分面积, hm <sup>2</sup>
$M$	监测时间, a
$I$	项目碳层
$J$	竹种
$P$	监测样地数, $p=1, 2 \dots n$

## 11.6 项目温室气体排放和泄漏监测

11.6.1 项目边界内温室气体排放的监测主要包括施肥引起的N<sub>2</sub>O直接排放、化石燃料燃烧引起的CO<sub>2</sub>排放, 以及森林火灾引起的非CO<sub>2</sub>排放。对于这些源排放, 设计好各种表格, 安排专人做好日常记录和活动水平数据的收集工作。

11.6.2 项目边界外温室气体泄漏的监测, 主要监测和实时记录与造林活动有关的交通工具使用燃料燃烧引起的CO<sub>2</sub>排放

11.6.3 各种排放源和泄漏源的具体排放结果, 根据记录和收集的活动水平数据, 按照《造林项目碳汇计量与监测指南》中的相关工具进行测算(具体监测方法参见附录A)。

## 11.7 抽样监测精度与不确定性分析

11.7.1 项目边界内的温室气体排放、基线碳储量变化量相对较小，项目碳储量变化量构成项目净碳汇量的主体。项目碳储量变化量主要基于固定样地的分类抽样调查方法进行监测，因此，不确定性分析主要针对固定样地的分类抽样调查进行。

11.7.2 碳储量变化值的分类抽样监测，按分类抽样的统计分析方法计算抽样总体误差和精度。

11.7.3 抽样监测精度：要求在95%的可靠性水平下，抽样误差控制在15%以内，即监测精度达到85%以上。

11.7.4 总体标准误差采用下式计算：

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

式中：

$U_c$                     n 个估计值之和或差的标准差(%)

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

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

## 11.8 项目核查

12.8.1 项目参与方或实施主体完成监测，并递交监测结果报告后，需要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独立评估。

12.8.2 核查过程包括监测报告的审查和现场核定。监测报告的审查直接在室内进行，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，（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等。

12.8.3 现场核定是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，通过测定结果，按以下

标准对项目碳储量予以扣减。

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

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(%)

## 12 项目碳信用额

### 12.1 项目碳信用额计算

根据核查后的项目净碳汇量，和确定提留在缓冲储备库中的额度比例，来计算项目碳信用额。一般采用项目不确定性评估值作为提留比例（BUF），如没有进行不确定性评估，则提取比例采用竹子碳汇项目的经验值设为20%。缓冲储备库中的碳信用额用于在计入期内发生碳逆转时补偿。

即签发的碳信用额为：

$$GBC_t = (C_{proj,t_2} - C_{proj,t_1}) \times (1 - BUF)$$

式中：

$GBC_t$  在时间区间  $t = t_2 - t_1$  内签发的碳信用额

$C_{proj,t_2}$  到 $t_2$ 年时造林项目实际产生的净碳汇量

$C_{proj,t_1}$  到 $t_1$ 年时造林项目实际产生的净碳汇量

### 12.2 碳信用额有效期

碳信用额的有效性与项目计入期一致。

## 附录 A （规范性附录）

### 项目温室气体排放和泄漏计量与监测方法

#### A.1 施肥引起的项目边界内温室气体排放

竹子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肥料引起的直接N<sub>2</sub>O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N<sub>2</sub>O排放：

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

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

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

式中：

$F_{SN,t}$	第t年施用的含氮化肥经NH <sub>3</sub> 和NO <sub>x</sub> 挥发后的量 (t N.a <sup>-1</sup> )
$F_{ON,t}$	第t年施用的有机肥经NH <sub>3</sub> 和NO <sub>x</sub> 挥发后的量 (t N.a <sup>-1</sup> )
$EF_1$	氮肥施用NO <sub>2</sub> 排放因子 (IPCC参考值=0.01, t N <sub>2</sub> O-N.(t N) <sup>-1</sup> )
$MW_{N_2O}$	N <sub>2</sub> O与N的分子量比 (44/28) (t-N <sub>2</sub> O.(t-N) <sup>-1</sup> )
$GWP_{N_2O}$	N <sub>2</sub> O全球增温潜势 (IPCC参考值=310, t CO <sub>2</sub> -e.(t N <sub>2</sub> O) <sup>-1</sup> )
$M_{SFi,t}$	第t年施用第i类化肥的量 (t.a <sup>-1</sup> )
$M_{OFj,t}$	第t年施用第j类有机肥的量 (t.a <sup>-1</sup> )
$NC_{SFi}$	i类化肥的含氮率 (g-N.(100 g化肥) <sup>-1</sup> )
$NC_{OFj}$	j类有机肥的含氮率 (g-N.(100 g有机肥) <sup>-1</sup> )
$Frac_{GASF}$	施用化肥的NH <sub>3</sub> 和NO <sub>x</sub> 挥发比例 (IPCC参考值=0.1, t NH <sub>3</sub> -N & NO <sub>x</sub> -N.(t N) <sup>-1</sup> )
$Frac_{GASM}$	施用有机肥的NH <sub>3</sub> 和NO <sub>x</sub> 挥发比例 (IPCC参考值=0.2, t NH <sub>3</sub> -N & NO <sub>x</sub> -N.(t N) <sup>-1</sup> )
$T$	项目开始后的年数 (a)
$I$	化肥种类, i=1…I
$J$	有机肥种类, j=1…J

## A.2 森林火灾引起的项目边界内温室气体排放

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。由于森林火灾引起的碳排放已包括在碳储量变化的测定和监测中，为避免重复计量，这里只监测和计量燃烧引起的N<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>排放。如果发生森林火灾，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) 选择未发生火灾的同一碳层、相同竹种和年龄的林分，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<sub>2</sub>O和CH<sub>4</sub>排放。

$$E_{Fire,t} = E_{Fire,N_2O,t} + E_{Fire,CH_4,t}$$

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

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

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

式中：

$E_{Fire,C,t}$	第 <i>t</i> 年由于森林火灾引起的地上生物量碳排放 (tC·a <sup>-1</sup> )
$E_{Fire,CH_4,t}$	第 <i>t</i> 年由于森林火灾引起的CH <sub>4</sub> 排放(t CO <sub>2</sub> -e·a <sup>-1</sup> )
$E_{Fire,N_2O,t}$	第 <i>t</i> 年由于森林火灾引起的N <sub>2</sub> O排放(t CO <sub>2</sub> -e·a <sup>-1</sup> )
<i>N/C ratio</i>	过火森林的 N/C 比值(IPCC 参考值=0.01)
$EF_{N_2O}$	N <sub>2</sub> O排放因子(IPCC参考值=0.007, t N (t C) <sup>-1</sup> )
$EF_{CH_4}$	CH <sub>4</sub> 排放因子(IPCC参考值=0.012, t CH <sub>4</sub> -C (t C) <sup>-1</sup> )
310	IPCC缺省的N <sub>2</sub> O全球增温潜势(t CO <sub>2</sub> -e (t N <sub>2</sub> O) <sup>-1</sup> )
21	IPCC缺省的CH <sub>4</sub> 全球增温潜势(t CO <sub>2</sub> -e (t CH <sub>4</sub> ) <sup>-1</sup> )
16/12	CH <sub>4</sub> 与C的分子量比
44/28	N <sub>2</sub> O与N的分子量比
$A_{Fire,ijk,t}$	第 <i>t</i> 年 <i>i</i> 碳层 <i>j</i> 竹种 <i>k</i> 年龄林分发生火灾的面积(hm <sup>2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
$B_{AB,ijk,t}$	第 <i>t</i> 年 <i>i</i> 碳层 <i>j</i> 竹种 <i>k</i> 年龄林分的地上生物量(t D M·hm <sup>-2</sup> )
$BP_{ijk,t}$	燃烧的生物量比例
<i>CE</i>	燃烧效率(IPCC 参考值=0.5)
<i>CF</i>	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 <sub>2</sub> 温室气体排放的增加(t CO <sub>2</sub> -e·a <sup>-1</sup> )
<i>T</i>	时间(a)

### A.3 使用运输工具引起的项目边界外的温室气体泄漏

竹子碳汇造林项目引起的泄漏主要考虑使用运输工具（母竹、肥料、竹材及产品）燃烧化石燃料引起的CO<sub>2</sub>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苗木、肥料、竹材及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。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CO<sub>2</sub>排放：

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

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

式中：

$LK_{vehicle,t}$	第t年项目边界外运输引起的CO <sub>2</sub> 排放 (t CO <sub>2</sub> -e.a <sup>-1</sup> )
$EF_{CO_2,f}$	f类燃油的CO <sub>2</sub> 排放因子 (tCO <sub>2</sub> -e.GJ <sup>-1</sup> )
$NCV_f$	f类燃油的热值 (GJ.L <sup>-1</sup> )
$FC_{f,t}$	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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> /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 <sup>-1</sup> )
$V$	车辆种类
$I$	物资种类
$F$	燃油种类
$T$	项目开始后的年数 (a)

## 附录 B（规范性附录）

### 土壤有机质碳库监测方法

#### B.1 监测频率

土壤有机质每 5 至 10 年监测一次

#### B.2 采样测定方法

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 °C 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。

#### B.3 计算公式

采用下式计算样地单位面积土壤有机碳储量：

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

式中：

$C_{SOC,m,ijk,p}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种 $k$ 年龄 $p$ 样地单位面积土壤有机碳储量 (t C. $hm^{-2}$ )
$SOCC_{m,ijk,p,l}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种 $k$ 年龄 $p$ 样地 $l$ 土层土壤有机碳含量 (g C. (100 g 土壤) $^{-1}$ )
$BD_{m,ijk,p,l}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种 $k$ 年龄 $p$ 样地 $l$ 土层土壤容重 (g.cm $^{-3}$ )
$F_{m,ijk,p,l}$	第 $m$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种 $k$ 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
$J$	竹种
$K$	林龄 (a)
$L$	土层

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

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

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：

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

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

式中：

$MC_{SOC,m_2,ijk}$	第 $m_2$ 次监测 $i$ 碳层 $j$ 竹种 $k$ 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 $j$ 竹种 $k$ 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 $j$ 竹种 $k$ 年龄林分面积 ( $hm^2$ )
$I$	项目碳层
$J$	竹种
$K$	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，得到监测期内土壤有机碳储量的变化量，保证了监测结果的可靠性和保守性原则。

## 附录 C (资料性附录)

### 主要造林竹种的生长方程和生物量模型

#### C.1 毛竹发育成林阶段立竹株数变化模式表及胸径和高度生长模型

毛竹年龄	1	2	3	4	5	6	7
平均立竹度 (株·hm <sup>-2</sup> )	375	614	890	1455	2175	2335	2550

$$D=5.2000+0.5722 y+0.0452 y^2-0.0056 y^3 (R=0.9990, y \in [1, 7])$$

$$H=0.5702+1.6426D-0.0465D^2 (R=0.727, D \in [D(y=1), D(y=7)])$$

#### C.2 竹林发育成林阶段林分胸径、高度异速生长方程

##### 1. 大径散生竹 (毛竹)

$$D = 5.2000 + 0.572T + 0.0452T^2 - 0.0056T^3 \quad (R=0.999)$$

$$H = 0.5702 + 1.6426D - 0.0465D^2 \quad (R=0.727)$$

##### 2. 大径丛生竹 (麻竹)

$$D = 1.960772 + 1.1039603T \quad (R=0.532)$$

$$H^{-1} = 0.06452891 + 0.2233144T^{-1} \quad (R=0.475)$$

C.3 主要造林竹种成林稳定后单位面积或单株生物量生长模型

竹林类型	主要造林竹种	地上生物量公式	备注
大径 散生竹	刚竹属(毛竹)	$W = 747.787D^{2.771} \left( \frac{0.148T}{0.028+T} \right)^{5.555} + 3.772$ (n=97, R=0.968)	单株模型, 适用浙江、福建、江西等
	刚竹属(毛竹)	$W = -11.497 + 3.0465D + 0.1117D^2$ (n=63, R=0.915)	单株模型, 适用江西、浙南
	刚竹属(毛竹)	$W = 386.4951D^{1.6579}$ (n=58, R=0.678)	单株模型, 适用福建北部
	刚竹属(毛竹)	$W = 45.04749281D^{2.2890229}H^{0.28643528}$ (n=50, R=0.887)	单株模型, 适用赣南地区
大径 丛生竹	牡竹属(麻竹)	$W = 0.540093D^{1.8506}$ (n=422, R=0.945)	单株模型, 适用福建、海南
	牡竹属(麻竹)	$W = 0.172139D^{1.5644}H^{0.5916}$ (n=422, R=0.949)	单株模型, 适用福建、海南
	箬竹属(绿竹)	$W = 0.194103D^{1.687679}H^{0.488312}$ (R=0.987)	单株模型、适用福建
小径 散生竹	刚竹属(雷竹)	$W = 0.1939D^{1.5654}$ (n=94 R=0.927)	单株模型, 适用浙江、安徽江西
	刚竹属(雷竹)	$W = -37.2996 - 1.3135H + 867.156D - 73.928h - 17.8406N$ (n=75 R=0.855)	单位面积模型, 适用浙江、福建、江西
	刚竹属(雷竹)	$W = 1.2476N + 5.2568$ (n=94 R=0.781)	单位面积模型, 适用浙北、安徽

注: W 地上部分总生物量; D 竹子胸径; H 竹高; T 竹龄; N立竹株数

C.4 其他竹种成林稳定后单位面积或单株生物量生长模型

竹属竹种	生物量模型	备注
箭竹属 (油竹子)	$W=228.05D-119.8$ (R=0.865) $W=0.36H-17.00$ (R=0.627) $W=0.20D^2H+29.12$ (R=0.841)	单株模型 适用四川 D 基径 H 竹高
大明竹属 (苦竹)	$W=0.127D^{0.8621}H^{1.1756}$ (R=0.9727) 全株 $W=0.1173D^{0.8254}H^{1.1605}$ (R=0.9886) 地上 $W=0.0409D^{1.3121}H^{0.6223}$ (R=0.7912) 地下	单株模型 适用福建
大明竹属 (苦竹)	$W=432.4468-479.3075D+422.8285D^2$ (n=40 R=0.951) 地上 $W=396.6223-53.2869D+2.8775H$ (n=40 R=0.757) 地下 $W=191.0380D^{1.1986}H^{0.2962}$ (n=40 R=0.892) 全株	单株模型 适用浙江
大明竹属 (斑苦竹)	$W=0.2180+0.000054(D^2H)$ (R=0.9306) 地上 $W=0.0212(D^2H)1.2416$ (R=0.9892) 地下 $W=0.8378+0.000091(D^2H)$ (R=0.9842) 全株	单位面积模型 适用四川
刚竹属 (石竹)	$W=0.0302D^{2.4123}H^{0.6262}$ (R=0.994)	单株模型 适用浙江、 福建、江西等
刚竹属(台 湾桂竹)	$W=0.00152D^{2.4094}H^{-0.3028}$ (R=0.958) 地上 $W=0.569851D^{0.4905}H^{-0.0501}$ (R=0.737) 地下 $W=0.000721D^{2.8382}H^{-0.3078}$ (R=0.957) 全株	单株模型 适用台湾 福建
单竹属 (大木竹)	$W=0.4524D^{2.0347}$ (n=76 R=0.884) 地上 $W=-4.3765+1.1167D$ (n=76 R=0.887) 地下 $W=0.5122D^{2.0391}$ (n=76 R=0.916) 全株	单株模型 适用福建 浙江
矢竹属 (茶秆竹)	$W=-1.2366+0.9506D+0.3441H-0.5458h$ (R=0.9704)	单株模型 适用福建 浙江。h 枝下高, H 竹高, D 胸径
箭竹属 (拐棍竹)	$W=0.719183HD^{0.822738}$ (R=0.87066)	单株模型 适用四川
寒竹属 (箬竹)	$W=50.3613+38.8958D^2H$ (n=165 R=0.9471) 地上 $W=100.3853D^{0.5780}$ (n=165 R=0.7165) 地下 $W=344.0963D-22.6012$ (n=165 R=0.9043) 全株	单位面积模型 适用云南
少穗竹属 (四季竹)	$W=-0.073+0.051D-0.003D^2+1.120\times 10^{-4}D^3$ (R=0.833) (年龄 1) $W=-0.515+0.237D-0.024D^2+9.108\times 10^{-4}D^3$ (R=0.877) (年龄 2)	单株模型 适用浙江
牡竹属(花 吊丝竹)	$W=-5.45421+1.46011D+0.29207H$ (n=30 R=0.9807) (立竹年龄 1) $W=-3.34805+1.94950D+0.13412H$ (n=30 R=0.9715) (立竹年龄 2) $W=-2.95277+1.84698D$ (n=30 R=0.9711) (立竹年龄 3) $W=-1.45958+1.15918D$ (n=30 R=0.9411) (立竹年龄 4)	单株模型 适用浙江
少穗竹属 (肿节少 穗竹)	$W=0.3626D^{1.3836}$ (n=365 R=0.96) $W=0.0553D^{1.5824}$ (n=365 R=0.90) $W=0.2164d+0.1094d+0.116H+0.0201h-0.4183$ (n=365 R=0.9101)	单株模型 适用福建

撑绿竹	$W=3112.19+0.3232(D^2H)$ (n=60 R=0.974) 地上 $W=140.682D^{1.526}$ (n=60 R=0.957) 地下 $W=3556.98+0.33789(D^2H)$ (n=60 R=0.978) 全株	单株模型 适用云南
慈竹属 (慈竹)	$W=0.0895D^{2.1569}$ (R=0.9826) 地上 $W=1.1264+0.0015(D^2H)$ (R=0.9892) 地下 $W=e^{0.3329D-0.2134}$ (R=0.9869) 全株	单位面积模型 适用四川
刚竹属 (水竹)	$W=134.31D^{2.3241}$ (n=84 R=0.9461) 地上 $W=2.9681D^2H$ (n=84 R=0.9225) 地下 $W=230.16D^{2.5282}$ (n=84 R=0.9316) 全株	种群模型 适用云南
椴竹	$W=-7445.916+3925.48D+45.439D^2-96.666D^3$ (n=60 R=0.8866) 地上 $W=70.031+11.244D-7.389D^2+4.385D^3$ (n=60 R=0.9127) 地下 $W=-7360.122+3933.155D+41.158D^2-93.171D^3$ (n=60 R=0.9072) 全株	单位面积模型 适用福建

注1: W 地上部分总生物量; D 竹子胸径或地径; H 竹高; T 竹龄; N立竹株数

注2: 对于本方法学未提供模型、参数的其他地区或其他竹种, 由项目业主或计量与监测单位优先选择适用于当地的、经检验的模型和参数; 如果当地没有适用的模型和参数, 选择相似地区、相近竹种的模型、参数, 并检验合格后使用; 也可以根据相关专业方法开发适用于当地的新模型。

## 主要参考文献

1. UNFCCC, Clean Development Mechanism Methodology Booklet. Methodologies for Afforestation and Reforestation (A/R) CDM Project Activities. November 2010.
2. UNFCCC. Approved afforestation and reforestation baseline methodology, AR-AM0001, “Reforestation of degraded land”, (Version 03).
3. 张小全, 吴署红编著. 中国 CDM 造林再造林项目指南. 北京: 中国林业出版社, 2006
4. 国家林业局应对气候变化和节能减排领导小组办公室编. 中国绿色碳基金造林项目碳汇计量与监测指南. 北京: 中国林业碳汇出版社, 2008
5. 浙江农林大学. 中国绿色碳汇基金会-浙江临安毛竹林碳汇项目碳汇计量与监测报告, 2010 年 5 月
6. 张小全, 马剑. 熊猫标准竹子造林基线和监测方法学(会议报告), 法国开发署/中国科技部 21 世纪议程项目管理中心: 竹林碳汇技术研讨会. 2011 年 05 月 26 日, 云南昆明
7. 国家林业局.碳汇造林技术规定(试行)(办造字[2010]84 号)
8. 国家林业局.造林项目碳汇计量与监测指南(办造字[2011]18 号)
9. CCBA.2008.Climate, Cummunity & Community Project Design Standards Second Edition. CCBA.Arlington, VA.December,2008.At:www.climate-standards.org
10. 宋新民,李金良. 抽样调查技术. 北京: 中国林业出版社, 2007.