

福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法
森林经营（竹林）项目

监测报告（MR）

项目名称	漳平市双洋镇坑源村福建碳中和林竹林经营碳汇项目
项目登记编号	FJFN—SLJYZL—LY2024001
方法学及版本号	《福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法（试行）》
项目所属行业领域	领域 14：林业和其他碳汇类型
登记的项目设计文件版本	2.0 版本
碳汇里监测报告的版本号	2.0 版本
碳汇里监测报告的完成日期	2024/9/28
监测期的顺序号	第一监测期
本监测期覆盖日期	2020/9/22-2024/5/8
申请项目登记的项目业主	漳平市天台山国有林场
项目所有者	福建省漳平市双洋镇坑源村
项目设计文件中预先估算的本监测期内碳汇里	48698.16 tCO ₂ e
本监测期内产生的碳汇里	54551.21 tCO ₂ e

目 录

1 项目描述	1
1.1 项目目的和一般性描述	1
1.2 项目的位置	2
1.3 所采用的方法学	3
1.4 项目计入期	4
2 项目实施	4
2.1 项目活动实施情况描述	4
2.2 项目活动实施措施	4
2.3 监测计划及其相关参数的调整情况	5
3 监测系统的描述	5
3.1 监测流程概述	5
3.2 监测组织的框架和职责	6
3.3 监测方法学	7
3.4 项目边界的监测	7
3.5 项目基准线碳汇量的监测	7
4 参数的确定	7
4.1 不需监测的数据和参数	7
4.2 项目实施阶段需监测的参数	10
4.3 抽样方案的实施	12
5 碳汇量的监测	18
5.1 基准线碳储量的核算	18
5.2 项目碳储量核算	20
5.3 泄漏的监测	23
5.4 应对非持久性风险而扣减的碳汇量监测	23
5.6 实际碳汇量与登记的项目设计文件中预先估算值的比较	25
5.7 对实际碳汇量与登记的项目设计文件中预先估算值的差别的说明	25
附件	26

1 项目描述

1.1 项目目的和一般性描述

1.1.1 项目目的

2020 年 9 月 22 日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上郑重宣布：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”。森林对大气中的 CO₂ 具有重要的调节作用，实施碳汇活动是公认的固定大气中 CO₂ 最为有效的手段之一。推行碳汇工程可以使人们对森林多功能的认识进一步升华，带来林业经营观念的转变；可为引入造林绿化资金开辟一条新渠道，使得林业在国家可持续发展战略中的重要地位进一步加强，同时标志着林业的生态服务可以通过交易获取回报的时代到来了。打破了传统意义上对森林价值的认识，充分发挥森林多重效益，通过森林植被恢复，实现最高的二氧化碳吸收能力、最佳的水土保持效应、最丰富的生物多样性，同时促进当地农民的增收，是一种多重效应相互重叠的经济发展模式。竹子生长速度快，其在生长过程中可以吸收大量的二氧化碳，能够高效固碳，研究发现，每公顷竹林年固碳量为 5.09 吨，是杉木的 1.46 倍、热带雨林的 1.33 倍。福建省是南方重点林区，竹类资源丰富，竹林面积 89.4 万公顷（毛竹 83.58 万公顷、中小径竹 5.8 万公顷），占全省有林地面积的 12.2%，位居全国首位，发展竹林碳汇优势潜力巨大。

本项目目的主要有四个：一是通过竹林经营活动吸收、固定二氧化碳，产生可测量、可报告、可核查的温室气体减排量，发挥竹林经营碳汇项目的试验和示范作用，带动和引领当地及周边地区的竹林经营碳汇项目开发，促进竹林生态系统恢复和持续经营；二是通过项目实施，提高当地林分生物量，增强项目区森林生态系统的碳汇功能，有效控制水土流失，调节气候，保护生物多样性，提升生态系统服务功能，促进当地生态环境可持续发展；三是通过项目实施，促进竹林经营的持续改善，促进竹业的永续发展。切实加强对现有竹林的抚育、经营和管理，增加森林碳汇效能，助力实现碳中和。在双碳目标的指引下，凸显森林的碳汇价值；四是探索总结漳平市竹林经营技术模式，推动使用竹林经营碳汇实施碳中和，储备林业碳汇项目。

1.1.2 项目概述

漳平是我国南方重点林区。境内地貌为“九山半水半分田”，漳平市境内竹类资源十分丰富，种类繁多，共有竹类植物 11 个属 44 个种，现有竹林面积 3.36 万公顷，全市 2023 竹产业产值达 21.03 亿元。

漳平市双洋镇坑源村竹林经营碳汇项目位于福建省龙岩市漳平市双洋镇坑源村。坑源村位于漳

平市北部，距城区 100 公里。全村辖 4 个自然村，8 个村民小组，260 户 949 人，全村毛竹林面积 1667 公顷，主要产业有竹业、笋制品加工等，农民人均可支配收入 16720 元。本项目拟在坑源村开展竹林经营碳汇项目活动，以提高竹林生长量，增强竹林固碳和生态优化功能，由漳平市双洋镇坑源村营运与管理，项目范围地处东经 117°20'7"—117°22'42"和北纬 25°42'11"—25°47'31"之间，涉及 6 个林班，136 个小班，总面积为 839.3944 公顷（12590 亩）。主要技术措施包括科学留笋养竹、抚育施肥、竹林结构调整等方式。

表 1 漳平市双洋镇坑源村竹林经营碳汇项目实施统计表

统计单位	经营村	林班号	小班个数（个）	面积（公顷）
漳平市	坑源村	1	38	219.1335
	坑源村	2	49	302.6446
	坑源村	3	15	102.9853
	坑源村	4	13	63.1049
	坑源村	5	4	31.6861
	坑源村	6	17	119.84
总 计			136	839.3944

本项目设计年限为 2020 年 9 月 22 日—2060 年 9 月 21 日，预计产生碳汇量 272240.61tCO₂e。本项目开工时间为 2020 年 9 月 22 日，第一次监测周期为 2020 年 9 月 22 日—2024 年 5 月 8 日，产生碳汇量 54551.21tCO₂e。项目所涉碳库包括地上生物量、地下生物量、土壤有机碳和竹质产品碳库，不考虑枯死木和枯落物的碳储量变化。

1.1.3 项目登记或相关批复信息

本项目依据龙岩市林业局《关于开展福建碳中和林认定与碳汇计量监测试点验证工作的通知》（龙林营〔2024〕2 号）组织实施，项目登记号为：FJFN—SLJYZL—LY2024001。

1.2 项目的位置

漳平市位于福建省西南部，九龙江北溪上游，地理坐标介于东经 117°10'~117°44'北纬 24°54'~25°47'之间，东西宽 58 公里，南北长 98 公里。土地总面积 2975 平方公里。漳平市与周边 7 个县（市）接壤，东与永春、安溪两县毗邻，西跟新罗区接壤，东北、西北与永安、大田两县（市）相邻，南和东南靠南靖、华安两县，是闽西、闽南、闽中的结合部。漳平市行政区辖 11 镇 3 乡 2 个街道办事处 176 个行政村 15 个社区。

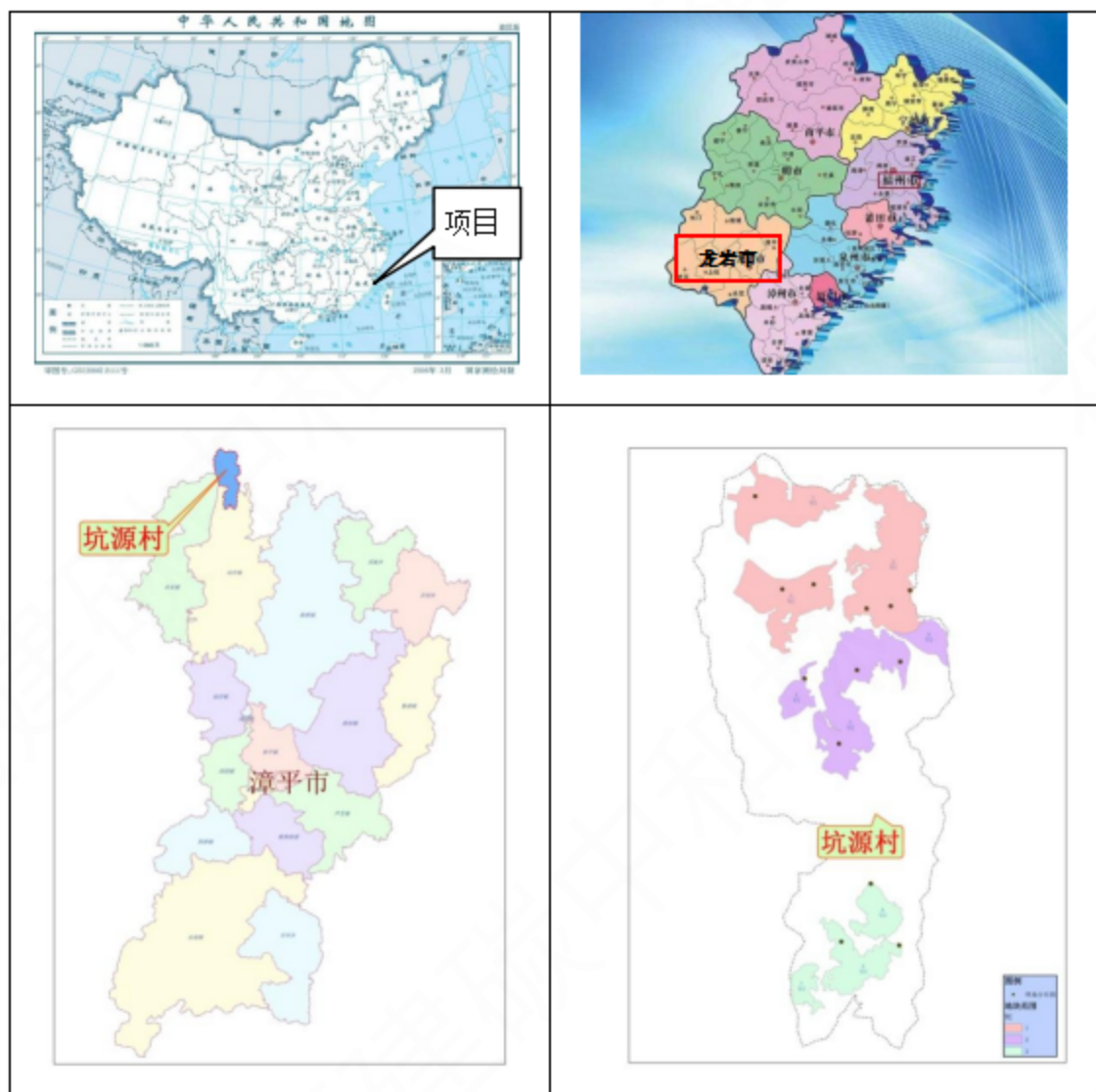


图1. 项目地理位置

本项目的地理边界如图1所示，为竹林经营碳汇中和林区划的小班边界。本项目地理坐标为：东经 $117^{\circ}20'7''$ — $117^{\circ}22'42''$ 和北纬 $25^{\circ}42'11''$ — $25^{\circ}47'31''$ 之间。项目边界采取无人机航拍高分辨率的地理空间数据、森林资源分布图、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。本项目所涉及的样地边界均以罗盘仪通过测定样地的四角点坐标获得，闭合度小于 1%。用罗盘仪测量边界是林业调查中常用的方法，其测定的工作量大于 GPS，但理论精度大于 GPS，测定的闭合差要求大于方法学对测定面积的误差要求。

1.3 所采用的方法学

本项目采用《福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法（试行）》（2024 年 8 月省林业局印发的闽林文（2024）74 号通知，以下简称“方法学”）。

拟议项目完全符合所选择方法学。

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

温室气体管理和气候变化管理及相关活动——碳中和（ISO 14068）

温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇（CCER—14—001—V01）

森林经营碳汇项目方法学（AR-CM-003-V01）

竹林经营碳汇项目方法学（AR-CM-005-V01）

《福建省大型活动和公务会议碳中和实施方案（试行）》

《2006 年国家温室气体清单编制指南》

《土地利用、土地利用变化与林业优良做法指南》

造林技术规程（DB35/T 84—2020）

森林抚育技术规程（DB35/T 1964—2021）

森林资源规划设计调查技术规程（GB/T 26424）

林业资源分类与代码 森林类型（GB/T 14721—2010）

1.4 项目计入期

本项目开工时间为 2020 年 9 月 22 日，本次监测为第一次监测，计入期（监测覆盖日期）为 2020 年 9 月 22 日—2024 年 5 月 8 日，共 3.63 年。

2 项目实施

2.1 项目活动实施情况描述

本项目开工日期为 2020 年 9 月 22 日。在本监测期，没有发生影响方法学适用性情况，未发生森林火灾、毁林等破坏项目区的情况，也未发生病虫害等危害森林的灾害。本项目总体实施情况良好，实际竹林经营面积及抚育措施与项目设计文件一致，符合设计要求。

2.2 项目活动实施措施

2.2.1 科学留笋养竹

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，挖笋就地去笋壳至竹山，不断提升土壤肥力、土壤碳汇碳储量。逐年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。

2.2.2 抚育施肥

在竹林抚育过程中禁止使用除草剂，以机械除草代之；每年施有机肥 1—2 次，时间为 5-6 月或 9-10 月，施肥方式为水平沟状或点状施方式施肥，每次施肥量为 750kg/hm²。

2.2.3 竹林结构调整

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，改善竹林结构，留养株数按 3000 株/hm²，调整后的竹龄结构为Ⅰ:Ⅱ:Ⅲ=1:2:2。竹林结构稳定后，每年每亩采伐当年立竹密度的 1/6。竹林结构调整时，不对散生林木劈除，伐竹时不移除小竹枝和枯落物，不采用堆烧竹采伐剩余物方式。

2.3 监测计划及其相关参数的调整情况

2.3.1 监测计划或方法学的偏移或变更

本监测期内不涉及监测计划或方法学的偏移或变更。

2.3.2 项目信息或参数的修正

根据所选用方法学，并结合项目区内林地地形、气候、土壤等立地条件基本一致，经营管理措施一致的实际情况，项目信息和参数不存在修正。

2.3.3 项目设计的变更

本次监测因 2024 年 8 月 14 日福建省林业局正式印发《福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法（试行）》（闽林文〔2024〕74 号），2024 年 9 月 22 日龙岩市印发《福建碳中和林项目管理办法（龙岩试行）》（龙林规〔2024〕7 号），对原设计文件中涉及的公式及其他内容与新出台文件有出入的地方进行修改，但未改变预估值和抽样调查，本次监测报告版本为 2.0 版。

2.3.4 计入开始时间的变更

本监测期内不涉及计入期开始时间的变更。

2.3.5 碳汇项目的变更

本监测期内不涉及碳汇项目的变更。

3 监测系统的描述

3.1 监测流程概述

3.1.1 前期准备

明确监测的对象为竹林经营活动，项目边界内为监测的范围。采用固定样地进行监测，设置样地前要先调试好罗盘仪，采购好 PVC 管（样地界址用）、红绳等材料。制定项目监测计划明确监测人员分工。

3.1.2 实地监测

按照监测计划，对竹林经营活动进行监测，包括挖笋对象确定、竹林抚育、竹林施肥方式与数量、竹林采伐、留养株数、伐竹剩余物处理方式、病虫害防治和防火措施等。

3.1.3 数据处理与分析

对收集到的监测数据进行整理、分类和统计分析。计算项目区竹林的碳储量和变化量，评估碳汇效果。

3.1.4 结果报告与验证

编制固定样地监测报告，详细阐述监测固定样地监测布设情况、样地调查结果及项目所有竹林经营与温室气体排放有关的活动阐述。将监测报告提交给龙岩碳汇生态产业有限公司进行审核和验证，确保数据的可靠性和准确性。

3.2 监测组织的框架和职责

3.2.1 组织形式

监测组织通常采用层级明确、职责分明的架构，以确保监测工作的有序进行。一般包括以下主要组成部分：

项目业主：漳平市天台山国有林场负责项目的整体规划和监督，确保监测工作的顺利进行。

监测机构：由漳平市林业局双洋林业站负责具体的监测工作，包括数据收集、处理和分析等。

实施单位：漳平市坑源竹业专业合作社负责提供必要的资源和支持，确保监测工作的实地落实。

3.2.2 人员分工及责任

监测单位漳平市林业局双洋林业站指定项目负责人为陈志琪，技术负责人为黄卫生，成立了监测记录小组、数据处理和分析小组和报告编写小组，并明确了各自岗位职责。

项目负责人：负责项目的整体规划和协调，包括制定监测计划、监督监测进度和质量等。

技术负责人：负责提供技术支持和指导，确保监测工作的科学性和准确性。

监测记录小组：由专业的技术人员组成，负责在实地开展监测工作，要确保数据的准确性和完整性，并及时将数据传输给数据处理和分析小组。

数据处理和分析小组：负责收集到的数据的整理、分类和分析工作。

报告编写小组：负责将监测结果和数据整理成报告，包括监测数据的审核、项目减排量的计算以及监测报告的编写等。他们要确保报告的准确性和可读性，以便项目业主和相关部门能够清晰地了解监测结果。

3.2.3 监测系统的应急程序

为了确保项目监测工作的连续性和安全性，本项目监测系统建立相应的应急程序。

应急响应机制：建立明确的应急响应机制，包括应急联系人、应急响应流程和应急资源等。一旦监测工作出现异常或紧急情况，能够迅速启动应急响应机制，确保问题得到及时解决。

数据备份和恢复：建立数据备份和恢复机制，确保监测数据的完整性和安全性。定期对监测数据进行备份，并存储在安全可靠的存储介质中。一旦数据出现丢失或损坏等情况，能够迅速恢复数据，确保监测工作的连续性。

人员培训和演练：定期对监测人员进行培训和演练，提高监测人员的应急能力和安全意识。

3.3 监测方法学

《福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法（试行）》。

3.4 项目边界的监测

监测过程中，采用全球定位系统（GPS），进行单点定位测定项目地块边界的拐点坐标核实，利用高分辨率的无人机影像数据，在地理信息系统（GIS）辅助下读取项目地块的边界坐标，实际边界坐标与项目设计文件中描述的一致，将测定的拐点坐标与项目边界输入地理信息系统，计算项目地块及各碳层的面积。核实每个样地的地理边界，利用地理信息系统计算面积，面积监测误差小于 5%，保证获得真实可靠的项目边界和面积。

3.5 项目基准线碳汇量的监测

本项目不监测除毛竹之外的林木资源，根据方法学的适用条件，基准线碳汇量为 0。

确定监测范围：明确项目边界，包括地理位置、面积等信息，确保监测范围与项目设计文件一致。

选择监测方法：根据项目的具体情况，选择合适的监测方法。本项目采用生物量方程法计算基准线碳储量。

实地监测与记录：在项目边界内设置固定样地，进行实地监测，测量相关参数（如胸径），根据方法学，本项目不监测竹高。

数据整理与分析：将实地监测得到的数据进行整理和分析，计算样地内毛竹的生物量和碳储量。根据样地数据推算整个项目边界内的基准线碳储量。

4 参数的确定

4.1 不需监测的数据和参数

不需要监测的参数，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	BEF_j	
单位	无量纲	
描述	生物量扩展因子，即地上生物量与竹竿生物量的比值	
数据源	从下表中选择缺省值：	
	树种（组）	BEF
	毛竹	1.3775
	数据来源：使用福建农林大学 2024 年在漳平市实测的 10 株毛竹干物质数据的平均数，比郑郁善《毛竹经营学》的值略大，基于保守性原则使用该值。	
说明	-	

数据/参数	CF_j	
单位	$tC \cdot t^{-1}$	
描述	树种 j 生物质含碳率，用于将生物量转换成含碳量	
数据源	缺省值：0.5 数据来源：《竹林经营碳汇项目方法学》（V01）。	
说明	-	

数据/参数	WW_{η}	
单位	无量纲	
描述	加工 η 类木（竹）质产品产生的木竹材废料比例。这部分废料中的碳在加工过程中视作是立即排放。	
数据源	缺省值：20%。	
说明	-	

数据/参数	LT_{η}	
单位	年	
描述	η 类木（竹）质产品的使用寿命	
数据源	从下表选择缺省数据：	
	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
	数据来源：《竹林经营碳汇项目方法学》（V01）。	
说明	-	

数据/参数	$COMF_i$	
单位	无量纲	
描述	碳层 i 燃烧因子	
数据源	如下的默认值：	
	林龄（年）	缺省值
	3-5	0.46
	6-10	0.67
	11-17	0.5
	18 年以上	0.32
说明	数据来源：A/R CDM 项目活动生物质燃烧造成非 CO_2 温室气体排放增加的估算工具（V4.0.0，EB 65）；	

数据/参数	EF_{CH_4}	
单位	g/kg	
描述	碳层 i 甲烷排放因子	
数据源	默认值：4.7。	
说明		

数据/参数	EF_{N_2O}	
单位	g/kg	
描述	碳层 i N_2O 排放因子	
数据源	默认值：0.26。	
说明		

数据/参数	GWP_{CH_4}	
单位	$\text{tCO}_2\text{e tCH}_4^{-1}$	
描述	甲烷全球增温潜势	

数据源	参考 IPCC 第五次评估报告缺省值：28
说明	

数据/参数	GWP_{N_2O}
单位	$tCO_2e \cdot tN_2O^{-1}$
描述	N_2O 全球增温潜势
数据源	参考 IPCC 第五次评估报告缺省值：265
说明	

4.2 项目实施阶段需监测的参数

项目参与方须对下表中所列参数进行监测。

数据/参数	A_i
单位	hm^2
描述	项目第 i 碳层的面积
数据源	野外测定或通过影像和 GIS 工具测定
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序（SOP）。
监测频率	项目设计和监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制（QA/QC）程序。如果没有，可采用 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	

数据/参数	A_{sp}
单位	hm^2
描述	样地面积
数据源	野外测定
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序（SOP）。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制（QA/QC）程序。如果没有，可采用 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	样地位置应用 GPS 或 BDS 记录且在图上标出。

数据/参数	DBH
-------	-------

单位	cm
描述	林木胸径
数据源	野外样地测定。
测定步骤	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的标准操作程序（SOP）。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制（QA/QC）程序。如果没有，可采用 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	

数据/参数	$SC_{BF,t}$
单位	无量纲
描述	第 t 年时，竹林累计择伐地上生物量占竹林地上生物量的比例（如株数比例），从竹林稳定成熟的次年算起。
数据源	野外测定。
测定步骤	通过监测时调查各年度保留竹的数量推算，假定立竹量是平衡的，因存在花年竹和大小年竹，年均的新竹数取当年竹和上年竹的总量的一半，年均择伐数=年均新竹数。年均择伐数×监测间隔期=累计择伐数。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	采用森林资源规划设计调查技术规程（GB/T 26424）和森林资源连续清查技术规程（GB/T 38590）使用的质量保证和质量控制（QA/QC）程序
说明	项目设计阶段和首次监测可以按照 3 年采伐一次，一次择伐一半测算，即按每年的择伐比例为 1/6 确定。

数据/参数	η
单位	无量纲
描述	采伐形成的木竹制品的种类
数据源	调查测定
测定步骤	通过调查，淳平市双洋镇坑源村竹材产品都销往永安市竹材加工厂，全部（100%）竹产品为竹建筑用材、竹胶模板，加工竹建筑用材、竹胶模板产生的木竹材废料全部加工成竹炭。
监测频率	项目监测时测定。
QA/QC 程序	
说明	

数据/参数	$A_{burn,i,t}$
单位	hm^2
描述	第 t 年时, 第 i 项目碳层在监测间隔期内的过火面积
数据源	大地坐标和/或遥感数据
测定步骤	-
监测频率	每次项目边界内火灾发生时
QA/QC 程序	采用国家森林资源清查或林业规划设计调查使用的质量保证和质量控制 (QA/QC) 程序。如果没有, 可采用 IPCC GPG LULUCF2003 中说明的 QA/QC 程序
说明	

4.3 抽样方案的实施

4.3.1 抽样方案的实施

项目参与方须基于固定样地的连续测定方法, 采用碳储量变化法, 测定和估计相关碳库中碳储量的变化。在各项目碳层内, 样地的空间分配采用随机起点、系统布点的布设方案, 每个碳层布设样地数不少于 3 个。首次监测在项目开始前进行, 首次核查与审定同时进行。项目开始后的监测和核查的间隔期为 3~6 年。

项目监测所需的样地数量, 可以采用如下方法进行计算:

(1) 计算样地数量。如果得到 $n \geq 30$, 则最终的样地数即为 n 值; 如果 $n < 30$, 则需要采用自由度为 $n-1$ 时的 t 值, 运用公式进行第二次迭代计算, 得到的 n 值即为最终的样地数:

$$n = \frac{t_{VAL}^2}{E^2} \times [\sum (\omega_i \times S_i)]^2 \quad (1)$$

式中:

- n 项目边界内估算乔木地上生物质碳储量所需的监测样地数量; 无量纲
- t_{VAL} t 分布双侧分位数。可靠性水平取 90%, 初次计算 t 取值 1.645, 第二次迭代取 $t(0.1, n-1)$ 的值; 无量纲
- ω_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; $\text{tC} \cdot \text{hm}^{-2}$
- E 项目生物质碳储量估计值允许的误差范围 (即置信区间的一半), 在每一碳层内用 s_i 表示; $\text{tC} \cdot \text{hm}^{-2}$
- i 项目碳层, $i=1, 2, 3, \dots$, 无量纲

(2) 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:

$$n_i = n \times \frac{\omega_i \times s_i}{\sum (\omega_i \times s_i)} \quad (2)$$

式中：

- n_i 项目边界内第 i 碳层估算乔木地上生物质碳储量所需的监测样地数量；无量纲
- n 项目边界内估算乔木地上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； $tC \cdot hm^{-2}$
- i 项目碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲

项目生物质碳储量的变化采用固定样地连续监测。项目采用随机起点、系统布点的方法尽可能均匀地设置样地。为了避免边际效应，样地边缘应离地块边界应不小于 10m。如果样地边界距离林缘、悬崖等地形地物小于 10m，可从东西或南北方向平行移动 10 米距离；因地形特殊和项目边界狭长等因素，4 个方向均无法避免边际效应的，可以跳转至下（上）一个样地总体编号设置样地，直至样地可以避免边际效应为止，并记录新的样地中心点坐标，坐标以度表示，至少保留 6 位小数。

本项目样地总体：项目边界范围内按 $20 \times 20m$ 设定中心点，总数量为 20985 个。按照上述公式，计算得到 n 为 12。采用最优分配法各层取整和每层不少于 3 个固定样地的要求，确定总样地数为 13 个，其中 TC-1 碳层样地 6 个，TC-2 碳层样地 4 个，TC-3 碳层样地 3 个。样地布设情况见表 2。

表 2 固定监测样地布设情况表

样地编号	镇	村	地名	林小班号	经度坐标	纬度坐标	碳层编号
1	双洋镇	坑源村	皇坑	002-07-010	117.36406	25.768879	TC-1
2	双洋镇	坑源村	皇坑	002-06-030	117.368048	25.76923	TC-1
3	双洋镇	坑源村	皇坑	002-03-030	117.371245	25.771569	TC-1
4	双洋镇	坑源村	锄头岬	001-07-010	117.345666	25.785713	TC-1
5	双洋镇	坑源村	狮子洋	002-01-040	117.350112	25.771802	TC-1
6	双洋镇	坑源村	洋子头	002-02-040	117.355298	25.772511	TC-1
7	双洋镇	坑源村	食水坑	003-04-010	117.362437	25.759676	TC-2
8	双洋镇	坑源村	小皇坑	002-11-040	117.369617	25.760922	TC-2
9	双洋镇	坑源村	坑源头	003-05-080	117.353761	25.758434	TC-2
10	双洋镇	坑源村	源头山	004-03-060	117.359413	25.748671	TC-2
11	双洋镇	坑源村	仑头坪	006-03-010	117.359723	25.719064	TC-3
12	双洋镇	坑源村	矮坂	005-09-010	117.364632	25.727717	TC-3
13	双洋镇	坑源村	黄竹垄	006-04-020	117.369287	25.718498	TC-3

4.3.2 项目样地监测数据的计算

第一步：测定样地内所有活立木（竹）的胸径（DBH）和（或）竹高（H），起测胸径为2cm。

第二步：利用生物量扩展因子法计算单株乔木（或竹子）的生物量，单株生物量结合树种含碳率确定每株乔木（竹子）的生物质碳储量，累加得到样地水平生物量和碳储量数据。

（1）生物量计算

首先通过调查计入期内不同年份（t）各碳层竹子的胸径（DBH），通过附表2的方程计算竹林样地的单株地上生物量，再通过附表1中林分的竹林地下与地上生物量的比值计算全林生物量：

A 竹子地上生物量计算

监测竹林样地每株竹子的胸径，采用单株地上生物量与胸径的相关方程计算地上生物量。

$$AGB_{BF,t_b} = f_{AGB,BF}(DBH_{t_b}) \quad (3)$$

式中：

AGB_{BF,t_b}	第 t_b 年时，单株竹子地上生物量；单位为千克（kg d.m.）
$f_{AGB,BF}(DBH_{t_b})$	竹子单株地上生物量与胸径的相关方程；单位为千克（kg d.m.），见附表2
DBH_{t_b}	第 t_b 年时，样地竹子的单株胸径；单位为厘米（cm）
t_b	项目竹龄；无量纲

B 竹林地下生物量计算：

根据方法学，使用以下公式区分不同时期计算竹子地下生物量：

$$BGB_{BF,t_b} = \begin{cases} AGB_{BF,t_b} \times RSR_{BF} & (t_b \leq T_b) \\ AGB_{BF,t_b} \times RSR_{BF} + SC_{BF,t_b} \times AGB_{BF,T_b} \times RSR_{BF} & (T_b < t_b \leq 2T_b) \\ AGB_{BF,t_b} \times RSR_{BF} + SC_{BF,2T_b} \times AGB_{BF,T_b} \times RSR_{BF} & (t_b > 2T_b) \end{cases} \quad (4)$$

式中：

BGB_{BF,t_b}	第 t_b 年时，竹子地下生物量；单位为千克（kg d.m.）
AGB_{BF,t_b}	第 t_b 年时，竹子地上生物量；单位为千克（kg d.m.）
RSR_{BF}	基于林分的竹林地下生物量与地上生物量的比值；无量纲，毛竹为 0.5110，其他竹子为 0.7224。
AGB_{BF,T_b}	竹林达到稳定成熟年龄时的单位面积地上生物量；单位为吨每公顷（t d.m.·hm ⁻² ）

SC_{BF,t_b}

第 t_b 年时，竹林累计择伐地上生物量占地上生物量的比例（如株数比例）， t_b 从竹林稳定成熟年龄当年 10 月算起（大部分毛竹采伐在 10 月份以后，如毛竹 10 年达到稳定成熟年龄，则第 10 年 10 月前监测的 t_b 为 0 年，10~12 月监测的 t_b 为 1 年）；无量纲

C 全林生物量计算

竹子单株全林生物量为单株地上生物量和地下生物量的总和。

$$B_{RAMBOO_BSL,t} = AGB_{BF,t} + BGB_{BF,t} \quad (5)$$

式中：

$B_{RAMBOO_BSL,t}$ 第 t 年时，竹子单株全林生物量；kg d.m.

$AGB_{BF,t}$ 第 t 年时，竹子单株地上生物量；kg d.m.

$BGB_{BF,t}$ 第 t 年时，竹子单株地下生物量；kg d.m.

(2) 生物质碳储量计算

森（竹）林生物质碳储量是利用森林生物量含碳率将森（竹）林生物量转化为碳储量，根据方法学使用如下公式计算：

$$C_{tree,i,p,m,t} = \frac{44}{12} \times B_{i,p,m,t} \times CF_m \times 10^{-3} \quad (6)$$

式中：

$C_{tree,i,p,m,t}$ 第 t 年时，项目边界内第 i 碳层第 p 样地第 m 样木（竹）生物质碳储量；tCO₂e

$B_{i,p,m,t}$ 第 t 年，项目边界内第 i 碳层第 p 样地第 m 样木的全林生物量；kg d.m.

CF_m 第 m 样木的生物量含碳率；tC·(t d.m.)⁻¹

i 基准线碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲

p 碳层样地 $p=1,2,3,\dots$ ；无量纲

$\frac{44}{12}$ CO₂ 与 C 的分子量比；无量纲

10^{-3} 千克转为吨的常量；

t 项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

样地 p 平均单位面积生物质碳储量的估计值由如下公式确定：

$$C_{Plot,i,p,t} = \frac{\sum_m c_{Tree,i,p,m,t}}{A_p} \quad (7)$$

式中：

$C_{Plot,i,p,t}$	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层第 p 样地林分单位面积生物质碳储量； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$c_{Tree,i,p,m,t}$	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层第 p 样地第 m 样木生物质碳储量； $kgCO_2e$
A_p	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层第 p 样地的样地面积； hm^2
i	项目碳层， $i=1,2,3,\dots$ ；无量纲
p	碳层样地 $p=1,2,3,\dots$ ；无量纲
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ；无量纲

第三步：计算第 i 项目碳层样本平均数（平均单位面积生物质碳储量的估计值）及其方差：

碳层 i 平均单位面积生物质碳储量的估计值及方差由如下公式确定：

$$C_{Layer,i,t} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,i,p,t}}{n_i} \quad (8)$$

$$S_{C_{Layer,i,t}}^2 = \frac{n_i \times \sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,i,p,t}^2 - \left(\sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,i,p,t} \right)^2}{n_i \times (n_i - 1)} \quad (9)$$

式中：

$C_{layer,i,t}$	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层平均单位面积生物质碳储量； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$C_{Plot,i,p,t}$	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层第 p 样地林分单位面积生物质碳储量； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
n_i	项目边界内第 i 项目碳层的监测样地数量；无量纲
$S_{C_{Layer,i,t}}^2$	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层林分单位面积生物质碳储量的方差； $(tCO_2e \cdot hm^{-2})^2$
A_p	样地面积； hm^2
i	项目碳层 $i=1,2,3,\dots$ ；无量纲
p	样地数量 $p=1,2,3,\dots$ ；无量纲
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ；无量纲

表3 项目碳层方差统计情况

碳层号	碳层面积 (hm ²)	样地个数 (个)	样地总面积 (hm ²)	生物质碳储量 (tCO ₂ e)	碳层单位生物质碳储量 tCO ₂ e·hm ⁻²	样地单位生物质碳储量的和 (tCO ₂ e)	样地单位生物质碳储量的平方和	平均单位面积生物质碳储量的方差
TC_1	441.5246	6	0.24	44.45	185.20	1111.21	209257.14	691.62
TC_2	246.3436	4	0.16	49.64	310.27	1241.07	401782.45	5573.32
TC_3	151.5262	3	0.12	41.74	347.81	1043.44	363291.97	184.18

第四步：计算项目边界内单位面积乔木生物质碳储量及其方差：

$$C_{proj,t} = \sum_{i=1} (w_i \times C_{layer,i,t}) \quad (10)$$

$$S_{C_{proj,t}}^2 = \sum_{i=1} (w_i^2 \times \frac{S_{C_{layer,i,t}}^2}{n_i}) \quad (11)$$

式中：

$C_{proj,t}$	第 t 年时，项目林分单位面积生物质碳储量；tCO ₂ e·hm ⁻²
w_i	项目第 i 碳层面积权重；无量纲
$C_{layer,i,t}$	第 t 年时，项目边界内第 i 碳层林分单位面积生物质碳储量；tCO ₂ e·hm ⁻²
$S_{C_{proj,t}}^2$	第 t 年时，项目林分单位面积生物质碳储量的方差；(tCO ₂ e·hm ⁻²) ²
n_i	项目边界内第 i 碳层的监测样地数量；无量纲
$S_{C_{layer,i,t}}^2$	第 t 年时，项目边界第 i 碳层林分单位面积生物质碳储量的方差；
i	项目碳层， $i=1,2,3,\dots$ ；无量纲
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ；无量纲

表4 项目边界内单位面积林分生物质碳储量及其方差

项目平均单位生物质碳储量 (tCO ₂ e·hm ⁻²)	项目碳层数 (个)	项目样地总数 (个)	项目平均单位面积生物质碳储量的方差 (tCO ₂ e·hm ⁻²)	t 分布值
251.26	3	13	153.90	1.8125

第五步：计算项目边界内林分生物质碳储量及其不确定性：

$$C_{TREE_PROJ,t} = A \times C_{proj,t} \quad (12)$$

$$UNC_{proj,t} = \frac{t_{VAL} \times S_{C_{proj,t}}}{C_{proj,t}} \quad (13)$$

式中：

$C_{TREE_PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内林分生物质碳储量； tCO_2e
A	项目总面积； hm^2
$C_{proj,t}$	第 t 年时，项目林分单位面积生物质碳储量； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$UNC_{proj,t}$	第 t 年时，以抽样调查的相对误差限（%）表示的项目单位面积林分生物质碳储量的不确定性；%
$S_{C_{proj,t}}$	第 t 年，项目边界内平均单位面积森林生物质碳储量的估计值的标准差； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
t_{VAL}	可靠性指标：通过危险率（1-置信度）和自由度（ $N-M$ ）查 t 分布双侧分位数，其中 N 是项目样地总数， M 是项目碳层数量。置信度取 90%。
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ；无量纲

经计算，相对误差限 $UNC_{proj,t}$ 值为 8.95%。

5 碳汇量的监测

5.1 基准线碳储量的核算

项目监测基准线碳储量采用下列公式进行计算：

$$C_{BSL,t} = C_{TREE_BSL,t} + C_{SOC_BSL,t} \quad (14)$$

$C_{BSL,t}$	第 t 年时的基准线碳储量； tCO_2e
$C_{TREE_BSL,t}$	第 t 年时，项目边界内基准线木（竹）生物质碳储量； tCO_2e
$C_{SOC_BSL,t}$	第 t 年时，项目边界内基准线森林土壤有机碳储量； tCO_2e

式中：

5.1.1 基准线生物质碳储量核算

本次监测为首次监测，项目基准线碳储量根据项目设计文件与本次监测数量推算。先计算设计阶段从首次监测时间（ T_1 ）到项目设计期开始时（ t_0 ）的逐年生物质碳储量的比例，再根据核查的首次监测项目生物质碳储量，采用如下公式逐年计算上一年的生物质碳储量，直至项目设计期开始时（第 t_0 年，需按该年剩余的天数计算变化量）为止，得到的最终值即为基准线生物质碳储量

（ $C_{BSL,t}$ ）：

$$C_{TREE_PROJ,i,T_1-1} = C_{TREE_PROJ,i,T_1} / (C_{TREE_BSL,i,T_1} / C_{TREE_BSL,i,T_1-1}) \quad (15)$$

式中：

- C_{TREE_PROJ,i,T_1-1} 首次监测第 i 碳层第 T_1-1 年的生物质碳储量； tCO_2e
- C_{TREE_PROJ,i,T_1} 首次监测第 i 碳层第 T_1 年的碳储量，首个值为监测生物质碳储量，为 4.3.2 第五步计算的结果； tCO_2e
- C_{TREE_BSL,i,T_1} 设计阶段预估的第 i 碳层第 T_1 年的生物质碳储量，从项目设计文件附表 6 中获取； tCO_2e
- C_{TREE_BSL,i,T_1-1} 设计阶段预估的第 i 碳层第 T_1-1 年的生物质碳储量，从项目设计文件附表 6 中获取； tCO_2e

5.1.2 基准线森林土壤有机碳储量核算

基准线森林土壤有机碳储量采用如下公式计算：

$$C_{SOC_BSL,t} = \sum_i C_{SOC_BSL,i,t} \quad (16)$$

$$C_{SOC_BSL,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_j \sum_m (\delta SOC_{i,j,m} \times A_{i,j,m}) \quad (17)$$

式中：

- $C_{SOC_BSL,t}$ 第 t 年时，项目边界内基准线土壤有机质的碳储量； tCO_2e
- $C_{SOC_BSL,i,t}$ 第 t 年时，项目边界内第 i 项目碳层土壤有机碳储量的年变化量； $tCO_2e \cdot a^{-1}$
- $\delta SOC_{i,j,m}$ 项目边界内第 i 项目碳层第 j 图斑第 m 林龄土壤有机碳密度平均年变化量； $tC \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$ ；见方法学附表 6
- $A_{i,j,m}$ 项目边界内第 i 项目碳层第 j 图斑的面积；单位为公顷（ hm^2 ）
- i 项目边界内基准线碳层， $i=1,2,3,\dots$ ；无量纲
- j 第 i 碳层第 j 图斑， $j=1,2,3,\dots$ ；无量纲
- m 第 i 碳层第 j 图斑的林龄， $m=0,1,2,3,\dots$ 第 t 年的林龄； a
- $\frac{44}{12}$ CO_2 与 C 的分子量比；无量纲
- t 项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ；无量纲

5.2 项目碳储量核算

项目碳储量，等于拟议的项目活动边界内所选碳库的碳储量之和，减去项目边界内产生的森林火灾非 CO₂ 温室气体排放量（GHG_{FR,t}）和非森林火灾干扰造成的碳排放量（C_{DIST,t}）。

$$C_{ACTUAL,t} = C_{PROJ,t} - GHG_{FR,t} - C_{DIST,t} \quad (18)$$

式中：

$C_{ACTUAL,t}$	第 t 年时的项目净碳储量；tCO ₂ e
$C_{PROJ,t}$	第 t 年时的项目碳库碳储量；tCO ₂ e
$GHG_{FIRE,t}$	项目计入期内，上次监测到第 t 年，项目边界内由于森林火灾引起的非 CO ₂ 温室气体的排放量；tCO ₂ e
$C_{DIST,t}$	项目计入期内，上次监测到第 t 年，项目边界内非森林火灾干扰造成的碳排放量；tCO ₂ e，本项目未发生非森林火灾干扰，值为 0
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

5.2.1 项目碳库碳储量

项目碳储量，等于拟议项目活动边界内所有碳库的碳储量之和。根据竹林经营碳中和林项目类型，选择相应的碳库，考虑林木生物质碳、土壤有机质碳库和竹质产品碳库的碳储量，不考虑枯死木和枯落物的碳储量变化。根据《监测方法》的使用条件，本项目禁止进行烧竹枝等燃烧生物质的行为。因此项目边界内的温室气体排放的增加量，只考虑森林火灾引起地上生物量和死有机物燃烧造成的温室气体排放。

$$C_{PROJ,t} = C_{TREE_PROJ,t} + C_{SOC-PROJ,t} + C_{HWP_PROJ,t} \quad (19)$$

式中：

$C_{PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内所选碳库的碳储量；tCO ₂ e
$C_{TREE_PROJ,t}$	第 t 年时，项目情景下林木生物质的碳储量，为 4.3.2 第五步计算的结果；tCO ₂ e
$C_{SOC-PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内土壤有机质的碳储量，参照 5.1.2 计算；tCO ₂ e
$C_{HWP_PROJ,t}$	第 t 年时，项目情景下收获木质产品的碳储量；tCO ₂ e

t 项目开始以来的年数，t=1, 2, 3.....，无量纲

其中：生物质碳储量的计算

生物质碳储量的计算参照 4.3.2 项目样地监测数据的计算中第二步至第五步，具体为（1）采用本报告公式 3，计算竹子单株地上生物量；（2）采用本报告公式 4，计算出竹子单株地下生物量，计算竹林地下生物量时，按照《福建碳中和林认定与碳汇计量监测方法》中需要监测的 SC_{BF,t_0} 值计算方法，项目首次监测可以按照 3 年采伐一次，一次择伐一半测算，即按每年的择伐比例为 1/6 确定。本项目第一个计入期为 2020 年 9 月 22 日至 2024 年 5 月 8 日，本项目的毛竹采伐时间为每年的 10 月至 12 月，2024 年 1 月 1 日至 5 月 8 日未对竹材进行采伐，因此项目第一计入期的竹材产品共采伐 4 个年度，计每 hm² 的采伐生物量为项目首次监测（2024 年 5 月 8 日）调查地上部分生物量的 4/6，本项目收获竹材的生物量（竹材产品生物量）按所采伐的竹株地上部分生物量除以 BEF 值（毛竹为 1.3775）；（3）采用本报告公式 5，计算出竹子全株生物量；（6）采用本报告公式 6、7、8，分别计算出项目单株、样地、碳层的平均单位面积碳储量；（7）采用本报告公式 9，计算出项目边界内各碳层单位面积林分生物质碳储量的方差；（8）采用本报告公式 10、11，计算出项目边界内各碳层单位面积林分生物质的碳储量及其方差；（9）采用本报告公式 12、13，计算项目边界内林分生物质碳储量及其不确定性。

木（竹）产品碳储量计算

本项目参考方法学假定木（竹）产品碳储量的长期变化，等于木（竹）产品在项目期末或产品生产后 30 年（以时间较后者为准）仍在使用的或进入垃圾填埋地木产品中的碳，而其他部分则在生产木产品时立即排放。计算公式如下：

$$C_{HWP_PROJ,t} = \sum_i \sum_{\eta} [C_{EX_PROJ,i,t} \times TOR_{\eta} \times (1 - WW_{\eta}) \times OF_{\eta}] \quad (20)$$

$$C_{EX_PROJ,i,t} = AGB_{BSLi,t} \times RT_{EXLi,t} \div BEF \times CF \times \frac{44}{12} \quad (21)$$

$$OF_{\eta,j} = e^{(-\ln(2) \times WT \div LT_{\eta})} \quad (22)$$

式中：

$C_{HWP_PROJ,t}$ 第 t 年时，收获的竹产品的碳储量；tCO₂e

$C_{EX_PROJ,i,t}$ 第 t 年时，第 i 碳层采伐的竹竿生物质碳储量；tCO₂e

$AGB_{BSL,i,t}$	第 t 年时，第 i 碳层地上生物量；t d.m.
$RT_{EX,i,t}$	第 t 年时，第 i 碳层采伐比例（株数或蓄积量），缺省值：毛竹项目设计阶段和首次监测为当年的 1/6；无量纲
BEF	生物量扩展因子，地上生物量与干材生物量的比值，无量纲
CF	毛竹的地上生物量含碳率，缺省值 0.5； $tC \cdot (t d.m.)^{-1}$
TOR_{ty}	毛竹用于生产加工 ty 类木（竹）产品的比例；总和为 100%；竹炭等从废料中再利用的，可以另外计算碳储量后并入；无量纲
WW_{ty}	加工 ty 类木（竹）产品产生的废料比例，缺省值：20%；无量纲
OF_{ty}	根据 IPCC 一阶指数衰减函数确定的 ty 类竹产品生产后 30 年仍在使用的或进入垃圾填埋的比例；无量纲
WT	木（竹）产品生产到项目期末的时间，缺省值：30 年；年（a）
LT_{ty}	ty 类产品的使用寿命；年（a）
ty	木竹产品的种类；
i	基准线碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲
j	树种， $j=1,2,3,\dots$ ，无量纲
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲
$\frac{44}{12}$	CO_2 与 C 的分子量比，无量纲

经调查，漳平市双洋镇坑源村竹材产品都销往永安市竹材加工厂，全部（100%）竹产品为竹建筑用材、竹胶模板， LT_{ty} 使用寿命为 30 年， OF_{ty} 值为 0.5，该竹产品的废料（根据加工 ty 类木产品产生的木竹材废料比例；无量纲；默认值：20%）全部（竹材生物量 20%）加工成竹质化学制品（竹炭），竹炭 LT_{ty} 使用寿命为 5 年， OF_{ty} 值为 0.0156，可测得竹材碳储量转化成竹炭产品碳储量。

5.2.2 森林火灾造成的碳储量的变化量

项目情景下发生森林火灾区域需要被准确测量勾绘出来，具体要求见监测部分。按

照 IPCC 国家温室气体清单指南中的规定，项目情景下由森林火灾造成的非 CO₂ 温室气体的排放量计算如下：

$$GHG_{FR,t} = \sum [A_{BURN,t} \times AGB_{i,T} \times COMF_i \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O})] \times 10^{-3} \quad (23)$$

式中：

$GHG_{FR,t}$	第 t 年时，项目情景下由森林火灾引起地上生物质燃烧造成的非 CO ₂ 温室气体的排放量，tCO ₂ e
$A_{BURN,t}$	第 t 年时，第 i 项目碳层发生燃烧的土地面积，hm ²
$AGB_{i,T}$	第 t 年时，第 i 项目碳层发生火灾前，项目情景下单位面积地上乔木生物量，t d.m.·hm ⁻²
$COMF_i$	碳层 i 燃烧因子，无量纲
EF_{CH_4}	CH ₄ 排放因子，g·kg ⁻¹
EF_{N_2O}	N ₂ O 排放因子，g·kg ⁻¹
GWP_{CH_4}	CH ₄ 全球增温潜势（IPCC 第五次评估报告，缺省值：28），tCO ₂ e·tCH ₄ ⁻¹
GWP_{N_2O}	N ₂ O 全球增温潜势（IPCC 第五次评估报告，缺省值：265），tCO ₂ e·tCH ₄ ⁻¹
i	项目碳层，i=1,2,3,……，无量纲
t	项目开始以来的年数，t=1,2,3,……，无量纲

因本项目监测期间（2020 年 9 月 22 日—2024 年 5 月 8 日），未发生森林火灾和森林病虫害等非森林火灾自然干扰造成的碳储量的变化，GHG_{FIRE,t} 值为 0。

5.3 泄漏的监测

根据本文件的适用条件，不考虑农业活动的转移、燃油工具的化石燃料燃烧、施用肥料导致的温室气体排放等，而考虑到采伐指标无法转让或转移，因此采用本文件的碳汇项目活动无潜在泄漏，视为 0。

5.4 应对非持久性风险而扣减的碳汇量监测

本项目在第一监测期间未发生森林火灾、森林病虫害等非持久性风险，因此不用扣除应对非持久性风险的碳汇量。

5.5 碳汇量监测汇总

项目开始后第项目碳汇量，按如下公式核算：

$$C_{AR,t} = C_{ACTUAL,t} - C_{BSL,t} - C_{DR,t} - LK \quad (24)$$

式中：

$C_{AR,t}$	项目第 t 年的项目碳汇量；tCO ₂ e
$C_{ACTUAL,t}$	第 t 年时的项目净碳储量；tCO ₂ e
$C_{BSL,t}$	第 t 年时的基准线碳储量；tCO ₂ e
$C_{DR,t}$	第 t 年监测时生物质碳储量的不确定性调减量；tCO ₂ e
t	项目开始后的第 t 年，单位为年（a）
LK	项目监测间隔期的泄漏量，tCO ₂ e；

其中：生物质碳储量的不确定性调整量按以下方法计算：

本文件仅要求乔木生物质碳储量的监测精度进行控制，要求达到 90%可靠性水平下 90%的精度。如果测定的不确定性大于 10%，本项目选择下述的方法打折：

$$C_{DR,t} = (C_{TREE_PROJ,t} - C_{TREE_BSL,t}) \times DR \quad (25)$$

式中：

$C_{DR,t}$	时间区间内，项目林分生物质碳储量的不确定性调整量；tCO ₂ e
$C_{TREE_PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内的林分生物质碳储量；tCO ₂ e
$C_{TREE_BSL,t}$	第 t 年时，项目边界内的林分生物质碳储量；tCO ₂ e
DR	基于监测结果不确定性的调减因子，见表 5；%

表 5 碳汇量监测调减因子表

不确定性（%）	DR(%)	
	$C_{PRJ,t2} - C_{PRJ,t1} > 0$	$C_{PRJ,t2} - C_{PRJ,t1} < 0$
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	

本项目不确定性 $UNC_{proj,t}$ 值为 8.95%，根据表 5，不必对项目碳汇量监测进行调减。

表 6 项目第一计入期监测碳汇量情况

单位: tCO_{2e}

本监测期	生物质碳 储量增量	竹材碳 储量增量	土壤有机碳 储量增量	泄漏	因应对非持 久性风险而 扣减的碳汇 量	碳汇量
2020年9月22日— 2024年5月8日	33640.51	19236.05	1674.65	0	0	54551.21

根据表 6 统计结果, 第一监测期内的项目碳汇量为 54551.21tCO_{2e}。

5.6 实际碳汇量与登记的项目设计文件中预先估算值的比较

表 7 项目实际碳汇量与项目设计文件预告估算对比表

项 目	登记的项目设计文件中的预先估算值	本监测期内项目实际碳汇量
碳汇量 (tCO _{2e})	48698.16	54551.21

5.7 对实际碳汇量与登记的项目设计文件中预先估算值的差别的说明

项目实际监测期内在项目设计时, 扣除了设计碳汇量的 10%来应对非持久性风险, 因本监测期内无发生森林火灾和森林病虫害, 所以使得设计文件中的预先估算值比监测期内项目实际碳汇量少 10.73%。

附件

附表 1 中国主要竹林类型的生物量参数（文献整合分析）

指标	毛竹	其他竹子
林分地上生物量 ($\text{t d.m.} \cdot \text{hm}^{-2}$)	63.4237	34.1104
林分地下/地上生物量的比值	0.5110	0.7224

附表 2 中国主要竹林类型地上生物量与胸径的相关方程（文献混合建模）

生长型	a	b	R^2	胸径范围
散生竹	0.1697	2.0812	0.912	1.9~17.0
丛生竹	0.4723	1.7928	0.948	0.5~7.0
混生竹	0.3382	1.9156	0.989	1.0~5.5

注：方程表达式为： $AGB=a \times DBH^b$ 。其中， AGB 为地上生物量，单位为千克每株 ($\text{kg} \cdot \text{stem}^{-1}$)； DBH 为胸径，单位为厘米 (cm)； a 、 b 为模型参数； R^2 为决定系数。

其中， AGB 为地上生物量，单位为千克每株 ($\text{kg} \cdot \text{stem}^{-1}$)； DBH 为胸径，单位为厘米 (cm)； a 、 b 为模型参数； R^2 为决定系数。

附表 3 整地造林后土壤有机碳密度年变化率参考值（基于文献整合分析）

单位： $\text{tC} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$

整地造林后的年限	常绿阔叶	落叶阔叶	针叶	竹子
0~5 年	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
6—20 年	+0.20	+0.15	+0.15	+0.15
21—40 年	+0.70	+0.40	+0.40	+0.40
≥ 41 年	0	0	0	0

附件 1：项目监测样地调查记录表、碳汇量计算表（另附）

附件 2：项目边界的拐点坐标（另附）

附件 3：其他说明或补充信息（另附）