

福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法
保护和恢复森林植被项目

监测报告（MR）

项目名称	武平县天源国有林场有限公司福建碳中和林保护和恢复森林植被碳汇项目（一期）
项目登记编号	FJFN—BHMF—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 （适用于本监测期碳汇量监测报告）	2.0 版
碳汇量监测报告的版本号	2.0 版本
碳汇量监测报告的完成日期	2024/9/1
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	武平县天源国有林场有限公司
项目所有者	武平县帽布国有林场，武平陶泽林场，武东镇川坊村，湘店镇湘湖村，中堡镇芳洋村，魏学书等 9 户林农。
项目设计文件中预先估算的本监测期内碳汇量	21671.59 tCO ₂ e
本监测期内产生的碳汇量	20916.27 tCO ₂ e

目 录

1 项目描述	- 1 -
1.1 项目的目的和一般性描述	- 1 -
1.2 项目的位置	- 1 -
1.3 所采用的方法学	- 3 -
1.4 项目计入期	- 3 -
2 项目实施	- 3 -
2.1 项目实施情况描述	- 3 -
2.2 监测计划及其相关参数的调整情况	- 4 -
3 监测系统的描述	- 4 -
3.1 监测流程	- 4 -
3.2 监测组织的框架和职责	- 5 -
3.3 监测方法学	- 5 -
3.4 项目边界的监测	- 6 -
3.5 项目基准线碳汇量的监测	- 6 -
4 参数的确定	- 6 -
4.1 不需监测的数据和参数	- 6 -
4.2 项目实施阶段需监测的参数	- 9 -
4.3 抽样方案的实施	- 10 -
5 碳汇量的监测	- 15 -
5.1 基准线碳储量的核算	- 15 -
5.2 项目碳储量核算	- 17 -
5.3 泄漏的监测	- 19 -
5.4 应对非持久性风险而扣减的碳汇量监测(适用于林业和其他碳汇类项目)	- 19 -
5.5 碳汇量监测汇总	- 19 -
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	- 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	- 21 -
6 附件	- 21 -

1 项目描述

1.1 项目的目的和一般性描述

1.1.1 项目概述

项目目的：通过实施武平县天源国有林场有限公司福建碳中和林保护和恢复森林植被碳汇项目，进一步加大天然商品林停伐保护力度和生态公益林管护力度，提升森林植被质量和固碳增汇能力。

碳汇措施：全面停止商业性采伐，通过抚育间伐、更新采伐、补植补造高固碳树种，提升森林活力、优化森林结构，促进森林固碳增汇。

所采用的技术和相关措施：本项目以固碳增汇为主要目的，全面停止商业性采伐，主要采取以下技术和措施：

（1）停止以收获木材为目的的森林经营；（2）为增汇和提升森林质量而进行适当的采伐，如强度小于 30%的抚育间伐、择伐或卫生伐等；（3）其他经营措施主要有：抚育过程中禁止使用除草剂，以机械除草代之；减少化学肥料施用，以有机肥或其他生态方式施肥；注重适时抚育，如间伐、修枝及补植等，鼓励补植生长速率快、含碳率高的乡土良种壮苗；加强病虫害防治与森林防火等。

项目开始时间：2020 年 9 月 22 日。

1.1.2 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-BHHF-LY2024001。

1.1.3 本监测期内所产生碳汇量

本监测期（2022 年 9 月 22 日～2024 年 5 月 8 日）所产生的碳汇量（按 3.63 年计）：
20916.27tCO₂e。

1.2 项目的位置

项目位于武平县湘店镇湘湖村、大禾镇帽布村、山头村和坪坑村、桃溪镇湘里村、中堡镇芳洋村、武东镇川坊村、中山镇老城村、城厢镇汾水村和长居村、十方镇高梧村、中赤乡中赤村、象洞镇富岭村、岩前镇将军村等 11 个乡镇的 14 个行政村境内（详见图一：项目位置示意图①龙岩市在福建省的位置②项目所在县在龙岩的位置③项目所在地在该县的位置）。

1.3 所采用的方法学

本项目采用福建省林业局公布的《福建碳中和林认定及其碳汇计量监测方法（试行）》。

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）

保护和恢复森林植被碳汇项目方法学（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

项目设计期：2020 年 9 月 22 日～2044 年 9 月 21 日；

本监测期覆盖日期：2020 年 9 月 22 日～2024 年 5 月 8 日。

2 项目实施

2.1 项目实施情况描述

(1) 管护活动：本监测期内常态化开展日常巡护、森林火灾预防措施等，未开展补植、采伐活动，未发现有害生物防治和开展有害生物防治；

(2) 采（间）伐和补植：本监测期内未开展采（间）伐和补植措施；

(3) 人工更新：本监测期内，未进行人工更新；

(4) 其他森林经营：本监测期内，未开展施肥、除灌等森林经营活动等；

项目边界内自然灾害和人为干扰的发生情况：本监测期内未发生火灾、病虫害、台风、干旱等自然灾害，也未发生土地利用变化等、土壤未受到扰动等。2020 年 9 月 22 日起为防止松材线虫

害传播，在项目周边开展了防治性采伐（见附件采伐证）；聘请护林员对项目区域及周边开展森林防火巡查，加密了巡查线路，提高了巡查频率（见林长制平台巡护线路截图）。

2.2 监测计划及其相关参数的调整情况

2.2.1 监测计划或方法学的偏移或变更

本次监测为首次监测，未对监测计划进行调整。

2.2.2 项目信息或参数的修正

本次监测未对相关参数作出调整，也未增加、删减碳层，未对碳层进行重新划分。

2.2.3 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测算方法、公式及其他内容与新出台文件有出入的地方进行修改，本次监测报告版本为 2.0 版。

2.2.4 计入开始时间的变更

本次监测未对开始时间作出变更。

2.2.5 碳汇项目的变更

本次监测未对项目作出变更。

3 监测系统的描述

3.1 监测流程

按照方法学规定和项目设计，第一步：进行样本容量计算并分配到各碳层，采用“碳汇项目样地设置工具 V1.0”小程序进行样地抽样；第二步：根据样地抽样结果设置监测样地，对样地内的立木的胸径进行每木调查，调查记录树种（组）名称和胸径，树种（组）名称按《福建省地方森林资源监测体系小班区划调查代码表》的规定填写；第三步：将每木调查记录表进行扫描，形

成样地调查记录表纸质材料和电子版两套档案资料归档保存，同时将每木调查记录表输入电子表，形成样地每木调查表.xls(.xlsx)，供导入碳汇计量小程序；第四步：运用碳汇计量小程序计算碳汇量，将样地每木调查记录表.xls(.xlsx)导入“福建碳中和林碳汇量核算工具 V1.0”小程序计算项目碳汇量。

3.2 监测组织的框架和职责

3.2.1 组织形式及人员职责分工

项目监测采取分工式组织形式，武平县林业局碳汇办统筹项目监测工作、并对监测工作进行分工、撰写监测报告，具体包括：监测样地抽取、样地调查任务分解、样地调查质量监督、样地调查数据收集、数据统计分析、撰写监测报告；项目业主单位武平县天源国有林场有限公司负责提供必要的支持和保障、落实监测经费，确保监测工作能顺利完成；项目所涉及的武平县帽布国有林场、乡（镇）林业工作站负责监测样地调查、项目边界现场核实、项目涉及地块资料收集（包括森林经营、火灾、病虫害、土地权属证明等）。

3.2.2 监测系统的应急程序等

为了确保项目监测系统的安全，本项目监测系统建立相应的应急程序。

(1) 建立应急响应机制。包括应急联系人、应急响应流程和应急资源等。一旦监测系统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。

(2) 建立数据安全应急机制。为确保监测的连续性，项目边界、抽样布设和本次监测获取的数据（样地设置和每木调查数据）除纸质材料要归档保存外，还要形成电子文件，作为备份保存，电子文件要存储在安全可靠的存储介质中，并定期进行备份，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。

(3) 建立人员变动应急机制。项目管理人员如发生变动，要及时将监测系统数据移交，填写移交清单。

(4) 建立自然灾害应急机制。项目边界内如发生火灾、病虫害等自然灾害应按项目设计措施迅速应对。

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）》（闽林文〔2024〕74号通知）

3.4 项目边界的监测

本项目活动在实施过程中，实际的项目边界有可能出现与项目初始设计的边界不完全一致的情况。为获得真实、可靠的碳汇量和避免偏差，在整个项目运行期内，须保持对项目活动的实际边界的监测。结合本项目的具体情况，监测、处理、记录和存档下述事项如下：

- (1) 测定项目中每个地块的实际边界；
- (2) 核查各地块的实际边界与设计边界一致；
- (3) 将测定的拐点坐标或项目边界输入地理信息系统，计算项目地块及各碳层的面积；
- (4) 项目边界内未发生毁林、火灾或病虫害等导致本项目边界内的土地利用方式发生变化（转化为其他土地利用方式）。

3.5 项目基准线碳汇量的监测

本项目为保护和恢复森林植被项目，按照方法学的适用条件，项目基线碳汇量为 0。

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	SID_j			
单位	$t \cdot m^{-3}$			
描述	树种 j 基本木材密度			
数据源	从下表中选择缺省值：			
	树种（组）	SID_j	树种（组）	SID_j
	桉树	0.578	其它杉类	0.359
	黑松	0.493	其它松类	0.424
	阔叶混	0.482	软阔类	0.443
	栎类	0.676	杉木	0.307
	樟树	0.443	湿地松	0.424
	柳杉	0.294	相思	0.443
	马尾松	0.380	硬阔类	0.598
	木荷	0.598	油杉	0.448
	木麻黄	0.443	杂木	0.515
	楠木	0.477	樟树	0.460

	针阔混	0.486	针叶混	0.405
	数据来源：《中国第二次国家信息通报》土地利用变化与林业温室气体清单。			
说明				

数据/参数	BEF_j					
单位	无量纲					
描述	生物量扩展因子，即地上生物量与树干生物量的比值					
数据源	从下表中选择缺省值： 当乔木林公顷蓄积 $\leq 100 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 时，使用 BEF_1 的值，否则使用 BEF_2 的值。					
	树种（组）	BEF_1	BEF_2	树种（组）	BEF_1	BEF_2
	马尾松林	1.5565	1.2063	杨树林	1.5558	1.4184
	暖性针叶林	1.7119	1.3971	桉树林	1.2413	1.1266
	杉类	1.9085	1.2875	其它软阔类	1.4719	1.3335
	柏木林	1.7029	1.3593	针叶混	1.6166	1.3033
	栎类	1.3694	1.2693	阔叶混	1.4042	1.3587
	桦木林	1.3889	1.2416	针阔混	1.6713	1.3725
	其它硬阔类	1.5670	1.3104			
	数据来源：乔木：《温室气体自愿碳汇项目方法学造林碳汇》（CCER—14—001—V01）。					
说明	-					

数据/参数	CF_j					
单位	$\text{tC} \cdot \text{t}^{-1}$					
描述	树种 j 生物量含碳率，用于将生物量转换成含碳量					
数据源	国家级的数据（如国家温室气体清单），见下表：					
	树种（组）	CF_{Total}	CF_{AGB}	树种（组）	CF_{Total}	CF_{AGB}
	马尾松林	0.5252	0.5254	桉树林	0.4730	0.4750
	暖性针叶林	0.5034	0.5045	其它软阔类	0.4730	0.4750
	杉类	0.4990	0.5003	针叶混	0.5005	0.5014
	柏木类	0.4847	0.4846	阔叶混	0.4718	0.4741
	栎类	0.4802	0.4827	针阔混	0.4861	0.4877
	其它硬阔类	0.4711	0.4734			
	数据来源：《温室气体自愿碳汇项目方法学造林碳汇》（CCER—14—001—V01）。					
说明	-					

数据/参数	RSR			
单位	无量纲			
描述	树种地下生物量与地上生物量之比，用于将地上生物量转换全林生物量			
数据源	从下表中选择缺省值：			
	树种（组）	RSR	树种（组）	RSR
	杉木林	0.2332	桉树林	0.2832
	柏木林	0.2489	其他软阔类	0.2690
	马尾松林	0.2053	其他硬阔类	0.2572

	其他针叶林	0.2436	针叶混交林	0.2364
	栎树林	0.2610	针阔混交林	0.2561
	刺槐林	0.2767	阔叶混交林	0.2598
	数据来源：《温室气体自愿碳汇项目方法学造林碳汇》（CCER—14—001—V01）。			
说明				

数据/参数	WW_{η}
单位	无量纲
描述	加工 η 类木（竹）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为立即排放。
数据源	缺省值 20%。
说明	-

数据/参数	LT_{η}	
单位	年	
描述	η 类木（竹）产品的使用寿命	
数据源	从下表选择缺省数据：	
	木（竹）产品类型	LT_{η}
	建筑	50
	家具	30
	矿柱	15
	车船	12
	包装用材	8
	纸和纸板	3
	锯材	30
	人造板	20
	薪材	1
	数据来源： a) IPCC LULUCF 优良做法指南； b) COP 17 关于《京都议定书》第二承诺期 LULUCF 的决议； c) 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。	
说明	-	

数据/参数	COMF _i	
单位	无量纲	
描述	碳层 <i>i</i> 燃烧因子	
数据源	使用如下的默认值：	
	林龄（年）	缺省值
	3-5	0.46
	6-10	0.67
	11-17	0.5
	18年以上	0.32
	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）；	

说明	
----	--

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	$tCO_2e \cdot tCH_4^{-1}$
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	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。
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。
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。
说明	

数据/参数	H
单位	m
描述	林木高度
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。
说明	本项目使用一元方程，不测定树高。

4.3 抽样方案的实施

项目生物质碳储量是通过抽样方式获取的，监测工作严格依照项目设计文件制定的方案实施，符合方法学和相关规定的要求。

4.3.1 抽样方案的实施

本次项目监测严格按照项目设计的样地位置落实样地，样地调查时，将样地四角坐标转到手机 APP 中，通过 GPS 定位确定西南角（中心）点的位置后，使用罗盘仪开展周界测量（周界测量数据见附件），GPS 确定的中心点坐标如下表（CGCS2000 国家大地坐标系，高斯-克里格投影 3 度分带第 39 带）。

表 1：样地中心点坐标

序号	碳层号	图斑号	系统样方号	样地中心点	
				横坐标	纵坐标
1	1	5	243	39433900	2782020
2	1	6	6	39417380	2816440
3	1	5	123	39433760	2782100
4	2	9	24	39399630	2767280
5	2	7	373	39428160	2745700
6	2	10	723	39432840	2781740
7	3	12	1398	39428700	2745820
8	3	16	56	39400280	2809640
9	3	11	728	39426930	2745560
10	4	18	547	39429860	2759880
11	4	20	77	39400160	2809400
12	4	19	311	39424400	2775440
13	5	23	11	39398780	2767480
14	5	23	294	39399200	2767200
15	5	25	577	39431260	2789600
16	6	121	87	39418740	2816360
17	6	119	167	39429680	2759320
18	6	120	5	39417760	2811600
19	7	32	195	39401030	2809520
20	7	31	384	39428420	2747060
21	7	33	5	39399200	2812360
22	8	36	281	39401540	2812340
23	8	35	13	39399290	2811640
24	8	36	146	39401380	2812260
25	9	37	53	39400590	2809620
26	9	37	87	39400680	2809620
27	9	37	19	39400510	2809680
28	10	118	509	39419560	2816440
29	10	114	79	39399960	2808920
30	10	115	292	39400640	2811160
31	11	2	31	39399640	2811520
32	11	2	54	39399650	2811360
33	11	2	5	39399590	2811520
34	12	4	239	39425860	2774560
35	12	4	412	39425980	2774960

序号	碳层号	图斑号	系统样方号	样地中心点	
				横坐标	纵坐标
36	12	4	65	39425740	2774540
37	13	48	1975	39427620	2745680
38	13	49	2974	39429740	2759740
39	13	50	972	39400450	2809340
40	14	57	911	39414120	2757440
41	14	57	1583	39414480	2757100
42	14	58	239	39409340	2767220
43	15	109	249	39404960	2816500
44	15	107	967	39405680	2816100
45	15	106	1686	39428240	2747140
46	16	76	241	39399730	2810300
47	16	75	756	39400460	2810120
48	16	79	1271	39405140	2815840
49	17	99	111	39399670	2810300
50	17	101	178	39418700	2816640
51	17	99	44	39399540	2810140
52	18	98	289	39401210	2809640
53	18	96	74	39399630	2766880
54	18	98	183	39401080	2809560

本次监测未新增碳层，也未对碳层边界作出调整，根据《方法学》，本次监测与设计同时进行，样地设计与监测调查同时开展，样地调查严格按设计文件规定方案实施，未对抽样设计的样地空间分布作出调整。

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的胸径（*DBH*），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的生物量，单株生物量结合树种含碳率确定每株乔木的生物质碳储量，累加得到样地水平生物量和碳储量数据。

（1）全株和地上生物量计算

首先通过调查计入期内不同年份（*t*）各碳层乔木的胸径（*DBH*），通过使用单株林木的全株生物量（见CCER—14—001—V01的表A.1、表A.2和表A.3）与林木胸径的相关方程，计算乔木林全株生物量及其地上生物量。

$$B_{i,p,m,t} | ABG_{i,p,m,t} = f(DBH_{AF,j,p,m,t}) \quad (1)$$

式中：

$B_{i,p,m,t} | ABG_{i,p,m,t}$ 第 *t* 年时，第 *i* 样地第 *j* 样木的全株生物量（地上生物量）； kg d.m.

$f(DBH_{AF,i,p,m,t})$	第 i 样地第 j 样木的全株生物量（地上生物量）与胸径（cm）的相关方程；kg d.m.
$DBH_{AF,i,p,m,t}$	第 t 年时，第 i 样地第 j 样木的胸径；cm
i	碳层号， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲
p	样地号， $p=1,2,3,\dots$ ，无量纲
m	样木号， $m=1,2,3,\dots$ ，无量纲
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

（2）单株林木生物质碳储量计算

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

$$C_{tree,i,p,m,t} = \frac{44}{12} \times B_{i,p,m,t} \times CF_m \times 10^{-3} \quad (2)$$

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 样木生物质碳储量；tCO ₂ e
$B_{i,p,m,t}$	第 t 年，目边界内第 i 碳层第 p 样地第 m 样木的全株生物量；kg d.m.
CF_m	第 m 样木的生物量含碳率；tC·(t d.m.) ⁻¹
i	碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲
p	碳层样地 $p=1,2,3,\dots$ ；无量纲
$\frac{44}{12}$	CO ₂ 与 C 的分子量比；无量纲
10^{-3}	将千克转为吨；无量纲
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

（3）样地p平均单位面积生物质碳储量计算

$$C_{Plot,i,p,t} = \frac{\sum_m C_{Tree,i,p,m,t}}{A_p} \times 10^{-3} \quad (3)$$

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 ₂ e·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 ₂ e
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：

$$C_{Layer\ i,t} = \frac{\sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,i,p,t}}{n_i} \quad (4)$$

$$S_{C_{Layer\ i,t}}^2 = \frac{n_i \times \sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,i,p,t}^2 - (\sum_{p=1}^{n_i} C_{Plot,i,p,t})^2}{n_i \times (n_i - 1)} \quad (5)$$

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

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：

$$C_{proj,t} = \sum_{i=1} (w_i \times C_{layer,i,t}) \quad (6)$$

$$S_{C_{proj,t}}^2 = \sum_{i=1} (w_i^2 \times \frac{S_{C_{layer\ i,t}}^2}{n_i}) \quad (7)$$

式中：

$C_{proj,t}$	第 t 年时，项目林分单位面积生物质碳储量； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
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； $tCO_2e \cdot hm^{-2}$
$S_{C_{proj,t}}^2$	第 t 年时，项目林分单位面积生物质碳储量的方差； $(tCO_2e \cdot hm^{-2})^2$
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

第五步：计算项目边界内乔木生物质碳储量及其不确定性：

$$C_{TREE_PROJ,t} = A \times C_{proj,t} \quad (8)$$

$$UNC_{proj,t} = \frac{t_{VAL} \times S_{C_{proj,t}}}{C_{proj,t}} \quad (9)$$

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

5 碳汇量的监测

按照《方法学》和引用相关文件要求，项目碳储量所选择的碳库包括生物质碳库、死有机质碳库、土壤有机质碳库，生物质碳库主要通过监测获取，死有机质碳库和土壤有机质碳库依据文献和相关规定计算。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。本监测期的生物质碳储量的校正，根据不确定性进行调减。

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：

$$C_{BSL,t} = C_{TREE_BSL,t} + C_{DOM_BSL,t} + C_{SOC_BSL,t} \quad (10)$$

式中：

$C_{BSL,t}$	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
$C_{DOM_BSL,t}$	第 t 年时，项目边界内基准线森林死有机质碳储量； 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

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（ $C_{BSL,t}$ ）：

$$C_{TREE_PROJ,i,T_1-1} = C_{TREE_PROJ,i,T_1} / (C_{TREE_BSL,i,T_1} / C_{TREE_BSL,i,T_1-1}) \quad (11)$$

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中获取； tCO_2e

5.1.2 基准线死有机质碳储量核算

首次监测计算基准线死有机质碳储量的值，在取得基准线生物质碳储量后，使用以下公式计算：

$$C_{DOM_BSL,t} = C_{DOM_PROJ,t} \times C_{TREE_BSL,t} / C_{TREE_PROJ,t} \quad (12)$$

式中：

- $C_{DOM_BSL,t}$ 第 t 年时，项目情景下森林死有机质的基准线碳储量； tCO_2e
- $C_{DOM_PROJ,t}$ 第 t 年时，项目情景下森林死有机质的监测碳储量； tCO_2e
- $C_{TREE_BSL,t}$ 第 t 年时，项目情景下基准线生物质碳储量； tCO_2e
- $C_{TREE_PROJ,t}$ 第 t 年时，项目情景下监测生物质碳储量，为 4.3.2 第五步计算的结果； tCO_2e
- t 项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

5.1.3 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：

$$C_{SOC_BSL,t} = \sum_i C_{SOC_BSL,i,t} \quad (13)$$

$$C_{SOC_BSL,i,t} = \frac{44}{12} \times \sum_j \sum_m (\delta SOC_{i,j,m} \times A_{i,j,m}) \quad (14)$$

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（ $C_{DIST,t}$ ）。

$$C_{ACTUAL,t} = C_{PROJ,t} - GHG_{FR,t} - C_{DIST,t} \quad (15)$$

式中：

$C_{ACTUAL,t}$	第 t 年时的项目净碳储量； tCO_2e
$C_{PROJ,t}$	第 t 年时的项目碳库碳储量； tCO_2e
$GHG_{FIRE,t}$	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_2e
$C_{DIST,t}$	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_2e
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

5.2.1 碳库碳储量

保护和恢复森林植被碳汇项目，主要考虑项目活动下森林生物质碳储量、土壤有机碳储

量、森林死有机质碳储量。采用下列公式进行计算：

$$C_{PROJ,t} = C_{TREE_PROJ,t} + C_{DOM_PROJ,t} + C_{SOC_PROJ,t} \quad (16)$$

式中：

$C_{PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内碳库的碳储量；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
$C_{DOM_PROJ,t}$	第 t 年时，项目情景下森林死有机质的碳储量；tCO ₂ e
$C_{SOC_PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内土壤有机碳储量，参照 5.1.3 计算；tCO ₂ e
t	项目开始以来的年数， $t=1,2,3,\dots$ ，无量纲

其中：项目森林死有机质碳储量的计算，采用缺省值的方法进行估算，计算公式如下：

$$C_{DOM_PROJ,t} = \frac{44}{12} \times \sum_i \sum_j (AGB_{PROJ,i,j,t} \times (DF_{LI,i,j} \times CF_{LI,j} + DF_{DW,i,j} \times CF_{DW,j}) \times A_{i,t}) \quad (17)$$

式中：

$C_{DOM_PROJ,t}$	第 t 年时，项目边界内项目情景枯落物的碳储量；tCO ₂ e
$AGB_{PROJ,i,j,t}$	第 t 年项目边界内第 i 碳层树种 j 的单位面积地上生物量；t d.m.·hm ⁻²
$DF_{LI,i,j}$	第 i 碳层树种 j 的枯落物量与地上生物量的比值，无量纲，见方法学附表 4。
$DF_{DW,i,j}$	第 i 碳层树种 j 的枯死木与地上生物量的比值，无量纲，见方法学附表 5。
$CF_{LI,j}$	树种 j 的枯落物含碳率；tC·(t d.m.) ⁻¹ ，缺省值 0.37
$CF_{DW,j}$	树种 j 的枯死木含碳率；tC·(t d.m.) ⁻¹ ，缺省值 0.37
$A_{i,t}$	第 t 年时，第 i 碳层森林面积，hm ²
i	碳层， $i=1,2,3,\dots$ ，无量纲
j	树种， $j=1,2,3,\dots$ ，无量纲
$\frac{44}{12}$	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

5.2.2 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：

$$GHG_{FR,t} = \sum [A_{BURN,t} \times AGB_{i,t} \times COMF_i \times (EF_{CH_4} \times GWP_{CH_4} + EF_{N_2O} \times GWP_{N_2O})] \times 10^{-3} \quad (18)$$

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 CO₂温室气体的排放量，tCO₂e

$A_{BURN,t}$ 第 t 年时，第 i 项目碳层发生燃烧的土地面积，hm²

$AGB_{i,t}$ 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} CH₄ 排放因子，g·kg⁻¹

EF_{N_2O} N₂O 排放因子，g·kg⁻¹

GWP_{CH_4} CH₄ 全球增温潜势（IPCC 第五次评估报告，缺省值：28），tCO₂e·tCH₄⁻¹

GWP_{N_2O} N₂O 全球增温潜势（IPCC 第五次评估报告，缺省值：265），tCO₂e·tCH₄⁻¹

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

项目边界内未发生森林火灾，森林火灾造成的非 CO₂温室气体的排放量为 0。

5.3 泄漏的监测

根据《方法学》，本项目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，且采伐指标无法转让或转移，因此，本项目活动无潜在泄漏，视为 0。
 C_{DISL} 项目边界内未发生占用林地等非森林火灾干扰，该项值为 0。

5.4 应对非持久性风险而扣减的碳汇量监测（适用于林业和其他碳汇类项目）

本项目根据方法学，项目监测无非持久性风险。

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：

$$C_{AR,t} = C_{ACTUAL,t} - C_{BSL,t} - C_{DR,t} - LK \quad (19)$$

式中：

$C_{AR,t}$ 项目第 t 年的项目碳汇量；tCO₂e

$C_{ACTUAL,t}$ 第 t 年时的项目净碳储量；tCO₂e

$C_{BSL,t}$ 第 t 年时的基准线碳储量；tCO₂e

$C_{DR,t}$	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：

$$C_{DR,t} = (C_{TREE_PROJ,t} - C_{TREE_BSL,t}) \times DR \quad (20)$$

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；%

表 2： 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	

表 3：项目不确定性及调减率统计表

项目面积 (hm ²)	项目平均单位 生物质碳储量 (tCO ₂ e·hm ⁻²)	项目碳 层数	项目样 地数	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	不确定性	调减率 DR (%)
674.55	225.62	18	54	657.88	1.6883	0.1919	0.06

表 4：项目碳汇量统计表

本监测期	项目面积 (hm ²)	调减后生物 质碳储量 增量 (tCO ₂ e)	死有机质 碳储量 增量 (tCO ₂ e)	土壤有机质 碳储量 增量 (tCO ₂ e)	泄漏量 (tCO ₂ e)	项目 碳汇量 (tCO ₂ e)
2020年 9 月 22 日 —2024年 5 月 8 日	674.55	16522.74	960.58	3432.95	0	20916.27

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 5：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 ₂ e)	设计年限内（2020—2044 年）总碳汇量 143283.03 设计年限内年均碳汇量：5970.13	本监测期（3.63 年）碳汇量 20916.27 本监测期年均碳汇量：5762.06

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

本项目设计期内（2020 年 9 月 22 日～2044 年 9 月 21 日）预估的总碳汇量 143283.03tCO₂e，年均碳汇量为 5970.13tCO₂e，本监测期（2020 年 9 月 22 日～2044 年 5 月 8 日）实际产生的碳汇量 20916.27tCO₂e，年均实际产生的碳汇量 5762.06tCO₂e。项目实际产生的碳汇略小于项目设计预估的碳汇量，符合设计预期。

6 附件

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）