

后河保护区宜昌林业碳票碳减排量

核 算 报 告

湖北五峰后河国家级自然保护区管理局

2025年4月

修改说明

关于《后河保护区宜昌林业碳票碳减排量核算报告》的评审意见已知悉，后河管理局根据评审意见及评审过程中提出的问题进行修改，以下是修改说明。

1. 进一步核实数据资料、计算过程，首次监测期应符合《宜昌市林业碳票管理办法》相关规定。

说明：数据经过核算，本核算期内碳减排量为58570.68tC（见第V页、见正文第3页、正文第30页等）。项目计入期为20年，2020年1月1日-2039年12月31日，首次监测期为2020年1月1日-2025年4月30日（见第V页、正文第7页）

2. 进一步对文本表述进行修改。

说明：对文本进行校对，对以下地方做出了调整，（1）在前文对湖北五峰后河国家级自然保护区管理局的简称“后河管理局”、湖北五峰后河国家级自然保护区的简称“后河保护区”均做了说明备注（见正文第2页及后文）；（2）正文第8页删除“中央均安排了专项资金”字样，正文第9页删除“争取建成国家级生态监测站”等字样；（3）正文第17页“柳沙”修改为“柳杉”，“2012~2017年”修改成“2012-2017年”，“Arcgis”改成“ArcGIS”，正文第27页及之后字体格式已经调整；（4）碳储量、碳减排量、碳减排量变化量等单位均为吨碳（tC），文本统一书写为tC。

3. 建议取消灌木层碳储量计算内容。

说明：有关灌木层的计量信息已在文本中全部删除，本次碳减排量的核算只将乔木层计入在内。

4. 建议后期增加样地设置数量，进一步提高核算精度。

说明：本次核算期样地设置均按照《计量监测方法》计算后执行，后续核算期将在方法学的基础上，确保取样的代表性，合理布设样地，提高核算精度。

5. 原始调查表和小班样地编号不对应

说明：已经调整样地小班编号，同一小班内 3 个样地编号用 01、02 和 03 表示。（详见正文图 3、图 4 和图 5）

项目组长：张安华

项目副组长：刘琼 左杰 邓昊 陈金良 邓长胜 吕泓

项目技术指导：陈金良 王新忠 王业清

项目调查人员：聂才爱 王永来 胡琼芳 曾凡焮 许建华 周思琪 王业清 程玉芬 杨林 许海波 张娥 张国锋 向明贵 向梅花 薛峰 杨佳 赵文 龚仁琥 杜建锋 宗宇 王俊逸 汪磊 何平 张国栋 刘宗璇 陈岑 朱雨诗 王永超 罗小华 刘洋 游昭海 唐澜 王新忠 隗向阳 朱晓琴 杨继红 徐日

项目资料收集：王新忠 王业清 刘宗璇

项目报告编制：陈金良 王业清 程玉芬 刘宗璇

后河保护区宜昌林业碳票碳减排量核算报告

项目名称	后河保护区宜昌林业碳票项目
项目业主	湖北五峰后河国家级自然保护区管理局
项目所有者	湖北五峰后河国家级自然保护区管理局
项目类型	森林抚育、封山育林
项目区面积	693.19 公顷
图斑个数	3 个
项目开工日期	2012 年 2 月
项目竣工时间	2017 年 5 月
计量监测方法	《宜昌林业碳票计量监测方法 林地》
碳减排量核算报告 完成日期	2025 年 4 月 18 日
项目计入期	2020 年 1 月 1 日-2039 年 12 月 31 日
本核算期覆盖日期	2020 年 1 月 1 日-2025 年 4 月 30 日
本核算期顺序号	第一核算期
本核算期内产生的 碳减排量	58570.68tC
监测核算机构	湖北五峰后河国家级自然保护区管理局

目录

A	项目描述	1
A.1	项目目的和一般性描述	1
A.2	项目边界	3
A.3	土地和林木权属	5
A.4	土地合格性	5
A.5	所采用的计量监测方法	6
A.6	项目计入期	7
A.7	降低非持久性风险拟采取的措施	7
B	项目实施	8
B.1	项目实施情况描述	8
(2)	林地森林管护情况	8
(3)	项目实施监测情况	9
B.2	项目小班情况	14
B.3	额外性论证	17
C	监测方法	17
C.1	监测方法与样地布设	17
C.1.1	监测方法	17
C.1.2	样地布设	17
(1)	样地数量	18
(2)	样地布设	22
C.2	小班蓄积量	24

D 林业碳票碳减排量核算	28
D.1 项目碳储量	28
D.1.1 乔木碳储量计算	28
D.2 项目碳储量变化量	30
D.3 项目温室气体排放量	30
D.4 林业碳票碳减排量	31
附件	32
1. 项目实施方案	32
2. 二类清查本底数据	32
3. 林地权属证明	32
4. 外业调查表	32
5. 项目边界及小班矢量图、外业调查照片	32
6. 蓄积量、碳储量计算表	32
7. 本报告使用的缺省数据	32

A 项目描述

A.1 项目目的和一般性描述

碳汇，是植物通过叶片吸收大气中的二氧化碳，与根系吸收的水分结合，在光照条件下转化为有机物，将碳固定在植物体内，并通过凋落物和根系分泌物将部分碳转移至土壤中长期储存的过程。森林碳汇是陆地生态系统中最大的碳库，约占全球陆地碳储量的 80%。自然保护区作为生态系统的核心区域，随着“双碳”目标推进（2030 年碳达峰、2060 年碳中和），自然保护区的碳汇功能将成为国家战略的重要支点。

宜昌市有着丰富的森林资源，作为湖北省林业碳汇试点城市，2023 年在全省率先试点林业碳票制度，并签发湖北省和三峡库区首张林业碳票。2024 年 4 月，宜昌市出台《林业碳票管理办法（试行）》，明确碳票申请、签发、交易、融资等全流程规则，赋予森林固碳功能“资产化身份证”。2025 年 3 月，宜昌市林业和园林局、宜昌市生态环境局引发了《宜昌林业碳票计量监测方法 林地》（《计量监测方法》），规范了林业碳票监测、计量方法。为深入贯彻习近平生态文明思想，落实《2030 年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23 号）、《湖北省碳达峰实施方案》（鄂政发〔2022〕22 号）等文件精神，在宜昌市林业和园林局的支持指导下，湖北五

峰后河国家级自然保护区管理局（以下简称“后河管理局”）按照《林业碳票管理办法（试行）》和《计量监测方法》的规定，于2025年3月组织专业队伍，开展了第一监测期的林业碳票碳减排量核算工作。

湖北五峰后河国家级自然保护区（以下简称“后河保护区”）宜昌林业碳票项目既是落实国家“双碳”目标创新实践，也是宜昌市生态资源市场化运作的典型案例。依托前期扎实的生态保护工作，该项目通过科学计量与制度赋能，实现了生态效益向经济效益的转化，为区域高质量发展提供了绿色动能。未来，随着碳票交易市场的完善，保护区生态价值将进一步释放，助力长江大保护战略的深化实施。

项目前期，后河保护区辖区最早于2000年就已开始实施天然林保护工程，全面停止天然林采伐，通过公益林建设项目保护和培育森林资源，坚持适地适树、科学规划、实事求是、注重实效的原则扩大森林面积，巩固造林成果，增加植被覆盖。此外，后河保护区连续多年按照《封山（沙）育林技术规程》（GB/T 15163—2004）、《森林抚育规程》、《森林采伐作业规程》以及《湖北省天然林资源保护工程建设管理办法》等相关技术标准，对郁闭度大、卫生状况较差的林地开展森林抚育工作，对郁闭度为0.4-0.45的低质、低效林地开展封山补植工作。据统计，后河保护区2012-2017年以来，通过人工促进措施覆盖本次项目边界内林地的森林

面积超过 1326.73 公顷。通过前期的公益林建设、封山育林以及森林抚育工作，避免人类活动对植被和土壤碳库的破坏的同时，也改善了林地力，促进保留木的生长，提高森林土壤水土保持和水源涵养能力，从而增强项目区森林生态系统的碳汇功能，促进生物多样性保护。

本次监测为第一次监测期，即 2020 年 1 月 1 日-2024 年 12 月 31 日，于 2025 年 3 月对 693.19 公顷乔木林进行监测，经过核算，本监测期内，后河保护区宜昌林业碳票碳减排量(CER)为 58570.68tC。

A.2 项目边界

项目位于后河保护区内，行政区域属于湖北省宜昌市五峰土家族自治县五峰镇后河村。后河保护区属于森林生态类型的自然保护区，保护区位于湘鄂两省分界的武陵山支脉东北部，是云贵高原向江汉平原的过渡地段，是三峡库区南面清江水系的源头之一，递接南北、横贯东西、各种地貌充分汇集。后河保护区总面积 10340 公顷，海拔跨度从 398 米到 2252.2 米，地理坐标范围为东经 110° 30′ 5.304″ -110° 43′ 16.125″，北纬 30° 02′ 50.149″ -30° 08′ 55.243″。依据 2024 年度森林资源统计结果，后河保护区现有国家一级生态公益林 10537.21 公顷（含保护区飞地），其中乔木

林地 10497.33 公顷，竹林地 3.08 公顷，灌木林地 25.09 公顷，其他林地 11.70 公顷。

本项目活动的“项目边界”是指，由后河管理局实施森林经营碳汇活动的地理范围。经过核算，本次碳票项目的“项目边界”面积 693.19 公顷，地理坐标范围为东经 $110^{\circ} 34' 3.008'' - 110^{\circ} 35' 1.596''$ ，北纬 $30^{\circ} 4' 30.870'' - 30^{\circ} 7' 0.089''$ 。项目边界内分为 3 个连续地块，共有 8 个林班，31 个小班。

项目边界所在地理位置及连续地块的分布见图 1、图 2。

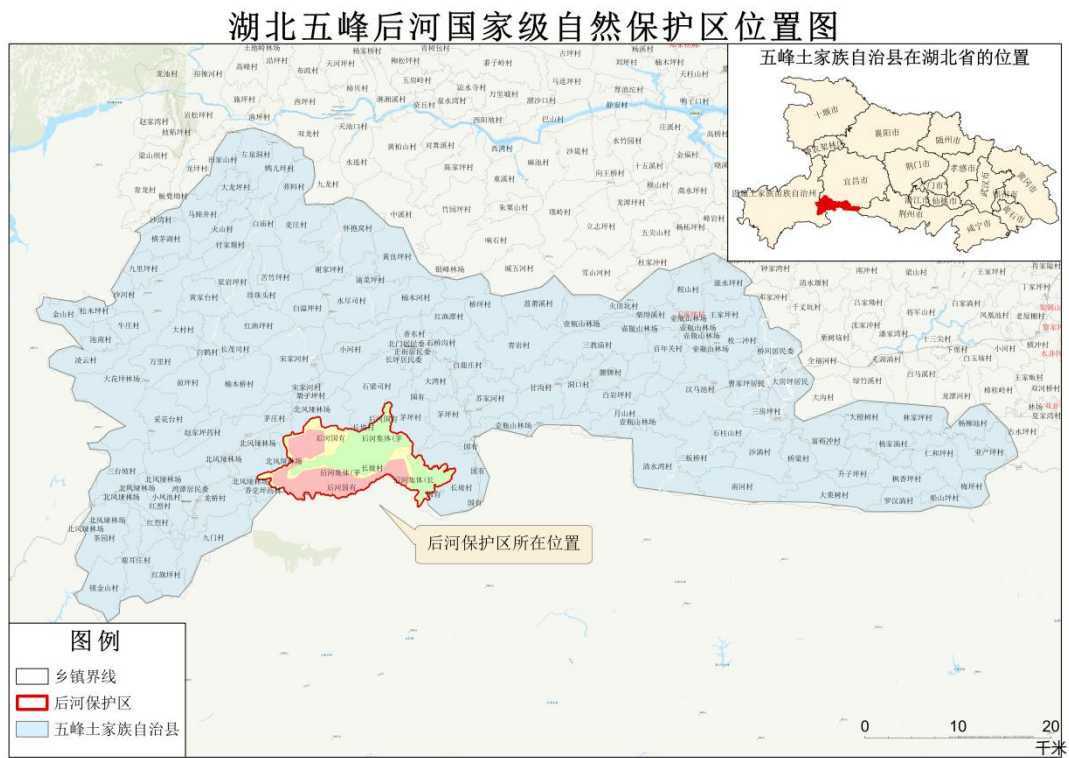
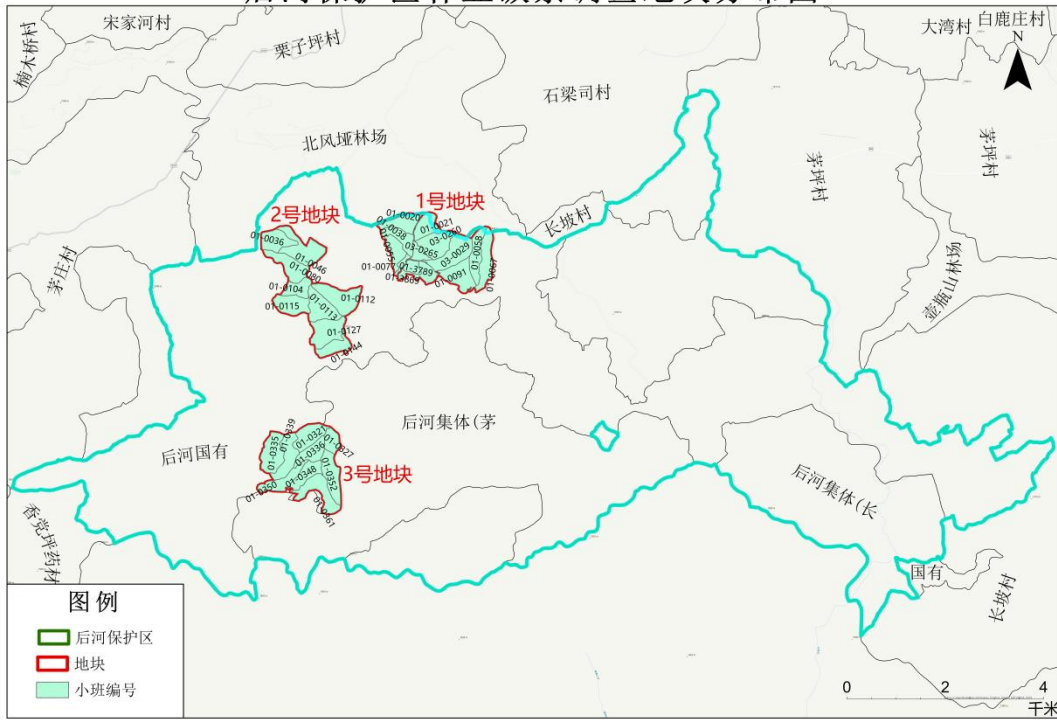


图 1

后河保护区林业碳票调查地块分布图



编制单位：湖北省五峰后河国家级自然保护区管理局科学研究所

图 2

A.3 土地和林木权属

根据后河保护区范围内的森林、林木、林地状况登记表显示，本次项目边界内的林地为国家所有，林地使用权、森林或林木所有权、森林或林木使用权为后河管理局所有。项目边界内林地权属明确，符合《计量监测方法》对林业碳票项目“权属清晰”的要求。本次监测期核算的碳减排量归属权为后河管理局，前期工作已建立森林资源动态监测体系，能够精准核算碳汇增量，满足碳票签发所需的监测核算、专家评审、部门备案等条件。

A.4 土地合格性

项目边界内林地、林木权属清晰，无争议。项目主要涉及乔木林地郁闭度均大于 0.62，单个地块土地连续面积均大于 400m²。已完成的森林经营的项目对土壤的扰动符合水土保持的实践。开展森林抚育和封山育林的过程中，出于卫生伐的目的，对折干、倒伏、枯死病虫害等植株进行了清理，移出项目边界，其他情况下未对林下地表枯落物和地表枯死木进行人为干预措施。本项目涉及的地块林地不属于中国核证自愿减排量（CCER）等其他碳汇项目碳减排量的林地。

A.5 所采用的计量监测方法

（1）湖北省绿化委员会关于印发《湖北省推进林业碳汇实施方案》的通知 鄂绿发〔2024〕4 号；

（2）宜昌市林业和园林局《关于协调配合开展宜昌市林业碳汇综合开发项目专题调研的函》；

（3）宜昌市林业和园林局 宜昌市生态环境局 宜昌市自然资源和城乡建设局关于印发《宜昌林业碳票签发工作流程》的通知 宜林发〔2025〕5 号；

（4）宜昌市林业和园林局 宜昌市生态环境局关于印发《宜昌林业碳票计量监测方法 林地》的通知 宜林园发〔2025〕6 号；

（5）LY/T3253 林业碳汇计量监测术语；

（6）LY/T2988 森林生态系统碳储量计量指南；

(7) LY/T2259 立木生物量建模样本采集技术规程；

(8) 《湖北省森林资源规划设计调查操作细则》2009年9月；

(9) GB/T15791-2015 森林抚育技术规程；

(10) GB/T15163-2004 封山（沙）育林技术规程。

A.6 项目计入期

本项目采用固定计入期，20年，自2020年1月1日起，至2039年12月31日结束。后河保护区宜昌林业碳票项目实施日期为2012年，根据《宜昌林业碳票计量监测方法 林地》中的规定，截止该文件发布之日起（2025年2月发布），2012年1月1日至2019年12月31日实施的项目，需要进行首次监测。本次为首次监测，首次监测周期起止时间为2020年1月1日-2024年12月31日，间隔5年，后续监测间隔 ≤ 5 年。

A.7 降低非持久性风险拟采取的措施

项目期内，对项目边界内的活动进行监测，包括项目运行期内的森林经营项目活动（管护、抚育等）和项目区内森林灾害（毁林、林火、病虫害等）发生情况以及项目边界与面积进行监测并详细记录。其中，发生森林灾害的边界、面积监测，利用RTK直接测定，或利用高分辨率卫片、Arc GIS地理空间数据判读勾绘确定其地理边界，测定面积，监测误

差小于 5%。如果发生毁林、火灾或病虫害等导致边界内的土地利用方式发生变化，应确定其边界并将发生土地利用变化的地块调整到边界之外，已移出项目边界的地块，自移出之日起将不再纳入项目边界内。

监测结果表明，第一监测期，项目区内未进行森林抚育等人为干扰经营活动，未发生森林灾害（毁林、林火、病虫害等）。

B 项目实施

B.1 项目实施情况描述

项目实施地块均属后河管理局国有林地（有林权证），由后河管理局进行年度抚育和封育作业设计，在经省（或市）发展和改革委员会会办公室组织的评审后由后河管理局进行实施。项目竣工后均组织了县级自查和省级抽查，抽查结果表明项目实施合格。

（2） 林地森林管护情况

项目边界内林地均为后河管理局的国有林，严格按照《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国自然保护区条例》、《湖北省天然林保护条例》等相关法律法规实行最严格的保护。

一是建立管理局、科室站所、管护员三级管护体系，山

头地块落实具体责任科室站所和管护员，设专职护林员进行管护，平均人均管护面积为 2500 亩，建立管护员考核制度。

二是设立标识牌和宣传牌，主要路口安排监控摄像头。封育区主要交通路口和封育区边缘建立永久性的封育宣传牌 4 块，在封育宣传牌上书写地名、封育类型、封育面积、封育年限、主要封山措施、管护制度、管护单位、责任人、年月日、管护员姓名等。设置界桩，在封育区边界设置界桩，明确封育区界线。

三是做好病虫鼠害监测与防治：在现有基础上继续搞好调查与监测，积极做好药械准备，适时开展防治，防止其突发成灾，确保森林资源安全。一旦有病虫鼠害迹象，抓住有利时机，采取灯诱和发动群众大量捕捉害虫等有效措施积极开展防治，实现控制蔓延、减轻危害的目标。对日本松干蚧、落叶松鞘蛾等常发性害虫要加大生物防治力度，确保森林资源的安全。

四是坚持森林防火监测与防控：在封育区内，聘请所处地理位置高、视野开阔的农户为火警火灾预报员，组建护林防火联防队，并结合后河保护区的森林防火监控探头和监测预警系统，实时监测保护区森林资源，及时预报森林火警火灾。若发现火情，迅速启动防火应急应急预案，有序开展扑火、灭火工作。

(3) 项目实施监测情况

后河管理局组织项目监测核查工作，天然林资源保护工程科（林场科）和研究所牵头负责，技术指导工作组、成立资料收集整理工作组、外业调查工作组、报告编制工作组。资料收集整理工作组负责收集项目范围及边界内小班信息、2012年-2019年森林抚育和封山育林作业资料，并将项目边界小班地理信息转为 ArcGIS 矢量数据。根据《计量监测方法》，确定了第一监测周期的计量监测范围 693.19 公顷，涉及 31 个小班共 93 个计量监测样地，并将计量监测样点、外业调查工具和外业调查表格发放给外业调查工作组。外业样地调查工作组根据《计量监测方法》和已确定的样点，对样地乔木层、灌木层调查，确保调查数据真实、准确。技术指导工作组由长期从事林业调查工作的专家组成，对外业调查工作进行现场培训咨询，并随时提供技术上的指导。报告编制工作组负责收集和整理外业调查资料，根据《计量监测方法》及附录 D 报告编制模板等，及时完成《后河保护区宜昌林业碳票碳减排量核算报告》。

表 1：项目边界小班信息及森林经营情况表

2019 年二类清查数据												森林经营情况					
林班号	小班号	小班面积 (公顷)	林地质量等级	起源	优势树种 (组)	树种组成	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)	郁闭度	公顷蓄积 (m ³)	林分蓄积 (m ³)	2012 年抚育	2013 年抚育	2014 年抚育	2016 年抚育	2017 年封育	2014 年封育
1	0046	34.44	IV 级	纯天然	其它软阔	9_590000:1_410000	10.6	7.8	0.65	87.5	3013.5	√					
1	0036	21.73	IV 级	纯天然	阔叶混交	5_490000:4_590000:1_410000	12.8	9.5	0.74	113.1	2457.7	√		√			
2	0020	19.15	IV 级	纯天然	阔叶混交	6_590000:4_490000	12.4	11.4	0.75	75.4	1443.9				√		
2	0055	16.3	IV 级	人工促进	阔叶混交	4_590000:4_490000:2_310000	11.2	10.2	0.78	119	1939.7				√		
2	0038	18.46	IV 级	人工促进	针阔混交	5_310000:4_490000:1_590000	13	11.6	0.82	122.5	2261.4				√		
2	0077	4.14	IV 级	人工促进	针阔混交	5_310000:4_590000:1_330000	13	11.8	0.79	134.9	558.5			√	√		
3	0021	19.2	IV 级	纯天然	阔叶混交	6_490000:2_590000:2_310000	10.1	9.1	0.79	92.8	1781.8	√		√	√		
3	0029	34.26	IV 级	纯天然	阔叶混交	4_490000:3_590000:1_447000:1_516000:1_410000	10.7	8.6	0.69	101.5	3477	√			√		
3	0058	21.24	III 级	纯天然	阔叶混交	5_590000:3_490000:1_560000:1_412000	11.6	10.1	0.72	91.7	1947.7			√			
3	0091	28.23	IV 级	纯天然	阔叶混交	3_320000:2_412000:2	9.8	9.6	0.76	70	1976.1	√					

17	0336	18.7	IV级	纯天然	阔叶混交	5_590000:5_490000	11.3	9	0.72	78.7	1471.7						√
17	0352	26.51	III级	纯天然	其它软阔	8_590000:2_490000	8.6	7	0.74	75.9	2012.1						√
17	0350	19.62	IV级	纯天然	其它软阔	9_590000:1_490000	8.8	6	0.7	87.3	1712.8						√
17	0348	18.54	IV级	纯天然	其它软阔	10_590000	12.4	9.5	0.7	75.3	1396.1						√
17	0361	29.08	IV级	纯天然	其它软阔	10_590000	11.1	10	0.72	69	2006.5		√				√
17	0321	29.58	IV级	纯天然	其它软阔	10_590000	8.4	6	0.69	75.8	2242.2						√
17	0327	12.44	IV级	纯天然	其它硬阔	10_490000	8.6	6.5	0.6	55.6	691.7						√
合计										3458.7	74622.8	230.58	29.08	272.92	225.08	22.63	213.11

B.2 项目小班情况

(1) 小班划分信息

本次项目小班的划分依照 2019 年保护区森林二类清查的结果。在完成踏查勘测的基础上，依据立地条件、林相、优势树种、林龄、经营目的等因子的差异，本着分类经营、便于作业和管理的原则，区划小班。

本项目涉及 3 个连续地块，共 8 个林班，分别是 0001、0002、0003、004、0008、0009、0015 和 0017，31 个小班，分别是 0046、0036、0020、0055、0038、0077、0021、0029、0058、0091、0260、0265、0067、0104、0115、0080、0113、0112、0127、0144、3869、3789、0339、0335、0336、0352、0350、0348、0361、0321 和 0327。

31 个小班的林地质量等级均为 IV 级，林地起源以纯天然为主，少数通过人工促进和人工补植苗木。优势树种（组）以混交林为主，有阔叶混交、针阔混交等，少数小班林分组成为杉木或者柳杉纯林（小班林地信息详见表 1）。

(2) 小班来源及增汇情况

统计历年的天然林资源管护工程，自 2012-2017 年以来，后河管理局按照《森林抚育技术规程》和《封山（沙）育林技术规程》等技术规程，分年度对项目边界内的地块进行了

森林抚育和封山育林作业设计，优化林分组成，以提高森林覆盖率，增强碳汇功能。本次项目边界内小班林地来源即为2012-2017年进行森林抚育和封山育林措施的林地。

增汇措施：疏伐和修枝，清除生态功能明显降低的被害木，去劣留优，保留珍贵树种和优质树木，调整林分结构；作业时，注重保护珍稀濒危树木，以及有生长潜力的幼树、幼苗，在交通方便的地方，运出作业区集中堆腐，对于交通不方便的地方，就地集中堆腐或平铺堆腐，同时进行修枝，主要在自然整枝不良、通风透光不畅的林分中进行。一般采取平切法，重点针对枝条、死枝过多的林木。修枝高度幼龄林不超过树高的2米，中龄林不超过树高的3米。抚育作业后，林郁闭度不得低于0.7，林分平均胸径不得低于伐前林分平均胸径。对于幼龄林林地抚育，主要采取窝抚为主，割除目的树木周边杂草藤蔓。封育和补植，根据保护区的地理位置、地形地貌、气候、土壤情况等立地条件，封山补植主要选择在郁闭度为0.4-0.45的低质、低效阔叶林。补植方式：封山育林补植苗木尽量用同龄大苗，苗干粗壮通直，根系舒展发达，顶芽饱满的等内苗木，栽植深度应超过苗木根颈，填土一半后提苗踩实，再填土踩实，最后覆上虚土。补植密度因补植地块的立地条件和树种不同而异，采用补“天窗”的办法，补植密度为2×2米，每亩平均补植30株。

2012-2017年间，项目边界内实施森林抚育和封山育林

措施的林地面积共 993.4 公顷,涉及的小班及具体措施如下:

(1) 2012 年对 1 林班 0046、0036 小班, 3 林班 0021、0029、0091、00260 小班, 8 林班 0080、0104、0115 小班, 共 9 个小班的 230.58 公顷的森林进行了抚育作业设计和实施;

(2) 2013 年对 17 林班 0361 小班, 共 29.08 公顷森林进行了抚育作业设计和实施;

(3) 2014 年对 1 林班 0036 小班, 2 林班 0021、0077 小班, 3 林班 0058、0260 小班, 4 林班 0067 小班, 8 林班 0104、0115 小班, 9 林班 0112、0113、0127、0144 小班, 共 12 个小班的 272.92 公顷森林进行了抚育作业设计和实施;

(4) 2014 年对 0017 林班 0321、0327、0335、0336、0339、0348、0350、0352、0361 小班, 共 9 个小班的 213.11 公顷的低质低效林地或疏林地进行了封山育林作业设计和实施;

(5) 2016 年对 2 林班 0020、0021、0029、0038、0055、0077 小班, 3 林班 0260、0265 小班, 8 林班 0104 小班, 9 林班 0112、0113 小班, 共 11 个小班的 225.08 公顷林林进行了抚育作业设计和实施;

(6) 2017 年对 15 小班 3789、3869 小班, 共 2 个小班的 22.63 公顷低质低效林地或疏林地行了封山育林作业设计和实施。

森林抚育和封山育林工作按照设计文件实施，不涉及到土地利用变化，没有发生重大影响项目计划导致偏移的其他情况。具体抚育和封山育林情况见表 1。

B.3 额外性论证

根据《计量监测方法》中的规定，后河保护区宜昌林业碳票项目属于以保护和改善人类生存环境、维持生态平衡等为主要目的造林、森林经营项目，在计入期内除碳汇收益外难以获得其他经济收入，不具备财务吸引力，且在国家重点生态功能区开展的碳票项目，因此可以免于论证。

C 监测方法

C.1 监测方法与样地布设

C.1.1 监测方法

地上生物质是林业碳汇的主要来源，依据《计量监测方法》，以及实际监测的可操作性，本项目选择地上生物质乔木层作为主要碳库。

乔木层调查：本次项目样地设置均按照投影面积 400 m^2 ，样地投影边长 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 的形状设置样地（样地测量闭合差 $\leq 0.5\%$ ），样地内林木和管理方式应与样地外完全一致。对样地内胸径 $\geq 5\text{cm}$ 的乔木每木检尺，记录其胸径，树种类型（软阔、硬阔、杉木、柳杉等）

C.1.2 样地布设

(1) 样地数量

连续面积 ≤ 12 公顷时,样地数量至少为3个(面积 ≤ 1200 m²时全查);连续面积 >12 公顷时,项目监测所需的样地数量,采用如下方式进行计算:

$$n = \frac{t^2 \times C^2}{E^2} \times B \quad (1)$$

(1) 式中,

n: 系统抽样样地数;

t: 可靠性指标,取 1.645;

C: 变动系数;

E: 允许误差,取 0.1;

B: 安全系数,取 1.1。

变动系数按以下经验公式计算:

$$C = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{6 \cdot y} \quad (2)$$

(2) 式中,

y_{\max} : 总体单元中的最大标志值(如项目范围内公顷蓄积最大值);

y_{\min} : 总体单元中最小标志值(如项目边界内公顷蓄积最小值);

y: 总体平均值,等于总标志值(如总蓄积量)除以总面积。

分配到各小班的样地数量,按照下列分配法进行计算,各小班的样地数量最低3个。

$$n_i = n \times \frac{A_i}{A} \quad (3)$$

(3) 式中,

n_i : 项目边界内第 i 小班计算总碳储量所需监测的样地数量;

A_i : 第 i 项目小班的面积, 单位为公顷 (hm^2);

A : 项目总面积, 单位为公顷 (hm^2)。

后河保护区宜昌林业碳票项目边界内的林地包含 3 个连续地块, 31 个小班。3 个连续地块的面积均大于 12 公顷。查阅 2019 年二类清查结果, 根据连续地块内的小班面积 (公顷)、小班公顷蓄积、平均公顷蓄积等数据, 参照公式 (2), 计算出不同地块的变动系数 C , 分别为 0.24、0.21 和 0.13。再根据公式 (1) 计算连续地块的样地数量, 分别为 17.1 个、3.1 个和 5.0 个。再根据公式 (3) 计算每个小班的样地数量。计算得到的单个小班样地数量均不足 3 个, 因此实际野外监测每个小班样地数量取 3 个, 共 93 个样地。各小班样地数量和分配详见表 2。

表 2：小班样地数量和分配表

地块	小班编号	小班面积 (公顷)	平均公顷蓄积 (m ³)	连续斑块面积 (公顷)	公顷蓄积最大值 (m ³)	公顷蓄积最小值 (m ³)	公顷蓄积平均值 (m ³)	变动系数 C	计算地块样地数量 (个)	计算小班样地数量 (个)	实际样地数量 (个)	样地间距 (m)
1	0127	31.06	179.5	229.14	251.00	71.4	123.71	0.24	17.1	2.3	3	321.8
	0113	28.34	71.40							2.1	3	307.4
	0112	33.47	130.40							2.5	3	334.0
	0144	15.52	81.30							1.2	3	227.4
	0115	23.54	110.20							1.8	3	280.1
	0104	15.48	251.00							1.2	3	227.2
	0080	25.55	89.00							1.9	3	291.8
	0046	34.44	87.50							2.6	3	338.8
	0036	21.73	113.10							1.6	3	269.1
2	0020	18.48	75.40	239.30	228.70	70.00	125.58	0.21	13.1	1.0	3	248.2
	0021	18.22	92.80							1.0	3	246.4
	0038	17.50	122.50							1.0	3	241.5
	0055	16.30	119.00							0.9	3	233.1
	0067	24.28	169.8							1.3	3	284.5
	0058	21.24	91.70							1.2	3	266.1
	0091	27.50	70.00							1.5	3	302.8
	3869	13.94	75.60							0.8	3	215.6

	3789	7.45	155.30							0.4	3	157.6
	0077	3.85	134.90							0.2	3	113.3
	0260	28.15	195.4							1.5	3	306.3
	0029	34.26	101.5							1.9	3	337.9
	0265	8.14	228.70							0.4	3	164.7
	0321	23.34	75.80		118.90	55.60	79.09			0.6	3	278.9
	0339	25.40	75.30							0.6	3	291.0
	0335	29.41	118.90							0.7	3	313.1
	0350	19.59	87.30							0.5	3	255.5
3	0348	18.42	75.30	202.87				0.13	5.0	0.5	3	247.8
	0336	18.70	78.70							0.5	3	249.7
	0327	12.44	55.60							0.3	3	203.6
	0352	26.51	75.90							0.7	3	297.3
	0361	29.07	69.00							0.7	3	311.3
	合计										93	

(2) 样地布设

各项目小班内样地空间分布采用系统布点的方法，在 GIS 平台上，以 1:10000 遥感影像图为基础，在项目边界内随机确定起点后，以计算出的样地间距（d）为参照，从上至下、从左至右按公里网布设样地，记载各样地的图面纵、横坐标。所有样地布点落实到森林资源分布图上，为避免边际效应，样地边缘应离项目边界 10 m 以上。

样地间隔距离根据抽样样地数与其总面积来计算，样地之间的间隔距离计算公式如下。

$$d = \sqrt{\frac{A}{N}} \times 100 \quad (4)$$

(4) 式中，

d: 为样地间距，单位为米（m）；

A: 小班面积（公顷）；

N: 小班样地数量。

计算得到各小班内 3 个样地的间距见表 2。样地间距在 113.3-338.8m 之间。综合计算得到的样地间距以及野外调查时样地设置的可操作性，相应调整小班的样地间距。最终实际各个小班的样地布设情况如图 3（1 号地块）、图 4（2 号地块）和图 5（3 号地块）。

后河保护区林业碳票调查小班分布图

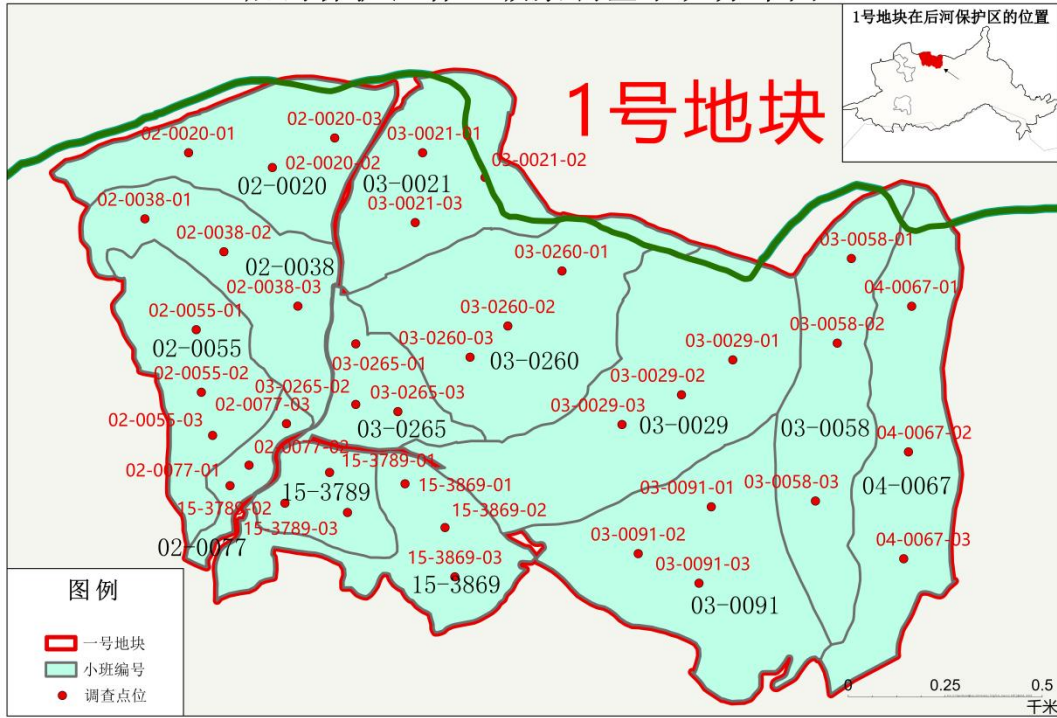


图 3 1 号地块小班及小班样地分布

(注：小班样地以“林班号+小班号+样地连续编号”标注，如 3-0029-01，3-0029-02，3-0029-03，即为 3 号林班内的 0029 号小班的 3 个样地)

后河保护区林业碳票调查小班分布图

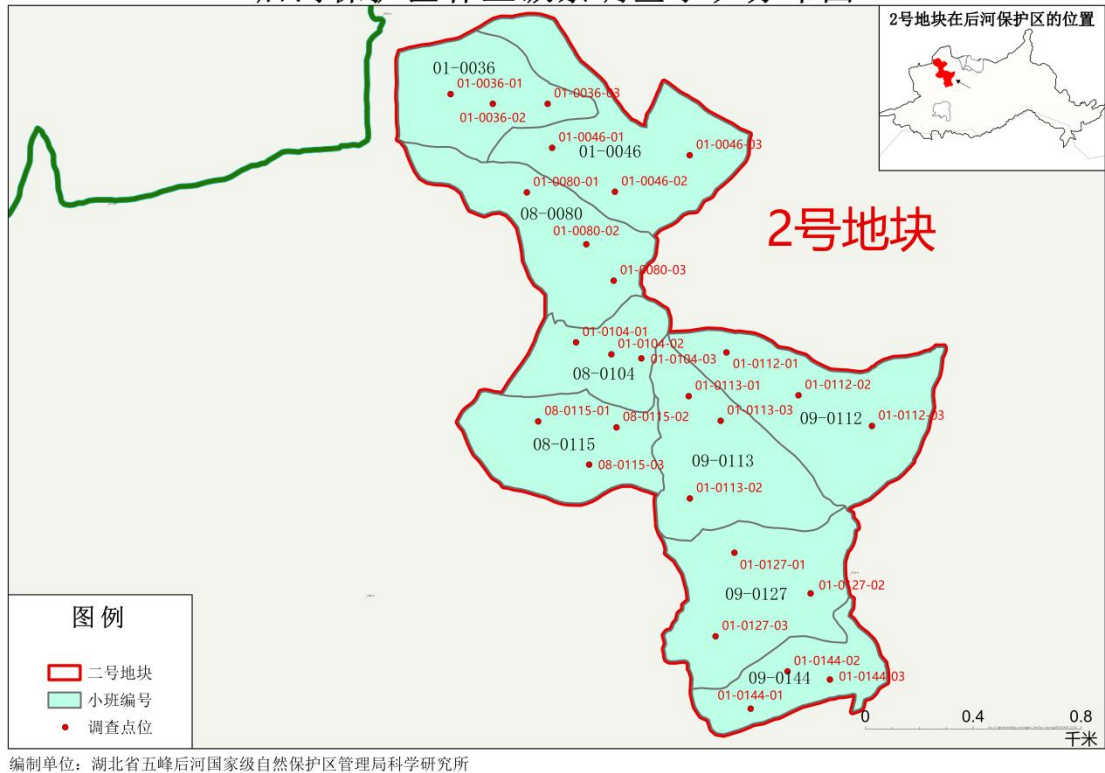


图 4 2 号地块小班及小班样地分布

后河保护区林业碳票调查小班分布图

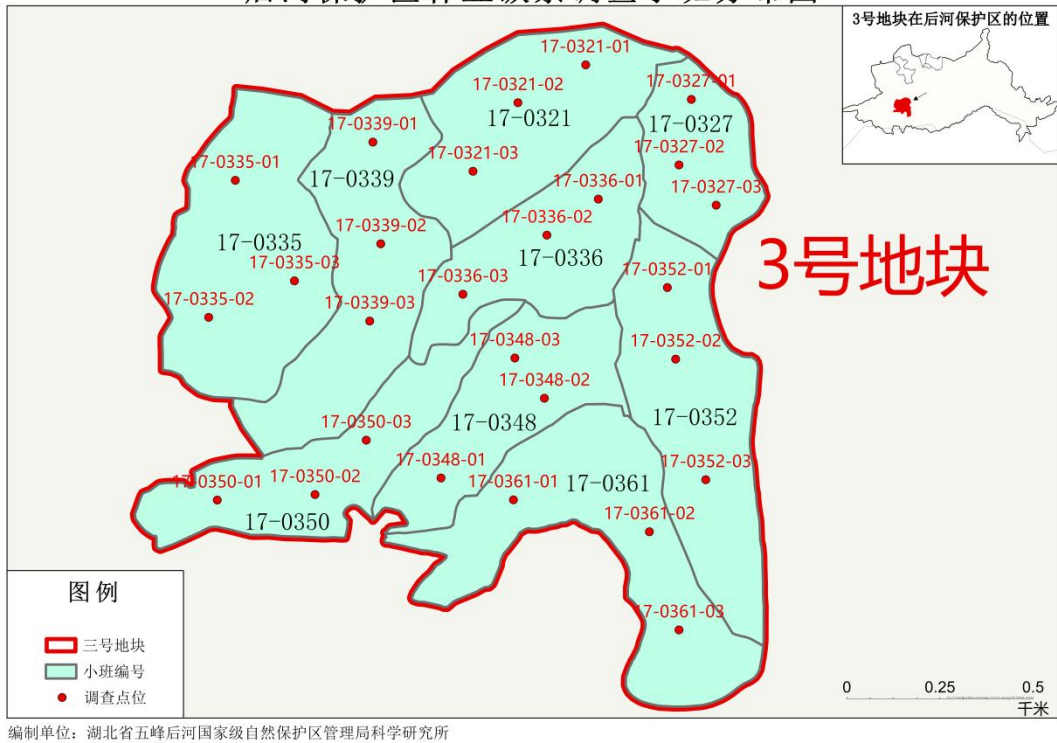


图 5 2 号地块小班及小班样地分布

C.2 小班蓄积量

本次碳票项目涉及小班 31 个，以 2019 年保护区森林资源二类调查的结果作为第一个监测间隔期开始时的底数。

2019 年，后河管理局严格按照湖北省森林资源规划设计调查（简称湖北省二类调查）操作细则的规定，对保护区内的森林进行资源调查。调查的主要任务是查清森林、林地和林木资源的种类、数量、质量与分布，客观反映调查区域自然、社会经济条件，综合分析评价森林资源与经营管理现状，提出对森林资源培育、保护与利用意见。

查询二类调查的结果，可知第一监测期开始（t1）时的小班林分组成、蓄积量等情况。本次野外实测结果即第一监测期结束（t2）时多的小班蓄积量。核算得到 t1 期乔木总蓄积量 74622.80m^3 ，t2 期乔木总蓄积量 134400.49m^3 ，第一监测期内乔木蓄积量增量为 59777.69m^3 。第一监测期开始和第一监测结束的各小班蓄积量详见表 3。

表 3：第一监测期开始和第一监测期结束小班蓄积量

小班号	小班面积 (公顷)	2025 年平均年 龄	第一监测期开始 (t1)				第一监测期结束 (t2)		
			平均 胸径 (cm)	平均 树高 (m)	公顷蓄 积(m ³)	乔木蓄 积(m ³)	平均胸 径(cm)	平均树 高(m)	乔木蓄积 (m ³)
0046	34.44	36	10.6	7.8	87.5	3013.5	13.6	11.4	6137.01
0036	21.73	38	12.8	9.5	113.1	2457.7	12.9	9.9	3792.03
0020	19.15	37	12.4	11.4	75.4	1443.9	12.1	10.8	3191.59
0055	16.3	41	11.2	10.2	119	1939.7	13.4	11.7	2949.31
0038	18.46	38	13	11.6	122.5	2261.4	14.0	11.7	3861.87
0077	4.14	21	13	11.8	134.9	558.5	15.6	14.0	1091.63
0021	19.2	44	10.1	9.1	92.8	1781.8	17.7	15.2	4179.52
0029	34.26	37	10.7	8.6	101.5	3477	13.4	13.3	6152.68
0058	21.24	41	11.6	10.1	91.7	1947.7	16.1	12.3	3928.73
0091	28.23	40	9.8	9.6	70	1976.1	11.8	11.0	4293.54
0260	28.15	39	8.6	8.2	195.4	5459.6	16.9	17.3	9455.87
0265	8.14	39	14.1	13.8	228.7	1861.6	17.3	16.9	2236.62
0067	25.59	31	11.1	8.8	169.8	4344	21.1	15.3	10549.29
0104	15.48	36	12	10	251	3885.5	19.1	15.4	5770.04
0115	23.54	31	8	5.8	110.2	2594.1	12.9	11.7	4112.34
0080	25.55	36	10.4	8.2	89.9	2296.9	13.3	9.4	4578.50
0113	28.34	28	9.4	8.8	71.4	2023.5	16.3	14.5	6660.72
0112	33.46	28	10.8	9.9	130.4	4363.2	14.1	12.4	5247.88
0127	31.2	28	9.9	8.9	179.5	5599	18.8	13.7	13935.09
0144	20.85	28	10.5	10.1	81.3	1695.1	14.2	11.4	3752.56
3869	14.91	46	10.4	8.6	75.6	1127.2	12.8	11.3	1522.20
3789	7.72	46	16.1	13.6	155.3	1198.9	19.7	16.8	3067.64
0339	27.26	41	10	8	75.3	2052.7	11.8	10.9	2602.35
0335	31.38	48	12.6	10	118.9	3731.1	15.0	11.1	4566.53
0336	18.7	38	11.3	9	78.7	1471.7	11.7	11.3	1881.95
0352	26.51	36	8.6	7	75.9	2012.1	12.7	10.2	3157.82
0350	19.62	26	8.8	6	87.3	1712.8	12.6	10.4	2213.88
0348	18.54	46	12.4	9.5	75.3	1396.1	14.3	10.4	2099.92
0361	29.08	46	11.1	10	69	2006.5	10.6	10.2	2409.17
0321	29.58	31	8.4	6	75.8	2242.2	13.2	11.5	3544.87
0327	12.44	31	8.6	6.5	55.6	691.7	11.7	10.7	1457.34
合计						74622.80			134400.49

t2 与 t1 期乔木蓄积量差值	59777.69m ³
------------------	------------------------

D 林业碳票碳减排量核算

D.1 项目碳储量

D.1.1 乔木碳储量计算

$$C_{AF,t} = \sum_i \sum_j \left[\left(V_{AF,i,j,t} \times SVD_j \times BEF_j \times (1 + R_j) \right) \times CF_{AF} \right] \quad (5)$$

(5) 式中,

$C_{AF,t}$: 第 t 年时, 乔木碳储量, 单位为吨碳 (tC);

i: 项目小班, $i=1, 2, 3, \dots, n$, 无量纲

j: 树种 (组), $j=1, 2, 2, \dots, n$, 无量纲;

$V_{AF,i,j,t}$: 第 t 年时, 第 i 小班第 j 树种 (组) 蓄积量, 单位立方米 (m^3);

CF_{AF} : 乔木生物类含碳率, 单位为吨碳每吨, 采用缺省值 $0.5tC (t.d.m)^{-1}$ 。

根据小班不同树种蓄积量, 小班面积以及上述计算公式, 计算得到监测期开始时 (t1) 乔木碳储量 27286.83tC, 监测期结束时 (t2) 乔木碳储量 45035.52tC。小班乔木碳储量详见表 4。

表 4：监测期开始和监测期结束乔木碳储量

小班号	监测期始 (t1)		监测期结束 (t2)	
	乔木蓄积量 (m ³)	乔木碳储量 (tC)	乔木蓄积量 (tC)	乔木碳储量 (tC)
0036	2457.7	1089.21	3792.03	1495.34
0046	3013.5	1042.53	6137.01	2157.03
0080	2296.9	819.40	4578.50	1646.88
0104	3885.5	932.33	5770.04	1413.39
0112	4363.2	1452.56	5247.88	1574.95
0113	2023.5	918.61	6660.72	1800.98
0127	5599	2069.77	13935.09	3451.08
0144	1695.1	736.56	3752.56	1088.60
0115	2594.1	897.44	4112.34	1307.14
0020	1443.9	583.75	3191.59	1629.36
0038	2261.4	816.39	3861.87	1491.04
0055	1939.7	750.62	2949.31	942.41
0077	558.5	152.97	1091.63	294.56
0021	1781.8	758.82	4179.52	1277.91
0260	5459.6	2018.24	9455.87	2690.14
0265	1861.6	462.81	2236.62	580.75
3789	1198.9	287.68	3067.64	907.11
0029	3477	1540.94	6152.68	2107.34
0058	1947.7	787.44	3928.73	1262.61
0091	1976.1	781.98	4293.54	2161.52
0067	4344	1800.14	10549.29	2810.45
3869	1127.2	543.39	1522.20	578.17
0321	2242.2	732.09	3544.87	1827.38
0335	3731.1	1218.23	4566.53	2339.60
0336	1471.7	623.61	1881.95	917.61
0339	2052.7	670.22	2602.35	1128.07
0327	691.7	360.35	1457.34	759.22
0348	1396.1	455.84	2099.92	685.64
0350	1712.8	592.55	2213.88	771.25
0352	2012.1	735.22	3157.82	1151.37
0361	2006.5	655.14	2409.17	786.61
合计	74622.8	27286.83	134400.49	45035.52
t2 与 t1 期碳储量差值:17748.69tC				

D.2 项目碳储量变化量

项目监测期内的碳储量的变化量 ΔC_{PROJ} 等于监测间隔期开始时 (t_1) 和结束时 (t_2) 的总碳储量之差, 第一个监测期开始时的总碳储量即为计入期总碳储量。

按下列公式计算:

$$\Delta C_{\text{PROJ}} = C_{\text{PROJ},t_2} - C_{\text{PROJ},t_1} \quad (6)$$

(6) 式中:

ΔC_{PROJ} : 监测间隔期内各林分总碳储量的变化量, 单位为吨碳 (tC);

C_{PROJ,t_1} : 监测间隔期开始时 (t_1) 项目的总碳储量, 单位为吨碳 (tC);

C_{PROJ,t_2} : 监测间隔期结束时 (t_2) 项目的总碳储量, 单位为吨碳 (tC)。

监测期开始时 (t_1) 乔木碳储量 27286.83tC, 监测期结束时 (t_2) 乔木碳储量 45035.52tC, 核算得到监测间隔期内总碳储量的变化量 17748.69tC。

D.3 项目温室气体排放量

项目边界内若发生森林火灾或人为火烧引起生物质燃烧造成非二氧化碳温室气体 (CH_4 和 N_2O) 排放, 燃烧发生后直接扣除项目边界内引起生物质燃烧的地块, 不再纳入项目

监测和计量范围。

后河保护区宜昌林业碳票项目边界内林地在本监测期内未发生森林火灾或认为火烧引起的生物质燃烧造成的温室气体排放。

D.4 林业碳票碳减排量

林业碳票碳减排量（CER）的计算方法：

$$\text{CER} = \frac{44}{12} \times \Delta\text{CPROJ} \times (1 - \text{K}_{\text{RISK}}) \quad (7)$$

(7) 式中，

CER：林业碳票碳减排量当量，单位为吨二氧化碳当量（tC）；

ΔCPROJ ：总碳储量的变化量，单位为吨碳（tC）；

44/12：碳转换为二氧化碳的转换系数；

K_{RISK} ：项目的非持久性风险扣减率，取值 10%。

经过核算，本监测期内，后河保护区宜昌林业碳票项目 693.19 公顷林地内，林业碳票碳减排量(CER)为 58570.68tC。

附件

1. 项目实施方案
2. 二类清查本底数据
3. 林地权属证明
4. 外业调查表
5. 项目边界及小班矢量图、外业调查照片
6. 蓄积量、碳储量计算表
7. 本报告使用的缺省数据

报告引用的主要优势树种（组）参考值

树种类别	缺省值		
	生物量扩展因子 (BEF)	木材密度 (D)	根冠比 (R)
杉木	1.299	0.3071	0.203
柳杉	1.271	0.2893	0.268
硬阔类	1.385	0.6062	0.241
软阔类	1.273	0.4222	0.215

报告引用的一元立木材积公式

树种	区划类别	公式
杉木	鄂西南杉木	$V=0.000058777042D^{1.9699831}H^{0.89646157}$ $D=-0.22853712+0.98797212d$ $H=56.012561-4023.9105/(d+73)$
阔叶树	鄂西南软阔	$V=0.000050479054 D^{1.908505}H^{0.99076507}$ $D=-0.14939824+0.98795891d$ $H=31.840139-879.79900/(d+27)$
	鄂西南硬阔	$V=0.000050479054 D^{1.908505}H^{0.99076507}$ $D=-0.38281345+0.99516880d$ $H=28.869903-657.13107/(d+21)$
说明	V: 材积 (m ³); d: 胸径 (cm); D: 直径 (cm); H: 树高 (m)	