

Research on the Carbon Sequestration Effect of Guangyang Bay Ecological Restoration Project

Qi Qin¹ Lide Wang¹ Yongzhi Chen² Shaojun Zhou¹ Xiaolang Zeng¹

1. CCCC Southwest Urban Development Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610041, China

2. Chongqing Huankeyuan Boda Environmental Protection Technology Co., Ltd., Chongqing, 401147, China

Abstract

Ecological restoration is an important means to maintain the health of the ecosystem, among which the greening promotion is also an effective means to fix carbon. Based on the research object of Guangyang Bay ecological restoration and greening improvement project as the research object, this paper analyzes the project scenario, calculates the emission reduction after the implementation of the greening improvement project according to the methodological ideas of the carbon sink project, and studies the carbon sequestration effect of different vegetation combinations according to the greening and seed selection of the project. Provide suggestions for the greening promotion construction scheme of the same type of projects in the later period. The results show that the greening improvement work can significantly increase the carbon sequestration effect, and the proportion of trees in the greening vegetation (especially hard broad-leaved trees) can be appropriately increased in the early design.

Keywords

ecological restoration; greening and improvement; carbon fixation

广阳湾生态修复工程绿化提升固碳效应研究

秦琪¹ 王立德¹ 陈勇志² 周绍军¹ 曾小浪¹

1. 中交西南城市开发有限公司, 中国·四川 成都 610041

2. 重庆环科源博达环保科技有限公司, 中国·重庆 401147

摘 要

生态修复是一种维护生态系统健康的重要手段, 其中采用绿化提升也是一种有效的固碳手段。基于广阳湾生态修复绿化提升工程为研究对象, 分析项目情景, 按照碳汇项目方法学思路测算绿化提升工程实施后减排情况, 并结合工程绿化选种情况研究不同植被搭配的固碳效应。为后期同类型工程的绿化提升施工方案提供建议。结果表明: 绿化提升工作能够显著增加固碳效应, 在前期设计中可适当提高绿化植被中的乔木占比(尤其是硬阔叶木)。

关键词

生态修复; 绿化提升; 固碳

1 引言

生态修复是在生态学原理下, 结合各类工程领域, 通过优化组合, 以达到最佳效果和最低耗费的一种综合修复环境的方法^[1]。自 2000 年开始进行大规模生态修复以来, 中国生态系统质量有大幅度提升, 国家“十四五”规划也将国土空间生态修复提到一个新的高度, 以“整体规划、统一部署、系统治理和精准施策”的总体思路, 提升生态系统的服务功能和质量。随着中国双碳目标提出, 生态修复作为一种维护生态系统健康的重要手段, 其植被提升在恢复生态功能的同时, 较为明显的固碳效益也逐渐被关注。对于林草碳汇效益, 根据国内外学者多年的研究结果, 林草生态系统是地

球陆地生态系统的主体, 是应对气候变化的一个关键因素, 也是陆地表面最大的碳库^[2], 估算绿地植被的碳汇是减碳工作中的重要内容。

目前, 陆地植被的碳汇测算方法已不断成熟: 于贵瑞等人从植被生产力和固碳速率方面研究了区域尺度的增汇潜力测算^[3]; 周伟等人通过采用遥感技术以及 CITYgreen 模型研究城市区域的绿地固碳效益^[4]。对于小区域尺度, 目前主流的计算方法是以植被生物量法为基础, 该方法可通过生物量实测^[5]或者按照材积表方程进行估算。已发布的《碳汇造林项目方法学》以及《竹子造林碳汇项目方法学》^[6]中也明确了绿地植被(乔木、灌木及竹子)的碳汇计算和监测方法。生态修复工程是一项系统性的工程, 其中仅植被绿化即包括乔木、灌木、竹林以及草地等不同类型, 同时对于有景观需求的工程还穿插步道、景观小品以及河道整治等, 已

【作者简介】秦琪(1991-), 男, 中国重庆人, 工程师, 从事安全环保及施工管理研究。

发布的方法学只针对单一碳汇项目，其规定有非常明确的适用条件，并有严格的计算或监测过程，并不适用于生态修复工程固碳效益研究，但方法学中提出的计算过程为单个植被类型（乔木、灌木、竹林等）的固碳计算提供了一种思路。

本次研究旨在以广阳湾生态修复绿化提升工程为研究对象，结合工程实际实施植被类型，以方法学为总体研究思路，并结合已有研究成果，分别进行造林碳汇计算，并以此分析不同植被比例下的单位面积碳汇量，为后期同类型工程的植被分配选型情况提供技术参照。

2 研究背景

2.1 研究工程概况

广阳湾片区生态修复 EPC 工程位于重庆市南岸区广阳岛南侧，于东南侧环抱广阳岛。整个生态修复工程总占地 245hm²，包含植被整治、消落带治理、梯田整改、草甸补填、步道建设、建筑改造保护利用以及水系整改等。其中植被整治工程包括：清表除杂、拆除、土石方开挖、回填、绿化地形塑造绿化、苗木绿化栽植、管养等。工程段包括大兴场、登台岗、牛头山、回龙桥、河口场。工程周边位置情况，见图 1。

生态修复绿化提升工程选取植被包括乔灌木（包括竹林）以及草皮种植，见表 1。

2.2 基础数据采集

项目实施前基线情景场地现状通过工程调查资料并结合卫星遥感历史影像（拍摄日期 2020 年 3 月）分析；项目

实施后情景通过实地调查以及航拍影像并结合卫星遥感影像分析。



图 1 工程所在位置情况

2.3 数据处理

通过对项目实施前后对比，结合实调数据按照工程段进行统计，并划定绿化提升后连续面积不少于 0.0667hm²（1 亩）的地块，见表 2。

3 研究方法

3.1 碳汇项目方法学

绿化提升工程乔木及灌木固碳效应参照《碳汇造林项目方法学》（版本号 V01）。竹林固碳效应参照《竹子造林碳汇项目方法学》（版本号 V01）计算。本次研究范围内绿化提升是以事前分析为主，对于绿化实施后植被固碳后的生物量变化无法进行测量，因此乔木的生物量变化取区域活立木年均蓄积量增长率 7.62%^[7]。

表 1 广阳湾片区生态修复 EPC 工程绿化提升植被选取情况

区段	绿化提升工程量	主要植被
大兴场段	乔木逾 2000 株，灌木逾 2 万株	乌桕、冬青、北碚榕、刺梨、芭茅、慈竹等
登台岗段	乔木逾 1500 株，灌木逾 3 万株，地被栽植 3400m ²	乌桕、红花槭（美国红枫）、黄葛树、海棠、桂花、早樱、慈竹、南天竹、刺梨、三角梅等
牛头山段	乔木逾 2 万株，灌木逾 30 万株，地被栽植 9000m ²	乌桕、黑松、冬青、紫薇、樟树、山茶、朴树、慈竹、雷竹、毛竹（楠竹）、刺梨、杜鹃、芭茅等
回龙桥段	乔木逾 6000 株，灌木逾 122 万株，地被栽植 18900m ²	乌桕、栎树、规划、樟树、海棠、黄葛树、朴树、慈竹、芭茅、火棘、黄荆等、杜鹃、月季等
河口场段	乔木逾 800 株，灌木逾 2000 株	乌桕、冬青、红枫、栎树、杜鹃等

表 2 绿化提升区域规模

内容		大兴场	登台岗	牛头山	回龙桥	河口场	总计
乔木 (不含竹林)	种植数量（株）	1208	490	3923	3089	883	9593
	其中硬阔	669	213	1683	1174	548	4387
	其中软阔	539	277	931	1859	335	3841
	其他（松、杉等）	0	0	1309	56	0	1365
灌木种植数量（株）		21602	30519	314271	1221921	2260	1610573
乔灌搭配比例（其中乔木为 1）		1 : 17.9	1 : 62.3	1 : 85.2	1 : 395.6	1 : 2.6	—
竹林种植数量（株）		800	1120	18940	3850	0	24710
绿化提升 施工面积	植被种植面积（m ² ）	34611	12082	83739	88230	25638	244300
	面积占比（%）	14.17%	4.95%	34.28%	36.12%	10.49%	100.00%

3.2 研究思路

本次研究思路总体按照方法学中的计算步骤：①首先确定项目边界为生态修复工程绿化提升所涉及边界。②碳库选择：绿化提升后的地上及地下生物量、枯死木及枯落物生物量，结合项目特征，项目边界内不涉及农田农作物，因此基于保守型原则暂不考虑土壤有机碳，暂不考虑木产品^[8]。③温室气体排放源选择：本次研究仅考虑生物量储量变化吸收的 CO₂，事前分析过程暂不考虑林地火灾以及采伐情况，因此不考虑 CH₄ 及 N₂O。④碳层划分：整体按照主要植被类型（不同树种）、不同工程段划分碳层。

固碳效益计算式为：

$$\Delta C_{AR,t} = \Delta C_{AR_TS,t} + \Delta C_{AR_BAMBOO,t} \quad (1)$$

其中， $\Delta C_{AR,t}$ 为第 t 年时的减排量（单位 tCO₂e.a⁻¹，下同）； $\Delta C_{AR_TS,t}$ 为第 t 年时的乔木及灌木减排量； $\Delta C_{AR_BAMBOO,t}$ 为第 t 年时的竹林减排量。

$$\Delta C_{AR_TS,t} = \Delta C_{p_TS,t} - \Delta C_{BSL_TS,t} \quad (2)$$

其中， $\Delta C_{p_TS,t}$ 为第 t 年时的项目乔木及灌木碳汇量； $\Delta C_{BSL_TS,t}$ 为第 t 年时的基线情景乔木及灌木碳汇量。

$$\Delta C_{AR_BAMBOO,t} = \Delta C_{p_BAMBOO,t} - \Delta C_{BSL_BAMBOO,t} \quad (3)$$

其中， $\Delta C_{p_BAMBOO,t}$ 为第 t 年时的项目竹林碳汇量； $\Delta C_{BSL_BAMBOO,t}$ 为第 t 年时的基线情景竹林碳汇量。

上述(2)式及(3)式再分别按照《碳汇造林项目方法学》《竹子造林碳汇项目方法学》中具体方法进行计算。

4 结果与分析

4.1 计算结果

广阳湾生态修复实施绿化提升后前后固碳效益情况，见表 3。

结果表明：广阳湾生态修复绿化提升工程固碳效应明显，工程实施后相比基线情景在典型年份全年可减少二氧化碳碳排放 124.77t。

4.2 分析与讨论

论文结合已有的研究成果，以广阳湾片区生态修复工程为研究对象。通过实地调研，获取了项目研究对象的基础数据，在此基础上，结合《碳汇造林项目方法学》和《竹子造林碳汇项目方法学》计算出项目典型年的减排量，形成如下结论：

①生态修复绿化提升工程带来明显的碳减排，实施后相比基线情景，在典型年可减少二氧化碳碳排放 124.77t。从不同植被类型的碳汇量看，各工程段均是乔木所形成的碳汇量占比最大，为 75.07%~99.58%。结合表 2 可以看出，虽然乔木在植被数量相比灌木及竹林偏少，但其碳汇效应贡献最大，直接反映出在生态修复中，植被类型搭配中乔灌比越大，则单位面积碳汇量也越大，与表 3 第 7.2 项中结果基本一致。因此，后续同类型工程在进行植被搭配时，在考虑经济成本以及游览景观感受下，适当提高乔木占比，可有效提高生态修复固碳效益。

表 3 绿化提升工程实施后固碳效应计算结果（典型年）

序号	项目		大兴场段	登台岗段	牛头山段	回龙桥段	河口场段	合计
1	基线碳汇量（tCO ₂ e.a ⁻¹ ）		13.787	5.539	33.357	28.906	11.873	93.46
2	项目边界内乔木 生物质碳储量变化 （tCO ₂ e.a ⁻¹ ）		35.782	11.066	70.469	36.708	34.159	188.18
3	项目边界内灌木 生物质碳储量变化 （tCO ₂ e.a ⁻¹ ）		0.186	0.077	0.585	0.420	0.143	1.41
4	竹林生物质碳储量变化 （tCO ₂ e.a ⁻¹ ）		1.104	1.566	22.821	3.142	0.000	28.63
5	项目碳汇量 （2）+（3）+（4） （tCO ₂ e.a ⁻¹ ）	碳汇量总计	37.073	12.710	93.875	40.270	34.302	218.23
		乔木占比	96.52%	87.07%	75.07%	91.15%	99.58%	86.23%
		灌木占比	0.50%	0.60%	0.62%	1.04%	0.42%	0.65%
		竹子占比	2.98%	12.32%	24.31%	7.80%	0.00%	13.12%
6	项目减排量（5）-（1） （tCO ₂ e.a ⁻¹ ）		23.285	7.170	60.518	11.364	22.429	124.77
7	关键指标：							
7.1	各工程段减排量占比		18.66%	5.75%	48.50%	9.11%	17.98%	—
7.2	单位面积碳汇量 （kgCO ₂ e.a ⁻¹ .ha ⁻¹ ）		1.07	1.05	1.12	0.49	1.34	—
7.3	单株乔木碳汇量 （kgCO ₂ e.a ⁻¹ .株 ⁻¹ ）		29.62	22.58	17.96	11.88	38.69	—

②结合表2中数据,修复工程绿化提升在选择乔木中,硬阔木及软阔木占比较大,从表3第7.3项计算结果看出:所选择的乔木类型中,硬阔木占比越大,其单株乔木碳汇量越大。因此在乔木选择上,可适当提高硬阔木,具有较好的固碳效益。

4.3 展望

论文是以实际工程为研究对象,具有特殊性,并不能完全代表生态修复工程的所有特点,所研究结果对生态修复植物群落的碳汇效益缺乏的指导性。经过本次研究成果,可作为后续同类型工程绿化提升在植被搭配上,从双碳角度出发进行选择的一种数据参考。

为了实现更大程度的固碳,需要在生态修复领域寻求新的突破,推动生态系统提质增效,全面加强资源保护,持续挖掘生态固碳增长的潜力,进一步推进生态修复治理工程和建设。当前,成熟的生态修复工程汇集了包括生态、工程、水利、环境等多项学科领域,后续随着开发愈加成熟,可考虑修复工程的碳汇产品,积极开展林业碳汇开发、核证,通过“碳惠通”生态产品价值转化通道,推动经济效益及生态

效益双提升。

参考文献

- [1] 贾国栋,张龙齐,余新晓.生态修复的固碳机制、实现途径及碳中和对策[J].水土保持通报,2022,42(5):393-397.
- [2] 刘世荣,马姜明,缪宁.中国天然林保护、生态恢复与可持续经营的理论与技术[J].生态学报,2015,35(1):212-218.
- [3] 于贵瑞,王秋凤,等.区域尺度陆地生态系统固碳速率和增汇潜力概念框架及其定量认证科学基础[J].地理科学进展,2011,30(7):771-787.
- [4] 周伟,李浩然.重庆市南岸区城市绿地演变及其固碳效益研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2020,39(7):121-125.
- [5] 王光华.北京森林植被固碳能力研究[D].北京:北京林业大学,2012.
- [6] 孟祥江,何丙辉,周恺,等.森林经营碳汇项目计量研究——以重庆万州马尾松林分为例[J].资源开发与市场,2014,30(4):444-447.
- [7] 第九次全国森林资源清查——重庆市森林资源第三次复查报告(2017年)[Z].
- [8] 四川叙永县竹资源生长状况调查研究[Z].