

解析林草工程在应对气候变化中的作用与策略

赵景双¹ 李爱国²

1 内蒙古自治区通辽市奈曼旗奈林国有治沙林场

2 内蒙古自治区通辽市奈曼旗八仙筒国有林场

DOI:10.12238/as.v8i10.3340

[摘要] 在全球温升突破1.1℃、9个气候临界点濒临突破的严峻形势下,林草工程作为“固碳增汇”与“生态缓冲”的核心载体,成为应对气候变化的关键自然解决方案。本文基于《联合国气候变化框架公约》COP28会议共识与我国林草碳汇试点实践,系统解析林草工程的多维作用机制:从森林、草原、湿地协同构成的“陆地碳库”实现减碳增汇,到通过生态调节与灾害缓冲增强气候适应力,再到维系生物多样性保障生态系统韧性。针对当前存在的碳汇计量精度不足、适应技术滞后、价值实现不畅等难点,提出“固碳增汇精准化、适应能力系统化、价值转化市场化、科技支撑智能化”的四维策略体系,结合塞罕坝碳汇交易、云南宁洱试点等案例,阐述科学经营、监测预警、金融赋能等具体路径,为林草工程服务“双碳”目标与气候治理提供实践范式。

[关键词] 林草工程; 气候变化; 碳汇功能; 气候适应; 价值实现

中图分类号: P467 文献标识码: A

Analyzing the role and strategies of forestry and grassland engineering in addressing climate change

Jingshuang Zhao¹ Aiguo Li²

1 Nailin State owned Sand Control Forest Farm, Naiman Banner, Tongliao City, Inner Mongolia Autonomous Region

2 Ba Xian Tong State owned Forest Farm, Naiman Banner, Tongliao City, Inner Mongolia Autonomous Region

[Abstract] In the severe situation of global temperature rise exceeding 1.1 °C and 9 climate critical points on the verge of breakthrough, forest and grassland engineering, as the core carrier of "carbon sequestration and sink enhancement" and "ecological buffering", has become a key natural solution to address climate change. This article is based on the consensus of the COP28 conference of the United Nations Framework Convention on Climate Change and the pilot practice of forest and grassland carbon sequestration in China. It systematically analyzes the multidimensional mechanism of forest and grassland engineering: from the "terrestrial carbon pool" composed of forests, grasslands, and wetlands to achieve carbon reduction and sink enhancement, to enhancing climate adaptation through ecological regulation and disaster buffering, and to maintaining biodiversity to ensure ecosystem resilience. In response to the current difficulties such as insufficient accuracy in carbon sequestration measurement, lagging adaptation technology, and poor value realization, a four-dimensional strategy system of "precise carbon sequestration and sink enhancement, systematic adaptability, market-oriented value transformation, and intelligent technological support" is proposed. Combined with cases such as Saihanba carbon sequestration trading and Yunnan Ning'er pilot project, specific paths such as scientific management, monitoring and early warning, and financial empowerment are elaborated to provide a practical paradigm for forest and grass engineering to serve the "dual carbon" goals and climate governance.

[Key words] forestry and grassland engineering; Climate change; Carbon sink function; Climate adaptation; Value realization

1 引言

1.1 研究背景与战略意义

全球气候变化已进入“危机应对期”,极端气候事件发生频率较工业革命时期增加5倍,经济损失增幅达7倍,对生态系统稳

定性是人类生存发展构成严重威胁。应对气候变化的核心路径集中于“减排”与“增汇”两大维度,其中林草生态系统以其覆盖范围广、固碳周期长、生态效益多元的特质,被联合国粮农组织认定为“最具成本效益的气候解决方案”。我国作为全球林草资源增长最快的国家,已通过“三北”防护林、天然林保护等工程构建起约6620亿吨碳储量的陆地碳库,占全球森林碳储量的近10%。在“双碳”战略与“山水林田湖草沙一体化保护”的国家部署下,林草工程被赋予“减缓和适应气候变化双重使命”。

1.2国内外研究与实践进展

国际层面,林草碳汇的气候价值已形成广泛共识,《昆明—蒙特利尔全球生物多样性框架》明确将“扩大生态系统碳汇”列为核心目标,欧盟通过“森林碳汇核算标准”推动跨区域碳汇交易。国内研究聚焦实践创新,自2022年启动18个市(县)及21个国有林场的碳汇试点以来,已探索出“生态司法+碳汇补偿”“大型活动碳中和”等多元模式。但现有研究仍存在短板:碳汇计量的精准性与国际接轨不足,适应气候变化的技术体系尚未系统化,价值实现机制与市场需求衔接不畅,亟待构建“作用一问题一策略”的完整研究框架。

2 林草工程应对气候变化的核心作用机制

2.1减碳增汇:构建陆地生态碳库

林草生态系统通过光合作用与有机质积累形成的“碳汇效应”,是缓解温室效应的天然屏障。联合国粮农组织数据显示,全球森林碳储量占陆地生态系统碳总量的60%以上,我国林草碳汇年增量已达12亿吨二氧化碳当量,相当于每年减少近1.3亿吨标准煤燃烧的排放量。

森林作为“核心碳库”,其固碳能力随林龄与经营水平提升而增强。研究证实老龄林仍保持稳定固碳能力,我国天然林保护工程通过禁伐管护,使单公顷森林碳储量年均增长0.8吨。草原与湿地则构成“辅助碳库”,河北省御道口林场的实践表明,草原与湿地碳汇项目可实现9.36万吨碳交易量,印证了非森林生态系统的碳汇潜力。三者协同形成的“森林—草原—湿地碳汇网络”,实现了大气碳的持续固定与长期储存。

2.2气候调节:增强生态系统适应力

林草工程通过生态功能调节,有效缓解气候变化带来的生态压力,提升区域气候适应能力。在微气候调节方面,森林通过蒸腾作用使周边气温降低3-5℃,北京平原造林工程使城市热岛效应强度下降17%;湿地则通过水分循环调节,使鄱阳湖周边区域年降水量增加8%,有效缓解干旱风险。

在灾害缓冲层面,林草植被构建起天然“生态防风墙”。三北防护林工程使区域沙尘暴日数减少40%,地表风速降低30%-50%;黄土高原退耕还林工程通过植被覆盖提升,使土壤侵蚀模数下降60%以上,显著减轻极端降雨引发的洪涝灾害。这种“主动调节+被动防御”的双重功能,成为应对极端气候的关键生态屏障。

2.3韧性维系:保障生态系统稳定

生物多样性是生态系统抵御气候扰动的“核心韧性源”,

林草工程通过栖息地保护与修复,维系了气候适应的基础条件。我国通过自然保护地体系建设,使90%的陆地生态系统类型得到保护,大熊猫、朱鹮等旗舰物种的恢复,带动了整个生态系统的稳定性提升。

林草工程构建的复合生态系统,进一步增强了气候适应的容错能力。云南宁洱碳汇试点通过营造混交林,使森林病虫害发生率降低35%,较纯林生态系统的气候抗逆性显著提升。正如生态学家指出的,“物种丰富度每提升10%,生态系统的气候扰动恢复能力可提升20%”,林草工程通过生物多样性保护,为气候变化应对提供了长效保障。

3 林草工程应对气候变化的现实挑战

3.1碳汇层面:计量精度与固碳效率存在显著短板

当前碳汇计量工作的科学性不足严重制约了生态价值的有效转化,主要表现在两个方面:一方面,现有碳汇计量方法学体系存在明显缺陷,对非持久性风险的考量严重不足。另一方面,固碳效率在不同区域间呈现严重失衡态势。特别是在干旱半干旱地区,由于树种选择过于单一化,人工林的单位面积碳汇量仅能达到天然混交林的60%左右;同时,部分工程项目过度追求造林数量而忽视质量,中幼林抚育管理措施严重滞后,直接导致单位面积碳汇增长速度降低25%以上。

3.2适应层面:技术体系滞后与防御能力明显不足

在应对气候变化适应性方面,我国仍面临严峻挑战。首先,针对极端气候事件的应对技术体系尚未健全。以华北地区为例,由于缺乏精准的林草生态系统监测网络,2024年汛期因林地内涝造成的碳储量损失就超过300万吨。其次,基础设施建设存在明显短板。全国范围内约20%的林区防火通道密度未达到安全标准,在极端高温天气频发的背景下,由此引发的森林火灾年均烧毁林地面积超过100万亩,严重削弱了森林生态系统的碳汇功能。

3.3机制层面:价值实现受阻与协同联动不畅

在体制机制方面存在三大突出问题:第一,碳汇市场与生态效益的衔接机制尚未建立。在当前企业履约需求主导的市场格局下,那些兼具生物多样性保护功能的优质碳汇项目难以获得应有的市场溢价。第二,跨部门协同存在严重壁垒。气象、林草、生态环境等关键部门的数据未能实现实时共享,导致气候风险预警信息与林草管护响应之间存在2-3天的时间差。第三,资金投入结构严重失衡。财政资金中约80%投向工程建设领域,而碳汇监测与科技创新等关键环节的投入占比不足5%。

3.4科技层面:创新支撑不足与转化应用乏力

科技创新方面面临双重困境:一方面,智能化监测技术应用覆盖率偏低。目前基层林草部门仍主要依赖传统人工巡护方式,对碳汇动态变化、病虫害扩散等关键信息的监测响应普遍滞后。另一方面,技术成果转化存在明显的“最后一公里”障碍。近自然经营、固氮树种混交等经过验证的增汇技术,在实际工程中的推广应用率不足40%,科研成果与工程实践之间存在严重脱节现象。

4 林草工程应对气候变化的优化策略

4.1 固碳增汇精准化: 全面提升碳库质量与固碳效率

系统实施“保碳-扩碳-增碳”三位一体的固碳增汇工程体系。在保碳方面,严格执行天然林全面禁伐政策,强化管护措施,依托国家公园体系建设,重点保护具有重要碳储存功能的老龄林生态系统。以塞罕坝为例,通过构建“人防+物防+技防”的立体化管护体系,实现了森林碳储量的持续稳定增长,年均增长率达到1.2%。在扩碳方面,坚持“以水定绿、适地适树”的科学原则,在年均降水量不足400毫米的干旱半干旱地区,优先发展灌木林和耐旱草原植被,科学配置水资源,避免因过度绿化造成生态用水紧张。在增碳方面,大力推广中幼林抚育、低效林改造等先进技术,河北省实施的“再造三个塞罕坝林场”项目通过混交林营造技术,显著提升了单位面积碳汇能力,增幅达40%。

4.2 适应能力系统化: 构建多层次气候防御体系

建立完善“监测-预警-处置”全链条、闭环式气候适应机制。在监测层面,整合气象、水文、林草等多源数据资源,构建跨部门、跨区域的高精度生态监测平台。云南省宁洱县作为试点地区,通过布设200个生态监测站点,实现了对气候风险的实时监测和精准感知。在预警层面,健全“卫星遥感识别-地面核查-信息速传”的快速响应机制,确保各类预警信息能够在12小时内准确传达至基层管护人员。在处置层面,重点加强林区排水系统、防火通道等基础设施建设,华北地区结合当地雨季降水特点,新建林地排水渠1.2万公里,有效降低了内涝灾害风险。

持续优化林草生态系统结构,增强气候适应能力。在极端降雨频发区域,构建乔灌木复合植被群落,显著提升水土保持功能;在干旱区域,增加固氮树种配置比例,改善土壤肥力,增强植被耐旱性;通过生态廊道建设,连接碎片化的生物栖息地,充分发挥生物多样性对生态系统稳定性的支撑作用。

4.3 价值转化市场化: 充分激活碳汇经济潜力

推动碳汇交易市场规范化、规模化发展,把握CCER市场重启机遇,扩大林草碳汇项目覆盖范围。借鉴塞罕坝成功经验,将森林、草原、湿地等不同类型碳汇资源整合开发,实现单次交易1600万元的经济价值转化;落实“免于额外性论证”的优惠政策,降低生态功能区碳汇项目开发门槛。

创新绿色金融服务模式,开发碳汇质押贷款、碳汇保险等多元化金融产品。河北省通过草原湿地碳汇项目与钢铁企业达成合作,实现645.9万元的经济价值变现。推广CCB标准认证,对兼具生物多样性保护功能的碳汇项目给予市场溢价,引导社会资本投向生态效益复合型项目。建立“公益性碳汇+可交易碳汇”分类管理机制,通过碳普惠、大型活动碳中和等多种应用场景,

拓宽碳汇价值实现路径。

4.4 科技支撑智能化: 强化创新驱动引领作用

构建“产学研用”深度融合的科技创新体系,与科研院所开展深度合作,共同研发高精度碳汇计量设备,开发数字化核算平台,将碳汇监测精度提升至95%以上。大力推广“竹代塑”“林草生物能源”等碳资源化利用技术,通过木竹材料替代化石基原材料,有效延长碳排放周期。

5 结语

林草工程作为应对气候变化的关键自然解决方案,在气候治理体系中发挥着不可替代的多维功能。其通过森林、草原等生态系统强大的碳汇功能扮演“减碳器”角色,持续吸收大气中的二氧化碳;作为“缓冲带”有效调节区域气候异常波动,缓解极端气候事件影响;同时作为“稳定器”维系生态系统的长期平衡与韧性。当前发展仍面临诸多挑战:碳汇计量方法学有待完善,监测技术体系亟需升级,生态产品价值实现机制尚不健全,这些瓶颈问题本质上反映了生态保护与市场机制、科技创新之间的协同不足。面向未来,需要从四个维度推动林草工程转型升级:在碳汇功能方面,通过高精度监测和科学经营实现固碳增汇精准化,提升单位面积碳库效能;在适应能力方面,构建多层次的生态防御体系,增强应对气候风险的韧性;在价值实现方面,健全生态产品价值实现机制,通过市场化手段激活绿色发展动能;在技术支撑方面,运用遥感、大数据等智能技术强化创新驱动。从塞罕坝百万亩人工林打造的“林海碳库”,到云南碳汇交易试点的制度创新,我国林草工程已探索出生态保护与经济发展协同推进的实践路径。展望未来,必须持续深化科学经营理念、完善市场化机制、强化科技创新驱动,才能全面提升林草生态系统在气候治理中的核心地位,使其真正成为应对气候变化的“绿色引擎”,为构建人类命运共同体贡献更具示范性的中国方案和中国智慧。

[参考文献]

- [1]孔维远,崔桂鹏,高攀,等.“三北”工程的林草科技探索与实践[J].林业科学,2025,61(07):72-82.
- [2]赵梓琨,高红凯.土地利用和气候变化加剧黄土高原根区最大水分亏缺[J].中国科学:地球科学,2025,55(7):2407-2424.
- [3]高建伦,王晶晶,白玥,等.退耕还林工程对陕西省气候的影响及其驱动机制[J].水土保持研究,2025,32(02):150-157.

作者简介:

赵景双(1968--),男,蒙古族,通辽市奈曼旗人,本科,林业高级工程师,研究方向:林草工程。