

Study on the Comprehensive Management Technology of Forestry Ecological Restoration and Afforestation in the Areas of Rock Desertification

Yunjun Long

Kaili City Forestry Bureau, Kaili, Guizhou, 556000, China

Abstract

The rocky desertification phenomenon in karst regions is a typical ecological degradation issue caused by geological fragility, warm and humid monsoon climate, and human activities, leading to soil impoverishment, soil erosion, and ecological function decline. Forestry ecological restoration and afforestation projects are key measures to curb the spread of rocky desertification. Based on the natural characteristics and degradation mechanisms of rocky desertification areas, combined with karst topography features, this study systematically explores critical components of forestry ecological restoration and engineering synergy pathways. It establishes a comprehensive management model of “ecological restoration—engineering reconstruction—systematic regulation” and a four-in-one governance technology system of “site-specific tree selection—micro-terrain modification—soil and water conservation—biodiversity enhancement.” Site-specific tree selection and optimized mixed forest structures significantly improve vegetation recovery quality; soil and water conservation with micro-terrain modification achieve dynamic balance of water and soil; an information-based monitoring system enhances the scientific rigor and sustainability of governance. The research findings provide technical support and practical references for ecological restoration in karst topography and the Qiandongnan region.

Keywords

rocky desertification; forestry ecological restoration; afforestation project; comprehensive management; ecosystem recovery

石漠化地区林业生态修复与营造林工程综合治理技术研究

龙云军

凯里市林业局, 中国·贵州凯里 556000

摘要

喀斯特地区的石漠化现象, 是地质脆弱性、温暖湿润季风气候以及人类活动共同作用下, 引发的土壤贫瘠、水土流失和生态功能衰退的典型生态退化问题。林业生态修复与营造林工程是遏制石漠化扩散的关键手段。本研究基于石漠化地区的自然特征与退化机理, 结合岩溶地貌特性, 系统探讨林业生态修复的关键环节与工程协同途径, 构建了“生态恢复—工程重建—系统调控”的综合治理模式, 以及“适地适树—微地形改造—保水固土—生物多样性提升”四位一体的治理技术体系。适地适树与混交结构优化可显著提高植被恢复质量; 水土保持与微地形改造能够实现水土动态平衡; 信息化监测体系可增强治理的科学性与可持续性。研究成果为喀斯特岩溶地貌及黔东南地区的生态修复提供了技术支持与实践参考。

关键词

石漠化; 林业生态修复; 营造林工程; 综合治理; 生态系统恢复

1 引言

黔东南喀斯特地区地貌破碎、岩溶发育明显, 土层浅薄, 保水能力欠佳, 生态环境脆弱。长期以来, 人类不合理的开发利用加剧了水土流失和植被破坏, 进而导致石漠化这一典型生态灾害的形成。石漠化不仅削弱了生态系统的调节功能, 还对区域经济和社会的可持续发展产生了制约。林业生态修复作为生态文明建设的重要组成部分, 在石漠化治理

中发挥着基础性作用。营造林工程通过重建植物群落和恢复生态过程, 实现土壤改良、水源涵养和生态稳定的目标。传统治理模式多以工程造林或单一物理措施为主, 忽视了生态系统内部的结构耦合与功能互补, 难以取得长期稳定的修复效果。当前, 随着生态修复理念向系统化和信息化方向发展, 综合治理成为提高石漠化治理效能的新途径。本文从区域特征、工程机制和技术体系入手, 构建石漠化地区林业生态修复与营造林工程的综合治理框架, 旨在为喀斯特地区的生态恢复提供科学依据和可操作的路径。

【作者简介】龙云军(1970-), 男, 苗族, 本科, 工程师, 从事营造林工程, 林业调查规划设计研究。

2 石漠化地区生态退化特征与林业修复需求

2.1 石漠化生态系统的退化机制

石漠化地区生态系统退化的关键在于植被、土壤和水文过程的系统性失衡。受岩溶地貌限制，土壤母质浅薄、发育缓慢且保水能力极差，降雨集中且强度较大，极易引发坡面径流和侵蚀，导致土层进一步剥蚀，裸岩化现象加剧。长期的人类活动，如过度放牧、毁林开垦和采矿等，改变了原有的植被群落结构，破坏了生态系统的能量流和物质循环。从微观结构层面来看，土壤团聚体破碎、孔隙度降低、微生物多样性退化，导致根系难以固定，地表水文过程紊乱。由此形成“少土—少草—少树—缺土—植被缺失—石漠化”的恶性循环。研究表明，水文过程失衡是石漠化生态系统退化的核心因素，因此治理应从恢复植被覆盖、调节水土循环入手，重构生态系统的物质和能量动态平衡。

2.2 林业生态修复的功能定位

林业生态修复在石漠化治理中具有基础性和系统性作用，其核心目标是恢复生态系统的自我调节和持续演替能力。修复工程不应仅关注提高植被覆盖率，还应兼顾水源涵养、土壤改良和生态服务功能的恢复。通过科学配置树种、重建多层次群落结构，可以增强系统的生态稳定性，提高其抵御外界干扰的能力。林木根系可以加固土壤、促进有机质积累，改善土壤通气 and 保水性能；多层次冠层结构有助于拦截降雨、削弱径流能量，从而降低侵蚀风险。同时，复合型林分生物多样性的提高，可以增强生态系统的抗逆性和碳汇功能。林业生态修复的实施还应与区域社会经济发展相结合，通过林下经济和生态旅游等方式实现生态和经济的双重效益。

2.3 石漠化治理的现实约束与发展机遇

石漠化地区的治理面临自然条件恶劣和经济投入不足的双重限制。地形复杂、土层浅薄、降雨不均等因素导致生态恢复周期长、维护成本高，传统造林模式往往难以实现可持续发展。然而，伴随生态文明建设以及“碳达峰、碳中和”战略的深入推进，石漠化综合治理迎来了前所未有的政策与技术契机。多源遥感监测、无人机地貌测绘以及智能水土保持系统的应用，大幅提升了退化过程监测以及生态修复效果评估的精准度。国家层面制定的生态补偿机制、绿色金融政策以及科技创新政策，尤其是针对石漠化地区的综合治理工程补贴政策，为大规模的生态治理工作提供了坚实的制度保障。未来，治理模式将由“单一修复”向“系统调控”转型，通过工程、生态与社会领域的协同推进，实现石漠化地区生态系统的高质量恢复以及长期稳定发展目标。

3 林业生态修复的综合治理技术体系

3.1 生态修复模式与植被结构优化

对于石漠化地区而言，科学合理选择生态修复模式是治理工作成败的关键所在。应综合考量地貌、气候、土壤

以及水文特征，构建乔、灌、草多层次配置的复合生态系统。混交林结构可增强系统的稳定性与抗逆性，乔灌草立体群落有助于实现光能、热能和养分的高效利用。在坡度较大的区域，可采用带状植被配置与水平沟工程相结合的技术体系，以降低径流强度、抑制土壤侵蚀现象。选用深根性、耐旱性强的树种，如马尾松、刺槐、青冈、麻栎、柏木、火棘等，能够提高地表固持力与水分保持能力。与此同时，结合乡土树种以及草本、藤本植物资源，开展适生性筛选工作，挑选出兼具生态效益与经济价值的先锋植物，如紫花苜蓿、香根草等草本和白芨、石斛等中药材，以此推动生态修复与农民增收的协同发展。借助生态模型模拟以及长期监测工作，对不同植被组合的生态效应进行动态优化，进而构建可持续的植被恢复结构，为区域生态系统的长期稳定提供坚实的技术支撑。

3.2 土壤改良与微地形工程调控

鉴于石漠化地区普遍存在土层浅薄、养分匮乏以及结构松散等问题，所以土壤改良成为生态修复工作的核心环节。应采取生物与工程相结合的措施，以恢复土壤肥力与物理稳定性。施用有机肥、生物炭和秸秆堆肥能够提高土壤有机质含量，改善团聚体结构与保水性能；种植豆科绿肥植物能够促进氮素固定以及微生物活性的提高。微地形改造工程，如坡地改水平梯带、挖鱼鳞坑、修拦山沟以及蓄水凹槽的建设，能够有效截留径流、促进土壤沉积与水分渗透。生物措施与微地形工程协同实施，能够在短期内显著改善土壤理化性质，增强水土保持能力，从而为林业生态修复提供稳固的基础环境。

3.3 生态监测与信息化管理平台

生态监测体系与信息化平台的构建，是石漠化治理科学化的重要保障。利用卫星遥感、无人机航测以及地面传感器等技术，能够实时监测植被覆盖变化、土壤湿度与地表侵蚀动态。结合地理信息系统（GIS）与遥感技术，可以实现对修复区域的空间分析、生态质量评估以及动态预警，这一方法已在生态环境评价和生态恢复中得到广泛应用。通过构建生态信息管理平台，整合气象、水文、土壤与生物多源数据，形成“监测→分析→决策→反馈→防治”的闭环管理体系，整合物联网传感器、AI图像识别系统，实现治理工程全过程的可视化追踪与评估，做到修复过程的智能管控。为政策制定与生态管理提供精准依据，推动石漠化地区生态修复从经验治理向数据驱动的智能治理转变。

4 营造林工程的系统协同机制

营造林工程需与水土保持、生态监测、产业培育等多维措施深度融合，构建“立地条件测评→树种选择→整地方式→抚育管理→效益评估”的全链条协同机制。依据立地条件差异，科学配置乔灌草比例，推广乡土树种与耐旱先锋树种的组合；同步实施坡改梯、拦山沟、小山塘、储水池、谷

坊等水土保持工程,合理布局、适地适树,提高造林成活率和保存率;依托信息化平台动态反馈林分生长和生态响应数据,优化抚育周期与管护策略,最终实现生态、经济和社会效益的有机统一。

4.1 生态目标与工程措施的融合

在石漠化治理中,营造林工程不仅承担着绿化使命,更为关键的是要实现生态系统功能的恢复,其目标在于构建多目标协同的生态林体系。在工程规划阶段,需与区域生态修复总体目标相契合,确立以涵养水源、固碳增汇、土壤改良、生态修复、生物多样性恢复以及区域经济发展等为综合导向,确保工程设计有助于生态系统的稳定。在实施过程中,采用梯级造林、封山育林与退耕还林协同推进的复合模式,达成工程结构与自然生态过程的有机统一。不同地形区域应选取适宜的造林技术与植被类型,例如缓坡区可实施带状造林,陡坡区则以封育措施为主,构建梯级稳定的植被格局。以生态功能为导向的工程举措,能够有效增强林分空间结构的合理性以及景观连通性,推动人工林逐步向稳定的自然生态系统演变,为石漠化地区的生态修复提供可持续的支撑。

4.2 水资源调控与工程配套技术

石漠化地区降雨在时空分布上具有不均衡性,这导致了水资源短缺问题,该问题对该区域林业生态的恢复形成了制约。石漠化区域的生态环境现状显示,地表植被破坏和水土流失致使水源涵养能力降低,降水难以得到有效储存和利用,进一步加剧了水资源短缺的状况。通过科学开展水资源调控以及配套工程建设,能够显著提高造林成活率以及生态系统水循环效率。应构建“集雨—蓄水—保湿”综合体系,依托山地地形条件,建设拦山沟、小型蓄水池、渗沟及拦沙坝,实现雨水资源的有效汇集与储存。结合滴灌、微喷和渗灌等节水技术,实现精准供水与高效利用。工程布局需兼顾生态安全与地形特征,优先在水源涵养区、严重侵蚀区及生态脆弱带开展系统治理。借助水文模拟与生态评估手段,开展林地水平衡分析,构建“水—土—植被”协调的工程体系。该机制不仅提升了林木的生理适应性,也为区域生态恢复提供了长期的水文保障。

4.3 林木种质创新与生态适应性研究

树种选择与种质改良是石漠化地区营造林工程成功的关键环节。应依据地带性原则与生态适应性规律,优先选用具有抗旱、耐瘠薄、高固碳潜力特性的乡土树种,如马尾松、麻栎、青冈、香樟、柏木等,构建适应性强、结构合理的群落系统。通过开展生态适应性试验,评估不同树种在水分胁迫、贫瘠土壤及高温环境下的生理响应特征。运用生物育种、分子标记与基因编辑技术,可培育出具有更强抗逆性与生态修复能力的优良品种。构建区域种质资源库与试验示范林区,实现“优种—优地—优法”的系统整合。适应性强的树种组合可促进土壤团聚体形成,改善微气候和生物多样性,增强生态系统的稳定性与自我修复能力,为石漠化地区提供

长期的遗传支持与可持续恢复动力。

5 石漠化地区综合治理的综合效益与推广模式

5.1 生态效益评估与系统响应

综合治理的核心目标是实现生态系统功能的整体恢复,其综合效益主要体现在生态过程的优化以及环境调节能力的显著提升上。通过科学的植被恢复和林业工程措施,区域地表径流减少了一定比例,土壤侵蚀强度显著降低,土壤含水率与有机质含量同步提高。林地碳储量的增加有效增强了生态系统的碳汇功能,为应对气候变化提供了生态保障。与此同时,植被恢复改善了地表能量平衡和水分循环,促进了地下水补给,缓解了旱季水资源短缺的状况。区域微气候趋于稳定,生态环境自我调节能力显著增强。自2024年起,在贵州黔东南典型石漠化区域各县的沅江源区石漠化综合治理工程实施过程中,采用可降解生态地膜固坡和雨水集蓄方式,初步监测显示植被盖度提升较快,土壤有机质年均增长明显。根据石漠化综合治理林草植被恢复工程效益评价指标数据来源及计算方法,林业生态修复与工程治理的叠加效应显著提高了生态系统的综合稳定性与服务功能。例如,凯里市通过实施多项林业生态工程,森林覆盖率从石漠化综合治理前的48.3%提高到目前的56.6%,石漠化土地面积大幅减少。相关数据清晰表明,林业生态修复与工程治理在增强生态系统服务功能方面成效显著。

5.2 社会经济效益与产业联动机制

石漠化地区的综合治理,不仅是一个单纯的生态修复过程,更是推动区域社会经济转型的关键契机。通过发展林下经济、生态旅游以及特色林产品加工产业,能够实现生态建设与经济发展的深度耦合,进而构建起“生态修复—产业培育—农户增收”的良性循环体系。在综合治理进程中,生态林业项目的实施借助以工代赈的方式,带动了农村劳动力就业,激发了乡村经济的活力,同时提升了农户参与生态保护的积极性。政府在政策和资金层面给予引导与支持,通过生态补偿机制、绿色金融以及产业扶持政策,促使资源要素向绿色产业汇聚。林业生态修复成果已拓展至林药、林菌、林蜂等复合产业领域,为当地提供了可持续的收益源泉。综合治理所产生的社会效益达成了生态保护与民生改善的双赢局面,使石漠化地区逐步迈向绿色低碳、生态富民的发展路径,实现了从“生态赤字”向“绿色增长”的转变。

5.3 综合治理的推广与制度保障

石漠化地区综合治理以林业生态修复与营造林工程为核心,必须构建完备的制度保障与政策支持体系。需要构建跨部门协同的治理机制,整合发改、林业、水利、农业、环保以及自然资源等多部门力量,形成合力推进的生态治理网络。通过制定区域生态修复技术标准和绩效考核体系,确保工程建设的规范化与科学化。国家及地方政府应出台长期生态补偿政策和资金激励措施,鼓励社会资本参与生态治理。

推广典型示范区建设,积累可复制的治理经验,借助科技创新平台和信息化监管系统,实现治理全过程的可视化与可追溯性。科研院所和高校可参与技术攻关和生态监测,为政策调整提供数据支撑。制度化保障与科技支撑的有机结合,是石漠化地区生态修复实现长期稳定和可持续发展的根本途径。

6 结语

石漠化地区的生态退化具有典型的系统性和复杂性特征,其治理需要长期开展生态恢复和科学管理工作。林业生态修复及营造林工程的综合治理,能够在生态系统层面实现植被恢复、水土保持和生态功能重建的综合效益。通过构建以生态系统功能恢复为核心的技术体系,强化水文调控、土壤改良和植被结构优化的协同作用,能够显著提升治理区域的生态稳定性和自我调节能力。信息化监测与智能管理平台的应用,可实现生态修复过程的动态评估和精准调控,为治理效果提供科学依据。未来,利用无人机、遥感技术、物联

网、人工智能大模型进一步推动生态监测体系建设和政策机制创新,促进科研成果在林业修复中的转化应用,推动生态修复工程与区域经济可持续发展相结合,构建生态安全与民生改善并重的治理格局,为实现石漠化地区人与自然和谐共生和生态文明建设奠定坚实基础。

参考文献

- [1] 黄云婷. 喀斯特石漠化治理混农林生态资产优化盘活与生态产品供给能力提升策略[D].贵州师范大学,2024.
- [2] 罗鼎. 喀斯特石漠化治理中水土流失阻控及混农林业发展模式探究[D]. 贵州师范大学, 2024.
- [3] 舒田. 喀斯特石漠化治理生态产业大数据智能监测模型与决策支持系统[D].贵州师范大学,2023.
- [4] 沈楚洪. 基于天空地一体化的石漠化治理混农林业效益监测评价研究[D].贵州师范大学,2023.
- [5] 李廷铃. 喀斯特石漠化治理森林生态资产优化配置与生态产品供给能力提升策略[D].贵州师范大学,2022.