

不同植被恢复模式对水土保持效果的影响分析

胡磊 程健 夏禹

江苏省水利勘测设计研究院有限公司 江苏 扬州 225100

摘要: 水土流失威胁土地资源可持续利用、生态系统稳定及人类安全。植被恢复是水土保持核心,模式选择影响治理成效。本文梳理自然恢复、人工造林等主流植被恢复模式,从水文调节、土壤改良等多维度剖析其对水土保持功能的影响机制。对比发现,近自然森林经营模式在长期效益、生物多样性及稳定性上最优;封山育林与人工促进天然更新模式平衡成本效益与生态功能;传统单一树种人工林有短期见效快但生态功能脆弱等缺陷。文章探讨植被恢复模式选择原则,展望多尺度耦合模拟等研究方向,为水土保持策略制定与生态修复工程优化提供支撑。

关键词: 植被恢复;水土保持;恢复模式;生态系统服务;近自然经营

引言

水土流失是土地退化的主要形式之一,其本质是土壤在水力、风力、冻融、重力等外营力作用下发生的剥蚀、搬运和沉积过程。据联合国粮农组织(FAO)报告,全球每年因水土流失损失的表土高达240亿吨,直接导致农业生产力下降、河流湖泊淤塞、水质恶化、生物多样性丧失等一系列连锁生态与环境问题。在中国,水土流失问题尤为严峻,根据《中国水土保持公报(2023年)》,全国水土流失面积仍高达267.42万平方公里,占国土面积的27.84%,严重制约了生态文明建设和乡村振兴战略的实施。植被是防治水土流失的天然屏障,但植被恢复实践常陷入误区,过度依赖单一树种纯林营造,忽视生态系统复杂性与地域差异,生态效益不佳。在此背景下,辨析不同植被恢复模式的水土保持机理与效能差异,评估优劣,对指导生态修复实践、优化工程布局、提升投资效益意义重大。本研究整合成果构建分析框架,为生态修复目标转型提供依据。

1 主要植被恢复模式及其特征

植被恢复模式是指为实现特定生态目标而采取的一系列植被重建或促进措施的组合。根据人为干预强度、物种选择、群落结构及经营目标的不同,可将其划分为以下几类:

1.1 自然恢复

自然恢复是指在停止或减轻人为干扰(如过度放牧、开垦)后,依靠生态系统的自我修复能力,使退化植被逐步恢复到与当地气候、土壤条件相适应的顶极群落状态的过程。其核心特征是低人为干预、高生态适应性、长恢复周期^[1]。该模式完全依赖于乡土物种的种子库、萌蘖能力及自然演替规律,形成的植被群落结构复杂,物种多样性高,与当地环境高度协同。

1.2 人工造林

人工造林是通过人为种植乔木、灌木或草本植物来重建森林或植被覆盖的模式。根据物种组成,又可分为:(1)单一树种纯林:如大面积种植松树、桉树、杨树等速生树种。其特点是见效快、管理简单、短期生物量增长迅速,但生态系统结构简单,功能单一。(2)混交林:有意识地搭配2种或2种以上树种进行造林。旨在通过种间互补效应,提升林分的稳定性和生产力,是人工造林模式的优化方向。

1.3 封山育林

封山育林是将具有天然下种或萌蘖能力的疏林地、灌丛地、采伐迹地等划定为封育区,通过封禁(禁止或限制放牧、砍柴、垦殖等人为活动)并辅以必要的人工促进措施(如补植、平茬、除蘖等),加速其自然恢复进程。该模式是自然恢复与人工干预的有机结合,兼具成本低、生态效益好、恢复速度快等优点,是中国水土保持实践中应用最广泛的模式之一。

1.4 人工促进天然更新

ANR模式源于东南亚,近年来在全球得到推广。它是在封山育林基础上的精细化管理,核心在于主动识别并保护有潜力的乡土树种幼苗,通过清除竞争性杂草、设置保护圈、修建简易集水设施等低成本措施,为其创造有利的生长微环境,从而加速森林的自然演替。ANR模式强调“授人以渔”,而非“授人以鱼”,能高效地利用自然潜力。

1.5 经济林草复合模式

该模式将具有经济价值的林木(如果树、油料树)与草本作物或牧草进行时空配置,形成复合生态系统。例如,南方红壤区的“果-草”模式、黄土高原的“苹果-豆科绿肥”模式等。其目标是在保障水土保持功能的同

时, 兼顾经济效益, 实现生态与生产的双赢。该模式对经营管理技术要求较高, 需要平衡生态与经济目标。

1.6 近自然森林经营

近自然森林经营是一种先进的森林经营理念, 其目标是培育一个在物种组成、群落结构、生态功能上都接近于当地潜在自然植被的、能自我维持的森林生态系统^[2]。它并非完全排斥人工干预, 而是以自然演替规律为指导, 通过模拟自然干扰(如择伐)来引导森林向目标群落发展。该模式强调乡土树种、复层异龄混交林结构, 是实现森林生态系统多功能、可持续经营的理想途径。

2 不同植被恢复模式对水土保持效果的影响机理

2.1 对水文过程的调控效应

植被通过冠层截留、枯落物层吸持和根系入渗三大环节调控水文过程, 从而减少地表径流和土壤侵蚀。

(1) 冠层截留: 茂密、多层次的冠层能有效拦截降雨。近自然森林和封山育林形成的复层林, 其截留率(可达20%-40%)远高于单一树种的人工纯林(通常低于15%)。自然恢复形成的灌草丛, 虽然冠层高度低, 但盖度高, 也能产生显著的截留效应。(2) 枯落物层作用: 枯落物层是水土保持的“海绵”和“缓冲垫”。近自然森林和长期封育的林地, 枯落物储量大、分解慢, 能吸收相当于自身重量2-4倍的水分, 并有效分散雨滴动能, 防止土壤溅蚀。相比之下, 人工纯林(尤其针叶林)的枯落物分解快、结构单一, 其水文功能较弱。经济林草复合模式中, 间作的草本植物能快速形成地表覆盖, 补充枯落物来源^[3]。(3) 入参与产流: 发达的根系能改善土壤结构, 增加孔隙度, 显著提高土壤入渗能力。混交林和近自然林的根系在垂直和水平方向上分布更广更深, 形成的根孔和生物孔隙网络, 能极大地促进雨水下渗, 延缓产流时间。而单一树种人工林, 根系分布同质化, 土壤易板结, 入渗能力下降, 易形成超渗产流。

2.2 对土壤物理化学性质的改良

植被恢复能从根本上改善退化土壤的质量。(1) 物理性质: 所有恢复模式都能通过增加有机质输入和根系活动, 提高土壤团聚体稳定性, 降低土壤容重, 增加总孔隙度。其中, 根系发达、生物量大的近自然林和混交

林效果最为显著。自然恢复下的草本和灌木根系虽浅, 但密度高, 对表层土壤结构的改良作用突出。(2) 化学性质: 植被通过凋落物归还和根系分泌物, 持续向土壤输入有机碳和养分。近自然森林和封山育林模式下, 物种多样性高, 凋落物种类丰富, C/N比适宜, 有利于土壤微生物活动和养分循环, 能显著提升土壤有机质、全氮、速效磷钾等含量。单一树种人工林, 特别是针叶林, 其凋落物酸性强、分解慢, 可能导致土壤酸化和养分失衡。

2.3 对生物多样性的提升与生态系统稳定性

生物多样性是生态系统稳定性和功能持续性的基础。(1) 物种多样性: 自然恢复、封山育林和近自然经营模式能最大程度地保护和恢复乡土物种, 形成复杂的食物网和生态位分化, 系统抵抗外界干扰(如病虫害、极端气候)的能力强。人工纯林则物种单一, 生态系统脆弱, 易爆发大规模病虫害, 一旦受损, 水土保持功能将急剧下降^[4]。(2) 功能多样性: 不同功能群(如深根与浅根植物、固氮与非固氮植物)的共存, 能实现资源的高效利用和功能互补。例如, 经济林草复合模式中, 豆科绿肥植物的固氮作用能为果树提供养分, 减少了化肥使用, 间接保护了水土。近自然林中的多层次结构, 使得水、光、热等资源在垂直空间上得到充分利用。

2.4 长期动态与可持续性

水土保持是一个长期过程, 恢复模式的可持续性至关重要。(1) 短期vs长期: 人工造林(尤其纯林)在工程实施后的3-5年内, 植被覆盖度迅速提升, 能快速遏制水土流失, 具有“立竿见影”的效果。但从长期(10-20年以上)看, 其生态功能趋于停滞甚至衰退。而自然恢复、封山育林等模式虽然初期见效慢, 但随着时间推移, 其生态系统结构和功能不断完善, 水土保持效益呈现持续增长的趋势, 具有更强的可持续性。(2) 系统稳定性: 近自然森林经营和封山育林模式构建的生态系统, 具有自我更新、自我调节的能力, 能在无人干预下长期维持其水土保持功能。而依赖高强度管理的人工纯林和经济林, 则存在经营中断后功能迅速丧失的风险。

3 不同植被恢复模式的综合对比与评价

表1 不同植被恢复模式的综合对比

评价维度	自然恢复	人工造林(纯林)	封山育林	ANR	经济林草复合	近自然森林经营
人为干预强度	极低	高	中低	中	中高	中(引导性)
恢复速度	慢	快	中	中快	中	慢(但稳)
物种多样性	高	极低	高	高	中	极高
群落结构	复杂(灌草/乔灌草)	简单(单层)	复杂	复杂	中等(2-3层)	极复杂(复层异龄)
水土保持短期效益	中	高	高	高	中高	中

续表:

评价维度	自然恢复	人工造林(纯林)	封山育林	ANR	经济林草复合	近自然森林经营
水土保持长期效益	高	低/衰退	极高	极高	中高	极高
土壤改良效果	好	中(可能恶化)	极好	极好	好	极好
生态系统稳定性	高	低	高	高	中	极高
经济效益	无/间接	木材(单一)	无/间接	无/间接	高(直接)	中(多功能)
成本投入	极低	高	低	低	中高	中(长期)
适用区域	干扰停止、种源充足区	立地条件较好、急需覆盖区	广泛,尤其疏林、灌丛地	有天然更新潜力的退化林地	立地条件较好、有市场需求区	长期生态修复目标区

综合评价结论:近自然森林经营模式是未来生态修复理想方向,在多方面表现卓越,但对规划、技术和时间要求高;封山育林与ANR模式性价比高,利用自然力以低成本实现高生态效益,推广价值强;传统单一树种人工林模式生态功能脆弱且不可持续,应限制在生态脆弱区大规模应用,未来向多树种、近自然混交模式转型;经济林草复合模式在特定区域是“绿水青山”向“金山银山”转化的有效途径,但需科学规划,防止牺牲生态功能。

4 讨论:植被恢复模式选择的原则与展望

4.1 模式选择的核心原则

4.1.1 因地制宜:充分考虑区域的气候、地形、土壤、水文等自然本底条件以及社会经济状况。例如,在干旱半干旱区,应优先选择耐旱的乡土灌草进行恢复;在人口密集、经济需求高的区域,可适度发展经济林草复合模式。

4.1.2 适地适树(草):坚决摒弃“大树进城”、“南树北移”等违背自然规律的做法,优先选用乡土物种,构建与当地环境相适应的植物群落。

4.1.3 近自然:以恢复生态系统的结构完整性和功能稳定性为终极目标,模仿自然植被的组成与结构,采用近自然的经营措施。

4.1.4 多功能协同:统筹考虑水土保持、水源涵养、生物多样性保育、碳汇、景观美化及社区福祉等多重目标,实现生态、经济、社会效益的协同提升。

4.2 未来研究展望

尽管已有大量研究,但该领域仍有许多挑战和机遇:(1)多尺度耦合模拟研究:亟需将样地尺度的机理研究与流域、区域尺度的水文模型(如SWAT、InVEST)相结合,量化不同恢复模式在宏观尺度上的水土保持效应,为国土空间规划提供精准数据支持。(2)长期定位观测与数据积累:水土保持效益的显现具有长期性。应加强国家和区域尺度的长期生态研究网络(LTER)建设,持续监测不同恢复模式下生态系统结构与功能的动态演变。(3)社会-生态系统(SES)整合视

角:未来的植被恢复不仅是生态工程,更是社会工程。需要将社区参与、产权制度、激励机制等社会因素纳入研究框架,探索“自下而上”与“自上而下”相结合的治理模式。(4)气候变化情景下的适应性管理:在全球气候变化背景下,极端降水事件频发,对水土保持提出新挑战。需研究不同植被恢复模式对未来气候情景的适应能力,并制定相应的适应性管理策略。

5 结语

本文研究表明,过度依赖高强度人为干预的单一树种人工林模式,虽能短期见效,但难以实现生态功能的可持续。相比之下,尊重自然、顺应自然、保护自然的恢复模式,如封山育林、人工促进天然更新,特别是代表未来方向的近自然森林经营模式,能够构建结构稳定、功能健全、生物多样性丰富的生态系统,从而提供持久、高效的水土保持服务。因此,在未来的生态修复实践中,必须摒弃“唯速度论”和“唯绿化论”的旧有思维,转向以生态系统整体功能恢复为核心的科学范式。通过坚持“因地制宜、适地适树、近自然、多功能”的原则,科学选择和优化植被恢复模式,才能真正实现“山水林田湖草沙”生命共同体的系统治理,为建设美丽中国和保障国家生态安全奠定坚实基础。

参考文献

- [1]李奥云,徐丹.不同植被覆盖对水土保持和土壤侵蚀的作用分析[C]//广西网络安全和信息化联合会.第十届工程技术管理与数字化转型学术交流会议论文集.黄河水土保持天水治理监督局(天水水土保持科学试验站),2025:142-144.
- [2]阮长明,马绍东,王必海,等.金沙江干热河谷不同区段植被恢复对水土保持特征的影响[J].中国水土保持科学(中英文),2025,23(01):90-101.
- [3]马士龙,樊华,冯晏辉,等.水土保持植被恢复与建设工程美景度评价初探——以长沟泵站工程管理区为例[J].中国水土保持,2022,(05):38-41.
- [4]翁白莎,杨盼盼,严登华,等.黄河中游植被的水土保持作用范围的集合分析[J].水利学报,2025,56(06):693-704+716.