

荒漠化地区林草植被演替规律及治理技术

焦 健

通辽市森林公园管护中心 内蒙古 通辽 028000

摘 要：荒漠化是全球面临的重大生态环境问题之一，我国荒漠化土地面积广阔，治理任务艰巨。林草植被是荒漠化地区生态系统的核心组成部分，其演替规律直接决定了治理措施的针对性与有效性。本文系统分析了荒漠化地区林草植被的演替阶段、驱动机制及关键制约因子，总结了自然恢复与人工修复条件下的典型演替路径。在此基础上，提出了涵盖生物措施、工程措施与生态调控相结合的综合治理技术体系，并结合典型区域实践案例验证治理成效。遵循植被演替规律、分区分类实施治理，是提升荒漠化防治效果的根本路径。

关键词：荒漠化；林草植被；演替规律；植被恢复；综合治理技术

引言：荒漠化是指包括气候变化和人类活动在内的多种因素作用下，干旱、半干旱及亚湿润干旱区的土地退化现象。我国是世界上荒漠化影响最严重的国家之一，荒漠化土地面积占国土总面积的四分之一以上，严重威胁区域生态安全与可持续发展。林草植被作为荒漠化生态系统的功能载体，其建立、发育与演替过程深刻反映了生态系统的健康状况与恢复潜力。因此，深入认识荒漠化地区林草植被的演替规律，科学选择并优化配置治理技术，对于提升荒漠化防治水平、推进生态文明建设具有重要理论与现实意义。

1 荒漠化地区林草植被演替的基本特征

1.1 演替的阶段划分与典型序列

荒漠化地区林草植被演替是从低级向高级的动态变化过程，可划分为四个阶段。初始阶段为流动沙地或裸地，植被覆盖度低于5%，仅有狗尾草、沙旋覆瓦等零星先锋植物，土壤养分极度贫乏。第二阶段为半固定阶段，覆盖度提升至15%~25%，差巴嘎蒿、小黄柳等多年生草本与半灌木开始定居，地表形成生物结皮，有机质略有积累。第三阶段为固定阶段，覆盖度达30%~50%，差巴嘎蒿、胡枝子、百里香等灌木成为优势种，土壤结构改善，风蚀显著减弱。第四阶段为相对稳定阶段，覆盖度超过50%，形成灌草复合群落乃至山杏、大果榆疏林等，生态系统趋于复杂，自我调节能力增强。不同气候带与地貌单元中演替序列略有差异，但总体趋势一致。

1.2 演替的驱动机制

荒漠化地区植被演替受自然与人为双重驱动。自然驱动力中，水分是最核心的控制因子：年降水量低于150mm时乔木难以定居，200~300mm时灌木密度显著增加。风蚀与沙埋也是重要扰动，适度沙埋促进沙生植物生长，过度则导致退化。人为驱动力包括放牧、樵采、

开垦及生态工程等。适度干扰可维持更新，但过度放牧会破坏结皮、触发逆向演替；飞播造林、封沙育林等生态工程则是正向干预的主要手段^[1]。此外，种子库动态、植物繁殖策略（克隆生长与有性繁殖的权衡）及种间竞争也在演替中发挥调节作用。理解这些驱动机制，是制定科学治理措施的前提。

1.3 演替的关键制约因子识别

荒漠化地区植被演替常出现停滞甚至倒退，识别关键制约因子至关重要。水分是最普遍的制约因子，年降水量低于200mm的区域，土壤浅层含水量低于2%时多数灌木种子无法萌发扎根。养分制约同样突出，土壤有机质通常低于5g/kg，氮磷极度匮乏。土壤种子库制约表现为种子数量少、活力低、物种单一，自然恢复缺乏种源。此外，生物结皮具有双重效应：适度发育的苔藓结皮有利保水固土，但过厚会阻碍降水入参与种子着床，抑制灌木更新。种间制约如多年生草本对灌木幼苗的资源竞争，也影响演替方向。因此，治理措施需针对具体制约因子精准发力，而非一刀切地增加植被。

2 荒漠化地区林草植被演替规律

2.1 时间尺度上的演替动态

荒漠化地区植被演替各阶段转变速率差异显著。从流动沙地到半固定沙地，自然条件下需5~10年，人工辅助（沙障、补播）可缩短至2~3年。从半固定到固定沙地是关键转折期，需10~20年，灌木种群逐步建植，生物结皮由藻结皮向藓结皮演替，有机质指数增长。从固定沙地到稳定灌草群落更为漫长，自然条件下需30年以上，极端干旱区难以自然完成。长期观测显示，封育20年的差巴嘎蒿群落覆盖度从15%升至45%，但此后10年增幅趋缓，进入“平台期”，表明已达水分承载力上限。演替并非单向不可逆，一次极端干旱或高强度放牧即可使多年

成果毁于一旦。因此,荒漠化治理是长期工程,需持久耐心与稳定投入。

2.2 空间格局上的演替异质性

荒漠化地区植被演替呈现显著空间异质性,由地形地貌、土壤质地、水文条件及人为活动共同塑造。沙丘尺度上,迎风坡中上部风蚀强烈、持水差,覆盖度常低于5%,演替长期处于初始阶段;丘间低地地下水位浅、有机质汇集,率先形成灌草丛斑块,覆盖度可达30%以上。大尺度上,从荒漠边缘向绿洲过渡带,覆盖度梯度递增,演替从流动沙地过渡到固定沙地再到灌草复合带。古河道等地下水埋深小于3m的区域,即使降水极低也能支持柳灌丛、山杨等深根植物,形成局域演替高级阶段。人为活动的不均衡性进一步放大异质性,路域、井场周边干扰频繁而长期退化,封育区则演替良好。认识空间异质性,有助于分区精准治理,将资源集中于最具恢复潜力的地块^[2]。

2.3 不同气候区演替模式的对比

我国荒漠化地区横跨干旱、半干旱及亚湿润干旱区,演替模式存在本质差异。极端干旱区(年降水量<50mm),演替极为缓慢甚至停滞,梭梭等超旱生灌木盖度低于10%,土壤水分常年亏缺,人工灌溉是加速演替的唯一途径。半干旱区(年降水量250~450mm),水分条件支撑灌木草本持续发育,自然演替20~30年可从流动沙地推进到固定灌草阶段,典型序列为“狗尾草+虫实→差巴嘎蒿+小黄柳→差巴嘎蒿+胡枝子+苔藓结皮”,是植被恢复的“黄金地带”。亚湿润干旱区(年降水量450~550mm),演替可推进到乔木或稀疏森林阶段,樟子松、榆树可自然定居,但需警惕过度耗水导致土壤干化。治理技术选择必须与区域气候承载力相匹配,不可盲目套用。

3 荒漠化治理技术体系

3.1 生物治沙技术

生物治沙是通过植物定植实现永久性生态恢复的核心技术,包括种子播种、苗木栽植、飞播造林及封沙育林育草四类。种子播种适用于差巴嘎蒿、山竹子等草本与半灌木,播前需丸粒化处理,播期选在雨季前。苗木栽植用于柠条、杨柴等灌木,关键技术包括大苗深栽(50~80cm触及湿沙层)、容器苗培育及保水剂应用。飞播造林适宜广袤沙区,常用固定翼飞机或无人机,播幅30~50m,需配套耙磨覆沙。封沙育林育草是最经济生态的做法,通过围栏封禁5~10年,利用自然繁殖恢复植被。物种选择遵循“适地适树、乡土优先”原则,优先选用差巴嘎蒿、胡枝子、山杏等本土优势种,避免引入外来

物种造成生态风险。生物治沙强调以乡土植物构建稳定群落,实现长效固沙与生态恢复^[3]。

3.2 工程固沙技术

工程固沙是生物治沙的前期辅助措施,通过物理手段固定地表沙物质。机械沙障应用最广,包括草方格、粘土沙障、尼龙网沙障等。草方格沙障是我国原创技术,用麦草扎设1m×1m方格,草插入沙中15~20cm,外露15~20cm,可降低风速、拦截沙粒,稳定性维持3~5年。沙障规格需根据风速调整,主风向间距可缩至0.8m。粘土沙障适用于缺草料沙区,成本低但效果略逊。尼龙网沙障适用于铁路公路两侧,耐久性强但成本较高。化学固沙喷洒高分子材料形成结皮,可快速固沙但存在环境争议。工程固沙应与生物措施结合,沙障布设后1~2年在障间栽植灌木,形成“以工程养生物、以生物固工程”的良性循环。

3.3 土壤改良与水肥调控技术

土壤瘠薄、水肥不足是荒漠化治理的关键瓶颈。土壤改良包括施用腐熟有机肥(每穴2~5kg),改善团粒结构、增强持水能力;绿肥种植以草木樨、沙打旺等豆科植物固氮增肥;秸秆覆盖(10~15cm)减少蒸发30%以上。水肥调控核心是“节灌+精肥”,滴灌、渗灌比漫灌节水60%以上;集雨补灌利用坡面集雨场收集雨水,旱季补水10~20L/株;保水剂可吸收自重数百倍水分并缓慢释放。水肥一体化根据植物需水需肥规律精准供给,避免浪费。这些技术综合应用,能使原本难以立地的沙地成为可恢复的生态空间,为植被重建提供基础保障。

3.4 生态调控与适应性管理技术

荒漠化治理需引入生态调控与适应性管理理念,实现从“项目式治理”向“持续性管理”的转变。生态调控的核心是尊重演替规律,在关键节点施加正向干预,而非全程高强度投入。放牧调控根据草场承载力实施季节性轮牧、减畜或禁牧,春季返青期封育、夏秋季适度利用,维持灌草群落更新能力。水分调控在流域尺度优化水资源配置,保障生态需水,避免地下水超采导致植被退化。火生态调控在特定条件下计划烧除,清除枯草层、促进种子萌发,但荒漠区防火重于用火。适应性管理建立“监测—评估—调整”闭环机制,布设长期定位样地,跟踪植被覆盖度、土壤水分等核心指标,偏离阈值时及时调整^[4]。社区参与是关键,通过生态补偿、产业替代等方式提高牧民参与积极性,将保护与生计有机结合。生态调控的最终目标是建成具有自我维持能力的近自然生态系统,减少人工干预依赖,实现长效治理。

4 典型区域治理实践案例

4.1 毛乌素沙地——从“沙进人退”到“绿进沙退”

毛乌素沙地地处陕西、内蒙古、宁夏三省交界，是我国四大沙地之一，历史上曾是水草丰美的牧场，因过度垦牧于明清时期沙化加剧，解放初流动沙地比例高达60%以上。1978年“三北”防护林工程启动以来，毛乌素沙地开展了持续四十余年的治理实践，经历了从探索到成熟、从分散到系统的演变过程。治理初期以工程固沙为主，大规模扎设草方格沙障稳定流沙；中期转入生物治沙阶段，飞播差巴嘎蒿、沙打旺，人工栽植杨柴、柠条、山杏等灌木，形成灌草复合植被；后期注重生态调控与产业融合，发展林下经济与沙地特色种植。在此过程中，植被演替从早期的先锋草本—差巴嘎蒿群落，逐步推进到差巴嘎蒿—杨柴—灌木复合群落，局部区域甚至出现山杏、大果榆等乔木自然侵入。监测数据显示，毛乌素沙地植被覆盖度由治理前的不足10%提升至目前的65%以上，流动沙地面积缩减了80%，实现了从“沙进人退”到“绿进沙退”的历史性逆转。毛乌素经验表明，长期持续投入、因地制宜选择技术、尊重自然演替规律是荒漠化治理成功的关键^[5]。

4.2 科尔沁沙地歼灭战——分区施策与系统治理

科尔沁沙地是我国最大的沙地，主要分布于内蒙古通辽市等地，因过度放牧与垦殖导致生态严重退化。2023年以来，通辽市全面启动“科尔沁沙地歼灭战”，其核心经验是“分区施策、系统治理”。根据立地条件，将沙地划分为流动沙丘、半固定沙地、固定沙地和盐碱滩地四类治理单元。流动沙丘区优先布设草方格沙障，固沙后补播差巴嘎蒿、沙打旺；半固定沙地采取“乔木篱+灌木带+草网格”模式，栽植樟子松、小叶锦鸡儿形成防护骨架；固定沙地实施封育管护，促进天然更新；盐碱滩地通过开挖排水沟、施脱石膏改良土壤后种植碱茅、朝鲜碱茅。在技术集成上，全面推广水汽法栽苗（在沙层中营造湿土层）、保水剂蘸根、容器苗大苗深栽等抗旱技术。治

理还注重“生态+产业”融合，引导农牧民在治理区适度种植欧李、山杏等经济灌木，实现生态与经济效益双赢。截至2024年底，通辽市已完成综合治沙面积超过200万亩，沙地植被盖度平均提高20个百分点以上，流动沙丘面积大幅缩减。科尔沁沙地歼灭战的实践表明，尊重区域分异规律、实行差异化治理策略，是实现沙地有效恢复的关键路径。

结束语

荒漠化地区林草植被演替遵循从裸地到先锋植物、半灌木、灌木群落再到相对稳定灌草复合系统的渐进规律，演替速率受水分、养分、种源及人为活动等多重因素制约，具有明显的时间累积效应与空间异质性特征。基于演替规律的治理技术体系，强调生物措施与工程措施的有机结合、土壤改良与水肥调控的精准配置、生态调控与适应性管理的长效机制。未来，荒漠化防治应进一步向智能化监测、精准化调控与社区共治方向深化，推动从“治标”向“治本”的跨越。

参考文献

- [1]桑娟.荒漠化地区林草植被恢复技术研究[J].农家科技,2025(28):97-99.
- [2]李长龙,王燕,高志海,等.2000-2020年中国荒漠化潜在发生范围区林草覆被时空变化特征[J].地理学报,2022,77(11):2803-2816.
- [3]吉爱丽.3S技术在水土保持与荒漠化防治中的运用[J].陕西水利,2023(7):99-101.
- [4]刘丹一,朱斌,何亮,等.低覆盖度治沙理论及其技术在加强荒漠化防治中的作用和意义[J].防护林科技,2025(6):64-67.
- [5]黄沛,张雷一,纪署光,等.喀斯特石漠化区林草间作对土壤养分及微生物数量的影响[J].草业科学,2024,41(7):1549-1557.