

# 人工林向天然林转化过程中的生态修复路径探讨

康 武

同心县林业和草原局 宁夏 吴忠 751300

**摘 要:** 人工林在全球大规模推广,可缓解木材需求、防治荒漠化、改善生态,但单一树种、高密度、高强度管理的人工林在生态系统稳定性、生物多样性维持和生态服务功能方面缺陷明显。随着生态文明建设推进,推动人工林向近自然天然林转化成为森林可持续经营与生态修复的核心议题。本文系统梳理人工林生态系统的典型问题,剖析其向天然林转化的理论基础与核心目标,构建“评估诊断—目标设定—措施干预—动态监测”全周期生态修复路径体系,重点探讨近自然化改造、乡土物种引入等关键修复策略,并对未来研究方向与实践挑战进行展望,为人工林生态系统的提质增效与可持续发展提供科学参考。

**关键词:** 人工林;天然林;生态修复;近自然林业;生物多样性

## 引言

20世纪以来,为应对木材短缺、水土流失等挑战,全球掀起大规模人工造林运动。中国作为人工林面积最大的国家,“三北”防护林等重大工程成效显著,有效遏制荒漠化、改善区域生态。但早期人工林多以短期经济效益或特定生态功能为目标,采用单一树种、高密度栽植和集约化管理,形成“绿色沙漠”式森林生态系统。虽短期内实现绿化覆盖,却存在树种结构单一、林分层次简单、生态服务功能低下等问题,缺乏天然林的复杂结构、生物多样性和自我调节能力。在全球气候变化与人类活动压力下,其长期稳定性和可持续性面临挑战<sup>[1]</sup>。如今,国际国内达成共识,森林经营应追求健康、稳定、优质、高效的生态系统。在此背景下,将低效人工林通过科学修复向近自然生态系统演替,是提升森林质量、实现“双碳”目标、维护生态安全的关键。本文将探讨人工林向天然林转化的生态修复路径。

## 1 人工林生态系统的典型问题与转化必要性

### 1.1 典型问题

人工林多为纯林,树种单一,遗传多样性低。林分垂直结构简单,仅乔木层,水平结构均质化,难为动植物提供栖息地,制约生物多样性。生态功能上,单一树种凋落物难形成肥沃土壤,人为干扰致土壤有机质下降、微生物失衡、板结、保水保肥能力减弱。根系浅且单一,对深层土壤水分利用效率低,降雨集中期易加剧地表径流与土壤侵蚀,干旱期易水分胁迫。幼龄人工林固碳速率高,但整体碳库,尤其是土壤碳库储量远低于成熟天然林,碳汇功能不稳定,遇火灾、病虫害等干扰,碳会迅速释放。

### 1.2 转化必要性

人工林生态系统稳定脆弱,单一树种和简单食物链使其对病虫害、极端气候的抵抗力与恢复力低,历史上单一树种大面积种植致病虫害爆发案例多。且高强度管理打断自然演替,林下光照不足、种子库匮乏等因素使乡土阔叶等树种难自然更新,林分停滞在先锋或亚顶极阶段,无法向顶级群落发展。推动人工林向天然林转化,可克服缺陷,重建结构复杂、物种丰富、功能完善、能自我维持且适应环境变化的森林生态系统,加固区域乃至全球生态安全格局。

## 2 转化的理论基础与核心目标

### 2.1 理论基础

人工林向天然林转化不是“推倒重来”,而是遵循自然规律、科学干预的漫长生态演替。理论基础源于生态演替理论与近自然林业理论。生态演替理论指出,退化生态系统有向顶级群落自发恢复潜力,人工林是受人为干扰、处于特定演替阶段的系统。生态修复要识别并移除阻碍自然演替的限制因子,如过密林分、外来入侵种等,创造有利条件,加速引导其向近自然天然林演替。近自然林业理论由德国学者Gayer于19世纪末提出,核心是“师法自然”,主张森林经营模仿当地未受干扰天然林的结构、组成和动态,尊重自然规律,利用自然力量,以最小干预实现森林持续、稳定、高效发展,为人工林改造提供操作框架和方法论。

### 2.2 核心目标

核心目标涵盖多个维度。首要提升生物多样性,增加树种尤其是乡土阔叶树种,恢复多层次林分结构,为生物提供多样生态位,重建复杂食物网与共生网络。其次恢复生态系统功能,改善土壤健康,增强水源涵养、水土保持等关键生态服务功能。再者增强生态系统稳定性与

韧性,构建能抵抗病虫害、适应气候变化、受干扰后快速恢复的弹性系统<sup>[2]</sup>。最终建立可持续自我更新机制,确保目标树种在林冠下成功更新,形成复层异龄林分,实现森林世代延续,减少对外部人工干预的长期依赖。

### 3 人工林向天然林转化的生态修复路径体系

实现上述目标,需要一套系统化、全周期的生态修复路径。该路径可分为四个相互关联、循环迭代的阶段。

#### 3.1 评估诊断阶段:精准把脉,明确起点

此阶段的工作始于对立地条件的详细评估,包括土壤类型、厚度、pH值、养分状况、水分条件以及地形地貌等,以此判断该地块的生态承载能力和潜在的顶级群落类型。紧接着,需对林分现状进行全面调查,精确记录现有林分的树种组成、年龄结构、胸径分布、郁闭度、健康状况及病虫害情况等,现代技术如无人机遥感和激光雷达(LiDAR)可为此提供高效的三维结构信息。与此同时,系统性的生物多样性本底调查不可或缺,需涵盖林下植被、土壤动物、昆虫、鸟类及哺乳动物等的种类、数量和分布,以全面评估生态系统的完整性和景观连通性。此外,追溯该地块的土地利用历史、造林方式、历次经营活动及遭受的自然干扰,有助于深刻理解当前状态的成因。在此基础上,根据立地条件和区域植被区划,选择一个邻近的、保存完好的、代表该地区顶级群落的天然林作为修复的参照模板,该模板将为后续修复目标的设定提供具体的、可量化的标准。

#### 3.2 目标设定与规划阶段:绘制蓝图,指明方向

基于评估诊断结果,结合参照生态系统,科学设定修复的中长期目标,并制定详细的实施规划。在目标树种的选择上,应优先考虑乡土树种,特别是地带性顶级群落中的优势种和关键种,综合考量其生态习性、生长速度、经济与生态价值以及对气候变化的适应潜力,最终目标是构建一个由多个树种组成的、具有不同生活史策略的混交林。在目标结构设计上,需规划未来林分的理想形态,包括垂直层次(乔、灌、草)、水平格局(斑块、廊道)、年龄结构(异龄)和空间配置,力求形成一个非均匀、镶嵌式的复杂景观,以最大限度地模拟天然林的异质性。最后,修复时序的安排至关重要,应根据林分现状与目标之间的差距,制定分阶段、分步骤的修复计划<sup>[3]</sup>。例如,在初期阶段可能以疏伐和引入先锋伴生树种为主,中期侧重于培育目标树种和恢复林下植被,而后期则转向保护和促进自然更新,形成一个循序渐进、逻辑清晰的行动路线图。

### 3.3 措施干预阶段:科学施策,精准修复

#### 3.3.1 实施近自然化林分结构调整

结构调整是启动转化的关键。目标树培育法应优先采用:在现有林分中按20-50株/公顷的密度,选择干形通直、冠幅完整、无病虫害的优良个体作为目标树,系统性伐除其周围4-6米半径内的竞争木,释放其生长空间。群团状疏伐则用于打破均质化格局,在林分内制造直径5-15米不等的林窗,林窗总面积占比初期可控制在10%-15%,以模拟自然干扰形成的异质性生境,为耐阴或中性乡土阔叶树种(如栲属、栎属、樟科等)的更新创造必要光照条件。疏伐强度与频次需依据林分生长响应动态调整,避免一次性过度疏开导致风倒风险。

#### 3.3.2 推进乡土物种引入与天然更新促进

物种多样性重建需人工辅助与自然恢复并举。人工补植应选用2-3年生容器苗或带土球大苗,重点引入参照生态系统中的关键建群种和伴生种,栽植于林窗中心及边缘过渡带,采用随机或小群团配置,避免规则行列式<sup>[4]</sup>。天然更新促进是降低成本、提升适应性的核心策略,需系统调查林下更新苗库,对有潜力的乡土幼树进行标记保护,并通过割灌除藤、穴状整地(30cm×30cm×20cm)等微扰动措施改善其定植微环境。对于种子传播受限的动物传播树种(如红豆杉、楠木),可设置人工鸟食台或直接进行林下点播。

#### 3.3.3 审慎模拟自然干扰机制

适度干扰是维持天然林动态平衡的重要驱动力。在防火规范严格、气象条件可控的区域,可试点低强度计划火烧,火强度控制在50-200kW/m,旨在清除1-3年生细小可燃物,刺激土壤种子库萌发(如某些松属树种),并抑制入侵性草本。另一种方式是引入生态功能型大型草食动物(如梅花鹿、野猪,在封闭或半封闭试验区内),利用其取食和践踏行为,调控林下植被竞争格局,促进种子与土壤接触,但必须严格评估其承载力,防止过度啃食导致更新失败。

#### 3.3.4 系统恢复土壤生态功能

土壤健康是生态系统功能恢复的根基。首要措施是停止清林作业,全面保留凋落物层,使其自然分解归还养分。针对有机质匮乏、微生物活性低的退化土壤,可实施功能性微生物接种,如向针叶林土壤接种外生菌根真菌(ECM,如牛肝菌属、乳菇属),向阔叶林土壤接种丛枝菌根真菌(AMF),以显著提升苗木磷、氮吸收效率和抗旱能力。同时,在林窗或林缘引入多年生豆科绿肥植物(如紫穗槐、胡枝子),通过生物固氮作用快速提升土壤全氮含量,并起到水土保持作用。

#### 3.3.5 构建社区参与与共管机制

修复的长期成功依赖于社会支持。应建立“修复-受

益”联动机制，将生态修复与社区生计深度融合。例如，授权社区合作社管理林下非木质林产品（NWFPs）采集权，发展林药（如黄精、重楼）、林菌（如松茸、羊肚菌）复合经营模式；或开发生态体验、自然教育等轻度旅游项目。通过签订共管协议，明确社区在巡护、防火、监测等方面的权责，并确保其能从碳汇交易、生态补偿等市场化生态服务付费（PES）机制中获得稳定收益，从而将“旁观者”转变为“守护者”。

#### 3.4 动态监测与适应性管理阶段：反馈调整，持续优化

生态修复是一个充满不确定性的过程，必须建立长期的监测体系，并根据监测结果进行适应性调整，以确保修复方向不偏离轨道。首先，需要构建一个涵盖结构（如树种多样性指数、林层指数）、功能（如土壤有机碳含量、枯落物持水量）和过程（如更新苗数量、病虫害发生率）的多维度监测指标体系。其次，应在修复区域设立固定样地，定期（如每3-5年）进行复查，系统性地跟踪林分动态变化。最后，也是最关键的一步，是实施适应性管理。这要求将监测数据与预设目标进行严谨对比，如果发现修复进程偏离预期，例如目标树种更新失败或入侵物种泛滥，应及时分析原因，并果断调整后续的修复措施。这种“行动—监测—学习—调整”的循环反馈机制，是应对复杂生态系统不确定性、确保修复最终取得成功的根本保障。

#### 4 面临的挑战及未来展望

人工林向天然林转化的生态修复路径虽理论清晰，但实践挑战重重。其一，修复周期长，跨越数十年甚至上百年，保证政策、资金和管理连续性难度大。其二，气候变化带来不确定性，频繁的干旱和极端高温可能改变顶级群落格局，对修复目标设定提出新要求。其三，大规模修复投入巨大，与有限公共财政矛盾尖锐。未来研究与实践可聚焦以下方向：一是发展基于气候变化情景

的弹性修复策略，在目标树种选择和结构设计时，充分考虑物种对未来气候的适应性和迁移潜力，构建更具弹性的森林生态系统。二是推动智慧化修复技术应用，融合遥感、物联网、大数据和人工智能技术，实现修复过程精细化、智能化监测、模拟与决策支持，提升修复精准度和效率。三是探索多元化投融资机制创新，通过生态补偿、碳汇交易、绿色金融等市场化手段，吸引社会资本参与，破解资金瓶颈。

#### 5 结语

人工林向天然林的转化，是一场深刻的生态革命，是从“征服自然”到“顺应自然、保护自然、修复自然”的理念转变的具体体现。通过构建以“评估诊断—目标设定—措施干预—动态监测”为核心的全周期生态修复路径体系，并综合运用近自然化改造、乡土物种引入、干扰模拟、土壤修复及社区共管等多元策略，我们有望将广袤的、生态功能退化的人工林，逐步重塑为生机勃勃、结构复杂、功能强大的近自然森林生态系统。这不仅是对历史造林模式的反思与超越，更是为子孙后代留下绿水青山、筑牢美丽中国生态根基的战略之举。这项工作功在当代，利在千秋，需要全社会的共同关注、持续投入与不懈努力。

#### 参考文献

- [1]崔红丽.林业生态修复现状分析与改进措施[J].花卉,2025(5):169-171.
- [2]高兀昌.林业自然保护区生态修复路径与实践探讨[J].江西农业,2025(20):175-177.
- [3]刘琦.森林管理与林业生态修复的协同发展[J].农村实用技术,2025(10):117-118.
- [4]虎良鲜.林业生态修复技术的应用与发展趋势[J].江西农业,2025(1):157-159.