

干旱半干旱地区节水抗旱造林技术模式构建与应用

顾文

同心县林业和草原局 宁夏 吴忠 751300

摘要：本文基于对干旱半干旱地区自然条件、水资源约束及生态需求的系统分析，从“适地适树、集水保墒、高效用水、科学管护”四大核心理念出发，系统构建了涵盖立地选择、树种配置、整地方式、水分调控、抚育管理等环节的节水抗旱造林技术模式体系。重点阐述了集雨整地、覆盖保墒、容器育苗、水肥一体化、乡土树种优选等关键技术，并结合典型区域（如黄土高原、西北荒漠绿洲过渡带、内蒙古草原区）的应用案例，验证了该技术模式在提升造林成活率、节约灌溉用水、增强林分稳定性等方面显著成效。研究表明，构建并推广以水资源高效利用为核心的节水抗旱造林技术模式，是实现干旱半干旱地区生态屏障功能提升与林业高质量发展的关键路径。

关键词：干旱半干旱地区；节水造林；抗旱技术；生态修复；水资源高效利用

引言

我国干旱半干旱地区主要分布于西北、华北北部及青藏高原部分地区，该区域年降水量普遍低于400mm，蒸发量远大于降水量，水资源极度匮乏，生态系统敏感脆弱，土地退化、荒漠化问题突出。长期以来，国家高度重视该区域的生态治理，实施了包括“三北”防护林体系建设、退耕还林还草、天然林保护等一系列重大生态工程。然而，在实际造林过程中，由于忽视区域水资源承载力、盲目追求造林密度与绿化速度，导致“年年造林不见林”“小老树”“林木衰退”等现象频发，不仅造成大量人力物力浪费，也削弱了生态工程的整体效益。随着生态文明建设的深入推进和“双碳”战略目标的提出，如何在水资源刚性约束下实现科学绿化、精准造林，成为干旱半干旱地区生态修复亟待解决的核心问题。节水抗旱造林技术作为连接生态需求与水资源现实的关键桥梁，其系统化、模式化的构建与应用显得尤为重要。

1 干旱半干旱地区生态特征与造林挑战

1.1 自然生态特征

干旱半干旱地区具有以下典型特征：（1）降水稀少且时空分布不均：年降水量多在200–400mm之间，且70%以上集中在6–9月，冬春季节干旱严重。（2）蒸发强烈：年蒸发量可达1500–3000mm，是降水量的数倍乃至十倍。（3）土壤贫瘠、保水能力差：多为沙质、砾质或黄土性土壤，有机质含量低，团粒结构差，持水能力弱^[1]。（4）风蚀与水蚀严重：植被覆盖度低，地表裸露，易受风力与水力侵蚀，加剧土壤水分流失。（5）极端气候事件频发：春季大风、夏季高温、冬季严寒等对幼林生长构成严峻考验。

1.2 传统造林面临的主要挑战

一是水资源供需矛盾尖锐：造林初期需水量大，但天然降水无法满足，依赖灌溉则成本高昂且不可持续。二是树种选择不当：盲目引种外来速生树种，忽视其生态适应性，导致生理干旱或冻害。三是整地方式粗放：传统鱼鳞坑、水平沟等虽有一定集水作用，但保墒效果有限，水分蒸发损失大。四是抚育管理滞后：缺乏科学的水分调控与养分管理，林木生长缓慢，抗逆性弱。五是生态系统稳定性差：单一树种纯林结构简单，生物多样性低，易受病虫害侵袭，生态功能脆弱。上述问题表明，必须转变传统造林思路，从“以水定绿、量水而行”的原则出发，构建以节水抗旱为核心的技术体系。

2 节水抗旱造林技术模式构建

基于“尊重自然、顺应自然、保护自然”的生态文明理念，本文提出“四位一体”的节水抗旱造林技术模式框架，即：适地适树是前提，集水保墒是基础，高效用水是关键，科学管护是保障。

2.1 适地适树：科学选择造林树种

在树种选择上，应优先考虑具有深根性、强耐旱性、耐贫瘠及良好生态适应性的乡土树种。例如，柠条、沙棘、樟子松等树种根系发达，能够深入地下汲取深层土壤水分；梭梭、胡杨等则通过叶片角质层增厚、气孔下陷等形态与生理机制显著降低蒸腾速率，从而在极端干旱条件下维持基本生理活动。此外，部分树种如文冠果兼具水土保持与生物能源开发潜力，可在生态效益基础上拓展经济价值。值得注意的是，单一树种造林易导致生态系统结构简单、功能单一，因此应大力推行混交造林模式。乔灌混交（如油松与柠条搭配）、灌草结合（如沙柳与沙打旺共生）不仅能提高光、水、养分

的垂直与水平利用效率，还可增强群落对病虫害和气候变化的缓冲能力，提升整体生态稳定性。

2.2 集水保墒：优化整地与覆盖技术

需对传统整地方式进行改良，发展集雨型整地技术。例如，在坡面修筑内倾式反坡梯田，可有效减缓地表径流速度，增加雨水入渗时间与深度；对传统鱼鳞坑进行扩大加深处理（直径1.0–1.5米，深度40–60厘米），并结合微型集水面设计，使其成为高效的“微型水库”。在平缓地带，则可构建垄沟相间的集雨系统，通过在沟内铺设塑料薄膜或砾石引导径流汇集至种植垄下的树穴中^[2]。与此同时，覆盖保墒技术对于减少土壤蒸发、维持根区水分至关重要。地膜覆盖虽能显著抑制杂草、提升地温并减少蒸发，但需注意后期适时破膜以防高温灼伤幼苗；秸秆或枯枝覆盖则兼具保墒与培肥双重功能，厚度控制在5–10厘米为宜；在石漠化或沙质区域，利用当地砾石进行地表覆盖，不仅成本低廉，还能有效稳定地温、抑制风蚀；此外，种植豆科绿肥作物作为活体覆盖，可在保水的同时通过生物固氮改善土壤肥力，实现生态与生产的协同。

2.3 高效用水：精准灌溉与育苗技术

首先，在育苗环节应推广容器育苗技术，采用无纺布袋、营养钵等培育带完整土坨的苗木，移栽时根系损伤小、无缓苗期，显著提升成活率。同时，适当延长育苗周期，使用2–3年生大规格苗木，其木质化程度高、根系发达，抗旱能力远优于一年生小苗。其次，在水分补给方面，应摒弃大水漫灌等粗放方式，转而采用滴灌、渗灌等微灌技术，将水分精准输送至根系活跃区，避免无效蒸发，节水效率可达30%–50%。在此基础上，结合水肥一体化技术，在灌溉水中溶入腐殖酸、黄腐酸钾等可溶性有机肥，既能满足苗木养分需求，又能改善根际微环境，促进根系发育。此外，保水剂的应用亦不容忽视，这类高分子吸水树脂可在雨季吸收并储存大量水分，在干旱期缓慢释放供根系利用，相当于在土壤中构建“微型水库”。对于具备条件的区域，还可建设小型集雨窖或蓄水池，收集雨季富余降水，用于春季关键生长期的应急补灌，实现降水资源的跨季节调配。

2.4 科学管护：全周期抚育管理体系

首先，应依据立地条件合理控制初植密度，避免过度密植导致水分与养分竞争加剧。例如，在半干旱区乔木密度宜控制在330–500株/公顷，灌木则可适当提高至1000–1600株/公顷。其次，针对萌蘖能力强的灌木如柠条，应实施周期性平茬更新，刺激新枝萌发，维持其旺盛生长势与生态功能^[3]。在病虫害防控方面，应坚持“预防为主、综合防治”原则，优先采用物理诱杀、天敌释放等绿色防控手段，减少化学农药对土壤与水源的污染。最后，随着信息技术的发展，应逐步引入遥感、物联网、土壤墒情传感器等智能监测手段，对林地水分状况、苗木生长动态进行实时监控，实现从“经验管理”向“数据驱动”的精准抚育转型，确保造林成果长期稳定。

3 技术模式在典型区域的应用与成效

3.1 黄土高原丘陵沟壑区：集雨整地+乡土混交模式

在年降水量400–500毫米、水土流失严重的黄土高原丘陵沟壑区，陕西延安某示范区自2018年起实施以集雨整地与乡土混交为核心的节水抗旱造林模式。该模式优先选择阳坡中下部及沟谷台地等水分条件相对较好的立地，配置油松、山杏与柠条组成的乔灌草混交林，充分利用不同物种的生态位互补效应。整地采用改良型鱼鳞坑（直径1.2米，深50厘米）结合反坡梯田，坑面覆盖10厘米厚秸秆以减少蒸发。全部采用2年生容器苗栽植，并在前三年每年春季仅补灌一次（15立方米/亩）。经过五年实践，该模式造林成活率由传统方式的65%大幅提升至92%，第三年林分郁闭度已达0.6，土壤侵蚀模数下降70%，单位面积耗水量减少35%，充分体现了“以自然恢复为主、人工促进为辅”的生态修复理念。

3.2 西北荒漠绿洲过渡带：覆膜滴灌+耐旱灌木模式

在年降水不足200毫米、蒸发量超过2500毫米的甘肃民勤县荒漠绿洲过渡带，水资源极度稀缺且地下水矿化度高，传统造林几乎无法成活。当地自2020年起推广以梭梭、柽柳为主的耐旱灌木造林模式。栽植穴规格为1米×1米，穴底铺设5厘米砾石以改善排水并防止盐分上涌；地表全覆盖黑色地膜以最大限度抑制蒸发；灌溉采用春季两次滴灌（每次10立方米/亩），并同步施用腐殖酸水溶肥以提升水肥协同效应。造林密度控制在1100株/公顷，避免过度竞争。截至2024年，梭梭三年保存率达85%，较裸地直播提高40个百分点，地表蒸发减少近一半，土壤盐渍化趋势得到遏制，有效构筑起一道防风固沙的绿色屏障，显著减轻了风沙对下游绿洲农田的威胁。

3.3 内蒙古典型草原区：免整地直播+封育促进模式

在年降水250–350毫米的内蒙古锡林郭勒典型草原区，生态系统本底脆弱，大规模整地扰动易加剧退化。因此，当地采取最小干预原则，推行免整地机械条播或点播沙柳、小叶锦鸡儿等乡土灌木，并在播种后轻耙覆土，依靠自然植被覆盖实现保墒。关键措施在于实施长达5–8年的围栏封育，彻底禁止放牧干扰，为植被自然恢复创造条件；同时在雨季前喷施保水剂溶液，增强种子萌发与幼苗抗旱能力。2019年至2023年的监测数据显

示，该模式使灌木盖度从不足5%提升至35%，土壤有机质含量增加0.3个百分点，微生物活性显著增强，成功实现了在低人为干预下草原生态系统的结构优化与功能提升，为退化草原区的林草复合经营提供了可行路径。

4 讨论

4.1 技术模式的普适性与区域适应性

尽管本文构建的技术模式在多个典型区域取得良好成效，但其推广应用必须坚持因地制宜原则。不同区域在降水梯度、土壤质地、风沙强度等方面差异显著，技术组合需动态调整。例如，在降水相对丰沛的半干旱区可适度配置乔木以提升碳汇功能，而在极端干旱区则应以灌木和多年生草本为主，确保生态系统的稳定性^[4]。未来应依托地理信息系统（GIS）与遥感技术，构建精细化的立地质量评价模型，实现造林方案的“一地一策”，推动技术模式从“标准化”向“精准化”跃升。

4.2 经济可行性与政策支持

节水抗旱技术虽在初期投入上略高于传统造林（如容器苗成本、滴灌设备购置等），但其高成活率显著降低了后期补植与管护费用，长期经济效益更为可观。更重要的是，其生态效益——如水土保持、防风固沙、生物多样性提升——具有显著的正外部性。因此，建议将节水抗旱造林纳入国家生态工程补贴目录，探索“以奖代补”“先建后补”等激励机制，并鼓励发展林下经济（如中药材、食用菌种植），提高农牧民参与积极性，实现生态与生计的双赢。

4.3 与气候变化的协同应对

在全球气候变暖背景下，干旱半干旱地区极端干旱事件的频率与强度呈上升趋势。节水抗旱造林不仅是当

前生态修复的现实需要，更是提升生态系统气候韧性的战略举措。未来研究应聚焦于耐超旱树种的遗传选育、智能灌溉决策系统的开发，以及基于大数据的干旱预警与响应机制构建，推动造林技术向“智慧化、韧性化”方向升级，为应对未来不确定性气候风险提供坚实支撑。

5 结语

干旱半干旱地区的生态建设必须摒弃“唯绿是图”的粗放思维，转向以水资源承载力为基础的科学绿化路径。本文构建的“适地适树—集水保墒—高效用水—科学管护”四位一体节水抗旱造林技术模式，通过集成多项关键技术，在黄土高原、西北荒漠、内蒙古草原等典型区域的应用中取得了显著成效，有效提升了造林成活率与生态稳定性，大幅降低了水资源消耗。该技术模式的核心在于尊重自然规律、强化系统思维、注重技术集成。未来，应进一步加强基础研究（如植物水分利用效率机理）、完善技术标准体系、推动政策机制创新，使节水抗旱造林技术成为干旱半干旱地区生态屏障建设的主流范式，为筑牢国家生态安全屏障、实现人与自然和谐共生的现代化提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 孙国柱. 干旱区抗旱造林技术[J]. 山西林业, 2025, (04):48-49+56.
- [2] 卜素平. 干旱半干旱地区抗旱造林树种选择、造林技术与节水保水措施[J]. 吉林林业科技, 2020, 49(04):46-48.
- [3] 高庆. 浅析干旱半干旱地区抗旱造林及节水保水技术[J]. 现代园艺, 2017, (23):85.
- [4] 秦静. 抗旱造林技术在北方林业工程中的应用及优化策略[J]. 棉花科学, 2025, 47(08):128-130.