

荒漠化地区乔灌草立体配置模式对生态系统稳定性的 影响

董燕彪

宁夏国际荒漠化防治合作中心 宁夏 银川 750002

摘要：本文以宁夏典型荒漠化区域为研究对象，系统梳理了该地区荒漠化现状与成因，深入剖析了乔灌草立体配置模式的理论基础、典型实践案例及其在提升生态系统稳定性方面的多重作用机制。研究表明，科学合理的乔灌草配置能够通过改善微气候、优化土壤理化性质、增强水土保持能力、促进生物多样性及提升系统抗干扰能力等途径，显著增强生态系统的抵抗力稳定性与恢复力稳定性。然而，当前实践中仍存在物种选择不当、配置比例失衡、后期管护不足等问题。为此，本文提出应强化基于生态位理论和水分承载力的精准配置、推动近自然恢复理念、完善长期监测评估体系等优化路径，以期为宁夏乃至全国同类地区的荒漠化综合治理与生态屏障建设提供科学依据与实践参考。

关键词：荒漠化；乔灌草立体配置；生态系统稳定性；生态修复；宁夏

引言

土地荒漠化是重大生态环境问题，被联合国喻为“地球的癌症”。中国深受其害，宁夏作为干旱半干旱生态脆弱区，荒漠化问题突出，全区荒漠化土地面积曾超国土总面积的60%，威胁区域生态、粮食安全及社会经济可持续发展。自20世纪50年代起，国家在宁夏实施“三北”防护林等重大生态工程，成效显著。但传统单一树种造林或简单草方格固沙模式，在极端环境下存在成活率低、生态功能脆弱等问题。在此背景下，构建有效固沙、自我维持且功能健全的植被恢复模式成为关键^[1]。乔灌草立体配置模式应运而生，它借鉴自然生态系统垂直分层结构，科学搭配乔灌草，形成多层次、多功能、高稳定性的复合人工-半自然生态系统，能最大化利用资源，产生协同效应，提升生态稳定性。宁夏独特的地理气候与丰富治沙经验，为研究该模式提供了天然实验室。深入探究其在宁夏的应用效果及对生态系统稳定性的影响机制，对优化生态修复技术、巩固治理成果、服务“双碳”战略及保障黄河流域生态保护等意义重大。

1 宁夏地区荒漠化现状与成因分析

1.1 自然地理概况

宁夏位于东经104°17'—107°39'，北纬35°14'—39°23'之间，总面积6.64万平方公里。其地貌格局可概括为“两山一河一平原”，即贺兰山、六盘山夹持黄河冲积平原。气候上，宁夏由南向北跨越中温带半湿润、半干旱至中温带干旱气候区，年降水量从南部六盘山区的400毫米以上递减至北部腾格里沙漠边缘的不足200毫米，而年蒸发量则高达1250-2000毫米。这种“降水少、蒸发大、

风沙多”的气候特征，构成了区域生态系统脆弱的自然本底。

1.2 荒漠化现状

根据全国第六次荒漠化和沙化监测数据，经过多年治理，宁夏荒漠化土地面积从1999年的4811万亩缩减到2019年的3953万亩，累计减少858万亩，占国土面积由61.7%减少到50.7%；沙化土地面积从1999年的1812万亩缩减到2019年的1505万亩，累计减少307万亩，占国土面积由23.3%减少到19.3%；全区荒漠化和沙化土地面积实现了连续“双缩减”。然而，荒漠化和沙化土地存量依然巨大，且治理难度日益加大。中部干旱带（如盐池、同心、海原等地）是荒漠化的重灾区，土地沙化、盐渍化、水土流失现象交织，植被覆盖度较低，生态系统处于极度不稳定的状态。沙尘暴、扬沙等天气过程仍是影响区域乃至华北地区环境质量的重要因素。

1.3 荒漠化成因

宁夏荒漠化的形成是自然因素与人为因素共同作用的结果。（1）自然因素：长期的水分亏缺是限制植被生长、导致土壤贫瘠的根本原因。尤其在春季，来自蒙古高原的强风携带大量沙尘，对地表进行强烈的侵蚀和搬运。区域内广泛分布的第四纪风成沙和冲积沙，结构松散，抗蚀能力极差^[2]。（2）人为因素：历史上为解决粮食问题，大量开垦边际土地，破坏了原生植被。超载过牧导致草地植被被反复啃食践踏，难以恢复，加速了土地沙化。上游过度引水灌溉导致下游生态用水短缺，地下水位下降，加剧了土地盐渍化和植被衰退。对薪柴的过度采集以及基础设施建设对地表植被的直接破坏。这

些因素相互叠加，使得宁夏的生态系统长期处于一种低稳态平衡甚至失衡状态，对外界扰动极为敏感。

2 乔灌草立体配置模式的理论基础与实践探索

2.1 理论基础

乔灌草立体配置模式是一种生态工程措施，指在特定立地条件下，根据植物的生物学特性、生态位需求及相互关系，将乔木（如杨树、沙枣）、灌木（如沙柳、花棒）和草本植物（如沙蒿、沙打旺）进行空间上的垂直分层与水平镶嵌式配置，以构建结构复杂、功能完善的植被群落。

2.2 宁夏地区的典型实践模式

在长期的治沙实践中，宁夏各地因地制宜，形成了多种行之有效的乔灌草立体配置模式。

2.2.1 “草方格+灌木+乔木”防风固沙模式（以中卫沙坡头为代表）

在沙丘上首先用麦草扎设1米×1米的草方格沙障，固定流沙，创造小生境；然后在方格内点播或栽植耐旱灌木，如柠条、花棒、沙拐枣等；待灌木成林、沙面稳定后，在背风侧或水分条件较好的区域，适当配置新疆杨、沙枣等乔木，形成完整的防风固沙林带。该模式成功地将腾格里沙漠南缘的流动沙丘固定，并保障了包兰铁路数十年的安全运营。

2.2.2 “灌草混交+经济林”生态经济耦合模式（以盐池县为代表）

在半固定沙丘或退化草地上，以沙柳、柠条等乡土灌木为主，混播沙蒿、沙打旺等多年生豆科牧草。同时，在立地条件相对较好的区域，间作种植枸杞、苹果等经济林果。这种模式不仅有效控制了风蚀，恢复了植被，还通过林果种植、柠条饲料养殖增加了农民收入，实现了生态效益与经济效益的双赢。

2.2.3 “山顶戴帽子、山腰系带子、沟底穿靴子”水土保持模式（以南部山区为例）

在丘陵沟壑区，山顶营造以油松、山桃为主的水土保持林（“帽子”），山腰修筑梯田并种植柠条、紫穗槐等灌草（“带子”），沟底则发展以沙棘、文冠果为主的经济灌木林或小片乔木林（“靴子”）。这种立体配置有效拦截了径流，减少了水土流失，改善了区域小气候。

这些成功案例充分证明了乔灌草立体配置模式在宁夏荒漠化治理中的巨大生命力和适应性。

3 乔灌草立体配置对生态系统稳定性的影响机制

乔灌草立体配置模式之所以能有效提升生态系统稳定性，其核心在于通过一系列复杂的生态过程，重构了

生态系统的结构与功能。

3.1 改善局地微气候，增强系统抵抗力

一是降低风速，减弱风蚀：乔木林冠层能有效削弱高空风力，灌木层则拦截近地表气流，草本层覆盖地表，三者共同作用，极大地降低了风速和风沙流的输沙能力。二是调节温湿度，减少蒸发：林冠的遮荫作用降低了地表温度，减少了土壤水分的无效蒸发^[3]。同时，植被蒸腾和枯枝落叶层的涵养作用，增加了空气湿度，形成了一个相对湿润、温和的小气候环境，为更多物种的定居和繁衍创造了有利条件。

3.2 优化土壤理化性质，提升土壤健康

一是增加土壤有机质与养分：乔灌草植物的凋落物（枯枝落叶、根系分泌物）不断归还土壤，经过微生物分解，显著增加了土壤有机质含量。特别是沙打旺等豆科灌草具有固氮能力，能主动提升土壤氮素水平，改善土壤贫瘠状况。二是改善土壤结构，增强保水保肥能力：发达的根系网络（尤其是灌木的深根系）能穿透土壤，增加孔隙度，改善土壤通气透水性。同时，根系分泌物和有机胶结物质有助于形成稳定的团粒结构，提高土壤的持水能力和抗侵蚀能力。

3.3 增强水土保持与水源涵养功能

在降雨事件中，乔灌草复合系统形成了多级拦截体系。林冠截留一部分降水，灌草层和枯落物层吸收并滞蓄另一部分，剩余水分缓慢入渗。这大大减少了地表径流的产生和流速，有效防止了水土流失。同时，改良后的土壤具有更强的蓄水能力，能在干旱季节缓慢释放水分，起到“绿色水库”的作用，这对于干旱区水资源的可持续利用至关重要。

3.4 促进生物多样性，构建稳定食物网

乔灌草立体结构为不同习性的动物、微生物提供了多样化的栖息地和食物来源。鸟类可以在乔木上筑巢，昆虫在灌丛中栖息，小型哺乳动物和土壤动物在草本层和地下活动。这种生物多样性的提升，构建了更为复杂的食物链和食物网^[4]。复杂的食物网意味着能量流动和物质循环有多条路径，当某一条路径因干扰而中断时，系统可以通过其他路径进行补偿，从而维持整体功能的稳定。

3.5 提升系统恢复力，实现自我维持

一个健康的乔灌草复合生态系统具有强大的自我更新和演替能力。例如，一些灌木（如沙柳）具有很强的萌蘖能力，即使地上部分受损，也能从根部萌发新枝。草本植物种子库的存在，也为系统在火灾、病虫害等干扰后的快速恢复提供了保障。此外，系统内部形成的良性微循环（如养分循环、水分循环）减少了对外部投入

(如灌溉、施肥)的依赖,使其更趋向于一个能够自我维持的稳定系统。

4 存在的问题与挑战

尽管乔灌草立体配置模式成效显著,但在推广和深化过程中也暴露出一些问题:(1)物种选择与配置的盲目性:在实践中仍存在“贪大求洋”的倾向,盲目引进外来速生树种,忽视了乡土物种的适应性和生态功能。不合理的乔灌草比例(如乔木密度过大)会导致水分竞争激烈,出现“小老树”现象,甚至造成整个林分衰退。(2)对水分承载力的忽视:在极度干旱区,过度追求植被覆盖度,超出了当地水资源的承载极限,导致地下水位持续下降,反而加剧了生态退化。如何在“以水定绿”的原则下,精准确定配置密度和物种组成,是一个关键挑战。(3)后期管护与经营机制缺失:“重造轻管”现象普遍存在。缺乏有效的抚育、间伐、防火、防病虫害等后期管理措施,使得初期建设的良好效果难以持久。同时,缺乏将生态效益转化为经济效益的有效机制,影响了农牧民参与和维护的积极性。(4)长期动态监测与评估体系不健全:对乔灌草配置后生态系统稳定性变化的长期、系统性监测数据不足,难以科学评估不同配置模式的长期效果和适应性,制约了技术的迭代优化。

5 优化路径与发展建议

针对上述问题,未来宁夏荒漠化地区的乔灌草立体配置应向更加科学、精准和可持续的方向发展。(1)坚持“适地适树(草)”原则,强化乡土物种应用:应优先选用经过长期自然选择、高度适应本地环境的乡土乔、灌、草物种。建立完善的乡土植物种质资源库和良种繁育基地,为生态修复提供优质种源。(2)推行基于水分承载力的精准配置:引入遥感、GIS和模型模拟等技术,精细评估不同立地单元的水分平衡状况。在此基础上,科学确定植被恢复的目标覆盖度、乔灌草的最优化比例及空间格局,坚决杜绝“过度绿化”。(3)深化近自然林业理念,促进系统自组织:减少高强度的人工干预,模仿自然群落的结构和演替过程。初期可进行适度的人工辅助,但目标是引导系统向能够自我更新、

自我调节的近自然状态演替。(4)构建“生态+产业”融合模式,激发内生动力:将生态修复与沙区特色产业发展紧密结合。例如,发展以枸杞、肉苁蓉(寄生于梭梭等灌木根部)、沙棘等为代表的沙产业,或开发生态旅游、碳汇交易等新业态,让保护生态者获得实实在在的经济回报。(5)建立健全长期定位监测与智能评估体系:在典型区域设立长期生态定位观测站,对气象、土壤、水文、生物多样性等关键指标进行连续监测。利用大数据和人工智能技术,构建生态系统稳定性评估模型,为科学决策和动态调整提供数据支撑。

6 结语

宁夏地区的荒漠化治理是一项长期而艰巨的系统工程。乔灌草立体配置模式作为一项符合生态学规律的先进修复技术,通过模拟自然、尊重自然,有效克服了传统单一植被恢复模式的弊端。其通过改善微气候、改良土壤、涵养水源、丰富生物多样性等多重途径,显著提升了荒漠化地区生态系统的抵抗力稳定性与恢复力稳定性,为构筑祖国西部生态安全屏障奠定了坚实的绿色基础。未来的生态修复工作,必须摒弃粗放式、运动式的思维,转向精细化、科学化和人本化的治理路径。唯有坚持以水定绿、量水而行,尊重生态规律,依靠科技创新,并有效衔接生态效益与民生福祉,才能确保乔灌草立体配置模式在宁夏这片古老而坚韧的土地上,持续焕发出强大的生命力,最终实现“人沙和谐”、绿水青山与金山银山的有机统一。

参考文献

- [1]崔晶.基于生态经济模式的西北地区荒漠化治理的对策建议[J].中国管理信息化,2016,19(12):154-155.
- [2]马振东.探索西部荒漠化地区生态治理路子[N].青海日报,2021-09-02(001).
- [3]郭琪林.宁夏半荒漠化地区柠条林平茬复壮技术研究[J].农业开发与装备,2025,(10):217-219.
- [4]傅伯杰,刘焱序,王帅,等.科学改善荒漠化地区人与自然关系[J].中国科学院院刊,2024,39(12):2027-2036.