

Xizang Research on the mechanism of grassland degradation and ecological restoration technology on plateau

Shikai Cao

China Power Construction Group Guiyang Survey and Design Institute Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550081, China

Abstract

Xizang As a crucial component of China's ecological security barrier, plateau grasslands have long faced severe challenges, including accelerated degradation and weakened ecological functions. Grassland degradation not only hinders the sustainable development of animal husbandry but also poses threats to regional water conservation, biodiversity protection, and carbon sequestration. This article focuses on the ecological background of Xizang plateau grasslands, systematically analyzing the characteristics and primary drivers of their degradation. It particularly explores the mechanisms of ecological fragility in alpine grasslands, grazing intensity, climate change, and pest and rodent damage. The article further proposes zonal governance strategies and restoration techniques tailored to different types of degradation, including optimizing germplasm resources, artificial reseeded, and controlled closure

Keywords

Xizang Plateau; grassland degradation; ecological vulnerability; restoration technology; monitoring and evaluation

青藏高原草地退化机理与生态恢复技术研究

曹仕凯

中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司, 中国·贵州 贵阳 550081

摘 要

青藏高原草地作为我国生态安全屏障的重要组成部分, 长期面临着退化加剧、生态功能弱化等严峻挑战。草地退化不仅影响畜牧业可持续发展, 还对区域水源涵养、生物多样性保护及碳汇能力构成威胁。本文围绕青藏高原草地的生态背景, 系统分析其退化的表现特征与主要驱动因素, 重点探讨了高寒草地生态脆弱性、放牧强度、气候变化、鼠虫危害等作用机制。进一步提出针对不同退化类型的分区治理思路与恢复技术路径, 包括种质资源优化、人工补播、封育控牧及恢复成效监测体系构建, 旨在为区域生态保护提供技术支撑与理论基础。

关键词

青藏高原; 草地退化; 生态脆弱性; 恢复技术; 监测评估

1 引言

青藏高原是我国生态战略布局中的关键区域, 其草地资源在维系高原生态平衡、调节气候系统、支撑牧业经济等方面具有不可替代的功能。近年来, 受多重压力叠加影响, 草地退化现象日益突出, 表现为植被覆盖度下降、土壤结构恶化和生物群落简化, 严重威胁区域生态稳定与可持续发展。草地退化的成因具有显著的多元性和复杂性, 涉及自然因素与人类活动的耦合演化。针对当前生态修复实践中存在的技术适配性差、治理效能低等问题, 亟需开展系统性研究, 从机制解析、技术集成与成效评估等多维度构建科学的恢复路径, 为青藏高原生态保护与建设提供理论依据和实践

指南。

2 青藏高原草地生态系统的基本特征

2.1 地形地貌与气候条件对草地分布的制约

西藏高原地势起伏剧烈, 海拔普遍在 4000 米以上, 地形类型多样, 包含山地、谷地、丘陵与盆地等复合地貌单元。年均气温较低, 降水分布不均, 受季风系统与地形屏障共同影响, 形成显著的东西干湿梯度。草地主要集中分布在气候较湿润、热量适宜的河谷地带及山地缓坡区域。强烈的紫外线、高频冻融循环与高寒干旱共同作用, 限制了草本植物的生长高度与周期, 造成草地产量水平偏低且年际波动明显。

2.2 主要草地类型及其生态功能

西藏高原草地类型以高寒草甸、高寒草原和山地草原为主, 呈现出随海拔、坡向和水热条件梯度变化的带状分布格局。高寒草甸植被覆盖度较高, 土壤有机质丰富, 是水源涵养和碳储存的重要区域; 高寒草原耐旱能力强, 具有较强

【作者简介】曹仕凯 (1983-), 男, 布依族, 中国贵州安龙人, 本科, 工程师, 从事环水保监理、监测及验收技术咨询服务研究。

的生态恢复力；山地草原则兼具生态与放牧价值。不同草地类型承担着调节气候、保持水土、防风固沙、涵养水源与支持生物多样性等多重生态功能，是构建区域生态安全格局的核心要素。

2.3 高寒环境下草地生态系统的脆弱性表现

青藏高原草地生态系统对外部扰动响应敏感，系统自我调节能力较弱，主要体现为退化后自然恢复速度慢、物种更新滞后与生态结构重建困难。高寒气候限制了植物年生长周期，短暂的生长季节使草地一旦遭受破坏难以在当年完成修复。土壤冻融频繁导致结构松散，水分易流失，养分迁移明显，生物群落易被单一耐寒、耐旱物种所替代。风蚀、水蚀等自然因子加剧了退化过程的不可逆性，形成“退化—贫瘠—再退化”的恶性循环^[1]。

3 草地退化的主要表现与分布特征

3.1 植被盖度下降与物种组成简化

草地退化的首要特征是地表植被盖度显著下降，植物层变稀疏，原有优势种逐渐衰退，耐扰动、耐贫瘠的劣势种甚至杂草类植物快速扩张。高寒草甸区域的禾本科和莎草科植物退化后常被藜科、菊科等次生植物所取代，群落高度降低，植被层结构趋于单一。植物物种多样性丧失直接削弱了草地的生态稳定性与适应性，生产力显著下降。物种间的互补效应与资源利用效率降低，系统整体抗逆力减弱。

3.2 土壤结构破坏与理化性质恶化

草地退化伴随着表层土壤团聚体破碎、有机质含量下降和微生物多样性衰退，造成土壤结构松散、水稳性差，抗侵蚀能力明显减弱。过度放牧与植物覆盖度降低导致风蚀和水蚀频繁，表层土壤厚度减少，根系活力降低，进一步影响植物的固土能力与再生能力。土壤理化性质恶化表现为养分含量减少、pH值异常、盐分积累等不良变化，严重影响植物生长与种子发芽。微生物群落结构紊乱，氮循环与碳转化功能削弱，造成土壤生态过程低效^[2]。

3.3 退化草地的空间分布与严重程度分级

青藏高原草地退化具有明显的区域差异性与地带性特征，受地形、气候、土地利用方式及人类活动密度的共同影响。退化区域多集中在牧业活动频繁、水热条件边缘地带和交通便利区域，退化程度从轻度至重度呈现斑块状分布。重度退化草地表现为地表裸露、鼠洞密集和沙化现象突出，中度退化区域则以植被稀疏和土壤压实为主，轻度退化草地仍保留一定的生态恢复潜力。当前草地退化已呈现由局部向广域扩展、由点向面的蔓延趋势。

4 草地退化的驱动机理分析

4.1 人为放牧压力与载畜量超载问题

传统放牧方式下缺乏科学调控手段，导致草地产草量与牲畜数量失衡，长期超载放牧使草本植物不能完成正常生长周期。放牧强度超过草地生态承载极限后，根系系统受损，

植物生物量持续下降，土壤裸露面积增大，鼠类活动区域扩大，进一步加剧退化进程。草地生态系统原有的能量流动与物质循环结构被破坏，水分保持能力和养分储存能力急剧下降。部分区域因频繁踩踏形成硬化地面，导致水分下渗困难，形成干旱斑块。高强度人为扰动下，草地退化具有快速化、复杂化与链式演进特征，对区域生态安全构成系统性挑战。

4.2 气候变化对水热条件的时空扰动

近年来气候变化对青藏高原草地生态格局产生深远影响，主要体现在年均气温升高、降水时空分布异常、极端气候事件频发。气温升高导致冻土层提前融化，改变了植物的发育节律与土壤湿度环境，影响了草本植物根系扎根深度与种群稳定性。降水集中度上升与干旱时段延长，使得草地在生长期遭遇更高水分胁迫，导致地上生物量减少。极端高温、暴雨和冰雹事件对脆弱的高寒草地系统造成严重破坏，促使其向次生贫草型退化。气候变异对草地退化的影响具有滞后性和累积性，放大了人为活动造成的干扰效应，改变了草地生态系统的演化路径与恢复周期。

4.3 鼠虫害、生物入侵与土壤退化的相互作用

草地退化过程中鼠虫害频发、生物入侵加剧，形成与土壤退化相互驱动的复杂链条。鼠害加重与植被稀疏相关，鼠类在裸露地表筑巢打洞，不仅破坏土壤结构，还造成植物根系损伤与地表风蚀风险上升。地下蚯蚓、蝼蛄等动物活动会加剧表层扰动，影响根际土壤的稳定性。随着生态平衡的破坏，部分外来耐旱、耐贫瘠植物入侵，排挤本地优势物种，加剧物种单一化与群落退化。土壤肥力下降为鼠虫繁殖提供适宜栖息环境，形成“退化—入侵—再退化”的闭合回路。这种多因子耦合机制使得草地退化过程呈现系统性扩张与演化难控的特征^[3]。

5 青藏高原草地生态恢复技术路径

5.1 退化草地分区治理与恢复模式选择

青藏高原草地类型多样、退化程度不一，实施生态恢复应依据地形、气候、植被类型与退化强度开展分区治理。轻度退化草地可通过封育休牧与适度补播实现自然恢复，中度退化区域需配合土壤改良与人工干预措施以增强植被恢复速度，重度退化区域则应采用工程治理与生物措施相结合的综合修复模式。通过遥感监测、实地调查与生态敏感性评估建立分区图谱，制定差异化恢复策略，提升技术适配性。科学划分治理单元有助于优化资源配置，明确干预重点，构建以生态功能修复为导向的多元化恢复路径，实现草地系统结构、功能与服务的协调重建，图1为一种利用土壤动物监测青藏高原高寒草甸中度退化的方法与流程。

5.2 草种筛选与人工补播技术集成

草地恢复的基础在于优质种源的科学筛选与高效利用，应根据区域生态位适配原则选择本地优势草种与耐寒、耐旱的改良品种，确保植被建植的生态稳定性。高寒草甸区域

优选冷地型禾本科与莎草科植物，高寒草原则侧重生长周期短、生物量高的品种组合。人工补播应结合土壤墒情、气温变化与降水预测，选择适宜播期与播深，提升种子成苗率。配合生物肥料、土壤保水剂及地表覆盖材料使用，有效改善早期建植环境。采用条播、撒播、穴播等多种播种方式组合，提高地表植物分布均匀性，促进群落快速成型，实现生态恢复从种植到建群的过渡稳定过程。

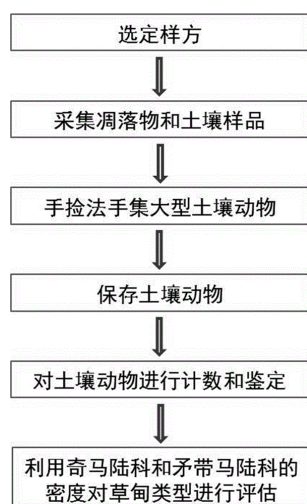


图 1 一种利用土壤动物监测青藏高原高寒草甸中度退化的方法与流程

5.3 围栏封育与生态放牧制度建设

围栏封育作为草地自然恢复的重要措施，在中轻度退化区域可有效控制人为扰动，促进植被自然演替。设置围栏时应统筹考虑地形地貌、植被类型与牧民用地习惯，确保恢复空间的生态完整性。合理规划封育周期，动态调整休牧年限与封育面积，有助于恢复关键物种生境与群落稳定结构。生态放牧制度建设需基于草地产能评估与牧草再生规律，确定适宜的载畜量与放牧轮次，推行划区轮牧与季节性放牧相结合的管理方式。通过牧民合作机制引导放牧行为规范化，实现草畜动态平衡，构建“恢复—利用—再恢复”循环体系，在保障生态功能恢复的基础上维系牧业可持续发展^[4]。

6 草地恢复过程中的监测评估与长效机制

草地生态恢复过程具有时效性长、演化路径复杂的特点，必须依托系统化监测评估与长效机制建设予以保障。西

藏高原已在 60% 以上的典型退化草地推行遥感监测网络，利用 Sentinel-2、GF-6 等高分辨率影像，实现对植被指数（NDVI）、土壤裸露度、地表温度等参数的月度追踪，覆盖面积超过 25 万平方公里。地面监测同步采集 5000 余个样方数据，涵盖植物高度、群落密度、地上生物量、土壤含水率、有机质含量、电导率等生态指标，为空间数据反演提供稳定校验样本。恢复成效评估体系共设置 5 类指标、24 项参数，涉及植被结构稳定性、物种多样性指数、土壤质量综合得分、碳氮储量变化及生态服务功能提升率等内容，通过年内季节性复测与年度对比，构建可量化、可反馈的评估闭环。目前，恢复草地三年内平均盖度提升幅度达 18%，地上生物量增加 26%，土壤有机质提升 14%，生态服务功能回升指数年均增长 8%。制度方面，已建立草地恢复政策配套资金池，覆盖区县达 80 个，生态补偿金标准每亩每年不低于 40 元，并设立草地恢复绩效评估奖励机制，保障项目执行稳定运行五年以上。未来将进一步推动“遥感—地面—管理”三位一体数字平台建设，提升高原草地生态恢复的智能化、标准化、持续化治理水平。

7 结语

西藏高原草地退化问题已成为制约区域生态安全和可持续发展的关键因素，其成因复杂、影响深远。通过系统分析退化机理并构建适宜的生态恢复路径，不仅有助于修复脆弱的自然系统，也为草地资源的科学利用奠定基础。治理过程需依托本地生态特征，融合技术手段与社会机制，推动恢复措施与监测评估协同并进。实现生态恢复的根本目标，需在保障自然系统稳定的前提下，兼顾牧民生计与资源永续。唯有持续强化政策保障、技术创新与多元协作，才能稳步推进高原草地生态系统功能的重构与提升。

参考文献

- [1] 吴晓燕,平措.西藏高原草地生态系统及其生态修复研究[J].环境保护科学,2021,47(01):109-114.
- [2] 魏巍,浅谈西藏高原草地退化成因和生态恢复建议[J].西藏农业科技,2020,42(S1):120-121.
- [3] 蔡晓布,彭岳林.西藏退化高寒草原土壤团聚体有机碳的变化特征[J].环境科学研究,2018,31(02):310-319.
- [4] 陈斌,李海东,曹学章.西藏高原典型生态系统退化及植被恢复技术综述[J].世界林业研究,2014,27(05):18-23.