

· 双清论坛“新时期草学的重大基础科学问题” ·

## 统筹草地生态系统五库功能 构建国家生态安全屏障<sup>\*</sup>

郝天象<sup>1</sup> 杨 萌<sup>1</sup> 于贵瑞<sup>1,2\*\*</sup>

1. 中国科学院 地理科学与资源研究所 生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101
2. 中国科学院大学 资源与环境学院, 北京 100049

**[摘 要]** 草地生态系统是我国生态文明建设的重要载体, 对国家生态安全具有基础性、战略性作用。如何落实草地生态系统的多功能近自然经营管理, 是草地资源高质量发展亟待解决的问题。本文立足国家生态安全屏障建设, 阐述了我国草地资源现状、保护修复成效与关键科技问题, 提出“统筹草地生态系统五库功能, 筑牢国家生态安全屏障”的草地转型发展新战略、实现路径与研究建议, 以期助力草地资源高质量发展和国家生态安全屏障构建。

**[关键词]** 草地生态系统; 五库统筹; 生态资产; 经营管理; 生态安全

草地生态系统是我国生态文明建设的重要载体。在党的二十大报告中, 习近平总书记对我国新时代生态文明建设发出了“尊重自然、顺应自然、保护自然”的号召, 并从加快发展方式绿色转型, 深入推进污染防治, 提升生态系统多样性、稳定性、持续性, 积极稳妥推进碳达峰、碳中和等方面作出具体部署, 为推进新时代我国生态文明建设和草地资源高质量发展指明了方向<sup>[1]</sup>。

传统社会经济发展评价体系下, 我国草原产业总产值对国内生产总值(GDP)贡献很小, 然而草地生态空间生态产品总价值量很高, 2021 年为 8.51 万亿元, 相当于同期 GDP 的 7.4%<sup>[2]</sup>。面对新时代生态文明建设的新要求, 草地资源在国民经济及产业体系中的职能定位发生了根本性改变, 其经营管理模式正逐渐向多功能利用的方向转变, 服务目标从单一的经济增长转变为生态、经济、社会、文化等多方面协调发展。新时代, 我们需要从国家发展进程及对草地资源刚性需求的新视角, 重新审视我国草地生态系统的历史使命与发展战略, 这是关系我国生态文明建设与生态草牧产业发展的重大理论和实践命题。

草地生态系统在陆地碳、氮、水等物质循环中发挥重要作用, 承担着防风固沙、保持水土、涵养水源、



**于贵瑞** 中国科学院院士, 发展中国家科学院院士, 中国科学院地理科学与资源研究所研究员。从事生态学与自然地理学交叉研究, 在陆地生态系统通量观测理论和方法、陆地生态系统碳氮水耦合循环机制、碳氮水通量时空格局、植被功能性状及生物地理等方面取得了系统性创新成果。获国家科学技术进步奖一等奖 1 项、二等奖 2 项, 中国科学院杰出科技成就奖, 全国优秀科技工作者和全国创新争先奖等奖项。



**郝天象** 中国科学院地理科学与资源研究所助理研究员。从事生态系统生态学研究。

调节气候、维护生物多样性等生态功能, 且随着居民膳食结构改变, 草地资源在促进畜牧业发展、保障食物供需平衡、提高当地人们生活水平等方面的重要作用日益凸显。草地生态系统是国家生态安全战略格局的重要空间载体, 尤其对于北方防沙带和青藏高原生态屏障区<sup>[3]</sup>。草地分别约占青藏高原生态屏

收稿日期: 2023-06-19; 修回日期: 2023-08-06

\* 本文根据第 313 期双清论坛“新时期草学的重大基础科学问题”讨论的内容整理。

\*\* 通信作者, Email: yugr@igsnrr.ac.cn

本文受到国家自然科学基金基础科学中心项目(31988102)的资助。

障区、北方防沙带和黄河重点生态区面积的57.1%、46.1%和24.5%；同时，东北森林带分布着呼伦贝尔、松嫩两大草原<sup>[2]</sup>。因此，长期以来，我国始终将草地生态系统保护与修复作为国家生态工程的建设重点。2023年6月6日，习近平总书记在内蒙古巴彦淖尔考察时强调，“三北”、退耕还林还草等重点生态工程建设对荒漠化综合防治做出了重要贡献，并指出，要全面抓好天然林草植被的封育封禁保护，加强退化林和退化草原修复，确保沙源不扩散<sup>[4]</sup>。由此可见，我国草地生态系统是关系着国家生态安全和全国人民福祉的重要绿色屏障和战略资源宝库<sup>[5]</sup>。因此，应全力推进草地生态系统物种库、碳库、水库、粮库以及钱库等五库功能统筹提升，构建我国生态安全屏障，促进生态与经济协调发展<sup>[6]</sup>。

尽管我国是草地资源最为丰富的国家之一，然而草地生态系统持续受到全球变化和人为活动的综合影响，生态系统的结构、功能及过程发生着改变<sup>[7]</sup>。在全球变化（如大气氮沉降、降水格局变化、极端气候等）和人为活动（如过度放牧和刈割、粗放管理等）的强烈影响下，我国草地退化日益严重，引发了土壤荒漠化、盐渍化、生物多样性丧失、水土流失和碳汇丧失等一系列生态安全问题，严重影响草地生态服务功能<sup>[8-10]</sup>。基于此，本文以习近平生态文明思想为指导，从生态系统多功能、生态安全格局和生态经济建设的视角，进一步明确提出“统筹草地

生态系统（种碳水粮钱）五库功能，筑牢国家生态安全屏障”的建设理念和目标，以期为实现富裕、健康、安全和美丽的现代化强国建设目标提供坚实的生态基础设施保障。

### 1 草地生态系统五库功能与生态安全屏障

自然生态系统是地球生命系统的生物物种基因库（种库），又是绿色有机碳库（碳库）和清洁淡水资源库（水库），健康状况良好的生态系统便可丰产牧草、蛋白、脂肪、药材等，是为人类提供生活资料和食物资源的宝库（粮库），通过对种库、碳库、水库、粮库的综合经营和管理，发展新型生态经济，就会促进人们生活和社会经济发展（钱库）<sup>[6]</sup>（图1）。其中，生态系统“物种库功能”是一切生态功能和价值的生物基础；“碳库功能”是广义生态系统生产力和调节气候变化的能力属性；“水库功能”与“粮库功能”是人类生存不可替代的基本生活资源；“钱库功能”则是生态系统物质生产和经济活动的活力体现。

生态系统具有功能性和整体性的系统科学属性，其碳库、水库、粮库和钱库等生态服务功能是生态系统组分—结构—过程—功能—服务级联关系的最终结果及外溢输出<sup>[14]</sup>，而种库既是维护生物多样性的基础，也是调控和维持生态系统结构与功能的关键抓手。在生态系统多种要素综合、多过程耦合或局部功能组合叠加过程中，要素和过程之间会相互影响，生态功能之间存在联动。生态系统的生物



图1 草地生态系统五库功能及其现实意义<sup>[2, 11-13]</sup>

繁衍、群落演替、碳氮循环、水热平衡及物质生产等生态过程都遵循生物学、物理学和化学基本法则及自然演变规律,不同生态过程间存在各种作用介导的耦合联动关系,这种生态学机制决定了生态系统五库功能的联动性,是“生态系统五库功能统筹”的科学原理<sup>[6]</sup>。

“生态系统五库功能统筹”综合概括了生态系统的多元功能与多重价值,是人与自然和谐共生现代化的科学诠释,是统筹推进生态安全保护与经济社会发展、科学应对保护生物多样性、应对全球气候变化、保障水资源安全、应对粮食安全危机以及实现乡村振兴等五大挑战的生态学原理。

尽管国家大力推进草原保护修复,由于草地资源的长期不合理利用,我国草地生态安全形势仍十分严峻。在“重生产轻经营”“重畜轻草”的行为惯性下,草地资源过度利用,“人一草一畜”矛盾突出<sup>[15, 16]</sup>。超载放牧、粗放经营、非法开垦或破坏或占用草地等人为活动,加上气候变暖、干旱、虫鼠害和火灾等自然灾害,导致我国大面积草地不同程度退化,草地的生产、生活和生态功能低下,威胁国家生态安全、人民生活健康、草原文化传承等<sup>[6, 17]</sup>。

统筹草地生态系统五库功能抓住了我国生态安全屏障建设的绿色根基,对维护国家和区域生态安全、保障经济社会可持续发展的意义重大。主要体现在以下两点:

(1) 统筹提升草地生态系统五库功能是新时代我国生态文明建设的重点任务,是筑牢国家生态安全屏障的重要实践。2022年3月30日,习近平总书记在参加首都义务植树活动时强调“森林和草原对国家生态安全具有基础性、战略性作用,林草兴则生态兴”。“提升林草资源总量和质量,巩固和增强生态系统碳汇能力”。草地是国家生态格局的重要载体,提升草地生态系统五库功能、构建生态安全屏障对推进京津冀协同发展、西部大开发、振兴东北等国家战略,以及保障国家生存与发展空间具有重要战略意义。

(2) 统筹提升草地生态系统五库功能是草地资源高质量发展的着力点,是实现可持续发展的战略选择。草地生态系统具有很高的生态系统服务价值<sup>[2]</sup>,为我国社会经济可持续发展、民生保障与改善、农牧文化遗产地保护等提供了坚实的生态基础设施功能。巩固和提升草地生态系统五库功能是促进我国草地资源高质量发展、为人民群众提供优质生态产品、推进人与自然和谐共生的现代化的有效

途径。

## 2 我国草地资源、保护发展状况与关键科技问题

### 2.1 草地资源现状

根据《2022年中国国土绿化状况公报》,我国草地面积 2.65 亿公顷,草原综合植被盖度达 50.32%<sup>[18]</sup>。其中,我国草地主要分布在我国北方地区的内蒙古高原(面积占比为 19.98%)、西北山地盆地(24.97%)和青藏高原(51.36%)(图 2A),人均草地生态空间面积 0.19 公顷;草地范围内鲜草总产量为 59542.87 万吨,其中内蒙古高原、西北山地盆地和青藏高原分别占 25.11%、14.07% 和 51.51%;内蒙古高原、西北山地盆地和青藏高原的草原综合植被覆盖度分别为 51.29%、38.91% 和 53.63%;草地单位面积鲜草产量为 2.25 吨/公顷,其中内蒙古高原、西北山地盆地和青藏高原分别为 2.83、1.27 和 2.26 吨/公顷<sup>[2]</sup>。

### 2.2 草地生态系统现状

草地生态系统良好的健康状况是实现草地资源高质量发展的必要条件。2021年,我国草地面积中“健康”“亚健康”“不健康”和“极不健康”的占比分别为 12.88%、39.02%、37.58% 和 10.52%<sup>[2]</sup>。“十三五”以来,我国大力推进草地资源保护和修复工作,如草原生态保护补助奖励政策<sup>[21]</sup>、草地自然保护地建设<sup>[22]</sup>,我国草原生态状况和生产能力稳步提升,但仍然有 70% 的草原处于不同程度的退化状态<sup>[12]</sup>。尽管我国学术界普遍采用以草地植被和土壤指标为主的草地退化评价体系,但随着草地退化内涵的不断丰富,如何科学选取评价指标是草地退化评价工作的重点任务,也是确定草地退化程度的关键<sup>[23]</sup>。

草地主要分布在我国干旱半干旱区域(图 2B),是我国仅次于森林的第二大碳库,且碳汇潜力巨大。我国草地碳储量占全国陆地生态系统碳储量的 39.0%<sup>[24]</sup>。其中,高寒草甸和高寒草甸草原具有较高的碳密度,其次是温性草甸草原和温性草原(图 2C)。草地植被固碳能力为 0.28 亿吨/年,草地碳密度为 2.72 吨/公顷,其中内蒙古高原、西北山地盆地和青藏高原的碳密度分别为 3.04、1.63 和 2.91 吨/公顷<sup>[2]</sup>。草地涵养水源量为 927.53 亿立方米/年,且水源涵养重要性呈现一定空间分布(图 2D),释氧量为 0.75 亿吨/年<sup>[2]</sup>;草地生物多样性极为丰富,据不完全统计,我国草地植物有 1.5 万多种,草地动物



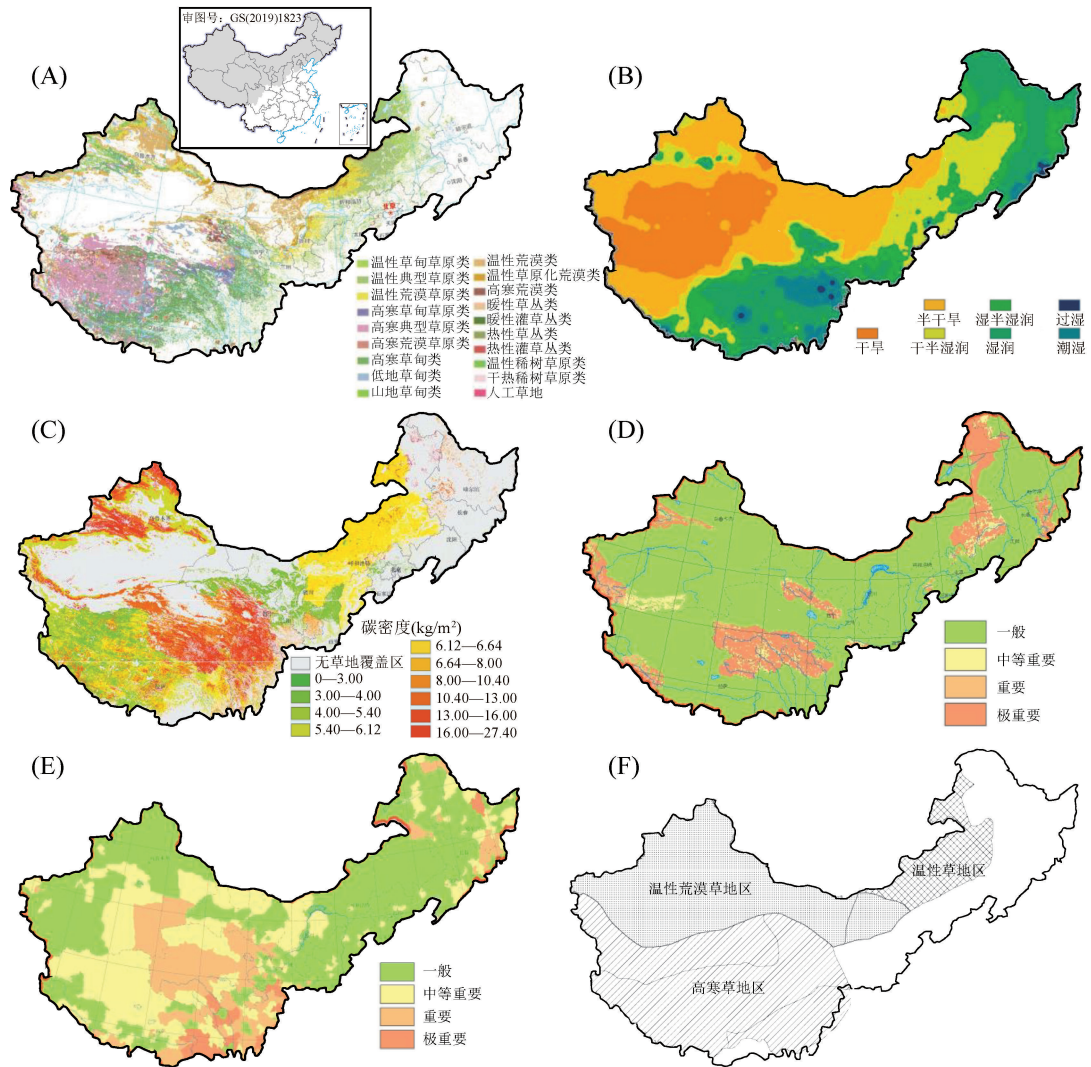


图2 我国草地资源现状:A. 中国北方草地分布<sup>[2]</sup>, B. 湿润指数<sup>[19]</sup>, C. 生态系统总碳密度<sup>[19]</sup>, D. 水源涵养重要性<sup>[19]</sup>, E. 生物多样性保护重要性, F. 主要草地地区(草地分布来源于《2021中国林草资源及生态状况》<sup>[2]</sup>)

注:北方草地边界、湿润指数和生态系统总碳密度来源于白永飞等<sup>[19]</sup>,湿润指数的原始数据来源于中国气象背景数据集(<http://www.resdc.cn/DOI>);水源涵养和生物多样性保护的重要性评估来源于中国生态系统评估与生态安全数据库([https://www.ecosystem.csdb.cn/ecoass/ecoassess\\_list.jsp?func=zyx](https://www.ecosystem.csdb.cn/ecoass/ecoassess_list.jsp?func=zyx));温性草地、温性荒漠草地和高寒草地边界参考中国生态区划<sup>[20]</sup>。

有2000多种<sup>[13]</sup>,其中,青藏高原生态屏障区是生物多样性保护的重点区域(图2E)。

### 2.3 草地资源发展与保护成效

近四十年来,尤其是党的十八大以来,我国颁布了《中华人民共和国草原法》《关于加强草原保护修复的若干意见》等法律法规,实施了京津风沙源治理、退牧还草、退耕还草、天然草原保护、退化草原改良、石漠化治理、草原监测预警等草原生态保护修复工程、草原生态保护补奖政策等措施<sup>[9]</sup>,我国草地法律、法规和行政管理制度得到完善。同时,国家启动了一系列研发项目,并形成了一批草地保护与治理技术<sup>[25, 26]</sup>,草地经营管理与环境治理体系趋于规范完善,草地保护修复工作取得了显著成效,草畜矛盾

明显缓解,草原退化趋势得到初步遏制<sup>[2]</sup>。

根据《中国统计年鉴》和《中国生态环境状况公报》,我国草地资源总量与草原产业总产值不断增长,天然草地鲜草总产量由2005年的9.38亿吨增长到2017年的10.65亿吨,2020年已突破11亿吨<sup>[12]</sup>,草地载畜能力同步提升至2017年的2.58亿羊单位;全国草原综合植被盖度持续增加,1982—2016年我国草地覆盖度平均每年增加0.12%<sup>[27]</sup>,2020年达到56.1%<sup>[12]</sup>;草地保护修复力度稳步增强,2021年草地保护修复面积为2.75亿公顷,包括种草(人工草地建设、补播)、草地改良以及草地管护(禁牧、草畜平衡);尽管近二十年草地鼠虫害发生面积仍处于较高水平,但鼠虫害发生面积逐年下降,鼠

虫害防治率呈平稳上升,2021年达29.5%;同时,1995—2021年草地火灾受害面积呈明显降低。

## 2.4 关键科技问题

我国草地生态系统质量整体较为脆弱。基于水、土、气、生等生态系统四大要素的16项评价指标的中国生态环境安全度分区结果显示,我国草地主要分布区域大多数属于不安全或濒临危机与危机,主要面临草地退化、沙化、干旱、缺水、水土流失、沙尘、盐碱等问题<sup>[28]</sup>。尽管近年来草地生态状况呈稳定向好态势,但草地退化和超载过牧问题尚未得到根本解决,草地产量低下、土壤退化、生物多样性丧失、水土流失和碳汇丧失等生态问题仍普遍存在。面对我国草地生态保护压力大、保护和修复系统性不足、水资源普遍短缺、多元支撑体系不健全等难点问题,科技支撑草地生态系统五库功能统筹提升是有效解决这些问题的发力点和突破口。因此,针对新时代我国草地生态系统五库功能的国家需求和不平衡不充分的草地资源发展现状之间的矛盾,亟待解决草地生态系统五库功能的基础科学研究、统筹提升技术、模型模拟与生态价值实现四项关键科技问题:

第一,草地生态系统五库功能联动关系及其调控机制是生态学领域的一个重要科学命题,是应对全球变化挑战、实现草地资源高质量发展、促进人与自然和谐共生的重要科学基础。尽管我国学者已在草地生态系统服务功能与评估、时空格局、调控机制等方面取得了系列进展,但目前对草地五库功能现状、潜力、形成与联动机制、调控因子等的认识仍存在较大不确定性,亟待解析草地生态系统种库、碳库、水库、粮库与钱库的功能状态演变、联动模式及其对全球变化和人为活动的响应与反馈机制,为巩固与提升草地生态系统五库功能、加快构建生态安全屏障提供理论依据。

第二,草地生态系统五库功能统筹提升的关键技术与集成示范,是科学落实生态安全屏障建设的根本。目前,我国相关技术储备不足、技术体系不健全,亟待充分认识自然规律、自然条件和自然过程的基础上,积极推进草地资源保护与利用技术创新、集成与示范推广,增强自主创新能力,提升技术储备。

第三,基于情景的草地生态系统五库功能演变趋势预测是草地资源优化经营管理的前提与依据。尽管学术界围绕草地生态系统服务功能评估与预测已开展了大量研究,然而草地生态系统五库功能联

动机制复杂,目前关于其对全球变化、人为活动的响应与反馈机制的认识仍有限,加上我国草地观测数据的不足,不同模型模拟方法与结果存在较大不确定性<sup>[29]</sup>,尚难以支撑“双碳”目标下中国草地经营管理路径的准确选择。因此,亟待构建基于生态学原理、综合现代系统思想和数学方法的草地生态系统经营管理模型,从而为草地生态系统生态过程综合模拟、五库功能情景分析与优化经营提供决策支撑。

第四,生态资产核算与认证是促进草地生态系统生态环境优势向生态经济优势转化的基础,是生态产品价值实现的前提。草地资源是国家及全民拥有的生态资产,其具有很高的生态系统服务价值。亟待构建以五库功能为重点抓手的草地生态系统生态资产核算与认证体系,对草地生态系统生态资产显性化、草地资源经营成效评估等具有重要意义。

## 3 构建我国生态屏障的宏观战略与实现路径

### 3.1 基于草地资源高质量发展的基本方略

新时代我国草地资源高质量发展是践行“两山”理念,推进人与自然和谐共生的现代化的重要实践,是构建我国生态安全屏障的重点任务。应明确以习近平生态文明思想为根本遵循,坚持“尊重自然,保护优先”的科学统筹、“系统治理,分区施策”的全局谋划、“科学利用,绿色发展”的战略布局 and “政府主导,全民参与”的长效机制。以“统筹生态系统五库功能,筑牢国家生态基础设施”作为推进草地资源高质量发展的新时代经营管理理念,落实生态治理路径选择、宏观战略布局、保障体制体系建设,加强草地资源的保护、培育和合理利用,促进草地生态系统五库功能的统筹提升,筑牢我国草地“国家生态安全”的首要担当与历史使命<sup>[6]</sup>。同时,基于草地生态系统“五库功能统筹”理念,大力发展牧草种植、中药材产业、文化传承和生态旅游等,加快落实科技支撑与政策扶持,构建新型生态经济体系与草业人才体系,统筹提升草地生态系统的生态功能、生产功能与社会功能,为我国草牧业提质增效、牧民增收、乡村振兴做出更多重要“绿色”贡献,为全面推进“两山”理论的社会实践提供可复制的新范式。

### 3.2 草地生态系统五库联动,科技支撑我国生态安全屏障建设的实现路径

多功能近自然经营管理是实现草地生态系统五库功能系统全面提升、草地资源高质量发展和生态



安全屏障建设的重要路径,即基于自然规律、自然条件和自然过程,采取尽可能少的人工干预去巩固和提升草地多重生态服务功能。多功能经管草地资源体现了草地生态系统五库统筹的多重功能性及社会价值观,近自然经管体现了“尊重自然、顺应自然、保护自然”人与自然和谐共生的生态文明理念。实现草地资源高质量发展的路径不是先验的、固定的、既成的,是随着科学技术进步与社会经济发展而不断优化迭代的,是中国特色社会主义事业总体布局和战略布局下基于我国国情与未来趋势的具有一定韧性和适应性的系统性解决方案。

新时代草地生态系统五库功能的统筹提升应坚持“四个面向”的战略方向和坚持“多功能近自然”的经管理念,以巩固提升草地生态系统多样性、稳定性和持续性为新时代任务目标,充分发挥集中力量办大事的制度优势,加快建设草地生态保护修复的制度支撑体系、现代化科技支撑体系、多层次人才支撑体系、生态资产核算与交易体系,开创新时代草地资源一体化高质量发展的新局面,高标准落实草地保护、国土绿化、生态恢复、环境治理、产业低碳转型、新型生态经济及生态产业培育。因此,亟待大力提升草地五库的科技支撑能力,重点推进以下三项科技任务:

(1) 进一步丰富和深入草地生态系统五库功能基础研究。由于草地生态系统五库功能的复杂性和特殊性,迄今的相关研究系统性较差,大多研究途径仍采用“黑箱模式”,甚至停留在构建资源要素、环境条件与生态系统功能之间的简单数量关系阶段,对五库功能之间的突变、阈值、补偿和替代等复杂性特征的考虑不充分,尤其缺乏对生态系统过程机制和生态学原理的理解及其影响的定量分析。建议以草地生态系统五库功能为重点观测对象,发展天地空一体化监测体系,丰富和深入草地科学的基础性研究工作,揭示草地生态系统五库功能状态、联动关系与调控机制,全面清查全国国土空间的草地生态系统五库功能的现存状态、自然禀赋和质量,明确草地生态保护红线,综合气候与社会经济变化,认知其空间分布及其与社会需求匹配程度、演变趋势、调控潜力及经管风险等,为草地资源精准经营管理提供基准数据。建立国家—省—县三级的五库功能清查体系、经营监管制度、生态资产数据库,定期发布草地生态系统五库功能状态报告。

(2) 加强技术创新体系建设,推动草地生态系统五库功能提升。我国已修订颁布了一系列草地资

源保护与利用的技术标准,如《退化草地修复技术规范》《天然割草地轮刈技术规程》《牧区草地灌溉与排水技术规范》等。2022年,我国科技进步贡献率提高到60%以上<sup>[30]</sup>,同期发明专利产业化率为36.7%<sup>[31]</sup>,呈稳步上升态势,但对标发达国家,我国科技成果转化率仍处于较低水平,且可大规模推广应用的技术范式不足,已成为草地生态系统五库功能提升的刚性约束。建议加快推进草地资源保护与低碳高效利用、退化草地修复治理与重建、病虫害与火灾预警与防控、应对全球变化的自我调控能力提升等方面的关键技术和装备研发、示范与推广;系统构建草地资源高质量发展技术标准体系与创新机制、多层次现代化专业技术人才队伍、科技普及与推广体系,开创“政府主导、市场主体、政策扶持、科学指导、社会参与”的草地资源经营管理新格局。

(3) 大力发展生态—社会经济系统耦合模型,提高五库功能模拟与预测能力。坚持长期开展草地生态系统物质循环过程机理、动态演变和地理格局的生物环境控制机制及全球变化因素影响与反馈作用,及其与社会经济系统物质耦合关系等大尺度宏观生态系统科学研究。针对草地生态系统五库功能模拟与预测能力弱的关键卡点问题,建议大力发展服务于草地资源管理的生态—气候—社会经济系统耦合模型,实现草地生态过程、气候系统模式与社会经济发展的嵌套,提升模型模拟过程的完整性和准确性,提高对全球变化和人为管理活动下草地生态系统五库功能的模拟水平。基于此,进一步优化模型底层逻辑、操作系统现代化建设等,加强模型和深度学习的融合,实现准确简易高效的迭代预测。

## 4 草地生态系统五库功能统筹提升的研究建议

### 4.1 明确草地定义,建立科学而实用的草地划分体系

国土资源、农学、生态学、法律等领域都有各自对草地的定义与划分。我国常用草地分类法包括植物群落学分类法、气候—土壤—植被综合顺序分类法、以及中国草地类型的划分标准和中国草地类型分类系统<sup>[32]</sup>。不同草地定义与分类系统使土地属性、草地属性存在混乱,阻碍战略布局和经营进程,导致调查与研究中的草地面积数据存在较大差异<sup>[33]</sup>;同时,过多的草地类型会增加草地资源经营复杂性

与投入成本。建议以第三次全国国土调查工作分类地类认定细则作为国土空间管理中划分草地范围界限的“统一底版”<sup>[34]</sup>。根据草地经营目标与自然禀赋,包括植被群落组成、生产力、生物多样性、养分与水分资源状况、气候条件和社会经济因素等,综合考虑全球变化、当地生态保护与社会经济发展需求等,以资源环境承载能力和五库功能评估为基础,完善科学系统、简单高效的草地类型划分体系,可为制定草地生态资产空间分布及经营管理的区域规划提供可靠依据,精细落实草地功能定位、经营管理属性及政策方向。

#### 4.2 坚持“分区分类”原则,科学落实草地生态系统近自然经营管理

“分区分类”落实草地生态系统经营管理,科技是关键。草地常用的保护修复和利用技术主要包括草地生态监测诊断与评价技术、受损草地综合治理技术、草地保护修复及草地利用关键技术<sup>[35]</sup>。我国天然草地类型多样,资源禀赋、草地退化程度和利用方式不同,草地保护与修复的限制因子也不相同,综合考虑当地的自然与人为因素,遵循“分类治理”原理,采取最优的利用—保护—修复协调的近自然管理技术措施是提升草地生态系统五库功能、构建生态安全屏障的有效实现路径。

我国北方草地是我国草地资源的主体,其受气候条件、人类活动与生态需求等因素综合影响形成了差异明显的地理格局。参照《中国生态区划方案》<sup>[20]</sup>,基于自然资源禀赋程度,商榷性地将北方草地分为温性草地区、温性荒漠草地区和高寒草地区(图 2F)等三个草地区域,在此基础上,为突出人类活动的影响,也便于对我国生态环境敏感和脆弱的草地区域进行有效地保护和修复,进一步讨论了农牧交错带草地区。

##### (1) 温性草地区

温性草地区主要分布在半干旱草原生态区,包括部分京津冀协同发展区和呼伦贝尔草原草甸、科尔沁草原、浑善达克沙漠化防治和阴山北麓草原等国家重点生态功能区<sup>[3]</sup>,以及科尔沁和浑善达克沙地歼灭战战略区<sup>[4]</sup>。该区域草地分为温性典型草原和温性草甸草原等草地类型,生态过渡带特征明显,群落结构复杂,每平方米植物物种数约为 15~30 种,核心生态功能是水源涵养、水土保持和防风固沙等。温性草地区的首要经管任务是天然草地保护修复。目前该区域采用的修复技术以围栏封育、栽培草地、草地翻耕、退耕还草和草方格沙障为主<sup>[36]</sup>。

草地保护与修复仍应以“因地制宜”的综合修复为主,提高对不同类型草地的退化诱因与调控机制的科学认知,针对围栏封育、补播等技术容易导致生物多样性丧失、恢复后再退化等现实问题,积极开展围栏封育等保护修复措施下乡土草种筛选、种子扩繁、草种组配、科学补播等人工辅助和管理措施的深入研发、集成创新与综合评估,形成系统的技术规范。严格落实矿产资源绿色开发,加强矿区草地保护、恢复与重建,禁止草地的非法开垦等;同时,着力发展人工草地,加强优质草产品生产与加工,推动草牧业绿色转型、打造草地资源高质量发展高地。

##### (2) 温性荒漠草地区

温性荒漠草地区主要分布在半干旱荒漠草原生态地区、干旱半荒漠生态地区和干旱荒漠生态地区,包括阿尔泰山地森林草原、祁连山冰川与水源涵养和塔里木河荒漠化防治等国家重点生态功能区<sup>[3]</sup>,以及河西走廊—塔克拉玛干沙漠边缘阻击战战略区和黄河“几”字弯攻坚战战略区(包括毛乌素沙地、库布其、乌兰布和等)<sup>[4]</sup>、以及阿拉善高原半荒漠、准噶尔盆地荒漠和塔里木盆地荒漠等草原保护修复和荒漠化防治重点区域<sup>[20]</sup>。该区域草地分为温性荒漠、温性荒漠草原和温性草原化荒漠等草地类型,是典型荒漠绿洲过渡区,环境异质性强,水资源极度短缺,土壤贫瘠,风沙活动强烈,土地荒漠化扩展趋势明显,水土流失严重,植被稀疏,每平方米植物物种数 10 种左右。恶劣的自然资源条件导致该区域草地生态系统极脆弱且不稳定,抗干扰能力弱、恢复能力差、荒漠化风险高。该草地区核心生态功能是防风固沙、水土保持和生物多样性保护,主要采用的草地修复技术有围栏封育、栽培草地、免耕补播和退耕还草等<sup>[36]</sup>,以及荒漠绿洲“五带一体”风沙防护技术体系等<sup>[37]</sup>。温性荒漠草地区应以水资源高效利用为突破口,根据水资源禀赋和生态系统承载力确定草地保护与利用方案,大力开展耐旱、耐盐乡土草种育种与补播,严格限制放牧等人类活动,合理调配流域水资源,适当加强生态用水,优先保护荒漠植被;同时,加大力度修复已退化或沙化或盐渍化的草地,重点提升草地生态系统防风固沙与水土保持能力;此外,酌情发展可控的荒漠—绿洲沙产业,如沙生药用植物、光伏一种养一体化、旅游业等,培育新型生态经济产业与发展范式。

##### (3) 高寒草地区

高寒草地区主要分布在青藏高原高寒生态大区,包括三江源草原草甸湿地、若尔盖草原湿地、阿

尔金草原荒漠化防治、藏西北羌塘高原荒漠等国家重点生态功能区<sup>[3]</sup>。该区域草地分为高寒草甸和高寒典型草原等草地类型,占我国草地总面积的四成以上。该区域是高寒生物种质资源和基因宝库,但地势高寒,气候恶劣,自然条件严酷,植被稀疏,具有明显的多种土壤侵蚀现象,生态环境十分脆弱,对全球气候变化非常敏感,是“全球生物多样性保护”最优先地区。受全球变化和人类活动共同影响,该区域草地退化、土地沙化、生物多样性受损等生态问题突出。该区域退化草地恢复的主要制约因素包括植物种源、土壤微生物、土壤养分和人文因素,主要采用的草地修复技术有围栏封育、栽培草地、免耕补播、施肥和退耕还草等<sup>[36]</sup>,以及基于乡土草种、微生物、养分调控为主的物源调控技术体系<sup>[38]</sup>,高寒草地综合恢复治理技术体系<sup>[37]</sup>等。

根据草地类型,高寒草地区可细分为三个草地生态区:

1) 高原草甸生态区,主要分布在那曲—玛多地区。高寒草甸每平方米植物物种数可多达40种以上,核心生态功能是水源涵养、水土保持和生物多样性维护(图2)。应坚持以自然恢复为主、与人工辅助措施相结合的草地保护与修复。加快构建自然保护地体系,将部分生态空间和承载力归还给自然,保护好原生地带性植被、特有珍稀物种及其栖息地,促进种群恢复和生物多样性保护;全面推行草畜平衡、草原禁牧休牧轮牧,从根本上遏制超载过牧;天然草地乡土草种改良与补播、人工种草、土壤生物修复等,巩固草地生态系统结构完整性和功能稳定性,提升草地生态系统水源涵养、生物多样性保护、保碳增汇等生态功能。同时,积极发展特色生态旅游业,推进草牧业产业升级,实现高质量发展。

2) 高寒草原生态区,主要分布在羌塘高原—长江源头区域,其核心生态功能是生物多样性维护和水源涵养。该区域环境条件相对较差,草地资源压力较大,着重解决草地退化与草畜平衡。应适度发展生态畜牧业,控制人类活动强度和载畜量,加强科技创新,发展草地资源管理模式,如采用南草北调以及北畜南下等跨区域调控,实现草畜时空动态平衡的草地恢复和可持续利用<sup>[39]</sup>。同时,也要严格限制脆弱高寒草原区的特色生态旅游业,加强退化草地保护与恢复,保障野生动植物基本生存空间。

3) 高寒荒漠生态区,主要分布在北羌塘高原,其核心生态功能是防风固沙。该区域环境恶劣,植被稀疏,水资源短缺与荒漠化问题突出。可参照温

性荒漠草地区,科学开展机械固沙、沙障固沙、围栏封育、乡土草种补播等草地保护修复措施。

#### (4) 农牧交错带草地区

农牧交错带草地区为半干旱生态过渡带,北起大兴安岭地区,向西南延伸,经内蒙古、河北、山西、陕西、甘肃等省份,直到青藏高原。该区域大致处于降水量400毫米等值线一带,气候干旱,水资源短缺,植被覆盖度低,整体生态环境脆弱,干湿波动明显,界限波动频繁。主要分为典型草原、荒漠草原、稀树草原等草地类型。受农耕和放牧两种生产方式强烈影响,该区域人一草一畜矛盾突出,导致草地退化、土地沙化等问题。应坚持以草定畜,草畜联动,加快实现人草畜平衡。在草地植被方面,积极开展乡土草种补播等草地保护与修复措施,强化植被恢复进程中群落的科学配置,同时,鼓励发展人工草地,加强优质饲草生产基地建设;在放牧方面,应明确划定禁牧区、休牧区和轮牧区,落实禁牧、休牧、减牧、轮牧等管理措施。鉴于该区域草地生产力受水分限制强烈,且降水年际变异大,草地的资源环境承载力不稳定,需要开展草畜平衡的动态监测评估与弹性经营管理,重点研发动态草畜平衡的智慧畜牧系统,如智能化放牧模式,将电子围栏、牛羊定位设备、移动式围栏、视频监控等信息设备植入放牧管理系统中,实现畜群无人实时跟踪、基于植被生长状况的精准饲喂等<sup>[9]</sup>。

### 4.3 推进草地生态资产核算与生态价值实现,培育新型生态产业经济

新时代草地资源经营管理目标应该是以草地生态系统五库功能价值实现与提升为抓手,促进生态产业经济发展,持续积累草地生态资产,为人类社会提供更多优质生态产品,全面满足人民日益增长的优美生态环境需要。因此,建议加强国家草地生态基础设施建设、生态资产核查监管、五库功能状态监测、生态产品经营,推进法律法规体系建设。重点构建草地生态系统五库功能中水资源和碳汇的评估认证体系、交易制度、监管体系。参考国家基础设施建设投资和运营机制,开创国家投资、绿色融资及生态产业运营新局面,形成草地产业生态资产财政、融资、政策和监管制度体系,搭建生态系统与社会经济系统耦合的价值体系与生态资产核算系统,缓解草地资源保护利用和社会经济发展的利益冲突,以达到生态效益和社会经济效益的平衡;全方位发展新型生态经济和生态产业体系,引导传统草业向新型生态产业转型升级,培育草地生态价值实现、乡村振



兴和绿色发展的支撑点、增长点和发力点<sup>[40]</sup>。

#### 4.4 部署推进草地生态系统科技基础设施与支撑体系建设

草地生态系统保护与修复成效难以在短时间内验证,需要长期监测,相关基础研究也需要长期观测数据作以支撑。建议构建以全国重点实验室为核心,以生态定位站为网络,以地方科研平台为协同的科技基础设施与监测评估体系,承担草地科学分类与基础研究、技术创新与示范推广、模型发展与路径优化、生态资产核算与生态经济培育、区域经管方案制定等重要科技任务,落实“五库统筹、近自然经管、筑牢国家生态基础设施”的草地转型发展新战略,压实保护发展草地资源的主体责任,构建长效责任体系和人才发展机制,为草地生态系统五库功能统筹提升、构建国家生态安全屏障提供有力支撑。

#### 参 考 文 献

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告. 中华人民共和国国务院公报, 2022, (30): 4—27.
- [2] 国家林业和草原局. 2021 中国林草资源及生态状况. 北京: 中国林业出版社, 2022.
- [3] 国家发展改革委 自然资源部. 国家发展改革委[自然资源部关于印发《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》的通知. (2020-06-03)/[2023-05-12]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/12/content\\_5518982.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-06/12/content_5518982.htm).
- [4] 新华社. 习近平在内蒙古巴彦淖尔考察并主持召开加强荒漠化综合防治和推进“三北”等重点生态工程建设座谈会. (2023-06-06)/[2023-08-06]. [https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202306/content\\_6884930.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202306/content_6884930.htm).
- [5] 李建东, 方精云. 中国草原的生态功能研究. 北京: 科学出版社, 2017.
- [6] 于贵瑞, 杨萌, 郝天象. 统筹生态系统五库功能, 筑牢国家生态基础设施——新时代我国生态建设理念、任务和目标. 中国科学院院刊, 2022, 37(11): 1534—1538.
- [7] 张扬建, 朱军涛, 沈若楠, 等. 放牧对草地生态系统影响的研究进展. 植物生态学报, 2020, 44(5): 553—564.
- [8] 孙鸿烈. 中国生态系统. 北京: 科学出版社, 2005.
- [9] 潘庆民, 孙佳美, 杨元合, 等. 我国草原恢复与保护的问题与对策. 中国科学院院刊, 2021, 36(6): 666—674.
- [10] 傅伯杰, 王晓峰, 冯晓明, 等. 国家生态屏障区生态系统评估. 北京: 科学出版社, 2017.
- [11] 国家林业和草原局. 中国林业和草原统计年鉴 2021. 北京: 中国林业出版社, 2022.
- [12] 国务院新闻办公室. “十四五”林业草原保护发展规划新闻发布会. (2021-08-20)/[2023-07-21]. <http://www.scio.gov.cn/m/xwfbh/xwfbh/wqfbh/44687/46616/index.htm>.
- [13] 董世魁. 关乎人类福祉的草原生物多样性. (2021-12-01)/[2023-05-06]. <http://www.forestry.gov.cn/main/586/20211201/100531197422330.html>.
- [14] 于贵瑞, 杨萌, 陈智, 等. 大尺度区域生态环境治理及国家生态安全格局构建的技术途径和战略布局. 应用生态学报, 2021, 32(4): 1141—1153.
- [15] 姜恕. 中国草地资源的可持续利用. 草地学报, 1997, 5(2): 73—79.
- [16] 鲁春霞, 谢高地, 成升魁, 等. 中国草地资源利用: 生产功能与生态功能的冲突与协调. 自然资源学报, 2009, 24(10): 1685—1696.
- [17] 白永飞, 潘庆民, 邢旗. 草地生产与生态功能合理配置的理论基础与关键技术. 科学通报, 2016, 61(2): 201—212.
- [18] 全国绿化委员会办公室. 2022 年中国国土绿化状况公报. (2023-03-12)/[2023-08-06]. <http://www.forestry.gov.cn/c/www/gtlhbg/360464.jhtml>.
- [19] 白永飞, 赵玉金, 王扬, 等. 中国北方草地生态系统服务评估和功能区划助力生态安全屏障建设. 中国科学院院刊, 2020, 35(6): 675—689.
- [20] 傅伯杰, 刘国华, 陈利顶, 等. 中国生态区划方案. 生态学报, 2001, 21(1): 1—6.
- [21] Hou LL, Xia F, Chen QH, et al. Grassland ecological compensation policy in China improves grassland quality and increases herders' income. Nature Communications, 2021, 12(1): 4683.
- [22] 新华社. 中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》. (2019-06-26)/[2023-08-06]. [https://www.gov.cn/zhengce/2019-06/26/content\\_5403497.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2019-06/26/content_5403497.htm).
- [23] 乌云嘎, 乌兰图雅, 张卫青, 等. 基于 CiteSpace 的中国草地退化评价指标体系演进分析. 中国草地学报, 2023, 45(5): 125—136.
- [24] 丁仲礼, 张涛. 碳中和: 逻辑体系与技术需求. 北京: 科学出版社, 2022.
- [25] 关振寰, 刘国华, 贺金生. 草地保护技术研究现状及发展趋势的文献分析. 草业科学, 2020, 37(4): 703—717.
- [26] 王辰. 北方草甸退化草地系统性修复有了技术支撑. (2020-11-11)/[2023-05-06]. <http://www.forestry.gov.cn/main/4426/20201111/095459744793564.html>.
- [27] 刘洋洋, 任涵玉, 章钊颖, 等. 中国草地覆盖度时空动态格局及其影响因素. 水土保持研究, 2022, 29(2): 221—230, 242.
- [28] 石玉林, 于贵瑞, 王浩, 等. 国土生态安全、水土资源优化配置与空间格局研究. 北京: 科学出版社, 2017.
- [29] 杨元合, 石岳, 孙文娟, 等. 中国及全球陆地生态系统碳源汇特征及其对碳中和的贡献. 中国科学: 生命科学, 2022, 52(4): 534—574.

- [30] 李克强. 政府工作报告——2023年3月5日在第十四届全国人民代表大会第一次会议上. 中华人民共和国国务院公报, 2023(8): 5—19.
- [31] 国家知识产权局战略规划司, 国家知识产权局知识产权发展研究中心. 2022年中国专利调查报告. (2022-12-28)/[2023-05-06]. [https://www.cnipa.gov.cn/art/2022/12/28/art\\_88\\_181043.html](https://www.cnipa.gov.cn/art/2022/12/28/art_88_181043.html).
- [32] 《中国资源科学百科全书》编辑委员会. 中国资源科学百科全书. 北京: 中国大百科全书出版社, 2000.
- [33] 董世魁. 草原与草地的概念辨析及规范使用刍议. 生态学杂志, 2022, 41(5): 992—1000.
- [34] 国务院第三次全国国土调查领导小组办公室. 第三次全国国土调查工作手册之二——第三次全国国土调查工作分类地类认定细则. (2019-04-28)/[2023-06-19]. <https://m.mnr.gov.cn/zt/td/dscqggtc/zl/201906/P020190604539900543194.pdf>.
- [35] 刘燕丹, 姚国征, 张慧, 等. 草原生态保护修复和利用技术需求优先序研究. 中国草地学报, 2022, 44(2): 55—64.
- [36] 蒋胜竞, 冯天骄, 刘国华, 等. 草地生态修复技术应用的文献计量分析. 草业科学, 2020, 37(4): 685—702.
- [37] 中国科学院西北生态环境资源研究院. 西北内陆区极端环境生态系统修复理论、技术及其应用团队. 中国科学院院刊, 2021, 36(11): 1374—1375.
- [38] 贺金生, 刘志鹏, 姚拓, 等. 青藏高原退化草地恢复的制约因子及修复技术. 科技导报, 2020, 38(17): 66—80.
- [39] 张宪洲, 王小丹, 高清竹, 等. 开展高寒退化生态系统恢复与重建技术研究, 助力西藏生态安全屏障保护与建设. 生态学报, 2016, 36(22): 7083—7087.
- [40] 汪金松, 郝天象, 刘世荣, 等. 新时期我国林草业的使命及其转型发展战略的思考. 陆地生态系统与保护学报, 2022, 2(5): 1—12.

## Coordinate the Five-pool Functions of Grassland Ecosystem and Build a Strong National Ecological Security Barrier in China

Tianxiang Hao<sup>1</sup>   Meng Yang<sup>1</sup>   Guirui Yu<sup>1,2\*</sup>

1. CAS Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101

2. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049

**Abstract** Grassland ecosystem is an important carrier of national ecological civilization construction, and plays a fundamental and strategic role in national ecological security. How to implement the multifunctional and close-to-nature management of the grassland ecosystem has become an urgent problem to be solved in the high-quality development of grassland resources. Based on the construction of the national ecological security barrier, this paper expounds the status and the achievements of protection and restoration of grassland resources, as well as key scientific and technical issues. Then, we put forward “Coordinate the five-pool functions of grassland ecosystem, and build a strong national ecological infrastructures” as the new strategy of grassland transformation and development, and its implementation paths and research recommendations to help the high-quality development of grassland resources and the construction of national ecological security barrier in China.

**Keywords** grassland ecosystem; five-pool coordination; ecological assets; stewardship and management; ecological security

(责任编辑 刘敏 张强)

---

\* Corresponding Author, Email: [yugr@igsnr.ac.cn](mailto:yugr@igsnr.ac.cn)