

DOI: 10.20103/j.stxb.202309151993

朱梦洵, 黄竞欧, 李昂. 围绕放牧生态系统管理的基本理论争论及其政策影响. 生态学报, 2024, 44(22): 10020-10030.

Zhu M X, Huang J O, Li A. The debate of the fundamental theory on rangeland ecology and its influence on rangeland management policy. Acta Ecologica Sinica, 2024, 44(22): 10020-10030.

围绕放牧生态系统管理的基本理论争论及其政策影响

朱梦洵¹, 黄竞欧^{2,*}, 李 昂³

¹ 中国国际工程咨询有限公司生态技术研究所(北京)有限公司, 北京 100048

² 首都师范大学政法学院哲学系, 北京 100048

³ 中国科学院植物研究所, 北京 100093

摘要: 国际学界围绕着放牧生态系统管理理论展开了长期的争论, 分化出古典放牧生态学派和新放牧生态学派。前者主张“按照承载力进行草畜平衡管理”, 又称为平衡性放牧生态学理论; 后者主张“承载力概念无效, 草畜动态由气候决定, 放牧生态系统在本质上是失衡的”, 也称为非平衡性放牧生态学理论。为了实现放牧生态系统的可持续管理, 前者主张草地私有化, 减畜和禁牧, 实现草畜平衡; 而后者主张维持草地公共产权, 进行社区合作, 维持畜群移动性。文献计量分析表明新放牧生态学派占据了统治地位。然而, 大量实证研究表明放牧生态系统的非平衡性和平衡性是广泛共存的, 而且二者的结合具有高度的时空异质性。因此, 两个理论都有可取的和片面的要素, 由此形成了“非平衡和平衡性共存”的新观点, 可视为古典放牧生态学派的新发展。上述学术争论也波及我国的放牧地管理政策, 但是按照上述理论进展, 我国放牧管理政策不需要颠覆性重构, 而是需要渐进调整。未来放牧生态系统管理需要重视该领域的最新理论进展, 重视气候波动性, 实现草畜的动态平衡, 并维持畜群的移动性。同时, 政策制定者要与时俱进和因地制宜的设计管理政策, 避免“一刀切”推行单一的产权制度和管理政策。

关键词: 公地的悲剧; 社区合作共管; 草畜平衡; 禁牧; 草原畜牧业; 超载过牧; 游牧

The debate of the fundamental theory on rangeland ecology and its influence on rangeland management policy

ZHU Mengxun¹, HUANG Jingou^{2,*}, LI Ang³

¹ Ecological Technical Research Institute, China International Engineering Consulting Corporation, Beijing 100048, China

² Department of Philosophy, School of Political Science and Law, Capital Normal University, Beijing 100048, China

³ State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China

Abstract: The ongoing debate surrounding the management of rangeland ecosystems has given rise to two distinct schools of theories: classical rangeland ecology and new rangeland ecology. The former advocates for “the balance of forage biomass and livestock loads according to carrying capacity of grassland,” also known as equilibrium rangeland ecology. The latter argues that “the concept of carrying capacity is invalid, the dynamics of forage biomass and livestock population are determined by climate variability, and the rangeland ecosystem is fundamentally non-equilibrium,” referred to as non-equilibrium rangeland ecology. To achieve sustainable management of rangeland ecosystems, proponents of the classical rangeland theory advocate for privatizing property rights of rangelands and reducing livestock numbers to maintain a balance between forage biomass and livestock loads. Meanwhile, supporters of the new rangeland theory advocate maintaining public property rights over rangelands, promoting community cooperation, and preserving livestock mobility. Bibliometric analyses indicated that the new rangeland ecologists had dominated the academic publishing in this study field, according to their

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(32271744)

收稿日期: 2023-09-15; **采用日期:** 2024-09-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: 6924@cnu.edu.cn

overwhelming advantages in H-index, total citation, and citation of representative papers. However, numerous empirical studies have demonstrated that both equilibrium and non-equilibrium conditions coexist in all rangeland ecosystems, resulting in high heterogeneity on spatiotemporal scales. As such, it is evident that both theories possess elements that are valid as well as flawed. Consequently, a novel concept has updated the theory of classic rangeland ecology, which advocated the coexistence of non-equilibrium and equilibrium. This debate had profoundly influenced the understanding about Chinese rangeland policies. These policies were primarily grounded in classic rangeland ecology, thus have suffered a lot of harsh criticism from the advocates of the new rangeland ecology. New rangeland ecologists had negated these policies, which aimed to achieve the balancing between forage biomass and livestock loads based on the concept of ecological carrying capacity. Alternatively, they highlighted the important roles of livestock mobility and community cooperation in rangeland sustainable management. Therefore, some new rangeland ecologists propose some transformative reforms in rangeland management, such as reconstruction of public grassland use rights and removal of household fence. However, based the recent advances of this debate, China should not reconfigure these policies in a disruptive way. Future rangeland management strategies must take into account climate variability while striving to achieve a dynamic balance between forage biomass and livestock loads. It is also crucial to preserve livestock mobility. Additionally, policymakers should carefully tailor their approaches based on a comprehensive understanding of local conditions rather than implementing a “one size fits all” model when it comes to property rights and management policies.

Key Words: tragedy of the commons; community cooperation, community-based management; balance of forage biomass and livestock loads; prohibition of grazing; grassland animal husbandry; overgrazing; nomadism

草原和荒漠占全球无冰雪覆盖的陆地面积的 21%, 它们的主要土地利用方式是放牧。因此, 放牧生态系统是地球上重要的陆地生态系统之一。从生态学诞生起, 放牧生态系统一直是生态学的重要研究对象, 而且是承载力等重要生态学概念的溯源地。这些重要理论不但对生态学的发展有重要的贡献, 而且还与自然资源管理、政治经济学、公共管理科学和可持续科学发生了密切交叉。

20 世纪 80 年代以来, 国际放牧生态学界围绕着放牧生态系统的基本性质和管理原则展开了长达四十年的争论。这一争议并不局限在生态学范畴, 也与政治经济学、自然资源管理等学科互动, 进而形成了两类放牧生态系统管理理论^[1]。总体来说, 这场争论围绕着“草-畜能否实现自然的平衡”, “承载力是否适用于放牧地管理”, “植被退化是否由超载放牧引起”, 以及解决草地退化问题需要采用“自上而下的命令-控制”还是“基于从下而上的社区自治”等方面主题展开, 并分化出两个理论学派^[2]。根据这两个理论学派出现的先后, 放牧生态学界分别命名了主张“按照承载力进行草畜平衡管理”的古典放牧生态学派, 以及主张“承载力无效, 草畜平衡因为降水波动难以实现, 因此需要基于社区自主管理”的新放牧生态学派(表 1)。在一些文献中, 古典放牧生态学派因为秉持草畜平衡原则, 被称为“平衡性放牧生态学理论”; 而新放牧生态学派因为认为草畜是天然不平衡的, 也被称为“非平衡性放牧生态学理论”。在 2020 年, D.D.Briske 教授提出“平衡性和非平衡性在放牧生态系统中是共存的”这一学术观点, 因此正式形成了调和性的“共存理论”学派, 可以视为古典放牧生态学派的新发展。

这两个学派的争议对我国放牧生态学领域也造成了深刻的影响, 导致政策制定者和学者们在设计和评价我国草地管理政策时, 产生较大的分歧。因此, 为了厘清这两个学派的理论和我国草地管理政策的关联, 更好的制定我国草地政策, 本文将结合文献综述和文献计量分析的方法, 梳理回顾这一争论的历史流变, 并回答以下关键科学问题。(1) 非平衡态放牧生态学理论有没有实现放牧生态学领域的范式转移? (2) 放牧生态系统中平衡态和非平衡态是互斥的, 还是共存的? (3) 在我国制定草地生态管理政策时, 两个理论各自可取的理论要点是什么?

1 研究方法

通过文本综述和文献计量分析结合的方法展开研究。在 Google Scholar 中,以非平衡态放牧生态学理论(non-equilibrium rangeland theory)为关键词,逐年检索发表相关论文的数量,以描述该领域自 20 世纪 80 年代以来的进展。这是因为平衡态放牧生态学理论早已作为定论被写入教科书,且年代久远,电子文献收录不全,所以不考察该主题的文献计量。作为替代的是,考察 2003 年后出现的“平衡态和非平衡态共存”这一调和性的理论主张,以刻画本领域的最新进展。通过本领域高被引文献,识别参与该理论争论的核心学者,并以他们的倾向和立场进行分析。以全部论文的被引用数量和 H 因子体现他们的学术影响力。同时,分析这些核心学者的学术影响力,擅长研究领域,单篇代表性论文的发表时间和被引用情况,以体现本领域的认知流变。

2 放牧生态学派的两大理论范式

2.1 古典放牧生态学派理论的生态学内涵

古典放牧生态学派体现了 20 世纪 50 年代之前各个学科对放牧生态系统管理的认知水平(表 1)。在生态学方面,该理论认为家畜种群动态被密度制约机制调控,即家畜种内对牧草资源的竞争强度会随着种群密度升高而增强,进而逐渐限制个体生长和繁殖,种群的出生成活率逐渐降低,成幼死亡率逐渐升高,当二者实现动态平衡时,种群增长率逐渐停滞^[3]。因此,植物生物量和家畜种群会在密度制约机制这一负反馈机制的作用下,形成“自然的平衡(Nature of balance)”。在理论上,当出生率和死亡率平衡时,种群数量就达到了草地的放牧承载力^[4]。

在这一时期,生态学家认为放牧生态系统有明确的环境承载力,家畜种群动态符合逻辑斯蒂增长(logistic growth),因此当家畜种群超过环境承载力时,则会出现超载放牧问题。超载放牧会驱动植物群落逆行演替和草地生态功能的退化^[5],表现为植物生物量大幅下降和天然饲草资源的匮乏,然后引起家畜死亡率上升和种群数量的崩溃。当畜群数量下降到放牧承载力以下,植物群落会按照演替序列自发恢复到气候顶极状态。当植物群落恢复后,牧草资源会再度增多,家畜种群也随之从衰退转为恢复增长。这种草食家畜种群动态被称为盛衰循环(boom and bust cycle)。所以,古典放牧生态学派认为草地可持续管理的核心是约束超载放牧,通过评估草地可持续放牧承载力,以草定畜,实现草畜平衡^[2]。

2.2 古典放牧生态学派的政策实践

依据以上生态学理论基础,古典放牧生态学派从经济学角度解析超载过牧的原因。它认为牧民是“理性经济人”,如果草地为公共所有,那么保护草原生态并不能给牧民个体带来收益,因此不会激励牧民个体维持“草畜平衡”和实现公共草地的生态保育。反而牧民个体会采取超载过牧策略,在短期内最大化的获取经济收益。牧民的理性选择所导致的超载过牧会驱动植物群落的逆行演替和土地退化^[6];如此便产生“公地的悲剧”^[7]。反之,如果牧民得到了清晰且稳定的草地产权,能从草地生态保育中获得明确的收益,那么他们会“有恒产者有恒心”,按照草地承载力合理放牧,维持草畜平衡,可持续的利用草地。因此,古典放牧生态学派接受科斯经济学的观点^[7],主张通过明晰产权,建立权责分明的草地产权体系,调动产权人保护草地的积极性,从制度上保障草畜平衡的实现。在管理政策方面,古典放牧生态学派还接受了凯恩斯主义观点,认为国家应该通过税收、补贴和行政干预,推行减畜甚至禁牧政策,实现草畜平衡和植被恢复。这些政策主张成为美国政府出台《泰勒放牧法》、《农业调整法》、“放牧许可证制度”等政策的理论基础^[8]。该学派凭借在美国的成功实践,深刻影响了世界各国的放牧草地管理政策。

2.3 古典放牧生态学派的缺陷

然而,古典放牧生态学派毕竟发轫于生态学的早期阶段,对很多生态学规律的认识是稚嫩和朴素的。比如古典放牧生态学派在植物群落演替的超有机体理论^[9],草食动物种群动态的内源调节机制^[10-11],和最优放牧承载力等方面的认识^[4, 12],在随后都被证明是片面的。另一方面,西方国家在 20 世纪 70 年代后陷入了

经济滞涨,在 80 年代后又陷入市场失灵,因此主张国家干预的凯恩斯主义和主张私有化的新自由主义先后被学术界诟病。所以,古典放牧生态学派根据这些政治经济思想所设计的减畜政策和放牧地私有化政策也遭受批判^[8]。因此,在 20 世纪 80 年代后期,自称为新放牧生态学派以颠覆者的姿态登上历史舞台。

3 新放牧生态学理论的兴盛

3.1 新放牧生态学理论的生态学内涵

新放牧生态学派根据干旱和寒旱区的气候和草畜高度波动的特征,着重批判了古典放牧生态学所秉持的“自然平衡”的生态学观念^[1-2],力求推动放牧管理领域的“范式转移”(paradigm shift,表 1)。新放牧生态学派主张的“草-畜不平衡”在直观上体现为两点:首先,干旱区和寒旱区草原的降水年际波动巨大,植物生物量也随着降水而高度涨落;其次,在干旱和酷寒季节,家畜会因旱灾^[13-14]和雪灾^[15-16]而大量死亡,因此家畜种群同样不稳定且常常大起大落^[17-18]。因此,新放牧生态学派认为植物生物量变化主要受到降水波动的驱动,家畜种群动态主要受气候灾害等非密度制约效应调控^[11-13]。因此,放牧生态系统并不存在草畜耦合,移除畜群也不能保障植物群落能够恢复到顶极状态^[1];生态系统也不存在稳定的承载力,承载力概念只能用于课堂上的理论教学,并不能用于实践^[2, 4, 13]。鉴于以上理论认识,新放牧生态学派认为草地承载力很难估算^[4],超载放牧无从判断,草畜平衡难以实现,禁牧和减畜并不确保生态改善^[2, 13]。

表 1 放牧生态学领域两个学派的争论要点

Table 1 The major aspects of the debate between the two schools of rangeland ecology

涉及学科 Disciplines	辩论要点 Main aspects of debate	古典放牧生态学派 (平衡性放牧生态学) Schools of classic rangeland ecology (equilibrium)	新放牧生态学派 (非平衡性放牧生态学) Schools of new rangeland ecology (non-equilibrium)
生态学 Ecology	生态系统特征	草-畜自然平衡	草-畜天然波动
	牧草生物量	受到放牧影响	仅由降水控制
	畜群种群动态	密度制约调控	气候等非密度制约调控
	放牧承载力	稳定且可测	高度变异且不可测
	草地退化原因	超载放牧	畜群长期固定放牧
	实现可持续利用	维持草畜平衡	维持移动性利用(如轮牧)
土地管理 Land management	退化的产权因素	“公地的悲剧”	“私有化的悲剧”
	产权改革方向	分配到户,权责匹配	草地资源社区共有
	产权改革措施	建围栏明晰产权边界	合作经营,拆围栏
公共政策 Public policy	管理思路	自上而下的政府干预	自下而上的民间自治
	管理方法	以草定畜、草畜平衡	灵活饲养、畜群移动
	草地恢复政策	禁牧休牧、围栏封育	草地公有、恢复游牧

3.2 新放牧生态学在社会经济方面的理论构建

基于上述生态学方面的批判,新放牧生态学派继续在经济和公共政策方面批判古典放牧生态学派。他们指出许多地区的牧民在数千年来,维持畜群高度的移动性,逐水草而居,并没有产生草地退化问题^[19-20]。而在草地产权分配给牧民后,为了划分牧户间的草地边界,建设了大量铁丝围栏,把草原分割的非常细碎;道路和水源等保障畜群迁移的关键资源也因此变成排它的私有财产;这些产权变化导致牧民和畜群无法自由迁徙^[21]。因此,遭遇干旱时,牧民无法迁徙到水草较好的地区,只能继续在受灾草地上放牧,如此便导致了畜群损失和草地退化。按照以上理论推导,新放牧生态学派认为“草地产权分割所导致的畜群移动性丧失”才是草地退化的主要原因,并将其称为“私地的悲剧”和“围栏的陷阱”^[22-24]。因此,新放牧生态学派明确反对将草地产权分配到个体牧户,主张将草地资源保持在公共资源状态^[7, 24-25],进而保障畜群移动性^[20],以适应气候和植物生物量高度的时空变异。

在公共政策方面,新放牧生态学派认为基于承载力制定的草畜平衡政策是失当的。因为政策需要保持一定的稳定性,所以官方制定的放牧承载力只能是静态的。尽管各国政府一般用多年植物生物量均值来近似的估算放牧承载力^[4,26],但是静态的承载力在干旱年份往往高于实际植物生物量,仍会导致超载放牧,不能保障植被生态恢复;另一方面,静态的承载力在湿润年份会远低于实际植物生物量,导致牲畜不能充分利用饲草,造成牧民经济损失^[2,13]。因此,放牧承载力被批评为“即难计算,又不实用”^[4,12]。基于这一判断,新放牧生态学派反对政府基于静态放牧承载力,自上而下的推行禁牧、减畜和草畜平衡等管理政策。相反,新放牧生态学派通过案例研究,发现一些牧业社区,通过社区协商管理,在维持草地资源社区共有产权状态的同时,通过群体协商和相互监督,灵活调整放牧强度和维持畜群移动性,实现了放牧生态系统长期的可持续管理。因此,新放牧生态学派建议将放牧地地管理权力下放至基层社区,鼓励牧民通过自主管理,因地制宜的实现放牧草地的可持续利用^[20, 23—24]。

3.3 新放牧生态学在学术界确立了统治地位

新放牧生态学派对古典放牧生态学派的批判取得了巨大的成功。首先,新放牧生态学派体现了生态学在 20 世纪 80—90 年代之际,在种群动态控制机理^[10]、植物群落演替的个体论和多稳态^[9]等方面认识的进展^[12],符合当时生态学界对环境波动和不确定性高度重视的潮流,因此加深了学界对放牧草地生态系统复杂性的认识^[27—29]。其次,新放牧生态学派所主张的“基于社区合作的草地资源管理模式”^[30],符合冷战结束后西方思想界对凯恩斯主义和新自由主义的反思和批判,成为了国际学界在自然资源管理方面的主流理念^[7, 25, 31](表 1)。此后,新放牧生态学派在放牧生态系统管理、草地资源管理、牧区应对气候变化等研究方向都获得了主导地位,统治了这些研究方向的学术发表,进而深刻影响了世界各国放牧草地管理政策。

文献计量分析结果表明,新放牧生态学的概念在 1980 年代已经被学者们提出和讨论,但是年度发表的文献仍然在个位数。早期的论文主要是讨论干旱区放牧植被动态随降水涨落而产生的不平衡,它们过于专业因此影响力较小。然而在 James E. Ellis^[13] 和 Ian Scoones^[2] 分别在 1988 和 1993 年,把放牧生态系统的平衡理论发展为包含生态和社会经济各方面的新范式后,相关论文发表数量开始呈指数型增长。并且在 2005 年随着 Susanne Vetter^[2] 综述的发表,该理论得到了更广泛的关注,从而确立其主导地位。在 2010 年以来,新放牧生态学理论的文献发表数量一致保持稳定态势(图 1)。

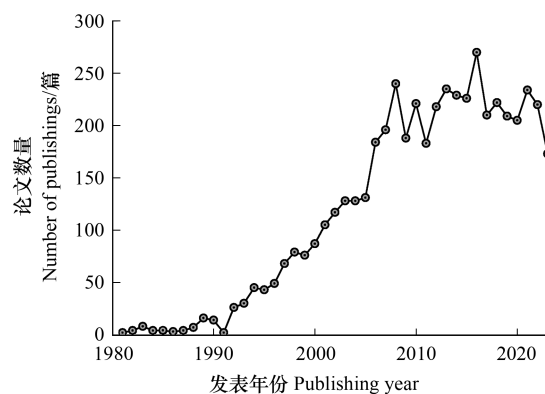


图 1 新放牧生态学理论相关论文历年发表数量(1981—2024)

Fig.1 The annual number of publishing papers of new rangeland ecology theory (1981—2024)

4 放牧生态学理论的最新发展

4.1 新放牧生态学派的重大理论缺陷和共存性理论的提出

尽管新放牧生态学派在自然资源管理、政治经济学和公共政策方面获得空前成功,但是该学派在作为理论体系基础的生态学方面在一直都较为粗疏^[3],以至于被质疑“新放牧生态学的生态学到底在哪里?”^[32]。新放牧生态学派只是利用简单的经验参数,对放牧生态系统的平衡性和非平衡性进行区分。比如该学派在非洲草原将降水年度变异系数是否大于 0.33 作为两类生态系统的分类标准^[13,17]。同样,在亚洲寒冷牧区,该学派简单的依据牲畜在冬季雪灾中的高死亡率的情况,就定性的认定这些寒冷区域是非平衡性放牧生态系统^[15,33],并无任何计量分析和实证研究。因此,新放牧生态学派并没有通过严密的数理推导和实验方法证明所谓的非平衡性。

在争论的中期,学者们针对“判定放牧生态系统是(草-畜)平衡性或(草-畜)非平衡性”的需求,逐渐通过

规范性的研究方法,开展了大量实证性的研究。学界已经在英国绵羊^[34]、阿尔卑斯山羊^[35]和北欧驯鹿^[36]等放牧家畜种群中,检出了密度制约和非密度制约共存的种群调控机制。尤其需要指出的是,在年降水变异系数大于 0.33 和冬季极端寒冷地区,实证研究也检出了密度制约和非密度制约共存的结果。比如,在非洲降水变异系数高达 0.55 的荒漠草原地区^[37]和冬季极端温度低于 -40°C 且雪灾频发的内蒙古典型草原地区^[38],实验或计量分析都检出了密度制约效应和非密度制约效应是同时存在的。此外,严格的放牧控制实验在我国的荒漠草原^[39]和典型草原^[40]也都表明,放牧和气候也同时对于干旱区的植物群落和天然饲草生物量造成统计学意义上显著的影响。

在这一方面,南非放牧生态学家 S. Vetter 教授等人在 2015 年《Ecology》上发表的实验研究起到了决定性的作用^[37]。需要指出的是,S. Vetter 教授是非平衡态理论阵营的代表性学者,她在 2005 年论述干旱区放牧生态系统是非平衡态的综述在学界具有巨大的影响力^[2]。然而,她在 2015 年发表的工作,恰恰是在一个异常干旱、降水波动巨大的非平衡地区进行的。该地在年降水量 100mm 以下,年度降水变异高达 0.55。她通过三年严格的实验,证明了植物生物量会决定动物的种群波动和身体增长,因此表明植物对动物的负反馈机制仍然存在。在如此极端“非平衡性”的干旱生态系统,仍然能够检出放牧生态系统的平衡性,因此该工作推翻了非平衡态放牧生态学理论的科学基础。该工作支持 D.D.Briske 教授在 2003 年提出的调和性猜想^[9],任何放牧生态系统都同时具有平衡性和非平衡性,二者不是非此即彼的,因此非平衡性放牧生态学理论并没有推动该领域的学科范式转移。直白的说,不能因一个地区绝对干旱、降水绝对波动,而就认为家畜放牧和植被动态之间就没有互馈关系。

在 S. Vetter 扎实的野外工作的支持下,D.D.Briske 教授于 2020 年,在英国生态学会的旗舰刊《Journal of Applied Ecology》上提出一个调和性的理论对 40 年以来的争论进行总结。该调和性理论是“放牧草地生态系统的平衡性(即密度制约机制维持的草畜耦合)和非平衡性(即气候等非密度制约因素导致的草畜解耦)在单个放牧生态系统中总是共存的,而且二者的结合具有高度的时空异质性”^[1]。随后,来自蒙古高原的量化分析立刻证明了该调和性的观点在寒冷的蒙古高原也是成立的^[38]。D.D.Briske 教授的工作更新了古典放牧生态学理论,将放牧生态学理论的争论带入了新阶段。从现有实证研究结果看,这个调和的理论更符合放牧生态系统的实际属性。底层生态学机理的调和也意味着,古典放牧生态学派和新放牧生态学派在经济和社会学科方面的理论和政策举措,同样不是相互排斥的,而应该取长补短,进行整合。

4.2 新放牧生态学派仍然处于主导地位

通过 1981—2024 年间的核心论文的计量分析,我们发现支持放牧生态系统的“非平衡态理论”的学者比支持“平衡态和非平衡态共存”的学者,具有更高的影响力。前者的论文总被引用(表 2),个人的 H 因子(图 2),以及核心论文的单篇被引数(图 3)都远高于后者。但是,前者的研究领域更广,他们发表的核心论文的时间较早;而后者的研究集中在放牧生态学领域,而且所发表的核心论文时间较晚(图 4)。比如放牧生态学家 D.D.Briske 正式提出“平衡态和非平衡态共存”这一调和性观点的论文发表在 2020 年^[1],是非常年轻的一篇文献。值得指出的是,放牧生态学家 S.Vetter 在职业生涯早期支持“非平衡态理论”;但是在 2015 年后支持“平衡态和非平衡态调和”主张^[37],从而对其学术观点进行修正(表 2)。以上文献计量分析表明,放牧生态系统非平衡态理论在当前草地管理领域仍然处于统治地位;但是“平衡态和非平衡态共存”的理论分析和实验证据正在逐渐增多,成为该领域在的重要新兴方向。另外,“共存学派”还局限在放牧生态学这一较为冷门和小众的生态学分支。它急需出圈,向生态学的其他领域以及社会政策研究领域延展,才能发挥更大的政策作用。

5 放牧生态学理论争议对我国草地管理政策的影响

5.1 我国草原放牧管理政策的制定体现古典放牧生态学理论的思想

在改革开放伊始,我国从西方发达国家引进了放牧生态系统管理理论。此时,放牧生态系统管理理论的

表 2 放牧生态学理论争论中的关键作者的文献计量参数
Table 2 Key authors' bibliometric of rangeland ecology debate

观点 Viewpoint	核心作者姓名 Name of Key authors	总被引数 Cited number	H 因子 H-index	研究领域 Disciplines	单篇核心文献 Key reference		
					发表年份 Year	被引次数 Cited number	研究区域 Study area
非平衡态 NE School of Non-equilibrium theory	I.Scoones	56584	97	社会学	1993	1139	东非
	M.E.Fernandez-Gimenez	9244	49	人类生态学	1999	424	蒙古
	B.Müller	8400	31	生态模型	2007	281	模型
	H.von.Wehrden	14486	56	可持续生态学	2012	195	蒙古
	M.Westoby	89079	121	进化生态学	1989	2679	澳大利亚
共存观点 NE&E School of co-existence of	P.Ho	6420	41	社会学、政治学	2001	110	中国
	S.Vetter *	2017	21	放牧生态学	2005/2015	680	南非
	R.Boone	6566	47	放牧生态学	2016	230	全球
Non-equilibrium and equilibrium theory	D.D.Briske	13824	58	放牧生态学	2003/2020	620	全球
	D.L.Coppock	6093	32	放牧生态学	2020	61	美国东非

* S Vetter 于 2005 年发表在《Journal of Arid Environments》综述支持非平衡态观点,但是,她于 2015 年发表在《Ecology》的实验工作转为支持非平衡性和平衡性共存观点

论战还没有展开,古典放牧生态学派还处于主流地位。因此我国放牧生态系统管理政策接受了古典放牧生态学派的思路,即将草地退化的主要原因归于超载过牧^[41-44],强调以草定畜,实现草畜平衡。我国学者主要依托“生态系统能量在营养级间呈十分之一递减”的林德曼定律和“基于逻辑斯蒂种群增长方程推导得出的承载力概念”等被后来的争论归于平衡态的相关理论,解释了草畜关系和草地退化的原因,并向政策制定者论证了草地可持续承载力及其核算方法,从而推动了我国草原管理法律和政策的出台^[41-43]。其中,在 1985 年制订的《草原法》中,在第十二条指出要“防治过量放牧”。此时,草原开垦而导致的沙化问题比放牧导致草地退化的问题要突出,所以当时《草原法》没有强调草畜平衡和草地承载力等法条,而是侧重于防止草地的过度开垦。但是到了 20 世纪 90 年代后期,我国北方草地出现了大面积的沙化退化,产生了频繁的大型沙尘暴。随后,我国草原方向的科学家和主管官员认为过度退化是草地退化沙化的主要原因,在借鉴美国自《1934 泰勒放牧法》以来的历史经验的基础上^[8],在 2002 年对《草原法》行修订。2002 年的修订增加了“防治超载放牧、不得超过政府核定的草地载畜量、保持草畜平衡”等草原管理思想,并引入了“禁牧、舍饲、休牧”等管理手段。这些内容在 2013 年和 2021 年两次修订中被进一步明确。

鉴于以上认识,我国政府强调赋予牧民长久稳定的草地承包使用权^[45],以鼓励他们按照草畜平衡原则利用草地^[21,46-48]。政府直接投资或补助牧民进行大规模的围栏建设,明晰了牧民草地产权的物理边界^[20,49-50]。我国还采用行政手段和政策性补贴^[51],推行禁牧休牧、围栏封育等管理措施,以实现草畜平衡和草地恢复^[52]。古典放牧生态学派的产权主张契合了我国改革开放早期所推行农地联产承包责任制的历史性变革。古典放牧生态学派的行政干预主张也符合我国“有为政府”的执政风格。因此,古典放牧生态学派被我国政策制定者和当时的学术界广泛接受,在放牧生态系统管理政策的制订中处于指导性的地位。

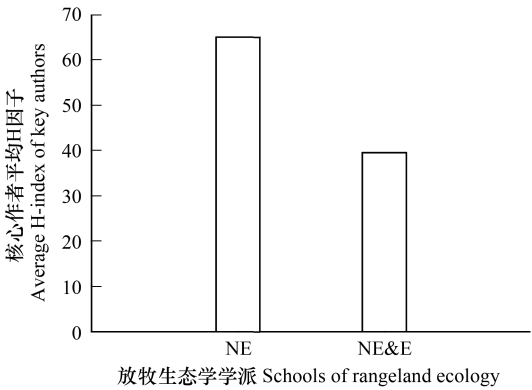


图 2 非平衡学派和共存学派的核心作者的平均 H 因子 (1981—2024)

Fig.2 The average H-index of key authors in the two schools of rangeland ecology (1981—2024)

NE: 非平衡学派 School of Non-equilibrium theory. NE&E: 平衡和非平衡共存学派 School of co-existence of Non-equilibrium and equilibrium theory

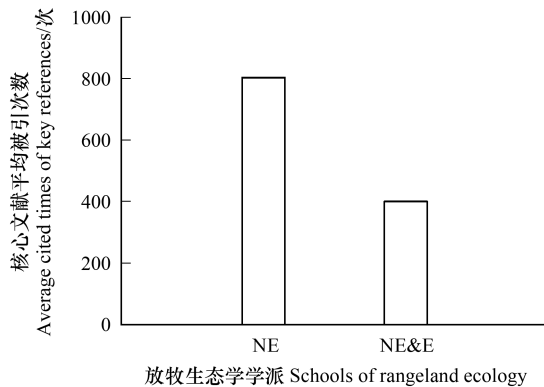


图3 放牧生态学两个学派的核心文献的平均被引次数(1981—2024)

Fig.3 The average cited times of key literatures in the two schools of rangeland ecology (1981—2024)

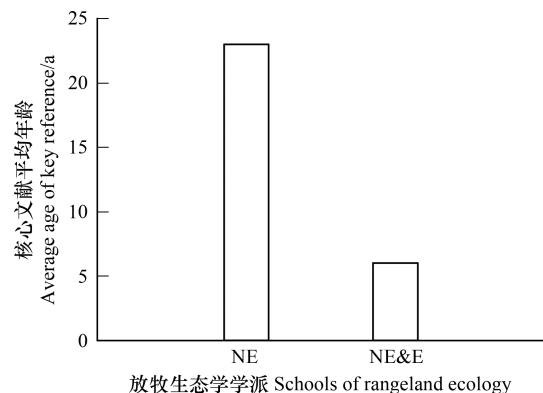


图4 两个学派的核心文献的平均年龄(1981—2024)

Fig.4 The average age of key literatures in the two schools of rangeland ecology (1981—2024)

5.2 新放牧生态学理论对我国草地管理政策的批判

尽管这些行政干预政策遏制了草地急剧退化势头,基本解决了我国牧区沙尘暴频发的问题^[53]。但是,我国草地生态恢复程度仍参差不齐,大多数草地仍然没有恢复到气候顶极状态。牧民生计和生态保育之间的冲突仍然存在,野生动物因围栏死伤等新问题也逐渐浮现^[54]。于是,在2007年后,运用新放牧生态学理论对我国草地管理政策体系进行批判,在我国学界逐渐成为潮流。

接受新放牧生态学派理论的学者,认为我国放牧生态系统主要分布在400mm等降水量线以西的干旱区和寒旱区,干旱频发且冬季酷寒,因此这些区域肯定属于非平衡性态生态系统。于是,许多学者按照新放牧生态学理论的分析模式,对旨在减畜的禁牧、休牧和草畜平衡等政策提出质疑。他们认为干旱和畜群移动性丧失才是草地退化的主要原因。在干旱频发的条件下,减畜并不会确保植被恢复;反而,如果降雨充沛,草地植被就会快速恢复。这一主张恰恰与牧民和基层干部的认识高度契合,因此在针对本地牧民和干部的问卷调查中不断被印证,从而强化了学者们对这一认识的正确性的信心。他们批评道,一刀切的减畜和草畜平衡政策,往往低估了草地资源分布的时空异质性,并不能保障植被恢复,反而不利于牧民生计改善。同时,学者们批判草地产权的家庭承包制度,认为它导致了草地的破碎化产权和畜群移动性的丧失^[45];主张应该基于社区合作模式,实现草地的共同利用和合作管理^[50]。因此,草地围栏作为标志牧民家庭草地产权的物理标志,也遭受了大量批评。草地围栏被认为不能促进植被恢复,而且会妨碍野生动物迁徙,还会阻碍牧民以联户经营、季节轮牧等移动性方式利用草原^[22,55],因此应该被拆除^[56]。尽管这些学术批评都有一定的事实基础,但是它们没有说服政策制定者全面接受新放牧生态学理论,因此没有得到大面积的推广和实践。但是这些学术批评的确在舆论层面引起广泛的讨论和思考。

5.3 基于共存性理论对我国草地管理政策的理解

由于在生态学层面,干旱少雨和过度放牧对放牧生态系统的负面影响是同时存在的,二者并不是非此即彼的关系。草畜平衡和畜群移动性对于维持草地健康是同等重要的。放牧生态系统的生态恢复既要消除超载过牧问题,也要重视放牧地产权和景观格局过度破碎化所导致的“畜群移动性丧失”的问题。草地放牧承载力在理论上仍然成立,但是静态的草地承载力的确不是一个实用的生态系统管理工具。因此,我国放牧生态系统管理政策无需进行颠覆性的体制政策重构,而需要整合两个学派对我国放牧生态系统管理的合理认识,改良和提升现有草地管理政策,对现行草地管理政策进行优化和修补(表3)。

首先,在产权方面,我们应该接受奥斯特罗姆(Elinor Ostrom)的观点,即实现自然资源的可持续管理“没有万能药”。因为气候波动的不确定和难以预知的超载过牧,放牧生态系统的退化可能在任何产权制度下都

发生。因此,承包到户和社区合作都不一定能够保障放牧生态系统的可持续利用。那么,拆除作为草地产权边界的铁丝围栏,也未必能够实现草地的生态恢复^[57]。因此,我们需要合理和谨慎的设计草地流转、拆除围栏、打草场短期租赁等草地政策。

表 3 放牧生态学不同理论学派对草地管理实践的理念差异
Table 3 The different management philosophy among different schools of rangeland ecology

管理议题 Issues	平衡性理论 Equilibrium theory	非平衡性理论 Non-equilibrium theory	共存观点 Coexistence theory
过度放牧导致草地退化? Overgrazing leads in degradation?	是,载畜量增长 2—3 倍是驱动力	否,破碎化,移动性丧失才是原因	是,但超载的成因复杂且多样
承载力能否指导实践? Is carrying capacity practicality?	是,放牧不能超过草地承载力	不实用,因降水波动而难以测定	是,但是需要结合降水动态调整
禁牧休牧能否恢复植被 Does removal grazing work?	是,禁牧可使植被群落恢复到顶极	否,长期禁牧并没有恢复植被	不一定。植被可能陷入退化稳态
草畜平衡是否有效? Is BLG validity?	是草地可持续利用的基础	因降水干扰而难以实现	动态平衡草畜才有效
草地围栏要不要拆除 Should we remove the fence?	不能,围栏是产权和管理基础	要拆,限制移动性,不利于合作	围栏不是草地退化的真正原因
管理政策优化要点 How to improve management?	坚持草畜平衡,加强生态补奖	依托牧民,探索基于社区的管理	重建草畜之间的耦合关联

BLG: 草畜平衡 Balancing between livestock forage and grassland biomass

其次,放牧草地的承载力在生态学理论上仍然是成立的,但是它也的确随着降水等气候因素的波动而涨落。因此,政府应该放弃把静态的放牧承载力作为奖惩牧民的依据。学术界应该尽快开发,考虑到气候和植被波动,易于被基层政府使用的,能够适应性调整的放牧承载力标准,以实现草畜的动态平衡。同时,我们还应该接受以下科学事实,即如果畜群数量超过理论承载力水平,移动的畜群也会导致草地退化。因此,重建畜群的移动性和按照草畜动态平衡的原则管理畜群并不矛盾。维持牲畜的移动性不依赖于产权制度,并不是只有公共产权才能实现畜群移动性。在家庭承包的条件下,牧民可以通过各种轮牧技术和牧户之间的合作实现畜群的移动性^[58]。我们近期的工作表明,草畜平衡条件下的高频轮牧技术,有助于草地的生态恢复^[59]。

第三,政策制定者要合理制定放牧生态系统管理和恢复目标。要承认气候波动的影响,因此畜群头数和植被恢复都不会一直保持线性增长,在干旱年份出现波动是很正常的。在考核政策成效和官员生态保护政绩的时候,不可依赖当年植被盖度和生物量等简单指标,而应该发展多种方法,运用多种指标,对放牧生态系统管理的可持续性进行评估。在此方面,一些学者已经运用生态系统服务理论框架,评估一个行政区内草地的生态多功能性和各项生态系统服务水平,进而评估其生态系统服务价值。这一思路是非常值得探索的。

第四,基于这些理论争议和发展,我们应该充分理解到,在我国各个牧区的放牧生态系统,具有不同的平衡态和非平衡态的时空组合。鉴于放牧生态系统自然属性的异质性,我国需要因地制宜的制定草地管理政策。由于本文涉及的草地管理理论属于形而上的底层理论,针对我国各个牧区的具体管理策略,难免会导致“泛泛而谈”的空洞结果。但是总体来看,考察干旱和冬季雪灾在我国各个牧区的地理差异,分析草畜耦合关系在不同牧区的具体属性,是我国因地制宜制定草畜平衡管理的前提。比如草畜平衡政策,在降水较多的草甸草原,如内蒙东部,可以制定相对稳定的草畜平衡载畜量。然而它在降水稀少且不稳定的荒漠草原,如内蒙西部和新疆大部,草地管理应该侧重考量旱灾的因素,草畜平衡载畜量必须随降水变化而调整,辅以灵活的补贴、应急救援和保险机制,以及科学实行补饲和舍饲管理。此外,在青藏等高寒牧区,草地管理政策还需要重视冬季雪灾和低氧带来的非平衡性,继续加强抗灾能力建设。

6 结论和展望

回顾围绕放牧生态系统管理理论的争议历程,我们需要认识到从生态学理论到政策实践需要经历反复的认识和再认识的过程。其中,尊重生态系统的自然属性,符合唯物主义生态哲学观中的历史唯物主义原则;而

结合社会发展进程调整生态系统管理策略,符合唯物主义生态哲学观中的辩证唯物主义原则。气候波动导致的“非平衡性”和草畜耦合决定的“平衡性”都是放牧生态系统的自然属性,我们在构建理论和制定政策时,需要对上述自然属性予以尊重。同时,放牧生态系统的可持续管理需要实现人与自然的和谐共生,实现生态保育的成果为人民群众共享。总体上看,非平衡态放牧生态学理论没有实现放牧生态学领域的范式转移;放牧生态系统中平衡态和非平衡态是共存的。因此,未来我国放牧生态系统可持续管理理论还需要摒弃“万能药”理念,切忌一刀切的实践单一学派的主张,深入学习和挖掘人民群众总结出来的好方法。在我国制定草地生态管理政策时,需要兼顾放牧生态系统的平衡性和非平衡性,力求在不同的自然气候和社会经济背景下,重建和维持草畜密切的耦合关系。如此,我们将唯物主义生态哲学观和群众路线结合在一起,将有利于我们构建适合国情且面向未来的放牧生态系统可持续管理理论。

参考文献 (References):

- [1] Briske D D, Coppock D L, Illius A W, Fuhlendorf S D. Strategies for global rangeland stewardship: Assessment through the lens of the equilibrium-non-equilibrium debate. *Journal of Applied Ecology*, 2020, 57(6): 1056-1067.
- [2] Vetter S. Rangelands at equilibrium and non-equilibrium: recent developments in the debate. *Journal of Arid Environments*, 2005, 62(2): 321-341.
- [3] Illius A W, O'Connor T G. On the relevance of nonequilibrium concepts to arid and semiarid grazing systems. *Ecological Applications*, 1999, 9(3): 798.
- [4] Delord J. Beyond the limit: carrying capacity (K) and the holism/reductionism debate. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 2021, 43(3): 90.
- [5] Sayre N F, DeBuys W, Bestelmeyer B T, Havstad K M. “The range problem” after a century of rangeland science; new research themes for altered landscapes. *Rangeland Ecology & Management*, 2012, 65(6): 545-552.
- [6] Hardin G. The tragedy of the commons. *Science*, 1968, 162: 1243-1248.
- [7] Slaev A D, Collier M. Managing natural resources: Coasean bargaining versus Ostromian rules of common governance. *Environmental Science & Policy*, 2018, 85: 47-53.
- [8] 姜晓群, 林哲艳, 时钰, 赵晋灵, 李昂. 美国公共放牧地管理政策演进的历史经验. *草业学报*, 2020, 29(11): 151-164.
- [9] Briske D D, Fuhlendorf S D, Smeins F E. Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms. *Journal of Applied Ecology*, 2003, 40(4): 601-614.
- [10] Beddington J R, May R M. Harvesting natural populations in a randomly fluctuating environment. *Science*, 1977, 197(4302): 463-465.
- [11] von Wehrden H, Hanspach J, Kaczynsky P, Fischer J, Wesche K. Global assessment of the non-equilibrium concept in rangelands. *Ecological Applications: a Publication of the Ecological Society of America*, 2012, 22(2): 393-399.
- [12] Price D. Carrying capacity reconsidered. *Population and Environment*, 1999, 21(1): 5-26.
- [13] Ellis J E, Swift D M. Stability of African pastoral ecosystems: alternate paradigms and implications for development. *Journal of Range Management*, 1988, 41(6): 450.
- [14] Murray-Tortarolo G N, Jaramillo V J. Precipitation extremes in recent decades impact cattle populations at the global and national scales. *Science of the Total Environment*, 2020, 736: 139557.
- [15] Kerven C. The influence of cold temperatures and snowstorms on rangelands and livestock in northern Asia. Programme for Land and Agrarian Studies (PLAAS), School of Government, University of the Western Cape, 2004.
- [16] Sternberg T. Investigating the presumed causal links between drought and dzud in Mongolia. *Natural Hazards*, 2018, 92(1): 27-43.
- [17] Sloat L L, Gerber J S, Samberg L H, Smith W K, Herrero M, Ferreira L G, Godde C M, West P C. Increasing importance of precipitation variability on global livestock grazing lands. *Nature Climate Change*, 2018, 8: 214-218.
- [18] Godde C, Dizyee K, Ash A, Thornton P, Sloat L, Roura E, Henderson B, Herrero M. Climate change and variability impacts on grazing herds: Insights from a system dynamics approach for semi-arid Australian rangelands. *Global Change Biology*, 2019, 25(9): 3091-3109.
- [19] Fernandez-Gimenez M E. The role of Mongolian nomadic pastoralists' ecological knowledge in rangeland management. *Ecological Applications*, 2000, 10(5): 1318.
- [20] Liao C, Agrawal A, Clark P E, Levin S A, Rubenstein D I. Landscape sustainability science in the drylands: mobility, rangelands and livelihoods. *Landscape Ecology*, 2020, 35(11): 2433-2447.
- [21] Sneath D. State policy and pasture degradation in inner Asia. *Science*, 1998, 281(5380): 1147-1148.
- [22] 杨理. 中国草原治理的困境: 从“公地的悲剧”到“围栏的陷阱”. *中国软科学*, 2010(1): 10-17.
- [23] Li W J, Huntsinger L. China's grassland contract policy and its impacts on herder ability to benefit in Inner Mongolia: tragic feedbacks. *Ecology and Society*, 2011, 16(2): art1.
- [24] Qi Y J, Li W J. A nested property right system of the commons: perspective of resource system-units. *Environmental Science & Policy*, 2021, 115: 1-7.
- [25] Gardner R, Ostrom E, Walker J M. The nature of common-pool resource problems. *Rationality and Society*, 1990, 2(3): 335-358.
- [26] 徐敏云, 贺金生. 草地载畜量研究进展: 概念、理论和模型. *草业学报*, 2014, 23(3): 313-324.
- [27] Walker B H, Janssen M A. Rangelands, pastoralists and governments: interlinked systems of people and nature. *Philosophical Transactions of the*

- Royal Society of London Series B, Biological Sciences, 2002, 357(1421): 719-725.
- [28] Li W J, Li Y B. Managing rangeland as a complex system: how government interventions decouple social systems from ecological systems. *Ecology and Society*, 2012, 17: art9.
- [29] Li A, Gao L, Chen S, Zhao J L, Ujjiad S, Huang J H, Han X G, Bryan B A. Financial inclusion may limit sustainable development under economic globalization and climate change. *Environmental Research Letters*, 2021, 16(5): 054049.
- [30] Tang R F, Gavin M C. Degradation and re-emergence of the commons: The impacts of government policies on traditional resource management institutions in China. *Environmental Science & Policy*, 2015, 52: 89-98.
- [31] McGinnis M D, Walker J M. Foundations of the Ostrom workshop: institutional analysis, polycentricity, and self-governance of the commons. *Public Choice*, 2010, 143(3): 293-301.
- [32] Walker P A. Political ecology: where is the ecology? *Progress in Human Geography*, 2005, 29(1): 73-82.
- [33] Begzsuren S, Ellis J E, Ojima D S, Coughenour M B, Chuluun T. Livestock responses to droughts and severe winter weather in the Gobi Three Beauty National Park, Mongolia. *Journal of Arid Environments*, 2004, 59(4): 785-796.
- [34] Coulson T, Catchpole E A, Albon S D, Morgan B J, Pemberton J M, Clutton-Brock T H, Crawley M J, Grenfell B T. Age, sex, density, winter weather, and population crashes in Soay sheep. *Science*, 2001, 292(5521): 1528-1531.
- [35] Jacobson A R, Provenza A, von Hardenberg A, Bassano B, Festa-Bianchet M. Climate forcing and density dependence in a mountain ungulate population. *Ecology*, 2004, 85(6): 1598-1610.
- [36] Helle T, Kojola I. Demographics in an alpine reindeer herd: effects of density and winter weather. *Ecography*, 2008, 31(2): 221-230.
- [37] Hempson G P, Illius A W, Hendricks H H, Bond W J, Vetter S. Herbivore population regulation and resource heterogeneity in a stochastic environment. *Ecology*, 2015, 96(8): 2170-2180.
- [38] Li A, Chen S. Loss of density dependence underpins decoupling of livestock population and plant biomass in intensive grazing systems. *Ecological Applications: a Publication of the Ecological Society of America*, 2021, 31(8): e02450.
- [39] Lin Y, Hong M, Han G D, Zhao M L, Bai Y F, Chang S X. Grazing intensity affected spatial patterns of vegetation and soil fertility in a desert steppe. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2010, 138(3/4): 282-292.
- [40] Hoffmann C, Giese M, Dickhoefer U, Wan H W, Bai Y F, Steffens M, Liu C Y, Butterbach-Bahl K, Han X G. Effects of grazing and climate variability on grassland ecosystem functions in Inner Mongolia: Synthesis of a 6-year grazing experiment. *Journal of Arid Environments*, 2016, 135: 50-63.
- [41] 李博. 中国北方草地退化及其防治对策. *中国农业科学*, 1997(6): 2-10.
- [42] Jiang G M, Han X G, Wu J G. Restoration and management of the Inner Mongolia grassland require a sustainable strategy. *Ambio*, 2006, 35(5): 269-270.
- [43] 贾幼陵. 关于草原荒漠化及游牧问题的讨论. *中国草地学报*, 2011, 33(1): 1-5.
- [44] Briske D D, Zhao M L, Han G D, Xiu C B, Kemp D R, Willms W, Havstad K, Kang L, Wang Z W, Wu J G, Han X G, Bai Y F. Strategies to alleviate poverty and grassland degradation in Inner Mongolia: Intensification vs production efficiency of livestock systems. *Journal of Environmental Management*, 2015, 152: 177-182.
- [45] Wen J L, Ali S H, Qian Z. Property rights and grassland degradation: a study of the Xilingol Pasture, Inner Mongolia, China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 85(2): 461-470.
- [46] Ho P. Who owns China's land? policies, property rights and deliberate institutional ambiguity. *The China Quarterly*, 2001, 166:394-421.
- [47] 赵成章, 龙瑞军, 马永欢, 吉生柱. 草地产权制度对过度放牧的影响——以肃南县红石窝乡的调查为例. *草业学报*, 2005, 14(1): 1-5.
- [48] 曹建军, 许雪骅, 杨书荣, 李梦天, 龚毅帆, 周俊菊. 青藏高原不同草地利用方式产生的原因及其对社会-生态系统的影响研究进展. *自然资源学报*, 2017, 32(12): 2149-2159.
- [49] 王明利, 王济民, 谢双红. 北方牧区牧民保护与建设草地的行为分析. *中国农村经济*, 2005(12): 53-60.
- [50] 王晓毅. 制度变迁背景下的草原干旱——牧民定居、草原碎片与牧区市场化的影响. *中国农业大学学报: 社会科学版*, 2013, 30(1): 18-30.
- [51] Hou L L, Xia F, Chen Q H, Huang J K, He Y, Rose N, Rozelle S. Grassland ecological compensation policy in China improves grassland quality and increases herders' income. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 4683.
- [52] 王德利, 王岭. 草地管理概念的新释义. *科学通报*, 2019, 64: 1106-1113.
- [53] Bryan B A, Gao L, Ye Y Q, Sun X F, Connor J D, Crossman N D, Stafford-Smith M, Wu J G, He C Y, Yu D Y, Liu Z F, Li A, Huang Q X, Ren H, Deng X Z, Zheng H, Niu J M, Han G D, Hou X Y. China's response to a national land-system sustainability emergency. *Nature*, 2018, 559(7713): 193-204.
- [54] Kemp D, Han G D, Hou F J, Hou X Y, Li Z G, Sun Y, Wang Z W, Wu J P, Zhang X Q, Zhang Y J, Gong X Y. Sustainable management of Chinese grasslands—issues and knowledge. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 2018, 5(1): 9.
- [55] Sun J, Liu M, Fu B J, Kemp D, Zhao W W, Liu G H, Han G D, Wilkes A, Lu X Y, Chen Y C, Cheng G W, Zhou T C, Hou G, Zhan T Y, Peng F, Shang H, Xu M, Shi P L, He Y T, Li M, Wang J N, Tsunekawa A, Zhou H K, Liu Y, Li Y R, Liu S L. Reconsidering the efficiency of grazing exclusion using fences on the Tibetan Plateau. *Science Bulletin*, 2020, 65(16): 1405-1414.
- [56] Vignieri S. Move the fences. *Science*, 2020, 368: 962-963.
- [57] 李昂, 雒文涛. 谨慎评价围栏在我国草地治理体系中的作用. *内蒙古大学学报: 自然科学版*, 2020, 51(5): 554-560.
- [58] 董寅肖, 李昂, 薛建国, 潘庆民, 黄建辉. 中国牧区草地移动性利用的丧失和重建. *应用生态学报*, 2021, 32(2): 406-414.
- [59] 茹雅倩, 薛建国, 葛萍, 李钰霖, 李东旭, 韩鹏, 杨天润, 储伟, 陈章, 张晓琳, 李昂, 黄建辉. 高频轮牧对典型草原生产生态效果影响的初步研究. *植物生态学报*, 2024, 48(2): 171-179.