

基于三方演化博弈的林长制横向协作机制研究

李源¹ 王超¹ 梁越颖¹ 徐斌² 宁攸凉¹

(1. 中国林业科学研究院林业科技信息研究所, 北京 100091; 2. 中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘要: 【目的】林长制在实施过程中既涉及纵向联动, 也涉及横向协作。由于横向协作涉及到多方利益主体, 主体间关系缺乏严格的上下级, 横向协作相对更为困难, 已成为制约林长制高效运行的主要瓶颈。因此, 厘清各横向利益相关主体间的互动关系, 推动建立横向协作机制, 对于推深做实林长制具有重要现实意义。【方法】本文将林长制横向利益相关者划分为管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者; 基于利益相关者理论, 构建理论分析框架, 建立三方非对称动态演化博弈模型, 通过对各方策略选择的演化稳定性和演化路径进行仿真分析。【结果】得出在林长制运行中各要素的作用机制, 三方主体行为决策的博弈演化规律。【结论】结果表明: ①推动林长制“有名有实”向“有能有效”转变的根本在于落实各方主体责任, 确保各方主体满足参与约束与激励相容原则; ②生态区位重要性、森林资源丰富度、林业产业发展水平是影响三方博弈主体行为决策, 付出的成本、产生期望收益和社会效益的主要因素; ③对管理型利益相关者, 监督型利益相关者的林长制绩效考核制度与奖惩制度, 以及对被动型利益相关者激励政策, 有利于推进利益相关者主体横向协作的内生性集体行动; ④由于部分被动型利益相关者游离在林长制组织体系外, 如何调动他们的内生动力是加强林长制横向协作过程中需要着力解决的重要现实问题。

关键词: 利益相关者; 林长制; 三方演化博弈; 横向协作机制; 集体行动

中图分类号: F326.2

文献标识码: A

文章编号:

Research on the Operation Mechanism of Forest Chief System based on a Tripartite Evolutionary Game

Li Yuan¹ Wang Chao¹ Liang Yue ying¹ Xu Bin² Ning Youliang¹

(1. Research Institute of Forestry Policy and Information, Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091;

2. Chinese Academy of Forestry, Beijing, 100091)

Abstract: 【Objective】The forest chief system involves vertical linkage and horizontal cooperation in the implementation process. Because horizontal cooperation involves multiple stakeholders, the relationship between the subjects lacks strict upper and lower levels, and horizontal cooperation is relatively more difficult, which has become the main bottleneck restricting the efficient operation of the forest chief system. Therefore, it is of great practical significance to clarify the interaction between the various horizontal stakeholders and promote the establishment of a horizontal cooperation mechanism.. 【Method】This paper divides the horizontal stakeholders of the forest chief system into management stakeholders, supervision stakeholders and passive stakeholders ; based on the stakeholder theory, a theoretical analysis framework is constructed, and a three-party asymmetric dynamic evolutionary game model is established. The evolutionary stability and evolutionary path of each party 's strategy selection are simulated and analyzed. 【Result】The mechanism of action of each factor in the operation of the forest chief system and the game evolution law of the behavior decision of the three parties are obtained.. 【Conclusion】The results show that : 1 The fundamental way to promote the transformation of the forest

收稿日期:

基金项目: 中国林业科学研究院基本科研业务费专项资助“国家公园科普能力评估及提升对策研究”(编号: CAFYBB 2023MC005)。

第一作者: 李源 (Dlouly5205@163.com)。*通信作者: 宁攸凉 (ningyouliang1982@163.com), 副研究员。

chief system from "famous and real" to "effective" lies in the implementation of the main responsibilities of all parties and ensuring that all parties meet the principles of participation, restraint and incentive compatibility. The importance of ecological location, the richness of forest resources and the development level of forestry industry are the main factors affecting the behavior decision-making, cost, expected income and social benefits of the three-party game players. Third, the performance appraisal system and reward and punishment system of the management stakeholders and the supervision stakeholders, as well as the incentive policy for the passive stakeholders, are conducive to promoting the endogenous collective action of the horizontal cooperation of the stakeholders. Because some passive stakeholders are outside the forest chief system, how to mobilize their endogenous power is an important practical problem to be solved in the process of strengthening the horizontal cooperation of the forest chief system.

Key words: stakeholder; forest chief system; tripartite evolutionary game; operational mechanism; collective action

森林、草原是重要的生态系统，在我国生态文明建设和双碳战略目标实现中将发挥重要作用^[1]，因此做好林草资源保护管理至关重要。长期以来，林草资源保护管理主要依靠林草单一部门，力量相对薄弱。全面推行林长制，有利于扭转这种局面，从而实现林草资源保护从林草部门唱“独角戏”到党政各部门齐抓共管，多方主体横向协作“大合唱”的重大改变，强化地方党委政府保护发展林草资源的主体责任和主导作用，解决林草资源保护的内生动力不足等问题。

林长制最早于2017年在江西与安徽两省试点实施，2020年，安徽省安庆市率先出台《安庆市实施林长制条例》，确立林长制框架与职责体系；次年发布《安庆市林长制实施规划（2021-2025年）》，细化职责分配，创新巡林与督查机制，构建全面管理制度体系，实施三级考核评价。2021年由中办、国办印发《关于全面推进林长制的意见》，将林长制纳入国家制度建设，并在全国范围内推行，由此林长制由基层治理制度创新上升为国家顶层设计制度创新^[4]。江西省2022年，颁布《江西省林长制条例》及《江西省林长制考核办法（修订）》，在省市县乡四级设立林长体系，强化考核导向与激励约束，将考核结果融入高质量发展及乡村振兴考核，作为干部奖惩及自然资源资产审计依据，推动林长制深入实施。2022年，国家林草局和财政部印发《林长制激励措施实施办法》，细化了林长制激励标准，旨在激发林草资源保护与发展的积极性。2022年，国家林草局又推出《林长制督查考核办法（试行）》及《林长制工作方案（试行）》，将林长制督查考核与地方政绩、干部评价及自然资源审计紧密挂钩，强化了监督与评估机制，全面推动林长制高效实施与林草事业高质量发展。

全面推行林长制，既是生态文明建设的一项重大制度创新^[5]，也是顺应习近平生态文明思想推进生态文明建设时代大潮的结果，对于实现国家生态治理体系和治理能力现代化具有重要意义^[6]。从2017年开始，关于“林长制”的研究开始进入学术界的视野，但是在现有的林长制研究中，主要集中在对林长制概念的详细阐述、制度的构建和发展、实践经验的总结和林长制改革实施路径的探讨等方面的研究^[7]，这些研究为本研究奠定了很好的文献基础。但以上研究大多是对林长制实施经验、模式的总结和描述，并未构建严密的理论分析框架，剖析林草资源保护囚徒困境的深层次原因。同时，林长制在实施过程中涉及政府、社区、企业等多方横向利益主体，准确把握各横向利益主体间的互动关系，对于理解和预测各利益主体的行为和策略，提升林长制运行效率至关重要^[11]。从目前来看，各地在林长制实施过程中主要强调政府的主导作用，忽视了不同横向利益主体之间的互动关系^[12]，导致政策执行力度不足，各利益主体之间难以发挥林长制政策的优势。

利益相关者是指任何影响组织目标实现或在实现组织目标过程中受到影响的个人或群体^[13]。由于利益相关者之间的利益目标各不相同，各种利益相互交织、难以细分，但不同类型的利益相关者对组织目标的

影响以及被影响的程度是不同的^[14]，因此对利益相关者进行分类，从而实现利益相关者之间的利益分配关系最优化。目前学术界采用最多的利益相关者分类标准是米切尔的评分法^[15]，其根据三重属性对利益相关者进行分类，分为合法性利益相关者，权力性利益相关者和紧急性利益相关者，这三者的演化博弈是动态的，各利益相关主体会根据系统内其他主体的策略行为不断调整自身策略，最终形成局部均衡策略，适宜采用三方演化博弈模型^[16]。该模型已被广泛应用至农业经济理论与政策研究领域，涉及耕地非粮化^[17]、农业面源污染治理^[18]、农村集体经营性建设用地收益分配^[19]等，但在林业经济理论与政策研究中极少被采用。

基于政策文件梳理与理论分析，本研究将林长制运行的利益相关主体分为管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者（表1）。在林长制运行机制中，监督型利益相关者重点或直接监督管理型利益相关者，同时也对被动型利益相关者进行监督；管理型利益相关者执行林长制，并对被动型利益相关者进行管理；被动型利益相关者一般属于体制外组织与个人，坚持经济利益最大化导向，被动落实林长制配套制度及森林法规政策的要求，三类利益相关者互动关系构成了三方演化博弈关系。鉴于此，本研究将利益相关者理论与林长制运行框架深度融合，构建利益相关者林长制运行框架，主要分析各横向利益主体之间的动态关系以及在林长制运行框架下的互动模式，希望能够更好地理解各横向利益主体间的博弈和决策过程，以期从理论上探明林长制运行机制，为优化林长制改革政策提供研究依据与政策建议。本文的边际贡献可能包括：一是以利益相关者视角，以林长制横向协作机制作为研究主题，拓展了林长制研究的新视角与新内容；二是采用三方博弈论与仿真分析等方法深入研究三类利益相关者在林长制运行机制中的行为策略选择和演化稳定性条件，在方法应用上具有新颖性；三是研究林长制横向协作机制，提出具体的政策建议，为推深做实林长制提供研究依据与政策建议。

表 1 林长制下的利益相关者主体分类

类别	利益 相关者	责任与诉求	主要代表
管理 型利益相 关者	管 理 部 门	在党委政府的领导下，承担林长制具体管理责任，负责制定管辖区域内的林草有关林草的政策，组织起草技术规范，提供财政资源支持，强化组织管理，协调有关单位提供技术支持，促进地方的发展。	林草部门、自然部门、生态环境部门、农业农村部门、发改部门、财政部门等单位。
	监 督 部 门	在党委政府的领导下，承担林长制具体监督责任，发挥监督考核的导向、激励和约束作用，加强上下联动、齐抓共管，推动了林长制工作的深入落实，实现林长制预期目标。	纪委监委、公安、检察院、组织部门等单位。
被动 型利益相 关者	国 营 森 林 经 营 单 位	在主管部门领导与指导下，负责国有森林资源经营管理与国有资产保值增值责任。	国有森工企业、国有林场、国有苗圃等。
	民 营 森 林 经 营 单 位	以实现自身经济效益最大化为目标，他们在一定条件下有责任与义务，主动参与或被动执行林长制配套制度及森林有关法规政策。	林农、家庭林场、林业专业合作社、林业企业等。

本研究基于有限理性假设，构建管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者的三方非对称动态演化博弈模型，分析利益相关者视角下林长制行为的演化稳定策略及各利益相关者主体策略达到理想状态的稳定条件，并探讨三者的互动机制及影响林长制的主要影响因素，以期为我国林长制度的发展范式以及利益相关者的权益分析提供理论基础及有益借鉴。基于利益相关者视角，林长制三方演化博弈主体之间的互动关系如图1所示。

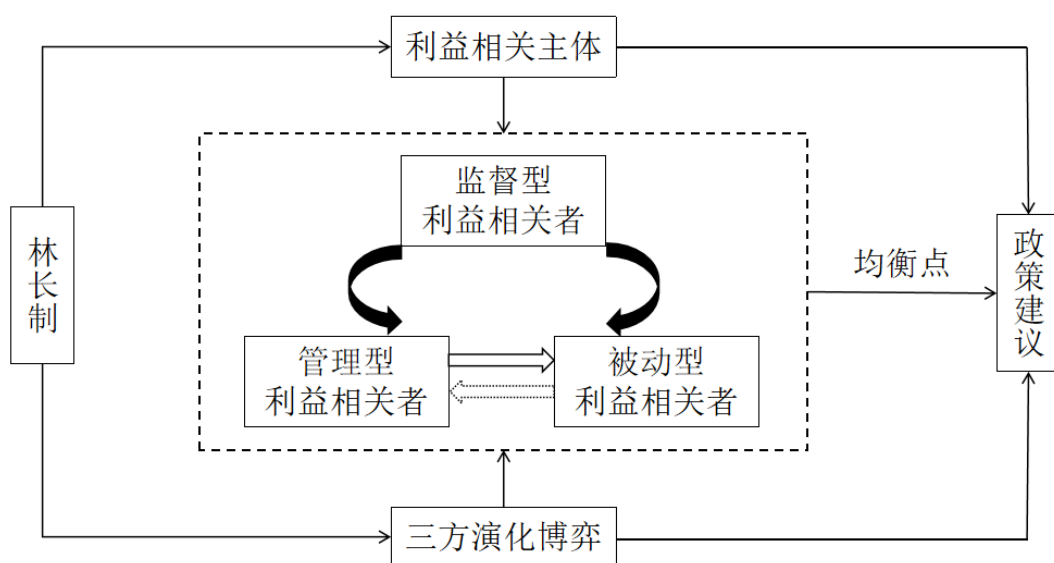


图1 理论分析框架示意图

Fig. 1 Schematic diagram of theoretical analysis framework

1 研究方法

1.1 基本假设

2021年，中办、国办印发《关于全面推行林长制的意见》；2022年，国家林草局出台《林长制督查考核办法》，由此可以看出，林长制已变为由国家力量强力推动，并采取强制监督手段推行的政策^[20]。基于此，本研究认为林长制在各相关利益主体的行为选择中分为积极与一般态度，不存在不执行的策略选择，并作出如下假设：

假设1：博弈主体行为策略，管理型利益相关者的行为策略集 $S1=\{F1积极执行, F2一般执行\}$ ，“积极执行”是指管理型利益相关者积极制定林长制配套制度，严格执行配套制度，加强对被动型利益相关者行业管理；“一般执行”是指管理型利益相关者行为选择主动性相对较弱，一般执行林长制配套制度，对被动型利益相关者实施“一般执行”式管理。

假设2：监督型利益相关者的行为策略集 $S2=\{H1严格监督, H2一般监督\}$ ，“严格监督”是指监督型利益相关者投入一定的人力、物力、财力等对管理型利益相关者及被动型利益相关者进行严格监督，对按规定积极执行林长制配套制度的管理型利益相关者及被动型利益相关者给予奖励或者补贴等激励措施，反之对采取一般执行林长制管理措施的管理型利益相关者给予惩处；“一般监督”是指监督型利益相关者采取一般监督干预管理型利益相关者及被动型利益相关者是否积极执行林长制相关森林管理的行为。

假设3：被动型利益相关者的行为策略集 $S3=\{N1积极参与, N2一般参与\}$ ，“积极参与”是指被动型利益相关者积极落实林长制配套制度及森林法规政策，主动接受监督型利益相关者监督与管理型利益相关者管理；“一般参与”是指被动型利益相关者一般参与管理型利益相关者积极执行的林长制措施。

假设4：假设在管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者三个群体博弈的初始阶段，管理型利益相关者选择“积极执行”策略的概率为 x ，选择“一般执行”策略的比例为 $1-x$ ；监督型利益相关者选择“严格监督”策略的比例为 y ，选择“一般监督”策略的比例为 $1-y$ ；被动型利益相关者选择“积极参与”策

略的比例为 z ，选择“一般参与”策略的比例为 $1-z$ 。其中， $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ， $0 \leq z \leq 1$ 。

表 2 演化博弈模型主要参数及其含义

参数	含义
E1	管理型利益相关者积极执行林长制获得的收益， $E1>0$
E2	管理型利益相关者一般执行林长制获得的收益， $E2>0$
E3	管理型利益相关者积极执行林长制给监督型利益相关者带来的潜在收益， $E3>0$
C1	管理型利益相关者积极执行林长制的成本， $C1>0$
C2	管理型利益相关者一般执行林长制的成本， $C2>0$
C3	监督型利益相关者采取严格监督策略时付出的人力、物力、财力等成本， $C3>0$
C4	监督型利益相关者在管理型利益相关者一般执行林长制时的监督成本， $C4>0$
C5	被动型利益相关者积极参与林长制的成本， $C5>0$
S1	监督型利益相关者采取严格监督时对积极执行林长制的管理型利益相关者的奖励， $S1>0$
S2	被动型利益相关者积极参与林长制时来自监督型利益相关者的资助， $S2>0$
S3	被动型利益相关者积极参与林长制时来自管理型利益相关者的资助， $S3>0$
G1	监督型利益相关者采取严格监督策略时对一般执行林长制的管理型利益相关者实施的罚款， $G1>0$
G2	被动型利益相关者积极参与林长制时采取一般执行林长制的管理型利益相关者遭受的损失， $G2>0$
G3	被动型利益相关者积极参与林长制时且取得良好成效时管理型利益相关者积极执行所获得的社会效益或公信力的提升， $G3>0$

1.2 模型构建

根据上述假设条件，依据管理型、监督型和被动型利益相关者的行为策略，得出三者之间的博弈组合有八种，即（F1积极执行，H1严格监督，N1积极参与）、（F1积极执行，H1严格监督，N2一般参与）、（F1积极执行，H2一般监督，N1积极参与）、（F1积极执行，H2一般监督，N2一般参与）、（F2一般执行，H1严格监督，N1积极参与）、（F2一般执行，H1严格监督，N2一般参与）、（F2一般执行，H2一般监督，N1积极参与）、（F2一般执行，H2一般监督，N2一般参与）。基于表2参数假设可知，管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者的策略组合收益，具体如表3所示。

表 3 三方博弈的收益矩阵和模型描述

策略组合	管理型利益相关者	监督型利益相关者	被动型利益相关者
(F1, H1, N1)	$E1-C1+S1$	$E3-C3-S1-S2$	$S3+S2+G3-C5$
(F1, H1, N2)	$E1-C1+S1$	$E3-C3-S1$	0
(F1, H2, N1)	$E1-C1$	$E3-C2-S2$	$S2+S3+G3-C5$
(F1, H2, N2)	$E1-C1$	$E3-C2$	0
(F2, H1, N1)	$E2-C2-G1-G2$	$G1-C3-C4-S2$	$-C5+S2+S3$
(F2, H1, N2)	$E2-C2-G1$	$G1-C3-C4$	0
(F2, H2, N1)	$E2-C2-G2$	$-C4-S2$	$-C5+S2+S3$
(F2, H2, N2)	$E2-C2$	$-C4$	0

2.1 管理型利益相关者的策略模型构建

根据Du的研究^[21]，采用演化博弈的复制动态方程分析方法。复制动力学实际上是一个动态微分方程，描述了一个特定策略在群体中被采用的频率，其一般形式表示如下：

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i[(v_i, x) - v(x, x)]$$

(1)

其中， x_i 是在总体中采用纯策略的比例或概率， (u_{xi}, x) 是采用纯策略时的期望值， $V(x, x)$ 为平均期

望值。在本文中, V_{ij} 表示第*i*个利益相关者的*j*个策略的预期收益, 其中*i* = *m*代表管理型利益相关者。*j* = 1,2分别表示第一种和第二种策略。 V_{m1} 代表管理型利益相关者选择“积极执行”策略的进程。管理型利益相关者选择积极执行策略或一般执行策略的期望收益 $V(x)$ 、 $V(1-x)$ 分别为:

$$V(x) = (E1 - C1 + S1) * y * z + (E1 - C1 + S1) * y * (1 - z) \\ + (E1 - C1) * (1 - y) * z + (E1 - C1) * (1 - y) * (1 - z) \quad (2)$$

$$V(1-x) = (E1 - C1 + S1) * y * z + (E1 - C1 + S1) * y * (1 - z) \\ + (E1 - C1) * (1 - y) * z + (E1 - C1) * (1 - y) * (1 - z) \quad (3)$$

同时, 管理型利益相关者的平均收益分别用 $\overline{U}_m$ 表示。并且通过以下方式获得平均收益:

$$\overline{V}_m = xV_{m1} + (1-x)V_{m2} \\ \overline{V}_m = E2 - C2 - C1*x + C2*x + E1*x - E2*x - G1*y - G2*z + G1*x*y + G2*x*z + S1*x*y \quad (4)$$

令 $F(x) = \frac{dx}{dt}$, 并结合上述收益矩阵, 管理型利益相关者策略选择的复制动力学方程表示如下:

$$F(x) = x(V_{m1} - \overline{V}_m) = -x*(x-1)*(C2 - C1 + E1 - E2 + G1*y + G2*z + S1*y) \quad (5)$$

1.2.2 监督型利益相关者的策略模型构建

演化博弈的复制动态方程分析方法, 实际上是描述一个特定策略在群体中被采用的频率, 其一般形式表示如下:

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i[(v_i, x) - v(x, x)] \quad (6)$$

其中, x_i 是在总体中采用纯策略的比例或概率, (v_{xi}, x) 是采用纯策略时的期望值, $v(x, x)$ 为平均期望值。在本文中, V_{ij} 表示第*i*个利益相关者的*j*个策略的预期收益, 其中*i* = *s*, 代表监督型利益相关者。*j* = 1,2分别表示第一种和第二种策略。 V_{t1} 代表监督型利益相关者选择“严格监管”策略的进程。监督型利益相关者选择积极监管策略或一般监管的期望收益 ($V(y)$ 、 $V(1-y)$) 以及分别为:

$$V(y) = (E3 - C3 - S1 - S2) * x * z + (E3 - C3 - S1) * x * (1 - z) \\ + (G1 - C3 - C4 - S2) * (1 - x) * z + (G1 - C3 - C4) * (1 - x) * (1 - z) \quad (7)$$

$$V(1-y) = (E3 - C2 - S2) * x * z + (E3 - C2) * x * (1 - z) \\ + (-C4 - S2) * (1 - x) * z + (-C4) * (1 - x) * (1 - z) \quad (8)$$

同时, 监督型利益相关者的平均收益分别用 $\overline{V}_t$ 表示。并且通过以下方式获得平均收益:

$$\overline{V}_t = yV_{t1} + (1-y)V_{t2} \\ \overline{V}_t = C4*x - C2*x - C4 - C3*y + E3*x + G1*y - S2*z + C2*x*y - G1*x*y - S1*x*y \quad (9)$$

令 $F(y) = \frac{dy}{dt}$, 并结合上述收益矩阵, 监督型利益相关者策略选择的复制动力学方程表示如下:

$$F(y) = y(V_{t1} - \overline{V}_t) = y*(y-1)*(C3 - G1 - C2*x + G1*x + S1*x) \quad (10)$$

1.2.3 被动型利益相关者的策略模型构建

演化博弈的复制动态方程分析方法, 实际上是描述一个特定策略在群体中被采用的频率, 其一般形式表示如下:

$$\frac{dx_i}{dt} = x_i[(v_i, x) - v(x, x)] \quad (11)$$

其中 x_i 是在总体中采用纯策略的比例或概率, (v_{xi}, x) 是采用纯策略时的期望值, $v(x, x)$ 为平均期望值。在本文中, V_{ij} 表示第 i 个利益相关者的 j 个策略的预期收益, 其中 $i = l$, 代表被动型利益相关者。 $j = 1, 2$ 分别表示第一种和第二种策略。 V_{g1} 代表被动型利益相关者选择“积极参与”策略的进程。被动型利益相关者选择积极参与策略或一般参与策略的期望收益 $V(z)$ 、 $V(1 - z)$ 分别为:

$$V(z) = (S3 + S2 - C5 + G3) * x * y + (S2 + S3 - C5 + G3) * x * (1 - y) + (-C5 + S2 + S3) * (1 - x) * y + (-C5 + S2 + S3) * (1 - x) * (1 - y) \quad (12)$$

$$V(1 - z) = (0) * x * y + (0) * x * (1 - y) + (0) * (1 - x) * y + (0) * (1 - x) * (1 - y) \quad (13)$$

同时, 被动型利益相关者的平均收益分别用 $\bar{U}_g$ 表示。并且通过以下方式获得平均收益:

$$\begin{aligned} \bar{V}_g &= zV_{g1} + (1 - z)V_{g2} \\ \bar{V}_g &= z*(S2 - C5 + S3 + G3*x) \end{aligned} \quad (14)$$

令 $F(z) = \frac{dz}{dt}$, 并结合上述收益矩阵, 被动型利益相关者策略选择的复制动力学方程表示如下:

$$F(z) = z(V_{g1} - \bar{V}_g) = -z*(z - 1)*(S2 - C5 + S3 + G3*x) \quad (15)$$

2 三方博弈模型稳定性分析

参与主体根据既得利益不断调整策略以追求自身利益的改善, 最终达到动态平衡的策略称为演化稳定策略(ESS)^[22]。在判定演化稳定策略之前首先要求出演化博弈的均衡点, 令 $F(x)=0$ 、 $F(y)=0$ 和 $F(z)=0$, 即系统策略选择的变化率为零时, 可以得到该动力系统的8个均衡点, 根据雅可比矩阵的特征值分析法, 对演化系统存在的8个纯策略均衡点进行稳定性分析。若均衡点所有的特征值都小于0, 则该均衡点为系统演化稳定策略(ESS); 若至少有一个特征值大于0, 则为不稳定点。表4为8个纯策略均衡点的稳定性结果。

雅可比矩阵为:

$$J = \begin{bmatrix} J_1 & J_2 & J_3 \\ J_4 & J_5 & J_6 \\ J_7 & J_8 & J_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial F(x)}{\partial x} & \frac{\partial F(x)}{\partial y} & \frac{\partial F(x)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(y)}{\partial x} & \frac{\partial F(y)}{\partial y} & \frac{\partial F(y)}{\partial z} \\ \frac{\partial F(z)}{\partial x} & \frac{\partial F(z)}{\partial y} & \frac{\partial F(z)}{\partial z} \end{bmatrix} \quad (16)$$

首先, $F(x)$, $F(y)$, $F(z)$ 分别对 x, y 和 z 求导, 得到雅可比矩阵 J ; 其特征值表达式如下:

$$\begin{aligned} V_x &= -x * (C2 - C1 + E1 - E2 + G1 * y + G2 * z + S1 * y) \\ &\quad -(x - 1) * (C2 - C1 + E1 - E2 + G1 * y + G2 * z + S1 * y) \end{aligned}$$

$$y^*(y-1)*(G1-C2+S1)-G3*Z*(Z-1) \quad (17)$$

$$V_y = -x * (x - 1) * (G1 + S1)$$

$$y^*(C3-G1-C2*x+G1*x+S1*x)+(y-1)*(C3-G1-C2*x+G1*x+S1*x)-E3*z*(z-1) \quad (18)$$

$$V_z = -G2*x*(x-1)-z*(S2-C5+S3+G3*x)-(z-1)*(S2-C5+S3+G3*x) \quad (19)$$

表 4 雅可比矩阵 J 的特征根

均衡点	特征根 1	特征根 2	特征根 3	条件	ESS
$E_1(0,0,0)$	$C2 - C1 + E1 - E2$	$G1 - C3$	$S2 - C5 + S3$	$C2 + E1 < C1 + E2$	√
$E_2(0,0,1)$	$C2 - C1 + E1 - E2 + G2$	$G1 - C3$	$C5 - S2 - S3$	—	—
$E_3(0,1,0)$	$C2 - C1 + E1 - E2 + G1 + S1$	$C3 - G1$	$S2 - C5 + S3$	—	—
$E_4(0,1,1)$	$C2 - C1 + E1 - E2 + G1 + G2 + S1$	$C3 - G1$	$C5 - S2 - S3$	—	—
$E_5(1,0,0)$	$C1 - C2 - E1 + E2$	$C2 - C3 - S1$	$G3 - C5 + S2 + S3$	—	—
$E_6(1,0,1)$	$C1 - C2 - E1 + E2 - G2$	$C2 - C3 - S1$	$C5 - G3 - S2 - S3$	—	—
$E_7(1,1,0)$	$C1 - C2 - E1 + E2 - G1 - S1$	$C3 - C2 + S1$	$G3 - C5 + S2 + S3$	$C1 + E2 < G1 + S1 + C2 + E1$	√
$E_8(1,1,1)$	$C1 - C2 - E1 + E2 - G1 - G2 - S1$	$C3 - C2 + S1$	$C5 - G3 - S2 - S3$	$C1 + E2 < G1 + G2 + S1 + C2 + E1$	√

根据上述参数假设，在不同参数设置和ESS判断标准下，得出三方博弈主体的演化博弈模型存在3个ESS： $E_1(0,0,0)$ ， $E_7(1,1,0)$ 和 $E_8(1,1,1)$ 。

情景1 当 $C2 + E1 < C1 + E2$ 时，复制动态系统存在一个稳定点 $E_1(0,0,0)$ 。说明，若该地区生态区位重要性不明显、森林资源较少与林业产业欠发达，则林长制受关注较低，林长制考核流于形式。这种情景下，管理型利益相关者采取一般执行的成本低收益高或收益甚微；监督型利益相关者采取一般监督策略时，被监督主体面临的执行罚款数额低于严格监督付出的成本与获得的补贴；林业产业发展水平低，被动型利益相关者获得的补贴低于采取积极参与策略的成本时才能促进三方博弈系统出现稳定策略组合。

情景2 当 $C1 + E2 < G1 + S1 + C2 + E1$ 时，复制动态系统存在一个稳定点 $E_7(1,1,0)$ 。说明，若该地区生态区位重要性突出、或森林资源较丰富但林业产业欠发达的地区，林长制受上级部门和地方官方重视，但林业经营主体一般属于体制外组织与个人，对林长制参与度不高。这种情景下，管理型利益相关者采取积极执行策略的成本低收益高；监督型利益相关者采取严格监管的成本低和收益高；被动型利益相关者获得的资助低于其采取积极参与策略的成本时，才能有效促进三方博弈系统出现稳定策略组合。

情景3 当 $C1 + E2 < G1 + G2 + S1 + C2 + E1$ 时，复制动态系统仅存在一个稳定点 $E_8(1,1,1)$ 。说明，若该地区生态区位重要性突出、森林资源较丰富，且林业产业发达的地区，林长制既受当地政府高度重视，也受林业经营主体高度关注。这种情景下，管理型利益相关者采取积极执行策略的成本低收益高；监督型利益相关者采取积极执行策略时成本低，收益和补贴高；被动型利益相关者采取积极参与策略时，获得的资助高于成本且林业产业发展水平高，同时管理型利益相关者的社会效益和公信力提升，有效促进三方博弈系统出现稳定策略组合。

3 三方演化博弈仿真分析

3.1 三方演化博弈路径演化模拟

为验证三方演化博弈稳定性分析的有效性，结合林长制执行过程中的现实情况，对三方演化博弈仿真和敏感性分析进行赋值，利用Matlab 2021a进行仿真分析。为满足情景1（E₁），情景2（E₇）和情景3（E₈）的条件，本研究在表5中分别设置了满足三种情景的参数，分析博弈主体在采取不同行为决策时，相关参数对林长制三方主体演化博弈过程和结果的影响。

表 5 情景参数

	C1	C2	C3	C5	E1	E2	S1	S2	S3	G1	G2	G3
情景1	80	40	50	60	20	20		20	10	30		
情景2	40	80	20	100	30	30	20	20	20	40		30
情景3	40	80	30	20	20	20	20	50	20	30	30	30

情景1：从调研中了解到在生态区位重要性不明显、森林资源较少与林业产业欠发达的地区，林长制受关注较低，林长制考核流于形式。在被动型利益相关者参与性不高，管理型利益相关者和监督型利益相关者成本支出巨大与收益成效低廉的地区，则管理型利益相关者、监督型利益相关者、被动型利益相关者三类主体行为选择状况分别处于“一般执行”“一般监督”与“一般参与”。为了满足在平衡点(0,0,0)的条件下，验证在生态区位重要性不突出、森林资源较少与林业产业欠发达的地区，剖析三类主体行为决策的动因，基于表5中的参数设置在图2展示了情景1中管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者的演进路径。

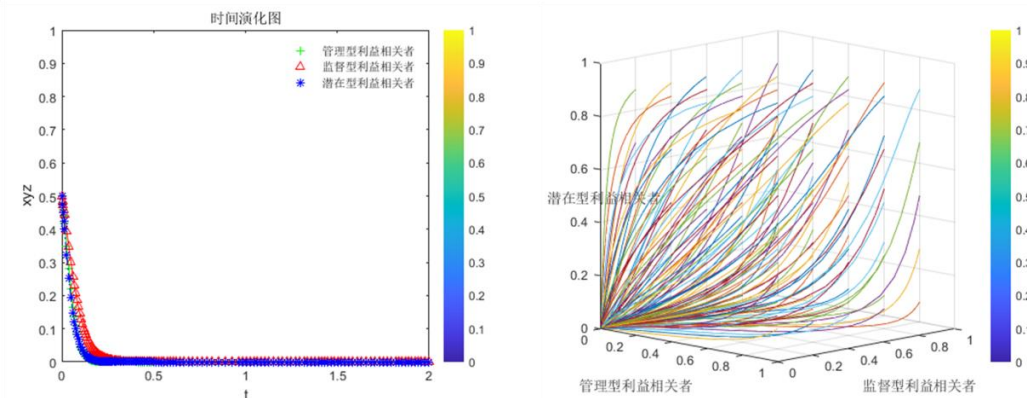


图 2 均衡点 E1 (0, 0, 0) 路径演化图

Fig.2 Equilibrium point E1 (0, 0, 0) path evolution diagram

情景2：从调研中了解到在生态区位重要性突出或森林资源较丰富，但林业产业欠发达的地区，林长制受上级部门和地方官方重视，但林业经营主体参与性不高的地区。则管理型利益、监督型利益相关者、被动型利益相关者三类主体行为选择分别为“积极执行”“严格监督”与“一般参与”。为了满足平衡点(1,1,0)的条件验证在生态区位重要性突出或森林资源较丰富但林业产业欠发达的地区，林长制受官方重视，但林业经营主体参与性不高的情况下，剖析三类主体行为决策的动因，基于表5中的参数设置在图3展示了情景2中管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者的演进路径。

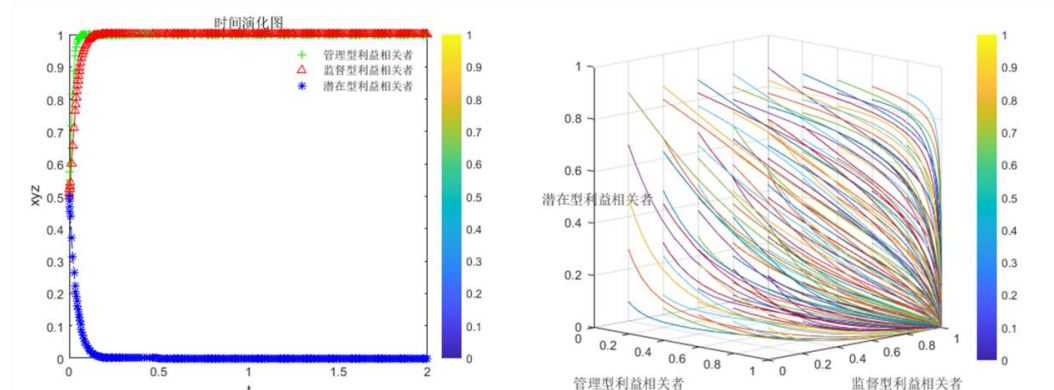


图 3 均衡点 E7 (1, 1, 0) 路径演化

Fig. 3 Equilibrium point E7 (1, 1, 0) path evolution diagram

情景 3：从调研中了解到的情况，在生态区位重要性突出或森林资源较丰富，且林业产业发达的地区，林长制既受当地政府高度重视，也受林业经营主体高度关注的地区。则管理型利益、监督型利益相关者、被动型利益相关者三类主体行为选择状况分别处于“积极执行”“严格监督”与“积极参与”。为了满足平衡点 (1,1,1) 的条件，验证在生态区位重要性突出或森林资源较丰富，且林业产业发达的地区，林长制既受当地政府高度重视，也受林业经营主体高度关注的地区三类主体行为决策的动因，基于表 5 中的参数设置在图 4 展示了情景 3 中管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者的演进路径。

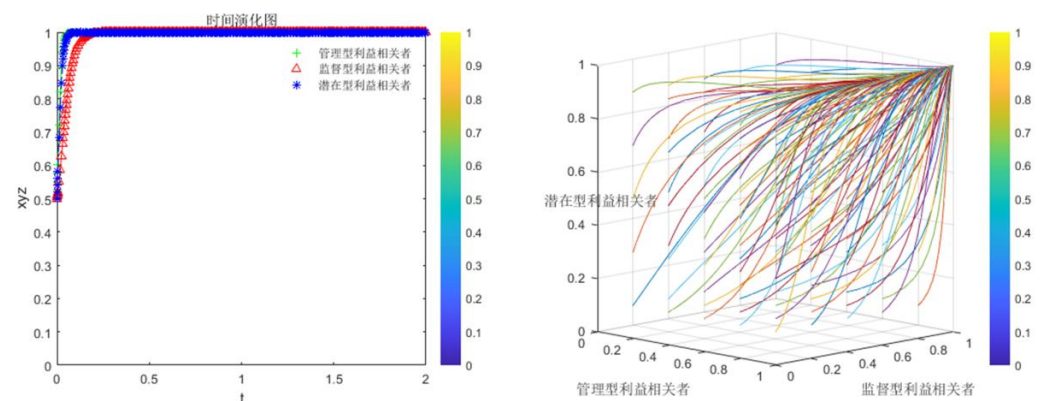


图 4 均衡点 E9 (1, 1, 1) 路径演化图

Figure 4 Equilibrium point E9 (1, 1, 1) path evolution diagram

3.2 三方演化博弈敏感性分析

(1) 情景 1 (E1) 敏感性分析

如图5所示，当博弈主体执行E₁ (0, 0, 0) 策略时，E₁, E₂、C₁、C₂, C₃、C₅、G₁、S₂和S₃的参数变化对博弈主体采取的不同行为决策产生影响。基于以上参数随着时间的推移在演化博弈敏感性分析中的变化，可知在情景E₁ (0, 0, 0) 中，博弈主体采取积极的行为决策付出的成本和期望收益；资助增长带来的社会效益变化是影响行为决策的主要因素。因此，为保障博弈主体三方在情景1中，仍然能够执行林长制政策，则管理型利益相关者应控制采取一般执行策略的成本，其采取积极执行策略的收益甚微；监督型利

益相关者采取严格监督策略时的成本高于一般监督策略的成本且收益甚微；管理型利益相关者和监督型利益相关者对被动型利益相关者的资助方案无法带来巨大的正反馈。

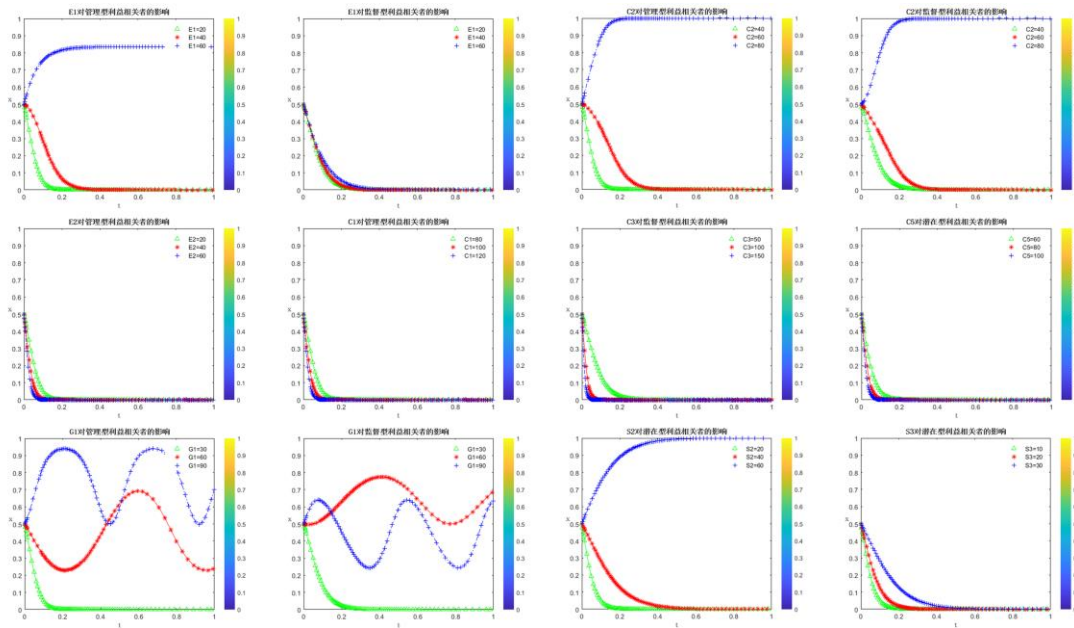


图 5 均衡点 E1 相关参数与主体策略变化

Fig.5 Equilibrium point E1 related parameters and subject strategy change

(2) 情景 2 (E7) 敏感性分析

如图6所示，当博弈主体三方执行 $E_7(1, 1, 0)$ 策略时 C_2 、 C_3 、 C_5 、 E_2 、 S_1 、 S_2 、 S_3 和 G_3 的参数变化会影响博弈主体的行为决策。基于以上参数随着时间的推移在演化博弈敏感性分析中的变化，可知在情景 E_7 中，管理型利益相关者积极执行，监督型利益相关者严格监督和被动型利益相关者一般参与下的林长制运行模式中，博弈主体三方的行为决策产生的期望收益，付出成本和其他主体的资助变化是影响其行为决策的主要因素。为保障博弈主体在情景2的状态下达到理想运行状态，管理型利益相关者采取积极执行策略的成本小于一般执行的成本，提高其采取积极执行策略的收益；监督型利益相关者需要控制严格监督策略时的成本，同时制定对管理型利益相关者的合理奖惩方案。

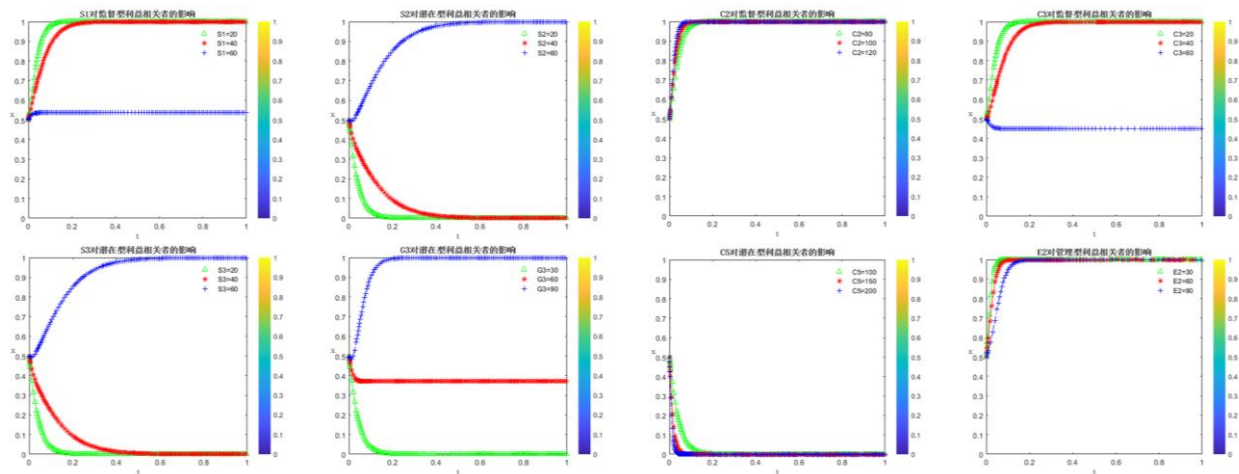


图 6 均衡点 E7 相关参数与主体策略变化

Fig.6 Equilibrium point E7 related parameters and subject strategy change

(3) 情景3 (E8) 敏感性分析

如图7所示,当博弈主体三方执行 $E_8(1, 1, 1)$ 策略时, $S1$ 、 $C2$ 、 $C3$ 和 $C5$ 的参数变化对博弈主体的行为决策产生影响。基于以上参数随着时间的推移在演化博弈敏感性分析中的变化,可知在情景 E_8 中,博弈主体采取不同行为决策产生的期望收益与付出成本,是影响其行为决策的主要因素。为保障博弈主体在情景3的状态下达到理想运行状态,监督型利益相关者应制定科学的惩罚机制,控制严格监管的成本与效益;管理型利益相关者适度地降低被动型利益相关者执行积极参与策略的成本,有利于博弈主体共同肩负社会责任。

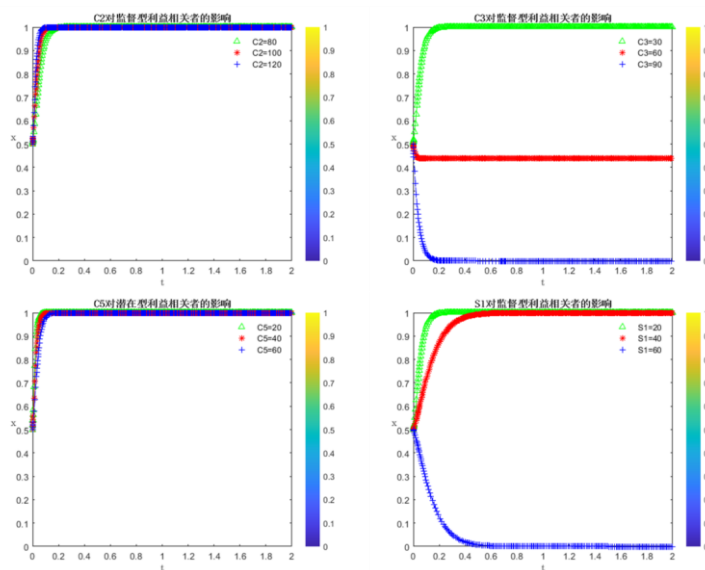


图 7 均衡点 E8 相关参数与主体策略变化

Fig.7 Equilibrium point E8 related parameters and subject strategy changes

4 主要结论与政策建议

针对利益相关者视角下林长制运行机制的三方演化博弈研究问题,本文通过构建管理型利益相关者、监督型利益相关者和被动型利益相关者之间的三方非对称动态演化博弈模型,分析了各方策略选择的稳定性、博弈系统均衡策略组合的稳定性以及各要素的影响关系,并通过仿真分析验证了分析结论的有效性。

4.1 主要结论

1. 生态区位重要性、森林资源丰富度、林业产业发展水平是反映博弈情景的主要因素,它们通过影响三方博弈主体成本与期望收益影响他们的行为决策。另外,三方博弈主体的行为选择是相互影响,任何一方的行为选择受其他参与主体的影响。因此,研究林长制横向协作问题,既要各参与主体的个体利益最大化,也要考虑集体整体利益最大化。

2. 对管理型利益相关者,监督型利益相关者的林长制绩效考核制度与奖惩制度,以及对被动型利益相关者激励政策,有利于推进利益相关者主体横向协作的内生性集体行动。能有效压实利益相关者三方主体责任,推动林长制落实落地,以林长制实现“林长治”。

3. 林长制利益相关者三方主体的期望收益与付出成本,是决定三方利益相关者主体横向协作行为选择的关键性经济因素。管理型与监督型利益相关者通常将社会利益冲突与管理风险放在优先位置,而被动型利益相关者通常将自身经济利益放在优先位置。

4. 部分被动型利益相关者游离于在林长制组织体系边缘或之外,如何调动他们的内生动力是加强林长

制横向协作过程中需要着力解决的重要现实问题。

4.2 政策建议

林长制配套制度繁多，究其对三类利益相关者行为选择的影响而言，绩效考核制度的直接影响最大，因此完善林长制配套制度体系的关键在于完善考核制度与奖惩制度。

第一，考核制度与奖惩制度的设计，要充分考虑三类利益相关者的特点，严格遵循林长制运行的客观规律，不宜过细或过粗。对于监督型与管理型两类利益相关者，要坚持公益性、社会性导向原则，重在采用非物质奖惩形式引导严格执行林长制配套制度及森林法规政策；对于被动型利益相关者，要坚持市场化、经济性导向原则，重在发挥奖补政策的激励作用，提高他们的参与积极性。

第二，考核制度勇于打破上级考核下级的内部考核机制，探索引进第三方机构开展独立考核与“飞检”考核。引入第三方机构，有利于克服“护犊子”现象，提升考核评价的客观公正性；鼓励公众参与评价体系考核，探索将人民群众的满意度和获得感作为考核评价林长制绩效的重要内容。

第三，充分发挥考核“指挥棒”，“风向标”“助推器”的重要作用，加强考核结果实际运用，服务林草事业高质量发展。必须将考核结果与三类利益相关者的诉求相关联，才能破解“囚徒困境”、避免“公地悲剧”，形成良性的横向协作集体行动。

第四，坚持系统观念，完善横向协作体系。建立健全以监督型利益相关者为监督主体、以管理型利益相关者为管理主体、以被动型利益相关者为生产经营主体的林长制纵向协作体系，持续完善林长制运行机制，积极助力林业高质量发展。

参考文献：

- [1] 林震, 孟芮萱. 以林长制促“林长治”林长制的制度逻辑与治理逻辑. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2021(16): 57-69. DOI: 10.12046/j.issn.1000-5285.2021.06.006.
- Lin Z, Meng R X. Promoting "Long-term Forest Governance" with Forest Chief Scheme: Institutional and Governance Logic of Forest Chief Scheme. Journal of Fujian Normal University(Philosophy and Social Sciences Edition), 2021(16): 57-69.
- [2] 林震, 孟芮萱. 以林长制统领新时代林业生态文明建设. 国家林业和草原局管理干部学院学报, 2023, 22(02): 7-14. DOI: 10.3969/j.issn.2096-9481.2023.02.002.
- Lin Z, Meng R X. Forest Chief System Leading Forestry Eco-civilization Construction in the New Era. National Academy of Forestry and Grassland Administration Journal, 2023, 22(02): 7-14.
- [3] 刘广超. “林草兴”之于“生态兴”的基础性作用. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2023(01): 39-47. DOI: 10.12046/j.issn.1000-5285.2023.01.005.
- Liu G C. The Fundamental Role of Flourishing Forests and Grasslands in Thriving Environment. Journal of Fujian Normal University(Philosophy and Social Sciences Edition), 2023(01): 39-47.
- [4] 侯方淼, 林煜国, 周珊, 等. 中国林长制改革的底层逻辑与发展历程及深化策略. 世界林业研究, 2023, 36(04): 1-8. DOI: 10.13348/j.cnki.sjlyyj.2023.0060.y.
- Hou F M, Lin Y G, Zhou S, et al. Underlying Logic and Development Process of Forest Chief Scheme Reform in China and Strategies to Deepen Reform. World Forestry Research, 2023, 36(04): 1-8.
- [5] 朱凤琴. 安徽省林长制改革的制度创新与提升路径. 林业资源管理, 2020(06): 6-12. DOI: 10.13466/j.cnki.lyzygl.2020.06.002.
- Zhu F Q. The System Innovation and Promotion Path of Forest Leader System Reform in Anhui Province. Forest and Grassland Resources Research, 2020(06): 6-12.
- [6] 陈玉新, 高焕, 梁洪源, 等. 河北省全面推行林长制的做法、面临困难与对策探析. 河北林业科技, 2023(01): 54-57. DOI: 10.16449/j.cnki.issn1002-3356.2023.01.008.
- Chen Y X, Gao H, Liang H Y, et al. The practice, difficulties and countermeasures of the full implementation of the forest chief system in Hebei Province. Hebei Forestry Science and Technology, 2023(01): 54-57.
- [7] 胡亮. 趋同式环境治理：基于“林长制”实践的分析与反思. 南京工业大学学报(社会科学版), 2021, 20(3): 65-77+110.

- Hu L. Convergence of Environmental Governance: Analysis and Reflection based on Practice of "Forest Chief System". *Journal of Nanjing Tech University(Social Science Edition)*, 2021, 20(3): 65-77+110.
- [8] 宁攸凉, 韩锋, 赵荣, 等. 整体性治理视角下林长制改革研究. *林业经济*, 2019, 41(09): 93-98. DOI: 10.13843/j.cnki.lyjj.2019.09.013.
- Ning Y L, Han F, Zhao R, *et al.* Study on the Forestry Chief System from the Perspective of Holistic Governance. *Forestry Economics*, 2019, 41(09): 93-98.
- [9] 秦国伟, 董玮, 田明华. 林长制改革的内涵机制、逻辑意蕴与生态扶贫——以安徽省为例. *生态经济*, 2020, 36(12): 213-217.
- Qin G W, Dong W, Tian M H. The Connotation Mechanism, Logical Implications and Ecological Poverty Alleviation of Forest Chief System Reform: Taking Anhui Province as an Example. *Ecological Economy*, 2020, 36(12): 213-217.
- [10] 秦柳, 姚文玲. 林长制的治理逻辑与优化路径. *东岳论丛*, 43(09): 81-88. DOI: 10.15981/j.cnki.dongyueluncong.2022.09.008.
- Qin L, Yao W L. Governance logic and optimization path of forest chief system. *Dongyue Tribune*, 2022, 43(09): 81-88.
- [11] Li H, Jia R, Renn O, *et al.* Managing Risks Arising from Conservation Complexities of Forests: Insights from China's "Chief Scheme" Practice. *Sustainability*, 2022, 14(9), 5042. DOI: 10.3390/su14095042.
- [12] 郭阳, 范和生. 林长制改革: 历史脉络、现实困局与未来路向——基于安徽省政策文本与实践调查的双重分析. *合肥工业大学学报(社会科学版)*, 2020, 34(04): 27-31.
- Guo Y, Fan H S. Historical Context, Realistic Dilemma and Future Direction of Forestry Chief System: Based on Dual Analysis of Policy Texts and Practice Surveys of Anhui Province. *Journal of Hefei University of Technology(Social Sciences)*, 2020, 34(04): 27-31.
- [13] Freeman R Edward. *Strategic management: a stakeholder approach*[M]. Cambridge University Press, 1984.
- [14] 陈宏辉, 贾生华. 利益相关者理论与企业伦理管理的新发展. *社会科学*, 2002(06): 53-57.
- Chen H H, Jia S H. New Development of Stakeholder Theory and Business Ethics Management. *Social Sciences*, 2002(06): 53-57.
- [15] Mitchell R K, Agle B R, Wood D J. Toward a theory of stakeholder identification and salience: Defining the principle of who and what really counts. *Academy of management review*, 1997, 22(4): 853-886. DOI: 10.5465/amr.1997.9711022105.
- [16] 起晓星, 孙洁, 李建春. 演化博弈视角下生态农产品价值实现的政策机制. *自然资源学报*, 2023, 38(07): 1797-1814. DOI: 10.31497/zrzyxb.20230711.
- Xian X X, Sun J, Li J C. Policy mechanisms for realizing the value of ecological agricultural products: An evolutionary game analysis. *Journal of Natural Resources*, 2023, 38(07): 1797-1814.
- [17] 王越, 曾先, 刘钊宇, 等. 辽宁省耕地非粮化时空分异及其决定因素——多元利益主体决策的作用. *资源科学*, 2023, 45(05): 980-993. DOI: 10.18402/resci.2023.05.08.
- Wang Y, Zeng X, Liu Z Y, *et al.* Determinants of the spatiotemporal differentiation of cultivated land non-grain conversion in Liaoning Province: The role of multiple stakeholder decisions. *Resources Science*, 2023, 45(05): 980-993.
- [18] 何奇龙, 唐娟红, 罗兴, 等. 政企农协同治理农业面源污染的演化博弈分析. *中国管理科学*, 2023, 31(07): 202-213. DOI: 10.16381/j.cnki.issn1003-207x.2022.1319.
- He Q L, Tang J H, Luo X, *et al.* Evolutionary Game Analysis of Agricultural Non-point Source Pollution Coordinated Governance by Government, Agricultural Enterprise and Farmers. *Chinese Journal of Management Science*, 2023, 31(07): 202-213.
- [19] 吕丹, 薛凯文. 农村集体经营性建设用地入市收益的分配演化博弈: 地方政府角色与路径. *农业技术经济*, 2021(09): 115-128. DOI: 10.13246/j.cnki.jae.2021.09.007.
- Ly D, Xue K W. The Evolutionary Game of the Marketization of Commercial Collective Construction Land's Income——Role and Approaches of Local Government. *Journal of Agrotechnical Economics*, 2021(09): 115-128.
- [20] 林煜国, 吴成亮, 侯方淼. 林长制改革的理论解释、历史回顾与制度效应. *农业经济问题*, 2023(08): 17-30. DOI: 10.13246/j.cnki.iae.20230511.001.
- Lin Y G, Wu C L, Hou F M. Theoretical Explanation, Historical Review and Institutional Effects of Forest Chief System Reform. *Issues in Agricultural Economy*, 2023(08): 17-30.
- [21] Du Y W, Sun H R, Wan X L. Tripartite supervision mechanism and evolutionary strategies for marine ranching ecological security: Policy tools perspective. *Regional Studies in Marine Science*, 2022, 50: 102125. DOI: 10.1016/j.rsma.2021.102125.
- [22] Zhang M, Zhang Q, Zhou D, *et al.* Punishment or reward? Strategies of stakeholders in the quality of photovoltaic plants based on evolutionary game analysis in China. *Energy*, 2021, 220: 119754. DOI: 10.1016/j.energy.2021.119754.