

# 西藏县域生态-经济-社会耦合协调发展的 时空演变及预测

焦乐佳<sup>1,2</sup>, 姚柳杨<sup>2</sup>, 宋连久<sup>3</sup>, 柳昭璞<sup>2</sup>, 亓红帅<sup>1</sup>

(1. 长安大学 马克思主义学院 中国特色社会主义理论体系研究中心, 陕西 西安 710061;

2. 西北农林科技大学 经济管理学院, 陕西 杨凌 712100; 3. 西藏农牧大学 植物科学学院, 西藏 林芝 860000)

**摘要:** [目的] 构建覆盖边境与非边境的比较分析框架, 全面反映西藏协调发展的时空格局及其演变特征, 厘清其内在差异与共性, 为西藏县域统筹生态保护与经济社会高质量发展提供科学依据和政策参考。[方法] 采用熵值法、耦合协调度模型、障碍因子诊断方法和灰色预测模型, 对 2011—2023 年西藏 74 个县域生态-经济-社会的协调发展水平进行实证分析。[结果] ① 2011—2023 年西藏各区生态、经济与社会各子系统发展水平稳步提升, 整体呈现出边境县发展水平较高, 中部非边境发展相对滞后的空间格局。② 西藏全区耦合协调度在时序演变上呈现出持续向好的发展态势, 边境地区显著高于非边境地区, 在空间分布上, 整体呈现“东南高、西北低”的特征。③ 人均社会消费品零售总额( $C_3$ )、固定资产投资占 GDP 比重( $B_4$ )与 NPP( $A_2$ )等指标是制约全区耦合协调提升的主要因素, 生态系统生产力提升不足仍是边境地区系统协调的核心制约, 非边境县的障碍因子主要体现在经济和生态子系统。④ 2024—2035 年西藏县域生态-经济-社会耦合协调度将稳步上升, 区域协调性将不断增强。[结论] 西藏县域生态-经济-社会系统仍处于“失调”阶段, 区域间发展差距较大, 三系统间耦合协调水平尚有较大的提升空间。

**关键词:** 西藏县域; 生态-经济-社会系统; 耦合协调; 障碍诊断; 灰色预测

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2026)02-0378-11

中图分类号: F062.2, K901

**文献参数:** 焦乐佳, 姚柳杨, 宋连久, 等. 西藏县域生态-经济-社会耦合协调发展的时空演变及预测[J]. 水土保持通报, 2026, 46(2): 378-388. Jiao Lejia, Yao Liuyang, Song Lianjiu, et al. Spatiotemporal evolution and prediction of coupling coordination development of county scal ecological-economic-social systems in Xizang [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(2): 378-388.

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2026.02.023

CSTR: 32312.14.stbctb.2026.02.023

## Spatiotemporal evolution and prediction of coupling coordination development of county scal ecological-economic-social systems in Xizang

Jiao Lejia<sup>1,2</sup>, Yao Liuyang<sup>2</sup>, Song Lianjiu<sup>3</sup>, Liu Zhaopu<sup>2</sup>, Qi Hongshuai<sup>1</sup>

(1. School of Marxism, Research Center for the Theoretical System of Socialism with

Chinese Characteristics, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710061, China; 2. College of

Economics and Management, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

3. College of Plant Science, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Linzhi, Tibet 860000, China)

**Abstract:** [Objective] A comparative analysis framework covering both border and non-border areas was constructed in order to comprehensively reflect the spatiotemporal patterns and evolution characteristics of coordinated development in Xizang Autonomous Region, to clarify its inherent differences and commonalities, and to provide a scientific basis and policy reference for counties in Xizang to coordinate ecological protection and high-quality economic and social development. [Methods] The entropy value method, coupling coordination degree model, obstacle factor diagnosis method, and grey prediction model were employed to empirically analyze the

收稿日期: 2025-07-26

修回日期: 2025-11-16

采用日期: 2025-11-16

资助项目: 西藏农牧大学校级人文社科项目“西藏边境县乡村振兴研究”(NYRWSK2025-10); 国家发展改革委重大课题“因地制宜发展农业新质生产力的路径和对策研究”(2025NCS11); 中国宏观经济研究院 2025 年度重点课题“未来我国农业农村重大变革、系统性影响及战略思路研究”(A2025041008)

第一作者: 焦乐佳(2002—), 女(汉族), 河南省汝州市人, 硕士研究生, 研究方向为生态与经济耦合关系。Email: jialej10150522@163.com。

通信作者: 亓红帅(1989—), 男(汉族), 山东省济南市莱芜区人, 博士, 讲师, 主要从事生态文明建设方面的研究。Email: qhsh@chd.edu.cn。

coordinated development level of ecological-economic-social systems across 74 counties in Xizang from 2011 to 2023. [Results] ① From 2011 to 2023, the development levels of ecological, economic, and social subsystems in various regions of Xizang steadily improved. Overall, a spatial pattern was observed characterized by higher development levels in border counties and relatively slower development in non-border areas of the central region. ② The temporal evolution of the overall coupling coordination degree showed a sustained positive trend, with border areas significantly higher than non-border areas. Spatially, the distribution showed a pattern of higher levels in the southeast and lower levels in the northwest. ③ The main factors constraining the improvement of regional coupling coordination included indicators such as per capita retail sales of consumer goods ( $C_3$ ), the share of fixed-asset investment in GDP ( $B_4$ ), and net primary productivity (NPP,  $A_2$ ). Insufficient improvement in ecosystem productivity remained the core constraint on system coordination in border areas, whereas non-border counties faced primary obstacles within their economic and ecological subsystems. ④ Grey prediction results showed that from 2024 to 2035, the ecological-economic-social coupling coordination degree of counties in Xizang would steadily increase, and regional coordination would continuously improve. [Conclusion] The ecological-economic-social systems in counties of Xizang remain in a 'dysfunctional' stage, characterized by significant regional development disparities. There is considerable room for enhancing the coupling coordination degree among the three systems.

**Keywords: counties in Xizang Autonomous Region; ecological-economic-social systems; coupling coordination; obstacle diagnosis; grey prediction**

生态-经济-社会系统在功能和运行过程中相互依赖、相互影响,将三者纳入同一系统框架,统筹提升生态环境与经济社会系统发展水平,推动其协调共进,是响应中国可持续发展的内在要求。中国共产党第二十次全国代表大会报告分别从生态、经济与社会三个维度为实现高质量发展提供了行动指引,强调“加快绿色发展,推进生态优先”“加快建设现代化经济体系,着力推进城乡融合和区域协调发展”“健全覆盖全民、统筹城乡、公平统一、安全规范、可持续的多层次社会保障体系”<sup>[1]</sup>。西藏地处青藏高原腹地,其县域多处于高海拔地区,自然环境严酷,生态系统脆弱敏感,经济社会发展水平普遍偏低,生态保护与发展之间的矛盾尤为突出,是国家重要生态安全屏障与区域协调发展的关键区域,如何在生态优先的前提下,实现经济发展与民生改善的协同推进,是推动区域协调发展与实现共同富裕的关键问题。

国内外学者围绕生态、经济与社会三者之间协调发展的研究较多。在理论基础方面,建立了可持续发展理论<sup>[2]</sup>、环境库兹涅茨曲线<sup>[3]</sup>、社会-生态系统<sup>[4]</sup>等理论。在对象尺度方面,主要是将生态环境与经济社会划分成不同子系统,包括能源<sup>[5]</sup>、水资源<sup>[6-7]</sup>、人居环境<sup>[8]</sup>、农业<sup>[9]</sup>、城镇化<sup>[10]</sup>、旅游<sup>[11-12]</sup>等多个领域,研究覆盖流域<sup>[13]</sup>、城市群<sup>[14]</sup>以及省级<sup>[15]</sup>、市级<sup>[16]</sup>和县域<sup>[17]</sup>等多个空间尺度。在评价方法方面,学者针对生态-经济-社会系统的综合评价与协调分析形成了多种技术路径。在综合评价中,指标体系

法<sup>[8]</sup>和多维综合评价法<sup>[13]</sup>常用于从静态角度反映系统发展水平,具有数据要求低、结构清晰的优点,但难以揭示系统间的交互关系和动态演化过程<sup>[18]</sup>。系统动力学法(SD)<sup>[19]</sup>与一般均衡模型(CGE)<sup>[20]</sup>可在动态框架下模拟变量间的反馈机制,适用于宏观政策情景模拟与趋势预测,但模型构建复杂、参数敏感度高,对数据要求较高<sup>[21]</sup>,难以在数据稀缺、尺度较小的高原县域层面推广应用。此外,灰色预测模型(GM)凭借样本量要求低、计算简便等特性,常被用于区域发展趋势的短期预测与情景分析,但其线性假设较强,无法充分反映系统的复杂非线性关系<sup>[22]</sup>。相比之下,耦合协调度模型<sup>[14,23]</sup>能够从系统交互的角度揭示生态、经济与社会子系统之间的协调状态与演化特征,是区域协调与可持续发展研究中的主流方法之一。障碍度模型<sup>[24]</sup>则可进一步识别制约系统协调提升的关键因素,为政策优化提供定量依据。总体来看,现有研究多聚焦于生态与经济社会系统间的耦合关系测度与影响机制识别等方面,但研究尺度多集中于省域和市域,围绕边境地区县域层面的研究仍较薄弱。此外边境县与非边境县在自然条件、资源禀赋和发展基础等方面存在明显差异,开展对比研究有助于识别区域协调发展的关键障碍,以便提出更具针对性的政策建议。

西藏地区地形起伏大、生态脆弱性高、县域差异显著,既存在自然环境约束,又受社会经济基础薄弱影响,在方法选择上需兼顾数据可得性、结果的解释

性及趋势分析能力。基于此,本研究立足于西藏县域,构建生态-经济-社会系统的评价指标体系,运用耦合协调度模型对各子系统的发展水平和相互作用机制进行实证分析,揭示其综合发展水平、时序演化特征与空间分布格局,并利用障碍诊断模型分析影响西藏县域生态-经济-社会的障碍因子,对 2024—2035 年西藏县域生态-经济-社会的耦合协调水平进行预测,旨在构建覆盖边境与非边境县域的比较分析框架,全面反映西藏协调发展的时空格局及其演变特征,厘清其内在差异与共性,为西藏县域统筹生态保护与经济社会高质量发展提供科学依据和政策参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

西藏自治区位于中国西南部,地处 26°50′—36°53′N, 78°25′—99°06′E,全区地势西高东低,山地、高原与谷地交错分布,平均海拔超过 4 000 m,自然环境严酷,生态系统脆弱。气候类型以高原季风气候为主,呈现出高寒、干旱、强辐射和季节性分明等特点。全区下辖 7 个地市,共 74 个县(市、区)。本研究的区域包含西藏 21 个边境县(市)和 53 个非边境县(区)。其中边境县(市)集中于阿里、日喀则、山南和林芝等地;而非边境县(区)主要分布于拉萨河谷和东南部较为平缓、交通便利的区域。边境县域普遍地势偏高、气候更严酷、基础设施相对薄弱,部分县域设有边贸口岸,如吉隆口岸、亚东口岸和普兰口岸等,与尼泊尔、不丹等国通商,非边境县则多分布于地势较为平缓的中部和东南部地区,拥有相对较好的人口基础和交通区位优势,经济活跃度较高,但也存在生态压力集中、资源开发强度大、城镇扩张快等问题。

### 1.2 数据来源

研究时段为 2011—2023 年。数据涵盖西藏自治区 74 个县域,主要包括生态、经济与社会等多维指标。生态类数据中的归一化植被指数(NDVI)与净初级生产力(NPP)数据来自中国资源与环境科学数据中心(<https://www.resdc.cn/>)。经济与社会系统相关面板数据主要来源于《西藏统计年鉴》《中国县域统计年鉴》《中国环境统计年鉴》及各地级市年度统计公报。补充数据来自西藏自治区统计局、生态环境厅、发展和改革委员会等相关职能部门发布的统计公报。考虑到个别年份及个别县域数据存在缺失,本研究采用插值法对缺失值进行合理补充。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 评价指标体系构建

参考王发莉等<sup>[12]</sup>以西藏为研究对象的成果,能

较好地反映区域发展的现实特征;同时借鉴江孝君等<sup>[25]</sup>和张冰等<sup>[26]</sup>关于生态、经济与社会系统协调发展的研究。尽管其研究区位不同,但研究思路与本研究契合,相关指标体系在结构设计和方法逻辑上具有较强的参考价值。结合西藏县域生态-经济-社会发展的实际情况,对指标进行了适当筛选与调整,最终构建了生态、经济、社会耦合协调发展的评价指标体系(表 1)。

#### 1.3.2 耦合协调度模型

为评估西藏县域生态-经济-社会三大子系统的发展水平,本研究采用熵值法对指标体系进行客观赋权,并据此计算各县各年的综合发展指数。在得到生态、经济与社会 3 个子系统的综合发展指数后,进一步采用耦合协调度模型衡量三系统间的协同发展水平。首先,利用计算三系统的耦合度( $C$ ),用于反映各系统之间的相互作用强度。其次,根据加权计算得出三系统的综合协调指数( $T$ ),待定系数为  $\alpha, \beta, \gamma$ ,且满足  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ ,参考陈晓红等<sup>[16]</sup>的研究,将权重设置为生态 1/3,经济 1/3,社会 1/3。最后,利用公式计算耦合协调度( $D$ ),用于综合衡量耦合程度与协调水平。参照张鹏岩等<sup>[27]</sup>的研究,根据耦合协调度( $D$ )的取值将系统划分为 10 个等级(表 2),该分级方法在国内区域协调发展研究中被广泛采用,能较为精细地表征不同县域系统的协调状态差异。计算公式如下:

$$C = \frac{3\sqrt[3]{U_1 \times U_2 \times U_3}}{(U_1 + U_2 + U_3)} \quad (1)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3 \quad (2)$$

$$D = (C \times T)^{1/2} \quad (3)$$

式中: $U_1, U_2, U_3$ 分别表示通过熵值法得到的生态、经济和社会系统的综合发展指数; $C$ 为耦合度; $T$ 为三系统的综合协调指数; $D$ 为耦合协调度; $\alpha, \beta, \gamma$ 均为待定系数,分别设置为 1/3。

#### 1.3.3 障碍诊断模型

参考刘玘玘等<sup>[28]</sup>的研究构建障碍诊断模型,识别影响西藏县域生态-经济-社会系统耦合协调水平的主要制约因素,其中障碍度值越大,代表其对系统协调发展的阻碍作用越显著。障碍度表达式为

$$O_j = \frac{W_j(1 - Z_{ij})}{\sum_{i=1}^m W_j(1 - Z_{ij})} \quad (4)$$

式中: $O_j$ 为单项指标  $j$  的障碍度; $W_j$ 为第  $j$  项指标的权重; $Z_{ij}$ 为标准化指标; $m$ 为评价对象的数量; $i$ 表示第  $i$  个评价单元。

表 1 西藏县域生态—经济—社会耦合协调评价指标体系及权重  
Table 1 Evaluation indicator system and weights of coupled coordination of ecological-economic-social systems in counties of Xizang

评价目标	准则层	一级指标	二级指标	指标性质	权重	
西藏 县域 生态 + 经济 + 社会 耦合 协调 发展 分析	生态(1/3)	生态质量	NDVI(A <sub>1</sub> )	正向	0.333 0	
			NPP(A <sub>2</sub> )	正向	0.327 7	
		工业污染	人均工业废气二氧化硫排放量/(t·人 <sup>-1</sup> )(A <sub>3</sub> )	负向	0.339 3	
	经济(1/3)	经济总量	人均GDP/(元·人 <sup>-1</sup> )(B <sub>1</sub> )	正向	0.181 4	
			社会消费品零售占GDP比重/%(B <sub>2</sub> )	正向	0.263 7	
			实际利用外资占GDP比重/%(B <sub>3</sub> )	正向	0.093 4	
		经济结构	固定资产投资占GDP比重/%(B <sub>4</sub> )	正向	0.279 9	
			经济状况	人均地方一般预算收入/(万元·人 <sup>-1</sup> )(B <sub>5</sub> )	正向	0.104 7
				人均地方一般预算支出/(万元·人 <sup>-1</sup> )(B <sub>6</sub> )	正向	0.076 9
	社会(1/3)	就业结构	第二产业从业人员占比/%(C <sub>1</sub> )	正向	0.108 5	
			第三产业从业人员占比/%(C <sub>2</sub> )	正向	0.159 2	
		民生保障	人均社会消费品零售总额/(元·人 <sup>-1</sup> )(C <sub>3</sub> )	正向	0.318 2	
			人均社会福利收养性单位数/(个·人 <sup>-1</sup> )(C <sub>4</sub> )	正向	0.103 5	
		教育资源	普通中学生师比(C <sub>5</sub> )	正向	0.090 0	
			普通小学生师比(C <sub>6</sub> )	正向	0.053 9	
			医疗文化	每万人拥有的医院、卫生所床数/张(C <sub>7</sub> )	正向	0.094 7
每百人公共图书馆藏书量/册(C <sub>8</sub> )	正向	0.072 1				

表 2 耦合协调等级与类型划分  
Table 2 Classification of coupling coordination levels and types

序号	耦合协调度 (D) 区间	协调度 等级	序号	耦合协调度 (D) 区间	协调度 等级
1	[0,0.10]	极度失调	6	(0.50,0.60]	勉强协调
2	(0.10,0.20]	严重失调	7	(0.60,0.70]	初级协调
3	(0.20,0.30]	中度失调	8	(0.70,0.80]	中级协调
4	(0.30,0.40]	轻度失调	9	(0.80,0.90]	良好协调
5	(0.40,0.50]	濒临失调	10	(0.90,1.00]	优质协调

1.3.4 灰色预测模型

参考徐小鹰等<sup>[29]</sup>的研究,选用灰色模型中的基本模型GM(1,1),该模型通过对原始非负时间序列进行一次累加生成,构造出具有指数规律的序列,进而建立一阶单变量微分方程,实现对未来数值的预测。基于2011—2023年西藏县域生态-经济-社会系统的耦合协调度数据,分别对西藏各县域建立GM(1,1)模型,预测其2024—2035年耦合协调度的变化趋势。

2 结果与分析

2.1 各子系统发展水平分析

根据线性加权法计算西藏县域生态(U<sub>1</sub>)、经济(U<sub>2</sub>)和社会(U<sub>3</sub>)子系统的综合发展水平,并利用

ArcGIS 10.8软件进行空间可视化分析(图1)。选取2011,2017,2023年作为分析节点(下同),既考虑数据可得性,又能反映中国“十二五”“十三五”及“十四五”规划等关键阶段西藏生态文明建设与区域发展特征。结果表明,2011—2023年,西藏县域生态、经济与社会系统综合发展水平整体呈稳步提升态势,但不同子系统的增长幅度、波动特征及空间格局存在显著差异。

生态子系统在波动中保持总体上升,高值区主要分布在林芝、山南等东南部地区,生态基础良好且生态工程实施成效显著,而阿里及那曲北部等高寒干旱区生态条件脆弱,发展水平相对较低。经济子系统增幅最大且增长最为稳定,形成以拉萨、林芝为核心的高值集聚区,并向周边县域尤其是部分边境地区扩展,墨脱、错那等地在交通改善与特色产业带动下经济发展势头突出。社会子系统整体呈持续上升趋势,高值区由中心城市逐步向东南部及边境县域扩展,区域差距逐渐缩小,体现出民生改善与公共服务政策在边境地区的积极作用。总体上,三大子系统的发展格局均呈现“东南高、西北低”的梯度分布,生态系统受自然条件约束波动较大,而经济与社会系统在政策驱动下增长更为显著,反映出地理环境、资源禀赋与政策导向共同塑造了区域发展的空间分异特征。

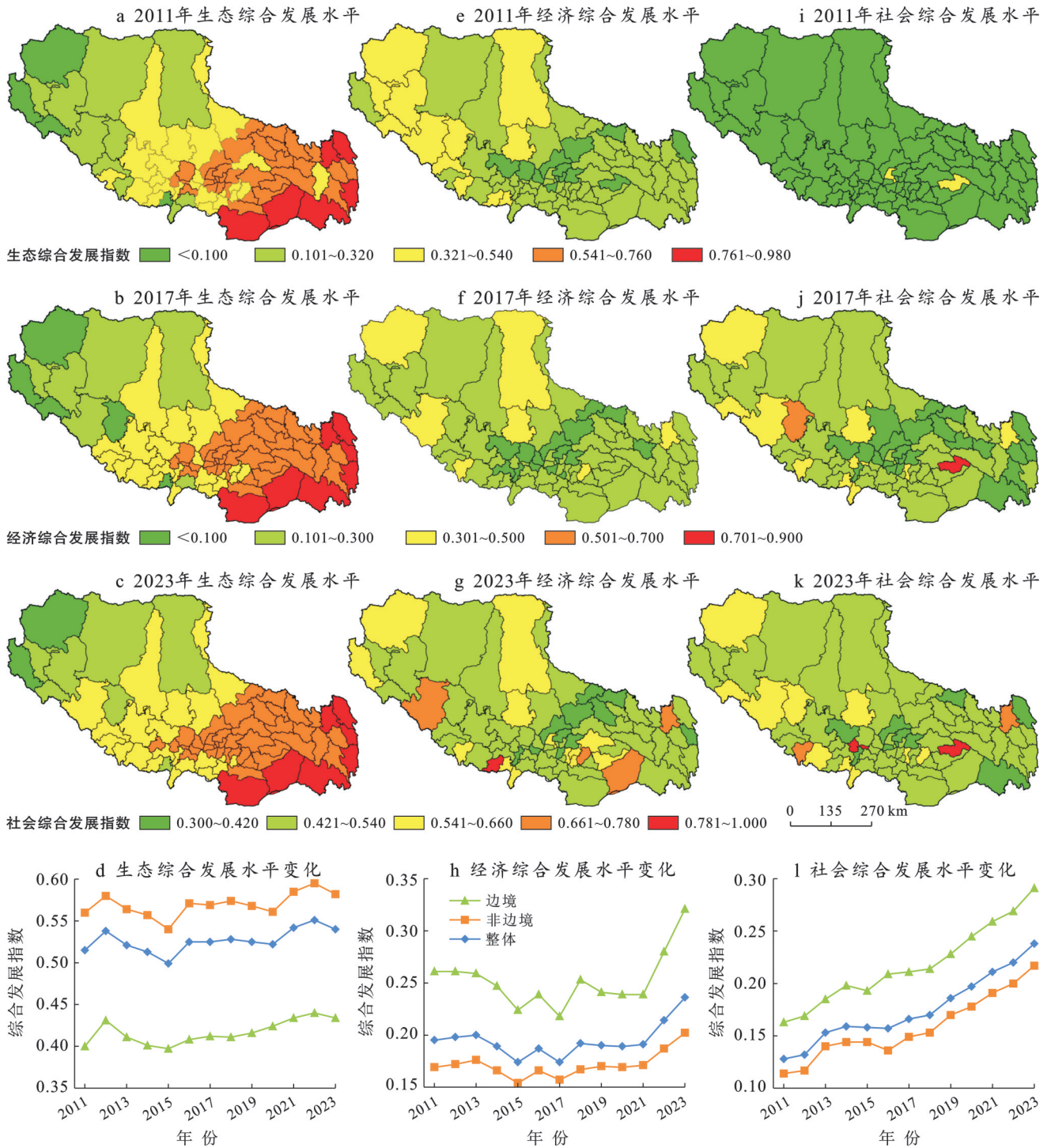


图 1 西藏县域各子系统综合发展水平时空演变

Fig.1 Spatiotemporal evolution of comprehensive development levels of different subsystems in counties of Xizang

### 2.2 耦合协调分析

2011—2023年,西藏县域生态-经济-社会系统的耦合度、协调度及耦合协调度整体呈上升趋势,但存在阶段性差异(图2)。2011年西藏全域的耦合度较高但协调度偏低,反映出三大系统关联性增强而发展水平不均。从空间分布来看,耦合协调度呈“东南高,西北低”的空间格局,高值区集中于林芝、山南东部和昌都南部,低值区位于阿里及那曲北部;随时

间推移,高值区持续扩大、低值区缩小,区域间协调性逐步增强。

从耦合度与协调度的关系看,部分县域虽耦合度较高但协调度偏低,表明系统互动性强而发展不均;另一些县域则实现了耦合与协调同步提升,结构趋于合理、演化更稳。整体上,西藏县域生态-经济-社会系统正由低水平耦合向高质量协调转变,但仍存在区域差异。其提升主要受政策投入、产业结构优化、基

基础设施改善与生态治理等多因素驱动。“兴边富民”行动及边境建设强化了边境县协同性,拉萨、林芝等地依托生态旅游实现了经济与生态的双向促进。交通

与通信条件的改善亦增强了要素流动与空间协同。而阿里、那曲等高寒地区受自然约束和产业单一限制,协调提升空间有限。

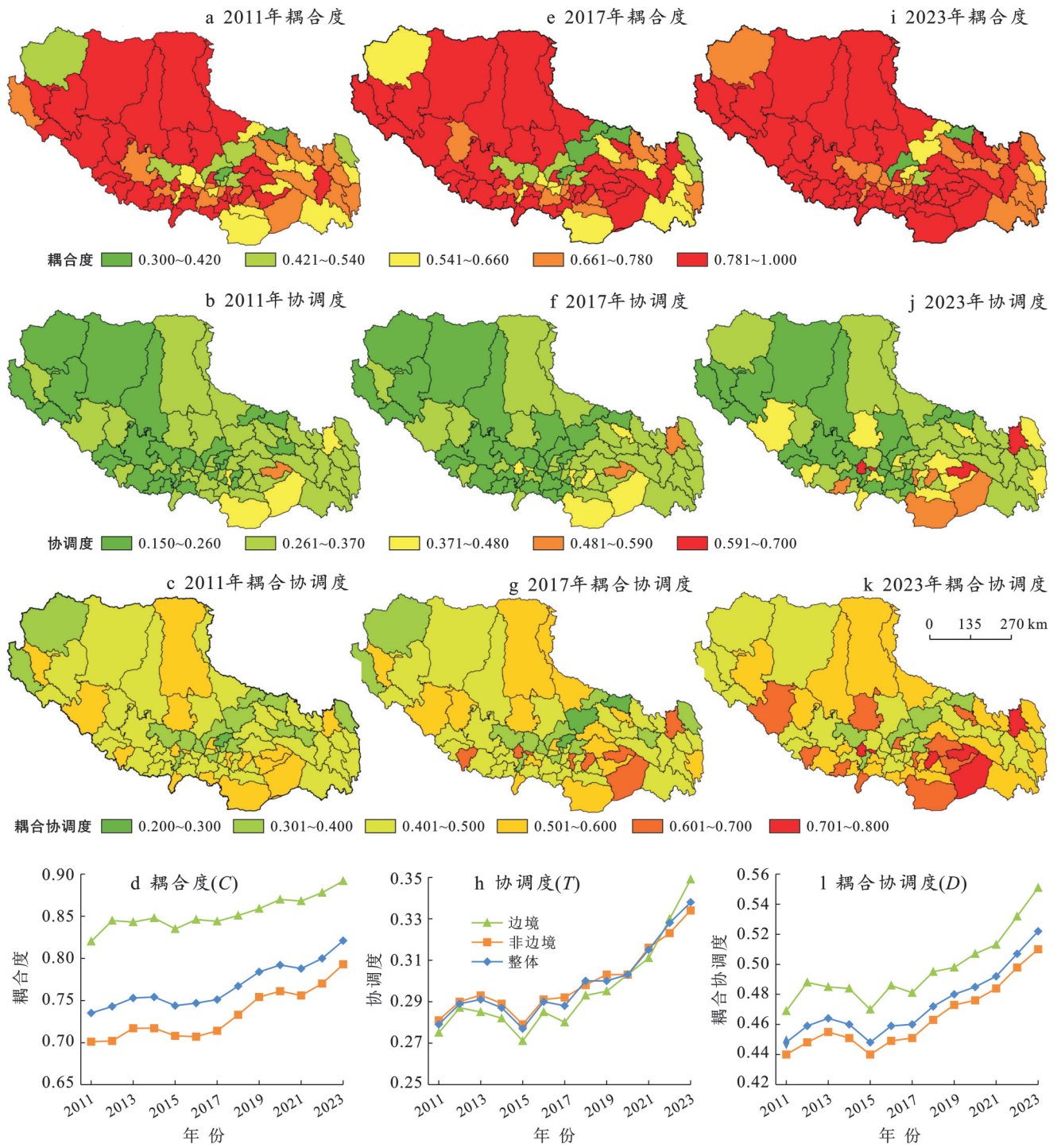


图2 西藏县域生态-经济-社会系统耦合协调演化格局  
Fig.2 Evolution patterns of coupling coordination of ecological-economic-social systems in counties of Xizang

### 2.3 障碍因子分析

为识别制约西藏县域生态-经济-社会系统协调演进的关键因素,基于障碍度模型计算了2011—2023年各指标的障碍度值,并选取各年份障碍度排

名前5的指标进行分析(表3,图3—5)。研究结果表明,主要障碍因子集中于生态、经济与社会3个维度的交互约束,其中 $C_3$ , $A_2$ 与 $B_4$ 在多数年份均处于高位,是制约系统协调提升的核心因素。2011—2017年

$C_3$ 长期居首,表明社会发展与消费活力不足对系统协调的制约最为突出;至2023年, $A_2$ 上升为首位障碍因子,反映了生态系统生产能力滞后、生态支撑功能不足成为新的关键瓶颈。与此同时, $A_1$ 与 $B_2$ 在多个年份持续出现,表明生态脆弱与财政保障不足对系统演进仍具有持续约束作用。从区域特征来看,边境县与非边境县的障碍因子呈现显著差异。边境县的主要障碍集中在 $C_3, B_4, A_2$ 方面,其障碍度整体低于非边境县。2011—2017年 $C_3$ 持续位居首位,说明社会消费能力不足长期制约边境地区发展;至2023年, $B_4$ 取代 $C_3$ 成为首位障碍因子,反映经济基础仍相对薄弱。 $A_2$ 在各期均保持较高频次,表明生态系统生产力不足仍是制约边境地区协调提升的关键。非边境县则表现出障碍因子稳定性更高但强度更大, $C_3, A_2, B_4$ 长期位列主要障碍因子之列,表明生态生产力滞后、投资效率偏低和社会消费不足的结构性矛盾更为突出。

总体而言,2011—2023年西藏县域生态-经济-社会系统协调发展的障碍特征表现为生态约束增强、经济结构调整滞后与社会发展水平偏低。无论是边境县还是非边境县, $A_2, B_4$ 与 $C_3$ 的长期高频出现,表明提升生态生产力、优化投资结构与增强社会消费能力是促进县域系统协调演进与高质量发展的关键路径。

表 3 西藏县域生态-经济-社会耦合协调发展前 5 位指标障碍因子及障碍度

Table 3 Obstacle factors and obstacle degree of top five indicators of coupling coordination development of ecological-economic-social systems in counties of Xizang

区域	指标排序	年份		
		2011	2017	2023
整体	1	$C_3(9.683)$	$C_3(9.396)$	$A_2(9.162)$
	2	$B_4(9.000)$	$B_4(9.024)$	$B_4(9.138)$
	3	$A_2(8.925)$	$A_2(8.920)$	$C_3(8.908)$
	4	$B_2(6.416)$	$B_2(6.585)$	$B_2(7.284)$
	5	$A_1(3.971)$	$A_1(4.177)$	$A_1(4.533)$
边境县	1	$C_3(2.659)$	$C_3(2.553)$	$B_4(2.462)$
	2	$B_4(2.496)$	$B_4(2.505)$	$A_2(2.377)$
	3	$A_2(2.295)$	$A_2(2.300)$	$A_3(2.313)$
	4	$A_1(1.556)$	$B_2(1.589)$	$B_2(1.862)$
	5	$B_2(1.346)$	$A_1(1.553)$	$A_1(1.630)$
非边境县	1	$C_3(7.024)$	$C_3(6.843)$	$A_2(6.785)$
	2	$A_2(6.630)$	$A_2(6.620)$	$B_4(6.676)$
	3	$B_4(6.505)$	$B_4(6.519)$	$C_3(6.595)$
	4	$B_2(6.505)$	$B_2(4.997)$	$B_2(5.422)$
	5	$A_1(2.415)$	$A_1(2.624)$	$A_1(2.904)$

注: $A_{1-3}, B_{1-3}, C_{1-3}$ 的含义见表1。下同。

2023年	31	53	2	17	51	0	53	0	0	0	0	6	52	0	0	0	0	0
2017年	28	53	3	22	49	0	53	0	0	0	0	4	53	0	0	0	0	0
2011年	25	53	0	29	52	0	53	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$

注:数值代表当年各指标障碍因子出现的频次,频次越高则颜色越深。下同。

图 3 西藏整体县域生态-经济-社会系统耦合协调发展前 5 位主要障碍因子频次统计

Fig.3 Frequency statistics of top five major obstacle factors affecting coupling coordination development of ecological-economic-social systems in counties of Xizang

2023年	14	19	6	2	18	0	20	0	0	0	0	7	19	0	0	0	0	0
2017年	14	19	6	3	16	0	21	0	0	0	0	5	21	0	0	0	0	0
2011年	14	19	7	8	14	0	21	0	0	0	0	1	21	0	0	0	0	0
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$

图 4 西藏边境县域生态-经济-社会系统耦合协调发展前 5 位主要障碍因子频次统计

Fig.4 Frequency statistics of top five major obstacle factors affecting coupling coordination development of ecological-economic-social systems in border counties of Xizang

### 2.4 预测分析

为确保结果的科学性与预测的合理性,本研究对模型进行了两步优化,第一,以2011—2022年数据为

样本,构建GM(1,1)灰色预测模型预测2023—2034年耦合协调度,并与2023年实测值进行对比。结果显示,预测均值为0.500,实际值为0.522,误差4.2%,模

型总体精度较高;边境县和非边境县误差分别为 5.4% 和 3.5%,预测结果与实际值基本一致。第二,以 2011—2023 年数据为样本预测 2024—2035 年西藏县域生态-经济-社会系统的耦合协调度(表 4),模型精度检验结果( $p=0.923<0.95, C=0.181<0.35$ ,平

均相对误差 $<0.1\%$ )表明拟合优良。考虑到 2030 年为“十五五”规划结束之年、2035 年为基本实现社会主义现代化 的关键节点,选取这两年可反映西藏县域协同发展 的中长期趋势,进一步利用 ArcGIS 10.8 软件 呈现其空间格局(图 6)。

2023年	31	53	2	17	51	0	53	0	0	0	0	6	52	0	0	0	0	0
2017年	28	53	3	22	49	0	53	0	0	0	0	4	53	0	0	0	0	0
2011年	25	53	0	29	52	0	53	0	0	0	0	0	53	0	0	0	0	0
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$	$C_7$	$C_8$

图 5 西藏非边境县生态-经济-社会系统耦合协调发展前 5 位主要障碍因子频次统计

Fig.5 Frequency statistics of top five major obstacle factors affecting coupling coordination development of ecological-economic-social systems in non-border counties of Xizang

表 4 西藏县域生态-经济-社会耦合协调发展水平预测

Table 4 Prediction of coupling coordination development level of ecological-economic-social systems in counties of Xizang

年份	整体		边境县		非边境县	
	耦合协调度均值	等级	耦合协调度均值	等级	耦合协调度均值	等级
2024	0.513	勉强协调	0.536	勉强协调	0.504	勉强协调
2025	0.519	勉强协调	0.542	勉强协调	0.510	勉强协调
2026	0.525	勉强协调	0.548	勉强协调	0.516	勉强协调
2027	0.531	勉强协调	0.554	勉强协调	0.522	勉强协调
2028	0.537	勉强协调	0.560	勉强协调	0.528	勉强协调
2029	0.544	勉强协调	0.567	勉强协调	0.534	勉强协调
2030	0.550	勉强协调	0.573	勉强协调	0.541	勉强协调
2031	0.557	勉强协调	0.579	勉强协调	0.547	勉强协调
2032	0.563	勉强协调	0.586	勉强协调	0.554	勉强协调
2033	0.570	勉强协调	0.592	勉强协调	0.561	勉强协调
2034	0.576	勉强协调	0.599	勉强协调	0.567	勉强协调
2035	0.583	勉强协调	0.606	初级协调	0.574	勉强协调

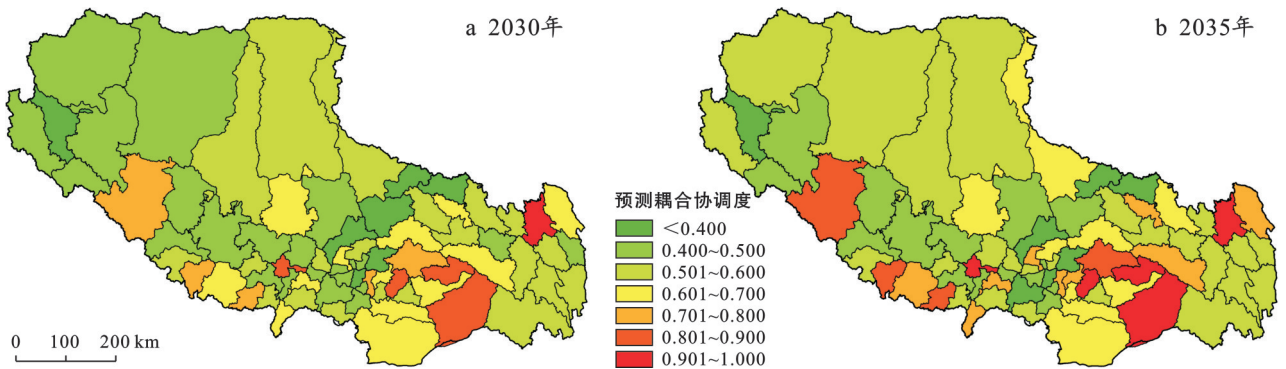


图 6 西藏县域生态-经济-社会系统耦合协调度预测

Fig.6 Prediction of coupling coordination degree of ecological-economic-social systems in counties of Xizang

由表 4 可以看出,从 2024 年起,西藏县域耦合协调度将稳步提升,区域差异逐渐缩小,整体由“勉强协调”向“初级协调”过渡。边境县耦合协调度由 0.536 升至 0.606,首次达到“初级协调”水平;非边境

县由 0.504 升至 0.574,虽仍处“勉强协调”阶段,但提升明显。空间上,耦合协调度呈“东南高,西北低”格局,高值区集中于林芝、山南及拉萨周边,中等区向阿里和那曲扩展,区域差距持续收敛。至 2035 年,仲

巴、聂拉木、墨脱等边境县提升显著,系统发展更趋协调。近年来,党中央与自治区政府持续强化生态保护、区域协调与民生改善政策,效应将逐步向边境与重点生态区集聚。以墨脱为例,水电站等重点工程建设显著增强了其经济与社会系统潜力,与灰色预测结果中边境县耦合协调度提升趋势相吻合,说明模型预测具有较好的现实合理性与解释力。

### 3 结论

本研究以西藏74个县域为研究单元,构建生态-经济-社会三大子系统指标体系,基于熵值法评估2011—2023年各子系统发展水平,分析其耦合协调演化特征与障碍因子,并利用灰色预测模型预测未来发展趋势。

(1)从综合发展水平来看,整体呈持续提升态势。生态子系统在波动中上升,经济子系统增幅最大且最稳定,社会子系统增长相对缓慢。三大系统的空间格局总体表现为“东南高,西北低”,反映出地理区位、资源禀赋与政策支持等因素共同塑造的差异化发展格局。

(2)从耦合协调度来看,西藏全域耦合协调水平持续提升,东南部地区明显优于西北部。耦合度普遍较高而协调度相对偏低,说明系统间虽具有较强关联性,但发展速率差异导致整体协调性不足。区域内部发展差异突出,亟需强化空间治理与资源配置效率。

(3)人均社会消费品零售总额、NPP、固定资产投资占GDP比重是制约系统协调提升的主要障碍。边境县障碍度整体低于非边境县,表明其系统协调能力相对更优。

(4)从预测结果来看,2024—2035年西藏县域生态-经济-社会耦合协调度将稳步上升,东南部边境地区持续领先,西北部高海拔县域提升相对缓慢,区域差异格局虽将延续但趋于优化,整体协调发展前景良好。

### 4 建议

西藏县域生态、经济与社会三大子系统协同发展水平整体偏低,区域差异显著,系统间互动机制不完善,协调发展仍面临生态环境承载压力大、经济投入效率低和社会服务能力不足等挑战。为进一步推动高质量协调发展,提出以下建议。

(1)统筹空间布局,优化区域格局。针对县域间发展水平差异,应强化生态、经济与社会系统的整体统筹与空间协调,明晰区域功能定位,推动差异化发展。东南部地区应依托自然禀赋与交通优势发展绿

色产业,西北部高海拔地区应着重改善基础设施与民生条件,促进公共服务均衡化。通过优化空间资源配置,增强县域间在生态保护、产业发展与社会进步方面的联动,实现区域格局的协调优化。

(2)完善协调机制,提升耦合效率。面对系统耦合协调水平不均的问题,应强化区域信息共享与政策协同,构建跨县域协调发展机制,促进要素高效流动与优化配置。加大对协调度偏低地区的政策支持与资金倾斜,改善基础设施,发展特色产业,增强区域自我发展能力与系统耦合效率,提升整体协调发展的韧性。

(3)聚焦关键障碍,增强内生动能。针对生态生产力不足、投资结构滞后和社会消费能力偏低等主要障碍,应分类施策。生态上强化高原生态修复与生态产品价值转化;经济上优化投资结构,提升产业创新与资金使用效率;社会上扩大就业,改善消费环境、完善保障体系,以多维联动破除制约因素,推动系统协调提升。

(4)健全长效机制,夯实发展基础。面向2035年,应建立生态、经济与社会协同发展的长效机制,加强动态监测与预警,构建数据驱动的政策评估体系,提升治理科学化与前瞻性。鼓励各地因地制宜制定中长期发展规划,优化产业与生态空间布局,增强欠发达地区自我发展能力,确保区域协调发展的可持续性与稳定性。

### 参考文献(References)

- [1] 习近平.习近平著作选读(第一卷)[M].北京:人民出版社,2023.  
Xi Jinping. Selected readings of Xi Jinping's works (volume I) [M]. Beijing: People's Publishing House, 2023.
- [2] 牛文元.可持续发展理论的内涵认知:纪念联合国里约环发大会20周年[J].中国人口·资源与环境,2012,22(5):9-14.  
Niu Wenyan. The theoretical connotation of sustainable development: The 20<sup>th</sup> anniversary of UN conference on environment and development in Rio de Janeiro, Brazil [J]. China Population, Resources and Environment, 2012, 22(5):9-14.
- [3] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment [J]. The Quarterly Journal of Economics, 1995, 110(2):353-377.
- [4] Ostrom E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems [J]. Science, 2009, 325(5939):419-422.
- [5] 吴蒙,周冯琦,程进,等.中国区域终端能源电气化与社会公平耦合协调时空格局及影响因素[J].资源科学,

- 2024,46(9):1793-1806.
- Wu Meng, Zhou Fengqi, Cheng Jin, et al. Spatiotemporal patterns and influence factors of coupling coordination between regional final energy electrification and social equity in China [J]. *Resources Science*, 2024, 46(9): 1793-1806.
- [6] 钞锦龙,李乐乐,杨朔,等.汾河流域城市化与水资源耦合协调关系研究[J].*地理科学*,2022,42(3):487-496.
- Chao Jinlong, Li Lele, Yang Shuo, et al. Coupling and coordination relationship between urbanization and water resources in the Fenhe River basin [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(3): 487-496.
- [7] 李中杰,李亚丽,汪艳如,等.饮用水水源地生态环境与经济社会发展耦合协调研究:以昆明市松华坝水库为例[J].*环境工程技术学报*,2022,12(6):2132-2139.
- Li Zhongjie, Li Yali, Wang Yanru, et al. Study on coupling and coordination of eco-environment and socio-economic development of drinking water sources: A case study of Songhuaba reservoir in Kunming City [J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2022, 12(6): 2132-2139.
- [8] 马梦瑶,唐健雄.中国西部旅游城镇化与人居环境的时空耦合协调性及驱动力[J].*地理科学*,2024,44(3):463-473.
- Ma Mengyao, Tang Jianxiong. Coupling coordination and driving force of tourism urbanization and human settlements in the western China [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2024, 44(3): 463-473.
- [9] 梁亚文,李绍亭,雷坤洪,等.秦巴山区农业转型与生态环境耦合协调时空特征及驱动因素[J].*长江流域资源与环境*,2024,33(7):1504-1514.
- Liang Yawen, Li Shaoting, Lei Kunhong, et al. Spatiotemporal characteristics and driving factors of the coupling coordination between agricultural transition and eco-environment in Qinling-Daba Mountain area [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2024, 33(7): 1504-1514.
- [10] 骆军强,张子宁,张培蕾,等.中国都市圈人地关系演变中的城镇化与生态环境质量耦合[J].*资源科学*,2025,47(2):281-293.
- Luo Junqiang, Zhang Zining, Zhang Peilei, et al. Coupling of urbanization and eco-environmental quality in the evolution of human-environment relationships in China's metropolitan regions [J]. *Resources Science*, 2025, 47(2): 281-293.
- [11] 郝梦露,彭守璋.宁南山区生态环境与社会经济的耦合协调发展[J].*水土保持通报*,2021,41(5):319-326.
- Hao Menglu, Peng Shouzhang. Coupling and coordinated development of ecological environment and social economy in mountainous area of southern Ningxia Region [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2021, 41(5): 319-326.
- [12] 王发莉,图登克珠,史本林.西藏生态环境-区域经济-旅游产业耦合协调发展分析[J].*西藏民族大学学报(哲学社会科学版)*,2024,45(1):123-129.
- Wang Fali, Tu Dengkezhuzhu, Shi Benlin. Analysis on the interrelated and coordinated development of eco-environment, regional economy and tourism industry in Xizang [J]. *Journal of Xizang Minzu University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 2024, 45(1): 123-129.
- [13] 黄学艺,陆汝成,叶宗达.中国陆地边境地区经济发展质量与生态韧性的耦合测度及交互响应[J].*水土保持通报*,2024,44(6):256-268.
- Huang Xueyi, Lu Rucheng, Ye Zongda. Coupling measurement and interactive response of economic development quality and ecological resilience in China's land border areas [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2024, 44(6): 256-268.
- [14] 孔凡斌,杨文才,徐彩瑶.环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调关系及其影响因素[J].*生态学报*,2023,43(6):2287-2297.
- Kong Fanbin, Yang Wencai, Xu Caiyao. Coordinated relationship and influencing factors of ecological environment and socio-economic coupling of urban agglomeration around Hangzhou Bay in China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(6): 2287-2297.
- [15] 李秋雨,朱麟奇,王吉玉.全域旅游背景下吉林省旅游业-经济-社会-生态环境协调性研究[J].*地理科学*,2020,40(6):948-955.
- Li Qiuyu, Zhu Linqi, Wang Jiyu. Coordination degree among the tourism-economy-society-ecology system of Jilin Province under the background of all-for-one tourism [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(6): 948-955.
- [16] 陈晓红,周宏浩,王秀.基于生态文明的县域环境-经济-社会耦合脆弱性与协调性研究:以黑龙江省齐齐哈尔市为例[J].*人文地理*,2018,33(1):94-101.
- Chen Xiaohong, Zhou Honghao, Wang Xiu. The vulnerability and coordination of the coupling of environment, economy and society in county: A case of Qiqihar City of Heilongjiang Province [J]. *Human Geography*, 2018, 33(1): 94-101.
- [17] 黄晶,薛东前,马蓓蓓,等.黄土高原乡村地域人-地-业协调发展时空格局与驱动机制[J].*人文地理*,2021,36(3):117-128.
- Huang Jing, Xue Dongqian, Ma Beibei, et al. Spatial and temporal evolution pattern and driving mechanism of coordinated level of human-land-industry system in rural areas of the Loess Plateau [J]. *Human Geogra-*

- phy, 2021, 36(3):117-128.
- [18] 张光宏, 马艳. 城郊土地利用社会经济效益和生态环境效益的动态耦合关系: 以武汉市远城区为例[J]. 农业技术经济, 2014(11):14-20.  
Zhang Guanghong, Ma Yan. Dynamic coupling relationship between socio-economic benefits and eco-environmental benefits of suburban land use: A case study of the far urban area of Wuhan City [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2014(11):14-20.
- [19] 齐义军, 付桂军. 典型资源型区域可持续发展评价: 基于模糊综合评价研究方法[J]. 中央民族大学学报(哲学社会科学版), 2012, 39(3):117-123.  
Qi Yijun, Fu Guijun. Evaluation to the sustainable development in the typical resource regions: Based on fuzzy comprehensive evaluation method [J]. Journal of Minzu University of China (Philosophy and Social Sciences Edition), 2012, 39(3):117-123.
- [20] 李诗涵, 陈秋霞, 许章华, 等. 福州都市圈社会经济水平与生态环境韧性的时空演化及耦合协调性[J]. 水土保持通报, 2023, 43(6):311-323.  
Li Shihan, Chen Qiuxia, Xu Zhanghua, et al. Spatio-temporal evolution and coupling coordination of socio-economic level and ecological resilience in Fuzhou metropolitan area [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2023, 43(6):311-323.
- [21] 王奕淇, 李国平. 基于SD模型的黄河流域生态环境与社会经济发展可持续性模拟[J]. 干旱区地理, 2022, 45(3):901-911.  
Wang Yiqi, Li Guoping. Sustainable simulation of ecological environment and socio-economic development in the Yellow River basin based on the SD model [J]. Arid Land Geography, 2022, 45(3):901-911.
- [22] 杨顺顺. 基于系统动力学的区域绿色发展多情景仿真及实证研究[J]. 系统工程, 2017, 35(7):76-84.  
Yang Shunshun. Multi-scenario simulation and case study for regional green development based on system dynamic [J]. Systems Engineering, 2017, 35(7):76-84.
- [23] 姜悦, 侯现慧, 刘国彬, 等. 黄土高原生态-经济-社会耦合协调发展研究: 以长武县、绥德县、神木市和淳化县为例[J]. 水土保持通报, 2022, 42(4):234-243.  
Jiang Yue, Hou Xianhui, Liu Guobin, et al. Research on coordinated development of ecological-economic-social coupling of Loess Plateau: Take Changwu County, Suide County, Shenmu City and Chunhua County as examples [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(4):234-243.
- [24] 李树良, 杨爽艺, 曾波, 等. 离散型灰色预测模型的无偏性与自适应性及其应用[J]. 中国管理科学, 2024, 32(8):149-160.  
Li Shuliang, Yang Shuangyi, Zeng Bo, et al. Unbiased and adaptive of discrete grey prediction model and its application [J]. Chinese Journal of Management Science, 2024, 32(8):149-160.
- [25] 江孝君, 王小艳, 杨青山. 环渤海地区生态-经济-社会系统耦合协调时空演化特征及驱动机理[J]. 地理科学, 2024, 44(12):2155-2165.  
Jiang Xiaojun, Wang Xiaoyan, Yang Qingshan. Spatio-temporal evolution characteristics and driving mechanisms of ecological-economic-social system coupling coordination in the Bohai rim area [J]. Scientia Geographica Sinica, 2024, 44(12):2155-2165.
- [26] 张冰, 李阳兵, 夏春华, 等. 土地利用转型背景下社会经济-生态环境耦合协调研究: 以长江沿岸城市为例[J]. 生态与农村环境学报, 2023, 39(4):436-449.  
Zhang Bing, Li Yangbing, Xia Chunhua, et al. Study on the coupling coordination of socio-economic and ecological environment under the background of land use transition: A case study of the cities along the Yangtze River [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2023, 39(4):436-449.
- [27] 张鹏岩, 庞博, 何坚坚, 等. 耕地生产力与粮食安全耦合关系与趋势分析: 以河南省为例[J]. 地理科学, 2017, 37(9):1392-1402.  
Zhang Pengyan, Pang Bo, He Jianjian, et al. Coupling relationship and trend of cultivated land productivity and food security: A case study of Henan Province [J]. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(9):1392-1402.
- [28] 刘珏珏, 刘书芳. 长江经济带生态保护与高质量发展耦合协调的时空演变及障碍因子[J]. 武汉大学学报(工学版), 2025, 58(1):20-32.  
Liu Honghong, Liu Shufang. Spatio-temporal evolution and obstacle factors of coupling coordination between ecological protection and high-quality development in the Yangtze River economic belt [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2025, 58(1):20-32.
- [29] 徐小鹰, 田焮焮. 长三角城市群科技创新、经济增长与生态环境的时空耦合及趋势预测[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(4):706-720.  
Xu Xiaoying, Tian Xinxin. Spatial-temporal evolution and trend prediction of coupling coordination among technology innovation, economic growth and ecological environment in Yangtze River delta urban agglomerations [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2023, 32(4):706-720.