

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2026.01.028; CSTR:32311.14.rswc.2026.01.028.

覃雪华, 刘少坤, 叶宗达, 等. 平陆运河经济带国土空间多功能冲突识别与分区调控[J]. 水土保持研究, 2026, 33(1): 317-329, 350.

Qin Xuehua, Liu Shaokun, Ye Zongda, et al. Multifunctional conflict identification and zoning regulation in territorial space of Pinglu Canal Economic Belt[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2026, 33(1): 317-329, 350.

# 平陆运河经济带国土空间多功能冲突识别与分区调控

覃雪华<sup>1</sup>, 刘少坤<sup>1</sup>, 叶宗达<sup>2</sup>, 邓源<sup>1</sup>, 黄予琪<sup>1</sup>

(1. 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 南宁 530001; 2. 广西壮族自治区地质环境监测站, 南宁 530022)

**摘要:** [目的] 系统揭示国土空间城镇、农业、生态功能之间的相互作用与冲突关系, 并据此提出分区调控策略, 以促进国土空间系统的协调可持续发展。[方法] 基于“城镇-农业-生态”分类系统, 构建国土空间多功能评价指标体系, 运用多功能共生度模型和耦合协调度模型测算多功能相互作用强度、协调水平, 借助多维功能冲突识别矩阵揭示冲突特征、类型和强度, 并以多功能综合度与耦合协调度为分区标准, 划定差异化调控单元。[结果] (1) 在时间维度上, 研究区国土空间综合功能呈上升趋势, 其中城镇功能提升, 而农业、生态功能呈下降态势。在空间维度上, 综合功能较高的主要聚焦于南宁市中心城区和钦北防沿海地区。(2) 功能共生模式呈现空间异质性特征。(3) 国土空间多功能耦合协调度由2000年的0.160 1波动上升至2022年的0.168 9, 但整体仍处于严重失调状态。(4) 2000年和2022年二维功能冲突中冲突重度区占比均超过50%, 三维功能冲突同样以重度冲突为主, 且呈现加剧态势, 研究期间重度冲突格网比例上升9.491 5%。(5) 基于多功能综合度与耦合协调度将研究区分为紧急治理区、优先提升区、重点提升区、潜在提升区、协同优化区和适度优化区6种类型区。[结论] 平陆运河经济带国土空间功能冲突形势严峻且区域差异显著, 需因地制宜地推进地域功能局部重点提升与整体协同优化, 实现国土空间多功能协调发展。

**关键词:** 国土空间; 多功能冲突; 格局优化; 格网; 平陆运河经济带

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2026)01-0317-13

## Multifunctional conflict identification and zoning regulation in territorial space of Pinglu Canal Economic Belt

Qin Xuehua<sup>1</sup>, Liu Shaokun<sup>1</sup>, Ye Zongda<sup>2</sup>, Deng Yuan<sup>1</sup>, Huang Yuqi<sup>1</sup>

(1. School of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning 530001, China;

2. Geological Environment Monitoring Station of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530022, China)

**Abstract:** [Objective] This study systematically reveals the interactions and conflicts among the urban, agricultural, and ecological functions of territorial space, and proposes zoning regulation strategies to facilitate the coordinated and sustainable development of territorial space system. [Methods] Based on the ‘urban-agricultural-ecological’ classification system, a multifunctional evaluation indicator system for territorial space was developed. The multifunctional symbiosis degree model and coupling coordination model were used to calculate the interaction intensity and coordination level of multiple functions. A multidimensional functional conflict identification matrix was used to reveal the conflict characteristics, types, and conflict intensity. Furthermore, differentiated regulation units were delineated using the multifunctional integration degree and coupling coordination degree as zoning criteria. [Results] (1) In the temporal dimension, the comprehensive function of territorial space in the study area increased overall, with urban functions rising while agricultural and ecological functions declined. Spatially, areas

收稿日期: 2025-03-14

修回日期: 2025-04-13

接受日期: 2025-04-20

资助项目: 2023年广西哲学社会科学课题项目“平陆运河经济带国土空间功能优化策略研究”(23FGL021), “边民耕地撂荒行为对边疆安全的影响机制与国家战略耕作控制区划定研究: 以中越边境地区为例”(42461035)

第一作者: 覃雪华(2001—), 女, 广西平南人, 硕士研究生, 主要研究方向为土地资源可持续利用与国土空间规划。E-mail: 2944890885@qq.com

通信作者: 刘少坤(1974—), 男, 广东五华人, 博士, 教授, 研究生导师, 主要从事土地资源可持续利用、城市生态环境规划与管理研究。E-mail: 1966723045@qq.com

<http://stbcyj.paperonce.org>

with higher comprehensive functions were primarily concentrated in the central urban area of Nanning City and the coastal region of Qin-Bei-Fang (Qinzhou, Beihai, Fangchenggang). (2) The functional symbiosis patterns exhibited spatial heterogeneity. (3) The coupling coordination degree of territorial space multifunctionality fluctuated and increased from 0.160 1 in 2000 to 0.168 9 in 2022, but overall remained severely imbalanced. (4) In 2000 and 2022, the proportion of severe conflict areas in two-dimensional functional conflicts exceeded 50%. Three-dimensional functional conflicts were also predominantly severe and showed an intensifying trend. During the study period, the proportion of severe conflict grids increased by 9.491 5%. (5) Based on the multifunctional integration degree and coupling coordination degree, the study area was categorized into six types of zones: urgent governance, priority enhancement, key enhancement, potential enhancement, collaborative optimization, and moderate optimization zones. [Conclusion] The functional conflicts within the territorial space of the Pinglu Canal Economic Belt are severe and exhibit significant regional differentiation. It is necessary to promote the local key enhancement and overall synergistic optimization of regional functions based on local conditions to achieve the coordinated development of territorial space multifunctionality.

**Keywords:** territorial space; multifunctional conflict; pattern optimization; grid; Pinglu Canal Economic Belt

流域经济带是自然环境与人文底蕴交互形成的特殊地理尺度<sup>[1]</sup>,其功能布局优化对区域可持续发展具有关键作用。平陆运河作为我国首条江海联运战略通道和西部陆海新通道骨干工程,具有连接中国—东盟最短水运距离、降低物流成本的独特优势,是推进西部大开发、服务“一带一路”、深化RCEP合作的关键枢纽<sup>[2]</sup>。平陆运河建设中,高强度土地利用引发的空间协调问题日益突出<sup>[3]</sup>,主要体现在:城镇扩张与生态保护冲突、耕地保护与工程建设用地矛盾、钦州湾入海口红树林等生态敏感区的保护与开发博弈。为此,《广西自然资源厅关于做好平陆运河沿线国土空间规划管控的指导意见》明确提出,必须坚持“三区三线”刚性管控与弹性协调相结合,科学优化国土空间布局。

2017年,《全国国土规划纲要(2016—2030)》将国土空间明确划分为“城镇—农业—生态”三大类,推动国土空间利用向协调发展转型,国土空间多功能之间的协调发展成为优化国土空间格局的重要前提<sup>[4]</sup>。国土空间功能识别方面,多数学者通过构建指标,以综合反映区域的国土空间绩效水平。近年来,随着遥感技术和多源数据应用,逐渐转向融合遥感与多源数据的精细化分析<sup>[5]</sup>。功能间关系主要采用耦合协调度模型<sup>[6-7]</sup>、功能权衡强度测算等<sup>[8]</sup>进行分析。

国土空间冲突直接影响着空间结构有序演变和资源利用效率<sup>[9]</sup>,对实现区域可持续发展构成严重威胁。识别国土空间冲突,优化国土空间布局,是区域当前及未来可持续发展中迫切解决的现实问题。21世纪以来,“冲突”理论在土地资源管理领域不断深化,衍生出土地冲突、空间冲突及其规划冲突等多元化概念体系<sup>[10-11]</sup>。当前,国内外学者从地理学、经济学、生态学等不同视角对空间冲突展开了广泛探讨。

研究对象包括基于土地利用<sup>[12]</sup>、生产-生活-生态<sup>[13]</sup>、城镇-农业-生态等<sup>[14]</sup>角度开展空间冲突分析。研究尺度上,多数学者以市和县等行政区为研究单元<sup>[14-15]</sup>,评价结果对区域内部差异性表达有待提高。研究内容集中于冲突水平测度<sup>[16]</sup>、冲突诊断识别<sup>[14]</sup>、冲突形成原因等<sup>[17]</sup>。对于冲突诊断识别方法,一类是基于空间叠置分析,通过整合土地利用类型与功能适宜性等级实现冲突诊断<sup>[18]</sup>;另一类是采用多维度建模方法,通过功能适宜性评价结果的对比分析构建冲突识别体系<sup>[5]</sup>。这种诊断识别主要表现为空间结构性冲突,识别“哪里冲突”和“冲突程度”,实现冲突空间分布与强度的可视化表达,但未能揭示国土空间功能“为何冲突”和“如何协同”的内在机理。近些年来,少数学者从共生视角探究国土空间各空间的共生关系,并进行分区优化。科学认知资源效率的作用机理是优化国土空间格局的重要基础<sup>[9]</sup>,基于资源效率综合权衡国土空间配置方案,实现空间协调发展,已引起学术界及社会各界的高度重视。综上所述,对于国土空间功能的现实冲突研究仍较少;从共生理论视角剖析“3类”功能间相互作用机理的研究还较为鲜见;在优化调控方面,将资源效率作为逻辑起点开展国土空间布局优化的案例并不多见,缺少定量的国土空间布局蓝图刻画。

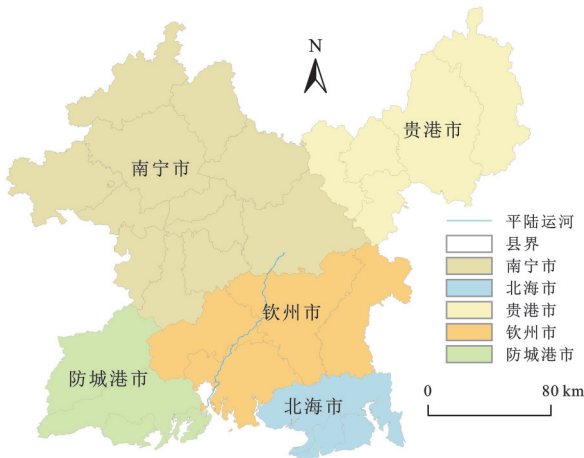
平陆运河经济带的发展交织自然与人文因素,国土空间开发利用变化剧烈,空间功能关系复杂,亟需协调研究。本文基于“城镇—农业—生态”功能体系,构建国土空间多功能评价指标,定量评价价格网单元上的“3类”功能。借助共生度模型(动力学机制)和冲突识别矩阵(空间格局),系统解析国土空间功能交互机理与冲突特征。最后,以“3类”功能水平作

为逻辑起点,基于综合度与协调度匹配分区,定量刻画国土空间布局蓝图。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

本文以平陆运河规划建设的核心辐射区域——广西南部五市(南宁、钦州、北海、防城港、贵港)为研究对象(图 1),该区域呈现典型的“内陆—河口—海洋”梯度空间格局。平陆运河以南宁横州市西津库区平塘江口为起点,经钦州灵山县陆屋镇延伸至北部湾入海口,全长约 134 km,兼具内河航运与海港枢纽功能。平陆运河经济带在西部大开发战略推动下实现快速发展,GDP 从 2000 年 708.24 亿元增至 2022 年 11 349.73 亿元(增幅达 15.03 倍),2022 年占广西总量 43.15%。其中南宁发挥首府核心作用,钦北防构成北部湾港口群,贵港强化内河枢纽功能。2000—2020 年研究区域建设用地面积变化最大,约增加 161.41 km<sup>2</sup>,耕地面积下降幅度最大,减少 104.62 km<sup>2</sup>。随着 2023 年平陆运河建设引发的航道改造、桥梁拆建等工程需求,以及物流与产业用地扩张等,正加剧城镇—农业—生态空间的多重博弈,亟需构建差异化的空间治理体系。



注:基于国家自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2019)1822 号的标准地图制作,底图边界无修改,下同。

图 1 平陆运河经济带区位

Fig. 1 Location of Pinglu Canal Economic Belt

### 1.2 数据来源与处理

本文采用多源数据构建空间功能分析框架,空间数据方面,土地利用数据源自武汉大学发布的中国土地覆盖数据集,精度 80% 以上<sup>[19]</sup>;年均降水、NDVI、复种指数、夜间灯光数据等源于国家地球系统科学数据中心;路网数据源于 Open Street Map。社会经济统计数据,如粮食产量、人口和经济产值等数据来源于《中国人口普查分县资料》《中国区域经济统计年鉴》《中国县域统计年鉴》《广西壮族自治区统计年鉴》等。获

得上述基础数据后,将所有空间数据统一采用 CGCS 2000 坐标系进行投影转换,确保空间基准一致性。参考前人的研究<sup>[5]</sup>,分别构建 1 km, 2 km, 4 km 和 6 km 边长的格网覆盖研究区域,结合平陆运河沿线喀斯特地貌占比较大、区域面积、可视化效果的特点,选择以 2 km×2 km 的空间格网共计 13 981 个作为评价单元,能避免因单元过小导致的喀斯特地貌区数据噪声干扰,有利于实现良好的可视化效果。对于研究区边界未完全覆盖的格网单元,采用整格网面积参与计算的方法,确保空间分析的完整性和一致性,以实现 km 格网尺度下各指标的空间化表征。

## 2 研究方法

### 2.1 研究框架

在自然、社会经济与政策等多因素驱动下,国土空间及其功能持续演变与重构。本文基于“本底特征—机制解析—冲突识别—协同优化”的理论框架(图 2),结合共生理论与空间分析,揭示功能间相互作用与冲突机理。通过共生度模型识别对称共生、寄生等作用模式,从动力学角度解释“为何冲突、如何协同”;借助多维功能冲突识别矩阵实现冲突空间分布与强度的可视化识别。两者结合,分别从动力学机制与空间表现维度完整揭示冲突与协同关系。在此基础上,采用格网—行政单元耦合方法,沿“功能识别—空间聚类—策略适配”路径提出差异化空间优化策略,研究平陆运河经济带从国土空间本底特征分析到功能分区调控的过程,为国土空间协同治理提供理论依据。

### 2.2 国土空间多功能评价

国土空间多功能评价指标体系需要反映区域国土空间土地利用特征、地理环境状态,以及当地国土空间规划的要求。参考前人的研究成果<sup>[5,20-21]</sup>,从城镇、农业与生态三方面选取指标构建国土空间多功能评价指标体系(表 1)。

将各项指标的标准化值乘以权重求取国土空间功能指数<sup>[1]</sup>,计算公式为:

$$c(u) = \sum_{i=1}^v u_i \cdot \omega \quad (1)$$

$$n(a) = \sum_{i=1}^g a_i \cdot \omega \quad (2)$$

$$s(e) = \sum_{k=1}^q e_k \cdot \omega \quad (3)$$

$$y(x) = \delta \cdot c(u) + \mu \cdot n(a) + \gamma \cdot s(e) \quad (4)$$

式中: $c(u)$ 、 $n(a)$ 、 $s(e)$ 分别为城镇、农业和生态功能指数; $y(x)$ 为综合功能指数; $u_i$ 、 $a_i$ 、 $e_k$ 为标准化值; $\omega$ 为指标权重; $v$ 、 $g$ 、 $q$ 为指标个数; $\delta$ 、 $\mu$ 、 $\gamma$ 为重要系数,取  $\delta = \mu = \gamma = 1/3$ 。

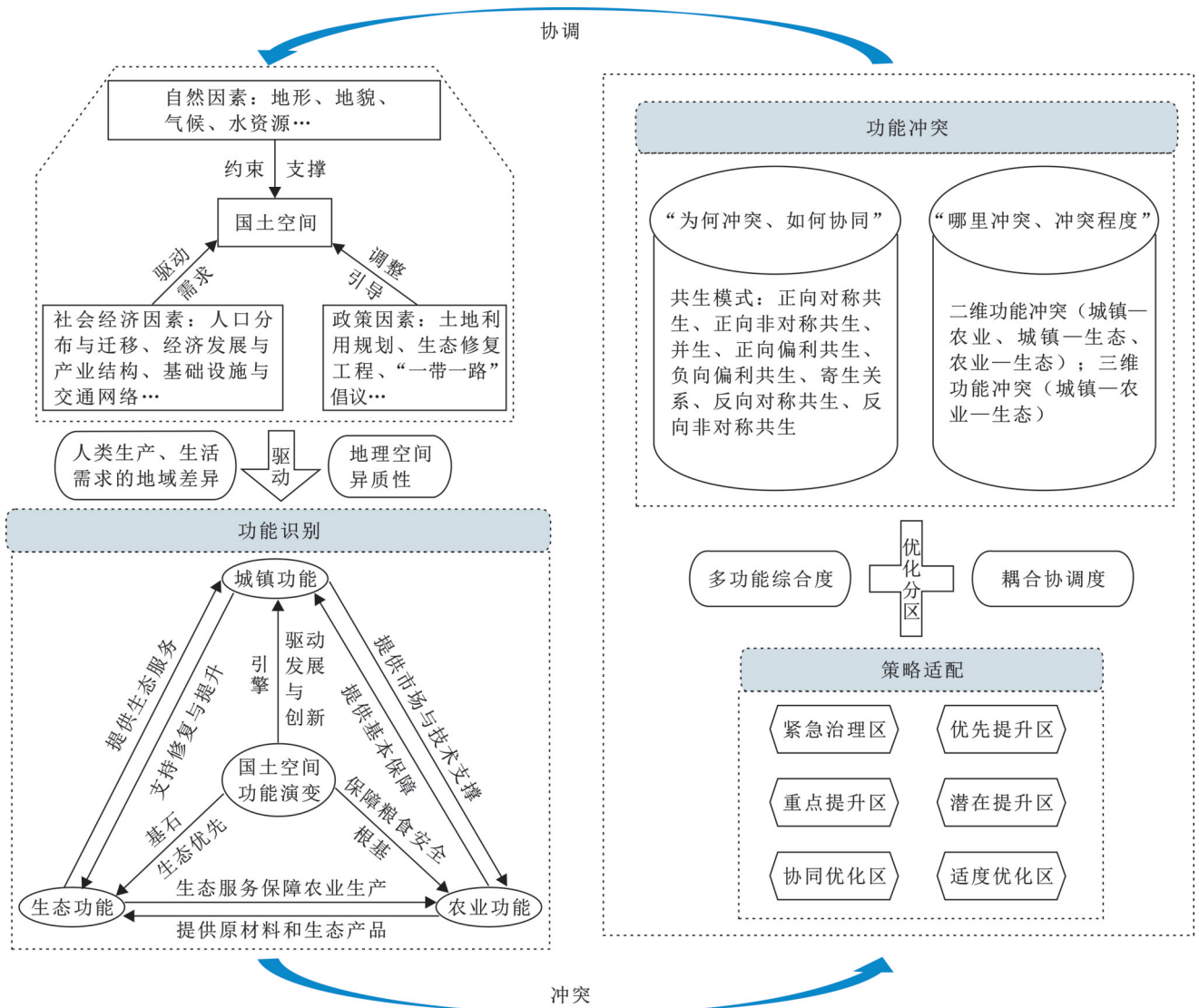


图 2 平陆运河经济带国土空间功能冲突优化研究框架

Fig. 2 Research framework for optimizing multifunctional conflicts in territorial space of Pinglu Canal Economic Belt

2.3 多功能共生度模型

共生度的基本含义是两个共生单元或共生系统之间质参量变化的关联度,它反映两个单元质参量相互影响的关联程度<sup>[22-23]</sup>。为揭示平陆运河经济带城镇、农业、生态功能之间的相互作用关系,本文从共生视角运用共生度模型和共生系数判别功能之间的共生模式,并识别两两功能间相互作用类型,以进一步提升国土空间多功能协同水平。

假设存在共生单元 X 和 Y, 分别的质参量为  $Z_A, Z_B$ ,  $dZ_A/Z_A$  和  $dZ_B/Z_B$  分别是单元 X 和单元 Y 质参量的变化量。则定义 X 对 Y 的共生度  $\delta_{AB}$  为:

$$\delta_{AB} = \frac{dZ_A/Z_A}{dZ_B/Z_B} = \frac{Z_B}{Z_A} \frac{dZ_A}{dZ_B} \quad (5)$$

同理, Y 对 X 的共生度  $\delta_{BA}$  为:

$$\delta_{BA} = \frac{dZ_B/Z_B}{dZ_A/Z_A} = \frac{Z_A}{Z_B} \frac{dZ_B}{dZ_A} \quad (6)$$

本文以平陆运河经济带各市的城镇、农业、生态

功能为共生单元,通过熵值法将国土空间多功能评价指标综合转化为功能指数作为质参量,定量分析“3类”功能间的两两共生度,揭示其共生模式特征。具体而言, X 与 Y 分别代表两种功能,如 X 为城镇功能, Y 为农业功能,则  $\delta_{AB}$  表示城镇功能对农业功能的共生度,  $\delta_{BA}$  表示农业功能对城镇功能的共生度。同理也适用于城镇与生态、农业与生态的共生关系。通过多指标集成与标准化处理,既保留了各功能维度的专业内涵,又实现了跨系统的可比性分析,为揭示“3类”功能间的共生机制提供了量化基础。

通过对比两共生单元的共生度,判断两者共生模式<sup>[22-23]</sup>,具体如表 2 所示。

共生系数指共生单元之间的相互影响程度,并通过共生系数的大小比较,反映哪一个共生单元对另一个共生单元的影响程度更大<sup>[6]</sup>,则单元 X 和单元 Y 的共生系数表达式见公式(7—9)。

表 1 国土空间多功能评价指标体系表  
Table 1 Evaluation indicator system of territorial space multifunctions

功能	指标	指标解释
	建设用地覆盖率	格网内建设用地面积占格网总面积的比例
城镇功能	交通覆盖水平	$T_j = \frac{\sum_{i=1}^{n=5} w_i \times r_i}{G_j}$ 式中: $w_i$ 为第 <i>i</i> 种道路的权重; $r_i$ 为第 <i>i</i> 种道路的在格网 <i>i</i> 内的长度; $G_j$ 为第 <i>j</i> 个格网的面积,铁路、高速公路、国道、省道和县道的权重分别设置为0.35,0.25,0.2,0.15,0.05
	二三产业产值	基于夜间灯光数据,将市域二三产业产值按比例赋值给各个格网
	社会消费品零售额	基于人口数据,将市域社会消费品零售总额按比例赋值给各个格网
	城镇人口密度	格网总人口
	地均GDP	基于夜间灯光数据,将市域GDP按比例赋值给各个格网
	城镇绿地率	格网内绿地面积占格网总面积的比例
农业功能	粮食产量	$Q_i = \frac{F_i \times S_i}{F_j \times S_j} \times Q_j$ 式中: $Q_i$ 为格网内粮食产量; $F_i$ 和 $F_j$ 分别为格网和市域的复种指数; $S_i$ 和 $S_j$ 分别为格网和市域的耕地面积, $Q_j$ 为市粮食产量
	人均耕地面积	格网内耕地面积除格网总人口
	垦殖率	格网内耕地面积占格网面积的比例
	年均降水量	基于各市气象统计年鉴进行空间插值
	农业灌溉条件	依据水系和灌溉设施数据,将具有灌溉条件的栅格赋值1,无灌溉条件的赋值0
生态功能	植被覆盖指数	格网内NDVI均值 <sup>[20-21]</sup>
	水域覆盖度	格网内水域面积占格网面积的比例
	水源涵养	InVEST模型的“产水量”模块 <sup>[20]</sup>
	碳储量	InVEST模型的“碳储量”模块 <sup>[21]</sup>
	生境质量	InVEST模型的“生境质量”模块 <sup>[21]</sup>

表 2 国土空间多功能共生模型判别标准  
Table 2 Discriminant criteria for multifunctional symbiosis model of territorial space

共生度比较	共生模式
$\delta_{AB} = \delta_{BA} > 0$	正向对称共生
$\delta_{AB} \neq \delta_{BA} > 0$	正向非对称共生
$\delta_{AB} = \delta_{BA} = 0$	共生
$\delta_{AB} = 0, \delta_{BA} > 0$ 或 $\delta_{AB} > 0, \delta_{BA} = 0$	正向偏利共生
$\delta_{AB} = 0, \delta_{BA} < 0$ 或 $\delta_{AB} < 0, \delta_{BA} = 0$	负向偏利共生
$\delta_{AB} > 0, \delta_{BA} < 0$ 或 $\delta_{AB} < 0, \delta_{BA} > 0$	寄生关系
$\delta_{AB} = \delta_{BA} < 0$	反向对称共生
$\delta_{AB} \neq \delta_{BA} < 0$	反向非对称共生

$$\theta_x = \frac{|\delta_{AB}|}{|\delta_{AB}| + |\delta_{BA}|} \quad (7)$$

$$\theta_y = \frac{|\delta_{BA}|}{|\delta_{AB}| + |\delta_{BA}|} \quad (8)$$

$$\theta_x + \theta_y = 1 \quad (9)$$

式中: $\theta_x$ 和 $\theta_y$ 分别为单元X对单元Y以及单元Y对单元X的共生系数。若 $\theta_x=0$ ,表明只有单元Y对单元X有影响,而单元X对单元Y无任何影响;若 $\theta_x=1$ ,则只有单元X对单元Y有影响,而单元Y对单元X无任何影响;若 $0 < \theta_x < 0.5$ ,表明单元Y对单元X的影响比单元X对单元Y影响更大;若 $0.5 < \theta_x < 1$ ,

则与 $0 < \theta_x < 0.5$ 情况相反;若 $\theta_x = \theta_y = 0.5$ ,表明两单元对对方的影响相当。

#### 2.4 耦合协调度模型

本文利用耦合协调度模型测度城镇-农业-生态功能在地理格网尺度上的相互作用和影响程度,计算公式为:

$$C = 3 \times \left\{ \frac{c(u) \times n(a) \times s(e)}{[c(u) + n(a) + s(e)]^3} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (10)$$

$$T = \alpha \times c(u) + \beta \times n(a) + \varepsilon \times s(e) \quad (11)$$

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (12)$$

式中: $C$ 为耦合度; $c(u)$ 、 $n(a)$ 、 $s(e)$ 分别为城镇、农业和生态功能指数; $T$ 为城镇-农业-生态功能评价指数; $D$ 为耦合协调度; $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\varepsilon$ 为待定系数,基于前人的研究基础<sup>[24]</sup>,确定待定系数都为1/3。 $D$ 值越低,表明城镇—农业—生态功能协调性越低,冲突风险越高,参考相关研究<sup>[5,25]</sup>,将耦合协调度划分为4大类和10个亚类(表3),进而明确“冲突”与“协同”的量化阈值,即 $[0, 0.5)$ 为冲突, $[0.5, 1.0]$ 为协同。当 $D$ 处于 $[0, 0.5)$ 时,生态-经济-社会复合系统将表现出退化效应,具体呈现“城镇侵占—农业衰退—生态退化”的冲突恶性循环;当 $D$ 处于 $[0.5, 1.0]$ 时,则形成“城镇集

约—农业优化—生态增值”的协同发展格局,系统自组织能力显著增强。这一阈值划分量化了复合系统从资源错配到良性互馈的状态转变机制。

表 3 平陆运河经济带国土空间多功能耦合协调类型

Table 3 Types of multifunctional coupling coordination of territorial space in Pinglu Canal Economic Belt

协调程度	耦合协调类型	耦合协调度
失调衰退	极度失调型	[0.0,0.1)
	严重失调型	[0.1,0.2)
	中度失调型	[0.2,0.3)
过渡类型	轻度失调型	[0.3,0.4)
	濒临失调型	[0.4,0.5)
基本协调	勉强协调型	[0.5,0.6)
	初级协调型	[0.6,0.7)
	中级协调型	[0.7,0.8)
高度协调	良好协调型	[0.8,0.9)
	优质协调型	[0.9,1.0]

## 2.5 多维功能冲突识别

为了从多维功能冲突的角度识别国土空间多功能失调的原因,本文基于国土空间多功能评价结果,参考 Qu 等<sup>[26]</sup>和 Xie 等<sup>[27]</sup>的研究,建立多维功能冲突识别矩阵<sup>[5]</sup>,该模型基于功能评价结果的叠加分析,建立二维功能冲突(城镇—农业、城镇—生态和农业—生态)与三维功能冲突(城镇—农业—生态)的量化判定体系(表 4)。

二维功能冲突判定标准:重度冲突(两功能均为低值/一功能高值—功能低值)表征功能协同瓦解与不可逆损害,符合系统崩溃阈值;中度冲突(一功能中值—功能低值/一功能高值—功能中值)体现功能缓冲与受限平衡,具有可控性;轻度冲突(两功能均为中值)呈动态亚稳态,可微调优化;无冲突(两功能均为高值)代表高级协同形态,具备冗余机制与正反馈效应。三维功能冲突判定标准:重度冲突(三功能均为低值/两功能低值—功能中值)表征系统崩溃风险,功能协同性瓦解;中度冲突(两功能低值—功能高值/两功能中值—功能低值/一功能低值—功能中值—功能高值)反映结构性失衡与可控性风险扩散;轻度冲突(两功能高值—功能低值/两功能中值—功能高值/两功能高值—功能中值)体现局部失调与可修复性;无冲突(三功能均为中值/三功能均为高值)则标志功能协同与系统韧性最优。

## 2.6 空间分区方法

为深入探究平陆运河经济带多功能性的空间分布特征及其协调发展路径,本文基于“综合度—耦合协调度”二维耦合模型划分平陆运河经济带多功能分区,该方法体系通过整合功能发展水平评价与系统协调关系分析,实现功能评价与空间治理的有效衔接。

现有研究表明<sup>[28-30]</sup>,通过耦合多系统指标可有效克服单一维度分区的局限性,提升分区方案的稳定性和科学性;同时耦合协调度模型能定量表征系统间相互作用强度,与空间分区方法具有内在逻辑一致性,能够有效将系统协调度计算结果转化为空间分区的优化目标,实现“系统关联性”与“空间异质性”的有机统一。因此,本文将功能综合度评价与耦合协调度分析相结合:前者量化各子系统发展水平;后者揭示系统间相互作用机制。基于综合度与耦合协调度等级匹配程度,按照“低综合度且低协调度为紧急、低综合度且中高协调度为优先、中综合度且中协调度为潜在、高综合度且中高协调度为适度”原则,将平陆运河经济带划分为 6 个类型区(表 5),实现国土空间功能优化与系统平衡的双重目标。该方法不仅通过资源效率的综合权衡优化空间配置,更能客观反映功能发展差异和系统协调性,为缓解城镇扩张、农业生产和生态保护之间的用地冲突提供科学的决策依据。

表 4 多维功能冲突识别矩阵

Table 4 Multidimensional functional conflict identification matrix

冲突等级	二维功能冲突类型	三维功能冲突类型
重度	AA	AAA ABA
	AC	AAB BAA
	CA	
中度	BA	ACA BAB CAB
	AB	AAC ABB BAC
	CB	CAA ABC BBA
	BC	BCA ACB CBA
轻度	BB	CAC CBB
		CCA CCB
		ACC CBC
		BBC BCC
		BCB
无冲突	CC	BBB CCC

注:A 表示低值;B 表示中值;C 表示高值。

表 5 多维功能空间分区

Table 5 Multidimensional functional space zoning

综合度等级 F	耦合协调度等级 S	分区规划	分区类型
低	低	F=低且 S=低	紧急治理区
		F=低且 S≥中	优先提升区
中	中	F=中且 S=低	重点提升区
		F=中且 S=中	潜在提升区
高	高	F=中且 S=高	协同优化区
		F=高且 S≥中	适度优化区

## 3 结果与分析

### 3.1 国土空间多功能评价

按自然断点法将城镇功能评价指数分为 6 个区

间,其中0.000 0~0.014 3,0.014 4~0.047为低值区、0.047 8~0.122 1,0.1222~0.257 1为中值区、0.257 2~0.510 6,0.510 7~1.000为高值区;将农业功能评价指数分为6个区间,其中0.000 0~0.042 2,0.042 3~0.087 6为低值区、0.087 7~0.142 5,0.142 6~0.202 1为中值区、0.202 2~0.258 0,0.258 1~1.000 0为高值区;将生态功能评价指数分为6个区间,其中0.000 0~0.049 4,0.049 5~0.099 1为低值区、0.099 2~0.154 1,0.1542~0.227 3为中值区、0.227 4~0.403 2,0.403 3~1.000 0为高值区。将综合功能评价指数分为6个区间,其中0.000 0~0.039 4,0.039 5~0.065 4为低值区、0.065 5~0.091 5,0.091 6~0.120 8为中值区、0.120 9~0.177 6,0.177 7~1.000 0为高值区。

由图3可知,研究期间,平陆运河经济带的城镇功能稳步上升,成为经济带发展的核心驱动力,均值提升至0.053 2,但整体仍处于低值区,具备巨大的发展潜力。农业功能呈现先上升后下降趋势,反映出城镇化进程对农业生产的冲击,也揭示了农业结构调整和现代化转型的迫切性。生态功能呈现平稳下降趋势,表明工业化、城镇化对生态环境的压力逐渐增大。综合功能呈现先升后降的变化趋势,均值从2000年的0.079 9上升至2005年的0.088 6,后开始下降至2022年的0.080 9,整体处于中值区呈上升状态。

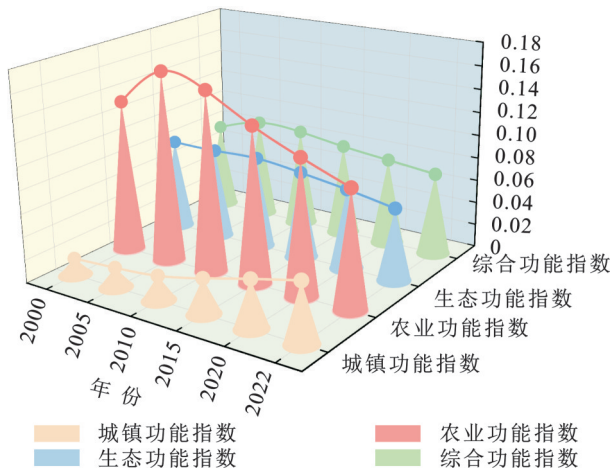


图3 平陆运河经济带国土空间综合功能及亚系统功能评价指数

Fig. 3 Evaluation indices of comprehensive functions and subsystem functions of territorial space in Pinglu Canal Economic Belt

在空间布局上(图4),城镇功能以南宁为核心,散点聚团状分布,具有鲜明特色的“点一面”式辐射带动城镇指数增长格局。受制于地形地貌,高值区多集中于各市中心城区,钦州与防城港城镇功能提升幅度相对较小,需强化协调发展。南宁市因人口增长、空港枢纽建成及交通改善,城镇功能显著提

升。钦北防沿海地带凭借地理优势、海洋资源和基础设施完善,特别是港口和交通网络的优化,城镇功能也明显增强。农业功能空间分布呈现面状聚集特征,但地区间差异显著,反映出农业发展的地域性特点,随着时间的推移,高值区数量减少,且在各市均有分布。生态功能分布呈现“西高东低”空间格局,低值区区域主要以市县行政中心为核心,沿流域呈放射状分布,具有地势平缓、城镇化率高的特征;高值区则集中分布于大明山、十万大山等山脉及其生态缓冲带,其中南宁市青秀区、防城港市全域等区域生态功能指数尤为突出,这些区域生态系统服务功能强,支撑区域可持续发展,对维护生态平衡、生物多样性贡献大。综合功能指数高值区的空间格局,分布与城镇功能指数的空间集聚特征高度相似,但变化并不同步,整体表现出钦州市和防城港市的综合功能相对较弱。为促进可持续发展,应因地制宜实施差异化政策:南宁强化城镇功能,引领经济带;钦州、北海加速农业现代化;防城港则强化生态保护,利用生态优势推动绿色经济。

### 3.2 国土空间多功能共生模式分析

根据式(5—9)测算研究期间平陆运河经济带各市的共生度均值与共生系数均值,测算结果见表6。从城镇功能与农业功能共生模式看,南宁市、北海市和钦州市整体均呈现此消彼长的寄生关系,即城镇功能发展往往伴随农业功能的削弱,进而促进经济发展、基础设施完善及人口集聚,反映出城镇化进程中的典型矛盾。防城港市整体表现出反向非对称共生关系,且城镇功能对农业功能的制约程度更大。主要归因于防城港市通过实施“2+1”工程和构建“4+5”临港产业体系,实现工业化战略的快速推进,导致资源向工业领域倾斜,农业用地受挤压。同时农业领域还面临着耕地分散、机械化水平低、企业规模偏小等挑战,进一步制约现代农业发展。相比之下,贵港市整体呈现出正向非对称共生关系,共生系数均值 $0.766 2 > 0.233 8$ ,表明农业功能对城镇功能发展具有更强的正向推动作用。贵港市在城镇化进程中,通过农业产业升级及农业与城镇产业的深度融合,实现农业生产的现代化与高效化。农业的高效发展不仅为城镇提供稳定的食物来源和原材料,还通过农业产业链的延伸,促进农村经济多元化和增强城乡之间的经济联系与互补性。

平陆运河经济带城镇与生态功能呈现显著的反向非对称共生关系。两功能在发展中存在相互抑制的现象,城镇功能对生态功能的抑制作用更大。其

中,防城港市因十万大山生态屏障作用,共生关系相对缓和,其余四市则表现出强烈的功能抑制特征。这种非对称共生模式揭示城镇化进程对生态系统的

胁迫效应:在城镇扩张区域,高强度的人类活动导致生态功能退化;而在生态敏感区,由于开发限制维持了较高的生态功能水平。



图 4 平陆运河经济带国土空间综合功能及亚系统动态演变

Fig. 4 Dynamic evolution of comprehensive functions and subsystems of territorial space in Pinglu Canal Economic Belt

表 6 平陆运河经济带各市多功能共生度与共生模式

Table 6 Multifunctional symbiosis degree and patterns of cities in Pinglu Canal Economic Belt

功能	关联方向	南宁市		北海市		钦州市		贵港市		防城港市	
		共生度 均值	共生系数 均值	共生度 均值	共生系数 均值	共生度 均值	共生系数 均值	共生度 均值	共生系数 均值	共生度 均值	共生系数 均值
城镇—农业	城镇→农业	0.6784	0.5108	0.9284	0.6013	2.6201	0.7619	0.1361	0.2338	-0.3782	0.6842
	农业→城镇	-0.6496	0.4892	-0.6155	0.3987	-0.8186	0.2381	0.4461	0.7662	-0.1746	0.3158
城镇—生态	城镇→生态	-3.1875	0.8400	-4.1435	0.9795	-1.9036	0.7929	-3.6564	0.8997	-0.3519	0.5621
	生态→城镇	-0.6073	0.1600	-0.0867	0.0205	-0.4973	0.2071	-0.4076	0.1003	-0.2742	0.4379
农业—生态	农业→生态	0.4080	0.6393	8.7517	0.9721	2.4371	0.9981	0.9767	0.9673	1.7231	0.8326
	生态→农业	0.2302	0.3607	0.2513	0.0279	0.0046	0.0019	0.0330	0.0327	0.3465	0.1674

从农业功能和生态功能共生模式看,平陆运河经济带各市均呈现正向非对称共生模式,且农业功能对生态功能的影响更大,表明两类功能形成相互促进态势。生态农业技术减少化肥农药,保护土壤水源,强化生态系统恢复力;农业废弃物资源化利用,减少环境污染,提供有机肥料,推动循环农业发

展。此共生模式下,农业功能直接助力生态保护。而生态功能虽间接提升农业生产环境,如改善水质、空气质量,但其影响更为长远。

### 3.3 国土空间多功能耦合协调度分析

2000—2022年平陆运河经济带国土空间三维功能耦合协调度呈现动态的波动变化,平均值依次为

0.160 1, 0.165 5, 0.170 7, 0.159 2, 0.168 3, 0.168 9, 表现先上升再下降后上升的态势,且上升幅度大于下降幅度,整体呈上升趋势。具体而言,2000—2010年西部大开发战略实施,推动平陆运河经济带经济发展和产业布局优化,综合功能指数和耦合度均有所提升。2010—2015年“一带一路”倡议的提出和珠江流域总体规划的发布,加速城镇化进程同时生态与农业功能失衡导致耦合协调度下降。2015—2022年城镇功能持续强化,虽推动耦合协调度上升,但农业和生态功能衰退致使综合功能指数降低,三维功能冲突呈上升趋势,反映出系统胁迫性互动增强与功能冲突加剧的特征。

从空间格局看(图5),研究期间研究区耦合协调程度基本处于失调状态,类型以极度失调型、严重失

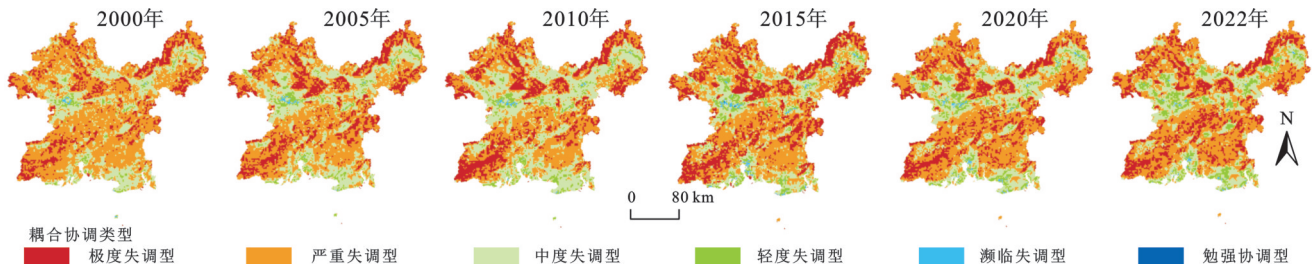


图5 平陆运河经济带国土空间三维功能耦合协调度动态演变

Fig. 5 Dynamic evolution of three-dimensional functional coupling coordination degree in territorial space of Pinglu Canal Economic Belt

### 3.4 国土空间功能冲突诊断

基于2000—2022年国土空间多功能综合评价指数,运用多维功能冲突识别矩阵对二维功能(城镇—农业、城镇—生态、农业—生态)和三维功能(城镇—农业—生态)冲突等级进行定量评估。借助ArcGIS 10.8的空间分析功能,分别绘制不同维度功能冲突等级比例图及其空间分布特征图,揭示研究区功能冲突的时空格局演变特征。

由图(6—7)可知,研究期间,“城镇—农业”功能冲突呈现明显的时空分异特征,冲突强度整体呈现由重度向中度、轻度的缓解趋势,主要得益于城镇化合理规划和农业用地保护政策的实施。空间分布上,南宁市、贵港市中心等经济核心区冲突有所缓解,主要表现为城镇功能提升(低→中值)与农业功能退化(高→中值)的协同效应;而防城港市受地形制约仍维持重度冲突状态。这种空间异质性反映了区域发展政策与自然本底的交互作用。“城镇—生态”功能冲突呈现持续高压态势,2000年、2022年重中度冲突格网占比始终维持在98%以上,凸显城镇化对生态系统的持续胁迫。空间分布上主要表现为重度和中度冲突,南宁市中心、贵港市覃塘区等城镇核心区因功能提升至中值,冲突强度有所缓解(重度→中

调型和中度失调型为主。极度失调型和严重失调型主要分布于研究区北部、钦州市和防城港市内地,这些地区受资源匮乏、经济基础薄弱以及产业结构单一等多重挑战,发展相对滞后,其生态—经济—社会系统呈现非均衡发展特征,表现为生态退化、经济滞缓和社会服务短缺。中度失调型集中于南宁市中心、贵港市中心以及钦北防的沿海区域等经济较发达地区,凭借资源与区位优势呈现耦合协调度相对较高的发展格局,生态压力虽存在但可控,经济发展活力较强,社会服务体系相对完善,展现出较强的系统韧性。2022年极度失调区向北部、西南部扩张,而经济较发达地区协调度提升至轻度失调为主,反映区域发展不均衡态势。虽部分区域改善,整体仍处失调区间,协调发展任重道远。

度);而平陆运河流域边缘地带受城镇发展滞后与生态退化的双重压力,仍维持重度冲突状态。“农业—生态”功能冲突呈现加剧趋势(中度→重度),主要归因于农业功能退化和生态功能衰减的双重作用,反映粗放农业扩张加剧生态侵蚀。空间上以重度和中度冲突为主,呈现离散分布格局,凸显农业转型发展的紧迫性,需实施差异化可持续策略。

2000—2022年平陆运河经济带三维功能冲突以重度冲突为主,且存在冲突加剧现象,主要表现为中度冲突向重度冲突转变(图8)。这一变化原因包括土地利用政策调整滞后于城镇化快速发展的需求、生态保护意识提升不足及功能区域间协调机制不健全等多重因素。值得注意的是,研究期间,功能耦合协调度因胁迫性耦合作用而提升,但综合功能指数的下降揭示城镇功能主导下的发展模式虽提高表现协调性,却导致系统效能退化。

2000年平陆运河经济带三维功能冲突类型主要表现为ACA(27.4%)、AAA(22.7%)、AAB(17.9%)、ABA(16.6%);至2022年,AAA(31.4%)成为占比最高的冲突类型,ABA(15.6%)次之、AAB(11.2%),而ACA比例大幅下降至9.7%,反映了城镇化过程中功能置换效应对生态、农业功能的负向影响。

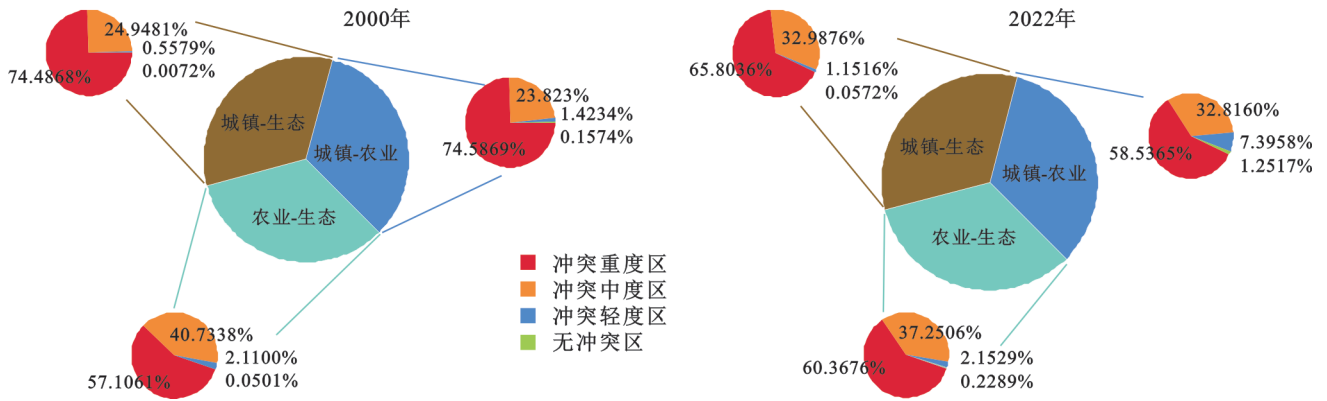


图 6 2000年、2022年平陆运河经济带二维功能冲突等级比例

Fig. 6 Proportions of two-dimensional functional conflict levels in Pinglu Canal Economic Belt, 2000 and 2022

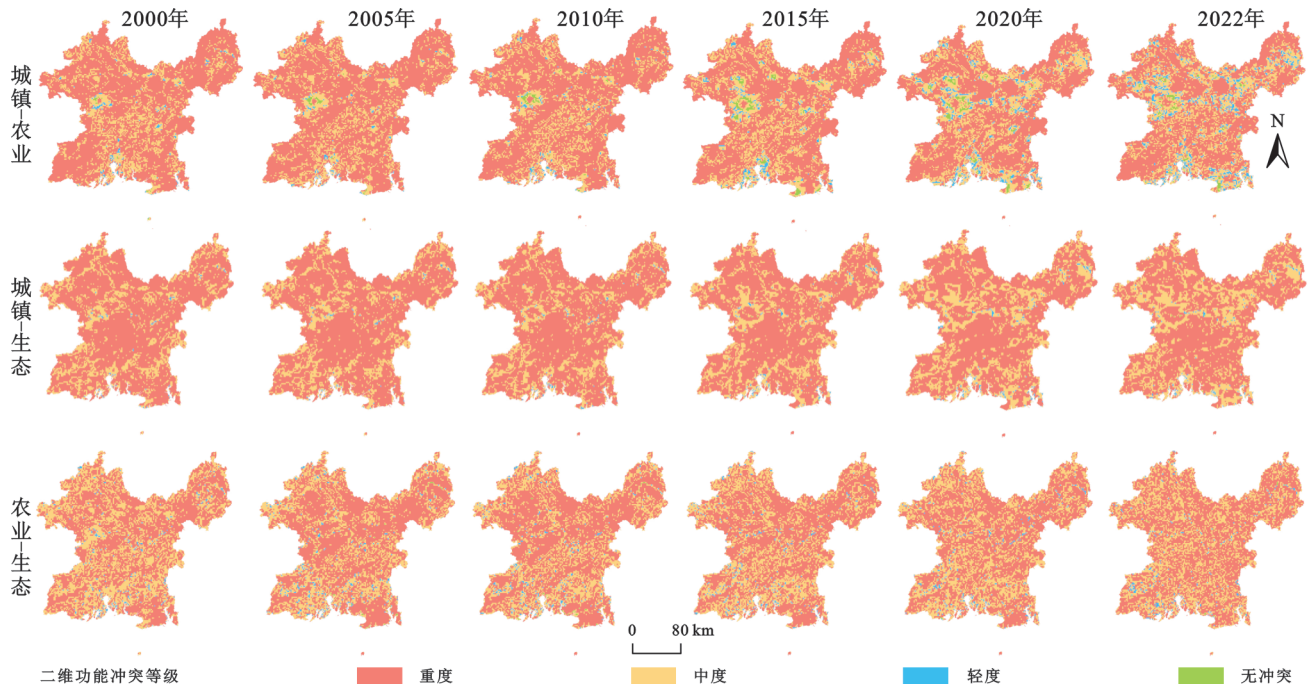


图 7 2000—2022年平陆运河经济带二维功能冲突等级时空特征

Fig. 7 Spatiotemporal characteristics of two-dimensional functional conflict levels in Pinglu Canal Economic Belt (2000—2022)

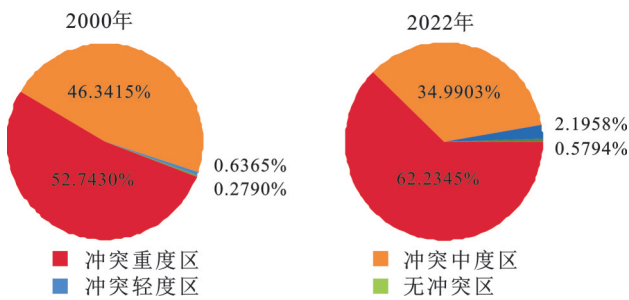


图 8 2000年、2022年平陆运河经济带三维功能冲突等级比例

Fig. 8 Proportions of three-dimensional functional conflict levels in Pinglu Canal Economic Belt, 2000 and 2022

由图9可知,平陆运河经济带三维功能冲突重度区域主要分布在各市经济发展较好周边区域,与综合功能指数低值区的空间分布格局具有相似性。南宁市中心城区、贵港市覃塘区、平南县及钦北防沿海地带作为冲突类型多样化的关键区域,与2000年相比,2022年三维

功能冲突类型BCA, CCA增长较为显著,轻度冲突区域有所增加,但需警惕城镇化带来的生态与农业功能退化问题,其演变过程反映出功能布局、资源分配及社会经济活动的复杂作用与潜在竞争。上思县和防城港交界处呈现出明显的带状AAC功能冲突类型分布,耦合协调度较低,凸显其较高的生态本底价值以及城镇与农业功能的相对滞后,与当地的地形地貌、气候条件等因素有关。因此,在城镇化进程中,上思县和防城港交界处应充分利用其生态优势,积极探索生态友好型城镇化路径,促进功能间协调发展。值得注意的是,平陆运河流域建设区及周边冲突有所加剧,冲突类型以AAA, AAB为主,主要受山地、丘陵等地形的限制,导致城镇与农业开发受限。随着平陆运河的建设开通,城镇功能将进一步强化,亟需加强农业保护与生态建设,通过制定差异化发展策略来缓解区域功能冲突。



度和轻度为主,具体表现为中度(77.2%)以BCA、CBA、CAA、BBA冲突类型为主,轻度(18.8%)以CCA、BBC、BCB冲突类型为主,无冲突(4%);现为BBB冲突类型。城镇化进程中,通过生态修复、农田保护和城镇更新等措施,调和城镇功能与农业功能、城镇功能与生态功能的关系。强化主体功能的同时,注重多功能协同发展,缓解主导功能与短板功能的矛盾冲突。此外,充分发挥核心区域的辐射效应,构建“点—轴”发展模式,带动区域整体协调发展。

## 4 结论

平陆运河经济带各功能空间各异,综合功能整体处于上升阶段,具体表现为城镇功能提升,农业、生态功能下滑。应继续发挥南宁市城镇功能的辐射作用,带动周围地区的发展。农业方面,科技赋能,种特色农产品,引加工企业,促产业融合。生态保护要划红线、修复河道、治污减排,实现三者协同的高质量发展。

平陆运河经济带各市功能共生模式各异。城镇与农业功能方面,南宁、北海、钦州市呈此消彼长之势,需平衡发展,合理规划用地并扶持农业;防城港市则呈反向非对称共生,两者的共生度均值均为负数,需优化产业布局确保耕地保护;贵港市正向非对称共生促发展,两者的共生度均值均为正数,应持续推进农产升级融合。城镇与生态功能方面,各市均呈反向非对称共生。从共生系数看,各市城镇功能对生态功能的共生系数均值均大于0.5,表明城镇功能对生态功能的抑制作用更大。非均衡的互作机制导致功能冲突不断加剧,未来城镇建设需强化生态保护,推广绿色技术。农业与生态功能方面,各市均为正向非对称共生,农业显著影响生态。政府应在生态承载力内合理推进功能提升,促进地区绿色可持续发展。

平陆运河经济带国土空间多功能耦合协调度呈波动上升趋势,整体处于严重失调状态,空间差异显著。城镇化同时需重视生态保护与农业生产的发展,避免单一功能的过度开发导致整体耦合协调度下降。耦合协调度低值区应引资源技术,优产业减冲突,中高值区强合作创新,提竞争力促发展。

平陆运河经济带二维功能冲突中,“城镇—农业”冲突有所缓解,而“城镇—生态”与“农业—生态”冲突依然严峻。三维功能冲突加剧,主要受城镇化快速发展、生态保护意识不足及协调机制不健全等多重因素影响。

### 参考文献(References):

[1] 林树高, 诸培新, 陆汝成, 等. 长江经济带国土空间格局与功能演变的时空特征和响应过程[J]. 农业工程学报, 2024, 40(4): 304-316.

Lin S G, Zhu P X, Lu R C, et al. Spatiotemporal characteristics and response process of the territorial space and functional evolution in the Yangtze River Economic Belt [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024, 40(4): 304-316.

[2] 李焰. 统筹平陆运河沿线向海产业发展的对策研究[J]. 广西财经学院学报, 2023, 36(5): 104-112.

Li Y. Countermeasure study on the development of seaward industries along the Pinglu Canal [J]. Journal of Guangxi University of Finance and Economics, 2023, 36(5): 104-112.

[3] 文少强, 胡宝清, 谢薇薇, 等. 基于PLUS-InVEST模型的平陆运河经济带土地利用情景模拟及生境质量变化[J]. 环境科学, 2025, 46(8): 5122-5133.

Wen S Q, Hu B Q, Xie W W, et al. Land use scenario simulation and habitat quality change in Pinglu River economic belt based on PLUS-InVEST model [J]. Environmental Science, 2025, 46(8): 5122-5133.

[4] 林佳, 宋戈, 张莹. 国土空间系统“三生”功能协同演化机制研究: 以阜新市为例[J]. 中国土地科学, 2019, 33(4): 9-17.

Lin J, Song G, Zhang Y. Synergistic evolution mechanism of “production-living-ecology” functions in spatial planning system: a case study of Fuxin City [J]. China Land Science, 2019, 33(4): 9-17.

[5] 郑希平, 陈竹安. 国土空间多功能耦合协调度及多功能冲突诊断[J]. 环境科学, 2024, 45(10): 5868-5879.

Zheng X P, Chen Z A. Coupling coordination measurement and multi-dimensional conflict diagnosis among territorial space functions [J]. Environmental Science, 2024, 45(10): 5868-5879.

[6] 杨政琨, 张雪松, 雷自耕, 等. 鄂北低丘岗地乡村三生空间功能耦合协调度时空变化研究: 以湖北省广水市长岭镇为例[J]. 长江流域资源与环境, 2024, 33(6): 1354-1368.

Yang Z K, Zhang X S, Lei Z G, et al. Spatial-temporal variation of the coupling coordination degree for rural production-living-ecology spatial functions in the low hilly area of northern Hubei Province: take Changling Town, Guangshui City, Hubei Province as an example [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2024, 33(6): 1354-1368.

[7] 罗光强, 豆伊伊, 宋新宇. 东三省美丽乡村建设“三生”功能耦合协调与时空演变[J]. 水土保持研究, 2025, 32(1): 275-284.

Luo G Q, Dou Y Y, Song X Y. Study on the functional coupling and coordination of production-living-ecology and spatial-temporal evolution of beautiful countryside construction in the three northeastern provinces of China [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2025, 32(1): 275-284.

[8] 刘俊祥, 张蕾, 刘格格, 等. 湖北省国土空间“三生”功能权衡特征及影响因素分析[J]. 水土保持研究, 2024, 31(2): 354-366, 378.

Liu J X, Zhang L, Liu G G, et al. Analysis of the trade-

- off pattern and influencing factors among production-living-ecological functions of territorial space in Hubei Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024,31(2):354-366,378.
- [9] 金贵,郭柏枢,成金华,等.基于资源效率的国土空间布局及支撑体系框架[J].*地理学报*,2022,77(3):534-546.  
Jin G, Guo B S, Cheng J H, et al. Layout optimization and support system of territorial space: an analysis framework based on resource efficiency[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022,77(3):534-546.
- [10] Zhou D, Zhao X Y, Li P, et al. Assessing territorial space conflicts in the coastal zone of Wenzhou, China: a land-sea interaction perspective[J]. *Science of the Total Environment*, 2024,926:171826.
- [11] 邹利林,刘彦随,王永生.中国土地利用冲突研究进展[J].*地理科学进展*,2020,39(2):298-309.  
Zou L L, Liu Y S, Wang Y S. Research progress and prospect of land-use conflicts in China[J]. *Progress in Geography*, 2020,39(2):298-309.
- [12] Jiang S, Meng J J, Zhu L K. Spatial and temporal analyses of potential land use conflict under the constraints of water resources in the middle reaches of the Heihe River [J]. *Land Use Policy*, 2020,97:104773.
- [13] Zou L L, Liu Y S, Wang J Y, et al. An analysis of land use conflict potentials based on ecological-production-living function in the southeast coastal area of China[J]. *Ecological Indicators*, 2021,122:107297.
- [14] 曲衍波,王世磊,李岩,等.基于多功能适宜性的黄河三角洲国土空间潜在冲突特征与优化格局研究[J].*地理科学*,2023,43(2):301-312.  
Qu Y B, Wang S L, Li Y, et al. Characteristics of potential conflicts of territorial space and optimization pattern in the Yellow River Delta based on multi-functional suitability[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2023, 43(2):301-312.
- [15] 王越,吕冰,邵祥东,等.基于“三生”功能的沈阳经济区土地利用冲突诊断及影响因素[J].*水土保持研究*, 2021,28(3):249-255.  
Wang Y, Lü B, Shao X D, et al. Identification of land use conflict based on the function of ‘production-living-ecological’ in Shenyang economic zone[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2021,28(3):249-255.
- [16] 蒙古军,江颂,拉巴卓玛,等.基于景观格局的黑河中游土地利用冲突时空分析[J].*地理科学*,2020,40(9):1553-1562.  
Meng J J, Jiang S, Labazhuoma, et al. The spatial and temporal analysis of land use conflict in the middle reaches of the Heihe River based on landscape pattern[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020,40(9):1553-1562.
- [17] 田俊峰,王彬燕,王士君.土地利用冲突研究的逻辑主线与内容框架[J].*资源科学*,2023,45(3):465-479.  
Tian J F, Wang B Y, Wang S J. The paradigms and main content of land use conflict research[J]. *Resources Science*, 2023,45(3):465-479.
- [18] Dong G L, Liu Z H, Niu Y Z, et al. Identification of land use conflicts in Shandong Province from an ecological security perspective[J]. *Land*, 2022,11(12):2196.
- [19] Yang J, Huang X. The 30 m annual land cover dataset and its dynamics in China from 1990 to 2019[J]. *Earth System Science Data*, 2021,13(8):3907-3925.
- [20] 蒙古军,朱丽君,王祺,等.基于政策驱动的土地利用转型对土地多功能利用的影响:黑河中游案例研究[J].*北京大学学报:自然科学版*,2020,56(6):1102-1112.  
Meng J J, Zhu L J, Wang Q, et al. Influence of policy-driven land use transformation on multifunctional land use in the middle reaches of the Heihe River Basin[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2020,56(6):1102-1112.
- [21] 尹延兴,金晓斌,韩博,等.“空间冲突-功能障碍”视角下国土综合整治内涵、机制与实证[J].*农业工程学报*, 2022,38(7):272-281,345.  
Yin Y X, Jin X B, Han B, et al. Connotation, mechanism and demonstration of integrated territory consolidation from the perspective of “spatial conflicts-functional obstacles” [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2022,38(7):272-281,345.
- [22] Lan Q, Liu C X, Ling S. Research on measurement of symbiosis degree between national fitness and the sports industry from the perspective of collaborative development[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019,16(12):2191.
- [23] 张惠婷,王宏卫,雷军,等.基于共生理论的兵团与地方城市“三生”功能跨界整合发展研究[J].*生态学报*,2021, 41(11):4393-4405.  
Zhang H T, Wang H W, Lei J, et al. Cross-border integration of Production-Living-Ecological function in XPCC and local city based on Symbiosis Theory [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021,41(11):4393-4405.
- [24] 孙振杰.京津冀旅游共生体系统协调演化研究[J].*商业研究*,2020(11):11-17.  
Sun Z J. A study of the coordinated evolution of tourism symbiont system in Beijing-Tianjin-Hebei[J]. *Commercial Research*, 2020(11):11-17.
- [25] 张路路,郑新奇,孟超,等.湖南省土地多功能耦合协调度时空分异[J].*中国土地科学*,2019,33(3):85-94.  
Zhang L L, Zheng X Q, Meng C, et al. Spatio-temporal difference of coupling coordination degree of land use functions in Hunan Province [J]. *China Land Science*, 2019,33(3):85-94.
- [26] Qu Y B, Wang S L, Tian Y Y, et al. Territorial spatial planning for regional high-quality development: an analytical framework for the identification, mediation and transmission of potential land utilization conflicts in the Yellow River Delta[J]. *Land Use Policy*, 2023,125:106462.