平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调时空分异及分区优化

劳茵茵[1,2], 胡宝清[2], 文少强[1,2]

(1.南宁师范大学 自然资源与测绘学院, 广西 南宁 530001;
2.南宁师范大学 北部湾环境演变与资源利用教育部重点实验室, 广西 南宁 530001)

摘　要: [目的]对平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合时空上的演变特征、协同发展程度及优势功能分区进行研究,为该区落实乡村振兴战略和国土空间的优化提供科学参考。[方法]以平陆运河经济带为研究对象,构建国土空间功能和城乡融合评价指标体系,利用加权综合指数法、趋势面法、耦合协调模型开展研究。[结果]①国土空间功能呈N形波动上升,2024年达峰值,年均增长0.17%;空间上呈"北高南低,东高西低"格局。②城乡融合水平波动上升,均值由0.462 4升至0.482 9,但仍处中低水平;空间上形成以南宁青秀区、北海海城区为双核心的圈层结构。③耦合协调度均值由0.645 5升至0.668 1,以中级协调为主,良好协调为辅,南北方向分异明显且差距扩大。④划分城乡协调-生产集聚区、城乡优化-生活提升区、城乡过渡-农业主产区、城乡发展-生态保育区4个分区类型。[结论]平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合协调度整体提升。未来应根据划分的4个分区类型实施生产优先、绿色转型、严控建设用地和严守生态红线等差异化策略,推进国土空间功能和城乡融合协同发展。

关键词: 国土空间功能; 城乡融合; 耦合协调; 分区优化; 平陆运河经济带

文献标识码: A　　**文章编号:** 1000-288X(2026)05-0405-12　　**中图分类号:** F301.2, F129.9

文献参数: 劳茵茵, 胡宝清, 文少强.平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调时空分异及分区优化[J].水土保持通报,2026,46(5):405-416. Lao Yinyin, Hu Baoqing, Wen Shaoqiang. Spatiotemporal differentiation and zoning optimization of coupling coordination between territorial spatial functions and urban-rural integration in Pinglu Canal economic belt [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2026, 46(5): 405-416.

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2026.05.019　　**CSTR:32312.14.stbctb.2026.05.019**

Spatiotemporal differentiation and zoning optimization of coupling coordination between territorial spatial functions and urban-rural integration in Pinglu Canal economic belt

Lao Yinyin[1,2], Hu Baoqing[2], Wen Shaoqiang[1,2]

(1.*College of Natural Resources and Surveying, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi* 530001, *China*; 2.*Key Laboratory of Environment Change and Resources Use in Beibu Gulf, Ministry of Education, Nanning Normal University, Nanning, Guangxi* 530001, *China*)

Abstract: [Objective] The spatiotemporal evolution of territorial spatial functions and urban-rural integration within Pinglu Canal economic belt, as well as the degree of coordinated development and the zoning of dominant functions, were examined in order to provide a scientific basis for the region's implementation of the rural revitalization strategy and the optimization of its territorial space. [Methods] Taking Pinglu Canal economic belt as the subject of study, this study constructed an evaluation index system for territorial spatial functions and urban-rural integration, and employed the weighted composite index method, the trend surface method, and the coupling

收稿日期:2026-01-22　　**修回日期:**2026-04-03　　**采用日期:**2026-04-11

资助项目:广西科技重大专项"东盟喀斯特区森林固碳及提升途径:基于广西与泰国喀斯特区对比"(桂科AA24263011);国家自然科学基金项目(42071135)

第一作者:劳茵茵(2002—),女(汉族),广西壮族自治区灵山县人,硕士研究生,研究方向为土地利用与区域发展。Email:3381190459@qq.com。

通信作者:胡宝清(1966—),男(汉族),江西省抚州市临川区人,博士,教授,主要从事资源环境与可持续发展方面的研究。Email:hbq1230@nnnu.edu.cn。

coordination model to conduct the analysis. [Results] ① Territorial spatial functions fluctuated upward in an N-shaped pattern, peaking in 2024 with an average annual growth rate of 0.17%; spatially, a pattern of "higher in the north and lower in the south, higher in the east and lower in the west" emerged. ② The level of urban-rural integration fluctuated upward, with the average rising from 0.462 4 to 0.482 9, though it remained at a medium-to-low level; spatially, a concentric structure formed with Qingxiu District in Nanning City and Haicheng District in Beihai City as dual cores. ③ The average coupling coordination index rose from 0.645 5 to 0.668 1, characterized primarily by moderate coordination and supplemented by good coordination, with significant divergence and widening gaps along the north-south axis. ④ Four zoning types were identified: urban-rural coordination and production agglomeration zones; urban-rural optimization and living standards improvement zones; urban-rural transition and primary agricultural production zones; and urban-rural development and ecological conservation zones. [Conclusion] The degree of coordination between territorial spatial functions and urban-rural integration in Pinglu Canal economic belt has improved overall. In the future, differentiated strategies should be implemented according to the four designated sub-zone types, including prioritizing production, promoting green transformation, strictly controlling construction land, and strictly adhering to ecological red lines, to advance the coordinated development of land spatial functions and urban-rural integration.

Keywords: territorial spatial functions; urban-rural integration; coupling coordination; zoning optimization; Pinglu Canal economic belt

平陆运河经济带作为西部陆海新通道的重要节点,承载着生产发展、生活宜居、生态保护的多重功能,其国土空间功能的权衡与优化是实现高质量城市建设的重要体现[1]。中国共产党第二十次全国代表大会报告提出促进区域协调发展,构建优势互补、高质量发展的国土空间体系;同时也明确提出要坚持城乡融合发展,畅通城乡要素流动,扎实推动乡村振兴,实现城乡协调与可持续发展[2]。因此,科学认知国土空间功能是进行土地资源优化配置的关键环节,亦是推动城乡融合和生态文明建设、区域高质量发展的重要驱动力。

国土空间功能是土地多功能向"三生功能"研究转变的逻辑延伸。近年来,对国土空间功能的研究集中于功能的识别与评价[3]、影响因素[4]、时空分异[5-6]、分区优化[7-8]的研究,揭示了国土空间在不同区域的发展演变特征及变化规律。此外,学者们已围绕国土空间功能与脱贫成效[9-10]、碳排放[11]、土地利用转型[12]、城镇化[13]之间的关系展开了一系列探讨,关注的重点在于空间格局演变、功能转型、"双碳"目标实现等方面的内容,这为研究国土空间功能与城乡融合的关系奠定了基础[14]。在城乡融合方面,主要采用熵值法[15]、断裂点法[16]、障碍度模型[17]、熵权-TOPSIS[18]、变异系数法等[19]方法评价其发展程度及探究在时空上的演变特征[20-21],揭示了城乡融合发展的规律特征及障碍因素。系统耦合层面,多聚焦于城乡融合-耕地利用转型[22]、城乡融合-农用地流转[23]、城乡融合-碳排放[24-25]、城乡融合-数字经济等[26]方面的研究,重点关注内容为农用地空间变化、社会经济发展、生态治理与城乡融合之间的互动,而城乡融合与国土空间功能的研究较少。综上所述,现阶段对国土空间功能与城乡融合分领域的研究成果较为丰富,但鲜有探究国土空间功能与城乡融合之间的关系,难以全面反映二者相互作用的动态平衡状态。

平陆运河经济带作为西部陆海新通道陆地与海洋之间的关键交接点,在中国与东盟各国间存在着区位优势,需要提高其土地利用效率,促进城乡间的改革发展,以承担更高水平的社会经济活动。因此,本文利用加权综合指数法、趋势面法揭示平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合时空上的演变特征,采用耦合协调模型探究两者的协同发展程度,依据国土空间功能评价叠加耦合协调结果作为评判标准划定优势功能分区,以期对平陆运河经济带落实乡村振兴战略、进行国土空间优化提供参考借鉴。

1 耦合机理

国土空间作为城乡融合的空间载体,两者存在相互影响,互相促进的共生关系。推动城乡国土空间功能发展是促进城乡融合的关键手段[4]。因此,本文从双向互动视角出发,通过系统剖析国土空间功能与城乡融合的内在耦合机理,明确二者相互作用的路径。具体表现在4个方面(图1)。

(1)国土空间功能与城乡融合通过要素流动、空间重组相互关联。国土空间功能的多元化发展推动城乡要素流动,同时城乡融合发展的需求会促进国土空间功能进行重组与优化。城乡间形成要素双向流动的格局,通过要素流动与组合,激发要素活力,

推动城乡间人口集聚、经济发展、格局优化、生态改善,最终实现城乡地域系统间要素融合、结构协调与功能互促的格局[19]。当城乡融合要求劳动力、资本等要素在城乡间双向流动时,国土空间功能便会从单一的生产功能向复合功能转型,通过土地整治、闲置宅基地盘活等路径,为要素流入提供新的空间载体,推动空间的集约高效利用[26]。

(2)国土空间功能与城乡融合在价值提升,功能演进方面产生协调作用。城乡融合发展的本质目标是实现城乡等值化[27],这一过程推动国土空间价值的再现与提升。城镇的空间功能以工业生产与要素集聚为主,而乡村则侧重于农业生产功能。随着城乡融合的进一步发展,城乡居民对人居环境、生态产品、文化体验的需求增加,促使国土空间功能从单一的生产功能向多元的生态、休闲、文化等功能演进。国土空间功能的拓展和提升能够推动价值再现、城乡良性互动,并从激活经济,创造就业机会,改善公共服务等方面促进城乡融合发展[28]。功能演进不仅提升国土空间的综合效益,同时提供新的就业岗位和消费市场,加速了城乡人口的逆向流动与产业的深度融合,形成功能升级与价值提升的良性循环。

(3)国土空间功能与城乡融合在资源配置、结构优化方面相互促进。国土空间规划的本质是对土地资源的再配置。城乡融合发展要求打破城乡二元结构,实现公共服务与基础设施的均等化。随着城乡融合推进,作为社会经济发展基础、要素流动承载体的城乡基础设施不断完善[22]。在这一过程中,通过优化国土空间的产业用地结构、居民点布局、生态用地保护,推动城乡资源的合理配置。一方面,空间功能的集聚化发展提高土地利用效率,盘活存量土地,减少增量开发;另一方面,城乡融合带来的公共服务设施需求增长,引导国土空间功能向多元化、可持续性转型,实现从土地优化配置到人民福祉提升的耦合循环。

(4)国土空间功能与城乡融合通过生态约束、持续发展实现良性循环。促进生态价值实现与城乡融合高质量发展是实现乡村振兴的重要抓手[18]。一方面国土空间功能的生态化转型直接改善区域生态环境,为城乡融合提供高质量的生态基底。另一方面城乡生态融合是内在要求和必要条件,旨在维持优良生态,改善生产生活环境,实现城乡和谐共生[29]。城乡融合过程中城乡居民对美好生活环境的需求,又反过来强化对国土空间生态功能的保护与利用要求,实现生态保护与经济发展的空间协同。

综上所述,平陆运河经济带的国土空间功能与城乡融合发展,通过要素流动与空间重组,价值提升与功能演进,资源配置与结构优化,生态约束与持续发展4条路径,形成双向促进、良性循环、推动发展、促进提升的耦合关系。放大城乡间的协同效应,形成生产要素双向流动,公共资源普惠共享,空间格局协调优化,生态环境改善提升的良好城乡融合发展的局面,有助于缩小城乡发展差距,实现共同富裕[17]。二者的同步推进与协调优化,是实现区域整体高质量发展、达成耦合协调效应最大化的关键。

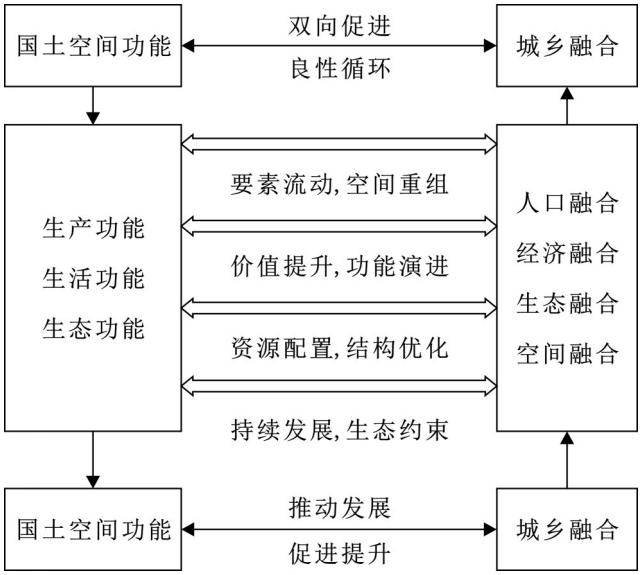


图1　国土空间功能与城乡融合耦合协调机理

Fig.1　Mechanism of coupling coordination between territorial spatial functions and urban-rural integration

2　研究区概况与数据来源

2.1　研究区概况

平陆运河始于南宁横州市平塘江口,经钦州灵山县陆屋镇沿钦江进入北部湾钦州港海域,全长134.2 km。平陆运河经济带地处中国西南部,是依托平陆运河由自治区人民政府提出规划并建设的区域,核心区域包括钦州市、南宁市、北海市、防城港市、贵港市共5市。随着西部大开发、“向海图强”政策实施和陆海新通道的建设,平陆运河经济带人口总量快速增长,从2005年1 823.12万人增至2024年1 957.98万人,增幅达7.40%;GDP从2005年1 559.48亿元增长至2024年12 001.73亿元,增幅669.60%。区域内城乡间人口流动加速,产业发展转型,用地紧张加剧等多重挑战带来发展不均衡问题凸显,同时建设用地快速扩张占据耕地、林地等生态用地,造成国土空间格局面临着优化转型的压力。如何协同国土空间格局优化与促进城乡融合发展,是推进平陆运河经济带高质量发展的关键问题。

2.2 数据来源

本文的研究数据包括土地利用数据和社会经济数据两大类。土地利用数据来源于中国科学院资源环境科学数据平台网站(https://www.resdc.cn/),空间分辨率为30 m。GDP、肉类产量、医疗卫生床位数等社会经济数据来源于广西统计年鉴、各市(县)政府工作报告和《国民经济和社会发展统计公报》。生境质量、固碳量由InVEST模型生境质量模块、碳储量与固碳模块计算得出。

3 研究方法

3.1 指标体系构建

本文在借鉴已有研究的基础上[13-14,23],结合平陆运河经济带的发展现状,遵循可持续发展理念,同时综合考虑数据的可获取性和指标的科学性,以生产、生活、生态功能3个方面作为研究内容,共选取12项相关指标,构建平陆运河经济带国土空间功能评价的指标体系(表1)。

表1 平陆运河经济带国土空间功能指标体系

Table 1 Territorial spatial functions indicator system for Pinglu Canal economic belt

一级功能	二级功能	指标层	指标说明	权重	属性
国土空间功能	生产功能	地均粮食产量	粮食总产量/行政区域面积	0.153	+
		土地垦殖率	耕地面积/行政区域面积	0.104	+
		地均第二、三产业增加值	第二、三产业增加值和/行政区域面积	0.383	+
		地均GDP	GDP/行政区域面积	0.360	+
	生活功能	路网密度	公路里程数/行政区域面积	0.283	+
		地均医疗床位数	医疗卫生床位数/行政区域面积	0.202	+
		城乡每万人拥有中小学教师数量	中小学教师数量/总人口	0.190	+
		人均社会消费品零售额	社会消费品零售总额/总人口	0.325	+
	生态功能	生态用地比例	林、草、水面积/行政区域面积	0.199	+
		人均耕地面积	耕地面积/总人口	0.231	+
		固碳量	利用InVEST模型计算得出	0.303	+
		生境质量	利用InVEST模型计算得出	0.267	+

生产功能是土地多功能的基础功能,通过提供农业生产、工业品和服务产品,推动经济发展。因此,选取地均粮食产量、土地垦殖率衡量农业生产发展水平,将地均第二、三产业增加值、地均GDP作为衡量社会经济生产力的标准。生活功能是人类生活的主要载体,为居民提供居住、医疗、教育和休闲等生活保障,主要选取路网密度、地均医疗床位数、城乡每万人拥有中小学教师数量、人均社会消费品零售额作为衡量平陆运河经济带的生活质量的指标。生态功能主要承担维持生态系统稳定,提供生态产品和服务等功能,选取生态用地比例、人均耕地面积、固碳量、生境质量来表征生态环境良好程度。

城乡融合是城乡发展的目标,国土空间是实现这一目标的重要途径和空间载体。因此,本文选取人口融合、经济融合、生态融合、空间融合层面共8个指标构建指标体系(表2)。城乡人口融合是人口城镇化、土地城镇化发展的动力,选取人口城镇化水平、人口密度表示城乡之间人口的流动方向与聚居情况。城乡经济融合要求拓宽居民增收渠道,促进城乡居民生活水平差距持续缩小,选取城乡居民可支配收入、产业发展表示社会的经济发展差异。城乡生态融合要求保护生态,强调城乡生态环境协同治理的发展态势,选取城乡每万人碳排放量、森林覆盖率作为衡量生态质量优劣的指标。城乡空间融合是城乡要素配置的载体和基础,包括用地布局调整、基础设施完善等空间优化,确保国土空间的可持续发展,选取城乡用地结构、建设用地密度作为衡量城镇发展格局动态变化的指标。

3.2 加权综合指数法

为消除量纲影响,本文先采用极差标准化法对指标进行归一化处理。为避免主观赋权带来的偏差,采用熵值法确定指标权重(表1—2)。最后利用加权综合指数法对平陆运河经济带国土空间功能和城乡融合进行指数计算,计算公式[30]为

$$F_{ab}=\sum W_{ab}\cdot Y_{ab} \tag{1}$$

式中:F_{ab}为国土空间功能、城乡融合的评价指数;Y_{ab}为指标单项功能a的第b个指标值;W_{ab}为指标单项功能a的第b个指标权重值。

3.3 趋势面法

趋势面能够对离散的空间数据进行趋势分析,反映地理要素在空间上的变化趋势和分布规律。本文以平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合的耦

合协调为观测值,运用趋势面法分析其空间分异特征。设 $Z_i(x_i,y_i)$ 为第 i 个地理要素的真实观测值,$T_i(x_i,y_i)$ 为趋势面拟合值,计算公式为[2]

$$Z_i(x_i,y_i)=T_i(x_i,y_i)+\varepsilon_i \tag{2}$$

式中:(x_i,y_i) 为平面空间坐标;ε_i 为残差,即真实值与拟合值的偏差。

表 2　平陆运河经济带城乡融合指标体系

Table 2　Urban-rural integration indicator system for Pinglu Canal economic belt

系统	维度	指标层	指标说明	权重	属性
城乡融合	人口融合	人口城镇化水平	城镇常住人口/常住人口	0.445	+
		人口密度	常住人口/行政区域面积	0.555	+
	经济融合	城乡可支配收入	城镇居民可支配收入/农村居民可支配收入	0.141	−
		产业发展	第二、三产业增加值/第一产业增加值	0.859	+
	生态融合	城乡每万人碳排放量	地区碳排放总量/万人	0.475	−
		森林覆盖率	森林面积/行政区域面积	0.525	+
	空间融合	城乡用地结构	农作物播种面积/建成区面积	0.258	+
		建设用地密度	建设用地面积/行政区域面积	0.742	+

3.4　耦合协调模型

在参考相关研究[12]的基础上,本文通过构建国土空间功能、城乡融合指标体系进行耦合协调水平测算,以分析平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合的耦合协调变化,计算公式为

$$C=\left\{\frac{F_a\cdot F_b}{\left(\frac{F_a+F_b}{2}\right)^2}\right\}^{1/2} \tag{3}$$

$$T=\alpha F_a+\beta F_b \tag{4}$$

$$D=\sqrt[2]{C\cdot T} \tag{5}$$

式中:C 为耦合度;F_a,F_b 为国土空间功能、城乡融合的评价指数;T 为综合评价得分,α,β 分别代表国土空间功能、城乡融合的待定权重,这里认为同等重要,故取 $\alpha=\beta=1/2$;D 为功能间的耦合协调程度,数值越大,说明各子功能间的耦合协调度越高。参考已有研究[9-10],将耦合协调度划分为严重失调[0,0.3]、中度失调(0.3,0.4]、轻度失调(0.4,0.5]、初级协调(0.5,0.6]、中级协调(0.6,0.7]、良好协调(0.7,0.8]、优质协调(0.8,1.0]共 7 种类型。

4　结果与分析

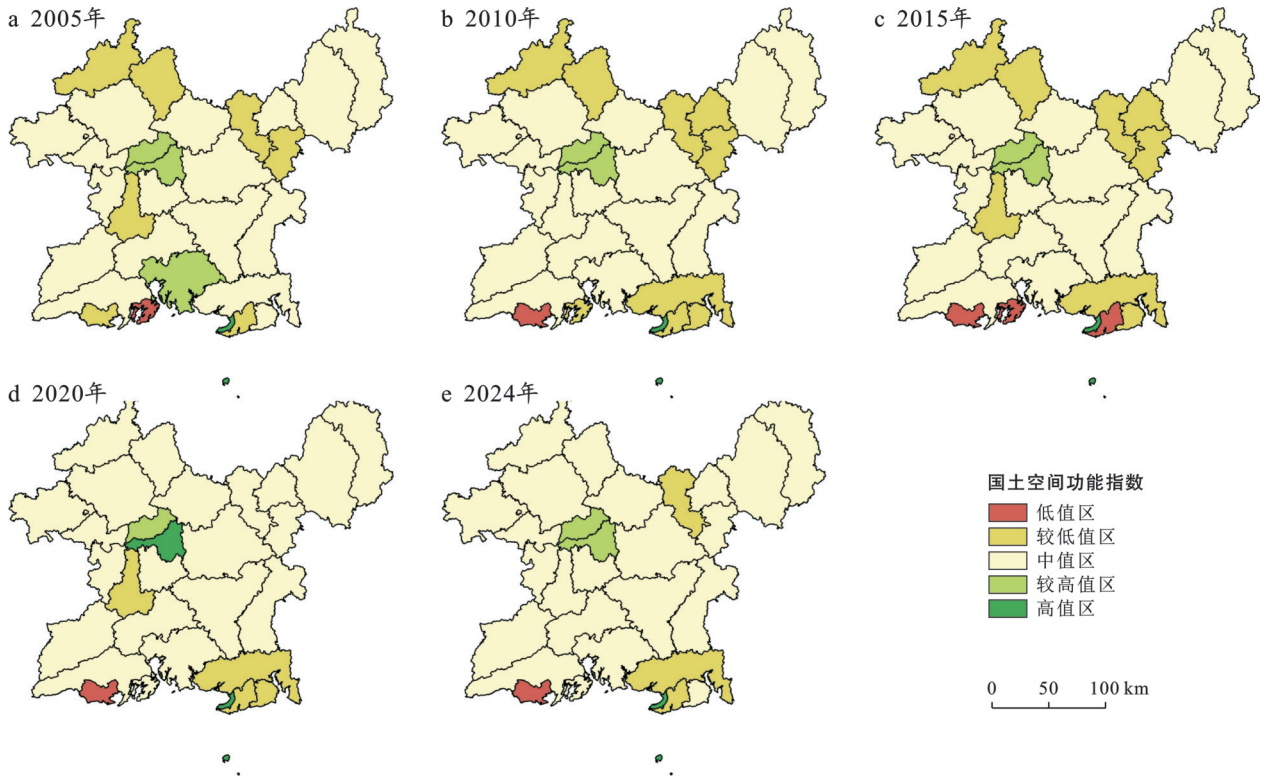
4.1　平陆运河经济带国土空间功能演化特征

研究期内,平陆运河经济带国土空间功能呈 N 形变化趋势:2005—2010 年处于上升阶段,受资源禀赋差异与政策倾斜影响,区县间国土空间功能差异扩大,2015 年出现短暂下滑;2020 年缓慢回升,在 2024 年达到最高值,说明国土空间功能存在自我调节恢复功能(图 2)。其中生活功能增长最大,由 2005 年 0.342 3 上升到 2024 年 0.362 1,增长了 5.79%。生产功能增长缓慢,由 2005 年 0.307 0 增长至 2024 年 0.311 0,累计增长 1.30%。时间尺度上,2005—2024 年的国土空间功能指数均值由 0.383 6 上升至 0.396 3,年均增长率为 0.17%。随着时间的推移,由 2005 年中值区、较低值区占主导地位转变为 2024 年中值区占主导地位,说明整体的国土空间功能处于平缓上升状态。空间上,总体呈“北高南低,东高西低”的分布特征。北部地区的武鸣区、桂平市以及兴宁区、青秀区等地国土空间功能指数长期处于研究区的前列,这主要与区域的资源禀赋、强首府战略等有关。横州市、合浦县、钦北区、灵山县等地分布在高值区的周围,依托良好的交通条件与产业基础促进区域的国土空间功能发展。中值区主要分布在西部地区、南部地区以及北部少量地区,究其原因是该部分地区受资源和地形的限制,生态功能为主体定位功能,生产、生活功能提升有限。较低值区和低值区主要为南部地区的防城港市港口区以及北海市银海区、铁山港区,这些地区开发强度较大,但生态功能处于较低水平,因此国土空间功能处于低值区和较低值区。

4.2　平陆运河经济带城乡融合演化特征

根据公式(1)计算城乡融合指数,分析城乡融合发展态势(图 3)。平陆运河经济带城乡融合整体呈持续波动态势,城乡融合指数均值由 2005 年 0.462 4 升至 2024 年 0.482 9,符合地区健全城乡体系的要求,但平均值较低。演变趋势主要分为 3 个阶段:①2005—2010 年城乡融合水平从 0.462 4 上升至 0.479 4,这一阶段城乡融合水平增长较快,与城镇化发展、农村改革等政策实施有关;②2010—2020 年城乡融合水平从 0.479 4 下降至 0.452 6,可能与中国进入供给侧结构性改革和城乡融合向高质量转变等背景有关。

③ 2020—2024 年城乡融合水平由 0.452 6 上升至 0.482 9，究其原因是城乡融合、乡村振兴等战略实施下体制机制不断健全。空间上，形成以南宁市青秀区、北海市海城区为双核心的圈式发展结构，即形成高值区为核心层，较高值区为次核心层，中值区、较低值区为次外层，低值区为最外层的层级结构。高值区主要为青秀区、海城区，主要原因是强首府的资源倾斜和海城区的高水平城镇化建设。中值区主要分布在青秀区、海城区周围，在高值区的辐射作用下，城乡融合水平快速发展。低值区、较低值区主要为马山县、上林县、东兴市、防城区等边缘地区，在区位条件的天然约束下，城乡融合水平发展缓慢。



注：基于自然资源部标准地图服务系统审图号 GS(2019)1822 号标准地图制作。地图边界无修改。下同。

图 2 平陆运河经济带国土空间功能时空分异

Fig.2 Spatiotemporal differentiation of territorial spatial functions in Pinglu Canal economic belt

4.3 平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调特征分析

4.3.1 平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调时序变化特征

2005—2024 年耦合协调度均值由 0.645 5 上升至 0.668 1，总体协调等级呈现“中级协调为主、良好协调为辅”的特征（图 4）。时间序列上看，青秀区、西乡塘区、海城区等地稳定在高水平区间，虽耦合协调等级无明显变化，但整体处于上升状态，表明该部分地区国土空间功能和城乡融合耦合协调关系处于良好发展状态；上林县、覃塘区等边缘地区由 2005 年初级协调向 2024 年中级协调演变；桂平市由 2005 年中级协调转变为 2024 年良好协调。值得注意的是上思县，2005 年耦合协调等级为中级协调，2010 年短暂下降至初级协调，2015 年回升至中级协调，表明区域内国土空间功能与城乡融合存在发展滞后性，但自身具有一定的调控作用。其余地区虽处于同一等级但整体处于上升状态，增长速度较缓慢，说明该部分地区国土空间功能与城乡融合间的协调关系稳定在一定范围内，但存在较大的提升空间。

4.3.2 平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调空间变化特征

为检验耦合协调度的空间集聚性，本文首先计算了全局莫兰指数。结果显示各年度莫兰指数均未通过显著性检验（$p>0.05$），表明耦合协调度在研究区内未呈现显著的空间自相关或集聚格局，即不存在统计意义上的“高-高”或“低-低”集聚区。为进一步描述耦合协调度在空间上的连续变化趋势，本文采用趋势面法探究耦合协调度的空间变化（图 5）。图中 X 轴为正东方向，Y 轴为正北方向，绿色曲线为东西方向上的变化拟合线，蓝色曲线为南北方向上的变化拟合线。结果显示，2005—2010 年、2024 年东西方向上耦合协调度的趋势线整体呈平缓的倒 U 形，且两端高度相近，说明该时段平陆运河经济带耦

合协调度在东西方向上分布较为均衡。2015—2020年东西方向上耦合协调度的趋势线整体呈U形变化,说明中部地区的耦合协调值略低于两端地区,究其原因是桂平市和西乡塘区、武鸣区处于耦合协调高值区。总体而言,东西方向上的梯度变化较为平缓,未形成持续性的极化格局。

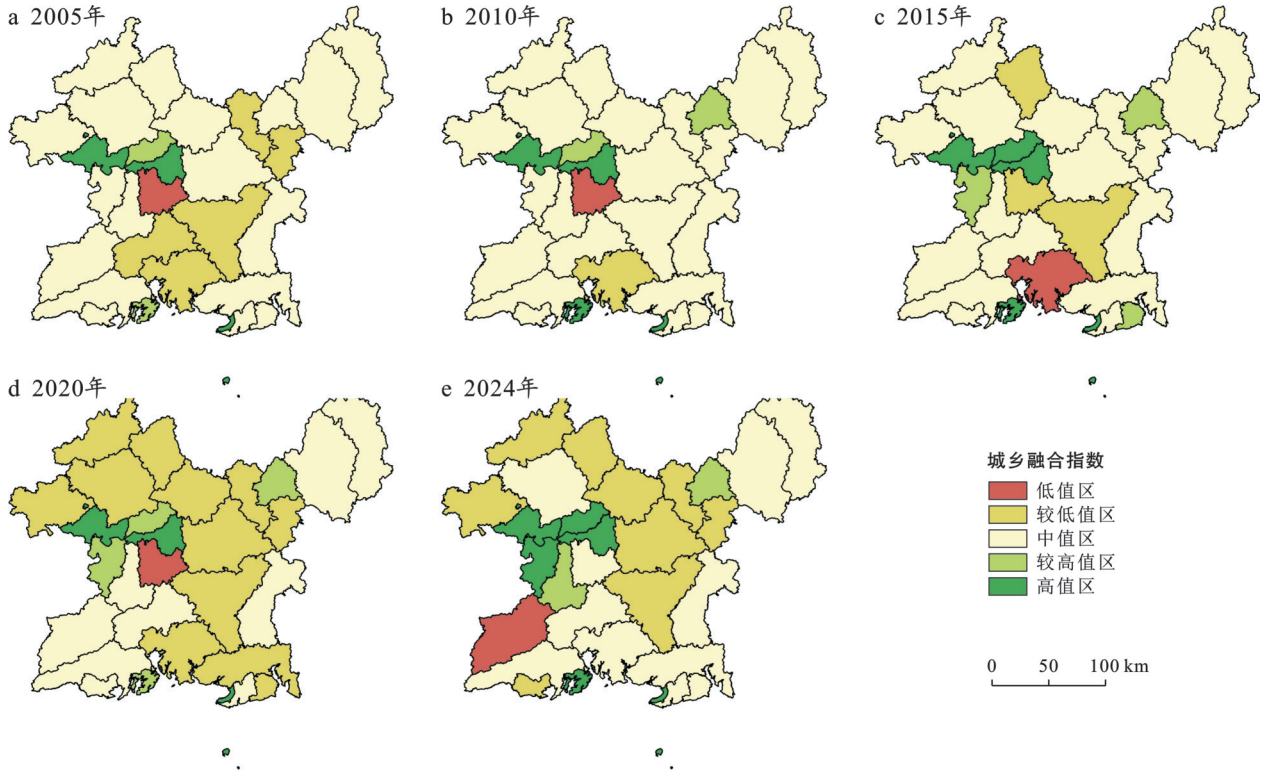


图3　平陆运河经济带城乡融合时空分异

Fig.3　Spatiotemporal differentiation of urban-rural integration in Pinglu Canal economic belt

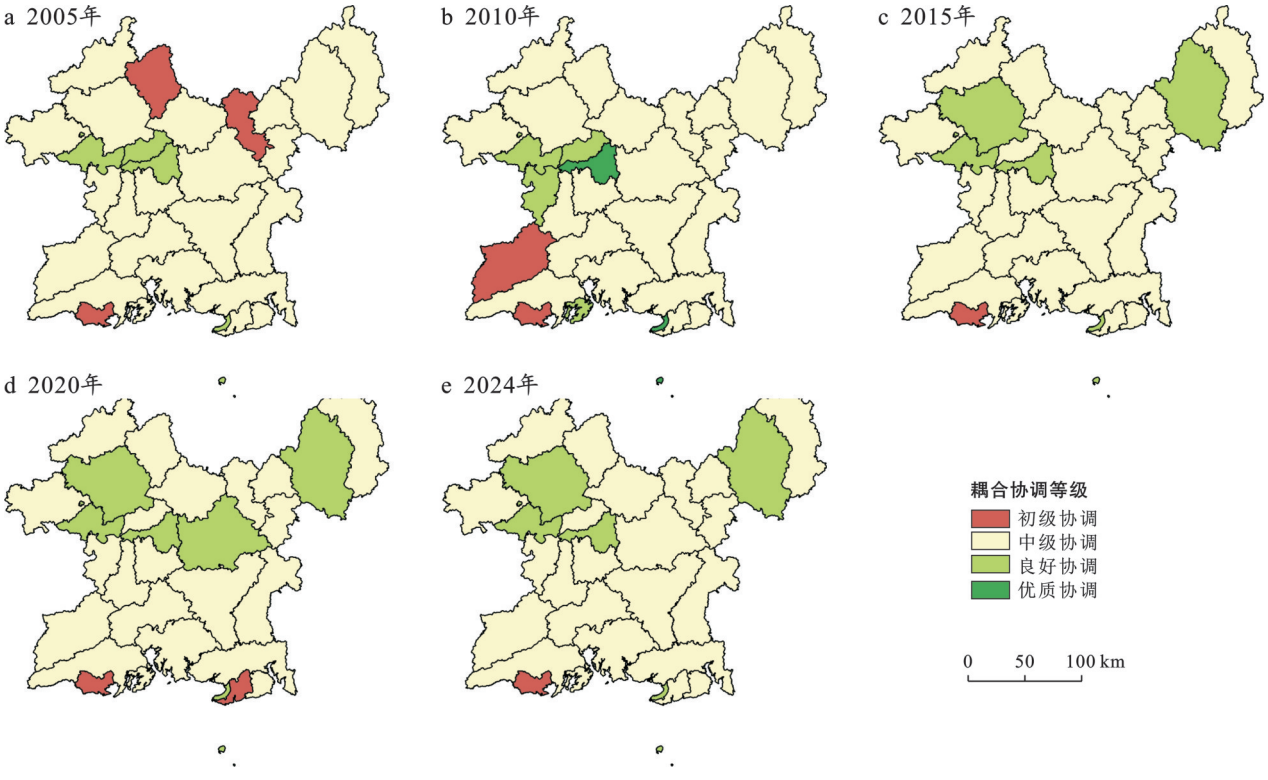


图4　平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调时空分异

Fig.4　Spatiotemporal differentiation of coupling coordination between territorial spatial functions and urban-rural integration in Pinglu Canal economic belt

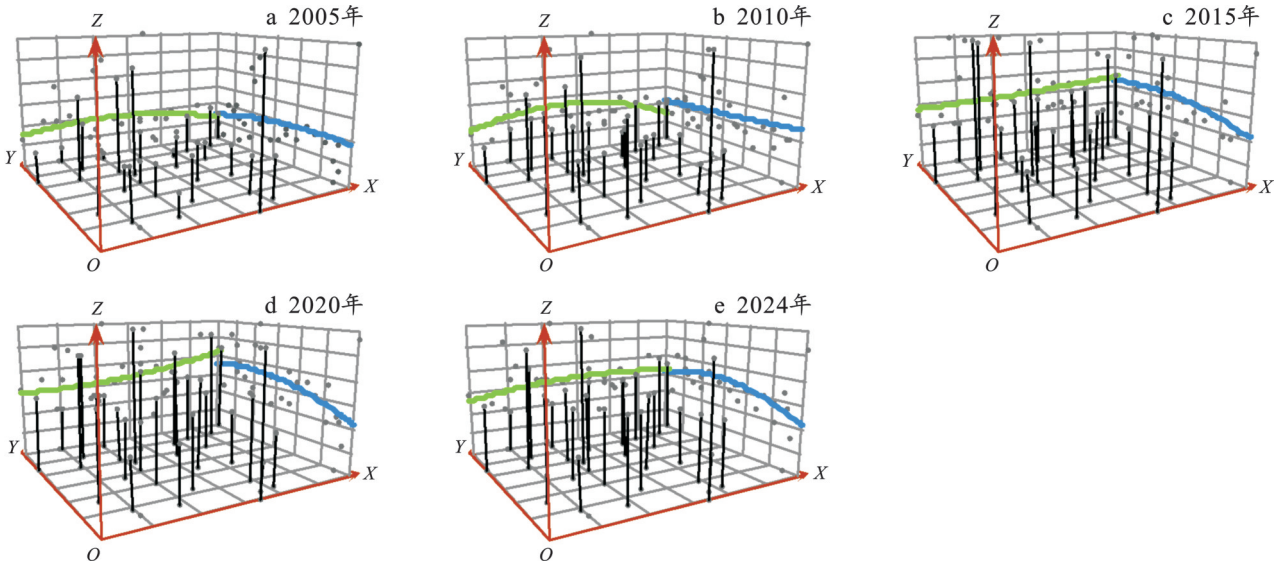


图 5 平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合协调趋势面分析

Fig.5 Trend surface analysis of coupling coordination between territorial spatial functions and urban-rural integration in Pinglu Canal economic belt

南北方向上耦合协调度的趋势线整体保持“北高南低”的空间分布格局，说明北部地区的耦合协调度高于南部地区。随着时间的推移，东西方向上趋势线变化不显著，南北方向上趋势线变化更陡峭，表现为南北两端差距更加显著，说明耦合协调度在南北方向上呈扩大态势。可能的原因是北部青秀区、西乡塘区等核心增长极与南部东兴市、银海区等边缘城市的差距逐渐扩大。未来应重点关注南部边缘地区，协同提升其国土空间功能与城乡融合，避免区域差距进一步拉大。

5 分区优化

国土空间功能低值区、城乡融合低值区、低耦合协调区是重点优化的区域。国土空间功能与城乡融合存在显著的空间布局同向性特征，为避免分区功能重叠和冗余，依据国土空间功能强度和耦合协调评价结果组合特征划分功能分区，进而明确其优化方向[31]。本文共划分出城乡协调-生产集聚区、城乡优化-生活提升区、城乡过渡-农业主产区、城乡发展-生态保育区（图 6）。

城乡协调-生产集聚区是指生产、生活、生态功能强，城乡融合水平高的中、高水平耦合协调区，主要集中在北部地区的南宁市青秀区和贵港市桂平市为中心的“双核心”地区。该类区域以社会经济发展为主，凭借产业优势和政策支持，维持“生产-生活-生态”功能的良性循环，是研究区城乡融合发展的关键区。这就要求区域优先发展时，应坚持“生产优先、兼顾生态”的原则，在发展过程中建立生产与生态间价值转换与平衡协同机制，实现生态保护与经济发展的良性互动，形成产业兴旺、生活富裕、生态宜居的社会发展格局，推动城乡融合水平进一步提升。

城乡优化-生活提升区是指生产、生活功能强、生态功能弱，城乡融合水平高的中、高耦合协调区域，主要集中在城乡融合核心区、临海港口区周边城市。国土空间功能凸显强烈的生产性与特定生态性，主要表现为“以港促产，以产兴城，以城带乡”的产业生产模式和“以乡惠城，城乡互促”的生态分布格局。该部分地区需加强城乡融合基础设施规划建设，实现城乡资源要素互通，资源共享，提升城乡优化区对生活设施的满意度和需求量，充分利用区位优势，全面提升综合交通运输体系对外辐射能力，强化基础设施等建设用地的支撑能力，做强经济体量，做好功能配套，促进“生产-生活”功能协调发展。同时，应扩大城市绿色生态空间的建设，探索产业向绿色低碳的转型升级，改善区域生态环境，减轻生态保护的压力。

城乡过渡-农业主产区是指生产、生态功能较强，生活功能薄弱，城乡融合水平低的中、低耦合协调区。该类区域以农业生产为主，同时承接核心城市的功能外溢与产业转移，经济发展与城镇化率处于中等水平，城乡发展梯度显著。现阶段需通过国土空间功能优化，严格控制建设用地占比，保护农业生产与生态用地，提升公共服务与产业承接能力，促进城乡要素有序流动，逐步缩小发展差距，实现生产、生态、生活功能的协调与城乡融合水平的整体提升。

城乡发展-生态保育区是指生产、生活、生态功能弱，城乡融合水平低的中、低耦合协调区域。主要为远离核心增长极，受限于自然地理条件与生产基础

而造成发展动力不足的边缘区。该区域依托生态资源本底,可适度承载特色旅游业和对外贸易等产业发展,推动绿色产业升级,提升内生发展动力,完善社会基础设施建设。通过促进城乡要素双向流动,推动城乡格局优化和基础设施升级,以此加快城乡融合的进程,提高人民生活幸福感。

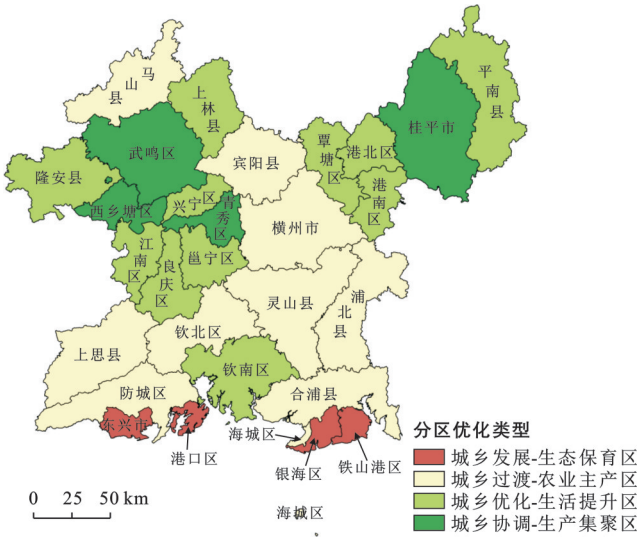


图 6　平陆运河经济带分区优化

Fig.6　Zoning optimization of Pinglu Canal economic belt

6　讨　论

本文通过揭示县域尺度下平陆运河经济带的国土空间功能和城乡融合的时空演变特征和耦合变化过程,以此为研究区的分区优化发展提供新的研究思路。一方面,国土空间功能格局是城乡融合得以实现的物质载体和基础支撑;另一方面,城乡融合程度的提升又会催生对空间的新需求,引导国土空间功能的格局优化和功能提升。平陆运河经济带国土空间功能与城乡融合耦合的空间格局是多因素共同作用的结果。具体而言,区域中心城市凭借资源禀赋和区位优势,形成产业集聚和经济辐射效应,这种效应随着空间距离的增加而衰减,塑造中心-外围格局,这与邓雨欣[32]、文少强等[33]的部分研究结果相似。城乡融合是特定国土空间功能格局所支撑和催生的社会经济发展过程,而城乡关系的演变又反过来重塑国土空间的功能需求与配置结构,两者在“需求—供给—匹配”的持续调适中协同演进。鉴于此提出以下建议:

(1) 城乡协调-生产集聚区以南宁市辖区为中心,该区域国土空间功能完善,布局合理,总体可以遵循“生产转型—生活宜居—生态穿插”的三生衔接优化引导思路,利用资源优势强化南宁市青秀区、贵港市桂平市“双核心”的辐射带动功能。生产方面,推动传统产业绿色化、智能化升级,培育生态农业与低碳制造业,建立生产与生态的价值转化机制;生活方面,完善城乡公共服务与基础设施网络,打造宜居社区;生态方面,在开发中嵌入生态斑块与廊道,严守环境底线。通过“双核”联动,带动周边县域形成功能互补、协同发展的城乡融合格局,以产业兴旺支撑生活富裕,以生态屏障保障永续发展,为乡村振兴注入持续动能。

(2) 城乡优化-生活提升区应坚持“绿水青山就是金山银山”“广西生态金不换”的新发展理念,将绿色生态型产业融入城乡融合发展体系中,加快产业绿色低碳转型,推动临港产业和传统制造业节能降碳改造,培育低能耗、低污染的新兴产业。在进行土地开发等活动的过程中形成生态安全意识,补齐城乡基础设施短板,推动供水、污水、交通等基础设施向乡村延伸覆盖,统筹城乡公共服务资源配置,稳固其生态保障功能。同时盘活土地、森林、资金和旅游资源,拓宽产业渠道,加强生态修复与补偿机制建设,探索“谁污染,谁治理;谁保护,谁受益”的补偿模式,鼓励企业和受益地区参与周边生态修复,确保开发强度不超出环境承载力,推进区域建设向绿色低碳的特色功能型城市迈进。

(3) 城乡过渡-农业主产区需激发产业新动能,优化产业格局,推动城乡产业互补发展,推进国土空间功能和城乡融合的协同发展,向城乡融合优化区迈进。其功能的特殊性要求将“提升空间适宜性”作为全区优化的主导目标,利用经济优势完善基础设施建设,形成生产发展区-生活舒适区-生态保护区的区域发展布局。同时结合乡村的资源禀赋和特色农耕文化,发挥城乡接合部乡村作为城市发展前沿绿色屏障的功能,积极推进生态环境综合治理,严格控制农用地特别是耕地的用途变更,增强乡村对城市的生态涵养和保育功能,打造区域特色农产品名片。

(4) 城乡发展-生态保育区生态环境脆弱,不适宜进行大规模工业化开发。未来主体功能应严格遵循“生态优先”原则,重点发展生态保育、特色旅游业及适度的对外贸易,反映了当地相关部门在区域发展中坚守生态底线管控,突出风情旅游与对外贸易的政策导向。在保障生态功能不降低的前提下,合理优化现有城镇区域的绿化水平与生活服务设施,适度提升人居环境适宜性,将满足人民日益增长的美好生活需要与生态保护有机结合。针对区域内城乡融合发展进程缓慢的问题,应在严守生态红线的基础上,适当开展低强度、高品质的旅游开发,并同步推进西部大开发、乡村振兴等国家战略实施,促进

国土空间功能协调发展，全力推进西部陆海新通道工程建设。

7 结 论

（1）国土空间功能呈N形波动上升，2024年达峰值，年均增长0.17%。其中，生活功能累计增长5.79%，提升最明显；生产功能仅增长1.30%，增长缓慢；生态功能总体保持稳定。空间上形成“北高南低，东高西低”的格局：武鸣区、青秀区等地处于国土空间功能高值区前列；港口、银海区等地功能偏低。

（2）城乡融合水平波动上升，均值由0.462 4升至0.482 9，仍处于中低水平。演化分3阶段：2005—2010年快速增长至0.479 4；2010—2020年回调至0.452 6；2020—2024年回升至0.482 9。空间上形成以南宁青秀区、北海海城区为双核心的圈层结构，核心区辐射带动周边，边缘地区发展滞后，呈现“中心高，外围低”格局。

（3）2005—2024年耦合协调度均值由0.645 5升至0.668 1，总体协调等级呈现“中级协调为主，良好协调为辅”的特征。趋势面分析显示，东西方向上耦合协调度的梯度变化较为平缓，未形成极化格局；南北方向上则保持“北高南低”的空间分布，且分异特征更为明显，南北两端差距呈扩大态势。未来应重点关注南部边缘地区，协同提升其国土空间功能与城乡融合水平，避免区域差距进一步拉大。

（4）依据国土空间功能强弱与耦合协调水平，划分4类分区：城乡协调-生产集聚区应坚持“生产优先，兼顾生态”，建立价值转换机制；城乡优化-生活提升区需推动绿色低碳转型，补齐基础设施短板；城乡过渡-农业主产区应严格控制建设用地，强化农业保护与功能提升；城乡发展-生态保育区需严守生态红线，适度发展特色旅游与对外贸易。差异化施策可促进国土空间功能与城乡融合的协同升级，为平陆运河经济带高质量发展提供科学支撑。

参考文献(References)

[1] 黄烈佳，鲁昭，胡伟艳.长江经济带城市空间“三生”功能耦合协调时空演化特征及影响因素[J].长江流域资源与环境，2024，33(4)：687-698.
Huang Liejia, Lu Zhao, Hu Weiyan. Spatio-temporal coupling characteristics and influencing factors of “production-living-ecological” functions of urban space in the Yangtze River economic belt [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2024,33(4):687-698.

[2] 杨吉鑫，崔许锋，张光宏.长江中游城市群城乡融合与碳排放耦合协调时空演化及影响因素[J].长江流域资源与环境，2024，33(11)：2474-2487.
Yang Jixin, Cui Xufeng, Zhang Guanghong. Spatio-temporal evolution and influencing factors of coupling coordination between urban-rural integration and carbon emission in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2024,33(11):2474-2487.

[3] 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.
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.

[4] 苑韶峰，吴妙豪，杨丽霞，等.浙江省城乡国土空间“三生”功能协同效应时空演变、区域差异及驱动因素分析[J].农业工程学报，2025，41(19)：295-305.
Yuan Shaofeng, Wu Miaohao, Yang Lixia, et al. Spatio-temporal evolution, regional disparities, and driving mechanisms for the synergistic effects of production-living-ecological functions in urbanrural land spaces in Zhejiang Province of China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2025, 41(19): 295-305.

[5] 林树高，诸培新，陆汝成.长江经济带城乡地域功能融合发展的时空格局与响应过程[J].中国人口·资源与环境，2024，34(1)：162-174.
Lin Shugao, Zhu Peixin, Lu Rucheng. Spatio-temporal patterns and response processes of the integrated development of urban and rural regional functions in the Yangtze River economic belt [J]. China Population Resources and Environment, 2024,34(1): 162-174.

[6] Gong Zhongshun, Yuan Ye, Qie Lu, et al. Spatiotemporal differentiation and coupling coordination relationship of the production - living - ecological function at county scale: A case study of Jiangsu Province [J]. Land, 2023, 12(11):1-21.

[7] 庞晓菲，陆汝成，张利国，等.广西边境地区土地利用“三生”功能协调关系及分区优化[J].水土保持研究，2023，30(2)：294-302.
Pang Xiaofei, Lu Rucheng, Zhang Liguo, et al. Study on coordination and zoning optimization of land use based on production-living-ecological functions in border areas of Guangxi [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2023,30(2):294-302.

[8] Wei Lanyi, Zhang Yanjun, Wang Lingzhi, et al. Obstacle indicators diagnosis and advantage functions zoning optimization based on “production-living-ecological” functions of national territory space in Jilin Province [J]. Sustainability, 2022,14(7):4215.

[9] 袁梦，谢保鹏，田丽敏，等.六盘山甘肃片区土地利用多

功能与多维相对贫困的时空耦合关系[J].干旱区地理,2025,48(7):1304-1316.
Yuan Meng, Xie Baopeng, Tian Limin, et al. Spatiotemporal coupling relationship between multifunctional land use and multidimensional relative poverty in the Gansu section of Liupanshan [J]. Arid Land Geography, 2025, 48(7):1304-1316.

[10] 蔡怀滨,王枫.广东省贫困县土地利用多功能与脱贫成效耦合协调关系及障碍诊断[J].农业资源与环境学报,2024,41(4): 976-988.
Cai Huaibin, Wang Feng. The coupling coordination relationship and obstacle diagnosis of land use functions and poverty alleviation effect in the poverty-stricken counties of Guangdong Province [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment,2024,41(4):976-988.

[11] 李倩楠,邱洁,王帅辉,等.无锡市国土空间三生功能与碳排放耦合协调研究[J].测绘科学,2025,50(6):178-189.
Li Qiannan, Qiu Jie, Wang Shuaihui, et al. Coupling coordination analysis and collaborative zoning of the "production-living-ecological functions" of territorial space and carbon emission intensity: A case study of Wuxi [J]. Science of Surveying and Mapping, 2025,50(6):178-189.

[12] 乔伟峰,李琛,戴凌玲,等.乡村地域多功能演化与土地利用转型耦合研究进展与展望[J].地理研究,2024,43(6):1556-1571.
Qiao Weifeng, Li Chen, Dai Lingling, et al. Progress and prospects in the study of coupling rural multifunctional evolution and land use transitions [J]. Geographical Research, 2024,43(6):1556-1571.

[13] 高艳丽,刘双良,李红波.汉江流域城镇化与土地利用多功能的协调网络演变分析[J].农业工程学报,2024,40(11):249-258.
Gao Yanli, Liu Shuangliang, Li Hongbo. Evolution analysis of the coordinated network between urbanization and multifunctional land use in the Han River basin of China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2024,40(11):249-258.

[14] 蒲金芳,王亚楠,张蚌蚌,等.赣东山地丘陵区土地利用多功能与乡村发展的时空耦合关系[J].中国农业大学学报,2022,27(4):256-269.
Pu Jinfang, Wang Yanan, Zhang Bangbang, et al. Spatio-temporal coupling relationship between land use multi-functions and rural development level in hilly region of eastern Jiangxi Province [J]. Journal of China Agricultural University, 2022,27(4):256-269.

[15] 马志飞,宋伟轩,王捷凯,等.长三角地区城乡融合发展水平、演化及影响因素[J].自然资源学报,2022,37(6):1467-1480.
Ma Zhifei, Song Weixuan, Wang Jiekai, et al. The development level, evolution and influencing factor of urban-rural integration in the Yangtze River delta [J]. Journal of Natural Resources, 2022,37(6):1467-1480.

[16] 孙远洋,张蕾,何国钰,等.城乡梯度视角下武汉市"三生"功能耦合协调时空演变及影响因素[J].农业工程学报,2025,41(8): 261-271.
Sun Yuanyang, Zhang Lei, He Guoyu, et al. Spatiotemporal evolution and influencing factors in coupling coordination of "production-living-ecology" functions in Wuhan City from the perspective of urban-rural gradient [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2025,41(8):261-271.

[17] 狄乾斌,禚元华,陈小龙.乡村振兴背景下城乡融合发展评价及影响因素:以辽宁沿海经济带为例[J].资源开发与市场,2026,42(3):393-402.
Di Qianbin, Zhuo Yuanhua, Chen Xiaolong. Evaluation and influencing factors of urban-rural integration development in the context of rural revitalization: Taking the Liaoning coastal economic belt as an example [J]. Resource Development & Market, 2026,42(3):393-402.

[18] 王武林,张赐成,张文杰,等.县域生态系统生产总值价值与城乡融合协调发展研究:以广元市为例[J].生态学报,2025,45(18):9177-9191.
Wang Wulin, Zhang Cicheng, Zhang Wenjie, et al. Research on the coordination development between GEP value and urban-rural integration in county territory: A case study of Guangyuan prefecture-level city [J]. Acta Ecologica Sinica, 2025,45(18):9177-9191.

[19] 周德,钟文钰,张佳文,等.县域城乡融合评价及差异化发展路径:以浙江山区26县为例[J].地理科学,2023,43(10):1803-1814.
Zhou De, Zhong Wenyu, Zhang Jiawen, et al. Evaluation and differential development path of urban-rural integration at county level: A case study of 26 mountainous counties in Zhejiang Province [J]. Scientia Geographica Sinica, 2023,43(10):1803-1814.

[20] Sun Yige, Yang Qingshan. Study on spatial-temporal evolution characteristics and restrictive factors of urban-rural integration in northeast China from 2000 to 2019 [J]. Land, 2022,11(8):1195.

[21] Liu Hao, Lu Gaojie, Luo Kui, et al. Measurement and spatio-temporal pattern evolution of urban-rural integration development in the Chengdu-Chongqing economic circle [J]. Land, 2024,13(7):942.

[22] 潘子纯,田蓬鹏,马鹏超,等.哈长城市群耕地利用转型与县域城乡融合耦合协调的时空演进及驱动因素[J].农业工程学报,2025,41(3): 228-239.
Pan Zichun, Tian Pengpeng, Ma Pengchao, et al. Spatiotemporal evolution and driving factors in coupling

coordination of cultivated land use transformation and county-level urban-rural integration in Harbin-Changchun urban agglomeration [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2025, 41(3):228-239.

[23] 周敏,李双玲.中国农地流转与城乡融合发展的耦合协调及其驱动因素[J].农业资源与环境学报,2026,43(1):40-51.
Zhou Min, Li Shuangling. The coupling, coordination and driving factors of provincial farmland circulation and urban-rural integration development in China [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2026, 43(1):40-51.

[24] 王凯,刘美伦,甘畅.城乡融合对碳排放绩效的影响[J].长江流域资源与环境,2025,34(6):1278-1290.
Wang Kai, Liu Meilun, Gan Chang. Impact of urban-rural integration on carbon emission performance [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2025,34(6):1278-1290.

[25] 李晓青,周国华,崔树强,等.城乡融合发展对土地利用碳排放强度的影响:以长株潭城市群为例[J].热带地理,2025,45(5):874-889.
Li Xiaoqing, Zhou Guohua, Cui Shuqiang, et al. Impact of urban-rural integrated development on carbon emission intensity of land use: A case study of the Changsha-Zhuzhou-Xiangtan urban agglomeration [J]. Tropical Geography, 2025,45(5):874-889.

[26] 孟贵,王开泳,王甫园,等.长江经济带市域数字经济与城乡融合发展耦合协调格局及其作用机制[J].经济地理,2024,44(11):73-83.
Meng Gui, Wang Kaiyong, Wang Fuyuan, et al. Spatial-temporal pattern and mechanism of the coupling coordination relationship between digital economy and urban-rural integration development at prefectural level in the Yangtze River economic belt [J]. Economic Geography, 2024,44(11):73-83.

[27] 周佳宁,邹伟,秦富仓.等值化理念下中国城乡融合多维审视及影响因素[J].地理研究,2020,39(8): 1836-1851.
Zhou Jianing, Zou Wei, Qin Fucang. Review of urban-rural multi-dimensional integration and influencing factors in China based on the concept of equivalence [J]. Geographical Research,2020,39(8):1836-1851.

[28] 代亚强,张玥,柯新利,等.乡村地域多功能的空间关联网络结构特征及其对城乡融合发展的影响:以河南省为例[J].自然资源学报,2023,38(8):2059-2075.
Dai Yaqiang, Zhang Yue, Ke Xinli, et al. Structural characteristics of spatial correlation network of rural territorial multi-functions and its impact on urban-rural integrated development: A case study of Henan Province [J]. Journal of Natural Resources, 2023, 38(8): 2059-2075.

[29] 王凯,刘美伦,谭佳欣,等.武陵山片区旅游经济空间关联网络的城乡融合效应[J].地理科学进展,2024,43(2):246-261.
Wang Kai, Liu Meilun, Tan Jiaxin, et al. Urban-rural integration effect of the spatial correlation network of tourism economy in the Wuling Mountain area [J]. Progress in Geography, 2024,43(2):246-261.

[30] 温馨,高维新.粤港澳大湾区县域城乡融合发展的时空格局及影响因素[J].地域研究与开发,2024,43(2):21-27.
Wen Xin, Gao Weixin. Spatio-temporal patterns and influence factors of county urban-rural integration development in the Guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area [J]. Areal Research and Development, 2024, 43(2):21-27.

[31] 胡冉再琪,孔雪松,文高辉,等.武汉城市圈“三生”功能与土地利用碳排放耦合测度及协同分区[J].中国农业资源与区划,2024,45(5):209-221.
Hu R, Kong Xuesong, Wen Gaohui, et al. The coupling measurement and co-zoning of production-living-ecological functions and land use carbon emission in Wuhan metropolitan region [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2024,45(5):209-221.

[32] 邓雨欣,刘文新.吉林省西部“三生”功能及其耦合协调度演变特征[J].水土保持通报,2025,45(6):392-405.
Deng Yuxin, Liu Wenxin. Production-living-ecological functions and evolution characteristics of coupling coordination degree in western Jilin Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2025,45(6):392-405.

[33] 文少强,胡宝清,包婷,等.国土空间功能与土地利用碳排放的脱钩效应及驱动机制研究:以平陆运河经济带为例[J].生态环境学报,2026,35(5):725-737.
Wen Shaoqiang, Hu Baoqing, Bao Ting, et al. Research on the synergistic path of optimisation of territorial spatial functions and carbon emissions reduction: Analysis of decoupling effect based on Pinglu Canal economic belt [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2026,35(5):725-737.