

DOI: 10.5846/stxb202204221098

郭宇,姚亦锋,王振波,任传堂.基于主体功能区的长江经济带绿色发展评价与问题区域识别.生态学报,2023,43(7):2569-2582.

Guo Y, Yao Y F, Wang Z B, Ren C T. Green development evaluation and problem areas identification of the Yangtze River Economic Belt from the perspective of major function oriented zones. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(7): 2569-2582.

# 基于主体功能区的长江经济带绿色发展评价与问题区域识别

郭宇<sup>1</sup>, 姚亦锋<sup>1</sup>, 王振波<sup>2,\*</sup>, 任传堂<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023

<sup>2</sup> 中国科学院地理科学与资源研究所区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101

**摘要:**长江经济带已成为我国推进绿色发展的重要阵地。基于主体功能区视角,构建以水系统为纽带的长江经济带绿色发展评价指标体系,采用综合加权法、空间自相关、耦合协调度模型等方法探究 2018 年长江经济带 130 个城市绿色发展及各子系统耦合协调水平的空间格局,并对绿色发展的问题区域进行分类识别。结果表明:(1)长江经济带绿色发展水平呈由下游、中游至上游递减趋势;各主体功能区绿色发展指数表现为优化开发区>限制开发区>重点开发区。(2)绿色发展各子系统耦合协调度值位于 0.365—0.656 之间,多处于濒临失调和勉强协调的临界区间,耦合协调水平整体偏低。(3)从长江经济带整体来看,长江中上游地区绝大部分城市绿色发展主要受资源利用和产业发展水平偏低,及由此带来的生态和生活问题限制,且长江中上游地区各省会或直辖市对区域内其他城市绿色发展带动能力不足。从主体功能区视角来看,优化开发区以生态问题为主,仅上海和嘉兴两市;重点开发区以生态和生产问题为主,集中于武汉都市圈和成渝双城经济圈内部;限制开发区以生产和生活问题为主,主要位于省际边界型城市地区。最后综合问题识别结果,分别对长江经济带各主要问题区域绿色发展路径提出具体对策建议。

**关键词:**绿色发展评价;主体功能区;耦合协调;问题区域识别;长江经济带

## Green development evaluation and problem areas identification of the Yangtze River Economic Belt from the perspective of major function oriented zones

GUO Yu<sup>1</sup>, YAO Yifeng<sup>1</sup>, WANG Zhenbo<sup>2,\*</sup>, REN Chuantang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

<sup>2</sup> Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China

**Abstract:** The Yangtze River Economic Belt has become an important region for promoting green development in China. From the perspective of major function oriented zones, the green development evaluation index system of the Yangtze River Economic Belt with the water system as the link was constructed. The spatial pattern of green development and the level of coupling and coordination of each subsystem in 130 cities in the Yangtze River Economic Belt in 2018 was explored by using the comprehensive weighting method, spatial autocorrelation and coupling and coordination model, and the problem areas of green development were identified by classification. The results show that: 1) the green development level of Yangtze River Economic Belt indicates a decreasing trend from downstream, midstream to upstream. The green development index of each major function oriented zone is shown as optimized development zone>restricted development zone>key development zone. 2) The value of coupling coordination of green development subsystems is between 0.365—0.656, which is mostly in the

**基金项目:**中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA23040504);2022年江苏省研究生科研与实践创新计划项目(1812000024808)

**收稿日期:**2022-04-22; **网络出版日期:**2022-11-18

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangzb@igsnr.cn

critical range of near disorder and barely coordinated, and the overall level of coupling coordination is low. 3) From the perspective of the Yangtze River Economic Belt as a whole, the green development of most cities in the middle and upper reaches of the Yangtze River is mainly limited by the low level of resource utilization and industrial development, and the consequently ecological and living problems. The ability of each provincial capital or municipality directly under the central government in the middle and upper reaches of the Yangtze River to drive the green development of other cities in the region is insufficient. From the perspective of major function oriented zones, the optimized development zones are dominated by ecological issues, with only Shanghai and Jiaxing; the key development zones are dominated by ecological and production issues, concentrated within the Wuhan metropolitan area and the Chengdu-Chongqing economic circle; and the restricted development zones are dominated by production and living issues, mainly located in inter-provincial border city areas. Finally, the problem identification results are integrated and specific countermeasures are proposed for the green development path of each major problem area in the Yangtze River Economic Belt respectively.

**Key Words:** green development evaluation; major function oriented zones; coupling coordination degree; problem areas identification; Yangtze River Economic Belt

长江经济带以占全国约 21.40% 的国土面积,承载了 42.90% 的人口,并在 2021 年创造了 46.40% 的国内生产总值,是我国经济密度最高、发展潜力最大的地区之一。改革开放以来,长江经济带经济持续高速发展,以经济为导向的传统粗放型开发模式忽视了生态环境保护 and 资源高效利用的重要性,严重阻碍了区域协调和可持续发展<sup>[1-2]</sup>。随着生态文明和绿色发展被提上日程,区域发展逐渐摆脱传统单一经济导向型模式,强调绿色、协调和可持续<sup>[3]</sup>。作为横跨我国东中西部的一级轴线,长江经济带同时涵盖四大国家级主体功能区,内部各地域单元国土空间开发和保护的核心功能定位存在明显差异,需要根据主体功能区划确定各地域发展目标和考核指标<sup>[4]</sup>。十八大以来,党和国家高度重视长江经济带建设,确立了“共抓大保护、不搞大开发”的发展理念。在此背景下,如何将国土空间开发战略与长江大保护任务相结合,突出各主体功能区的发展优势和特色,破解单一化区域发展评价标准,实现人地关系系统和谐是长江经济带绿色发展的关键。

绿色发展已成为时代发展的大潮流,引起国内外专家学者的广泛关注与探讨<sup>[5-7]</sup>。相关学者及国际组织分别从不同角度阐释了绿色发展的内涵<sup>[8-10]</sup>,尽管研究视角和侧重点有所不同,但在绿色发展内容的本质上基本达成一致,即绿色发展涵盖了一个由经济-社会-环境相互作用形成的高度错综复杂系统,需要各子系统达到完全协调,实现发展综合效益最大化。由于研究对象的区域特征、环境状况、资源禀赋、经济社会发展阶段及研究主体的出发点不同,学者们构建的绿色发展评价指标体系有所差异。如程钰等以绿色发展的三圈模型为基础,从绿色增长、绿色福利和绿色财富 3 个方面构建绿色发展评价指标体系<sup>[11]</sup>;Sun 等从经济、社会和生态环境 3 个维度构建绿色发展评价指标体系<sup>[12]</sup>;郭付友等从经济绿化度、社会绿化度、环境绿化度和政府支持度 4 个维度构建绿色发展评价指标体系<sup>[13]</sup>。指标权重确定方面,相关研究广泛使用以熵权法为代表的客观赋权法计算各指标的权重值<sup>[13-14]</sup>。该方法将区域视为统一整体,完全依据指标值的变异程度确定权重,忽略了指标本身重要程度,无法体现研究者的主观经验判断,而考虑区域差异的绿色发展评价研究不多。研究区域方面,学者们常以传统行政区为研究对象,分别对国际<sup>[15]</sup>、国家<sup>[16]</sup>、城市群<sup>[17-18]</sup>、省市<sup>[19-20]</sup>等展开了绿色发展评价研究。少量关于流域系统的绿色发展评价研究多从投入产出角度入手,通过数据包络分析的方法测算绿色发展效率指数,以反映城市绿色发展水平,如郭付友等<sup>[21]</sup>、卢丽文等<sup>[22]</sup>分别对黄河流域和长江经济带城市绿色发展效率展开评价研究。且鲜见的流域系统绿色发展评价往往聚焦于特定行业领域,如制造业<sup>[23]</sup>、工业<sup>[24]</sup>、农业<sup>[25]</sup>等,这些研究能在一定程度上反映城市绿色发展水平,但较难全面体现城市绿色发展综合水平。总体而言,以流域系统为对象的绿色发展综合评价研究较少。流域系统在不同流域单元的地理环境差异巨大,且经济社会发展阶段和功能各异,根据其发展目标和功能基于区域绿色协调发展理论进行分区评价,才能更科学合理的指导流域系统绿色发展。

主体功能区规划构筑了现阶段及未来国土开发和保护的蓝图。樊杰等强调现阶段不同主体功能区的生态效益、经济效益和社会效益存在较大的非均衡性,需选择因地域功能不同而分异的区域高质量发展模式<sup>[26-27]</sup>。不同学者均认识到主体功能区视角下的发展绩效评价不可采取“一刀切”评价模式,需构建符合其定位和发展导向的评价体系<sup>[28-29]</sup>,如程国磊以湖北省重点开发区、农产品主产区、重点生态功能区、禁止开发区 4 类主体功能区为案例分别构建评价指标体系,实施各有侧重的绩效评价办法<sup>[30]</sup>。主体功能区与绿色发展相结合的实证研究较少,以单一类型主体功能区为主,如郭艳花等构建针对性的评价指标体系对吉林省限制开发生态区的绿色发展水平展开评价<sup>[31]</sup>。从主体功能区视角出发,按所属主体功能区的不同展开分区评价,可得出更具科学性、可比性的绿色发展评价结果。

纵观国内外城市绿色发展的相关研究,虽取得大量实质性进展,但仍存在有待进一步拓展和改进的空间:一是绿色发展研究常将区域发展的功能与目标视为同质性,惯用统一标准衡量城市绿色发展水平,缺乏以国土空间格局优化为导向的区域差异化绿色发展目标的探讨。二是基于流域系统的绿色发展研究未得到足够重视,结构和功能相对独立完整的复杂流域系统与传统行政区相比独具特征,反映流域特征的绿色发展综合评价应该不断加强,特别是以水系统为纽带的流域特色绿色发展评价研究较为罕见。鉴于此,本文以长江经济带 130 个城市为研究对象,突出长江经济带流域特征,构建以水系统为纽带,涵盖水体、生态、资源、产业、生活 5 个子系统的绿色发展评价指标体系,借鉴国土空间分区分类管控的思想,从主体功能区视角出发探索差异化的绿色发展评价方法,进行区别化的绿色发展水平评价,识别长江经济带城市绿色发展的主要问题区域与问题类型,以期为长江经济带绿色高质量发展和国土空间格局优化提供理论依据和实证支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 主体功能区划分

结合官方公布的国家和省级主体功能区类型,本研究将长江经济带各县市区类型相似的主体功能区进行归并处理,其中将国家级优化开发区统称为优化开发区,将国家级和省级重点开发区统称为重点开发区,将国家级农产品主产区、省级农产品主产区、国家重点生态功能区、省级生态功能区和省级生态经济区统称为限制开发区。在国土空间开发格局和主体功能划分基础上,综合空间尺度衔接问题<sup>[32]</sup>,根据长江经济带绿色发展评价要求和数据可获取性,将优化开发区面积占比高于 30%的地市视为优化开发区,将重点开发区面积占比高于 40%的地市视为重点开发区,将限制开发区面积占比高于 60%的地市视为限制开发区。最终,将长江经济带 130 个城市划分为 3 类主体功能区,其中优化开发区共 12 个,主要位于长三角城市群核心区;重点开发区共 43 个,主要位于优化开发区外的省会都市圈及主要城市群范围内;限制开发区共 75 个,主要为都市圈或城市群以外的普通城市(图 1)。

### 1.2 指标体系构建

从绿色发展内涵和以水为纽带的长江流域城市系统特点出发,长江经济带绿色发展重点在于实现水-生态-经济-社会系统的有机协调高质量发展<sup>[33]</sup>。本文参考联合国 2030 可持续发展、国家《绿色发展指标体系》、《生态文明建设考核目标体系》、《国家生态文明建设示范市县指标》、《循环经济发展评价指标体系(2017 年版)》、《高质量发展考核指标体系》、美丽中国建设评估等指标体系,综合相关学者的研究成果<sup>[13, 34-36]</sup>,以水体洁净、生态良好、资源高效、产业兴旺和生活舒适 5 个子系统为二级指标,构建以水系统为纽带,包含 27 项指标的绿色发展评价指标体系(表 1)。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 权重计算

本文采用德尔菲法和熵权法相结合的综合加权法以减少主观和客观权重赋值方法的弊端。德尔菲法又叫专家打分法,通过邀请有经验的专家组成评估小组,专家小组充分考虑长江经济带城市自身发展阶段及国家和省市对其绿色发展目标的侧重,按主体功能区类型为二级指标赋予不同权重(表 2),以凸显各主体功能

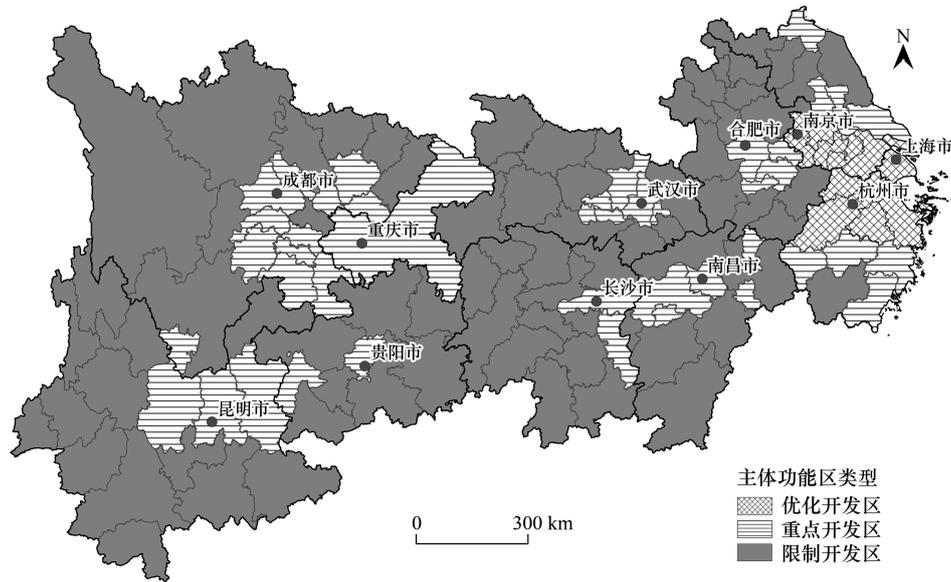


图 1 长江经济带主体功能区类型划分

Fig.1 Classification of the major function oriented zones of the Yangtze River Economic Belt

表 1 长江经济带绿色发展评价指标体系

Table 1 Green development evaluation index system of the Yangtze River Economic Belt

一级指标 First level indicator	二级指标 Secondary indicator	三级指标 Tertiary indicator	单位 Unit	属性 Attribute
长江经济带绿色发展水平 The green development level of the Yangtze River Economic Belt	水体洁净	地表水水质优良率(达到或好于Ⅲ类水)	%	+
		地表水劣Ⅴ类水体比例	%	-
		集中式饮用水水源地水质达标率	%	+
		污水处理厂集中处理率	%	+
		工业废水排放达标率	%	+
	生态良好	森林覆盖率	%	+
		湿地保护率	%	+
		生境质量指数	—	+
		单位耕地面积化肥施用量	t/hm <sup>2</sup>	-
	资源高效	建设用地与耕地面积之比	%	-
		单位 GDP 能耗	t 标准煤/万元	-
		单位工业用地增加值	亿元/km <sup>2</sup>	+
		单位工业产值废水排放量	t/万元	-
	产业兴旺	全员劳动生产率	万元/人	+
		城市建设用地与市辖区面积之比	%	-
		人均 GDP	元	+
		二产占比	%	+
	生活舒适	进出口总额占 GDP 比重	%	+
		水货运量	万 t	+
		万人发明专利授权数	件/万人	+
人均水资源量		m <sup>3</sup> /人	+	
常住人口城镇化率		%	+	
人均可支配收入		元	+	
生活垃圾无害化处理率		%	+	
万人拥有公交数量		辆/万人	+	
人均公园绿地面积	m <sup>2</sup> /人	+		
	农村与城镇人均可支配收入之比	%	+	

+、-分别表示该指标的正负向性

区差异化的绿色发展目标。对于第三级指标若用专家打分法处理将过于繁琐,熵权法通过指标离散程度确定权重,属于客观赋权的方法,能较好地与专家打分法结合使用。具体计算步骤如下:

第一步,借鉴前人相关研究<sup>[37]</sup>,构建了绿色发展评价模型,计算公式如下:

$$N = \sum_{i,j=1}^n W_{ij} \times R_{ij} \tag{1}$$

式中:  $N$  为绿色发展水平指数;  $W_{ij}$  为第  $j$  项三级指标对应一级指标的权重;  $R_{ij}$  为第  $j$  项三级指标的隶属度值。绿色发展水平指数测算的关键在于指标权重和其隶属度值的确定。

第二步,对各指标原始数据进行极差标准化,计算公式如下:

$$x'_i = \frac{|x_i - x_{\min}|}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (\text{正指标}) \tag{2}$$

$$x'_i = \frac{|x_i - x_{\max}|}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (\text{逆指标}) \tag{3}$$

第三步,确定评估指标的权重。采用熵技术支持下的层次分析法模型,将每个二级指标作为一个独立系统,运用熵值法计算该系统内部各三级指标的权重,基于主体功能区二级指标权重系数求得不同主体功能区三级指标权重,计算公式如下:

$$W_{ij} = w_{ai} \times P_{ij} \tag{4}$$

式中:  $W_{ij}$  为第  $j$  项三级指标对应一级指标的权重;  $w_{ai}$  为第  $a$  类主体功能区第  $i$  项二级指标对应一级指标的权重;  $P_{ij}$  为第  $j$  项三级指标对应第  $i$  项二级指标的权重。

第四步,计算第  $j$  项三级指标对应第  $i$  项二级指标的权重 ( $P_{ij}$ ), 计算步骤如下:

(1) 计算第  $j$  项指标下第  $i$  个样本值占该指标的比重:

$$h_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x'_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \tag{5}$$

(2) 计算第  $j$  项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n h_{ij} \ln(h_{ij}) \quad (j = 1, 2, \dots, m) \tag{6}$$

其中,  $k = 1/\ln(n) > 0$ , 满足  $e_j \geq 0$ 。

(3) 计算信息熵冗余度:

$$d_j = 1 - e_j \quad (j = 1, 2, \dots, m) \tag{7}$$

(4) 计算各项指标的权重:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^m d_j} \quad (j = 1, 2, \dots, m) \tag{8}$$

表 2 按主体功能区划分的二级指标权重赋值

Table 2 Weight assignment of secondary indicators by the major function oriented zones

主体功能区类型 Type of the major function oriented zone	水体洁净 Clean water	生态良好 Good ecology	资源高效 Efficient resources	产业兴旺 Prosperous industry	生活舒适 Comfortable life
优化开发区 Optimized development zone	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
重点开发区 Key development zone	0.15	0.15	0.25	0.25	0.20
限制开发区 Restricted development zone	0.25	0.25	0.15	0.15	0.20

### 1.3.2 探索性空间数据分析方法

探索性空间数据分析方法主要用于研究变量的空间关联性和集聚性,常见方法包括全局空间自相关和局

部空间自相关。

全局空间自相关可以定量分析研究区域整体空间集聚特征,用 Moran's  $I$  指数表示<sup>[38]</sup>,计算公式如下:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (9)$$

式中:  $I$  为全局莫兰指数,取值范围为 $[-1, 1]$ ,  $I > 0$  表示正相关,趋于空间集聚,  $I < 0$  表示负相关,趋于空间分散,  $I = 0$  表示不相关,趋于空间随机分布;  $w_{ij}$  为空间权重矩阵;  $n$  为研究区单元数量。

局部空间自相关能更精确地反映局部空间集聚现象,识别局部区域内发生集聚或异常的空间位置,计算公式如下:

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij}(x_j - \bar{x})}{S^2} \quad (10)$$

式中:  $I_i$  为局部莫兰指数,  $I_i > 0$  表示高-高集聚区或低-低集聚区,  $I_i < 0$  表示高-低集聚区或低-高集聚区。

### 1.3.3 耦合协调度模型

耦合协调度模型来自物理学概念,常用来衡量不同系统间的相互作用,可分为耦合度和耦合协调度两个模型。耦合度模型主要用于测度各子系统间相互影响及联系程度,耦合协调度模型主要用于测度各子系统间协调发展程度,由于耦合度模型无法反映各子系统间协调水平的高低,需要进一步构建耦合协调度模型。

耦合度模型计算公式如下:

$$C = \sqrt{\frac{U_1 \times U_2 \times U_3 \times U_4 \times U_5}{[(U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5) / 5]^5}} \quad (11)$$

式中:  $C$  为耦合度,取值范围为 $[0, 1]$ ,值越大表示系统间相互作用程度越高;  $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ 、 $U_4$ 、 $U_5$  分别为水体洁净、生态良好、资源高效、产业兴旺和生活舒适 5 个子系统的综合评价指数。

耦合协调度模型计算公式如下:

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

$$T = \alpha_1 U_1 + \alpha_2 U_2 + \alpha_3 U_3 + \alpha_4 U_4 + \alpha_5 U_5 \quad (13)$$

式中:  $D$  为耦合协调度,取值范围为 $[0, 1]$ ,值越大表示各系统间协调发展水平越高;  $T$  为水体洁净、生态良好、资源高效、产业兴旺和生活舒适 5 个子系统综合评价指数之和;  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ 、 $\alpha_3$ 、 $\alpha_4$ 、 $\alpha_5$  为待定系数,表示各子系统的重要程度,借鉴前人做法<sup>[39-40]</sup>,本文认为各子系统同等重要,故令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1/5$ 。

根据各子系统耦合协调度  $D$  值大小进行等级划分<sup>[41]</sup>,具体划分标准见表 3。

表 3 耦合协调度( $D$ )等级划分

Table 3 Classification of coupling coordination degree ( $D$ )

耦合协调度值 Value of coupling coordination	$0.00 \leq D < 0.10$	$0.10 \leq D < 0.20$	$0.20 \leq D < 0.30$	$0.30 \leq D < 0.40$	$0.40 \leq D < 0.50$
耦合协调等级 Level of coupling coordination	极度失调	严重失调	中度失调	轻度失调	濒临失调
耦合协调度值 Value of coupling coordination	$0.50 \leq D < 0.60$	$0.60 \leq D < 0.70$	$0.70 \leq D < 0.80$	$0.80 \leq D < 0.90$	$0.90 \leq D \leq 1.00$
耦合协调等级 Level of coupling coordination	勉强协调	初级协调	中级协调	良好协调	优质协调

## 1.4 数据来源

地表水水质优良率(达到或好于Ⅲ类水)、集中式饮用水水源地水质达标率等数据来自各市(州)生态环

境状况公报,耕地面积等数据来自遥感数据,单位 GDP 能耗、人均 GDP、水运货运量、常住人口城镇化率等数据主要来自各市(州)统计年鉴、统计公报及国家和地方政府各类官方公开数据。部分空缺数据采用全省平均值或插值法进行估算或替代。数据获取时期为 2018 年。

## 2 结果与分析

### 2.1 绿色发展水平空间分布

长江经济带城市绿色发展水平区域差异显著,呈由下游、中游至上游依次递减趋势。下游地区绿色发展水平较高的城市主要为长三角地区核心城市;中游地区绿色发展水平较高的城市主要为中部三省的省会城市;上游地区绿色发展水平较高的城市以四川和云南西北部的少数民族地区为主,包括四川省的阿坝州、甘孜州、攀枝花和云南省的迪庆州、怒江州(图 2)。为进一步明确绿色发展水平的空间集聚特征,对长江经济带城市绿色发展指数进行全局空间自相关分析,得到 Moran's  $I$  指数为 0.396,且通过了  $P=0.010$  的显著性检验,表明长江经济带城市绿色发展水平具有显著正向空间集聚特征。局部空间自相关分析发现,热点区和冷点区空间集聚现象明显。总体而言,长江经济带绿色发展指数热点区主要位于长三角城市群的核心区,冷点区主要位于云、贵、川、渝交界地带,低-高聚类区除嘉兴外多位于长三角城市群外围区域(图 2)。

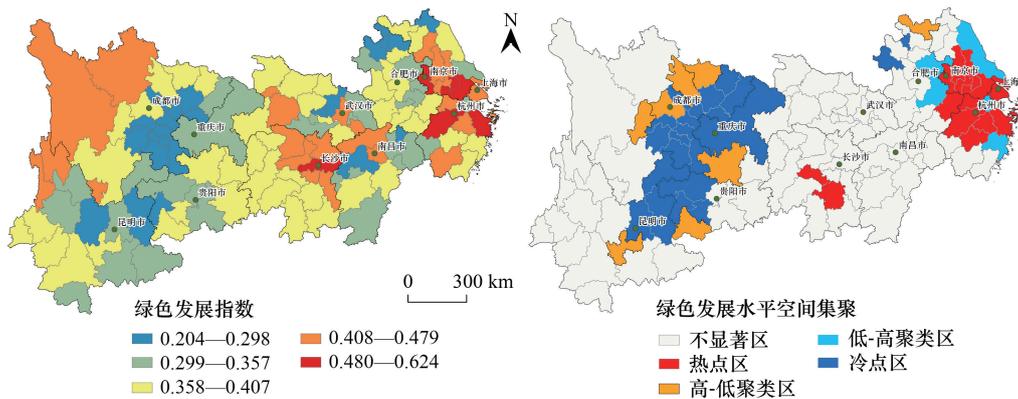


图 2 长江经济带城市绿色发展水平空间分布和空间集聚

Fig.2 Spatial distribution and spatial agglomeration of green development level in the Yangtze River Economic Belt

按主体功能区划分,长江经济带城市绿色发展指数表现为优化开发区>限制开发区>重点开发区;区域内部的标准差表现为优化开发区>重点开发区>限制开发区。优化开发区城市绿色发展水平平均值为 0.489,标准差为 0.074,结合绿色发展水平空间分布和集聚特征,可以发现嘉兴为优化开发区绿色发展的洼地,这可能是造成优化开发区绿色发展水平标准差较大的主要原因。限制开发区城市绿色发展水平平均值为 0.374,标准差为 0.042,结合绿色发展水平空间分布和集聚特征,可以发现限制开发区城市多为中等绿色发展水平和不显著区,区域内部差异较小。重点开发区城市绿色发展水平平均值为 0.332,标准差为 0.065,结合绿色发展水平空间分布和集聚特征,可以发现成渝城市群及滇中城市群范围内的重点开发区绿色发展水平普遍较低,严重拉低了重点开发区的绿色发展水平。

### 2.2 绿色发展子系统分析

从长江经济带整体来看,各子系统均值得分表现为水体洁净>资源高效>生态良好>生活舒适>产业兴旺(表 4)。其中,水体洁净子系统均值为 0.871,远高于其他子系统,可知长江经济带各城市水环境质量及水污染治理能力普遍较高;产业兴旺子系统均值为 0.113,远低于其他子系统,为区域绿色发展的主要短板,是未来绿色发展水平突破提升的重要方向。从主体功能区来看,各主体功能区间在水体洁净和生态良好子系统的均值得分差异不大;在资源高效、产业兴旺、生活舒适等各子系统的均值得分差异较大,且均表现为优化开发

区>重点开发区>限制开发区。结果表明长江经济带城市社会经济的不均衡发展可能是造成区域内绿色发展水平得分差异的主要原因。

表 4 按主体功能区分类的绿色发展各子系统得分

Table 4 Scores of green development subsystems classified by major function oriented zones

分类标准 Classification criteria	水体洁净均值 Mean value of clean water	生态良好均值 Mean value of good Ecology	资源高效均值 Mean value of efficient resources	产业兴旺均值 Mean value of prosperous industry	生活舒适均值 Mean value of comfortable life
优化开发区 Optimized development zone	0.806	0.328	0.602	0.414	0.296
重点开发区 Key development zone	0.850	0.255	0.400	0.119	0.181
限制开发区 Restricted development zone	0.893	0.274	0.281	0.061	0.154
长江经济带整体 Overall of the Yangtze River Economic Belt	0.871	0.273	0.350	0.113	0.176

为甄别各子系统的主要问题区域,本文分别将 5 个二级指标视为独立系统测算其得分,识别出各子系统得分排名后十位的城市(表 5)。具体来看,水体洁净得分后十位的城市在长江上、中、下游均有分布,以长江三大城市群核心区为主;生态良好得分后十位的城市主要位于皖北、川东及长江入海口城市;资源高效得分后十位的城市主要位于皖西、湘鄂黔渝交界地带及滇南部分城市;产业兴旺得分后十位的城市主要分布于长江上游地区,多为各省边界区域;生活舒适得分后十位的城市主要位于皖北、鄂东、湘西南、川东北、滇东北、黔北等地。除水体洁净和生态良好子系统得分较低城市含部分区域中心城市外,其余子系统得分较低的城市多为省际边界型城市,表明长江经济带部分主要区域中心城市生态环境问题突出,而绝大部分非中心城市社会发展水平较低。

表 5 各子系统得分排名位于后十位的城市

Table 5 The cities in the bottom ten with the scores of each subsystem

子系统类型 Type of subsystem	城市 Cities
水体洁净 Clean water	楚雄、西双版纳、内江、鄂州、嘉兴、淮北、眉山、上海、宿州、武汉
生态良好 Good ecology	天门、自贡、上海、内江、淮北、德阳、阜阳、宿州、南通、亳州
资源高效 Efficient resources	文山、普洱、安庆、湘西、临沧、铜仁、丽江、六安、恩施、德宏
产业兴旺 Prosperous industry	黔东南、达州、凉山、丽江、甘孜、毕节、恩施、怒江、巴中、昭通
生活舒适 Comfortable life	铜仁、黄冈、巴中、广安、娄底、宿州、亳州、阜阳、昭通、毕节

## 2.3 耦合协调分析

### 2.3.1 耦合协调度统计分析

为深度探析长江经济带绿色发展各子系统间的相互作用关系,采用耦合协调度模型测算其耦合协调水平,统计处于各耦合协调类型的城市数量(表 6)。结果表明,长江经济带绿色发展各子系统间的耦合协调度值位于 0.365—0.656 之间,仅包含轻度协调、濒临失调、勉强协调和初级协调 4 类耦合协调类型,耦合协调水平普遍不高。各耦合协调类型中,处于濒临失调类型的城市数量最多,占比为 50.00%;有 49 个城市处于勉强协调类型,占比为 37.69%。综合来看,长江经济带城市耦合协调类型多处于协调和失调的临界区间,处于失调类型和协调类型的城市数量相近,约各占一半。按主体功能区划分,优化开发区城市多处于协调类型,勉强协调和初级协调的城市数量占 91.67%;重点开发区中处于濒临失调和勉强协调类型的城市数量居多,二者占比均为 41.86%;限制开发区中处于濒临失调类型的城市数量最多,占比为 61.33%,其次为处于勉强协调类型的城市,占比为 34.67%。总体而言,长江经济带各主体功能区的耦合协调水平表现为优化开发区>重点开发

区>限制开发区。

表 6 长江经济带绿色发展各子系统耦合协调水平分区统计

Table 6 Regional statistics of coupling coordination relationship among subsystems of green development

耦合协调类型 Type of coupling coordination		耦合协调 度区间 Coupling coordination degree interval	长江经济 带整体 Overall of the Yangtze River Economic Belt	优化开发 区 Optimized development zone	重点开发 区 Key development zone	限制开发 区 Restricted development zone
失调类型 Type of disorder	轻度失调	[0.30,0.40)	3(2.31%)	0(0.00%)	1(2.33%)	2(2.67%)
	濒临失调	[0.40,0.50)	65(50.00%)	1(8.33%)	18(41.86%)	46(61.33%)
	小计	[0.00,0.50)	68(52.31%)	1(8.33%)	19(44.19%)	48(64.00%)
协调类型 Type of coordination	勉强协调	[0.50,0.60)	49(37.69%)	5(41.67%)	18(41.86%)	26(34.67%)
	初级协调	[0.60,0.70)	13(10.00%)	6(50.00%)	6(13.95%)	1(1.33%)
	小计	[0.50,1.00]	62(47.69%)	11(91.67%)	24(55.81)	27(36.00%)
总计		[0.00,1.00]	130(100.00%)	12(100.00%)	43(100.00%)	75(100.00%)

括号内为不同耦合协调类型城市数量占比

### 2.3.2 耦合协调度空间分布

长江经济带耦合协调水平较高的城市多位于长江中下游地区,如长三角城市群的上海、苏州、南京等部分核心城市,武汉都市圈中心的武汉、黄石、仙桃等城市,长株潭都市圈中心的长沙和株洲;长江上游地区仅攀枝花处于初级协调类型。耦合协调水平较低的城市较少,仅有宿州、黄冈和眉山三市处于轻度失调类型(图3)。总体而言,长江经济带耦合协调水平表现为长江下游地区>长江中游地区>长江上游地区。

通过全局空间自相关分析,Moran's *I* 指数为 0.588,通过了  $P=0.010$  的显著性检验,具有显著的正向空间集聚特征。局部空间自相关分析结果表明,长江经济带耦合协调发展的热点区主要位于江浙沪地区,以浙北、上海和苏南为主;冷点区主要位于川中东部,同时部分冷点区零星分布于阜阳、淮北、徐州、保山等城市;低-高聚类区主要位于长三角城市群的外围地区,以皖东城市为主;高-低聚类区空间分布较为分散,仅有泸州、宜宾、攀枝花和普洱四市(图3)。可以看出,长江中上游地区的省会及直辖市受自身发展限制,缺乏区域带动能力,较难形成耦合协调发展的热点区。这在一定程度上反映了长江经济带城市绿色发展各子系统间的协调发展水平存在较大问题,凸显了长江经济带城市绿色发展问题识别和针对性调控的迫切性。

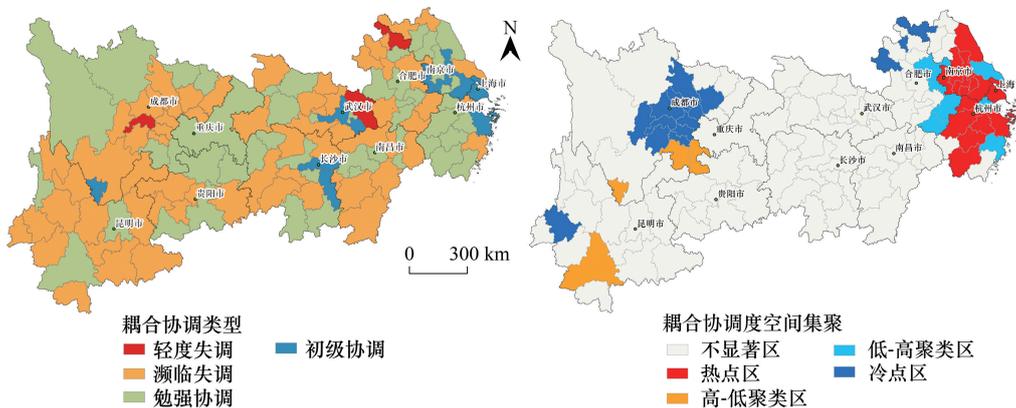


图 3 长江经济带城市耦合协调类型空间分布和耦合协调度空间集聚

Fig.3 Spatial distribution of coupling coordination degree and cluster analysis in Yangtze River Economic Belt

## 3 问题区域识别与建议

### 3.1 问题区域识别

基于长江经济带各城市绿色发展水平及各子系统得分的测度结果,分别从长江经济带整体和主体功能区

视角出发,进一步识别绿色发展的问题区域,以期为提高长江经济带城市绿色发展水平提供全面直接的参考依据。参照前人研究<sup>[41-44]</sup>,本文将水体洁净、生态良好、资源高效、产业兴旺、生活舒适及绿色发展指数得分低于其所属类型平均得分 70% 的区域定义为问题区域。该分类标准的组合情况过于复杂,考虑到水体洁净和生态良好子系统所含指标主要反映区域生态环境状况,本研究将水体洁净或生态良好问题区域统称为生态滞后型;考虑到资源高效和产业兴旺子系统所含指标主要反映区域生产效率,将资源高效或产业兴旺问题区域统称为生产滞后型;将生活舒适问题区域称为生活滞后型;将绿色发展问题区域称为综合滞后型。结果表明,生态滞后型城市有 22 个,生产滞后型城市有 85 个,生活滞后型城市有 39 个,综合滞后型城市有 6 个。由于各问题区域存在空间重叠现象,根据各地市实际问题类型及其组合情况可将问题区域划分为 8 种基本类型(表 7),实际问题区域 92 个,非问题区域 38 个,具体空间分布情况如图 4 所示。

表 7 问题区域类型划分及判定标准  
Table 7 Criteria and types of problem areas

问题区域类型 Type of problem area	问题区域内涵 Problem area connotation	判定条件 Judgment condition
问题类型 I Question type I	生态滞后型	仅 $U_1$ 或 $U_2$ 得分低于区域平均水平的 70%
问题类型 II Question type II	生产滞后型	仅 $U_3$ 或 $U_4$ 得分低于区域平均水平的 70%
问题类型 III Question type III	生态与生产双滞后型	$(U_1$ 或 $U_2)$ 并 $(U_3$ 或 $U_4)$ 得分均低于区域平均水平的 70%
问题类型 IV Question type IV	生态与生活双滞后型	$(U_1$ 或 $U_2)$ 并 $U_5$ 得分均低于区域平均水平的 70%
问题类型 V Question type V	生产与生活双滞后型	$(U_3$ 或 $U_4)$ 并 $U_5$ 得分均低于区域平均水平的 70%
问题类型 VI Question type VI	生态、生产与生活全面滞后型	$(U_1$ 或 $U_2)$ 并 $(U_3$ 或 $U_4)$ 并 $U_5$ 得分均低于区域平均水平的 70%
问题类型 VII Question type VII	生产与生活滞后引发的综合滞后型	$(U_3$ 或 $U_4)$ 并 $U_5$ 并 $N$ 得分均低于区域平均水平的 70%
问题类型 VIII Question type VIII	生态、生产、生活滞后引发的综合滞后型	$(U_1$ 或 $U_2)$ 并 $(U_3$ 或 $U_4)$ 并 $U_5$ 并 $N$ 得分均低于区域平均水平的 70%

对长江经济带整体而言(图 4),与生态滞后有关的问题区域主要集中于四个地区,包括长三角地区的上海、南通、嘉兴,苏北的徐州和皖北的宿州、淮北、亳州、阜阳,鄂中的武汉、天门、潜江,川中东部绝大部分城市及川西的甘孜和阿坝两个自治州。这类生态滞后型城市主要有两类成因,一是位于城市群核心地带的区域重点城市,以上海、武汉和成都及其周边城市为代表,短期内以牺牲一定的生态环境代价来促进经济的快速发展<sup>[36]</sup>;二是远离区域核心的省际边界型城市,以皖北四市及川西两个自治州为代表,受产业发展和自然资源条件限制,产业转型升级缓慢,传统发展模式极易造成生态环境问题。与生产滞后有关的问题区域广泛分布于长江中上游地区,表明长江中上游地区资源利用效率和产业水平较低是当前长江经济带绿色发展面临的主要问题。与生活滞后有关的问题区域往往与生产滞后型区域重叠,常位于省会或直辖市周边,这些区域自然条件和社会经济发展水平相对一般,优质社会经济资源优先向省内或周边重点城市集聚,严重制约了当地经济发展,在缺乏经济和产业支撑的情况下,难以保障城市进行完善的公共基础设施建设,严重影响区域居民生活质量。由生产与生活滞后引发的综合滞后型和生态、生产、生活滞后引发的综合滞后型问题区域主要集中于四个地区:一是皖北的亳州和宿州,二者均为传统的资源型城市,主导产业为食品、煤炭开采和选洗等初级产业部门,且远离长三角核心区,受长三角地区的辐射带动影响较小,导致区域生态环境、产业发展和生活质量问题并发,严重影响城市的绿色发展水平;其余三者均位于城市群或都市圈核心城市附近,如武汉都市圈的天门和孝感、成渝城市群的眉山、滇中城市群的楚雄州,这些区域在经济和产业上受城市群或都市圈核心城市虹吸效应影响较大,由于距离邻近效应极易承接核心城市高污染产业,导致资源利用效率较低、产业结构不

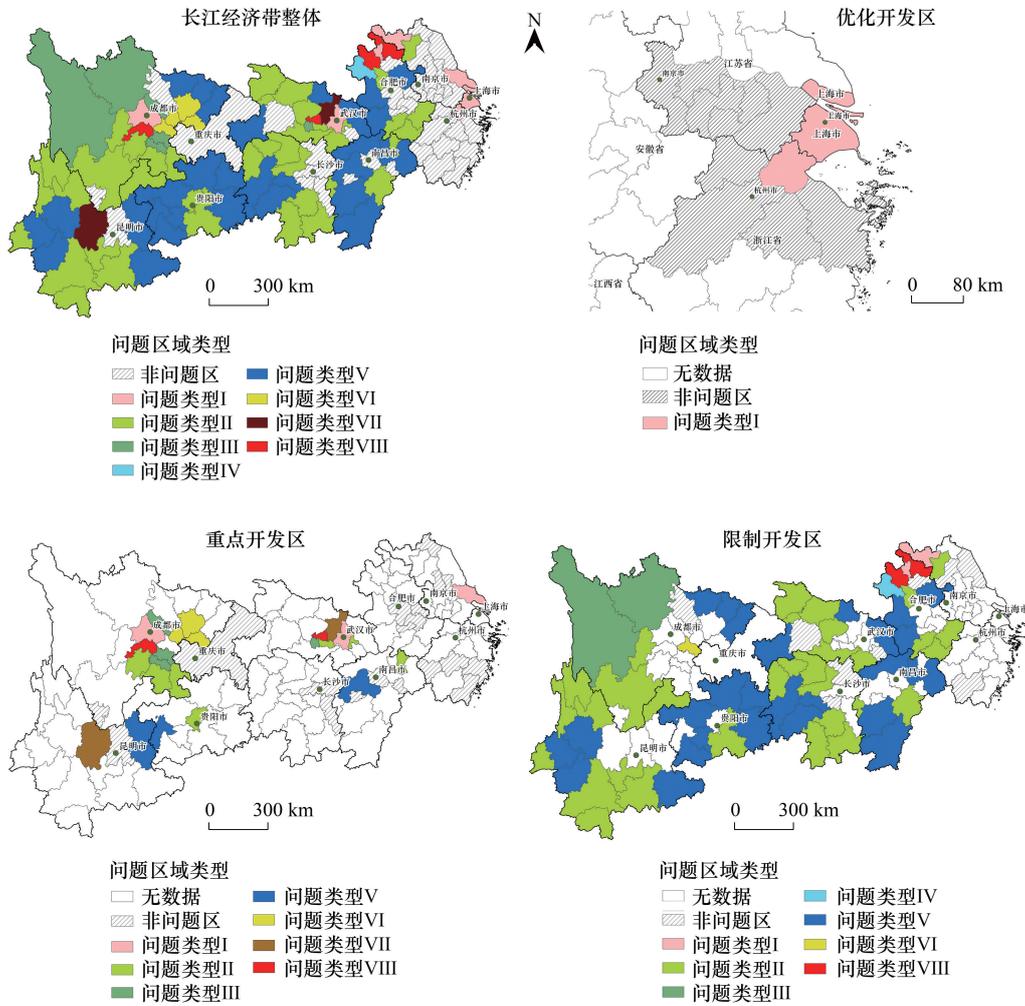


图 4 问题区域类型及其空间分布

Fig.4 The type and pattern of problem regions

合理,生态环境问题突出,较难保障居民生活质量水平,进而影响城市绿色发展水平。非问题区主要为长江下游地区及长江中上游的省会或直辖市,结合耦合协调分析结果可以发现长江下游地区为整个长江经济带城市耦合协调和绿色发展的典范。而长江中上游的省会或直辖市虽然自身绿色发展水平较高,但区域带动能力不足。长江经济带 11 个省会或直辖市中仅上海、武汉和成都为生态滞后型问题区域,分别为长三角城市群、长江中游城市群和成渝城市群的核心城市,这些区域由于人口和经济高度集聚,极易引起生态环境问题。

### 3.2 基于问题区域的优化建议

优化开发区的主要问题区仅有上海和嘉兴两市,类型均为生态滞后型(图 4)。结合绿色发展评价和耦合协调分析结果,该区域未来应充分发挥其在长江经济带绿色发展中的绝对优势,对标世界一流水准,强化生态环境保护意识,加快高污染、高耗能行业腾退速度,加大绿色技术研发投入和技术引进,加快生产生活方式绿色化转型。此外,需考虑地区资源环境承载力,切实提高环境污染治理能力和生态基础设施建设水平,协同推进区域联动的生态环境长效保护体制机制,进一步提高绿色发展耦合协调水平和区域辐射带动能力。

重点开发区的主要问题区集中于鄂中武汉都市圈及川东成渝双城经济圈内部,以生态滞后型、生产滞后型、生态与生产双滞后型等为主(图 4)。根据空间分布特征,大致可归为两类:①都市圈或经济圈内核心城市,如成都和武汉表现为生态滞后型;②都市圈或经济圈重要组成城市,以生产滞后型和生态与生产双滞后型为主。武汉和成都作为区域发展中心的重点开发区,承担着支撑全省乃至全国经济发展和人口集聚载体的重

任,未来源自人口和产业的资源环境压力将不断增加,这要求武汉和成都两地需迅速转变传统发展模式,提高环境治理能力,减少污染排放量,持续推进经济和产业绿色转型,建设绿色制造体系,积极承接优化开发区的产业转移,培育绿色高效的产业体系,并以同城化理念引领都市圈内城市高质量绿色发展。对其他省会或直辖市型重点开发区而言,一方面要迅速解决自身发展过程中存在的问题,另一方面要充分发挥中心城市在推动都市圈、城市群乃至更大辐射范围内城市绿色发展中的带动引领作用。都市圈或经济圈重要组成城市为一般重点开发区,应明确其在都市圈或经济圈内的地位和角色,找准自身发展优势,避免过多受中心城市虹吸作用影响,成为其高污染产业的收容所,反而应该以邻近核心城市的区位优势 and 发达的联系通道为依托,加强区内城市产业协作、基础设施一体化、公共服务共建共享、生态环境共保共治等,共同推进都市圈或经济圈区域城市生态、生产和生活的良性发展。

限制开发区的问题区域主要位于省际边界型城市地区,大致分为两类:①长江中上游地区的大量限制开发区,问题类型主要为生产滞后型和生产与生活双滞后型;②长江下游地区的苏北和皖北典型限制开发区,问题类型较为复杂,包括生态滞后型、生态与生活双滞后型、生态、生产、生活滞后引发的综合滞后型等(图4)。长江中上游地区的限制开发区受自然地理环境、交通便利性、经济基础等客观因素限制导致生产发展相对滞后,这些区域未来应找准自身绿色发展存在的主要问题和突破点,深入发掘自身的资源环境优势,发展地方特色产业,强化区际经济联系,提高产业转移承接能力,在不损害生态环境的前提下快速发展地方经济,在发展经济的同时持续推进生活公共基础设施建设,同步提高区域居民的生活质量,实现区域协调绿色发展。苏北和皖北典型限制开发区问题突出且复杂,但其具有一定的区位优势,对该区域而言未来应加快产业转型升级,主动与长三角城市群进行产业对接,承接区域产业转移,同时结合限制开发区对当地绿色发展目标的要求,发展特色现代农业,利用机械化、信息化、数字化等新技术为农业现代化赋能,成为长三角地区特色农产品供应基地。此外,该区域还借助外力,特别是长三角城市群核心城市应加强对苏北、皖北重点城市的定向指导和帮扶,避免其成为长江下游绿色发展的“塌陷区”,推动其在生态、生产和生活等多方面的良性发展。

## 4 结论与研究展望

### 4.1 结论

本文从主体功能区视角出发,运用综合赋权法、空间自相关、耦合协调度模型,探析长江经济带各城市绿色发展水平及绿色发展各子系统耦合协调度的空间分异特征,并对制约各城市绿色的发展的主控因素展开识别,得出如下主要结论:

(1)从绿色发展水平整体看,长江经济带绿色发展水平呈由下游、中游至上游依次递减趋势,长三角城市群核心区为绿色发展水平的高值区,云、贵、川、渝交界地带为绿色发展水平的低值区;各主体功能区绿色发展指数表现为优化开发区>限制开发区>重点开发区。

(2)长江经济带绿色发展各子系统均值得分表现为水体洁净>资源高效>生态良好>生活舒适>产业兴旺,部分区域中心城市生态环境问题突出,而绝大部分非中心城市社会经济发展水平较低;各主体功能区在资源高效、产业兴旺、生活舒适等方面得分差异较大,且均表现为优化开发区>重点开发区>限制开发区。

(3)从耦合协调分析结果看,长江经济带城市的耦合协调类型多处于濒临失调和勉强协调的临界区间,耦合协调水平整体偏低,具体表现为长江下游地区>长江中游地区>长江上游地区及优化开发区>重点开发区>限制开发区。耦合协调发展水平的热点区主要位于江浙沪地区,长江中上游地区的省会及直辖市缺乏区域带动能力,目前较难形成耦合协调发展的热点集聚区。

(4)从问题区域识别结果看,长江中上游地区绝大部分城市绿色发展主要受资源利用和产业发展水平偏低,及由此带来的生态和生活问题限制。优化开发区的问题区域仅上海和嘉兴两市,以生态问题为主;重点开发区的问题区域集中于鄂中武汉都市圈及川东成渝双城经济圈内部,以生态和生产问题为主;限制开发区的问题区域主要位于省际边界型城市地区,除苏北和皖北部分城市外,以生产和生活问题为主。

## 4.2 研究展望

本文创新性地主体功能区理念融入绿色发展评价,从主体功能区视角出发,根据各主体功能区背景和发展目标导向为二级指标赋予不同的权重,开展多维度长江经济带绿色发展评价与对比分析。主体功能区视角能突破传统研究区边界限制,从区域整体角度分析长江经济带绿色发展水平的空间特征,有助于发挥各主体功能区比较优势,根据各地区自身情况探索差异化的绿色发展之路。考虑到数据收集难度和文章篇幅,本文未能做到对长江经济带绿色发展水平时序变化的探讨,后续还需引入“时间”维度,探究长江经济带城市绿色发展水平的时空特征,识别问题区域的变化过程。同时,今后还需加强县区尺度资料收集,努力做到县区尺度主体功能区绿色发展评价研究,为针对主体功能区的绿色发展调控政策落地实施提供更精准的指导。

## 参考文献(References):

- [ 1 ] 陈义忠, 乔友凤, 卢宏伟, 夏军. 长江中游城市群水-碳-生态足迹变化特征及其平衡性分析. 生态学报, 2022, 42(4): 1368-1380.
- [ 2 ] 陆大道. 长江大保护与长江经济带的可持续发展——关于落实习总书记重要指示, 实现长江经济带可持续发展的认识与建议. 地理学报, 2018, 73(10): 1829-1836.
- [ 3 ] 周立华, 刘洋. 中国生态建设回顾与展望. 生态学报, 2021, 41(8): 3306-3314.
- [ 4 ] 王传胜, 方明, 刘毅. 长江经济带国土空间结构优化研究. 中国科学院院刊, 2016, 31(1): 80-91.
- [ 5 ] Pan W, Pan W L, Hu C, Tu H T, Zhao C, Yu D Y, Xiong J W, Zheng G W. Assessing the green economy in China: an improved framework. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 209: 680-691.
- [ 6 ] Sun Y H, Ding W W, Yang Z Y, Yang G C, Du J T. Measuring China's regional inclusive green growth. *Science of the Total Environment*, 2020, 713: 136367.
- [ 7 ] 秦小丽, 刘益平. 绿色发展研究述评. 社会科学家, 2018(4): 70-74, 81.
- [ 8 ] 李晓西, 刘一萌, 宋涛. 人类绿色发展指数的测算. 中国社会科学, 2014(6): 69-95, 207.
- [ 9 ] 胡鞍钢, 周绍杰. 绿色发展: 功能界定、机制分析与发展战略. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(1): 14-20.
- [ 10 ] Bank W. *Inclusive Green Growth*. Washington DC, USA: The World Bank, 2012.
- [ 11 ] 程钰, 王晶晶, 王亚平, 任建兰. 中国绿色发展时空演变轨迹与影响机理研究. 地理研究, 2019, 38(11): 2745-2765.
- [ 12 ] Sun C Z, Tong Y L, Zou W. The evolution and a temporal-spatial difference analysis of green development in China. *Sustainable Cities and Society*, 2018, 41: 52-61.
- [ 13 ] 郭付友, 吕晓, 于伟, 任嘉敏, 初楠臣. 山东省绿色发展水平绩效评价与驱动机制——基于 17 地市面板数据. 地理科学, 2020, 40(2): 200-210.
- [ 14 ] 张旭, 魏福丽, 袁旭梅. 中国省域高质量绿色发展水平评价与演化. 经济地理, 2020, 40(2): 108-116.
- [ 15 ] Kasztelan A. On the road to a green economy: how do European union countries 'do their homework'? *Energies*, 2021, 14(18): 5941.
- [ 16 ] Kim S E, Kim H, Chae Y. A new approach to measuring green growth: application to the OECD and Korea. *Futures*, 2014, 63: 37-48.
- [ 17 ] 陆琳忆, 胡森林, 何金廖, 曾刚. 长三角城市群绿色发展与经济增长的关系——基于脱钩指数的分析. 经济地理, 2020, 40(7): 40-48.
- [ 18 ] Weng Q Q, Qin Q D, Li L. A comprehensive evaluation paradigm for regional green development based on "Five-Circle Model": a case study from Beijing-Tianjin-Hebei. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 277: 124076.
- [ 19 ] 赵林, 吴殿廷, 贾建琦, 王振. 山东省包容性绿色效率的时空格局与影响因素. 地理与地理信息科学, 2020, 36(6): 127-133.
- [ 20 ] 伦飞, 李红, 胡起源, 高翔, 查思含, 霍伟, 张丹, 肖潇. 北京市 2006—2016 绿色发展水平时空演变特征研究. *Journal of Resources and Ecology*, 2022, 13(1): 161-172.
- [ 21 ] 郭付友, 高思齐, 佟连军, 任嘉敏. 黄河流域绿色发展效率的时空演变特征与影响因素. 地理研究, 2022, 41(1): 167-180.
- [ 22 ] 卢丽文, 宋德勇, 李小帆. 长江经济带城市发展绿色效率研究. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(6): 35-42.
- [ 23 ] 吴传清, 张冰倩. 长江经济带制造业绿色发展效率研究. 学习与实践, 2022(5): 32-40.
- [ 24 ] 杨莉, 余倩倩, 张雪磊. 江苏沿江城市工业绿色发展评价与转型升级路径研究. 江苏社会科学, 2019(6): 249-256, 260.
- [ 25 ] 肖琴, 周振亚, 罗其友. 长江经济带农业绿色生产效率及其时空分异特征研究. 中国农业资源与区划, 2020, 41(10): 15-24.
- [ 26 ] 樊杰, 周侃. 以“三区三线”深化落实主体功能区战略的理论思考与路径探索. 中国土地科学, 2021, 35(9): 1-9.
- [ 27 ] 樊杰, 王亚飞, 梁博. 中国区域发展格局演变过程与调控. 地理学报, 2019, 74(12): 2437-2454.
- [ 28 ] 吴桐, 岳文泽, 夏皓轩, 熊锦惠. 国土空间规划视域下主体功能区战略优化. 经济地理, 2022, 42(2): 11-17, 73.

- [29] 李旭辉, 朱启贵. 生态主体功能区经济社会发展绩效动态综合评价. 中央财经大学学报, 2017(7): 96-105.
- [30] 陈国磊. 湖北省主体功能区空间发展绩效研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2019.
- [31] 郭艳花, 佟连军, 梅林. 吉林省限制开发生态区绿色发展水平评价与障碍因素. 生态学报, 2020, 40(7): 2463-2472.
- [32] 樊杰. 中国主体功能区划方案. 地理学报, 2015, 70(2): 186-201.
- [33] 陆大道. 建设经济带是经济发展布局的最佳选择——长江经济带经济发展的巨大潜力. 地理科学, 2014, 34(7): 769-772.
- [34] 刘波, 黄勤, 杨理珍. 高质量发展背景下长江经济带“人—水—地”系统耦合协调效应评价. 软科学, 2021, 35(5): 27-34, 42.
- [35] 蔡绍洪, 谷城, 张再杰. 长江经济带绿色发展水平测度及时空演化特征. 华东经济管理, 2021, 35(11): 25-34.
- [36] 任嘉敏, 马延吉. 东北老工业基地绿色发展评价及障碍因素分析. 地理科学, 2018, 38(7): 1042-1050.
- [37] 方创琳, 王振波, 刘海猛. 美丽中国建设的理论基础与评估方案探索. 地理学报, 2019, 74(4): 619-632.
- [38] 郭宇, 王振波, 徐成东. 中国机动车总颗粒物排放时空演变特征及驱动因子. 生态学报, 2021, 41(11): 4406-4417.
- [39] Huang J C, Na Y, Guo Y. Spatiotemporal characteristics and driving mechanism of the coupling coordination degree of urbanization and ecological environment in Kazakhstan. *Journal of Geographical Sciences*, 2020, 30(11): 1802-1824.
- [40] 姜晓艳, 吴相利. 林业资源型城市生态-经济-社会协调发展的定量测度——以黑龙江省伊春市为例. 生态学报, 2021, 41(21): 8396-8407.
- [41] 李建新, 梁曼, 钟业喜. 长江经济带经济与环境协调发展的时空格局及问题区域识别. 长江流域资源与环境, 2020, 29(12): 2584-2596.
- [42] 刘彦随, 杨忍. 中国县域城镇化的空间特征与形成机理. 地理学报, 2012, 67(8): 1011-1020.
- [43] 周振, 孔祥智. 中国“四化”协调发展格局及其影响因素研究——基于农业现代化视角. 中国软科学, 2015(10): 9-26.
- [44] 李裕瑞, 王婧, 刘彦随, 龙花楼. 中国“四化”协调发展的区域格局及其影响因素. 地理学报, 2014, 69(2): 199-212.