

长江经济带区域发展与资源环境承载力 空间耦合特征及高质量发展路径

马志远 段学军 王磊 王雅竹¹

(1. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008;

2. 中国科学院 流域地理学重点实验室, 江苏 南京 210008)

【摘要】: 高质量发展是解决区域发展与资源环境承载力矛盾问题的战略举措和基本路径。重构区域发展与资源环境承载力指标体系, 借助耦合协调发展类型分析框架, 运用 CRITIC—熵权法组合赋权法、耦合协调度模型、马尔科夫链等方法, 分析了 2010~2018 年长江经济带区域发展与资源环境承载力的时空格局、同步发展情况、耦合协调特征及发展类型。结果表明: (1) 区域发展和资源环境承载力分别以共享性、资源环境治理能力为主要驱动力; 两者的空间匹配度较高, 下游“双同步”和“资源环境承载力滞后”类型居多, 中上游分别以“区域发展滞后”和“双滞后”类型为主。(2) 耦合协调度呈低水平上升态势, 空间上下游和中上游分别为空间扩散、集中特征; 等级演进表现出稳定性特征, 较难实现跨越式转移, 下中游城市等级转变活跃, 上游城市存在“俱乐部趋同”现象。(3) 基于分析框架, 从动力因素、相对和绝对发展水平将长江经济带城市划分为 20 种耦合协调发展类型。建议未来以有效性、创新性、资源环境利用效率为重要抓手, 因地制宜地采取调控手段和政策助推高质量发展。

【关键词】: 区域发展 资源环境承载力 耦合协调 高质量发展

【中图分类号】: F301.2; X24 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2022)09-1873-11

新时期我国经济已从高速增长阶段转向高质量发展阶段, 区域发展与资源环境承载力如何协调发展成为亟待解决的重大问题。2014 年在最新版“增长的极限—罗马俱乐部关于人类困境的报告”中提到人口增长、工业发展、能源消耗等已大大超出地球生态系统的承载能力。长江经济带作为我国重大国家战略发展区域, 受生态环境约束, 经济发展的负外部性日渐凸显。2020 年 11 月, 习近平总书记在南京强调: 贯彻新发展理念, 推动长江经济带高质量发展。为此立足于资源环境承载力, 找寻制约区域协调发展的短板, 合理布局城市化、农业化和生态化三大空间格局, 是实现高质量发展的重大课题。

学术界长期关注着发展与资源环境间的关系。早期用因果关系来解释不同发展阶段国家的地理环境及其关系, 形成了地理环境决定论与或然论。直到现代, 才以相互作用论来解析发展与环境之间的关系^[1]。国外研究主要基于宏观尺度探讨自然生态多重效益及解决发展与环境保护博弈的方案^[2,3]。国内研究主要集中于四个方面, 理论基础为耦合裂变律、动态层级律、随机涨落律等^[4]; 研究内容集中在区域发展与水、土资源和生态环境等单要素耦合关系研究^[5], 以及资源环境要素约束下区域发展模式的探讨^[6], 或是区域转型发展的资源环境效应分析^[7]; 研究方法涉及数学模型、力学方法和“3S”技术定量分析等^[8,9]; 研究尺度囊括了

¹作者简介: 马志远(1995~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为区域发展与城乡规划。E-mail: zyma@niglas.ac.cn; 段学军, E-mail: xjduan@niglas.ac.cn

基金项目: 国家重点研发项目(2018YFD1100101); 江苏省自然科学基金项目(BK20200109)

全国、县和村镇等多个尺度^[10]。面对错综复杂的国内外形势，2017 年党的十九大报告指出，中国经济已迈向高质量发展阶段，由此在国内掀起了关于高质量发展的研究热潮^[11, 12, 13, 14]。高质量发展不只是一个经济要求，而是对社会经济发展方方面面的总要求；也不是一时一事的要求，而是必须长期坚持的要求。因此高质量发展是解决区域发展和资源环境承载力耦合协调问题的战略举措和基本路径。但以往研究多停留在以全国或大区域整体为单元探究经济发展与生态建设耦合协调的影响因素和限制性因子，长江经济带地域范围广，区域间和区域内部的自然资源禀赋、社会经济发展差异非常大，两者间的矛盾呈现多样化。因此，仅关注宏观层面将难以精细化识别各行政单元区域发展与资源环境承载力的协调关系以及归纳和总结不同地区的问题、短板，不能科学指导国土空间规划与生态修复工作。

基于上述分析，本文尝试从 3 个方面对现有文章进行拓展研究：(1) 立足于“人—地耦合”视角，从区域发展和资源环境承载力的内在关系出发，建立其耦合协调度模型；(2) 明确了各地区在高质量发展格局中的功能定位以及下一步工作重心，以期推动中国高质量发展；(3) 基于区域发展与资源环境承载力的驱动因素、相对和绝对发展水平，构建了耦合协调发展类型分析框架，厘清了耦合协调发展类型，尝试建立高质量发展差异化路径识别的一般范式。

1 研究区域与方法

1.1 研究区域

“长江经济带”概念源于 2016 年 9 月国务院发布的《长江经济带发展规划纲要》，其地域范围涉及苏、浙、皖、赣、鄂、湘、川、滇、黔九省及沪、渝两直辖市。长江经济带是兼顾了自然地理环境、人文脉络、经济区的整体功能和行政区的完整性等诸多因素的一种经济区形式，它是以流域为基础、以长江为纽带、以城市经济区为基本单元的宏观协作经济带^[15]。由于巢湖、铜仁和毕节存在行政区划调整，基于数据的可得性与平行性原则，最终选取长江经济带 108 个城市为研究对象¹。

1.2 分析框架

区域发展与资源环境承载力耦合协调发展类型划分包括三大步骤：子系统驱动力识别、同步发展类型探究、耦合协调度分析，具体过程详述如下(图 1)：

(1) 子系统驱动力识别。通过评价区域发展或资源环境承载力的各个维度对其的重要性进行判定。采用 CRITIC-熵值法组合赋权法确定每个指标的权重后通过指标加权评价子系统分项维度的重要程度。

(2) 同步发展类型探究。旨在厘清城市各子系统的相对发展状态。以各子系统综合评价指数均值代表长江经济带平均水平，并用城市当年子系统所得分数与均值之差来评价城市子系统发展概况，能明显看出区域发展和资源环境承载力均衡与否，判别标准参考[16]。

(3) 耦合协调度分析。根据上述子系统评价结果，基于耦合协调度模型，可以评价出不同城市区域发展与资源环境承载力的耦合协调程度。

1.3 指标体系构建

本文旨在构建能反映高质量发展内涵的区域发展与资源环境承载力两大系统(表 1、表 2)。高质量发展是指以满足人民日益增长的美好生活需要为目标的高效率、公平和绿色可持续的发展。参考已有文献，从有效性、协调性、创新性、稳定性和共享性五大维度 10 个指标构建区域发展指标体系^[11]。资源环境承载力指标体系则回归“力”的物理形态并结合《关于加快推进生态文明建设的意见》，构建了资源环境支撑力、资源环境压力、资源环境利用效率和资源环境治理能力四个子系统 16 项指标^[17, 18]。

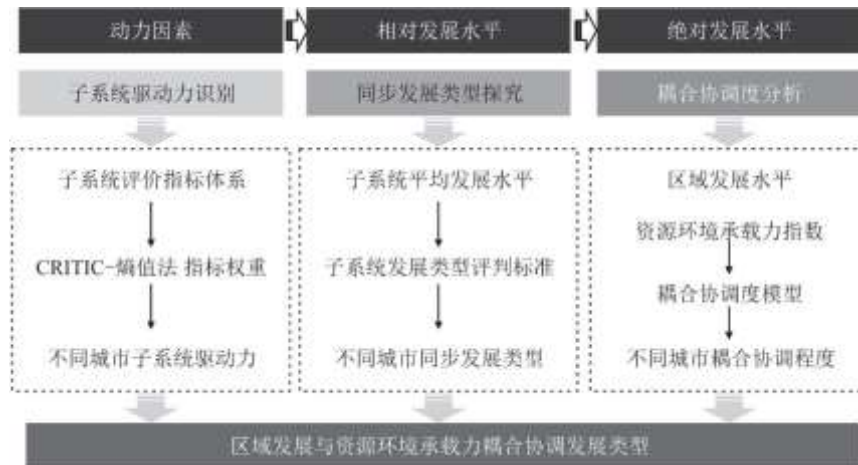


图 1 区域发展与资源环境承载力耦合协调发展类型分析框架

需要指出的是，两大系统中部分指标需处理与测算，具体过程及方法进行以下补充说明：全要素生产率根据索罗残差法测得^[19]；产业结构合理化是基于三次产业的要素投入结构和产出结构的耦合程度测得^[20]；二氧化碳排放量利用粒子群优化-反向传播(PSO-BP)算法对 DMSP/OLS、NPP/VIIRS 两套夜间灯光数据反演得到^[21]。

1.4 研究方法

1.4.1 CRITIC-熵权法组合赋权法

组合测算模型是指基于一定赋权方法，将多种单一测算模型进行赋权组合的综合方法。CRITIC 法是由 Diakoulaki 等提出的客观赋权法，结合了标准差系数法、均方差法和主成分分析法的优势，兼顾考虑各指标间的对比强度、冲突性和数据间的关联性。然而单一的 CRITIC 法未能虑及指标间的离散性，熵权法则可有效弥补这一不足。基于此，本研究将两种构权法相融合，构建了 CRITIC 和熵权法的组合赋权法，计算步骤如下：

表 1 区域发展指标体系

目标层	准则层	要素层	单位	指标属性	权重
区域发展	有效性	全要素生产率	-	正向	0.043
		地均 GDP	亿元/km ²	正向	0.109
	协调性	城镇化率	%	正向	0.066
		产业结构合理化	-	正向	0.099
	创新性	R&D 经费总额	万元	正向	0.147
		万人专利授权量	件/万人	正向	0.129
	稳定性	外贸依存度	%	正向	0.124

		社会保障投入水平	%	正向	0.148
	共享性	城乡人均收入比值	-	负向	0.068
		每万人拥有卫生技术人员数	人/万人	正向	0.067

表 2 资源环境承载力指标体系

目标层	准则层	要素层	单位	指标属性	权重
资源环境承载力	资源环境支撑力	水资源总量	m ³	正向	0.146
		耕地面积	hm ²	正向	0.112
		人均公园绿地面积	m ² /人	正向	0.120
		建成区绿化覆盖率	%	正向	0.022
	资源环境压力	工业废水排放量	10 ⁴ t	负向	0.038
		工业烟(粉)尘排放量	t	负向	0.013
		可吸入细颗粒物年平均浓度	μg/m ³	负向	0.060
		化肥施用量	t	负向	0.049
	资源环境利用效率	单位 GDP 耗水量	m ³ /万元	负向	0.017
		单位 GDP 耗能	t 标准煤/万元	负向	0.023
		单位 GDP 二氧化硫排放量	t/万元	负向	0.016
		单位 GDP 二氧化碳排放量	t/万元	负向	0.028
	资源环境治理能力	工业烟(粉)尘去除量	t	正向	0.184
		生活垃圾无害化处理率	%	正向	0.052
		污水处理厂集中处理率	%	正向	0.052
		一般工业固体废物综合利用率	%	正向	0.067

第 1 步：基于 CRITIC 法计算原理，先将原始数据和标准化运算代码导入 Stata16.0 中生成标准化数据，通过 SPSS21.0 软件可得标准差 σ 和相关系数 r ，将相关数据代入式 (1)，可得权重系数 $W_j(1)$ 。公式如下^[22]。

$$W_j^{(1)} = \frac{\sigma_j \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij})}{\sum_{j=1}^n [\sigma_j \sum_{i=1}^n (1 - r_{ij})]} \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

式中： $W_j^{(1)}$ 即为CRITIC法求得的第j种算法权重； σ_j 表示第j个评价指标的标准差； r_{ij} 表示第i个评价指标与第j个评价指标之间的相关系数。

第2步：基于熵权法，计算步骤参考[23]。将 $W_j^{(2)}$ 记作为熵权法求得的第j种算法权重。

第3步：假设两种赋权法具有同等地位，构建基于CRITIC和熵权法组合赋权法，进而实现客观赋权法间的优势互补。据此可建立公式(2)。

$$W_j = (W_j^{(1)} + W_j^{(2)}) / 2 \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

式中： W_j 表示为CRITIC-熵权法组合赋权法求得的第j种算法权重。

1.4.2 区域发展与资源环境承载力的耦合协调度模型

区域发展与资源环境承载力之间存在着一种客观“共生关系”，具有相辅相成、相互影响的属性。推动区域发展质量、效率和动力变革，是资源环境承载力提升的重要路径。通过科学制定人口、用地规模以及转变观念等形式，降低需求，可有效缓解区域资源环境的承载压力；同时以新发展理念为引导，加快技术创新和结构调整，促进资源节约循环高效利用，形成科技含量高、资源消耗低、环境污染少的产业结构和生产方式，在一定程度上优化和提升资源环境的承载能力；并且资源环境的系统性、区域性、跨界性特征突出，使得建立市县镇村多级联动、覆盖城乡、结构合理、功能健全的生态治理体系有助于提高资源环境协同治理能力。资源环境承载力是制定区域发展战略规划的基础。资源环境承载力通过自身响应对区域发展的每个方面都有一定约束和限制作用，因此只有精细化衡量区域资源环境承载力，才能从整体上以承载力为约束对国土空间进行科学规划，引导社会经济活动在资源节约、环境保护的基础上科学发展，从而实现区域发展的高级状态和最优状态。

基于物理学容量耦合概念，借鉴容量耦合系数模型构建区域发展与资源环境承载力的耦合度模型，公式如下^[24]：

$$C_i = \left\{ \frac{G_i \times E_i}{((G_i + E_i) / 2)^2} \right\}^k \quad (3)$$

式中： C_i 为耦合度，取值范围为[0, 1]； G_i 和 E_i 分别表示i地区区域发展水平和资源环境承载力指数；k为调节系数，本文取k=2。

耦合度无法判断两系统绝对水平的高低，因此本文运用建立在耦合度基础上的耦合协调度模型，公式如下^[25]：

$$D_i = \sqrt{C_i \times T_i}, \quad T_i = \alpha G_i + \beta E_i \quad (4)$$

式中： D_i 为耦合协调度，取值范围为 $[0, 1]$ ，数值越大表示两系统间关系越协调； T_i 为综合协调指数；因二者同等重要，故 $\alpha = \beta = 0.5$ 。在借鉴既有研究成果的基础上，结合长江经济带实际情况，确定了区域发展与资源环境承载力耦合协调类型划分标准，具体参考[26]。

1.4.3 马尔科夫链

马尔科夫链通常描述研究单元等级结构转变过程。以耦合协调度等级分类为基础，计算相应等级的概率分布及年际变化，反映演化过程。公式如下^[27]：

$$P_{ij}(E_i \rightarrow E_j) = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (5)$$

式中： E_i 记为城市的初始状态； E_j 为转变后的状态； n_{ij} 表示由 E_i 转变为 E_j 时 i 等级转移到 j 等级的城市数量之和； n_i 表示 E_i 处于 i 等级的城市数量，得到马尔科夫转移概率矩阵 P_{ij} 。

本文所涉数据源于 2010~2018 年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》、长江经济带各省、直辖市、各地级行政区统计年鉴及年度社会经济发展统计公报、专业统计公报及历史资料等，少数缺失数据采用均值法和插值法进行补充。

2 结果分析

2.1 区域发展与资源环境承载力空间分异

区域发展与资源环境承载力二者水平是其协调关系分异的基础，基于 CRITIC—熵权法组合赋权法估算结果，利用 Arcgis10.6 软件对研究期内 2010 和 2018 年长江经济带 108 个城市区域发展水平和资源环境承载力指数进行基本特征分析(图 2)。

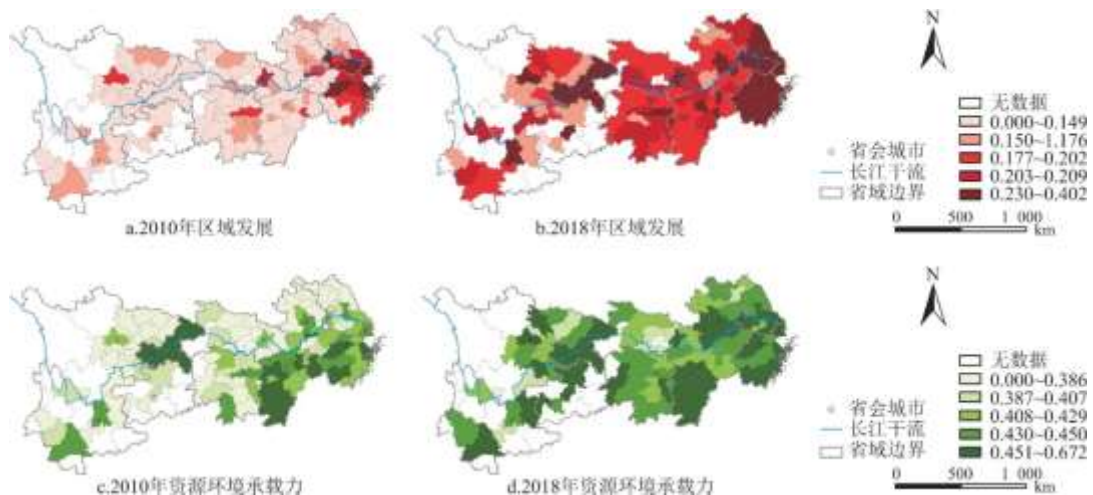


图 2 区域发展与资源环境承载力空间分异

2.1.1 区域发展空间分异

不同城市的驱动力具有异质性，共享性(0.071)是区域发展的主要动力。有效性(如上海)通过经济资源配置比例、方式和效率决定经济发展质量；协调性(如宁波)利用经济结构、城乡结构的协调和合理程度提升发展水平；创新性(如苏州)主要关注技术人才培养、提升产品附加值、提高生产效率，推动区域发展；国民经济平稳运行是资源有效配置和利用的基础，因此稳定性(如重庆)也是衡量区域发展的重要标准；共享性(如武汉)表现在以保障和改善民生、推进公共服务均等化等为发展成果共享提供政策路径。

2010~2018年区域发展水平年均增速明显(4.651%)，空间差异逐渐缩小，且空间分布呈现“下中上”阶梯状递减特征。2010年区域发展水平最高的是上海(0.402)，其次是苏州、宁波和无锡等。处于0.1~0.2之间的城市最多，低值区域集中在六盘水(0.07)、宿州(0.079)等，地区间差异较大。2018年区域发展水平均有显著提升，下游仍为高水平集聚区，是引领长江经济带区域发展的主力军，主要因为在有效性和创新性的双重推动下并借助区位优势领先于中、上游；中游年均增速为4.759%，得益于稳定性与共享性驱动，这说明地方政府在民生品质提升和社会公平与共同富裕方面取得了一定成效。而上游处于垫底，低水平城市呈“连片分布”的显著特征。但其年均增速(4.81%)最快，提升潜力巨大。

2.1.2 资源环境承载力空间分异

各城市的资源环境承载能力增长动力存在差异，资源环境治理能力(0.162)成为关键要素。资源环境支撑力主要依托较好的耕地及绿色空间巩固承载力；资源环境压力(如昆明、德阳)指的是人类在日常生产生活中给予自然生态系统的破坏程度；资源环境利用效率注重的是从“源头”削减污染，采用先进的工艺技术和设备、改善管理、综合利用等措施，在维持经济发展的同时减少资源消耗和污染物产生；资源环境治理能力(如无锡、淮南)是指在生产过程的“终端”或在污染物排放到自然界之前，采用物理、化学或生物方法处理，以减少排放到环境中的废物总量。

资源环境承载力指数年均增速较缓(1.645%)，空间差异逐步变小，空间上呈现“下游发达、中游落后、上游崛起”的分布特征。2010年资源环境承载力指数最高的分布在重庆(0.672)、宜春(0.47)，其次是吉安、上饶等。低值区主要集中在上游的内江(0.301)、宜宾(0.308)等。2018年资源环境承载力指数总体保持上升态势，下游高水平城市主要集中于长三角城市群，这得益于对“三废”的协同监管和综合治理。中游年均增速最慢(1.211%)，2010~2015年中游资源环境承载力指数波动上升，而后快速发展，这可能与2016年印发的《促进中部地区崛起“十三五”规划》有关，指出要充分发挥江西全国生态文明示范省，武汉都市圈、长株潭城市群“两型社会”综合配套改革试验区等系列综合试验平台的作用，塑造全国绿色发展的典范。上游总体水平偏低，但近年来发展态势良好，可能因为上游生态环境较脆弱，地方更加重视生态环境保护与修复，突出表现在环保政策的改善和治理力度的提高。

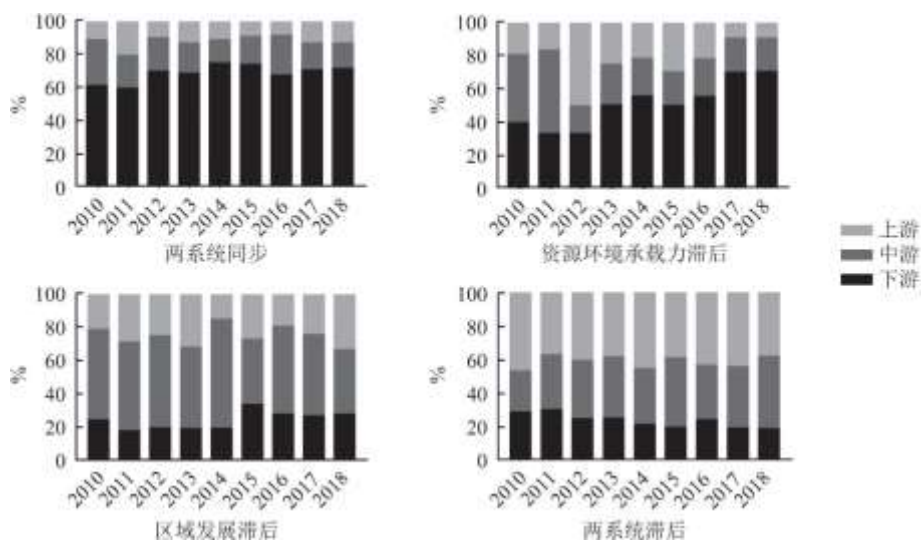


图 3 同步发展类型比重

2.1.3 同步发展情况

为了更加直观地看出区域发展与资源环境承载力的空间匹配程度，以及两系统协调发展过程中的短板。借助上述分析框架，采用 GraphPadPrism9 软件得出 2010~2018 年下中上游不同类型的城市占比(图 3)。

同步发展类型分布特征如下：(1)两系统发展水平较高的城市在下游集聚，而水平较低的城市主要分布在中、上游，这表明总体匹配程度较好，以资源环境承载力为基础的区域发展具有良好前景。(2)下游两系统同步发展和资源环境承载力滞后类型比重较大，而中上游分别受区域发展滞后和两系统共同滞后约束。(3)研究期内下游资源环境承载力滞后型城市显著增多，集中分布在连云港、亳州和宿州等；中游两系统滞后型城市占比由 24.444%上升至 42.308%，城市数量由 11 个增至 22 个，发展态势不容忽视；而上游区域发展滞后型城市占比增多，这与绵阳、曲靖等生态环境建设成效显著有关。

2.2 耦合协调度的时空特征

2.2.1 时空演进

为进一步研究长江经济带区域发展与资源环境承载力的耦合协调时空特征，选取 2010、2012、2015、2018 年 4 个时间截面，利用 ArcGIS10.6 对测算结果进行空间可视化(图 4)。

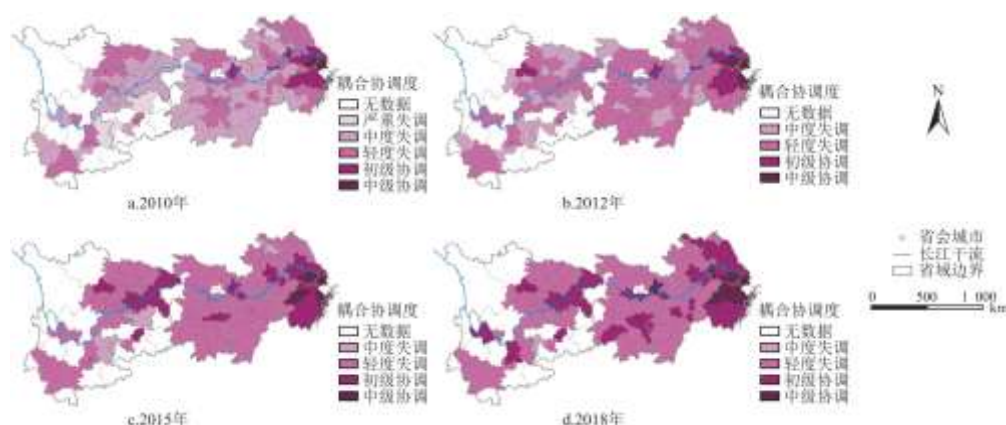


图 4 耦合协调度的时空演进

研究期内耦合协调度分别处于 $[0.256, 0.646]$ 、 $[0.304, 0.649]$ 、 $[0.367, 0.664]$ 、 $[0.399, 0.699]$ 区间，且总体均值分别为 0.415、0.439、0.48、0.505，呈现稳步提升状态(图 2)。从三大区域来看，下游耦合协调度优于其他地区，空间差异持续缩小。绝对量由高至低排列为下游>中游>上游，而同比增速分别为 2.33%、2.583%、2.631%，这说明上游的耦合协调度“基数小、增速快”，与中下游地区差距将进一步减小。同时，安徽及中上游轻度失调“连片”分布的格局应值得重视。概言之，三大区域正持续推动着区域发展与资源环境承载力的良性互动，但总体水平亟待加强。

从区域内部来看，三大区域所处的发展阶段不同，并存在形态差别。下游耦合协调性更具有先发优势，“东部高、中西低”的基本格局未变。南京、合肥和盐城市等耦合协调度显著提升，并逐渐向苏北、皖江各市延伸，反映出下游已由集聚为主转向疏散和扩散为主的发展阶段。下游已总体形成较为完整的区域协作体系，持续推动两者优化并进。中上游充分展现出跨省域空间的

相对独立性。2012 年严重失调类型消失后，“连片式”中度失调和省会城市竞争力不强的问题凸显，这表明中上游地区仍处于极化期。概言之，一般地级市尤其上游地理位置偏僻的城市发展困境依然存在，强化中上游地区省会及重点城市的区域发展与资源环境承载力良性循环，充分发挥辐射联动作用成为下一步工作重心。

2.2.2 等级演变

参考耦合协调类型划分标准，利用马尔科夫链转移概率矩阵反映耦合协调度在不同等级间的变化情况(表 3)。对角线的数值表示耦合协调度等级不变的概率，对角线上方的数值表示等级上升的概率，反之下方表示等级下降的概率。

表 3 马尔科夫状态转移概率矩阵

区域	等级	城市个数	严重失调	中度失调	轻度失调	初级协调	中级协调
下游	严重失调	1	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
	中度失调	27	0.000	0.593	0.407	0.000	0.000
	轻度失调	177	0.000	0.000	0.884	0.128	0.000
	初级协调	123	0.000	0.000	0.038	0.865	0.096
	中级协调	41	0.000	0.000	0.000	0.094	0.906
中游	严重失调	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	中度失调	36	0.000	0.444	0.556	0.000	0.000
	轻度失调	253	0.000	0.009	0.934	0.057	0.000
	初级协调	34	0.000	0.000	0.125	0.833	0.042
	中级协调	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
上游	严重失调	3	0.000	1.000	0.000	0.000	0.000
	中度失调	63	0.000	0.597	0.403	0.000	0.000
	轻度失调	195	0.000	0.041	0.924	0.035	0.000
	初级协调	18	0.000	0.000	0.077	0.923	0.000
	中级协调	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

演变特征如下：(1)大多数对角线上的数值大于非对角线的数值，说明耦合协调类型存在一定的路径依赖。(2)非对角线上的数值并不全为零，且非零数值集中分布在对角线两侧，表明区域发展与资源环境承载力耦合协调度的演进是一个相对稳定持续的过程，短时间内难以实现跨越式发展。(3)在初级协调类不变概率中，下中上游分别为 86.5%、83.3%、92.3%，等级转变的可能性均较小，即表明存在“俱乐部趋同”现象。而轻度失调阶段保持不变的概率中，下中上游分别为 88.4%、93.4%和 92.4%，上游向下转移的概率(4.1%)大于向上过渡的概率(3.5%)，因此要引起重视，避免陷入“马太效应”。下中上游处于中度失调类向上提高的概率分别为 40.7%、55.6%和 40.3%，说明等级转变活跃的城市以中游居多。

2.3 耦合协调发展类型划分及高质量发展路径

2.3.1 类型划分

运用上述分析框架，本文以 2018 年为例，最终得到长江经济带 108 个城市的耦合协调发展类型划分结果，具体见表 4。

有效性、创新性、资源环境利用效率是长江经济带大多数城市面临的主要问题和突出短板。同时满足双同步和协调的城市仅占总体的 23.148%，表明大多数城市处于子系统滞后和轻度/中度失调阶段，整体尚未形成良性互动(图 5)。从各发展类型的主要动力因素对比情况来看：(1)在区域发展中，绝大多数城市的重要动力为稳定性、共享性，这表明在经济高速增长阶段，多以政府为主导，通过扩大对外开放、统筹城乡发展、保障和改善民生等手段推动区域发展；仅有少数处于双同步和协调的城市为有效性、创新性驱动，说明随着经济社会发展，高效、绿色、创新等方面逐渐受到重视，以上海为例，“十二五”期间，上海提出“创新驱动、转型发展”战略，提升生产效率促进资源集约节约利用，打造区域经济发展的新增长点，但对于欠发达城市来说仍然是任重道远。(2)在资源环境承载力中，有少量处于轻度失调阶段的城市以资源环境压力为驱动，该类城市工业化进程较缓，对自然生态破坏较小。其余城市主要受资源环境治理管理能力驱动，以铜陵市为例，在经济高速增长时期，一直以有色金属冶炼和压延加工业为主导产业，生态环境破坏严重，尽管出台了一系列水、土、气污染防治管理办法，但治理周期长、难度大、资金投入多，同时作为资源枯竭型城市，推动环境污染的“末端

表 4 2018 年耦合协调发展类型特征

可视化编码 (城市个数)	耦合协调发展类型	可视化编码 (城市个数)	耦合协调发展类型
	驱动力-同步发展类型-耦合协调类型		驱动力-同步发展类型-耦合协调类型
TG-R-M(1)	共享与治理能力驱动-发展滞后-中度失调型	TP-B-P(1)	共享与压力驱动-承载力滞后-初级协调型
SP-T-L(3)	稳定与压力驱动-双滞后-轻度失调型	TG-B-P(6)	共享与治理能力驱动-承载力滞后-初级协调型
SG-T-L(5)	稳定与治理能力驱动-双滞后-轻度失调型	TG-R-P(2)	共享与治理能力驱动-发展滞后-初级协调型
TP-T-L(5)	共享与压力驱动-双滞后-轻度失调型	SG-D-P(2)	稳定与治理能力驱动-双同步-初级协调型
TG-T-L(32)	共享与治理能力驱动-双滞后-轻度失调型	TG-D-P(16)	共享与治理能力驱动-双同步-初级协调型
SP-R-L(1)	稳定与压力驱动-发展滞后-轻度失调型	IG-B-I(1)	创新与治理能力驱动-承载力滞后-中级协调型
SG-R-L(7)	稳定与治理力驱动-发展滞后-轻度失调型	TG-B-I(2)	共享与治理能力驱动-承载力滞后-中级协调型
TG-R-L(10)	共享与治理能力驱动-发展滞后-轻度失调型	EG-D-I(1)	有效与治理能力驱动-双同步-中级协调型
SG-T-P(2)	稳定与治理能力驱动-双滞后-初级协调型	IG-D-I(1)	创新与治理能力驱动-双同步-中级协调型
TG-T-P(5)	共享与治理能力驱动-双滞后-初级协调型	TG-D-I(5)	共享与治理能力驱动-双同步-中级协调型



图 5 2018 年长江经济带耦合协调发展类型

治理”向“源头控制”纵深延展，加快绿色转型发展和生态文明建设是新时代提升区域资源环境承载力的重要工具和平台。

2.3.2 高质量发展实现路径

未来在综合考虑历史背景、经济水平、资源禀赋的地区差异以及政策影响的前提下，基于耦合协调发展类型空间格局，以促进区域发展和资源环境承载力协同发展为目标导向，建议采取相应措施加以改善。

(1) 限制提升。

针对的是区域发展滞后型城市，旨在承载力约束下努力提高发展水平。在六盘水、新余、广元、遵义市等协调度较低的城市中，应加大基础设施建设力度、提高产业配套能力、加强人才的积累和培养，积极承接产业转移。此外还需重点做好新型城镇、对外开放和扶贫开发等工作。协调度较高的有淮安、株洲市等，应立足现有创新基础，进一步整合、吸纳、利用创新资源，培育地区自主创新能力。着力推进政府简政放权，促进政府职能由管理向服务转变，充分释放科研机构、企业等主体的创新活力；并结合地区特色资源加强传统产业改造和新兴产业发展，促进产业转型升级，助推高质量发展。

(2) 优化提升。

针对的是资源环境承载力滞后型城市，重点改善发展质量，减轻资源环境压力。在协调度较低的城市中，如徐州、盐城、金华、昆明市等，未来可通过实施重要生态系统保护和修复重大工程，扩大环境容量和生态空间，促进生态文明建设。在协调度较高的城市中，如无锡、嘉兴、绍兴市等，未来应合理利用资源，提升资源利用效率，主要包括：节约用水，实现农业灌溉用水零增长，推广城市节水设备和器具。节约用地，严格控制农用地转为建设用地的规模，提高建设用地投入产出强度，提高土地利用的集约化程度。节约能源，实现结构节能、技术节能、管理节能，突出抓好钢铁、有色、煤炭等行业和耗能大户的节能工作。

(3) 协同提升。

针对的是双滞后和双同步型城市，目的是同时提升发展水平和承载力指数。对于协调度较低的城市来说，如孝感、益阳、眉山、临沧市等，更加迫切需要以五大发展理念为引领，由“粗放型”向“效能型”转变，主动接轨省会，积极融入周边都市圈，开展经济发展和生态环境联防联控等全面合作。对于协调度较高的城市来说，“创新、效率、管制”成为这类城市的关键词，主要包含沪宁杭，以及苏州、宁波等长三角核心城市，发挥其辐射联动作用将成为工作主旨。依照 2020 年 8 月习总书记针对长三

角一体化提出的三大战略定位新要求,一方面需着力强化关键核心技术攻关突破,打造跨省区创新共同体,协同共建 G60 等科创走廊;另一方面全面加强公铁水等基础设施建设,以及围绕“新基建”,实现区域内相关数据跨省域互联互通、开放共享;最后加强森林、湿地生态系统保护,优化岸线利用,严守生态保护红线,处理好长三角城市群与长江大保护之间的关系,推动环境治理体制机制一体化。

3 结论与讨论

3.1 结论

(1)2010~2018 年共享性是区域发展的主要驱动力,区域发展水平增速明显,空间差异逐渐减小,呈现“下中上”阶梯状递减特征。资源环境治理能力成为这一时期资源环境承载力提升的关键,资源环境承载力指数增速较缓,空间上呈现“下游发达、中游落后、上游崛起”的分布特征,非均衡态势将进一步缓解;两大系统的空间匹配程度较好,以资源环境承载力为基础的区域发展具有良好前景。下游双同步和资源环境承载力滞后类型比重较大,中上游城市分别由区域发展滞后和双滞后类型所主导。且近些年中游两系统滞后类型城市占比持续上升,发展态势不容乐观。

(2)耦合协调度呈低水平上升态势,上游与中下游差距将进一步缩小。三大区域所处的发展阶段不同,下游和中上游分别呈现空间扩散、集中特征;耦合协调度的等级演变特征总体表现出平稳发展态势,基本上不存在类型跃迁。耦合协调度等级转变活跃的城市空间分布比较零散,但以下中游居多,上游地区保持“俱乐部趋同”的平稳性。

(3)利用区域发展与资源环境承载力耦合协调发展类型分析框架,可将长江经济带城市划分为 20 种类型;并根据各类型在发展中面临的不同问题和挑战,提出未来将以有效性、创新性、资源环境治理能力为重要抓手,综合考虑历史背景、经济水平、资源禀赋的地区差异以及政策影响,因地制宜的采取针对性措施助推高质量发展。

3.2 讨论

(1)本文选择 9 年作为研究时限,在一定程度上揭示了长江经济带 108 个城市对于协调发展的驱动因素。但从区域发展与资源环境承载力空间分异来看,仍有 50%的低值城市在上游集聚,且因数据有限,多数上游城市未能虑及,尤其是怒江州、甘孜州等区域发展滞后、生态环境脆弱地区。之后研究应简化估算方法,着重探讨这些城市在承载力约束下未来高质量发展的实现路径,同时经济带整体的发展态势也可能会发生变化。

(2)在区域发展与资源环境承载力客观复杂关系的基础上,通过驱动力识别、同步发展和耦合协调度,构建两大系统的耦合协调发展类型分析框架,研判不同类型城市的优化路径。但是长江经济带作为重大国家战略发展区域,发展进程明显区别于其他地区,且受模型和评价标准影响,在宏观层面上缺乏普适性。其次,资源环境系统承受人类活动的作用量存在一定阈值,今后还需注重评价指标阈值的界定,使得能够真正在承载力阈值下实现高质量发展。

参考文献:

[1]牛方曲,孙东琪.资源环境承载力与中国经济发展可持续性模拟[J].地理学报,2019,74(12):2604-2613.

[2]GULSRUD N M,HERTZOG K,SHEARS I.Innovative urban forestry governance in Melbourne investigating green placemaking as a nature-based solution[J].Environmental Research,2017,161:158.

[3]KITNER N,LILL F,KAMMEN D M.Energy storage deployment and innovation for the clean energy transition[J].

Nature Energy, 2017, 2:17125.

[4]方创琳, 杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律[J]. 干旱区地理, 2006(1):1-8.

[5]陈万旭, 李江风, 曾杰, 等. 中国土地利用变化生态环境效应的空间分异性与形成机理[J]. 地理研究, 2019, 38(9):2173-2187.

[6]张文婷, 温宗国. 资源环境约束下中国新型城镇化发展模式研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(S1):385-388.

[7]李裕瑞, 刘彦随, 龙花楼, 等. 大城市郊区村域转型发展的资源环境效应与优化调控研究——以北京市顺义区北村为例[J]. 地理学报, 2013, 68(6):825-838.

[8]陈妍, 梅林. 东北地区资源型城市经济转型发展波动特征与影响因素——基于面板数据模型的分析[J]. 地理科学, 2017, 37(7):1080-1086.

[9]KIJIMA M, NISHIDE K, OHYAMA A. Economic models for the environmental Kuznets curve: A survey[J]. Journal of Economic Dynamics and Control, 2010, 34:1187-1201.

[10]王少剑, 方创琳, 王洋. 京津冀地区城市化与生态环境交互耦合关系定量测度[J]. 生态学报, 2015, 35(7):2244-2254.

[11]任保平, 文丰安. 新时代中国高质量发展的判断标准、决定因素与实现途径[J]. 改革, 2018(4):5-16.

[12]李金昌, 史龙梅, 徐蔼婷. 高质量发展评价指标体系探讨[J]. 统计研究, 2019, 36(1):4-14.

[13]汪侠, 徐晓红. 长江经济带经济高质量发展的时空演变与区域差距[J]. 经济地理, 2020, 40(3):5-15.

[14]张军扩, 侯永志, 刘培林, 等. 高质量发展的目标要求和战略路径[J]. 管理世界, 2019, 35(7):1-7.

[15]陈修颖. 长江经济带空间结构演化及重组[J]. 地理学报, 2007(12):1265-1276.

[16]王建康, 韩倩. 中国城市经济—社会—环境耦合协调的时空格局[J]. 经济地理, 2021, 41(5):193-203.

[17]段学军, 王传胜, 李恒鹏, 等. 村镇建设资源环境承载力测算的基本逻辑与框架[J]. 生态与农村环境学报, 2021, 37(7):817-826.

[18]封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践[J]. 资源科学, 2017, 39(3):379-395.

[19]郭庆旺, 贾俊雪. 中国全要素生产率的估算: 1979-2004[J]. 经济研究, 2005(6):51-60.

[20]韩永辉, 黄亮雄, 王贤彬. 产业结构优化升级改进生态效率了吗?[J]. 数量经济技术经济研究, 2016, 33(4):40-59.

[21]CHEN J, GAO M, CHENG S, et al. County-level CO₂ emissions and sequestration in China during 1997-2017[J]. Scientific Data, 2020, 7(1):1-12.

[22]贺玉德, 马祖军. 基于 CRITIC-DEA 的区域物流与区域经济协同发展模型及评价——以四川省为例[J]. 软科学, 2015, 29(3):102-106.

[23]李海波, 陈政, 欧沙. 县域城镇化与人口回流耦合关系研究——基于湖南省 88 个县(市)数据的分析[J]. 经济地理, 2019, 39(11):25-32.

[24]张晓东, 池天河. 90 年代中国省级区域经济与环境协调度分析[J]. 地理研究, 2001(4):506-515.

[25]张引, 杨庆媛, 闵捷. 重庆市新型城镇化质量与生态环境承载力耦合分析[J]. 地理学报, 2016, 71(5):817-828.

[26]廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例[J]. 热带地理, 1999(2):76-82.

[27]蒲英霞, 马荣华, 葛莹, 等. 基于空间马尔可夫链的江苏区域趋同时空演变[J]. 地理学报, 2005(5):817-826.

注释:

1 下游(沪、苏、浙、皖)有 41 个城市, 中游(鄂、赣、湘)有 36 个城市, 上游(川、渝、滇、黔)有 31 个城市.