

新型城市化与生态环境耦合协调时空特征研究

——以长江经济带为例¹

翁异静 周祥祥 张思哲

(浙江科技学院经济与管理学院 杭州 310023)

【摘要】长江经济带作为国家重点战略区域之 7, 研究其新型城市化与生态环境的耦合协调关系, 对于新型城市化的可持续发展具有重要意义。文章以长江经济带九省二市为研究对象, 从复杂系统角度出发, 基于 PSR 模型, 并结合耦合理论分析新型城市化和生态环境两系统的耦合作用机理, 构建长江经济带两系统的综合评价指标体系; 借助综合评价模型、耦合度和耦合协调度模型, 研究 2004-2018 年期间两者的综合水平以及耦合协调度的时空格局演变特征。结果表明: (1) 2004~2018 年新型城市化综合水平整体呈上升趋势, 其中经济城市化占到 0.4133 的最大权重; 生态环境综合水平整体呈“W”型波澜式上升趋势, 其中生态涵养能力占到 0.5019 的最大权重。(2) 时间维度上, 两系统耦合协调度由 2004 年的 0.1556 严重不协调, 提高至 2018 年的 0.9729 高级协调, 期间经历了严重不协调-不协调-基本协调-优化协调-高级协调 5 种类型, 总体发展呈明显上升趋势。(3) 空间格局上, 2007 年上、中、下游耦合协调度均值分别为 0.3248、0.3753、0.4593, 耦合协调水平空间分布呈“二分格局”; 2008 年上、中、下游耦合协调度均值分别为 0.6747、0.8235、0.9123, 空间分布呈“东高西低-阶梯下降”格局, 与长江流域呈反梯度特点, 地域特征明显。因此, 文章提出要均衡推进新型城市化进程、提升生态环境系统综合水平, 加快长江经济带区域一体化建设、缩小区域内部各省市发展差异, 优化经济发展格局、转变经济发展方式, 最终实现长江经济带高质量发展等政策启示。

【关键词】长江经济带; 新型城市化; 生态环境; 耦合协调度; PSR 模型

【中图分类号】F290;C912.81;X171.1 **【文献标识码】**A

1 引言

城市化是 30 多年来中国经济高速发展的重要引擎, 2019 年末中国的城市化率已经达到 60.6%, 城市数量高达 672 个, 比 1978 年增加 483 个(国家统计局, 2020)。然而传统城市化“摊大饼”式的发展模式使生态环境压力日益加剧, 生态环境已经在一定程度上成为制约城市化发展的因素(陈晓红等, 2013)。依据《国家新型城镇化规划(2014-2020)》, 要坚持适用、经济、绿色的方针来建设城市, 要强调资源节约和环境友好, 努力实现经济和环境的协调发展, 因此, 新型城市化与生态环境的耦合

¹收稿日期: 2020-10-23

作者简介: 翁异静, 浙江科技学院经济与管理学院副教授, 博士。研究方向: 统计方法及其应用。

基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题“包容性发展理念下新型城市化建设中政府作用研究——基于政府成本视角”(编号: 18NDJC227YB), 浙江省自然科学基金“地方政府机构编制规模确定机理与结构优化研究——以浙江省为例”(编号: LQ18G010002), 浙江省高等教育“十三五”第二批教学改革研究项目“产教融合视角下应用型高校大学生创新创业能力培养体系的构建、实践及优化——以浙江省 20 所应用型建设试点示范高校为例”(编号: jg20190314)。

协调发展的这个问题受到广泛关注。

就目前相关文献来看,国外学者大量研究了城市化进程中城市化与生态环境之间的影响关系,自从 Grossman et al. (1992) 和 Panayotou (1993) 提出了“环境库兹涅茨曲线”(EKC)理论以后, Chesney et al. (2016) 基于此理论分析城市化对生态环境的非线性影响, Wang et al. (2016) 开始运用定量方法探索城市化与生态环境之间的关系。国内学者在对两者关系研究的基础上,开始探索城市化与生态环境的耦合问题,主要集中在对耦合机制和耦合时空演变特征的研究。乔标等(2005)借助于系统科学理论建立了城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型,研究发现二者之间存在交互耦合关系;黄金川等(2003)、刘耀彬(2007)结合几何学推导出城市化与生态环境的耦合规律曲线;乔标等(2006)、方创琳等(2006)指出,在其演化周期内呈现双指数函数变化规律,经历了低级协调共生、协调发展、极限发展和螺旋式上升 4 个阶段;陈晓红等(2009)认为,城市化与生态环境的耦合是在两者协调系统中各要素相互影响的多种机制作用下发展的。另外,从时间维度研究城市化与生态环境的耦合演变规律,如冯霞等(2016)、刘巧娟等(2018)、徐素波(2019)以及刘海军等(2019)对特定省市的耦合类型进行研究,发现城市化与生态环境的发展逐渐协调;从空间格局上看两者的耦合演变特征,刘耀彬等(2005)、周正柱等(2019)指出,中国区域城市化与生态环境耦合度分布基本符合东中西空间分异的规律;顾剑华等(2019)指出,中国各省域耦合协调度呈现“空间集聚性”和“空间异质性”并存的空间演进特征。目前对长江经济带城市化与生态环境关系的研究成果也颇丰,郝国彩等(2018)测度了长江经济带 2003~2013 年绿色经济绩效;江孝君等(2019)从推动生态-经济-社会(EES)系统协调发展角度,测度分析了长江经济带地级以上行政单元 EES 系统协调发展的时空分异特征及驱动机制;任亚文等(2019)从城市群角度出发,对长江经济带三大城市群城镇化与生态环境耦合关系进行研究;王宾等(2019)构建长江经济带水资源对城镇化的约束尾效模型,研究了水资源对城镇化的约束效应;周正柱等(2020)运用耦合协调发展度模型和关联度模型,分析了长江经济带沿线城市城镇化与生态环境耦合协调发展态势和关联性。

综上所述,目前对城市化与生态环境耦合发展的研究较为丰富,多基于耦合理论,以全国或省级层面为主要研究范围展开研究,而较少涉及区域层面,尤其是对长江经济带区域的耦合研究有限;研究内容上,则存在同时从时间和空间的二维研究不足的问题。但新型城市化与生态环境均为复杂的系统,不同地域之间物质、信息、能量要素不同,便呈现出不同的规律特征(冯霞等,2016)。长江经济带作为国家战略区域之一,是具有全球影响力的内河经济带,协调着我国东中西互动合作,是引领中国经济高质量发展的排头兵(成长春等,2019)。在这样的时代背景下,其新型城市化与生态环境的耦合协调规律更是需要深入探讨的重要问题。

因此,相较于前人研究,本文的创新点主要体现在 3 个方面。(1)考虑到新型城市化与生态环境发展均为涉及多因素的复杂系统,在耦合理论基础上进一步借助 PSR 模型,从“压力-状态-响应”角度阐述两系统的耦合作用机理,更科学系统地进行机理探索。(2)基于两系统耦合作用机理,结合长江经济带实际发展现状,构建新型城市化与生态环境系统评价指标体系,该评价体系具有因果逻辑特点,更有针对性地反映了长江经济带区域新型城市化与生态环境的发展状况。其中生态环境系统中依据耦合作用机理重点结合生态涵养能力指标,其体现了生态环境状态。2019 年国家颁布《长江保护修复攻坚战行动计划》,在修复长江经济带生态环境成为长江经济带发展压倒性任务的国家战略背景下,指标体系的构建具有较强的时代特色。(3)选取长江经济带为研究对象,基于两者耦合作用机理,构建指标体系,从时间和空间两个维度,对长江经济带新型城市化与生态环境系统的综合水平及两者的耦合协调特征进行比较分析,研究结果对于推动长江经济带新型城市化进程以及生态环境保护、促进区域高质量发展有一定的参考价值。

2 新型城市化与生态环境耦合作用机理分析

新型城市化是强调以人为核心的城市化,是一个涉及人口、地域空间、经济和社会文化等在内的多因素的复杂系统;生态环境则是涵盖了水、土地、气候等人类赖以生存的资源 and 能源的生态系统,是新型城市化发展的基础资源。随着新型城市化的快速发展,新型城市化系统与生态环境系统之间进行着物质和能量的密切交换,无时无刻不在相互作用、相互影响。而耦合是指两个或两个以上的系统之间,通过自身或与外界的不断交互作用而彼此影响以达到一定协同水平的现象(路娟等,2018),显

然，新型城市化系统与生态环境系统之间的相互作用有明显的耦合特征。PSR 模型是由欧洲环境局为了研究社会与环境的发展而发展起来的，能够说明社会、经济发展和人类行为对环境的影响，也可以说明人类行为最终导致的环境状态对社会的反馈（蒋涤非等，2012）。新型城市化系统与生态环境系统的耦合是涉及多个因素的复杂问题，PSR 模型有助于理顺新型城市化系统与生态环境系统耦合作用中各因素间的因果逻辑关系，揭示其耦合作用机理。

在新型城市化与生态环境系统中，随着新型城市化的快速发展，城市人口密度逐渐加大，城市空间扩张，新型城市化系统引起胁迫，给土地资源等生态环境带来压力（P），且由于城市经济快速发展，消费结构和生活方式发生改变、产业规模集聚，污染排放加剧，新型城市化发展对生态环境的需求增多，生态环境生态涵养能力下降，导致生态环境系统状态（S）发生改变，进而从能源限制、严控环境污染及生态破坏等方面约束和限制了新型城市化发展，被迫降速发展的新型城市化系统做出调整生产生活方式、强化环境治理和优化能源利用等响应（R），为生态环境的改善提供相应的物质条件，从而提高生态环境治理水平，改善生态环境，增强其对新型城市化发展的承载力，更好地促进新型城市化的发展。两系统如此不断地交互耦合，逐渐由不协调变为协调，并由协调变为高一级的协调，实现耦合协调良性发展。新型城市化系统与生态环境系统的耦合作用机理分析如图 1 所示。

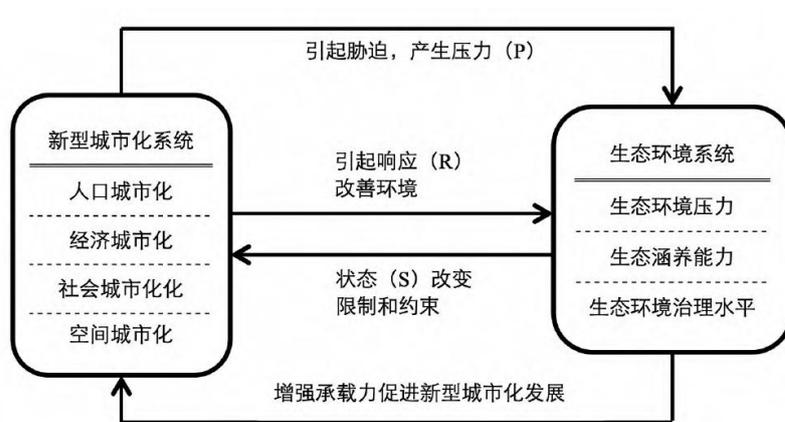


图 1 新型城系统与生坏境系统的耦合机理分析

3 研究方法

依据前述新型城市化与生态环境耦合作用机理，本文首先构建综合评价模型，测度新型城市化与生态环境的综合水平，以此衡量新型城市化与生态环境的发展；然后构建耦合度和耦合协调度模型，同时对耦合协调类型进行划分，进而对长江经济带新型城市化与生态环境耦合协调的时空特征进行分析。

3.1 综合评价模型

为研究新型城市化与生态环境发展过程中的耦合协调水平，本部分基于变异系数法计算的权重和无量纲化后的指标，首先对长江经济带新型城市化与生态环境系统进行综合评价，建立综合评价模型如式（1）和式（2）所示。

$$f_x = \sum_{i=1}^n W_{\text{新型城市化}i} Z_{\text{新型城市化}ij} \quad (1)$$

$$g_y = \sum_{i=1}^n W_{\text{生态环境}i} Z_{\text{生态环境}ij} \quad (2)$$

式(1)和式(2)中, f_x 为新型城市化系统综合指数, g_y 为生态环境系统综合指数, $W_{\text{新型城市化 } i}$ 、 $W_{\text{生态环境 } i}$ 为新型城市化与生态环境系统中第*i*项指标的权重, $Z_{\text{新型城市化 } ij}$ 、 $Z_{\text{生态环境 } ij}$ 是新型城市化与生态环境系统中实际指标数值标准化的值。

3.2 耦合度及耦合协调度模型

依据新型城市化与生态环境耦合作用机理, 借鉴物理学中容量耦合系数模型, 得到长江经济带新型城市化与生态环境系统耦合度模型如式(3)所示。

$$C = \frac{f_x g_y}{\left[\frac{1}{2}(f_x + g_y) \right]^2} \quad (3)$$

式(3)中, C ($0 \leq C \leq 1$)为耦合度, C 越大, 则耦合度越高; C 越小, 则耦合度越小; f_x 为新型城市化系统综合指数, g_y 为生态环境系统综合指数。

耦合度反映出新型城市化与生态环境的互相作用程度, 但不足以完全反映出两者之间的协调程度, 因此, 为更好地评判新型城市化与生态环境两系统的协调发展程度, 本文基于耦合度模型建立耦合协调度模型, 其计算公式如式(4)和式(5)所示。

$$D = \sqrt{C \times S} \quad (4)$$

$$S = a f_x + b g_y \quad (5)$$

式(4)和式(5)中, D ($0 \leq D \leq 1$)为耦合协调度; C 表示耦合度; S 为新型城市化与生态环境两系统的综合协调指数, a 、 b 分别为新型城市化和生态环境在系统中的权重, 新型城市化与生态环境在系统中有着同等的重要性, 所以 $a=b=0.5$ 。

表1 新型城市化与生态环境两系统耦合协调类型划分

类型	划分依据	亚类型	划分依据	子类型
协调发展	$0.9 \leq D \leq 1$	高级协调	$f_x - g_y > 0.1$	高级协调-城市化受阻型
			$g_y - f_x > 0.1$	高级协调-生态环境受阻型
	$0 \leq f_x - g_y \leq 0.1$	高级协调-同步受阻型		
0.7 ≤ D < 0.9	优化协调	$f_x - g_y > 0.1$	优化协调-城市化受阻型	
		$g_y - f_x > 0.1$	优化协调-生态环境受阻型	
		$0 \leq f_x - g_y \leq 0.1$	优化协调-同步受阻型	
转型发展	0.5 ≤ D < 0.7	基本协调	$f_x - g_y > 0.1$	基本协调-城市化受阻型
			$g_y - f_x > 0.1$	基本协调-生态环境受阻型
			$0 \leq f_x - g_y \leq 0.1$	基本协调-同步受阻型
不协调发展	0.3 ≤ D < 0.5	不协调	$f_x - g_y > 0.1$	不协调-城市化滞后型
			$g_y - f_x > 0.1$	不协调-生态环境滞后型
			$0 \leq f_x - g_y \leq 0.1$	不协调-同步滞后型
	0 ≤ D < 0.3	严重不协调	$f_x - g_y > 0.1$	严重不协调-城市化滞后型

$g_r - f_s > 0.1$	严重不协调-生态环境滞后型
$0 \leq f_s - g_r \leq 0.1$	严重不协调-同步滞后型

为更好地研究新型城市化与生态环境的协调性，依据新型城市化系统综合指数 f_s 和生态环境系统综合指数 g_r 以及耦合协调度 D 的大小，本文将耦合协调类型进行如表 1 所示的划分。

4 指标体系、研究区域及数据来源

依据新型城市化与生态环境系统内涵以及文献研究，以长江经济带发展现状为基础，结合两者耦合作用机理，先构建两系统的综合评价指标体系，然后介绍研究区域概况及各指标数据来源。

4.1 指标体系构建

根据前述研究方法，综合各方面因素对指标进行筛选，构建长江经济带新型城市化与生态环境系统综合评价指标体系，并进一步运用变异系数法，确定各指标权重。

4.1.1 指标筛选

新型城市化系统与生态环境系统耦合作用机理分析，通过 PSR 模型系统地表现了新型城市化与生态环境之间的因果互动关系，在此耦合作用机理分析基础之上，结合长江经济带两者的发展现状，并参考现有评价指标体系文献（马艳，2020；孙晓等，2016；唐末兵等，2017；周杰文等，2018），构建两系统评价指标体系，使其更具有逻辑因果性。

综上所述，新型城市化系统，从人口城市化、经济城市化、空间城市化及社会城市化 4 个子系统中选取的 13 个指标因子表征；生态环境系统，从生态环境压力、生态涵养能力及生态环境治理水平 3 个子系统中选取的 10 个指标因子表征（表 2），其中，生态涵养能力体现了生态环境的状态（S），生态环境系统指标中重点结合了生态涵养能力。

表 2 长江经济带新型城市化与生态环境系统指标体系及权重

系统层	子系统	权重	指标因子	指标属性	权重
新型城市化	人口城市化	0.1746	城镇人口比重（%）	正	0.0454
			城市人口密度（%）	负	0.0872
			第三产业就业人数（万人）	正	0.0420
	经济城市化	0.4133	人均 GDP（元）	正	0.1858
			第二产业占 GDP 比重（%）	正	0.0190
			第三产业占 GDP 比重（%）	正	0.0348
			城市居民人均可支配收入（元/人）	正	0.1736
	空间城市化	0.2359	城市人均居住面积（m ² /人）	正	0.0808
			建成区面积（km ² ）	正	0.0923
			人均道路面积（m ² /人）	正	0.0628
	社会城市化	0.1762	每千人口拥有医生数（个/千人）	正	0.0578
			受大学教育人口比例（%）	正	0.0846
			城镇失业率（%）	负	0.0338

生态环境	生态环境压力	0.2548	工业废水年排放量 (万 t)	负	0.0666
			工业烟尘年排放量 (万 t)	负	0.1059
			工业二氧化硫年排放量 (万 t)	负	0.0823
生态环境	生态涵养能力	0.5019	人均水资源量 (万 t)	正	0.0509
			城市绿地面积 (千 hm ²)	正	0.1474
			人均公园绿地面积 (m ² /人)	正	0.1133
			造林总面积 (千 hm ²)	正	0.1902
生态环境	生态环境治理水平	0.2433	工业固体废弃物综合利用率 (%)	正	0.0225
			生活垃圾年清运量 (万 t)	正	0.1088
			污水处理率 (%)	正	0.1121

4.1.2 指标权重确定

用极差标准法处理原始数据以消除量纲影响, 各指标权重采取变异系数法计算, 公式如式 (6) 和式 (7) 所示。

正向指标标准化:

$$Z_{ij} = (X_{ij} - X_{j\min}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (6)$$

负向指标标准化:

$$Z_{ij} = (X_{j\max} - X_{ij}) / (X_{j\max} - X_{j\min}) \quad (7)$$

式 (6) 和式 (7) 中, i 代表年份, j 表示指标序号, Z_{ij} 是标准化值, x_{ij} 是初始值, $x_{j\max}$ 是所有样本年中第 j 个原始指标的最大值, $x_{j\min}$ 是系统第 j 个原始指标的最小值 ($i=1, 2, \dots, n$; $j=1, 2, \dots, m$)。标准化处理的所有指标值均在为 $[0, 1]$ 范围内。

变异系数法计算权重如式 (8) 和式 (9) 所示。

$$\delta_i = \frac{D_i}{\bar{U}_i} \quad (8)$$

$$W_i = \frac{\delta_i}{\sum_{i=1}^n \delta_i} \quad (9)$$

式 (8) 和式 (9) 中, δ_i 为第 i 项指标的变异系数, D_i 为第 i 项指标的标准差, \bar{U}_i 为第 i 项指标的均值, W_i 为第 i 项指标

的权重，其中各子系统的权重为各个指标因子权重之和，计算结果如表 2 所示。

4.2 研究区域及数据来源

长江经济带横跨我国东中西三大区域，覆盖范围包括上海、浙江、江苏、安徽等 11 个省（市）。按照区域上中下游来划分，上海、浙江、江苏、安徽 4 个省（市）为下游地区，江西、湖北、湖南 3 省为中游地区，重庆、四川、贵州、云南 4 个省（市）为上游地区。长江经济带总面积约 205 万 km²，2018 年总人口接近 6 亿，地区生产总值超全国的 40%。城市化发展速度较快，2000-2015 年间，长江经济带城市面积增幅高达 84.1%，年均增幅达 5.6%。以长江经济带为研究对象，本文研究数据主要来源于 2004~2018 年长江经济带各个省市的统计年鉴、《中国统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》，其中部分环境数据来自《中国环境统计年鉴》（2004-2018）等。

5 经验性结果

根据前述研究，得到 2004~2018 年长江经济带新型城市化综合指数、生态环境综合指数和两个系统的耦合度及耦合协调度，本部分给出实证的经验性结果。

5.1 新型城市化与生态环境综合

水平测度

依据新型城市化与生态环境系统综合指数以及各子系统权重，探索新型城市化与生态环境系统在研究期间各个时间段的具体发展态势。

5.1.1 新型城市化综合水平测度

对表 2 中新型城市化系统中的四个子系统按权重由大到小排序，得到经济城市化（0.4133）>空间城市化（0.2359）>社会城市化（0.1762）>人口城市化（0.1746），由此可知，经济城市化子系统在新型城市化系统中占有最大权重，对新型城市化发展贡献最大。

图 2 展示了长江经济带在 2004~2018 年间新型城市化综合水平和各子系统综合水平的演变趋势。显然，长江经济带的新型城市化综合水平在研究期间一直保持上升趋势。从各子系统看，除了人口城市化综合水平在 2006~2007 年期间呈短暂的下降趋势外，其他各子系统在研究期间均保持增长态势。其中，综合水平增长幅度最大的是经济城市化，其次是空间城市化与社会城市化两个子系统，综合水平一直处于上升趋势，增幅略低于经济城市化，而人口城市化综合水平整体发展相对缓慢。

5.1.2 生态环境综合水平测度

对表 2 生态环境系统中 3 个子系统按权重由大到小排序，得到生态涵养能力（0.5019）>生态环境压力（0.2548）>生态环境治理水平（0.2433），可以看出，生态涵养能力子系统在生态环境系统中占有最大权重，对生态环境系统发展贡献最大。

图 3 展示了长江经济带 2004~2018 年间生态环境及其各子系统综合水平的变化趋势。生态环境综合水平在整体上呈现出波动性上升的趋势，其中，2004-2006 年明显下降，2006~2013 年平缓上升，2013-2014 年再次下降，2014~2018 年快速上升，总的发展态势呈“W”型。从各子系统看，在 2004~2018 年期间总体保持增长态势，且态势具有趋同性，即 2004~2006 年各子系统水平呈现短期下降，2006~2014 年缓慢上升，2014~2018 年直线上升，其中各子系统综合水平由高到低排序为生态环境治理水平

>生态涵养能力>生态环境压力。

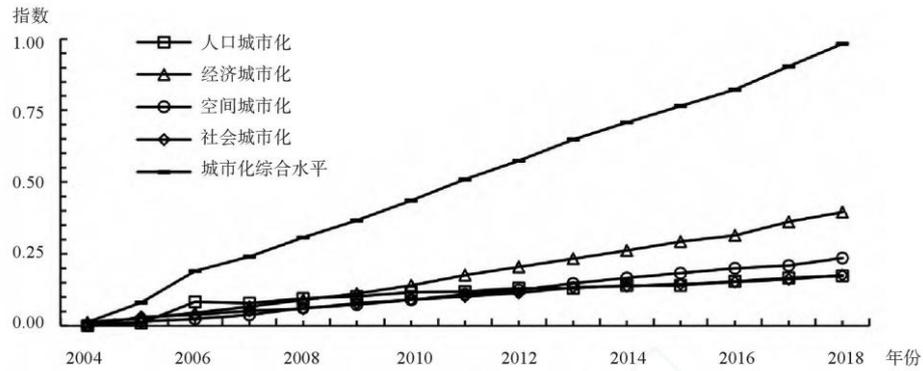


图2 2004~2018年长江经济带新型城市化综合水平演变趋势

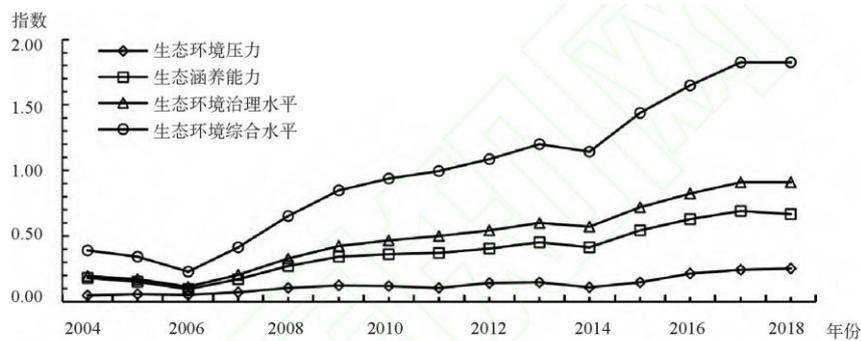


图3 2004~2018年长江经济带生态环境及各子系统综合指数演变趋势

5.2 长江经济带新型城市化与生态环境耦合协调度

水平的时间测度

长江经济带的新型城市化与生态环境耦合协调度总体上呈现出明显的上升趋势（图4），值得注意的是，耦合协调度有两个阶段的变化趋势存在明显差异：2004~2005年间，耦合协调度快速增长，这一阶段最明显的特征是，新型城市化综合水平增加幅度大于生态环境综合水平的下降幅度，耦合度快速上升，新型城市化与生态环境此阶段互相作用程度较大；2005~2018年间，耦合协调度波动上升，新型城市化综合水平与生态环境综合水平交互螺旋上升，耦合度保持较高水平。

如表3所示，长江经济带新型城市化与生态环境在2004年耦合协调度是0.1556，属严重不协调型，2018年两者耦合协调度为0.9729，属高级协调型；2004~2018年间耦合协调度经历了从严重不协调到高级协调5种类型，且从耦合协调度子类型来看，除2004年为严重不协调-生态环境受阻型以及2014年为优化协调-城市化受阻之外，其余年份均处于新型城市化与生态环境同步受阻型。

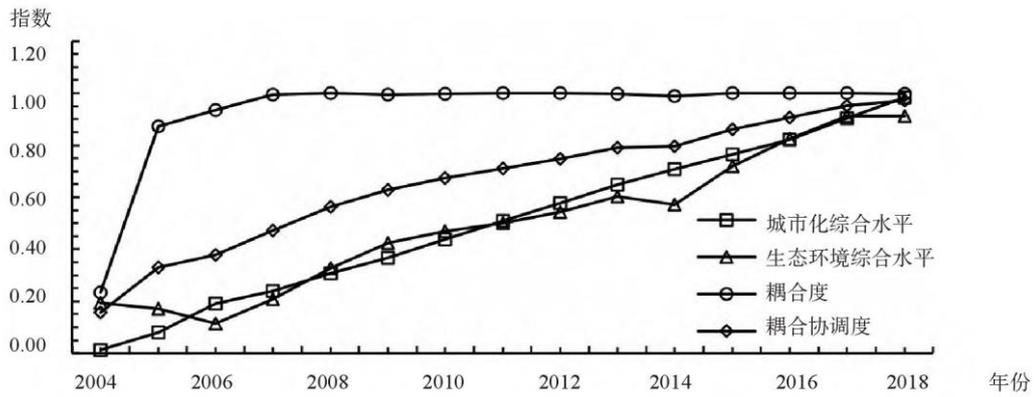


图 4 2004 ~ 2018 年长江经济带城市化与生态环境系统耦合协调度变化趋势

表 3 2004~2018 年长江经济带新型城市化与生态环境耦合协调度

年份	新型城市化综合指数 (f_x)	生态环境系统综合指数 (g_y)	耦合度 (C)	新型城市化与生态环境两系统的综合协调指数 (S)	耦合协调度 (D)	耦合协调度子类型
2004	0.0129	0.1952	0.2329	0.1040	0.1556	严重不协调-生态环境滞后
2005	0.0807	0.1710	0.8713	0.1258	0.3311	不协调-同步滞后
2006	0.1921	0.1140	0.9350	0.1530	0.3783	不协调-同步滞后
2007	0.2399	0.2072	0.9946	0.2236	0.4715	不协调-同步滞后
2008	0.3083	0.3274	0.9991	0.3179	0.5635	基本协调-同步受阻
2009	0.3681	0.4245	0.9949	0.3963	0.6279	基本协调-同步受阻
2010	0.4367	0.4695	0.9987	0.4531	0.6727	基本协调-同步受阻
2011	0.5099	0.4992	0.9999	0.5045	0.7103	优化协调-同步受阻
2012	0.5757	0.5431	0.9991	0.5594	0.7476	优化协调-同步受阻
2013	0.6478	0.6016	0.9986	0.6247	0.7898	优化协调-同步受阻
2014	0.7073	0.5723	0.9889	0.6398	0.7954	优化协调-城市化受阻
2015	0.7653	0.7191	0.9990	0.7422	0.8611	优化协调-同步受阻
2016	0.8218	0.8245	1.0000	0.8232	0.9073	iW1 级协调-同步受阻
2017	0.9033	0.9127	1.0000	0.9080	0.9529	高级协调-同步受阻
2018	0.9829	0.9128	0.9986	0.9478	0.9729	高级协调-同步受阻

5.3 长江经济带新型城市化与生态环境耦合协调

发展空间格局演变

依据长江经济带发展现状及综合参考现有研究, 选取 2007 年、2015 年和 2018 年长江经济带新型城市化与生态环境耦合协

调度作为代表年份, 计算各省市耦合度(C)以及耦合协调度(D)(表4), 对其进行空间格局演变分析。

2007 年长江经济带的总体耦合协调度为 0.4715, 新型城市化与生态环境整体处于不协调状态。不协调发展类型的省市数量最多, 有 10 个, 其中浙江、江苏、安徽、湖北、湖南、重庆、江西 7 个省(市)耦合协调度处于 $[0.3, 0.5]$, 属于不协调型; 四川、云南、贵州 3 个省耦合协调度在 $[0, 0.3]$, 属于严重不协调型; 上海市是唯一一个处于基本协调型的城市。

表 4 2007 年、2015 年、2018 年长江经济带各省市耦合度、 耦合协调度及地区均值

地区	2007		2015		2018	
	C	D	C	D	C	D
浙江	0.9138	0.4349	0.9355	0.8100	0.9418	0.9547
江苏	0.9638	0.4641	0.9976	0.8035	0.9991	0.9075
上海	0.9754	0.5557	0.9960	0.8569	0.9978	0.9617
安徽	0.9256	0.3826	0.9870	0.6215	0.9912	0.8254
下游均值	0.9446	0.4593	0.9790	0.7729	0.9824	0.9123
湖南	0.9405	0.3761	0.9909	0.6170	0.9928	0.8237
湖北	0.9463	0.3736	0.9951	0.6095	0.9974	0.8135
江西	0.9398	0.3764	0.9898	0.6176	0.9853	0.8333
中游均值	0.9422	0.3753	0.9919	0.6147	0.9918	0.8235
四川	0.9358	0.2789	0.9882	0.4206	0.9929	0.6235
重庆	0.9337	0.4790	0.9955	0.6082	0.9971	0.8139
云南	0.9373	0.2775	0.9802	0.4291	0.9845	0.6343
贵州	0.9632	0.2641	0.9830	0.5264	0.9901	0.6272
上游均值	0.9425	0.3248	0.9867	0.4960	0.9911	0.6747

2015 年长江经济带所有省(市)的新型城市化与生态环境耦合协调度都不同程度地得到了提高, 耦合协调度上升到 0.8611, 整体的耦合协调水平达到了优化协调。其中, 处于协调发展类型的省(市)有 3 个, 上海市、浙江省以及江苏省达到了优化协调, 耦合协调度在 $[0.7, 0.9]$; 处于转型发展状态的省市增多, 安徽、江西、湖北、湖南、重庆、贵州 6 个省(市)都属于基本协调型, 耦合协调度在 $[0.5, 0.7]$; 处于不协调发展状态的只有云南和四川 2 个省。

2018 年, 长江经济带整体耦合协调水平大幅度提升, 耦合协调度为 0.9729, 达到了高级协调。上海、浙江以及江苏 3 个省(市)的新型城市化与生态环境的耦合协调水平依然最高, 属于高级协调, 耦合协调度在 $[0.9, 1]$; 属于优化协调的有安徽、湖北、湖南、重庆、江西等 5 个省(市); 四川、贵州、云南 3 省依然处于转型发展状态, 属于基本协调型。

整体上看, 2007 年, 长江经济带上、中、下游耦合协调度均值分别为 0.3248、0.3753、0.4593, 长江经济带新型城市化与生态环境整体耦合协调水平不高, 除上海外, 其余省(市)均处于严重不协调和不协调状态, 空间呈“二分格局”分布; 相比 2007 年, 2015 年新型城市化与生态环境耦合协调性优化, 各省市耦合协调水平显著提高, 但东部下游省市上海、浙江和江苏 3 个省(市)耦合协调水平远高于其他省市, 四川、云南和贵州 3 个省仍处于基本协调状态; 2018 年长江经济带所有省(市)进入协调发展和转型发展状态, 上、中、下游耦合协调度均值分别为 0.6747、0.8235、0.9123, 区域内部耦合协调水平差异缩小, 长江经济带新型城市化与生态环境协调发展水平的空间特点为“东高西低-阶梯下降”, 长江流域呈反梯度特征, 即存在“下游地区>中游地区>上游地区”, 有着与经济水平发展相同的格局, 地域特征明显。

6 结论、分析与讨论及政策启示

通过构建新型城市化与生态环境系统的评价指标体系, 测度长江经济带新型城市化及生态环境综合水平, 并对其耦合协调度的时空格局演变进行研究, 得到本文研究结论, 并对其进行分析与讨论, 进而得出相应的政策启示。

6.1 结论

(1) 长江经济带新型城市化综合水平整体呈上升趋势, 经济城市化占有最大权重, 为 0.4133, 对新型城市化综合水平的发展贡献最高; 生态环境综合水平在整体上呈现出波动性上升的趋势, 2004~2006 年明显下降, 2006~2013 年平缓上升, 2013~2014 年再次下降, 2014~2018 年快速上升, 总体发展态势呈“W”型, 其中生态涵养能力在生态环境系统中占有最大权重, 为 0.5019, 具有最大贡献。

(2) 2004~2018 年长江经济带的新型城市化与生态环境耦合协调度呈现明显上升趋势, 耦合协调度从 2004 年的 0.1556 提高至 2018 年的 0.9729, 经过 9 年的耦合磨合时期, 耦合协调经历了从严重不协调-不协调-基本协调-优化协调-局级协调 5 种类型, 协调发展态势逐渐向好。

(3) 从整体上看, 长江经济带新型城市化与生态环境协调发展水平的空间特点为“东高西低-阶梯下降”, 呈与长江流域反梯度特征, 即“下游地区>中游地区>上游地区”, 地域特征明显。其中, 2007 年上、中、下游耦合协调度均值分别为 0.3248、0.3753、0.4593, 呈现“二分格局”, 随着新型城市化与生态环境的耦合协调水平的不断提升, 2015 年新型城市化与生态环境耦合协调性得到优化; 2018 年上、中、下游耦合协调度均值分别为 0.6747、0.8235、0.9123, 长江经济带内部耦合协调度差异减小, 空间呈“东高西低-阶梯下降”格局。

6.2 分析与讨论

通过对长江经济带新型城市化与生态环境综合水平以及时空耦合协调特征的研究, 针对经验性结果以及研究结论, 本部分展开分析和讨论。

6.2.1 新型城市化与生态环境综合水平测度结果分析

总体来说, 长江经济带新型城市化与生态环境综合水平在 2004~2018 年期间呈上升趋势。

具体分析新型城市化的发展。首先, 经济城市化子系统对新型城市化系统发展有着最大的影响, 说明长江经济带地区近些年快速的经济增长极大地促进了新型城市化发展水平的提高; 人口城市化子系统权重占比最小, 说明新型城市化发展是从追求城市人口数量转变为追求人口质量的高质量发展。其次, 长江经济带作为国家重点实施的“三大战略”之一, 其新型城市化建设对我国区域发展战略布局起到举足轻重的作用, 近几年《长江经济带发展规划纲要》提出要积极推动新型城市化建设, 形成区域联动、结构合理、集约高效、绿色低碳的新型城市化格局, 为长江经济带新型城市化建设提供了强有力的政策支持。此后, 长江经济带新型城市化的发展模式由单纯的人口驱动模式向多元化发展转变, 呈现为“上游低、中游中、下游高”的梯度流动性格局, 基于区域内部新型城市化水平差异, 长江经济带新型城市化建设实施加快, 城市发展模式不断完善, 新型城市化进程在稳步推进。

具体分析生态环境的发展。长江经济带沿长江分布, 水资源丰富, 生态系统多样, 虽不同区域环境状态存在差异, 但总体生态基础良好。长江经济带城市化快速发展前期, 工业和服务业快速发展, 工业产生污染物的总量增大, 生态涵养能力和生态环境治理水平下降, 为生态环境带来了压力, 生态环境遭到一定程度的破坏, 导致其综合水平下降。随着长江经济带新型城市化

的发展，“先污染后治理”的老路逐渐被坚持“生态保护与污染防治并举、经济建设与环境保护并重”的原则所替代，应根据生态资源和环境承载力，合理确定新型城市化发展规模。长江经济带作为国家新型城市化建设的重点地区，要始终坚持“共抓大保护，不搞大开发”，在稳步推进新型城市化进程的过程中，生态环境综合水平也在呈波动性逐步提升。

6.2.2 新型城市化与生态环境耦合协调度水平时空发展格局演变分析

长江经济带新型城市化与生态环境耦合协调度水平在 2004~2018 年期间呈明显的上升趋势，协调发展态势逐渐向好；空间格局由 2007 年的“二分格局”演变成 2018 年“东高西低-阶梯下降”，区域内部耦合协调水平差异缩小。从时间维度看，结合图 4 可知，长江经济带新型城市化发展前期，综合水平增幅过大，导致综合水平不断下降的生态环境系统不能满足新型城市化快速发展的需求，生态环境质量是制约新型城市化与生态环境耦合协调发展的因素；经过 2005~2013 年期间两者的磨合耦合，2014 年新型城市化与生态环境逐渐优化协调，新型城市化的发展为生态环境的发展提供了一定的物质基础，且发展受到生态环境的制约，此时生态环境综合水平增幅大于新型城市化综合水平增幅，新型城市化水平成为制约两者耦合协调发展的因素；2016 年开始，新型城市化与生态环境进入高级协调发展阶段。可见，长江经济带新型城市化与生态环境互相作用，彼此影响，经历了 9 年的耦合磨合阶段，经历了 5 种耦合协调类型，发展水平总体呈上升趋势，态势逐年向好，实现了耦合协调的良性发展。

从空间格局演变来看，2007 年，上游地区城市化相对落后，制约了区域协调度的发展，而中下游地区城市化水平相对较高，城市化与生态环境的适应性较好，由此形成“二分格局”；随着国家对长江经济带发展的重视，“经济建设与环境保护并重”的发展理念不断加强，新型城市化与生态环境耦合协调性逐渐优化，各省市耦合协调水平显著提高，但东部下游省市的耦合协调依然高于中上游，耦合协调度区域间差异缩小，呈 2018 年“东高西低-阶梯下降”的空间格局。

下游地区包括浙江、江苏、安徽以及上海 4 省市，耦合协调度从不协调变为高级协调，得益于优越的区位条件，地处我国东部沿海地区与长江流域的结合部，交通网络密集，经济腹地广阔，对其经济发展具有重要的带动作用。此外，近年来国家高度重视长江经济带的生态环境保护，尤其是出台《长江三角洲地区区域规划》和《长江经济带发展规划纲要》等政策，地区生产总值能耗进一步降低，污染物排放总量得到有效控制，这些政策有力地促进了下游省市城镇化发展和生态环境保护，进一步提高新型城市化与生态环境的耦合度，提升了两者的协调发展程度，尤其是上海和浙江，城市化发展起步早，又特别注重环境保护，因此下游地区具有最高的耦合协调水平。

地处我国中部的长江经济带中游地区包括江西、湖南和湖北三省，由不协调发展为优化协调，主要受益于《促进中部地区崛起规划实施意见》以及《中部地区崛起“十三五”规划》的颁布，国家在基础设施、环境保护、城乡发展以及社会事业发展等方面对中部地区做出部署，同样有力地促进了下游，三省城镇化发展和生态环境保护，极大地提高了新型城市化与生态环境的耦合协调度。

上游地区由严重不协调转变为基本协调状态，原因在于上游省市在国家政策的倾斜下，转变传统经济增长模式，积极进行基础设施建设，大力发展第三产业，积极推进新型城市化建设，并利用自身资源禀赋，经济建设与环境保护并重，新型城市化与生态环境耦合协调水平在一定程度上得到提升。但由于贵州和云南两省的多个县乡处于国家农村扶贫计划之列，经济基础过于薄弱，新型城市化发展较慢，生态环境综合水平高于新型城市化的综合水平，仍处于不协调状态。此外，四川省由于地理位置特殊，地形地貌复杂，城市生态布局不够科学，城市治理力度不够，导致新型城市化发展水平不高，与生态环境的耦合协调仍处于不协调状态。

6.2.3 讨论

本文对长江经济带新型城市化与生态环境系统的综合水平以及耦合协调度的时空演变特征展开深入探讨，研究结论与周正柱等(2018)的研究结论有一致的地方，其研究发现，长江经济带城镇化与生态环境耦合度和协调发展度都呈现上升态势，总体

向着良性方向发展；协调发展总体上呈现由东部区域沿中西部区域下降的空间差异特征。但从理论研究方面来讲，基于新型城市化与生态环境系统的复杂内涵，借助 PSR 模型系统地阐述两者耦合作用机理比单纯地分析两者的互动胁迫效应更具有科学性，并依据此耦合作用机理，结合长江经济带发展现状构建具有因果逻辑的评价指标体系，且在生态环境系统中重点结合了生态涵养能力指标，在修复长江经济带生态环境成为长江经济带发展压倒性任务的国家战略背景下，指标体系的构建同时具有较强的时代特色。此外，从时间和空间两个维度对两者耦合协调度进行更为丰富全面的研究，对于促进长江经济带高质量发展具有重要意义。

针对目前文献对于新型城市化与生态环境综合水平评价多采用综合评价模型展开研究的情况，本文认为在后续研究中可采用学科交叉方式，运用更为多样性的研究方法对两系统综合水平进行评价，且本文只探讨了现阶段两系统的耦合协调发展状况，而发展是动态的，可以进一步借助预测模型对未来二者的耦合协调趋势展开研究，为决策层提供更加全面的量化依据。

6.3 政策启示

总体来看，长江经济带新型城市化与生态环境系统综合水平不断提高，耦合协调不断向好，但两系统内部各子系统发展存在较大差异，且长江经济带区域内部发展不平衡现象较为严重。为进一步促进长江经济带新型城市化与生态环境的协调发展，结合国家长江经济带发展战略得出 3 个方面的政策启示。

(1) 缩小新型城市化与生态环境系统中各子系统的差距，均衡推进新型城市化进程，提高生态环境系统综合水平。以人口城市化为突破点，提高人口质量，以提高城市承载力；加快转变经济发展方式，合理选择产业以及规划布局，增强发展空间城市化；同时将发展经济城市化与社会城市化作为重点。提高资源利用效率，降低废弃物排放强度，努力构建新型绿色环保型城市；对长江全流域实施生态补偿机制；制定科学合理的城市规划，加大环境联防联控工作力度，从国家立法层面保障生态环境质量。

(2) 响应实施区域一体化战略，加快实现长江经济带区域一体化，缩小区域内部各省市发展差异。上游省市应该大力促进新型城市化发展，充分挖掘并发挥区域价值，提升区域整体经济水平，充分融入长江经济带；中下游城市要防止“粗放型”的新型城市化发展，控制特大型城市人口，提高土地空间利用效率，缓解资源环境承受能力的突出问题，保护好生态环境，优化产业结构，提高长江经济带的整体竞争力，进而促进长江经济带的协调一体化发展。

(3) 优化经济发展格局，转变经济发展方式，实现经济高质量发展。长江经济带作为国家经济高质量发展的“排头兵”，培育新动能引领全国创新驱动发展，“共抓大保护，不搞大开发”，积极推进长江经济带生态环境系统保护修复，大力加强生态文明建设。新型城市化建设与生态环境的耦合协调发展和经济高质量发展密不可分，创新驱动经济发展方式，促进新型城市化健康发展，减少对生态环境的破坏和消耗；生态环境系统的修复与生态文明建设更进一步促进新型城市化的健康发展，进而促进经济高质量发展。

参考文献

- 陈晓红, 宋玉祥, 满强. 城市化与生态环境协调发展机制研究[J]. 世界地理研究, 2009, 18(2): 153-160
- 陈晓红. 万鲁河. 城市化与生态环境耦合的脆弱性与协调性作用机制研究[J]. 地理科学. 2013. 33(12): 1450~1457
- 成长春, 何婷. 以长江经济带发展推动经济高质量发展[J]. 红旗文稿, 2019(16): 22~24
- 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
- 冯霞, 刘新平. 江苏省城镇化与生态环境系统耦合协同发展的路径选择[J], 干旱区理, 2016, 39(2): 420-427

-
- 冯霞. 新疆城镇化与生态环境耦合关系分析[J]. 地域研究与开发, 2016, 35(3):123~127
- 顾剑华, 李梦, 杨柳林. 中国低碳绿色新型城市化系统耦合协调度评价及时空演进研究[J]. 系统科学学报, 2019, 27(4):86-92
- 国家统计局. 2019 国民经济和社会发展统计公报[R]. 2020
- 郝国彩, 徐银良, 张晓萌等. 长江经济带城市绿色经济绩效的溢出效应及其分解[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5):75~83
- 黄金川, 方创琳. 城市化与生态环境交互耦合机制与规律性分析[J]. 地理研究, 2003(2):211-220
- 江孝君, 杨青山, 耿清格等. 长江经济带生态-经济-社会系统协调发展时空分异及驱动机制[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(3):493-504
- 蒋涤非, 宋杰, 刘蓉. 健康城市化的响应机制及指标体系——基于包容性增长的视角[J]. 城市问题, 2012(5):15~20
- 刘海军, 崔东, 闫俊杰等. 伊宁市城市化与生态环境耦合协调性评价与分析[J]. 环境科学与技术, 2019, 42(3):230~236
- 刘巧靖, 王莉红. 城市化与生态环境耦合协调关系研究——以杭州市为例[J]. 环境科学学报, 2018, 38(10):4214-4222
- 刘耀彬, 李仁东, 宋学锋. 中国区域城市化与生态环境耦合的关联分析[J]. 地理学报, 2005(2):237-247
- 刘耀彬. 中国城市化与生态环境耦合规律与实证分析[J]. 生态经济, 2007(10):122~126
- 路娟, 张勇. 长江经济带城市化与生态环境耦合、协调特征及时空演化规律研究[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2018, 45(4):85~93
- 马艳. 长江经济带城镇化与生态环境耦合协调效应测度与交互胁迫关系验证[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(2):275-286
- 乔标, 方创琳, 黄金川. 干旱区城市化与生态环境交互耦合的规律性及其验证[J]. 生态学报, 2006(7):2183-2190
- 乔标, 方创琳. 城市化与生态环境协调发展的动态耦合模型及其在干旱区的应用[J]. 生态学报, 2005(11):211-217
- 任亚文, 曹卫东, 张宇等. 长江经济带三大城市群城镇化与生态环境时空耦合特征[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11):2586-2600
- 孙晓, 刘旭升, 李锋等. 中国不同规模城市可持续发展综合评价[J]. 生态学报, 2016, 36(17):5590~5600
- 唐未兵, 唐谭岭. 中部地区新型城镇化和金融支持的耦合作用研究[J]. 中国软科学, 2017(3):140-151
- 王宾, 杨琛. 长江经济带水资源对城镇化的约束效应研究[J]. 宏观经济研究, 2019(6):122-131
- 徐素波. 黑龙江省城市化与生态环境耦合协调发展研究[J]. 林业经济, 2019, 41(7):94-100

-
- 周杰文, 王亮, 张云. 长江经济带城市化发展及其梯度演化研究[J]. 统计与决策, 2018, 34(5):131-134
- 周正柱, 王俊龙. 长江经济带城镇化与生态环境耦合协调关联性研究[J]. 城市问题, 2020(4):21-32
- 周正柱. 长江经济带人口、经济、社会及空间城镇化耦合协调发展研究[J]. 统计与决策, 2019, 35(20):130~133
- 周正柱. 长江经济带城镇化与生态环境耦合协调发展研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2018(6):30~41
- Chesney M, Gheysens J, Pana A C et al. Environmental Finance and Investments[M]. Berlin:Springer, 2016
- Grossman G, Krueger A B. Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement[J]. CEPR Discussion Papers, 1992, 8(2):223 ~250
- Panayotou T. Empirical Tests and Policy Analysis of Environmental Degradation at Different Stages of Economic Development[J]. Pacific and Asian Journal of Energy, 1993, 4(1):315~320
- Wang Y, Li L, Kubota J et al. Does urbanization lead to more carbon emission? Evidence from a panel of BRICS countries [J]. Applied Energy, 2016, 168(15):375-380