

# 长江经济带生态保护与经济发展耦合协调发展格局研究<sup>\*1</sup>

王维

(华中师范大学可持续发展研究中心, 湖北 武汉 430079)

**【摘要】**: 区域生态保护与经济发展共同构成了联系紧密、内涵丰富且具有协调特征的复杂巨系统, 二者协调发展水平是区域可持续发展的基础。首先, 基于综合评价模型对生态保护质量和经济发展水平进行时空分析, 然后借助耦合协调模型探索生态保护质量与经济发展水平协调度的时空演变规律, 最后提出生态经济协调发展的对策建议。研究表明: 长江经济带生态保护质量出现先下降后上升的发展趋势, 空间格局为下游地区优于中上游地区; 经济发展水平整体上升明显, 空间格局为下游地区高于中上游地区; 生态经济发展水平和生态经济耦合协调度经历缓慢增长和快速上升两个发展阶段, 空间格局为下游地区高于中上游地区。针对研究结果, 提出抓紧编制长江经济带生态保护和经济发展专项规划、建立长江经济带生态保护与经济发展协调委员会、强化生态经济和谐发展监督机制的发展建议。

**【关键词】**: 生态保护; 经济发展; 耦合协调; 发展格局; 发展建议

**【中图分类号】**: F120.3 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1003-8477(2018)01-0073-08

## 一、引言

改革开放以来, 中国城市化和工业化的快速发展取得了举世瞩目的经济发展效应。然而, 在经济腾飞的同时, 生态功能退化、自然资源短缺和环境污染等问题接踵而至。如何做到生态保护与经济发展之间的和谐统一是当今学术界关注和研究的热点。2016年3月17日, 国务院公布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》明确指出: “推动长江经济带发展, 要坚持生态优先、绿色发展的战略定位”。可见, 经济发展与生态保护的协调发展是新时期长江经济带发展的重点, 也是今后一段时期我们区域可持续发展研究的热点。生态经济协调度 (ecological economic harmony, EEH) 评价可以定量反映区域生态状况与经济发展的协调程度, 有利于根据协调度的变化及时采取措施进行调控, 为区域自然生态系统与社会经济系统稳定发展提供科学依据。<sup>[1] (p1249-1261)</sup>

目前, 关于生态经济协调发展的研究主要包括两个方面, 一方面是对生态保护评价系统和经济发展评价系统的某一因素进行综合分析, 如生态保护系统突出对水<sup>[2] (p503-510)</sup>、土<sup>[3] (p107-131)</sup>、气<sup>[4] (p103-119)</sup>的定量分析, 经济发展系统则以分析产业发展<sup>[5] (p39-42)</sup>、城镇化水平<sup>[6] (p887-898)</sup>、人均收入<sup>[7] (p46-50)</sup>为主; 另一方面则是趋向于探讨生态、经济、能源、人口、资源及社会等之间的协调关系, 如生态-经济-能源等<sup>[8] (p54-61)</sup>。研究方法主要是利用生态足迹分析、<sup>[9] (p324-330)</sup>投入产出分析等对生态保护和经济发展之间的协调关系进行评价。已有研究文献主要是对于大区域在时序变化上的分析, 对于小尺度的时空格局演变研究较少。<sup>[10] (p1499-1507)</sup>因此, 本文采用综合评价模型法对2003年、2008年、2013年长江经济带生态保护质量和经济发展水平进行时空定量分析, 然后借助耦合协调模型探索生态经济耦合协调度的时空演变规律, 最后提出生态经济协调发展的对策建议, 以期对长江经济带生

<sup>1</sup> **基金项目**: 华中师范大学优秀博士学位论文培育计划(2016YBZZ004); 华中师范大学研究生教育创新资助项目(2017CXZZ005)。

**作者简介**: 王维(1989—), 男, 华中师范大学可持续发展研究中心博士研究生。

态保护和经济发展政策的制定提供参考。

## 二、研究区概况与数据来源

长江经济带区域覆盖上海、江苏、浙江、安徽、江西、湖北、湖南、重庆、四川、云南、贵州等 11 省市，面积约 205km<sup>2</sup>，占全国的 21%，人口和经济总量均超过全国的 40%。长江经济带是兼具自然地理环境、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，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。2014 年 9 月 12 日，国务院印发《关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》中指出，将长江经济带打造成为具有全球影响力的内河经济带、东中西互动合作的协调发展带、沿海沿江沿边全面推进的对内对外开放带和生态文明建设的先行示范带。确定了长江经济带经济发展与环境保护两大国家战略任务，为长江经济带的可持续发展指明了方向。本文研究以 2013 年的行政区划为基础，以市域为研究单元，主要涉及 11 省市所辖的 130 个地级及地级以上级别城市。

文中分析数据均来自于《中国城市统计年鉴》《上海市统计年鉴》《江苏省统计年鉴》《浙江省统计年鉴》《安徽省统计年鉴》《江西省统计年鉴》《湖北省统计年鉴》《湖南省统计年鉴》《重庆市统计年鉴》《四川省统计年鉴》《贵州省统计年鉴》《云南省统计年鉴》《中国国民经济和社会发展统计公报》《中国环境统计年鉴》（2004 年、2009 年、2014 年），对于个别缺失的数据，利用前后两年或相邻地区数据通过插值计算得到。空间分析的市域边界图取自《上海市地图集》《江苏省地图集》《浙江省地图集》《安徽省地图集》《江西省地图集》《湖北省地图集》《湖南省地图集》《四川省地图集》《重庆市地图集》《贵州省地图集》《云南省地图集》（2011 年）的行政区划图，为保证研究区域的全覆盖和数据上的连续性，对相关调整的区域进行合并处理。

## 三、评价方法

### 1. 评价指标体系的建立。

遵循整体性、层次性和可操作性原则，建立生态经济复合系统综合评价指标体系（表 1）。生态综合评价系统主要考虑生态建设、能源消耗、污染排放、环境治理 4 个方面，重点从社会因素方面对生态保护质量的影响进行评价，其中生态建设选取建成区绿化覆盖面积和建成区绿化覆盖率 2 个指标；能源消耗选取万元 GDP 能耗量、万元 GDP 水耗量和万元 GDP 电耗量 3 个指标；污染排放选取工业废水排放量、工业二氧化硫排放量和工业粉尘排放量 3 个指标；环境治理选取工业废物综合利用率、污水处理厂集中处理率和生活垃圾无害化处理率 3 个指标。经济综合评价系统主要考虑经济总量、经济结构、经济质量 3 个方面，重点对经济发展水平进行评价，其中经济总量选取地区生产总值、固定资产投资、社会消费品零售总额、金融机构存款和实际使用外资金额 5 个指标；经济结构选取第二产业产值比重和第三产业产值比重 2 个指标；经济质量选取人均地区生产总值、公共财政收入、公共财政支出和地区生产总值增长率 4 个指标。

表 1 生态经济综合评价系统指标体系及权重

系统	层次	指标	单位	权重	指标类型
生态综合评价	生态建设	建成区绿化覆盖面积	公顷	0.0476	正向
		建成区绿化覆盖率	%	0.0558	正向
	能源消耗	万元 GDP 能耗量	吨/亿元	0.1138	负向
		万元 GDP 水耗量	万吨/亿元	0.1123	负向
		万元 GDP 电耗量	万千瓦时/亿元	0.0973	负向
	污染排放	工业废水排放量	万吨	0.0889	负向
		工业二氧化硫排放量	吨	0.0936	负向
		工业粉尘排放量	吨	0.0789	负向
	环境治理	工业废物综合利用率	%	0.0927	正向
		污水处理厂集中处理率	%	0.1054	正向
		生活垃圾无害化处理率	%	0.1137	正向
	经济综合评价	经济总量	地区生产总值	万元	0.0809
固定资产投资			万元	0.1131	正向
社会消费品零售总额			万元	0.0857	正向
金融机构存款			万元	0.0555	正向
实际使用外资金额			万美元	0.0635	正向
经济结构		第二产业产值比重	%	0.1278	负向
		第三产业产值比重	%	0.1682	正向
经济质量		人均地区生产总值	元	0.1062	正向
		公共财政收入	万元	0.0311	正向
		公共财政支出	万元	0.0412	正向
		地区生产总值增长率	%	0.1267	正向

2. 数据标准化及权重确定。

(1) 数据标准化。生态经济复合系统是由生态系统和经济系统两个子系统构成，每个子系统由若干个指标组成，指标属性有正亦有负，为使之具有可比性，将各指标进行标准化处理，计算公式如下。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (1)$$

正指标：

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} \quad (2)$$

逆指标：

式中， $x'_{ij}$  为标准化处理后的指标值， $x_{ij}$  为第  $i$  项指标的第  $j$  个观测值， $\min(x_{ij})$  为该项指标中的最小值， $\max(x_{ij})$  为该项指标中的最大值。

权重确定。为了排除评价指标权重的人为因素干扰，在计算权重过程中反应原始数据的绝大部分信息，本文采用熵权法确定指标权重，计算步骤如下：

假设研究对象由  $n$  个样本组成，每个样本中有  $m$  个指标。根据各指标原始数据，可以构建如下原始数据矩阵：

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中， $r_{ij}$  为第  $i$  个评价对象的第  $j$  个指标数据，且  $1 \leq i \leq n$ ， $1 \leq j \leq m$ 。

利用公式 (1, 2) 标准化后得到矩阵  $R' = (r'_{ij})_{n \times m}$ ，则第  $j$  个评价指标在第  $i$  个评价对象的比重为：

$$S_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{j=1}^m x'_{ij}}, \quad 1 \leq j \leq m; \quad (4)$$

计算第  $j$  项指标的熵值  $h_j$ ：

$$h_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^m S_{ij} \ln S_{ij}; \quad (5)$$

根据熵值  $h_j$  计算差异度  $a_j$  的值:

$$a_j = 1 - h_j; \quad (6)$$

计算指标权重  $w_j$  :

$$w_j = \frac{a_j}{\sum_{j=1}^p a_j} \quad (7)$$

通过计算, 结果如表 1 所示。

### 3. 生态经济发展水平评价。

生态经济发展水平评价系统包含生态保护和经济发展两个子系统, 本文采用线性组合模型法对生态经济发展水平进行评价, 计算步骤如下:

生态保护质量指数计算公式:

$$EP = \sum_{i=0}^n P_i \times W_i; \quad (8)$$

其中,  $EP$  为生态保护质量指数;  $P_i$  为生态保护系统各要素标准化值;  $W_i$  为要素  $i$  对应的权重值。  $EP$  值越大, 表示生态保护质量越高。

经济发展水平指数计算公式:

$$ED = \sum_{i=0}^n D_i \times W_i; \quad (9)$$

其中,  $ED$  为经济发展水平指数;  $D_i$  为经济发展系统各要素标准化值;  $W_i$  为要素  $i$  对应的权重值。  $ED$  值越大, 表示经济发展水平越高。

生态经济发展水平指数计算公式：

$$EE = \alpha EP + \beta ED ; \quad (10)$$

其中，EE 为生态经济发展水平指数； $\alpha$ 、 $\beta$  为待定系数，由于研究中生态保护与经济发展重要性相当，所以  $\alpha = \beta = 0.5$ 。

#### 4. 生态经济耦合协调度评价。

借鉴物理学中的耦合协调模型，建立生态保护系统与经济发展系统耦合协调模型：

##### (1) 耦合度评价。

$$C = 2 \sqrt{\frac{EP \times ED}{(EP + ED)^2}} \quad (11)$$

其中，C 为生态保护质量与经济发展水平的耦合度，且处于[0- 1] 之间。C 值越大，表明生态保护质量与经济发展水平之间关联度越大，系统越有序；C 值越小，表明生态保护质量与经济发展水平之间关联度越小，系统越无序。总结目前众多学者关于生态经济耦合度分段方法，采用中值法将生态经济耦合度划分为 4 个阶段，即  $0.0 < D \leq 0.3$  为低级耦合阶段； $0.3 < D \leq 0.5$  为初级耦合阶段； $0.5 < D \leq 0.8$  为中级耦合阶段； $0.8 < D \leq 1.0$  为高级耦合阶段。

##### (2) 协调度评价。

耦合度只是说明系统是否存在有序现象，无法表明次序的类型，因此，采用协调度模型对生态保护质量与经济发展水平的协调度进行评价，计算公式为：

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

式中，D 为协调度，C 为耦合度，EE 为生态经济综合发展水平。从式 (12) 中可以看出，协调度取值为[0- 1]，采用中值法将协调度划分为 4 种类型： $0.0 < D \leq 0.3$  为严重失调； $0.3 < D \leq 0.5$  为基本协调； $0.5 < D \leq 0.8$  为良好协调； $0.8 < D \leq 1.0$  为优质协调。

## 四、结果与分析

### 1. 生态经济耦合协调度时序变化。

根据上述研究方法计算得出长江经济带 2003 年、2008 年和 2013 年生态保护质量 (EP)、经济发展水平 (ED)、生态经济发展水平 (EE)、生态经济耦合度 (C) 和生态经济协调度 (D) 如表 2 所示，可以得出长江经济带生态保护质量与经济发展水平耦合协调发展特征如下：

#### (1) 生态经济耦合度上升明显。

表 2 长江经济带生态经济协调发展耦合度、协调度

YEAR	SDL	JDL	SJDL	C	D
2003	0.675	0.192	0.434	0.356	0.393
2008	0.791	0.225	0.508	0.418	0.461
2013	0.843	0.261	0.552	0.643	0.705

从图 1 可以看出, 2003 年至 2013 年长江经济带生态经济耦合度总体上呈现上升趋势, 其中 2003 年至 2008 年为缓慢增长阶段, 此时段生态经济耦合关系徘徊在初级耦合阶段, 主要是由于该阶段经济仍处于高速发展状态, 工业投资占比量大; 而生态处于改善阶段, 相较经济发展而言处于弱侧, 二者间的耦合关系并不和谐, 耦合度值只是由 2003 年的 0.356 提升至 2008 年的 0.418。2008 年至 2013 年间, 长江经济带生态经济耦合关系得到大幅提升, 由 2008 年的初级耦合阶段上升至 2013 年的中级耦合阶段, 耦合度值由 2008 年的 0.418 提升至 2013 年的 0.643, 究其原因, 由于经济发展进入“稳增长、调结构”时期, 由高速发展向平稳发展过渡, 此时环境压力得到舒缓, 从而促使二者耦合状态的提升。

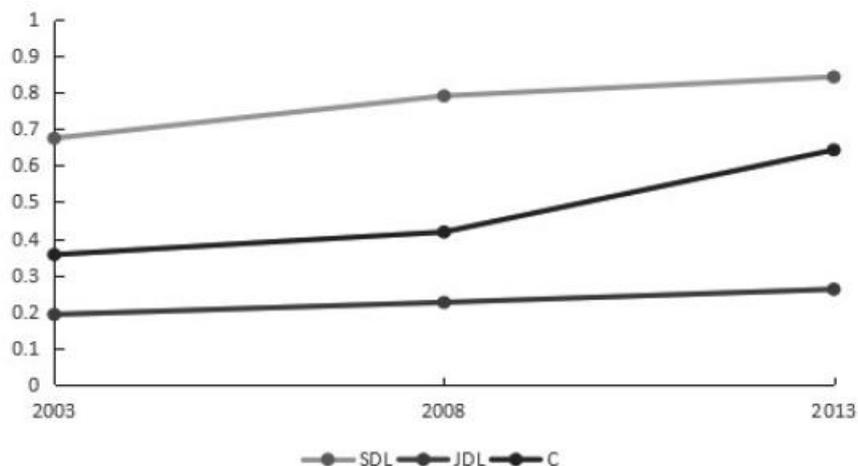


图 1 长江经济带生态经济耦合度时序变化

(2) 生态经济协调度快速提高。

由图 2 可以得出, 长江经济带生态经济协调度由 2003 年的 0.393 上升至 2013 年的 0.705, 从基本协调阶段上升至良好协调阶段。从变化趋势上看, 协调度经历了 2003 年至 2008 年的缓慢上升阶段和 2008 年至 2013 年的快速上升阶段, 协调度的变化趋势与耦合度保持了高度的一致性。2008 年之前, 由于长江经济带跨越我国东、中、西部, 经济发展阶段不一, 环境基础和保护力度也各异, 生态经济协调发展进展缓慢, 协调度由 2003 年的 0.393 上升至 2008 年的 0.461, 一直处于基本协调阶段。2008 年之后, 东部经济增长放缓, 在扩大内需的大环境下, 中西部经济发展增快, 区域经济发展趋于平衡; 宏观层面对产业结构升级和生态文明建设的提出, 生态保护力度逐渐上升, 生态保护水平普遍得到提高。生态经济协调发展度由 2008 年的 0.461 上升

至 2013 年的 0.705，实现由基本协调向良好协调的提升。

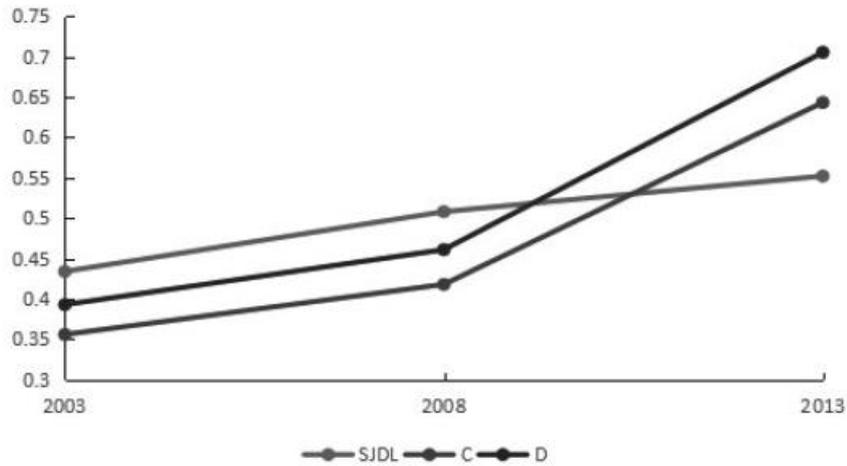
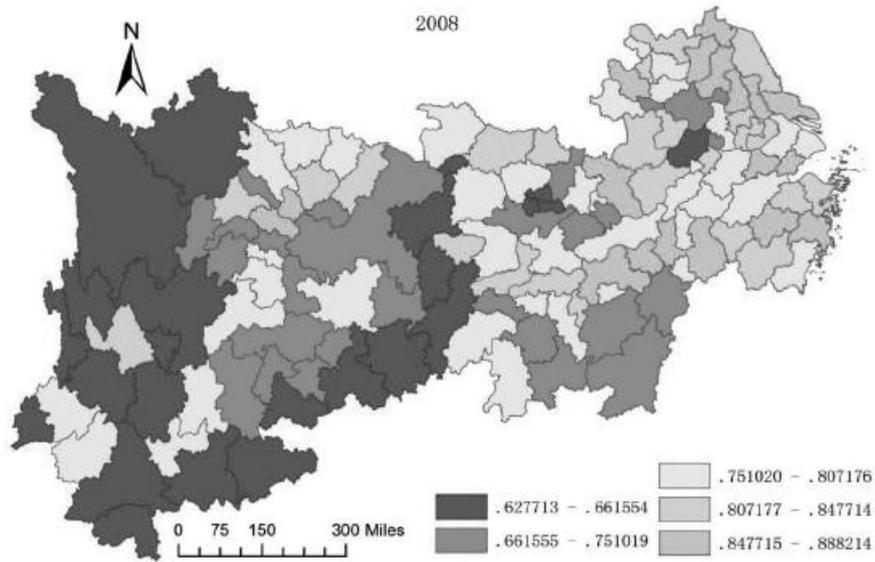
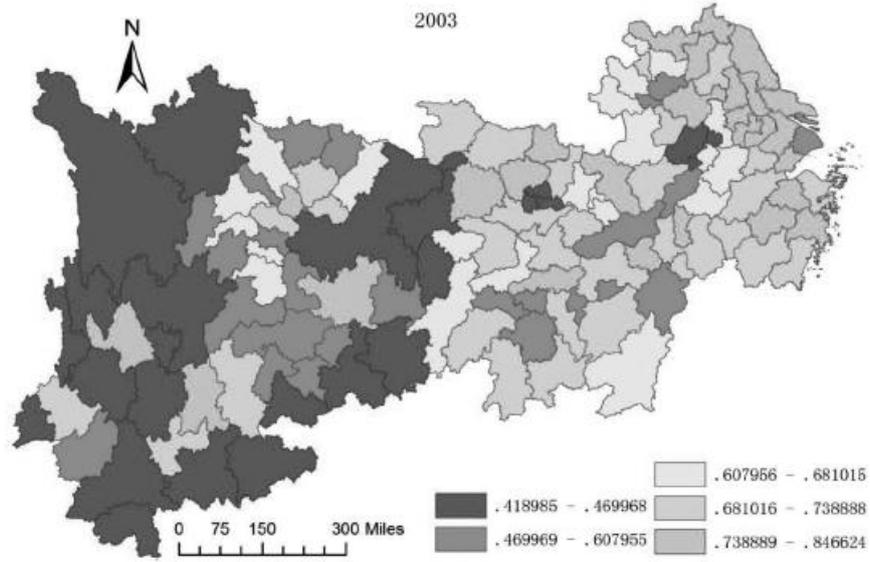


图 2 长江经济带生态经济协调度变化

## 2. 生态经济耦合协调度空间变化。

### (1) 生态保护质量。

通过生态建设、能源消耗、污染排放和环境治理等综合指标来反映长江经济带生态保护质量的空间格局分布特征。如图 3 所示，2003 年长江经济带生态保护质量排名前十城市为泰州市、扬州市、金华市、遵义市、黄冈市、景德镇市、遂宁市、南通市、镇江市和常州市，生态保护良好的城市东中西部地区均有上榜，自然生态因素对本文生态保护质量评价的影响不大。生态保护质量空间上呈现东部地区优于中西部地区的发展格局；2008 年生态保护质量排名前十城市为亳州市、宜春市、宿迁市、南昌市、普洱市、黄冈市、扬州市、连云港市、湖州市和资阳市，生态保护良好的城市在东部地区出现聚集，中西部地区由于工业发展迅猛，生态环境质量整体出现下降；2013 年生态保护质量排名前十城市为宣城市、遂宁市、随州市、巴中市、抚州市、达州市、长沙市、亳州市、鹰潭市和滁州市，生态保护良好城市由东部聚集向整体均衡分布转变，生态文明建设战略对区域整体生态环境质量的提升起到积极作用。



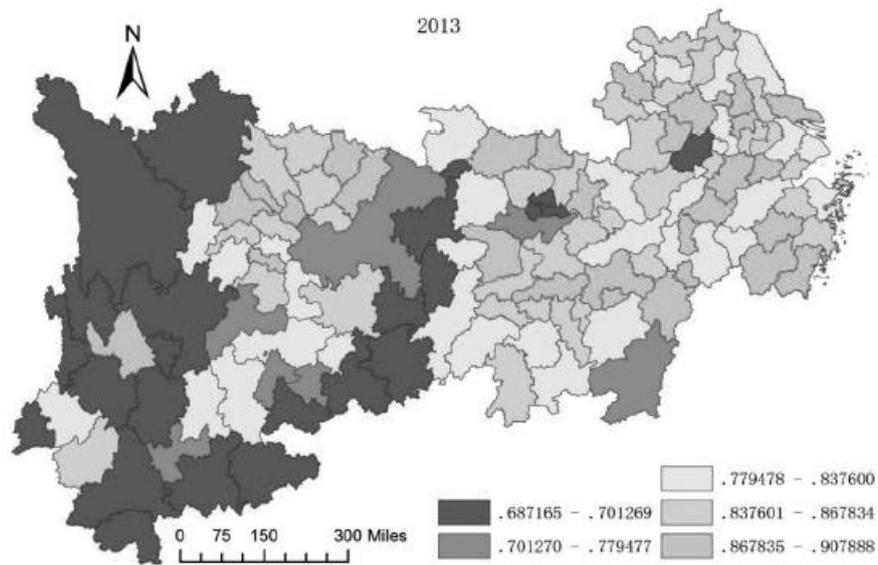
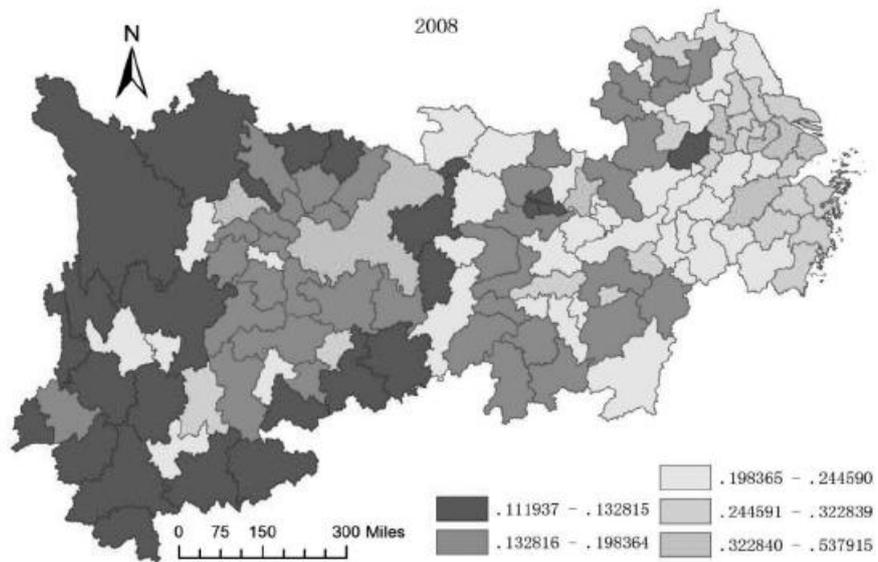
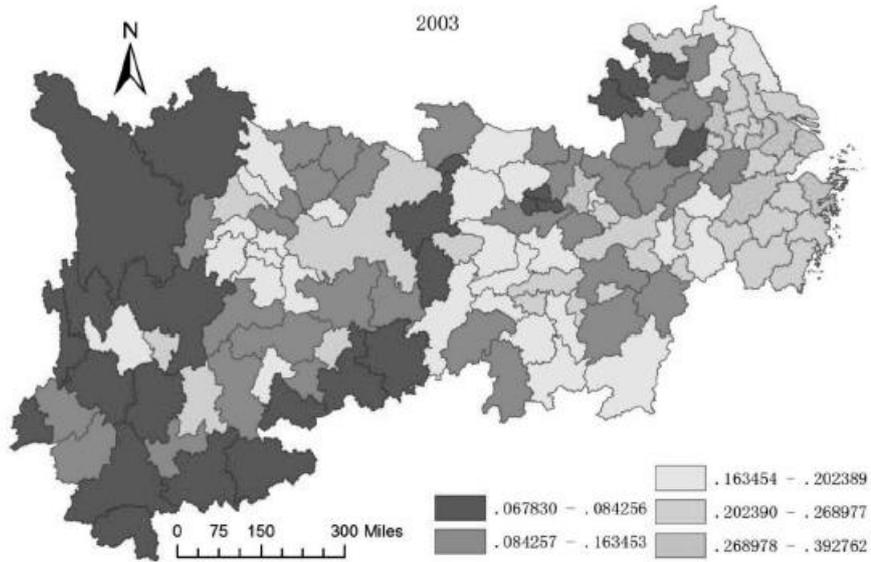


图3 长江经济带生态保护质量空间格局演化

(2) 经济发展水平。

依据经济总量、经济结构和经济质量等综合指标来反映长江经济带经济发展水平的空间格局分布特征。如图4所示，2003年长江经济带经济发展水平排名前十城市为上海市、苏州市、无锡市、南京市、杭州市、宁波市、武汉市、成都市、长沙市和温州市，经济发展水平较高的城市主要聚集于东部地区；2008年经济发展水平排名前十城市为上海市、苏州市、武汉市、无锡市、南京市、杭州市、重庆市、成都市、长沙市和宁波市，虽然总体分布格局未出现较大变化，但中西部城市经济发展速度加快，逐步缩小与东部地区的经济差距；2013年经济发展水平排名前十城市为上海市、重庆市、苏州市、武汉市、成都市、南京市、杭州市、无锡市、长沙市和宁波市，中西部城市经济部分赶超东部地区，从整体格局上看，中西部地区经济发展水平居中的城市数量开始增多，区域经济发展均衡性开始显现。



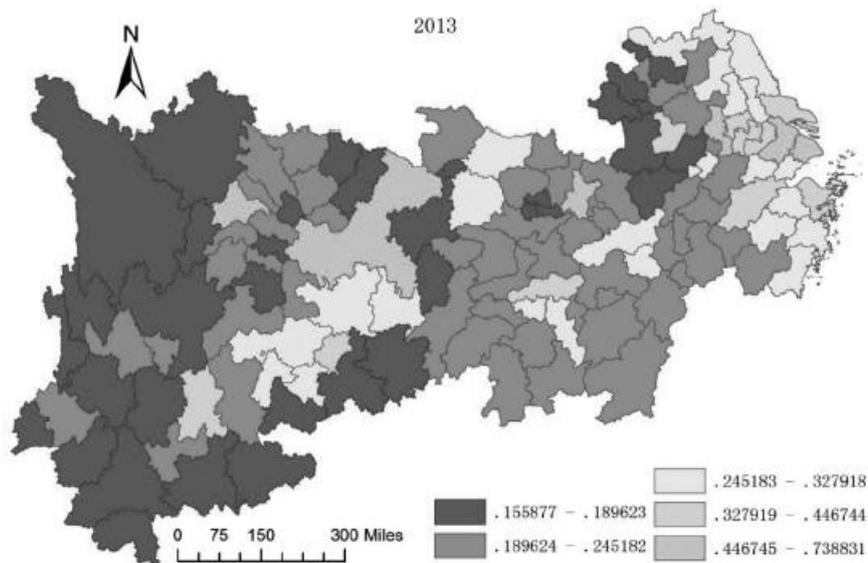
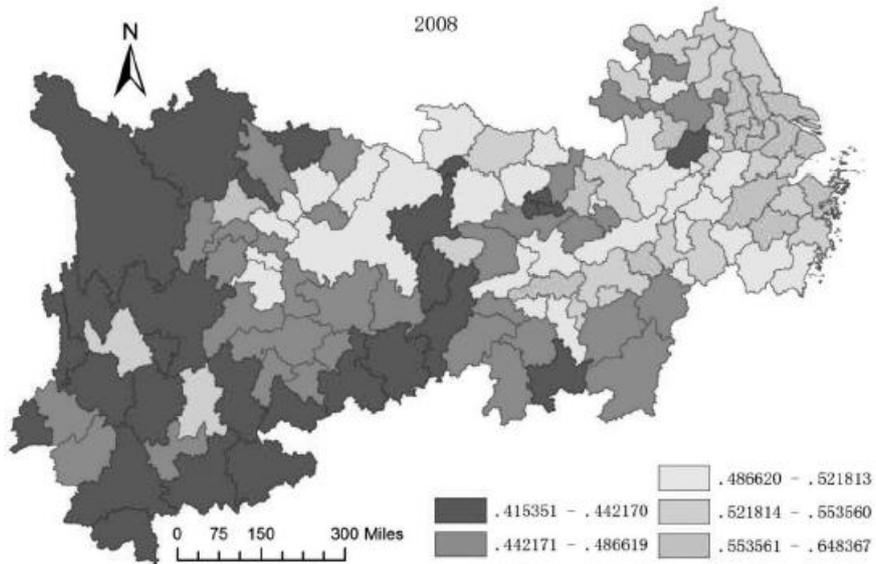
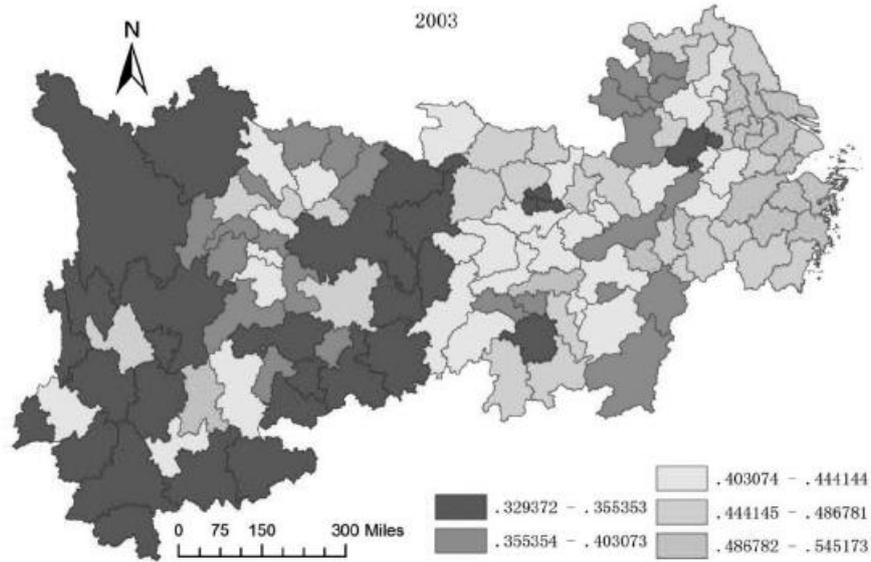


图4 长江经济带经济发展水平空间格局演化

(3) 生态经济发展水平。

将长江经济带生态保护质量与经济发展水平的评价值代入到式(10)的生态经济评价线性组合模型,得到长江经济带生态经济发展水平空间分布特征。如图5所示,2003年长江经济带上游地区(包括重庆市、四川省、云南省和贵州省所辖地市)生态经济发展指数为0.403,中游地区(包括江西省、湖北省和湖南省所辖地市)为0.435,下游地区(包括上海市、江苏省、浙江省和安徽省所辖地市)为0.457,整体呈现出下游地区高于中游地区高于上游地区的发展格局;2008年长江经济带上游地区生态经济发展指数为0.478,中游地区为0.501,下游地区为0.538,生态经济发展水平整体上升缓慢,上、中、下游区域间差距增大。2008年之前长江经济带区域经济发展中心在下游地区,中上游地区经济增长缓慢;下游地区处于工业化中后期,落后产能逐渐淘汰,环境质量得到提升,而中上游地区处于工业化前中期,工业增长仍然是经济发展的重心,环境负荷量依然巨大。2013年长江经济带上游地区生态经济发展指数为0.532,中游地区为0.544,下游地区为0.574,中上游地区生态经济发展水平快速提升,区域间差距缩小。2008年之后,我国经济进入新常态时期,下游地区经济发展放缓,中上游由于中部崛起和西部大开发战略支撑,经济发展加快;当我国生态文明建设进入高潮时期,各地生态保护条例陆续出台,区域生态质量整体得到提升。



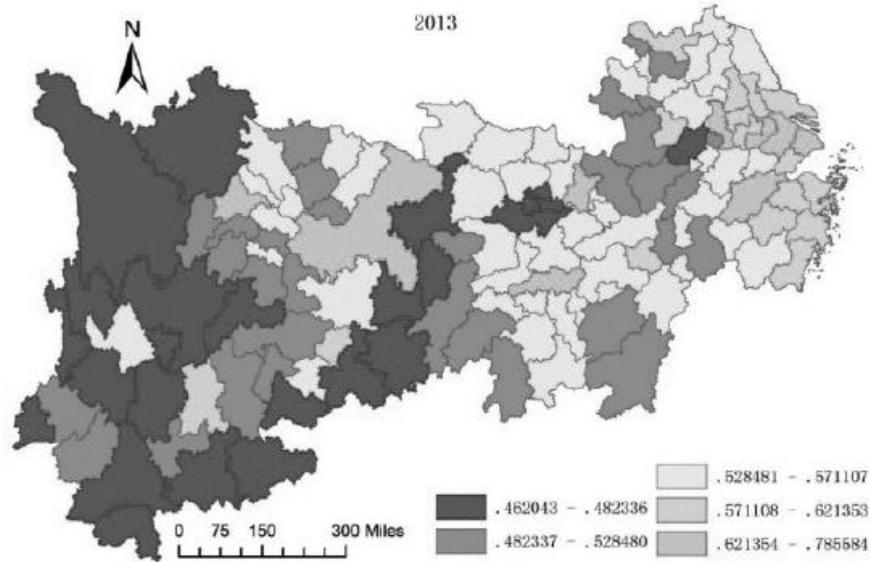
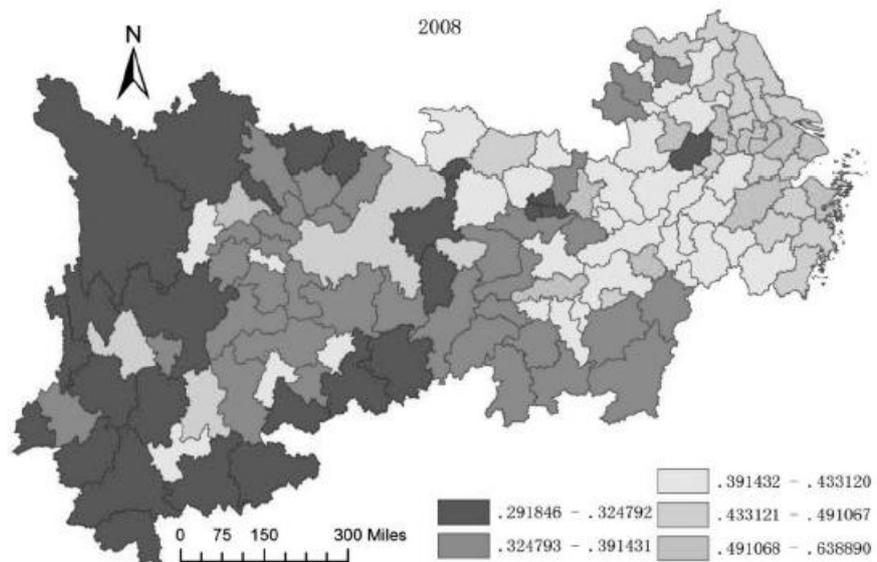
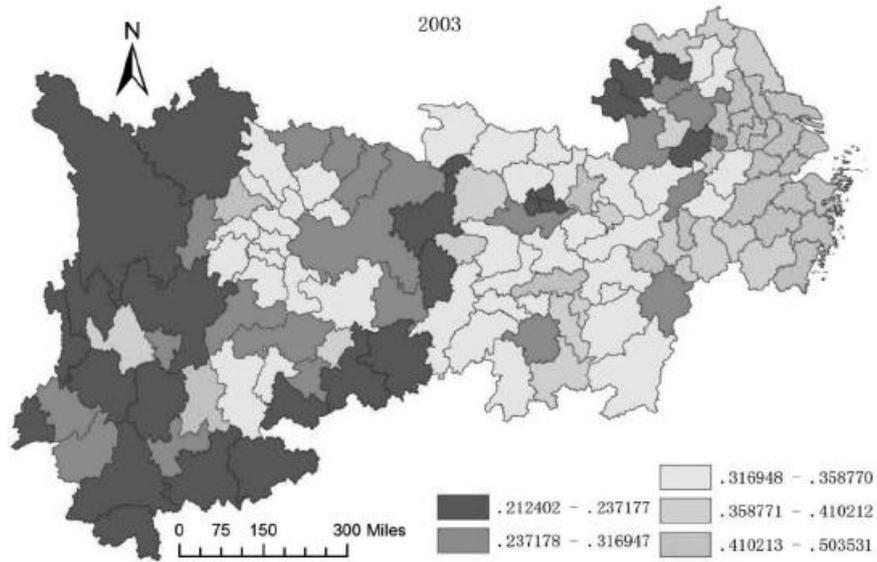


图5 长江经济带生态经济发展水平空间格局演化

(4) 生态经济耦合度。

以长江经济带生态保护质量和经济发展水平为基础数据，依据式（11）的耦合度模型，可以得出长江经济带生态经济耦合度时空分布格局。如图6所示，2003年，长江经济带中级耦合阶段型城市主要集中于苏浙沪地区，江西省、湖北省、湖南省和四川省东部均处于初级耦合阶段，安徽省西南部、四川省西部、贵州省和云南省大部处于低级耦合阶段。2008年，长江经济带下游地区中级耦合型城市数量增多，湖北省、湖南省和四川省大多数城市停留在初级耦合阶段，由于中上游城市处于工业化前中期，城市经济发展主要依靠工业带动，与生态保护之间存在一定的矛盾，耦合度上升缓慢。2013年，长江经济带中上游地区开始出现中级耦合型城市，江西省、湖北省、湖南省和贵州省初级耦合型城市耦合度增长加快，经济增长速度的放缓和生态文明建设的提出增强了生态保护质量和经济发展水平二者间的耦合发展度。



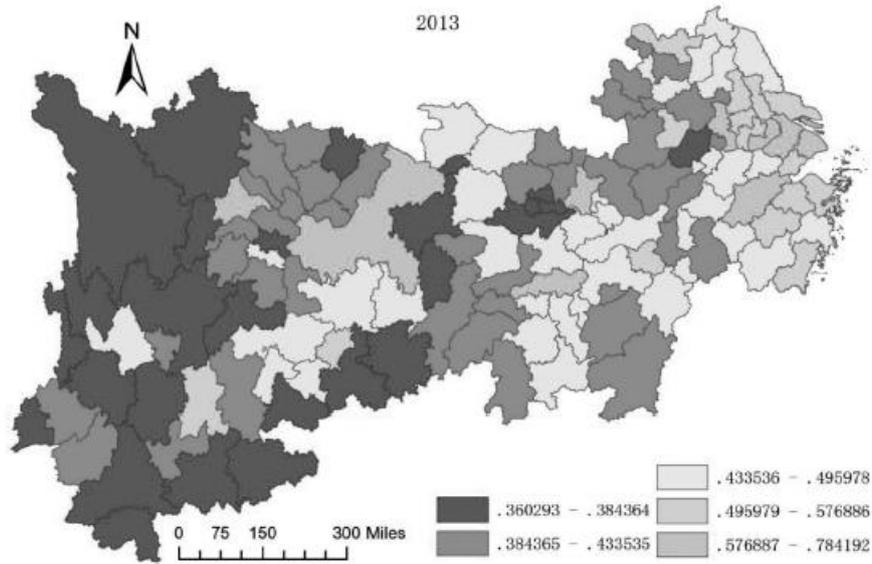
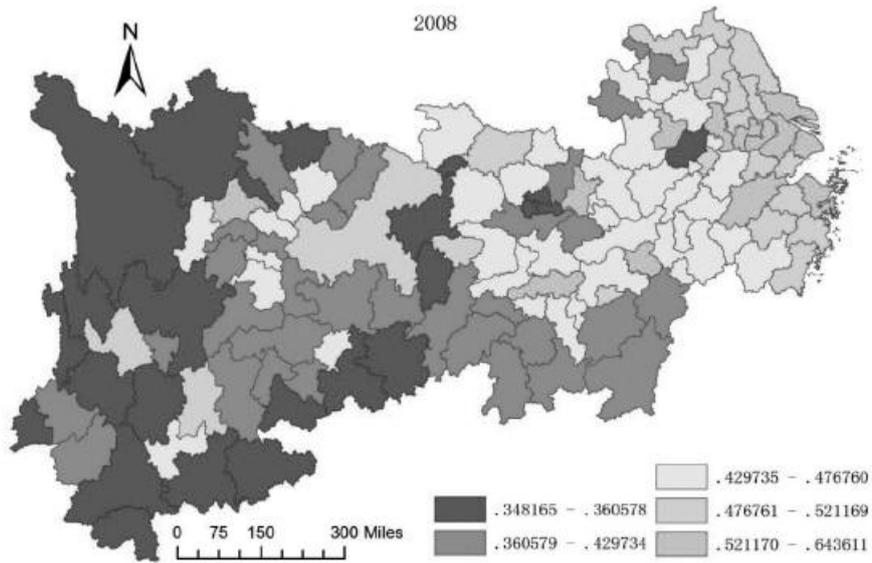
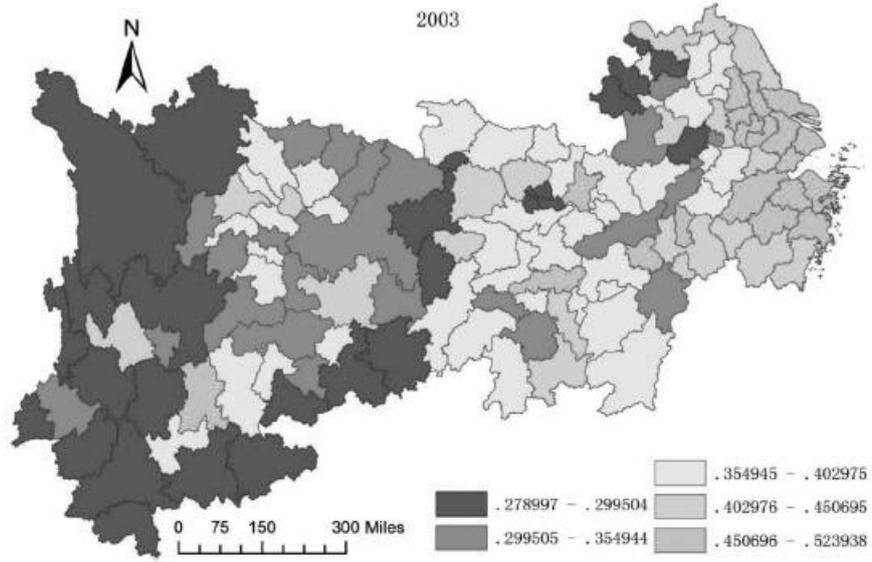


图6 长江经济带生态经济耦合度空间格局演化

(5) 生态经济协调度。

以长江经济带生态经济发展水平和生态经济耦合度为基础数据，依据式（12）的协调度模型，可以得出长江经济带生态经济协调度时空分布格局。如图7所示，2003年，长江经济带基本协调型城市主要集中于苏浙沪地区、江西省、湖北省、湖南省和四川省东部，安徽省西南部、四川省西部、贵州省南部和云南省大部处于严重失调阶段。2008年，长江经济带下游地区出现良好协调型城市，江西省、湖北省、湖南省和四川省大多数基本协调型城市协调度提升较小，西部大开发、中部崛起战略对于中上游地区城市经济的提升效应明显，但城市生态保护建设力度远落后于经济发展的脚步，二者协调性显示出严重的不匹配。2013年，长江经济带区域城市生态经济协调度全部处于基本协调之上，苏浙沪地区良好协调型城市数量增多，江西省、湖北省和湖南省开始出现良好协调型城市，可见，东部产业结构率先转型提升了生态保护与经济发展之间的协调度，环鄱阳湖生态经济圈和武汉城市圈、长株潭城市群“两型社会”的建设也对生态经济协调发展大有裨益。



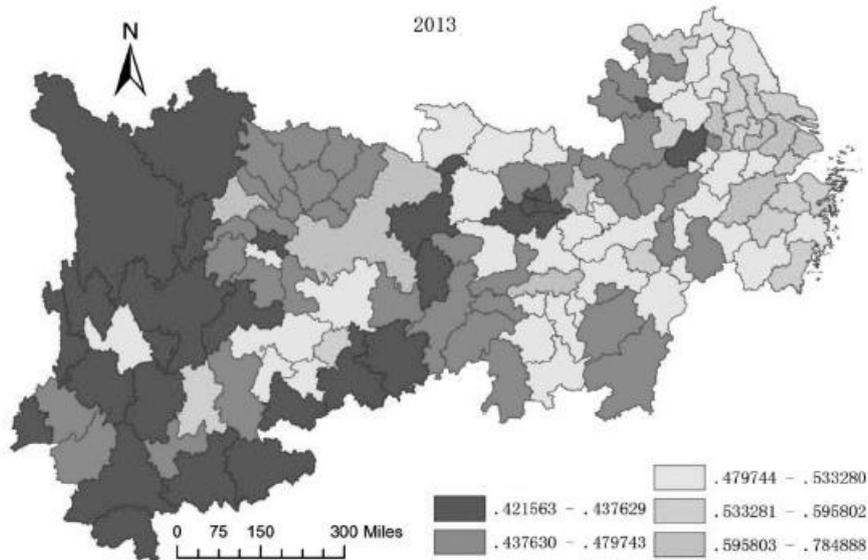


图7 长江经济带生态经济协调度空间格局演化

## 五、结论与建议

### 1. 结论。

一是长江经济带生态保护质量 2003-2008 年间出现下降趋势，2008-2013 年开始回升，空间格局为下游地区优于中上游地区。随着生态文明建设战略的深入开展，区域生态保护质量的差距逐渐缩小。二是 2003-2013 年间长江经济带经济发展水平整体呈现上升趋势，空间格局为下游地区高于中上游地区。随着我国经济发展进入新常态化时期，经济发展模式逐渐由出口导向型经济向内需主导型经济过渡，中上游地区经济发展速度开始加快，逐渐缩小与下游地区的差距。三是长江经济带生态经济发展水平空间格局为下游地区高于中上游地区，区域间差距经历 2003-2008 年逐渐增大和 2008-2013 年缓慢缩小的发展过程。四是长江经济带生态经济耦合协调发展空间格局为下游地区高于中上游地区，表现为 2003-2008 年缓慢增长和 2008-2013 年快速上升两个发展状态。

### 2. 建议。

一要抓紧编制长江经济带生态保护和经济发展专项规划，力求通过规划的制定与实施，确保长江流域生态环境修复工作和经济转型发展工作统一进行，稳步提高长江流域生态承载力和经济竞争力；二是生态保护与经济发展协调发展是一个涉及多要素共同管理的复杂巨系统，其保护与发展工作需要多地区、多部门间的统筹协作、综合决策，建议成立长江经济带生态保护与经济发展协调委员会，建立统一的生态保护标准和经济发展制度；三要推动区域经济发展模式由集聚向扩散转变，发挥中小城市生态优势，弥补中小城市经济短板并缓解大城市生态压力，实现区域生态经济均衡发展；四要强化生态经济和谐发展监督机制，杜绝以牺牲环境为代价的经济发展，坚持经济发展中的环境准入原则。

### 参考文献：

[1]Zhang K M, Wen Z G. Review and challenges of policies of environmental protection and sustainable development in China[J]. Journal of Environmental Management, 2008, (88) .

- 
- [2] 杨丽花, 佟连军. 吉林省松花江流域经济发展与水环境质量的动态耦合及空间格局[J]. 应用生态学报, 2013, 24, (2).
- [3] Deal B, Kim J H, Hewings G J D, et al. Complex Urban Systems Integration: The LEAM Experiences in Coupling Economic, Land Use, and Transportation Models in Chicago, IL[J]. Employment Location in Cities and Regions, 2013, (2).
- [4] Bahn O, Drouet L, Edwards N R, et al. The coupling of optimal economic growth and climate dynamics[J]. Climatic Change, 2006, 79, (2).
- [5] 黄瑞芬, 王佩. 海洋产业集聚与环境资源系统耦合的实证分析[J]. 经济学动态, 2011, (2).
- [6] Wang Q, Yuan X, Lai Y, et al. Research on interactive coupling mechanism and regularity between urbanization and atmospheric environment: a case study in Shandong Province, China[J]. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 2012, 26, (7).
- [7] 李海鹏, 叶慧, 张俊彪. 中国收入差距与环境质量关系的实证检验—基于对环境库兹涅茨曲线的扩展[J]. 中国人口·资源与环境, 2006, 16, (2).
- [8] 呼和涛力, 袁浩然, 赵黛青, 等. 生态文明建设与能源、经济、环境和生态协调发展研究[J]. 中国工程科学, 2015, 17, (8).
- [9] 王书华, 王忠静. 基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展定量评估——以贵州镇远县为例[J]. 山地学报, 2003, 21, (3).
- [10] 曹淑艳, 谢高地. 基于投入产出分析的中国生态足迹模型[J]. 生态学报, 2007, 27, (4)