

DOI: 10.20103/j.stxb.202211073182

刘晓曼, 吕娜, 侯鹏, 黄艳, 高吉喜, 袁静芳. 生态文明建设与社会经济发展耦合协调关系的定量测度——以浙江省安吉县为例. 生态学报, 2023, 43(21): 8973-8984.

Liu X M, Lü N, Hou P, Huang Y, Gao J X, Yuan J F. Quantitative investigation of the coupling coordination relationship between ecological civilization construction and socio-economic development: an empirical study in Anji County, Zhejiang Province. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(21): 8973-8984.

生态文明建设与社会经济发展耦合协调关系的定量测度

——以浙江省安吉县为例

刘晓曼¹, 吕娜¹, 侯鹏¹, 黄艳^{1,2}, 高吉喜^{1,*}, 袁静芳^{1,2}

¹ 生态环境部卫星环境应用中心, 北京 100094

² 中国环境科学研究院, 北京 100012

摘要: 研究生态文明建设和社会经济发展之间的耦合协调关系对评估生态文明建设示范区的建设成效具有重要参考价值。以我国最早开始生态文明建设的安吉县为对象, 通过构建生态文明建设系统和社会经济发展系统的指标体系, 引入耦合协调模型, 对安吉县的生态文明建设与社会经济发展之间的耦合过程及演变趋势进行研究。结果表明: ①总体上, 安吉县从 2006 年生态文明示范创建以来, 生态文明建设和社会经济发展均实现持续、稳步的提升, 呈现同步向好、生态文明建设领先的态势, 实现了社会经济发展与生态文明建设的双提升; ②2006—2021 年, 安吉县生态文明建设和社会经济发展呈现出“整体水平高-稳定增长”的耦合特征, 实现了“低位高耦合-高位高耦合”的转变, 两者长期之间的相互作用紧密, 共振耦合关系紧密; ③2006—2021 年, 安吉县生态文明建设和社会经济发展的协调等级经历了“失调-勉强协调-中度协调-良好协调”的循序渐进递增特征, 稳步从低级别向高级别发展演变, 完成了从失调到协调的跨越。反映出安吉县不断推进社会经济发展和生态文明建设的相互支撑, 走出了一条生态经济化、经济生态化的高质量绿色协同发展之路。评估结果不仅能为安吉县下一步可持续发展政策制定提供有益支撑, 更重要的是, 本文构建的方法能为我国生态文明建设示范区创建成效评估提供新的视角。

关键词: 生态文明建设; 社会经济发展; 耦合协调关系; 定量测度; 安吉县

Quantitative investigation of the coupling coordination relationship between ecological civilization construction and socio-economic development: an empirical study in Anji County, Zhejiang Province

LIU Xiaoman¹, LÜ Na¹, HOU Peng¹, HUANG Yan^{1,2}, GAO Jixi^{1,*}, YUAN Jingfang^{1,2}

¹ Ministry of Ecology and Environment Center for Satellite Application on Ecology and Environment, Beijing 100094, China

² Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: It is very important to study the coupling coordination relationship between ecological civilization construction and socio-economic development for evaluating the construction effectiveness of ecological civilization construction demonstration area. Taking Anji County, the earliest county which was rated as ecological civilization construction city in China, as a case study, this paper studies the coupling coordination process and evolution trend between the ecological civilization construction and socio-economic development by constructing an evaluation model and indicator system. The results show that: ① on the whole, the construction of ecological civilization level and socio-economic development level in Anji County

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFF1303403)

收稿日期: 2022-11-07; 采用日期: 2023-05-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gjx@nies.org

have the same evolution law of continuous and steady improvement, showing a trend of synchronous improvement since 2006 when Anji County was rated as an ecological civilization demonstration area. ② from 2006 to 2021, the coupling trend between ecological civilization construction and socio-economic development has the characteristics of the “high overall level-stable growth” in Anji County. The coupling relationship between ecological civilization construction and socio-economic development were closed and the coupling level improved from high coupling in low position to high coupling in high position. ③ from 2006 to 2021, the coordination trend between ecological civilization construction and socio-economic development in Anji County has the characteristics of the “maladjustment-barely coordination-moderate coordination-good coordination”. The coupling relationship between ecological civilization construction and socio-economic development steadily evolved from low level to high level. It reflects that Anji County has constantly promoted the mutual support of socio-economic development and ecological civilization construction, and has created a high-quality green coordinated development road of ecological economy and economic ecology. The results can not only provide useful support for the sustainable development of Anji County in future, but also provide a new method for evaluating the effectiveness of ecological civilization construction demonstration area.

Key Words: ecological civilization construction; socio-economic development; coupling coordinative development; Quantitative investigation; Anji County

以环境污染、生态破坏和资源短缺表现的生态危机,成为威胁人类生存的全球性问题,严重影响人类生活质量及生存状态,已经成为制约经济社会发展最为突出问题^[1]。进入新世纪以后,生态环境保护日益成为全人类的共识,如何平衡好经济发展与人类福祉和环境的关系问题一直是世界性的战略问题和世界性难题。为了解决这一科学难题,探讨经济社会发展与生态环境之间的关系一直是学术界研究的热点,也是全球可持续发展的核心问题^[2-4]。

作为后发达工业国,我国正处于工业化、城镇化加速发展阶段,生态足迹快速增长,资源环境刚性约束对经济转型的影响更加突出。为了应对挑战,在参与全球环境治理的进程中,我国提出了生态文明的理念。生态文明一般是指人类社会继原始文明、农业文明、工业文明后的新型文明形态,它以人与人、人与自然、人与社会和谐为目标,以可持续的生产和消费为内涵,以尊重和维护自然为前提,其目的是实现可持续发展。该理念与全球环境治理和可持续发展目标契合,二者都在寻求解决生态环境领域的治理赤字,促进人与自然和谐共生。我国生态文明建设理论和成就得到了广泛认可,为全球应对气候变化、化解环境污染等生态危机、保护生物多样性提供了范例^[5],得到联合国等机构和学者高度评价,被认为是人类文明发展史上的一个全新概念,给全球生态文明建设带来了希望^[6],由联合国所有会员国一致通过、作为 2030 年可持续发展议程组成部分的 17 项可持续发展目标^[7]。

我国生态文明建设示范区是贯彻落实习近平生态文明思想,推进生态文明建设的重要载体和实践平台^[8],建设目的是按照可持续发展的要求和生态经济学原理,调整区域内社会经济发展与自然环境的关系,努力建立起人与自然和谐相处的社会,促进经济、社会和自然环境的可持续发展,实现生态文明建设与社会经济发展的协调发展^[9]。生态文明建设与社会经济发展之间存在物质循环、交互制约的关系,只有两者之间彼此耦合、协调发展,才能实现区域整体发展的优化^[10]。因此研究国家生态文明建设示范区内的生态文明建设和社会经济发展之间的耦合协调关系可以定量揭示两者之间相互作用、相互依存的优劣状况和谐程度,是新时期我国地理学人地关系系列研究的重要组成部分,对评估生态文明建设示范区的建设成效评估具有重要参考价值,对推动区域高质量发展、指导区域未来可持续发展具有重要的现实意义。

安吉县是我国最早开始生态文明建设创建的实践地,成为了近年来生态文明建设实践推广与理论分析中高频出现的明星样本,被誉为我国生态文明建设的“安吉模式”^[11]。选择安吉县来定量评估生态文明建设与社会经济发展之间的耦合协调发展状况具有非常重要的代表性和典型性。本文通过引入耦合协调模型,通过

构建生态文明建设与社会经济发展评价指标体系,从时间维度对安吉县的生态文明建设与社会经济发展之间的耦合过程及演变趋势进行研究,并定量测度了两者之间的耦合关系和协调程度。评估结果不仅能为安吉县下一步可持续发展政策制定提供有益支撑,更重要的是,能为我国生态文明示范区建设成效评估提供新的视角,对于协调生态文明建设和社会经济发展的关系具有重要的参考价值。

1 研究区域与数据来源

1.1 研究区域

安吉县位于浙江省西北部,地处长三角地理中心,是上海黄浦江的源头、杭州都市圈重要的西北节点,县域面积 1886 km²,下辖 8 镇 3 乡 4 街道,共 215 个行政村(社区),户籍人口 47.43 万。地势呈“七山一水二分田”结构,属亚热带季风湿润气候区,主要受东亚季风气候的控制,全县多年平均降水量为 1539.9 mm,多年平均水面蒸发量为 805.2 mm。全县植被区划属亚热带东部常绿阔叶林亚区,中亚热带常绿阔叶林北部亚地带。安吉经济近年来发展迅速,产业结构继续改善,2021 年全县实现国内生产总值 566.33 亿元。其中,第一产业、第二产业和第三产业增加值分别实现 27.87 亿元、274.24 亿元和 264.22 亿元,三大产业结构比为 4.9:48.4:46.7,城镇居民人均可支配收入达到 65750 元。

安吉县是“绿水青山就是金山银山”理念诞生地和我国美丽乡村发源地,全国最早开始“生态文明建设试点示范区”创建的实践地。安吉坚定不移地践行“两山”理论、持续推进生态文明建设,从工业立县转型到生态立县,发展生态产业,成功把生态优势转化为经济优势,让绿水青山变成金山银山,安吉的生态文明建设之路走在全国前列并树立了成功样板^[12]。

1.2 数据来源

本文以浙江省安吉县为研究区域,2006—2021 年为研究时段,数据主要来源于 2006—2021 年的《湖州统计年鉴》、2006—2021 年的《安吉年鉴》、2006—2021 年的安吉县国民经济和社会发展统计公报、2015—2020 年的《我国县城建设统计年鉴》、2008—2021 年的《浙江年鉴》、《浙江 60 年统计资料汇编》等公开发布或出版的统计资料中。

2 指标体系的构建与研究方法

2.1 指标体系构建

参考现有的研究成果^[13-14],结合安吉县实际情况,并依据评价指标选取的科学性、可比性、可操作性、代表性、可获取性等原则^[15],共选取 19 个指标构建安吉县生态文明建设与社会经济发展的综合评价指标体系(表 1)。其中生态文明建设系统包括生态环境、生态生活、生态效率和生态制度四个一级指标。良好的生态环境是生态文明建设的基础,其具体表现就是各项生态指标的优良程度,选取地表水达到或好于Ⅲ类水体比例、城市空气质量优良天数比率、植被覆盖度和森林覆盖度作为生态环境指标;人居环境的优劣能够直接反应生态文明建设水平,良好的人居环境是生态文明建设的标志,选取绿化覆盖率、人均公园绿地面积、城镇污水处理率作为生态生活指标;资源的供给是有限的,生态效率的提高是生态文明建设后期发展的动力,选取单位 GDP 能耗作为生态效率指标;生态制度的确立是生态文明建设的支撑,为其提供资金支持、方案制定并保障其施行,选取节能环保保护支出、美丽乡村数量作为生态制度指标。社会经济发展系统包括经济发展和社会发展两个一级指标,经济的发展是前提,居民收入状况、产业所占比重规模是经济发展的直观表现,选取城镇居民人均可支配收入、农村居民人均可支配收入、第三产业增加值占 GDP 比重、人均 GDP、实际利用外资、出口额、旅游总收入构成经济发展指标;社会发展主要体现在居民的生活质量和生活保障上,选取在岗职工平均工资和医院床位数构成社会发展指标。

2.2 研究方法

2.2.1 数据标准化

为消除各指标数据因来源不同、量纲、数量级等不统一而造成的数据间的可比性不足,采用极差法对数据

进行标准化处理^[16-17],对标准化后的指标数值进行极小值平移使标准化后的数值不为 0,公式为^[18]:

$$U(x_{ij}) = \frac{x_{ij} - \min(x_{ij})}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} + 0.0001 \tag{1}$$

$$U(x_{ij}) = \frac{\max(x_{ij}) - x_{ij}}{\max(x_{ij}) - \min(x_{ij})} + 0.0001 \tag{2}$$

式中, $U(x_{ij})$ 为第 i 项指标下第 j 个样本的标准化数值; x_{ij} 为第 i 项指标下第 j 个样本的原始值; $\min(x_{ij})$ 和 $\max(x_{ij})$ 分别为第 i 项指标样本中的原始值最小值和最大值。正向指标用公式(1),负向指标用公式(2),本文选取的指标仅“单位 GDP 能耗”为负向指标使用公式(2),标准化后各指标的数值范围为(0—1] 之间。

表 1 安吉县生态文明建设和社会经济发展耦合评估指标体系

Table 1 Coupling evaluation index system of ecological civilization construction and socio-economic development

评估类别 Evaluation type	一级指标 First level indicators	熵权法权重 Entropy weight method weights	二级指标 Second level indicators	单位 Unit	作用方向 Direction of action	熵权法权重 Entropy weight method weights
生态文明建设 Ecological civilization construction	生态环境	0.44	地表水达到或好于Ⅲ类水体比例	%	+	0.05
			城市空气质量优良天数比率	%	+	0.11
			植被覆盖度	%	+	0.14
			森林覆盖度	%	+	0.14
			绿化覆盖度	%	+	0.04
	生态生活	0.25	人均公园绿地面积	m ²	+	0.09
			城镇污水处理率	%	+	0.12
			单位 GDP 能耗	t 标准煤/万元	-	0.06
	生态效率	0.06	节能环境保护支出	亿元	+	0.17
	生态制度	0.25	美丽乡村数量	个	+	0.08
社会经济发展 Socio-economic development	经济发展	0.71	城镇居民人均可支配收入	元	+	0.09
			农村居民人均可支配收入	元	+	0.11
			第三产业增加值占 GDP 比重	%	+	0.10
			人均 GDP	元	+	0.09
			实际利用外资	万美元	+	0.08
		0.29	出口额	万美元	+	0.10
			旅游总收入	亿元	+	0.14
			在岗职工平均工资	元/人	+	0.18
			医院床位数	张	+	0.11

“+”代表正向指标,“-”代表负向指标

2.2.2 熵值法确定权重

科学、明确地表现生态文明建设和社会经济发展两个系统的发展水平,需要对两系统的各项指标进行赋权。权重是用于衡量各指标间重要性的标准,指标权重确定的赋权评价方法分为主观和客观两种,本文中采用熵值法来计算指标权重属于客观赋权评价方法^[18-19],其采用的都是客观的原始值,避免了人为主观评判赋权下造成的偏差性,使得结果更加科学、合理^[20]。

①计算各指标比重

$$a_{ij} = \frac{U(x_{ij})}{\sum_{j=1}^m U(x_{ij})} \tag{3}$$

②计算各指标信息熵

$$e_i = - \frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^m a_{ij} \ln a_{ij} \tag{4}$$

③计算各指标权重

$$\lambda_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e_i)} \quad (5)$$

式中, a_{ij} 为第 i 项指标中第 j 个样本所占该指标的比重; e_i 为第 i 项指标的信息熵, $0 < e_i < 1$, 信息熵可对指标的无序程度进行度量, 系统内该指标的变化程度越大, 提供的信息越多, 信息熵越小^[21]; m 为样本数量, 本文的研究时段为 2006—2021 年故 $m=16$; n 为评价指标体系的指标总数, 在评估类别为生态文明建设时, $n=8$, 当评估类别为社会经济发展时, $n=9$; 该 λ_i 为 i 指标的权重值, $0 < \lambda_i < 1$, 代表第 i 项指标对于整个评价系统的贡献度。各指标利用熵值法计算出的权重见表 1。

2.2.3 生态文明建设与社会经济发展指数

在对各项指标进行标准化处理和熵值法赋权后, 对生态文明建设和社会经济发展水平的测度可通过加权法进行, 分别构建生态文明建设指数与社会经济发展指数, 公式为^[22]:

$$EC = \sum_{i=1}^n (EC_i \times \lambda_i) \quad (i = 1, 2, 3 \cdots n) \quad (6)$$

式中, EC 为生态文明建设指数; EC_i 为 i 指标的标准化值; λ_i 为 i 指标的权重值。

$$ED = \sum_{i=1}^n (ED_i \times \lambda_i) \quad (i = 1, 2, 3 \cdots n) \quad (7)$$

式中, ED 为社会经济发展指数, ED_i 为 i 指标的标准化值, λ_i 为 i 指标的权重值。

2.2.4 同步发展指数模型

生态文明建设与社会经济发展之间的耦合作用既是特定时点的一种状态, 也是不同时段的变化过程。为此, 本文构建了同步发展指数模型以分析两者在不同时间点状态下的相互耦合状况, 揭示不同年份生态文明建设与社会经济发展变化的同步性(超前或滞后)^[23-24], 公式为:

$$S = EC - ED \quad (8)$$

式中, S 为同步发展指数, 当 $S=0$ 时, 生态文明建设和社会经济发展两系统的发展水平完全耦合协调, 但在现实情况下不可能存在以上情况, 往往都会出现某一方发展超前或滞后现象。当 $|S| \leq 0.1$ 时, 生态文明建设和社会经济发展之间的发展水平相差较小, 认为两者之间的发展基本同步。当 $|S| > 0.1$ 时, 生态文明建设和社会经济发展两者的发展水平相差较大、存在差距, 当 $S > 0.1$, 为生态文明建设领先, 当 $S < -0.1$ 为社会经济发展领先, 同步发展特征见表 2。

2.2.5 耦合协调度模型

“耦合”源于物理学概念是指两个或两个以上系统或运动形态在各种外界条件和自身因素的作用下而形成的相互影响、彼此制约的现象^[25-26]。随着这一理论的逐步发展与系统间耦合关系具有相似性, 其应用领域逐步扩大, 现已被广泛运用于生态学研究领域中^[27]。作为反映耦合程度的重要指标, 耦合度主要反映系统无序及其有序状态间的转变过程, 体现系统内部参量间的相互作用程度以及同步性, 对于定量分析不同系统间耦合作用的强度以及预警两者走向意义重大。本文根据耦合的概念, 建立耦合度模型计算生态文明建设和社会经济发展相互影响、彼此制约的程度^[28], 耦合度模型的公式为:

$$C = \frac{2 \sqrt{EC \times ED}}{EC + ED} \quad (9)$$

式中, EC 、 ED 分别为生态文明建设和社会经济发展水平指数; C 为区域生态文明建设和社会经济发展水平的耦合度。 C 的取值在 0—1 之间, 值越大, 即耦合度越高, 表明两者之间的良性耦合状态越好; 值越小, 即耦合度越低, 表明两者之间的耦合状态越低。本文将安吉县的耦合度划分为勉强耦合、低度耦合、中度耦合和高度耦合 4 个等级, 划分标准见表 2。

虽然耦合度对判别生态文明建设和社会经济发展耦合作用的强度具有十分重要的意义。但仅依靠耦合度数值高低难以反映出两者之间的整体发展水平和相互作用的优劣状况, 可能会出现生态文明建设和社会经

济发展的水平都较低但耦合程度较高的情形^[29-31]。为更明确的表现出区域生态文明建设和社会经济发展水平的整体功能或发展水平大小,需进一步构建耦合协调度模型。协调是系统各要素间持续发展、和谐共处且良性循环的关系,耦合协调度模型主要是度量系统各组成要素间发展过程中的互动关系,更能反映生态文明建设和社会经济发展之间的和谐程度,侧重两者之间的良性互动关系。耦合协调指数的公式为:

$$T = \alpha \times EC + \beta \times ED \tag{10}$$

$$ECCI = \sqrt{C \times T} \tag{11}$$

式中,ECCI 为生态文明建设和经济发展之间的耦合协调指数, T 为区域生态文明建设和社会经济发展水平的综合评价指数,值越大,两者的整体协同水平越高; α 、 β 为待定参数, $\alpha + \beta = 1$,根据区域生态文明建设和社会经济发展水平的重要程度来确定,由于本文默认生态文明建设与社会经济发展在耦合协调关系中同等重要,故取 $\alpha = 0.5$ 、 $\beta = 0.5$ 。ECCI 的取值在 0—1 之间,值越大,即耦合协调度越高,说明生态文明建设与社会经济发展之间更加良性循环。本文将安吉县的耦合协调度划分为失调、勉强协调、中度协调和良好协调 4 个等级,划分标准见表 2。

表 2 生态文明建设和经济社会发展的耦合协调度和同步发展指数划分

Table 2 Division of coupling coordination degree and synchronous development index between ecological civilization construction and socio-economic development level

耦合度 Coupling degree	耦合类型 Coupling type	耦合协调度 Coupling coordination degree	耦合协调类型 Coupling coordination type	两个指数比较 Comparison of the two index	同步发展特征 Synchronous development characteristics
0.8<C<1.0	高度耦合	0.8<ECCI≤1.0	良好协调	EC-ED>0.1	生态文明建设领先型
				EC-ED ≤0.1	同步型
				EC-ED<-0.1	社会经济发展领先型
0.5<C≤0.8	中度耦合	0.6<ECCI≤0.8	中度协调	EC-ED>0.1	生态文明建设领先型
				EC-ED ≤0.1	同步型
				EC-ED<-0.1	社会经济发展领先型
0.3<C≤0.5	低度耦合	0.4<ECCI≤0.6	勉强协调	EC-ED>0.1	生态文明建设领先型
				EC-ED ≤0.1	同步型
				EC-ED<-0.1	社会经济发展领先型
0<C≤0.3	勉强耦合	0<ECCI≤0.4	失调	EC-ED>0.1	生态文明建设领先型
				EC-ED ≤0.1	同步型
				EC-ED<-0.1	社会经济发展领先型

3 结果与分析

3.1 生态文明建设与社会经济发展指数演变特征分析

选取安吉县 2006—2021 年生态文明建设和社会经济发展共计 19 个单项指标的数据,通过指标标准化和权重确定,应用公式(6)、(7) 进行计算,得到 2006—2021 年安吉县全县生态文明建设指数和社会经济发展指数(表 3、图 1、图 2)。

3.1.1 生态文明建设指数变化分析

从生态文明建设水平来看,2006—2021 年安吉县生态环境不断改善,地表水达到或好于Ⅲ类水体比例提高了 8%、城市空气质量优良天数比率提高了 13.8%、植被覆盖度提高了 9.66%、森林覆盖度提高了 0.16%;生态生活水平不断提升,绿化覆盖率提高了 17.65%、城镇污水处理率提高了 18.11%、人均公园绿地面积增加了 12m²;生态效率明显提高,单位 GDP 能耗降低了 53%;生态投入和制度保障越来越有力,美丽乡村数量从 2006 年的不到 30 个增加到 2021 年的 187 个,节能环保保护支出增加了 20 多倍。表明安吉县从 2006 年以来持续践行两山理论和生态文明建设理念,加强了生态文明建设并取得显著的成效,16 年来生态文明建设指数

稳步提高,一直保持着持续上升的趋势,从 2006 年的 0.01 提高至 2021 年的 0.99,且 2021 年的生态文明建设水平达到最佳状态,生态文明建设水平得到有效提升,稳步形成了安吉县生态建设的大格局(表 3、图 1)。2014 年前,生态文明建设指数均在 0.5 以下,生态文明建设水平相对偏低;从 2014 年开始,生态文明建设指数大于 0.5,生态文明建设水平日益提升,生态环境质量不断向好。

表 3 安吉县 2006—2021 年生态文明建设和社会经济发展耦合协调评估结果

Table 3 The result of coupling coordination between ecological civilization construction and socio-economic development of 2006—2021 in Anji county

年份 Year	生态文明 建设指数 Ecological civilization construction index	社会经济发展指数 Socio-economic development index	耦合度 Coupling degree	耦合类型 Coupling type	耦合协调度 Coupling coordination degree	耦合协调状态 Coupling coordination status	同步发展类型 Synchronous development type
2006	0.01	0.001	0.96	高度耦合	0.08	失调	同步型
2007	0.09	0.04	0.91	高度耦合	0.24	失调	同步型
2008	0.16	0.06	0.88	高度耦合	0.31	失调	同步型
2009	0.25	0.09	0.88	高度耦合	0.39	失调	生态文明建设领先型
2010	0.36	0.14	0.89	高度耦合	0.47	勉强协调	生态文明建设领先型
2011	0.39	0.19	0.94	高度耦合	0.52	勉强协调	生态文明建设领先型
2012	0.45	0.24	0.96	高度耦合	0.58	勉强协调	生态文明建设领先型
2013	0.49	0.31	0.97	高度耦合	0.62	中度协调	生态文明建设领先型
2014	0.55	0.37	0.98	高度耦合	0.67	中度协调	生态文明建设领先型
2015	0.60	0.44	0.99	高度耦合	0.71	中度协调	生态文明建设领先型
2016	0.66	0.54	1.00	高度耦合	0.77	中度协调	生态文明建设领先型
2017	0.75	0.62	1.00	高度耦合	0.83	良好协调	生态文明建设领先型
2018	0.88	0.73	1.00	高度耦合	0.90	良好协调	生态文明建设领先型
2019	0.94	0.88	1.00	高度耦合	0.95	良好协调	同步型
2020	0.98	0.85	1.00	高度耦合	0.96	良好协调	生态文明建设领先型
2021	0.99	0.97	1.00	高度耦合	0.99	良好协调	同步型

3.1.2 社会经济发展指数变化分析

从经济社会发展水平来看,2006—2021 年,安吉县人均 GDP 提升了 4.28 倍、旅游年收入提高了 28 倍、出口额增加了 10 倍、城镇居民人均可支配收入增加了 3 倍、农村居民人均可支配收入增加了 3.92 倍、在岗职工平均工资增加了 2.81 倍、实际利用外资增加了 3.99 倍、医院床位数增加了 1.26 倍、第三产业增加值占 GDP 比重提高了 10.5%。2006—2021 年社会经济发展指数基本呈逐年上升的趋势,从 2006 年的 0.004 上升到 2021 年的 0.97,峰指出现在 2021 年,说明安吉县自从 2006 年以来,经济水平和社会发展也在同步提升,人民生活质量不断提高,2021 年的社会经济水平达到最佳(表 3、图 2)。但社会经济发展指数在 2020 年出现了短暂的下降,主要原因在于受新冠肺炎疫情的影响,出口额、实际利用外资、旅游总收入等受到影响,随之降低。2016 年前,社会经济发展指数在 0.5 以下,社会经济发展欠佳,水平提升较慢;2016 年以来,社会经济发展指数大于 0.5 且增加幅度明显,社会经济发展水平飞速提升。

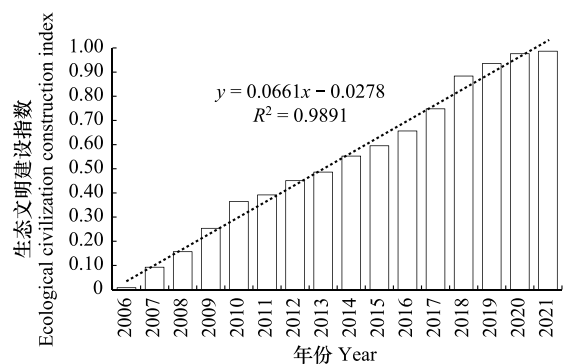


图 1 安吉县 2006—2021 年生态文明建设指数不同年份柱状图

Fig.1 The histogram of ecological civilization construction index of 2006—2021 in Anji county

3.1.3 同步发展特征分析

从两个指数的同步发展指数来看,2006—2021年,安吉县生态文明建设和社会经济发展都处于稳步上升阶段,呈现同步向好的趋势。生态文明建设指数始终高于社会经济发展指数,整体处于生态文明建设领先的状态(表3、图3)。2006—2008年,两者发展基本同步,均处于较低水平。从2009—2018年,生态文明建设一直领先于社会经济发展程度。2019年社会经济发展指数增加幅度高于生态文明建设指数,两者发展又开始基本同步,到2020年,受新冠疫情的影响,安吉县社会经济发展速度减缓,生态文明建设再次领先于社会经济发展。2021年,社会经济发展再次提速,两者发展再次基本同步。生态文明建设指数从2014年开始大于0.5,而社会经济发展指数从2016年开始大于0.5,说明生态文明建设开始提速的时间要早于社会经济发展。

两个指数在16年间的同步发展特征说明,安吉县在推进社会经济发展的过程中,并未盲目地追求开发强度增长而忽视生态文明建设的力度,而是注重在社会经济发展的过程中融入生态文明理念,走出了一条生态经济化、经济生态化的高质量绿色发展之路,进而实现全县社会经济发展与生态文明建设的双重提升。

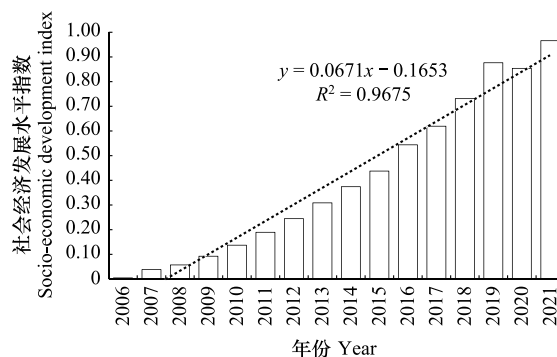


图2 安吉县2006—2021年社会经济发展指数不同年份柱状图

Fig.2 The histogram of socio-economic development index of 2006—2021 in Anji county

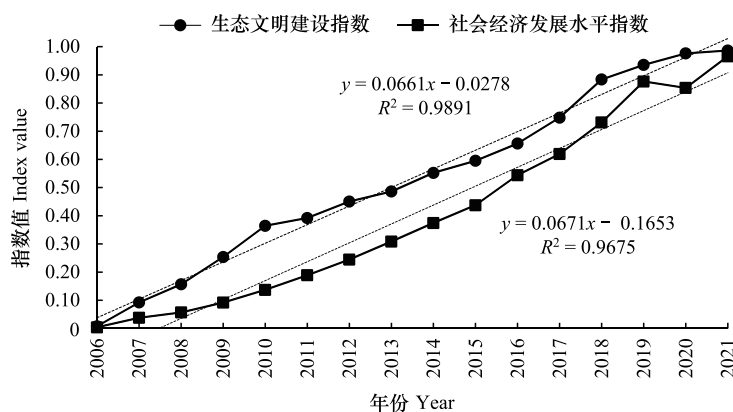


图3 安吉县2006—2021年生态文明建设指数和社会经济发展指数变化趋势对比图

Fig.3 The diagram of ecological civilization construction index and socio-economic development index of 2006—2021 in Anji county

3.2 生态文明建设与社会经济发展耦合和协调关系分析

为了更好地评判安吉县生态文明建设与社会经济发展交互耦合的协调程度,借助耦合和协调的理论模型,利用公式(9)、(10)、(11)计算得到生态文明建设与社会经济发展的耦合度C以及耦合协调度ECCI(表3、图4、图5)。

3.2.1 耦合特征分析

总体来说,从2006—2021年,安吉县生态文明建设和社会经济发展耦合度一直在0.8以上,耦合程度一直处于平稳高位状态,波动极小,呈现出“整体水平高-稳定增长”的发展态势,实现了“低位高耦合-高位高耦合”的转变,两者长期之间的相互作用紧密且同步性一致,共振耦合关系日趋紧密(表3、图4)。分阶段耦合特征为:

(1)2006年两者耦合度为0.96,耦合起点较高,呈现低位高耦合的特征。2006年6月,安吉县成为全国第一个生态县,生态文明建设处于起步阶段,地表水达到或好于Ⅲ类水体比例、城市空气质量优良天数比率、植被覆盖度、森林覆盖度、绿化覆盖率、人均公园绿地面积、美丽乡村数量和节能环保保护支出均处于研究时段

的最低水平,而单位 GDP 能耗处于最高水平,生态文明建设指数为 16 年间最低。社会经济发展从以往的依靠工业化带动城市化的快速发展方式开始逐步剥离,成效尚未显现,除第三产业增加值占 GDP 比重略高于 2007 年和 2008 年外,其他 8 个表征指标均处于研究时段最低水平,因此整体发展水平相对也最低。两者的基础都比较薄弱,耦合水平一致,呈现出低位高耦合的特征。

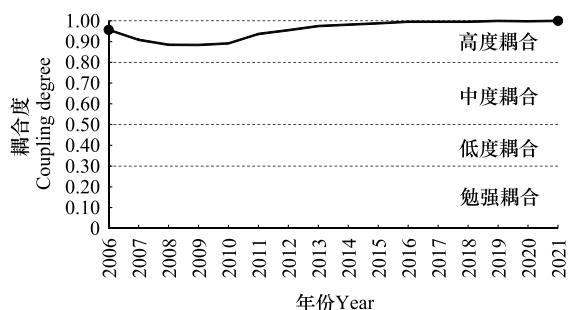


图4 安吉县 2006—2021 年生态文明建设指数和社会经济发展指数耦合度变化图

Fig.4 The change diagram of coupling degree between ecological civilization construction and socio-economic development of 2006—2021 in Anji county

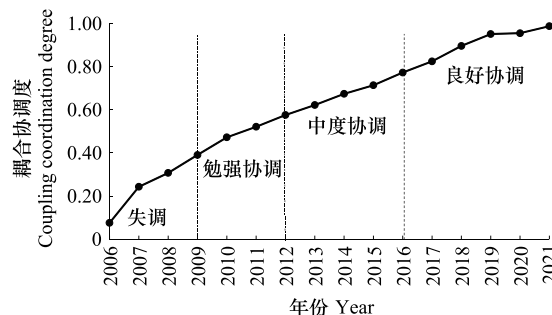


图5 安吉县 2006—2021 年生态文明建设指数和社会经济发展指数耦合协调度变化图

Fig.5 The change diagram of coupling coordination degree between ecological civilization construction and socio-economic development of 2006—2021 in Anji county

(2) 2007—2010 年,两者的耦合度略有降低,维持在 0.88—0.91 之间,为研究时段最低。2008 年安吉县成为环保部组织实施的全国首批“生态文明建设试点示范区(县)”,并将美丽乡村建设纳为安吉生态文明建设的核心领域。在政策引导与支持框架下,安吉县的生态文明创建工作着力于城镇综合整治、全面小康建设示范村创建、村庄环境整治等工作,并取得了重要进展,生态文明建设投入和制度保障加强,美丽乡村数量从 2007 年的不到 30 个增加到 2010 年的 142 个、节能环保保护支出从 2007 年的 0.49 亿元增加到 2010 年的 2.73 亿元,生态环境、生态生活、生态效率逐步提高,因此生态文明建设水平不断提升。但社会经济的发展从以往的工业化驱动向生态治县转变,发展速度在前期工业化的基础上开始降低,因此虽然社会经济各项指标也在提升,但发展速度落后于生态文明建设的速度,两者之间的差距逐步增大,耦合程度开始减低。

(3) 拐点出现在 2011 年,从 2011—2015 年,两者的耦合度持续递增。两者的耦合度从 2011 年的 0.94 逐年上升到 2015 年的 0.99,一方面是政府高度重视生态文明建设,2011 年底,安吉县提出要从生态文明建设的“全国试点”向“全国示范”跨越,2012 年,安吉县获得了我国第一个县级的“联合国人居奖”。2013 年生态文明建设的速度开始加快,能够支撑社会经济发展的需求,也能够容纳社会经济发展带来的影响。另一方面是安吉生态治县的政策效应开始显现,生态产业化、产业生态化的耦合作用增强,生态经济效益提升,社会经济发展也在 2015 年开始提速,逐渐追平生态文明建设速度。两者相互作用逐渐加强,差异越来越小,呈现出共振发展的局面,耦合处于良性的增长特征。

(4) 从 2016 年开始,两者之间耦合度达到 1,并一直持续到 2021 年,呈现出高位高耦合的态势。2017 年以来,生态文明建设的 10 个表征指标和社会经济发展的 9 个表征指标,均达到研究时段最高水平,两者的发展趋势和速度达到一致,实现了良性共振耦合,呈现出高位高耦合的态势,在高水平状态发展稳定且有序耦合。

3.2.2 耦合协调特征分析

总体来说,安吉县 2006—2021 年生态文明建设和社会经济发展的耦合协调度逐年持续提升,由 2006 年的 0.08 上升至 2021 年的 0.99,整体持续向好的态势演进,其等级经历了“失调-勉强协调-中度协调-良好协调”的循序渐进递增特征,稳步从低级别向高级别发展演变,完成了从失调到协调的跨越。反映出安吉县摒弃依靠扩张规模和自然资源的粗放式发展模式的坚定决心,持续重视生态文明建设,根据自身的资源禀赋和

经济社会结构调整,不断推进社会经济发展和生态文明建设的相互支撑,在社会经济高质量发展的同时很好地兼顾了生态文明建设,走出了一条生态经济化、经济生态化的高质量绿色发展之路(表 3、图 5)。分阶段耦合协调特征为:

(1)2006—2009 年,两者处于失调状态,协调指数总体偏低但逐步增加。2006 年、2007 年、2008 年和 2009 年,生态文明建设和经济社会发展的耦合协调度分别为 0.08、0.24、0.31 和 0.39,均在 0.4 以下,两者处于失调状态。这一阶段,安吉县开始从生态县创建向生态文明建设试点示范区过渡,生态环境、生态生活、生态效率和生态制度都刚起步,生态文明建设水平处于较低阶段,对社会经济发展的支撑力度不够。经济发展开始从工业经济向生态经济转型,社会发展整体水平相对也较低,很大程度上限制了生态文明建设的发展,两者的耦合协调程度低。

(2)2010—2012 年,两者走出了失调衰退阶段,开始向耦合协调发展阶段蜕变。耦合协调度指数从 2010 年的 0.47 逐步增加到 2012 年的 0.58,两者走出了失调阶段。这一阶段处于生态文明建设试点示范区阶段度中期,安吉县秉承绿色发展理念,将生态文明建设纳入城市协调发展的体系中,扩大绿地面积、增加植被覆盖度、减少能耗、加大美丽乡村建设力度和节能环保投入,提高生态系统的自我调节能力。同时安吉县围绕发展提速、经济提质和产业提升,在经济发展与生态文明建设两者之间积极寻找结合点和突破口,调节了社会经济发展与生态文明建设的协调关系,两者之间的耦合协调关系由失调开始进入勉强协调阶段。

(3)2013—2016 年,两者处于中度协调状态,耦合协调水平持续提升,逐步向高层级耦合协调类型的跨越。耦合协调度指数从 2013 年的 0.62 逐年增加到 2016 年的 0.77,两者进入到了中度协调阶段。这个时期安吉县生态文明建设开始提速,2014 年,以安吉县为蓝本起草的《美丽乡村建设规范》成为全国首个“美丽乡村”地方标准,安吉县所属的湖州市被国家发改委等六部委批准为全国首批“生态文明先行示范区”。同时安吉县也加快产业结构调整,第三产业增加值占 GDP 比重由 2013 年的 41.5%增加到 2016 年的 47.4%,充分利用生态优势发展山地特色林、药产业,培育山地旅游业发展,形成了一个以现代农林业及旅游业为主导的生态化经济产业体系,旅游总收入由 2013 年的 102.31 亿元增加到 2017 年的 233.2 亿元。在发展经济的同时,将大量的资金注入到生态环境的恢复和生态文明建设中,节能环保投入从 2013 年的 2.21 亿元增加到 2016 年的 4.35 亿元,对于生态文明建设的保障力度加大,生态环境、生态生活、生态效率在这一阶段都稳步提升。该阶段生态文明建设和经济社会发展均取得较明显的进展,两者之间的协调状态逐步向高层级跨越,实现了动态平衡。

(4)2017—2021 年,两者处于良好协调状态,耦合协调态势稳定并维持在较高水平。耦合协调度指数从 0.83 逐年增加到 0.99,进入到良好协调阶段,2021 年两者的协调度达到研究时段最高。这一变化是由生态文明建设水平和社会经济发展水平同步提升带来的,两者相辅相成,协同效应明显。反映出安吉县在这一阶段,着眼于生态效益、经济效益和社会效益的有机统一,通过推进农业产业休闲化、工业园区生态化、旅游产业高端化,加快发展特色农业、生态工业、乡村旅游等美丽经济,坚持“三产联动,融合发展”的生态模式,从工业立县转型到生态立县,成功把生态优势转化为经济优势,依靠绿水青山打造金山银山的现实路径,走上了一条生态文明建设与社会经济并行的高质量发展道路,生态文明建设和经济社会发展实现了高水平的良性协调,在协同增长中向最优状态不断迈进,真正实现了环境优美、经济繁荣、发展协调的目标。

4 结论和讨论

4.1 讨论

4.1.1 研究的创新和推广示范意义

改革开放以来,我国经济增长方式总体是以 GDP 和财政收入为导向,但高污染高排放的粗放式增长也付出了高昂的环境代价,难以持续。为了应对挑战,在参与全球环境治理的进程中,我国提出了生态文明的理念,该理念以人与人、人与自然、人与社会和谐为目标,与全球环境治理和可持续发展目标契合。生态文明是

人类文明发展的更高阶段^[32],生态文明的理念无论从理论发展层面还是社会实践层面均在国内外得到了广泛的关注,推进生态文明,促进经济、社会与环境的协调发展是我国未来发展的主题^[33]。

我国生态文明建设的重要路径之一是少数地区率先进行生态文明建设的试点,打造生态文明示范区,在实践中不断总结经验并探索生态文明建设的有效路径,通过发挥生态文明建设试点的引导性、示范性效应,吸引更多地区加入生态文明建设的行列。但实际情况是生态文明试点建设成效低于预期,我国生态环境恶化的趋势并没有得到根本的扭转^[34],主要原因之一就是缺乏有效手段对创建成效进行定量评估,未能形成灵活的进入和退出机制,从而影响了生态文明示范创建的示范效果。生态文明建设成效评估是生态文明建设的基础性工作,是进行生态文明正确决策、科学规划、具体实施、定量考核、准确监测的依据,不仅为生态文明建设提供评价工具,也对生态文明建设具有特定的引导作用^[35],因此构建一套适合生态文明示范建设区的评估指标和方法迫在眉睫。生态文明示范区创建的目的是按照可持续发展的要求和生态经济学原理,调整区域内社会经济发展与自然环境的关系,建立起人与自然和谐相处的社会,促进经济、社会和自然环境的可持续发展。在这样的背景下,将生态文明建设和社会经济发展进行耦合协调评估和分析,探索建立相应的评估指标和方法,反映两者之间相互作用、相互依存的优劣状况和谐程度,是讨论生态文明建设示范区创建成效的一种有效尝试。

本文的评估结果不仅能为安吉县下一步实现可持续发展政策制定提供有益支撑,更重要的是,本文构建的评估方法能为我国生态文明示范区创建以来的成效评估提供新的视角、为生态文明建设实践推广提供可复制、可推广的经验借鉴,对于协调生态文明建设和经济社会发展的关系具有重要的参考价值,对指导区域未来可持续发展具有重要的现实意义。

4.1.2 展望

本研究构建了生态文明和社会经济发展耦合协调评估的指标和方法,结果能够清晰地量化两者之间的关系,但该研究还有较大继续提升的空间,未来研究中以下问题仍值得继续讨论:①生态文明建设和经济社会发展之间的耦合机制尚不清晰,下一步要进一步深入探讨两者的耦合路径和机制,为我国的生态文明建设提供深度支撑。②本研究通过点上的示范,走通了技术流程,下一步需要将评估范围从城市扩展到省域和区域,甚至全国,研究长江经济带、黄河高质量发展区等典型区域内的生态文明建设和经济社会发展的关系,评估全国不同省份两者的耦合协调规律,为区域高质量发展提供依据。

4.2 主要结论

本文通过引入物理学中的耦合概念和模型,选择生态文明示范创建具有代表性的安吉县,创新构建了评估指标体系和方法,从时间角度定量测度了自2006年生态文明创建以来的生态文明建设与社会经济发展之间的耦合协调特征,较好地反映两者之间的协调发展状况,能为其创建成效的评估奠定基础。研究结果为:

(1)2006—2021年,安吉县生态文明建设和经济社会发展均实现持续、稳步的提升,呈现同步向好、生态文明建设领先的态势。2006年生态文明创建以来,安吉县注重在社会经济发展的过程中融入生态文明理念,实现全县社会经济发展与生态文明建设的双提升。

(2)2006—2021年,安吉县生态文明建设和经济社会发展呈现出“整体水平高-稳定增长”的耦合特征,实现了“低位高耦合-高位高耦合”的转变,两者长期之间的相互作用紧密,共振耦合关系紧密。

(3)2006—2021年,安吉县生态文明建设和经济社会发展的协调等级经历了“失调-勉强协调-中度协调-良好协调”的循序渐进递增特征,稳步从低级别向高级别发展演变,完成了从失调到协调的跨越,走出了一条生态经济化、经济生态化的高质量绿色协同发展之路。

参考文献(References):

- [1] 王振波,方创琳,王娟. 1991年以来长三角快速城市化地区生态经济系统协调度评价及其空间演化模式. 地理学报, 2011, 66(12): 1657-1668.
- [2] Allan G, Hanley N, McGregor P, Swales K, Turner K. The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: a computable general

- equilibrium analysis for the United Kingdom. *Energy Economics*, 2007, 29(4): 779-798.
- [3] Galinis A, van Leeuwen M J. A CGE model for Lithuania. *Journal of Policy Modeling*, 2000, 22(6): 691-718.
- [4] Grossman G M, Krueger A B. Economic growth and the environment. *The Quarterly Journal of Economics*, 1995, 110(2): 353-377.
- [5] 李琴, 陈家宽. 全球环境治理视角的生态文明建设: 中国方案与智慧. *科学*, 2021, 73(5): 1-6, 69.
- [6] 王新萍, 龚鸣, 方莹馨. 共谋全球生态文明建设人民日报, 2020-12-26(3).
- [7] 联合国. 可持续发展目标: 可持续发展议程. 联合国, 2020.
- [8] 王静. 国内生态示范区建设成果研究. *黑龙江环境通报*, 2016, 40(4): 1-5.
- [9] 毛惠萍, 何璇, 何佳, 牛冬杰, 包存宽. 生态示范创建回顾及生态文明建设模式初探. *应用生态学报*, 2013, 24(4): 1177-1182.
- [10] Xing L, Xue M G, Hu M S. Dynamic simulation and assessment of the coupling coordination degree of the economy - resource - environment system; case of Wuhan City in China. *Journal of Environmental Management*, 2019, 230: 474-487.
- [11] 唐中祥. 探索构建生态文明建设的“安吉模式”. *浙江经济*, 2009(10): 55.
- [12] 单锦炎. 行走在美丽之间: 美丽中国的安吉实践. 北京: 人民出版社, 2014.
- [13] Shi T, Yang S Y, Zhang W, Zhou Q. Coupling coordination degree measurement and spatiotemporal heterogeneity between economic development and ecological environment—Empirical evidence from tropical and subtropical regions of China. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 244: 118739.
- [14] 张青峰, 吴发启, 王力, 王健. 黄土高原生态与经济系统耦合协调发展状况. *应用生态学报*, 2011, 22(6): 1531-1536.
- [15] 化祥雨, 金祥荣, 吕海萍, 叶娅芬, 邵元海. 高质量发展耦合协调时空格局演化及影响因素——以浙江省县域为例. *地理科学*, 2021, 41(2): 223-231.
- [16] 王富喜. 山东半岛城市群人口-土地城镇化质量测度与协调发展研究. *地理科学*, 2020, 40(8): 1345-1354.
- [17] 陈起伟, 熊康宁, 但文红, 牛莲莲. 典型喀斯特区生态与贫困耦合特征分析——以贵州省 9000 个省级贫困村为例. *生态学报*, 2021, 41(8): 2968-2982.
- [18] Liu Y J, Xu J, Zhou Y, Muhtar A, Wang L. Spatiotemporal differentiation of the coupling and coordination of production-living-ecology functions in Hubei Province based on the global entropy value method. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(23): 16062.
- [19] Luo L, Wang Y N, Liu Y C, Zhang X W, Fang X L. Where is the pathway to sustainable urban development? Coupling coordination evaluation and configuration analysis between low-carbon development and eco-environment: a case study of the Yellow River Basin, China. *Ecological Indicators*, 2022, 144: 109473.
- [20] 徐丽婷, 姚士谋, 陈爽, 徐羽. 高质量发展下的生态城市评价——以长江三角洲城市群为例. *地理科学*, 2019, 39(8): 1228-1237.
- [21] 任祁荣, 于恩逸. 甘肃省生态环境与社会经济系统协调发展的耦合分析. *生态学报*, 2021, 41(8): 2944-2953.
- [22] 徐建华. 现代地理学中的数学方法. 3 版. 北京: 高等教育出版社, 2017.
- [23] 孙永胜, 佟连军. 东北限制开发区域开发强度与生态环境的时空耦合关系研究. *地理科学*, 2021, 41(4): 684-694.
- [24] 刘玉, 潘瑜春, 唐林楠. 京津冀地区县域农业发展与农民收入的时空耦合特征. *经济地理*, 2017, 37(2): 141-147.
- [25] Yang G M, Cheng S Y, Gui Q Q, Chen X L. The coupling and coordination characteristics and influencing factors of green innovation efficiency (GIE) and economic development levels in China. *Sustainability*, 2022, 14(21): 14085.
- [26] 范擎宇, 杨山, 胡信. 耦合视角下长三角地区城镇化协调度的时空特征及交互机制. *地理研究*, 2020, 39(2): 289-302.
- [27] Zhou Y, Peng R C, Hu H M, Wang T, Wei W. Coupling coordination and spatial differentiation between urbanization and eco-environment: case study of Ya'an, China. *GeoJournal*, 2022, 87(5): 4041-4060.
- [28] 周艳, 黄贤金, 徐国良, 李建豹. 长三角城市土地扩张与人口增长耦合态势及其驱动机制. *地理研究*, 2016, 35(2): 313-324.
- [29] 段佩利, 刘曙光, 尹鹏, 张海峰. 中国沿海城市开发强度与资源环境承载力时空耦合协调关系. *经济地理*, 2018, 38(5): 60-67.
- [30] 崔盼盼, 赵媛, 夏四友, 鄢继尧. 黄河流域生态环境与高质量发展测度及时空耦合特征. *经济地理*, 2020, 40(5): 49-57+80.
- [31] 张荣天, 焦华富. 泛长江三角洲地区经济发展与生态环境耦合协调关系分析. *长江流域资源与环境*, 2015, 24(5): 719-727.
- [32] 邹敏. 生态文明示范区创建思考. *资源节约与环保*, 2021(8): 140-141.
- [33] 谷树忠, 胡咏君, 周洪. 生态文明建设的科学内涵与基本路径. *资源科学*, 2013, 35(1): 2-13.
- [34] 单菁菁. 中国生态文明建设: 进程、问题与对策. *中州学刊*, 2013(12): 29-32.
- [35] 乔永平, 郭辉. 生态文明评价研究: 内容、问题与展望. *南京林业大学学报: 人文社会科学版*, 2015, 15(1): 1-8.