

冯丹阳, 孟晓杰, 张惠远. 生态文明建设成效评估研究进展与路径展望[J]. 环境工程技术学报, 2024, 14(6): 1916-1930.

FENG D Y, MENG X J, ZHANG H Y. Research progress and path prospect of effectiveness evaluation of ecological civilization construction[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2024, 14(6): 1916-1930.

## 生态文明建设成效评估研究进展与路径展望

冯丹阳, 孟晓杰\*, 张惠远

中国环境科学研究院, 生态文明理论研究中心, 生态文明与社会治理实验室

**摘要** 生态文明建设成效评估是衡量生态文明建设水平的重要过程, 评估结果可充分反映一个地区的人与自然和谐发展程度和社会文明发展水平。通过梳理总结当前生态文明建设成效评估的理论方法研究和实践进展, 发现目前还存在成效评估概念内涵局限于具体领域、缺乏统一的标准体系、缺乏各分区指标之间系统的比较研究、缺乏指标的动态性研究等问题。针对国家提出的实现人与自然和谐共生的美丽中国宏伟愿景, 从构建科学规范的标准体系、突出重点区域的引领作用、聚焦重点领域与地区水平评估、优化评估方法与动态特征等方面提出对策建议。

**关键词** 生态文明; 美丽中国; 建设成效; 评估方法; 发展路径

中图分类号: X22 文章编号: 1674-991X(2024)06-1916-15 doi: 10.12153/j.issn.1674-991X.20240091

## Research progress and path prospect of effectiveness evaluation of ecological civilization construction

FENG Danyang, MENG Xiaojie\*, ZHANG Huiyuan

Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Center for Ecological Civilization Research, Lab of Ecological Civilization and Social Governance

**Abstract** The effectiveness evaluation of ecological civilization construction is an important process to measure the level of ecological civilization construction, and the evaluation results can fully reflect the harmonious development degree of humans and nature and the development level of social civilization in a region. By combing and summarizing the current progress in the theoretical and practical research on the effectiveness evaluation of ecological civilization construction, it was found that there still existed some problems, such as the limited connotation of the concept of effectiveness evaluation in specific fields, the lack of unified standard system, the lack of systematic comparative study among indicators in different regions, and the lack of dynamic research of indicators. In view of the grand vision of realizing the harmonious coexistence of humans and nature in Beautiful China proposed by the state, countermeasures and suggestions were put forward from the aspects of constructing a scientific and standardized standard system, highlighting the leading role of key regions, focusing on key areas and regional level evaluation, optimizing evaluation methods and dynamic characteristics.

**Key words** ecological civilization; Beautiful China; construction effectiveness; evaluation method; development path

生态文明建设成效评估是对生态文明建设的效果、水平或功效进行评价和分析的重要过程。党的十八大以来, 我国开展了融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程的生态文明建设, 生态环境保护发生历史性、转折性、全局性变化, 经济绿色发展水平不断提高, 人民群众的生态环境获得感、幸福感、安全感不断增强, 生态文明建设

取得了显著成效。如何科学评估生态文明建设成效, 客观反映人与自然和谐发展程度及社会文明发展水平, 一直是生态文明建设研究领域的重要内容<sup>[1]</sup>, 现有研究和实践从不同角度, 针对不同对象, 采用不同方法对生态文明建设成效评估进行了积极探索, 但因为缺乏系统性和一致性, 仍存在概念不统一、方法难定量、结果难比较等问题, 对现有成效评估方法

收稿日期: 2024-02-08

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2024YSKY-58); 生态环境部国家生态环境标准项目(2021-45)

作者简介: 冯丹阳(1981—), 女, 副研究员, 博士, 主要从事生态文明相关研究, [fengdy@caes.org.cn](mailto:fengdy@caes.org.cn)

\* 责任作者: 孟晓杰(1975—), 女, 正高级工程师, 博士, 主要从事生态文明相关研究, [690785448@qq.com](mailto:690785448@qq.com)

进行系统梳理和评估,有利于构建系统、全面的生态文明建设成效评估方法,为建立成效评估标准体系,促进经济、环境、社会相互协调与可持续发展提供重要借鉴。

生态文明建设成效评估包含生态环境、经济、社会、制度、文化各方面内容,目前已有的涉及生态文明成效评估的综述研究主要围绕生态文明建设的某个方面或者某个领域,如评价指标体系构建<sup>[2-3]</sup>、美丽中国建设的地方实践<sup>[4]</sup>、自然保护地保护成效评估<sup>[5]</sup>、陆地生态系统保护修复成效<sup>[6]</sup>、生态保护红线保护成效<sup>[7]</sup>,这些综述或关注指标体系本身的构建,或着重于某一个重点领域开展评估,对于生态文明整体建设水平及其评价体系进行全面探讨的研究较少,在理论方法和指标体系的制定方面,还面临着概念内涵局限于具体领域、指标体系构建无统一规范、时空分异研究缺乏等问题。笔者对生态文明建设成效评估的方法研究和实践进展作出归纳整理,为实现由面到点、以点带面、点面结合、全面布局的综合评估和联动机制,促成人与自然和谐共生的美丽中国宏伟愿景,优化全国生态文明未来发展路径提供理论支撑和对策建议。

### 1 生态文明建设成效评估的历程

生态文明建设成效的评估,可以追溯到国际可

持续发展理念的提出。早期可持续发展侧重于对经济的测度,后来逐渐发展为对经济、环境、社会三大支柱的衡量。研究生态文明建设成效必须要从可持续发展评估着手,二者都是面向环境与发展的绩效评估。可持续发展评估从早期着重于对国家财富进行衡量的国民经济核算和绿色经济核算,其后逐渐聚焦到以环境绩效指数为标志的可持续发展指标体系的构建,国内更关注的是以生态文明指数为特征的指标体系构建,后来逐渐发展到以国家、省、市、县为研究尺度、面向美丽中国建设目标的多元化评估(图 1)。

#### 1.1 绿色经济核算阶段(1987—1995 年)

此阶段以可持续发展概念提出为契机,探索以绿色经济理念为基础的环境经济综合核算体系,并发展出环境统计指标体系,对经济活动领域的环境要素开展评价。

1987 年,世界环境与发展委员会在《我们共同的未来》报告中,将可持续发展定义为:“既能满足当代人的需要,又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。”可持续发展将重心转向环境与发展,并成为绿色经济和循环经济等理论进路的理念基础<sup>[8-9]</sup>。1989 年,《绿色经济蓝图》中首次提出了绿色经济的概念,强调通过对资源环境产品和服务进行适当的估价,实现经济发展和环境保护的统一,从而实现可

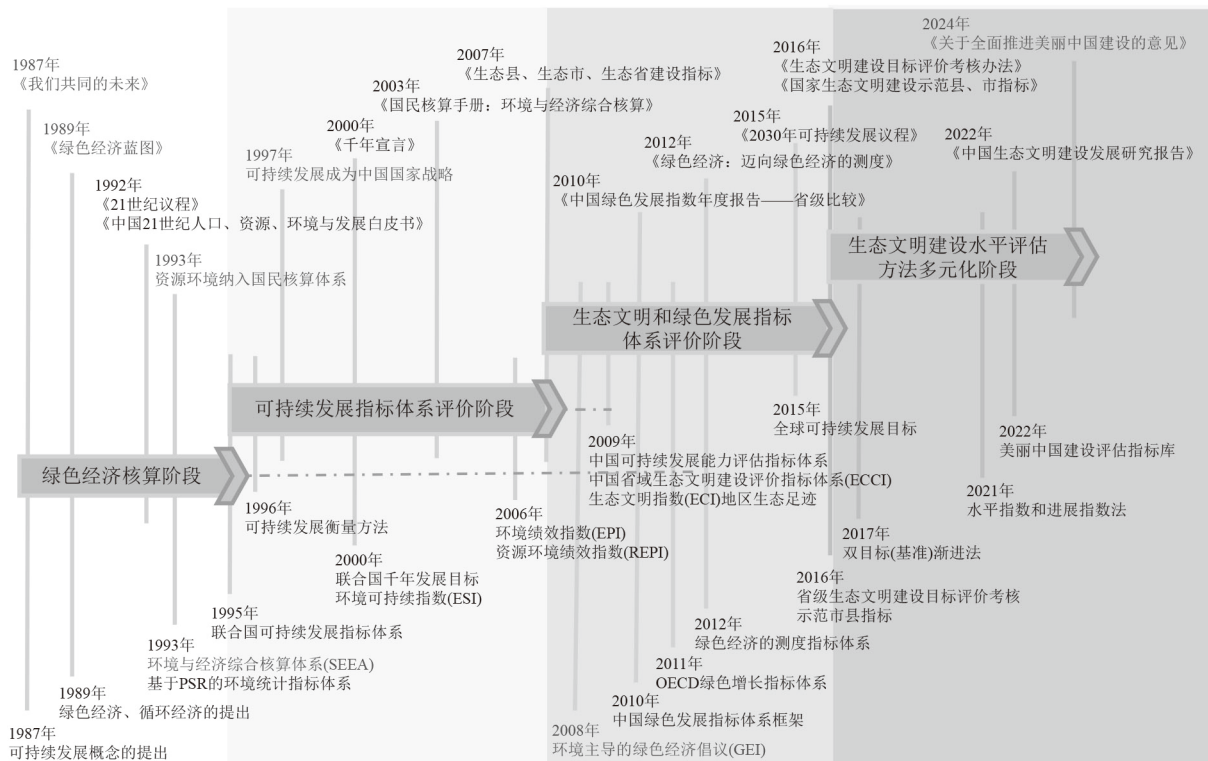


图 1 生态文明建设成效评估历程

Fig.1 Historical stages of the effectiveness evaluation of ecological civilization construction

持续发展。循环经济倡导经济活动遵循“资源—产品—再生资源”的再循环流程,做到生产和消费“污染排放废物资源化和无害化”,以最小成本获得最大经济和环境效益,是实施可持续发展战略的重要途径和实现方式。

探索环境经济核算体系成为国家财富的有效衡量方法。1993年,联合国统计局将资源环境纳入国民核算体系,提出与传统国民经济核算(SNA)一致的环境与经济综合核算体系(SEEA);2003年,联合国、欧洲委员会、国际货币基金组织、国际经济合作与发展组织(OECD)和世界银行等五大国际组织联合发布了《国民核算手册:环境与经济综合核算》,新版本扩大了核算内容和范围。2008年,联合国环境署(UNEP)启动了绿色经济倡议(GEI),并在其后提出了用以衡量各国绿色经济转型情况的UNEP绿色经济指标体系。中国国家统计局与挪威统计局合作,编制了1987年、1995年、1997年中国能源生产与使用账户,并积极探索绿色国民经济核算。OECD开发了“压力—状态—反应”(pressure-state-response, PSR)模型,将其用于环境政策的制定,基于此构建了环境统计指标体系,描述和评价既定经济活动之下的环境状况<sup>[10-11]</sup>。

### 1.2 可持续发展指标体系评价阶段(1995—2007年)

本阶段开始关注于可持续发展指标体系的构建和可持续性的衡量。以环境绩效指数(EPI)研究为标志,开始由绿色经济核算扩展至环境绩效评估,关注环境、经济和社会的协调发展。

对可持续发展的评价成为这一时期主要内容。1995年,联合国可持续发展委员会依据《21世纪议程》构建了可持续发展指标体系,建立了包含有社会、环境、经济和制度四大系统共134个指标的“驱动力—状态—响应”框架(DSR),该框架是对PSR模型的扩充,突出了环境受到的压力和环境退化之间的因果关系,但对于社会和经济指标,这种分类缺乏必然的逻辑关系<sup>[12]</sup>。2001年,可持续发展指标体系发展为一个延续原有分类体系,由15个主题、38个子题和58个指标构成的最终框架,因为考虑了测试国家的优先问题和经验,应用度有所增强。2000年形成的联合国千年发展目标(MDGs, 2001—2015年)在联合国首脑会议上由189个国家签署《千年宣言》后一致通过,聚焦于发展中国家如何摆脱贫困。可持续发展促进了环境、经济和社会协调发展,其理论的核心在于努力寻求人与自然的平衡和努力实现人与人之间关系的协调<sup>[13-14]</sup>。

以EPI为标志的环境绩效评价研究衡量各国的

环境绩效水平,成为全球科研机构的关注焦点。2000年开始,耶鲁大学和哥伦比亚大学与世界经济论坛合作发表了环境可持续指数(ESI),2006年,在此基础上发展了另一种新的指标体系,即EPI体系,其包含六大政策类别共16项指标,后来扩展到25个,对一国政策的环境绩效进行量化<sup>[15]</sup>。中国科学院可持续发展战略研究组进一步提出了资源环境绩效指数(REPI),又称为节约指数,通过资源利用和污染物排放强度来综合反映社会的节约水平,指数越低则资源环境绩效水平越高。EPI的总体排名并没有指出哪个国家实际上走在可持续发展的道路上,但表明了哪些国家在实现共同的环境目标方面做得较好<sup>[16]</sup>,这被认为是生态文明评价的雏形<sup>[17]</sup>。

这一时期,可持续发展成为中国国家战略,我国学界开始探讨可持续发展的概念,并初步衡量可持续性。1992年,联合国环境与发展大会召开之后,我国编制了《中国21世纪议程——中国21世纪人口、资源、环境与发展白皮书》,首次将可持续发展战略纳入国家经济和社会发展的长远规划。叶文虎等<sup>[18]</sup>研究探讨了可持续发展的基本概念、指标体系的概念、建立原则及框架建议,提出了全球、国家(或地区)可持续发展指标体系的框架图。张世秋等<sup>[19-20]</sup>指出,可以用污染物排放是否超过了环境的承载力、对可更新资源的利用是否超过了它的可再生速率、对不可再生资源的利用是否超过了其他资本形式对它的替代速率、可持续收入是否增加了几方面指标来衡量发展的可持续性。20世纪90年代,科学技术和原国家环境保护总局分别组织研究院所和高校开展中国环境可持续发展指标体系研究。中国科学院可持续发展战略研究组独立研发的中国可持续发展能力评估指标体系,包括总体、系统、状态、变量、要素5个层次,生存、发展、环境、社会、智力支持几大系统,将可持续发展视为具有相互内在联系的子系统构成的复杂巨系统,开辟了可持续发展研究的系统学方向<sup>[21]</sup>。

### 1.3 生态文明和绿色发展指标体系评价阶段(2007—2016年)

这一时期,全球可持续发展目标(SDGs)提出,国际和国内分别提出了绿色增长、绿色经济和绿色发展指标体系,以生态文明指数(ESI)为标志的生态文明建设水平评价研究取得显著进展。

全球可持续发展倡议取得了新进展。2015年,联合国根据《2030年可持续发展议程》制定了2030年可持续发展目标全球指标框架。SDGs在2017年7月的联合国大会获得原则批准,相较于

MDGs的8个目标,扩展至17个目标,分别对应169个子目标以及232项指标,以经济发展、社会进步、环境保护为中心议题,成为各国衡量可持续发展水平的准则。

绿色发展与可持续发展在思想上一脉相承,以可持续发展为目标。绿色发展以新发展理念为依托,是以效率、和谐、持续为目标的经济增长和社会发展方向<sup>[22]</sup>。2010年,北京师范大学等研究机构联合发布《中国绿色发展指数年度报告——省级比较》,构建了中国绿色发展指标体系框架,包括经济增长绿化度、资源环境承载潜力和政府政策支持度三大主题。2011年,OECD提出了生产、消费、政策和环境的综合衡量框架——OECD绿色增长指标体系,并指出“绿色增长是在确保自然资源能够继续为人类幸福提供各种资源和环境服务的同时,促进经济增长和发展”。2012年,UNEP发布的《绿色经济:迈向绿色经济的测度》构建了绿色经济的测度指标体系,包含环境主题、政策干预、人类福祉和社会公平相关指标。有学者采用REPI对1990—2009年世界主要国家的绿色发展水平进行综合评估,以及横、纵向对比分析<sup>[23]</sup>。

这一阶段,以生态文明指数为标志的生态文明建设评估指标体系研究也逐渐成为关注的热点。省级生态文明建设水平评估是最早开展的成效评估尺度,侧重于各省之间的比较。以严耕教授为首的北京林业大学生态文明研究中心课题组构建了生态活力、环境质量、社会发展、协调程度四大领域的中国省域生态文明建设评价指标体系(ECCI),通过加权计算出的ECI指数,首次全面评价了各省域生态文明建设整体水平<sup>[24-26]</sup>。杨开忠<sup>[27]</sup>采用地区生态足迹评价全国各省(区、市)的生态文明水平。2007年,原国家环境保护总局印发《生态县、生态市、生态省建设指标》,从经济发展、生态环境保护、社会进步3个方面评价生态省、市、县的建设水平。2008年,中央编译局课题组发布国内首个“生态文明建设(城镇)指标体系”,包括资源节约、生态安全、环境友好和制度保障4个子系统,应用30个具体指标评价地区的生态文明程度,评价体系用排名代替达标,以鼓励更多地区参与。还有学者关注生态系统健康的综合评价<sup>[28-29]</sup>。

#### 1.4 生态文明建设水平评估方法多元化阶段(2016年至今)

党的十八大以来,国家提出了“五位一体”发展战略,生态文明建设成为与经济、政治、文化和社会建设相辅相成、相互促进的重要一位,美丽中国建设

目标提上日程,关于生态文明建设成效的评估方法也步入了多元化的新时期。

建设美丽中国是全面建设社会主义现代化国家的重要目标,也是生态文明建设成效的具体体现,其相关研究聚焦于生态文明建设的阶段性成果。已有不少学者开展了美丽中国建设评价指标体系的研究,内容与现阶段生态文明建设评价体系总体一致,但更注重绿色低碳发展。方创琳等<sup>[30]</sup>构建了包括生态环境、绿色发展、社会和谐、体制完善、文化传承5个维度的美丽中国建设评估指标体系,运用联合国人类发展指数(HDI)测评方法,对2016年中国341个地级市(州)的美丽中国建设成效进行了评估。万军等<sup>[4]</sup>对各地全力打造美丽中国建设样本和先行区的政策要求进行了对比分析,并总结了各地开展美丽中国建设的具体实践经验。在以往研究基础上,秦昌波等<sup>[31]</sup>根据现有相关领域指标体系,建立了包括绿色低碳、环境优美、生态良好、环境健康、生活环境5个领域10个维度的美丽中国建设评估指标库。

生态文明建设成效的考核评估成为政策抓手。2016年,中共中央办公厅、国务院办公厅发布《生态文明建设目标评价考核办法》,采取评价和考核相结合的方式评估省级地方生态文明建设成效,将年度评价、五年考核作为推进生态文明建设、规范生态文明建设目标评价考核工作的内容,评估的范围包括各地区资源利用、环境治理、环境质量、生态保护、增长质量、绿色生活、公众满意程度等方面。原环境保护部同年印发的《国家生态文明建设示范县、市指标(试行)》从市县视角,考虑了生态制度、生态安全、生态空间、生态经济、生态生活、生态文化各方面因素,对地方生态文明建设提出具体要求。国家环保模范城、国家园林城市、国家森林城市、全国文明城市的评价体系虽各有特色,也基本归属于以上范围之内。

当前生态文明建设成效评估呈现多尺度多领域的研究态势。张林波团队提出双目标渐进法对评价指标进行归一化处理,对我国省域的生态文明发展水平进行评估<sup>[32-33]</sup>。周宏春等<sup>[3,34-36]</sup>研究发现我国省域间生态文明建设成效不均衡、差异显著。中国工程院课题组对全国地级及以上城市的生态文明建设水平开展了评估。还有学者比较评估了世界主要国家的生态文明建设水平,进行指数排名<sup>[37-39]</sup>;也有学者评估了某省或某流域的地级市、县域的生态文明建设水平<sup>[40-45]</sup>。欧阳志云团队构建了基于生态系统生产总值(GEP)的评估指标体系,以黔东南州、峨山

县、习水县为例,将 GEP 核算应用于不同尺度地域生态保护成效的评估<sup>[46-48]</sup>。王倩等<sup>[49]</sup>基于中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《省(自治区、直辖市)污染防治攻坚战成效考核措施》,构建了污染防治攻坚战评估指标体系,采用比较法、耦合协调指数等方法,从目标指标、重点任务、政策制度和经济绩效 4 个维度,对 2018—2020 年的污染防治攻坚战实施阶段性成效开展评估。

## 2 生态文明建设成效评估的研究进展

生态文明建设成效评估研究主要从理论方法和实践应用等方面多元化、全方位开展。在研究方法上从定性到定量,从指标体系到模型分析,愈加系统多元化;在实践应用方面,着重于国、省、市、县不同空间尺度的生态文明建设水平评估。本文采用 Citespace 对生态文明建设评价方法相关文献进行了计量分析,发现研究热点围绕生态文明及其评价体系呈中心聚类分布特征(图 2)。

### 2.1 成效评估的方法研究

生态文明建设成效评估的研究方法可以分为定性法和定量法。定性法主要利用文本材料,研究对象及其行为和观点,比如深入访谈、描述等方法<sup>[50]</sup>;定量法是对研究现象的数量特征、数量关系与数量

变化进行分析的方法,比如指标指数、模型评估法<sup>[26,33,51-52]</sup>。生态文明建设成效评估一般采用的是以指标体系为基础的定量分析法,包括单因子指标指数法和综合指标指数法<sup>[27,53-55]</sup>,根据赋权方式的不同又分为主观、客观和组合赋权法<sup>[36,43,45,56-61]</sup>;定量模型评价法,比如以耦合协调、空间自相关和计量为代表的空间分析模型<sup>[52,62-67]</sup>,各类研究方法如表 1 所示。由初期的单指标评价到构建多层次的指标体系,由可持续发展的三支柱评价体系到新时代中国特色社会主义生态文明的五大布局,再细化到生态文明建设的五大体系,考察的领域越来越广,涉及的指标项越来越丰富。从环境到生态环境,从生态经济到生态社会,再到将生态文化纳入指标体系开展评价是整体发展趋势。近年来,模型评价法应用越来越广泛,其与指标体系的结合更能体现系统关联和空间差异。

单因子指标指数法是早期采用的分析方法,主要适用于水质达标评估,其仅对水体中的某一种物质开展测评,比如以溶解氧、总磷、总氮、氨氮、高锰酸盐指数作为评价河道水质的单因子指标<sup>[53]</sup>。但水质单因子指标指数法的问题在于单因子指数和背景值差异较大、难以横向对比,因此逐渐被综合指标体系代替。单因子指标指数法用于生态文明水平评估

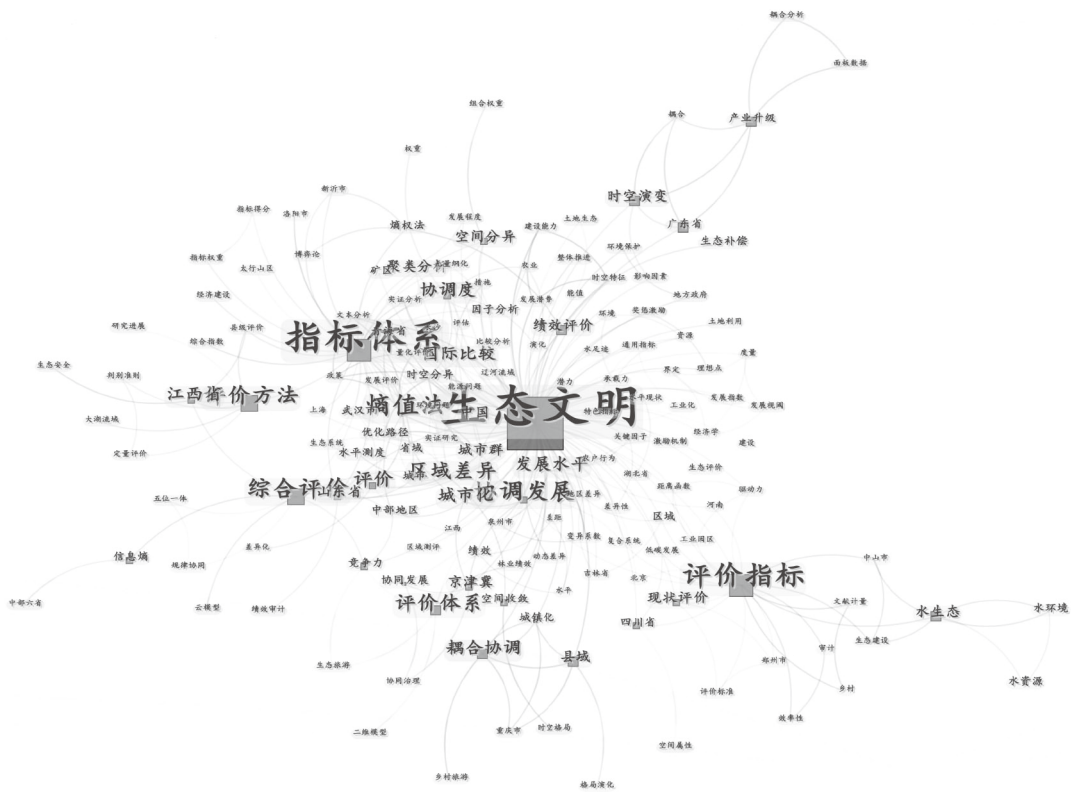


图 2 生态文明建设评价方法相关主题词聚类分析

Fig.2 Clustering analysis of relevant subject words in the evaluation method of ecological civilization construction

表 1 生态文明成效评估研究方法汇总  
Table 1 Summary of research methods for ecological civilization effectiveness evaluation

大类	小类	具体方法	优缺点	数据来源
指标指数	单指标	生态足迹法	适用于大尺度评价,不能全面反映生态文明建设真实状况	文献[27]
		能值分析法	可以将其他能量转化为同一标准的能值来进行分析,但转换率的确定和计算过程复杂	文献[54]
	主观赋权法	层次分析法(AHP)	系统性分析、计算简便、所需定量数据信息较少,但定性成分多,且指标过多时数据统计量大,权重难以确定	文献[36]
		模糊综合评价法	能够处理模糊不确定性信息,考虑了多个评价指标之间的相互影响,灵活性强,结果直观,但依赖于决策者的主观判断	
		Delphi法	集中专家的不同看法和意见,结论更为科学,但主观性较强	文献[43]
	客观赋权法	熵权法	能够客观反映出各因素之间差异性和重要性,也具有一定计算简便性,但在数据分布不均匀或存在缺失值情况下,可能会导致权重计算不准确	文献[45,51,81]
		变异系数法	变异系数是一个无量纲量,不需要参照数据的平均值,但精确度不足	
		CRITIC法	专家评价能够充分考虑到问题复杂性和主观性,也能够反映出各因素之间相对重要性,但存在一定主观性和不确定性	文献[56]
		主成分分析法	可消除评估指标之间的相关影响,减少指标选择和计算的工作量,但变量降维后的信息量须保持在较高水平,主成分的解释一般具有模糊性,受因子负荷正负影响	文献[57]
	组合赋权法	因子分析法	可以帮助识别潜在因素结构,降维和简化数据,提取重要信息,需预先设定因子数,受样本质量影响大,分析结果难以解释	文献[58]
		层次分析+熵权法	系统性强,主客观赋权,结合定性与定量方法	文献[59,89]
		熵权+变异系数法	客观性强,准确性高,计算复杂度高,对数据质量要求高	文献[60]
	一般模型	熵权+主成分分析法	能有效进行降维和权重计算,处理复杂数据集	文献[61]
		PSR、DSR、DPSIR	可选取的指标之间既存在关联和重叠,也有不小差异,具有一定独立性,指标的单位不便统一	文献[68-69]
		DEA模型	可用于多项投入与多项产出的效率评估,不受投入产出量纲的影响,对足够数量DMU的相对效率评估,无法衡量产出为负	文献[70]
SBM模型		较多地应用于环境效率方面的研究,更能体现效率评价的本质,指标内涵不易诠释	文献[71]	
耦合协调度模型		模型认证简单,容易扩展,耦合度高,单节点的错误会对认证效果造成很大影响,跨域认证交互性差	文献[52,62-63]	
灰色关联度模型		对样本量的多少没有过多的要求,也不需要典型的分布规律,且计算量比较小,但适用范围有限	文献[72]	
突变级数法		没有对指标采用权重,但考虑了各评价指标的相对重要性,从而减少了主观性,且计算简易准确,应用范围广泛	文献[73]	
模型评估	组合模型	AHP-模糊综合评价法	能够处理模糊不确定性信息,考虑了多个评价指标之间的相互影响,灵活性强、结果直观,但依赖于决策者的主观判断、模型较复杂、对数据要求高	文献[74]
		组合赋权-TOPSIS模型	计算简单易行、对数据质量要求较高、适用范围广	文献[75]
		熵权-灰色关联度模型	客观性较强,评价精度高,能够有效评估指标之间的关联度,但计算较为复杂	文献[76]
	灰色关联-距离协同模型	处理不完全信息和模糊数据,优化目标函数距离,系统性强	文献[77]	
	SBM-Tobit模型	多用于全面评价相对效率,处理非期望产出及影响因素分析	文献[78]	
	资源环境AD-AS模型	解释宏观经济现象和制定宏观经济政策的有用工具,但可能会导致边际效应失灵	文献[79]	
空间集聚分析	全局空间相关性;局域空间相关性	利用空间权重矩阵和Moran指数分析区域生态文明建设水平的集聚类型和空间分布特征,通过指标的空间自相关检验分析其外部性	文献[64,80-81]	
	地理加权回归模型(GWR)	通过建立空间范围内局部回归方程,探索研究对象在某一尺度下的空间变化及相关驱动因素,并预测未来结果,准确度高	文献[82]	
	空间杜宾模型(SDM)	能够更准确地识别出影响被解释变量的关键因素,全面考察空间单位之间的交互效应,在满足某些条件下,可以简化为空间滞后模型和空间误差模型	文献[65,83]	
空间计量模型	空间滞后模型(SLM)	适用于当每个个体单元的因变量值受邻近值的直接影响	文献[84]	
	空间误差模型(SEM)	在不改变解释变量的前提下,从误差项中考虑空间相关性,通过构造带有误差项的空间自回归结构模型来估计空间自相关系数	文献[85]	

的表现是利用地区生态足迹比较各省的生态文明程度<sup>[27]</sup>。金丹等<sup>[54]</sup>结合能值理论和方法,运用能值转换率和能值密度对传统模型进行改进,建立了基于能值的生态足迹模型,以更加真实地反映区域生态

承载力的大小以及生态足迹的需求。此外,还有耶鲁大学和哥伦比亚大学构建的 EPI 指数和综合表征节约型社会的 REPI 指数等。单因子指标指数法虽然在某一方面的量化评估具有相对优势,但是在生

态文明成效的整体评估方面还具有局限性。

综合指标指数法多用于生态文明建设水平的综合评估,包括描述性指标和实证评价性指标。自然环境、经济发展、社会进步是生态文明水平评价的基本因素。早期的可持续发展和绿色经济指标体系只考虑自然环境和经济效益因素,较少将自然、经济、社会因素结合起来综合考虑,也未能全面体现生态因素。严耕等<sup>[24]</sup>构建了生态活力、环境质量、社会发展和协调程度 4 类 20 项指标,在全国率先探索省级生态文明建设水平评估研究。毛显强等<sup>[66]</sup>认为生态文明建设指标体系的建立需要兼顾生产发展、生活富裕、生态良好几方面,由省级、地市级、县级三级框架构成,包括生态环境、生态经济、生态社会、制度保障、协调程度五大类别。但这些研究尚未考虑到生态文化因素。杜宇等<sup>[67]</sup>较早地将文化因素纳入到评价指标体系中,考虑到自然、经济、社会、政治、文化五大因素,建立一套指标评价框架,这是五位一体评价的雏形。综合指标指数法的指标体系大多数基于生态文明理论内涵进行构建,不同研究者从不同角度出发构建了多元化和差异化的指标体系,指标的选取一方面要考虑数据的可获取性、权威性,另一方面还需要考虑覆盖到生态文明建设内容的各个要素,尽量要全面。从过程来看,指标体系构建从可持续发展评估指标体系逐渐发展到生态文明建设指标体系,体系不断完善,评价结果更趋合理。但是,由于缺乏统一的标准,不同研究人员和管理机构基于自身需求和考虑,构建的指标体系之间存在较大差异,导致评估结果较难进行空间或者时间上的比较。

模型评价法是基于指标体系分析的评价方法,其越来越多地被应用到生态文明建设水平评估研究中,目前学界采用的针对生态文明建设评价的模型主要有基于 PSR 和 DSR 的“驱动力—压力—状态—影响—响应”模型(DPSIR)、数据包络分析模型(DEA)、随机边界模型(SBM)、耦合协调度模型、灰色关联度模型、突变级数法等<sup>[68-73]</sup>。周文华等<sup>[29]</sup>采用基于熵权的模糊数学评价方法,评价了北京城市生态系统的相对健康状态。王夏晖等<sup>[68]</sup>采用 DPSIR 概念模型,基于可统计、可分解、可考核的原则,构建了可应用于地市和县级行政区土壤污染防治成效评价的指标体系。还有 AHP-模糊综合评价法、组合赋权 TOPSIS 模型、熵权灰色关联度模型、SBM-Tobit 模型、资源环境 AD-AS 模型等组合模型,在构建指标体系的基础上实施赋权排序、定量分析和分类评价<sup>[74-79]</sup>。甘小文等<sup>[76]</sup>采取信息熵赋予指

标权重和灰色关联系数赋予指标生态文明建设程度,构建由所有指标的加权灰色关联度表示生态文明建设程度的模型,对我国中部六省的生态文明建设程度进行比较分析。Yue<sup>[77]</sup>利用灰色关联-距离协调耦合模型对成渝地区生态文明建设协调发展水平进行了评价。

近年来,对于区域生态文明发展的空间关系,许多学者采用空间分析模型的方式对不同地区开展了多尺度评价。耦合协调水平模型多用来分析区域经济系统中不同子系统之间的关联性、协同性和协调性,以及其对区域经济发展的影响。有学者基于耦合协调水平模型分析社会—经济—自然多系统协调发展程度和各区域、城市子系统耦合协调之间的地区差异<sup>[52,62-63]</sup>,但该类研究只能从宏观的角度反映区域经济系统中不同子系统之间的耦合协调程度,不能深入分析各个子系统内部的结构、功能和动力机制,也未能考虑多系统之间的非线性、反馈和时滞等复杂因素。全局空间和局部空间自相关模型和 Moran 指数多被用于分析区域生态文明建设水平的集聚类型和空间分布特征。各省市生态文明建设产生的外部性可以通过指标的空间自相关检验进行分析<sup>[64,80-81]</sup>。在进行空间相关性预检验后,如果空间效应产生影响,则应采用合适的空间计量经济学模型估计的方法进行评估<sup>[65]</sup>,包括地理加权回归模型、空间滞后模型、空间误差模型和空间杜宾模型,用其进行动态分析,考察环境要素的空间差异和生态效率的空间溢出效应<sup>[82-85]</sup>。模型评价法的优势在于以数学建模为基础,可以量化评估某一地区、某一领域的生态文明建设成效,空间自相关和空间计量等分析模型还可以对生态文明建设水平空间差异进行分析,对区域间生态文明建设水平进行量化分析,但模型评价法计算方法较为复杂,对数据的要求较高,操作难度较大,且往往只适用于对某一特定领域的评估,对于区域生态文明水平的全面评估则具有一定的局限性。

## 2.2 成效评估的应用实践

生态文明成效评估不仅采用不同的理论方法研究具体进展和成效,也研究不同区域整体的建设水平和效果。目前的研究多以国家、省、区域、市县等不同空间尺度的生态文明建设水平成效评估为主,采用 Citespace 对研究热点领域进行分析,发现与应用实践相关的主题词围绕生态文明、成效评估、生态安全和美丽中国等内容呈多元聚类分布(图 3)。

对各国生态文明建设水平的相互比较可以有效了解国际生态文明建设情况差异。应用指标指数法



生态状况。还有学者对我国特大型城市等特殊类别地区的生态文明建设开展研究<sup>[89]</sup>。

县级层面的研究偏少,着重于对省级县域的探讨。于倩楠等<sup>[43,90]</sup>对四川省 183 个县域生态文明建设成效进行评估,发现四川省的生态环境质量总体趋好,生态文明进步指数亦呈上升趋势,但各功能区差异明显,各县域生态文明发展综合水平呈正向空间相关性。夏四友等<sup>[44]</sup>探讨浙江省 89 个县(市、区)的绿色发展指数及其构成指数的空间自相关性和生态文明建设空间格局,发现发达县域间存在资本、人才和技术的流动,形成绿色发展的扩散互溢区;欠发达县域的发展方式对提高绿色发展指数有明显制约,呈现极化效应和低速增长态势。陈增文等<sup>[45]</sup>利用熵权法对福建省 15 个县域近 3 年来的生态文明建设水平进行综合评价,发现福建县域生态文明建设水平呈逐年上升趋势且增速明显,但在生态空间保护、绿色节能发展和资源循环利用等方面仍存在一定压。

示范建设水平评估是生态文明水平评估的一类典型案例,生态文明指数、指标体系以及模型法是最常用的评价方法。早期,卞有生等<sup>[91]</sup>指出,生态省、生态市、生态县建设的主要内容包括生态经济、生态环境和生态社会 3 个方面,适用于不同规模、不同区域生态省、市、县的建设。崔书红<sup>[92]</sup>明确指出生态文明示范创建采用的六大领域指标体系,涵盖了生态文明建设“五位一体”各方面、全过程。目前各领域学者主要关注生态文明示范建设区域的成效评估分析,从不同维度对各市县的协同发展状况和时空变化进行评价。张惠远<sup>[93]</sup>构建了“两山指数”用于“绿水青山就是金山银山”实践创新基地建设成效评估。王金南等<sup>[94]</sup>以珠三角地区的生态文明建设为例,系统梳理了生态空间格局、生态环境质量、生态文明制度、经济环境协调发展等方面取得的成效。柴莹莹等<sup>[95]</sup>建立生态环境—经济社会指标体系,分析了长江经济带生态文明示范市县生态文明发展时空变化趋势,并构建生态环境-经济社会协同模型,发现 2017—2019 年大多数示范市县生态环境与经济的协同发展状况有所提升。熊向艳等<sup>[96]</sup>以黄河流域 36 个国家生态文明建设示范区为例,从生态本底、绿色经济、人居环境和制度文化 4 个维度构建生态文明建设发展水平测度指标体系,分析了上中下游地区生态文明发展水平及其时空差异。成春林等<sup>[97]</sup>构建了长江经济带高质量发展指标体系,经测度发现,高质量发展水平高的城市呈现空间聚集性,而下游和中上游地区则分别在经济发展支撑力和生态文

明示范力方面表现突出。王一超等<sup>[98]</sup>以珠三角城市群的 9 个城市为研究对象,构建综合评价指标体系和综合指数,评价该区域的生态文明建设水平,分析地区差异和重点防治方向。彭文英等<sup>[99]</sup>通过建立改进的“双三角”PSR 模型进行评价,发现县域生态文明建设还存在地区不平衡结构不均衡等问题,且受生态环境质量、经济社会发展、科技投入的影响最为密切。

### 3 生态文明建设成效评估存在的问题

生态文明建设成效评估多结合生态文明概念和内涵围绕各领域具体开展,缺乏系统、全面的总结,尚无规范的成效评估标准体系。当前生态文明建设、绿色发展、美丽中国建设侧重点各有不同,生态文明具有丰富的理论内涵和具体实践体系,是绿色发展和美丽中国的基础支撑,美丽中国是生态文明建设的目标,三者之间相辅相成、相互支撑。其中,生态文明建设更侧重于水平评估、绿色发展侧重于发展方式的评价、美丽中国更关注于建设目标的考量,但对三者之间的关系和差异尚未有系统深入的研究。关于生态文明成效评估的衡量,国家基于《生态文明建设目标评价考核办法》出台了《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》,国家发展和改革委员会印发美丽中国建设评估指标体系,地方也出台了美丽城镇、美丽乡村的建设评估体系,还有学者从多尺度(省、市、县、大小区域、干支流流域)和多领域(生态系统保护、环境污染防治)等视角进行探讨,但缺乏一套统一的标准规范。

生态文明建设成效评估涉及的综合指标指数法、模型法等,虽然进行了诸多探索应用,但仍不够深入,需要进一步地探讨和研究。如指标体系的构建尚缺乏权威性、规范性,仍然存在重理论、轻实践的问题。由于各省市的自然禀赋、地理条件和经济基础不同,同一指标体系难以衡量生态文明建设综合水平,导致基础数据缺乏全面性,在具体指标类别的选取、定性与定量指标比例的确定、模型方法的选择方面还存在较大差异。多数评价体系指标过于庞杂,缺乏弹性和实证的合理性检验,如关于生态文明建设满意度调查的指标没有科学、统一的计量规范,数据获取随机性较大。

生态文明建设在不同区域和领域应用的评估指标和参数选取有差异,不易开展横向比较研究。目前各位学者对生态文明成效评估的不同区域和领域进行了研究,针对不同尺度开展的省市县生态文明水平评估有各自的研究体系,指标选择各有千秋,部

分评价体系中环境类和经济类的指标权重过大,导致地区差异扩大,并没有完全考虑到不同区域尺度的具体空间特征;针对不同应用领域开展的生态文明建设成效评估,由于研究对象的不同导致指标体系构建的侧重点不同,指标之间具有较大差异,比如自然保护区、生态系统保护修复、生态保护红线保护等重点领域指标体系各成一体,难以开展横向比较,政策支撑不足。

生态文明成效评估的现有研究往往是对生态文明建设的某个领域、某个区域的研究,缺少对国家、大区域层面生态文明建设成效的系统、动态研究。目前,只有一些管理部门针对某类区域构建了专门的生态文明建设指标体系,如生态环境部开展的国家生态文明建设示范区、国家发展和改革委员会开展的生态文明先行示范区建设等,在开展生态文明示范建设的基础上,对典型地区的生态文明建设水平成效进行了跟踪评估,但评估对象主要集中在市、县层面,区域、流域甚至国家层面的系统和整体研究较少,对于国家生态文明建设相关政策的制定开展的研究不足。目前,空间集聚分析和计量研究成为研究新动向,但有关时空异质性的研究还不多见。

## 4 生态文明建设成效评估的路径展望

### 4.1 构建科学规范的标准体系

生态文明建设成效评估方法各具特点,各有侧重,应根据实际研究需求,依照科学的标准规范择优开展具体评估。其中,开展全国、各省域的生态文明建设水平评估,需要在美丽中国建设中长期愿景目标的基础上,参照国际可持续发展绩效评估体系和国内已建立的权威性指标评估体系,结合各地发展的实际状况与区域差异,科学筛选适用于不同区域的建设指标,建立科学规范、可相互对照的、统一的生态文明建设成效评估标准体系,打造全国“一盘棋”,共同推进生态文明建设整体水平,通过相互比较发现区域差异、不足,为全国生态文明发展战略提供基础支撑。在此基础上,对以美丽中国先行区为代表的全国各区域生态文明建设水平开展评估,比如京津冀地区、长江经济带、黄河流域、粤港澳大湾区以及珠三角地区、成渝城市群、东北振兴区等具有发展特色的区域,着力打造不同层面、不同领域的美丽中国建设示范样板,在统筹推进生态文明建设与经济、政治、社会、文化建设“五位一体”总体布局中建设美丽中国。

### 4.2 突出重点区域的引领作用

在推进生态文明整体水平建设过程中,探索生

态文明建设省市县等重点区域的评价体系,以带动区域、流域乃至全国的生态文明建设水平评估。全国各地开展的以流域等地理单元以及县、市等行政单元为对象的生态文明重点区域建设具有“头雁效应”,为协同推进降碳、减污、扩绿、增长提供了经验借鉴和案例参考。建议以国家生态文明重点区域为依托,完善成效评估指标体系,对生态文明发展程度较高的市、县开展微观层面的生态文明建设水平评价,再推及不同区域、流域等中观尺度,一直到国家宏观尺度,按层次和时间序列展开,评估生态文明建设水平较高市、县的示范带动作用 and 模范引领作用。可以由政府统一开展评估,也可以由多家科研单位联合开展评估,旨在通过成效评估,进一步突出示范优势,将少数地区经验扩大到大范围区域,取得生态文明建设的整体成效。鼓励各地率先突破、示范引领,以区域典型标杆带动实现全域美丽的良好局面。

### 4.3 聚焦重点领域与地区水平评估

在重点区域生态文明水平评估基础上,促进生态文明重点研究领域与地区综合水平评估相结合。生态文明成效评估涵盖了多个领域,尤其是目前方兴未艾的自然保护地保护、陆地生态系统保护修复、生态保护红线保护等重点领域的评价,以及当前国际社会着重关注的“双碳”目标、生物多样性保护、环境治理和环境健康等热点领域,评价这些领域保护成效的指标体系制定往往需要考虑到更为具体的要素,比如将 GEP 核算应用于不同尺度区域生态保护成效评估的研究,就考虑到了生态系统服务功能价值的内容,从而与地区生态文明建设水平评估的指标体系有较大差异。生态文明成效评估需要二者并重,努力协调好二者的关系,使重点领域评估与地区水平评估相辅相成,共同构筑生态文明建设新格局,构建点面结合、多层次、多区域的生态文明建设水平评估体系。

### 4.4 优化评估方法与动态特征

在重点考虑区域和领域成效评估的带动作用的同时,需要优化生态文明建设成效评估的方法,促进评估体系的标准化应用。要选择与生态文明建设成效评估的不同空间尺度和不同研究领域相符合的、能衡量综合水平的、有可比性的指标体系,同时考虑到指标的科学适用性和可获取性,以代表该尺度区域或领域特征的、实用性的基础性指标为主要选择依据,尽量减少需复杂计算的定量指标,简化指标标准化流程。对于指标权重的确定,也应该科学、合

理、精准地开展,选用适合的赋权评价法和模型工具,开展综合全面的评估。研究开发一套适用于生态文明建设水平、美丽中国建设水平和绿色发展水平的标准化评估体系,有效把握区域生态文明建设综合水平和整体成效,同时通过对空间模型的合理选择,体现评估地区的动态发展过程,体现时空相关或异质特征。

## 5 结语

总结梳理了当前生态文明建设成效评估的理论方法研究和实践进展,发现还存在成效评估概念内涵局限于具体领域、缺乏统一的标准体系、缺乏各分区指标之间系统的比较研究、缺乏指标的动态性研究等问题。针对国家提出的实现人与自然和谐共生的美丽中国宏伟愿景,结合目前生态文明建设成效评估的研究现状和不足,从构建科学规范的标准体系、突出重点区域的引领作用、聚焦重点领域与地区水平评估、优化评估方法与动态特征等方面提出未来发展的对策建议,以实现由面到点、以点带面、点面结合、全面布局的综合评估和联动机制,为生态文明建设成效评估研究的深入探索提供参考。

## 参考文献

- [ 1 ] 熊元靖. 生态文明建设评价指标体系的构建策略 [J]. *知识经济*, 2018(4): 20.
- [ 2 ] 易杏花, 成金华, 陈军. 生态文明评价指标体系研究综述 [J]. *统计与决策*, 2013(18): 32-36.
- [ 3 ] 周宏春, 宋智慧, 刘云飞, 等. 生态文明建设评价指标体系析、比较与改进 [J]. *生态经济*, 2019, 35(8): 213-222.  
ZHOU H C, SONG Z H, LIU Y F, et al. The evaluation, comparison and improvement of index for eco-civilization construction[J]. *Ecological Economy*, 2019, 35(8): 213-222.
- [ 4 ] 万军, 路路, 张晓婧, 等. 美丽中国建设地方实践评估与展望 [J]. *中国环境管理*, 2022, 14(6): 25-32.  
WAN J, LU L, ZHANG X J, et al. Local practice progress and suggestions on building of a beautiful China[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2022, 14(6): 25-32.
- [ 5 ] 王伟, 辛利娟, 杜金鸿, 等. 自然保护区保护成效评估: 进展与展望 [J]. *生物多样性*, 2016, 24(10): 1177-1188.  
WANG W, XIN L J, DU J H, et al. Evaluating conservation effectiveness of protected areas: advances and new perspectives[J]. *Biodiversity Science*, 2016, 24(10): 1177-1188.
- [ 6 ] 侯鹏, 高吉喜, 万华伟, 等. 陆地生态系统保护修复成效评估研究进展及主要科学问题 [J]. *环境生态学*, 2021, 3(4): 1-7.  
HOU P, GAO J X, WAN H W, et al. Progress and some scientific issues on effectiveness assessment of terrestrial ecosystem conservation and restoration[J]. *Environmental Ecology*, 2021, 3(4): 1-7.
- [ 7 ] 杨旻, 侯鹏, 祝汉收, 等. 生态安全视角下的生态保护红线成效评估研究 [J]. *测绘科学*, 2022, 47(8): 135-145.  
YANG M, HOU P, ZHU H S, et al. Research on evaluation of the effectiveness of ecological protection red line from the perspective of ecological security[J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2022, 47(8): 135-145.
- [ 8 ] BINA O. The green economy and sustainable development: an uneasy balance[J]. *Environment and Planning C: Government and Policy*, 2013, 31(6): 1023-1047.
- [ 9 ] WANNER T. The new "passive revolution" of the green economy and growth discourse: maintaining the "sustainable development" of neoliberal capitalism[J]. *New Political Economy*, 2015, 20(1): 21-41.
- [ 10 ] OECD. Core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the group on the state of the environment[R]. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development, 1993.
- [ 11 ] WOLFSLEHNER B, VACIK H. Evaluating sustainable forest management strategies with the Analytic Network Process in a Pressure-State-Response framework[J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 88(1): 1-10.
- [ 12 ] 叶文虎, 全川. 联合国可持续发展指标体系述评 [J]. *中国人口·资源与环境*, 1997, 7(3): 83-87.
- [ 13 ] 牛文元. 可持续发展理论的基本认知 [J]. *地理科学进展*, 2008, 27(3): 1-6.
- [ 14 ] 甘晖, 叶文虎. 生态文明建设的基本关系: 环境社会系统中的四种关系论 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2008, 18(6): 7-11.  
GAN H, YE W H. Basic relationships of ecological civilization: four relationships in environment-sociological system[J]. *China Population Resources and Environment*, 2008, 18(6): 7-11.
- [ 15 ] EMERSON J, ESTY D C, KIM C, et al. Environmental performance index[R]. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy, 2010.
- [ 16 ] MOLDAN B, JANOUŠKOVÁ S, HÁK T. How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets[J]. *Ecological Indicators*, 2012, 17: 4-13.
- [ 17 ] 余茹, 成金华. 国内外资源环境承载力及区域生态文明评价: 研究综述与展望 [J]. *资源与产业*, 2018, 20(5): 67-76.  
YU R, CHENG J H. Reviews and outlook for resource environmental carrying capacity and regional ecological civilization domestic and overseas[J]. *Resources & Industries*, 2018, 20(5): 67-76.
- [ 18 ] 叶文虎, 栾胜基. 论可持续发展的衡量与指标体系 [J]. *世界环境*, 1996(1): 7-10.
- [ 19 ] 张世秋. 可持续发展环境指标体系的初步探讨 [J]. *世界环境*, 1996(3): 8-9.
- [ 20 ] 吴国增. 环境与发展综合决策的特征与评价初探 [J]. *环境保护*, 1998, 26(9): 33-34.
- [ 21 ] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告: 探索中国特色的低碳道路 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.

- [22] 王凤才. 生态文明: 生态治理与绿色发展 [J]. *学习与探索*, 2018(6): 1-8.  
WANG F C. Ecological civilization: ecological governance and green development[J]. *Study & Exploration*, 2018(6): 1-8.
- [23] 陈劭锋, 刘扬. 绿色发展的一种综合评估方法及应用 [J]. *科技促进发展*, 2013(4): 40-47.  
CHEN S F, LIU Y. A comprehensive evaluation methodology and its application for green development[J]. *Science & Technology for Development*, 2013(4): 40-47.
- [24] 严耕, 吴明红, 林震, 等. 中国省级生态文明建设评价报告 [J]. *中国行政管理*, 2009(11): 13-18.
- [25] 严耕, 杨志华, 林震, 等. 2009年各省生态文明建设评价快报 [J]. *北京林业大学学报(社会科学版)*, 2010, 9(1): 1-5.
- [26] 严耕, 林震, 吴明红. 中国省域生态文明建设的进展与评价 [J]. *中国行政管理*, 2013(10): 7-12.  
YAN G, LIN Z, WU M H. The progress and evaluation of ecological civilization construction in Chinese Provinces[J]. *Chinese Public Administration*, 2013(10): 7-12.
- [27] 杨开忠. 谁的生态最文明: 中国各省区市生态文明大排名 [J]. *中国经济周刊*, 2009(32): 8-12.
- [28] 傅伯杰, 刘世梁, 马克明. 生态系统综合评价的内容与方法 [J]. *生态学报*, 2001, 21(11): 1885-1892.  
FU B J, LIU S L, MA K M. The contents and methods of integrated ecosystem assessment (IEA)[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(11): 1885-1892.
- [29] 周文华, 王如松. 基于熵权的北京城市生态系统健康模糊综合评价 [J]. *生态学报*, 2005, 25(12): 3244-3251.  
ZHOU W H, WANG R S. An entropy weight approach on the fuzzy synthetic assessment of Beijing urban ecosystem health, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3244-3251.
- [30] 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 [J]. *地理学报*, 2019, 74(4): 619-632.  
FANG C L, WANG Z B, LIU H M. Exploration on the theoretical basis and evaluation plan of Beautiful China construction[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(4): 619-632.
- [31] 秦昌波, 苏洁琼, 肖暘, 等. 美丽中国建设评估指标库设计与指标体系构建研究 [J]. *中国环境管理*, 2022, 14(6): 42-54.  
QIN C B, SU J Q, XIAO Y, et al. Research on the design and construction of evaluation index system for a beautiful China[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2022, 14(6): 42-54.
- [32] 解钰茜, 张林波, 罗上华, 等. 基于双目标渐进法的中国省域生态文明发展水平评估研究 [J]. *中国工程科学*, 2017, 19(4): 60-66.  
XIE Y X, ZHANG L B, LUO S H, et al. Evaluating the level of provincial ecological civilization development in China using the double-benchmark progressive method[J]. *Strategic Study of CAE*, 2017, 19(4): 60-66.
- [33] ZHANG L B, YANG J, LI D Q, et al. Evaluation of the ecological civilization index of China based on the double benchmark progressive method[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 222: 511-519.
- [34] 成金华, 陈军, 李悦. 中国生态文明发展水平测度与分析 [J]. *数量经济技术经济研究*, 2013, 30(7): 36-50.  
CHENG J H, CHEN J, LI Y. Research on the measurement of China's ecological civilization development level[J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2013, 30(7): 36-50.
- [35] WU M H, LIU Y H, XU Z C, et al. Spatio-temporal dynamics of China's ecological civilization progress after implementing national conservation strategy[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 285: 124886.
- [36] 吴明红, 钱雁. 中国生态文明建设成效与面临的挑战: 基于省域数据的分析 [J]. *行政论坛*, 2022, 29(5): 147-153.
- [37] 侯鹏, 席海燕. 基于PSR模型的中国生态文明建设国际比较 [J]. *世界林业研究*, 2015, 28(5): 61-67.  
HOU P, XI H Y. International-level comparison of China's ecological civilization construction based on PSR model[J]. *World Forestry Research*, 2015, 28(5): 61-67.
- [38] 龙亮军. 综合福利视角下中国生态文明建设绩效评价及国际比较 [J]. *自然资源学报*, 2019, 34(6): 1259-1272.  
LONG L J. Evaluation of ecological civilization construction performance and its international comparison from the perspective of overall well-being[J]. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(6): 1259-1272.
- [39] 樊阳程, 徐保军. 基于量化国际比较看中国生态文明建设的全球价值 [J]. *福建师范大学学报(哲学社会科学版)*, 2021(1): 27-39.  
FAN Y C, XU B J. The global value of China's ecological civilization construction based on quantitative international comparisons[J]. *Journal of Fujian Normal University (Philosophy and Social Sciences Edition)*, 2021(1): 27-39.
- [40] DONG F, PAN Y L, ZHANG X J, et al. How to evaluate provincial ecological civilization construction? the case of Jiangsu Province, China[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(15): 5334.
- [41] WANG W J, WANG W X, WU D L, et al. Research on a four-dimensional evaluation indicator system for eco-civilization construction: a case study of Guangdong Province in China[J]. *Chinese Journal of Urban and Environmental Studies*, 2018, 6(3): 1850017.
- [42] 张卓群, 陈楠. 黄河流域省会(首府)城市生态文明建设成效评价研究 [J]. *青海社会科学*, 2021(4): 36-45.  
ZHANG Z Q, CHEN N. Evaluation of ecological civilization construction effect of provincial capital cities in the Yellow River Basin[J]. *Qinghai Social Sciences*, 2021(4): 36-45.
- [43] 于倩楠, 彭勇, 刘政. 基于主体功能区的四川县域生态文明建设成效评估研究 [J]. *四川农业大学学报*, 2020, 38(5): 624-632.  
YU Q L, PENG Y, LIU Z. Efficiency evaluation based on the major functional zones of ecological civilization construction at county level in Sichuan Province[J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 2020, 38(5): 624-632.
- [44] 夏四友, 文琦, 许昕, 等. 空间相关视阈下浙江省县域生态文明建设空间格局分析 [J]. *生态学报*, 2021, 41(13): 5223-5232.  
XIA S Y, WEN Q, XU X, et al. Spatial pattern of ecological

- civilization construction in Zhejiang Province from the perspective of spatial correlation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(13): 5223-5232.
- [45] 陈增文, 胡清华, 陈忠兴, 等. 基于熵权法的福建县域生态文明建设水平及动态变化评价研究[J]. *环境生态学*, 2022, 4(4): 1-10.
- CHEN Z W, HU Q H, CHEN Z X, et al. Research on evaluation of county ecological civilization construction level and dynamic change in Fujian Province based on entropy weight method[J]. *Environmental Ecology*, 4(4): 1-10.
- [46] 邹梓颖, 肖焱, 欧阳志云, 等. 黔东南苗族侗族自治州生态保护成效评估[J]. *生态学报*, 2019, 39(4): 1407-1415.
- ZOU Z Y, XIAO Y, OUYANG Z Y, et al. Evaluation of the effectiveness of ecological protection in Qiandongnan Miao-Dong Autonomous Prefecture[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(4): 1407-1415.
- [47] 游旭, 何东进, 肖焱, 等. 县域生态保护成效评估方法: 以峨山县为例[J]. *生态学报*, 2019, 39(9): 3051-3061.
- YOU X, HE D J, XIAO Y, et al. Assessment of ecological protection effectiveness in a county area: using Eshan County as an example[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(9): 3051-3061.
- [48] 白玛卓嘎, 肖焱, 欧阳志云, 等. 基于生态系统生产总值核算的习水县生态保护成效评估[J]. *生态学报*, 2020, 40(2): 499-509.
- PEMA D K, XIAO Y, OUYANG Z Y, et al. Assessment of ecological conservation effect in Xishui County based on gross ecosystem product[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(2): 499-509.
- [49] 王倩, 蒋春来, 黄津颖, 等. 污染防治攻坚战实施阶段性成效评估研究[J]. *中国环境管理*, 2021, 13(5): 37-44.
- WANG Q, JIANG C L, HUANG J Y, et al. The periodic result evaluation of battle for prevention and control of pollution[J]. *Chinese Journal of Environmental Management*, 2021, 13(5): 37-44.
- [50] 柯进华, 霍尔姆斯·罗尔斯顿. 充分的荒野保护是生态文明走向成熟的标志: 世界著名生态伦理学家罗尔斯顿访谈[J]. *鄱阳湖学刊*, 2021(6): 36-45.
- KE J H, ROLSTON H. Adequate wilderness protection is the sign of the maturity of ecological civilization: an interview with world-famous ecological ethicist Holmes Rolston III[J]. *Journal of Poyang Lake*, 2021(6): 36-45.
- [51] 董战峰, 郝春旭, 刘倩倩, 等. 基于熵权法的中国省级环境绩效指数研究[J]. *环境污染与防治*, 2016, 38(8): 93-99.
- DONG Z F, HAO C X, LIU Q Q, et al. Chinese provincial environmental performance index based on entropy method[J]. *Environmental Pollution & Control*, 2016, 38(8): 93-99.
- [52] ZUO Z L, GUO H X, CHENG J H, et al. How to achieve new progress in ecological civilization construction: based on cloud model and coupling coordination degree model[J]. *Ecological Indicators*, 2021, 127: 107789.
- [53] 赵祎雯. 城市景观生态河道水污染防治效果评价方法研究[J]. *环境科学与管理*, 2023, 48(2): 184-189.
- ZHAO Y W. Evaluation of urban landscape ecological river water pollution control effect[J]. *Environmental Science and Management*, 2023, 48(2): 184-189.
- [54] 金丹, 卞正富. 基于能值的生态足迹模型及其在资源型城市的应用[J]. *生态学报*, 2010, 30(7): 1725-1733.
- JIN D, BAN Z F. Emergy-based ecological footprint model and its application to a natural resource-dependent economy in Xuzhou City[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(7): 1725-1733.
- [55] 李茜, 胡昊, 李名升, 等. 中国生态文明综合评价及环境、经济与社会协调发展研究[J]. *资源科学*, 2015, 37(7): 1444-1454.
- LI Q, HU H, LI M S, et al. Ecological civilization evaluation and coordinated development between environment, economy and society[J]. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1444-1454.
- [56] 吴红霞, 赵爽, 金益多. 基于 Critic 的生态文明视角下新型城镇化水平测度: 以河北省为例[J]. *企业经济*, 2016, 35(02): 143-147.
- [57] YUE Q M, HEAL K, YU J S, et al. The performance of the construction of a water ecological civilization city: international assessment and comparison[J]. *Sustainability*, 2023, 15(4): 3071.
- [58] WANG X J, TU C L, WANG Z S. Structuring and measurement of evaluation system of eco-civilization construction in China[J]. *Advanced Materials Research*, 2014, 3248: 955-959.
- [59] ZHEN J H. Evaluation of the ecological civilization construction of Inner Mongolia[J]. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, 2601: 385-386.
- [60] 王立盟, 孟浩. 基于熵值和变异系数组合赋权法的生态文明评价体系构建及实证分析[J]. *高技术通讯*, 2018, 28(4): 372-381.
- WANG L M, MENG H. Design and empirical research on the ecological civilization construction evaluation system based on entropy method and coefficient of variation[J]. *Chinese High Technology Letters*, 2018, 28(4): 372-381.
- [61] 岳斯玮. 中国省域生态文明建设绩效评价及空间格局演变特征: 基于熵权—主成分分析模型[J]. *决策咨询*, 2020(2): 82-89.
- [62] 宓泽峰, 曾刚, 尚勇敏, 等. 中国省域生态文明建设评价方法及空间格局演变[J]. *经济地理*, 2016, 36(4): 15-21.
- MI Z F, ZENG G, SHANG Y M, et al. The evaluation method and spatial pattern evolution of ecological civilization construction of Chinese provinces[J]. *Economic Geography*, 2016, 36(4): 15-21.
- [63] ZHOU X, WANG J P. Evaluation and differentiation analysis of China's construction of ecological civilization from the perspective of collaboration: using China's representative region as an example[J]. *Sustainability*, 2023, 15(18): 13403.
- [64] 成金华, 李悦, 陈军. 中国生态文明发展水平的空间差异与趋同性[J]. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(5): 1-9.
- CHENG J H, LI Y, CHEN J. Regional difference and convergence of ecological civilization level in China[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2015, 25(5): 1-9.
- [65] 肖沁霖, 邓宗兵, 王炬, 等. 中国生态文明发展的空间关联网络及其空间收敛特征[J]. *资源科学*, 2023, 45(6): 1123-1138.
- XIAO Q L, DENG Z B, WANG J, et al. Spatial correlation network and spatial convergence of eco-civilization development in China[J]. *Resources Science*, 2023, 45(6): 1123-1138.

- [66] 毛显强, 温源远, 李丹, 等. 生态文明建设指标体系建立的意义、思路和框架 [J]. 中国统计, 2013(5): 43-45.
- [67] 杜宇, 刘俊昌. 生态文明建设评价指标体系研究 [J]. 科学管理研究, 2009, 27(3): 60-63.  
DU Y, LIU J C. Study on the index system of evaluation of ecological civilization[J]. Scientific Management Research, 2009, 27(3): 60-63.
- [68] 王夏晖, 高彦鑫, 李松, 等. 基于 DPSIR 概念模型的土壤环境成效评估方法研究 [J]. 环境保护科学, 2016, 42(4): 19-23.  
WANG X H, GAO Y X, LI S, et al. Research of evaluation indicator system of soil pollution prevention and control based on DPSIR concept model[J]. Environmental Protection Science, 2016, 42(4): 19-23.
- [69] CHEN H Z, XU J F, ZHANG K, et al. New insights into the DPSIR model: revealing the dynamic feedback mechanism and efficiency of ecological civilization construction in China[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 348: 131377.
- [70] 丁涛. 基于 DEA 模型中部六省生态文明建设效率评价研究 [J]. 生产力研究, 2020(11): 63-67.  
DING T. Research on the evaluation of ecological civilization construction efficiency in six provinces of central China based on DEA model[J]. *Productivity Research*, 2020(11): 63-67.
- [71] LIU D, LIU T G, ZHENG Y T, et al. The construction efficiency study of China National Ecological Civilization Pilot Zone with network SBM model: a city-based analysis[J]. *Environmental science and pollution research international*, 2023, 30(16): 47685-47698.
- [72] 李昌新, 陈晓, 张辉, 等. 基于灰色关联模型的江苏省农村生态文明建设水平研究 [J]. 水土保持通报, 2017, 37(3): 107-112.  
LI C X, CHEN X, ZHANG H, et al. A study on construction level of rural ecological civilization in Jiangsu Province based on Grey Correlation Model[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2017, 37(3): 107-112.
- [73] 余升文, 李林军, 邱国玉. 基于突变级数法的深圳生态文明建设动态评估 [J]. 生态经济, 2015, 31(12): 174-181.  
YU S W, LI L J, QIU G Y. Evaluation of the eco-civilization construction of Shenzhen based on catastrophe progression method[J]. *Ecological Economy*, 2015, 31(12): 174-181.
- [74] 方奕舟, 陈志和, 熊育久. 基于 AHP-模糊综合评价法的中山市水生态文明城市建设评估 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 2021, 60(3): 88-98.  
FANG Y Z, CHEN Z H, XIONG Y J. Evaluation of water ecological civilization of Zhongshan City based on AHP-fuzzy comprehensive method[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2021, 60(3): 88-98.
- [75] 苟廷佳, 陆威文. 基于组合赋权 TOPSIS 模型的生态文明建设评价:以青海省为例 [J]. 统计与决策, 2020, 36(24): 57-60.
- [76] 甘小文, 毛小明. 基于信息熵和灰色关联度下中部六省生态文明建设状况比较 [J]. 企业经济, 2018(12): 27-33.
- [77] YUE S W. Evaluation of the coordinated development of Chengdu-Chongqing ecological civilization construction based on the gray correlation-distance coordinated coupling model[J]. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 2021, 22(3): 1358-1365.
- [78] 索贵彬, 田木易. 基于 SBM-Tobit 模型的京津冀城市生态文明建设效率研究 [J]. 河北地质大学学报, 2020, 43(1): 103-106.  
SONG G B, TIAN M Y. Research on the efficiency of Beijing-Tianjin-Hebei city ecological civilization construction based on SBM-Tobit Model[J]. *Journal of Hebei GEO University*, 2020, 43(1): 103-106.
- [79] 冯钰, 成金华, 张欢. 基于资源环境 AD-AS 模型的湖北省生态文明建设研究 [J]. 理论月刊, 2014(12): 134-137.
- [80] 李庆. 空间相关性对各省市生态文明建设的影响分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(9): 91-98.  
LI Q. Spatial autocorrelation analysis on construction of ecological civilization[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(9): 91-98.
- [81] 孙钰, 武占云, 姜宁宁, 等. 京津冀生态文明建设的时空溢出效应及驱动因素 [J]. 城市问题, 2022(7): 43-53.  
SUN Y, WU Z Y, JIANG N N, et al. Research on spatial-temporal spillover effects and driving factors of ecological civilization construction in Beijing, Tianjin and Hebei[J]. *Urban Problems*, 2022(7): 43-53.
- [82] 马忠玉, 肖宏伟. 中国区域 PM<sub>2.5</sub> 影响因素空间分异研究: 基于地理加权回归模型的实证分析 [J]. 山西财经大学学报, 2017, 39(5): 14-26.  
MA Z Y, XIAO H W. The research on a spatial differentiation of influence factors of regional PM<sub>2.5</sub> in China: the empirical analysis based on geographically weighted regression model[J]. *Journal of Shanxi University of Finance and Economics*, 2017, 39(5): 14-26.
- [83] 屈文波. 环境规制、空间溢出与区域生态效率: 基于空间杜宾面板模型的实证分析 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2018, 20(6): 27-33.  
QU W B. Environmental regulation, spatial spillover and regional ecological efficiency: an empirical analysis of Dubin Panel Model based on space[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2018, 20(6): 27-33.
- [84] 吴井峰. 金融集聚与地区生态效率的空间计量实证研究 [J]. 统计与决策, 2016(3): 149-153.
- [85] 张优智, 乔宇鹤. 不同类型环境规制对制造业绿色全要素生产率的影响效应研究: 基于 DEA-Malmquist 指数法与空间误差模型的实证分析 [J]. 生态经济, 2022, 38(5): 177-182.  
ZHANG Y Z, QIAO Y H. Research on the influence effect of different types of environmental regulation green total factor productivity in manufacturing industry: an empirical analysis based on DEA-Malmquist Index Method and Spatial Error Model[J]. *Ecological Economy*, 2022, 38(5): 177-182.
- [86] “生态文明建设若干战略问题研究(二期)”综合组. 生态文明建设若干战略问题研究 [J]. 中国工程科学, 2017, 19(4): 1-5.  
The Comprehensive Research Group for Research on Several Strategic Issues on Eco-Civilization Construction. Research on several strategic issues on eco-civilization construction [J]. *Strategic Study of CAE*, 2017, 19(4): 1-5.

- [ 87 ] 王昊, 张林波, 宝明涛, 等. 2015—2017 年“2+26”城市生态文明发展水平评估及动态变化分析 [J]. 环境科学研究, 2021, 34(3): 661-670.  
WANG H, ZHANG L B, BAO M T, et al. Evaluation and analysis of dynamic changes in ecological civilization development level of "2+26" Cities in China from 2015 to 2017[J]. Research of Environmental Sciences, 2021, 34(3): 661-670.
- [ 88 ] ZHANG L B, WANG H, ZHANG W T, et al. Study on the development patterns of ecological civilization construction in China: an empirical analysis of 324 prefectural cities[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 367: 132975.
- [ 89 ] 张欢, 成金华, 冯银, 等. 特大型城市生态文明建设评价指标体系及应用: 以武汉市为例 [J]. 生态学报, 2015, 35(2): 547-556.  
ZHANG H, CHENG J H, FENG Y, et al. An evaluation index system for ecological civilization construction in megacities and its research applications: the case of Wuhan City[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(2): 547-556.
- [ 90 ] 何蓉, 黄鑫童, 邵超峰, 等. 空间视阈下四川省县域生态文明发展水平研究 [J]. 生态经济, 2022, 38(11): 215-221.  
HE R, HUANG X T, SHAO C F, et al. Research on the development level of ecological civilization in county areas of Sichuan Province from the space perspective[J]. *Ecological Economy*, 2022, 38(11): 215-221.
- [ 91 ] 卞有生, 何军. 生态省生态市及生态县标准研究 [J]. *中国工程科学*, 2003(11): 18-24.  
BAN Y S, HE J. The study on standards of eco-province, eco-city and eco-county[J]. *Strategic Study of CAE*, 2003(11): 18-24.
- [ 92 ] 崔书红. 生态文明示范创建实践与启示 [J]. 环境保护, 2021, 49(12): 34-38.  
CUI S H. Practice and enlightenment of ecological civilization demonstration[J]. *Environmental Protection*, 2021, 49(12): 34-38.
- [ 93 ] 张惠远. 我国“绿水青山就是金山银山”实践模式与成效评估研究 [J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(6): 104-107.  
ZHANG H Y. Study on major practice models and evaluate index of "lucid waters and lush mountains are invaluable assets" in China[J]. *Environment and Sustainable Development*, 2020, 45(6): 104-107.
- [ 94 ] 王金南, 蒋洪强, 吴文俊, 等. 珠江三角洲地区生态文明建设提升战略研究 [J]. *中国工程科学*, 2022, 24(6): 154-163.  
WANG J N, JINAG H Q, WU W J, et al. Promotion of ecological civilization construction in the Pearl River Delta Region[J]. *Strategic Study of CAE*, 2022, 24(6): 154-163.
- [ 95 ] 柴莹莹, 孟晓杰, 韩永伟, 等. 长江经济带国家生态文明建设示范市县生态文明发展状况评估 [J]. *环境工程技术学报*, 2022, 12(2): 380-389.  
CHAI Y Y, MENG X J, HAN Y W, et al. Evaluation of ecological civilization construction level of national ecological civilization construction demonstration zones in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2022, 12(2): 380-389.
- [ 96 ] 熊向艳, 韩永伟, 孟晓杰, 等. 黄河流域国家生态文明建设示范区发展水平测度及其时空差异 [J]. *环境工程技术学报*, 2023, 13(4): 1304-1314  
XIONG X Y, HAN Y W, MENG X J, et al. Measurement of the development level and spatial-temporal differences of the National Ecological Civilization Construction Demonstration Areas in the Yellow River basin[J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2023, 13(4): 1304-1314
- [ 97 ] 成春林, 李涵, 陶士贵. 长江经济带高质量发展指标体系构建与测度 [J]. 统计与决策, 2022, 38(9): 99-103.  
CHENG C L, LI H, TAO S G. Index system construction and measurement of high-quality development in the Yangtze River Economic Belt[J]. *Statistics & Decision*, 2022, 38(9): 99-103.
- [ 98 ] 王一超, 朱璐平, 周丽旋, 等. 珠三角城市群生态文明建设水平评价与展望 [J]. 环境保护, 2023, 51(7): 53-58.  
WANG Y C, ZHU L P, ZHOU L X, et al. Evaluation and prospect of the construction of eco-civilization in the Pearl River Delta Urban Agglomeration[J]. *Environmental Protection*, 2023, 51(7): 53-58.
- [ 99 ] 彭文英, 李梦筱, 潘娜. 基于 PSR 模型改进的县域生态文明建设评价及对策研究 [J]. 生态经济, 2023, 39(2): 207-214.  
PENG W Y, LI M X, PAN N. Evaluation and countermeasures of county ecological civilization construction based on PSR model[J]. *Ecological Economy*, 2023, 39(2): 207-214. ⊕