

能源转型与生态环境保护的经济协同发展机制探讨

石璧弛

云南大学经济学院，云南 昆明

收稿日期：2025年3月1日；录用日期：2025年4月3日；发布日期：2025年4月16日

摘要

在全球气候治理深化与中国“双碳”目标推进的背景下，本研究聚焦能源转型与生态环境保护的经济协同机制，旨在破解传统发展模式中能源安全、生态保护与经济增长的“三重矛盾”。整合能源-经济-环境(3E)系统理论、绿色增长与生态经济学理论，揭示能源清洁化、生态治理与经济高质量发展的动态耦合规律。研究发现：能源结构转型通过可再生能源替代与“光伏+治沙”等模式，形成生态保护的源头减排与空间优化效应；生态约束通过碳价机制倒逼CCUS、绿氢等技术突破，推动能源体系向负外部性内化转型；市场驱动与政策协调机制则借助碳交易、生态补偿等工具激活自然资本价值，构建“政策定界-市场配置-技术赋能”协同网络。长三角示范区通过风光储协同与跨域补偿实现能耗下降与湿地修复倍增，德国可再生能源立法与北欧碳税验证了约束-激励政策组合的有效性。研究提出构建“GEP核算考核+绿色技术银行+区域协同治理”多维政策体系，推动生态价值转化为经济增长动能。理论层面突破线性分析框架，揭示3E系统非线性协同规律；实践层面为统筹双碳目标与生态文明提供机制工具箱，助力全球气候治理从成本分担转向价值共创，对中国式现代化与全球可持续发展具有战略意义。

关键词

能源，生态环境，可持续发展，经济转型

Discussion on the Economic Coordinated Development Mechanism of Energy Transformation and Ecological Environment Protection

Bichi Shi

School of Economics, Yunnan University, Kunming Yunnan

Received: Mar. 1st, 2025; accepted: Apr. 3rd, 2025; published: Apr. 16th, 2025

文章引用：石璧弛. 能源转型与生态环境保护的经济协同发展机制探讨[J]. 可持续发展, 2025, 15(4): 96-101.
DOI: 10.12677/sd.2025.154092

Abstract

In the context of the deepening of global climate governance and the promotion of China's "two-carbon" goal, this study focuses on the economic coordination mechanism of energy transformation and ecological and environmental protection, aiming to solve the "triple contradiction" among energy security, ecological protection, and economic growth in the traditional development model. Integrate the energy-economy-environment (3E) system theory, green growth, and ecological economics theory, and reveal the dynamic coupling law of clean energy, ecological governance, and high-quality economic development. It is found that the transformation of energy structure can form the effect of source emission reduction and space optimization through the modes of renewable energy substitution and "photovoltaic + sand control"; the ecological constraint through the carbon price mechanism to promote the internalization of the energy system; the market drive and policy coordination mechanism activates the natural capital value with the tools of carbon trading and ecological compensation, and builds the collaborative network of "policy demarcation-market allocation-technology enabling." The Yangtze River Delta demonstration area realized the reduction of energy consumption and wetland restoration through the coordination of landscape storage and cross-domain compensation. German renewable energy legislation and the Nordic carbon tax verified the effectiveness of the constraint-incentive policy combination. Study and propose to build a multi-dimensional policy system of "GEP accounting and assessment + green technology bank + regional collaborative governance" to promote the transformation of ecological value into economic growth momentum. The theoretical level breaks through the linear analysis framework and reveals the nonlinear coordination law of the 3E system. At the practical level, it provides a mechanism toolbox for coordinating dual-carbon goals and ecological civilization and helps global climate governance shift from cost-sharing to value co-creation, which has strategic significance for Chinese-style modernization and global sustainable development.

Keywords

Energy, Ecological Environment, Sustainable Development, Economic Transformation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在全球气候变化加剧与生态环境持续退化的双重压力下，能源转型与生态环境保护已成为各国实现可持续发展的核心议题。随着《巴黎协定》的深入实施和中国“双碳”目标的提出，以清洁低碳为导向的能源体系重构与生态保护修复的协同需求日益迫切。然而，传统粗放型发展模式下，能源消费与生态承载力的矛盾依然突出，化石能源依赖导致的碳排放加剧了气候危机，而可再生能源大规模开发又面临生态空间占用、生物多样性保护等新挑战。在此背景下，如何破解能源转型与生态保护之间的潜在冲突、实现经济高质量发展与生态环境可持续性的“双赢”，成为亟待解决的重大现实问题。本研究聚焦能源-生态-经济系统的协同机制，旨在揭示三者的动态耦合规律，探索既能保障能源安全，又能维护生态功能的经济转型路径，不仅为丰富绿色经济理论提供学理支撑，更为政策制定者统筹“双碳”目标与生态文明建设、破解区域协同治理难题提供实践参考，对推动全球气候治理与中国式现代化进程具有重要战略意义。

2. 理论基础与作用机制

2.1. 协同发展理论框架

2.1.1. 能源 - 经济 - 环境(3E)系统理论

能源 - 经济 - 环境(3E)系统理论以系统论与协同理论为基础, 揭示了能源开发、经济增长与环境保护三者间复杂的动态耦合关系。该理论认为, 能源作为经济发展的物质基础, 其结构转型与利用效率直接影响经济增长模式与生态环境质量; 经济活动通过能源消费引致碳排放、资源耗竭等环境外部性, 而环境承载力又反向约束能源开发强度与经济扩张边界[1]。在“双碳”目标驱动下, 3E 系统理论聚焦能源清洁化、经济低碳化与环境治理协同化的多维度互动, 强调通过技术创新、制度优化与市场调节实现系统要素的动态均衡。其核心在于构建“能源结构优化支撑经济提质增效 - 绿色经济增长反哺生态修复 - 环境质量改善保障可持续发展”的闭环机制, 为解决传统发展模式下能源安全、经济效率与生态保护间的矛盾冲突提供了系统性分析框架, 为全球气候治理与区域绿色转型的政策设计奠定理论基础。

2.1.2. 绿色经济增长理论

绿色经济增长理论突破传统增长范式的生态锁定, 主张在资源环境承载力阈值内重构经济发展模式, 强调通过技术创新与制度变革实现生态资本增值与经济质量提升的有机统一[2]。该理论将生态环境视为内生生产要素, 提出以资源效率提升、低碳循环体系构建和生态系统服务价值化为核心路径, 推动经济增长与碳排放脱钩、自然资源消耗与生态赤字解耦。其核心主张在于: 通过将环境外部性内部化为市场信号, 引导生产要素向清洁技术研发、绿色产业培育和生态产品供给领域集聚, 形成“质量改善型”增长新动能。借助碳定价、生态补偿等政策工具重塑激励结构, 促进生产消费方式绿色转型; 同时注重代际公平与区域公平, 在保障当代发展权益的同时为后代留存生态红利。这一理论不仅为破解“增长 - 污染”悖论提供解决方案, 更在全球气候治理与碳中和实践中催生出绿色金融、自然资本核算等创新机制, 成为指导“双碳”目标下中国经济高质量发展的重要范式。

2.1.3. 生态经济学理论

生态经济学理论颠覆了传统经济学将生态系统视为经济系统外部约束的认知框架, 主张经济系统本质上是生态系统的子系统, 强调在生物物理规律约束下重新界定人类福祉与自然资本的关系。该理论以热力学定律、生态系统承载力为科学基础, 提出“自然资本”不可替代性原理, 揭示出经济增长的生态边界与物质代谢规模阈值, 批判了无限增长范式的生态荒谬性[3]。其核心在于构建包含能值分析、生态足迹核算与生态系统服务价值评估的综合分析体系, 通过量化自然资源消耗、污染排放与生态修复的动态平衡, 重新定义发展质量评价标准。在实践层面, 生态经济学主张通过生态产品总值(GEP)核算将森林、湿地等自然资产的生态功能货币化, 推动形成“污染者付费 - 保护者受益”的市场化补偿机制; 倡导循环型社会构建与稳态经济模式, 在保障基本民生需求的前提下实现物质财富增长与能源资源消耗的脱钩。这一理论不仅为破解资源诅咒、环境库兹涅茨曲线失灵等现实困境提供理论工具, 更通过生态红线制度设计、跨区域流域补偿等政策创新, 成为指导生态文明建设与绿色转型的底层逻辑框架。

2.2. 相互作用机理

2.2.1. 能源结构转型对生态保护的促进效应

能源结构转型通过降低化石能源依赖与提升清洁能源占比, 从根本上缓解传统能源开发对生态系统的多重压力, 形成“源头减排 - 过程修复 - 系统优化”的生态保护促进链条。在供给侧, 可再生能源规模化替代煤炭、石油等高碳能源, 直接减少开采环节的生态破坏与燃烧环节的污染物排放, 缓解大气、水体和土壤的复合型污染; 在消费侧, 电气化与能效提升显著降低单位 GDP 的能源消耗强度, 减轻能源

基础设施对自然栖息地的空间挤占，为生物多样性保护释放生态空间。更为重要的是，以风电、光伏为代表的新能源项目通过“光伏+治沙”、“风电牧场”等创新模式，将能源生产与生态修复功能有机融合，推动荒漠化治理、水土保持等生态工程形成可持续运营机制。同时，能源转型催生的碳市场、绿证交易等机制，通过生态产品价值实现路径将自然资本纳入经济运行体系，促使企业主动承担生态保护责任[4]。这种转型不仅降低人类活动对生态系统的扰动强度，更通过重构“能源-生态”关系网络，为区域生态安全格局优化与全球气候治理提供协同发展路径。

2.2.2. 生态约束对能源技术创新的倒逼机制

生态约束通过设定资源消耗上限与环境容量阈值，形成“压力-响应”的链式反应，倒逼能源技术向低碳化、清洁化和高效化方向加速迭代。在碳排放总量控制、生态红线划定等刚性约束下，传统化石能源技术因无法满足环境规制要求而被迫退出市场，倒逼企业转向可再生能源开发、碳捕集封存(CCUS)等负外部性更低的技术路径；同时，生态修复成本内部化与碳价机制的形成，显著提高了高污染技术的经济门槛，驱动研发资源向风光储一体化、绿氢制备、智慧电网等创新领域倾斜。这一机制通过“环境规制强化-市场信号传导-技术路线重构”的动态过程，将生态成本转化为创新动能，促使能源系统突破“路径依赖”，形成“技术突破缓解生态压力-生态改善释放政策红利-政策激励反哺技术研发”的正向循环[5]。例如，欧洲碳边境调节机制(CBAM)的推行倒逼出口型企业加速低碳技术布局，而中国“双碳”目标下的煤电产能限制则催生出超临界燃煤耦合生物质发电等过渡性创新技术。这种由生态约束触发的创新倒逼效应，本质上是通过重构技术经济范式，推动能源体系从“资源消耗型”向“生态友好型”跃迁。

2.2.3. 绿色金融对协同发展的支撑作用

绿色金融通过创新性金融工具与市场化机制，打通能源转型与生态保护的资金梗阻，构建起“资源配置-风险缓释-价值转化”的全链条支撑体系，成为驱动经济-能源-环境系统协同发展的重要引擎。在资金导流层面，绿色信贷、碳中和债券等定向融资工具引导社会资本向可再生能源项目、生态修复工程及低碳技术研发领域集聚，有效缓解绿色产业前期投入大、回报周期长的融资约束；在风险定价层面，环境压力测试、ESG 投资评估等机制将生态成本内化为金融机构的决策变量，倒逼高碳资产加速出清并降低绿色项目的风险溢价[6]。更为关键的是，碳金融衍生品交易与生态权益抵押融资等创新模式，通过市场发现价格的功能将碳排放权、森林碳汇等生态产品转化为可交易资产，激活自然资源的多重价值属性，推动生态保护从政府主导的“输血式”治理转向市场驱动的“造血式”运营。此外，央行绿色再贷款、绿色项目贴息等政策工具，通过财政金融协同形成激励相容机制，促进绿色技术商业化应用与生态产业链延伸。这种由绿色金融构建的“资金-技术-产业”联动网络，不仅破解了传统发展模式中环境正外部性难以变现的困境，更通过重塑资本要素的生态偏好，为区域协同治理与全球气候行动提供可持续的金融基础设施。

3. 协同发展机制构建

3.1. 市场驱动机制

为强化市场机制对能源转型与生态保护的驱动效能，建议分三步推进政策落地：第一步，完善市场化定价机制，2025年前将全国碳市场覆盖行业扩展至钢铁、水泥、航空等八大高耗能领域，实施基于行业基准法的配额动态调整，同步推行绿证强制认购制度，要求重点用能企业每年清洁能源消纳量占比提升2~3个百分点，通过“配额清缴+绿证抵扣”双约束形成阶梯式碳成本传导链；第二步，构建生态资产核算交易体系，由自然资源部牵头制定《生态产品价值核算技术规范》，2024年在长江经济带、粤港澳

澳大湾区先行开展森林碳汇、湿地固碳等生态资产确权登记，建立省级生态产权交易中心并接入全国绿色金融交易平台，允许生态修复项目产生的碳汇增量按1:1.5比例折算为碳市场履约额[7]；第三步，创新绿色金融激励工具，2023年底前出台《绿色信贷业绩评价办法》，将银行机构绿色贷款占比与其存款准备金率挂钩，对风光储一体化项目给予基准利率下浮20%的定向支持，同时设立千亿级生态修复专项REITs，优先支持矿山修复、流域治理等项目的收益权证券化。配套建立“监测-核查-奖惩”闭环机制，依托区块链技术实现碳足迹全生命周期追溯，对超额减排企业实施增值税即征即退50%政策，对未达标区域实行新增能耗项目限批。通过制度创新将生态价值转化为可量化、可交易、可融资的市场要素，形成“价格发现-资源重组-技术迭代”的正向循环。

3.2. 政策协调机制

为强化政策协调机制对能源与生态治理的统筹效能，建议分阶段推进以下措施：第一步，建立跨部门绿色治理平台，2024年底前由国家发改委牵头组建“能源-生态协同发展领导小组”，整合生态环境部、能源局、自然资源部等部门的规划审批权限，制定《重点行业绿色转型负面清单(2025年版)》，明确钢铁、化工等高碳行业新建项目的可再生能源配套比例($\geq 30\%$)与生态修复资金预留标准(\geq 项目投资5%)，同步将新能源项目用地审批纳入国土空间规划“一张图”系统，实现生态红线动态预警与项目选址智能避让[8]；第二步，实施央地双向激励约束机制，2025年起将“单位GDP生态产品总值增长率”纳入省级政府考核，权重不低于20%，中央财政对GEP连续三年增长超5%的省份给予专项转移支付奖励，而对未完成能耗强度目标的地区实行园区循环化改造“一票否决”[9]；第三步，优化政策工具组合，2024年试点开征差异化碳税，同步扩大流域横向生态补偿覆盖面，长江、黄河流域上下游省份按水质改善幅度与碳汇增量进行双向结算，并强制要求政府采购目录中绿色产品占比每年提升10个百分点。配套建设全国统一的“生态-能源智慧监管平台”，运用区块链技术实现碳足迹、生态补偿资金流的全链条追溯，对违规企业实施“生态信用黑名单”联动惩戒(限制项目审批、绿色信贷及税收优惠)，形成“刚性约束-柔性激励-智能监管”三位一体的治理新范式。

3.3. 技术创新机制

技术创新机制通过构建“基础研究突破-应用场景迭代-市场反馈优化”的循环体系，驱动能源与生态领域的技术-经济范式变革，成为破解协同发展瓶颈的核心引擎。在基础研究层，政府主导的共性技术攻关计划聚焦光伏转换效率提升、氢能储运安全、生物质碳汇增强等底层科学问题，突破能源清洁化与生态修复的技术天花板；在应用转化层，产学研协同创新平台依托数字孪生、区块链等技术，加速碳捕集利用(CCUS)、智能微电网、生态监测遥感等技术的场景适配与成本下降，例如，“光伏+农业”模式通过光谱分频技术实现土地复合利用，兼顾能源生产与农田生态保护[9]。在市场端，绿色技术认证与碳积分交易机制形成创新回报的正向激励，促使企业将研发投入向零碳工艺、生态材料等方向倾斜，而环境权益质押融资等金融工具则缓解技术中试阶段的资金约束。这种机制通过“政策引导研发方向-市场筛选适用技术-技术重构产业生态”的链式反应，不仅缩短了从实验室到产业化的创新周期，更以技术集群突破重塑能源-生态-经济的协同界面，如数字孪生流域系统耦合水文模拟与风光调度算法，实现水资源保护与可再生能源消纳的精准协同，最终形成“技术创新降低生态成本-生态红利反哺研发投入”的可持续发展闭环[10]。

4. 结论

在全球气候危机加剧与生态退化交织的背景下，能源转型与生态环境保护的协同发展已成为人类文

明存续的核心命题。本研究以“经济-能源-环境(3E)系统理论”为基石,整合绿色经济增长理论与生态经济学理论,构建了“目标协同-机制联动-路径创新”的分析框架,揭示了能源清洁化、经济低碳化与生态治理一体化的内在逻辑与实现路径。理论层面,3E系统理论突破传统线性思维的局限,将能源视为连接经济系统与生态系统的关键纽带,强调三者的动态耦合关系:能源结构转型通过降低化石能源依赖减少生态扰动,绿色经济增长理论重构发展范式以自然资本增值驱动质量提升,生态经济学理论则通过能值分析与生态足迹核算划定增长的物理边界。三大理论共同构成“约束-激励-均衡”的协同框架,为破解“双碳”目标下的多重矛盾提供了系统化认知工具。

机制研究表明,能源转型与生态保护的协同效应通过市场、政策、技术、金融四大机制交互作用得以释放。市场驱动机制以碳价信号与生态产品价值实现为核心,通过绿色溢价引导资本流向可再生能源与生态修复领域,例如碳交易市场将碳排放权转化为生产要素,倒逼企业将生态成本纳入决策;政策协调机制通过跨部门治理工具组合,破解“政策孤岛”与“激励错配”,如生态补偿与碳税协同既约束高碳行为又激励低碳创新;技术创新机制则依托“基础研究-应用转化-市场反馈”的循环体系,推动光伏制氢、数字孪生流域等技术突破生态修复与能源生产的传统边界;绿色金融机制通过风险定价与资产证券化,将森林碳汇、水土保持等生态服务转化为可交易资产,构建起“资金-技术-产业”联动的价值闭环。这四大机制并非孤立运作,而是形成“政策划定边界-市场配置资源-技术提供方案-金融保障循环”的协同网络,例如中国光伏治沙工程通过财政补贴启动项目、碳汇交易实现收益、智能灌溉技术提升效率,最终形成生态修复与能源生产的共生模式。

本研究提出三大政策启示:其一,建立“生态安全-能源安全-经济安全”三位一体的治理体系,将GEP核算纳入政绩考核,破解GDP至上的路径依赖;其二,构建“技术创新-金融赋能-产业转型”的螺旋升级机制,设立国家级绿色技术银行,完善生态产品质押融资规则;其三,推进“区域协同-国际协作”的多尺度行动网络,建立跨境碳市场与生态补偿基金。未来研究需进一步量化协同阈值,探索人工智能与区块链技术在生态能源协同中的应用,以及地缘政治对协同机制的冲击响应。

参考文献

- [1] 汪为民.林业经济与生态环境保护协同发展路径探讨[J].中国林业产业,2024(11): 18-19.
- [2] 杰中,常纪文.流域生态环境协同保护和绿色低碳协同发展的体制机制法制建设[J].中国生态文明,2024(2): 15-19.
- [3] 徐军委.“双碳”目标下经济高质量发展与生态环境保护协同发展研究——以京津冀地区为例[J].经济体制改革,2023(1): 61-69.
- [4] 屈小爽.旅游经济与生态环境耦合度及协同发展机制研究——以黄河流域省会城市为例[J].生态经济,2022,38(10): 125-130.
- [5] 王寅,杨宛谕,蔡双立.绿色数字经济与新质生产力协同发展的理论机制与实践路径——基于“技术-要素-产业”理论框架的组态分析[J].南开经济研究,2024(12): 85-103.
- [6] 唐睿.数字经济赋能文旅产业高质量协同发展的效应与机制——基于长三角的实证[J].地理科学进展,2024,43(10): 1929-1942.
- [7] 韩民春,彭刚东,张吉森.人工智能驱动现代金融与实体经济协同发展的理论机制与实证检验[J].福建论坛(人文社会科学版),2024(11): 63-83.
- [8] 向勇.人文经济协同发展的有效性逻辑:框架与机制[J].人民论坛·学术前沿,2024(4): 14-20.
- [9] 孙洋.构建协同发展机制促进文旅产业融合——评《区域文化资源与旅游产业经济协同发展研究》[J].山西财经大学学报,2020,42(10): 129.
- [10] 梅燕,蒋雨清.乡村振兴背景下农村电商产业集聚与区域经济协同发展机制——基于产业集群生命周期理论的多案例研究[J].中国农村经济,2020(6): 56-74.