科教融汇视角下能源与生态经济学拔尖创新人才协同培养的生态链体系构建研究

隋海清*，崔 兵，田 超

湖北工业大学经济与管理学院，湖北循环经济发展研究中心 湖北武汉

【摘要】“双碳”战略与“十五五”开局对能源与生态经济学交叉学科研究生的培养提出了更高要求，但当前培养过程中普遍存在产教脱节、生态链割裂等结构性问题。本文基于科教融汇视角，融合协同创新理论，从学生感知视角出发，考察四主体协同现状，同时引入协同度算法量化识别协同短板。借鉴自然界中种子成长为参天大树的生态逻辑，将政府、高校、科研平台、产业机构分别对应土壤、温度、氧气、光照四类生态因子，相应构建以政府、高校、科研平台和产业机构为四主体的生态链体系，提出双导师协同、平台开放、产业参与、动态反馈的运行机制，并对评价监督、经费管理、孵化平台的保障体系进行研究，以期为解决交叉学科研究生培养过程中科教分离、产教脱节难题提供实践范式。

【关键词】科教融汇；拔尖创新人才；生态链；协同度

【基金项目】湖北工业大学研究生教研教改项目（26010）：科教融汇视角下能源与生态经济学拔尖创新人才协同培养的生态链体系构建研究。

【收稿日期】2026 年 10 月 16 日 【出刊日期】2026 年 11 月 19 日 【DOI】10.12208/j.ssr.20260356

Research on the construction of an ecological chain system for the synergistic cultivation of outstanding innovative talents in energy and ecological economics from the perspective of science-education integration

Haiqing Sui, Bing Cui, Chao Tian*

School of Economics and Management, Hubei University of Technology, Hubei Circular Economy Development Research Center, Wuhan, Hubei

【**Abstract**】The “dual-carbon”strategy and the beginning of the 15th Five-Year Plan period pose higher demands on the cultivation of postgraduates in the interdisciplinary field of energy and ecological economics. However, structural problems such as the disconnection between industry and education, and the fragmentation of the ecological chain, generally exist in the current cultivation process. From the perspective of science-education integration and based on collaborative innovation theory, this paper first defines a four-dimensional evaluation standard for top-notch innovative talents: integration, critical thinking, intrinsic motivation, and practical capability. On this basis, it examines the current collaborative status of the four entities from the perspective of student perception and introduces a synergy degree algorithm to quantitatively identify collaborative shortcomings. Furthermore, drawing on the ecological logic of a seed growing into a towering tree in natural ecosystems, the study maps the government, universities, research platforms, and industrial institutions to four ecological factors: soil, temperature, oxygen, and light. It constructs an ecological chain system comprising these four entities, and proposes operational mechanisms, including dual-mentor collaboration, platform openness, industry participation, and dynamic feedback, as well as a support system consisting of evaluation and supervision, funding management, and an incubation platform. This research aims to provide an actionable practical paradigm for resolving the challenges of the separation of science and education and the disconnection between industry

*通讯作者：隋海清（1981-）女，博士，讲师、硕士研究生导师，主要从事新能源的高效转化利用、生物质的热化学转化、全生命周期分析研究；作者简介：崔兵，男，湖北人，湖北工业大学经济与管理学院教授，主要研究方向：制度与行为经济学；田超，男，辽宁营口人，湖北工业大学经济与管理学院讲师，主要研究方向：区域经济学。

and education in the cultivation of interdisciplinary postgraduates.

【**Keywords**】Science-education integration; Top-notch innovative talents; Ecological chain; Synergy degree

1 引言

《教育强国建设规划纲要（2024-2035 年）》明确提出“完善拔尖创新人才发现和培养机制”的战略部署，要求“在战略急需和交叉学科探索拔尖创新人才培养新模式”[1]。2024 年全国教育工作会议进一步强调“加强科教融汇、产教融合、人才培养间的纽带联系”[2]。科教融汇不仅是教育理念的创新，也是教育与科技创新深度融合的实践探索，其核心在于将前沿科研项目和高端科研平台等优质科研资源系统性地转化为人才培养的教学资源，锻炼研究生在具体科研场景中的创新思维。在“双碳”战略纵深推进与“十五五”开局之年的时代背景下，能源与生态经济学作为典型的交叉学科专业，其研究生培养面临着尤为迫切的改革需求。该领域要求拔尖创新人才必须具备经济分析、生态评估和能源技术的复合型知识结构，能够独立开展碳市场分析和能源转化利用等前沿研究。然而，当前能源与生态经济学研究生的培养模式相对滞后于行业发展需要。

本文以能源与生态经济学交叉学科为例，首先对拔尖创新人才评价标准进行明确界定，从学生感知视角入手，调研政府、高校、科研平台和产业机构四主体协同现状，同时引入四螺旋协同度算法量化识别协同短板；借鉴自然生态链中种子成长为参天大树的逻辑，构建政府、高校、科研平台和产业机构四主体协同的生态链体系，并研究其运行机制与保障体系，以期为破解交叉学科研究生科教分离、产教脱节难题提供实践范式。

2 文献综述

2.1 科教融汇与研究生培养的产学研协同研究

科教融汇理念最早可追溯至洪堡大学“教学与科研相结合”的办学思想[3]。近年来，国内学者对科教融汇进行持续研究，吴锴探讨了科教融汇视域下大学治理结构的变革路径，科研与教学在研究生培养中的协同是能否培养高水平研究生的重要因素[4]。王世泰等指出科教融汇的关键在于能否真正的将科研项目成果转化为课程教学资源[5]。吴松涛等认为科教融汇应贯穿于人才培养的全过程，包括科研问题进课堂、科研成果转教材、科研方法入实训等三个内容[6]。中国科学院大学则依托国家科研平台，对组织融合、学科融合、资源融合和制度融合的育人体系进行构建[7-8]；复旦大学利用优化科技资源与复合课程体系的建设，推动交叉创新人才的培养[9]；北京航空航天大学以科创课程、项目实践和校企协同育人为支撑，形成较为成熟的科教融汇路径[10]；武汉东湖高新区则通过与华中科技大学、武汉大学的长期合作，依托光电子国家实验室等平台，形成特色鲜明的光电子与信息技术创新体系。

2.2 科教融汇视角下拔尖创新型人才培养研究

（1）拔尖创新人才评价研究。拔尖创新人才的核心特征在于具有突出的学术潜质、原始创新能力及引领学科或行业发展的潜质。陈雷认为拔尖创新人才特征包括超常的基本素质、卓越的知识技能和标志性创新业绩[11]。付金萍等提出拔尖创新人才评价 PMC 指数模型，突出创新知识、创新动机、创新技能、创新能力、管理能力和影响力等核心要素[12]。钱永昌进一步明确指向拔尖创新人才创新品质的四个培养要素：整合力、思辨力、内驱力和实践力，注重对学术潜力和原始创新能力的评价[13]。祁占勇等从科技成果转化视角，构建了包括科研学术能力、成果商业化能力、自我管理能力、市场把握能力四个维度的评价体系[14]。韩飞等提出评价应聚焦专业素质、创新活动和创新产出三要素[15]。

（2）拔尖创新型人才培养模式研究。王诺斯等认为政策支持、资金保障和社会氛围是多元主体协同培养的关键[16]；崔艺瑄等强调多主体协调是培养拔尖创新人才的核心[17]。在理论模型研究方面，肖国华等分析了“政、产、研”三螺旋模型的局限性，提出以科技服务机构为第四螺旋，构建“政、产、研、服”四螺旋模型，并基于互信息设计了四螺旋创新协同度计量指标 Tgias[18]。王可心等也重构了双创教育协同创新的四螺旋模型[19]。

（3）现代能源与生态经济学人才培养模式研究。周德群等较早提出能源软科学概念，指出此类人才应具备“经济分析+生态评估+能源技术”的复合型知识结构[20]。在培养路径上，程艳等探讨了“案例教学+政策仿真+碳市场实训”三位一体的教学模式改革[21]。在协同育人方面，冯连勇等以中国石油大学为例，构建了“高校+能源企业+碳交易所”三方联动的能源经济专业硕士培养模式[22]。

综上，国内学者围绕科教融汇、协同培养、拔尖创新人才评价与培养模式等开展了较为丰富的研究，但存在以下不足：第一，针对能源与生态经济学这一交叉

学科拔尖创新人才的衡量标准与实证分析较少；第二，传统基于互信息的三螺旋模型已不能完全代表所有创新主体，多元主体协同关系的测度方法与效果评价研究不足；第三，现有教育生态学研究多停留在生态位、生态平衡等概念借用层面，尚未形成系统的自然生态因子与教育主体职能对应框架，更缺乏将生态链理论系统运用于能源与生态经济学研究生培养的实证研究。

3 能源与生态经济学拔尖创新人才协同培养的生态链体系构建

针对高校推进拔尖创新人才培养中遇到的科教分离、产教脱节、协同机制不健全等问题，本文构建了一个双阶段递进框架，第一阶段通过学生感知问卷调查与四螺旋协同度测度，精准剖析现有培养模式的协同短板；第二阶段基于评价结果，借鉴自然生态链逻辑，设计生态链体系及其运行机制与保障体系。

3.1 拔尖创新人才评价标准与协同现状

（1）评价标准界定。本研究借鉴钱永昌提出的四维框架，将能源与生态经济学拔尖创新人才的能力构成界定为：整合力、内驱力、思辨力和实践力。其中整合力包括经济学、生态学、能源科学的跨学科知识整合；内驱力为考察学生对绿色低碳领域研究的学术志趣与使命感；思辨力是学生是否具备碳市场分析、能源政策建模中的批判性与系统性思维；实践力则是评价学生对现实中碳减排、能源转型等复杂问题的解决能力，上述标准为后续问卷调查和协同度测度计算提供参照目标[13]。

（2）学生感知问卷调查。作为培养过程的直接参与者和第一感受者，本研究以能源与生态经济学及相关专业研究生为调研主体，如图 1 所示，从学生感知视角，围绕政府（政策知晓度、经费保障、平台搭建）、高校（课程前沿性与交叉性、导师指导质量、产业导师参与度）、科研平台（项目参与机会、实验平台开放程度、成果转化）、产业机构（实践场景供给、实习岗位匹配度、职业引领）四个主体维度，以及综合感知（科教融汇满意度、能力提升效果）设计问卷。通过统计分析，精准识别科教分离、产教脱节、导师指导与需求错配等协同短板。

（3）四螺旋协同度测度。参考肖国华[18]基于互信息的四螺旋协同度算法，将政府（G）、高校（U）、科研平台（P）、产业机构（I）四个维度的协同关系定义为：C(UGPI) = H(U) + H(G) + H(I) + H(P) − H(UG) − H(UP) − H(GP) − H(GI) − H(PI) + H(UGP) + H(UGI) + H(UPI) + H(GPI) − H(UGPI)。当 C（UGPI)值为负时，表明四者共同协作发挥了自组织作用，C 值越小，生态链系统协同度越高。如图 2 所示，基于能源与生态经济学研究生的培养现状，应从以下两个角度进行协同度测量研究，通过运作协同度（科教、师资、资金平台）与合作产出协同度（科研成果）的定量测度，精准识别协同短板，为生态链构建提供数据支撑。

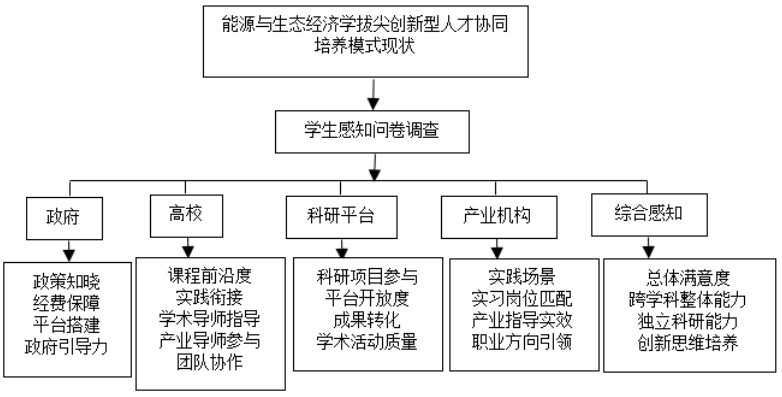


图 1　能源与生态经济学拔尖创新人才协同培养模式现状

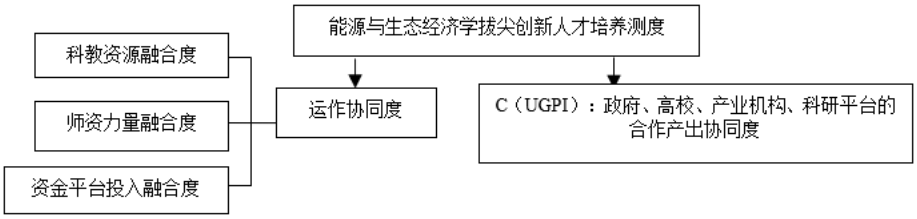


图 2　能源与生态经济学拔尖创新人才培养协同度的测度

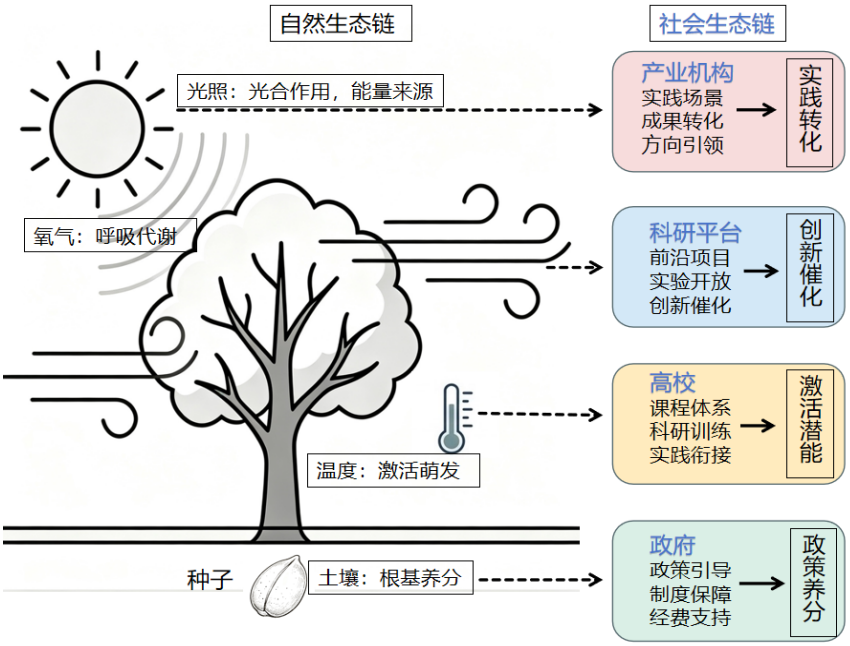


图 3　能源与生态经济学拔尖创新人才协同培养生态链体系的构建

3.2 拔尖创新人才培养生态链的构建

自然界中，一颗种子成长为参天大树，需要土壤、温度、氧气、光照四类核心生态因子的协同作用：土壤是基础，提供扎根基础和矿质养分；温度能够激活种子内部酶活性，进而启动萌芽；氧气是维持生命体呼吸代谢、保障生命运转的关键条件；植物成长进行的光合作用是由光照驱动，同时提供能量还能决定生长方向。这四类要素构成一个典型的自然界生命运转从资源输入，经历转化加工，到实践输出，最后反馈优化的动态循环系统。

如图 3 所示，本文将研究生拔尖创新人才类比为自然界中的“种子”，将四主体分别类比为四类关键生态因子：政府对应土壤，决定根基稳固，承担制度供给与政策养分作用；高校对应温度，是传授知识与激活学术志趣平台，启动拔尖创新人才的萌发；科研平台是氧气，提供充足的科技前沿项目，维持创新呼吸氛围；产业机构则是光照，提供真实的实践场景与现实方向引领，为拔尖创新人才的培养保驾护航。这一框架使教育生态链从隐喻走向可操作的分析工具，将原本的生态链割裂转化为识别具体生态因子的供给不足。

3.3 四主体互动的衍生职能与生态位分析

政府相当于土壤，承担政策引导与制度保障，是各主体稳定互动的根基。搭建统管四主体的互动平台是突破点对点合作的关键，而健全的“双碳”政策及科教融汇环境有利于推进校企深度合作；高校作为协同培养的知识主体，通过跨学科课程体系的设置、提供学术导师指导并进行长期科研训练，以激活学生的学术志趣和科研潜能；科研平台承担着将前沿科研成果反馈转化为教学资源、反哺拔尖创新人才培养的核心功能，通过国家级/省部级项目由研究生全程参与完成和实验平台共享，不断维持科研创新能力的“呼吸代谢”；产业机构是最终市场的实践需求方和成果应用方，为人才培养提供碳市场实训、能源政策仿真、实习岗位及联合课题，最终检验人才的实践能力，是实现生态链闭环的重要环节。

3.4 生态链的运行机制与保障体系

（1）运行机制。生态链的有效运行依赖四类机制：双导师协同指导机制，包括学术导师与产业导师在培养方案、论文选题、中期考核中的职责分工与协同方式；科研平台开放机制，包括国家级和省部级项目向研究生开放的准入制度，科研成果向教学案例的系统转化；产业导师参与机制，包括产业导师参与课程设计、联合课题指导、实践考核的具体方式与考核标准；动态反馈机制，基于协同度测评结果，定期调整培养方案与资源配置，形成从测评开始，到分析问题，再到调整，最终再测评的持续改进闭环。

（2）保障体系。需要建立评价监督机制，将成果质量、主体间交流合作及同行评议结合，以形成科研、教学、产业全链条闭环反馈；深化经费管理机制，以促进创新成果转化为导向，鼓励研究生参与碳市场实战、

能源政策仿真等产业化项目；完善孵化平台机制，建立课程、科研、实践、成果转化一体化的生态链实践平台，为生态链运行注入可持续发展动能。

4 结语

本文立足科教融汇视角，针对能源与生态经济学交叉学科研究生培养中存在的科教“两张皮”、产教脱节、生态链割裂等问题，仿照自然生态系统，构建双阶段递进的生态链体系。研究在理论上将自然生态链的类比从隐喻转化为可评价的统计分析框架，明确四类生态因子与四主体的对应关系；在实践过程中提出了双导师协同、平台开放、产业参与、动态反馈四类运行机制，也建议构建评价监督、经费管理、孵化平台三类保障体系，形成了以教学、科研和产业实践为循环的全链条闭环体系。研究成果可为同类高校能源与生态经济学及相关交叉学科的研究生培养改革提供可复制、可推广的实践范式。

参考文献

[1] 中共中央国务院印发《教育强国建设规划纲要（2024-2035 年）》[N]. 人民日报, 2025-1-20 (6).

[2] 2024 年全国教育工作会议召开[EB/OL]. 中国政府网, [2026-10-12]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202401/content_6925504.htm.

[3] 蔡文伯. 西部高校跨越发展模式探究[J]. 教育发展研究, 2005,(23): 35-37.

[4] 吴锴.基于科教融汇的新文科创新人才培养模式研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)教育科学,2024,(3): 13-17.

[5] 王世泰,谭冲.科教融汇赋能新质生产力: 探索困阻及推进路向——以拔尖创新人才驱动新质生产力涌现为视角[J]. 现代商贸工业,2025,(12): 192-194.

[6] 吴松涛,周小新,彭晓. 科教融汇协同育人模式的探索与构建——以哈尔滨环大学大院大所创新创业生态圈为例[J]. 黑龙江国土资源,2025,23(12): 104-112.

[7] 王艳芬,刘继安,吴岳良,等. 深化科教融合培养未来科技领军人才[J]. 中国科学院院刊,2023(38): 693-699.

[8] 包信和. 中国特色世界一流大学建设是教育、科技、人才一体化部署的有效实践———以中国科学技术大学为例[J]. 中国科学院院刊,2023, 38(5): 676-684.

[9] 董樊丽,张兵,聂文洁. 高校学科交叉融合创新体系构建研究[J]. 科学管理研究,2019(37):18-23.

[10] 王云鹏. 走好科教融汇育人路加强拔尖创新人才自主培养[J]. 中国高等教育,2023(Z2): 16-19.

[11] 陈雷. “五育并举”视阈下高校基础学科拔尖人才评价体系探究——以北京科技大学理科试验班为例[J]. 北京教育(高教版),2024,(3): 77-79.

[12] 付金萍,王桂艳. 基于 PMC 指数模型的拔尖创新人才政策量化评价研究[J]. 高校后勤研究,2026,(2): 74-84.

[13] 钱永昌. 拔尖创新人才之创新品质培养:框架模型与评价指标[J]. 现代基础教育研究,2024,54(2): 104-109.

[14] 祁占勇,李蝶,康仪婷. 高校拔尖创新人才自主培养质量评价指标体系构建及应用研究[J]. 华南师范大学学报(社会科学版),2025,(4): 113-133,207.

[15] 韩飞,郭广帅,姬鸣. 面向教育强国:高校拔尖创新人才培养与新质生产力的内生耦合[J]. 大学教育科学,2025,(3): 43-51.

[16] 王诺斯,张寒,王苗. 市域产教联合体赋能地方高校拔尖创新人才培养研究[J]. 现代教育管理,2026(3): 93-103.

[17] 崔艺瑄,刘笑言,陈金香. 教育、科技、人才一体化发展战略下河北财经拔尖创新人才培养模式研究[J]. 科技风,2025(33): 51-53.

[18] 肖国华,贺德方,张娴,许海云,韩晔. 基于互信息的四螺旋模型创新协同度研究[J]. 情报学报,2021,40(1): 1-10.

[19] 王可心,葛遵峰. 创新四螺旋视域下“双创”教育内部协同度研究[J]. 创新创业理论研究与实践,2022(16): 84-91.

[20] 周德群, 杨列勋. 能源软科学：一门亟待发展的交叉性科学[J]. 管理学报, 2008, 5(5): 627-632.

[21] 程燕,徐珂,唐艳. 新工科背景下能源经济专业实践教学体系探索[J]. 教育教学论坛,2023(45):84-87.

[22] 冯连勇,蔡旻含,张燕华. 碳中和与新文科背景下经管类专业转型升级的思路与建议—以能源经济专业为例[J]. 教育教学论坛,2024(25): 9-12.

版权声明：©2026 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
OPEN ACCESS