

环境技术经济学的范式演进 与研究进展

张友国 白羽洁

摘要 自改革开放初期环境技术经济学作为一个新兴交叉学科在中国诞生以来,伴随中国经济社会的不断发展,其研究对象和研究内容已经发生了重大变化,大大突破了过去学科边界。其根植于马克思主义政治经济学的理论和方法论体系,充分借鉴吸收了现代经济学的有益成分。目前该学科的研究范畴主要涉及经济发展的环境影响、环境生产率的测度及影响因素分析、环境“硬技术”和“软技术”的经济和环境效应评价、环境规制对技术创新的影响。环境库兹涅茨曲线、环境效率、双重红利、波特假说、污染避难所效应是当前该学科领域高频次的关键词。该学科亟待进一步发展完善,以回应新时代生态文明建设和绿色高质量发展的重大现实需求。

关键词 环境技术经济学 学科范式 研究进展

【中图分类号】F062.4 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X(2020)02-0080-16

环境技术经济学产生于20世纪80年代中期,是一门具有中国特色的经济学分支学科。经过三十多年的发展,环境技术经济学的学科范式已经发生了实质性变化,经济社会发展对其提出的要求也迥异于从前。因此,该学科的学科范式及发展方向亟待总结和讨论。本文在文献回顾的基础上,对该学科的范式演进及研究现状进行了分析,并对其进一步发展方向做出了展望。

【基金项目】中国社会科学院登峰战略重点学科建设项目“环境技术经济学”(2020年);国家自然科学基金面上项目“实现碳达峰与强度目标的区域低碳发展路径协同优化研究”(批准号:71873143)。

【作者简介】张友国(1977-),中国社会科学院数量经济与技术经济研究所研究员、博士生导师,中国社会科学院环境与发展研究中心主任,邮政编码:100732;白羽洁(1994-),中国社会科学院大学(研究生院)硕士研究生,邮政编码:102788。

致谢:感谢审稿专家匿名评审,当然文责自负。

一、环境技术经济学的提出

环境技术经济学是一个由中国专家学者推动建立、以马克思主义政治经济学基本原理为指导的经济学类别，是技术经济学衍生出来的一门分支学科。环境技术经济学的概念在 20 世纪 70 年代末开始形成，同时环境技术经济学也进入萌芽阶段。1978 年中国就制定了《环境经济学和环境保护技术经济八年发展规划（1978—1985 年）》，反映了实践层面经济社会发展对环境技术经济学的现实需求。有关环境技术经济学的理论探索则落后于实践。从既有的文献来看，环境技术经济学的概念最早由徐寿波（1986）正式提出，他认为“环境技术经济学是研究环境技术和经济之间的矛盾关系及其发展变化规律性的科学，简称研究环境技术和经济矛盾关系的科学”。具体而言，“环境技术经济学是研究环境技术政策、技术措施和技术方案的经济效果的科学”（徐寿波，1986）。在技术经济学的研究传统中，技术是广义的概念，不仅包括由劳动工具、劳动对象以及劳动者的技能构成的“硬技术”（狭义的技术概念），也包括企业和社会的组织形式与管理方式等“软技术”（李京文，1987；徐寿波，1987）。因此，环境技术经济学研究的是包含“硬技术”和“软技术”在内的广义的技术（徐寿波，1986）。

按照徐寿波（1986）的观点，环境技术经济学既是环境经济学的分支，又是环境科学的分支，还是技术经济学的分支，是一门处于萌芽状态的新兴交叉学科。该学科具有综合性、系统性、数量性、比较性、最优性和预测性等一系列特点，其主要研究任务包括三个方面：（1）各种环境技术方案（政策、措施、规划、设计、科研等）的经济评价理论和方法；（2）具体环境技术经济问题，并提出政策建议；（3）从总的环境技术经济分析论证出发，寻找国内外环境技术发展的客观规律。

一方面，环境技术经济学的提出是对中国当时初现端倪的生态环境问题的积极回应。中国在 1956 年就提出了工业“三废”（废气、废水、废渣）综合利用的方针，并形成传统。20 世纪 70 年代初，工农业生产所长期积累的环境问题开始爆发，发生了一些影响颇大的污染事件，引起中央政府的重视（刘宏焘，2015）。同时，1972 年联合国召开的人类环境会议将世界范围内逐渐兴起的环境保护及可持续发展的思想、理念传播到中国。1973 年中国召开了第一届全国环境保护大会，正式拉开了环境保护事业的序幕，形成了“预防为主”的思想和“三同时”政策，将“三废”综合利用方针进一步深化为“三废”处理和回收利用方针。国家对环境保护的重视，自然也引起了技术经济研究者对环境保护问题的关注，特别是其中还牵涉许多技术经济问题。

另一方面，环境技术经济学的提出离不开环境经济学和技术经济学的发展。环境经济学作为比较成熟的经济学学科，在 20 世纪 70 代末从西方引入中国。前文提及的《环境经济学和环境保护技术经济八年发展规划（1978—1985 年）》就是中国环境经

济学起步的标志(王金南等,2004)。可见,环境经济学在中国兴起时,环境技术经济问题就被当作其中的核心问题。一些学者也开始提倡环境治理的经济评价和技术评价,强调环境保护中技术合理性与经济合理性的统一(陈敏之,1980)。经济效益、生态效益和社会效益并重的理念逐渐为很多学者和政策制定者所接受(于光远,1984)。与此同时,产生于20世纪60年代初的技术经济学的发展虽一度被打断,但在20世纪70年代末也进入恢复和蓬勃发展时期(李京文,1987;徐斌、喻德华,2007;刘满强、陈平,2010)。在此背景下,一些学者开始尝试将技术经济学的理论方法应用于环境保护领域:一是研究环保技术和工艺的经济效果,如废水生化处理、天然气脱硫方法、硝酸尾气治理、稀醋酸回收工艺、尾煤处理设备;二是研究环境保护政策的经济效果,如工业区综合治理、大气质量标准、广义节能的技术经济研究(徐寿波,1982)、工业废渣综合利用、自然保护的技术经济政策。

技术经济学在上述发展阶段大量引进吸收了西方经济学界的许多概念、理论和方法,而环境经济学也主要从西方引入。这两个学科的主要分析方法也具有很大的共性,如都重视成本-效益分析、最优化方法、系统分析方法,从而使两个学科易于交叉融合。可见,环境技术经济学的提出适逢其时,既满足了国家发展的现实需求,也顺应了技术经济学和环境经济学学科发展的要求。

二、环境技术经济学研究范畴的演变

一门学科应有自己的范式(Paradigm),即包括定律、理论、规则、方法和一批范例的有内在结构的整体(托马斯·库恩,2003)。学科范式就是由一门学科的内涵、外延、边界及其理论基础和方法体系所构成的总体,它通常会随着经济社会发展对学科需求的变化而不断变化。在过去的三十多年中,中国的经济社会实现了举世瞩目的大发展,环境技术经济学也取得了长足进展。

(一) 研究对象和研究内容的拓展

在过去三十年中,有关环境技术经济学的应用研究和现实问题对这门学科的要求,已经大大突破了过去对环境技术经济学的认识。虽然环境技术与经济之间的矛盾关系及其发展规律仍然是环境技术经济学的核心研究内容之一,但当前环境技术经济学的研究内容已经远不止于此,拓展的研究内容主要包括三个方面。

一是环境技术通过影响经济系统而产生的环境影响受到研究者和政策制定者的关注。其中,既包括城市垃圾发电、农村沼气发电、煤电超低排放等环境“硬技术”的经济和环境影响,又包括环境税费改革、污染排放权交易、污染排放强度约束等各类环境规制或环境“软技术”的经济与环境影响。

二是“非环境”技术的环境影响逐渐成为环境技术经济学的热点研究问题。其中一大类问题是经济系统中各类主体的行为通过彼此之间的技术经济关联而产生的环境影响。例如贸易对环境尤其是碳排放产生的影响,包括其规模、技术和结构效应就

是社会各界所关注的一个热点问题，并涌现出大量的研究文献。另一大类问题是发展战略的环境评价。例如，由生态环境部组织实施的五大区域重点产业发展战略环境评价项目，已经成为制定国家重大区域战略的重要参考。随着生态环境形势的日益严峻，特别是绿色发展已成为中国的主要发展理念，各类发展战略、规划和工程项目必须通过战略环境评价方能实施，其中就涉及技术、经济与环境之间复杂关系的测度和评估。

三是既研究技术的经济 - 环境综合效益问题，也研究技术的经济 - 环境公平问题。随着全社会关于“效率与公平”讨论和认识的不断深化，改革开放之初“效率优先，兼顾公平”的发展理念已经逐渐演化为“效率与公平并重”，而且越来越强调效率与公平的统一性。技术对经济 - 环境公平的影响也日益为人们所关注，例如国际社会关于碳排放减排任务的分配问题就十分重视其公平性，“共同但有区别责任”原则也得到了国际社会的广泛认同（潘家华、陈迎，2009）。同样，如何制定兼具效率与公平特征的碳排放权分配方案也是当前环境技术经济研究领域的热点问题之一。

由此可见，当前环境技术经济学的研究对象已不再局限于传统意义上的环境“硬技术”，即自然科学或工程科学领域内的环境技术；而是涉及所有与环境相关的“技术”，既包括“硬技术”也包括战略、规划、政策措施等“软技术”；既有与环境直接相关的“技术”，也有与环境间接相关的“技术”。同时，从研究内容来看，环境技术经济学对技术的评价不再局限于经济效果评价，而是经济与环境双重效果评价。进一步地，环境技术经济学不仅研究技术的经济 - 环境效率，也同样重视技术的经济 - 环境公平性研究。

（二）环境技术经济学内涵的演变

随着时代变迁以及研究对象和内容的不断拓展，环境技术经济学的内涵也与时俱进，有相应的调整。当前，环境技术经济学可定义为一门应用经济学基本理论，是研究环境技术领域的经济规律、经济问题以及环境、技术、经济之间交互影响的科学。环境技术经济学中的环境技术，则是指能节约或保护自然资源、减少人类活动对自然环境负面影响，从而保护环境的方法总称，包括环境“硬技术”（如生产设备、生产方法和规程、产品设计以及产品发送等）和环境“软技术”（如战略、规划、政策措施等）。可以把环境技术经济理解为技术领域、经济领域和环境领域的全方位交叉。^①环境技术经济学则是技术科学、经济科学与环境科学的完全交叉。不过，要强调的是，环境技术经济学是一门经济科学，是应用经济学的一个分支，其理论基础是经济学的相关原理，研究对象是广义的环境技术，侧重于研究环境、技术与经济之间的互动关系。

具体来说环境技术经济学的主要研究范畴或对象包括三类：（1）环境系统、技

^① 此处参考徐寿波（1987）的观点，即技术经济是技术领域和经济领域（经济效果领域）的全部交叉或全方位交叉。

术体系与经济系统的交互影响机理；(2) 环境技术（包括环境“硬技术”和环境“软技术”）的经济-环境综合效益评价及其影响因素分析；(3) 环境技术创新与扩散的体制、机制与政策。其中，第一类研究指向环境技术经济学的核心理论问题，其进展和突破将形成环境技术经济学的基础理论。后两类研究对象是环境技术经济学的主要应用领域。第二类研究囊括了当前环境技术经济学领域的许多热点问题，如环境生产率测度、污染减排的经济影响、能源结构调整的经济与环境效益等。第三类研究是传统技术经济学向环境技术经济学的延伸，即技术创新是技术经济学的主要研究对象之一（傅家骥，1992）。第一类研究的深度和广度将决定后两类研究的深度和广度。这三大研究范畴或对象反映了环境技术经济学不同于其他学科的理论外延和学术边界。

根据理论方法的不同，可将技术经济学区分为宏观技术经济学和微观技术经济学（傅家骥，1987；徐寿波，1987）。而技术经济学研究的具体现实问题可区分为宏观问题、中观问题与微观问题，研究这些问题时可综合应用宏观和微观技术经济学的理论方法。类似地，可将环境技术经济学区分为宏观环境技术经济学和微观环境技术经济学，而环境技术经济学研究的具体问题也可区分为宏观问题、中观问题与微观问题。

（三）环境技术经济学理论体系的发展

学科是按一定逻辑关系将多种理论组合起来形成的理论体系。环境技术经济学也不例外，其理论基础由经济科学、环境科学、技术科学等构成。环境技术经济学的经济学理论基础根植于马克思主义政治经济学，特别是蕴含其中的生态经济思想。在过去的三十多年中，环境技术经济学不断借鉴吸收西方经济学中的合理成分，特别是福利经济学中的市场失灵理论、次优理论、国民经济核算和经济增长理论，同时吸纳了福利、效率、最优化等概念，从而使自身的理论体系逐渐成形。

一是充分吸收借鉴市场失灵理论，为分析软、硬环境技术与人类社会和自然系统之间的关系提供经济学理论依据。主要观点包括以下几个方面。(1) 环境虽然是一种具有“稀缺性”的资源，但环境很难被赋予价格并纳入市场交换体系，因而现实中市场对环境的配置是缺乏效率的。(2) 在缺乏管制措施的情况下，市场主体的污染排放行为得不到有效约束，会对整个社会产生负外部性。同时，采取环境友好技术的市场主体会带来正外部性，但如果其行为得不到激励，那么这样的行为不会大量发生，也难以持久。因而必须使市场主体为其负外部性承担经济、行政或法律责任，并对环境友好行为进行鼓励，即环境外部性的内部化。(3) 优良的生态环境具有公共物品属性，由市场提供或维持的可能性极低，只有通过政府干预才可能实现有效供给。(4) 基础科学研究的局限性使现实中存在大量与环境相关的“不完全信息”，并造成市场失灵。为了缓解上述问题，政府有必要资助相关基础研究并提供相应的信息和知识。(5) 环境“产权不明晰”的普遍存在，也在很大程度上导致环境外部性难以内部化。因而，政府通过一定的制度设计来界定环境产权也是解决环境问题的一个

重要途径。(6) 通过政府干预有可能消除或缓解市场失灵，但是如果政府干预只能消除部分市场失灵，或者措施不合理，那么政府干预也难以促进资源有效配置，甚至很有可能进一步降低资源配置效率，从而带来政府失灵问题。

二是将次优理论以及效率、最优化等概念与环境要素相结合，为与环境技术相关的决策问题提供理论分析框架。其要点包括以下几个方面。(1) 现实世界中的环境资源配置可能有效，但通常处于非帕累托效率状态。因此，可以通过改变环境资源配置提高部分人的福利，同时保证其他人的福利水平至少不下降，即环境资源配置可进一步优化。(2) 环境作为一种具有“稀缺性”的资源，也应当按福利最大化标准进行配置。对不同环境技术方案进行评价时，应以福利效应为判断依据。(3) 社会福利不光取决于经济因素，环境也是影响社会福利的重要因素。追求社会福利最大化，不仅要关注经济和环境效率，更要重视经济和环境公平。前者是实现社会福利最大化的必要条件，后者是实现福利最大化的充分条件。

三是吸纳国民经济核算与内生经济增长理论，构造学科应用理论基础。基于国民经济核算和经济增长理论，从不同视角理解环境，就构成了环境技术经济学的一系列基本理论和方法体系，并指向相关的学术问题和重大现实问题。一方面，国民经济核算为分析各种经济活动的环境影响提供了理论依据和基本框架——把污染排放作为一种要素投入，可以分析各种需求活动的环境影响；把污染排放作为一种产出，则可以分析各种要素供给的环境影响。同时，国民经济核算也涉及国民经济-环境核算(李金华, 2009)、环境价值评估、环境损失评估等环境技术经济理论问题的研究。另一方面，把环境引入经济增长理论框架，可以方便地分析污染排放、环境技术创新与经济增长的相互影响，探讨环境约束下的增长路径优化等问题。

(四) 环境技术经济学方法体系的发展

环境技术经济学的方法强调决策的时间尺度、效率和政府干预、可替代性和不可逆性分析。环境技术经济学的传统研究方法比较单一，主要是资金流分析，即通过比较不同环境技术方案的现金流判断它们的经济优劣性。在过去的三十多年中，随着环境技术经济学研究范畴的拓展，相应地也大量借鉴吸收了主流经济学中有价值的研究方法，从而使得其方法体系逐步完善。目前，环境技术经济学的研究方法主要包括如下几类。

一是基本分析方法。效率和最优化是环境技术经济学研究的两个核心主题，因而成本-效益分析和最优化模型是贯穿环境技术经济学各研究领域的基本分析方法。两种方法常常被结合在一起加以应用。例如环境效率研究中应用最广泛的 DEA 方法本质上就是成本-效益分析和最优化模型的结合。

二是为定量研究提供数据基础的方法。指标体系和指数方法、环境经济核算方法主要用于构建环境技术经济学中定量分析和决策的基础。同时，环境经济核算方法(特别是投入产出模型)被广泛应用于环境、技术与经济之间的相互影响和相关政策分析。

三是揭示环境、技术与经济之间相互影响的方法。纳入环境因素的经济增长模型被广泛应用于环境、技术与经济之间相互影响的理论分析,如探讨增长极限问题。计量经济方法是检验环境技术经济学中的各种理论假说,揭示变量间相互影响的主流方法。环境库兹涅茨曲线假说的检验就是计量经济方法与经济增长模型的综合应用。

四是政策理论分析与模拟研究。一般均衡分析方法特别是该方法与最优化模型的结合,被广泛应用于阐述环境技术经济政策的相关理论,也被广泛应用于环境技术经济的政策模拟。可计算一般均衡(Computable General Equilibrium, CGE)模型和大多数集成评价模型(Integrated Assessment Model, IAM)就是在一般均衡分析框架下建立的最优化模型,其中最具代表性的是2018年诺贝尔经济学奖获得者Nordhaus领导开发的DICE模型和RICE模型(Nordhaus, 1993; Nordhaus and Yang, 1996)。近年来,系统动力学方法、博弈论在环境技术经济学研究尤其是政策研究中也得到了广泛应用。

三、环境技术经济学的研究现状

(一) 主要研究选题

在过去三十多年中,大量环境技术经济学研究领域的论文发表在各类学术期刊上。为了尽可能准确描述环境技术经济学的研究现状,以较高的置信度保证本文所考查的文献属于环境技术经济学研究领域,本文首先选取技术经济学领域具有代表性的期刊^①,根据其中以“环境”为主题的论文来管窥环境技术经济学所涉及的研究范畴,然后在此基础上对中国知网上篇名包含“环境”“技术”“经济”的学术论文进行了搜索和分析。基于上述文献研究,当前环境技术经济学的研究主要包括以下五方面。

一是经济发展的环境影响。经济发展的环境影响是近年来环境技术经济学领域最受关注的主题之一,也是环境经济学领域最热门的话题之一。研究这一问题有助于为国家的经济发展战略和环境保护战略提供决策支撑。(1)大多数研究都围绕环境库兹涅茨曲线假说展开:一方面是通过计量分析验证这一假说在一定时间和空间范围内是否成立,判断经济发展与污染排放曲线关系的形态、两者之间脱钩的拐点及其出现的时间;另一方面也对这一假说背后的机制做进一步探讨,如讨论环境规制、技术进步、产业结构等因素在其中扮演的角色。(2)研究污染排放的影响因素。通过建立污染排放与各种经济活动、经济结构、技术因素之间的核算式,采用分解分析方法以及计量经济模型讨论各种因素对污染排放的影响。通常这些因素的影响会被归纳为规模效应、结构效应与技术效应。这类研究中,贸易及其发展模式对污染排放的影响颇

^① 主要包括《数量经济技术经济研究》《技术经济与管理》《技术经济》《工业技术经济》《农业技术经济》等。

受关注，这与国际气候变化谈判有很大的关系。随着中国对经济发展方式转变的重视，有关消费、投资等其他需求环境影响的文献也逐渐增多。(3) 研究某些具体经济发展规划、战略或政策的环境影响。本文所考察的文献就涉及石油工程项目、产业集聚、产业结构转变、产业转移、特色产业基地发展、城镇化、土地利用结构转换等各种经济发展因素的环境影响。

二是环境效率的测度及影响因素分析。研究得最多的一类环境效率是环境生产率。生产率研究在中国的经济学期刊中可谓长盛不衰，相关论文在经济学期刊中频繁发表。生产率研究也是技术经济学关注的核心问题之一，自中央政府强调创新发展理念以来，更是引起全社会的关注。近年来，环境问题越来越受重视，环境因素也被纳入生产率研究，从而掀起了环境效率的研究热潮。从现有文献来看，环境生产率研究又可区分为两个方面，一是对绝对环境生产率的评价，主要采用比值法，即单位污染排放产生的产品或服务的价值；二是对相对环境生产率的测算，主要采用基于方向距离函数 (Directional Distance Function) 的前沿分析方法，包括数据包络分析 (Data Envelopment Analysis, DEA) 和随机前沿分析 (Stochastic Frontier Analysis, SFA)。除环境生产率外，污染排放强度以及污染物边际减排成本也是研究得较多的两类环境效率。目前环境效率的研究对象涵盖了国家、区域、行业以及企业各个层面，考察的影响因素包括技术创新能力、产业结构、外商直接投资等。

三是环境“硬技术”的经济和环境效应评价。如前所述，环境“硬技术”主要包括环境保护工程、生产技术与工艺、设备等。评价环境“硬技术”的经济效益是徐寿波 (1986) 强调的环境技术经济学的研究任务之一，也是早期环境技术经济学的主要研究内容，这方面的论文近年来仍时有发表。不过，越来越多的研究不仅分析环境“硬技术”的经济效益，也分析其环境效益。要说明的是，这方面的论文主要来自中国知网中篇名包含“环境”“技术”“经济”的学术论文，且多发表在理工类学术期刊上，作者多为从事工程或技术研究的专家。这类研究多是微观问题或具体问题分析，如关于工业锅炉、垃圾焚烧、煤电超低排放、农村沼气综合利用的技术经济与环境影响评价。其中关于经济效益的研究方法多是传统技术经济学中的内部收益率、净现值法、投资回收期以及盈亏平衡分析，而关于环境效应的分析主要是根据具体技术参数进行估算。此外，国外也有一些类似的研究，如关于分布式发电 (Zangeneh et al., 2011)、生物炼油 (Thomassen et al., 2017)、气化制氢 (García et al., 2017) 等的技术经济与环境效应的分析。

四是环境规制或环境“软技术”的经济效应和环境效应。在技术经济学的传统中，“软技术”是不可或缺的研究对象。评价环境“软技术”的经济效应和环境效应已经成为环境技术经济学的一个重要应用领域。一些研究集中于环境“软技术”的经济效应，涉及总的环境规制体系、环境税费、环境补贴、环境投资、污染排放权分配与交易等一系列“软技术”对福利、产业结构、竞争力、就业、价格等各类经济指标的影响。另一些研究集中分析各类环境“软技术”在国家、区域、产业或企业

层面的污染减排效应。还有一些研究则同时评价环境“软技术”的经济效应和环境效应或者环境效率的影响,其中关于环境税“双重红利”假说、“污染避难所”假说的讨论颇受关注。这些研究为政策制定者对相关环境规制的设计与实施,以及不同环境规制的取舍提供了参考依据。当然,有关环境“软技术”经济-环境效应的研究也是环境经济学乃至整个经济学界的热点问题之一。

五是环境规制对技术创新的影响。这类研究可以理解为环境“软技术”对“硬技术”的影响。波特假说认为,环境规制有可能促进技术创新 (Porter and Linde, 1995)。在技术经济类学术期刊中,就有不少论文实证分析了环境规制与技术创新之间的关系,其中有些支持波特假说,有些则不支持。在这类研究中,除了考查环境规制对一般意义技术创新的影响外,还有部分研究专门分析了环境规制对环境技术创新的影响。需要指出的是,不同学者对技术创新的测度方法并不一致,有的采用生产率衡量技术创新或技术进步,有的则采用专利指标或研发投入指标。除了分析一般意义环境规制对技术创新的影响外,还有学者比较研究了不同类型环境规制的技术创新效应,继而提出相关政策建议。这一领域涉及的研究对象也包括国家、区域、产业以及企业等不同层面。此外,也有个别研究基于博弈论等方法从理论上分析了环境规制的技术创新效应。

除以上几个主要领域外,当前环境技术经济学的重要研究选题还包括环境技术创新与环保产业发展的机制与政策、环境约束下的产业结构调整与优化研究、区域环境经济规划、循环经济的技术经济分析、经济主体的环境行为及其影响因素、环境承载力、环境核算与环境价值评估等。

(二) 主要研究选题的代表性文献

本文以1989—2019年被中国知网收录的中文学术期刊文献和被EconLit收录的英文学术期刊文献为基础,统计环境技术经济学主要选题的中、英文论文年度发文量,结果如图1和图2所示。总的来看,环境库兹涅茨曲线和波特假说这两个主题的中文论文数量明显高于英文论文数量,而其他三个主题的情形则正好相反。而环境库兹涅茨曲线、环境效率的中、英文论文数量明显高于其他三个主题。

1. 环境库兹涅茨曲线代表性文献

在该选题范围内,几篇高引用的英文文献几乎都是文献综述方面的文章 (Dasgupta et al., 2002; Dinda, 2004; Stern, 2004),但也有文献是因为对环境库兹涅茨曲线做出了较好的理论解释而获得高引用。例如,Andreoni和Levinson (2001)采用一个简单的静态模型直观地证明,环境库兹涅茨曲线的微观基础是污染减排的递增性报酬,而与经济增长状态、政治体制甚至外部性都没有关系;Torrás和Boyce (1998)提出政治影响力的均等化是环境库兹涅茨曲线的一个重要影响因素,即如果污染活动的成本承担者相对于获益者的政治影响力有所提升,则环境质量与人均收入之间更容易形成上述曲线关系。

国内环境库兹涅茨曲线高引用文献主要集中于实证研究方面,且主要是关于碳排

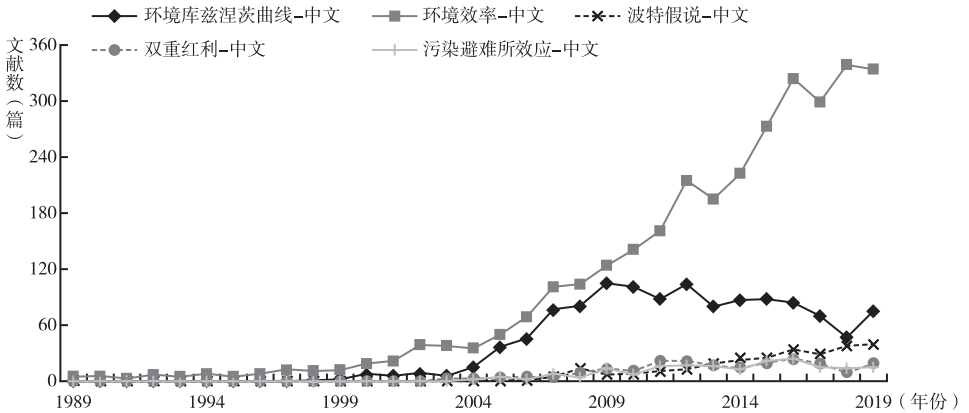


图1 环境技术经济学各研究选题的中文论文年度发文章数 (1989—2019年)

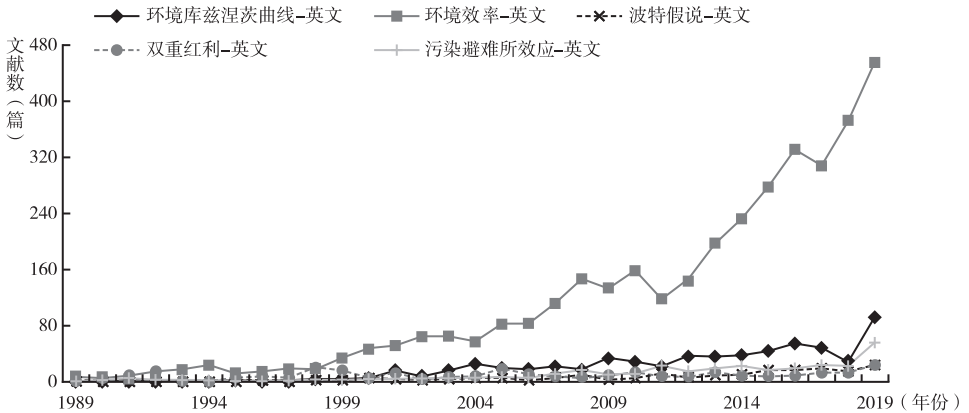


图2 环境技术经济学各研究选题的英文论文年度发文章数 (1989—2019年)

放的研究。其中大多数研究聚焦于验证环境库兹涅茨曲线是否存在，如许广月和宋德勇（2010）基于省级数据的实证分析发现中国东部和中部存在人均碳排放库兹涅茨曲线，但西部则不存在该曲线。也有一些研究基于环境库兹涅茨曲线对中国的污染排放态势进行了前瞻性分析，并提出了相关政策建议。例如，蔡昉等（2008）通过拟合和预测中国温室气体排放库兹涅茨曲线的拐点，论述了中国经济内在的节能减排要求；林伯强和蒋竺均（2009）预测了中国碳排放拐点到来的时间并分析了其影响因素。

2. 环境效率代表性文献

这一选题的中文和英文文献数量均明显高于其他选题。其中，高引用英文文献主要涉及方法论、环境效率概念的应用及其影响因素等三个方面。方法论研究主要是比较各种环境效率测度方法的差异与优缺点，如 Korhonen 和 Luptacik（2004）研究了

把污染物当作非期望产出和当作投入这两种处理方式下的环境效率测算结果；Reinhard等（2000）比较了两种常用环境效率测度方法——SFA和DEA。概念应用研究主要是将环境效率作为一种有指导性的绩效指标用于评价特定的经济活动，如旅游业（Gössling et al., 2005）等。影响因素研究主要是借助计量经济模型评估环境效率的改善是否可以归因于某些因素，如环境规制（Zofio and Prieto, 2001）等。

国内关于环境效率的高引用文献也主要集中于实证领域。大部分研究是在测算环境效率的基础上，进一步分析环境效率的影响因素。例如，王兵等（2010）分析了中国东部、中部、西部的环境效率差异及其影响因素；涂正革（2008）通过测算环境效率分析了中国各地区工业发展与环境的协调性，并提出相关政策建议；李胜兰等（2014）综合计量经济方法和DEA方法的实证研究发现，中国各地区环境规制对环境效率的影响从2003年开始由“制约”转向“促进”。

3. 波特假说代表性文献

该领域的高引用英文文献主要集中于对这一假说的理论解释及适用性方面的讨论。例如，Ambec和Barla（2002）认为，如果降低企业成本，则环境规制既能促进环境技术创新，又能增加企业利润；Mohr（2002）采用一般均衡框架的分析发现，内生技术进步使波特假说的成立具有可能性；Lanoie等（2008）发现波特假说对污染密集型行业和面临较大国际竞争的行业更具有意义。当然，也有些高引用文献涉及对波特假说的检验，如Murty和Kumar（2003）等。

国内有关波特假说的高引用文献主要是通过实证对该假说进行检验，且大部分得到了支持该假说成立或部分成立的证据。例如，陈诗一（2010）基于方向性距离函数分析了中国节能减排对技术效率的影响，给出了支持波特假说的证据；王国印和王动（2011）、沈能和刘凤朝（2012）认为，波特假说在中国东部成立，但在中西部却难以成立。

4. 双重红利代表性文献

以双重红利为主题的高引用英文文献主要集中于对这一假说的进一步拓展及探讨其成立的条件。例如，Goulder（1995）将双重红利区分为弱和强两种类型，并通过理论分析和数值模拟证明，弱双重红利假说很容易得到验证，而强双重红利假说则令人生疑；Carraro等（1996）采用一般均衡计量模型对欧盟进行研究，认为双重红利只在短期内存在。当然这一领域的高引用文献也涉及一些综述类论文，如Patuelli等（2005）。

国内关于双重红利的高引用论文主要集中于该假说在中国的适用性评估。部分研究得到否定的结论，如陆旸（2011）基于VAR模型分析碳税对就业的影响，发现中国短期内难以获得双重红利。但也有研究结果支持该假说，如何建武和李善同（2009）基于CGE模型的模拟表明，在征收环境税的同时，降低服务业营业税能够带来双重红利。

5. 污染避难所效应代表性文献

同样，污染避难所效应研究领域的高引用英文文献也主要集中于对该假说的实证

检验。一些研究倾向于否定污染避难所效应的存在 (Eskeland and Harrison, 2003), 或认为该效应只存在于某些范围 (Cole, 2004; Cole and Elliott, 2005), 但也有一些文献发现了支持污染避难所效应的有力证据 (He, 2007; Levinson and Taylor, 2008)。

国内有关污染避难所的文献主要是对该假说的实证检验。同样, 部分文献认为污染避难所效应在中国缺乏存在证据 (陆旸, 2009; 曾贤刚, 2010; 许和连、邓玉萍, 2012), 但也有研究认为中国存在污染避难所效应 (应瑞瑶、周力, 2006)。

四、结论与展望

环境技术经济学自改革开放初期由中国学者提出后, 其研究范畴随着经济社会发展的需要而不断与时俱进, 取得了长足的进展。在过去的三十多年中, 环境技术经济学学科范式的演化呈现出如下特征: 一是其研究对象从微观的环境“硬技术”(科学和工程技术等)向中观和宏观层面的环境“软技术”(战略、规划和政策等)延伸, 以至于后者已经逐渐取代前者而成为环境技术经济学当前的主要研究对象; 二是其主要研究内容由过去微观层面的经济成本-效益评价, 拓展至经济与环境双重成本-效益的评价; 三是对环境技术经济效益的评价标准从微观的财务现金流拓展至宏观的经济增长、福利、就业、投资、贸易、生产率、技术创新等更广泛的领域。当前, 环境技术经济学的主要选题范围包括经济发展的环境影响(为环境政策提供决策依据)、环境效率的测度及影响因素分析、环境科技与环境政策的经济-环境影响、环境规制的技术创新效应。环境技术经济学主要关注的研究选题包括环境库兹涅茨曲线、环境效率、波特假说、双重红利、污染避难所效应等。总体来看, 围绕上述主题的高引用英文文献既有综述类文献, 也有理论、方法探讨或实证研究类文献; 而高引用中文文献则主要是实证研究类文献。

当前中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段, 无论是长期的生态文明建设、绿色发展还是近期的全面建成小康社会, 都需要妥善处理好技术、经济与生态环境之间的关系, 其中有大量的环境技术经济理论问题和现实问题亟待解决。因此, 环境技术经济学科建设亟待加强, 以积极回应国家发展对环境技术经济学的理论和现实需求。未来, 环境技术经济学领域应着力解决的问题主要有如下几个方面。

一是生态环境约束目标的实现途径与政策研究。一些重要的资源环境约束指标已相继被纳入国家五年发展规划和一些中长期专项发展规划。如何科学规划这些指标的变化幅度, 同时提出相应切实可行的解决方案是当前学界和政策制定者亟须关注的问题。

二是各类发展战略、规划、政策、项目的经济与环境影响综合评价。为了确保绿色发展理念在各层面能够被贯彻落实, 促进经济社会的高质量发展和生态文明建设, 必须对相应的发展战略、规划、政策和项目进行科学的经济-环境影响评价、预测, 提出相应的意见和建议。

三是环境技术创新与扩散的动力机制。在绿色发展理念已经成为世界潮流的今

天,环境技术创新不仅是生态环保的必由之路,也蕴含着巨大的经济利益。各国在环境技术创新领域的竞争必将日趋激烈。虽然环境技术创新及扩散问题已经引起很多研究者的关注,但环境技术创新与扩散的经济社会影响的内在规律,特别是隐含其中的经济规律仍有待进一步揭示。

四是特定环境政策措施实施问题研究。中国正不断加强环境税、排污权交易、生态补偿、自然资源资产负债表编制等经典环境政策工具的应用,但一些政策工具在实际应用中还有许多现实问题需要解决,如环境税率的水平、排污权初始分配方案、生态补偿机制及水平的确定等,因此必须加大对这些现实问题的研究力度。

五是环境政策体系的协同问题研究。随着各类环境政策的出台和实施,中国的环境政策体系日臻完善和丰富,但也存在政策重合、不协调乃至相互冲突的问题。因而需要加强中国环境政策体系的协同性研究,促进其进一步改善。同时,还应结合中国国情积极探索中国生态环境治理的新型政策工具,为世界生态环境治理贡献中国智慧。

参考文献

蔡昉、都阳、王美艳(2008):《经济发展方式转变与节能减排内在动力》,《经济研究》第6期,第4~11、36页。

陈敏之(1980):《环境经济的若干问题》,《经济研究》第10期,第53~59页。

陈诗一(2010):《节能减排与中国工业的双赢发展:2009~2049》,《经济研究》第3期,第129~143页。

傅家骥(1987):《对技术经济学研究对象和理论基础的探讨》,《数量经济技术经济研究》第5期,第24~27页。

傅家骥(1992):《对技术经济学研究对象的想法》,《工业技术经济》第1期,第1~4页。

何建武、李善同(2009):《节能减排的环境税收政策影响分析》,《数量经济技术经济研究》第1期,第31~44页。

李金华(2009):《中国环境经济核算体系范式的设计与阐释》,《中国社会科学》第1期,第84~98、206页。

李京文(1987):《技术经济学的过去、现在和未来》,《数量经济技术经济研究》第1期,第7~13页。

李胜兰、初善冰、申晨(2014):《地方政府竞争、环境规制与区域生态效率》,《世界经济》第4期,第88~110页。

林伯强、蒋竺均(2009):《中国二氧化碳的环境库兹涅茨曲线预测及影响因素分析》,《管理世界》第4期,第27~36页。

刘宏焘(2015):《20世纪70年代的环境污染调查与中国环保事业的起步》,《当代中国史研究》第4期,第68~80页。

刘满强、陈平(2010):《技术经济学:回顾与展望》,《技术经济与管理研究》第S1期,第3~7页。

陆旸(2009):《环境规制影响了污染密集型商品的贸易比较优势吗?》,《经济研究》第4期,第28~40页。

- 陆昉 (2011):《中国的绿色政策与就业:存在双重红利吗?》,《经济研究》第7期,第42~54页。
- 潘家华、陈迎 (2009):《碳预算方案:一个公平、可持续的国际气候制度框架》,《中国社会科学》第5期,第83~98、206页。
- 沈能、刘凤朝 (2012):《高强度的环境规制真能促进技术创新吗?——基于“波特假说”的再检验》,《中国软科学》第4期,第49~59页。
- 涂正革 (2008):《环境、资源与工业增长的协调性》,《经济研究》第2期,第93~105页。
- [美]托马斯·库恩 (2003):《科学革命的结构》,金吾伦、胡新和译,北京:北京大学出版社。
- 王兵、吴延瑞、颜鹏飞 (2010):《中国区域环境效率与环境全要素生产率增长》,《经济研究》第5期,第95~109页。
- 王国印、王动 (2011):《波特假说、环境规制与企业技术创新——对中东部地区的比较分析》,《中国软科学》第1期,第100~112页。
- 王金南、逯元、堂曹东 (2004):《环境经济学在中国的最新进展与展望》,《中国人口·资源与环境》第5期,第27~31页。
- 徐斌、喻德华 (2007):《技术经济学范式与技术经济学发展的历史分期问题研究》,《数量经济技术经济研究》第3期,第13~23页。
- 徐寿波 (1982):《广义节能的技术经济理论和方法》,《中国社会科学》第5期,第43~68页。
- 徐寿波 (1986):《关于环境技术经济学的几个问题》,《中国环境科学》第1期,第45~49页。
- 徐寿波 (1987):《我国技术经济学发展的几个问题》,《数量经济技术经济研究》第1期,第18~23页。
- 许广月、宋德勇 (2010):《中国碳排放环境库兹涅茨曲线的实证研究——基于省域面板数据》,《中国工业经济》第5期,第37~47页。
- 许和连、邓玉萍 (2012):《外商直接投资导致了中国的环境污染吗?——基于中国省际面板数据的空间计量研究》,《管理世界》第2期,第30~43页。
- 应瑞瑶、周力 (2006):《外商直接投资、工业污染与环境规制——基于中国数据的计量经济学分析》,《财贸经济》第1期,第76~81页。
- 于光远 (1984):《生产效益和生态效益的关系和我们的环境工作》,《水土保持通报》第3期,第17~21页。
- 曾贤刚 (2010):《环境规制、外商直接投资与“污染避难所”假说——基于中国30个省份面板数据的实证研究》,《经济理论与经济管理》第11期,第65~71页。
- Ambec, S. and P. Barla (2002), “A Theoretical Foundation of the Porter Hypothesis”, *Economics Letters*, 75 (3), pp. 355 – 360.
- Andreoni, J. and A. Levinson (2001), “The Simple Analytics of the Environmental Kuznets Curve”, *Journal of Public Economics*, 80 (2), pp. 269 – 286.
- Carraro, C., M. Galeotti and M. Gallo (1996), “Environmental Taxation and Unemployment: Some Evidence on the ‘Double Dividend Hypothesis’ in Europe”, *Journal of Public Economics*, 62 (1 – 2), pp. 141 – 181.
- Cole, M. A. (2004), “Trade, the Pollution Haven Hypothesis and the Environmental Kuznets Curve: Examining the Linkages”, *Ecological Economics*, 48 (1), pp. 71 – 81.

- Cole, M. A. and R. J. R. Elliott (2005), "FDI and the Capital Intensity of 'Dirty' Sectors: A Missing Piece of the Pollution Haven Puzzle", *Review of Development Economics*, 9 (4), pp. 530 – 548.
- Dasgupta, S., B. Laplante and H. Wang, et al. (2002), "Confronting the Environmental Kuznets Curve", *Journal of Economic Perspectives*, 16 (1), pp. 147 – 168.
- Dinda, S. (2004), "Environmental Kuznets Curve Hypothesis: A Survey", *Ecological Economics*, 49 (4), pp. 431 – 455.
- Eskeland, G. S. and A. E. Harrison (2003), "Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis", *Journal of Development Economics*, 70 (1), pp. 1 – 23.
- García, C. A., J. Moncada and V. Aristizábal, et al. (2017), "Techno-economic and Energetic Assessment of Hydrogen Production Through Gasification in the Colombian Context: Coffee Cut-Stems Case", *International Journal of Hydrogen Energy*, 42 (9), pp. 5849 – 5864.
- Goulder, L. H. (1995), "Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide", *International Tax & Public Finance*, 2 (2), pp. 157 – 183.
- Gössling, S., P. Peeters and J-P. Ceron, et al. (2005), "The Eco-Efficiency of Tourism", *Ecological Economics*, 54 (4), pp. 417 – 434.
- He, J. (2007), "Pollution Haven Hypothesis and Environmental Impacts of Foreign Direct Investment: The Case of Industrial Emission of Sulfur Dioxide (SO) in Chinese Provinces", *Ecological Economics*, 60 (1), pp. 228 – 245.
- Korhonen, P. J. and M. Luptacik (2004), "Eco-Efficiency Analysis of Power Plants: An Extension of Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, 154 (2), pp. 437 – 446.
- Lanoie, P., M. Patry and R. Lajeunesse (2008), "Environmental Regulation and Productivity: Testing the Porter Hypothesis", *Journal of Productivity Analysis*, 30 (2), pp. 121 – 128.
- Levinson, A. and M. S. Taylor (2008), "Unmasking the Pollution Haven Effect", *International Economic Review*, 49 (1), pp. 223 – 254.
- Mohr, R. D. (2002), "Technical Change, External Economies, and the Porter Hypothesis", *Journal of Environmental Economics & Management*, 43 (1), pp. 158 – 168.
- Murty, M. N. and S. Kumar (2003), "Win-win Opportunities and Environmental Regulation: Testing of Porter Hypothesis for Indian Manufacturing Industries", *Journal of Environmental Management*, 67 (2), pp. 139 – 144.
- Nordhaus, W. (1993), "Rolling the 'DICE': An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases", *Resource and Energy Economics*, 15 (1), pp. 27 – 50.
- Nordhaus, W. and Z. Yang (1996), "A Regional Dynamic General-Equilibrium Model of Alternative Climate-Change Strategies", *American Economic Review*, 86 (4), pp. 741 – 765.
- Patuelli, R., P. Nijkamp and E. Pels (2005), "Environmental Tax Reform and the Double Dividend: A Meta-Analytical Performance Assessment", *Ecological Economics*, pp. 55 (4), pp. 564 – 583.
- Porter, M. E. and C. Linde (1995), "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship", *Journal of Economic Perspectives*, 9 (4), pp. 97 – 118.
- Reinhard, S., C. A. K. Lovell and G. J. Thijssen (2000), "Environmental Efficiency with Multiple Environmentally Detrimental Variables; Estimated with SFA and DEA", *European Journal of Operational*

Research, 121 (2), pp. 287 – 303.

Stern, D. I. (2004), “The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve”, *World Development*, 32 (8), pp. 1419 – 1439.

Thomassen, G., M. V. Dael and B. Lemmens, et al. (2017), “A Review of the Sustainability of Algal-Based Biorefineries: Towards an Integrated Assessment Framework”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, pp. 876 – 887.

Torras, M. and J. K. Boyce (1998), “Income, Inequality, and Pollution: A Reassessment of the Environmental Kuznets Curve”, *Ecological Economics*, 25 (2), pp. 147 – 160.

Zangeneh, A., S. Jadid and A. Rahimi-Kian (2011), “A Fuzzy Environmental-Technical-Economic Model for Distributed Generation Planning”, *Energy*, 36 (5), pp. 3437 – 3445.

Zofio, J. L. and A. M. Prieto (2001), “Environmental Efficiency and Regulatory Standards: The Case of CO₂ Emissions from OECD Industries”, *Resource and Energy Economics*, 23 (1), pp. 63 – 83.

Paradigm Evolution and Research Progress of Environment Technical Economics

ZHANG You-guo^{1,2} BAI Yu-jie³

(1. Institute of Quantitative & Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, 100732;

2. Center of Environmental and Development of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, 100732;

3. University (Graduate School) of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing, 102788)

Abstract: Accompanying with continuous development of China's economy and society, research fields and content of environment technical economics (ETE) have changed a lot and have broken through its original boundary since it emerging in China as a new interdisciplinary subject at the early stage of the reform and opening. Results of literature econometrics analysis indicate that the theoretical and methodological systems of ETE, which arose from Marxism political economics, fully learn from advanced components of modern economics. Present research scope of ETE mainly includes environmental impacts of economic development, measurement and influencing factor analysis of environmental productivity, economic and environmental effect evaluation of environmental “hard technology” and “soft technology”, effects of environmental regulations on technological innovation. Environmental Kuznets curve, environmental efficiency, double dividend, Porter hypothesis, pollution haven hypothesis are frequently used key words in the fields of ETE. It is urgent to further develop and improve ETE to respond to the important active demand of ecological civilization construction and green development.

Key Words: environment technical economics; subject paradigm; research progress

责任编辑：庄立