

生态创新的内涵、分类体系与研究进展

董颖^{1,2}, 石磊^{3,*}

(1. 浙江大学管理学院, 杭州 310027; 2. 浙江科技学院经济管理学院, 杭州 310023;

3. 清华大学环境科学与工程系 国家环境模拟与污染控制国家联合重点实验室, 北京 100084)

摘要:我国正处于从“中国制造”向“中国创造”转变的关键时期,生态创新对于我国经济增长模式的生态化转型和综合国家竞争力的提升具有重要的意义。在回顾生态创新发展历程的基础上辨析了生态创新的概念内涵,指出双重外部性、技术推动与市场拉动效应的特殊性、以及环境管治的推/拉效应是生态创新不同于一般创新特性。接着,分微观、中观和宏观尺度建构了生态创新的等级体系并阐述了主要研究领域和范式。然后,评述了企业、行业和国家3个尺度上的生态创新进展,指出企业生态创新研究最为活跃,而行业和区域层面的研究相对滞后。最后,分析了当前生态创新研究存在的问题,并指出我国如果在企业生态创新、国家生态竞争战略、经济发展模式生态化转型和生态创新管治等战略问题上左右摇摆甚至处理不当,很可能将失去在生态创新“第六轮工业革命”崛起的机会。

关键词:生态创新;企业竞争力;国家竞争力;生态化转型;环境管治

Eco-innovation: conception, hierarchy and research progress

DONG Ying^{1,2}, SHI Lei^{3,*}

1 College of Management, Zhejiang University, Hangzhou, 310027

2 School of Economics and Management, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou, 310023

3 ESPC Key Joint Laboratory, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: Eco-innovation plays an important role in eco-transition of China's economic growth model and enhancement of national competitiveness. The concept of eco-innovation was clarified and three characteristics were distinguished from general innovation: (a) double externalities, (b) special technology push and market pull effect, and (c) environmental governance push/pull effect. Subsequently, the classification systems of eco-innovation were discussed and a new system was established based on environmental protection paradigms, comprising end-of-pipe-oriented eco-innovation, process-oriented eco-innovation, product-oriented eco-innovation and system-oriented eco-innovation. The hierarchy of eco-innovation was also framed at micro-, meso- and macro- levels. The micro-level eco-innovation includes private behavior innovation, household innovation and corporate innovation; the meso-level eco-innovation includes sectoral innovation, supply chain innovation and product/service system innovation; and the macro-level eco-innovation includes regional economy innovation, national innovation and global innovation. Among these hierarchies, only corporate, sectoral and national levels' eco-innovation research progresses were reviewed. Currently, the existing research is focused on the concept definition, motivation identification, performance evaluation and mechanism discrimination. In future, the following research fields should be strengthened: (1) more theoretical studies are needed. Weak normative methods and theoretical foundations can only lead to too general conclusions and lack of relevance; (2) more empirical studies are needed. Existing studies have mostly been limited to the interpretation of qualitative or theoretical derivation, few empirical researches were based on case studies; (3) eco-innovation systems and models should be categorized further. Eco-innovation model varies due to the different industries, regions or countries. Eco-innovation system is composed of business, industry, knowledge

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40601037);国家环境模拟与污染控制国家重点联合实验室开放基金课题资助项目(08K10ESPCT)

收稿日期:2009-12-02; **修订日期:**2010-02-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: slone@tsinghua.edu.cn

institutions, consumers, innovation system and other institutions, the different compositions will bring to different structural features and modes of eco-innovation; (4) to integrate the organization and process management research into corporate eco-innovation. Corporate eco-innovation management will be more and more open and complex. How to improve eco-innovation performance through the integration of internal and external resources? This left us with a lot of study space; (5) to strengthen the comparative study of different countries. Compared with corporate eco-innovation, the regional and national eco-innovations obtained fewer attentions. From the ecology metaphor and eco-innovation particularity, however, more studies are needed at regional, national and global scales because only the larger system can take into account its inherent embeddedness and path dependence. Finally, based on the factors of enterprise eco-innovation, the national ecological competitive strategy, economic development ecological transformation and environmental governance strategic issues, this paper points out that China will miss the ecological revolution if it does not handle properly the timing of eco-innovation.

Key Words: eco-innovation; enterprise competitiveness; national competitiveness; eco-oriented transition; environmental governance

改革开放 30 多年塑造了人类经济发展史上的“中国奇迹”^[1]。在经济规模指标上,我国已经上升到世界第三位;在物质规模指标上,我国已经是世界第一,例如钢铁、煤炭、水泥、化肥和合成纤维等产销量近年来高居第一。同时,我国在进出口结构上发生了巨大的变化,纺织服装、五金家电、电气机械、电子信息甚至汽车等终端产品相继由进口转出口;而石油、铁矿石、铝土矿等大宗资源则相继由出口转进口。经济规模的扩张和产业结构的转变在带给我国巨额外贸顺差的同时,也带来了巨大的“生态逆差”。有关研究表明,1997—2002 年间我国隐含碳净出口量占当年碳排放总量的 12%—14%,2002 年后迅速增加,到 2006 年已达 29%^[2]。如果这种发展模式不转变,贸易顺差越大,则“生态逆差”越大,我国也越容易被锁定在资源高消耗、经济低产出的低水平发展轨道上。

为此,进入新世纪后我国陆续提出和实施了全面建设小康社会、新型工业化道路、科学发展观、资源节约型社会和生态文明等一系列战略理念、目标与举措,也提出建设创新型国家,建立绿色科技支撑体系,以创新尤其是以生态为导向的创新来支撑生态化发展,坚定地走又好又快的生态化发展之路^[3-4]。令人担忧的是,尽管我国为促进经济增长方式转型做出了巨大而又持续的努力,然而 2009 年韩国公布的 G20 国力评估却显示,我国综合国力排名第二,但环境管理能力却排在了倒数第三位。

同时,随着世界范围内生态化转型诉求的日渐高涨,我国生态化发展面临的国际形势也将越来越严峻。由此,应对资源环境等多重危机,我国迫切需要绿色新政来进行国家范围内的系统创新^[5]。刚刚结束的哥本哈根气候大会就是最好的例证。这次事前被喻为“拯救人类的最后一次机会”的会议因多方面的原因并不成功,由此也凸显了生态化转型的复杂性和艰巨性,即生态化转型不是单纯的技术创新所能完成的,也不是增量式或渐进性创新能实现的^[6]。事实上,生态化转型从全球层面落实到国家、行业和企业层面上就变成了以竞争为导向的环境创新行为。

生态创新下至企业层面上至全球层面都已经有着大量的实践。例如,在企业层面上有美国 3M 公司的清洁生产计划,在工业园区层面上有丹麦的卡伦堡工业共生,在国家层面上有日本的“Eco-town”试点和我国的循环经济行动,在全球层面上联合国环境署 (UNEP) 则在积极推动清洁生产和绿色经济。目前,尽管人们已经认识到了生态创新对于生态化转型的重要性,但无论在理论方面还是实践方面对生态创新都存在着很多模糊不清的地方。例如,在理论方面需要探讨的问题包括:对一个企业或国家而言哪些行为或举措属于生态创新,生态创新具有哪些不同于一般创新的特性,生态创新与国家、地区或企业的竞争力关系如何,生态创新的动力机制是否有别于一般创新,等等;在实践方面则表现为对一些举措的争论或困惑,以生态工业园区为例,目前工业生态学界对欧美尤其美国的生态工业园区项目基本持否定或质疑的态度^[7]。我国的实践也存在政府“拉郎配”共生项目的瘫痪和局域废物交换网络失灵等现象^[8]。

为此,本文在回顾生态创新发展历程的基础上,对生态创新的内涵、特性和分类体系进行了辨析,评述了企业、行业和国家 3 个尺度上的生态创新研究进展,最后提出了生态创新研究存在的问题及其启示。

1 生态创新的概念与特性

1.1 生态创新的定义

纵观环境保护与可持续发展历程,从 20 世纪 60 年代起,生态化实践已经先后经历了以污染物为对象的末端治理、以生产过程为对象的清洁生产、以产品和服务为对象的产业生态化、以及着眼于整体系统优化的社会经济系统生态化四个阶段。

上述无论哪一个阶段,创新及其相关研究都受到了不同程度地重视,也出现了绿色创新、环境创新、可持续创新和生态创新等术语。尽管这些术语在起源、具体内容以及倡议组织等方面有所不同,但本文认为在内涵上这些创新并没有本质性的差别。鉴于当前研究现状尤其欧盟所采用的一系列举措,本文选择并推荐使用生态创新这一术语,并展开针对性的探讨。

与生态化创新实践比较,生态创新定义的出现相对较晚。1996 年, Fussler 和 James 才首次提出了生态创新的定义^[9],并于次年明确界定为“显著减少环境影响并能给顾客和企业增值的新产品和工艺”^[10]。其后,欧盟意识到生态创新对于区域竞争力的重要性,于 2004 年前后开始在欧盟及其成员国推动生态创新,并于 2007 年在“竞争力与创新框架研究项目”中的“企业与创新”子项目设立生态创新专题 (Measuring eco-innovation, 简称 MEI)^[11]。

MEI 项目的目标之一就是厘清生态创新的概念,识别建立生态创新指标及统计体系的方法论挑战,促进各成员国有关生态创新的理解与交流。MEI 将生态创新定义为:组织机构对新产品、生产过程、服务、管理或经营方法的生产、采用或开发行为,这些行为与其它方法比较能够在整个生命周期内有效降低环境风险、污染和资源使用过程中其它负面效应^[12]。

借鉴上述定义,经合组织 OECD 在“可持续制造与生态创新”报告中将生态创新定义为“新的或显著改善的产品(或服务)、生产过程、市场方法、组织结构和制度安排的创造或实施行为,这些行为不管是有意还是无意,与其它替代方案比较都能够带来环境的改善”^[13]。

Arundel 和 Kemp 指出,上述两个定义与奥斯陆手册对创新的定义是一脉相承的^[12]。该手册认为,创新不仅包括新的或显著改进的产品(或服务)、生产过程、市场方法、组织结构的创造行为,也包括这些方法在别的企业中的采用和扩散行为^[14]。对于生态创新而言,按照该手册定义,一项清洁技术的开发是生态创新,其采用和扩散也是生态创新。其理由是,尽管在技术开发或制造者眼里,清洁技术的采用不是创新,但从采用者角度,它却是一项生态创新行为。

上述 MEI 和 OECD 的定义还明确了创新动机的问题。生态创新并不仅仅局限于那些有明确环境动机的创新行为,也包括那些“无心插柳”的创新行为。也就是说,生态创新只看重结果,而不问动机。由此可见,生态创新的定义非常宽泛。可以说,只要符合“新奇性(Novelty)”和“带来环境改善”这两项特性,创新活动就可以认为是生态创新。显然,这种宽泛定义带来了诸多争议。实际上,上述宽泛定义是不得已而为之的结果。因缺乏常规的数据统计和度量指标,生态创新难以衡量,而宽泛定义则为生态创新的度量提供了更多的机会,即可以通过现有数据来度量企业生态创新的程度以及识别不同生态创新模式的驱动力。不过,相信随着欧盟 MEI 项目的进展,生态创新的内涵将会发展变化,也就是说其本身也需要“创新”。

此外,生态创新还有一处比较大的争议在于是否包含末端治理。有些文献认为那些能够避免或降低环境危害的新的或显著改进的产品、仪器设备、生产流程、技术和管理系统就是生态创新,而无关是否能够带来经济效益^[15-16]。这其实也是欧盟环境行动方案(ETAP)所界定的环境技术概念的特征。因此,末端治理应该算作生态创新。然而,有一些文献认为,生态创新不仅要能够带来环境效益,还要带来经济效益,例如投资回报、市场准入、中小企业发展等^[17]。也就是说,只有带来环境与经济双赢的创新才算是生态创新。无疑,这种界定就将末端治理排除在外,因为末端治理在很多情况下只能带来环境效益而未必带来经济效益。鉴于上述提

及的数据可得与度量困难等原因,本文建议末端治理技术的开发与推广可以纳入生态创新的范畴,但是在进行动机分析时要加以区分。

1.2 生态创新的特性

生态创新研究的一个核心问题是,生态创新与一般性创新有何区别?是否需要一种专门的理论和政策分析体系?

一般认为,生态创新与一般创新在创新过程上并没有什么区别,同样都包含研究、开发、试制、生产、传播等环节及其之间的互动。生态创新系统也同样是由技术、组织和制度变革共同构成的组合系统。因此,在一般创新中发挥作用的影响因素在生态创新中也同样发挥作用^[18]。然而,生态创新还是存在着不同于一般创新的地方,主要体现在:双重外部性^[19]、技术推动与市场拉动效应的特殊性^[20]、以及制度的推/拉效应与重要性^[21-22]。

生态创新与一般创新的首要不同在于其“双重外部性”。所谓双重外部性,是指生态创新不仅具有一般创新所固有的外部性,也具有环境属性所带来的外部性。环境是一个典型的公共品,具有典型的外部性。生态创新旨在能够带来环境与经济双赢,固然可以在扩散过程将负面环境效应内部化而带来正面的溢出效应,然而环境外部性的存在却使得企业在创新研发阶段缺乏动力^[23]。值得注意的是,末端治理类型的生态创新并不具有双重外部性,这是因为末端治理技术在很多情况下只能带来环境效益而未必带来经济效益。再者,生态创新的环境影响难以全面评估,当前实证研究对生态创新的绩效往往通过创新(替代技术)对环境损害减少的程度来界定,且多针对有意的或环境驱动的创新,即事先就带着“环境”标签的创新。那些无意或间接的生态创新更加难以识别和评估。

“双重外部性”的存在导致了生态创新的第二个特性,即技术推动与市场拉动效应的特殊性。技术推动对生态创新尤其是生产过程的生态创新作用显著。例如,电子行业受半导体技术的推动呈现出著名的“摩尔定律”;再如,内燃发动机在过去十几年里平均输出功率大约提高了 50%,而油耗却降低了大约 10%,而排放则减少高达 80%。然而,由于大多数技术创新相对于生态系统的复杂性而言,既定目标过于单一、界定范围过于狭窄,再加上普遍存在的“反弹效应”(即单位产品生态效率的提高抵不过产品用量的增加,导致总污染量绝对增加),技术创新在推动产业发展的同时也出现了诸多的环境问题。这使得技术对生态创新的推动无论在驱动力方面还是推动效果方面都有别于一般创新。例如,研发活动、供应链压力或企业网络等影响因素对生态创新都有别于一般创新^[24]。

同样,双重外部性对市场拉动效应也产生作用。有些研究表明,消费者需求和公众压力是生态创新的重要动机^[25]。普遍认为,市场力量对于生态创新的激励不充分,消费者愿意支付环境改善的意愿往往过低^[19]。相对于一般创新而言,生态创新的需求拉动效应的影响往往较低,需要环境政策的激发或支持,如规章或税收等来激发消费者的内在或外部(通过奖励计划)动机。但 Taylor 等指出需求拉动的只是生态创新的运用和扩散,而不是生态创新活动本身^[26]。

双重外部性对技术推动与市场拉动效应的特殊性又进一步导致了生态创新的第三个特性,即环境管治的推/拉效应与重要性的增加。创新的“推拉模型”认为,在创新的研发阶段,技术的推动作用更为显著;而在创新扩散阶段,市场的拉动作用更为明显。环境问题公认的外部性,使得生态创新在研发阶段是否有明确的经济动机、在扩散阶段是否需要“小生境”市场拉动,都需要探究。因此,需要建立整合的分析模型来系统分析组织与政策等环境管治因素的作用。Nameroff 等认为生态创新与一般创新的影响因素不尽然相同,如环境规制及其执行甚至对企业生态创新起决定性作用^[27]。

1.3 主要研究领域及范式

由上所述,生态创新的双重外部性,首先导致了技术推动与市场拉动效应不同于一般创新,又进而导致了环境管治作用的不确定性。这种递进效应使得生态创新较之一般创新更加复杂。概括而言,当前生态创新的主要研究领域包括:

生态创新的内涵与外延界定;
生态创新的影响因素、作用机制和模式;
生态创新的绩效评价、指标体系、数据基础及方法论障碍;
企业、行业和国家尺度上生态创新的驱动力与障碍分析;
生态创新与国家和企业竞争力;
生态创新激励机制与政策设计,尤其是确定何种生态创新才能实现可持续发展等。

创新研究主要存在基于主流经济学和基于演化经济学的两种范式。生态创新研究也不例外。基于主流经济学的生态创新侧重于研究制度的刺激-响应关系,如 Kemp 等认为随着政策的变化,生态创新类别会发生变化,当政策强调对污染排放的控制时,生态创新侧重于末端处理技术;当政策转为强调污染预防时,生态创新重心也随之转为清洁技术^[15]。然而,这类研究的出发点大多为政策法规的推动机制,缺乏对创新动力学的关注^[28]。

演化经济学认为生态创新是个复杂系统,是创新主体、创新要素复杂交互作用下的一种涌现现象。因此,演化经济学注重案例研究,研究生态创新各因素的协同过程,以探求生态创新的关键要素和作用机制,在演化的视角下重新考虑环境、创新与市场和经济发展等问题。

事实上,两种研究范式需要相互借鉴,通过整合管理科学、工业生态学、环境科学和生态伦理学等学科的视角、理论和方法,在基于国家或区域层面的创新体制背景下,研究技术经济与政策制度之间的复杂交互关系,探究多种类型创新整合的模式、途径和机制,寻求技术经济与社会需求之间的政策平衡^[29]。

2 生态创新的分类体系

前述概念探讨表明,生态创新与非生态创新是从环境绩效角度对创新进行的分类。这意味着,只要对现有创新分类施加环境绩效标准,就可以划分出不同类型的生态创新。例如,按照创新强度有渐进性创新和突破性创新,则生态创新也可以从创新强度划分出渐进性生态创新和突破性生态创新。然而,这并不意味着没有必要进行生态创新分类。相反,生态创新在不同层面其作用范围、表现形式和动力机制等非常不同,并且相互影响耦合形成一个多尺度的复杂创新体系,因此厘清生态创新类型并分类研究非常有意义。实际上,已有较多文献对生态创新分类进行了探讨^[12,30]。

2.1 按对象分类

熊彼特认为创新是把一种新的生产要素和生产条件的“新结合”引入生产体系,包括五种情况:引入一种新产品,引入一种新的生产方法,开辟一个新的市场,获得原材料或半成品的一种新的供应来源,创造一种新的产业组织。上述 5 种情况实际上归属于技术创新、市场创新和组织创新三大类。由于生态创新除了要求技术经济领域的变革外,还要求政治制度领域、社会文化领域的变革,因此生态创新还包括制度创新和社会创新。

实际上,生态创新并不仅仅局限于产业主体,也包括家庭以及其它非企业组织主体。Klaus 就曾指出,OECD 现有的创新分类就缺失了源自于家庭的生态创新和制度性生态创新^[19]。因此,生态创新较之一般创新除分类更多外,内涵也更为丰富。

2.2 渐进性创新与突破性创新

对生态创新而言,争议最多的也许是渐进性生态创新与突破性生态创新。许多学者倾向于认为,仅仅渐进性生态创新是不足以实现可持续发展目标的。为了实现可持续发展,在今后 50a 时间里生态效率需要提高 10—50 倍^[31]。显然,没有突破性生态创新,这一目标是不可能达到的。除了生产过程、产品、商业模式等方面需要进行突破性创新外,还需要切实生态化重组现有的生产体系和消费体系,并且从社会和制度上进行突破性创新。

更准确地说,可持续发展需要系统性生态创新,同时需要技术经济领域和社会政治领域的突破性创新。突破性创新可能会形成新的技术系统,比如可再生能源系统。在生态创新文献中这样的新系统通常被称为系

统创新,因为它们是基于一系列创新^[16]。系统创新还包括市场组织的重大变化、新的公司合并、市场退出。他们往往被规定或新加入者所牵制。如风能革命需要市场开放。系统创新会给环境带来更友好的服务,如基于非肉蛋白的新蛋白质食物(10—30 个因素的改善),精细农业(超过 50 个改善的因素),使用可再生能源和微型运输管道的电力分散生产(10 个改进能源效率因素),以及工业生态学等^[32]。

然而,有关的创新调查表明,大多数的生态创新实践仍然是渐进性的。对德国的创新调查表明,企业层面的生态创新只有 25.7% 属于突破性创新,结构突破性创新占总样本的 16.2%^[31]。因此,突破性生态创新再如何强调也不为过。

2.3 基于环保范式的生态创新分类

本文借鉴环境保护与可持续发展范式的演变,融合已有生态创新分类研究,提出了末端生态创新、生产过程生态创新、产品生态创新、系统生态创新分类体系,如表 1 所示。

表 1 基于环保范式的生态创新分类体系

Table 1 Eco-innovation classification system based on environmental protection paradigms

类型 Type	作用对象 Objects	主要手段 Components	主要内容 Contents
末端生态创新	污染物或废物	末端治理;废物处置;废物管理;生态修复	建立处理和处置废物的技术系统;开发补救被污染环境介质的具体技术和工艺;属于渐进性生态创新。生态效率提升 0—2 倍
生产过程生态创新	生产过程	源头削减;废物循环;清洁生产;全过程控制	新工艺技术的开发;过程集成优化;管理模式创新;产业组织创新;大多数属于渐进性生态创新,少部分属于突破性创新。生态效率提升 2—4 倍
产品生态创新	产品或服务	生命周期分析;产品生态设计;功能经济;综合产品政策	新产品;新市场;新的商业模式;新的产业组织;政策创新;技术与组织的协同创新;带来产品生命周期内环境最优化效果。突破性创新增多,有些属于系统性生态创新;生态效率提升 4—8 倍
系统生态创新	可再生资源供应体系;生产和消费体系;社会政治体系	工业生态学;可持续消费;循环经济;低碳经济;可持续发展	新市场;新商业模式;新的产业组织;制度创新;社会文化创新;技术、组织及制度多维或多层次的协同创新。带来从摇篮到摇篮范围上的环境绩效改善和资源效率提升。生态效率提升 8—50 倍

2.4 生态创新的等级体系

生态创新包含多个尺度、多个主体和多种类型。本文在文献综合的基础上提出了图 1 所示的生态创新等级体系。微观尺度的生态创新主体包括个人、家庭和企业,类型主要有生产过程创新、产品创新和家庭创新;中观尺度的生态创新主体包括行业、供应链、产品或服务体系,类型主要有组织创新、商业模式创新和社会创新;宏观尺度的生态创新主体包括区域经济、国家、地区和全球,类型主要以社会创新、制度创新和系统创新为主。

3 生态创新的主要研究领域进展

本文在此主要探讨企业、行业和国家 3 个尺度上的生态创新进展。

3.1 企业生态创新

企业是创新的主体,自然也是生态创新的主体。生态创新的双重外部性主要是针对企业而言的,因此企业层面的生态创新研究最先得开展,研究内容包括企业生态创新的表现模式、影响因素和作用机制等,其中企业生态创新与一般创新的比较研究尤其受到关注。

与一般创新类似,企业生态创新也是围绕企业竞争力展开的。企业竞争力不仅取决于企业自身的组织能力和结构特点,而且也取决于一些外部因素,如市场环境、政策制度等。双重外部性使得环境管制对企业生态创新的作用成为研究的焦点。这里存在著名的波特假设,即环境管制可以激励企业开发和采纳生态创新,从而为本国企业建立起绿色市场上的先发优势^[33]。其原因在于,企业缺乏处理环境问题的创造性能力,缺乏对具有节约成本(能源或材料)潜力的生态创新的认识。因此,环境管理可“强制”企业意识到生态创新的经

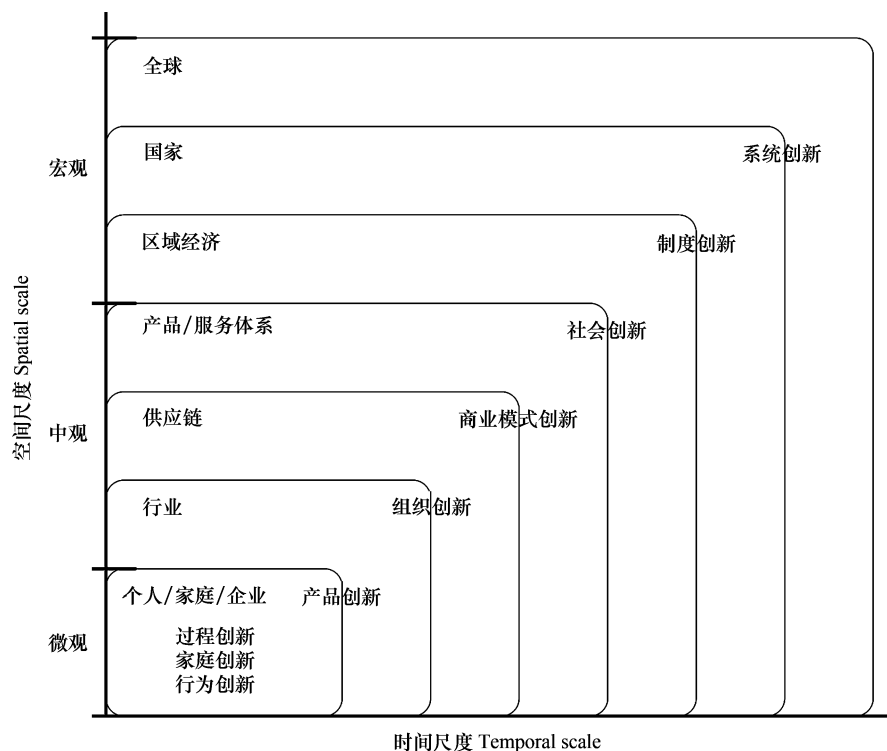


图1 生态创新的等级体系

Fig. 1 Eco-innovation hierarchy

济效应^[34]。

现有研究由于统计数据和指标的匮乏,研究方法及结论呈现较多争议,有些支持了波特假设,有些研究则不支持^[35]。基本上,可以认为环境管治对于生态创新有双向作用,这就意味着企业生态创新要采取“具体问题、具体分析”的案例研究方法,同时需要建立概念框架以提供方法论上的指导。例如,文献^[36]提供了企业生态创新的分析框架,将企业生态创新纳入企业、知识和规制的三重网络体系中。目前,企业生态创新无论在规范研究还是在实证研究方面都呈现出加速的趋势,国际上尤其欧盟已经着手开展了较为系统的研究。比较之下,我国在企业生态创新方面的研究还处在刚刚起步阶段。

3.2 行业/产业生态创新

与企业生态创新类似,行业/产业层面的生态创新研究内容也主要集中于探讨影响因素和作用机制,并且对不同产业的生态创新模式及路径更加关注。

一般而言,不同行业因其创新速率、投资强度和创新类型的不同而呈现不同的生态创新模式^[23]。行业创新模式主要是由生态创新类型、创新主体、研发类型和扩散速率共同决定,是技术推动效应、市场拉动效应和环境管治推拉效应共同作用的结果。由于行业一般遵循着相对明确的技术轨迹和演化路径,因此技术范式方面的研究,有助于行业生态创新研究。

实证研究表明,生态创新的类型与产业技术成熟度密切相关。对于成熟的排放密集型产业,规制变量是环境技术的重要动力,而对下游产业而言,社会意识因素可能更为重要。有研究^[37]认为产业技术成熟度、技术变化和绩效作为“创新三角”与减排技术、工艺和产品这“生态创新三角”的变化密切相关。例如,造纸行业的产业和市场特征使得其生态创新趋向渐进型而非突破型^[38]。

对产业层面的生态创新研究,大部分是针对具体产业的生态技术创新。而不同行业间的跨产业生态技术创新的应用研究非常少。这类技术包括信息和通信技术,工业生物技术,纳米技术,热电联产和生态设计。对这些跨产业的平台生态创新技术而言,其创新和推广障碍可能是共同的^[39]。

此外,行业间的结构特征会在何种程度上影响生态创新发展的速度和方向也有待进一步研究。技术创新往往是针对具体行业的,创新经济学的文献表明市场结构可能会影响技术变革的速度。因此,市场结构也可能影响生态技术变革。那么,更具竞争力、垄断性或共生程度高的结构是否更可能会导致生态技术创新?

3.3 国家生态创新

国家层面的生态创新行动进展较为迅速,尤其是过去的 10—15a 间,环境问题从纯粹的监管逐渐转变为全社会的绿色化议题,绿色增长逐渐成为全球关注的目标。如美国提出了“新绿色协议”、“绿色产业革命”。英国政府于 2009 年 7 月 15 日正式发布名为《英国低碳转换计划》的国家战略文件。我国在进入 21 世纪后,先后提出了科学发展观和生态文明建设,并公布了碳强度削减目标。某种程度上,低碳经济的提出与实践是全球范围内最大的生态创新。

然而,与国家行动比较,国家层面的生态创新研究相对滞后。欧盟在 2004 年开展了环境技术行动计划(ETAP),开始在欧盟及成员国层面推动生态创新研究。2007 年,欧盟设立竞争力与创新框架研究项目,旨在促进企业创新能力,推动那些能够有利于环境的生态创新市场行为。为了避免与其它项目冲突,该项目只资助那些业已证明有效但因风险因素尚未大范围商业化的或者需要向新领域传播的技术、产品和实践活动。美国、英国和日本等也都有类似的研究项目,但不如欧盟资助强度大且集中。

不同的国家、区域“风格”可能会影响不同类型的生态创新发展模式。Nelson 认为,基于国家或区域层面的创新体制背景是促进环境技术创新的有利条件^[29]。Jänicke 和 Jacob 认为,国家政策手段和风格可以促进生态创新的发展和扩散^[40]。目前对于国际层面的分析主要有“环境库兹涅茨曲线”(EKC)假说^[41],其倡导者认为,在国家发展的初期阶段,经济活动所造成的环境退化水平相对较低;之后,随着工业化和人均收入的增加,污染也增加;但当人均收入达到一定水平时,由于信息密集型产业和服务产业的结构变化、环保意识的提高和环境法规的完善、更好的技术和更高的环境支出等因素,经济增长就可以带来环境的改善^[42]。

综上所述,企业生态创新研究最为活跃,而行业和区域层面的研究相对滞后。从生态学本意(生态学就是研究生物与环境以及生物与生物之间的关系)以及生态创新的特殊性,宏观尺度的生态创新更具变革意义,生态创新只有放在全球和国家尺度上得以考虑其内在的根植性和路径依赖性,才能找到摆脱技术锁定/制度锁定的系统性生态创新。

4 问题与启示

围绕气候变化展开的一系列谈判说明,生态创新已经作为区域或国家竞争力的组成部分受到世界各国的普遍重视。然而,生态创新研究却大大滞后于实践,现有研究主要集中在内涵界定、动机识别、绩效评价和作用机制辨析等方面,不仅理论建构和研究结论尚存在较大的分歧,而且在数据和方法也缺乏统一的体系。归纳而言,主要存在以下缺陷:

(1) 现有文献对生态创新影响因素的研究不够细致,缺乏针对性。不同的生态创新类型有着不同的影响因素,如减排的压力多来自规制和邻国;生态工艺创新的压力多来自竞争对手和客户,生态产品创新的压力多来自消费者和压力集团。采用渐进的还是突破性的生态创新,其决定因素和作用机制不同。目前,开展的理论和实证研究已经注意到了这个问题,然而由于数据缺乏、方法有待规范和理论基础薄弱等导致结论过于笼统,缺乏针对性。另外,不同的生态创新系统对绩效的影响研究也需要进一步深入和完善。

(2) 对不同生态创新系统的结构特征及模式缺乏深入研究。生态创新模式因产业的不同及国家/地区的不同而不同。生态创新系统是由企业、产业、知识机构、消费者、创新系统及其他机构等不同主体组成,绿色创新体系(绿色学习曲线):知识差距、政策、路径依赖、变化累积等的不同,会带来生态创新结构特征和具体创新模式的不同。且随着时间的推移,生态创新体系的演化过程不同,而这方面的研究非常少。下一步研究应基于不同层次不同主题不同方法不同阶段来构建完善生态创新的理论体系和管理模式。

(3) 对生态创新的作用机理缺乏深入研究。现有的研究大多限于定性或理论推导的解释,仅仅停留在观点上,少数实证研究也是以案例研究为主,用以说明生态创新在某一产业的发展过程,缺乏普遍性。没有深入

到生态创新的整个过程,没有考虑生态创新不同阶段各创新要素的作用,对生态创新影响企业生态创新绩效的内在机理缺乏研究。

(4)对企业生态创新的组织与过程管理研究不足。由于其不同于一般创新的特性,企业生态创新管理将更具开放性和复杂性。在积累和培育内部技术能力的同时,需要利用外部资源,通过内外资源的整合提高生态创新绩效。针对不同产业特征的企业,在生态创新的不同阶段,企业如何实施组织与过程管理?这些都有待深入研究。

(5)应增加国际层面的分析,尤其是不同国家的比较研究,以及发展中国家和欠发达国家的研究。不同的国家“风格”可能会影响不同类型的生态创新发展模式。目前的研究大多是针对发达国家,对发展中国家和不发达国家的研究非常少,可能是由于对其污染源和生产活动缺乏可靠的统计数据。应深入研究国家层面的生态创新模式,揭示在不同的体制环境和社会经济环境下,生态创新发展的不同路径。

总之,生态创新仍是一个新兴的研究领域。对我国而言,正处于从“中国制造”向“中国创造”转化的关键阶段,生态创新的战略选择事关国家在世界上的战略地位。如果在企业生态创新、国家生态竞争战略、经济发展模式生态化转型和生态创新管治等战略问题上左右摇摆甚至处理不当,很可能就失去在生态创新这“第六轮工业革命^[43]”崛起的机会。

References:

- [1] Lin Y F, Cai F, Li Z. China's Miracle: Development Strategy and Economic Reform. Shanghai: Shanghai People's Publishing House, 1999.
- [2] Qi Y, Li H M, Xu M. Accounting embodied carbon in import and export in China. *China Population, Resources and Environment*, 2008, (18) 3: 8-13.
- [3] Sustainable Development Strategy Research Group of Chinese Academy of Sciences. China's Sustainable Development Report (2006), Beijing: Science Press, 2006.
- [4] Zhu D J. Green Innovation. Shanghai: Tongji Publisher, 2008.
- [5] Ren Y. Green governance: systematic innovation under multiple crisis. *Environmental Economics*, 2009, 70: 18-22.
- [6] Shi L. Transitions toward sustainability: ISIE2009 conference review. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8): 4426-4430.
- [7] Gibbs D. Eco-industrial parks and industrial ecology: strategic niche or mainstream development? //Boons F, Howard-Grenville J eds. *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing Limited, 2009: 73-102.
- [8] Shi L. Industrial ecology: a critical review. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(7): 3356-3364.
- [9] Fussler C, James P. Eco-Innovation: A Break Thorough Discipline for Innovation and Sustainability. Pitman: London, 1996.
- [10] James P. The sustainability circle: a new tool for product development and design. *Journal of Sustainable Product Design*, 1997, 2: 52-57.
- [11] Competitiveness and Innovation Framework Programme. Eco-Innovation User Guide, 2008: 1-10 [2009-12-02]. http://ec.europa.eu/.../etap/pdfs/guidelines_for_cip_eco_innovation.pdf.
- [12] Arundel A, Kemp R. Measuring Eco-innovation, UNN-MERIT Working Paper Series #2009-017, 2009. [2009-12-03]. <http://epip.unu-merit.nl/publications/wppdf/2009/wp2009-017.pdf>
- [13] OECD. Sustainable Manufacturing and Eco-innovation. Paris: OECD, 2009.
- [14] OECD. Oslo Manual Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; Statistical Office of the European Communities, 2005.
- [15] Kemp R, Arundel A. survey indicators for environmental innovation//IDEA report. Oslo: STEP Group, 2008.
- [16] Rennings K, Zwick T. Employment Impacts of Cleaner Production, ZEW Economic Studies 21. Heidelberg, New York: Physica Verlag, 2003.
- [17] Horbach J. Determinants of environmental innovation-new evidence from German panel data sources. *Research Policy*, 2008, 37: 163-173.
- [18] Sandra R, Stelios Z. Determinants of Environmental Innovation Adoption in the Printing Industry. A Research Monograph of the Printing Industry Center at RIT, (2003-10) [2009-12-02]. <https://ritdml.rit.edu/handle/1850/2871>.
- [19] Rennings K. Redefining innovation-eco-innovation research and the contribution from ecological economics. *Ecological Economics*, 2000, 32: 319-332.
- [20] Pavitt K. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 1984, 14(4): 182-188.
- [21] Poter M, Linde C. Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review*, 1995, 73(5): 120-134.
- [22] Faucheux S, Nicolaï I. Environmental technological change and governance in sustainable development policy. *Ecological Economics*, 1998, 27

(3): 243-256.

- [23] Oltra V, Saint Jean M. Incrementalism of environmental innovations versus paradigmatic change: a comparative study of the automotive and chemical industries, Cahiers du GREThA No. 2007-14, 2007.09 [2009-10-15]. <http://cahiersdugretha.u-bordeaux4.fr/2007/2007-14.pdf>.
- [24] Scott J T. Environmental Research and Development: US Industrial Research, the Clean Air Act and Environmental Damage. Massachusetts: Edward Elgar Publishing, 2003.
- [25] Florida R. Lean and green: the move to environmentally conscious manufacturing. California Management Review, 1996, 39(1): 80-105.
- [26] Taylor M. Beyond technology-push and demand-pull: Lessons from California's solar policy. Energy Economics, 2008, 30(6): 2829-2854.
- [27] Nameroff T J, Garant R J, Albert M B. Adoption of green chemistry: an analysis based on US patents. Research Policy, 2004, 33: 959-974.
- [28] Andersen M M. Innovation system dynamics and sustainable development-Challenges for policy, (2004-05-23) [2009-11-12]. http://www.risoe.dtu.dk/rispubl/sys/syspdf/majmunch_2004_2.pdf.
- [29] Nelson, R. National Systems of Innovation: A Comparative Analysis. New York: Oxford University Press, 1993.
- [30] Reid A, Miedzinski M. Eco-Innovation-Final Report for Sectoral Innovation Watch. (2008-05) [2009-11-12]. http://www.technopolis-group.com/resources/downloads/661_report_final.pdf.
- [31] Hellström T. Dimensions of environmentally sustainable innovation: the structure of eco-innovation concepts. Sustainable Development, 2007, 15: 148-159.
- [32] Weaver P, Jansen L, Hillary L, Van Grootveld G, Van Spiegel E. Sustainable Technology Development. Sheffield: Greenleaf Publishing, 2000.
- [33] Porter M E, Van Der Linde C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4): 97-118.
- [34] Oltra V, Jean M S. The dynamics of environmental innovations: three stylised trajectories of clean technology. Economics of Innovation and New Technology, 2005, 14(3): 189-212.
- [35] Coad A, de Haan P, Woersdorfer J S. Consumer support for environmental policies: an application to purchases of green cars, Ecological Economics, 2009, 68(7): 2078-2086.
- [36] Kemp R, Foxon T. Eco-innovation From An Innovation Dynamics Perspective. (2007-08) [2009-11-12]. <http://www.merit.unu.edu/MEI/deliverables/MEI%20D1%20Eco-innovation%20from%20an%20innovation%20dynamics%20perspective.pdf>.
- [37] Berkhout F G H. Technological change and the environment, resources for the future. Research Policy, 2005, 34(9): 1454-1456.
- [38] Luiten E E M, Blok K. Stimulating R&D of industrial energy-efficient technology, policy lessons-impulse technology. Energy Policy, 2004, 32: 1087-1108.
- [39] Institute for Prospective Technological Studies. Promoting Environmental Technologies: Sectoral Analyses, Barriers and Measures. 2004 [2009-11-10]. http://ec.europa.eu/environment/etap/pdfs/spc_finalreport_ipts.pdf.
- [40] Janicke M, Jacob K. Lead markets for environmental innovations: a new role for the nation state. Global Environmental Politics, 2004, 4(1): 29-46.
- [41] Panayotou T. Dymistifying the environmental Kuznets curve. Environment and Development Economics, 1997, 2: 505-515.
- [42] Stern D I. The rise and fall of the Environmental Kuznets Curve. World Development, 2004, 32(8): 1419-1439.
- [43] Gardner G, Prugh T. State of the World 2008: Innovations for a Sustainable Economy, Worldwatch Institute, 2008.

参考文献:

- [1] 林毅夫, 蔡方, 李周. 中国的奇迹: 发展战略与经济改革. 上海: 上海人民出版社, 1999.
- [2] 齐晔, 李惠民, 徐明. 中国进出口贸易中的隐含碳估算. 中国人口资源与环境, 2008, (18)3: 8-13.
- [3] 中国科学院可持续发展战略研究组. 中国可持续发展报告(2006). 北京: 科学出版社, 2006.
- [4] 诸大建. 绿色的创新. 上海: 同济出版社, 2008.
- [5] 任勇. 绿色新政: 多重危机下的系统创新. 环境经济, 2009, 70: 18-22.
- [6] 石磊. 可持续性转型-第五届工业生态学国际大会综述. 生态学报, 2009, 29(8): 4426-4430.
- [8] 石磊. 工业生态学的内涵与发展. 生态学报, 2008, 28(7): 3356-3364.