

Characteristics and Design for the Policy Regime to Promote Low Carbon Technology Innovation

Chunjie Chi, Tiejue Ma

School of Business, East China University of Science & Engineering, Shanghai, China
cjchi@ecust.edu.cn

Abstract: The Essence of a low-carbon economy is to improve energy efficiency and transform energy structure which aims to promote low-carbon technologies and regime innovation. This article elaborates on the characteristics of policy regime to promote low-carbon technology innovation based on the summary of related experience in developed countries. The main points on the policy design are also discussed from innovation environment and technology innovation systems aspects.

Keywords: low carbon; technology innovation; policy regime

促进低碳化技术创新的政策制度特征与设计的思考

迟春洁, 马铁驹

华东理工大学商学院, 上海, 中国, 200237
cjchi@ecust.edu.cn

【摘要】发展低碳经济的实质是能源利用效率的提高和能源结构的转变,其核心是推动低碳化技术与制度的创新。本文在总结发达国家低碳化技术创新政策制度经验的基础上,阐述了促进低碳化技术创新的政策制度应具备的特征,并从创新环境、技术创新系统等几个方面探讨了低碳化技术创新制度设计的政策要点

【关键词】低碳化; 技术创新; 政策制度

1 引言

低碳经济是全球气候变化背景下中国发展的必然选择。中国发展低碳经济面临着许多制约因素。其中,以煤为主的能源结构和整体科技水平落后、技术研发能力有限是最主要的制约因素。一方面,煤炭消费比重大,二氧化碳排放强度较高,致使在经济发展过程中“高碳”特征非常明显。另一方面,由于整体科技水平落后,技术研发能力有限,不得不主要依靠商业渠道引进所带来的高投入、高成本是发展中国家难以承受的。在这样的背景下,探讨促进低碳化技术创新的政策制度的特征,以及如何设计促进低碳化技术创新的政策制度具有非常重要的实践和理论意义。

过去,传统上与环境政策措施或者技术创新政策措施有关的经济讨论主要是基于对两种主要的“市场失灵”的纠正:(1)由于知识很容易被复制,创新

者不能获得创造知识所产生的全部收益,也就是创新的社会收益大于私人收益,所以私人个体缺乏足够的激励进行有效的创新,因此产生了政府对研发进行扶持的需要;(2)负外部性的存在,使得必须采取经济手段或其他方式将其内部化。技术创新政策是纠正第一种失灵的途径,而环境保护政策是应对第二种失灵的途径。因此,关于技术创新和环境保护问题的研究通常都是分开来进行,分别讨论各自的政策制度及其设计、政策工具的应用等^{[1]-[3]}。

近年来,理论与实证研究都表明,这些单独分开的政策制度无法解决向更可持续的经济转变的挑战。一方面,从 Arthur 提出路径依赖和收益递增导致技术锁定后,人们发现技术创新与其配套的体制之间的互动,或者说协同进化,更是强化了这种技术制度体系的锁定^[4]。另一方面,现有的环境保护技术创新政策制度很大程度上是基于“线性”的技术创新模型,即假设对新低碳技术的 R&D 支持力度越大,在市场上

资助信息:上海市曙光人才计划项目(08SG30)“新能源汽车技术扩散与交通技术系统演化—基于 agent 的建模和分析”

这种技术就会越多的出现^[5]。但实际上,技术创新是一个复杂的、充满不确定性的、非线性的过程。而这些特征在现有的创新与扩散过程模型、促进清洁的、低碳化技术创新与扩散的政策设计与实施中还没有得到充分的体现。因此,学者们渐渐开始尝试把这两者结合起来进行研究,如 Malerba、Weber 和 Hemmelskamp 等人在平衡创新和可持续的政策目标上所开展的相关研究^{[6][7]}。欧洲和美国的一些有影响力的研究报告也提出建立可持续的技术创新政策体制来应对长期环境保护问题^{[8][9]}。但这些研究还未能深入探讨如何通过考虑技术创新过程的特征,将技术创新政策和环境保护政策更好地结合起来,也没有涉及促进低碳化技术创新的政策制度设计问题。本文在借鉴发达国家低碳化技术创新政策制度经验的基础上,阐述了整合了技术创新政策和环境保护政策后的低碳化技术创新政策制度应该具备的特征,然后探讨了设计低碳化技术创新政策制度时应注意的问题。

2 发达国家低碳化技术创新政策制度的经验借鉴

欧美等发达国家低碳经济发展的经验表明,政策对于推进新能源技术的技术创新和商业化应用具有不可替代的作用。

2.1 明确长期可持续发展目标

确定一个清晰、长期的可持续发展目标是完善低碳化技术创新制度体系的第一步。以低碳经济最积极的倡导者和实践者英国为例,英国制定的减排目标远远超过了欧盟规定的目标,2007年英国公布的全球首部应对气候变化问题的专门性国内立法文件—《气候变化法(草案)》制定了一个连贯的中长期减排目标:“到2020年,将碳排放量减少2300万-3300万吨;到2050年,将总排放量削减至少60%”^[10]。然而,设定长期战略目标并不等同于由政府通过指定某种低碳化技术来“挑选优胜者”。英国就试图避免出现“挑选优胜者”这样的情况,因为过去出现过将巨额资金投入于某种低碳技术,却由于无法商业化而失败这种情况。相反,应该是致力于让优胜者自己从创新过程中胜出。创新过程中的不确定性和结果的不可预见性意味着只在有限的技术范围内进行投资是不明智的。当然,政策措施确实能够影响低碳化技术的选择。如果

最初不扩大对多样化低碳化技术的资助范围,其实际结果就是过早在新系统发展的阶段中挑选优胜者。

2.2 加大推动低碳化技术创新力度

重视推动低碳化技术创新是低碳化技术创新政策制度体系的重点。日本政府通过采取综合性措施与计划,对可以大规模削减温室气体的碳捕捉与封存技术予以大力支持,提出在2020年前投入使用该技术,并持续投资化石能源的减排技术装备,形成国际领先的烟气脱硫环保产业。英国和德国则将发展低碳发电站技术作为减少二氧化碳排放的关键,建设示范性低碳发电站,大力资助发展清洁煤技术、收集并存储碳分子技术等科研项目。澳大利亚持续投资研究开发、示范推广关键的低碳化技术,并将低碳化技术的重大突破作为低成本、长期、可持续减排的关键。美国目前电力生产的50%来自煤炭,这一比例预计到2030年将上升到57%^[11]。为了能更加环保、高效地利用储量丰富的煤炭资源,美国政府投入大量资金,大力发展清洁煤技术,努力将先进清洁煤技术从研发阶段向示范阶段和市场化阶段推进。

2.3 建立配套的低碳化技术创新政策体系

建立一套奖惩分明的政策配套措施是国外低碳化技术创新政策体系的重要特点。为了有效地贯彻实施低碳经济的相关法律法规,欧美国国家政府先后出台了各种政策配套措施来内部化环境外部性,如各种财税、交易许可等。欧盟国家已开始实施促进CO₂减排的法律和政策,征收碳税,对节能、可再生能源等减排CO₂技术给予税收优惠或财政补贴。英国主要通过政府引导与商业激励提供一个明确和稳定的政策框架,鼓励市场运用最新的低碳化技术。同时建立了碳基金,发挥政府在扶持和鼓励开发低碳化技术领域的重要作用。法国通过减免税鼓励在工业、服务、住房建筑、交通运输等领域采取节能型设备。此外,还鼓励企业和个人研制和使用利用太阳能或电能的清洁汽车,通过优惠的折旧条件,推动清洁能源汽车及相关设备进入市场。美国主要通过财税优惠政策完善法律制度。美国各州政府根据当地实际情况,分别制定了地方节能产品税收优惠政策。总的来说,这些政策分为两种类型:(1)技术推动政策,目的在于降低创新成本,如政府主导研发、投资示范项目等。(2)需求拉动政

策,目的在于提高创新收益从而激励企业的创新投入,如税收抵免、管制标准等。

不过,使用基于市场的手段不可避免的会带来政治上的争议,因此,这些手段的作用往往被淡化,从而使得促进技术创新达到可持续发展目标的效果打了折扣^[12]。另外也要看到,政策工具设计得过于复杂以及朝令夕改都是不可取的,政策措施应该具有稳定性和持续性。

3 低碳化技术创新政策制度应具备的特征

如前所述,对技术创新过程特征的理解是融合技术创新政策和环境保护政策的基础。低碳化技术创新是包含了渐进性创新的突破性创新,都有一个学习效应随着产业扩大而逐渐发挥作用的过程。只有先把握低碳化技术创新政策制度应该具备的特征,才能更好地设计相应的政策制度。下面从3个方面探讨低碳化技术创新政策制度应该具备的主要特征。

3.1 具有促进可持续发展的明晰目标

低碳化技术创新政策制度首先应该具有一个以促进可持续发展为目的的明确目标。由于国情和发展阶段的不同,我国发展低碳经济的内涵与发达国家有着本质性差别。我国发展低碳经济的主要表现形式是引导和控制发展排放,而发达国家是减少消费排放。保持国民经济又好又快发展对能源需求和相应二氧化碳排放增长的趋势与全球应对气候变化、减缓碳排放的目标之间形成尖锐矛盾,根本出路在于加强技术创新,转变经济发展方式,走低碳发展的道路,以实现经济发展与应对气候变化的双赢。因此,要把应对气候变化与可持续发展战略相结合,长远减排目标与中近期对策相结合,制定低碳化技术创新政策的具体目标,这有助于降低不确定性和为投资更可持续的低碳化技术创造良好的氛围。

3.2 长期稳定、一致的政策制度战略框架

“技术—制度锁定”现象使得工业经济处在碳锁定的状态,尤其是锁定在碳密集的化石燃料能源系统。这种碳锁定会阻碍低碳化技术的创新与扩散。即便存在可供选择的、更优的替代性技术,政府、金融机构、供应商和现有的基础设施之间的正反馈系统仍会支持和维护现有技术。碳锁定所产生的障碍主要体现在以下几个方面:

- 现有能源系统和技术的相关基础设施的生命周期很长,而新技术通常依赖不同的基础设施和辅助技术的支撑。现有技术的配套设施与支撑系统阻碍了低碳化技术的创新。
- 低碳化技术创新面临着更大的不确定性。
- 低碳化技术创新伴随着巨额的成本支出,在成本上缺乏竞争力。

因此,从现有的技术系统转向更可持续的技术系统需要作出巨大的转变,并且这种转变需要建立长期的、稳定的、一致的技术创新政策制度战略框架。这样的战略框架会鼓励支持对可持续创新的长期投资。荷兰所采用的转变方式可以作为一个很好的示例^[13]。它结合了技术领域长期的发展战略目标和未来远景的设想,并且有步骤的推进。当然,荷兰的转变方式之所以成功,是基于其长期以来政策制定的背景,不能直接复制到其他国家,却可以为其他国家提供一个有价值的参考。

3.3 政策工具与技术选择的多样化

在上述稳定、一致的战略框架内,需要综合运用多种政策工具。如前所述,技术创新由于其外部性和风险性的存在,市场失灵不可避免。而政策支持是技术创新过程中必不可少的催化剂。技术推动和需求拉动这两种政策在推动低碳化技术创新的过程中都起到非常重要的作用。同时,还必须注意到,通过税收、许可交易来内化环境外部性的做法需要对处于初期阶段的新技术和新技术潜在采纳者之间信息沟通的促进措施作为辅助。

由于单一的政策工具难以与企业发展中的不同阶段和各个环节不同的政策需求相匹配。因此,政策工具的多样化除了应包括不同类型的政策工具之外,还应该与低碳化技术发展的阶段相匹配,即在企业发展的不同阶段采取不同的政策支持手段。低碳化技术发展一般来说可分为研发、示范推广和产业化应用三个阶段。不同阶段的政策工具应有不同的侧重点。在研发阶段,政策的重点是通过资金支持、提供技术平台,甚至是直接参与等手段鼓励企业等研发主体参与技术研发。在示范推广阶段,政策的重点是通过税收优惠、投资与消费补贴等手段鼓励企业建设示范工程,扩大新技术产品市场。在产业化应用阶段,更多的依赖于新技术在市场本身的发展和表现,政策的重点是完善市场秩序,开拓渠道帮助企业参与国际新能源产业与

低碳产业的竞争。多样化的政策手段在有效满足资金需求的同时，使投资客体的风险和资产价值在不同层面逐步的展示出来，从而分散了创新风险。

正如单一的政策工具无法起到充分的激励作用，单一的技术也无法解决所有的问题，可供选择新技术的多样化也是必需的。显然，并不是所有的技术最终都会成功的成为未来的主流技术，无法提前预测哪个技术最终将在竞争中胜出。同时，在推动低碳化技术创新的明确目标下，可能存在着多种达到目标的技术发展路径。这些发展路径可能存在很大的差异^[14]。因此，支持多样化的选择是有价值的，即使将来同时存在继续推行或放弃的可能。

4 低碳化技术创新制度设计的政策要点

4.1 把创造适宜环境作为推动创新的主要手段

在市场经济的框架下，企业是技术创新的主体。政府往往不能直接有效地组织和推动技术创新，只能为技术创新创造环境。同时，我国仍处于经济体制的转型期，存在很多不利于技术创新的环境问题。因此，在向低碳经济转变的过程中，需要公共部门和企业、科研机构等私人部门的积极参与，两者扮演着截然不同却又互补的角色。政府作为低碳化技术创新的推动者，要明确转型过程中的主要问题，设定稳定一致的战略框架，充分发挥宏观调控的作用，并且担任着配置开发与优化社会资源、完善要素与价格机制、建立技术市场竞争格局、加强与创新主体之间的有机联系等任务。而企业则要有效组织与协调自身的人力、物力，提升企业自身技术优势，激发技术创新的内在动力。换句话说，政府应该确立企业在技术创新中的主体地位，在技术创新的过程中扮演配角而不是主角，把创造适宜的技术创新环境作为政府推动技术创新的主要手段。这不仅需要政府部门观念和行为的转变，减少行政干预，充分利用市场机制，还需要政府部门与企业之间更密切的沟通与联系，扶植企业自主创新。

4.2 综合运用相关政策工具

通过借鉴发达国家的成功经验，结合中国国情，政府要综合运用各种政策工具促进低碳化技术创新。要从技术推动和需求拉动两个方面，同时结合技术的不同发展阶段，深入研究这些政策工具的作用机制和实际绩效，进而建立一整套适用于我国实际的低碳化

技术创新政策制度体系，提高政策工具组合的连贯性和整体性，关注社会效益、环境效益与长远发展，采用学习机制，提高制度的适应性。

正是由于技术创新政策具有不同的特点，不同国家的政策重点也往往不同。当然，尽管各国政府对技术创新的支持手段是多样化的，其基本目的都是通过适当的制度安排，消除企业技术创新过程中的各种不确定性，构造高效的技术创新外部激励机制。可以说，技术创新过程中的多种不确定性就决定了政策工具选择的多样性。但不论政府出台何种政策，都必须为相应的政策提供足够的资金支持。否则，很难产生预期效果。在现实中，各种政策在很多方面都存在着交叉重叠的现象，或者说政策工具之间既有相互排挤作用又有相互补充的作用。促进低碳化技术创新的政策工具并非越多越好，而且由于不同的政策工具在引导方向上各有差异，为了达到最佳效果，必须谨慎地选择足以影响技术创新发展因素的工具，并注重工具手段的选择和相互配合。有研究显示，政府政策支持的促进作用随着支持强度的变化而变化，作用效果最开始是增加的，当支持强度达到某个阈值之后，作用效果就会降低^[15]。

4.3 建立技术创新系统解决碳锁定效应

技术创新可以降低不确定性，创造一系列的正外部效应，所以，技术创新一方面受锁定效应的制约，另一方面又有助于锁定效应的解除。技术创新不单单是从研发到新产品的单向、线性的过程，而是将技术可能与市场机会相匹配的过程。这个过程还涉及多种类型的交互作用和学习类型。所以，可以通过建立技术创新系统来解决碳锁定效应。

一个技术创新系统应包括所有影响该系统发展、扩散与应用的因素。一般来说，分为三个方面：

- 供应方的技术水平和研发能力。供应方的技术水平和研发能力提升向低碳经济转变的潜力，如提高了资源的利用效率，用清洁能源替代化石燃料，提供必需的低排放或零排放能源服务等。
- 需求方的市场吸收能力。需求方的市场吸收能力扩大了市场对低碳化技术的需求，推动对低碳化技术研发的投资。
- 制度框架。建立配套的技术创新政策体制，运用制度手段将低碳经济转变过程中产生的外部效益内部化。

此外，技术创新系统与学习效应是密不可分的。低碳化技术受益于学习效应，从而带来了成本降低、绩效改进，其竞争优势将日益凸显。低碳经济的实现需要整体创新系统的支持，采用一套混合的、连续的技术和制度工具，依靠知识和信息反馈回路不断学习与改进。

4.4 制定适合国情的技术发展路线

从实践来看，发达国家通常根据本国经济发展的现状、技术的传统和技术上的比较优势确定本国的技术发展路线。我国在进行低碳化技术的选择时，既要考虑当今世界低碳化技术的变化趋势，又要结合我国经济发展的状况、能源结构和技术传统，注意发挥我国的比较优势，制定适合我国国情的技术发展路线。

某种技术是否理想不是由其运用难易程度来决定的。以低碳发展为目标和理念来指导技术选择会改变未来技术发展趋向和发展标准。传统技术评价是考虑技术的成熟度和经济性能。现在还要增加两个维度，即要考虑这个技术对国家能源安全的改善和环境相适合的环境排放的减少。

此外，“富煤、少气、缺油”的资源条件决定了中国能源以煤为主，电力供应主要来源于煤炭发电，短期内从化石燃料转变为替代能源是不现实的。并且，考虑到清洁能源技术商业化运用的长期性及当今世界以煤炭为基础的能源结构的锁定效应，加快推进以煤为代表的传统化石能源低碳化利用是比较现实的战略选择，应加快发展煤炭低碳化利用的相关技术。如碳捕获和储存技术保留了现有大部分能源基础设施，如电网、生产和传输设备以及终端技术。该技术在碳锁定的情况下是基本可行的，兼顾了现实条件和各方需求，有利于形成广泛利益联盟，对于碳锁定条件下的低碳化技术创新有推动作用。

致谢

感谢上海市曙光人才计划项目（08SG30）“新能源汽车技术扩散与交通技术系统演化—基于 agent 的

建模和分析”的资助。

References (参考文献)

- [1] Fisher K, Schot J. Environmental strategies for industry[M]. Washington, DC: Island Press, 1993.
- [2] Grubler A, Nakicenovic N, Nordhaus WD, editors. Technological change and the environment [M]. Washington, DC: RFF Press, Resources for the Future; 2002.
- [3] Hemmelskamp J, Rennings K, Leone F, editors. Innovation-oriented environmental regulation: theoretical approaches and empirical analysis, ZEW economic studies [M]. Heidelberg: Physica-Verlag, 2000.
- [4] Arthur WB. Increasing returns and path dependence in the economy[M]. University of Michigan Press, 1994.
- [5] Mytelka L, Smith K, Policy Learning and Innovation Theory: An Interactive and Co-evolving Process. *Research Policy* 2002, (31), P1467-1479.
- [6] Malerba F, editor. Sectoral systems of innovation: concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [7] Weber M, Hemmelskamp J, editor. Towards environmental innovation systems[M]. Berlin: Springer, 2005.
- [8] Rennings K, Kemp R, Bartolomeo M, Hemmelskamp J, Hitchens D. Blueprints for an integration of science, technology and environmental policy (BLUEPRINT)[R]. Final Report of 5th Framework Strata project, 2003.
- [9] Alic J, Mowery D, Rubin E. U.S. technology and innovation policies: lessons for climate change[R]. Pew Center on Global Climate Change, November 2003.
- [10] Huang Hai, Developed Countries' Experience and Enlightenment of Low-carbon Policy[J], *Environmental Economy*, 2009,(11), P19-22(Ch).
黄海，发达国家发展低碳经济政策的导向及启示[J]，*环境经济*，2009,(11)，P19-22.
- [11] U.S. Energy Information Administration. Annual energy outlook [R]. Washington, DC,2010.
- [12] Foxon TJ, Kemp R, Marinova D, editor. Innovation impacts of environmental policies[R]. International handbook on environment and technology management, 2004.
- [13] Kemp R, Rotmans J. The management of the co-evolution of technical, environmental and social systems[R]. In: Matthias Weber, Jens Hemmelskamp, editors. Towards environmental innovation systems. Berlin: Springer Verlag, 2004.
- [14] Tiejun Ma, Coping with Uncertainties in Technological Learning[J]. *Management Science*, 2010,56(1),P 192-201.
- [15] Tim Foxon, Peter Pearson, Overcoming Barriers to Innovation and Diffusion of Cleaner Technologies: Some Features of A Sustainable Innovation Policy Regime[J], *Journal of Cleaner Production*, 2008,(16),P148-161.
- [16] Wen Yuan, Analysis on Technology Innovation and Instruments Selection[J], *Science and Technology Management Research*, 2009,(8),P47-49(Ch).
闻媛，技术创新政策分析与工具选择[J]，*科技管理研究*，2009,(8)，P47-49.