

低碳创新的技术发展路线图*

吴昌华

(气候组织 北京 100028)

摘要 低碳技术创新与应用是成就中国特色低碳之路的重要保障,应合理规划低碳技术发展路线图,包括明确重要技术领域、识别关键技术发展路径、探索技术创新的政策措施。整体来说,应通过增加研发投入、创立完善的科技创新体制、确立企业作为新主体的地位等策略进一步提高中国低碳技术的自主创新能力。对于具体技术来说,能源供应、交通、建筑和工业领域的关键低碳技术普遍面临着技术研发、成本或市场等方面的挑战,应当正确识别技术特征,制定适合技术发展阶段的政策措施,通过政策创新解决低碳技术发展关键障碍。

关键词 低碳技术,路线图,自主创新,政策创新

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2010.02.003



气候组织大中国区总裁吴昌华

中国正在走低碳发展的道路,提出到2020年单位GDP CO₂排放比2005年下降40%—45%的宏伟目标。从中长期来看,中国若要实现控制温室气体排放的目标,现有的和前瞻性低碳技术的部署与应用至关重要。因此,合理规划技术路线图,包括明确重要技术领域、识别关键技术发展路径、探索技术创新的政策保障,是成就中国特色低碳之路的重要保障。

1 技术成就低碳之路

1.1 技术路线图研究概述

低碳技术发展的路线图是当前国内外

研究机构的关注点之一,相关研究主要采用两种思路:以模型情景分析为核心和以技术预见为核心。

以模型情景分析为核心的低碳技术路线图,在对低碳技术特性和潜力进行详细分析的基础上,通过模拟政策措施和技术发展情景对未来能源消费和温室气体排放所产生的影响,认清技术发展过程中的关键问题,从而对技术发展路径提出建议。代表性的研究包括IEA^[1,2]提出的全球能源科技发展路线图、姜克隽等^[3]发布的中国中长期能源与温室气体排放情景和技术路线图等。

以技术预见为核心的技术路线图则是在综合考虑保障能源安全的需求和实现社会经济可持续发展要求的前提下,以技术预见结果为主要依据,得到的关键技术发展目标 and 实现路径。国家科技路线图的相关研究多以技术预见为基础,代表性的研究包括中科院能源领域战略研究组^[4]编制的“中国至2050年能源科技发展路线图”、国家技术前

* 收稿日期:2010年3月5日

瞻课题组^[5]绘制的节能减排技术路线图等。

技术路线图的研究能够帮助中国把握创新方向、提高创新效率。但目前的研究大多比较宏观,目的是为国家的战略选择提供建议。更加细致的信息,包括核心技术发展方向、中国与国际先进水平的差距、国际先进技术的潜在获得渠道等,对于提高研发主体(尤其是企业)的创新效率非常重要。在未来,除了战略层面的技术发展路线图外,为研发主体服务的技术路线图也是一个值得关注的方向。

1.2 关键技术选择

低碳创新的关键技术领域包括能源供应、交通节能、建筑节能以及工业节能。中国在低碳发展过程中,对低碳技术、污染控制技术和能源安全技术的战略部署紧密联系

在一起。从整体的战略部署来说,由于资源禀赋的限制,应继续在煤炭清洁高效利用方面进行技术创新和应用;除了清洁能源发电和能效技术之外,对保障可再生能源并网与高效利用的电网安全稳定技术也应当给予高度重视;在推动现有技术的研发和应用的同时,需要将国际前沿的新型能源技术纳入战略目标当中。另外,由于科学技术发展具有不确定性,先进技术(如CCS、新一代生物燃料、可再生能源的规模化应用、纯电池电动汽车等)的研发和应用存在延迟或失败的风险,低碳技术的战略选择应面向一系列关键技术的组合,从而确保实现能源安全和减排目标具有可选择的弹性^[6,7]。表1给出了中国低碳发展的关键技术和大规模应用的时序。

表1 中国低碳技术应用路线图

时 间	第一阶段 2010—2020年	第二阶段 2021—2035年	第三阶段 2036—2050年	远期 2050年以后
能 源 供 应	水力发电	风力发电	氢能规模利用	
	第一代生物质利用技术	薄膜光伏电池	高效储能技术	核聚变
	超超临界发电	太阳能热发电	超导电力技术	海洋能发电
	IGCC	电厂CCS	新概念光伏电池	天然气水合物
交 通	单/多/非晶硅光伏电池	分布式电网耦合技术	深层地热工程化	
	第二代和第三代核电	第四代核电		
	燃油汽车节能技术	高能量密度动力电池	燃料电池汽车	
建 筑	混合动力汽车	电动汽车	第二代生物燃料	第三代生物燃料
	新型轨道交通	生物质液体燃料		
	热泵技术			
	围护结构保温			
	太阳能热利用	新概念低碳建筑	新概念低碳建筑	新概念低碳建筑
工 业	区域热电联供			
	LED照明技术			
	采暖空调、采光通风系统节能			
	工业热电联产	工业CCS	工业CCS	工业CCS
工 业	重点生产工艺节能技术	先进材料	先进材料	先进材料
	工业余热、余压、余能利用			

资料来源:中科院能源领域战略研究组,2009;中国发展低碳经济途径研究课题组,2009;国家技术前瞻课题组,2008



中国科学院

1.3 技术创新路径

与传统领域相比,低碳技术被认为是中国在经济发展过程中实现“弯道超车”的机遇,但同时也面临着自主创新、突破核心技术的压力。应根据国内技术创新的优势和劣势,考虑市场需求的变化,扬长避短,选择合适的技术创新路径。例如,对于中国尚无完整研发支撑体系或自主研发在时间上已经无法满足需求的技术,需要以“引进—消化—吸收”为主;在中国与合作方都有巨大潜在市场时,科研投资过大的战略储备技术或中国有一定研究基础的技术,可将联合开发作为主要途径;战略性的、尚处于科学探索阶段的、中国有望掌握核心部分的或国外实行技术封锁的技术,需要以自主研发为主要途径。

1.4 成本与投资

中国实现能源强度降低的目标面临着巨额投入所带来的挑战。“十一五”期间,中国每年为减排技术的应用投入的成本接近GDP的1%,且随着减排的深入和正成本技术应用比例的增加,所需投入将持续增加^④。对于具体技术来说,其应用成本或前期投资较高,也对技术的推广提出了不同的挑战。例如,建筑、交通运输领域的资本密集型的负成本技术的规模化应用需要实现较大的融资规模,而电力、钢铁和化工等领域前期

投资较低的正成本技术的推广则需要政府给予充分的经济激励。

与此同时,中国还面临很多机遇来实现减排目标:(1)中国潜在的市场规模巨大,且政府一直致力于推进技术本

土化,这使得减排技术在规模化应用时的低成本成为可能;(2)在中国建立新企业新设备的成本低于在发达国家改造更新旧企业旧设备的成本;(3)目前中国资金相对充裕,可以满足资本密集型的负成本技术在推广过程中所需要的高投资;(4)在政府的合理引导下,原本投向高碳领域的资金可能转而投向低碳技术,使得对额外投资的需求减少。

无论是对于全球还是对于中国而言,低碳技术的创新与应用都是未来实现温室气体减排的重要保障。国际社会主要以减少温室气体排放为出发点,呼吁各国政府全力部署低碳技术的发展;中国则将节能技术、污染控制技术和能源安全技术紧密结合在一起进行战略部署,“生态文明”、“绿色经济”和“低碳经济”等理念一脉相承,这是根据中国国情做出的正确选择。虽然随着减排行动的深入将需要越来越多的资金投入,但中国仍面临着很大的机遇能够成功地完成政府所制定的宏伟目标。

2 技术发展阶段及其面临的障碍

低碳技术的发展可能面临技术障碍、成本障碍及其他障碍,低碳技术在不同发展阶段(图1)所面临的障碍有所差异。表2中依据关键的低碳技术在全球发展的先进水平,识别出目前面临的主要障碍。

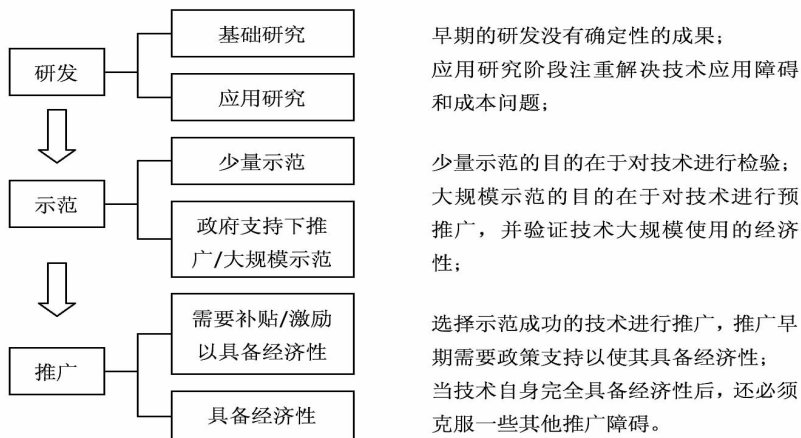


图1 技术发展阶段

表 2 重要技术发展的障碍

领域	技术	技术障碍		成本障碍		成本有效, 但仍面临其他障碍
		研发	示范	推广 (增大规模)	推广 (经济刺激)	
能源供应	水电				●	●
	生物质发电	○	○	○	●	
	地热发电	○	○	○	●	
	风力		○	●	●	○
	太阳能光伏	○	●	●	●	
	聚光太阳能	○	●	●	●	
	海洋能	●	●	●	●	
	氢能	●	●	●	●	
	先进的煤蒸汽循环	○	○	○	●	
	整体煤气化联合循环		●	●	●	
	CCS+IGCC (煤)	●	●	●	●	
	核能 (四代)	●	●	○	●	
	大规模高效储能技术	●	●	●	●	
交通	车辆燃料经济性改善				○	●
	混合动力汽车	○		●	○	
	电动汽车	●	○	●	●	
	乙醇燃料车辆				●	
	氢燃料车辆	●	●	●	●	
	生物质液化制取的生物柴油				●	
	谷类、淀粉和糖类制取乙醇				●	○
纤维素制取乙醇	●	●	○	●		
建筑	区域供热供冷系统				○	●
	建筑物能源管理系统	○	○	○	○	●
	LED照明	○	○	●	●	●
	地源热泵			○	○	●
	家用电器			○	○	
	建筑物保温技术	○	○	○	○	●
工业	太阳能供热和制冷		○	○	●	●
	热电联产技术				○	○
	电机系统					●
	蒸汽系统				○	●
	基础材料生产工艺创新	●	●	○	○	
	燃料替代				●	
	原材料替代	●	●	○	○	
工业二氧化碳捕集与封存	●	●	○	●		
工业能源中心			○	○	●	

注: 1 根据 IEA(2008)、中科院能源战略研究组(2009)的研究结果进行整理

2. ●表示在目前很重要的障碍, ○表示在目前不太重要但是仍有影响的障碍

中国低碳技术研发基础与国际先进水平的差距在 7—10 年或者更长, 技术发展面临更加复杂和严峻的障碍^[5]。由于科研单位、产业内部和终端用户所接触到的信息和所

关注的利益点不同, 各方对具体技术发展现状的判断也有所差异。准确判断技术现状是识别发展障碍的重要基础, 但目前尚缺乏全面而深入的研究, 这是未来研究工作中一个



中国科学院

值得关注的方向。

3 政策创新推动技术发展

低碳技术的发展需要平衡创新链条(图2)上各种推动性与拉动力因素,以及在不同创新阶段提供政策引导与支持^[7,9]。按照发展阶段,低碳技术可分为战略性/前瞻性技术、创新性技术、成熟技术和商业化技术。政策的制定应充分考虑各类型技术的发展现状和障碍,找到成本最有效的切入点,以降低政策成本并实现收益的最大化。

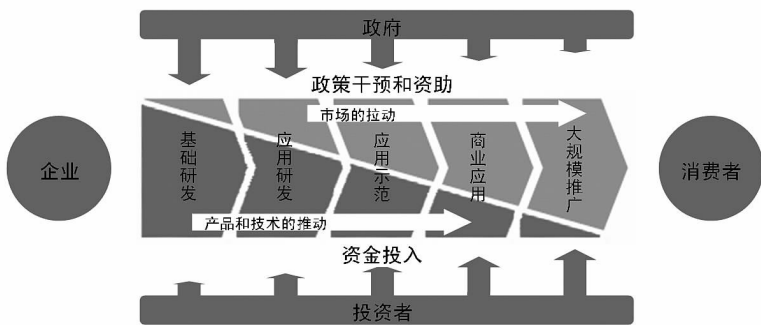


图2 技术创新链条概念模型

3.1 战略性/前瞻性技术

战略性/前瞻性技术是尚处于基础研究期,但未来有巨大应用潜力的或代表世界科学发展趋势的技术,核聚变、海洋能、天然气水合物和CCS等技术属该范畴。此类技术在国际上尚处于探索阶段,中国应紧密跟踪国际前沿并进行战略性自主研发,并大力支持原始创新,争取未来能够引领世界。相关政策包括:

- (1)将技术研发提升到国家科技战略层面,建立保障技术战略性研发的制度安排。
- (2)为研究提供充裕的资金支持。中国与发达国家在此类技术的研发水平上没有明显差距,只有进一步加大科研投入力度,才能保证未来中国在低碳技术发展中处于有利地位。
- (3)建立与国际研究资源对接的机制。

一方面,紧密跟踪国际前沿进展,包括研究思路、策略、成果等;另一方面,积极寻找合作研发机会,加强国际合作和联合研发。

3.2 创新性技术

创新性技术指处于应用研发期,并已进行了少量示范的技术,电池电动汽车、氢燃料电池汽车、新型薄膜太阳能电池和海上风电等技术属于此范畴。企业是此类技术创新和扩散的主体,政策应致力于推动企业创新行为和创新能力建设,并为未来技术产业化

打好基础。相关政策包括:

- (1)对技术的适用性和发展前景进行谨慎判断。对于前景尚不明朗的技术应先做好示范工程,并在此基础上对技术适用性进行评估。如果某项技术在中国未来的发展中可能面临重大

瓶颈,在政策资源有限的情况下,应优先考虑替代性技术。

- (2)搭建技术创新平台,主要政策包括推动产学研联合、重视基础技术和共性技术研发等。
- (3)推动国际合作。政府应搭建国际合作平台,鼓励、支持企业和科研机构开展与具有国际经验和最佳实践的国外团体、组织、企业进行对接,并充分发挥商业促进组织在企业的跨国合作中的作用。
- (4)为企业技术研发提供资金激励。政府给企业研发资助的绝对额及占企业科技经费筹集额的比重应当进一步增加,且在资助对象上应适当向民营企业倾斜。
- (5)为孕育创新型低碳企业创造条件。目前多数企业尚未形成核心技术创新能力,创新的组织机制也不完善,应重视培养企业

的创新能力。

(6)着手产业技术路线图的编制。同一个领域创新性技术往往会有多种不同的技术和研究方法,制定路线图可以对产业的技术发展进行统筹。

(7)为技术在未来获得市场准入创造条件。限制性法规或被垄断性企业支配的市场可能导致创新性技术在未来推广的失败,公平竞争政策对于推动此类技术的发展至关重要。

3.3 成熟技术

成熟技术主要指技术已基本成熟,并开始进行大规模示范推广的技术,主要包括提高车辆燃油效率、改进现有风能和太阳能技术以提高其经济性、改进工艺以提高LED照明的发光率和寿命等。此类技术主要通过市场竞争来占有市场并实现成本下降,对于近期不具备市场竞争力但出于减排考虑而需求迫切的技术,政府需要进行扶持。可能的政策包括:

(1)对于引进的技术,应重视培养企业的消化、吸收和再创新能力,快速促进技术和产品的本土化。“以市场换技术”策略曾推动中国多项低碳技术的创新与发展,但单纯引进技术的模式是不可持续的,引导企业增强对国外技术的消化、吸收和再创新能力更为重要。

(2)对于已掌握核心技术的或中国自主研发的技术,应当采取适当的财政补贴促进技术的推广。一方面可以通过消费端补贴推动正成本技术在国内的推广,另一方面应扩展有竞争力的自主知识产权技术和产品(如太阳能热水器、小水电等)在海外市场的应用。

(3)解决低碳技术与传统技术互补性所造成的推广障碍,途径包括提高自然资源的价格、政府限制互补性高碳技术的发展等。

(4)利用政府采购为技术创造市场,建

立长效机制来推动低碳产品的政府采购十分必要。

(5)为技术或产品推广提供基础设施条件的支持。

(6)完善行业标准体系,以达到规范市场的作用。

(7)在最适合推广的区域出台鼓励措施,推动大规模产业基地和产业集群的形成。

3.4 商业化技术

商业化技术指技术具备经济性并实现商业化,但其大规模应用仍可能面临其他障碍的技术。政府需要坚持以市场为导向,辅以相关政策,方能快速推动此类技术的大规模商业化应用。相关政策包括:(1)完善第三方标识系统,帮助消费者识别高能效产品;(2)完善法规和标准,并增强监管力度;(3)对直接选用技术的利益相关方给予财税政策鼓励;(4)鼓励适宜的商业模式的发展;(5)技术的推广与能力培训同步;(6)加大舆论宣传和信息传播的力度。

4 政策建议

在“十二五”期间,虽然结构性节能减排的重要性比“十一五”期间可能会有所增加,但低碳技术的应用仍将是实现节能减排目标、步入低碳发展之路的中坚力量。中国低碳创新的关键技术领域主要包括:以煤炭洁净发电技术、核能技术、氢能技术、可再生能源规模利用技术和电网安全稳定技术为主要内容的清洁能源技术;以及以工业节能、交通运输节能和建筑节能为主要内容的能源高效利用技术。

与发达国家相比,中国发展低碳经济的机遇在于同时具有成本优势和制造业基础,挑战则在于自主创新能力较弱、核心技术受制于人。未来,只有政策创新与技术看创新相结合,方能成就中国的低碳创新之路。推动技术创新的政策创新要点在于:



中国科学院

(1)政策要适应技术的发展阶段,解决关键障碍。战略性和前瞻性技术应当建立组织机制并加大研发经费投入,争取未来在国际上占领技术的制高点;创新性技术应当推动企业创新行为和能力建设,并为未来技术产业化打好基础;成熟技术应当为技术推广创造市场和产能的准备,同时大力推动引进技术本土化和再创新进程;商业化技术则要通过政策创新解决市场缺陷导致的障碍。

(2)增加研发投入,创立完善的科技创新体制,提高中国在低碳技术领域的创新能力。中国目前自主创新能力不强,一方面因为中国的创新体系尚未完善、创新基础薄弱,另一方面也因为国家在低碳技术上的研发投入有限。低碳产业已是公认的世界经济的潜在增长点,增加政府和企业的研发投入、自主创新并掌握核心技术,是中国的当务之急。尤其是在一些前瞻性领域中,中国与世界先进水平并没有明显差距,政府更应加大研发工作的资金投入,才有可能在未来占领世界低碳及节能减排技术竞争的制高点。

(3)通过政策引导与支持,真正确立企业作为低碳技术创新主体的地位。第一,通过完善创新平台、推动产学研合作等方式,提升企业的创新能力;第二,对企业发展战略进行引导,培养企业的创新意识,引导企业在技术创新与传统业务、短期利润与长期发展之间做出合理的战略选择;第三,利用政策扩大新技术的市场需求,为企业的创新行为创造动力;第四,采用财政补贴和税收政策对企业的研发和创新行为给予直接的资助,有效地平衡企业风险与回报,增强企业创新的动力。

(4)重视规范企业对技术的消化、吸收和再创新行为。应明确规定企业在技术引进项目中应承担相应的国产化率责任,并出台

相应的约束和监督机制来规范企业行为。

哥本哈根气候大会所取得的成果十分有限,中国在未来将继续争取有利于中国低碳创新的国际环境。但无论如何,中国走符合国情的低碳道路的方向与决心不应改变。中国政府已经提出了到2020年单位GDP CO₂排放比2005年下降40%—45%的宏伟目标,将会一步一个脚印地迈向低碳未来。现有的政策对于技术发展已起到了积极的作用,尽管在各方面仍存在着严峻的挑战,但政策创新和技术创新的结合将会成就中国未来的低碳创新之路。

主要参考文献

- 1 IEA. Technology energy perspective 2009: scenarios & strategies to 2050. Paris: IEA, 2008.
- 2 IEA. Energy Technology Roadmaps: Charting a low-carbon energy revolution. Paris: IEA, 2009.
- 3 姜克隽等. 中国的低碳发展情景和技术路线图. 见:中国科学院可持续发展战略研究组. 2009 中国可持续发展战略报告:探索中国特色的低碳道路. 北京:科学出版社, 2009, 132-171.
- 4 中国科学院能源领域战略研究组. 中国至 2050 年能源科技发展路线图. 北京:科学出版社, 2009.
- 5 国家技术前瞻课题组. 中国技术前瞻报告 2006-2007: 国家技术路线图研究. 北京:科学技术文献出版社, 2008.
- 6 Tony B et al. Breaking the climate deadlock: Technology for a low carbon future. London: The Climate Group/The Office of Tony Blair, 2009.
- 7 邓梁春,王毅,吴昌华. 破解全球气候僵局——以低碳技术的开发应用构建低碳未来. 气候变化展望, 2009, (2): 1-17.
- 8 麦肯锡. 节能减排的坚实第一步:浅析中国“十一五”节能减排目标. 麦肯锡, 2009.
- 9 E3G. Innovation and technology transfer: framework for a global deal. London: E3G, 2008.

10 中国发展低碳经济途径研究报告课题组. 中国发
展低碳经济途径研究.见:国合会政策研究报

告 2009.北京:中国环境与发展国际合作委员会
2009 年年会,2009.

Roadmap of Technology Development for Low Carbon Innovation

Wu Changhua

(The Climate Group 100028 Beijing)

Low carbon technology innovation and application are the essential guarantee for China to achieve a low carbon development path with Chinese characteristics. It is necessary to reasonably make planning of the roadmap of China's low carbon technology development, which covers making clear the key technology fields, identifying development path of key technologies and the supportive policies required, exploring policies and measurements for technological innovation. As a whole, it is necessary by increasing national and local R&D investment to create perfect scientific and technological innovation system, and establishing the strategies such as putting enterprises/businesses at the position of the new main body, to further enhance China's low carbon technology self-innovation ability. As for actual technologies, key low carbon technology of energy supply, transportation, building and industrial fields in China now are challenged by technological R&D, as well as cost or market. It is necessary to correctly identify technological characteristics, to formulate policies and measures suitable for development stage of technology in China today, and remove the key barriers for low carbon technology development by policy innovation.

Keywords low carbon technology, roadmap, self-innovation, policy innovation

吴昌华 国际性非营利机构——气候组织大中国区总裁,英国前首相布莱尔专家顾问组成员。获中国社会科学院新闻所法律硕士学位和美国马里兰大学环境政策硕士学位。作为气候组织“全球示范先行项目”的带头人,在中国率先推动包括金融机构、企业、政府三方在内“低碳解决方案”,加速这些解决方案在城市范围内规模化的过程。E-mail: Cwu@theclimategroup.org



中
國
科
學
院