

# 新能源产业技术路线研究述评

薛伟贤 曹 佳

(西安理工大学经济与管理学院, 陕西 西安 710054)

**摘要** 依托创新技术而产生的新能源产业是我国转变经济增长方式、调整能源结构的战略性新兴产业之一。本文从技术路线制定过程的视角出发,对当前国内外学者关于新能源产业技术研发、技术预见和技术路线图三个方面的相关研究进行了梳理,发现在技术研发方面,大多学者只对新能源技术现状进行分析,缺乏技术指标及量化模型,主观性过强;在技术预见方面,主要使用德尔菲法,同时结合文本挖掘法、情景分析法等方法,主要针对某产业(如太阳能发电产业)技术的发展趋势进行预测,缺乏对新能源产业整体性预测;在技术路线图方面,现有研究主要是在技术扩散模型或专利分析法基础上制定路线图,国内研究多基于主观论断,对路线图进行描述性分析,可见在新能源产业技术预见方法和技术路线制定方面还有待于学术界更进一步的探索研究。

**关键词** 新能源产业; 技术预见; 技术路线; 述评

中图分类号 F206

文献标识码 A

文章编号 1002-2104(2014)03-0276-04

随着我国对低碳经济、能源安全问题的重视,新能源产业在政策扶持下获得快速发展,到 2010 年我国新能源年利用量达 3 亿吨标准煤,占年能源消费总量 9.6%。但我国新能源产业还处于初级阶段,核心技术与国际先进水平还有一定差距,这就要求我国要明确新能源产业的技术路线,提升我国新能源产业的竞争力。目前,已有不少学者对新能源产业技术发展路线问题展开研究,本文从技术路线制定过程的视角出发,对新能源产业的技术研发、技术预见和技术路线图三个方面的研究分别进行梳理和评述。

## 1 新能源产业技术研发

与传统产业相比,新能源产业发展的核心是技术创新与研发。目前,学者们大多从研发水平和关键技术识别两方面对新能源产业的技术研发展开研究。

### 1.1 研发水平

研发水平是衡量技术水平高低的重要指标,对现有技术研发水平的总结不但有助于企业把握技术发展方向,还可以帮助政府理性认识我国新能源产业的技术发展现状,制定适当的产业发展政策。

少数学者使用规范研究方法对我国新能源产业技术发展现状进行分析,认为我国新能源技术水平总体较低,

尚处于初级发展阶段,其中只有部分技术达到世界领先水平。王峥等<sup>[1]</sup>认为我国太阳能热利用产业在核心技术等方面处于世界领先水平,但光伏发电发展相对缓慢。高艳波等<sup>[2]</sup>认为我国目前在海洋能利用方面拥有较成熟技术。

大多数学者采用实证研究分析我国新能源产业技术研发水平,发现我国核心技术发明专利较少,技术发展仍处于起步阶段。如唐恒等<sup>[3]</sup>以江苏省太阳能利用和洁净煤气化的专利情况为例,认为我国在这两领域已拥有一定自主知识产权,但专利申请质量低下,专利实施效果较差;潘雄峰等<sup>[4]</sup>利用专利分析法对我国 1990-2008 年新能源技术应用水平和积累轨迹分析,发现我国新能源产业的专利类型以实用新型专利为主,并呈现逐年增长的趋势,且主要分布在东部地区。

专利在一定程度上能反映新能源产业技术研发水平,但有学者认为这一个指标对技术发展水平进行测度是不全面的,如阮娴静等<sup>[5]</sup>列出了决定新能源汽车技术发展的 5 维指标体系,利用模糊综合评价法对新能源汽车优劣性进行评判,并得出中长期技术发展路线。

### 1.2 关键技术识别

新能源包括太阳能、风能等十多个领域,每个领域内包含几十甚至上百个技术课题,因此,识别出关键技术,把有限资源投入关键领域,是每个企业必须把握的方向。国

收稿日期:2012-06-11

作者简介:薛伟贤,博士后,教授,博导,主要研究方向为国际商务与环境管理。

基金项目:陕西省教育厅科学研究项目(编号:2010JK186),西安市软科学研究项目(编号:HJ1105(1)),陕西省重点学科建设专项资金资助项目(批准号:107-00X901)。



外很多学者应用多目标分析法(Multi-criteria model)研究新能源关键技术的识别问题,如H. Afgan等<sup>[6]</sup>应用多目标分析法计算新能源领域不同技术的可持续指数,表明风能、水电相关技术可持续性较好,应重点发展;Evans等<sup>[11]</sup>提出可再生能源发电技术的可持续评价指标,并以此为基础对风能、水电、光伏等可再生能源发电技术进行综合评价与排序,得出风能可持续性最好,相关技术应作为关键技术优先发展。

国内对新能源关键技术识别的研究刚刚起步,大多在新能源技术现状分析的基础上,对关键技术进行理论分析和识别,缺乏相应的技术指标及量化模型,研究结果主观性较强,这些成果对我国新能源产业发展具有一定的参考价值。汤天浩<sup>[8]</sup>提出了电力电子变换、电能存储、电能管理与电能质量控制在新能源供电系统中的核心作用。谭钢等<sup>[9]</sup>从技术层面切入,通过技术专利概况推测出生物质能的技术发展趋势,并分析了生物质燃料乙醇、生物质复合成型燃料技术、生物柴油三种技术的空白领域。

从以上学者对新能源关键技术识别的研究中不难发现,无论理论方法还是研究范畴方面都很匮乏,有待国内外学者的进一步探索和研究。

## 2 新能源产业技术预见

技术预见是科技管理领域重要的战略工具,被各国用来确定科学技术发展的优先领域,它不仅可以帮助政府确定战略性技术领域,还可以选出对经济、社会利益最大化的通用技术。自1995年以来,英国技术预见专家B. Martin、经济合作与发展组织(OECD)、亚太经合组织(APEC)先后对技术预见给出定义。一般研究性文献中基本沿用了APEC的表述,即技术预见是对科学、技术、经济和社会未来长期发展进行系统探索的过程,目的是选定可能产生最大经济、环境与社会效益的通用新技术和战略研究领域。现阶段国内外学者在新能源产业技术预见方面对技术发展影响因素和发展趋势进行了大量研究。

### 2.1 研究角度

#### 2.1.1 技术发展的影响因素

新能源是典型的技术密集和资金密集型产业,离不开相关政府补贴与优惠政策,也离不开资金的支持。因此,当前不少研究都十分关注政策和资金两个因素对新能源技术发展的影响。

在政策方面,国内外相关研究都表明政府的支持、激励是加速新能源技术发展的关键因素。Cantono<sup>[10]</sup>通过仿真研究发现政府补贴政策可激发技术的扩散,刺激新能源产业发展,但不同补贴政策往往效果不同。Ibenholt<sup>[11]</sup>对丹麦、德国和英国三个国家风能学习曲线,通过引入政

策变量,把3个国家风能开发利用差异归因于空气动力条件和政策的不同,激励政策措施可能导致成本大幅降低,可以促进新能源技术发展。

在资金方面,新能源技术研发通常是资金密集项目,普遍存在筹资困难和缺乏,有效的投融资机制的问题。如Neij<sup>[12]</sup>认为新能源技术在降低成本方面比传统能源更具优势,要让风电和光伏发电相较传统电厂在经济上具有优势,还需大量投资;Rio等<sup>[13]</sup>运用进化经济模型分析西班牙风能和太阳能光伏的技术扩散,得出太阳能发电规模小于风能发电规模,这源于太阳能发电项目投资回报较低以及融资困难等因素。

从当前研究中不难发现,大多数学者肯定了政府政策扶持和资金投入的重要作用,但忽略了影响新能源技术发展的其他因素,如市场规模、知识产权保护等。一种新能源技术在进入市场初期,市场规模对其经济性具有决定性影响,对新能源技术知识产权保护不健全会导致很多技术秘密被国外窃取,影响我国新能源技术发展,遗憾的是很少有研究去深入探索这些因素对新能源技术发展的影响。

#### 2.1.2 技术发展趋势

新能源技术是新能源产业技术预见的研究对象,对新能源技术发展趋势的探索是技术预见的核心内容。目前大多数学者以新能源相关文献为研究对象,采用数学、统计学等计量方法,诸如文献计量法和引文网络分析法,研究文献分布结构、数量关系等,探讨新能源技术特征和规律。钟永恒等<sup>[14]</sup>使用文献计量法分析2000年以来我国在太阳能、风能、核能领域的科研成果及发展趋势,得出文献数量从高到低排名依次是太阳能、风能、核能,未来在风能与太阳能较充足地方促进这两种新能源的利用,在能耗需求较高而不具备发展其他新能源的地区部署核能建议。Kajikawa等<sup>[15]</sup>使用引文网络分析法对新能源领域的新兴研究进行跟踪分析,证实在新能源领域中燃料电池技术和太阳能电池技术增长比较迅速。

除上述研究方法外,还有学者对我国新能源产业技术发展趋势进行理论描述,如王开科<sup>[16]</sup>分析光伏产业发展对能源结构优化、产业经济、节能减排的正效应,提出我国光伏产业发展的战略路径。

在对已有文献梳理中不难发现,当前研究已对新能源产业技术发展趋势作出探索性预测,但这种预测多基于主观论断,并没有运用科学严格的方法论述,大多只对发展方向进行理论判断,且主要针对某个产业(如太阳能发电产业)的技术趋势预测,缺乏对新能源产业整体性预测。

### 2.2 研究方法

目前技术预见主要采用德尔菲法,此外还有一些辅助方法,例如文本挖掘法、情景分析法、专利分析法等。



德尔菲法又称德尔菲预测或专家预测法,由于其最能体现技术预见的“5C特征”,被首先应用于技术领域。德尔菲法包括经典德尔菲法、大规模德尔菲法、市场德尔菲法。经典德尔菲即传统德尔菲法,是各国技术预见的基础。1999年以来,我国信息产业部每年所发布的《信息技术领域专利态势分析报告》中都运用德尔菲法统计信息技术领域专利申请、授权情况,在此基础上做出预测,发布预警信息、指引产业发展。大规模德尔菲法是由传统德尔菲法派生出来的,具有专家人数多、调查范围广等特征。孙中锋<sup>[17]</sup>采用大规模德尔菲调查法,对日本第六、七次技术预见进行研究,参与专家包括政府、企业等社会各方面,人数不局限于十几个,所涉及问题除技术本身外,还增加技术对经济、社会的影响。此外,在大规模德尔菲法基础上,通过引入市场维度,提出了基于中观(产业)的市场德尔菲法,如崔志明等<sup>[18]</sup>将“市场”维度引入大规模德尔菲法,强调市场需求定位,重视产业界的积极参与。

除单纯使用德尔菲法进行技术预见,一些学者将文本挖掘法、情景分析法等与德尔菲法结合使用,使技术预见结果更完善和准确。丁堃<sup>[19]</sup>将德尔菲法与文本挖掘相结合,克服德尔菲法的部分局限性,刘光富等<sup>[20]</sup>应用情景分析法分析汽车产业技术需求。将55项备选技术归到代用燃料、电动、混合动力、燃料电池、共性技术和清洁柴油六大汽车技术中,通过大规模德尔菲遴选出12项关键技术,最后得出我国新能源汽车产业的发展路径。

### 3 新能源产业技术路线图

技术路线图在国外被广泛运用于企业、产业以及国家关键技术规划和管理上,我国引入技术路线图的概念较晚,目前研究也不多。总体来看,技术路线图是一种技术规划的管理工具,现有研究主要从技术路线图制定依据方面入手,包括基于技术扩散的技术路线图和基于技术专利的技术路线图两个角度。

#### 3.1 基于技术扩散的技术路线图

不少学者也将技术扩散模型用于对新能源技术的预测中,为制定技术路线图提供理论。Gutiérrez等<sup>[21]</sup>利用Gompertz扩散模型对摩洛哥1980-1999年电力消费量进行拟合,预测2000-2010年电力消费量从12.824kWh上升到21.2564kWh。李继峰等<sup>[22]</sup>利用逻辑生长曲线和学习曲线对新能源产业发展进行预测并制定技术路线图,得出2005年我国并网风力发电装机容量可达120万kW。现有研究都是对新能源产业中某一具体技术进行预测、制定路线图,缺乏对新能源产业所有技术进行整体规划的研究。

#### 3.2 基于技术专利的技术路线图

专利数量及专利分布情况是对某一领域技术未来发展状况进行预测并制定技术路线图的基础。目前许多学者利用专利分析法对新能源产业制定技术路线图,研究表明未来我国应大力发展太阳能和风能相关技术。如潘雄峰等<sup>[4]</sup>。

还有一些学者采用规范研究方法对新能源产业发展路线进行研究,如杜祥琬等<sup>[23]</sup>在分析我国新能源发展现状的基础上,进行近期(至2010年)、中期(至2020年)、长期(至2030年)战略定位,分别对新能源的热利用和发电、生物燃料制定发展路线图。

对基于技术专利的技术路线图研究中发现,大多研究是对新能源产业技术专利情况进行理论分析,仅根据专利数量判断技术先进与否,结果不够精确。

### 4 结 论

本文对新能源产业技术路线的研究进行梳理,主要得出以下结论:

(1)在新能源产业技术研发方面,学者大多从研发水平和关键技术识别两个角度进行研究。在研发水平方面,大部分学者采用实证研究方法,主要有专利分析法、模糊综合评价法等,认为我国新能源产业技术发展仍然处于生命周期的生长阶段,技术专利具有一定基础,并呈现不断增长趋势,但核心技术的发明专利较少;少数学者使用规范研究法,认为我国新能源技术总体水平较低,处于初级发展阶段。在关键技术识别方面,国外很多学者应用多目标分析法研究,而国内研究刚起步,学者大都对新能源技术现状进行分析,缺乏相应技术指标及量化模型。

(2)在新能源产业技术预见方面,主要包括技术发展影响因素和技术发展趋势两个角度,研究方法主要采用德尔菲法,还有文本挖掘法、情景分析法等辅助方法。新能源技术发展影响因素主要有政策和资金,但实际影响技术发展的因素错综复杂,目前的研究还不全面;在技术发展趋势方面,多数学者以新能源相关文献为对象采用数学、统计学等计量方法,研究文献分布结构、数量关系等,探讨新能源技术特征和规律。总之,已有研究多是基于主观论断,针对某个产业(如太阳能发电产业)的技术趋势预测,缺乏对新能源产业的整体性预测。

(3)在新能源技术路线图方面,主要从技术扩散和技术专利两个角度入手。基于技术扩散的技术路线图主要应用技术扩散模型,如学习曲线、经验曲线、逻辑生长曲线等拟合新能源技术扩散过程并预测技术路线的发展方向;基于技术专利的技术路线图主要利用专利分析法,根据新能源某技术的专利分布及数量情况反映技术的整体发展



情况,据此制定技术路线图。目前国外将技术路线图运用于新能源产业的研究比较多,国内主要集中在对技术路线图的描述分析上,学术性不高,缺乏实质性的应用型研究。

(编辑:田 红)

#### 参考文献

- [1] 王峥,任毅.我国太阳能资源的利用现状与产业发展[J].资源与产业,2010,12(2):89-93.
- [2] 高艳波,柴玉萍,李慧清,等.海洋可再生能源技术发展现状对政策建议[J].可再生能源,2011,29(2):152-156.
- [3] 唐恒,董洁,梁芝兰,等.我国新能源领域专利技术现状及发展对策[J].科技管理研究,2003,23(1):67-69.
- [4] 潘雄峰,张维维,舒涛.我国新能源领域专利地图研究[J].中国科技论坛,2010,(4):41-45.
- [5] 阮娴静,杨青.我国新能源汽车技术指标体系及评价模型[J].科技管理研究,2010,30(8):32-34.
- [6] Afgan N H, Carvalho M G. Multi-criteria Assessment of New and Renewable Energy Power Plants[J]. Energy, 2002, 27(8):739-755.
- [7] Evans A, Strezov V, Evans T J. Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, 13(5):1082-1088.
- [8] 汤天浩.新能源与可再生能源的关键技术与发展趋势[J].电源技术应用,2007,(2):60-64.
- [9] 谭钢,李小燕.生物质能源专利分析与产业发展战略研究——以广西生物质能源产业发展战略研究为例[J].科技成果管理与研究,2010,(7):44-48.
- [10] Cantono S, Silverberg G. A Percolation Model of Eco-innovation Diffusion: the Relationship Between Diffusion, Learning Economies and Subsidies[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2009, 76(4):487-496.
- [11] Ibenbalt K. Explaining Learning Curves for Wind Power[J]. Energy Policy 2002, (30):1181-1189.
- [12] Neij L. Use of Experience Curves to Analyse the Prospects for Diffusion and Adoption of Renewable Energy Technology[J]. Energy Policy, 1997, 25(13):1099-1107.
- [13] Rio P D, Unruh G. Overcoming the Lock-out of Renewable Energy Technologies in Spain: the Cases of Wind and Solar Electricity[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2007, 11(7):1498-1513.
- [14] 钟永恒,吕鹏辉,曹晨等.我国新能源科技成果现状研究与未来发展建议[J].中外能源,2011,16(12):27-32.
- [15] Kajikawa Y, Yoshikawa J, et al. Tracking Emerging Technologies in Energy Research: Toward a Roadmap for Sustainable Energy[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2008, 75(6):771-782.
- [16] 王开科,黄如良,关阳.低碳经济背景下我国光伏产业发展路径选择[J].经济问题探索,2010,(10):43-47.
- [17] 孙中锋.技术预见在日本[J].世界科学,2002,(7):40-44.
- [18] 崔志明,万劲波,孟晓华.技术预见“市场德尔菲法”的特点及实施程序探讨[J].科学学与科学技术管理,2004,25(12):13-17.
- [19] 丁堃.基于德尔菲与文本挖掘相结合的技术预见方法论大纲[A].第二届中国科技政策与管理学术研讨会暨科学学与科学计量学国际学术论坛[C],2006:343-346.
- [20] 刘光富,陈晓莉.以汽车产业发展为对象的绿色技术预见[J].预测,2010,29(4):1-8.
- [21] Gutiérrez R, Gutiérrez-Sánchez R, et al. Electricity Consumption in Morocco: Stochastic Gompertz Diffusion Analysis with Exogenous Factors[J]. Applied Energy, 2006, 83(10):1139-1151.
- [22] 李继峰,张阿玲.我国新能源和可再生能源发展预测方法研究——风能发电预测案例[J].可再生能源,2004,(3):1-5.
- [23] 杜祥瑞,黄其励,李俊峰等.我国可再生能源战略地位和发展路线图研究[J].中国工程科学,2009,11(8):4-9.

## A Review of Technological Route for the New Energy Sector

XUE Wei-xian CAO Jia

(School of Economics and Management, Xi'an University of Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China)

**Abstract** New energy industry relying on innovative technology is one of China's strategic emerging industries which can transform China's economic growth mode and adjust the energy structure. The aim of this study is to investigate current literature on this sector, find out laws and limitations, and point out future research directions. The study, from the perspective of the process for designing technology roadmap, based on current literature, sorts out three aspects of research, including technology research & development, technology forecasts and lines in connection with the new energy industry. Current research of the new energy industry technology roadmap is mostly based on subjective judgment, and lack of objectivity and strong academic support. Further research in the future will lie in the methods in technology forecasting and devising of technology lines.

**Key words** new energy industry; technology foresight; technology roadmap; review