

光伏市场拉动研发创新的国际研究

霍沫霖¹ 张希良¹ 王仲颖²

(1. 清华大学核能与新能源研究院能源环境经济研究所, 北京 100084;

2. 国家发展改革委员会宏观经济研究院能源研究所, 北京 100038)

摘要 光伏的高成本仍然阻碍着它的大规模应用, 由于技术创新是成本下降的重要因素, 如何实现市场对创新的拉动作用是具有现实意义和理论价值的问题。本研究从市场发展态势的角度分析如何实现市场对创新的拉动作用。首先结合光伏产业特点和技术创新学中的相关理论, 提出关于不同阶段的市场态势对市场拉动创新影响的理论假说。然后建立市场发展态势指标和市场动力检验模型, 从而利用 20 个国家的市场与专利历史数据进行跨国比较分析, 根据计量结果识别出市场发展态势对市场发挥拉动创新作用的影响。实证结果表明 20 个国家中 70% 的市场发挥了拉动研发创新的作用; 在市场培育初期持续过小的市场拉动创新不显著, 该发展态势可用技术扩散模型中 p 指标进行判断; 在市场发展加速期急剧扩大的市场拉动创新不显著, 该发展态势用技术扩散模型中 q 指标进行判断。因此, 为了促进成本降低, 光伏市场政策应主导市场规模实现平稳持续型增长。

关键词 光伏; 国际研究; 需求拉动 Bass 模型; 市场政策

中图分类号 F410 文献标识码 A 文章编号 1002-2104(2011)09-0138-07 doi:10.3969/j.issn.1002-2104.2011.09.023

在能源供应安全与气候变化等问题日益突出的背景下, 发展可再生能源被认为是必由之路^[1]。光伏技术是其中一种受到许多国家重视的技术。2003-2008 年全球年装机的平均年增长率为 60.63%。但是, 高成本仍然阻碍了光伏的大规模应用。

研发创新被认为是提高光伏经济性的重要途径^[3]。政府如何促进光伏研发创新呢? 科技对创新的推动作用和市场对技术创新的拉动作用常常分别作为研发政策和市场政策的重要性的理论依据。由于光伏市场拉动创新的规律受市场政策决策者的关注, 同时对其作用机理的认识和对作用大小的定量分析较缺乏, 而且数据获取可行性比研发补贴更大, 因此本文将分析市场的作用。

Neuhoff^[4]指出稳定持续的市场政策由于提高了企业对市场扩大的信心, 提高企业对创新回报规模增加及其确定性的预期, 从而可以拉动企业的研发投资。Taylor^[5]以美国加利福尼亚州为案例, 定性分析不同类型的光伏市场政策对光伏研发创新行为的影响途径和优缺点。Colatat^[6]根据美国光伏产业的历史情况, 提出光伏市场规模过于小或市场发展的不确定性可以引起企业不愿意投入研发创新。总之, 目前对该问题的认识较少, 量化的经

验分析缺乏。

光伏市场与创新具有自身的特点, 比如市场需求和市场规模受到政府主导, 产品、设备和技术的国际贸易频繁发生。本文结合对光伏产业的复杂性和特殊性的认识, 分析光伏市场拉动创新的机理, 在此基础上利用 20 个国家的历史数据进行检验。

1 研究假设

1.1 光伏市场拉动研发创新

市场拉动研发创新的理论基础是技术创新学中的需求拉动力, 即企业对市场需求规模的期望增加时, 企业对研发创新收益的预期增加, 于是引起企业的研发创新投入增加。

从对光伏制造商和设备供应商的访谈得知, 企业可以通过研发创新提高技术水平或促进设备国产化, 从而在产品或技术的销售中扩大市场份额或提高利润率, 获得远超过研发投入的利润回报。因此, 结合光伏产业实际情况和需求拉动理论, 本研究提出光伏市场需求规模扩大可以促进企业的研发创新投资。

收稿日期: 2011-03-22

作者简介: 霍沫霖, 博士生, 主要研究方向为能源经济、可再生能源政策等。

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(编号: 09&ZD029)资助。

1.2 市场发展态势对市场拉动创新的影响

下面分析不同发展态势下市场对研发创新的拉动作用。

1.2.1 市场规模持续过小的制约影响

市场规模制约着企业生产和销售规模。市场规模制约技术创新投资,因为技术创新若要盈利,必须有相当大的市场需求规模以摊薄研发的巨额固定成本^[9]。同时,企业规模可以制约企业风险性研发计划的金融支持获取。

在光伏技术扩散初期,有的国家光伏市场规模持续过小,可能因为在经济性、技术等因素影响下政府认为尚未到支持利用规模逐步扩大的时机,或者在资源和其他替代技术影响下光伏发电技术在该国的战略性不明显。此时市场回报不足以摊薄实验设备、研究人员、实验室土建等研发投入,同时企业对未来市场规模扩大的期望低,缺乏投资研发创新的动力。而在光伏技术扩散初期,如果在政府持续支持下光伏市场逐渐扩大,则企业可以期望获得足够的回报以补偿高额的研发投入,于是此时光伏市场的逐渐扩大将引起创新增加。因此,本研究提出在光伏技术扩散初期时市场规模持续过小的情况下,市场对创新的拉动作用不显著,而在市场逐渐扩大的情况下,市场拉动作用显著。

1.2.2 市场规模过快增长的制约影响

当市场规模快速地扩大时,市场需求相对于供应能力增加得更快,各企业都有扩大产能的空间,都可以从快速增长的市场中获取较高的利润,此时行业内竞争相对不激烈。在这种供不应求的情况下,企业更倾向于扩大产能、提高市场占有率,而缺乏追求技术创新的动机。因此,光伏市场规模过快增长将大大限制或弱化市场需求对技术创新行为的激励作用。相反,在市场相对饱和的情况下,企业为了争取更高的市场占有率,容易发生价格战及促销战^[10]。因此,当市场规模增长速度比较平稳时,企业要想在激烈的市场竞争中生存和发展,就必须借助技术创新提高市场竞争力。一些国家的光伏市场在短时间内扩大非常急剧,可能是因为市场政策的制定受政府短期目标驱动,或者因为政策制定缺乏预见性或科学性,比如说西班牙在2007年和2008年为光伏利用提供了世界上利润最高的补贴,即100kW以下的光伏系统可以获得当时销售电价575%的上网电价^[11],这导致西班牙市场的增长率大于400%。因此,本研究提出在光伏扩散加速期市场规模过快增长可以大大限制或弱化市场对技术创新行为的拉动作用。

2 数据样本与研究方法

2.1 变量选取

本文结合光伏产业特点,借鉴同类实证文献对市场

需求规模和研发创新的表征方法。Scherer^[12]在研究需求拉动制造业创新时,用制造产品购买量来表征市场需求规模。徐侠^[13]在分析新产品市场需求对企业研发支出的影响时,用新产品销售收入表征市场需求。在光伏政策同时影响市场需求规模和市场规模的情况下,市场规模变化可以反映市场需求规模变化,选择这一指标的好处在于直接、易于识别、现实涵义明确。专利申请或授予是研发创新的产出之一,数据的定义稳定、客观,而且相对容易获得。Watanabe^[14]在研究研发投入和知识储备对光伏创新影响时,用专利申请量表征光伏创新。因此本文用国家专利局授予的光伏专利量表征被拉动的研发创新。

各个国家及其代码分别是德国 DE, 西班牙 ES, 日本 JP, 美国 US, 意大利 IT, 韩国 KR, 法国 FR, 中国 CN, 澳大利亚 AU, 葡萄牙 PT, 加拿大 CA, 瑞士 CH, 荷兰 NL, 奥地利 AT, 英国 GB, 墨西哥 MX, 瑞典 SE, 挪威 NO, 土耳其 TR, 丹麦 DK。各国市场规模变量用“国家代码 + M”表示,各国研发创新规模变量用“国家代码 + R”表示。

2.2 数据来源

1993 - 2009 年国外年装机量数据基本来自世界能源署(IEA)2008年的出版物^[15],除了1995 - 2009年澳大利亚、奥地利、加拿大、瑞士、德国、葡萄牙和美国的年装机量数据是来自IEA2009年的出版物^[16]。1992 - 2003年我国年装机量数据是来自《中国光伏产业发展研究报告》^[17],2004 - 2006年的数据是来自《中国光伏发展报告》^[18],2007 - 2009年的数据是来自欧洲光伏行业组织(EPIA)的出版物^[19]。美国和日本的光伏专利授予量数据是来自CambridgeIP的数据库,其他国家的光伏专利授予量数据是来自欧洲专利局(EPO)的数据库。澳大利亚、奥地利、加拿大、瑞士、德国、丹麦、西班牙、英国、意大利、日本、荷兰、瑞典、美国、墨西哥的屋顶面积数据和墙面面积数据来自于IEA2002年的出版物^[20]。

2.3 因果检验方法

本文用Granger因果检验方法对市场需求与研发创新的因果关系进行检验,考察二者的因果关系是否显著。格兰杰(非)因果关系分析法的基本原理在于如果变量Y的过去值有助于解释变量X的变化,那么就存在Y到X的因果关系。

对于两个不都是平稳的时间序列,建立向量自回归模型很可能得到残差序列是非平稳序列的伪回归,不能可靠地反映自变量和因变量之间的关系。因此,对于同阶单整的两个时间序列,先检验是否存在协整关系。单方程的协整检验的常用方法是Engle和Granger提出的基于协整回归残差的E-G两步检验法。若检验 $\ln M$ 与 $\ln R$ 是否存在

协整关系,首先用最小二乘法估计长期均衡方程

$$\ln R_t = \alpha + \beta \ln M_t + \varepsilon_t$$

然后对估计残差 ε_t 做 ADF 单位根检验。如果 ε_t 为平稳序列,则认为 $\ln M$ 与 $\ln R$ 存在协整关系,反之,不存在协整关系。

根据 Engle 和 Granger 的协整理论,如果时序变量之间存在协整关系,则一定存在一个相对应的误差修正模型 (VECM) 来描述不断调整的短期动态过程。建立误差修正模型

$$\Delta \ln R_t = \mu + \lambda Z_{t-1} + \sum_{p=1}^m \alpha_p \Delta \ln R_{t-p} + \sum_{q=1}^n \beta_q \Delta \ln M_{t-q} + \varepsilon_t$$

其中引入了长期均衡方程所产生的残差序列 Z_{t-1}

$$Z_{t-1} = \ln R_{t-1} - \alpha - \beta \ln M_{t-1}$$

检验统计量为

$$F = \frac{(RSS_0 - RSS_1)/n}{RSS_1/(N - 2n - 1)}$$

其中 RSS_1 和 RSS_0 分别表示 VECM 估计的残差平方和,和 VECM 在非因果关系的原假设下估计的残差平方和, n 为在原假设 H_0 下滞后项的个数, N 为样本容量。当统计量 F 的值大于在显著性水平 α 下 F 分布的临界值 $F_\alpha(n, N - 2n - 1)$,则在 $1 - \alpha$ 的置信度下拒绝原假设,即认为 $D \ln M$ 是 $D \ln R$ 的原因。

对于非同阶单整的两个时间序列,和不存在协整关系的同阶单整的两个时间序列,可以进行一阶差分变换。如果一阶差分变量平稳,对一阶差分变量建立向量自回归模型 (VAR) 模型检验因果关系。若检验 $D \ln M$ 是否是 $D \ln R$ 的原因,建立向量自回归模型:

$$D \ln R_t = c + \sum_{i=1}^p \alpha_i D \ln R_{t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_j D \ln M_{t-j} + \varepsilon_t$$

其中 p 和 q 分别为 $D \ln R$ 和 $D \ln M$ 的滞后期长度。同样以 F 统计量判断是否拒绝非因果关系的原假设。

检验结果对最大滞后阶数敏感,VECM 模型检验和 VAR 模型检验都采取 AIC 准则选择最优滞后阶数。为了保证检验结果的稳健度,我们对各国都选取约 17 个样本数,当出现市场不显著拉动研发创新的检验结果时,可能是市场规模过小和市场规模增长过快中的任一因素或者两个因素同时引起的。我们把“不存在因果关系”检验结果谨慎地解释为不显著存在因果关系,而不是做出更强的判断,比如判断不存在因果关系。

2.4 趋势分析方法

本文采取趋势分析方法对市场规模的变化进行定量描述。趋势分析所用的函数曲线有直线、多项式曲线、指数曲线、Logistic (增加) 曲线、Bass 模型等。Lund^[21] 发现 11 种新能源技术在全球或者某国的市场扩散趋势可以用 logistic 模型描述,其中光伏扩散包括在全球、在德国和在

芬兰的。Guidolin^[22] 发现在 2005 年以前 11 个国家的光伏市场变化趋势分别可以用 Bass 模型描述。由于 Logistic 模型其实是 Bass 模型的特殊情况 ($p = 0, q > 0$), 本文考虑 Bass 模型。

Bass 模型假设任何时刻的采用者的数量与此时潜在采用者的数量直接相关,这可以用数学模型表示为:

$$n(t) = \frac{dN(t)}{dt} = p[M - N(t)] + \frac{qN(t)}{M}[M - N(t)]$$

其中 $n(t)$ 是 t 时刻采用者数或当时的市场规模, $N(t)$ 为到 t 时刻的累积采用者总数, M 为潜在采用者总数, p 为创新系数, q 为模仿系数。 $n(t)$ 描述了扩散规模随时间的演化情况,即扩散曲线。 p 增加意味着在技术扩散初期时扩散曲线的斜度和厚度增加, q 增加意味着在扩散加速期时速度增加^[23]。

若误差平方和与均方差的比值越小,则说明实际观察值与拟合值越接近,曲线拟合的越好。假设实际测得的值为 n , 其平均值为 \bar{n} , 拟合曲线所求得的拟合值为 \hat{n}_i , 误差平方和为 RSS , 均方差为 TSS , 则曲线的拟合优度 R^2 为

$$R^2 = 1 - \frac{RSS}{TSS} = 1 - \frac{\sum (n_i - \hat{n}_i)^2}{\sum (n_i - \bar{n})^2}$$

本文基于 Matlab 编程软件应用 lsqcurvefit 函数进行非线性最小二乘拟合,并应用最优化方法,以减少对 M 、 p 和 q 三个参数初值的要求。 p 和 q 初值对模型参数估计的影响较小,因此参照其他经验研究的取值。 Talukdar 对 31 个国家 CD 机、微波炉、传真机等 6 种产品的分析表明,新产品的创新系数 p 平均值介于 0.000 7 - 0.03 之间;模仿系数 q 平均值介于 0.38 - 0.53 之间。 Guidolin 对 11 个国家的光伏市场的分析表明,创新系数取值范围为 0.000 007 - 0.003 5,模仿系数取值范围为 0.05 - 0.46。

Guidolin 对一些国家市场潜力判断过小。比如说他认为日本、英国、德国在 2005 年 - 2006 年已经达到市场扩散最快的时期,市场规模将从 2006 年起减少。事实上日本、德国、英国 2009 年的新装机量分别是 2006 年的 1.7 倍、4.6 倍、2.1 倍。 Guidolin 没有给出其提出潜在装机量初值的方法学。由于本文实证分析需求拉动创新的时间段是属于政府主导技术扩散的阶段,因此假设该阶段的市场潜力是政府将支持的总装机量。一些国家公布了 2020 或 2030 支持目标,我们发现这些目标略小于利用该国屋顶面积和墙面面积的 5%。届时光伏预计可以参与市场竞争^[24],并且重复采纳者尚比较少,因此本文以屋顶和墙面面积的 5% 作为各国市场潜力初值。对于屋顶采用晶体硅组件的典型面积密度 141.14 Wp/m²;对于墙面采用非晶硅薄膜组件的典型面积密度 63.13 Wp/m²,因为它在低光照条件下,如临近建筑物遮挡,也能有稳定电力输出,并



且它有更佳视觉效果。

3 计量检验结果

3.1 光伏市场需求拉动研发创新

丹麦、土耳其、瑞典、挪威和意大利一直存在一定的光伏市场规模,但本国政府专利授予量在较长时间里近似为零,因此即使不建立计量模型,也可知他们的市场需求对研发创新的拉动作用不显著。下文对其他 15 个国家进行定量检验。

3.1.1 平稳检验结果

表 1 列出各变量拒绝不平稳原假设时的部分统计量,其中临界值是在 5% 显著性水平下的。表中列出的基本全是 ADF 方法的检验结果,除了 PP 或者 ERS 检验有更好显著性的极少数情况。根据统计结果,lnCNM、lnDER、lnESR、lnGBR、lnMXM、lnUSR、lnNLM、lnNLR、lnCHR 是平稳时间序列,其他变量都是一阶单整时间序列 I(1)。

3.1.2 同阶单整变量之间的协整与误差修正模型检验

检验结果表明每一对同阶单整时间序列都存在协整关系。由于篇幅有限,省略列出各长期均衡方程估计残差

表 1 平稳检验结果
Tab. 1 Results of the unit root tests

	lnAUM	lnAUR	lnCAM	lnCAR	lnCNM	lnCNR	lnDEM
阶数	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(0)	I(1)	I(1)
统计值	-4.37	-3.90	-3.81	-5.14	-4.22	-4.77	-4.56
临界值	-3.10	-1.97	-3.10	-1.97	-3.79	-3.76	-3.08
	lnDER	lnESM	lnESR	lnFRM	lnFRR	lnGBM	lnGBR
阶数	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(1)	I(1)	I(0)
统计值	-4.91	-6.06	-2.18	-2.31	-4.02	-5.10	-11.85
临界值	-3.71	-4.25	-1.98	-1.97	-1.97	-3.79	-3.83
	lnJPM	lnJPR	lnKRM	lnKRR	lnMXM	lnMXR	lnUSM
阶数	I(1)	I(1)	I(1)	I(1)	I(0)	I(1)	I(1)
统计值	-5.60	-3.93	-2.49	-5.48	-3.25	-3.32	-4.66
临界值	-3.79	-1.97	-1.97	-1.97	-1.96	-1.97	-3.76
	lnUSR	lnEPM	lnEPR	lnNLM	lnNLR	lnPTM	lnPTR
阶数	I(0)	I(1)	I(1)	I(0)	I(0)	I(1)	I(1)
统计值	-4.54	-4.95	-4.13	-5.71	-4.06	-2.91	-3.55
临界值	-3.83	-3.08	-1.97	-4.01	-3.10	-1.97	-1.97
	lnCHM	lnCHR	lnITM	lnITR			
阶数	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)			
统计值	-2.48	-5.07	-6.62	-1.85			
临界值	-1.97	-3.07	-3.83	-1.96			

表 2 误差修正模型的检验结果
Tab. 2 Wald F-test statistics from VEC estimation

原假设 Null hypothesis	短期 Short term		长期 Long term		滞后 Time lag
	F 统计 计量	显著 水平	F 统计 计量	显著 水平	
lnAUM ≠ > lnAUR	0.17	0.85	6.43	0.04	2
lnFRM ≠ > lnFRR	3.02	0.13	10.71	0.01	1
lnKRM ≠ > lnKRR	3.74	0.15	0.23	0.66	2
lnCAM ≠ > lnCAR	4.90	0.08	10.56	0.03	3
lnEPM ≠ > lnEPR	1.30	0.37	2.20	0.20	3
lnPTM ≠ > lnPTR	1.30	0.37	2.20	0.20	2
lnJPM ≠ > lnJPR	11.16	0.02	1.09	0.36	3

的水平检验结果。对于每一对的误差修正模型,AIC 和 SC 最小时的 F 统计量和显著水平的如表 2 所示。对于从需求到研发创新的因果关系,澳大利亚存在长期因果关系,加拿大存在长期和短期因果关系,日本存在短期因果关系。短期因果关系指被解释变量的短期波动由解释变量的短期波动决定。长期因果关系指被解释变量的短期波动由长期均衡关系的误差修正项决定,即由两者向均衡靠拢的趋势决定。

Schmookler 发现专利授予通常在市场扩大的两年后发生。技术研发需要一段时间,专利申请到公开至少需要一年半到两年时间,尽管企业可能提前掌握的市场政策信息从而有针对性地投入研发创新,专利授予量增大应该晚于装机量扩大一年半以上。因此我们认为法国不存在市场需求拉动研发创新,因为滞后期为一年以内不合理。

3.1.3 平稳变量之间的向量自回归模型检验

对于两个平稳变量、或非同阶单整变量一阶差分后的两个平稳变量,我们建立 VAR 模型来检验因果关系。检验结果如表 3 所示,由于篇幅有限,仅列举 AIC 和 SC 最小

表 3 向量自回归模型的检验结果
Tab. 3 Wald F-test statistics from VAR estimation

原假设 Null hypothesis	F 统计量 F prob	显著水平 Significance level	滞后期 Time lag
lnDEM ≠ > lnDER	3.248	0.082	2
lnESM ≠ > lnESR	8.369	0.107	2
lnGBM ≠ > lnGBR	4.153	0.080	3
lnMXM ≠ > lnMXR	2.404	0.152	1
lnCNM ≠ > lnCNR	0.258	0.854	3
lnCHM ≠ > lnCHR	0.258	0.817	1
lnNLM ≠ > lnNLR	0.615	0.463	1
lnUSM ≠ > lnUSR	7.172	0.029	3

时的F统计量和显著水平。在德国、英国和美国,年装机量的变化都引起了年专利授予量的变化。

3.2 市场发展态势对市场拉动创新的制约

墨西哥、土耳其的年装机量分别一直为1MW左右,瑞典、挪威、丹麦三个北欧国家的年装机量一直在1MW以下,可能因为该国尚未开始大力发展它或者太阳能辐射资源匮乏。由于这5个国家市场仍然非常小,不适合进行扩散曲线拟合。根据上文检验结果,这5个国家的市场都不显著拉动创新,这与本文的理论假设一致。下

面对其他15个国家的年装机情况进行扩散曲线拟合。为了进行国别比较,将这15个国家分为两组,A组是6个市场显著拉动创新国家,B组是9个市场不显著拉动创新国家。

由于篇幅有限,图1仅展示了A组国家的扩散曲线拟合结果。A组国家的市场规模在扩散初期持续增大,在加速期平稳增大,这与该国对光伏技术战略性的重视和有效持续的政策支持有关。这六个国家具有科技发达、对可再生能源重视度较高、经济发展水平较高、光伏发展历史较

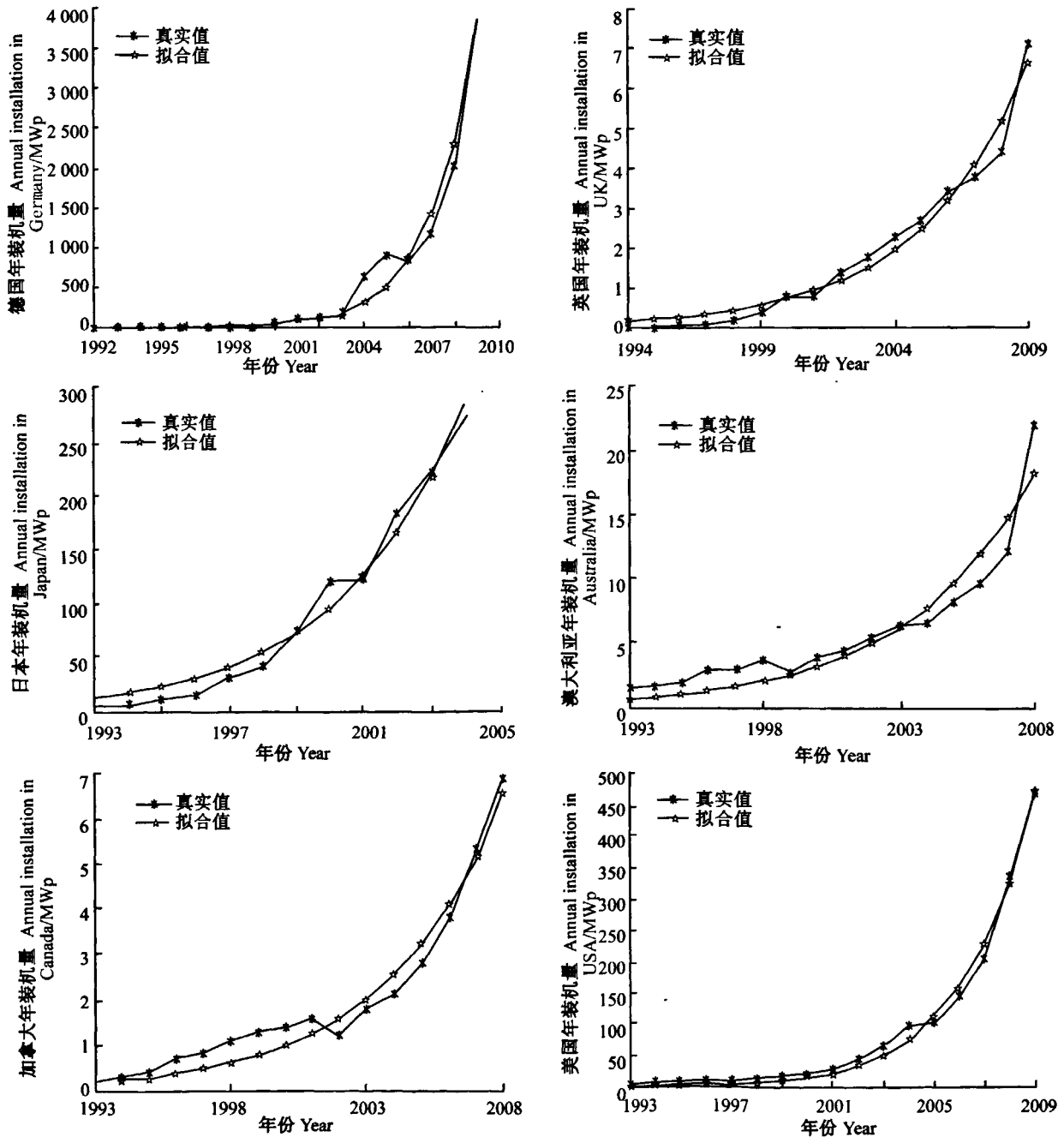


图1 A组国家年装机量的趋势拟合图

Fig. 1 Fittings of annual installation in countries of group A

表4 参数估计值和拟合优度

Tab. 4 Parameter estimation and adequacy of the model

国家 Country	M 初值 M initial	M 值 M	p 值 p	q 值 q	R ² (%)
加拿大	7 940	1 012	4.5E-05	0.24	96.6
德国	10 679	27 761	1.1E-05	0.52	97.4
A 组					
英国	7 538	7 537	5.5E-06	0.24	97.5
美国	83 202	83 213	6.3E-06	0.36	99.4
澳大利亚	3 480	3 483	4.6E-05	0.21	90.6
日本	53 000	52 993	2.9E-04	0.28	97.8
B 组					
西班牙	3 699	4 050	2.7E-08	2.08	99.1
中国	25 000	25 016	4.6E-10	0.96	95.6
法国	5 400	5 449	9.9E-09	0.96	99.8
韩国	4 300	4 357	3.1E-09	1.13	97.1
葡萄牙	677	739	2.0E-09	1.25	99.3
瑞士	1 139	1 163	3.8E-07	0.66	94.6
荷兰	2137	2191	1.4E-05	0.58	91.0
奥地利	1151	1168	1.0E-05	0.57	96.5
意大利	6 292	6 353	1.9E-08	0.98	99.1

长等特点。B组国家在市场发展的初期市场规模在较长时间内保持非常小的规模,在加速扩散期里市场规模扩大的速度非常快,这可能与对光伏技术的支持缺乏长期战略有关。而且实证结果表明可以通过指标 p 和 q 对这些市场发展态势进行判断。由表4可知,A组国家的 p 值相对更大,算术平均值为0.000068,B组国家的 p 值相对更小,算术平均值为0.0000028。A组国家的 q 值相对更小,算术平均值为0.31,B组国家的 q 值相对更大,算术平均值为1.0。综上,市场规模过小或者增长过快的制约影响比较显著,并且 p 和 q 可以作为表征该市场发展态势的指标。

4 结论

在德国、英国、日本、澳大利亚、美国、加拿大6个国家市场规模的扩大都显著地拉动技术创新的增加,而在西班牙、中国、法国、韩国、葡萄牙、瑞士、荷兰、奥地利、意大利、墨西哥、土耳其、瑞典、挪威和丹麦这14个国家市场扩大都没有显著拉动研发创新。市场拉动研发创新的六个国家在2009年累积装机容量为14421.6MW,占文中20个国家的70%,可见大多数光伏市场发挥了拉动研发创新的作用。于是相对于已有研究对光伏需求拉动的理论分析,本文提供了基于20个国家历史数据的经验分析结果。

市场显著拉动创新的国家的 p 值相对更大,市场不显著拉动创新的国家的 p 值相对更小,这说明市场规模逐渐

扩大与市场显著拉动创新有关联,而持续过小与市场拉动创新不显著有关联。

市场显著拉动创新的国家的 q 值相对更小,市场不显著拉动创新的国家的 q 值相对更大,这说明市场规模扩大平稳与市场显著拉动创新有关联,而扩大急剧与市场拉动创新不显著有关联。这验证了本文提出的理论假说之一,即如果光伏市场规模扩大急剧,市场需求远大于供应能力,此时企业更倾向于扩大产能,缺乏追求技术创新的压力,而如果光伏市场规模扩大平稳,此时市场相对饱和,市场竞争压力迫使企业投资技术创新。

为了促进光伏技术创新及成本降低,我国光伏市场政策应主导市场需求平稳持续地扩大,避免其相对于供应能力过快地增长。平稳持续发展态势可以用技术扩散模型中 p 和 q 指标进行判断,这为政策制定提供指标参考。我国应制定关于光伏成本下降的长期战略,从技术创新、市场等方面给与持续的引导和支持,避免在短期目标驱动下的决策行为。

(编辑:田红)

参考文献(References)

- [1]王仲颖,王凤春,时璟丽,等.我国可再生能源发展思考[J].高科技与产业化,2008,7. [Wang Zhongying, Wang Fengchun, Shi Jingli, et al. Thinking of Renewable Energy Development in China [J]. High-Technology & Industrialization, 2008, 7.]
- [2]Kahouli-Brahmi S. Testing for the Presence of Some Features of Increasing Returns to Adoption Factors in Energy System Dynamics: An Analysis Via the Learning Curve Approach [J]. Ecological Economics, 2009, 68: 1195-1212.
- [3]Neuhoff K, Jan Lossen J, Nemet G, et al. (2007) The Role of the Supply Chain For Innovation: the Example of Photovoltaic Solar Cells [R], EPRG Working Paper 07/32.
- [4]Taylor M. Beyond Technology-Push and Demand-Pull: Lessons From California's Solar Policy [J]. Energy Economics, 2008, 30: 2829-2854.
- [5]Colatat P, Vidican G, Lester R K. Innovation Systems in the Solar Photovoltaic Industry: the Role of Public Research Institutions [R]. Working Paper in MIT. MIT-IPC-09-007. June 2009.
- [6]范红忠.有效需求规模假说、研发投入与国家自主创新能力[J].经济研究,2007,3. [Fan Hongzhong. A Hypothesis on Effective Demand Size, R&D Expenditure and National Innovation Capacity [J]. Economic Research Journal, 2007, 3.]
- [7]刘冀生.企业战略管理[M].北京:清华大学出版社,2003:50. [Liu Jisheng. Strategic Management of Enterprise [M]. Beijing: Tsinghua Univ. Press, 2003: 50.]
- [8]Hohler A, Greenwood C, Hant G. UNFCCC Report on Investment in Renewable Energy and Energy Efficiency [R]. New Energy Finance, 2007.
- [9]Scherer F M. Demand-Pull and Technological Invention; Schmookler

- Revised[J]. *The Journal of Industrial Economics*, 1982, 30(3): 225 - 237.
- [10] 徐侠, 陈圻, 郑兵云. 高技术产业 R&D 支出的影响因素研究 [J]. *科学学研究*, 2008, 26(2). [Xu Xia, Chen Qi, Zheng Bingyun. The Determinant Factors of R&D Expenditure: An Empirical Research Based on High-Tech Industry [J]. *Studies in Science of Science*, 2008, 26(2).]
- [11] Watanabe C, Wakabayashi K, Miyazawa T. Industrial Dynamism and the Creation of A "Virtuous Cycle" Between R&D, Market Growth and Price Reduction; the Case of Photovoltaic Power Generation Development in Japan [J]. *Technovation*, 2000, 20(6): 299 - 312.
- [12] IEA. Trends in Photovoltaic Applications; Survey Report of Selected IEA Countries Between 1992 and 2008 [R]. Report IEA-PVPS T1 - 18; 2009.
- [13] IEA. Trends in Photovoltaic Applications; Survey Report of Selected IEA Countries Between 1992 and 2009 [R]. Report IEA-PVPS T1 - 19; 2010: 6.
- [14] 王文静, 赵玉文, 王斯成, 等. 中国光伏产业发展研究报告 [R]. 国家发改委/全球环境基金/世界银行, 2004. [Wang Wenjing, Zhao Yuwen, Wang Sicheng, et al. Chinese Photovoltaic Industry Development [R]. Beijing: NDRC, GEF and World Bank, 2004.]
- [15] 李俊峰, 王斯成, 等. 中国光伏发展报告 2007 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007. [Li Junfeng, Wang Sicheng, et al. China Solar PV Report 2007 [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2007.]
- [16] EPIA. Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2014 [R]. Belgium; European Photovoltaic Industry Association. May 2010.
- [17] IEA. Potential for Building Integrated Photovoltaics [R]. Technical Report IEA- PVPS T7 - 4, 2002.
- [18] Lund P. Market Penetration Rates of New Energy Technologies [J]. *Energy Policy*, 2006, 34: 3317 - 3326.
- [19] Guidolin M, Mortarino C. Cross-country Diffusion of Photovoltaic Systems; Modelling Choices and Forecasts for National Adoption Patterns [J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2010, 77: 279 - 296.
- [20] Beise M. Lead Markets; Country-Specific Success Factors of the Global Diffusion of Innovations [J]. *Research Policy*, 2004, 33(6 - 7): 997 - 1018.
- [21] EPIA. Solar Photovoltaic Electricity; A Mainstream Power Source in Europe by 2020 [R]. 2009.

Cross-Country Studies on Demand Pull in Photovoltaic Sector

HUO Mo-lin¹ ZHANG Xi-liang¹ WANG Zhong-ying²

- (1. Institute of Energy, Environment and Economy, Tsinghua University, Beijing 100084, China;
2. Energy Research Institute, National Development and Reform Commission, Beijing 100038, China)

Abstract Since high cost still impedes large-scale deployment of photovoltaics (PV), and technological innovation is one of most important factors of cost reduction, how to accelerate market pull is a topic with practical significance and theoretical value. This paper aims to analyze PV demand pull from the perspective of market trend. First, according to the characteristics of PV industry and technological innovation theories, we make hypothesis of the impacts on the market pull of different market development trends. Then we propose the index of the market development trends and testing models of the market pull, and then use these tools and historical data of twenty countries to conduct empirical studies on impacts of market development trends on market pull. The empirical results show that 70% of PV market in the twenty countries pulled technological innovation; in the beginning of PV market development, if the market scale kept small, the market pull was insignificant and this market trend can be indicated by index p; in the acceleration period, if the market grew steeply, the market pull was insignificant and this market trend can be indicated by index q. So in order to encourage cost reduction, market policies should make the market scale grow in a smooth and continual way.

Key words photovoltaics; cross-countries studies; demand pull; Bass model; market policies

光伏市场拉动研发创新的国际研究

作者: [霍沫霖](#), [张希良](#), [王仲颖](#), [HUO Mo-lin](#), [ZHANG Xi-liang](#), [WANG Zhong-ying](#)
作者单位: [霍沫霖, 张希良, HUO Mo-lin, ZHANG Xi-liang\(清华大学核能与新能源研究院能源环境经济研究所, 北京, 100084\)](#), [王仲颖, WANG Zhong-ying\(国家发展改革委员会宏观经济研究院能源研究所, 北京, 100038\)](#)
刊名: [中国人口·资源与环境](#) ISTIC PKU CSSCI
英文刊名: [China Population Resources and Environment](#)
年, 卷(期): 2011, 21(9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgrkzyyhj201109023.aspx