

产业支持政策、进口国市场需求对欧盟可再生能源产品出口的影响分析

侯伟丽, 李思敏, 刘 星

摘 要: 本文使用 1996—2017 年间的面板数据, 建立考虑多边阻力的扩展的引力模型, 定量分析了欧盟主要的可再生能源产品贸易国的产业支持政策对其出口的影响。实证研究结果显示, 欧盟在风电和光伏产业实施的支持政策对产品出口有显著的正向促进作用, 支持政策强度每增加一个百分点, 能促进风电产品出口增加 5.69%, 光伏产品出口增加 2.20%。在风电产业中影响是显著且长期持续的; 在光伏产业中影响显著, 但政策实施后 4 到 5 年即在统计上变得没有意义。进口国的市场需求对风电产品出口产生显著的正向影响, 但对光伏产品出口影响不显著。考虑到国际市场竞争, 本文将中国可再生能源支持政策强度作为门槛变量, 发现在风电产业存在显著的单一门槛效应, 当中国对风电产业的支持政策强度高于门槛值后, 欧盟支持政策对其风电产品出口的促进作用大幅下降, 在光伏产业则不存在门槛效应。技术性质和市场结构不同是造成两个产业研究结果差异的重要原因, 欧盟的经验对我国制定支持政策具有借鉴意义。

关键词: 欧盟; 可再生能源产业; 产业政策; 引力模型; 面板门槛模型

中图分类号: F752.62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-0169(2020)04-0103-12

DOI:10.16493/j.cnki.42-1627/c.2020.04.009

一、引 言

伴随经济增长和社会发展, 环境问题正变得更加复杂, 单纯着眼于污染治理减排越来越无法应对这些问题, 人们认识到必须将环境问题的解决纳入到经济规划和发展政策中进行综合决策。OECD 提出了“绿色增长”的概念, 强调经济增长要以确保自然资产能够持续为人类幸福提供各种资源和服务为基础, 使环境保护与经济发展中的提高就业、技术创新以及提高产业竞争力保持一致^[1](P3-4)]。使用可再生能源替代传统化石能源能减少温室气体和许多空气污染物的排放, 可再生能源产业也是技术创新、吸纳就业、增加产出的重要产业, 发展可再生能源产业成为实现绿色增长的重要途径。自 2004 年以来, 全球已在绿色能源上投资了 2.9 万亿美元, 截至 2018 年, 全球可再生能源产业为 1 100 万人提供了就业机会。2007—2017 年全球可再生能源消费年增长率为 16.4%, 可再生能源发电量占比达到 26.2%^[2]。

为了促进可再生能源产业发展, 许多国家和地区实施了支持政策, 其典型代表是欧盟。1990

基金项目: 武汉大学“双一流”建设引导专项国别和区域研究项目“欧盟可更新能源政策的发展变化及对我国的影响和借鉴意义”(413100057/WHCC); 武汉大学“两型”社会研究院自主课题“环境与发展研究”

作者简介: 侯伟丽, 经济学博士, 武汉大学经济与管理学院副教授 (湖北 武汉 430072); 李思敏 (通讯作者), 武汉大学经济与管理学院研究生, lisimin@whu.edu.cn

年以来,欧盟将“环境保护”提升为能源政策的三大目标之一,开始关注可再生能源的发展,希望将其培养为新增长引擎,实现环境和经济目标的“双赢”。1998—2006年期间,欧盟颁布了《可再生能源电力指令》、《生物燃料指令》等,针对可再生能源中的电力和生物燃料制定了具体目标和计划,并要求各成员国立法实施。2007—2009年,欧盟制定了《可再生能源指令》等综合性的战略,要求各国制定具有法律约束力的可再生能源国家行动计划,可再生能源目标逐渐由指导性变为强制性。2010年至今,欧盟进一步制定了《2050能源路线图》、《2030年气候与能源政策框架》、《一个有远见的气候变化政策弹性能源联盟框架战略》、《“全欧洲清洁能源”一揽子计划》等综合战略计划。在这些指令和战略计划的引导下,各国逐步建立起一套以更高的能源利用效率、可再生能源占比和绿色技术创新为目标的支持政策体系,取得了可再生能源产业发展的领先优势。1990—2015年,欧盟能源总消费逐年缓慢下降,但可再生能源消费年均增速为4.37%,可再生能源消费占比由4.33%增加到12.91%,可再生能源发电量占比由12.63%增加到29.86%^[3]。但这些支持政策并不是“免费的午餐”,欧盟许多支持政策以财政补贴、收费等形式实现,不仅会对政府其他支出产生挤出效应,也会加大经济部门和消费者的能源成本。特别是近年来欧盟各国的经济增长放缓,用户对于电价上涨的承受能力也相应下降,民众对可再生能源产业的支持政策产生了越来越多的质疑和反对,一些国家甚至因此爆发了社会骚乱。那么,政府是否应该继续实施支持政策?支持政策付出成本后是否获得了预期的收益?如果其他国家也实施了支持政策,是否会对本国的政策收益带来影响?要回答这些问题,有必要对政策进行量化的成本效益分析,评估其实施效果。

本文选取欧盟各国中主要的可再生能源产品贸易国为研究对象,从出口角度对其可再生能源支持政策进行量化分析。下文的结构安排如下:第二部分是文献综述;第三、四部分构建计量模型对支持政策强度的出口效应进行检验;第五部分构建面板门槛回归模型,考查中国相关支持政策是否影响欧盟支持政策的出口效应;最后是结论与建议。

二、文献综述

产业经济学理论认为,政府支持政策能在引导产业发展方向、促进幼稚产业成长上起重要作用。以日韩为代表的东亚国家通过强有力的产业政策使目标产业经历了由供给不足到规模化发展的转变,促进了这些产业的迅猛发展和国家经济的腾飞,成为产业政策的成功典型^{[4][5]}。但是也有一些学者认为产业政策的作用是有限的甚至无效的,特别是新古典经济学强调市场机制的作用,认为包括产业政策在内的任何政府干预都会扭曲效率,甚至会阻碍产业发展^{[6][7]}。虽然学者们进行了大量的理论研究和实证检验,但目前对产业政策的效应仍未达成一致认知。近年来,可再生能源产业成为许多国家产业政策重点支持的对象,不少国内外研究对这一产业的支持政策进行了讨论。

国外已有的相关研究大致可分为三个层面:第一,结合不同国家与地区的政策实践进行案例分析。例如,Langniss^[8]、Bird等^[9]分别运用案例分析方法,发现美国联邦以及各州对可再生能源的财政激励计划等政策对可再生能源技术部署会产生影响;Gan等^[10]通过比较德国、荷兰、瑞典和美国的绿色电力政策制定以及政策工具的实施效果,发现所考查的政策工具无法对新技术的长期发展提供激励,因此,无论是政策执行能力还是政策工具的选择都需要改进;Liao等^[11]发现可再生能源政策中促进生产可再生能源产品的激励与补贴有效,认为政府应通过减少传统化石能源补贴、征收温室气体排放税等措施提高可再生能源产品的竞争力。第二,由于数据可得性提升,近十年来一些研究通过选取不同的指标与模型实证检验了可再生能源产业中政府支持政策对产业发展的影响。例如,Johnstone等^[12]使用25个OECD国家1978—2003年的面板数据,以技术创新来表征产业发展,发现了政府支持政策对可再生能源产业专利申请数据的推动作用;Dong^[13]使用美国、中

国、印度、德国、西班牙等 53 个国家的面板数据, 检验了上网电价和可再生能源组合标准在促进风电容量开发方面的相对有效性; Zhao 等^[14]基于 1980—2010 年间 122 个国家 (包括发达国家、发展中国家和新兴市场国家) 的面板数据, 用 PPML 方法评估了可再生电力政策对可再生能源发电的促进作用。第三, 在技术进步与全球经济一体化的背景下, 考虑到国内支持政策可能会增强可再生能源设备制造商的竞争优势并促进出口, 一些学者检验了政府支持政策与产业出口的关系。例如, Cao 等^[15]考察了中国光伏和风电产业出口的驱动因素, 发现增加政府公共研发支出尤其是省级政府公共研发支出能够促进对外贸易; Groba^[16]基于 1999—2007 年间 21 个 OECD 国家的面板数据, 通过构建引力模型, 发现了可再生能源政策和贸易壁垒对光伏技术出口的影响。

国内已有的大部分研究是非量化的政策分析。例如, 韩超^[17]基于国际比较的视角, 结合新能源产业发展态势, 分析了新能源产业中支持政策的内在逻辑以及未来支持政策调整的优化建议; 周亚虹等^[18]通过构建基于新型产业特征的企业行为反应模型, 讨论了促进生产和补贴需求的作用, 发现政府补助只在产业起步阶段为新能源产业提供盈利优势, 建议产业扩张后政府的产业政策应该转向激励原始创新和需求培育的方向; 王思聪^[19]梳理了光伏产业发展和政府产业政策改革过程, 分析了 2018 年发电补贴政策对光伏装机量和增长速度、光伏上网电价、弃光现象以及国家能源转型的影响。相关的实证研究主要有: 傅京燕等^[20]发现政府支持政策对太阳能行业的出口深度有显著影响; 何凌云等^[21]测算了环境不确定性和可再生能源政策对可再生能源投资的影响, 发现前者显著抑制投资, 后者对投资起到显著的促进作用。

上述文献从多角度分析了政府在可再生能源产业的支持政策对产业发展的影响, 但这些文献大多针对单一国家或地区, 没有考虑进口国的市场环境; 多以可再生能源总体或光伏产业为分析对象, 对风电产业的分析较少; 缺乏对商业竞争对手策略影响的考虑。本文尝试从以下两个方面对这一研究主题做出边际贡献: (1) 基于 1996—2017 年间的数据分析, 在贸易伙伴的选取上涵盖发达国家、发展中国家以及新兴市场国家, 分析产业包括风电和光伏产业, 使研究覆盖更全面; (2) 将进口国的市场需求、中国的支持政策纳入分析, 力求减少聚集偏差, 增强实证模型的解释力。

三、计量模型与方法

(一) 模型设定

引力模型是贸易理论和政策研究领域定量分析的基础性工具, 不仅适用于商品贸易分析, 还可用于服务贸易、移民、技术扩散等问题的分析。该模型的基本结构是两国间的贸易量与两国的经济规模正相关, 与两国间的距离负相关, 这里的距离可以广义地理解为贸易成本以及存在的贸易壁垒等阻碍国家之间贸易的因素。在基本结构的基础上, 引力模型还可以引入新变量进行扩展。除人口、基础文化、语言、宗教、边界、殖民经历等因素外, 东道国政治风险、腐败和制度政策等越来越多可能促进或者阻碍国家贸易的因素被引入扩展的引力模型^{[22][23]}。我国学者研究贸易问题时也会在不违反经济学理论的前提下, 根据自己的研究目的引入相关因素, 对引力模型进行扩展^{[24][25][26][27]}。经典引力模型的基本式为:

$$T_{ijt} = \alpha_0 Y_i^{a1} Y_j^{a2} D_{ij}^{a3} \epsilon_{ijt} \quad (1)$$

其中, Y 表示贸易国的经济规模, 通常用名义 GDP 表示; D 表示两国之间的距离变量, 通常包括地理距离、边界、语言、宗教、殖民等变量; i 、 j 为贸易国变量, t 为时间变量。由于本研究的重点关注变量是产业支持政策, 因此, 在经典模型的基础上加入衡量政府支持政策的指标构建实证检验模型。

在开放经济系统中, 一国同时与多个国家进行贸易往来, 两国间的贸易流量不仅与两国间的贸

易成本（双边阻力）有关，还与双边贸易成本和本国与其他国家贸易成本相比较的水平（多边阻力）相关^{[28][29]}。考虑到多边阻力，本文用进口国、出口国和时间固定效应来估计，构建实证检验模型如下：

$$\ln(traj_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(gdp_i) + \beta_2 \ln(gdp_j) + \beta_3 \ln(dis_{ij}) + \beta_4 G_{ijt} + \beta_5 \ln(dem_j) + \beta_6 pol_{i,t-3} + c_i + c_j + c_t + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

其中， $traj_{it}$ 为第 t 年 i 国向 j 国的出口额； gdp_i 、 gdp_j 分别为出口国 i 国、进口国 j 国第 t 年的名义 GDP； dis_{ij} 为 i 国和 j 国以人口加权的地理距离； G_{ijt} 为 i 国和 j 国两国之间除了地理距离之外的语言 lan 、边界 con 以及殖民 col 等虚拟变量； dem_j 衡量进口国的需求； pol_i 衡量政府支持政策强度； c_i 和 c_j 分别为出口国、进口国的固定效应，用来表示地区不随时间变化的属性； c_t 为时间固定效应，用来表示共同的外部冲击对国家的影响； ε_{ijt} 为误差项。

（二）样本说明和变量解释

1. 样本说明。为了解风电和光伏产品出口受支持政策的影响，同时减少聚集偏差，本文使用联合国贸易数据库中 HS 编码梳理出这两个产业的贸易数据，对其分别进行检验。考虑到联合国贸易数据库中 HS 编码对应的组件用于可再生能源技术的同时也可用于其他产业，本文参考 Jha^[30] 提出的方法，选择最有可能包含可再生能源供应技术的产品类别。风电产业选取类别为塔（730820）、叶片（841290）和发动机（850164、850231、850300）部分。光伏产业选取类别为光伏电池（854140）和逆变器（850440）部分。在欧盟国家中，综合考虑到产业发展状况、贸易代表性以及数据的可得性，选取奥地利、保加利亚、捷克、芬兰、法国、德国等 16 到 18 个国家为贸易出口国^①。这些国家对外出口风电和光伏产品的比例占欧盟整体的 80% 以上^②。选取澳大利亚、加拿大、瑞士、中国、美国等国家作为欧盟各国的贸易伙伴国。这些国家是欧盟对外出口风电和光伏产品的前 20 名。交易国样本如表 1 所示。

表 1 交易国列表

产业分类	出口国	进口国	时间区域
光伏产业	奥地利、保加利亚、捷克共和国、丹麦、芬兰、法国、德国、匈牙利、意大利、卢森堡、荷兰、葡萄牙、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、英国	澳大利亚、加拿大、瑞士、中国、哥斯达黎加、印度、以色列、日本、韩国、墨西哥、马来西亚、挪威、菲律宾、新加坡、泰国、乌克兰、美国	2001—2017
风电产业	奥地利、保加利亚、捷克共和国、丹麦、芬兰、法国、德国、匈牙利、意大利、荷兰、波兰、葡萄牙、罗马尼亚、西班牙、瑞典、英国	澳大利亚、阿根廷、加拿大、瑞士、智利、中国、埃及、印度、以色列、日本、韩国、摩洛哥、墨西哥、挪威、新西兰、巴基斯坦、泰国、土耳其、乌克兰、美国	1996—2017

2. 核心解释变量。

（1）本文需要研究支持政策对可再生能源产品出口的影响，核心解释变量是支持政策强度。一般地，可用投入导向和产出导向两种方法衡量可再生能源政策的强度^[31]。投入导向法着眼于为支持可再生能源政策所付出的努力，如公共研发支出、上网电价优惠和补贴等。投入导向法适合分析单一政策工具，但现实中对可再生能源的支持政策种类多样，既包括上网电价优惠、税收优惠、研

① 欧盟部分国家由于数据残缺程度较严重而从样本中剔除，包括比利时、塞浦路斯、克罗地亚、爱沙尼亚、希腊、爱尔兰、拉脱维亚、立陶宛、马耳他。

② 由作者利用 UN Comtrade 数据库统计得出。

发补贴等，也有能源消费中可再生能源比例要求、政府采购中可再生能源优先中标的规定等。这些政策大多难以货币化和加总，此时可考虑从政策的产出效果入手量化支持政策强度。Beers 最先采取这种方法测度环境政策对贸易流量的影响，此后被 Sawhney 等^[32]许多学者沿用。由于欧盟各国可再生能源支持政策种类多样，实施时间以及实际执行力度差异很大，投入成本数据难以得到，且不具有直接可比性，本文选择产出导向法，选取可再生能源装机容量占该国电力部门总容量的比例来衡量政策强度，其计算公式为：

$$pol_u = \frac{\text{第 } t \text{ 年出口国光伏发电（风电）装机容量}}{\text{第 } t \text{ 年出口国电力部门总容量}}$$

考虑到政策效果往往具有滞后性，我们在模型中使用 pol_u 滞后三期的数据进行回归，同时尝试不同的滞后期来研究时间的影响并检验结果的稳健性。为避免因测量误差导致的偏误，对 pol_u 使用最小阈值，光伏发电与风电都采用 0.01% 的阈值^①。

(2) 考虑到进口国对可再生能源产品的需求可能会影响交易国的进出口决策与数量，本文参考 Kuik 等^[33]的方法计算进口国需求：

$$Dem_{it} = K_t - K_{t-1} + \theta K_{t-1}$$

其中， K_t 表示进口国第 t 年的装机总容量， θK_{t-1} 表示维护和更换旧装置，其中 θ 是维护和更换的速度。为了避免因测量误差导致的偏误，使用最小需求阈值 (D_{min})。在光伏发电和风电中， D_{min} 、 θ 分别为 2.5MW/0.25% 和 5MW/0.5%^②。

3. 变量与描述性统计。各变量的解释说明和描述性统计如表 2 所示。

表 2 主要变量的描述性统计

变量	含义	样本量	均值	标准差	最小值	最大值	数据来源
lntra	光伏产品出口量	5 202	12.51	4.589 7	0	20.69	UN Comtrade
	风电产品出口量	7 040	11.88	5.183 6	0	20.99	UN Comtrade
lngdp	进口国名义 GDP	440	26.86	1.462 7	24.17	30.60	世界发展指数数据库
	出口国名义 GDP	352	26.67	1.343 3	23.04	28.99	世界发展指数数据库
lndis	人口加权的地理距离	320	8.55	0.910 3	6.01	9.88	CEPII 数据库
	进口国风电产品需求	440	3.63	2.314 7	1.61	10.34	各国年度风电装机量来源于 GWEC
lndem	进口国光伏产品需求	289	3.31	2.618 4	0.92	10.88	各国年度光伏装机量来源于 IRENA
pol	出口国风电政策强度	352	0.047 7	0.071 7	0.000 1	0.358 2	年度装机量来源同上，各出口国电力部门总容量来源于 Eurostat
	出口国光伏政策强度	306	0.013 8	0.032 0	0.000 1	0.198 1	数据来源同上
polc	中国光伏政策强度	13	0.015 0	0.021 8	0.000 3	0.073 6	中国统计年鉴
	中国风电政策强度	18	0.031 9	0.033 7	0.001 1	0.092 1	中国统计年鉴

(三) 贸易量零值问题及处理方法

当两国间无贸易量时，会出现双方贸易流量零值，无法进行对数处理。一般地，有三种方法可

① 0.01% 是一个极低的比例，采用这个阈值是为了排除因数据小数部分的保留位数不足造成的 0 值，减少偏误。

② 在实践中，维护和更换速度难以测量，此处采用估计的数据，改变此数据不会改变本研究的基本结论。

以处理零值取对数问题: (1) 直接剔除零贸易样本; (2) 将原始数据加 1 再取对数, 作为近似替代以保留零观测值; (3) 以水平值而非对数作为因变量^[34]。如果零值由随机统计误差引起, 第一种方法并不会造成估计有偏, 但如果零贸易的出现并非随机, 该方法可能因未充分利用数据所反映的信息而造成样本选择偏误。第二种方法完全是经验主义的, 没有对零贸易的产生过程做任何假设。第三种方法则存在模型设定偏误问题。目前学术界对贸易零值问题并没有一个通行的解决办法。在实践中, 被学者运用较多的方法主要有泊松伪极大似然估计 (PPML) 方法和 Heckman 选择模型。

Silva 等^[35]提出的 PPML 方法估计过程中不需要对因变量 Y 取对数, 可以保留原始的贸易流量数值, 这样便解决了零值取对数后部分数据信息缺失的难题, 可以有效规避贸易零值和异方差导致的估计结果偏差问题。Helpman 等^[36]认为贸易零值是企业实现利润最大化目标的行为结果, 一国的出口厂商在向不同国家出口时会面临不同的固定成本, 它们会有选择地对部分国家进行出口, 是否出口与出口规模大小的决策不是独立的, 因此可以通过 Heckman 选择模型解决零值问题。比较而言, PPML 方法和 Heckman 选择模型虽然都能有效处理贸易零值问题, 但后者能为贸易零值提供经济解释, 更适合本文的分析。

Heckman 选择模型使用两阶段估计法, 其中第一阶段采用 Probit 模型的选择方程估算出口概率, 第二阶段将第一阶段计算的逆米尔斯比率代入行为方程进行估算。

第一阶段: (选择方程)

$$tra_D = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(gdp_u) + \alpha_2 \ln(gdp_j) + \alpha_3 \ln(dis_{ij}) + \alpha_4 \ln(dem_j) + \alpha_5 pol_{i,t-3} + \alpha_6 G_{ijt} + \xi_{ijt} \quad (3)$$

第二阶段: (行为方程)

$$\ln(tra_{ijt}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(gdp_u) + \beta_2 \ln(gdp_j) + \beta_3 \ln(dis_{ij}) + \beta_4 \ln(dem_j) + \beta_5 pol_{i,t-3} + \beta_6 \lambda_{ijt} + c_i + c_j + c_t + \epsilon_{ijt} \quad (4)$$

在选择方程中, tra_D 是一个表示两国是否发生了贸易的虚拟变量, 当贸易量不为零时取 1, 贸易量为零时取 0。在行为方程中, λ_{ijt} 被称为逆米尔斯比率, 若 λ_{ijt} 系数显著, 则说明存在样本选择问题, 使用 Heckman 选择模型是有效的, 可以得到一致估计。此外, 选择方程的自变量个数要大于行为方程自变量个数, 这个多出来的变量被称为“排除变量”或者“排除性约束条件”。对排除变量的选择要求是, 它对贸易概率存在影响, 但是跟行为方程的残差没有关系。参考 Helpman 等的建议, 本文选取除了地理距离之外的地理变量 (共同语言、边界、殖民) 作为排除变量。

四、实证检验

采用 Heckman 选择模型进行检验, 结果如表 3 所示。逆米尔斯比率变量均显著不为零, 表明使用 Heckman 选择模型进行估计是有效的。为了进一步研究政策实施时间的影响并检验估计结果的稳健性, 使用 pol_{it} 不同的滞后期进行估计, 此处主要关注政府支持政策强度 pol_{it} 的系数大小以及显著性变化, 结果如表 4 所示。

综合表 3 和表 4 的结果, 核心解释变量的方向和显著性水平一致, 可见, Heckman 选择模型得到的结果是稳健的。欧盟风电和光伏产业产品出口受到以下因素的影响:

核心解释变量的检验结果显示, 变量 pol 的系数在选择方程和行为方程中均显著为正, 表明欧盟在风电和光伏产业的支持政策提高了产品出口的概率并有效促进了产品出口, 但对风电和光伏产品出口的促进作用呈现出差异性, 风电的支持政策对出口的促进更大。纳入不同滞后期得出的结果显示, 支持政策促进风电产品出口的估计结果一直很稳健, 风电产品在全球市场的竞争优势在五年内得以保持; 而在光伏产业中, 政府的支持政策在 4 到 5 年后即在统计上不再显著, 表明政府支持

表 3 风电产业与光伏产业的 Heckman 选择模型估计结果

变量	Wind 选择方程	Wind 行为方程	Solar PV 选择方程	Solar PV 行为方程
pol_a	1.614 1*** (0.000)	5.692 6*** (0.000)	10.905 4*** (0.000)	2.200 8* (0.055)
$lndem_{jt}$	0.048 4*** (0.004)	0.128 9*** (0.000)	0.036 1 (0.190)	0.017 9 (0.453)
$lngdp_a$	5.752 6*** (0.000)	3.553 7* (0.097)	6.498 3*** (0.000)	7.566 1*** (0.003)
$lngdp_{jt}$	2.484 2*** (0.000)	2.853 0** (0.011)	4.277 6*** (0.000)	0.605 7 (0.642)
$lndis_{ij}$	-0.331 6*** (0.000)	-1.761 9*** (0.000)	-0.583 1*** (0.000)	-1.161 0*** (0.000)
进口国固定效应		控制		控制
出口国固定效应		控制		控制
时间固定效应		控制		控制
样本量		7 040		5 202
$lambda$		-0.832 0*** (0.001)		-1.693 5*** (0.000)

注：*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的水平上显著。

表 4 政府政策实施时间的影响检验

	$pol_{i,t-1}$	$pol_{i,t-2}$	$pol_{i,t-3}$	$pol_{i,t-4}$	$pol_{i,t-5}$
Wind Heckman	4.856 4*** (0.000)	5.219 9*** (0.000)	5.692 6*** (0.000)	5.427 9*** (0.000)	5.177 7*** (0.000)
Solar PV Heckman	3.020 1*** (0.005)	2.913 3*** (0.009)	2.200 8* (0.055)	0.748 4 (0.511)	-0.616 3 (0.635)

注：*、**、*** 分别表示 10%、5%、1%的水平上显著。

政策对风电产品出口的促进作用是显著且长期持续的，而对光伏产品出口的促进作用显著但较短暂^①。

对风电和光伏产业，变量 $lndem$ 的系数呈现不同的特征。其中，风电产品的出口受到进口国需求的显著正向影响，当一国内部需求增加时，能相应导致欧盟国家的出口增加，表明欧盟国家的风电产品在国际市场上具有竞争优势。而光伏产业的 $lndem$ 系数不显著，说明光伏产品的出口与进口国需求无显著关系。其他控制变量的检验结果显示，系数的方向都符合经济预期，但显著水平在两个产业间有差异。出口国 GDP 对本国风电和光伏产品的出口概率和规模都有显著的正向影响。进口国 GDP 的影响在风电产业中显著为正，而在光伏产业中不具有显著性。两国之间的距离变量对出口均有显著的负面影响，其中风电产品贸易对距离的敏感度（-1.76）高于光伏产品贸易对距离的敏感度（-1.16）。

本文在分析了风电和光伏产业的技术特点后，认为造成两者检验结果差异的原因可能在于二者的技术性质和市场结构差异。风电产业链主要包括零部件制造商、整机制造商和风电运营商，其核心设备风力涡轮机是技术密集型的产品，需要长期的技术积累和沉淀，通过产品创新加强市场竞争

^① 此处笔者分析了 8 期滞后的情景，受篇幅限制只在表 4 展示了 5 期，在其后 3 期风电产业的效应仍是显著的，而光伏产业不再显著。

力，技术门槛高，先行企业一旦取得了领先优势，其他企业难以赶超，产业的集中度较高。据 GWEC 的数据计算，2019 年全球风机制造业的 CR4 达到 58.5%，CR8 达到 80.7%，是极高寡占型市场^[37]。光伏产业链的上游为硅料、硅片环节，中游为电池片、电池组件环节，下游为应用系统环节。这一产业的快速发展源于 2004 年德国出台 EGG 法案，之后许多欧盟国家大力补贴支持光伏发电产业，受国际市场刺激，上游硅料价格暴涨，刺激了中上游产业链的扩张。这些部门的技术门槛低，建设周期短，资源投入强度大且资金密集，产品的可复制性强、价格透明、竞争激烈，先行企业维持领先优势的难度较大，产业的集中度较低。基于上述差异，政府的支持政策能更好地促进优势风电企业做大做强，获得市场竞争优势。同时，技术性质和市场结构的差异也使得当进口国的市场扩大时，在光伏产业的招投标中更易出现低价竞争，导致欧盟的光伏产品容易被其他国家所替代，因此，进口国的市场需求对光伏产品出口的影响不显著。此外，由于风电产品中风力涡轮机尺寸大、吨位高，相应的运输成本较高，而 PV 板相比而言运输成本低，因此，风电产品出口对距离的敏感度更高。

五、中国可再生能源支持政策的冲击分析

2006 年以来，中国颁布了《可再生能源法》，并出台了对可再生能源项目优先供应土地、实施上网电价和税收优惠、强制性市场配额和并网接入等支持政策。这促进了中国可再生能源产业进入加速发展期，并在国际市场上与欧盟展开竞争。作为对中国竞争压力的回应，2012—2013 年期间，欧盟对中国可再生能源产业进行了“双反”调查并采取了制裁措施。可见，作为国际市场上的博弈方，中欧在可再生能源产业上的支持政策及其效应是互相影响的。为了分析中国的支持政策对欧盟支持政策效应的影响，本文计算了中国支持政策强度 $polc_t$ ，并将其纳入模型，检验其是否产生门槛效应。

采用 Hansen^[38] 提供的面板门槛回归模型，选取中国对风电和光伏产业的支持政策作为门槛变量，构建如下非线性面板门槛回归模型：

$$\ln(traj_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(gdp_{it}) + \beta_2 \ln(gdp_{jt}) + \beta_3 \ln(dem_{jt}) + \beta_4 pol_{i,t-3} (polc_t \leq \eta) + \beta_5 pol_{i,t-3} (polc_t > \eta) + \varepsilon_{ijt} \quad (5)$$

其中， $polc_t$ 为门槛变量， η 是门槛值， pol_{it} 为受门槛变量影响的解释变量。面板门槛模型估计首先要检验门槛效应是否存在，若存在门槛效应，则确定具体门槛值，并估计不同门槛区间下的参数值。表 5 的检验结果显示，在风电产业，欧盟支持政策对产品出口具有门槛效应；而在光伏产业，单一门槛检验结果的 p 值大于 0.1，表明不存在门槛效应。

表 5 门槛效应检验

变量	门槛数	F 值	P 值	10%	5%	1%	BS 次数
$polc$ 风电	单一门槛	32.95**	0.012 0	15.481 4	20.215 6	33.319 6	500
	双重门槛	15.55	0.128 0	20.865 2	29.995 4	46.421 2	500
	三重门槛	2.49	0.766 0	10.804 3	13.310 7	19.632 7	500
$polc$ 光伏	单一门槛	5.22	0.320 0	7.930 0	9.888 1	14.029 0	500

注：*、**、*** 分别表示 10%、5%、1% 的水平上显著，BS 次数是指采用 Bootstrap 反复抽样的次数。

进一步考察在风电产业中，欧盟支持政策在不同门槛区间下对产品出口的影响，结果如表 6 所示。由表 6 可知，在风电产业，欧盟可再生能源支持政策对产品出口存在单一门槛效应：当中国对风电产业的支持政策强度小于 0.001 3 时，欧盟支持政策对该地风电产品出口的促进作用为

25.825 6, 而当中国对风电产业的支持政策强度大于 0.001 3 时, 欧盟支持政策对该地风电产品出口的促进作用为 9.493 5, 其促进作用减弱。

表 6 风电产业面板门槛模型回归结果

变量	$\ln gdp_{it}$	$\ln gdp_{jt}$	$\ln dem_{jt}$	$pol_{i,t-3} (polc \leq 0.0013)$	$Pol_{i,t-3} (polc > 0.0013)$	常数项
系数	2.097 3	0.439 5*	0.084 6**	25.825 6***	9.493 5***	-56.637 8***

注: *, **, *** 分别表示 10%、5%、1% 的水平上显著。

根据检验结果, 风电产业存在单一门槛, 而光伏产业没有检测出门槛效应。出现这一结果可能与两个产业的技术和市场特点有关。风电产业的技术门槛高, 头部企业的市场占有率高。在这一产业发展前期, 欧盟企业具有明显的技术优势, 其支持政策对该地风电产品的出口促进作用明显。中国的支持政策较弱时, 虽然能促进本国风电产业发展, 但对欧盟风电产业的影响不大。当中国对风电产业的支持力度加大到一定门槛之上后, 中国逐渐形成了巨大的国内市场, 产生了明显的规模效应, 使得企业能通过规模扩张降低成本, 并有效地促进企业技术创新, 使中国企业形成了相对于欧盟企业的竞争优势。因此, 中国风电产业的支持政策对欧盟风电产业支持政策出口效应的“阻击”作用更明显。BP 的统计数据显示, 2007—2017 年间欧盟风电装机容量的年增长率为 12.2%, 而同期中国为 44.3%, 2018 年全球前 10 位风机制造商中有 4 家来自中国。中国风电产业的高速发展对欧盟风电产品出口带来的冲击是导致欧盟政策促进作用减弱的直接因素。

而光伏产业, 特别是光伏产业链的中上游环节的进入门槛较低。2007 年国际市场硅料价格大涨, 次年为了防止经济硬着陆, 中国推出了 4 万亿的基建投资政策。在这样的背景下, 许多地方政府纷纷将光伏产业作为重点发展对象。随后, 政府出台了一系列的支持政策, 导致各地涌现出大批光伏企业。这些企业大多处于生产链的中上游, 技术含量不高, 在国际市场上只能依靠互相压价进行竞争。这种低价竞争很快导致了光伏产业严重的产能过剩和国际市场硅料价格暴跌, 大批企业破产倒闭。因此, 虽然我国的光伏产业与风电产业一样都得到了政府的支持, 但光伏产业并没有因此实现整体技术水平的升级。所以, 中国光伏产业支持政策力度增加对欧盟光伏产业支持政策的出口效应的影响没有明显的变化, 即不会表现出门槛效应。

六、研究结论与建议

本文以欧盟风电和光伏产业为研究对象, 使用 1996—2017 年欧盟主要可再生能源产品贸易国的数据, 用扩展的引力模型和 Heckman 选择模型分析了欧盟各国的支持政策以及进口国的国内市场需求对欧盟风电和光伏产品出口的影响, 之后以中国的支持政策为门槛变量, 检验了中国的支持政策对欧盟风电和光伏产品出口的冲击。研究的主要发现有: (1) 欧盟在风电和光伏产业实施的支持政策对产品出口有显著的正向促进作用, 支持政策强度每增加一个百分点, 能促进风电产品出口增加 5.69%, 光伏产品出口增加 2.20%。在风电产业中这种影响是显著且长期持续的, 而在光伏产业中影响是显著但短暂的, 政策实施后 4 到 5 年即在统计上变得没有意义。(2) 在风电产业中, 进口国的市场需求对出口具有显著的正向影响, 而在光伏产业中影响不显著。(3) 受中国支持政策的影响, 在风电产业中存在显著的单一门槛效应, 当中国对风电产业的支持政策强度高于门槛值后, 欧盟支持政策对其风电产品出口的促进作用大幅下降, 在光伏产业中则不存在门槛效应。两个产业的技术性质和市场结构差异是造成政策影响差异的重要原因。

综上, 支持政策在很大程度上促进了欧盟可再生能源产业的发展, 使得欧盟在这一领域取得领先优势并在国际市场上占有较大份额, 进而成为全球可再生能源应用规模最大、比重最高的地区。

但是随着竞争者出现, 欧盟支持政策对可再生能源产业发展的促进作用趋于减弱。可再生能源产业也是我国产业政策重点支持的对象, 欧盟的经验对我国制定支持政策具有积极的借鉴意义。

首先, 支持政策是促进新兴可再生能源产业发展的重要推动力。在实际操作中, 有多种具体的支持政策可供选择。上网电价补贴是我国以往对风电和光伏产业的主要支持政策, 对促进这两个行业的迅速扩张、积累行业特定的人力资本、提高研发能力、扩大国际市场占有率等提供了巨大支持, 但也带来了产能过剩、财政负担加重、补贴政策难以为继等问题。面对这种困境, 我国可参考欧盟国家实施的多样化支持政策, 调整政策目标, 从直接补贴供给方的产出转向补贴需求端和支持技术研发, 更多地发挥市场机制的作用, 减少过度投资和浪费。

其次, 支持政策对不同产业可再生能源产品出口的促进作用具有异质性。相比于光伏产业, 对风电产业的支持政策能产生更显著和持久的作用。产业的技术特征以及市场集中度差异等可能是产生这种异质性的原因。在发展的初期, 支持政策能发挥重要的推动作用, 但在支持政策的作用下, 风电产业能形成拥有核心技术、有市场竞争力的龙头企业, 而光伏产业却出现了企业的过度进入, 大量企业普遍亏损甚至依靠补贴都难以维持。此时继续实施原有的支持政策不仅会加大财政压力, 还会阻碍市场机制发挥奖优罚劣的作用, 不利于行业市场集中度的提高和长远健康发展。因此, 政府不仅仅在制定支持政策时需要研究评估预期效果, 在政策执行过程中也要不断监测和评估政策的实施效果, 分行业进行政策的成本和收益分析, 根据其变化调整支持政策的内容和力度。

最后, 在激烈的国际市场竞争中, 受与他国博弈的影响, 本国支持政策的效应是变化的。本文分析显示, 欧盟支持政策的效应受中国相关政策的影响, 中国政策会削弱其对出口的促进作用。实际上, 这种影响是相互的。光伏和风电产业国际市场份额的变化显示, 我国对光伏和风电产业的支持政策提升了自身的国际竞争力, 但也因此引发了欧盟和其他国家的反倾销调查和报复。因此, 政府在制定和评估支持政策时, 需要综合考虑市场变化和竞争对手的反应, 做出策略性选择。

参考文献

- [1] OECD. *Towards Green Growth: A Summary for Policy Makers*[R]. Paris: OECD, 2011.
- [2] BP. *BP Statistical Review of World Energy 2019*[R]. London: BP, 2019.
- [3] 齐绍洲, 李杨. 能源转型下可再生能源消费对经济增长的门槛效应[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018(2).
- [4] Harris, R., I. Keay, F. Lewis. Protecting infant industries: Canadian manufacturing and the national policy, 1870—1913[J]. *Explorations in Economic History*, 2015, 56.
- [5] Hadley, E. M. MITI and the Japanese miracle: The growth of industrial policy, 1925—1975 (review)[J]. *Saïs Review*, 1984(1).
- [6] OECD. *Perspectives on Global Development 2013: Industrial Policies in a Changing World*[M]. Berlin: OECD Publishing, 2013.
- [7] Beason, D., D. E. Weinstein. Growth, economies of scale, and targeting in Japan (1955—1990)[J]. *The Review of Economics and Statistics*, 1996(2).
- [8] Langniss, O., R. Wiser. The renewables portfolio standard in Texas: An early assessment[J]. *Energy Policy*, 2003(6).
- [9] Bird, L., M. Bolinger, T. Gagliano, et al. Policies and market factors driving wind power development in the United States[J]. *Energy Policy*, 2005(11).
- [10] Gan, L., G. S. Eskeland, H. H. Kolshus. Green electricity market development: Lessons from Europe and the US[J]. *Energy Policy*, 2007(1).
- [11] Liao, C. H., H. H. Ou, S. L. Lo, et al. A challenging approach for renewable energy market development[J]. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011(1).

- [12]Johnstone,N. ,I. Hascic,D. Popp. Renewable energy policies and technological innovation:Evidence based on patent counts[J]. *Environmental & Resource Economics*,2010(1).
- [13]Dong,C. G. Feed-in tariff v. s. renewable portfolio standard:An empirical test of their relative effectiveness in promoting wind capacity development[J]. *Energy Policy*,2012,42.
- [14]Zhao,Y. ,K. K. Tang,L. L. Wang. Do renewable electricity policies promote renewable electricity generation? Evidence from panel data[J]. *Energy Policy*,2013,62.
- [15]Cao,J. ,F. Groba. Chinese renewable energy technology exports:The role of policy,innovation and markets [J]. *Environmental & Resource Economics*,2015(2).
- [16]Groba,F. Determinants of trade with solar energy technology components:Evidence on the porter hypothesis? [J]. *Applied Economics*,2014(5).
- [17]韩超. 新能源产业发展态势、政府扶持逻辑与政策调整方向——基于国际比较的视角[J]. *国际贸易*,2013(9).
- [18]周亚虹,蒲余路,陈诗一,等. 政府扶持与新型产业发展——以新能源为例[J]. *经济研究*,2015(6).
- [19]王思聪. 政府补贴政策演进对光伏发电产业发展影响研究[J]. *价格理论与实践*,2018(9).
- [20]傅京燕,吴丽敏. 制度和环境政策影响了可再生能源产业出口贸易吗——基于出口深度和广度的视角[J]. *国际贸易问题*,2015(12).
- [21]何凌云,张丽虹,钟章奇,等. 环境不确定性、外部融资与可再生能源投资——兼论政策有效性[J]. *资源科学*,2018(4).
- [22]Longo,R. ,K. Sekkat. Economic obstacles to expanding intra-African trade[J]. *World Development*,2004(8).
- [23]Linnemann,H. *An Econometric Study of International Trade Flows*[M]. Amsterdam:North-Holland Publishing Company,1966.
- [24]陈静,S. Samnath,胡昭玲,等. 东亚零部件贸易影响因素及特点分析:基于引力模型的测算(1992~2006) [J]. *世界经济*,2009(11).
- [25]罗来军,罗雨泽,刘畅,等. 基于引力模型重新推导的双边国际贸易检验[J]. *世界经济*,2014(12).
- [26]吴小康,于津平. 进口国通关成本对中国出口的影响[J]. *世界经济*,2016(10).
- [27]张凤,张倩慧,冯等田,等. 毗邻效应、出口经验溢出与企业出口行为[J]. *世界经济研究*,2019(12).
- [28]秦臻,倪艳. WTO 成立以来技术性贸易措施对中国农产品出口影响研究——基于多边贸易阻力的两阶段引力模型[J]. *国际经贸探索*,2013(1).
- [29]吴小康,于津平. 进口国通关成本对中国出口的影响[J]. *世界经济*,2016(10).
- [30]Jha,V. Trade flows,barriers and market drivers in renewable energy supply goods:The need to level the playing field[J]. *Geothermal Energy*,2009,92.
- [31]Van Beers,C. ,J. C. J. M. Van den Bergh. An empirical multi-country analysis of the impact of environmental regulations on foreign trade flows[J]. *Kyklos*,1997(1).
- [32]Sawhney,A. ,M. E. Kahn. Understanding cross-national trends in high-tech renewable power equipment exports to the United States[J]. *Energy Policy*,2012,46.
- [33]Kuik,O. ,F. Branger,P. Ouirion. Competitive advantage in the renewable energy industry:Evidence from a gravity model[J]. *Renewable Energy*,2019(2).
- [34]孙林,倪卡卡. 东盟贸易便利化对中国农产品出口影响及国际比较——基于面板数据模型的实证分析[J]. *国际贸易问题*,2013(4).
- [35]Silva,S. ,T. Silvana. The log of gravity[J]. *Review of Economics & Statistics*,2006(4).
- [36]Helpman,E. ,M. Melitz,Y. Rubinstein. Estimating trade flows:Trading partners and trading volumes[J]. *Quarterly Journal of Economics*,2008(2).
- [37]Global Wind Energy Council (GWEC). *Annual Global Wind Report 2019*[EB/OL]. <http://gwec.net/global-wind-report-2019/>,2019-12-31.

[38] Hansen, B. E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing and inference[J]. *Journal of Econometrics*, 1999(2).

Analysis on the Impact of Industrial Support Policies and Market Demand of Importing Countries on EU Renewable Energy Products Export

HOU Wei-li, LI Si-min, LIU Xing

Abstract: Using panel data from 1996 to 2017 to establish an expanded gravity model that takes into account multilateral resistance, this paper quantitatively analyzes the impact of industrial support policies of major EU renewable energy product trading countries on their exports. Empirical research results show that the support policies implemented by the EU in the wind and solar photovoltaic industries have a significant positive effect on product exports. The increase in the support policy intensity by one percent can promote the export of wind products by 5.69% and the export of solar photovoltaic products by 2.20%. The impact is significant and long-lasting in the wind industry. The impact is significant in the solar photovoltaic industry, but it becomes statistically meaningless in 4 or 5 years. The market demand of importing countries has a significant positive impact on the export of wind power industry, but it has no significant impact on the export of solar photovoltaic industry. Considering the competition in the international market, the paper takes the strength of China's renewable energy support policy as a threshold variable and finds that there is a significant single threshold effect in the wind industry. When the strength of China's support policy for the wind industry is higher than the threshold, the export promotion of the EU support policy has dropped significantly in the wind industry, and there is no threshold effect in the solar photovoltaic industry. Differences in technical nature and market structure are important reasons for the differences in the research results of the two industries. EU's experience offers implications for China's formulation of support policies.

Key words: EU; renewable energy industry; industrial policy; gravity model; panel threshold model

(责任编辑 朱 蓓)