

战略性新兴产业的集聚测度及结构优化研究^{*}

——以新能源产业为例

王欢芳, 张 幸, 宾 厚, 李 密

(湖南工业大学商学院, 湖南株洲 412007)

摘 要: 新能源产业是战略性新兴产业的先导产业, 培育壮大战略性新兴产业是推动新兴产业转型升级的重要动力和新支柱, 是优化产业结构实现新旧动能转换的关键。为研究新能源产业的发展状况, 对中国31个省、市地区新能源产业的区位熵值和 Moran's I 指数进行测算, 并进行聚类分析及空间自相关分析。对比分析结果表明: 我国新能源产业总体上呈现较高水平的空间集聚, 在东部地区表现显著; 聚类分析可以清楚地分类体现我国新能源产业的空间集聚分布状况, 但空间自相关分析能够更清晰地说明我国新能源产业集聚水平的空间差异并非随机产生, 而是取决于经济发展水平、空间相关性、产业基础、资源优势等因素; 另外, Moran's I 指数散点图表明受地理溢出效应的影响, 东部、中西部地区等部分地区也开始形成新的新能源产业集聚区。最后, 提出有关对策建议促进我国新能源产业的集聚发展并优化其产业结构。

关键词: 新能源产业; 产业集聚; 区位熵; 聚类分析; 空间自相关

一、引言

当前的能源危机、环境恶化、资源短缺对产业发展及人类健康和生存构成威胁, 迫使世界各国政府和企业积极推行循环经济和发 展 新 能 源。同时, 《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》指出, 把握能源变革的发展趋势是当下我国产业绿色转型发展的要求。因此, 应对资源环境约束压力和顺应产业融合趋势, 培育壮大新能源产业势在必行。近年来, 产业集聚成为了学术界研究的焦点, 但鲜有学者研究新能源产业的集聚状况, 所以本文采用区位熵法结合聚类分析和空间自相关法测度我国新能源产业的集聚水平, 并提出合理的对策建议促进新能源产业集聚发展, 有利于产业资源的有效配置, 有利于优化其产业结构, 进而推动战略性新兴产业的发展和现代化经济体系的建设。

二、新能源产业研究现状

(一) 国外研究现状

国外关于战略性新兴产业的研究较少, 但对于新能源产业、生物医药产业、新一代信息技术产业等细分产业的研究却不少。新能源产业的研究主要围绕产业发展、产业空间集聚展开, 许多学者认为产业集聚是产业活动在空间上的具体体现, 可能受到经济发展水平、技术创新、人才流动等因素的影响, 具体来看, 研究新能源产业发展的有: Martin (2003) 认为新能源产业在发展的过程中, 可能受区域之间的人才流动、知识能力、技术水平等因素的影响^[1]; Reinhard (2011) 根据新能源产业发展的现状, 分析了影响新能源产业发展的因素^[2]; Zheng (2017) 通过建立模型分析中国新能源产业出口贸易波动因素, 认为行业出口贸易的波动等因素影响其国际市场的进口需求, 并提出建议推动中国新能源产业的发展^[3]。研究

作者简介: 王欢芳 (1980-), 女, 湖南工业大学商学院副教授, 博士, 研究方向: 产业经济; 张幸 (1991-), 女, 湖南工业大学商学院研究生, 研究方向: 产业经济; 宾厚 (1974-), 男, 湖南工业大学商学院副教授, 博士, 研究方向: 产业经济; 李密 (1989-), 女, 河南商丘人, 湖南工业大学商学院研究生, 研究方向: 产业经济。

^{*} 基金项目: 国家社科青年基金项目“我国战略性新兴产业区域集聚水平测度及布局优化研究”(14CJY038)、项目负责人: 王欢芳; 湖南省社科基金项目“湖南省战略性新兴产业全要素生产率测度及提升对策研究”(17YBA140) 项目负责人: 王欢芳; 湖南社科联项目“政府补贴对湖南省战略性新兴产业 R&D 投入的影响研究”(XSP18YBC239) 项目负责人: 王欢芳。

新能源产业空间集聚的有：Abreu（2005）开始关注空间效应，经济学家和地理学家们将空间思维引入产业经济发展问题的研究中^[4]；Ye（2011）通过临近的地理单元和时间维度分析了空间异质对产业集聚的影响^[5]；Li（2016）建立了产业创新链和“供求”政策框架，通过比较地区之间的差异分析新能源汽车产业政策的特点，并为完善政策制定提出建议^[6]。

（二）国内研究现状

国内关于战略性新兴产业的研究较多，主要集中在产业集聚、发展路径及方向、协同发展、创新发展、政府补贴效应等^[7]。霍国庆（2017）通过系统分析认为我国战略性新兴产业是典型的创新驱动产业；盛朝迅（2018）分析了当前战略性新兴产业的发展阶段、规律及背景要求，进而指出我国战略性新兴产业政策转型的方向和重点^[8]。但关于细分产业新能源产业的研究相对起步较晚，部分学者认为政策因素、地理环境因素、社会因素、区域承载力等会在某种程度上影响新能源产业的发展，新能源产业的研究主要围绕产业发展影响因素、空间集聚和发展路径等展开。关于新能源产业集聚的影响因素的研究有：邱立成（2013）使用面板数据模型对欧盟各成员国的环境政策进行量化评价，分析其环境政策对新能源产业集聚的影响作用^[9]；金飞（2014）通过 GEM 和 AHP 模型，构建江苏沿海地区的新能源产业集群竞争力的评价指标体系并进行实证分析^[10]。关于新能源产业空间集聚的研究有：李文博（2015）运用基尼系数和空间自相关法，分析我国新能源产业的分布状况和空间集聚现象等^[11]。关于新能源产业发展路径的研究有：屠烜（2013）依据美国、欧盟等新能源产业的发展现状，提出转型创新和因地制宜发展我国新能源产业^[12]；郭立伟（2014）结合新能源产业的自身发展特点分析了其形成产业集群的必要、需求、社会、历史、政治条件，进而指出集群发展是新能源产业发展的必由之路^[13]；吕蕊（2016）选取典型地区新能源产业集群，从产业集群成长演化视角探讨我国新能源产业的发展规律，并提出了促进河西走廊新能源产业集群发展的有关对策^[14]；马丁（2017）采用耦合模型分析了新能源产业集聚与区域知识承载力的耦合关系^[15]；张廷海（2018）采用 ESDA 法分析产业集聚对经济增长的溢出效应的影响^[16]。

综上所述，战略性新兴产业中新能源产业集聚作为现下学术界研究的重点，累积了大量的研究成果，具有一定的借鉴意义，但目前对于新能源产业集聚较

多是以某一地区或者某些区域为对象进行研究，从空间集聚角度研究新能源产业的较为罕见，采用区位熵法可以分析我国新能源产业的空间集聚水平，而结合空间自相关法能够更清晰地观察其空间分布的形成过程。因此，本文采用区位熵法和 Moran's I 指数法结合聚类分析及莫兰散点图来研究我国 31 个省市的新能源产业空间集聚和发展状况，从新能源产业的空间集聚状况以及分析空间分布的形成是否会影响其新能源产业的发展有重要作用，对于研究新能源产业的发展现状，为促进新能源产业集聚发展，优化产业结构及培育壮大战略性新兴产业提供一定的理论依据。

三、新能源产业空间集聚测度

（一）指标选取

反映一个行业发展状况的数据指标有工业总产值、从业人数、企业数量、固定资产投资、专利申请数目等^[17]。其中，在国内外有关产业集聚的研究中最常见的应用指标是工业总产值和从业人数，但工业总产值更能够直接反映行业的发展水平，所以本文选取工业总产值作为研究指标。然而，按照最新的国民经济行业的《战略性新兴产业分类目录》的划分，新能源种类较多，且新能源产业的相关数据统计不够全面，因此数据获取不易。近年来，我国部分学者分别对新能源产业的总产值度量方法进行了探索，借鉴学者李士忠、郭立伟提出的方法^[18]，计算 2012 ~ 2017 年我国 31 个省市新能源产业的总产值。研究数据来源于国家统计局网站以及各省、市、自治区的统计年鉴、中国工业统计年鉴、能源统计年鉴等。

（二）区位熵法测算

1. 区位熵法

区位熵是反映某一产业部门的专业化程度，或者表示衡量某一区域要素的空间分布情况的指标，又称为专门化率。一般选择工业总产值、工业增加值、企业数目、就业人数等作为测量指标，区位熵计算方法较为简单易行、分析比较直观，并能较好地反映地区层面产业的集聚水平。但其未考虑企业规模因素带来的影响，无法判断区域经济发展水平之间的差异性，或许会造成某地区该产业空间集聚不显著的情况，但区位熵指数较高的现象则在很大程度上反映出该产业的集聚程度。区位熵的计算公式如下：

$$LQ_{ij} = \frac{X_{ij} / \sum_j X_{ij}}{\sum_j X_{ij} / \sum_i \sum_j X_{ij}} \quad (1)$$

表 1 中国各省市新能源产业的区位熵指数

地区	省市	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	均值
东部	北京	1.25	1.85	1.61	2.06	1.87	1.91	1.76
东部	天津	0.91	1.27	1.24	1.05	1.18	1.17	1.05
东部	河北	0.61	0.58	0.85	0.92	0.83	0.93	0.79
东部	上海	2.08	2.29	2.48	2.43	2.01	2.15	2.24
东部	江苏	2.18	1.87	2.06	2.23	1.97	2.56	2.15
东部	浙江	1.83	1.88	2.03	2.21	2.13	2.39	2.08
东部	福建	0.63	0.68	0.69	0.64	0.79	0.87	0.72
东部	山东	1.57	1.72	1.85	1.91	2.07	1.94	1.84
东部	广东	1.55	1.43	1.52	1.66	1.68	1.97	1.64
东部	海南	0.27	0.12	0.66	0.65	0.68	0.84	0.54
中部	山西	0.36	0.47	0.47	0.52	0.63	0.51	0.49
中部	河南	0.82	0.94	0.96	0.99	1.07	1.18	0.99
中部	湖北	0.91	0.85	0.86	0.83	0.79	0.82	0.84
中部	湖南	0.86	0.75	0.71	0.72	0.83	0.87	0.79
中部	安徽	0.67	0.89	0.91	0.88	1.04	1.26	0.94
中部	江西	0.59	0.73	0.86	0.97	1.05	1.23	0.9
西部	重庆	0.62	0.76	0.83	0.67	0.81	0.96	0.78
西部	四川	0.83	0.95	1.06	1.25	1.37	1.35	1.14
西部	贵州	0.42	0.38	0.44	0.36	0.36	0.39	0.39
西部	云南	0.11	0.12	0.13	0.15	0.48	0.42	0.24
西部	西藏	0.11	0.11	0.12	0.12	0.53	0.61	0.27
西部	陕西	0.36	0.55	0.51	0.47	0.63	0.62	0.52
西部	甘肃	0.38	0.46	0.47	0.75	0.83	0.98	0.65
西部	青海	0.42	0.56	0.71	0.64	0.58	0.86	0.63
西部	宁夏	0.31	0.43	0.49	0.51	0.66	0.92	0.55
西部	新疆	0.35	0.39	0.47	0.54	0.78	0.95	0.58
西部	广西	0.13	0.13	0.15	0.26	0.19	0.31	0.2
西部	内蒙古	0.29	0.32	0.36	0.34	0.26	0.38	0.33
东北	辽宁	0.73	0.82	1.02	0.9	0.85	0.93	0.87
东北	吉林	0.38	0.41	0.45	0.57	0.52	0.57	0.48
东北	黑龙江	0.52	0.46	0.55	0.61	0.57	0.64	0.56

数据来源：2012 年~2017 年中国工业统计年鉴、国家统计局官网及各省市统计年鉴、能源统计年鉴等。

其中, LQ_{ij} 表示 j 地区 i 产业的区位熵, X_{ij} 表示 j 地区 i 产业的产出指标, $\sum_j X_{ij}$ 表示在全国范围内所有地区的产出指标的值, $\sum_i \sum_j X_{ij}$ 表示全国范围内所有省市该产业的产出指标值。另外, 若 $LQ_{ij} > 1$, 表示 j 地区 i 产业高度集聚, LQ_{ij} 的值越高, 所在地区该产业的集聚程度就越高; 若 $LQ_{ij} = 1$, 表示 j 地区 i 产业集聚程度一般; 若 $LQ_{ij} < 1$, 表示 j 地区 i 产业相对较少, 产业集聚程度低。

代入数据, 运用区位熵法测算: 上海、江苏和浙江等地区其区位熵值从 2011~2016 年开始连续均高于或者接近 2, 均有高度的空间集聚优势, 山东、北京、广东、天津、四川地区的区位熵值大于 1, 其新能源产业高度集聚, 河南、安徽、江西、辽宁、湖

北、湖南、河北、重庆、福建地区 2011 ~ 2016 年的区位熵值在 0.72 ~ 0.99 之间,其新能源产业空间相对集聚,青海、宁夏、黑龙江、海南、甘肃、新疆、内蒙古等西北地区位熵值偏低,除了甘肃、青海地区的区位熵值在 0.65 左右,其他地区均低于 0.6,产业集聚程度不明显。

2. 测算结果分析

(1) 从纵向时间分析

根据表 1 可以得出:东部地区 2011 ~ 2016 年的区位熵指数较高,例如上海、江苏、浙江等地,其产业集聚程度最高,从 2011 ~ 2016 年各地区新能源产业区位熵指数来看,具有集聚优势的东部地区虽有升降,但仍是新能源产业专业化区域,经济发达的东部地区资源丰富、经济发达、交通便利,为新能源产业的空间分布提供了良好的区位条件,例如福建、天津和北京空间距离近的地区,可以通过高集聚地区的带动,促进其新能源产业的发展;中部地区新能源产业的年均区位熵指数总体低于中部地区,安徽、江西、河南、湖北、湖南地区的区位熵均值在 0.89 左右,新能源产业集聚程度呈稳步增长阶段,说明随着我国产业结构逐步向中部地区转移,并且受地理溢出效应的影响,推动了中部地区产业集聚,中部地区临近东部的高集聚地区的河南、安徽等地新能源产业也得到较快的发展;西部和东北地区的年均区位熵值偏低,产业集聚相对落后,但是重庆、四川、甘肃、青海、辽宁等地区,在观察期内其区位熵值在总体上有递增趋势,特别是四川省从 2011 年区位熵值为 0.83,到 2013 年区位熵值超高了 1.0,2016 年区位熵值则达到 1.35,说明近 6 年来这些地区新能源产业的发展水平得到提升,发展态势较好。

(2) 从横向空间分析:

从聚类分析来看,基本分类结果为:

第一类:区位熵值高于 2.0:上海、江苏和浙江地区新能源产业的区位熵值均高于 2,其产业集聚优势显著。上海地区的天然气发电占比较高的地区,预计到 2020 年,上海市天然气消费量将增加到 100 亿立方米左右,《上海市能源发展“十三五”规划》明确指出有序推进燃气电厂建设,进一步加大天然气的替代力度,尽快完成集中供热企业的清洁能源替代,推进能源革命,构建新能源体系。近年来,江苏省大力推动新能源特色装备产业的发展,初步形成了以新能源装备制造为特色的企业转型升级新格局。2017 年 12 月 14 日,国电舟山普陀 6 号海上风电场项目首

台机组成功并网,其针对性开展设计研发,对我国台风海域海上风电场建设具有示范意义。

第二类:区位熵值在 1.0 ~ 2.0 之间:山东、北京、广东地区新能源产业的区位熵值在 1.0 到 2.0,其产业集聚优势较为显著。山东位于中国东部沿海,资源丰富,其东部沿海地区拥有适合发展核电的厂址,其中烟台海阳、威海已启动相关项目建设,核能发展优势较为明显。北京市太阳能产业初具规模,一批大型企业如科诺伟业、天普、桑普、清华阳光等在高端装备、太阳能利用、系统集成等领域具有国内领先水平。根据《北京市“十三五”时期节能降耗及应对气候变化规划》显示,新能源汽车产业发展空间较大,预计到 2020 年北京市推广新能源汽车 40 万辆。在某种程度上新能源汽车产业、太阳能和风能、地热能,以及生物质能等都有了进一步的发展。广东要以绿色低碳技术创新和应用为重点,加快发展先进核电、大型风电、生物质能等,着力发展“互联网+”智慧能源,大幅提升新能源消纳能力,全面提升新能源汽车的整体性能与技术水平。

第三类:区位熵值在 0.72 ~ 0.99 之间:安徽、天津、重庆、河北、福建、四川、河南、湖北、湖南等地区的新能源产业空间分布相对集聚。天津地区 2011 年的区位熵值为 0.91,受到临近北京地区的带动和影响作用结合本地区的优势,2012 ~ 2016 年的区位熵值均高于 1.0,其新能源产业集聚发展优势也较为显著。另外,据悉中国三峡新能源有限公司计划投资 180 亿元在天津的南港工业区建设海上风电项目,建成后其发电能力将有效满足南港工业区石油石化产业对电力的巨大需求,进而形成产业互补,促进天津新能源产业的更好发展。江西省出台电网发展规划指出,到 2022 年将初步建成安全可靠、协调兼容、竞争有序、经济高效的现代智能电网体系,结构优化迈入新阶段,协同发展取得新进展。福建在“一带一路”倡议及全国核电项目布局中的重要地位,其核能市场前景广阔,例如电线、电缆、轮胎等材料通过核辐射改性技术,在强度、效能等方面都明显改善,先进核技术的其他应用在我国有望达到万亿元的市场规模,迎来巨大机遇^[19]。福建已经成为全国核电第二大省,集纳了最多核电央企、核电技术形式的商业化落地项目,依托在其周边地区发展各类先进核技术应用产业,无疑可以节省大量成本,并且拥有先发优势,能源结构明显优化。另外,福建作为 21 世纪海上丝绸之路的核心区,在核能建设国际化交流方

面将发挥重要作用。

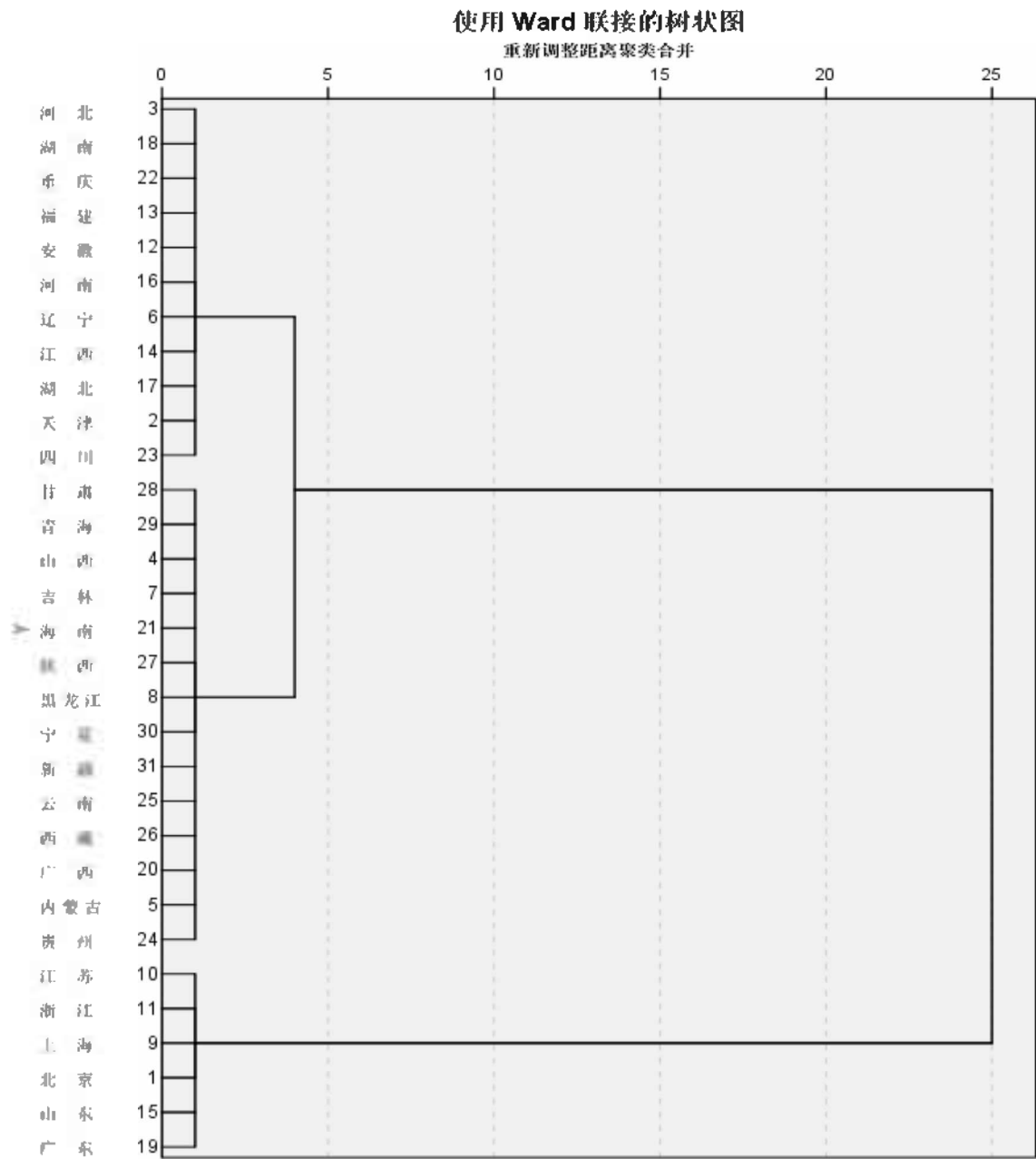


图1 2012 ~ 2016 年中国新能源产业的聚类分析

注：数据来源于 2012 年 ~ 2017 年中国工业统计年鉴、国家统计局官网及各省市统计年鉴、能源统计年鉴等。

第四类：区位熵值在 0.40 ~ 0.72 之间：甘肃、青海、新疆、黑龙江、宁夏、海南、山西、陕西、吉林等地区的新能源产业集聚不明显。甘肃、青海地区的区位熵值在 0.65 左右，特别是甘肃地区，从 2011 年开始其新能源产业的区位熵值是递增的，2016 年区位熵值达到 0.98 接近 1.0，说明其集聚趋势开始慢慢形成。青海地区在观察期内区位熵值虽有升有降，但总体有递增趋势，因科技创新驱动为青海新能

源产业发展注入新动力，在推动产业技术进步、创新平台建设等方面取得显著成效，将为推动太阳能产业技术进步和行业发展提供重要支撑。2011 年以来，新疆开始着力发展新能源，以集中式光伏电站和大型风电场建设为主。新疆“十三五”太阳能发电和风电发展相关规划表明，今后将支持在已建成且具备条件的工业园区、经济开发区、仓储设施屋顶等建设分布式光伏电站，因地制宜推动接入低压配电网的分散

式风电开发建设，新疆近年来新能源也在慢慢发展。黑龙江省风能资源储量丰富，2017 年黑龙江省风电发电量首次突破 100 亿千瓦时，同比增长 23%。2017 年海南核电、水电、风电、太阳能等清洁能源发电量合计 113.55 亿千瓦时，同比增加 21.16%，新增集中式光伏电站 5 座，充分发挥抽水蓄能电站快速“削峰填谷”的作用，积极推进新能源产业的发展，同时支持清洁能源消纳和有效保护生态环境。

第五类：区位熵值在 0.40 以下：贵州、内蒙古、西藏、云南、广西等地区的区位熵值都较低，尚未形成产业集聚。内蒙古成立核能材料产业发展联盟，建立政产学研用合作平台，实现资源合理分配和共享，提高核能材料基础研发能力和关键领域的创新能力，进而突破核能材料技术生产的瓶颈，提升核电产业的产业集聚优势，推动新能源产业的转型升级。《贵州省“十三五”新兴产业发展规划》明确在“十三五”时期，为促进新兴产业升级，贵州将着力发展七大产业，其中，新能源汽车产业占得重要一席。《规划》显示，2015 年，贵州新能源汽车产业工业总产值和工业增加值分别达 38.25 亿元和 10.34 亿元，增加值同比增长 57.36%，甲醇汽车势头强劲，以多种技术为主导，构筑产业支撑，贵州新能源汽车发展态势良好。另外，广西壮族自治区工目前已具备了发展新能源汽车产业的独特优势。西藏自治区的风能、光伏发电量增加，新能源产业也开始慢慢发展。

（三）Moran's I 指数法测算

1. Moran's I 指数法

近年来，从空间角度研究社会经济发展逐渐引起学者们的关注，空间思维、空间效应被越来越多的研究者引入到产业经济发展问题的研究中^[20]。研究表明，一个地区某项产业的集聚水平不仅取决于地理环境、自然资源、生产力发展水平和政策导向等因素，还会受到邻近地区的空间溢出效应影响，进而作用于产业集聚空间结构的形成^[21]。产业集聚的空间依赖性反映了真实存在的空间交互影响和作用，也会在无形之中慢慢渗透到我们的生活中，如地区间人才的流

动、先进技术的应用、知识的共享等。然而，产业集聚的形成过程还应该考虑纵向时间维度的影响。由于日益增加的地区间的地理联系，邻近的地理单元随着时间的推移其产业集聚水平可能表现为较大程度的相似性，产业集聚形成过程中空间关系的异质性也可能继续存在或者慢慢消失。因此，时空维度在分析产业集聚时也必不可少，本文选择 Moran's I 指数法结合 2012 年~2017 年中国工业统计年鉴、国家统计局官网及各省市统计年鉴、能源统计年鉴等数据，测度我国新能源产业在空间上的集聚状况。

（1）全局 Moran's I 指数

Moran（1950）提出全局空间自相关检验的莫兰指数的公式为：

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (2)$$

其中， S^2 为该样本的方差； w_{ij} 表示空间权重矩阵，其用来衡量地区 i 与地区 j 之间的距离； \bar{x} 表示各地区总产值的均值； $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$ 则表示所有空间权重之和，空间权重矩阵标准化后， $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} = n$ 。莫兰指数的取值范围应在 -1 到 1 之间，当 Moran's I 值大于 0 时，表明高值与高值相邻，低值与低值相邻，即正相关关系，不同地区新能源产业的集聚水平在空间上具有相似性；当 Moran's I 值小于 0 时，即表示负相关关系，不同地区新能源产业的集聚水平在空间上不具有相似性，Moran's I 值等于 0，则表明空间分布是随机的，不存在空间自相关。用标准化检验值 Z 来判断 Moran's I 值的显著性，假定显著性水平 $\alpha = 0.05$ ，当 $|Z| > 1.96$ 时，拒绝零假设，即表示观测变量的空间自相关的显著性，邻近位置的区域观测属性趋异（ $|Z| < 1.96$ ）或趋同（ $|Z| > 1.96$ ）；反之，则不拒绝零假设，表示观测变量在目标区域内整体上不存在显著的空间自相关。

表 2 2011~2016 年我国新能源产业的全局 Moran's I 值

Measures of global spatial autocorrelation					
Weights matrix					
Moran's I					
Variables	I	E (I)	sd (I)	z	p - value*
year2011	0.432	-0.033	0.101	2.634	0.012

year2012	0.462	-0.033	0.095	2.339	0.035
year2013	0.481	-0.033	0.101	2.096	0.042
year2014	0.476	-0.033	0.098	1.975	0.036
year2015	0.487	-0.033	0.115	2.145	0.032
year2016	0.522	-0.033	0.117	2.893	0.028
yearjun	0.476	-0.033	0.091	2.736	0.033

* 2-tail test

数据来源：2012 年~2017 年中国工业统计年鉴、国家统计局官网及各省市统计年鉴、能源统计年鉴等。

根据公式 (1) 可计算出 2011~2016 年中国新能源产业的全局莫兰指数，由表 2 的结果可知全局自相关指标拒绝原假设，在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时，标准化检验值均大于 1.96， P 值也均小于 0.05，因此，可以认为我国新能源产业的发展存在全局自相关。从表 2 可以看出，2011~2016 年我国新能源产业的 Moran's I 值均大于 0，且都通过了显著性检验，从 2011 年的 0.432 到 2016 年的 0.522，虽然 2014 年略有下降，但总体趋势是递增的，其均值为 0.436。这也表明我国新能源产业的空间集聚并非是随机产生的结果，而与地区间的空间相关性有关，根据全局莫兰指数的测算结果认为表现为正相关，新能源产业集聚在全局上表现出较强的空间依赖特征，具体表现为：新能源产业集聚水平较高的地区趋于临近的空间集聚水平较高的其他地区，同时新能源产业集聚水平较低的地区也趋于临近的集聚水平较低的其他地区。

(2) 局部 Moran's I 指数

如果检验某区域 i 附近的空间集聚状况，可使用局部莫兰指数：

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (3)$$

计算局部莫兰指数结果，分别列出 31 个省市的莫兰指数 I_i 及其检验结果（见表 3），可以看到上海、浙江、江苏等地区均拒绝“无空间自相关假设”，与前面全局自相关的检验结果一致。

2. 结果分析

通过莫兰散点图观察观测值与其空间滞后的相关系数，即根据 Moran 散点图来对我国新能源产业的局部空间自相关进行分析。与 Moran's I 指数相比，Moran 散点图能够更清楚地区分地域单元和其邻近地区之间的空间联系形式。结合 Moran 散点图可将我国各地区的新能源产业划分为四个不同的类型：（1）第一象限：高-高集聚区，表示在该象限内的地区其新能源产业集聚水平较高且相对集中；（2）第二象限：

低-高集聚区，表示新能源产业集聚水平较高的地区围绕着一些集聚水平较低的地区；（3）第三象限：低-低集聚区，表示在该象限内的地区和它周围其他地区的新能源产业集聚水平均较低；（4）第四象限：高-低集聚区，表示在该象限内的地区新能源产业集聚水平较高，但其临近的一些地区新能源产业集聚水平则较低。一般情况下，第一、三象限表现出正的空间自相关，第二、四象限表现出负的空间自相关。如图 2 和图 3 中分别绘制了中国 31 个省市 2011 年和 2016 年的新能源产业的局部 Moran 散点图，并将结果汇总于表 4，可以看到，我国新能源产业的空间地理分布特点也较为明显，并且大部分的地区分布在第一、三象限，表现出正的空间自相关。具体而言，江苏、上海、浙江、山东、广东等 7 个地区一直在第一象限内，在 2016 年则共有 12 个地区位于第一象限内，构成了特征明显的高-高集聚区域。此外由于天津、安徽、福建、辽宁在 2011 年的时候是位于高-低集聚区，2016 年则位于高-高集聚；2011 年有 7 个地区属于高-高集聚区，有 14 个地区属于低-低集聚区，2016 年有 12 个地区位于属于高-高集聚区，有 9 个地区属于低-低集聚区，Moran 散点图里高-高集聚、低-低集聚的地区占比超过 60%，进一步说明中国新能源产业集聚存在着较强的空间正相关性。即大部分地区与其相邻的地区表现出相似的集聚特征，高新能源产业集聚的地区被邻近的高产业集聚的地区所包围，低产业集聚的地区被邻近的低新能源产业集聚的地区所包围。进一步观察，可以发现我国东部沿海地区及其邻近的部分中部地区，如上海、北京与河南、安徽等新能源产业的集聚水平较高，空间集聚联系紧密，属于高-高集聚的地区大部分位于经济发达的东部沿海地区，都有属于其自己的优势能源，随着经济结构的不断调整和优化，新能源的不断进行开发与使用。例如近年来，江苏省大力推动新能源特色产业的发展，初步形成了以新能源装备制造业

为特色的企业转型升级新格局；浙江省首个海上风电 场建设具有突破性意义等。
场项目首台机组成功并网，对我国台风海域海上风电

表 3 2011 ~2016 年我国各新能源产业的局部 Moran's Ii 值

Measures of local spatial autocorrelation					
Weights matrix					
Moran's Ii (y0)					
Location	Ii	E (Ii)	sd (Ii)	z	p – value*
1	0.878	-0.033	0.403	1.986	0.012
2	0.215	-0.033	0.397	0.625	0.266
3	0.161	-0.033	0.310	0.626	0.266
4	0.086	-0.033	0.212	0.562	0.287
5	0.011	-0.033	0.195	0.228	0.410
6	0.002	-0.033	0.275	0.128	0.349
7	-0.612	-0.033	0.317	1.066	0.041
8	-0.004	-0.033	0.274	0.108	0.457
9	0.383	-0.033	0.400	1.041	0.149
10	0.907	-0.033	0.388	2.093	0.037
11	0.893	-0.033	0.256	1.983	0.040
12	0.884	-0.033	0.201	2.184	0.029
13	0.001	-0.033	0.251	0.136	0.446
14	-0.069	-0.033	0.220	-0.162	0.436
15	0.225	-0.033	0.196	1.318	0.094
16	0.804	-0.033	0.182	1.974	0.024
17	0.074	-0.033	0.186	0.580	0.281
18	0.019	-0.033	0.190	0.274	0.392
19	-0.680	-0.033	0.198	-1.234	0.408
20	0.764	-0.033	0.212	1.987	0.007
21	0.028	-0.033	0.212	0.292	0.385
22	0.020	-0.033	0.191	0.278	0.391
23	-0.054	-0.033	0.185	-0.113	0.455
24	-0.701	-0.033	0.209	1.854	0.039
25	0.136	-0.033	0.188	0.898	0.185
26	-0.486	-0.033	0.185	-2.445	0.007
27	0.066	-0.033	0.197	0.504	0.307
28	0.214	-0.033	0.248	0.189	0.425
29	0.301	-0.033	0.169	0.200	0.421
30	0.323	-0.033	0.245	0.272	0.393

31	-0.530	-0.033	0.176	-1.232	0.109
* 2 - tail test					

数据来源：2012 年~2017 年中国工业统计年鉴、国家统计局官网及各省市统计年鉴、能源统计年鉴等。
注：取 2011~2016 年我国各新能源产业的均值 Moran's I 值。

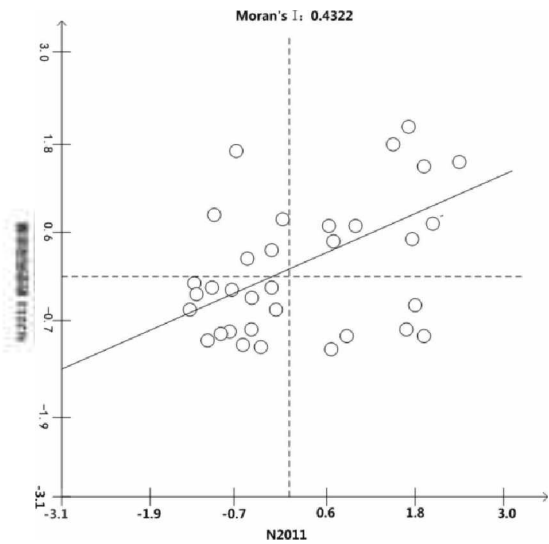


图2 2011 年我国新能源产业局部 Moran 散点图

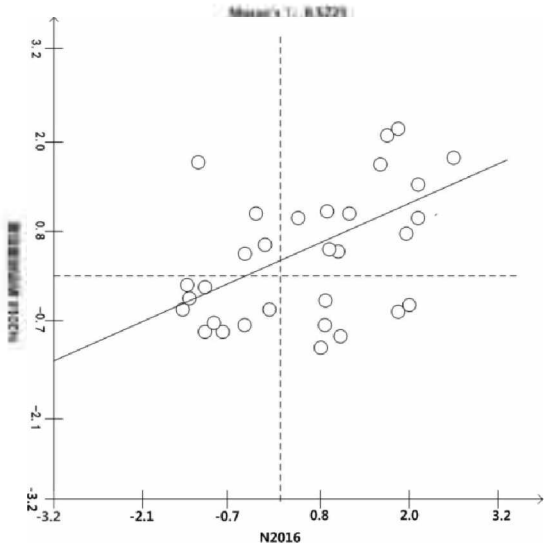


图3 2016 年我国新能源产业局部 Moran 散点图

表 4 2011 和 2016 年中国新能源产业 Moran's I 指数散点图结果

时间	高 - 高集聚区	低 - 高集聚区	低 - 低集聚区	高 - 低集聚区
2011 年	江苏、上海、浙江、山东、广东、北京、安徽	河北、福建、海南、河南、湖北	山西、江西、湖南、内蒙古、广西、贵州、云南、西藏、陕西、辽宁、宁夏、新疆、吉林、黑龙江、	天津、甘肃、重庆、四川、青海
2016 年	江苏、上海、浙江、山东、广东、北京、安徽、天津、福建、河南、四川、重庆	河北、湖北、辽宁、湖南、海南、山西	内蒙古、广西、云南、西藏、宁夏、新疆、黑龙江	甘肃、青海、江西、贵州、陕西、吉林

相对的，在临近地区的中部地区，安徽、河南由于受到东部地区的辐射效应影响，新能源产业集聚效应也较为明显。河南省集中规划建设能源利用重点项目，我国中东部地区低风速区域风电规模化开发，不仅将会谱写风电产业的新篇章，更将进一步推动清洁能源发展，加快我国清洁能源转型的进程。由于空间外在关联的溢出效应是研究变量空间相关性的直接原因，因此，实证结果可以说明，空间邻近效应能够显著作用于该地区临近地区的新能源产业空间集聚的形成和发展。属于低 - 低集聚区的地区均位于经济落后的西北部地区，除了重庆、四川、辽宁、甘肃和青海外，还有一些地区统计上不显著。这些地区经济发展方式粗放，受到自然资源、经济发展方式等的限

制，其莫兰指数值都较低，贵州、内蒙古、西藏、云南、广西等地区尚未形成产业集聚。然而，内蒙古成立核能材料产业发展联盟，发挥核能材料产业集聚优势；2015 年贵州新能源汽车产业工业总产值和工业增加值分别达 38.25 亿元和 10.34 亿元，新能源甲醇汽车发展态势良好；广西壮族自治区也已具备了发展新能源汽车产业的独特优势等，这些都说明近年来，西北部地区的新能源产业也开始慢慢发展。

总体而言，我国新能源产业集聚空间格局表现为：东部沿海的空间集聚十分显著，同时带动了中西部部分地区的新能源产业集聚发展，另外，东部沿海地区和中部地区之间产生了一定的反向溢出效应，尤其体现在山东、福建、河南、安徽等地区，在 2011

~2016 年与东部地区高集聚区的差异慢慢缩小，西北部地区在近几年的政策推动和新的发展理念的指导下，新能源产业发展也取得显著的成就，说明其集聚趋势开始慢慢形成。从表 4 的散点图统计结果来看，对比图 2 和图 3，大多数地区属于高 - 高集聚区、低 - 低集聚区，我国各地区省市新能源产业发展呈现出两个极端的两极化趋势，而发生变化的主要有：（1）天津、福建、河南、四川、重庆地区跃迁为新能源产业高 - 高集聚区，其中福建、河南属于从低 - 高集聚跃迁为高 - 高集聚，天津、四川、重庆则是从高 - 低集聚跃迁为高 - 高集聚，说明空间临近的地区会显著作用于新能源产业的集聚发展。（2）青海、江西、贵州、陕西、吉林从新能源产业低 - 低集聚发展为高 - 低集聚，说明受自然资源、产业政策等的影响，近年来新能源产业坚持协同创新发展和优化产业结构，使新能源产业空间集聚效应更加明显。（3）从 2011 年到 2016 年，部分西北地区与其邻近地区的空间集聚程度和集聚效应均不明显，也未发生大的变化，保持了持续发展的稳定性。

四、促进我国新能源产业集聚发展和优化产业结构的对策建议

（一）着力发展新兴业态，培育发展新动能

对于新能源产业属于高 - 高集聚区的上海、江苏和浙江等地区，新能源产业空间集聚优势显著，其经济发展水平较高并且资源优势较为显著，应该着力发展新兴业态，培育发展新动能，进而带动新能源产业转型升级，更好地发挥其新能源产业集聚优势。产业融合是当今信息技术发达的大环境下产业发展的重要方向，综合考虑当前上海、江苏等高集聚发展地区的新能源产业基础和未来发展趋势，形成产业经济发展新动能。上海地区的一批海上风电项目、海上升压站、海上风机安装船等新能源产业正蓬勃发展，江苏、浙江地区新能源产业发展基础也较好，应结合区域优势，着力发展信息化与产业化融合、新兴技术与传统优势产业融合、新兴技术间的相互融合等衍生的新兴产业和新型业态。山东、广东地区均需大力发展“海洋+”、“互联网+”、“大数据”等的新模式、新业态、新技术、新空间和新载体，加快培育面向涉海企业的“海洋+互联网”、“海洋+大数据”等创新发展模式。广东省积极推进煤炭超临界水气化制氢发电多联产技术、粉煤热解及气化一体化技术工程，促进煤、油、化、电与互联网的深度融合，加快煤矿智能化无人开采、地热能发电等技术推广应用等。

（二）准确进行战略定位，发展产业新优势

对于新能源产业属于低 - 高集聚区的河北、湖南、辽宁、海南等地区，依托邻近东部地区的较高产业集聚优势的地理溢出效应影响，结合所属地区的新能源产业发展现状，进行准确的战略定位，进而优化产业结构，促进其新能源产业向高 - 高集聚区发展。例如，近年来，湘南地区和洞庭湖生态经济区逐渐形成了生物育种、生物制造、新材料、电子信息等新兴产业特色集群，其新能源产业，战略定位准确，积极推进新能源汽车发展，把握全球新能源汽车轻量化、智能化的科技发展趋势，提升了纯电动汽车和插电式混合动力汽车产业化水平。海南是海上丝绸之路的重要战略支点，依托其独特的自然资源和气候条件，旨在提高创新能力和优化产业结构，坚持重点研发光伏、生物质能等新能源，促进产业链延伸，并通过招商引资、产能扩张等方式，扩大产业规模，积极推动太阳能电池等行业快速发展。特别是新能源汽车产业，坚持积极引进国内外汽车企业的新技术，加快研发新能源汽车、无人驾驶汽车、智能网联汽车等新产品，促进新能源汽车产业的结构优化升级。

（三）推进产业结构改革，优化产业结构

对于天津、四川、河南、安徽、湖北、河北、重庆、福建等新能源产业空间相对集聚的地区：应持续推进新能源供给侧结构性改革，充分利用地理溢出效应，因地制宜抢抓机遇提升能源供给体系的质量。例如，天津地区加快海上风电项目建设，大量减少燃煤、燃气等相关能源的消耗，为风能产业结构的改革提供了良好支撑，并形成产业互补。重庆地区加强天然气产业发展的统筹规划，加快推进非常规天然气开发，出台政策促进储运设施建设和布局完善，推进全国管网互联互通，深化天然气价格市场化改革。福建临近长三角地区，已经成为全国核电第二大省，依据其资源优势持续发展各类先进核技术、推进产业体制机制改革，完善风能、核能体制机制，坚持聚焦重点领域和关键环节，鼓励参与高集聚区的能源建设，强化市场秩序监管等优化产业新能源结构。

（四）坚持整合产业资源，协同共享发展

对于甘肃、青海、新疆、黑龙江、山西、内蒙古、西藏等西北地区：应坚持注重发挥本土资源优势，整合新能源产业资源，引进先进的技术、人才，主动与临近高集聚地区的交流与合作，进而建立协同共享创新发展平台，促进其新能源产业协同共享发展。例如，青海省太阳能产业技术创新战略联盟成

立,将有力引领太阳能产业领域政、产、学、研协同创新发展,鼓励以科技创新驱动为产业发展注入新动力,在推动产业技术进步、创新平台建设和技术人才引进与培养等方面取得显著成效,为推动青海乃至全国太阳能产业技术进步和行业发展提供重要支撑。山西省提升优质煤炭供给能力,全力加快“西电东送”煤电基地建设,大力发展可再生能源,着力解决可再生能源消纳问题,加快新能源资源深度转化,加大油气勘探开发投资力度。内蒙古成立核能材料产业发展联盟,整合资源实现优势互补、共享共赢和协同发展等。坚持整合本地产业的产业资源,促进新能源产业的协同共享创新和发展。

五、结论

通过研究2011~2016年中国各新能源产业集聚发展的空间分布状况,得到以下结论:(1)通过区位熵法和Moran's I指数法分别对我国31个省市的新能源产业集聚程度进行测算,结果发现:近6年来,我国各地区的新能源产业区位熵值和Moran's I指数值大多呈增长趋势,包括东部的北京、上海、山东、浙江、江苏等地区,中部的安徽、河南、湖南等地区,西部的四川、重庆、青海、新疆等地区,东北的吉林等地区,两种方法的测度结果基本吻合。(2)测度结果的不同方面主要是:区位熵的测算结果是通过选取指标的数据计算出各地区的熵值,进而通过SPSS进行特定的聚簇集合分析其新能源产业空间集聚分布状态,而Moran's I指数法是在选取指标的基础上以距离生成空间权重矩阵,分析其全局和局部的空间自相关状况,更能充分证明地理溢出效应对其新能源产业集聚的影响作用。(3)通过SPSS对我国新能源产业区位熵的测算结果进行聚类分析,其结果表明:近6年来,我国新能源产业发展呈现集聚发展,并且某一地区的区位熵值越高,该地区的新能源产业空间集聚越显著。另外,空间上相对集聚的地区,新能源产业发展呈递增趋势,并慢慢开始形成产业集聚。对比通过莫兰散点图发现,新能源产业高-高集聚主要在东部地区表现显著,在2011~2016年内虽然有些地区有升有降,但大部分地区保持稳定增长趋势,并开始形成新的产业集聚区。例如,安徽、河南、四川、重庆新能源产业虽然前期基础较差,但近几年的发展也开始慢慢形成集聚效应。(4)通过Moran's I指数法分析发现:我国新能源产业集聚水平的空间是由正的空间相关性造成的。并不是随机产生的。受地理溢出效应的影响,临近地区的新能源产业

空间集聚会随之形成,但这种空间邻近作用会随着距离的增加而逐渐减弱甚至消失。以天津、福建、海南为例,地理溢出效应会随着距离的增加而慢慢减弱,虽然天津、福建、海南都属于东部地区,会受到高集聚区江苏、浙江、广东等长三角地区的影响,但是天津距离北京最近,其次是福建,然后才是海南,随着2011~2016年的观察发现,高-高集聚的空间溢出效应天津最明显,福建次之,海南影响较小。由于数据收集的客观性困难,政治、经济、制度等因素对新能源产业集聚的影响未做具体分析,后续将作进一步研究。希望该研究有助于促进新能源产业的发展,并对战略性新兴产业优化产业结构和推进现代化经济体系建设的政策制定提供理论指导。

参考文献:

- [1] Martin R, Sunley P. Deconstructing Clusters: Chaotic Concept or Policy Panacea? [J]. Journal of Economic Geography, 2003, 3 (1): 5 - 35.
- [2] Reinhard H, Christian P, Gustav R. A Historical Review of Promotion Strategies for Electricity from Renewable Energy Sources in EU Countries [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011, 15 (2): 1003 - 1034.
- [3] Zheng - Xin Wang, Hong - Hao Zheng, Ling - Ling Pei, Tong Jin. Decomposition of the factors influencing export fluctuation in China's new energy industry based on a constant market share model [J]. Energy Policy, 2017, 10 (9): 22 - 35.
- [4] Abreu M, Groot D, Florax R. Space and Growth [J]. Region et Developpement, 2005, 21: 13 - 40.
- [5] Ye X Y, Carroll M C. Exploratory Space - time Analysis of Local Economic Development [J]. Applied Geography, 2011, 31 (3): 1049 - 1058.
- [6] Li Zhang, Yingqi Liu. Analysis of New Energy Vehicles Industry Policy in China's Cities from the Perspective of Policy instruments [J]. Energy Procedia, 2016, 10 (4): 437 - 442.
- [7] 霍国庆, 李捷, 张古鹏. 我国战略性新兴产业技术创新理论模型与经典模式 [J]. 科学学研究, 2017, 35 (11): 1623 - 1630.
- [8] 盛朝迅. 战略性新兴产业政策转型方向和重点 [J]. 经济纵横, 2018 (03): 58 - 66.
- [9] 邱立成, 曹知修, 王自锋. 欧盟环境政策与新

能源产业集聚:理论分析与实证检验 [J]. 经济经纬, 2013 (05): 65 - 71.

[10] 金飞,陈晓峰. 江苏沿海新能源产业集群竞争力研究——基于 GEM 和 AHP 模型的实证分析 [J]. 科技管理研究, 2014, 34 (12): 152 - 159.

[11] 李文博,龙如银. 时空耦合视角下中国新能源产业集聚的演变模式研究 [J]. 软科学, 2015, 29 (12): 27 - 31.

[12] 屠烜,尤建新. 新形势下我国新能源产业的发展路径——以转型创新的视角审视 [J]. 上海管理科学, 2013, 35 (01): 12 - 17.

[13] 郭立伟,沈满洪. 论新能源产业集群的形成条件 [J]. 生态经济, 2014, 30 (04): 91 - 94.

[14] 吕蕊,石培基. 基于自组织的河西走廊新能源产业集群成长演化 [J]. 科技进步与对策, 2016, 33 (19): 41 - 46.

[15] 马丁,崔晓亚. 新能源产业集聚与区域知识承载力耦合研究 [J]. 管理现代化, 2017, 37 (04): 88 - 91.

[16] 张廷海,王点. 工业集聚、空间溢出效应与地

区增长差异——基于空间杜宾模型的实证分析 [J]. 经济经纬, 2018, 35 (01): 86 - 91.

[17] 陈明月. 高等工程教育与新能源产业发展协同与响应机制研究 [D]. 中国矿业大学, 2016.

[18] 郭立伟,沈满洪. 基于区位商和 NESS 模型的新能源产业集群水平识别与评价——以浙江省为例 [J]. 科学学与科学技术管理, 2013 (5): 70 - 79.

[19] 速递 [J]. 中国核工业, 2017 (08): 6 - 7.

[20] 钟琴,葛家玮,黄明均,唐根年. 创意产业集群、外部性与城市创新——基于空间杜宾模型 [J]. 科技与经济, 2017, 30 (06): 31 - 35.

[21] 孙瑜康,孙铁山,席强敏. 北京市创新集聚的影响因素及其空间溢出效应 [J]. 地理研究, 2017, 36 (12): 2419 - 2431.

[22] 袁冬梅,魏后凯,于斌. 中国地区经济差距与产业布局的空间关联性——基于 Moran 指数的解释 [J]. 中国软科学, 2012 (12): 90 - 102.

(编辑校对:牛蓉琴)

(上接第 170 页) [17] 苏海峰,陈浪南. 人民币汇率变动对中国贸易收支时变性影响的实证研究——基于半参数函数化系数模型 [J]. 国际金融研究, 2014 (2): 43 - 52.

[18] Bahmani - Oskooee M. Fariditavana H. Non-linear ARDL approach, asymmetric effects and the J - curve [J]. Journal of Economic Studies. 2015, 42 (3) : 519 - 530.

[19] Shin Y, Yu B, and GREENWOOD - NIMMO M J. Modelling asymmetric cointegration and dynamic multipliers in a nonlinear framework [C]. Festschrift in honor of Peter Schmidt. 2014 (9): 218 - 314.

[20] Arize A C, Malindretos J and Igwe E U. Do exchange rate changes improve the trade balance: An asymmetric nonlinear cointegration approach [J]. International Review of Economics and Finance , 2017 (49): 313 - 326.

[21] 张云,李秀珍,单青青. 中美双边贸易与人民币汇率波动相关性研究 [J]. 上海经济研究, 2017 (6): 90 - 100.

[22] Koop G, Leon - Gonzalez R and Strachan R W. Bayesian inference in a time varying cointegration model [J]. Journal of Econometrics, 2011, 165 (2): 210 - 220.

[23] Primiceri G. Time varying structural vector autoregressions and monetary policy [J]. Review of Economic Studies, 2005 (72): 821 - 852.

[24] Durbin J and Koopman S. A simple and efficient simulation smoother for state space time series analysis [J]. Biometrika, 2002, 89 (3): 603 - 616.

[25] 刘洋,陈开璞. 季节调整中的模型不确定性问题 [J]. 数量经济研究, 2017 (1): 86 - 104.

(编辑校对:孙敏 吴洪敏)