

基于 CiteSpace 分析的海上风电开发 对生态环境影响研究

张世朋, 赵一飞, 刘 晴, 徐 敏

(南京师范大学海洋科学与工程学院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 基于 CiteSpace 对全球 2000—2020 年海上风电开发对生态环境的影响研究进行知识图谱和可视化分析, 研究了发文特征和合作网络变化, 揭示了研究热点的变化趋势。结果表明: (1) 2000—2020 年海上风电的影响研究共发文 1 882 篇, 被引 30 098 次, 且近年发文量和被引用量呈现快速增长; (2) 与欧美等经济发达国家相比, 我国政府和机构间的合作不够紧密; (3) 海上风电建设对鱼类、鸟类多样性和迁徙的影响是当前研究热点, 近年来环境风险、生命周期评估、尾流影响受到更多关注。目前国内外海上风电的生态环境影响研究仍相对缺乏, 加强海上风电项目的影响研究, 设立长期定位观测试验站, 探究并厘清海上风电工程对不同类别的海洋生物影响机制, 建立评价方法并完善环境评价标准, 是未来的研究方向。

[关键词] 海上风电, 生态环境影响, 文献计量, CiteSpace

[中图分类号] P752 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2022)04-0066-08

Research on Ecological and Environmental Impact of Offshore Wind Power Development Based on CiteSpace Analysis

Zhang Shipeng, Zhao Yifei, Liu Qing, Xu Min

(School of Marine Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

Abstract: Based on CiteSpace, this paper conducted knowledge map and visual analysis on ecological and environmental impact of global offshore wind power development from 2000 to 2020, studied the characteristics of publications and the changes of cooperation networks, and revealed the changing trends of research hotspots. The results show that from 2000 to 2020, 1 882 papers were published on the impact of offshore wind power, which were cited for 30 098 times, and the number of publications and citations showed rapid growth in recent years. Compared with developed countries such as Europe and the United States, the cooperation between our government and institutions is not close. The impact of offshore wind power construction on the diversity and migration of fish and birds is a hot research topic at present. In recent years, environmental risk, life cycle assessment and turbine wake have received more attention. The study on ecological and environmental impact of offshore wind power at home and abroad is still relatively lack, strengthening the study of the impact of offshore wind power projects, setting up long-term observation test station, investigating and clarifying the effect mechanism of offshore wind power projects on different marine biological categories, establishing evaluation method and perfecting environment evaluation criterion are the future research directions.

Key words: offshore wind power, ecological and environmental impact, bibliometrics, CiteSpace

全球经济的快速增长加大了各国的能源需求, 然而随着化石燃料的日益枯竭及全球碳排放和气候变化压力的不断加大, 开发可再生和可持续能源受到了广泛关注^[1-2]。其中, 风力发电目前技术最为成熟, 被广泛应用于大规模发电^[3]。由于海上风更强且更均匀, 海上风电的开发在近年来相比陆上风电发展更为迅速。1991 年以来, 海上风能作为清洁能源, 成为了最具成本竞争力的可再生能源形式之一, 得到广泛的利用^[4]。近年来我国针对清洁能源的政策也逐步向风能利用方面倾斜^[5]。2008 年以来, 我国风电机组年

收稿日期: 2022-03-21.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41801005)、江苏省海洋科技创新专项项目(JSZRHYKJ202004)。

通讯作者: 徐敏, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 海洋资源与环境。E-mail: xumin0895@njjnu.edu.cn

新增装机容量快速增长,逐渐在我国能源结构中占有一席之地^[6-7]。

在风电场建设研究初期,学者们较多关注风能在节约能源和减少碳排放方面的作用,而海上风电场建设对生态环境的影响是长期渐进的,并且是难以去评估衡量的^[8-9],这些影响主要是风电场建设和运营期对底栖生物、鱼类和鸟类的影响。风电场建设过程中,除了建设区域的底栖生物有损失外,风电塔的基础设施建设会使得一定范围内的悬浮沉积物增加,从而削弱浮游植物及藻类的光合作用^[10],开发建设期间的巨大噪声等还严重影响亲鱼的生长繁殖^[11]。另外,施工机械设备、交通运输工具和人类活动产生的噪声等会导致施工区域及周边环境的鸟类数量和多样性减少^[11]。风电场运营会导致局部地区的风速、温度和湍流发生变化,影响地表边界层中的大气湿度和温室气体(如 CO_2 、 CH_4 和 N_2O) 的浓度分布^[12-13],甚至使降雨量增加。此外,风电场建设在海底的桩基基础部分相当于人造岛礁,为鱼类提供了安全的生存场所^[14-15],从而增加了鱼类的多样性。然而风机在运营期间产生的噪音可能会对近海鱼类的活动和繁殖产生负面影响,影响程度与鱼类种类有关^[16]。

总之,海上风电场作为一个快速发展的新兴产业,让海洋环境面临新的人为压力^[17]。面对国家对风能发电的需求,分析海上风电开发对生态环境影响的最新研究进展尤为重要。因此,本文利用文献计量和可视化分析方法,对 2000—2020 年海上风电开发对生态环境影响研究的文献进行了定量统计,梳理其合作网络和发展脉络,分析发文量、被引频次、发文期刊、作者、机构影响力和研究热点内容的变化趋势,为今后海上风电开发的生态环境影响研究提供有益的数据参考和启示,推动海上风电场建设研究的深入与发展。

1 数据来源与研究方法

本文数据来源于 Web of Science 核心数据库,设定搜索语句为:TS=((Offshore wind farms OR Offshore wind power) AND (effect OR impact OR influence)),研究时间范围选择 2000-01-01—2020-12-31,文献语言选择英文,文献类型设定为 Article 和 Review,检索并筛选相关文献后得到 1 882 篇用于进行文献可视化分析。

CiteSpace 是用来分析、挖掘和可视科研文献数据的应用软件,通过构建共现网络与共被引网络进行知识图谱分析^[18-20],全面揭示研究领域的知识结构和 development 情况^[21-23]。本文借助 CiteSpace 工具对检索得到的 1 882 篇文献进行知识图谱分析,在节点类型(Node Types)中选择“Keywords”“Country”“Institution”,对关键词、国家及机构的合作网络分析,将时间切片(Time Slicing)自定义设置为“2000—2020”,时间区分度(Year Per Slice)为 1。为了提高运算的简洁性和数据的可靠性,选择阈值(Selection Criteria)为“Top $N = 50$ ”。另外根据软件自带“Burstness”分析功能对数据中的关键词进行分析,在某一段时间的突发研究热点、持续时间有助于更好地了解研究领域的前沿和热点内容。

2 结果与讨论

2.1 文献产出时间分析

从图 1 可以看出,2000—2020 年海上风电开发的影响研究发文量和发文被引频次在不断增加,发文量经历了从缓慢增加到快速增长阶段,表明研究不断受到了学者们的关注和重视。根据图 2 给出的发文

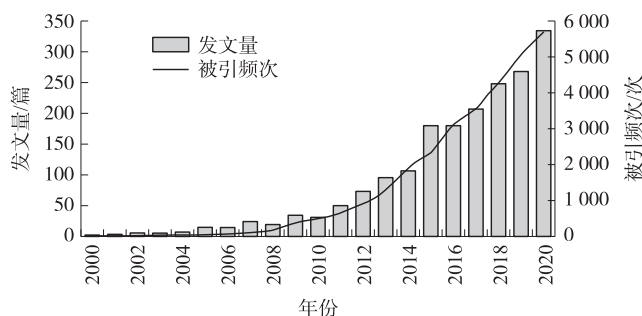


图 1 2000—2020 年海上风电开发的影响研究发文量及被引频次

Fig. 1 Number of publications and cited frequency of research on the impact of offshore wind power development from 2000 to 2020

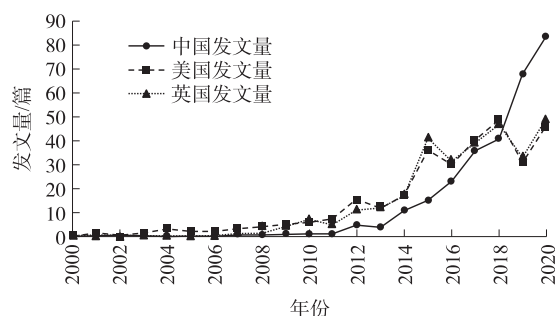


图 2 发文量排名前 3 的国家发文数量

Fig. 2 The number of articles published by the top three countries

量排名前 3 的国家在 2000—2020 年发文统计不难看出,2010 年之前,学者们对海上风电场建设的影响研究关注较少,发文量少且相对稳定,此时海上风电场建设相对较少. 2010—2013 年是全球海上风电开发进程的过渡时期,发文量在不断攀升,海上风电的相关研究发文在稳步增加. 2014 年后全球的风电装机增长开始提速,在 2017 年迅速增多,整体发文量和被引频次也快速增加. 发文量排名前 3 的国家在 2009 年以后进入文献快速产出时期. 在 2013 年后,尤其在 2018—2020 年中国的发文量迅速飙升. 由图 1 也不难发现,被引频次的变化和文献产出在时间上显示出了相同趋势,2018 年、2019 年和 2020 年发文被引频次分别是 4 271、5 081 和 5 688,海上风电开发的影响研究已达到较高水平,关注度在不断提升.

2.2 期刊和作者影响力分析

发文期刊的分布特征是反映研究方向和影响力的重要方面. 表 1 显示在 *Renewable Energy* 期刊上发文最多且被引频次位居第 2,而 *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 被引频次最高,为 5 273 次,平均被引次数为 67.60,年均被引次数为 251.10,说明这 2 份刊物的文章内容与刊物方向一致、文章受重视度高. 较高的文章被引率说明海上风电开发建设的研究热度在逐步增加,研究内容包括工程应用、海洋科学和海洋工程、能源政策及海洋政策等方面,开发建设强度的加大也侧面说明得到相关政策的支持. 从海上风电开发的影响研究发文量排名前 10 作者来看(表 2),2000—2020 年,作者 Iglesias G 发文量、文章被引次数均最高,分别为 22 篇、1 012 次,作者 Barthelmie R J 发文量为 12 篇,而被引次数位居第 2,为 994 次. 对涉及生态环境影响方面的发文量和被引频次进行分析统计,其中 fish、community、bird、underwater noise 和 artificial reef 方向发文量排名前 5,总发文量分别为 113、82、68、48 和 40 篇.

表 1 海上风电开发的影响研究发文量排名前 10 的期刊
Table 1 Top ten journals in terms of the number of publications on the impact of offshore wind power development

期刊	文章总数	总被引次数	平均被引次数	年均被引次数
<i>Renewable Energy</i>	119	4 364	36.67	207.81
<i>Energies</i>	100	1 265	12.65	60.24
<i>Renewable & Sustainable Energy Reviews</i>	78	5 273	67.60	251.10
<i>Wind Energy</i>	78	2 138	27.41	101.81
<i>Energy</i>	57	1 549	27.18	73.76
<i>Applied Energy</i>	51	1 912	37.49	91.05
<i>Ocean Engineering</i>	42	643	15.31	30.62
<i>Energy Policy</i>	38	1 636	43.05	77.90
<i>Marine Policy</i>	32	801	25.03	38.14
<i>Journal of Marine Science and Engineering</i>	25	138	5.52	6.57

表 2 海上风电开发的影响研究发文量排名前 10 的作者
Table 2 Top ten authors in terms of the number of publications on the impact of offshore wind power development

作者	文章总数	总被引次数	平均被引次数	作者	文章总数	总被引次数	平均被引次数
Iglesias G	22	1 012	46.00	Gomis-Bellmunt O	13	217	16.69
Chen Z	17	373	21.94	Barthelmie R J	12	994	82.83
Degraer S	15	434	28.93	Masden E A	12	393	32.75
Astariz S	13	596	45.85	Dauvin J C	11	201	18.27
Garthe S	13	342	26.31	Firestone J	11	613	52.73

2.3 国家和机构知识图谱分析

从图 3 国家知识图谱中看出,英国、中国、美国、德国和丹麦节点较大,表示这些国家发文量较多,这些国家 2000—2020 年间发文量排名前 5,在海上风电开发的影响研究中具有领先地位,尤其是英国(376 篇)、中国(336 篇)和美国(310 篇)明显高于其他国家. 由表 3 可以看出,英国、美国和中国发文被引频次也位列前 3. 对涉及生态环境影响方面的发文量进行分析统计发现:英国针对 fish、bird 和 artificial reef 方向发文量最高,分别是 27、23 和 10 篇;美国在 community 方向发文量最高,为 16 篇;丹麦在 underwater noise 方向发文量最高,为 12 篇. 结合表 4 所显示,截至 2020 年底,中国风电累计装机达 281.0 GW,高于美国(122.0 GW)和英国(24.0 GW),2020 年风电在总电力需求中占比中国、美国和英国分别为 6.20%、8.40%

和 24.20%,各国对海上风电开发的需求也是拉动其研究热度的一个重要因素,并推动其研究水平的发展. 图 3 中节点数为 92,连线数为 232,连接强度为 0.055 4,这表明国家间海上风电开发的影响研究合作网络已经初步形成.

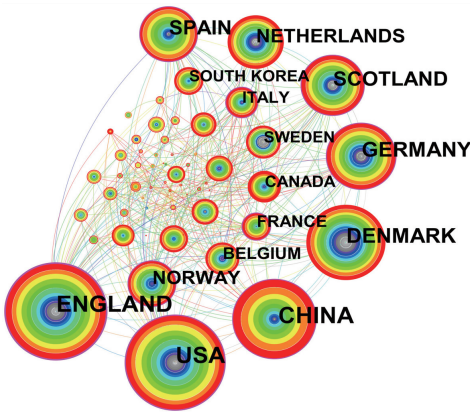


图 3 国家知识图谱

Fig. 3 Visualization knowledge map of countries

表 3 海上风电开发的影响研究发文量排名前 10 的国家

Table 3 Top ten countries in terms of the number of publications on the impact of offshore wind power development									
国家	文章总数	总被引次数	平均被引次数	中介中心性	国家	文章总数	总被引次数	平均被引次数	中介中心性
England 英国	376	10 470	27.85	0.28	Spain 西班牙	150	3 042	20.28	0.08
China 中国	336	4 861	14.47	0.10	Netherland 荷兰	105	3 029	28.85	0.02
America 美国	310	8 772	28.30	0.61	Norway 挪威	96	2 670	27.81	0.10
Germany 德国	167	3 508	21.01	0.07	France 法国	55	853	15.51	0.10
Denmark 丹麦	161	4 592	28.52	0.03	Belgium 比利时	51	1 379	27.04	0.05

表 4 2020 年部分国家和地区风电累计装机及风电在总电力需求中占比统计

Table 4 Cumulative installed wind power and its proportion in total power demand in some countries and regions in 2020									
地区/国家	2020 年底风电 累计装机/GW	2020 年风电 发电量/(GW·h)	2020 年风电在 总电力需求中占比/%	地区/国家	2020 年底风电 累计装机/GW	2020 年风电 发电量/(GW·h)	2020 年风电在 总电力需求中占比/%		
全球	743.0	1 532 000	6.38	荷兰	6.6	13 900	11.70		
中国	281.0	466 500	6.20	英国	24.0	75 700	24.20		
丹麦	6.2	16 350	48.00	美国	122.0	337 500	8.40		
德国	63.0	131 900	27.00	巴西	18.0	51 000	9.80		
西班牙	27.0	53 650	21.90	澳大利亚	7.3	22 600	9.90		
瑞典	10.0	28 200	16.00						

中介中心性能够体现某一节点连接其他两个节点的情况,高中介中心性意味着该节点是该领域的关键点,美国和英国中介中心性均较大,这两个国家在海上风电开发的影响研究中起到了“中轴”作用,具有引领研究前沿发展的地位. 另外,尽管中国的发文量较多(336 篇),但其中介中心性为 0.10,表明其研究成果丰富,但与周围其他国家的合作不够密切.

图 4 中包含的节点数为 462,连线数为 519,连接强度为 0.004 9,表明研究机构之间初步形成了合作网络. 表 5 显示丹麦科技大学发文量为 60 篇,总被引次数为 1 662 次,均位列第 1 位. 发文量排名前 5 的机构中有 2 个来自丹麦,并且 Aarhus University 在涉及生态环境影响方面针对 bird、underwater noise 方向发文量最高,分别为 8 篇、10 篇,被引频次分别为 414 次、536 次,体现丹麦国家研究参与程度很高. 发文量排名前 10 的机构中丹麦 3 所,英国 3 所,中国、美国、挪威、荷兰各 1 所,表明对海上风电开发的影响研究整体倾向于各国各机构的普遍参与. 上海交通大学发文 31 篇,在我国国内机构中相对较多,但其中介中心性为 0.06,与国际顶尖研究机构相比,我国从事相关研究的高校和研究机构发文相对较少.



图 4 发文机构知识图谱

Fig. 4 Visualization knowledge map of publishing institution

表 5 海上风电开发的影响研究发文量排名前 10 的机构

机构	文章总数	总被引次数	平均被引次数	中介中心性
Technical University of Denmark 丹麦科技大学	60	1 662	27.70	0.22
University of Strathclyde 思克莱德大学	47	652	13.87	0.15
Aalborg University 奥尔堡大学	41	1 021	24.90	0.11
Norwegian University of Science and Technology 挪威科技大学	35	1 520	43.43	0.07
Shanghai Jiao Tong University 上海交通大学	31	696	22.45	0.06
Technische Universiteit Delft 代尔夫特理工大学	31	1 502	48.45	0.09
University of Plymouth 普利茅斯大学	29	1 435	49.48	0.03
Cranfield University 克兰菲尔德大学	26	679	26.12	0.02
Aarhus University 奥胡斯大学	21	781	37.19	0.11
University of Delaware 特拉华大学	19	489	25.74	0.02

2.4 关键词共现分析

由关键词合作网络得到的节点为 519 个,从图 5 看出,根据节点大小反应的频次,除 impact 和 offshore wind farm 关键词外,power,model,farm,energy,system 这 5 个关键词位列频次最高前 5 位,出现频次超过了 140 次. 频次超过 50 次的有 20 个关键词,其中 renewable energy,flow,sea 出现频次相对较高(分别为 107 次、59 次、51 次),表明在海上风电开发的影响研究中,风电场系统自身及风电场作为可再生能源的供给为主要的研究内容. fish,seabird,water,collision risk,environmental impact,underwater noise 等关键词出现频次为 20 次以上,表明海上风电的建设对海洋生态、海洋环境等方面的影响研究相对较少,研究重点仍然是风电系统及自身产能. 2004 年 impact 作为关键词出现,此后学者们开始对这一绿色能源的影响进行研究,后续研究内容不断向多交叉方向发展. model,farm,system,turbine 及 design 这些体现工程方面的关键词高频出现,并且由图 5 连接线不难看出,其与频次最高的 impact 相关联,这意味着海上风电工程也会对生态环境产生影响,如对海上风电设施进行的防腐等措施、风电机运行时系统产生的声波和电磁干扰都会对海水中生物及生态环境造成影响. 词频较高的关键词还有 management,attitude,policy,politics 等. management 最早出现于 2007 年,这表明海上风电的发展对生态环境影响的研究早期也是和政策及管理相关联.

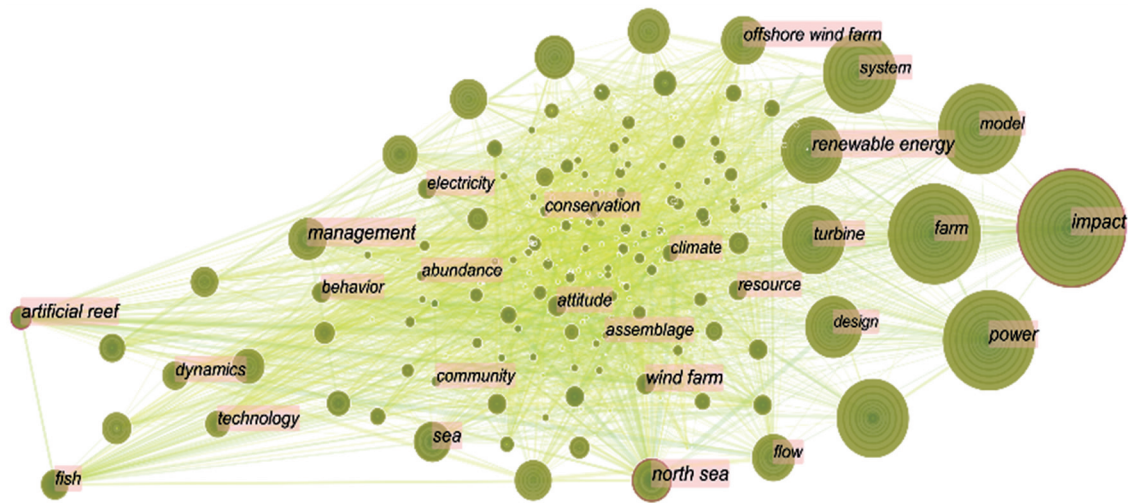


图 5 关键词共现可视化知识图谱

Fig. 5 Keyword co-occurrence visualization knowledge map

图 6 显示 2000—2020 年海上风电开发对生态环境影响研究存在 15 个爆点. 早期的相关研究主要体现风机设施本身的生态影响, 例如风机建设深入海底的桩基作为人工鱼礁 (artificial reef) 对于群落 (community) 的影响、风机旋转扇叶产生的鸟类碰撞风险 (collision risk) 等. 2007—2015 年基础研究趋于成熟, 研究转向风电场建设过程、风电场运营及其产生的水下噪声 (underwater noise) 对鱼类 (fish)、鸟 (bird)、海鸟 (sea bird) 及鸟类迁徙 (migration) 的影响, 尤其是对海鸟 (sea bird) 和人工鱼礁 (artificial reef) 的研究热度 Strength 值分别为 6.67 和 6.31. 针对 15 个爆点相关文献分析发现, 国外研究论文占据主体, 近些年研究热点转向海上风电场生命周期评估 (life cycle assessment)、尾流影响 (turbine wake) 和环境风险 (environmental risk) 等.

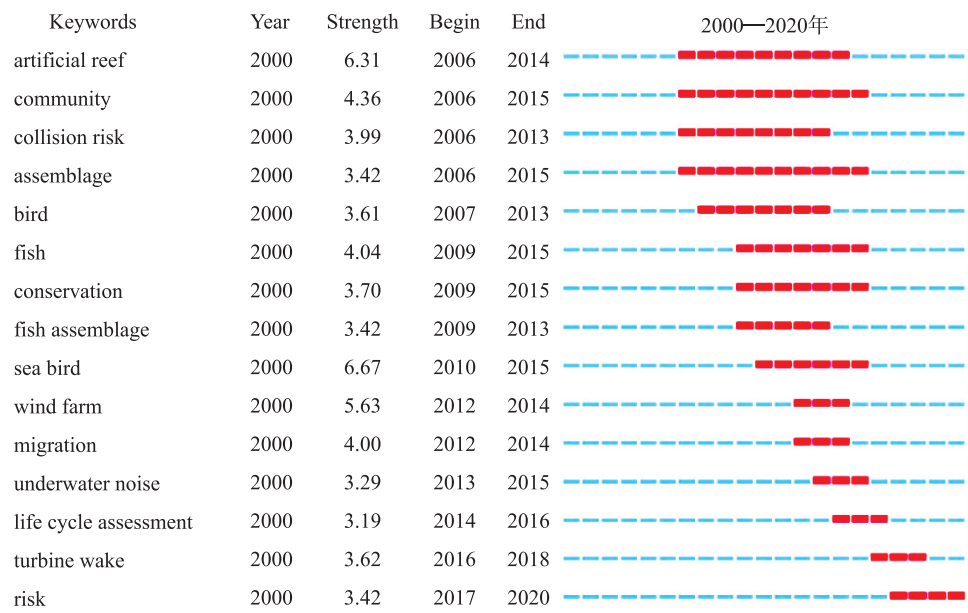


图 6 关键词爆点分析

Fig. 6 Keyword bursts analysis

2.5 讨论

综上所述, 目前国内外海上风电的生态环境影响研究仍相对缺乏, 我国相关研究不具备创新引领地位. 我国应加强海上风电项目对于建设区及周边的生态环境影响研究; 设立长期定位观测试验站, 跟踪监测海上风电的生态影响; 探究并厘清海上风电工程对不同类别的海洋生物影响机制, 引导海上风电合理布局; 明确并完善海上风电对生态环境影响的评价标准, 为海上风电的长期可持续发展提供理论依据.

3 结论

(1)海上风电开发的影响研究基本同步于海上风电的发展情况. 全球海上风电市场始于2000—2009年,此阶段海上风电场的建设处于发展初期,研究对风电发展及其影响的关注度低,因此相关的发文较少. 2010—2013年,中国开始进入海上风电市场,相关研究发文逐渐增加. 2014—2020年欧洲海上风电技术逐步完善,海上风电产业快速发展,风电在总电力需求中占比越来越大. 研究出现多角度、多学科的融合趋势,海上风电的相关研究逐渐成熟. 2018—2020年海上风电开发的影响研究论文发文量和被引频次逐年增加,被引频次和文献产出的增加在时间上显示出了相同趋势,研究热度在逐渐升高,海上风电开发的影响研究关注度在不断提升.

(2)欧美国家和机构在海上风电开发的影响研究中影响较大,发达国家及风电发展起步较早的国家开展研究较早,研究水平较高,合作也较为紧密. 我国本身风电发展起步较晚,在政策的引领下研究在逐步跟进,但研究的创新性相对起步早的国家较弱,未来还需要进一步加强国际合作,提高自身研究水平和影响力.

(3)海上风电开发初期对生态环境的影响研究多从风电设施自身的影响出发;在开发中期对生态环境的影响多体现在对鱼、鸟和群落方面的影响;近期,海上风电的生命周期、尾流对局部气候等综合影响成为关注的重点.

本文研究有助于协调好海上风电场开发与生态环境之间的关系,为海上风电场未来的稳定发展打下技术基础. 今后可通过实际观测数据等验证海上风电开发对生态环境影响程度大小,进而讨论其研究价值. 目前,缺乏实验和长期的数据积累导致未能深入研究生态环境的影响,这也是制约我国海上风电科学发展布局的重要因素.

[参考文献]

- [1] DUNNETT D, WALLACE J S. Electricity generation from wave power in Canada[J]. *Renewable energy*, 2009, 34(1): 179–195.
- [2] RUSU E, GUEDES S C. Numerical modelling to estimate the spatial distribution of the wave energy in the Portuguese nearshore[J]. *Renewable energy*, 2009, 34(6): 1501–1516.
- [3] DEAL W F. Wind power: an emerging energy resource[J]. *Technology and engineering teacher*, 2010, 70: 9–15.
- [4] MARKARD J, PETERSEN R. The offshore trend: structural changes in the wind power sector[J]. *Energy policy*, 2009, 37(9): 3545–3556.
- [5] MCELROY M B, LU X, NIELSEN C P, et al. Potential for wind-generated electricity in China[J]. *Science*, 2009, 325: 1378–1380.
- [6] Xu J, HE D, ZHAO X. Status and prospects of Chinese wind energy[J]. *Energy*, 2010, 35(11): 4439–4444.
- [7] FENG Y, LIN H, HO S L, et al. Overview of wind power generation in China: status and development[J]. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2015, 50: 847–858.
- [8] LEUNG D Y C, YANG Y. Wind energy development and its environmental impact: a review[J]. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2012, 16(1): 1031–1039.
- [9] SUN S, LIU F, XUE S, et al. Review on wind power development in China: current situation and improvement strategies to realize future development[J]. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2015, 45: 589–599.
- [10] 季遥. 浅谈海上风电场的环境影响[J]. *长三角*, 2010, 4(7): 110, 112.
- [11] WANG S F, WANG S C, SMITH P, et al. Ecological impacts of wind farms on birds: questions, hypotheses, and research needs[J]. *Renewable and sustainable energy reviews*, 2015, 44: 599–607.
- [12] BAIDYA R S. Simulating impacts of wind farms on local hydrometeorology[J]. *Journal of wind engineering and industrial aerodynamics*, 2011, 99(4): 491–498.
- [13] BAIDYA R S, PACALA S W, WAIKO R L. Can large wind farms affect local meteorology? [J]. *Journal of geophysical research*, 2004, 109: D19101.
- [14] 詹晓芳, 马丽, 陆志强. 海上风电场对大型底栖生物影响[J]. *生态学杂志*, 2021, 40(2): 586–592.
- [15] BERGSTRÖM L, KAUTSKY L, MALM T, et al. Effects of offshore wind farms on marine wildlife—a generalized impact

- assessment[J]. Environmental research letters,2014,9(3):2033–2053.
- [16] ANDERSSON M H. Offshore wind farms-ecological effects of noise and habitat alteration on fish[D]. Stockholm,Sweden: Stockholm University,2011.
- [17] KIRCHGEORG T, WEINBERG I, HÖRNIG M, et al. Emissions from corrosion protection systems of offshore wind farms: evaluation of the potential impact on the marine environment[J]. Marine pollution bulletin,2018,136:257–268.
- [18] CHEN C M, HU Z G, LIU S B, et al. Emerging trends in regenerative medicine:a scientometric analysis in CiteSpace[J]. Expert opinion on biological therapy,2012,12(5):593–608.
- [19] 韩增林,李彬,张坤领,等. 基于 CiteSpace 中国海洋经济研究的知识图谱分析[J]. 地理科学,2016,36(5):643–652.
- [20] 张鑫,高源,吴怡. 基于 CiteSpace 的海洋渔业研究热点与发展趋势分析[J]. 海洋经济,2017,7(4):58–64.
- [21] 柯丽娜,阴曙升,刘万波. 基于 CiteSpace 中国海洋生态经济的文献计量分析[J]. 生态学报,2018,38(15):5602–5610.
- [22] 王玉梅,苑吉洋,林少钦. 基于 CITESPACE 知识图谱可视化的海洋牧场研究分析[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版),2020(3):42–55.
- [23] LI X, MA E, QU H. Knowledge mapping of hospitality research:a visual analysis using CiteSpace[J]. International journal of hospitality management,2017,60:77–93.

[责任编辑:丁 蓉]