

江苏海上风电产业创新发展路径与对策研究

顾云娟¹, 钱林峰¹, 周红芳², 张效莉²

(1.江苏省海洋经济监测评估中心 南京 210071; 2.上海海洋大学海洋经济研究中心 上海 201306)

摘要:全球气候变暖引发一系列环境问题,也引起人们对清洁能源生产与消费的思考。海上风电由于占陆域空间少、距消纳中心近等特点而受到欧美等发达国家和地区的高度关注。我国江苏沿海海上风能资源丰富,经过数十年的发展,海上风电产业规模、技术基础、市场份额、创新能力、人才储备等诸多领域都已经取得较好成果;然而与发达国家相比,江苏海上风电产业还存在诸多问题,主要涉及管理机制、创新网络、平台搭建、补贴政策、金融体系、营商环境。文章全面梳理江苏海上风电产业发展实际,借鉴国内外先进发展经验,以落实国家的国际、国内双循环战略为指导,研究提出组织管理、行业标准制定、产业创新网络构建、金融和财税要素政策扶持等对策措施建议。

关键词:海上风电;创新发展;路径与对策

中图分类号:P74;TM614;F426.61

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2023)04-0106-10

The Innovative Development Path and Countermeasures of Jiangsu's Offshore Wind Power Industry Under the New Dual-cycle Development Pattern

GU Yunjuan¹, QIAN Linfeng¹, ZHOU Hongfang², ZHANG Xiaoli²

(1.The Marine Economic Monitoring and Assessment Center of Jiangsu Province, Nanjing 210071, China; 2. Research Center for Ocean Economy, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Global warming has triggered a series of environmental problems. Under the dual-cycle development pattern, the demand for clean and low-carbon energy consumption, including offshore wind power, has been effectively stimulated. To vigorously develop offshore wind power for Jiangsu, not only can it complete the development tasks under the new situation, it can also drive the country to promote the industrial revolution and achieve a comprehensive upgrade of the energy consumption structure. Jiangsu Province has abundant offshore wind energy resources and a good offshore wind power industry foundation. However, there are still many constraints and problems in the Jiangsu offshore wind power industry. This paper analyzed the key issues that existed in the offshore wind power industry in Jiangsu Province, including the management mechanism to be established and the top level planning to be promoted, cost control to be paid urgent attention, “three chains” construction to be strengthened, cluster net-

works to be cultivated, platform functions to be improved, subsidy policies to be improved, financial systems to be established, and business environments to be optimized. Based on advanced development experience at home and abroad, combined with the actual situation in Jiangsu, the innovative development path and countermeasures of Jiangsu's offshore wind power industry had been analyzed and combed.

Keywords: Offshore wind power, Dual-cycle new development pattern, Countermeasures

0 引言

大量矿物燃料的使用导致全球气候变暖,进而引发海平面上升等一系列环境问题。为了应对这些问题,人类开始全面考虑加大对清洁能源的消费需求。

从全球对能源的消费量看,亚太和新兴经济体能源消费量高、增长率高,欧洲能源消费放缓,北美、日本、俄罗斯能源消费出现负增长趋势^[1]。其中,中国是全球能源消费增长的主要驱动力,而美国和德国的能源消费降幅最大。从能源消费结构看,可再生能源是拉动全球能源消费增长的主力,与天然气在一次能源消费结构中的比重都升至历史新高;但根据报告,在 2019 年全球一次能源消费结构中,化石能源依然占比较高,达到 84.3%^[2]。

2020 年,中国基于推动实现可持续发展的内在要求和构建人类命运共同体的责任担当,提出碳达峰和碳中和的目标愿景。在《巴黎协定》中,中国展现大国风范,设定减碳目标。中国 50% 的减排压力来自发电部门,煤电发电的二氧化碳排放占整个发电行业的 90%^[3]。出于对化石能源枯竭的担忧以及降低对化石能源的依赖,各国和地区纷纷把开发利用可再生能源作为国家能源战略的重要组成部分及实现可持续发展的重要途径。海上风电作为重要的可再生能源,是实现这一目标的重要组成。

1 海上风电发展概况

自 20 世纪 90 年代起,海上风能资源由于占用土地空间少、邻近消纳中心、风能资源持续稳定等优点而受到欧美等国家和地区的高度关注。欧洲是海上风电发展起步较早的区域,1991 年丹麦正式投运世界上第一个 Vineby 海上风场,迄今海上风电发展已有 30 余年,目前已经形成相对成熟的产业规模和先进的技术基础。

我国沿海拥有丰富的海上风电资源,适合大规模开发建设海上风电,海上风电开发已成为备受关注的能源改革的主要方向之一。2008 年我国首次提出要加强对近海风能开发技术的研究,经过 10 余年的试点和探索,先后在江苏、广东、福建、浙江、山东等沿海地区布局各具特色的海上风电场。截至 2020 年年末,中国海上风电新增装机容量全球领先,累计装机容量位于全球第二,仅次于英国^[3]。

2 江苏海上风电产业发展概况

2.1 产业规模

江苏地处我国东部沿海中心地带,拥有丰富的海上风能资源和优良的海上风电产业基础。江苏的风能资源主要集中在沿海的连云港、盐城和南通^[4],其海上风电项目主要集中在盐城的大丰、滨海和响水,南通的如东以及省管“两沙”海域。江苏是全国较早开发海上风电的地区,在“十一五”和“十二五”期间就启动了海上风电建设。经过多年发展,江苏已是我国海上风电第一大省,在全国海上风电领域处于引领地位。

根据《2020 年中国可再生能源展望报告》的数据,截至 2021 年 9 月底,我国海上风电累计装机容量为 13.19 GW,新增海上风电装机 382 万 kW。江苏是我国海上风电累计装机量最多的地区,占全国 2/3,大大超过其他地区的总和;累计并网容量达到 725 万 kW,占全国总量的 70% 以上,成为累计并网全国第一的地区^[5]。在“十三五”期间,江苏海上风电开工规模占全国“十三五”规划的 60%,累计并网容量占全国的 44.78%。

2.2 产业体系建设

在多年的海上风电产业发展历程中,江苏通过引进国电投、上海电气等一批优质的风电龙头企业,培育中天科技海缆、海力风电钢结构制造等

本土风电骨干企业,形成以大丰港、射阳港、如东洋口港等港口为核心的风电母港集群。同时,一批行业创新龙头企业引领海上风电技术浪潮,如中国海装研制的大容量海上风电机组、重通成飞制造的国内最大海上风机叶片、上海电气建造的海上风电智能制造项目。此外,中天海缆、海力风电等本土龙头企业纷纷进军海缆、海上风电塔筒、承载平台及施工运维等领域,技术水平处于国内领先^[4]。江苏目前已经形成包括总装、配套、安装、运维等的日渐丰富的海上风电产业体系。

2.3 “三链”建设

从江苏海上风电的产业链、创新链和供应链“三链”发展来看,江苏以建设千万级的海上风电场为抓手,以大型专业化风电港口为支撑,带动整个海上风电产业链发展,形成布局于国内外的包括勘探设计、装备总装、配套保障、安装施工、风电场运维在内的全产业链体系。

2.3.1 产业链环节齐全

海上风电自下而上分为风电场开发、风电整机制造、风电场建设、风电场运营与维护等环节(图 1)。

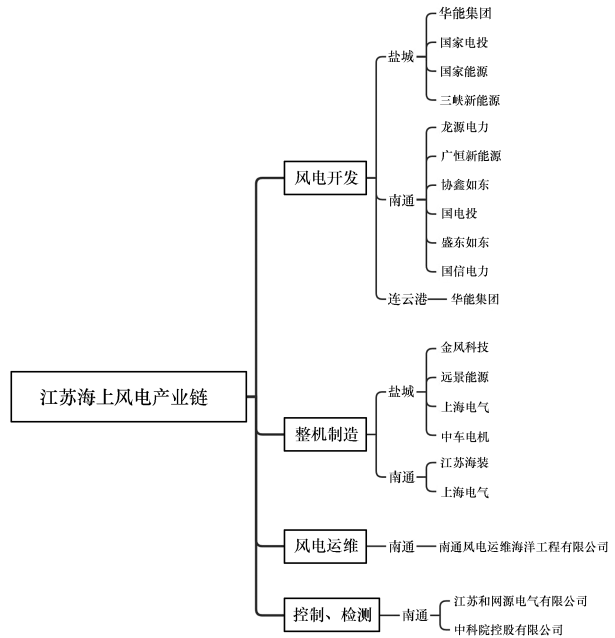


图 1 江苏海上风电全产业链体系

团及其下属能源公司,如华能、大唐、中能、国家电投、三峡、中核、中广核。全国排名前十的风电整机制造商大部分在江苏建立生产基地,主要分布在盐城和南通。其中,盐城有金风科技、远景能源、中车电机为代表的整机制造企业,南通主要有上海电气、江苏海装,连云港有国电联合动力。在海上风电运维方面,江苏海上风电运维服务在国内起步较早,南通有风电运维船企业 40 余家,是我国最主要的风电运维船基地,占全国运维船总量近 90%^[6]。

2.3.2 供应链发展稳定

海上风电的供应链主要围绕风电机组整机的各种配套配件形成(图 2)。

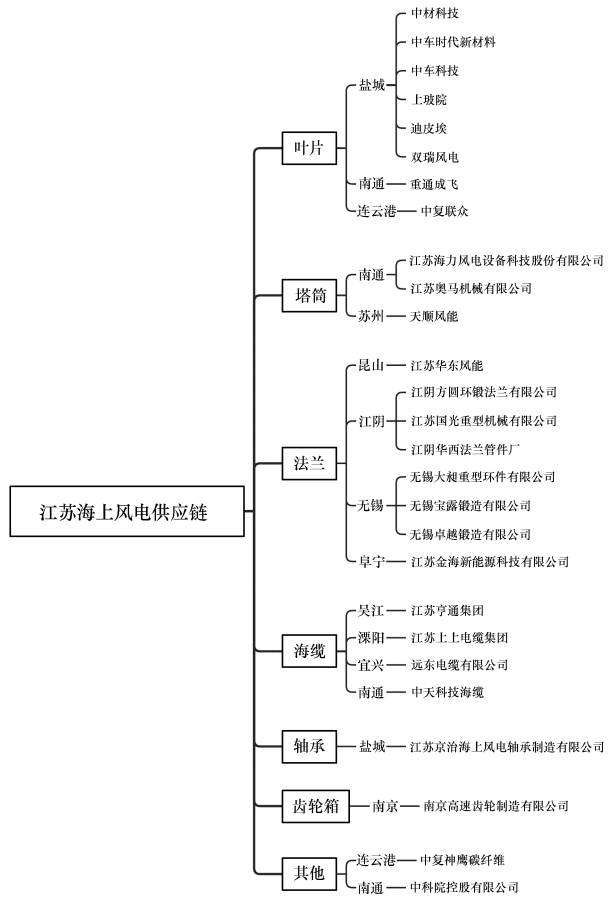


图 2 江苏海上风电供应链体系

Fig.2 Jiangsu offshore wind power supply chain system

海上风电机组主要由叶片、齿轮箱、发电机、电控系统、塔架组成。全国 60%以上海上风电供应链企业都在江苏^[7],主要生产叶片、塔筒、法兰、特种电缆等配套产品与关键部件。我国最主要的 15 家风

Fig.1 Jiangsu offshore wind power whole industry chain system

目前江苏海上风电运营商主要是五大电力集

电叶片厂商中有 7 家都在江苏设立厂房,包括重通成飞、艾尔姆风能等。天顺风能(苏州)股份有限公司和江苏奥马机械有限公司在江苏设有风电塔筒生产厂。此外,江苏还有生产风电法兰的企业、特种电缆制造商、高端风电轴制造商、齿轮箱制造商、风电机组关键原材料供应商等。

2.3.3 创新链国内领先

江苏海上风电的技术创新处在全国前列,攻克大型机组、风电设备检测、风电智慧大数据等技术难题。①上游在叶片、机组、法兰等组件的技术上领先国际。试制国内最长的 SI 77.7-6 MW 级别海上风电叶片并完成示范性装机^[8],研发获得国内唯一反向平衡法兰等发明专利,成功实现 6.45 MW 大容量国产海上风电机型的首次批量化应用^[9]。②中游在吊装、导管架、施工船等方面进行技术创新。成功研制国内首套全旋转式海上单叶片吊具,一举打破该领域的国外垄断,大大拓宽风机吊装窗口期^[10];自主创新开发的海上风机基础导管架产品和 5 MW 大功率海上风电导管架承载平台为江苏首台(套)重大装备产品和国家级新产品,取代进口产品^[11];研制国内第一艘海上风电专业施工船;成功铺设国内单根海缆敷设距离最长、登滩距离最远、电压等级最高的海缆;拥有我国首个海上风电柔性直流工程,迄今世界最大、亚洲首座风电柔性直流输电工程海上换流站^[12]。③下游在运维与控制检测方面领先国内。研发建造国内第一条专业双体运维船,拥有国内首家通过海上风电场运维服务三体系认证的企业^[6];研发的风机控制系统、变桨系统、变流器填补国内空白;拥有全国唯一的海上风电机组检测技术国家地方联合工程实验室。

2.4 规划与政策

2.4.1 全省总体规划

江苏是较早开发利用海上风电的地区,在“十二五”期间就完成《江苏省海上风电工程规划》的编制,统筹布局海上风电建设。2017 年启动规划修编,2018 年 10 月获得国家能源局批复。此后在“十三五”和“十四五”期间的江苏国民经济和社会发展规划、海洋经济发展规划、可再生能源发展专

项规划、电力发展专项规划等都为江苏海上风电产业发展提供清晰的指引。

目前江苏海上风电项目主要集中在近海区域和浅水区。《江苏“十四五”海上风电规划环评报告》显示,江苏“十四五”规划海上风电项目场址共 28 个,总规模 909 万 kW,规划总面积为 1 444 km²,28 个风电场场区均离岸 10 km 以上。

2.4.2 沿海 3 市规划

沿海地区是江苏海上风电的“主战场”,对海上风电产业重视程度高。盐城先后编制出台《盐城市新能源产业发展体系规划》《新能源产业发展路线图》《新能源产业发展三年行动计划》等政策文件以及《盐城海上风电发展白皮书》,系统全面规划盐城风电发展的环境、状况、重点和前景。南通发布《南通市打造风电产业之都三年行动方案(2020—2022 年)》,明确规划 2020—2022 年的海上风电产业发展目标,明确南通将着力建设海上风电装备制造、海上风电运维、海洋新兴产业“三基地”和风电科技研发、风电设备检测、风电智慧大数据“三中心”,将南通打造成为风电产业之都,形成千亿级风电产业集群。2015 年国务院发布的《全国海洋主体功能区规划》对包括连云港在内的苏北海域统筹规划海上风电建设,“十三五”期间连云港海上风电主要规划在灌云沿海海域;2019 年年底连云港海事局制定《连云港海事局海上风电海事监管暂行办法》,填补辖区海上风电场海事监管制度的空白。

截至“十三五”期末,全省沿海 3 市海上风电累计装机容量达 572.7 万 kW,海上风电发电量达 112 亿 kW·h。

3 江苏海上风电产业发展的关键问题

发达国家发展海上风电产业早于我国,梳理其产业发展历程,成功经验主要包括政策链较完善、产业链竞争力较强、供应链健全且稳定、创新支持力度大、积极培养专业化人才。江苏海上风电产业经过 10 余年的发展,奠定很好的产业基础,然而相比发达国家还存在诸多问题,其中最为核心的是产业链、供应链、创新链方面的问题。

3.1 产业链存在难点,国际竞争力不足

3.1.1 成本快升难降,制约产业发展

海上风电造价偏高。根据彭博新能源财经统

计,2019 年我国海上风电项目平均度电成本约为 0.521~0.779 元/kW·h,整体离平价上网还有较大差距。随着“退补”政策的出台,要实现平价上网,海上风电上网电价需降至 0.391 元/kW·h^[13],而海上风电的补贴部分和平价部分基本是 1:1,要下降现有造价的 50%才能实现平价^[14]。海上风电的环境复杂性以及可达性差等原因导致海上风电机组可靠性低、维护成本高,海上风电的运维成本约占项目全生命周期总成本的 20%~30%,是陆上风电运维成本的 3~4 倍^[15]。

成本上升速度快。随着国内外原材料、人工、安装费用大幅上涨,海上风电建设开发、建设成本居高不下,企业在上网电价大幅下降和成本居高不下的“二头”受到挤压,可持续生存受到威胁。

抢装潮使得生产施工成本系统性上升。抢装潮致使生产要素供给系统性短缺,进而造成成本的系统性上升,出现大量已招标但 2021 年底前难以完成并网的项目,产业发展面临较大波动风险^[16]。

行业快速降本难度极大。降低成本需要生产制造端、运维端这两大成本占比较高的环节实现规模经济,即需要开发海上风电大规模、大容量机组技术,在高塔筒、长叶片、新材料等方面的技术应用,以及生产线的升级、革新和运维集约化等,但这都需要一定的时间周期来支撑。

3.1.2 产业链各环节链接不畅

海上风电施工研制的专业工程船舶和施工设备供应严重不足。在深远海发展的趋势下,因抢装潮等影响,施工船“一船难求”已成为抑制行业稳定发展、控制成本的重要因素。

风电场项目建设与电网建设进度不同步,制度也存在不协调。由于电网在项目审查、工程建设方面较为复杂,对于海上风电项目的建设周期来说耗时较长,电场建设竣工时并不能保证能够及时接入电网。

3.1.3 风险保障不足

企业风险管理、技术安全标准、运维风险管理和应急保障制度统一标准目前处于空白。例如:海上风电施工环节一般采用港口工程、水利水电工程或陆上风电标准,而验收环节则采用电力质检部门

的标准^[17];海上升压站建设标准缺乏,尤其是消防、救生、防碰触等关键工作都没有规范可依,存在较大安全风险;海上风电场设计、建设、并网、运行和调度等方面尚未出台相关安全管理文件,带来安全隐患。

运维流程、运维故障预警、智能诊断以及运维策略优化及风险识别技术不成熟,缺乏专门从事海上保险的专业机构和海上风电专业险种,尤其缺乏具备海上工程、海事检验专业资质的人才。

商业风险防范不足,缺乏全寿命周期的技术经济性评价体系。目前一般的投资回报率仅仅涉及对发电和输电成本的考虑,缺乏从整个产业发展的角度对海上风电的技术经济性进行总体评价的体系。

3.2 供应链存在痛点,核心技术和设备过于依赖进口

缺乏海上风电研发自主知识产权的工程分析软件。海上风电行业使用的主流工业设计软件以及海上风电专用核心设计软件基本来自美、德、法等国家^[18],如风电整机载荷仿真分析、风资源分析软件。

产业“核心”“芯片”技术被“卡脖子”,大型风机主机技术依赖国外企业。风电机组主控以及认证测试系统使用的高速数据采集系统芯片、变频器和变桨系统中使用的 IGBT/IGCT 半导体功率器件及核心控制芯片,主要被英飞凌(德国)、三菱(日本)、赛米控(德国)垄断^[19],配套大功率机型的高端轴承主要依赖进口^[20]。齿轮箱和叶片的双轴疲劳测试设备以及自动化辅助生产设备、叶片夹层以及国产大兆瓦风机中的关键部件主轴承、齿轮箱和发电机中的高速轴轴承等被国外垄断。虽然已经有华能-海装的 5 MW 机组核心关键技术国产化,但大多数风电机组的主机技术还是采用西门子技术和 ABB 技术,如上海电气江苏分公司还是使用西门子技术许可。

3.3 创新链存在弱点,创新支持力度不足

企业研发投入需要增强。江苏部分著名海上风电企业连续多年研发投入不到营业收入的 1%,而欧洲海上风电发达国家则达到 20%~30%。

海上风电设备的自主制造能力不足。海上风电主要厂商倾向于代工国外厂商的产品,尤其是风电机组制造企业还没有能力批量生产叶片、齿轮箱、滑环等各类部件,个性化契合江苏海域条件的机组更为稀少,极大限制风电项目对于机组型号的选择,制约江苏海上风电的发展。

运维及风电场智能化建设、试验测试技术有待加强。江苏目前尚没有智能故障诊断、预警机制、整套评估体系及成熟定量分析方法^[21],尚没有全尺度地面传动链测试系统以及海上风电测试技术实证基地,海上风电运维在精细化、数字化和信息化方面亟待完善。

超高塔架、深海施工建设技术与大型风机运维迭代领域处于空白。目前江苏超高塔架技术尚处于起步阶段,尚未实现海上环境-支撑结构-机组的共平台整体迭代;支撑 10 MW 及以上大型海上机组的施工及运维技术、近海风电规模化开发、大功率海上漂浮式支撑结构技术仍处于空白^[22]。

海上风电服务型产业聚集不够,技术支撑不足。江苏风电产业关联企业有 150 余家,虽有一些风电企业技术创新处于全国领先水平,但大部分企业属于资源型产业集群,产业制造服务型产业聚集程度不完整,如与产品创新、技术创新以及高等院校、行业组织等的集聚还不足,远没有形成闭环产业集群。

缺乏专业化人才。目前江苏从多领域布局实施各类人才计划支撑政策,但是由于江苏沿海商贸环境所限,人才引进支撑行业发展效果并不明显,高精尖人才短缺。江苏海上风电龙头企业总部大多不在江苏沿海,有相当数量的员工是由总部招聘,派遣到江苏沿海进行业务指导,人才流动大。

4 江苏海上风电产业创新发展的路径和对策

4.1 加强顶层设计

《江苏省国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出有序推进海上风电集中连片、规模化开发和可持续发展,打造国家级海上千万千瓦级风电基地。大力发展海上风电产业势在必行。但海上风电具有建造周期长、使用年限长等特点,海上风电产业从材料、安装施工

到运维都有其特殊的专业,应加强顶层的规划设计。

明确发展导向。根据江苏海上风电产业的优势和基础,以及与国际先进水平相比存在的关键差距,江苏海上风电产业必须明确 4 个未来发展导向,即坚持目标导向、问题导向、战略导向、趋势导向。

明确发展定位。江苏海上风电产业发展基础优良,但产业制约短板显著,在双循环格局下要实现创新发展,就要从供给端、需求端、支撑环境端共同发力,推进产业的系统化变革、集约化开发。

4.2 设定关键路径

4.2.1 构建国际国内双向开放的供给体系

重塑供应链,促进国内大循环。以培育“专精特新”企业为抓手,以国际国内紧密协作为模式,在工程和产品设计服务、核心管理软件、核心材料、智能化产品和管理以及智能工程服务、智能运维服务等环节培育布局“专精特新”中小企业,并通过政策激励其“走出去”或“引进来”,促进其与国际国内在研发设计、产品产业化、市场化等领域的密切合作,打通供应链的“堵点”,弥补供应链的“断点”,形成对供应链的重塑,促进产业国内大循环。

培育龙头企业,促进国际大循环。基于江苏在海上风电场开发、总机制造等环节的产业基础优势,培育相关领域的龙头企业,并以龙头企业培育为抓手,以龙头企业的带动牵引为桥梁,引领带动国际国内相关的配套企业、上下游高附加值企业在国内大市场和东南亚国际市场布局聚合,形成以江苏龙头企业为牵引、国内外相关企业紧随集聚的强大企业链,促进产业国际大循环格局。

聚焦创新链,提升自主创新能力。以数字化、智能化、互联网+为创新目标和抓手,对江苏海上风电产业创新薄弱环节启动全方位的创新能力提升,形成具有强大自主创新能力的创新链。具体包括:①推进企业数字化改造,全面提升企业自主创新意识;②聚焦创新薄弱的设计环节、服务环节、运营管理环节等,筛选共性关键技术和重大创新节点,形成点状分布的联合攻关联盟,全面培育企业自主创新能力;③通过科技成果产业化、市场化,促进点状分布创新联盟深度融合,进入产业链和供应链,形成强大的产业创新链,全面提升江苏海上风

电自主创新能力。

追求价值格局,提升产业价值链。通过外商投资、中外合资、中方投资外商经营等方式,引进国外企业经营管理理念,探索制定与国际接轨的行业标准和规范,确保产品和服务的前瞻化,全面促进产业价值链高端化。

利用聚合优势,再造产业空间链。充分利用江苏在海上风电领域对企业、资金、技术、人力等资源的高度聚合优势,通过培育龙头企业以及相关产业链,形成基于国内大市场、东南亚待开发大市场等,以江苏海上风电大开发、大制造为引领,以国内外配套和“专精特新”中小企业逐市场而动的产业空间链再造格局,成为在海上风电国际分工中的引领和示范。

4.2.2 培育创新、多元的消纳保障体系

完善的海上风电消纳体系有助于规模化海上风电产能的顺畅消纳,是产业可持续发展的根本保障。

多措施并举推进平价并网。依托企业联盟,形成错位发展的产业协作网络、嵌入高精尖的创新合作网络、引入精益求精的经营管理机制,构筑江苏海上风电生产运营大基地协作网络,依托大基地协作网络进一步实现产业规模化,依托规模化摊薄度电成本,依托联盟协作全面提升产业生产效率,进而形成行业发展的系统溢出效应,为平价并网做好基于成本并高于成本的系统性准备。前端产业链上下游企业联动,同类型企业间功能互补与错位,协作形成共性关键技术攻关能力、联合体议价能力和标准话语权能力;统一规划、建设海上升压站和集中送出线路,优化配置有限海岸线资源,降低输送成本;加强海缆路由通道规划,协调电网规划与海上风电开发计划;加快江苏电力过江通道建设,解决电网南北互通的“瓶颈”问题以及区域电力供需不平衡问题,实现新能源跨区消纳。

形成供给与需求匹配的消纳保障。借助人工智能、大数据等新技术,提升电网对海量新能源发电设备的运行管理能力,提升新能源基础数据质量和预测建模智能化水平,建立高精度、高可信度的新能源功率预测系统,保障供给的稳定性,以适应

大规模市场需求。瞄准国内国际对清洁能源需求的庞大市场,加强风电储能和长距离输送技术、装备和材料等的研发,从供给侧结构性改革与需求匹配维度,进一步延伸海上风电产业链到消纳服务环节,形成基于海上风电储能、输送、并网于一体的高附加值产业网。

构筑成熟繁荣的海上风电交易市场。依托海上风电产业基地,建立海上风电储能母港,具备海上风电储存、并网和交易功能,探索尝试优先执行以海上风电等清洁能源为核心的发电计划和电力交易合同,将煤炭等非清洁能源全面放开进入市场交易,进而保障海上风电等清洁能源的消纳,从源头引导能源消费升级。探索适宜在长三角乃至全国推广的经验和模式,引领全国能源消费升级,在落实“双碳战略”上从消纳交易环节走在前列,形成“江苏模式”。

4.3 落实保障措施

4.3.1 建立多元化人才保障机制

加大力度培育高精尖人才。一方面,全面启动吸引国外相关领域的高水平大学在沿海设立分校或联合办学;另一方面,依托本省的高校优质资源在沿海办分校或联合办学。目标是打造具有鲜明海工科技特色、优势显著、多学科支撑的综合性海洋大学城,具体学科专业涵盖海上风电装备制造、产业智能化和信息化、海洋物联网、海洋数字经济与商贸、海洋人文。以高科技大学为核心,以多学科并举的研究院、高等职业学院、企业职工教育培训中心等为支撑,形成全国规模最大、品质最好、门类最全、种类最齐的海洋装备人才教育培训储备体系。

加大对成熟产业人才的吸引和留住力度。从留住人才目标出发,依托江苏沿海优美的生态环境、相对低廉的生活成本等优势,通过营造居住、医疗卫生、子女教育等配套的发展环境,以及员工自我价值实现、国际交流等措施,打造全国海洋装备高端人力资源谋求发展的理想集聚高地。

4.3.2 布局多元化金融支撑体系

鼓励银行加大信贷支持力度。加强信贷政策和可再生能源产业政策对接,通过政府贴息等办

法,鼓励商业银行对海上风电相关企业的授信额度和期限优化;简化贷款审批程序、提升放贷效率,加大对海上风电企业的信贷融资力度。

建立股权风险投资母基金,支持海上风电企业。设立江苏海上风电产业风险投资母基金或江苏海上风电领域专项基金,吸引民营资本、风险投资(PE/VC)等社会资本以股权形式投资海上风电企业,并以“投贷联动”形式加大对海上风电的融资规模。

拓宽直接融资渠道。一方面,鼓励和扶持符合条件的产业链上的海上风电企业上市,通过股票市场融资解决资金短缺的问题;与科创板、创业板、新三板等上海、北京、深圳证券交易所或长三角资本市场服务基地加强合作,在全面培育龙头企业、培育“专精特新”企业达到一定规模和成效情况下,积极创造条件,促进企业上市融资。另一方面,鼓励和扶持海上风电企业发行绿色债券,如企业债券、短期融资券和中期票据,创新融资担保范围,探索扩大用能权等担保融资业务规模。

鼓励融资创新,开拓多元融资渠道。开发海上风电投资信托产品、海上风电基础设施(REITs)基金;推进海上风电企业大型设备融资租赁平台建设,开发海上风电设备买卖、租赁业务,解决风电企业前期融资规模大、融资难问题;发展风电产业供应链金融服务和商业保理业务,加强企业资金周转。

拓展海上风电保险服务,防范安全风险。鼓励保险机构开发适用于海上风电的保险产品,如设立海上风电职业责任险、保证保险和信用保险;率先探索海上安全与环境责任保险试点,为在全国范围内推广环境责任保险创造条件;设立国内首家海上风电理赔协会,促进海上风电企业风险互助合作,降低运营风险;鼓励国内外再保险机构参与江苏海上风电原保险与再保险,降低海上风电企业的投融资风险,并分散建造、安装、营运等风险,解决企业后顾之忧;定期发布国内海上风电风险预警报告,为各类企业安全营运提供信息。

4.3.3 加强适应产业数字化转型的环境建设

从企业微观层面,数字化和信息化对于提高产业生产管理效率的贡献成为其推动数字化变革的

动因,基于“互联网+”的海上风电全产业链实现数字化和信息化是必然趋势。但是目前海上风电企业信息化和数字化程度不高,难以提供智能化的产品以及基于数据分析的智能化服务。建议以企业运营管理数字化作为抓手,首先启动推进企业数字化发展环境建设,使从业人员从数字化和信息化中得到效率、得到便利、得到收益,形成观念和习惯;从运营管理数字化中形成企业经营大数据,进而通过企业服务数据化和信息化,在提升产业层级和附加值的同时,增加更多收益,形成更好的发展理念和数字化发展环境;通过布局生产工艺信息化和数字化,提高产品品质、生产效益,形成良性发展和叠加收益;基于形成的优良信息化环境,布局智能化产品的研发与生产,促进海上风电企业全面走向现代化轨道。

从行业管理层面,江苏还没有建立完全适用于数字化、信息化的行业发展环境,尤其在依托数字化进行产业上下游企业之间、平行企业之间供求信息交流等方面的环境还没有全面建设。因此,建议快速启动建立基于企业供求信息高度集聚的工业互联网平台,通过平台形成基于“互联网+”的庞大信息、技术、服务和产品交易市场,充分利用“互联网+”带来的技术红利,营造技术先进的产业发展环境。

4.3.4 编制与国际接轨的行业规范

规范作业是减少决策随意性、保障行业低成本高效益发展的关键举措。依据国际经验,结合江苏海上风电发展的行业规范不足造成的试错成本偏高等关键问题,下一步江苏海上风电产业高质量发展的重要任务之一就是加强行业规范建设。尤其是在产业深远海化、规模化发展过程中,随意决策的试错成本更加巨大,而庞大的试错成本甚至是影响投资者信心和产业可持续发展的关键因素。因此,在借鉴国际国内经验的基础上,应加大《江苏省海上风电行业规范》的研究与编制力度,使规范作业成为行业降低成本、高质量发展的必要准则和“江苏贡献”。

此外,要确保行业规范能够在企业精细化管理中得到有效的落实。全面学习行业精细化运行管

理的模式,让企业充分享受到精细化管理所带来的产品品质提升、市场效益提升、成本系统化下降以及市场占有率的全面提升,确保江苏在企业精细化管理中同样走在全国前列、向国际标准看齐。

参考文献(References):

- [1] 胡敏.2020 年《BP 世界能源统计年鉴》正式发布[J].炼油技术与工程,2020,50(8):51.
HU Min.The 2020 BP World Energy Statistical Yearbook was officially released[J].Refining Technology and Engineering, 2020,50(8):51.
- [2] 朱孟珏,庄大昌.1990—2015 年世界能源时空演变特征研究[J].中国人口·资源与环境,2017,27(5):63—71.
ZHU Mengjue,ZHUANG Dachang.Research on the temporal and spatial evolution characteristics of world energy from 1990 to 2015[J].China Population,Resources and Environment, 2017,27(5):63—71.
- [3] 朱法华,王玉山,徐振,等.中国电力行业碳达峰、碳中和的发展路径研究[J].电力科技与环保,2021,37(3):9—16.
ZHU Fahua,WANG Yushan,XU Zhen,et al.Research on the development path of carbon peaking and carbon neutrality in China's power industry[J].Power Technology and Environmental Protection,2021,37(3):9—16.
- [4] 刘群,殷勇.江苏沿海滩涂地貌及资源开发利用途径[J].河南科学,2010,28(11):482—490.
LIU Qun,YIN Yong.Landform and resource development and utilization of coastal tidal flats in Jiangsu[J].Henan Science, 2010,28(11):482—490.
- [5] 江苏省自然资源厅.2020 年江苏省海洋经济统计公报[Z].2021.
Department of Natural Resources of Jiangsu Province.2020 Jiangsu Provincial marine economy statistical bulletin [Z].2021.
- [6] 国际船舶网.2020 中国(南通)船舶设计师高峰论坛举行[EB/OL].http://www.eworldship.com/html/2020/Exhibition_1122/165475.html,2020—11—22.
International Ship Network.2020 China(Nantong) ship designer summit forum was held[EB/OL].http://www.eworldship.com/html/2020/Exhibition_1122/165475.html, 2020—11—22.
- [7] 本刊.上海电气:发挥龙头引领作用 助力打造“风电之都”[J].上海电气技术,2020,13(2):38.
This Journal.Shanghai electric:play a leading role to help build a “wind power capital”[J].Shanghai Electric Technology, 2020,13(2):38.
- [8] 任小璋.风电装备产业链效应显现,江苏阜宁引“飞地经济”借力上海[EB/OL].<https://m.yicai.com/news/100047600>, 2018—10—27.
REN Xiaozhang.The effect of the wind power equipment industry chain appears, and Jiangsu Funing draws on the “enclave economy” to leverage Shanghai[EB/OL].<https://m.yicai.com/news/100047600.html>,2018—10—27.
- [9] 刘进,唐学文,林江刚.江苏海上风电如何驭风而行[J].群众,2020(17):68—70.
LIU Jin,TANG Xuewen,LIN Jianggang.How to harness the wind in Jiangsu offshore wind power[J].Qunzhong,2020(17):68—70.
- [10] 巨力索具.首吊成功! 巨力索具 D6/D7MW 全角度海上单叶片吊具完成吊装首秀! [EB/OL].<https://news.bjx.com.cn/html/20201229/1125747.shtml>,2020—12—29.
Juli Rigging.The first hoisting was successful! Juli Rigging D6/D7MW full-angle offshore single-blade spreader completed its first hoisting show! [EB/OL].<https://news.bjx.com.cn/html/20201229/1125747.shtml>,2020—12—29.
- [11] 全国能源信息平台.又一家风电企业创业板 IPO 获受理! 主营海上风电配套设备[EB/OL].<https://www.163.com/dy/article/FSP9C1E105509P99.html>,2020—12—01.
National Energy Information Platform.Another wind power enterprise GEM IPO accepted! Mainly engaged in offshore wind power supporting equipment[EB/OL].<https://www.163.com/dy/article/FSP9C1E105509P99.html>, 2020—12—01.
- [12] 三峡能源.世界最大、亚洲首座海上换流站在江苏如东安装成功! [EB/OL].<https://news.bjx.com.cn/html/20210719/1164639.shtml>,2021—07—19.
Three Gorges Energy.The world's largest and Asia's first offshore converter station was successfully installed in Rudong, Jiangsu! [EB/OL].<https://news.bjx.com.cn/html/20210719/1164639.shtml>,2021—07—19.
- [13] 蔡绍宽.平价上网助力海上风电行业发展:未来五年海上风电从业同仁的使命[J].南方能源建设,2019,6(2):7—15.
CAI Shaokuan.Affordable Internet access to help the development of the offshore wind power industry:the mission of colleagues in the offshore wind power industry in the next five years[J].Southern Energy Construction,2019,6(2):7—15.
- [14] 彩球.广东 55.5 亿海上风电补贴的示范意义:江苏、山东等经济强省是否也会跟上[EB/OL].<https://news.bjx.com.cn/html/20210204/1134509.shtml>,2021—02—04.
Caiqiu. Demonstration significance of Guangdong's 5.55 billion offshore wind power subsidy: will Jiangsu, Shandong and other economically strong provinces also keep up

- with[EB/OL]. <https://news.bjx.com.cn/html/20210204/1134509.shtml>,2021-02-04.
- [15] 黄玲玲,曹家麟,张开华,等.海上风电机组运行维护现状研究与展望[J].中国电机工程学报,2016,36(3):729-738.
- HUANG Lingling, CAO Jialin, ZHANG Kaihua, et al. Research and prospect of operation and maintenance status of offshore wind turbines[J]. Chinese Journal of Electrical Engineering, 2016, 36(3): 729-738.
- [16] 姜圣辉.抢装潮下商业银行对海上风电项目营销的管理措施建议[J].时代经贸,2020(25):72-73.
- JIANG Shenghui. Suggestions on the management measures of commercial banks for the marketing of offshore wind power projects under the tide of rush installation[J]. Times Economic and Trade, 2020(25): 72-73.
- [17] 闵兵,王梦川,傅小荣,等.海上风电是风电产业未来的发展方向:全球及中国海上风电发展现状与趋势[J].国际石油经济,2016,24(4):29-36.
- MIN Bing, WANG Mengchuan, FU Xiaorong, et al. Offshore wind power is the future development direction of wind power industry: the status quo and trend of global and Chinese offshore wind power development[J]. International Petroleum Economy, 2016, 24(4): 29-36.
- [18] 全国能源信息平台. MATLAB开了第一枪! 国内所用风电设计软件严重依赖国外! 值得反思! [EB/OL]. <https://3g.163.com/dy/article/FFAD82AR05509P99.html>, 2020-06-17.
- National Energy Information Platform. MATLAB fired the first shot! The wind power design software used in China relies heavily on foreign countries! It is worth reflecting on! [EB/OL]. <https://3g.163.com/dy/article/FFAD82AR05509P99.html>, 2020-06-17.
- [19] 胡国良,秦海岩.打造自主可控的风电产业链[N].新华日报,2021-05-25(A).
- HU Guoliang, QIN Haiyan. Creating an independent and controllable wind power industry chain[N]. Xinhua Daily, 2021-05-25(A).
- [20] 时智勇,王彩霞,李琼慧.“十四五”中国海上风电发展关键问题[J].中国电力,2020,53(7):8-17.
- SHI Zhiyong, WANG Caixia, LI Qionghui. The key issues of China's offshore wind power development during the "14th Five-Year Plan" [J]. China Electric Power, 2020, 53(7): 8-17.
- [21] 许国东,叶杭冶,解鸿斌.风电机组技术现状及发展方向[J].中国工程科学,2018,20(3):44-50.
- XU Guodong, YE Hangye, XIE Hongbin. The current situation and development direction of wind turbine technology [J]. China Engineering Science, 2018, 20(3): 44-50.
- [22] 陈嘉豪.海上漂浮式风机关键技术研究进展[EB/OL]. <https://news.bjx.com.cn/html/20200721/1090670.shtml>, 2020-07-21.
- CHEN Jiahao. Research progress on key technologies of offshore floating wind turbines[EB/OL]. <https://news.bjx.com.cn/html/20200721/1090670.shtml>, 2020-07-21.