

基于海上风电产业发展的风电机维修市场

涂亮¹,刘斯明¹,郑丹²

(1. 南方电网科学研究院 广州 510080;2. 中国化工信息中心 北京 100029)

摘要:为促进海上风电产业和风电机维修市场的发展,文章概述风电及其产业的发展状况以及海上风电产业发展的主要地区,分析海上风电机维修市场的需求、特点和潜力,并提出该领域的投资建议。研究结果表明:风电具有巨大的经济、社会和环境效益,是全球发展的重点领域;欧洲、亚洲和美国等是海上风电产业发展的主要地区,其中欧洲发展最早和最好;由于海上风电机结构复杂和所处环境恶劣,维修市场需求旺盛;目前全球海上风电机维修市场具有地区不均衡、核心技术垄断和处于蓝海期的特点,在部件和工具及其供应链供给、运维船制造、智能化产品服务以及人员技能培训等方面具有发展潜力;海上风电机维修市场的自身潜力和辐射效应较大,市场前景广阔,该领域的投资应关注其优势、劣势、机遇和风险。

关键词:风能;发电机;专业维修;运维船;智能化

中图分类号:TK8;TM315 文献标志码:A 文章编号:1005-9857(2019)08-0072-05

Wind Power Maintenance Market Based on the Development of Offshore Wind Power Industry

TU Liang¹,LIU Siming¹,ZHENG Dan²

(1. China Southern Power Grid,Guangzhou 510080,China;
2. China National Chemical Information Center,Beijing 100029,China)

Abstract:To promote the development of offshore wind power industry and wind power maintenance market, the paper outlined the development of wind power industry and its developing status as well as the main areas of offshore wind power industry development,analyzed the demand,characteristics and potential of offshore wind power maintenance market,and finally proposed some investment advice in this field.The research results showed that wind power has great economic,social and environmental benefits and was the pivotal field of global development.Europe,Asia and the United States are the main regions for the development of offshore wind power industry,among which Europe develops first and best.Due to the complicated structure and harsh environment of offshore wind power,its maintenance market demand is strong.At present,the offshore wind power maintenance market was characterized by regional imbalance,core technology monop-

收稿日期:2019-04-02;修订日期:2019-07-19
基金项目:南方电网公司 2017 年科技项目“境外电力企业价值评估和监测机制及国际化发展路径研究”(ZBKJXM10170095).
作者简介:涂亮,高级工程师,硕士,研究方向为电力系统
通信作者:刘斯明,研究员,硕士,研究方向为电力系统

oly, and blue ocean period. It has great development potential in the supply of parts and tools as well as supply chain, the operation and maintenance ship manufacturing, the intelligent product and service and personnel skill training. The offshore wind power maintenance market has its own potential and radiation effects, and thus the market prospect is broad and promising. Investors should pay much attention to its advantages, disadvantages, opportunities and risks while investing in this field.

Key words: Wind power, Electric generator, Professional maintenance, Operation and maintenance ship, Intelligitize

1 风电及其产业

1.1 发展状况

人类利用风能的历史可追溯至 3 000 年前,而在近百余年来才开始利用风能发电。①萌芽期:1866 年德国科学家西门子成功研制自激励式发电机,为风电的萌芽奠定基础;1887—1888 年美国科学家布拉什成功研制风电机组;1918 年丹麦拥有 120 台风电机组。②缓慢发展期:19 世纪 70 年代工业电力来源主要是使用化石燃料的发电机组和内燃机,风电因成本高昂、效率低下和稳定性差而发展缓慢。③高速发展期:20 世纪 70 年代,在经历 2 次石油危机后,风能作为可替代化石能源的可再生清洁能源再次受到高度关注,美国和西欧国家投入大量资金用于兆瓦级并网型风电机组的研制。

风能受地形影响较大,在沿海地区和开阔大陆的收缩地区储量较丰富。总体来看,全球风电总装机容量逐年提高。全球风能理事会(GWEC)2017 年预测,到 2022 年底,全球风电总装机容量有望达到 840 GW。2017 年全球风电总装机容量约为 539 GW,新增装机容量约为 52.5 GW,其中新增装机最多的国家是中国、美国、德国、印度和英国。截至 2017 年年底,全球建设风电项目的国家多达 90 个,其中风电渗透率最高的是丹麦(44%),紧随其后的是葡萄牙、爱尔兰和德国(超过 20%),西班牙、瑞典和塞浦路斯也较高(12%)。根据世界风能协会(WWEA)的最新统计数据,2018 年全球风电新增装机容量约为 53.9 GW,与 2017 年相比仅有小幅度提高;其中,中国继续领跑(25.9 GW)并远高于第二名的美国(7.6 GW),随后是德国、印度、英国、巴西和法国。

风电有利于改善能源结构和减少温室气体排放,可带来巨大的经济、社会和环境效益,各国都将其视为能源建设的重要任务。由于对环境十分友好且度电成本适中,风电已在许多国家实现大规模的产业化运营。目前全球风电产业正快速发展,机组趋于大型化,新增装机容量、机械性能和发电能力大大提高。为进一步降低化石能源消耗和实现减排目标,各国陆续制定产业政策和规划,促进风电产业的发展。

1.2 陆上风电和海上风电

目前绝大部分利用风能发电的地区都是陆上风电和海上风电并存。陆上风电即在陆地上建设风电机组,具有自然环境较稳定和技术较成熟的优势,但发电量随季节、风速和风力变化较大,且占用大量土地资源;海上风电即在近海海面上建设风电机组,具有节约土地资源和发电量大的优势,但技术要求较高和运维难度较大^[1]。

由于海上空气湿润且富含盐分,易腐蚀风电机的钢铁架构,进而损坏其轴承和偏航系统^[2],此外狂风大浪对风电机也有一定的损害,海上风电机的维修频次远高于陆上风电机组。

1.3 海上风电产业发展的主要地区

1.3.1 欧洲

欧洲是全球最早发展海上风电产业的地区,发电技术、配套供应链、政策体系和金融机制均较成熟,并处于全球领先水平。欧洲目前有 11 个国家共建设 105 座海上风电场,总装机容量达 18.5 GW,约占欧洲风电总装机容量的 10%。其中,英国和德国发展速度最快:2018 年欧洲海上风电新增装机容量为 2 600 MW,英国和德国分别为 1 300 MW 和

969 MW, 占比约为 87%; 英国和德国海上风电总装机容量分别达到 8.1 GW 和 6.3 GW, 位居欧洲国家前列。

2018 年欧洲在建海上风电场的平均水深为 27.1 m, 平均离岸距离为 33 km, 均比 2017 年小幅度减小。但从欧洲海上风电项目规划及其核准情况来看, 为更充分地获取风能, 海上风电项目将向更大水深和更远离岸距离发展。在目前已核准的海上风电项目中, 最大水深约为 50 m, 最远离岸距离已达 200 km, 更加恶劣的自然环境对海上风电机本身及其施工和运维等提出更高的要求, 也从侧面显示欧洲海上风电产业的较高成熟度。

1.3.2 亚洲

亚洲海上风电起步较晚, 属于新兴产业, 目前发展较好的是中国、印度、日本和韩国。

中国是亚洲海上风电产业发展最快的国家, 自 2009 年安装调试 30 余台 3 MW 海上风电机以来一直高速发展, 相关配套政策和科研项目都对海上风电产业发展起到促进作用; 2018 年印度新能源和可再生能源部启动首个海上风电项目; 2018 年日本批准促进海上风电产业发展的法案, 并将规划海上风电专属海域和进行项目招标, 中标者将获得 30 年海上风电经营权和竞标电价保障。

1.3.3 美国

美国五大湖区、东海岸、西海岸和海湾区具有巨大的风能开发潜力。为推动海上风电产业的发展, 2009 年奥巴马政府提出美国沿海大陆架可再生能源开发项目计划; 2012 年美国能源部选择 4 个海上风电先进技术示范性项目, 并向每个项目投入 400 万美元资助, 以促进海上风电机组的商业化和规模化, 同时有利于解决并网发电和审批不畅等问题。然而受成本高昂和公众反对等因素的制约, 美国直到 2016 年年底才建成第一座海上风电场, 装机容量为 30 MW。2019 年 7 月, 美国第二座海上风电场正式开工建设。

此外, 非洲和拉丁美洲的许多国家均蕴藏可观的海上风能, 但受经济和技术等条件的制约, 业界普遍认为其海上风电产业发展将耗费更长时间。

2 海上风电机维修市场

2.1 市场需求

与陆上风电相比, 海上风电机的结构更加复杂, 且主要位于强风浅水海域, 易受海水冲刷和腐蚀以及湿润气候的影响, 受损威胁较大。因此, 海上风电机维修市场的需求旺盛。

海上风电机组的故障率较高, 其中发电机、齿轮箱和机械传动系统等结构部件以及控制系统和变压器等的故障最为常见。尤其是叶片裸露在海上环境中, 同时受到海风带来的启动载荷影响、涌浪和潮汐传递的振动疲劳影响以及盐雾和高湿热环境影响, 还有可能遭受海上雷击, 因此很容易损坏^[3]。除故障维修外, 根据规定, 海上风电机组每年须进行 1~4 次常规检修, 然而由于海上风电机组处于复杂莫测的海上环境以及在投入使用前缺乏跟踪记录, 实际检修次数更多。

目前海上风电机维修需要人工操作, 如更换保险丝和失效部件以及重置维修报警装置等。由于海上风电是离岸发电, 涉及维修人员和设备的运输问题。目前运输方式包括船舶和直升机, 二者各有利弊: 船舶运输成本低, 但耗时长, 且易受海上天气的影响, 危险性较高; 直升机运输耗时短, 且不易受海上环境的影响, 安全性较高, 但成本高昂, 且可能受能见度的限制。其中, 船舶包括大型运维船、小型运输船和特殊船: 大型运维船可运输较多人员和大型设备, 小型运输船可运输较少人员和小型设备, 而特殊船是为解决维修人员在风浪作用下难以登陆的问题而专门设计的^[4]。

随着海上风电的智能化, 互联网、云计算、大数据、智能控制和传感等技术逐渐被应用于海上风电机维修。通过将海上风电机组的状态评价和故障判断等数据上传至监控中心, 经大数据整合以及数据挖掘和系统检测技术, 有利于维修人员提前了解和分析已发生或可能发生的故障, 及时采取有效的应对策略。

2.2 市场特点

2.2.1 地区不均衡

海上风电机维修市场是顺应海上风电产业发展而产生的。由于欧洲海上风电产业发展较早, 装

机容量大,质保期外的风电机组多,风电渗透率较高,其海上风电机维修市场也较成熟,技术水平、准入标准和人员设备等方面处于全球领先水平。例如:欧洲拥有多艘先进的海上风电机运维船,维修人员均经过系统的专业培训,英国早在 2016 年就联合 10 座海上风电场筹备智能化运维监控系统。

其他地区因海上风电产业发展起步较晚,装机容量仍有很大的提高空间,且大部分风电机组仍在质保期,海上风电机维修市场发展缓慢甚至处于萌芽状态。例如:中国的海上风电机运维船大部分由渔船和交通艇等改造而成,且集中在江苏省和福建省;缺乏完备的维修人员培训体系,维修人员理论知识掌握较好,而实践机会有限;智能技术尚未广泛应用。

2.2.2 核心技术垄断

目前海上风电机维修属于新兴市场,核心技术由主要竞争者掌握。例如:英国有大量从事海上风电理论研究的机构,包括政府、商业顾问、高校和民间组织等,这些机构通常会联合开展大型项目的研究,并通过具体的子项目实现,其中影响力较大的项目包括 HOMW Project(人工智能等应用)和 O & M Innovation Hub(创新解决方案)。

目前全球只有欧洲国家对海上风电从业人员的技能要求形成统一的理论和实践标准,即建立安全监督体系和行业标准协调发展监督机制,制定 GWO-BST 培训标准,并以其为基础形成包括机械、电气和液压 3 个方面的技术理论和实践培训标准^[5]。

2.2.3 处于蓝海期

总体来看,全球海上风电机维修市场的发展仍处于蓝海期。目前全球海上风能只开发利用极小部分,随着海上风电产业的快速发展,对于风电机维修的要求将更加专业化,行业准入标准将不断提高。

2.3 市场潜力

海上风电机维修市场本身即蕴藏巨大的发展潜力,此外还可带动上下游产业的联动发展。例如:欧洲海上风电机维修市场的发展推动制造业、金融业和零售业等产业的发展,大大增加就业

岗位^[6]。

2.3.1 部件和工具及其供应链供给

受恶劣环境的影响,海上风电机组故障率很高,且故障部件集中和替换率较高,对部件和工具及其供应链的需求极大。但目前全球海上风电机维修市场仍不成熟,难以确保部件和工具的准时送达。

2.3.2 运维船制造

目前海上风电运维船主要分为普通运维船、专业运维船、运维母船和自升式运维船 4 个类型。普通运维船适用于天气较好和离岸较近的情况,其典型特点是航速较低、普通舵桨推进以及耐波性和靠泊能力较差;专业运维船包括单体船、双体船和三体船等船型,同样适用于离岸较近的情况,但可在复杂天气下出航,具有航速较高、全回转推进以及耐波性和靠泊能力较强的特点;运维母船具备 DP 定位和补偿悬梯功能,适用于离岸较远的情况,可供维修人员住宿和存放部件设备,靠泊能力很强;自升式运维船主要用于更换较大部件,具备一定的起重能力,拥有自升式平台,可适应水深 40 m 内的大多数海上作业^[7]。

运维船对于海上风电项目不可或缺。全球海上风电产业的发展将促进运维船制造业的发展,同时对运维船的专业化提出更高要求。

2.3.3 智能化产品服务

传统的海上风电机维修仅是发生故障后的维修,对故障缺乏预见性,且未建立规范化和系统化的运维体系。此外,海上风电机发生故障时如遇恶劣天气,可能数月无法维修,造成巨大的损失和浪费。可以预见,全球海上风电场将井喷式发展,规模也将持续扩大,且将水深更大和离岸更远,因此智能化运维成为业内关注的焦点。利用大数据、互联网和人工智能等手段,对海上风电场进行监控和记录,建立系统的检测和运维平台,形成数据库,并通过数据分析对潜在故障进行预判和预防。

2.3.4 人员技能培训

海上风电机的内部结构及其所处的环境均比陆上风电机更加复杂,对于维修人员的技能要求更高。

海上风电场的人为事故主要发生在人工搬运、登高作业和船舶登陆等方面。欧洲国家对海上风电从业人员的技能要求已形成较高的理论和实践培训标准,且投入极大的人力和物力以满足标准认证的要求,因此人为事故率极低,且涉及严重伤害或死亡的重大事故极少。根据英国国家工作船协会(NWA)的安全报告,由于运维船船员和维修人员技能水平的提高,2014—2017 年海上风电场事故率稳步下降。

然而对于海上风电产业发展尚未成熟的地区来说,人员技能培训仍是“短板”。相关培训以理论为重点,而缺少足够的实践训练,且配套设施不完善,导致大部分从业人员对海况和风电机组结构等信息不够熟悉。随着越来越多的海上风电场投入使用,专业维修人员将十分紧缺,技能培训领域发展潜力较大。

3 市场投资 SWOT 分析

3.1 优势

目前全球大部分地区的海上风电产业刚刚起步,发展较快但不成熟,大部分风电机组由陆上风电机组改造而来,再加上恶劣的海上环境,导致风电机组故障多发,维修频次增加,部件更换频繁。此外,海上风电机组维修需要大量的部件、工具和人员,无形中带动制造业等其他产业的发展,同时增加就业岗位,市场前景广阔。

3.2 劣势

与陆上风电机组相比,海上风电机组结构更复杂,所处环境更恶劣,故障率高且故障类型多,对维修工具和维修人员技能水平等的要求较高,对投资方的资质和实力的要求也较高。此外,海上风电机组维修所需部件应具有更强的抗盐雾性和抗腐蚀性,高性能运维船是维修必备,海上天气有可能影响维修效率,这些情况都可能导致投资利润降低。

3.3 机遇

全球蕴藏极为丰富的海上风能,目前只开发利

用极小部分,海上风电装机容量将快速提高,维修量势必大幅度增加。目前风电机组制造技术仍不成熟,故障率较高,随着质保期的临近,维修需求将攀升。未来的海上风电项目将向水深更大和离岸更远的方向发展,面临比近海更加恶劣的海上环境,更加迫切需要高质量的维修服务。

3.4 风险

目前海上风电机组维修市场仍不成熟,部件和工具及其供应链等都有很大的改进空间。维修技术滞后和监测预警机制缺失等可能使维修过程中产生大量人力和物力浪费,导致投资利润低于预期。此外,由于维修人员缺乏实践经验,在维修过程中可能面临较大的安全风险。

4 结语

海上风电机组维修市场具有巨大的发展潜力,市场规模将逐渐扩大且日益专业化和智能化,还可带动上下游产业联动发展,投资前景看好。尽管发展过程中面临风险,但作为电力行业的直接关联产业,该领域将开拓更大的市场空间。

参考文献

- [1] 刘佰琼,徐敏,刘晴.我国海上风电发展的主要问题及对策建议[J].海洋开发与管理,2015,32(3):7—12.
- [2] 黄东风.欧洲海上风电的发展[J].能源工程,2008(2):24—27.
- [3] 郑小霞,叶聪杰,符杨.海上风电场运行维护的研究与发展[J].电网与清洁能源,2012,28(11):90—94.
- [4] DEDECCA J G, HAKVOORT R A, ORTT J R. Market strategies for offshore wind in Europe: a development and diffusion perspective[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016, 66: 286—296.
- [5] 滕冠扣.浅析人员技能培训对海上风电运维安全的必要性[A].中国农业机械工业协会风力机械分会.第五届中国风电后市场专题研讨会论文集[C].2018.
- [6] 张效莉,张从容.欧洲海上风力发电产业比较研究[J].海洋经济,2014,4(5):55—62.
- [7] 孙海莹.一种基于现代云台技术的海上风电维修船用登陆系统[D].大连:大连理工大学,2016.