

Research on Offshore Wind Turbine Installation and Maintenance Technology

Fangping Li

Shandong Electric Power Engineering Consulting Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250000, China

Abstract

In the context of economic globalization, energy demand is rapidly increasing, and offshore wind turbines have become one of the essential and indispensable equipment in China's power system. However, with the development of wind power generation technology and the construction of land power supply networks, offshore wind turbines have exposed new problems, with the most prominent being higher requirements for operational reliability and safety and stability performance. In addition, due to the randomness and instability of wind energy itself, various faults may occur during transportation, seriously affecting the normal working status and economic benefits of offshore wind turbines. The paper aims to comprehensively and systematically explore the installation and maintenance technology of offshore wind turbines, analyze the current development status of technology, and provide useful technical support and reference for the installation and maintenance of offshore wind turbines, promoting the healthy development of the offshore wind power industry.

Keywords

wind turbine; installation; maintenance technology

海上风电机组安装与维护技术研究

李方平

山东电力工程咨询院有限公司, 中国 · 山东 济南 250000

摘要

在经济全球化的时代背景下, 能源需求急剧增长, 海上风电机组成为中国电力系统中必不可少、不可或缺的设备之一。然而, 随着风力发电技术和陆地供电网络建设发展起来, 海上风电机组暴露出了新问题, 最为突出的是对运行可靠性以及安全稳定性的要求更高。此外, 由于风能本身具有随机性与不稳定性等特点, 导致其在输送过程中会出现各种故障, 严重影响海上风电机组正常工作状态及经济效益。论文旨在全面系统地探讨海上风电机组的安装与维护技术, 分析当前技术的发展现状, 希望能为海上风电机组的安装与维护提供有益的技术支持和参考, 推动海上风电产业的健康发展。

关键词

风电机组; 安装; 维护技术

1 引言

随着全球能源结构的转型和环保意识的提升, 海上风电作为清洁、可再生的能源形式, 正逐渐成为能源领域的研究热点和重点发展方向, 海上风电机组的安装与维护技术, 是确保风电场安全、高效运行的关键环节。海上环境复杂多变, 风电机组的安装与维护面临着诸多挑战, 如恶劣天气的影响、海水的腐蚀作用以及维护作业的高成本等。因此, 深入研究海上风电机组的安装与维护技术, 对于提高风电场的运行效率、降低维护成本、促进风电产业的可持续发展具有重要意义^[1]。

2 海上风电机组安装技术研究

2.1 安装前准备工作

2.1.1 安装地点的选择与评估

海上风电机组的安装技术研究, 重点在于安装地点的选择与评估, 根据各省海上风电场址规划、风资源等情况进行, 选择适宜的地点是确保风电项目成功的关键。首先, 需考虑水深、海底地形和地质条件, 确保风机基础稳固, 并便于施工; 其次, 评估风速和风向的稳定性, 这直接关系到风电机的发电效率; 最后, 还需考虑海洋环境因素, 如波浪、潮汐和海洋生物物的分布, 以避免潜在的风险。同时, 还需对附近海域的航运、渔业活动进行评估, 确保风电项目与当地社会经济活动相协调, 通过科学地选择与评估, 能够确保海上风电机组安装技术的顺利实施, 为清洁能源的发展贡献力量。

【作者简介】李方平(1984-), 男, 中国河北邯郸人, 本科, 工程师, 从事电力工程、海上风电研究。

2.1.2 机组设计与选型

机组设计与选型是海上风电项目中的核心环节，需综合考虑海域地质、水文、气象资料等多元因素。针对地质条件，选择适合的基础结构，确保风机稳固；在水文方面，需考虑潮汐、波浪对机组的影响，选择耐候性强的材料；气象资料则直接影响风机设计，如有台风季或覆冰情况，需增强机组抗风能力和防冰设计。此外，当地风资源可利用小时数是决定机组容量的关键，各风机厂家正积极研发大 MW 风机，以提高发电效率。综合这些因素，精准设计与选型，才能确保海上风电机组的安全、高效运行。

2.1.3 安装设备的准备与检查

安装设备的准备与检查是海上风电机组安装前的重要步骤。根据地勘资料，精心设计风机基础，确保结构稳定，能够承受海上复杂环境，风机、塔筒、叶片等关键部件制造过程中，需严格控制质量，确保符合设计要求。在海上运输环节，需选择经验丰富的运输公司，确保设备安全抵达安装现场，抵达后，对设备进行细致检查，确保无损坏或缺失，并准备好必要的安装工具和人员，只有充分准备和严格检查，才能确保海上风电机组安装工作的顺利进行。

2.2 安装流程与方法

2.2.1 基础施工

安装流程与方法对于海上风电机组至关重要。在基础施工环节，需根据地勘资料与风机厂家进行稳定性分析迭代设计，选择适合的基础形式及结构，如单桩基础、导管架基础或吸力筒基础等。施工前要对浮吊起重船的吊重、吊高等进行校核，专项施工方案进行专家论证，并进行安全技术交底，浮吊起重船对涌浪周期影响较为敏感，要提前进行施工窗口期分析，合理布置船机驻位，在能连接施工的海况条件下尽量一台风机基础连接施工完成；施工过程中，需根据地勘资料机位地质条件进行可打性分析，确保施工可行性，防止溜桩等事故，施工过程中采用大型浮吊起重船配合液压力打桩锤、振动锤、替打法兰或送桩器在稳桩平台上进行施工，确保基础稳固。还需严格进行高应变检测，保证基础承载力，同时要确保垂直度、法兰水平度和标高等关键指标符合设计要求，通过这一系列的精细施工流程与方法，能够确保海上风电机组基础的安全可靠，为后续的安装工作奠定坚实基础。

2.2.2 机组吊装与组装

首先，进行充分的准备工作，包括检查设备完整性、确认安装环境符合要求以及制定详细的安装计划。在吊装阶段，利用专业的吊装设备，如大型自升式安装平台船等进行施工，施工前专项施工方案进行专家论证并进行安全技术交底，施工前需根据船机性能和大部件重量进行驻位、吊重、吊高、插腿校核分析，运输船将机组各部件运输至预定位置抛锚靠泊完成，吊装过程中，需确保人员安全，遵守操作规程，防止设备受损；其次，组装阶段，按照专项施工方案、

风机厂家安装手册和技术要求，将塔筒、机舱、轮毂、叶片等各部件用专用吊装工装逐一吊装组装在一起，组装过程中，注意保持部件的清洁和完好，确保连接处螺栓力矩验收符合要求、紧固可靠，同时进行必要的调整和校准，以保证机组运行的稳定性和效率；最后，按力矩换算表对基础与塔筒、塔筒间、机舱与塔筒、轮毂与齿轮箱主轴、叶片连接螺栓进行力矩和拉伸验收，对齿轮箱与发电机主轴进行对中调整等工作，完成安装后进行全面的检查和测试，确保机组各项性能指标达到要求，整个安装过程需注重安全、质量和效率，确保机组能够顺利投入运行^[1]。

2.2.3 电气与控制系统安装

在海上风电机组的安装流程中，电气与控制系统的安装是至关重要的一环，这一环节不仅涉及复杂的电路布局与调试，还需考虑海上环境的特殊性和安全性。首先，进行电缆的铺设与连接，确保电气系统的完整性和稳定性，同时还需安装必要的电气保护设备，如防雷接地、避雷器、熔断器等，以应对海上可能遭遇的恶劣天气和电气故障；其次，控制系统的安装与调试同样重要，要确保机组能够稳定运行并实时响应各种指令；最后，在整个安装过程中，严格遵守安全操作规程，确保人员安全，并采取预防措施防止电气设备的损坏，通过精心的电气与控制系统安装，为海上风电机组的长期稳定运行奠定坚实基础。

2.2.4 调试与试运行

风电机组调试分为静态调试和动态调试，调试工作通过交通船配备大功率发电机在机位进行，在调试前先检查机组的各部件是否正常，并将测试结果记录下来，然后再进行试运行，设备安装完成后按厂家调试手册及时对其运行状态、保护定值和参数进行调整校核，如发现问题应该立即纠正，设备在调试时如果出现异常情况，应当迅速查明原因、排除故障。调试时，注意参数设置与功能测试，试运行，观察运行情况，确保稳定可靠，如遇问题，及时排查解决。

2.3 安装过程中的关键技术

2.3.1 大型机组吊装技术

大型风电机组的吊装是海上风力发电机组施工最重要的环节，目前及后续海上风机机组都朝着大 MW、深远海的发展趋势进行，为了提高现场施工效率，底段塔筒内电气设备如变压器、环网柜、变流器、塔基柜的安装及试验在塔筒制造厂内完成，底段塔筒立式发运至现场，机舱和轮毂在风机厂家内完成组对及试验以机舱轮毂组合体的方式供货至现场，以提高现场施工效率。现阶段叶片长度均为 110m 以上型叶片，无法像以前在船上进行叶轮组装，而是通过专用单叶片吊装夹具进行单叶片吊装。叶片安装完成后进行塔筒及机舱内电气安装及试验，然后进行海缆敷设。

海上风电工作流程为：风电机组发出的电—变流器—变压器—环网柜—35/66kV 集电海缆—海上升压站—220kV 海缆—陆上集控中心—电网。风电机组安装及试验关系到整

个设备安全,保证供电质量、提高工作效率,对电力系统和用户经济效益都有很大影响。首先,应该根据厂家安装手册和专项施工方案的安装步骤进行施工,保证整个吊装工作顺利开展;其次,风机厂家提供的机械、电气安装手册是指导现场施工的基础,需严格遵循手册中的安装步骤与规范,按照手册所给出参数来合理布置各个部件;最后,再将所有构件组装成一个整体后对其进行检查与维护处理,做好记录以便于检修时能及时发现问题,从而能够有效避免吊装过程中出现事故。

2.3.2 海洋气象条件下的施工安全保障技术

海上风电机组在施工前要制定各种应急预案,如冬雨季施工、防台避风等应急预案,施工过程中要定期进行应急演练。

2.3.3 防腐蚀与防水处理技术

安装大型机组时,防腐蚀与防水处理技术至关重要。对于风机基础,外加电流或牺牲阳极防腐蚀是常用方法,外加电流利用外部电源形成保护电流,减少金属腐蚀,牺牲阳极则是利用活泼金属代替机组金属腐蚀,延长机组使用寿命。同时,防水处理同样关键,需选用高质量防水材料,风机塔筒及机舱内增加除湿机等确保机组不受海洋潮湿环境影响。

3 海上风电机组维护技术研究

3.1 维护体系与策略

海上风电机组的维护技术研究是确保其长期稳定运行的关键所在,一个完善的维护体系与策略,不仅能够提高风电机组的运行效率,还能有效延长其使用寿命。在维护体系方面,我们建立了包括预防性维护、定期维护和应急维护在内的多层次维护体系。预防性维护通过定期检查、清洁和润滑等措施,预防潜在故障的发生;定期维护则是对机组进行全面检查,更换磨损部件,确保机组性能稳定;应急维护则是针对突发故障进行的快速响应和处理。在维护策略上,我们注重科学性和实效性,通过收集机组运行数据,进行故障预测和诊断,制定针对性的维护计划。同时,加强维护人员的培训和管理,提高维护工作的专业性和效率,通过不断优化和完善维护体系与策略,我们能够更好地保障海上风电机组的稳定运行。

3.2 维护过程中的关键技术

3.2.1 远程监控与故障诊断技术

海上风电机组的远程监控与故障诊断技术,是指对风力发电机组的运行状态进行实时监测和记录,通过现场设备

检测出数据信息并将其上传至调度中心,台风时电站及配套设施应及时采取相应措施,来确保安全稳定运营。同时也要注意在实际操作过程中发现问题后立即解决,从而有效保证运行效率,减少不必要的损失,风电机组远程监控系统是对风力发电机组进行集中监控,通过计算机网络技术和通信接口实现信息交换。

3.2.2 海上作业平台与设备

海上风电机组维护过程中的关键技术之一便是海上作业平台与设备的应用,这些平台与设备不仅承载着维护人员,还承载着各种维护工具与备件,是维护工作的基础保障。在海上作业平台的选择上,需考虑其稳定性、承载能力以及抗风浪性能,确保在恶劣的海况下仍能安全、稳定地进行维护工作。设备方面,高效的吊装设备、精准的测量仪器以及智能化的故障诊断系统都是必不可少的,这些设备能够帮助维护人员快速定位故障,减少停机时间,提高维护效率。未来,更加智能化、自动化的平台与设备将进一步提高海上风电机组的维护水平,为风电产业的可持续发展提供有力支撑。

3.2.3 高效维修与更换部件技术

风机的部件是保证设备正常运行,避免出现故障,提高机组效率,延长使用寿命具有重要意义,因此在海上风力发电机组安装后对其进行定期维护和检修十分有必要。首先,要检查风电机组各部位是否存在损坏现象;其次,需要及时更换已经老化、破损的零部件;最后,如果发生事故或维修过程中发现问题,应立即停止设备运行并记录数据以便找到原因及解决问题,从而避免出现不必要的经济损失。

4 结语

随着海上风电机组的广泛发展,新技术和设备也在不断更新和完善,因此对其进行有效的维护是十分必要。首先,要加强船员队伍建设,通过定期培训、组织交流等方式提高员工自身素质;其次,要注重船上人员管理规范化,建立健全相关规章制度并严格执行,完善海上风电机组运行维护系统软件开发平台,建立海上风电机组运行维护系统信息系统,以保证设备的正常运转;最后,要注重对设备的维护,做好设备故障记录并及时进行维修保养以保证其正常安全运转,加强设备的保养制度,确保海上风电机组运行良好。

参考文献

- [1] 卢妙政.基于智能控制的风电机组性能优化分析[J].集成电路应用,2024,41(1):277-279.
- [2] 王仁忠,孙研.风电机组齿轮箱维护与检修案例[J].中国高新技术,2023(23):89-91+94.