

海上风电浅水区大部件运维技术研究

梅卫东

江苏龙源振华海洋工程有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i2.12975

[摘要] 随着海上风电的不断发展,浅水区域的风机运维面临着诸多挑战。本文针对江苏某风电场特定机位的水深及风机参数情况,深入探讨了在该浅水区域进行风机大部件运维的相关技术。通过对施工条件、施工方案的详细分析,旨在为海上风电浅水区域大部件运维提供全面的技术参考,以提高运维效率、降低成本并确保施工安全。

[关键词] 海上风电; 潮间带; 浅水区域; 运维技术; 浮桥方案

中图分类号: TM925.11 **文献标识码:** A

Research on Maintenance Technology of Large Components in Shallow Water Area of Offshore Wind Power

Weidong Mei

Jiangsu Longyuan Zhenhua Marine Engineering Co.

[Abstract] With the continuous development of offshore wind power, the operation and maintenance of wind turbines in shallow water areas are facing many challenges. This article focuses on the water depth and wind turbine parameters of a specific turbine position in a wind farm in Jiangsu Province, and explores in depth the relevant technologies for the operation and maintenance of large components of wind turbines in the shallow water area. Through a detailed analysis of construction conditions and plans, the aim is to provide comprehensive technical references for the operation and maintenance of large components in shallow water areas of offshore wind power, in order to improve operation and maintenance efficiency, reduce costs, and ensure construction safety.

[Key words] offshore wind power; Intertidal zone; Shallow water area; Operation and maintenance technology; Floating bridge scheme

引言

海上风电作为可再生能源的重要组成部分,在我国得到了快速发展。然而,在风电场的建设与运营过程中,风机的维护和检修是不可避免的重要环节。对于位于浅水区域的风电场,由于其特殊的地理环境和水文条件,传统的运维技术和设备往往难以适用,这给风机的大部件运维带来了极大的困难。因此,研究适用于海上风电浅水区域大部件运维的技术具有重要的现实意义。

1 工程概况

该风场位于江苏如东小洋口附近,部分机位的水深较浅,约20余台潮间带风机的风机标高为+1.3m~+1.5m,全年最大潮水深度为2m。另有7台风机标高+1.0m~+1.2m,全年最大潮水深度为2.4m。该风电场主要机型为2.5MW风机,其轮毂高度为80米,发电机重量为55吨,叶轮重量为60吨(不含叶片),叶片长度为53.8米。主要施工任务是大部件运维,以更换风机发电机为例,完成

从施工准备到发电机更换等一系列工序,同时涉及入场浮桥搭建、机位点吊装作业平台建设等配套施工内容,以确保整个运维过程的顺利进行。

2 施工条件分析

2.1 施工机位水深条件

经过风场现场实际勘测显示,风场水深较浅,地形复杂。以16号机位为例,其所在滩面地形呈现北高、西低、东高的特点,涨落潮时会出现舟片落滩等多种状态。结合20年潮汐数据分析,全年最高水位为4.06米(9月26日),最低潮位为2.46米(7月6日)。进出航道(16号机位及进机位)高潮时水深分别为1.3米和2.1米。数据表明,该区域水深受潮汐影响显著,低潮时水深较浅,对施工船舶的通行和作业造成了较大限制。

2.2 水深对施工的影响

16号机位在高潮期间水深仅能满足施工船舶航行富余水力0.5米的要求,而低潮时水深远低于进点施工所需的3.1米条件,

导致直接采用大型施工船舶进行作业不可行。此外,复杂的地形条件使得陆地施工机械设备无法通过滩涂到达机位点,进一步增加了施工难度。针对这些限制,提出了铺设浮桥、开挖航道、浅吃水船舶施工或浮船坞施工等方案。然而,开挖航道和浮船坞施工成本高且实施难度大,浅吃水船舶的承载能力不足,难以满足大部件吊装需求。因此,综合考虑施工可行性、成本及工期,铺设浮桥成为最优方案。浮桥施工不仅能克服水深不足的限制,还可为大型设备和施工人员提供稳定的作业平台,确保风机大部件运维工作的顺利进行。这一方案的实施需精确设计和严格管理,以应对潮汐变化和复杂海况带来的挑战。

3 施工方案

3.1 施工方案简述

主要运维任务是更换风机大部件,以风机发电机为例。施工工序包括施工准备、设备进场、放置工装、叶轮拆除、发电机拆除、新发电机安装、叶轮回装以及线缆接线和电气测试。针对20台机位的水深条件,可采用浮桥施工方案。由于海域海况复杂,大型船舶无法进点吊装,拟从海堤路北侧搭建长约4公里的浮桥直达机位附近,采用钢结构或钢混结构制作。在使用过程中,浮桥会经历不同状态,需结合工作状态进行核算,确保满足各项力的作用。国内常见的民用重型浮桥有带式浮桥和分置式承压舟浮桥两种。

3.2 施工浮桥搭建

3.2.1 带式浮桥与分置式承压舟浮桥对比

带式浮桥装配灵活、拆装方便,舟体排列形式多样,能承受多种集中荷载。但迎水阻力大,涨落潮时受潮流影响严重,系固缆绳受力差,不利大型设备运输作业。分置式承压舟浮桥由海中、连接部分浮桥及固定系统组成,舟身迎水阻力小,系固缆绳受力好、稳定性强,适用于恶劣天气与复杂滩涂浅滩,不过建造对天气要求高,遇恶劣天气需及时拆卸,且适用水深范围有限。^[1]综合比较,两者各有优劣,需依具体工程需求抉择。综合比较两种浮桥的优缺点,结合本工程的实际需求和特点,拟选用分置式承压舟浮桥搭设入场浮桥的方案。

3.2.2 承压舟浮桥安装流程

(1)前期筹备:施工前先精准测量放线,用浮漂与花杆清晰标记浮桥安装位置,各部件布置均匀。同时,仔细清点检查浮桥组件,对损坏工具及时修复或补充,为后续施工筑牢基础。

(2)浮桥组装:借助汽车吊将承压舟等浮桥组件吊入海中,依单舟图依次拼装成单舟、浮桥、桁架及防护栏杆,并安装附属件。过程中小心保护已装好的防滑板与栏杆,确保施工安全有序。

(3)锚固作业:乘潮水在浮桥两端及中间间隔抛锚,再沿水流方向抛重力锚,用钢丝绳连接锚碇绳与水中锚桩,使浮桥稳固于预定位置,保障其抗风浪能力。

(4)整体连接:把各浮桥段紧密连接成整体,防止漏水,初步调整位置使其与设计轴线重合,再借助辅助动力设备旋转至正确位置,保证浮桥的整体性与准确性。

(5)安装跳板:连通海堤与浮桥,依潮位调整高度。利用辅助动力设备固定浮桥后试运行,检查稳定性与安全性,遇异常及时调整,确保浮桥安全可靠投入使用。

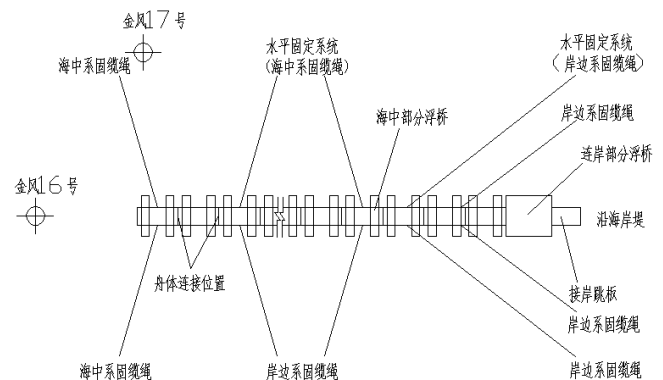


图1 浮桥搭设示意图

3.3 机位点吊装作业平台建设

在海上风电浅水区域的风机大部件运维过程中,搭建吊装作业平台用于履带吊作业,是确保施工顺利进行的关键环节。平台的设计和搭建需充分考虑现场环境条件和600吨履带吊施工需求。首先,平台端部面积应不小于50米×50米,以提供足够的作业空间,满足大型设备和部件的摆放及吊装需求。其次,平台的高度需高于最高水位1.5米以上,以防止潮汐变化对施工造成影响,同时需对平台结构进行加强处理,确保其稳定性和承载能力。^[2]此外,平台的耐压强度和平整度必须满足600吨履带吊的吊装承载力要求(10吨/平方米),并能够承受叶片的摆放和移动。

为确保平台的长期稳定性和安全性,还需采取一系列防护措施。例如,在平台表面铺设路基板,以增强其抗压能力和平整度;在平台周边设置防渗和防漏设施,防止海水渗透和冲刷导致基础松动。这些措施不仅能够有效延长平台的使用寿命,还能降低施工过程中的安全风险。通过科学设计和严格施工,吊装作业平台能够为风机大部件运维提供可靠的支持,保障施工的高效性和安全性。

3.4 更换发电机

在海上风电浅水区域的风机大部件运维中,发电机更换是一项复杂且技术要求高的作业。为确保作业顺利进行,首先需要到施工场地进行详细查勘,评估现场环境条件,包括水深、潮汐变化、地形地貌以及风浪情况等。在此基础上,合理规划吊装工具和设备物资的配置,确保所有设备能够满足施工需求。本次作业主要使用的设备包括一台650吨主吊(自重750吨,长15.1米,宽8.6米,高4米)、一台220吨汽车吊、专用吊具以及其他常用工器具。这些设备的选择和配置需根据现场条件和作业要求进行优化,以确保吊装作业的安全性和高效性。

发电机更换作业的具体步骤如下:

(1)650吨履带吊现场组装:在作业开始前,需将650吨履带吊运输至现场并进行组装。组装过程中需严格按照操作规程进行,确保吊车的稳定性和安全性。

(2)放置象腿工装:象腿工装是支撑风机塔筒的重要设备,需在吊装前准确放置并固定,以确保塔筒在作业过程中的稳定性。

(3)叶轮拆除:使用650吨主吊将叶轮从风机上拆除。拆除过程中需注意叶轮的平衡和稳定性,避免对塔筒和机舱造成损伤。

(4)安装发电机吊梁:在拆除叶轮后,安装专用的发电机吊梁,为后续发电机的吊装提供支撑。

(5)发电机拆除:利用650吨主吊将旧发电机从机舱内吊出。由于发电机重量较大(55吨),需确保吊装过程的平稳性和安全性。

(6)安装新发电机:将新发电机吊装至机舱内,并进行精确对位和固定。安装过程中需确保发电机与机舱的连接牢固可靠。

(7)回装叶轮:在发电机安装完成后,将叶轮重新吊装至风机上,并进行固定和调试。

(8)线缆接线与电气测试:完成叶轮回装后,进行线缆接线和电气测试,确保风机各系统运行正常。

(9)机组复役:在所有测试通过后,风机正式恢复运行。

在整个作业过程中,需严格按照施工方案和操作规程进行,确保每一步骤的安全性和准确性。同时,需密切关注天气和海况变化,合理安排作业时间,避免因恶劣天气导致的安全风险。通过科学的规划和严格的执行,能够高效完成发电机更换作业,保障风机的正常运行。

4 施工安全

在海上风电浅水区域的风机大部件运维过程中,安全风险识别与防控是确保施工顺利进行的关键环节。首先,针对浮桥搭建过程中的结构失稳风险,需严格按照设计方案施工,设置必要的支撑和加固措施,确保浮桥的稳定性。其次,发电机吊装作业中,起重伤害风险较高,需在吊装前对起重机进行全面检查,制定详细的吊装方案,并设置警戒区域,防止无关人员进入。^[3]此

外,海上作业面临风浪等自然条件的不确定性,需密切关注天气预报和潮汐变化,合理安排施工时间,并为施工人员配备足够的救生设备和防护用品。最后,施工前的安全培训与教育是提升施工人员安全意识和操作技能的重要措施,能够有效降低人为失误导致的安全事故。通过全面的安全风险识别、严格的防控措施以及系统的安全培训,能够显著提升浅水区域风机大部件运维的安全性,保障施工人员与设备的安全。

5 结论

本文针对海上风电浅水区域大部件运维技术进行了深入研究,结合江苏如东小洋口附近某风电场的实际工程案例,提出了适用于浅水区域风机大部件运维的施工方案。通过分析施工条件,明确了水深、潮汐等环境因素对施工的影响,并提出了浮桥搭建、吊装平台建设及发电机更换等关键技术措施。研究结果表明,采用分置式承压舟浮桥方案能够有效克服浅水区域施工船舶无法靠近的难题,同时通过合理的施工组织和安全措施,能够显著提高运维效率并降低施工风险。此外,本文还强调了施工安全的重要性,提出了全面的安全风险识别与防控措施,为类似工程提供了重要的技术参考和实践指导。未来,随着海上风电的进一步发展,浅水区域运维技术仍需不断优化和创新,以应对更加复杂的施工环境和更高的技术要求。

[参考文献]

- [1]李明,张华.海上风电浮桥施工技术研究与应[J].海洋工程,2022,40(3):45-52.
- [2]李筹胜,朱玲,任亚君,等.漂浮式海上风电系泊系统关键技术研究[J].水力发电,2025,51(03):82-91.
- [3]贺磊.海上风电高桩承台钢套筒制造方法研究[J].模具制造,2024,24(11):267-269.

作者简介:

梅卫东(1985--),男,汉族,江苏省南通市人,本科,高级工程师,海上风电。