

浅谈海上风电消缺常见问题及防治措施

熊智辉

南方海上风电联合开发有限公司 广东珠海 519080

【摘要】海上风电作为一种清洁能源技术，近年来得到了快速发展。然而，海上风电场的运营环境极为严苛，设备经常面临诸多挑战，如盐雾腐蚀、强风和海浪冲击等。这些因素导致风电机组频繁出现各类故障和损害，从而影响运行效率和寿命。通过采用高耐蚀材料和防护技术、定期维护与检查、引入先进的监控和诊断系统、优化设计与安装工艺、技术培训与能力提升、建立应急响应机制等防治措施，为海上风电的可持续发展奠定基础。基于此，本篇文章对海上风电消缺常见问题及防治措施进行研究，以供参考。

【关键词】海上风电；消缺问题；防治措施

A Brief Discussion on Common Problems and Preventive Measures of Offshore Wind Power Deficiency Elimination

Xiong Zhihui

Southern Offshore Wind Power Joint Development Co., Ltd. Zhuhai, Guangdong 519080

【Abstract】 Offshore wind power, as a clean energy technology, has experienced rapid development in recent years. However, the operating environment of offshore wind farms is extremely harsh, and equipment often faces many challenges, such as salt spray corrosion, strong winds, and wave impacts. These factors lead to frequent failures and damages of wind turbines, thereby affecting operational efficiency and lifespan. By adopting high corrosion resistant materials and protective technologies, regular maintenance and inspection, introducing advanced monitoring and diagnostic systems, optimizing design and installation processes, providing technical training and capacity enhancement, establishing emergency response mechanisms, and other preventive measures, the foundation for the sustainable development of offshore wind power is laid. Based on this, this article studies the common problems and prevention measures of offshore wind power deficiency elimination for reference.

【Key words】 offshore wind power; Defect elimination issues; Preventive measures

引言

随着全球对可再生能源需求的增加，海上风电由于其较高的风能利用率和较小的地面占用成为了重要的发展方向。然而，海上环境的特殊性给风电机组的维护和管理带来了不少挑战。因此，系统地分析这些常见问题，探索有效的防治措施，对于提高海上风电场的经济效益和技术可靠性具有重要意义。

1 海上风电的重要性

海上风电作为一种清洁、可再生的能源方式，具有极其重要的战略意义。与陆地风电相比，海上风电场通常位于远离居民区的开阔海域，能够利用更为稳定和强劲的海上风力，风速平均高出20%以上，这使得其发电效率更高，能量输出更为可靠。据统计，海上风电的容量利用率可达40%~50%，远高于陆上风电的20%~30%。海上风电平台的基础形式（如图1所示）：半潜式、立柱式、张力腿式和驳船式。半潜式平台通过水下浮体实现浮动，适用于深

水区域。立柱式平台直接固定在海床上，适合浅水区。张力腿式平台利用张力腿固定在海床，提供极高的稳定性，适用于中到深水区域。驳船式平台则是改装的船只，通过锚固系统定位，可移动和适应不同水深，适合临时或可移动的安装需求。随着技术的进步和成本的降低，海上风电的市场潜力巨大，将在未来能源市场中扮演越来越重要的角色。

2 海上风电消缺问题的原因

海上风电场面临的自然环境更为恶劣，包括高盐雾、高湿度、强风和巨浪等，这些因素易造成设备腐蚀、损坏及早期失效。机械磨损与材料疲劳是由于海上风电机组长时间在高负荷状态下运行，机械部件如轴承、齿轮箱和叶片等易发生磨损和材料疲劳，影响设备的正常运作和寿命。海上风电场通常位于离岸较远的海域，加之天气条件限制，使得日常维护和故障排除工作变得更加困难和成本高昂。因此，这些问题的存在不仅增加了海上风电的运营成本，也对风电场的可靠性和经济效益带来挑战。

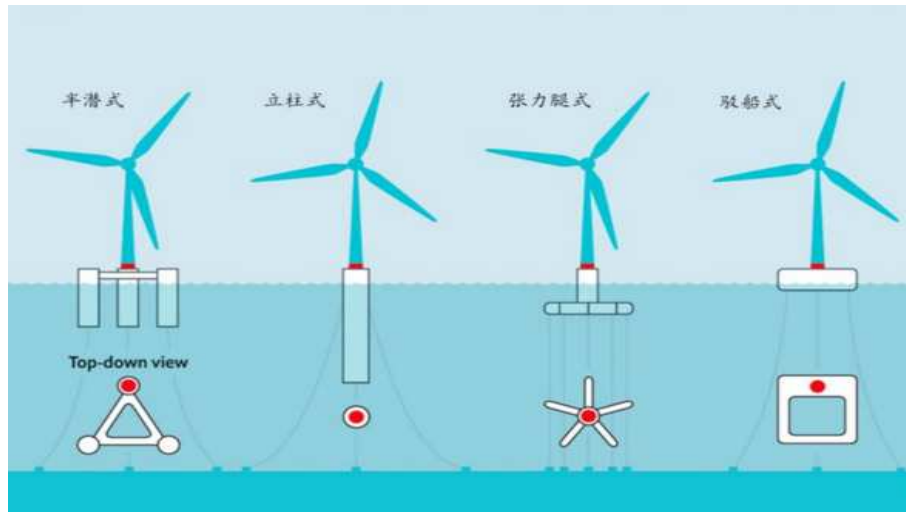


图 1 海上风电的基础形式

3 防治海上风电消缺问题的措施

3.1 采用高耐蚀材料和防护技术

在海上风电项目中,采用高耐蚀材料和防护技术是确保设备长期稳定运行的关键因素。海洋环境具有极高的腐蚀性,主要由于盐分含量高、湿度大以及含有多种腐蚀性化学物质。这些环境因素可以显著加速风电设备的腐蚀过程,尤其是对金属部件的影响最为严重。为了应对这一挑战,风电设备通常采用如不锈钢、镍基合金、钛或特殊的耐腐蚀涂层材料等高耐蚀性能的材料。例如,使用 316L 不锈钢而不是更常见的 304 不锈钢,因为 316L 对海洋腐蚀的抵抗力更强,能够减少维护成本和延长设备寿命。此外,高效的防腐涂料也是保护海上风电设备不可或缺的措施。现代防腐涂料如环氧树脂基涂料和聚氨酯涂料能形成坚固的保护层,隔离金属与腐蚀性环境的直接接触。根据研究,正确应用这些高效涂料能将设备的使用寿命延长 30%以上。因此,通过这些高耐蚀材料和防护技术的应用,海上风电设备的平均无故障运行时间显著提高,从而确保了风电项目的经济效益和可持续性。

3.2 定期维护与检查

为确保海上风电设施的长期稳定运行,制定和实施一套严格的维护计划至关重要。此计划应包括每季度对风电机组的关键部件进行全面检查,特别是对叶片、轴承和齿轮箱等部件进行重点监控。每季度检查可以分为以下步骤:叶片检查每年进行两次全面检查,通常在春季和秋季,以识别由于风载和海洋环境导致的磨损、裂纹或结构弱点。轴承和齿轮箱检查这些部件应每半年检查一次,特别是在冬季和夏季之后,因为极端的温度和海洋条件可能加速磨损。为提高检查效率和安全性,采用无人机和机器人技术进行视觉检查是一种高效的方法。无人机可用于进行叶片和塔架的外部检查,而机器人技术则可用于内部空间,如齿轮箱和发电机内部的检查。这些技术不仅可以提供高清晰度的图像和实时数据,还能够到达人工难以接触的部位,确保检查的全面性和准确

性。因此,通过这样的维护计划,可以及时发现并解决潜在问题,从而避免更大的设备故障和昂贵的维修成本,确保风电场的高效和安全运行。

3.3 引入先进的监控和诊断系统

为了提高海上风电场的运行效率和可靠性,利用远程监控和数据分析技术进行实时运行状态跟踪和故障预测至关重要。这种技术集成通常包括在风电机组的关键部位安装传感器,如叶片、齿轮箱、轴承和电气系统等位置。这些传感器能够收集各种运行数据,例如温度、振动级别、电压和电流等。叶片的振动数据可以设置阈值,如每秒振动频率超过 3 毫赫兹可能表明叶片存在裂纹或损伤。齿轮箱的油温是另一个重要的监测指标,正常工作状态下的油温应维持在 40 至 60 摄氏度之间。若油温持续超过 60 摄氏度,则可能预示着齿轮磨损或润滑不足的问题。通过这些实时数据上传到云端服务器,应用大数据分析和人工智能算法对数据进行深入分析和模式识别。例如,机器学习模型可以通过分析历史数据和实时数据,识别出数据中的异常模式,从而预测潜在的设备故障。这种预测性维护方法可以有效减少突发性故障,减少维护成本,并延长设备的使用寿命。此外,通过设置自动报警系统,一旦监测到的数据超出正常范围,系统会立即向运维团队发送警报,使得维护人员可以迅速响应,进行必要的检查和维修。这种集成的远程监控和数据分析系统不仅提高了风电场的安全性和稳定性,也为运维提供了科学、高效的决策支持。

3.4 优化设计与安装工艺

在海上风电项目的设计阶段,考虑到海洋特有的环境因素至关重要。设计师需要优化风电机组的结构设计,确保其能够承受强风、高浪、盐雾腐蚀等海洋条件。例如,风电塔架和基础可以设计为更厚重和更具有弹性的结构,以抵抗风速可能达到每秒 25 米甚至更高的极端风力。同时,塔架的涂层应采用高耐腐蚀性材料,能够在含盐量高达 3.5%的海洋环境中保持防腐效果。此外,风电机组的叶片设计也需采用经过特殊处理的复合材料,这些材料不仅要轻便以提高效