

Research on production process and quality control of large-scale offshore wind turbines

Yanliang Gu

Three Gorges New Energy Yancheng Dafeng Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224000, China

Abstract

Offshore wind power, as a clean and renewable energy source, has garnered widespread attention from countries worldwide. To optimize the production process of large offshore wind turbines and ensure product quality, this study conducts a systematic analysis and research on the manufacturing processes and quality control methods of these turbines. Compared to onshore wind turbines, offshore wind turbines are more challenging to manufacture and require stringent quality control to ensure stable operation in harsh marine environments. The findings indicate that by implementing a series of scientifically sound production processes and strict quality control measures, the production efficiency and product quality of large offshore wind turbines can be significantly enhanced, while also reducing production costs and improving the economic benefits of offshore wind power. The results of this study provide theoretical support and reference for optimizing the production processes and quality control of large offshore wind turbines.

Keywords

offshore wind turbine; production process; quality control; economic benefit; clean energy

大型海上风电机组生产工艺与质量控制研究

顾彦梁

三峡新能源盐城大丰有限公司, 中国·江苏·盐城 224000

摘要

海上风电作为一种清洁的可再生能源,已经得到了世界各国的普遍关注。为了优化大型海上风电机组的生产工艺并保证产品质量,采用深入分析和研究海上风电机组的制造过程和质量控制方法,对其生产工艺和质量控制进行了系统研究。与陆上风电机组相比,海上风电机组的制造难度更大,需要进行严格的质量控制,以确保其在恶劣的海上环境下稳定运行。研究结果显示,通过采取一系列科学合理的生产工艺和严格的质量控制措施,可以有效地提高大型海上风电机组的生产效率和产品质量,并且可以降低生产成本,提高海上风电的经济效益。本研究的成果可为大型海上风电机组的生产工艺优化和质量控制提供理论支持和参考依据。

关键词

海上风电机组; 生产工艺; 质量控制; 经济效益; 清洁能源

1 引言

伴随全球绿色环保的积极倡导和促进,海上风电成为一种环保并且可再生的能源,逐渐获得各国政府和企业的欢迎。海上风电相较陆地风电,其生产工艺更加繁琐,制造难度加剧,尤其在海洋环境中稳固运作的需求更严。大型海上风电机组的生产质量变为核心的影响因素。对于大型海上风电机组的生产工艺改进和质量控制的研究显得极为重要。尽管过去的研究早已重视这个问题,也取得了一些成果,但全面处理而且更深改进仍存一些困难和挑战,更具可行性且顾及复杂多变的生产环境的成果仍然急需深层达成。本文全面地探索大规模海上风电机组的生产工艺及质量控制,旨在发

掘更加理性适宜的生产工艺及更加严格高效的质量控制措施,不但可以提高大规模海上风电机组的生产效率及产品质量,可以减少生产成本,提升海上风电的经济效益,为未来海上风电机组的生产供给实证依据及理论支持。

2 大型海上风电机组的技术背景与发展现状

2.1 海上风电的全球发展趋势

海上风电作为一种纯净、高性能的可再生能源,已经转变为全球能源发展的关键方向。伴随全球能源转型的加快,多个国家主动促进海上风电项目的建设,以达成减碳目标和能源结构改善。欧洲充当海上风电发展的先行地区,具备完善的技术体系和大范围的海上风电场布局,英国、德国及丹麦等国家在海上风电装机容量和技术创新方面展现显著。亚洲地区也在海上风电领域获得迅速进步,中国已经转变为全球海上风电装机增速最快的国家,并且更深入促进深

【作者简介】顾彦梁(1992-),男,中国江苏阜宁人,硕士,工程师,从事风机安装研究。

远海风电的开拓与技术突破。美国和其他北美国家便逐渐自示范项目朝商业化应用转变，海上风电市场潜力明显。技术层面，浮式风电技术和大功率机组的应用令海上风电的成本逐渐降低，经济竞争力显著提高。全球范围内政策支持力度持续增强，风电开发企业借助扩展规模效应和技术创新，给海上风电行业赋予持久动力^[1]。伴随技术进步和市场需求扩展，海上风电正在愈发成为全球能源转型的关键支柱。

2.2 大型海上风电机组的技术特点与挑战

大型海上风电机组充当海上风电发展的核心设备，技术特点影响生产和运行的繁琐程度。风电机组的结构设计必须达到大规模功率输出的要求，使用尺寸更大的叶片直径和能在低风速运行的技术，设计和制造过程显得繁琐且充满各种挑战。风电机组的部件需要拥有很强的防腐蚀能力，以处理海洋环境中高湿度、高盐雾和风浪的侵袭，材料选择和防护技术的研发必须达到很高的标准。为了保证海上风电机组能够可靠运行，需要使用高水平的精准监测技术和智能化的先进控制系统，实施恶劣环境下的运行状态监控和故障诊断操作。海上风电机组的安装和维护运行会面临自然条件的限制，需要使用繁琐的装配技术和专用的运维设备，技术实施的难度会显著提高。

2.3 海上风电对能源结构优化的作用

海上风电在能源结构优化进程中扮演着不可或缺的关键角色^[2]。作为一种清洁可再生能源，它为能源体系带来了显著变革。从能源替代层面看，海上风电能有效削减对化石能源的依赖。传统化石能源如煤炭、石油等，不仅储量有限，其开采和使用还会带来严重的环境问题。而海上风电源源不断地提供电力，减少了对这些不可再生能源的消耗，降低了温室气体排放压力，对缓解全球气候变化意义重大。

在能源开发领域，海上风电拓展了开发空间。广阔的海洋蕴含着丰富的风能资源，高效利用这些资源，扩大了能源开发的版图。同时，它推动了绿色能源在能源结构中比例的提高，使能源结构更加多元化、清洁化。此外，海上风电的发展还促进了低碳经济的进步。它带动了相关产业链的发展，创造了大量就业机会，推动了技术创新和产业升级，为经济可持续发展注入了新动力，助力全球能源向更加绿色、低碳的方向转型。

3 大型海上风电机组生产工艺优化

3.1 海上风电机组结构组件的制造技术要点

大型海上风力发电机组的结构部件设计和制造技术于整个生产过程发挥重要作用。技术要点会作用于风力发电机组运行的稳定性及经济效益。制造结构部件时，重要环节需遵守坚固、耐腐蚀、抗疲劳的性能要求。叶片作为获取风能的核心部件，对其的制作要求更为严格，需要高精度的材料铺设工艺，对轻量化与强度之间的平衡进行把握。机舱内部关键零部件，发电机变速箱，需采用高精度加工和装配技术，

保证整个机组运行稳定可靠。转子制造工艺必须考虑高强度接触点设计和动平衡测试，避免长时间运行中出现故障隐患。结构组件制造技术要点和精细化应对方法对海上环境非常重要，可以应对复杂负荷需求和极端恶劣气候条件，为海上风电机组稳定运行和持久使用奠定坚实基础。

3.2 关键制造环节的技术要求与改进措施

大型海上风电机组的关键制造环节包括机组叶片、塔架、主轴和齿轮箱等核心部件的制造，这些环节的技术要求直接影响机组的性能和可靠性。在叶片制造中，高精度的复合材料成型技术对叶片的强度、重量和抗疲劳性能起到关键作用，要求严格控制的固化温度和湿度环境以确保材料稳定性。塔架生产过程中，焊接工艺的质量是决定塔架强度和耐腐蚀性的关键，需要采用高强度钢材和先进焊接方法，并进行无损检测确保焊接完整性。主轴的制造依赖于高精度的加工和热处理技术，以满足高负荷运行时的尺寸精度和耐磨性能需求。齿轮箱是动力传输的核心部件，生产制造过程采用精确的齿轮加工技术和严谨的装配公差控制降低传动过程的能量损耗^[3]。依靠齿轮箱制造环节的技术规范标准执行改进和优化具体措施，提升风电机组的全局生产质量和运行平稳性的表现。

3.3 工艺流程的优化对生产效率的影响

改进工艺流程借助削减生产环节中的冗余步骤和提升工艺衔接的连续性明显增强生产效率。针对大型海上风电机组的复杂制造要求，把智能化生产技术整合到流程设计，可以减少误差率并提升精准度。优化后的生产流程高效压缩了整体制造周期，提升了资源利用率与设备运行效率^[4]。改进工艺流程的措施不但提升了机组的制造速度，亦提升了产品质量的稳定性，给达成规模化生产给予了坚实保障。

4 大型海上风电机组的质量控制体系

4.1 海上风电机组质量控制的核心指标

海上风机质量控制是确保风机在复杂海洋环境下长期稳定运行的核心问题。在质量管理中，重点关注结构的安全性，运行的可靠性，寿命的可靠性。结构安全性指标对机组的抵御海洋环境中的高湿度、强风以及盐雾腐蚀有直接的影响，运行可靠的指标是对机组在恶劣的环境下的高效运行进行保障。拟定核心质量指标必须参照行业技术标准，还需整合实际海上运行工况详尽实施完善改善措施，便于质量控制措施的拟定和生产过程的规范化给予指引。借助全面严谨监督重要指标并合理适宜管控，能够提升大型海上风电机组的全面质量水平。

4.2 质量控制过程中的关键技术与工具

质量控制技术和工具为保证大型海上风电机组性能稳固和可信的核心环节。在质量控制过程中，无损检测技术受普遍运用，用以检查关键部件的焊接质量、材料性能并且结构完整性，并且及时识别潜在缺陷。过程监督系统借助数字

化手段即时收集和解析生产过程中的关键数据,确认制造参数满足设计要求,降低人为误差的干扰。统计过程控制技术借助数据解析,监督产品制造中的质量波动,并借助调节工艺参数达成过程改进。环境试验设备用以仿真海上风电机组在恶劣环境中的工作条件,以确认最终产品的耐久性与适应性。执行整体质量管理体系可以整合规范化操作规程和数字化管理工具,把质量控制融入生产流程的每个环节,进而整体提高海上风电机组的质量稳定性和使用寿命。

4.3 优化质量控制体系对产品稳定性的提升

改进质量控制体系对提升大型海上风电机组产品稳定性至关重要。鉴于海上风电机组运行环境复杂、要求特殊,需确立严格质量标准与技术规范,为产品生产筑牢根基。重点保障关键组件的可靠性与耐久性,这是机组稳定运行的核心。同时,积极采用先进质量检测技术,如同为产品质量配备“精准扫描仪”,能及时识别并处理潜在质量问题。通过这一系列举措,可有效提升产品质量与一致性,确保海上风电机组在复杂环境中稳定运行,推动海上风电产业高质量发展。

5 经济效益与未来发展趋势

5.1 生产工艺与质量控制对成本的影响分析

生产工艺和质量控制对大型海上风电机组的成本有明显影响。改进生产工艺能降低资源浪费,提升制造效率,因而削减生产周期和劳动力成本。工艺流程的合理设计可以达成设备的高成效利用。质量控制体系的完善就发挥重要作用,减少缺陷率、削减返工成本。借助在生产过程中使用尖端质量检查技术与实时数据监控,能高效防止因产品质量问题造成的经济损失,增强机组整体使用寿命,减少运维投入。高品质的风电机组在实际运行中能够减少故障维修频次,改进发电效率,完成更优的经济回报。生产工艺和质量控制之协作改进,不但能够立即减少单位产品成本,并且能提高产品竞争力,因而给企业在海上风电领域的长远发展建立稳固基础。此影响反映着技术改进对于生产可靠性和经济效益之双重推动,令海上风电的发展更可维持与具备吸引力。

5.2 海上风电的经济效益与市场潜力

全球清洁能源需求不断增加,海上风电经济效益和市场潜力开始显现。大型海上风电机组具备很高发电效率,能够充分利用海上丰富风力资源,减少化石燃料使用带来环境

污染问题,海上风电提供绿色能源完全符合全球可持续发展目标。虽然经济成本方面,海上风电前期投资相对高,但是借助设备大规模生产和技术工艺持续完善,已显著减少单位发电成本。深远海区域部署风电机组,能够高效提升每年发电小时数,明显增长经济效益。市场方面,因为技术水平持续提升和政策扶持力度增强,海上风电市场空间正迅速扩展。诸多国家已制定长远的海上风电发展规划,并且扶持关联产业链的发展。海上风电市场有望迎来快速增量,并且成为全球能源转型的关键驱动力。技术创新和规模化生产会进一步拓宽市场潜能,促进能源行业的全面提高。

5.3 技术创新对未来发展的推动作用

技术创新帮助大型海上风电机组未来发展起到重要作用。材料科学的重大突破成功研发出全新的抗腐蚀和坚韧材料,大大提高风电机组的耐用程度和可靠性能。数字化技术的使用,先进制造工艺的研发,降低生产成本并提升效率^[5]。

6 结语

本文全面探讨了大型海上风电机组的生产工艺与质量控制,着重解析了它的特殊需求、生产过程中的改进策略和质量控制方法。合理的生产工艺设计与高性能质量管理能提升产品制造效率与品质,加强机组于苛刻环境中的适配性与可靠性,并且减少生命周期运行成本和生产费用,进而提高经济效益及技术推广潜力。本研究阐明了海上风电机组和陆上风电机组在设计与生产中的差异,为关键工艺技术的把控给予理论依据,但是尚未详尽研究具体实施细节及设备,并且缺少实证验证。将来能集中于实证研究,把数字化与智能制造技术深入结合,构建更加高性能智慧的生产体系,用以符合市场需求并且推动海上风电行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 杨永.海上风电机组安装工艺与质量控制研究[J].中国水运(下半月),2022,22(01):42-44.
- [2] 李桂林,朱锴年,朱振鑫.海上风电机组塔架防腐关键质量控制[J].机电产品开发与创新,2023,36(05):121-124.
- [3] 刘红志,张显雄.海上风电项目机组安装质量控制要素[J].珠江水运,2023,(04):67-69.
- [4] 佟永录.海上风电机组安装工艺优化[J].铁道建筑技术,2022,(11):193-196.
- [5] 郭平俊,李睿刚,张萍.海上风电机组塔筒立式附件安装及运输工艺[J].水利水电施工,2020,(02):88-91.