

Research on the Application and Safety Management Measures of Tower Elevators in Offshore Wind Power Engineering

Baoshun Feng Hu Wang Jiabao Song Yimin Yu

Huadian Electric Power Research Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310030, China

Abstract

With the rapid development of the offshore wind power industry, the scale and height of wind turbines are constantly increasing, and the tower elevator has gradually become an important equipment for the operation and maintenance of wind farms. The internal elevator of the tower drum is mainly used to transport the staff safely and quickly to each platform of the fan of the fan tower drum in the process of maintenance and operation, which greatly improves the operation efficiency. However, due to its special operating environment and carrying tasks, the use of lifts is also accompanied by certain safety risks. This paper analyzes the specific application of tower drum lift in offshore wind power engineering, and mainly discusses the operating environment, equipment characteristics and their importance in the actual maintenance process. At the same time, in view of the safety management of elevators, a series of effective management measures are put forward, aiming to ensure the safety of equipment operation and the life safety of staff, and to provide support for the efficient and stable operation of offshore wind power engineering.

Keywords

offshore wind power engineering; tower cylinder elevator; safety management measures

海上风电工程中塔筒升降机的运用与安全管理措施研究

冯宝顺 汪虎 宋家宝 余益民

华电电力科学研究院有限公司, 中国·浙江 杭州 310030

摘要

随着海上风电行业的快速发展, 风电机组的规模和高度不断增加, 塔筒升降机逐渐成为风电场运行与维护的重要设备。塔筒内部升降机主要用于在检修运行过程中, 将工作人员安全、快捷地运送至风机塔筒的各个平台, 极大地提高了作业效率。然而, 由于其特殊的运行环境和承载任务, 升降机的使用也伴随着一定的安全风险。论文对塔筒升降机在海上风电工程中的具体运用进行了分析, 重点探讨了运行环境、设备特性及其在实际维护过程中的重要性。同时, 针对升降机的安全管理问题, 提出了一系列有效的管理措施, 旨在保障设备运行安全和工作人员的安全, 为海上风电工程的高效、稳定运行提供支持。

关键词

海上风电工程; 塔筒升降机; 安全管理措施

1 引言

近年来, 全球对可再生能源的需求不断增加, 海上风电作为一种清洁、可持续的能源形式, 其发展速度迅猛。随着技术的不断进步, 海上风电的建设规模和数量迅速增长, 这为相关设备的开发和应用提供了广阔的市场。在众多设备中, 塔筒升降机因其在风电机组安装、维护和检修中的关键作用, 受到了越来越多的关注。

【作者简介】冯宝顺(1990-), 男, 中国山东曹县人, 本科, 工程师, 从事电力企业特种设备的管理、检验检测及数字化运用等研究。

2 海上风电工程中使用塔筒升降机的优势

2.1 运行的稳定性

海上风电塔筒的高度通常都非常高, 尤其是在海上作业环境下, 风速变化频繁, 天气条件复杂。由于塔筒升降机安装在内部, 它并不会直接受到外界风力影响, 这使得它在海上风电场中的表现更加可靠^[1]。相比外部作业平台或爬梯, 内部升降机通过精准的控制系統, 能在不同高度和不同负载下维持平稳上升或下降, 避免了因外界因素导致的晃动或不稳。此外, 升降机的运行速度适中, 既能保证工作效率, 又能在必要时进行减速, 确保人员在上下塔筒时的安全性。

2.2 逃生的便利性

海上风电场地处偏远, 一旦发生突发情况, 人员的安

全撤离问题就变得尤为重要。塔筒内部升降机不仅能够正常高效运送人员到达指定平台，还能在紧急情况下作为快速逃生通道使用。与传统的爬梯相比，升降机能够大大减少人员的逃生时间。特别是在塔筒内部空间较为有限的情况下，升降机的直线式运行路径避免了人员在慌乱中因体力不支或路径不熟而延误撤离的情况。再者，塔筒升降机的操作相对简单，即使在极端情况下，操作人员也能够迅速掌握其使用方法，确保在最短时间内将所有人员安全送达地面或指定逃生平台。

2.3 布局的合理性

塔筒内部升降机的安装位置不仅不会占用过多的塔筒内部空间，还能与其他设备巧妙搭配，形成一个合理的通行系统。塔筒通常被设计成多层结构，设有多个平台用于不同的检修和维护操作，而升降机的存在使得各平台之间的通行变得更加便捷。相比起传统的爬梯或其他运输方式，升降机能够更好地利用塔筒的垂直空间，不仅节约了人员上下塔筒的时间，还降低了工人因长时间攀爬导致疲劳的风险。

3 塔筒升降机在海上风电工程中的应用

3.1 安装和维护风机

在海上风电场中，风机通常被安装在高达几十米甚至上百米的塔筒顶部，传统的施工方法不仅效率低下，而且安全风险高。而塔筒升降机则提供了一种安全、便捷的解决方案。通过这种升降机，施工人员可以快速、准确地到达风机的各个部位，进行安装和调试工作。此外，塔筒升降机还配备了先进的监测系统，可以实时监控风机的运行状态，及时发现并解决问题。这种高效的安装和维护方式，不仅缩短了工期，也降低了工程的整体成本。塔筒升降机如图1所示。



图1 塔筒升降机

3.2 人员运输

在海上风电场，风机的数量多、分布广，加之风机塔筒的高度较高，维护人员日常工作中需要频繁上下塔筒。通过升降机，工作人员可以迅速、轻松地完成上下塔筒的操作，

避免了爬梯作业的疲劳和危险。尤其是在恶劣海况或多变天气下，塔筒外部的环境极具挑战性，而塔筒内部升降机则提供了一个相对封闭、安全的环境，保障了人员的顺利运输^[2]。相较于传统的爬梯方式，升降机的使用大大减少了上下塔筒的时间，提高了风场日常运营的工作效率。

3.3 应急救援

海上作业环境复杂，天气变化多端，风机塔筒内的高空作业更是存在一定的风险。无论是突发的设备故障还是人员的意外伤病，塔筒内部升降机都为应急救援提供了便捷的通道。当发生突发情况时，升降机能够迅速将受伤或突发状况下的人员从塔顶运送至地面，避免了因传统方式下的爬梯救援而造成的二次伤害。此外，升降机在应急情况下的快速反应，也有助于提高救援效率，为后续的医疗救治争取宝贵时间。相比于外部吊篮或其他传统救援方式，塔筒内部升降机因其始终处于风机内部的封闭环境中，能够在风速较高或天气恶劣的情况下依然稳定运行，不受外部环境的影响，从而保障人员的安全撤离。

4 海上风电工程中塔筒升降机的安全隐患

4.1 塔筒内部环境引发的安全隐患

塔筒内部通常具有较为狭小的空间，空气流通不畅，尤其是在海上风电塔筒中，由于湿气、盐雾、温差等因素的影响，塔筒内部的环境相对恶劣。湿气和盐雾容易导致塔筒内部的金属结构出现腐蚀现象，而升降机的轨道、钢缆以及其他金属部件也可能因此受到影响。腐蚀会降低这些部件的强度，增加设备在运行中的故障风险。此外，塔筒内部的温差变化较大，尤其是在昼夜温差较大的条件下，塔筒内部的空气湿度和温度波动可能导致升降机机械部件的热胀冷缩反应，从而加剧设备的老化和损坏。

4.2 塔筒升降机的机械故障风险

升降机的机械结构复杂，由多个部件组成，如电机、绳索、制动系统等。在长时间的工作中，这些部件可能因为磨损、腐蚀等原因出现故障。特别是在海上，盐雾环境加速了金属部件的氧化，增加了机械故障的风险。若在升降过程中发生电机失灵、制动失效等情况，将直接威胁到操作人员的安全。此外，设备的维护和检修不当也是导致机械故障的主要原因之一。许多海上风电项目由于人手不足或维护意识淡薄，往往忽视了对升降机的定期检查和保养，导致隐患积累，最终酿成事故。

4.3 人员操作不当导致的安全隐患

在海上风电工程中，操作人员的技能和经验至关重要。若操作人员未经过严格的培训，或者在工作中存在疏忽大意，可能导致一系列安全事故。例如，在升降机的启动和停止过程中，操作人员需要严格遵循操作规程，避免因操作不当而引发设备故障或意外事故^[3]。此外，海上作业环境特殊，操作人员在高海拔作业时容易受到心理和生理上的双重

压力,这也可能导致他们在关键时刻做出错误的判断。

5 塔筒升降机的安全管理措施

5.1 制定完善的塔筒升降机操作规程

塔筒升降机的操作涉及多项复杂的技术要求,尤其是在海上风电工程中,由于塔筒升降机的高度较高,运行环境复杂,操作不当将会导致严重的安全事故。因此,必须根据海上风电工程的实际情况,制定一套完备的操作规程,涵盖塔筒升降机的安装、使用、维护等各个环节^[4]。操作规程应详细规定塔筒升降机在不同天气条件、不同负载情况下的操作方法,明确不同情况下的应急处理措施。例如,在风力较大或天气恶劣的情况下,操作规程应详细规定是否可以继续使用升降机,或者应采取哪些防范措施以保障人员和设备的安全。操作规程还应针对升降机的负载进行严格的限制,防止超载使用,避免因负载过大导致升降机失控或发生坠落事故。与此同时,操作规程还应明确每次操作前的检查步骤,比如检查升降机的安全锁是否正常,电力系统是否稳定等,确保每次操作前升降机处于最佳的工作状态,减少事故发生的可能性。

5.2 加强对操作人员的安全培训

操作人员作为塔筒升降机的直接操作者,他们的操作技能和安全意识直接影响到设备的安全运行。因此,必须对操作人员进行系统的安全培训,确保他们掌握塔筒升降机的操作方法和安全要求。培训内容应包括塔筒升降机的基本结构、操作流程、常见故障的识别与处理方法等,特别是针对海上风电工程中可能出现的特殊情况,如强风、大浪等环境因素下的操作技巧,操作人员必须具备应对这些复杂环境的能力。此外,培训过程中应特别强调操作人员的安全意识,确保他们在操作升降机时始终保持高度的警惕性,严格遵守操作规程,不得擅自更改升降机的运行参数或操作方式。为了确保培训效果,企业应定期对操作人员进行考核,通过理论考试和实际操作相结合的方式,检验他们对塔筒升降机操作的掌握情况。对于不合格的操作人员,必须进行重新培训,直到他们能够熟练掌握所有操作技能和安全要求。

5.3 定期对塔筒升降机进行维护

海上风电场的环境特殊,长期处于高温和盐雾环境下,塔筒升降机的金属部件极易受到腐蚀,电气系统也可能因为湿度过高而发生短路等问题。因此,建立一套严格的定期维护与保养制度是非常必要的。每个升降机在投入使用前,必须进行充分的检测和调试,以确保其各项功能的正常运行。使用过程中,定期检查升降机的钢缆、导轨、刹车系统、控制面板等关键部位,及时更换磨损或老化的零部件,避免因设备故障引发安全事故。同时,还要特别关注升降机的润滑系统,确保各个运动部件的灵活性和稳定性。在保养过程中,操作人员应严格按照设备的技术规范进行操作,避免因维护

不当造成二次损坏。同时,还应对升降机的电气系统进行绝缘性能检测,防止因为电气故障导致的安全风险。

5.4 建立塔筒升降机的应急救援预案

由于海上风电场远离陆地,一旦发生升降机故障或事故,现场作业人员的救援难度较大。因此,制定一套合理、可操作的应急救援预案尤为重要。应急预案中应包含故障应急处理流程、人员撤离方案、救援设备的配备以及救援人员的培训等内容。每个岗位的工作人员都应熟悉应急预案的具体流程,确保在事故发生时能够迅速反应,采取有效的救援措施。特别是在恶劣天气条件下,塔筒升降机故障的概率较高,救援难度也随之增加,因此应急预案必须考虑到各种极端情况下的应对措施。此外,海上风电场的管理人员应定期组织应急演练,检验预案的可行性和有效性,确保在实际操作中能够发挥作用。

5.5 优化塔筒升降机的设计,提高其适应海上环境的能力

设计阶段应充分考虑海上作业的特殊性,选择耐腐蚀材料,增强升降机的抗风能力和防水性能。例如,可以考虑在升降机的关键部件上增加防护罩,防止海水直接侵蚀,并提高设备的整体稳定性和耐用性^[5]。此外,设计时还应考虑到升降机的负载能力和使用频率,确保其在高负荷和长时间运行的情况下,依然能够保持良好的性能。与此同时,智能监测系统的引入也可以为升降机的安全管理提供更为有效的保障。通过实时监测升降机的工作状态,及时传递预警信息,有助于提前发现隐患,降低事故发生的可能性。

6 结语

总之,塔筒升降机是海上风电工程中不可或缺的重要设备,其安全运行直接关系到风电场的建设和运维效率,关系到一线作业人员的生命安全。我们要高度重视塔筒升降机的安全管理,从设备维护、人员培训、应急救援、技术创新等多个维度入手,全面提升塔筒升降机的本质安全水平。只有这样,才能为海上风电事业的健康发展提供坚实的安全保障,共同守护好每一位海上风电建设者的生命。

参考文献

- [1] 张权,张浦阳.海上风电单柱复合筒基础屈曲特性研究[J].应用科技,2024,51(4):1-11.
- [2] 石磊.海上风电吸力筒导管架基础关键施工技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(1):12-15.
- [3] 康思伟,栾辰宇,张雨蓉,等.海上浮式风机重力安装式筒形锚承载特性分析[J].可再生能源,2024,42(1):45-50.
- [4] 张吉海,郑康胜,王耀武,等.海上风电机组吊装技术研究[J].机电工程技术,2024,53(9):22-26+116.
- [5] 吴蕴丰.海上风电吸力筒导管架基础关键施工技术[J].中国水运(下半月),2023,23(5):51-53.