

海上风电安装平台机械故障与维护

于泳鑫

(中交第一航务工程局有限公司总承包工程分公司)

摘要: 随着海上风电行业的高速发展,风电安装平台建造周期也越来越短,在风电场建设过程中平台各类故障频发。为了提高海上风电安装平台机械设备的可靠性和风电场建设效率,针对海上风电安装平台机械、电气及液压系统故障进行了深入诊断,探讨了其产生的主要原因,采用定期监测检测的方法预防机械故障发生,利用仪器仪表在线监测并建立数据库等方法辅助监测电气运行,针对液压系统压力低、油泵损坏、液压油泄漏或污染、管路堵塞等状况分别提出不同的维护方法,强调精细化的运维管理思路,以确保海上风电安装平台机械的正常运行,提高风电场施工的经济和环境效益,为后续风电安装平台机械故障的维护提供借鉴和参考。

关键词: 海上风电; 风电安装平台; 机械故障; 故障分析

0 引言

随着经济的快速发展,电力建设规模日益增大,风能发电逐渐由陆上发展到海洋,在沿海和近海水域也开始修建风电场,目前已经在开拓深远海市场。在海上,需要专门的船机设备进行海上风力发电设备安装。海上风电安装平台的维修保养工作直接影响着能否安全运行以及风电场能否如期建设完成,良好的船机日常维修保养和合理的运行方法,可以有效减少维修频率和困难,提高平台的使用寿命。因此,对海上风电安装平台轮机运行故障的分析和维护策略的研究具有重要意义。

1 海上风电安装平台机械故障与分析

1.1 机械故障

海上风电安装平台在运行过程中,机械故障是最为常见的问题之一,主要可分为疲劳损坏和意外损坏2种类型。

疲劳损坏是由于机械设备长期处于高负荷运转状态,各个零部件承受反复的应力作用,最终导致材料的疲劳失效^[1]。海上风电安装平台的机械设备,如起重机、绞车、桅杆等,都是高度密集中使用的关键设备,长期处于满负荷的运行状态,极易发生疲劳损坏。疲劳损坏通常表现为设备关键部位的裂纹、变形、断裂等失效形式,严重影响设备的安全性和可靠性。为了预防和减少疲劳损坏,需要加强设备的日常维护和定期检测,及时发现和解决设备的劣化与损伤问题。同时,要

合理安排设备的作业负荷和运行时间,避免长时间超负荷使用,给予设备必要的休整和保养时间。

意外损坏是指由于突发事件或外部因素导致的机械设备损坏。海上风电安装平台常年在恶劣的海洋环境中作业,台风、海浪、海流等自然因素都可能导致机械设备意外损坏。此外,作业过程中的碰撞、腐蚀、异物侵入等意外因素,也可能引发机械设备的损坏事故。意外损坏往往具有突发性和破坏性,可能导致设备的局部乃至整体损毁,甚至引发连锁反应,危及整个作业平台的安全。为了降低意外损坏的风险,海上风电安装平台需要配备完善的防护设施和应急装置,如防撞设施、防腐措施、应急动力装置等。要加强作业人员的安全意识和应急处置能力,提高设备意外损坏的预警和处置水平。同时,还要定期开展风险评估和应急演练,及时发现和消除事故隐患,提高平台抵御意外损坏的整体能力。

1.2 电气故障

电气系统故障多发生在开关、传感器等控制装置。电气故障可分为2类:一类是系统运行时出现的不正常情况,主要表现为开关不能闭合、开关接点接触不良、接触电阻过大以及过热等,可能导致系统性能下降、能耗增加等问题;另一类是系统在运行过程中出现的异常现象,包括开关拒动、误动等,可能会引发系统故障甚至安全事故。

由于电气系统故障隐蔽性强,不易发现,因

此电气系统故障易造成设备损坏,甚至引发安全事故。比如,当电气开关启动时,开关触头接触不良,会造成短路、接地等故障。当断路器拒动时,可能是断路器触头压力不够或触头质量不合格;当接触电阻过大时,可能是线路接触不良或接触电阻过大;当线路漏电时,可能是导线绝缘损坏、导线截面积减小或短路等。另外,由于电气故障在整个海上风电安装平台上的分布范围广、数量多,不能及时发现和处理,因此必须对电气系统进行在线监测和维护^[2]。

电气系统发生故障后应及时消除故障。发生故障时,首先检查断路器是否能够正确动作并切断电源;然后检查触头并更换损坏的触头;其次检查线路并更换损坏的导线和绝缘体。当发现线路漏电或绝缘损坏时,应及时处理。若发现电气系统出现故障后不能立即修复,应立即通知专业人员处理。最后将所有线路连接进行检查并消除隐患,再恢复系统运行。此外,还可以通过增加监测仪表、设置在线监测装置和建立数据库等方式来实现对电气系统的实时监控和维护。

1.3 液压系统故障

液压系统是海上风电安装平台的重要组成部分,主要为液压插销系统、液压制动系统、液压泵站等,主要功能是为机械设备提供动力,同时在需要时对其进行控制,保证其正常运转^[3]。液压系统故障主要表现为液压系统压力低、油泵损坏、液压油泄漏或污染、管路堵塞等。

1.3.1 液压系统压力低的原因分析

1) 相关部件磨损严重

液压泵是产生液压的核心部件。当液压泵的转子、定子、轴承、密封件等关键部件因长期高负荷运转而产生不同程度的磨损时,会导致泵体容积效率下降,流量衰减,压力难以达到系统要求,使整个液压系统的动力和控制功能衰减。需要定期检测磨损状况,及时更换。

2) 回路设计不合理

如果液压系统的管路布置设计不当,如管路过长、回油管道截面太小、弯头数目过多、系统中产生过多阻力等,在液压油流经整个回路时压力损失会过大,最终造成执行机构端压力不足的故障,需要对液压回路进行通道阻力分析,进行结构优化。

3) 油泵密封不严或油质恶化

液压油是推动和传递压力的工作介质。当油泵机构因密封失效造成外泄,或者油液本身因热氧化等原因质量恶化时,液压油的润滑和传压性能会下降,也会导致液压系统最终产生的压力不足。需要更换油泵或液压油,恢复系统性能。

4) 回油管路过长或过短

液压系统中,过长的回油管路会增大管路的流体阻力,还会使液压油在管内停留时间过长而发生氧化降解;而过短的管路会导致液压油流速过快,产生水锤效应。这2种情况最终都可能导致液压系统压力损失过大,应合理设计管路长度,确保液压油在系统内流动顺畅。

5) 管路接头松动或油口泄漏

液压系统中的管路、软管、密封件等组件连接不严、存在微小泄漏时,会造成液压油量流失,从而导致液压系统产生的动力和控制压力不足。需要定期检查接头密封情况,及时拧紧或更换有损件。

6) 回油管或油口堵塞

当液压系统中过滤器堵塞或管路弯头处积聚杂质时,会造成管道截面缩小,液压油循环受阻,油压损失增加,压力下降。需要清洗或更换过滤器,对管路进行通风除尘,确保畅通。

1.3.2 管路堵塞的原因分析

1) 滤网堵塞

液压泵入口处通常设置滤网,用于过滤液压油中的杂质。当滤网堵塞严重时,液压油进入泵体前需要通过受阻的滤网,这不仅会大大增加油的流动阻力。同时,堵塞也会缩小滤网的有效过滤截面。在泵的吸入作用下,油量不足,最终导致泵吸空,流量不足,需要及时清洗或更换堵塞的滤网。

2) 过滤器堵塞

液压泵出口也可能设置过滤器,当出口过滤器堵塞后,液压油从泵体进入滤网需要通过受限的有效截面,滤网内部的高速液体运动会产生很大的剪切阻力,这将抑制液体向外流动的趋势。在此情况下,泵体又持续进行吸入工作,最终导致泵内部产生吸空,泵的供油量下降。

3) 液压油变质

如果液压油因长时间使用氧化变质,油品黏度值降低,会导致液压系统内油的流动性增强,在经过管道或元件时,在剪切力的作用下容易产

生疏浮、起泡、乳化等严重影响液压系统稳定性的不良反应，需要及时根据规范更换液压油。

1.3.3 管路泄漏的原因分析

1) 连接不严

液压系统中的管路接头、软管接头、密封件等位置如果连接不严，很容易在系统运行过程中出现微小的液压油渗漏。长期渗漏会导致液压油的流失，液压系统中的油量持续减少，将降低系统产生的动力和控制压力。

2) 管路质量差或松动

如果液压系统管路安装质量差，管子过短无法完全插紧或者管接头、法兰由于振动松动，也会导致系统在运行过程中发生明显的泄漏故障。漏失的液压油量增加会降低系统有效产油，需要检查接头拧紧情况，更换损坏管道。

3) 管路堵塞

当液压系统管路、油嘴被黏性物、氧化油泥等杂质阻塞时，会使管道截面缩小，液压油循环受限，而且容易在局部区域发生过热现象，加速液压油老化，导致油品黏度值降低，润滑性能变差。需要及时清洗管路，更换液压油。

2 风电安装平台机械设备精细化管理

2.1 制定操作规程及维护保养制度

为了确保海上风电安装平台机械设备的正常运行，必须制定科学合理的操作规程，并对操作人员进行专业培训。操作规程应该详细列出每一步操作的具体步骤和注意事项，包括设备启动、运行、停机、故障处理等各个环节，以标准化的形式为操作人员提供明确的指导和参考，确保操作过程的准确性和一致性。同时，操作人员的专业培训也不容忽视，培训内容应涵盖机械设备的基本原理、结构组成、性能特点、操作要领、安全注意事项等多个方面，通过理论学习和实践操作相结合的方式，使操作人员能够全面掌握设备的运行原理和操作技巧，增强实际操作能力和安全意识，减少人为操作失误。

实时监控机械设备的运行状态也是保障设备安全高效运行的重要方法。在关键部位安装传感器和监控系统，可以实时采集和分析设备的各项运行参数，如温度、压力、振动、转速等，并根据预设的阈值和规则，对设备的运行状态进行实时诊断和预警，一旦发现异常情况，如参数超标、性能下降、机械故障等，能够及时采取相应的处

置措施，如调整运行参数、切换备用设备、停机检修等，以最大限度地减少故障影响，防止事故扩大。

建立完善的维护保养制度也是确保机械设备长期稳定运行的关键举措。根据设备的特点和使用要求，制定科学的维护保养计划和规程，明确各项维护保养的内容、周期、方法和标准，通过定期的清洁、润滑、紧固、检测等措施，及时消除设备运行中的隐患和故障，延长设备的使用寿命。同时，定期开展设备性能测试和校准，评估设备的运行状态和精度水平，为设备维修和改进提供数据支撑，不断优化设备性能，提高运行效率和可靠性。

2.2 轮机维护保养

在船舶日常运营中，机械设备的正常运行对于船舶的安全和性能至关重要。因此，定期对机械设备进行检查，及时发现潜在的故障和问题，并修复处理，是保证设备正常运转的关键环节^[4]。

2.2.1 建立健全的设备检查制度

定期对机械设备进行预防性检查，发现异常情况时立即进行针对性检查。使用专业的检测仪器和工具，可以有效地发现设备内部的潜在问题，如磨损、松动或腐蚀等。此外，应重视设备的日常巡检工作，以便及时发现并解决一些小问题，防止其演变成大故障。

2.2.2 润滑保养

按照设备要求进行润滑保养，可以有效地减少设备的磨损，保证设备的正常运转。润滑剂的选择应根据设备的工作环境和运行状况而定。例如，对于高温、高湿或高腐蚀的环境，应选用具有优良抗氧化、防腐和耐高温性能的润滑剂。此外，润滑保养还应注意定期、定量、定点加油，并保持油箱和油路的清洁。

2.2.3 建立完善的维修保养记录

建立完善的维修保养记录有助于跟踪设备的维修保养情况，为设备的长期稳定运行提供保障。记录内容应包括设备的检查、润滑保养、维修和更换的详细信息，如时间、人员、操作步骤和结果等。定期回顾维修保养记录，可以发现设备运行的规律和潜在问题，以便及时采取措施解决。

2.3 制定应急处理方案

海上风电安装平台机械设备运行过程中，突发事件和故障问题不可避免，为了最大限度地减

少事故影响,确保机械设备的快速恢复和平台的正常运转,必须制定完善的应急处理方案^[5]。首先,成立应急处置领导小组,明确各级人员的职责分工和权限,建立应急指挥系统和现场处置机制,确保应急处置工作的统一领导和协调有序。其次,针对机械设备的常见故障和可能发生的突发事件,如机械故障、电气故障、火灾爆炸、溢油泄漏等,制定详细的应急处理预案和操作流程,明确应急处置的流程、方法和注意事项,确保应急处置可以快速响应和有效开展。另外,加强应急物资和装备的配备和管理,如备用零部件、应急发电机、消防设备、防护装置等,确保应急处置所需的各类资源充足完备、随时可用。同时,定期开展应急演练和培训,提高船员的应急处置能力和协同作战水平,确保应急预案的可操作性和有效性。最后,加强应急处置的总结评估和持续改进,对应急演练和实战处置中暴露出的问题和不足及时分析原因、吸取教训、完善预案、改进措施,不断提高机械设备应急处置的预见性、针对性和有效性。总之,制定科学完善的应急处理方案,是提高海上风电安装平台机械设备应急

处置能力,减少事故损失,保障平台和人员安全的关键举措。

3 结语

通过对风电安装平台机械故障的分析和维护策略的研究,提出了针对性的故障分析方法和维护策略,对于提高海上风电安装平台机械的稳定性和可靠性具有重要意义,有助于降低运行成本和提高风电场的经济、环境效益。随着科技的发展和海上风电产业的不断壮大,未来研究方向将更加注重视智能化和高效化的运行管理模式探索和实践应用。

参考文献:

- [1] 巫科韧. 自航自升式海上风电安装平台中的节能设计[J]. 船舶物资与市场, 2022, 30(11): 29-31.
- [2] 李亮, 曾晓芹, 李能斌, 等. 海上风电一步式运输安装平台船型设计研究[J]. 水上安全, 2022(5): 49-54.
- [3] 饶广龙, 张宇凡, 王鹏. 自航自升式海上风电安装平台的节能设计[J]. 船海工程, 2022, 51(3): 126-130.
- [4] 孙慧. 海上风电安装平台轮机运行故障与维护[J]. 中国新技术新产品, 2020(24): 43-45.
- [5] 周春奇, 杜建港. 我国海上风电安装平台市场展望[J]. 中国船检, 2019(5): 33-35.