

风力发电设备安全管理与运行维护

王国亮

上海电气风电集团股份有限公司 上海 200233

摘要: 本文首先详细阐述了风力发电设备的安全管理和运行维护的必要性, 然后对风力发电设备常见故障及对策和电气设备维护措施进行了分析, 并从企业的角度出发, 提出了制定安全管理制度和提高工作人员综合素质、加强风电场隐患排查及治理工作等建议, 旨在为相关研究提供参考。

关键词: 风力发电; 安全管理; 运行维护

引言

随着全球气候变化及环保理念的不断提升, 风力发电逐渐演变成为一种主要的清洁、可再生的能源形式。然而, 随着风力发电技术的不断发展和应用, 风力发电设备的安全问题也越来越受到人们的关注。对于风力发电设备的安全管理和运行维护已成为风力发电企业非常重要的一项工作。

1 风力发电设备安全管理与运行维护的必要性

随着环保理念的普及和可再生能源的发展, 风力发电成为了目前世界上最为广泛应用的清洁能源之一, 突破了以往人们对于化石能源电力供应的依赖。但是, 风力发电设备一旦出现问题, 不仅会导致电力供应中断, 可能还会造成设备损坏、人身安全等生产安全事故, 风力发电设备的安全管理和运行维护显得尤为重要。

1.1 保障风电设备的安全可靠运行

风力发电机组是一种复杂的机电一体化设备系统, 涉及到电气、机械、流体、控制等多个方面, 风电设备的稳定运行需要高度的安全性及可靠性来保障。为了保障风电设备的安全可靠运行, 需要定期进行风电各种设备的巡检, 检查各种设备的各项指标是否符合国家及企业相关标准, 及时发现并排除各种设备存在的异常及故障, 确保各种设备的安全可靠运行^[1]。

1.2 风力发电设备的运行状态直接影响着企业的经济效益

对于风力发电设备而言, 安全管理和运行维护不仅可以提高设备的效率, 还可以降低维护成本, 降低设备的损坏率, 提高设备的可利用性, 提高设备的运行寿命等, 最终对企业和整个社会具有重要的经济价值。

1.3 对环保的贡献与作用

风力发电是一种清洁的能源形式, 随着风力发电场的不断开发和技术迭代, 其在环境保护及节能减排方面已经成为一种不可替代的能源供给形式。如果风力发电

设备安全管理和运行维护工作没有得到有效的保障, 将会存在各类风险并可能导致环境、人身和设备的损害, 风电设备的安全管理和运行维护对于保障环境的安全与生态稳定具有重要的作用。



图1 风力发电机组示意图

2 风力发电设备常见故障及维护对策

2.1 风力发电设备常见故障

风力发电是一种绿色能源, 相对于化石能源具有环保、可再生的优点, 近年来广受关注。但在风电场建设、运行和维护过程中, 常常会面临气候和地理环境带来的各种挑战。风电场建设往往会选取山地、荒漠、滩涂等高海拔、沿海等人员稀少、环境偏远的地区, 这些地区由于环境恶劣, 常常会给设备的运行带来不利影响。风力发电机组常见的故障包括驱动部件之间的卡阻或干涉、长时间工作造成的螺栓紧固件紧固失效松脱或不平衡剪切、液压控制系统漏油以及各种传感器磨损、接触不良或电力执行机构不灵敏等, 这些故障会直接影响到风机的稳定运行与发电效率。其中常见问题有:

(1) 叶片损坏: 叶片在使用中容易因气流的剪切、湍流和尾流等因素影响而受到极限与疲劳损伤。通过在

线监测与定期巡检叶片运行状态，可以及时发现叶片的早期损伤及故障，并能及时对其进行维修或替换以减少损失。

(2) 腐蚀疲劳：特别是在高年限设备中，金属材料势必被环境中的盐雾、水蒸气等所腐蚀，同时因为振动和周期性载荷导致设备金属结构的性能降低。为此应在安全管理和运行维护工作中加强设备金属结构的检测，掌握风电设备运行状况，并据此选择合适的检修与维护策略，从而减少环境和异常状态对风电设备的影响。

(3) 设备故障：在高海拔、戈壁地等恶劣境下，设备也可能会因为散热不良、疲劳、缺乏维护等原因产生一些磨损和故障。必须采用智能监测手段并辅以严格的运行规定和检修方案，定期对设备进行检测维护，才能确保设备的正常运行，提升设备的使用效率，延长设备使用寿命。

2.2 风力发电机组运行维护

对风力发电机组的安全管理与运行维护重点应集中在定期维护与故障排查上，一方面，定期维护工作包括了传动部件之间的润滑与干涉排除、紧固螺栓的力矩检验、功能检测、传感器与电子执行机构的检验等。定期维护工作应认真进行，绝对不能流于形式。另一方面，要对风机各部件进行仔细检查与诊断，并对出现的问题及时进行分析和处理。当风机运转异常或发生故障时要尽快进行现场排查，通过机组状态报警及故障表现，迅速确定故障原因，必要时进行停机检修。还需要检查和纠正电路接线短路、接线端子松动或电控系统受环境影响失效的情况。为方便替换零件，易损易耗件应存放在风电场升压站或由维修人员携带。最后，每次检测工作完成后应当准确记录问题和处理方法，为后续类似问题积累故障诊断经验与快速处理的解决方案。

2.3 变流器的检查与维护

变流器是风力发电设备中重要的电气控制装置，用于风机转速、频率、功率等参数的控制，因此变流器的检查和维护对风力发电机组的正常运行和可靠性至关重要。变流器常见的故障包括过温故障、过载故障、过电压故障等。针对不同类型和厂家的变流器，其故障代码和解决方案均有所不同。其中，变流器的过温故障是一种常见的故障。当变流器出现过温故障时，可能会导致功率模块炸毁、机组停机，影响风电机组的故障率与可利用率。而变流器出现过温故障时，其可能原因可能有：冷却液传导不良、散热器脏堵、冷却风扇转速过低、风机运行条件不良、电源线接触不良等。例如，若变流器故障是由于冷却液传导不良引起的，首先要检查

冷却液压力是否正常，如果是流动不畅，需要检查冷却液管道是否有堵塞。在检查过程中，应按厂家要求使用专用工具，检查散热器内部是否有堆积物，如有，应及时清理清洗。同时，要检查冷却循环设备的电源线和接头是否正常，确保冷却循环未受到外部干扰，并保证系统连续运行^[2]。

3 加强风力发电设备安全管理的措施

3.1 完善风力发电设备安全管理制度

首先，安全工作的开展必须由一套完整的安全生产责任制来保障。因此，针对风力发电设备的安全管理工作，需要建立健全安全生产责任制度。其中，要明确各部门对风力发电设备的安全管理责任，以及各岗位人员的安全职责。并且，要对各个环节制定相应的操作规程，确保操作过程中符合安全标准和规范。

其次，企业需要建立一个安全管理机制，确保风力发电设备的安全管理得以有效实施。建立安全管理机制包括制定安全考核制度、安全评估制度以及安全红线制度等，让企业和员工都认识到安全管理是一项长期的工程，是企业可持续发展的保障。还要建立有效的安全信息化系统，以提升效率、降低成本。风电场发生的重大安全事故通常涉及到人的不安全行为与物的不安全状态以及管理上的缺陷三大方面，因此，监督管理应结合现状对风电场运维工作中可能出现的重大安全隐患开展反复的检查，并根据工作内容做出合理判断和进行适当整治。建立隐患排查记录和整改台账，及时跟踪和落实整改措施，保证问题得到有效解决。安全隐患排查包括设备的维护保养状况、电力系统的接地与绝缘情况、操作人员的安全意识和技能等方面的排查^[3]。风电场管理部门应对排查出的安全隐患进行评价，并制定合理的整改措施。评价过程中可以根据隐患的严重程度和影响范围确定优先级，并制定相应的整改计划和时间表。整改措施要具体、可行，确保问题得到有效解决。

最后，风力发电设备的安全管理需要建立一套健全的应急处理机制，以应对不同级别的安全事故。应急处理机制应包括应急预案、应急演练及应对措施等，保障在发生意外事故后能够实现快速反应、及时处理。通过模拟实际应急情况进行演练，可以发现并改正预案中的不足之处，提升应急预案实施能力。但在演练过程中需要保障演练参与者的人身安全，防止演练过程中造成二次事故。

3.2 提高工作人员综合素质，高效开展安全管理工作

风力发电设备安全管理工作中，在完善并落实安全管理制度的同时，提高工作人员综合素质，高质高效开

展安全管理工作也是十分重要的。具体措施如下：

(1) 风力发电企业应注重提高工作人员的综合素质。这包括技术水平、安全意识、团队合作能力等方面的培养。通过定期组织培训和学习，使工作人员掌握最新的技术知识和操作技能，提高其在设备安全管理中的专业水平。加强安全教育和培训，提高工作人员对安全风险的认识和防范意识。鼓励团队合作，培养团队精神和沟通能力，以提高整体工作效率和安全管理的质量。

(2) 风力发电企业应建立健全激励机制，激发工作人员的积极性和创造力。通过设立奖励制度，表彰安全管理工作中的优秀个人和团队，鼓励他们在工作中不断超越和创新，推动安全管理工作的高质量开展。要及时纠正和处理违反安全管理制度的行为，强化责任追究，以确保工作人员遵守相关规定，保障安全管理工作的有效实施。

(3) 风力发电企业应加强与员工的沟通和反馈机制。定期组织安全会议或座谈会，听取员工的意见和建议，了解他们在安全管理工作中遇到的问题和困难，并及时解决。建立健全的安全事故报告和处理机制，促使员工积极参与安全事故的报告和分析工作，推动安全管理工作的不断完善^[4]。

3.3 注重数智化与创新技术的应用

在风力发电设备的安全管理中，注重数智化与创新技术的应用也是非常重要的。首先，风力发电设备的安全管理应用数智化的创新技术手段可以大大提高管理效能。如物联网是一种将各种设备和传感器通过数字化通讯联通起来的技术，在风力发电中可以实现对设备的远程监控和智能化管理。通过将各类传感器安装在风力发电机组不同关键部位上，可以实时监测风电机组的运行状态、温度、振动等参数，以便及时发现故障隐患。

其次，人工智能技术的应用也十分重要，利用人工智能算法，可以对大量的设备数据进行分析 and 处理，从而提前预警可能出现的故障风险。通过建立预测模型，可以根据历史数据和设备运行情况进行预测，并提供相应的维护建议。这样一来，维保人员就可以及时采取措施对设备部件进行维护或替换，避免设备故障和异常情况出现。最后，数智化创新技术还可以改进风力发电设

备的设计和制造工艺，提高设备的可靠性和安全性。例如，通过使用新材料和新工艺，可以提升设备的载荷能力和适应性，减少由于暴风等恶劣天气引发的损坏。此外，通过优化设备的结构和控制系统，可以提高设备的运行效率，减少能源浪费和对环境的影响。



图2 数智化技术应用示例

结束语

综上所述，风力发电设备是一种复杂的机电一体化系统，其涉及到电气、机械、流体、控制等多个方面，对于设备的安全可靠运行和设备效益的提升，需要企业定期进行设备巡检、维护保养和安全检查等措施。注重数智化与创新技术的应用可以起到事半功倍的效果。而制定安全管理制度和应急预案也是保障风力发电设备安全稳定运行的重要手段。可以说，风力发电设备的安全管理和运行维护对于保障企业的生产安全和经济效益，以及对于全球的节能减排和环境保护具有重要作用。

参考文献

[1]刘奇.风电场网络安全隐患及应对措施[J].电子世界,2020(24):190-191.
 [2]叶建武,陈伟.风力发电厂电气设备安全运行的管理与维护措施探讨[J].信息周刊,2019(2):74.
 [3]陈桂义.风力发电电气设备安全管理及维护[J].百科论坛电子杂志,2019,(1):304.
 [4]赵詠敏,郑蕙雨.风力发电厂电气设备安全运行的诊断及措施[J].电子技术与软件工程,2019,(01):230.