

风电机组偏航控制回路触点粘连问题的技改研究

牛青超

国华（沽源）风电有限公司 河北张家口 076550

【摘要】风电机组运行稳定性关乎发电效率与安全，当前偏航系统控制回路触点粘连故障已成为影响设备可靠性的关键因素，对风电场经济效益产生显著制约。偏航控制作为风力发电机组定向调节的核心环节，将电气控制技术应用于风向追踪过程中，已广泛应用于现代风电设备。针对触点粘连这一典型故障，在实施技术改造前，需深入分析故障机理，进行系统诊断评估，将预防性维护与技术创新相结合，如此可有效提升设备运行品质，保障风电场稳定生产。本文立足于风电行业实际需求，主要就偏航控制回路触点粘连问题展开技术分析，并提出切实可行的改造方案，以供业界参考。

【关键词】风力发电；偏航系统；触点故障；技术改造；可靠性提升

Technical renovation research on the problem of contact adhesion in the yaw control circuit of wind turbines

Niu Qingchao

Guohua (Guyuan) Wind Power Co., Ltd. Zhangjiakou, Hebei 076550

【Abstract】The stability of wind turbine operation is related to power generation efficiency and safety. The current yaw system control circuit contact adhesion fault has become a key factor affecting equipment reliability, which significantly restricts the economic benefits of wind farms. Yaw control, as the core component of directional adjustment for wind turbines, applies electrical control technology to wind direction tracking and has been widely used in modern wind power equipment. For the typical fault of contact adhesion, before implementing technical transformation, it is necessary to conduct in-depth analysis of the fault mechanism, carry out systematic diagnosis and evaluation, and combine preventive maintenance with technological innovation. This can effectively improve the quality of equipment operation and ensure stable production of wind farms. This article is based on the actual needs of the wind power industry, mainly conducting technical analysis on the problem of contact adhesion in the yaw control circuit, and proposing practical and feasible renovation plans for industry reference.

【Key words】wind power generation; Yaw system; Contact failure; Technological transformation; Reliability improvement

引言：

伴随风电产业的迅猛发展，对机组运行可靠性的要求与日俱增，实现高效且稳定的电力生产已然成为行业的普遍共识。鉴于偏航控制系统直接关乎风机捕获风能的效率，其稳定运行成为衡量风电技术进步的重要指标，实现系统优化将进一步提高风电场的整体发电效能。

对于风电机组来说，由于偏航控制回路频繁动作，且工作环境较为恶劣，构建科学有效的故障诊断机制，能够增强设备运行的稳定性，同时减少非计划停机时间，让运维人员能够更妥善地应对突发故障。这不仅契合风电场经济运行的需求，也能为设备全生命周期管理提供有力支撑。

现阶段，电网对风电设备的可靠性提出了更高要求。触点粘连现象导致设备停机、发电损失、维修成本攀升、安全隐患增多等问题频繁出现，引发运维难题、经济损失、安全风险等后果，严重影响风电场的运营效益。现有的偏航控制系统，其故障预警机制尚不完善，缺乏有效的预防措施，存在检测手段单一或诊断精度不足的问题，而触点粘连问题尤

为显著。

1.风电机组偏航控制回路技改研究的意义

1.1 提升设备运行可靠性

风电机组的偏航系统运行需要稳定且持续的电气连接，对触点质量和控制精度有着较高要求。偏航控制回路中的关键触点，在频繁切换过程中需承受较大的电流冲击和机械应力，同时还会受到环境因素的影响。不过，在数字化监控技术的支撑下，能够实现对触点状态的实时监测，并通过智能算法进行故障预警，提前识别潜在风险，从而避免因突发故障而导致的停机损失。从实际运行数据来看，技术改造后的系统可靠性得到了显著提升，进一步优化了运维策略，推动风电场智能化管理水平得以提高，这对于保障风电场的长期稳定运行具有重要意义。

1.2 降低运维成本

在风电场运维工作里，偏航系统故障处理需投入大量的人力与物力，所以故障预防显得尤为关键。在智能化监测系

统的助力下, 仅需安装必要的传感器和数据采集设备, 其余的故障诊断与预警功能由系统自动完成, 这会大幅降低人工巡检的频次, 缩短故障排查的时间, 从而降低整体运维成本。偏航系统作为风电设备的关键构成部分, 其运行的稳定性直接关乎发电效率。在实际应用时, 触点粘连问题通常呈现为间歇性故障, 依靠传统检测手段很难进行精确定位。借助智能诊断技术, 在监测电气参数、振动特征、温度变化的同时, 强化对触点状态的综合评估。智能诊断系统既是开展预防性维护的重要工具, 也是提高运维效率的有效方式。优良的系统设计, 能够显著提高风电场的经济效益。

1.3 有助于提升风电行业技术水平

当前, 风电技术已迈入精细化发展阶段。将智能诊断技术应用于风电设备的故障管理, 能够显著提高故障识别的准确率。借助数据分析为运维决策提供支撑, 可实现精准维护, 确保风电场运行期间设备状态处于可控范围。智能诊断技术作为连接传统运维与现代科技的纽带, 既是设备管理与技术创新的契合点, 也是提升行业竞争力的关键所在。在风电场管理工作中, 应重视数据的采集与分析, 通过技术改造和系统优化, 达成故障预测与预防性维护, 进而提升整体运营水平。

2. 偏航控制回路中存在的问题

2.1 故障认知不足

随着风电行业的迅猛发展, 部分运维人员未能充分意识到触点粘连问题的严峻性, 不同地区风电场对该故障的重视程度参差不齐。当前, 部分风电场对触点粘连问题重视不足, 忽略了此故障对设备安全运行的潜在风险。有些运维人员觉得触点粘连属于小概率事件, 会干扰对设备正常运行的判断, 认为在日常维护中无需特别关注。这种认知上的偏差, 阻碍了预防性措施的有效实施。此外, 部分风电场的技术管理体系缺乏系统化的故障预防机制, 导致设备在运行过程中缺乏有效的状态监测手段。运维人员对故障的认知水平, 将直接影响设备故障预防措施的落实成效。

2.2 监测手段较为单一

偏航系统是机械结构与电气控制相结合的复杂系统, 属于风电设备的关键部件。其中, 触点粘连等电气故障以及机械卡滞等机械问题, 均可能致使系统失效。偏航系统若要实现精准控制, 必须保证各部件正常运转。目前, 故障监测手段普遍较为传统, 故障诊断技术不够先进, 导致故障识别不及时, 影响设备运行效率。运维人员在处理故障后, 往往仅关注当前问题的解决和设备的恢复运行, 这在复杂故障情形下又加大了诊断难度[1]。在实际运维过程中, 系统存在监测覆盖不全面的状况, 对早期故障特征的识别不够精准, 且缺乏有效的预警机制, 未建立完善的故障数据库, 数据分析和趋势预测能力不足, 这给故障预防工作带来了极大挑战。

2.3 技术标准缺失

偏航系统与风电设备的整体运行息息相关, 在故障发生期间, 诸多问题相互缠绕, 严重影响了设备的可靠性和发电效率。针对触点粘连问题, 需建立科学的诊断标准。若缺乏统一的技术规范, 被忽视的小故障就会演变成严重故障, 进而导致设备损坏、发电量损失等严重后果, 给风电场运营造成巨大的经济损失。

3. 风电机组偏航控制回路技改策略

3.1 完善故障诊断体系

故障诊断需要系统的技术支持, 技改工作应以科学的故障机理研究为根基, 从理论分析到实践验证进行全方位考量, 方可构建有效的预防体系。在技术改造进程中, 运维部门要认识到触点粘连问题的复杂性, 明确故障发生的关键因素, 形成系统化、标准化的诊断流程, 在故障发生前实现有效预警, 更具针对性地开展预防工作。故障诊断体系应依据设备运行的实际状况, 制定契合现场需求的技术方案。例如: 触点粘连问题的根源在于对自身工作特性认识不足, 对故障发展规律把握不准[2]。所以, 在技改工作实施过程中, 运维部门要制定针对性的预防策略, 客观评估设备状态、运行参数等指标的变化趋势, 做好数据采集与分析工作, 明确故障预警阈值, 结合历史故障数据, 确保诊断结果的准确性和及时性。在构建故障诊断体系时, 既要采用先进技术手段进行监测, 也要结合现场经验进行判断, 这样才能更全面地掌握设备状态, 充分满足风电场实际运维需求。

3.2 提升监测技术水平

故障预防需要多维度的数据支撑, 各监测参数之间相互关联, 即便单一参数正常, 在系统层面仍可能存在隐患。需对电气参数和机械状态进行综合监测, 做好数据采集与分析工作, 最大程度避免故障发生带来的严重后果。一旦发现异常情况, 就要及时处理[3]。系统还应强化数据存储和分析能力, 定期开展故障模式分析, 建立故障特征库, 尽早发现潜在问题, 同时建立预警机制, 防止小故障演变成大故障, 确保系统稳定运行, 提高设备可靠性。例如: 监测系统要实现全面覆盖, 不仅要监测电气参数, 还要监测机械状态, 同时关注环境因素的影响, 若发现触点温度异常或振动超标, 就应启动预警机制, 各相关部门应协同配合进行故障排查。监测水平决定了设备的故障预防能力, 保障系统稳定运行是技改工作的核心目标。目前, 风电场处于智能化升级阶段, 故障监测需要更加精细化, 运维部门要提高技术水平, 从而提升故障预警能力, 增强设备可靠性。

3.3 在数据应用方面进行技术创新

在大数据技术的影响下, 应用先进的分析方法有助于构建完善的故障预测体系, 利用人工智能技术进行深度挖掘。故障诊断技术水平的提升, 进一步提高了故障预测的准确性, 系统可借助云计算、边缘计算技术, 对海量数据进行实

时处理分析,确保故障预警机制具有前瞻性,更好地指导运维工作。例如:系统的故障诊断需要专业技术支持,通过数据建模和算法优化。对于复杂的故障模式,在数据分析过程中提取的关键特征实现了故障早期识别和趋势预测,同时提高了诊断准确率。准确识别故障特征是故障诊断系统的核心功能。对于故障预警机制,系统应建立科学的评估标准,注重预警的准确率和及时性[4]。故障诊断系统的智能化水平不断提高,使运维人员能够通过数据分析做出科学判断、精准决策。让风电场借助物联网、大数据、人工智能技术,实现故障预测、状态评估、智能决策的效果,为风电场高效运营奠定坚实基础。在智能技术的支持下,可实现对设备状态的全面监控,通过数据分析进行故障预测,提前采取措施,最终实现预防性维护的目标。

3.4 提高人员专业素养

无论技术手段多么先进,人员素质始终是关键所在。风电场应加强培训,为运维人员提供学习机会,并建立考核机制,促进技能提升,正确引导技术应用。针对触点粘连问题开展专业培训是提高故障处理能力的关键,只有掌握科学的诊断方法,才能有效预防故障。运维部门要重视技术培训,通过专业培训提升人员对故障特征的识别能力,做好理论知识与实际操作的结合,加强部门间的经验交流,相互学习故障处理技巧,通过数据分析提高对设备状态的判断能力,保障故障诊断工作的专业性和准确性。例如:从实际案例来看,专业技能的提升直接体现在故障处理效率上,从而缩短停机时间。针对故障诊断能力不足的问题,可开展专项培训课程,并组织实操演练,进一步提高人员技术水平,对故障诊断流程进行标准化管理。运维工作中,故障诊断能力必须达到专业水平,要从理论知识、实操技能、经验积累等方面加大培训力度,确保技术人员的能力得到全面提升[5]。在日常工作中,运维人员也要主动学习,加快知识更新速度,在故障处理过程中进一步提升专业技术水平。

3.5 建立标准化管理流程

风电场应建立完善的管理制度,在实施技术改造后,制定具体的运维操作规范,确保技术措施有效落实,开展系统的故障预防工作,保障运维管理的规范性和有效性,这既符合行业标准要求,也满足企业实际需求。风电场要确保故障预防工作的系统性,加强技术监督和过程管理,进而提升整

体运维水平。例如:在实际运行中,风电场建立了标准化流程,通过制度规范、人员培训等措施,故障率显著降低,基于科学的管理方法,达到了预期的技改目标。管理体系和故障预防机制应与时俱进,推动技术进步,提高管理效率,在标准化建设中,风电场的运维水平不断提高。风电场不仅完善了故障预防的管理体系,其运维能力也体现出专业水准[6]。在故障预防的管理过程中,可建立预警机制和应急方案,做好故障处理预案,从而提高故障响应速度,实现运维效率的全面提升。风电场应结合技术标准与实际经验。风电场的技改工作应在标准化管理下进行,同时技术应用以科学规范为指导。风电场与运维团队应并重专业人才、技术力量与管理机制,通过标准化流程或智能系统提供支持。

3.6 构建协同创新机制

技术改造需要系统化的创新思维,技改工作需从多个角度为技术应用提供支持。风电场应持续改进。改变传统运维模式,设立创新小组,技改工作并非单一任务,而是系统工程、技术升级、管理优化的综合体现。整合技术资源,组织专业团队,深入分析故障原因,找出解决方案。深化技术研究与实践应用。建立反馈机制,不仅要解决问题,还要进行经验总结、知识积累、能力提升等全方位改进。运维团队对技术方案进行评估,为技改工作提供专业建议,技术人员可参与方案设计与实施。将技改经验形成知识库。制定详细计划,明确具体实施步骤,构建闭环管理体系。设置基于数据的评估标准,确保技改效果可衡量。

结束语:

风电场若要实现稳定高效运行,就必须重视设备可靠性管理。故障预防直接影响运行效率,随着风电技术的不断发展,风电场必须做好设备状态监测与故障预防工作,逐步完善故障预警机制,尽可能降低突发故障的出现概率,降低运维成本,推动风电产业高质量发展。风电场应通过技术创新、管理优化等措施,为设备稳定运行提供有力保障。实现故障预防,既能提高设备可靠性,又能提升风电场的市场竞争力,保障电力供应稳定,推动风电行业的技术水平提升。

参考文献

- [1]高远,周冬冬,文茂诗,等.极坐标变换下的风电机组风向优化处理方法[J].船舶工程,2024,46(S02):62-64.
- [2]曲晨志,林忠伟,刘吉臻,等.多源数据驱动的风电机组偏航稳态误差校准方法及现场应用测试[J].动力工程学报,2025,45(4):544-553.
- [3]郑昊天,李庆林,季晔,等.大兆瓦风电机组偏航轴承力学及疲劳性能分析[J].轴承,2025(3):8-17.
- [4]庞新路,刘国强,李学明.KJX-A型交流电梯主电路接触器触点粘连的改进方法[J].起重运输机械,2024(11):51-55.
- [5]戴乐,张金花.某柴油机启动马达触点粘连故障原因分析及排查[J].内燃机,2025,41(1):51-58.
- [6]李金涛.电动汽车高压继电器粘连失效机理及系统化诊断框架研究[J].汽车实用技术,2025,50(13):30-35.