

风电机组运行数据分析在提升运维价值中的应用

方文敬

(三峡新能源酒泉有限公司, 甘肃 酒泉 736100)

【摘要】近年来,风电机组在装机容量和装配结构上的应用均有所扩大,随之而来的是基础运行中故障频率增高,不仅加大了设备的磨损和老化,而且还增加了运维成本,影响了能源的稳定输出。而风电机组运行数据分析,不仅能够提前发现潜在故障,还能优化基础性能、确定维护重点、预测部件寿命、支持远程监控,在风电机组运维中具有不可或缺的重要地位。本文初步分析了风电机组运行数据分类及其影响因素,并围绕风电机组运行分析工具制定有效的优化运维策略,以期风电机组稳定有序运行提供一定的指导与依据。

【关键词】风电机组;运行数据;运维指导;运维价值

引言:

当前,我国风电发电量已经连续多年保持增长态势,风电机组不仅增加了我国能源产业的多样性与稳定性,而且还减少了对传统化石能源的依赖,推动我国电力能源产业向清洁可再生的方向发展。然而,风电机组在运行及维护过程中还存在一定的问题,直接影响了发电效率与设备使用寿命。相关工作人员应当积极运用风电机组运行数据分析,优化发电机组的基础性能、确定维护重点、预测部件寿命以及辅助故障排查等,为提升运维价值与效率奠定坚实的基础。

一、风电机组运行数据分类

(一) 单机风速

在风力发电机组的运行过程中会产生大量的数据和信息,其中包括机组部件状态信息、各系统运行控制参数、气象、环境数据以及历史数据等,单机风速作为其中的重要组成部分,具有重要的意义。单机风速指的是单个风力发电机组所处位置的风速,是评估机组发电能力的关键因素,直接影响着风力发电的效率和产量。通过对单机风速的监测和分析,可以优化机组的运行控制,使其在不同风速条件下都能实现最佳性能。首先,单机风速对于风力发电机组发电效率和稳定性至关重要,有助于及时发现机组在不同风况下运行状态,为机组的正常安全运行提供参考依据。其次,单机风速可用于预测功率输出,方便电网进行合理调度,还为选址和布局提供了数据支持,帮助确定更优的机组安装位置。最后,单机风速也是能源管理的重要依据,能够提高能源利用效率,通过对单机风速的研究与分析,还可以为风力发电技术的改进提供基础,使风力发电机组能够更好地适应电网的需求,推动电力行业稳定有序发展。

(二) 单机组发电量

单机组发电量作为风力发电机组运行数据中的

一项关键指标,是在规定周期内于单机组出口位置计量得出的电力输出情况,能够多方位地反映出机组的特性和状态。首先,单机组发电量是评估机组经济效益的关键因素,直接关系到投资的回报和成本的回收。通过对不同时间段、不同环境条件下单机组发电量的对比分析,可以明确机组的发电效率和稳定性,为投资者提供有利的决策依据;基于单机组发电量数据,还能够为工作人员优化机组运行策略提供准确数据支撑,例如,根据风速和发电量的变化规律调整叶片角度、转速等参数,以提高发电效率,实现风能的最大化利用。其次,单机组发电量还可用于故障监测与诊断,当发电量出现异常波动时,可能预示着机组存在潜在问题,如齿轮箱故障、叶片磨损等,工作人员可以通过数据反馈通过及时检测和维修,避免故障的进一步扩大,保障机组的稳定运行。并且,它对预测维护需求具有重要意义。

(三) 功率曲线

风电机组在实际运作的过程中,经由装设传感器以及数据采集的相关设备实时监测机组的运行情况,其中涵盖了运行的具体状态、温度的高低、振动的幅度、电流的大小等众多的参数。并且,通过计算机系统还可以将采集到的数据迅速传输至监控中心,进而展开分析与处理,借助这一系统,运维人员能够在任何时候都清楚知晓风机的工作情形,及时察觉问题并采取对应的运维手段,有效规避故障的出现以及停机带来的损失。其中,功率曲线是风电机组重要特性之一,反映了机组输出功率与风速之间的关系,主要包含以下关键参数:以风速作为横坐标,代表着风的大小;以功率作为纵坐标,显示机组在不同风速下的实际输出功率;还可能涉及风轮直径、空气密度等参数,它们会影响机组对风能的捕获和转化能力。这些参数共同构成了功率曲线,其作用在于直观地展

示机组在不同风速条件下的性能表现，帮助评估机组的发电能力、优化运行策略以及进行故障诊断等。通过对功率曲线的分析，可以为风电场的规划、运营和维护提供重要的参考依据，帮助工作人员可以了解机组在不同风速下的性能表现，确定合适的安装位置。

（四）各种设备参数

在风电机组的运行过程中，运行数据分析所涉及的各种设备参数对于客观反映风力发电机组各部分的运行情况起着至关重要的作用，其中包括温度参数、电气参数以及振动参数等，工作人员可以通过以上数据信息反馈获取风机机舱、控制柜、齿轮箱系统、变频系统、发电系统以及风电系统等不同系统的实时运行状态，实现对风力发电机组各部件状态的全面了解和掌握。此外，通过对历史数据的分析和比较，还可以发现设备性能的变化趋势，为预测性维护提供有力支持。如温度参数能够反映出各部件的工作温度，帮助工作人员及时发现过热问题，避免设备损坏；电气参数如电压、电流等，可以反映发电机组的电气性能和运行稳定性，如不平衡、松动等，为故障预警和诊断提供；振动参数则能够揭示机械部件的运行状况，通过振动传感器来收集数据，包括振动频率、振动方向、相位等信息，反映设备存在的故障或潜在问题，帮助工作人员提前检修诊断，避免严重故障的发生，确保机组的稳定运行。

（五）风机故障信息

为了更进一步确保风电机组能够稳定且有序地运行，工作人员务必定期开展故障情况的统计工作，应当涵盖共性故障以及重发性故障等方面。依托反馈回来的数据与参数，深入探寻问题的根源所在，找出设备存在的共性问题与薄弱环节，并制定出相应的解决对策，进而推进设备的改造以及专项治理工作。首先推行状态检修，将季度巡查、大风天气数据分析、振动监测、内窥镜检查等相结合，进行综合状态分析，形成实际运行状态和定期维护项目的方案。状态检修包括设备的运行参数、监测数据以及过往的故障历史等，通过对这些数据的仔细分析深入了解设备的实际状态。其次，工作人员需依各种机型罗列出易损部位与重点关注部位的清单，同步查看相对应的部件状态，对于存在异常情况的零件要建立完善的故障信息库，为后续的设备维护和故障处理提供有力的数据支持。

二、风电机组运行数据影响因素

（一）温度因素

风电机组的温度因素是一个至关重要的考量因素，不仅直接关系到机组的运行效率和稳定性，还与相关设备及零部件的使用寿命有密切的关系。在实际

运行中温度过高可能会引发一系列问题，具体来说，高温会使电机内部的绝缘材料老化加速，导致电气性能下降，甚至可能引发短路或故障；高温还会导致齿轮箱中的润滑油变稀，降低润滑效果，加剧齿轮的磨损，从而影响整个机械系统的正常运行。其次，高温还会加速部件的老化和磨损过程，缩短其使用寿命。例如，电机中的绕组和绝缘材料在高温下会逐渐失去原有的弹性和韧性，导致电气性能下降，甚至可能引发短路或断路等故障。齿轮箱中的齿轮和轴承等关键部件也会因高温而加速磨损，导致配合间隙增大，影响机械传动的精度和稳定性。风电机组的温度因素是一个不容忽视的问题，为了更好地应对温度因素带来的挑战，工作人员只有充分认识到其重要性，并采取有效的应对措施，如优化机组的设计，提高散热效率；或采用先进的温度监测技术，实时掌握机组各部位的温度情况，及时发现异常并采取措施；加强维护保养，定期检查散热系统和润滑油等，才能确保机组的稳定运行和长期可靠性，从而为风电行业的可持续发展提供有力支持。

（二）振动监测

风电机组振动监测是最为常见的监测方式之一，也是最有效和直接便利的监测方式之一。在传动系统中，齿轮箱作为核心部件，其运行状态对于整个系统的稳定性和效率至关重要。为了实现更精确的振动信号采集，工作人员需要根据齿轮箱的运行特点选择合适的传感器，在低速轴位置，可以选择低速加速度传感器，它能够捕捉到低速运动时的微小振动信号，为我们提供关于齿轮箱低速运行状态的详细信息；而在高速轴部分，由于齿轮转速较高，振动频率也相应提高，需要选择更灵敏的加速度传感器来捕捉这些高频振动信号。通过结合低速加速度传感器和普通加速度传感器的使用，工作人员可以实现对齿轮箱全面而精确的振动信号采集，以便及时发现齿轮箱的潜在故障，为后续的故障诊断和预测维护提供有力的数据支持。振动监测还可以与其他监测手段相结合，如温度监测、油液分析等，形成全面的监测体系，或者通过机器学习算法，系统能够自动识别故障模式，预测潜在问题，进一步提高了监测的效率和准确性，可以更全面地了解风电机组的运行情况，提前发现潜在故障，为运维人员提供准确的决策依据。

三、风电机组运行数据分析在提升运维价值中的应用路径

（一）引进 RCM 技术，提高风电机组运行稳定性

风电机组运行数据是借助装设在风电场的数据采集与监视控制系统获取的，并运用人工智能算法予以预测构建分析模型。然而，在实际操作进程中风电

机组数据分析还面临一定的困难和问题，譬如风电场多数建造在气候条件颇为恶劣的区域，此地的数据采集系统往往会受到极端天气状况的影响，从而容易引发硬件故障，导致测量数据偏离正常值或误差较大。另外，系统控制终端与风场相隔较远，在数据传输期间极易出现噪声或干扰情况，致使运行数据产生异常或出现误差。为解决这些问题，工作人员需采取一系列措施。

首先，强化数据采集系统的硬件防护至关重要。工作人员可采用更耐用的材料和先进的防护技术，增强系统对恶劣气候的适应性，例如为设备添加防水、防尘、抗风等功能，确保其在极端环境下仍能稳定工作；定期对硬件进行维护和检修，及时更换老化或损坏的部件，以延长系统的使用寿命。其次，工作人员可以通过引进 RCM 技术，提高风电机组的稳定性。RCM 技术是一种基于可靠性的维修策略，主要通过对设备的失效模式、后果和故障原因进行分析，确定最优的维修方式和时机。RCM 技术提高风电机组运行稳定性主要通过以下方式：首先，对机组进行全面的可靠性分析，确定关键部件和易损部件。其次，根据分析结果制定针对性的维修策略，包括定期维护、状态监测和预防性维修。最后，实时监测机组的运行状态，及时发现并处理潜在故障，避免故障的扩大和蔓延。例如，维斯塔斯风力系统公司在其风力旋涡机中采用了 RCM 技术，通过对设备的失效模式和影响进行分析，确定了最佳的维修策略，有效地减少了备件库存成本，降低了存储管理。

（二）引进多种运维方式，提高风电机组运行效率

要想进一步加大对风电机组运行数据的分析力度，相关技术人员不但要引入 RCM 技术来提升运行稳定性，而且还能够引进多种运维方式增强风力发电机组运维的运维管理价值以及运行效率。首先，优化数据传输方式是解决问题的关键步骤。工作人员可以考虑采用更高效的编码和调制技术，提高信号的抗干扰能力，包括选择合适的传输介质，如光纤，以减少信号衰减和噪声干扰。通过建立可靠的通信协议，确保数据传输的稳定性和安全性。再次，加强对数据的校验和审核工作同样不可或缺。风力发电管理部门应当设置严格的数据校验规则，对采集到的数据进行全面检查，通过对比多个数据源，确保数据的一致性和准确性。为加大风电机组数据分析的准确性，还应培养专业的数据审核人员，提高他们对异常数据的识别和处理能力。最后，不断改进人工智能算法也是重要的一环，工作人员可以利用深度学习等技术更好地识别和处理异常数据，收集更多的样本数据，

丰富算法的训练集，提高其泛化能力；或者与相关领域的专家合作，共同探索更先进的算法模型，以适应复杂多变的实际情况。

（三）引进预防性理念，加大运营成本控制力度

风电机组的运行数据分析对于控制运营成本至关重要，通过引进预防性理念可以进一步加大运营成本的控制力度，实现对风电机组运行数据的深入分析，帮助工作人员提前发现潜在的故障和问题，及时采取措施进行必要的维护和修复，避免了因突发故障导致的高额维修成本和停机损失。首先，为了更好地实施预防性理念，风电企业需要建立完善的数据监测和分析系统，培养专业的运维团队，加强与供应商和相关机构的合作。同时，还需要不断优化和改进预防性措施，以适应不同的运行环境和实际情况。其次，还要开展全面的教育活动，让员工深刻理解预防性理念的重要性和潜在益处，包括组织相关培训课程、研讨会和讲座，以确保他们清楚地认识到预防性措施如何有助于减少故障、提高效率和降低成本。培训内容应涵盖预防性理念的各个方面，如故障预测、监测技术、维护计划制定等。为了增强培训效果，可以采用多样化的教学方法，例如案例分析、实地考察和模拟演练。通过深入学习不仅能够提升员工的专业素养，还能培养他们的预防性思维方式，使其在工作中能够主动发现问题、预防故障，并及时采取措施，从而有效降低运营成本，提高设备的可靠性和稳定性。

结束语：

综上所述，风力发电厂运维管理是增强风力发电厂综合发展实力的重要举措，通过引进 RCM 技术、预防性理念和多种运维管理方式不仅可以提高工作人员的专业素养与管理意识，还可以充分利用收集的数据、参数等资料提高风力发电机组的稳定性和运行效率，为我国风力行业健康有序发展奠定坚实的基础。

参考文献：

- [1] 王中行，周元贵，张学广. 基于人工智能算法的风电机组状态监测和故障诊断技术研究综述 [J]. 东北电力大学学报，2024，44（01）：42-51.
- [2] 王昊天，姬梓程. 基于 SCADA 数据风电机组发电性能评价研究 [J]. 机电工程技术，2023，52（11）：209-212.
- [3] 申云乔，江政儒，叶新红. 大数据技术在风电机组运行状态评估及故障诊断中的应用分析 [J]. 电工技术，2023，（20）：38-40+44.
- [4] 龙寰，杨婷，徐劲辉，顾伟. 基于数据驱动的风电机组状态监测与故障诊断技术综述 [J]. 电力系统自动化，2023，47（23）：55-69.