[运行维护]

光伏电站电气设备运行维护检修方法创新探索

文/隋晓东
吉林中油电能售电有限公司

介绍了光伏电站电气设备的组成和功能，并针对运行维护检修中存在的问题进行深入分析，提出相应的解决方案和改进措施。通过引入智能化巡检系统、建立远程监控平台和加强人员培训等措施，可以进一步提高光伏电站电气设备的运行效率和维护水平，降低故障发生率，提高电站的经济效益和社会效益。

光伏发电作为一种绿色能源，正逐渐成为全球能源结构转型的重要方向。光伏电站的稳定运行对于保障电力供应和推进清洁能源发展具有重要意义。然而，光伏电站电气设备在运行过程中面临着诸多问题，如设备老化、维护检修技术落后和专业维护检修人员缺乏等。因此，创新光伏电站电气设备运行维护检修方法，提高设备的运行效率和稳定性，是当前亟待解决的问题。

光伏电站电气设备的组成和功能

光伏电站电气设备主要包括光伏组件、逆变器、变压器、配电柜和汇流箱等，这些设备在光伏电站中发挥着不同的作用，共同实现光电转换和电力输送，见表1。

表1　光伏电站电气设备类型组成及功能

电气设备	功能
光伏组件	实现光电转换
逆变器	将直流电转换为交流电
变压器	调整电压以满足输电要求
配电柜	汇集、分配电能
汇流箱	汇集光伏组件的输出电流

（1）光伏组件

光伏组件是光伏电站的核心设备，其主要功能是将太阳能转换为直流电能。光伏组件的转换效率、可靠性和寿命直接影响着光伏电站的发电效率和经济效益。

（2）逆变器

逆变器是光伏电站中的重要设备之一，其主要功能是将直流电转换为交流电，以满足电网的需求。逆变器的效率和稳定性直接影响着光伏电站的并网性能和运行稳定性。

（3）变压器

变压器是光伏电站中的重要设备之一，其主要功能是实现电压的变换和调节，以满足电网的需求。变压器的性能和可靠性直接影响着光伏电站的安全运行和供电质量。

（4）配电柜

配电柜是光伏电站中的重要设备之一，其主要功能是对电能进行分配和控制，确保电能安全、可靠地输送到各个负荷中心。

（5）汇流箱

汇流箱是光伏电站中的重要设备之一，其主要功能是将多个光伏组件串联起来，形成较大的电

流，然后输送到逆变器。

光伏电站电气设备运行维护检修的常见问题

（1）设备老化

随着光伏电站的长期运行，电气设备不可避免地会出现老化现象，如电线表皮脱落、设备锈蚀等。这些问题不仅会影响电气设备的正常运行，还可能引发安全事故。然而，由于缺乏有效的监测手段和及时的维护检修，设备老化问题往往得不到及时解决。

（2）维护检修技术落后

当前，光伏电站电气设备运行维护检修技术相对落后，仍以传统的人工巡检和定期维护为主。这种方式效率低下，且容易受到人为因素的影响，如巡检不到位、漏检和误判等。同时，对于一些关键设备的故障诊断和修复，缺乏先进的检测设备和专业技术支持，导致故障处理不及时，影响电站的正常运行。

（3）专业维护检修人员缺乏

光伏电站电气设备运行维护检修需要专业的技术人员和工程师。然而，目前光伏电站的维护检修人员普遍缺乏专业知识和经验，对于一些复杂的故障难以快速准确地判断和处理。此外，由于光伏电站的建设和发展速度较快，专业维护检修人员不足，也制约了光伏电站的发展。

光伏电站电气设备运行维护检修要点

1. 巡检时间的选择

在巡检时间的选择上，需要充分考虑设备的运行特性和负荷变化，以确保能够及时发现和处理问题。光伏电站巡检时间与设备负荷关系见表2。

表2　光伏电站巡检时间与设备负荷关系（夏季）

时间	设备负荷（%）
6:00	40
9:00	60
12:00	70

由表2可知，在光伏电站电气设备运行维护检修中，巡检时间的选择是至关重要的。根据设备负荷的变化，合理安排巡检时间，能够有效地提高巡检的效率和准确性。在光伏电站的运行过程中，不同设备的负荷变化是有规律的。例如，在早上6时左右，光伏电站所在配电线路的负荷可能达到40%；到了9时，负荷可能会增加到60%；而在13时左右，负荷可能会达到70%。因此，巡检时间的安排应当充分考虑这些因素，以实现更好的设备监控和维护效果。

为了更有效地进行设备巡检，建议夏季将巡检时间调整至上午11:00—12:00。此时，太阳光线接近系统利用的最佳角度，光伏系统的负荷接近最大。在这种情况下，如果变压器的油温告警、逆变器的冷却风机不启动，或出现其他异常情况，运维人员可以更加容易地发现并采取相应的措施。

2. 光伏组件的热斑检测

热斑检测主要是通过红外检测仪等设备，对光伏组件的表面温度进行检测，以发现组件表面的热斑。热斑可能是由于光伏组件的内部连接不良、电池片开裂和表面污染等原因引起的。如果热斑持续存在，可能会导致组件性能下降甚至损坏。因此，通过热斑检测，可以及时发现并处理这些问题，从而确保光伏组件的正常运行。在进行热斑检测时，需要选择合适的时间和环境条件，以避免温度变化对检测结果的影响。同时，需要结合电站的实际运行情况，制定相应的热斑检测计划，以确保及时发现和处理问题。

其中，利用无人机携带红外线热像仪检测光伏组件热斑是一个值得探讨的方法。无人机具有灵活的飞行能力和高准确度的检测设备，可以快速、准确地检测到光伏组件的热斑位置和温度分布情况。这不仅可以及时发现潜在的热斑问题，避免造成更严重的损坏，还可以为后续的修复和维护工作提供可靠的依据。

3. 落实电气设备的预防性试验

预防测试是光伏发电系统运行过程中的重要维修手段。某35 kV光伏电站集电线的绝缘电阻偏小，严重影响了电站的正常运行。如果能够有规律地开展预防测试，就可以很容易地检测出这个问题。但若未做预防测试，则在晴朗天气下，表面上看起来合格的电缆，一旦受天气影响湿度过高，就有可能快速降低绝缘电阻，从而引发短路。当线路短路时，35 kV线路开关有可能跳闸，严重时还会引起上级母联过电流越限。在这样的情形下，解决这个问题就显得非常复杂和费时，而且造成的经济损失要比开展预防实验的成本高得多。所以，对光

伏发电设备的一次、二次部分进行预防性测试是非常必要的。

光伏电站电气设备运行维护检修方法创新

1. 引入智能化巡检系统

随着科技的不断发展，智能化巡检系统在光伏电站电气设备运行维护检修中具有广阔的应用前景。该系统通过搭载高清晰度摄像头、红外线传感器等设备，对电气设备进行实时监测和数据采集，利用人工智能和机器学习技术对图像和数据进行处理和分析，以识别设备的异常状态和潜在故障。

智能化巡检系统能够提高巡检的准确性和效率，减少漏检和误判的风险。同时，该系统还可以根据采集的数据预测设备的寿命和性能，为维护检修提供科学依据。通过与传统的巡检方式相结合，智能化巡检系统能够更好地服务于光伏电站的运行维护检修工作，确保电站的安全稳定运行。

除了智能化巡检系统，还可以探索引入无人机、机器人等先进技术，以提高维护检修的效率和准确度。这些技术的引入将为光伏电站电气设备运行维护检修带来更多的可能性，促进光伏电站的可持续发展。

2. 建立远程监控平台

随着光伏电站的规模不断扩大和设备数量的增加，传统的巡检方式已经难以满足高效维护的需求。为了解决这一问题，建立远程监控平台，可以对光伏电站的电气设备进行实时监测和数据分析。

远程监控平台通过与电站的控制系统进行集成，可以获取设备的运行状态、报警信息和历史数据等关键信息。通过对这些信息的实时分析，及时发现设备的异常情况，并提供预警和故障诊断功能。维护人员可以在远程对电站的运行状态进行实时监控，并根据需要进行远程操作和控制。

远程监控平台的建立不仅可以提高维护的效率和准确度，还可以降低运维人员的工作强度和安全风险。同时，该平台可以为电站的功率预测和优化运行提供有力支持。通过实时监测和分析，可以及时调整设备的运行参数，提高运行效率，降低综合能耗，从而为光伏电站的可持续发展提供保障。

此外，为了进一步提高维护检修的效率和准确度，还可以探索将物联网、大数据和云计算等先进技术引入远程监控平台。通过物联网技术，目前已实现对逆变器的实时监测和数据采集；通过大数据技术，可以对采集的数据进行存储、分析和挖掘，以发现设备的潜在问题和故障模式；通过云计算技术，可以将计算资源和存储资源进行集中管理和调度，为远程监控平台提供强大的计算能力和存储能力。

3. 加强人员培训和技术交流

为了提高光伏电站电气设备运行维护检修的效率和准确度，除了引入先进的技术手段外，还需要加强人员培训和技术交流。

首先，针对光伏电站电气设备的特点和维护检修的难点，制定系统的培训计划，提高运维人员的技能水平和专业素养。培训内容应涵盖电气设备的基本原理、运行特性、常见故障及处理方法等方面，以及智能化巡检系统、远程监控平台等先进技术的应用与实践。通过理论学习和实际操作相结合的方式，使运维人员能够熟练掌握电气设备维护检修的基本技能和新技术应用。

其次，加强技术交流与合作，促进经验共享和知识传递。组织定期的技术研讨会和经验分享会，邀请业内专家和优秀运维人员分享维护检修过程中的经验、技巧和最佳实践。通过交流与合作，不断优化光伏电站电气设备的维护检修方案，提高整体运维水平。

此外，建立完善的激励机制和考核体系，鼓励运维人员积极探索创新，不断提高自身能力。对于在培训、技术交流和实际工作中表现突出的个人和团队，给予适当的奖励和表彰，激发员工的工作热情和创造力。

结束语

随着光伏电站的快速发展，电气设备运行维护检修工作面临着越来越多的挑战。为了确保光伏电站的安全稳定运行，提高运维效率，提出了引入智能化巡检系统、建立远程监控平台和加强人员培训等创新方法。通过这些方法的实施，可以进一步提高光伏电站电气设备运行维护检修的效率和准确度，降低运维成本和安全风险，为光伏电站的可持续发展提供有力支持。**EA**

（收稿日期：2024-02-01）