

光伏电站运行维护中的关键技术管理

张 昌

浙江中雄智能科技有限公司 浙江杭州 310030

摘 要：随着全球对清洁能源需求的不断增长，光伏发电作为一种可持续的能源解决方案，正迅速发展。光伏电站的稳定运行对于保障电力供应和提高能源利用效率至关重要。本文深入探讨了光伏电站运行维护中的关键技术管理，包括光伏组件、逆变器、电气系统等方面的技术要点，分析了常见故障及处理方法，并阐述了有效的运维管理策略，旨在为提高光伏电站的运行效率和可靠性提供参考。

关键词：光伏电站运行维护；关键技术；管理

引言

太阳能作为一种丰富且可再生的能源资源，在应对能源危机和环境挑战方面具有巨大潜力。光伏电站作为将太阳能转化为电能的重要设施，其规模和数量在近年来不断扩大。然而，光伏电站的运行受到多种因素的影响，如自然环境、设备老化等，这就需要科学有效的运行维护技术管理来确保其长期稳定发电，降低运维成本，提高经济效益和社会效益。

一、光伏电站主要设备及关键技术要点

（一）光伏组件

1. 工作原理与结构

光伏组件是光伏电站的核心发电单元，基于半导体的光电效应将太阳光能转化为直流电。它通常由多个单晶硅或多晶硅电池片串联和并联组成，并用玻璃、EVA胶膜和背板进行封装保护。

2. 关键技术要点

光照与温度影响：光照强度和温度对光伏组件的发电效率有显著影响。随着光照强度增加，输出功率近似线性增长；而温度升高时，组件的开路电压会降低，短路电流略有增加，但总体功率会下降。因此，在运维中需关注不同时段和季节的光照与温度变化，合理安排巡检和维护工作。

组件清洁与遮挡：灰尘、污垢等积累在组件表面会阻挡阳光照射，降低发电效率。定期清洁组件表面是必要的运维工作。同时，要注意周边环境，避免树木、建筑物等对组件造成遮挡，因为局部遮挡可能导致热斑效应，严重时还会损坏组件。

（二）逆变器

1. 功能与类型

逆变器的作用是将光伏组件产生的直流电转换为交流电，以便接入电网。常见的逆变器类型有集中式逆变器、组串式逆变器和微型逆变器，不同类型适用于不同规模和布局的光伏电站。

2. 关键技术要点

转换效率：逆变器的转换效率直接影响光伏电站的整体发电效率。高效的逆变器能够将更多的直流电转换为交流电，减少能量损失。在运维中，要监测逆变器的实时转换效率，当效率明显下降时，及时排查故障原因，如功率模块老化、散热不良等。

最大功率点跟踪（MPPT）：MPPT技术使逆变器能够实时跟踪光伏组件的最大功率点，确保在不同光照和温度条件下都能输出最大功率。运维人员需定期检查MPPT功能是否正常，保证逆变器始终工作在最佳状态。

（三）电气系统

1. 汇流箱与配电柜

汇流箱用于将多个光伏组件串的直流电汇集后传输给逆变器，配电柜则负责对交流电进行分配、控制和保护。它们是光伏电站电气连接和控制的重要环节。

2. 关键技术要点

电路连接与保护：确保汇流箱和配电柜内的电路连接牢固，防止松动引起发热和打火现象。同时，要定期检查熔断器、断路器等保护装置的动作情况，保证在发生过载、短路等故障能及时切断电路，保护设备安全。

接地系统：良好的接地系统对于保障电气设备和人员安全至关重要。定期检测接地电阻，确保其符合标准要求，防止雷击和电气故障引发的触电事故。

二、光伏电站常见故障及处理方法

（一）光伏组件故障

1. 热斑故障

故障表现：组件局部温度异常升高，出现明显的黑斑。

处理方法：更换有问题的电池片或整个组件，同时排查造成遮挡的原因并消除。

2. 开路故障

故障表现：组件输出电流为零或极低，开路电压异常。

处理方法：检查组件的连接线路是否断开、焊接点是否脱落，修复或更换损坏的连接部件。

（二）逆变器故障

1. 功率模块故障

故障表现：逆变器输出功率下降，伴有过热报警。

处理方法：更换损坏的功率模块，检查散热风扇和散热片是否正常工作，确保散热良好。

2. 通讯故障

故障表现：监控系统无法获取逆变器的运行数据。

处理方法：检查通讯线路是否正常，重启逆变器和通讯设备，若问题仍未解决，联系厂家技术支持进行排查。

（三）电气系统故障

1. 汇流箱熔断器熔断

故障表现：汇流箱对应支路无输出电流。

处理方法：更换相同规格的熔断器，检查该支路的光伏组件和线路是否存在短路故障。

2. 配电柜短路故障

故障表现：配电柜内出现打火、冒烟现象，相关保护装置动作。

处理方法：立即切断电源，检查短路点，排除故障后恢复供电。对损坏的电气设备进行维修或更换。

三、光伏电站运行维护技术管理策略

（一）建立完善的运维管理制度

1. 制定运维计划

制定运维计划是确保光伏电站稳定运行的基础。对于大型光伏电站而言，由于其占地面积广、设备数量众多，需要更为细致的规划。年度运维计划需综合考虑季

节变化对光伏电站的影响，例如在光照资源丰富的夏季，重点安排对光伏组件的全面检查，确保其在高负荷运行下能保持高效发电。季度运维计划则侧重于设备的阶段性维护，如每季度对逆变器进行性能测试，及时调整参数以保证转换效率。月度运维计划要具体到每周的工作任务，明确每周对不同区域的光伏组件和电气设备进行巡检。

明确各项运维工作的内容至关重要，比如光伏组件的检查不仅要查看外观是否有破损，还要检测其电性能参数。确定每项工作的执行时间，精确到具体日期甚至时间段，以保证运维工作有条不紊地开展。同时，落实责任人，让每个运维人员清楚自己的职责范围，避免出现工作推诿现象。通过这样详细的运维计划，能够提前安排资源，保障光伏电站全年稳定运行。

2. 规范运维流程

规范的运维流程是提高运维效率和质量的关键。从故障报修开始，建立清晰的沟通渠道，无论是现场工作人员发现故障，还是监控系统自动报警，都能迅速准确地将信息传递给运维团队。现场检查环节，运维人员需携带专业工具和检查表，按照既定的标准流程对故障设备进行全面检查，记录所有相关数据和现象。

故障诊断过程中，运用多种技术手段和经验方法，结合设备运行历史数据，准确判断故障原因。维修处理阶段，严格遵循维修操作规程，确保维修质量。在整个流程中，设置多个审核节点，对每个环节的工作进行监督和评估，确保运维工作符合标准要求。通过标准化的运维流程，能够减少人为失误，提高故障处理速度，保障光伏电站尽快恢复正常运行。

3. 加强人员培训

光伏电站技术不断更新，运维人员必须持续学习以跟上发展步伐。定期组织专业培训是提升运维人员素质的有效途径。培训内容涵盖光伏电站的各类设备知识，从光伏组件的最新制造工艺到逆变器的复杂控制算法，让运维人员深入了解设备原理和性能。

操作技能培训注重实践，通过模拟真实场景让运维人员进行实际操作练习，熟练掌握设备的操作流程和技巧。故障诊断能力培训则通过案例分析、故障模拟等方式，培养运维人员敏锐的观察力和逻辑思维能力，使其能够快速准确地找出故障根源。安全意识培训更是重中之重，强调光伏电站运维工作中的各种安全风险，如高压触电、高空坠落等，传授正确的安全防护措施和应急

处理方法。通过全面系统的培训，打造一支技术过硬、安全意识强的运维团队，为光伏电站的稳定运行提供有力保障。

（二）采用先进的监测与诊断技术

1. 实时监测系统

实时监测系统犹如光伏电站的“眼睛”，时刻关注着设备的运行状况。安装一套功能强大的光伏电站实时监测系统，能够全方位、不间断地对光伏组件、逆变器、电气系统等关键设备的运行参数进行实时采集。对于光伏组件，精确采集其输出功率、开路电压、短路电流以及表面温度等参数。这些数据反映了组件的发电效率和健康状态，一旦功率出现异常下降或温度过高，就可能预示着组件存在故障。

对于逆变器，实时监测其输入输出电压、电流、频率以及转换效率等指标。通过对这些参数的动态分析，可以及时发现逆变器是否处于最佳工作状态，是否存在功率损耗过大等问题。对于电气系统，监测母线电压、线路电流、开关状态等信息，确保电力传输的稳定性和安全性。通过对大量实时数据的分析，能够及时捕捉到潜在的故障隐患，提前发出预警信号，运维人员可以在故障发生前采取措施，实现预防性维护，大大减少故障发生的概率和对电站运行的影响。

2. 智能诊断技术

随着大数据分析和人工智能技术的飞速发展，将其应用于光伏电站故障诊断领域具有巨大潜力。利用大数据分析技术，收集和整合光伏电站长期运行积累的海量数据，包括设备的历史运行参数、故障记录、维护信息等。通过对这些数据的深度挖掘，发现数据之间隐藏的规律和模式。

借助人工智能算法，如机器学习中的神经网络模型，建立精准的故障诊断模型。该模型可以自动学习不同故障类型对应的特征参数，当监测系统采集到新的数据时，能够快速准确地判断是否存在故障以及故障的类型和位置。例如，当光伏组件出现热斑故障时，智能诊断系统可以根据温度分布的异常模式和其他相关参数，迅速定位故障组件的位置。智能诊断技术不仅提高了故障诊断的准确性和及时性，还能大大减轻运维人员的工作负担，为光伏电站的高效运维提供强有力的技术支持。

（三）做好设备的日常维护与保养

1. 定期巡检

定期巡检是及时发现光伏电站设备问题的重要手段。

按照科学合理的巡检周期，对光伏电站进行全面细致的巡查。对于户外的光伏组件，检查其外观是否有破损、裂纹，边框是否变形，密封胶条是否老化。仔细查看组件表面的清洁程度，过多的灰尘、污垢会影响光照吸收，降低发电效率。同时，检查组件的连接部位，确保电缆插头牢固无松动，避免接触不良导致发热甚至起火等安全隐患。

对于逆变器，观察其运行状态指示灯是否正常，倾听内部有无异常声音。检查散热风扇是否运转良好，因为逆变器在工作过程中会产生大量热量，良好的散热是保证其正常运行的关键。对电气设备，如配电柜、配电箱等，检查内部电器元件的工作状态，测量电压、电流是否在正常范围内，查看接线端子是否有过热变色迹象。通过定期巡检，能够及时发现设备的早期异常情况，将小问题及时解决，避免发展成严重故障，保障光伏电站的稳定运行。

2. 设备保养

设备保养是延长光伏电站设备使用寿命的关键措施。依据设备的使用说明书和实际运行情况，制定详细的保养计划。对于光伏组件，定期进行清洁是必不可少的保养工作。选择合适的清洁工具和清洁剂，在合适的时间段进行清洁，避免在强光和高温时段操作，以免对组件造成损伤。定期检查组件的固定支架，确保其牢固可靠，如有松动及时紧固。

对于逆变器，按照规定的时间间隔更换散热风扇的滤网，保证散热效果。定期对内部电路板进行清洁，去除灰尘和杂物，防止短路等故障发生。对电气设备，定期进行润滑保养，减少机械部件的磨损。对一些关键的连接部位进行紧固，防止因振动等原因导致松动。通过这些有针对性的保养工作，能够使设备始终处于良好的运行状态，降低设备故障率，延长设备的使用寿命，从而降低光伏电站的整体运维成本。

（四）优化备件管理

合理储备备件是确保光伏电站在设备发生故障时能够迅速恢复运行的关键。首先，根据光伏电站设备的易损件清单，详细梳理出各类可能需要更换的零部件，如光伏组件的连接器和逆变器的功率模块、电气设备的熔断器等。然后，结合历史故障数据，分析每种备件的故障发生频率和趋势。对于故障发生率较高的备件，适当增加储备数量；对于一些相对稳定、故障较少的设备备件，则保持合理的基本储备量。

结语

光伏电站的运行维护技术管理是一个系统工程,涉及到光伏组件、逆变器、电气系统等多个方面。通过掌握关键技术要点,及时处理常见故障,并实施科学有效的运维管理策略,可以提高光伏电站的运行效率和可靠性,降低运维成本,保障光伏电站的长期稳定发电。随着光伏发电技术的不断发展,运维技术管理也需要不断创新和完善,以适应行业的发展需求,为推动清洁能源的广泛应用做出更大贡献。未来,还应进一步加强对新型运维技术的研究和应用,如无人机巡检、智能运维机器人等,提升光伏电站运维的智能化水平和质量。

参考文献

- [1] 吴江江, 兰智. 基于极端梯度提升法的某光伏电站发电量预测. 电器工业, 2025 (01)
- [2] 袁振邦. 沙特某大型光伏电站电气先进技术应用解析. 中国高新科技, 2024 (22)

[3] 张东辉, 陈新, 杨舒婷, 李小兵, 魏文祥. 含静止无功补偿装置的光伏电站高频谐振分析及抑制策略研究. 中国电机工程学报, 2023 (24)

[4] 廖皓, 单诗涵, 刘聪, 周楚昂, 田维生. 光伏电站落尘影响分析及清扫机器人提效研究. 现代工业经济和信息化, 2024 (01)

[5] 黄建龙. 智能光伏电站的设计与优化研究. 光源与照明, 2024 (10)

[6] 李振坤, 张天翼, 田飞, 杜海舟, 李鑫, 李建鹏. 基于时间卷积网络和误差函数的光伏电站有功功率优化分配. 电力系统自动化, 2023 (06)

[7] 熊昌全, 张宇宁, 惠小平, 唐道建. 论光伏电站机器人巡检替代人工巡检的可行性. 电气技术与经济, 2023 (01)

[8] 于方圆, 曹家玮, 李发源, 李思进. 顾及对象特征的地面式光伏电站提取及减碳效益评估. 地球信息科学学报, 2023 (03)