

并网光伏电站的运行维护管理要点研究

王世平

(中核汇能(甘肃)能源有限公司, 甘肃 兰州 730070)

摘要 在“双碳”战略全面落地与新型电力系统加速构建的行业背景下,我国新能源发电产业实现跨越式发展。随着并网光伏电站规模化、集群化投运,电网对新能源接入的管控标准持续升级,严格明确行业技术规范、全流程并网试验、电力监控网络安全防护等刚性准入要求,倒逼新能源电站建设与运维模式转型升级。本文立足于行业发展现状,分析新能源接入要求、运维管理、智能监测、现场管控四大核心板块,构建日常巡检、周期维保、年度预试的全周期运维体系,旨在为全面提升并网光伏电站的电网适配能力、安全稳定运行水平与发电效能提供参考。

关键词 并网光伏电站接入要求;运行维护;在线监测预警;现场管控

中图分类号: TM615

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.030

0 引言

为主动应对世界能源结构转变和生态环境保护需求,我国持续推动化石能源替代,并大力发展光伏、风电、光热、抽蓄等清洁能源,把新能源作为新型电力体系建设和碳中和的重要支撑。光伏发电因其可再生资源、灵活的建造方式、低碳环保等优点,已成为新能源行业中增速最快、装机规模最大的发电形式。在这种情况下,严格执行并网接入规范、完善全周期运行管理机制、建立智能监测预警体系、强化现场标准化管理,不仅是保证光伏电站合规并网稳定运行的基础,更是提升发电收益、延长设备寿命、筑牢电网安全防线的关键。

1 并网光伏电站接入要求

1.1 行业装机规模与并网管控趋势

依托新能源政策赋能与产业链技术升级,我国并网光伏电站装机规模实现爆发式增长。装机规模快速扩张的同时,电网对光伏电站并网运行的管控力度持续加大,管控重心从增量扩容转向提质合规。现阶段,新能源电站不再是简单的电量输送主体,而是需参与电网调频、调压、谐波治理、故障支撑的协同运行主体,所有并网场站必须严格遵循国家强制性标准、电力行业规范与电网企业专项管理要求,未通过合规验收、并网试验与安全测评的项目,一律限制全容量并网发电,从源头治理新能源并网引发的电网运行风险^[1]。

1.2 核心并网合规硬性要求

1.2.1 行业技术规范要求

新建、改扩建并网光伏电站必须严格执行现行国家标准与行业准则,在设备选择和系统设计时,要求光伏逆变器具备有功功率连续调节、无功功率动态补偿、功率因数自适应控制等功能;在申请并网发电时,要求光伏电站满足电能质量试验、有功、无功测试试验、无功装置补偿等试验。

1.2.2 全流程并网试验要求

并网试验是光伏电站并网的重要环节,也是验证电站安全稳定运行能力的关键,所有场站并网前必须完成各项性能检测试验。核心试验项目涵盖:AGC有功控制与AVC无功响应试验,保障有功、无功调节响应满足电网验收时效要求,精准匹配调度下发指令;频率适应性试验,支持电网 $50\text{ Hz}\pm 0.5\text{ Hz}$ 区间内全程稳定运行;孤岛保护、过流保护、过压保护等继电保护联动试验,筑牢并网故障安全防线。按照电网管理规定,电站并网后6个月内需提交完整并网检测报告,整改不达标项目限期闭环,未完成整改的场站将依规暂停并网供电资格^[2]。

1.2.3 电力网络安全防护要求

依据国家能源局《关于提升新能源和新型并网主体涉网安全能力的通知》,所有并网光伏电站必须强化电力监控系统网络安全管理。 35 kV 及以上且容量 30 MW 及以上场站需强制部署PMU相量测量装置,接入

作者简介: 王世平(1990-),男,本科,工程师,研究方向:新能源发电现场运维管理。

电力调度数据专网并配置纵向加密认证；全站电力监控系统需完成网络安全等级保护（二、三级）测评与备案，安装电力专用纵向加密认证装置、横向单向安全隔离装置与入侵监测系统，严禁擅自预留外部控制接口、违规接入互联网。采用云平台开展远程监测运维的场站，应选用通过安全评估的云计算服务，同步完成等保备案、数据分类分级保护与全链路加密，防范数据篡改、远程攻击、系统失控等网络安全风险，保障监控通信系统稳定可控。

2 并网光伏电站运行维护

2.1 日常维护保养

日常维护以常态化巡查、即时整改、基础养护为核心，依托每日现场巡检与远程数据监控，聚焦易损耗、高频率故障点位开展实操管控。一是光伏组件日常维护，每日通过监控后台排查零电流、低电流支路，检查组件玻璃有无开裂、背板有无渗水、接线盒有无发热烧蚀，发现热斑、变色组件做好标记隔离，次日统一开票处理；检查组件表面落叶、鸟粪、杂物遮挡，风沙粉尘区域增加临时清扫频次，及时清理周边杂草。二是逆变器实时监测，每日通过监控后台实时检查逆变器输入输出电压、电流、功率、温度等核心运行参数，比对标准值排查异常，有问题时及时开票处理；日常巡检时检查逆变器散热风扇运转状态、机身有无异响异味、散热片有无积尘，及时清理表面杂物，保障散热通畅。三是配套设施基础防护，定期检查汇流箱柜门密封、接线端子紧固情况，排查箱体渗水、锈蚀隐患；监控电缆外皮有无破损、桥架有无松动，加固户外裸露接线部位，做好防水防尘防护；同步核查防雷装置、接地连接完好性，确保等电位连接可靠。四是运维台账实时更新，每日记录设备运行数据、隐患点位、整改情况，实现日常维护全程可追溯。

2.2 月度、季度专项巡检

月度巡检侧重设备精细化核查与局部隐患整治，季度巡检聚焦系统性能检测与老化部件排查，形成分层管控。一是月度巡检全面紧固光伏组件螺栓、汇流箱、配电柜所有接线端子，防范接触不良引发过热打火；采用吹风机或吸尘器清扫逆变器、控制柜内部积尘，清理电路板与电容表面杂物；检测熔断器、防雷模块、浪涌保护器性能，及时更换失效、老化配件；复测关键回路绝缘电阻，确保直流、交流回路绝缘指标达标。二是季度巡检，结合季节变化对光伏支架系统进行专项检查，核查支撑螺栓的紧固度和焊缝防腐层的完整性，对沿海和风沙地区进行补涂防锈涂料，对光伏发电装置的柔性和限位开关进行跟踪试验^[3]。利用红外

线测温技术对电缆接头、接线端子及开关设备的运行温度进行检测，准确识别潜在的过热隐患。同时，还要定期对各部件进行取样性能测试，比较各部件的实测输出与理论值之间的误差。并排查全站的排水和防水设施，在雨季，重点检查箱变和汇流箱，对室外设备做好基础防护。

2.3 年度预防性检修预试

为保证电站长期安全运行，必须按照电气设备预防性试验规程的要求，对其进行全面检修和专项检查。一是对光伏组件进行专项检查，利用无人机加装 EL 检测仪对组件内隐裂纹、断栅、虚焊等隐患进行检测，统计组件功率衰减率，将衰减超过 8% 且存在结构性损伤的元件全部更换，对组件串开路电压和短路电流进行全面检查，保证各参数的误差小于 $\pm 5\%$ 。二是高压电气设备深度试验，对油浸式变压器开展油质化验、绝缘电阻测试、直流耐压试验，及时过滤变质油液、更换密封配件；干式变压器开展绕组温升检测、介电损耗测试，排查铁芯老化隐患；对开关柜、互感器、电缆开展交流耐压试验，验证绝缘性能达标。三是控制系统全面校验，升级逆变器、监控系统固件程序，检测直流母线电容容量，偏差超 20% 及时更换；校准有功、无功调节参数，复核 AGC、AVC 联动响应精度，确保匹配电网调度要求。四是安全系统全面复盘，复测全站接地网电阻、防雷接地性能，开展消防设施、应急电源、安全防护装备全面检修；五是继电保护装置核查，检查保护装置动作情况、全面开展保护装置验工作，确保电站日常运行发生故障时保护装置能正常动作。梳理全年故障台账，优化运维方案，完成老旧隐患彻底闭环整改。

3 并网光伏电站在线监测预警

3.1 以智能监测实现故障前置防控

以物联网、大数据、传感采集等技术为基础，构建一套完整的在线监测预警体系。在硬件配置方面，可在光伏组件串、汇流箱、逆变器、变压器等关键节点上加装电压、电流、温度、电弧等传感模块，实现对设备运行状态的实时监测；场站内布设气象监测终端，对光照强度、环境温度、风速和湿度进行 24 小时监测，并对异常出力进行联动分析，为准确地捕捉绝缘老化和内部故障的前兆信号，需对高压设备局部放电、油温、液位等参数进行实时监控^[4]。

在预警管控层面，结合国标标准与设备出厂参数，分类设定差异化安全阈值；逆变器过载过热、接线端子温升超标、直流电弧异常实时推送告警信息；变压器油位偏低、油温超 85℃、局部放电超标分级发布预

警信号。系统搭建三级预警机制,一般隐患实时提醒运维人员限期整改,重大故障立即触发系统自保,自动切断故障回路,防范电气火灾、设备烧毁等安全事故。

3.2 依托智能化技术降低人工运维成本

针对光伏电站小、散、远的布局特点,智能化监测体系可大幅减少人工依赖,优化运维人力配置,有效降低全周期运营成本。一方面,搭建一体化智慧运维平台,整合全站设备运行数据、监测预警信息、气象数据、发电数据,实现远程集中监控、数据智能分析、故障精准定位,偏远场站无需派驻常驻运维人员,仅需根据预警信息开展定点检修维护工作,大幅减少常态化巡检人力投入。另一方面,引入AI智能分析算法,自动比对理论发电量与实际发电量,精准甄别遮挡、故障、参数偏移、设备老化等发电量损失原因,智能推送清洁、检修、参数优化建议;依托大数据优化运维排班与巡检路径,实现备品备件智能调度,缩短故障响应与处置时长。同时,系统支持自动生成运维报表、故障台账、能效分析报告,替代人工统计归档工作,提升运维管理效率。

3.3 智能监测与并网合规深度融合

智能化在线监控系统与电网调度平台同步连接,实现电站电能质量、功率调节、并网参数等关键信息的实时传输。通过对电网运行数据、电能质量测试记录和故障处理文件的自动保存,对并网合规资料进行动态存档,方便进行年度电网复核、安全测评和备案工作。针对电网中存在的谐波超标、电压波动、频偏等问题,系统能够及时发出警告,并联动调控装置进行整改,确保整个过程都满足并网要求,杜绝合规性风险。

4 现场管控要点

4.1 落实全维度标准化管控

现场管控严格对标国家标准、行业标准与企业内部管理标准,构建全覆盖、可落地、可考核的标准化管控体系。一是技术标准化,统一全站设备巡检项目、检测方法、判定阈值、维保周期,编制针对性运维手册,明确组件清洁标准、电气接线规范、绝缘检测指标、设备启停流程,杜绝随意操作、粗放管控。二是作业标准化,严格执行“两票三制”安全管理制度,停电、验电、接地、挂牌上锁全流程规范操作,高空作业、带电作业、动火作业严格落实安全防护措施;统一隐患排查、故障整改、验收闭环流程,确保所有作业全程合规、可追溯^[5]。三是环境管控标准化,常态化开展场站防尘、除草、防水、防腐治理,风沙区域常态化落实抑尘与设备防尘防护,山区、汛期强化排水防

洪与边坡加固;规范光伏组件清洁作业标准,严禁使用腐蚀性清洁剂、高压直冲水流损伤组件封装层。四是档案管理标准化,建立电子+纸质双重台账,完整留存设备资料、运维记录、试验报告、预警处置档案、并网合规资料,实现场站全生命周期档案闭环管理。

4.2 推进集约化、少人值守智能管控

结合光伏电站分散布局、偏远值守难的痛点,依托智能化技术推进现场集约化管控,全面优化运维模式。一是推行远程集中监控+区域检修运维模式,搭建区域智慧运维中心,统筹管控多个分散场站,实现数据集中分析、预警统一推送、任务智能派发,取消小型场站常驻运维班组,仅配置检修队伍开展定点处置。二是深化无人值守配套建设,加装高清视频监控、AI视觉识别、智能门禁、环境联动设备,自动排查杂草遮挡、人员闯入、设备异常等现场问题,实现24小时无人实时值守。三是强化物资与能耗集约化管理,统筹区域内备品备件集中储备、统一调配,减少单场站物资积压与浪费;优化场站照明、通风、监控等辅助设备能耗管控,实现节能增效。

5 结束语

随着我国并网光伏电站装机规模持续扩容,电网并网管控标准日趋严格,全周期规范化、智能化管理已成为行业高质量发展的必然要求。新建并网光伏电站必须严格落实行业技术规范、全套涉网试验、电力网络安全防护等接入要求,并构建日常保养、月度季度巡检、年度预防性检修预试的分级体系,精准排查设备隐患,延缓设备老化速率,提升故障处置时效性。未来,随着数字孪生、人工智能、大数据等技术深度赋能,并网光伏电站运维管理将进一步向精细化、无人值守化、全智能化升级,持续提升电站电网适配能力、安全运行水平与发电收益,全力支撑新型电力系统稳定构建,助力“双碳”战略目标高效落地。

参考文献:

- [1] 李艳魁. 光伏并网逆变器在光伏电站中的应用及维护[J]. 光源与照明, 2023(01):127-129.
- [2] 王熊祥. 光伏并网逆变器在光伏电站中的应用及其维护[J]. 光源与照明, 2021(04):70-71.
- [3] 梁栋. 并网光伏电站及其配电网短路故障原因与应对策略[J]. 中国高新科技, 2023(22):21-23.
- [4] 刘立峰. 大型并网光伏电站的运行维护管理研究[J]. 工程技术研究, 2020,05(05):189-190.
- [5] 梁志华, 安宁. 太阳能光伏电站运行维护与管理要点分析[J]. 现代工业经济和信息化, 2020,10(08):108-109.