

分布式光伏电站的高效运维策略探索

肖政

国网随州供电公司, 湖北 随州 441300

摘要： 伴随着能源的快速转型，分布式光伏电站开始广泛流行。该课题着眼于其运行维护领域，对电站的特点进行了解剖，明确了运行维护的必要性，并揭示了存在的问题，如设备故障频繁，监控落后，人员缺乏专业，然后从智能监测，精细化巡检，人员培养，备件管理和应急处理几个方面探究了高效运维的策略，目的在于促进电站发电效率的提高、延长了使用寿命，对分布式光伏产业的可持续发展起到了强有力的支持作用。

关键词： 分布式光伏电站；高效运维；智能监测；精细化巡检；人员培训

Exploration of Efficient Operation and Maintenance Strategies for Distributed Photovoltaic Power Stations

Xiao Zheng

State Grid Suizhou Power Supply Company, Suizhou, Hubei 441300

Abstract: Accompanying the transition of energy, distributed photovoltaic power stations have become widely popular. This topic focuses on the operation and maintenance of the power station, analyzing the characteristics of power station, clarifying the necessity of operation and maintenance, and revealing the existing problems, such as frequent equipment failures, backward monitoring, and lack of professionalism personnel. Then, it explores efficient operation and maintenance strategies from the aspects of intelligent monitoring, refined inspection, personnel training, spare parts management, and emergency response. purpose is to promote the improvement of the power station's power generation efficiency, extend its service life, and provide strong support for the sustainable development of the distributed photic industry.

Keywords: distributed photovoltaic power station; efficient operation and maintenance; intelligent monitoring; refined inspection; personnel training

引言

在世界范围内应对气候变化和寻求绿色能源的时代背景下，分布式光伏电站以其贴近用户侧，可就地消纳和安装灵活等特点成为能源领域的新宠儿。其有效地利用了建筑屋顶和闲置空地的资源，给企业和居民提供洁净的电力，有利于碳减排目标的达成。但是光伏电站长时间裸露在室外，受到光照，温度和湿度等复杂环境的影响，运维管理相当困难。如果运行维护不到位，就会大大降低发电效率，出现故障隐患，不仅会影响投资收益甚至危害电网的稳定运行。所以，急需探讨适配分布式光伏电站高效运行维护策略。

一、分布式光伏电站的特点

(一) 分布式布局

分布式光伏电站并不像集中式的大电站那样集中成片，它散布于各个角落，比如工业园区的厂房顶部，居民小区的屋顶以及农村的闲置院落。以一个工业园区为例，很多企业的厂房屋顶都被光伏板覆盖，充分的利用了建筑的空间，满足了企业的就近用电，降低了传输损耗的同时，剩余的电能也可以上网获利，实现了能源的就地转化和消纳，使能源的使用更加有效和经济^[1]。

(二) 发电规模灵活

分布式光伏电站在发电规模上展现了多种多样的特点，其规模

范围从每户仅有数千瓦的家用系统到大型的兆瓦商业电站都有。小型户用系统尽管发电功率受限，但能够准确地满足农村家庭日常的基本用电。这些小系统使房屋中电灯亮起，使电视，风扇和其他家电能够正常工作，大大提升了农村地区偏僻和电网覆盖不足的村民生活质量。中等规模的光伏电站在提供公共服务方面表现得尤为突出。以学校和医院这样的公共设施为例，一所位于山区的乡村小学成功地建立了一个30kW的光伏电站。阳光灿烂的白天，这里不断地为教室照明和多媒体教学设备提供足够的电力以保证教学活动的顺利进行；而且在寒暑假期间学校用电负荷明显减少，这时余电上网后，也会给学校带来额外经济收入，在节能和创利之间真正达到共赢，并完美适配多种差异化用电场景。

作者简介：肖政（1993-），男，湖北随州市人，中级工程师，研究方向：配电运检。

（三）受环境因素影响大

户外环境复杂多样，光照时长，强度大，温度高，湿度大，灰尘和遮挡物随时都会影响到发电效率。夏季气温较高降低了光伏组件的转换效率；持续的阴雨天使发电量急剧下降；由于灰尘的累积和光照吸收的阻碍，西部荒漠地区曾存在光伏电站。在一次沙尘暴之后，如果不迅速进行清理，发电的功率将下降超过30%，因此运维团队需要根据不同的环境条件来调整运维的焦点。

（四）并网方式多样

有全额上网和自发自用的余电上网两种方式。居民户用大多是自发自用的余电接入电网，日间优先供应自家电器并向电网出售余电；规模较大的商业分布式电站可采取全额上网的方式，像一个规模较大的物流园区电站一样，所发的电量都投入到电网中，根据电价政策，用电需求等因素灵活地选择并网运行，以实现收益最优化。

（五）组件类型丰富

涉及单晶硅，多晶硅和薄膜电池领域。单晶硅具有转换效率高，稳定性强等特点，常被应用在有发电需求的领域中；多晶硅的成本低、市场占比高；薄膜电池轻、薄、可以柔性弯曲、适合曲面屋顶使用。如新上高端写字楼采用单晶硅组件保效供电、老旧小区改造选用性价比更高多晶硅、不同场景根据需求适配等。

（六）运营主体多元

涉及企业，居民，社区和能源投资公司。企业自建电站，降本增效；居民的投入享有补贴和电费节省；社区集中建设，让所有住户都受益；能源投资公司的大规模运作。例如一个小区主导建设的500kW电站统一运维、电费减免反哺住户、各方面的参与使得分布式光伏百花齐放。

二、分布式光伏电站高效运维的必要性

（一）保障发电效率稳定

光伏组件工作时间较长，其性能衰减难以避免，灰尘，污垢，热斑和隐裂的失效加剧了效率的下降。如果运维有效，经常对部件进行清洁，巡检和维修，就可以延缓衰减和消除故障。某沿海分布式电站由于海风携带盐雾对部件的冲刷，一开始不注重运行维护，发电效率逐月下降，经过强化清洁，保护运维，将效率稳定到合理范围内，确保了连续平稳供电。

（二）延长电站使用寿命

高品质的光伏组件具有超过25年的设计寿命，然而，在恶劣的环境条件和不当的运营维护下，其使用寿命将会显著减少。合理的运维可以对组件，支架和逆变器的老化和磨损情况进行监测，并对易损件进行及时的替换，以免小毛病的加重。如一个山区的小电站，支架被雨水冲刷锈蚀没有处理好，几乎垮塌，经过及时的除锈加固，使电站重新回到轨道上，连续运行了几年，节约了重建费用^[2]。

（三）确保电网接入安全

分布式电站并网运行时，如果无功调节，谐波治理不到位，将诱发电压波动和闪变等问题，从而影响电网的电能质量。运维

人员通过对逆变器参数的精准调控和滤波装置的设置确保了电网的稳定运行。曾经某城市商业区的电站由于在夏季用电高峰期逆变器超负荷运行，没有及时进行调节，导致周围商家电压不稳和电器损坏，加强运维之后排除了隐患。

（四）提升经济效益

高效运维，减少故障损失电量，降低维修成本，优化发电收益。在某企业的屋顶电站运营中，运维前每年平均出现10次故障停电，导致5万千瓦时的电量损失。但经过运维的优化，停电次数减少到了2次，从而节省了3万元的维修费用，并增加了8万元的发电收入，使得投资回报率得到了显著的提高。

（五）满足政策合规要求

各地区都有分布式光伏的建设，运维规范，符合标准的才能获得补贴和并网许可。完整的运维记录和检测报告以及合规的电站参数才能继续运行。如某区补贴政策规定电站发电效率年际衰减不超过1倍，并且运维及时报料、合规运维保障企业享受政策红利等。

（六）增强能源供应可靠性

分布式电站和大电网相互补充，确保区域用电特别是极端天气和电网故障情况下的用电。运维较好的电站能够在关键时刻紧急提供电力，例如暴雨导致局部电网断电，小区内分布式电站保持公共照明和电梯运行等，确保了居民的基本生活，突出了运维对于能源韧性建设的重要性。

三、分布式光伏电站运维现存问题

（一）设备故障频发

光伏组件在长时间的日晒雨淋作用下，封装材料出现老化，电池片隐裂和热斑等现象；逆变器电子元件在温度，电磁干扰的作用下容易损坏，散热不佳经常会出现故障停机现象。在某一老旧小区电站中，经过5年的运营，有30%的组件出现了不同程度的隐裂现象，逆变器在夏季的故障率甚至超过了15%，这严重妨碍了电力生成，并且故障诊断过程既耗时又费力。

（二）监测手段落后

一些小型电站单纯依靠人工定期巡检的方式，难以实时了解组件的运行参数，电气性能等情况，出现故障也很难被及时发现。例如边远的农村户用电站没有远程监控，部件发生故障几天后才被发现，其间电量流失严重，而且人工巡检受到天气，交通等条件的限制，频率难以得到保障^[3]。

（三）运维人员专业素养不足

分布式电站的运行维护需要电气，光伏，机械等多个领域的知识，目前人员的技能良莠不齐，初出茅庐，经验不足，对于复杂的故障的诊断，维修能力较弱。例如某新建投运的商业电站运行维护人员的误操作导致逆变器参数错乱、发电中断等问题，体现了培训体系不够健全、缺乏实践锻炼的机会等。

（四）备件管理混乱

电站备件品种繁多，型号杂乱无章，一些运维单位没有建立科学的库存管理，备件不足耽误了检修，积压占用了另一笔经费。某中型电站由于没有对逆变器的更新换代进行追踪、对老型

号主板进行储备、出现新的故障需要新的机型时没有货、应急购买费时1周、在此过程中电站“趴窝”造成了巨大损失。

(五) 巡检制度不精细

巡检路线，内容和周期设计不尽合理，往往走马观花式地进行，关键部位排查不细致，隐患疏漏严重。比如一个工业园区的电站，巡检没有分清高低辐照区部件的不同，对低辐照区光照不足的长期隐患也没有及时的发现，最后致大范围的低效发电和高昂的整改费用。

(六) 环境因素应对乏力

面对暴雨、沙尘、暴雪等极端气候，防护、清理措施不到位。暴雪后光伏板积雪若不及时清除，重压损坏组件且遮光；沿海电站防腐蚀手段单一，金属部件锈蚀快。如北方某电站，暴雪致20%组件变形，修复费用高昂，凸显应急防灾短板。

(七) 与电网协同困难

分布式电站星罗棋布，电网调度难以准确掌控实时发电情况，特别是用电峰谷切换，电网故障等情况下，电站调节无法及时跟上，影响了供电稳定。例如在城市用电的晚峰时段，一些电站没有按照调度进行降功率处理，致局部电压超限，体现了双方信息交互，协同机制的缺失^[4]。

四、分布式光伏电站的高效运维策略

(一) 构建智能监测系统

采用物联网和大数据技术对组件和逆变器等安装传感器进行电压，电流，温度和辐照度的数据采集并实时传达到监控平台。如一个大的分布式集群通过智能监测的方式实时了解千余套光伏板的情况，当出现参数异常情况时系统会自动报警并被运维人员的手机端所接收，通过精确地确定故障的位置，将处理问题的时间从“事后”转移到“事前”，这大大减少了停电的持续时间。

(二) 推行精细化巡检

依该电站的布置，组件朝向及历史故障等情况绘制了详细的巡检图，并对重点巡检和常规巡检区进行了判别，确定了各区的巡检项和周期。对高辐照，高温区的部件进行热斑加密检验；风沙较大的地区着重检查积尘，磨损情况。象西北戈壁电站一样，巡检员按照“红橙黄”三色分区域进行巡视，红的高危区日检查，橙的周检查，黄的月检查，并配合检查表，照相记录等方式，保证隐患无处藏身。

(三) 强化运维人员培训

与高校和设备商共同进行了涉及电气原理，光伏技术和运维软件操作方面的理论和实操培训，并在培训结束时进行了考核上岗和定期回访。某能源公司派遣了运维团队到生产厂家进行逆变器维修的实地学习，他们在返回工作岗位后，独立处理故障的效率提高了60%，并且还建立了一个内部交流的平台来分享实际案例，使得新员工的成长速度非常快。

(四) 优化备件管理

在信息化软件的支持下，对备件的全生命周期进行管理，并根据故障率，采购周期和重要性等因素进行分类控制。常见易损

件的安全库存报警补货等；关键备件和厂家签订了应急供货协议；淘汰备件及时处置。例如，通过对某电站的管理进行优化，备件的库存成本减少了30%，而维修的时效性也从70%增加到了95%，确保了运营的连续性。

(五) 完善应急处理预案

对火灾，极端天气和大面积停电等情况建立预案，确定应急流程，人员分工和物资储备等。经常性的演练和模拟故障场景来测试协同作战能力。某个沿海的分布式电站在遭遇台风之前，都会根据预先制定的预案进行组件加固和备件转移。台风过后，电站迅速进行抢修，并在3天内恢复了80%的发电能力，从而将损失降至最低，这也突显了预案的实际效果^[5]。

(六) 加强与电网互动

设置智能电表，通信模块将发电数据实时上报给电网，并接受调度指令根据电网负荷和电压的波动情况进行功率的自动调整。例如在东部发达地区通过分布式电站和电网搭建双向互动平台实现用电峰谷期的精准应对调控、削峰填谷等措施确保地区电力供需平衡和电能质量的改善。

(七) 创新运维模式

探索运维外包，托管和众包的多元创新模式对于分布式光伏电站的运维具有重要的指导意义。对于规模不大，技术力量较弱的小型电站来说，把运维工作交由有经验的专业公司来承担无疑是一种明智的选择。专业公司以过硬的工艺、足够的人力和成熟的工艺，能够保证电站平稳高效地运转，使业主省心。并从社区电站的层面上，激励居民志愿者全身心地投入到外观巡查，基础数据记录这些简单的巡检工作中，当遇到复杂的专业问题时，及时交由专业的运维团队解决。例如，某个社区大胆地实施了“居民加职业”的众包运维策略，这不仅显著地减少了电站的运维成本20%，而且在团队合作和互动中大大增强了社区的凝聚力，确保了绿色能源在社区生活中的稳固地位。

五、结语

分布式光伏电站是绿色能源的先行者，在能源变革的大潮中具有巨大的发展潜力。在当前存在的运维难题下，采取智能升级，精细管理，人才赋能和协同创新的策略来建设高效的运维体系能够确保电站的持续稳定和高效的运行。这在提高能源利用效益，助推经济绿色发展的同时，也为未来全球筑牢了分布式能源的基础，各方面应该共同努力，共同开启光伏运维的新篇章。

参考文献

[1] 杨洪雷. 分布式光伏电站运维管理与发展趋势 [J]. 上海节能, 2022, (09): 1137-1142.
 [2] 顾炜晨. 分布式光伏电站运维管理的发展趋势 [J]. 自动化应用, 2023, 64(03): 58-61.
 [3] 陈洪明. 分布式光伏电站发电量提升路径研究 [J]. 光源与照明, 2023, (01): 130-132.
 [4] 马三妹. 分布式光伏电站监测及能效分析系统的研究与开发 [D]. 电子科技大学, 2021.
 [5] 李敏. 分布式光伏电站监测及能效分析系统的研究与开发 [D]. 华北电力大学 (北京), 2016.