

大型光伏电站组串式逆变器优化配置与运维效率提升策略

张永廷

协合新能源集团有限公司 北京 100048

摘要：光伏电站作为清洁能源的重要组成部分，在全球能源转型的大背景下，其发电效率和运维成本备受关注。而组串式逆变器是光伏电站的核心设备之一，它的配置合理性与运维效率会影响电站的整体性能。本文针对大型光伏电站组串式逆变器，深入地分析了优化配置的关键要素，当中包括容量匹配、布局设计、通信系统搭建等多个方面。同时从智能化监测、预防性维护、人员管理等方面为切入点提出了运维效率的提升策略，旨在为大型光伏电站的高效运营提供参考价值，助力光伏产业的可持续发展。

关键词：大型光伏电站；组串式逆变器；优化配置；运维效率；清洁能源

一、引言

由于全球对环境保护和能源安全的重视程度升级，使得具备清洁、可再生特点的光伏发电在能源结构中的占比不断提升。因为大型的光伏电站具有规模大、发电量大特点，所以成为了实现碳中和目标的重要支撑。组串式逆变器又是连接光伏组件与电网的关键设备，它主要负责将光伏组件产生的直流电转换为交流电，并实现最大功率点跟踪（MPPT）等功能，因此其性能直接关系到光伏电站的发电效率和可靠性。

在大型的光伏电站之中，组串式逆变器的数量众多且分布广泛，它的配置是否合理将直接影响电站的初期投资和长期收益。一旦配置不当，就可能导致逆变器过载、发电效率低下等问题。而科学合理的优化配置，就能够充分地发挥出光伏组件的性能，助力电站发电量的提高。不仅如此，组串式逆变器的运维工作机器复杂且繁琐，因而运维效率的高低影响着电站的停机时间和维护成本。即研究大型光伏电站组串式逆变器的优化配置与运维效率提升策略具有非常重要的现实意义。

二、大型光伏电站组串式逆变器优化配置的重要性

组串式逆变器在大型光伏电站中扮演着至关重要的角色，其优化配置对于电站的整体效益有着众多方面的积极影响。

从发电效率角度来看，合理的组串式逆变器配置能够最大限度地发挥出光伏组件的发电潜力。因为组串式逆变器具有多路 MPPT 跟踪功能，其中的每一路 MPPT 都可以独立地跟踪一组光伏组串的最大功率点。而通过优化配置，可以

使逆变器的 MPPT 通道与光伏组串的特性相匹配，以此减少因光伏组件遮挡、温度差异等因素造成的发电损失^[1]。例如，在存在局部遮挡的区域，可以将受遮挡影响较小的光伏组串接入同一 MPPT 通道，进而避免因部分组串发电效率下降而影响整个逆变器的输出功率。

在成本控制方面，优化配置则能够实现电站初期投资和长期运营成本的平衡。一方面，经由科学计算逆变器的容量和数量，来避免设备闲置或过载，进而降低初期设备采购成本；另一方面，通过合理的布局设计，达到减少电缆损耗和安装成本的目的，同时还能降低后期的维护难度和费用。如将逆变器就近布置在光伏组串附近，即可缩短电缆长度、减少线损，在提高发电效率的同时也便于运维人员进行设备检查和维修。

此外，优化配置还可以提高电站的可靠性和稳定性。原因是组串式逆变器采用了模块化设计，当某一模块出现故障时，就不会影响到整个电站的运行，此时通过优化配置能够提高系统的冗余度，最终降低故障对于电站发电的影响。在此基础上，合理的通信系统配置还能够实现对于逆变器的实时监控和远程控制，帮助运维人员及时地发现并处理故障，有助于缩短故障停机时间，使得电站的稳定运行得以保障。

三、大型光伏电站组串式逆变器优化配置方法

（一）容量匹配优化

1、光伏组串与逆变器的容量匹配

光伏组串的总功率应与逆变器的额定输入功率相匹配，以此避免逆变器过载或欠载的情况出现。因而在计算光伏组

串功率时,应当考虑到光伏组件的标称功率、温度系数、衰减率等多个因素。一般来说,光伏组串的总功率应略低于逆变器的额定输入功率,建议留有 10%–15% 的余量,因为还需应对光照强度突然增加等情况导致的功率波动。例如对于额定输入功率为 60kW 的组串式逆变器,其所连接的光伏组串总功率宜控制在 51–54kW 之间。

但还需考虑到光伏组串的开路电压和工作电压与逆变器的输入电压范围相匹配。只有光伏组串的开路电压低于逆变器的最大输入电压,且工作电压在逆变器的 MPPT 电压范围内,才能确保逆变器正常地跟踪最大功率点。由于不同的温度条件下,光伏组件的电压还会发生变化,所以在设计时还需根据当地的极端温度情况进行校核,务必确保在最低和最高温度时,光伏组串的电都能够满足逆变器的要求^[2]。

2、逆变器与电网的容量匹配

通常在大型光伏电站中,多个逆变器处于并联运行的状态,此时其总输出功率应符合电网的接入标准和调度要求,并且逆变器的输出电压、频率等参数也应与电网参数一致,才能保证电站的安全并网运行。即逆变器的额定输出功率也应与电网的接纳能力相匹配,如此才能避免因逆变器输出功率过大而对电网造成冲击。

(二) 布局设计优化

在大型的光伏电站中,逆变器的安装位置应该尽量靠近光伏组串,目的是缩短直流电缆的长度,达到减少线损的目的。一般来说,逆变器与光伏组串之间的距离不宜超过 50 米。而对于地面光伏电站,建议采用集中式布置或分布式布置。其中集中式布置是将多个逆变器集中安装在一个区域,比较便于管理和维护,但因为直流电缆较长,所以导致线损较大;分布式布置则是将逆变器分散安装在光伏阵列中,其中每个逆变器负责着一定数量的光伏组串,此举可有效地减少线损,但是维护相对比较分散。针对于屋顶光伏电站等特殊场景,逆变器的安装位置还需考虑到屋顶的承重能力、通风条件和散热效果等。此时相关人员应选择通风良好、避免阳光直射的位置,确保保证逆变器的工作环境温度在正常的范围内,旨在尽量的提高其运行可靠性和寿命。

(三) 通信系统搭建优化

1、通信方式选择

组串式逆变器的通信方式主要包括了有线通信和无线通信两种。其中,有线通信包括了以太网、RS485、光纤等,

它具有传输速度快、可靠性高、抗干扰能力强等优点,但由于布线的成本较高,因此比较适用于电站规模较大、对通信可靠性要求较高的场景。无线通信则包括了 Wi-Fi、LoRa、4G/5G 等,此方式具有安装方便、灵活性高、成本低等优点,可是传输速度和可靠性受环境的影响较大,所以适用于电站布局分散、布线困难的场景^[3]。

2、数据采集与监控系统设计

数据采集与监控系统要具备实时采集逆变器输入电压、电流、功率,输出电压、电流、功率,温度,故障信息等运行参数的功能,并且还有能对这些数据进行分析 and 处理,帮助工作人员及时地发现逆变器的异常情况。对此,监控系统应具备远程控制功能,像远程重启逆变器、调整逆变器的工作参数等,便于快速地处理故障和优化电站运行。而数据采集与监控系统还应该具备数据存储、报表生成、故障报警等功能,只有这样才能为电站的运营管理提供数据支持。

四、大型光伏电站组串式逆变器运维效率提升策略

(一) 智能化监测体系构建

在组串式逆变器及其周边设备上应当部署温度、湿度、电流、电压等各类传感器,它们能够实时地监测逆变器的运行环境和运行参数。展开来说,温度传感器能监测逆变器内部和外部温度,帮助工作人员及时地发现温度过高情况;而电流和电压传感器可实时地监测输入输出电流、电压,判断设备是否处于正常运行的状态;湿度传感器则能监测运行环境湿度,可以避免湿度过高而导致设备受潮损坏的情况发生。

对于传感器采集的数据,还可以利用大数据分析和人工智能技术进行实时地处理。即通过建立逆变器运行模型,再对比实际运行数据与模型预测数据,达到及时发现异常并发出预警的效果。比如输入电流突然下降时,系统就会判断光伏组串可能出现了故障或遮挡,温度持续升高时就预警可能出现了散热故障,进而通知运维人员处理。基于此,再搭建远程监控平台,就能实现对于大型光伏电站所有组串式逆变器的集中监控,运维人员通过电脑、手机等终端就可以随时随地地查看逆变器运行状态、数据报表和故障信息,且平台还可以与逆变器双向通信,最终实现远程控制和参数调整,在减少现场运维工作的提升还提高了运维效率。

(二) 预防性维护策略实施

1、定期巡检计划

定期巡检计划采用的是“动态周期”管理模式,此模

式会基于逆变器的健康评分系统，自动地调整巡检间隔。而健康评分会综合地考虑设备运行年限、故障历史、实时状态等因素，满分为 100 分，对于 80 分以上的逆变器每 2 个月进行巡检一次，60–80 分的逆变器则每月巡检一次，60 分以下的逆变器会每半个月巡检一次。巡检的内容旨在实行“清单化管理”，其中常规的巡检清单包含了 15 项检查点，如指示灯颜色是否正常、散热风扇转速是否达标、电缆接头有无过热痕迹等等；全面巡检清单则扩展至 32 项，主要增加了电容容值检测、绝缘电阻测试、通信模块信号强度检测等专业的项目。

2、故障预防措施

为了更加有效地预防故障，发电站应当实施“三级防护”体系^[4]。具体来说，初级防护聚焦于日常清洁，即采用高压空气吹扫与真空吸尘相结合的方式清理逆变器内部，特别是散热通道和风扇滤网；中级防护则要针对于易损部件实施“预测性更换”，也就是根据电容的纹波电流、风扇的运行噪音等参数计算其剩余的寿命，当寿命预测值低于 6 个月时就主动地进行更换；高级防护着重于环境的适应性改造，比如在多风沙地区为逆变器加装防尘罩，或者在高湿度地区安装除湿装置。

3、维护记录与分析

维护记录与分析系统在区块链技术的助力下，才能确保数据不被随意地篡改。但实践当中，每次维护完成后运维人员都需要上传带时间戳的现场照片和检测数据，系统则会自动地生成电子维护档案。同时，该系统还能自动地识别维护工作中的薄弱环节。

（三）人员管理与技能提升

专业运维团队的组建一般为“金字塔式”的人才结构，如此才能满足大型光伏电站精细化运维需求。而团队核心层为电气工程师，其需具备 5 年以上光伏电站运维经验，并持有注册电气工程师证书，证明自身精通组串式逆变器的电路拓扑结构、电力电子变换原理及并网控制逻辑，在实践中负责的是制定运维方案、解决复杂技术难题及审核维护记录。中间层则为技术员，要求其掌握了逆变器调试、故障诊断等实操技能，且具备高压电工证和逆变器厂商认证资质，在工作中主要承担的是设备参数校准、部件更换及技术文档编写工作。基础层便是巡检员，他们需熟悉电站布局和安全操作规程，主要负责的是日常巡检、数据记录及简单故障上报，但入职前需要通过安全培训和设备认知考核。

为了明确各个职员的职责边界，团队之中应当实行“三维分工体系”。若按设备类型划分，电气工程师侧重于逆变器核心模块维护，技术员要专注于通信系统和辅助设备调试，巡检员则负责光伏阵列与逆变器的连接线路检查。而按工作流程划分，就需要形成“巡检–诊断–维修–验收”的闭环链条，在巡检员发现异常后要填写《故障上报单》，技术员在 4 小时内对故障部分完成初步地诊断，接着电气工程师负责复杂故障的方案设计，维修完成后再由技术员进行效果验证并提交《验收报告》。如果按区域划分，要先将电站划分为若干个运维片区，当中每个片区配备 1 名技术员和 3 名巡检员。

结语

综合全文来看，大型的光伏电站组串式逆变器的优化配置与运维效率提升是提高电站发电效率、降低运营成本、保障电站稳定运行的关键。而基于合理的容量匹配、布局设计和通信系统搭建，就能够充分地发挥组串式逆变器的性能，达到提高电站整体效益的效果。而构建智能化监测体系、实施预防性维护策略、加强人员管理，则能够有效地提升运维效率，有助于降低故障风险。

往后随着光伏技术的不断发展和智能化水平的提高，组串式逆变器的优化配置将变得更加精准化和个性化，终将能够根据不同的电站场景和运行条件自动地调整配置参数。运维方面也将进一步地融合大数据、人工智能、物联网等技术，最终会实现运维的全面智能化和无人化，此时便大幅度地提高了运维效率和质量。

参考文献：

- [1] 李冬冬. 提升光伏电站运维效率的策略与实践 [J/OL]. 中国科技期刊数据库 工业 A, 2025(1)[2025-01-01]
- [2] 江燕兴. 极高纬度地区光伏电站阵列优化与设备管理策略研究 [J]. 电力设备管理, 2025,(07):83–85.
- [3] 薛永锋. 沙漠大型光伏电站布局优化与最大化发电效率设计策略研究 [J/OL]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024(11)[2024-11-26].
- [4] 胡春雷. 光伏发电系统中逆变器故障诊断与故障排查研究 [J]. 光源与照明, 2024,(03):69–71.

作者简介：

张永廷，男，1975.03，汉，籍贯：江苏沛县，本科学历，中级职称，研究方向：新能源技术应用