

# 新能源光伏发电系统效率提升策略研究

高峰

华电新疆发电有限公司新能源分公司 新疆 乌鲁木齐 830092

**摘要:** 光伏发电系统效率提升是推动新能源规模化应用的核心课题。系统效率受组件性能、环境干扰、系统集成及运维水平多重因素影响。通过应用高效钙钛矿电池、优化阵列布局、引入智能运维平台及光储协同技术,可显著提升能量转化与利用效率。本文系统分析影响光伏系统效率的关键环节,并从组件材料、系统设计、智能控制等多维度提出针对性优化策略,为光伏电站全生命周期效率管理提供理论支撑与实践路径。

**关键词:** 新能源;光伏发电系统;效率提升;影响因素;优化策略

引言:在全球能源转型背景下,新能源光伏发电凭借清洁、可再生等优势,成为能源领域发展重点。但当前光伏发电系统效率受多种因素制约,提升效率对降低成本、提高能源利用率意义重大。深入探究系统效率提升策略,有助于推动光伏发电产业高质量发展,满足日益增长的能源需求,实现能源可持续发展目标。

## 1 光伏发电系统效率的核心影响因素分析

### 1.1 光伏组件本身的性能因素

光伏电池材料的光电转换特性直接决定能量转化基础。不同材料对太阳辐射的吸收范围和转化效率差异显著,单晶硅电池在强光下表现稳定,薄膜电池则在弱光环境有独特优势,材料的晶体结构和纯度会直接影响载流子迁移效率<sup>[1]</sup>。组件封装工艺关系到性能稳定性。封装胶膜的透光率、耐老化性,以及边框密封的严密程度,都会影响组件长期运行表现,优质封装能有效隔绝水汽和杂质,避免电路腐蚀导致的效率下降。组件衰减特性与寿命周期效率密切相关。初始衰减期后,组件效率会随使用年限缓慢下降,衰减速率与材料质量和封装工艺相关,合理评估衰减规律才能准确计算全生命周期的发电效益。

### 1.2 外部环境干扰因素

光照强度与光谱分布是效率波动的关键。正午强光时段,光照强度可达800-1000W/m<sup>2</sup>,此时组件效率达到峰值,发电功率较高。而阴天或早晚弱光环境下,光照强度可能降至200-400W/m<sup>2</sup>,效率明显降低,发电功率仅为强光时的30%-50%。不同地区太阳光谱差异也会影响组件适配性,高海拔地区紫外线比例高,对组件耐候性要求更高。例如,在海拔3000米以上的地区,紫外线强度比平原地区高30%-50%,若组件耐候性不佳,老化速度将加快2-3倍。温度变化会改变组件工作状态。光伏组件存在负温度系数,温度每升高10℃,转换效率就会

出现固定比例下降,通常下降幅度在0.3%-0.5%左右。在高温环境下,如夏季中午,组件温度可能达到60-70℃,此时转换效率可能比标准测试条件(25℃)下降低10%-15%。高温环境下不仅效率降低,还可能加速组件老化进程,使组件寿命缩短2-3年。风沙、灰尘、积雪等遮挡会形成热斑效应。遮挡区域无法正常发电却会消耗其他区域电能,导致局部温度骤升,不仅降低整体效率,还可能损坏组件内部结构。

### 1.3 系统集成与运行环节因素

阵列布局与光伏组件匹配性影响整体出力。布局过密会导致组件间相互遮挡,间距过大则浪费场地资源,组件型号和参数不一致会造成电流失配,降低逆变器转换效率。电能转换与传输过程中存在多种损耗。逆变器转换时有能量损失,电缆电阻会导致线损,接头接触不良也会增加额外损耗,这些环节的损耗叠加会显著拉低系统整体效率。系统运行控制策略决定能量利用效率。根据光照和负载变化及时调整工作模式,能让系统始终处于最优运行状态,僵化的控制策略会导致能源浪费或供电不稳定。

### 1.4 辅助系统与运维因素

跟踪系统的响应精度与可靠性提升光照利用率。光伏跟踪系统需精准跟随太阳轨迹,响应延迟或机械故障会导致组件无法正对太阳,直接减少吸收的太阳辐射量<sup>[2]</sup>。清洁维护的及时性与有效性保障组件性能。定期清除表面附着的灰尘和杂物,能避免遮挡损耗,干旱多尘地区需缩短清洁周期,确保组件表面保持良好透光性。监测与故障诊断的准确性减少停机时间。实时监测发电数据并快速定位故障点,能及时排除接线松动、组件损坏等问题,避免小故障引发的效率大幅下降。

## 2 光伏组件层面的效率提升策略

### 2.1 高效光伏电池材料与结构优化

在光伏发电领域，新型半导体材料的研发与应用是提升组件效率的关键突破口。传统硅基材料虽占据主导地位，但科研人员不断探索更具潜力的新型材料。例如，钙钛矿材料凭借独特的光电特性，展现出极高的光电转换效率潜力。这种材料对光子的吸收范围更广，能将更多不同波长的光能转化为电能，为提升组件效率开辟新路径。电池结构的优化设计同样不容忽视。钝化接触技术通过在电池表面形成一层特殊的钝化层，有效减少载流子在表面的复合损失，提高电池的填充因子和开路电压，进而提升转换效率。异质结电池则结合了不同材料的优势，将两种具有不同禁带宽度的半导体材料结合在一起，形成异质结构，拓宽了电池对太阳光谱的响应范围，实现更高的光电转换效率。多结电池技术是提升光谱利用效率的又一重要手段。通过将多个不同禁带宽度的电池单元串联或并联集成在一起，每个单元吸收不同波段的光子，实现对太阳光谱的更充分利用。相比单结电池，多结电池能将更多光能转化为电能，显著提高组件的整体效率。

### 2.2 组件封装工艺改进

封装材料的性能提升对组件效率影响深远。封装胶膜作为连接电池片和玻璃的关键材料，其光学性能和粘结性能至关重要。研发具有更高透光率的胶膜，能减少光线在传输过程中的损失，让更多光能到达电池表面。提升胶膜的粘结性能，可增强组件的密封性和稳定性，防止水分、氧气等进入组件内部，保护电池片免受侵蚀。封装工艺对组件散热与透光性的优化也十分关键。优化封装结构，采用更合理的散热设计，能有效降低组件工作温度，减少温度对电池性能的负面影响。提高封装工艺的精度，确保各层材料之间紧密贴合，减少光线在界面处的反射和散射，提升组件的透光性。抗衰减封装技术的应用能延长组件的使用寿命，保持组件长期高效运行。通过在封装材料中添加抗老化、抗紫外线等添加剂，减缓材料老化速度，降低组件在长期使用过程中的功率衰减，提高组件的寿命周期效率。

### 2.3 组件性能的精细化控制

组件生产过程中的质量管控是确保组件性能稳定的基础。从原材料采购到生产加工的每一个环节，都需严格把控质量标准。对电池片的外观、电性能参数等进行严格检测，剔除不合格产品，保证每一片电池片都符合高质量要求<sup>[1]</sup>。组件匹配筛选以降低串并联损耗同样重要。在组件串并联组成光伏阵列时，对组件的电性能参数进行精确匹配，使各组件在工作过程中电流、电压等参数尽可能一致，减少因参数不匹配导致的功率损失，

提高整个光伏阵列的发电效率。

## 3 系统集成与布局优化策略

### 3.1 光伏阵列布局的科学设计

光伏阵列布局的科学性直接影响着整个光伏发电系统的效率。基于地形与光照条件的阵列朝向与倾角优化是首要任务。不同地区的地形地貌和光照特点差异显著，在平原地区，可根据当地太阳高度角和方位角，精确计算得出最佳朝向和倾角，让光伏组件在一天中尽可能多地接收太阳辐射；在山地或丘陵地带，需结合地形起伏，灵活调整阵列布局，避免因地形遮挡造成光照损失。阵列间距设计对减少遮挡损耗至关重要。合理的间距能确保在太阳高度角较低时，前排组件不会对后排组件形成遮挡，保证每一片组件都能充分接收光照。间距过小，遮挡现象严重，会大幅降低组件的发电效率；间距过大，则会占用过多土地资源，增加建设成本。需综合考虑当地的光照条件、组件高度等因素，通过科学计算确定最佳间距。大规模光伏电站的分区布局策略能有效提高系统的整体效率和稳定性。根据电站所在区域的地形、光照、气候等条件，将电站划分为若干个功能区，如光伏发电区、设备维护区、输电区等。在光伏发电区内，再根据组件类型、功率等因素进行细分，便于集中管理和维护，提高运维效率，降低运维成本。

### 3.2 电能转换系统的效率提升

逆变器拓扑结构与控制算法优化是提升电能转换效率的关键。先进的拓扑结构能减少能量转换过程中的损耗，提高逆变器的转换效率；智能控制算法可根据光照强度、负载变化等实时调整逆变器的工作状态，实现最大功率点跟踪，确保逆变器始终在高效区运行。逆变器与组件的匹配性提升也不容忽视。不同类型、规格的组件具有不同的电性能参数，选择与之匹配的逆变器，能使组件输出的电能得到高效转换。若匹配不当，会导致逆变器无法充分发挥性能，甚至出现故障，影响整个系统的发电效率。微型逆变器与集散式逆变器具有独特的应用优势。微型逆变器可对每一片组件进行独立控制，实现最大功率点跟踪，提高每片组件的发电效率，尤其适用于分布式光伏发电系统；集散式逆变器结合了集中式和分布式逆变器的优点，既具有较高的转换效率，又能降低系统成本，在大规模光伏电站中具有广阔的应用前景。

### 3.3 输电与配电环节的损耗控制

电缆选型与布线优化是减少输电损耗的重要措施。根据输电距离、负载大小等因素，选择合适规格和材质的电缆，降低电缆的电阻，减少线路损耗。合理规划电

缆布线,避免电缆过长、迂回,缩短输电距离,进一步降低损耗<sup>[4]</sup>。减少接触电阻与线路损耗的技术措施同样关键。在电缆连接处,采用高质量的连接器和压接工艺,确保连接紧密,降低接触电阻;定期对电缆和电气设备进行检查和维护,及时发现并处理接触不良等问题,防止因接触电阻过大而产生过多热量,造成能量损耗和安全隐患。

#### 4 运行控制与运维管理优化策略

##### 4.1 智能运行控制策略

在光伏发电系统运行里,最大功率点跟踪(MPPT)算法的优化是提升发电效能的关键一步。传统算法面对复杂多变的环境,常难以迅速精准定位最大功率点。引入智能算法后,像模糊控制算法能依据光照、温度等参数的模糊变化,灵活调整控制策略;神经网络算法则凭借强大的学习能力,不断优化自身参数,实现更精准的功率点捕捉,让光伏组件始终在高效发电区间运行。基于环境预测的系统运行调度,为系统运行带来前瞻性。借助气象部门提供的精准预测数据,提前知晓未来光照、温度、风速等情况。若预测到光照充足,便让系统以最大功率输出模式全速运转;若光照较弱或有恶劣天气,提前调整系统参数,降低损耗,保障系统稳定运行,避免不必要的能量损失。组串级监控与精细化调节能进一步挖掘系统发电潜力。对每个光伏组串进行独立细致监控,实时掌握电压、电流、功率等参数。一旦发现组串存在异常,如部分组件被遮挡或连接松动,通过精细化调节,如调整组件连接方式、改变组串倾角,让每个组串都能发挥最佳性能,减少因组串间不匹配造成的功率损失。

##### 4.2 高效运维管理体系构建

基于大数据的故障预警与诊断是高效运维的有力武器。收集系统运行中的海量数据,涵盖设备状态、环境参数、发电功率等。通过大数据分析技术,挖掘数据潜在规律,建立故障预警模型。一旦设备出现异常迹象,模型能迅速发出预警,运维人员可及时处理,防止故障扩大,减少停机时间。运维流程的优化与标准化能提升运维效率与质量。梳理运维工作各环节,去除繁琐

步骤,制定标准化流程与操作规范。运维人员按标准操作,不仅工作速度加快,还能避免因操作不当引发设备损坏和安全事故。运维资源的合理配置确保运维工作有序开展。根据系统规模、分布和设备类型,科学调配运维人员、工具和车辆。在故障高发或关键设备区域,增加资源投入;任务较轻区域,适当减少分配,实现资源高效利用。

##### 4.3 系统生命周期的效率保障

全生命周期的性能监测与评估为系统效率保障提供全面支撑。从系统建设起,持续监测光伏组件、逆变器等设备性能,记录各阶段运行数据。定期全面评估,分析性能变化趋势,及时发现潜在问题,为设备维护、更新和系统升级提供决策依据<sup>[5]</sup>。老旧组件的更新与系统升级策略保障系统长期高效运行。组件随使用时间增长会衰减,影响整体效率。当衰减到一定程度,及时更换老旧组件。应关注行业技术发展,适时升级系统,引入先进技术和设备,提升发电效率与可靠性。

#### 结束语

新能源光伏发电系统效率提升是一个综合性课题,涉及组件、系统集成、运行控制运维管理等多方面。通过实施组件层面、系统集成布局优化以及运行控制运维管理等一系列策略,能够有效提升系统效率,增强光伏发电的竞争力。持续探索创新,不断完善相关策略,对推动光伏发电产业进步具有深远意义。

#### 参考文献

- [1]杜任翔,江啸,黄凌辉.分布式光伏发电系统电气设计及性能提升策略研究[J].消费电子,2025(9):80-82.
- [2]姜全越.分布式光伏电站发电效率提升策略分析[J].现代商贸工业,2025(15):263-265.
- [3]王振华.光伏发电系统效率优化与性能提升研究[J].光源与照明,2025(1):120-122.
- [4]承诚.光伏发电系统集成与效率提升关键技术[J].消费电子,2025(18):266-268.
- [5]张建.分布式光伏电站发电效率提升策略研究[J].光源与照明,2023(10):121-123.