

基于多场景的光伏发电系统发电效率优化技术研究

景柏林

贵州黔源电力股份有限公司新能源分公司，贵州贵阳，550000；

摘要：光伏发电系统的发电效率，受运行场景中各类环境因素的直接作用与影响，不同场景下光照强度的强弱、环境温度的高低、遮挡条件的差异，会导致系统发电效率呈现出明显的波动特征。因此，针对多场景开展发电效率优化工作，对提升光伏发电项目的整体能源产出效益、强化其经济可行性具有重要意义。多场景下的发电效率优化，核心前提是精准识别不同场景中制约效率提升的核心影响因素，进而为各场景针对性匹配适配的优化技术方案，从根本上避免单一优化方案因场景适配性不足。通过开展场景科学分类与核心影响因素精准识别、实现光伏组件与系统整体参数的动态适配、推动智能调控技术与各优化手段的融合应用，可有效实现不同运行场景下光伏发电系统发电效率的稳定提升，为光伏发电系统长期、高效、稳定运行提供坚实的技术支撑。

关键词：光伏发电系统；多场景；发电效率；效率优化；智能调控

DOI：10.64216/3080-1508.26.02.067

引言

光伏发电是一种依托半导体材料的光生伏特效应，将自然界中的光能直接转化为电能的清洁型发电形式。该系统在运行过程中，无需消耗煤炭、石油等化石能源，且不会产生二氧化硫、氮氧化物等污染物与温室气体排放，对推动社会能源结构向清洁化、低碳化转型，以及保护生态环境、减少环境负荷具有重要支撑作用。发电效率作为衡量光伏发电系统运行质量与能源转化能力的核心指标，其水平高低直接决定系统在单位时间内的电能产出量，进而影响光伏发电项目的投资回收周期与长期经济收益。因此，精准识别不同场景下制约发电效率的核心影响因素，探索一套能够适配多场景环境差异、实现全场景效率提升的优化技术体系，成为突破当前光伏发电系统效率瓶颈、推动其向规模化、产业化方向发展的重要研究方向。

1 光伏发电系统多场景分类与核心影响因素

1.1 多场景分类依据与类型

第一类为光照差异场景，该场景的核心特征是不同时段、不同区域内的光照强度与光照时长存在明显且稳定的差异，基于这一核心特征，可进一步细分为光照充足、光照中等、光照不足三种具体情况，三种情况的核心区别在于单位时间内光伏组件可吸收的光能总量不同。第二类为温度波动场景，其核心特征是环境温度与光伏组件的最优工作温度区间存在偏离，且偏离程度与持续时间存在差异，依据温度偏离方向与幅度，可细分为低温、常温、高温三种具体情况，常温场景下组件处

于最优工作温度区间，低温与高温场景均会对组件性能产生负面影响。第三类为遮挡干扰场景，核心特征是光伏组件表面存在不同形式、不同范围的遮挡物，导致组件无法充分吸收光能，根据遮挡物的性质与来源，可细分为建筑物遮挡、植被遮挡、灰尘覆盖三种具体情况，不同类型的遮挡物对光能吸收的阻断程度、影响范围与清除难度均存在差异。

1.2 各场景核心效率影响因素

不同运行场景下，对光伏发电系统发电效率产生主导作用的核心影响因素存在本质差异，这些核心因素的状态变化，直接决定了系统效率损耗的类型、程度与传导路径。在光照差异场景中，核心影响因素为光照强度与光照角度，二者共同决定光伏组件的光能吸收总量。光照强度不足时，组件内部无法产生足量的光生载流子，导致光能向电能的转化量随之降低，直接引发效率损耗；光照角度存在偏差时，会使太阳光无法垂直照射组件表面，导致组件实际受光面积缩小，进一步减少光能吸收量，叠加光照强度不足的影响，加剧系统效率损耗。在温度波动场景中，核心影响因素为光伏组件的工作温度，而非环境温度，组件工作温度直接关联其内部能量转化过程的效率。所有类型的光伏组件均存在一个固定的最优工作温度区间，当组件工作温度低于该区间下限时，会导致组件内部光生载流子的运动活性降低，载流子迁移效率下降，进而使电能转化效率出现明显下降。在遮挡干扰场景中，核心影响因素为遮挡范围与遮挡位置，二者共同决定遮挡对系统效率的影响程度与危害范围。

当组件表面出现局部遮挡时,会导致组件内部各电池单元的受光强度不均,受光充足的电池单元产生的电能会向受光不足的遮挡单元倒流,形成局部电流集中,进而引发“热斑效应”,造成遮挡区域温度急剧升高。

2 多场景下光伏发电系统发电效率优化核心技术

2.1 光照差异场景:追光与角度适配技术

追光技术的核心运行逻辑,是通过在系统中部署高精度光照传感器,实时捕捉外部环境光照方向的动态变化与光照强度的波动数据,传感器将采集到的数据传输至控制系统后,控制系统根据预设算法驱动光伏组件围绕预设的旋转轴进行动态旋转,确保组件受光表面始终保持与光照方向垂直的状态,最大限度扩大组件的实际受光面积,减少因光照角度偏差导致的光能吸收损失,该技术可有效适配光照方向持续动态变化的场景,确保不同时段均能实现光能高效吸收。组件角度适配技术则聚焦光照强度差异的适配,其核心是根据不同光照强度场景的光能输入特征,预设并调整光伏组件的最优倾斜角度。在光照充足场景中,通过适当调整组件倾斜角度,避免强光直射组件表面,减少组件因强光照产生的短期温度升高,平衡光能吸收与温度控制;在光照不足场景中,通过优化组件倾斜角度,延长组件在有效光照时段内的受光时间,同时提升单位时间内的光能吸收密度,弥补光照强度不足导致的光能输入缺口,最终实现不同光照强度场景下发电效率的精准适配。

2.2 温度波动场景:散热与温控适配技术

散热技术的核心作用是降低组件在高温场景下的工作温度,避免性能衰减,其实现方式包括被动散热与主动散热两类:被动散热通过在光伏组件背部加装高导热系数的散热结构(如散热片、散热板),利用热传导原理将组件内部产生的热量传导至外部环境,实现自然散热;主动散热则通过采用强制通风、液冷循环等方式,主动加速组件表面与内部的热量散发,在高温环境或组件负荷较高时,可快速降低工作温度,确保组件性能稳定。在低温场景中,散热技术的运行逻辑转为保温与辅助升温,通过在组件外部加装保温结构(如保温棉、保温膜),减少组件内部热量向外部环境流失,维持组件工作温度。温控适配技术则是对散热与保温过程的动态调控,其核心是根据环境温度与组件工作温度的实时变

化,自动调整散热或保温的强度。在常温场景中,组件工作温度处于最优区间,此时可降低散热或保温系统的运行功率,减少温控过程中的能源消耗;在高温或低温场景中,组件工作温度偏离最优区间,此时需强化散热或保温效果,确保组件温度快速回归最优区间,最终实现温度波动场景下“发电效率提升—温控能耗管控”的动态平衡,避免因过度温控导致的额外能源损耗,保障系统整体效益。

2.3 遮挡干扰场景:遮挡规避与热斑抑制技术

遮挡规避技术聚焦从源头减少遮挡对系统的影响,其技术应用涵盖前期规划与后期运维两个阶段:在前期场景勘察与组件安装规划阶段,通过对安装区域的建筑物分布、植被生长情况、光照遮挡规律进行全面勘察,优化光伏组件的安装位置与排列方式,避开建筑物、高大植被等固定遮挡物,从空间布局上减少固定遮挡的影响;在后期系统运维阶段,针对灰尘覆盖、落叶堆积等动态遮挡物,采用自动清洁装置(如喷淋清洁、毛刷清洁)定期对组件表面进行清洁,及时清除遮挡物,减少遮挡范围与遮挡持续时间,从运维层面降低动态遮挡导致的光能吸收损耗,确保组件始终保持良好的受光状态。热斑抑制技术则针对局部遮挡无法完全规避的场景,聚焦阻断“热斑效应”的危害传导,其核心是在光伏组件内部的各电池单元串联路径中,加装热斑保护元件(如旁路二极管)。当组件表面出现局部遮挡,引发受光不均与电流倒流时,保护元件会根据电路中电流、电压的变化自动触发,切断故障电池单元的回路,使电流绕过遮挡区域的电池单元,避免局部电流集中导致的过热现象。

3 多场景光伏发电系统效率优化的协同实现路径

3.1 场景识别与技术自动匹配

在场景识别体系的硬件部署层面,需在光伏阵列周边与组件表面,分别部署光照传感器、温度传感器与遮挡传感器,三类传感器各司其职:光照传感器实时采集光照强度、光照方向数据;温度传感器同步采集环境温度与组件工作温度数据;遮挡传感器则通过图像识别或光强对比,采集组件表面的遮挡范围、遮挡位置数据,三类传感器将采集到的环境参数实时传输至系统中央控制器,形成完整的环境数据链。在场景识别的算法逻

辑层面,中央控制器内预设不同场景的判定标准与阈值范围,控制器对传感器传输的数据进行整合分析,根据数据与预设阈值的匹配程度,自动识别当前系统所处的场景类型(光照差异、温度波动或遮挡干扰),并进一步判断具体的细分场景(如高温、局部遮挡、光照不足),确保场景识别的精准度。基于场景自动识别结果,系统可实现优化技术的自动调用与匹配,无需人工干预。例如,当系统识别当前处于“高温+光照充足”的复合场景时,会同步启动追光技术、组件角度优化技术与散热技术,追光与角度优化技术协同提升光能吸收效率,散热技术同步控制组件温度,避免高温衰减,实现“效率提升—温度管控”的协同;当系统识别当前处于“光照不足+局部遮挡”的复合场景时,会联动启动组件角度适配技术与热斑抑制技术,组件角度适配技术提升光能吸收总量,弥补光照不足,热斑抑制技术阻断局部遮挡的危害,减少多重环境因素叠加导致的效率损耗,实现场景与优化技术的精准、实时匹配,彻底避免人工切换技术方案导致的优化滞后与适配偏差问题。

3.2 全场景参数动态协同调控

建立全场景参数协同调控逻辑,是实现多场景效率持续优化的核心,该逻辑通过整合各类优化技术的核心参数,实现参数间的联动调整与动态更新,避免单一技术参数优化引发的系统整体失衡,确保多技术协同应用时的效率最大化。在参数协同调控的逻辑设计层面,需将追光技术(如追光速度、旋转角度)、温控技术(如散热功率、保温强度)、遮挡规避技术(如清洁频率、保护元件触发阈值)的核心参数纳入统一调控体系,明确各参数间的关联关系与调整规则。例如,在高温场景中,系统启动散热技术提升散热功率时,会同步微调追光角度,将组件受光角度从“垂直光照”调整为“轻微倾斜”,避免强光直射组件表面加剧温度升高,实现“散热参数—追光参数”的联动;在局部遮挡场景中,系统启动热斑保护元件后,会适配调整组件的整体输出电流,使电流与剩余正常电池单元的发电能力匹配,减少故障回路对系统整体发电效率的影响,实现“保护元件参数—输出电流参数”的协同,确保单一技术参数调整时,其他关联参数同步适配,避免系统失衡。同时,参数协

同调控逻辑具备动态更新能力,可根据场景的实时变化调整参数。当系统识别场景从“光照充足”转为“光照中等”时,会同步调整追光速度(降低旋转频率,减少能耗)与组件倾斜角度(优化角度提升受光效率),确保追光技术与角度适配技术的参数始终适配当前光照条件;当场景从“常温”转为“低温”时,会同步降低散热系统功率、提升保温结构强度,必要时启动低温辅助升温参数,确保温控技术参数与温度变化趋势匹配,最终实现多场景、全时段下发电效率的持续稳定优化。

4 结语

基于多场景的光伏发电系统发电效率优化,需以场景的精准分类、核心影响因素的明确识别为基础,脱离这一基础,优化技术将失去针对性,无法解决实际效率损耗问题。优化工作既需通过针对性技术适配单一场景的效率损耗,又需依托协同路径整合多技术优势,避免单一优化方案与场景脱节、多技术应用时相互冲突的问题。针对光照差异场景的追光与角度适配技术,可有效解决光能吸收不足的问题;针对温度波动场景的散热与温控适配技术,能稳定组件工作温度,避免性能衰减;针对遮挡干扰场景的遮挡规避与热斑抑制技术,可减少遮挡影响与热斑危害,三类技术分别解决各场景的核心效率损耗,形成单场景优化的技术支撑。场景识别与技术自动匹配路径,实现了“场景—技术”的精准对接,避免优化滞后;全场景参数动态协同调控路径,实现了“技术—参数”的联动适配,避免系统失衡,两条路径共同推动多场景、多技术的高效协同,减少场景切换与技术叠加导致的效率波动,为光伏发电系统适配复杂多变的自然环境、提升整体能源效益与经济收益提供有力支撑,助力清洁发电技术在能源领域的高效推广与广泛应用。

参考文献

- [1]陈俊卿.光伏发电系统效率优化问题的研究[J].经济技术协作信息,2020(10):56-57.
- [2]柴亚盼.光伏发电系统发电效率研究[D].北京交通大学,2020.
- [3]王婧博.基于SHEPWM的三电平光伏并网逆变器控制方法研究[J].科学技术创新,2020(14):61-62.