

光伏电站选址中太阳能资源评估与地理环境因素对发电效率的影响分析

吴帅江

陕西光伏产业有限公司 陕西 西安 710075

【摘要】：光伏电站选址科学性决定发电效率与项目可行性，核心依赖太阳能资源评估与地理环境因素耦合分析。太阳能资源评估核心方法涵盖数据来源选取、数据整理修正及资源等级划分，明确相关规范与实操要点。地形地貌、海拔气候、土地生态等地理环境因素影响发电效率，结合典型工程案例说明差异特征。构建资源与环境匹配框架及综合评价体系，工程案例验证耦合优化选址有效性。科学的资源评估与地理环境适配选址优化，可提升光伏电站发电效率、降低建设成本，为光伏电站工程选址提供科学依据。

【关键词】：光伏电站；优化；太阳能资源评估；地理环境；发电效率

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.088

1 光伏电站选址中太阳能资源评估方法

1.1 太阳能资源数据来源与选取原则

太阳能资源数据选取核心原则为真实性、代表性、连续性，遵循 GB/T 37526—2019《太阳能资源评估方法》规范，按优先级分为三类。国家级辐射站长序列实测数据为首要选择，优先采用评估目标附近 100 公里内、地形无明显差异的站点数据，保障空间代表性。无国家级辐射站时，以有日照时数记录的气象站为参证，通过日照百分率结合经验系数计算辐射量，即参证气象站长序列计算数据。格点化长序列计算数据作为补充。数据需具备时间代表性，优先采用近 10 年以上数据，短期实测数据有效完整率不低于 95%，连续缺测不超 3 天，经合理性检查、剔除异常后插补订正，青海塔拉滩光伏园区便优先选用共和县国家辐射站近 30 年实测数据。

1.2 太阳辐射数据整理与修正

太阳辐射数据整理执行 GB/T 42477-2023《光伏电站气象观测及资料审核、订正技术规范》，完成完整性与合理性审核，剔除缺测、异常值后，采用同期备用传感器数据或邻近天气时刻数据插补，确保插补后有效完整率达 100%。数据修正核心是代表年订正，比值法或相关法可将短期实测数据转换为代表年数据，结合地外太阳辐射计算结果校验一致性，修正大气衰减、地形遮挡等偏差。高海拔、多沙尘区域需额外修正大气散射与气溶胶衰减影响，山地地形结合无人机 DEM 数据校正遮蔽损失，云南昭通 30MW 山地光伏项目通过 DEM 数据修正南坡与北坡辐射差异，提升数据精度。

1.3 太阳能资源丰富程度等级划分

GB/T 37526—2019 标准下，太阳能资源以年水平面总辐照量为核心指标划分为四级，叠加资源稳定度与直射比综合判定。A 级 ($\geq 6300 \text{ MJ/m}^2$) 资源最丰富，B 级 ($5040\text{--}6300 \text{ MJ/m}^2$) 很丰富，C 级 ($3780\text{--}5040 \text{ MJ/m}^2$) 丰富，D 级 ($< 3780 \text{ MJ/m}^2$) 一般。稳定度按月平均日辐照量极值比划分，直射比为年直接辐照量与总辐照量之比，两者结合可提升资源质量评估效果。青海塔拉滩年均辐照量 6800 MJ/m^2 ，稳定度与直射比均达标，判定为 A 级；云南部分山地受地形遮挡直射比偏低，需用双面组件弥补散射辐射损失，保障发电效率。

2 地理环境因素对光伏电站发电效率的影响

2.1 地形地貌对发电效率的影响

地形地貌通过遮挡、坡度、坡向影响光伏组件接收的太阳辐射量与发电效率，不同地形差异明显^[1]。山地地形里，坡度 $> 30^\circ$ 区域易因组件阵列间距不足产生自遮挡，南坡与北坡辐射差异突出，云南昭通 30MW 山地光伏项目中，南坡年发电量较北坡高 18%，坡度 $> 30^\circ$ 区域因施工与遮挡问题直接弃用。丘陵地带需适配地形起伏调整组件倾角与方位角，规避局部热斑效应；平原地形需避开周边建筑物与树木遮挡，遮挡物高度与间距比通常不超 1:5。微地形差异会影响风速，内蒙古高原丘陵区迎风坡风速较高，组件积灰周期缩短 30%，发电效率下降 5%~8%，工程中可借助无人机航测与 PVSyst 软件优化布局。

2.2 海拔与气候条件对发电效率的影响

海拔通过大气衰减、温度、反射率三重机制影响发电效率，与气候条件形成耦合效应。高海拔区域大气稀薄，太阳辐射衰减较平原少 30%~50%，低温环境

可抑制组件温度升高,西藏那曲光伏电站(海拔4500米)单晶硅组件效率较同纬度平原高18%,过高海拔则面临极端低温、强紫外线等问题,缩短组件寿命10%-15%。晴天多、辐射稳定区域发电效率高,高温、高湿、高风速都会导致效率损失,新疆吐鲁番夏季均温35℃,组件温度每升高1℃效率下降0.4%-0.5%,年发电量损失达8%-10%;高原双面组件可利用裸露沙土、积雪的高反射率,提升背面发电效率10%-15%。

2.3 土地与生态环境对发电效率的影响

土地类型与生态环境通过土壤条件、土地利用限制、生态干扰作用于发电效率与项目可行性^[2]。土壤承载力决定基础选型,江苏滩涂光伏电站土壤承载力低,采用轻量化基础设计,降低25%建设成本,同时避免土壤沉降导致组件倾斜。荒漠、戈壁等低植被区域组件散热良好,效率高于农业区,需应对风沙掩埋问题;农业用地需兼顾“光伏+农业”模式,河北某光伏电站阵列间距8米,实现光伏与小麦种植结合,提升土地综合收益。生态敏感区需严格避让,高寒荒漠草原适合开发,板下植被可减少风速与组件积灰;贵州黔西南石漠化区域依托生态修复技术,搭配柔性支架提升土地利用率40%,保障效率稳定。

3 太阳能资源与地理环境耦合下光伏电站选址优化

3.1 资源与环境匹配性分析

资源与环境匹配性分析构建“资源适宜性-环境兼容性”二维评价框架,以太阳能资源等级为核心,叠加地形、海拔、气候、土地生态多重约束。资源适宜性以年辐照量、稳定度、直射比为指标,优先选择A级资源,B级作为备选,排除稳定度、直射比D级区域,规避效率波动。环境兼容性上,地形优先坡度 $\leq 25^\circ$ 、无连续遮挡区域,海拔优先2000-4000米,兼顾辐射优势与施工难度,气候优先年日照 ≥ 2000 小时、极端天气少的区域,土地优先荒漠、荒滩等未利用地。青海塔拉滩A级资源与平坦地形、低生态干扰高度匹配;云南部分山地B级资源,需依托地形分区与双面组件技术实现匹配性补偿。

参考文献:

- [1] 侯艳青.光伏电站投资回报率与资金风险分析[J].销售与市场,2025,(14):40-42.
- [2] 杨安琪.光伏电站并网对电网继电保护的影响[J].光源与照明,2025,(02):133-135.
- [3] 饶志,杨再敏,杨雄平,等.基于地理和环境特征的光伏电站选址模型[J].电力建设,2025,46(07):163-174.

3.2 选址综合评价指标构建

层次分析法(AHP)用于构建选址综合评价指标体系,分为目标层、准则层、指标层,总权重分配为资源条件60%、环境条件40%,聚焦发电效率与开发可行性。准则层包含资源条件、地形条件、海拔与气候、土地生态4个一级指标,下设13个二级指标,明确各指标量化标准,年辐照量 $\geq 6300 \text{ MJ/m}^2$ 记10分,坡度 $\leq 15^\circ$ 记10分。GIS空间叠加分析可将各指标归一化后计算综合得分, ≥ 8.5 分为最优选址区,7.0-8.5分为适宜区,5.5-7.0分为一般区, < 5.5 分为不适宜区。山西阳泉煤矸石山光伏项目经该模型评估,确定山顶与山坡为最优选址,年发电量达3300万度。

3.3 工程应用选址验证与分析

工程应用选址验证以综合评价结果为基础,结合现场实测与PV Syst模拟,验证选址合理性与发电效率,选取三个典型案例^[3]。青海塔拉滩光伏园区(装机超2000MW)综合得分9.2分,属最优选址,实测年均辐照量 6800 MJ/m^2 ,效率18.5%,较一般选址高12%;云南昭通30MW山地项目得分7.8分,属适宜区,地形优化后发电量提升15%;江苏滩涂47MW项目得分8.1分,采用轻量化基础降低成本25%,效率16.2%,较农业区电站高8%。耦合优化模型可有效提升效率、降本减扰,为光伏电站工程选址提供科学可靠依据。

4 结语

光伏电站选址是融合资源评估与地理环境适配的系统性工作,太阳能资源评估为选址提供核心依据,地形、海拔、气候、土地生态等地理环境因素制约发电效率与项目落地。梳理资源评估流程、剖析地理环境影响、构建综合评价体系,结合典型工程案例验证,明确太阳能资源与地理环境耦合优化的选址思路。严格遵循规范开展资源评估,结合项目实际适配地理环境,可提升光伏电站发电效率、降低建设与运营成本。未来可结合智能化技术,优化评估与选址模型,为光伏电站高质量发展提供更精准支撑。