

# 分布式光伏电站工程建造技术优化路径探索

丁中武

(江苏悦达综合能源服务有限公司, 江苏 盐城 224000)

**摘要** 在“双碳”目标引领下, 分布式光伏电站成为能源转型的核心支撑, 其工程建造技术水平直接关系到电站全生命周期效益与安全运行。本文聚焦工程建造场景, 剖析技术把控的核心价值, 梳理施工质量失衡、设计适配不足、运维管理滞后、电网承载受限等现实难点, 提出强化施工管控、深化设计适配、健全运维体系、推进电网储能协同的优化路径, 以期为提升电站建造质量、推动行业高质量发展提供实践参考。

**关键词** 分布式光伏电站; 工程建造技术; 运维管理; 电网协同

**中图分类号**: TM615

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.03.026

## 0 引言

在全球能源转型与“双碳”目标深入推进的背景下, 分布式光伏电站凭借就近消纳、布局灵活的独特优势, 已广泛应用于工业厂房、居民楼宇等多元场景。工程建造技术作为电站长期稳定运行与效益释放的核心基础, 其科学性与规范性直接决定了能源转换效率、安全保障水平及全生命周期价值, 成为推动分布式光伏产业高质量发展的关键支撑。

## 1 分布式光伏电站工程建造技术把控的意义

### 1.1 提升发电效能稳定性

分布式光伏电站的发电效能与稳定性, 其核心依赖工程建造各环节的技术把控质量。针对依赖自然光照的能源形式, 组件安装的精准度、阵列排布的科学性直接决定了光能捕获效率, 技术把控能规范这些关键环节, 避免因安装偏差、排布不合理导致的光照利用不足问题。同时, 通过对电缆选型、铺设工艺及逆变器等核心设备配置的严格规范, 可有效减少电能传输与转换过程中的损耗, 避免系统运行失衡, 为电站长期稳定输出提供核心技术支撑, 确保其在整个运营周期内持续发挥能源转换效能。技术把控还能适配不同区域光照、温湿度差异, 优化设备运行参数, 抵御风雨侵蚀等外部环境的影响, 进一步强化输出稳定性。

### 1.2 压降全周期建设成本

技术把控对分布式光伏电站全周期成本的压降作用贯穿项目设计、施工、运维的完整流程。设计阶段的技术优化能规避不合理方案带来的资源浪费, 通过科学选型与结构设计提升材料利用效率; 施工阶段的

技术规范可减少因操作不当导致的返工返修, 降低额外人力与物料投入; 运维阶段的技术标准能为设备养护提供明确指引, 延长设备使用寿命, 减少故障维修与设备更换的频次<sup>[1]</sup>。这种全流程的技术管控, 能从源头到后期持续优化成本结构, 实现项目经济效益的最大化。同时, 通过精准测算与流程优化, 减少材料冗余采购、缩短施工周期, 降低资金占用成本与管理成本。

### 1.3 筑牢安全合规防线

分布式光伏电站多依托建筑屋顶或工业园区建设, 安全运行与合规推进是项目落地的基本前提, 而技术把控正是筑牢这一防线的核心手段。在安全层面, 通过对支架承重设计、接地系统搭建、线缆防水处理等关键环节的技术规范, 可有效防范屋顶坍塌、漏电等安全隐患, 保障项目周边人员的人身和财产安全。在合规层面, 技术把控严格遵循行业相关技术标准与法规要求, 确保项目在建筑荷载、消防设施、环保要求等方面均符合验收标准, 规避因不合规导致的项目停工、整改等风险, 为项目顺利推进与长期运营提供保障。技术把控还能动态适配最新法规政策调整, 提前预留合规升级空间, 避免后期因标准更新产生额外整改成本。

## 2 分布式光伏电站工程建造技术存在的问题

### 2.1 施工质量把控失衡

分布式光伏施工环节的质量管控漏洞, 集中体现在材料选用与施工工艺两大核心维度。部分施工单位为压缩成本, 刻意选用不符合行业标准的低质材料, 支架厚度、电缆截面等关键指标不达标, 长期暴露在户外环境中, 尤其是沿海高盐地区, 支架锈蚀速度加

**作者简介**: 丁中武 (1982-), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 光伏发电。

快 30% 以上, 易出现锈蚀、老化、断裂等问题, 直接影响电站结构稳定性与使用寿命。同时, 施工团队准入门槛低, 技术培训缺失, 操作人员缺乏标准化作业意识, 在组件安装、电气连接、防水处理等关键环节存在诸多不规范行为, 如组件安装角度偏差、接线虚接、防水胶条铺设不平整等, 此类虚接问题在夏季高温时易引发配电箱过热跳闸, 甚至烧毁设备, 不仅会降低发电效率, 还给后期运行埋下安全隐患, 增加故障发生率与维修成本<sup>[2]</sup>。更关键的是, 部分项目缺乏全过程质量监督机制, 没有第三方检测机构介入, 材料进场验收流于形式, 施工过程中的违规操作难以被及时发现, 导致质量问题积少成多, 投运后集中爆发。

## 2.2 设计适配衔接不畅

设计环节与实地工况的脱节, 是导致分布式光伏项目效能不达标的重要根源。设计前缺乏全面细致的实地勘察, 对屋顶结构、承重能力、周边遮挡物分布及生长趋势、区域光照条件等关键数据采集不充分, 比如未测算周边树木年均生长高度, 投运 1 年后遮挡面积扩大 25%, 导致组件排布、支架选型等设计方案与实际不符, 投运后易出现阴影遮挡、承重超标等问题。此外, 设计过程中缺乏与电网企业、建筑产权方等相关主体的有效协同, 对配电网接入容量、接入点分布等情况掌握不全面, 导致接入方案不合理, 引发并网困难或发电受限; 同时, 部分设计忽视后期运维需求, 未预留充足的检修通道与设备操作空间, 如屋顶电站检修通道仅宽 0.6 m, 运维人员难以携带工具作业, 大幅增加运维难度与成本。设计方案还存在“一刀切”现象, 缺乏对老旧建筑、复杂地形等特殊场景的专项优化, 且设计文档对施工细节标注不清, 易导致施工方理解偏差, 进一步加剧设计与实际的脱节。

## 2.3 运维管理机制滞后

分布式光伏运维管理的滞后性主要表现为体系缺失、技术落后与响应低效。多数中小型电站未建立系统化的运维管理制度, 缺乏明确的巡检频率、清洁标准与故障处理流程, 依赖人工随机巡检, 部分项目甚至每月仅巡检 1 次, 难以实现全覆盖、无死角的隐患排查, 组件表面积灰、鸟粪堆积、杂草遮挡等问题长期得不到解决, 当积灰厚度达 2 mm 时, 会导致发电量持续衰减。此外, 运维技术手段单一, 未引入远程监控、红外检测等智能化设备, 无法实时监测电站运行状态, 对组件热斑、隐裂、逆变器故障等潜在问题发现不及时<sup>[3]</sup>; 故障发生后, 缺乏快速响应机制, 维修流程繁琐、人员调配不及时, 如逆变器故障后平均修复时长超 72

小时, 导致停机时间过长, 造成大量发电损失。运维资金投入不足、专业人才匮乏也是突出问题, 部分企业将运维外包给非专业团队, 人员技能不足, 难以应对复杂故障, 且缺乏常态化培训, 运维能力始终处于较低水平。

## 2.4 电网接入承载受限

分布式光伏的大规模快速发展, 与配电网承载能力、接入机制之间的矛盾日益突出。部分区域配电网建设规划滞后于光伏项目发展速度, 线路导线截面偏小、变压器容量不足。例如: 某工业园区配变容量仅 630 kVA, 却集中接入 900 kW 光伏项目, 午间出力高峰时被迫限发, 限发率高达 35%, 难以承接集中接入的光伏出力, 导致光伏电力消纳困难, 被迫采取限发措施, 严重影响项目发电效益。同时, 并网审批流程涉及发改、电网、住建等多个部门, 审批环节繁琐、政策标准不统一, 部门间协调沟通成本高、周期长, 平均审批时长超 2 个月, 不仅延误项目投运进度, 还增加项目前期筹备的时间与人力成本。此外, 配电网智能化水平不足, 缺乏对分布式光伏出力的精准预测与灵活调度能力, 进一步加剧了电网接入与消纳的压力。不同区域并网政策差异较大, 部分地区缺乏明确的接入标准与流程指引, 企业需反复沟通确认, 且配电网改造与光伏项目推进不同步, 导致部分项目建成后长期无法并网, 资源闲置浪费。

## 3 分布式光伏电站工程建造技术优化路径

### 3.1 强化施工质量管控

在分布式光伏施工中, 基础浇筑强度不达标、组件安装角度偏差 1° 以上就可能致年发电量损失 5%, 而线缆连接力矩不足引发的虚接问题, 更是夏季配电箱跳闸的常见诱因。为解决这些细节隐患, 需以“标准化施工 + 第三方监理”为核心抓手: 先制定《组件安装工艺手册》, 明确基础浇筑混凝土强度需达 C30、钢筋间距误差不超过  $\pm 5$  mm, 组件安装角度误差锁定在  $\pm 1^\circ$  内, 并网前需完成绝缘电阻  $\geq 20$  M $\Omega$  的检测, 同时细化 12 个关键节点核查清单, 每个节点必须经第三方监理签字确认才能推进。施工人员培训每月开展 1 次, 内容涵盖水平仪操作规范、多股铜线连接力矩  $\geq 1.2$  N·m 的标准, 考核采用 40% 理论 + 60% 实操的模式, 未达 80 分需补考, 合格后方可上岗; 组件安装完成 48 小时内, 用无人机厘米级定位技术复核阵列角度, 偏差超标的点位标注整改期限, 整改后二次巡检确认。材料进场时需同步开展抽检, 重点核查支架镀锌层厚度、电缆绝缘层完整性, 不合格材料直接清退出场;

施工期间做好成品保护，组件表面张贴保护膜，避免硬物划伤，接线盒、逆变器等设备做好防雨防尘遮盖。

### 3.2 深化设计实地适配

不少分布式光伏项目投运后，会因周边树木生长、屋顶承重测算偏差出现发电效率骤降或安全风险，这源于设计阶段脱离实地变量的“纸上谈兵”。要破解这一问题，需将实地适配贯穿设计全流程：采用BIM技术构建模型时，不仅需导入屋顶结构CAD图纸，还需录入当地近5年逐时光照数据、周边遮挡物树木建筑的坐标与高度参数，模拟四季9:00-15:00的阴影变化，据此调整组件排布间距，确保冬至日9:00后无遮挡。设计前联合结构工程师现场勘查，用回弹仪检测屋顶混凝土强度，按建筑年限制定支架方案：5年内建筑用常规钢制支架，5~10年建筑选轻量化铝合金支架，10年以上建筑额外增设承加重固件；同时主动对接电网企业，获取项目台区年度最大负荷、剩余接入容量等数据，接入容量按台区剩余容量的80%设计，线路路径优先利用原有电缆井，避免二次开挖<sup>[4]</sup>。设计方案需组织施工、运维、电网三方联合评审，重点论证组件排布合理性、运维通道便利性 & 并网可行性，评审意见纳入最终设计文件，施工中若遇实地条件变化，及时启动设计变更流程并重新复核。

### 3.3 健全运维管理体系

分布式光伏运维常陷入“人工巡检覆盖不全、故障发现滞后”的困境，尤其是工业厂房屋顶项目，组件表面积灰3个月不清理就会导致发电量下降8%~10%，而逆变器故障后48小时内不修复，损失更是持续累积。针对这些难点，需构建“远程监控+定期巡检”的闭环体系：电站云平台实时采集每块组件的发电量、背板温度，逆变器的输入输出电压、电流，线缆接头温度等数据，设定组件温度超70℃、逆变器效率低于95%时自动报警，报警信息同步推送至运维人员手机APP与电脑端。组件清洁每季度1次，清洁前断开组件串直流开关，用0.3~0.5 MPa压力的高压清洗机搭配中性清洁剂，从组件顶部向底部冲洗，避免水流渗入接线盒；红外热像仪检测每半年1次，选择环境温度20~25℃的阴天或傍晚进行，重点排查温差超5℃的热斑组件、温升超40℃的逆变器IGBT模块，检测后生成隐患报告，运维人员8小时内抵达现场排查修复，修复数据同步上传平台存档。建立运维人员技能考核机制，每半年开展1次实操演练，内容涵盖故障排查、设备维护等核心技能，考核结果与绩效挂钩；同时完善设备台账管理，详细记录设备型号、安装时间、维护记录等信息，实现全生命周期可追溯。

### 3.4 推进电网储能协同

在配电网容量有限的工业园区，分布式光伏常因午间出力高峰与用电低谷错配被限电，部分项目年限电率甚至达15%，既影响投资回报，也增加了电网调控压力。想要缓解这一矛盾，需以“光伏+储能”协同为核心解决方案：储能系统按光伏装机容量的25%~30%配置，选用充放电效率≥90%的磷酸铁锂电池，设定固定充放电策略：11:00-14:00光伏出力高峰时充电至容量90%后停止，18:00-21:00用电高峰时放电至容量20%后切换浮充。同时推动与电网企业的数据共享，按小时上传光伏实时发电量、储能充放电状态、项目用电负荷数据，接入电网调度平台；签订调峰协议，承诺电网调峰指令下达后30分钟内调整储能放电功率，确保响应及时且符合电网调控要求<sup>[5]</sup>。建立储能系统定期维护机制，每月检查电池单体电压一致性、充放电接口连接状况，每季度开展1次充放电循环测试，及时更换衰减严重的电池模块；推动区域内光伏项目集群化管理，构建分布式光伏协同调度平台，统筹协调各项目充放电节奏，提升整体消纳能力，减少单点限电影响。

## 4 结束语

分布式光伏电站的工程建设技术优化，是破解当前项目“建得快、效益低”难题的关键。通过聚焦施工质量、设计适配、运维管理、电网协同四大核心环节，将技术规范落地到项目全流程，既能提升电站的发电效能与安全性，也能降低全周期成本，为新能源产业高质量发展提供支撑。未来还需结合智能化技术，持续迭代优化路径，使分布式光伏在能源转型中发挥更大作用。

### 参考文献：

- [1] 刘一瑾,李杰伟.高海拔地区光伏电站建设难点与关键技术分析[J].光源与照明,2025(06):162-164.
- [2] 王悦,欧歌.新能源光伏电站发展现状以及应用[C]//江西省工程师联合会.第二届智能工程与经济建设学术研讨会论文集(二).内蒙古电力(集团)有限责任公司乌海供电公司海南供电分公司,2025.
- [3] 艾勇兵.新能源光伏电站发展现状及规划设计[J].光源与照明,2025(01):153-155.
- [4] 林旭洲.分布式光伏电站在高原地区的应用与前景分析[J].青海交通科技,2024,36(04):98-102.
- [5] 湛航.新能源光伏电站技术及项目建设策略分析[J].光源与照明,2023(10):115-117.