分布式光伏项目全生命周期建设管理研究

叶华林

（中国华电集团有限公司福建分公司，福建 福州 350001）

摘 要 为解决分布式光伏项目建设阶段衔接不紧、施工控制粗放、并网移交断点和运维反馈不足等问题，本文立足于全生命周期管理视角，结合项目前期决策、方案设计、采购施工、并网验收和运行评价等环节展开分析。研究认为，项目管理需围绕屋面条件识别、收益测算校核、设备材料准入、关键工序控制、技术资料闭合和运行数据反馈形成连续链条，并将质量、安全、进度和效益控制嵌入各阶段管理过程。结果表明，该管理路径能够减少前后环节脱节，强化建设过程可控性，增强项目投运后的运行稳定性和收益保障能力。

关键词 分布式光伏；全生命周期；建设管理；并网验收；运维评价

中图分类号：TM615；TU712.1 **文献标志码**：A DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.022

0 引言

随着“双碳”行动方案的实施，我国分布式光伏行业发展十分迅速。官方最新数据显示，2025年我国分布式光伏行业新增装机容量为153 GW，同比增长21%，占光伏整体新增容量的48%[1]。与集中式电站相比，分布式光伏更多依附既有屋面和用电场景，屋面荷载、遮挡条件、接入容量、施工扰动和运维响应都会影响项目质量。部分项目前期测算粗略、施工管控松散、资料闭合不足，容易造成发电收益偏离预期，全生命周期管理已成为保障项目稳定运行的重要支撑。

1 分布式光伏项目前期决策与方案设计管理

1.1 项目建设条件识别

分布式光伏项目前期建设条件识别，核心在于把屋面资源、建筑安全、用电消纳和电网接入放入同一判断链条，避免仅凭屋顶面积和装机意愿决策，现场评估需核查屋面类型、防水状态、可利用面积、遮挡情况和新增荷载，并同步关注检修通道、消防间距与排水组织。工商业场景还需核对日负荷曲线、自用电比例、配电容量和接入点位置；涉及租赁屋顶或多产权建筑时，应提前明确使用权、合同期限、收益分配和维修责任，防止条件遗漏向设计、施工及投运阶段传导。

1.2 投资收益与发电能力测算

投资收益与发电能力测算需要以真实场景数据为基础，将装机容量、年辐照水平、系统效率、企业负荷曲线、电价结构和运维成本纳入同一核算口径，避免以理论满发小时简单推算收益。在测算过程中，装机容量结合可利用屋面面积、组件排布间距和遮挡损耗确定，年发电量则需考虑组件衰减、逆变器效率、线路损耗和清洗维护条件；工商业项目还需区分自发自用电量与余电上网电量，自用比例越高，项目收益通常越稳定，年发电收益可按式（1）估算：

$$R=E_s\times P_s+E_g\times P_g-C_o \quad (1)$$

式(1)中，R表示年发电收益，E_s表示自发自用电量，P_s表示企业用电单价，E_g表示余电上网电量，P_g表示上网电价，C_o表示年运维成本。收益测算完成后，还需结合组件采购、逆变器配置、支架安装、并网接入和后期检修费用核算静态投资回收期，并对电价波动、消纳比例变化、设备衰减等因素开展敏感性校核。

1.3 设计方案优化与接入条件预控

设计方案优化需要在建设条件识别和收益测算基础上展开，重点校核组件排布、逆变器配置、支架形式、电缆路径和接入点位置之间的匹配关系，避免单纯追求装机容量而压缩检修通道、增加遮挡损耗或放大屋面荷载风险[2]。方案比选时，组件倾角、阵列间距、逆变器容量配比和直流侧线路长度需结合屋面形态、企业配电系统和后期运维需求综合确定，防雷接地、消防通道、排水组织及屋面防水节点也需提前纳入图纸审查。接入条件预控则应围绕配电容量、计量方式、保护配置和并网接入点开展技术校核，提前对接电网接入要求和业主用电边界，使设计成果能够支撑后续采购、施工与调试工作衔接。

作者简介：叶华林（1991-），男，本科，工程师，研究方向：新能源开发建设管理。

2 分布式光伏项目采购与施工建设管理

2.1 设备材料采购与质量准入

设备材料采购是分布式光伏项目建设质量前移控制的重要环节，需围绕组件、逆变器、支架、电缆和配电箱等关键材料建立准入清单，将产品认证、检测报告、质保条件、技术参数和现场适配性纳入审核。光伏组件重点核查功率等级、衰减指标和质保文件，逆变器需结合装机容量、并网方式和安装环境校核容量配置、防护等级与转换效率，室外安装设备防护等级通常不低于 IP65。设备到场后，施工单位联合监理复核型号、规格、外观和随货资料，对组件隐裂、支架镀锌层破损、电缆护套损伤等问题及时登记处理，形成采购、验收、入库、领用和安装位置之间的追溯链条。

2.2 现场施工组织与进度协调

现场施工组织需结合既有建筑条件和项目建设节奏展开，将作业面划分、材料转运、班组进场和停送电配合纳入统一调度，避免施工安排脱离业主生产秩序和屋面承载条件[3]。工商业屋顶项目常见通道狭窄、设备密集和生产区不停运等情况，施工前需完成作业边界、吊装路线、临边防护和材料堆放区域确认，组件、支架上屋面后按区域分散堆放。进度协调可围绕支架安装、组件铺设、电缆敷设、设备接线和系统调试设置节点计划，并结合天气变化、停电窗口和电网验收要求动态调整施工节奏。

2.3 关键工序质量控制与施工风险防范

关键工序质量控制需承接设备准入和现场组织成果，将支架安装、组件铺设、电缆敷设、防雷接地和屋面防水纳入连续检查链条，防止施工风险在隐蔽部位累积。现场复核重点放在支架固定强度、组件排布间距、电缆编号与绝缘保护、防雷接地连续性及屋面防水保护等内容，接地电阻通常按设计或规范允许范围控制。施工单位自检、监理复检和隐蔽验收需贯穿关键节点，对组件破损、支架松动、电缆损伤和接地连接异常等问题建立整改清单，并结合“发现—记录—整改—复核—销项”流程形成闭环，关键工序质量与风险防控框架（如图 1 所示）。

3 分布式光伏项目并网验收与运行移交管理

3.1 系统调试与并网检测

关键工序完成并经现场复核后，项目进入系统调试与并网检测阶段，管理重点由施工过程控制转向电气性能校验和并网条件确认。调试前需核对组件串接关系、汇流线路、逆变器参数、计量装置和保护配置，防止接线错误、极性反接、通信异常等问题进入并网环节；绝缘电阻、接地电阻和保护装置动作情况宜作为检测重点，其中接地电阻通常按设计要求和现场接地系统条件复核，检测记录需与设备编号、回路位置对应[4]。逆变器试运行时，应观察电压、电流、功率因数、告警信息和发电曲线变化，对异常波动及时停

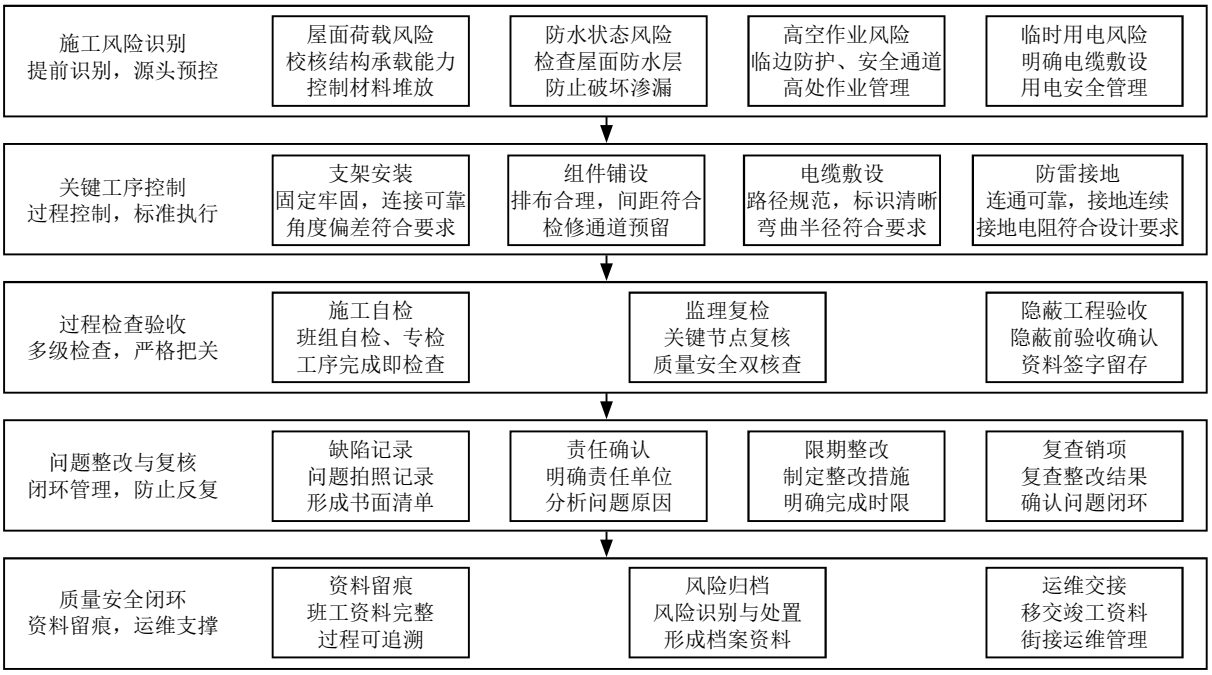

图 1 分布式光伏项目关键工序质量与风险防控流程

机排查，并将整改结果纳入复测记录，确保并网检测结果能够支撑后续竣工验收和运行移交。

3.2 竣工验收组织与技术资料闭合

系统调试与并网检测完成后，竣工验收需同步核查工程实体、检测结果、整改记录和资料链条，避免项目进入运行阶段后出现依据缺失[5]。验收组织可围绕组件阵列、逆变器、配电柜、防雷接地、计量装置和通信系统展开复核，绝缘电阻、接地电阻、保护动作记录等检测资料需与现场回路编号保持一致，隐蔽工程验收记录、设计变更单、设备合格证、质保文件和竣工图也应同步归集。对验收中发现的接线标识不清、资料缺页、设备编号不一致、整改影像缺失等问题，宜建立问题清单并限定复核节点，待实体质量和技术资料形成闭合后，再进入运行移交环节。

3.3 运行移交与责任界面确认

竣工验收和技术资料闭合后，运行移交需把设备状态、资料成果和责任边界同步转入运维体系，避免建设阶段遗留问题在投运后形成管理断点。移交内容包括主要设备、备品备件、质保文件、竣工图、调试记录、检测报告、隐蔽验收资料和整改闭合清单；涉及屋面维修、防水保护、设备质保、故障响应和停送电配合等事项，需在建设单位、施工单位、业主单位和运维单位之间明确责任界面。运行前交底围绕设备启停、告警识别、日常巡检、安全隔离和应急处置展开，为后续运行监测、故障处理和效益评价提供连续依据。

4 分布式光伏项目运维管理与效益评价优化

4.1 运行监测与日常维护

运行移交完成后，运维管理需依托监测平台和现场巡检共同掌握系统状态，重点关注发电量、逆变器运行参数、组件温度、功率因数和告警信息，避免运行异常长期隐藏在发电波动之中[6]。日常维护需结合历史发电曲线、天气条件和负荷变化判断系统效率，单日发电量较同等辐照条件下预测值偏差超过10%时，通常需核查组件积灰、局部遮挡、逆变器限发、通信中断和线路接触不良等因素。现场巡检围绕组件破损、热斑痕迹、电缆接头、汇流设备和屋面排水情况展开，清洗维护结合积灰程度、降雨频次和安全作业条件安排，形成远程监测与现场核验的连续衔接。

4.2 故障响应与运行安全管控

故障响应需承接运行监测结果，将告警识别、等级判断、现场处置和复核销项纳入统一流程，避免故障停留在平台提示层面。运维人员接到逆变器停机、组串电流异常、通信中断、接地告警或发电量突降等信息后，先结合监测数据判断影响范围，再安排现场排查，常规故障响应时间可控制在24小时内，涉及电气安全、屋面渗漏或大面积停发的故障则需形成专项处置单。在现场处理过程中，同步落实停送电确认、作业隔离和安全防护，重点核查组件热斑、电缆老化、接头松动、保护装置动作和接地连接状态；故障消除后，需对发电曲线、告警记录和维修影像进行复核归档，形成原因分析、整改措施和后续观察要求。

4.3 发电效益评价与管理优化

发电效益评价需承接运行监测和故障处置结果，将实际发电量、系统效率、故障停机时长、自发自用比例、余电上网电量和运维成本纳入同一评价口径，避免仅以累计发电量判断项目运行状态。月度或季度评价中，实际发电量持续低于预测值时，需结合组件衰减、遮挡变化、逆变器效率、清洗周期和线路损耗查找偏差来源；收益偏离测算结果时，还需复核电价结构、企业负荷变化和余电消纳比例，判断偏差来自运行管理还是前期测算口径，评价结果可反向修正清洗计划、巡检频次、备件配置和后续同类项目测算依据。

5 结束语

分布式光伏项目的建设成效，取决于前期判断、过程控制、交付衔接和运行反馈能否形成连续管理链条。面对屋面条件复杂、参与主体多元、并网要求严格和收益周期较长等特点，项目管理需要从单点控制转向全过程协同，把建设条件核查、方案适配、材料准入、工序管控、验收移交和运维评价纳入同一责任体系。以技术参数校核支撑管理判断，以运行数据反馈修正建设经验，能够增强项目质量稳定性、运行安全性和收益可预期性，也为分布式光伏在工商业场景中的规范开发与长期利用提供更稳固的管理基础。

参考文献：

[1] 章哲玮.分布式光伏发电建设项目全过程风险管理分析[J].中华建设,2024(07):71-73.
[2] 陈斌.分布式光伏发电项目建设全过程管理优化研究[J].电气应用,2025,44(12):80-85.
[3] 王慧萍.分布式光伏发电项目的建设期投资成本控制与评价研究[J].太阳能,2025(11):5-15.
[4] 邓文忠.分布式光伏发电项目建设中的安全管理问题的思考与探讨[J].中国住宅设施,2025(09):102-104.
[5] 杨蕾.分布式光伏发电建设项目全过程管理策略[J].中国科技纵横,2025(09):105-107.
[6] 李珂,刘芳,张庆.小程序技术在分布式光伏项目全生命周期中的应用[J].四川建筑,2025,45(S1):127-129.