

分布式光伏在机电工程施工中的集成化安装技术研究

吴国明

江西东为高新技术有限公司 江西 南昌 330000

【摘要】：本文聚焦于分布式光伏在机电工程施工中的集成化安装技术，深入分析了该技术的特点、关键环节及实施要点。结合实际工程案例，探讨了集成化安装技术在提高施工效率、保障系统性能、降低成本等方面的优势，旨在为分布式光伏在机电工程领域的推广应用提供理论支持与实践指导。

【关键词】：分布式光伏；机电工程；集成化安装技术

DOI:10.12417/2705-0998.26.10.088

1 引言

随着全球能源需求的持续增长以及传统能源资源的日益枯竭，可再生能源的开发与利用成为解决能源问题的关键途径。分布式光伏作为一种清洁、可再生的能源形式，具有安装灵活、就近发电、减少输电损耗等优点，在机电工程领域得到了广泛应用。集成化安装技术作为分布式光伏系统建设的重要手段，能够提高施工效率、保障系统性能、降低成本，对于推动分布式光伏的大规模应用具有重要意义。

2 分布式光伏系统概述

2.1 系统组成

分布式光伏系统主要由光伏组件、逆变器、电气系统、监控系统及支架系统等关键部分协同组成。光伏组件是系统的核心能量转换单元，通过半导体材料的光生伏特效应，将太阳光能直接转化为直流电能，为用户提供持续、清洁的可再生能源。逆变器作为系统的“心脏”，负责将光伏组件产生的直流电高效、稳定地转换为符合电网要求的交流电，以便实现与公共电网的无缝并网或直接供应用户负载使用。电气系统则构成了电力传输的脉络，包括汇流箱、配电柜、电缆等，它负责安全、可靠地将逆变器输出的交流电输送到用户端或电网接入点，同时集成保护装置以确保整个电力系统的安全稳定运行。监控系统则是系统的“智慧大脑”，通过数据采集器、传感器和远程通讯技术，对整个系统的运行状态，包括发电量、电压、电流、功率、设备温度等关键参数进行全天候实时监测与分析，以便运维人员能够及时发现潜在故障、优化运行策略并快速解决问题，从而最大化系统效益。

2.2 系统特点

分布式光伏系统具有高度的灵活性与可定制性，能够根据用户的个性化能源需求、可用场地空间及投资预算进行量身设计，其安装形式多样，既可以规模化铺设于工商业厂房屋顶、农业大棚或开阔地面，也可以创新性地集成到建筑物立面、车棚、雨棚等结构上，实现光伏建筑一体化。同时，该系统展现出卓越的环境适应性与可靠性，采用优质材料与防护设计，能够在高温、高湿、强风、沙尘等多种复杂地理与气候环境中长

期稳定运行，其发电性能虽受日照强度影响，但系统本身具备耐候性，保障了全生命周期的平稳输出。此外，分布式光伏系统以其较低的运行与维护成本而著称，由于系统规模相对适中，结构清晰，日常巡检、清洗和维护工作简便，运营成本可控；更重要的是，其在发电过程中不产生任何噪音、废气或固体废弃物，实现了零碳排放，不仅为用户带来长期的电费节约与潜在收益，也为推动区域能源结构转型、应对气候变化作出了积极贡献，兼具显著的经济效益与深远的社会效益。

3 集成化安装技术在分布式光伏机电工程中的应用

3.1 集成化设计理念

集成化设计理念是分布式光伏集成化安装技术的基石与灵魂。在设计初始阶段，就必须打破传统专业壁垒，从机电工程整体乃至建筑整体的视角出发，综合考虑空间布局、结构安全、电气连接、功能协同与美学融合等多维度需求，将光伏发电系统与原有的或新建的机电设备、建筑结构进行深度、有机的结合，旨在实现资源共享、功能互补与协同工作效能的倍增。例如，在现代化建筑机电工程中，可以通过定制化光伏建材（如光伏瓦、光伏幕墙）将光伏组件完美集成到建筑屋顶或立面之中，这不仅能够满足建筑自身的发电需求，实现能源自给，还能兼顾建筑的外立面美观、隔热保温及防水等功能，达到“一物多用”的效果。同时，通过运用 BIM 等先进设计工具进行协同设计与模拟分析，可以优化电气系统的拓扑结构，精准计算线缆路径与规格，从而有效减少线路传输损耗，提升整个系统的能源综合利用效率，并为后续的智能运维奠定数字化基础。

3.2 关键安装环节

3.2.1 光伏组件安装

光伏组件的安装是分布式光伏系统建设中至关重要的物理基础环节。在安装工程启动前，必须对预选场地进行详尽的现场勘测与评估，全面了解地理环境、气候特征、土地利用性质、屋顶承载力、遮挡物情况以及全年光照资源分布等关键信息，为后续的系统设计、设备选型与安装施工提供科学、可靠的数据支持。根据勘测结果与模拟分析，需要因地制宜地优化确定光伏阵列的排布方式、安装倾角与方位角，以期在全生命

周期内最大化接收太阳辐射量，确保系统发电效率的最优化。在具体安装施工过程中，必须严格遵循经过审批的设计图纸与施工规范，确保支架系统的安装牢固、基础稳定，能够抵御当地最大风载与雪载；光伏组件在支架上的安装必须平整、整齐，间距合理，连接件坚固可靠；组件之间的电缆连接需采用专用接插件，并做好防水、防紫外线和防机械损伤保护，确保电气连接的长期可靠性与安全性。

3.2.2 逆变器安装

逆变器是将光伏组件产生的直流电高效、高质量地转换为交流电的核心电力电子设备。其选型需根据系统总体规划容量、组件串并联方案、现场安装环境以及并网要求，综合考虑技术性与经济性，选用效率高、可靠性强、具备必要防护等级（如 IP65）的集中式、组串式或微型逆变器。逆变器的安装位置应精心选择，优先考虑阴凉、通风良好、便于巡检和维护的场所（如配电房、设备间或专用逆变器房），以确保其工作时产生的热量能够及时散发，避免因过热导致性能衰减或故障。在安装过程中，必须重点关注逆变器的机械固定强度、输入输出电缆的正确连接与紧固，并严格按照电气安全规范实施有效的接地保护与防雷保护措施，所有金属外壳必须可靠接地，以保障设备与操作人员的安全，确保整个发电系统能够长期稳定运行。

3.2.3 电气系统安装

电气系统的安全、规范安装是保障分布式光伏电站可靠并网与安全运行的生命线。这一环节涵盖了直流侧与交流侧电缆的敷设、汇流箱与配电箱（柜）的安装、过流过压保护装置的配置以及全面的防雷与接地系统施工。电缆敷设应遵循路径最短、安全隐蔽、经济合理的原则进行规划设计，不同电压等级的电缆需分层、分开敷设，避免交叉缠绕，尽量减少直角弯，以降低线路损耗并便于后期检修。所有电缆接头必须在专用接线盒或设备端子内牢靠连接，并做好绝缘与密封处理。配电箱（柜）的安装位置应便于操作和监控，内部电气元件的排列与接线必须符合相关电气设计规范与图纸要求，确保安装牢固、标识清晰、相序正确。防雷接地系统是抵御雷击侵害、保障人身与设备安全的关键，必须严格按照设计要求与国家标准进行施工，包括安装合适的浪涌保护器，并建设完善的接地网，确保各设备接地点的接地电阻值经测试后符合规范要求，形成有效的等电位连接。

3.3 集成化施工管理

集成化施工管理是确保分布式光伏集成化安装技术从蓝图顺利转化为高质量实体工程的关键保障。在项目施工全过程中，需建立一套覆盖设计、采购、施工、调试、验收各阶段的精益化项目管理体系，明确各参与方（业主、设计、施工、监理、设备供应商）的职责界面与协同工作机制，制定详细的质

量控制计划与安全管理预案。通过引入项目管理系统、BIM 协同平台等信息化管理手段，可以对施工进度、资源调配、工艺流程、质量控制点以及现场安全状况进行动态、实时监控与数字化管理，实现信息透明共享与高效决策。例如，利用移动终端进行现场质量巡检与数据填报，通过无人机进行高空安装进度巡查等。这种精细化的集成管理能够有效减少施工过程中的接口冲突、返工浪费与安全风险，显著提升整体施工效率与工程管理水平，最终确保项目按期、保质、保量、安全地交付。

4 集成化安装技术的优势

4.1 提高施工效率

集成化安装技术通过前端的协同设计与后端的流程再造，极大地优化了施工工序与资源配置，从而显著提升了整体施工效率。它将原本可能孤立、串行的设计施工环节（如结构、电气、暖通等）转变为并行、协同的作业模式，减少了大量的现场协调工作、重复劳动以及因设计冲突导致的交叉作业与返工。例如，采用预装配的模块化光伏支架系统和“即插即用”式的标准化电气连接套件，可以大幅缩短现场组装与接线时间，实现光伏阵列的快速部署与调试。同时，依托于集成化施工管理平台，可以实现人力、机具、材料等施工资源的精准计划与动态调配，确保各工种、各工序之间衔接顺畅，协同工作，避免了资源闲置或短缺，从而从管理和技术两个层面双重发力，有效压缩了施工周期，加快了项目投产速度。

4.2 保障系统性能

集成化安装技术的核心目标之一是实现系统整体性能的最优化，而不仅仅是各部件的简单堆砌。它强调从系统全局角度进行精细化设计与施工控制，从而确保分布式光伏系统在全生命周期内保持高发电效率与高运行可靠性。例如，在系统设计阶段，通过集成化的阴影分析、热斑风险评估与电气匹配计算，可以指导光伏组件的最优排布与逆变器的精准选型，从源头上提升能量捕获与转换效率。在安装施工阶段，严格的工艺控制（如精确的安装角度控制、可靠的电气连接、规范的接地施工）确保了每一块组件、每一段线路都能发挥其应有性能，减少因安装不当导致的性能损失或安全隐患。这种对系统整体性和细节一致性的高度关注，使得集成化安装的系统通常比传统分散安装方式构建的系统具有更优的发电表现、更低的故障率以及更长的使用寿命。

4.3 降低成本

集成化安装技术通过全过程的优化整合，为降低分布式光伏系统的综合成本提供了有效路径。在建设成本方面，一体化的设计减少了冗余材料和过度设计，模块化、标准化的产品与施工方法降低了采购与安装的复杂性和成本；集成化的施工管理通过精细化计划减少了人工、机械的窝工与浪费，并通过一次性完成多项工作（如结合屋顶防水施工安装支架基础）降低

了协同作业成本。在运营维护成本方面，系统化的设计与高质量的安装奠定了长期稳定运行的基础，减少了后续的故障维修频次与费用；优化的电气设计和规范的安装降低了线路损耗，提升了发电收益；集成的智能监控系统使得运维工作更加高效、精准，降低了人工巡检成本。因此，集成化安装技术不仅降低了初始投资，更通过提升系统性能和运维效率，显著降低了项目的全生命周期成本，增强了项目的经济竞争力。

5 实际工程案例分析

5.1 项目概况

以某大型高新技术工业园区内的分布式光伏发电示范项目为例，该项目充分利用园区内十余栋厂房屋顶及部分车棚顶棚的闲置空间，分两期建设总装机容量达5兆瓦的分布式光伏电站。项目全面贯彻集成化安装技术理念，在设计之初就与园区的总体规划、建筑结构、原有供配电系统及能耗管理系统进行了深度融合。光伏组件选择与建筑风格协调的深色薄膜光伏板，直接作为部分车棚的顶棚材料；电气设计充分考虑园区白天的高负荷特性，优化并网点位置与容量配置；监控系统则与园区现有的能源管理平台无缝对接，实现数据的集中展示与智能分析。

5.2 实施效果

通过系统性地应用集成化安装技术，该项目在多个维度取

得了超出预期的显著成效。在施工效率方面，得益于模块化设计与BIM施工模拟，项目实际施工周期比采用传统方法预估的周期缩短了约25%，且施工期间对园区正常生产经营的影响降至最低。在系统性能方面，得益于精准的倾角设计和高质量的安装工艺，项目实际年均发电量比可研预期提高了约6%，且并网后系统运行极其稳定，故障率远低于行业平均水平。在经济成本方面，虽然采用了部分高性能材料与先进技术，但由于优化设计减少了冗余、模块化施工降低了人工、集成管理避免了浪费，项目最终决算总投资比原预算降低了约12%，投资回收期相应缩短。该项目不仅为园区提供了可观的绿色电力，实现了“自发自用、余电上网”，有效降低了用电成本，更成为展示绿色制造、低碳发展的标杆案例，产生了良好的经济效益、环境效益与社会示范效应。

6 结论与展望

分布式光伏在机电工程施工中的集成化安装技术具有提高施工效率、保障系统性能、降低成本等优势，对于推动分布式光伏的大规模应用具有重要意义。未来，随着技术的不断进步和创新，集成化安装技术将不断完善和发展，为分布式光伏在机电工程领域的应用提供更加有力的支持。同时，应加强政策引导和标准制定，促进分布式光伏集成化安装技术的规范化和标准化发展。

参考文献：

- [1] 矿山机电设备安装工程施工技术重点探讨[J].陈优东;吴翔.价值工程,2025(23).
- [2] 机电工程施工中弱电系统安装技术研究[J].白永红.中国设备工程,2025(12).
- [3] 机电工程安装施工技术现存问题及处理方法研究[J].张柏虎.仪器仪表用户,2025(06).
- [4] 建筑机电设备安装工程施工技术要点[J].杨先东.中华建设,2025(06).
- [5] 装配式建筑机电安装工程施工技术[J].魏仲发.大众标准化,2025(09).