

Thoughts on construction technology and quality control measures of photovoltaic rigid bracket

Yafei Cui

Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai, 200092, China

Abstract

With the global energy transition toward clean and low-carbon sources, the photovoltaic industry has experienced unprecedented rapid development. As a vital source of green energy, the construction quality and long-term stability of photovoltaic power stations are critical. In power station systems, photovoltaic supports function like a “skeleton” that not only supports solar modules but also determines the plant’s safety and resistance to natural loads like wind and snow. Rigid supports, known for their structural strength, durability, and cost-effectiveness, are widely used in photovoltaic projects. This paper systematically analyzes key technical aspects across all phases—from pre-construction preparation, foundation work, support installation to final commissioning. The research focuses not only on construction techniques but also emphasizes quality control as the central theme, discussing comprehensive quality assurance strategies throughout the entire process.

Keywords

photovoltaic rigid bracket; construction technology; quality control measures

光伏刚性支架施工技术与质控措施思考

崔亚飞

上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司，中国·上海 200092

摘 要

随着全球能源结构向清洁、低碳转型，光伏产业迎来了前所未有的高速发展。光伏电站作为绿色电力的重要来源，其建设质量与长期稳定运行至关重要。电站系统中，光伏支架就像“骨架”一样不仅承担着光伏组件，安装质量也决定着电站的安全性、抵御风雪自然荷载的能力。其中，刚性支架具有结构强、耐久性好、经济性优的特点，在光伏项目中广泛应用。本文系统性的从施工前、基础施工、支架安装到最终调试等环节中的关键技术要点进行分析，研究核心不仅讨论施工技术，而是将质量控制为主线，讨论全过程质控对策。

关键词

光伏刚性支架；施工技术；质控措施

1 引言

全球光伏产业正在经历从高速增长到高质量发展的关键转型期，根据国际能源署（IEA）的最新预测，2025 ~ 2030 年期间，全球新增光伏装机总量预计约为 3.68 太瓦（TW），虽然占同期可再生能源新增规模接近 80%，但增速较此前预期有所下调。这一变化揭示了市场面临的结构性挑战，包括美国光伏政策调整、全球多地电源接入能力不足等。我国市场同样引入了新的发展阶段，截至 2025 年上半年，中国累积光伏装机容量已突破 1000 吉瓦，迈入“太瓦时代”。在完成 2030 年装机容量目标后，增速以呈现放缓趋势。更加深刻的为产业驱动逻辑正在发生转变。2025 年初发布的“136 号文”推动新能源上网电价全面市场化，

促进行业从依赖补贴和政策驱动转向追求技术创新、系统集成和运营效率。为了保证光伏刚性支架的质量，则要对施工技术以及质控管理提出更高的要求。

2 光伏刚性支架系统概述

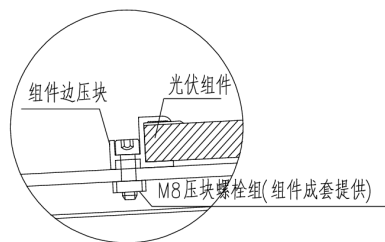
光伏支架系统是光伏电站的物理承载结构，其性能直接关系到电站的安全性、发电效率和使用寿命。刚性支架作为应用最广泛的支架形式，其设计与选型是项目成功的基础。

2.1 光伏刚性支架组成

一套完整的光伏刚性支架式协同工作的力学系统，其组成为：（1）基础。系统的根本，将上部结构传递的荷载安全的分散到地基。常见的形式包括混凝土独立基础、螺旋钢桩、预制混凝土桩等，其选择依赖于地质条件与荷载要求。（2）立柱。垂直安装于基础上的主要支撑构件，是决定整个阵列高度的关键部位，直接承受来自横梁和组件的荷载^[1]。

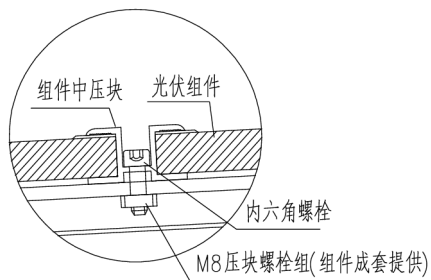
【作者简介】崔亚飞（1998-），男，中国河南周口人，本科，从事市政工程研究。

(3) 横梁。连接在立柱之间的横梁，组件倾斜角度是通过檩条预制好的高低来实现。(4) 檩条。横向固定在斜梁之上的构件，用于直接支撑和固定光伏组件。其间距需要根据组件的尺寸和安装孔位精准设计。(5) 连接件。包括螺母、螺栓、垫片以及组件压块等。看似微小的部件其实是整个结构的重要关节，强度和紧固质量决定了结构的整体性和稳定性。组件连接示意图见图1。



两端组件连接大样

图 1-1 两端组件链接大样



中间组件连接大样

图 1-2 中间组件链接大样

2.2 光伏刚性支架分类

刚性支架的分类根据分配方式的不同包括以下几点：

(1) 按照倾角调节能力分类。①固定式支架。污水池体上方固定支架，倾角在安装完成后固定不变，结构简单、成本低、可靠性高，是目前大型地面电站最主流的应用形式。见图2。②可调式支架。允许在特定季节或时间段内手动或自动调节倾角，以追踪太阳高度角的变化，从而提高发电量。(2) 按照主要材料分配。①碳钢支架。为主流材料，采用 Q355B 热镀锌型材，具有较高的强度和成本优势。最大劣势是容易腐蚀，必须进行热浸镀锌表面处理，锌层厚度 ($\geq 85 \mu\text{m}$) 是衡量其耐久性的关键指标。②铝合金支架。主要优势在于耐腐蚀性强、质量轻、美观，主要用于屋顶电站或腐蚀性较强的与安海环境。强度低于碳钢，成本较高。

3 光伏刚性支架关键施工技术

光伏刚性支架的施工是一个环环相扣的系统工程，技术水平决定了支架系统最终是否能够实现设计预期的安全

性及可靠性要求。

3.1 施工前准备工作

充分的准备是保证施工顺利进行、避免返工的前提。(1) 技术准备。组织施工、技术、质量等部门针对施工图纸联合会审，确保各部门理解设计意图、重点检查施工关键节点、明确材质要求等，及时发现并消除图纸中的错误问题。对施工班组进行分级、分项技术交底，确保每位操作人员明确技术工艺、质量验收标准以及施工的注意事项等。同时要制定详细的施工方案，比如人、机、料的进场规划，明确施工顺序、进度安排等^[2]。(2) 物资准备。所有进场支架组件、紧固件必须经过严格的验收，检查其材质证明、镀锌层检测报告、外形尺寸及直线度，严禁不合格的产品使用。进场材料要做好分类、分规格的存放，下垫方木，避免发生变形、镀锌层磨损等。(3) 场地准备。清除障碍物，进行必要的场地平整处理，为测量放线和机械作业创造条件。测量放线时，要根据设计图纸使用 GPS 等精密仪器，构建全场区的测量控制网，精准施放基础中心轴线、行列基准线等，设置可靠的保护桩，为后续施工奠定基础。

3.2 基础施工技术

基础作为支撑结构的根本，施工质量关系着整个支架体系的稳定性。(1) 基础类型。刚性支架包括：钢柱（立柱）、横梁、系杆、檩条、柱间支撑、水平支撑、斜拉条、拉条、隅撑等。(2) 施工工艺流程。该刚性支架基础为利用现状池体检修通道，做独立条形基础（池壁植筋）；基础流程：放线、通道两侧打孔植筋、凿毛、钢筋绑扎、预埋螺栓、支模、混凝土浇筑。(3) 技术要点分析。基础中心点与设计轴线的偏差必须严格控制在 $\pm 5\text{mm}$ 以内；基础顶面标高，尤其是统一阵列的基础间相对高差，是控制后续立柱安装标高的关键，偏差需 $\leq \pm 3\text{mm}$ ^[3]。

3.3 支架安装技术

支架安装是形成结构主体的核心环节，必须遵循正确的流程并且严格控制施工工序。(1) 安装流程。遵循“由上到下、由主到次”的原则，先安装立柱，调整固定后安装横梁，形成主要受力框架，最后安装檩条从而完成支撑面。(2) 关键技术分析。首先进行立柱安装与调直，立柱就位后必须采用经纬仪或线坠配合调节拉杆，双向校正其垂直度（要求 $\leq L/1000$ ，全长 $\leq 10\text{mm}$ ）。同时采用水准仪复核其顶面标高，确保同一阵列的立柱顶部处于同一设计高度。其次在斜梁与檩条的安装中需挂线施工，确保斜梁的平面度。檩条的间距精度非常关键，存在偏差就会影响组件安装，因此需要标尺进行定位，误差控制在 $\pm 3\text{mm}$ 以内。最后高强度螺栓连接是结构整体性的生命线，因此要保证连接面干燥、清洁、无油污；必须采用校准合适的扭矩扳手，严格按照设计要求的扭矩值执行初拧和终拧。

3.4 光伏组件安装与调整

作为发电单元与支撑结构结合的最后一步，需要兼顾

牢固性和精细度。(1) 组件安装。必须采用与组件边框和檩条匹配的专用铝合金夹具, 安装时要保证螺栓受力均匀, 紧固力度适中, 严禁过度紧固导致玻璃盖板或边框产生应力集中, 出现隐形裂纹。(2) 整体调整。整串或整区组件安装完成后, 要进行最终的整体复核。使用激光平扫仪、倾角仪等工具, 检查整体阵列的平面度和倾角一致性, 为符合要求要进行精准微调, 确保阵列美观。

4 光伏刚性支架施工质量管理对策

光伏刚性支架施工工程除了采取先进的施工技术, 也离不开构建一套严谨、全面的质量管理体系。

4.1 构建质量管理体系

明确质量目标与责任分工。在项目规划前, 就要有一个明确且可量化的质量目标, 比如: 工程一次验收合格率 100%; 螺栓连接扭矩合格率 100% 等。构建覆盖全体人员的质量责任制, 项目经理为项目的第一负责人, 负责资源配置与作出决策; 技术负责人负责编制质量管理方案、解决技术难题、做好技术交底; 质检员具有质量检查权, 负责施工过程巡检、旁站监督、工序验收等, 也有一票否决权。(2) 构建“自检、互检、专检”三检制度。其中, 自检是操作人员在完成最后一道工序后, 对操作成果进行初步检查; 互检是同一班组或下一道工序的施工人员对上一道工序进行检查, 形成相互监督的氛围; 专检是由专职质检员对重要工序、隐蔽工程进行复核检查, 合格后要签署验收文件, 获得批准后再进行下一道工序。

4.2 全过程、分阶段质量管理要点

事前控制—进场检验。原材料与构配件是质量管理的源头, 必须严格落实进厂必检的原则。钢材要核查质量证明文件, 必要时要进行抽样复测, 确保力学性能符合设计要求; 镀锌层采用磁性测厚仪对主要构件进行平均厚度与局部最小厚度的抽检, 观察镀层是否均匀、光滑; 核对螺栓、螺母

的性能等级与规格, 检查出厂合格证, 对高强度螺栓连接要检查扭矩系数的复检报告^[4]。事中控制—过程监控。施工过程中定期对施工现场的测量控制网和基准点进行复核, 避免由于机械振动、人为破坏等导致基准失效。首先在基础施工阶段, 比如混凝土浇筑前要与监理方合作对地基承载力、钢筋数量、规格的等参数进行联合验收, 并且做好信息归档; 按照规范要求浇筑地点留置标准养护与同条件养护试块, 将其送到实验室检测, 确保混凝土强度达标。其次, 在支架安装过程中采用经纬仪、水准仪、拉线等工具, 检查立柱垂直度、斜梁水平度和檩条的间距, 若是发现偏差就立刻调节; 所有关键承力节点的高强度螺栓必须通过校验后的扭矩扳手进行扭矩检查。最后, 做好防护层保护。在吊装、搬运、安装的过程中, 监督施工人员通过尼龙吊带等方式避免刮伤、磨损镀锌层。(3) 事后控制—成本检验。在全部组件完成后, 对支架阵列进行全面的体检。采用全站仪测量平面度, 用钢卷尺测量对角线, 使用倾角仪测量倾角一致性, 保证整体安装精度满足设计要求。

5 结语

在庞大的光伏系统中, 支架系统虽不直接发电, 却是电站安全、高效运行的基础, 在多种支架形式中, 刚性支架的结构强度高、耐久性好等特点, 在各类光伏项目中依然占据有利地位, 只要保证材料和防腐工艺达标, 则可保障超过 30 年的设计使用寿命。

参考文献

- [1] 胡瑶, 左刚, 李蒲健, 潘欣, 王超, 贾瑞涛, 付红星, 辛圆心. 桩基固定式海上光伏支架单元整体安装关键施工技术研究[J]. 西北水电, 2025(4): 84-89+129.
- [2] 顾潇. “精确曝气控制系统+光伏”在低碳污水厂中的应用[J]. 净水技术, 2024, 43(10): 176-184.
- [3] 姚阔为, 张鑫, 王冠. 光伏发电在污水厂节能减排中的应用及案例分析[J]. 节能与环保, 2023(11): 75-80.