

光伏建筑一体化中屋顶防水构造节点优化研究

田甲丰

四川电力设计咨询有限责任公司 四川 成都 610095

【摘要】：针对光伏建筑一体化屋顶普遍存在的防水失效问题，系统梳理屋面光伏覆盖区防水破损、支架安装节点构造缺陷、冷热交替环境下防渗性能衰减三类核心病害。结合光伏屋面施工工况与自然环境特性，采用分层结构优化、穿孔节点密封改造、温变适配加固等专项技术手段，对屋面防水铺装体系、支架穿孔节点、薄弱衔接部位进行针对性优化。有效解决光伏屋面防水层起鼓开裂、节点缝隙渗水、温变结构损伤等渗漏隐患，大幅提升屋面防水结构的抗变形、耐老化能力与整体稳定性，可为光伏建筑屋面防水施工优化与质量管控提供技术支撑。

【关键词】：光伏建筑一体化；屋顶防水；构造节点；防渗优化；施工工艺

DOI:10.12417/2811-0528.26.16.021

引言

随着光伏建筑一体化技术在建筑工程领域的广泛推广，屋面光伏铺装与建筑防水体系的融合矛盾日益凸显。光伏组件与支架的加装改造，打破了传统屋面防水结构的密闭性与受力平衡，受施工破坏、设备运行及自然温变等多重因素影响，屋面节点渗漏病害频发，严重影响建筑使用性能与光伏系统运行寿命。为解决光伏屋面防水耐久性不足、节点易失效等工程难题，结合光伏屋顶实际运行工况，系统剖析防水构造核心缺陷，针对性开展节点防水优化设计与工艺改良，以此提升光伏屋面防水体系的适配性与长效稳定性。

1 光伏建筑一体化屋顶防水构造现存问题分析

1.1 屋面光伏覆盖区域防水破损隐患

屋面光伏组件全覆盖及半覆盖布局模式会改变原有屋面防水层的受力状态与排水路径，常规屋面防水卷材、涂膜防水层长期处于光伏支架覆盖的遮蔽环境中，无法正常接触空气与阳光，屋面基层潮气难以挥发、积聚于防水层底部，持续诱发防水层起鼓、脱层及开裂病害。光伏支架安装阶段的钻孔固定作业会直接穿透原有完整防水结构，孔洞周边防水补强处理多存在施工精细化不足的问题，密封胶填塞不密实、附加防水层铺设范围不足等缺陷，会形成隐蔽性渗水通道。光伏设备长期运行产生的轻微振动会持续牵拉孔洞周边防水涂层，逐步扩大细微裂缝，雨水可顺着支架基座、固定螺栓缝隙渗入屋面基层，日积月累造成屋面结构层受潮、基层酥松，持续加剧防水体系的破损失效。

1.2 光伏支架安装节点防水构造缺陷

光伏屋顶支架施工普遍选用穿透式锚固工艺，锚固构件穿透屋面预设防水卷材、防护层与建筑结构层，对屋面整体防水密闭构造造成损伤，滋生多处隐蔽渗水路径^[1]。市场内主流光

伏支架基座未配备专属防水适配构造，基座和屋面防水圈层的衔接位置仅依托常规密封胶完成封护，户外露天工况长期作用下密封材质承受紫外辐照、温胀冷缩形变、雨水持续冲刷多重外力干扰，表层开裂、胶体剥离老化缺陷会慢慢显现。支架架设现场机械紧固操作容易划伤周边卷材面层，卷材表面挤压变形翘起褶皱，节点夹缝缺少精细找坡封护处置，水体顺着螺杆间隙、基座底缝渗入建筑内部结构层，日积月累造成屋面结构层受潮、基层酥松，持续加剧防水体系的破损失效。

1.3 冷热交替环境下节点防渗性能衰减问题

光伏建筑一体化屋面长期置于户外自然环境之内，昼夜更迭、四季更替形成的大幅度温度波动持续施加作用于屋面防水节点各类拼接构造与密封体系。低温环境促使防水卷材、密封胶这类柔性防水介质发生硬化收缩，材质内部生成细微开裂纹路，节点拼接缝隙随之拓宽，原本密闭阻水的构造形态遭受破坏，强光高温曝晒环境里柔性防水材质受热变软延展形变，表层出现松弛鼓包形变，光伏构件同屋面基底衔接位置出现错位偏移。冷热胀缩往复循环不断积攒结构层面损伤，密封防水面层持续承受撕扯拉伸形变，节点位置密封贴合状态持续走低，长年往复荷载之下防水节点密实程度慢慢丧失，雨水顺着细微裂纹、松动缝隙渗进屋面基底内部，基底积水堆积、各构造层剥离脱空等不易直观察觉的渗漏损伤随之慢慢滋生蔓延。

2 光伏建筑一体化屋顶防水构造节点优化策略

2.1 光伏屋面整体防水铺装结构优化设计

光伏屋面防水铺装结构需结合建筑屋面基材特性与光伏组件铺装工况进行分层精细化适配设计，摒弃传统单一防水铺装模式的局限性（见图1）。屋面基础层需依托屋面结构板做精细化找平处理，控制板面平整度与坡度参数，规避积水滞留引发的防水层老化破损问题，为后续防水体系铺设提供规整基

底。防水主体层采用复合式铺装结构，搭配耐候性、抗拉伸性优异的高分子防水卷材，针对光伏组件覆盖区域与屋面外露区域的差异化环境，调整卷材厚度与铺装密度，强化组件缝隙、屋面搭接处的防水密闭性^[2]。防护缓冲层增设于防水卷材与光伏支架基座之间，有效消解支架安装、温度形变产生的挤压与摩擦作用力，避免防水层被硬性结构刺破磨损。整体铺装结构适配光伏屋面露天、温差波动大的工况特性，兼顾防水防渗性能与光伏系统安装适配性，保障屋面防水体系长期稳定运行。

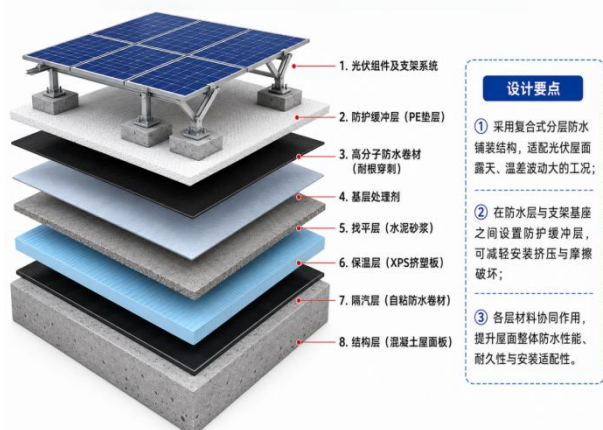


图1 光伏屋面分层防水铺装结构示意图

2.2 支架固定穿孔节点密封防水改造方案

针对光伏建筑一体化屋顶支架固定穿孔引发的防水层破损、缝隙渗水等核心问题，本次改造依托屋顶原有防水基层，实施精细化密封防渗施工，严格把控各节点防渗施工标准。施工中先对支架螺栓穿孔基层孔洞进行规整打磨，彻底清理孔洞内部及周边灰尘、杂物与老化防水层碎屑，保持施工基面干燥洁净，保障密封材料紧密贴合基面。随后在孔洞内部填充高弹性聚氨酯密封胶密实封堵，可适配屋面轻微形变产生的位移偏差，彻底消除渗漏缝隙通道^[3]。同时在穿孔外侧铺设定制防水加强垫片与金属压片，垫片全覆盖穿孔区域，依托支架固定压力压实贴合，有效阻断雨水沿螺栓缝隙渗透路径。最后在屋面

节点区域全覆盖涂刷柔性防水涂膜，与原有防水层无缝搭接，构建多层复合防水体系，可有效抵御雨水冲刷、温差形变及户外老化影响，全方位强化支架穿孔节点的防水防渗性能，根治屋顶穿孔渗水隐患。

2.3 适配温变环境的节点防水加固工艺

适配温变环境的节点防水加固工艺严格贴合建筑屋面四季温差形变规律开展精细化施工作业，针对光伏组件安置基座、屋面拼接缝隙、边缘收头等温度敏感薄弱区域实施差异化专属补强处理。结合高低温交替实测的防水材料伸缩变形参数，选用高弹抗老化改性沥青防水卷材搭配聚氨酯密封胶组成复合防水体系，适配屋面基体与光伏配件之间的变形差值，有效抵御温差牵引引发的开裂、分层隐患。接缝基层增设玻纤胎补强夹层，整体提升防水结构抗拉与抗裂承载力，施工全程精准管控涂料涂刷厚度、卷材铺设厚度及碾压压实度，从源头杜绝温变诱发的空隙、空鼓缺陷。光伏支架底座关键位置采用多层错缝叠铺补强工艺，防水面层紧密贴合屋面基面与光伏构件，依靠材料优良的温变适配性能消解结构偏移应力，在大幅高低温波动下稳定维持屋面节点防水耐久性能，整体构造可持续承受四季气温循环带来的形变撕扯荷载，显著降低后期渗漏维修频次，延长光伏建筑一体化屋面防水系统服役周期。

3 结语

光伏建筑一体化屋顶渗漏问题多源于屋面防水铺装破损、支架穿孔节点缺陷及温变环境下的结构性能衰减，各类细微结构隐患长期累积，会逐步破坏屋面防水体系的完整性与稳定性。通过优化分层防水铺装结构、细化穿孔节点多层密封工艺、适配温变工况开展节点加固处理，可有效解决光伏屋面防水构造的常见病害，抵消结构形变、环境老化带来的防渗性能衰减问题。相关构造优化策略与施工工艺，能够显著提升光伏屋面防水体系的耐久性与稳定性，为各类光伏建筑一体化工程的屋面防水节点设计、施工及运维提供可靠的技术参考，助力完善光伏建筑屋面防水工程标准化体系。

参考文献:

- [1] 彭文颖.利用光伏建筑一体化屋顶打造可持续建筑公共空间[J].工程与建设,2025,39(2):322-325.
- [2] 余杰.光伏建筑一体化在建筑立面和屋顶的安装方法研究[J].能源科技,2022,20(4):58-61+74.
- [3] 陈威.光伏建筑一体化的屋顶电站设计与施工分析[J].电子技术,2023,52(8):392-393.