

# 工程期间屋顶分布式光伏建设项目安全风险识别与防控策略

吕灵莉

重庆梅溪河流域水电开发有限公司 重庆 400000

**摘要：**屋顶分布式光伏建设项目作为新能源应用的重要形式，近年来在政策支持和技术迭代下快速发展。屋顶分布式光伏建设项目通过激活闲置屋顶资源价值，实现能源生产与消费的本地化耦合，已成为城市与乡村低碳转型的重要支柱。随着屋顶光伏系统的普及，其安全问题逐渐成为行业关注的焦点。光伏设备长期暴露于户外环境，若安装或维护不当，可能引发触电、火灾、结构坍塌等事故。本文从屋顶分布式光伏项目弊端与风险，安全风险识别重要性，屋顶分布式光伏项目安全风险识别与防控策略，系统梳理光伏系统全生命周期的潜在风险，并提出针对性解决方案。

**关键词：**屋顶分布式；光伏建设项目；安全风险识别；防控策略

屋顶分布式光伏建设项目安全风险识别的重要性体现在多个维度，其直接影响项目可持续性、经济利益及社会效益。安全风险识别不仅是技术问题，更是涉及法律、金融、社会责任的系统性工程。其直接影响项目全生命周期安全性，同时通过规避潜在隐患降低整体运维成本，为清洁能源普及提供可信赖的实践路径。

## 一、屋顶分布式光伏建设项目安全风险识别重要性

1. 保障人身与财产安全的核心屏障。火灾风险预防，光伏组件热斑效应和直流拉弧隐患占火灾事故成因的65%-80%，夏季高温下局部温度可达180℃，若未及时识别遮挡物或劣质线缆问题，易引发厂房火灾及连带经济损失。结构安全与坠落隐患，老旧屋顶承重不足可能引发坍塌，运维中防坠落设施缺失会增加高空作业风险；极端天气下设备固定松动易导致坠物事故。

2. 维护项目经济可持续性的关键支撑。避免隐性经济损失，合同陷阱（如收益权质押条款）可能使农户承担设备维护责任和债务风险，部分劣质组件仅维持3-5年发电效率，导致后期收益骤降。保障投资收益稳定性，系统性识别技术故障（如接线盒虚接、电缆老化）可降低发电效率损失，减少因发电量不足引发的法律纠纷。

3. 规避法律与合规风险的必备前提。选址合法性审查，公路红线区、传统村落保护区等禁止安装区域若未提前识别，项目可能面临强制拆除风险。合同条款合规性筛查，阴阳合同将农户角色从出租方转为投资方，隐含资产处置权争议，需通过法律审查明确权责边界。

4. 推动行业规范化发展的基础保障。技术标准与流

程优化，风险识别促进安装规范（如强制设置消防设施、生命线系统）和运维标准化，减少人为操作失误。市场准入门槛提升，通过资质核查筛选合规企业，遏制劣质组件流通，倒逼行业质量升级。

## 二、屋顶分布式光伏项目安全管理制度

1. 安全管理责任体系。职责分工，建立“政府主导+企业主责”的多级监管模式，明确发改、住建、应急等部门分工；投资方、施工方、业主签订安全协议，落实各方主体责任。制度框架，制定《安全施工管理制度》《运维检查规程》等文件，明确施工准入、验收标准及运维要求；推行施工现场安全责任网络，实施“三级安全巡查”机制（企业自检、部门抽查、政府督查）。

2. 施工前安全准备。资质审核，施工单位需具备电力施工总承包资质，施工人员持电工证、焊工证等特种作业证书；施工方案需提交属地供电部门、镇政府备案，通过审核方可开工。结构安全评估，强制要求提供《房屋安全检测报告》《荷载评估报告》，确保屋顶承重、防水层满足规范；禁止在甲类火灾区、历史文化保护区等特殊区域建设光伏设施。

3. 施工过程安全管理。作业规范，高空作业需设置防坠网、生命线系统，人员佩戴双重防护装备（安全带+安全绳）；电气安装必须断电操作，光伏组件带电时禁止接线，防止漏电触电。现场监管，施工区域设置警戒线，吊装作业配备专人监护，焊接作业实施防火隔离；恶劣天气（雨雪、大风）暂停施工，高温时段采取防暑降温措施。

4. 验收与运维管理。竣工验收，项目完工后由建设单位组织设计、施工、监理单位联合验收，提交《工程竣工报备表》；重点核查防雷接地电阻、支架连接强度等关键指标，确保合规后方可并网。运维保障，建立定期巡检制度，检查支架防腐性能、电缆绝缘状态及排水系统有效性；外包运维单位需签订安全协议，明确设备维护、故障响应等责任条款。

5. 应急处置与监督机制。应急预案，制定涵盖火灾、触电、坍塌等事故的专项预案，配备消防器材、急救设备；每半年组织应急演练，提升人员自救互救能力。廉洁与合规监督，开展并网环节廉洁风险排查（如违规审批、验收造假），实施全流程督导；建立《廉洁风险防控清单》，对关键岗位人员定期开展警示教育。制度实施保障，技术保障：采用智能监控系统实时监测设备运行状态，结合无人机巡检排查隐患；法律保障：合同明确收益分配、设备维护责任，防范“阴阳合同”陷阱；文化保障：通过安全教育、案例剖析推动安全理念入脑入心，降低人为风险。通过层级化责任体系与标准化流程设计，可实现屋顶分布式光伏项目安全管理的规范化、长效化。

### 三、屋顶分布式光伏项目安全风险识别

根据屋顶分布式光伏项目的特性及行业经验，其安全风险可划分为以下主要类别：

1. 结构安全风险。屋顶承重不足，光伏设备重量对屋顶结构提出较高要求，未经加固的屋面可能因荷载过载导致渗漏、开裂甚至坍塌。老旧建筑或隐蔽工程缺陷（如钢筋锈蚀）会加剧结构性风险。设计缺陷与施工隐患，安装支架固定不牢或布局不合理，可能破坏屋面防水层，引发渗漏。施工阶段未采取防滑措施或防护设施缺失，易引发高空坠落事故。

2. 电气与火灾风险。设备老化与线路故障，直流拉弧（温度达7000℃）和热斑效应（局部温度超200℃）是引发火灾的直接诱因。电缆绝缘层因长期暴露于光照、雨水而加速老化，导致短路或漏电。接地系统失效，光伏组件及支架接地不良会增加触电风险，高电压电击可能造成致命伤害。

3. 运维与物理风险。坠物风险，极端天气（如大风、暴雨）可能导致松动光伏板坠落，危及人员及财物安全。运维操作不当，未定期检修导致设备积尘、积雪，影响散热效果并加速组件老化。

4. 法律与合同风险。合同欺诈与责任转嫁，部分企

业通过“租赁变承租”条款，将设备维护、赔偿义务转嫁给农户，甚至要求质押收益权。合同模糊化条款（如发电量分红与实际收益不符）可能导致农户承担收益不确定性风险。企业破产与法律合规，合作企业若因经营不善破产，可能触发《企业破产法》中合同解除条款，导致项目终止并拆除。安装于违法建筑或特殊保护区域（如风景名胜保护区）可能导致项目被强拆。

5. 环境与外部风险。自然灾害影响，高温、冰雹等极端天气可能直接损坏光伏组件，降低系统可靠性。粉尘与腐蚀性环境，工业区或化工厂周边的高粉尘、腐蚀性气体会加速设备老化，影响绝缘性能。通过系统性识别上述风险，可针对性采取加固设计、定期检测、合规合同审查及应急预案制定等防控措施。

### 四、屋顶分布式光伏项目风险应对措施

1. 结构安全风险应对。荷载评估与加固，施工前委托专业机构检测屋顶承载力，对老旧建筑进行加固处理（如碳纤维补强、钢结构支撑）。优先选用轻量化光伏组件（如薄膜组件），降低单位面积荷载压力。合法性审查，核实屋顶产权归属及建筑物合法性，避免在保护区、违建区域安装。

2. 电气与火灾防控措施。设备质控与安装规范，选用符合国家标准的光伏组件和逆变器，避免使用劣质产品引发热斑或电弧火灾。严格执行电缆桥架防护、组件间隙散热设计，预留火灾隔离带。接地系统管理，采用多点接地方式，确保组件支架和电气设备接地电阻 $<4\Omega$ ，定期检测绝缘性能。

3. 技术防控策略。防火设计与设备选型，优先选用具备防热斑、防电弧功能的光伏组件（如“X10三防组件”），并安装智能监测设备实时监控温度与电弧异常。通过优化线缆布局和接线工艺，降低直流拉弧风险，避免因虚接或劣质线缆引发火灾。结构安全强化，施工前须委托专业机构对屋顶承载能力进行全面评估，必要时加固屋面结构，避免因荷载超限导致坍塌事故。确保检修通道远离屋顶临边区域，并设置标准化通道及1.2米防护栏杆或生命线系统，防范高坠风险。电气安全优化，采用具备快速关断功能的逆变器，降低触电风险；严格实施接地保护措施，确保电网并网稳定性。

4. 管理防控策略。全过程风险排查与监督，建立分布式光伏项目廉洁风险防控清单，覆盖“申请报装、设备验收、并网运行”全流程，定期开展联合督导检查。针对运维人员开展情景模拟培训，强化火灾应急处置能

力,并配备专用灭火器材。运维标准化管理,每季度清理光伏组件表面遮挡物(如鸟粪、灰尘),避免热斑效应;定期检测线缆老化及虚接问题,及时更换劣质设备。建立屋顶巡检制度,重点核查防护设施有效性,恶劣天气下禁止临边区域作业。

5.法律与合同风险规避。合同条款把控,明确设备维护责任归属、收益分配机制及拆迁补偿条款,避免“阴阳合同”陷阱。增加企业破产触发条款(如《企业破产法》第18条应对措施),约定优先处置权。法律合规审查,委托律师核查屋顶使用协议、能源服务合同的合法性,重点关注产权抵押、质押条款。

6.高空坠落风险防控。防护设施标准化,屋顶临边区域安装1.2米高防护栏杆,检修通道设置防滑层及生命线(钢索)。超过2米的检修爬梯加装防护笼,建立高空作业许可制度。应急预案制定,极端天气(如大风、暴雨)禁止屋顶作业,强制佩戴五点式双钩安全带。

7.运维管理优化。数字化监测系统,部署智能监控平台实时监测设备温度、发电效率及绝缘状态,异常情况自动预警。定期维护制度,每季度清洗组件积尘,检查支架螺栓紧固度;每年开展全系统红外热成像检测。

8.环境适应性优化。抗环境腐蚀设计,工业区项目选用镀锌钢支架、双层绝缘电缆,提升抗粉尘和腐蚀能力。防灾加固措施,沿海地区安装防风支架,寒冷地区配置融雪装置,避免积雪压垮屋顶。

## 五、屋顶分布式光伏项目安全监管与监督方法

1.全过程准入监管。资质备案与审查,投资主体需通过省级投资项目在线审批监管平台完成备案,非自然人项目备案审核通过后方可开工。施工单位须具备合法资质,开工前需提交屋顶荷载评估、房屋安全检测报告至属地部门备案,严禁无资质施工或违规占用宅基地、公共空间。资源合规性评估,严格核查屋顶产权合法性,确保项目符合国土空间规划及消防要求,光伏组件不得超出屋顶区域或影响消防通道。

2.施工过程动态监督。作业资质与现场管理,检查特种作业人员(电工、焊工等)持证情况,确保“人证合一”,杜绝假证、过期证件或证岗不符现象。现场设置

安全警戒线及防坠设施(如防护笼、生命线),恶劣天气禁止高空作业,并配备消防器材及临时用电防护装置。联合督导与风险排查,成立跨部门联合督导组,重点核查施工方案合规性、设备安装规范性及申报资料真实性,严查违规收费、验收造假等行为。建立分布式光伏并网廉洁风险防控清单,涵盖客户申请、现场勘查、设备验收等全流程,明确责任主体及防控措施。

3.竣工验收与并网监管。竣工报备与验收标准,项目完工后需组织设计、施工、监理单位联合验收,向属地政府提交竣工报备表,未报备者不予并网验收。

并网前需通过供电部门验收,重点检查电气设备接地电阻、防雷系统有效性及支架结构稳定性。问题整改闭环,对验收中发现的安全隐患(如电缆沟封堵不严、组件安装工艺不达标),要求限期整改并复核确认。

综上所述通过上述措施的系统实施,可显著降低屋顶分布式光伏项目的全生命周期风险。应用多维监管手段,可有效提升屋顶分布式光伏项目的安全性与规范性,降低施工及运维风险。

## 参考文献

- [1]孙瀚录.分布式光伏发电的概述与构建[J].电子技术与软件工程,2022(24):231;
- [2]叶新.频吹政策暖风屋顶分布式光伏发电能否迎来风口[N].中国高新技术产业导报,2022,1,2(014);
- [3]张鑫.小议分布式控制在光伏发电技术中的应用[J].中国战略新兴产业,2022(36):7.
- [4]王伟.某屋顶分布式光伏典型安全风险及应对措施[J].2022(10):107-112.
- [5]杭苏兰.分布式光伏系统运行风险防控与安全运维策略[J].2022(24):131-134+170.
- [6]昔直.我国分布式光伏发展现状与趋势[J].科技智囊,2022,12(2):43-47.
- [7]李仁.太阳能光伏发电技术发展状况与趋势分析[J].中国科技产业,2022,(2):37-38.
- [8]荀斌.分布式光伏系统安全风险深度剖析与应对策略[J].产业与科技坛,2024,13(21):78-81.