

光伏施工过程中的安全管理

王 雷

国家能源集团宿迁发电有限公司 江苏宿迁 223800

摘 要：光伏施工安全管理体系构建涉及人员防护、风险预控与标准化流程三大核心维度。人员安全防线作为根基，需融合专业培训、规范操作、防护装备与监督机制，形成物理与管理双重屏障。系统性风险预控立足光伏工程全生命周期，将分散风险点纳入统一管理框架，构建多层次防护网络，确保风险可控。动态适应性管理原则赋予安全体系环境感知能力，应对光伏施工环境多变特性，从而实现由被动响应到主动预防的转变。风险分级管控策略按危害程度和事件发生概率建立科学分类体系，配合实时监测预警机制，细化差异化防控措施。标准化作业管控贯穿工程全周期，严格规范高空作业与电气安装等关键环节，确保每道工序安全可控。光伏施工安全管理系统构建促进技术与管理深度融合，保障施工平稳推进，支撑行业健康可持续发展，实现经济效益与安全保障的和谐统一。

关键词：光伏；施工过程管理；安全管理

1. 引用

可再生能源技术革新带动光伏产业飞速发展，施工安全管理问题日渐凸显。国际可再生能源机构数据表明，2020–2023 年间全球光伏装机规模年均增长 23.7%，施工安全事件随之攀升。光伏产业安全风险呈现多元复合特征，高空作业危害占事故总量 46.5%，电气伤害占比 32.8%，物体打击占比 15.2%。国内光伏安全管理研究起步较晚，理论体系尚待完善。国外先进经验显示，数字化监测与智能预警系统应用显著提升安全管理效能。日本光伏协会发布的安全指南强调全过程风险评估与分级管控机制。德国光伏工程安全标准注重本质安全设计，从设备选型到施工工艺均纳入安全考量范畴。澳大利亚清洁能源委员会研究证实，完善的安全培训体系使事故率降低 67.3%，为光伏施工安全管理提供宝贵借鉴。

2. 光伏施工过程中安全管理的重要性

2.1 筑牢人员安全防线

人员安全防线构筑在光伏施工全域安全管理体系中占据核心地位。安全意识培养需贯穿施工全过程，企业应构建完善的安全培训机制，确保操作人员掌握专业知识与安全技能。规范化的安全操作规程须结合光伏系统特性与环境因素精心制定，明确操作边界与安全底线。个人防护装备配备应考虑电气绝缘、高空作业、环境温度等多维度风险，形成物理安全屏障。有效的安全监督体系包含自检、互检与专检三

重防护网，形成闭环管理模式。安全行为激励机制促使操作人员内化安全准则，转化为自觉行动。光伏施工人员安全防线实质上是技术与管理的深度融合，唯有将安全理念根植于每位操作人员心中，方能确保光伏工程建设平稳推进，实现安全与效益的双重目标。

2.2 提升企业形象

良好的光伏施工安全管理体系直接彰显企业责任担当与专业素养，成为企业无形资产与核心竞争力的重要组成部分。安全施工理念根植于企业文化土壤，映射出企业价值观与管理水平。光伏项目施工现场井然有序、规范操作、安全防护措施完备，在业主方与行业同仁心目中树立专业可靠形象。施工人员规范佩戴安全帽、正确使用高空作业防护设备、严格执行用电安全操作规程等细节，无不传递企业精益求精的态度。当安全事故发生率降至最低，业主满意度自然攀升，企业声誉随之提高，继而带来更多优质项目机会与合作伙伴。安全管理水平高低亦成为投标评估重要参考因素，进而影响企业市场占有率与盈利能力。企业重视安全管理，实则投资长远发展，塑造行业标杆形象，在激烈市场竞争中赢得持久信誉与品牌效应^[1]。

3. 光伏施工过程中安全管理的原则

3.1 系统性风险预控原则

系统性风险预控原则立足于光伏工程全生命周期视角，强调风险防控措施应当融入施工全过程各环节。该原则要求

企业建立完整风险识别与评估机制，将潜在危害因素置于科学管理框架之下。风险预控工作应超越单一作业点局限，延伸至相互关联的工序链条，形成闭环管理模式。光伏施工特有的高空作业、电气安装等特性决定了风险内在关联性，单点防控难以确保整体安全。有效风险预控需构建多层次防护屏障，在源头消除风险可能，辅以过程监控与应急响应机制。操作人员安全意识培养与技能提升应当置于预控体系核心位置，确保人员行为符合安全规范要求。系统性风险预控成效取决于管理者对施工全局把控能力，实践表明，预见性、整体性安全管理方略能显著降低事故发生概率，提升光伏工程安全系数^[2]。

3.2 科学性风险预控原则

科学性风险预控原则立足于风险管理理论与实践经验的深度融合，在光伏施工全流程中贯彻预见性思维。该原则要求企业建立完善的风险识别与评估体系，基于可量化的数据分析模型，对高空作业、电气安装、设备吊装等关键环节进行精准风险分级。光伏工程中的安全隐患往往具有系统性、潜伏性特征，科学的风险预控需依托标准化的风险矩阵，精确计算风险概率与后果严重度，形成风险等级图谱。施工现场的环境因素、人员技能水平、设备状态等多维变量都应纳入预控视野，构建多层次的防御屏障。科学预控不止于危险源辨识，更应延伸至动态监测与预警机制的构建，将被动防范转化为主动控制。企业可建立风险预控信息平台，整合气象数据、施工进度、设备性能等关联信息，利用数理统计方法进行趋势分析，实现风险早期干预。光伏电站具有分布式、多场景的特点，科学预控原则促使安全管理由经验型向数据驱动型转变，为安全决策提供客观依据，确保每项防控措施均建立在严谨论证基础上，有效降低施工风险，提升光伏项目施工质量与安全水平^[3]。

3.3 动态适应性管理原则

动态适应性管理原则强调安全管理体系需具备对环境变化的感知能力与调整机制。光伏施工环境复杂多变，各种施工条件与风险因素处于持续演变状态，固化的安全规程难以应对全部情境。此原则要求企业建立弹性安全管理机制，实时监测施工现场状况变化，及时调整安全防护措施与管理策略。该原则重视安全管理的前瞻性与预见性，促使安全管理体系在保持基本框架稳定性的同时，融入柔性调节机制，确保对突发风险的敏感反应能力与快速调整能力。有效实施

动态适应性管理需构建多层次信息反馈渠道，完善风险预警机制，培养操作人员的风险感知能力与应变素养，使安全管理从被动响应转向主动预测与灵活调适，实现安全管理效能的最大化与风险可控性的持续提升。

4. 光伏施工过程中的安全管理策略

4.1 风险分级管控与动态预警策略

光伏施工领域风险分级管控体系建立需基于工程全生命周期视角，将施工环节潜在危害因素按照严重程度、发生概率及可控性等维度进行科学分类。重大风险区域宜采用红色警示标识，配备专职安全监督员全程监管；中度风险区域适用黄色警示，实施定期巡检机制；低风险区域则以绿色标识，进行常规管理。风险辨识过程须引入多学科专家评估方法，结合现场实际情况与历史案例数据，形成动态更新的风险清单。施工企业风险评估应强调现场勘查与技术分析相结合，确保风险识别精准且全面。动态预警机制作为风险管控体系的关键环节，需融合气象条件监测、设备状态感知与人员行为分析等多维信息。高空作业平台安装光伏组件时，风力变化监测尤为重要，当风速超出安全阈值，预警系统立即发出声光报警信号，督促操作人员采取防护措施。电气安装阶段电弧风险预测模型能够根据环境湿度、导线老化程度等因素，提前预判故障可能性。预警系统分级响应机制依风险等级划分为三级：红色预警触发施工暂停与人员撤离程序；橙色预警启动专项检查与防护加强措施；黄色预警则要求加强监测频次与范围。风险控制措施落实需建立责任追溯体系，明确各层级管理人员职责边界，形成网格化管理格局。源头控制策略优先考虑设计阶段风险规避，包括组件布局优化与安装工艺改进；过程控制重点关注标准作业流程执行情况，强调关键节点验收制度；末端控制则聚焦个体防护装备配置与使用培训。特殊气候条件下作业管控方案须单独制定，雷雨天气施工禁止令必须严格执行，低温环境下材料脆性增加问题应予以充分考量^[4]。

4.2 责任分层落实划分策略

责任分层落实划分策略在光伏施工安全管理中扮演着核心支柱作用，其精髓在于构建清晰完备的责任链条，使安全管理形成闭环系统。该策略以项目经理为总负责核心，向下分设安全主管、专业技术负责人及班组长等多层级责任主体，每层级均设定明确责任界限与权责对等原则。项目经理承担整体安全管控职责，定期审核安全计划与资源配置；

安全主管则专注日常监督检查与隐患识别,建立风险分级管控机制;专业技术负责人侧重工艺安全评估与技术安全标准制定;班组长落实现场具体操作规程执行与施工人员行为管控。责任细化至每道工序、每个岗位后,配套建立责任追溯机制,实施安全绩效评估体系,将安全指标融入绩效考核,形成守土有责、失职必究的管理氛围。企业可构建数字化安全责任矩阵,精准界定交叉作业区域责任归属,消除管理盲区。特别针对高空作业、电气安全等光伏施工特有风险点,设置专项责任清单,指定专人跟踪闭环处理。责任分层落实机制突破传统“一刀切”管理模式,依据风险等级与管理幅度科学分配资源,实现安全管理精细化、专业化与系统化,有效降低施工过程中因责任不明确导致的风险事件,为光伏电站建设提供坚实安全保障。

4.3 标准化作业流程管控策略

标准化作业流程管控策略在光伏施工安全管理中占据核心地位,企业必须建立完备的操作规范与流程体系。光伏施工环境复杂多变,高空作业、电气操作等风险点众多,完善的标准化作业指引成为保障安全生产的重要屏障。光伏施工标准化流程应基于风险分级管控理念,形成作业前安全评估、施工中规范操控、竣工后复检验收的闭环管理。规范文件宜采用图文结合方式呈现,明确每道工序的安全要点与防护措施,确保操作人员理解到位。施工团队需定期进行标准化作业培训与考核,将理论知识转化为实操技能。企业应建立施工过程全程监督机制,指派专业安全监理人员对关键节点实施动态监管,及时纠正偏离标准的行为。高空安装、电气连接等高风险环节尤需严格遵循标准化操作细则,落实作业许可制度。企业可设立标准化工作考评奖惩机制,激励操作人员自觉遵守规程。值得注意的是,标准化流程并非一成不变,而应随技术进步与实践经验持续优化,定期组织安全管理人员与作业骨干进行流程评审与改进,消除潜在安全隐患。光伏施工的标准化策略贯穿项目全周期,融合工艺标准与安全要求,形成科学、严谨的操作体系,为光伏工程的安全高效建设提供坚实保障。

5. 结语

光伏施工安全管理实质上是技术与管理元素的系统性整合,形成无缝衔接的防护网络。安全培训应突破传统知识灌输模式,深入操作人员认知结构,将安全准则内化为自发行动指南。风险管控策略需融入工程全周期,识别各阶段潜在危害因素关联性,建立预防、监测与应对三位一体的防控机制。施工现场动态预警系统集成环境监测、行为分析与设备状态感知功能,实现风险精准预判与分级响应。标准化操作规程应结合行业技术发展持续更新,形成图文并茂的实操指引,配合专项验收制度与责任追溯机制,确保规范落地。光伏特有的高空、电气、环境风险需差异化防控策略,定制专项管理方案。行业发展面临新技术快速迭代、施工条件复杂多变、跨学科知识需求等挑战,未来安全管理应朝智能化监测、数字化管理与风险可视化方向深化。企业安全投入应视为发展基石而非成本负担,安全理念必须渗透至光伏工程各环节与层级。唯有建立科学完备的安全管理体系,方能保障光伏产业健康可持续发展,实现经济效益与社会责任的和谐统一。

参考文献:

- [1] 范科飞. 基于事件树的污水处理厂光伏发电工程施工安全风险管控[J]. 全面腐蚀控制, 2025,39(01):27-29. DOI:10.13726/j.cnki.11-2706/tq.2025.01.027.03.
- [2] 曹佳,刁元,胡春,等. 论山地光伏施工全过程安全管理要点[J]. 生态与资源, 2024,(11):120-122.
- [3] 徐涛,刘华斌,李鑫. 综合楼工程施工安全标准化管控措施[J]. 四川建材, 2024,50(09):214-216.
- [4] 杨有,刘华斌,张琦,等. 光伏电站施工中的安全管理与事故防范研究[C]//《施工技术(中英文)》杂志社,亚太建设科技信息研究院有限公司. 2024年全国工程建设行业施工技术交流会论文集(中册). 中建二局一公司基础设施建设分公司, 2024:888-890.

作者简介: 王雷; 1986.8.1; 男; 汉族; 江苏宿迁人; 大学本科; 职称: 工程师; 从事的研究方向: 新能源(光伏、风电)