

新能源电场光伏安全生产风险评估与防控策略研究

谢金东

华电甘肃能源有限公司酒泉分公司, 甘肃酒泉, 735000;

摘要:本文聚焦新能源电场光伏安全生产,阐述了其研究背景与意义,分析了光伏电场安全生产中的设备、电气、环境、人为操作及合规等风险,介绍了风险评估方法与流程。针对各类风险,提出了设备管理与维护、电气安全保障、环境适应性设计、人员培训与管理、合规性审查及应急预案制定等防控策略,并通过案例分析验证了策略的有效性,最后对研究进行了总结与展望。

关键词:新能源电场;光伏安全生产;风险评估;防控策略

DOI: 10.69979/3060-8767.25.12.008

引言

在全球能源转型与低碳经济发展的大背景下,新能源产业迎来了前所未有的发展机遇。光伏发电作为新能源的重要组成部分,凭借其环保、可再生、无噪音、无污染等显著优势,在全球范围内得到了广泛应用。中国作为全球最大的光伏电站市场,占全球总装机容量的近一半,光伏电站的规模和数量持续增长。然而,随着光伏电场的不断建设和运营,安全生产问题日益凸显。光伏电场在生产过程中面临着多种风险,如设备故障、电气安全事故、极端天气影响等,这些风险不仅可能导致发电量下降、设备损坏,还可能引发人员伤亡和环境污染等严重后果。因此,开展新能源电场光伏安全生产风险评估与防控策略研究具有重要的现实意义。

1 新能源电场光伏安全生产风险识别

1.1 设备故障风险

光伏电场的核心设备包括光伏组件、逆变器及电池储能系统等,这些设备均存在一定的故障概率。光伏组件可能因长期暴露在户外环境中,受到紫外线、风雨、沙尘等的影响,出现老化、破损等问题,导致发电效率下降。逆变器作为将直流电转换为交流电的关键设备,其内部的电子元件可能因过热、过载等原因损坏,引发触电事故。电池储能系统中的锂电池可能因短路、过充、过放等原因发生热失控,引发爆炸或火灾,铅酸电池则可能因电解液泄漏腐蚀设备及人员。

1.2 电气安全风险

电气设备在运行过程中,可能由于短路、漏电等原因引发电气安全事故。例如,电缆老化、破损可能导致短路,产生电火花,引发火灾;电气设备接地不良可能导致漏电,对操作人员的生命安全构成威胁。此外,光伏电场的防雷接地系统若不完善,在雷雨天气中可能遭

受雷击,损坏设备,甚至引发火灾和爆炸事故。

1.3 环境因素风险

气候变化和极端天气等环境因素对光伏电场的安全运行产生直接影响。强风可能导致光伏组件支架锈蚀坍塌,损坏组件;暴雨可能引发洪水,淹没设备,造成电气短路;冰雪可能积聚在组件表面,增加组件的负荷,导致组件损坏。高海拔、高寒地区的低温环境还可能影响设备的性能和可靠性,引发人员冻伤、缺氧等问题。

1.4 人为操作风险

操作人员的误操作或维护不当是导致光伏电场安全事故的重要原因之一。缺乏专业知识和培训的人员在操作设备时,可能不熟悉设备的操作规程,误操作导致设备故障或事故。例如,在带电作业时未佩戴绝缘装备,可能引发触电事故;在检修设备时未按照规程进行操作,可能导致设备损坏或人员伤亡,安全防护措施的缺失,如高空作业未系安全带等,也会增加事故发生的风险。

1.5 合规风险

光伏电场需遵循的法律法规和行业标准较多,若未能及时跟进相关政策或未能符合标准,可能导致法律责任和经济损失。例如,未按照环保要求处理废弃物,可能面临环保部门的处罚;未取得相关的并网许可,可能导致电站无法正常并网发电,影响经济效益。

2 新能源电场光伏安全生产风险评估方法与流程

2.1 风险评估方法

2.1.1 故障类型和影响分析 (FMEA)

FMEA是一种系统化的分析方法,通过对设备各部件进行详细分析,识别出可能的故障类型,并评估这些故障对系统、人员和环境的影响程度。在光伏电场中,可

运用FMEA对光伏组件、逆变器、电池储能系统等核心设备进行分析，确定每个部件的故障模式、故障原因、故障影响及风险等级，为制定针对性的防控措施提供依据。

2.1.2 风险矩阵法

风险矩阵法将风险发生的可能性和后果严重性作为两个维度，通过构建矩阵来确定风险等级。在光伏电场风险评估中，可根据历史数据、专家经验等确定风险发生的可能性等级，如频繁、偶尔、极少等；根据事故可能造成的损失程度确定后果严重性等级，如人员伤亡、设备损毁、环境影响等。将两个维度的等级对应到风险矩阵中，即可确定风险等级，如高、中、低等级。

2.1.3 现场排查法

现场排查法是通过日常巡检和专项检查，对光伏电场的设备状态、作业行为、环境条件等进行实地观察和记录，识别潜在的安全隐患。巡检人员应按照规定的巡检路线和巡检内容，对光伏组件、逆变器、电气设备、支架系统等进行检查，查看设备是否存在异常声音、异味、发热等情况，检查电缆是否老化、破损，消防设施是否完好等。同时对作业人员的操作行为进行监督，确保其遵守操作规程，佩戴必要的安全防护装备。

2.1.4 历史数据分析法

历史数据分析法是收集和分析行业内同类光伏电场的事故案例，总结事故原因和规律，预判本电场可能存在的共性风险。通过对历史事故的研究，可以发现一些常见的风险因素和事故模式，如设备故障引发的火灾、电气安全事故导致的人员伤亡等。还可以分析事故发生的季节、时间、地点等因素，为制定针对性的防控措施提供参考。

2.2 风险评估流程

2.2.1 准备阶段

成立专业的风险评估小组，成员应涵盖电气、机械、安全等方面的专业人员。收集光伏电场的设计文件、运行数据、历史维修记录等资料，为评估提供基础数据。制定风险评估计划，明确评估目的、范围、时间和方法等。

2.2.2 评估实施阶段

进行现场勘查，对光伏电场的现场进行详细检查，包括电站的布局、设备状况、运行环境等。运用上述风险评估方法，对光伏电场的各项设施进行风险评估，识别出存在的风险点，分析风险产生的原因和可能造成的结果。

2.2.3 总结报告阶段

根据评估实施阶段的结果，编写光伏电场安全生产风险评估报告，详细阐述评估的过程、结果及风险控制措施。对评估报告进行审核，确保报告的准确性和完整性。将评估报告反馈给相关部门和人员，包括电站运行人员、管理人员及投资方等。对实施风险控制措施后的光伏电场进行跟踪监督，确保风险控制措施的有效性。

3 新能源电场光伏安全生产风险防控策略

3.1 设备管理与维护策略

定期对光伏组件、逆变器及其他设备进行全面检查，建立设备维护记录，落实设备的日常维护和检修，及时更换损坏部件。例如，制定详细的设备维护计划，明确维护周期和维护内容，对光伏组件进行定期清洗，去除表面的灰尘和污垢，提高发电效率；对逆变器进行定期检测，检查其散热系统是否正常工作，电子元件是否损坏等。另外选择信誉良好的供应商和设备，确保设备符合国际标准和国家规范，从源头上降低设备故障风险。

3.2 电气安全保障策略

进行电气安全设计，包括防雷接地、过流保护、漏电保护等。在光伏电场的建设过程中，应按照相关标准和规范，合理设计防雷接地系统，确保设备在雷雨天气中能够有效接地，避免遭受雷击。安装过流保护装置和漏电保护装置，当电气设备出现过流或漏电情况时，能够及时切断电源，防止事故扩大。操作人员必须接受电气安全培训，学习电气安全操作规程，在高风险作业时佩戴必要的安全防护装备，如绝缘手套、绝缘鞋等。

3.3 环境适应性设计策略

在电站建设和设备选型时，充分考虑当地气候因素，选择抗风、抗雪、抗潮湿的设备。例如，在高风区选择具有较强抗风能力的支架系统，确保光伏组件在强风天气中能够稳定运行；在高寒地区选择耐低温的电气设备，避免设备因低温而性能下降或损坏。定期对电站周边环境进行评估，做好防灾准备，如清理电站周边的易燃物，防止火灾蔓延；加固电站的防护设施，防止洪水冲毁设备等。

3.4 人员培训与管理策略

定期组织操作人员进行安全和技术培训，提高其应对突发事件的能力。培训内容应包括光伏设备的安全操作规程、电气安全知识、应急处理方法等。通过模拟演练，提升操作人员的实操能力，确保在发生设备故障或事故时，能够迅速有效地处理问题。同时，加强安全文化建设，营造企业安全文化氛围，通过宣传、教育、活动等多种形式，强化员工的安全意识，使员工自觉遵守

安全规章制度。

3.5 合规性审查策略

建立健全合规管理体系，定期对光伏电场的运营情况进行自查，确保符合国家和地方的法律法规。对新出台的政策和标准及时进行分析，评估其对电站运营的影响，并调整运营策略，确保电站运营始终处于合规状态。例如，关注环保政策的变化，及时调整废弃物处理方式，确保符合环保要求；关注并网政策的变化，及时办理相关的并网手续，确保电站能够正常并网发电。

3.6 应急预案制定与演练策略

针对可能发生的安全事故，制定详细的应急预案，包括火灾、设备故障、环境灾害等。应急预案应明确应急处置措施和人员分工，确保在突发情况下能够快速响应、有效处置。定期组织应急演练，让所有工作人员熟悉应急流程，提高快速反应能力。例如，每季度组织一次火灾应急演练，模拟火灾发生时的报警、疏散、灭火等过程，检验应急预案的可行性和有效性，同时提高员工的应急处置能力。

4 案例分析

案例一：某大型光伏电站安全生产风险防控实践

某大型光伏电站位于我国西北地区，占地面积较大，装机容量较高。该电站在运营过程中，面临着设备故障、电气安全、极端天气等多种风险。为了有效防控这些风险，电站采取了以下措施：在设备管理方面，建立了完善的设备维护制度，定期对光伏组件、逆变器等设备进行检查和维护，及时更换损坏部件。同时，与设备供应商建立了长期合作关系，确保设备的质量和售后服务。在电气安全方面，加强了电气安全设计，安装了防雷接地系统、过流保护装置和漏电保护装置，定期对电气设备进行检测和维护。对操作人员进行了电气安全培训，提高了操作人员的安全意识和操作技能。在应对极端天气方面，在电站建设和设备选型时，充分考虑了当地的气候条件，选择了抗风、抗雪、抗高温的设备。制定了极端天气应急预案，在强风、暴雨、高温等天气来临前，提前做好防范措施，如加固光伏组件支架、清理排水系统等。通过这些措施的实施，该电站有效降低了安全生产风险，保障了电站的安全稳定运行。

案例二：某分布式光伏电站安全生产风险防控实践

某分布式光伏电站安装在某工业园区的建筑物屋顶上，装机容量较小，但分布较为分散。该电站在运营

过程中，主要面临着人为操作风险和合规风险。为了防控这些风险，电站采取了以下措施：在人员管理方面，加强了对操作人员的培训和管理，定期组织操作人员进行安全和技术培训，提高了操作人员的安全意识和操作技能。建立了操作人员考核制度，对操作人员的操作行为进行监督和考核，对违规操作行为进行处罚。在合规管理方面，建立了健全的合规管理体系，定期对电站的运营情况进行自查，确保符合国家和地方的相关法律法规。加强了与政府部门的沟通和协调，及时了解政策变化，确保电站运营始终处于合规状态。通过这些措施的实施，该电站有效降低了安全生产风险，提高了电站的经济效益和社会效益。

5 结语

新能源电场光伏产业作为推动全球能源转型、实现可持续发展的重要力量，正以前所未有的速度蓬勃发展。然而，在其快速扩张的进程中，安全生产问题犹如高悬的达摩克利斯之剑，时刻威胁着产业的稳定与健康发展。从光伏组件在恶劣环境下的性能衰减，到电气设备潜在的安全隐患；从人员操作失误引发的意外事故，到极端天气带来的不可抗力破坏，每一个环节都可能成为安全生产的“薄弱点”，一旦失控，不仅会导致设备损坏、发电量下降，还可能造成人员伤亡，给企业和社会带来巨大的损失。

参考文献

- [1] 碳中和目标下构建新型电力系统的挑战与展望[J]. 张智刚, 康重庆. 中国电机工程学报, 2022, 42(08): 280-2818.
- [2] 构建以新能源为主体的新型电力系统框架研究[J]. 舒印彪, 陈国平, 贺静波, 张放. 中国工程科学, 2021, 23(06): 61-69.
- [3] 新型电力系统风险评估研究现状及展望[J]. 郭创新, 刘祝平, 冯斌, 江博游, 郭骏, 李付存. 高电压技术, 2022, 48(09): 3394-3404.
- [4] 刘如武, 曾志华, 曾水秀, 等. 三位一体的智慧巡检在光伏电站的研究与应用[J]. 江西电力, 2024, 48(4): 59-62.
- [5] 钟庆凯. 状态评估下光伏发电系统运维策略探讨[J]. 电力设备管理, 2024(19): 91-93.
- [6] 王艺晓, 宋森涛, 蔡祥雨. 智能化运维视角下的光伏发电项目投资评价模型研究[J]. 中国高新科技, 2024(14): 156-157, 160.