

# 光伏电站地质灾害危险性评估及防治措施实践研究

申 策

四川省地质环境调查研究中心 四川 绵阳 621000

**摘要：**本研究针对光伏电站面临的地质灾害危险性进行系统评估，通过案例分析、实地勘察与数据建模，揭示地质构造、气候条件及人类活动对光伏电站安全运营的影响。在此基础上，提出包括预防性措施、应急响应、技术防治手段在内的综合防治策略，并探讨应急预案的可行性提升与安全管理和监测技术的创新路径。实践表明，本研究有效降低光伏电站地质灾害风险，为行业提供可借鉴的防治经验和技术支持。

**关键词：**光伏电站；地质灾害；危险性评估；防治措施

## 1 光伏电站地质灾害类型及特点

### 1.1 地质灾害分类

光伏电站地质灾害主要包括几种类型；（1）地质滑坡：地质滑坡是由于地震、强降雨、人为开发等因素引起的土地质量下降而导致的坡面滑动。在光伏发电建设的山区地区，地质滑坡是一种常见的地质灾害。滑坡可能破坏光伏电站的基础设施，如支架和电池板，造成严重的经济损失。（2）坍塌：坍塌是由于地下溶洞、地下水位下降等因素导致地表层土壤下沉或塌陷。这种灾害可能发生在地质条件不稳定的区域，对光伏电站的结构安全构成威胁。（3）地震：地震是地球内部因板块运动和地质构造活动引起的地壳震动。光伏电站位于地震带上的建设风险较大，地震的强度和频率都会对电站的安全和稳定运行产生重大影响。（4）泥石流：泥石流是由于大雨、融雪、坡面开发等因素引起的处于半流态或流态的泥土和石块沿山坡滑动或冲刷下来的现象。在河谷、山坡等复杂地形区域，泥石流可能对光伏电站造成毁灭性破坏。（5）地面塌陷：地面塌陷是由于地下水、地下空洞、煤炭开采等因素导致的地表下沉。这种灾害可能发生在地质条件复杂的区域，对光伏电站的设施安全构成潜在威胁。

### 1.2 光伏电站地质灾害特点

以下是光伏电站地质灾害特点；第一、多样性：光伏电站地质灾害类型多样，包括滑坡、坍塌、地震、泥石流和地面塌陷等，这些灾害各具特点，对光伏电站的威胁各不相同。第二、区域性：地质灾害的发生往往与地质条件、气候条件及人类活动密切相关，具有明显的区域性特征。第三、突发性：部分地质灾害如地震、滑坡和泥石流等具有突发性，难以准确预测，一旦发生，将对光伏电站造成突然而严重的破坏。第四、破坏性大：地质灾害往往具有强大的破坏力，能够瞬间摧毁

光伏电站的设施，造成巨大的经济损失和安全隐患。第五、防范难度大：由于地质灾害的多样性和突发性，以及光伏电站建设环境的复杂性，使得对地质灾害的防范难度较大。

## 2 地质灾害对光伏电站运营的危害

地质灾害对光伏电站运营的危害是深远且多方面的，地质灾害如滑坡、泥石流等能够直接破坏光伏电站的基础设施，包括太阳能电池板、支架系统以及输电线路等，导致电站无法正常发电，严重影响其运营效率和经济效益。这些物理性破坏不仅增加了维修和重建的成本，还可能迫使电站暂停运营，进一步加剧经济损失。地质灾害还可能对光伏电站的运维人员构成安全威胁，在灾害发生时，工作人员可能面临被困、受伤甚至生命危险，这不仅影响电站的正常运营，也对员工的生命安全造成重大挑战<sup>[1]</sup>。地质灾害对光伏电站的长期运营稳定性构成潜在威胁，地质灾害往往具有反复性和不可预测性，一旦发生，可能会在未来一段时间内持续影响电站的运营状态。这不仅增加了电站的运营风险，也要求电站管理者必须具备高度的风险意识和应对能力。地质灾害还可能对光伏电站的声誉和品牌形象造成负面影响，电站频繁遭受地质灾害的破坏，将给投资者、客户和公众留下不稳定的印象，进而影响电站的市场竞争力和可持续发展能力。

## 3 光伏电站地质灾害危险性评估实践

### 3.1 地质灾害危险性评估案例研究

在光伏电站地质灾害危险性评估的实践中，案例研究是不可或缺的一环。通过对已发生地质灾害的光伏电站进行深入分析，可以识别出导致灾害发生的关键因素，如地质构造、地形地貌、气候条件、人类活动等。案例研究不仅限于对灾害事件的描述，更重要的是剖析灾害发生的机理、过程及影响范围，从而为后续的危

险性评估提供宝贵的经验和数据支持。例如,某山区光伏电站在强降雨后发生了滑坡灾害,通过案例研究可以发现,该区域的地质条件复杂,土壤松散,加之降雨量大且集中,导致了滑坡的发生。这一案例为类似地质条件下的光伏电站提供了重要的警示和参考。

### 3.2 危险性评估结果解读

地质灾害危险性评估的结果是对光伏电站所在区域地质灾害发生可能性及潜在危害程度的量化表达。评估结果通常包括地质灾害的类型、规模、发生概率、影响范围及可能造成的损失等多个方面。在解读评估结果时,需要综合考虑各种因素,如地质条件、气候条件、人类活动强度等,以及它们之间的相互作用关系。同时还需要结合光伏电站的具体情况进行具体分析,如电站的地理位置、建设规模、防护措施等。通过科学合理地解读评估结果,可以为光伏电站的防灾减灾工作提供有力的依据和指导。

### 3.3 风险等级划分及分析

基于地质灾害危险性评估的结果,可以对光伏电站面临的地质灾害风险进行等级划分。风险等级划分通常依据灾害发生的可能性、潜在危害程度以及可接受的风险水平等因素进行综合考虑。在划分风险等级时,需要采用科学的方法和标准,确保划分的准确性和合理性。同时要对不同风险等级进行详细的分析和描述,明确各等级的具体特征和可能的影响。通过风险等级划分及分析,可以更加清晰地了解光伏电站面临的地质灾害风险状况,为制定有针对性的防灾减灾措施提供有力支持,风险等级划分还有助于光伏电站管理者和决策者更好地把握风险管理重点和方向,提高风险管理的效率和效果。

## 4 光伏电站地质灾害防治措施

### 4.1 预防性措施与应急响应

在光伏电站地质灾害的防治工作中,预防性措施与应急响应是相辅相成的两大核心策略。(1)预防性措施;光伏电站的选址是预防地质灾害的首要环节。在选址过程中,应充分考虑地质构造、地形地貌、气候条件、历史灾害记录等因素,避免在地质灾害易发区或高风险区域建设电站。通过地质勘察、环境评估等手段,全面了解拟建区域的地质灾害风险,为选址决策提供科学依据。在电站设计阶段,应根据选址评估结果,合理设计电站布局、支架结构、排水系统等,以增强电站的抗灾能力。施工过程中,应严格遵守相关规范和标准,确保施工质量,避免因人为因素导致的地质灾害风险增加。建立地质灾害监测预警系统是预防性措施的重要组成部分。通过安装地质监测设备、气象观测站等,实时

监测电站周边地质环境的变化情况,及时发现异常迹象并发出预警,结合大数据分析、人工智能等技术手段,提高预警的准确性和时效性。加强员工对地质灾害防治知识的培训,提高员工的防灾意识和自救互救能力。定期组织应急演练活动,模拟地质灾害发生场景,检验应急预案的可行性和有效性,确保在灾害发生时能够迅速、有序地应对<sup>[2]</sup>。(2)应急响应;根据光伏电站的实际情况和可能面临的地质灾害类型,制定科学合理的应急预案。预案应明确应急组织机构、职责分工、应急资源保障、应急响应流程等内容,确保在灾害发生时能够迅速启动应急机制。一旦地质灾害发生,应立即启动应急预案,迅速组织救援力量赶赴现场进行抢险救援。加强与当地政府、救援队伍等部门的沟通协调,形成合力共同应对灾害。在救援过程中,应优先保障人员安全,尽量减少财产损失。在灾害发生后,及时通过官方渠道发布灾害信息、救援进展和损失情况等信息,回应社会关切,加强舆情引导工作,防止不实信息传播和谣言滋生,维护社会稳定和公众信心。

### 4.2 技术防治手段的应用

在光伏电站地质灾害防治中,技术防治手段的应用起到了至关重要的作用。通过运用先进的科技手段和方法,可以更加有效地识别和预防地质灾害的发生,提高防治工作的科学性和精准性。利用遥感技术和地理信息系统(GIS)对光伏电站所在区域进行空间分析和数据处理,识别出潜在的地质灾害隐患点。通过遥感影像的解译和GIS的空间分析功能,可以直观地展示地质灾害的分布范围、影响程度等信息,为防治工作提供科学依据。采用先进的监测预警技术如物联网、传感器网络等,对电站周边的地质环境进行实时监测和预警。通过监测数据的实时传输和分析处理,可以及时发现地质环境的异常变化并发出预警信号,为防灾减灾工作争取宝贵的时间。针对已发现的地质灾害隐患点或已发生的地质灾害区域,采用工程治理技术进行治理和修复。如采用抗滑桩、挡土墙等工程措施来加固边坡稳定性;采用注浆加固、排水减压等措施来改善岩土体性质等。

### 4.3 防治成效评估及优化

在光伏电站地质灾害防治工作完成后,需要进行防治成效的评估和优化工作。建立科学合理的防治成效评估指标体系,包括地质灾害发生率、损失程度、防治措施实施效果等多个方面。通过收集和分析相关数据和信息,对防治成效进行全面、客观的评估。在评估过程中发现的问题进行深入分析和总结,分析问题的成因、影响范围及严重程度等因素;总结防治工作中的经验教

训和不足之处；提出改进和优化建议。根据评估结果和问题分析总结情况制定优化措施并组织实施，优化措施应针对存在的问题和不足之处进行有针对性的改进和完善；同时注重技术创新和管理创新等方面的提升；确保优化措施的实施效果达到预期目标。在优化措施实施后持续对光伏电站的地质灾害防治工作进行监测和跟踪。

## 5 光伏电站地质灾害防治策略的改进

### 5.1 提升应急预案的可行性

在光伏电站地质灾害防治中，应急预案的可行性直接关系到灾害发生时的响应速度与效果。现有的应急预案往往侧重于宏观指导，而在实际操作中，细化的应急响应流程能够确保每个环节都有明确的责任人、操作步骤和时间节点。通过细化流程，可以减少决策时间，提高响应效率，确保在灾害发生时能够迅速、有序地开展救援工作。光伏电站地质灾害的应急响应往往涉及多个部门和单位，如地方政府、消防、医疗等。为了提升应急预案的可行性，需要加强这些部门之间的沟通与协作，建立有效的联动机制。通过定期举行联合演练、信息共享等方式，提高各部门之间的协同作战能力，确保在灾害发生时能够形成合力，共同应对挑战。随着科技的发展，智能化决策支持系统已成为提升应急预案可行性的重要手段，通过引入该系统，可以实现对灾害信息的快速收集、分析和处理，为决策者提供科学、准确的决策依据，该系统还可以根据灾害发展情况自动调整应急响应策略，提高应急响应的灵活性和针对性。应急预案的可行性还取决于执行者的能力和素质，需要加强对光伏电站员工及应急响应人员的培训与演练。

### 5.2 安全管理和监测技术创新

在光伏电站地质灾害防治中，安全管理和监测技术的创新是提升防治效果的关键。随着物联网、大数据、人工智能等技术的快速发展，监测技术也在不断更新换代。提升光伏电站地质灾害的监测能力，需要积极引入这些先进技术。例如，利用物联网技术实现对电站周边地质环境的实时监测；利用大数据分析技术挖掘监测数据中的潜在规律；利用人工智能技术提高监测预警的准确性和时效性，这些技术的应用将大大提升光伏电站地质灾害的监测水平。传统的安全管理模式往往依赖于

人工巡检和记录，存在效率低、易出错等问题。提升安全管理水平，需要建立智能化安全管理系统。该系统可以实现对光伏电站运行状态的实时监测和数据分析；通过预设的安全规则和算法自动识别和预警潜在的安全隐患；同时支持远程监控和智能调度等功能<sup>[1]</sup>。智能化安全管理系统的建立将大大提升光伏电站的安全管理效率和准确性。安全文化是企业安全管理的灵魂，提升光伏电站地质灾害防治效果，需要加强安全文化建设。通过制定完善的安全规章制度、加强员工安全教育培训、营造浓厚的安全氛围等方式，提高员工的安全意识和责任感。同时还需要建立安全激励机制和问责机制，鼓励员工积极参与安全管理和隐患排查工作，确保光伏电站的安全稳定运行。技术创新是推动光伏电站地质灾害防治工作不断进步的重要动力。加强技术创新与应用，需要加大科研投入力度，鼓励科研机构和企业开展相关技术研究开发与开发。同时还需要加强技术交流与合作，引进和消化吸收国内外先进技术成果，推动技术创新成果在光伏电站地质灾害防治中的广泛应用。

### 结束语

光伏电站地质灾害危险性评估及防治措施的实践研究，不仅是对现有技术的深化应用，更是对未来安全发展的积极探索。通过本次研究，深刻认识到地质灾害对光伏电站的潜在威胁，也见证了科学防治策略在降低风险、保障安全中的重要作用。展望未来，随着技术的不断进步和管理的日益完善，有理由相信，光伏电站将在更加安全、可持续的道路上稳步前行，为清洁能源的发展贡献力量。

### 参考文献

- [1]黄加旭,欧志笔.光伏电站地质灾害危险性评估及防治措施实践研究[J].西部探矿工程,2024,36(6):13-16. DOI:10.3969/j.issn.1004-5716.2024.06.005.
- [2]洪增林,李永红,张玲玉,李傲雯,任超.一种基于主成分分析法的区域性地质灾害危险性评估方法[J].灾害学,2020,35(01):118-124.
- [3]韩荣荣.新形势下乌努格吐山铜钼矿地质灾害危险性评估研究性分析[J].世界有色金属,2019(20):172-173.