

Research on Safety Technology and Application of New Energy Photovoltaic Power Station

Ying Cheng

Hubei Anyuan Safety and Environmental Protection Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

With the ongoing transformation of global energy structures, photovoltaic power stations have been extensively developed and deployed worldwide. These clean energy solutions, characterized by their renewable nature, provide substantial electricity supply to various regions, effectively mitigating energy crises and environmental pollution. However, the expanding scale and number of photovoltaic power stations have introduced safety risks, including structural integrity issues in support systems and electrical hazards. To address these challenges, targeted safety technologies must be implemented, along with enhanced operational management practices, to ensure reliable and secure operation of photovoltaic power stations, thereby promoting the safe development and utilization of renewable energy. This article analyzes safety concerns in photovoltaic power stations, proposes key safety technologies, optimizes management measures, and enhances operational safety standards to ensure reliable and secure operation of renewable energy photovoltaic power stations.

Keywords

New Energy; Photovoltaic Power Station; Safety Technology; Application Key Points

新能源光伏电站安全技术及应用研究

程迎

湖北安源安全环保科技有限公司，中国·湖北 武汉 430000

摘 要

现阶段随着全球能源结构转型升级，新能源光伏电站在全球各地得到了大规模开发和应用。光伏电站具有较强的清洁性、可再生优势，为各地输送大量电能支持，能够有效缓解能源危机和环境污染问题。但是随着光伏电站建设规模、数量的逐渐扩展，也带来了一定的安全风险问题，如支架结构风险、电气风险等，需要采取针对性的安全技术，强化安全运维管理，保障光伏电站安全可靠运行，促进新能源安全开发和利用。文章主要对新能源光伏电站安全问题进行分析，并提出针对性的安全关键技术，优化安全管理措施，有效提升光伏电站安全管理水平，促进新能源光伏电站的安全性、可靠性运行。

关键词

新能源；光伏电站；安全技术；应用要点

1 引言

为了缓解能源紧张局势和环境污染问题，需要大力开发和利用新能源，尤其要加大建设光伏电站力度，为人们输送更多清洁、可再生能源，代替传统能源，缓解能源危机问题。但是光伏电站容易受到自然环境、电气运行条件等因素的影响，出现安全问题，危害整体电站的安全运行。因此需要采取科学合理的安全技术，提升光伏电站安全运行水平。

2 新能源光伏电站概述

新能源光伏电站就是利用晶硅板等材料电子元件材料形成发电体系，吸收太阳光，并将其转换为电能，然后传输

到电网系统中，供人们生产生活使用。新能源光伏电站系统分为带蓄电池和不带蓄电池系统，前者属于独立发电系统，后者属于并网发电系统。该系统发电原理为：利用半导体产生光伏发电效应，把光能转化为电能，进而逐渐替代煤炭发电，减少环境污染和能源消耗，降低发电成本，保护生态环境^[1]。其中，新能源光伏电站结构如图 1 所示。新能源光伏发电系统可以提高发电效率，为人们日常生活输送更多电能，满足人们日常生活需求，缓解能源紧张局面；在偏远地区建设新能源光伏电站，为当地居民提供充足的电力能源，缓解电力分布不均的问题；新能源光伏发电系统的并网发电模式，可以利用分散化结构的光伏电池进行逆变、变压控制处理，实现并网发电，提高发电效果；新能源光伏电站的建设能够为地方经济发展提供推动力量，促进碳达峰、碳中和目标的实现。当前，我国在各个地方修建了大量的地面电站、分布式电站，光伏装机量持续增长，但是也出

【作者简介】程迎（1990），女，中国湖北应城人，本科，工程师，从事电力系统建设研究。

现了一些安全问题,如火灾事故、组件热斑、接地故障等;再加上运维管理不到位、管理模式不规范等,加大了光伏电站安全隐患,甚至缩短光伏电站使用年限。针对这种情况,需要采取科学合理的安全技术,优化安全运维管理,优化运维流程,促进整体新能源光伏电站的安全可靠性运行。

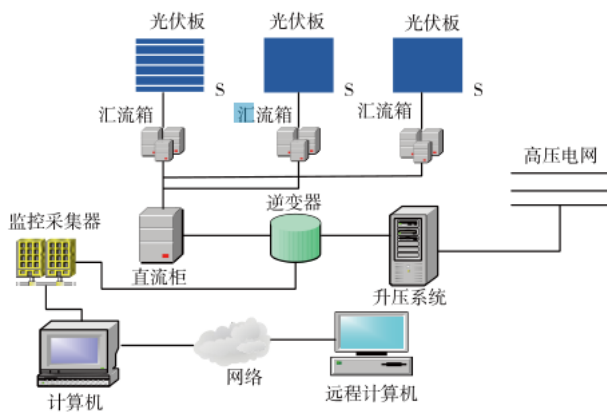


图 1 新能源光伏电站结构图

3 新能源光伏电站安全风险问题

3.1 电气安全风险

光伏电站包含很多不同类型的电气设备,如光伏组件、逆变器、变压器等,引导运行管理不到位,容易发生以下风险问题:在充足的光照环境下,光伏组件会不断地输出直流电压,一旦安装失误或者维护不到位,会加大触电事故发生几率;逆变器是实现直流电和交流电相互交换的关键设备,在高频开关过程中内部电力电子器件会形成过电压、过电流现象,严重情况下还会损坏设备、引发火灾;电缆连接不牢固等问题,会引发短路故障,甚至产生电弧、火灾等事故^[2]。此外,光伏电站并网后,会改变电网单向潮流状态,致使容量比值增加,容易引发线路保护误动、拒动现象;当外界温度、湿度变化时,会改变光伏电站输出功率,进而引起电压波动或闪动问题。

3.2 火灾安全风险

通常情况下,光伏电站往往建设在偏远山区,缺乏消防安全意识,没有制定完善的消防安全防范制度,致使消防系统存在较大的安全隐患。其中,如果光伏组件长时间超负荷运行,会引发热斑效应、内部短路、边框接地不良等问题,致使温度超出标准范围,这是引发组件燃烧的重要原因之一。当逆变器、汇流箱等设备内部元器件出现电容爆裂等故障问题,也会因火花问题引发火灾事故。此外,雷击很有可能击穿绝缘设备,引发短路火灾问题。如果光伏电站内堆积大量的杂草、落叶等可燃物,一旦遇到明火,会引发火灾。

3.3 结构安全风险

整个光伏组件主要依靠光伏支架支撑,一旦支架结构不稳固,会影响整体光伏电站的安全运行。其中影响支架安全的原因有支架材料选择不当、设计不科学、施工质量较差

等,再加上光伏支架长期承受自身重量、风荷载、雪荷载等容易出现变形、失稳、坍塌问题^[3]。同时,如果光伏电站基础工程存在地基不均匀沉降、支架倾斜、组件损坏等缺陷问题,也会影响光伏电站可靠运行。

3.4 环境与人员安全风险

在光伏电站运营过程中,巡检人员长期在高温、高湿、强辐射环境中工作,加大了中暑、晒伤等健康问题。此外,光伏电站内存在蛇虫鼠蚁等生物,会加大巡检工作风险系数;如果对光伏电站废弃组件处理不到位,会引起土壤、水体污染,引发环境安全问题。

4 新能源光伏电站安全关键技术

4.1 电气安全防护技术

接地技术。其中接地系统包含系统接地和保护接地两种:系统接地就是利用接地系统,把光伏组件金属边框、支架、设备外壳、逆变器等与接地网连接,实现可靠接地,把这些组件与大地之间的电子控制在合理范围内,以便减少触电风险;保护接地就是把电气设备金属部分与接地网连接,避免人接触故障设备。防雷技术。防雷技术包含直击雷技术和感应雷防护技术。直击雷防护技术就是在电站进线端、逆变器、汇流箱等关键设备中安装避雷针、避雷线、接地装置等,并设置多级防雷保护,把雷电击中的电流引入到大地中,减少雷击对设备的损害;感应雷防护技术就是在光伏电站输入、输出端安装避雷器,防止光伏电站受到感应雷影响。过流与过压保护技术。即在电气回路中安装过流保护装置,如熔断器、断路器等,一旦发生短路、过流故障问题,能够第一时间切断电路,保护设备安全;此外还可以再逆变器、组件串上安装过电压保护电路,对电压进行有效控制,避免过高引起设备损坏^[4]。绝缘监测与故障诊断技术。即通过安装绝缘检测装置,对光伏阵列直流侧、交流侧的绝缘电阻进行动态监测,一旦绝缘电阻低于设定值,需要及时报警,方便排查故障;此外还可以利用智能故障诊断技术,实时采集电气参数,精准识别故障类型,保障故障问题的高效处理。

4.2 火灾防控技术

引进早期预警技术。在关键设备位置安装感烟、感温火灾探测器,联合红外热像仪,实时监测光伏组件、逆变器温度,一旦发现火灾隐患,需要及时预警;通过分布式光纤传感技术实时监测电缆线路温度,提早预警电缆火灾隐患。灭火与隔离技术。即在电站控制室、逆变器等区域配置灭火器、消防栓等灭火设施;在大型光伏电站配置自动喷水灭火系统、惰性气体灭火系统;在具体运用中,需要为自动灭火系统探测器设置阈值,一旦探测到的温度超过这一阈值,系统会立即发出预警信号,控制器接收信号后,判断是否存在火灾隐患,然后启动干冰灭火方式,有效提升灭火效果;此外要科学设置防火间距,合理划分防火分区,在组件阵列之间铺设防火隔离带,避免火灾蔓延。热斑防护技术。即选择

具有良好抗热斑性能的光伏组件，并在光伏阵列中安装热斑监测装置，对组件温度进行实时监测，一旦发现热斑问题，需要第一时间采取降温、切断电路等措施，避免热斑持续扩大引发火灾问题。此外，也需要选择合适的防火隔离涂料，形成防火隔离层，减缓火势蔓延，保护光伏电站安全。其中，防火隔离涂料性能指标如表 1 所示。

表 1 防火隔离涂料性能指标

性能指标	有机防火涂料	无机防火涂料
附着力（级）	≥5	≥4
柔韧性（mm）	≤5	≤5
耐火时间（min）	≥1	≥2
耐热性（℃）	≥100	≥200
环保性能	VOC 含量低	无或极少 VOC

4.3 结构安全保障技术

结合光伏电站所在地区的气候条件、地质情况，优化设计光伏支架，选择高强度、耐腐蚀的材料，如铝合金、镀锌钢等，进而强化整体支架结构的稳固性和刚度，延长支架使用寿命。此外要完善施工质量控制技术，强化施工过程质量监督力度，严格按照设计图纸规范施工；着重检查支架基础、连接件，引进先进施工工艺和设备，保障施工精度和效率。优化运维管理技术，定期检测光伏支架结构，如外观检查、变形监测、连接节点紧固性检查等；利用无人机巡检、传感器监测等技术，实时掌握支架结构受力状态、变形数据等，第一时间发现安全隐患，制定针对性的维护措施，进而保障支架稳固性和安全性。

4.4 智能化运维管理技术

为了保障新能源光伏电站安全运行，需要促进智能化运行和维护，尤其要引进人工智能技术、物联网技术等，通过虚拟建模、模拟建模等方式，精准识别、诊断和调节光伏电站设备运行数据，强化智能化设备对数据信息的感应能力，控制数据处理偏差。在具体运维管理工作中，需要引进远程监控与智能巡检技术，建设光伏电站远程监控系统，对电站运行参数、设备状态、环境信息等进行动态监测，一旦

发现异常数据，需第一时间进行远程控制；利用无人机、机器人等智能巡检设备，实现高效、安全化的巡检，减少人员安全、健康风险^[5]。引进大数据分析与风险预警技术，动态化、综合性分析电站运行数据、气象数据、设备状态数据等，并在数据分析基础上构建安全风险评估模型，动态预警电站安全情况，并以此为依据针对性调整安全运维策略，提前采取预防措施，保障电站安全运行。应急管理与联动技术，健全应急管理体系，提出可行性的应急预案，优化应急处置流程，对安全管理责任进行明确划分和落实；在物联网技术支持下，对气象部门、消防部门进行应急联动，一旦发生安全事故需要快速响应，有效处置，把安全风险扼杀在摇篮里。

5 结语

综上所述，为了保障新能源光伏电站安全运行，需要对电气安全技术、防火安全技术、智能安全防护技术等进行优化应用，同时需健全安全监管机制，引进火灾监控系统、自动报警装置等先进的专业智能化技术，提前消除安全隐患。要健全安全事故防控系统，实时监测消防安全，全面监控光伏电站的各个环节，及时发现安全隐患，采取科学方法进行防范和应对。要强化设备安全检查，保障设备质量符合设计要求，促进整体光伏电站始终处于安全稳定的运行状态。

参考文献

[1] 周浩. 新能源光伏电站安全管理技术研析 [J]. 电力设备管理, 2025, (06): 242-244.

[2] 王新刚,高永鑫,陈大海,等. 无人机在光伏电站安全监督检查中的应用 [J]. 电子技术, 2025, 54 (01): 136-139.

[3] 王锋. 浅谈智能化技术提升光伏电站运维工作安全管控水平 [J]. 电气技术与经济, 2023, (10): 97-99.

[4] 陈曦. 新能源光伏电站安全技术应用研究 [J]. 大众标准化, 2023, (01): 95-97.

[5] 张节潭. 大规模新能源电站主动参与电网频率调节和电压稳定关键技术与应用. 青海省, 国网青海省电力公司, 2022-02-25.