浅析电站运维技术失效列表：火灾隐患及自然灾害

据国家能源局的统计数据显示，截至2018年前九个月，中国新增并网光伏装机量为34．5GW，累计并网装机容量为165GW。“531”光伏新政让狂奔数年的中国光伏按下减速键，增量规模放缓，1．5亿千瓦存量电站的运维工作则备受关注。对于光伏电站持有者而言，追求电站的最大发电能效，达到电站的预期收益是最为核心的目标，在光伏设备降本空间有限、效率提升难度加大的现实背景下，通过精细化运维向电站要收益成为光伏系统持续降本增效的最快捷途径，而达到预期收益的前提是光伏资产的安全稳定运行。近年来，由于施工质量缺陷、设备选型不当、运维管理不规范等，发生人员伤亡和重大财产损失的案例屡见不鲜，因此安全保障是运维工作的基础和关键，需要通过预防性、周期性的维护、定期检测等手段，科学合理地对运行寿命中的电站进行管理，以保障整个系统的安全、稳定、高效运行。

1、火灾隐患和防火措施

1．1组件热斑

热斑现象是光伏发电系统的一种典型故障，如图1所示，它不仅会降低系统的发电效率，也容易带来安全问题，组件内部原因形成的热斑有组件的虚焊，它容易引起电阻增加，导致组件发热。高温下严重的热斑会导致电池局部烧毁、焊点熔化、栅线毁坏、封装材料老化等永久性损坏，局部过热还可能导致玻璃破裂、背板烧穿，甚至组件自燃、发生火灾，所以热斑一直是电站运维过程中最受关注的问题。

电池片的漏电，会对电池的正常工作带来影响，从而充当负载，消耗其他正常电池的电量；二极管的可靠性差，得不到及时的旁通。另外组件其他因素，如外部遮挡和组件材料阻燃性差，都可能会引起光伏电站的起火。

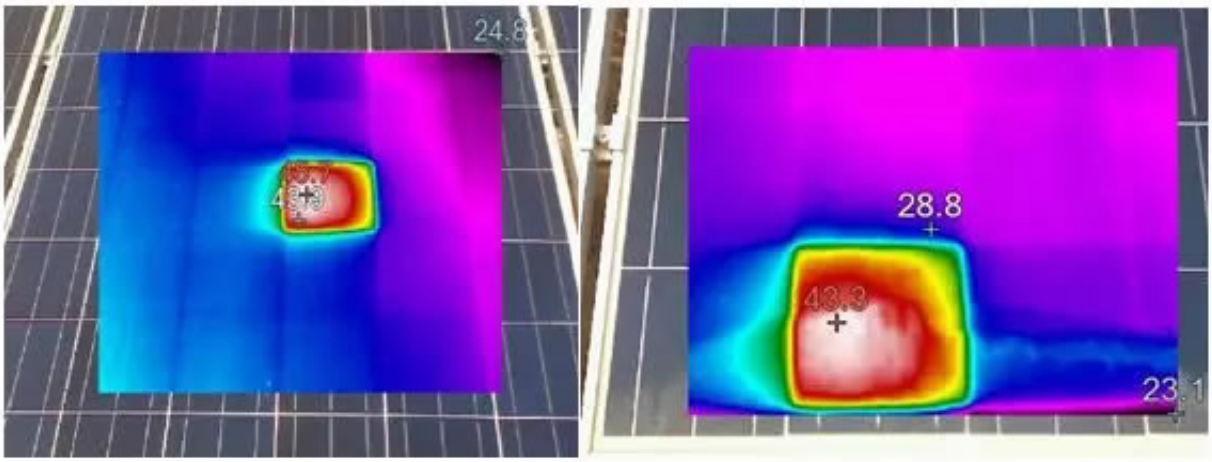

图1 组件热斑照片

预防措施：可使用手持红外热像仪或无人机定期对光伏区的组件进行扫描，通过测试结果对组件的质量进行评价，由于目前对热斑温度范围没有统一的标准，部分企业以夏季和非夏季进行定义，如夏季，环境温度大于35°C时，组件玻璃面的温度大于90°C。非夏季时，玻璃面的温度极差大于等于20°C作为热斑判断的标准。由于组件的正常工作温度范围一般在－40～＋85°C，因此，当温度持续超过85°C后，建议更换组件。

1．2组件接线盒故障

接线盒承接来自组件的输出能量，是载体和中间器，接线盒中的二极管击穿、二极管的短路或失效、组件正负极引出线虚接、接线盒开裂是常见的问题点，若接线盒的密封性比较差，空气和水汽易侵入，内部的元器件电阻增加，加快腐蚀，最终也会导致烧毁。接线盒发热可能是接触不良或二极管失效，同时也埋下了安全隐患。二极管内部存在反向电流，温度每升高10°C，反向电流就会增大一倍，反向电流会减小组件产生的电流，影响组件的功率。所以，接线盒选型时必须具备优良的散热性，或作特殊的散热设计。在日常运维工作中，建议利用红外热像仪定期排查接线盒发热问题，一经发现立即处理。

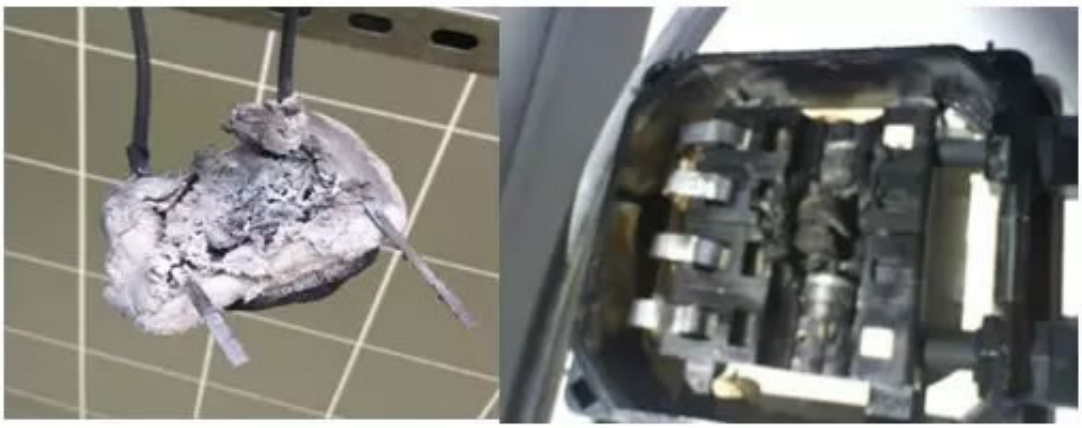

图 2 接线盒烧毁和二极管失效

1．3 光伏连接器故障

光伏连接器在系统初始投资成本中的占比不足0．5%，但却是光伏系统的关键零部件，它确保着系统所发电量能够从组件稳定传输到逆变器和用户端。欧盟Horizon 2020“ Solar Bankability ”项目组根据746座电站的现场运维数据，给出了电站运维TOP20技术失效的列表，若只考虑失效风险所造成的发电量收益损失，“ 光伏连接器损坏和烧毁 ”在失效列表中排在第2位。

连接器的失效主要是由于本身的质量，如公母连接器对插之后的接触电阻，一个优质的连接器必须具有很低的接触电阻，并且能长期维持在低的接触电阻。根据光伏连接器国际标准EN50521，接触电阻需小于或等于5mΩ。失效的第2个原因是不同品牌之间的连接器互插，由于技术和产品材料存在差异、生产过程和质量标准存在差异、公差不一致和原材料不同等问题，因而无法保证100%匹配。倘若强行互插，会导致温升、接触电阻增高和IP等级无法保证的问题，进而严重影响电站的发电效率和安全。TüV和UL都出过书面声明，不支持不同厂家的连接器互插应用。如果一定要使用的话，最好提前做匹配性测试。

如图2所示为对某电站利用红外热成像仪对优、劣质光伏连接器工作时的温度进行热成像，显然劣质光伏连接器工作时温度更高。因此，在连接器选型时，要选择优质的连接器。

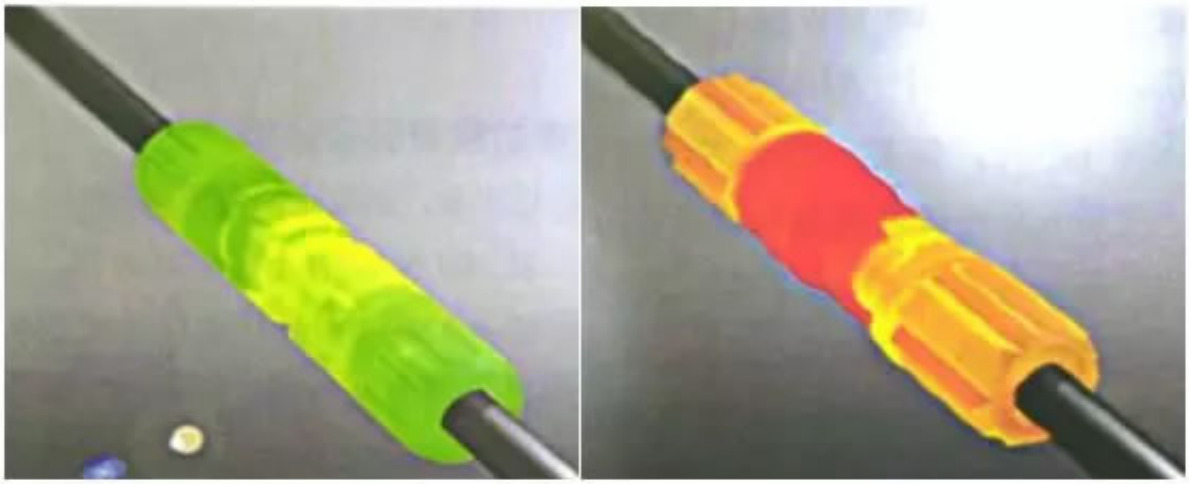

图 3 左）优质光伏连接器右）劣质光伏连接器

1．4 直流电弧

据第三方机构调查，光伏电站40%以上的起火事故因直流电弧故障所致，国际标准如NEC 690．11要求对于光伏系统中任意2个带电部件间的电压超过80V以上的，必须具备直流电弧检测和保护能力。

组串正负极性之间的高压之间产生电弧，组串不发电时，电压表现为开路电压，一般最高可达700V以上。光伏电池系统是一种直流电的发电装置，其造成的故障电弧称之为“直流故障电弧”，此与一般交流故障电弧最大不同处在于其没有相位改变所造成的闲歇性周期现象。换句话说，一旦发生了直流故障电弧，高热现象将会维持直至电源来源消失。由于故障电弧产生的高热可达摄氏1，000度以上，因此不仅会造成周遭的绝缘物质分解或碳化而失去绝缘的功效，同时也容易导致邻近的物质达到燃点而被点燃起火，如图4左为某电站汇流箱起火烧毁，从烧毁照片观察，主要集中在断路器上的输入和输出端，端子上温度最高，而熔断器和光伏电缆未见燃烧痕迹，可以排除线缆接触不良或短路等引起熔断器上的拉弧现象。图4右为组串与汇流箱内的接线不牢固，存在虚接现象，在运行过程中不良接触引起电流拉弧，高温把熔断丝座融掉引起短路，烧掉汇流箱。

图 4 左）汇流箱高压直流电弧引发燃烧右）线缆虚接，熔断器和底座烧毁

1．5 其他原因

一般来说：直流电弧、大自然的野火、人为的明火源都可能造成火灾。

图5为某山地光伏电站发生火灾，地表有一定的植被，光伏区杂草过多，因冬季天干物燥，植被易燃，有明火即可发生火灾。另外区内区外未做有效的防护隔离，导致火情蔓延至光伏区。

图 5

防范措施：

1）对光伏厂区的每个角落做到全面监控。

2）参照《DL 5027－2015电力设备典型消防规程》中的要求，检查站内消防设施的配备、安全情况，确保其完备可用。

3）要做好突发火情的应急处置措施，组织员工进行一次实战演练，提高员工的应对火灾的能力和防火救护能力。

4）加强电缆沟、竖井、桥架穿墙处的防火封堵，电缆沟内禁止存放易燃、可燃、助燃物品，杂物要清理干净。

5）冬季风大草干，烧山、祭祀等习俗极易引发火灾，需要厂区植被进行清理，具备条件的电站要做好与外界区域的防火消防隔离；重点防火部位在明显位置悬挂禁烟、禁火警示牌。做好外来人员的安全教育和监督管理。

6）电站要在特殊季节、时段，开展特巡、专巡，时刻保持火灾警戒状态，发现火情及时处置、处理。

2、自然灾害隐患和防范措施

2．1洪水

光伏电站遭受洪涝灾害影响的源头是由于其在电站设计之初未依照正确的规范标准进行设计。在光伏电站设计、施工过程中，应对洪涝灾害时通常采用结构性防洪和人工防洪两种方式。结构性防洪通常体现在设计阶段，设计时参照洪水评价影响报告。

对于处于不同区域的光伏电站，防洪标准应当区别对待，不同地理位置防洪等级与标准存在较大差异，对于邻江、邻海地区通常会采用＋0．5m的安全超高，对于山区部分还要另外考虑山洪带来的影响增设桩基高程。

目前对于大多数项目，设计单位通常考虑以50年一遇的最高内涝水位作为参考标准增设超高，实际情况会根据地理位置和防洪标准设计而有所调整。

图 6 湖北某光伏电站因遭遇强降雨侵袭

【防范措施】

谨慎选址：在水文条件方面要多方考虑短时最大降水雨量、积水深度、洪水水位、排水条件等，上述因素将直接影响光伏系统的支架系统、支架基础的设计以及电气设备的安装高度。积水深度高，则组件以及其他电气设备的安装高度就要高。洪水水位影响支架基础的安全。排水条件差，则导致基础甚至金属支架长期浸水。

增设排水系统等防护系统：强降水对电站的影响主要是雨水浸泡，地面电站、渔光互补电站及水面电站都应根据所

在地的气象和水文条件设置相应的排水设施，或者在强降水来临前增设临时排水设施。

升压站、配电室、水泵房、箱变、电缆沟等设施设备易发生淹盖地点，应提前做好疏堵措施。

小面积或电站处理能力范围内的水土流失、塌陷问题，电站发现后应积极组织回填，防止隐患进一步扩大。

制定应急预案：电站安全生产第一责任人要结合本单位的防汛工作特点，制定合理的防汛措施和应急预案，对可能引发电站设备损失、影响电站安全的事项进行恰当的应急处置和安全评估；有效预防、降低强降雨导致的山体滑坡、泥石流、塌方等自然灾害及电站设备基础塌陷、道路冲毁等造成的不利影响，密切关注天气预报及变化过程，对雨情、水情、汛情要有足够的敏感性，并及时掌握发展趋势，提前做好应急物资储备（如沙袋、排水泵、电源盘等），一旦设备停电要尽快查找原因，尽早恢复设备运行。

图 7 光伏区水土流失严重（存在滑坡风险）

2. 2 暴风

2017年某光伏电站遭遇大风及沙尘暴袭击，直到16点分大风才停止。期间平均风速16m／s，瞬时风速达30m／s，瞬间风力达到9级，并出现沙尘暴约半小时，最小能见度为299米，大风共持续近6小时，暴风过后，多个支架单元的光伏组件被吹落。

图 8

防范措施：

1）提高光伏支架、组件压块等的强度设计要求，合理选择具有更优抗风能力的组件倾角。对于风抗较大的地方应加强支架强度设计，尽量采用强度较高的镀锌钢材支架。

2）为了将暴风造成的损失减到最低，应“先在预防，重在管理”，建设和运营期都要建立防台风应急预案，建立防台风工作程序化、规范化、制度化的响应机制，采取有效措施。

3）对光伏区组件压块及其螺栓、支架立柱紧固件进行抽验工作，特别春季、秋季大风来临之前制定专项抽检计划，根据螺栓滚动检修的执行和日常巡视时的实际松动情况，确定螺栓的抽检紧固比例，判断评估螺栓的紧固程度，确保大风期间组件不受损失。由于人工操作因个人力道不同，松紧程度不一，施工时需采用专业的安装工具，如电动力矩扳手。

4）在日常运维时，加强阵列巡检力度，及时紧固松动压块。

图 9 螺栓紧固缺陷照片

3、光伏保险

中国人保财险按照产业链分布推出了多种形式的光伏保险，包括面向组件制造商推出的25年功率保障险，面向电站建造商的职业责任险，面向已建成电站的财产险及机器损坏险、利润损失险、公众责任险，以及电站并网运行后的发电收入损失补偿险。

财产一切险的保障范围：承保自然灾害、意外事故等导致的光伏电站的直接财产损失。

1）自然灾害：指雷击、暴雨、洪水、暴风、龙卷风、冰雹、台风、飓风、沙尘暴、暴雪、冰凌、地震、突发性滑坡、崩塌、泥石流、地面突然下陷下沉等其他人力不可抗拒的破坏力强大的自然现象。

2）意外事故：指不可预料的、被保险人无法控制并造成物质损失的突发性事件，如：火灾、爆炸。

间接损失保险：运营中断与额外费用保险，承保自然灾害、意外事故等导致光伏电站运营中断的间接损失，包括预期发电量和补贴的减损以及固定成本的增加。

电站可以根据实际情况选择合适的保险，尽可能的减少财产损失。

4、小结

安全保障是分布式光伏系统运维的一项重要工作，本文详细说明了光伏系统的运维工作有可能发生的安全风险，包括火灾隐患、自然灾害隐患等等，光伏发电作为一个快速发展中的行业，在设计、施工、设备质量控制等各个环节都容易发生漏洞，运维工作应该多管齐下，加强管理，防患于未然，才能减少工作中的安全风险。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/134051.html