

# 工商业光伏安全 白皮书



TÜVRheinland®  
Precisely Right.

# 引言

大力发展可再生能源,改善用能结构,是应对环境和气候问题的重要途径之一<sup>1</sup>。在此背景下,欧盟制定了“PowerEU”计划,要求欧盟成员国在2030年前在基础设施方面投资5650亿欧元(约合人民币39400亿),以实现其绿色计划。2020年9月,中国提出了力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和的“双碳”目标。除政策因素外,欧洲电价飙升以及各地不断拉大的峰谷价差也推动着企业进行绿色转型,获取更优度电成本以实现可持续商业运营。政策推动叠加成本优势,让绿电迎来了最佳建设时机。

然而,相较于其它传统的发电方式,光伏的发展时间仍较短,相关技术的成熟程度参差不齐,特别是工商业光伏建设在电力用户侧,大多处于工业/居民区,与人们的生产和生活更加紧密的结合在一起。各类安全事故不仅影响系统本身,还将对业主的人身和财产安全产生严重威胁。

为了让业界可以更全面的了解光伏系统中的安全防护技术,莱茵和华为联合发布“工商业光伏安全白皮书”,详细介绍工商业光伏系统中所面临的安全挑战,光伏系统所需要的安全设计方案、对现有解决方案/技术的评估以及应用前景。

本白皮书旨在指出系统的安全设计对于光伏系统建设的重要性,为未来光伏系统的安全解决方案提供指导。■

1. [张素芳,邓琦.基于扎根理论的我国分布式光伏发电制约因素研究[J].华北电力大学学报(社会科学版),2022(02):29-39.]



# 目录

## 01 /

### 工商业光伏现状

- 1.1 装机容量不断提升
- 1.2 大功率组件成为工商业主流
- 1.3 应用场景复杂化、多样化

## 02 /

### 工商业光伏系统安全挑战

- 2.1 直流侧短路故障威胁设备安全
- 2.2 直流拉弧火灾威胁资产安全
- 2.3 高电压 / 导体裸露威胁人身安全
- 2.4 本章总结

## 03 /

### 工商业光伏解决方案

- 3.1 主动分断保障设备安全
- 3.2 主动灭弧不起火保障资产安全
- 3.3 “0”电压不触电保障人身安全
- 3.4 本章总结

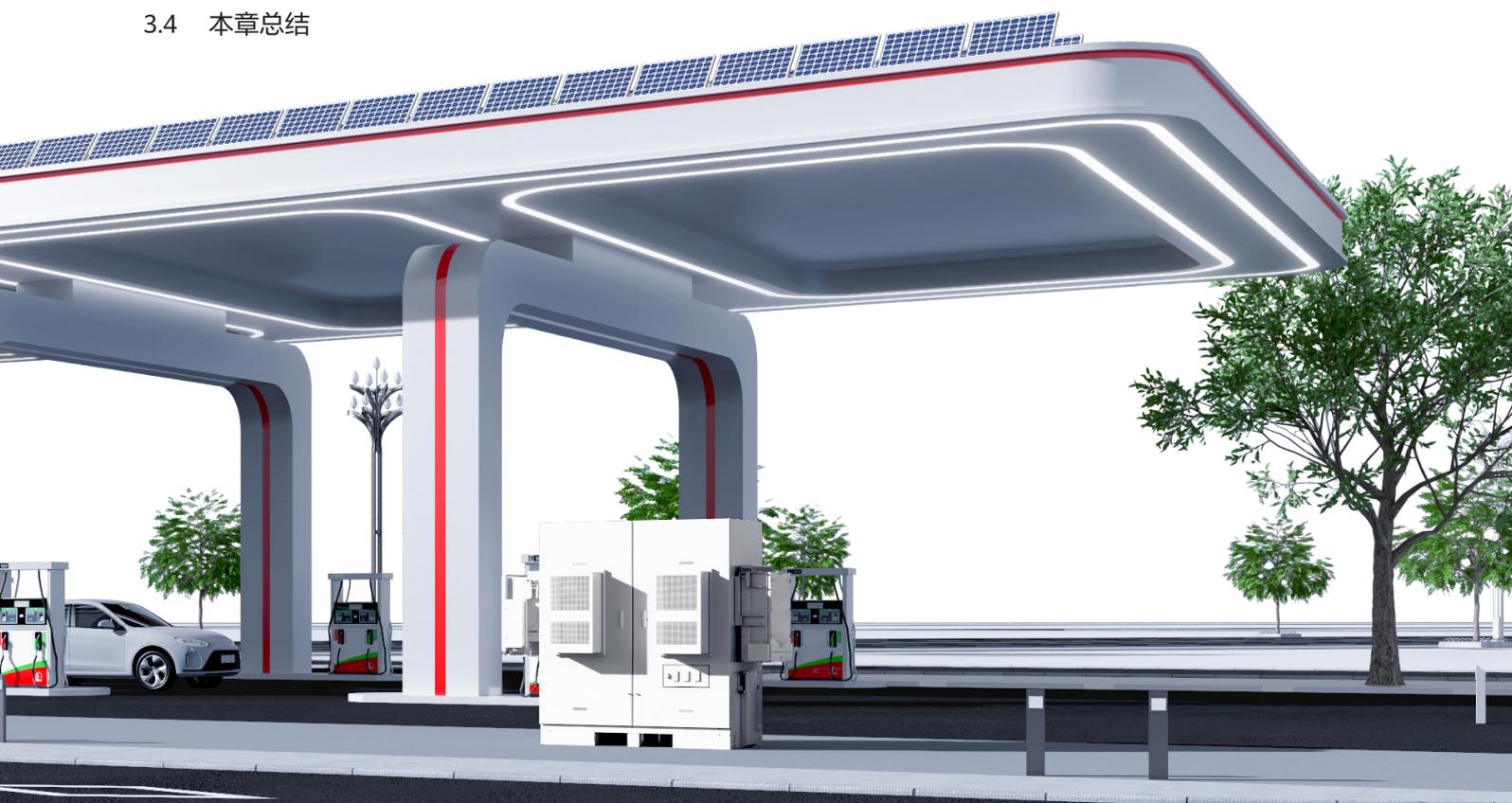
## 04 /

### 工商业光伏安全实测

- 4.1 第三方机构配合测试
- 4.2 本章总结

## 05 /

### 总结和展望





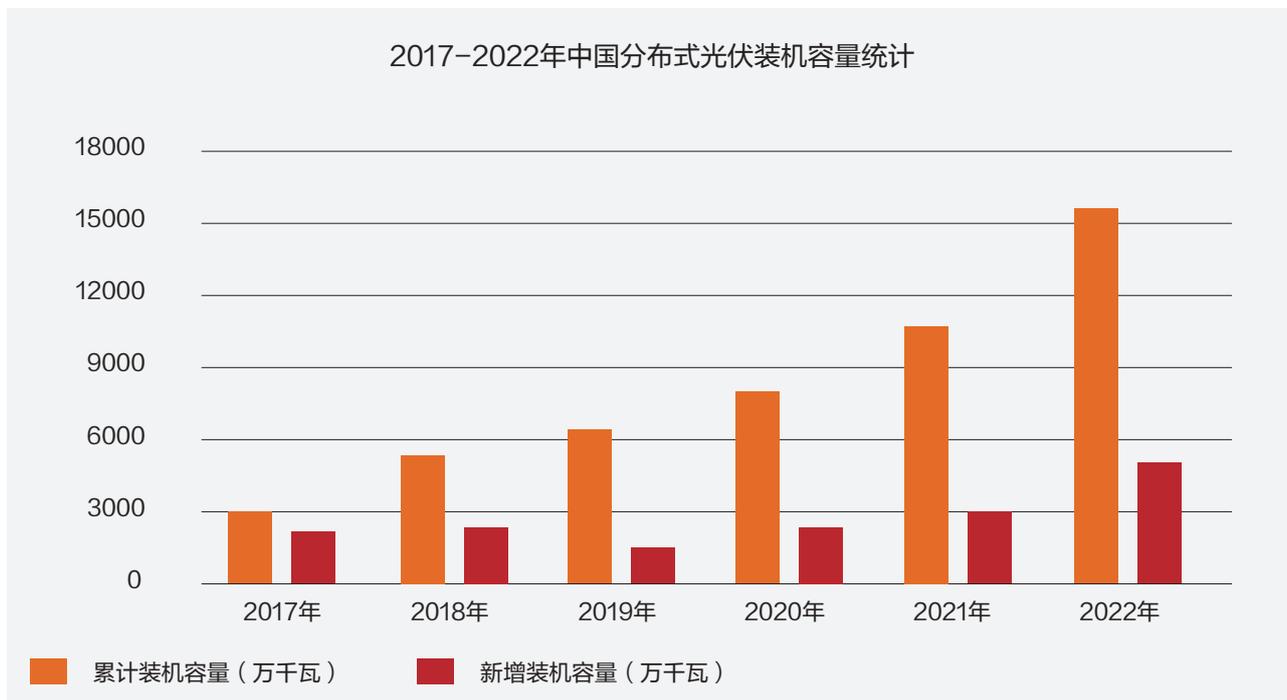
# 1.1 装机容量不断提升

在政策与经济的双重驱动下，光伏建设步入了快车道。据统计，从2001-2017年，全球的光伏总装机容量自1.25GW提升至304.30GW，年复合增长率达40.98%<sup>1</sup>。匈牙利光伏产业在2020年的光伏总装机量达195MW，比2016年增长73.1%<sup>2</sup>；比利时在2020年底累计光伏装机量超过6GW，且装机需求均来自于分布式光伏；美国2021年光伏总装机量已超过100GW，过去十年的年均增长率为42%，并且，根据美国能源部发布的研究报告，到2035年，光伏发电将占据美国电力供应的40%<sup>3</sup>；

印尼计划到2030年新增4.7GW的光伏装机量；澳大利亚计划到2025年，在目前14GW装机的基础上，再安装8.9GW的太阳能光伏系统；截至2025年，中国光伏行业新增装机量将达110GW，同比2020年增长128.22%，分布式光伏在经济效益持续提升的情况下有望获得较快发展<sup>4</sup>。下图展示了2017年-2022年中国分布式光伏装机的容量情况，从光伏装机容量的迅速增长可以看出光伏发电在能源结构变化中的地位，在未来，光伏必将成为主力能源。■

1. [舟丹. 世界光伏发电动态[J]. 中外能源, 2021, 26 (11) : 37]  
 2. [张凌, 高潇儒. 匈牙利光伏产业和补贴机制的研究与分析[J]. 中外能源, 2021, 26 (11) : 28-33]  
 3. [李丽旻. 美国光伏装机目标恐落空[N]. 中国能源报, 2022-03-21(6)]  
 4. [石杰, 李继安, 丁志远, 黄溢文. 分布式光伏的安全问题及清洗策略研究[J]. 光源与照明, 2022(04):93-95.]

2017-2022年中国分布式光伏装机容量统计



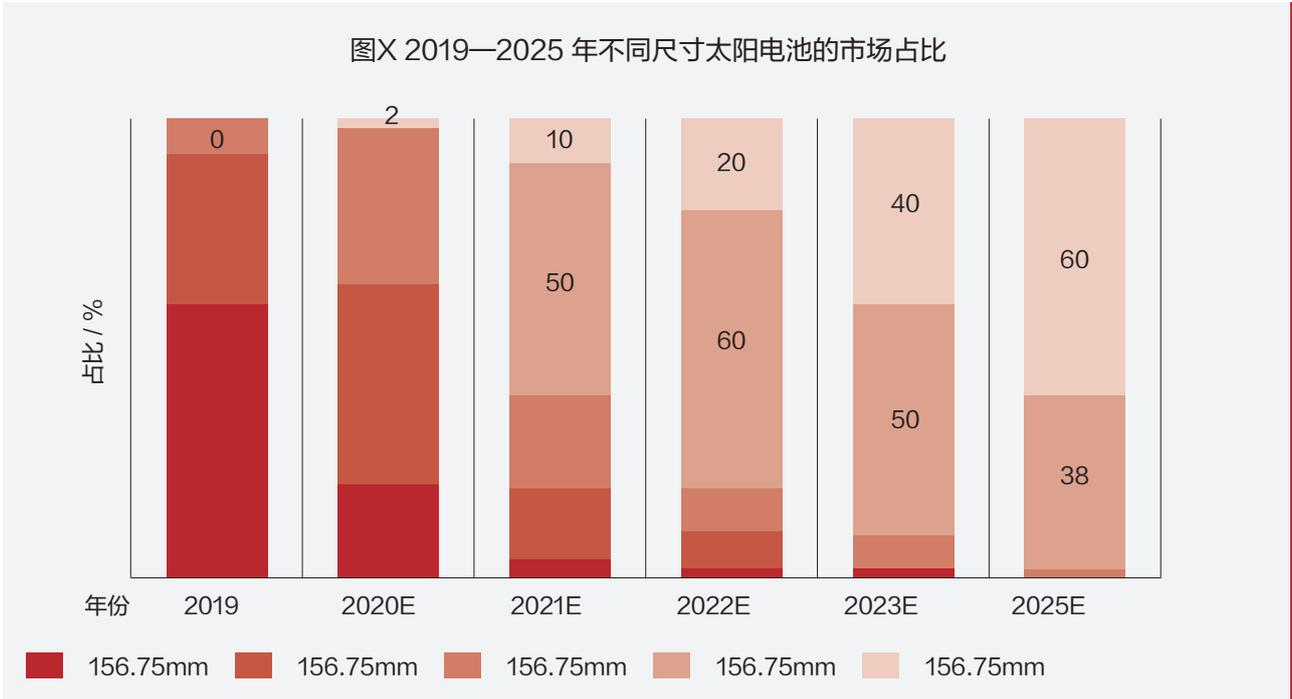
## 1.2 大功率组件成为工商业主流

光伏组件的发展分为了三个阶段：第一阶段是1981—2012年，以100、125 mm为主；第二阶段是2013—2018年，以156、156.75mm为主；第三阶段是2018年后出现了158.75、160、161.7、166、182、210 mm等尺寸<sup>1</sup>。大尺寸硅片可以提升硅片、电池和组件的产出量，从而降低单瓦成本；同时，大尺寸硅片能有效提升组件功率，通过优化电池和组件的设计提高组件效率；并且，随着单

片组件的功率和效率提升，大尺寸硅片可以减少支架、汇流箱、电缆、土地等成本，从而进一步降低单瓦系统成本。从中国光伏行业协会发布的2019—2025年不同尺寸太阳能电池的市场占比也可以看出，182、210mm组件将成为未来光伏市场的主流光伏组件<sup>1</sup>。■

1. [马庆虎,马超.平价上网时代下光伏电站的设计优化研究[J].太阳能,2022(12):62-66.]

图X 2019—2025 年不同尺寸太阳电池的的市场占比



## 1.3 应用场景复杂化、多样化

工商业光伏与建筑联系紧密，存在各种“光伏+”应用场景的分布式项目，包括光伏+工厂，光伏+港口、光伏+物流以及光伏+商超等各类主流场景，其中屋顶电站是工商业光伏的主要应用形式，目前也衍生出了光伏建筑一体化（BIPV），即光伏产品集成到建筑上的技术，常见的应用形式有光电瓦屋顶、光电幕墙和光电采光顶。光伏上屋顶与工商业建筑融为一体，真正进入到了人们的生产和生活之中。■



## 02



## 工商业光伏安全挑战

## 2.1 直流侧故障威胁设备安全

如前所述,大功率光伏组件(182/210)已成为市场主流,光伏系统直流侧系统功率与电流不断增大。然而,大功率组件在降低成本的同时也使得直流侧故障带来了更高的安全风险。当发生故障时,在故障点产生的短路电流也相应增大,由焦耳定律  $Q=I^2RT$  可知,短路点热效应将增加四倍,设备起火风险也大幅升高。

据相关统计,74%的逆变器失效是直流侧故障所致(数据基于华为175GW运行数据统计)。对于接地的光伏系统,直流侧故障一般可以分为线-线故障与接地故障两种<sup>1</sup>。其中,PV组串反接、直流输入反灌、过压以及逆变器内部短路最为常见的直流侧线-线故障。在光伏系统中,多路光伏组串通过并联形式接入到光伏系统的输入端,当一路或多路组串发生反接时,将导致极性正确的组串向极性反接的组串灌入电流,若电流不能及时分断,超过电池板能承受

的极限电流时,电池板设备将损坏甚至燃烧产生火灾风险;直流母线短路为逆变器内部故障,若逆变器无法分断直流侧输入的能量,将导致大量的能量在故障点积累,严重威胁线缆及设备的安全,甚至存在火灾风险。

接地故障指直流侧某处与地的电位呈低阻(一般认为“地”的电势为0),相当于以一根导线将该处直接与地相连接,称该处对地短路。在光伏系统中线缆破损导致内部导体露出是造成对地短路的主要原因。接地故障是极为严重的直流侧故障,它将导致回路中产生几百、上千安的大电流,若无法及时分断会产生大量的热量、损毁设备,产生的电弧会将许多元件在短时间内融化;同时,产生的电流还会带来一定的电磁力,同样会造成设备损坏。下图为光伏系统对地故障而发生的火灾。

除线-线故障与接地故障外,由于接线操作不

1. [Jonh Wiles, "Ground Fault Protection for PV systems", January. February 2008 IAEI NEWS]



直流侧线缆烧毁



母线电容损坏

图2 常见直流侧线-线故障

规范、土地沉陷拉扯线缆以及长期使用导致器件老化和触点松动所导致的端子短路、过流和虚接所发生的端子故障也属于较为常见的直流侧故障。如前所述，高电流导致的故障将伴随着温度升高，故端子

故障常伴随着端子过温，与前述故障类似，若无法实现电流的及时分断将导致端子被烧毁，甚至存在起火风险。

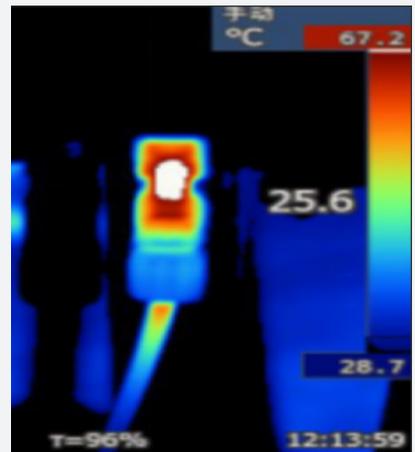


图3 PV端子故障

## 2.2 直流拉弧火灾威胁资产安全

如前所述，应用场景复杂化、多样化是工商业光伏当前主要的发展趋势。光伏与工商业建筑的结合在

帮助工商业主实现更优度电成本、绿色降碳的同时也带来了更高的安全风险。由于工商业光伏主要安装

在电力用户侧，系统安全事故将不仅危害系统本身，同样会对周边环境、建筑产生影响，造成各类财产损失甚至人身伤害事故的发生。

在全球范围内的各类光伏系统安全事故中，电气火灾是发生频率最高，造成损失最大的光伏安全事故。据德国著名的保险公司 MANNHEIMER VERSICHERUNG 对光伏行业的数据进行统计发现，光伏电站火灾事故的补偿金额占据全年金额的 32%，处在该公司保险支出的第一位<sup>1</sup>。

而据相关统计，60% 以上的光伏电站火灾事故

是直流拉弧引起的，接点松脱、接触不良、接线断裂、绝缘材料老化、碳化、电线受潮、腐蚀、绝缘材料破损等都有可能引发电弧产生。在光伏系统中，由于直流侧接线端子较多，忽略其它绝缘部位，MW 级的光伏电站中包含上千个接触点，发生电弧危害的可能性极高，若无法实现直流电弧的快速关断，持续燃烧的电弧将引发电气火灾，造成大量的财产损失甚至威胁人身安全。因此，实现直流拉弧的主动、快速关断是保障工商业光伏系统资产安全的关键所在。■



图X 某光伏电站因直流拉弧导致屋顶起火

## 2.3 高电压 / 导体裸露威胁人身安全

如上所述，电气火灾是造成光伏系统损失最大的安全事故，当屋顶光伏发生火灾或者其他紧急安全事故时，需要消防员上站进行消防工作。然而，对于安装了光伏系统的屋顶电站，光伏组件将持续带电，即使逆变器关机也无法停止组件输出。这意味着系统在发生火灾后，仍会产生几百乃至上千伏的高电压，如

果消防员贸然施救，会对消防员的生命造成严重威胁。因此，需要通过组件电压的快速关断，保障屋顶电压降低至安全电压以下，才能实现对消防员的人身安全保护，使消防人员能够安全上屋顶进行消防救援。

1.[光伏技术中心. 分布式光伏电站火灾案例及故障分析[EB/OL]. (2017-9-24) [2020-03-01].



图X 屋顶高压

除屋顶高压外，光伏系统中还存在着一些容易被忽略的触电隐患，如系统的绝缘阻抗降低所带来的人身触电隐患。绝缘阻抗值代表绝缘材料的完整程度，组件，直流电缆，接头出现破损、绝缘层老化等都会

造成绝缘阻抗低。系统绝缘阻抗降低多意味着绝缘层破损，这导致线缆内部导体裸露，系统漏电，这将造成运维人员触电，存在人身触电隐患。■



图X 常见绝缘阻抗故障

## 2.4 本章总结

综上所述，在光伏系统中存在着多种安全隐患，对光伏系统的设备安全、周边环境的资产安全及运维/消防人员的人身安全都提出了重大挑战。因此，光

伏电站的安全需要从设备、资产和人身三方面进行考虑，通过系统化的方案设计，打造真正安全可靠的光伏电站。■

# 03

## 工商业光伏安全解决方案

面对上述各类安全挑战，行业提供了一定的解决方案。但综合来看，传统的解决方案仅具有部分单一的安全措施，尚未从系统层级进行安全方案的设计，并且在安全技术上仍有较多不足之处，难以满足光伏系统日益提高的安全需求。

相较之下，华为所提供的工商业安全解决方案严格从设备、资产和人身安全三方面进行设计，搭配行业领先的安全技术，真正实现光伏电站“0”安全隐患。■

### 3.1 主动分断保障设备安全

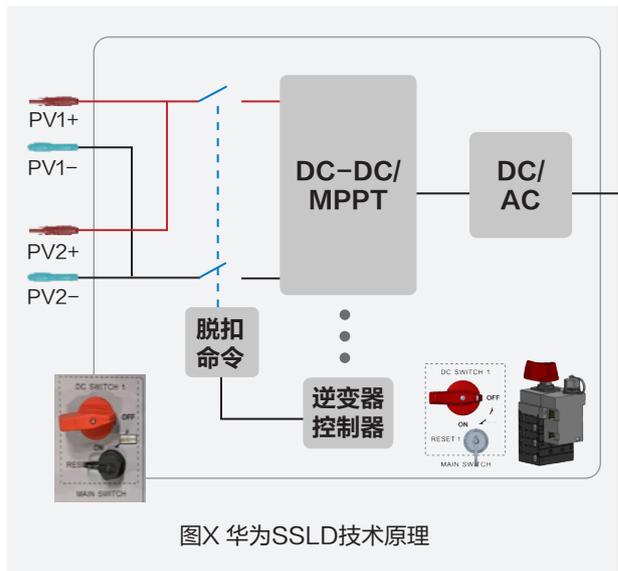
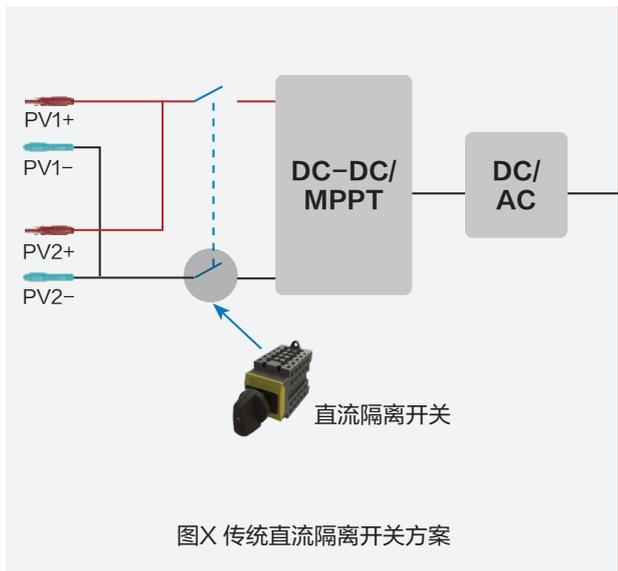
如上所述，随着大功率组件成为市场主流，直流侧故障带来的安全隐患也不断升高。而无论是线-线故障（反接、反灌和母线短路）、接地故障抑或是

端子故障，实现电流、电压的主动分断是保障设备安全的关键所在。■

#### 3.1.1 | 智能组串分断技术(SSLD)

对于PV组串反接、反灌与母线短路等常见的线-线故障，目前行业所提供的方案主要是通过通过在光伏组串与逆变器之间安装直流隔离开关对直流侧线-线故障进行手动分断，它在系统中仅起到分断作用，需

要手动分断或闭合，器件本身不具备主动保护作用；并且当出现逆变器内部故障 / 组件故障时，传统的直流隔离开关无法实现分断保护，短路电流持续存在，短路点仍具备火灾安全隐患。



基于此，华为在工商业领域首次推出智能组串分断技术 (SSLD)，通过逆变器可实时监测各路组串电压、电流信号，以及逆变器内部关键信号，同时监测分断开关的状态信号；逆变器根据采集到的信号，通过华为领先的智能算法，判断逆变器是否有故障发生以及故障类型；当逆变器判断出系统内出现故障需要关断开关时，主控芯片会发出关断信号，驱动开关关断，开关接受到关断信号后，执行机构动作，实现直流开关的自动分断。当分断开关断开后，主控芯片

可以检测是否分断完成，若判断出现异常，逆变器会执行内部分断开关异常处理机制，进行兜底保护，确保高电流顺利分断，保障设备安全。

简而言之，华为 SSLD 通过数字化技术，软件主动将“分闸信号”传递给直流开关，迅速触发脱扣保护和主动告警，**毫秒级**故障电流切断，实现对组串反接、电流反灌、直线母线短路等故障的有效保护，让光伏系统从“被动安全”走向“主动安全”。■

### 3.1.2 | PV线缆对地短路保护

对于更为严重的接地故障，行业目前极少有相应的技术方案。为解决这一问题，华为逆变器通过检测相电压、电流识别是否发生 PV 对地短路故障，

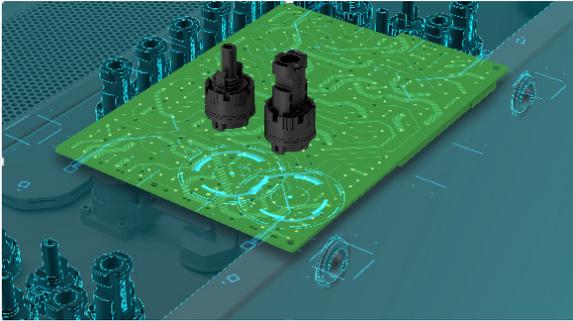
若检测到故障发生，逆变器将迅速停机，断开并网侧开关并告警，保护逆变器不受损坏，同时告警信息上报 app。■

### 3.1.3 | 端子过温检测技术

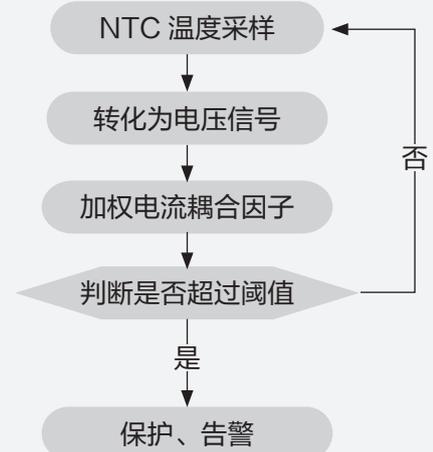
光伏系统直流侧存在许多风险点，传统方案中，端子直接通过线缆连接，无任何过温检测能力，导致端子烧毁故障频发。

华为在工商业领域首创智能端子过温检测技术 (SCLD-TECH)，通过 PV 端子上板设计，在 PV

板端子附近铺设 NTC 温度检测电路，通过将端子温度的变化转化为电压信号的变化，传递至数据信号处理器 (DSP)，进而实现对 PV 端子温度的采样，当检测到端子温度较高时，逆变器将进行保护、告警，并同步上报 app，避免故障扩散。■



图X PV端子上板设计



图X 端子过温算法逻辑

## 3.2 主动灭弧不起火保障资产安全

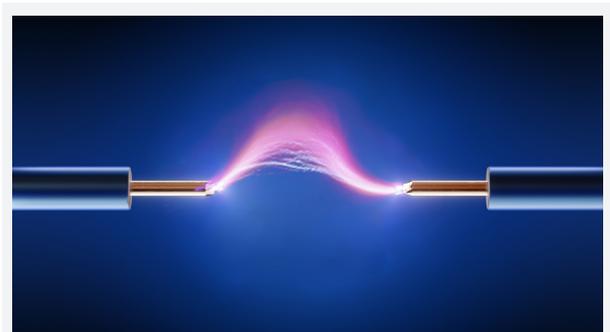
如前所述，直流拉弧引起的电气火灾是光伏系统发生频率最高，损失最大的安全事故，严重威胁业主

的资产安全。实现直流拉弧主动、快速关断是保障业主资产安全的关键。■

### 3.2.1 | 直流拉弧智能检测与快速关断(AFCI)

电弧是在带电导体与导体（或地）距离较近时，导体电压击穿空气，使空气电离而产生的一种辉光现象。电弧伴随着高温，强烈时可以产生明火。在电气系统中，电弧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。

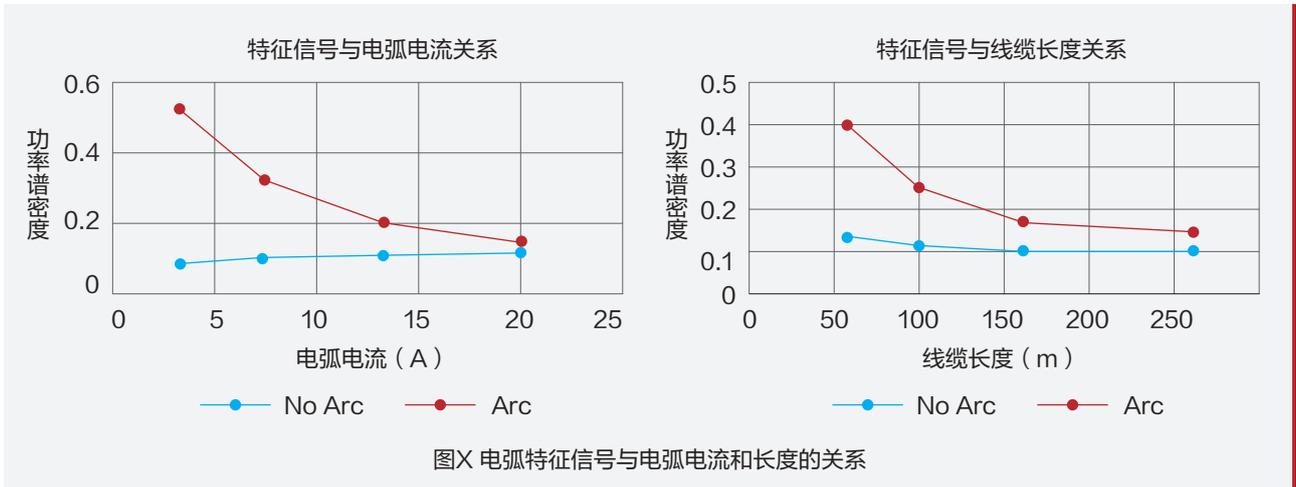
而电弧模型是一个时变非线性模型，电弧信号与噪声信号类似，其能量在所有频谱上几乎都有分布，表现为不同频段能量的抬升，这意味着可通过监测系统中的电学参数及其频谱变化判断电路中是否有电弧产生。然而，随着电流增大，电离现象更稳定，电弧模型越接近于电弧发生前的信号特征；线缆越长，高频阻抗越大，电弧信号越小，这对于电弧检测精度



图X 直流拉弧

和能力提出了更高的挑战。

而在光伏系统设备的现场，运行环境复杂多变，传统方案一般通过对电弧信号做经验分析归纳，不具备泛化能力，在遇到环境噪声接近电弧频谱特征时，

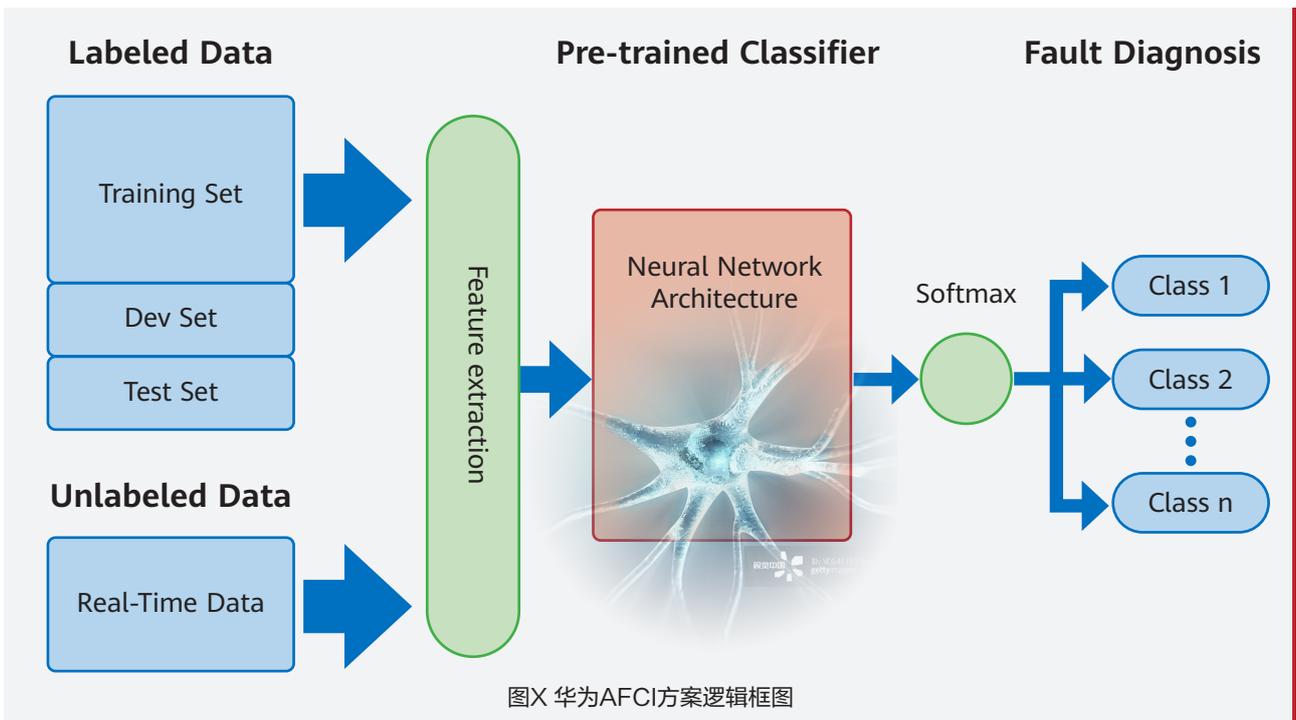


无法有效区分，容易导致误保护。另外，传统算法一旦确定后，判断逻辑固定，随着电流增大\长度提高，准确率下降，误报率上升。这使得传统的 AFCI 方案检测范围仅 80m，可检测电流 16A，关断速度 2.5s。但面对工商业规模的不断提高，80m 的检测范围不能满足检测范围要求，可检测电流大小也无法适配主流的大功率组件，关断速度不足以保障高安全场景对关断速度的要求。

针对上述难点问题，华为利用自身优势及其他领域积累的经验，将 AFCI 与深度学习技术相结合，

区别于人工归纳设计，通过智能算法自动寻找电弧特征，基于高度非线性模型，可同时对海量数据进行计算、迭代，寻找高维空间特征规律，实现对电弧特征信号的有效区分；同时，华为 AFCI 算法与电力电子技术深度融合，结合逆变器功率拓扑特征，具备了动态识别线缆长度的能力，可根据不同线缆长度与电流大小调整算法策略，即便线缆长度与电流进一步增大，也能维持较高的准确率。

在智能算法的加持下，华为 AFCI 具备了 200m 的检测范围，使逆变器拥有全场景的检测能力，可以



满足各种场景检测范围的要求；30A 的 MPPT 电流检测能力，完美适配目前市面上的 182、210 组件；0.5s 更快的电弧关断速度，最大程度降低安全隐患，

满足高安全场景要求。另外，华为还做到了几乎业内唯一 AFCI 兼容优化器快速关断功能 (RSD)，将电站安全做到了极致。■

## 3.3 “0” 电压不触电保障人身安全

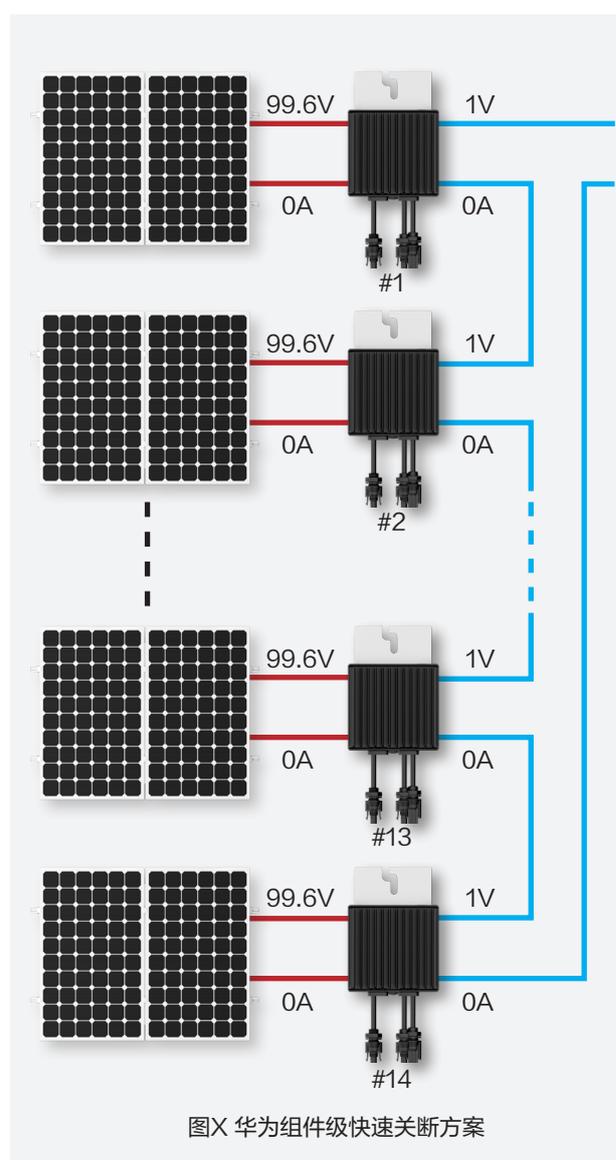
人身安全在任何场景下都是一条红线，如前所述，高电压 / 导体裸露使光伏系统存在触电隐患，实现电压的快速关断是保障人身安全的关键。■

### 3.3.1 | 组件级快速关断

随着光伏技术的进步，光伏产品的功率等级和电流电压不断提高，光伏系统从最初的 600V 设计提高至 1000V 以上，屋顶高压严重威胁着消防员的人身安全。

为此，在 2014 年，美国国家电工规范 (National Electrical Code, 简称 NEC) NEC2014 690.12 《组件级自我关断解决方案》标准发布，即对光伏系统的快速关断作出了要求。快速关断即快速关断每一块光伏组件之间的连接。2017 版的 NEC 690.12 中，对快速关断又做了严格的要求——以距离到光伏矩阵 305mm 为界限，在快速关断装置启动后 30S 内，界限范围外电压降低到 30V 以下，界线范围内电压降低到 80V 以下，也就是要求实现“组件级关断”。

在此背景下，华为智能光伏解决方案通过搭配智能组件控制器，实现光伏组件电压的快速关断，触发高压关断的方法有三种，分别是：关闭逆变器与电网之间的交流开关、将逆变器底部的直流开关设置为 OFF 或者将接入开关连接到逆变器通信端子的 13 和 15 引脚上，默认情况下，开关关闭，当开关从关闭变为打开时，触发快速关断。智能组件控制器可以实现 10s 内将系统电压降低至 20V 左右，更



图X 华为组件级快速关断方案

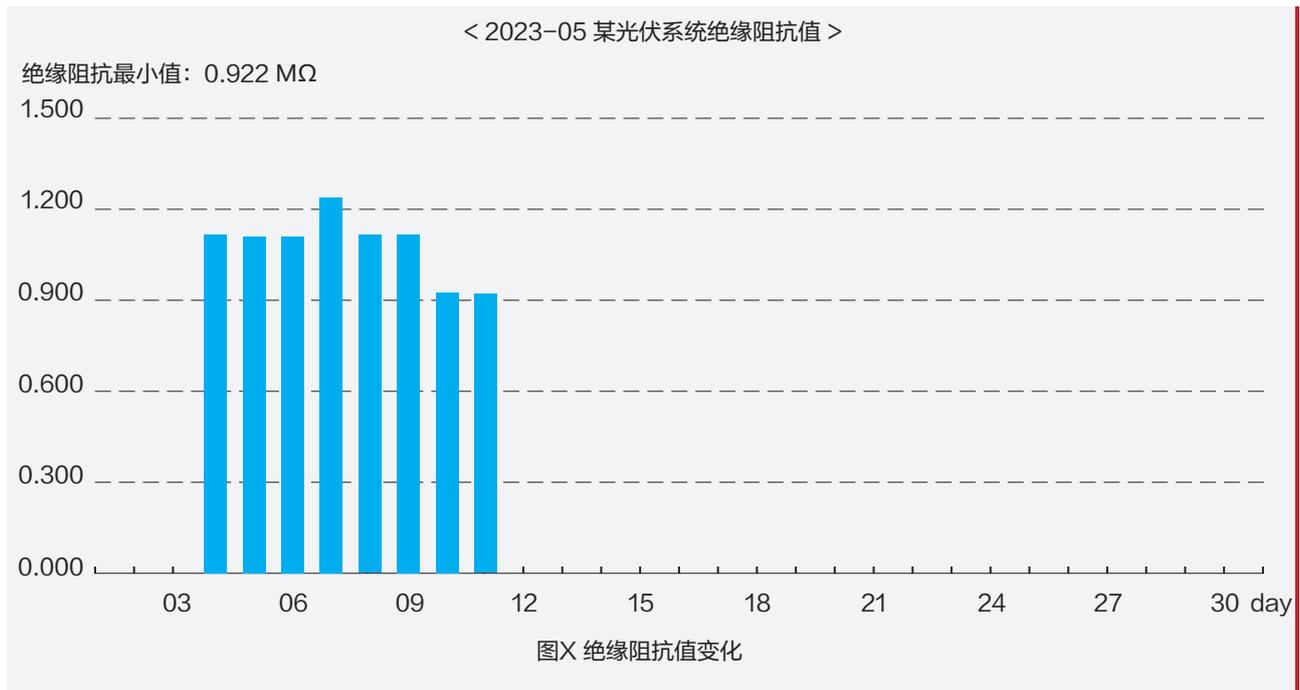
强的技术指标可以更好的适配高安全场景对快速关断技术的需求。■

### 3.3.2 | 组件级绝缘阻抗故障定位

大多数情况下,系统的绝缘阻抗降低意味着线缆绝缘层的破损,绝缘层破使导体露出造成人身触电风险。目前来看,现有的标准 IEC62446-1/NB/T 32004-2013 仅规定了逆变器绝缘电阻低于规定值 / 阈值时,限制并网。传统的解决方案仅能做到当系统的绝缘阻抗降低至低于阈值时实现逆变器的停机告警,无任何可视化预警及定位措施。

基于此,华为通过逆变器内置智能软件算法,可

以实现在在并网时对整个光伏系统绝缘阻抗值的统计,并通过可视化手段供业主参考。同时,借助于华为 FusionSolar App, 业主可实现对系统绝缘阻抗值的在线检测,当系统出现绝缘阻抗低于阈值的情况时, app 将进行告警并对绝缘阻抗故障点进行组件级定位,华为可实现业界领先的  $\pm 1$  块精度定位,帮助业主快速定位故障点,消除触电隐患。■



## 3.4 本章总结

在设备安全方面,华为提供智能组串分断技术 (SSLD)、PV- 对地短路、端子过温检测等安全防护技术;在资产安全方面,提供 L4 级智能电弧防护技术实现主动灭弧不超温;在人身安全方面,提供组

件级快速关断 (RSD) 与组件级绝缘阻抗故障定位技术。华为通过系统化的安全方案设计,全方位保障工商业光伏系统的安全。■

## 04

# 华为工商业光伏安全实测

安全是行业的底线，华为作为光伏行业的主流供应商，始终将安全方案的设计放在华为整体解决方案的第一位。同时，为了能够推动整个光伏行业朝着更安全、更可靠的方向发展，华为始终积极参与工商业光伏安全标准工作，为光伏安全标准的提高做出贡献，

如 IEC、泰国 EIT, 巴西 Inmetro, 中国国家标准以及其他行业标准等。为深入理解并实证华为解决方案的技术现状与性能水平,2023年4-5月,受华为委托,莱茵组成验证小组,对华为工商业光伏解决方案的关键性能进行验证评估。■

## 4.1 功能测试

本次实测旨在验证华为逆变器是否具备所宣称能力，评价方式为现场验证，验证方式为目击测试。本次测试项目及目的如下所示：

SSLD	PV线缆对地短路保护	AFCI	RSD	组件级绝缘阻抗故障定位
验证华为SSLD开关在发生直流侧故障后可实现毫秒级主动分断	验证华为逆变器在发生接地故障时可以实现故障的主动分断	验证华为逆变器在直流拉弧时可以实现0.5s内对电弧的主动关断	验证华为逆变器在搭配华为优化器时可实现在10s内将电压降低至20V以下	验证华为逆变器在绝缘阻抗低于阈值时可实现关机告警以及对故障位置的定位

图X 测试项目总览

## 4.1.1 | 智能组串分断 (SSLD)



逆变器正常运行

过压触发直流侧关断

<b>基本情况</b>	验证华为逆变器 SSLD 开关具备所宣称的直流侧故障分断能力。
<b>测试方法</b>	在华为逆变器上，通过人为制造直流过压故障，验证逆变器是否能在 15ms 内切断故障。
<b>测试结果</b>	经试验测试，华为 SSLD 开关可在 5ms 左右切断电路，符合预期。

## 4.1.2 | PV线缆对地短路保护



华为逆变器

退耦工装

APP告警

<b>基本情况</b>	验证华为逆变器内置 PV 对地短路的检测和保护装置，能在 PV 对地短路时，快速切断故障。
<b>测试方法</b>	在华为逆变器的 PV 侧对地接入 3 欧姆电阻，模拟短路情况，观察逆变器动作。
<b>测试结果</b>	短路发生后，华为逆变器迅速切断故障并上报 app 告警。

### 4.1.3 | 直流拉弧智能检测与快速关断 ( AFCI )



华为逆变器



直流拉弧触发器

**告警原因**

组串线路拉弧, 或接触不良。

**修复建议**

建议检查对应组串线路是否存在拉弧或接触不良的情况。组串对应关系请参照告警原因ID:组串1

---

**基本情况**

华为逆变器配置了直流电弧检测和切断装置, 可以实现 0.5s 内对电弧故障的快速关断。

---

**测试方法**

在 DC 320V, 6.5A 的输入参数下, 采用电弧发生器, 选择 0.9mm 电弧间隙的测试条件, 构造直流电弧。

---

**测试结果**

逆变器在 0.2s 左右实现对电弧的主动关断。

### 4.1.4 | 组件级快速关断 ( RSD )

干接点功能 DI快速关断 ▾

接地异常关机

延迟升级

电网短时中断快速启动

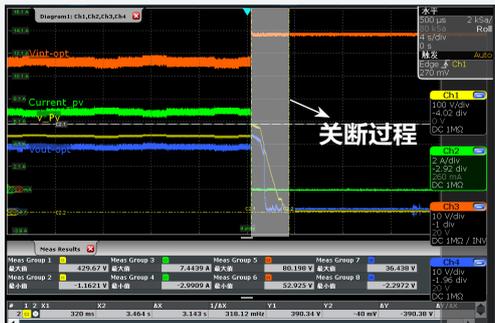
快速关断使能

外部信号

本地命令



APP使能



电压快速关断

---

**基本情况**

验证华为逆变器在搭配华为优化器的情况下, 可以实现 10s 内将系统电压降低到 20V。

---

**测试方法**

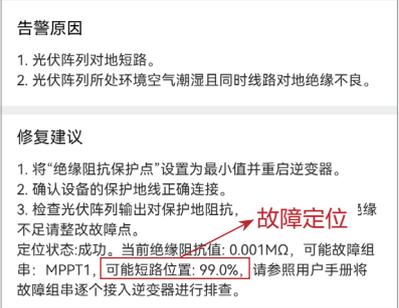
在华为逆变器上, 采用干节点触发高压故障。

---

**测试结果**

优化器在 3s 左右切断电路, 电压从 430V 降低至 20V 以下, 并上报 app 告警。

## 4.1.5 | 组件级绝缘阻抗故障定位

		
<p>华为逆变器</p>	<p>APP告警</p>	<p>故障分析</p>

<p><b>基本情况</b></p>	<p>验证华为逆变器配置了绝缘阻抗检测和故障定位装置，能快速切断和定位故障，并实现app告警。</p>
<p><b>测试方法</b></p>	<p>在华为逆变器上，采用PV+对地接入1k欧姆电阻，模拟绝缘故障。</p>
<p><b>测试结果</b></p>	<p>逆变器成功切断绝缘电阻故障，app给出绝缘阻抗值并定位故障位置。</p>

## 4.2 本章总结

对 SSLD、PV 对地短路保护、AFCl 技术 RSD 与组件级绝缘阻抗故障定位等技术的实证测试

表明：华为逆变器的测试结果与宣称保持一致，这证明了华为逆变器在安全性层面的出色表现。■



光伏系统的安全建设，任重而道远。工商业光伏的特点决定了利用智能化手段，提高电站本质安全度，避免各类设备损失、财产损失和人身伤害事故的发生，是实现工商业光伏可持续发展的基础保障。然而，从整个行业上来看，光伏电站的安全方案设计 & 安全特性的普及程度仍不尽如人意，实现工商业光伏系统的安全、可靠需要整个行业的携手努力。

华为工商业光伏将始终坚持把安全放到解决方案的第一位，践行安全至上的设计准则，通过系统化的安全设计方案以及行业领先的安全防护技术实现对工商业主的全方位保护。同时，华为希望可以与业界同仁一起，继续推动工商业光伏安全标准的不断完善，打造百分百安全、可靠的光伏电站，助力千行百业低碳绿色转型，构建可持续的商业运营。■