



## 沙戈荒解决方案白皮书

Desert-Gobi-Wasteland PV Solution White Paper

晶澳太阳能科技股份有限公司

🔍 | [www.jasolar.com](http://www.jasolar.com)



# CONTENTS | 目录

- 01** 前言 02
- 02** 沙戈荒环境与研究背景 03
  - 2.1 发展优势 04
  - 2.2 发展挑战 04
- 03** 沙戈荒组件可靠性风险 05
  - 3.1 高紫外 05
  - 3.2 沙尘暴 06
  - 3.3 高温环境 07
- 04** 沙戈荒解决方案 - 漠蓝组件特性介绍 09
- 05** 沙戈荒解决方案可靠性评估序列 11

- 06** 沙戈荒解决方案 - 漠蓝组件测试 15
  - 6.1 抗沙尘耐磨性能测试 15
  - 6.2 高紫外老化测试 17
  - 6.3 高低温冲击及紫外复合老化测试 18
  - 6.4 高温耐热性能评估 19
  - 6.5 高温应力下抗载荷能力 20
  - 6.6 户外实证测试 21
    - 6.6.1 晶澳上海奉贤基地模拟实证 21
    - 6.6.2 内蒙古乌兰布和沙漠实证 22
    - 6.6.3 内蒙古腾格里沙漠“沙漠邮局”实证 23
    - 6.6.4 新疆实证项目 24
- 07** 沙戈荒解决方案经济性分析 25
- 08** 总结与行业意义 26





## 01 | 前言

在全球推进能源结构转型、践行“双碳”目标的时代背景下，光伏产业作为绿色能源的主力军，迎来了前所未有的发展机遇。随着光伏电站应用场景的不断拓展，沙漠、戈壁、荒漠等干旱与高温地区，因其丰富的土地与光照资源，已成为大型地面电站布局的重要选择。然而，这些地区的高温差、高紫外辐射、频繁的沙尘侵袭等极端气候条件，对光伏组件的长期可靠性、发电性能与使用寿命提出了更高要求。

在此背景下，光伏组件在沙戈荒等特定场景下的性能进行精准评估与权威认证具有至关重要的意义。晶澳科技携手国际权威检测检验认证机构，联合启动针对沙戈荒极端环境的专项研究，对晶澳自主研发的沙戈荒解决方案——漠蓝组件进行全方位场景化验证与性能评估。

本白皮书作为晶澳科技与 TÜV NORD 深度合作的重要成果，旨在通过模拟并超越沙漠环境的极限应力条件，系统呈现了漠蓝组件在沙戈荒环境下的发电能力、耐候性能等综合表现与实证研究。测试不仅涵盖了极端温度循环、超高剂量紫外老化、强风沙磨损等典型沙漠环境因素，更引入了多应力耦合的加速测试方法，以期在更短的时间内科学评估组件在长达 25 年甚至更久运行周期内的可靠性表现。

期望本白皮书所呈现的详实数据与严谨结论，能为电站投资者、设计单位及行业伙伴提供极具价值的参考，为全球沙戈荒等复杂场景下光伏电站的设备选型、系统设计与风险管控树立新的标杆。

## 02 | 沙戈荒环境与研究背景

沙戈荒地区占中国国土近 27%、全球陆地约 25%，土地广阔但是目前利用率较低，是重点开发项目。光伏在沙戈荒生态修复中的作用愈发突出，以宁夏腾格里基地一期项目为例，光伏板下铺设草方格、播撒耐旱草籽（如沙蒿、沙打旺），外围设置立式沙障，减缓风沙流，其治沙面积达 2.6 万亩，显著改善了区域生态环境。

在环境改善方面，光伏板遮挡阳光，降低地表蒸发量，同时结合冲洗板面废水进行浇灌，为植被恢复创造了有利条件。宁夏中卫光伏产业园的实践表明，该模式显著提升了植被覆盖率，实现了生态修复与清洁能源发展的协同增效。



### 2.1 发展优势

**辐照资源充足：**沙戈荒地区日照时间长、太阳辐射强度高，年平均日照时数普遍在 2000 小时以上，有的地区甚至超过 3000 小时，具备优越的光能开发条件。

**土地资源广阔：**地广人稀，遮蔽物少，适合大规模铺设光伏电站。

### 2.2 发展挑战

**沙尘影响：**沙尘堆积导致玻璃表面磨损与膜层老化，透光率下降，影响发电效率并加剧热斑风险。加之沙戈荒地区多位于偏远无人带，交通不便，运维清洗难度大、成本高。

**阵风威胁：**频繁大风易引发电池片隐裂、组件边框变形撕裂、玻璃破损等问题，严重影响组件安全与发电性能。

**高紫外辐射：**长期强紫外线照射会加速封装材料老化，导致组件密封性与透光性下降。

**大幅温差：**实际运行温度常显著偏离标准测试温度（25°C），造成发电能力衰减，并加速材料老化，影响组件整体可靠性与寿命。

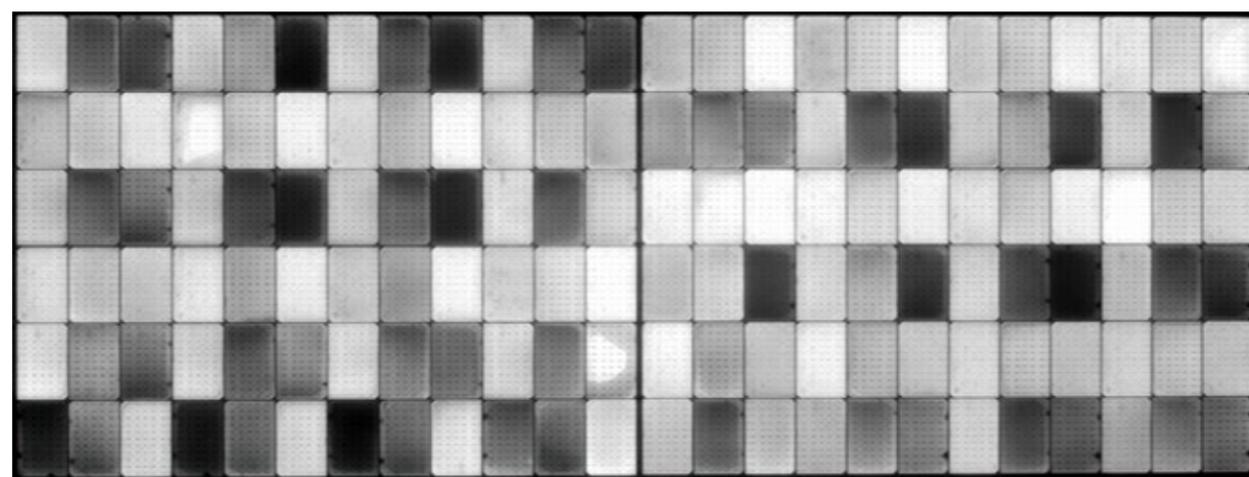
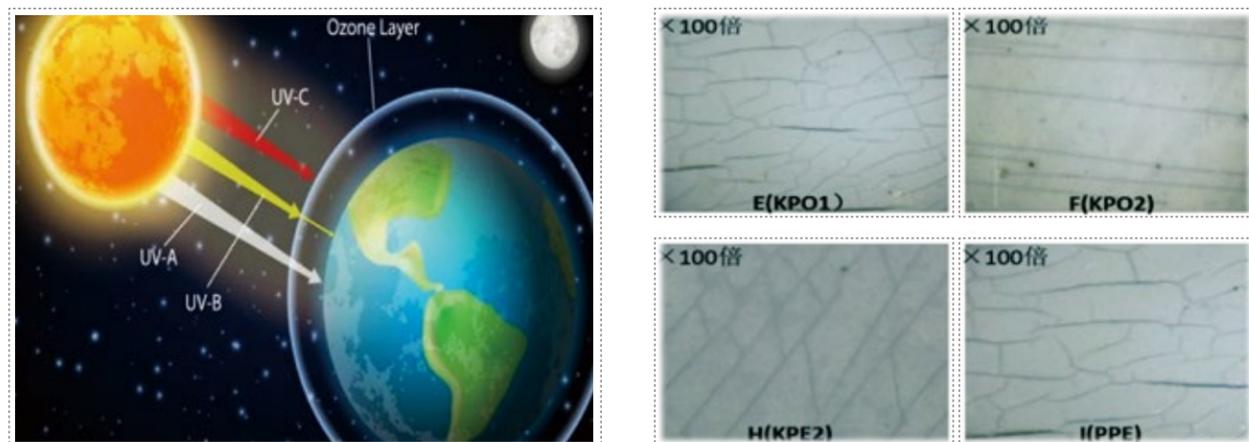


## 03 | 沙戈荒组件可靠性风险

### 3.1 高紫外

沙戈荒地区虽然太阳能辐照资源丰富，但过强的紫外线辐射会对光伏组件造成严重损害。高强度的紫外辐射会加速封装材料（如 EVA 胶膜）的老化进程，发生光化学反应，导致材料出现失效，透光率下降以及密封性能老化等问题。一旦封装材料老化失效，水汽和氧气就会渗入光伏组件内部，进而引发电池片氧化和腐蚀，最终造成光伏组件性能的加速衰减。

另外高强度的 UV 照射会引发电池片的 Si-H 键断裂，产生过量的 H 原子团簇，促使载流子复合，降低电池性能。同时，热载流子的产生可能损坏钝化层，增加界面态密度，进一步影响组件效率。



### 3.2 沙尘暴

光伏组件在沙戈荒环境下面临着独特的运行挑战，其中频繁发生的沙尘暴天气尤为突出。这些沙尘暴往往具有持续时间长、影响范围广的特点，年均发生频次可达数十次之多。在沙尘暴活跃季节，能见度时常降至百米以下，空气中悬浮的沙尘颗粒浓度可超过  $10\text{mg}/\text{m}^3$ 。这种极端天气不仅会造成瞬时发电功率的急剧波动，还会带来持续的负面影响：

强风伴随沙尘暴可能掀翻光伏支架或组件，造成物理性损毁。新疆某光伏项目曾因 13 级大风导致大面积组件弯折、支架倒塌，损失惨重。

沙尘颗粒在强风驱动下高速撞击组件表面，可能划伤玻璃保护层或涂层，降低透光性并加速材料老化。沙漠地区的风沙环境还会加剧组件表面磨损，甚至导致密封材料（如 EVA 胶膜）的密封性下降，增加水汽渗透风险。

沙尘堆积不均匀会导致组件局部温度升高，形成热斑效应。热斑不仅加速电池片老化，还可能引发组件烧毁甚至火灾。



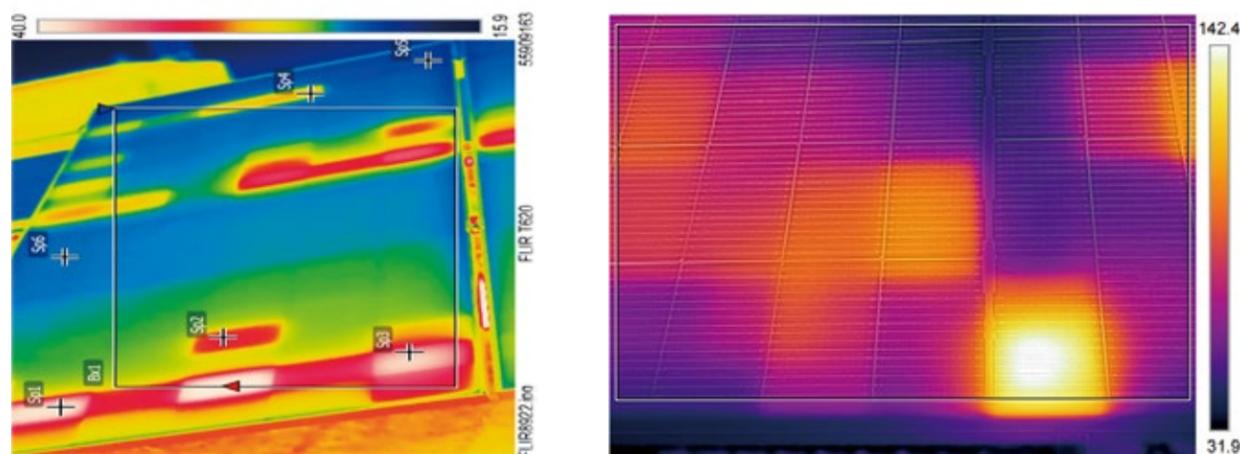
### 3.3 高温环境

光伏组件在沙戈荒极端气候条件下面临着严峻的热环境挑战，昼夜巨大的温差对光伏组件性能造成显著影响。

沙戈荒环境最高温度高达  $50^{\circ}\text{C}$  左右。光伏组件的输出功率与温度呈负相关性，其峰值功率温度系数通常在  $-0.29\%/^{\circ}\text{C}$  左右。例如，当组件温度从  $25^{\circ}\text{C}$  升至  $85^{\circ}\text{C}$  时，发电量损失可达  $17\%$  左右。

若组件表面被灰尘、阴影等遮挡，被遮挡部分易产生热斑现象，形成局部高温可达  $180^{\circ}\text{C}$  以上，导致组件性能衰减。高温环境会进一步加剧热斑效应。加速材料老化，影响组件的结构和电气安全。

在昼夜温差极大的环境中，光伏组件白天因强辐照表面温度可达  $85^{\circ}\text{C}$  以上的高温，夜间又因辐射冷却骤降至零下  $20^{\circ}\text{C}$  以下，日温差高达  $100^{\circ}\text{C}$  左右。如此剧烈的温度波动会诱发焊带疲劳断裂并加剧电池片隐裂扩展。同时，反复的热胀冷缩更会削弱电气连接的可靠性，从而增加系统故障风险。这对组件的结构完整性与长期可靠性构成了严峻挑战。



## 04 | 沙戈荒解决方案-漠蓝组件特性介绍

### 自清洁性能卓越

采用纳米级自清洁涂层，致密微结构与抗静电特性大幅降低灰尘附着力，轻松借助风力实现自清洁，透光率衰减比常规光伏组件玻璃降低 **32%** 以上。

### 耐候及耐磨性强化

各项可靠性至少提升了 **32%**，延长寿命 **3-5** 年；同时提升膜层硬度，在强沙尘环境下功率损失减少 **14%**。

### 高载荷设计

搭载高强度钢边框，正面载荷 **6000Pa**、背面载荷 **4000Pa**，相较常规光伏组件载荷能力提升超 **60%**。其钢材料边框兼具热膨胀适应性与优良导电性，降低接地材料需求与碳排放。

### 高温性能优异

温度系数优化至 **-0.28%/°C**，配合晶澳 **TOPCon** 电池高开路电压，在 **50°C** 沙漠环境、**75-85°C** 光伏组件工作温度下发电量提升 **0.5 - 0.6%**。同时，相较常规光伏组件，漠蓝组件在沙尘环境下，工作温度最高降低 **5°C**，相当于额外提升约 **1.5%** 发电能力。

### 抗紫外能力强

漠蓝组件采用晶澳自主研发的 **n 型 Bycium+** 高效电池使其组件性能再提升一步。该电池采用毫秒级低氧 **n 型** 硅片、优异的表面钝化和钝化接触技术、激光增强接触优化技术、超细栅金属化以及双面减反膜等技术，具有高的转换效率和未来结合高效封装技术进一步优化抗紫外性能。

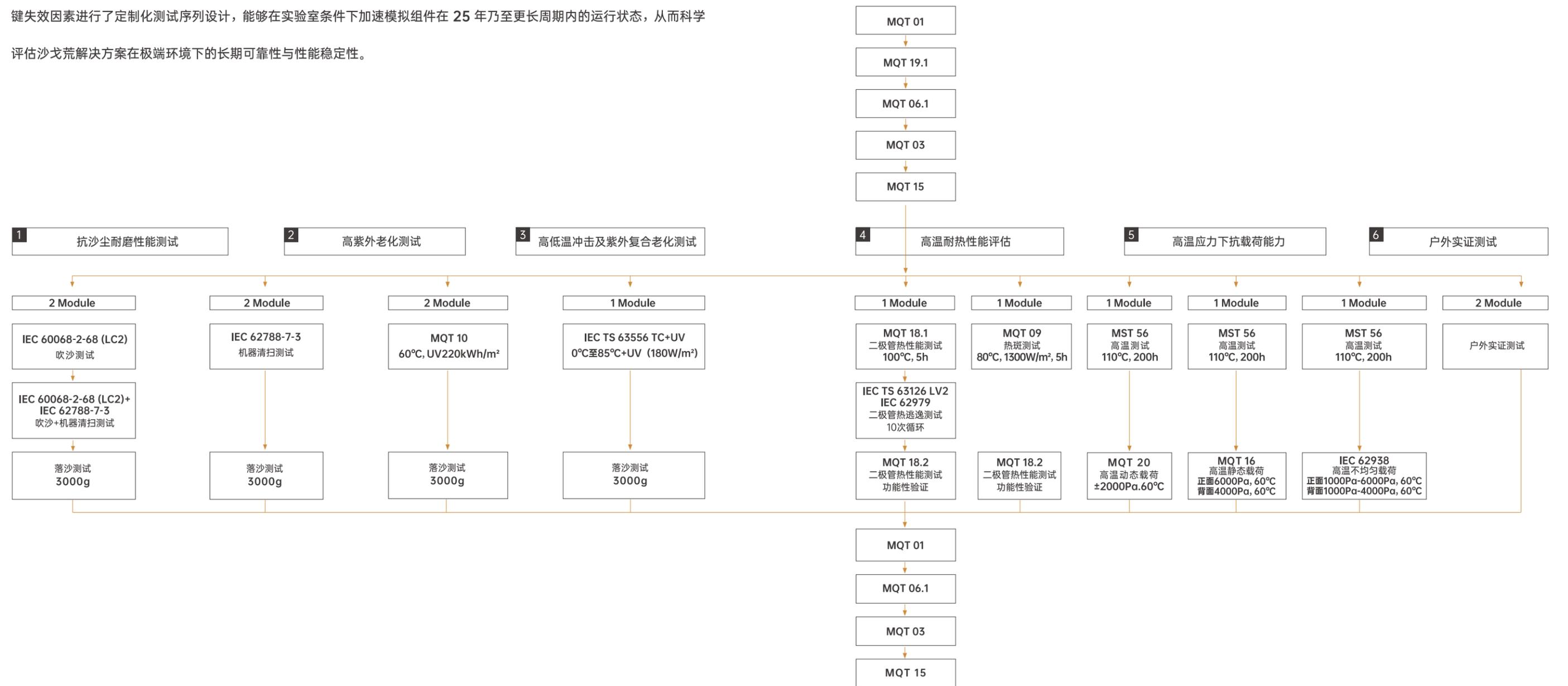


## 05 | 沙戈荒解决方案可靠性评估序列

在完成针对沙戈荒复杂环境特征的解决方案后，晶澳科技联合 TÜV NORD 构建了系统化、分层次的可靠性验证体系。

该评估体系以 IEC 国际标准为基础，同时结合沙戈荒典型气候条件与加严要求，针对强风沙、高温、高紫外及机械载荷等关键失效因素进行了定制化测试序列设计，能够在实验室条件下加速模拟组件在 25 年乃至更长周期内的运行状态，从而科学评估沙戈荒解决方案在极端环境下的长期可靠性与性能稳定性。

以下章节所展示的评估序列与测试数据，均由 TÜV NORD 独立监督与验证，充分体现了晶澳科技在高可靠性产品研发中的严谨态度与技术实力。



### 抗沙尘耐磨性能

验证沙戈荒组件在沙漠环境中的光伏玻璃的耐磨损性能

IEC 60068-2-68 (LC2) 吹沙测试		IEC 62788-7-3 机器清扫测试	
落沙测试		落沙测试	
MQT 01	MQT 02	MQT 01	MQT 02
MQT 03	MQT 15	MQT 03	MQT 15

### 高紫外老化测试

确定沙戈荒组件在高温下的抗高紫外老化性能和经老化后的抗沙尘磨损能力

MQT 10 高温高紫外测试	
落沙测试	
MQT 01	MQT 02
MQT 03	MQT 15

### 高低温冲击及紫外复合老化测试

确定沙戈荒组件在高低温冲击下的抗紫外老化性能和经老化后的抗沙尘磨损能力

IEC TS 63556 高低温冲高紫外测试	
落沙测试	
MQT 01	MQT 02
MQT 03	MQT 15

### 户外发电量评估

评估沙戈荒组件在户外实际安装环境下的真实发电量水平

IEC TS 61724-2 光伏组件发电量评估

### 高温应力下抗载荷能力

验证沙戈荒场景中沙尘暴对光伏组件产生的机械应力

MQT 20 高温动态载荷		MQT 16 高温静态载荷		IEC 62938 高温不均匀载荷	
MQT 01	MQT 02	MQT 01	MQT 02	MQT 01	MQT 02
MQT 03	MQT 15	MQT 03	MQT 15	MQT 03	MQT 15

### 高温耐热性能评估

评估沙戈荒组件在沙漠高温环境中耐热斑和二极管的耐高温性能

MQT 18.1 二极管热性能测试		MQT 09 热斑性能测试	
IEC 62979 二极管热逃逸测试		-	
MQT 18.2 二极管功能性测试		-	
MQT 01	MQT 02	MQT 01	MQT 02
MQT 03	MQT 15	MQT 03	MQT 15



## 06 | 沙戈荒解决方案-漠蓝组件测试

在系统化的可靠性评估体系构建完成后，晶澳科技针对漠蓝组件在沙戈荒环境中的关键性能进行了全维度验证，充分证明了漠蓝组件在极端环境下的长期稳定运行能力和优异性能表现。

### 6.1 抗沙尘耐磨性能测试

采用机器人清扫与吹沙两种测试验证组件玻璃的耐磨性能。通过观察玻璃表面磨损情况及组件功率衰减，评估其耐磨损性能。

**A 吹沙测试：**测试时长 4 小时，沙尘密度为  $5g/m^3$ ，风速 15-20 m/s，沙尘由  $50\mu m$  (70%) 与  $150\mu m$  (30%) 颗粒混合组成。其中吹沙测试(LC2)代表在吹沙尘试验箱中，模拟更强烈的吹沙尘环境。

**B 吹沙与机器人复合测试：**在上述吹沙测试条件下，同步进行机器人清扫，以综合评估耐磨性能。

**C 机器人清扫测试：**设定机器人运行速度 0.3 m/s，每半小时撒布 188g 混合沙，累计清扫 11,000 次，模拟户外 30 年清扫对组件的长期影响。

**落沙测试：**在每项序列测试后在叠加落沙测试，将组件安装在可旋转角度支架上，在漏斗中加入一定量的沙石让其做自由落体对玻璃表面进行冲刷，来验证玻璃膜层的耐磨能力。测试中使用的沙尘颗粒大小范围为： $140\mu m$  至 2mm，重量共 3000g。



测试结果如下表

单独测试项目	功率衰减值	外观检查	绝缘湿漏电测试
A.吹沙测试(LC2)	0.51%	通过	通过
B.吹沙测试(LC2)+ 机器人清扫综合测试	0.56%	通过	通过
C.机器人清扫测试	0.63%	通过	通过
落沙测试	A: 0.10% B: 0.11% C: 0.07%	A: 通过 B: 通过 C: 通过	A: 通过 B: 通过 C: 通过

## 6.2 高紫外老化测试

沙戈荒地区紫外辐照高，为模拟沙漠地区高强度紫外辐照与高温并存的环境，本测试设定紫外辐射总量为  $220\text{kWh/m}^2$ ，同时将测试组件温度控制在  $60^\circ\text{C}$ ，以评估漠蓝组件在高温下的抗紫外老化性能。测试前后通过功率衰减值的对比来衡量其性能变化。综合紫外老化测试完成后，随即对样品进行落沙测试，以检验其经老化后的抗沙尘磨损能力。

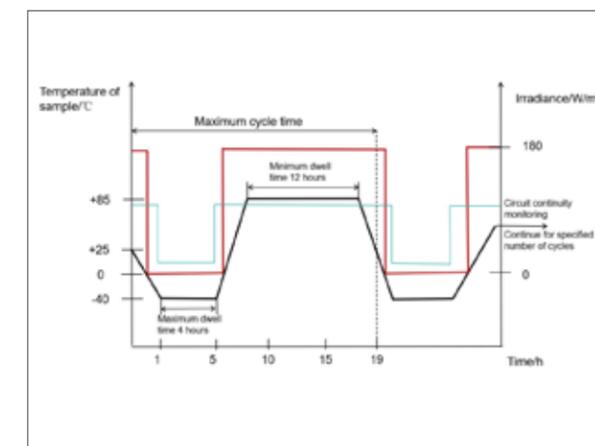


测试结果如下表

测试项目	功率衰减值	外观检查	绝缘湿漏电测试
高紫外复合老化测试	2.49%	通过	通过
落沙测试	0.09%	通过	通过

## 6.3 高低温冲击及紫外复合老化测试

鉴于沙戈荒地区昼夜温差大且高低温持续时间长，我们为组件设计了严苛的复合老化测试。该测试在高低温循环（温度范围  $-40^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$ ）的基础上，将高温与低温阶段的持续时间分别延长至 12 小时和 4 小时，以精准匹配沙漠环境。同时，在样品温度高于  $0^\circ\text{C}$  时，施加  $180\text{W/m}^2$  的 UV 光照条件，累计紫外辐照  $60\text{kWh/m}^2$  从而全面验证漠蓝组件耐候性能。复合老化测试结束后再次进行落沙测试，进一步验证漠蓝组件的抗沙尘磨损能力。



测试结果如下表

测试项目	功率衰减值	外观检查	绝缘湿漏电测试
高低温冲击及紫外复合老化测试	1.15%	通过	通过
落沙测试	0.11%	通过	通过

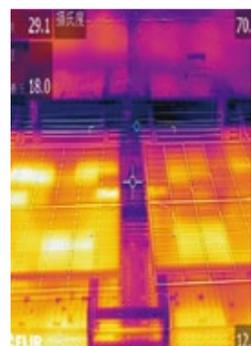
## 6.4 高温耐热性能评估

在沙漠场景中，光伏组件在白天的运行温度可高达 **85°C**，甚至在部分区域会超过这一极限。如此严峻的高温环境对组件的耐热性能提出了极高要求。此外，灰尘等污物造成的遮挡会引发热斑效应，导致组件局部温度进一步急剧升高，严重威胁其运行安全与寿命，通过加严热斑测试，二极管结温和二极管热逃逸测试评估组件的抗热斑效应能力和二极管的耐高温性能。

**高温热斑测试序列：**采用红外方法筛选出最高温度的电池片，在提升辐照度至 **1300 W/m<sup>2</sup>±50 W/m<sup>2</sup>**、高温环境设定为 **80°C±5°C**的条件下进行热斑测试，以评估并验证漠蓝组件在高温环境下的耐受性能。

**二极管结温测试：**测试条件参照 **IEC TS 63126**。在获取线性曲线后，将恒流测试的环境温度提高至 **100°C**，以评估漠蓝组件使用的二极管部件在高温环境下的热性能表现。

**二极管热逃逸测试：**参考 **IEC 62979** 进行二极管热逃逸测试。为更贴合沙漠场景的实际工况，将测试次数增加 **10** 次，以验证漠蓝组件使用的二极管部件在高温环境下的可靠性。



测试结果如下表

测试项目	功率衰减值	外观检查	绝缘湿漏电测试	二极管功能性测试
热斑测试	1.00%	通过	通过	功能保持
二极管热性能 二极管热逃逸测试	0.56% 0.59%	通过	通过	功能保持

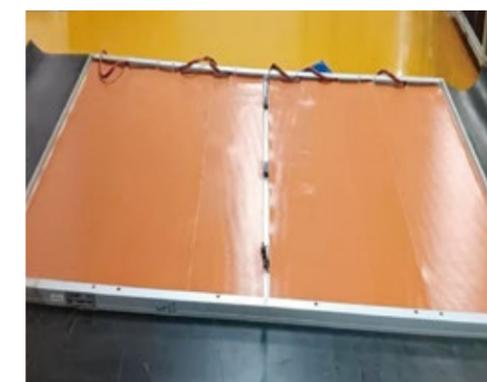
## 6.5 高温应力下抗载荷能力

为模拟沙戈荒场景中沙尘暴对光伏组件产生的机械应力，现设计将传统载荷测试与高温环境相结合的系列测试方案，同时考虑实际工况，所有的测试样品参考 **IEC 61730-2 MST 56** 的测试方法，环境温度 **110°C**，进行 **200h** 的初始测试。

**高温动态载荷：**在组件温度达到 **60°C**的条件下，对光伏组件正面与反面均施加 **2000Pa** 的动态机械载荷，并进行 **1000** 次循环，以模拟漠蓝组件频繁受到风沙的影响。

**高温静态载荷：**在组件温度达到 **60°C**的条件下，对光伏组件正面施加 **6000Pa**、背面施加 **4000Pa** 的静态载荷，用于评估漠蓝组件在高温与超强风况下的材料极限承受能力。

**高温不均匀静载测试：**在组件温度达到 **60°C**的条件下，对光伏组件正面施加 **1000Pa** 至 **6000Pa**、背面施加 **1000Pa** 至 **4000Pa** 的递增载荷，以测试漠蓝组件在高温及不均匀强风条件下的抗挠曲性能。



测试结果如下表

测试项目	功率衰减值	外观检查	绝缘湿漏电测试
高温动态载荷	2.74%	通过	通过
高温静态载荷	0.42%	通过	通过
高温不均匀载荷	0.22%	通过	通过

## 6.6 户外实证测试

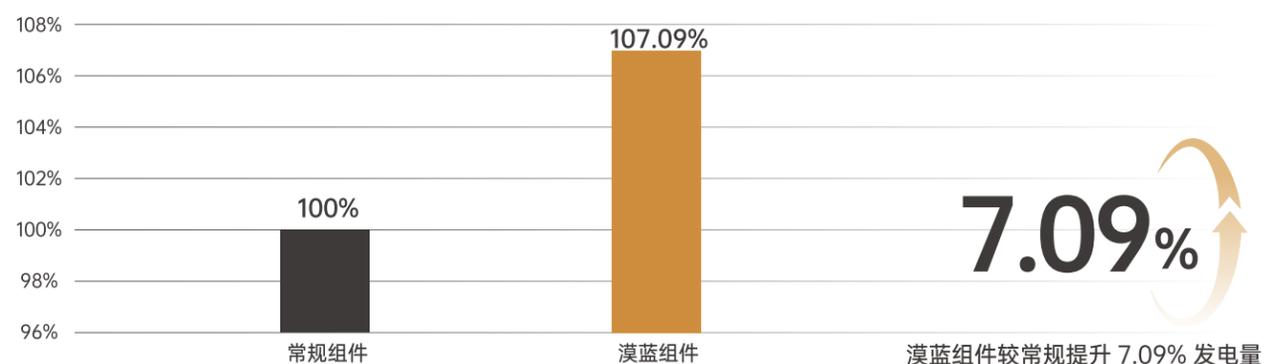
### 6.6.1 晶澳上海奉贤基地模拟实证

本次测试的核心创新在于采用了人工模拟撒沙的方式。通过精确调控沙粒的粒径分布、撒沙的重量以及时间，实现对沙戈荒场景的风沙侵蚀组件表面的高度还原。测试重点观测并分析沙尘对组件造成的多重影响，通过组件表面的抗沙尘吸附能力所带来的发电增益。

通过此项严谨的场景化测试，晶澳不仅积累了关于沙尘环境下组件发电性能的宝贵数据，更验证了沙戈荒组件的高耐候性。这为产品在沙漠、戈壁、荒漠等苛刻环境下的广泛应用提供了坚实的数据支撑与可靠性背书，确保客户电站即使在多沙尘条件下也能保持高效、稳定运行。

晶澳奉贤实证基地在统计周期内，漠蓝组件较常规组件发电增益达到 **7.09%**。

晶澳奉贤实证（模拟高沙尘天气）



📍 晶澳奉贤实证基地 | 🕒 数据时间 7月1日 - 7月10日

🏗️ 安装角度 38度（该测试期间未进行人为的清洗维护）

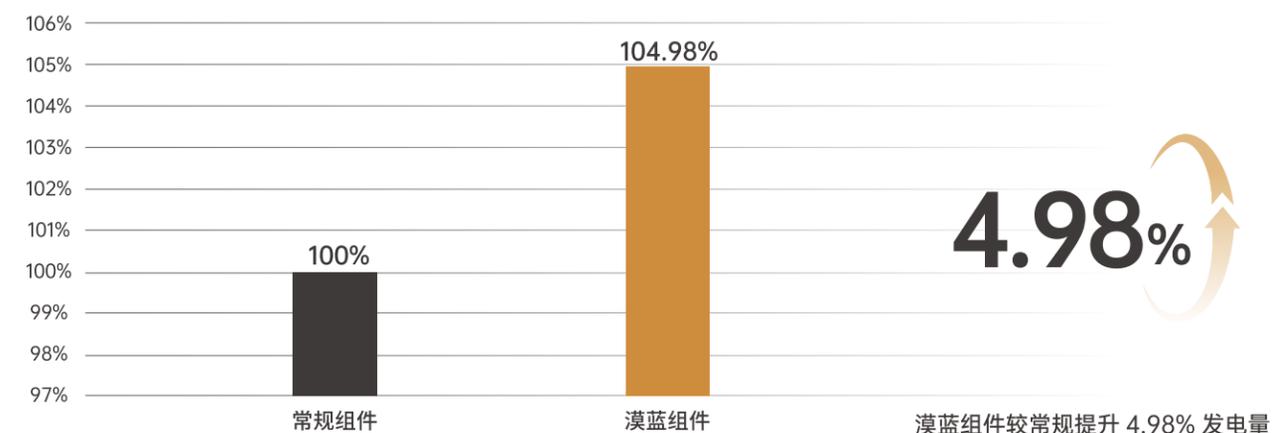
### 6.6.2 内蒙古乌兰布和沙漠实证

晶澳在乌兰布和沙漠搭建了关于沙戈荒组件的实证基地，采用 **2P** 安装方式，通过对沙戈荒组件和常规组件发电量数据的监控来对比两款产品的性能差异。

经过近四个月的实证数据采集，漠蓝对比常规组件存在 **4.98%** 的发电量提升。进一步验证了沙戈荒组件在特殊应用场景下的发电优势。



乌兰布和沙漠实证



📍 乌兰布和沙漠 - 巴彦淖尔市磴口县巴彦高勒镇 | 🕒 数据时间 5月27日 - 9月24日

🏗️ 安装角度 38度（该测试期间未进行人为的清洗维护）

### 6.6.3 内蒙古腾格里沙漠“沙漠邮局”实证

晶澳联合 TÜV NORD 在腾格里沙漠搭建了实证平台，该地区为典型的温带大陆性沙漠气候，年温差与日温差极为显著。夏季最高气温可突破  $40^{\circ}\text{C}$ ，冬季最低气温可降至  $-25^{\circ}\text{C}$  以下，同时该位置地处风口地带，年均风速较高，风沙活动频繁，在非沙尘暴天气下，由于气溶胶悬浮和轻微风力扬尘，日均沙尘自然沉降量可达每平方米数十至数百克。这不仅导致带着细沙粒的强风会对组件玻璃表面造成持续的磨蚀效应，而且吸附在组件表面的灰尘会严重影响组件对光的吸收，导致发电量降低。

这个项目通过户外发电量监测评估抗尘光伏组件的实际发电性能。通过计算组件的单瓦发电量与 PR 值，并结合温度数据统计，综合评估其性能表现。

该项目于 2025 年 10 月完成安装，发电数据监控中。



### 6.6.4 新疆实证项目

新疆地区日照充足，全年日照时数 3000 ~ 3200 小时左右，是太阳能光热资源最丰富的地区之一。吐鲁番地区热量丰富又极端干燥。全年平均气温  $13.9^{\circ}\text{C}$ ，高于  $35^{\circ}\text{C}$  的炎热日在 100 天以上。夏季极端最高气温为  $49.6^{\circ}\text{C}$ ，地表温度多在  $70^{\circ}\text{C}$  以上，有过  $82.3^{\circ}\text{C}$  的纪录。年平均降水量 16.4 毫米，年蒸发量高达 3000 毫米以上。

新疆是我国推进“沙戈荒”大型风电光伏基地建设的重要区域。此地的实证数据可直接服务于在新疆乃至整个西北地区建设的大型光伏项目，为项目选址、设计、设备选型及运维提供精准的一手数据支持，能够确保电站在全生命周期内实现更低度电成本与更高投资回报。

该项目于 2025 年 10 月完成安装，发电数据监控中。



## 07 | 沙戈荒解决方案经济性分析

沙戈荒解决方案 —— 漠蓝组件从建设、运营到系统发电全方位为客户创造价值。

在沙戈荒项目建设中，漠蓝组件可显著降低初始投资，包括节省 0.003 元 / W 的接地成本，以及在中国和中东地区分别节省 0.04 元 / W 和 0.025 元 / W 的清洗机器人投入。

在运营阶段，以 100MW 沙漠电站为例，其可将人工清洗（干刷）频率降低一半，年省 24 万元，25 年累计节省 600 万元；在中国西北和中东地区机器人清洗（干刷）25 年运行成本也可分别节省 700 万元与 540 万元。

系统发电方面，蒙能乌兰布和实证项目采用漠蓝组件，较常规组件发电量可增加 4.98%。

如此巨大的客户价值背后，源于晶澳科技对沙戈荒环境与客户需求的深刻洞察。作为全球客户信赖的绿色能源解决方案合作伙伴，晶澳已深度参与诸多沙戈荒光伏项目建设，总结出四大典型痛点：沙尘中的小粒径积灰、大粒径磨损、强风高载荷以及极端高温、强紫外，并依托技术创新逐一攻克，为客户提供高可靠、高回报的组件解决方案。



## 08 | 总结与行业意义

晶澳沙戈荒解决方案 —— 漠蓝组件的推出，是公司深耕光伏技术研发、精准把握市场需求的集中体现。

在可靠性测试方面，漠蓝组件不仅严格满足 IEC 标准的基本要求，更在此基础上设定了远超常规的严苛测试条件，以验证其在极端环境下的卓越耐久性与稳定性。具体而言：

**热斑测试：**光伏组件温度由 IEC 61215-2 标准规定的  $55\pm 15^{\circ}\text{C}$ ，提升至  $80\pm 5^{\circ}\text{C}$ ，极大增强了对组件在高温环境下抗热斑能力的评估强度。

**紫外老化测试：**累计辐照量由 IEC 61215-2 标准要求的  $15\text{kWh}/\text{m}^2$ ，大幅提高至  $220\text{kWh}/\text{m}^2$ ，以更严苛的条件验证了材料卓越的耐候性与抗紫外衰减能力。

**机械应力测试：**除常规动静态载荷外，进一步引入  $6000/4000\text{Pa}$  的超高极限载荷，并在此基础上耦合高温因素，模拟真实环境中温度与机械应力共同作用下的结构可靠性。

**磨损测试：**通过模拟风沙、清洁及安装等导致的摩擦，验证组件前板玻璃的耐磨性，从而确保其在全生命周期内能有效抵抗因表面磨损造成的发电效率损失。

晶澳漠蓝组件超越标准，成就标杆，其卓越的温度系数与双面发电能力，确保了在高温、沙漠、高反射等苛刻环境下依然能保持稳定高效的电力输出，成功通过了 IEC 相关标准的加严测试，为电站 25 年 + 的稳定收益立下承诺，提供度电成本更优、长期收益更稳的卓越选择。

针对沙戈荒组件的解决方案通过 TÜV NORD 评估，充分证明了晶澳科技在极端环境光伏技术领域的全球领先实力。未来，晶澳科技将继续携手合作伙伴，推动高可靠性光伏产品的创新与应用，为全球清洁能源转型贡献持续动力。

JA SOLAR  
晶澳太阳能

清白漠蓝 超凡进阶  
DUST OFF. POWER ON.

