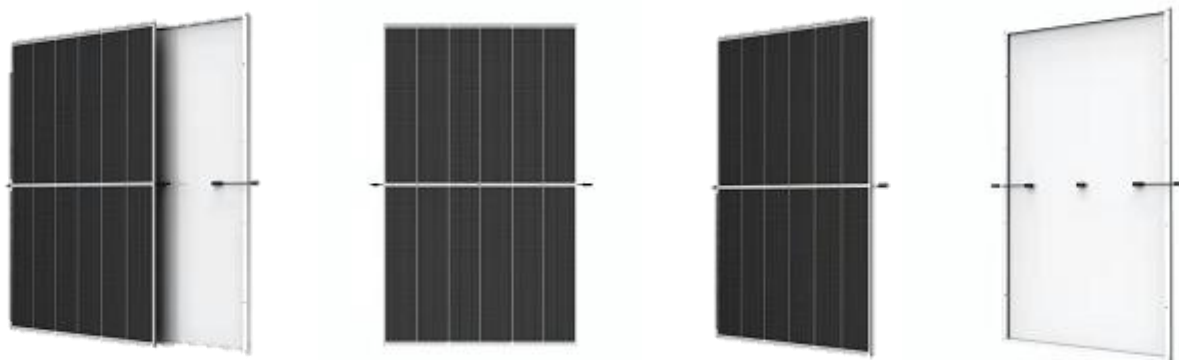




天合光能

# 600W+ 超高功率组件 分布式应用白皮书



# 目 录

<b>全球分布式发展趋势</b>	<b>错误! 未定义书签。</b>
全球范围内，分布式光伏已成为重要组成部分	1
政策牵引，中国分布式迎来高速增长	2
基于分布式应用的组件发展趋势	2
<b>600W+ 超高功率组件耀世而来</b>	<b>4</b>
<b>600W+ 组件对分布式市场的价值</b>	<b>5</b>
户用屋顶	5
工商业屋顶	7
<b>600W+ 组件在分布式场景的电气安全评估</b>	<b>8</b>
直流拉弧风险评估	9
<b>600W+ 组件在分布式场景的结构安全评估</b>	<b>13</b>
无损切割技术	13
型材设计优化	14
载荷能力	16
<b>600W+ 组件安装操作规范</b>	<b>18</b>
拆包	19
安装	20
快速安装方案	21
辅助举升装置	22
逆变器接入	25
<b>600W+ 组件发电量研究</b>	<b>27</b>
更低遮挡损失	28
优异的低辐照性能	28
优异的工作温度	29
<b>600W+ 组件的未来展望</b>	<b>32</b>

# 全球分布式发展趋势

## 全球范围内，分布式光伏已成为重要组成部分

全球的光伏新增装机量正在稳定增长，其中分布式光伏已经成为重要的组成部分，维持了较高的比例。在欧洲和北美等许多发达地区，尽管与大型地面电站相比，分布式光伏系统的成本相对较高，但是支持太阳能发展的政策和使用太阳能的习惯却偏向于分布式光伏系统，因为利用光伏屋顶发电节省生活用电成本是该地区业主的核心需求。靠需求驱动，以独立住宅为主的居住模式是海外户用光伏快速发展的必要条件。

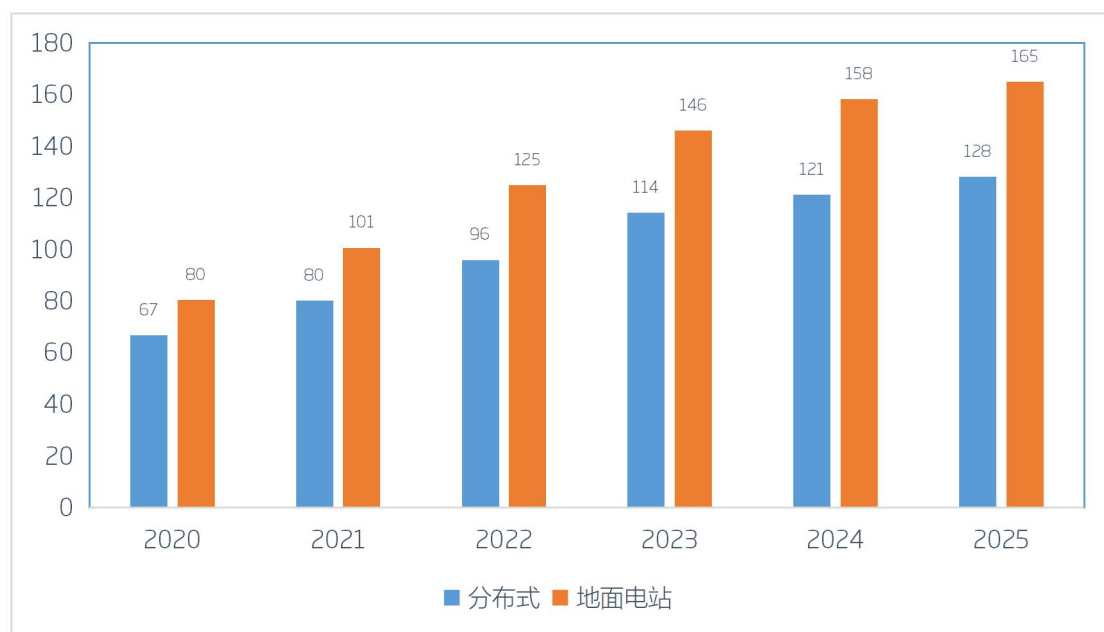


表 1 全球新增光伏装机趋势

\*数据来源：IHS

## 政策牵引，中国分布式迎来高速增长

从中国国内来说，得益于几大政策驱动，主要有：1) 双碳目标驱动电力系统变化；2) 能耗双控的管理；3) 分时电价改革提高了分布式收益；4) 源网荷储一体化/多能互补；5) 整县推进带动央企电力进入分布式领域。分布式光伏迎来高速增长，占比逐步提高，特别是在过去的 2021 年，已经首次超过大型地面电站，达到 53% 的占比。

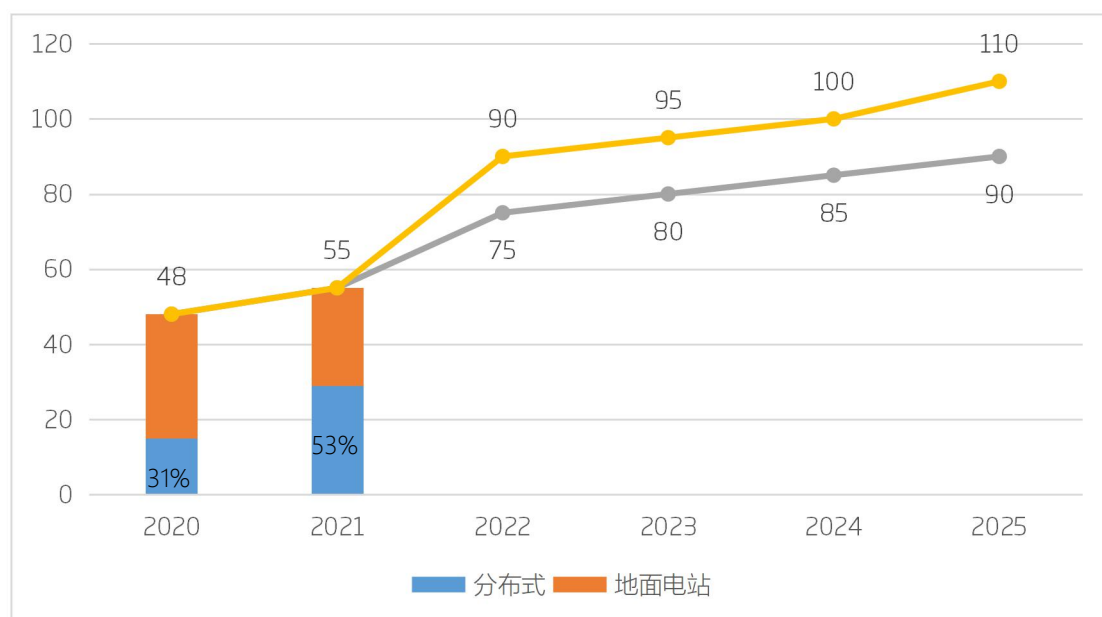


表 2 中国新增光伏装机趋势

\*数据来源：CPIA

## 基于分布式应用的组件发展趋势

分布式场景由于面积有限，所以追求装机量的最大化，对组件的要求就是高功率和高效。传统组件的功率范围在 400W~450W 之间。近年来随着大尺寸，高效电池，高密度组件技术的发展，组件功率不断提高，从 2020 年开始进入了 500W 时代，甚至在 2021 年开始进入了 600W 时代。在分布式市场，高功率组件的市场份额也在不断的提高。



图 1

同时，随着分布式的井喷式发展，行业问题也随之而来。比如，行业缺乏统一标准，市场准入门槛低，良莠不齐，产品质量堪忧，用户权益没有保障，给市场的有序发展带来了不利影响。所以，除了高功率和高效率以外，选择高质量，高可靠性的组件产品，是确保分布式电站稳定运行的必要条件。

## 600W+ 超高功率组件耀世而来

由天合光能推出的至尊 600W+ 超高功率组件，以高功率，高效率，高可靠性为基本特性，做到了真正从用户角度出发，以用户需求为基础的产品，为分布式而生。

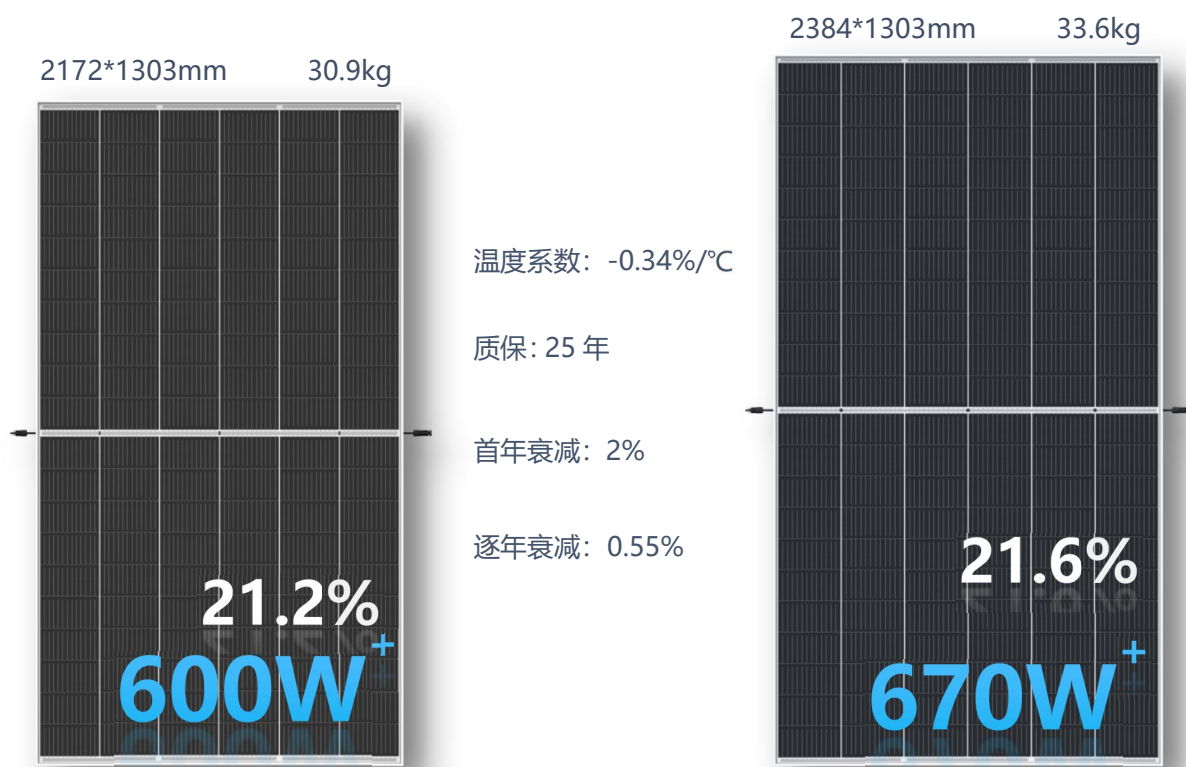


图 2

图 3

600W+ 超高功率组件拥有以下技术特性：

- 1) **210mm 硅片**：源自于半导体行业的最先进尺寸；
- 2) **无损切割技术**：降低隐裂风险，提高组件机械强度；
- 3) **高密度封装**：缩小电池片间距，提高组件效率 0.2~0.3%；
- 4) **多主栅**：提高光学利用率和电流收集能力，功率增加 2~3%；

- 5) **低电压设计**: 开路电压降低, 单串功率可提升 34%左右;
- 6) **强化结构设计**: 扩大边框型腔, 增加壁厚, 提供更强的支撑性能;
- 7) **一体化交付方案**: 从包装, 物流, 转运到拆箱, 所有环节全部最优化设计;
- 8) **快速安装**: 创新结构设计, 简化安装流程。

拥有高功率, 高效率, 高可靠性三大特质, 以及八大技术特性的 600W+ 超高功率组件, 一定会为分布式市场带来巨大的价值提升。

## 600W+ 组件对分布式市场的价值

我们分别选取在中国地区比较典型的户用屋顶和工商业屋顶, 来阐述 600W+ 组件在系统成本上的优势。

### 户用屋顶

#### 1. 项目信息

项目地址: 中国 · 山东

逆变器: 组串式 17kW, 1100V

屋顶类型: 斜屋顶

直流容量: 21.6kW

容配比: 1.27



图 4

## 2. 发电单元配置

分项	组件类型	至尊组件	参考组件
光伏组件	组件功率	600W	450W
光伏逆变器	逆变器功率(AC)	17kW	
阵列设计	<b>组串数量</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>组件数量</b>	<b>36</b>	<b>48</b>
	直流装机容量(DC)	21.6 kW	21.6 kW
总功率	交流装机容量(AC)	17 kW	17 kW
	<b>DC/AC 容配比</b>	<b>1.271</b>	<b>1.271</b>

表 3

## 3. 系统成本对比

从工程量清单可知，600W+组件减少了 PV 电缆用量和支架导轨，组件块数的减少也相对节省了安装费用，综合能够节省初始投资超 **6 分/W**。

费用项目/对比	工程量对比		系统 BOS 对比	
	600W	参考-450W	600W	参考-450W
光伏组件安装	<b>36 块</b>	48 块	<b>0.0417</b>	0.0489
光伏支架	<b>94.96m</b>	101.6m	<b>0.1310</b>	0.1468
光伏并网逆变器	<b>1 台</b>	1 台	<b>0.3310</b>	0.3310
光伏线缆-4mm <sup>2</sup>	<b>82.8m</b>	155m	<b>0.0249</b>	0.0465
MC4 连接器	<b>6 对</b>	10 对	<b>0.0031</b>	0.0051
PVC 线管 Ø25mm	<b>30.5m</b>	56.4m	<b>0.0163</b>	0.0301
接地扁钢	<b>40m</b>	40m	<b>0.0093</b>	0.0093
绝缘铜绞线 BVR-1*6mm <sup>2</sup>	<b>7.2m</b>	9.6m	<b>0.0033</b>	0.0044
并网箱	<b>1 台</b>	1 台	<b>0.0602</b>	0.0602
BOS 成本			<b>0.6207</b>	0.6822
<b>BOS 成本对比</b>			<b>-0.0615</b>	<b>BL</b>

表 4



# 工商业屋顶

## 1. 项目信息

项目地址：中国·江苏

逆变器：组串式逆变器

屋顶类型：彩钢瓦厂房

直流容量：1663kW

容配比：1.2



图 5

## 2. 发电单元配置

分项/组件类型		670W	545W
光伏组件	组件功率	670W	545W
	组件尺寸 mm	2384*1303*35	2278*1134*35
屋顶	屋顶类型	彩钢瓦厂房，南北坡，3%坡度	
	屋顶尺寸	1.14 万㎡	
光伏逆变器	逆变器型号	SUN2000-196kW, 1500V	
	逆变器功率(AC)	196 kW	
阵列设计	逆变器数量	7	7
	组件串联数量	30	28
	组串功率	20100W	15260W
	组串数量	82	108
	组件数量	2460	3024
总功率	直流装机容量	1648 kW	1648 kW
	交流装机容量	1372 kWac	1372 kWac
	DC/AC 容配比	1.2	1.2

表 5

## 3. 系统价值对比

从工程量清单可知，670W 组件组串功率更高，大幅减少 PV 电缆用量和支架导轨，组件块数的减少也相对节省了安装费用，节省系统初始投资成本超 **4 分/W**。

费用项目/对比	工程量对比		系统 BOS 对比	
	670W	参考-545W	670W	参考-545W
组件安装	2460 块	3024 块	0.0478	0.0587
逆变器	7	7	0.1345	0.1345
MC4 连接器	246 对	324 对	0.0015	0.0020
PV 4mm <sup>2</sup> 电缆	15565m	20679m	0.0472	0.0627
接地线缆	615m	756m	0.0021	0.0025
电缆桥架	292m	312m	0.0170	0.0182
电缆穿线管	925m	1187m	0.0051	0.0065
光伏支架	6502m	6964m	0.1186	0.1290
可变*BOS			0.3737	0.4141
*BOS gap			-0.0404	BL

表 6

通过以上案例分析，可以看到，无论是户用屋顶，还是工商业屋顶，600W+组件都能够有效降低系统成本，实现项目价值最大化。

## 600W+ 组件在分布式场景的电气安全评估

光伏组件作为电站最核心的设备，它的性能和安全性将直接决定电站系统的使用寿命和发电情况。天合光能通过系列的评估和测试，600W+组件在分布式项目上的可靠性得到了充分论证。

## 直流拉弧风险评估

### 1. 直流拉弧产生的原理：

直流拉弧实质是一种气体放电现象，是指带电体周围介质从绝缘状态变为导通状态，使电能通过的现象。

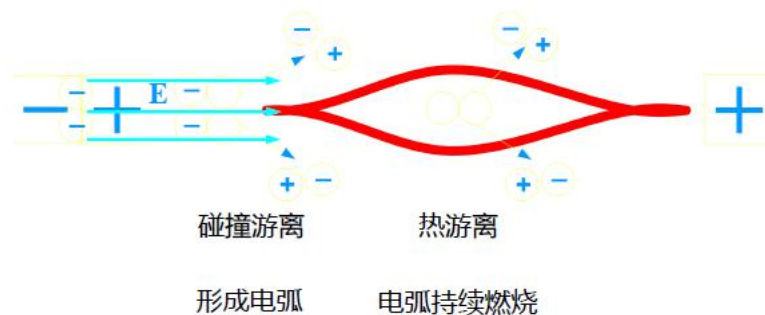


图 6

当连接的两个触点带电分离时，只要电路中电压大于 10-20V，电流大于 80-100mA，动、静触头间就可能会出现电弧。此时触头虽已分开，但是电流通过触头间的电弧继续流通。直流电流因为没有电流过零点，因此电弧产生后很难消弧，当两个触头分开到足够的距离，电弧才能自动消失。

### 2. 直流拉弧的危害：

光伏系统发生直流拉弧时，会导致导体触点温度急剧升高，产生 3000-7000°C 的高温，并伴随着高温碳化周围器件，轻者熔断保险、线缆，重者烧毁组件和设备，引起火灾。



图 7



图 8

鉴于直流拉弧的危害性，UL 和 NEC 的安规对 80V 以上的直流系统，都有拉弧检测功能的强制要求。中国国家能源局也正在征求制定光伏系统直流拉弧检测相关标准（实现电弧智能检测和快速切断功能）。

### 3. 直流拉弧的产生原因：

- 1) 连接器接触不良；
- 2) 绝缘材料破损；
- 3) 焊带焊点虚焊；
- 4) 接线不良（虚接或者压接不良）；
- 5) 其它连接或者固定不良

从以上可以看出，基本都与材料质量和现场施工有关，电路中的两个连接点之间不充分接触均可能导致在长期运行期间发生直流拉弧。其中，保证连接器的施工质量控制尤为关键。

### 4. 直流拉弧发生概率分析：

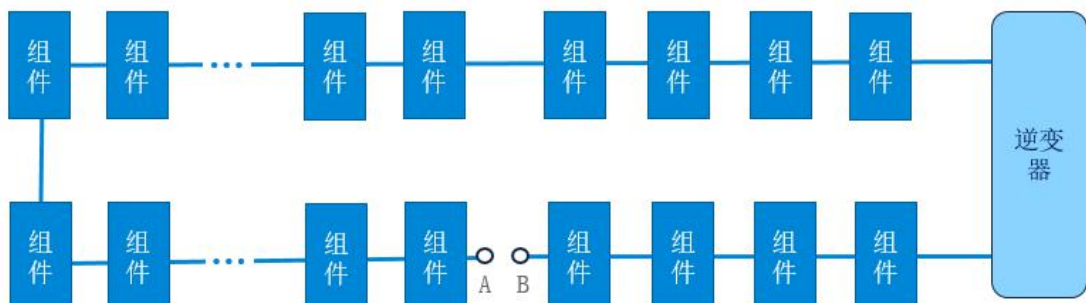


图 9

AB 两个连接点之间的电压：

1) AB 之间正常连接, AB 间电压与串电流及接触电阻相关,  $U=I \cdot R$ ;

2) AB 之间断开, 如逆变器输入端开关断开, AB 间电压为 0; 如逆变器输入端开关导通, AB 间电压为组串电压。

因此, 对于串行电弧来讲:

1) 从单个光伏组串角度来看, 目前分布式光伏系统电压大多是按照 1000V~1100V 设计, 不论使用何种光伏组件产品, 上述 A、B 两个连接点电压均为 0 或者系统电压。即不同类型光伏组件串联的组串中, 发生直流拉弧概率相同。

2) 从整个光伏系统角度来看, 在相同的安装面积或者系统装机容量下, 相比低功率组件而言, 采用 600W+ 高功率组件可以大幅减少光伏组件块数。因组件数量减少, 会直接导致组件间互联点数量减少约 24% (常见的光伏组件通过 1 对连接器与其他组件互联), 可以降低光伏系统发生直流拉弧和火灾事故的概率。

而对于组件内或组串间并行电弧, 通常是由于电路中绝缘材料破损所导致, 整个系统内较少的组件数量、较短的线缆长度则更有利于避免并行电弧的发生。从上述系统价值数据分析看, 600W+ 组件光伏系统的并行电弧发生概率相对更低。

另外, 对于不同输出电流的光伏组件, 发生直流拉弧时候是否会有差异? 我们可通过实验来模拟验证: 将连接器接入电路, 逐渐分离正极和负极, 连接器正负极金属件间发生直流拉弧, 直至烧毁。

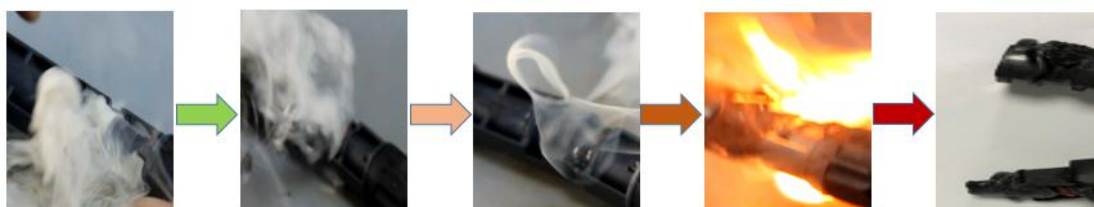


图 10 测试条件 45V, 15A



图 11 测试条件 45V, 5A

模拟实验可知，逐渐分离电路中连接器的正极和负极，大电流电路和小电流电路都会发生电弧现象，且电弧强度无明显差异。因此，在材料工艺和施工状况相同情况下，大电流组件和小电流组件发生直流拉弧概率在同一水平。

### 5. 连接器可靠的重要性：

连接器作为最重要的组件发电输出以及互联零部件，一直处于通电工作状态。重要性不言而喻。为确保连接器的可靠稳定，天合光能在设计时考虑了以下管控措施：

- 1) 采用先进的真空时效设备和工艺，增加内部金属材料性能和强度；
- 2) 严格管控 Pin 金属针真圆度；
- 3) 采用双保险的压接工艺方式，同时严格管控压接压缩比。

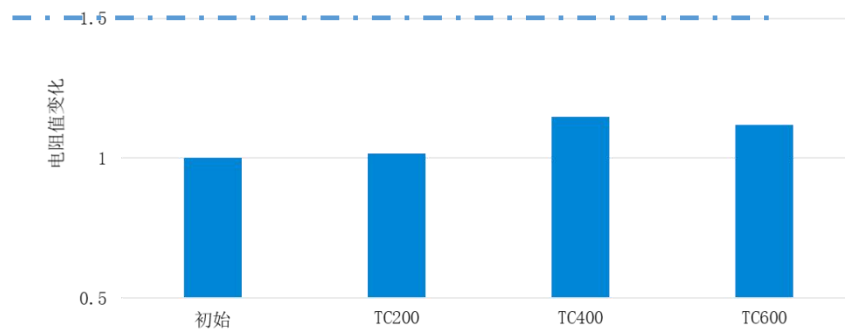


图 12

实验验证：将连接器串联，通入 25A 电流进行 TC200+200+200 测试，对比老化前后“连接器组”电阻变化。结果表明，天合连接器可通过 25A TC600 循环测试，连接器外观无异常，电阻变化小于 1.5 倍行业要求。

## 6. 直流拉弧预防:

根据以上分析,在分布式光伏系统设计和施工时,建议应从以下几个方面进行直流拉弧预防和控制:

1. 建议从正规渠道选择质量可靠的光伏组件产品及光伏线缆、连接器等零部件;
2. 建议从正规渠道选择带有电弧检测功能的逆变器产品,在运行期间开启检测功能;
3. 采用同一品牌的光伏连接器进行系统互联,安装时注意一定要把连接器对插到位;
4. 使用专用的压接和安装工具进行连接器装配,严格控制项目地光伏连接器压接和装配质量,有条件的情况下建议直接采购工厂组装好的转接线、延长线;
5. 在光伏系统施工和维护时,还应做好连接器和线缆的防尘、防水以及防止动物咬伤保护等工作。

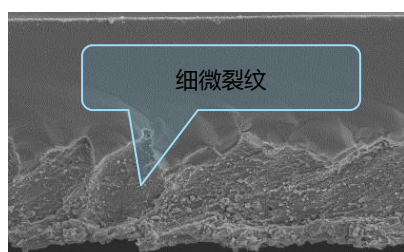
## 600W+ 组件在分布式场景的结构安全评估

组件尺寸变大对载荷能力的影响,可以通过设计的优化来解决。天合光能至尊600W+组件的载荷能力与行业主流组件保持一致水平。

### 无损切割技术

天合光能210组件系列产品,全面应用了先进的无损切割技术。得益于电池无损切割技术,电池的切割表面光滑整齐,没有出现微观裂纹;而行业中使用的传统激光切割工艺包含了掰片步骤,因此其切割表面会产生较多微观裂纹。210组件中的最小电池单元的抗弯强度

与整片电池片抗弯强度基本相当，同时远高于传统激光切割电池的水平。由于每个最小电池单元的机械强度均达到最高水平，210至尊组件的抗隐裂能力相对业内常规产品有了质的飞跃。



常规切割后的电池片截面图



无损切割后的电池片截面图

图 13

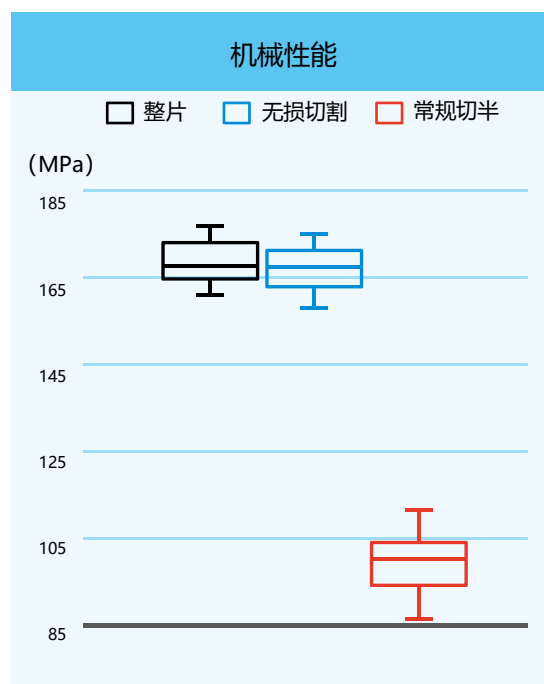


图 14

## 型材设计优化

通过对型材的截面腔体尺寸/组件尺寸和组件形变量的交叉有限元分析，我们发现优化型材腔体尺寸，会扩大组件尺寸的边界条件，也就是说合理的腔体结构可使组件具备更大的版型。由此可见，优化的组件结构设计和材料选择，是现在及以后扩大组件尺寸的重要选择。由下图可以看出，组件尺寸增大，受载时其形变量增大，但通过调整组件型材截面腔体结构尺寸，其组件形变量趋势会下降，进而其应变和应力变化变得可控。当腔体尺寸较小时，其尺寸边界条件所对应的组件尺寸较小（即边界条件1），通过调整截面尺寸，其尺寸边界条件范围变大（即边界条件2），边界条件随腔体尺寸在变化。通过型材的优化设计，大组件



依然可以具备优秀的载荷能力。

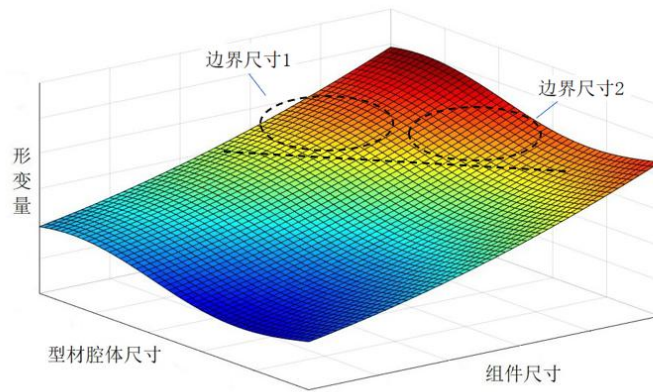


图 15

经过以上理论分析，天合光能对型材的进行了优化设计，主要有以下几点：

- 1) 高强合金：选用强度更高的合金材料制作边框；
- 2) 壁厚加强：C 面壁厚加厚 15%；
- 3) 型腔加大：型腔宽度加大 65%。

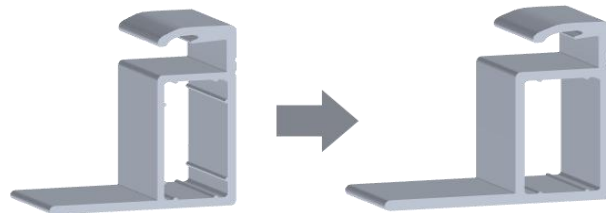


图 16

在 5400Pa 载荷下的有限元分析，图左为传统组件变形量，图右为 600W+ 组件变形量。

可以看出，当腔体尺寸增大时，大版型组件的变形量反而变小，从而应力变化变得可控，短边形变减少 20%，长边形变减少 20%，证明设计是有效的。

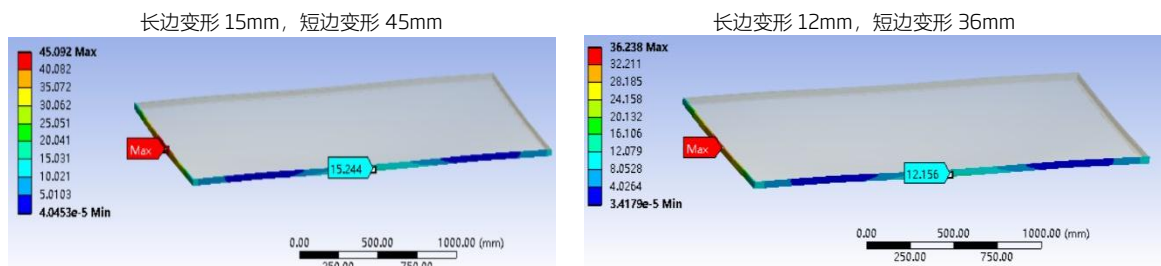


图 17

图 18

## 载荷能力

目前 600W+ 组件已经全部通过了 IEC 标准的载荷测试，主要的安装方式载荷能力如下

表：

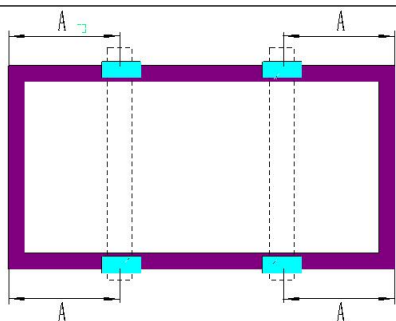


图 19

横梁长边夹具安装，安装导轨垂直于长边

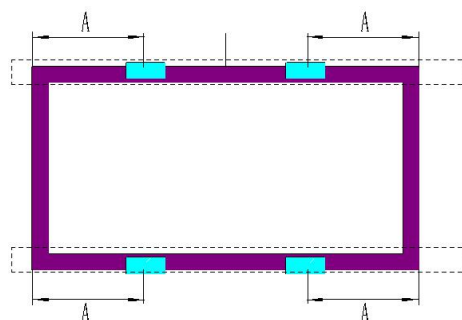


图 20

共用梁长边夹具安装，安装导轨平行于长边

产品型号	机械载荷	产品型号	机械载荷
DE20	<p><math>A = (360 - 430) \text{ mm}</math></p> <p>背面载荷 <math>\leq 2400 \text{ Pa}</math></p> <p>正面载荷 <math>\leq 5400 \text{ Pa}</math></p>	DE20	<p><math>A = (361 - 436) \text{ mm}</math></p> <p>背面载荷 <math>\leq 2400 \text{ Pa}</math></p> <p>正面载荷 <math>\leq 3000 \text{ Pa}</math></p>

以下安装方式通过光伏科学与技术国家重点实验室验证：

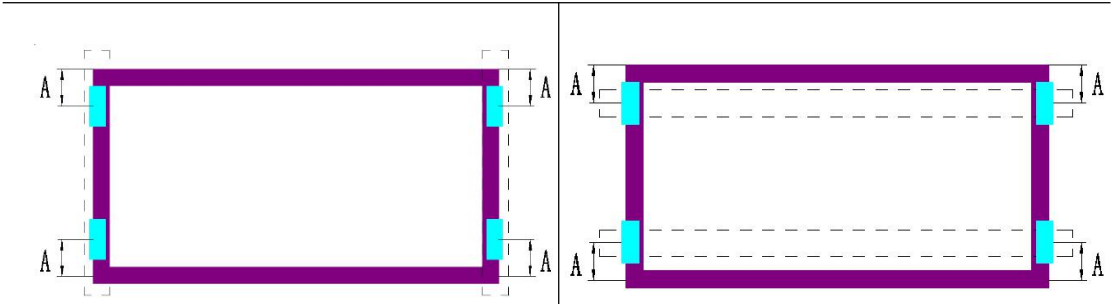


图 21

共用梁短边夹具安装，安装导轨垂直于长边

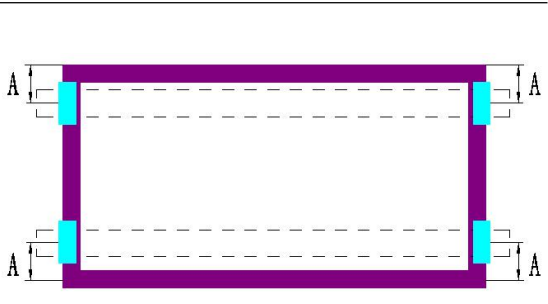


图 22

短边四点夹具安装，安装导轨平行于长边

DE20	A = (45-485) mm	DE20	A = (45-485) mm
	背面载荷 ≤ 1000 Pa		背面载荷 ≤ 1000 Pa
	正面载荷 ≤ 1000 Pa		正面载荷 ≤ 3600 Pa

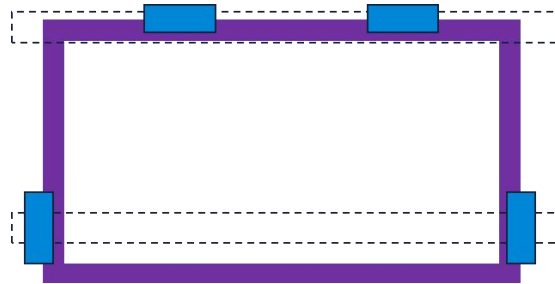


图 23 长短边四点混合安装

DE20	A = (1300-1450) mm
	B = (45-485) mm
	背面载荷 ≤ 1000 Pa
	正面载荷 ≤ 2400 Pa

除了 IEC 标准载荷测试以外，天合光能 600W+ 组件还通过了五项加严载荷测试，分别

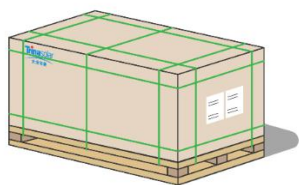
是：

- 1) 不均匀雪载，模拟真实积雪状态下的载荷能力；
- 2) 极限低温载荷，模拟低温下材料性能变脆下的载荷能力；
- 3) 冰雹冲击，模拟抵抗冰雹的能力；
- 4) 加严动态载荷，模拟户外实际使用中颤动抗隐裂的能力；
- 5) 风洞模拟测试，模拟真实大风状态下的抗风能力。

具体测试报告可以联系天合光能授权销售人员和经销商获取。

## 600W+ 组件安装操作规范

600W+组件的包装一般分为短边竖放包装（横式包装）和长边竖放包装（立式包装），具体样式如下。



短边竖放包装（横式包装）



长边竖放包装（立式包装）

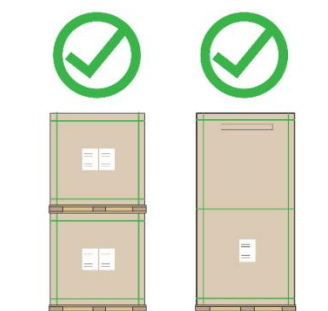


图 24

## 拆包

【方式一】立式包装：适用于销往海外的 DE20/DE21 等系列产品

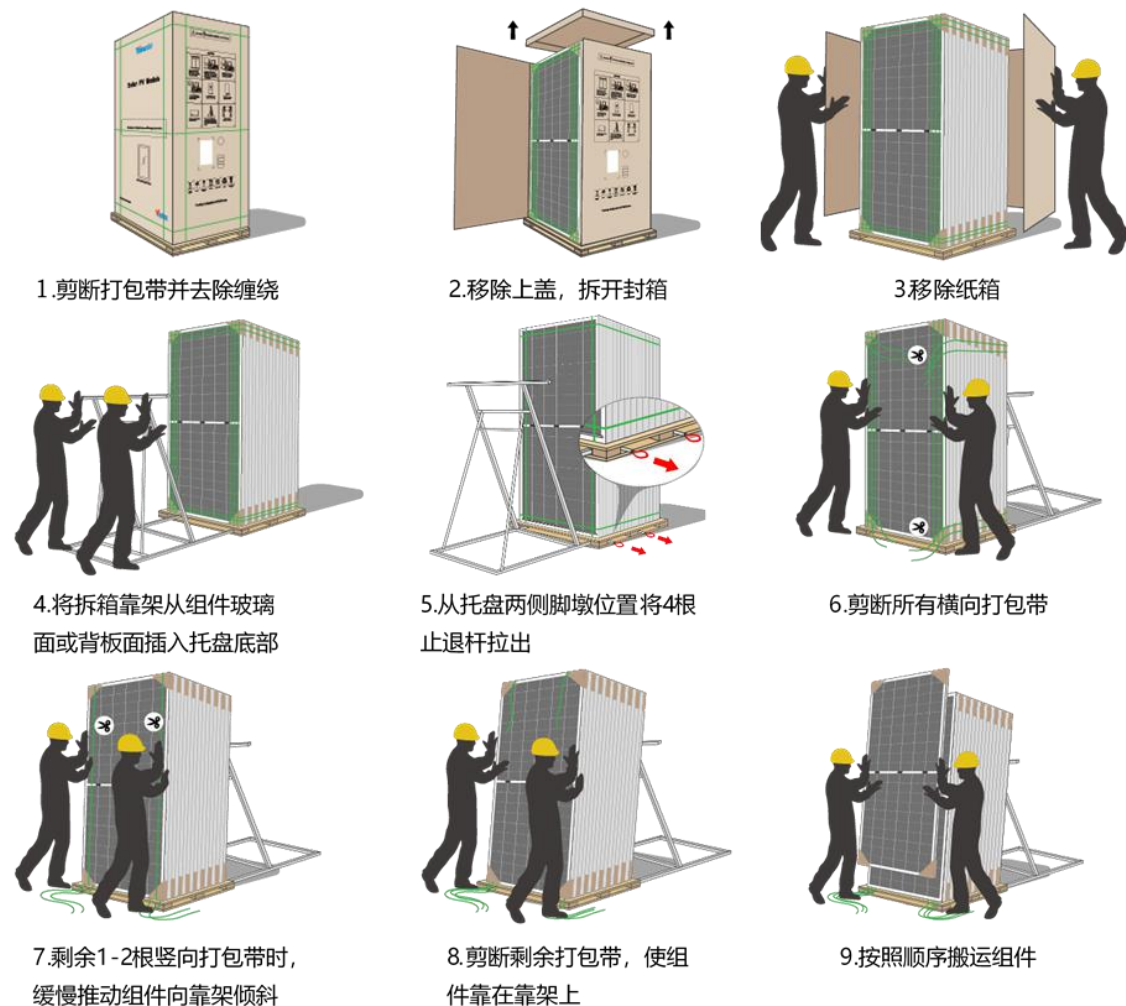


图 25

【方式二】横式包装常规拆包：适用于销售往中国区的 DE20/DE21 等系列产品

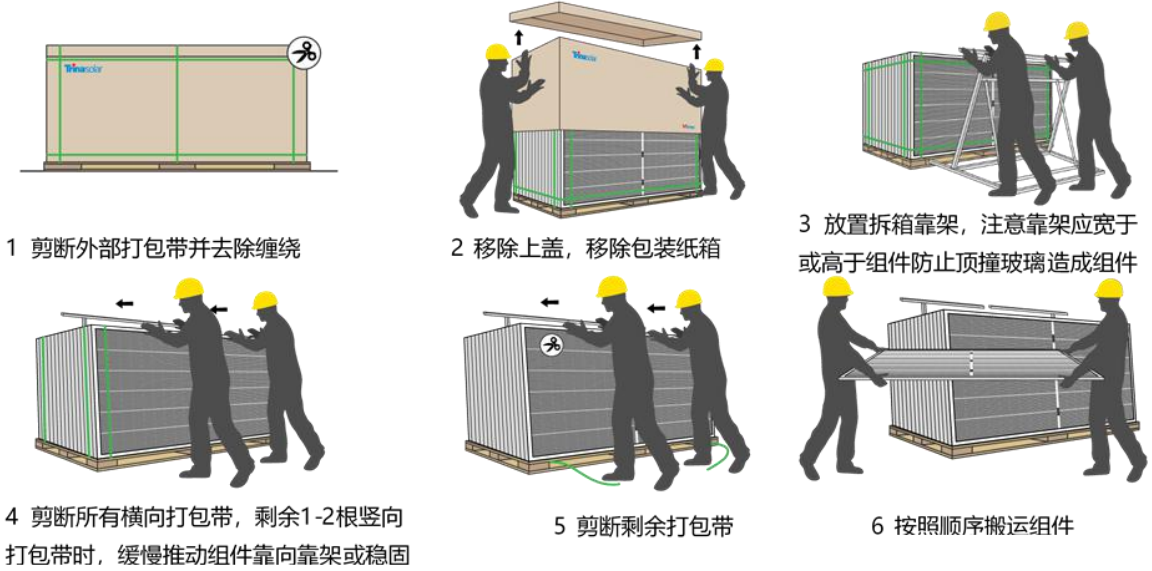


图 26

## 安装

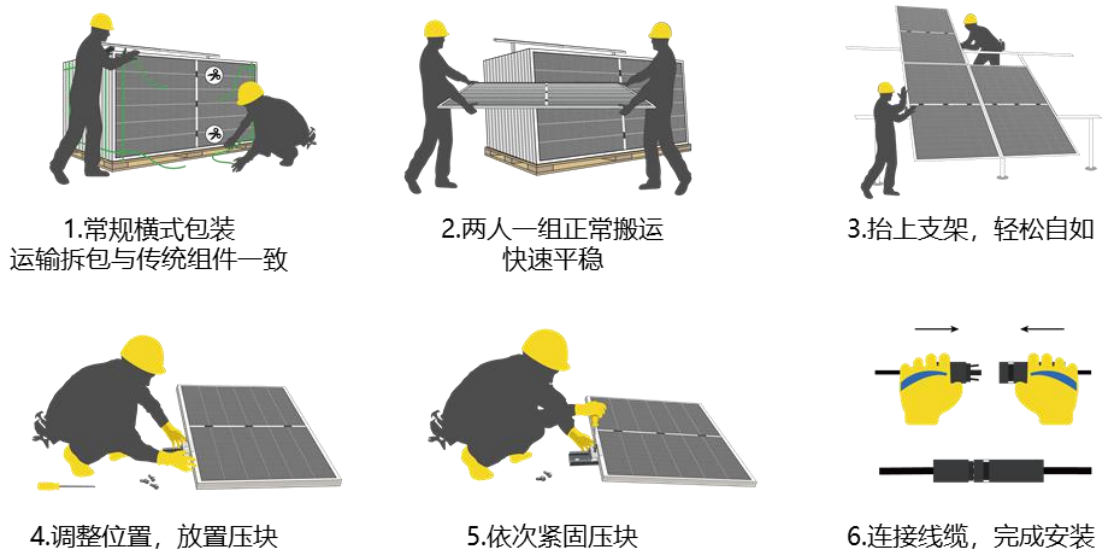


图 27

## 快速安装方案

目前分布式系统中的光伏组件与支架的连接都是通过螺栓、普通压块连接。由于大组件的流行，组件的宽度有些能达到 1.3m 左右。当普通安装工人想要拧紧远离自己那侧的螺栓或压块时，臂展不够，难以拧紧。而且容易出现一些类似跪在组件上安装的不规范操作，增加组件隐裂的风险。

基于以上因素，天合光能开发了自主生产的快速安装压块方案，压块的基本组成如下：

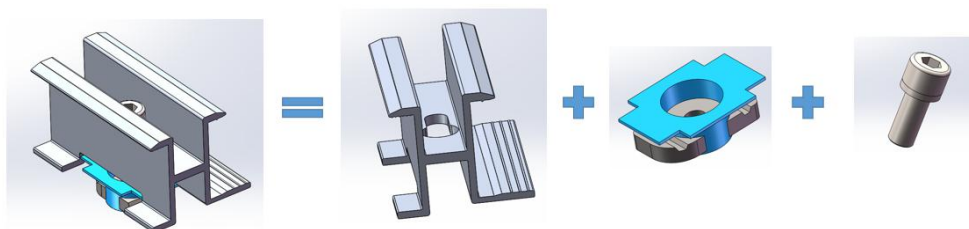


图 28

整套压块由压块主体+锁紧螺母构成。

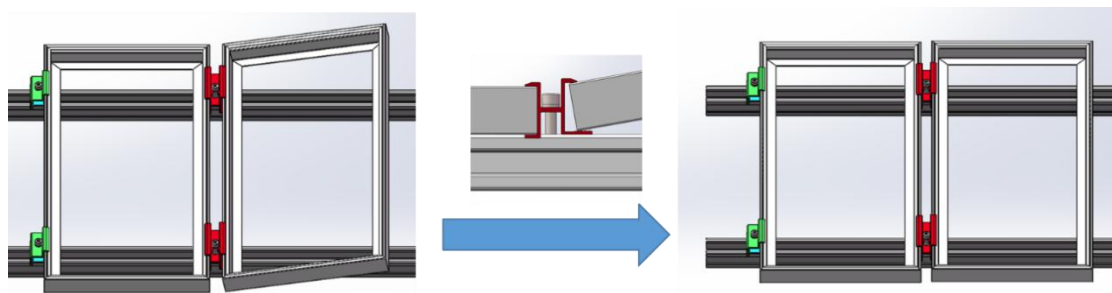


图 29

安装步骤：

- 1) 边压块按照普通方式安装完毕后，安装第一块组件；
- 2) 组件右侧的第一个中压块，左侧类似普通中压块，因此只需拧螺栓固定；
- 3) 将第二块组件卡在中压块的右侧，注意压块的包边要保住组件边框的 C 面；

4) 然后重复以上安装中压块的步骤。

采用此种快速安装方案可以增快安装速度,节省工期,同时实现按照一定顺序依次安装,不需要拧紧远离自己的螺栓,从而避免不规范操作带来的隐裂等。同时,使用天合光能专用压块,可以满足 IEC 的载荷认证标准。

## 辅助举升装置

---

目前,户用分布式项目中,由于组件安装在屋顶,所以安装时面临着一些挑战:

- 1) 人工吊装费时费力;
- 2) 组件面临损失风险,容易与墙面碰撞等;
- 3) 使用吊机成本高,且在农村项目中难以实施。

针对这种情况,天合光能推出了辅助举升装置,该装置主要适用于小批量光伏组件从地面到户用屋顶的运输过程,在节省人力的同时提高运输效率并且保障运输安全。户用屋顶的类型一般为平屋顶和坡屋顶,高度一般在 6 米-8 米之间(2 层半别墅)。电动的组件提升装置可以有效节省小批量组件上屋顶的人力需求,且装置所配的组件固定系统可以有效防止组件在传统吊装过程中与墙面的碰撞带来的玻璃划伤、电池隐裂等问题。但对于组件数量较多、屋顶状况较复杂的情况,仍建议使用吊机等安装方式。





图 30

本装置由电机、分段支架、运输架、缓冲垫、固定结构组成。

部件说明：

- 1) 分段支架的拼接为插接式，两段支架需通过一段较小的连接杆实现有效连接。
- 2) 运输架为单独的运动件，需在拼装完成的支架上进行加装。
- 3) 电机自带有线控制器，通电后可控制运输架的上下运动。
- 4) 组件固定结构用于保证组件运输过程中的安全，防止滑落/吹落风险。
- 5) 缓冲垫的作用为保护组件表面，防止划伤。此外，其也可减轻运输中的震动，防止

电池隐裂。为确保组件的运输安全，请根据项目自身条件加装保护措施。

提升高度	8米
提升速度	举升（垂直）10.5-21米/分钟
单次提升重量	200KG/5片组件
电源	民用220V交流电
自重	35kg

电机重量	30kg
尺寸	折叠/收起后长度2.4米以内

表 7

备注：此说明书针对提升装置通用版，随着产品升级，会有所不同，请以实际为准。

使用步骤：

使用步骤	注意事项
1. 使用前先验证各机械部件的完好性及电机的电气性能。	注意检查各机械部分是否有锈蚀与变形、电机是否能正常启动、电机的电气保护系统是否完整，如导线是否开裂。
2. 完成装置底座及支架的拼装	将各机械部分按图示有效拼装，确保连接处的紧固。
3. 完成运输架的安装	请检验运输架与支架的贴合性，部件的变形可能给运输过程带来较大的隐患。
4. 完成装置顶端与屋顶之间的紧固	请根据实际状况灵活的选择紧固方式，但必须保证安全。
5. 安装电机并接通电路	注意用电安全
6. 试运行	完成装置的设置后应进行空载试运行，从而提前发现可能存在的安全问题。
7. 放置光伏组件	注意小心轻放

8.正式运行	运行时需注意施工安全，施工人员不得站在装置附近，以防装置倾倒/组件滑落带来的人身伤害。
9.卸下组件	考虑到组件的尺寸与重量，卸下组件时施工人员应两人合作且规范操作，杜绝不合规行为带来的风险。

表 8

## 逆变器接入

截至 2022 年 3 月，全球范围内已经有 22 家逆变器品牌，如华为，阳光，上能，固德威，锦浪，古瑞瓦特，科华等，超 238 余款型号，可以与 600W+ 组件正常匹配。天合光能推出了光伏项目设计工具，可登录 [pvd.trinasolar.com](http://pvd.trinasolar.com)，快速查询每一款超高功率组件如何匹配逆变器。



图 31

600W+ 组件可以采用“1 路 MPPT 接 1 串”的方式接入现有常规逆变器，容配比满足

目前主流分布式场景的需求。

1) 以户用场景 20KW 项目为例

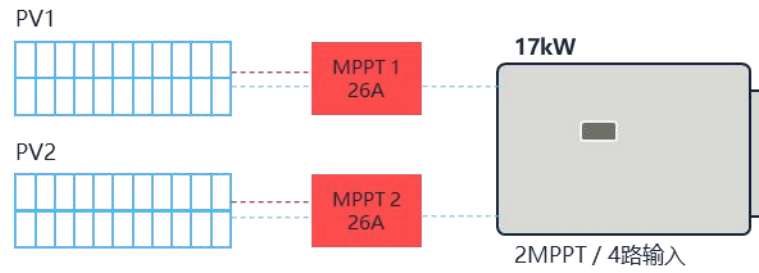


图 32

直流侧参数	600W	参考组件-450W
组件串联数量	18	16
组串功率	10.8 kW	7.2 kW
输入串数	2	3
逆变器直流输入功率	21.6 kW	21.6 kW
逆变器交流功率	17 kW	17 kW
DC/AC 配比	1.27	1.27

表 9

逆变器拥有 2 路 MPPT，每路各接 1 串，共可接 2 串 600W+ 组件。虽然串数减少，但得益于低电压和高功率的特性，容配比与传统组件还是保持一致。

2) 以分布式场景 100KW 系统为例

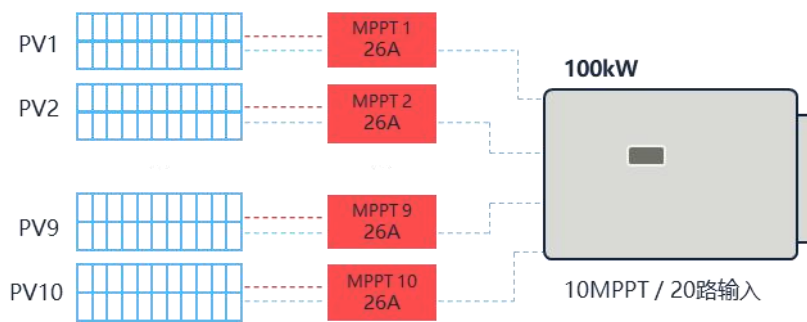


图 33

直流侧参数	600W	参考组件-545W
组件串联数量	24	18
组串功率	14.4kW	9.81kW
输入串数	10	15
逆变器直流输入功率	144kW	147.15kW
逆变器交流功率	100kW	100kW
DC/AC 配比	1.44	1.47

表 10

逆变器拥有 10 路 MPPT，每路各接 1 串，共可接 10 串 600W+组件。虽然串数减少，但得益于低电压和高功率的特性，容配比与传统组件还是保持一致。

## 600W+组件发电量研究

600W+高功率组件，在户外发电能力方面也成为分布式电站的新标杆。我们围绕组件在正面发生遮挡时的输出特性，低辐照特性及组件户外工作温度等多个角度，全面介绍天合至尊系列产品的户外发电性能优势。

## 更低遮挡损失

光伏组件在实际应用中，由于早晚阵列间阴影遮挡，建筑物、树木、云朵等远景引起的阴影遮挡情况会造成光伏组件串联失配，导致光伏组件发电效率降低，严重时会产生热斑现象进而损坏组件。

我们以双二极管电学模型作为研究的理论基础，把 166 半片面积 (137.8 cm<sup>2</sup>) 作为组件遮挡面积基准，至尊高功率组件由于使用 G12 大尺寸硅片及创新的版型设计，相同遮挡面积下阴影遮挡导致功率损失均小于 182 和 166 组件，从而提高发电量。

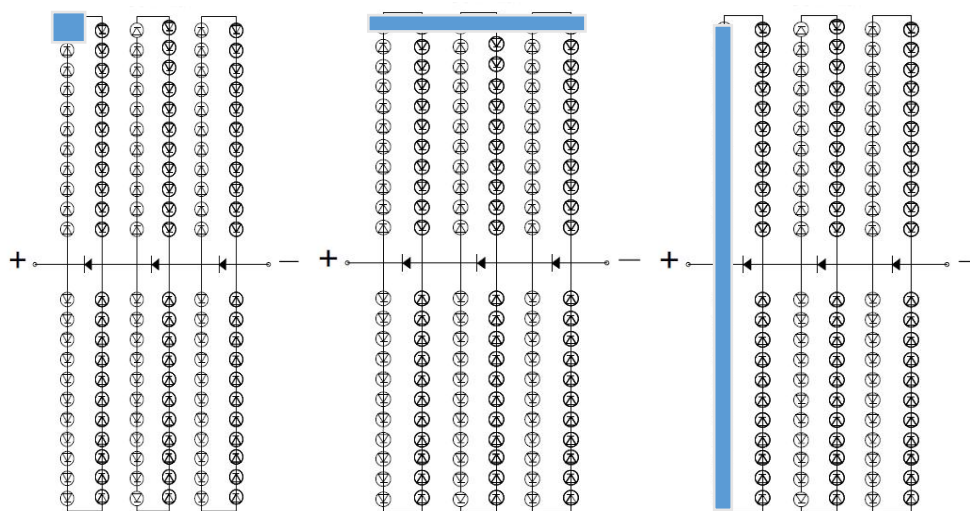


图 34 单片遮挡

图 35 短边遮挡

图 36 长边遮挡

遮挡面积	166-72	182-72	210-66
单片 (0.5 个 166 半片)	-18.4%	-14.4%	-9.63%
单片 (1 个 166 半片)	-33.9%	-33.9%	-24.69%
长边所有电池片 (0.5 个 166 半片)	-33.9%	-33.9%	-22.82%
短边所有电池片 (0.5 个 166 半片)	-27.0%	-16.9%	-13.43%

表 11 不同遮挡条件下，各类组件的功率衰减比例

## 优异的低辐照性能

低辐照性能优势，源于 210 至尊组件更高的电流及面积，即等效电路电池受光面积更大，使组件在低辐照度下功率损耗值比例相对减小。

$$\begin{aligned}P_{\text{组件}} &= P_0 - P_{\text{loss}} \\&= FF_0 * I_{sc} * V_{oc} - I^2 R_s \\&\approx FF_0 * (J_{sc} * A_{cell}) * V_{oc} - (0.93 * J_{sc} * A_{cell})^2 R_s \\PR_{200} &= 5 * \frac{P_{200}}{P_{1000}} = 5 * \frac{P_{0,200} - P_{\text{loss},200}}{P_{0,1000} - P_{\text{loss},1000}}\end{aligned}$$

备注： $P_0$ -理想组件功率， $P_{\text{loss}}$ -组件端串阻引起的功率损耗， $A_{\text{cell}}$ -组件并联电路等效电池面积（切半组件对应为整片电池面积）， $FF_0$ -理想填充因子， $J_{sc}$ -短路电流密度， $V_{oc}$ -组件开路电压， $R_s$ -组件端引入串阻，0.93-工作电流与短路电流比例经验值， $I_{rr}$ -辐照强度（ $W/m^2$ ）。

根据以上计算公式可知，在  $200W/m^2$  的低辐照度下，210 至尊组件损失幅度下降更大，相较 182 组件损失更少，因此 210 至尊组件低辐照性能较 182 组件更优异。

## 优异的工作温度

光伏组件工作温度对组件工作性能有着重要的影响。随着工作温度升高，组件开路电压  $V_{oc}$  减小，短路电流  $I_{sc}$  随之略微增大，填充因子  $FF$  减小，太阳能电池光电转化效率降低，造成组件整体输出电性能降低。

谈到工作温度，需要了解热能获取功率的因素，当组件工作温度达到稳定状态时，太阳辐射能照射在组件上表面，其中部分太阳辐射能被组件返回大气，剩余的太阳能辐射分别被转化为电能和热能。所以从理论上分析，基于同样 PERC 结构，不同尺寸硅片电池的电池效率接近，当电池所处的辐照环境一致时，单位面积组件的电流密度无差异，由此可见电池片的工作温度也不会有太大差异。

以水泥地表, 安装倾角 25°, 环境温度 25°C, 斜面辐照度 1000 W/m<sup>2</sup>, 风速 1.18 m/s

为例, 使用热平衡模型计算结果如下:

	182-535W 组件	210-660W 组件
环境温度 $T_a$ (K)	298.15 (25°C)	
斜面辐照度 $I_{rec}$ (W/m <sup>2</sup> )	1000	
地面平均温度 $T_{gro}$ (K)	302.55 (29.4°C)	
天空温度 $T_{sky}$ (K)	284.18 (11.03°C)	
组件上表面风速 $WS$ (m/s)	1.18	
组件反射率 $\rho_{pv}$	0.10	
安装倾角 (deg)	25	
组件面积 (m <sup>2</sup> )	2.583	3.106
<b>Result <math>T_c</math> (K)</b>	323.30 (50.16°C)	323.13 (49.98°C)

表 12 边界条件及测试结果

从计算结果可以看出, 210-660W 组件对比 182-535W 组件, 工作温度基本一致。

除了理论分析, 我们也可以通过实际测量来评估组件工作温度。选取场地为天合光能厂区内光伏科学与技术国家重点实验室东侧, 测试地点为草地, 测试样件固定支架 1H 横装, 倾角 25°, 安装高度 0.5m; 组件工作温度采集方式为 HIOKI 热电偶数据采集仪, 三种不同尺寸组件 (166\*72、182\*72、210\*55) 加权平均温度如图所示:



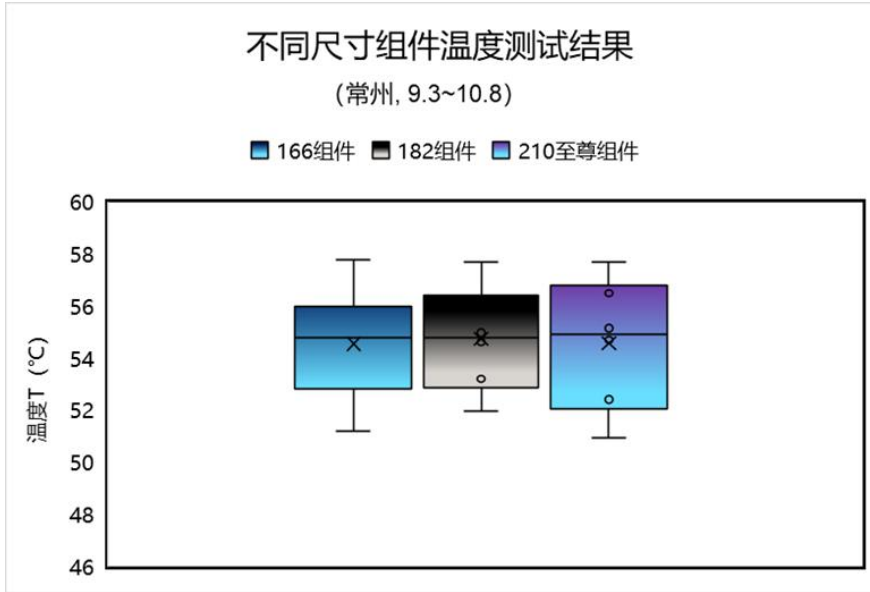


图 37 不同类型组件工作温度测试结果

进一步地，选取 9 月 5 日数据作为典型晴天条件，将实测数据及实测气象数据代入稳态热平衡模型，实测及模拟结果对照如下图：

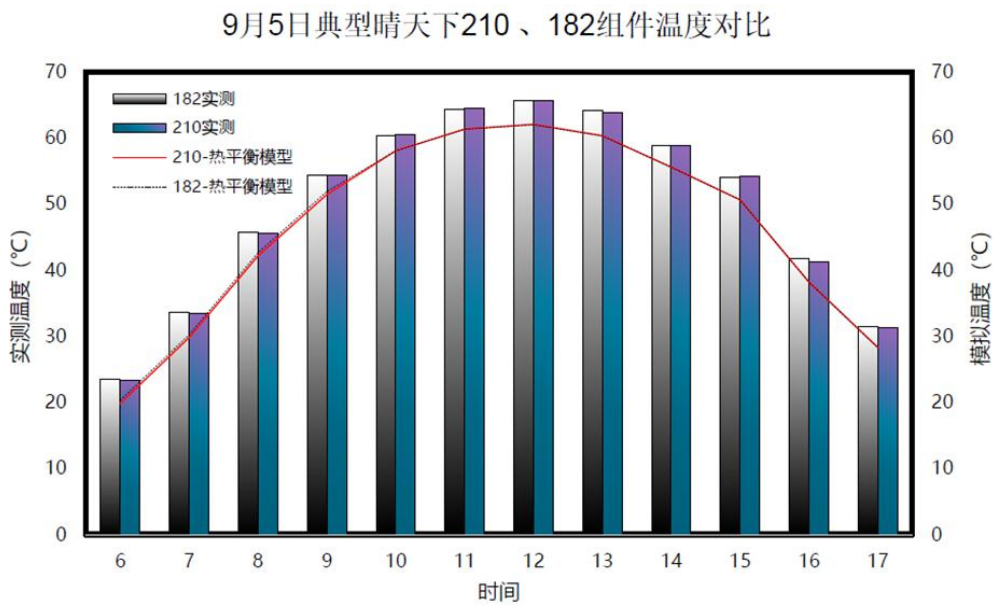


图 38 典型晴天下工作温度及热平衡模型测试结果

由此可见，210 组件的工作温度与传统组件在一致水平，不会因为温度过高而损失发电量。

综上所述，天合光能 600W+ 组件，得益于在正面发生遮挡时的输出特性，低辐照特性及组

件户外工作温度等多个特性，保证了组件在户外实际发电性能上的优势。

## 600W+组件的未来展望

时节如流，击鼓催征。

2021年，我国开启“碳中和”征程，分布式市场在“双碳”目标、整县推进、能耗双控等政策加持下得到爆发式增长，分布式光伏装机新增约29GW，同比增幅达87%，装机占比一举突破50%。也就在这一年，天合光能聚力而行，从原材料畅通供给到逆变器、跟踪支架全面适配，210产业链畅通无虞、生态日臻完善，600W+组件凭借其卓越的系统价值优势，在各种场景下打开度电成本降低通道，一举成为分布式光伏升级新方案——11家领先光伏企业联合推进600W+超高功率组件分布式应用，600W+组件已成为终端市场坚定的选择。

放眼全球，高功率组件大势所趋同样已经成为发展共识。根据PV Infolink最新数据显示，截至2021年底，总计有50家以上组件企业具备大尺寸高功率组件生产能力，产线兼容210尺寸企业数量在在产企业数量中的占比持续向上提升，硅片产能也将逐年增加并持续扩大保障供给，硅片新增产能大多为更大尺寸向下兼容。

电池片各尺寸产能变化, Unit: GW

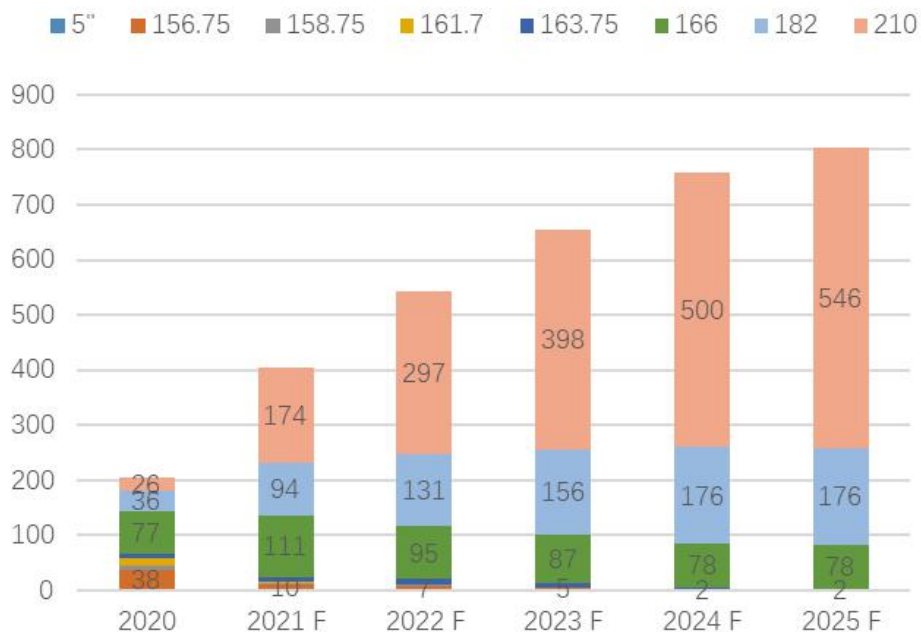


图 39 电池片各尺寸产能变化

\*数据来源: PV Infolink

组件尺寸产能变化, Unit: GW

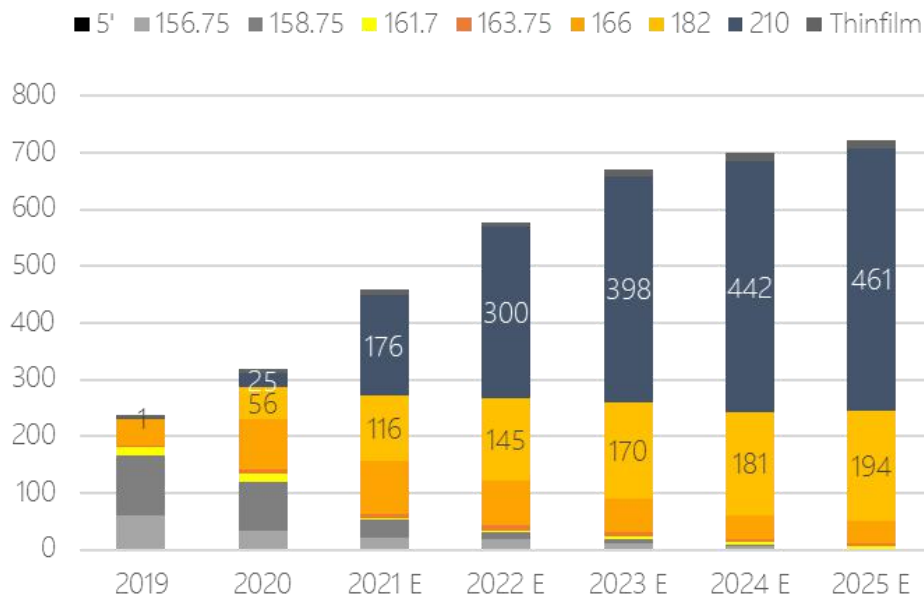


图 40 组件各尺寸产能变化

\*数据来源: PV Infolink

看得见多远的过去，就能走到多远的未来。产业集群发展，技术百花盛开，光伏正迎来它“最好的时代”，集中式与分布式迈入齐头并进发展阶段，并且在创新模式、政策环境等各种有利因素推动，分布式将进一步迅猛发展。

我们深知前景光明辽阔，但前路不会平坦。引领光伏行业、分布式光伏站上、站稳“600W+”的门槛，天合光能并非是“独行者”，在这背后是整个生态链的齐头并进，是从研发、制造到应用各环节的协同发展，在这场创新长跑中，所有同行者紧握产品质量、高可靠的重中之重，携手共进，构建起600W+共创共生共赢的新生态。

## 免责声明

此《天合光能 600W+ 组件分布式应用白皮书》（以下简称“白皮书”）之内容仅供天合光能集团（以下简称“天合光能”或“本公司”）客户产品咨询及参考之目的，不得视为本公司任何产品销售合同的组成条款或者对天合光能产生任何具有约束力的义务或承诺。具体产品订单设计方案及载荷需求评估，需根据具体项目地设计条件、温度、地理条件、组件及支架具体产品类型、逆变器等条件进行测算与综合评估。任何项目产品的技术标准及其他条款，均应仅以天合光能与客户共同签署的产品销售合同为准。天合光能对本白皮书中涉及的任何数据或信息的准确性、完整性、及时性、有效性均不做任何明示或默示的保证，也不代表本公司持有的任何立场和判断。因客户自行依赖或使用本白皮书中的任何数据或信息而造成的任何损失，天合光能将不承担任何形式的责任。

天合光能保留在没有预先通知的情况下随时修改或变更本白皮书内容的权利。本白皮书并非质保书，也不具备任何质保书的意义。本白皮书项下任何知识产权、所有权及最终解释权均归天合光能所有。未经天合光能事先书面同意，任何方均不得以任何形式修改、翻版、分发、复制、发表或许可使用本白皮书。



