

**Vertex 至尊**

# 机械载荷性能

天合光能重磅发布《670W至尊组件机械可靠性白皮书》



**TrinaSolar**  
天合光能

# 天合光能

## 670W至尊组件机械可靠性白皮书

- 标准静态载荷
- 不均匀雪载
- 多倍动态机械载荷
- 风洞极限风速
- 极限低温载荷
- 冰雹冲击
- 共赢新生态



### 动态机械载荷加严测试

较IEC标准严苛20倍，完成“极限挑战”

### 风洞极限风速测试

可抗17级超强大风

### 冰雹冲击试验

35mm冰雹落下，组件无懈可击

共赢新生态！

# 天合光能重磅发布 《670W至尊组件机械可靠性白皮书》

7月21日，600W+开放创新生态联盟成立一周年研讨会在北京隆重举行，会上天合光能重磅发布《670W至尊组件机械可靠性白皮书》，涵盖“一标五严”六项测试结果，即一项标准静态载荷测试以及不均匀雪载、极限低温载荷、冰雹冲击、多倍动态机械载荷、风洞极限风速试验等五项加严测试，多维度验证、全方面展示670W至尊组件卓越的机械载荷可靠性！

## — 无须扬鞭自奋蹄，打造最具信赖的产品

光伏组件在户外实际使用中，会不断受到环境因素的影响。而载荷方面的压力和考验，主要来自于暴雪、强风等极端气候。为了保障客户利益，组件的设计需要考虑在全生命周期内抵御这些极端气候的能力。



今年5月，全球权威独立第三方光伏测试机构PV-EVAL发布第七届组件可靠性记分卡项目报告，天合光能凭借优异的光伏组件可靠性及发电性能，再次被评为全球“最佳表现”组件制造商（Top Performer）。“打铁还需自身硬，无须扬鞭自奋蹄。”天合光能产品战略与市场部负责人张映斌博士表示，完成“通用版”可靠性验证是基本功，此次挑战“进阶版”测试，一方面验证了超高功率组件遇到极端气候依然可以保持良好性能，另一方面通过触摸极限、挑战极限自加压力，为客户创造最具信赖的组件产品。

加严测试中，“不均匀雪载”尽可能贴近实际，模拟强降雪在组件表面尤其是底端大量堆积造成的不均匀压力，极限承压7000Pa情况下，相当于2.8米的积雪，组件功率衰减仅为0.56%；“极限低温载荷”是在-40°C的极低温环境下，进行正5400Pa/背2400Pa的静态载荷测试，结果显示EL无变化，功率衰减仅0.11%，低温下的机械性能得到完美验证；“冰雹冲击”模拟不同尺寸冰雹对光伏组件的冲击，最终通过35mm冰雹冲击。

## — 心高志远勇攀登，从容应对极端严苛气候

另外，在多倍动态机械载荷、风洞极限风速试验两项测试中，670W至尊组件同样出色完成“极限挑战”，表现尤为亮眼。

多倍动态机械载荷测试中，无论是单玻横梁螺丝安装，还是双玻公用梁螺丝安装，670W至尊组件表现出来的负载能力，均远超IEC标准数倍。更值得一提的是，在压块安装条件下，经过±1500Pa、动态机械载荷20倍即20000个循环测试，670W至尊组件外观无损、性能完好，相较于IEC±1000Pa、1000个循环的标准，严苛了20倍。

风洞极限风速试验中，当风速到达62米/秒时，670W至尊组件依然完好，通过了相当于17级超强台风的极限风速考验。

张映斌博士说，保持天合光能组件一贯超高可靠性的特点，210至尊系列组件进行了一系列设计优化，如增加边框壁厚、增大型腔、优化选材及匹配性设计，确保具备超高结构强度，同时通过无损切割的方式，使得最小单元电池具备与整片相当的抗弯强度，抗隐裂能力显著增强。

通过以上一系列针对机械性能的加严测试，210至尊组件印证了其抵御外界机械应力的卓越能力，足以从容应对强风、大雪、极寒、冰雹等各类极端气候。

## — 开放创新赢未来，构筑共生共荣新生态

210超高功率组件的量产，成为新赛道的发令枪声。600W+光伏开放创新生态联盟成立一年来，家族成员已从最初的39家成员企业发展壮大为87家，包含电池、组件、逆变器、支架、线缆、背板、玻璃、设计院、EPC、检测认证等全产业链。

“作为业内目前量产的最高功率组件，选择670W至尊组件作为测试对象并在此发布，既是让客户直观感受670W+组件的高可靠性，还有其更深层次的意义，即天合光能秉持开放创新的心态向整个行业开放分享我们的研究成果，希望同行在天合光能的基础上继续创新，把600W+推向全面应用并且助力碳中和。”张映斌博士表示，引领光伏行业站到“600W+”的门槛上，天合光能并非是“独行者”，在其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，要掌握产品高质量、高可靠性的重中之重，携手共进，构建600W+共创共生共赢新生态。

开放、包容、自信……步入光伏6.0时代，走向价值协作、合作共赢，天合光能始终聚焦客户价值，带来最优性价比、更高发电效率的产品，推动光伏产业可持续发展，引领全球能源变革，早日抵达绿色未来！

## 不均匀雪载测试：

# 2.8米的暴雪？绝对安全！



天合光能在鉴衡认证（简称CGC）华东光伏检测中心完成了不均匀雪载的测试。测试样品为天合光能全新一代至尊670W系列产品。

天合光能在鉴衡认证（简称CGC）华东光伏检测中心完成了不均匀雪载的测试。测试样品为天合光能全新一代至尊670W系列产品。通过测试数据发现，天合光能5块组件的临界雪载荷均高达6600Pa以上，最高达到7000Pa，相当于2.8米积雪产生的压力，远高于常规不均匀雪载要求值，充分证明天合光能的至尊670W组件有着优秀的抗雪载荷能力。并且，5块组件不均匀雪载极限强度收敛，体现出优秀的产品质量一致性。

光伏组件的日益高功率化、组件尺寸增大成为趋势，这对组件的材料、设计和工艺等方面提出了更严峻的挑战；同时，全球气候变化带来的强风、强降雪、冰雹等极端天气，也让行业上下游对于组件的机械性能提出更高的要求。

**在通过5400Pa标准静态机械载荷、动态机械载荷后，至尊670W组件继续挑战不均匀雪载测试，以便更严苛评估光伏组件在大雪状况下的机械性能表现。**



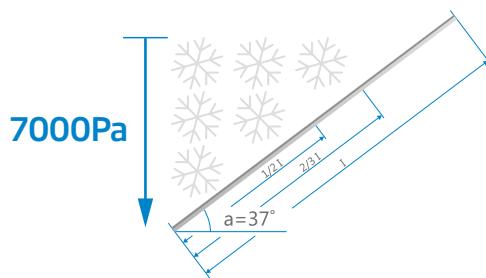
雪在组件表面尤其是底端大量堆积时，会造成不均匀压力。不均匀雪载测试专门评估光伏组件在遇到强降雪时，承受这种不均匀压力的能力，从而更有效规避将组件产品应用在多降雪地区，进而造成积雪压力引起的组件失效情况，如边框弯折或断裂、背玻不均匀性破裂、安装系统部分或完全解体等，为组件企业和业主提供最优解决方案。

天合光能至尊670W系列产品的不均匀雪载测试在鉴衡认证华东光伏检测中心进行。为了提供更好、更全光伏组件测试服务，CGC经过前期的设备研发、配件选型、技术攻关，实验室人员技术培训，已经完全具备针对大尺寸组件IEC 62938:2020不均匀雪载的测试能力。

不同于IEC 61215和IEC 62782的动载和静载，IEC 62938:2020不均匀雪载测试是一个模拟光伏组件抗雪载荷能力的一个测试标准，属于差异化应用场景的风险控制，通过实际环境测试模拟组件的抗雪载能力。通过此标准的光伏组件可以体现出两方面特征值：组件失效时表面堆积的雪荷载值，以及组件在临界雪荷载统计学下的功率衰减值和电气安全性。

### IEC 62938:2020不均匀雪载测试原理简要解析：

光伏组件雪荷载分布图如下：



L为组件长度，在组件底部2/3l面积范围内施加第一层雪荷载即SA，在1/2l面积范围内施加第二层雪荷载即SE，越靠近组件底部SE就越大，最严酷测试角度为37°，由初始值SK=2400Pa开始测试，每阶段增加200Pa，直至组件出现失效（如组件破裂、破损，外表面出现永久性形变，机械性缺损等），共重复测试5块组件并得出每块组件的临界雪载荷值，通过统计学计算得出最终的不均匀雪荷载值，以该数值为目标对验证组件样品进行最终不均匀雪载测试流程，评价验证组件的电性能参数、功率衰减和外观，并出具最终报告。

通过测试数据发现，天合光能的5块组件的临界雪载荷均高达6600Pa以上，最高达到7000Pa，远高于通常对不均匀雪载的要求值。按照平均雪密度0.25g/cm<sup>3</sup>换算，这相当于2.8米厚的积雪不均匀压在组件上产生的压力。

结合天合光能至尊组件的极限载荷能力，按标准引入1.5的安全系数进行最终雪载测试，组件功率衰减仅为0.56%。测试结果充分证明天合光能高功率、高效率、大尺寸电池片的670W至尊组件具备卓越的抗雪载荷能力。

动态机械载荷加严测试：

# 较IEC标准严苛20倍， 完成“极限挑战”！



作为使用寿命长达25-30年的产品，光伏组件具备高可靠性，才能提供光伏系统全寿命周期的发电保证。为了验证组件全生命周期内抵御极端气候的能力，严格根据IEC测试标准，天合光能在光伏科学与技术国家重点实验室对210至尊670W组件和市场在售其他540W/535W组件同时进行了动态机械载荷（DML）极限加严测试。

测试结果表明：无论是单玻横梁螺丝安装，还是双玻公用梁螺丝安装，210至尊670W组件的动态载荷可靠性都优于其他市场主流540W/535W组件；此外，210至尊670W双玻组件更是通过极限挑战：在压块安装条件下，经过±1500Pa、动态机械载荷20倍即20000个循环测试，组件外观无损、性能完好——210至尊670W动态机

械载荷可靠性再度得到权威验证！

IEC标准是全球光伏实验室通行的光伏组件性能及安全测试规范。其中，动态机械载荷测试IEC TS 62782 标准，用于评估光伏组件承受动态载荷的能力，一定程度模拟自然环境下疲劳应力对光伏组件和电池的影响。通常，标准动态机械载荷测试是在组件正面施加1000Pa的正压和负压为一个循环，每分钟3~7个循环，共1000个循环。当光伏组件受到大雪或大风、冰雹等机械载荷时，组件会受到压力并可能破裂，进而会导致一系列问题，如湿气进入、电池裂纹、焊接接头疲劳和电池腐蚀等。这些问题通常会导致能量产出降低，甚至导致组件和系统现场故障。

此次，天合光能210至尊670W组件参加的极限加严测试，就是基于该项标准要求下的多倍测试，向组件所能承受动态风压的极限发起挑战：载荷提高至IEC标准的1.5倍即±1500Pa，进行多倍动态机械载荷测试。

测试结果显示，双玻公用梁螺丝安装情况下，535W组件（2256×1133mm）在动态机械载荷200个循环后发生了失效，2个安装孔附近产生撕裂纹，2个安装孔完全撕裂甚至局部掉落。在实际电站使用中，假如安装孔发生完全撕裂，会直接导致组件被吹飞、损毁，给业主造成财产损失。



535W: 组件（2256×1133mm）完全撕裂

双玻公用梁压块安装情况下，动态机械载荷20000个循环结束后，210至尊670W组件外观完好！

保持天合光能组件一贯超高可靠性的特点，210至尊组件进行了一系列设计优化，如增加边框壁厚、增大型腔、优化选材等，确保具备超高结构强度，同时通过无损切割的方式，使得最小单元电池具备与整片相当的抗弯强度，抗隐裂能力亦显著增强。

因此，无论在标准动载测试中，还是在载荷加严1.5倍的动载测试中，210至尊组件的载荷性能都显著优于友商535W/540W组件！

作为行业的引领者，一直以来，天合光能坚持突破创新，以可信赖的品质和客户价值驱动发展，打造出全球最佳表现的高效率、高可靠性产品，组件身影遍布世界各地、各应用场景，从容应对大雪、大风等各类严苛环境。此次，通过与市场上其他尺寸组件的对比测试，再次印证了210至尊组件抵御外界机械应力的卓越能力！

## 风洞测试：

# 可抗17级超强大风！



天合光能联合第三方权威机构鉴衡认证，同步对210至尊670W双玻组件( $2.384 \times 1.303\text{m}$ )和市场在售其他大尺寸530W双玻组件( $2.256 \times 1.133\text{m}$ )进行了风洞测试，以此衡量组件极限抗风能力。

结果显示：当风速到达59米/秒时，530W组件( $2.256 \times 1.133\text{m}$ )失效并整块吹飞，螺栓固定的安装孔处型材完全撕裂；而210至尊670W组件通过62米/秒，相当于17级超强大风的极限风速考验。

本次测试协同鉴衡认证共同完成，测试结果已出具测试报告。

风速 (m/s)	参考组件 (530W)	天合210组件 (670W)
30.53	组件完好， 略微震颤	组件完好， 略微震颤
45.80	组件中间有凸起， 震颤开始剧烈	组件中间有凸起， 震颤开始剧烈
59.54	螺栓孔剪切破坏， 组件整块飞出	震颤开始剧烈
62.60	/	组件中间凸起加剧， 震颤更为剧烈

### 17级！670W组件极限风速试验

根据风力等级标准，当风速超过60m/s，就达到了17级；而根据中国气象局《热带气旋等级》国家标准，风力 $\geq 16$ 级时，定义为超强台风。虽说大自然环境远比实验室复杂，但同等风力测试下，足以证明210至尊组件不仅具备超高功率，更具备超强可靠性能！

为了保证试验的公正性和准确性，排除支架本身震动、扭转对结果的不利影响，本次测试采用更加贴合项目地实际的双桩固定竖排支架体系，支架、连接件全部由专业支架公司保威新能源提供，采用厚壁圆钢管立柱，且支架侧、后方均有支撑拉杆。同时，两块组件均严格按照各自产品安装手册进行安装，均采用横梁螺栓安装方式，参与各方同时现场确认。



试验过程两块组件的实时表现

**备注：**测试的极限值并不意味着实际情况只有达到极限值才会出现失效，还需考虑当地的风振系数、脉冲风、场地类别、局部体型系数的转换等实际参数，因此在远小于59米/秒内也有可能失效。

凭借在此次权威测试中的优异表现，天合光能210至尊670W组件用事实证明了自身卓越的机械性能和超高可靠性！

### 差异化定制安装，可靠匹配不同环境

光伏应用的全球化及场景多元化对组件性能提出了更高需求，强风、暴雪、冰雹等极端气候更是带来前所未有的挑战。

延续天合光能组件一贯超高可靠性的特点，210至尊组件进行了一系列设计优化，如增加边框壁厚、增大型腔、优化选材等，确保具备超高结构强度，同时通过无损切割的方式，使得最小单元电池具备与整片相当的抗弯强度，抗隐裂能力亦显著增强。

比起组件本身，安装方式对可靠性的保障同样至关重要。一般，螺栓安装适合地面电站，性价比高；压块安装在分布式屋顶应用广泛，安装快速。针对特别恶劣的大雪或者大风气候，天合光能可差异化定制安装方式来满足客户更高需求，确保双重保护。

开放，包容，自信……步入光伏6.0时代，从尺寸之争走向价值协作，从强者独行走向合作共赢，天合光能始终聚焦客户价值，带来最优性价比、更高发电效率的产品，推动光伏产业可持续发展，引领全球能源变革，早日抵达绿色未来！

## 极低温静载测试：

# -40°C环境下， 依旧安全可靠！



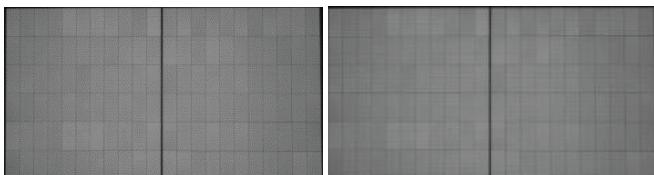
天合光能的组件遍布世界各地、各应用场景，使用环境不乏极寒地区，无论是国内黑龙江、新疆等冬季寒冷地区，还是瑞典、挪威等北极圈内国家，都能看到它的可靠身影和出色表现。（PS:北极各地区在冬季的平均气温在-40°C至0°C之间）



试验场地（图片：天合光能）

因此，保证低温下依然具备高可靠性、高发电效能，是至尊组件必需练就的基本功。极度的低温对材料性能是较大的挑战，不同材料热膨胀系数不同，对组件各连接处是考验；而针对胶膜、背板、接线盒等有机材料，低温会引起材料的抗冲击性能降低，对组件电池片的耐机械载荷性能产生影响。

天合光能联合第三方权威机构鉴衡认证，对210至尊670W组件进行了极低温状态下的机械可靠性测试，即低温载荷测试：在横梁螺丝安装条件、-40°C的极低环境温度下，完成了正面5400Pa/背面2400Pa的静态机械载荷测试。以此模拟极限低温情况，考验组件的机械可靠性。



实验前    试验后

电致发光（EL）无变化（图片：天合光能）

据悉，该测试在鉴衡认证嘉兴光伏检测中心进行，参考IEC TS 62782中的测试要求，使用的低温机械静载/动载载荷测试系统具备-40°C环境条件下的机械强度测试能力，可模拟光伏组件的机械强度、材料抗性、支

架连接等在极寒地区的表现能力。

结果显示，组件外观完好、没有隐裂，绝缘、湿漏电测试全部通过，功率衰减仅为0.1%。这印证了即便是在低温严寒的极限环境下，天合光能670W至尊组件依然安全可靠，依然能够保证过硬的品质！

针对670W高功率大面积的特性，天合光能以客户为中心，回归产品本质，采取了系列措施和设计优化，一是通过边框结构设计、材料优选及安装匹配性设计，保证了至尊组件的超高结构强度；二是通过无损切割的方式，确保分片后切割边缘无机械损伤，最小单元电池具备与整片相当的抗弯强度，抗隐裂能力相对传统激光切割工艺显著增强。



极端寒冷天气下的顶点模块（图：天合光能）

凭借24年的光伏组件研发及制造经验，天合光能有着大量的技术沉淀和积累，作为行业引领者，始终坚持突破创新，以可信赖的品质和客户价值驱动发展，打造出全球最佳表现的高效率、高可靠性产品。我们坚信，无论是强风、大雪还是极寒，天合光能至尊组件都足以完美应对，同时提供个性化的产品设计、安装设计等定制服务，根据不同的应用场景，为客户构建不同的整体解决方案。

## 冰雹冲击试验：

# 35mm冰雹落下， 组件无懈可击！



随着全球气候的持续恶化，各种极端天气时常出现。而光伏组件作为发电设备，需长期在户外工作，不仅要经历各种严酷环境的持续考验，在极端天气来临时（例如冰雹天气等）也必须能Hold住。

7月以来，我们陆续介绍了天合光能210至尊670W组件在不均匀雪载、多倍动态机械载荷、风洞极限风速、极低温载荷等加严测试中的全过程表现，充分验证了其抗风、抗压、抗冻的超高可靠性。今天，我们来一起解密面对冰雹冲击时，天合光能至尊670W组件的出色表现吧！——完美通过35mm冰雹冲击试验，功率衰减仅为0.17%。

根据IEC 61215系列标准和要求，此次天合670W至尊组件冰雹冲击试验在光伏科学与技术国家重点实验室完成，模拟冰雹冲击光伏组件表面的情况，使用气动发射装置，通过人工制作的冰球模拟自然环境下的冰雹，以恒速撞击光伏组件，冲击完成后检查组件的外观、电气安全和输出性能方面的变化。

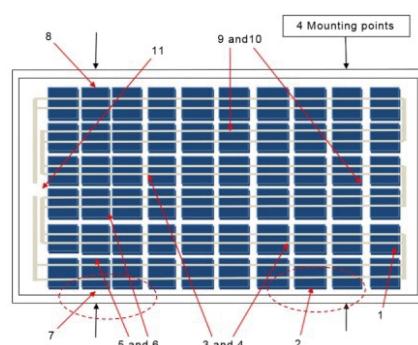


35mm冰球

本次试验选用投射物为直径35mm的冰球（相当于普通鸡蛋的中心直径大小），以27.2米/秒的速度冲击组件表面。中国气象局信息显示，根据一次降雹过程中大多数冰雹的直径、

降雹累计时间和积雹厚度，可将冰雹分为轻雹、中雹、重雹3级，其中直径2厘米以上的为重雹。

**试验结果显示，670W至尊组件外观完好、没有隐裂，绝缘、湿漏电测试全部通过，同时，功率衰减仅为0.17%。**印证了，在极端冰雹天气下，天合光能670W至尊组件可抵挡住高速冲击力，依然安全可靠，依然能够保证过硬的品质！



冰雹冲击位置分布

据实验室工作人员介绍，IEC 61215-2016标准对组件冰雹测试验证非常全面，针对组件玻璃面的测试点的各个位置有详细的定义，包括组件最边缘位置，如上图中的编号1和7的位置。“通俗点理解，这个位置在组件经受撞击时相对来说更容易损坏。”

组件抗击冰雹的性能与组件前板材料最为相关，也就是正面的玻璃，玻璃的厚度和玻璃本身的抗冲击强度直接影响着抗击冰雹的能力。

“我们通过扩大钢化炉尺寸、调整风机配置等技术手段，严格控制生产管理流程，确保了匹配210组件的玻璃的钢化强度，完全具备技术

可靠性。”信义玻璃控股有限公司技术负责人陈林说道。另外，福莱特玻璃集团股份有限公司技术负责人陈金桂介绍称，目前公司生产线可满足天合光能210至尊全系列组件产品的玻璃所需，玻璃的抗冲击等各种性能得到全面方面保证，为210组件保驾护航。

此外，根据不同组件结构特点，天合光能会针对玻璃本身的性能提出特殊要求，制定供应商及天合检验测试规范，使玻璃的可靠性与产品结构设计完美结合，形成企业标准的同时，努力推广成为行业乃至国家标准。

早在2007年，天合光能便建立了持续可靠性试验（Ongoing Reliability Test）管理制度，不仅开创了行业首个材料ORT概念，更将其纳入可靠性企业标准，囊括了IEC 61215、IEC 61730、IEC 63216等系列标准全序列测试项目，内部标准大都严于IEC标准2-3倍。

在具备优异的度电成本优势、系统成本优势的同时，天合光能210至尊系列组件再度验证了其出众的可靠性能。未来，天合光能还将在各领域持续开展系列化的测试，用事实证明210至尊组件不仅具备业内首屈一指的高效益，更具备行业领先的高可靠性，聚焦客户价值的同时，走向全产业链价值协作，推动光伏产业可持续发展！



天赋能源 合而为一

全球领先的光伏智慧能源和能源物联网整体解决方案提供商



<https://www.trinasolar.com/cn>