



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



天合光能微信公众号

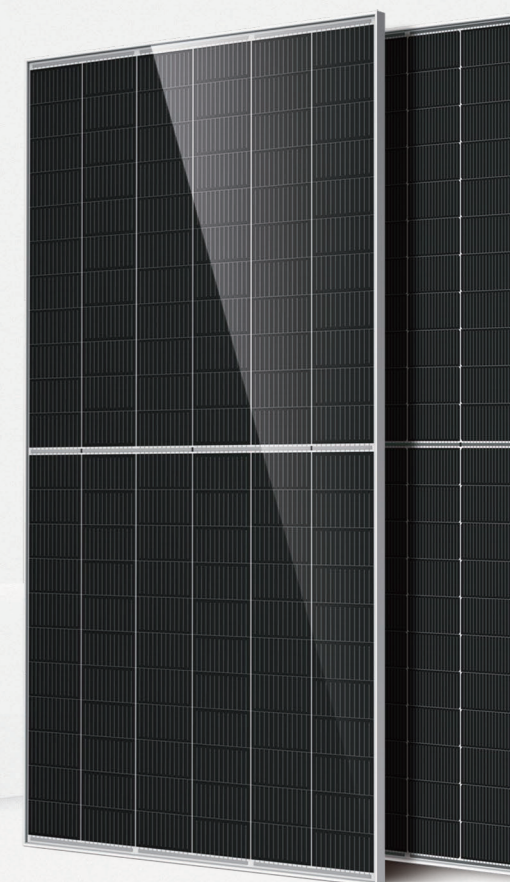


至尊组件产品资料

天合光能
210至尊N型组件
产品白皮书

210+N

Vertex 至尊 N



目录

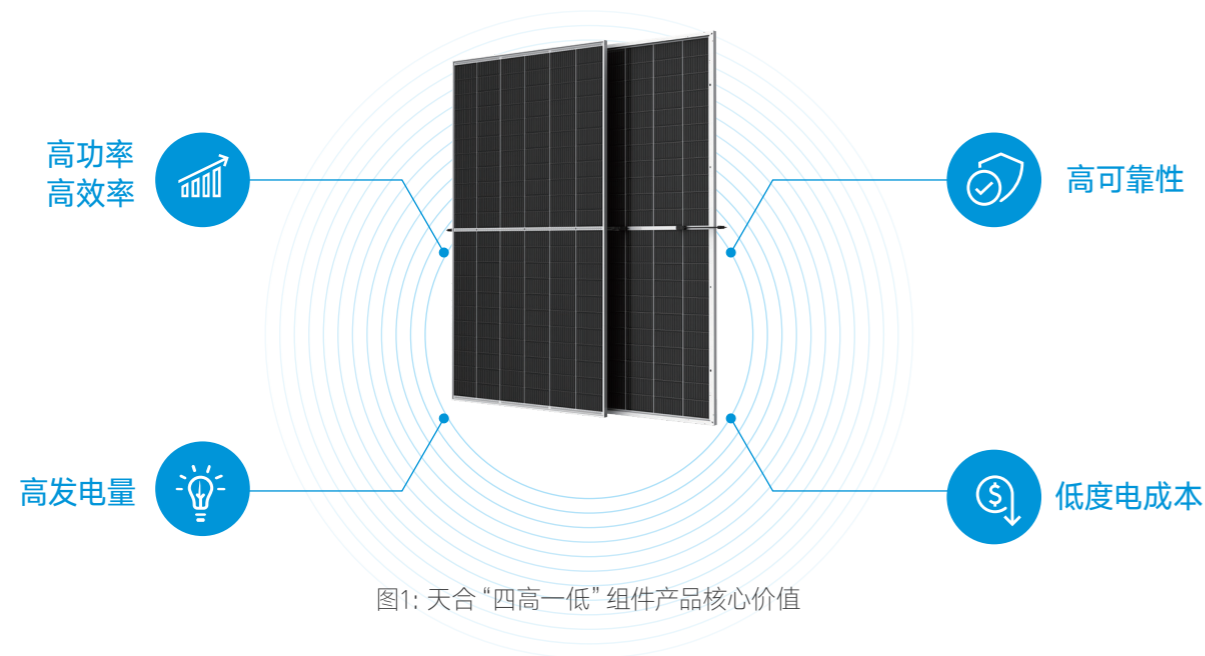
1.N型技术背景	01
2.天合光能N型i-TOPCon核心技术	03
3.210+N让领先更领先	05
3.1 至尊N型组件 210+N“四高一低”优势明显	05
3.1.1 高功率、高效率	06
3.1.2 高发电量	07
3.1.3 高可靠性	08
3.2 至尊N型组件家族 构建全场景应用生态	11
3.3 至尊605W系列—兼容与价值的最佳平衡	12
3.4 至尊695W系列—地面电站“度电成本之星”	13
4.天合光能N型客户案例	14
4.1 铜川市250MW技术领跑者项目	14
4.2 长治250MW技术领跑者项目	14
4.3 黄河水电青海特高压135MW项目	14

1.N型技术背景

过去八年是有记录以来最热的八年。今年的极端热浪、干旱和破坏性洪水已经影响了数百万人，并造成数以十亿计美元的损失。——联合国世界气象组织在COP27大会开幕式上的发言

应对气候变化，进行碳减排、实现碳中和，是世界各国少有的全球性共识。为此，能源转型，实现高比例的可再生能源结构成为天下大势！构建以新能源为主体的新型电力系统更成为我国能源转型的方向。

光伏是新能源行业的核心力量，电站业主对光伏发电投资回报和降低度电成本(LCOE)的追求是光伏行业发展恒久不变的主旋律，传统的P型组件由于工艺降本路线已经到了极致，P型量产电池效率已经无限接近于效率的瓶颈。在以客户降本增效为目标的市场发展趋势下，N型电池相较P型具备更高功率、更高效率、更高发电量、更高可靠性的优势，伴随着电池技术以及工艺的快速进步，综合考量项目生命周期中的度电成本(LCOE)，N型电池愈发表现出更强竞争力。



平准化度电成本 (Levelized Cost of Energy)，是对项目生命周期内的成本和发电量进行平准化后计算得到的发电成本，即生命周期内的成本现值/生命周期内发电量现值。在其他因素相对固定的条件下，降低度电成本有效的途径就是降低系统BOS成本，以及提高组件的发电量和可靠性。基于“四高一低”210产品技术平台的至尊N型系列组件完全满足高功率、高效率、高发电量、高可靠性、低度电成本的要求。

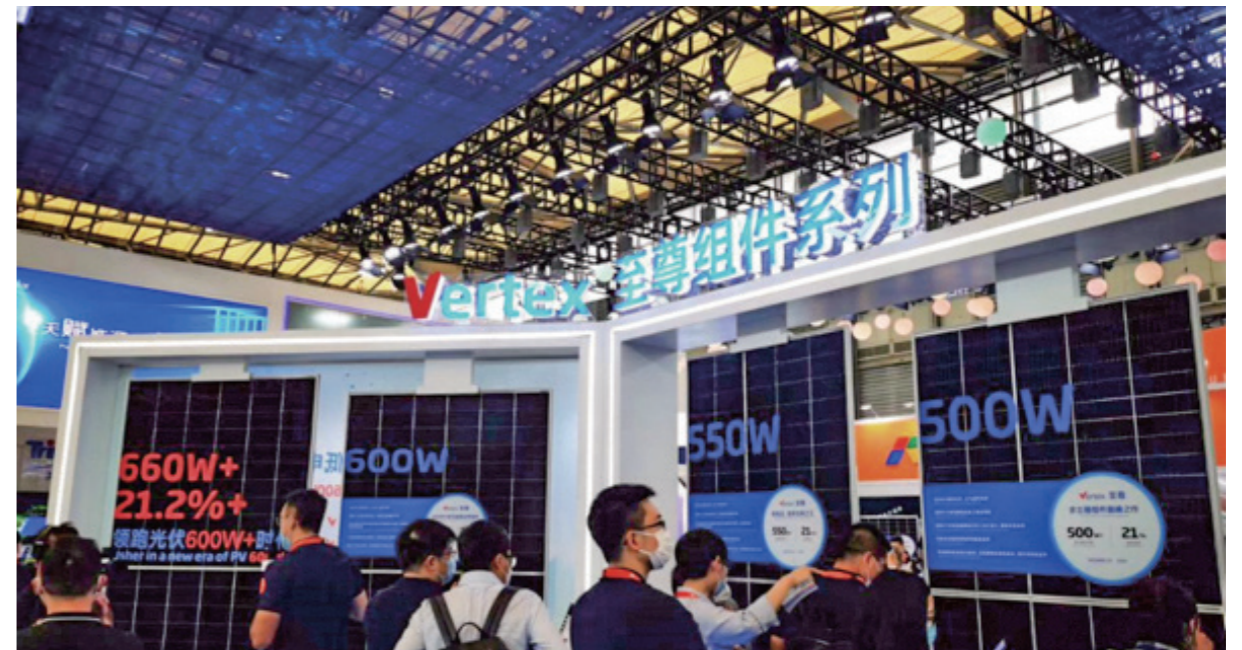
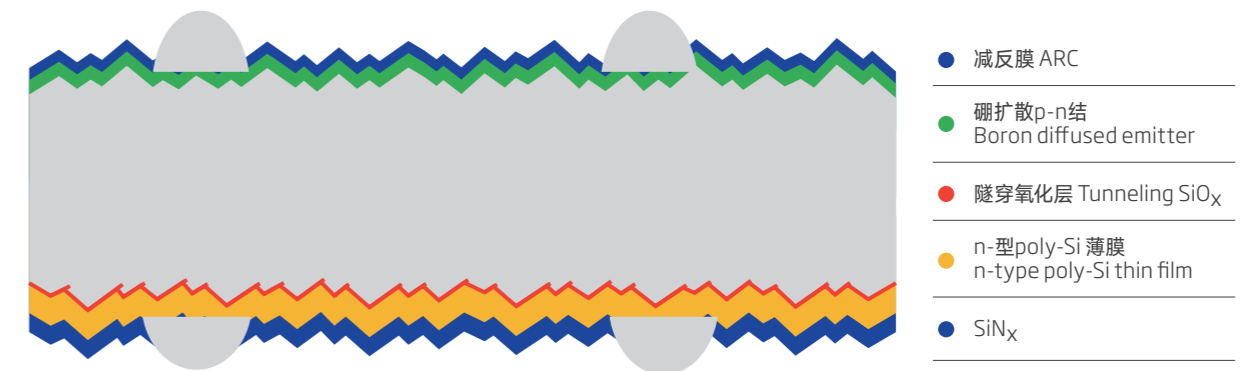


图2: 天合光能至尊670W组件展会盛况

在2021年初，天合光能发布至尊670W组件，效率高达21.6%，加速引领行业进入600W+高功率时代。进一步发挥了P型光伏组件的价值，为光伏行业做出巨大贡献。截至2022年三季度，全球210组件出货超70GW，天合光能出货约40GW。任何一项技术不论其本身先进与否，如果没有行业认同，没有产业生态支持，很难实现价值最大化。N型时代，天合光能基于i-TOPCon技术的210组件在210 600W+成熟产业链的基础上，将会放大210的优势，让领先更领先。



天合光能N型i-TOPCon电池具有创新性结构，N型i-TOPCon电池采用N型硅片为基底，其背面钝接触技术通过叠层薄膜结构设计，有效降低了金属接触区的复合，实现载流子高效传输，显著提升了电池效率。天合光能N型i-TOPCon电池基底无硼-氧复合对，其LiD (光致衰减) 显著低于P型PERC技术电池，结合先进的氢处理技术，N型i-TOPCon电池还获得了较低的LeTID (光热致衰减) 的特点。

2. 天合光能N型i-TOPCon核心技术

P型电池效率逐年逼近理论转化效率上限，开发下一代高效电池势在必行，但是只有充分的技术积累，才能实现技术引领并为客户提供最有价值的产品。

依托天合光能光伏科学与技术国家重点实验室(PVST)多年的高效电池研发经验，天合光能完成了自主N型i-TOPCon技术的开发，并在组件产品产业化道路上一马当先，于2018年入选超级技术领跑者示范项目，率先在行业中实现了N型i-TOPCon电池的产业化。

天合光能申请的“高效低成本晶硅太阳能电池表面制造关键技术及应用”项目也在2020年获得国家技术发明奖二等奖。天合光能厚积薄发，于2022年推出210+N型全场景化解决方案，新一代至尊N型i-TOPCon组件全面量产。



图4: 黄河水电青海特高压电站135MW项目



图5: 铜川市250MW技术领跑者项目

通过长期的开发和项目积累，天合N型i-TOPCon积累了多种核心技术并获取了诸多专利：

硼选择性发射极SE技术

天合光能开发了多套激光选择性发射极技术，极大地降低了金属电极的接触电阻及金属区的复合电流密度，从而改善电池的开路电压和填充因子，提升电池转换效率。同时也极大限度的降低了对硅基底的热损伤，可完整保留原有的绒面结构，从而避免了激光损伤对太阳能电池转换效率的影响。并率先将其推向量产，实现0.2%-0.3%以上的效率提升。

高效氢钝化技术

天合光能自主开发了高效氢钝化技术，改变工艺过程中电池的准费米能级状态和氢的电荷状态，修复电池内部及界面处的缺陷，有效提高电池的少数载流子寿命，提升电池的光电转换效率。

N型电池专利发明

天合光能自2015年开始研发TOPCon技术，并实施专利布局，布局区域涵盖中，欧，美等区域。天合光能N型i-TOPCon技术已攻克选择性发射极、氢钝化等关键技术，大幅度优化了工艺，提高了电池效率。多年深耕TOPCon技术的天合光能，形成了自主知识产权体系。



图6: 天合光能部分专利展示

天合光能产品开发团队再接再厉，在210N型硅片基础上叠加了i-TOPCon先进的电池技术，攻克了选择性硼发射极、大面积隧穿氧化硅及掺杂多晶硅制备、高效氢钝化技术难题，采用可量产电池装备，在210mm*210mm大面积高少子寿命的N型直拉单晶硅片衬底上，多次打破N型电池效率记录，2022年天合光能光伏科学与技术国家重点实验室宣布，其自主研发的210mm*210mm高效i-TOPCon电池，经中国计量科学院第三方测试认证，最高电池效率达到25.5%，创造了大面积产业化N型单晶硅i-TOPCon电池效率新的世界纪录。

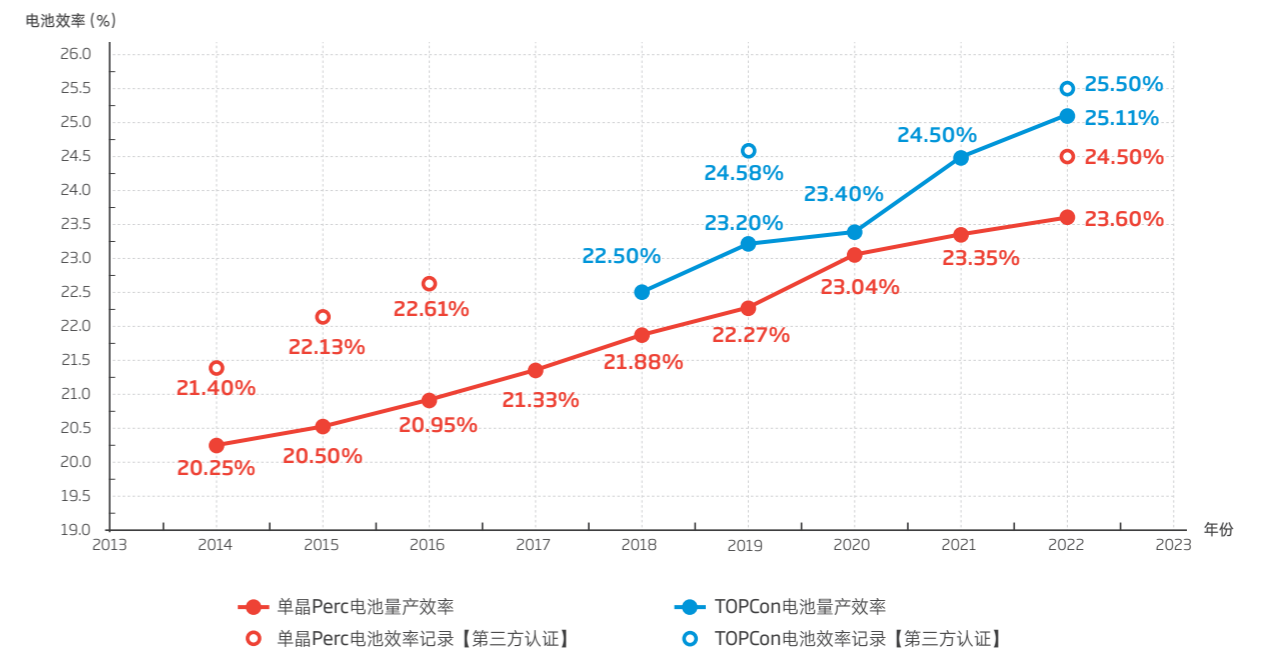


图7: 天合光能P型和N型电池效率纪录

经过自身磨炼多年的N型i-TOPCon技术体系经验积累，天合光能已经沉淀了成熟的设计、工艺、测试技术体系，为确保N型i-TOPCon技术量产出货打下了坚实的基础，为N型产业化扩张做好了充分的准备。

3.210+N让领先更领先

3.1 至尊N型组件 210+N“四高一低”优势明显

210产品技术平台的核心要义在于“四高一低”：高功率、高效率、高发电量、高可靠性以及低度电成本。N型电池技术本身就具有高效率、高双面率、高发电量的特点。210+N型等于两者优势的累积，将进一步放大210的领先优势。

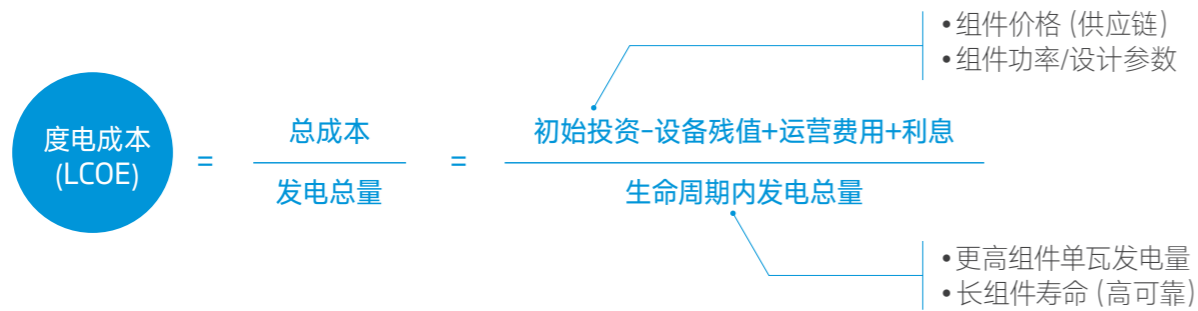


图8: LCOE度电成本公式

天合光能210+N产品家族从度电成本出发，将落脚点归于度电成本。度电成本 (LCOE) 等于整个生命周期里电站的总成本除以生命周期的总发电量。根据公式内容，先从降低光伏发电度电成本的核心要素入手。

该除式中的“分子”即初始投资，除组件本身的价格外，其中至关重要的一点即系统侧成本，组件质量、功率高低，设计合理与否，对系统成本下降意义重大。210N型组件的高功率、高效率可以带来高组串功率优势，从而降低系统BOS成本，降低项目初始投资，减少分子。

而“分母”方面，则是增加电站生命周期内发电总量，这是降低光伏发电度电成本的关键。第一是单瓦发电能力，第二是产品可持续、高可靠，长久发电。高发电量、高可靠性的组件产品可直接增加电站项目全生命周期的发电总量，使分母变大。显然，分子越小，分母越大，比值度电成本就可持续降低。

根据LCOE公式可以导出，高功率、高效率、高可靠、高发电是光伏组件产品的四大核心要素，也是持续降低度电成本的必备能力。天合光能至尊N型组件正是这样一款完全满足“四高一低”要求的产品。在实际项目中得到充分验证，并得到客户认可。在生产制造、系统侧，成本均得到降低。

3.1.1 高功率、高效率

得益于组件版型和N型i-TOPCon电池效率的优势，至尊N型组件产品功率比市面同类版型N型组件功率普遍高30-80W。

	210 至尊N型系列	182N型系列
组件功率	高达605W, 695W	570W, 610W
组件效率	22.4%/22.4%	21.8%/22.1%
开路电压	~48V	~51V/55V

天合光能的低电压设计特性，可以结合组件高功率高效率的特点，大幅提升组串功率，降低系统BOS成本，从而节省光伏系统的初始投资。在美国明尼苏达州进行的仿真测试中，天合至尊670W组件将组串功率提升了34%。在装机容量相同的情况下，组串数量减少，节省了PV电缆、支架导轨等的用量。而由于组件块数减少，安装及运输费用也相应减少。

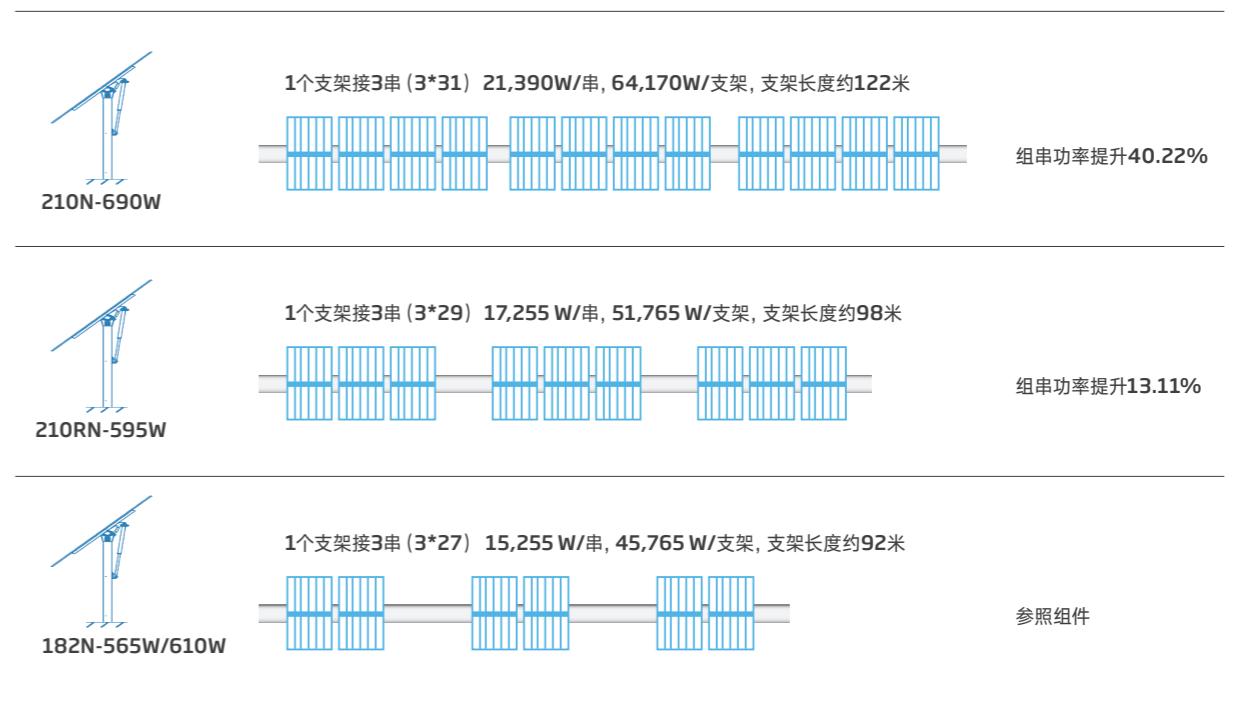


图9: 至尊N型组件与典型182N型组件组串功率对比

海运成本大幅降低

以双玻组件为例	182-72pcs P	182-72pcs N	182-78pcs N	210R-66pcs N	210 - 66pcs N
组件功率 Power (W)	550	565	610	595	685
装箱组件数量 (片)	720	720	576	720	594
40HC总瓦数 (W)	396,000	406,800	351,360	428,400	406,840
装箱W数相对变动	-2.6%	BL	-13.6%	+5.3%	+0.0%

图10: 至尊N型组件与典型182组件海运成本对比

3.1.2 高发电量

双面率80% (±5%)

更高的双面率意味着,在背面接受的辐照强度相等的条件下,N型组件有着更高的发电量,在不同地表反射率场景下,按照典型系统设计的模拟发电量结果作为参考,N型组件可以得到3%~5%的发电增益。

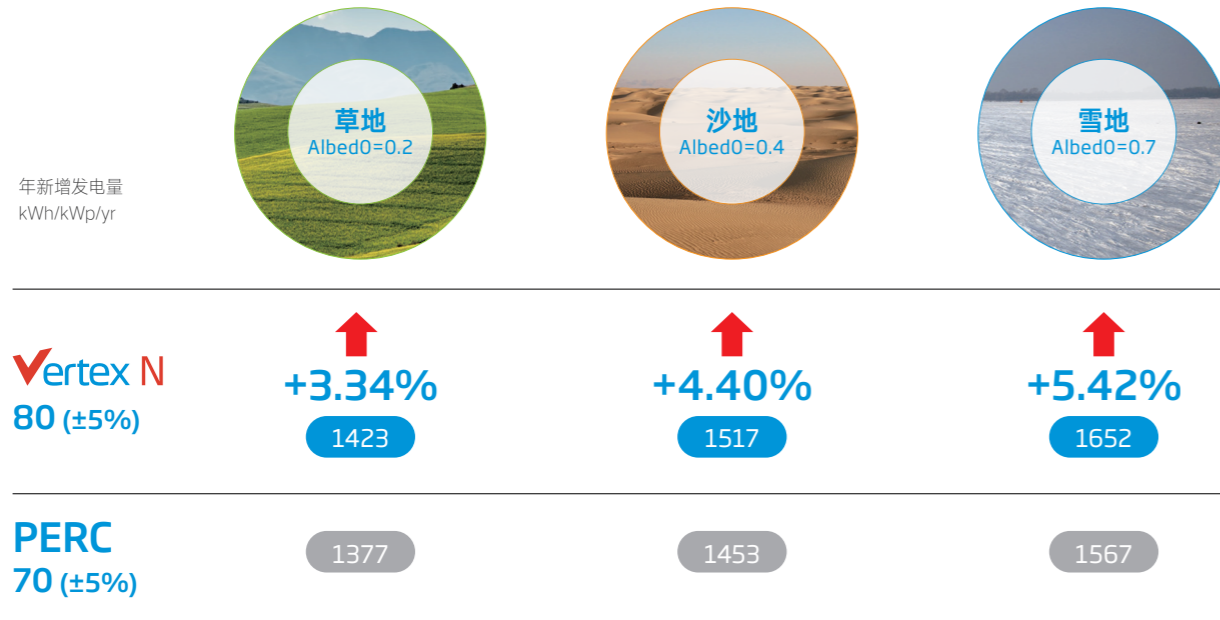


图11: 至尊N型双面双玻组件和P型双面双玻组件发电量对比

得益于N型电池的优良特性,至尊N型组件双面率达到80%,比P型的双面率高约10%。针对不同的应用场景,在草地上每年可以实现3.34%发电增益,在沙地上每年可以实现4.40%发电增益,在雪地上每年可以实现5.42%发电增益。

优秀的温度系数-0.30%/°C

电池温度25°C是组件额定功率的标准温度,实际上组件电池温度会远远高于25°C。以组件电池实际温度45°C为例,标准温度25°C与实际组件电池工作温度差值达20°C。由于N型组件的温度系数为-0.30%/°C,P型组件的温度系数为0.34%/°C。经计算得出,在45°C电池工作温度条件下,N型组件比P型组件功率损失低约0.8%。

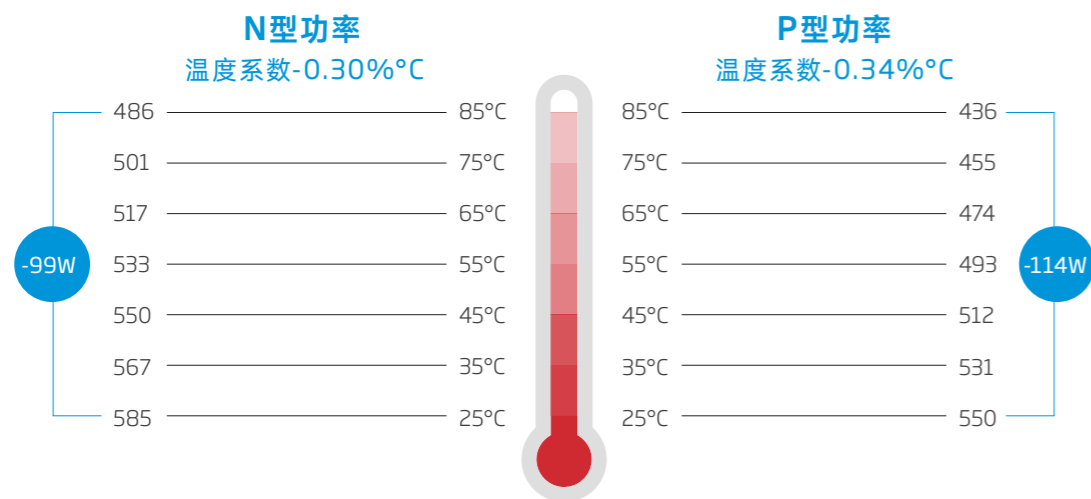


图12: 至尊N型组件和P型组件温度系数导致组件功率衰减对比

首年功率衰减1%, 逐年衰减0.4%

N型的功率首年衰减为1%, 逐年衰减为0.4%, 相较P型功率首年2%, 逐年0.45%的衰减, 使用30年后的组件功率衰减比P型功率衰减低2.45%。得益于更低的功率衰减, 这是组件在30年功率质保周期内获得更多3%发电增益的重要原因之一。

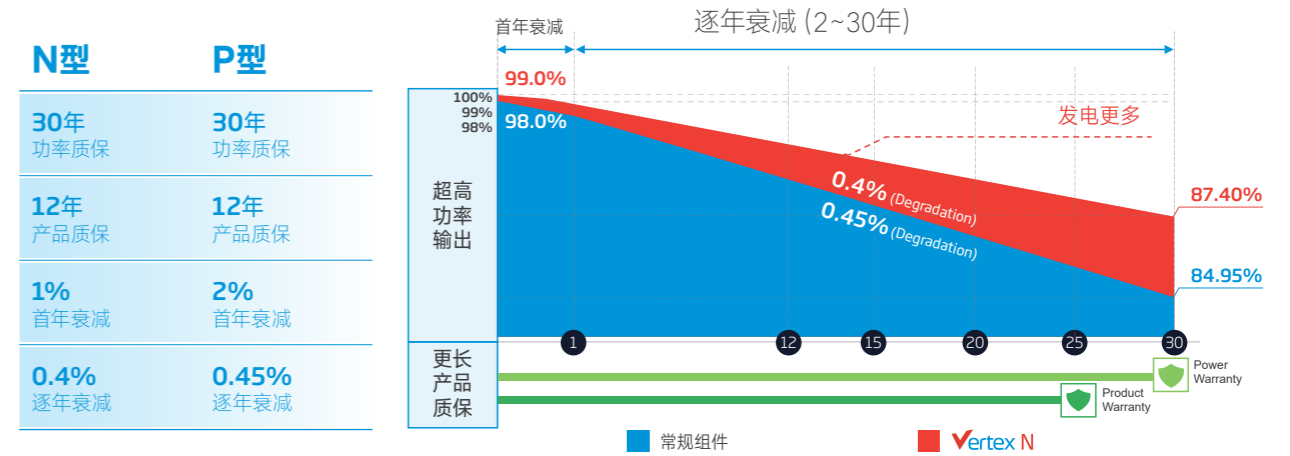


图13: 至尊N型组件和P型组件的功率质保对比

3.1.3 高可靠性

光致衰减 (LID)

与P型硅片相比,N型硅片少子寿命更长,N型硅片不易被引入杂质元素影响,且N型硅片基底上面的磷掺杂技术因为没有硼氧化对的影响,不易发生由于B-O复合体导致的LID (Light Induced Degradation) 光致诱导衰减现象。

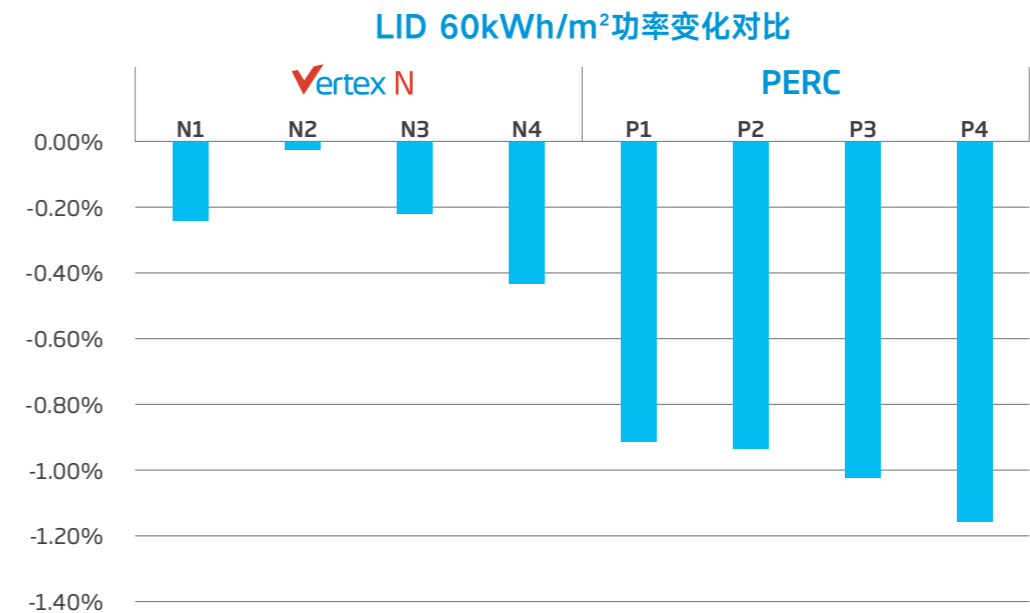


图14: 至尊N型组件和普通P型组件LID测试对比

Vertex N组件LID测试由于没有硼氧化对影响,在60kWh/m2的条件下不易产生B-O复合体,LID平均功率衰减降低到约0.2%,而P型PERC技术组件平均功率衰减约1.2%。由此可见,在相同条件下,N型LID平均功率衰减优于P型LID平均功率衰减约1%,可以明显减少组件衰减带来的发电量损失。

光热致衰减 (LeTID)

LeTID - 光热致衰减, 天合光能至尊N型采用氢处理技术, 有效改善了LeTID衰减。

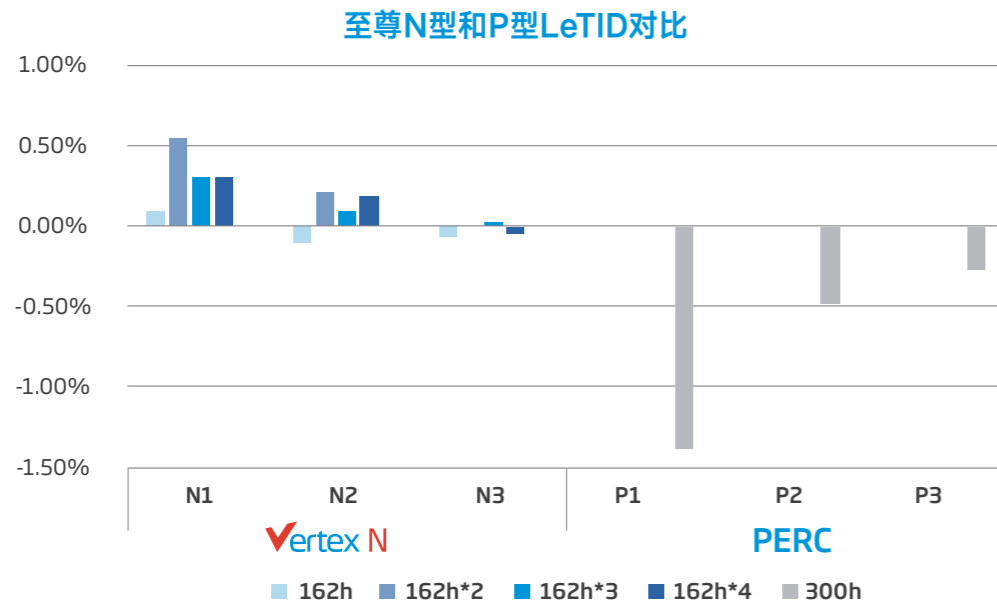


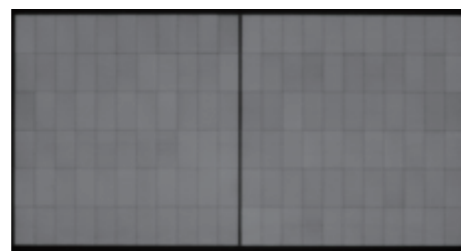
图15: 至尊N型组件和P型组件LeTID测试对比

根据Vertex N组件LeTID测试结果可见, 至尊N型组件在完成162h*4测试条件后衰减<0.2%, 而P型PERC技术组件在完成300h测试条件后衰减≤1.5%。得益于天合光能至尊N型采用的氢处理技术, 组件LeTID衰减表现明显优于P型组件。

加严测试, 彰显“硬”实力

NEG21C.20通过了IEC TS 63397: 加严冰雹测试。

测试序列	功率变化
DH200+Hail+DML+TC50+HF10	-0.48%



测试后的EL结果

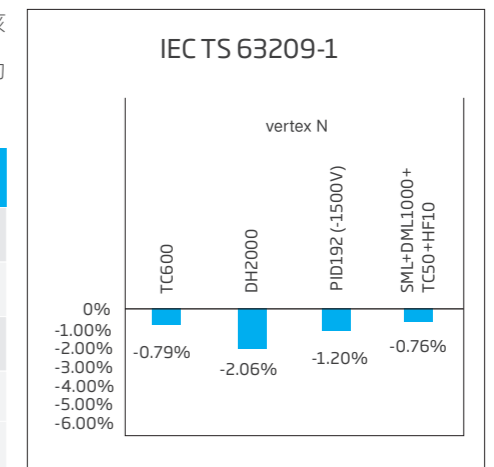
图16: 至尊N型IEC TS 63397加严测试结果

IEC61215测试标准不包含冰雹冲击造成电池隐裂后, 再进行长时间环境模拟试验 (比如动态机械载荷试验、热循环试验等) 测试对组件造成的额外功率损失。IEC TS 63397标准就是为了模拟冰雹冲击造成潜在的电池隐裂风险, 进行长时间动态机械载荷试验、热循环试验等, 最终测试功率仅仅降低了0.48%, 天合光能针对客户可能会遇到的恶劣冰雹气候条件, 在严苛测试环境下, 天合光能Vertex N型组件仍然性能卓越。

NEG21C.20通过了IEC TS 63209-1: 加严载荷测试, 包括严苛紫外线测试。

IEC TS 63209:2021 光伏组件 - 扩展应力测试, 于2021年4月份正式发布, 该标准对基础的IEC 61215、IEC 61730测试进行了扩展, 针对不同的环境应力影响, 设计了极为严酷的五个测试序列。

	IEC 61215-1:2021 (IEC标准序列)	IEC TS 63209-1
TC	TC200	TC600
DH	DH1000	DH2000
PID	PID96	PID192
UV载荷序列	UV15+DML+TC50+HF10	SML+DML+TC50+HF10
		DH200+(UV60+TC50+HF10)*3+UV6.5



在3倍热循环测试、2倍湿热测试、2倍PID测试以及极为严苛的UV载荷测试条件下, 天合光能至尊N型仍以优秀表现通过IEC TS 63209测试。

电站级实证项目

为了验证i-TOPCon技术的先进性和可靠性, 天合光能于2016年建立N型电站级实证基地, 该实证基地采用了天合光能N型双面双玻组件, 对照组件采用了P型双面双玻组件。该实证基地位于江苏省常州市, 是行业内早期的一批N型组件实证基地。孟河镇投资建设的5MW农、渔、光互补电站项目是江苏省内乃至全国范围内首屈一指的农、渔、光示范项目。双玻N型组件安装在鱼塘上, 发电数据对农渔光项目的N型应用有着指导意义。

年份	P型PERC技术双面单瓦发电量kWh/kW	N型双面单瓦发电量kWh/kW	N型组件 VS P型单瓦发电量对比
2017	1275.869702kWh/kW	1313.19376kWh/kW	2.93%
2020	1413.201236kWh/kW	1466.786398kWh/kW	3.79%
2021	1343.9141916kWh/kW	1354.6476464kWh/kW	3.12%

N型组件双面率高、温度系数好, 应用在地表反照率高、温度高的地区可以最大化的发挥产品的优势。而水面平均反射率较低, 会影响到N型组件的发挥。2017年第一年实证数据N型比P型组件发电量就高了2.92%, 整个实证过程中N型都体现出比P型明显的优势, 在最近统计的2021年发电量N型比P型仍高出3.12%。

如果N型产品应用在常规草地或治沙场景下, 地表反照率会进一步提升, N型组件的发电量增益也会愈加明显。

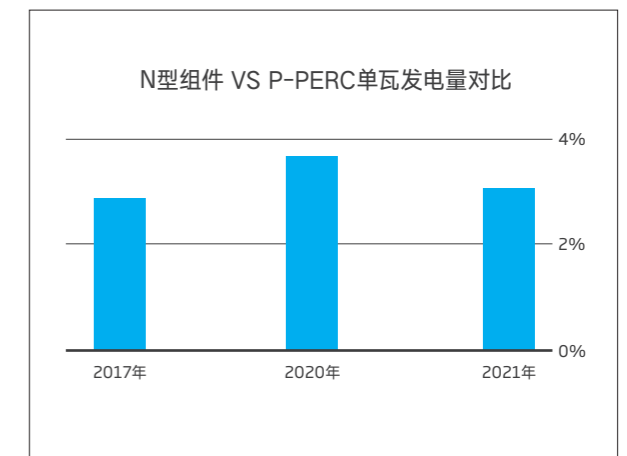


图17: N型和P型单瓦发电量对比

3.2 至尊N型组件家族 构建全场景应用生态

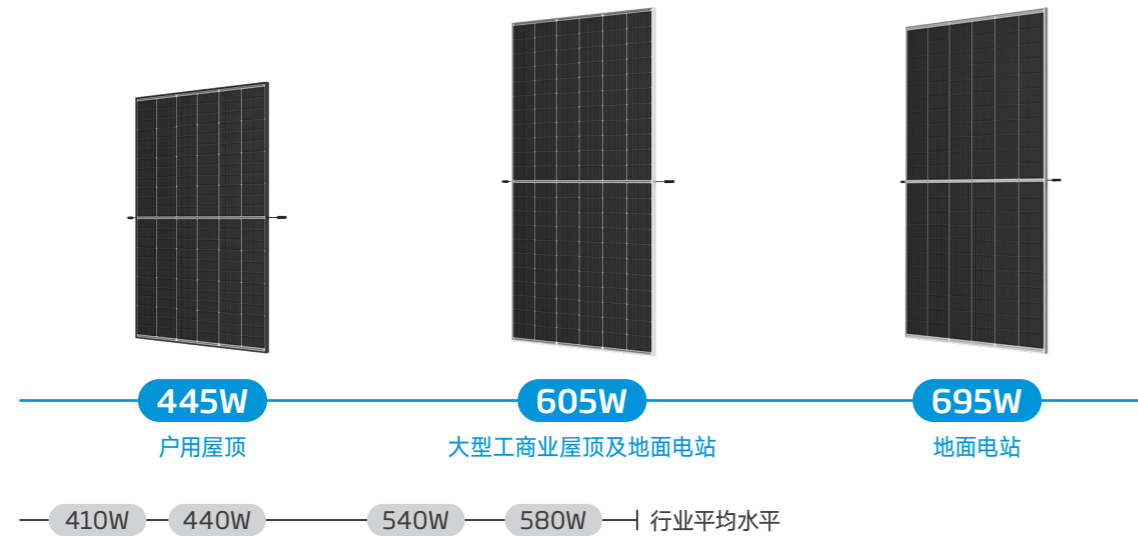


图18: Vertex N产品家族

助力用户在多场景下获得高收益，天合光能打造至尊N型小、中、大版型产品家族，涵盖户用和工商业屋顶、山地、水面、沙漠、戈壁等多种典型场景。全面满足用户不同需求，实现了210+N全场景解决方案，拓展了广阔的应用空间。

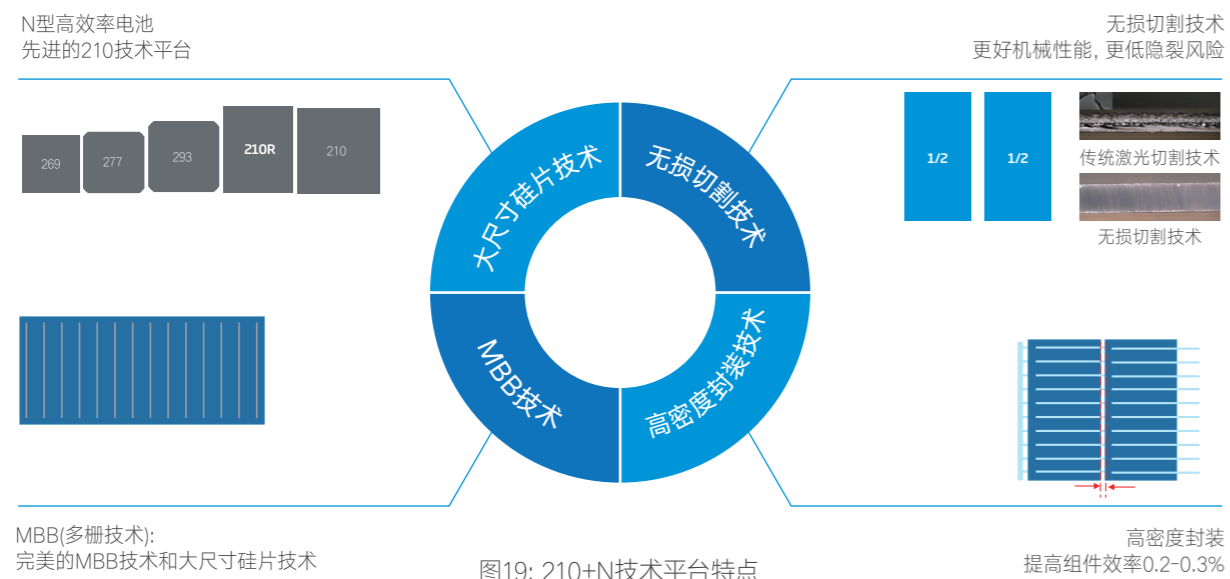


图19: 210+N技术平台特点

天合光能N型产品家族在先进的210技术平台多主栅（MBB）、高密度封装技术、无损切割技术基础上，叠加N型技术，进一步扩大产品系统价值，提升发电量收益。

3.3 至尊605W系列—兼容与价值的绝佳平衡

新一代至尊N型605W组件秉承至尊产品家族低电压高组串功率的特点，具有高功率、高效率、高发电量及高可靠性等优势，最高输出功率达605W，相比市面上一般的N型组件，功率提升达30W，组件效率达22.4%。至尊N型605W组件采用210R矩形电池技术及i-TOPCoN N型技术，凭借极致化的尺寸设计及低电压优势，N型605W组件完美利用一组104米的跟踪支架长度，跟行业一般N型72片、78片组件相比，可以多串6-12块组件，不浪费一点长度，最大化利用，可谓跟踪支架的“最佳拍档”，再次降低BOS成本。适用于地面电站及部分工商业分布式场景，尤其适合在地形限制比较多的地区灵活使用。较高的产品可靠性加上更低的度电成本，为客户提供最大价值。

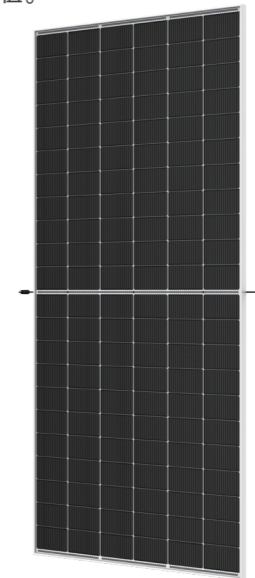


图20: 至尊605W系列产品外观

系统优势分析

以山东济南某分布式项目为例，项目地DC容量为2.5MW标准阵列为例，逆变器采用组串式逆变器，组件系统优势比对信息如下：

分项	组件类型	210RN-595W	182N-565W
光伏组件	组件功率	595W	565W
	组件尺寸 (mm)	2384X1134X30	2278X1134X35
阵列设计	组件串联数量	28	26
	组串功率	16660W	14690W
	排布方式 (竖装)	2PX28	2PX26
	串数/支架	2	2
	支架长度 (m)	32.292	29.984
	组串数量	153	173
	组件数量	4284	4498
	MC4连接器/对	459	519
	PV电缆/m (4mm ²)	15389	18011
	低压电缆/m	799	811
BOS对比	PE电缆保护管/m	2775	2858
	BOS总计*	0.4145	0.4322
	BOS节省 ¥/W	-0.0178	BL

4. 天合光能N型客户案例

3.4 至尊695W系列—地面电站“度电成本之星”

至尊N型695W组件更是显著提高功率，比市面同类一般N型组件高出70W！效率高达22.4%；完美适用于各种大型地面电站。至尊N型695W组件是地面电站的“度电成本之星”。超低衰减为全生命周期发电量保驾护航，优化双面发电性能带来更高双面收益，超低工作温度系数使得发电量更有保障，加之创新的低电压、高功率设计实现了更高组串功率，将度电成本降至更低水平。

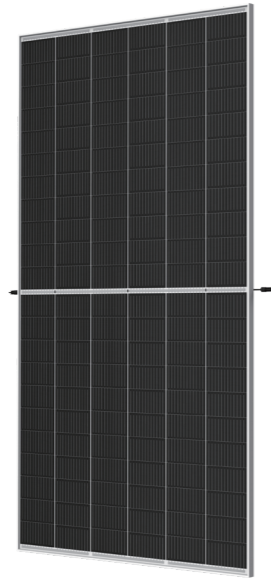


图21: 至尊695W系列产品外观

系统优势分析

以青海某项目为例，项目地DC容量为4MW，逆变器采用组串式逆变器，组件系统优势比对信息如下：

分项	组件类型	210N-66P-690W	182N-78P-610W	182N-72P-565W
光伏组件	组件功率	690W	610W	565W
	组件尺寸 (mm)	2384X1303X33	2465X1134X30	2278X1134X30
阵列设计	组件串联数量	28	24	27
	组件功率	19320	14640	15255
	串数/支架	2	2	2
	组串数量	200	264	254
	组件数量	5600	6336	6858
	MC4连接器/对	400	528	508
	PV电缆/米	32834.88	41515.83	41771
	电缆桥架/米	420	440	445
	接地电缆/米	1680	1900.8	2057
	低压电缆/米	434.091	545.53	486
BOS对比	BOS总计*	0.9338	0.9863	0.9891
	BOS节省 ¥/W	-0.0553	-0.0028	BL

4.1 铜川市250MW技术领跑者项目

铜川光伏发电技术领跑基地是国家首批光伏发电技术领跑基地之一，位于宜君县境内，天合光能承建其中250MW，占地面积约9559亩，采用天合光能N型双面双玻高效组件，充分考虑当地资源环境特点，力争做到发电效益最大化。项目于2019年6月并网发电。



图22: 铜川250MW技术领跑者项目

4.2 长治250MW技术领跑者项目

长治光伏发电技术领跑基地是国家首批光伏发电技术领跑基地之一，天合光能参与承建其中平顺县250MW项目，占地面积约919公顷。项目采用结合了双面组件封装工艺等先进技术制作而成的N型双面双玻高效组件，实现双面发电。该项目于2019年6月并网发电。



图23: 长治250MW技术领跑者项目

4.3 黄河水电青海特高压电站135MW项目

青海海南—河南驻马店±800千伏特高压外送通道是全球远距离、100%输送可再生能源的特高压通道。作为全球首批特高压光伏项目指定解决方案供应商，天合光能为该项目提供了135MW N型高效组件，于2020年9月成功交付。



图24: 黄河水电青海特高压电站135MW项目

免责声明

此《天合光能至尊N型系列光伏组件白皮书》(以下简称“白皮书”)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。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。本白皮书中任何知识产权、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。