

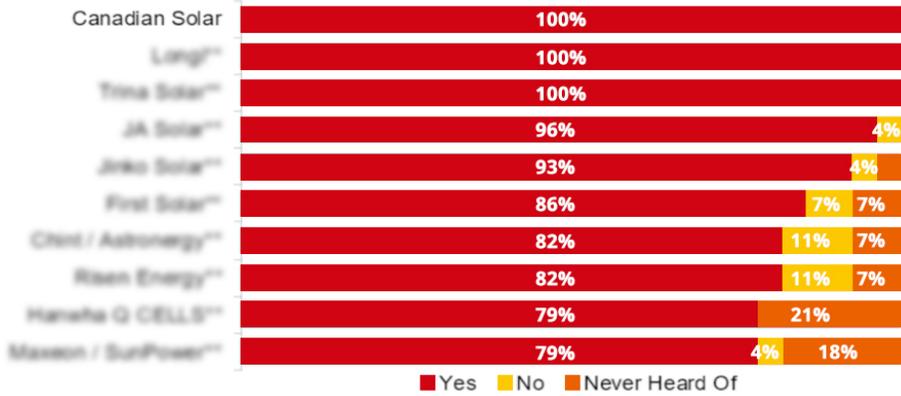
阿特斯超高效TOPCon光伏组件产品 技术白皮书

阿特斯阳光电力集团

1.前言

阿特斯是全球最大的太阳能光伏组件产品和解决方案供应商之一，也是全球最大的太阳能电站开发商之一。截至2022年10月，阿特斯累计为全球160多个国家的客户提供了超过80吉瓦的太阳能光伏组件产品。阿特斯在全球拥有光伏电站项目储备25吉瓦，储能项目储备40吉瓦时。2022年底，阿特斯的组件产能为32GW。2023年底，阿特斯的组件产能将达到50GW。2022年，阿特斯再次被彭博新能源财经评为全球最具融资价值的组件品牌。

Figure 1: Top 10 PV module companies that most respondents considered bankable in BNEF's 2022 bankability survey results



Source: BloombergNEF. Note: ** indicates top performers in PVEL's 2022 PV Scorecard.

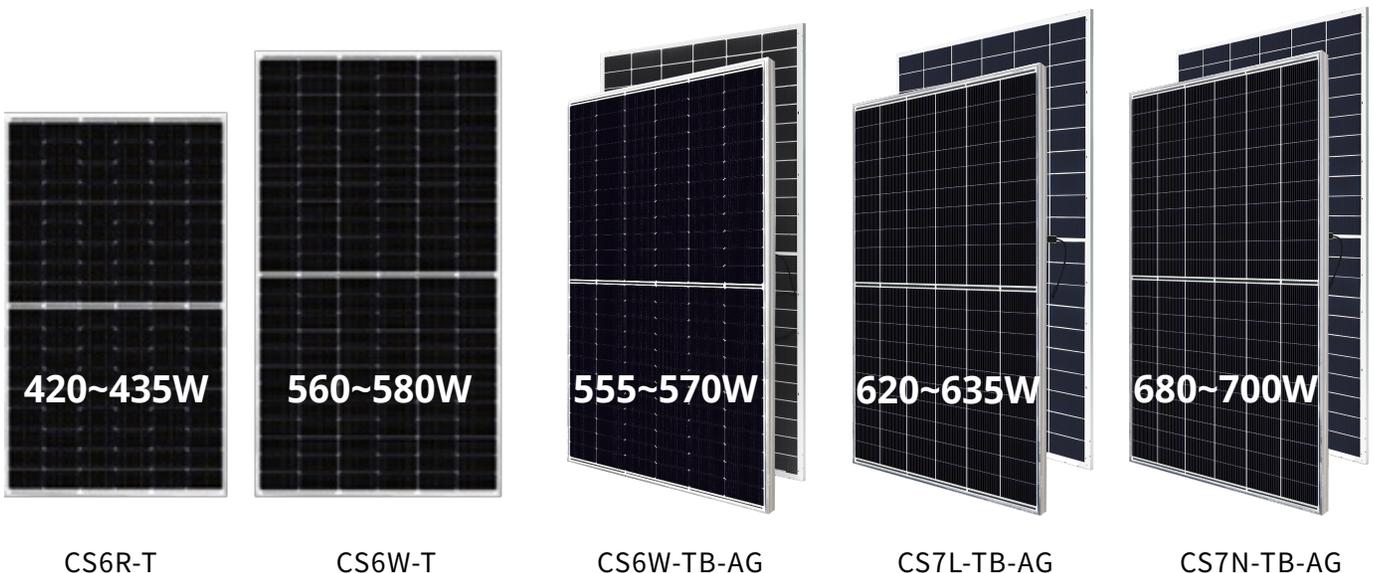
图1. 彭博新能源财经全球前十名最具融资价值组件品牌

阿特斯专注于提升光伏组件的产品性能和可靠性，采用严格品质管控和质量标准管理组件的生产，为客户提供优质的光伏产品。阿特斯还一直积极探索光伏新技术，不断推出能为客户带来更大发电收益的产品，如大尺寸硅片、N型异质结和TOPCon高效电池和组件。自2019年开始，阿特斯就对基于N型硅片的TOPCon (Tunnel Oxide Passivating Contacts, 隧穿氧化钝化) 高效电池和组件技术展开研究。厚积薄发，阿特斯本次推出的 N型TOP-Con高功率组件产品，涵盖182电池和210电池系列，单面和双面组件，多种尺寸版型、多种功率档位，可以满足客户在不同应用场景下对更高效组件的需求。

TOPHiKu6 单面组件

TOPBiHiKu6 双面组件

TOPBiHiKu7 双面组件



组件功率 (W)	420~435	560~580	555~570	620~635	680~700
组件型号	CS6R-T	CS6W-T	CS6W-TB-AG	CS7L-TB-AG	CS7N-TB-AG
组件效率	22.30%	22.50 %	22.10%	22.40%	22.50%
组件尺寸 (mm)	1722×1134×30	2278×1134×30	2278×1134×30	2172×1303×33	2384×1303×33

表1. 阿特斯TOPCon组件产品信息

2.高发电、更可靠 – 阿特斯TOPCon组件产品优势

电池效率的提升很大程度上来自于电池本身复合的降低。从早期的BSF电池，到如今的PERC，TOPCon以及HJT电池，都是通过不断降低电池片的复合来提升电池效率。与PERC电池技术相比，TOPCon采用更先进的电池钝化技术，降低电池复合，从而提高光伏电池的转换率。以Topcon电池为代表的钝N型电池技术具有更高的效率极限(28.7%)，远高于PERC电池的理论效率极限(24.5%)。同时TOPCon与现有PERC产线具备可兼容性，能更好的平衡组件的制造成本和效率，被认为是未来市场发展的主流方向。

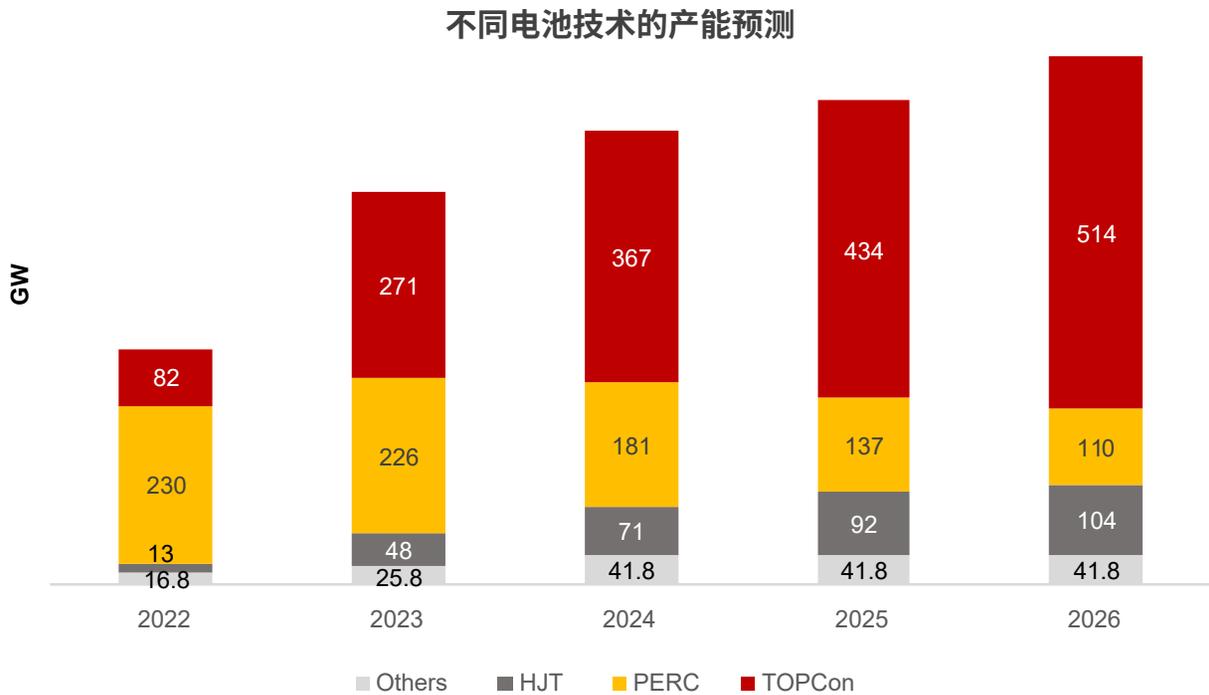


图3: PV Infolink 关于不同电池技术的产能预测

阿特斯TOPCon电池采用了全新原位掺杂单面poly沉积技术、高效选择性发射结技术和背面异质膜技术。这些技术创新可提高电池的开路电压和短路电流、精准控制膜厚和磷掺杂浓度、提升电流密度、降低沉积时间、优化背面减反射率、较少遮挡和缩短传导距离，有效降低串联电阻和细栅银浆耗量，从而提高TOPCon电池的效率 and 性能。

阿特斯TOPCon电池组件具有更佳的弱光发电表现、更低的工作温度、更高的发电性能和可靠性，以及更长的质保。

不惧弱光环境, 保持更多发电

组件弱光性主要与组件中的串联电阻和饱和电流相关, 串联电阻越大, 饱和电流越小, 组件的弱光性能越好。TOPCon组件相对于PERC组件具有更高的串联电阻和更小的饱和电流, 因而组件弱光性能更好。

对比数据显示, 在弱光条件下, 阿特斯TOPCon 210组件性能表现比PERC 210组件高约0.2%。

组件在200W/m²弱光下的性能表现



图4. TOPCon与PERC组件弱光性能对比

高温下稳定工作, 功率输出更佳

组件的工作温度升高会影响输出功率。阿特斯TOPCon电池基于高少子寿命的N型硅片, 采用了更先进的隧穿氧化层钝化接触技术。通过在电池背面生长一层超薄氧化层和掺杂多晶硅层来形成良好的界面钝化, 从而提升电池的开路电压。而当开路电压越大时, 组件温度系数绝对值越小。因此, TOPCon组件在高温环境下工作时, 相比PERC组件, 可有更佳的功率输出。

组件在高温下的功率输出

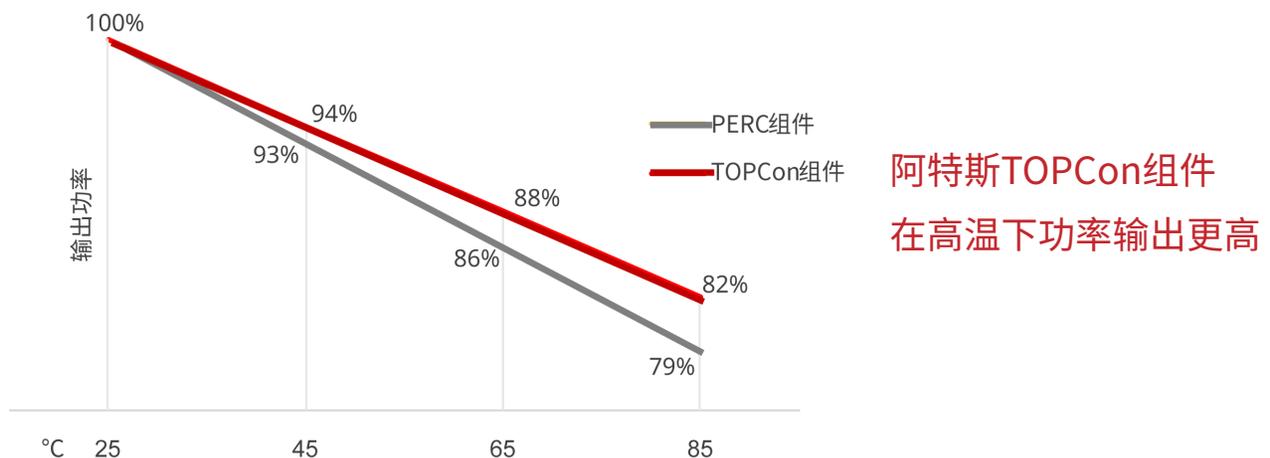
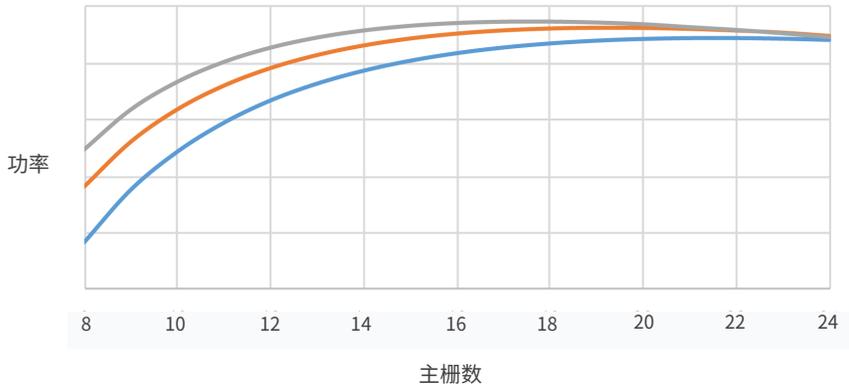


图5. 温度系数对TOPCon与PERC组件功率的影响

先进制造技术, 提升组件性能和可靠性

在电池片制造技术上, 采用更细更多的栅线, 能实现更少的遮挡和更短的传导距离, 有效降低串联电阻, 同时极大降低细栅银浆耗量, 并提高电池隐裂、断栅、破裂的容忍度, 从而提高可靠性。在相同的焊带情况下, 随着主栅数的增加, 组件功率将先升高再降低, 会有一个最优值。根据模拟设计和打样验证, 阿特斯TOPBiHiKu7系列产品采用18根主栅线, 简称18BB; TOP(Bi)HiKu6系列产品采用16根主栅线, 简称16BB, 从而进一步提升组件功率。

不同栅线下, 组件功率的变化

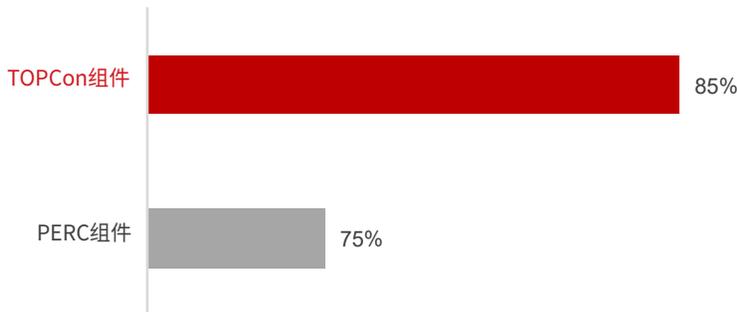


阿特斯TOPCon组件采用SMBB电池栅线技术, 提高组件功率

图6. 电池栅线数量与组件功率关系

TOPCon电池采用高少子寿命的N型硅片, 少子寿命达到2ms以上, 同时采用正反面对称图形设计的电池方案, 双面组件的遮光面积比PERC组件更小, 因此组件的双面率得到大幅度提升, 通过结合组件和电池方面的多种双面率提升技术, 阿特斯N型TOPCon组件最高双面率可达85%。

组件双面率



阿特斯TOPCon组件双面率高达85%

图7. TOPCon与PERC组件双面率对比

阿特斯的N型TOPCon组件, 还继承了阿特斯已有的优秀产品设计和可靠的制造技术经验, 如半片对称设计、无损划片、精准焊接、小间隙高密度封装技术等, 进一步提升产品长期工作可靠性。

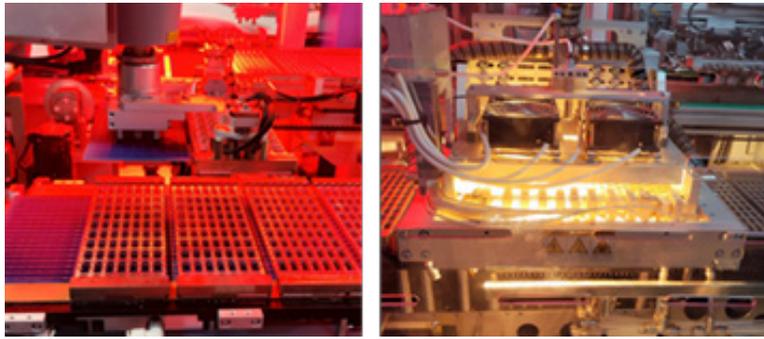


图8. 阿特斯TOPCon组件无损划片、精准焊接

加严测试, 行业领先

阿特斯制定了两倍甚至三倍的IEC 标准进行组件可靠性测试标准, 确保产品可靠性, 对TOPCon组件也不例外。

测试	IEC 61730/61215标准	阿特斯标准
湿热	1000小时	2000小时
热循环	200次循环	400~600次循环
冻循环	10次循环	20~30次循环
PID	96小时	192小时

表2. IEC标准与阿特斯标准对比

测试结果显示, 相较于PERC产品, 阿特斯的TOPCon产品在可靠性上更上一层楼, 处于行业领先水平。

以湿热测试为例, 阿特斯TOPCon双面组件在经历2000小时的双倍IEC标准测试时间后, 组件功率衰减低于1%, 测试结果远低于IEC的1000小时测试时间下, 组件的功率衰减不高于5%的指标。

阿特斯经过恰当的光注入退火和减反射层优化, 使得电池具有较强的抗紫外能力。阿特斯开发了电池端的紫外衰减评估方法, 用于日常监控电池的紫外衰减水平。经过60 kWh/m²辐照强度的紫外线照射后, TOPCon电池的衰减率较PERC电池降低0.2%。

在IEC加严测试后

阿特斯TOPCon组件比PERC组件的功率衰更低, 组件性能更好

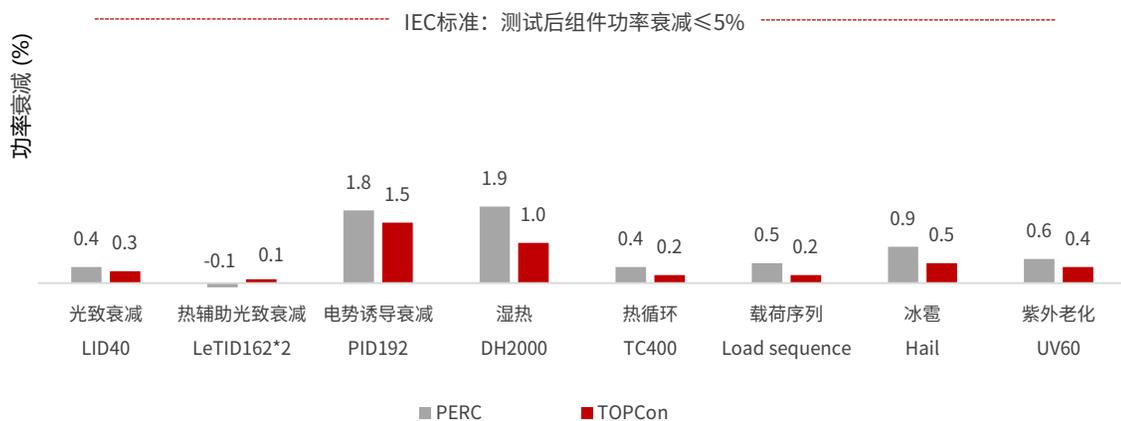
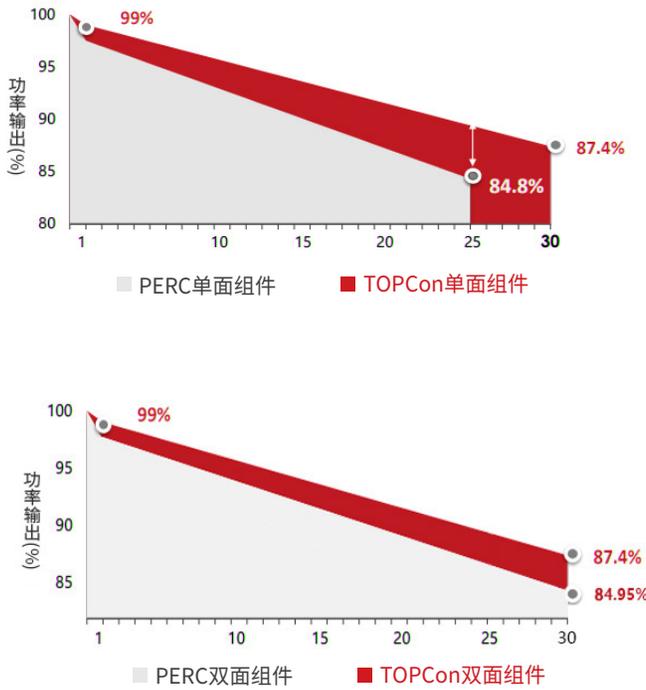


图9. TOPCon与PERC组件测试结果对比

更长质保, 更低功率衰减

阿特斯N型TOPCon电池实现了完美的正反面对称设计,降低电池内应力并提升组件的耐高、低温性能。同时TOPCon电池半导体少子寿命高,基本无硼氧复合,使TOPCon组件衰减率相对PERC更具有优势。此外,高品质的组件封装材料和先进的组件制造技术使阿特斯的TOPCon组件功率衰减进一步降低。因此,阿特斯将TOPCon组件的功率质保提升至30年,并且保证组件首年功率衰减率低于1%,其后的每年功率衰减低于0.4%。更长的组件质保和更低的功率衰减显著提升了TOPCon组件在生命周期内的发电增益。

组件生命周期内发电收益对比



阿特斯
TOPCon组件
发电收益更高

图10. TOPCon组件发电收益更高

3.更多发电收益, 更低度电成本- 阿特斯TOPCon组件系统优势

更多发电量增益

以美国洛杉矶28.7MW项目为例,我们将阿特斯TOPCon (CS7N-TB-AG-685W)和PERC (CS7N-MB-AG-660W) 组件发电量差异进行对比。

组件类型	PERC双面-660W	TOPCon双面-685W
功率 (W)	660	685
组件面积 (m ²)	3.11	3.11
组件效率	21.20%	22.10%
组件开路电压Voc (V)	45.4	47.1
年度衰减	0.45%	0.40%
地点	美国, 洛杉矶	
DC装机容量 (MWdc)	28.7	
DC/AC 容配比	1.3	
场地面积(m ²)	相同占地面积	
支架类型	平单轴跟踪 (竖装1排)	
系统寿命	30年	
土地利用效率	0.313	0.301
间距 (m)	7.62	7.91
组件数/串	31	30
串数/支架单元	2	
组件数/支架单元	62	61
组件功率 /支架 (W)	40,920	41,785
跟踪支架长度 (m)	83.4	80.8
总组件面积/支架 (m ²)	192.6	186.4

表3. TOPCon与PERC组件模拟系统参数

结合上表数据计算表明,在同等条件下,在30年的生命周期内,每千瓦TOPCon双面组件会比PERC组件有约2%的发电量提升。

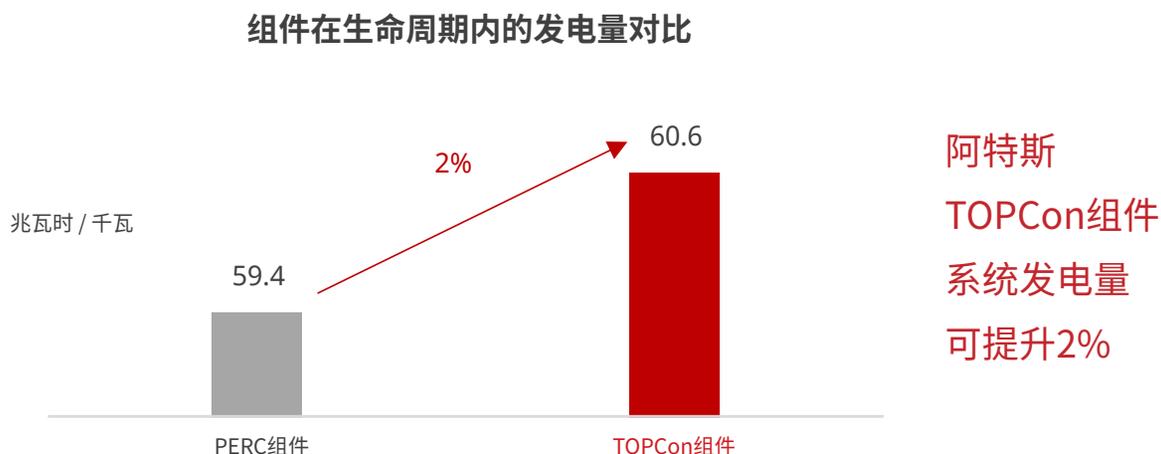


图11. TOPCon与PERC双面组件发电量对比

更优的BOS成本

TOPCon双面组件有更高的单片组件功率,对于相同的装机容量,需要的组件数量更少,因此电站的BOS成本会下降约1.1%,其中对降本贡献较大的是组件的安装成本、支架材料成本、支架安装成本、线缆和汇流箱成本。

成本对比	PERC双面-660W	TOPCon双面-685W
组件安装成本	100%	96.30%
支架材料成本	100%	96.90%
支架安装成本	100%	97.60%
线缆和汇流箱材料和安装成本	100%	98.80%
开发成本	100%	99.20%
总BOS成本	100%	98.90%

表4. TOPCon与PERC组件BOS成本对比

更低的度电成本

以上述28.7MW项目为例,在同样的场地面积及电站装机容量、同样的安装方式和系统寿命条件下,根据测算,使用PERC(CS7N-MB-AG-660W)双面组件的电站系统的LCOE约为0.2元/度;使用TOPCon(CS7N-TB-AG-685W)双面组件的电站系统的LCOE为约0.19元/度,相较PERC组件,TOPCon组件能使电站LCOE下降约2.3%。



图12. 使用TOPCon与PERC双面组件的光伏系统LCOE对比

系统兼容性强, 可匹配多种支架、逆变器

无论是不同安装方式的固定支架系统, 还是跟踪支架系统, 阿特斯的TOPCon组件均可兼容主流支架类型。



图13. 主流支架厂家

针对有较大的电流210 TOPCon组件, 阿特斯与各大逆变器厂家合作, 为客户提供完整的逆变器解决方案, 目前可兼容的逆变器知名品牌包括: 阳光能源、锦浪、华为等。



图14. 主流逆变器厂家

结语:

阿特斯在二十一年的发展历程中始终坚守对客户的承诺: 为客户提供高质量、高可靠、高性价比的产品、服务和解决方案! 凭着对这份初心的执着和坚持, 阿特斯始终专注于提升组件产品性能和可靠性, 坚持自主研发和创新, 掌握了具有自主知识产权的核心技术体系, 包括大尺寸硅片技术、N型电池技术、光伏并网逆变器技术等。截至2022年8月, 阿特斯取得授权专利2174件, 其中发明专利298件, 涵盖硅片工艺和方法, 电池片结构、工艺和方法, 组件结构和方法及相关设备等领域, 处于全球光伏行业前列, 屡获“中国专利优秀奖”、“中国好专利”等奖励。

阿特斯N型TOPCon组件具有更卓越的性能和品质保证, 能为客户带来更低的度电成本和更高的投资收益, 引领全球能源变革, 共创阳光未来!

2023年1月版

阿特斯阳光电力集团股份有限公司
地址:江苏省苏州市高新区鹿山路199号

官方网站: <https://cn.csisolar.com>



阿特斯官方微信公众号