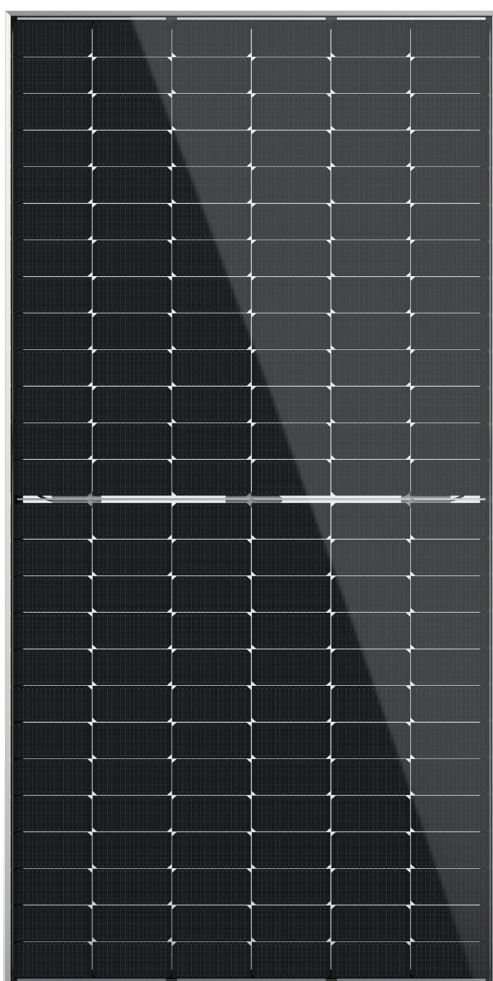


产品白皮书

Tiger Neo N 型 TOPCon 组件



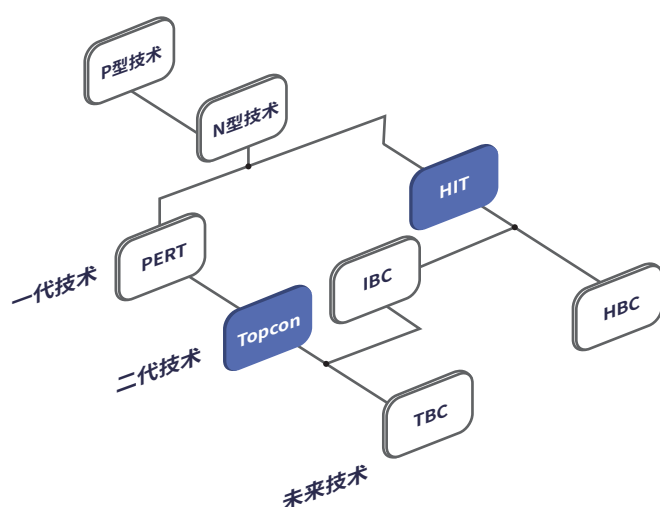
1. 诞生背景

1.1 N型技术市场趋势

相信大家对传统P型电池技术并不陌生,得益于单晶硅片的大规模推广,设备国产化快速提升等因素,自2017年起PERC电池技术得以迅速推广和应用,该技术制造工艺简单、生产成本低,可结合选择性发射技术提升电池转换效率,为目前主流组件厂家普遍使用的电池技术。

然而,从目前技术发展状况来看,PERC电池的效率已逼近极限24.5%,其成本下降速度也有所放缓。与此同时,新的电池片技术正在快速发展,目前N型电池最有望接替P型电池,成为下一代主流技术。

现阶段N型电池技术分类如下图所示,其中,又以TOPCon和HIT为目前N型技术路线的关注焦点。

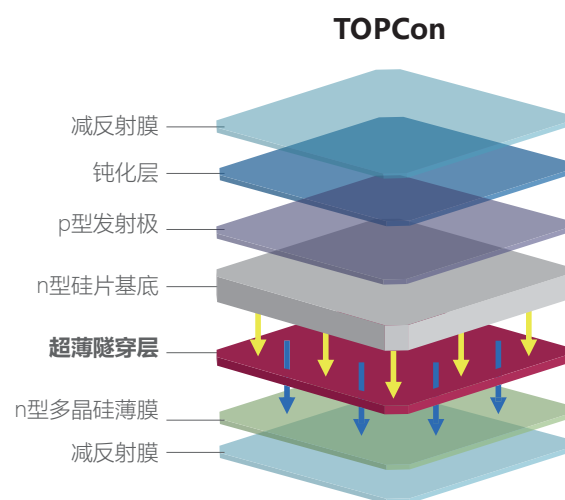
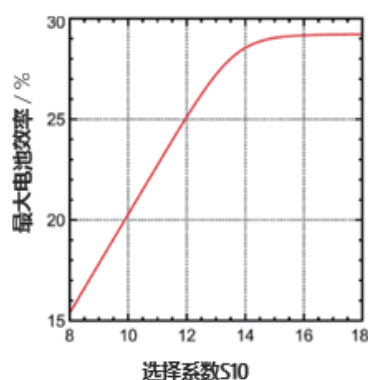


传统的P型电池使用硼掺杂的硅片基底,初始光照后容易形成硼-氧对,在硅片基底中捕获电子以形成复合中心,从而导致光致衰减,而N型电池硅片基底掺磷,几乎没有硼-氧对形成的复合中心损失,光致衰减得到了极大优化。在此基础上,以TOPCon技术为例,隧穿氧化层的结构进一步降低了多少子表面复合速率,极大地优化了电池转换效率,其上限可达到28.2%~28.7%。

$$S_{10} = \log_{10} \frac{*V_{th}/J_0}{\rho_c}$$

↓

最大电池效率上升



TOPCon电池应用了前沿高效钝化接触技术,在电池背面升级使用了微纳米隧穿氧化层和载流子选择性微晶硅薄膜的叠层功能结构。该创新结构展现了钝化性能和导电性能的双向提升,带来了电池转化效率和发电表现的提升显著。N型TOPCon电池在量产环境下最高效率接近25%,具有广阔的应用前景。

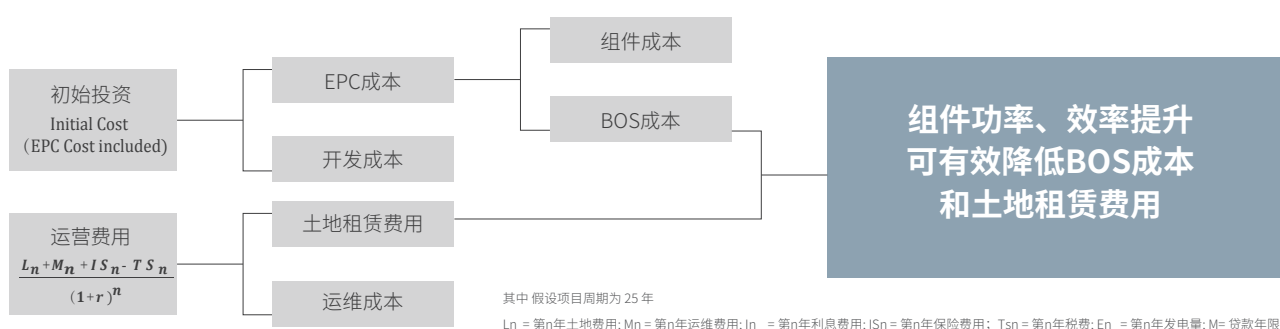
简而言之, TOPCon与HIT实现效率提升的方式都是通过钝化,降低多少子表面复合速率,不过前者通过隧穿氧化层, HIT通过沉积非晶硅薄膜,方式的差异导致了各自工艺的差别,从而导致两者商业化成本的差值。

1.2 高效组件对LCOE的影响

随着光伏风电应用高速发展,我国已成为全世界光伏和风电装机量最大的国家,目前项目用地在很多地区都日趋紧张。如何通过组件选型、总平面灵活布置、超配多少才能使收益率最优,发电量最高?

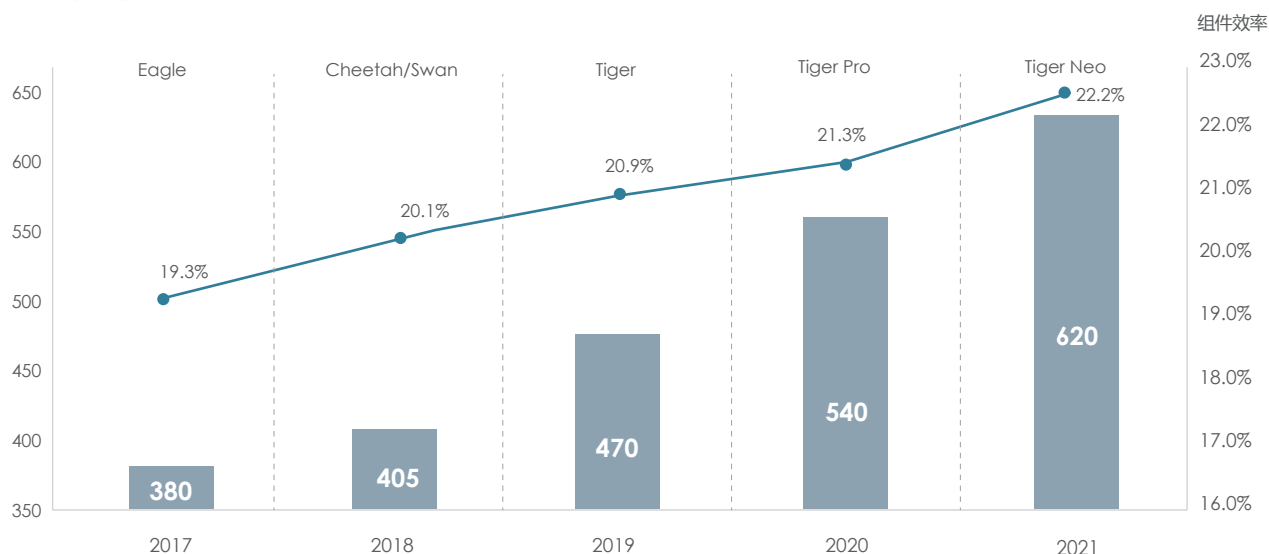
新形势下提高土地资源利用率,是我们设计优化和选型新的关注点。度电成本下降驱动市场需求-高功率高效率组件成趋势,N型对项目降本效果明显。

$$\text{LCOE} = \frac{\text{Initial Cost (EPC Cost included)} + \sum_{n=1}^{25} \frac{L_n + M_n + IS_n - TS_n}{(1+r)^n} + \sum_{n=1}^m I_n \cdot \frac{RV}{(1+r)^n}}{\sum_{n=1}^{25} \frac{E_n}{(1+r)^n}}$$



晶科坚持走高功率高效率道路,通过叠加大硅片、78P、多主栅、叠焊等技术,实现组件功率与效率的同步提升。晶科能源高效N型单晶硅单结电池技术在权威第三方测试认证机构日本JET检测实验室标定全面积电池最高转化效率达到25.4%,创造了新的大面积N型单晶钝化接触(TOPCon)电池转化效率世界纪录。从目前看,N型 TOPCon将率先在量产效率、成本控制和市场份额上取得明显优势,高效N型产品将加速新能源大基地项目高质量落地。长远来看,TOPCon电池处于高速发展期,其效率的不断提高会不断拉大NP型组件的功率差异,工艺的优化,新型技术的应用亦会不断扩大其在成本端的优势。

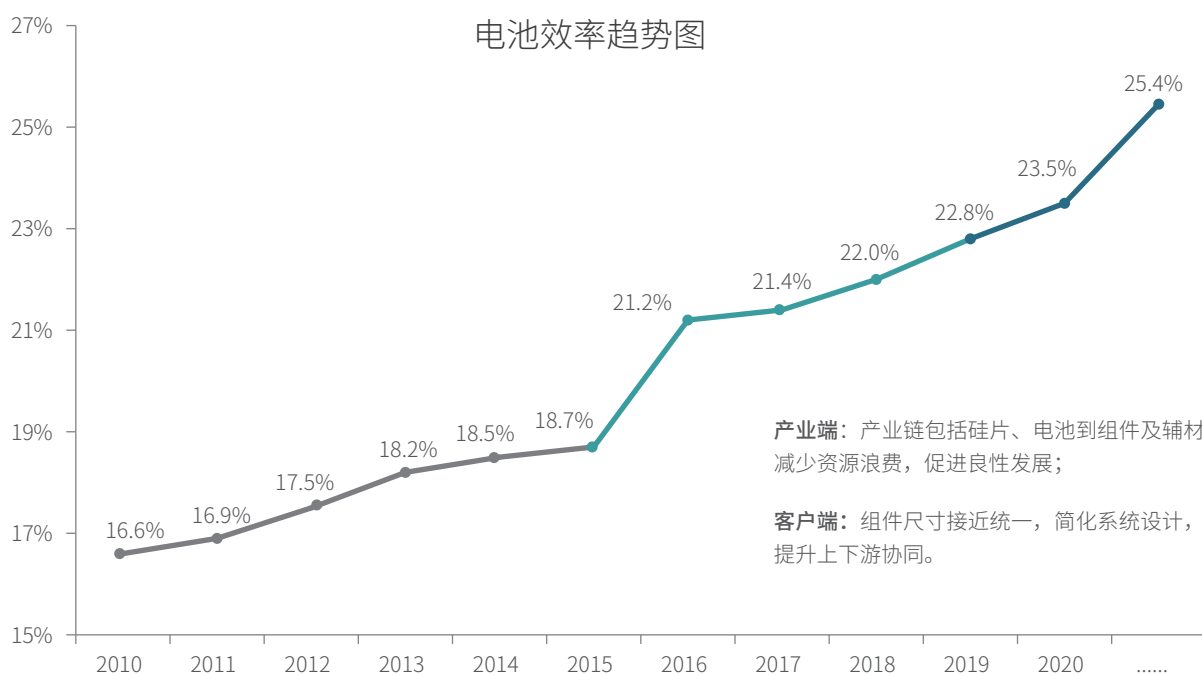
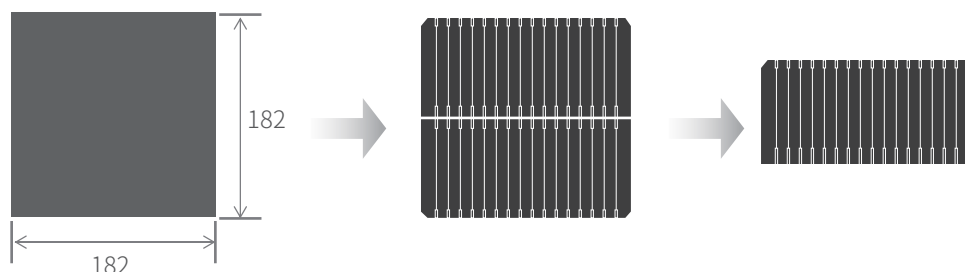
组件功率 (W)



2. 技术亮点

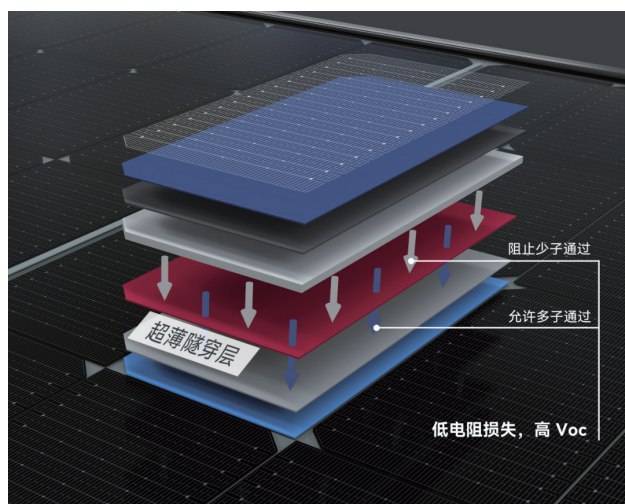
2.1 技术创新—M10硅片

M10硅片尺寸统一至182mm*182mm



2.2 TOPCon技术

TOPCon 电池技术，是由德国 Fraunhofer 太阳能研究所提出的一种新型钝化接触太阳能电池，其结构如右图所示，钝化为决定电池最大效率的关键技术。

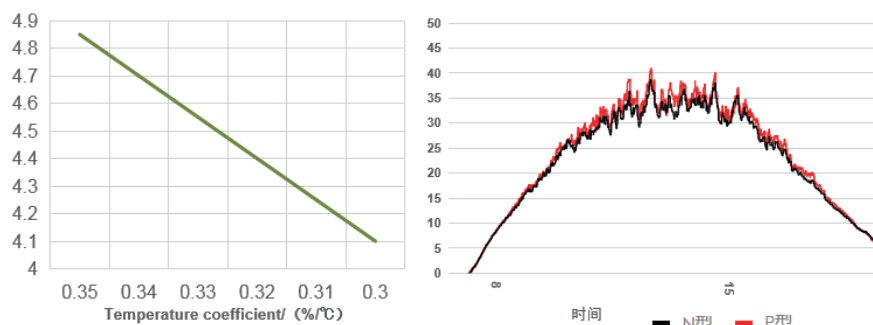


2.3 Tiger Neo高效组件

2.3.1 温度系数

P型组件的温度系数为-0.35%/°C, N型Topcon组件优化温度系数至-0.30%/°C, 在高温环境下发电量尤为突出。

- 输出功率随温度升高而降低, 晶科 N 型温度系数优于 PERC (平均提升 0.75%);
- 相同的外部环境, Tiger Neo 日均工作温度低于 PERC (>1 °C), 热损降低;
- Tiger Neo 在高温地区带来更多发电量 (~2% 较 P 型)。



2.3.2 双面率

相较于传统PERC组件70%的双面率, 晶科N型TOPCon组件优化双面率至85%。根据理论公式计算, 在标准工况及平均地面反射率条件下, 传统PERC组件因双面率带来的发电增益约为9.45%。而Tiger Neo组件15%的双面率提升, 使得双面增益在原有的基础上又有2%左右的提

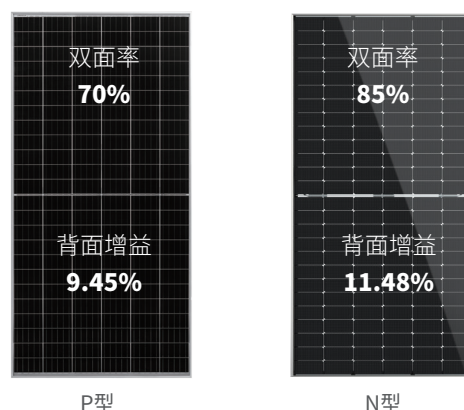
双面率提升导致的发电增益对比:

P综合功率 = P正面 * (1 + BSI * Bifi)

PERC: BSI * Bifi (70%) ≈ **9.45%**

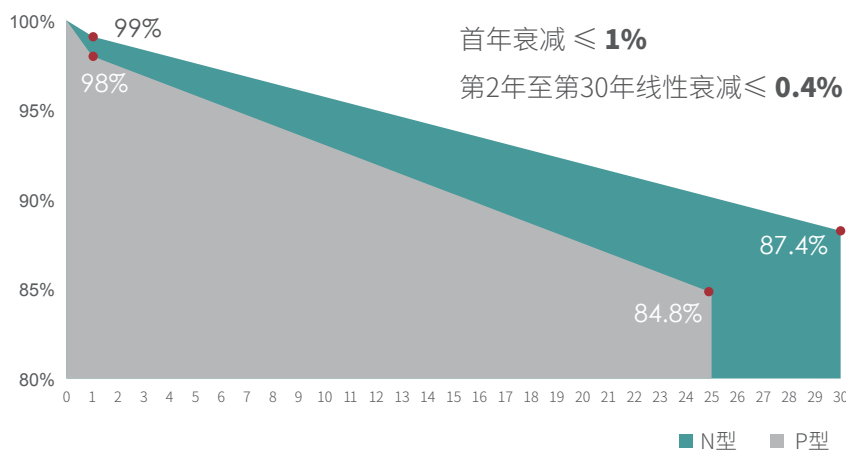
TOPCon: BSI * Bifi (85%) ≈ **11.48%**

*Bifi: 组件双面率
*BSI: 双面应力环境辐照系数 (取决于实际辐照情况及地面反射率)



2.3.3 更优质保

相较于传统PERC组件, N型组件功率质保可达30年, 首年衰减小于1%, 保证30年后输出功率不低于原始输出功率的87.40%。



3. 系统设计

3.1 逆变器兼容性

*该最大工作电流以标准工况1000辐照度进行统计，实际工况低于该数值，兼容性更易满足

— 满足适配性 — 未满足（预期满足时间）

应用场景	组件选型	最大工作电流	逆变器厂商	单串最大输入电流	预期最大输入电流	计划达成日期
户用	60N单面	13.49A	Growatt	13.5A	—	—
			Solis	16A	—	—
			SMA	匹配	—	—
工商业	72N单面	13.65A	Goodwe	13A	15A	2021 Q4
			Huawei	13A	16A	2022 Q2
			Sungrow	13A	15A	2022 Q1
			SMA	匹配	—	—
大型地面	78N单双面 (15%双面增益)	15.34A	Huawei	15A	16A	2022 Q2
			Sungrow	20A	—	—
			Solis	16A	—	—



Isc 14.18A
Voc 55.40V

适配高电流组件的逆变器升级持续进行，截至2022年Q2，绝大部分逆变器可兼容现有Tiger Neo 大电流组件



GROWATT
晶 澳 科 技

SMA

HUAWEI

SUNGROW

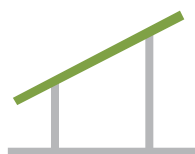
固德威
GOODWE

锦浪科技
JINLANGE

3.2 支架

高力学强度设计

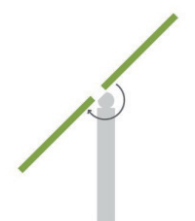
固定支架



1P跟踪支架

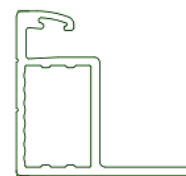


2P跟踪支架



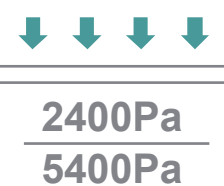
加强的边框设计

- 更厚型材
- 更厚型腔



多种安装形式满足

- 螺丝安装
- 压块安装



4. 价值分析

4.1 系统优势分析

Tiger Neo相对210P型 600W组件具备功率优势，能够提升总功率4.37%。

组件	210-60P	182-72P	182-72N
输出功率（W）	600	545	560
Isc(A)	18.42	13.95	14.13
Voc(V)	41.7	49.92	50.67
组件数/串	31	26	26
串/跟踪器	3	4	4
总功率（W）	55800	56680	58240
功率提升	基准	+1.58%	+4.37%

*基于历史最低温度-20℃计算

4.2 LCOE优势分析

4.2.1 中国内蒙古200MW电站分析

晶科推出的Tiger Neo N型组件最高功率较P型，可提升15-20W的功率。这样的功率提升，极大的颠覆了大众对普通P型组件在系统端的想象，尤其是在使用跟踪支架的项目中。

4.2.1.1 初始成本分析

以内蒙古200MW直流电站为例，对比182-N型-605W组件和210-P型-660W组件，前者由于其尺寸大小优势，在单个支架上能比210串接更多串数，单个支架总功率遥遥领先。无论是从原来的3串vs2串方案，还是更新后的4串vs3串方案来看，在使用182 Tiger Neo系列组件的地面电站项目中，所需支架数目均有所减少，BOS成本和线缆成本也都大幅降低。

与此同时，N型组件的高效率也使得土地租赁费用下降。上述两点使得系统BOS下降近1.18%。更值得关注的一点是，Tiger Neo系列组件以其超高效率，在全年发电量上也占优，实现全生命周期内能实现更高的发电量输出。

下表展示了使用跟踪支架项目的设计方案：

电池片	182-N型-605W	210-P型-660W
功率	605W	660W
效率	21.64%	21.25%
组件长(mm)	2465	2384
组件宽（mm）	1134	1303
Voc(V)	54.76	45.90
1500V单串片数	25	30
支架安装费用	76.21%	80.19%
串数/支架	4	3
支架数量	基准	101.9%
单个支架总功率(W)	60500	59400
单支架长(m)	基准	基准+4米
立柱数量	基准	基准+1根立柱
总立柱百分比	74%	80%

跟踪支架-理论（/W）	基准	104.2%
BOS成本	基准	101.18%

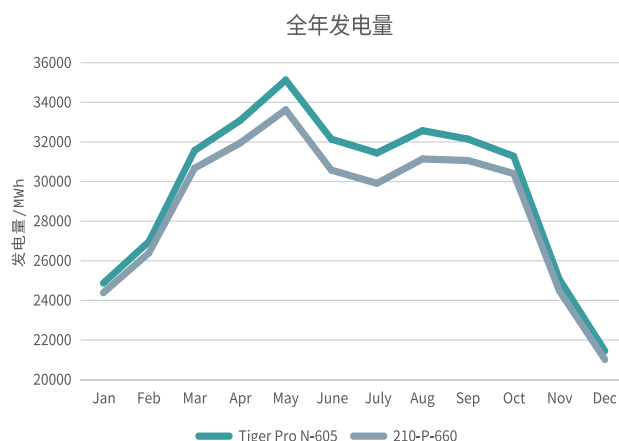
*以内蒙古200MW直流电站为例 N:39.74°，E:99.21°

4.2.1.2 发电量分析

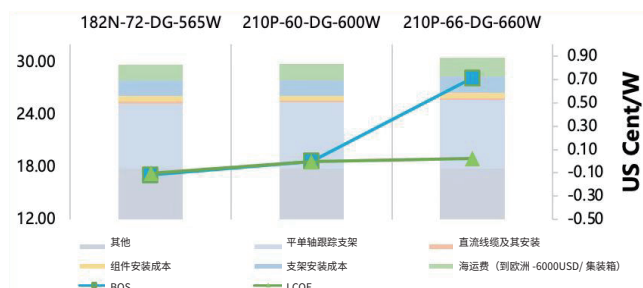
在内蒙古阿拉善地区,从春天开始,N型组件的发电量优势逐渐凸显,并在夏季6-7月份,N型与P型的发电量的差值达到最大,其值为5.1%,N型比P型全年发电量总差距约12096MWh。

4.2.2 海外电站分析

本次经济性分析分别选择了沙特阿拉伯和西班牙两个地区2P跟踪支架项目进行对比。沙特位于北纬20-30°西亚地区的阿拉伯半岛,日照条件充足,平均日照量达到2200千瓦时/平方米,是众多太阳能发电站的选址地;同时,沙特具备了许多支持太阳能入网的技术专长和基础设施。沙特项目另一个显著的特点是属于高海运费项目,在本案例中,海运物流成本以7189USD/集装箱进行计算。西班牙在太阳能发电领域也位居世界前列,是光伏电池和太阳能电池板工业的制造中心,在本次经济性分析中,西班牙项目属于中高海运费项目,海运物流成本以6000USD/集装箱进行计算。

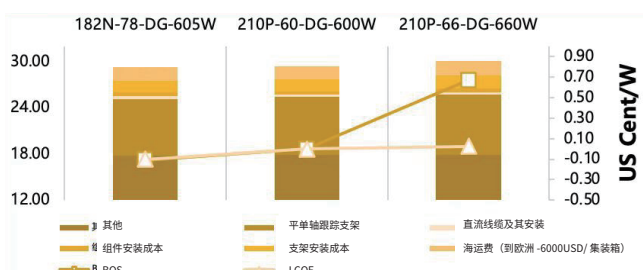


在沙特阿拉伯 2P 跟踪支架项目中,182N-72 组件与 210P-60 和 210P-66 相比,由于其优异的尺寸,在初始投资中最大程度节省了支架成本和线缆成本,而这部分成本降低,给 BOS 分别带来了 2.8% 和 0.4% 的下降。同时,182N-72 凭借其出色的光电转换效率,良好的光衰性能,和更长生命周期的质保,使得全生命周期总发电量输出大大提高,这也使得 182N-72 在与 210P-60 及 210P-66 的 LCOE 对比中凸显龙头优势,LCOE 分别降低 6.2% 及 4.94%。而在西班牙 2P 跟踪支架项目中,182N-78 组件与 210P-60 和 210P-66 的对比也依然优势喜人,在 BOS 别降低 2.65% 和 0.37% 的同时,LCOE 分别有 4.78% 和 3.84% 的降低。



沙特阿拉伯 2P跟踪支架

	182N-72	210P-60	210P-66
组件功率 (W)	565	600	660
△BOS(US Cent/W)	—	▲2.8%	▲0.40%
△LCOE(US Cent/W)	—	▲6.2%	▲4.94%



西班牙 2P跟踪支架

	182N-78	210P-60	210P-66
组件功率 (W)	605	600	660
△BOS(US Cent/W)	—	▲2.65%	▲0.37%
△LCOE(US Cent/W)	—	▲4.78%	▲3.84%

值得注意的是,182N 型组件 (无论是 72 片还是 78 片),相比 210P 型组件,在中高海运费的案例中均能彰显其卓越优势。在相同的贸易路线下,210P 型组件装箱方案带来的总装车功率均小于 182N 型组件,使得 210P 型组件海运单瓦成本丧失竞争力。与此同时,210 大功率组件在搬运过程中所需使用的特殊支持设备费用及人工费用也均高于 182N 型组件,使得系统 BOS 进一步升高。在上述经济性测算和案例分析中,210 大功率组件搬运所需的额外支持设备费用和人工费用尚未计入在内,因此,实际 BOS 与 LCOE 差距则更大。

综上,182N 型组件具有更为优良的尺寸,卓越的装车总功率和便捷的拆装搬运特性,在当前国际物流成本居高不下的现实条件中,独占鳌头。而 182N 型组件也凭借其更低的 LCOE 成为客户投资的不二之选。