

1.95%发电增益：TOPCon优于BC，一年屋顶应用场景 实证数据证实

1. 项目简介

N型 TOPCon 电池以其卓越的效率和可靠性，已经成为市场上的主流产品，在2024年的市场份额约为80%。尽管如此，众多光伏企业为了在竞争激烈的市场中实现产品差异化并提升产品价值，纷纷将焦点转向BC型单面组件，并将其作为屋顶光伏市场的主导产品。BC组件凭借其较高的正面功率输出，理论上非常适合屋顶安装应用。在屋顶安装环境中，BC电池的双面性劣势可以得到显著缓解。鉴于此，我们决定在江西上饶开展一项全面的实地测试研究。江西上饶的季风湿润气候和全年-5至35°C的平均气温，为评估不同光伏组件的性能提供了理想的自然条件。这将有助于我们深入理解各种组件在实际应用中的表现，从而为未来的产品开发和市场策略提供科学依据。



图1：项目实景图照片

2. 组件信息

本研究涵盖 TOPCon 组件与某厂商生产的 BC 组件，所有组件均安装于建筑屋顶，以确保测量数据的准确性和一致性。我们的核心目标是深入分析这两种组件在实际应用中的性能表现和 LCOE 潜力，为客户提供可靠且高效的发电解决方案。本次测试涉及两种组件：铭牌功率为 575W 的 N 型 TOPCon 组件和另一厂商 575Wp 的 BC 组件，每种组件各有 18 块。采用固定支架安装，倾角设置为 0°。所有组件均配备高精度传感器，以实时监测发电数据，确保测试结果的准确性和可信度。

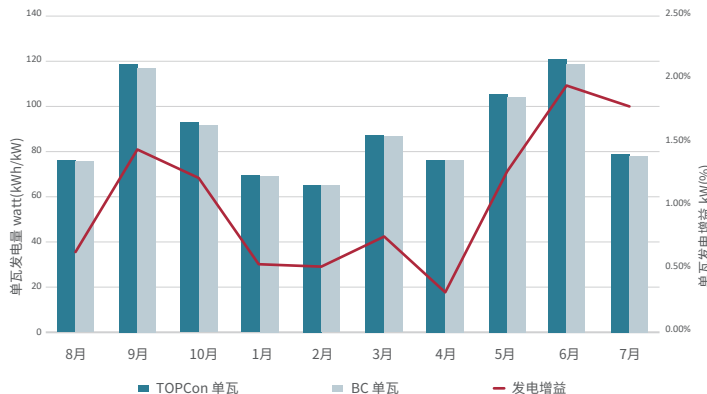
在测试过程中，我们全面采集了多项关键数据，包括直流电压、电流、功率，组件温度，正面辐射度，风速，风向，环境温度，相对湿度和大气气压等。这些数据为我们提供了详尽的信息，使我们能够对组件的性能进行深入的分析和比较。

样品类型	JKM575-72HL4-BDV	BC 组件
型号	TOPCon	BC
规格	2278X1134X30mm	
数量	18 pcs	18pcs
(W)	575	575
Voc(V)	51.27	52.06
Isc(A)	14.31	14.14
Vmp(V)	42.44	43.91

表 1. 组件样品参数

3. 测试结果

在 2023 年 8 月 14 日至 2024 年 7 月 15 日的 11 个月中，我们观察到一些显著的气候和性能变化。6 月记录到的最高日平均辐照度为 273 W/m²，7 月记录到的最高温度为 39.7°C。1 月和 2 月分别记录了最低的辐照度 104 W/m² 和环境温度 -5°C。2024 年 4 月的频繁降雨 (20 个雨天) 导致了辐照度降低，进而影响了组件的发电量。即使在这种连续多雨的情况下，TOPCon 组件发电量也要比 BC 组件发电量高 0.33%。然而，随着 6 月高温长日照的来临，TOPCon 组件展现出了其卓越的性能，其发电量相比 BC 组件增加了 1.95%。这一显著的增益不仅证明了 TOPCon 组件在高温环境下的适应性，也凸显了其在夏季的高效率。



此外，1月至2月的雪季期间，低辐照度和低环境温度的双重影响下，TOPCon 组件的发电量比 BC 组件高出 0.52-0.53%。这一数据进一步证实了 TOPCon 组件在寒冷气候条件下的优越性能，尤其是在光照和温度较低的冬季。

测试结果显示，TOPCon 组件在发电效率上表现出显著优势，测试周期内单瓦发电量比 BC 组件最高高出 1.95%，这归因于其更高的发电能力 (kWh/kW) 和整体周期内的高可靠性。这一结果充分表明，即使不考虑双面性的因素，TOPCon 组件在屋顶应用中依然表现更加优异，可降低初始投资成本和 LCOE，同时提升发电量和产品性能。

4. 数据分析

TOPCon 组件之所以能够实现更高的发电量，主要得益于其更低的工作温度。这使得它在夏季高温环境下，当其他组件因温度系数而普遍发电量下降时，仍能保持较高的发电效率，从而实现更高的单瓦发电增益。在测试期间，TOPCon 组件的平均工作温度始终低于其他厂商的 BC 组件。在两款组件的温度系数均约为 -0.29%/°C 的情况下，BC 组件因高温而导致的发电量衰减明显高于 TOPCon 组件。

从原理来看，BC 电池通过将电池正面的电极栅线转移到电池背面，扩大了有效发电面积，在那些不特别依赖双面发电的屋顶光伏系统中，这种设计在提高电池转换效率上具有明显的优势。然而，这种设计也带来了一些挑战。在实际应用中，BC 组件背面应力的集中导致组件表面凸起与弯曲，进而影响其可靠性和效率。特别是在 6 月和 7 月，这种现象更为明显。当最高气温可达 37°C 时，中午时分组件的表面温度甚至可能超过 60°C，这种高温环境不仅会影响 BC 组件的发电效率，还可能加速材料的老化，从而影响组件的长期可靠性和性能。

5. 总结

本研究详细记录并对比分析了在屋顶应用场景中，TOPCon 组件与 BC 组件在一年周期内的性能表现。通过这一对比，旨在评估两者在成本效益和能量产出方面的相对竞争力。研究结果揭示了以下几点关键发现：

1. TOPCon 组件凭借其较高的发电能力 (以千瓦时每千瓦计)，在正面发电量方面比 BC 组件最高高出 **1.95%**。即便忽略其双面发电的优势，TOPCon 在屋顶应用中依然展现出了更强的潜力。

2. 研究发现，两种组件在辐照度、温度与发电量之间存在着显著的线性相关性。具体而言，随着辐照度和温度的增加，TOPCon 组件的发电量增益尤为显著。

3. TOPCon 组件在早晨和黄昏的低光条件下表现出更为优异的性能。这一点在实际应用中尤为重要，因为它意味着在日照时间较短的时段内，TOPCon 组件能够更有效地利用有限的光照资源。

基于这些数据，我们建议未来应进行进一步的发电效率测试和监测研究，从而为用户提供更加科学和精确的解决方案。