

## 鉴衡海口晶科N-TOPCon实证：双面组件发电增益超4.22%，首年内衰减仅0.60%

### 项目结论：

- 1) 相比 P 型双面组件的发电性能，N 型双面组件的发电增益达到 **4.22 %**
- 2) N 型双面组件运行平均温度比 P 型双面组件低 **0.56°C**
- 3) N 型组件首年内衰减率为 **0.60%**

### 研究背景：

为研究晶科 N 型组件的发电增益、温度变化和功率衰减情况，鉴衡 CGC 自 2022 年 7 月起，在海口实证基地(纬度 20°，经度 110°) 进行户外实证。各实验组通过控制组件的朝向、支架类型等因素保持一致，在 2022 年 8 月-2023 年 4 月期间，对晶科不同类型组件的发电性能和工作温度进行监测和分析。

### 项目设计：

本次户外实证项目采用光伏组件样品信息如表 1 所示，其中包含 10 个晶科 N 型双面组件 (JKM560N-72HL4-BDV)、10 个晶科 P 型双面组件 (JKM540M-72HL4-BDVP)。

样品类型	组串 1	组串 2
	晶科 N 型双面	晶科 P 型双面
型号	JKM560N-72HL4-BDV	JKM540M-72HL4-BDVP
规格	2278×1134×30 mm	2278×1134×30 mm
数量	10 pcs	10 pcs
铭牌功率	560	540
Voc(V)	50.67	49.73
Isc(A)	14.13	13.89
Vmp(V)	41.95	41.13
Imp(A)	13.35	13.13

表 1. 组件样品参数

海口实证基地采用 Solis GCI-80K-5G 组串式逆变器，具体的逆变器参数如表 2 所示。逆变器使用期间各测试阵列不存在超配、限流等影响测试结果的限制因素。

逆变器	Solis GCI-80K-5G
额定输出功率 /kW	80
最大输入电压 /V	1100
启动电压 /V	95
最大输入电流 /A	9×27
MPPT 电压范围 /V	180-1000
MPPT 数量	9

表 2. 逆变器参数

海口市位于海南岛北部，地处低纬度热带北缘，属于热带季风气候。全年日照时间长，辐射能量大，平均年总辐照量达 2043.8 kWh/m<sup>2</sup>，年平均温度为 25.2 °C，平均风速 2.9 m/s，相对湿度达到 89.3 %RH。

鉴衡海口实证电站基地安装了全自动高精度环境监测系统，对辐照度 (总、直、散、斜)、温湿度、风速风向、降雨量等气象条件进行监控和记录。

本次研究共设置 2 个组串，每组采用 10 块组件，固定支架，阵列前后间距为 2.9 米，离地高度为 0.5 米。

各光伏阵列直流侧接入感应式直流电表，用于采集各阵列直流侧电压、电流和功率数据，随后各阵列单独接入逆变器 1 路 MPPT 通道，以避免阵列失配损失。海口实证基地配有专业气象设备，用于监测基地组件阵列的气象数据。数据采集和储存频率均参考 IEC 61724-1 要求。传感器数据经数据采集器、数据服务器传输接入鉴衡实证云平台，测试期间鉴衡每月反馈发电量、工作温度等原始数据，每季度反馈根据发电量、温度变化编写而成的数据分析报告。海口实证基地的数据监控系统如表 3 所示。

参数	传感器数量	传感器型号	记录间隔	精度等级
光伏方阵面总辐照度	1 台	Kipp&Zonen CMP10	1min-avg	0.2%
水平面总辐照度	1 台	Kipp&Zonen CMP10	1min-avg	0.2%
散射辐照度	1 台	Kipp&Zonen CMP10	1min-avg	0.2%
法向直接辐照度	1 台	Kipp&Zonen CHP1	1min-avg	0.2%
直流电压、电流、功率	3 台	Acrel	1min-avg	I、V: 0.5% P: 0.4%
光伏组件温度	6 台	T-Type Thermocouple	1min-avg	±0.3°C
环境温度、湿度	1 台	Campbell CS215 Temperature/RH probe	1min-avg	T: ±0.4°C H: ±4%
风速、风向	1 台	Metone034B windsensor	1min-avg/1min-max	WS: ±1.1% WD: ±4°
降雨量	1 台	SR 50A CSE Sonic Ranging Sensor	1min-avg	0.25mm
数据采集器	1 台	Campbell CR1000X	N/A	N/A
视频监控	1 台	Squinty eyes	N/A	N/A

表 3. 海口实证基地数据监控系统

### 室内电性能测试:

在北京鉴衡认证中心浙江分公司进行本次户外实证前的实验室电性能测试,检测内容及其标准如表 4 所示

序号	检测项目	测试标准 / 方法	条款
1	目视检查	IEC 61215-2:2021 地面用晶体硅光伏组件 - 设计鉴定和定型	4.1 MQT01
2	标准条件下电性能测试		4.2 MQT06.1
3	EL 电致发光成像	IEC TS 60904-13:2018	
测量不确定度说明	短路电流: $U_{rel}(I_{sc})=2.3\%(k=2)$ ; 开路电压: $U_{rel}(V_{oc})=0.8\%(k=2)$ ; 最大功率: $U_{rel}(P_{max})=2.5\%(k=2)$ 。		

表 4. 室内电性能测试汇总

### 研究结论:

#### 1、2023 年 2-4 月发电性能对比

N 型双面组件和 P 型双面组件发电性能对比如表 5、图 1 所示。选取每日 8-17 时发电量数据,以 P 型双面组件为性能基准,由图 1 数据可知,N 型双面组件的发电性能优于 P 型双面组件,晶科 N 型双面组件累计发电量达到 1740.52kWh,晶科 P 型双面组件累计发电量达到 1611.07kWh。相比 P 型双面组件的发电性能,N 型双面组件的发电增益达到 4.22 %。

实验组	组件类型	累计发电量 (kWh)	总有效小时数 (kWh/kW)	相对性能 (%)
A	N 型双面组件	1740.52	308.88	104.22
B(基准)	P 型双面组件	1611.07	296.37	100.00

表 5. N 型双面组件和 P 型双面组件发电性能对比

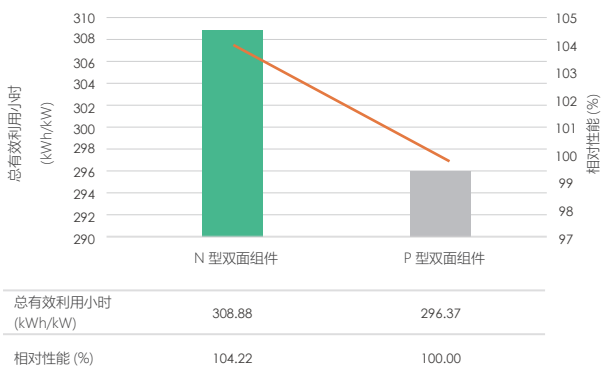


图 1. N 型双面组件和 P 型双面组件发电性能对比

#### 2、组件运行温度

为了精确监控分析晶科组件在户外实证过程的温度变化,在每个阵列挑选相同位置的一件组件上、下两点粘贴热电偶,通过热电偶传感器来监控组件运行温度变化。选取每日 8-17 时温度数据,筛除异常数据点并进行统计分析,第三季度海口实证基地实验组组件运行温度变化如表 6 所示。

实验组	组件类型	平均温度 / $^{\circ}\text{C}$	最大温度 / $^{\circ}\text{C}$	平均温差 / $^{\circ}\text{C}$
A	N 型双面组件	34.81	69.10	-0.56
B(基准)	P 型双面组件	35.37	69.10	0.00

表 6. 海口实证基地实验组组件运行温度变化

以 P 型双面组件为温度基准, N 型双面组件和 N 型单面组件运行平均温度均低于 P 型双面组件, N 型双面组件运行平均温度比 P 型双面组件低  $0.56^{\circ}\text{C}$ , N 型单面组件运行平均温度比 P 型双面组件低  $0.66^{\circ}\text{C}$ 。对比分析 N 型单双面组件运行平均温度, N 型双面组件运行平均温度比 N 型单面组件高  $0.10^{\circ}\text{C}$ ,运行温度基本一致。

户外实证前,实验组样品统计进行标准条件下电性能测试,其测试结果如表 7 所示。

560N 型双面组件 序号 #	初始测试功率(W) 2022 年 7 月 1 日	期间测试功率(W) 2023 年 4 月 30 日	衰减率
1	561.65	560.39	-0.22%
2	563.85	560.04	-0.68%
3	561.32	561.11	-0.04%
4	563.48	559.73	-0.67%
5	564.55	559.89	-0.83%
6	564.18	560.52	-0.65%
7	563.47	559.14	-0.77%
8	564.2	559.74	-0.79%
9	564.26	559.68	-0.81%
10	564.16	560.81	-0.59%
合计	<b>5635.12</b>	<b>5601.05</b>	<b>-0.60%</b>

表 7. 验组样品标准条件下电性能测试结果

### 项目结论:

- 1) 相比 P 型双面组件的发电性能, N 型双面组件的发电增益达到 **4.22 %**
- 2) N 型双面组件运行平均温度比 P 型双面组件低  **$0.56^{\circ}\text{C}$**
- 3) N 型组件首年衰减率为 **0.60%**