



昆山协鑫光电材料有限公司

钙钛矿产业化进展报告

2024/04

01

行业概览

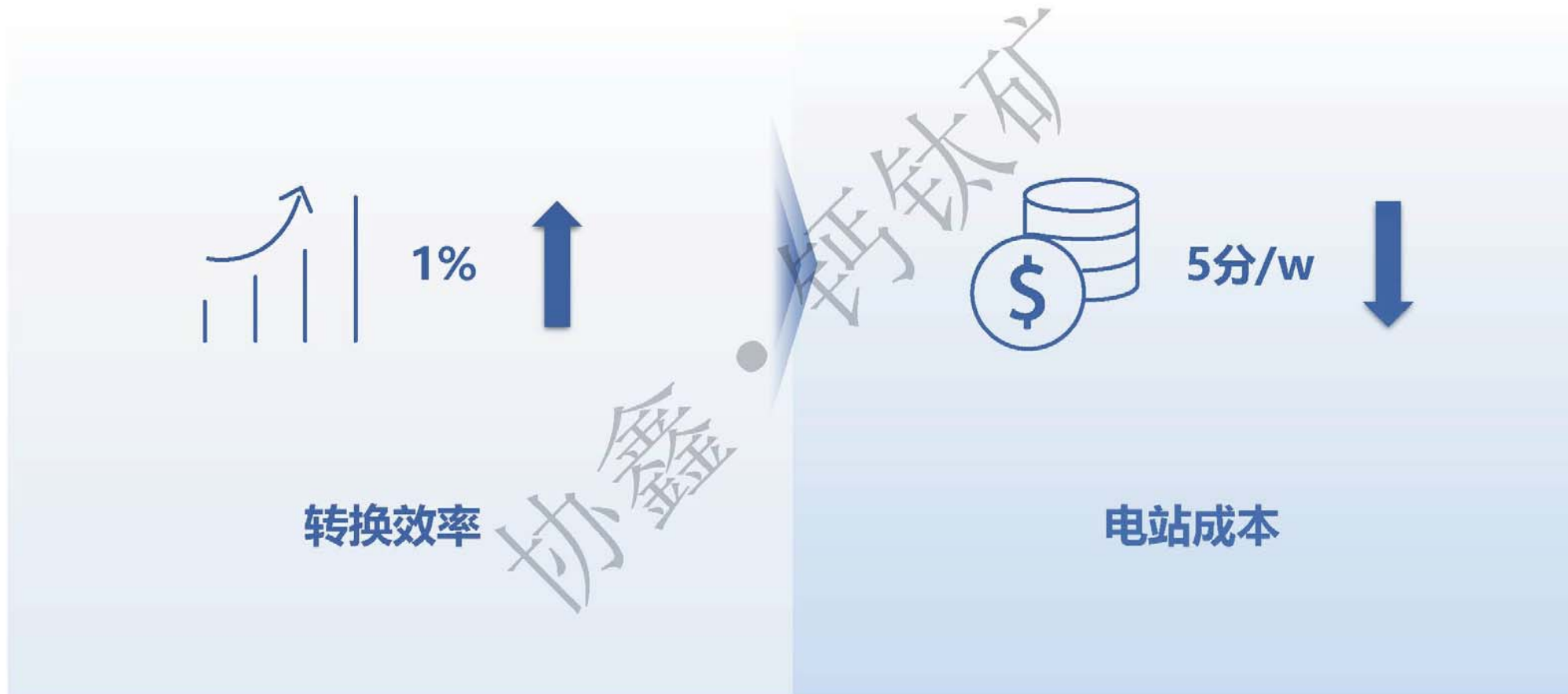


光伏降本方式发生改变，系统造价中 **组件以外的电站系统成本** 占更大比重



注：系统成本中包含土建、支架、人工、逆变器、电缆及组件的渠道利润等
数据来源：IRENA

提高转换效率 是未来光伏降本的核心



注：以国内电站数据为例，效率上升在海外电站的降本更显著

作为第三代光伏电池技术，钙钛矿 可持续迭代且可设计性极强

钙钛矿是分子式为 ABX_3 的一类材料

----- $CaTiO_3$

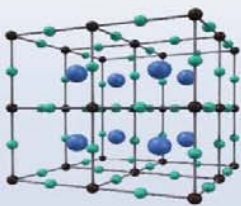


A = Ca^{2+}

B = Ti^{4+}

X = O^{2-}

----- ABX_3 分子式，八面体晶体结构



● A = $CH_3NH_3^+$,
 $CH(NH_2)_2^+$, Cs^+ ...

● B = Pb^{2+} , Sn^{2+} ...

● X = I, Br, Cl ...

钙钛矿结构不断迭代可设计性强

----- 2009年钙钛矿结构:



A

B

X_3

----- 2023年钙钛矿结构:



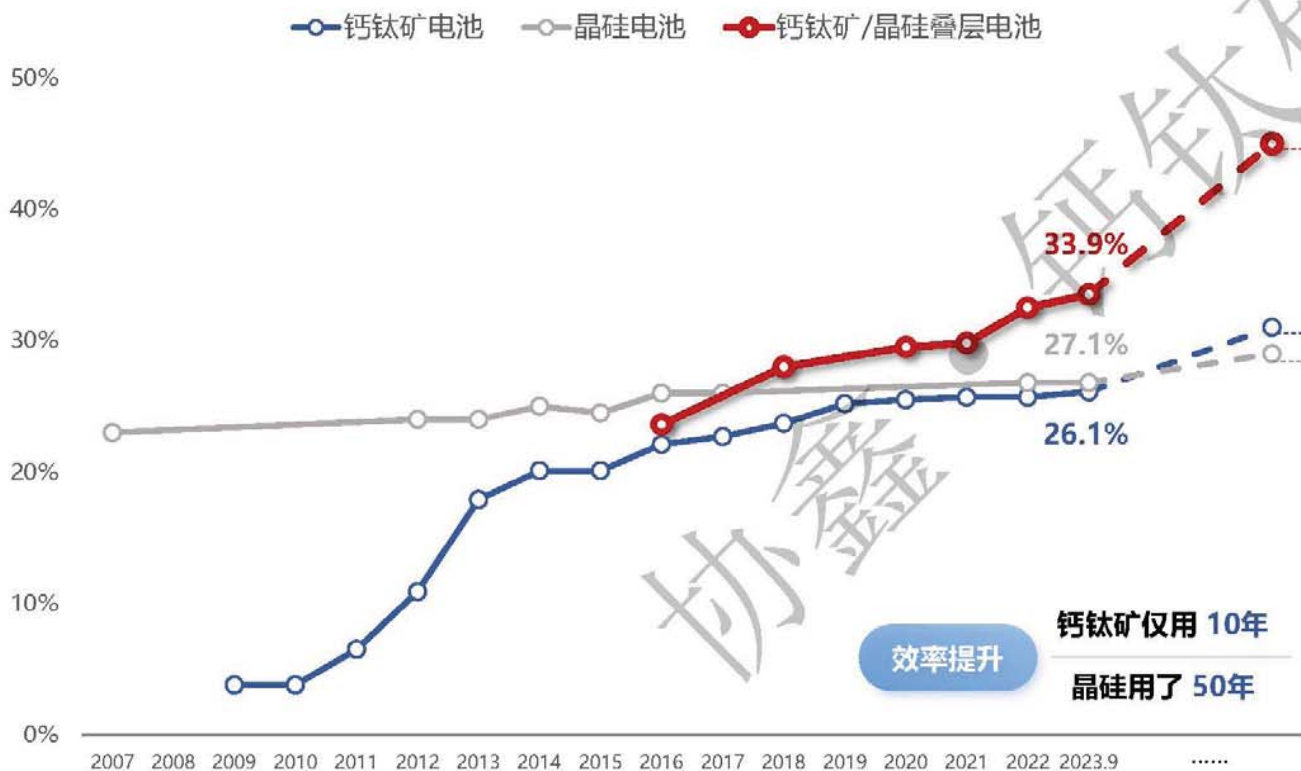
A

B

X_3

钙钛矿电池 效率天花板高，叠层的效率上限较晶硅具备明显优势

不同技术路线电池的最佳效率进展



效率提升

钙钛矿仅用 10年

晶硅用了 50年

理论效率上限

钙钛矿叠层
45%

钙钛矿单结
33%

晶硅29%

02

公司介绍及研发进展

专注钙钛矿研发十余年，协鑫光电 产业化进展领跑行业



研发方向：OPV 转向钙钛矿
全球第一批 专注钙钛矿产业化的公司

2013

苏州协鑫纳米成立
从厦门迁址苏州
完成10MW研发线建设

2016-2017

大尺寸Milestone
完成2m*1m组件研发线建设
(100MW)
行业首款产业化尺寸的钙钛矿组件

2020-2021

产业化加速
GW级产线规划

2m²组件获中国计量科学研究院测试认证，转换效率18.0%
，实现既定年底效率目标

2023

2010

公司前身厦门惟华成立
研发方向：有机光伏OPV

2014

钙钛矿行业产业化的先行者
65cm*45cm组件研发线建设
(10MW)
为当时钙钛矿组件 最大尺寸

2019

专业认证
65cm*45cm组件率先获得TÜV效率认证

资本认可
完成A轮融资：凯辉、宁德、昆高投投资
从苏州迁址昆山

2022

资本持续支持
B轮及B+轮融资，协鑫、腾讯、淡马锡、红杉、IDG投资

公司聚集了全球第一批专注钙钛矿产业化 的顶级团队



范斌
董事长

2000-2006: 获得清华大学化学系本科及硕士学位

2007-2010: 获得瑞士洛桑理工化学系博士学位, 师从米夏埃尔·格雷策尔 (钙钛矿电池行业奠基人)

2010: 成立厦门惟华



田清勇
总经理

2000-2007: 获得清华大学化学系本科及硕士学位

2007-2010: 于康龙化成担任材料合成工程师

2010: 成立厦门惟华



白华
副总经理

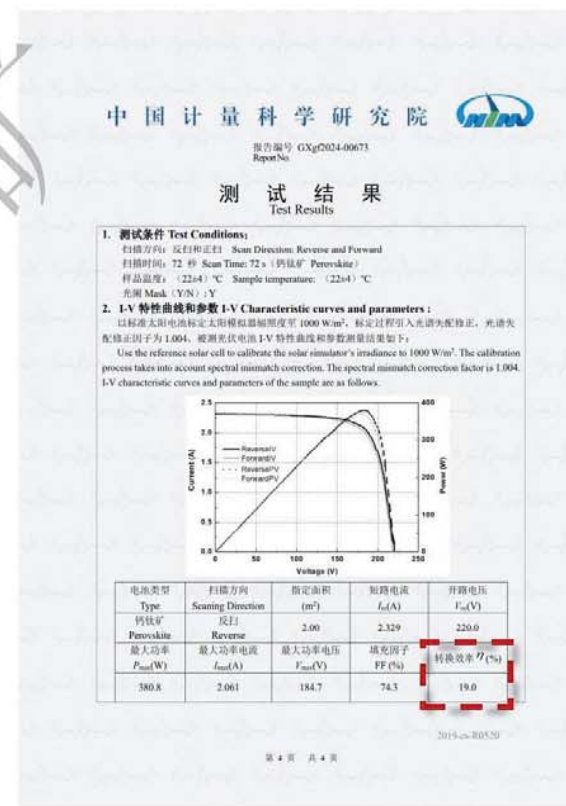
2000-2009: 获得清华大学化学系本科及博士学位

2010: 成立厦门惟华

担任厦门大学材料学院教授及副院长

公司当前170+人, 研发团队配置领先行业

2024年3月：19%效率@2平米单结组件，获得国家计量院认证



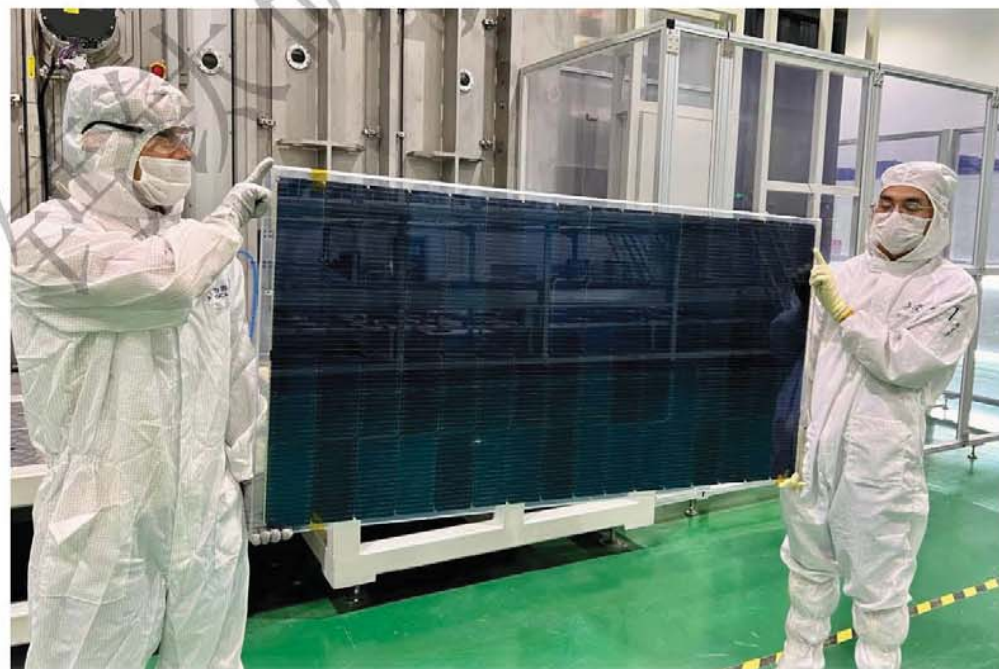
钙钛矿单结19% < 主流晶硅组件效率22%-23% << 晶硅组件最高效率24%
单结组件不是商业化产品，是叠层组件的技术基石

2024年目标：26%效率@2平米叠层组件

公司2平米钙钛矿叠层组件示意图



正面钙钛矿贡献18%-20%效率



背面晶硅贡献6%-8%效率

202312: 26.34%效率@0.2平米叠层组件, 获得国家计量院认证

钙钛矿叠层组件
26.34%
@ 369mm × 555mm

更多黑科技突破 敬请期待

昆山协鑫光电

中国计量科学研究院

报告编号: GXG2023-04914
Report No.

测试结果

Test Results

1. 测试条件 Test Conditions:
扫描方向: 反扫(正扫 Scan Direction: Reverse and Forward)
扫描时间: 78 秒 Scan Time: 78s (钙钛矿 Perovskite); 37 秒 Scan Time: 37s (晶硅 Silicon)
样品温度: (24.13) °C Sample temperature: (24.13) °C
光源 Mask: (VN1) - V

2. I-V 特性曲线和参数 I-V Characteristic curves and parameters:
以标准太阳能电池标定太阳模拟器辐照度至 1000 W/m², 标定误差为 ±0.1% 校准修正, 光谱失配因子为 1.004。校准光伏电池 I-V 特性曲线和参数测量如下:
Use the reference solar cell to calibrate the solar simulator's irradiance to 1000 W/m². The calibration process takes into account spectral mismatch correction. The spectral mismatch correction factor is 1.004. I-V characteristic curves and parameters of the sample are as follows:

电池类型 Type	扫描方向 Scanning Direction	有效面积 (m ²)	短路电流 I _{sc} (A)	开路电压 V _{oc} (V)
钙钛矿 Perovskite	反扫 Reverse	0.1032	0.315	85.20
最大功率 P _{max} (W)	最大功率电流 I _{max} (A)	最大功率电压 V _{max} (V)	填充因子 FF (%)	转换效率 η (%)
20.74	0.287	72.21	77.3	20.1

2019-cs-R0520

第 4 页 共 4 页

中国计量科学研究院

报告编号: GXG2023-04914
Report No.

测试结果

Test Results

电池类型 Type	扫描方向 Scanning Direction	有效面积 (m ²)	短路电流 I _{sc} (A)	开路电压 V _{oc} (V)
钙钛矿 Perovskite	正扫 Forward	0.1032	0.314	85.13
最大功率 P _{max} (W)	最大功率电流 I _{max} (A)	最大功率电压 V _{max} (V)	填充因子 FF (%)	转换效率 η (%)
20.38	0.283	72.09	76.1	19.7

电池类型 Type	扫描方向 Scanning Direction	有效面积 (m ²)	短路电流 I _{sc} (A)	开路电压 V _{oc} (V)
晶硅 Silicon	反扫 Reverse	0.1032	1.809	4.200
最大功率 P _{max} (W)	最大功率电流 I _{max} (A)	最大功率电压 V _{max} (V)	填充因子 FF (%)	转换效率 η (%)
6.265	1.729	3.623	82.4	6.1

2019-cs-R0520

第 4 页 共 4 页

公司推出全行业第一块钙钛矿叠层组件, 效率达到26.3%

202404: 26.36%效率@1.71平米叠层组件, 获得国家计量院认证

钙钛矿叠层组件

26.36% @1.71 m²



中国计量科学研究院
更厚更大科技突破 敬请您期待

中国计量科学研究院

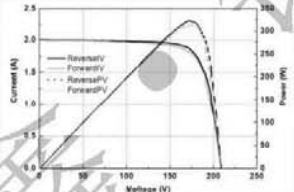
报告编号: GXg2024-01238
Report No.

测试结果

Test Results

1. 测试条件 Test Conditions:
扫描方向: 反扫和正扫 Scan Direction: Reverse and Forward
扫描时间: 68 秒 Scan Time: 68 s (钙钛矿 Perovskite); 48 秒 Scan Time: 48 s (晶硅 Silicon)
样品温度: (24±3) °C Sample temperature: (24±3) °C 光阑 Mask (Y/N): Y

2. I-V 特性曲线和参数 I-V Characteristic curves and parameters:
以标准太阳能电池标定太阳模拟器辐照度至 1000 W/m², 标定过程引入光谱失配修正, 光谱失配修正因子为 0.998 (钙钛矿)、1.005 (晶硅), 被测光伏电池 I-V 特性曲线和参数测量结果如下:
Use the reference solar cell to calibrate the solar simulator's irradiance to 1000 W/m². The calibration process takes into account spectral mismatch correction. The spectral mismatch correction factor is 0.998 for perovskite and 1.005 for silicon. I-V characteristic curves and parameters of the sample are as follows.



电池类型 Type	扫描方向 Scanning Direction	有效面积 (m ²)	短路电流 I _{sc} (A)	开路电压 V _{oc} (V)
钙钛矿 Perovskite	反扫 Reverse	1.7115	2.007	208.7
晶硅 Silicon	反扫 Reverse	1.7115	2.066	72.55

最大功率 P _{max} (W)	最大功率电流 I _{max} (A)	最大功率电压 V _{max} (V)	填充因子 FF (%)	转换效率 η (%)
322.4	1.866	172.8	77.0	18.8

2019-cj-R01520

中国计量科学研究院

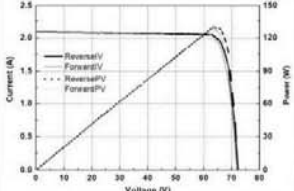
报告编号: GXg2024-01238
Report No.

测试结果

Test Results

电池类型 Type	扫描方向 Scanning Direction	有效面积 (m ²)	短路电流 I _{sc} (A)	开路电压 V _{oc} (V)
钙钛矿 Perovskite	正扫 Forward	1.7115	2.007	208.2
晶硅 Silicon	反扫 Reverse	1.7115	2.066	72.55

最大功率 P _{max} (W)	最大功率电流 I _{max} (A)	最大功率电压 V _{max} (V)	填充因子 FF (%)	转换效率 η (%)
313.6	1.782	176.0	75.0	18.3



电池类型 Type	扫描方向 Scanning Direction	有效面积 (m ²)	短路电流 I _{sc} (A)	开路电压 V _{oc} (V)
钙钛矿 Perovskite	正扫 Forward	1.7115	2.007	208.2
晶硅 Silicon	反扫 Reverse	1.7115	2.066	72.55

最大功率 P _{max} (W)	最大功率电流 I _{max} (A)	最大功率电压 V _{max} (V)	填充因子 FF (%)	转换效率 η (%)
128.7	2.025	63.58	85.9	7.5

2019-cj-R01520

钙钛矿单结19% < 主流晶硅组件效率22%-23% << 晶硅组件最高效率24% << 钙钛矿叠层组件26.36%
26%是晶硅组件难以企及的效率高点, 但只是钙钛矿叠层的效率起点

03

公司产线建设进展

全球首条钙钛矿100MW产线已投入运营3年



地点：江苏昆山

投产年份：2021年

组件类型：2平米钙钛矿组件

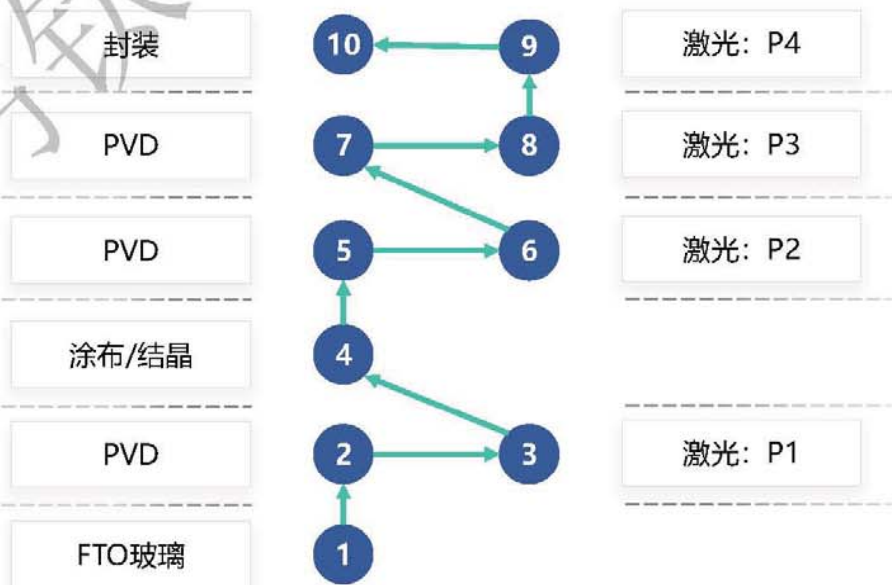
组件效率：18%

多年技术研发确定了大面积钙钛矿技术方案

材料与结构



设备与工艺



首条GW级叠层产线预计2024年投产



地点：江苏昆山

投产年份：2024年

组件类型：2.88平米叠层组件

组件效率：27%

