

公司深度

捷佳伟创 (300724.SZ)

电力设备 | 光伏设备

光伏领域三线布局，助力设备龙头业绩长虹

2024年01月03日

评级 **买入**  
评级变动 维持

交易数据

当前价格(元)	73.10
52周价格区间(元)	61.40-130.95
总市值(百万)	25451.80
流通市值(百万)	19987.90
总股本(万股)	34817.70
流通股(万股)	27343.20

涨跌幅比较



%	1M	3M	12M
捷佳伟创	5.39	-3.75	-35.78
光伏设备	2.64	-14.91	-40.22

杨甫

分析师

执业证书编号:S0530517110001  
yangfu@hncshasing.com

相关报告

光伏行业深度报告：产业链盈利低位，产业周期寻底，光伏三季度回顾

预测指标	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
主营收入(百万元)	5,047.21	6,005.04	9,960.12	15,338.53	19,983.78
归母净利润(百万元)	717.40	1,046.87	1,592.87	2,373.01	3,052.57
每股收益(元)	2.06	3.01	4.57	6.82	8.77
每股净资产(元)	17.81	20.69	24.84	31.04	39.01
P/E	35.48	24.31	15.98	10.73	8.34
P/B	4.10	3.53	2.94	2.36	1.87

资料来源: iFinD, 财信证券

投资要点:

- **公司深耕光伏电池片领域 20 年，多向布局保障长期业绩。**深圳市捷佳伟创新能源装备股份有限公司始创于 2003 年，是一家主要从事太阳能光伏电池设备研发、制造与销售为一体的高新技术企业。公司营业收入由 2017 年的 12.43 亿元上升至 2022 年的 60.05 亿元，CAGR 为 37.03%，2023 年前三季度营收达到 64.05 亿元，已超去年全年。在 2023 年 Q1-Q3，公司毛利率为 27.89%，净利率为 19.16%，期间费用率中除研发费用外均保持在较低水平，净利率显著修复，接近过往 7 年内高点。公司业绩长期保持高增长，稳发展的态势。
- **TOPCon 领域持续发力，PE-poly 技术有望持续提升市占率。**当前主要使用的 PERC 电池转换效率已经逼近该路线的理论极限 24.5%，TOPCon 电池技术凭借理论效率高，成本低廉，可在 PERC 产线上直接改造升级等多项优势将在数年内对 PERC 实现大规模替代。根据我们分析，PECVD 相对于 LPCVD 技术在速度、良率、无绕镀等方面具备优势，且 PECVD 的起泡爆膜问题在实验室端已有解决方案，未来有望成为制备 TOPCon 电池最优解。公司主推的 PE-poly 设备是使用 PECVD 技术实现隧穿层、Poly 层、原位掺杂层的“三合一”制备的设备，同时公司在传统 LPCVD 技术上也有布局，两种路线均可提供整线解决方案，有望充分受益于 TOPCon 电池扩产。
- **HJT 领域全面布局，热丝 CVD 法值得关注。**HJT 电池结构简单实用，制备流程仅有四步，在具备较高的开路电压和高转换效率的同时，双面率也是 N 型电池中最优秀的。公司在 HJT 设备方面布局全面，是少有的供给整线的厂商之一，在 HJT 四个步骤中均有产品布局，且在射频(RF)工艺和组件效率上持续实现技术突破。其中在非晶硅掺杂层制备方面，公司具备传统 PECVD 技术并前瞻性布局热丝 CVD 技术。热丝 CVD 在制备非晶硅掺杂层上拥有沉积速率快、生长微晶工艺简单、无绕镀无粉尘等优势，未来值得期待。
- **钙钛矿从 0 到 1，布局正当时。**钙钛矿属于第三代太阳能电池，发展时间短，材料简单易得，适合用作叠层电池，未来前景广阔。公司在 2018 年取得日本住友重工 RPD 设备在中国大陆地区的独家授权，竞争格局优秀，且公司具备钙钛矿及钙钛矿叠层 MW 级量产型整线装备的

研发和供应能力，已向十多家光伏头部企业和行业新兴企业及研究机构提供钙钛矿装备及服务。截止至 23 年 9 月末，行业内各公司钙钛矿产能规划达到 30GW 以上，钙钛矿电池产业具有优秀的前景，有望实现从 0 到 1 突破，公司提前布局相关设备，有望充分受益。

- **投资建议：**公司长年深耕太阳能光伏行业，拥有国内乃至全球领先的太阳能电池装备研发、制造和生产供应能力。公司全面布局 PERC、TOPCon、HJT、钙钛矿太阳能电池设备，且能提供多套整线解决方案，伴随光伏行业景气度延续，公司长期发展值得期待。我们预计公司 2023-2025 年实现营业收入分别为 99.60、153.39、199.84 亿元，实现归母净利润为 15.93、23.73、30.53 亿元，对应 EPS 分别为 4.57、6.82、8.77 元，对应 2024 年 1 月 3 日现价，PE 分别为 15.98、10.73、8.34 倍。考虑到公司为行业龙头技术积累深厚，且平台化布局给予较高抗风险能力，给予公司 2024 年 13-14X 的 PE 估值，维持公司“买入”评级。
- **风险提示：**光伏行业扩产不及预期；行业竞争加剧；新产品技术迭代不及预期。

## 内容目录

<b>1 光伏电池片设备龙头精益求精，产品布局多向发展</b>	<b>5</b>
1.1 深耕光伏电池片领域 20 年，造就全球光伏电池设备领军企业	5
1.2 产品矩阵丰富，多向布局发展	6
1.3 股权结构清晰稳定，管理层技术出身	7
1.4 经营状况良好，盈利能力持续回升	9
<b>2 TOPCon：接棒 PERC，PE-poly 有望占据主流</b>	<b>11</b>
2.1 PERC 时代即将结束，TOPCon 将是接棒最优解	11
2.2 制备工艺逐步发展，PECVD 有望在路线之争中夺魁	14
2.3 公司 PE-poly 产品助力优化成本，设备龙头强者恒强	21
<b>3 HJT：降本空间较大，公司镀膜技术优势延伸</b>	<b>24</b>
3.1 HJT 电池结构简单实用，制备流程短	24
3.2 小众技术热丝 CVD 具备理论优势，未来有望成为镀膜环节新选择	25
3.3 公司产品布局全面，有望在 HJT 扩张期受益	26
<b>4 钙钛矿：把握从 0 到 1，布局正当时</b>	<b>30</b>
4.1 第三代太阳能电池佼佼者，材料及结构优势明显	30
4.2 制备环节较少，镀膜、涂布及激光均为核心	33
4.3 公司是国内 RPD 设备独供厂商，具备钙钛矿整线设备提供能力	35
<b>5 盈利预测及投资建议</b>	<b>38</b>
5.1 盈利预测	38
5.2 可比公司估值	39
5.3 投资建议	40
<b>6 风险提示</b>	<b>40</b>

## 图表目录

图 1：公司发展历程	5
图 2：创微微电子产品	7
图 3：公司股权结构	8
图 4：公司营业收入持续正增长（单位：百万元）	9
图 5：公司归母净利润持续正增长（单位：百万元）	9
图 6：公司研发费用保持较高水平	10
图 7：公司毛利率及净利率逐步修复	10
图 8：公司海外业务收入及占比	10
图 9：公司海内外业务毛利率对比	10
图 10：TOPCon 电池结构解析	11
图 11：TOPCon 电池隧穿层能阻挡空穴	12
图 12：TOPCon 与 PERC 电池结构对比	12
图 13：TOPCon 与 PERC 电池工艺流程相似度高	13
图 14：TOPCon 电池衰减率远低于 PERC 电池	14
图 15：各技术路线电池效率对比	14
图 16：PECVD 和 LPCVD 路线差异	15
图 17：LPCVD 技术原理	16
图 18：PECVD 技术原理	16
图 19：PECVD 沉积设备反应腔截面图	16

图 20: LPCVD 沉积设备反应腔截面图.....	16
图 21: LPCVD 存在问题及解决措施.....	17
图 22: LPCVD 绕镀问题.....	17
图 23: PECVD 工艺底面不会产生绕镀.....	18
图 24: PECVD 技术在氢含量较高的环境下容易产品爆膜.....	18
图 25: 碳掺杂可有效减少起泡现象.....	19
图 26: 碳掺杂可有效减少起泡现象.....	19
图 27: PECVD 技术在氢含量较高的环境下容易产品爆膜.....	19
图 28: PECVD 有望在多种 TOPCon 技术路线中占据主流.....	21
图 29: HJT 电池结构及制备流程.....	24
图 30: 双面发电原理.....	24
图 31: HJT 制备流程.....	25
图 32: HWCVD 无绕镀问题.....	26
图 33: HWCVD 与 PECVD 粉尘问题对比.....	26
图 34: 双面微晶 HJT 电池结构.....	29
图 35: 捷佳伟创异质结组件平均功率再创新高.....	29
图 36: 太阳能电池发展历程.....	30
图 37: 钙钛矿晶体结构.....	31
图 38: 硅晶太阳能电池光谱损失.....	31
图 39: 钙钛矿电池是叠层电池的首选.....	32
图 40: 钙钛矿电池发展历程及实验室效率对比.....	32
图 41: 钙钛矿结构及电荷传导图.....	33
图 42: 钙钛矿生产流程及对应设备（以协鑫光电 100MW 产线为例）.....	34
图 43: 钙钛矿产线投建环节较少.....	34
图 44: 钙钛矿各层所需设备.....	35
图 45: RPD 镀膜原理.....	36
图 46: RPD 实际工作环境.....	36
图 47: 公司五合一团簇式钙钛矿叠层真空镀膜设备成功交付.....	36
表 1: 公司主要产品分类.....	6
表 2: 公司高管简介.....	8
表 3: PERC、TOPCon 和 HJT 性能对比.....	13
表 4: LPCVD、PECVD 和 PVD 路线对比.....	19
表 5: 公司 TOPCon 设备简介.....	21
表 6: TOPCon 各路线设备及主要厂商.....	22
表 7: TOPCon 路线设备市场空间测算.....	23
表 8: HWCVD 技术沉积速率快.....	25
表 9: HWCVD 生长微晶的工艺简单，成本低.....	25
表 10: 公司 HJT 设备简介.....	27
表 11: HJT 各路线设备及主要厂商.....	28
表 12: PERC, TOPCon, HJT 电池片成本对比.....	29
表 13: 公司钙钛矿客户覆盖率.....	37
表 14: 捷佳伟创在钙钛矿设备各领域竞争对手梳理.....	37
表 15: 国内钙钛矿企业现有产能及规划.....	37
表 16: 分业务盈利预测.....	39
表 17: 可比公司估值.....	39

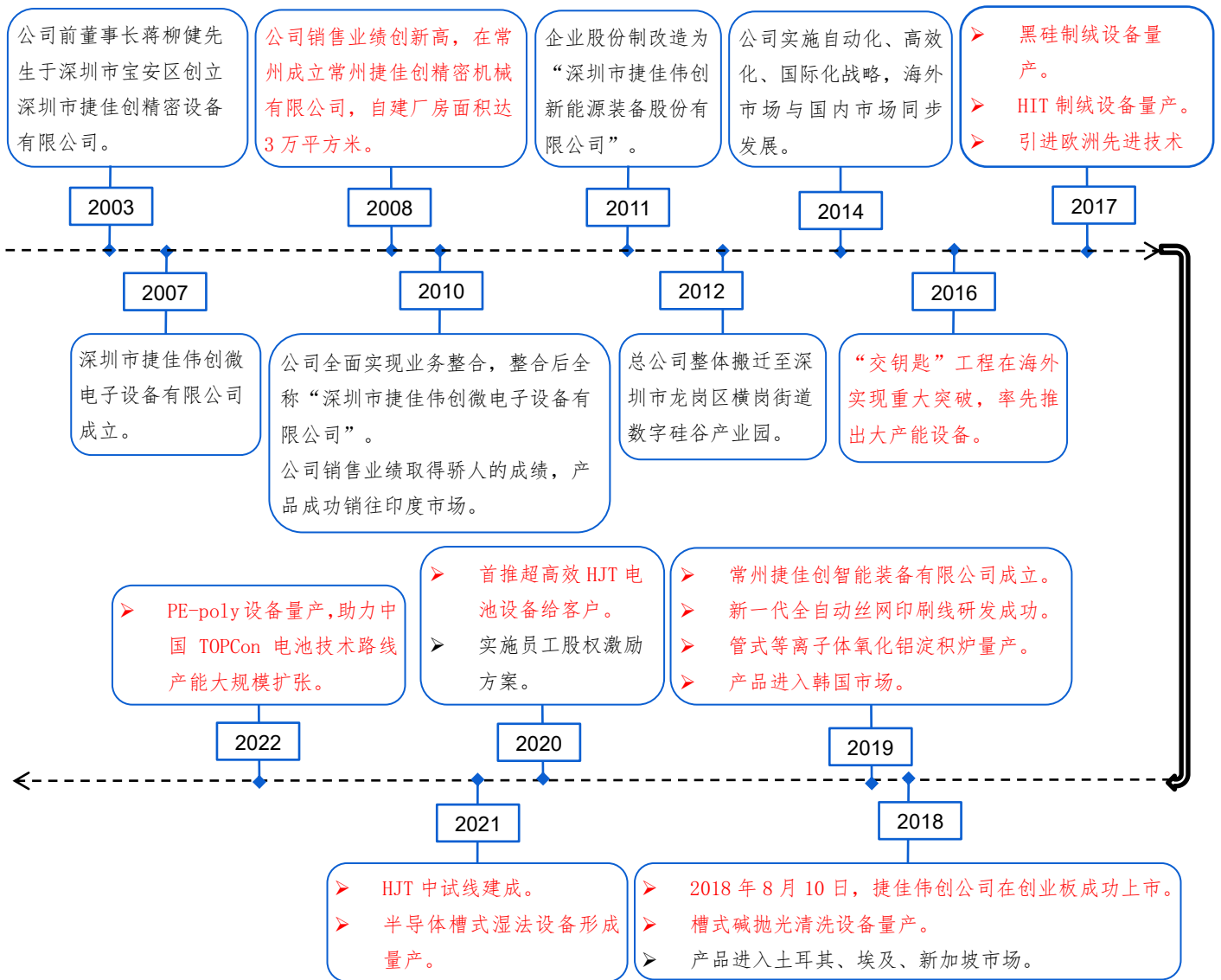
# 1 光伏电池片设备龙头精益求精，产品布局多向发展

## 1.1 深耕光伏电池片领域 20 年，造就全球光伏电池设备领军企业

深耕光伏行业 20 年，产品质量及销量遥遥领先。深圳市捷佳伟创新能源装备股份有限公司始创于 2003 年，是一家主要从事太阳能光伏电池设备研发、制造与销售为一体的高新技术企业。捷佳伟创在广东深圳、江苏常州自建超过 20 万平方米工业园，2022 年员工总数超过 9000 人，工程技术研发团队超过 1200 人。

捷佳伟创聚焦太阳能光伏行业，拥有业内先进的太阳能电池装备研发、制造和生产供应能力，主要产品包括湿法设备系列、管式设备系列、板式设备系列、激光设备系列、金属化设备系列、智能制造设备系列等，连续七年产销量位居行业前列，已成长为全球卓越的太阳能电池装备供应商。

图 1：公司发展历程



资料来源：捷佳伟创公司官网，财信证券



## 1.2 产品矩阵丰富，多向布局发展

**PERC 时代**，公司充分受益于 PERC 替代 BSF 电池过程，凭借 400Pcs 等稳定性好、产能高的湿法设备和管式 PECVD 设备迅速抢占市场，后又推出 PERC 整线解决方案，于 2018 年成功在创业板上市。同年，“531 政策”发布后，公司并未受到其影响，依旧实现了营收及利润双高增的成绩，为后续布局 N 型路线打下坚实基础。

**N 型时代，TOPCon 领域**，公司作为 PERC 时代龙头企业，较早布局 TOPCon 路线，基于原有技术，公司研发出 PE-Poly 技术路线并实现了隧穿层、Poly 层、原位掺杂层的“三合一”制备，采用原位掺杂，生产时间仅为传统 LP 路线的五分之一，同时实现了隧穿层、Poly 层、原位掺杂层的“三合一”制备，解决了传统 TOPCon 电池生产过程中绕镀、能耗高、石英件高损耗的固有难点。根据公司官网发布的信息，公司某客户采用 PE-poly 路线的 TOPCon 电池在平均量产转化效率达到 26%，处于行业领先水平。2023 年作为 TOPCon 量产元年，我们认为未来数年公司将充分受益于 N 型扩产。

**HJT 领域**，公司致力于打造高效 HJT 技术全流程交钥匙解决方案。日前公司发布新闻，经权威第三方检测认证机构 TÜV 南德认证，捷佳伟创 G12-132 版型异质结组件平均功率达到了 720.65W(南德新标准)，组件平均转换效率 23.20%，电池平均效率 25.1%，达到行业前列水平。近年来，公司已向国内外光伏企业提供了多台应用于异质结电池的各种设备，并陆续取得重复性订单，整线良率能达到为 98%。优秀的产品质量将使公司在 HJT 领域具备优势。

**钙钛矿领域**，在钙钛矿及钙钛矿叠层路线中，公司已具备钙钛矿及钙钛矿叠层 MW 级量产型整线装备的研发和供应能力。2018 年，公司获得日本住友重工 RPD 设备在中国大陆地区唯一销售制造授权，成为国内唯一 RPD 设备供应商。公司近期已顺利出货用于钙钛矿及 HJT 电池的 RPD 和 PVD 设备（HJT 领域用作透明导电膜（TCO）沉积）。截至 2023 年 9 月末，发行人钙钛矿及钙钛矿叠层技术路线下 PVD 和 RPD 设备订单金额约为 1.26 亿元。公司围绕 RPD 等关键设备，打造出钙钛矿叠层整线设备，在钙钛矿领域具备卡位优势。

表 1：公司主要产品分类

产品分类	主要产品			
湿法设备系列	单晶槽式制绒设备	槽式 RCA 清洗设备	槽式碱抛光清洗设备	HJT 清洗制绒设备
管式设备系列	管式低压硼扩设备	管式低压磷扩设备	管式低压氧化退火设备	管式 PECVD 设备
	管式二合一 PECVD 设备	管式 PE-poly 设备	管式 LPCVD 设备	管式 A&P 设备
板式设备系列	HJT 板式等离子体增强化学气相沉积设备		板式透明导电薄膜沉积设备(RPD/PAR/PVD)	
激光设备	激光 SE 设备	激光开槽设备	激光无损切割设备	激光掺硼设备
金属化设备	全自动卷纸印刷机	网链式烘干烧结炉	光注入退火炉	HJT 全自动半片卷纸印刷机
智能制造设备	全自动石英舟装卸片	全自动石墨舟装卸片	晶硅电池 AGV 智能	

	机	机	生产线
晶体硅电池整线解决方案	TOPCon 太阳能电池智能生产线	HJT 太阳能电池智能生产线	晶体硅电池交钥匙工程解决方案

资料来源：捷佳伟创公司官网，财信证券

产品领域向半导体拓展，以湿法设备为主。公司主要通过创立创微电子布局半导体清洗领域。常州创微电子于 2020 年 9 月成立，主要产品有 4 到 12 吋批式及单晶圆刻蚀清洗湿法工艺设备，应用范围涵盖了 MicroLED、第三代化合物、微机电、后端封装及集成电路 IDM 和代工大厂所需的湿法工艺需求，满足近 90%湿法工艺步骤，包含有光刻胶去除、氧化膜刻蚀、金属膜刻蚀、氮化硅刻蚀、炉管前清洗等。2022 年 6 月创微成功中标上海积塔后续 10 余台清洗设备重复订单，制程涵盖 8 吋至 12 吋。公司产品还导入成功导入青岛芯恩、成都德州仪器等头部企业并获得重复性订单。

图 2：创微电子产品

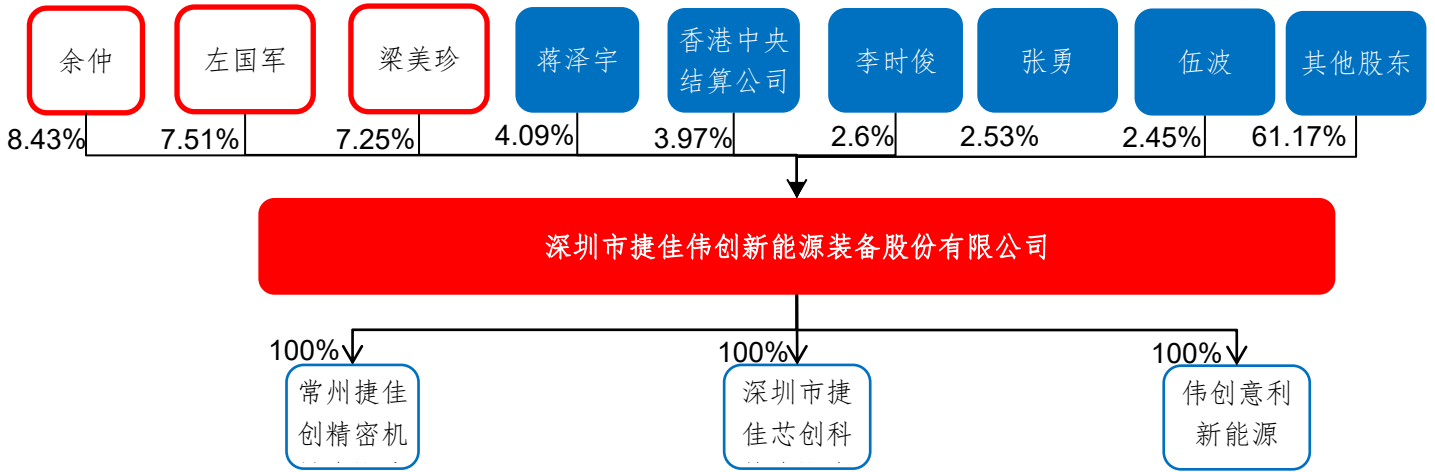


资料来源：创微电子官网，财信证券

### 1.3 股权结构清晰稳定，管理层技术出身

实际控制人合计持股不到三成，股权较为分散。公司前三大股东余仲、梁美珍、左国军三人于 2022 年 8 月 11 日续签《一致行动协议》，继续作为一致行动人，有效期限为五年，截止至 2023 年 10 月 30 日，三人合计直接、间接持有和控制本公司 27.77%股份的表决权，为公司控股股东、实际控制人。截至 2023 年 11 月，除公司实际控制人及一致行动人外，前十大股东中单个股东持股比例最高不超过 2.60%，前十大股东外的单个股东持股比例不超过 1.21%，股权结构较为分散，且控制权稳定。

图 3: 公司股权结构



资料来源: iFind, 财信证券

领导层多有技术出身，产业经验丰富，为公司发展战略奠定坚实基础。公司副董事长兼总经理余仲先生、董事长兼副总经理左国军先生均为技术出身，且长期扎根机械和光伏等相关产业，具备丰富的产业经验。公司其他领导均在自身领域拥有最少十余年的丰富经验。优秀且专业的管理层将为公司战略发展方向奠定基础。

表 2: 公司高管简介

姓名	职务	简介
余仲	副董事长，总经理	机械专业本科学历。1999 年开始在深圳市新群力机械有限公司及日东电子(深圳)有限公司分别担任技术员和工程师。2003 年 3 月起任深圳市捷佳创精密设备有限公司项目经理，后又担任过捷佳伟创微电子设备有限公司经理，捷佳伟创微电子设备有限公司董事兼副总经理，湖北弘元光伏科技有限公司监事、总经理，常州捷佳创精密机械有限公司执行董事。2014 年 2 月至今任湖北天合光能有限公司董事。2020 年 6 月至 2021 年 5 月代公司财务负责人。2011 年 10 月至 2022 年 2 月任公司副总经理，2017 年 7 月至 2023 年 11 月任公司董事长，11 月后为副董事长，2023 年 6 月至今任香港捷佳伟创科技有限公司董事，2022 年 2 月至今任公司总经理。
左国军	董事长，副总经理	机械工程大专学历。曾任日东电子设备有限公司清洗设备主管，2003 年起任深圳市捷佳创精密设备有限公司生产总监、副总经理，后担任捷佳伟创微电子设备有限公司执行董事，常州捷佳创精密机械有限公司副总经理、总经理，捷佳伟创微电子设备有限公司副总经理等职，2014 年起任湖北天合光能有限公司董事，2011 年 10 月至今任公司董事、副总经理。
李莹	董事	本科学历，中国注册会计师。从 2001 年起先后担任任深圳天健信德会计师事务所项目经理，德勤华永会计师事务所有限公司审计经理，深圳市富海银涛投资管理合伙企业(有限合伙)风控经理，深圳市富海银涛资产管理股份有限公司董事、财务总监、风控总监。2014 年 6 月至今任公司董事。
梁美珍	董事	高中学历。1995 年 12 月起任职于精量电子(深圳)有限公司人力资源部，2007 年起先后担任深圳市捷佳伟创微电子设备有限公司监事，深圳市捷华德亿精密设备有限公司监事，深圳市捷华德亿精密设备有限公司执行董事。2018 年 9 月至今任公司总经办高级经理，2017 年 8 月至今任公司董事。
刘峰	监事会主席	北京交通大学经管学院 MBA。2001 年 6 月起先后担任日东电子发展(深圳)有限公司采购部经理助理、PMC 经理，冠荣科技(香港)有限公司项目经理，捷华德亿精密



设备有限公司采购部经理，深圳正阳工业清洗设备有限公司销售总监，深圳市智通新汇技术有限公司副总经理，深圳市艾贝特电子科技有限公司 5G 事业部总监。2020 年 9 月至今任常州捷佳创精密机械有限公司采购部经理，2021 年 5 月至今任公司监事会主席。

**金晶磊** 副总经理，财务负责人  
清华大学金融硕士，保荐代表人，2008 年 4 月起就职于国信证券股份有限公司投资银行事业部，曾任执行总经理。2023 年 2 月至今任深圳市捷佳芯创科技有限责任公司总经理，2021 年 5 月至今任公司财务负责人及副总经理。

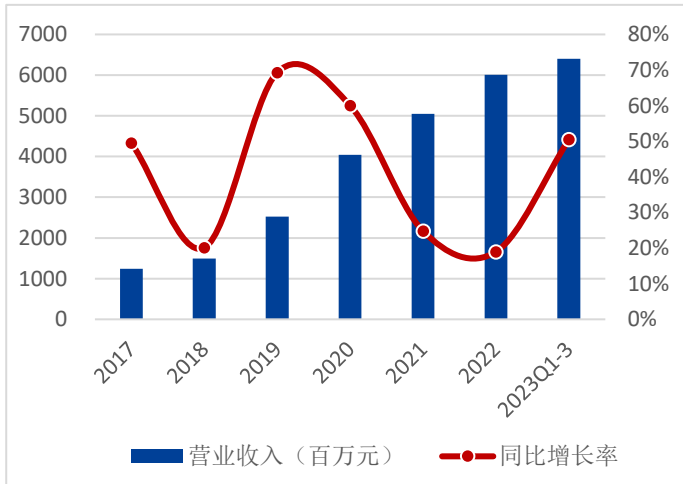
**谭湘萍** 副总经理，董事会秘书  
会计本科，非执业注册税务师。1996 年起担任江西省萍乡市市政建设工程公司会计，江西萍乡方维资产评估事务所审计助理，上海鑫宏有限公司审计助理，上海均富会计师事务所深圳分所项目负责人，信永中和会计师事务所深圳分所项目经理。2010 年起任捷佳伟创微电子设备有限公司财务经理、投资办经理，2011 年至今先后担任深圳市捷佳伟创新能源装备股份有限公司总经理助理兼财务经理、证券部经理、资管中心总监。

资料来源：iFind，财信证券

### 1.4 经营状况良好，盈利能力持续回升

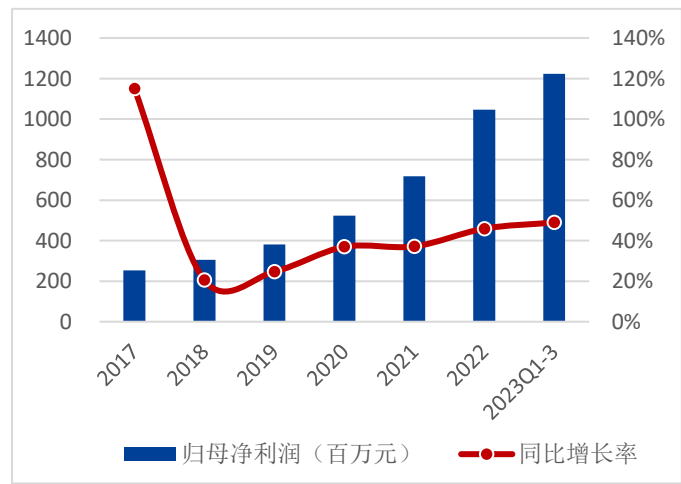
**营收及归母净利润常年保持较快增长，尽显高成长属性。**公司营业收入由 2017 年的 12.43 亿元上升至 2022 年的 60.05 亿元，CAGR 为 37.03%，2023 年前三季度营收达到 64.05 亿元，已超去年全年。公司归母净利润从 2017 年的 2.54 亿元上升至 2022 年的 10.47 亿元，CAGR 为 32.74%，2023 年前三季度则达到 12.23 亿元，同样超过去年全年。公司收入、利润均保持高速增长态势，尽显高成长属性。

图 4：公司营业收入持续正增长（单位：百万元）



资料来源：iFind，财信证券

图 5：公司归母净利润持续正增长（单位：百万元）



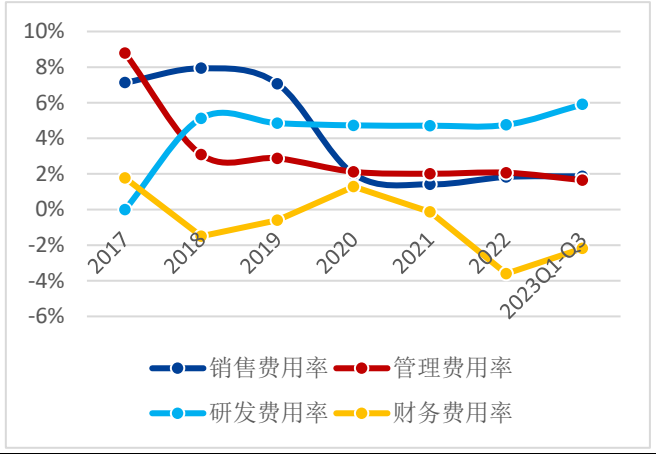
资料来源：iFind，财信证券

**研发费用保持较高水平。**自 2018 年以来，公司研发费用率一直保持在 5% 左右，2023 年 Q1-Q3 则达到 5.90%，创历史新高，高研发费用使得公司在技术迭代较快光伏行业保持强大竞争力，持续巩固光伏设备龙头地位。

**盈利能力逐步修复。**在 2019 年前，由于光伏行业处于发展较早期阶段，公司凭借在 PERC 领域长期技术积累和先发优势获得高溢价订单，因此公司毛利率及净利率均保持

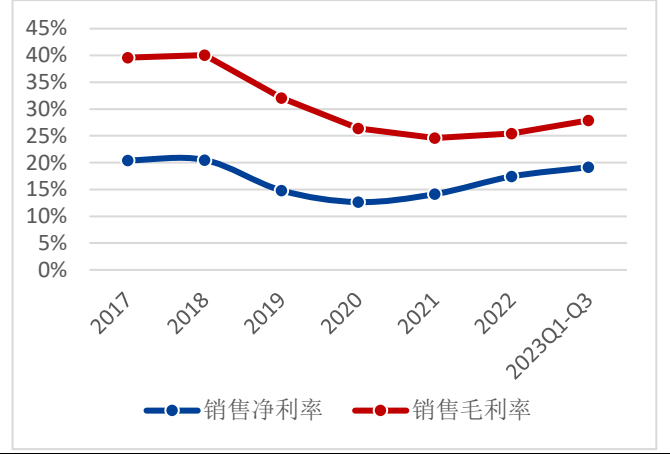
高位。后光伏行业进入快速发展期，入局者较多，行业各环节均有价格战出现，公司盈利能力受行业影响下降明显，但近年凭借强大的产品竞争力和优秀的费用率管控，公司盈利能力出现显著回升，在 2023 年 Q1-Q3，公司毛利率为 27.89%，净利率为 19.16%，期间费用率中除研发费用外均保持在较低水平，净利率已接近公司往期高点。

图 6：公司研发费用保持较高水平



资料来源：iFind，财信证券

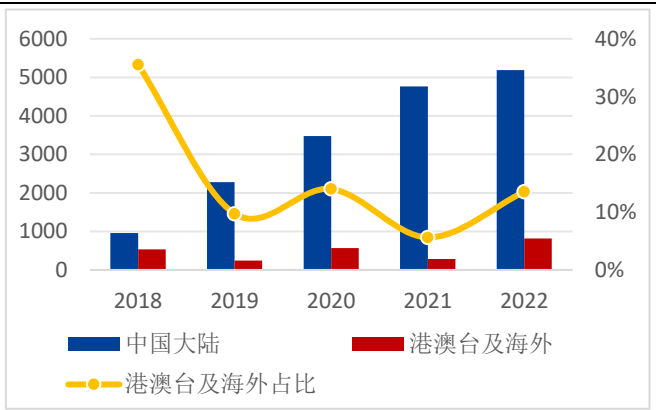
图 7：公司毛利率及净利率逐步修复



资料来源：iFind，财信证券

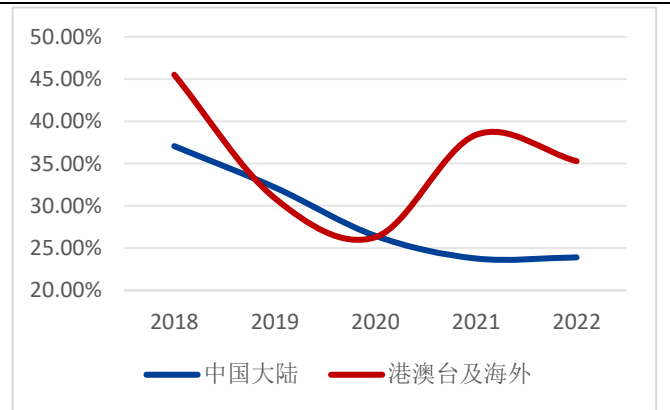
**逐步拓宽海外市场，提升高质量订单占比。**自 2019 年以来，公司在港澳台及海外业务占比在 5%到 15%之间浮动，2020 年开始，公司海外业务毛利率显著高于国内业务，毛利率差距在 10%以上，主要系国内光伏产业链较为成熟，设备端供应链稳定，厂商之间无法拉开明显差距，行业竞争加剧，而海外光伏行业发展处于相对早起阶段，且常年以来海外对相关产品的价格敏感度不如国内。近年我国光伏厂商出海意愿明显，在欧洲、东南亚等地的建厂计划逐步开展，我们判断公司作为光伏设备龙头供应商，在未来数年的海外业务方面将有较大突破。

图 8：公司海外业务收入及占比



资料来源：iFind，财信证券

图 9：公司海内外业务毛利率对比



资料来源：iFind，财信证券

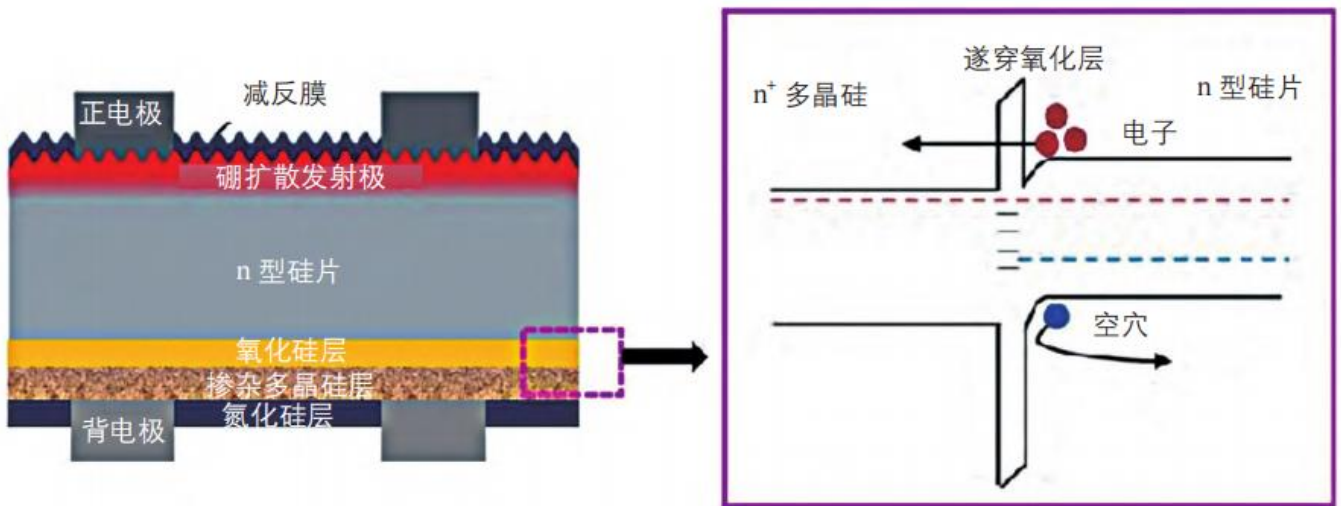
## 2 TOPCon: 接棒 PERC, PE-poly 有望占据主流

### 2.1 PERC 时代即将结束, TOPCon 将是接棒最优解

PERC 技术已接近理论极限, N 型时代来临。当前主要使用的 PERC 电池转换效率已经逼近该路线的理论极限 24.5%, 下一代电池替代迫在眉睫, 其中, N 型电池中的 TOPCon 电池技术凭借多项优势有望在数年内对 PERC 实现大规模替代。

TOPCon 电池是一种使用超薄隧穿氧化层作为钝化层结构的太阳电池, 理论效率最高可达 28.7%。TOPCon 电池基板以 N 型硅基板为主, 在电池背面采用湿法工艺制备一层超薄氧化硅的隧穿氧化层 (1-1.5nm) 并沉积一层厚度约 100-200nm 的掺杂的多晶硅薄层, 二者共同形成了钝化接触结构, 之后经过退火重结晶并加强钝化效果。TOPCon 的背钝化接触结构, 为硅片的背面提供了良好的表面钝化, 超薄氧化层可以使多子 (电子) 隧穿进入多晶硅层同时阻挡少子 (空穴) 复合, 进而多子在多晶硅层横向传输被金属收集, 从而降低了金属接触复合电流, 提升了电池的开路电压和短路电流。

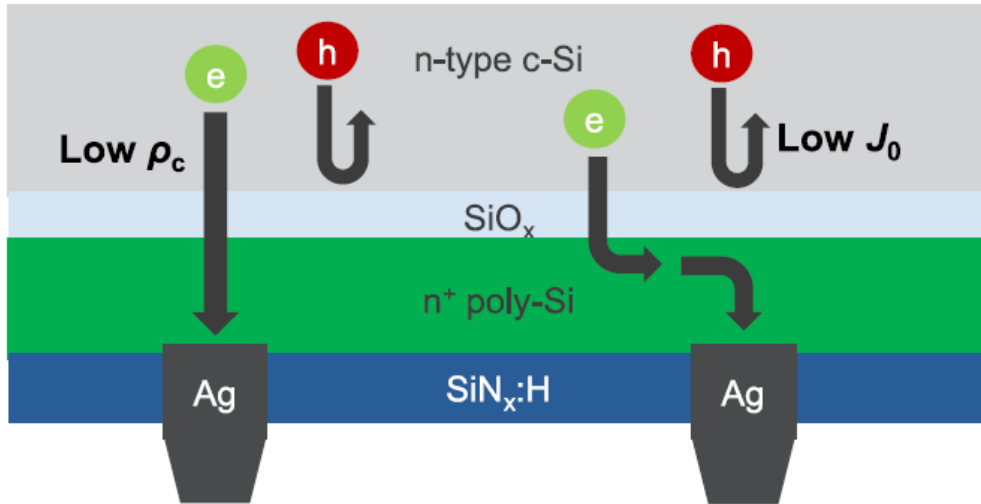
图 10: TOPCon 电池结构解析



资料来源: 《海外单晶硅太阳能电池生产线建设的分析与研究》(黄海龙等, 2023), 财信证券

超薄隧穿层 SiO<sub>2</sub> 及 N 型多晶硅薄膜是 TOPCon 电池核心。隧穿层和多晶硅层共同形成钝化接触结构作为电池背面钝化层, 高掺杂的多晶硅 (Poly-Si) 层与 N 型硅基体之间功函数差异引起的界面处能带弯曲, 使电子隧穿后有足够的能级可以占据, 更易于隧穿; 而空穴 (又名少子, 即流失电子所留下的空位) 占据的价带边缘处于 Poly-Si 的禁带, 难以穿过隧穿层, 从而使电子和空穴分离, 减少了电池中正负电荷的复合, 保证了电流的通常, 从而使开路电压提升。

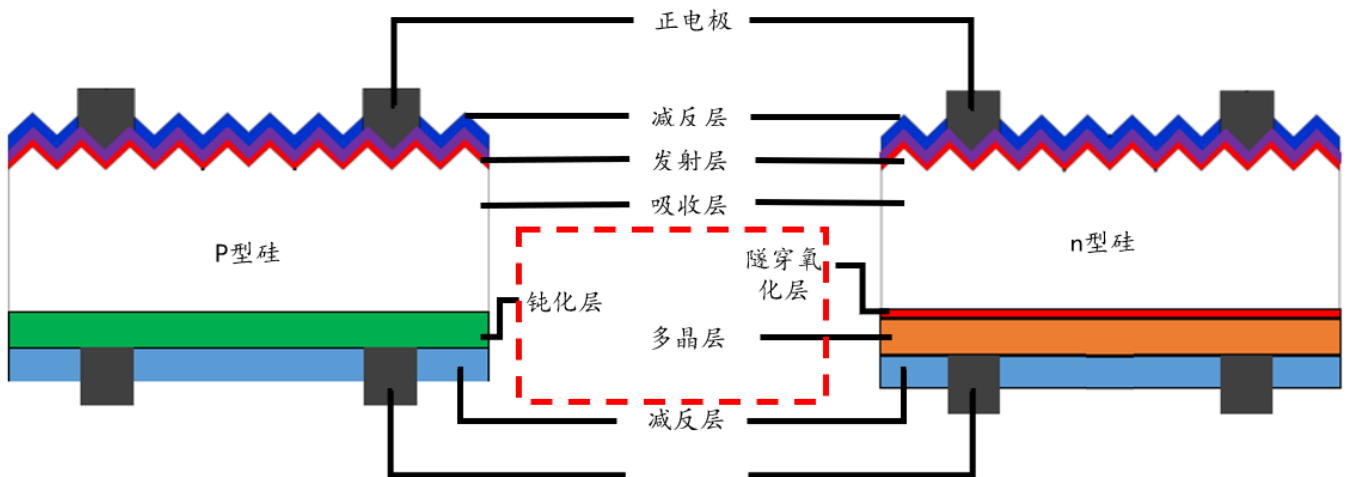
图 11: TOPCon 电池隧穿层能阻挡空穴



资料来源: 《In situ phosphorus-doped polycrystalline silicon films by low pressure chemical vapor deposition for contact passivation of silicon solar cells》 (Meric Firat, et al.,2021), 财信证券

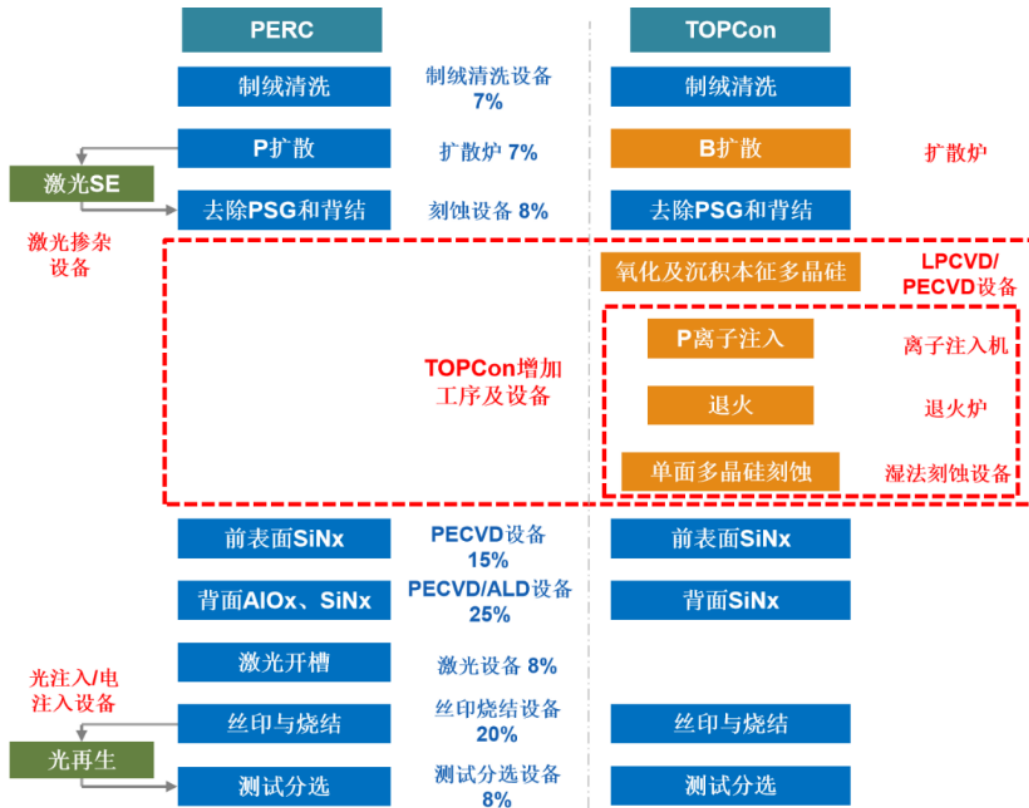
TOPCon 电池工艺路线与 PERC 电池相似度高, PERC 时代老产线可改造升级, 在产业转型前中期经济性强。主要区别在于, 将 PN 结处的磷扩散改为硼扩散、SiO<sub>2</sub> 薄膜 (隧穿层) 及多晶硅薄膜 (poly 层) 的制备。从制备流程看, PERC SE 电池工艺共 9 步骤, TOPCon 电池工艺共 11 步骤, 新增的步骤集中在隧穿层和 poly 层的制备。从投资额角度看, 根据黄海龙等人于 2023 年发布的《海外单晶硅太阳能电池生产线建设的分析与研究》, PERC 电池单 GW 投资额为 1.19 亿元, TOPCon 电池单 GW 投资额在 1.66-1.71 亿元之间, 如果将 PERC 产线升级至 TOPCon, 投资额估计将在 0.6 亿元以内。

图 12: TOPCon 与 PERC 电池结构对比



资料来源: CPIA, 欧圣达, 财信证券

图 13: TOPCon 与 PERC 电池工艺流程相似度高



资料来源: Continuously Evolving Tech, 财信证券

TOPCon 相比于 PERC，具备理论效率高、双面率高、衰减低、温度系数低、弱光效应好等优势。

双面率：P 型电池双面率仅 70%，而 N 型电池双面率能达到 80%以上，其中 HJT 电池能达到 90%，双面率越高，发电增益越大。

寿命：N 型组件功率质保可达 30 年，首年衰减远低于 P 型电池，30 年输出功率不低于原始输出功率的 87.40%。而 P 型电池 25 年输出功率仅高于原始输出功率的 84.8%。

温度系数：电池发电量受温度系数影响，温度系数越高，发电量越低。根据正泰新能源数据，相同环境下，N 型电池的温度系数相较于 P 型电池至少低 0.05%，N 型电池光转换效率更高、发电量损失更低。

弱光效应：基于更高的内阻及少子寿命，N 型电池天然具有更好的弱光效应，即相比于 PERC 电池，N 型电池在弱光环境下即可开始实现光电转换，在发电端拥有更长的发电时间。

表 3: PERC、TOPCon 和 HJT 性能对比

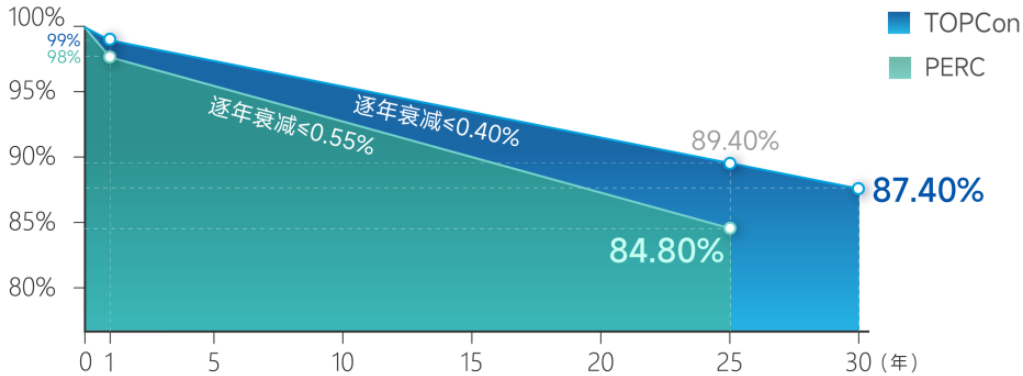
	PERC	TOPCon	HJT
		相同版型、尺寸及重量	
理论效率上限	24.5%	28.7%	29.2%
双面率	0.7	0.8	0.9
Pmpp 温度系数	-0.35%	-0.30%	-0.25%



200W 辐照度时的相对效率		↑ 0.5%	↑ 0.5%
首年衰减	2%	1%	1%
年度衰减	0.450%	0.400%	0.375%

资料来源：正泰新能公开资料，隆基绿能公开资料，《On the limiting efficiency for silicon heterojunction solar cells》(Wei Long, et al., 2021)，财信证券

图 14: TOPCon 电池衰减率远低于 PERC 电池



资料来源：宏元光能公开资料，财信证券

## 2.2 制备工艺逐步发展，PECVD 有望在路线之争中夺魁

制备 TOPCon 电池的核心在于制备隧穿层和多晶硅层 (poly 层)。不同的制备方式会对电池的理论效率产生影响，根据 Wei Long 等在 2021 年发布的《On the limiting efficiency for silicon heterojunction solar cells》，不论是在单面 poly 还是双面 poly 的条件下，PECVD 和 LPCVD 路线制成的 TOPCon 电池在理论效率方面均有差异。

图 15: 各技术路线电池效率对比

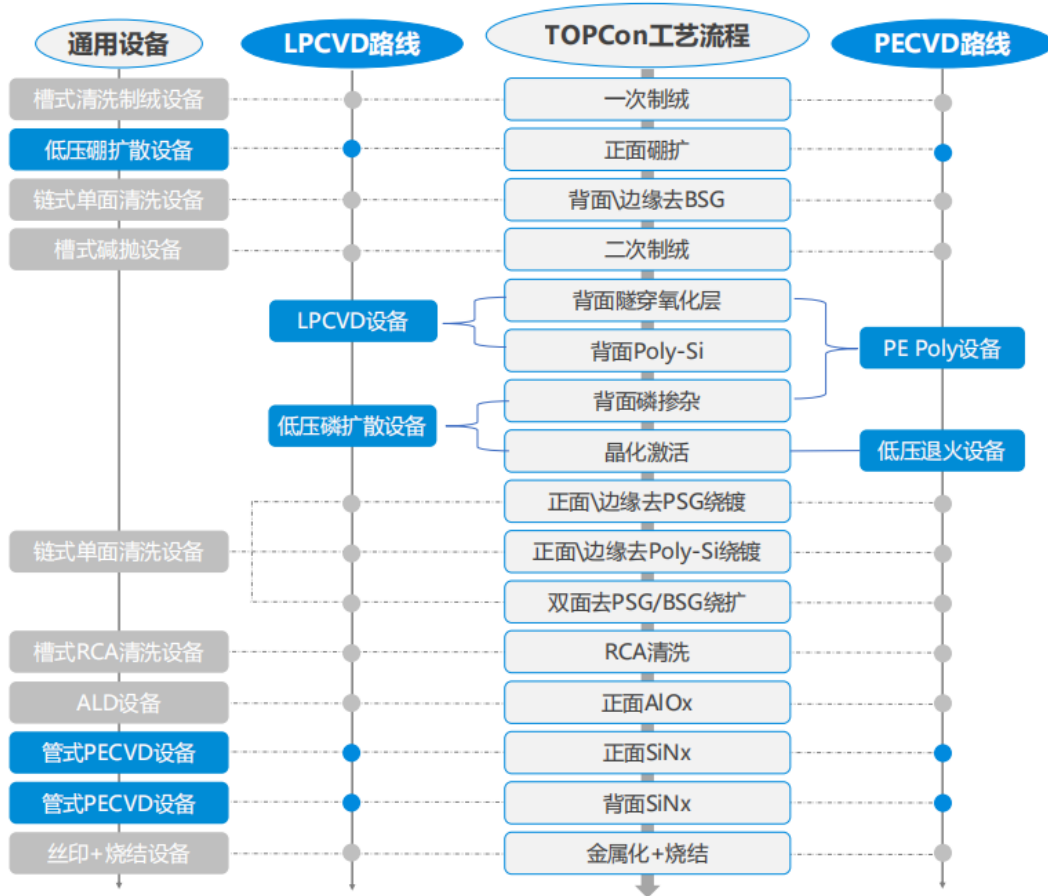
	Electron selective	Hole selective	P-diffused n+		a-Si:H(i)/a-Si:H(n)		Thermal/PECVD SiO <sub>x</sub> /poly-Si(n+)		Thermal/LPCVD SiO <sub>x</sub> /poly-Si(n+)		Chemical/LPCVD SiO <sub>x</sub> /poly-Si(n+)		
			J <sub>0,e</sub>	ρ <sub>c,e</sub>	J <sub>0,e</sub>	ρ <sub>c,e</sub>	J <sub>0,e</sub>	ρ <sub>c,e</sub>	J <sub>0,e</sub>	ρ <sub>c,e</sub>	J <sub>0,e</sub>	ρ <sub>c,e</sub>	
			109	0.26	2	0.017	5	0.016	2.7	0.0013	10	0.0001	
PERC	Al-doped p+	J <sub>0,h</sub>	550	11.7	56.5%	12.9	34.6%	12.8	23.4%	12.9	8.5%	13.0	1.2%
		ρ <sub>c,h</sub>	0.005	3.5%	24.5	1.2%	27.0	1.2%	26.9	1.2%	27.1	1.2%	27.1
P型 TOPCon	a-Si:H(i)/a-Si:H(p)	J <sub>0,h</sub>	2	11.9	45.6%	14.0	24.4%	14.0	14.9%	14.6	5.5%	14.6	0.8%
		ρ <sub>c,h</sub>	0.055	97.9%	24.9	43.9%	28.5	27.6%	28.6	26.2%	28.9	26.0%	28.9
N型 TOPCon	Chemical/PECVD SiO <sub>x</sub> /poly-Si(p+)	J <sub>0,h</sub>	16	11.9	46.7%	14.0	23.0%	13.8	15.5%	14.2	5.7%	14.2	0.8%
		ρ <sub>c,h</sub>	0.008	21.4%	24.9	5.9%	28.5	6.1%	28.4	5.8%	28.7	5.7%	28.7

资料来源：《On the limiting efficiency for silicon heterojunction solar cells》(Wei Long, et al., 2021)，财信证券 注：红色虚线内为 HJT 太阳能电池 (2023 年 5 月理论效率上限已提升至 29.2%)；黑色虚线内为 PERC 太阳能电池；蓝色虚线内为 P 型 TOPCon 太阳能电池；绿色虚线内为 N 型 TOPCon 太阳能电池；橙色虚线内为双面 POLY-TOPCon 太阳能电池

**LPCVD 技术:** 低压化学气相沉积(Low Pressure CVD)是将气体在反应器内的压力降低到大约 133Pa 进行沉积的反应，原理是应用硅烷 (SiH<sub>4</sub>) 的热分解来完成，反应温度约 600℃。在常压下，气体分子运动速率快于化学反应速率，成膜时会因为反应不完全形成孔洞，影响成膜质量。LPCVD 技术通过真空泵将炉腔内抽成低压，使得在适当温度下，分子的运动速率慢于化学反应速率，提高了成膜质量。

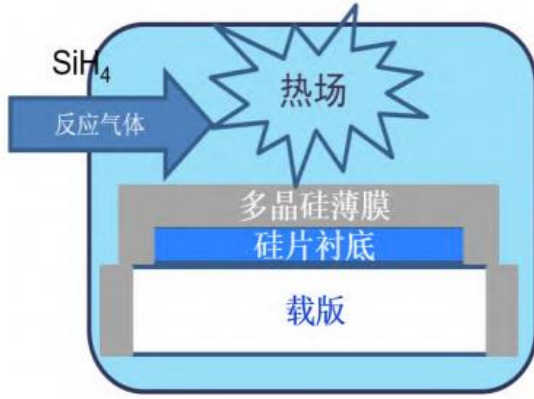
**PECVD 技术:** 等离子增强气相沉积 (Plasma Enhanced CVD) 在反应炉外加电场，依靠射频感应将目标材料源气体电离，产生等离子体，使反应物活性增加，原理是硅烷 SiH<sub>4</sub> 在电离下，分解生产 Si，反应温度 400℃ 以下，压力 100Pa。

图 16: PECVD 和 LPCVD 路线差异



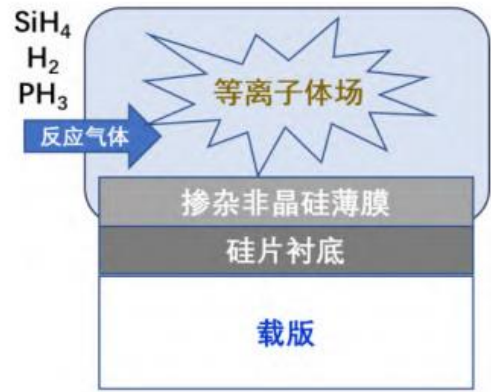
资料来源: 北方华创公开资料, 财信证券

图 17: LPCVD 技术原理



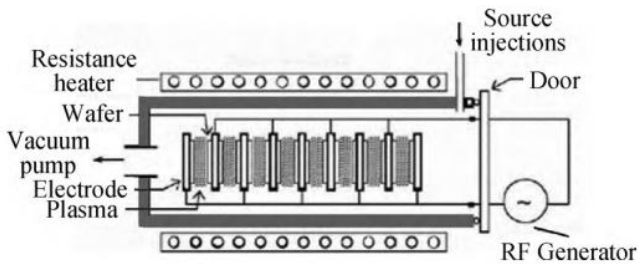
资料来源: 中国科学院宁波材料技术与工程研究所, 财信证券

图 18: PECVD 技术原理



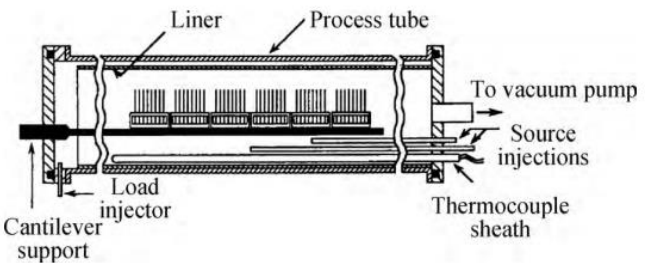
资料来源: 中国科学院宁波材料技术与工程研究所, 财信证券

图 19: PECVD 沉积设备反应腔截面图



资料来源: 《基于 polo 钝化接触结构的晶硅电池技术及其研究进展》(张天杰等, 2022), 财信证券

图 20: LPCVD 沉积设备反应腔截面图



资料来源: 《基于 polo 钝化接触结构的晶硅电池技术及其研究进展》(张天杰等, 2022), 财信证券

**LPCVD:** 目前 TOPCon 薄膜沉积的主要技术, 经过数年发展, 工艺十分成熟, 目前老牌 TOPCon 电池片厂商主要使用 LPCVD 技术, 量产及设备调试经验丰富。

**优点:** 具备较佳的阶梯覆盖能力, 成膜质量好, 可以控制膜的组成成份和结构, 气体用量小, 依靠加热设备作为热源来维持反应的进行, 降低了颗粒污染源。能同时实现氧化层、本征非晶硅层的制备, 且两者反应温度相近, 均在 600℃左右。设备占地面积较小, 良率较高。

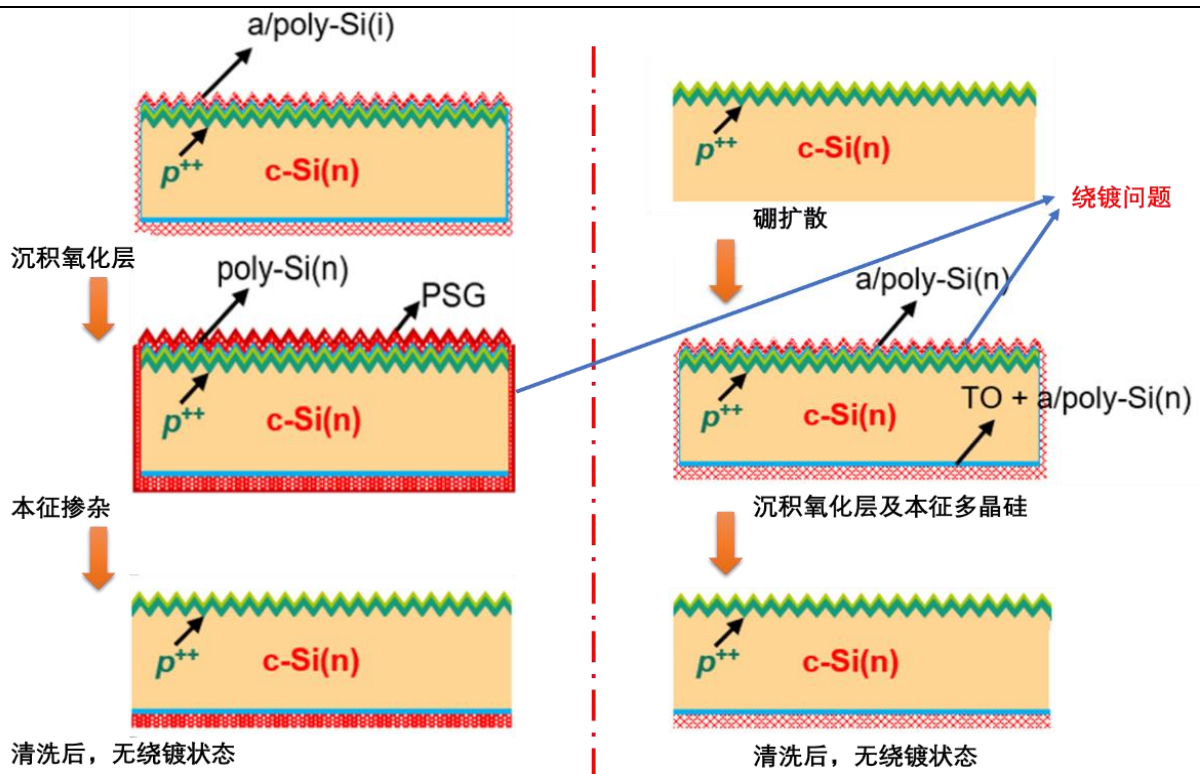
**缺点:** 有较为严重的绕镀问题, 原位掺杂难, 成膜速率低, 通常需二次磷扩, 能耗大, 石英耗材成本较高, 不同尺寸硅片兼容性差。

图 21: LPCVD 存在问题及解决措施

存在问题	解决措施
本征薄膜成膜速率低；需要二次掺杂，过程较为繁琐；原位掺杂薄膜成膜速率更低，均匀性差，不适合产业化	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 成膜速率及均匀性受物理机制限制，提升空间有限。</li> </ul>
单面性差，存在绕镀，去绕镀难度较大。单插可以解决绕镀清洗问题，但影响产能；双插可以提升产能，但未彻底解决。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 解决措施：正在开发双插工艺以提升产能，同时解决清洗问题。</li> <li>■ 难点：前后道工艺均需调整，有一定难度。</li> </ul>
大产能设备中热氧均匀性仍需提升	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 解决措施：通过调整热场及工艺流程进行优化解决</li> <li>■ 难点：更大管径条件下难度提高</li> </ul>
多晶硅附着导致石英部件破裂，有安全隐患；需定期停机维护，更换石英炉管和载具，成本很高；	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 解决措施：通过在石英管内部增加涂层的方法，降低非晶硅对石英管的附着，有望提升石英管使用寿命</li> <li>■ 难点：尚无具体数据</li> </ul>
二次掺杂难以灵活调节掺杂曲线；	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 受物理机制限制，改进空间有限</li> </ul>
由于热力学限制，难以沉积不同类型的多晶硅薄膜。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 受成膜物理机制限制，改进空间有限</li> </ul>

资料来源：中国科学院宁波材料技术与工程研究所，财信证券

图 22: LPCVD 绕镀问题



资料来源：《Atmospheric Pressure Dry Etching of Polysilicon Layers for Highly Reverse Bias -Stable TOPCon》 (Bishal Kafle et al., 2021)，财信证券



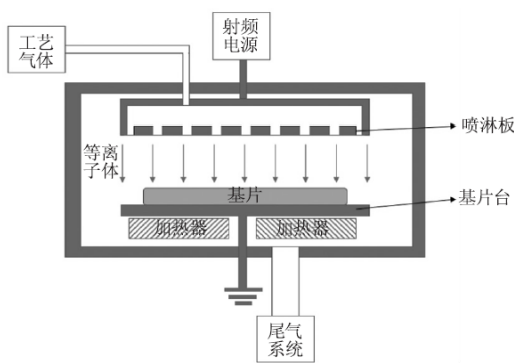
**PECVD:** PECVD 技术借助等离子体场，对硅烷、磷烷等气体均可实现高效解离，从而能够制备沉积区域可控的原位掺杂非晶硅层，有望解决 LPCVD 技术存在的部分痛点。

**优点:** 可实现原位掺杂非晶硅层的高速率沉积，边缘非晶硅层的绕镀较轻微且易于去除，掺杂效率高，可灵活引入不同掺杂原子（如 B、P、C、N 等），沉积区域可控性好，镀膜区域可由等离子场控制（绕镀问题可控）。

**缺点:** 容易产生粉尘，会产生爆膜/脱膜问题，仅有侧面会产生轻微绕镀。

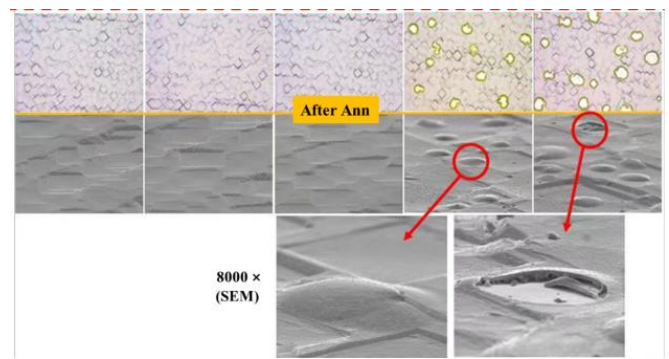
PECVD 镀膜后需 600~850℃ 的退火工序，退火温度在 600~850℃。高温退火过程中，多晶硅层富含 H 原子，会出现“H 原子渗出”，富集在多晶硅层与 SiO<sub>2</sub> 界面处，即爆膜现象。爆膜会严重影响电池效率。

图 23: PECVD 工艺底面不会产生绕镀



资料来源:《PECVD 法制备 SiO<sub>2</sub> 膜均匀性研究》(龙长林等, 2021), 财信证券

图 24: PECVD 技术在氢含量较高的环境下容易产品爆膜



资料来源:《Novel tandem passivated contact approach for high-efficiency industrial TOPCon solar cells》(Sheng Ma et al., 2023), 财信证券

PECVD 的爆膜/脱膜问题在实验室层面可用多种方法缓解或解决，未来有望逐步应用于工业化量产。

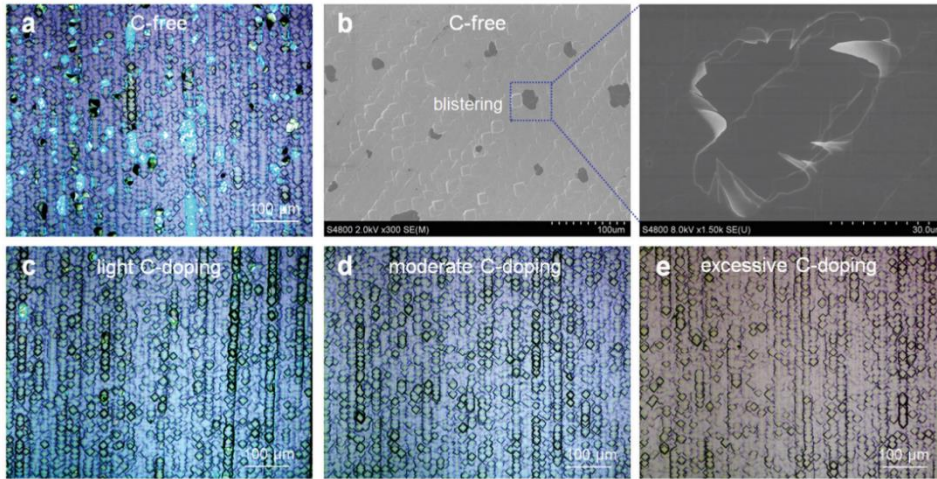
**碳掺杂:** 根据 Zhenhai Yang 等人在 2021 年 12 月发表的论文《Dual-Functional Carbon-Doped Polysilicon Films for Passivating Contact Solar Cells: Regulating Physical Contacts while Promoting Photoelectrical Properties》，使用 PECVD 制备多晶硅层时如果掺杂适量碳元素即可明显减少表面起泡现象，如掺杂较大量的碳元素则可基本表面杜绝起泡现象。

**降低氢含量:** 根据 Prof. Andrea LI BASSI 在 2021 年发表的《Development of non-blistering Si-rich layers for SiO<sub>x</sub>-based passivating contacts using PECVD》中的研究，退火过程将显著影响多晶硅膜的起泡现象。在调配各类前驱气体与 SiH<sub>4</sub> 的配比后，随着甲烷，氨气，一氧化碳二氮等气体与 SiH<sub>4</sub> 的比例提高，在退火结束后会显著减少形成起泡及爆膜现象。

**背面制绒:** 根据 Sungjin Choi 的研究，爆膜现象与硅片表面粗糙度直接相关。粗糙度越大，表面黏附力越大，爆膜概率越低。当采用光滑硅片、碱刻蚀后的硅片、金字塔绒面的硅片实验时，相同条件下，碱刻蚀的硅片爆膜现象明显改善，而金字塔绒面的硅片则完全没有爆膜问题。因此，实际生产中，可以在硅片正面制绒的同时，将电池背面进行微制绒，实现不增加工艺步骤，而解决 PECVD 的爆膜问题。

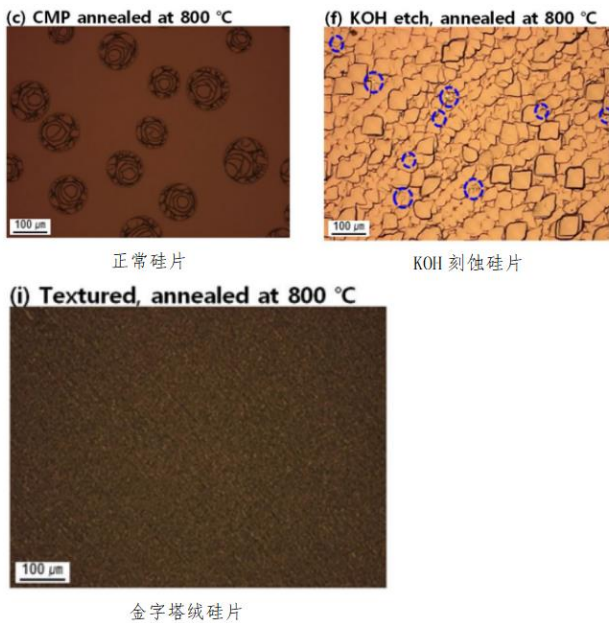


图 25: 碳掺杂可有效减少起泡现象



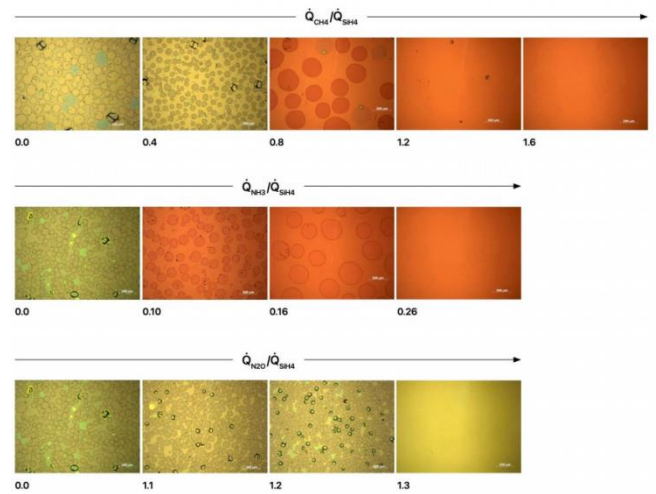
资料来源: 《Dual-Functional Carbon-Doped Polysilicon Films for Passivating Contact Solar Cells: Regulating Physical Contacts while Promoting Photoelectrical Properties》 (Zhenhai Yang et al., 2021), 财信证券

图 26: 碳掺杂可有效减少起泡现象



资料来源: 《Formation and suppression of hydrogen blisters in tunnelling oxide passivating contact for crystalline silicon solar cells》 (SungjinChoi et al., 2020), 财信证券

图 27: PECVD 技术在氢含量较高的环境下容易产品爆膜



资料来源: 《Development of non-blistering Si-rich layers for SiOx-based passivating contacts using PECVD》 (Prof. Andrea LI BASSI et al., 2021), 财信证券

表 4: LPCVD、PECVD 和 PVD 路线对比

LPCVD 路线	PECVD 路线	PVD 路线
将一种或数种气态物质，在较低的压力下，用热能激活，使其发生热分解或化	借助微波或射频等使含有薄膜组成原子的气体，在局部形成等离子体，而等离	在真空条件下，用物理的方法（真空溅射镀膜）使材

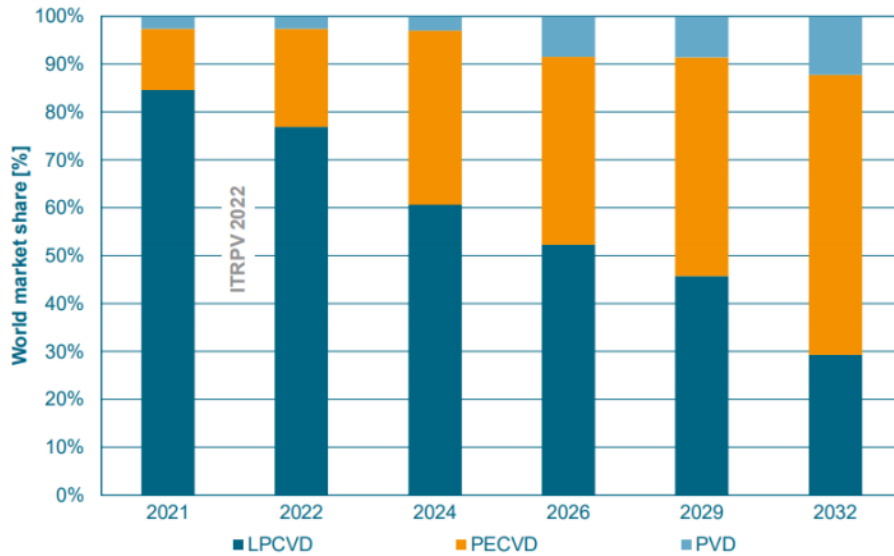
	学反应，沉积在衬底表面形成所需的薄膜。	子体化学活性很强，会发生反应，在基片上沉积出期望的薄膜。	料沉积在被镀工件上的薄膜制备技术。
优点	工艺成熟，控制简单容易，厚度均匀性好，致密度高	原位掺杂，轻微绕镀，冷壁成膜速率快，运营成本低，镀非晶硅层时有粉尘产生	原位掺杂，无绕镀，冷壁成膜速度快
缺点	成膜速率慢，有绕镀，需要高温，石英器件沉积严重	厚度均匀性差，纯度低（啥纯度），气泡问题，膜层致密度不高	设备成本高，靶材用量大，方阻均匀性偏差
成膜速度	3-6nm/min（本征）；1-3nm/min（原位掺杂）	>10nm/mins（原位掺杂）	>10nm/mins（原位掺杂）
掺杂方式	二次掺杂磷扩散或离子注入结合退火	原位掺杂	原位掺杂
薄膜绕镀	绕镀，需增加额外刻蚀，且刻蚀控制较为复杂	原则上可以实现无绕镀沉积，轻微绕镀也易清洗	预期无绕镀
工艺时间	本征多晶硅沉积（>120分钟）磷扩散或离子注入结合退火	掺杂非晶硅沉积（20-40mins），晶化退火（30mins）	NA
产品良率	97%-98%	预期较 LPCVD 高，待验证	97%（中来）
设备需求	扩散炉或离子注入机/退火炉，刻蚀机	晶化处理需要退火炉，取决于技术方案的配套设备	隧穿氧化层需 PECVD 制备，晶化处理需要退火炉，取决于技术方案的配套设备
设备价值量	4500-5500 万元/GW	3500-5000 万元/GW	
常见问题	绕镀，石英器件沉积严重	气泡，掉粉	方阻均匀性
设备厂商	LAPLACE, SEMCO, Tempress, 普乐	金辰, 捷佳伟创, MB, 红太阳等	杰太

资料来源：江西汉可公开资料，财信证券

根据 2022 年发布的第十三版 ITRPV 预测，PECVD 技术路线凭借低成本投资、轻耗材、降能耗、泛用性较广等诸多优势，且能解决 LPCVD 绕镀、速度较慢等固有问题，有望逐步占据 TOPCon 电池制备主流市场，在 2029 年达到将近 50% 的占有率。

图 28: PECVD 有望在多种 TOPCon 技术路线中占据主流

Different poly-Si deposition technologies for TOPCon concepts




资料来源: 2022 年 ITRPV 国际光伏技术路线图, 财信证券




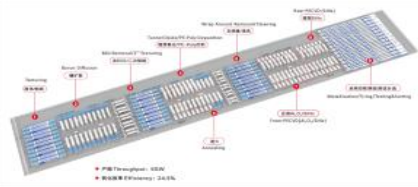
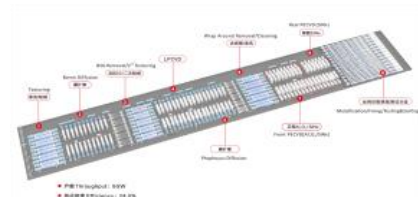
### 2.3 公司 PE-poly 产品助力优化成本, 设备龙头强者恒强

公司技术积累深厚, 在 TOPCon 领域持续发力。公司在光伏电池片设备及 PECVD 技术方面积累深厚, 在管式 PECVD 的 PERC 设备基础上持续研发, 在 N 型电池领域持续推出了 PE-poly 设备及自主研发的 MAD 设备。截止至 23 年 6 月底, 公司取得的 PE-Poly 设备订单已覆盖超过 250GW 的产能, 成为了 TOPCon 技术的主流, 并且随着 PE-Poly 在客户端量产效率和良率的不断提升以及成本优势的不断显现, 未来有望持续增长。公司于 22 年底创新推出的 MAD 设备, 是二合一 PE 氧化铝设备, 能在优化生产流程的同时, 提高电池光电转换效率。

相较于同行其他设备公司, 捷佳伟创产品已覆盖 TOPCon 生产全流程(湿法、扩散、管式、氧化、丝印), 是目前 TOPCon 电池设备主要玩家中唯一一个可以提供两种整线解决方案的厂商。

表 5: 公司 TOPCon 设备简介

设备	产品图	应用环节	产品简介
管式 PE-Poly 设备 (三合一)		隧穿层、Poly 层、原位掺杂层	实现了隧穿层、Poly 层、原位掺杂层的“三合一”制备, 不仅解决了传统 TOPCon 电池生产过程中绕镀、能耗高、石英件高损耗的固有难点, 而且大大缩短了原位掺杂工艺时间, 提高了生产效率, 有效提升 TOPCon 的转换效率和良率。

管式 LPCVD 设备		隧穿层、Poly 层	低压与热壁工艺特性，成膜均匀性、致密性好，LPCVD 工艺特性，基片密排对成膜速率影响小，单管装片量大。
MAD 设备		正面氧化铝	采取多种气相沉积方法深度复合的策略，创新性的叠层多次沉积 TOPCon 正面氧化铝，经过客户端长时间的研发性能测试及产线量产马拉松稳定性测试与严密的成本测算，该 MAD 装备及相关技术有效打开未来更多的工艺窗口，提高了电池光电转换效率，优化了生产流程。
激光掺硼设备		配套生产选择性发射电极 (SE) 电池	调用激光的方式作用于硼硅玻璃 (BSG) 表面，形成重掺，作为配套生产选择性发射电极 (SE) 电池。
PECVD 整线		整线	以 M10 尺寸为例，5GW-PECVD 路线 TOPCon 电池核心设备需要约 17 台 PE-Poly 设备、19 台 PEALD 设备以及 14 台管式 PECVD
LPCVD 整线		整线	以 M10 尺寸为例，5GW-PECVD 路线 TOPCon 电池核心设备需要约 28 台 LPCVD 设备、19 台 PEALD 设备以及 14 台管式 PECVD

资料来源：捷佳伟创公告，捷佳伟创官网，财信证券

表 6: TOPCon 各路线设备及主要厂商

	清洗制绒	硼扩设备	刻蚀设备	隧穿氧化层+多晶硅+磷扩		氧化铝+氮化硅镀膜	丝网印刷
				LPCVD	PECVD		
单 GW 设备投资额 (万元)	800	2000	1200	4500	3500	3200	3500
主要设备商	捷佳伟创 (市占率超过 70%)	扩散炉: 捷佳伟创, 拉普拉斯, 北方华创	捷佳伟创, 金辰股份, 拉普拉斯	拉普拉斯, 捷佳伟创, 普乐新能源, 赛瑞达	捷佳伟创, 金辰股份	捷佳伟创, 金辰股份, 拉普拉斯	迈为股份, 捷佳伟创



激光 SE：海  
目星，帝  
尔激光，  
英诺激光

资料来源：捷佳伟创公告，金辰股份公告，智谱投研，财信证券

**TOPCon 设备市场空间维持较高水平，PECVD 路线有望持续提升占有率。**根据 PV InfoLink 数据显示，截止 2022 年底 TOPCon 产能约为 81GW，根据 SMM 预测 2023 年底国内 TOPCon 产能约为 462.5GW 左右，根据 CPIA 的预测，PECVD 路线有望持续提升市占率。我们假设 TOPCon 产能在 24 和 25 年分别增长 70%和 40%，在技术路线上假设 LP 路线市占率逐步下滑，PE 路线逐步占据上风，CVD 路线略微下滑。在过去存量的 PERC 产线升级方面，根据 PV-Tech 数据，我们假设升级费用为 4000 万/GW。同时，早期 TOPCon 产能由于技术及设备较为落后，未来或将出现升级需求（双面 Poly，老旧设备更新等），假设升级费用为 5000 万元/GW，我们预计 2023-2025 年年 TOPCon 每年设备市场规模分别为 655.92、546.59 和 524.19 亿元。

**表 7：TOPCon 路线设备市场空间测算**

	2022	2023E	2024E	2025E
TOPCon 产能	81.00	462.50	786.25	1100.75
yoy		470.99%	70.00%	40.00%
TOPCon 新增产能		381.50	323.75	314.50
LPCVD 路线单 GW 投资额（亿元）		1.7	1.64	1.58
LPCVD 路线占比		62%	52%	46%
LPCVD 设备需求（GW）		236.53	168.35	144.67
LPCVD 路线设备空间（亿元）		402.10	276.09	228.58
PECVD 路线单 GW 投资额（亿元）		1.6	1.55	1.5
PECVD 路线占比		26%	37%	44%
PECVD 设备需求（GW）		99.19	119.79	138.38
PECVD 路线设备空间（亿元）		158.70	185.67	207.57
PVD 路线单 GW 投资额（亿元）		1.75	1.75	1.75
PVD 路线占比		12%	11%	10%
PVD 设备需求（GW）		45.78	35.61	31.45
PVD 路线设备空间（亿元）		80.12	62.32	55.04
PERC 产线升级需求（GW）		25	25	20
PERC 产线升级单 GW 投资额（亿元）		0.4	0.4	0.4
PERC 产线升级需求空间（亿元）		10	10	8
TOPCon 设备升级需求（GW）		10	25	50
TOPCon 设备升级单 GW 投资额（亿元）		0.5	0.5	0.5
TOPCon 设备升级需求空间（亿元）		5	12.5	25
TOPCon 设备市场空间（亿元）		655.92	546.59	524.19

资料来源：PV InfoLink，SMM，CPIA，财信证券



### 3 HJT：降本空间较大，公司镀膜技术优势延伸

#### 3.1 HJT 电池结构简单实用，制备流程短

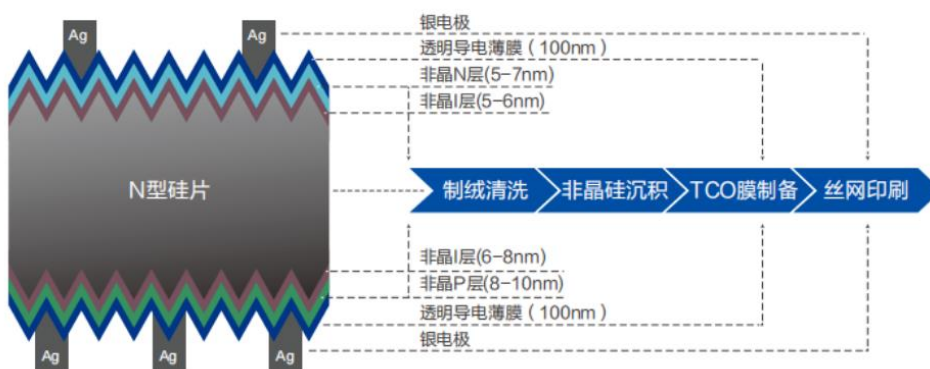
HJT 电池全称为晶体硅异质结太阳电池，由晶硅材料和非晶材料形成。HJT 电池的基本结构是以光照射侧的 p-i 型 a-Si: H 膜（膜厚 5-10nm）和背面侧的 i-n 型 a-Si: H 膜（膜厚 5-10nm）夹住晶体硅片，构成具有对称结构的电池。

从结构上看，HJT 电池在 N 型硅片正面依次沉积本征非晶硅薄膜和 P 型掺杂非晶硅薄膜以形成 P-N 结，在 N 型硅片的背面则沉积本征非晶硅薄膜和 N 型掺杂非晶硅薄膜以形成背表面场，并在两侧在沉积 TCO 导电薄膜，透明导电薄膜（TCO）主要用于解决非晶硅导电性较差的问题。

异质结电池具备较高的开路电压和高转换效率，原理在于其在 PN 结之间插入了本征非晶硅层作为缓冲层，本征非晶硅层对晶体硅表面有优秀的钝化作用，可以有效降低非晶硅与晶硅异质结表面的复合速率，获得更好的钝化效果，从而提高电池的开路电压和转换效率。

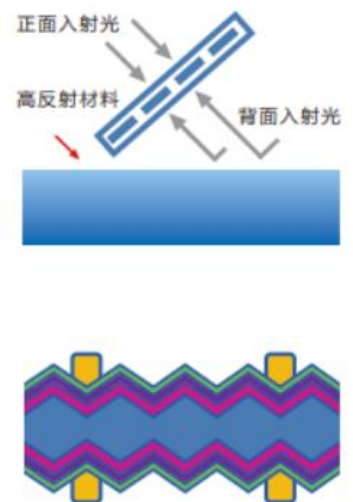
HJT 电池的双面率能达到 90%以上（理论最高能达到 98%），而 PERC 电池的双面率最高 75%，TOPCon 电池的双面率最高 85%，BC 电池的双面率不到 60%。据 solarzoom 测算，考虑 10%-20%的背面辐照及电池片双面率的差异，HJT 电池单瓦发电量高出双面 PERC 电池约 2%-4%。

图 29：HJT 电池结构及制备流程



资料来源：爱康新能源，财信证券

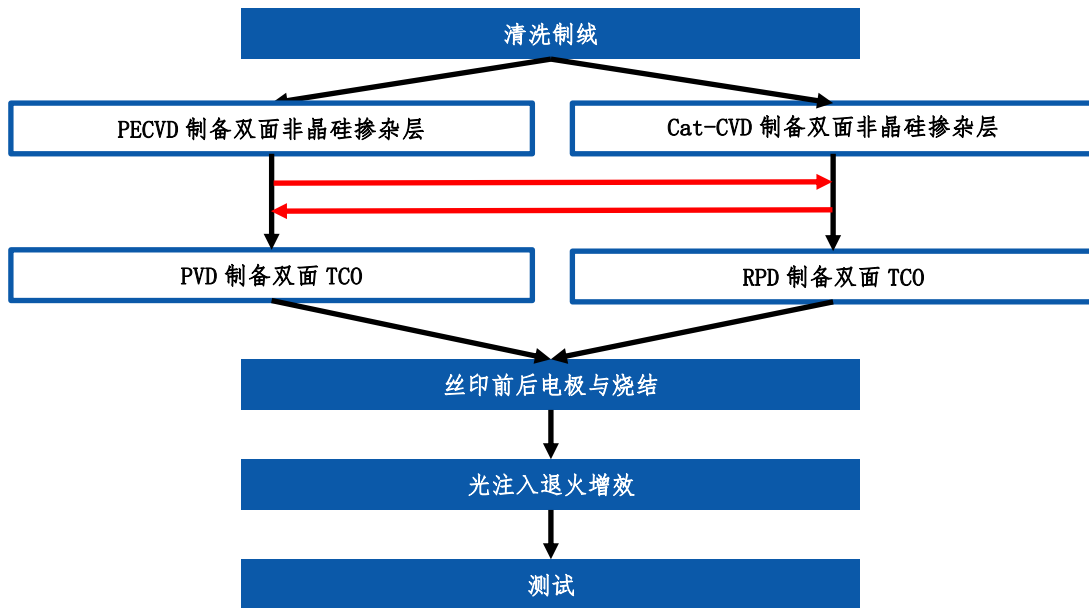
图 30：双面发电原理



资料来源：爱康新能源，财信证券

工艺流程简单，HJT 电池主要包括 4 个环节，为制绒清洗、非晶硅沉积、TCO 膜制备、丝网印刷，远少于 TOPCON（12-13 个）。其中，非晶硅沉积主要使用 PECVD、Cat-CVD（即热丝 CVD 法）两种方法，TCO 膜制备主要使用 PVD 和 RPD 设备。

图 31: HJT 制备流程



资料来源: CPIA, PV-Tech, 中科院电工所, 财信证券

### 3.2 小众技术热丝 CVD 具备理论优势，未来有望成为镀膜环节新选择

热丝 CVD，又名催化化学气相沉积。又名 Catalytic-CVD(Cat-CVD)，Hot-wire CVD(HWCVD)，HotFilament CVD(HoFCVD)。其诞生相较 PECVD 技术晚 10 余年，且在过去全球范围内只有日本爱发科公司（ULVAC）一家可供应该产品，所以导致关注度一直不高。其原理是在真空腔体中放置有直流电加热的特种金属丝，将金属丝的温度加热到维持在 1700-2000℃的环境下，通入反应气体（SiH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub> 等）。反应气体与高温金属丝碰撞，发生催化裂解，生成多种具有强烈活性的“不带电”的基团（Si、H、SixHy 等）。这些活性基团从热丝表面随机向四周发射，最终落在衬底上（如加热到 200℃左右的硅片），随后即在衬底表面反应生成薄膜。

热丝 CVD 在制备非晶硅掺杂层上拥有沉积速率快、生长微晶工艺简单、无绕镀无粉尘等优势。

表 8: HWCVD 技术沉积速率快

	HWCVD	PECVD	备注
少子寿命	~1100us	~1800us	钝化效果相同
沉积速率	22nm/min	6nm/min	HWCVD 沉积速率快

资料来源: 江西汉可公开资料, 财信证券

表 9: HWCVD 生长微晶的工艺简单，成本低

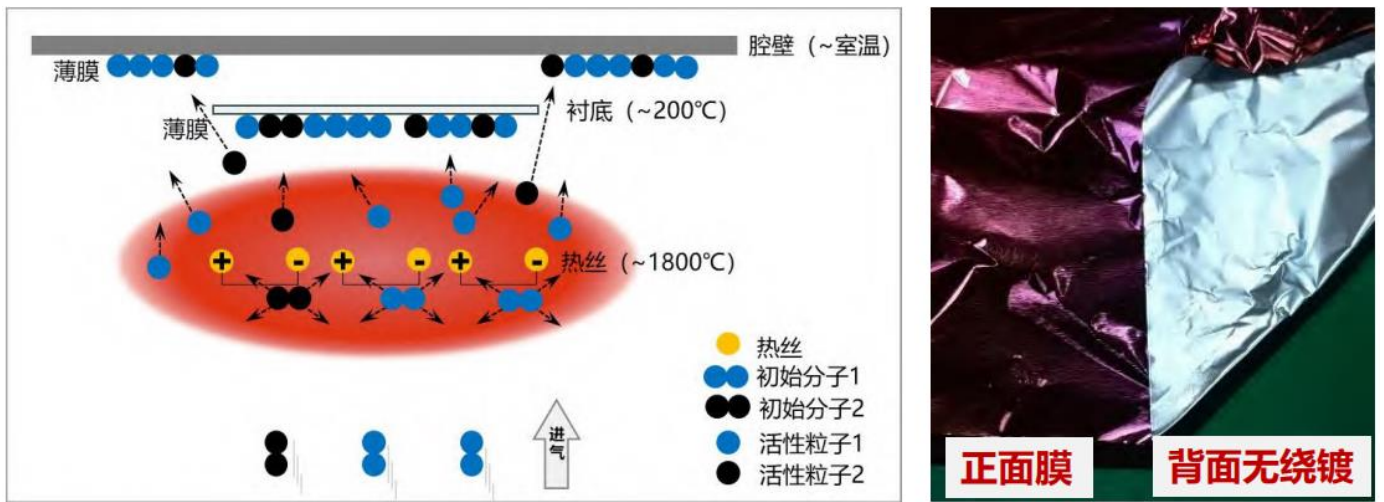
	实现微晶的能量		H2 用量	
类型	HWCVD	PECVD	HWCVD	PECVD
方式	增大电流	增大射频	小幅增加 H2 比例	大幅加大 H2 比例
对比	<ul style="list-style-type: none"> <li>HWCVD 增大电流不需设备硬件调整，不影响膜的均匀性、稳定性。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>PECVD 的 H2 耗量是 HWCVD 的数十倍，甚至百倍以上</li> </ul>	

- PECVD 增大射频，产生驻波效应。影响成膜均匀性。

资料来源：江西汉可公开资料，财信证券

**热丝 CVD 无绕镀问题的主要原因：**①反应气体带来的活性基团的是灯泡式活动轨迹，并非无规则运动；②活性基团的运动程长约 10cm，约等于热丝到衬底的距离，碰撞问题不易发生。

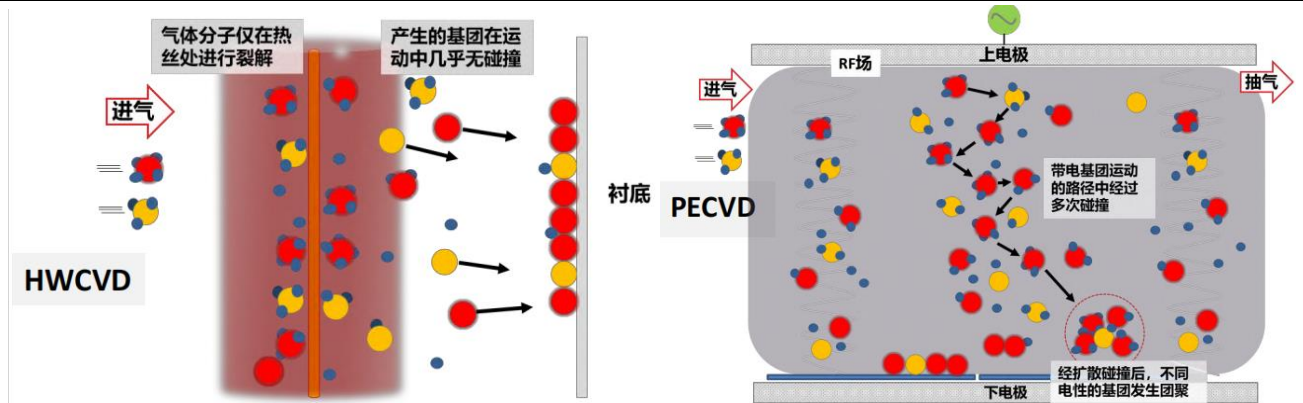
图 32: HWCVD 无绕镀问题



资料来源：江西汉可公开资料，财信证券

**热丝 CVD 无粉尘问题的主要原因：**①镀膜气压仅在 1Pa 左右，未在基板/腔壁上附着的活性基团会被快速抽出腔体；②活性基团在腔体空间内的运动无干扰，不会发生多次碰撞；③基团不带电，不会发生团聚。

图 33: HWCVD 与 PECVD 粉尘问题对比





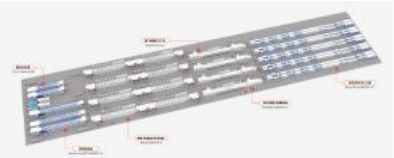
资料来源：江西汉可公开资料，财信证券

### 3.3 公司产品布局全面，有望在 HJT 扩张期受益

公司 HJT 设备布局全面，是唯一能够供给整线的厂商之一。公司在 HJT 四个步骤中均有产品布局。分环节看，在清洗制绒设备方面公司拥有较高市占率。在制备非晶硅薄膜环节，公司是唯一布局了 PECVD 和 HWCVD 两种路线的厂商，有望充分受益于 HWCVD

的市占率提升。在制备 TCO 膜环节，公司同样是唯一布局了 PVD 和 RPD 两种路线的厂商，且公司 RPD 设备获日本住友重工授权，是国内唯一 RPD 设备供应商。在丝网印刷环节，公司稍弱于领域龙头迈为股份。

表 10: 公司 HJT 设备简介

设备	产品图	应用环节	产品简介
HJT 清洗制绒设备		制绒、清洗	利用湿化学方法对 HJT 电池清洗及绒面结构优化。
HJT 板式等离子体增强化学气相沉积设备		制备本征及掺杂非晶硅薄膜	工艺气体在射频 RF 电磁场环境中电离相互反应，在衬底上沉积出相应的薄膜材料。较小反射功率的快速启辉、均匀稳定大面积成膜。成熟稳定的多点馈入射频 RF 技术、技术兼容性和产品升级。腔体内反应间距可调、灵活的工艺窗口。
HWCVD 设备	暂无	制备本征及掺杂非晶硅薄膜	相较于 PECVD 设备，HWCVD 设备对非晶硅薄膜的轰击和损伤小，电池转换效率明显提高。同时，HWCVD 具有高沉积速率、高气体利用率的特点，薄膜也具有高稳定性的特点。该设备在 2021 年研发完成。
板式透明导电薄膜沉积设备 (RPD/PAR/PVD)		制备种子层与多种折射率的叠层 TCO	板式物理镀膜设备用于镀着透明导电薄膜于衬底(硅片、玻璃片、柔性基板)。包含 PVD 和 RPD 两种模式，其中，PVD 具有多阶阴极，可以制备种子层与多种折射率的叠层 TCO，RPD 具有无高能离子轰击衬底特点，能制备高少子迁移率的 TCO。
HJT 全自动半片卷纸印刷机		金属化	把银浆通过压力印刷至电池片表面，经过烘干固化后成为太阳能电池正负极。
高效异质结 (HJT) 太阳能电池智能生产线		整线	适用于高效异质结 (HJT) 太阳能电池片生产企业的新线建设。包含清洗制绒，镀非晶硅，镀导电层及丝网印刷 4 个步骤，平均量产效率大于 24.3%。

资料来源：捷佳伟创 2021 年年度报告，捷佳伟创官网，财信证券



**表 11: HJT 各路线设备及主要厂商**

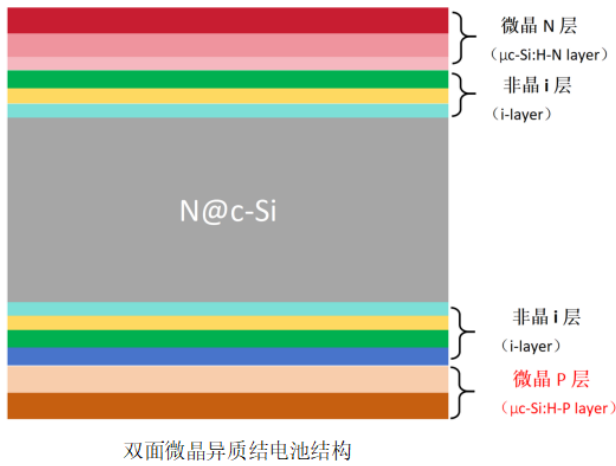
	清洗制绒	非晶硅层沉积		TCO 层制备		丝网印刷	
价值占比	10%	50%		25%		15%	
单 GW 产线价值量	4000 万元左右	1.8-2.2 亿元		0.9-1.1 亿元		6000 万元左右	
技术路线		PECVD	HWCVD	PVD	RPD	丝网印刷	铜电镀
主要设备商	捷佳伟创, 迈为股份	迈为股份, 捷佳伟创, 金辰股份, 钧石能源, 理想万里晖, 精耀科技	捷佳伟创, 江西汉可	迈为股份, 捷佳伟创, 金辰股份, 钧石能源, 理想万里晖, 精耀科技	捷佳伟创	迈为股份, 捷佳伟创	迈为股份, 帝尔激光

资料来源: 迈为股份公告, 捷佳伟创公告, 艾邦光伏, SOLARZOOM, 财信证券

**公司在 HJT 领域持续实现技术突破。**射频(RF)工艺方面, 由于其功率较低, 在成膜速度方面一直是 HJT 电池量产效率痛点。公司官网 23 年 8 月 2 日发布消息, 捷佳伟创常州 HJT 中试线成功研发出具有行业先进水平的射频(RF)微晶 P 工艺, 微晶 P 薄膜沉积速率超过 2 埃/秒, 同时晶化率稳定在 50%以上。常州中试线制备的基于双面微晶的 12BB 异质结电池平均效率达到 25.1% (德国 ISFH (哈梅林) 标准), 电池良品率稳定在 98% 以上。公司官网于 23 年 11 月 3 日发布消息, 经权威第三方检测认证机构 TÜV 南德认证, 捷佳伟创 G12-132 版型异质结组件平均功率达到了 720.65W(南德新标准), 组件平均转换效率 23.20%。这是公司继高速 RF 微晶 P 沉积技术、600MW 异质结电池整线出货后, 在异质结电池技术领域取得的又一进展。



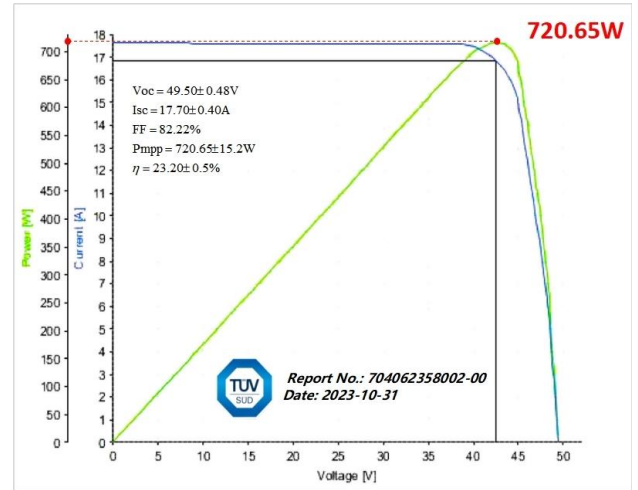
图 34: 双面微晶 HJT 电池结构



双面微晶异质结电池结构

资料来源: 捷佳伟创官网, 财信证券

图 35: 捷佳伟创异质结组件平均功率再创新高



资料来源: 捷佳伟创官网, 财信证券

HJT 单瓦成本高于 TOPCon 及 PERC, 降本空间较大。我们根据现有公开数据结合部分假设进行测算, 得出 PERC、TOPCon 和 HJT 电池的单瓦成本。其中 TOPCon 电池每瓦成本高出 PERC 电池 0.03 元, HJT 电池每瓦成本高出 PERC 电池 0.11 元, 叠加 HJT 电池产线不像 TOPCon 电池一样可以在 PERC 产线上直接进行升级, 导致 HJT 近年扩产速度较慢。我们判断, 在铜电镀, OBB 等 HJT 领域降本技术全面普及后, HJT 电池单瓦成本降至较低水平后, HJT 电池将会迎来新一轮扩产。

表 12: PERC, TOPCon, HJT 电池片成本对比

	PERC	TOPCon	HJT	单位
电池尺寸	182	182	182	mm
电池面积	33124	33124	33124	mm <sup>2</sup>
电池片效率	23.5%	25.5%	25.5%	%
良率	99.5%	95.0%	98.0%	%
单片瓦数	7.75	8.02	8.28	W
硅片价格 (182mm)		2.2		元/片
硅片成本	0.28	0.27	0.27	元/W
银浆	0.06	0.08	0.12	元/W
靶材			0.03	元/W
设备折旧	0.020	0.025	0.040	元/W
电力及人工	0.05	0.06	0.06	元/W
其他制造成本	0.04	0.04	0.04	元/W
成本总计	0.45	0.48	0.56	元/W

资料来源: PV infolink, solarzoom, SMM, 财信证券 注: 硅片价格取 2023 年 12 月 13 日价格

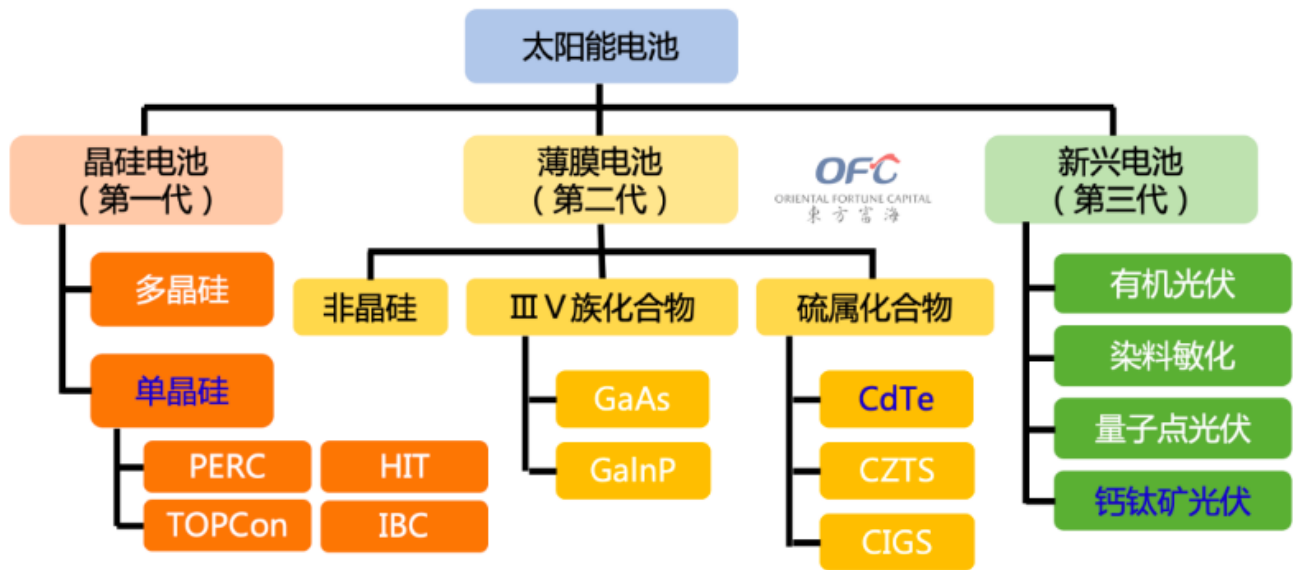
## 4 钙钛矿：把握从 0 到 1，布局正当时

### 4.1 第三代太阳能电池佼佼者，材料及结构优势明显

钙钛矿属于第三代太阳能电池。钙钛矿型太阳能电池（perovskite solar cells），是利用钙钛矿型的有机金属卤化物半导体作为吸光材料的太阳能电池，属于第三代太阳能电池。第三代太阳能电池主要指具有高转换效率的一些新概念电池，如染料敏化电池、量子点电池以及有机太阳能电池等，也称作新概念太阳能电池。从光伏电池发展历程来看，第一代是以硅材料为基本材料的太阳能电池，是过去及目前最成熟的主流商业电池，量产十分成熟；第二代是薄膜电池，以铜铟镓硒(CIGS)、碲化镉(CdTe)电池为代表，但其制备过程复杂，难度较高，所需金属储量较少，导致其难以发展。

钙钛矿电池发展时间短，未来前景广阔。钙钛矿电池有望融合第一代晶硅电池和第二代无机物薄膜电池优点，推动光伏行业提效降本、打开远期市场空间的下一代太阳能电池技术。

图 36：太阳能电池发展历程



资料来源：东方富海，财信证券

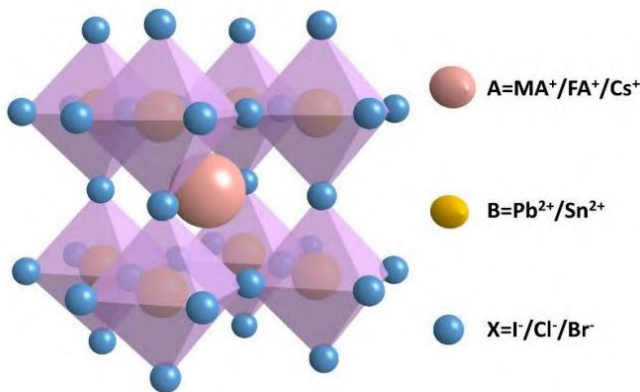
钙钛矿晶体结构稳定，原材料廉价易得。广义的钙钛矿其实是指具有  $ABX_3$  型的化学组成的化合物，A 位通常是有机或无机阳离子，B 位是金属阳离子，X 位则是卤族阴离子，共同构成有机无机杂化钙钛矿，且 A, B, X 离子分别可选择一种或多种配方体系，A 离子一般可选择甲胺（ $CH_3NH_3^+$ ，即  $MA^+$ ）、甲脒（ $NH_2\cdot HC=NH_2^+$ ，即  $FA^+$ ）和  $Cs^+$  等一价阳离子。B 可选择的有亚铅离子（ $Pb^{2+}$ ）、亚锡离子（ $Sn^{2+}$ ）和亚锗离子（ $Ge^{2+}$ ）等二价阳离子，X 可选择的有碘离子（ $I^-$ ）、溴离子（ $Br^-$ ）和氯离子（ $Cl^-$ ）等卤素阴离子。 $ABX_3$  钙钛矿结构中，其中 B 与 X 形成正八面体对称结构，位于八面体的中心，A 分布在八面体组成的中心形成立方体，晶体结构稳定。且由于金属卤化物钙钛矿所需的碳、氮、氢、铅、碘是自然界常见元素，均非稀有金属等高价材料，所以钙钛矿电池原材料可以说

是廉价易得。

**带隙可调整，适合用作叠层电池。**由于  $ABX_3$  是一种人工设计的材料，因此钙钛矿电池可以通过改变替换  $ABX_3$  结构中的部分离子配方，从而调控钙钛矿材料的带隙，使其更接近单结太阳能电池的理想值（33%）。带隙调节直接影响钙钛矿太阳能电池的性能，如光电转换效率、开路电压、填充因子等，钙钛矿太阳能电池的带隙通常调节在 1.2~3eV 之间。一般来说，对于较小的带隙材料（如  $CH_3NH_3PbI_3$ ），可以通过引入杂质离子（如 Cl、Br 等）来调节带隙；对于较大的带隙材料（如  $CsPbBr_3$ ），可以通过温度处理来实现带隙调节。通常情况下，带隙较小的钙钛矿太阳能电池（如  $CH_3NH_3PbI_3$ ）具有较高的光电转换效率，但开路电压较低；带隙较大的太阳能电池（如  $CsPbBr_3$ ）则具有较高的开路电压，但光电转换效率较低。同时，带隙可调也使得钙钛矿电池适合作为叠层电池的顶层，与底层电池吸收不同波段的光谱。

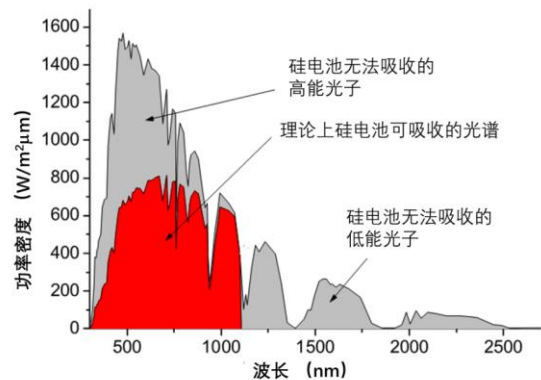
**光谱响应范围广，理论效率高于晶硅电池。**叠层电池对太阳光光谱响应范围更宽，光能的吸收更高，因此具有更高的转换效率，双结和三结电池理论效率分别达到 45% 和 49%。最常用的纯碘的钙钛矿材料（ $MABPI_3$ ），带隙约为 1.55eV，对应的吸收带边为 800nm，可吸收整个可见光谱内的光子，且吸收系数高。而传统硅晶电池，由于硅的带隙为 1.12eV，因此单晶硅电池理论效率上限为 29.4%，远低于钙钛矿电池理论值。

图 37: 钙钛矿晶体结构



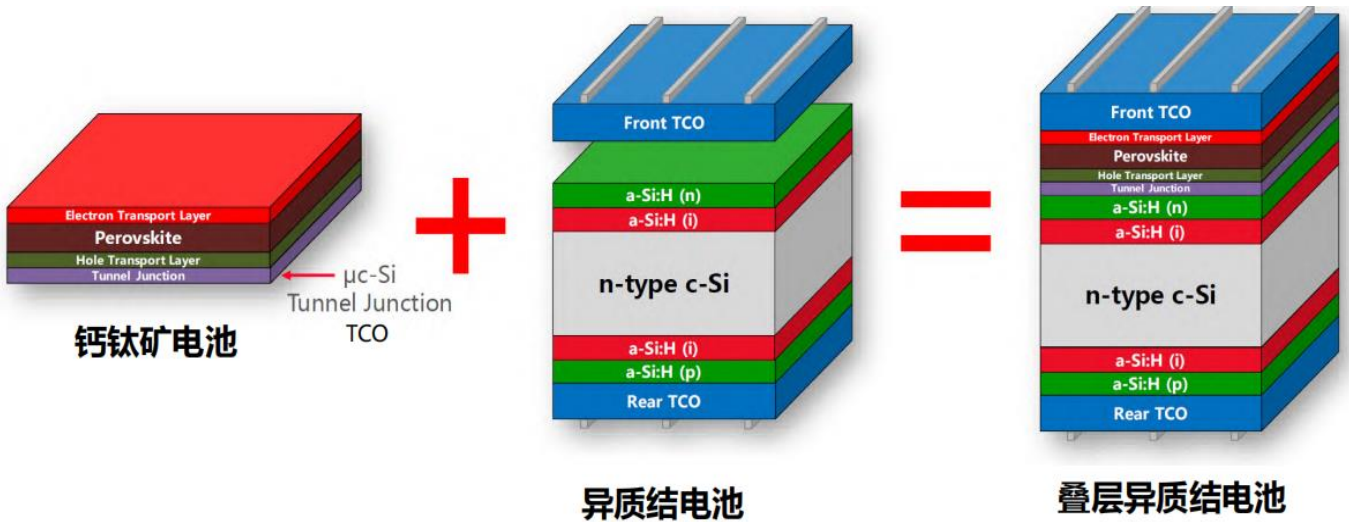
资料来源:《高效稳定卤化物钙钛矿太阳能电池的进展与挑战》(何坤等, 2023), 财信证券

图 38: 硅晶太阳能电池光谱损失



资料来源: 华夏能源网, 一道新能, 财信证券

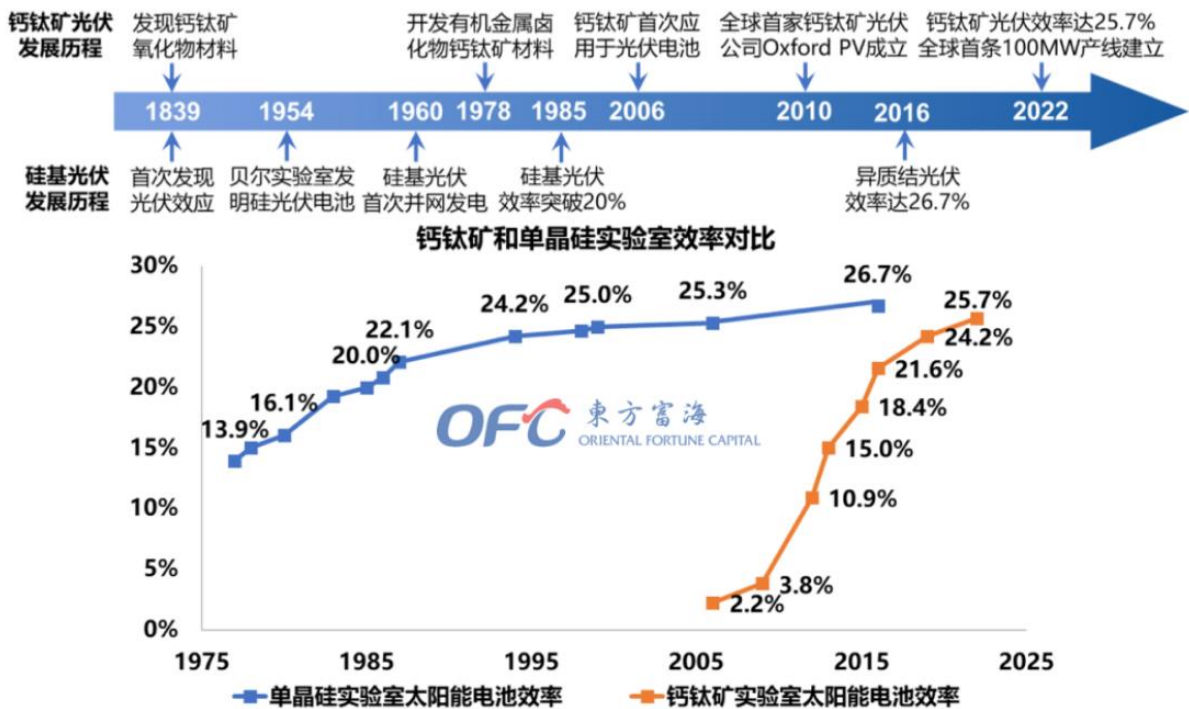
图 39: 钙钛矿电池是叠层电池的首选



资料来源: 捷佳伟创公告, 汉能, 财信证券

钙钛矿太阳能电池发展迅速, 实验室效率不断突破。2009 年, 日本科学家宫坂力 (Tsunomu Miyasaka) 首次选用有机-无机杂化的钙钛矿材料碘化铅甲胺 (CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>) 和溴化铅甲胺 (CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub>) 作为新型光敏化剂, 取代染料敏化太阳能电池中的染料, 制备出全球第一个具有光电转换效率的钙钛矿太阳能电池器件。虽然其转换效率仅有 3.8%, 但开启了钙钛矿太阳能电池从无到有的一步, 后续各国学界逐步重视钙钛矿太阳能电池, 实验室效率一路攀升, 在 2022 年已几乎逼近硅晶电池效率。长远来看, 钙钛矿太阳能电池有望逐步赶超硅晶电池并超越其极限效率, 在未来成为新一代太阳能电池的主力军。

图 40: 钙钛矿电池发展历程及实验室效率对比



资料来源: 东方富海, 财信证券



## 4.2 制备环节较少，镀膜、涂布及激光均为核心

钙钛矿太阳能电池同样拥有传统光伏电池的层级结构，主要由五层组成，包括透明导电基底、电子传输层（ETL）、钙钛矿吸光层、空穴传输层（HTL）、金属电极。

1) 透明导电基底：主要作用为承载其他材料和收集光电子。透明导电基底一般采用氧化铟锡导电玻璃（ITO）或者氟掺杂的氧化锡导电玻璃（FTO）制成，本质是高可见光透过率、低电阻率的透明电极。作为其他材料的载体，光线由此射入，将收集到的光电子传送到外电路。

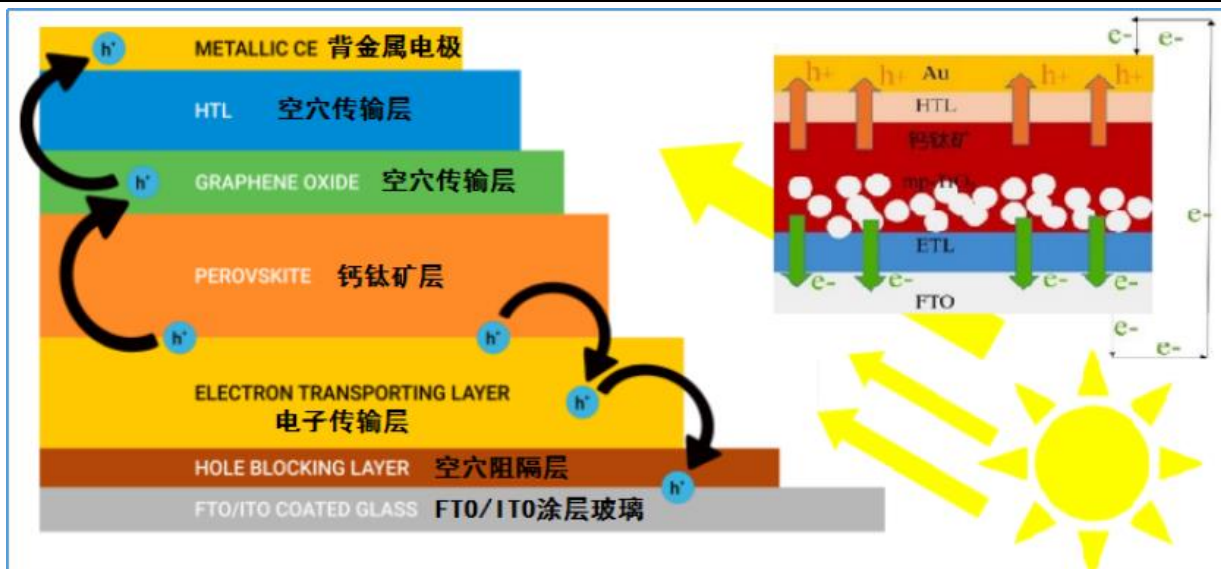
2) 电子传输层（ETL）：主要负责传输电子并抑制电子回流。由致密 TiO<sub>2</sub> 和介孔 TiO<sub>2</sub> 两层材料组成。其中，致密 TiO<sub>2</sub> 用于阻止导电基底与钙钛矿的直接接触，避免空穴向导电基底传输；介孔 TiO<sub>2</sub> 为钙钛矿生长提供框架与支撑，形成多孔 TiO<sub>2</sub>/钙钛矿混合层，用于传输电子。制备环节中，先将 ETL 材料涂布在基底上，随后进行高温处理，以形成良好的电子传输通道。

3) 钙钛矿吸光层：主要负责吸收太阳光并转化为电荷载流子。钙钛矿材料通常采用有机铅卤化物或者全无机铅卤化物等材料，典型代表为碘化铅甲胺（MAPbI<sub>3</sub>，MA=CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub><sup>+</sup>）。这些材料能吸收太阳光，产生光电子，实现光电转换。

4) 空穴传输层（HTL）：主要负责提取和传输光生空穴并抑制空穴回流。常用的 HTL 材料包括 Spiro-OMeTAD 等。制备环节中，先将 HTL 材料涂布在电子传输层（ETL）上，随后进行热处理或光处理，以形成良好的空穴传输通道，用于提取与传输光生空穴。

5) 金属电极：主要负责传输电荷并连接外电路。通过在空穴传输层外面蒸镀一层金、银或铝制成，作用是提高电极的导电性能，用于传输电荷并连接外电路。制备环节中，采用真空蒸发或溅射等方法将金属材料沉积在 HTL 上，形成透明、导电的电极膜。随后进行热处理或光处理，以优化电极性能并提高电池的光电转换效率。

图 41：钙钛矿结构及电荷传导图

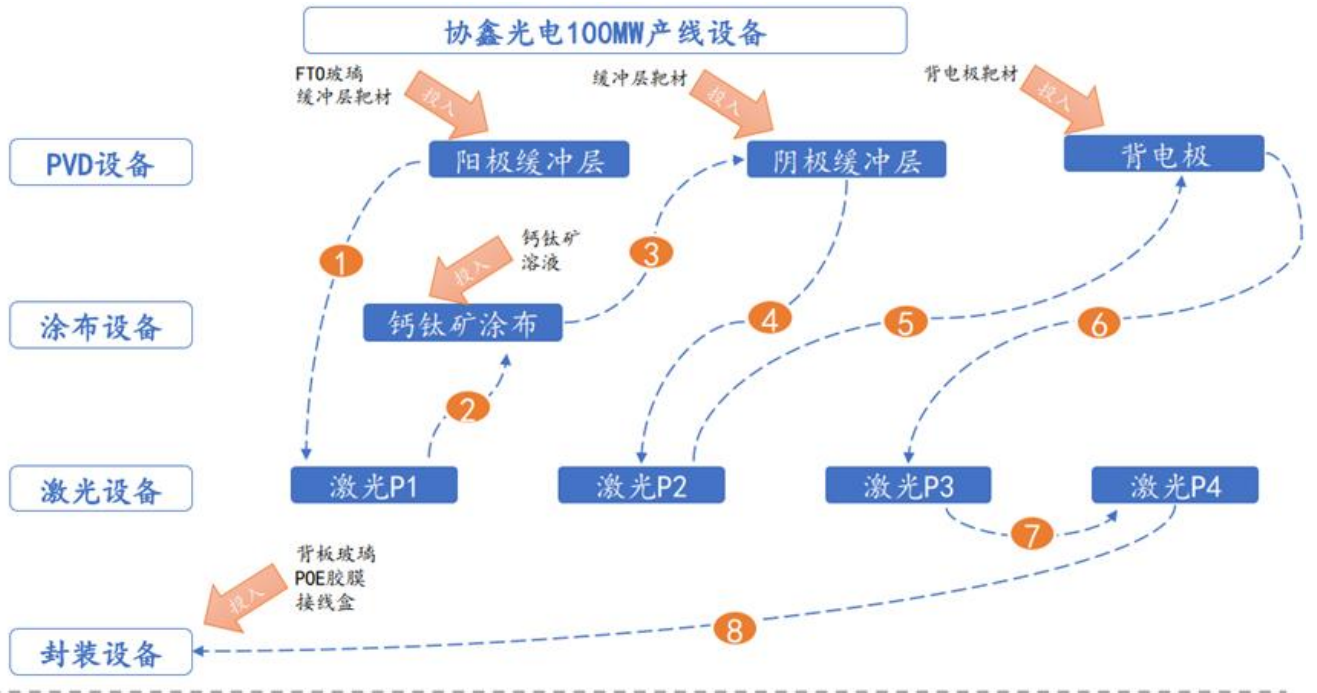


资料来源：全球光伏，财信证券



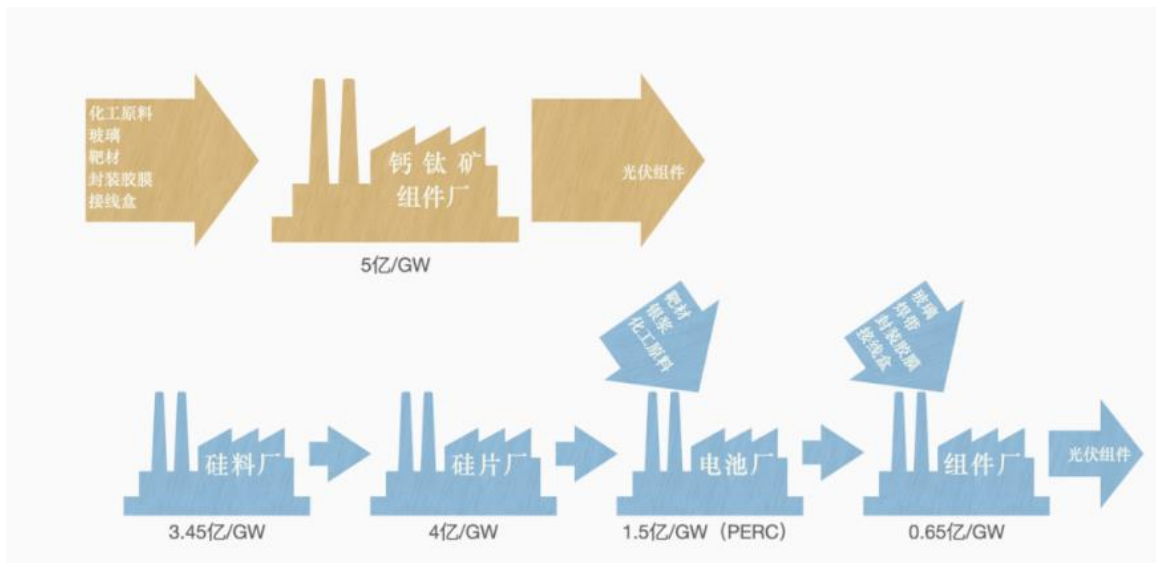
钙钛矿太阳能电池生产流程短，9步完成完整钙钛矿组件，生产效率高。根据协鑫光电100MW产线来看，生产钙钛矿的具体流程仅为9步，分别为：输入FTO玻璃并用PVD设备镀阳极缓冲层→激光P1划线→钙钛矿涂布结晶→PVD第二道设备镀阴极缓冲层→激光P2划线→PVD再镀背电极→激光P3划线→进行激光P4刻画→封装。钙钛矿只需从原料进入到组件成型2个环节，相比于传统硅晶电池需要从硅料厂→硅片厂→电池厂→组件厂而言，投建环节更为简单，建厂开销也仅有5亿元/GW，远低于传统硅晶电池的9.6亿元/GW。

图 42: 钙钛矿生产流程及对应设备 (以协鑫光电 100MW 产线为例)



资料来源: 德沪涂膜, 协鑫光电, 财信证券

图 43: 钙钛矿产线投建环节较少



资料来源: OFweek, 财信证券

叠层钙钛矿电池主要设备包含 PVD、ALD、RPD 和涂布设备。以异质结叠层钙钛矿电池为例，TCO 层和缓冲层主要使用 RPD 和 PVD 等镀膜设备，电子传输层和钙钛矿层主要使用狭缝涂布，电洞传输层可使用镀膜技术也可以使用涂布技术，穿隧层主要使用 PVD、RPD 和 CVD 等镀膜设备。

图 44: 钙钛矿各层所需设备

工艺	材料	设备
TCO 800~1000nm	ICO, IWO, ITO	RPD
	ITO, IZO	PVD
缓冲层 15~20nm (Buffer Layer)	SnO <sub>2</sub>	RPD/ALD
电子传输层 1nm/15nm (E Transportation Layer)	LiF or MgF <sub>2</sub> /C60, PCBM	Evaporation Slot-Die coating
钙钛矿 ~500nm (Perovskite)	ABX <sub>3</sub>	Evaporation Slot-Die Coating
电洞传输层 15~20nm (Hole Transportation Layer)	NiO, CuO	PVD
	Spiro-TTB	Coating
穿隧层 15~20nm (Tunnel Junction)	ICO, ITO	RPD/PVD
	p nc-SiO <sub>x</sub> /n nc-SiO <sub>x</sub>	CVD

资料来源：捷佳伟创公开资料，财信证券

### 4.3 公司是国内 RPD 设备独供厂商，具备钙钛矿整线设备提供能力

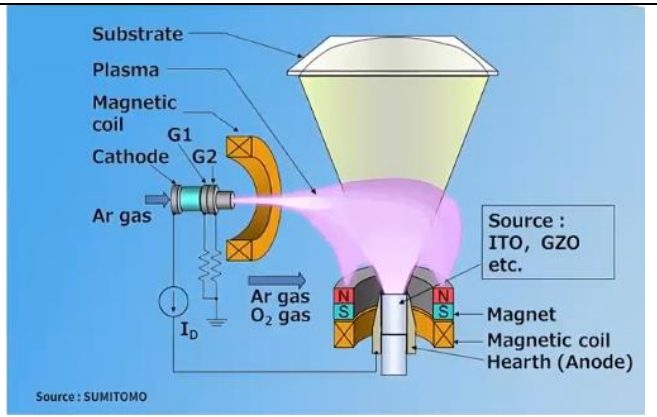
公司是国内唯一一家能够提供 RPD 设备的厂商，竞争格局优秀。公司在 2018 年取得日本住友重工 RPD 设备在中国大陆地区的独家授权，且后续持续开发了透光导电膜独家设计，有高技术壁垒，且为独家供应，没有明显竞争风险。

RPD 为反应等离子体沉积技术，即 Ar (氩) 通过等离子枪产生的等离子体进入到工艺腔体内，然后在磁场作用下打到靶材上，靶材升华沉积至衬底上的镀膜方法。相对传统 PVD 设备，RPD 设备具有离子轰击小、表面损伤少、沉积速度快、少子寿命长等优势，RPD 设备制备的薄膜致密性更好、导电性更高、透光性更好，对于提升太阳能电池转换效率具有重要作用。RPD 设备在钙钛矿领域可用于透明导电层(TCO)、空穴传输层(HTL)、缓冲层沉积。在 HJT 领域可用于 TCO 沉积，但由于膜层结构和技术差异，钙钛矿及钙钛矿叠层电池涉及的、RPD 设备与 HJT 电池涉及的 RPD 设备存在腔室大小、排列方式存在实质差异，不同技术路线产品不通用。

公司在 23 年 10 月 16 日于官网发布新闻，表示公司顺利出货大面积钙钛矿薄膜立式量产设备，包括用于钙钛矿的 RPD 和 PVD 设备，且此前公司的 RPD 设备已在该客户的钙钛矿研发线上投入使用，助力客户在钙钛矿组件上实现了超过 19% 的第三方认证转换效率。公司在钙钛矿领域持续获得突破和客户的认可并获得客户重复性订单，在光伏新技术发展领域再下一城。公司重点推出的 RPD 设备由于其制备膜层透光率高、沉积速率高、转换效率高，在钙钛矿领域实现了技术运用的创新拓展，获得市场的高度认可。此

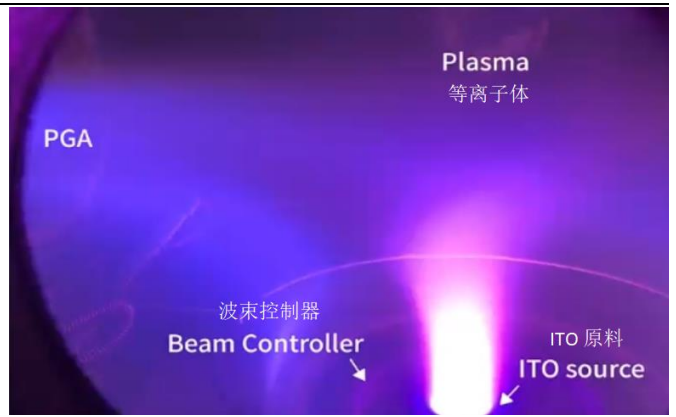
外，公司推出的蒸镀设备、涂布设备、激光设备在满足客户个性化需求的前提下不断优化，在此基础上，公司创新性地推出了五合一团簇式钙钛矿叠层真空镀膜设备，持续助力客户降本增效，且在9月24日官宣已实现顺利出货。

图 45: RPD 镀膜原理



资料来源：捷佳伟创公开资料，财信证券

图 46: RPD 实际工作环境



资料来源：捷佳伟创公开资料，财信证券

图 47: 公司五合一团簇式钙钛矿叠层真空镀膜设备成功交付



资料来源：捷佳伟创公开资料，财信证券

公司具备钙钛矿及钙钛矿叠层 MW 级量产型整线装备的研发和供应能力，已向十多家光伏头部企业和行业新兴企业及研究机构提供钙钛矿装备及服务。根据公司公告，截止至 23 年 9 月末，公司共获得钙钛矿各类设备订单 2.17 亿元，已交付 1.70 亿元设备。其中 PVD 及 RPD 设备均已交付 1200x600 尺寸基板同时镀 2 张载板的装备，真空镀膜设备已交付 450mm 幅宽基板的蒸镀装备。在 2022 年及 2023 年 Q1-Q3 均实现了 75% 以上的客户覆盖率。



**表 13: 公司钙钛矿客户覆盖率**

	2022 年	2023 年 1-9 月
采购钙钛矿及钙钛矿叠层电池设备企业家数	13	4
捷佳伟创覆盖家数	10	3
捷佳伟创覆盖比例	76.92%	75.00%

资料来源：捷佳伟创公告，财信证券

**表 14: 捷佳伟创在钙钛矿设备各领域竞争对手梳理**

领域	主要竞争对手	竞争对手简介
PVD	京山轻机	京山轻机为深交所主板上市企业，其子公司晟成光伏主要从事光伏行业智能化装备的研发、制造、销售及服务。公司已经具备 PVD 设备交付能力。
	众能光电	全称杭州众能光电科技有限公司，成立于 2015 年 8 月，主要从事薄膜光电器件和相关装备的研发和生产。公司开发了一系列钙钛矿光电器件装备，PVD 设备已实现批量出货
	红太阳	全称为湖南红太阳光电科技有限公司，成立于 2009 年 6 月，是一家专业从事光伏装备、智能制造系统集成应用和研发生产于一体的国有高新技术企业，隶属于中国电子科技集团有限公司。公司 PVD 设备已实现交付。
真空镀膜	京山轻机	公司研发的钙钛矿电池团簇型多腔式蒸镀设备现已量产，并成功应用于多个客户端。
	新奕华	全称为合肥欣奕华智能机器股份有限公司，成立于 2013 年，主营泛半导体高端装备、工业机器人、智能工厂解决方案的研发、生产、销售及技术服务。公司生产的 InLine 钙钛矿真空镀膜机已交付。
狭缝涂布	美国 nTact	美国 nTact 长期深耕钙钛矿行业，是全球领先的钙钛矿涂膜设备企业。nTact 是全球最早聚焦解决大面积制备以及晶硅钙钛矿叠层涂膜技术挑战的精密涂膜设备公司。
	日本东丽工程 德沪涂膜	日本东丽工程株式会社是日本一家综合性的工程及自动化设备制造公司，其生产的狭缝涂布设备在国内市场具有一定的市场占有率。 德沪涂膜是国内最大的钙钛矿电池制造用狭缝涂布设备供应商，在大尺寸电子级狭缝涂布设备领域市场占有率达 70%。

资料来源：捷佳伟创公告，财信证券

**钙钛矿电池规划产能超 30GW，把握从 0 到 1 机会。**根据捷佳伟创公告整理，截止至 23 年 9 月末，各公司钙钛矿产能规划达到 30GW 以上，且伴随叠层技术逐步成熟，我们预测现在部分 TOPCon 及 HJT 产能将持续带动未来钙钛矿产能扩张，钙钛矿电池产业具有优秀的前景，有望实现从 0 到 1 突破。

**表 15: 国内钙钛矿企业现有产能及规划**

公司名称	现有产能及规划产能情况
昆山协鑫光电材料有限公司	现有 100MW 产线，计划 2024 年落地 GW 级产线，2025 年建设 5-10GW 产线
杭州纤纳光电有限公司	现有 100MW 产线，衢州生产基地项目总体规划 5GW

极电光能有限公司	现有 150MW 产线，全球首条 1GW 钙钛矿产线已于 2023 年 4 月开工，2024 年-2025 年建设 5GW 产线
湖北万度光能有限责任公司	现有 200MW 产线，规划产能 10GW
浙江合特光电有限公司	现有 100MW 产线
仁烁光能（苏州）有限公司	现有 10MW 产线，150MW 产能在建
杭州众能光电科技有限公司	200MW 产能在建
金昌鑫磊鑫半导体科技有限公司	1GW 产能在建
大正（江苏）微纳科技有限公司	现有 10MW 产线，100MW 产能在建
深圳无限光能技术有限公司	100MW 产能在建
广东光晶能源科技有限公司	现有 10MW 产线，100MW 产能在建
泰州锦能新能源有限公司	规划产能 1.45GW
西安宝馨光能科技有限公司	100MW 产能在建
无锡众能光储科技有限公司	规划产能 3GW
公司名称	现有产能及规划产能情况
昆山协鑫光电材料有限公司	现有 100MW 产线，计划 2024 年落地 GW 级产线，2025 年建设 5-10GW 产线
无锡众能光储科技有限公司	规划产能 3GW

资料来源：捷佳伟创公告，财信证券

## 5 盈利预测及投资建议

### 5.1 盈利预测

**1) 工艺设备业务：**公司工艺设备主要包清洗、制绒、扩散、薄膜沉积、烧结等光伏全产业链所需设备。2023 及 2024 年是 TOPCon 扩产大年，公司作为设备龙头有望充分受益，且光伏电池技术路线不断迭代，老旧设备未来将会有替换可能。预计 2023-2025 年公司工艺设备营收增速分别为 70%、58%、32%，毛利率方面由于行业竞争等问题，假设分别为 26.5%、26.3%、26.1%。

**2) 自动化设备业务：**自动化设备主要是配合生产线上的主设备使用，属于工艺设备的配套设备，公司客户在采购主要设备时通常会采购公司的配套设备，预计增速将略小于工艺设备业务。预计 2023-2025 年公司自动化设备业务增速分别为 55%、40%、20%，毛利率分别为 13.5%、13.5%、13.5%。

**3) 其他业务：**公司其他业务收入主要包括配件销售、设备改造等，考虑到 25 年后可能会有老旧设备改造需求。我们预计其他业务 2023-2025 年增速分别为 35%、20%、20%，毛利率分别为 50%、50%、48%。



**表 16: 分业务盈利预测**

	2022	2023E	2024E	2025E
<b>工艺设备</b>				
营业收入(百万元)	4963.90	8438.63	13333.04	17599.61
yoy	18.2%	70.0%	58.0%	32.0%
营业成本(百万元)	3754.59	6202.39	9826.45	13006.11
毛利率(%)	24.36%	26.50%	26.30%	26.10%
<b>自动化设备</b>				
营业收入(百万元)	579.72	898.57	1258.00	1509.60
yoy	-15.0%	55.0%	40.0%	20.0%
营业成本(百万元)	503.22	777.26	1088.17	1305.80
毛利率(%)	13.20%	13.50%	13.50%	13.50%
<b>其他业务</b>				
营业收入(百万元)	461.42	622.92	747.50	874.58
yoy	179.8%	35.0%	20.0%	20.0%
营业成本(百万元)	219.53	311.46	373.75	454.78
毛利率(%)	52.42%	50.00%	50.00%	48.00%
<b>合计</b>				
营业收入(百万元)	6005.04	9960.12	15338.54	19983.79
yoy	19.0%	65.9%	54.0%	30.3%
营业成本(百万元)	4477.34	755.28	11288.37	14766.69
毛利率(%)	25.44%	92.42%	26.41%	26.11%

资料来源: iFind, 财信证券

## 5.2 可比公司估值

我们采用可比公司估值法,选取与公司业务相近的4家可比公司,分别是迈为股份、金辰股份、微导纳米和帝尔激光,四家公司均属于专用设备领域且产品均有大部分应用于光伏行业,2023-2025年可比公司的平均PE分别为49.59、26.28、17.67倍。

**表 17: 可比公司估值**

证券名称	证券代码	总市值(亿元)	归母净利润(亿元)			PE估值		
			2023E	2024E	2025E	2023E	2024E	2025E
迈为股份	300751.SZ	347.4	11.99	20.42	29.59	28.97	17.01	11.74
金辰股份	603396.SH	69.06	1.21	2.25	3.65	57.07	30.69	18.92
微导纳米	688147.SH	171.56	2.12	4.66	7.06	81.08	36.83	24.28
帝尔激光	300776.SZ	160.3	5.13	7.79	10.19	31.22	20.59	15.73
平均值						49.59	26.28	17.67
捷佳伟创	300724.SZ	254.52	15.93	23.73	30.53	15.98	10.73	8.34

资料来源: iFind, 财信证券

### 5.3 投资建议

公司长年深耕太阳能光伏行业，拥有国内乃至全球领先的太阳能电池装备研发、制造和生产供应能力。公司全面布局 PERC、TOPCon、HJT、钙钛矿太阳能电池设备，且能提供多套整线解决方案，伴随光伏行业景气度延续，公司长期发展值得期待。我们预计公司 2023-2025 年实现营业收入分别为 99.60、153.39、199.84 亿元，实现归母净利润为 15.93、23.73、30.53 亿元，对应 EPS 分别为 4.57、6.82、8.77 元，对应 2024 年 1 月 3 日现价，PE 分别为 15.98、10.73、8.34 倍。考虑到公司为行业龙头技术积累深厚，且平台化布局给予较高抗风险能力，给予公司 2024 年 13-14X 的 PE 估值，维持公司“买入”评级。

### 6 风险提示

**光伏行业扩产不及预期：**公司作为设备行业，主要通过下游行业增加产能来获得订单，如果下游扩产进度放缓，将对公司未来业绩造成不利影响。

**行业竞争加剧：**国内光伏行业竞争相对饱和，如果出现大量竞争者入局，会导致行业内产品价格下降，从而对公司未来业绩造成不利影响。

**新产品技术迭代不及预期：**公司主推的 PE-poly, RPD 等设备并非当下制造路线唯一解，如果公司后续产品性能迭代速度不及预期，将影响后续订单的获取，会对公司未来业绩造成不利影响。

报表预测(单位:百万元)						财务和估值数据摘要					
利润表	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E	主要指标	2021A	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入	5,047.21	6,005.04	9,960.12	15,338.5	19,983.7	营业收入	5,047.21	6,005.04	9,960.12	15,338.53	19,983.78
减: 营业成本	3,805.77	4,477.35	7,291.11	11,288.3	14,757.9	增长率(%)	24.80	18.98	65.86	54.00	30.28
营业税金及附加	21.41	29.52	48.18	74.19	96.66	归属母公司股东净利润	717.40	1,046.87	1,592.87	2,373.01	3,052.57
营业费用	71.36	109.92	172.31	253.09	323.74	增长率(%)	37.16	45.93	52.16	48.98	28.64
管理费用	101.51	124.20	203.14	315.03	409.01	每股收益(EPS)	2.06	3.01	4.57	6.82	8.77
研发费用	237.82	285.66	463.15	705.57	909.26	每股股利(DPS)	0.18	0.20	0.42	0.62	0.80
财务费用	-6.76	-216.19	-9.24	-20.35	-26.07	每股经营现金流	3.87	4.16	1.07	4.11	6.44
减值损失	-127.19	-183.46	-174.30	-230.08	-259.79	销售毛利率	0.25	0.25	0.27	0.26	0.26
加: 投资收益	-12.97	13.13	14.77	14.27	15.15	销售净利率	0.14	0.17	0.16	0.15	0.15
公允价值变动损益	2.04	24.24	10.00	8.00	6.00	净资产收益率(ROE)	0.12	0.15	0.18	0.22	0.22
其他经营损益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	投入资本回报率(ROIC)	0.34	0.35	0.69	0.61	0.57
<b>营业利润</b>	<b>817.27</b>	<b>1,166.59</b>	<b>1,771.59</b>	<b>2,644.47</b>	<b>3,404.24</b>	市盈率(P/E)	35.48	24.31	15.98	10.73	8.34
加: 其他非经营损益	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	市净率(P/B)	4.10	3.53	2.94	2.36	1.87
<b>利润总额</b>	<b>816.32</b>	<b>1,172.58</b>	<b>1,774.05</b>	<b>2,646.93</b>	<b>3,406.70</b>	股息率(分红/股价)	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
减: 所得税	102.54	126.03	186.27	277.93	357.70	<b>主要财务指标</b>	<b>2021A</b>	<b>2022A</b>	<b>2023E</b>	<b>2024E</b>	<b>2025E</b>
<b>净利润</b>	<b>713.79</b>	<b>1,046.56</b>	<b>1,587.77</b>	<b>2,369.00</b>	<b>3,049.00</b>	收益率					
减: 少数股东损益	-3.61	-0.31	-5.10	-4.01	-3.58	毛利率	24.60%	25.44%	26.80%	26.41%	26.15%
<b>归属母公司股东净利润</b>	<b>717.40</b>	<b>1,046.87</b>	<b>1,592.87</b>	<b>2,373.01</b>	<b>3,052.57</b>	三费/销售收入	3.56%	7.50%	3.86%	3.84%	3.80%
<b>资产负债表</b>	<b>2021A</b>	<b>2022A</b>	<b>2023E</b>	<b>2024E</b>	<b>2025E</b>	EBIT/销售收入	16.04%	15.93%	17.72%	17.12%	16.92%
货币资金	3,990.91	4,026.94	5,183.14	6,458.03	8,445.79	EBITDA/销售收入	16.83%	16.79%	18.83%	17.88%	17.51%
交易性金融资产	98.58	1,433.58	200.00	160.00	160.00	销售净利率	14.14%	17.43%	15.94%	15.44%	15.26%
应收和预付款项	3,382.17	4,700.60	7,489.19	11,533.3	15,026.1	资产获利率					
其他应收款(合计)	12.78	46.96	64.95	100.03	130.32	ROE	11.57%	14.53%	18.41%	21.96%	22.48%
存货	4,032.94	7,067.69	9,534.07	14,760.9	19,297.9	ROA	5.61%	5.47%	6.58%	6.82%	6.81%
其他流动资产	134.78	279.15	274.11	422.13	549.97	ROIC	33.87%	34.71%	69.16%	60.52%	56.69%
长期股权投资	76.86	63.98	70.84	77.20	84.44	<b>资本结构</b>					
金融资产投资	251.17	390.92	390.92	390.92	390.92	资产负债率	51.47%	62.36%	64.27%	68.95%	69.74%
投资性房地产	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	投资资本/总资产	18.64%	11.85%	15.99%	15.31%	14.65%
固定资产和在建工程	380.55	693.75	611.30	523.59	430.65	带息债务/总负债	0.23%	2.64%	0.00%	0.00%	0.00%
无形资产和开发支出	155.07	149.61	124.68	99.74	74.81	流动比率	1.78	1.48	1.47	1.40	1.40
其他非流动资产	267.14	282.63	256.24	253.00	253.00	速动比率	1.13	0.83	0.81	0.74	0.74
<b>资产总计</b>	<b>12,782.9</b>	<b>19,135.8</b>	<b>24,199.4</b>	<b>34,778.9</b>	<b>44,843.9</b>	股利支付率	8.74%	6.65%	9.12%	9.12%	9.12%
短期借款	13.47	314.22	0.00	0.00	0.00	收益留存率	91.26%	93.35%	90.88%	90.88%	90.88%
交易性金融负债	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>资产管理效率</b>					
应付和预收款项	2,592.07	5,425.24	6,637.90	10,277.0	13,435.7	总资产周转率	0.39	0.31	0.41	0.44	0.45
长期借款	1.55	0.95	0.66	0.38	0.12	固定资产周转率	15.15	12.18	22.44	39.37	60.52
其他负债	3,972.26	6,192.06	8,915.02	13,703.0	17,838.9	应收账款周转率	2.80	2.33	2.50	2.50	2.50
<b>负债合计</b>	<b>6,579.35</b>	<b>11,932.4</b>	<b>15,553.5</b>	<b>23,980.4</b>	<b>31,274.8</b>	存货周转率	0.94	0.63	0.76	0.76	0.76
股本	348.28	348.23	348.23	348.23	348.23	<b>估值指标</b>	<b>2021A</b>	<b>2022A</b>	<b>2023E</b>	<b>2024E</b>	<b>2025E</b>
资本公积	3,662.52	3,671.02	3,671.02	3,671.02	3,671.02	EBIT	809.56	956.40	1,764.80	2,626.58	3,380.63
留存收益	2,191.61	3,183.29	4,630.92	6,787.53	9,561.75	EBITDA	849.66	1,008.50	1,875.44	2,742.46	3,498.51
<b>归属母公司股东权益</b>	<b>6,202.41</b>	<b>7,202.55</b>	<b>8,650.17</b>	<b>10,806.7</b>	<b>13,581.0</b>	NOPLAT	706.24	826.93	1,568.27	2,341.35	3,018.02
少数股东权益	1.18	0.80	-4.30	-8.31	-11.89	归母净利润	717.40	1,046.87	1,592.87	2,373.01	3,052.57
股东权益合计	6,203.59	7,203.35	8,645.87	10,798.4	13,569.1	EPS	2.06	3.01	4.57	6.82	8.77
<b>负债和股东权益合计</b>	<b>12,782.9</b>	<b>19,135.8</b>	<b>24,199.4</b>	<b>34,778.9</b>	<b>44,843.9</b>	BPS	17.81	20.69	24.84	31.04	39.01
<b>现金流量表</b>	<b>2021A</b>	<b>2022A</b>	<b>2023E</b>	<b>2024E</b>	<b>2025E</b>	PE	35.48	24.31	15.98	10.73	8.34
经营性现金净流量	1,347.47	1,447.64	371.61	1,431.42	2,242.40	PEG	0.95	0.53	0.31	0.22	0.29
投资性现金净流量	-571.32	-	1,235.10	39.79	-2.09	PB	4.10	3.53	2.94	2.36	1.87
筹资性现金净流量	2,241.38	208.93	-450.52	-196.32	-252.54	PS	5.04	4.24	2.56	1.66	1.27
现金流量净额	3,006.44	-55.28	1,156.19	1,274.89	1,987.76	PCF	18.89	17.58	68.49	17.78	11.35

资料来源: 财信证券, iFinD

## 投资评级系统说明

以报告发布日后的 6 - 12 个月内，所评股票/行业涨跌幅相对于同期市场指数的涨跌幅度为基准。

类别	投资评级	评级说明
股票投资评级	买入	投资收益率超越沪深 300 指数 15%以上
	增持	投资收益率相对沪深 300 指数变动幅度为 5% - 15%
	持有	投资收益率相对沪深 300 指数变动幅度为-10% - 5%
	卖出	投资收益率落后沪深 300 指数 10%以上
行业投资评级	领先大市	行业指数涨跌幅超越沪深 300 指数 5%以上
	同步大市	行业指数涨跌幅相对沪深 300 指数变动幅度为-5% - 5%
	落后大市	行业指数涨跌幅落后沪深 300 指数 5%以上

## 免责声明

本公司具有中国证监会核准的证券投资咨询业务资格，作者具有中国证券业协会注册分析师执业资格或相当的专业胜任能力。

本报告仅供财信证券股份有限公司客户及员工使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司当然客户。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发送，概不构成任何广告。

本报告信息来源于公开资料，本公司对该信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本公司对已发报告无更新义务，若报告中所含信息发生变化，本公司可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

本报告中所指投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司及本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此作出的任何投资决策与本公司及本公司员工或者关联机构无关。

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告作为投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向专业人士咨询并谨慎决策。

本报告版权仅为本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人（包括本公司客户及员工）不得以任何形式复制、发表、引用或传播。

本报告由财信证券研究发展中心对许可范围内人员统一发送，任何人不得在公众媒体或其它渠道对外公开发布。任何机构和个人（包括本公司内部客户及员工）对外散发本报告的，则该机构和个人独自为此发送行为负责，本公司保留对该机构和个人追究相应法律责任的权利。

## 财信证券研究发展中心

网址：stock.hnchasing.com

地址：湖南省长沙市芙蓉中路二段 80 号顺天国际财富中心 28 层

邮编：410005

电话：0731-84403360

传真：0731-84403438