

2023中国硅异质结光伏 产业发展蓝皮书

Blue Paper on Silicon Heterojunction Photovoltaic
Industry Development in China 2023



序 言

绿色低碳和可持续发展成为国际共识，“双碳”目标引领中国光伏迈入了全新的发展阶段。在无数同仁前赴后继的共同努力下，兼具高功率、高效率、高可靠性、低碳足迹等优势硅异质结技术乘着时代的东风快速向前，电池效率不断刷新，产能规模持续扩大，制造成本降至新低，已成为了 N 型时代的主流太阳能电池技术之一。

作为全球领先的异质结垂直一体化产品与解决方案提供商，华晟新能源已投产 12GW 的高效异质结电池和组件产能，完成了超 2GW 的异质结产品出货，初步实现了硅异质结技术商业化实践的成功。但是，异质结产品距离成为“最好的光伏产品”仍有一定的差距，在与众多其他技术路线的竞逐中，硅异质结的提效降本亟需再进一步，发展桎梏有待逐一克服，产业“朋友圈”仍需充实。

在此背景下，安徽华晟新能源联合势银联合推出《2023 中国硅异质结光伏产业发展蓝皮书》，希望通过这本蓝皮书的发布，让更多朋友了解异质结，关注异质结，加入异质结！让我们协同创新，共同进步，一起发声，持续推进硅异质结产业健康有序发展，不断扩容异质结产品市场化应用规模，为实现光伏成为新型能源体系绝对主力，为达成全球“碳中和，碳达峰”做出积极贡献。



徐晓华

安徽华晟新能源科技有限公司
 董事长

序 言

在复杂的国际政经形势下，“双碳”目标成为全球新的价值共识，光伏发电作为能源结构转型主力，对“双碳”目标的实现具有重要意义。随着 P 型电池逐渐接近 24.5% 的理论极限，已无法满足光伏产业对更高转换效率的追求，因此光伏产业逐渐转向 N 型太阳能电池技术。硅异质结电池作为目前主流的 N 型太阳能电池发电技术，市场关注度不断提升。

近年来，在华晟新能源、东方日升、爱康科技等行业头部企业的推动下，中国 N 型硅异质结光伏产业发展迅速，根据势银（TrendBank）调研统计，2023 年中国 N 型硅异质结电池产业投产产能将超 40GW，实际出货数量预计达 13GW，同比增加 715%，增长动能强劲。

势银（TrendBank）作为中国领先的光伏产业研究与咨询机构，持续跟踪包括异质结光伏在内的各种新兴技术。本报告将分为概述篇、专利分析篇、工艺技术篇、电站投资收益测算篇、产业链篇、政策篇、投融资篇七个章节，全面展现中国硅异质结光伏产业发展现状，为相关企业、机构、政府等提供参考。



唐蔚波

势银（TrendBank）
 董事长兼CEO

鸣谢

《2023中国硅异质结光伏产业发展蓝皮书》历时三个月，在编写过程中得到了行业内企业的大力支持和帮助，在此感谢。

联合发布单位：



势银 (TrendBank)



安徽华晟新能源科技有限公司

支持单位：



上海电气集团股份有限公司

目 录

Contents

第 1 章 概述篇	7
1.1 HJT 电池结构	8
1.2 HJT 电池优势分析	8
1.3 硅异质结电池产业化进程	9
第 2 章 专利分析篇	11
2.1 专利申请数量分析	12
2.2 专利申请单位分析	13
2.3 电池组件制造环节专利集中度分析	13
2.4 降本增效相关专利分析	15
2.4.1 提升发电效率专利情况	16
2.4.2 降本相关专利情况	18
第 3 章 工艺技术篇	24
3.1 硅异质结电池工艺技术进展	25
3.1.1 硅异质结电池“增效”相关最新进展	25
3.1.2 硅异质结电池“降本”技术最新进展	27
3.2 硅异质结 / 钙钛矿叠层工艺技术进展	28
3.2.1 叠层电池产业化进程	28

3.2.2 硅异质结/钙钛矿叠层电池工艺流程	29
3.2.3 工艺技术痛点及解决办法	30
第 4 章 电站投资收益测算篇	32
4.1 项目概况	33
4.2 方案设计	34
4.3 技术及财务分析	35
4.4 平准化度电成本分析	37
4.4.1 平准化度电成本介绍	37
4.4.2 项目采用 HJT 和 PERC 方案 LCOE 对比分析	38
4.4.3 不同地区 HJT 光伏电站案例 LCOE 分析	38
4.5 社会效益分析	39
第 5 章 产业链篇	41
5.1 关键原料及设备	42
5.1.1 关键原料	42
5.1.2 生产设备	53
5.2 硅异质结电池片及组件	57
5.2.1 产业竞争格局	57
5.2.2 市场分析	58
5.2.3 发展趋势分析	60
第 6 章 政策篇	62
6.1 国家产业政策	63
6.2 地方产业政策	65

第 7 章 投融资篇	68
7.1 投资分析.....	69
7.2 融资分析.....	71



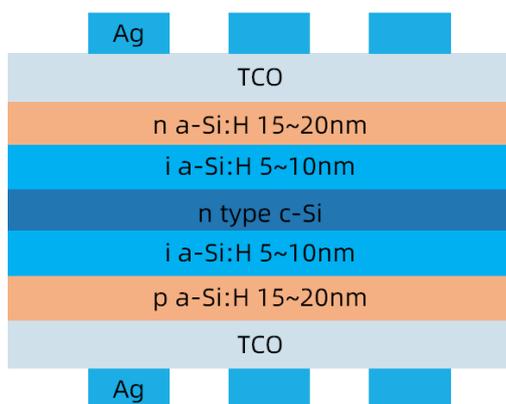
第1章

概述篇

1.1 HJT 电池结构

HJT 电池，是以 N 型单晶硅为衬底光吸收区，在前后表面分别沉积不同特性的硅基薄膜叠层，形成异质结结构后，继续沉积透明导电膜层并附加金属电极，采用这种结构制成的一种电池；HJT 电池工艺技术，将传统晶硅电池技术与半导体领域使用的纳米精度镀膜技术相结合，形成的一种新兴太阳能电池技术。

图 1-1 N 型 HJT 电池结构示意图



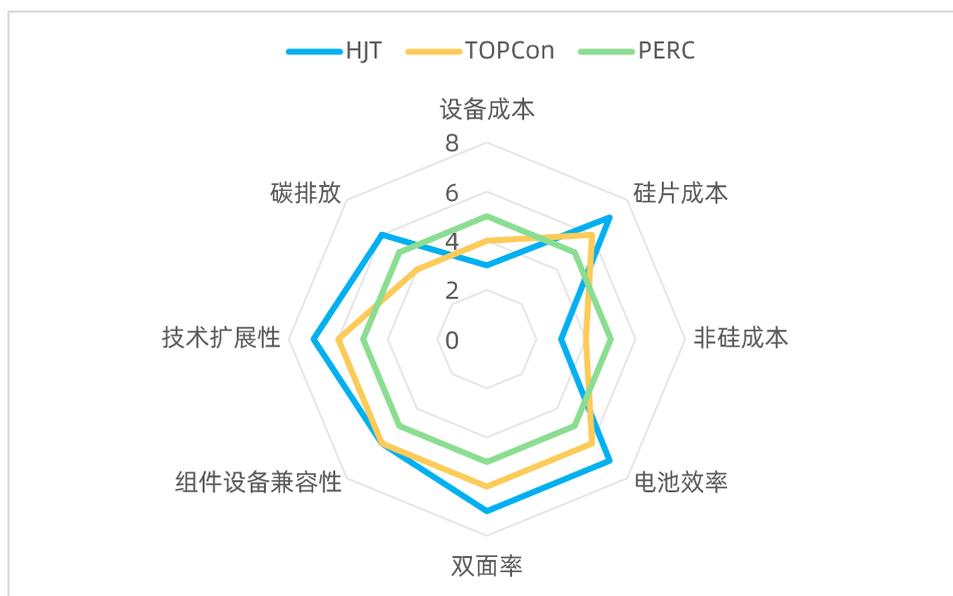
资料来源：势银（TrendBank）

HJT 电池结构如图 1-1 所示：中间层为衬底光吸收区 N 型单晶硅（c-Si），经过制绒清洗后，其正面依次沉积厚度为 5~10nm 的本征非晶硅薄膜（i-a-Si:H）和 15~20nm 掺杂的 n 型非晶硅（n-a-Si:H），与硅衬底形成前表面场。硅片的背面又通过沉积厚度为 5~10nm 的 i-a-Si:H 和 15~20nm 掺杂的 p 型非晶硅（n-a-Si:H）形成 p-n 异质结。再在上述薄膜基础上双面沉积透明导电氧化物薄膜（TCO），利用该层 TCO 透明导电膜不仅可以减少收集电流时的串联电阻，还能起到像晶硅电池上氮化硅那样的减反作用。最后通过丝网印刷在两侧的顶层形成金属基电极。

1.2 HJT 电池优势分析

HJT 电池具备更高的单位面积功率、稳定的发电性能、柔性化、轻质化等特点。各类 N 型电池优劣势对比如图 1-2 所示，HJT 电池在硅片成本、电池效率、双面率、技术扩展型及碳排放方面具有明显优势。

图 1-2 N 型电池优劣势对比



资料来源：公开资料；势银（TrendBank）整理

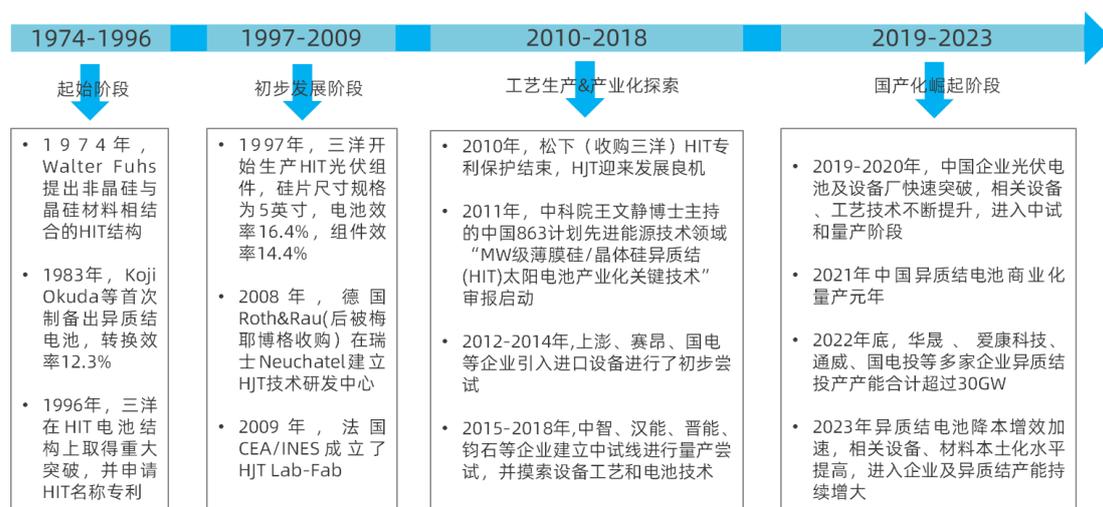
1.3 硅异质结电池产业化进程

如图 1-3 所示，HJT 电池发展是不断提升转化效率并逐步走向规模商业化的过程，可总结为起始阶段、初步发展阶段、工艺生产及产业化探索阶段和国产化崛起阶段。

从重要节点看，1996 年日本三洋公司在异质结结构上取得重大突破并申请专利。1997 年，三洋开始生产 HIT 光伏组件，硅片尺寸规格为 5 英寸，电池效率 16.4%，组件效率 14.4%。2011 年专利保护结束，业界开始关注 HJT 技术，国内外研究院所及相关企业开启工艺技术及商业化探索。2011 年，中科院王文静博士主持的中国 863 计划先进能源技术领域“MW 级薄膜硅/晶体硅异质结(HIT)太阳

电池产业化关键技术”成功申报并启动。2012-2014年，上澎、赛昂、国电等企业引入进口设备进行了初步尝试。2015-2018年，中智、汉能、晋能、钧石等企业建立中试线进行量产尝试，并摸索设备工艺和电池技术，但碍于成本因素并未大规模量产。

图 1-3 硅异质结电池产业化进程



资料来源：TaiyangNews，势银（TrendBank）

2019年，中国企业汉能以25.11%世界纪录启动HJT产业化。2021年中国异质结电池技术得到长足发展，被称为商业化量产元年；2023年异质结电池降本增效加速，相关设备、材料本土化水平提高，进入企业及异质结产能持续增大。未来国内异质结电池相关技术日趋成熟，相关设备、材料等国产化水平不断提高背景下，异质结电池行业已进入产能迅速扩张时期，行业发展前景较好。



第2章

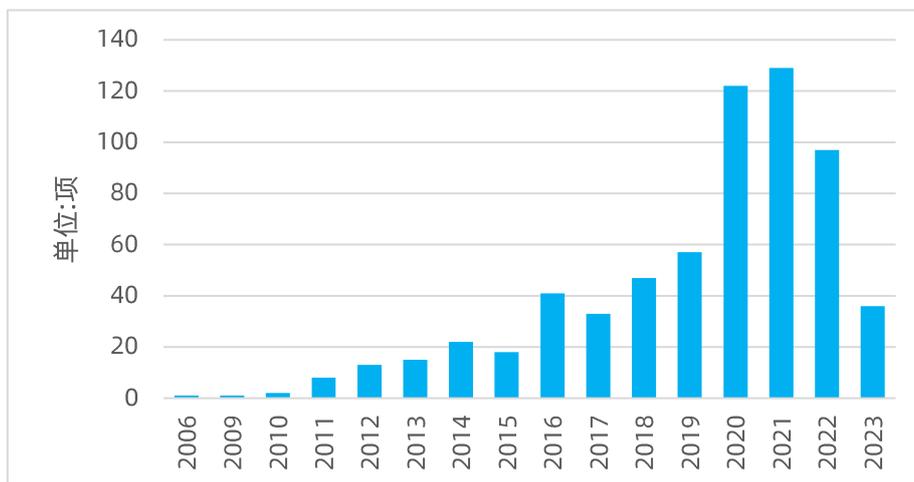
专利分析篇

当前光伏电池主流技术已由 P 型电池向 N 型电池转变，发展新技术重要任务之一是在开发光伏器件基础上，充分利用知识产权，利用自己独特的优势在竞争中取得有利位置。异质结电池作为 N 型电池主流技术之一，经历了从本世纪初日本松下相关专利到期到目前中国逐步引领规模商业化阶段。本章节将通过 2006 年至今异质结光伏电池相关专利情报进行分析，阐述我国当前异质结光伏电池专利现状及趋势，为产业企业开拓新兴市场及早进行专利布局提供参考。

2.1 专利申请数量分析

通过智慧芽专利系统 (PatSnap) 检索“硅异质结光伏电池”专利，经人工降噪，筛选（包括排除无效专利）、合并简单同族专利，截至 2023 年 10 月，共计 642 项。其中发明专利 432 项（发明申请 277 项，授权发明 155 项），实用新型 210 项。

图 2-1 2006-2023 年中国硅异质结光伏电池专利申请数量趋势



资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

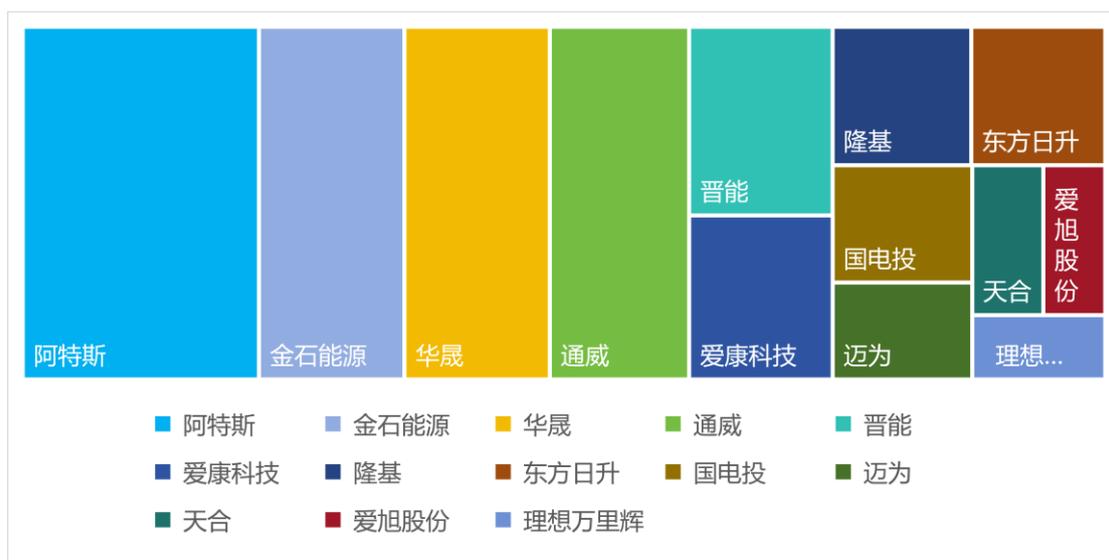
图 2-1 为 2006-2023 年中国硅异质结电池专利申请数量趋势图，总体看专利申请数量逐年增加。其中，2020-2022 年专利申请数量大幅增加，每年专利申请数量均保持在 100 项以上，该时间段中国硅异质结本土化快速崛起，工艺技术

及商业化快速发展，相应专利布局增多。

2.2 专利申请单位分析

硅异质结太阳能电池申请人，主要包括异质结电池组件企业和相关设备公司。2020-2023 年部分企业异质结电池专利申请数量情况如图 2-2 所示，排名第一的是阿特斯（主要为嘉兴、常熟、苏州子公司），专利申请数量达到 117 项；其次是福建金石能源、安徽华晟（主要为宣城睿辉宣晟和华晟新能源）、通威（主要为中威新能源、金堂，安徽等分子公司）；异质结电池设备企业迈为股份、理想万里辉专利申请数量较多，分别为 19 项和 12 项。

图 2-2 2020-2023 年部分企业异质结电池专利申请数量情况



资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

2.3 电池组件制造环节专利集中度分析

硅异质结光伏电池组件制造环节（如图 2-3）包括清洗制绒（对 N 型单晶硅片）→PECVD 制作双面非晶硅本征层、（非晶硅/微晶硅）掺杂层→PVD 制备沉积双面 TCO 层→丝网印刷及烧结（制做双面银电极）→光注入退火增效→电池片测

试分选（电流和电压）→焊接串联（相同的两个电池片进行焊接串联，具体的将电池片放置到焊架上以叠瓦的方式首尾重叠，并采用焊带对焊架上的电池片进行焊接）→排版→叠层→装框/装接线盒→组件测试分选。

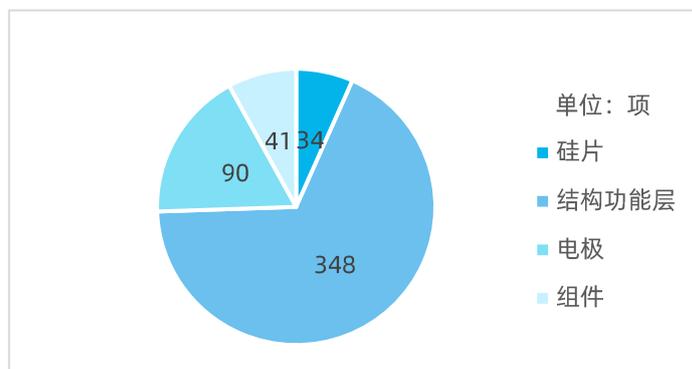
图 2-3 硅异质结光伏电池组件制造环节简示图



资料来源：势银（TrendBank）

如图 2-4 所示，硅片衬底包括清洗、制绒、吸杂等相关专利数量为 34 项；本征钝化层、掺杂层以及导电薄膜层为核心的结构功能层相关专利申请数量最多，达到 348 项；金属电极材料和主副栅线结构相关的专利申请数为 90 项，位居第二；组件端制造，工艺与设备相关专利数量为 41 项。

图 2-4 硅异质结太阳能电池制造环节专利集中度

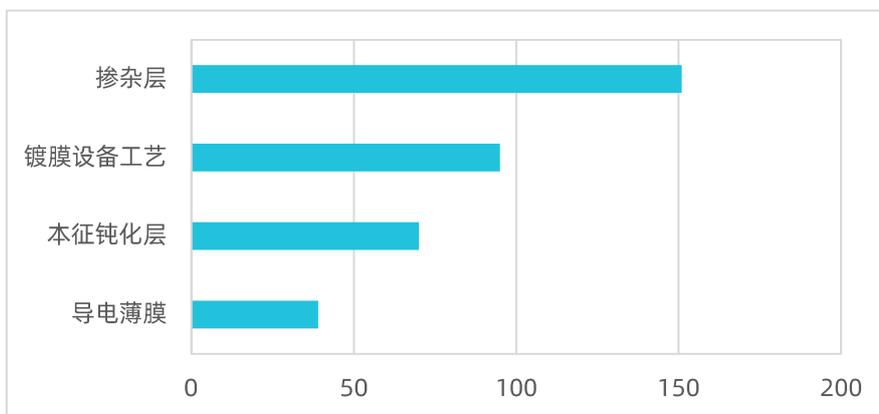


资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

功能层是电池的核心部分，直接决定电池的关键性能。在核心结构功能层中（如图 2-5），导电薄膜相关专利申请数为 39 项；本征钝化层相关专利数量为 70 项；镀膜设备与工艺相关专利数量为 95 项；载流子传输的掺杂层相关专利数量为 151 项，内容上掺杂层也逐渐从早期的非晶硅到微晶硅，再向无掺杂的金属氧化

物趋势发展。

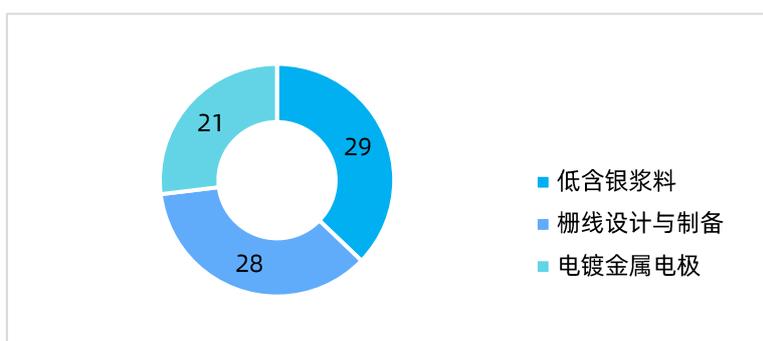
图 2-5 硅异质结电池核心功能层专利数量情况



资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

电极结构对电池的电学性能有着重要影响，如果电极接触的电阻过大，则会降低电池的输出性能，如果电极位置不佳而导致遮光面积增大，也会影响光线输入量。近三年，超过 80% 电极专利（如图 2-6）围绕着低含银浆料，栅线设计与制造，电镀铜和镀锡等方向，专利数量均超过 20 项。

图 2-6 电极结构专利分布情况（单位：项）



资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

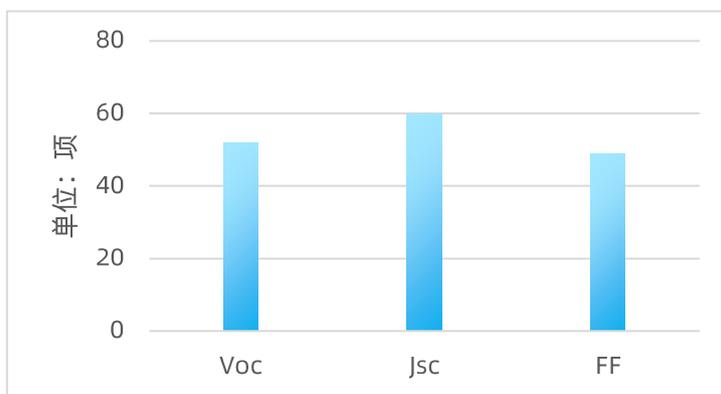
2.4 降本增效相关专利分析

2.4.1 提升发电效率专利情况

硅异质结电池提升发电效率主要方式包括增加短路电流、提升开路电压和提升填充因子。其中，增加短路电流主要包括优化非晶硅、导电薄膜中的寄生吸收，减少栅线遮挡以增加光利用度。增加开路电压主要通过减少载流子的界面复合和体区复合，以及减少载流子收集的距离。提升填充因子主要为降低载流子传输的串联电阻，包括载流子穿过各个膜层时的界面电阻和硅基体区中的体电阻、载流子在导电薄膜层中纵向传输电阻与横向传输电阻、以及金属电极自身电阻和与电池片连接面的接触电阻。

如图 2-7 所示，涉及提升异质结电池光转化效率专利数量达到 218 项，其中提高短路电流 J_{sc} （专利数量为 60 项）；增加开路电压 V_{oc} （专利数量为 52 项）；提升填充因子 FF（专利数量为 49 项）。

图 2-7 提升光转换电效率（ V_{oc} 、 J_{sc} 和 FF）专利数量



资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

部分企业近期涉及提升光转化效率相关授权专利情况如表 2-1 所示，其中，安徽华晟新能源科技有限公司申请的 CN113471312B “一种异质结电池及其制备方法”，显示通过多层本征层复合结构，减少本征层寄生吸收，提高短路电流，从而实现异质结电池增效。

表 2-1 部分 HJT 企业涉及“增效”相关的授权代表专利

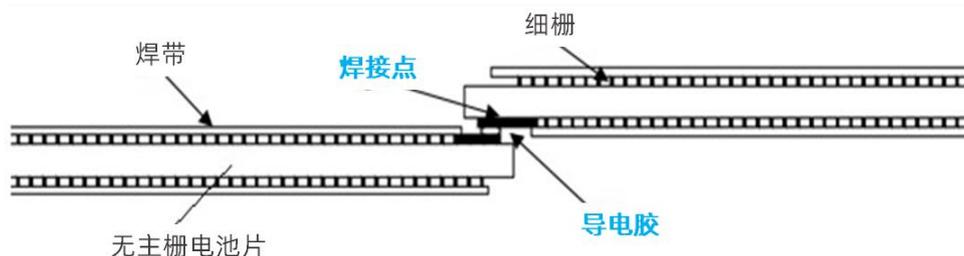
代表专利号	专利权人	授权公告日	核心内容
CN113471312B	安徽华晟新能源科技有限公司	2023.03.24	通过多层本征层复合结构，减少本征层寄生吸收，提高短路电流
CN217361596U	东方日升新能源股份有限公司	2022.09.02	P 型掺杂非晶硅层与透明导电层之间设有一层超薄非晶锗层，降低接触电阻，提升填充因子
CN114864729B	隆基绿能科技股份有限公司	2023.08.01	在本征钝化层与 n 型掺杂层间增加多层用于电子传输的纳米硅（氧）层，改善电子传输
CN216435914U	天合光能股份有限公司	2022.05.03	通过增加选择性非晶硅本征层（与栅线位置对应），解决非晶硅薄膜外延生长带来的缺陷，减少电流传输的影响
CN218525595U	晋能光伏技术有限责任公司/晋能清洁能源科技股份有限公司	2023.02.24	在本征层上增加 n 型掺杂微晶硅氧薄膜来增加带隙宽度，降低薄膜折射率，提高短路电流
CN215220730U	通威太阳能（成都/合肥/金堂/眉山/安徽）有限公司	2021.12.17	以氢化非晶碳氧化硅薄膜作为本征钝化层，具有优良的钝化效果，减少了界面载流子复合，提高开路电压
CN218867120U	嘉兴阿特斯技术研究院有限公司	2023.04.14	在导电薄膜下方设置金属网格埋层，辅助载流子传输，降低横向传输的串

			阻损失，等效降低导电薄膜的方阻
--	--	--	-----------------

资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

除了在电池片结构上提升光转化效率外，还可以通过减少或者取消电池片之间的间距，组件内有效发电面积将增多，进而提升组件效率。爱康科技申请的实用新型专利 CN217562580U 中（如图 2-8），便是将无主栅设计的电池片采用叠瓦的方式首尾重叠，电流直接通过焊接点上的导电胶进行传输。

图 2-8 爱康科技组件连接结构



资料来源：爱康科技 CN217562580U 《一种高密度无主栅的光伏组件》

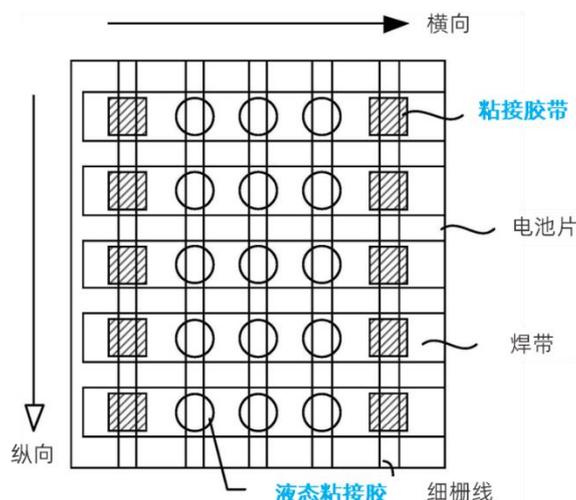
2.4.2 降本相关专利情况

硅异质结光伏电池的降本主要有优化设备工艺，减少电池制造时间成本，以及降低电池制造材料成本。截止至目前，硅异质结电池涉及降低成本相关专利数为 64 项。其中降低贵重金属材料成本，包括降低栅线电极中的银用量（银包铜浆料、SM/OBB 工艺、铜电镀）和导电薄膜中贵重金属钨的含量（通过复合导电膜）。

在降银的无主栅工艺中，安徽华晟新能源于 2022 年 8 月 19 日申请的专利 CN115347080A 中（如图 2-9），在太阳能电池片两面均使用液态粘接胶与粘接胶带搭配的工艺，液态胶与电池片之间属于硬连接，能够减少电池片的弯曲程度；粘接胶带与太阳能电池片之间的连接属于软连接，能够缓冲保护电池片头尾部易碎区域，两者共同作用有利于减少碎片的产生，使焊带和电池片连接更加紧密，

同时避免在层压过程中电池片发生翘曲和焊带脱离；这种运用软连接和硬连接相互搭配的工艺，解决了去除主栅后细焊带拉力是否足够的问题，也提高了电池片的使用寿命。

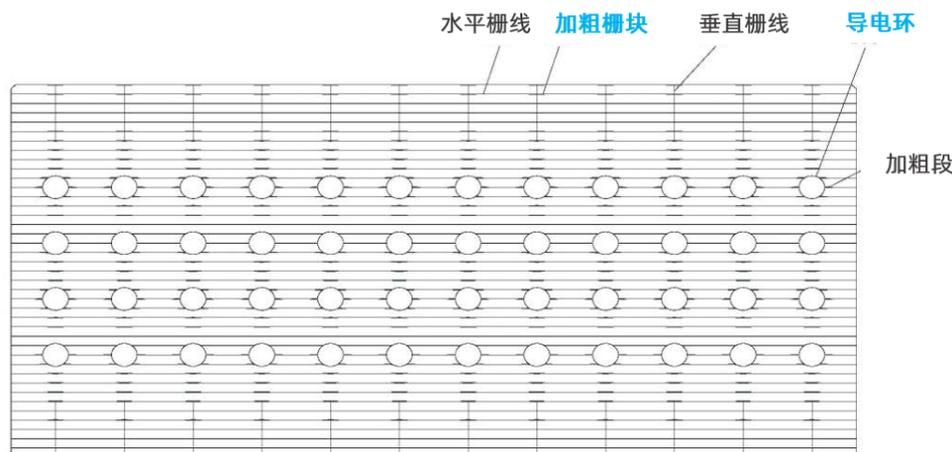
图 2-9 一种 OBB 电池片正面俯视结构示意图



华晟新能源专利 CN115347080A 《太阳能电池组件及其制备方法》

2022 年 11 月 30 日，东方日升申请的实用新型专利 CN218602452U 公布了一种 OBB 电池（如图 2-10），在水平栅线上间隔排布连接有多个加粗栅块和/或导电环的布置线，沿布置线上点涂非导电胶并连接焊带；导电环内涂胶水后，能够增大每条布置线上用于粘接焊带的涂胶面积，保证焊带在电池片上的固定效果；同时加粗栅块使点涂胶水不容易遮挡栅线，保证组串形成的组件可靠性，从而解决胶水涂布面积不当导致焊带固定不牢或电致发光不良的问题。

图 2-10 一种 OBB 电池片结构示意图



资料来源:东方日升 CN218602452U《一种太阳能电池片、电池串及太阳能组件》

除目前上述异质结企业多采用的无主栅代表性专利外，其他涉及降本的不同技术方案的部分专利如表 2-2 所示。其中，银包铜技术专利中，帝科股份、苏州晶银和博迁新材在低温银浆制备、银包铜粉及浆料制备和丝网印刷装置上布局相关专利，涉及解决导电浆料可靠性差、导电性低、太阳能电池的转化效率低等诸多技术缺陷，能够产生优异的欧姆接触性能的同时，通过银包铜粉的使用降低材料成本，并改善银颗粒之间的团聚现象，提高导电性能。

表 2-2 部分 HJT 企业涉及降本技术的相关专利

代表专利号	专利权人	公告日	涉及技术（或专利名称）
CN114889314A	无锡帝科电子材料股份有限公司	2022.08.12	一种导电银浆丝网印刷精细栅线装置 (银包铜)
CN114937518A	无锡帝科电子材料股份有限公司	2022.08.23	一种用于 HJT 高效电池的低温固化导电银浆及其制备方法 (银包铜)
CN110229648B	苏州晶银新材料科技有限公司	2021.12.24	一种单组分有机硅导电胶及其制备方法和应用 (银包铜)
CN116052923A	苏州晶银新材料科	2023.05.02	低温浆料与异质结电池 (银包铜)

	技有限公司		
CN211564503U	江苏博迁新材料股份有限公司	2020.09.25	一种金属粉体表面镀银的反应装置 (银包铜)
CN219534537U	湖州爱康光电科技有限公司	2023.08.15	受光面正极采用银浆, 背光面先镀有 镀铜层和铜镍复合保护层再接银浆栅 线做负极
CN115799400A	通威太阳能(成都)有限公司	2023.03.14	一种太阳能电池的制备方法(铜电镀, 种子层电镀)
CN115498050A	通威太阳能(成都)有限公司	2022.12.20	一种太阳能电池及其制备方法(铜电 镀, 种子层电镀)
CN115842064A	苏州迈为科技股份 有限公司	2023.03.24	HJT 太阳能电池及其制备方法(无种 子层铜电镀)
CN115911167A	苏州迈为科技股份 有限公司	2023.04.04	一种异质结太阳能电池及其制备方法 (无种子层, 铜电镀)
CN217775879U	苏州迈为科技股份 有限公司	2022.11.11	一种太阳能电池激光刻槽装置及太阳 能电池加工设备(铜电镀, 激光开槽 图形化)
CN217467463U	苏州迈为科技股份 有限公司	2022.09.20	光刻曝光装置(铜电镀, 掩膜显影图 形化)
CN114959849A	江苏启威星装备科 技有限公司	2022.08.30	接电装置、电镀夹具以及电镀设备 (铜电镀, 水平电镀金属化)
CN219626669U	江苏爱康科技股份	2023.09.01	采用绒面掺硼氧化锌薄膜层替代以氧

	有限公司/能源研究院有限公司/浙江爱康未来科技有限公司		化铟系掺杂氧化物为主的透明导电薄膜
CN208753334U	赣州市创发光电科技有限公司	2019.04.16	一种采用蒸镀氧化锌透明导电膜的硅基异质结太阳能电池（AZO/GZO 降低铟含量）
CN116031323A	苏州迈为科技股份有限公司	2023.04.28	一种异质结太阳能电池及其制备方法（SnO ₂ 为主体的 TCO）
CN218918903U	苏州迈为科技股份有限公司	2023.04.25	一种异质结太阳能电池（TTO、MTO、MTTO）

资料来源：智慧芽专利系统，势银（TrendBank）整理

铜电镀为去银化终极方案，是一种非接触式的电极金属化技术，由于铜栅线相比银栅线形貌更好，体电阻率更低导电性更强，并且铜栅线与 TCO 薄膜之间附着更为紧密，接触电阻相比低温银浆更小，在去银降本的同时又兼顾了提高填充因子达到增效的双重效果。从专利上看，铜电镀技术还存在多种工艺路径，涉及的有种子层和无种子层以提升栅线与 TCO 层间的导电性和附着力；图形化则有光刻、喷墨打印、激光开槽等。

迈为公开专利 CN218918903U 中以氧化锡基 TCO 材料代替铟基 TCO 材料的异质结电池方案，使用掺钽氧化锡（TTO）、掺钼氧化锡（MTO）或者钽钼共掺氧化锡（MTTO）进行多层梯度掺杂作为 TCO，有望解决传统无铟 TCO 氧化锌铝（AZO）材料性能不佳、稳定性差、可靠性差的问题，降低了成本的同时保证电

池稳定性。在迈为专利 CN116031323A 中，通过在氧化锡层和掺杂层之间使用 PVD 方法制备超薄 ITO 缓冲层和 RPD 制备超薄 ICO/IWO 缓冲层，改善了氧化锡层与掺杂层间的接触电阻大的问题，该叠层结构可大幅度减少靶材的使用，降低生产的工艺成本；同时该种电池方案可结合铜电镀技术，在氧化锡层上无需制备铜种子层，可直接执行铜电镀工艺，进一步减少工艺步骤、降低工艺难度和银材料成本。



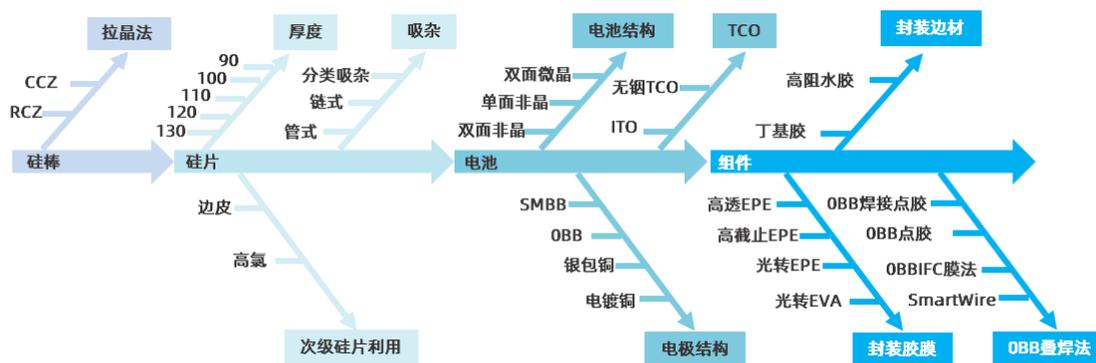
第3章

工艺技术篇

3.1 硅异质结电池工艺技术进展

“降本增效”是包括光伏电池行业的长期逻辑，技术创新是实现“降本增效”的核心推动力，硅异质结产业化降本增效路径如图 3-1 所示，包括硅棒、硅片、电池和组件四个环节。

图 3-1 硅异质结产业化降本增效路径图



来源：华晟新能源，势银（TrendBank）整理

3.1.1 硅异质结电池“增效”相关最新进展

HJT 得益于结构和材料优势，理论上极限转化效率为 28.5%。数据显示，2022 年 HJT 产业化平均转换效率达到 24.6%，较 2021 年提高 0.4%。从最高研发转化效率看，2022 年 12 月隆基自主研发的 HJT 转换效率已达到 26.81%，为目前全球国际太阳能电池效率的最高纪录，因而 HJT 提效方面还具有较大空间。

目前产业上 HJT 提效方法主要包括双面微晶、OBB、铜电镀、光转膜等，最新进展如下：

双面微晶及优化方面，工艺技术逐步成熟，产品端华晟喜马拉雅 G10 系列、东方日升伏羲系列均采用 HJT 电池双面微晶工艺；无主栅（OBB）方面，目前总体处于导入量产阶段，如验证顺利有望在 2024 年进一步提高渗透规

模。铜电镀技术能通过细化栅线，优化 TCO 等方式提高电池效率，减少材料消耗，目前主要还存在设备成本、环保等挑战。预计 2024 年，铜电镀技术会有更多的设计方案，未来两年内将会有成熟的应用。光转膜方面，已实现量产应用，未来有望成为组件封装的标配技术之一；硅片端，通过硅片预切片，相比于常规先做成电池片再切片，减少电池端 0.1% 的切损，通过对硅片的预清洗结合吸杂技术，减少金属杂质带来的缺陷，提升效率 0.1-0.2%。

另外，其他工艺技术方面如 TCO 工序，通过在透明导电薄膜生产过程中的水汽控制、工艺参数优化、高迁移率靶材的使用，增加透光性、降低接触电阻，提效 0.2-0.3%；丝网印刷工序，通过对多主栅技术和金属材料优化，并结合特殊的金属化图形设计，减少电阻损耗，提升效率 0.2%-0.4%，经过以上几种技术的叠加，HJT 电池转换效率达到 25% 以上。未来 HJT 在双面微晶优化、OBB、结构优化和金属化优化（如铜电镀）等技术方面分阶段持续开展有望实现 26% 的效率目标。

表 3-1 硅异质结电池增效技术情况

增效方案	简介	效率提升 (%)	进展
双面微晶及优化	单面微晶到双面微晶，双面微晶相比单面微晶提高 0.2%~0.3%	0.3~0.6	双面微晶工艺产业已走通，华晟喜马拉雅 G10 系列、东方日升伏羲系列均采用 HJT 电池双面微晶工艺。
OBB	无主栅	0.15~0.25	23 年下半年 OBB 有望导入量产，验证顺利后行业有望

			在 24 年进一步提高 HJT 扩产规模。
光转膜	紫外转换胶膜	0.1	已量产应用
硅片端	硅片预切半，减少 电池端 0.1 切损； 硅片预清洗-吸杂	0.1-0.2	已量产应用

3.1.2 硅异质结电池“降本”技术最新进展

HJT 产业化降本路径主要包括产线装备配件的本土化、硅片薄片化及金属电极低银化。其中设备方面，目前成套产线产能为 600MW 且装备部分核心零部件主要靠进口，因而可通过提升装备关键部件国产化及进一步提升生产能力方式降本，每条线产能从 600MW 向 800MW 到 1000MW 迈进，以来降低每瓦设备成本。预计 2023 年底，HJT 生产速度达 12000 万片 800MW 产线落地。

大尺寸硅片及薄片化对组件单位成本摊薄。2023 年，大尺寸硅片产能达 792.4GW，其中 210 尺寸产能达到 320.8GW，继 2022 年持续增长后再度大增 74.6%，占比达 38.76%，硅片大尺寸发展趋势更加明显，其中 HJT 210 尺寸将逐步成为行业主流尺寸。薄片化方面，目前 HJT 主流为 120 μ m 硅片，110 μ m 硅片整体处于中试及准备量产阶段。

金属化降本方面，主要通过栅线图形的优化和银包铜及 OBB 工艺，以及铜电镀的方式来大幅度降低银浆的用量。栅线图形方面，主要通过栅线根数与栅线开口的同步优化，在效率持平的状态下，能够降低 15%—20% 的银浆的使用。目前市场上多家企业在尝试银包铜浆料，正面及背面银耗量含量处于 50% 和 40% 水准，现阶段银包铜浆有望进一步下探至 30% 含量。预计未来

银包铜还有持续降本的空间，最终银耗量将在 20%—25% 附近。0BB 技术取消电池片主栅，组件环节用焊带导出电流，2023 年 SmartWire 专利到期后国内涌现较多布局厂商。

TCO 材料优化方面，由于 TCO 靶材的技术门槛高，投入的生产成本大。目前产业上使用氧化铟锡系列的 TCO 材料，氧化锡具备较好的导电性和透光性，但是它的价格最贵；铟材料虽然并不稀缺，但是产量有限，价格容易波动。目前解决的方案是利用氧化锌和氧化锡材料取代铟材料。氧化锌和氧化锡有着比较接近的导电性，但是外覆性差，目前仍需要进一步改善。

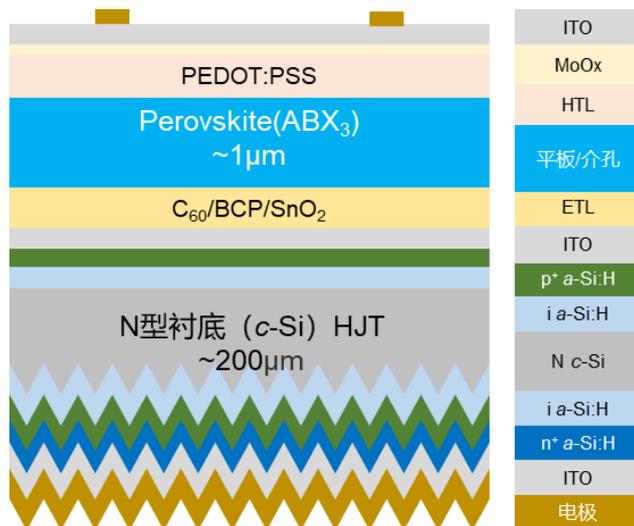
除了上述三个方面外，在电池到组件的封装过程中，封装胶膜、封边材料以及 0BB 叠焊法均有进一步研究与突破，使得硅异质结的生产成本进一步降低。

3.2 硅异质结 / 钙钛矿叠层工艺技术进展

3.2.1 叠层电池产业化进程

随着硅异质结电池的产业化快速发展，钙钛矿电池新技术的不断突破，硅异质结/钙钛矿叠层电池（如图 3-2）的研发也应运而生进入大众视野。2021 年 11 月，荷兰应用科学研究组织（TNO）、Energy Ville 和 Eindhoven 理工大学的研究人员通过结合 17.8% 效率的钙钛矿电池和效率为 11.4% 背接触硅异质结电池，实现了 29.2% 的转换效率。2023 年 6 月 KAUST 将硅异质结/钙钛矿叠层电池实验效率推向巅峰，达到 33.7%。目前产业上，叠层电池虽仍多处于研发阶段，但相关产业化进程也正在不断提速，预计 2024 年，部分企业诸如宝馨科技等企业将启动百兆瓦叠层线建设，2026 年将有叠层电池量产。

图 3-2 硅异质结/钙钛矿叠层电池简示图



资料来源：势银（TrendBank）整理

3.2.2 硅异质结/钙钛矿叠层电池工艺流程

目前, 主流的硅异质结/钙钛矿叠层电池的制备工艺主要由制备硅异质结电池的四个步骤, 加上制备钙钛矿电池的五个工艺步骤 (如图 3-3)。硅异质结与钙钛矿层从器件结构、制备工艺和关键装备上二者完全匹配, 仅需要在低温金属化工艺之前增加四道钙钛矿工艺即可完成二端叠层电池的工艺制备。

图 3-3 硅异质结/钙钛矿叠层电池工艺流程



资料来源：势银（TrendBank）

3.2.3 工艺技术痛点及解决办法

晶硅表面织构化是提高硅太阳能电池性能的重要方法，晶硅表面的处理也逐渐从前/后双抛发展为前/后双绒面；而叠层电池的工艺技术难题正是在晶硅表面几微米高的金字塔绒面上大面积制备只有几百纳米厚的均匀钙钛矿层。当下叠层电池中制备钙钛矿薄膜层主要有三种工艺路径（如表 3-2 所示）：一步全溶液湿法、两步气相热蒸发干法、以及热蒸发+溶液转化两步法。

钙钛矿电池中常用的一步溶液涂布法在叠层电池中制备均一的薄膜技术很困难，通常做法是需要提高钙钛矿层的厚度至微米级。采用两步气相蒸发干法虽然可以制备均一的薄膜，但是顶部钙钛矿是宽带隙钙钛矿，存在容易相分离、不稳定，成分也很难精确控制。目前干湿混合两步法是主流制备技术：多先采用干法蒸镀，保型沉积无机盐骨架，控制生长均一的薄膜，再通过溶液涂布有机盐，精

准控制薄膜的成分，并通过相关的添加剂工程和溶剂工程提升钙钛矿结晶质量，增加其稳定性于寿命。

表 3-2 叠层电池——钙钛矿层制备路径分析

工艺技术路线	全溶液湿法	干湿混合法	全气相蒸镀干法
主流工艺	狭缝涂布	蒸镀+狭缝涂布	全热蒸镀
成膜质量	均匀性差，结晶难控制	适中	膜厚、均匀性易控制
成膜速度	快	适中	较慢
工艺难度	相对简单	适中	相对较难
材料利用率	高	适中	差
兼容性	适用于平面基底、小绒面	兼容平面、绒面	兼容平面、绒面
挥发性有机物	多	中等	无
产业化可行性	◎◎◎	◎◎◎◎	◎◎◎

资料来源：势银（TrendBank）



第4章

电站投资收益测算篇

自 2015 年起，我国光伏新增装机容量和累计装机容量均位居全球首位。随着我国“碳达峰”、“碳中和”等目标的提出，光伏发电在未来将得到更大的发展。相对于集中式光伏电站，分布式光伏电站的资源利用率更高，分布式电站开发与建设不需要额外占用土地，且可根据不同的屋顶等空间进行专门的设计开发，具有较高的土地集约性。同时，由于分布式电站以厂房建筑物屋顶等闲置资源作为发电场地，极大化地利用相对碎片化的太阳能光照资源，提高太阳能发电效率。

另外，根据相关研究，相较于其他类型光伏组件，异质结组件作为一种光伏电池新技术，具备量产效率高、可薄片化、无光致衰减、工艺流程简单、更高双面率、温度系数低，高温下衰减少等一系列优点，已得到广泛商业化应用与市场认可。因而，本文基于上海电气集团针对上海汽轮机厂有限公司节能改造项目实际案例，进行异质结组件方案设计、财务收益、度电成本、节能减排等相关投资收益测算，并与传统 PERC 组件方案对比，阐述硅异质结组件优越性。

4.1 项目概况

项目名称：

上海汽轮机厂有限公司 2MW 分布式光伏电站项目

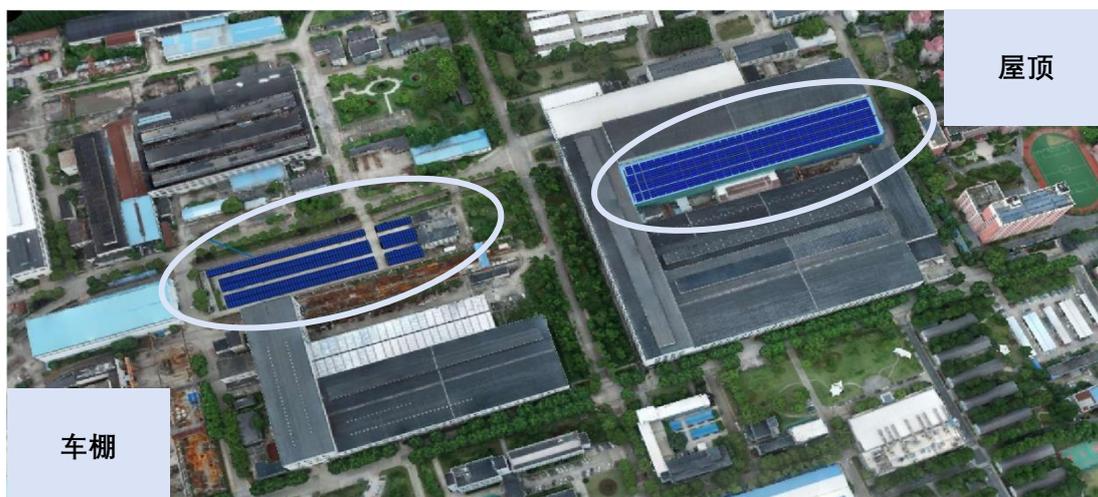
项目建设单位：

上海电气集团

建设地点：

本项目位于上海市闵行区江川路 333 号，地理坐标为北纬 31.00239 度，东经 121.41444 度，具体位置为上海汽轮机厂有限公司车棚顶和车间屋顶两块区域，如图 4-1 所示。其中安装自然条件方面，车棚附近西、南方向均存在少量建筑物遮挡。

图 4-1 项目位置及周边环境卫星图



4.2 方案设计

通过对光伏区间进行 3D 建模真实还原屋顶和车棚真实现状，完成屋顶和车棚光伏组件阵列布置，阴影最佳距离计算，发电量预测等。其中，项目 3D 建模、电站组件布置及优化设计分别如图 4-2、图 4-3、图 4-4 所示。

经精细化设计后得到最佳方案：屋顶光伏区可布置上海电气集团创造者 1.0 G10 系列 580Wp 异质结组件 1782 块，合计 1033.56kWp；车棚区间可布置 1615 块 580Wp 异质结组件计，共计 936.7kWp，两者合计 1.97MW 装机容量。

图 4-2 项目 3D 建模图

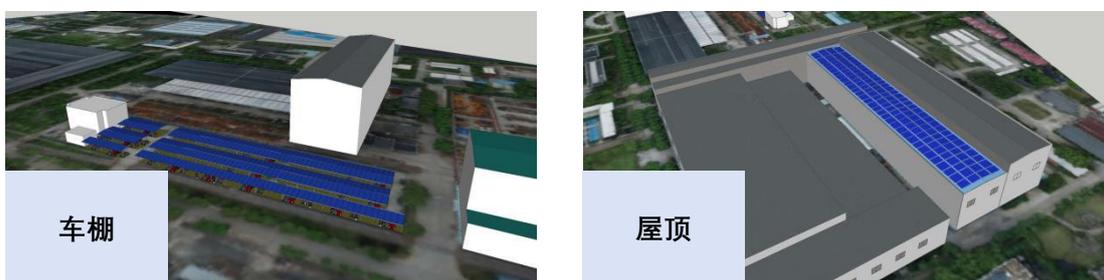


图 4-3 组件布置设计图

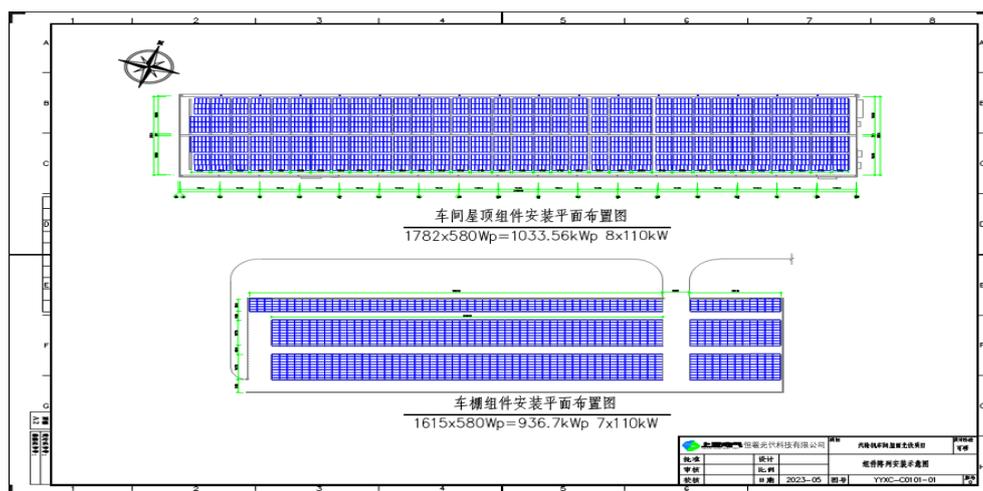
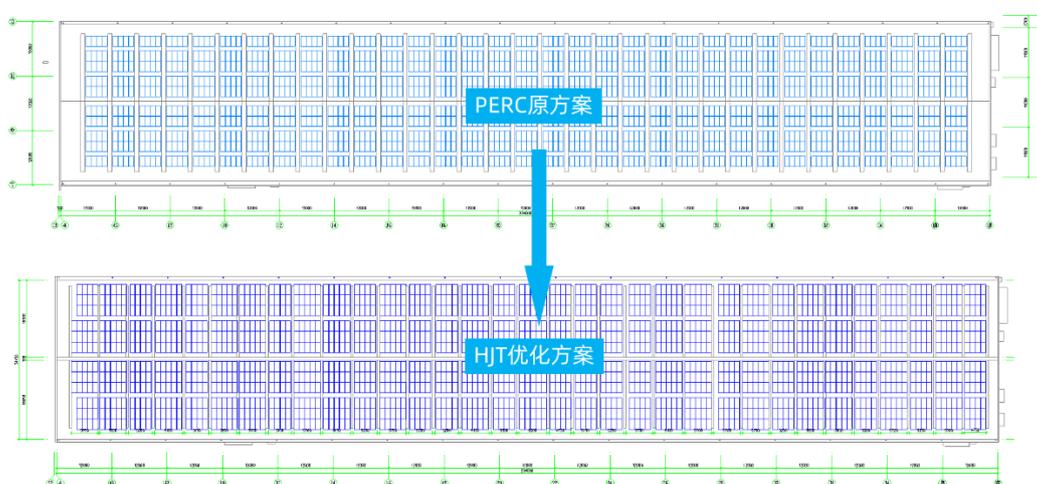


图 4-4 屋顶光伏组件布置优化设计图



4.3 技术及财务分析

表 4-1 为 HJT 和 PERC 主要财务指标对比数据，核心指标方面 HJT 方案相比原 PERC 电池组件方案装机容量增加 0.44MW，主要由在屋顶区通过组件的布置优化所额外获取；年上网电量增加 65.94 万度，所带来的销售收入总额增加 637.74 万元，发电利润总额增加 660.27 万元，总投资收益 (ROI) 增长 1.2%，项目投资回收期缩短 1.04 年。即使是考虑遮挡所带来的影响，异质结组件的年上网电量也比不考虑遮挡的 PERC 要高出 64.15 万度电，异质结电池组件所展现的经济性优势十分明显。

表 4-1 技术及财务指标对比汇总表

序号	名称	单位	PERC	HJT	对比	HJT (遮挡)
1	装机容量	MW _p	1.53	1.97	0.44↑	1.97
2	年上网电量	万 kW·h	150.35	216.3	65.94↑	214.50
3	总投资	万元	829.13	1064.34	235.21	1064.34
3.1	静态投资	万元	-	1064.34	1064.32	1064.32
3.2	建设期利息	万元	-	0.00	-	0.00
4	流动资金	万元	-	5.91	5.91	5.91
5	发电销售收入总额 (不含增值税)	万元	2568.29	3206.03	637.74↑	3562.29 (含税)
6	总成本费用	万元	1332.52	1679.57	347.05	1679.57
7	企业税金及附加总额	万元	-	46.02	46.02	45.57
8	发电利润总额	万元	1206.46	1866.73	660.27↑	1837.15
9	财务内部收益率	%			0.00	-
9.1	项目投资 (所得税前)	%	10.00	10.73	0.73	10.58
9.2	项目投资 (所得税后)	%	8.79	9.38	0.59	9.25
9.3	资本金	%	8.79	9.46	0.67	9.33
10	总投资收益 (ROI)	%	5.82	7.02	1.2↑	6.90
11	投资利税率	%		7.15	7.15	7.04
12	资本金净利润率 (ROE)	%		5.56	5.56	5.47
13	项目投资回收期 (所得税后)	年	9.88	8.84	-1.04↓	8.94
14	借款偿还期	年	-	15.00	15.00	15.00

15	资产负债率	%	-	0.00	0.00	0.00
----	-------	---	---	------	------	------

4.4 平准化度电成本分析

4.4.1 平准化度电成本介绍

平准化度电成本（LCOE）是衡量太阳能电池商业化价值的核心，其计算公式与组成部分如图 4-5 所示，其定义为项目总投资（包括初始投资 CAPEX 和运营期成本 OPEX）和生命周期总发电量（AEP）的比值。（公式中 I_0 为项目的初始投资、 V_R 为固定资产的残值、 A_n 为第 n 年的运营成本、 D_n 为第 n 年的折旧、 P_n 为第 n 年的利息、 Y_n 为第 n 年的发电量、 i 表示折现率、 n 代表电站寿命）。随着电池组件的功率/效率提升，组件的发电量提高，其支架、电缆等 BOS 成本也将降低，土地租赁面积也将减少，LCOE 也将随之降低。

图 4-5 LCOE 计算公式与组成部分



$$LCOE = \frac{CAPEX + OPEX_{lifetime}}{AEP_{lifetime}} = \frac{I_0 - \frac{V_R}{(1+i)^n} + \sum_{n=1}^{25} \frac{A_n + D_n + P_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^{25} \frac{Y_n}{(1+i)^n}}$$

4.4.2 项目采用 HJT 和 PERC 方案 LCOE 对比分析

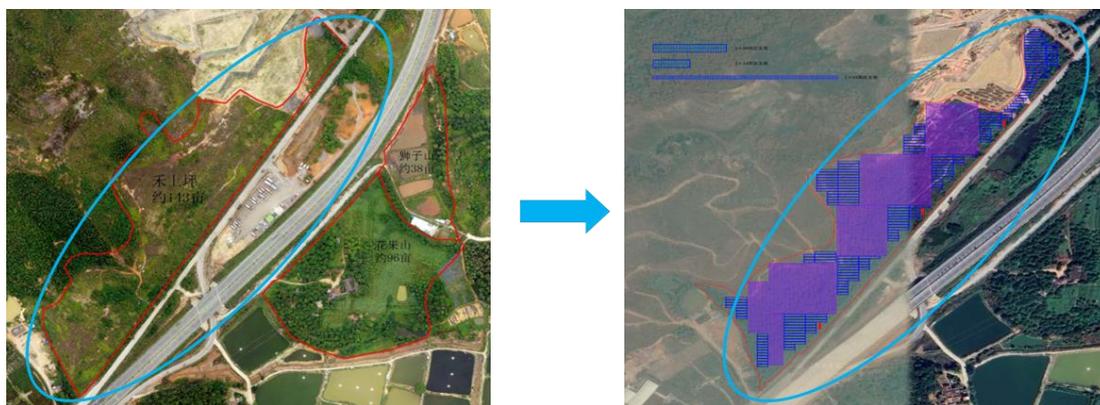
根据公式计算，该电站项目通过计算，异质结方案平准化度电成本为 0.4052 元/度，PERC 电池方案 LCOE 为 0.4648 元/度，硅异质结太阳能电池拥有更高的经济性优势，LCOE 降低 12.8%。

4.4.3 不同地区 HJT 光伏电站案例 LCOE 分析

不同地区自然条件如光照强度、温度与时长不同，除了上述汽轮机厂 1.97MW 的异质结电站案例外，下面列举其他地区的电站案例做对比分析。结果表明，不同地区光伏电站采用 HJT 方案相比 PERC 方案 LCOE 相对较低。

案例一：广东佛山 198.01MW 渔光互补光伏电站（如图 4-6）

图 4-6 渔光互补光伏电站卫星图



佛山项目 HJT 与 PERC 方案收益对比

	PERC 方案	上海电气 HJT 方案
组件	P 型 540Wp (182-PERC 电池片, 72 版型)	上海电气 595Wp (182-HJT 电池片, 72 版型)
等效发电小时	1027.4kWh/kWp/year	1083kWh/kWp/year
IRR	7.15%	7.73%

LCOE	0.4225 元/瓦	0.4089 元/瓦
------	------------	------------

案例二：中东阿曼地区 20MW 地面电站项目（跟踪支架 2P 布置，如图 4-7）

图 4-7 沙漠电站俯视图



中东项目 HJT 与 PERC 方案收益对比

	PERC 方案	上海电气 HJT 方案
组件	P 型 545Wp (182-PERC 电池片, 72 版型)	上海电气 595Wp (182-HJT 电池片, 72 版型)
等效发电小时	1947kWh/kWp/year	2030kWh/kWp/year
LCOE	0.156 ¢ /kWh	0.147 ¢ /kWh

4.5 社会效益分析

光伏电站采用不同的光伏技术，其经济指标发电量存在差异，随之所产生的社会效益不同。在该电站项目中，采用异质结电池组件 25 年总发电量 5407.36 万千瓦，原方案 PERC 电池组件则为 3753.68 万千瓦。根据国际能源署(IEA)《世界能源展望 2007》，中国的 CO₂ 排放指数为：0.814kg/kWh，同时，我国火电厂每发电上网 1kWh，需消耗标准煤 305g，排放 6.2 克的硫氧化物(SO_x) (脱硫前统计数据)、2.1 克的氮氧化物(NO_x)和 272g 粉尘(脱氮前统计数据)。经过测算，两种技术方

案的碳排放具体数据如表 4-2 所示，异质结光伏电池相对高发电量在节能减排具有明显优势。

表 4-2	PERC		HJT	
	25 年总排放	25 年年均排放	25 年总排放	25 年年均排放
发电量 (万 kWh)	3753.68	150.15	5407.36	216.29
节约标准煤量 (吨/T)	11449	458	16492	660
二氧化碳排放量 (吨/T)	30555	1222	44016	1761
硫氧化物排放量 (吨/T)	233	9	335	13
氮氧化物排放量 (吨/T)	79	3	114	5

An aerial night view of a city skyline, featuring the Willis Tower as the central focus. The sky is dark blue with some clouds, and the city lights are visible. The text '第5章 产业链篇' is overlaid on the image.

第5章

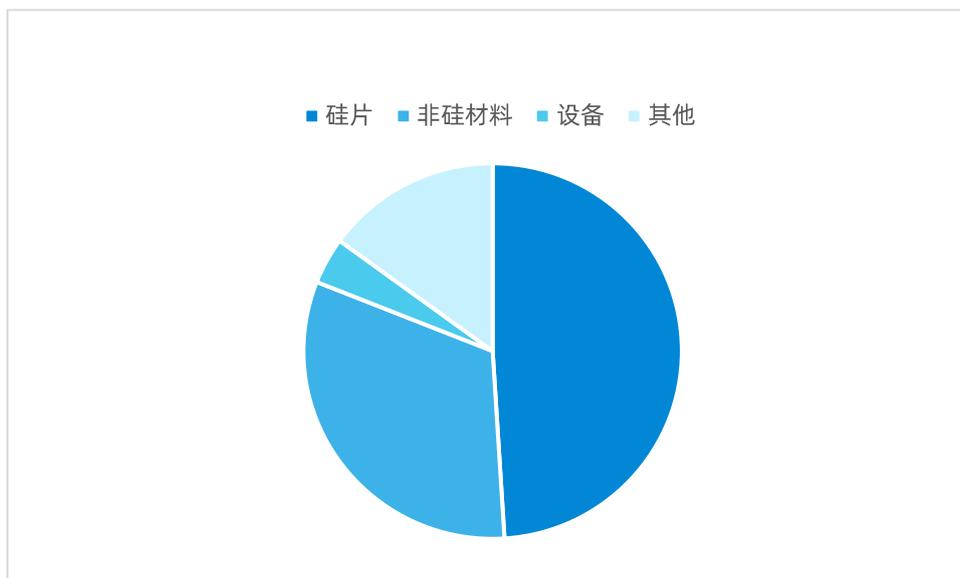
产业链篇

5.1 关键原料及设备

5.1.1 关键原料

硅异质结电池的上游关键原料主要包括硅片和非硅材料，合计占据硅异质结电池总成本的 81%，是硅异质结电池降本的主要目标。其中，非硅材料主要包括：低温浆料、TCO 靶材以及其他化合物。本章节将选取低温浆料、N 型单晶硅片和 TCO 靶材三种上游关键原料进行分析和探讨，硅异质结电池的成本结构占比以及上游部分关键原料代表性企业如图 5-1 和表 5-1 所示：

图 5-1 硅异质结电池成本结构占比



数据来源：CPIA，势银（TrendBank）

表 5-1 硅异质结电池上游关键材料及部分代表性企业

非硅材料		N 型单晶硅片
低温浆料	ITO 靶材	
KE	阿石创	隆基绿能
贺利氏	隆华科技	TCL 中环
晶银新材	先导稀材	晶科
帝科股份	映日科技	晶澳
聚和新材	众诚达	华晟
...	中山智隆	鸿晖

资料来源：势银（TrendBank）

5.1.1.1 低温浆料

(1) 产品特性及应用

光伏浆料（光伏银浆）是光伏电池的关键上游辅材之一，主要应用于光伏电池的金属化工艺环节，用于光伏电池的电极制作，直接影响光伏电池的光电转换效率。在产品结构方面，光伏银浆主要由高纯银粉、有机溶剂、有机树脂等构成。其中，银粉占据银浆成本最主要的部分，直接影响银浆的产品性能，日本 DOWA 是目前主要的银粉供应商之一。在产品类型方面，根据烧结温度的不同，光伏银浆可以分为高温银浆（烧结温度高于 700℃）和低温银浆（烧结温度低于 250℃）。不同于 PERC 和 TOPCon 电池，硅异质结电池的生产环节需采用低温工艺处理，因此需要采用低温浆料（低温银浆）作为辅材。

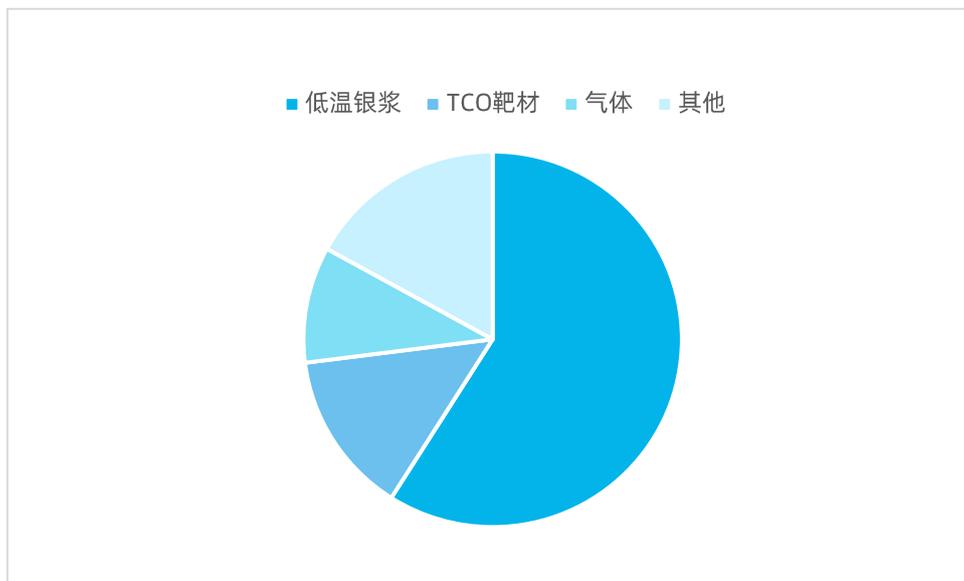
(2) 产业竞争格局

在低温浆料领域，技术壁垒相对较高，中国低温浆料行业起步较晚，中国本土从事低温浆料研发和生产的企業包括：苏州晶银、无锡帝科、聚合股份等，已陆续实现量产出货。相较于日本 KE 低温浆料，国产低温浆料需求响应和产品迭代速度更快，产品性价比更高，随着本土厂商陆续投产出货，低温浆料应用的本土化率不断提高。

(3) 市场分析

硅异质结电池的低温银浆消耗量较大，根据 CPIA 数据统计，低温银浆在硅异质结电池非硅材料中的成本占比约为 59%，位居非硅材料成本的首位。硅异质结电池非硅材料成本占比情况如下图所示：

图 5-2 硅异质结电池非硅材料成本占比情况

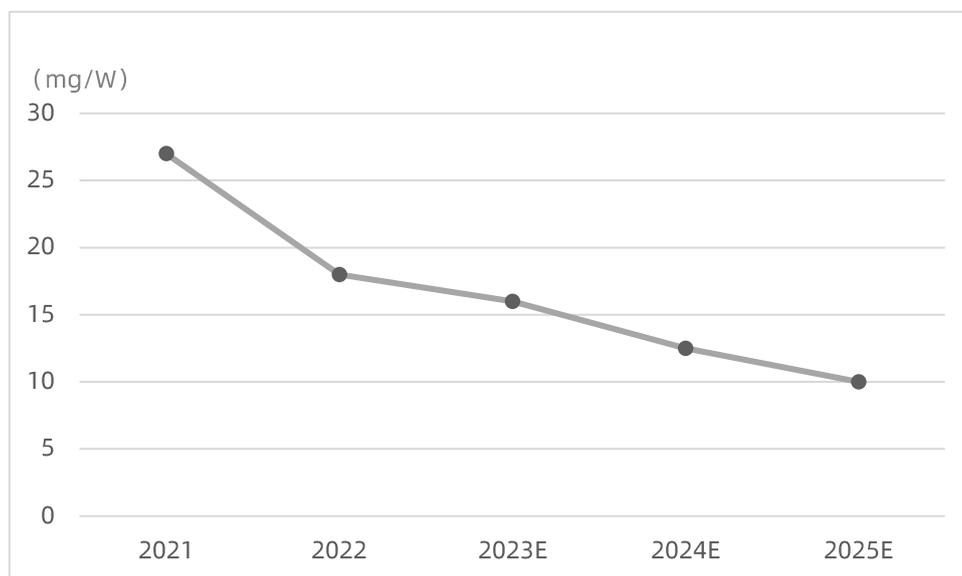


数据来源：CPIA、势银（TrendBank）

近年来，在降本增效的产业发展背景下，随着硅异质结电池技术的不断发展和成熟，HJT 电池用低温银浆单瓦耗量呈现逐年降低的发展态势。根据统计，2022 年 HJT 电池用低温银浆单瓦耗量为 18mg/W，同比下降 33%，预计 2023 年 HJT

电池用低温银浆单瓦耗量将下降至 16mg/W，同比下降 11%，进一步助力硅异质结电池度电成本的降低。硅异质结电池用低温银浆单瓦耗量情况如下图所示：

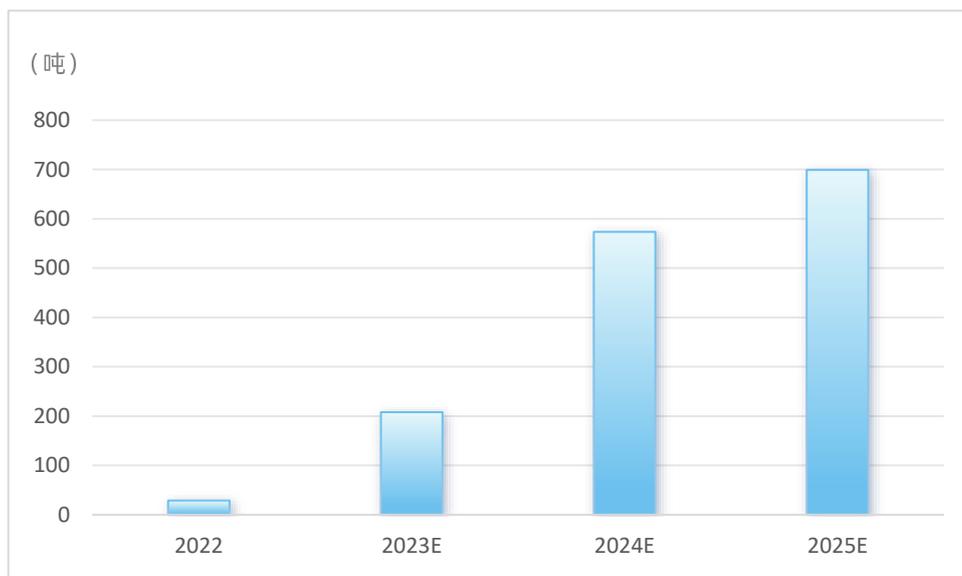
图 5-3 硅异质结电池低温银浆单瓦耗量



数据来源：势银（TrendBank）

尽管在降本趋势下硅异质结电池的单瓦银耗量不断下降，但是受益于硅异质结电池市场体量的迅速增长，应用于硅异质结电池领域的低温银浆的市场容量也呈现出持续增长的态势，根据势银（TrendBank）统计，2022 年硅异质结电池用低温银浆市场容量约为 29 吨，预计 2023 年市场容量达到 208 吨。未来，受银包铜、OBB 等低银耗技术迅速发展和应用的影响，整体增速有所放缓。2022~2025 年硅异质结电池用低温银浆的中国市场容量情况如下图所示：

图 5-4 硅异质结电池用低温银浆中国市场容量



数据来源：势银（TrendBank）

（4）发展趋势分析

在异质结电池生产过程中，低温浆料的消耗量较大，是硅异质结电池实现降本增效的关键材料，低银化和无银化是硅异质结电池未来重要的发展方向，主要包括 OBB(无主栅)、银包铜、铜电镀等新一代工艺技术。

通过改进印刷工艺对 HJT 电池栅线进行优化，可以有效降低银耗量，提高电流传输效率，涉及的工艺技术包括 SMBB 和 OBB，其中，用 SMBB 技术较为成熟，已成为 N 型太阳能电池的标配工艺技术，实现大规模量产应用。OBB 技术是一种无主栅技术，可以大大减少栅线对光线的遮挡，提高电池转换效率，同时还可以降低银浆用量，从而降低电池制造成本。目前，华晟新能源、东方日升、爱康科技等主流硅异质结电池厂商在从事相关领域工艺技术的研发，进展顺利。

银包铜是指通过调整低温浆料中银、铜的比例，在维持性能不变的情况下降低硅异质结电池的单瓦银耗量，是硅异质结电池降本的重要途径。目前银包铜浆料研发进展顺利，50%银含量的银包铜细栅已通过电站验证，发电量无异常，陆

续进行量产导入阶段，未来银含量有望进一步下降，浆料单价将持续下降。目前，博迁新材较在布局银包铜粉的研发和生产，已实现量产出货。

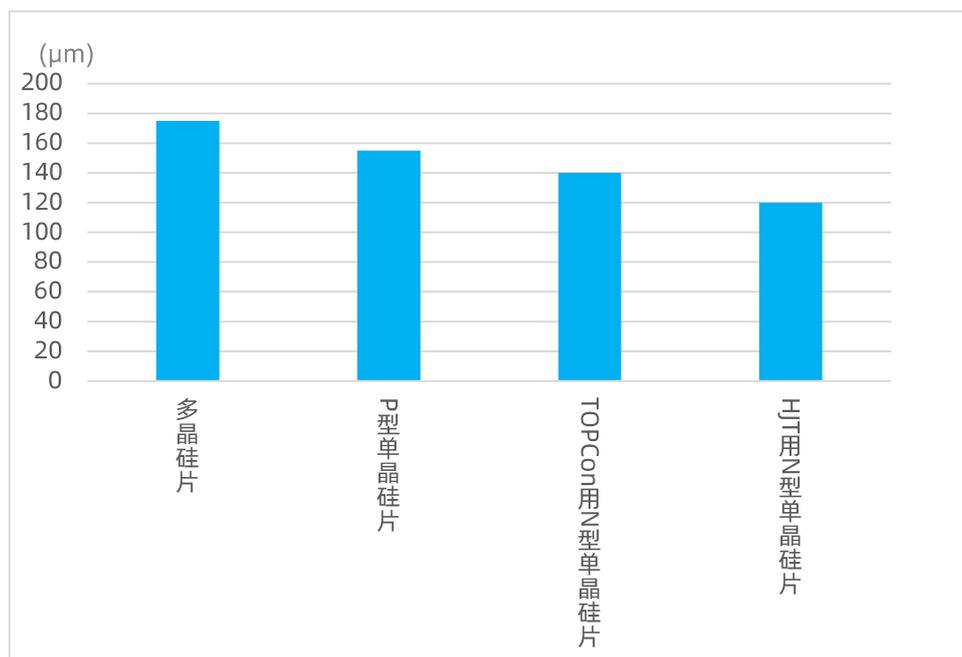
铜电镀技术是指不经丝网印刷，直接在 TCO 上电镀沉积 Cu 电极，完全替代银电极。铜电镀技术具备较大的降本增效空间，未来有望逐步替代低温浆料。但是存在设备投资成本较高、设备成熟度较低、环保审批难度大等问题，目前该技术路线尚未成熟，具有一定程度不确定性，预计今年年底进入中试阶段。

5.1.1.2 N 型单晶硅片

(1) 产品特性与应用

硅异质结电池生产过程中需采用厚度更薄的专用 N 型单晶硅片。由于硅异质结电池具有全低温生产环境、产品结构对称、无应力制程等工艺技术特点，因此异质结专用 N 型单晶硅片更易于实现硅片减薄处理，以此降低硅片的生产成本。根据势银（TrendBank）统计，用于硅异质结电池的 N 型单晶硅片平均厚度约为 120 μm ，低于 P 型单晶硅片和 TOPCon 电池用 N 型单晶硅片。不同类型太阳能电池的硅片厚度对比如下图所示：

图 5-5 不同类型光伏电池硅片厚度情况对比

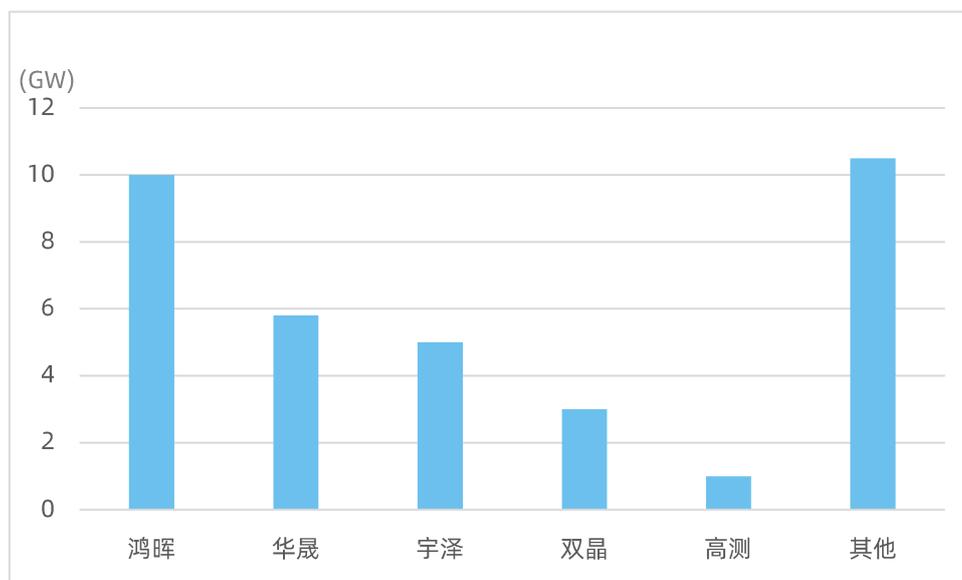


数据来源：CPIA，势银（TrendBank）

(2) 产业竞争格局

硅异质结电池专用 N 型单晶硅片作为硅异质结电池降本的重要手段，其市场关注度不断提高，越来越多的异质结电池生产企业向产业链上游延申，加大对异质结专用硅片的研发力度。目前中国从事硅异质结电池专用硅片研发和生产的的企业包括：鸿晖、华晟、宇泽、双晶、高测等，已实现量产出货。产能布局方面，根据统计，目前硅异质结专用硅片产能已超过 40GW，呈持续增长的态势。硅异质结专用硅片的产能情况如下图所示：

图 5-6 硅异质结电池专用硅片产能发展情况

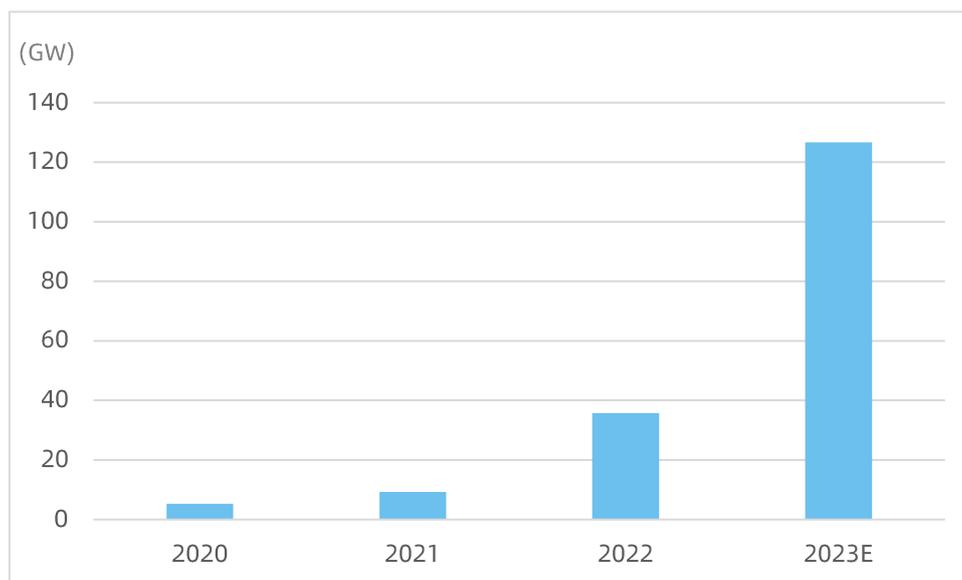


数据来源：华晟、势银（TrendBank）

(3) 市场分析

受益于硅异质结电池、TOPCon 电池等新一代 N 型电池技术的迅速发展和市场渗透率的不断提高，应用于相关领域的 N 型单晶硅片的市场规模持续增加。根据势银（TrendBank）统计，2022 年 N 型单晶硅片中国市场规模为 35.7GW，同比增加 284%，预计 2023 将达到 126.7GW，同比增加 255%，增长动能十分强劲。未来，随着 N 型太阳能电池市场占有率不断的提高，N 型单晶硅片的市场规模将维持出高速增长的发展态势。N 型单晶硅片中国市场规模如下图所示：

图 5-7 N 型单晶硅片中国市场规模



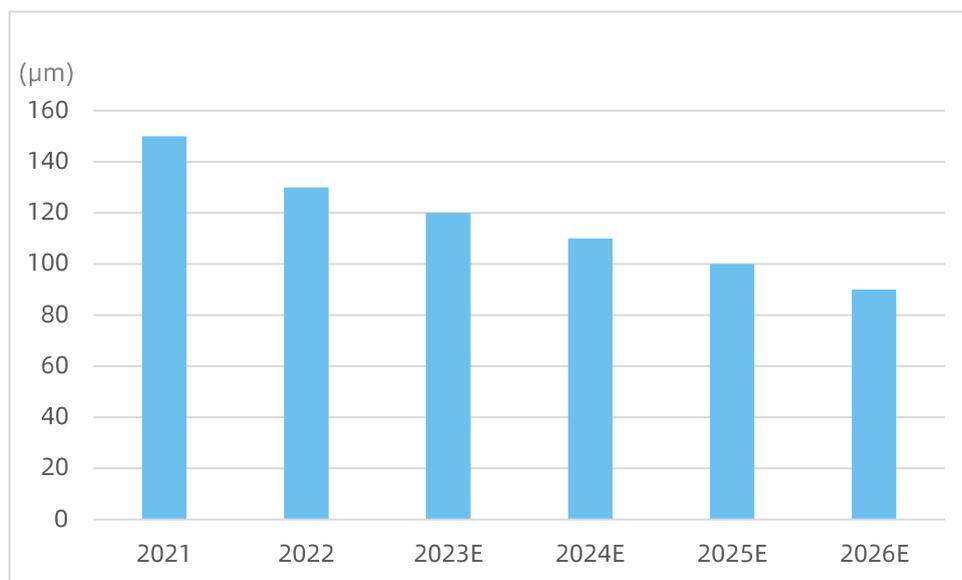
数据来源：势银（TrendBank）、CPIA、工信部

（4）发展趋势分析

根据 CPIA 统计，硅片在硅异质结电池中的成本占比约为 49%，是价值占比最高的上游原料，因此，针对硅异质结电池的产品特性和工艺特点针对性的开发专用 N 型单晶硅片，实现硅片薄片化，对降低硅异质结电池生产成本具有重要意义。

根据产品结构和技术工艺分析，硅异质结电池在硅片减薄方面具有一定的先天优势。未来，在光伏电池降本增效的发展趋势下，硅异质结电池专用 N 型单晶硅片的薄片化是主要发展趋势，预计未来五年硅异质结专用 N 型单晶硅片的厚度将持续下降，硅片在硅异质结电池中的成本占比将进一步降低。硅异质结电池专用 N 型单晶硅片的厚度发展趋势情况如下图所示：

图 5-8 硅异质结电池专用硅片厚度发展趋势情况



数据来源：CPIA、势银（TrendBank）

5.1.1.3 TCO 靶材

(1) 产品特性及应用

TCO 薄膜主要用于硅异质结电池上下层，是一种透明的导电薄膜，其主要作用在于增加电子迁移率，降低接触电阻。根据工艺技术的不同，在硅异质结电池 TCO 薄膜制备过程中采用的靶材类型有所不同，主要包括：ITO、SCOT、IWO、ICO 等，目前 ITO（氧化铟锡）靶材是硅异质结电池的主流靶材。金属铟是 ITO 靶材的上游金属原材料之一，由于铟为伴生矿，产量弹性较小，价格较高，因此 ITO 靶材的材料成本较高。根据 CPIA 数据统计，TCO 靶材在硅异质结电池非硅材料中成本占比为 14%，仅次于低温浆料。

(2) 产业竞争格局

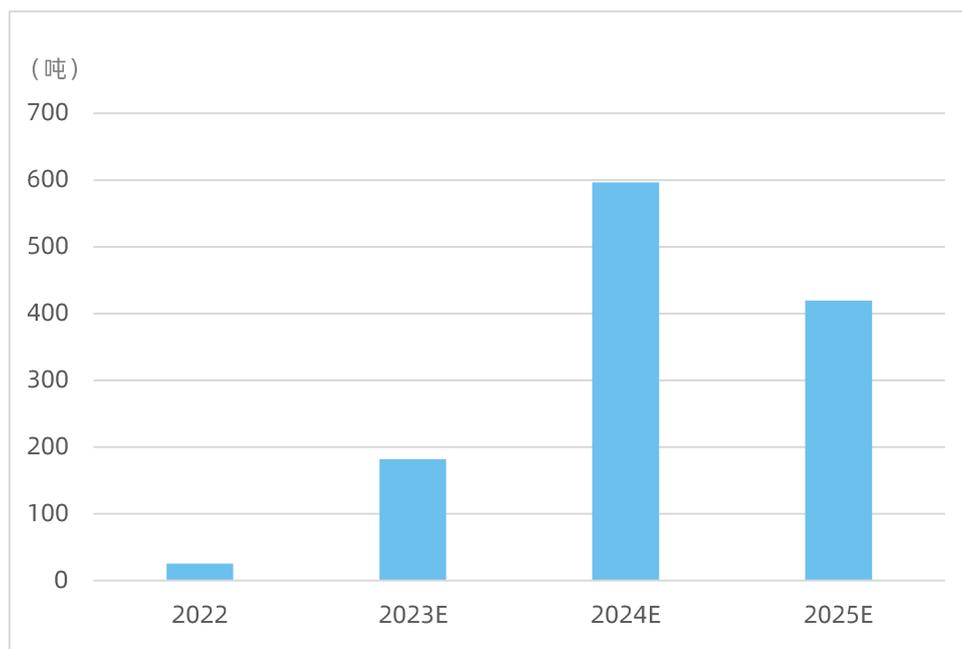
2015 年以前，ITO 等高端靶材主要来自日韩企业，依赖进口，核心技术和设备被日韩企业掌控，代表性企业包括：三井金属、JX 金属等。近年来，中国本土

靶材企业研发进展顺利，先后突破了制粉、成型烧结等核心技术，目前 ITO 靶材已初步实现本土化供应。中国从事 ITO 靶材研发和生产的主要企业包括：阿石创、隆华科技、先导稀材、映日科技等，众诚达、中山智隆等，已实现量产出货。

(3) 市场分析

近年来，随着硅异质结电池产能的快速释放，进一步带动靶材的市场需求量快速提升。根据势银 (TrendBank) 统计分析，2022 年硅异质结电池用 ITO 靶材中国市场容量约为 26 吨，预计 2023 年将达到 182 吨，同比增加 613%。2022 年~2025 年硅异质结电池用 ITO 靶材中国市场容量情况如下图所示：

图 5-9 硅异质结电池用 ITO 靶材中国市场容量



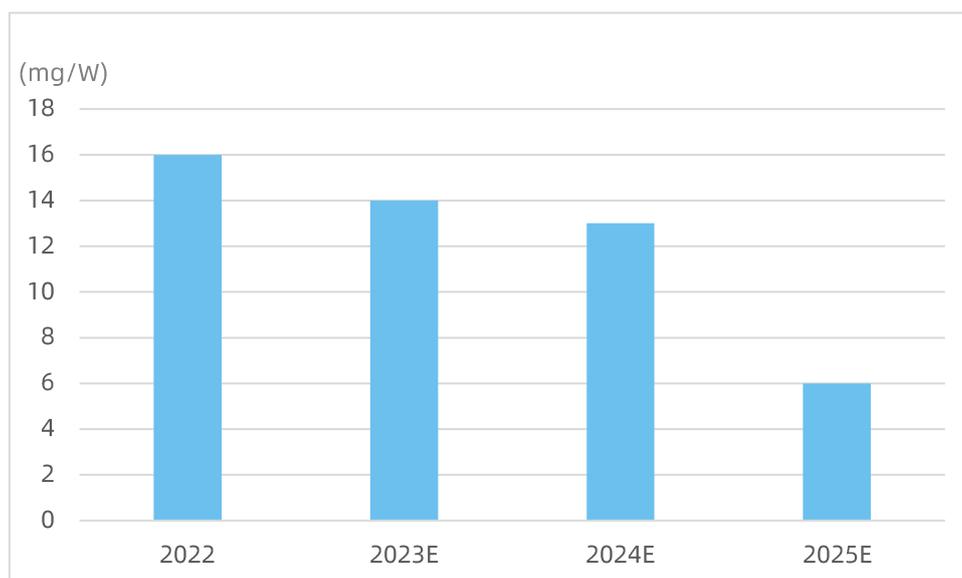
数据来源：SOLARZOOM、势银 (TrendBank)

(4) 发展趋势分析

ITO 作为硅异质结电池 TCO 薄膜的主流靶材材料，钢价和钢金属的稀有性限制了 ITO 靶材大规模应用，因此降低 TCO 靶材的钢耗量是降低硅异质结电池度电成本的有效途径之一。近年来，硅异质结电池的 ITO 靶材耗量呈持续下降的发展

态势，根据 SOLARZOOM 数据显示，2022 年 HJT 电池用 ITO 靶材耗量约为 16mg/W，预计 2025 年将降至 6mg/W，硅异质结电池用 ITO 靶材的成本将进一步被压缩。未来，随着钢价持续处于较高价格区间，寻求具有更高性价比的替代材料以实现硅异质结电池 TCO 靶材低钢化和无钢化将是该领域主要的发展方向。硅异质结电池 ITO 靶材耗量发展趋势如下图所示：

图 5-10 硅异质结电池 ITO 靶材耗量发展趋势



数据来源：SOLARZOOM、势银（TrendBank）

5.1.2 生产设备

硅异质结电池技术的工艺流程较少，主要包括制绒清洗、非晶硅薄膜沉积、透明导电薄膜沉积和丝网印刷四个工艺环节，各个环节应用到的生产设备主要包括：清洗制绒设备、非晶硅镀膜设备（PECVD）、TCO 镀膜设备（PVD&RPD）、丝网印刷机等，目前异质结相关生产设备已实现国产化，已具备了成套工艺设备的供应能力，处于逐步导入过程中。硅异质结电池相关工艺生产设备及部分代表性生产厂商如下表所示：

表 5-2 硅异质结电池相关生产设备及部分代表性企业

清洗制绒	非晶硅薄膜沉积	TCO 薄膜沉积		丝网印刷
清洗制绒机	PECVD	PVD	RPD	丝网印刷机
YAC	梅耶博格	冯阿登纳	日本住友	Micro-tec
Singulus	应用材料	梅耶博格	捷佳伟创	应用材料
RENA	迈为股份	Singulus	台湾精耀	迈为股份
启威星	理想万里晖	迈为股份	...	捷佳伟创
捷佳伟创	捷佳伟创	钧石能源		金辰股份
晟成光伏	金辰股份	...		中辰昊
北方华创	钧石能源			东莞科隆威
...

资料来源：势银（TrendBank）

（1）清洗制绒设备

硅异质结电池的制绒清洗工艺环节采用湿法化学清洗设备，相较于传统 PERC 电池而言，异质结电池技术主要优势在于开压高，因此异质结技术在 N 型硅片的钝化过程中对界面的要求较高，这对清洗制绒设备的技术指标提出了更高的要求。

目前，从事硅异质结清洗制绒设备生产的主要海外企业包括：日本 YAC、德国 Singulus、德国 RENA 等，其中，YAC 整体实力较为领先；中国本土清洗制绒设备生产厂商研发和生产进展顺利，技术迭代快、成本低，目前已形成清洗制绒设备的供货能力，代表性企业包括：启威星、捷佳伟创、晟成光伏、北方华创等。目前国产清洗制绒设备在性能参数方面已接近国外先进设备制造商，具有较高的产品性价比。

(2) 非晶硅薄膜沉积设备

非晶硅薄膜沉积是 HJT 电池制备的核心工艺，是决定硅异质结电池性能的关键。非晶硅薄膜沉积设备目前主要有等离子体增强化学气相沉积（PECVD）和热丝化学气相沉积（Cat-CVD/HWCVD）两种技术路线，受成本、镀膜均匀度、环保等因素影响，目前主流硅异质结厂商采用 PECVD 技术路线。

由于硅异质结电池生产过程中需要在硅片正反面沉积硅基薄膜作为钝化层，对薄膜的均匀性和致密度有较高的要求，这将直接影响电池片的转换效率，因此 PECVD 设备的技术难度较大，技术壁垒较高。PECVD 设备主要生产商包括：梅耶博格、应用材料、迈为股份、捷佳伟创、理想万里晖、金辰股份、钧石能源等。目前，中国本土厂商产业化研发进展顺利，多家设备生产商已实现量产出货，并在硅异质结电池产线中广泛应用。

PECVD 设备在硅异质结电池产线中的设备成本占比约为 50%，位居首位，是设备降本的关键部分之一。相较于国外设备厂商，中国本土 PECVD 设备在性价比方面更具优势，因此随着国产 PECVD 设备的投产，近年来投资建设的硅异质结电池产线陆续采用国产设备，本土 PECVD 设备市场份额占比不断提高。

(3) TCO 镀膜设备

在硅异质结电池片 TCO 薄膜制备环节，目前存在的工艺路线包括物理气相沉积法（PVD）和反应等离子体沉积法（RPD）两种，分别采用对应的 PVD 设备和 RPD 设备进行 TCO 镀膜。PVD 技术的优点在于设备成本相对较低，成膜均匀性较高，镀膜工艺较稳定，量产性更好；RPD 技术的优点在于 TCO 薄膜结晶度高、导电性好、光学透过率高，缺点在于设备成本较高，靶材利用率低。目前，PVD 和 RPD 两种技术路线并存，考虑到成本、产业化、工艺稳定性等因素，PVD 占据主

流，根据 CPIA 统计，2022 年 PVD 市场占比约为 98.8%，RPD 市场占比约为 1.2%。

在 PVD 设备方面，主要设备生产厂商包括：冯阿登纳、梅耶博格、新格拉斯、捷佳伟创、迈为股份、钧石能源等，由于 PVD 工艺技术较为成熟，技术壁垒相对较低，因此中外设备厂商的技术端差异化较低，目前中国本土企业已实现量产供应，且已达到较高水平的设备产能。在 RPD 设备方面，主要设备生产厂商包括：日本住友、捷佳伟创等，过去 RPD 核心专利技术被日本住友垄断，2020 年捷佳伟创通过引进吸收日本住友 RPD 技术，推出自主研发的新型 RPD 设备，实现此类设备的本土化量产供应。

（4）丝网印刷设备

丝网印刷设备主要应用于硅异质结电池生产过程中的电极金属化环节，硅异质结电池用丝网印刷设备与传统晶体硅电池片用丝网印刷设备相比差异较小，主要区别在于硅异质结电池采用低温工艺，印刷温度需控制在 220°C 以下。由于硅异质结电池用丝网印刷设备较 PERC 用丝网印刷设备技术增量较小，因此市场主流的传统晶体硅电池片丝网印刷设备厂商可以通过技术改进直接提供硅异质结电池用丝网印刷设备。目前，丝网印刷设备国产化率较高，从事硅异质结电池用丝网印刷设备研发和生产的的企业包括：迈为股份、Micro-tec、应用材料、中辰昊、捷佳伟创、金辰股份、东莞科隆威等，其中，迈为股份占据主要市场份额。

（5）生产设备发展趋势分析

在硅异质结电池很长一段时间的发展历程中，硅异质结电池相关的设备厂商主要为国外企业，PECVD 等关键设备的生产技术和市场份额被梅耶博格、新格拉斯、应用材料等国外先进设备制造商掌握。随着迈为股份、理想万里晖、钧石能

源、捷佳玮创、金辰股份等本土设备生产商在硅异质结电池的设备制造领域不断取得突破，国产硅异质结电池设备发展迅速，目前已具备量产供应能力。其中，迈为股份是行业头部企业，占据主要市场份额。硅异质结电池生产设备的技术门槛较高，迈为股份、捷佳伟创、钧石能源等具备整线设备交付能力的生产厂商拥有更好的成本控制能力和议价能力，预计在未来的硅异质结电池设备厂商竞争过程中将占据优势，产业市场集中度将不断提高。

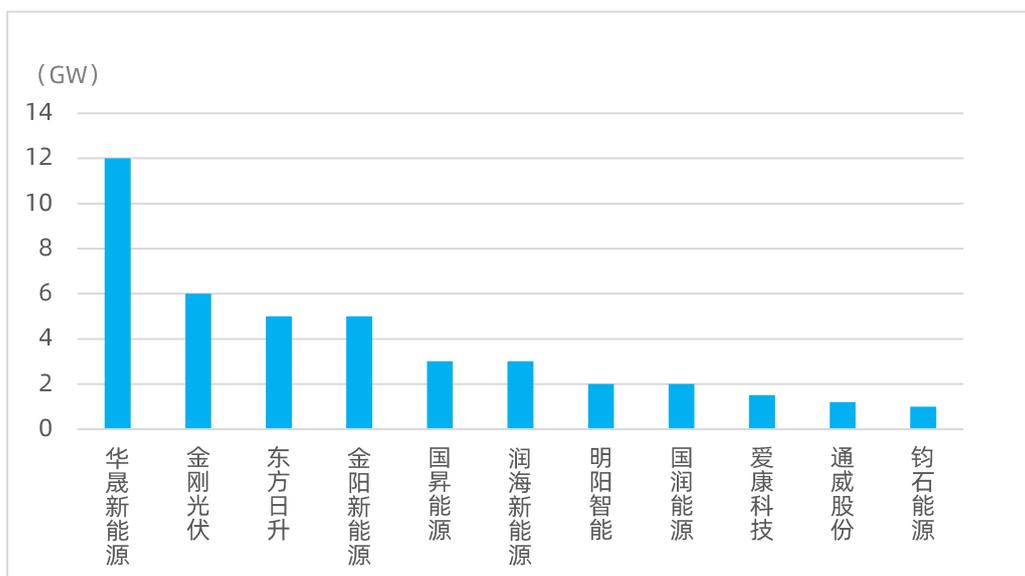
在硅异质结电池提效降本的发展趋势下，由设备生产商主导的工艺技术的变革在某种程度上将影响硅异质结电池的生产成本和转换效率。如何平衡硅异质结电池生产设备的成本竞争力和量产稳定性，助力硅异质结电池降本增效，这是硅异质结电池相关设备生产商未来共同努力的方向。

5.2 硅异质结电池片及组件

5.2.1 产业竞争格局

HJT 技术作为目前可实现商业化投产的主流 N 型技术路线之一，凭借其钝化效果好，开路电压较高，抗光衰能力强，量产效率高，效率提升空间大，运维压力小等优势，备受市场关注，众多企业积极参与相关领域生产和研发。目前从事硅异质结电池研发和生产的本土企业众多，行业竞争十分激烈，部分代表性企业包括：华晟新能源、东方日升、爱康科技、通威股份、宝馨科技、金刚光伏、国晟能源、金阳能源、明阳智能、国电投等，预计 2023 年中国硅异质结电池投产产能将超 40GW，更多规划产能陆续建设投产中。根据公开资料整理，部分硅异质结电池代表性企业投产产能情况分布如下图所示：

图 5-11 部分硅异质结电池代表性企业投产产能情况

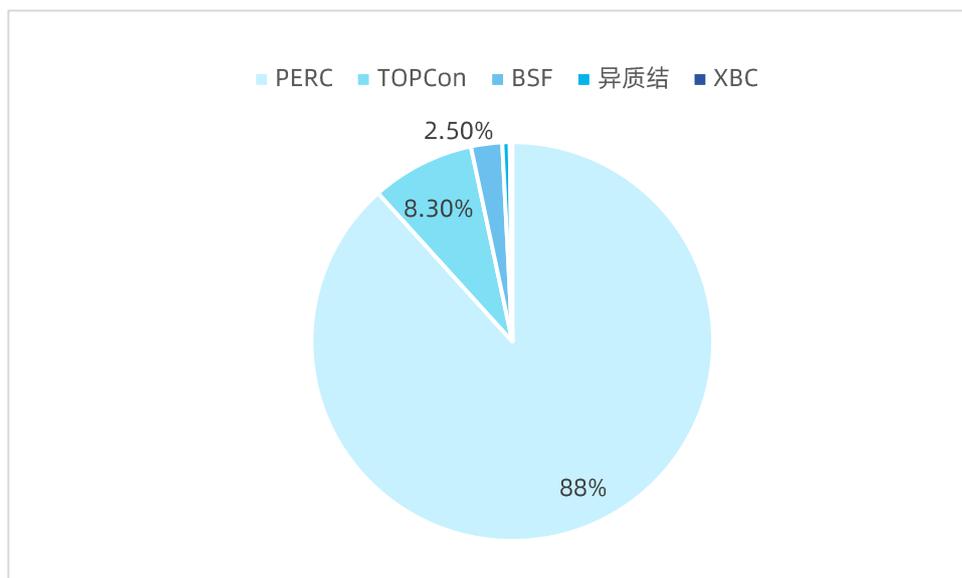


数据来源：势银（TrendBank）整理

5.2.2 市场分析

HJT 作为新一代 N 型光伏发电技术, 目前尚处于发展初期, 市场占有率较低, 根据 CPIA 数据统计, 2022 年 HJT 电池市场占有率约为 0.60%。未来, 随着 HJT 电池技术的不断发展和成熟, HJT 电池的市场规模和市场占有率将迅速增加, 预计 2025 年 HJT 电池的市场占有率将达到 18%, 市场潜力巨大。2022 年不同类型光伏电池市场占有率情况如下图所示:

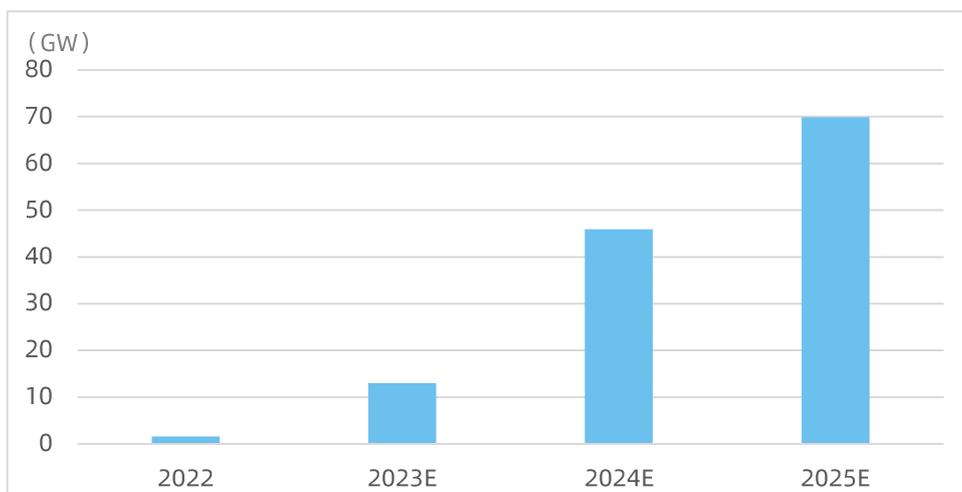
图 5-12 2022 年不同类型光伏电池市场占有率



数据来源：CPIA、势银（TrendBank）

近年来，硅异质结电池技术更新迭代迅速，在华晟新能源、东方日升、金刚光伏、爱康科技等主流企业的共同推动下，产业化进程顺利，量产效率不断提升，降本路径清晰，市场规模不断增加。根据势银（TrendBank）统计，2022 年硅异质结电池市场规模约 2GW，预计 2023 年硅异质结电池市场规模将超 13GW，同比增加 715%，增长动能强劲，发展前景良好。

图 5-13 硅异质结电池中国市场规模



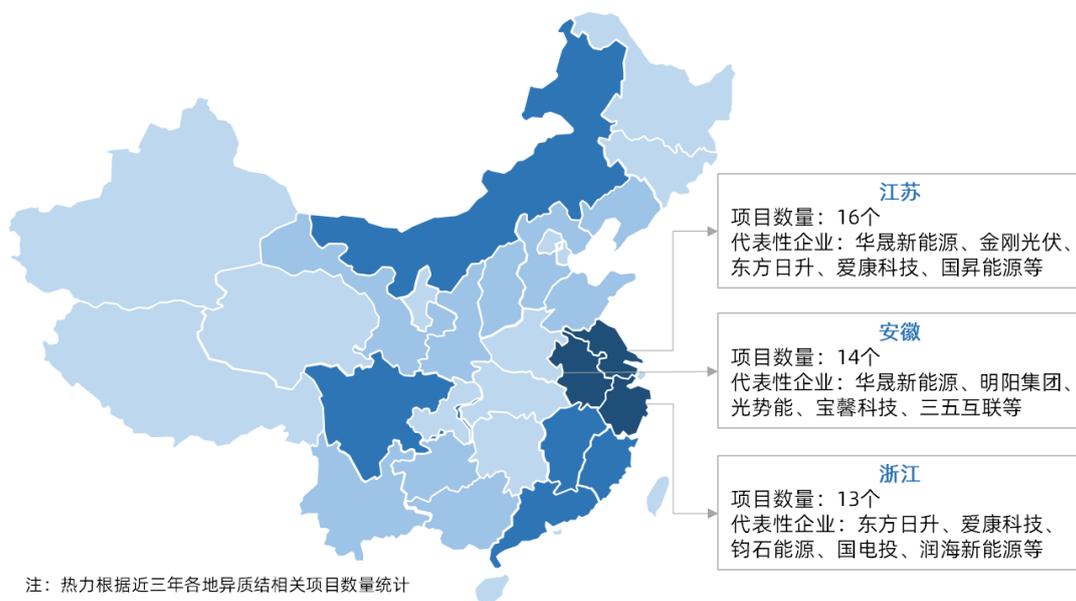
数据来源：势银（TrendBank）、CPIA、SOLARZOOM、Infolink

5.2.3 发展趋势分析

在国家 2050 年碳中和目标的引导下，光伏发电作为能源结构转型主力，对实现经济社会可持续发展和实现碳达峰碳中和具有重要意义，市场潜力巨大。随着 P 型电池逐渐接近 24.5% 的理论极限，已无法满足光伏产业对更高的转换效率的需求，因此光伏产业步入 N 型电池技术变革时代，新一代 N 型太阳能电池发电技术迅速发展，主要包括 TOPCon 电池技术和硅异质结电池技术。

硅异质结电池作为目前主流的新一代 N 型电池技术之一，市场热度持续增加，目前进入降本提效及市场导入关键时期，随着双面微晶、0BB、银包铜、UV 转光膜等产品和工艺技术的推广和应用，硅异质结电池的市场化进程不断加速，发展动能强劲。根据企业公开消息统计，目前已投入硅异质结电池研发和生产的中国本土企业已超过 45 家，2022 年累计投资金额达 1496 亿元，涉及全国 15 个省，其中，江苏、安徽、浙江三个省份位居前三。势银（TrendBank）根据近三年全国各地硅异质结电池相关项目数量进行梳理分析，得出中国硅异质结电池行业热力分布情况如下图所示：

图 5-14 中国硅异质结电池行业热力分布及代表性企业



资料来源：势银（TrendBank）

降本增效是光伏产业技术变革的核心，未来异质结电池的产业发展将围绕降本增效展开。降本方面，硅片薄片化、0BB、银包铜、电镀铜、TCO 靶材无钢化、热丝 CVD 等产业工艺技术的发展和应用将进一步助力硅异质结电池成本的降低。增效方面，HJT 易实现叠层结构，可通过改良膜的性能、优化结构、与钙钛矿薄膜电池技术叠加等技术方式，突破晶硅效率极限，因此 HJT 电池效率提升空间十分广阔。



第6章
政策篇

异质结技术是当前光伏发电技术中效率上限最高、最具产业化潜力的技术路线之一，在产业化发展过程中，离不开国家和各地方政府相关产业政策的大力扶持。近年来，国家陆续出台一系列产业支持政策，鼓励包括异质结技术在内的光伏产业的研发和生产。一方面，政府通过产业政策提供财政补贴和税收优惠，提升市场活力，推动产业发展步伐；另一方面，政府在政策层面对产业发展进行引导和监管，促进了产业标准的制定和产业链的协同有序地发展，确保产业在规范化环境下保持良性发展态势。本章节从国家层面和地方政府层面对异质结相关的政策环境进行探讨和分析，帮助产业相关企业了解新一代异质结太阳能电池产业政策的发展历程和最新动态。

6.1 国家产业政策

2009 年以前，中国光伏市场推进相对缓慢，产业相关支持政策仍处于宏观层面，尚未有针对细分领域的政策细则。2009 年，随着金太阳示范工程的实施，国家层面对光伏产业的扶持力度不断加大，相关补贴政策和行业标准的细则逐步完善，光伏产业正式进入快速发展阶段。随着中国光伏市场的不断发展，BSF 和 PERC 等技术受光电转化效率上限影响已经无法满足市场需求，因此国家层面加强了对异质结、TOPCon 等新一代 N 型太阳能电池技术的关注，从宏观层面对产业的研发和产业化发展进行指导，推动产业高速发展。2020 年 12 月，由国家能源局发布的《关于第一批能源领域首台（套）重大技术装备项目的公示》首次在国家层面明确提及异质结光伏技术，并将异质结太阳能电池生产装备列入能源领域首台（套）重大技术装备项目清单；2023 年 1 月，由工信部、教育部、科技部、人民银行、银保监会、国家能源局联合发布的《关于推动能源电子产业发展的指导意见》明确指出：开展 TOPCon、HJT、IBC 等高效电池及组件的研发与产业化，突

破 N 型电池大规模生产工艺。随着光伏产业新一轮技术变革不断加快，国家层面对新型高效太阳能技术的扶持力度也在不断加大。2013~2023 年期间，国家层面关于异质结太阳能电池的产业支持政策如下表所示：

表 6-1 国家层面异质结太阳能电池产业支持政策

时间	政策	部门	内容
2020 年 12 月	《发布关于第一批能源领域首台（套）重大技术装备项目的公示》	国家能源局	二代异质结太阳能电池生产装备等 26 个技术装备列入能源领域首台（套）重大技术装备项目清单
2021 年 9 月	《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	国务院	推进高效率太阳能电池、可再生能源制氢等低碳前沿技术攻关
2021 年 12 月	《“十四五”工业绿色发展规划》	工信部	发展大尺寸高效光伏组件
2021 年 12 月	《关于 2021 年度能源领域首台（套）重大技术装备项目的公示》	国家能源局	苏州迈为 HJT2.0 异质结电池 PECVD 量产设备被列入名单
2022 年 5 月	《关于促进新时代新能源高质量发展实施方案的通知》	国家能源局	推进高效太阳能电池、先进风电设备等关键技术突破

2022 年 8 月	《关于推动能源电子产业发展的指导意见(征求意见稿)》	工信部	未来光伏行业的重点发展领域将包含：高纯硅料、大尺寸硅片技术，N 型高效电池、柔性薄膜电池、钙钛矿及叠层电池
2022 年 8 月	《加快电力装备绿色低碳创新发展行动计划》	工信部 财政部 商务部 国资委 市场监管总局	推动 TOPCon、HJT、IBC 等晶硅太阳能电池技术和钙钛矿、叠层电池技术产业化
2023 年 1 月	《关于推动能源电子产业发展的指导意见》	工信部 教育部 科技部 人民银行 银保监会 能源局	开展 TOPCon、HJT、IBC 等高效电池及组件的研发与产业化，突破 N 型电池大规模生产工艺
2023 年 7 月	《制造业可靠性提升实施意见》	工信部 教育部 科技部 财政部 市场监管总局	提升高频高速印刷电路板及基材、新型显示专用材料、高效光伏电池材料等

资料来源：公开资料整理

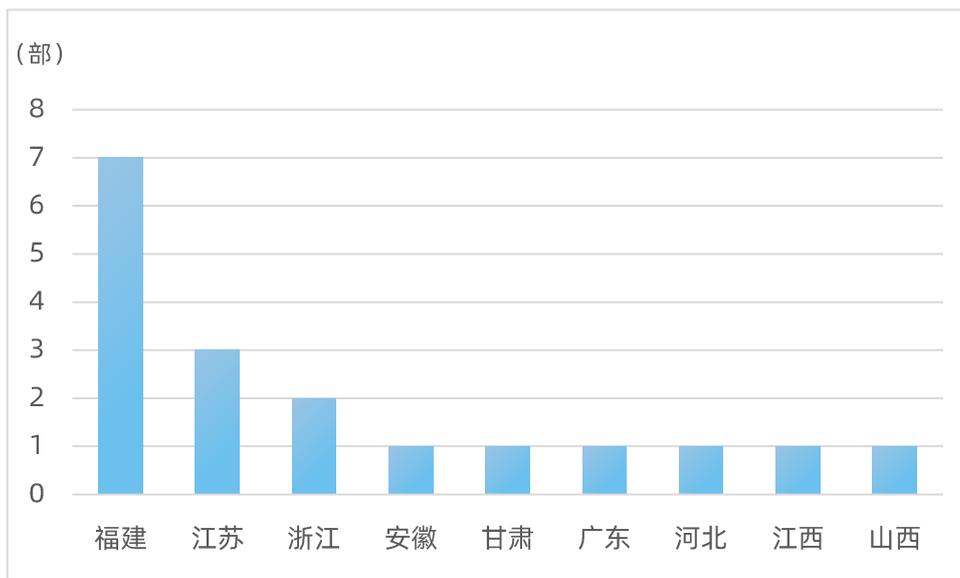
6.2 地方产业政策

在国家宏观政策的指导下，各级地方政府也根据自身产业发展规划陆续出台光伏产业相关的扶持政策。根据势银 (TrendBank) 统计，近三年全国各省、市、县累计出台光伏产业相关政策达超 2600 部，从价格、财政补贴、税收、项目管理、并网管理等多个层次提出了促进光伏产业健康发展的各项举措。其中，与新

一代异质结太阳能电池技术直接相关的地方产业政策共计 18 部，涉及安徽、福建、甘肃、广东、河北、江苏、江西、山西、浙江 9 个省份，宣城、瑞安、莆田、宁波 4 座城市。

福建省关于异质结太阳能电池的产业支持政策数量最多，在 2021 年~2023 年期间，省、市政府累计发布 7 部产业政策，2021 年由莆田市发改委发布的《福建（莆田）国家新能源产业创新示范区 2021 年行动计划》首次明确指出：以异质结电池生产制造为核心，推动集太阳能电池制造、地面电站、电站运营整体输出解决方案的产业链逐步完善；2022 年福建省人民政府发布《福建省“十四五”制造业高质量发展专项规划》，以莆田、泉州为主要集聚区，大力培育异质结电池生产制造与光伏电站运营核心企业。江苏省累计发布 3 部与异质结直接相关的产业政策，位居次位，在 2023 年 2 月江苏省人民政府发布的《关于推动战略性新兴产业融合集群发展实施方案的通知》中，明确指出：加快 TOPCon、异质结、钙钛矿电池及高效薄膜电池的研发和产业化。各省与异质结电池技术直接相关的产业支持政策数量统计如下图所示：

图 6-2 中国各省异质结电池产业政策数量分布



数据来源：公开资料整理

未来，随着异质结电池相关的产业政策的扶持力度不断加大，将进一步加快以异质结为代表的 N 型高效电池技术的研发和产业化应用进程，推动中国光伏产业技术的更新迭代，不断巩固中国光伏产业在全球的领先地位。

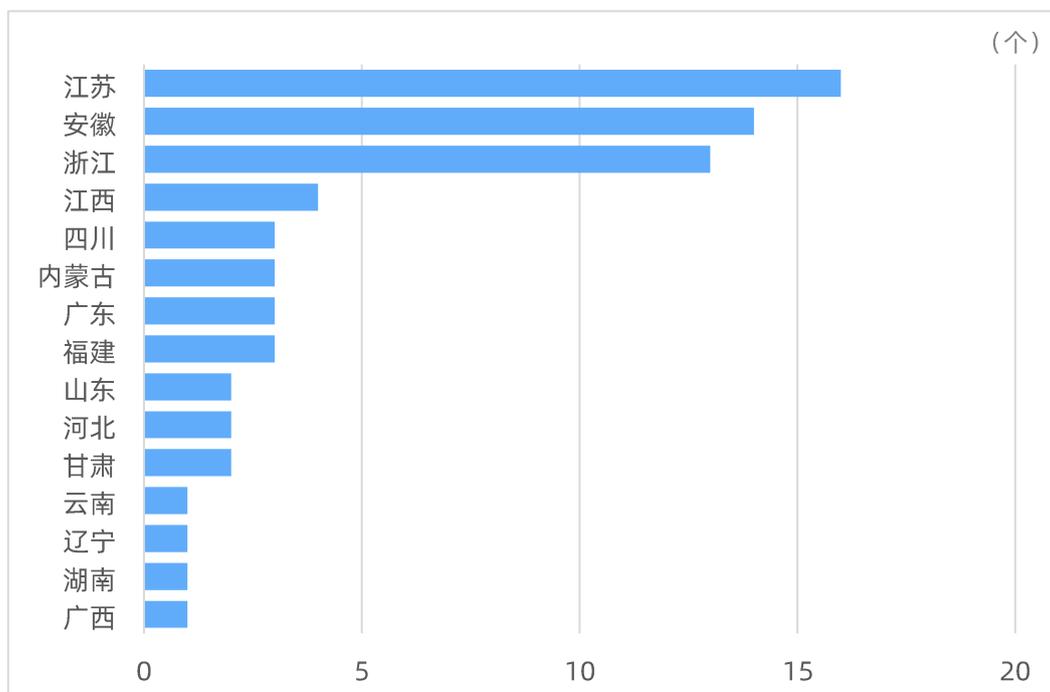


第7章
投融资篇

7.1 投资分析

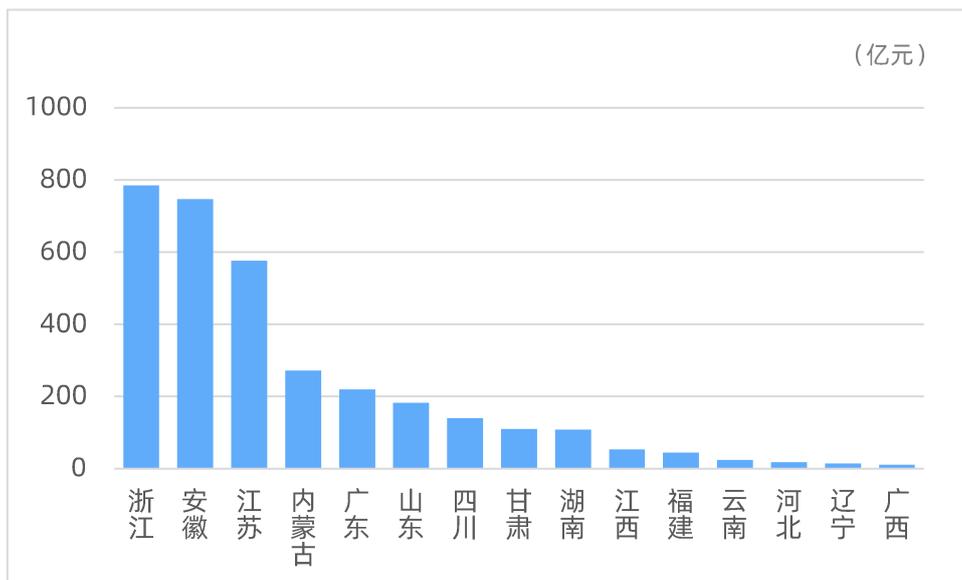
异质结作为新一代高效太阳能电池技术，随着产业技术的逐渐成熟和商业化应用，整个市场的发展潜力逐渐显现，越来越多的企业布局异质结光伏赛道，产业相关投资行为在全国各地十分活跃，产业化进程不断加快。势银（TrendBank）对 2020~2023 年期间异质结产业相关的投资行为区域分布进行梳理和分析，如下图所示：

图 7-1 异质结电池相关投资项目数量区域分布



数据来源：势银（TrendBank）

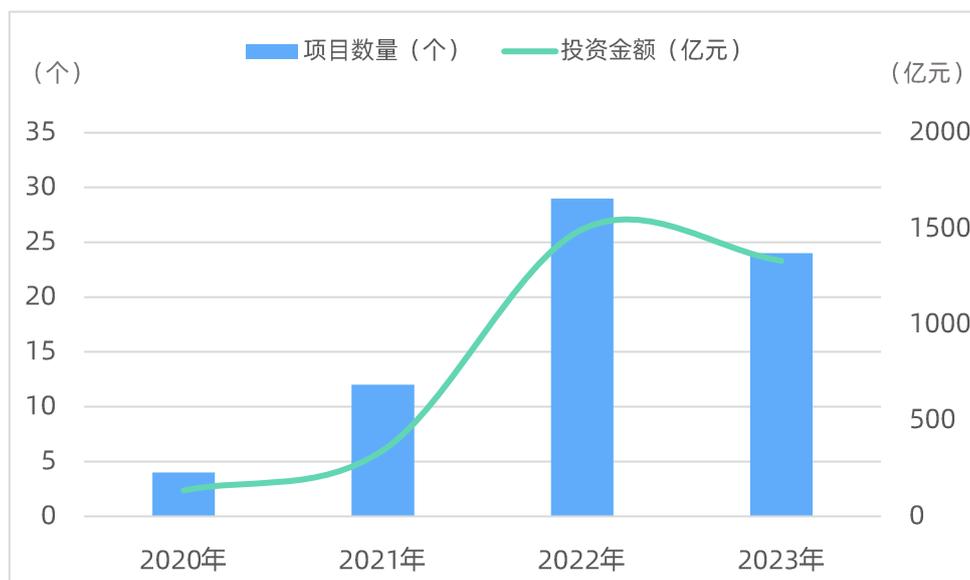
图 7-2 异质结电池相关投资项目投资金额区域分布



数据来源：势银（TrendBank）

如上图所示，根据公开资料整理，2020年~2023年期间，累计发生异质结电池相关投资项目超69个，累计投资金额超3300亿元，异质结电池产业产能呈现持续扩张态势，产业相关项目投资频繁。根据区域分析，江苏、安徽、浙江三个省份的异质结电池相关投资行为最为活跃，在项目数量方面，江苏省位居首位，近三年异质结电池相关投资项目数量达16个；在投资金额方面，浙江省位居首位，近三年异质结电池相关项目投资金额达785亿元。根据时间线分析，异质结太阳能电池相关项目投资主要集中于近三年，截至目前，2022年为项目数量最多、投资金额最大的年份，异质结电池相关产业项目投资数量29个，总投资金额超1496亿元，同比增加335%。2020~2023年期间，异质结电池相关项目的投资数量和投资金额分布如图7-3所示：

图 7-3 2020~2023 年异质结电池相关项目投资数量与金额

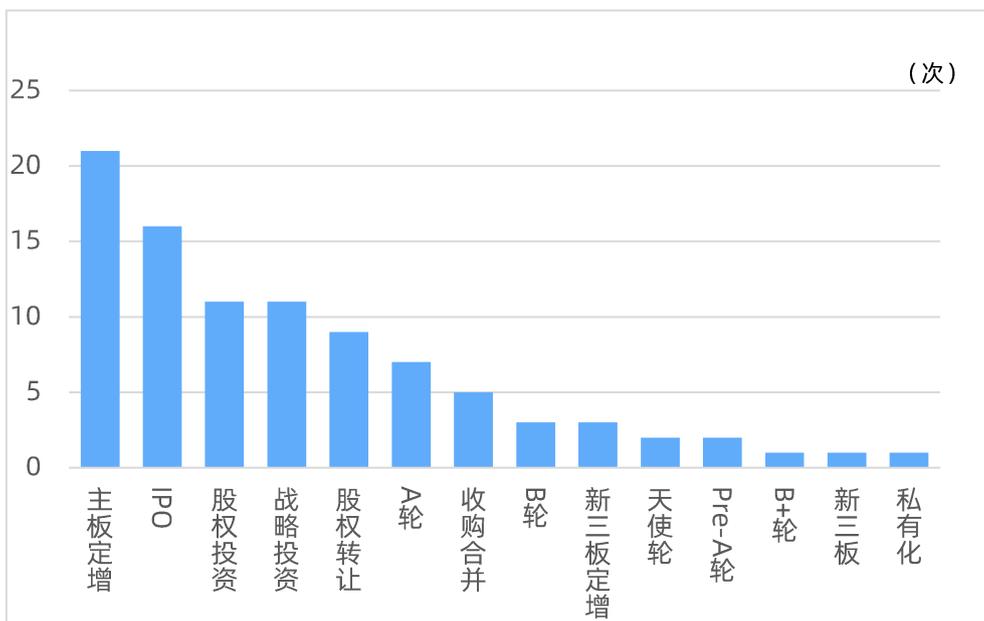


数据来源：势银（TrendBank）

7.2 融资分析

在融资方面，在双碳目标的发展背景影响下，光伏行业备受资本市场青睐，随着异质结电池产业的持续发展和商业化进程不断加快，产业相关企业的融资行为也十分活跃。势银（TrendBank）选取 34 家中国从事异质结电池研发和生产的代表性企业，以此为样本，对产业相关企业的融资情况进行统计分析，如图 7-4 所示：

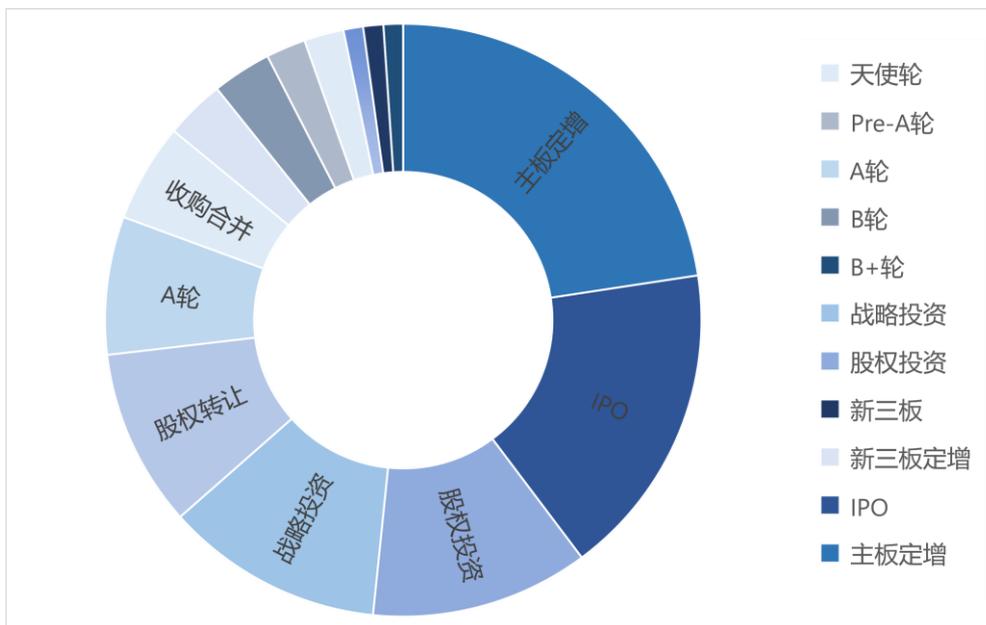
图 7-4 中国部分异质结电池相关企业投融资情况



数据来源：势银（TrendBank）

通过上图分析可知，中国异质结电池相关企业的融资方式呈现多样化态势，在 34 家中国异质结电池相关代表性企业中，主板定增为采用最多的融资方式，累计发生 21 次，占比 23%；16 家异质结电池相关企业已完成 IPO 上市，占比 17%，主要包括：明阳智能、东方日升、爱康科技、金刚光伏、宝馨科技、金阳新能源、国电投等；累计发生 11 次股权投资和战略投资行为，占比 12%。中国异质结电池相关代表性企业的融资轮次占比如下图 7-5 所示：

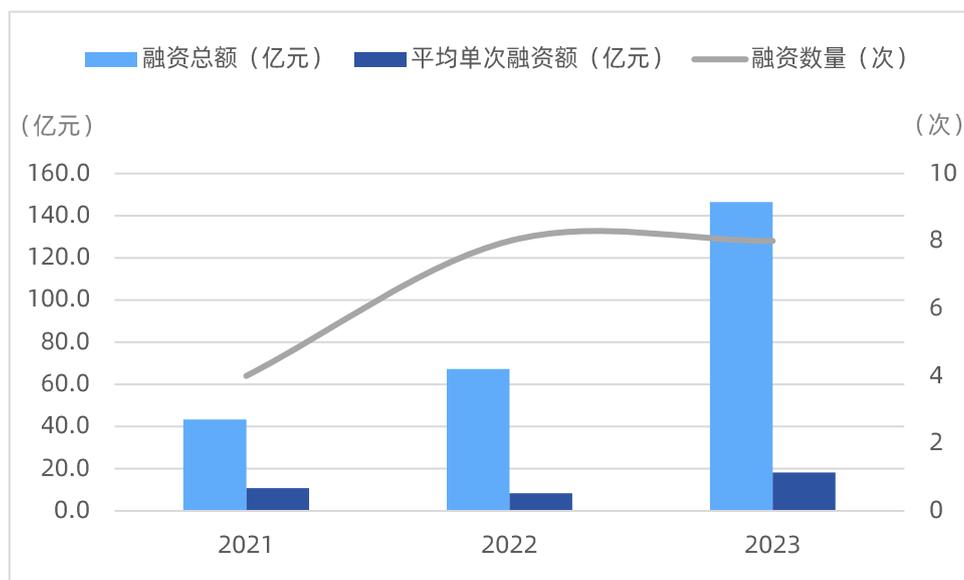
图 7-5 中国部分异质结电池代表性企业融资轮次占比



数据来源：势银（TrendBank）

根据趋势分析，2021~2023 年期间，中国异质结电池相关企业的融资活跃度呈现逐年上升的发展趋势。根据公开资料整理，在 34 家中国异质结电池相关企业中，2023 年（截至 10 月）共发生 8 次融资行为，融资总额超 146 亿元，平均单笔融资额达 18 亿元，同比增加 118%。随着异质结电池产业化进程进入加速发展期，产业相关企业通过积极的融资活动加大在异质结电池技术领域的战略布局，推动异质结电池产业化进程。2021~2023 年中国部分异质结电池相关企业的融资数量、融资总额、平均单笔融资额如下图所示：

图 7-6 2021~2023 年中国异质结电池相关企业融资数量及融资额



数据来源：势银（TrendBank）

根据 2023 年（截至 10 月）具体融资事件分析，2023 年异质结电池相关融资活动涉及华晟新能源、天津通讯、中能创、金刚光伏、宝馨科技等 5 家企业，融资轮次包括 A 轮、B 轮、B+轮、增资扩股、定向增发等，投资企业涉及洪泰基金、中建材新材料基金、朗玛峰创投、恒邦资本等专业投资机构以及四川巨星、新鸿兴、星峰酒店、琏升科技等实业和高新技术企业。2023 年异质结相关企业积极进行产业投融资的行为也进一步反映出产业相关企业对异质结电池未来发展前景的乐观预期。

表 7-1 2023 年部分硅异质结电池相关企业融资情况

时间	企业	融资金额 (亿元)	融资轮次	投资企业
2023 年 10 月	天津通讯	0.8	增资	四川巨星
2023 年 8 月	天津通讯	1.45	增资	海南坤天、星峰酒店、新鸿兴等

2023年6月	中能创	1	A轮	朗玛峰创投等
2023年5月	金刚光伏	20	拟定增	-
2023年3月	华晟新能源	4	B+轮	洪泰基金等
2023年3月	宝馨科技	30	拟定增	-
2023年2月	璿升光伏 (天津通讯)	0.25	战略投资	恒邦资本
2023年1月	华晟新能源	20	B轮	中建材新材料基金、无锡金控等
2023年1月	天津通讯	2	增资	璿升科技

资料来源：公开资料整理

联系我们

电话：0574-87818480

邮箱：service@trendbank.com

宁波总部

地址：浙江省宁波市宁穿路1811金融硅谷11号楼38层

