

风口上的钙钛矿： 趟“无人区” 解“最痛点” 待“蝶变时”

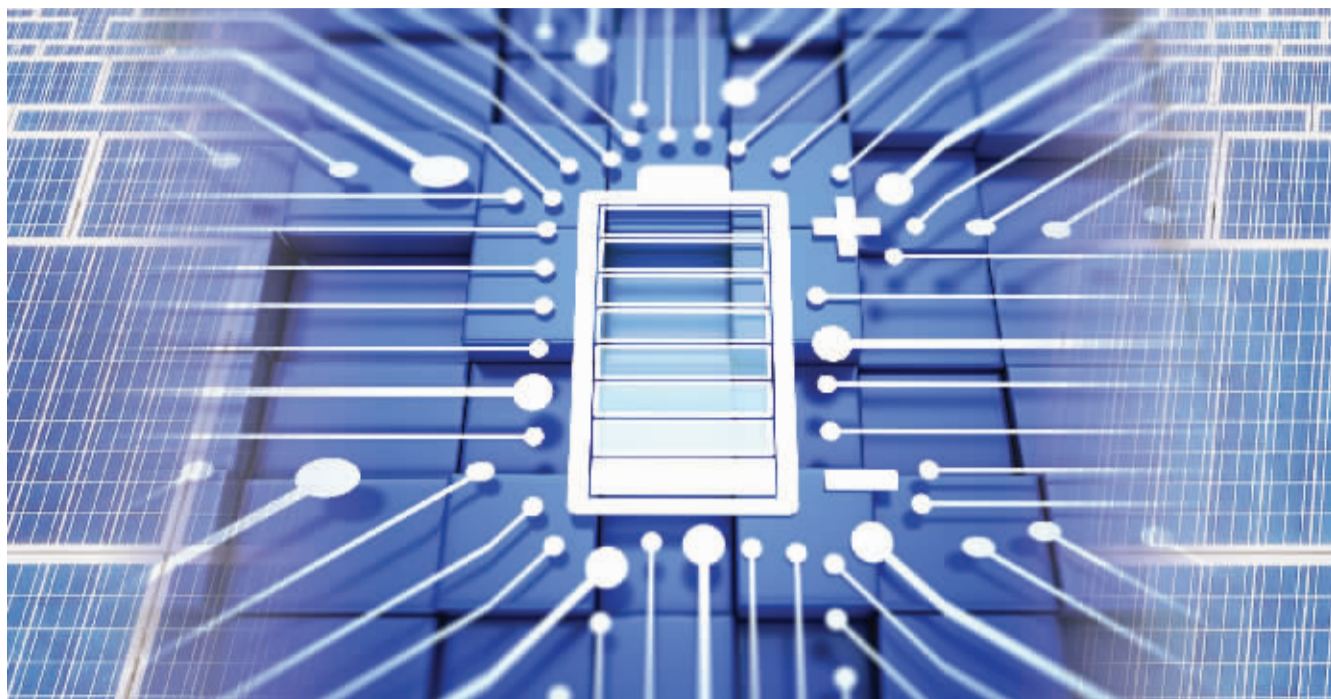
超高的理论光电转换效率、较大的成本优势以及广泛的下游应用市场，作为下一代最具竞争力的光电材料之一，钙钛矿电池在现阶段晶硅体系占据绝对主导的光伏世界中“小荷才露尖尖角”。

回望过去的一年，符合光伏产业降本增效核心逻辑的钙钛矿电池，已然被资本之手搅沸。当二级市场归于平静，当产业化热盼更趋理性，被视作能够颠覆晶硅体系的第三代光伏电池技术，钙钛矿电池如何在2023年这一关键年份描绘自己的生长轨迹？其产业化时点是否会提前？行业发展还需解决哪些瓶颈？一旦产业化将对光伏产业链产生哪些影响？

带着一系列问题，中国证券报记者前往苏州、无锡、镇江等地进行调研。在与头部钙钛矿企业的对话中，记者了解到，钙钛矿电池技术在实验室中的“高光成绩”正逐步向产业化落地层面迈进。“中试线是今年重点发力方向。”不少受访企业表示，正在紧锣密鼓地规划建设或调试完善百兆瓦级中试线，为GW级产线冲刺做准备。

针对钙钛矿电池产业化所面临的问题，业内人士认为，除工艺端需要不断探索试错外，设备端的技术实力也需要进一步跟进，两者之间需要保持良性互动以助推产业稳健发展。至于产业化能否提前，今年一线企业的心态更加从容，相较未来的不确定性更着眼于当下的每一天。

● 本报记者 乔翔



视觉中国图片 制图/苏振

看淡外界“冷和热”

2022年10月，纤纳光电完成D轮融资；2022年12月，协鑫光电完成5亿元B+轮融资；2023年3月，极电光电完成数亿元A轮融资……自去年以来，钙钛矿领域投融资事件频发，创投基金、产业资本等纷纷入局。

巧合的是，在记者前往镇江参观大正微纳研发线的当天，一家来自上海的资管公司也在实地调研。据相关负责人透露，公司内部正在筹备钙钛矿基金，现阶段正对头部企业进行深入了解。

一时间，这一新兴领域似乎成了资本“新宠”，热度也在“水涨船高”。

“一方面，晶硅技术转换效率存在天花板，且‘双碳’对光伏降本增效提出了更高的要求；另一方面，钙钛矿技术在效率和成本两大核心层面的发展速度很快。这个时点催生出新技术，自然会得到资本关注。”极电光电副总裁姜伟龙说。

当前，在以晶硅体系为主导的光伏

产业中，硅料价格走势几乎锚定整个光伏产业链的价格走势。而钙钛矿材料成本仅占钙钛矿电池组件总成本约5%，且生产工艺流程温度不超过150摄氏度。这在降本增效、低碳制备为永恒命题的光伏领域，可以说有着得天独厚的优势。

据中金公司估算，钙钛矿单结组件、全钙钛矿双结叠层组件的度电成本极限分别约0.255元/度、0.224元/度，较单结晶硅组件的极限值0.285元/度分别低11%、21%。若钙钛矿电池组件技术进一步实现这一度电成本目标值，将撬动标准地面、分布式光伏电站的千亿元市场空间。

但制约钙钛矿电池产业化的问题目前依旧存在，诸如制作较大尺寸、连续、均匀的钙钛矿涂层较困难，钙钛矿材料也有在一定光照、加热以及湿度条件下易分解等痛点。

针对市场对钙钛矿要乐观、要么

悲观的极端看法，姜伟龙认为大可不必那么纠结。“对困扰产业发展的问题，只要有比较清晰的研发路径，每天都能看到进步即可，剩下的就交给时间。”姜伟龙表示，外界的冷和热不会影响公司的发展脚步，从研发线到中试线再到量产线，会按照规划路径一步步来。

“有分歧说明有思考，市场越来越理性是一个好现象。与其过度关注外界的声音，不如把自己的产品做好。我们乐于见到有产业洞见力的机构与我们一道成长，也希望看到真正钻研技术研发的参与者加入进来。当产业发展走上正轨，相信会有客观真实的评判。”谭海仁说。

谭海仁认为，今年钙钛矿领域相比去年更温和一些，也更健康一些。“一是去年二级市场的炒作已经过去；二是二级市场也更为理性，机构真正走进公司实地调研，去了解各家公司的研发实力和技术路径的差异。”

“双端”应携手共进

超高的光电转换效率、较大的成本优势以及广泛的下游应用市场，是推动钙钛矿电池加速产业化的核心因素。

“从应用角度来讲，不一定所有的新技术全面超过现有技术才能生存，一定是新技术具备现有技术达不到的特点，未来才会存在市场订单。”马晨告诉记者，光伏行业发展趋势无非是同样场地发电更多电或利用更多场地发电。目前柔性轻质化钙钛矿组件效率不如晶硅，但是可实现利用更多场地发电，比如光伏建筑一体化（BIPV）、车顶、3C应用领域等。这有望给光伏市场带来深远影响，同时也可能是钙钛矿电池的一个突破口。

东亚前海证券表示，钙钛矿材料特性决定了钙钛矿电池的制作可采用轻薄、柔性基底，而带隙可调性使其具有室内光伏电池理想的宽带隙，将钙钛矿电池的下游应用范围拓展至弱光及室内光伏，进而可以广泛应用于工业物联网、智

能家居和智能出行等领域。

在大正微纳厂区，记者看到，弱光环境下（仅借助会议室投影幕布光源）依靠钙钛矿电池发电的灯带依旧能够正常发光，小范围光照下给手机进行快充也不受影响。马晨透露，大正微纳的柔性钙钛矿电池可贴附于建筑玻璃内侧，更换成本极低。“公司有机会在这一领域实现重大突破，并已开始布局相关专利。”

诸多优势加持之下，钙钛矿技术可谓生逢其时。在谭海仁看来，要想实现产业化突破，现阶段最核心的是需要解决大面积制备良率、均匀性问题以及相应设备端的技术实力，例如激光划线精度等。

“目前，大面积制备难点主要体现在钙钛矿电池结构中的钙钛矿层。为解决量产制备问题，研发人员设计了溶液涂布法和真空镀膜法。其中，溶液涂布法因成本低、设备兼容度高等特点成为主流，但大面积制备的均匀性、连续重复生产

产业化“不会提前”

在一个充分竞争的市场上，当一项成本和效率优势相对明显的新技术出现后，对其产业化的判断自然被摆上台面。一个核心关注点是：经过一年多的快速发展，钙钛矿电池产业化时点能否提前？

“不会提前，也没必要提前。”针对这一问题，谭海仁的观点十分鲜明。他认为，一个健康的行业一定要遵循其自身发展规律，根据下游市场需求，摸清自身技术实力，沉下心来钻研技术难点才会走得远，而不是在产业化尚未成熟时盲目推出。

浙江省光伏产业技术创新战略联盟秘书长赵永红同样观点。“（钙钛矿电池）值得业界去努力，行业协会也会支持。但一个产品的成熟需要走很长的路，不能拔苗助长，更不能把不成熟的产品大规模推向市场。”赵永红说。

“还需要3年左右才能真正向GW级突破，但从行业稳健发展角度来看，这已经很成功了。”谭海仁告诉记者，平米级别测试的量产效率纪录目前不到15%，如果可以达到18%，无疑是业内一个里程碑。“也许今年，也有可能是明年，无论是谁跑出来都可以，我们等待这一刻到来。”

基于当前企业的产能规划，中金公

司预计，2026年国内钙钛矿总产能有望突破25GW，钙钛矿设备行业2026年产量有望突破100亿元。

华泰证券认为，设备先行是新技术发展初期的重要逻辑，一旦产业化具备雏形，设备商有望率先兑现业绩。

记者梳理发现，当前国内主要的涂布设备厂商大多数是非上市公司，包括德沪涂膜、大正微纳、众能光电等；镀膜设备领域则有京山轻工、捷佳伟创、奥来德等上市公司。

马晨告诉记者，高精密切缝涂布机是大正微纳核心技术之一，团队通过技术研发实现了连续四层纳米级薄膜的液相涂布制备，且核心设备能够自主生产，从而大幅降低设备成本。

在激光设备领域，帝尔激光、德龙激光、大族激光、杰普特等上市公司具备先发优势。德龙激光推出了针对钙钛矿电池生产整段激光设备，目前已投入客户量产线使用。大族激光也表示，目前公司面向钙钛矿电池行业的几家龙头、前沿研究机构，均有激光设备的交付销售，以及大尺寸激光加工设备的整线交付。

钙钛矿电池产业链 上市公司年报披露布局动向

● 本报记者 乔翔

“凭借多年在薄膜电池领域的技术积累，公司自主研发了钙钛矿激光刻划设备，已实现量产销售，与协鑫光电等行业头部客户一直保持合作关系。”对于新能源设备业务板块的发展，大族激光在2022年年报中如此表示。截至目前，在披露2022年年报的光伏领域上市公司中，不少公司介绍了钙钛矿电池的技术储备以及最新布局动向。

探索高效电池技术

同为激光领域企业的杰普特在2022年年报中表示，公司可为客户提供用于光伏钙钛矿领域的激光切割设备，该款设备用于钙钛矿生产中P1至P4的激光模切以及激光清边工艺。

杰普特表示，公司2022年研发的新一代钙钛矿模切设备，增加了多光束设计，加工效率较公司第一代产品提升8倍。“得益于在钙钛矿行业布局较早，目前已向多家客户发出样机试用。”杰普特表示，钙钛矿微加工划片机在研项目预计总投资规模为500万元，已投入271万元，目前处在样机试制阶段。

对于该设备拟达到的目标，杰普特称，在工艺开发方面，要实现切割头、分光光束质量控制、能量均分控制、激光8分束调试及最佳工艺效果开发、满足初步的产能预估；在设备功能方面，巡检、实时变焦实现，并验证在产品中的实际效果展现。

作为新能源业务新增长极拓展的重要组成部分，钙钛矿/异质结叠层太阳能电池被宝馨科技寄予厚望。公司在2022年年报中表示，其高度重视光伏电池领域技术突破、工艺优化，以实现降本增效的核心目标，并积极布局下一代光伏产品—钙钛矿/异质结叠层太阳能电池。

由宝馨科技披露可知，公司目前已与西安电子科技大学张春福、朱卫东教授团队展开合作，计划在2023年年中完成实验室建设，2024年启动100MW级钙钛矿/异质结叠层太阳能电池产线建设，力争在2025年完成GW级叠层量产设计并应用于公司HJT产线升级改造，实现转换效率的提升与突破。

迈为股份也在年报中提到了其全尺寸钙钛矿/HJT叠层技术研发项目。在公司看来，此举是积极探索高效电池技术，为下一代电池技术做储备。

行业处于发展早期阶段

较早布局钙钛矿领域的杭萧钢构在2022年年报中透露了相关中试线的最新进展。据披露，截至2022年年报出具日，公司钙钛矿/晶硅薄膜叠层电池100兆瓦中试线投产所需的PVD、PECVD、热丝CVD、RPD、制绒机、蒸镀机等设备已入场，合特光电技术团队正在进行机械、电气及工艺参数等项目的调试工作。

作为一家建筑类企业，积极布局新一代光伏技术的杭萧钢构也提示了风险。公司称，BIPV光伏产业门槛较高，公司对光伏领域不具备足够的行业知识、市场经验及人才储备，且叠层电池技术尚不成熟，本身具有较多难以预料的不确定性。同时，该条中试线当前的进展及工艺指标尚未达到预期。

对此，有市场人士表示，激励计划中的考核要求大多是围绕营收、净利润等财务指标，而将特定项目的实现成果作为业绩考核并不少见，可见其对该产线的重视程度。作为一家建筑类企业，积极布局新一代光伏技术的杭萧钢构也提示了风险。公司称，BIPV光伏产业门槛较高，公司对光伏领域不具备足够的行业知识、市场经验及人才储备，且叠层电池技术尚不成熟，本身具有较多难以预料的不确定性。同时，该条中试线当前的进展及工艺指标尚未达到预期。

“作为新一代光伏电池技术，钙钛矿电池具备高光电转换效率、低生产成本、高产业链集中度等诸多优势，这些优势也是钙钛矿电池被光伏行业看中且纷纷开始布局的重要因素。”专家认为，虽然业内厂商均不同程度参与钙钛矿技术的研发与推广，但行业目前处于发展早期阶段，一些技术痛点还需要进一步解决。



极电光电150MW钙钛矿电池产线 本报记者 乔翔 摄