

多地探索“双碳”新路径： 深挖钙钛矿技术潜力 助力能源绿色转型

■中国城市报记者 郑新钰

“双碳”目标下，钙钛矿电池领域正掀起一股投资开发热潮，成为多地推进能源转型的新着力点。

中国城市报记者观察发现，在刚刚过去的2024年，无论是在政策导向、产业研究，还是学术交流抑或是商业规划中，钙钛矿电池都备受关注。钙钛矿缘何能在众多新兴材料中脱颖而出？钙钛矿电池未来发展前景如何？

政策春风吹

2024年12月31日上午，山东省首片大面积单结钙钛矿电池组件在山东能源集团百兆瓦钙钛矿电池中试产线成功下线，自测转换效率超过15%。这一成果不仅标志着山东省钙钛矿电池产业化实现“从0到1”的突破，同时也意味着我国在这一领域向产业化迈出了坚实的一步。

中国城市报记者了解到，钙钛矿的独特魅力源于其出色的光电性能，单结钙钛矿电池理论光电转换效率远超传统晶硅电池，在弱光条件下也能维持较高效率，加之其原材料丰富易获取，生产工艺相对简单又可柔性制备，因而被视作取代传统石化能源电池的“潜力股”。

政策春风随之吹来，为其发展增添助力。

2021年11月，国家能源局、科学技术部联合发布《“十四五”能源领域科技创新规

划》，聚焦大规模高比例可再生能源开发利用，研发更高效、更经济、更可靠的太阳能等可再生能源先进发电及综合利用技术，重点提到开展高效钙钛矿电池制备与产业化生产技术示范试验。

2023年8月，工业和信息化部、国务院国资委关于印发《前沿材料产业化重点发展指导目录（第一批）》，钙钛矿材料入选工信部、国资委发布的这一指导目录，进一步推动钙钛矿材料的研发和产业化。

中国城市报记者梳理发现，目前已有山东、浙江、江苏、广东、河北、上海等多个省市发布了相关政策，着力支持钙钛矿电池行业发展。

与此同时，多地在碳达峰实施方案中，着重提及推动钙钛矿等技术的升级应用以及相关项目的引进与落地。例如《国家碳达峰试点（杭州）实施方案》提出，“推动碲化镉、钙钛矿等技术迭代应用”；《国家碳达峰试点（青岛）实施方案》明确，“推动钙钛矿太阳能电池项目招引和落地”；《国家碳达峰试点（长治高新技术开发区）实施方案》提到，“支持光伏企业加强隧穿氧化层钝化接触（TOPCon）、异质结（HJT）、钙钛矿等下一代电池技术研发”。

在日前召开的第11届国际清洁能源论坛可再生能源技术创新钙钛矿专题论坛上，多位专家表示，钙钛矿作为第三代全新光伏技术，具备低成本、高转换效率和适合大面积应用等优势，展现出令人振奋的前景。

产业浪潮涌

夜晚9点，多数写字楼办公场所人去室静，深圳市光因科技有限公司（以下简称光因科技）所在楼层却灯火通明。走进其办公区，研发人员争分夺秒敲代码、分析数据，实验室里技术员严谨检测新产品。这家成立于2022年11月的企业，是一家专注于钙钛矿太阳能电池研发和产业化的高科技企业。

“我们非常看好钙钛矿电池的未来。”光因科技研发工程师张林向中国城市报记者介绍，公司整合了上海交通大学的大面积钙钛矿薄膜离子耦合技术、电荷传输层离子电荷协同运输技术，同时开发了核心的设备工艺匹配性技术等，使钙钛矿组件的稳定效率持续提升。“公司正积极推进徐州生产基地200兆瓦及吉瓦级产线的建设，预计于2025年上半年第一期工程完工并投产。届时，组件面积将大幅增加，预计转换效率将达到21.5%以上。”

如今，越来越多像光因科技这样的初创企业涉足钙钛矿领域，它们带着各自的技术优势与创新理念，纷纷涌入这片“蓝海”，为钙钛矿产业的发展注入新鲜血液。

大型国企也积极布局。中国核电、中国华能、国家电投等充分发挥资源与规模优势，纷纷投入大量资金用于前沿技术研发，并加速新建高标准生产线；除此之外，宁德时代、华纳集团、比亚迪、京

方等行业巨头也纷纷押注钙钛矿。

从相关市场调研数据来看，自2022年起，涉足钙钛矿领域的初创企业数量呈现出明显的上升趋势。这些企业涵盖了材料研发、设备制造、应用开发等多个环节。据不完全统计，目前，钙钛矿已经成为全球研究和投资的热门领域，有超过6000家机构和100多个国家参与技术研发。

华盖资本投资总监刘凌韬指出，钙钛矿及叠层电池是光伏领域下一代主流技术。在未来5—10年内，钙钛矿晶硅叠层电池有望达到超过30%的叠层组件效率，结合HJT、TOPCon路线，仅需在现有产线基础上新增钙钛矿工艺即可完成产品升级，呈现出显著的竞争优势。

挑战仍存在

尽管钙钛矿产业发展势头迅猛，但迈向大规模量产的道路绝非坦途，诸多棘手难题亟待攻克。

“钙钛矿太阳能电池的光电转化效率在快速提升，量产组件仍有很大潜力，但稳定性依然是最大的挑战。”脉络能源董事会秘书陈军荣表示，钙钛矿光伏技术的大规模量产取决于市场客户的采购意愿，关键在于单结效率达到22%、叠层效率达到28%，并让市场相信钙钛矿组件能够稳定运行25年。

有关专家表示，现有研究通过添加稳定剂、优化封装技

术等手段，能在一定程度上缓解稳定性问题，但要确保钙钛矿电池在户外复杂环境下稳定运行25年甚至更久，以匹配传统晶硅电池的寿命标准，还需从材料设计、界面工程、封装工艺等多维度深入钻研，打造全方位防护体系。

从制备工艺角度而言，大面积制备方面，小面积钙钛矿电池在实验室环境下能够轻松实现超高转换效率，然而一旦扩大制备面积，效率便会大幅跳水。

“大面积制备过程中，溶液涂布难以保证均匀性，极易出现厚度不均匀、结晶质量参差不齐等问题，进而影响转换效率。”光因科技相关负责人在接受中国城市报记者采访时将此过程形象比喻为“摊煎饼”。“这也是为什么芯片越小越难做，而电池越大越棘手。”

业内认为，目前行业内虽有企业推出大面积涂布技术与设备，但要实现大面积、高效率、低成本的完美统一，仍需持续优化工艺、改良设备，探索更适配大规模生产的材料体系。

华能清洁能源研究院光伏部一级业务经理周养盈提到，标准化滞后是行业发展面临的重要问题。当前，通用光伏标准已超过500项，但钙钛矿专有标准不到10项。她认为，发展钙钛矿标准对于促进钙钛矿产业的高质量健康发展、推动产业与电力系统的融合，以及提升我国光伏产业的国际地位具有重要意义。

自然资源部：进一步加强海上风电项目用海管理

■中国城市报记者 郑新钰

近年来，随着海上风电快速发展，用海规模不断扩大，我国近岸海域可开发利用资源趋于饱和，不同行业用海矛盾日益加剧。近日，自然资源部印发《关于进一步加强海上风电项目用海管理的通知》（以下简称《通知》），从强化规划管控、厉行节约集约、优化用海审批、坚持生态用海等4个方面，提出了12项政策措施，以进一步规范海上风电项目用海管

理，切实提高海域资源利用效率，加强海洋生态环境保护，促进海上风电产业持续健康发展，提升全域国土空间用途管制水平。

《通知》指出，海上风电项目用海必须符合国土空间总体规划和海岸带专项规划，海上风电场应在可再生能源用海区或兼容风电用海的功能区选址，不得在其他功能区选址；在兼容海上风电的功能区选址时，应当严格科学论证与相关国土空间规划的符合性，不得影响国

防安全和海上交通安全，不得损害所在功能区的主要功能；严格限制在渤海中部等开发强度高、船舶交通流密集的海域规划建设，不得在生态保护红线、自然保护区、重要航路、锚地、重要渔业水域以及海湾、重要河口、重要滨海湿地、重要鸟类迁徙通道和栖息地等重要、敏感和脆弱生态区域布局；避免对海底通信光缆相关设施造成干扰。

《通知》鼓励立体复合利用。在符合国土空间规划和

利益相关者协调一致的前提下，鼓励在已取得合法用海手续的海洋油气开发区、深远海养殖区等已开发利用海域建设海上风电。鼓励新增海上风电项目用海采用“风电+”的综合开发利用模式实现“一海多用”，通过统一设计、统一论证，建设一定比例的网箱养殖、海洋牧场、海上光伏、波浪能发电、制氢、储能等设施，切实提高海上风电场区海域资源利用效率。已经批准的海上风电项目，鼓励在风电场内进行复合利

用。经评估论证不影响安全使用的情况下，可在现有标准海堤或永久性堤坝确权用海范围内建设风机塔架。

此外，《通知》要求，加强生态保护修复。项目用海对周边生态产生影响的，原则上需要开展原地修复；暂未识别出生态影响的或经论证确定原地修复难以实现预期效果的，在原地开展生态跟踪监测的基础上，还可在近岸海域开展自然岸线修复、海域生态环境综合整治等修复措施。