

极电光能总裁于振瑞：2025年钙钛矿可与晶硅媲美

本报记者 张英英 吴可仲 北京报道

被誉为下一代光伏电池技术的钙钛矿太阳能电池声势渐高。

在科研领域，钙钛矿电池的研发吸引了全球近5000个课题组攻关，其电池效率纪录被不断刷新。

国内有望率先实现产业化

国外的钙钛矿产业化开始的时间比国内要早，但到目前为止，他们在产业化方面的进展远远落后于国内。

《中国经营报》：请你介绍一下钙钛矿电池技术的发展历程。你对该技术如何看待？

于振瑞：钙钛矿太阳能电池是一种薄膜太阳能电池，其核心材料是“钙钛矿”，具有光吸收强、组分与吸光范围可调、光电性能对杂质缺陷容忍度高等优点。钙钛矿材料2009年被首次用于制备太阳能电池，仅经过十几年时间，效率就达到了25.7%，发展速度之快前所未有。

在全球，钙钛矿的研发已吸引近5000个课题组。十多年来，不断有各种不同的创新技术被开发和验证，使其效率和稳定性持续提升。目前，实验室小面积电池效率已经达到25.7%，小尺寸(26cm²)组件效率达到22.4%，较大尺寸(810cm²)组件

设备是产业化保障

目前，钙钛矿电池处于产业化初期，不确定因素就是这项技术从初期到成熟期还需要多长时间。

《中国经营报》：极电光能从150MW中试线阶段跨入GW级产线阶段，甚至规划到2026年达到10GW级，每个阶段都需要完成哪些验证和突破，难度如何？

于振瑞：从实验室到大规模量产的工艺放大，极电光能推进钙钛矿电池产业化路径规划十分清晰。主要有几个步骤：以实验室小尺寸(60cm²)组件作为新技术开发的源头；在30cm×30cm的尺寸上对源头技术开展“小试验证”，把经过“小试验证”的技术移植到试制线上进行“中试验证”；经过“中试验证”的技术在首条GW级产线上开展“量产放大”；经过“量产放大”的技术复制到其他新产能上。

我们150MW试制线已于2022年12月投产，正在把实验室的“小试技术”向试制线转移，目前进展顺利，试制产品的效率稳步提升，而且正在开展第三方稳定性认证。实际上，150MW试制线的成果可以作为GW级产线建设的依据。其中一个重要任务，即技术路线和设备的验证。因为未来量产GW级产线建设投资非常大，而且产业链配套设备还不成熟，因此中试线还要完成工艺技术与设备匹配的检验，这样有利于降低投资风险。

我们今年4月启动首条GW产线的土建施工，下半年启动工艺设备的采购。届时，试制线上将会输出更多的数据供GW产线设备

新。在产业界，钙钛矿电池初创企业如雨后春笋般涌现，并通过一级市场获得融资，其中不乏深创投、红杉中国、IDG资本、高瓴资本等资本大鳄的身影。自2021年初至2023年4月4日，钙钛矿电池指数(8841634.WI)一度上涨95%，

效率达到19.9%。

当前钙钛矿仍处于产业化初期，预计未来2~3年，平米级钙钛矿光伏组件的效率将突破20%，钙钛矿组件产品的稳定性将通过行业的测试认证，并在野外实证中得到验证。

《中国经营报》：有观点称国外一些国家希望通过钙钛矿电池技术实现在光伏领域弯道超车，请问国外技术进展如何？

于振瑞：欧美日等国家和地区都把钙钛矿电池作为在光伏行业实现对中国弯道超车的一项技术，这是他们的一个美好愿景。实际上，国外的钙钛矿电池产业化开始的时间比国内要早，但到目前为止，他们在产业化方面的进展远远落后于国内。我认为，钙钛矿电池

选型参考。之后其他生产基地的建设基本上就是一个复制的过程。

《中国经营报》：你提到量产GW级产线投资比较大，需要设备验证，目前国内设备供应情况如何？你如何看待当前钙钛矿电池的产业链生态？

于振瑞：钙钛矿产业链包括上游的原材料、设备，以及下游的逆变器等。据我们接触的情况来看，目前上游各方供应商均有很强烈的配合愿望。

产业链各个环节都处于一个初期阶段，其中最为重要的是设备。钙钛矿产线主要涉及真空镀膜、涂布、激光和封装等设备。不过，目前还没有钙钛矿的“专用设备”，这对钙钛矿制造工艺的提升和成熟不利。现在的设备厂商都是“跨行业、跨技术领域”的企业，缺乏对钙钛矿组件生产制造工艺的理解。

未来，需要设备商和钙钛矿组件开发企业密切合作，同时也需要设备商加强钙钛矿专用设备的开发投入。只有这样，才能真正提供钙钛矿大规模生产制造的“专用设备”。

《中国经营报》：实现产业化最关键的是解决设备问题，是否可以这么理解？

于振瑞：准确地讲，是可大面积量产的工艺技术路线以及与其深度适配的专用设备的问题。工艺技术是关键，与之匹配的专用设

备是保障。

《中国经营报》：钙钛矿产业化有两大难点，即大面积成膜技术和稳定性，目前业内有哪些解决方案？

于振瑞：目前这两个难点已经有了初步解决方案。

对于大面积成膜技术，行业内有不同的技术路线，其中的两种技术路线正在百MW级别的试制线上进行验证。将从技术和生产各个指标进行检验；产品的稳定性方面，已经有友商的产品通过了IEC61215/61730完整的测试认证，我公司产品也通过了IEC61215的测试认证，表明产品稳定性可以通过晶硅光伏产品的稳定性标准的检测。后续需要在实际应用场景下开展野外实测检验，这也是今年的一个重要任务。

对于钙钛矿光伏技术而言，效率和稳定性的提升所使用的技术是一致的，并不存在相互矛盾，这就为未来钙钛矿组件产品的效率和稳定性持续提升提供了良好基础。钙钛矿膜层的界面和表面钝化、电荷传输层及背电极的设计与制备、器件封装等各个环节均有一些被验证的先进技术，下一步要把这些技术导入产业化工程之中。这一技术的目标是：未来2~3年，平米级钙钛矿组件产品的效率高于20%、稳定性及野外发电性能得到实际检验，钙钛矿组件成为一种可以与晶硅光伏直接竞争的产品

进入市场。

《中国经营报》：钙钛矿电池技术从实验室走向商业化，这个过程存在哪些不确定因素？在实现盈利之前，如何平衡研发投入与投资回报？

于振瑞：目前，钙钛矿处于产业化初期，不确定因素就是这项技术从初期到成熟期还需要多长时间。为了消除不确定性，唯一能做的就是加大研发投入，快速解决产业化过程中遇到的新问题。

研发阶段的高投入不可避免。需要重点把握的是——技术路线的充分实践和反复论证，以及在此基础上对设备选型的慎重。同时，也要敏锐地感知即将来临的商业机会，做好批量交付产品的准备工作。

《中国经营报》：近一年多时间，不少钙钛矿企业通过一级市场融资。同时，二级市场上钙钛矿电池概念被热炒。你对此如何看待？

于振瑞：玩家蜂拥而入时期出现一些鱼龙混杂的现象，在一种新技术快速发展过程中是不可避免的，但“炒作、喧嚣”只是一时，不可能长久，最终还是要回归技术本质。

外界的认知会有一个逐渐成熟的过程。当外界的关注点聚焦到技术和产业化实质性的时候，钙钛矿行业就能正常有序发展。

150MW钙钛矿生产线投产运行，并于2023年4月中旬启动GW级钙钛矿生产线建设。

近日，针对当前钙钛矿电池技术产业化进展等问题，极电光能联合创始人、总裁于振瑞接受了《中国经营报》记者专访。

论是TOPCon还是HJT，很多供应商都能实现25%以上的量产效率，剩下1%的提效空间估计在未来2~3年完成。届时，意味着晶硅太阳能电池的“技术生命周期”即将到达终点。

当前，光伏技术正处于更迭交替的活跃期。TOPCon或HJT电池是一种中短期的技术选择，钙钛矿电池是一种中长期的技术选择。对于新玩家或像我们这类初创企业，在新进入光伏领域时就要面临选择长远还是短期技术的问题，显然钙钛矿电池技术是降本增效的潜力和想象空间更大的下一代光伏技术。当然，晶硅企业也会利用自身的产业化优势将晶硅电池技术潜力挖掘出来，做到极限。

与晶硅组件相比，钙钛矿组件内在性能和外观特征确实能给它的应用带来很多不一样的地方。比如，它温度系数极低，弱光发电性能优异，这使得它与晶硅组件同场应用时(地面电站、分布式电站)具有更好的发电性能(单瓦发电量更高)；另外，漂亮的外观使得它在BIPV上可以大放异彩。根据这些特性，我们开发了钙钛矿标准组件、彩色半透明钙钛矿组件、钙钛矿发电石材和钙钛矿发电屋顶。

《中国经营报》：从综合性价比上看，你预计钙钛矿组件何时可与晶硅组件媲美？未来，钙钛矿电池技术能否成为市场主流？

于振瑞：从综合性能上看，钙钛矿电池技术成熟之后，效率更高、成本更低、单瓦发电量更高，其度电成本将显著低于晶硅。所以，未来钙钛矿光伏产品成熟后，将会成为光伏行业降本增效的“终极武器”。

我大胆预计，2025年是钙钛矿组件性能能够与晶硅相媲美之年。届时，钙钛矿组件从技术条件上应该具备与晶硅直接竞争的能力。同时，2025年也是钙钛矿组件大规模应用起始年，2023年和2024年会出现很多示范项目。

《中国经营报》：如果钙钛矿产业崛起，是否将对晶硅产业链形成极大冲击？这个时间需要多久？

然多于利空因素。从供应端看，OPEC+主动加码减产势必会令原油供应量进一步缩水，且加码减产的消息对于原油市场的心理提振作用也很大。从需求端看，随着国内经济复苏及原油需求回暖的预期日益高涨，原油市场呈现出供不应求的格局，从而推升油价走高，如果不出其他意外，可以说当前的

原油价格在年内处于低位水平，后期还会有很大的上涨空间，并不排除冲击90美元/桶的可能。

从国内成品油价格的变动情况来看，根据金联创测算，截至4月3日第一个工作日变化率为5.4%，参考油种均价77.72美元，国内汽柴油应上调210元/吨，本轮调价窗口为4月17日24时。



极电光能150MW钙钛矿光伏生产线。

本报资料室/图

2025年可与晶硅媲美

未来钙钛矿光伏产品成熟后，将会成为光伏行业降本增效的“终极武器”。

《中国经营报》：目前，极电光能正在推进不同应用场景的钙钛矿示范项目，请问具体实施将如何开展？根据不同应用场景，贵公司有何不同产品设计？

于振瑞：目前，极电光能已经完成了几个示范项目的产品交付，有BIPV和分布式的应用场景；今年我们还会有其他应用场景项目的产品交付。我们将在不同应用场景项目上，收集钙钛矿组件在实际应用场景下的稳定性和实际发电性能的数据，并与其他类型的组件开展数据对比。这些数据与室内测试的效率和稳定性数据相结合，并通过建模分析，可以给出钙钛矿在实际应用条件下完整的发电性能(包括弱光发电和高温下发电)和寿命预测。

《中国经营报》：钙钛矿电池技术有单结和叠层之分，企业选择不同。你怎么看待未来技术的发展前景？极电光能如何将规划技术路线？

于振瑞：对于初创企业而言，基本上选择单结技术，当然也有少数企业选择钙钛矿与晶硅叠层，或者钙钛矿与钙钛矿叠层。从产业化角度看，技术是一步步取得的，钙钛矿单结技术没有成熟之前，叠层技术不大可能实现产业化。从投资角度来看，初创企业投资单结技术成本更低，且比投资叠层技术的风险低很多。

晶硅企业投资钙钛矿技术，基本是瞄准了晶硅与钙钛矿叠层进行布局，以进一步提升电池效率，不过目前晶硅与钙钛矿叠层技术难度还比较大。

但从长远来看，叠层技术是未来光伏的终极解决方案。钙钛矿单结技术成熟后，还要走叠层路线，不过这不是现在要考虑的事。

极电光能也在储备叠层技术，目前主要开展了一些宽禁带电池相关技术研发，这一技术未来既可以和晶硅叠层，也可以和窄禁带的钙钛矿叠层，是一项通用技术。我们在这方面做好储备，未来是选择与晶硅叠，还是与钙钛矿叠，保留多种选项。

OPEC+减产超160万桶/日 国际油价短期或震荡走高

本报记者 李哲 北京报道

4月2日晚间，OPEC+(欧佩克和非欧佩克产油国)主要成员国突然发布减产计划。其中，沙特、俄罗斯等国家原油减产产量超过160万桶/日，并将从5月起自愿减产至2023年底。

在OPEC+减产计划刺激下，国际油价在4月3日开盘后应声上涨，布伦特原油期货价格最高飙升至86.24美元/桶，涨幅达到7.94%。从国内市场来看，原油保供保持平稳运行态势。

“预计短期内国际原油或震荡走高。”金联创成品油分析师路乔惠向《中国经营报》记者表示，美国原油库存将继续大幅度下降，加之沙特和其他OPEC+产油国宣布进一步自愿减产，这一消息对油价起到了有力的提振作用。

单日减产超160万桶

4月2日晚间，沙特、伊拉克、俄罗斯、阿联酋、科威特、哈萨克斯坦、阿曼等多个产油国突然宣布自愿减产计划，合计原油减产超过160万桶/日。

受此影响，国际油价应声上涨。4月3日，布伦特原油以及WTI原油期货开盘大涨。当日开盘后，布伦特原油期货价格最高飙

减产提振原油市场

据国际能源署(IEA)预计，2023年原油消费量将攀升2%，达到创纪录的1.017亿桶/日。

在需求端增加的局面下，此次OPEC+联合减产，无疑加剧了原油市场的供需平衡。

东吴证券研报显示，在能源结构转型背景下，国际石油公司依旧保持谨慎克制生产节奏，资本开

支有限，增产意愿不足；受制裁影响，俄罗斯原油增产能力不足且会一定程度下降；OPEC+供给弹性下降，减产托底价意愿强烈，沙特控价能力增强；美国原油增产有限，长期存在生产瓶颈，且从2022年释放战略原油库存转入进入2023年补库周期。

从需求端来看，今年上半年国内经济恢复但海外经济衰退，下半年国内外经济将进一步恢复，需求呈现前低后高的格局。综合国内外来看，全球原油需求仍保持增长态势。油价出现大幅暴跌可能性较小，油价或将持续高位运行。

谈及高油价对未来市场的影响，奚佳蕊表示，截至目前，今年对于全球原油市场而言，利好因素显

示，近一年来，在地缘政治的影响下，国际油价保持高位运行，使得OPEC+更倾向于控制原油产量。有数据显示，3月，OPEC的原油产量为2890万桶/日，实际的减产量为346万桶/日，扣除原先200万桶/日的减产量，已经超额减产146万桶/日。可见OPEC+目前的原油产量已经基本接近新的减产配额。根

据OPEC+一贯的作风来看，在今年剩下的时间内，其实际的减产幅度很有可能超过360万桶/日。

对于OPEC+为何此时突然宣布减产计划，奚佳蕊表示，其主要出于以下几个方面的考虑：一是1~3月上旬爆发的欧美银行业危机，令原油价格在短时间内急速大幅下挫，使得OPEC+原有的减产

据OPEC+一贯的作风来看，在今年剩下的时间内，其实际的减产幅度很有可能超过360万桶/日。

对于OPEC+为何此时突然宣布减产计划，奚佳蕊表示，其主要出于以下几个方面的考虑：一是1~3月上旬爆发的欧美银行业危机，令原油价格在短时间内急速大幅下挫，使得OPEC+原有的减产

据OPEC+一贯的作风来看，在今年剩下的时间内，其实际的减产幅度很有可能超过360万桶/日。

对于OPEC+为何此时突然宣布减产计划，奚佳蕊表示，其主要出于以下几个方面的考虑：一是1~3月上旬爆发的欧美银行业危机，令原油价格在短时间内急速大幅下挫，使得OPEC+原有的减产

据OPEC+一贯的作风来看，在今年剩下的时间内，其实际的减产幅度很有可能超过360万桶/日。

对于OPEC+为何此时突然宣布减产计划，奚佳蕊表示，其主要出于以下几个方面的考虑：一是1~3月上旬爆发的欧美银行业危机，令原油价格在短时间内急速大幅下挫，使得OPEC+原有的减产