



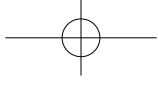
截至本文发稿,经过多轮讨论及征求意见,2019 我国光伏新政尚待字闺中,光伏业界仍在翘首以待。虽然当前最终版新政的实施细则不详,但总体改革思路已然明朗;从此之后我国光伏将不再预设指标,而是以市场竞价的方式配置市场资源,鼓励无补贴光伏项目建设,分类实施,量入为出,实施持续补贴退坡机制。如何面对市场竞价短兵相接的新竞争局面,是当下光伏人需要深刻思考的大问题。

在我国经济由高速发展转向高质量发展的大背景下,我国光伏产业必然会顺应这样的趋势。高质量发展靠什么?光伏产业发展初级阶段那种单纯靠规模、靠模仿、靠关系、靠偷工减料,搞“恶价格战”的模式将丧失生存空间;国家鼓励以技术进步为背书的“良价格战”,以技术推动光伏产业降本增效,才是光伏产业高质量、可持续发展的根本之道。事实证明,近几年我国光伏产业链各个环节的技术创新日新月异,成为光伏制造与发电成本快速下降的最重要动力源。

光伏增效降本有很多技术路径,其是与高效电池成本不断下降相适应的。封装成本降低亦是

突破成本瓶颈的一种方式,其中叠瓦作为一种高功率光伏组件封装技术,随着其先进的技术不断迭代,近年来越来越受到产业和市场的高度关注,且目前已深受客户青睐,叠瓦技术迎来了最好的发展时机。

叠瓦技术与其他高效太阳电池的兼容性如何?装备技术能否如虎添翼?会带来哪些新型材料的需求?叠瓦的技术经济性空间到底有多大?与常规组件相比,叠瓦组件的稳定性如何?带着这一系列疑问,笔者参加了由中国可再生能源学会光伏专业委员会于3月15日在苏州主办的第18期“光伏微讲堂”——叠瓦技术趋势及发展论坛。此次会议由苏州沃特维自动化系统有限公司(下文简称“沃特维”)独家承办,该公司董事长赵丹成为第18期讲堂堂主,他与中国可再生能源学会光伏专委会秘书长吕芳共同主持了讲堂的开场仪式。吕芳表示:“在2019年市场竞争配置加强,国际贸易壁垒和专利纷争四起的情况下,中国光伏同仁更需铭记,只有‘是行业的’才‘是企业的’,只有‘是大家的’才‘是自己的’。我们需要比任何时候都自强内功,荣辱共担”。



中山大学太阳能系统研究所所长沈辉教授、吕芳秘书长和东方日升副总裁黄强博士分别主持了上、下午的会议和沙龙讨论。来自国内外研究机构、主要制造商、设备和材料供应商、电站业主、第三方测试认证与现场实证等的行业精英近 400 人齐聚早春的姑苏，论道关于叠瓦技术的工艺、性能、装备、材料、成本等热点话题。

叠瓦技术之前生

来自中国科学院半导体研究所的研究员廖显伯作了开场报告，他第一次公开讲述了我国光伏叠瓦技术的发明与应用历史，吕芳秘书长还现场展示了廖老师带来的当年研制的叠瓦光伏组件，引起了与会代表的极大兴趣。



1968 年初，代号为“651”的任务正式下达至中国科学院半导体所，任务是为“东 1-A”卫星研制光伏组件，所研制成的光伏组件实际是应用在 1971 年发射的“实践一号”卫星上。此光伏组件采用自行设计的“搓板型”结构，这是我国最早光伏叠瓦组件的雏形。

1971 年 3 月 3 日，我国发射了第二颗地球人造卫星，这是中国实践科学探测与技术试验系列卫星中的第一颗，称为“实践一号”。“实践一号”卫星采用硅太阳能电池供电，在太空中正常运行了 8 年多，于 1979 年 6 月 17 日陨落。远远超过原定的 1 年的设计寿命，为我国设计和制造长寿命卫星提供了宝贵经验。

“实践一号”卫星星体是直径为 1 m 的近球形 72 面体，上、下半球梯形平面上各安装了 14 块硅光伏组件，共计 28 块光伏组件，1680 片硅 n^+/p 太阳电池 (10 mm×20 mm)。“实践一号”卫星依靠这 28 块硅光伏组件与镉镍电池组成的供电系统进行供电。

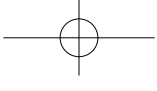
由于当时研究任务特殊的缘故，此光伏技术未申请任何专利，而是作为机密文件被保存起来；该项科技成果最早公开的文字记录是在 1977 年的科技成果登记表中，直至后来解密才得以公开。

叠瓦技术之今世

在接下来的环节中，行业政策研究专家、光伏叠瓦组件装备制造商、光伏组件制造企业、组件材料生产商，逆变器企业、高等院校及检测机构的代表分别分享了各自所研究的关于政策、技术和产品的成果，干货满满。

国家发展和改革委员会能源研究所研究员时璟丽指出：2018 年下半年以来，国内光伏产品价格和光伏发电成本下降显著，组件价格从年初的 2.7 元/W 降低到 2 元/W 左右，EPC 价格从 5.5 元/W 降低到 4 元/W 左右；目前具备达到完全不依赖补贴条件的全额上网的光伏发电项目的条件，但地域、数量有限。分布式光伏方面，非民用电价的、有一定自发自用比例的项目已经具备‘去补贴’的条件。因此，光伏发电平价上网或竞争配置大幅降低补贴具有一定可能性，但明确的、良好的政策环境是关键，持续的技术进步和产业升级是根本和基础。据此，笔者以为，光伏叠瓦技术生逢其时，大有可为。

当前，叠瓦技术已经成为一种增加光伏组件功率密度的主流高效组件封装技术。叠瓦技术采用无主栅设计，电池交叠互联，无焊带，其优点是可通过交叠电池小片，实现电池片无间距，从而有效扩大了光伏组件的受光面积；同时，其具有电阻损耗小、银浆用料少等特点，使光伏组件



低成本、高功率的优势得以实现。采用叠瓦技术的组件工艺在很大程度上改变了传统的组件焊接技术，进而带来光伏组件产线的一系列变革性创新和升级改造。

光伏组件产线的变革性创新首当其冲的是生产设备。作为拥有叠瓦工艺及设备发明专利的企业，沃特维总经理鲁乾坤针对叠瓦工艺、设备与组件性能之间的关系进行了讲解。他介绍道，传统组件由焊带衔接导电，叠瓦组件则是由导电胶衔接导电。后者在功率提升、可靠性提升、发电密度提升等方面均有明显优势，能够实现相同电池工艺下，单位面积叠瓦组件的发电量最高。当某一片电池光照被遮挡时所产生的理论电流为 1.8 A，由于叠瓦组件所形成的反向电流比传统组件低，因此，电池发热程度也相对较低，而且留存于电池内的热能可以通过前后衔接的电池有效导出，从而系统性地改善组件的长期可靠性。

根据光伏组件厂商代表所作报告中的实证数据显示，2019 年，随着叠瓦组件装备技术的深度研发、成熟和推广，再加上高效电池的产业化，将使得光伏叠瓦组件比常规组件增加有效发电面积 2% 以上，能封装更多的电池片，相比 60 片型光伏组件增多到 68 片；用导电胶替代焊带避免了焊带遮挡面积达到 4%，紧密叠加的电池片及导电效果更佳的导电胶可降低组件内阻 3% 以上。这些优势使得叠瓦组件的功率比常规组件功率提升 10% 以上，功率突破 350 W 甚至更高。

叠瓦组件在可靠性方面表现更优。由于柔性导电胶的形变弥补了电池片与焊带等材料之间的热膨胀系数的差异，故叠瓦组件具有比整片组件更优异的高低温循环性能，可以适应各种温差环境；叠瓦组件还具有更低的热斑风险，热斑温度下降 25~30℃；由于叠瓦组件电池片间电流为整片组件电流的 1/5 或 1/6，且用导电胶代替了焊带连接，降低了传输发热，因此组件工作温度将低于整片组件及半片组件，以更低的工作温度

带来更佳功率输出。

在系统端，更高发电能力的叠瓦组件适宜横向安装，在早晚受阵列阴影遮挡时，其组件功率输出显著高于常规组件；相比半片组件而言，叠瓦组件不仅效率更高，弱光发电能力也更好；支持 1500V 系统，超高功率与效率可带来 BOS 成本的节省，提高了系统效率。

除了装备技术过硬外，还需要相关辅助材料与部件跟进。目前，国内外的导电胶和背板材料、逆变器方面的厂商纷纷发力，以期为叠瓦组件保障质量、开发市场做好背书。

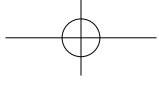
中国科学院电工研究所太阳能电池研发部主任王文静研究员表示，叠瓦技术是增加组件功率密度的一种新型技术。但通过成本计算比较后发现，虽然叠瓦组件在功率上有所增益，但是在电池用量上有所损失，只有叠瓦组件较半片组件有较大的增益 (20 W) 时才能获得合理的增益。此外，叠瓦组件较高的功率密度可使电站 BOS 投资降低，增加收益率。

正是基于以上的客观分析，国内一些主流光伏组件厂商，如阿特斯、晶科、隆基乐叶、赛拉弗、天合、通威、协鑫、东方日升、林洋等，纷纷布局叠瓦组件，抢占新市场。

走进沃特维

作为本期光伏微讲堂的东道主，沃特维长期致力于光伏行业先进光伏装备和制造技术的科技创新和自主研发，目前以半片、叠瓦及 IBC 整套设备为主，拥有自主专利 70 余项，其中包括中国已经授权的叠瓦工艺及设备发明专利，是唯一具有点胶和印刷工艺量产设备的供应商。据悉，沃特维在 2019 年第二季度将推出产能大于 3000 片/h 的叠瓦设备，且此设备可以实现点胶和印刷方案的现场改造，这将为光伏行业的降本增效做出贡献。

本期堂主赵丹曾作为多家光伏技术公司的创



始人，长期深入太阳能电池与光伏组件的生产，拥有多项关于电池与组件方面的专利，并在叠瓦技术方面拥有多项发明专利。笔者在听完一天的报告后，意犹未尽，于是预约到沃特维参观并对赵丹进行了专访。

笔者走进了沃特维高效叠瓦组件设备生产车间，虽然是周六，这里的工作人员仍在加班加点地进行生产、调试工作，为的是及时完成接踵而来的订单。

在与赵丹的交谈中，令笔者感到意外的是，作为70后的他却是中国较早进入光伏行业的“老兵”。基于对光伏产业良好发展前景的预期，赵丹曾在2007年在江西新余创建瑞晶公司，开始从事太阳能电池与组件的生产；之后又转战苏州，开始进入已是红海的光伏串焊机制造市场，凭借技术团队的实力和市场拓展能力，沃特维用了不到两年的时间，迅速跃居当年国内串焊机厂商的第3名。随着光伏市场的变化，客户对高效光伏组件产生越来越多的需求，赵丹敏锐地意识到高效光伏组件装备将有很大的市场潜力，于是沃特维在国内率先开始半片切焊一体机的生产，为半片光伏组件的推广奠定了基础。2014年，他从自己公司多年从事串焊机和半片切焊设备研发生产的优势出发，成为国内第一家潜心研发叠瓦光伏组件装备，并取得多项发明专利的公司，产品投放市场后获得了良好反响。目前，沃特维已经成为国内领先并实现量产的光伏叠瓦组件设备生产商，当前出货产能已达2 GW。赵丹表示，近

年来，光伏叠瓦组件已经在浙江地区大量应用，以目前光伏市场的发展趋势来看，未来2年内，光伏叠瓦组件市场有望达到10~25 GW的规模。

一个新产品、一项新技术能否获得市场认可，最终还是看其技术经济性如何。对于笔者所关心的叠瓦技术导致的光伏组件成本增加的问题，赵丹认为，目前单纯来看，叠瓦组件成本是略有增加的，但终端光伏电站系统的综合成本增加微乎其微，因为叠瓦组件高能量密度会带来系统BOS成本和占地面积的减少；同时，组件单位功率发电量增益是显著增加的，即单瓦发电综合成本是下降的。另一方面，基于产品优质、优价的市场规律，目前叠瓦组件的价格比普通组件高0.2元/W左右，因此，叠瓦组件装备投资正常可在约3~6个月内收回。赵丹表示，叠瓦组件是目前市场发展的新热点、新趋势，势必成为新的主流产品，光伏组件厂商应早上马、早主动。

当前光伏技术迭代周期很短，对于产品升级问题，赵丹认为，目前所量产的组件功率不是终点，随着电池设计优化、组件内互联优化、导电材料优化、电池分选优化、装备技术优化等，组件功率提升将比传统组件多13%以上的理论值。近几年，叠瓦装备技术已实现飞速发展，逐步从叠片距离、精度、在线监测和产能上提升，使叠瓦生产固定投入降低40%以上，同时在线成品率已优于传统工艺；与此同时，单套产能已达到100 MW左右，已与半片及多主栅装备相当。随着叠瓦装备的发展，叠瓦组件在未来1年便可实现相同电池工艺成为最高功率的组件、最低的单瓦组件成本、最高的生产在线成品率。

后记

光伏竞价时代就要来临，光伏平价时代已为期不远。技术创新无止境，叠瓦光伏技术已然上路，我们期待它可以开辟一片光伏市场新蓝海。☀️