

光伏绿色链条“最后一公里”：光伏组件回收产业进入爆发前夜

本报记者 张英英 吴可仲 北京报道

一个酝酿10年之久的光伏退役回收产业有望诞生，这将延伸、补齐光伏产业链上的最后一环。

中国科学院电工研究所高级工程师、中国绿色供应链联盟光伏专委会秘书长吕芳称，此环节也是整个光伏绿色产业链的“最后一公里”。

过去10年，吕芳是我国光伏退役回收工作的重要参与者、带头人，

并主要研究退役光伏组件回收处理项目。“十二五”规划期间，她依托863计划(国家高技术研究发展计划)开启对光伏组件回收的实验室研究，并于“十三五”规划期间作为首席科学家联合13家光伏企业和科研院所，承担了对国家重点研发计划“晶硅光伏组件的回收处理成套技术和装备”项目(以下简称“成套技术和装备项目”)。

“上述包含了四个课题的成套

技术和装备项目，即将在2022年面向行业交卷。”2月22日，吕芳在接受《中国经营报》记者采访时表示，经过10年的研究，我们已经走到一个新兴产业爆发的前夜，光伏组件回收产业即将诞生。

近一年，有关光伏组件回收的声音逐渐走高，相关政策密集发布。比如，近期，国家工信部等八部门联合印发的《加快推动工业资源综合利用实施方案》明确提出，推动废旧光伏

组件、风电叶片等新型固废综合利用技术研发及产业化应用。

在上述政策背后，碳中和潮流汹涌，未来光伏发电装机规模将由“GW时代”跨越至“TW时代”。“中国已经是光伏制造和应用大国，这意味着，将来也是光伏组件回收大国。”吕芳意识到自己需要从幕后走向台前，全力推进光伏组件回收处理从科研向产业化转变的进程，这是一个新的开始。



浙江金华某光伏企业光伏组件智能生产线一角。

本报资料室/图

回收“大潮”在即

光伏组件回收工作与当下全球奔赴碳中和的时代背景紧密相连。

21世纪以来，我国通过补贴激励政策等一系列措施推动光伏产业一跃而上，问鼎全球。

截至2021年底，我国光伏发电累计装机规模3.06亿千瓦(即306GW)，已连续多年位居世界首位。当年，我国光伏制造端产值已突破7500亿元，出口额创历史新高。碳中和目标提出后，光伏又迎来黄金发展期，并成为促进工业经济增长的重要力量。

中国光伏行业协会名誉理事长王勃华在“2021年发展回顾与2022年形势展望线上研讨会”上预测，2022~2025年，我国年均新增光伏装机将达到83GW~99GW，2030年新增装机水平将达到105GW~128GW。这意味着，光伏市场将进一步提速、壮大。

同时，国际能源机构一组预测数据显示，2030年，全球光伏组件

回收将达800万吨左右，迎来回收大潮。2050年，全球会有将近8000万吨的光伏组件进入回收阶段。其中，中国将在2030年面临需要回收达150万吨的光伏组件，在2050年将达到约2000万吨。

对于上述数据，吕芳表示有不同看法，“这一数据来源于国外，并且是多年前的预测，随着近年来中国的发展以及技改项目等因素，实际数据应该更大，高峰时间将来得更早，需要对大规模废弃光伏组件回收引起重视。”

光伏组件是光伏发电系统的核心，主要由玻璃、背板、电池、铝边框、EVA、铜焊带和接线盒等组成，各组成部分的多数材质(玻璃、铜、铝、硅、银、镍、锡等)可回收利用。但是，像含氟背板等却存在回收难、污染环境的隐忧。

对含氟背板的回收问题，也是

吕芳所在项目组研究的一个亮点和难点。“过去90%的光伏组件背板是含氟背板，不能烧、埋，否则会带来不可逆的环境污染，对人体也有重大危害。”她比喻称，对含氟背板的回收利用为一块难啃的骨头，但必须突破它。

目前，晶硅光伏产业链从硅料、硅片、电池片环节到生产出组件，再到电站应用端已经实现无污染，但是退役光伏组件的不当处理，就会给环境带来污染。因此，在王勃华看来，光伏组件回收再利用将实现光伏全生命周期绿色发展。这不仅可以缓解资源短缺，实现资源循环再利用，减轻环境负担，还可以培育新兴产业。

光伏组件回收工作与当下全球奔赴碳中和的时代背景紧密相连。

我国目前正在经历一场广泛而深刻的绿色低碳转型，尤其是2020年我国碳中和目标愿景提出后，低

碳绿色高质量发展正逐渐向社会生产与生活各领域渗透。在工业领域，工信部于2021年11月印发了《“十四五”工业绿色发展规划》的通知，并将绿色制造放在了重要位置。

吕芳日前发文指出，自从2016年《巴黎协定》签署并确定长期目标以来，工业制造和产品绿色属性逐渐强化。国际上，以欧盟和美国为代表的国家，出现了不同级别的对光伏产品的绿色评价与认证。因此，实现光伏全生命周期绿色发展是一种趋势，也代表着一种竞争力。

吕芳还表示，“绿色制造是一个新的竞赛赛道，欧盟、美国等国际方面已经准备很久，今年和明年可能将提高市场准入门槛。我国光伏产业全球化程度高，一些制造企业也越来越能感受到该趋势。光伏行业需要逐渐由注重‘制造绿色’向‘制造绿色’和‘绿色制造’并重的方向转变。”

产业化探索

吕芳用“一半是海水，一半是火焰”来形容当前国内两种不同的光伏组件回收技术路线。

过去数年，韩国、日本和来自欧盟的一些国家在光伏组件回收产业化问题上布局较早。

值得借鉴的是，欧盟于2014年正式将光伏组件纳入“报废电子电气设备指令”，还通过“PV CYCLE”和“CERES CYCLE”回收组织负责处理废旧光伏组件。2017年，又进一步颁布了针对光伏组件回收的欧盟标准，并建设了化学法示范线和物理法/化学法综合示范线。

我国退役光伏组件回收市场起步也并不晚。“十二五”规划期间，我国光伏组件回收工作便已经开启。彼时，吕芳作为项目负责人，依托863计划对“光伏设备回收与无害化处理技术研究”专项课题，进行实验室研究。

这一时期的项目主要探索了热解化学法和深冷物理法两种光伏组件回收的技术路线，并建立模型预测了我国晶硅光伏组件和材料组分回收量的数据。

在此基础上，2019年4月，吕芳又牵头13家光伏企业和科研院所，实施国家科技部的国家重点研发计划可再生能源和氢能技术重点专项“成套技术和装备项目”。

这是国内首个国家级针对光伏组件回收技术和关键装备研制的项目，实现了对我国组件回收处理示范线及回收标准体系、监管机制的进一步探索。

吕芳向记者介绍，这次项目主要包括四个课题，一是由英利牵头基于物理法对光伏组件环保处理成套工艺技术及关键装备研究；二是由晶科能源牵头的基于化学法对光伏组件环保处理成套工艺技术研究；三是由中国科学院电工研究所牵头研究涉及新结构、新材料的年代较新组件的新方法；四是对两条技术路线进行梳理与比较，探索技术经济性。同时，在配套服务建设方面，参与标准体系的制定，梳理明细表等。

上述课题中，产业化技术开发是

科研项目的重点。吕芳用“一半是海水，一半是火焰”来形容当前国内两种不同的光伏组件回收技术路线。

“项目组希望通过对两条技术路线的产能、耗能、质量回收率等参数指标比较，探究不同技术路线的优劣势，为实现产业化做准备。”她表示。

据悉，目前国内基于物理法和化学法的光伏组件回收示范线分别在河北保定和江西上饶建成。不过，从科研走向产业化和商业化，究竟哪一种技术路线更适合，或者未来是否将形成“水火相容”的混合技术体系，目前具体的数据尚待公开。

除上述国家级光伏组件回收技术和关键装备研制项目外，国家电投集团黄河上游水电开发有限责任公司(以下简称“黄河公司”)自2017年起，还率先自主开展光伏组件环保处理、回收的关键技术和装备的研究。

黄河公司科技管理部主任石生

斌告诉记者，截至2021年12月，公司开展的“晶硅光伏组件回收产业化及设备国产化研究”科技项目已顺利通过验收。这意味着，公司正式建成了综合回收率超过90%，且年处理能力11万片组件的全国首条组件回收中试线，形成了多晶硅、硅片、电池、组件、光伏电站规划设计及建设、运行维护、检测评价及组件回收的垂直一体化光伏全产业链闭环，为降低光伏产业对生态环境的影响做好了技术储备。

“国家电投(即黄河公司的控股公司)是全球最大的光伏电站项目业主方，面临的组件技改和退役回收需求也最大。”吕芳表示，黄河公司的技术路线与国家重点项目的路线不同，当前国内需要技术“百花齐放”。

在吕芳看来，过去10年，我国已经在光伏组件回收方面做了充足准备，并不比国外落后。算不上领跑，可以说是并跑状态。

上游原料价格突破“天花板” 锂电企业能否承受其重

本报记者 李哲 北京报道

2021年以来，锂盐价格持续上涨。如今，锂盐价格再次突破“天花板”。

生意社数据显示，2月23日，锂盐价格进一步上涨，当日工业级碳酸锂报价42.96万元/吨，电池级碳

多次调价

记者随机采访了多家锂盐销售商获悉，2月24日，氢氧化锂价格达到42万元/吨，工业级碳酸锂47万元/吨，电池级碳酸锂甚至报出50万元/吨的价格。

2021年，锂盐价格在经历过此前两年的低迷之后，其价格迅速回暖。电池级碳酸锂价格大幅上涨，从去年1月6.3万元/吨的均价上涨至2021年底的22万元/吨以上，涨幅高达249%。此价格在进入2022年之后并没有任何放缓的态势，如今售价已突破40万元/吨。

记者了解到，碳酸锂、氢氧化锂二者的来源和制造工艺不尽相同，都是生产动力电池必备的原材料。虽然我国具备丰富的锂盐

资源，但当前我国锂盐主要来源于海外，其中主要集中在大洋洲和南美洲。

谈及近期锂盐价格飞涨，墨柯分析道：“锂盐近期确实上涨比较明显。其中，一方面是因为美国的通胀导致的。因为国际上锂矿的结算是以美元来计价的，目前国内的锂矿大部分需要从海外进口，在美元通胀指数持续走高的情况下，锂盐价格很难降下来。另一方面是国内新能源汽车市场对锂矿的需求还很旺盛。”

中汽协统计数据显示，2022年1月，新能源汽车销售43.1万辆，同比增长135.8%。由此可见，国内新能源汽车市场的火爆，直接带动了

飞涨的锂盐价格挤压了锂电池生产企业和整车企业的利润空间。墨柯表示，“拐点要到正极材料企业普遍无法承受原材料上涨压力之时。目前来看，正极材料企业已经到了不赚钱的状态。当然，一些企业还有利润，但是这主要集中在那些此前有原材料储备的公司。”

锂电池的需求。

“2022年1月份的新能源车需求量较高，这在此前并没有出现过。此外，2021年已经出现锂矿供给偏紧，再加上当前新能源汽车市场比较乐观的市场预期，让锂电池生产企业更多的去提前购买锂矿资源以保证自身的生产，这样也无形中加剧了供应紧张的局面，进一步推高锂矿原材料价格。”墨柯说。

此外，多位受访者谈及未来一段时期锂盐价格时纷纷表示，当前，市场对锂盐的需求依旧存在，预计后市碳酸锂成交仍将进一步提升。这主要是因为供需关系，国内锂资源比较紧缺，新能源电池的用量也在增加。

利润压缩

当前，飙升的锂盐价格正在压缩锂电池生产企业的利润空间。

相关业内人士给记者算了一笔账：以锂盐原材料碳酸锂44万元/吨为例，按照1吨正极材料使用0.38吨碳酸锂计算，电池企业加工后的出厂价格就要达到16万元/吨，再加上前驱体价格大约要14万元/吨，两方面合计已经超过30万元/吨；而当前523型的三元材料售价约为31万元/吨，原料成本已经接近出厂价格，利润空间已经非常小，如果碳酸锂价格继续涨，电池企业的利润就无从谈起。

与此相对应，2022年元旦之时，碳酸锂的价格大约是30万元/吨，1吨正极材料的碳酸锂价格大约是12万元，再加上前驱体的价格大约是13万元/吨，二者相加25万元/吨，在这个原材料的基础上，其中的利润空间还是有的。

事实上，随着锂盐价格持续飙升，一部分已经传导至下游。亿纬锂能内部人士表示，公司目前已经将出厂价格做出了相应调整，从而保持公司的利润水平。

轩高科人士则表示，公司目前具备矿产资源和相应的锂盐储备，基本上可以实现自给自足，当然未来随着产能扩充还需要加大采购，不过目前并没有把价格

传导至下游企业。

在锂盐价格飞涨的当下，电池生产企业要如何应对？

墨柯表示，对于正极材料企业而言，其自身应对锂盐价格上涨的能力偏弱，应对策略一方面是多储备一些锂盐。此前是提前一个月储备锂盐，后来改成提前两个月，有些资金实力强的企业会提前三个月，但毕竟企业的资金是有限的，过度囤货也会带来其他方面的风险。

“目前，行业内一些企业去绑定较大的整车企业，通过相对有话语权的整车企业与上游锂盐生产企业商谈，提前确定一部分锂盐资源，这样可以有相对稳定的货源保障。”墨柯进一步解释道。

面对当前锂盐价格飞涨的局面，相关业内人士表示：“此前我国锂电池生产企业将目光聚焦在下游领域而忽略了对上游矿产资源的整合。当前，我国盐湖提锂的整体成本仍然较高，未来锂电池企业想要做大做强，需要补上海外矿产储备这一课。去年，赣锋锂业和宁德时代围绕加拿大锂商Millennial的争夺就可见一斑。”

上述业内人士补充提到，锂矿资源目前主要集中在海外，并且主要掌握在一些有实力的公司手中，

确针对废弃光伏组件回收处理的细则，包括回收主体责任、处理企业的资质认定等。第三，完善相关标准体系。

吕芳说，围绕组件回收需要建立一个标准体系。这个标准体系就好比一棵大树，从无到有，不断生出树干，每个树干再生出枝丫。目前，已梳理的标准就达到了20~30项，其中最重要的两项先行标准：一是通用技术要求标准，二是判废标准。

近两年，我国先后发布了两项国家标准——《建筑用薄膜太阳能电池组件回收再利用通用技术要求》(GB/T 38785-2020)和《光伏组件回收再利用通用技术要求》(GB/T 39753-2021)。

吕芳透露，目前涉及光伏组件的判废标准已经通过最后一轮评审，很快就会出台。

值得关注的是，除了政策与标准之外，高成本也是光伏组件回收市场难以回笼的一个“门槛”。无锡尚德总裁何双权曾发文指出，目前很大一部分组件建于偏僻的西北地区或位于屋顶之上，增加了运输成本，同时需要购置专门的回收设备与相关材料，加上技术尚不成熟，投资消耗较高，回收物质的纯度却不高，以及尚未形成大规模的操作形式，因此光伏组件回收成本仍高。江华也表示，在没有补贴的情况下，光伏组件回收投资成本仍偏高，回本周期较长。

吕芳告诉记者，中国绿色供应链联盟光伏专委会联合相关企业及院所，已成立了非营利性组织“光伏回收产业发展合作中心”，以开展光伏回收产业市场培育工作。

“10年的研究即将结束，而一个新的产业，正在形成。”她感慨道。