

绸缪光伏组件退役回收高峰

我国退役光伏组件回收技术尚待发展成熟，循环利用产业链有待形成

可大规模产业化的光伏组件回收技术将是目前多种技术路线的融合态

抓住“两新”政策加力扩围实施契机，完善光伏组件回收利用的标准规范

浙江嘉兴海宁市行政中心楼顶，一排排光伏板整齐排列，焕然一新。去年9月，这里安装的800多块270瓦光伏组件统一拆除，迭代为新型的590瓦光伏组件，开启浙江首个分布式光伏“以旧换新”项目。同在嘉兴，秀洲区今年新开馆的中国光伏回收和循环利用展厅，展出了全球首块用光伏组件回收材料制备的全回收再生光伏组件，功率超过645瓦。

200公里外的江苏常州，瑞赛环保科技有限公司高压射流研磨法拆解示范线上，退役光伏板经过备料、拆边、拆解等工序，拆解为不足米粒大小的玻璃渣、银屑等，再经提纯实现重复利用。

我国是全球光伏装机容量最大的国家，截至今年6月光伏发电装机已突破1000吉瓦(GW)。按照设计使用寿命，部署较早的光伏发电设备已开始集中进入退役期。中国光伏行业协会预计，2025年，我国将开始产生大批量退役光伏组件，此后10多年间，退役组件规模将以年增30%左右的速度快速增长。

业内人士认为，近年来光伏组件回收多条技术路线并进研发，正在突破安全性和经济性两大难点；多项标准规范逐步建立，将形成更加规范化的行业市场环境，但还需大力加强技术研发、产能供给、力量布局、规范建设，更好应对光伏组件退役高峰期。



2023年11月，工人在内蒙古乌海市第八中学餐厅屋顶检查光伏设备（新华社发）



在浙江省台州市三门县，工作人员安装光伏板（2024年3月摄 图片来自《瞭望》新闻周刊）

退役光伏设备“迎峰”

新世纪以来，我国光伏发电装机规模快速发展。目前，部署较早的一批光伏设备，已临近25年设计寿命。

近年“提质降价”的行业趋势在加速设备更新。近两年，光伏组件价格从每瓦1元降至0.6元，组件功率从500多瓦提升至700瓦以上。“不少光伏电站原准备使用寿命到期后再退役设备，如今经济账、绿色账、整体账、长远账算下来，提前迭代成为多赢的选择。”嘉兴市秀洲国家高新区管委会相关负责人表示。

2024年，大规模设备更新和消费品以旧换新政策将“光伏设备更新和循环利用，光伏电站站网型改造”列入支持范围；今年，“两新”政策扩围实施，进一步推动光伏设备大批量更新。

中国光伏行业协会曾预测，到2025年全国累计退役光伏组件将达到9GW左右，当年度退役组件超2.7GW，约合21万~27万吨废弃量。中国绿色供应链联盟光伏专委会光伏回收产业发展合作中心预测，到2030年，全国光伏组件累计退役规模将达到100万吨，2040年累计将达1200万吨。如果设备更新、提早退役加速，2030年、2040年全国光伏组件累计退役规模可达400万吨、2300万吨。

退役高峰对组件有效回收提出了迫切需求。

业内专家介绍，光伏组件富有回收价值的组分，主要集中在层压件上。它的结构像一块“三明治”：中间是以硅为主要成分的电池片，表面分布着细细的银栅线，电池片之间通过主要成分为铜的焊带连接；电池片的上下表面，是通过胶膜封装的背板和玻璃；“三明治”四周还有起支撑和保护作用的边框，以铝材为主。

“光伏组件所含资源有很高回收价值。”中国再生资源产业技术创新战略联盟副理事长兼秘书长尚辉良说，若能全量回收，到2030年，我国可从退役光伏组件中得到145万吨碳钢，110万吨玻璃，54万吨塑料，26万吨铝，17万吨铜，5万吨硅和550吨银。但光伏组件有效回收对技术要求较高，需突破安全性、经济性两大问题。

回收干净 干净回收

安全可靠是光伏组件回收技术要破解的首要课题。光伏组件结构复杂，最有价值的层压件也是拆解难度最大的部分。晶硅组件中的铅、锡等金属具有较高的浸出毒性；薄膜太阳能电池特别是碲化镉薄膜电池中的镉、铜等重金属含量高。此外，早期较多使用的含氟背板中的氟元素，若处理不当，都会产生二次污染。

光伏回收产业发展合作中心秘书长吕芳介绍，在光伏组件拆解环节，现有技术路线主要包括物理法、热解化学法、溶剂化学法，都存在衍生污染风险。比如热处理法会产生有害气体，溶剂化学法需要妥善处理产生的废液。“把资源回收干净，回收的过程也得‘干干净净’。”吕芳说。

经过近年来多条路线并进的新技术研发，安全性难题正得到破解。

受访专家表示，一些新的环保处理工艺渐臻成熟。例如液电效创新技术通过高压脉冲放电，在水中产生冲击波，实现玻璃、硅片等成分环保分离，无化学污染且能耗较低。

再如瑞赛环保研发的高压射流研磨法，拆解全程不引入新污染源，配合有价金属绿色浸出技术，材料回收利用率超过90%，其中八成以上材料可回用至光伏行业。

中国资源循环利用集团有限公司旗下的新源劲吾(北京)科技有限公司正在推广对退役光伏板进行彩色化加工，应用于建筑、交通、文创等场景。“我们已经迭代到了第三代产品，用于高速公路的消音屏、工地施工的建筑围挡等。”中资环集团有限公司副总经理陈运龙介绍。

“性价比”左右市场接受度

降低回收成本，同样是光伏组件回收行业力图破解的关键课题。

首先是回收技术本身的经济性。“以溶剂化学法为例，拆解过程使用大量化学试剂，购买和处理开支不小。由于技术尚不成熟，存在投资较大而回收物质纯度不高，‘性价比’不高。”光伏回收产业发展合作中心副秘书长刘莉敏表示，有的小企业回收一块标准尺寸的光伏组件收益50元左右，成本却要70多元。

其次是回收产能布局的经济性。目前，光伏组件回收科技企业集中在东部尤其是江浙地区。“从外省收光伏板并不划算，比如从佛山运到嘉兴，每块板运费就要几十元。

“目前的回收市场有不少‘小作坊’式商户，通过社交群、视频号发布回收信息，招揽生意。”一道新能源科技股份有限公司首席技术官宋登元表示，一些无处理能力的企业往往采取简单填埋、焚烧等方式处置。《2024年中国光伏回收和循环利用白皮书》显示，目前很多退役光伏组件采用直接填埋、切碎填埋等方式处理，回收利用率较低。

近年来，光伏组件回收行业在提升技术和布局经济性上取得了一定进展。例如瑞赛环保开发的高温热解法拆解生产线，在零收费、零补贴前提下可达10%~30%的毛利率。在大规模并网光伏电站集中的青海省，由国家电投黄河上游水电开发有限责任公司建设、具有自主知识产权的高回收率太阳能晶硅光伏组件回收中试线，已具备批量处理能力，今年获得国家专利密集型产品认定。

受访专家预计，几年后，可大规模产业化的光伏组件回收技术将是目前多种技术路线的融合态，在不同的处理环节分别采用性价比最高的技术。

在回收产能布局上，应发挥市场机制，探索建立自主回收、联合回收或委托回收等不同商业模式，推动光伏产业链上下游企业协同循环利用资源。

加快构建行业规范

“推动回收技术发展成熟，规模化的市场应用是重要前提，规范化的市场环境是重点方向。”多位受访专家认为，应抓紧完善光伏组件回收利用的标准规范。

尚辉良介绍，目前实施的《废弃电器电子产品回收处理管理条例》并未覆盖光伏组件产品，企业在处置退役光伏组件时，往往未将其按固废统一合规处置，而是通过招标或竞价选定回收方，容易流向低价的填埋处理方式。

避免光伏组件回收“劣币驱逐良币”，须明确回收标准规范体系。

近年来，这方面的步伐已明显加快。

2022年，工业和信息化部节能与综合利用司将《光伏电站安全拆除及分类处置管理规范》列入研究项目名单。2024年至今年初，“两新”领域计划制定修订的294项国家标准中已累计发布185项，其中包含废旧车用动力电池、退役光伏组件回收利用等国家标准43项。

受访专家认为，在光伏组件回收领域，应加快建立设备报废及残值评估标准体系、回收利用污染防治技术规范、回收处置与碳排放核算等。

(据新华社电《瞭望》新闻周刊记者 唐强)