

附件

《国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备 目录（2021年版）》供需对接指南之三 新兴固废综合利用技术装备

（一）废旧风电叶片分级绿色处理循环综合利用技术

1.适用范围

废旧风电叶片综合利用。

2.技术原理及工艺

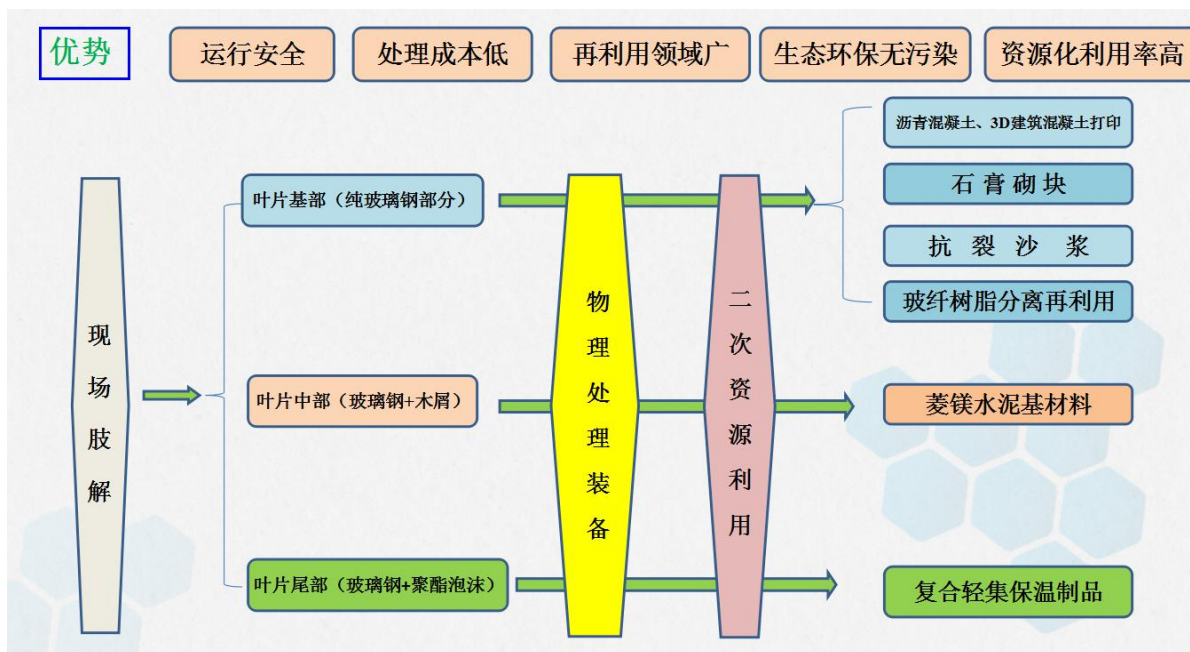
该技术根据风电叶片组织、材料、结构的共有特性，通过采用肢解、破碎、粉碎和溶解分离等方法，分别对叶根、叶中和叶梢实现分级分段处理，根据处理所得的不同再生料实现不同用途的资源化利用。

（1）现场肢解：利用自主研发的风电叶片大型现场肢解装备，对整只叶片进行全自动横向肢解，再利用自主研发的双面专用锯片对横向肢解后的叶片进行竖向肢解，满足废旧叶片周转运输要求，便于后续处理。

（2）物理破碎：采用多级碾压粉碎装置，对已切割的废旧风机叶片，根据不同领域、不同用途需求，分别对叶片根部（纯玻璃钢，简称FRP）、叶片叶梢（FRP+泡沫）和叶中（FRP+木

质) 进行物理破碎研磨处理, 获得合格的资源化利用再生料。

(3) 资源化利用: 根据叶基硬度高、厚度大且 FRP 材料稳定、纯度高特性, 通过低温溶解、高压降解以及中温热裂解等分离技术实现对玻璃纤维和固化树脂的分离, 并保持玻璃纤维基本性能, 实现高值化综合利用。叶梢主要应用于建筑保温轻集料等轻质保温建筑材料; 叶中主要应用于菱镁水泥基制品; 叶根主要为增强纤维, 主要应用于抗裂砂浆、沥青路面铺设、石膏砌块、3D 打印材料等。



工艺技术流程图

3. 技术指标

全自动横向肢解平均速度 5~10min 每道; 风电叶片资源化综合利用率达到 90%以上。

4. 技术功能特性

(1) 通过负压运行等自主专有技术成果，消除运行粉尘爆炸等危险，改善工作环境，确保处理过程的安全性。

(2) 实现连续化处理、无二次污染产生，有效降低处理成本。

(3) 实现叶片玻璃纤维与固化树脂的完全分离，实现高值化综合利用。

(4) 分级分段处理资源化利用，完成废旧风电叶片资源化利用和无害化处理，实现风电叶片的生产、使用、回收全过程绿色闭环循环发展。

5.未来推广前景

该技术装备由河北安恕朗晴环保设备有限公司自主研发，可实现废旧风电叶片分级处理循环利用。截至 2021 年底，我国风电并网装机容量达到 3.28 亿千瓦，未来随着风电机组退役规模扩大，废旧风电叶片综合利用需求将逐步增加，市场推广潜力较大。

(二) 退役风电叶片工厂智能化切割工艺及设备

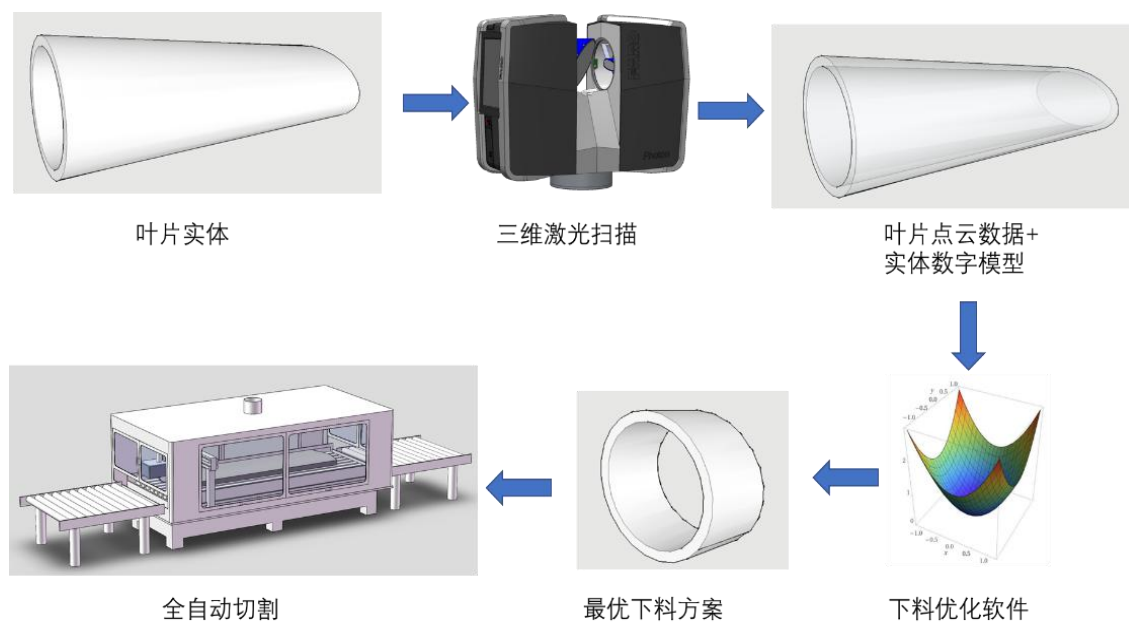
1.适用范围

废旧风电叶片综合利用。

2.技术原理及工艺

该技术基于三维逆向建模的叶片精细化解剖设备，对退役风电叶

片进行扫描，获得叶片点云数据，再对三维点云数据进行连接计算，快速建立不同规格、型号退役叶片数字化模型，获取风电叶片各部位的物理数据。通过下料工艺算法，自动计算最优切割方案，采用高自由度全自动切割设备实现风电叶片的高速、高效、智能化剖解，提高出材率，最大化利用材料。在加工过程中，采用螺旋风道技术进行除尘和锯片冷却，粉尘经集尘罩收集、脉冲除尘器净化后实现空气达标排放，收集的粉尘用于制造板材。



工艺技术原理图

3.技术指标

出材率达到 70%；自动切割设备设计切割速度 20~30m/min；扫描精度 0.3mm，扫描范围 1-150m；正常工作时过滤风速为 1.2m/min，全速过滤时为 0.8m/min。

4.技术功能特性

(1) 该设备技术适用于玻璃纤维与碳纤维风电叶片，建立模型后可充分实现对风电叶片的“看材下料”。

(2) 高效除尘设备采用覆膜滤芯，适用于微尘级别的除尘作业，滤筒快速可拆。

(3) 该装备是全自动智能化生产线，效率高，能耗低，适合建立集中式的热固性复合材料处置点，无二次污染。

5.应用案例

吉林重通成飞新材料股份公司下属子公司锡林浩特晨飞风电设备有限公司，应用北京华北包装有限公司研发的技术装备建设首个万吨级热固性复合材料循环再利用生产示范基地。

6.未来推广前景

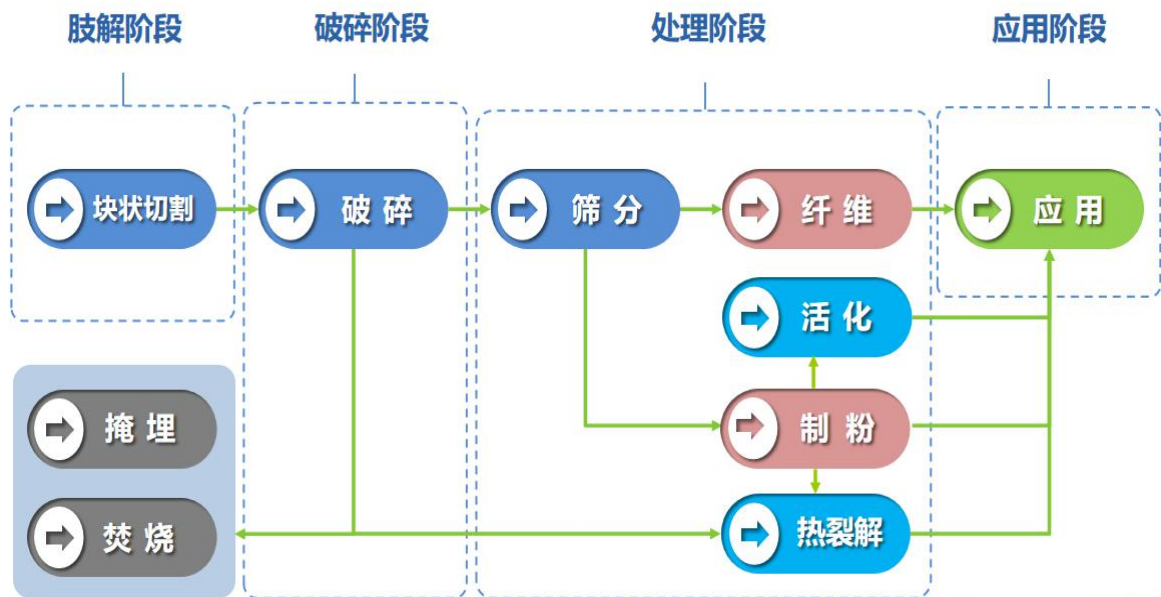
该技术已在吉林重通成飞新材料股份公司进行推广应用，预计10年内普及率可达到70%以上，而且随着高铁用玻璃纤维复合材料等其他产品退役或报废，设备端的市场需求将进一步拓展，应用前景广阔。

(三) 废旧风电叶片拆解处理技术

1.适用范围

热固性复合材料、风电叶片、废旧玻璃钢等固废回收利用。

2.技术原理及工艺



工艺技术流程图

该技术生产线设备主要有撕碎模块、筛选模块、压滤模块、制纤模块、工控模块及包装模块，包括切割肢解、破碎与分离、高目数气流磨制等关键工艺，每条生产线最小处理能力为 1.6t/h。采用绳锯切割机将废旧风电叶片切割成 1 米大小的矩形块，经过多级撕碎、振动分选及旋风分离，实现高效破碎和分离，通过控制对撞力度、频率等，将直径小于 1cm 的材料磨制成 200~2000 目数的粉剂，混合物经过筛分、浮选，输出满足再利用的不同产物。具体工艺流程为：

(1) 在风电场或生产基地将废旧风电叶片切割成 1m*1m 的小块；

(2) 在集中处理地，将风电叶片小块材料行撕碎、去 PVC、

锤碎、研磨处理，根据不同需求输出不同长度或大小的纤维、粉末、树脂颗粒、PVC 颗粒的混合物；

(3) 混合物根据需求进行筛分和浮选，制成满足再利用要求的产物，如不同长度或直径比的纤维、PVC 颗粒、巴沙木、二氧化硅、树脂粉末等。

3.技术指标

每条产线年处理热固性复合材料废旧风电叶片量约 1 万吨，按每支废旧风电叶片 3.5 吨，可处理 2587 支叶片（叶片长度 12.5m，宽度 1.5m）。

4.技术功能特性

(1) 该技术设备适合建立集中式的热固性复合材料处置点，处理线不造成二次污染，属于环境友好类技术。

(2) 该技术实现工业用热固性复合材料的高值化利用，产出物可用于生产工业副产石膏内墙板、蒸压混凝土等。

5.应用案例

吉林重通成飞新材料股份公司陆续在甘肃省武威市和吉林省大安市分别建立叶片切割、破碎、筛分、提取等处理示范生产线，已处理废旧风电叶片 1300 吨。叶片处理后所产生的玻纤、树脂、粉末、泡沫等材料均用于生产石膏条板、水泥条板、抗裂纤维、蒸压加气混凝土、保温砂浆填料等，产品性能达到国家相关标准。

6.未来推广前景

该技术设备应用范围包括退役风电叶片的回收处理及玻璃钢等热固性复合材料处理,适用于风电场运营企业、风电主机厂、叶片生产厂、机舱罩企业、拉挤型材企业、管罐生产企业等,可有效促进退役风电叶片和废旧玻璃钢类热固性复合材料的资源综合利用,市场前景广阔。

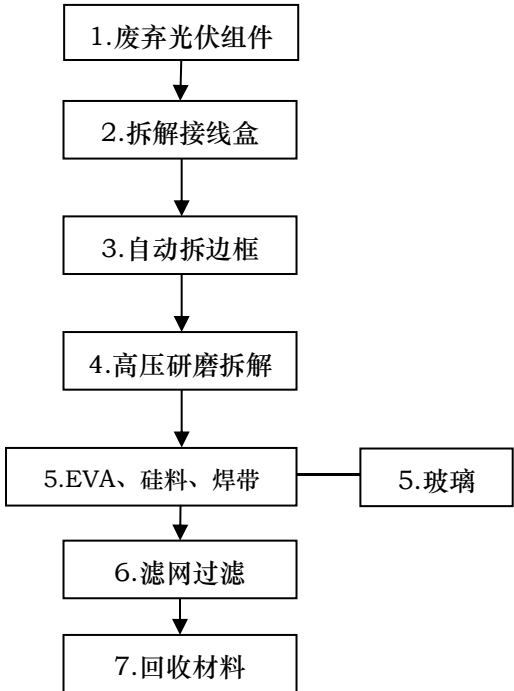
(四) 晶硅光伏组件高压研磨拆解成套技术与装备

1.适用范围

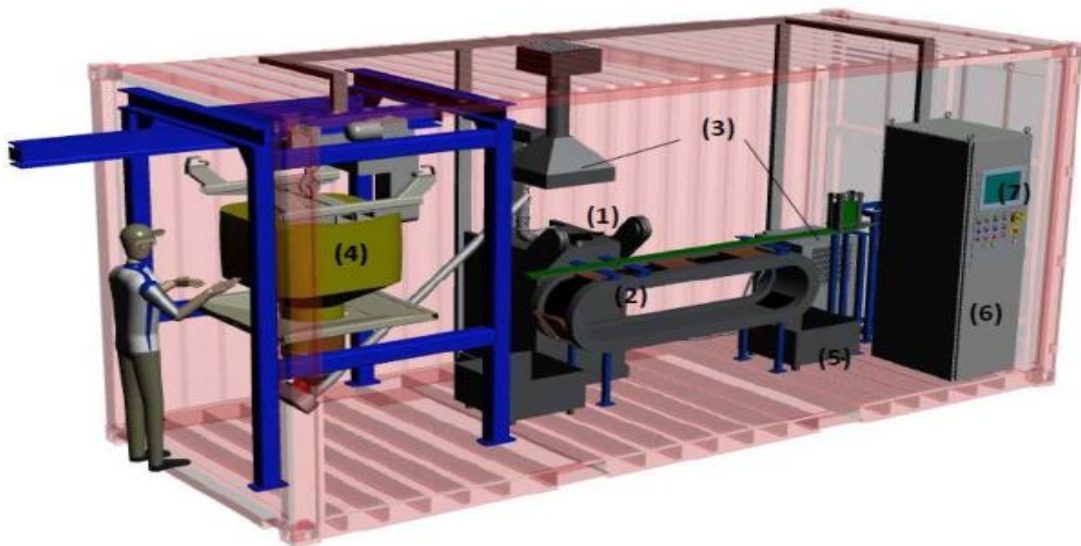
退役光伏组件的回收利用。

2.技术原理与工艺

晶硅类光伏组件主要由玻璃、硅片、背板(TPT)、EVA胶水、铜锡焊带组成,不同材料存在材质、厚度、强度等方面差异。该技术设备利用晶硅光伏组件分离出的各类材料间的物理特性差异,采用高压研磨法对报废光伏组件进行纯物理拆解,在研磨过程中,通过调节研磨介质的浓度、压力等,实现废弃光伏组件的拆解;通过对研磨角度、行程速度、工件间高度等参数进行优化组合,使拆解后得到的物料状态可控,实现物料高效分离。

工艺流程	注释
 <pre> graph TD A[1.废弃光伏组件] --> B[2.拆解接线盒] B --> C[3.自动拆边框] C --> D[4.高压研磨拆解] D --> E[5.EVA、硅料、焊带] E --- F[5.玻璃] E --> G[6.滤网过滤] G --> H[7.回收材料] </pre>	<ol style="list-style-type: none"> 1.1 将废弃的光伏组件放置于工作台面 1.2 将玻璃面朝向工作台，背板面朝上 2.1 用刀片将接线盒从背板上去除 2.2 回收接线盒 3.1 使用自动拆框机拆卸铝边框 3.2 回收铝边框 4.1 使用高压研磨方法，对去完铝边框的光伏组件进行研磨 5.1 通过拆解，背板成为3cm²以上的块状材料 5.2 EVA呈粉末状、硅片呈颗粒状、焊带呈整条状 5.3 玻璃呈整块状，玻璃上没有其他材料残余，直接回收 6 根据剩余材料的粒径差异，使用滤网进行过滤筛分 7.1 回收得到颗粒状硅料 7.2 回收得到条状焊带 7.3 回收得到粉末及絮状EVA 7.4 回收得到块状背板材料

工艺技术流程图



装备示意图

3.技术指标

物料总回收率 $\geq 93\%$ ；拆解效率 $\leq 7\text{min/片}$ 。

4.技术功能特性

(1) 该技术实现报废晶硅光伏组件的纯物理拆解，以及报废光伏组件材料的高值化利用。

(2) 该设备可实现集装箱式运输，可实现在光伏电站现场拆解。

5.应用案例

常州瑞赛环保科技有限公司在常州市新北区建设了一条年处置 200 吨的报废组件实验示范线，实现了构成光伏组件各类材料自动物理拆解与材料的混合收集。同时，该公司正在江苏省常州市建立 2000 吨/年的报废光伏组件拆解示范线，预计 2022 年 8 月份建成。

6.未来推广前景

我国是全球最大的光伏组件生产国，也是全球最大的光伏组件应用国，截止 2021 年底，光伏发电累计装机 3.06 亿千瓦，随着光伏组件退役规模逐步扩大，该技术装备推广应用前景广阔。