

## 附件

# 国家工业资源综合利用先进适用工艺技术设备目录 (2023 年版) 供需对接指南之二十 新兴固废综合利用工艺技术设备

### (一) 废线路板资源化利用系统

#### 1. 适用范围

废电路板资源化利用。

#### 2. 技术原理及工艺

该技术采用机械破碎+风力分选+静电分选，对废线路板进行资源化提取，得到树脂粉末与铜粉两种主要产物。系统采用“三级破碎（双轴撕碎机+高速粉碎机+锤式破碎机）+四级分选（磁选+振动筛分+Z型风选+静电分选）+三级除尘（旋风除尘+脉冲布袋除尘+活性炭吸附）”工艺。首先通过破碎系统，由三轴撕碎机、高速粉碎机、锤式破碎机进行三次破碎，粉碎后的物料经高压风机送至Z型风选机，进行分选，储料斗的物料经底部螺旋输送机输送至静电分离机进料斗式提升机内，混合物料经高压静电多次提纯分选后，可选出含铜量在1%以下的树脂粉末与铜粉两种产物；选出的树脂粉末、铜粉分别收集。高压风送旋风筒及Z型分选机所产生的废气中会夹杂部分铜粉，通过旋风筒沉降把物料送入两辊静电分离机提纯。整套设备生产线为全密封设计，所有破

碎主机及各输送过程与分选过程均为负压抽风除尘。

### 3. 技术指标

金属粉中铜的品位  $\geq 85\%$ ; 金属铜回收率  $\geq 97\%$ ; 树脂粉末内含铜量  $\leq 2\%$ 。



废线路板资源化利用系统

### 4. 技术功能特性

废线路板资源化利用系统采用三级破碎（双轴撕碎机+高速粉碎机+锤式破碎机）+四级分选（磁选+振动筛分+Z型风选+静电分选）+三级除尘（旋风除尘+脉冲布袋除尘+活性炭吸附）的工艺。

### 5. 应用案例

该技术由环创（厦门）科技股份有限公司提供，目前已在江门市电子制造业配套绿色工业服务项目废线路板资源化利用工程、铜陵金圆 5 万吨/年废旧电（线）路板及树脂综合利用项目、深圳市东锦煜环境科技有限公司等项目落地运行。

### 6. 未来推广前景

废弃电路板中的金属含量高，包括铜、金、锡、镍、铅、

硅等金属。另外，废旧电路板的非金属废渣可以作为建筑原料利用。该技术能够对废电路板资源化利用，具有一定推广价值。

## （二）基于化学法的晶硅光伏组件环保处理成套工艺技术及关键设备

### 1. 适用范围

废旧光伏组件综合利用。

### 2. 技术原理及工艺

化学法晶硅光伏组件环保处理，主要是通过物理拆解、高温热处理、化学刻蚀等手段，回收晶硅太阳能光伏组件的硅片及其他贵金属、玻璃、塑料及铝合金边框。退役组件产品通过化学方法处理，能快速地回收光伏组件中易于回收的组分如玻璃、硅和部分金属。

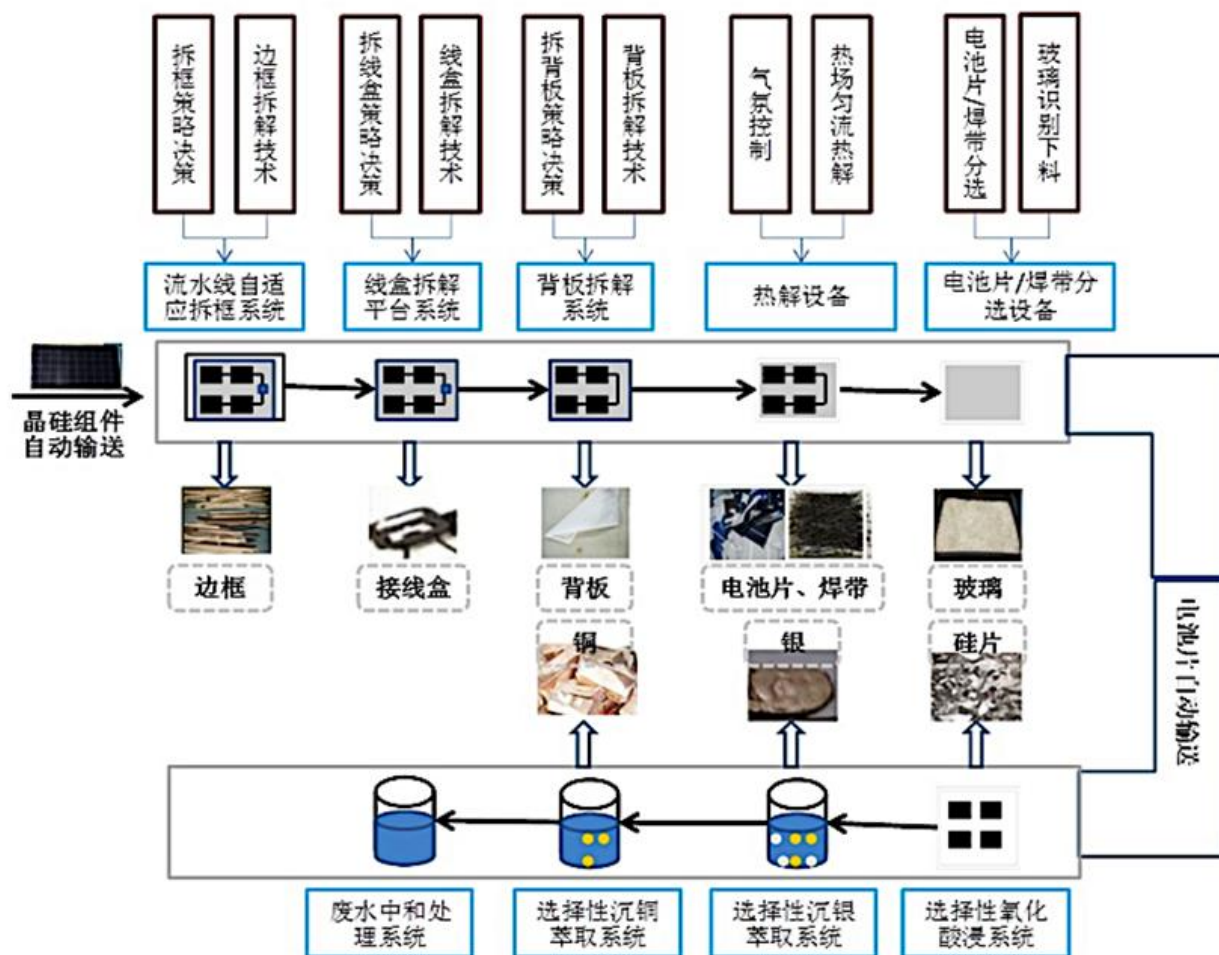
化学法回收工艺流程如下：采用高负压吸附及温度场控制技术，对组件边框、接线盒及背板材料进行低损剥离；通过气氛控制与热场匀流实现 EVA 胶膜热解，电池片与玻璃面板低损拆解；最后通过选择性浸提、沉淀、萃取技术实现硅、银、铜等高价材料的分离纯化。

### 3. 技术指标

化学法回收示范线产能 $\geq 12\text{MW/年}$ ，质量回收率 $\geq 92\%$ ，银/硅/铜回收率银 $\geq 95\%$ ，硅 $\geq 95\%$ ，铜 $\geq 98\%$ 。

### 4. 技术功能特性

化学法光伏组件回收可用于电池片和玻璃的低损拆解，并对硅、银、铜等高价材料提取分离。



化学法回收工艺流程图

## 5. 应用案例

该技术由晶科能源股份有限公司提供，在该公司实现连续批量化试产应用。2021 年建成国内首条基于化学法晶硅光伏组件环保处理的成套工艺示范线。

## 6. 未来推广前景

该工艺设备可用于废旧光伏组件综合利用，对电池片和玻璃低损拆解，对有关金属材料提取分离，具有一定推广价值。

### (三) 退役风电叶片及热固性材料移动式高效处理智能装备 及产业化应用技术

#### 1. 适用范围

废旧风电叶片破碎和打包。

#### 2. 技术原理及工艺

该设备由切割车、破碎车、分选车和打包封装车等组成“智能移动工厂”，实现就地切割、粉碎、筛选、打包封装等作业流程，产物可广泛应用于建筑工程、木塑及塑料制品等领域中，实现高值化再利用。

通过移动式切割设备将废旧叶片切割成段状和片状，然后用移动式切割车将叶片切割成块状，通过输送带输送到退役叶片高效智能处理装备，将块状废料经过撕碎、粉碎等工序加工成再生纤维，再将加工完成的再生纤维经过筛分、打包封装成再生纤维产品。

#### 3. 技术指标

移动式智能处理装备处理能力为 $\geq 1\text{t/h}$ ；粉尘排放符合GB 16279《大气污染物综合排放标准》，粉尘排放参数为 $\leq 20\text{mg/m}^3$ ；再生纤维出料尺寸在2-10mm范围内可调。

#### 4. 技术功能特性

该技术主要由切割车、破碎车、分选车和打包封装车等组成“智能移动工厂”，可实现就地切割、粉碎、筛选、打包封装等作业流程。

#### 5. 应用案例

该技术由中车山东风电有限公司提供，已开展批量化应用，产出物再生纤维已在西安房建新型一体化成型自流平砂浆等建筑工程中实现应用。



图 1：退役叶片高效智能处理装备

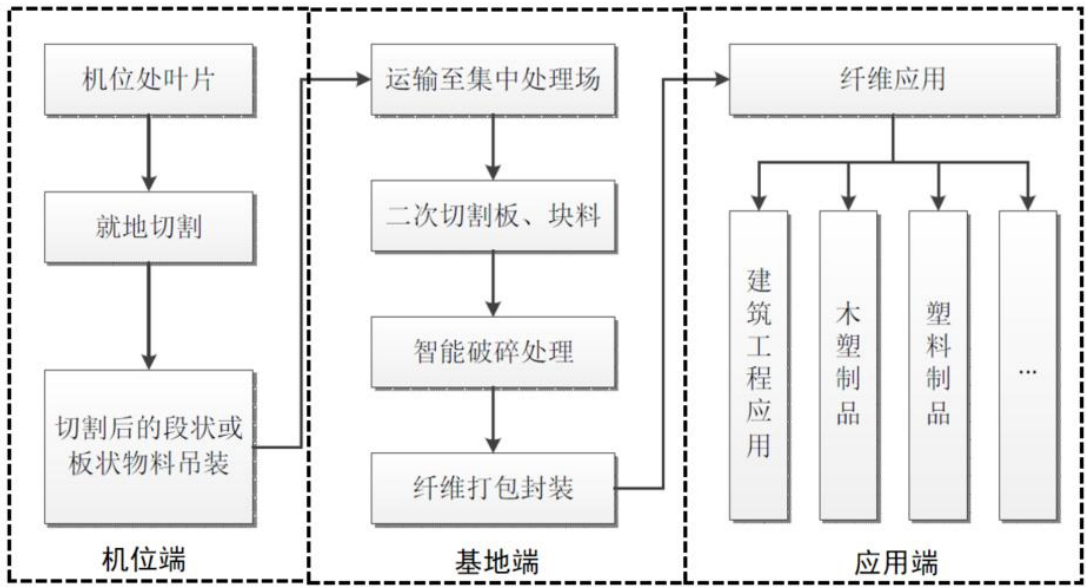


图 2：系统解决方案工艺流程图

6. 未来推广前景

该技术提供了废弃风电叶片及热固性复合材料回收再利用的系统解决方案，具有一定应用前景。

#### （四）晶硅光伏组件回收工艺技术及国产化设备

##### 1. 适用范围

废旧光伏组件综合利用。

##### 2. 技术原理及工艺

该技术包括前端预处理工艺、完整组件回收工艺、破碎玻璃组件回收工艺、硅材料提纯工艺等，可分类拆解组件各材料，实现从接线盒（线缆）、铝边框的机械回收，含氟背板、光伏玻璃、焊带、硅电池片分层分离回收，以及硅电池颗粒清洗提纯的全材料回收，实现组件回收绿色循环利用。

##### 3. 技术指标

（1）完整玻璃、铝边框、接线盒、线缆回收率 100%；

（2）破碎组件玻璃回收率 93.96%；有效去除粘接层 EVA，完整及破碎组件整线综合回收率 91.32%。

##### 4. 技术功能特性

开发出兼顾完整及破碎组件的回收技术与装备，开发全自动结构拆解工艺技术及设备，可自动进行组件上料、定位、识别、转运、接线盒及铝边框拆除。开发完整及破碎组件玻璃分离技术及设备，实现完整玻璃回收，提升回收质量并降低回收能耗。开发硅材料湿法提纯工艺及设备，通过清洗提纯降低硅电池颗粒中杂质含量，得到提纯后高纯度硅材料。

##### 5. 应用案例

该技术装备由青海黄河上游水电开发有限责任公司光伏产业技术分公司、长沙矿冶研究院有限责任公司提供，已

在青海黄河上游水电开发有限责任公司西宁太阳能电力分公司厂区落地。

## 6. 未来推广前景

该技术用于废旧光伏组件综合利用，可将完整及破碎状态的晶硅组件回收处理，具有一定市场前景。