

“循环经济关键技术与装备”重点专项

2023 年度项目申报指南

为落实“十四五”期间国家科技创新有关部署安排，国家重点研发计划启动实施“循环经济关键技术与装备”重点专项（以下简称“重点专项”）。本重点专项总体目标是围绕国家战略需求，聚焦源头减量减害、过程清洁生产、高质循环利用重大科技问题，攻克一批产品数字化生态设计、固废源头减量清洁工艺、无废物清洁介质转化、多源有机固废协同处置、废旧物资智能拆解利用、化学品环境健康风险控制、产业循环链接等重大核心共性技术，以及一批关键材料、核心部件/软件、智能装备及数据库，创制循环经济系列技术标准 and 规范，形成 10~15 套多产业多场景循环经济科技创新技术体系，率先建成引领国际的关键产品循环产业链与战略区域低碳循环集成示范，全面提升二次战略资源循环供给能力，有效支撑产业和区域减污降碳与绿色发展。

2023 年度指南拟启动约 28 个项目。其中，围绕循环经济前沿技术与装备探索，拟部署 5 个青年科学家项目、5 个科技型中小企业项目。对于共性关键技术类项目（青年科学家项目、科技型中小企业项目除外），其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比

例不低于 1:1；对于集成示范类项目，其他经费（包括地方财政经费、单位出资及社会渠道资金等）与中央财政经费比例不低于 2:1。

项目统一按指南二级标题（如 2.1）的研究方向申报。每个研究方向拟支持 1 项（青年科学家项目、科技型中小企业项目除外），实施周期 3~4 年。除特殊说明外，所有项目均应整体申报，申报项目的研究内容须覆盖二级标题下指南所列的全部研究内容和考核指标（青年科学家项目、科技型中小企业项目除外）。一般项目下设课题数不超过 5 个，项目参与单位总数不超过 10 家，项目设 1 名负责人，每个课题设 1 名负责人；青年科学家项目、科技型中小企业项目不再下设课题，项目参与单位总数不超过 3 家，项目设 1 名负责人，青年科学家项目负责人年龄要求，男性应为 1985 年 1 月 1 日以后出生，女性应为 1983 年 1 月 1 日以后出生。

本重点专项 2023 年度项目申报指南如下：

1 循环经济基础理论与颠覆性技术（共性关键技术类）

1.1 区域多源固废大数据与循环利用路径模拟优化技术

研究内容：针对超大城市群区域复杂固废种类与成分难以快速识别、最佳可行循环利用路径难以科学决策等问题，研究区域多源固废资源环境特征快速识别与提取技术；开发

多源固废转化与反应产物预测技术与软件系统；研发固废成分-循环工艺-产物性能等耦合模拟及调控技术；研究多源固废循环利用工艺过程环境影响与成本效益等多维表征评价及协同优化技术；研发建立基于大数据的区域多源固废循环利用路径设计与智慧决策平台，开展应用验证。

考核指标：形成多源固废资源环境大数据挖掘与循环利用路径模拟优化成套技术，解决多源复杂固废大尺度循环利用体系构建的量化模拟与协同优化技术难题。其中，固废资源环境特征提取准确率 $\geq 80\%$ ，数据库覆盖工业固废、废旧物资、城乡垃圾、危险废物等重点固废品种 100 种以上；重点固废最佳可行循环路径预测技术可预测种类 ≥ 60 种，准确率 $\geq 80\%$ ；循环利用产物关键性能技术指标提升 20%以上；循环利用过程环境负荷和经济成本分别降低 10%以上；依托超大城市群 4~5 个固废循环利用产业重点园区，完成应用验证，形成 30 种以上典型固废循环利用路径设计方案并获得相关部门认可或采用，将重点园区固废循环利用产业资源产出率提升 15%以上，主要污染物排放强度降低 10%。

关键词：大数据；资源；环境；循环；模拟

1.2 循环经济前沿技术探索（青年科学家项目）

研究内容：选择应用信息、能源、材料、生物等多领域

新兴技术手段，研究塑料绿色合成与转化新技术，具体为研究生物可降解聚乳酸一步法连续聚合技术、研究废 PET（聚对苯二甲酸乙二醇酯）无金属催化醇解及高纯单体分离与利用技术、研究近海岸海洋微塑料原位生物降解技术；研究废弃生物质利用新技术，具体为研究秸秆干基物质制备羧酸耦合产氢技术、研究木质纤维素制备吡喃葡萄糖技术；开展技术与装备验证。

考核指标：建立原创性理论与前沿技术及装备原型，完成扩大试验验证，产出样品、样机及工业软件等，其中：“塑料绿色合成与转化新技术”研发任务单个项目应达到以下某一项指标：一步法合成所得聚乳酸数均分子量 ≥ 13 万克/摩尔；废 PET 降解率 99%以上，单体纯度 99.9%以上；聚酯类海洋微塑料原位生物降解率达到 100%。“研究废弃生物质利用新方法”研发任务单个项目应达到以下某一项指标：电流密度 1000 毫安/平方厘米下阳极 2,5-呋喃二甲酸产率 $\geq 90\%$ ；热化学转化制备的有机液相产物中 1,4:3,6- α -D-吡喃葡萄糖纯度 $\geq 40\%$ 。

有关说明：本指南方向支持青年科学家进行探索性研究，取得原创性成果。每项申报覆盖 1 条具体研究内容，其中：塑料绿色合成与转化新技术，拟支持不超过 3 项；废弃

生物质利用新技术，拟支持不超过 2 项。

关键词：塑料；生物质；催化；热化学；再生

1.3 循环经济先进工艺与装备研发（科技型中小企业项目）

研究内容：选择应用信息、能源、材料、生物等多领域新兴技术手段，研发无机类固废循环利用方向新技术及装备，具体为研发废杂金属冶炼过程多参数高精度在线监测仪、研发废玻璃活化再生高阻隔防腐涂层材料技术、研发毒害污染废氧化铝小球微孔活化和清洁再生技术；研发复合类固废循环利用方向新技术及装备，具体为研发电子封装废材深度脱溴装备与碳化硅合成技术、研发废橡胶可控再生炭黑及其性能补强技术；开展技术与装备验证。

考核指标：建立原创性理论与前沿技术及装备原型，完成扩大试验验证，产出样品、样机及工业软件等，其中：“无机类固废循环利用方向新技术及装备”研发任务单个项目应达到以下某一项指标：废杂金属冶炼过程在线监测仪实现温度图像时间分辨率 ≥ 100 帧/秒，光谱分辨率/帧 ≤ 20 纳米；防腐涂层材料降低金属基底腐蚀速度 90%以上；毒害污染废氧化铝小球再生率 $\geq 99\%$ ，再生次数 ≥ 2 次。“复合类固废循环利用方向新技术及装备”研发任务单个项目应达到以下某一项指标：电子封装废材实现溴脱除率 $\geq 99\%$ ，制备陶瓷材料中

碳化硅含量 $\geq 85\%$ ；废橡胶再生炭黑综合回收率 $\geq 95\%$ ，补强性能满足牌号 N660 商品炭黑的要求。

有关说明：本指南方向支持科技型中小企业进行探索性研究，取得原创性成果；牵头申报单位应为科技型中小企业。每项申报覆盖 1 条具体研究内容，其中：无机类固废循环利用方向新技术及装备，拟支持不超过 3 项；复合类固废循环利用方向新技术及装备，拟支持不超过 2 项。

关键词：城市矿产；固废资源化；再生；热化学；循环利用

2 冶金化工清洁生产与固废源头减量（共性关键技术类）

2.1 有色冶炼渣多金属短程回收及产业链接利用技术

研究内容：针对有色冶炼渣资源化利用流程长、循环利用率低、重金属污染重等问题，研究冶炼渣多金属强化反应分离共性技术及装备模拟放大方法；研发稀有金属全湿法温和短程协同提取与重金属污染物同步控制技术及装备；研发高纯金属钒绿色制备高值化利用技术；研发低碳还原焙烧贫化与重金属污染控制技术；研发富铁尾渣梯级还原熔炼产业链接利用技术；开展工程示范。

考核指标：形成页岩钒渣、锌冶炼铁渣等有色冶炼渣短程回收利用与重金属污染控制成套技术 2~3 套，突破稀有金

属湿法强化分离与富铁尾渣还原熔炼关键装备，重金属冶炼渣利用率由 20%提高至 90%以上。其中，页岩钒渣多金属全湿法强化提取装备处理能力 ≥ 40 吨/天，钒、锗、钼综合提取率 $\geq 90\%$ ，重金属废水排放符合《污水综合排放标准》（GB 8978-1996）指标要求；金属钒纯度 $\geq 99.9\%$ ，建成生产能力 ≥ 150 吨/年页岩钒基高纯金属钒工程示范；锌冶炼铁渣低碳还原焙烧技术锌贫化回收率 $\geq 95\%$ ，铅熔炼回收率 $\geq 95\%$ ；建成 10 万吨/年锌冶炼铁渣短流程产业链接利用工程示范，铁回收率 $\geq 80\%$ 、固废减量 $\geq 90\%$ ，吨渣回收利用新增效益 ≥ 1500 元，重金属烟气排放符合《大气污染物综合排放标准》（GB 16297-1996）指标要求；申请发明专利 10 件以上，形成标准及规范征求意见稿不低于 2 项。

关键词：有色冶金；固废资源化；重金属；页岩钒渣；
锌冶炼铁渣

2.2 电解精炼含砷危废源头减量与分质梯级利用技术

研究内容：针对铜电解精炼电解液铜砷价态/形态/相态复杂多变、铜砷分离难、含砷危废产量大的问题，研究铜电解精炼液相体系铜砷迁移转化规律及调控分离机制；研发铜砷元素赋存形态在线实时监测技术及装备；研发液相体系微观化学过程铜砷分离智能化数字调控技术；研发砷渣短流程

资源化制备金属砷技术；研发铜电解精炼液相体系智能化数字监控与砷渣源头减量成套技术及装备，开展工程示范。

考核指标：形成基于数字化监控的铜电解精炼液相体系砷渣源头减量成套技术及装备，攻克复杂液相体系铜砷元素实时监测调控分离技术难题，硫化铜直接回用率由 1%提高至 60%以上。其中，掌握全过程铜砷迁移转化及调控规律；液相体系不同价态/形态/相态铜砷实时监测时间达 5~8 秒/物种，相对误差（含制备和检测误差） $\leq 10\%$ ，测定数量不低于 5 种；数字调控技术从数据输入到形成全流程调控方案时间 ≤ 1 秒；砷转化率 $\geq 90\%$ 、金属砷纯度 $\geq 95\%$ ；依托 10 万吨电解铜/年生产线，建成覆盖电解、电解液净化和循环系统的砷渣源头减量成套技术与装备示范，实现硫化铜直接回用率 $\geq 60\%$ ，脱砷滤液直接回用率 $\geq 80\%$ ，脱铜砷渣削减 $\geq 50\%$ 、处置成本降低 50%以上。申请发明专利或软著 ≥ 6 件，制定技术标准及规范 1 项以上。

关键词：有色冶金；固废资源化；重金属；铜电解精炼；砷渣

2.3 高毒稀散金属铊污染防控与资源回收关键技术

研究内容：针对钢铁、有色、精细化工等行业生产过程铊高度分散污染、污染防控技术缺乏等问题，构建典型钢铁、

有色、精细化工生产全流程铊污染源解析方法与数据库；研发冶炼烟气中铊捕集材料与强化捕集分离技术；研发废酸化学脱铊与含铊废水吸附净化技术；研发多金属富铊料渣中铊选择性分离富集与资源回收技术；依托典型有色冶炼生产过程，开展全过程铊污染防治与资源回收工程示范。

考核指标：形成含铊烟气、废酸/废水、多金属富铊料渣铊污染防治及资源回收技术体系，解决含铊“三废”中铊富集分离与开路回收技术难题，全流程铊分离率由不足 40%提升至 75%以上。其中，建立典型钢铁、有色、精细化工生产全流程铊污染源解析数据库 1 套；冶炼烟气中铊捕集分离率 $\geq 95\%$ ；废酸中铊脱除率 $\geq 95\%$ 、净化废水铊浓度 ≤ 0.5 微克/升；富铊料渣中铊分离回收率 $\geq 95\%$ ；建成 30 万吨/年锌冶炼全过程铊污染防治与资源回收工程示范 1 项，全流程铊分离率 $\geq 75\%$ ，年回收铊金属资源 ≥ 2 吨，含锌烟尘等富铊料渣循环回用率 $\geq 90\%$ 。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范不低于 3 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：有色冶金；固废资源化；重金属；铊；分离

3 工业固废综合利用与协同处置（共性关键技术类）

3.1 金属矿山废石光电分选规模化利用技术与装备

研究内容：针对有色金属矿山废石量排放量大、低品位金属硫化物分离难、大规模化利用难等问题，研究废石中脉石与金属相高精度光电识别技术；研究毫米级废石中脉石与金属相高效光电分离技术；开发光电分选系统软件模块等关键部件；研制百万吨级有色金属矿山废石光电分选及制备高品质机制砂重大成套装备；依托铜矿山，开展大规模工程示范。

考核指标：突破有色金属矿山废石中脉石与金属硫化物高效光电分离技术与成套装备，解决低品位重金属硫化物废石大规模利用难题，废石综合利用率由不足 20%提升至 70% 以上。其中，射线识别分辨率 ≤ 0.8 毫米；脉石与金属硫化物分离率 $\geq 95\%$ ，精矿中金属品位提高 5 倍以上，选出脉石制备的机制砂满足《建设用砂》（GB/T 14684-2022）标准指标要求，机制砂中硫含量（以三氧化硫计） $\leq 0.5\%$ ；分选系统软件模块识别响应速度 ≤ 10 毫秒；单套废石光电分选装备处理能力 ≥ 100 万吨/年；建成 1000 万吨/年废石光电分选制备高品质机制砂工程示范 1 项，废石综合利用率 $\geq 70\%$ 、光电分选成本 ≤ 10 元/吨。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范不低于 1 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：有色冶金；固废资源化；矿山废石；光电分选；铜矿山

3.2 煤气化灰渣规模化分质梯级利用关键技术与装备

研究内容：针对煤气化灰渣毒害组分含量高、反应活性低、大规模综合利用难等问题，研究气化灰渣铝硅酸盐活化分质利用调控规律与关键技术；研发富碳灰渣热还原脱碳技术与装备；研究低碳灰渣化学激发制备全固废胶凝材料及应用技术；研发全固废胶凝材料协同煤矸石等煤基固废用于矿井/路基充填技术；研究煤气化灰渣大规模分质梯级利用综合解决方案，开展工程示范。

考核指标：形成煤气化灰渣铝硅分质大规模利用成套技术及装备，突破气化灰渣低成本活化与分质利用技术难题，胶凝材料中气化渣掺量由 10%提高至 50%以上。其中，煤气化灰渣制备化学活化剂的铝硅转化率 $\geq 80\%$ ；形成适配富碳灰渣特性的无辅助燃料常压气化成套装备，合成气一氧化碳浓度 $\geq 45\%$ ；全固废胶凝材料低碳灰渣掺量 $\geq 50\%$ ，28 天活性指数 $\geq 95\%$ ；全固废胶凝材料用于矿井/路基充填替代水泥 $\geq 50\%$ ；建成十万吨/年低碳灰渣全固废胶凝材料生产线 1 条，百万吨/年矿井/路基充填示范工程 1 项，综合利用率 $\geq 90\%$ ，节约生产成本 20%以上；申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标

准及规范不低于 2 项。

关键词：煤气化灰渣；固废资源化；重金属；胶凝材料；
矿井充填

3.3 高污染医药废盐快速熔融解毒及玻璃化处置技术与装备

研究内容：针对医药行业废盐有机物含量高、无机盐成分复杂、无有效处置技术的问题，研究高污染复杂废盐理化特征和快速熔融解毒与玻璃化反应机理；研究高污染复杂废盐化学转化及深度净化技术；研发单组分废盐有机物快速熔融氧化解毒与提纯技术及适配的成套装备；研发复杂组分废盐协同工业固废高温熔融玻璃化稳定处置技术及适配的成套装备与关键材料；开发适配的烟气处理系统及关键配套设备；开展工程示范。

考核指标：形成高污染复杂医药废盐快速熔融解毒及玻璃化稳定处置技术及装备 2~3 套，解决其无法有效安全处置与资源化利用的技术难题，资源化利用处置率从不足 10%提高到 70%以上。其中，构建医药行业典型废盐特征数据库覆盖 10 类以上复杂医药废盐；废盐电化学转化技术氨氮 ≤ 10 毫克/千克；快速熔融氧化解毒与提纯技术处置温度 ≥ 900 摄氏度，熔融无害化处置装备原料停留时间 ≤ 40 分钟，总有机碳

降低到 ≤ 10 毫克/千克，处置成本较其他熔融技术降低 10%以上，吨盐二氧化碳排放量较现有热解技术降低 20%以上；高温熔融玻璃化稳定处置技术处置温度 ≤ 1500 摄氏度，重金属玻璃化率 $\geq 99\%$ ，稳定化产物玻璃体含量 $\geq 90\%$ ，酸溶失率 $\leq 2\%$ ，水浸出和酸浸出有害物含量限值满足《固体废物玻璃化处理产物技术要求》（GB/T 41015-2021）标准指标要求。依托医药园区，集中新建医药废盐快速熔融氧化解毒、高温熔融玻璃化稳定处置示范装置各一套，单套装置处置能力 ≥ 1.5 吨/小时、年处置量 ≥ 1 万吨，资源化利用率 100%。申请发明专利不低于 8 件，形成技术标准及规范征求意见稿不低于 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：医药废盐；固废资源化；重金属；熔融处置；玻璃化

4 产品生态设计与绿色供应链构建（共性关键技术类）

4.1 新能源产品生态设计数字标识与绿色供应链构建技术

研究内容：针对我国新能源产品生产消费快速增长导致的资源约束与环境影响问题，研究产品全生命周期数据感知汇聚、跨维模型交互与信息反馈优化算法，研发物质代谢与环境排放信息数字映射技术；研究再生产品减污降碳效应精

细溯源与分配归集算法；研发基于区块链智能合约算法的产品生态设计数字标识技术及智能识别装备；研发产品资源环境影响的供应链数字化溯源与全球尺度精细刻画技术；研发基于动态数据的供应链风险预警与绿色供应链构建技术。

考核指标：形成新能源产品生态设计数字标识与绿色供应链构建成套技术，解决海量资源环境数据降维归约处理与高度稀疏数据模式识别难题。其中，数据处理效率由 500 万 TPS（Transaction Per Second，每秒事务处理量）提升至 1000 万 TPS 以上，高度稀疏数据模式识别准确率由 70%提升至 90%以上；再生产品减污降碳效应测算置信度由 50%提升至 90%以上；智能合约算法准确率由 70%提升至 95%以上；构建 5 种以上新能源产品全球尺度数字化供应链，资源环境影响覆盖供应链关键节点由 50%提升至 90%以上；形成 5 种以上新能源产品供应链风险评估报告，时间精度达到年-季度，评估准确率 $\geq 90\%$ ；依托粤港澳特大城市群，开展产品生态设计数字标识区域应用示范，形成商业化技术推广模式，获得主管部门认可，实现单位新能源产品全生命周期资源效率提升 10%，主要污染物排放强度降低 20%。制定技术标准及规范不低于 10 项。

关键词：大数据；资源；环境；循环；模拟

4.2 快递包装原料绿色替代与产品生态设计技术

研究内容：面向加快推进快递包装绿色转型发展需求，研发聚谷氨酸、呋喃聚酯类等生物可降解新材料绿色制备技术；研发生物基包装原料环保预处理与脉冲超高压塑化技术及装备；研发面向减量化、易循环的快递包装结构功能一体化设计技术；研发高强度超薄快递包装袋和可循环可拼装快递包装箱制造技术；研发快递包装智能化打包与低能耗分拣装备；开展工程示范。

考核指标：形成生物可降解快递包装原料绿色替代与产品生态设计成套技术，解决快递包装源头减量、过程减排及成本降低协同控制难题，快递包装袋/箱制造主要污染物排放降低 15%以上，综合成本降低 20%以上。其中，生物可降解包装材料拉伸强度 ≥ 25 兆帕；生物质预处理植物纤维得率 $\geq 95\%$ 、平均长径比 ≥ 40 ；包装袋用淀粉填充可降解塑料拉伸强度 ≥ 25 兆帕，生产能耗和成本较市场现有聚己二酸对苯二甲酸丁二酯降低 30%以上；包装箱用植物纤维增强淀粉复合材料拉伸强度 ≥ 22 兆帕，生产能耗和成本较市场现有快递纸箱降低 30%以上；生物可降解快递包装标签、胶带等异材使用量减少 80%以上；生物可降解快递包装袋较现有市场主流快递包装袋减薄 20%以上，生物可降解快递包装箱可循环次

数达到 20 次以上；打包及分拣装备吨处理能耗降低 10%；建成生物可降解快递包装制造示范工程 1 项，产量达到 2000 吨/年以上；将生物可降解快递包装袋综合成本由 2.5 万元/吨降低至 1.8 万元/吨以下、快递包装箱综合成本由 0.7 万元/吨降低至 0.5 万元/吨以下。申请发明专利 ≥ 8 件；制定技术标准及规范不低于 4 项。

关键词：包装；塑料；高分子；生态设计；绿色制造

4.3 电动汽车数字化可循环设计与易拆解性优化提升技术

研究内容：针对电动汽车结构复杂、可循环性不足的问题，研究电动汽车及关键零部件服役退役数据的智能监测、多源异构数据融合与共享机制；研究基于深度学习的电动汽车可循环模块划分、编码与接口优化技术；研究基于数字化仿真模型的电动汽车智能装配与模拟拆解双向调控技术；研发电动汽车易拆解性验证与拆解数据智能反馈优化提升技术；开展工程示范。

考核指标：形成电动汽车可循环设计与易拆解性优化提升成套技术，解决源头减量、高效拆解等多目标导向的电动汽车数字化生态设计技术难题。其中，建成电动汽车服役退役数据监测平台，获得零部件和材料基础信息及服役退役数据有效条数 ≥ 800 万条；建立全生命周期清单数据支持的电动

汽车数字化可循环设计平台，并发数 ≥ 200 个，平均响应时间2秒以内；高效柔性装配工业软件实现整车装配效率由40台/小时提升到48台/小时；整车自动化拆解效率由5台/小时提升至6台/小时；建成电动汽车可循环设计与智能装配示范工程2项，产量达到10万辆/年；每辆可循环设计电动汽车相比现有同类产品全生命周期节能节材5%以上，纯电动乘用车单位行驶里程碳排放由平均约150克二氧化碳当量/千米降低至135克二氧化碳当量/千米以下，自动化拆解效率提升20%以上。申请发明专利 ≥ 8 件；制定技术标准及规范不低于3项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：汽车；数字化；生态设计；拆解；循环利用

4.4 光伏组件数字化生态设计技术及应用

研究内容：针对光伏组件全生命周期减污降碳与易循环利用等需求，研究光伏组件全生命周期数据动态收集与环境负荷评估技术；研发硅片、电池片等主要组件原料减量化技术；研发主要部件再生原料大比例替代利用技术；研发产品可拆解易循环回收设计技术；研发典型气候环境下光伏组件失效仿真与寿命评估预测技术；开展工程示范。

考核指标：形成光伏组件数字化生态设计成套技术，突破主要部件原料源头减量与再生替代关键技术，解决光伏组

件晶体硅用量大、耗能高、难回收的难题。其中，数据动态收集覆盖率达到 95%；硅片厚度由 140 微米降至 100 微米以下、银耗由 12 毫克/瓦降至 10 毫克/瓦以下；揭示 1~2 种再生原料替代对主要部件组织性能的影响规律，实现再生玻璃等主要原料替代比例 $\geq 30\%$ ；可拆解易回收设计技术实现拆解速率提升 90%以上；光伏组件户外寿命仿真预测模型适配 3 种典型气候环境，模型预测精度 $\geq 90\%$ ；建立生态设计光伏组件制造示范工程 1 项，产量达到 20 吉瓦/年以上，实现全生命周期碳排放下降 20%。申请发明专利 ≥ 8 件；制定技术标准及规范不低于 5 项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：光伏；数字化；生态设计；拆解；循环利用

5 废旧物资智能解离装备与高质循环（共性关键技术类）

5.1 退役锂电池整体热解装备与深度提锂关键技术

研究内容：针对退役锂电池预处理流程长、全过程锂损失大的难题，研究预处理过程物相调控机制及全过程锂形态转化规律；研究拆解产物全量化整体热解处理技术；开发大通量整体热解智能装备与污染控制一体化技术；研发热解黑料酸浸液多级深度提锂技术；开发低浓度含锂废水选择性提锂技术及关键材料；开展工程示范。

考核指标：形成退役电池整体热解与深度提锂成套技术及装备，解决大通量热化学解聚和复杂低浓度体系短程提锂瓶颈问题，锂回收率从 90%提升至 93%以上。其中，阐明预处理过程物相调控机制及全过程锂形态转化规律；热解过程无外加还原剂，有机物热分解率 $\geq 99\%$ ，三元材料还原率 $\geq 95\%$ ，磷酸铁锂材料氧化率 $\leq 5\%$ ；热解成套装备处理能力 ≥ 2 吨/小时，反应区间氧含量控制在 0.1%以内；浸出液深度提锂后液锂浓度 ≤ 0.5 克/升；低浓度含锂废水靶向吸附材料吸附容量 ≥ 50 毫克/克，锂/钠选择性分离系数 ≥ 1000 ；建立 1 万吨/年退役锂电池整体热解、1 万吨/年深度提锂制备电池级碳酸锂示范工程，每吨退役锂电池预处理成本和每吨碳酸锂回收成本各降低 10%。申请发明专利 ≥ 8 件；制定技术标准及规范不低于 2 项。

关键词：城市矿产；热解；锂电；循环利用；污染控制

5.2 废旧混杂高聚物化学解聚回收与升级利用技术

研究内容：针对废旧混杂高聚物年产生量达千万吨、化学回收难和高值利用不足的问题，研发废涤纶混纺织物、废多层复合塑料膜（聚对苯二甲酸乙二醇酯/聚乙烯、废聚丙烯/聚乙烯）化学解聚工艺及装备；开发化学解聚催化剂及解聚产物分离提质技术；研发解聚回收过程污染控制与残余物安

全处置技术；研发典型解聚单体升级再造高性能橡胶助剂材料；开展工程示范。

考核指标：形成典型废旧混杂高聚物化学解聚回收及其产物升级再造成套技术及装备，解决混杂废料解聚转化率及选择性不足、再生产物附加值低的难题。其中，废涤纶转化率由 70%提升至 92%以上（解聚时间 ≤ 10 小时）；废多层复合塑料膜回收液态烃类产品收率由 35%提升至 45%以上；废涤纶水解至对苯二甲酸的选择性 $\geq 97\%$ ；安全处置主要污染物排放符合《危险废物焚烧污染控制标准》（GB 18484-2020）指标要求；对苯二甲酸升级再造橡胶助剂材料平均粒径达到亚微米级，比表面积 ≥ 200 平方米/克；建成废旧混杂高聚物化学解聚回收、对苯二甲酸升级再造材料示范工程各 1 项，处理量和生产量分别达到 1 万吨/年、2 万吨/年，废混纺织物涤纶水解对苯二甲酸回收率 $\geq 90\%$ ，废棉回收利用率 $\geq 95\%$ ，废混纺织物处理成本降至 5500 元/吨以下，升级再造材料实现价值增值 3000 元/吨以上。申请发明专利 ≥ 8 件；制定技术标准及规范不低于 2 项。

关键词：有机固废；塑料；热化学；化工；循环利用

5.3 基于机器学习的废PET塑料酶解与循环利用技术

研究内容：针对目前废 PET (Polyethylene Terephthalate ,

聚对苯二甲酸乙二醇酯)塑料的生物解聚效率低、成本高、循环利用难等问题,研发基于数据驱动和机器学习的 PET 解聚酶资源挖掘及分子定向改造技术;开发 PET 解聚酶的高效表达生产与低成本制备技术;研发废 PET 塑料预处理、酶解聚及解聚产物原位分离技术;开发 PET 解聚产物的定向重聚再利用技术;研发废 PET 塑料酶解循环利用成套工艺与装备,开展中试测试与技术经济及全生命周期评价。

考核指标: 形成废 PET 的高效低成本解聚-重聚成套技术与装备体系,解决废 PET 生物酶解技术难以低成本大规模利用的瓶颈难题。其中,建成自主知识产权的 PET 解聚酶资源库,容量 ≥ 1000 个,获得高性能 PET 解聚酶,酶用量低于废 PET 塑料底物的 0.1%;实现 PET 解聚酶表达生产,产量 ≥ 10 克/升酶蛋白;废弃 PET 瓶片、食品包装等物料完全酶解速率 ≥ 25 克/升/小时,解聚产物主要为单羟乙基对苯二甲酸酯;重聚转化率 $\geq 97\%$,重聚 PET 满足《纤维级聚酯切片(PET)》(GB/T 14189-2015)标准指标要求;完成百吨级废 PET 酶解聚-分离提取-重聚再利用成套工艺中试验证,废弃 PET 回收利用率 $\geq 90\%$,降低三废排放 $\geq 30\%$,每吨废 PET 塑料酶解用酶成本 ≤ 500 元。申请发明专利 ≥ 10 件,制定技术标准及规范不低于 2,编制废 PET 塑料酶解循环利用全生命周期分析报告

1 份。

关键词：有机固废；塑料；生物酶；生物化工；循环利用

6 化学品环境健康风险控制与绿色替代（共性关键技术类）

6.1 典型PBT类污染物精细化暴露评估技术与装备

研究内容：针对化学品风险防控中人群精细化暴露监测装备缺乏和评估技术体系不完备的瓶颈问题，以典型 PBT 类（Persistence Bioaccumulative and Toxicity，持久性、生物累积性和毒性）污染物，如多环芳烃、六溴环十二烷等为研究对象，研发智能可穿戴人体暴露实时测量装备；研发多浓度梯度、多态气溶胶的一体化吸入暴露模拟染毒装备；研究不同种类人群对典型污染物“污染源-环境-暴露-风险”全链条关联的暴露情景构建技术与精细化暴露评估模型及参数；开发“时间-空间-人间”维度下的精细化暴露测量、模拟和评估成套技术，在典型行业周边区域人群暴露风险防控中开展示范应用。

考核指标：形成典型 PBT 类污染物精细化暴露评估技术与装备，解决暴露监测、评估及防控精准度低的技术难题。智能可穿戴实时监测设备样机连续监测时长提高至 24 小时，准确率 $\geq 80\%$ ，重量 ≤ 500 克；一体化吸入暴露模拟染毒系统样机暴露舱内 PBT 类污染物模拟浓度的变异系数由 $\leq 20\%$ 提

高至 $\leq 10\%$ ；构建 PBT 类污染物综合暴露情景甄别技术 1 套，明确 ≥ 20 种具有人群代表性的典型暴露情景；建立本土化的精细化暴露评估模型和参数 1 套，暴露剂量模拟的拟合优度 ≥ 0.80 ，暴露情景的错分率 $\leq 20\%$ ，基础参数数据量 ≥ 10 万条；形成精细化暴露测量、模拟和评估一体化成套技术，在环保、化工等 2~3 个典型行业周边区域人群暴露风险防控中开展示范应用，实现 PBT 类污染物高风险人群的精准识别、暴露监测及有效防控，健康风险降低 1 个数量级以上。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范不低于 2 项。

关键词：化学品风险防控；PBT 类污染物；暴露测量装备；暴露评估模型

6.2 典型氟碳表面活性剂早期健康效应识别与风险预测技术

研究内容：针对我国氟碳表面活性剂存在大量高危害物质，人体暴露风险高，但损伤敏感靶点不清、监测技术缺乏等问题，研究以全氟和多氟化合物为代表的氟碳表面活性剂定量构效毒性筛查模型；研发敏感效应靶点预测技术与模型；研发大样本人群早期健康风险预测技术和早期损伤效应监测产品；开发氟碳表面活性剂健康损伤识别和早期风险监测集成技术及可视化工业软件；在高暴露风险区域开展人群

早期健康风险评估示范。

考核指标:建立典型氟碳表面活性剂的暴露-健康综合数据库,形成具有知识产权的早期健康风险预测技术和早期损伤效应监测产品,解决我国氟碳表面活性剂风险管理技术体系不健全的技术瓶颈,早期健康损伤识别灵敏度从 70%提高至 90%以上。其中,定量构效毒性筛查模型覆盖超过 10 种健康结局指标;建立毒性靶点预测评估模型 20 个以上,预测能力提升至 80%以上,模型稳健性提升至 70%以上;开发高灵敏度危害识别的检测试剂盒 ≥ 4 个,特异度 $\geq 90\%$;开发污染物信息采集监测和健康风险函数推算的集成数据平台一套,实现 ≥ 200 种典型氟碳表面活性剂健康损害的早期识别和预警,形成数据查询可视化工业软件 1 个;依托典型污染地区建立氟碳表面活性剂高暴露风险人群早期健康风险评估示范基地 1 个,确定人群健康指导值 10 项;完成食品和药品包装等 2~3 个典型行业的应用示范,降低高风险人群暴露负荷 50%以上。申请发明专利 ≥ 10 件,制定技术标准及规范不低于 2 项。

关键词:化学品风险防控;氟碳表面活性剂;生物标志物;敏感靶点;健康风险监测

6.3 卤代阻燃剂等典型公约管控化学品绿色替代技术

研究内容：针对纳入斯德哥尔摩公约的六溴环十二烷、十溴二苯醚及全氟辛基磺酸盐等高风险化学品绿色替代不足问题，研究磷系有机阻燃剂绿色合成及生态环境风险评估技术；开展其在发泡聚苯乙烯、涤纶织物等领域的阻燃应用研究。研究全氟辛基磺酸盐替代品的高效制备技术；开展典型区域电镀行业应用示范。

考核指标：形成卤代阻燃剂和全氟辛基磺酸盐的绿色替代技术，解决国际公约管控的有毒有害化学品替代及替代品应用推广的技术难题。其中，开发适用于发泡聚苯乙烯和涤纶织物的无卤磷系有机阻燃剂 4 种，阻燃等级达到 V-0 级，替代品生态环境风险显著低于原化学品；建成年产量 ≥ 3 万立方米无卤阻燃聚苯乙烯泡沫、年产量 ≥ 5 万平方米无卤阻燃织物生产线各一条。开发全氟辛基磺酸盐替代品 1~2 种，使用替代品溶液的表面张力 ≤ 25 毫牛顿/米；在电镀企业开展全氟辛基磺酸盐替代应用示范，形成年电镀铬 1 万平方米的生产能力。申请发明专利 ≥ 5 件，制定技术标准及规范不低于 1 项。

关键词：化学品风险防控；持久性有机污染物；替代；阻燃；电镀

6.4 剧毒光气源头替代的异氰酸酯绿色制备技术

研究内容：针对异氰酸酯光气法生产过程中大量采用光

气剧毒原料、环境风险高等问题，研究光气剧毒原料替代组分的定向迁移转化调控技术和异氰酸酯重构全过程风险评估方法；研发胺羰酯化、热分解、热敏产品高真空低压降分离等过程强化技术及装备；研发光气源头替代制备大宗芳香族异氰酸酯成套技术；研发光气源头替代制备特种脂肪族异氰酸酯成套技术；形成光气源头替代异氰酸酯绿色制备技术体系，开展工程示范。

考核指标：形成光气源头替代异氰酸酯绿色制备技术，解决异氰酸酯光气法生产过程中大量采用光气剧毒原料、环境风险高难题，实现光气 100% 源头替代。其中：阐明光气剧毒原料官能团替代的全过程转化途径和环境交互作用规律，建立全过程风险评估方法模型 1~2 项；形成反应分离过程强化技术及专属装备，原料胺羰酯化选择性 $\geq 95\%$ ，热分解反应器径向传热温差 ≤ 1 摄氏度，热敏产品分离塔压降 ≤ 100 帕/米；建成 1 万吨/年光气源头替代的尿素法制备大宗芳香族异氰酸酯工程示范，二苯甲烷二异氰酸酯收率 $\geq 90\%$ ；建成 2000 吨/年光气源头替代制备特种脂肪族异氰酸酯示范工程，产品收率 $\geq 90\%$ ，产品性能达到光学级，其衍生光学聚氨酯透光率（550nm） $> 90\%$ 。申请发明专利 ≥ 5 件，制定技术标准及规范不低于 2 项。

关键词：化工、化学品风险防控；有机固废；异氰酸酯；
过程强化

7 城乡垃圾和医疗废物高效分类利用（共性关键技术类）

7.1 难生物降解垃圾等离子体制氢关键技术与装备

研究内容：针对难生物降解垃圾气化制氢产率低、稳定性差、二次污染重问题，研发难生物降解垃圾非相变低能耗干燥装备；研制难生物降解垃圾等离子体快速持温气化制氢装备；研发垃圾合成气微界面振荡强化除杂脱酸净化技术及装备；研发垃圾合成气与水蒸气耦合重整制氢技术及催化材料；研建万吨级难生物降解垃圾制备绿氢成套技术示范工程，形成十万吨级工艺包。

考核指标：形成难生物降解垃圾等离子体制氢成套技术，解决垃圾气化制氢产率低、稳定性差、二次污染重等难题，制氢产量达 1000 标态立方米/吨干基垃圾。其中，垃圾脱除吨水能耗 ≤ 450 度电，较现有工艺降低 50%；等离子体垃圾降解率 $\geq 90\%$ ；垃圾合成气除杂脱酸净化技术吸收溶剂用量降低 30%；合成气与水蒸气重整制氢选择性 $\geq 90\%$ ；建成 1 万吨/年难生物降解垃圾（干基）等离子体绿电制绿氢示范工程 1 项，氢气品质满足《质子交换膜燃料电池汽车用燃料氢气》（T/CECA-G 0015—2017）标准指标要求，生产过程较

焚烧法减排二氧化碳 80%，二噁英近零排放，灰渣实现 100% 无害化处置。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范不低于 3 项。

关键词：城乡垃圾；资源化利用；绿氢；等离子体气化；微界面振荡强化

7.2 厨余及餐厨垃圾定向生物转化及污染控制技术

研究内容：针对垃圾分类产生的厨余垃圾、餐厨垃圾等湿垃圾碳氮比低、氮素定向转化难、回收率低及氨逃逸污染环境等问题，研究物料碳和氮素可生物降解性协同调配技术；研究发酵系统内碳氮平衡智能调控技术；研究低碳氮比湿垃圾好氧/厌氧发酵过程含氮组分定向转化技术；研究氮素污染减排控制技术；开发基于碳氮协同的氨高效定向转化与可控回收装备；开展工程示范。

考核指标：形成厨余垃圾、餐厨垃圾等湿垃圾氮素定向生物转化及污染控制技术，解决氮素定向转化回收及氨逃逸难题。其中，发酵系统物料配伍和双向调控成本不高于 45 元/吨；碳氮协同智能调控技术前置调控精度和效率均提高 30%以上；微生物定向调控好氧发酵产品中腐殖酸含量提高 20%以上，厌氧发酵氮素定向氨化提高 40%以上；氮回收率达物料总氮的 20%以上，发酵过程向环境中氨气排放量削减 30%；建成 60 万吨/年示范工程，

实现稳定运行。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范不低于 2 项。

关键词：厨余垃圾、餐厨垃圾、低碳氮比；湿垃圾；氮回收

7.3 医疗垃圾与生活垃圾协同焚烧技术

研究内容：针对医疗垃圾处理能力不足而协同处理无依据问题，研究医疗垃圾组成对生活垃圾焚烧过程热反应特性影响规律及特征污染物识别方法；研究医疗垃圾无害储存及预处理技术；研究焚烧设备防腐防结焦材料；研究医疗垃圾与生活垃圾焚烧设施适用性调控技术；研究医疗垃圾协同处置特征污染物防控及深度净化技术；开展工程应用。

考核指标：形成医疗垃圾与生活垃圾协同焚烧技术，解决医疗垃圾协同处理难题，实现医疗垃圾无害化率达 100% 时掺烧率 $\geq 10\%$ 。其中，探明医疗垃圾对生活垃圾焚烧全过程影响因素和特征污染物；形成医疗垃圾储存及预处理过程无人接触自动投放技术，感染性物质无外溢，生物有害性控制时间 ≤ 3 小时；开发的新型防腐防结焦材料高温过热器受热面腐蚀速率 ≤ 0.3 毫米/年；烟气排放符合欧盟垃圾焚烧污染物排放标准（DIRECTIVE 2010）指标要求，焚烧残渣热灼减率 $\leq 5\%$ ，污染组分含量满足《危险废物鉴别标准》（GB5085-2007）指标要求；形成 2~3 条不同类型生活垃圾

焚烧设施协同医疗垃圾处置线，日协同焚烧量 ≥ 80 吨，发电效率提高到30%以上，建立系统可靠、经济可行的商业化推广模式。申请发明专利 ≥ 5 件；制定技术标准及规范不低于3项。

有关说明：由企业牵头申报。

关键词：城乡垃圾；资源化利用；医疗垃圾；协同焚烧

8. 重点区域循环经济系统集成及示范（集成示范类）

8.1 种养产业集聚区多源种养废物耦合利用集成技术及示范

研究内容：针对粤港澳大湾区、成渝地区等典型种养产业集聚区种养废物年产生量超亿吨、水体系污染风险大、规模化循环利用效益低的问题，研发百万吨级多源种养废物差异化耦合配伍制备调质发酵原料技术；研发调质发酵原料定向调控高效制备生物天然气技术及装备；研发沼液、沼渣组分定向重构联产饲料、肥料及产业链接应用技术；研发资源化利用残渣与生活厨余垃圾协同热解制备矿区生态修复材料及装备；研发全链条污染控制与大数据智慧管控集成优化技术；开展集成示范。

考核指标：构建典型种养产业集聚区多源种养废物百万吨级低碳生态利用循环经济集成技术及示范，解决种养废物

大规模协同增效利用的技术问题，综合利用率从 80%提高到 90%以上。其中：耦合配伍技术涵盖 2 类养殖及 3 类以上种植废物，调质发酵原料产气率提高 30%以上；生物天然气制备技术反应器容积产气率 ≥ 2.0 立方米/（立方米·天），每吨种养废物生物天然气产气量 ≥ 50 立方米，净化提纯副产物（硫+二氧化碳）转化利用率 $\geq 90\%$ ；形成蛋白饲料、有机肥等 high 值产品 3 种以上，其中饲料蛋白含量 $\geq 45\%$ 、叶面肥氮磷钾总养分 ≥ 10 克/升；矿区生态修复材料氮含量 $\geq 5\%$ ，典型重金属固化率 $\geq 60\%$ ；形成全链条污染控制智慧管控平台系统，覆盖关键工艺节点 60%以上。依托粤港澳大湾区或成渝地区的典型区域，在单一园区集中连片建成 3~4 项示范工程，多种废物协同发酵量、生物天然气产量、沼液沼渣综合利用量分别达到 100 万吨/年、500 万方/年、80 万吨/年，全过程无废水和废渣排放，实现经济稳定运行，综合效益从 200 元/吨提高至 300 元/吨以上；完成 100 亩矿区生态修复，建成种养废物耦合利用与矿区生态修复一体化集成示范基地，形成商业化推广模式。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范 3 项以上。

有关说明：本指南方向应依托粤港澳大湾区或成渝地区的典型区域，开展集成示范。应充分结合当地党委政府在循

环经济高质量发展等方面的有关部署，承诺配套经费和相关保障措施，出具书面支持文件，产学研联合申报。在项目实施过程中，需加强相关配套条件和措施、政策的组织协调，把该示范项目打造为解决国内同类问题的绿色低碳循环发展样板。

关键词：城乡垃圾；资源化利用；种养废物；生物转化；热化学

8.2 锂产业集聚区循环化升级集成技术及示范

研究内容：面向锂产业集聚区含锂废料种类复杂、协同利用难度大、循环再生链条短等问题，研发多源含锂废料协同转型与锂综合回收技术及装备；研发提锂残渣制备电池级磷酸铁循环链接技术；研发二次锂资源高值转化制备高端锂产品技术；研发锂负极生产与应用过程含锂废料循环再用技术；开发锂资源高端循环全链条污染控制与数字化智慧管控技术；开展集成示范。

考核指标：形成多源含锂废料绿色高端循环集成技术及示范，突破复杂含锂废料高效协同转型技术难题，锂综合回收率从 80%提升至 90%以上。其中，协同利用技术覆盖硫化锂/氟化锂/磷酸铁锂等 5 种以上含锂废料，低浓度锂溶液塔式萃取装备压槽量与箱式相比降低 50%；提锂残渣铁、磷回

收率 $\geq 92\%$ ，再生磷酸铁达到《电池用磷酸铁》（HG/T 4701-2021）标准指标要求；再生高纯碳酸锂产品纯度 $\geq 99.95\%$ ，达到《高纯碳酸锂》（YS/T 546-2021）标准指标要求，再生电池级锂带达到《锂带》（GB/T 20930-2015）标准指标要求；锂负极生产与应用过程含锂废料锂回收率 $\geq 80\%$ 。依托长江中游国家级锂产业基地，集中建成 10 万吨/年多源含锂废料协同处置、2 万吨/年再生高纯碳酸锂、8 万吨/年再生电池级磷酸铁、10 吨/年电池级锂带及全过程污染控制与智能化管控等示范工程，形成锂资源高端循环综合解决方案及集成示范基地，整体效益提升 5%以上，资源利用率提升 10%以上，全链条固废减量 20%以上。申请发明专利 10 件以上，制定技术标准及规范不低于 2 项。

有关说明：由企业牵头申报。本指南方向应依托国家生态文明先行示范区所在省区的国家级锂产业基地，开展集成示范。应充分结合当地党委政府在循环经济高质量发展等方面的有关部署，承诺配套经费和相关保障措施，出具书面支持文件，产学研联合申报。在项目实施过程中，需加强相关配套条件和措施、政策的组织协调，把该示范项目打造为解决国内同类问题的绿色低碳循环发展样板。

关键词：有色冶金；固废资源化；含锂废料；回收；循

环利用

8.3 废旧风机叶片高效解离与增值循环利用集成技术及示范

研究内容：针对废旧风机叶片大尺寸解离、低成本处理与高值化利用需求，研发废旧风机叶片精准切割及边角料智能清洁破碎装备；研发大尺寸叶片保护性连续热解大型装备；研发热解系统能效提升协同减污降碳一体化技术；研发玻璃纤维循环再造风机叶片及树脂热解产物提质制备高值化学品技术；研发全过程数字孪生优化调控及智慧工厂构建技术；开展集成示范。

考核指标：形成废旧风机叶片高效解离与增值循环利用集成技术及示范，解决机械粉碎处理破坏性强、产物再生利用价值低等难题。其中：废旧风机叶片精准切割装备单台处理能力达到 50 吨/天，边角料智能破碎装备单台处理能力达到 25 吨/天，切割及破碎过程颗粒物排放 ≤ 1.0 毫克/标准立方米；废旧风机叶片大尺寸连续热解装备最大进料尺寸 ≥ 2 米，单台处理能力达到 70 吨/天；热解能量转化效率 $\geq 85\%$ ；玻璃纤维循环再造风机叶片达到《IEC 61400-5 风力发电机组叶片标准》指标要求且应用场景不低于 5 个，树脂热解制得酚类化学品产率 $\geq 40\%$ ；形成全链条智慧监测数字网络，大数据管

控关键工艺节点 60%以上。依托黄河流域大型清洁能源基地，建成 3 项示范工程，其中：废旧风机叶片精准切割及边角料破碎量 ≥ 1 万吨/年、连续热解量 ≥ 1 万吨/年、再造风机叶片量 ≥ 3000 支/年，废旧叶片综合利用率 95%以上，吨处理利用新增效益达到 1000 元。申请发明专利 ≥ 10 件，制定技术标准及规范 3 项以上。

有关说明：由企业牵头申报。本指南方向依托黄河流域大型清洁能源基地，开展集成示范。应充分结合当地党委政府在循环经济高质量发展等方面的有关部署，承诺配套经费和相关保障措施，出具书面支持文件，产学研联合申报。在项目实施过程中，需加强相关配套条件和措施、政策的组织协调，把该示范项目打造为解决国内同类问题的绿色低碳循环发展样板。

关键词：城市矿产；热解；风机叶片；化工；循环利用

8.4 退役光伏层压件高效解离与再生利用集成技术及示范

研究内容：针对退役晶硅光伏层压件高效解离与清洁再生难题，研发湿法处理成套技术，具体为开发 EVA 胶（乙烯-醋酸乙烯酯共聚物）高效溶胀/溶解剥离溶剂体系；研发多场耦合辅助 EVA 胶分离技术；研发溶剂体系下有价值组分温和提取定向回收技术；研发湿法处理全过程污染控制与废

液废渣安全处置技术；开展集成示范。研发热法处理成套技术，具体为研发退役光伏层压件大尺寸连续热解装备；研发热解含氟污染物控制技术 & 高温耐蚀关键材料；研发热解固态产物高效分离与硅料冶炼再生技术；研发废玻璃脱碳除杂循环再用及重熔再生技术；开展集成示范。

考核指标：形成退役光伏层压件湿法处理成套技术及集成示范，解决处理工艺周期长、效率低与污染重的难题，其中：EVA 胶溶出率 $\geq 98\%$ ；EVA 胶溶解回收产物中溶剂残留率 $\leq 1\%$ ；铝、银、铜回收率 $\geq 95\%$ ；废液中重金属含量不超过 10 毫克/升；依托大型清洁能源基地，集中连片建成 2 项示范工程及绿色智慧工厂，实现退役光伏层压件湿法处理量 ≥ 1 万吨/年、有价金属和硅回收量 ≥ 500 吨/年以及配套废液废渣安全处置，EVA 胶解离处理周期由 100 小时以上缩短至 72 小时以内，二次物料综合回收率 $\geq 95\%$ 。形成退役晶硅光伏层压件热法处理成套技术及集成示范，解决大尺寸连续热解环保装备缺失及硅系废料高值再生难题，其中：大尺寸连续热解装备处理能力不小于 80 吨/天，封装介质脱除率 $\geq 99\%$ ；含氟污染物排放 ≤ 2.0 毫克/立方米，抗腐蚀材料服役寿命 ≥ 8000 小时；硅再生利用率 $\geq 80\%$ ；废玻璃脱碳率 $\geq 95\%$ ；依托硅能源特色产业园，集中连片建成 3 项示范工程及绿色智慧工厂，

实现退役光伏层压件热解处理量 ≥ 2 万吨/年、废硅料处理量 ≥ 750 吨/年、废玻璃处理利用量 ≥ 1.5 万吨/年，满足光伏使用要求再生玻璃占比 $\geq 50\%$ ，吨处理利用新增效益达到 800 元。申请发明专利 10 件以上，制定技术标准及规范 3 项以上。

有关说明：本指南方向拟部署项目 2 项，其中：针对湿法处理成套技术，拟部署 1 项，应依托大型清洁能源基地开展集成示范，由企业牵头申报；针对热法处理成套技术，拟部署 1 项，应依托硅能源特色产业园开展集成示范，由企业牵头申报；每份申报书只能选择上述两种成套技术中的 1 项进行申报。应充分结合当地党委政府在循环经济高质量发展等方面的有关部署，承诺配套经费和相关保障措施，出具书面支持文件，产学研联合申报。在项目实施过程中，需加强相关配套条件和措施、政策的组织协调，把该示范项目打造为解决国内同类问题的绿色低碳循环发展样板。

关键词：城市矿产；热解；光伏；化工；循环利用

8.5 东南特色橡塑产业提质增效循环经济集成技术及示范

研究内容：针对海西地区万亿级鞋服等特色橡塑产业高度集聚、千万吨级废物高质循环利用需求迫切等问题，研究鞋服制品的源头减量与可拆解易回收设计技术；研发废旧鞋材及鞋服包装废弃物提质改性增值利用技术；研发废旧鞋服

再生原料高比例替代利用技术；研发难处置鞋服废材高效热转化装备及热能利用技术；研究鞋服产业“生态设计-循环再生-高质利用-减污降碳”全链条提质增效与智慧管控技术；开展集成示范。

考核指标：构建海西地区鞋服产业提质增效循环经济集成技术及示范，攻克鞋服制品的一体化设计-绿色拆解-高质再生-闭环回用全产业链核心技术，解决鞋服产品全生命周期碳排放量大的难题。其中：在不降低性能的前提下实现鞋服原料中合成树脂减量 $\geq 10\%$ ，加工过程产废量降低 $\geq 5\%$ ；废旧鞋材解交联溶胶含量 $\geq 60\%$ ，鞋服废弃物高质利用率 $\geq 70\%$ ，鞋服包装塑料废弃物回用率 $\geq 80\%$ ；鞋底再生原料替代比例 $\geq 30\%$ ，服装面料再生原料替代比例 $\geq 40\%$ ；难处置废旧鞋服及包装材料裂解率 $\geq 95\%$ 。依托海西地区鞋服产业集聚区，建成提质改性利用、再生产品生产、难处置废弃物高效热转化 3 项示范工程，年生产或处理能力达到 10 万吨以上，形成鞋服特色产业增质增效循环经济综合解决方案及集成示范基地，每吨鞋服材料全生命周期碳减排 0.3 吨以上，附加值提升 500 元以上，示范园区年碳排放强度下降 10%以上。申请发明专利 ≥ 12 件，制定技术标准及规范不低于 2 项。

有关说明：本指南方向应依托国家生态文明先行示范区

所在省区的鞋服产业集聚区，开展集成示范。应充分结合当地党委政府在循环经济高质量发展等方面的有关部署，承诺配套经费和相关保障措施，出具书面支持文件，产学研联合申报。在项目实施过程中，需加强相关配套条件和措施、政策的组织协调，把该示范项目打造为解决国内同类问题的绿色低碳循环发展样板。

关键词：有机固废；塑料；橡胶；热化学；循环利用

浙江大学 kjcgx