

《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）》

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
（一）工业固废减量化				
1	浮选胶磷尾矿二次提取源头减排集成技术	该技术适用于对胶磷尾矿中 useful 矿物和脉石矿物进行解离和分选，胶磷尾矿通过预先浮选-浓缩-磨矿-分级-再选等工序，实现了尾矿精选，提高了精矿产率并减少尾矿产出。	关键技术： 胶磷尾矿高效微细磨矿技术和分级工艺技术。 主要技术指标： 外排尾矿品位从 10%降至 6.4%，精矿产率提高 4%以上，回收率提高 5%以上。	磷矿选矿和尾矿减排
2	基于人工智能机器视觉的矿石智能分选技术	该技术根据矿石中不同构成成份和对应的物理差异，采用传感器检测获取相对应的数据，通过机器视觉和人工智能技术，对矿石高速成像、实时识别分析，并进行矿石智能分选。	关键技术： 矿石 AI 分类算法；矿石高速成像处理技术。 主要技术指标： 分选精准率 99%，每秒可自动分选 3000-10000 颗矿石，每小时最高可处理 350 吨矿石。	矿石智能分选
3	旋流喷射微纳米气泡浮选柱（机）	该设备通过瞬间产生大量微纳米气泡，捕获小于 19 微米以下微细粒，形成疏水性矿团。可应用于黑色金属、有色金属硫化矿、氧化矿及非金属矿的选矿。	关键技术： 微纳米旋流喷射气泡发生器。 主要技术指标： 选矿回收率比传统浮选机提高一倍左右，比常规浮选柱提高 30%以上；药剂比普通浮选设备节省 1/3-1/2。	微细颗粒物浮选回收

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
4	流动态/非流动态含油污泥纳微米乳液循环清洗及配套工艺技术	该技术是通过超支化纳米清洗材料和开关型纳微米乳液循环清洗剂对不同类型含油污泥进行清洗。根据污泥特点调整药剂和工艺组合方案，可低成本高效回收原油，实现减量化和资源化利用。	关键技术： 超支化纳米清洗材料（HNS）；开关型纳微米乳液循环清洗剂。 主要技术指标： 乳化增溶能力 $\geq 80\%$ ，开关后破乳率 $\geq 90\%$ ，原油回收率 $> 80\%$ ，循环使用次数 ≥ 20 ，减量化处理后含油污泥绝干底泥含油率 $\leq 2\%$ 。	含油污泥减量化与综合利用
5	低温干化半固态废物工艺技术装备	该技术装备可将含水率 60%-80%的污泥、废渣等半固态废物干化至含水率 10%-40%，干化后的物料可作为水泥窑替代燃料或原料。	关键技术： 水泥窑烟气余热与低温带式干化结合工艺技术。 主要技术指标： 可将含水率 60%-80%的半固态废物可干化至 10%-40%，物料减重 50%以上。	半固态废物减量化、资源化
6	石化行业含油污泥热萃取处理工艺	该技术通过破坏污泥内部的水化膜，将水汽化分离出去，油和固体物溶解到馏分油中，最终将污泥分离成油、水和固体三种产物。可用于石油炼制、化工及储运行业产生的含油污泥无害化处理。	关键技术： 重力沉降和机械脱水技术；热萃取工艺、破壁脱水干化工艺。 主要技术指标： 脱出水 COD 小于 1500mg/L，油小于 150mg/L。	储油罐底泥、隔油池底泥、除油罐底泥浮渣、剩余活性污泥处置
7	STC 煤泥无热干化高压压滤机	STC（slime to coal，泥浆制煤泥）无热干化系统集成“传统压滤机+干燥设备”功能于一体，以物理压榨方式替代传统的“压滤机+烘干”两道工序，所产干煤泥可直接制粉掺配或直销。	关键技术： 高压压滤技术。 主要技术指标： 单机年产能 20 万吨；压榨压力可达 10MPa；煤泥含水率最低可降至 13%；运营成本相当于烘干的 20%。	煤泥干化

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
8	密闭式低温热泵污泥干化技术	该技术利用低温热泵除湿原理，对污泥进行热风循环冷凝除湿烘干，干化后的污泥含水率可降低至 20%左右，减重 50%以上。	关键技术： 污泥造粒技术；密闭式热风循环冷凝工艺及污泥料箱技术。 主要技术指标： 低温热泵技术可将含水率 65%-85%污泥干化至含水率 10%-30%，减量 50%以上；设备消耗 1 度电可脱水 2.5kg-3kg。	污泥干化
9	蚀刻/微蚀液循环再生提铜系统	蚀刻/微蚀液循环再生提铜技术采用“离子膜电解”工艺，用离子膜将电解槽分隔成两个独立的区域，可实现蚀刻/微蚀液循环利用，同时对铜进行回收，产出高纯铜板。	关键技术： 离子膜电解技术。 主要技术指标： 零排放，蚀刻废液全循环回用，废液中的铜 100%回收。	PCB 企业的酸/碱性蚀刻，硫酸-过硫酸钠体系微蚀液循环利用
(二) 工业固废综合利用				
1	钢渣资源化利用集成技术	钢渣经过焖箱热焖渣、滚筒裂解、筛分、破碎、磁选、磨粉等多道工序，分选出甲级钢渣、乙级渣钢、粒子钢、混合渣粉、精矿粉等产品返回钢厂。尾渣通过钢渣微粉生产线生产成钢渣微粉，钢渣微粉作为建材原料或制造高性能土壤固化剂。	关键技术： 钢渣分离技术；分级使用技术；利用钢渣微粉制造高性能土壤固化剂专利技术。 主要技术指标： 钢渣尾渣中铁含量 3%以下。	钢渣资源化利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
2	气化细渣深度脱水干化和资源化综合利用技术	该技术利用真空干化原理，通过进料过滤、隔膜压榨、热水加热、真空干化等过程，使滤饼含水率降至 30% 以下。处理后的滤饼成粉块状，无粘稠特性、水分含量低，热值高，可利用皮带输送系统直接送入锅炉掺烧。	关键技术： 气化细渣深度脱水干化技术；气化细渣资源化综合利用技术。 主要技术指标： 气化细渣含水率从 75%-99% 降至 30% 以下。	煤化工领域气化固废、生化污泥的资源化利用
3	废盐碱渣综合利用技术	该技术用于尿素法生产水合肼过程中的多种副产废盐综合利用，包括分离、提纯等工序，分离后的废盐可用于氯碱生产。	关键技术： 碳酸钠和氯化钠分离提纯技术；吹脱氧化技术。 主要技术指标： 氯化钠回收率 98% 以上，纯碱回收率 90% 以上。	高含盐碱混合物分离提纯及综合利用
4	气化炉渣连续碳剥离与高效燃烧脱碳成套技术装备	该技术通过气化炉渣稳定燃烧脱碳，燃烧时采用多级连续配风实现稳燃，进而提高气化炉渣综合利用水平。	关键技术： 超低热值煤基固废燃烧脱碳技术；煤基固废无害化再生资源综合利用技术。 主要技术指标： 物料燃烧脱碳后，残碳含量低于 5%，脱碳进料粒度 10mm；脱碳进料含水率<30%；脱碳温度 800℃-850℃；排气温度 70℃。	气化炉渣综合利用
5	基于工业固废的二氧化碳矿化养护混凝土砌块工艺与装备	该技术使用增压的 CO ₂ 对混凝土砌块进行矿化养护。利用工业固废制造 CO ₂ 矿化低碳胶凝材料，并在矿化养护装备中，应用梯级均压工艺（压力范围为 0.5-1MPa）生产低碳混凝土建材，实现二氧化碳封存与大宗固废处置。	关键技术： CO ₂ 矿化低碳胶凝材料技术；梯级均压矿化养护技术。 主要技术指标： CO ₂ 原料气浓度 10-100%，CO ₂ 转化利用率 90% 以上，产品全生命周期碳减排 70% 以上，原料固废利用率 60% 以上。	CO ₂ 资源化利用；工业固废资源化利用；混凝土预制件生产

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
6	建筑固废轻物质分离带式水浮选技术	该技术采用浮选+水洗方式，对破碎后的建筑固废进行再生处理。经过水浮选技术处理的建筑固废再生骨料，轻物质去除率 $\geq 99\%$ 。	关键技术： 建筑固废轻物质分离带式水浮选技术。 主要技术指标： 再生骨料中轻质物含量 $< 2\%$ ，含泥量 $< 3\%$ 。	建筑固废，砂石骨料等除泥除杂
7	电解锰渣资源化综合利用工艺技术	高温煅烧回收电解锰渣中的硫和氨，用于制备电解锰生产的工业硫酸和工业氨水，剩余的固体物质用于水泥原料、水泥混合材、水泥路面砖、再生骨料等原料，实现了电解锰渣无害化处理和资源化循环利用。	关键技术： 锰渣无害化处理技术；硫、氨资源回收利用技术；优化电解锰生产工艺技术；锰渣资源化利用技术。 主要技术指标： 硫和氨资源回收利用率达 99.8%、锰渣实现无害化和资源化利用。	电解锰废渣处理
8	硫铁矿制酸系统协同利用有机废硫酸资源化利用技术及产业化	根据有机废硫酸性质及其分解特点，在硫铁矿制酸所用的绝热式沸腾炉内建立了均匀稳定的温度场，将废硫酸裂解为二氧化硫，得到符合国标工业硫酸，实现协同利用效应。	关键技术： 协同资源化利用有机废硫酸的硫铁矿沸腾炉技术。 主要技术指标： 硫烧出率 98.5%，废硫酸分解率 98%以上；废气中 SO_2 浓度小于 200mg/m^3 ，硫酸雾浓度小于 5mg/m^3 、颗粒物小于 30mg/m^3 。	有机废硫酸

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
9	钒渣亚熔盐法钒铬共提与产品绿色制造集成技术	钒渣在 NaOH 亚熔盐介质中经微气泡强化溶出，获得含钒铬的浸出液，再经脱硅、冷却结晶、蒸发结晶等工艺，制备五氧化二钒和铬酸钠产品，可实现钒、铬高效同步提取。	关键技术： 钒渣 NaOH 亚熔盐介质微气泡强化钒铬共提技术；碱介质中钒酸钠、铬酸钠高效结晶分离技术；钒酸钠梯级阳离子置换短流程清洁制备高纯五氧化二钒技术；提钒尾渣脱钠与全量高质利用技术。 主要技术指标： 钒回收率 90%以上，铬回收率 80%以上；废气减量 74.4%；五氧化二钒、铬酸钠产品分别达到 YB/T 5304-2017 和 HG/T 4312-2012 标准要求。	含钒资源高效利用与固废减量化
10	金铜冶炼含砷废渣综合回收技术	该技术以铜冶炼行业产出的含砷烟尘和硫化砷渣为原料，采用酸浸等方法，降低渣中铜、砷含量，浸出渣作为铅精矿外售，同时将砷元素以白砷产品的形式回收，铜以铜渣方式返回系统，实现了砷的减量化和无害化。	关键技术： 含砷烟尘和硫化砷渣协同处理技术；白砷湿法制备金属砷技术。 主要技术指标： 全流程工艺铜直收率大于 96%，砷回收率大于 94%；含砷溶液中铜含量<0.5g/L；As ₂ O ₃ 产品纯度大于 98%，单质砷产品纯度大于 97%。	有色冶炼含砷固废处理

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
11	“混液萃取+络合吸附”再生 I 类基础油生产 II 类基础油装备	以废润滑油加工得到的非标或 I 类(API 标准)再生基础油为原料, 经低剂油比混液萃取、接触吸附、过滤分离等工序, 脱除再生基础油中的碱性氮、氯、氧化合物、胶质、微量溶剂等物质, 生产 II 类基础油。	关键技术: NMP 低剂油比循环的混液萃取技术; 络合吸附技术; 固定吸附床吸附剂流态化输送技术; 吸附剂吸附油连续脱附技术; 吸附剂连续化再生技术; 络合吸附技术。 主要技术指标: 饱和烃含量>94%; 粘度指数>120, 碱性氮含量≤6ppm; 硫+氯化物含量≤700ppm; 加热介质(或熔盐)温度 350-380℃; 萃取温度 60-80℃, 萃取压力 0.1-0.3MPa; 脱去游离水(120-180℃)活化反应区(500-600℃)。	I 类再生基础油生产 II 类基础油
12	钢铁转炉短流程协同资源化利用铁质废包装桶技术	该技术是通过废铁质容器预处理技术及钢铁工业炉窑协同资源化工艺, 对铁质废包装桶进行短流程协同资源化利用。包含清残、压块等工序, 可实现铁质废包装桶危废处置, 助力减污降碳。	关键技术: 废铁质包装容器预处理工艺及装备开发; 预处理过程污染控制技术; 产品质量管理控制技术; 废铁质包装桶压块转炉资源化利用技术。 主要技术指标: 压块规格: 50×50×50cm; 压块重量: 220-230kg/个。	铁质废包装容器处置
13	再生桶生产工艺及智控技术	该技术集成了桶内残留液 X 射线智能识别、高效清洗工艺与智能控制、桶身边口一体化智能整形和智能烘干及烘漆等工艺设备及控制模块, 实现再生桶生产及系统运行的智能化。	关键技术: 再生桶残留液的智能化检测与分类处置; 再生桶的清洗工艺改进与智能控制; 再生桶烘干及烘漆工段热工技术改造与智能控制。 主要技术指标: 再生桶生产技术工艺实现智能可控。	再生桶综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
14	分子闪解有机固废循环利用与碳中和技术装备	有机固废经过分子闪解，产生雾状气态有机物，经冷凝处理系统产生燃料油，油气干馏冷却的不凝气作为主炉燃料，生产过程无废水、无灰尘、无二噁英排放。	关键技术： 高分子聚合物分子链打开及闪解技术。 主要技术指标： 原料撕碎≤2cm，投料温度≥400℃，化学反应 0.02s，处理量：50-500t/d，产油率：50%-75%，二噁英零排放，每吨有机固废回收可减少 2.3-8 吨碳排放。	有机固废综合利用
15	城乡生活垃圾绝氧低温连续碳剥离裂解技术	该技术是将有机物在绝氧、低温条件下进行热解还原反应，实现物料在低温工况下完全热分解，可减少二噁英产生，提高了热解效率，实现城乡生活垃圾无害化、减量化、资源化。	关键技术： 城乡生活垃圾无害化、减量化、资源化综合处置技术；城市有机固废再生资源化处置技术。 主要技术指标： 热解温度 350-500℃、生活垃圾处理后质量减量化率高于 80%，体积减量化率大于 90%，生活垃圾实际零填埋、尾气排放符合生活垃圾焚烧标准 GB18485-2014。	城乡生活垃圾处置
16	餐厨废弃油脂再生生物柴油工艺技术与成套装备	该技术是以脂肪酶为催化剂，以餐厨废弃油脂为原料制备制备高纯度高品质的生物柴油。主要工艺为“预处理→酯化反应→粗甲酯精制→四塔联蒸”。餐厨废弃油脂制生物柴油得率可达到 90%以上。	关键技术： 多级油水分离预处理技术；磁性纳米颗粒复合载体固定化脂肪酶制备技术；粗生物柴油的精制技术；一体化、分步式四塔联蒸智能控制技术；自适应、强鲁棒性在线调合技术。 主要技术指标： 硫含量≤10 mg/kg；酸值≤0.50 mg/g KOH；水含量≤500 mg/kg；闪点（闭口）≥130℃；十六烷值≥51；脂肪酸甲酯含量（质量分数）≥96.5%。	餐厨废弃油脂资源化利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
17	DSD 酸制备固废源头转化及高值利用技术	该技术利用铁粉还原 DNS 制备 DSD 酸，同步原位生成氧化铁红颜料。通过氧化铁红物相控制技术和还原反应控制技术，生产的 DSD 酸含量可达到 98%，同步生成的氧化铁红可作为颜料级氧化铁红直接销售。	关键技术： 氧化铁红物相控制技术；还原反应控制技术。 主要技术指标： DSD 酸纯度可达到 98%，醛值≤0.2%；氧化铁红产品：铁含量[以 Fe ₂ O ₃ （105℃烘干）表示]可达到 97.5%，相对着色力：98-102%。	芳香胺类产品固废综合利用
18	铁矿采选联合制砂关键技术与产业化应用	该工艺技术开发出选矿与高品质砂石协同制备专项技术和装备，实现了铁尾矿全粒级的全面利用。用户可输入设计要求参数及原材料性质参数，通过软件自动计算出对应的配合比，并且预测根据此配合比设计的混凝土的性能。	关键技术： 全粒级利用技术；超低能耗粉磨技术与活性激发技术；混凝土配比设计系统。 主要技术指标： 选矿干抛尾矿及除尘灰 100%利用、铁尾矿湿尾矿利用率达到 30%-40%；微粉粉磨能耗低 5%以上、活性 65 以上；30%-40%的尾矿微粉掺量混凝土长龄期强度均能满足等级要求。	铁矿采选联合制砂
19	铸造粘土废砂综合利用成套技术	通过去除废砂表面的粘土和树脂残留物，使其性能接近新砂，同时以高性能环保硫氧镁胶凝体系为无机粘结剂，以铸造废砂再生副产物为掺合料及骨料，制备得到防火板材，实现废砂全面综合利用。	关键技术： 铸造废砂微湿法再生技术；硫氧镁装饰板成型、养护、直贴三胺纸饰面技术。 主要技术指标： 再生砂酸耗值≤5、含泥量≤0.3%、细粉含量≤0.6%；硫氧镁装饰板固废使用率≥40%，表面胶合强度≥1.0MPa，单位产品能耗≤3.5kgce/m ³ 。	铸造废砂综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
20	新型陶粒高效烧结设备及工艺技术	将固废（煤矸石、尾矿、粉煤灰、赤泥、污泥、气化渣、冶炼渣尘等固体废物）通过高温焙烧制备成符合国家标准陶粒产品，烧成过程中，采用热风循环，充分利用余热。	关键技术： 原料制备、造粒、筛分布料、静料层陶粒焙烧技术；烟气净化处理技术。 主要技术指标： 固废原料研磨细度 250 目，生球含水 13-16%，粒径 8-20mm，烧成温度 1050-1150℃，陶粒筒压强度≥6MPa，吸水率≤10%，能耗≤18m³/t（天然气），烧成电耗≤35kW·h。	煤矸石、尾矿、粉煤灰、赤泥、污泥、气化渣、冶炼渣尘等固废综合利用
21	固废物制备装配式建筑绿色（ALC）板材智能化装备技术	包含一套可编程的控制系统，可实现生产线的上料、计量、搅拌、温控、浇注、模具运行、报警、切割、包装等作业的自动化。建立了生产线全自动运行状态下的关键信息实时监测、异常捕捉、预报预警机制，可用于蒸压加气混凝土墙板、砌块绿色制造生产线。	关键技术： ALC 生产线柔性化、数字化、模块化及系统集成化技术。 主要技术指标： 固废料占比超过 80%，可实现新型建材产品生产的无人化、少人化，产能提升约 50%，能耗降低约 30%。	工业固废制备装配式建筑建材
22	利用自身余热烘干破碎电石渣煅烧熟料低碳技术	将化工生产聚乙烯产生的高水分电石渣通过余热进行烘干，经破碎、打散后，与粉煤灰、煤矸石、硅粉、铜渣等冶金废渣混合配比，协同制备煅烧熟料，性能均能达到传统水硬性胶凝材料水平。	关键技术： 水分由 30%降低至 0.5%直接为半成品进行粉体配料。 主要技术指标： 生产硅酸盐水泥熟料固废原料掺加量为 100%，产品质量达到 GB175 通用硅酸盐水泥标准要求。	电石渣制水泥

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
23	大型流态化焙烧磷石膏制备高附加值材料关键技术	磷石膏利用热烟气作为流态化动力，通过预热干燥，两级旋风预热器、流化床煅烧炉焙烧和换热，再进行冷却，制备合格的建筑石膏粉或无水Ⅱ型石膏粉产品。该技术有效利用系统整体热能，达到了降低单位产品能耗的目的。	关键技术： 磷石膏流态化煅烧装备技术。 主要技术指标： 以二水石膏生产每吨建筑石膏粉的热耗≤360000kcal（折标煤≤53kgce），比传统炒制法降低15%以上。	工业副产石膏综合利用。
24	高效节能发泡陶瓷辊道窑	该技术以抛光废渣、石材废料、煤矸石以及周边地区矿山的尾矿为原料，生产可替代黏土砖以及其他传统建筑材料的发泡陶瓷，通过优化分段布局、热风循环冷却等技术，缩短了产品的烧成周期，其产品可应用于多种建筑。	关键技术： 分段系统技术；窑头置换室系统技术；创新窑具；燃烧系统；热风循环冷却系统技术。 主要技术指标： 产品规格：1200×2400-2400×3080（mm×mm）； 产量：10-250m³/天；烧成周期：6-22h；断面温差≤3℃；烧成合格率≥95%。	工业固废制造发泡陶瓷
25	磨选细粒湿尾矿全量资源化梯级利用工艺技术及设备	磨选细粒级湿尾采用梯级回收工艺技术及设备产出机制细砂、铁尾砂和压滤饼三种产品，机制细砂作建设用砂，铁尾砂和压滤饼作水泥厂水泥铁质校正剂，实现了微细粒湿铁尾矿全量资源化利用。	关键技术： 磨选湿尾旋流器+高频细筛在线提取机制砂技术；超长变锥旋流器浓缩和陶瓷机过滤提取铁尾砂技术；微细粒尾矿高效浓缩与膏体制备工程化技术；微细粒铁尾矿高压隔膜压榨及分段加压过程控制压滤技术。 主要技术指标： 细度模数 1.41 机制特细砂产率>20%、微细粒尾矿浓缩浓度 51%以上、溢流水固体含量<300ppm、黏土尾矿产压滤水分<16%、压滤饼平均水份<15%、高压隔膜 600m²压滤机效率 28.47kg/m²·h。	细粒级湿铁尾矿综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
26	磷石膏空心砌块半干法连续生产工艺技术	该技术（设备）采用“添加自制外加剂和 β 型二水石膏促凝”技术，以增强建筑磷石膏粉的分散性能、控制水化时间和水化程度。该技术可减少掺水量，缩短成型时间，降低产品含水率，制备磷石膏空心砌块，产品不需要烘干或晾晒即可出厂，实现连续化高效率生产。	关键技术： 添加外加剂技术；高速剪切混合搅拌技术；快速双面加压模具成型技术；利用水化热蒸汽线上行走自然养护技术；水化时间和水化程度的精准控制技术。 主要技术指标： 掺水量为煅烧磷石膏重量的 30%，成型时间为 25-30 秒，产品含水率 $\leq 20\%$ ，单套装置年产能 10-12 万平方米。	煅烧磷石膏、脱硫石膏制备空心砌块
27	混凝土制品压振一体式成型生产技术与智能化生产线	开发了“压振一体，上压下振”的高压振捣挤融成型新工艺及生产装备，可将固体废渣与胶凝材料充分挤融、密实成型，达到了工业固废颗粒料、粉料及超细粉料全兼容综合利用。该生产线可用于制造出高强度的人造仿石制品及其他多类建材制品，固废掺入量可达 80%及以上。	关键技术： 伺服振动+高静压复合成型技术。 主要技术指标： 成型制品的最大高度 $\leq 500\text{mm}$ 、生产率 ≥ 150 平方米/小时、振动系统最大激振加速度 $\geq 30g$ 、电液伺服静压系统额定压力 $\geq 10000\text{kN}$ 、底台高效垂直定向振动系统的振动频率 0-60Hz、制品抗压强度 $\geq 70\text{MPa}$ 。	工业固废、建筑垃圾综合利用
28	高效智能尾矿破碎技术设备	该设备通过对破碎机结构的优化改进，提高破碎效率。同时应用智能控制系统，对破碎设备的运行状态实时监控与信息反馈，提高尾矿破碎生产效率，优化产品粒形，降低能耗。同时，有效沉降破碎作业中产生的粉尘颗粒，降低对空气质量的影响。实现尾矿综合利用率 80%。	关键技术： 挤满式层压破碎技术。 主要技术指标： 最大处理能力，2450t/h（中碎）；单位物料能耗 0.53kW·h/t，优于 GB/T 26965-2011 圆锥破碎机能耗指标中的 1.0 kW·h/t。出料合格率 80%。	尾矿破碎

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
29	利用矿渣固废生产矿渣微粉集成技术	矿渣固废经矿渣上料系统进入矿渣立磨粉磨系统，在立磨内经过破碎、粉磨、烘干、气体输送、选粉，由热风炉提供矿渣在磨内烘干需要的热量，生产出矿渣微粉比表面积 420m ² /kg，尾气排放浓度小于 10mg/Nm ³ ，系统能耗不大于 40kW·h/t。	关键技术： 一体化高效绿色节能矿渣立磨装备技术；中控 DCS 的高效、环保、节能工艺技术。 主要技术指标： 矿渣微粉比表面积 420m ² /kg；矿渣微粉系统能耗不大于 40kW·h/t。	矿渣生产微粉
30	钢渣/矿渣辊压机终粉磨系统技术	该技术包括烘干+粉磨+分选等工序，可将钢渣/矿渣粉磨至比表面积 420m ² /kg 以上，采用加湿和均化的物料预处理技术，实现辊压机的料床稳定。	关键技术： 辊压机终粉磨料床稳定技术。 主要技术指标： 矿渣粉成品比表面积 420m ² /kg 时，系统电耗不大于 35kW·h/t，个别系统小于 30kW·h/t。	冶金渣粉磨
31	移动式建筑垃圾破碎筛分站	移动破碎站可进驻拆迁现场或建筑垃圾消纳场，建筑垃圾经给料机喂入破碎机进行破碎，筛分分选后的粗料得到不同粒级的物料，建筑垃圾再生骨料资源化率≥90%。	关键技术： 移动站集成化、通用化技术；再生骨料破碎整形技术。 主要技术指标： 建筑垃圾再生骨料资源化率≥90%，且产品质量符合 GB/T 25176、GB/T 25177 要求。	建筑垃圾破碎及分选
32	建筑废弃物(拆房垃圾)高质化处置成套工艺技术及装备	该技术适用于建筑废弃物的破碎和分选，通过三级破碎、三级风选、筛选、磁选等工序，将不同粒径的再生骨料、金属、塑料等物质分离。	关键技术： 建筑废弃物均质化成套破碎技术；建筑废弃物的多级分选技术。 主要技术指标： 杂质分离率 98%；后端相关设备使用寿命延长 35%。	建筑垃圾破碎及分选

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
33	钢渣立磨终粉磨技术	该技术通过调节选粉机转速、磨机气流量和碾磨压力，并与合适高度的挡料圈相结合，可获得要求的研磨细度。采用高压少磨技术粉磨钢渣，并开发系统除铁以及磨内除铁技术，减少了铁的富集，实现了高产低耗生产钢渣微粉。	关键技术： 磨内除铁技术；外循环除铁技术；高压少磨研磨技术。 主要技术指标： 系统处理能力年产 20 万-150 万吨；成品比表面积 $>450\text{m}^2/\text{kg}$ ；系统电耗小于 $38\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ ，立磨主机电耗小于 $27\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ ，关键轴承类部件设计寿命 50000 小时，立磨装机功率 1250kW-7800kW。	钢渣破碎和除铁
34	铸造废弃物综合利用技术设备	该设备利用铸造粘土废砂中有机成份作为主要燃料进行焙烧，并采取精确温控技术，在风压作用下进行机械研磨，得到性能优于原砂新砂的再生砂，再生砂又用于铸造造型生产，实现了铸造粘土废砂的循环利用。	关键技术： 无机粘结剂废砂的快速碾磨装置技术；废砂粉碎装置技术；废砂烘烤打磨装置技术；废砂过滤回收装置技术。 主要技术指标： 生产能力 $>5\text{t}/\text{h}$ 、成品砂温 $<35^\circ\text{C}$ 、回收率 90%、灼减量 $\leq 0.2\%$ 、含泥量 $\leq 0.3\%$ ；高压空气压强 0.4-0.7MPa、燃气消耗量 $13\text{m}^3/\text{t}$ 、PH 值 <8 、平均能耗 5-20 万大卡/吨砂、再生率：100%粘土砂时 75%-85%，100%壳砂芯 95%以上。	铸造废砂综合利用
35	全煤矸石烧结空心砖生产技术及装备	对煤矸石破碎及陈化处理，再经真空挤出机挤出成型，由切条机及切坯机切割成需要的砖型，再经干燥、焙烧等工艺制备空心砖。	关键技术： 全煤矸石烧结技术；伺服控制技术。 主要技术指标： 成品装孔洞率 $\geq 25\%$ ，导热系数 $\lambda=0.452\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ；北方地区多孔砖墙体比实心砖墙体能减少 37%。	煤矸石烧结空心砖生产

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
36	脱硫石膏用于建筑楼板保温隔声系统的工艺技术及设备	该技术主要是对电厂排放的固体废弃物脱硫石膏进行脱水、化学反应及增大比表面积的处理，得到化学成分稳定、强度高的脱硫石膏，可替代传统的水泥作为胶凝材料，制备具有保温隔声性能的地坪材料。	关键技术： 脱硫石膏煅烧及粉磨改性工艺和设备；石膏基自流平的生产工艺和设备；系统构造工艺技术。 主要技术指标： 三相、低标稠、高强度的建筑石膏，满足 GB/T9776 建筑石膏中 S4.0 的要求；脱硫石膏比表面积 $\geq 450\text{m}^2/\text{kg}$ ，可替代水泥作为胶凝材料。	脱硫石膏制造保温隔声材料
37	基于大宗铁尾矿资源的高品质砂石骨料干湿联合制备技术与装备	该技术包括预先筛分、连续破碎、再筛分等工序。根据筛出物料含水情况，采取不同工艺生产建材产品。该工艺适用于北方铁矿山排土场粘细物料制备砂石骨料，采用专用筛分、选别设备技术以及多单元智能控制系统，实现质量、效率提升和能耗降低。	关键技术： 干湿联合加工工艺；专用筛分、选别设备技术；全流程多单元智能控制系统。 主要技术指标： 原料利用率 100%；生产线能耗 $\leq 5.03\text{kW}\cdot\text{h}/\text{吨产品}$ ；水消耗 ≤ 0.11 吨/吨产品。	铁尾矿制备砂石骨料
38	高效环保型集约式塔楼制砂成套装备	该设备将石屑、瓜米石等尾料作为原料，经多次冲击破碎、研磨整形、级配调节、再次磋磨整形、加湿除尘等工艺，产出机制砂。产品可达到 GB/T14684 中 II 类机制砂的要求。	关键技术： 塔楼制砂设备磋磨整形优化技术。 主要技术指标： 占地面积下降 80%，粉尘排放 $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ，物料磋磨整形效果提升 10%，整体节能 7% 以上，所制成品砂相比于普通砂能在每立方 C30 混凝土浇筑中节约水泥 40-50kg。	尾矿制机制砂

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
39	有机固废高温裂解气化利用处理技术	有机固体废弃物经过高温裂解气化反应，其中的有机质大分子态裂变为可燃气体进行充分燃烧；一部分过热蒸汽与洁净空气进行换热供湿垃圾干化，一部分返回气化炉控温，剩余部分可出售或发电；固废物料中无机物以惰性残渣形式排出，作为建筑垃圾单元免烧砖的原料。	关键技术： 多段式洁净高效裂解气化技术。 主要技术指标： 残渣热灼减率<3%；垃圾减容率>90%；二噁英类物质排放浓度<0.1ng-TEQ /Nm ³ ，飞灰产生量<0.5%。	有机固废裂解气化和建筑材料制造
40	发酵工业副产石膏资源化综合利用成套技术及装备	该技术装备在发酵石膏的形成过程中，对二水石膏的成核数量、晶体形貌进行调节和控制，最终获得有机物含量低、颗粒大、形貌佳的二水石膏。以该石膏为原料，通过反应釜、固液分离机、煅烧设备、闪蒸干燥等设备生产出高性能的石膏胶凝材料。	关键技术： 有机物含量低、颗粒大、形貌佳的二水石膏成核数量、晶体形貌调控及制备技术；高性能石膏胶凝材料制备技术。 主要技术指标： 高效原料预处理：常温、常压、臭氧浓度0.2-2 mg/L； 一次调浆水去母车间综合利用；二次调浆水循环利用6-8次后去母车间进行综合利用； α型高强石膏：2小时抗折强度大于7.0MPa，干抗压强度大于59MPa。性能指标达到JC/T 2038-2010中α50等级； β石膏粉：初凝19min，终凝26min，2h抗折3.5MPa，性能指标达到GB/T 9776-2008中3.0等级	副产石膏综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
41	基于含铝固废矿渣的环保型高强度低密度页岩气用压裂陶粒支撑剂及制备技术	该技术主要是对铝镁深加工后端产生的泥饼、废渣等固体废弃物无害化处理。针对铝镁深加工高铝废渣对陶粒压裂支撑剂的烧结特性、物相组成、性能指标的影响机理，形成以铝镁深加工固废为主要原料的高强低密陶粒压裂支撑剂绿色制造关键技术，可实现含铝固废矿渣循环利用，解决压裂陶粒高强低密技术问题。	关键技术： 多组分矿化剂低温烧制技术；莫来石晶须增韧技术；表面助烧结技术。 主要技术指标： 产品的烧成温度由 1380°C-1410°C降低到 1280°C-1350°C，节约能源 10%左右；产品体积密度 1.35g/cm ³ ，视密度 2.72g/cm ³ ，69MPa 闭合压力下破碎率 4.2%，优于标准要求 50%以上；年综合利用固废矿渣约 40000 吨，原材料成本降低 20%；减排烟气量 221.93 万 Nm ³ 以上。	含铝矿渣制陶粒
42	蒸压加气混凝土板材绿色制备工艺技术及数字化成套装备	该成套装备可利用含硅质大宗工业固废生产蒸压加气混凝土板材。主要工艺流程包括粉磨、制浆、配料计量、搅拌浇注等，成品合格率≥98%。	关键技术： 利用含硅质大宗工业固废生产蒸压加气混凝土板材的系统集成数字化生产技术。 主要技术指标： 生产周期 4-5min/模；成品合格率：≥98%；切割精度：长±2mm，宽±1mm，高±1mm；生产能力 20-30 万 m ³ /年。	工业固废制建材
43	带余热烘干系统的 100%电石渣替代石灰石新型干法生产线	该技术通过在线余热烘干系统处理电石渣，处理后的电石渣可替代石灰石生产熟料。生产过程充分利用熟料煅烧系统的余热烘干，可实现节能降耗，熟料性能均可达到或优于行业标准要求。	关键技术： 余热在线烘干电石渣技术；二次配料技术。 主要技术指标： 电石渣可 100%替代石灰石生产熟料，可以节约矿产资源，减少电石渣污染。利用电石渣每生产 1 吨熟料，可以减排 0.57 吨 CO ₂ 。	电石渣替代石灰石生产熟料

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
44	水泥窑协同处置飞灰技术和成套装备	飞灰经漂洗分离获得水洗液和水洗飞灰，水洗液经水质净化和蒸发结晶处理后，制成工业盐；水洗飞灰经高温窑炉煅烧后，飞灰中的重金属固化于熟料晶格中，二噁英分解，实现飞灰无害化处置和资源化利用。	关键技术： 多级逆流漂洗和水洗液净化技术。 主要技术指标： 成套技术装备满足水泥窑协同处置飞灰成套装备技术要求 JC/T 2591-2021 的要求；三废排放指标：废水零排放、废渣 100%资源化利用，废气达标排放。	水泥窑协同处置飞灰
45	钢铁企业含锌固废全量回收装备技术	该技术适用于钢铁企业含锌固废的处置，可实现次氧化锌的高效回收和含铁物料循环利用。原料预混处理后，通过回转窑进行脱锌处置，窑头产出脱锌后的含铁物料。	关键技术： 低能耗高效率回转窑工艺技术；次氧化锌和含铁物料高效回收技术；含锌固废处置超低排放集成技术。 主要技术指标： 脱锌率达到 90%以上，含铁物料 TFe 达到 60%以上，无二次固废污染。	钢铁含锌固废回收和循环利用
46	水泥窑炉专门处置含有机污染物土壤的成套技术装备	该技术装备是基于传统水泥回转窑开发的热脱附专用窑，对分解炉等进行改进，增加了急冷装置和活性炭吸附装置，可实现工业含氰、多环芳烃等有机污染土的无害化、规模化处置。日处置能力 2000t 以上。	关键技术： 烟气净化“二燃室”分解炉设计；油煤混烧技术装备；分解炉独立点火技术装备；烟气急冷关键技术装备；水泥原料实现干法脱硫技术。 主要技术指标： 热脱附污染土温度 $\geq 650^{\circ}\text{C}$ ；热脱附停留时间 20-35min；脱附效率 $> 99.99\%$ ；二燃室烟气焚烧温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ；停留时间 $\geq 3\text{s}$ ；有机物焚毁去除率 $\geq 99.99\%$ 。	有机污染土壤无害化处置

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
47	磷石膏无害化处理关键技术	该工艺技术包含磷石膏浮选和净化处理等工序。浮选可有效脱除磷石膏中的有机质与含硅杂质，得到纯度较高的磷石膏，水洗后送至改性槽，将磷石膏中水溶性的磷、氟化物固化，得到无害化石膏。经无害化处理后的石膏既可用于生产建材、路基材料等产品，实现资源化利用，也可达到相应环保标准安全堆存。	关键技术： 浮选工艺技术；净化工艺技术。 主要技术指标： 改性料浆送至改性浆过滤机进行脱水，改性磷石膏滤饼的含水率低于 25%，浸出液中 $P \leq 0.5 \text{ mg/L}$ 、 $F \leq 10 \text{ mg/L}$ 、pH 值 6-9。磷石膏经过“洗涤→固化→堆存”无害化改性后，其浸出液的 P、F、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度及 pH 值均符合 GB 8978-1996 污水综合排放标准中的一级标准。	磷石膏无害化处置
48	赤泥分质降碱工艺技术	该技术利用拜耳法氧化铝生产工艺产生赤泥粒度与成分不均匀的原理，对赤泥进行分质，获得低碱高铁赤泥。低碱高铁赤泥可作为铁剂原料应用于建材、钢铁及净水剂等行业。实现铝土矿资源的梯级利用。	关键技术： 拜耳法氧化铝生产分质用矿技术、拜耳法赤泥分质脱碱技术。 主要技术指标： 分质脱碱后赤泥水分小于 25%；烘干后固相钠钾含量（以 Na_2O 计； K_2O 根据分子量向 Na_2O 折算）小于 3.0%， $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 55\%$ 。	赤泥分质利用
49	烧结法配置工艺技术	该技术用拜耳法氧化铝生产工艺所产生的高铁赤泥，替代烧结法氧化铝生产工艺需要用到的高铁铝土矿。根据配入的高铁赤泥成分，调整烧结法氧化铝生产工艺中生料浆配方，以满足烧结法工艺的配料需求，可解决目前高铁铝土矿矿石资源获取成本高的问题。	关键技术： 烧结法生料浆配制技术、熟料烧成技术。 主要技术指标： 熟料烧成温度相较传统配料工艺温差小于 20°C ，拜耳法高铁赤泥中铝元素回收率大于 50%，钠元素回收率大于 60%。	高铁赤泥综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
50	磷石膏高效净化处理技术应用	该技术通过将石膏料浆分级和真空过滤洗涤，得到品质优良的净化石膏。旋流分级机利用强力的离心力来实现混合物在高速旋转下的分离，真空带式过滤系统以真空负压为推动力实现固液分离。经旋流分级及净化处理后的磷石膏 SiO_2 含量降低， CaSO_4 含量提高，白度提升了 10.59%，所生产的建筑石膏 $\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 含量 >70%，初凝时间延长 (>4.5min)，抗折强度大于 3MPa，产品质量达到建筑石膏最高级 P3.0 级。	关键技术： 磷石膏旋流分级技术、磷石膏真空过滤洗涤净化技术。 主要技术指标： 净化磷石膏：游离水 $\leq 25\%$ ；水溶性 $\text{P}_2\text{O}_5 \leq 0.1\%$ ；水溶性 F $\leq 0.1\%$ ；PH 值 ≥ 5.0 。	磷石膏分级及净化
（三）再生资源回收利用				
1	钢筋撕碎线	该设备主要用于废旧钢筋的破碎，由撕碎主机、入料输送设备、出料输送设备、动力驱动系统、智能控制系统等组成，可生产钢筋颗粒。	关键技术： 定尺寸剪切技术；特殊刀片技术；液力缓冲技术。 主要技术指标： 出料合格率达 98% 以上；刀片使用寿命达 1000 小时以上；产能可达 3-30 吨/小时。	废钢筋破碎
2	不锈钢短流程炼钢固废资源化综合利用	该技术利用了工业生产过程中的氧化铁皮、除尘灰、污泥等固废，通过烘干、除尘灰消解、配料、输送、压球、球团烘干等设备制成球团。球团作为炼钢原料加入熔炼炉，利用镍铬合金中的碳和硅对球团中金属氧化物还原再生，生成镍、铬和铁等有价含镍铬铁。	关键技术： 烘干水份、消解工艺、粘合剂添加比例、冷压压力等控制、熔炼炉回用球团时的还原技术。 主要技术指标： 球团水分控制在 1% 以下，球团抗压强度控制 $1000\text{N}/\text{cm}^2$ 以上。	废钢铁综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
3	利用炼油废催化剂制备聚合硫酸铁铝关键技术及产业化	本技术利用炼油废催化剂以及工业废酸生产聚合硫酸铁铝。将聚合硫酸铁铝的催化制备时长由 10 个小时以上缩短至 1 小时以内，实现快速、高效制备聚合硫酸铁铝环保絮凝剂。	关键技术： 酸解螯合技术。 主要技术指标： 特殊危废的分解利用率达到 95%。	炼油废催化剂及工业废酸综合利用
4	废旧塑料的清洁增值再生技术开发及在 5G、汽车领域的应用示范	该技术是通过优化塑料再生料与新料、增韧剂、无机填料以及关键助剂等的组分配比，制造低碳、低成本、高值化再生塑料，产品可在汽车、5G 通讯等领域应用。	关键技术： 精细分选技术；表面化学改性；原位接枝增粘；组分配方优化。 主要技术指标： 分拣精度达到 99.5%，精确度提高了 10%以上；节材率提高 5%以上；再生塑料颗粒熔脂、拉伸、冲击、灰分等物性指标提升 15%以上；新鲜水的使用率可降低 25%以上。	废塑料再生利用
5	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	通过热解化学法对退役光伏组件进行处理，实现退役光伏组件背板剥离、电池片与玻璃面板拆解以及硅片中稀有金属的提取再利用。通过高负压吸附及温度场控制协同作用，实现组件背板材料的低损剥离；通过气氛控制、热场匀流热解技术，实现电池片与玻璃面板的高效低损拆解；通过选择性浸提、沉淀、萃取技术实现硅银铜等高价材料的提取。	关键技术： 气氛控制和热场匀流热解的组件低成本绿色低损拆解技术；选择性浸提、沉淀、萃取等的构成材料高效环保分离技术。 主要技术指标： 化学法回收示范线产能≥12MW/年，质量回收率≥92%，银/硅/铜回收率银≥95%，硅≥95%，铜≥98%。	废旧光伏组件综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
6	退役风电叶片及热固性材料高效处理智能装备及产业化应用技术	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。	关键技术： 移动式装备功能集成技术；专业化切割工艺技术；系统一体化智能控制技术；高效除尘技术；防爆安全技术。 主要技术指标： 处理能力 $\geq 1\text{t/h}$ ；纤维出料尺寸（可根据筛网尺寸调节）2-10mm 可调；粉尘排放 $\leq 20\text{mg/m}^3$ 。	废旧风电叶片破碎和打包
7	晶硅光伏组件回收工艺技术及国产化设备	本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。	关键技术： 热切割分离技术；选择性分离技术；热解去 EVA 技术；自动化机械拆除技术。 主要技术指标： 完整玻璃、铝边框、接线盒、线缆回收率 100%；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%。	废旧光伏组件综合利用
8	有机固废无氧热解资源化利用技术装备	该技术通过低温无氧热解，对固废中的有机物进行脱附裂解。有机固废通过密封进料系统、热解系统、油气收集系统、密封出渣系统、烟气净化系统无害化处理后，产出热解气、热解油、热解碳渣等衍生能源产品。实现固废残余有机含量 $\leq 1\%$ 、且每吨有机固废可提供约 $1.2 \times 10^6 \text{kcal}$ 能量的效果。	关键技术： 动密封技术、防结焦技术、热载体炉内循环技术、油水分离技术等。 主要技术指标： 有机物脱除率 $\geq 99\%$ ；系统总体热效率 $\geq 75\%$ （指有效热占总供热的比重）；动密封漏风系数 $< 0.1\%$ ；废气量 $\leq 1100\text{Nm}^3/\text{h}$ ；二噁英排放浓度 0.042ngTEQ/Nm^3 。	有机固废无氧热解

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
9	生活垃圾可回收物智能分选循环利用技术	该技术将物料通过多级机械筛分、智能分选、破碎、打包等工艺，实现对不同种类可回收物的分选和打包。生产流程整合可回收物智慧分选技术、智能识别技术、多系统智能分选技术、再生利用技术等多种智能手段，配备 AI 智能分拣机器人、喷气式智能分拣机器人、脱标机、全自动液压打包机、泡沫冷压机、色选机等智能设备，最终实现高效回收。	关键技术： 混合可回收物智能分拣技术；智能识别技术；多系统智能分选技术；再生利用技术。 主要技术指标： 智能识别准确率>98%；智能分选准确率>95%；综合资源回收率>90%；混合可回收物处理量15-18t/h。	生活垃圾破碎、分选、打包
10	智能化废轮胎完全还原再利用成套技术	该技术采用 YJ-6 型高速切削热原理，将废轮胎一次还原（物理法）通过配比使用，可提高橡塑制品的曲挠性能、耐磨性能和抗撕裂性能等，可替代生胶 15-20%。	关键技术： YJ-6 型高速切削热技术；超微纤维胶绒活化复合技术；切削速度模糊控制技术。 主要技术指标： 细度≥150 目；扯断伸长率≥600%；永久变形≤12%；拉伸强度≥30MPa；替代生胶 15-20%。	废轮胎再生利用
11	液相粉碎法制取新型环保超细废轮胎橡胶粉的绿色技术	该技术在全封闭液相回路中对橡胶颗粒进行粉碎研磨，并进行固液分离脱水干燥，实现了常温产业化生产 80 目-200 目超细、超微细硫化橡胶粉，生产过程无废水、无废气、无废渣排放。	关键技术： 废轮胎超细橡胶粉再生技术；常温制备超细、超微细粘弹性橡胶粉技术。 主要技术指标： 处理废轮胎单吨生产能耗<0.071 吨标准煤，VOC<0.5mg/m ³ ，80 目产品拉伸强度>15MPa，扯断伸长率>450%。	废轮胎再生利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
12	磷酸铁锂电池拆解利用	通过对磷酸铁锂电池/极片黑粉湿法回收处理，达到将磷酸铁锂电池中的各个组分精确分离。包含定向除杂氧浸、碳酸锂合成、磷酸铁合成等工序。	关键技术： 退役磷酸铁锂电池精准分离技术；磷酸铁锂电池黑粉湿法全资源化回收技术。 主要技术指标： 电池级磷酸铁/碳酸锂回收率 95%以上，纯度均达到电池级。	退役磷酸铁锂电池回收
13	高兼容性退役电池快速无损检测与分选系统	该技术建立了一套退役动力电池状态评估方法，通过参数提取、状态预测以及快速分选等工序对电池高效配组。该系统相较于传统工艺实现提高分选效率约 5 倍以上，降低成本约 50%以上。	关键技术： 退役动力电池状态评估方法。 主要技术指标： 分选对象为仍有 70%-80%的可用容量的电动汽车退役电池，单套设备年电池分选能力约 157 万块。	退役动力电池评估和分选
14	动力锂电池再生利用前处理技术	该工艺技术可处理带有电量的退役动力电池包（Pack），对电池包进行拆解得到电池模组，将电池模组不放电直接破碎后，低温蒸发去除电解液，再将物料按照电池组分进行分类收集，除电解液外的其余物料均可以回收，剩余材料的回收率高于 90%。	关键技术： 电池模组带电破碎技术；电解液高效脱除技术；精细化分选技术；电解液无害化处理技术；工业用水循环利用技术。 主要技术指标： 处理能力 2t/h；回收率高于 90%；混合粉料中锂含量范围 2.0%-3.5%；杂质含量范围：铜 0.7%-1.0%，铝 1.2%-1.5%；铜产品的纯度>93%；外壳纯度>95%。	废旧动力锂电池拆解

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
15	废旧动力电池全流程高质利用技术与装备	该技术通过撕碎、破碎、干燥、热解、分选、焙烧、尾气全流程处理，实现“废旧单体电池到黑粉、铜、铝，黑粉焙烧湿法优先提锂”高质利用，各工序产生的废气经尾气处理系统后达标排放。	关键技术： 基于电池不同组分的多级复合处理及工艺调控技术；电池多组分回收处理装备密封及温场、流场精准控制技术；大型连续式装备高效自动化作业技术；反应过程多污染物协同清洁处理技术。 主要技术指标： 反应区间氧气含量 $\leq 0.1\%$ ，有机物去除率 $\geq 99\%$ ，黑粉、铜、铝回收率 $\geq 99\%$ ，黑粉中铜铝等杂质含量 $\leq 1\%$ ，铜中杂质含量 $\leq 1\%$ ，铝中杂质含量 $\leq 1\%$ ，炉内截面温度均匀性 $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。	废旧动力电池综合利用
16	新能源汽车动力电池单体自动化拆解及正负极材料修复技术	该工艺技术采用复配洗脱、复合智能识选一体化分离、可控折曲精准分选一体化剥离和固相修复等技术集成，分离回收动力电池中的 7 大关键组份，并修复正负极材料。修复产品可直接应用于电池制造，进而再应用于低速车、储能等新能源行业。	关键技术： 锂离子电池精细化拆解技术；高温固相材料修复技术。 主要技术指标： 锂离子电池精细化拆解材料综合回收率 95% 以上；高温固相修复技术后正极材料中含铝量：I 级小于 0.08%；II 级小于 0.15%；III 级小于 0.2%。铜箔与负极材料的 100% 分离，修复 LiFePO_4/C 放电比容量为 145.5-148mAh/g，可满足重新用于电池制造的要求。	废旧动力电池综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
17	退役锂电池全组分循环利用关键技术及装备应用	采用物理分离+湿法浸出+短程萃取+低碳烧结方法,实现了退役锂电池的定向循环;技术包括预处理、浸出、除杂、萃取、陈化合成、材料烧结等工序,通过拆-破-热-分一体化装备、选择性优先提锂、三废协同处置、超长烧结系统等先进装备与工艺,生产镍钴锰酸锂、镍钴锰氢氧化物、电池级锂盐、元明粉、再生轻质建材等产品;实现了退役锂电池资源化。	关键技术: 退役锂电池高效环保预处理技术;高盐废水汽提脱氨与元明粉再造技术;固废再生轻质建材陶粒技术;高端前驱体与正极材料低碳合成技术。 主要技术指标: 实现芯壳分离率 $\geq 99.9\%$ 、单体切割效率 $\geq 360\text{PCS/h}$ 、铜残留率 $< 1\%$;镍钴锰提取率达到 99.3% 、锂回收率可达 90% 、氨水回收率 99.9% ;循环再造镍钴锰酸锂产品首次充放电效率 $> 92\%$ 、克容量 $> 207\text{mAh/g}$,对比原矿产品降碳可达 49.25% ,固体综合利用率提升 $> 30\%$ 。	废旧动力电池综合利用
18	废铅蓄电池绿色低碳循环利用关键技术	该技术包括全自动破碎分选、无铁化熔炼、专有脱硫除尘和废塑料光电分选工序,可处理废铅蓄电池并得到板栅、铅网和铅泥等含铅原料和塑料。实现清洁生产和再生资源回收利用。	关键技术: 全密闭自动化破碎分选技术;纯氧侧吹多室熔炼炉熔炼技术;微孔覆膜高效除尘湿法脱硫技术;废塑料光电分选技术。 主要技术指标: 吨铅耗能 ≤ 98.4 千克标煤;除尘效率和二氧化硫去除率达到 99.9% 以上,排放烟气中颗粒物 $\leq 8\text{mg/m}^3$ 、 $\text{Pb} \leq 0.6\text{mg/m}^3$ 、 $\text{SO}_2 \leq 30\text{mg/m}^3$ 。	废铅蓄电池综合利用

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
19	废线路板资源化利用系统	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。	关键技术： 废线路板资源化利用系统采取了三级破碎（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。 主要技术指标： 金属粉中铜的品位≥85%；金属铜回收率≥97%；树脂粉末内含铜量≤2%。	废电路板资源化利用
（四）再制造				
1	退役低效工业电机及系统高效再制造关键技术	该技术以淘汰、老旧在用、低效工业电机为生产毛坯，对其循环价值再识别、再发掘，通过原理重构、拓扑再规划、结构再设计和永磁化延寿再制造关键技术，实现废旧资源高价值循环利用，并大幅提升电机能效水平。	关键技术： 结构再设计技术；永磁化延寿再制造关键技术。 主要技术指标： 再制造生产环节节约成本 50%、节能 60%、节材 70%，减少排放 80%以上，综合再制造率 85%。电机再制造升级后可提升系统节电率 5%-20%。	工业电机再制造
2	非晶态金属陶瓷高温耐磨材料及涂层制备	本技术通过将金属陶瓷技术、高熵合金技术及增材制造技术相结合，使(Ti,W,B,Mo)C 固溶体与高熵多元合金复合，开发出高韧性、耐高温、耐冲击的非晶态金属陶瓷高温耐磨材料及大功率等离子涂层制备技术，使现有材料抗高温磨损寿命提高到 10 倍以上。	关键技术： 等离子熔覆及激光熔覆等增材制造工艺技术；非晶态金属陶瓷高温耐磨材料及涂层制备技术。 主要技术指标： 800℃条件下，30min 高温摩擦磨损试验中磨损率不超过 $4.85 \times 10^{-7} \text{ mm}^3 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ ；600℃条件下，涂层宏观硬度≥HRC50；热轧侧导板寿命由十几小时提高到 10-15 天。	耐磨耐高温零件修复再制造

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
3	液压油缸内外壁激光增材再制造技术与设备	该技术通过内外壁增材再制造，解决传统工艺熔覆层表面耐腐蚀差、耐磨损差、材料利用率低，成本高的问题。解决外壁耐腐蚀、耐磨性差以及采用传统电镀工艺污染严重、镀层易脱落、不耐磨损、不能恢复尺寸等问题。	关键技术： 高速丝材激光熔覆设备；专用熔覆技术。 主要技术指标： 外壁激光熔覆：6kW 激光器，熔覆效率 50dm ² /h，熔覆层厚度 0.5-2.0mm 可调，熔覆层硬度≥HRC45，熔覆稀释率≤8%，熔覆层耐中性盐雾腐蚀试验 500h 无锈蚀。外壁激光熔覆设备可熔覆工件直径 Φ40-600mm，可熔覆最大长度 3800mm； 内壁激光熔覆：6kW 激光器，熔覆效率 25dm ² /h，熔覆层厚度 0.8-2.0mm 可调，熔覆层硬度 HRC25-35，熔覆稀释率≤10%，熔覆层耐中性盐雾腐蚀试验 500h 无锈蚀。内壁激光熔覆设备可熔覆工件内径 Φ180-600mm，最大熔覆深度 3800mm。	矿山机械、工程机械、石油机械、冶金机械等设备的内外壁修复
4	航空发动机和燃气轮机高温合金叶片热等静压再制造技术	该技术是在高温、高压和惰性气体保护下，对高温合金叶片产品显微缩松、裂纹等缺陷愈合和消除，提升力学性能和疲劳寿命。主要工序包含清理装载、气体充入、升温升压、保温保压、冷却出炉、检验，实现服役叶片再次装机使用的目的。	关键技术： 航空发动机和燃气轮机高温合金叶片热等静压工艺设计技术；温度场压力场精确控制技术；检验检测技术。 主要技术指标： 温度控制：室温至 2000℃；压力控制：0 至 200MPa；对高温合金叶片的显微缩松、微裂纹的消除率在 80%以上。	航空发动机、燃气轮机涡轮叶片的维修和再制造

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
5	发动机再制缸体加工中心	该技术开发了自动化加工程序，解决传统发动机再制造工艺分次定位导致产品精度不能达到原厂水平、生产效率低和一致性不好的问题。该技术包含缸体再制造加工专用程序并集成自动化探针扫描技术，在缸体一次装夹定位后，可完成对缸孔、密封面、主轴承孔、凸轮轴孔、挺柱孔、上平面、水孔、螺孔、端面等多个磨损失效部位的逐个自动化加工。	关键技术： 缸体再制造加工自动化程序集成探针扫描系统。 主要技术指标： 总功率 25kW-45kW；一人可同时操作 3 台机床，节省用工成本。	发动机缸体再制造
6	大型半导体真空腔体设备精密零部件清洗再制造工艺技术	该技术对半导体设备真空腔体零部件在生产半导体液晶面板时被污染或损坏的零部件进行回收，通过化学清洗去膜、物理清洗去膜和被损坏的零部件表面涂层再造，达到半导体设备零部件再生利用。	关键技术： 物理方法去膜技术；半导体设备零部件特殊涂层再生技术。 主要技术指标： 清洗再生循环利用次数 35 次以上；特殊涂层循环再生次数 20 次以上。	大型半导体真空腔体设备再制造
7	自动变速箱再制造高效一体化清洗、高效回转装配及输送成套技术	该技术通过一体化清洗和回转装配输送，对自动变速箱进行高效洁净清洗和高效装配输送。通过 PLC 程序控制设置，翻装台适应沿 XYZ 方向可调节，满足多人多工序分段模块化，达到节约占地面积，大幅提高清洗和装配效率。	关键技术： 超声波高温浸洗、喷淋、风切、吹烘干工艺集成程控技术；翻装台多角度调节技术；模块化装配及回转输送转换滑移技术。 主要技术指标： 清洗效率提升 30%以上；清洗洁净度提升 10%以上；节省装配占地面积 50-80%，装配输送效率提升 2-3 倍。	自动变速箱再制造

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
8	盾构机关键零部件再制造技术	采用主驱动轴承增材再制造技术，在受损的轴承滚道面上熔接同性或同质金属粉末，从而实现轴承滚道面的修复。该技术能够延长主轴承的使用寿命，避免了传统修复工艺需减少修复部位淬硬层厚度的问题。	关键技术： 盾构机主驱动轴承增材再制造技术。 主要技术指标： 修复的轴承滚道硬度 55—62HRC，精度 0.01mm，对原有轴承的材料利用率达到 90%以上。	盾构机再制造
9	再制造专用内外圆磨床	该技术通过PLC和CNC系统和智能化加工程序控制，辅以自主研发的AEM在线测量仪器，实现高精度、高效率地加工轴、孔类零件。操作者选择和设置工件参数、机床加工参数后一键启动加工流程，实现预设切削余量的精准控制，并能对机床做闭环尺寸控制，实现高效率、高精度的自动化磨削过程。	关键技术： PLC 和 CNC 系统和智能化加工程序。 主要技术指标： 加工范围：可加工孔径：30-300mm；轴类零件回转直径 1.2 米，重 5 吨；辅以 PLC、CNC 控制系统，可以加工 R 形、Sin、Cos 以及样条法定义的多种柱形表面轮廓。内外圆之间的同轴度以及内外圆与端面的垂直精度高，圆度和锥度精度 0.002mm。设备寿命 10 年以上。配用环保型切削液无污染。可根据客户需求提供包括经济型、自动型和 CNC 型多种变型产品。	轴、孔类零件的再制造
10	汽车钣金再制造整形装置	通过固定后多方式、多角度施力，实现了对汽车钣金件的再制造生产。经过受损位置受力分析后，实现多种施力方式、任意角度，施加可控的作用力，使钣金件以最小的二次受损，恢复到原始的三维立体平面，提升品质的同时，增加了再制造生产效率。	关键技术： 汽车钣金件可变尺寸固定技术；任意角度同时可控施力技术。 主要技术指标： 再制造钣金件实现 100%装车合缝；提升生产效率约 75%；再制造原材料利用率提升 30%。	汽车钣金件再制造