

“固废资源化”重点专项 2020 年度项目申报指南建议

(征求意见稿)

为贯彻党中央《关于加快推进生态文明建设的意见》精神和党的十九大关于“加强固体废弃物和垃圾处置”、“推进资源全面节约和循环利用”的部署，按照《国务院关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》（国发〔2014〕64号）要求，科技部会同有关部门、地方及相关行业组织制定了国家重点研发计划“固废资源化”重点专项实施方案。专项面向生态文明建设与保障资源安全供给的国家重大战略需求，以“减量化、资源化、无害化”为核心原则，围绕源头减量—智能分类—高效转化—清洁利用—精深加工—精准管控全技术链，研究适应我国固废特征的循环利用和污染协同控制理论体系，攻克整装成套的固废资源化利用技术，形成固废问题系统性综合解决方案与推广模式，建立系列集成示范基地，全面引领提升我国固废资源化科技支撑与保障能力，促进壮大资源循环利用产业规模，为大幅度提高我国资源利用效率，支撑生态文明建设提供科技保障。

本专项 2020 年拟部署约 24 个研究方向，国拨经费概算约 3 亿元，项目执行期到 2022 年底，是本专项的第三批指南。重点针对固废源头减量、智能分类回收、清洁增值利用、高效安全转化、智能精深拆解、精准管控决策，以及综合集成示范等内容部署相关基础研究、共性关键技术、应用示范类研究任务，

突破一批前瞻性、重大性、急迫性的核心关键技术和系统解决方案。

本专项以项目为单元组织申报，鼓励产学研用联合申报。对基础研究类项目，应充分发挥各类国家级科研基地的作用。对共性关键技术类项目，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 1:1。对典型应用示范类项目，要充分发挥地方和市场作用，强化产学研用紧密结合，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，用于典型应用示范类项目的中央财政资金不得超过该专项中央财政资金总额的 30%。项目承担单位需推动研究成果转化应用和支持专项数据共享。同一指南方向下，除特殊说明外，原则上只支持 1 项，仅在申报项目评审结果相近，技术路线明显不同时，可同时支持 2 项，并建立动态调整机制，结合过程管理开展中期评估，根据中期评估结果，再择优继续支持。所有项目均应整体申报，须覆盖全部研究内容与考核指标。除指南中有特殊说明外，每个项目下设课题数不超过 5 个，项目所含单位总数不超过 10 家。

应用示范类项目鼓励在国家可持续发展议程创新示范区、国家可持续发展实验区、国家生态文明试验区等区域开展。

本专项 2020 年项目申报指南如下：

1. 固废资源化利用基础科学问题与前瞻性技术

1.1 废旧复合膜材料回收再利用新技术

研究内容：针对新兴复合膜废弃量增速快、再利用难的问题，研究复合膜材料失效机理，研究多种改性技术协同外场强化膜材料延寿与再制造新工艺，研究再制造膜材料与废旧膜组件匹配利用技术，完成核心技术中试验证，形成废旧复合膜材料高效回收与高值再利用成套技术。

考核指标：形成 1-2 项废旧复合膜材料清洁利用新工艺，建立膜材料成分、理化性能和微结构演化模型与评估方法，退役膜元件中主体制膜聚合物再生回用率大于 70%，膜壳、隔网、支架等部件利用率大于 80%。完成百支级/年规模废旧膜组件及膜材料回收与利用核心技术中试验证；形成覆盖研究内容的技术发明专利 3 件以上。

有关说明：本方向支持前瞻性、变革性技术探索研究，为小额资助项目，项目参与单位总数不超过 3 家。

1.2 微塑料复合污染传输机理及阻断新技术

研究内容：针对微塑料污染问题，研究典型塑料制品产生微塑料的机制，揭示微塑料在气-水-土-生物介质中的传输机理、毒理效应及环境风险，开发微塑料排放源削减与过程阻断调控技术，完成核心单元中试验证，形成微塑料环境污染控制与回收成套工艺及关键装备。

考核指标：阐明 2-3 种典型塑料制品产生微塑料机制、迁

移传输机理及环境风险，开发 1-2 项微塑料源消减与风险防控技术，实现微塑料源头削减 60%以上，稳定化率大于 90%以上，回收率 50%以上。开展核心技术验证；形成覆盖研究内容的技术发明专利 3 件以上。

有关说明：本方向支持前瞻性、变革性技术探索研究，为小额资助项目，项目参与单位总数不超过 3 家。

1.3 高相似多金属固废强化分离清洁利用新技术

研究内容：针对钨钼、钒铬等高相似多金属重污染固废，研究金属-非金属多组元矿相界面解离与关键金属超常富集新原理，研究电化学场、重力场、能束场等外场强化金属分离与全量化利用新技术，研制新技术适配的过程强化装备，构建典型重污染高相似多金属固废强化分离清洁利用新流程。

考核指标：查明 1-2 类典型重污染高相似多金属固废外场强化作用机理与强化分离行为，形成高相似多金属固废强化分离清洁利用原创性新技术 1-2 项，以及适配性过程强化新装备原型 1-2 套，关键金属分离效率较传统技术提高 50%以上，相似金属杂质含量低于 1%，资源综合利用率达到 100%。完成核心技术中试验证；形成覆盖研究内容的技术发明专利 3 件以上。

有关说明：本方向支持前瞻性、变革性技术探索研究，为小额资助项目，项目参与单位总数不超过 3 家。

2. 重污染固废源头减量与生态链接技术

2.1 石墨资源高效开采与清洁利用关键技术及装备

研究内容：针对我国大型石墨矿特色资源，研究开采、利用过程固废产排特性、环境属性及协同利用机制，研发石墨资源及伴生硫高效回收技术与装备，研究高纯石墨清洁制备技术，研究加工利用全产业链固废协同处置与资源化利用技术，构建特色石墨资源开采利用与深加工清洁生产技术体系，开展工程示范。

考核指标：形成 2-4 套特色石墨资源开采利用与深加工清洁生产成套技术及装备；石墨回收率大于 90%，伴生硫回收率大于 40%，回收过程固废源头减排大于 20%；高端石墨材料制备过程固废源头减排大于 30%，资源综合利用率大于 50%，实现废水近零排放，高纯石墨产品纯度大于 99.99%。建成 1 万吨/年或以上规模示范工程 1-2 项，实现经济稳定运行，生产成本相比现有生产工艺降低 10%以上。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

有关说明：企业牵头，产学研联合申报。

2.2 多金属页岩资源固废源头减量与高效利用关键技术

研究内容：针对战略性多金属（钒、镍、钼）页岩行业固废排放量巨大问题，研究战略性多金属页岩利用过程有价组分赋存、转化及迁移规律，研究战略性页岩资源多种有价金属高

效提取及固废源头减量技术，研究镉等典型污染物全过程深度控制技术，研究富金属溶液有价元素高效分离纯化富集技术，研究页岩尾渣大规模资源化利用技术，构建战略性多金属页岩行业固废源头减量与高效清洁利用优化集成技术及装备，开展工程示范。

考核指标：形成 1-2 套多金属页岩固废源头减量高效利用成套技术及装备；钒、镍、钼等有价金属收得率大于 80%，固废源头减量 90%以上，镉等典型污染物源头去除率大于 98%，富金属溶液钒、镍、钼等富集率大于 10 倍，页岩尾渣资源化利用率大于 95%。建成 1 万吨/年或以上规模示范工程 1-2 项，实现经济稳定运行，生产成本不高于现有国内市场主流生产工艺。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

2.3 特色硼矿资源清洁利用与生态链接关键技术

研究内容：针对我国特色硼矿资源开发过程中综合利用率低问题，研究硼、铁、镁、铀多种有价资源赋存状态及协同利用规律，研究硼矿高效开采及尾矿源头减量技术，研究硼、铁、镁、铀多种组份梯级分离技术与专属装备，研究硼泥资源化利用生态链接技术，开展工程示范。

考核指标：形成 2-4 套适合区域生态环境保护要求的特色硼矿资源多组分高效清洁利用技术及装备；硼矿回采率大于

97%，贫化率低于 5%，尾矿源头减量 70%以上；铁精粉硼铁分离硼回收率大于 90%、铁回收率大于 95%，硼精矿硼、镁回收率大于 80%；全过程硼、铁、镁、铀综合回收率分别达到 70%、85%、40%、45%以上；硼泥资源化率大于 90%；全过程固体废物实现无害化处置。建成万吨级/年或以上规模工程示范 1-2 项，实现经济稳定运行，综合效益提升 20%以上。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

3. 智能化回收与分类技术

3.1 垃圾原位全自动密闭型分类投放与清洁收集技术及装备

研究内容：针对大型楼宇、商务区、医院等垃圾分类收运难、环境卫生要求高等问题，研究垃圾原位全自动密闭型不同种类垃圾分类投放与气力收集系统量化模型，研制智能化密闭型垃圾计量及溯源技术，研究垃圾密闭气力输送技术和装备，研究垃圾气力输送系统臭气收集与除臭技术，开发系统监测、运行控制和数据远程传输的智能化监控软件及监管平台，开展垃圾分类投送与密闭气力输运系统技术集成与示范。

考核指标：形成垃圾全自动密闭型分类投放与清洁收集技术系统关键参数指标量化模型 1 套；开发密闭型垃圾全自动投放口计量与溯源技术与装备，投放计量和追溯准确率大于 98%；

开发垃圾密闭型气力输送管网及动力设备，系统传输压力真空度小于 $-40\text{kPa}\pm 5\text{kPa}$ ，传输速度 $18\text{m/s}\sim 22\text{m/s}$ ；开发系统产生的臭气生物化学处理净化技术，臭气排放符合国家标准（GB14554-93）；开发系统监测、运行控制和数据远程传输的智能化监控软件及监管平台 1 套。建设不少于 2 个垃圾全自动密闭气力输送系统技术和装备集成示范工程，全自动密闭气力输送系统服务半径不小于 2.0km，每平方米建筑面积增加建设成本低于 100 元，吨垃圾收集成本低于 80 元。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

有关说明：企业牵头，产学研联合申报。

3.2 废弃混凝土砂粉多路径应用关键技术

研究内容：针对废弃混凝土破碎分选产生的砂粉活性低、级配差等问题，研究废弃砂粉物理-化学联合增溶活化及定向级配优化技术，研究再生微粉/砂/砂粉原料配比协同界面调控制备多品种再生砂浆及混凝土制品技术，研究再生砂浆与混凝土工程设计、施工集成技术及其综合评价方法，开展工程示范。

考核指标：形成 1-2 套废弃混凝土制备再生砂浆及再生混凝土成套技术与装备；再生微粉 28 天活性指数大于 75%；再生砂浆中再生砂占细骨料不低于 75%，抗压强度不小于 15MPa，保水率大于 88%；再生混凝土中再生砂占细骨料不低

于 30%，抗压强度不小于 40MPa，需水量比小于 105%；构建废弃混凝土再生利用综合评价方法 2-3 套。完成再生砂浆及再生混凝土行业典型示范工程 2-3 项，单项示范工程规模不小于 30 万吨/年，成本降低 20%。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

3.3 道路固废精细分选与全再生利用成套技术及装备

研究内容：针对沥青路面材料性能劣化、循环利用率低等问题，研究沥青道路固废化学剥离、物理分选和材料化改性技术，研究沥青道路固废再生骨料化技术，研究废弃改性沥青混凝土的再生修复和多次循环再生性能提升技术，研究大比例热再生和全组分冷再生应用技术，形成沥青道路固废剥离-分选-再生修复-再利用成套技术与装备，开展工程示范。

考核指标：形成 2-3 套不同沥青道路固废类型的剥离-分选-再生修复-再利用成套技术；就地再生处理速度大于 800 吨/小时；形成 1-2 项沥青道路固废再生骨料化的性能提升新工艺，再生骨料粘附性 5 级且压碎值小于 26%；形成 1-2 项涵盖 4 类以上改性沥青混凝土的再生修复技术，实现固废原位混溶改性并恢复疲劳寿命 80% 以上；实现厂拌热再生固废添加率大于 50%、基层就地冷再生新材料添加率小于 12%。完成沥青道路固废再生利用示范工程 5 公里以上，道路固废综合利用率大于 95%，道路材

料成本降低20%以上。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利10件以上，形成相关国家、行业或团体标准及规范征求意见稿3项以上），建立商业化推广创新模式。

4. 有机固废高效转化利用及安全处置

4.1 城市厨余垃圾分类系统与资源化处理利用技术

研究内容：针对我国全面实行垃圾分类工作后厨余垃圾产生量大、组分复杂、含水率高、减量化率低等问题，研究厨余垃圾分类收集处理处置全链条系统设计、规划、管理模式及对垃圾后续处理过程的物质流能量流影响，研究集中式厨余垃圾高效分质分项除杂技术和装备，研究集中式厨余垃圾分相后有机组分的精细化处理及资源化利用技术，研究集中式厨余垃圾分相后无机及有毒有害物质的无害化处理技术，选择典型城市开展技术与装备集成及工程示范。

考核指标：形成 3-4 种不同城市地域特点的厨余垃圾分类收集全链条关键技术设计、规划、管理及资源化技术利用模式，开发厨余分类模式对垃圾处理全过程的能量流物质流代谢模型 2-3 个；形成 2-3 项集中式厨余垃圾无机质、有机质和有害物质等高效分离和除杂技术及装备，核心分拣和破碎处理能力大于 50t/h，无机类物质分离率大于 90%，塑料类杂质分拣率大于 95%，纤维类物质分离率大于 85%，易腐性有机固渣得率高于 95%；形成 2-3 项固、液精细化高效资源化利用关键技术及

装备，有机组分转化率达到 90%；形成 2-3 项无机及有毒有害物质的无害化处理技术，无害化率达 100%。选择典型城市和区域建成厨余垃圾资源化处理示范工程 2-3 项，厨余垃圾处理总规模不小于 10 万吨/年，实现经济稳定运行，厨余垃圾综合利用率达到 90%以上，厨余有机易腐组分零焚烧、零填埋。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成相关国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

4.2 轻工重点行业有机废渣减量化与资源化技术及装备

研究内容：研究不同有机废物组分结构对资源化的影响机制，阐明组分结构、转化工艺与目标产物之间的定量关系，研究高浓高黏稠有机废物深度快速脱水干化技术与装备，研究高含硫、含氮、含盐有机絮液生物菌群强化与高效生物能源转化技术，研究生物转化残余物有害组分解除与肥料安全化技术，开展工程示范。

考核指标：形成 2-3 种轻工发酵行业有机废物转化工艺和目标产物的量化模型；开发高浓高黏稠有机废物深度快速脱水干化技术和装备，装备处理量不小于 650 吨/天，含水率小于 3%，不添加化学药剂，脱水周期时间不大于 30 分钟，吨产品能耗低于 145kg 标煤（以废渣浓度为 50%计算），蛋白质损失率小于 1%，无含 VOCs 的脱水烟气产生；针对高含硫、高含氮、高含盐有机絮液生物转化，分别培养分离出耐硫、耐氨氮、

耐盐的 3 株功能性微生物，发酵物料浓度（TS）大于 12%、产气率大于 400m³/tVS；生物转化残余物中有害硫盐物质去除率大于 90%，符合肥料安全的农业行业标准（NY525-2012）。建成深度快速脱水干化示范工程 1 项，年处理能力不小于 20 万吨；建成有机絮液生物消化与残渣利用示范工程 2 项，单项示范工程年处理能力不小于 10 万吨；实现经济稳定运行。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成相关国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

4.3 固体废物工业窑炉协同处置关键技术及装备

研究内容：研究典型高温工业窑炉协同处置城市固体废物过程中重金属、氯、硫、二噁英、多环芳烃等典型污染物迁移转化及生成降解机制，研究城市固体废物添加对工业窑炉的热工制度及窑炉腐蚀性的影响评估方法，开发典型高温工业窑炉协同处置固体废物的预处理、配伍优化及靶向投加关键技术，开展工程示范，提出我国协同处置行业技术路线图、技术政策、指南、标准规范。

考核指标：形成 2-3 种不同高温工业窑炉协同处置城市固体废物的典型有毒有害物质的迁移转化及降解机制量化分析模型；形成 2-3 种不同高温工业窑炉协同处置城市固体废物的热工制度量化评估方法；开发 2-3 项冶炼炉、锅炉、水煤浆气化炉协同处理城市固体废物的成套技术和装备，城市固体废物

协同处置热能利用率达到90%以上,资源利用率达到95%以上,年稳定运行时间达到7200小时以上,残渣热灼减率小于5%,烟气排放符合欧盟现行垃圾焚烧污染物排放标准(DIRECTIVE 2010)。建成2-3项不同高温工业窑炉协同处理处置城市固废的示范工程,每项处置规模不小于100吨/天,平均吨处理成本低于100元,实现经济稳定运行。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系(申请技术发明专利10件以上,形成相关国家、行业或团体标准及规范征求意见稿8项以上),建立商业化推广创新模式。

有关说明:企业牵头,产学研联合申报。

4.4 垃圾焚烧设施协同处置高热值工业有机固废技术

研究内容:针对垃圾焚烧设施源头分类减量、组成改变及工业有机固废协同处置迫切需求,研究典型城市源、工业源有机固废协同热转化过程传热传质交互反应规律,研究适应区块化飞温等典型传热传质特征的有机固废焚烧装备定向优化技术,研究多源高热值工业有机固废配伍调质耦合源头控污技术,研究多方式混烧系统高效换热与炉排自适应技术,研究协同处置环境管控要求、效益测评方法与运维模式,开展工程示范。

考核指标:形成1-2项生活垃圾焚烧设施协同处置工业有机固废成套技术与装备;高热值工业有机固废掺混生活垃圾焚烧发电比例不低于20%,炉排热值适应性介于1750Kcal

-3250Kcal；热解气化效率大于 85%，换热效率不低于 80%；残渣浸出毒性和烟气排放符合欧盟现行垃圾焚烧污染物排放标准（DIRECTIVE 2010）。建成生活垃圾焚烧设施协同处置多源高热值工业有机固废工程示范 1-2 项，单项工程示范协同处置高热值工业有机固废不少于 3 种，处置规模不小于 100 吨/天，其中单一类别不小于 30 吨/天，实现经济稳定运行。形成覆盖研究内容的技术专利和标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

5. 无机固废清洁增值利用技术

5.1 铼锗铟稀散金属清洁提取与高端利用关键技术

研究内容：针对铼锗铟战略稀散金属清洁提取与高值利用需求，研究铜钼冶炼过程铼与其它元素梯级选择性高效分离及航空发动机用高纯铼粒高温纯化制备技术，研究锗渣/锗富集物中锗高效解离、特种介质挥发提纯及产品深加工技术，研究重金属冶炼渣铟高温富集、湿法分离及高附加值产品制备关键技术，开发高温纯化、均质产品制取等适配性核心装备，开展工程示范。

考核指标：形成 2-3 项铼锗铟典型战略稀散金属清洁提取与高端利用成套技术；含铼锗铟固废处置率 100%，减排率达到 90%，铼、锗、铟回收率分别达到 70%、65%和 75%以上；

制备出 2-3 种高端化利用产品，金属铈粒纯度达到 4N，二氧化锆纯度达到 6N，铟靶材满足国标 GB/T 20510-2017 质量标准。建成千吨级/年处置能力的铈锆铟固废清洁提取工程示范 2-3 项，实现经济稳定运行。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

有关说明：企业牵头，产学研联合申报。

5.2 高铝煤基固废铝硅协同利用制备高值材料关键技术

研究内容：针对高铝煤基固废高值化利用需求，研究煤矸石、气化渣等典型高铝煤基固废元素赋存形态-界面结构特性对其高端化利用的影响规律，研究高铝煤矸石快速脱碳与均化重构制备铝硅矿物复合材料技术及大型化节能装备，研究高铝气化渣界面温和活化解构-铝硅分质利用制备高端铝基、硅基精细化学品技术及成套化装备，构建典型高铝煤基固废全量化、高值化利用技术与产品体系，开展工程示范。

考核指标：形成 2-3 套大宗高铝煤基固废铝硅协同利用制备高值材料成套化技术与装备；高铝煤矸石制备铝硅复合矿物材料体积密度大于 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$ ，显气孔率小于 4%，煤矸石掺量大于 90%，建成单条线生产规模大于 10 万吨/年工程示范 1 项，吨产品能耗相比现有工艺降低 20%以上，生产成本降低 30%以上，实现经济稳定运行；高铝气化渣铝硅活化分离温度小于 90°C ，硅铝分离效率大于 85%，硅基精细化学品铝、铁、钙杂

质含量总和小于 500ppm，达到行业高端产品标准，生产成本降低 20%以上，完成千吨级/年中试验证，形成成套化撬装装备。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

6. 废旧复合材料精细回收与精深利用

6.1 废旧树脂基纤维复合材料高效回收与再用关键技术

研究内容：针对碳纤维、玻璃纤维增强树脂基复合材料废旧量大、不能自然降解及高值再利用难的问题，研发高效环保裂解回收成套技术和装备，研究再生碳纤维增强热固性和热塑性复合材料制备技术，研究再生玻璃纤维增强水泥基复合材料制备技术，开展工程示范。

考核指标：形成非连续和连续操作树脂基纤维复合材料回收成套技术及装备各 1 套；树脂裂解率大于 99.5%，纤维回收率大于 99%，自热循环能耗供给率高于 95%，无废水和有害固废排放，尾气排放低于欧盟现行垃圾焚烧污染物排放标准（DIRECTIVE 2010），再生纤维机械强度保持率 92%以上；再生碳纤维增强热固性树脂基复合材料预浸料拉伸强度大于 400MPa，拉伸模量大于 40GPa；再生碳纤维改性热塑性复合材料电阻率小于 $10^3\Omega\cdot\text{cm}$ ，与基体相比拉伸强度提高 1 倍以上，磨损值提高 10 倍以上；再生玻璃纤维增强水泥基复合材料减

裂率大于 80%，与基体相比抗压强度提高 10%以上。建成处理量不小于 2000 吨/年规模复合材料回收再利用示范工程 1 项，实现再生复合材料在航空航天、交通运输和绿色建材领域的应用。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

6.2 废旧纺织品清洁再生与高值利用技术

研究内容：针对废旧纺织品产生量大、清洁高值利用比例低等难题，研究废旧棉纺织品高效脱色制粕与纺丝技术；研究废旧涤纶纺织品（PET）高效解聚与深度纯化技术，开发绿色聚酯催化剂及纤维级再生聚酯切片制备技术；开发全过程高混杂固废能源化处理技术及装备；开展工程示范。

考核指标：分别形成废旧棉纺织品和涤纶纺织品清洁再生与高值利用技术各 1 套。废旧棉纺织品制得浆粕的聚合度 500-600，铁含量小于 15ppm，甲种纤维素含量大于 95%；纺丝纤维的纤度 1.33-1.67dtex，干态断裂强度大于 3.2cN/dtex、断裂伸长率 10-15%。PET 解聚率大于 99%，单体回收率大于 90%，纯化产品杂质含量小于 0.1%；聚酯催化剂不使用锑等重金属，催化活性金属占再生聚酯切片质量分数小于 6ppm；纤维级再生聚酯切片满足 FZ/T 51013-2016 要求，色度 b 值小于 8.0（GB/T 14190-2008）。高混杂固废处理装备具有自热回用和热平衡自动调节功能，有机物热解率大于 99%，烟气处理后二噁

英排放浓度小于 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ 。建成废旧棉纺织品、涤纶纺织品清洁再生与高值利用示范工程各 1 项，处理规模分别达到千吨级/年、万吨级/年，实现经济稳定运行。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

6.3 铜铝废材深度净化与高端再造技术

研究内容：针对电子信息、航天航空等领域产生铜铝废材的深度净化难题，开发废铜材表面涂层高效脱除装备，研究电子级铜材再造技术；研究废铝材高效除杂与可控净化技术，研究废铝熔炼过程合金成分在线检测与动态优化技术，研究再造铝合金凝固及深加工过程微量杂质作用行为与精细调控技术；开展工程示范。

考核指标：形成废铜材深度净化与高端再造成套技术，其中：开发废铜材表面涂层无氧脱除装备 1 套，具有连续化生产和全过程智能调控功能；废铜材表面脱除环节铜的回收率大于 99%，烟气净化后 VOCs 排放浓度小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ；再造环节废铜原料应全部源于表面脱除后的铜材，该环节铜的回收率大于 98.5%，再造铜材中 Cu+Ag 含量大于 99.95%，O 含量小于 0.001%。形成废铝材深度净化与高端再造成套技术，其中：开发废铝材深度净化装备 1 套，具有气体净化、介质催化、外场作用和过滤分离等复合功能；退役飞机等产生的主要品种铝合

金混杂废材除杂净化后，氢含量（液态测氢）不大于 0.1mL/100gAl，渣含量（在线测渣）不大于 2000 个/kgAl（GB/T 32186-2015）；成分优化和深加工后，其板材应达到航空航天用铝合金结构板规范（GJB 2053A-2008）对主要品种铝合金的力学性能要求。建成铜、铝废材深度净化与高端再造示范工程各 1 项，处理规模分别达到万吨级/年、千吨级/年，实现经济稳定运行。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上），建立商业化推广创新模式。

7. 系统性解决方案研发及集成示范

7.1 巢湖流域核心城市多源固废集约化处置集成示范

研究内容：针对巢湖流域城市发展迅速，环境质量要求高的特点，研究核心城市多源固废（生活垃圾、餐厨垃圾、城市污泥等）产排特性、时空分布、资源环境属性相关特征；研究城市垃圾精细分类方法及对后续处理处置的影响规律，研究垃圾智慧收运及全过程大数据管控技术，研究适合巢湖流域核心城市特征的快速稳定、分离提质、定向转化及安全处置全链条集成技术，研究与城市人口、地理、气候、生态等特性相匹配的城市多源固废集约化综合性解决方案，依托巢湖流域核心城市开展综合示范。

考核指标：形成巢湖流域核心城市多源固废资源环境属性

及处理处置特征报告 1 份（地方政府认可）；形成城市垃圾精细分类方法方案 1 套及城市垃圾分类与后续处理处置全链条量化模型 1 套（地方政府认可）；形成 1 套城市多源固废智慧收运及大数据管控平台，实现业务化运行；开发适合巢湖流域城市特点的生活垃圾、餐厨垃圾、城市污泥等集约化处置全链条成套技术及装备 2-3 套，建成集约化处置综合集成示范基地 1-2 个，依托集成示范基地集中建成工程示范 2-3 项，实现经济稳定运行，工程示范多源固废集约化处置总规模达到 2000 吨/天以上，原生垃圾实现零填埋，餐厨垃圾综合利用率大于 90%，城市污泥土地利用率大于 90%。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上）；提出适合长江中游湖泊流域特点的城市多源固废集约化处置综合性解决方案 1-2 套，在长江经济带推广应用。

7.2 长江经济带多源污泥底泥协同处置集成综合示范

研究内容：基于长江大保护沿江典型水网地区中小城市污水污泥、河道底泥、通沟污泥及工业污泥等污染严重的特性，研究长江经济带典型城市多源污泥底泥的资源环境属性及污染效应，研究生物污泥物理-生物资源转化集成技术，研究多源污泥热化学资源转化的协同耦合与全产业链集成技术，研究适合地域特点的多源污泥底泥重金属与有毒有害有机物的污染防控，研究多源污泥底泥收集-存储-处理-处置智慧化监管平台

与产业化模式，依托典型城市开展综合示范，形成系统性解决方案及可推广的商业运营模式。

考核指标：形成长江经济带多源污泥处理处置技术图谱一套，开发适合长江经济带水网地区典型中小城市特色的生物污泥高效水热调理、生物质转化与资源化处置成套技术 1 套，实现土地安全利用率不小于 90%；开发多源污泥协同热化学转化与资源化处置成套技术 1 套，实现固废建材利用率不小于 90%；形成多源污泥环境风险防控体系，典型有毒有害有机物削减率 90%以上；形成解决污泥处理处置全链条的智慧监管平台。选择不同典型城市建成多源污泥协同处置综合性示范基地 2-3 项，依托示范基地建成工程示范 2-3 项，每个示范基地多源污泥协同处置规模不少于 200 吨/天（80%含水率），吨直接处理成本低于 320 元。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上）；形成长江经济带多源污泥处理处置综合性解决方案及商业模式 1-2 套，在长江经济带推广应用。

7.3 黄河流域中原城市群典型固废协同处置集成示范

研究任务：针对黄河流域经济带中原城市群，研究有色、煤化等重点行业典型固废空间分布及对生态环境影响，研究大宗铝工业固废脱碱及多产业协同处置利用技术，研究多源有色金属固废源头分选大规模减量化及建材化利用技术，研究存量、新增钼钨尾矿梯级分离及综合回收利用技术，研究煤化工

大宗钙基固废杂质快速分离环保利用等跨行业链接技术，依托中原城市群典型城市开展集成示范，形成系统性解决方案及可推广的商业运营模式。

考核指标：建立黄河流域经济带中原城市群有色金属工业典型固废空间分布与特性数据库；形成大宗铝工业固废脱碱及协同利用技术 1-2 项，实现流程内协同利用处置率 100%；形成适用于区域内金钼钨等金属矿粗粒减量装备 1-2 套，实现源头减量 30%，建材化利用率大于 90%；形成钼钨尾矿有价矿物综合回收利用技术 1-2 项，石榴子石精矿纯度不低于 80%，萤石精矿 CaF_2 品位不低于 65%，尾矿综合减量大于 35%；形成煤化工大宗钙基固废电厂脱硫环保化利用等跨行业链接技术 1-2 项，固废基脱硫剂钙含量大于 48%，固废含量大于 98%，应用电厂机组燃煤适用范围覆盖高硫煤。针对上述不同利用技术，建成工程示范 3-5 个，单项示范工程固废协同利用规模不低于 10 万吨/年，实现经济稳定运行。依托中原城市群典型城市，建成多源大宗固废协同利用综合示范基地 1-2 个，固废协同利用综合效益提升 20%以上。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请技术发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上）；形成有色、煤化重点行业典型固废跨产业、跨区域协同处置综合解决方案 2-3 套，带动新增固废处理能力达到 150 万吨/年以上。

7.4 赣南离子型稀土资源基地固废循环利用集成示范

研究内容：针对赣州离子型稀土矿产资源综合利用基地，研究生产、利用过程多源稀土基固废资源环境特性、物质迁移规律及再生稀土替代效应，研究替代浸矿剂与选冶残渣源头减量技术，研究钕铁硼生产废料、稀土熔盐渣等典型多源稀土基固废无酸介质协同提取与稀土产品高值再生技术，研究全过程水-土-固污染综合控制等成套技术及装备，开展离子型稀土固废二次资源循环利用综合解决方案研究与集成示范。

考核指标：构建面向赣州离子型稀土矿产资源综合利用基地的典型稀土基固废资源环境属性综合评价方法；形成 2-3 套多源稀土基固废源头减量、污染控制、循环利用成套技术与装备，涵盖选冶残渣、钕铁硼生产废料、稀土熔盐渣等代表性固废种类，重污染固废源头减量 90%以上，放射性元素实现 100%安全有效处置，固废中稀土元素回收率大于 95%，伴生有价值组分综合回收率大于 80%，尾渣资源化利用率大于 95%。针对不同固废类型成套技术，集中建成工程示范 2-3 项，形成综合性集成示范基地 1-2 个，年消纳固废总量大于 2 万吨，实现经济稳定运行，集成示范基地固废综合利用率达到 80%以上，综合效益提升 30%以上。形成涵盖研究内容的技术专利与标准体系（申请发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上）；面向大型离子型稀土矿产资源综合利用基地，提出多源稀土基固废清洁循环利用综合性解决方案及商业化运行模式，实现推广应用，带动固废处理能力达到 5 万

吨/年以上。

7.5 粤港澳大湾区特大城市资源循环利用基地集成示范

研究内容：针对粤港澳大湾区重要节点型特大城市，以电子信息行业工业危废、特色消费产业市政固废园区化集中处置为重点，研究典型工业危废、市政固废时空分布特征、物质代谢规律、资源环境属性及适应城市产业特征的专业化精准分类制度，研究餐厨垃圾等生活源市政固废能质耦合-链接处理技术，研究移动终端涂装、环保吸附净化等过程无机类危废碳热还原-金属富集协同技术，研究机电装备减摩、电子刻蚀基材加工等过程有机类危废分质蒸馏-定向解聚耦合技术，研究多源工业危废/市政固废园区化集中处置全过程监测和大数据管控技术，面向粤港澳大湾区重要节点型特大城市，依托国家资源循环利用基地，开展园区化协同处置集成示范，形成系统性解决方案及可推广的商业运营模式。

考核指标：选择粤港澳大湾区先进制造业产业集群高度集中的代表性节点型特大城市，构建典型工业危险、典型市政固废高分辨污染源排放清单与资源环境属性图谱，空间分辨率达到 $1\text{km} \times 1\text{km}$ ，覆盖 5 类以上典型工业危险，2 类以上典型市政固废，提出先进分类制度。形成 2-4 套适应于粤港澳大湾区产业特征的多源工业危废、典型市政固废协同处置与资源化利用成套技术及装备；其中：典型市政固废覆盖餐厨垃圾等 1-2 类，餐厨垃圾干基利用率大于 95%；无机类工业危废协同处置

类别不低于 3 类，铜、镍等有价值金属富集回收率大于 80%；有机类工业危废综合利用率大于 80%，产品性能指标达到国家或行业相关指标；形成配套成套技术的组合烟气净化处理工艺，颗粒物、二氧化硫、氮氧化物和二噁英排放浓度低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $0.3\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ；集中化协同处置全过程动态监管系统关键工艺单元节点覆盖率大于 60%。针对粤港澳大湾区代表性节点型特大城市，依托国家资源循环利用基地集中建成工程示范 2-4 项，工业危废集中处置总规模大于 15 万吨/年，餐厨垃圾资源化处置规模不低于 300 吨/天，实现经济稳定运行，支撑建成高标准绿色生态的园区化国家资源循环利用基地，综合效益提升 20% 以上。形成覆盖研究内容的技术专利与标准体系（申请发明专利 10 件以上，形成国家、行业或团体标准及规范征求意见稿 3 项以上）；提出适应粤港澳大湾区产业特征的多源工业危废/市政固废园区化协同利用综合解决方案及商业化运行模式，在粤港澳核心区域实现推广应用。

7.6 饮用水源地固废资源化技术集成与示范

研究内容：针对饮用水源地固废污染物复杂、超期贮存危险废物及其对水质的潜在污染风险大等问题，研究冶炼污酸渣资源化治理及砷镉铅多种类危废安全处置技术；研究城市危险固废处置及资源化利用技术；研究多金属矿区尾矿清洁利用与生态化处置技术；研究畜禽粪污等有机固体废弃物无害化处理和资源化利用技术。形成饮用水源地固废资源化系统解决技术

方案，并进行技术集成与工程示范。

考核指标：研究多金属矿区尾矿有色组分综合利用技术，开发冶炼废渣、城市危废中多金属提取回收技术，实现固体废物有色组分综合利用率达90%以上；研发超期贮存含砷镉铅等危险固废有害元素脱除与高效处置技术，处置后重金属浸出毒性低于危险废物填埋入场标准限值以下，增容比较现行方法低50%、安全处置率达到100%。研发畜禽粪污等有机固体废弃物资源化处理模块式成套装置，畜禽粪污等有机固废处理率达90%以上。开展技术集成，建立万吨级工程示范2个。编制相关技术标准规范不少于3件（国家或行业征求意见稿），申请发明专利20项以上，形成可复制、可推广的饮用水源地固废资源化集成技术与应用模式。