

附件：

废物资源化科技工程“十二五”专项规划

一、面临的形势与需求

废物资源化通常指退出生产环节或消费领域的固体物质，通过技术、经济手段与管理措施，在实现无害化处置和减少污染物排放的同时，回收大量有价值物质，提高废物综合利用率，具有公益性和经济性双重特性。加强废物资源化科技创新，是深入实施节能减排，加快发展循环经济、绿色产业、低碳技术的要求，对生态文明建设和可持续发展具有重要意义。

（一）废物资源化是深入实施节能减排的要求

改革开放以来，我国经济快速发展，取得显著成就，但也付出了资源和环境的代价。“十一五”期间，我国二氧化硫(SO₂)、化学需氧量(COD)等主要污染物排放虽呈下降趋势，但固体废物产生量居高不下，以年均10%速度增长。其中，废旧金属与电子电器、工业固体废物、建筑垃圾、生活垃圾与污泥、农林剩余物等大宗废物年产生量超过40亿吨，综合利用率平均不到40%，且堆存量巨大。长期堆存的废物不仅对周边大气、水体、土壤及生态系统带来了一定程度的破坏，甚至还将对堆放地区的地下水源形成潜在危害，废物的环境问题已经引起社会的广泛关注。

加快废物资源化可有效降低废物堆存引发的环境污染问题，并

将显著降低对原生矿产资源开发的需求，对实现节能减排目标贡献巨大。如，2010 年我国回收废旧金属、废塑料、废旧电子电器等八类社会消费品废物，总量达到了 1.49 亿吨，与直接利用原生矿产资源相比，相当于节能 1.79 亿吨标准煤（占当年全国能源消耗的 5% 以上），减排二氧化硫 393.1 万吨（占当年全国排放总量的 17.9%）、废水 102.5 亿吨、固体废物 10 亿吨以上。“十二五”时期，是我国加快转变经济发展方式、全面建设小康社会的关键时期，节能减排的任务仍十分艰巨，迫切需要加快废物资源化科技创新，提高废物清洁化处置能力与消纳规模。

（二）废物资源化是缓解资源短缺瓶颈的要求

大力发展循环经济是转变经济发展方式的有效途径。《国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》提出了资源产出率提高 15% 的预期性要求，《全国循环经济发展总体规划》将在“十二五”期间颁布实施。废物资源化作为发展循环经济的三大原则之一，也是参与国际资源大循环的基本要求，将为保障国家战略资源安全提供新的选择。

当前，我国优质资源短缺，重要战略资源对外依存度日益加大。据测算未来 5-10 年，我国 45 种主要矿产中，有 19 种矿产将出现不同程度的短缺，铁、铜、钾等战略金属资源仍将保持较高的对外依存度。废物资源化已经成为有效缓解战略资源短缺矛盾的重要途径。2010 年，我国铜、铝、铅等主要金属再生利用量占到有色金属总产量的 24.8%，相当于降低矿产资源对外依存度的 20-30%，

发达国家主要金属再生产量已占到总消费量的 50% 以上。据预测到 2015 年，我国主要金属再生产量将突破 1200 万吨，相当于进一步降低对外依存度 10-15%。但与世界主要发达国家相比，我国废物资源化仍处于国际资源大循环产业链的低端，且再利用产品附加值低，利用规模与水平仍有很大的提升空间，迫切需要通过技术创新大幅度提升废物综合利用率与资源产出水平，支撑循环经济较大规模发展战略目标的实现，保障国家战略资源供给安全。

（三）废物资源化是发展节能环保战略性新兴产业的要求

废物资源化是节能环保战略性新兴产业的重要组成部分。加快提高废物资源化的规模与水平，积极培育和发展节能环保产业，已成为世界各国推动绿色发展的战略选择之一。近年来，我国废物资源化产值以每年 10-20% 的速度增长，2010 年实现产值超过 1 万亿元，约占节能环保产业总产值的 60% 以上，预计到 2015 年我国废物资源化产值将达到 2 万亿元。与国际先进水平比较，我国废物资源化的效率还有很大的提升空间，如美国每年回收利用社会废物再生资源达到 1.25 亿吨，规模与我国基本相同，但单位废物资源化产值是我国的 4 倍。

2009 年，国务院颁布了《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》，提出到 2020 年节能环保产业成为支柱性产业之一，废物资源化将进入更快速和更高效的发展阶段，迫切需要提高废物资源化技术水平，提升循环利用产品品质，推动废物资源化又好又快发展。

（四）支撑废物资源化是“十二五”科技发展的重要任务

提高废物资源化水平的关键是依靠科技进步与创新。“十一五”期间，我国废物资源化技术创新取得了较好的成绩，在废旧金属再生利用、生活垃圾资源化等核心技术与装备研发方面取得了一批具有重要影响的成果，如，研制的500吨/日大型垃圾炉排焚烧炉成套装备已实现国产化，市场占有率接近20%。但我国废物资源化总体技术水平仍滞后于产业发展与资源供给的需求，普遍存在废物资源化产品附加值低、消纳量有限、再生产品市场效益小、专业人才与创新型企业缺乏等问题。

《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》指明了环境科技发展思路，提出了“综合治污与废物循环利用”优先主题。《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》明确了推进典型废物资源化利用与构筑链接循环产业体系的任务要求。《国家“十二五”科学和技术发展规划》要求实施“废物资源化科技工程”。按照各种规划部署及相关要求，以科技进步与创新为支撑，完善废物资源化产业创新链，推进废物资源化利用，已成为“十二五”科技发展的重要任务。

二、国内外科技发展状况

（一）再生资源利用技术现状与趋势

——废旧金属再生利用技术。加快废旧金属预处理和利用专用技术研发，支撑废旧金属保级或升级利用，是国内外开展废旧金属再生科学研究的主要方向。目前，废旧金属低能耗清洁工艺已在发

达国家普遍应用。意大利开发的 COS-MELT 倾动炉火法技术，可直接利用废杂铜精炼生产高品质的低氧光亮铜杆，显著提高再生铜利用水平和质量。“十一五”期间，我国在消费领域累积的废旧金属资源超过 2 亿吨，但废旧金属再生利用技术研究仅处于起步阶段，在消化、吸收国外引进先进技术的基础上，再生铜低能耗精炼除杂、再生铝反射炉低烧损熔炼、再生铅低温连续熔炼等技术和装备实现了产业化。随着再生金属所占比例在我国有色金属消费结构中的大幅提升，迫切需要突破废旧金属低能耗清洁生产技术与配套装备，开发高品质再生金属产品及二次污染控制技术，提高废旧金属再生利用品质与利用效率。

——废旧电子电器拆解利用技术。随着社会废旧电子电器产品回收体系的完善，废旧电子电器智能分选与清洁提取技术已在欧美国家和日本的再生资源企业中大规模应用。我国已进入电子电器产品的快速更新与淘汰期，2010 年废旧电子电器产品年产生量已达 300 万吨，预计到 2015 年废旧电子电器产生量将超过 600 万吨。相对而言，我国废旧电子电器产品拆解利用技术与装备研究刚刚起步，迫切需要突破大型废旧家电低成本破碎与高效分选一体化装备、小型废旧电子产品贵金属清洁分离与提取技术、非金属材料高值化利用技术及二次污染控制技术等关键技术与装备，支撑废旧电子电器拆解产业升级。

——废旧机电产品再制造技术。通过实施生产者责任延伸制度，欧美国家正在积极推动将淘汰或达到使用寿命的零部件使用到

新产品上去，高温喷射清洗、堆焊、热喷涂、激光等技术已广泛应用于汽车、工程机械等废旧机电产品主要零部件再制造。美国卡特彼勒公司利用这些技术，已大规模开展军用坦克、工程机械、重型汽车等废旧机电零部件的再制造，形成年再制造零部件 220 万件、回收利用废旧材料 6.1 万吨。目前，我国汽车、工程机械、大型机电设备等进入报废高峰期，2010 年报废汽车超过 300 万辆，工程机械报废量达 43 万台。近年来，我国一些科研单位在汽车零部件、工程机械、机床等再制造技术研发方面取得了显著进展，汽车发动机、变速箱、电机等再制造技术已经初步满足产业化需求。“十二五”期间，发展改革委、工业和信息化部等部门将进一步推进再制造试点工作，对工程机械、大型机床、工业机电设备、矿采机械、办公信息设备等主要零部件再制造技术研发和转化应用，提出了更高的要求。

——废旧高分子材料高值利用技术。废旧高分子材料一般指塑料、橡胶、纺织品等废旧物品，开发清洁高效的梯级利用技术和高附加值产品，实现废旧高分子材料全生命周期利用是国内外废物资源化技术的研究热点。2010 年，我国废橡胶、废塑料、废纤维等废旧高分子材料年产生量达 3000 多万吨，预计到 2015 年我国废旧高分子材料产生量超过 4000 万吨，对废旧高分子材料高值利用技术提出了迫切的需求。目前，我国废橡胶粉碎改性、废塑料回收利用等技术研发取得了一定进展，在广东、山东、河北等地形成了一批废旧高分子材料回收加工集聚区，利用废旧轮胎生产的精细胶粉

已推广应用到北京奥运会、上海世博会、天津滨海新区等标志性工程建设，巨型工程机械轮胎翻新技术在上海、新加坡等 20 余个港口推广应用。“十二五”期间，加快废旧橡胶超细胶粉制备与改性利用、废旧塑料制备高端材料、废旧纺织品分离与综合利用等技术和装备的研发及产业化，将是提高我国废旧高分子材料处理水平的重要保障。

（二）工业固废资源化技术现状与趋势

——粉煤灰和煤矸石资源化利用技术。粉煤灰和煤矸石是煤炭资源开发利用产生的主要废物，2010 年我国粉煤灰和煤矸石产生量约 10.7 亿吨，预计到 2015 年将达 13 亿吨。近年来，我国资源化利用技术研发得到了高度重视，已在建材建工、矿井充填、低热值发电等技术研发与应用方面取得了一定成效，高铝粉煤灰提取氧化铝和铝硅合金技术已在局部地区实现产业化生产。但总体上，我国粉煤灰和煤矸石资源化技术仍以低端建工建材利用为主，市场效益不显著，迫切需要加快粉煤灰和煤矸石资源化基础理论和技术研发，推动利用方式由传统建工建材利用为主向多组分协同提取、制备复合材料、控制污染与生态利用等技术方向发展。

——金属废渣综合处置技术。国外主要矿产资源品位较高，清洁选冶工艺得到普遍应用，所产生的选冶废渣有害成分含量较低，其资源化方式主要是瞄准有价成分的高值利用。我国金属废渣主要来源于有色金属选冶、黑色金属冶炼过程，因原生资源品位较低和选冶工艺落后，废渣排放量大、成分复杂、有害成分含量高，主要

以解毒堆存和生产建筑材料等处置方式为主。2010年，我国仅钢铁和有色冶炼废渣产生量就达到3.15亿吨，综合利用率仅为55%。由于现有处理方式规模效益不佳、二次污染严重、产品附加值低，产业化推广不理想，选冶废渣规模化处置已成为制约资源可持续开发利用的瓶颈。“十二五”期间，围绕赤泥、钢渣、铅锌渣等大宗金属矿产资源选冶废渣，开发经济可行、规模消纳的无害化与资源化技术，将是推进金属废渣资源化科技创新的首要任务。

——工业副产石膏综合利用技术。工业副产石膏主要包括磷石膏、脱硫石膏、盐石膏、氟石膏等副产石膏。发达国家工业副产石膏产生量较小，且天然石膏价格较高，资源化方式主要是替代天然石膏生产建材，基本已经形成成熟、稳定的综合利用技术体系。目前，我国利用工业副产石膏生产建材的技术水平与国外先进水平差距不大，已突破脱硫石膏和磷石膏制备水泥缓凝剂、纸面石膏板等核心技术，实现了工业化应用。由于我国天然石膏价格低，工业副产石膏年产生量高达1.37亿吨。现有工业副产石膏利用技术模式仍以生产低端建筑材料为主，受市场容量和产品销售半径的限制，很难实现大规模消纳，工业副产石膏综合利用率仅为42%（以2010年计）。强化政策调控，加快发展低成本、高附加值资源化技术，提高资源化产品市场效益，将是进一步提高工业副产石膏综合利用效率的重要途径。

——工业生物质废物资源化利用技术。我国工业生物质废物占整个工业固废的11%，食品加工、酿造、纺织等行业是主要来源。

工业生物质废物资源化方式主要以生产饲料和肥料为主，综合利用率不到 10%。近年来，我国对工业生物质废物提取高蛋白、热解燃气利用等技术开发给予了支持，特别是在酿造和中医药生物质废物集中式燃气利用技术研发与工程示范方面加大了支持力度，养殖园区生物质废物生产燃气技术已经规模化推广应用。“十二五”期间，加快集中式工业生物质废物燃气利用技术开发，发展标准化、系列化和成套化装备，已成为提高工业生物质废物综合利用率、发展生物质能源的重点任务。

（三）垃圾与污泥资源化技术现状与趋势

——城市生活垃圾资源化利用技术。城市生活垃圾主要包括生活垃圾、餐厨垃圾和果蔬垃圾等，潜含着大量生物质，可以被有效地转化成多种能源形式。近年来，城市生活垃圾制备燃气技术已成为第二代生物质能源发展的重点，在欧洲得到快速推广。德国已建有 55 个城市生活垃圾处理与生物质燃气利用工程，不仅满足工程自身能源供给，而且正逐步形成对交通车辆和居民小区燃气利用的供给能力。2010 年，我国城市生活垃圾年产生量近 1.6 亿吨，垃圾处理以焚烧、卫生填埋等技术为主，分别占垃圾处理总量的 3% 和 60% 左右。随着我国清洁能源战略的实施，城市生活垃圾制备燃气技术开发与工程示范得到了高度重视，但在混合垃圾分选技术、生活垃圾湿式和干法厌氧消化技术、沼气提纯和高值利用技术等方面仍缺乏系统化研究，标准化和系列化的成套装备主要依赖进口，亟需研制符合我国实际情况的标准化、系列化、智能化的城市生活垃

圾处理与能源化装备及安全控制系统。

——建筑垃圾资源化利用技术。我国正处于高速城镇化时期，每年新建和拆迁改造等产生大量建筑垃圾。2010年，我国建筑垃圾产生量（含渣土）约为15.5亿吨，占到城市垃圾总量的30-40%，且有逐年增加的趋势。建筑垃圾可制成再生骨料，生产建筑制品，或直接用于道路基层和底基层等。目前，我国建筑垃圾大多以填埋或堆放处置为主，资源化利用率尚不足10%，欧盟国家每年的建筑垃圾资源化利用率达到50%，韩国、日本已经达到了97%左右。根据我国建筑垃圾和建筑形式的特点，研发资源化利用技术，实现科学规划、管理，有95%以上的建筑垃圾可回收再利用。

——污泥处置与资源化利用技术。城镇污水处理厂污泥及工业污泥中含有大量的有机质及氮、磷、钾等营养成分，以及重金属、病原微生物等有毒有害物质。2010年，我国城镇污水处理厂污泥产生量约3000万吨，主要处理方式为堆肥、干化焚烧、生产建材等。欧美国家污泥厌氧消化制生物质燃气技术及成套设备已相当成熟，并大规模应用。近年来，我国开展了一些污泥厌氧发酵生产生物质燃气、水泥窑和电厂协同处置污泥等技术研发与工程示范，亟需突破污泥低成本干化预处理、多产业协同处理、二次污染控制等技术与设备，强化技术集成，建立完整的污泥处置与能源化技术创新链。

（四）废物资源化全过程控制支撑技术现状与趋势

——废物资源化标准标识。建立废物资源化标准及标识是实现

废物资源化技术推广应用的重要保障。自上世纪 80 年代以来，国际标准化组织从全生命周期角度开展了生态设计、环境管理、废物回收、废物再利用和再制造等共性技术标准和产品标识的研究，制定了一批废物资源化国际标准，基本形成了较完善的环境管理体系和废物资源化标准体系，对推动国际废物大循环及废物资源化利用产生了重要影响。目前，我国已发布废物资源化标准 90 余项，制定了再制造产品通用标识和汽车零部件再制造标识，但废物资源化技术标准与再生产品标识体系尚不完善，废物资源化标准覆盖率不足 10%，迫切需要加强废物资源化技术标准研究，制订资源化产品和再制造产品的标识认证标准及管理辦法。

——废物资源化全过程监控技术。废物资源化全过程监测是指在废物产生、分类、回收、运输、处置和利用等过程进行废物自动识别、实时监控和风险控制，是建立废物收运体系的重要手段。德国利用射频识别（RFID）技术，建立了区域层面垃圾清运及计量系统，显著提高了垃圾回收、运输与处置效率。“十一五”期间，我国已开始探索 RFID 技术在垃圾计量监测的应用，但废物回收网络尚未形成有利于资源化的体系，环境风险控制薄弱，需要通过智能监测和管理控制等进行完善升级，亟需研发基于物联网的废物收运系统监测技术和传感识别装备，推动区域性废物交换平台的建设，实现废物回收、加工、再利用各环节的控制和监督，提高废物回收、监测、交易的效率和环境风险控制能力。

三、发展思路、基本原则及目标

（一）发展思路

深入贯彻落实科学发展观，努力提升生态文明水平，围绕资源节约型和环境友好型社会建设，以创新发展为主线，以实现废物资源化综合效益为目标，统筹技术开发、设备研制、应用示范、基地建设、人才培养、市场培育等关键环节，协调和指导全国相关领域科技力量集中攻关，建立废物资源化科技创新体系，完善废物资源化技术创新链，推动废物利用的全过程清洁化，提高废物资源化利用效率，为大力发展循环经济、加快转变经济发展方式提供有效支撑。

（二）基本原则

——立足节能减排、着眼产业发展。要将节能减排与培育战略性新兴产业有机结合，最大限度利用废物中的有价资源，加快废物无害化和规模化消纳，实现废物处置环境效益与经济效益的双赢，培育发展新产业。

——着力自主创新、完善创新链条。要以打造产业技术创新链为着力点，促进多学科交叉融合，加快高新技术原始创新和集成创新，增强自主创新能力，解决制约废物资源化产业化的技术瓶颈，提高高端产品比例与技术竞争力。

——依托示范工程、培育市场需求。要以示范工程为依托，带动废物资源化技术创新，优化设备工艺，验证工程成效，加快成果快速转化，形成对新技术、新设备的直接市场需求，带动产业快速发展。

——优化创新环境、推动持续发展。要以实施科技项目为牵引，

推进创新基地、创新人才与中介服务体系建设，优化自主创新环境，提高技术服务水平，增强废物资源化技术的持续创新能力。

（三）总体目标

“十二五”期间，重点选择再生资源、工业固废、垃圾与污泥等量大面广和污染严重的废物，以废物资源化全过程清洁控制为基本前提，加强废物循环利用理论研究，大力推进废物资源化全过程污染控制技术研发，发展废物预处理专用技术，加快废物资源化利用技术研发，形成 100 项左右重大核心技术，开发 100 项左右市场前景好、附加值高的废物资源化产品。选择特色鲜明的城市（区域），推进 100 项左右示范工程建设；统筹技术研发、创新基地、创新团队、中介服务、公共平台等建设，完善技术标准规范与产品认证体系，健全有利于废物资源化技术研发、成果转化和产业创新的创新环境，加快先进适用技术的推广普及，提高科技进步对废物资源化的贡献。

四、优先领域与重点任务

（一）再生资源利用技术

1. 废旧金属再利用技术

（1）发展目标

针对铜铅锌等大宗废旧金属及废稀贵金属再生利用，重点突破废旧金属专业化分选拆解、保（升）级利用、清洁冶炼、二次污染控制等重大技术与装备，提高废旧金属回收率与再生产品质量，支撑再生金属产业转型升级。

（2）技术重点

——废铜废铝保级再生利用技术：重点研发废旧金属高效分选拆解等预处理技术与装备，低能耗冶炼与产品保级（升级）利用技术与装备，低品位废旧金属清洁冶炼与二次污染控制技术，开发再生铜导体、泡沫铝合金和汽车航空用铝合金等再生金属产品。

——废旧铅锌清洁生产技术：重点研发废铅酸蓄电池专用运输车辆，废铅酸蓄电池机械化破碎分选技术与装备，低温强化熔炼及提取技术与装备，余热梯级利用与二次污染控制技术及装备，开发高纯铅锭、铅基合金等再生铅锌系列产品。

——稀贵金属再生利用技术：重点研发废旧硬质合金、废催化剂、废旧磁性材料等废物中金属与基体拆解分离技术，钯、铂、镓、锂等稀贵金属低成本清洁提取技术与装备。

——稀土资源再生利用技术：重点针对稀土永磁材料、稀土储氢材料、稀土催化剂、稀土发光材料等废旧稀土功能材料，研发镧、铈、镨等稀土元素的选择性浸出与高效萃取分离技术，以及伴生元素的综合利用与污染控制技术。

2. 废旧电子电器产品综合利用技术

（1）发展目标

针对废旧电视、冰箱、电脑等大型废旧家电，以及小型消费类废旧电子电器产品的综合利用，重点突破低成本和成套化拆解分选、分离提纯和产品高值利用关键技术和设备，支撑废旧电子电器综合利用率达 90% 以上。

（2）技术重点

——大型废旧家电高效拆解装备：重点研发大型废旧家电专用成套化复合式拆解装备，超细超微粉碎机和干式分选筛分设备，烟气和粉尘捕集污染控制技术。

——消费类废旧电子产品金属提取技术：针对报废手机、锂电池、荧光灯管、数码产品等小型消费类废旧电子产品，重点研发精细拆分和改性预处理技术与设备，高值金属分离和提取技术，铅镉汞等重金属和有机污染物的分离与去除技术及设备等。

——非金属拆解产物高值利用技术：重点研发废阴极射线管（CRT）显示器玻璃铅的提取及全组份利用技术，非金属材料 and 发泡塑料共混改性与生产新型功能材料工艺及技术等。

3. 废旧机电产品再制造技术

（1）发展目标

针对大型装备、汽车与工程机械等废旧机电产品及零部件的再制造，将重点突破废旧机电产品核心零部件再制造技术和设备，支撑核心零部件再制造率提高到 80% 以上，关键技术达到国际先进水平。

（2）技术重点

——大功率废旧发动机再制造技术：重点研发废旧发动机解体技术，绿色清洗技术，先进表面预处理技术，缺陷和应力无损测评技术，自动化纳米电刷镀、等离子熔覆和热喷涂等再制造关键技术，研制企业生产者责任延伸制度。

——大型机械贵重核心部件再制造技术：重点研发特殊大型轴、传动和液压系统核心零部件的表面清洗与预处理一体化技术，

疲劳和损伤部件的测定与评估技术，损伤磨损部件的激光、等离子熔覆等先进表面工程技术及后加工技术。

4. 废旧高分子材料资源化利用技术

(1) 发展目标

针对废旧塑料、废旧橡胶、废旧纤维等废旧高分子材料资源化利用，将重点突破废旧高分子材料高效分离、复合改性、高端材料制备关键技术与装备，提高清洁利用水平与再生产品品质，支撑综合利用超过 95%，再生产品附加值同比提升 30% 以上。

(2) 技术重点

——废旧橡胶复合改性利用技术：重点研发废旧橡胶常温全封闭超细粉碎技术，胶粉改性高掺和比沥青利用技术，胶粉与塑料共混制备高性能热塑性弹性体技术等。

——废塑料制备高端材料技术：重点研发废旧塑料自动化分选分离技术与装备，废塑料瓶智能化自动回收装备，废旧塑料超净化处理改性再生技术与装备，废旧塑料催化裂解技术，再生塑料生产聚丙烯腈工业碳纤维技术，工程塑料回收再利用整体设计技术等。

——废旧纤维识别分选与深加工技术：重点研发废旧纺织品纤维智能识别与连续分拣技术及装备，废旧化学纤维再熔融纺丝生产高品质纤维技术及装备，废旧纤维素纤维制备浆粕及高档造纸用浆技术，再生纺织纤维制增强复合材料技术，废旧碳纤维复合材料制品的拆解、回收与再利用技术等。

(二) 工业固废资源化技术

1. 粉煤灰和煤矸石综合利用技术

(1) 发展目标

针对粉煤灰、煤矸石等煤炭大宗废物综合利用，将重点突破废物中铝硅镓等多种组分梯级提取与高值利用以及建材中规模化消纳关键技术，废物多产业循环利用技术模式，支撑大型煤炭基地粉煤灰、煤矸石资源化利用率提高到 50% 以上。

(2) 技术重点

——粉煤灰综合利用技术：重点研发粉煤灰空心微珠分级提取技术，高铝粉煤灰/煤矸石低能耗提取氧化铝技术，硅镓伴生组份协同提取产业链接技术，粉煤灰性能综合优化及大掺量粉煤灰制备建材关键技术等。

——煤矸石综合利用技术：重点研发煤矸石低温活化矿井填充技术，煤矸石/粉煤灰生态治理技术，煤矸石/粉煤灰制造岩面保温材料及提取超细纤维造纸技术，煤矸石制备环保材料技术及尾渣资源化利用技术等。

——大型煤炭基地废物多产业循环利用技术：针对大型煤炭基地，开展煤炭采掘废物原位利用、废水/废气梯级利用、废物用于生态修复等多产业衔接技术，形成园区废物多产业循环利用技术模式。

2. 冶炼废渣规模化消纳技术

(1) 发展目标

针对钢铁冶金废渣、有色冶金废渣等典型金属冶炼废渣，将重点突破有价值组分清洁提取、毒害性物质控制等共性技术与装备，形

成规模化消纳与资源化利用集成技术体系，支撑典型选冶废渣综合利用效率提高 30% 以上。

（2）技术重点

——赤泥低成本脱碱与规模消纳技术：重点研发氧化铝赤泥低成本脱碱技术与装备，高铁赤泥及赤泥铁精矿深度选铁技术，综合回收赤泥多种有价组份技术，有害组分污染控制技术，脱碱赤泥制环保建材及环境修复材料技术，脱碱赤泥规模化处置技术等。

——钢铁废渣与尘泥升值利用技术：重点研发废渣熔态在线改质与余热回收技术，钢渣高效细磨与深度选铁装备，钢铁废渣制备环保建材升值利用技术，冶金尘泥多金属协同提取技术，铁合金废渣锰铬硅资源梯级利用技术等。

——典型重金属废渣清洁利用技术：重点研发典型重金属废渣中有价金属清洁分离提取与高值利用技术，利用尾渣制备铁精矿技术，重金属无害化处理技术，贫化渣多产业协同消纳技术等。

——铁、铜选矿尾矿利用技术：重点研发尾矿金属梯级提取技术，伴生非金属资源制备高强度结构材料技术，新型尾矿充填胶结材料制备及采空区充填技术，尾矿制备耐火和保温材料技术等。

——大型资源基地废物多产业循环利用技术与示范：针对大型钢铁联合企业、有色金属资源基地、稀土加工基地等大型资源基地，开展特色废物资源原位协同利用技术、多产业链接共生利用技术等研发，形成大型资源基地废物多产业循环利用技术集成示范与模式。

3. 工业副产石膏综合利用技术

（1）发展目标

针对磷石膏、脱硫石膏、氟石膏、钛白石膏等工业副产石膏，重点突破副产石膏规模化制备高端建材、硫钙元素循环利用等关键技术，开发具有较好市场前景的产品，为工业副产石膏大规模消纳提供新途径。

（2）技术重点

——脱硫石膏制备高端建材技术：重点研发脱硫石膏免煅烧制干混砂浆技术，大比例掺和制备新型建材技术，低能耗煅烧制备高强型半水石膏技术等。

——磷石膏资源化利用技术：重点研发利用磷石膏规模化生产石膏板技术、磷石膏杂质预分离与低能耗煅烧技术，连续分解制酸及尾渣利用技术，磷石膏制硫酸钾、硫酸铵、碳酸钙等化工原料多联产技术等。

——氟石膏无害化处置与资源化利用技术：重点研发氟石膏脱碱与有害杂质分离处置技术，专用含氟新型改性剂制备与固化技术，制备环境功能材料技术，大比例掺和制备新型建材技术等。

4. 工业生物质废物转化及燃气化利用技术

（1）发展目标

针对食品、纺织、中医药残渣等典型工业生物质废物资源化利用，重点突破生物质废物燃气化利用、化学生物转化利用等关键技术与设备，支撑工业生物质废物综合利用率达到90%以上。

（2）技术重点

——工业生物质废物燃气利用技术:重点研发集中式工业生物质废物和工农复合生物质废物热解气化技术,干法生物发酵技术,热解气化与生物发酵联合燃气化技术,燃气净化与存储技术,燃气分离和协同利用技术,沼液浓缩和腐植酸制备技术等。

——工业生物质废物化学生物转化利用技术:重点研发工业生物质废物生物化学水解与胶原蛋白提取及衍生利用技术,酿造废渣分级分离与微生物定向转化利用技术等。

——食品加工废物多元转化技术:重点研发食品加工废物蛋白提取和再利用技术,制取高活性生物制剂等高值产品技术,以及基于资源化产品生产、流通和利用全过程的健康风险控制技术等。

——工农复合基地废物循环利用技术:重点针对典型工农复合基地,研发农业秸秆便捷处理配套设施,耗能低、寿命长的秸秆固化和炭化生产装备,林业采伐、造材和加工剩余物制备高端材料技术与装备。

(三) 垃圾与污泥能源化资源化技术

1. 城市生活垃圾能源化资源化利用技术

(1) 发展目标

针对城市生活垃圾(包括餐厨垃圾),重点突破城市垃圾分类回收、均质预处理、有机垃圾厌氧消化、填埋气体提纯与燃气利用、垃圾高效能源转化及二次污染控制等关键技术与装备,形成适合我国城市垃圾特点的能源化资源化利用技术体系。

(2) 技术重点

——垃圾生产生物质燃气技术：重点研究城市生活垃圾分类、回收和再利用管理体系，分选与均质预处理技术与装备，复杂物料联合消化及热化学转化技术与装备，粗燃气净化提纯与储存技术，在线监测与自动化控制仪器，发酵废渣废水无害化处理与资源化利用技术等。

——垃圾填埋气体回收利用技术：重点研发垃圾填埋气集中回收与低成本提纯利用技术，垃圾填埋气燃烧热能利用技术，垃圾填埋气高效燃烧发电优化运行技术，垃圾渗透液膜处理与浓缩液处理处置技术等。

——餐厨垃圾资源化技术：重点研发餐厨垃圾源头油水分离与在线监控技术、垃圾杂质分离技术，高效制沼气与提纯净化技术及装备，利用餐厨垃圾生产饲料无害化处理技术与装备，餐厨废油催化制备生物柴油深加工技术与装备。

2. 建筑垃圾资源化利用技术

（1）发展目标

针对废混凝土、废砖瓦、建筑渣土等建筑垃圾，重点突破建筑废物分类与再生、资源化利用、以及再生混凝土高性能化等关键技术，形成适合我国国情的建筑垃圾资源化利用技术体系和产业化平台。

（2）技术重点

——建筑垃圾资源化再生技术：重点研究建（构）筑物的拆除技术、建筑废物的分类与再生骨料处理技术、建筑废物资源化再生关键装备、建筑垃圾资源化再生产品高品质化技术，形成建筑废物

资源化再生成套工艺与设备，建立和完善先进的建筑废物回收、再生和利用管理体系。

——建筑垃圾资源化利用技术：重点研究再生混凝土及其制品制备关键技术、再生混凝土及其制品施工关键技术、再生无机料在道路工程中的应用关键技术、以及新型再生建筑材料应用技术，形成有关产品标准、设计及施工规范等。

——再生混凝土高性能化与利用技术：重点研究再生混凝土高性能化制备技术、高性能再生混凝土应用技术；再生混凝土耐久性控制技术、再生混凝土的长期性能等。

3. 污泥处置与资源化技术

(1) 发展目标

针对城镇污水处理厂污泥和工业污泥无害化处置与资源化利用，将重点突破污泥低成本干化脱水、高效厌氧消化、生物质能回收、有机质资源化利用、热解能源回收、污泥协同处置等关键技术与装备，形成适合我国国情的污泥资源化技术路线，大幅度提高污泥资源化利用率，合理降低建设运行成本。

(2) 技术重点

——污水厂污泥厌氧消化技术：重点研发城镇污泥厌氧消化强化产甲烷定向调控技术，城镇有机废物与污泥协同厌氧消化调控技术与装备，高含固量高效厌氧消化技术与配套设备等。

——污水厂污泥好氧发酵技术：重点研发污泥好氧发酵制肥过程调控技术及工艺优化控制技术，研发污泥高低温热解技术、热解

产物高值化控制与资源化利用技术及装备。

——污水厂污泥协同处置技术：重点研发节能高效污泥干化技术与设备，干化污泥高效焚烧技术与装备，干化污泥水泥窑协同处置技术，污泥制陶粒技术及装备，处置过程毒害气体及重金属等污染控制技术。

——工业污泥资源化技术：重点研发工业污泥制备生物碳、高性能吸附材料等高值利用技术，污泥有毒重金属脱除技术，污泥制备复合轻质建筑材料技术与装备。

（四）废物资源化全过程控制技术

（1）发展目标

重点突破废物资源化标准和再生产品标识构建技术，城市废旧物资再生资源物联网监测与信息化集成技术，支撑标准覆盖率提高到 30-50%，显著提升废物资源化管理和技术服务能力，实现全过程控制，支撑废物回收网络的完善与优化升级。

（2）技术重点

——废物资源化标准与标识构建技术：重点研发废物资源化标准与再生产品标识分类方法及体系构建技术，资源化技术与装备标准转化技术，资源化产品与再制造产品的质量安全控制与评估技术，资源化技术标准应用效果综合评价技术。

——废物资源化过程监控技术：重点研发废物追溯标识构建技术，废物传感识别技术与设备，基于物联网的城市废物收运系统构建技术，区域废物或副产品交换（交易）信息化技术，废物资源化

环境安全评估和风险控制技术。

（五）废物清洁循环利用理论研究

（1）发展目标

重点研究废旧金属再生利用过程理论，废旧机电产品再制造的寿命评价与性能控制理论，工业固废多金属清洁提取与协同利用理论，可燃固体废物资源化高效清洁利用机理，形成废物清洁利用的重大基础理论体系，引领废物资源化重大技术与产品创新。

（2）研发重点

——废旧金属清洁熔炼理论：重点研发废旧金属多组份快速识别原理与分选电磁特性，多金属再生提取定向调控机理，冶炼过程杂质元素影响规律与二次污染控制机理。

——工业固废多金属协同利用理论：重点研究粉煤灰、冶金废渣等固废相构效关系及调控规律，多金属短流程清洁提取新介质设计和分离原理，重金属及污染元素全过程迁移规律与控制理论。

——可燃固体废物资源化利用机理：重点研究可燃固体废物高值化预处理调质和源头控污机理，热转化过程中二恶英与重金属的全过程排放控制及关键污染物的协同脱除，可燃固体废物高效资源化、产物高值利用机制，以及近零排放系统集成与优化理论。

——废物资源化污染控制理论：重点研究矿物开采-转化加工-消费使用-废物再生的生命周期全过程物质流分析方法，废物资源化全过程经济效益与节能减排效益评价理论，国际废物大循环稳定运行风险识别与污染转移控制理论，废物资源化产品的生态化设

计与标准化方法。

（六）创新能力与人才队伍建设

——产业技术创新战略联盟：创新产学研合作机制，统筹推进废物资源化领域产业技术创新联盟建设，完善再生资源产业技术创新战略联盟、城市生物质燃气产业技术创新战略联盟等运行机制，加快重大技术联合攻关，提升废物资源化企业创新发展能力。

——创新团队与领军人才：推动废物资源化领域创新型人才培养基地建设，大力培养青年创新人才和工程技术人员，培养一批废物资源化技术创新团队。

——技术创新服务平台：以废物资源化技术转化和成果应用为重点，建立开放式、多层面、网络化、综合性的废物资源化技术创新服务平台，为推动企业废物资源化的技术创新与产业发展提供技术服务。

——公共检测平台：以产业化技术前期研发与再生产品质量检测及评估服务为重点，推进废物资源化开放式的公共检测平台建设。

五、废物资源化技术示范工程

（一）发展目标

落实专项规划各优先领域的重点任务，充分利用现有支持渠道，优化国家科技资源配置，创新组织管理机制，发挥大型骨干企业优势，联合高校与科研院所，实施 100 项左右废物资源化技术示范工程，重点突破废旧电子电器产品再制造技术、废旧高分子材料能源化利用技术、冶金固废有价元素协同提取技术、生物质废物制

备生物质燃气技术等重大技术，推动技术、装备、产品、人才、基地、市场和管理等融合发展，完善废物资源化技术创新链，有效提高技术创新对废物资源化的支撑引领作用。

（二）重点任务与布局

针对再生资源、工业固废、垃圾与污泥等大宗废物，以科技项目为牵引，开展废物资源化技术研发与产业化集成示范，建立和完善产业技术创新链，形成一批技术创新基地。

——再生资源回收利用技术示范工程：围绕废旧稀贵金属及稀土产品、废旧电子电器与机电产品、废旧高分子材料等大宗社会消费类废弃物，充分利用市场配置作用，发挥专业化企业和园区技术创新的主体作用，重点突破废旧稀土和重金属分离提纯利用、废旧特种装备零部件表面检测与尺寸修复等核心技术，开发一批高品质资源化产品。

——大宗工业固废资源化技术示范工程：围绕粉煤灰、工业副产石膏、选冶废渣、工业生物质废物等大宗工业废物，以大型骨干企业为主体，强化产学研结合与多学科融合，注重多产业协同链接，形成工业固废多金属选择性强化分离、工业生物质热解气化等核心技术，推进工业固废清洁化与规模化消纳。

——垃圾与污泥资源化技术示范工程：围绕城市生活垃圾、餐厨垃圾、建筑垃圾、城市污泥等城市固废，发挥政府主导作用，推进废物资源化第三方技术与运营服务，重点突破生物质厌氧消化、生物质燃气利用、残渣无害化处置等核心技术，开发成套设

备，推进城市垃圾与污泥处置及资源化利用。

六、实施保障

（一）加强组织领导与协调

落实《循环经济促进法》，组织实施废物资源化科技工程“十二五”专项规划。建立由国家科技主管部门会同联合发布部门组成的废物资源化科技工作协调小组，推进技术创新与产业政策、管理措施的协调，共同推进规划实施。组建由多学科、多领域高层专家参与的国家废物资源化科技创新专家委员会，为规划实施提供战略决策与技术咨询。推动区域废物资源化创新体系建设，鼓励各省（直辖市、自治区）将废物资源化研究纳入省级科技发展规划，将废物资源化列入科技部与有关地方、部门的工作会商议题，协调推进废物资源化技术研发、示范、推广与能力建设。

（二）拓展和创新科技投入机制

实施废物资源化技术示范工程，建立国家废物资源化科技项目库，充分利用现有渠道支持废物资源化相关基础研究、技术研发、工程示范与技改推广等技术创新链的关键环节，提高废物资源化技术支撑水平。加强科技和金融结合，建立企业贷款风险补偿机制，推进知识产权与高新技术企业股权抵押融资工作，充分利用保险工具和科技风险投资支持废物资源化高新技术企业，鼓励支持废物资源化高新技术企业进入多层次资本市场融资。完善废物资源化技术创新产品认定体系，纳入相关鼓励政策范围。

（三）充分发挥企业创新主体作用

转变政府科技服务功能，加快以企业为主体、市场为导向、产学研相结合的技术创新体系建设。支持大型骨干企业牵头承担国家及地方科技项目，引导资金、人才、技术等创新要素向企业聚集，加大鼓励自主创新政策的落实力度，重点扶持专业化企业创新发展。实施“百千科研人员进企业”鼓励科技人才在企业、科研单位之间交流，引导科技人才向企业聚集，推动研发平台、技术转化平台、科技公共服务机构为企业技术创新服务，促进国家重点实验室、工程技术研究中心、检测平台向企业开放，提升企业持续创新能力。

（四）强化管理，提高效率

建立科技项目研究任务和经费使用的第三方监理机制，加强对计划任务目标、时间节点、成果产出的管理和考核，加强对科技项目实施环境效应监测评估，提高管理效率。建立专项规划中期评估与实施成效评估机制，建立科技项目、技术转化与扶持产业化的综合绩效评估机制，推动废物资源化技术创新产业化基地与创新团队建设，统筹项目、人才、基地建设。

（五）健全技术创新服务体系

加强废物资源化重点领域的产业技术创新战略联盟、技术创新服务平台等建设，发挥政府引导作用。支持废物排放控制标准、废物回收机制及废物资源化标准体系研究，编制废物资源化先进技术目录与技术标准目录，推动社会化废物资源化技术评估与转化服务体系建设，加快先进技术推广与产业化应用。

（六）加强国际合作与宣传

广泛开展废物资源化科技合作与交流，将废物资源化科技创新纳入多边、双边国际合作渠道，加大国际科技合作计划等对废物资源化的支持；营造良好的废物资源化国际合作氛围，积极引进、消化和再创新国际先进技术，鼓励和支持国内废物资源化先进技术在海外推广应用，积极稳妥地参与国际废物资源大循环体系建设，促进废物资源化创新跨越发展。

（七）加强科技宣传普及

加强废物资源化科技宣传普及工作，大力宣传废物资源化科技创新先进人物与实践，将国家推动低碳、绿色发展的目标要求，转变为每个公民自觉行动，积极参与废物资源化活动，树立可持续生产与可持续消费的社会风气。

七、废物资源化技术发展路线图

专业名词与术语解释

再生资源：主要指可从中回收钢铁、有色金属、稀贵金属、稀土、塑料、橡胶等再生资源的废旧机电、报废汽车、废旧电子电器产品、报废铅锌电池、废旧高分子产品等社会消费领域废物。

工业固废：主要指排放量大、环境污染重、资源化潜力突出的粉煤灰、煤矸石、氧化铝赤泥、脱硫石膏、钢铁废渣、重金属冶炼废渣、工业生物质废物等工业固体废物。

垃圾与污泥：主要指城市生活垃圾、市政污泥等有机质含量丰富、能源化资源化潜力大的量大面广的生物质废物；同时也包括产生量巨大的建筑垃圾。

再制造技术：废旧机电与电子电器产品再制造是指将淘汰或达到使用寿命的产品零部件利用高新表面工程技术、快速成形技术等先进制造技术改造，使其应用到新产品上去，实现再制造产品质量达到或超过新品。与原产品生产制造相比，再制造技术可大幅度节约资源、能源，降低环境污染。

烟化挥发法：属金属火法冶金领域，指将固体冷料连续地投入将熔炼挥发区和烟化挥发区连为一体的烟化炉，空气和煤粉连续进入烟化炉，炉内的物料经烟化炉的熔炼挥发区和烟化挥发区后连续完成熔炼、吹炼、挥发工艺过程。

缺陷和应力无损测评技术：主要指发动机曲轴等关键部件表面

和亚表面在长期使用后会出现缺陷、应力集中等，再制造过程需要对缺陷点、应力集中点进行检测与评价，同时不能损坏部件表面，即无损检测技术。