

2023 年《国家先进污染防治技术目录 (固体废物和土壤污染防治领域)》

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
一、固体废物污染防治领域						
1	有机工业固废湍动床气化焚烧技术	有机工业固废经预处理后,分级送入湍动床气化焚烧炉内,焚烧炉炉膛采用变截面设计,引起床速变化,从而将固体物料留在流化床底部。物料在炉内先经中低温气化,再高温燃烧。燃烧产生的高温烟气通过余热锅炉回收能量,产生的蒸汽供用户使用;作为传热介质的软化水循环使用。焚烧后产生的炉渣进入渣循环系统,冷却筛分出的粗渣外运处置,细渣返回焚烧炉循环使用。烟气经收集处理后达标排放。	燃烧效率 $\geq 99.9\%$,固体废物减量化率 $60\% \sim 70\%$,无害化率 100% 。焚烧炉底部床速 $4\text{m/s} \sim 6\text{m/s}$,最大截面处床速 $< 0.8\text{m/s}$ 。	采用“变截面”炉膛结构和分级燃烧设计,实现大跨度床速,减少飞灰量和进入高温燃烧区的碱金属量,减轻结渣,提高燃烧稳定性。	50t/d ~ 100t/d 树脂、纸渣等固体、液体、浆状物等一般工业有机固废焚烧处理。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
2	多仓式有机固废机械强化快速腐熟技术	有机固废经破碎、脱水等预处理后进入多仓式有机固废机械强化快速腐熟发酵设备,投加高效复合型微生物菌剂,分仓精准智能控制不同发酵阶段温度、湿度、氧含量等参数,实现连续进料并使进料与成熟菌体充分接触,使有机固废充分发酵腐熟。预处理和发酵过程产生的污水及臭气经处理后达标排放。	有机固废资源化利用率 $\geq 90\%$ 。发酵产物达到《有机肥料》(NY/T 525-2021)标准要求。	通过添加菌剂与分仓精准智能控制不同发酵阶段参数,提升物料腐熟度,缩短发酵时间。	规模约40t/d的果蔬、园林等有机固废发酵处理。	推广技术
3	农业有机固废酶解腐熟技术	农业有机固废经预处理后进入发酵设备,添加酶制剂后加水调节湿度为50%~60%,混合快速发酵后烘干至含水率30%以下。再经破碎、混料后进入盘式分料机,制备成粉状或颗粒状粉料,经检测合格后计量包装。预处理和发酵过程产生的污水及臭气经处理后达标排放。	经过高温(发酵温度可达80℃)酶解工艺制备的有机肥料达到《有机肥料》(NY/T 525-2021)标准要求。	高温酶解技术可有效缩短发酵时间、提升产品质量、减少工程占地面积。	畜禽粪污、秸秆、菌渣菌棒和尾菜等农业有机固废的资源化利用。	示范技术
4	有机固废高含固物料厌氧发酵技术	有机固废经预处理后进入高含固物料厌氧反应器进行厌氧发酵。反应器中物料经长轴推流式搅拌器,实现推进、匀化、传质、传热。发酵产出的沼气经处理后利用;发酵残渣固液分离,沼液经处理后用于农作物灌溉,沼渣经加工可作为有机肥料或营养土基质。	有机物降解率50%~75%,制备的有机肥料达到《有机肥料》(NY/T 525-2021)标准要求。厌氧发酵时间20d~30d。容积负荷4kgVS/(m ³ ·d)~5kgVS/(m ³ ·d)。	长轴推流式搅拌的高含固厌氧发酵技术,原料适应性强,负荷高;采用标准化、模块化设计,耐用性高。采用干式厌氧发酵技术,较湿式厌氧发酵技术占地面积小、能耗低。	含固率15%~35%、有机物含量 $\geq 50\%$ 、含杂率 $\leq 10\%$ 、处理规模 $\geq 50\text{t/d}$ 的有机固废(包括畜禽粪污、秸秆等)处理。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
5	市政污泥喷雾干化焚烧技术	市政污泥经预处理后通过喷雾干化塔喷雾干燥，干化污泥进入回转窑焚烧，焚烧烟气进入二燃室升温至850℃以上，并停留2.5s以上后，烟气余热用于污泥喷雾干化。干化塔出口废气经处理后达标排放。	经处理后的污泥减量化率 \geq 92%。焚烧烟气经处理后达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）要求。	干化工艺单元传热传质效率高、能耗低，污泥碳转化及有机质转化充分。	污泥干化及焚烧处置。	示范技术
6	市政污泥热干化和流化床焚烧技术	市政污泥经干化后，进入流化床焚烧处置。流化床内温度控制在850℃~950℃之间，停留时间大于3s，通过合理的配风设计改善炉内物料流动和混合。污泥干化排出的气体经冷凝产生的污水处理后达标排放，烟气经收集处理后达标排放。	污泥减量化率可达95%。	利用流化床锅炉焚烧处置污泥，投资运行成本低。	污泥焚烧处置。	示范技术
7	大型煤粉锅炉协同处置市政污泥技术	湿污泥通过一段圆盘蒸汽干化机，利用火电厂低品位蒸汽间接加热污泥，再通过二段立式热风干化机，利用一段回收的余热加热干燥污泥。干化后的污泥送至大型煤粉锅炉协同焚烧处置。冷凝废水经收集处理后送电厂回用，烟气经收集处理后达标排放。	干化阶段，污泥含水率由60%~80%降至35%~40%，蒸汽消耗量 $<$ 0.75t蒸汽/t原泥；污泥减量化率 $>$ 95%；污泥掺烧比可达6%。焚烧烟气经处理后达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB 18485-2014）和《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）要求。	依托电站煤粉锅炉余热及烟气净化系统，能量梯级利用，污泥干化效率高、运行费用低、系统稳定。	300MW及以上煤粉锅炉协同处置污泥。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
8	有机废硫酸炭化还原资源化处理技术	有机废硫酸通过聚合炭化反应生成磺化炭(反应温度<160℃), 然后进入微波还原单元(温度<300℃), 磺化炭将剩余硫酸还原为二氧化硫, 通过离子液体吸收、解吸回收的二氧化硫, 送入制酸系统制备硫酸。产生的磺化炭材料可用于生产碳基肥料。	硫回收率可达 99%, 制备的硫酸达到《工业硫酸》(GB/T 534-2014) 标准要求。制酸尾气二氧化硫浓度<50mg/m ³ , VOCs (以非甲烷总烃计) <10mg/m ³ , 氯化氢含量 <1mg/m ³ , 硫酸雾<5mg/m ³ 。	有机废硫酸经催化聚合、炭化还原、磺化炭材料生产等成套工艺, 实现传质—反应—传热—分离过程的合理匹配并取得协同效应。较传统高温裂解处理废硫酸, 节能减排效果显著。	有机废硫酸处理、废硫酸协同有机固废处理。	示范技术
9	废旧锂电池带电拆解与分选技术	采用绝缘垫隔离、专用容器存放等措施预防电池短路, 设计多级安全报警系统并增加氮气保护措施确保处理过程安全。不经预放电, 直接采用带刀片和锤头的破碎机对废旧锂电池模组进行两级破碎, 然后采用密闭式单体回转窑低温蒸发去除电解液, 再使用自动一体化分选设备筛分破碎后的电池物料, 分离电池外壳等重物料, 使极片中黑粉脱离; 再采用细破机和研磨机, 对金属极片进行研磨处理, 通过专用的摇摆筛、铜铝分离设备对黑粉、铜粒、铝粒进行筛分。回收处理过程中产生的高浓度废气经处理后达标排放。	铜、铝、隔膜、外壳、正负极粉料的分离率与纯度均达到 90%; 电池黑粉杂质中铜含量 0.7%~1.0%、铝含量 1.2%~1.5%。	分选过程免放电, 可直接机械化破碎, 无需酸液浸泡, 不产生废酸, 系统兼容性好。	废旧锂电池拆解回收。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
10	废旧三元锂电池短流程再生利用与污染控制技术	废旧三元锂电池经自动化拆解、梯级破碎、热解、分选得到电池黑粉和铜铝粉，铜铝粉直接外售。电池黑粉在硫酸溶液中进行选择性浸锂，浸出液经净化除杂后制备电池级碳酸锂；镍钴锰渣浸出后通过深度净化、短流程萃取得到混合溶液，直接用于前驱体制备。产生的石墨渣直接外售，铁铝渣等委托有资质的单位处理；高盐废水经处理后达标排放。	电池芯壳分离率>99.9%，电池黑粉中铜残留率<1%、铝残留率<1%，镍钴锰提取率可达99.3%，锂回收率可达90%，碳酸锂产品纯度>99.5%，达到电池级标准。再生三元材料达到《镍钴锰酸锂》（YS/T 798-2012）标准要求。废水和废气排放达到《铜、镍、钴工业污染物排放标准》（GB 25467-2010）要求。	废旧三元锂电池全链条一体化处理，镍钴锰锂等金属回收率高，再生产品质量好。	废旧三元锂电池回收利用。	示范技术
11	铝灰两段法污染治理及氧化铝回收技术	采用“一段活性溶出+二段熟料烧结”工艺进行铝灰资源化。铝灰经溶解过滤后，滤液返回拜耳法生产流程，副产氢气送氧化铝焙烧炉与煤气混合作为氧化铝焙烧燃料，副产氨气经水洗净化吸收后，制成氨水送氨法脱硫系统。一段活性溶出分离滤饼添加石灰乳等药剂后进行烧结，烧结熟料加碱液溶出后成为铝酸钠溶液，经沉降分离，液相进入拜耳法生产流程，形成冶金级氧化铝；氯、氟进入固相，形成钙硅渣或钠硅渣，安全处置。烧结烟气经处理后达标排放。	氧化铝回收率≥95%，氨气吸收率≥98%，氢气利用率≥95%。氧化铝产品达到《氧化铝》（GB/T 24487-2022）标准要求。	实现铝灰污染治理和氧化铝资源回收。	铝灰回收氧化铝。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
12	钨冶炼渣湿法提取稀有金属技术	钨冶炼渣经预处理后,用副产盐酸和萃钨余液进行酸浸,压滤分离后滤液中含钨、锰、铁、钙;滤渣富集锡、钼、铌,外运处置。滤液中加入铁粉,搅拌后静置过滤,滤渣为银富集物,使用阴离子萃取剂三辛癸烷基叔胺萃取出滤液中的铁和钨,萃余液继续加入药剂萃取并经压滤得到含钨的碱性滤饼,剩余溶液经提取铁、锰后,蒸发得到二水氯化钙。系统产生的废水经处理后达标排放。	钨回收率>90%,铁、锰回收率>95%。	利用副产盐酸,采用湿法工艺高效富集、萃取回收钨、锰等金属资源。	钨冶炼行业碱煮渣的资源化利用。	示范技术
13	有机废盐资源化利用技术	有机废盐在碱性金属盐催化、低氧或无氧的环境中,低温热解去除有机污染物得到热解废盐,产生的挥发性有机废气经除尘、RTO蓄热式焚烧处理后达标排放。热解废盐溶解得到亚饱和废盐溶液,经复相催化氧化、脱氮、除磷、除氟、除重金属等工序得到亚饱和和精制盐溶液,再经二次氧化蒸发结晶得到再生工业盐。氧化除杂和过滤产生的废渣安全处置。冷凝水经过滤后回用于热解废盐的溶解。	处理前废盐 TOC 5000mg/kg~60000mg/kg,废盐经配伍、处理后有机物脱除率>99%,TOC ≤10mg/kg。钠基废盐钠离子回收率≥99%。	废盐的杂质得到精细化去除,工艺集成度高,污染物去除效果好。	高盐、高浓有机废水经氧化蒸发结晶得到的含有有机污染物废盐的无害化处理。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
14	页岩气油基岩屑资源化利用技术	油基岩屑进入中温无氧蒸馏装置内进行油、水和岩屑的分离。油、水蒸发成高温混合蒸气，经除尘后送至冷凝器冷却成油、水混合液体，不凝气进入无氧蒸馏装置燃烧室作为燃料使用；混合液体经三相离心机进行油水分离，分离出的油进入储罐储存，水进入污水处理系统处理。分离油水组分后的岩屑干渣经冷却后贮存；系统产生的废水、废气经收集处理后达标排放。	基础油回收率 99.7%~99.9%，回收油品质达到《炉用燃料油》（GB 25989-2010）中的馏分型标准。干渣含油量 < 0.3%。无氧蒸馏装置压力 -200Pa、温度 320℃~400℃。	通过中温无氧蒸馏工艺分离油、水和岩屑，基础油回收率高，质量好，岩屑干渣可资源化利用。	含油率 ≥ 5% 的油基岩屑资源化利用。	示范技术
15	工业危废侧吹浸没燃烧熔池熔炼资源化技术	原料、熔剂、还原剂经配料后送至侧吹浸没燃烧熔池熔炼炉内，富氧空气和燃料通过多支浸没在熔池中的喷枪喷射到熔池内，物料快速分散于熔体中，完成加热、分解、熔化等过程。物料中的金属氧化物还原为金属，同时杂质与熔剂造渣。金属富集于炉底，通过流槽流至浇铸机浇铸成金属锭；渣经水淬得到玻璃态水淬渣；熔池反应产生的废气经余热回收、净化处理后达标排放。	铅回收率 > 98.5%，镉、锡回收率 > 95%；硫利用率 > 98.5%。弃渣含铅 < 2%。	工艺对物料的适应性强，熔炼反应充分，金属回收率高。	含铅等危险废物资源化处置。	推广技术
16	废弃风电叶片资源化利用技术	废弃风电叶片经切割、破碎、筛分后，得到玻璃纤维和树脂基颗粒。玻璃纤维可再利用，树脂基颗粒经研磨后，采用挤出成型工艺制备纤塑板。切割、破碎、筛分过程中产生的含尘废气经除尘处理后达标排放。	废弃风电叶片利用率 > 99%；玻璃纤维和树脂基颗粒分离率 > 90%。	实现废弃风电叶片中玻璃纤维与树脂基颗粒的高效分离及资源化利用。	废弃风电叶片处理利用。	推广技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
17	电子电器类固废解离一分选技术及装备	电子电器类固废经控温破碎预处理后,利用极性交变磁场分选出磁性金属颗粒,再利用涡电流分选出小粒径有色金属颗粒,之后利用多辊高压静电场分选出剩余金属颗粒、半导体和绝缘颗粒。	相较于传统破碎,控温破碎(破碎温度 $<80^{\circ}\text{C}$)污染物释放量减少99%;相较于传统单辊高压静电场分选,多辊高压静电场金属分离率由90%提升至98%。	采用控温破碎工艺,减少污染物释放;采用极性交变磁场分选和多辊高压静电场分选技术,金属分离率高。	电子电器类固废资源化处理。	示范技术
18	水氯镁石资源化利用生产镁砂技术	水氯镁石经预处理后,加入氨蒸气进行沉淀反应生成氢氧化镁浆料,浆料经洗涤、分离、过滤后得到氢氧化镁和母液。氢氧化镁经干燥、烧结后生成氧化镁,氧化镁在电熔和烧结条件下,生成电熔镁砂和烧结镁砂。母液加入适量碳酸氢铵除钙后,再加入碳酸氢铵进行二次沉镁,生成碱式碳酸镁浆料和氯化铵母液。碱式碳酸镁浆料经干燥、煅烧得到氧化镁;氯化铵母液经石灰蒸氨得到氨蒸气和以氯化钙为主要成分的蒸氨废液。氨蒸气循环使用,蒸氨废液用于生产无水氯化钙。	镁的转化率为97%~98%。氢氧化镁纯度 $>99.5\%$,白度 $>97\%$ 。	水氯镁石资源化利用生产镁砂,镁转化率高,产品品质好。	水氯镁石资源化处理。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
19	含硅工业固废生产轻质微晶石技术	含硅工业固废和辅料按一定比例配比后，依次经粉碎、研磨、筛分后加入发泡剂混合均匀，将饰面料与发泡料依次分层均匀铺撒于模具内。布料后进入辊道炉，经过晶化反应、高温熔融、发泡，再急冷至 800℃ 左右定型，经退火消除产品热应力后出炉。出炉后的毛板经进一步加工得到标准规格轻晶石板材。生产过程中产生的废水经多级沉淀过滤循环使用，废渣经烘干、制粉后用作原料。	产品达到《尾砂微晶发泡板材及砌块》（JG/T 506-2016）标准要求。烧成温度 1050℃~1200℃，烧成周期 20h~24h。	发泡技术可有效提升产品品质，硅基固废的利用率高，产品附加值高。	废陶瓷粉、废玻璃粉、石英尾矿等硅含量 ≥ 40% 的工业固废资源化利用。	示范技术
二、土壤污染防治领域						
20	污染砂性土壤快速分选淋洗一体化装备	污染砂性土壤送入快速分选淋洗一体化装备，经筛分破碎预处理并去除粒径 > 50mm 污染颗粒后，送入造浆设备按粒径分离；分离出的粒径 < 5mm 的污染土壤再经 1mm 和 0.075mm 两级设备分选；各级分离出的大粒径污染土壤采用水或其他淋洗液淋洗，去除污染物后可资源化利用。粒径小于 0.075mm 的土壤与淋洗液混合为泥浆，泥浆脱水后进一步处理处置，淋洗污水经处理后循环使用。	粒径 0.075mm~50mm 污染土壤淋洗后均达到修复目标值，可资源化利用。淋洗装备模块化，污染土壤处理效率提升，淋洗速率 40t/h。	装备可实现模块化和一体化远程智能控制，提高处理效率，实现污染土壤的减量化和资源化利用。	粘/粉粒含量低于 25% 的重金属、半挥发性有机污染物及其复合污染砂性土壤修复。	推广技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
21	煤矿酸性矿井水阻隔—风险管控协同技术	采用清污分流、矿井封隔、风险管控协同技术防治煤矿酸性矿井水污染。通过排水沟、抽排井等方式对矿井补给源头水改道、引流,实现清污分流减少补给量;通过封隔矿井硐身和周围围岩,形成地下水缺氧环境,减少酸性矿井水产生;通过引水渠、跌水坎、曝气池、沉淀池等对酸性矿井水进行氧化沉淀处理,提升其 pH 值,降低水中铁、锰浓度,将酸性矿井水的影响控制在可控范围内。	矿井周边无酸性涌水流出,矿井内地下水位及水质得到恢复, pH 值从 2~3 逐渐恢复至中性。经风险管控后,酸性矿井水质可达《煤炭工业污染物排放标准》(GB 20426-2006)中采煤废水污染物排放限值,周边地表水水质得到有效改善。	形成以“清污分流”“矿井封隔”为主的酸性矿井涌水污染控制技术体系。	末端治理难度大、后期缺乏运维条件的煤矿酸性矿井水治理;其中,矿井封隔工艺适用于矿井完整性良好,导水裂隙较少的矿井。	示范技术
22	移动式污染场地快速调查技术	利用直推式钻机将检测探头贯入地下,探头温度控制在 100℃~120℃, VOCs 蒸发后渗入半透膜,利用 99.9%高纯 N ₂ 作为载气系统收集 VOCs;通过添加 SVOCs 溶剂,采用顶空吹扫技术,收集 SVOCs 污染物;将 VOCs 和 SVOCs 传输至地面 FID、ECD 检测端获取半定量数据及土层电导率,或传输至 GC-MS 获取定性定量检测数据。针对重金属污染物,通过定深取水钻具和 X 射线荧光重金属检测组件,实现重金属快速定性定量检测。调查数据及三维可视化平台可为后续修复方案制定提供技术支撑。	移动式一体化集成装备符合《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB 1589-2016)、《机动车运行安全技术条件》(GB 7258-2017)标准要求。VOCs 实现分钟级半定性半定量检测和 ≤2.0h 定性定量检测,SVOCs 实现 ≤1.0h 定性定量检测,地下水铜、汞、镉、铬、砷、硒等污染物响应时间 4min。	采用“随钻随测”一体化装备,缩短污染物检测周期,实现污染场地快速精准采样与检测。	场地土壤和地下水污染原位快速调查。	示范技术

序号	技术名称	工艺路线	主要技术指标及应用效果	技术特点	适用范围	技术类别
23	含磷污染土壤活化氧化修复技术	首先采用机械设备破碎筛分水封含磷土壤，去除石块等杂物；然后分批加入一定量活化剂，搅拌与静置交替进行，活化剂与黄磷表面胶状物反应活化土壤中黄磷；接着加入氧化剂使黄磷转化为磷酸根，氧化完毕后加入干化剂，将磷酸根转化为磷酸盐沉淀，达到含水率要求后，养护待检，检测达标后再利用。含磷废气经收集处理后达标排放；废水处理达标后循环使用，最终排入市政管网。	含磷土壤按 10:1 水封，表层保护水层厚度不小于 20cm；活化剂、氧化剂、干化剂投加比例均为 2%~3%，干化后含水率 20%~30%；养护时间 3d~5d。白烟消除率达 80%，黄磷去除率可达 97%以上。	在水封条件下作业，可有效消除安全隐患。	含磷量高、易自燃、浓烟产生量大、修复量大的土壤修复。	示范技术

备注：

1. 示范技术具有创新性，技术指标先进、治理效果好，基本达到实际工程应用水平，具有工程示范价值；推广技术是经工程实践证明了的成熟技术，治理效果稳定、经济合理可行，鼓励推广应用。
2. 本目录基于 2023 年公开征集所得技术编制。