

广东省发展和改革委员会  
广东省科学技术厅  
广东省工业和信息化厅  
广东省自然资源厅

---

粤发改资环函〔2021〕349号

转发国家发展改革委办公厅 科技部办公厅  
工业和信息化部办公厅 自然资源部办公厅  
关于印发《绿色技术推广目录  
(2020年)》的通知

各地级以上市发展改革局(委)、科技局(委)、工业和信息化局、自然资源局:

现将《国家发展改革委办公厅、科技部办公厅、工业和信息化部办公厅、自然资源部办公厅关于印发〈绿色技术推广目录(2020年)〉的通知》(发改办环资〔2020〕990)转发给你们。请结合实际加快推广应用相关先进绿色技术,充分发挥科技创新引

引领作用，为建立健全我省绿色低碳循环发展经济体系，推进生态文明建设和高质量发展，实现碳达峰、碳中和目标提供重要的技术支持。



公开方式：主动公开

国家发展和改革委员会办公厅  
科学技术部办公厅  
工业和信息化部办公厅  
自然资源部办公厅

文件

发改办环资〔2020〕990号

---

关于印发《绿色技术推广目录（2020年）》  
的通知

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委、科技主管部门、工业和信息化主管部门、自然资源主管部门：

为落实《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》（发改环资〔2019〕689号）有关要求，加快先进绿色技术推广应用，国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、自然资源

部组织编制了《绿色技术推广目录（2020年）》，现印发你们。请结合实际加大绿色技术推广应用力度，为推动社会经济发展全面绿色转型、打赢污染防治攻坚战、实现碳达峰碳中和目标提供技术支撑。



## 绿色技术推广目录（2020年）

序号	技术名称	适用范围	核心技术及工艺	主要技术参数	综合效益
一、节能环保产业					
1	基于燃烧和润滑性能提升的车用燃油清净增效技术	交通车辆/非移动污染源治理	基于具有助燃作用硝基烃类化合物和低摩擦组分等材料，经复配后形成主要成份，用于改善发动机燃烧过程，提高燃烧速度，增加等容度，提高燃烧效率，有效降低燃油消耗，改善污染物排放，降低摩擦损失，提升动力响应。	节油率≥3%；尾气中HC、CO、NO <sub>x</sub> 、PM污染物总量减排≥20%。	按2019年全国汽油消耗12000万吨、柴油消耗15000万吨计算，年节约1185万吨ce；减少CO <sub>2</sub> 排放约3152万吨。
2	磁悬浮离心鼓风机综合节能技术	高效节能装备	采用磁悬浮轴承技术，消除摩擦，无需润滑；高速电机直驱技术，省却机械传动损失；利用智能管理模式，根据工况进行风量、风压调整、防喘振、防过载及异常工况下的操作，高度智能化，降低了操作和维护要求。	功率50-1000kW；鼓风机正压升压范围：30-150kPa；鼓风机正压流量：40-450m <sup>3</sup> /min；鼓风机负压真空度范围：-10至-70kPa；鼓风机负压抽速：80-1120m <sup>3</sup> /min；噪声≤85dB。	无机机械损耗，核心部件可回收；比罗茨风机节能30%，负压比水环节能40%。
3	土壤修复靶向重金属稳定化材料技术	土壤修复	通过分子自组装技术，用高比表面积纳米陶瓷制备多孔（纳米级）陶瓷粉末材料。与目前应用较多的石灰、生物炭和其他矿物质修复材料相比，具有物理、化学、生物稳定性强，长期稳定性好，土壤环境友好，综合成本低，见效快的特点。在切断外来污染源的情况下，一次施用3-10年有效。	铅吸附容量>3×10 <sup>5</sup> mg/kg；镉吸附容量>1×10 <sup>5</sup> mg/kg；限量元素汞≤5mg/kg、镉≤10mg/kg、铅≤45mg/kg、铬≤45mg/kg、砷≤10mg/kg。	一水多用，基本不产生废水、废气、废渣，生态环境友好。产品原料采用廉价陶土、陶瓷及煤矸石等，降低能源、资源消耗。

4	基于低品位余热利用的大温差长输供热技术	余热利用	在热力站设置吸收式换热机组降低一次网回水温度,提高供回水温差,增加管网输送能力;在热电厂设置吸收式余热回收机组回收汽轮机余热,减少环境散热;同时换热站内的低温回水促进电厂内余热回收效率得到提升,提高电厂整体供热效率。	利用既有传热过程中的温差损失,在不增加能耗的前提下,提高热电厂供热能力30%以上;降低热电联产能耗40%以上;提高既有管网输送能力80%。	余热回收和换热站改造投资1000-1500元/kW。 300MW热电厂改造后年减少93万tce,减少CO <sub>2</sub> 排放量24.2万t、SO <sub>2</sub> 排放量0.7万t、NO <sub>x</sub> 排放量0.34万t、烟尘排放量6.3万t。
5	旧电机磁化再制造技术	装备再制造	通过对旧三相异步电动机转子母体进行重新设计、加工改造,采用新材料磁钢和磁阻,表贴在转子上,形成新三相电动机永磁转子。转子磁场与定子磁场波形同步,形成纯正正弦波磁场。消除谐波,不产生退磁和反向转矩,温升低。具有高效率、高功率因数、起动转矩大等优势。融合了旧电机绿色清洗、无损拆解、旧件修复等生产技术。	平均效率92.8%,平均功率因数0.98。绝缘等级F级,防护等级IP55。	使用旧电机90%的零部件,成本仅为新电机的40%;再制造电机可达国家一级能效;综合节电率10%-30%。
6	光储空调直流感化关键技术	高效节能装备	将光伏输出直流电直接连接变频空调系统直流母线,实现光伏直流直接驱动空调系统。实现了并离网多模式运行及自由切换,用电可不依赖于电网。通过引入储能单元,系统用电实现光伏储能互补,能量可用可储。利用功率阶跃抑制技术解决系统模式切换瞬间运行不稳定问题。利用能源信息智慧管理技术实现系统发电用电储电的智慧调度。	系统模式切换时间最短4.6ms;系统功率阶跃抑制时间小于200ms;压缩机转速波动小于0.1rad/s。	光伏直驱利用率99.04%,电能转换效率提升6%-8%;设备成本降低10%-20%。
7	集成模块化密封节能技术	工业密封节能	通过原位分解合成技术,制备气孔微细化、高强度、耐侵蚀的轻量化碱性耐火材料。将轻量化耐火制品、功能托板、纳米微孔绝热材料等分层组合固化在其各自能承受的强度和温度范围内,保证密封的节能效果和安全稳定。采用自改进机器人智能设备,对集成模块在回转窑内进行高效运输和智能化安装,大幅降低回转窑资源、能源消耗和污染物排放。	体积密度2.66-2.75g/cm <sup>3</sup> ;显气孔率22%-25%;水泥回转窑筒体温度降低80-130℃。	密封重量减少15%以上,节约回转窑主机电耗;提高检修效率、缩短检修时间、通过增加回转窑有效密径提高产量。

8	矿物基环境修复材料与应用技术	土壤修复	以硅铝酸盐原生矿物为原料,通过复合盐热处理与水热活化等技术手段获得高反应活性的矿物基环境修复材料,具有微纳米孔道和层间结构,比表面积大、阳离子交换容量(CEC)高,对土壤及水中多种重金属离子具有强交换吸附、包裹、络合和共沉淀作用,可使重金属转变为残渣态,实现固化/稳定化,效果持久。提升土壤 Si、Ca、Mg 等元素含量,调节土壤酸度、改良土壤品质。	通用产品 $\text{SiO}_2$ (构溶) $\geq 20\%$ , $\text{CaO}\geq 40\%$ , pH 值 9-11, $\text{CEC}\geq 50\text{cmol/kg}$ ; 耕地修复改良土壤调理剂及中量元素肥重金属含量符合要求。	采用天然矿物制备的环境友好材料,与土壤矿物特性相近,不破坏土壤母质或造成二次污染;重金属污染治理经济效益显著。
9	基于等离子体放电的病毒、微生物广谱消杀空气质量提升技术	大气污染防治装备	在中央空调及新风系统风道内形成全覆盖的高能等离子体面放电均匀电场,有效“封堵”整个气路,当气流垂直穿过面放电区域,实现快速消杀和分解室内外空气中的病毒、微生物、PM2.5,保障室内安全洁净、环保的空气质量。	在大风量和无资源消耗的情况下,对细菌、病毒等多种病原体、微生物一次消杀率达 90%以上,单机能耗约 1.5kWh/天。	在疫情防控期间和对空气净化有一定要求的场所,减少新风系统能耗损失,节能率 10%-30%。
10	燃煤电站金属板卧式湿式电除尘技术	工业烟气尾气处理	以不锈钢耐腐蚀金属集尘板和电晕线组成高压电场,通过电晕放电使粉尘等颗粒物荷电,荷电后的颗粒物在电场力的作用下被集尘板捕集,喷淋水在阳极板表面形成流动水膜,将吸附在集尘板上的粉尘冲入灰斗,排到循环水箱进行灰水分离处理,达到净化烟气的的作用。	烟尘排放浓度 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ; $\text{SO}_3$ 去除率 $\geq 60\%$ ; 降压 $\leq 450\text{Pa}$ 。	可高效去除 PM2.5 细颗粒物,以及 $\text{SO}_3$ 气溶胶和汞等重金属污染物,缓解烟囱腐蚀,消除石膏雨和酸雾等,实现多重环保效益。
11	基于废弃物再生的自养、异养水处理高效脱氮技术	城镇污水处理	利用复合活性矿物合成一体化材料,在污水处理碳氮循环中引入硫循环,为反硝化过程提供多相电子供体,驱动硝酸盐转化成氮气,实现高效且低成本脱氮。水体中原低浓度有机物也可通过与无机碳之间的微循环被充分利用,实现自养、异养反硝化的协同脱氮。集成微生物抗逆技术,确保在低温、高溶解氧进水条件及水质水量变化的冲击下,始终保持高效脱氮性能。	适用水质:盐度 $\leq 7\%$ ,温度 5-45 $^{\circ}\text{C}$ ,溶解氧 $\leq 6.5\text{mg}/\text{L}$ ; 容积负荷范围: 0.5-5 $\text{kgN}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ,出水总氮浓度低于 1 $\text{mg}/\text{L}$ ,优于国家城镇污水一级 A 排放标准。	减少污水处理厂约 30%温室气体排放及脱氮环节 70%-90%污泥排放。出水总氮浓度低于 1 $\text{mg}/\text{L}$ ,可节省 30%-70%脱氮成本。

12	高效节能低氮燃烧技术	工业燃烧器	采用“3+1”段全预混燃烧方式，三个独立燃烧单元，使炉内温度均匀，热效率提高，解决燃烧不充分导致的高排放。用风的流速引射燃气，燃烧过程中逐渐加速，同方向上混合燃烧，充分利用燃气的动能，增加炉内尾气循环、延迟排烟速度，降低排烟温度，提高热交换效率，有效抑制NO <sub>x</sub> 、CO <sub>2</sub> 、CO的产生，节约燃料。通过分段精密配风，实现最佳风燃比。火焰稳定，负荷变化<40%时，热效率不变。	火焰的出口速度：240-360m/s；烟气的含氧量：0.5%-10%；实现节能10%-30%。	污染物排放浓度：NO <sub>x</sub> <25mg/m <sup>3</sup> ，CO<10mg/m <sup>3</sup> ，CO <sub>2</sub> <20%。
13	基于干态气化分相燃烧煤粉工业锅炉技术	高效节能装备	通过空气分级，在双炉膛锅炉内完成煤炭固、气两相转化与燃烧，解决煤炭中的炭、灰中温安全分离难题，实现了煤炭充分燃烧和炉内固硫、抑氮的深度协同过程，实现了燃煤锅炉超高效、系统节能与超低排放的协同兼顾。	锅炉热效率>92%、烟气排放超净（尘<5mg/m <sup>3</sup> 、硫<35mg/m <sup>3</sup> 、氮<50mg/m <sup>3</sup> 、灰渣含碳量<0.5%）。	锅炉燃料成本降低15%以上，碳减排量>15%，污染物总量减排>20%，系统节能>25%；综合运行成本降低23%以上。
14	介质浴盘管式焦炉上升管荒煤气余热回收技术	焦化余热利用	通过上升无机械损耗，核心部件可回收；比罗茨风机节能30%，负压比水环节节能40%。 管换热器实现对焦炉高温荒煤气余热的回收，换热器采用复合间壁式结构，烟气在内筒内自下而上流动，中间层为换热层，螺旋盘管缠绕于内筒外壁、沉埋于导热介质层内，和内筒通过导热介质层复合成一体化弹簧结构，换热介质在螺旋盘管内流动；最外层为外筒壁。可适应高温荒煤气流量和温度的脉冲式剧烈交变，内壁温高，焦油蒸气不凝结。	800℃荒煤气可降温200℃；可产生≥2.5MPa饱和水蒸汽（或≥260℃高温导热油；或≥400℃过热蒸汽）；同等条件下吨焦产汽量比水夹套技术增加20%以上。	节省20%喷氨量；完全依靠回收焦炉荒煤气热量替代脱苯管式炉，使富油加热设备的热效率再提高35%以上，减少污染排放点。



15	钢铁密炉烟尘细颗粒物超低排放预荷电袋滤技术	工业炉窑烟气净化	预荷电袋滤技术可使烟气中细颗粒物预荷电, 荷电后的粉尘在直通式袋滤器滤袋表面形成多孔、疏松的海绵状粉饼, 可强化过滤对细颗粒物的布朗扩散和静电作用, 提高碰触几率和吸附凝并效应, 从而提高细颗粒物净化效率; 超细纤维面层滤料可实现表面过滤, 减少细颗粒物进入滤料内部, 防止 PM2.5 穿透逃逸, 稳定实现超低排放。	颗粒物排放浓度 $<10\text{mg}/\text{m}^3$ , PM2.5 捕集效率 $>99\%$ , 设备阻力 700-1000Pa, 设备漏风率 $<1.5\%$ ; 预荷电装置工作电压 50-72kV, 二次电流 80-120mA。	与传统袋式除尘技术相比, 预荷电袋滤器颗粒物排放浓度下降 30%-50%, 环保效益显著; 运行阻力能耗降低 40% 以上, 节能效益显著; 占地减少 35%, 单位产品钢耗量降低 25%。
16	全底吹连续炼铜工艺	铜冶炼	采用底吹精炼替代传统的精炼工艺, 与底吹熔炼和底吹吹炼相衔接, 实现氧气底吹熔炼+氧气底吹连续吹炼+底吹精炼的铜冶炼。供气原件氧枪采用大氧枪, 鼓入炉内形式采用底吹模式, 中间物料全部为热态形式, 上下环节物料的转用采用全封闭溜槽方式, 精炼炉使用氧枪替代透气砖。	阳极板品位 99.7%, 铜回收率 98.75%, 金回收率 98.5%, 从铜精矿到阳极铜综合能耗 106.49kgce/t。	环保效益良好, 排放尾气 $\text{SO}_2 \leq 13\text{mg}/\text{m}^3$ , $\text{NO}_x \leq 33\text{mg}/\text{m}^3$ , 颗粒物 $\leq 9\text{mg}/\text{m}^3$ , 项目平均投资回收期约 11 年。
17	钢铁烟尘及有色金属冶炼渣资源化清洁利用技术	重金属固废/危废处理	通过对原料的火法富氧燃烧挥发与湿法综合回收有价金属, 对固废中的锌、铜、铅、镉、铋、锡、碘、铁等进行综合回收, 并从生产过程中产生的碱洗废水中回收碘及钠钾工业混盐, 工业废水经处理后全部回用于生产, 减少新水消耗。	锌冶炼总回收率 $>88\%$ , 火法锌回收率 $>93\%$ , 湿法炼锌回收率 $>95\%$ , 湿法炼锌直流电耗为 2850-2950kWh/t Zn, 湿法炼锌电解效率 $>92.5\%$ , 熔铸回收率 $>99.68\%$ , 铜冶炼回收率 $>82\%$ , 铅直收率 $>99\%$ , 镉直收率 $>98\%$ , 新水消耗 $<5\text{m}^3/\text{t Zn}$ 。	可附带回收超纯化铁粉等产品, 经济效益良好。

18	数字智能供电技术	高效节能装备制造	采用多输入多输出电源技术,在一套电源系统上实现多种能源供应,多种低压制式输出。采用模块化设计,可方便、快速、不停电更换换流模块、管控模块、直流输出配电模块,支持各类模块混插,可随意组合并机输出;通过分布式软件定义电池系统,对充放电和成组进行动态管理和控制,实现电池信息化管理,智能运维。	输出电压制式:直流12V或48V、225-400V,供电效率 $\geq 96\%$ ,功率密度 $\geq 50\text{W/inch}^3$ ;防护等级:IP20(室内型)、IP55(室外型)	基站一体化能源柜:占地空间需求降低约60%,供电效率提升8%-17%。数字能源机柜:ICT设备机柜装机率提升30%-40%,供电效率提升10%-15%。
19	双膜法污水深度处理技术	城镇污水处理	将深度脱氮膜生物反应器(MBR)技术和超低压选择性纳滤(DF)膜相结合,去除污水中有害物质、难降解有机污染物和导致湖泊富营养化的氮、磷无机污染物,可使出水水质得到大大提高。	出水水质可达到地表水Ⅲ类(湖、库)标准。系统回收率 $\geq 95\%$ ,结合浓水处理,回收率可达100%;MBR中空纤维微滤膜丝断裂应力 $\geq 200\text{N}$ ,平均使用寿命5-8年;超低压选择性纳滤DF膜对有机污染物、磷酸盐的截留率 $\geq 90\%$ ,对TDS截留率低于50%,平均使用寿命3-5年。	电耗为0.7-1.0kWh/m <sup>3</sup> ;平均投资收益率约6%-8%,投资回收期一般为10-15年。
20	建筑陶瓷新型多层干燥器与宽体辊道成套节能技术	建筑陶瓷	利用冷却余热高效接力回收系统、内置式自循环干燥、风/气比例精准控制、窑炉内分区精准燃烧控制、节能型蓄热式燃烧等技术,实现窑炉冷却余热和干燥器内部热量的高效回收、快速均化、自动控温及循环利用,提高热效率,节能环保效果明显。	高温区仪表控温精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ;窑内截面温差 $\leq 3^\circ\text{C}$ ;外壁温升 $\leq 35^\circ\text{C}$ ;产品干燥、烧成综合燃耗 $\leq 1.8675\text{kgce/m}^2$ 。	在陶瓷烧制过程中同比可节省燃料12.5%,高温燃烧烟气中的氮氧化物折算约40-50mg/m <sup>3</sup> 。

21	高污染城市 河流综合治理 技术	城市黑 臭水体治 理	针对城市河流高强开发、高强度暴雨和高污染负荷等条件下的雨污合流区截污治污和生态修复问题,从现行规程规范截流倍数向初期雨水截流强度转变,建立小强度降雨的径流-水质耦合模型,集成一体化截污技术、再生水安全回用技术、水生态修复技术、红树林培育技术等核心技术,实现高污染城市河流综合整治。	河流水质逐步稳定达到地表V类水标准;河道水质为V类水的非达标天数由50天下降至20天。	显著改善河流水质、水动力条件;保障流域71%的面源污染得到控制;对生态系统中的浮游植物、浮游动物、底栖生物,以及鸟类、鱼类、高等植物等均有显著改善作用。
22	陶瓷平板膜 污水处理技 术	城镇污 水处理	综合集成纳米陶瓷平板膜新材料技术与活性污泥法污水处理技术,具有使用寿命长、抗污染、分离精度高、通量大、机械强度高、化学稳定性强、耐酸碱、可再生恢复性强等优点。	膜通量 $>25\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ;生化池污泥浓度 $1000\text{-}1500\text{mg}/\text{L}$ ;出水水质符合城镇污水处理排放一级A标准。	产品寿命可达15年,寿命达后可回收再利用;耗电 $0.4\text{-}0.6\text{kWh}/\text{m}^3$ ;自动化程度高。
23	带液固废深 度脱水干化 及资源化利 用成套技术	工业废 水/固废 处理	集成带液固废进料过滤、隔膜压榨、真空干化、锅炉掺烧或残碳炉焚烧等关键工艺,利用压强与物相变化的关联关系,大幅降低传统常压条件下热干化的热源温度( $150^\circ\text{C}$ 降至 $85^\circ\text{C}$ )和汽化温度( $100^\circ\text{C}$ 降至 $45^\circ\text{C}$ ),实现固液分离、工艺节能和低温干化;将带液固废的脱水与干化技术合为一体,在同一系统中一次性连续完成,处理后的固废直接进入锅炉进行掺烧,运行稳定,实现固废资源化利用。	进料含水率 $70\%\text{-}99\%$ ;出料含水率 $\leq 25\%$ 。进料压力 $0.5\text{-}0.8\text{MPa}$ ,压榨压力 $0.8\text{-}1.0\text{MPa}$ ,真空度 $-0.075\text{-}0.095\text{Mpa}$ ,热水温度 $85\text{-}95^\circ\text{C}$ 。	与传统真空带式过滤机相比,处理后滤饼含水率和固废排放量均降低 $30\%$ ,热值提高 $64\%$ ,如果滤饼按残碳 $30\%$ 、含水率 $25\%$ 计算,1t滤饼可产2t高温高压蒸汽,节能效果和经济效果显著。
24	磁悬浮变频 离心机技术	高效节 能装备	利用磁悬浮轴承技术替代常规轴承,压缩机采用永磁同步电机直接驱动转子,电子转轴和叶轮组件通过数字控制的磁轴承在旋转过程中悬浮运转,在不产生磨损且完全无油运行情况下实现高效率的制冷功能。利用智能控制安全保护技术,保证机组节能运行。	磁悬浮离心机部分负荷最高能效比达到 $34.58$ ,综合能效比最高达到 $13.18$ 。380V电源单台压缩机仅 $2\text{A}$ 启动电流。可实现 $2\%\text{-}100\%$ 负荷连续智能调节,出水温度控制精度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。	制冷季或者全年运行时综合能效较常规机组节能 $50\%$ ,噪音最低 $70\text{dB}$ 。

25	新能源汽车全铝车身制造技术	新能源汽车	选择封闭截面铝合金挤出型材和热塑性玻纤增强复合材料分别作为车身骨架和覆盖件材料,利用“挤/弯/焊-型/粘/喷-装”一体化短流程工艺,建成多车型柔性焊装生产线,实现短流程、低材料耗、低排放和智能化生产。	车身扭转刚度达 26967Nm°, 车身全尺寸焊接质量合格率 92%。	单车碳排放 112kg CO <sub>2</sub> /辆; 生产制造过程能耗 11.9kgce/辆; 车型行驶能耗 9.7kWh/100km。
26	多孔陶瓷保温绝热材料技术	节能材料	采用微纳米多级封闭空气腔、反热辐射配方料与短纤等原料制成独特蜂巢结构的陶瓷卷毡、管壳、砖形、板材等,利用陶瓷制品耐候性强、持久保温、高回用率、无固废等功效,减少了传统保温材料对生态的污染、固废处理和占地等难题。	不燃烧等级 A1; 导热系数(平均 70°C) 0.036-0.041W/(m·k); 适合介质温度 -40-1000°C; 回用率 > 70%。	与传统材料同厚度,节能 25%; 与传统材料同表面温度,厚度减薄 > 50%; 保温外表面温度比国标验收标准低 10°C。
27	建筑能源监管与空调节能控制技术	建筑节能	基于物联网、云平台、系统集成等技术,通过建筑群→建筑→楼层→房间→用能设备的多层级多维度能耗数据的可视化、同环比分析,实现用能监管、指标对比分析、定额管理、节能诊断等; 对空调系统各个运行环节整体联动调控,通过管网水力平衡动态调节、负荷动态预测技术实现冷源系统能效优化控制,通过分时分区控温、室内动态热舒适性优化调节技术实现末端精细化管理控制,实现空调系统高效节能运行。	建筑综合节能率 15% 以上,其中空调系统节能率为 20%-30%。	以改造 15 万 m <sup>2</sup> 建筑群为例,预计总投资 1000 万元,改造后五年内可实现建筑综合节电率 21.16%,项目投资回收期约 3 年。
28	大型燃煤电站低成本脱硫废水零排放技术	工业污水处理	运用“低温余热浓缩减量+高温热源干燥固化”的废水零排放工艺流程,解决低能耗、高倍率浓缩问题,解决水质波动性影响,提高技术适应性,解决加药成本高、最终盐的出路、高含盐废水易结垢、易腐蚀等问题,通过适用于高含盐废水的干燥装置,低成本实现燃煤电厂脱硫废水零排放。	脱硫废水浓缩倍率可达 10-15 倍,浓缩废水 TDS 可达 500g/L 以上,无废水外排。	废水处理成本约 20 元/t,经济效益较好。

29	基于卷对卷工艺的辐射制冷薄膜超材料规模化生产技术	绿色建筑材料	通过流延成膜方式, 将可增强共振吸收的功能粒子随机分散到柔性高分子材料中, 采用卷绕磁控溅射工艺将太阳光谱高反射的金属多层溅射沉积到流延膜表面形成反射层, 再通过涂布复合工艺将保护膜和安装胶分别复合于功能膜上下层, 制备出可高效规模化生产的辐射制冷膜超材料产品。	太阳能反射比 $\geq 0.89$ , 8-13 $\mu\text{m}$ 红外发射率 $\geq 0.92$ 。	可减少空调制冷能耗 40%。
30	难降解有机废水深度处理臭氧催化氧化技术	城镇污水处理	废水在高效溶气装置内与臭氧接触混合, 出水进入氧化池, 在池内催化剂的作用下, 有机物被氧化分解或矿化, 实现难降解有机废水深度处理达标排放。通过电磁场切换, 提高臭氧溶气效率, 采用均相/非均相催化形式, 提高氧化反应效率, 降低废水毒性, 改善水体溶解氧含量。	出水 COD $\leq 50\text{mg/L}$ ; 臭氧利用效率 $\geq 95\%$ ; 非均相催化剂寿命 $\geq 10$ 年; 均相催化极板寿命 $\geq 1$ 年。	与传统技术相比, 投资运营成本节约 50%左右, 占地面积节约 50%左右; 达标尾水富含溶解氧, 可作为河湖补给水源, 增强河湖水体自净修复能力。
31	复杂工况下直驱永磁风力发电机组技术	风力发电	针对陆地与海上风资源等自然环境条件分析, 设计包括叶片、直驱永磁式发电机和全功率变流器等关键配套零部件, 根据机组总体技术参数确定 5MW 级直驱永磁风力发电机组组装工艺和吊装工艺。单机容量大、千瓦配套费用低、发电效率高。	叶轮转速 6-13.5rpm; 额定风速 13m/s; 切入风速 3m/s; 切出风速 25m/s; 整机最大风能利用系数 $\geq 0.45$ 。	与传统风力发电技术相比, 发电效率提升 2%-3%。
32	建筑垃圾模块化处置技术	固体废弃物处理	通过开发和设计小型化、模块化建筑垃圾处置模块及控制系统, 实现生产线快速布置与高效处置, 实现工厂化制造, 集装箱运输, 现场快速便捷拼装, 设备可重复利用。	建筑垃圾资源化利用率 $\geq 95\%$ ; 再生骨料含杂率 $\leq 0.3\%$ 。	按年处置建筑垃圾 24 万 t 计算, 年节约 20 万 t 天然砂石; 再生骨料可制成用于道路工程的各种无机混合料制品, 实现建筑垃圾的绿色循环利用; 占地面积小, 不超过 60m $\times$ 8m。

33	汽柴油清净 增剂生产 技术	交通车 辆	采用不含金属成分和灰分、特殊配方制备的胺基化合物、醚类化合物等作为主要组分，混合汽柴油后，在发动机内部通过高温高压燃烧过程发挥功效，在燃油燃烧过程中产生大量自由基，引发连锁的分子链反应，可优化燃烧过程，提高燃烧速度，有效提高燃油经济性，降低油耗，减少机动车尾气主要污染物。	加入汽柴油中可同时降低污染物 HC下降率5.47%、CO下降率 4.01%、NO下降率10.39%、气体污 染综合改善率19.87%，节油率 2.6%。	按2019年全国汽油消耗 12000万t，全国柴油15000 万t计算，一年可节约1027 万tce；减少CO <sub>2</sub> 排放约 2731.82万t。
34	焦炉炉头除 尘技术	焦化除 尘	采用“炉门上方设固定除尘罩+推焦车封闭及两侧设移动密封挡板”形式以及炉头吸尘罩控制技术，收集在焦炉生产过程中、装煤和出焦时炉门产生大量有毒含尘无组织排放的废气。	净烟气粉尘超低排放：3.1mg/Nm <sup>3</sup> ， 低于国家标准的10mg/Nm <sup>3</sup> 。	烟气中的苯并芘、焦油等有机 物一并得到治理，降低焦 炉生产对环境的其他影响。
35	稀土高效提 取分离技术	稀土绿 色生产	针对稀土开采瓶颈问题，以镁盐体系替代传统的硫酸铵浸取离子型稀土矿，获得低浓度稀土浸出液，以离心萃取富集工艺取代传统的碳酸氢铵沉淀富集工艺。针对稀土分离瓶颈问题，以自制的碳酸氢镁溶液替代液氨、液碱、碳酸氢铵或碳酸钠等用于皂化萃取及沉淀结晶制备高纯稀土化合物，同时将产生的含镁废水和CO <sub>2</sub> 气体循环回用。	镁盐体系浸矿的稀土浸出率与硫 酸铵浸取相当；离子矿稀土回收率 提高8%以上。碳酸氢镁溶液用于稀 土萃取分离和沉淀结晶，稀土萃取 率达到99.5%，稀土产品纯度达到 3N-5N，镁盐废水及CO <sub>2</sub> 气体循环 利用率≥90%。	从源头消除了矿山氨氮污 染和放射性废渣污染，解决 了稀土分离过程中氨氮、高 盐废水治理问题。生产1t 稀土氧化物综合经济效益 达1.6-2.0万元。
36	近空间升华 法制造大面 积碲化镉发 电玻璃技术	绿色建 筑材料	以碲化镉为核心材料，采用近空间升华法在透明导电玻璃上沉积光电功能材料，利用激光、光刻等实现电池内部串联，并与另一块玻璃封装制成发电玻璃。解决镀膜过程中玻璃基板高温变形问题、均匀成膜问题和长时间连续生产中玻璃温度控制问题，形成制备碲化镉发电玻璃成套技术。	产品面积≥1.92m <sup>2</sup> ，光电转换效率 ≥13%。	平均每片碲化镉发电玻璃 功率250W，每年发电量 200-300kWh，可节省 64-96kgce，减少CO <sub>2</sub> 排放 146-220kg。

37	基于脉冲式旋流澄清的矿井水及采出水处理技术	工业废水处理	利用脉冲发生器周期性向澄清池中放水,使废水在其自身重力作用下,在旋流澄清池中沿水平和竖直两个方向上同时形成周期性的变加速旋转运动,废水中的悬浮物在旋转过程中彼此碰撞、絮凝并在池底中部沉淀,达到澄清废水、泥水分离的目的,大幅提高设备的处理效率和沉淀效果。	抗冲击负荷能力强,进水悬浮物浓度最高可达5000mg/L;产水效果稳定,悬浮物去除率≥90%。	消耗电能较同类污水处理设备低50%-75%。产生具有一定热值的污泥可与原煤一起综合利用;处理后的废水可直接对地下水体进行补水。
38	高性能木质重组材料制造技术	绿色建筑材料	将木材或竹材定向碾压分离成为一种横向不断裂、纵向松散而交错相连的木竹疏解重组单元,然后通过专用酚醛树脂的浸渍对单元进行包覆,形成一层均匀的树脂胶膜,最终在湿热和压力共同作用下,浸渍单元产生不同程度压缩密实,实现材料性能的大幅增强。	高强度:静曲强度364MPa,拉伸强度324MPa;高耐候:阻燃达B <sub>1</sub> 级,难燃,防腐达强耐腐I级,防虫达抗白蚁级;高尺寸稳定性:28h循环水煮膨胀率为0.6%;高环保性:甲醛释放量为0.1mg/L,不含重金属。	林木竹材的利用率≥90%,生产效率提高50%以上,附加值提高3-5倍,每立方米材料可利用2.8m <sup>3</sup> 林木竹材。
39	多能互补型直流微电网及抽油机节能群控技术	高效节能装备	通过风/光/储/网电等多能互补控制构成直流微电网,为多油井电控终端供电,发挥直流供电和多机集群优势。各抽油机冲次依采油工况优化调节,通过物联网实现集群协调和监控管理,使各抽油机倒发电能经直流母线互馈共享循环利用,提高能效,降低谐波污染,解决油田抽油机电控采油工艺和能效问题,大幅降低变压器容量、台数、线路损耗和抽油机电耗。	工作温度:-40~+80℃。驱动适应范围:额定电压380V、660V、1140V的三相异步电动机、永磁同步电动机,功率范围在5-55kW的各种抽油机。	与传统模式相比,节约变压器台数90%以上,节约变压器容量65%;吨液生产有功节电率15%-25%,无功节电率90%-95%;网侧功率因数优于0.95。
40	污水源热泵系统流道式换热技术	高效节能装备	污水源热泵流道式换热器呈宽矩形结构,无任何凸起物或支撑点,因此原生污水无需前置防堵、过滤设备,不会造成钩挂与缠绕,延缓污垢集聚,提高传热效率。	换热器换热系数K≥1500W/(m <sup>2</sup> ·℃),污水源热泵系统综合能效比≥3.5。	每吨污水可回收1.8-3.6万kJ热量,制热成本约38元/GJ,供暖投资约100元/m <sup>2</sup> 。

41	低压直驱车用空调关键技术	高效节能装备	将发动机脱耦的车载空调系统压缩机低压直驱技术应用于车辆驾驶室舱用变频空调系统, 实现以燃油为输入的发动机和空调系统同步工作模式向低压直流电为输入的脱耦工作模式转变, 显著提高车载空调系统能效、环保性和安全性。	直流电压 24V, 制冷量 2000W, 功率 740W, 能效比 2.7。	能源供给可使用商用车蓄电池, 淘汰了高耗能的逆变器和整流模块, 实现直驱节能运行, 能效提升 36%。
42	单桶洗无外桶全自动洗衣机关键技术	高效节能装备	通过分析水流运动轨迹、排水收集及溅水问题, 改变洗衣机套筒结构, 优化为无外桶的单桶洗结构。通过多维立体减振降噪技术、水位双检测技术及偏心双检测技术等, 确保达到洁净的洗涤效果, 实现洗衣机低噪、节水运行。	单位功功耗电量 0.0098kWh/(cycle·kg), 单位功效用水量 9.3L/(cycle·kg), 洗净比、漂洗性能优于 1 级能效标准规定值。	节水 30%, 节约 30% 洗涤剂使用量, 单台洗衣机节材约 3kg。
43	高端水性漆聚合物改性水性化合成技术	绿色建筑材料	通过水性聚氨酯、丙烯酸环氧树脂及氟碳树脂分子间的协同作用, 结合聚氨酯丙烯酸树脂的耐候性和弹性、环氧氟碳树脂的粘接防腐性, 实现涂料防风沙(石)功能; 通过水性聚氨酯、硅丙树脂和醇酸树脂间化学交联, 引入改性纳米粒子单分散体复合微球, 提高涂层的抗紫外线性 and 保光保色性, 实现涂料的高耐候性; 通过水性聚氨酯、环氧丙烯酸树脂、硅丙树脂与填料助剂间的相互作用, 形成一体化致密保护层, 提高涂料防腐性。	底漆涂层耐盐雾 1000h, 耐人工老化 2000h, 涂膜断裂伸长率 290%; 面漆涂层耐水性 240h, 硬度 2H, 耐擦洗性 3000 次, 耐污渍持久性由 60 提高到 85, 抗菌性 99%, 防霉菌性 0 级。	吨产品生产过程可节约石油化工溶剂 0.5t, 施工过程可节约稀释溶剂 0.2t、石油化工涂料基料 0.25t。
44	生物质精炼一体化技术	农业废弃物资源化利用	采用新型生物溶剂, 将生物质原料进行选择性的物理溶解和分离, 形成具有易高值化利用的木质素、半纤维素和纤维素等组分, 生产生物质航空煤油、表面活性剂、功能糖、可降解材料等高值化系列产品。生产过程中的生物溶剂和水等, 通过蒸发、蒸馏等回收方法, 循环回收利用。	纤维素浆收率可达 45% 以上, 制浆化学品回收率大于 99%; 原料中纤维素、半纤维素、木质素高价值综合利用效率 ≥ 85%。	年秸秆消耗量 50 万 t (绝干) 项目, 投资回收期约 5 年, 可带动农民增收; 无工艺废水产生。



45	沥青路面固废乳化沥青冷再生技术	资源循环利用	将废旧沥青路面材料无尘化处理,经破碎、整形、筛分等工序,添加水泥、矿粉、乳化沥青和水,通过分级分步拌和方式,生产环保型常温再生沥青混凝土,减少沥青材料和石料使用量,促进资源节约。	沥青固废掺配率 $\geq 90\%$ ,满足热拌沥青混凝土各项技术要求。抗高温抗开裂性能:60℃动稳定度 $\geq 5000$ 次/mm,15℃劈裂强度 $\geq 0.8\text{MPa}$ ,冻融劈裂强度比 $\geq 80\%$ ,48h形成早期强度。	相比热拌沥青混凝土,节约50%成本。生产无需加热,不产生废水、废气及废渣,无沥青烟排放;每生产1t冷再生沥青混凝土,可节约900kg碎石和5kg沥青。
46	复杂铸件无模复合成形制造技术	铸造	利用砂型/芯的无模铸造精密成形技术,基于形性可控的型砂材料及无模成形数字化复合成形系列化装备,针对铸造行业提供个性化铸型无模复合成形快速制造短流程生产线,实现复杂零部件产品个性化、定制化,小批量快速生产。	制造周期缩短50%以上,替代传统金属模及木模,实现铸件无模化绿色洁净生产。	与传统铸造工艺相比,成本降低30%以上。
47	在役特种设备再制造成套技术	装备再制造	基于全生命周期管理理念,通过前检测评估、设计、再制造、性能检测、寿命评价等系统化再制造流程,结合应力模拟计算和消除、补偿加热设计焊后热处理、激光清洗、涂层现场再制造等先进技术,为电力、机电等行业在役关键敏感设备及特种设备部件的安装位置现场再制造提供整体性解决方案。	焊接修复性能指标不低于原产品,大型设备残余应力不高于修复前的1.2倍,延长使用寿命8-10年;表面电弧喷涂:年磨损率小于0.2mm;年腐蚀率小于0.15mm;超音速火焰喷涂:金属-陶瓷复合涂层结合强度大于90MPa,硬度HV800-1400可调控。	电站660MW锅炉汽包现场再制造与制造安装新汽包相比:可节约电能等能源22倍及钢材281t(汽包按长30m,外径2m,钢板厚度200mm计算),减少汽包生产制造中产生的钢渣等废物排放1348.8t;几乎不排放废水、有害气体;缩短产品制造工期约2年。

48	近零VOC无溶剂MDI体系单组分聚氨酯防水涂料技术	绿色建筑材料	去除溶剂,使用环保异氰酸酯替代高毒的TDI,利用全固含量低粘度控制、低温快速固化、抗流淌、轻量化等技术,采用全新原料组成设计,制得近零VOC、无溶剂、不含游离TDI的高环保、高性能单组分聚氨酯防水涂料,实现低粘、快固、抗流淌等功能。采用四步脱水工艺,生产过程无粉尘、无有机废气、废水,实现清洁连续自动化生产。	不含游离TDI,TVOC≤10g/L,固含量≥99%,不含苯、甲苯、乙苯、二甲苯,不含苯酚、萘、蒽等,全部物理力学性能指标符合标准。	无高毒性游离TDI释放,减少95%VOCs排放。立面施工抗流淌,2-3遍施工可达1.5mm厚度,节省60%人工。采用轻量化技术,相同干膜厚度,每公斤涂料增加40%涂层面积。
49	高效节能SiC功率器件及模块关键技术	新能源汽车	以晶圆为材料,通过结构外延生长、干法刻蚀、制作碳膜、高温氧化等工艺来制备SiC芯片。通过优化芯片结构,增强电流密度,形成高可靠性栅介质;采用超声波金属焊接工艺和粗铜线键合工艺,提高端子焊点抗疲劳寿命和连接可靠性;通过端子键合、双面散热、纳米银烧结等互连技术实现SiC一体化水冷封装。	SiC MOSFET芯片:击穿电压≥1200V、导通电阻≤5mΩ,最高工作结温≥200℃。SiC功率模块:击穿电压≥1200V、导通电流≥400A,最高工作结温≥200℃。	新能源汽车电机控制器系统效率99%。促进太阳能,风能等可再生能源发展,减少温室气体及有害气体排放。
50	超低温CO <sub>2</sub> 空气源热泵技术	高效节能装备	采用CO <sub>2</sub> 跨临界复合式循环系统,通过两种工质的压缩制冷循环,吸取空气中的热量用于供暖。通过对CO <sub>2</sub> 高温热能的梯级利用及节流管技术,提高CO <sub>2</sub> 提取室外环境中空气热能的能力;集成设计空气换热器实现快速融霜。	室外环境温度-12℃、出水温度55℃,制热综合部分负荷性能系数IPLV(H)为2.5。制取1kW热量用电约0.4kWh。	在环境温度-35℃下,系统仍可以较高效率稳定运行;与氟利昂空气源热泵相比,1kW制热量节约用电0.12kWh。
51	CO <sub>2</sub> 捕集、运输、驱油、埋藏工程技术	温室气体减排	针对工业生产过程中不同浓度CO <sub>2</sub> 排放源,分别采用有针对性的捕集方法,尤其针对低浓度CO <sub>2</sub> 捕集,基于“AEA胺液”、CO <sub>2</sub> 双塔解吸节能工艺及热、碳、氮、氢四平衡节能技术,使采集成本大幅降低;捕集的CO <sub>2</sub> 采用管道输送,利用CO <sub>2</sub> 混相气驱、CO <sub>2</sub> 辅助蒸汽吞吐、CO <sub>2</sub> 非混相驱+刚性水驱、CO <sub>2</sub> 前置蓄能压裂等采油技术,将CO <sub>2</sub> 注入多种类型油藏,实现CO <sub>2</sub> 地质封存,提高油藏采收率,尤其对强水敏低渗油藏和火成岩裂缝油藏取得驱油技术突破。	吨CO <sub>2</sub> 捕集热耗小于3.2GJ,低于国内平均水平30%;CO <sub>2</sub> 管道压力控制在8-11.7MPa,采用密相/超临界区输送;稠油总体换油率达2.01;稀油总体换油率达0.78。	实现温室气体减排,同时每埋藏1tCO <sub>2</sub> 可采出原油约0.3t。

52	生物质陶瓷热载体快速热裂解技术	资源循环利用	将破碎后的农林废弃物在无气化剂环境下与陶瓷热载体混合加热,实现热解裂解,生成混合气和生物炭,高温气体经过生物液喷淋冷凝为生物液和生物气,生物液分离为生物油和木醋液。热载体与生物炭系统分离后,热载体经热烟气加热提升使用,生物炭冷却排出。装备焦油含量低、气体热值高,余热回收效率大于80%。实现生物油气炭多联产,系统可长周期运行。	温度550℃生物液产率≥45%,热值≥14MJ/kg;生物气产率≥16%,热值≥14MJ/Nm <sup>3</sup> ;生物炭产率18%-30%。温度≥750℃生物液裂解,生物气产率≥50%;原料处理能力达13t/h,电耗≤60kWh/t。	以5万吨级装备为例,年节约2.58万吨ce,减排CO <sub>2</sub> 约6.73万吨;项目内部收益率≥12%。
53	废旧铅蓄电池高效回收利用制造集成技术	资源综合利用	整合全自动机械破碎分选、铅栅低温精炼、再生铅冶炼烟气制酸等技术,集成铅膏富氧侧吹连续熔炼等行业先进技术,实现废旧铅酸电池铅、塑料及硫酸等资源的全循环高效利用。	资源综合利用率97%、铅回收率98.6%、废电池中硫资源利用率97%;渣含铅0.93%;再生粗铅主品位98.5%、再生聚丙烯纯度99%。	以再生铅产量20万吨计,综合经济效益可增加约6000万元。有效减少含铅废水和废气排放量。
54	单体大容量、固态聚合物锂离子电池技术	高效储能	聚合物锂离子电池由铝塑膜包装,电解质采用固态/凝胶态聚合物膜,无游离电解液,极大提升了电池安全性,规格与外形可根据需要灵活调整;铝塑膜包装取代了钢壳/铝壳,有效提高单体电池的能量密度。	电池内阻<0.35mΩ;磷酸铁锂电池系统平均能量密度≥167Wh/kg,系统实际温升≤6℃;储能方向循环次数10000次以上,衰减不低于80%,使用寿命不低于12年。	采用NMP及预热回收进行资源循环利用,系统回收效率>99%,余热回收效率>40%。
55	硅橡胶节能配电变压器技术	高效节能装备	用高性能硅橡胶绝缘材料及浇注工艺,结合主动消除局部放电、缺陷容错主绝缘、一体化硅胶套管增强表面绝缘等,生产的硅橡胶浇注干式变压器满足电力变压器一级能效要求,电气和消防安全可靠性高,产品终身免维护。所使用硅钢、铜材、硅橡胶等主材均可回收利用,生产过程能耗仅为是常规变压器的10%。	容量:100-2500kVA/10kV;局部放电≤5pC;主绝缘3重冗余;能效指标>1级;材料可回收率>99%;燃烧等级F1;绕组可燃物质量<2%;噪音<55dB, <45dB;允许长期过载20%。	产品具备过载能力和户外适应性;具有免维护优势,可大量服务于农村电网。

56	退役动力电池高值化综合利用技术	资源循环利用	采用废旧动力电池自动化拆解、破碎和分离,以及电池废料高附加值湿法回收工艺,回收铜、铝、碳酸锂、磷酸铁和石墨等资源,实现从废旧电池中回收原料并再次做成电池材料的产业链循环利用,解决低能耗、低成本、高效回收废旧电池有价组分的问题。	芯壳分离准确率>98%;外壳、铜回收率>98%;铝回收率>95%;锂综合回收率>92%;铁、磷回收率>92%;回收再生磷酸铁锂材料0.1C 充电比容量≥155mAh/g;石墨回收率>98.5%;再生石墨纯度>99.7%	提高退役动力电池的回收经济价值,提炼了磷酸铁、碳酸锂、石墨等原料,产品附加值提高了40%,极大减缓动力电池原材料紧缺问题,实现资源循环利用。
57	养殖粪污中抗生素削减及粪污肥料化利用技术	绿色农业	建立基于液相色谱技术的11种抗生素同时检测技术,对粪污中抗生素进行快速检测。将粪污和抗生素特异性降解功能菌混合,添加有机物料调节碳氮比,调节堆体含水量到合适的水平。将混合物置于立式堆肥反应器或槽式反应槽里进行好氧发酵,经曝气使混合物氧气浓度为2%-3%,实现粪污腐熟和抗生素降解率大于80%。	11种抗生素检出限为0.1-1.9μg/kg。吨粪污添加抗生素功能菌1kg,好氧堆肥碳氮比为25-28:1,混合物含水率55%-65%;发酵20天左右,发芽指数>70%。	抗生素削减率80%-95%;减少或切断抗生素向农业环境中迁移,提升土壤有机质,增加土壤中微生物多样性,控制农田系统中有害生物;一定程度上减少化肥农药的使用。
58	废旧动力蓄电池综合利用技术	资源循环利用	利用废旧电池可用性多维度评价方法及快速分选技术、智能分时主动被动协同响应电池均衡技术以及模块化设计、柔性兼容的退役电池储能系统应用技术,通过热蒸汽热解处理电解液的技术及装置、电池组分干法全自动分离收集技术及装置和氧化铝包覆和锰掺杂,实现废旧磷酸铁锂电池正极材料修复再生。	电极组分一次收集率≥90%。通过氧化铝包覆和锰掺杂实现正极材料改性再生,首次放电容量120.9mAh/g。	退役电池成本仅为同类新电池的30%;通过回收废旧锂电池中的锂、钴、镍、锰、铜、铝、石墨、隔膜等材料,能实现较好的经济收益。

59	非有机型铸造废砂的热湿法联合再生技术	资源循环利用	针对粘土、水玻璃、树脂、树脂-粘土混合等不同类型铸造废砂，通过机械再生、热法再生和湿法再生技术的组合，实现再生循环利用。通过热法复式焙烧炉焙烧，去除废砂表面的有机树脂膜及其它热不稳定杂质，在湿法强力擦洗机中柔性擦洗，深度去除废砂表面杂质，同时在湿法过程中对再生砂进行表面改性，提高再生砂表面活性。热法再生过程中的余热经回收后用于烘干湿砂。	热湿法再生砂含泥量 $<0.2\%$ ，灼减量 $<0.2\%$ ，细粉含量 $<0.3\%$ ，酸耗值 $<5\text{ml}/50\text{g}$ 。潮模再生砂综合能耗 $<27.3\text{kgce}/\text{t}$ ，碱酚树脂及水玻璃再生砂综合能耗 $<60.7\text{kgce}/\text{t}$ ，混合型再生砂综合能耗 $<44\text{kgce}/\text{t}$ 。	再生砂100%替代新砂，实现废砂零排放，同时减少了90%新砂开采量，性能优于新砂，用砂成本降低20%，显著降低铸件废品率并缩短铸件清理工时。实现废水零排放，回收的粉尘和滤泥作为耐火材料生产新型轻质防火建材。
60	能降低燃油重组分馏程温度的燃油清净增效剂技术	交通车辆	选用煤油和植物粉经光照射等工艺得到富含生物酶的基础液，结合燃油、促活剂、分散剂、稳定剂等制成燃油清净增效剂。使用时通过向成品燃油中添加该增效剂，促进燃油在发动机内的充分燃烧，降低污染物排放，减少机械磨损，实现燃油高效清洁利用。	降低燃油重组分馏程温度 $1\text{-}5^{\circ}\text{C}$ 。 节油率：京六汽油车3.8%（碳平衡法），柴油发动机3%（台架测试）。 尾气HC、CO、NO <sub>x</sub> 减排率：汽油车25%、20%、25%；柴油发动机19%、20%、7%；总PM和PM <sub>2.5</sub> 减排率22%。	按2019年全国汽油消耗12000万t，全国柴油15000万t计算，一年可节约1326.6万tce；可减少CO <sub>2</sub> 排放约3528.756万t。
61	集成吸声、隔声、抗压功能的珍珠岩尖劈吸声砖制造技术	减振降噪	将珍珠岩颗粒、合成纤维和水泥等混合搅拌成不同材质的半干料，分别放入特制模具中的不同位置，利用压缩机压制形成上下结构的半成品砖，通过胶粘制成成品砖。珍珠岩尖劈共振吸声砖面向声波入射方向的表面采取尖劈式形状，可以降低声波反射，提高吸声效果；在内部构筑球型共振腔和U型槽结构，实现吸声、隔声和抗压综合功能。	降噪系数达0.90，隔声性能为43dB，抗压强度达7.5MPa。	铁路声屏障降噪效果7.4-11dBA，成本降低1%-3%。

62	特种多材多层高分子复合防水卷材生产技术	绿色建筑材料	以 HDPE 树脂为底膜, 单层涂覆热熔压敏性自粘胶膜层, 搭接弹性涂层制成复合防水卷材, 通过改良底膜配方, 使底膜兼具高强度抗冲击性和优良的胶附着性; 通过改良自粘胶配方, 解决 HDPE 非极性材料对压敏粘合性、粘附强度要求较高的问题; 通过改良弹性涂层材料配方, 实现涂层薄膜既连续又能形成凹凸微孔结构, 可与混凝土牢固结合。通过改进卷材工业化复合成型生产工艺, 实现 HDPE 复合成型连续化生产。	膜断裂伸长率 $\geq 500\%$ ; 断裂拉伸强度 $\geq 18\text{MPa}$ ; 钉杆撕裂强度 500N; 拉力 $\geq 700\text{N}/50\text{mm}$ ; 抗穿刺强度 $\geq 360\text{N}$ ; 尺寸变化率(80°C, 24h) $\leq \pm 1.2\%$ ; 与后浇混凝土剥离强度(无处理) $\geq 2.5\text{N}/\text{mm}$ 。	无污水排放, 少量边角料可回收利用, 微量废气和粉尘均有效处理。
63	滚筒法冶金钢渣高效清洁处理技术	固体废物处理	将高温熔态冶金钢渣在一个转动的密闭容器中处理, 在工艺介质和冷却水共同作用下, 高温渣被急速冷却、碎化和固化, 并由高温熔融状态处理成低温粒化状态, 实现破碎和渣钢分离同步完成。整个系统进渣安全可控、短流程、清洁化(渣不落地、水循环使用零外排、废气集中处理超低排放)。	处理一罐渣流程短, 只需 20min-30min; 成品渣粒度 $\leq 10\text{mm}$ 达到 90% 以上, 金属铁含量 $\leq 3\%$ 。烟气排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。	采用密闭容器进行处理, 烟气排放浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 平均降低颗粒物排放 2.4 $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ; 吨渣回收铁资源 0.22kg、吨渣用电约 10kWh。
二、清洁生产产业					
1	复杂多金属材料协同冶炼及综合回收关键技术	固体废物处理及综合利用	利用氧化物、硫化物、硫酸盐、单质等交互反应过程以及固相、液相、气相等多相耦合反应过程, 处理含有铅、锌、镉、铜、锡、镍、铋、碲、金、银、砷、硫、铁、氟、氯、铬等十几种元素的复杂物料, 进行回收。采用逆流焙烧干燥、富氧侧吹冶炼、富氧燃料浸没燃烧等技术, 保证处理后的弃渣属于一般固废。	铜回收率 $> 96\%$ ; 镉回收率 $> 90\%$ ; 银回收率 $> 97\%$ ; 铅回收率 $> 97.5\%$ ; 金回收率 $> 97.5\%$ ; 铋回收率 $> 90\%$ ; 锌回收率 $> 90\%$ ; 脱硫率 $> 98.5\%$ ; 氧浓度最高 95%; 废水、废气、固体废物优于国家现行排放标准。	能够实现铅、锌、镉、铋、铜、金、银、碲、硫等多金属复杂原料的有价元素的综合回收, 以及各种渣料的无害化处置, 废气、废水达标排放, 渣处理投资 1200 元/t, 渣回收铜 20kg/t、回收锌 10kg/t、回收铋 10kg/t。

2	固废基高性能尾矿胶结充填胶凝材料制备和应用技术	固体废物处理	以矿渣、钢渣、脱硫石膏等大宗固体废弃物为主要原料，通过机械活化和添加高效激发剂，有效激活固废潜在胶凝活性。新型高效尾矿胶结充填胶凝材料适用于多种类型难胶结尾矿（特别是超细全尾砂），实现“以废治废”。	充填体强度最高可达 6MPa 以上，充填灰砂比可达 1: 10 以上。	提高工业固废利用价值，产品应用成本仅为水泥等传统胶凝材料 50% 以下且性能更高；促进矿山尾矿减量排放，消除尾矿库带来的安全隐患和环境破坏。
3	工业炼化尾气发电技术	工业余气利用	通过工业炼化尾气安全防泄漏系统、防回火进气系统、空燃比自动控制、智能管理、远程监控等技术，避免工业炼化尾气作为内燃机燃料时回火、放炮、爆震等不正常燃烧现象，隔离 CO、H <sub>2</sub> S 等有毒成分，实现发电机组的全自动控制，有效解决燃气内燃发电机组燃用工业炼化尾气（H <sub>2</sub> ≥60%，CO≥90%）的难题。	发电机组单机功率 500kW-1200kW；适应燃气低热值 ≥3.8MJ/Nm <sup>3</sup> ；燃气中氢气含量 ≤60%；燃气中一氧化碳含量≤90%； 额定工况燃气热耗率 ≤10.5MJ/kWh；机油消耗率 ≤0.8g/kWh。	发电效率≥37%，降低煤炭消耗，有效减少 CO <sub>2</sub> 排放。
4	钢铁行业重点工序多污染物超低排放控制耦合技术	工业烟气尾气处理	根据烧结风箱烟气排放特征差异，在不影响烧结矿质量前提下，选择特定风箱段烟气循环回烧结合车表面，用于热风烧结。剩余烟气首先通过脱硫区进行 SO <sub>2</sub> 吸附及氧化，然后与喷入的氨气混合进入脱硝区发生脱硝反应。活性炭法吸附的 SO <sub>2</sub> 经脱附、氧化等过程制备硫酸副产品。	颗粒物≤10mg/m <sup>3</sup> ；SO <sub>2</sub> ≤15mg/m <sup>3</sup> ； NO <sub>x</sub> ≤50mg/m <sup>3</sup> ；二噁英 0.021ng TEQ，烟气循环率>25%、吨矿烟 量减少 21.5%-25%、CO 减排 1.72-4.4kg/t。	固体燃料降低 6.3%-10.8%、烧结矿提产 3.2%-6.2%；综合治理成本 12-15 元/t。
5	金属表面无酸除磷成套技术	无毒无害原料替代	采用高压水为动力，用一定压力的高压水和一定浓度的钢丸在耐磨除磷喷头内充分混合，形成高能固液两相流，通过高速微细磨料的打击磨削与高压水楔力冲蚀共同作用，一次性清除金属表面氧化层、油、盐、粉尘等杂质，确保待加工金属基体表面无任何附着物，过程中水与磨料可循环使用，产生的废渣作为铁精矿等可直接回收，并且无其他废水、废气排放。	除磷效能≤3.5kW·h/m <sup>2</sup> ；清理后表面清洁度 Sa3.0 级；表面粗糙度 Ra2.0-Ra16（可调）；技术适应性：普碳钢、不锈钢、钛合金、高强钢等材质。	相比传统酸洗等表面清理工艺，该技术可实现吨钢废酸减排 20kg、含酸废水减排 0.6t；可全面满足不同材质金属、不同类型表面污染物的清理需求，生产成本较传统工艺降低 10%-70%。

6	聚乳酸及其制品清洁生产技术	无毒无害原料替代	以丙交酯为原材料,在催化剂作用下开环聚合得到聚乳酸,通过采用消旋丙交酯与L-L丙交酯分离技术,提高聚合反应的转化率。使用有机成核剂、无机成核剂复合方式,提高聚合物的总结晶速度,改变球晶尺寸,显著提高聚合物的热变形温度,采用上述配方及生产工艺生产聚乳酸制品耐热温度和力学性能良好。	聚乳酸转化率约95%;光学纯度超过96%;相对分子质量 $\geq 2.5 \times 10^5$ g/mol;熔体中的残余单体含量 $\leq 0.2\%$ 。	每吨聚乳酸产品的水消耗降低31.4%;电消耗降低39.6%;COD排放降低40%。
7	兼氧膜生物反应器污水处理技术	城镇污水处理	利用微生物共生原理,筛选并富集培育高浓度复合菌群,实现污水中C、N、P及有机剩余污泥同步高效去除,大幅提高系统适应能力和处理效率,形成标准化装备和模块化设施,利用“远程监控+4S流动站”管理系统,实现污水处理设备集中远程无人监管,自动稳定运行。	出水优于国标一级A标准,主要指标可达地表水准Ⅲ/Ⅳ类标准,基本不外排有机污泥。	节省土地资源50%以上;排泥少,节省污泥处置费90%以上;设备日常运行无需专人值守,节省人力资源90%以上。
8	无毒无害皮革清洁生产技术	无毒无害原料替代	将无铬鞣剂运用于制革鞣制工序中,替代了传统铬鞣工艺。鞣制时间短、温度低,节约能耗,对裸皮起到明显鞣制作用,同时避免向制革废水及皮革纤维中引入有毒有害物质。	游离甲醛、总苯化合物、VOC、Cr6+零排放。	废水回用率达60%以上,减少化工原料使用30%以上,中水转化率80%以上。
9	金属膜冶炼炉高温气体干法净化节能减排技术	大气污染防治	融合金属膜材料、膜元件制备技术、膜分离、膜装备、膜系统工程应用等技术,实现矿热炉及类矿热炉烟气(含尘 $<150$ g/Nm <sup>3</sup> )在高温下精密气固分离,得到洁净煤气(含尘 $<10$ mg/Nm <sup>3</sup> ),经换热器回收热能(同时得到纯净焦油等)后,送至用户处作为化工原料或燃气发电。核心滤材通过粉末冶金柯肯达尔效应原理制备,成套系统实现高温在线反吹、高温多级排灰、防结露防焦油糊膜、自动检测控制和安全防爆等功能。	工作温度200-550℃;净化前气体含尘量0-150g/Nm <sup>3</sup> ;净化后气体含尘量 $<10$ mg/Nm <sup>3</sup> ;过滤精度为0.1μm。	22500kVA铁合金矿热炉上应用,年可多回收净煤气约4492.8万Nm <sup>3</sup> ,颗粒物年减排量1797t。



10	烧结(球团)多污染物干式协同净化技术	工业烟气尾气处理	以循环流化床反应器为核心,通过反应器内激烈湍动颗粒床层吸收吸附双重净化、细微颗粒物凝并功效,有机结合选择性催化还原(SCR)、循环氧化吸收(COA)和超滤布袋除尘技术,并通过智能化检测与控制系统,高效脱除SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、SO <sub>3</sub> 、HCl、HF等酸性气体、重金属(铅、砷、镉、铬、汞等)、二噁英及颗粒物(含PM <sub>2.5</sub> )等多组份污染物。	出口SO <sub>2</sub> 浓度≤35mg/Nm <sup>3</sup> ; NO <sub>x</sub> 浓度≤50mg/Nm <sup>3</sup> ; 烟尘浓度≤5mg/Nm <sup>3</sup> ; 多种污染物协同脱除:出口SO <sub>3</sub> (硫酸雾)≤5mg/Nm <sup>3</sup> 、重金属汞≤3μg/Nm <sup>3</sup> 、二噁英≤0.1ng-TEQ/Nm <sup>3</sup> 。	多污染物协同脱除,无有色烟羽排放。可减小占地面积约50%,耗水量节约30%,无废水排放。
11	制革准备和鞣制工段废液全封闭循环技术	工业污水处理	浸灰脱毛和浸酸铬鞣工段的废液分别独立收集,针对各废液中可再使用物质(如石灰、硫化物、酶类、铬等)含量、特点,补充加入相应制剂,代替新水用于生产,实现废液循环利用。	悬浮物减排率约95%,氨氮减排率93.21%,COD减排率94.82%,TOC减排率95.23%。	浸水、浸灰、浸酸铬鞣等制革工序节约新水80%、铬粉20%以上、酶类制剂50%左右、食盐70%左右。减少铬污泥、灰污泥排放70%以上;节约环保设施用地70%以上;铬鞣废液中铬盐回收率≥99%。
12	火电机组烟气超低排放及冷凝水回收技术	工业烟气尾气处理	利用一体化脱硫冷凝塔的结构,采用脱硫剂喷淋和水喷淋降温,兼具烟气脱硫、除尘、除雾协同净化功能与烟气冷凝、提水功能,将旋汇耦合高效脱硫技术与管式除尘除雾技术及混合式烟气提水技术结合,达到超低排放和冷凝水回收目的。	660MW级火电机组:系统平均提水能力达到90t/h,最大提水出力达到147t/h。SO <sub>2</sub> 统计均值2.39mg/Nm <sup>3</sup> ,烟尘统计均值1.01mg/Nm <sup>3</sup> 。	660MW级火电机组:年节水量达100万t。与分体布置相比占地面积降低42.7%。

13	无氰环保镀金技术	无毒无害原料替代	镀金液为中性亚硫酸盐体系,可稳定并连续用于镀金生产。配方不含中高毒类成分,安全性和环保性好。镀液配方采用具有协同效应的组合添加剂,对镀液分散能力、电流效率、镀层外观效果及硬度值均具有良好正向影响和调节功能。可满足功能性软金电镀和装饰性镀金电镀双重需求。	镀金纯度约99.99%;操作电流密度0.2-0.5A/dm <sup>2</sup> ;电流效率≥98%(55℃,0.4ASD);镀金层硬度≤HV90。	与含氰镀金技术相比,同等生产条件下,废水废气处理成本降低30%左右。每生产1kg镀金量产品可减少0.9kg氰化钾的使用量,大幅降低安全生产及环保成本。
14	基于磁性生物载体的生化增效技术	城镇污水处理	通过在填料表面负载磁性物质,强化其单位体积负载能力,并且表面进行粗糙化处理加速设备启动速率;磁性悬浮填料的弱磁场效应可促进微生物分泌多重酶性物质,提升污染物去除效率。	悬浮填料通过负载磁性介质比表面积达1200m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ;磁性介质诱导微生物发生磁酶效应强化硝化菌丰富度≥44%;满足城镇污水处理排放一级A标准。	水处理能耗≤0.47kWh/t。
15	电镀园区污水污泥综合循环利用技术	工业废水处理	催化氧化技术结合离子交换工艺、生化处理系统等,通过对各种电镀废水处理工艺的优化组合,实现电镀用水清洁处理、重金属污染物在线回收、电镀污水处理、电镀污泥资源化和无害化处理的全流程处理及循环利用。	稳定达到国家电镀污染物排放标准。主要污染物排放(mg/L):COD<50,总镍<0.1,总铬<0.5,氰化物<0.2,总铜<0.3,总锌<1.0,总铝<2.0,总磷<0.5,氨氮<8。	从源头削减重金属污染物的排放,吨水污染物处理效率>90%。每吨水处理成本降低20%左右。
16	大型二氧化氯制备系统及纸浆无元素氯漂白技术	无毒无害原料替代/资源循环利用	利用盐酸作为还原剂,与氯酸钠反应制备二氧化氯,生成的二氧化氯气体经冷却、吸收制成符合标准的二氧化氯水溶液。副产物氯化钠返回电解系统经电解生成氯酸钠,供发生器系统循环使用;电解系统产生的氢气与氯气在盐酸合成单元制成盐酸,在二氧化氯发生系统反应器中与电解系统来的氯酸钠进行反应生成二氧化氯,使得二氧化氯制作效率高,污染物排放浓度低。	二氧化氯溶液浓度8-10g/L;二氧化氯溶液中氯气浓度≤0.2g/L;系统应用于纸浆造纸企业,经治理后废水AOX含量达到制浆造纸工业污水排放标准。	二氧化氯制备系统的投资成本降低50%-60%,COD排放相对于CEH漂白技术减少50%,削减AOX排放量>90%,经济和环境效益显著。

17	利用交变脉冲电磁波的循环冷却水处理技术	工业循环冷却水处理	运用特定频率范围的交变脉冲电磁波, 激励水分子产生共振, 增强水的内部能量, 促使在冷却水中形成无附着性的文石及在钢铁表面形成磁铁层, 解决结垢和腐蚀问题。具备一定抑制细菌、藻类和微生物的作用。	循环冷却水中的总 Fe < 1mg/L; 异养菌总数 < $1 \times 10^4$ cfu/mL; 循环冷却水的浓缩倍率 $\geq 6$ 。	循环冷却水系统压缩机能耗降低 3% 以上; 节约用水 30% 以上。
18	利用 CO <sub>2</sub> 发泡生产环保挤塑板技术	无毒无害原料替代	通过恒压泵将 CO <sub>2</sub> 稳定在超临界状态下, 在第一静态混合器中将 CO <sub>2</sub> 与促进剂充分混合, 用高压计量泵配合质量流量计将 CO <sub>2</sub> 稳定注入第一阶螺杆, 通过第二静态混合器、第三静态混合器与聚苯乙烯塑料实现分级充分混合, 达到 CO <sub>2</sub> 稳定注入和顺利发泡的目的。由于使用 CO <sub>2</sub> 替代氟利昂作为发泡剂, 避免高潜值温室气体的排放, 从而实现碳减排。	CO <sub>2</sub> 发泡挤塑板压缩强度 $\geq 200$ kPa; 抗拉强度 $\geq 0.15$ kPa; 尺寸稳定性 $\leq 0.16$ ; 燃烧性能 B1 级。	1 年产 15 万立方 CO <sub>2</sub> 发泡挤塑板生产线, 对比传统利用氟利昂发泡, 减少氟利昂约 450 吨, 相当于减少碳排放约 80 万吨; 环保挤塑板生产成本降低 70 元/m <sup>3</sup> , 节约发泡剂成本 1000 万元/年。
19	洗涤剂全生命周期高效节水技术	高效节水	产品配方采用低泡性主表面活性剂、改性硅油消泡剂等, 洗涤时泡沫量少且不稳定容易破裂; 低温连续配料, 原料及功能助剂在常温下有效分散混合。配合计量控制系统, 对配料微调, 大幅提高生产效率, 降低生产能耗。	生产效率提高 50% 以上, 生产能耗降低 75% 以上, 废水零排放。	洗涤漂洗节水率约 30%。
20	化工副产高品位蒸汽节能深度转化的水移热变换技术	工业余热利用	在变换工艺中, 利用水相变移热, 及时移走变换反应过程产生的热量, 实现高浓度 CO 深度转化, 用两级等温变换即可将原料气中 70% 左右 CO 转化至 0.4% 左右, 解决了传统绝热变换技术存在的操作易超温、能耗高、系统稳定性差等问题。	操作压力 0.7-7.0MPaG; 操作温度 170-350°C; 变换系统入口 CO 浓度 8%-90% (干基); 变换系统出口 CO 浓度约 0.4%; 反应器阻力 $\leq 0.15$ MPa; 副产蒸汽压力 0.5-9.0MPa。	减少冷凝液量、废气排放量、煤炭消耗量, 提高系统能效。

21	金精矿氰渣处理技术	危险废物处理	<p>利用金精矿冶炼过程中产生的含氰废水、氰渣、焙烧烟气、污酸废水、生物氧化液等三废的多组分污染因子，直接在生产线耦合形成氰渣处理与利用所需的氧化剂、催化剂、抑制剂、稳定剂、酸化剂、吹脱剂、解吸剂和吸金载体，实现产品类药剂和材料全部替代，氰渣无害化和产品化、金和氰化物深度回收利用、三废污染因子处理及氰渣转型为一般固废等工序同步完成。</p>	<p>整个工序不添加产品类药剂和材料，氰渣中吸附态金和氰化物解吸率分别为五、基础设施绿色升级90%和95%以上，氰渣达到相关产品质量标准，氰渣转型为一般固体废物，废气、废水和废渣均达到相关环保排放标准。</p>	<p>吨氰渣节省药剂和材料费用180元以上，吨氰渣回收金和氰化物效益50元以上，吨氰渣产品化效益120元以上，吨氰渣节省危险废物处置费用5000元以上，吨氰渣节省参与反应的三废达标处理费用60元以上。</p>
22	沸腾式泡沫脱硫除尘一体化技术	工业烟气尾气处理	<p>利用沸腾式泡沫脱硫除尘、精细化喷淋和高效除尘除雾技术和设备，通过在脱硫塔内设置沸腾式脱硫除尘构件，使烟气通过该构件自激发形成沸腾式泡沫层，增加气液接触面积和湍流强度，增强SO<sub>2</sub>与浆液的传质效果，提高粉尘颗粒与液相表面碰撞粘附机率；辅助精细化喷淋层及高效除雾器布置，防止塔壁出现烟气走廊，提高雾滴湍流凝并效果脱除细微雾滴，实现SO<sub>2</sub>与细颗粒粉尘的高效脱除及超低排放。</p>	<p>单塔脱硫效率&gt;99%、粉尘总体脱除率&gt;80%。</p>	<p>通过单塔改造实现SO<sub>2</sub>排放浓度≤35mg/Nm<sup>3</sup>，粉尘排放浓度≤5mg/Nm<sup>3</sup>，达到超低排放要求。与传统湿式电除尘器相比，项目改造初投资节省50%以上，运行维护费用可降低约5%。</p>
23	利用皮革固体废物生产复鞣剂和填料技术	资源循环利用/危险废物处置	<p>以废毛为原料，利用还原及水解工艺制备可控分子量的角蛋白，得到蛋白填充剂；以含铬皮革废碎料为原料，采用碱-酶结合水解法和循环工艺提取胶原蛋白，并使用丙烯酸树脂、氨基树脂和聚氨酯对胶原蛋白改性，制备胶原蛋白基填充剂；对提取胶原蛋白后的含铬残渣，利用氧化、还原工艺制备含铬复鞣剂。</p>	<p>废毛综合利用率≥90%，含铬革屑的综合利用率≥99%。</p>	<p>按年处理1万t含铬皮革废碎料计算，可节约危废处置成本约2000万元/年，节约原料成本约2000万元/年。</p>

24	处理高浓度含盐有机废液焚烧炉技术	固体废物处理	采用顶喷废液、侧烧辅助燃料的一体化悬浮焚烧技术。“U”型膜式壁锅炉结构，一侧为燃烧室，燃烧温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，另一侧为急冷室，急冷室内置多组膜式壁管屏，烟气通过急冷室瞬间将携带的熔盐转为固态，落到燃烧室与急冷室底部设置熔盐槽中，通过侧墙再加热燃烧器对熔盐槽内的固盐再加热，液态熔盐通过槽底部中心溢流孔排出炉外。	燃烧室出口烟气温度 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ ，焚烧效率 $\geq 99.9\%$ ，焚毁效率 $\geq 99.99\%$ ，焚烧残渣的热灼减率 $< 5\%$ ，干烟气含氧量为 $6\%-10\%$ ，烟气停留时间 $\geq 2\text{s}$ ，急冷室出口烟气温度 $550^{\circ}\text{C}\pm 30^{\circ}\text{C}$ ，回收无机盐的纯度 $\geq 95\%$ ，回收的无机盐中 TOC 含量 $\leq 20\text{ppm (mg/L)}$	可回收高纯度无机盐和烟气废热，处理成本 400-600 元/t，无污水排放。
25	商用车低温水性漆 3CIB 自动喷涂工艺技术	无毒无害原料替代	采用集成预处理水洗系统、机器人喷涂系统、原料供给系统和废气收集处理装置，组建 3CIB 非金属涂装线，有效提高喷涂质量和生产效率；用水性涂料代替溶剂型涂料，采用 $80^{\circ}\text{C}$ 低温烘烤，节能环保效益突出。	水性底漆 VOC 含量 $\leq 75\text{g/L}$ ，水性色漆 VOC 含量 $\leq 150\text{g/L}$ ；低纬度（ $18^{\circ}\text{--}20^{\circ}$ ）天然暴晒 2 年，氙灯耐候性 SWOM2000hr。	与传统工艺相比，自动化率提升 40%；涂料利用率提升 45.3%，节约水 $0.067\text{t/m}^2$ ，节约辅材 $206\text{g/m}^2$ ，减少有机废弃物产量 $213.1\text{g/m}^2$ ，降低 VOC 排放 $219.64\text{g/m}^2$ 。
26	印刷废水废液固化分离及处理技术	工业废水处理	在线收集印前制版过程中产生的废冲版水和废显影液。废显影液由新型加热辊筒旋转成膜，经纳米涂层刮刀刮落后收集到固废收集箱，热蒸汽冷凝后过滤回用；废水经过以有机酸为主的复合药剂絮凝中和脱色，多级沉降后固液分离，过滤回用，实现废液废水零排放。	可减少 95% 的冲版用水以及 90%-95% 的危险废弃物；设备用电 $4\text{kWh/h}$ 。	以用版量 10000 张计算，可节水约 180t。

### 三、清洁能源产业

1	海上风电场 升压站结构 设计、建设和 保障技术	清洁能 源设施建 设和运营	采用整体式或模块式等方式布置导管架、单桩、高桩承台等。利用整体工厂建造、整体海上运输、海上就位安装建造海上升压站。结构可靠、适应性强，现场施工作业少、环境友好；带有盐雾过滤装置的正压通风系统和具有多重油水分离功能的事故油收集装置，保证设备耐久性和安全性，实现海上升压站在海洋环境下长期可靠运行。	电压等级 110-220kV；装机容量 100-500MW；水深 5-40m；离岸距 离 10-80km；海上正常运行时间≥25 年。	用海面积≤425m <sup>2</sup> 。
2	10MW 海上 风电机组设 计技术	新能源 装备制造	整机采用新型全密闭结构，可解决海洋腐蚀环境适应性问题；电气系统采用中压双回路，解决扭缆问题的同时提高无故障运行时间，电气效率提高 1.5%-3%；双驱电动变桨技术，解决了齿面磨损和驱动同步问题。发电机突破了兆瓦级海上风力发电机轴系、密封结构、电磁绝缘、通风冷却等技术，具有高可靠性、高性能、低维护成本的优点。	额定功率 10MW；风轮直径 185m； 可抗 77m/s 强台风；机组 MTBF 超 过 2000h，在年平均 10m/s 的风速 条件下，年等效小时数达 4000h。	单台机组每年可减少能源 消耗 13000tce，CO <sub>2</sub> 排放 29770t。
3	高效 PERC 单晶太阳能 电池及组件 应用技术	新能源 装备制造	通过在电池背面沉积 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 钝化层来降低电池背表面载流子复合量，提升电池长波响应，从而提升电池转换效率。在电池端，采用 SE 技术和 MBB 技术，有效提升电池转换效率；在组件端，采用半片电池封装技术，既提升组件功率，又有效降低组件工作温度，具备出色的耐阴影遮挡性能。	PERC 电池转换效率≥23%。	1GW 光伏装机每年发电 164 亿 kWh，折合 52.5 万 tce，减排 CO <sub>2</sub> 约 120 万 t。

4	超大功率电 动压裂装备 应用技术	油气资 源开采	综合运用电动压裂成套装备总体集成技术、压裂装备负载特性匹配技术、大功率电机及多相变频控制应用技术、电传系统安全容错控制技术、数字混砂控制技术、井场油电混驱集群控制技术、高低压供配电技术以适应日趋增大的超大型压裂施工,实现页岩气及常规油气资源高效、经济、绿色开发。	电动压裂泵装置输出功率 3700kW (5000hp), 电动压裂泵装置最高工作压力 140MPa; 连续工作/平均负荷率不小于 10h/65%; 泵头体寿命≥600h; 电动混砂装置最大流量 40m <sup>3</sup> /min; 压裂控制装置稳定工作时间≥10h。	与传统柴油驱动设备相比, 可节能 35.1%。
5	大型抽水蓄 能关键技术	蓄能装 备	利用全工况范围内避开“S”不稳定区域、提高稳定运行裕量的转轮参数控制方法, 解决水泵和水轮机工况性能合理匹配问题。通过发电机全域三维磁场分析模型, 研制出高转速向心式磁极绝缘托板结构和双向弹性金属塑料瓦推力轴承。	转轮水轮机工况和水泵工况最优效率≥94%。发电电动机单根定子线棒瞬时工频击穿电压≥6.5Un; 单根定子线棒起晕电压≥2.5Un; 整机定子绕组起晕电压≥1.1Un。	单位容量价格降低 10%左右。
6	深部煤层底 板奥灰水保 水探查与治 理技术	煤炭清 洁生产	利用先进成熟的地面定向钻孔施工工艺, 通过大面积均匀布置钻孔, 对煤层底板选定的目标层位(一般为灰岩)进行注浆加固, 一方面探查封堵断层、陷落柱、导水裂隙带等导水构造; 另一方面改造目标层位为隔水层, 增强煤层底板的阻隔水能力。通过实施防治水工程, 在开采煤层与奥灰含水层间形成大面积、区块型的挡水墙, 阻断奥灰水由于煤层开采造成的涌出, 保护区域奥灰水资源, 也保障了矿井安全生产, 实现保水安全开采。	以 40-60m 间距实施定向水平分支钻孔, 对漏失量大于 5m <sup>3</sup> /h 的区域进行注浆治理, 对深部煤层底板进行面上精细探查与治理。	煤防治水成本 10-120 元/t, 经济效益良好。
7	太阳能热发 电关键技术	新能源 装备	利用槽式及塔式工程设计关键技术及全厂性能计算软件, 完成塔式镜场布置及瞄准点策略优化, 提升发电量; 塔式电站定日镜, 大开口槽式集热器等设计应用, 提高光热系统效率, 降低了工程造价。	塔式太阳能热发电光电转化效率>18%; 槽式导热油太阳能热发电光电转化效率>16%; 集热器开口尺寸≥8.5m。	每 kW 装机可替代相同容量燃煤机组参与调峰, 节能 300gce/kWh, 减少 CO <sub>2</sub> 排放 687g/kWh。

8	配电网全替代 SF <sub>6</sub> 常压密封空气绝缘柜技术	电力设备	通过带压力平衡过滤装置的非焊接密封体系、主动防御内部故障的单相绝缘结构、相距爬距大裕度的绝缘设计，集支承与绝缘屏障合一新材料开关框架、高可靠简洁分离式开关操作机构、双重防误五防连锁核心技术，实现配电网 SF <sub>6</sub> 全部替代。免维护长寿命技术可构建紧凑配电房；全范围功能断路器支撑智能配电网毫秒级隔离故障的零停电区域自愈系统建设。	E2 级接地开关关合能力；真空三、清洁能源产业断路器机械寿命 ≥10000 次；三工位开关机械寿命 ≥3000 次；常压密封箱体防护等级 IP65。	相比 SF <sub>6</sub> 柜，设计寿命按 40 年计算，每回路减少约 4kg 的 SF <sub>6</sub> 排放；大幅节省用地，占地仅为传统产品 1/5，配电房碳排放量寿命周期内不到传统产品 1/70。
9	潜油往复式直线电机油气开采技术	油气资源开采	通过对永磁同步变频直线电机、特种柱塞抽油泵、电机智能控制、数据采集和无线远程传输等技术的集成应用，解决有杆采油系统杆管偏磨和地面漏油等问题。适合低渗井、丛式井、水平井、居民区油井等复杂油井以及页岩气井、煤层气井等非常规能源开采。	推力密度 80N/kg，耐压 3300V；最大检测深度 3000m；最高使用温度 120℃。	与传统三抽设备相比，单井节能 30%-80%；综合采油成本降低 50% 以上；电机平均使用寿命提高 40%；泵效 ≥90%；检泵周期提高 1 倍以上。
10	中深层地岩换热清洁供暖技术	清洁能源设施建设和运营	通过钻取均深 2000m 的深井，搭配高效换热装置结合热井系统设计，以闭式循环形式提取中深层高品位热用于清洁供暖。整个换热过程均发生在密闭换热装置中，完全实现取热不取水。	单口 2000m 换热井每小时可提供 1000kW 热量；地面系统寿命(机组及控制等)20-30 年，地下热井寿命 50 年以上。	供暖成本 6-8 元/m <sup>2</sup> ，供冷成本 10-12 元/m <sup>2</sup> ，生活热水成本 2-3 元/t(不包含水费)。
11	126kV 无氟环保型开关设备技术	电力设备	基于单断口、大容量真空灭弧技术，以及 SF <sub>6</sub> 替代气体的绝缘和灭弧性能，研制出以 126kV 真空灭三、清洁能源产业弧室作为灭弧单元，CO <sub>2</sub> 或 N <sub>2</sub> 作为绝缘和隔离接地开关灭弧介质的 126kV 无氟环保型开关设备。采用四极质谱残余气体分析结合自动控制焊接工艺，提升灭弧室密封可靠性。优化电压、开距等老练工艺参数，提升老练效果。	灭弧单元真空度高于 10 <sup>-5</sup> 级，额定电压 126kV，额定电流 2500A，额定短路开断电流 40kA，额定容性电流开合 C2 级，电寿命 ≥20 次，机械寿命 ≥10000 次。	全球变暖潜能值(GWP) ≤1，按照目前 126kV GIS 年产量约 15000 间隔计算，如果全部采用 126kV 无氟环保型开关设备，一年可减少约 2970t 的 SF <sub>6</sub> 气体使用，等效减少 7098.3 万 t CO <sub>2</sub> 排放量，全生命周期内免维护。



12	智慧能源管理系统技术	能源系统高效运行	<p>综合通讯技术通过具有对等通信技术的工业物联网与工业以太网无缝连接,并通过网络变量捆绑实现去中心化的设备互联互动。采用数据采集与处理模型、调控模型及策略,实现自适应智能控制、能效提升、能源平衡与调度、动态柔性调峰。在统一平台上解决了信息孤岛问题,实现了供用能系统的监控管一体化。</p>	<p>工业物联网传输速率<math>\geq 1\text{Mbps}</math>;子网在线率100%;传输误码率<math>\leq 10^{-6}</math>(光纤模式);系统响应时间<math>\leq 1\text{s}</math>。</p>	<p>能效提升率10%-40%;提高能源保障与安全管理水平,减少运维人员1/3以上。</p>
13	太阳能 PERC+P 型单晶电池技术	新能源装备	<p>以扩散后的 PSG 层为磷源,利用激光可选择性加热特性,在电池正表面电极位置进行磷的二次掺杂,形成选择性重掺 N++ 层,降低硅片与电极之间的接触电阻,降低表面复合率,提高少子寿命,改善光线短波光谱响应,提高短路电流与开路电压,进一步提升电池效率。在 PERC 基础上,可实现 0.2%-0.3% 的转换效率提升。</p>	<p>单晶 PERC 双面电池量产最高效率达 23.44%, 平均效率达 23.22%。</p>	<p>每 GW 光伏电站年均发电 10.7 亿 kWh, 节约 34.2 万吨 tce, 减排 CO<sub>2</sub> 78.3 万吨。</p>
14	燃气轮机干式低排放技术	清洁能源装备	<p>采用贫油预混燃烧模式,控制燃料/空气当量比,实现燃料与空气较均匀预先混合,将主燃区温度控制在 1670K-1900K 之间,兼顾自燃、回火等因素;采用分级燃烧方式,保证低排放燃烧室在各工况下稳定工作;利用先进冷却技术,保证低排放燃烧室火焰筒寿命;切换点及燃料比例调节技术保证低排放燃烧室稳定工作,避免发生回火和振荡燃烧问题。</p>	<p>燃烧室出口温度不均匀度应满足燃机整机对周向温度分布系数及径向温度分布系数的要求,燃烧效率<math>\geq 99.5\%</math>。</p>	<p>80%-100%工况下,排放烟气 NO<sub>x</sub><math>\leq 50\text{mg/m}^3</math>, CO<sub>2</sub><math>\leq 100\text{mg/m}^3</math>。</p>

15	多级多段静态混合碳四烷基化技术	清洁燃油生产	采用“N”型多级多段静态混合烷基化反应器和高效酸烃聚结器结合，以低温硫酸为催化剂，异丁烷与碳四烯烃在反应器中反应，生产高辛烷值汽油调和组分；采用多段烯烃进料进一步提高产品质量、降低能耗；自汽化酸烃分离器实现反应流出物气相、酸相、烃相快速分离及反应热利用；采用高效酸烃聚结器处理反应流出物，取消传统工艺酸洗、碱洗、水洗流程，大幅降低装置废水排放和碱液消耗。	产品辛烷值 RON96-97，酸耗三、清洁能源产业≤60kg/t，装置能耗≤143.37kgce/t 烷油。	克服传统搅拌釜式反应器易泄露、装置检修频繁的缺点；从源头大幅降低因反应器泄露和反应流出物酸、碱、水洗导致的大量高盐废水排放和碱液消耗。
四、生态环境产业					
1	基于“类壤土”基质的矿山生态环境综合治理技术	矿山生态环境恢复	结合工程学、植物学、土壤学等学科，通过仿生技术快速模拟出自然界中适合植物生长的土壤腐殖质层和淋溶层，辅以适宜的乔灌木比例。基质与岩质（土质）边坡有足够的粘聚力，以保证坡面的植被能在岩质（土质）边坡生长扎根。无需人工管理，植被自然生长，恢复原有山貌。	容重 0.8-1.2g/cm <sup>3</sup> ；有效持水量 65%-79%（体积）；有机质≥4%；速效氮 100-169mg/kg；有效磷 40-200mg/kg；速效钾 130-220mg/kg；pH 值 5.6-7.5；电导率 0.1-0.3ms/cm。	矿山综合治理成本下降 31%-49%，实现增加碳汇、增强水土保持能力、改善气候、提高生物多样性。

2	自适应光伏驱动干深-时域智能控制精准灌溉技术	生态农业	用自适应太阳能光伏板产生电能，驱动水泵和干深-时域灌溉器等成套装备，并提供应急供电。通过土壤干深度、水胁迫时长、灌溉湿点时长，基于时间-空间-水分-肥药的轮灌歇灌，对作物、土壤、生态环境指标进行多维度协同调控，实现农作物减害（病虫害、盐碱害、农化害）以及节水节材，土壤理化特性改善等多目标多模态智能精准灌溉。	干深-时域灌溉器运行功率 $\leq 0.8W$ ；干深湿点延时4级可调(0-30min)；干深度传感器精度 $\pm 2.5\%$ ；有害物质去除过滤效率95%；智能灌溉决策精准率98%。	与传统灌溉技术相比，灌溉水利用率80%；省工40%，省肥药50%，节材40%；减少病虫害费用5%；土壤修复能力提升20%，增产约20%；管理运营成本降低15%。
3	高原地区黑土滩植被修复技术	生态修复退牧还草	通过驯化选育以青海草地早熟禾为代表的乡土草种，对高原地区不同类型的黑土滩进行分类分级修复。主要农艺（工艺）包括整地、施肥、播种、免耕补播等。为防止二次退化，对高寒草地进行了鼠害控制和生长季休牧的管护和利用；解决高原地区土壤修复过程中草种选取和可持续管理及利用等问题。	治理后第二年牧草产量200kg/亩、植被覆盖率 $\geq 70\%$ 、鲜草产量500kg/亩。	平均修复100亩黑土滩退化草地解决3个就业岗位。退化草地恢复后生产功能提高，牧民家畜生长条件好、生活条件得到改善。
4	动物养殖抗生素替代技术	绿色畜牧业	经过对有益菌种筛选、组合、驯化，根据不同产品应用对象，配制成由不同菌属及其菌种组成的复合微生物菌液，可实现多菌种共生、活性菌液常温保存和微生物长期保持活性，最后将复合菌液与其他辅料进行发酵生成不同种类的动物酵素产品。	产品有效活菌数 $\geq 2 \times 10^8 CFU/ml$ 。	应用在生猪养殖中，提高产仔率20%、降低死亡率15%、降低料肉比0.4、提前出栏15天，平均单头成本下降300元。

### 五、基础设施绿色升级

1	基于物联网、大数据和云平台技术的共享两轮车全生命周期智能运营管理技术	绿色交通	共享两轮车(电单车)利用物联网、大数据和云平台技术提升共享出行数字化、网络化和智能化水平。通过整合智能中控、北斗定位、陀螺仪等技术实现车辆实时监管和安全运行;基于车辆端、云平台、智能手机终端互联技术,实现智能调度和高效运营。	整车重量 42.5kg; 续航 90km; 电机功率 350W; 车辆时延 118.7ms; 定位精度 0.1m。	使用效率是传统电动自行车的 3-4 倍, 相比传统电动自行车, 每车每年可减少碳排放 123kg; 共享两轮车可提供日均 3000 万次出行服务。
2	南方水网地区城市水体自然生态修复集成技术	水体自然生态修复	对面源径流入河路径设置多元污染控制和水质提升技术单元, 改造、构建河道自然生境, 综合实现城市水体质量改善与水生态系统自然修复和动态平衡。陆域径流经面源生态净化系统的拦截、沉淀、布水、处理四个单元净化后进入雨水排口, 在排口处围合设置过滤池、两层铁网过滤墙, 再经原位设置于河湖的可移动浮动式人工介质框架处理系统进一步吸收转移水体中的营养盐。同时对河道进行自然生境改造, 创造有利于水生态系统自然恢复的健康生境。	陆域控制范围内悬浮物去除率>80%, 平均提升微污染水体中高锰酸盐指数>16%, 氨氮>30%, 总磷>20%。	污染物去除 50%以上, 水体自然修复能力增强, 水质显著改善, 水生态系统逐步趋于动态平衡。同时可提高雨水资源利用率 5%以上, 减少常规水资源利用。
3	基于功能分区、空间耦合的一体化节能降耗污水生化处理技术	城镇污水处理	采用一体化结构设计, 将生物选择区、厌氧、缺氧、好氧及内嵌泥水分离等功能单元通过空间耦合形成污水生化处理工艺。采用低溶解氧高污泥浓度运行控制模式, 通过双气路控制微孔曝气技术实现曝气系统不停车更换和清洗, 通过低扬程空气提推技术实现低能耗且高回流比泥水全液回流, 具有较高的抗冲击能力和运行稳定性。	氧利用率 35%-40%, 单耗 0.12-0.18kWh/t; 微氧环境: DO 0.5-0.8mg/L; 高污泥浓度 5-10g/L; 进水 COD 耐受范围: 工业废水 10000-20000mg/L, 市政污水 500-1000mg/L; 总溶解固体可耐受 10000mg/L 以内。	电耗 0.12-0.18kWh/t; 吨水占地 0.1-0.15m <sup>2</sup> ; 吨水投资 600-800 元/t (含土建)。

4	适用于高排放标准 的低能耗、低成本 膜生物反应器 城镇污水深度 处理技术	城镇污 水处理	提供了一体化解决高排放标准城镇污水处理厂深度处理提标或污水资源化问题更经济可靠解决方案。通过膜生物反应器(MBR)生物脱氮除磷强化集成工艺,以传统工艺1/3的占地实现高效处理,达到“准IV类水”高排放标准;低耗曝气吹扫系统,节省能耗30%以上;膜污染预警及清洗技术实现了MBR长效稳定运行,膜使用寿命延长50%以上。	膜通量 $>20L/m^2 \cdot h$ 以上,MBR集成工艺出水 $COD_{Cr}$ 、氨氮、TP等主要指标达到地表水IV类水体要求。	吨水电耗 $0.15-0.2kWh/m^3$ ;通过标准化、模块化的系统装配技术,膜系统价格为国际同类产品50%。膜系统的运行成本(不含折旧)仅为0.2元/t。
5	生态型下沉 式再生水厂 集约构建与 资源化利用 技术	城镇污 水处理	通过平面竖向空间优化和工艺技术优化,降低占地面积;开发炭质填料高效生物除臭技术,形成模块化装备及智能控制系统,臭气全收集全处理;构建针对不同回用需求的高品质再生水技术路线,集成污泥资源化和热能回收利用技术,实现水资源、污泥资源和绿色能源的高效利用。	出水水质满足城镇污水排放一级A标准, $COD$ 、 $BOD_5$ 、氨氮、总磷达到地表IV类水质标准,t水占地面积 $0.3-0.5m^2/(m^3 \cdot d \cdot t)$ ,污泥出泥含水率 $10\%-60\%$ ,对 $H_2S$ 等特征污染物去除率 $\geq 99\%$ 。	实现了土地集约、环境友好和资源高效利用,比现行污水处理厂建设用地指标减少50%以上;出水可100%再生回用;集成高效水源热泵,回收利用水中热能,可为厂区和周边区域供暖制冷。
6	复杂建筑钢 结构激光三 维扫描测量 与数字预拼 装技术	绿色建 筑	利用激光三维扫描仪等设备采集实体构件数据逆向建模,与理论设计模型拟合分析偏差大小;根据扫描时的约束条件和影响因素计算出被扫描构件变形,兼顾变形分析和拟合分析判断被扫描构件质量状况;利用数字预拼装算法确定最佳拼装方案,计算各接口面误差,判断出拼装整体是否符合质量要求,取代传统实体预拼装。	构件测量精度控制在2mm内,结构单元拼装精度控制在5-10mm内,单根12m长钢构件1.5h完成扫描与计算分析。	相比传统实体预拼装过程,工期缩短80%以上,成本降低60%以上,人员使用减少90%左右。

7	轨道交通制动能量综合利用和智慧能源管控系统关键技术	绿色交通	采用基于 IGBT 的三相逆变、PWM 斩波混合型并联技术,实现列车再生制动能量吸收或利用;通过回馈型技术和电阻耗能型技术互为备用,实现经济性和节能性。利用通信网络实时采集和存储各车站、变电所、以及沿线附属建筑等的能源数据,对轨道交通用能情况进行统计分析,实现用能优化管理。	全响应时间小于 1s;模块化设计、均流度>96%;直流纹波系数<3%;750VDC/1500VDC 直流电压自适应。系统平均无故障时间≥30000h;服务器平均 CPU 负荷率≤30%。	按一个城市轨道交通 300km 规模计算,日节电量约 30 万 kWh。
8	基于能源互联网的储能式飞机地面静变电源技术	绿色交通	集成了双向变流器、直流微电网、分布式储能等技术,采用智能控制算法,实现在小功率(5-30kW)市电输入情况下,为飞机提供稳定可靠的(5-72kW)中频电,可有效地替代飞机 APU 供电,节约航油消耗。设备可以同时接入光伏或风力发电,实现新能源发电效率最大化。设备采用整体化结构设计、功能单元模块化组合,部署灵活,安装施工工序简单。	输入:50Hz 220V 5-30kW /光伏发电 风力发电(选配)储能电量:80kWh (标配)输出:400Hz 115V 5-72kW; 平均使用 1h 节约航油 115kg。	单台设备按照 10 年生命周期计算:平均使用时长 4.5h/天,10 年可节约航油 1888t。

---

国家发展改革委办公厅

2020年12月31日印发

---

