

国家发展和改革委员会  
科学技术部  
工业和信息化部  
自然资源部  
生态环境部  
住房和城乡建设部  
国务院国有资产监督管理委员会  
国家能源局

文件

发改环资〔2024〕1812号

## 国家发展改革委等部门关于印发 《绿色技术推广目录（2024年版）》的通知

为深入贯彻党的二十大和二十届二中、三中全会精神，落实《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》（国发〔2021〕4号）有关要求，按照《关于进一步完善市场导向的绿色技术创新体系实施方案（2023—2025年）》（发改环

资〔2022〕1885号)工作安排,国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部、住房城乡建设部、国务院国资委、国家能源局遴选编制了《绿色技术推广目录(2024年版)》。现印发给你们,请结合实际加大技术推广应用力度,强化经济社会发展全面绿色转型技术支撑。



2024年12月24日

# 绿色技术推广目录（2024年版）

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
<b>一、节能降碳产业</b>					
1	绿色高效三相异步电动机设计制造关键技术应用	节能装备制造	采用不等匝绕组、定子大小槽技术，降低定子铜损耗；采用转子低压铸铝工艺技术，降低转子铜损耗；采用转子闭口槽等技术，降低电机杂散损耗。综合各项技术，在保证电机性能前提下，有效降低主要材料用量。	机座号 80~450，功率 0.75~1000kW；额定电压 380V/660V；基准频率 50Hz。	<p>案例 1：迁安中化煤化工有限责任公司节能改造项目。建设规模：280 台 YQE5 (YE5) 一级能效电机，总装机 2 万千瓦。生态效益：项目年碳减排量 400 吨。</p> <p>案例 2：中天钢铁集团有限公司节能改造项目。建设规模：1500 台 YQE5 (YE5) 一级能效电机，总装机 10 万千瓦。生态效益：项目年碳减排量 2000 吨。</p>
2	改性聚氨酯路面制备关键技术	节能装备制造	以异氰酸酯、多元醇和有机胺反应生成聚氨酯，并通过双重固化机理，增强有机树脂与无机骨料之间作用力，形成聚氨酯单层路面结构。通过拌、振、熨、布一体化成套智能铺装施工设备和免加热、免碾压连续施工工艺，实现常温拌和、连续作业，具有质量好、自动化程度高、绿色环保等显著效益。	<p>成品路面：粘结强度 (23℃) ≥ 6MPa，弯拉强度 (23℃, 2h) ≥ 27MPa，剪切强度 (23℃, 2h) ≥ 12MPa，车辙动稳定度 (70℃) ≥ 12000 次/mm，低温弯曲极限应变 ( -10℃, 50mm/min ) ≥ 3000μe, 最低施工温度 -15℃, 摊铺效率 1000m<sup>2</sup>/h, 路面平整度 ≤ 3mm。</p>	<p>案例 1：温州瓯江北口大桥路面工程项目。建设规模：摊铺 ECO 改性聚氨酯路面 13 万平方米。生态效益：项目建设期内减少碳排放 650 吨，节约能耗 260 吨标准煤，节约石料 15600 吨。</p> <p>案例 2：闵浦大桥主跨摊铺工程项目。建设规模：摊铺 ECO 改性聚氨酯路面 2.6 万平方米。生态效益：项目建设期内减少碳排放 130 吨，节约能耗 52 吨标准煤，节约石料 3120 吨。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
3	光伏建筑一体化大面积钢化玻璃	高效节能装备制造	通过采用大面积快速近空升空技术、镀膜技术和活化技术，形成渐变带隙吸收层，提高钢化玻璃短路电流密度，采用高稳定性背接触技术，实现碲化镱发电玻璃长期可靠性。	发电效率 $\geq 16\%$ ，单片面积 $\geq 1.92\text{m}^2$ 。	案例 1：川开电气智能制造基地屋顶光伏建筑一体化项目。建设规模：厂房屋顶安装碲化镱发电玻璃，总装机容量 1720kW。生态效益：项目年发电量 91.05 万千瓦时，年节约 274.51 吨标准煤、减少二氧化碳排放 519.26 吨。 案例 2：上海松江凯盛机器人大楼碲化镱发电玻璃幕墙项目。建设规模：建筑物外立面安装碲化镱薄膜太阳能发电玻璃幕墙，总装机容量 400kW。生态效益：项目年发电量 23 万千瓦时，年节约 69 吨标准煤、减少二氧化碳排放 131.17 吨。
4	高效气悬浮离心式冷水机组关键技术	高效节能装备制造	采用高精度多孔介质静压气悬浮轴承系统，基本消除摩擦，提高轴承承载力及压缩机效率；采用一体式供液稳压系统，稳定轴承供气，防止意外断电、停机造成轴承跌落损伤；采用前馈控制和母线电压补偿技术，扩宽机组稳定运行的电压范围；采用智能检测和预测技术，避免机组出现喘振。	综合部分负荷性能系数 10.27，达到国家一级能效水平；制冷量范围 50~750 冷吨；机组启停次数 $\geq 30$ 万次；运行电压范围为额定电压的 $-18\% \sim +35\%$ 。	案例：宁波环驰轴承集团工厂冷水机组旧机节能改造项目。建设规模：8 台制冷量为 350RT 的气悬浮离心式冷水机组。生态效益：项目年节碳量 1120 吨。
5	水煤浆冷壁废锅气化炉技术	高效节能装备制造	以水煤浆为原料的高压纯氧气流床煤气化工艺。气化室衬里采用垂直悬挂自然循环膜式水冷壁，通过凝渣保护，气化温度可提高到 $1500^\circ\text{C}$ 以上，解决高灰熔点煤水煤浆气化难题，拓宽煤种适应性。气化室下部设置辐射废锅，通过独特的高效辐射式受热面回收合成气显热，在生产合成气的同时副产高品质蒸汽，提高能量利用效率。	比煤耗 560~600kg (干基) / $\text{kNm}^3$ (CO+H <sub>2</sub> )；比氧耗 350~380 $\text{Nm}^3\text{O}_2/\text{kNm}^3$ (CO+H <sub>2</sub> )；碳转化率 $>98.5\%$ ；辐射废锅蒸汽产量 650~1100kg/ $\text{kNm}^3$ (CO+H <sub>2</sub> )；连续运行周期 $\geq 120$ 天。	案例 1：河南金地化工有限责任公司年产 45 万吨合成氨搬迁改造项目。建设规模：3 套水煤浆水冷壁废锅气化炉、气化压力 6.5MPa。生态效益：年碳减排量 34.37 万吨、减少二氧化碳排放 0.45 万吨、减少氮氧化物排放 0.51 万吨。 案例 2：新疆天业汇合新材料有限公司 100 万吨/年合成气制乙二醇项目一期工程 60 万吨/年乙二醇项目。建设规模：4 套水煤浆水冷壁废锅气化炉、气化压力 6.5MPa。生态效益：年碳减排量 34.58 万吨、减少二氧化碳排放 0.46 万吨、减少氮氧化物排放 0.52 万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
6	冶金领域工业废气资源化高效利用技术	节能环保装备制造	采用内螺纹小管径垂直管圈及螺旋管圈水冷壁,实现煤气炉水系统由高倍率循环再到一次循环再到全对流、全疏水、高烟速布置;燃烧器采用强中心回流双旋流结构,实现高参数锅炉长期高效稳定运行。	将煤气炉炉参数提升至超高温亚临界 17.5MPa.g/571℃/569℃ 及高效超临界 25.4MPa.g/605℃/603℃,锅炉效率达 92%,氮氧化物原始排放 <50mg/Nim <sup>3</sup> ,达到超低排放要求。	案例 1: 广西盛隆冶金有限公司产业升级技术改造配套发电项目。建设规模: 2×145MW 燃气超临界机组。生态效益: 项目年减少碳排放 170 万吨。 案例 2: 迁安九江线材有限责任公司煤气发电三期工程。建设规模: 1×145MW 燃气超临界机组。生态效益: 项目年减少碳排放 85 万吨。
7	磁悬浮真空泵技术	节能环保装备制造	通过采用高稳定性磁悬浮轴承系统,基本消除摩擦,提高转速、降低噪音;采用永磁电机直接驱动三元流叶轮,减少传统机械传动损失,大幅提升整机工作效率;采用智能运行和远程运维控制系统,实现在线监测、故障诊断,以及不停机维护等功能。	磁悬浮轴承控制精度 <10μm; 传感器分辨率 ±1μm, 传感器重复灵敏度 7mV/μm, 传感器重复定位精度 ±1μm; 整机功率 37~1000kW, 流量范围 30~1320m <sup>3</sup> /min, 噪声 <80 分贝, 真空度范围: -10~-70kPa。	案例: 山东世纪阳光纸业集团造纸工艺生产线真空系统改造。建设规模: 采用 1 台 TRV600 型磁悬浮透平真空泵替换原 4 台总装机容量 922kW 水环式真空泵。生态效益: 项目年节能量 1033 吨标准煤, 碳减排量约 1945 吨。
8	层燃室复燃—微流化绿色锅炉技术	节能环保装备制造	采用往复式燃烧设备与多炉膛结构锅炉结合,形成大颗粒保持层燃与小颗粒室燃流化状态,提高煤炭燃烧效率,进而提高热效率;通过层燃室复燃复合燃烧状态,减少多炉膛结构热量,降低热效率;通过还原区、氧化区、稳燃区三个热化学反应区,实现了炉内污染物协同治理及锅炉与系统节能。	在层燃用烟煤、褐煤、无烟煤的情况下,锅炉产品平均定热效率 ≥90% (优于 1 级能效),氮氧化物初始排放浓度 <200mg/m <sup>3</sup> , 处理后排放达到超净标准 (颗粒物 <5mg/m <sup>3</sup> 、氮氧化物 <50mg/m <sup>3</sup> )。	案例 1: 营口热电集团有限公司东部集中供热工程。建设规模: 新建 1 座 2 台 116MW 大型移动床微流化绿色燃煤热水锅炉热源厂。生态效益: 项目年节约标准煤 8532 吨、二氧化碳减排量 2.3 万吨。 案例 2: 和布克赛尔县华源热力供热锅炉提升改造建设项目。建设规模: 改造 3 台 58MW 移动床微流化绿色燃煤热水锅炉及配套附属设施建设。生态效益: 年节约标准煤 6399 吨、二氧化碳减排量 1.7 万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
9	气凝胶保温材料	高效节能装备制造	系统的核心技术涵盖气凝胶材料的运用、配方的改良、分散工艺、粘结剂的选定、涂层结构的规划、耐候性与耐久性技术以及施工流程等。气凝胶材料依靠极低的热导率以及独特的构造实现高效隔热。借助对配方的优化、分散技术的实施来确保涂料的性能，规划科学合理的涂层结构和施工工艺来增强性能。	1mm 材料热阻 $\geq 0.2\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ；等效导热系数 $\leq 0.005\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ，防火等级 A2。	案例 1：湖南吉利汽车职业技术学院外墙及屋顶保温隔热工程。建设规模：建筑面积约 24 万平方米，建筑设计能耗 400 万千瓦时/年。生态效益：防水保温及装饰系统层层厚度不到传统材料的 1/10，空调使用能耗不到设计的 30%，年减碳量约 3126 吨。 案例 2：大唐湘潭发电有限责任公司烟道防腐保温工程改造项目。建设规模：施工面积约 1 万平方米。生态效益：烟道热损失减少 30%，年节碳量约 4011 吨。
10	低位余热制冷（ $<0^\circ\text{C}$ ）技术	高效节能装备制造	利用专有 TC 多元复合工质，与氨形成新型制冷工质对。以废余热作为驱动能源，利用氨在 TC 工质中特有的高压环境易解吸，低压环境强吸收，以及传热表征优异、性能稳定性极高的特点，通过解吸 $\rightarrow$ 冷凝 $\rightarrow$ 蒸发 $\rightarrow$ 吸收的热驱动制冷循环，实现 $0^\circ\text{C}$ 以下的低温制冷，达到低位热能对高品位电能或高压蒸汽的有效替代，节能效果明显。	热源： $100\sim 140^\circ\text{C}$ 低温热源，包括工农业生产过程中低温余热的回收利用，以及生物质热能和地热能的梯级利用等。 制冷：制取 $-38\sim 0^\circ\text{C}$ 的冷能。 臭氧消耗指数（ODP）：0。 全球变暖潜能指数（GWP）：0。	案例 1：中盐安徽红四方股份有限公司利用蒸汽冷凝液余热深度制冷项目。建设规模：年产 30 万吨乙二醇生产工艺制冷工段，总制冷量 4000kW。生态效益：项目年减碳量 2338 吨。 案例 2：山西沃能化工科技有限公司 TC 混合工质余热制冷机项目。建设规模：综合尾气制 30 万吨/年乙二醇年产 15 万吨/年 LNG 项目，总制冷量 2000kW。生态效益：项目年减碳量 3052.39 吨。
11	一种高效智慧照明技术	高效节能装备制造	采用串联排布技术，实现 LED 灯珠之间工作电流一致；采用增压驱动拓扑电源结构，提高驱动电源效率；采用角度可调节的棱镜聚光技术，提高 LED 灯珠的光利用率；采用物理组网编码技术，实现不同场景的智能控制。	发光效率 $\geq 218\text{lm}/\text{W}$ ，整体灯具使用寿命 10 万小时，LED 灯珠出光效率 240lm/W，灯罩透过率 97%。	案例 1：湖北达能食品饮料有限公司车间智能照明改造项目。建设规模：8500 盏 40W 高网智能 N-LED 照明灯具。生态效益：产品寿命期间碳减排量约 3.03 万吨。 案例 2：厦门烟草工业有限责任公司照明系统改造项目。建设规模：2397 盏 $3\times 10\text{W}$ 高网智能 N-LED 照明灯具。生态效益：项目年碳减排量约 937 吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
12	抗积灰结露耐高负荷和跟踪负荷多向流换热管道	高效节能装备制造	由对流受热面组成的对流换热管道，在相邻对流受热面组之间及对流换热管道烟气进出口处设置90°可调的百叶窗，每层百叶窗为叶片组组成；设置该管道百叶窗及其传动装置，每组叶片所在轴分别与能使其转动90°的传动装置联接。通过智能烟感装置控制排烟温度，以控制烟气与受热面的交换大小来实现恒定排烟温度和变功率功能。	设计额定供热量为29~156MW；工作压力为1.6~2.5MPa；出水温度130℃/回水温度70℃；设计热效率为84.21%~85.6%；排烟温度为131℃；烟气黑度<林格曼一级。提高锅炉运行效率4~6个百分点。能效产出比较室燃炉、循环硫化床高2~3个百分点。	应用案例 案例1：河北省石家庄市润城热力有限公司供热工程项目。建设规模：采用1台DHL92-1.6/130/70-A II锅炉，配套组态智能化叠流复合燃烧炉床，受热面尾部加设趋零积灰、趋零结露装置，为120万平方米建筑面积的小区进行供热。生态效益：项目年碳减排量7244吨。 案例2：秦皇岛市山海关鑫圣供暖有限责任公司供热工程项目。建设规模：采用1台DHL116-1.6/130/70-A II型零积灰零结露节能热水锅炉，为山海关城北鑫圣小区160万平方米建筑面积供热。生态效益：项目年碳减排量9170吨。
13	高维散热系统	高效节能装备制造	利用高效相变传热器件与智能控制系统等核心部件，构建高性能高维散热系统，充分利用自然冷源实现小温差高效相变换热，同时与基站内空调智能联动，减少基站空调使用时间并提升空调使用寿命，实现供冷与高效换热性能动态智能互补，最大程度利用自然冷源换热。	换热系数530W/K，能效比16.15，额定功率340W，额定电压/频率220V/50Hz，电压允许波动范围±10%，额定电流1.7A。	应用案例 案例1：北部湾大学6号基站节能改造项目。建设规模：安装一套额定功率为340W的高维散热系统，实现与原有空调智能联动控温。生态效益：项目年碳减排量3.02吨。 案例2：钦州市钦南区河东工业园区基站节能改造项目。建设规模：安装一套额定功率为340W的高维散热系统，实现与原有空调智能联动控温。生态效益：项目年碳减排量4.82吨。
14	涂装前处理低温脱脂节能技术	高效节能装备制造	核心技术是水力空化技术。其工艺是，把脱脂液从脱脂槽中抽取，通过泵输送进入水力空化发生器进行空化处理，利用水力空化技术进行全高效破乳，释放出来的油通过溢流方式进行全自动油水分离。通过水力空化发生器对脱脂液的不断循环处理，降低脱脂温度，减少能耗，延长脱脂液使用周期、减少废液排放。	水力空化系统处理量达到30m <sup>3</sup> /h以上；在不更换脱脂剂的前提下，降低脱脂温度7~10℃，使脱脂温度降至45℃以下；破乳除油效率为，油水分离率≥99%（或控制槽液油含量≤1g/L）。	应用案例 案例1：一汽—大众汽车有限公司成都基地涂装车间新增低温物理除油项目。建设规模：10条涂装处理线，每条线3个脱脂区。生态效益：项目可降低脱脂温度10℃，每条产线减少二氧化碳排放1540吨/年。 案例2：吉利汽车集团有限公司杭州湾基地涂装车间低碳改造项目。建设规模：1套低温脱脂除油节能减碳装置，实现对脱脂液实时在线处理、循环利用。生态效益：项目可降低脱脂温度10℃，减少脱脂废液排放1600吨/年，每条产线减少二氧化碳排放3287.39吨/年。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
15	隧道照明高效LED灯具	高效节能装备制造	通过“倒装芯片工艺技术”结合“布拉格反射层(DBR)工艺技术”的LED芯片,并优化电子电路,提升LED灯珠的高效率稳定性和可靠性;通过优化LED灯具散热器结构,提高散热器表面积;采用灯具散热技术和高品质PC材料制作配光透镜,增强灯具散热效果和透光效率。优化驱动电源设计,提高电源效率;严格控制有害纹波电流,减少芯片电流热转换率。	整灯光效 >170lm/w (功率 >60W, 3500K ≤ CCT ≤ 5000K, Ra ≥ 80)。	案例 1: 桂林市机场路路灯 EMC 节能改造项目。建设规模: 2686 套高压钠道路照明灯具改造为高光效 LED 照明灯具。生态效益: 道路照度平均值提高 61%, 节电率 51.5%, 项目年碳减排量 3516 吨。 案例 2: 河源市高新区基础设施工程及配套工程安装项目科技大道道路照明及交通工程改造项目。建设规模: 269 套高压钠道路照明灯具改造为高光效 LED 照明灯具。生态效益: 道路照度平均值提高 15%, 节电率 46.06%, 项目年碳减排量 32 吨。
16	热泵供暖系统研究及应用	高效节能装备制造	采用准二级压缩气液联合喷射制冷循环技术,降低排气温度,拓宽了工作环境温区;采用动态识别智能除霜技术,实现及时快速除霜,降低运行能耗;大小温差兼容系统设计,提高热泵工程系统的兼容性 & 综合能效。	拓宽空气源热泵制热运行环境温度低至 -35℃, 高低湿度环境高效可靠自适应除霜;空气源热泵进出水温差可在 5 ~ 20℃ 范围稳定运行。	案例 1: 西藏嘉黎县集中供热改造项目。建设规模: 84 台 10HP 超低温空气源热泵机组、120 台 60HP 超低温空气源热泵机组。生态效益: 项目年碳减排量 1.83 万吨。 案例 2: 四川阿坝州壤塘县集中供暖项目。建设规模: 62 台 20HP 宽环温空气源热泵机组、125 台 60HP 宽环温空气源热泵机组。生态效益: 项目年碳减排量 1.92 万吨。
17	变频空调动态运行关键技术及应用	高效节能装备制造	采用人工智能算法,快速搜寻空调节能状态最优解,实现空调器运行过程各执行器高效协同;基于云平台海量房间温度变化数据,搭建基于神经网络自主学习模型,实现空调负荷自适应舒适节能运行;针对现有空调控制芯片不能满足空调运行节能智能算法运算需求,自主研发了空调高适应性 AI 芯片。	全年动态能效提高 15.8% ~ 20.73%, 全年动态耗电量降低 13.65% ~ 17.17%。	案例 1: 河南盛世欣格力贸易有限公司 AI 空调推广项目。建设规模: 2022 ~ 2023 年共销售具有 AI 节能功能的空调器 25.57 万台。生态效益: 项目年节约电量 2371.11 万 kWh, 年碳减排量 1.35 万吨。 案例 2: 湖北盛世欣格力贸易有限公司 AI 空调推广项目。建设规模: 2022 ~ 2023 年共销售具有 AI 节能功能的空调器 16.10 万台。生态效益: 项目年节约电量 1492.95 万 kWh, 年碳减排量 0.85 万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
18	氢能轨道交通燃料电池动力系统	先进装备制造	采用模块化设计理念设计方法，基于燃料电池的可靠性、耐久性、结构强度、噪声控制等优化设计技术，实现燃料电池动力系统的整体优化设计。通过多堆燃料电池协调控制器，采用基于效率—功率耦合特性的多堆系统优化方法，实现多堆系统的优化控制和能量管理，提升多堆系统运行效率。通过多套燃料电池系统组合协调输出，满足氢能轨道交通车辆动力需求。	单系统采用高兼容性与高拓展性设计，总系统功率覆盖100~2000kW。采用高性能系统集成技术，系统效率>65%，系统额定效率>45%。开发轨道专用高压DC平台，电压制式达到1500V。	案例1：中车长客时速160公里全自动A型市域车氢能源系统应用改造项目。建设规模为：4套100kW氢燃料电池系统，应用在氢能轨道车辆上。生态效益：按每天工作8小时计算，年降低碳排放量317.68吨。 案例2：国能新朔铁路有限责任公司氢能源动力接触网作业车项目。建设规模：2套100kW氢燃料电池动力系统。生态效益：一台氢能接触网作业车每年可减少二氧化碳排放量约40吨。
19	连续玻璃纤维增强尼龙6复合材料	先进装备制造	通过分子结构设计，制备支化高流动性尼龙6树脂并成膜，形成玻璃纤维多层结构，并对纤维织物表面特殊处理，增强玻纤与基体树脂的界面相容性，采用熔融模压浸渍工艺，使基体树脂充分分散、浸渍于纤维织物中，制备出具有比强度高、冲击韧性好、轻量化效果好的复合材料。	45°弯曲强度≥480MPa，45°弯曲模量≥19GPa，0°拉伸强度≥380MPa，0°拉伸模量≥16GPa。	案例1：连续纤维增强尼龙复合板材项目。建设规模：年产100吨连续纤维增强尼龙复合板材生产线。生态效益：项目年碳减排量300吨。 案例2：汽车发动机机底护板项目。建设规模：年产30万件连续纤维增强热塑性复合材料制品自动化生产线。生态效益：单件底护板减重4千克，项目年碳减排量3600吨。
20	船用LNG燃料供应系统	先进装备制造	基于适用于现场制造的切割技术、科学冷却加工工艺、合理封头制作工艺、高锰钢焊接成型创新技术、激光电弧复合焊方式等开发新型高锰奥氏体低温钢材的关键应用技术；利用嵌入式电控系统的核心控制器开发智慧型燃料控制技术；基于模块化设计思路开发包含LNG存储模块系统、LNG汽化及冷能回收模块、BOG和EAG放散模块、调压计量模块和自控安保模块的供气模块集成技术。	储罐真空度<0.01Pa，LNG无损储存维持时间>45天，LNG冷能回收利用率>20%。	案例1：珠海港航运有限公司“气化珠江”项目。建设规模：新建29艘LNG燃料动力船舶。生态效益：年创造节能经济效益1566万元，年尾气污染物减排7143吨。 案例2：中集润庆物流有限公司散装水泥运输罐船项目。建设规模：新建20艘LNG燃料动力船舶。生态效益：年创造节能经济效益1080万元，年尾气污染物减排4927吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
21	真空热管耦合低温除尘技术	节能降碳改造	该技术通过真空热管换热器将烟温降低至低温状态，从而降低粉尘比电阻和烟气流速，大幅提高除尘器的除尘效率，同时节约煤耗、电耗、真脱硫降温水耗、协同脱除三氧化硫及汞等。真空热管换热器采用特殊结构，将烟气和冷却水进行多重物理隔离，避免冷却水泄漏造成的烟道堵塞、烟尘排放超标、灰斗堵灰等隐患，保证设备安全稳定运行。	除尘器出口粉尘浓度 $\leq 20\text{mg}/\text{m}^3$ ，除尘效率 $\geq 99.5\%$ ；回降低排烟温度 $30\sim 50^\circ\text{C}$ ；回收排烟余热用于加热汽轮机冷凝水，可节省 $1\sim 3\text{g}/\text{kW}\cdot\text{h}$ 的发电标准煤耗。	案例：国家电投景德镇发电厂2号炉真空热管烟气换热器及低温电除尘器改造项目。建设规模：660MW 燃煤机组。生态效益：项目年节约标准煤 4871 吨、减排 155 吨颗粒物、节电 257.3 万千瓦时、降低脱硫降温水耗 19.8 万吨，折合二氧化碳减排 15669.4 吨。
22	MW 级超导感应加热技术	节能降碳改造	利用超导线圈形成稳定的磁场，通过机械系统驱动被加热金属工件在磁场中旋转，感应出涡流产生焦耳热，是目前传统感应加热方式能源利用率低、加热均匀性差等问题的有效解决手段，具有高透热深度、高温均匀性、高生产效率、温度梯度线性好、节能降碳率高等优势。	额定功率可达 MW 级；工件直径 $220\sim 446\text{mm}$ ，长度可达 $1500\text{mm}$ ；温度均匀性：轴向和径向均 $< \pm 2^\circ\text{C}$ 。	案例 1：南山铝业铝挤压生产线绿色降碳节能改造项目。建设规模：1 台 MW 级（单工位 500kW）铝挤压专用型超导感应加热装置。生态效益：项目年碳减排量约 3026 吨。 案例 2：中铝东轻铝锻压生产线绿色降碳节能改造项目。建设规模：1 台 MW 级（单工位 500kW）航空铝锻压专用型超导感应加热装置。生态效益：项目年碳减排量约 7200 吨。
23	绕组式永磁耦合调速技术	节能降碳改造	双转子无接触磁力传动，调速模式为转差功低压小功率回馈调速。转子绕组采用分布式绕组及端部灌胶特殊设计，工艺具有低损耗和高强度特点，控制系统配备电阻调速冗余，提升调速装置系统可靠性。该技术解决了转差设备调速中的转差功率浪费问题和高压变频的谐波问题。	功率范围 $1.5\sim 5000\text{kW}$ ，配套电机极数 2、4、6、8、10、12 等，调速范围 $0\%\sim 99\%$ ，振动 $\leq 2.8\text{mm}/\text{s}$ ，效率 $96\%\sim 98\%$ 。	案例 1：天津钢铁集团有限公司烧结厂除尘风机永磁调速技术改造项目。建设规模：1 套 630kW 绕组式永磁耦合调速系统、1 套 1440kW 绕组式永磁耦合调速系统。生态效益：项目年节电 476.91 万千瓦时，折合标准煤 1445.04 吨，减排二氧化碳 2719.82 吨。 案例 2：浙江诸暨八方热电有限责任公司 4#、5# 炉一次给风机（710kW/900kW）永磁调速器改造项目。建设规模：1 套 710kW 绕组式永磁耦合调速系统、1 套 900kW 绕组式永磁耦合调速系统。生态效益：项目年节电 416.01 万千瓦时，折合标准煤 1260.51 吨，减排二氧化碳 2372.51 吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
24	地热能勘查与高效利用关键技术	节能降耗改造	针对地热资源勘查、地热发电和综合利用项目，合理应用资源勘查评价、系统优化、多能互补等方面技术成果，包括使用蒙特卡洛方法优化资源评价和井身设计，使用双工质地热发电系统优化算法完成发电项目设计优化等，全面指导地热发电和综合利用工程的设计和运维工作，提升系统综合效率，缩减项目工期，降低工程造价和运维成本。	地热发电系统效率15%以上，单千瓦投资成本2.5万元以上，“地热+”多能互补系统综合能效比6以上。	案例1：印尼SMGP地热发电项目。建设规模：发电装机容量240MW。生态效益：项目年碳减排量约136万吨。 案例2：山西省晋中市平遥县综合智慧能源项目。建设规模：热泵装机容量50MW，供暖面积80万平方米。生态效益：项目年碳减排量约3.7万吨。
25	微界面强化传热技术	重点行业绿色低碳转型	利用微—纳界面尺度的多相反应平台，取代目前国内外普遍采用的厘米—毫米尺度的多相反应平台，在大型氧化、加氢、羰基化、缩合、聚合等反应器中，将气泡、液滴的直径缩小至微—纳尺度并进行化学反应，从而提高大型反应器内的分子传输速度和多相流体的分布均匀度，进而在催化剂不变时提高反应效率、降低能耗、减少污染物排放。	气液比 $\leq 20000V/V$ （标态），操作压力降低30%以上，反应效率提高50%~400%。产能相同时，反应过程污染物减排50%以上，装置节能30%以上。	案例1：连云港康乐药业有限公司高浓度含盐扑热息痛废水微界面强化湿式氧化处理项目。建设规模：1.65万吨/年高盐废水处理装置。生态效益：项目年减排有机物约2000吨，年副产蒸汽约5000吨，每吨废水处理成本30~40元。 案例2：浙江卫星能源有限公司微界面强化超低碳多碳醇项目。建设规模：80万吨/年多碳醇生产线。生态效益：项目年节能6.7万吨标准煤，减碳24.2万吨，节省原料约4800吨，废气和废液年排放总量分别降低10%和20%。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
26	管式冷凝节水节能及多污染物脱除技术装备	工业重点行业绿色低碳转型	根据相变凝聚的原理，采用钛管或氟塑料管作为换热管束材料，高温高湿烟气通过新型高效管式冷凝器，水蒸气以粉尘、石膏等固体微粒作为凝结核不断凝结，形成小水滴，水分子在微粒表面不断凝结，产生涡流、扰动及雾滴本身的布朗运动、惯性力导致雾滴之间发生碰撞团聚并长大。在此过程中，有效促进含三氧化硫烟气溶胶、石膏液滴、可溶性盐及液滴之间的碰撞、团聚，继而被后续热交换管壁面上的自凝液膜脱除，实现烟气低位余热和烟气的有效回收、多污染物的协同脱除。此外，通过开发柔性凝水导流、波形凝聚增效、放电冷凝换热耦合、强化团聚及高效拦截微粒捕集等关键技术，强化了管式冷凝节水节能的综合效能。	综合冷凝换热系数 $\geq 350W/(m^2 \cdot K)$ (钛管) 或 $\geq 240W/(m^2 \cdot K)$ (氟塑料管)，收水效率 $\geq 80\%$ ，换热效率 $\geq 95\%$ ，压力降 $\leq 800Pa$ ，模块单重 $\leq 10$ 吨。	案例 1: 天津国投津能发电有限公司燃煤烟气深度除湿治理项目。建设规模: $2 \times 1000MW$ 机组湿法脱硫+湿电除尘+高效管式冷凝装置。生态效益: 每年可回收 102.4 万吨低温水, 可减少可溶性颗粒物排放 120.7 吨。 案例 2: 浙江物产环能浦江热电烟气深度脱白和废水零排放项目。建设规模: $3 \times 130t/h$ 燃煤锅炉湿法脱硫+湿电除尘+高效管式冷凝装置。生态效益: 每年可回收 5.64 万吨低温水, 利用低温除盐水可回收 20.7 万 GJ 烟气热量(年运行 6000h), 节能标准煤 7068 吨, 减少二氧化碳排放量 1.85 万吨。
27	半水—二磷酸湿法生产工艺系统	工业重点行业绿色低碳转型	原料磷矿与硫酸经过半水水反应、半水过滤、二水转化和二水过滤获得高浓度成品磷酸，创新应用了硫酸钙介稳态半水水结晶调控、水合晶相重结晶和晶间磷高效溶解释放、硅胶辅助结晶、半水料浆双循环高位闪蒸等新技术，具有能耗低、磷收率高、产品质量好、磷石膏品质好等优点。	磷回收率达到 98% 以上，原料磷矿消耗降低 2%~3%；蒸汽单位产品消耗低于 1t/t (100% $P_2O_5$ )，能耗降低 52%；产品磷酸固含量低于 1% (wt)；副产磷石膏总含量 $\leq 0.5\%$ ，水溶磷含量 $\leq 0.2\%$ 。	案例 1: 宜都兴发化工有限公司湿法磷酸装置项目。建设规模: 38 万吨/年 100%五氧化二磷生产线。生态效益: 项目年减排二氧化碳 12.1 万吨。 案例 2: 中化重庆涪陵化工有限公司湿法磷酸装置。建设规模: 30 万吨/年 100%五氧化二磷生产线。生态效益: 项目年减排二氧化碳 9.6 万吨。



序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
31	高效还原“3R”氢气高炉技术	工业重点行业绿色低碳转型	核心技术包括煤气动力调节系统、煤气脱碳系统、煤气安全喷吹系统和智能控制系统。工艺流程为：焦炉煤气通过动力调节系统进行加压；富一氧化碳煤气依次经动力调节系统、脱碳系统进行加压提质，之后与高压焦炉煤气混合，通过安全喷吹系统进入高炉，高炉冶炼过程中生产数据接入智能调控系统，对生产数据进行实时处理、分析，指导高炉操作调控。	技术主要参数：煤气喷吹量 40~80Nm <sup>3</sup> /t（铁），煤气温度 40℃，喷吹煤气压力为 500~750kPa，置换比 0.4~0.6。 主要设备技术参数：动力调节系统：操作压力 5~800kPa，操作温度 ≤100℃。脱碳系统：操作压力 600~800kPa，操作温度 40℃，脱碳后煤气二氧化碳 ≤1%。安全喷吹系统：操作压力 500~750kPa，操作温度 40℃。	案例 1：纵横钢铁碳氢耦合喷吹总承包项目。建设规模：2.5 万标准立方米/小时富氢煤气+4 万标准立方米/小时富 CO 煤气动力调节系统及脱碳系统，以及两座高炉碳氢耦合喷吹系统。生态效益：减碳比例 5%~10%，年减排二氧化碳 40 万吨。 案例 2：中天高炉富氢喷吹总承包项目。建设规模：2.5 万标准立方米/小时富氢煤气动力调节系统，以及三座高炉富氢喷吹系统。生态效益：年减排二氧化碳 30 万吨。
32	复杂难处理铜精矿高效低硫冶炼技术	工业重点行业绿色低碳转型	针对低品位高杂质难处理铜精矿冶炼杂质脱除难、能耗高等问题，研发了集熔炼与沉降贫化于一体的栅栏式富氧强化熔炼高效短流程低硫清洁铜冶炼技术与装备、高浓度铜冶炼烟气动态分级转化制酸及微浓度杂散烟气三塔协同脱硫资源化利用技术、余热与炉渣二次资源回收利用技术，实现复杂铜精矿的清洁高效增值利用。	粗铜综合能耗由 225.72kWh/t 降至 119.5kWh/t，粗铜二氧化碳碳排放量由 625.24kg/t 降至 331.01kg/t；尾气二氧化硫平均排放浓度由 320mg/Nm <sup>3</sup> 降至 29.8mg/Nm <sup>3</sup> ；吨蒸汽发电量由 145kWh/t 提升至 210kWh/t；喷枪寿命由 29 天/支延长至 93 天/支，熔炼炉运行周期由 3 天/次提高至 47 天/次。	案例：易门铜业有限公司环保高效清洁化生产改造项目。建设规模：粗铜产能 10 万吨/年。生态效益：项目已实现 185.83 万吨复杂铜精矿清洁利用，二氧化硫减排 90.69%，二氧化碳减排 62.7%，余热利用率提高至 81% 以上。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
33	锂电三元材料集成生产工艺	重点行业绿色低碳转型	采用搅拌罐式多功能一体化过滤机为核心设备的集成工艺，将陈化、过滤、洗涤等三元前驱体物料转运环节和交叉污染；通过设计低速多维混合、可更换高精度滤网等装置，实现浆液逐级碱洗和水洗，大幅降低洗涤液耗用量；通过自动化生产调控技术，实现提产增效。	多功能一体化装备最大直径3600mm、过滤面积10m <sup>2</sup> 、有效容积14m <sup>3</sup> ，最小过滤粒径0.5μm。	案例1：华金新能源材料（衢州）有限公司年产4万吨高镍型动力电池用三元前驱体新材料项目。建设规模：15台MY2300型多功能一体机核心设备。生态效益：每万吨产量可减少废水排放超20万吨。 案例2：成都巴莫科技有限责任公司1.5万吨新一代锂离子动力电池材料产业化项目。建设规模：24台套MY1600型多功能一体机构成的洗涤压滤系统。生态效益：每万吨产量可减少废水排放超20万吨。
34	有机溶剂深度分子筛膜成套装备	重点行业绿色低碳转型	采用微波镀膜专有技术开发出高选择性、高通量、高稳定性的第二代分子筛膜，将高性能膜材料成套装备化，实现节能型有机溶剂深度脱水。与精馏相比，不受溶剂与水的相平衡制约，分离效率高、节能；与吸附相比，不需要复杂和高耗能的频繁再生，操作简单、节能；特别适合于共沸物体系及高温易分解溶剂与水的分离。	膜分离选择系数>10000，脱水后产品含水量<200ppm，膜厚度<5μm，膜使用寿命>3年，产品收率不低于99%。	案例1：东营市海科新源化工有限责任公司乙醇分子筛膜深度脱水装置项目。建设规模：一套10000吨/年规模的无水乙醇（含水<200ppm）分子筛膜脱水装置。生态效益：项目年碳减排量1445吨。 案例2：宿州中粮生物化学有限公司高纯无水乙醇膜脱水装置项目。建设规模：一套2000吨/年规模的高纯无水乙醇（含水<100ppm）分子筛膜脱水装置。生态效益：项目年碳减排量725吨。
35	复杂铅锌原料熔炼节能增效关键技术应用	重点行业绿色低碳转型	基于渣型理论研究及物料耦合调配开发铅锌原料耦合调配渣型技术，建立堆式、仓式、布料式梯级配料模型；基于富氧浓度提升技术研发、喷枪结构升级研发等开发艾萨炉炼铅富氧提升强化熔炼技术；基于硫质燃料的高效利用、铅锌复杂原料的有价金属综合回收利用、“副产铅+以硫替碳”新技术，综合回收渣原料中有价金属，同时实现铅冶炼综合能耗降低。	技术应用后，艾萨炉炉床能力75.55t/m <sup>2</sup> ·d，处理复杂铅锌渣物料占比47%；平均处理每吨入炉物料的煤耗降低至4.96%，柴油单耗降低至3.4kg/t。	案例1：云南冶金集团总公司6万吨/年粗铅引进高新技术节能环保技术改造。建设规模：年产6万吨粗铅、6万吨纯硫酸改造。生态效益：项目年节约标准煤1.63万吨，年减排二氧化碳4.34万吨。 案例2：会泽16万吨/年铅锌技改工程项目。建设规模：年产6万吨粗铅、10万吨锌。生态效益：项目年节约标准煤1.17万吨，年减排二氧化碳2.8万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
36	燃煤电厂大规模二氧化碳捕集与封存(CCUS)技术	温室气体控制	采用新型三元复合胺碳捕集吸收剂+能量耦合过程强化工艺,实现对电力、化工、钢铁等工业尾气中二氧化碳的捕集。捕集的二氧化碳通过压缩、干燥、液化形成工业级液态二氧化碳,通过槽车、管道等运输方式,用于化工合成、二氧化碳混相驱强油采收过程,实现二氧化碳的多途径利用与封存。	二氧化碳捕集规模大于50万吨/年,捕集率大于90%;产品二氧化碳纯度大于99.9%;二氧化碳捕集热耗小于2.35GJ,捕集电耗小于52kWh。	案例1:泰州电厂50万吨/年CCUS示范项目。建设规模:1套50万吨/年二氧化碳捕集装置。生态效益:年减排量50万吨。 案例2:泰州电厂1000MW机组高效灵活全烟气碳捕集关键技术研究与工程示范。建设规模:2×200万吨/年二氧化碳捕集装置。生态效益:年减排量400万吨。
37	二氧化碳长寿命吹炼技术	温室气体控制	基于二氧化碳在高温条件下与碳反应生成一氧化碳特性,有效强化熔池搅拌强度,有效控制钢水终氧含量提升,从底吹参数控制、底吹元件分布、底吹原件的维护等方面实现二氧化碳长寿命底吹技术应用。开发了炼钢过程喷吹二氧化碳吸附深度脱氮技术,解决了超低碳钢稳定生产。二氧化碳稀强化高效控氧技术,发明了钢液终氧含量的高效稳定控制控制。	二氧化碳底吹耗氧量0.8m <sup>3</sup> /t,二氧化碳底吹供气强度0.05m <sup>3</sup> /(t·min),底吹寿命不低于8500炉;炉渣FeO含量平均降低1.79%,终点碳氧积平均下降4.08×10 <sup>-4</sup> ,转炉出钢平均氮含量由28.9ppm降低至20.7ppm。	案例1:酒钢集团宏兴钢铁股份有限公司碳钢薄板厂二氧化碳绿色环保炼钢技术项目。建设规模:3×120吨转炉。生态效益:项目年减排量2.5万吨。 案例2:江苏省镔鑫钢铁集团有限公司二氧化碳顶底复吹炼钢技术项目。建设规模:1×120吨转炉。生态效益:项目年减排量1.5万吨。
<b>二、环境保护产业</b>					
1	盾构渣土高效化处理技术	环保装备和原材料制造	基于渣土的凝聚—脱水—固化耦合处理工艺,结合智能化、模块化渣土处理设备,实现自适应运行控制技术,使盾构渣土通过高压喷淋—振动筛分模块,分离出粗骨料;筛下物进入水力旋流模块,实现泥砂分离,产出洁净中细砂;剩余泥浆进入地聚合物凝聚—固化模块,进行浓缩/固化调理,溢流清水进入清水池循环使用;调理后泥浆进入压滤脱水模块,形成可固化泥饼;泥饼进一步直接建材成型。	以处理能力1600m <sup>3</sup> /d为例,装备占地≤470m <sup>2</sup> ,安装周期≤20天,人员≤3人。渣土直接转化为产品,粗骨料含水率≤10%、含泥量≤5%。浓缩泥质转化为流态可固化填料,压滤后泥质含水率≤30%,7天强度≥2MPa。	案例1:深圳地铁14号线朱坑风井—朱洋坑区间盾构渣土高效化处理项目。建设规模:项目处理渣土能力1750立方米/天,设备占地470平方米。生态效益:项目处理盾构渣土15.6万立方米,产生11.5万立方米砂石骨料,减少外运11500车次,产生填料4.1万立方米,减少碳排放1326吨。 案例2:深大城际2标土建十工区盾构渣土高效化处理项目。建设规模:项目处理渣土能力1200立方米/天,单套设备占地约461.25平方米。生态效益:项目处理盾构渣土39万立方米,产生27.3万立方米砂石骨料,减少外运27300车次,产生填料11.7万立方米,减少碳排放3315吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
2	低碳高效振动MBR污水资源化技术	环保装备和原材料制造	污水经生化处理后进入低碳高效振动MBR膜池，膜组器通过机械驱动实现变加速运动—往复运行，使膜丝与水体形成相对运动，形成膜池低溶解氧环境，促进聚磷菌、反硝化除磷菌和反硝化聚糖菌的生长，实现反硝化除磷与内源反硝化耦合的高效脱氮除磷。	传动装置振幅30~80mm，频率0.4~0.6Hz；膜通量20LMH；膜污染控制能耗≤0.05kWh/m <sup>3</sup> ；在线清洗周期1次/周，恢复性化学清洗1次/年；针对城镇污水，出水水质COD≤30mg/L，氨氮≤1mg/L，总氮≤10mg/L，总磷≤0.3mg/L。	案例1：太仓市城东水质净化项目。建设规模：144套振动MBR膜组器，处理水量7.5万立方米/天。生态效益：出水水质COD≤30mg/L，氨氮≤0.5mg/L，总氮≤6mg/L，总磷≤0.3mg/L，年碳减排量6550吨。 案例2：砀山经济开发区工业污水处理厂二期项目。建设规模：30套振动MBR膜组器，处理水量3万立方米/天。生态效益：出水水质COD≤30mg/L，氨氮≤1mg/L，总氮≤10mg/L，总磷≤0.3mg/L，年碳减排量607吨。
3	PM2.5团聚脱水零排放技术与装备	环保装备和原材料制造	基于化学团聚，将加入复合团聚剂的脱硫废水喷入燃煤电站空预器前后烟道，促进PM2.5细颗粒物团聚，提高静电除尘系统除尘效率，在不增加设备情况下达到超低排放标准；通过高温磺化脱除烟气中三氧化硫，抑制硫酸氢铵生成和沉积，减缓空预器堵塞；通过空预器前后烟道分区梯级蒸发脱硫废水。	脱硫废水消纳量：3m <sup>3</sup> /h以上；三氧化硫浓度脱除率50%以上，排放浓度10mg/m <sup>3</sup> 以下；除尘效率提升率30%以上，排放浓度5mg/m <sup>3</sup> 以下；重金属脱除80%以上。	案例1：华电湖北发电有限公司黄石热电分公司“以空气为载体基于余热蒸发浓缩高盐废水及零排放技术”项目。建设规模：330MW燃煤发电机组。生态效益：项目年减少脱硫废水排放量1.25万吨。 案例2：国电丰城发电有限公司3号、4号机组PM2.5团聚除尘超低排放改造项目。建设规模：340MW燃煤发电机组。生态效益：项目粉尘排放浓度降低88%，每小时可节电500~1000kWh。
4	大型炼钢转炉一次烟气超净排放系统与应用	环保装备和原材料制造	针对高温转炉烟气，将其引入大型炼钢转炉一次烟气超净排放装备系统。通过多功能智能型喷雾冷却器，将温度从约1000℃降至约300℃，随后经超大型圆筒形电除尘器除尘净化，使颗粒物含量低至10mg/Nm <sup>3</sup> 左右。其中，柔性精细调节装置在为煤气降温的同时，依据系统实时排放指标精细调节工作方式，保障系统稳定排放且低于10mg/Nm <sup>3</sup> 。切换站依据烟气成分自动回收合格转炉煤气，有效降低转炉烟气的碳排放。此技术工艺实现了对高温转炉烟气的高效净化与节能减排。	适用转炉容量100~300吨，入口含尘浓度≤150g/Nm <sup>3</sup> ，出口含尘浓度≤10mg/Nm <sup>3</sup> ，系统阻力7500~10000Pa，煤气回收量100~140m <sup>3</sup> /吨钢，系统耗电量2~2.5kw·h/吨钢，系统耗水量0.05~0.15m <sup>3</sup> /吨钢，实时自动控制，二氧化碳减排量2~10Nm <sup>3</sup> /吨钢。	案例1：广西盛隆冶金有限公司产业升级技术改造工程施工转炉烟气处理装备系统项目。建设规模：5×210吨转炉一次烟气净化及煤气回收系统。生态效益：项目年粉尘回收量超30万吨，转炉煤气回收量超15亿立方米。 案例2：山东钢铁集团永锋临港有限公司先进优特钢产业基地二期项目。建设规模：1座250吨转炉配套1套转炉一次烟气净化及煤气回收系统。生态效益：项目年粉尘回收量约7.5万吨，转炉煤气回收量约5.5亿立方米。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
5	柴油机SCR系统(柴油尾气后处理系统)	先进环保和原材料制造	选择性催化还原(SCR)系统通过尿素水溶液热解生成得到还原剂NH <sub>3</sub> ,在催化剂的作用下,与柴油废气中的氮氧化物发生化学反应,转化成无害的氮气和水蒸气,使船用柴油氮氧化物排放满足IMO Tier III要求。	氮氧化物最大转化率≥90%,氨逃逸≤10ppm。适用500~16600kW柴油机,催化剂运行寿命10000小时或3年。	案例1:碧梧船舶项目。建设规模:安装1台GSL22型SCR系统+3275kW柴油机。生态效益:排放达到IMO Tier III要求;在排放控制区,SCR系统连续运行,年氮氧化物减排量195.9吨。 案例2:金旭翔船舶项目。建设规模:安装了2×GSM21型SCR系统+2×3552kW柴油机。生态效益:排放达到IMO Tier III要求;在排放控制区,SCR系统连续运行,年氮氧化物减排量295吨。
6	脉冲式旋流澄清净水装置	先进环保和原材料制造	采用脉冲旋流澄清净水装置,污水从中心进入,经过絮凝、脉冲变加速旋转、碰撞、悬浮层拦截、沉淀等环节,清水从周边产出。污泥可通过微循环再次与污水混合,剩余污泥通过重力排出。在设备内部利用角速度和线速度的不同,增加絮体之间的碰撞几率,形成直径较大的絮体,提高沉淀效率,可以节省药剂,提高处理效果和稳定性。	运行功率2~4kW,变频调速,工作电压220V/380V,工作温度5~40℃,设备直径2~12m,进水悬浮颗粒物浓度100~10000mg/L,水力停留时间1.5~2.5h,结构型式为钢结构或钢筋砼结构。	案例1:潞安化工集团潞宁煤业有限公司矿井水处理站建设项目。建设规模:废水处理量9000立方米/日。生态效益:项目节约电耗20.3%,节约药剂31%,年减碳量1.35万吨。 案例2:晋能控股集团赵庄煤业有限公司南苏矿井水处理站建设项目。建设规模:废水处理量2万立方米/日。生态效益:项目节约电耗32%,节约药剂38%,年减碳量3万吨。
7	污水低碳脱氮关键技术装备	先进环保和原材料制造	污水低碳脱氮装备中装填电子耦合型长效复合填料,反应器集成柔性力敏型传感器,实现流态精准控制,避免短流与死区,减少碳源损失。利用高负荷移动式、深度净化集成型脱氮组件和反应器有效降低冲洗频次。开发的总氮精准控制系统,实现营养液的精准投加和配套设备的实时调控,保证碳源当量投加和充分利用。	出水总氮降至<1.5mg/L,反应器负荷达3.6kgN/(m <sup>3</sup> ·d)。	案例1:山东金诚重油化工有限公司污水处理提标改造项目。建设规模:处理污水4万吨/日。生态效益:出水总氮低于1.5mg/L,达到地表IV类水标准值,累积处理水量超过3168万吨,总氮消减量达1231.2吨。 案例2:中节能环保股份有限公司脱氮项目。建设规模:处理污水3万吨/日。生态效益:出水总氮低于1.5mg/L,累积处理水量6042万吨,总氮消减量达785.5吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
8	VOCs治理专用分子筛及低温催化燃烧关键技术	环保装备和原材料制造	基于特种纤维纸为原料的蜂窝结构成型技术、吸附剂选择和涂覆工艺以及分子筛与VOCs催化燃烧耦合工艺,实现VOCs吸附效率、净化效率的提升以及低温条件下的催化燃烧。	VOCs 吸附效率>95%, VOCs 净化效率>98%, 催化燃烧温度 280~400°C。	<p>案例 1: 淮安威灵电机制造有限公司浸滴漆废气环保设备改造项目。建设规模: 项目处理废气总风量 4 万立方米/小时。生态效益: 项目 VOCs 净化效率≥98.5%, 达到 HJ1093-2020 要求。</p> <p>案例 2: 双良集团锅炉公司 VOCs 一体化处理项目。建设规模: 项目包括火管油漆房、水管油漆房以及公司南+北喷漆房废气治理。生态效益: VOCs 治理效率稳定≥98.5%, 设备治理运维成本降低 40%。</p>
9	垃圾渗滤液全量化处理关键技术及产业化	环保装备和原材料制造	针对垃圾渗滤液处理瓶颈问题, 联合院校开展“垃圾渗滤液全量化处理关键技术”的研发, 针对“全量化无害化处理工艺”“高效耐污染蒸发技术”“新型改性复合固化剂”“新型抗污染膜材料及膜组件”“垃圾渗滤液全量化处理设备智能运维平台”开展研究, 解决了现有垃圾渗滤液处理工艺复杂、成本高、效率低、设备抗污能力差和浓缩尾液等二次污染无法有效处理等重大技术问题。除臭工艺采用预处理(酸碱洗气)+喷淋方法处理, 处理后的气体能够满足废气排放相关标准。	<p>设备脱盐率≥99%, CODcr 去除率≥99%, NH<sub>3</sub>-N 去除率≥99%, 系统回收率(根据水质) 55%~90%。系统产水水质、固废、噪声均优于相关国家或行业标准控制要求; 解决了浓缩液、臭气、固废等二次污染。</p>	<p>案例 1: 重庆长生桥垃圾填埋场浓缩液全量化处理项目。建设规模: 采用“预处理+预浓缩+低温负压 MVR+干燥处理+除臭系统”工艺实现全量化处理。生态效益: 设备稳定运行, 系统 CODcr 去除率≥99.9%, NH<sub>3</sub>-N 去除率≥99.9%。</p> <p>案例 2: 盖州生活垃圾处理场渗滤液原水全量化处理项目。建设规模: 采用“预处理+预浓缩+低温负压 MVR+固化处理+除臭系统”工艺实现全量化处理。生态效益: 设备稳定运行, 清液得率 90%~95%, 系统 CODcr 去除率≥99.6%, NH<sub>3</sub>-N 去除率≥99.9%。</p>
10	无缝集成 SCR 的循环流化床烧结(球团)全工况烟气超低排放技术	大气污染治理	采用循环流化床脱硫除尘一体化技术, 依托于吸收塔内激烈湍动颗粒床层吸收脱除二氧化硫、三氧化硫、氯化氢、氟化氢等酸性气体、重金属、二噁英及颗粒物(含 PM <sub>2.5</sub> ), 无缝集成后续选择性催化还原脱硝(SCR)实现氮氧化物脱除, 并适应烧结(球团)启停炉及宽负荷全工况稳定达到烟气超低排放。	<p>氮氧化物浓度≤50mg/Nm<sup>3</sup>, 二氧化硫浓度≤35mg/Nm<sup>3</sup>, 烟尘浓度≤5mg/Nm<sup>3</sup>, 三氧化硫(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>, 零废水。</p>	<p>案例: 莱芜钢铁集团银山型钢有限公司炼铁厂 1#265 平方米烧结机烟气脱硫脱硝改造项目。建设规模: 265 平方米烧结机气配套循环流化床脱硫+SCR 脱硝装置。生态效益: 年均烟尘、二氧化硫、氮氧化物减排量分别达到 770 吨、8673 吨、1480 吨。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
11	江河湖库生态清淤及底泥处置智能一体化绿色水工一体化工艺技术	水污染治理	水下受污染的底泥由绞吸船微扰动清淤机具进行精准微扰动高浓度疏挖，泥浆经变频泥浆泵系统吸入并加压通过密闭管道输送到除杂浓缩船，经除杂装置后的泥浆通过两次絮凝浓缩，再由泥浆加压装置送入脱水减容船，利用板框压滤设备完成泥水分离，泥饼经转运设备进行外运，余水经密闭管道排送至处理厂进行达标处理排放，实现在水上一体化完成生态清淤及底泥处置全过程。	环保疏浚浓度 $\geq 50\%$ ，平均输送距离 $\leq 2\text{km}$ ，微扰动工艺SS $\leq 30\%$ ，脱水泥饼含水率 $\leq 50\%$ ，装备清淤产能5000方/天，疏浚余水处理量减少80%，筛分出渣含水率 $\leq 25\%$ ；可使用纯电完成清淤及底泥工作，可实现智能化中控系统操作。	案例 1：太湖生态清淤（二轮二期）工程无锡市 2022 年度工程。建设规模：清淤面积 2520 平方米，平均清淤深度 0.5 米，清淤总量 80 万立方米。生态效益：项目年碳减排量 0.39 万吨。 案例 2：新一轮太湖生态清淤梅梁湖区工程。建设规模：清淤面积约 2.89 万平方米，平均清淤厚度约 0.2~0.5 米，总清淤量约 834.1 万立方米。生态效益：项目年碳减排量 3.86 万吨。
12	一种处理污水的 AOD 生化反应系统及其污水处理方法	水污染治理	采用纳米曝气设备实现微氧曝气，在好氧池溶解氧 $\leq 0.5\text{mg/L}$ 条件下实现 COD 和氨氮的氧化和达标；采用微氧曝气和差异化大比倍循环，创造适合短程硝化反硝化和同步硝化反硝化条件；通过微氧曝气+大比倍循环+末端保安脱气等措施，结合成套设备和智能控制系统，实现快速稳定、节能、降耗、减排的污水处理。	低氧曝气池溶解氧 $\leq 0.5\text{mg/L}$ ，汽水比约(4~7):1，溶氧效率 8~13kgO <sub>2</sub> /kWh。6 米清水氧利用率 $\geq 40\%$ ，生化段总停留时间 15~22h，沉淀池表面负荷 $\leq 1.2\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ，污泥龄 25~29d，平均污泥浓度 5~8g/L，进水碳氮比 $\geq 3$ ，排放达标一级 A 无需额外补充碳源。SND 率 0.3~0.5，适用水量：0.5~10 万 m <sup>3</sup> /d。	案例 1：柳林县建制镇污水处理设施建设项目成家庄镇污水处理厂工程。建设规模：日处理污水量 500 立方米污水处理 4 套地埋式一体化箱体及配套设备。生态效益：实现风机电耗、碳源消耗和污泥处置综合降耗 15%~30%。 案例 2：庄河市青堆镇污水处理厂改造项目。建设规模：日处理污水量 5000 立方米污水处理厂改造生化工艺池体，提供 AOD 工艺包及全套设备。生态效益：实现风机电耗、碳源消耗和污泥处置综合降耗 15%~30%。
13	高氨氮废水厌氧氨氧化新型高效低碳脱氮技术	水污染治理	基于厌氧氨氧化菌脱氮原理，实现了厌氧氨氧化大规模工程化培养，研发了污水厌氧氨氧化脱氮技术体系，针对低碳氮比污水，开发了包括“调节池、厌氧氨氧化脱氮单元、沉淀单元”的工艺路线；针对碳氮比波动污水，开发了包括“调节池、两级 UASB、厌氧氨氧化脱氮单元、生物强化单元和物化精处理单元”的工艺路线。	可适用于不同碳氮比的高氨氮废水，总氮去除率为 85%~95%，脱氮负荷为 0.4~0.8kgN/(m <sup>3</sup> ·d)，为传统脱氮负荷的 2~4 倍。	案例 1：北京五座热解污泥消化液厌氧氨氧化工程。建设规模：处理污泥消化液 15900 立方米/天。生态效益：年削减氮素达 12410 吨，总氮去除率 90%以上，吨水脱氮电耗较传统工艺降低 60%，年碳减排量 18.5 万吨。 案例 2：湖北十堰垃圾填埋场渗滤液厌氧氨氧化工程。建设规模：处理垃圾渗滤液 150 立方米/天。生态效益：降低电耗 50%以上，降低污泥产量 90%，可最大程度回收生物质甲烷，处理总成本降低 30%。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
14	改性微生物膜载体	水污染治理	通过添加酶促进配对方载体表面改性，提高载体表面的优势菌群数量及活性，结合 MBBR 工艺，使污水中的有机物被载体上的微生物快速分解，高效降解污染物，使污水得到净化。	改性微生物膜载体 Zeta 电位为 10mV，载体与水的接触角为 64°，密度 0.96~0.98g/cm <sup>3</sup> ，使用寿命超过 20 年，出水水质优于国家一级 A 标准。	案例：深圳市龙华水质净化厂提标改造项目。建设规模：处理污水 15 万吨/日。生态效益：每年电耗节省 19.6%，碳减排量 830 吨，生物段药耗节省 90%。
15	一种流域性稀土矿尾水处理系统处理工艺	水污染治理	针对流域性稀土矿尾水特点，采用渗滤耦合反应器，依托高效生物滤料，通过构建最优的氨氮去除生化反应系统，利用间歇式通风供氧等核心技术，低成本、高效去除氨氮。主要处理工艺流程是“进水+pH 调整池+沉淀池+渗滤耦合反应器+出水池”，处理工艺可以根据进水氨氮浓度高低，设置单级或者多级串联渗滤耦合反应器。	根据进水氨氮浓度和出水氨氮的要求，单位滤料氨氮去除负荷为 30~100g/m <sup>3</sup> ·d，表面水力负荷为 0.5~2m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·d，供气强度为 0.02~0.06m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ·min。	案例 1：岑溪市义昌江沙冲河小流域稀土矿区尾水氨氮超标治理项目。建设规模：处理污水 8000 吨/日，年处理氨氮总量 280 吨。生态效益：项目年碳减排量 2450 吨。 案例 2：定南县上下营小流域稀土矿区尾水收集处理站项目。建设规模：处理污水 3500 吨/日，年处理氨氮总量 36 吨。生态效益：项目年碳减排量 382 吨。
16	非蒸发结晶零排放资源化技术	水污染治理	采用“表面接枝法”将常规盐硝分离纳滤膜进行针对性改性，确保纳滤膜表面电荷效应的有效性发挥最大效能，将高盐废水中的一价盐和二价盐进行高效分离。在此基础上，将氯化钠盐水中不同分子的有机物进行超声催化氧化，借助催化剂掺杂的活性金属，催化臭氧产生足量的羟基自由基，强化富集的有机物和产生的羟基自由基在催化剂孔道界面上发生氧化反应，避免废水中阴离子对自由基造成淬灭，影响氧化效果。最终将废水中有机物氧化成二氧化碳、水和无机矿物，确保回用于氯碱企业的氯化钠盐水指标优于离子膜进水指标，最终实现废水中氯化钠以非蒸发结晶的方式低成本资源化回收利用。	靶向有机物脱除率>90%，氯化钠盐水 TOC 指标<15mg/L，氨氮<1.5mg/L。	案例：内蒙古亿利化学工业有限公司废水零排放分盐项目。建设规模：每小时 50 立方米高盐废水处理设备。生态效益：项目年节约原盐采购费用 316.23 万元，年节约黄河水采购费用 62.8 万元，年节约蒸发结晶费用 1244.98 万元。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
17	非完全催化氧化耦合多效澄清的深度净化技术	水污染治理	经过二级生物处理后的难降解有机废水，进入高效非均相催化氧化反应器，通过特有的反应器构型及布水方式，在多金属负载型催化填料作用下发生催化氧化反应，有机物被矿化去除或形成中间产物，再通过多效澄清单元聚合和分离，从而实现难降解有机物的高效去除。	非完全氧化反应条件 pH5.0~5.5；催化氧化反应时间一般可控制在10~30min；澄清分离效率高，对络合富集物分离表面负荷可达10m/h，载体回收率>99.9%；出水COD<40mg/L，TP<0.1mg/L，SS<10mg/L。	案例：重庆市涪陵区白涛潘家坝污水处理厂。建设规模：处理污水3万立方米/日。生态效益：项目能耗降低25%，药耗降低30%，COD去除率提升20%，COD削减1095吨/年。
18	树脂基纳米吸附剂处理重金属废水技术	水污染治理	废水经过滤后，由泵提升进入吸附柱，通过吸附剂表面负载的特殊水合金属氧化物纳米颗粒进行大吸附容量、高效率、选择性的吸附，深度去除废水中的铅、镉、铜、汞、铊等重金属污染物。吸附剂在酸性或碱性条件下可实现再生并重复使用。与市场同类型重金属吸附剂相比，吸附容量、再生率和使用寿命分别提高15%、10%和30%以上。	过滤速度8m/h，除铅、镉吸附流速6~8BV/h，除砷、铊吸附流速8~10BV/h，除汞、铊吸附流速2~4BV/h。	案例1：车河选矿厂选矿废水深度处理工程。建设规模：处理水量6000立方米/天的砂滤柱及纳米复合吸附柱。生态效益：出水水质的砷、镉、铅等指标可稳定达到《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）III类水体标准。 案例2：成州冶炼厂冶炼废水深度处理工程。建设规模：处理水量2000立方米/天的砂滤柱+活性炭柱+纳米复合吸附柱。生态效益：出水水质的汞、铊、镉、铅等指标可稳定达到《铅锌工业污染物排放标准》（GB25466-2010）及其修改单中特别排放限值要求。
19	污染场地原位靶向修复关键技术装备	土壤污染治理	高压射流一定向喷注工艺利用水力压裂原理，解决了低渗透地层药剂注入难和传输距离小的问题；定向钻进—射流喷注一体化修复工艺通过高精度水平/垂直导向钻进，实现土壤和地下水污染的精准靶向修复，大幅度降低修复成本，减少药剂浪费和二次污染；水平井修复工艺环境足迹小、不影响生产经营，有效解决了在产企业污染治理难题；（多层）多分支水平井立体修复工艺减少钻进量，显著降低大面积污染羽修复成本。	低渗透地层影响半径≥3米；修复精度0.5米，修复深度≥30米，最大射流压力60MPa，最大喷注流量380L/min；水平钻进长度≥120米，有效（多分支）水平井单井修复长度≥300米。	案例：南京毓恒码头及周边地块土壤修复工程。建设规模：修复土壤76530.2立方米、地下水34508.4立方米。生态效益：项目能耗降低60%、节能55.9吨标准煤，碳排放减少36%、减排304.2吨，二次污染减少30%以上、减少氧化剂用量111.3吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
20	废切削液原位绿色低碳智慧回收利用技术	其他污染治理和环境综合整治	采用精密网盘拦截技术(动态过滤网拦截+离心拦截+撞击板拦截三效合一、自清洁功能)+高压电分离技术实现废气中油雾高效回收和深度净化,采用高速离心分离+紫外臭氧耦合杀菌技术,实现废液高质量回收,采用渣液分离+AI智慧赋能技术实现废渣的渣液分离、切削液回收和废渣自动清运入库,整个系统通过节能环保和智慧管理系统进行监控集成,整体实现废气、废液、废渣中切削液的在线回收。	计算机数字控制加工过程油雾中切削液回收率 $\geq 80\%$ ,废切削液在线回收率 $\geq 95\%$ ,废屑中含液率 $\leq 4\%$ ,废气排放口及车间弥漫油雾浓度 $\leq 1\text{mg/m}^3$ 。	案例 1:惠州比亚迪废气油雾回收及深度净化工程。建设规模:安装 542 台废气油雾回收及净化设备。生态效益:废气排放口油雾浓度小于 0.02 毫克/立方米,每天从废气中回收切削液 2~8 升。 案例 2:富士康废气油雾回收及深度净化工程。建设规模:安装 60 台废气油雾回收及净化设备。生态效益:废气排放口油雾浓度小于 0.07 毫克/立方米,每天从废气中回收切削液 2~8 升。
21	飞灰高温熔融资源化技术	其他污染治理和环境综合整治	将垃圾焚烧飞灰与多源固废精准配比,在不高于 1350°C 温度熔融,有毒有害有机组分分解且产热补偿熔融能耗,重金属等无机组分相变融合并经水或空气冷却调控形成熔融玻璃化产物,达到《固体废物玻璃化处理技术要求》(GB/T41015),用于沥青路面集料、建设用砂石、喷射清理用非金属材料及其他建材替代材料,无二次污染风险。	熔融温度 $\leq 1350^\circ\text{C}$ ,熔融玻璃化产物玻璃体含量 $\geq 85\%$ 、酸溶失率 $\leq 3\%$ ,消除垃圾焚烧飞灰危险特性。	案例 1:浙江惠禾源环境科技有限公司 20 万吨/年飞灰高温熔融资源化利用项目。建设规模:年处置飞灰等其他危险废物 20 万吨。生态效益:年节标准煤 2.58 万吨,年碳减排量 6.86 万吨。 案例 2:绍兴市上虞众联环保科技有限公司资源综合利用及标准化改造项目。建设规模:年处置飞灰及危废热解炉渣等废物 6.8 万吨。生态效益:年节标准煤 1.71 万吨,年碳减排量 4.54 万吨。

### 三、资源循环利用产业

1	餐厨垃圾资源化成套技术研发及产业化应用	资源循环利用装备制造	研发集成两级精细分选制浆、“中高温”高效厌氧、新型蛋白饲料定向转化和沼液达标处理技术,形成系列化、标准化的餐厨垃圾低值资源化成套装备,同时开发了餐厨垃圾收运处信息化中心和大数据平台,实现了项目精细化管理。餐厨垃圾预处理系统设备采用密封结构,各生产设备与输送设备之间采用密封连接,臭气通过设备上布置的收集管口收集,防止外泄。	预处理实现惰性杂物去除率 $>90\%$ ,有机质损失率 $\leq 5\%$ ;吨餐厨垃圾厌氧产沼率 $\geq 80\text{Nm}^3/\text{t}$ ;沼液生物脱氮率 $\geq 99\%$ 。	案例:常州市餐厨废弃物收集、运输及综合处置项目。建设规模:日处理餐厨废弃物 400 吨。生态效益:项目年碳减排量 3.6 万吨。
---	---------------------	------------	---	--	--

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
2	餐厨厨余垃圾高效热水解技术与装备	资源循环利用装备制造	利用餐厨厨余垃圾高效热水解技术，在高温高压环境下，将大分子有机物降解为小分子物质，从而转化为高品质的气态、液态和固态产物，实现垃圾的高效处理和资源化利用。餐厨垃圾及废弃油脂预处理设备采用“预洗漆+生物除臭+植物油洗漆”的多级除臭工艺；卸料大厅、预处理车间、沼渣脱水机房和污水预处理系统采用“两级植物油洗漆”除臭工艺。采用高效醇解与酯交换相结合的方法，实现了废旧聚酯的高效回收；开发精制、改性重聚等技术实现了废旧聚酯的高质化再生；开发双向拉伸成型加工技术，制备再生聚酯薄膜，实现了再生产品的高值化利用。形成了从废旧聚酯到再生聚酯，再到功能性再生聚酯薄膜的成套工艺技术路线。	高效热水解单元通过蒸汽加热物料至135~140℃，并保温40~60min，气力输送系统输送速度≥60m <sup>3</sup> /h，电耗消耗<10kW·h/t	案例1：福州市餐厨废弃物处理及资源化利用工程。建设规模：日处理250吨餐厨垃圾、25吨地沟油。生态效益：项目已累计消纳处理约73万吨餐厨垃圾，产生约510万立方米沼气、1800吨生物柴油。 案例2：龙港市餐厨垃圾处理项目。建设规模：日处理100吨餐厨垃圾。生态效益：项目日减少二氧化碳排放量13吨。
3	再生聚酯及膜材料制备关键技术	资源循环利用	采用高效醇解与酯交换相结合的方法，实现了废旧聚酯的高效回收；开发精制、改性重聚等技术实现了废旧聚酯的高质化再生；开发双向拉伸成型加工技术，制备再生聚酯薄膜，实现了再生产品的高值化利用。形成了从废旧聚酯到再生聚酯，再到功能性再生聚酯薄膜的成套工艺技术路线。	再生聚酯各项指标可以达到原生聚酯水平，b值≤5，熔点181℃，杂质二甘醇含量0.9%。再生聚酯薄膜横向拉伸强度346MPa，纵向断裂伸长率567%。	案例1：河南源宏高分子新材料有限公司功能聚酯合成生产线技术改造项目。建设规模：年产5万吨再生聚酯材料。生态效益：年碳减排量4.16万吨。 案例2：新乡市新银新材料有限公司再生聚酯资源化循环利用示范工程项目。建设规模：年产2万吨再生聚酯材料。生态效益：年碳减排量2.476万吨。
4	绿色高效转底炉协同处理钢铁固废成套工艺示范	资源循环利用	针对钢铁、有色等工业含铁、锌固废资源，采用转底炉直接还原工艺，开发多元复杂固态危险废物协同耦合预处理、精准可靠炉内高温生产工艺过程控制、核心智能化关键设备自主集成等技术，有效回收利用铁、锌等有价元素，实现了冶金固废的循环利用和无害化处置。	生产可作为高炉炼铁原料、转炉或电炉炼钢原料的球团，金属化率70%~90%，抗压强度2000~3000N/个；平均脱锌率超过92%，产出的次氧化锌粉含锌40%~68%；吨金属化球团能耗约200kgce。	案例1：宝武环科（湛江）资源循环利用有限公司2×20万吨/年转底炉项目。建设规模：2台20万吨/年转底炉。生态效益：年减少碳排放量1.25万吨。 案例2：联峰钢铁（张家港）有限公司25万吨/年转底炉项目。建设规模：1台25万吨/年转底炉。生态效益：年减少碳排放量7803吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
5	啤酒高浓废水与市政污水协同处理减污降碳资源化利用关键技术	资源循环利用	开发了啤酒高浓废水生物质碳源筛选、评价技术方法，将啤酒热凝固物作为污水厂生物质碳源，利用啤酒热凝固物分离及利用技术，将啤酒热凝固物+啤酒废水与市政污水资源化利用进行耦合，将啤酒厂高浓废水精准投加到下游污水厂替代碳源，低浓废水简单预处理后排入下游污水厂提高其可生化性，实现了啤酒废水与市政污水协同处理。	啤酒热凝固物利用提升污水厂废水脱氮速率30%以上，氨氮和磷酸盐的去除率达到97%~99%，污水厂碳源成本降低60%~70%。啤酒热凝固物与市政污泥厌氧消化后，提高沼气产量19%以上。	<p>案例1：青岛啤酒厂与青岛市团岛污水处理厂协同处理减污降碳资源化利用项目。建设规模：每年处理啤酒废水约89万立方米。生态效益：项目年碳减排量7636吨。</p> <p>案例2：青岛啤酒二厂与青岛市李村河污水处理厂协同处理减污降碳资源化利用项目。建设规模：每年处理啤酒废水约100万立方米。生态效益：项目年碳减排量6180吨。</p>
6	废旧锂离子电池综合回收利用技术	资源循环利用	利用废旧磷酸铁锂电池及废旧三元锂电池制备氯化锂溶液、三元前驱体以及电池级碳酸锂、无水氯化锂、电池级氢氧化锂等高纯锂盐产品，研发动力电池自动拆解、正极粉控电位浸出、有价金属高值化等关键技术及成套装备；研发抗污堵的离子印迹重金属吸附技术和重金属选择性吸附与定向转化技术，构建重金属回收高纯增值新工艺。通过废旧锂电池预处理技术、锂回收处理技术、镍钴锰回收处理技术、三元前驱体制备技术等提高了镍、钴、锰、锂等金属的回收率，降低了资源回收过程中对环境的影响。	镍、钴、锰的回收率 $\geq 98\%$ ，锂回收率 $\geq 92\%$ 。研发的退役锂电池精细化智能拆解装备可处理4种以上不同规格电芯，单机拆解效率达60个卷芯/小时，拆解得率（拆解后总重量/拆解前总重量） $\geq 90\%$ 。	<p>案例1：江西赣锋循环科技有限公司34000吨/年废旧锂电池综合回收项目。建设规模：年处理废旧锂离子电池3.4万吨，收集铝、铜废旧金属及废旧塑料、石墨等废料，生产氯化锂净化液1.69万吨，镍、钴、锰混合硫酸盐净化液3.84万吨。生态效益：项目年节电量11.36万千瓦时。</p> <p>案例2：江西赣锋循环科技有限公司12000吨/年三元前驱体扩建项目。建设规模：年处理退役三元锂电池10万吨、废三元极片1.6万吨。生态效益：项目液碱单耗降低5%，废水循环利用率达93.6%。</p>
7	脱稳耦合平板膜法矿井水零排放技术	资源循环利用	采用“高密度+RO预浓缩+脱稳结晶器+DTRO深度浓缩+软化+平板纳滤+蒸发结晶干燥”的主体工艺。其中高密度耦合磁分离技术、脱稳结晶技术、平板膜技术是核心工艺技术。根据进水水质及产水等要求，进行脱稳及膜过程的有机排列与结合，实现废水零排放、盐资源化等过程。	以处理能力4500~4800吨/（日·台）为例，出水水质各项指标如下：悬浮物未检出、 $COD_{Cr} \leq 100mg/L$ 、硫酸盐 $\leq 150mg/L$ 、氯化物 $\leq 250mg/L$ 、溶解性总固体 $\leq 700mg/L$ 、总硬度 $\leq 100mg/L$ 、氟 $\leq 2mg/L$ 。	<p>案例1：中能袁大滩矿业公司矿井水深度处理项目。建设规模：矿井水处理36000立方米/日。生态效益：实现回用水量1200万立方米/年。副产物硫酸钠、二水硫酸钙达到国标I类一等品、一级标准。</p> <p>案例2：郭屯煤矿高盐水处理BOT项目。处理规模：矿井水处理24000立方米/日。生态效益：实现回用水量800万立方米/年，副产盐品质达到工业I类一等品标准。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
8	页岩分质高效转化集成技术	资源循环利用	通过集成页岩分质高效热解、全过程污染物深度减排、全流程动态匹配与系统智能监控、过程余能回收与梯级利用、页岩油深加工及精细固废综合利用等一系列技术的应用，实现了页岩分质高效转化，促进矿山固废的绿色资源化利用。	页岩利用率提高10%，油收率提高7%，烟气除油和脱硫效率可达到96%以上；产生的余热还可用来供热。	案例1：抚顺矿业集团有限责任公司华强页岩烧结砖煤矸石、页岩废渣烧结砖制备项目。建设规模：年产1200万块成品标砖。生态效益：项目年减少二氧化碳排放量2.4万吨。 案例2：抚顺矿业集团有限责任公司页岩炼油厂余热利用项目。建设规模：余热供热面积20万平方米。生态效益：项目年节能量约4.79万吨标准煤。
9	金铜冶炼含砷废渣综合利用技术	资源循环利用	以铜冶炼行业含砷烟尘和硫化渣为原料，采用以废治废，利用含砷烟尘与硫化渣协同处理技术，将含砷废渣中的有价金属铜、铅以铜精矿、铅精矿的形式产出，砷以白砷/金属砷产品产出，实现了废渣减量化、资源化。	铜、铅、砷回收率分别为98%、96%和88%，白砷产品品位达到98.5%。	案例1：中原冶炼厂白烟尘和硫化渣综合处理项目。建设规模：年处理含砷废渣50000吨。年回收铜渣18000吨、铅精矿11000吨、白砷5800吨。生态效益：项目综合能耗为52.34千克标准煤/吨原料，实现了含砷固废中的铜、铅、砷资源的综合回收利用。 案例2：中原冶炼厂白砷湿法还原制备单质砷项目。建设规模：白砷湿法还原制备单质砷能力250kg，年处理白砷10吨。生态效益：项目实现了砷资源的高效利用和减量化，降低其对土壤、水源和大气的潜在污染风险。
10	一种发热纤维的凝胶法制备工艺	资源循环利用	通过采用小分子接枝壳聚糖进行改性，在纤维上快速形成均匀且致密的膜层，同时通过凝胶法和浸渍法在纤维表面形成吸湿膜，利用吸湿发热原理提高纤维的保暖性。采用多孔PLA纤维/改性壳聚糖气凝胶复合网络结构，实现高空隙率，高稳定形态控制，保持性能稳定。该纤维可替代难以降解的ES纤维和PET纤维，解决保暖性吸湿性差的问题。	单面积质量为120g/m <sup>2</sup> ，回复率99%、压缩率73%；热阻0.469m <sup>2</sup> ·K/W；透湿率4510g/(m <sup>2</sup> ·24h)。	案例：“科技冬奥”冬季运动服装内胆项目。建设规模：年产10000套聚乳酸纤维仿生绒及冬季运动服装内胆。生态效益：项目每吨功能性聚乳酸发热复合纤维相较于PET纤维可减少1.63万吨碳排放，资源综合利用率提升5%以上。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
11	生物氧化工艺升级关键技术研究与应	资源循环利用	完成了生物氧化全系统关键技术的突破，形成了CGRI生物氧化技术，包括驯化构建并应用了性能优良的高效生物氧化工程菌，创新研发菌种三级放大培养技术和氧化液活性调控技术、两段生物氧化技术及氧化液有价元素分离提取工艺，研制及应用高效生物氧化反应器，并对氧化渣洗涤工艺进行优化。	菌群作业温度范围更宽(35~55℃)，可处理原料砷含量由5%以下提高到17%以上，可耐砷浓度25g/L；反应器与国外同类设备相比节能1/3~2/3；氧化液综合回收技术使中和渣减量15%~20%，减轻工业固废堆存压力和环境污染。	案例1：辽宁天利金业有限公司生物氧化工艺应用项目。建设规模：日处理难处理金精矿200吨。生态效益：年减排氟化物15吨，年减排中和渣1.98万吨，反应器年节电量360万千瓦时，无废水废气产生。 案例2：江西三和金业有限公司生物氧化工艺应用项目。建设规模：日处理高砷难处理金精矿150吨。生态效益：使高砷“呆矿”资源金回收率由20%以下提高到95%，年减排氟化物15吨，年减排中和渣1.49万吨，反应器年节电量330万千瓦时，无废水废气产生。
12	废旧动力电池有价组分回收技术	资源循环利用	采用废旧动力电池有价组分清洁回收新技术，利用国产全自动拆解设备进行废旧电池拆解破碎分选，创新开发了包括废旧电池芯高效焙烧分离正极粉末、废旧动力电池选择性回收有价金属、极粉复杂浸出液协同净化制备高纯硫酸锰等核心技术。采用自动化拆解—浸出—净化—萃取—蒸发结晶等工艺制备电池级硫酸镍、电池级硫酸钴、电池级硫酸锰、工业级碳酸锂。	采用全自动拆解设备进行废旧电池拆解、破碎、分选，产出铜箔、铝箔、黑粉、黑粉回收率>97%，物料分离效果好；发明了还原强化浸出—梯级分离回收正极材料技术，镍、钴、锰、锂综合回收率分别大于98.5%、98%、98%和90%。	案例：宁夏百川新材料有限公司废旧电池回收产线项目。建设规模：废旧电池芯拆解设计产能12000吨/年；钴锰催化剂处理设计产能300吨/年；废旧磷酸铁锂电池回收设计产能6000吨/年；废旧三元锂电池回收设计产能6000吨/年；极片粉碎分选设计产能1吨/小时。生态效益：项目年碳减排量4.4万吨。
13	荒煤气清洁高效转化乙醇产业应用绿色技术	资源循环利用	以煤炭热解尾气(荒煤气)为原料，转化、变换、酸脱、吸附分离等一系列技术集成，将荒煤气中的价值较高的合成气组分氢气、一氧化碳提取，通过催化加氢技术生产乙醇。荒煤气在转化过程中将其中的有机硫转化成易于回收的硫化氢，并通过湿法硫回收装置生产硫磺。	实现荒煤气清洁治理与综合利用，实现压缩、转化、变换、低温甲醇洗、一氧化碳分离及脱氮等装置的长周期稳定运行，合成气制乙醇单位能耗达到1级。	案例1：哈密广汇环保科技有限公司荒煤气综合利用年产40万吨乙醇项目。建设规模：年产40万吨乙醇。生态效益：每年可回收荒煤气26.5亿标方，直接减排二氧化碳约62.8万吨，相比煤制乙醇间接减排二氧化碳173万吨。 案例2：伊吾广汇1500万吨/年煤炭分质分级利用示范项目。建设规模：年产LNG约77万吨、燃料电池氢气约2万吨。生态效益：每年可回收荒煤气128亿标方，直接减排二氧化碳约211万吨，碳捕集回收二氧化碳50万吨/年，合计年减排二氧化碳约260万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
14	大宗工业固体废物相重利用及规模化道路利用关键技术	资源循环利用	通过对钢渣、粉煤灰、煤矸石、高炉矿渣、硅锰渣等固废物相分析及活性分析，形成基于解聚度的固废分级及协同利用技术。针对不同条件下的物相重特征，基于工业固废协同效应，提出绿色公路工程固废材料组成长期耐久性与疲劳特性评价方法，构建“材料—工程—环境”多属性协同下工业固废活性提升综合利用技术体系。	原材料参数：CBR 值 $\geq 8\%$ ，压碎值 $\leq 30\%$ ，浸水膨胀率 $\leq 1\%$ ，游离氧化钙 $\leq 2\%$ 。 路面面层：动稳定度提升10%，冻融劈裂强度提升10%，弯拉应变提升8%。 路面基层：抗压强度提升15%，抗冻性能提升18%，干缩应变、温缩应变均大幅降低。	案例 1：G1816 乌海至玛沁公路惠农（蒙宁界）至石嘴山段工程。建设规模：公路全长 57.3 公里，消纳工业固废超 300 万吨。生态效益：项目碳减排量超 3 万吨，节能量超 4000 吨标准煤，节约土地占用 10 万平方米。 案例 2：国道 109 线惠农至黄渠桥段改扩建工程。建设规模：铺装钢渣路面 1.6 公里，消纳钢渣 1 万吨。生态效益：项目碳减排量约 40 吨，节能量约 6.6 吨标准煤。
15	厨余垃圾精细处理+定向厌氧制酸（VFAs）替代碳源技术	资源循环利用	由精细处理、厌氧水解、厌氧酸化、酸分离技术及有机酸替代碳源使用技术组成。将厨余垃圾生物转化为替代污水处理补充碳源的有机酸液，实现以废治污、协同增效、低碳循环。除臭工艺为“水洗+二级生物滤池+化学吸收（应急）+排气筒”，处理后排放的废气能够达到国家和地方有关标准。	精细预处理性能指标：有机物损失率 $\leq 3\%$ ，整体出渣率 $\leq 15\%$ ，杂质含水率 $\leq 65\%$ ，资源化率 $\geq 90\%$ 。 有机酸液技术指标：pH 值 4.5~6.0，SS $\leq 100\text{mg/L}$ ，B/C $\geq 0.7$ ，C/N $\geq 30$ ，NH <sub>3</sub> -N/TN $\geq 0.75$ ，PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /TP $\geq 0.9$ 。	案例 1：深圳市大鹏新区城市管理和综合执法局大鹏新区厨余垃圾协同处理示范项目。建设规模：厨余垃圾处理能力 9 吨/小时。生态效益：该项目每处理 1 吨厨余垃圾可为市政污水厂节约 0.09~0.12 吨乙酸钠复合碳源的投加，相比主流工艺节约至少 40% 的占地面积、约 50% 的电耗。 案例 2：深圳市宝安区市容环境综合管理服务中心宝安厨余垃圾收运处理服务项目。建设规模：厨余垃圾处理能力 18 吨/小时。生态效益：该项目每处理 1 吨厨余垃圾可为市政污水厂节约 0.09~0.12 吨乙酸钠复合碳源的投加，相比主流工艺节约至少 60% 的占地面积、约 50% 的电耗。
16	生物质转化的能源化和材料化—碳联产技术	资源循环利用	通过创新梯级控温定向热解、油气在线利用、复合气体活化等关键技术，自主研发自热型辐射热解/活化核心装备，实现高品质生物炭、生物质活性炭的大批量制备和蒸汽的大量输出；开发系列先进碳材料，集成万吨级碳联产成套技术，实现了对棉秆、果木等高木质生物质的规模化和高值化利用。	单台热解设备生物质处理量 2~2.5 吨/小时，吨生物质炭产量 0.3~0.35 吨，吨生物质蒸汽产量 2.5~3 吨。单台活化设备生物质活性炭产量 5~7 吨/日；吨生物质蒸汽产量约 5~6 吨。	案例 1：新疆赛诺凯生物科技有限公司棉秆果木热解碳联产项目。建设规模：一期建设规模为处理棉秆果木 5 万吨，生物炭产量 1 万吨，蒸汽产量 15 万吨。生态效益：年减排量 8 万吨。 案例 2：山东天纳德生物科技（德州）有限公司果壳炭蒸汽联产项目。建设规模：一期建设规模为果壳活性炭产量 5000 吨，蒸汽产量 5 万吨。生态效益：年减排量 1.9 万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
17	含碳工业尾气发酵法制备生物乙醇及蛋白	资源循环利用	以含碳工业尾气中的一氧化碳、二氧化碳、氢气为原料制备生物乙醇及蛋白，并实现产业化。通过原料气预处理、发酵、蒸馏脱水、菌体蛋白浓缩干燥、尾气处理及热能回收、污水处理六大关键工艺，形成一套成熟的工艺技术集成系统。	工业尾气的一氧化碳利用率达85%以上，二氧化碳利用率达65%以上。发酵乙醇浓度达45g/L以上，乙醇梭菌蛋白粗蛋白含量80%以上。	案例：河北首朗新能源科技有限公司4.5万吨/年钢铁工业煤气生物发酵法制备生物乙醇项目。建设规模：年产生物乙醇4.5万吨和饲料蛋白5500吨。生态效益：项目年减碳量14.85万吨。
18	湿法磷酸副产氟硅酸制取无水氟化氢技术	资源循环利用	通过湿法磷酸副产氟硅酸与硫酸反应，生成无水氟化氢及四氟化硅，氟化氢经过蒸馏及净化得到无水氟化氢产品，四氟化硅循环回收利用。本技术开拓了一条不同于萤石法生产无水氟化氢产品工艺的新途径，既推动解决磷肥生产的环保问题，又拓宽了氟资源来源。	工艺流程简单，技术先进成熟，自动化程度较高，产品质量稳定，实现以氟硅酸制取无水氟化氢技术的工业化。吨产品氟硅酸消耗1.50吨、吨产品能耗0.45吨标准煤。	案例1：贵州瓮福开磷氟硅新材料有限公司年产3万吨无水氟化氢项目。建设规模：年产3万吨无水氟化氢。生态效益：吨产品能耗0.45吨标准煤。 案例2：云南瓮福云天化氟化工科技有限公司年产3万吨氟化氢/氢氟酸项目。建设规模：年产3万吨氟化氢/氢氟酸。生态效益：吨产品能耗0.45吨标准煤。
19	农业有机固废酶解高效腐熟关键技术	资源循环利用	利用酶促反应快速降解农林废弃物，将分离和提取的酶制剂进行组合，建立多极靶向性酶系统，实现不同农林废弃物标靶性处理，集成酶解、水解、热解等快速制备有机肥。改变传统微生物发酵，无呼吸作用，不受配比碳氮的制约。高温酶解原位智能处理装备，采用自控系统，全封闭式一体化高温快速处理，2~3小时发酵完成，温室气体排放趋近于0，实现碳的全量循环利用。	处理时间2~3小时，原料预处理粒径<1cm，温度80~85℃，湿度50%~60%，酶制剂添加量2%，配套设备单台批次处理量0.2~8吨，碳转化率99%以上。经过高温酶解工艺腐熟成品指标：有机质≥60%、粪大肠菌群数≤100个/g、蛔虫卵死亡率≥95%。	案例1：天津市武清区园林绿化中心枯枝落叶酶解高效腐熟关键技术应用。建设规模：年处理枯枝落叶5万吨。生态效益：减少二氧化碳碳排放量3.66万吨。 案例2：天津市福远养殖场畜禽粪污高效高值处理与利用关键技术应用。建设规模：年处理畜禽粪污2.5万吨。生态效益：减少二氧化碳碳排放量1.69万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
20	循环水电化学处理技术	资源循环利用	电化学水处理系统采用低压直流电输入专有设备，通过微电解与专利涂层协同作用，在阴极区将结垢物质变成固体和生物粘泥一起排出水体，防止结垢；在阳极区产生强氧化杀菌物质，杀灭水体中滋生细菌和藻类，减少腐蚀。通过阴极除垢、阳极杀菌，实现循环水系统水体清洁。	以 HF-W5-SMXEST-200 为例，处理量 200m <sup>3</sup> /h，配备阳极 6 套，接入 380V/50Hz 动力电源，工作电流 300~650A，工作电压 5~20V，工作压力常压，刮垢电机 1 台，采用自动/手动双控制，实现循环水钙离子去除率 40% 以上，镁离子去除率 20% 以上，氯离子去除率 10%。	案例 1：山西美锦能源股份有限公司循环水系统电化升级改造项目。建设规模：循环水处理量 9200 立方米/小时。生态效益：项目年节约补充水量 27%，减少循环水排污量 81%。 案例 2：河南济源钢铁（集团）有限公司 1#发电机组电化项目。建设规模：循环水处理量 2000 立方米/小时。生态效益：项目年节约补充水量 106 万吨，节约循环水排污量 106 万吨，碳减排量 3.36 万吨。

#### 四、能源绿色低碳转型

1	百兆瓦级先进压缩空气储能技术	新能源与清洁能源装备制造	采用自主研发的先进压缩空气储能技术，突破了 100~300MW 级先进压缩空气储能全套核心技术，完成了国际首个 100MW 和 300MW 系统核心设备研制及国际首个示范项目建设和。该系统在储能时利用低质、低谷电驱动压缩机将空气压缩，通过级间换热将压缩热储存在蓄热系统中，高压空气降温后储存在于储气系统；释能时将高压空气从储气系统释放，经级前换热器，将蓄热系统储存的压缩热给空气升温后驱动膨胀机发电，具有规模大、成本低、寿命长、清洁无污染、安全可靠等优势。	系统单机功率 100MW、300MW，系统额定效率 ≥ 70%，系统寿命 ≥ 30 年，系统启动时间：6~8 分钟。	案例 1：张家口百兆瓦先进压缩空气储能国家示范项目。建设规模：100MW/400MWh。生态效益：项目每年可发电 1.32 亿千瓦时，年节能量约 4.2 万吨标准煤，碳减排量约 10.9 万吨。 案例 2：山东肥城 300MW 先进压缩空气储能国家示范电站项目。建设规模：300MW/1800MWh。生态效益：项目每年可发电 5.94 亿千瓦时，年节能量约 18.9 万吨标准煤，碳减排量约 49 万吨。
2	锌铁液流储能电池	新能源与清洁能源装备制造	利用锌和铁在电解液中的化学反应实现能量的储存与释放。电池电解液采用碱性水系电液液配方，极大提升电池的安全性。电池容量与功率解耦，可以独立扩展的功率模块和容量模块，使系统规模及储能时长可按需灵活调整，适配于源网荷各侧应用场景。	额定功率 100kW，额定容量 400kWh，响应时间毫秒级，能量转换效率 82%（直流侧）。循环寿命 25 年（日历寿命），充放电循环 3 万次以上。运行环境温度：-20~45℃。	案例 1：上海市杨浦区锌铁液流电池储能示范项目。建设规模：100kW/400kWh 锌铁液流电池储能系统。生态效益：年碳减排量 83.26 吨。 案例 2：江西电建兆瓦级锌铁液流电池储能系统关键技术开发及产业化项目。建设规模：200kW/600kWh 锌铁液流电池储能系统。生态效益：年碳减排量 124.9 吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
3	固体氧化物燃料电池	新能源与清洁能源装备制造	燃气经过脱硫除杂等处理后,与水在BOP中一同被加热,并送入电堆模组阳极,在催化剂的作用下发生重整反应产生氢气;常温的空气经过滤除杂后,通过风机送入BOP中加热,进入电堆模组阴极;一方面,氢气和空气中的氧气在电堆模组内发生电化学反应,将化学能转化成电能和热能;另一方面,电堆中未反应的氢气和空气通过燃烧反应将化学能转化为热能,为BOP提供能量,并维持系统的热平衡;燃烧烟气中未被BOP利用的低品位能量,通过余热回收储存。	单台系统额定输出功率 $\geq 35\text{kW}$ ,交流发电效率 $\geq 64\%$ 。	<p>案例 1: 惠州天然气电厂 210kW SOFC 发电系统示范。建设规模: 装机容量 210kW, 厂内自发自用。生态效益: 每年减少碳排放量约 423.3 吨, 节约能耗 200.1 吨标准煤, 无氮氧化物、硫氧化物排放。</p> <p>案例 2: 深圳三环科技大厦 200kW SOFC 发电系统示范。建设规模: 装机容量 200kW, 园区自发自用。生态效益: 每年减少碳排放量约 403.14 吨, 节约能耗 190.57 吨标准煤, 无氮氧化物、硫氧化物排放。</p>
4	预应力钢管风塔架式风电机组塔架关键技术	新能源与清洁能源装备制造	通过引入预应力技术,缓解全钢结构塔身的疲劳点,将钢结构塔身下部设计为构架式方式增强刚度,采用四点承重分布减少塔架实际占地面积,可以跨灌溉、跨生产道路、跨老旧设施,低噪音易选址,后期运维采用以检代维方式。	塔架由构架段+过渡段+塔筒段组成,塔柱采用钢管且内部设置预应力钢绞线;轮毂高度 140~200m;塔架基础埋深约 1.8m,4 个承台各占地 $5\text{m} \times 5\text{m}$ ;柱墩实际外露面积 $<6\text{m}^2$ 。	<p>案例 1: 华益里岔风电场工程项目。建设规模: 装机容量为 21.6MW, 采用 4 台轮毂高度 160 米、1 台轮毂高度 170 米预应力抗疲劳构架式钢管风力发电塔,单机采用 3600kW 风力发电机组。生态效益: 年发电量 4900.84 万千瓦时,节能量 1.5 万吨标准煤,二氧化碳减排量 2.8 万吨。</p> <p>案例 2: 融汇通铺集风电场工程项目。建设规模: 装机容量为 32.4MW, 采用 9 台轮毂高度 160 米预应力抗疲劳构架式钢管风力发电塔,单机采用 3600kW 风力发电机组。生态效益: 年发电量 9619.6 万千瓦时,节能量 2.9 万吨标准煤,二氧化碳减排量 5.5 万吨。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
5	柔性直流电网接入微电网技术	新能源与清洁能源装备制造	采用隔离型 DC-DC 变换装置、模块化设计和数字化调控技术，研发光伏直流接入电解铝的直流变换装置，通过分布式光伏直流接入电解铝的微电网能量管理系统，实现直流微电网实时监测、能量管理、柔性调节、安全风险预警等功能，保障直流微电网直流接入电解铝系统的安全稳定运行。	与传统电源相比较，高频开关式直流电源体积减小 20%；与分布式光伏交流并网模式相比，电能转化效率可提升 4% 以上。	案例 1：国家电网集团云南国际电力投资有限公司云铝阳宗海绿色铝产业园绿色智慧能源示范项目二期。建设规模：12 兆瓦分布式光伏柔性直流微电网系统。生态效益：项目每年发电 1392 万 kWh、节能量 4217.8 吨标准煤，减排二氧化碳 7938.6 吨。 案例 2：内蒙古大唐国际呼和浩特铝业公司厂内分布式光伏发电项目。建设规模：直流侧 17.6 兆瓦分布式光伏柔性直流微电网系统。生态效益：项目年均发电 2550 万 kWh、节能量 7726.5 吨标准煤、减排二氧化碳 14542.7 吨。
6	一种高耐久、抗反极的燃料电池及其制备方法	新能源与清洁能源装备制造	采用三合一分散方式处理 CCM 浆料，通过在质子膜阳侧依次制备阳极浆料和阳极 IrO <sub>2</sub> 抗反极功能层，在阴侧依次制备阴极浆料和阴极 IrO <sub>2</sub> 抗反极功能层，制成具有抗反极能力的 CCM。解决由于燃料电池断氢重启，阳极欠气引起阳极催化剂失效、电堆供气不足，进而造成阳极电势高于阴极电势等发生的反极催化剂载体腐蚀问题，提高燃料电池寿命和安全性。	浆料利用率 96.3%，膜电极产线生产速度 6m/min，膜电极一致性为 ±5mV@1200mA/cm <sup>2</sup> 。	案例 1：安凯氢燃料电池公交车示范运营项目。建设规模：55 台氢燃料电池示范运营公交车，总运营里程超 391 万公里。生态效益：累计碳减排量约 2617 吨。 案例 2：北汽福田氢燃料电池公交车示范运营项目。建设规模：13 台氢燃料电池示范运营公交车，总运营里程超 243 万公里。生态效益：累计碳减排量约 1626 吨。
7	规模化熔盐储能技术	新能源与清洁能源装备制造	熔盐储能系统由加热系统、储热和放热三个模块组成，储热模块包括一个热盐罐和一个冷盐罐组成的双罐系统。当机组在低负荷时段需要调峰时，启动储热模块，通过多种类型储热模块对熔盐进行储热，冷盐罐中的冷熔盐获得热量温度升高后，储存在热盐罐中；当机组需要顶尖峰负荷时，热盐罐中的高温熔盐通过放热模块进行放热代替机组抽汽甚至主汽，使机组的做功能力增加，提高机组发电电量。放热后的熔盐温度降低回到冷盐罐中储存。	以目前最常用的二元熔盐（60%NaNO <sub>3</sub> 和 40%KNO <sub>3</sub> ，熔融态）为例，熔盐储能系统的典型参数：工作温度 280~560℃，储能时长 4~12h，储热功率 10~600MW，使用寿命 25 年以上。	案例 1：青海德令哈塔式熔盐 50MW 光热电站项目。建设规模：装机容量 50MW、7h 储热设施。生态效益：年碳减排量 12.1 万吨。 案例 2：绍兴绿电熔盐储能项目。建设规模：装机容量 150MW、10h 储热及 100 吨/小时的供汽设施。生态效益：年碳减排量 26.8 万吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
8	3.35MWh液冷锂离子电池储能预制舱	新能源与清洁能源装备制造	采用模块化设计,实现电池单体、模块、簇、堆动力、通信、热管理、消防标准接口设计及紧凑排布,打造容量3.35MWh的20尺标准舱单元储能子阵;采用电池模块液冷板、液冷管路、液冷机组一体化设计,优化液冷板流道、二级管路管径,并基于电芯温差动态调整制冷温度、流量,实现每个电芯温度精细化管理;采用主/被动多级分层安全防护体系,通过BMS、辅控等储能管控系统,建立热管理、安全预警、控制保护、系统联动策略等主动安全防护体系,提升储能安全水平。	额定电压1500V,额定容量3.35MWh,尺寸为标准20尺,电芯温差可控制在3℃以内。	案例1:三峡庆云储能示范项目。建设规模:100.8MW/214MWh,由64个3.35MWh储能舱组成。生态效益:该储能项目建成投运相当于植树453万棵,年节能量2.52万吨标准煤、减排二氧化碳8.3万吨、可提供绿色清洁能源0.7亿千瓦时。 案例2:德州临邑储能示范项目。建设规模:100MW/201MWh,由60个3.35MWh储能舱组成。生态效益:该储能项目建成投运相当于植树425万棵,年节能量2.36万吨标准煤、减排二氧化碳7.8万吨、可提供绿色清洁能源0.66亿千瓦时。
9	退役动力电池整包梯次利用技术及应用	新能源与清洁能源装备制造	通过自研转接板收集电池包内各项信息并汇总给自研BMS主板。自研BMS获取信息并接收EMS指令,控制电池包充放电,同时判断电池包是否具备条件进行充放电;结合人工智能算法进行智能化分析和优化调度,以确定最佳的梯次利用方案,并据此制定维护与处理策略。整个过程实现电池包无损梯次利用并运用于储能领域,有效延长电池包使用寿命。	充放电切换毫秒级响应 梯次电池包利用率:筛选后符合要求电池包元件使用率100%。需量控制:随厂区负载实时调节储能柜输出功率。充放电倍率0.5C。	案例1:嘉奇能源整包利用储能示范站项目。建设规模:20尺风冷柜标准集装箱,采用磷酸铁锂电池包,储能系统蓄电量500kWh,额定功率200kW。生态效益:项目年碳减排量125.47吨。 案例2:杰成新能源整包利用储能示范站项目。建设规模:20尺液冷柜标准集装箱,采用磷酸铁锂电池包,储能系统蓄电量1000kWh,额定功率500kW。生态效益:项目年碳减排量250.93吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
10	中深层地下岩热型供热系统	清洁能源设施建设和运营	通过钻机向地下深度2~3km、温度70~90℃的中高温岩土层钻孔，在孔径2~3cm的钻孔内中安装一种密闭的金属换热器，通过换热器内的闭路循环介质将地下深处的热能导出，并通过专用设备系统向地面建筑物供热。	运行成本约1.5~2元/m <sup>2</sup> ·月，单孔取热量约500~700kW，全系统COP为5。	<p>案例1：西吉县将台堡镇中心小学中深层无干扰地岩热项目。建设规模：项目总建筑面积1.3万平方米，总热负荷665kW。生态效益：项目年节能量116.6吨标准煤、二氧化碳减排量288.1吨、二氧化硫减排量2.8吨、粉尘减排量1.7吨、氮氧化物减排量0.86吨。</p> <p>案例2：庆阳市西峰区团结小学新校区中深层无干扰地岩热供暖项目。建设规模：项目总建筑面积4.1万平方米，总热负荷1049kW。生态效益：项目年节能量378吨标准煤、二氧化碳减排量933.65吨、二氧化硫减排量7.56吨、粉尘减排量3.78吨、氮氧化物减排量2.87吨。</p>
11	新型光伏建筑一体化技术	清洁能源设施建设和运营	通过光伏建材技术和装配式光伏建筑构件技术集成，形成玻铝复合光伏建材、模块装配式光伏建筑构件、全信息数字化设计与评价体系、快速装配式施工与维护技术、光热利用与多功能互补技术、建筑智慧能源管理与云平台、光伏储能一体化区域性碳中和技术等新型光伏建筑一体化节能降碳技术。	<p>转化效率：黑色晶硅光伏建材20%以上，彩色16.8%以上；防火性能A级；使用寿命25年以上；光伏幕墙气密性第3级、水密性第2级、抗风压性第2级、平面内变形性能第3级，抗震测试后面板、连接和支承构件不发生破坏或破损。</p>	<p>案例1：大连凯旋国际大厦灾后重建BIPV项目。建设规模：光伏墙体面积3100平方米，总装机量247.69kWp。生态效益：年发电量20万kWh，可以满足建筑自身30%左右的用电需求，每年可降低碳排放量约147吨，25年内减排二氧化碳量3684吨，实现建筑运行阶段减碳30%以上。</p> <p>案例2：国华大连自贸区BIPV分布式光伏一批次项目。建设规模：总装机容量2.0968MWp。生态效益：年发电量245.5368万kWh，可以满足建筑自身50%左右的用电需求，每年减排二氧化碳量2043吨，25年内减排二氧化碳量51076吨，实现建筑运行阶段减碳30%以上。</p>
12	基于构网型纯新能源系统构建示范运行的关键技术	能源安全高效运行	通过采用构网型技术，设计了合理的安全稳定防御体系和稳定长期运行能量平衡及频率电压安全一体化控制系统，满足系统不同响应时间尺度控制需求，实现纯新能源电力系统无缝切换、正常及各类故障扰动冲击下安全稳定运行，提升高比例新能源消纳能力。	<p>构网储能短路比范围1~25，构网储能功率指令响应时间30ms，多机离网调频Δf&lt;0.01Hz，频率电压快速控制整体响应速度&lt;100ms。</p>	<p>案例：额济纳“源网荷储”微网一体化示范项目。建设规模：新建25MW/25MWh构网型储能及其一体化装备及配套系统。生态效益：项目成功离网3次累计供电量160.96万kWh，减碳487.71吨，相比常规新建输电线路减少投资8.75亿元，避免对生态保护区及候鸟迁徙等影响。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
13	柔直电网/社区微电网技术	能源安全高效运行	通过多尺度建筑柔性资源优化配置方法，优化园区/社区直流微电网系统架构，提升能源效率与光伏发电自用率；结合深度学习技术构建园区/社区用能预测模型，制定微电网柔性运行控制策略，通过房车联网互联互通优化控制技术，实现需求侧响应及储能高效利用。	形成高效率配电系统设计方法，能源效率整体可提升10%；提升光伏发电自用率；采用多目标储能优化方法及直流微电网柔性用电策略，可实现综合储能成本降低60%以上，用电成本降低20%；对园区/社区负荷进行聚合及柔性调控，实现微电网系统15分钟级响应能力，参与虚拟电厂需求侧响应及电力市场交易。	应用案例  案例 1：中国建筑绿色产业园微电网项目。建设规模：5MW 屋顶分布式光伏+集中式电化学储能+柔性智能双向 V2G 充电桩+柔性建筑能源管理器+柔性末端控制核心+虚拟电厂管理平台。生态效益：年减排二氧化碳量 3309.95 吨。  案例 2：新城建设示范及智能建筑产业园一期项目。建设规模：1016.82kWp 屋顶分布式光伏+“光储直柔”建筑+高效区域供冷系统+高效机电系统+柔性智能双向 V2G 充电桩+智慧能源管理平台。生态效益：年减排二氧化碳量 1878 吨。
14	基于人工智能的海拔风电全生命周期高精度视觉检测系统	能源安全高效运行	基于人工智能技术研发该系统，实现风机全生命周期高精度视觉检测。制造阶段，通过 3D 视觉量测技术实现风机关键部件的尺寸快速复核；安装阶段，通过超远视距目标定位技术实现复杂工况风机部件的智能吊装引导；运维阶段，基于双光融合的 AI 检测算法，采用无人机高复杂度 360°环绕巡检检测与定位。	平均测量精度 ≤0.15mm；叶片出厂表面缺陷检测类别数 4 种，漏检率 ≤1.4%，误报率 ≤1.5%；吊装目标识别距离 ≥100m；运维期可检测外观缺陷种类 9 种，漏检率 ≤3.8%，误报率 ≤4.2%。	应用案例  案例 1：中电建新能源集团股份有限公司华中分公司桂阳水源地风电场项目。建设规模：装机 64 台 2MW 的风力发电机组。生态效益：每年减少二氧化碳碳排放量 1186 吨。  案例 2：中电建新能源集团股份有限公司华中分公司蓝山十里冲风电场项目。建设规模：25 台 2MW 的风力发电机组。生态效益：每年减少二氧化碳碳排放量 471 吨。
15	分布式光伏接入配电网关键技术及应用	能源安全高效运行	基于分布式光伏承载力评估技术、分布式光伏出力预测技术、主配网协同控制技术，研发了分布式光伏监测评估与调度运行系统，实现分布式光伏功率预测、承载力评估、优化控制等功能，保障分布式光伏大规模接入。	分布式光伏出力预测精度 ≥90%，分布式光伏承载力评估精度 ≥90%，配电网风险识别准确率 ≥90%。	应用案例  案例：西吉县村级光伏扶贫电站项目。建设规模：装机容量 2.2 万 kW。生态效益：项目年均发电量为 1860 万 kWh，节省能量 5697 吨标准煤，减少二氧化碳排放量 14200 吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
16	低温转床分质转化绿色高效综合利用技术	传统清洁能源低碳转型	采用两段式加热。第一段是旋转床低温逐渐被加热，原料煤在旋转床中隔绝空气从室温逐渐被加热到450~500℃，主要提取焦油组分，在提高焦油收率的同时确保油品品质。第二段是深度热解装置，提质煤进一步升温至500~750℃进行深度热解，把高附加值的煤气尽可能的利用起来，从中提取出天然气和氢气。	单系统500万吨/年。热解产出的煤气热值≥5000kcal/Nm <sup>3</sup> 。工业增加值能耗1.62吨标准煤/万元，吨油(气)产品二氧化碳碳排放量1.96吨。	应用案例 案例1：河南龙成煤高效技术应用有限公司煤制油项目。建设规模：单系统50万吨/年粉煤低温热解工业化装置。生态效益：年碳减排量约3万吨。 案例2：河北龙成煤综合利用有限公司煤制油项目。建设规模：单系统100万吨/年、总规模500万吨/年煤清洁高效综合利用一体化示范装置。生态效益：热解装置能源转化效率标定为93.2%，年碳减排量约为28.5万吨。
17	废锅流程加压机气化技术	传统清洁能源低碳转型	结合强效混合气化和积灰防控换热技术，实现煤炭气化的同时稳定副产高压蒸气，显著提升气化效率和能量利用率，煤种适应性广。配备半废锅和全废锅两种工艺流程，为不同项目提供定制解决方案：对于高水气比要求项目(如合成氨)，采用“干煤粉加压机纯氧气化+辐射废锅余热回收+多级水洗”半废锅流程方案；对于一般水气比要求项目(如甲醇、天然气)，采用“干煤粉加压机纯氧气化+辐射废锅+高温气固分离+对流废锅”全废锅流程方案。	比氧耗270~310Nm <sup>3</sup> /kNm <sup>3</sup> (一氧化碳+氢气)，比干煤耗520~580kg/kNm <sup>3</sup> (一氧化碳+氢气)，碳转化率>99%，高压蒸汽产量稳定不衰减，单炉稳定运行>330天。	应用案例 案例1：浙江巴陵己内酰胺有限责任公司传统煤制氢提标改造及副产合成氨联合装置技改项目。建设规模：2套85000标准立方米/小时(一氧化碳+氢气)半废锅气化炉。生态效益：单炉100000标准立方米/小时(一氧化碳+氢气)运行，单炉年副产高压蒸汽28~32万吨，可节省标准煤4万吨，减少二氧化碳碳排放量10余万吨，废水外排减少50%。 案例2：盛虹炼化(连云港)有限公司盛虹炼化一体化项目。建设规模：4套175000标准立方米/小时(一氧化碳+氢气)全废锅气化炉。生态效益：单炉180000标准立方米/小时(一氧化碳+氢气)运行，单炉年副产高压蒸汽80~88万吨，可节省标准煤11.4万吨，减少二氧化碳碳排放量30余万吨，废水外排减少50%。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
<b>五、生态保护修复和利用</b>					
1	世界自然遗产地钙华自然修复技术	生态保护修复	通过原位调控钙华沉积源水的主要指标(流速、水流厚度、主要离子浓度、脱气程度、藻类活动)提升钙华沉积能力,基于“河道调控、二次强化、流态优化、源水调配、规模保育”的成套技术快速形成富碳酸钙颗粒景观水和新生胶结一致密钙华层,达到钙华水域景观修复和品质提升的目的。	胶结一致密钙华控制条件一般流速 $F > 1.2$ ,流速 $> 0.4\text{m/s}$ (低流速下需为富硅藻水),方解石饱和指数 $SI > 1.2$ ,钙浓度 $> 80\text{mg/L}$ ;富碳酸钙颗粒景观水控制条件一般为 $SI < 1.2$ 。景观水钙华沉积速率可提升为 $3 \sim 6\text{mm/a}$ ,高者可达 $11 \sim 19\text{mm/a}$ 。	<p>案例 1: 四川黄龙世界自然遗产地映月彩池自然保育项目。建设规模: 自然脱气河道 75 米+水下射流修复管 15 组(临时设施)+流态调节管 11 组(临时设施)+脱气虹吸管 6 组(临时设施)等。生态效益: 世界自然遗产地内呈规模化复原钙华彩池群景观面积 3050 平方米。</p> <p>案例 2: 四川九寨沟神仙池莲花台试点区自然修复项目。建设规模: 自然脱气河道 172 米+源水调节池 1 处+人工脱气泵组 3 套(临时设施)+流态调节池 2 个+水下射流修复管 3 组(临时设施)。生态效益: 为青藏高原东缘岷山地区持续近 50 年的源水型钙华退化提出安全且实施性良好的原位修复技术,并复原钙华彩池群和滩地景观面积 300 平方米。</p>
2	MABR 地表水体净化技术	生态保护修复	微生物膜附着生长在透氧中空纤维膜表面,水体中的污染物在浓差驱动和微生物吸附等作用下进入生物膜内,经过生物代谢和增殖被微生物利用,使水体中的污染物同化为微生物代谢产物,固定在生物膜上或被分解成无机代谢产物,从而实现对水体的净化。	中空纤维膜丝平均断裂拉伸强度 $\geq 30\text{N}$ ,MABR 膜组件气流量 $\geq 0.14\text{m}^3/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ,氧气体利用率 $\geq 60\%$ ,曝气压力 $0.025 \sim 0.055\text{MPa}$ ,停留时间 24h,溶解氧 $2 \sim 6\text{mg/L}$ ,适应温度 $0 \sim 35^\circ\text{C}$ 。	<p>案例 1: 天津滨海新区新技术产业开发区城市管理和环境保护局海泰南北大街景观河道水生态治理工程。建设规模为河道长 1.6 公里,水面宽度约为 15 米,水深 1.7~2 米。生态效益: 水体主要指标(COD、氨氮和溶解氧)达到并优于治理目标《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)四类标准。</p> <p>案例 2: 天津经济技术开发区建设和交通局东排明渠人工强化水生态修复项目。建设规模: 河道长 2.3 公里,水面宽度约为 25~40 米,水深 1~3 米。生态效益: 水体主要指标(COD、氨氮和溶解氧)达到并优于治理目标《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)五类标准。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
3	高性能植物垫新技术在露天矿山生态修复中的应用研究	国土综合整治	通过选取最优配比的植生基质和植物种子，装入特质的双层可降解无纺布植物垫，多维加筋锚固于岩面上，再喷播 8~10cm 的植生基质，结合给排水机构迅速形成两层土壤结构，形成适合植物生长的立体环境，克服了高陡边坡水土流失的问题，使群落结构本身发生动态过程变化，恢复高陡矿山生态。	边坡角度适用范围 $\geq 73^\circ$ ，治理三年后植被覆盖度 $90\% \sim 98\%$ （夏季），木本植物盖度 $35\% \sim 55\%$ ，每年土层增厚率 $3\% \sim 6\%$ ，治理后免人工养护率（南方治理一年后、北方治理一年半后） $\geq 97\%$ ，无二次污染率 $\geq 99\%$ 。	<p>案例 1：乐东县尖峰镇岭头马鞍岭建筑用花岗岩石料矿矿山地质环境治理与生态修复工程。建设规模：消耗 1650 吨秸秆和 4870 吨禽畜粪便，恢复矿山裸露坡面积约 33.49 万平方米，项目范围约 65.03 万平方米。生态效益：项目碳减排量 760 吨。</p> <p>案例 2：京昆高速沿线（满城段）“白茬山”生态修复高标准示范带工程馒头山矿山生态环境综合治理项目。建设规模：消耗 1850 吨秸秆和 5550 吨禽畜粪便，恢复矿山裸露坡面积约 6.8 万平方米，治理区面积约 37 万平方米。生态效益：项目碳减排量 863 吨。</p>

## 六、基础设施绿色升级

1	新型装配式组合结构及配套体系	建筑节能与绿色建筑	通过研发四边不出筋密拼连接预制楼板等新组合装配式预制楼板、型钢与钢筋混凝土高效组合柱、梁、剪力墙等新型结构构件、新型一体化集成外围护墙系统及预制构件数字化生产、安装及检测等技术，形成了新型装配式组合结构及配套体系。	<p>新型装配式预制楼板可在大、中、小跨度内实现免模板支撑施工，充分发挥钢与混凝土的材可充分发优势，用钢量省，承载力提升，综合安装效率提升 60%。</p>	<p>案例 1：萧政储出（2018）34 号地块新建项目。建设规模：建筑高度约 99 米、建筑面积约 15 万平方米的高层办公楼。生态效益：项目施工进度快，钢构件可循环利用，有效减少环境污染。</p> <p>案例 2：杭州汽车超人总部大楼项目。建设规模：建筑高度约 80 米、建筑面积约 9.3 万平方米的高层办公楼。生态效益：项目主体结构用材省、用工少、自重轻，节能环保效益显著。</p>
---	----------------	-----------	---	--	---

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
2	非挤土植 入式预制 桩关键技术	建筑节能与绿色建筑	通过不取土钻孔将孔内土液化，实现“静钻”，利用自重将工业化的高性能预制桩植入孔内至端部扩底处，实现“根植”，通过注浆材料直接固化孔内液化土，最终形成预制桩—固化土—土协同作用一体受力结构，提高桩基承载性能，实现“无泥浆排放”。	植入的竹节高度达到 75 ~ 100mm，扩头尺寸 100 ~ 200mm，桩身混凝土强度达 C100。与钻孔灌注桩技术相比，配套智能化施工设备的施工效率提升 5 倍以上，单位体积混凝土承载力提高 1.5 倍。	案例 1：宁波长丰区块拆迁安置居住建设项目。建设规模：建筑面积 19 万平方米的桩基础工程量达 10.96 万平米。生态效益：建设过程其桩基础混凝土用量和现场泥浆排放量较传统钻孔灌注桩分别减少 67%和 68.4%。 案例 2：浙能温州电厂四期“上大压小”建设项目。建设规模：2×600MW 规模的电厂建设项目桩基础工程量达 10.65 万平米。生态效益：建设过程中桩基础工程节约投资 10%以上、混凝土用量节约 82%、施工用水节约 73%、泥浆排放量减少 64%。
3	EMC 装配式 混凝土结 构技术系	建筑节能与绿色建筑	采用统筹配筋方法将不同功能钢筋进行分离配置，叠合墙板和叠合柱内预埋金属波纹管形成贯通竖孔，受力竖筋在竖孔内机械连接或搭接连接，在竖孔内后浇混凝土。当外墙板与保温材料复合时可形成 EMC 预制夹心保温墙板，实现结构、保温一体化、同寿命。	竖孔内后浇混凝土和预制混凝土在外力作用下可共同工作，受力性能略优于现浇混凝土；破坏模式、承载力、变形能力等与现浇结构无明显差异，可实现“等同现浇”的抗震性能，施工效率提升 30%。	案例 1：北京市朝阳区太阳宫居住用地项目。建设规模：总建筑面积 110804.95 平方米。生态效益：项目工期优化 30%，实现装配式建筑高效加工、施工和提高降本增效的目标。 案例 2：北京市朝阳区平房乡棚户区改造和环境整治项目。建设规模：总建筑面积 72926.45 平方米。生态效益：实现降低成本、提升质量、提高构件加工及施工效率、优化工期的实施效益。
4	装配式装 修智能建 造技术	建筑节能与绿色建筑	通过开放型装配基座+定制化饰面+菜单式通用产品+标准化接口+数字化支撑的构造体系，建立以全屋内装部品为代表的绿色部品体系，以 APS+MES+WMS 为核心的装配式装修部品智能制造生产平台，以部品编码为数据基础的装配式装修数字建造系统。	部品工厂化率 92%，干法构造 100%，数字系统覆盖率 100%，设计、生产、订货、施工、运维全流程数据同源闭环，部品重置利用率 66%。	案例 1：北京保障房中心有限公司通州区丁各庄公租房装配式装修项目。建设规模：装配式建筑总建筑面积 10241 平方米。生态效益：项目相比传统装修减碳 57%，节水 90%、节材 20%。 案例 2：北京陕创企诚置业有限公司、北京融贸晟璟置业有限公司海淀区融创村精装修项目。建设规模：装配式建筑总面积为 174134 平方米。生态效益：项目减少碳排放量 52153 吨。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
5	建筑外立面智慧光伏系统技术	建筑节能与绿色建筑	开发了适配建筑要求的光伏模块，质感、颜色、可透光性等方面均满足建筑外立面的功能及美观需求，抗风压、气密、水密、保温隔热、防火等性能符合建筑规范要求；研发智能管控系统，提高建筑可再生能源利用率。	薄膜光伏转化效率可达20.3%，光伏模块发电量30年衰减不超过11%，透光率0%~80%可定制，传热系数K值可实现<2W/m <sup>2</sup> ·K，温度系数可达到-3.2×10 <sup>-3</sup> ppm/°C；抗风压>5000Pa。	案例1：中国西部科技创新港科研七号楼项目。建设规模：总建筑面积1.2万平方米，应用“建筑外立面智慧光伏系统技术”面积2755平方米。生态效益：年发电约40万kWh，建筑年用电量约35万kWh，满足建筑100%用电需求，年碳减排量约398吨。 案例2：榆林高新区企业创业园3号楼项目。建设规模：总建筑面积约3.8万平方米，应用“建筑外立面智慧光伏系统技术”面积1176平方米。生态效益：年发电量约21.7万kWh，年碳减排量约140吨。
6	城市轨道交通高效空调系统关键技术研究	绿色交通	针对轨道交通车站空调系统能耗占比大、能效低，环境动态、模式复杂特点，建立高效空调系统性能预测模型，针对多目标多参数复杂控制对象，研发了高效空调系统精细化设计方法，开发在线学习控制模型，搭建云端智能运维平台，实现空调系统长期高效运行。	建成后车站制冷系统年平均运行能效比>5.5，空调系统全年平均运行能效比>3.8。	案例1：广州地铁三、五号线环控系统合同能源管理项目。建设规模：合计42个车站（含4个集中冷站），总装机容量17600RT，项目初始投资2.9亿元。生态效益：实施后车站环境温度 and 空气质量明显改善，空调系统实现节能率≥40%，平均年节电量约0.33亿kWh。 案例2：港铁（深圳）4号线一期工程车站空调系统能源管理项目。建设规模：合计4个车站，总装机容量1200RT，项目初始投资1600万元。生态效益：改造后合同期内空调系统节能率47.18%，合同期内空调系统可节约电量4943.96万kWh。
7	免涂装耐候钢—混组合结构加劲梁悬索桥关键技术	绿色交通	通过设计和研发悬吊体系耐候钢格子梁+预制混凝土桥面板组合结构、耐候性能和力学性能与母材匹配的耐候桥梁钢焊材及耐候桥梁钢焊接工艺、耐候桥梁钢水喷淋表面预处理技术及快速铸层稳定化新工艺，形成免涂装耐候钢—混组合结构加劲梁悬索桥关键技术体系。	采用耐候钢格子梁+预制混凝土桥面板组合结构，混凝土桥面板厚度20cm，桥面铺装层采用厚度5cm的SMA沥青；添加耐候性元素Cu、Ni、Cr、Mo等保证耐候指数I≥60。	案例1：怀来官厅水库特大桥。建设规模：全桥长度1988m，主桥为720m悬索桥。生态效益：采用免涂装耐候钢，避免桥梁涂装对水源保护区的污染，节省初期建设成本3150万元，节省运营期涂装费用4600万元。 案例2：黑河大桥（中俄共建跨界河大型公路桥）。建设规模：全桥长度1284m，主桥为（84.75+84+5×147+84+84.75）m六塔叠合梁塔斜拉桥。生态效益：主桥和索塔钢结构采用Q420qFNH耐候钢，全寿命周期成本节省43%。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
8	物流行业仓储与运输碳排放足迹监测、核查与跟踪(MRV-T)数字化减碳技术	绿色物流	MRV-T数字化碳足迹平台通过传感器获取终端碳排放数据,结合机器学习 and LightGBM模型,为运单和产品提供基于时空和地理维度的最颗粒度因子碳核算和减碳模型,实现多式联运和仓储场景下的全生命周期碳足迹管理。平台通过方法和标准的数据应用、无线无源传输技术与大数据分析,帮助企业通过MRV-T数据精准识别高排放源、评估能源效率,助力企业优化碳排放决策,降低碳履约成本。	中国道路交通运载具碳排放因子库140种,供应链碳排放因子库超过2000种,定位精确度0.1米,数据与优化建模超过200类。	案例1:宜宾海亚洲之星零碳数字物流港数字化全生命周期碳管理系统建设项目。建设规模:为占地195亩、建筑面积约65000平方米物流港实现全生命周期碳排放管理。生态效益:项目周期内综合减碳量超过4000吨。 案例2:京东零售电商平台消费者碳普惠项目。建设规模:建设年度400000万张订单级计算量、每秒超过128次复合计算的数字化碳足迹平台。生态效益:项目日均减碳量192千克,平均每张订单减碳量16.38克。
9	DMA分区计量漏损分析系统	基础设施	自主研发了一体化多参数融合DMA专用智能测量仪表,并基于此研发了适用于城镇供水网的DMA分区计量漏损分析系统,利用流量、压力等参数构建数学模型,实现流量压力等多参数测量整合、功能集成、信息融合的智慧管网建设,提高管网运行可靠性,解决了多参数融合测量以及管网漏损监控、管网状态在线评价难等问题。	DMA专用智能测量仪表可实现多参数(流量、压力、温度)融合测量,精度达0.5级,防护等级IP68(2米168小时)。DMA分区计量漏损分析系统能够实时对管网流量、压力进行监测分析,多节点时间同步达毫秒级,对管网漏损点或问题区域进行快速诊断。	案例1:重庆大学DMA分区计量漏损分析系统。建设规模:用水区域占地5300余亩,安装专用智能测量仪表300余只,主干网管径DN300。生态效益:年节水量达150万吨,节约水资源费用500多万元,显著提升供水管网的数字化管理水平,降低管网漏损造成的水资源浪费和次生环境影响。 案例2:贵州安顺市供水管网DMA分区管理和水平衡监测系统。建设规模:新装专用智能测量仪表17000余台,其中户用表16000余台,大口径流量计1000余台。生态效益:有效提升供水管网精细化管理水平,减少供水管网漏损造成的水资源浪费和经济损失,降低塌陷等次生环境影响。

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
10	“一站多能”半地下式厌氧发酵技术	环境基础设施	采用半地下式一体化不锈钢厌氧发酵罐、全封闭干式双进料、38℃自动控制升温系统、远程智能控制系统及“热电联产”“余热回收”工艺，解决了传统沼气工艺无法处理固态有机废弃物和北方地区冬季运营的问题，实现了全年不间断持续、稳定处理有机废弃物的功能。通过自主研发装配式构件，6个月即可投产运营；实行“一厂一策”策略，可根据废弃物分布灵活建设，扩容不影响运营。本技术采用“污泥、农林废弃物等有机物湿式联合厌氧消化+沼气发电”的综合处理工艺；前端收集各类有机废弃物进入全封闭干式双进料系统混合成浆料，通过发酵罐进行处理，在无氧环境中，微生物分解有机物，产生沼气、沼液和沼渣。	进料物有机质含量≥20%，混合物料含固率3%~30%，滞留期积产气率0.6~2m <sup>3</sup> ，运行温度20~15~30d，运行温度20~45℃。	<p>案例1：凉州区城乡有机废弃物资源化处理中心项目。建设规模：由5个子处理站构成，总厌氧罐容22000立方米。生态效益：该项目可处理各类有机废弃物34.5万吨/年，生成沼气1205万立方米/年，其中管网供应沼气355万立方米/年，并网发电1700万千瓦时/年；生成沼肥32万吨/年，应用于高标准农田地力提升6万亩，水肥一体化滴灌施肥2万亩，荒漠化治理及盐碱地改良等4.4万亩；年碳减排量20万吨。</p> <p>案例2：黄河流域城市群城乡有机废弃物协同处理项目。建设规模：由4个市州的11个子处理站构成，总厌氧罐容89500立方米。生态效益：该项目可处理各类有机废弃物135万吨/年，生成沼气4865万立方米/年，其中并网发电4317万千瓦时/年，提纯生物天然气1624万立方米/年；生成沼肥130万吨/年，应用于高标准农田地力提升24万亩，水肥一体化滴灌施肥8.1万亩，荒漠化治理及盐碱地改良等17.88万亩；年碳减排量81.25万吨。</p>
11	基于大数据和AI的云计算基础设施节能技术	信息基础设施	基于大数据、AI、5G及大模型技术，研发了云边协同的云计算基础设施智慧节能平台，采用深度学习、强化学习等算法建立全维感知、画像预测、自智决策、多模智控、参数寻优、安全防护等能力，通过构建大小模型结合的节能智能体，实现“一设备一策略”的精准、安全节能以及云网高效、绿色、智慧运营，降本增效。	5G基站设备综合节能率可达16.5%，叠加智能开关或极致休眠后单站节能效率可达30%。机房制冷系统总体节能率可达15%以上，云节能效率达到17%~20%。系统部署效率较传统方案提升90%，云网设备纳管规模达到百万级以上。	<p>案例1：中国电信基站智慧节能项目。建设规模：1套云端基站AI节能大脑+31套省边缘侧节能采控引擎，大规模纳管31省跨厂家4G/5G扇区、智能开关以及云主机。生态效益：项目年节电量约8亿kWh，年碳减排量约45万吨。</p> <p>案例2：北方电信某数据中心制冷系统AI节能服务项目。建设规模：针对机房开展智慧节能，目前已推广至全国30省，本项目涉及的数据中心包含多套制冷单元以及30多个机房。通过提供综合解决方案，搭建智慧节能平台实现精细化管控。生态效益：项目全年节电约480多万kWh，年碳减排量约2700吨。全国已实施节能机房年节电总量达0.9亿kWh。</p>

序号	技术名称	产业类别	工艺技术内容	主要技术参数	应用案例
12	海量数据活色(先进)存档技术	信息基础设施	根据海量数据增长与调用频率、冷热数据占比规律等,通过智能规划数据多级数据空间及“存算比”,优化配置设备,建立可频繁高效流转、精准寻址、独立回迁的技术架构。通过研发海量数据存储管理及设备调度的统一管理,实现海量数据智能冷热分级、分类归档迁移及回迁管理,降低数据中心的运行成本。	在典型数据中心进行了应用,降低IT存储系统基础能耗,100单位(PB)数据存储力综合成本降低73%~86%,平均每单位(PB)数据量耗电量约1.61万千瓦时/月。	应用案例 案例:中国资源卫星应用中心数据存储管理项目。建设规模:各级产品数据等海量数据的统一存储和管理。生态效益:相比近线存储数据中心,能耗平均降低近70%,综合管理成本降低76%,系统性能提升70%以上。
<b>七、绿色服务</b>					
1	基于融合的汽车碳排放管理平台技术方案与应用	运营管理	通过多模型融合技术,精准计算汽车组织碳、产品碳及相关产品的全生命周期碳足迹。核心技术包括:建立汽车行业供应链碳排放数据足迹核算模型;识别各阶段碳排放驱动因素,覆盖产品、研发、制造、营销、服务等全过程。	平台集成多种算法模型,关键技术参数包括:物料清单和供应链数据的全覆盖;车联网大数据的高精度拟合,涵盖行驶里程和实时排放量等关键参数;减排成本与治理效益的优化平衡。	案例:中国一汽动力电池低碳设计及制备关键技术研究分析项目。建设规模:构建碳排放溯源及碳足迹量化系统,进行典型场景应用验证。生态效益:项目支撑典型动力电池生产和退役回收的减碳途径研究;降低动力电池生产过程20%~30%的碳排放,提高材料回收利用率至85%以上。
2	热升华数字印刷技术	绿色产品研发推广	热打印(热转印/热升华)核心技术是利用染料晶体结构热升华的原理,合成包覆材料、晶体结构染料,达到基材高耐候性、色泽稳定性;利用高精度多轴张力控制、热升华色彩管理和精准发热体热量控制技术,实现超大画幅绿色数字印刷。	热打印(热转印/热升华)印刷设备的套印精度≤0.05mm;画幅最大宽度可达1300mm;可实现1670万(2 <sup>24</sup> )种颜色的256阶灰度打印,并且色差控制在2以内;标寿命可达10年以上。	案例1:国网湖南超高压输电公司输电运检二分部警示牌、宣传牌热转印技术定制及安装服务项目。建设规模:防外破警示牌(塔上)30块、防外破警示牌(地面)100块、宣传牌200块,标识总面积700平方米。生态效益:折合年节能量5.18吨标准煤,年碳减排量14.04吨。 案例2:湖南湘筑智能能科技有限公司交通标识热转印技术服务项目。建设规模:标牌300块,交通标识面积4000平方米。生态效益:折合年节能量50.86吨标准煤,年碳减排量122.68吨。

说明:目录内容由相关地方和中央企业推荐,经行业专家评估评审,并向社会公示后形成。任何单位使用目录所列技术,请认真研究分析技术的适用性,并根据《民法典》等相关法律法规,与技术提供方约定双方权利义务,在技术交易和使用过程中严格履行供需双方的责任与义务。

---

主送：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、科技厅（委、局）、工业和信息化主管部门、自然资源主管部门、生态环境厅（局）、住房城乡建设厅（委、管委、局）、国资委、能源局，有关中央企业，有关行业协会。

---

国家发展改革委办公厅

2024年12月25日印发

---

