

# 山东省绿色技术推广目录

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	高效气悬浮离心冷水机组关键技术	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 $-18\%+35\%$ 。	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。
2	磁悬浮真空泵节能技术	高效节能装备制造	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；采用高速永磁电机直驱接动三元流叶轮，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 $< 10 \mu\text{m}$ ；传感器分辨率 $\pm 1 \mu\text{m}$ ，传感器灵敏度 $7\text{mV}/\mu\text{m}$ ，传感器重复定位精度 $\pm 1 \mu\text{m}$ ；整机功率 37-1000kW，流量范围 30-1320 $\text{m}^3/\text{min}$ ，噪声 $< 80$ 分贝，真空度范围： $-10-70\text{kPa}$ 。	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。
3	全预混变频冷凝炉	高效节能装备制造	欧科贝特牌全预混变频冷凝锅炉的核心技术工艺包括全预混燃烧技术、变频技术和冷凝技术。全预混燃烧技术：充分提高燃烧效率，达到燃烧高热值。燃烧过程更加高效，减少氮氧化物的产生，满足严格的环保标准。变频技术：根据实际应用中的温度情况自动调整转速，从而降低功耗。设备可根据实际需求进行智能调节，避免能源的浪费，提高能源利用效率。冷凝技术：冷凝技术通过降低排烟温度，减少热量损失，从而提高热效率，实现了能源的高效利用。	欧科贝特牌全预混变频冷凝锅炉的性能指标主要包括高热效率、低氮氧化物排放量，比常规燃煤锅炉节能 30%-50%，将氮氧化物的排放降低到 30 毫克每立方米以下，有效实现了超高效燃烧、超低氮排放、超低能耗。	案例 1：莱芜宾馆节能改造项目。建设规模：建筑面积 36000 平米，总投资 138 余万元。生态效益：每年节省燃气费用 57.76 万元，较原普通燃气锅炉节能 47%，氮氧化物排放低于 30 毫克每立方米，节能环保效果显著。 案例 2：连云港花果山国际酒店节能改造项目。建设规模：建筑面积 115000 平米，总投资 320 余万元。生态效益：每年节省燃气费用 78.53 万元，较原普通燃气锅炉节能约 26%，氮氧化物排放低于 30 毫克每立方米，节能环保效果显著。

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
4	磁悬浮MVR蒸发回收装置	高效节能装备制造	采用先进的高效低噪音磁悬浮MVR蒸发浓缩装置，采用先进的蒸汽压缩再生技术、高效MVR板式低压闪蒸技术和智控检测技术，将稀物料的水分分离出来，通过压缩机将蒸汽压缩后，送至蒸发器加热室使用，既对蒸汽进行了循环利用，又提高了热效率，并实现了物料的浓缩。相较于蒸汽多效蒸发工艺，MVR蒸发的能耗降至传统工艺的1/3，磁悬浮MVR蒸发(浓缩)装置综合节能达66%以上，噪音能降低20分贝以上，降低了碱回收成本和企业生产成本，减少了碳排放。	进料浓度 $\geq 1.5\%$ 、出料浓度 $\leq 30\%$ 、蒸发温度 $80^{\circ}\text{C}-90^{\circ}\text{C}$ 、蒸汽温升 $14^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}$ 、蒸发1吨水的耗电量 $\leq 35\text{kwh}$ 。	案例1: 江苏南通中邦碱回收项目。建设规模: 每天处理碱废水120吨, 年回收合格碱液8856吨。生态效益: 扣除MVR工艺电费后, 项目年节标煤794.8吨, 年减排二氧化碳2082.4吨、二氧化硫6.8吨。 案例2: 江苏州际碱回收项目。建设规模: 处理碱废水200吨, 年回收合格碱液20376吨。生态效益: 扣除MVR工艺电费后, 项目年节标煤1363.6吨, 年减排二氧化碳3572.6吨、二氧化硫11.6吨。
5	一种多级降噪环保型建筑垃圾再生处理系统	高效节能装备制造	多级降噪环保型多模式建筑固体废物再生处理系统主要由固定式的破碎、筛分、分选、输送等设备组合而成, 根据需要处置的建筑垃圾种类及资源化产品需求进行设计, 各类建筑垃圾处理线优化组合, 能够最大限度去除杂质, 得到高品质骨料, 其高效处理工艺流程设计从破碎、筛分率, 扬尘、噪音降低率4个方面进行了改进, 提高了建筑垃圾的处理效率及利用率, 同时提高了建筑垃圾再生资源的经济效益。	年回收加工建筑垃圾200万吨, 生产出可替代天然砂石料的再生骨料砂40-60万吨, 碎石45-60万吨, 再生建材40万吨; 再生骨料质量均高于工程标准。本发明资源化利用率达到95%。	案例: 菏泽市建筑垃圾资源化产业园项目。建设规模: 园区规划占地260亩, 总投资9.6亿元, 一期项目已建成并投产。生态效益: 生产线粉尘颗粒物浓度不超过10毫克每立方米, 系统运行噪音不超过55分贝; 每年可处理100万吨建筑垃圾, 每年可减少耕地占用210余亩。
6	自动化集装箱码头自动导引车(AGV)分布式浅充浅放循环充电系统	先进装备制造	AGV分布式浅充浅放循环充电系统由电池动力系统、电池管理系统、车载集电器、地面供电滑触线、上位管理系统等组成, 无需建设换电站、备用车辆和备用电池, 最大程度降低投资; 无需停车补充电能, 不占用额外时间进行充电, 最大程度提高AGV作业效率; 单车电池容量小, 最大程度减轻AGV自重; 电池采用浅充浅放模式, 最大程度延长电池使用寿命。	AGV电池系统装机额定容量为120AH, 存储能量75kWh, 电池组重量1600kg, 额定电压634.8V, 码头生产控制系统(A-TOS)及设备管理系统(ECS)实时对AGV循环充电进行管理, 使AGV电池组SOC始终控制在45%-85%的最优区间, 电池使用寿命超过10年。	案例: 山东港口青岛港自动化码头项目。建设规模: 83台AGV设备应用分布式浅充浅放循环充电系统。生态效益: 节省换电站建设费用约1.2亿元, 设备自重降低12吨, 按照年度500万TEU吞吐量计算, 年减排二氧化碳11979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
7	一种余热回收利用装置技术	节能降碳改造	对公司工艺介质余热、废热以水媒介形式进行回收，建立独立热媒水系统，代替蒸汽作为塔底再沸器热源，节约蒸汽使用量。	热水温度 75℃-95℃，丙烯分离塔塔底温度在 50℃-65℃之间。	案例 1: 京博石化能效梯级利用项目。建设规模: 系统运行量 2250t/h, 对全厂余热、废热进行回收生产 95℃热媒水, 代替低压蒸汽供应热阱。生态效益: 年节标煤 6.2 万吨, 年减排二氧化碳 12.4 万吨。 案例 2: 京博石化三气分装置热媒水管网改造项目。建设规模: 建立 56℃-78℃低温热水系统, 循环量 1250t/h, 提升装置余热利用率, 节约低压蒸汽 4.2t/h。生态效益: 年节标煤 1.3 万吨, 年减排二氧化碳 2.7 万吨。
8	电站锅炉节能装置	节能降碳改造	针对大型电站蒸汽锅炉, 利用高能物理材料和永磁材料相结合, 采用自主研发设计的串联多极式特殊磁路对锅炉用水进行深度处理, 极大削弱水分子间作用力, 降低水的汽化潜热, 减少水生成水蒸汽时的能耗, 提高了锅炉的蒸发速率和效率, 节能效果显著, 实现锅炉本体和控制系统节能传统路径的新突破。	中高压、超高压锅炉, 加装电站锅炉节能器后用煤量降低 3%左右; 亚临界锅炉, 加装电站锅炉节能器后用煤量降低 2%-3%; 水压阻力小于 0.03MPa。	案例 1: 山东福洋生物科技股份有限公司蒸汽锅炉项目。建设规模: 对 YG-90/5.29-M37 2#硫化床锅炉进行节能改造。生态效益: 节能改造后, 锅炉效率提高 1.84%, 年节标煤 1000 吨, 年减排二氧化碳约 2660 吨。 案例 2: 山东鲁北集团无棣众城供热有限公司项目。建设规模: 一台 HR-410/9.8 型高压自然循环固态炉渣炉加装电站锅炉节能装置。生态效益: 节能改造后, 锅炉效率提高 1.33%, 年节标煤 5000 吨, 年减排二氧化碳约 13300 吨。
9	化工园区余热高效利用及城市清洁供暖示范技术	节能降碳改造	化工园区余热高效利用系统集成技术开发低品位余热综合利用系统集成技术, 解决传统单一装置内部集成不匹配, 能量利用率低, 再利用成本高的行业难题。余热能量高效低成本转换关键设备与设备及系统厂商合作, 开发低传热温差、大功率热泵核心装备, 解决低温余热利用设备因占地面积大、投资高带来的产能有限、经济性差的问题。化工装置余热梯级回收再利用技术开发低温余热工业化利用工艺包, 并实施于万华烟台产业园异氰酸酯产业链余热梯级回收再利用。	通过系统集成, 实现 80℃以下低温余热综合利用率为 28.1%, 远高于常规 ORC 发电 6%-10%能量利用率; 开发高效热泵系统, 传热系数达到 2000-4000W/m <sup>2</sup> /K, 为传统管壳式换热器的 3-5 倍, 温差由传统 5℃-6℃降至 2℃, 降低废热利用设备投资成本。	案例: 万华化学-河海综合智慧能源项目(一期)。建设规模: 设计年供热能力 500MW。生态效益: 项目年可实现约 1000 万平方米居民清洁供暖。

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	生物制药中间关键酶及中备的筛选应用	重点行业绿色低碳转型	针对具有应用价值的医药中间体，开展酶的关键技术和产业化研究。利用计算机辅助设计，结合随机突变、理性筛选等方法对酶进行改造，筛选得到耐碱性的7β-羟基类固醇脱氢酶和葡萄糖脱氢酶，攻克了原料在酸性和中性条件下溶解度低的难题；建立工程菌高密度细胞培养技术，解决可溶性表达效率低等问题；开发偶联辅酶再生转化体系，解决了多酶反应协同困难的问题。建立了转化与质量控制方法，完成了熊去胆酸、羟基酪醇等产品的绿色智能制备升级。	菌种库>120种，高密度发酵湿重>150g/L，底物转化率>99%，产品纯度>98%，建立了熊去氧胆酸等5个产品的酶催化工艺和关键中间体质量控制体系。	案例：山东海佑福瑞达制药有限公司生物法合成医药中间体项目。建设规模：年产150吨医药产品生产线。生态效益：年有机溶剂使用量减少85%，年减排二氧化碳230吨。
11	用于高温处理气体的陶瓷膜过滤装置	重点行业绿色低碳转型	高温碳化硅陶瓷膜过滤装置配备自动反吹系统，可在线清扫滤砖，延长系统寿命至6-8年。其核心元件为自主研发的碳化硅蜂巢滤砖，具有耐高温、耐化学腐蚀和高精度过滤性能，性能全球领先，可完全替代进口产品，实现国产化。滤砖通过金属框架加固，横向和纵向强度高，解决了传统陶瓷滤芯易断裂的问题。叠加式排布设计使过滤模组更紧凑，节省50%以上空间，同时降低投资成本。	用于高温气体处理的碳化硅陶瓷膜过滤装置过滤精度为亚微米及以上粉尘颗粒；过滤后的粉尘浓度低于5mg/Nm <sup>3</sup> (达到欧盟排放标准)；过滤器过滤过程的压差比传统滤芯小，基本在5kPa以下；使用温度可以高达到800℃。	案例1：中晋太行矿业有限公司焦炉煤气过滤系统项目。建设规模：1套高温碳化硅陶瓷膜过滤装置，工艺气流量：32000Nm <sup>3</sup> /h。生态效益：出口含尘量<0.3mg/Nm <sup>3</sup> ，年减排78.7吨固体颗粒，多产生3.2万吨蒸汽，节约标煤6304吨，减排二氧化碳23136吨。 案例2：万华化学集团股份有限公司DCB催化剂过滤器系统项目。建设规模：1套高温碳化硅陶瓷膜过滤装置，工艺气流量：65000Nm <sup>3</sup> /h。生态效益：出口含尘量<5mg/Nm <sup>3</sup> ，年减排52吨固体颗粒，多产生6.4万吨蒸汽，节约标煤12608吨，减排二氧化碳46271吨。
12	1,2-丙二醇和碳酸二甲酯绿色生产关键技术研究与应用	重点行业绿色低碳转型	开发了适用于酯交换反应的以多孔球状氧化铝为载体、负载碳酸钾和碳酸钠的催化剂。通过“热泵精馏+废气供能+连续精馏”集成设计，实现各工艺装置以及废气的余热回收利用。通过采用降温结晶、升温发汗、熔化等技术，实现了碳酸二甲酯产品升级；通过加入无水乙醇、水萃取分离，制备出医药级1,2-丙二醇。	新型催化剂可循环次数≥10次，热传递效率提高30%以上，减少物料损失10%以上，节约蒸汽单耗70%以上。	案例：山东德普新材料科技股份有限公司年产20万吨碳酸二甲酯及系列产品生产项目。建设规模：年产碳酸二甲酯20万吨，1,2-丙二醇17万吨。生态效益：年消纳二氧化碳9.8万吨。

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
13	矿山机械用低速大扭矩电机	重点行业绿色低碳转型	<p>针对矿山机械领域重载机械传动设备中广泛使用的感应电机+减速机构模式存在的整体效率低、系统控制精度差、故障率高及维护性差等问题，研发高转矩密度、高效率、低转矩波动的低速大转矩永磁直驱电机直驱结构，利用新磁性材料和面向高转矩密度电机的最优设计与制造工艺，在破碎机、浮选机、磨矿机等选矿设备中取消减速器、皮带、链条等高速传动机构，减少维护部件数量，简化传动链，进而提升传动系统效率及可靠性，达到节能降碳、降低运维成本的目的。</p>	<p>额定功率 15kW-300kW，转速 100rpm-500rpm，能效等级 IE5 系列永磁电机及系统，省去中间机械传动装置，具有 2 倍以上过载能力，功率因数不低于 0.96，速度控制误差小于 2%，永磁体平均磁通年衰减不超过 0.15%，使用寿命不低于 15 年。</p>	<p>案例：烟台中嘉矿业有限公司金矿选厂项目。建设规模：6000 吨/日处理能力充气式联合浮选机组。生态效益：单台节电 15%以上，年减排二氧化碳超 1435 吨。</p>
14	碳酸有机醇胺盐类化合物的发泡技术	温室气体控制	<p>碳酸有机醇胺盐类化合物作为发泡剂用于聚氨酯泡沫领域。该聚氨酯化学发泡剂是一种可以与异氰酸酯发生化学反应放出二氧化碳应用于聚氨酯化学发泡的有机化合物，它的分子结构和生产过程中均不涉及卤素元素，制备的泡沫材料导热系数、尺寸稳定性等综合性能优良，是中国原创、独有的专利技术和产品。该技术实现了聚氨酯泡沫制备中由物理发泡向化学发泡的转变。它的推广应用对淘汰氯氟烃物质、保护大气臭氧、减少温室气体排放具有重要意义。</p>	<p>该发泡剂分子本身以及生产过程均不涉及卤素元素，ODP(消耗臭氧层潜能值)为零，GWP(全球变暖潜能值)为零，无 VOC 排放，环保性能优异。</p>	<p>案例：烟台顺达聚氨酯有限公司在建筑喷涂保温行业应用聚氨酯化学发泡剂项目。建设规模：年产 800 吨无氯氟聚氨酯化学发泡剂。生态效益：每年至少减少 584000 吨二氧化碳当量的排放；减排 1000 吨以上可挥发性有机化合物 (VOCs)。</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
<b>二、环境保护产业</b>					
1	健康环保型超纤内饰材料	先进环保装备和原材料制造	以直纺型超细纤维为原料,结合天然真皮三维仿真结构设计,采用抄造和水刺加固技术,形成高密度超纤非织造基布,后经水性聚氨酯功能整理,最终形成健康环保型超纤内饰材料。较传统超纤材料,全流程无有害化学试剂使用,产品生产过程和使用过程健康环保。	制品气味 $\leq 3.5$ 级,制品撕破强力 $\geq 30N$ ,制品断裂强力 $\geq 450N$ ,制品总碳挥发 $\leq 20\mu gC/g$ ,制品雾化值 $\leq 3mg$ 。	案例 1:临沂昱洁新材料有限公司年产 3000 万平米环保型超细纤维复合材料项目。建设规模:年产 3000 万平米环保型超细纤维复合材料。生态效益:无 DMF 有害气体排放,节约标煤 369 吨。 案例 2:山东昌诺新材料科技有限公司年产 400 万平方米新型超细纤维复合汽车内饰材料项目。建设规模:年产 400 万平方米超细纤维复合汽车内饰材料。生态效益:无 DMF 有害气体排放,节约标煤 197 吨。
2	钢轧区域多污染物协同高效处理技术	大气污染治理	围绕钢铁生产流程中炼钢区域和轧钢区域的超低排放改造,利用实验研究、模拟仿真等手段,分析多场协同脱除过程中尘/雾等多污染物的受力、荷电、运动、脱除等基本规律与关键影响因素,开发出具有自主知识产权的高效粉尘抑制、陶瓷过滤、尘雾多污染物精准捕集、多级除尘、末端集成治理等系列高效协同处理集成装置,实现了污染物的高效、低能耗处理与超低达标排放。	炼钢连铸火焰切割区域粉尘浓度小于 $4mg/Nm^3$ ,轧钢区域粉尘颗粒物排放浓度小于 $1mg/Nm^3$ ,油雾排放浓度小于 $0.1mg/Nm^3$ 。	案例 1:山钢股份莱芜分公司型钢冷锯区域多污染物协同处理项目。建设规模:总功率 30kw,入口风量 3 万 $Nm^3/h$ ,电场长度 1m。生态效益:烟气排放口粉尘小于浓度 $1mg/Nm^3$ ,油雾浓度小于 $0.1mg/Nm^3$ 。 案例 2:山钢股份莱芜分公司特钢 50 吨电炉连铸火切机除尘项目。建设规模:吸尘风机额定频率 100kw,吸尘风量 5 万 $Nm^3/h$ ,抑尘喷嘴 36 个。生态效益:火切机区域粉尘浓度由 $57.3mg/Nm^3$ (最高点)降低至 $3.4mg/Nm^3$ (最高点)。
3	湿法脱硫除尘超净一体化技术	大气污染治理	利用自主研发的扰动、氧化、湍流托盘、喷淋等专利技术,降低能耗,提高脱硫效率;利用气液分离、高效除雾、直喷冷凝、超净等专利技术,设计了一塔多级独立运行结构,实现了一塔多级分层组合处理工艺。各级独立运行的循环浆液实现 PH 值分区控制。脱硫浆液、冷凝水、除雾器冲洗水、超净装置用水各自形成独立循环系统,各级工艺循环液自下而上,由浊至清,逐级吸收烟气中的污染物,并对烟气中的可凝结颗粒物(CPM)进行高效混合、洗涤稀释、降温凝并、高速分离,最终实现二氧化硫、颗粒物超低排放及烟气冷凝降温。	排放指标达到:二氧化硫 $\leq 15mg/m^3$ (二氧化硫国家排放标准 $\leq 35mg/m^3$ ,排放量比国家标准减少 57%);颗粒物 $\leq 5mg/m^3$ (颗粒物国家排放标准 $\leq 10mg/m^3$ ,排放量比国家标准减少 50%);冷凝标准:出口烟气温度比常温高 $10^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ 满足了后置 SCR 脱硝最适宜温度;喷淋层设计覆盖率:200%,脱硫效率达到 99%以上;气液分离系统:去除液滴、雾滴效率达到 90%以上;超净系统除尘效率达到 95%以上。	案例 1:广西贵港钢铁集团有限公司“三电场除尘器-风机-烟气湿法脱硫除尘直喷冷凝一体吸收塔-烟囱”石灰石-石膏湿法烟气脱硫除尘项目。建设规模:120 万吨/年球团技术改造。生态效益:可节约电 30%左右,每小时节约系统补充水 20%-50%左右。 案例 2:九江方大萍钢钢铁有限公司湿法脱硫除尘改造项目。建设规模:238 平方米烧结机脱硫改造。生态效益:可节电 30%左右,每小时节约系统补充水 20%-30%左右。

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
4	一种旋流湿式高效除尘装置	大气污染治理	该技术在工业湿烟气超低排放治理中处于国内领先水平。当含尘湿烟气通过风机吸引力在塔内向上攀升，先进入循环水喷淋层后再进入该塔除尘仓，除尘仓底部设有烟气导流板，迫使烟气进行旋转，除尘仓内部设有凹凸吸附球群，烟气进入后做N次变速变向S型上升运动，并使吸附球自转及围绕定向柱公转，烟尘在吸附球表面聚集、凝结形成液膜和液滴，再通过重力作用沉降到底完成整个颗粒物去除过程。	除尘效率高达98%，客户减少投资40%、不用电，无安全隐患，无需人员值守自行运行，安装工期短2-5天，使用寿命长10年，可替代湿式电除尘。工业湿烟气入口颗粒物浓度 $\leq 200\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，通过改造后均能达到 $< 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的超低排放标准。	案例1：娄烦县热源厂锅炉超低排放环保提标改造项目。建设规模：3台58MW链条锅炉进行除尘改造，烟气流速 $80\text{m}^3/\text{h}$ ，入脱硫塔颗粒物 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，直接在脱硫塔内安装了二级该除尘装置，出口颗粒物 $< 7\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。生态效益：年节省电费及运维费用210万元，年减排颗粒物300吨。 案例2：山西建邦集团铸造有限公司 $180\text{m}^3$ 烧结机烟尘超低排放治理。建设规模：烟气流速 $110\text{m}^3/\text{h}$ ，入脱硫塔颗粒物 $170\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，直接在脱硫塔内安装了三级该除尘装置，出口颗粒物 $< 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。生态效益：年节省电费及运维费用320万元，年减排颗粒物1450吨。
5	高氨氮废水节能低碳生物脱氮关键技术	水污染治理	针对传统生物脱氮技术功能菌种富集与调控理论研究薄弱、节能低碳技术缺乏、核心产品空白、设备智能化和适用性差等问题研发了节能低碳生物脱氮关键技术、产品及配套装配式设备，构建了高氨氮废水节能低碳生物脱氮关键技术产业化体系。关键自养生物脱氮技术以厌氧氨氧化技术为核心，辅以合适的启动策略和独创的运行方案，可大幅缩短调试周期，提高氮素去除率及氮素去除负荷，经济效益、环境效益、社会效益均非常显著。	较传统脱氮工艺，该技术氨氮去除率95%以上，总氮去除率85%以上。同时空间需求减少50%，能耗减少60%，剩余污泥量减少70%。	案例1：绥化象屿金谷生化科技有限公司污水处理项目。建设规模：污水处理规模 $15000\text{m}^3/\text{d}$ 。生态效益：年削减氮素达3613吨，总氮去除率90%以上，年减排二氧化碳5.5万吨。 案例2：山东隆科特酶制剂有限公司污水处理项目。建设规模：污水处理规模 $1800\text{m}^3/\text{d}$ 。生态效益：年削减氮素达299吨，总氮去除率90%以上，能耗减少60%，剩余污泥量减少70%。
6	基于火山岩填料强化潜流人工湿地处理技术	水污染治理	针对人工湿地进水氮磷含量较高的问题，形成潜流湿地强化处理技术：潜流湿地特设火山岩填料层，通过优化湿地空间构型及填料级配提升湿地反硝化能力和除磷能力，增强潜流湿地的处理效果，节约人工湿地占地面积，延缓堵塞并增加人工湿地的检修间隔和生命周期，减少人工湿地堵塞后的换填范围与成本。同时，本技术提出潜流人工湿地系统中汛期对初期雨水的处理方法及潜流湿地快速构筑技术。	与常规湿地技术相比，提升cod等污染物去除效率不低于15%，节省占地不低于10%。主要参数：水力负荷 $q=0.5-1.0\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ；水力停留时间 $\text{HRT}=0.4-1\text{d}$ 。	案例1：吴忠市第一污水处理厂尾水水质提升工程总承包项目。建设规模：对入黄水质进行深度处理，工程日处理能力6万立方米。生态效益：每年可削减化学需氧量(CODCr)总量约438吨、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )总量约76.65吨。 案例2：张家川县城区生活污水处理厂人工湿地及后川河生态修复工程EPC总承包项目。建设规模：对张家川回族自治县城区生活污水处理厂尾水进行深度处理，工程日处理能力9000立方米。生态效益：每年可削减化学需氧量(CODCr)74.46吨、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )11.85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
7	钢铁企业含铁含锌尘泥综合利用技术	其他污染治理和环境综合整治	<p>钢铁企业产生的各类除尘灰等含铁、含锌物料配加碳还原剂送入回转窑加热，采用碳基直接还原工艺将原料中铁氧化物还原为金属化球团直接热送转炉炼钢使用，副产次氧化锌粉和饱和蒸汽。通过独创的多元素熔点控制技术、回转窑内温度场的热平衡控制技术、有价元素反应迁移及烟气系统粉尘控制技术，实现了回转窑铁元素还原率提升至最高80%以上。金属化球团直接进转炉炼钢生产，减少了烧结及高炉流程工序加工成本和能耗，具有较高的经济效益、节能效益和碳减排效益。</p>	<p>金属化球团（金属化率 &gt; 60%）直接热送转炉炼钢（铁元素吸收率 &gt; 75%），脱锌率 &gt; 95%，饱和蒸汽（200℃、1.0MPa）产量 &gt; 0.8t/吨原料。</p>	<p>案例 1：石横特钢 20 万吨/年含铁含锌尘泥综合利用项目，年产 16 万吨金属化球团热送转炉炼钢生产 7.27 万吨钢水、提取次氧化锌粉 3000 吨、副产饱和蒸汽 16.6 万吨。生态效益：年节标煤 2.6 万吨，年减排二氧化碳 6.5 万吨。 案例 2：日照钢铁 40 万吨/年含铁含锌尘泥综合利用项目，年产 30 万吨金属化球团生产钢水 13.6 万吨、提取次氧化锌粉 5200 吨、副产饱和蒸汽 15 万吨。生态效益：年节标煤 5 万吨，年减排二氧化碳 11 万吨。</p>
8	一种降低排放的湿型铸造黏土型砂辅料及其制备方法	其他污染治理和环境综合整治	<p>本技术利用植物生态材料、膨润土等为原料，应用有机-无机粉体杂化技术，开发出生态型铸造辅料，完全替代煤粉和膨润土，解决了树脂砂芯砂代新砂问题，从而减少新砂加入量、废砂排放和烟尘排放。应用本技术，不但减少了铸造过程中的有毒气体排放，节约优质原砂，提高旧砂的复用性，减少废砂排放，而且提高了铸造成品率、铸件力学性能和表面质量。本技术产品“铸元素”系列材料获第十六届中国国际铸造博览会全国铸造材料金鼎奖。</p>	<p>实现湿型砂铸造生产中型砂湿压强度不低于 90kPa，热湿拉强度不低于 4kPa，微挥发不高于 12%，挥发份介于 12-20 之间，技术产品加入量低于 0.8%，废砂排出量减少 80%，新砂加入量减少 80% 以上。</p>	<p>案例：龙口海盟机械有限公司粘土砂铸造生产线项目。建设规模：年产 20 万吨汽车零部件。生态效益：使用铸元素后造型车间浇注段烟气明显降低，消除了车间原工艺硫及煤焦油味浓度；铸元素添加量较原工艺降低 40%，砂处理工段每天的除尘灰排放降低 70% 以上，大大减少了环境污染。</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
<b>三、资源循环利用产业</b>					
1	深度凝水除雾环保技术	资源循环利用装备制造	采用分层冷却、干式预冷、深度湿冷创新技术，开发了具有世界先进水平的消雾节水核心部件及配套智能控制系统，解决冷却过程采用节水技术时导致冷效降低的技术难题。采用竖向菱形凝雾组件、干湿间隔布置创新技术，构建了可用于各种冷却塔的系列湿空气凝雾模块，解决冷却塔内部有限空间内布置更多的凝雾模块的技术难题。基于大数据原理，根据不同的应用场景及工艺特点、气象条件、热负荷情况、水质情况和综合换热效率，实现节水、节能、综合优化、运营、诊断的维保一体化。	节水率≥20%、节能率20%-40%、雾羽消除率≥95%、冷却效率≥98%、漂水率0.0001%、噪音78dB(A)。	案例1：盛虹炼化一体化项目公用工程循环水场冷却塔项目。建设规模：XWGFNS-5000m <sup>3</sup> *122台。生态效益：项目年节水1464万吨，年节电8491.2万度，折合标煤1.17万吨，减排二氧化碳3.06万吨。 案例2：万华化学冷却塔消雾节水改造项目。建设规模：XWGFNS-5000m <sup>3</sup> *172台。生态效益：项目年节水2064万吨，年节电1.2亿度，折合标煤3.3万吨，减排二氧化碳8.7万吨。
2	固废综合利用装配式绿色智能建筑墙体技术	资源循环利用装备制造	装配式建筑绿色墙材是以石英砂尾矿、粉煤灰、工业副产石膏、石粉等固体废物为主料，加入水、发泡剂及稳泡剂等，经化学反应形成孔隙，通过浇注成型、静养切割、蒸压养护等工艺制成的轻质硅酸盐板材制品。产品固废料占比超过80%，该墙板生产线固体废弃物综合利用率，墙板质量可靠稳定，在强度、干密度、导热系数、耐久性等使用性能方面具有较大的优势。	固体废物利用率高、墙材质量好的绿色建材配方20个，固废综合利用装配式建筑绿色墙材生产工艺1个，年产能50万平方米板/砌块，板材强度≥3.5MPa，长宽高尺寸精度≤±1mm，光洁度：光照条件下无明显波浪纹。	案例1：山东天意机械股份有限公司宁夏绿筑年产40万立方装配式建筑绿色墙材生产项目。建设规模：安装高速搅拌机、翻转吊机等设备26台套，年产量40万立方米。生态效益：项目年利用粉煤灰、石英砂尾矿、石粉等固体废物15万吨，年利用工业副产石膏1万吨。 案例2：山东卓越精工集团有限公司三亚装配式建筑构件生产基地项目。建设规模：占地约158亩，安装高速搅拌机、翻转吊机、切割机组等设备37台套，年产量50万立方米。生态效益：项目年利用粉煤灰、石英砂尾矿、石粉等固体废物18.7万吨，年利用工业副产石膏1.25万吨。
3	啤酒高浓废水与市政污水协同处理资源化关键技术	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。	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。 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。

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
4	脱稳耦合平板膜法矿井水零排放技术	资源循环利用	采用“高密池+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。其中高密池耦合磁分离技术、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。本技术打破了传统“双膜法”处理药剂量大、固废多、能耗高的工艺痼疾，突破了国内外技术壁垒，开创了“脱稳耦合平板膜法”在矿井水处理的先河，具有典型示范作用。	以处理能力4500—4800吨/(天/台)为例，出水水质各项指标如下：悬浮物未检出、COD <sub>Cr</sub> ≤ 100mg/L、硫酸盐 ≤ 150mg/L、氯化物 ≤ 250mg/L、溶解性总固体 ≤ 700mg/L、总硬度 ≤ 100mg/L、氟 ≤ 2mg/L。	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。 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，副产物品质达到工业I类一等品标准。
5	无机矿物质铸件技术	资源循环利用	无机聚合物矿物质铸件技术选用国内的优质岩石骨料为主料，通过优选配方按照严格生产工艺，将核心粉料、骨料及其它材料按比例混合搅拌后注入模具。全过程采用常温铸造工艺，常温自密实浇筑，无需加热、振动等工序，生产耗电量较铸铁每吨节约100度，无废气废水排放，成品无需热时效，实现低排放绿色无污染制造；使用矿物铸件材料可减少对天然矿石资源的开采，利于自然资源保护。最终形成的无机矿物材料铸件产品，热传导是铸铁的1/20，比热容是铸铁的2.1倍，可实现0.1mm/m以下铸造精度，加工质量提高20%，刀具寿命提高10%，可替代传统铸铁件材料。	密度 2.55g/cm <sup>3</sup> ，阻尼系数 0.02-0.03，泊松比 0.2，热传导率 2.5W/(m·k)，比热容 1050J/(kg·°C)。	案例1：山东克莱蒙特新材料科技有限公司“年产10万吨机械用高性能矿物质材料绿色生产”项目。建设规模：4台(套)无机矿物质铸件材料生产设备，实现年产10万吨产量。生态效益：年节标煤150吨。 案例2：山东蒂德精密机床有限公司“1200台高档精密数控机床数字化生产”技术改造项目。建设规模：年产1200台高档数控加工中心(无铸造、锻造工艺)。生态效益：年节标煤150吨。
6	全膜法三洗水过滤回收技术	资源循环利用	项目采用“两级超滤+冷却塔+纳滤预脱盐+反渗透深度脱盐”的工艺，配置了一级超滤(浸没式)4套，二级超滤(外压柱式)2套，纳滤装置2套，反渗透装置2套及其他的配套设备。根据纳滤膜分离高浓度硫酸钠渗透压低的特点，用其作为预脱盐，大幅度降低电耗。本系统采用浸没式超滤作为一级超滤膜过滤，其可以耐受较高的悬浮物浓度，在不加任何助凝剂的情况下，提高了外排反洗水的钛白粉浓度，更有利于回收钛白粉。	采用低压分离膜进行预脱盐，脱盐率98%以上，渗透压比常规反渗透膜降低了40%。采用反渗透膜作为深度脱盐，产水电导率低于10μS/cm。三洗水的回收率可以达到80%以上，处理费用比常规的反渗透工艺降低40%，回收率提高一倍。大幅降低电耗50%。	案例1：内蒙古国城三洗水回用BOT项目。建设规模：总投资3010万元，三洗废水处理水量为375m <sup>3</sup> /h，晶种制备稀碱液处理水量为15m <sup>3</sup> /h。生态效益：每年节约新鲜水取水400万立方米，回收钛白粉3000吨，减排二氧化碳2.24万吨。 案例2：徐州钛白三洗水回用BOT项目。建设规模：总投资586万元，按照514三洗水1200m <sup>3</sup> /d的处理水量。生态效益：每年节约新鲜水取水50万立方米，回收钛白粉30吨，减排二氧化碳0.28万吨。

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
7	一种变截面好氧发酵搅拌曝气装置	资源循环利用	变截面好氧发酵搅拌曝气装置，搅拌桨叶采用径向上渐变的变截面结构特点，大幅度降低危险截面上的最大弯曲应力，提高整体桨叶的承载能力，变截面结构节约原材料，降低制造成本；变截面的有效面积，在主轴与罐体径向方向上递增排列布置曝气孔数同时变截面桨叶弯板的后弯部分对曝气进行再分布作用，加大了曝气与物料接触面积，提高曝气效率，进而提高好氧发酵整体处理效率和效果。	桨叶沿径向呈渐变截面结构，最大截面与最小截面比为1.2-3倍；桨叶立板厚度约为弯板厚度3-5倍，底板厚度2-6倍。好氧发酵周期缩短至7天，曝气效率提高15%，搅拌能耗降低10%。HJ120型配套设备容量120立方米，日处理量可达15立方米，日产出量6.8吨；HJ90型配套设备容量90立方米，日处理量达12立方米，日产出量5.4吨。	案例：济宁金泽惠农绿色能源有限公司生物质综合利用项目。建设规模：3座HJ-90型变截面好氧发酵搅拌曝气装置罐，年处理粪污6000吨，年产有机肥2600吨。生态效益：年减排二氧化碳995.8吨（其中，节能减排85.8吨，粪污管理减排约910吨）。

#### 四、能源绿色低碳转型

1	预应力钢管塔架关键技术	新能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节点疲劳，将钢结构塔身下部设计为构架式方式增强刚度，采用四点式承重分布减少塔架实际占地面积，可以跨灌渠、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5m×5m；柱墩实际外露面积<6m <sup>2</sup> 。	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。 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。
---	-------------	-------------	---	---	---

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	磷酸铁锂电池箱式液冷系统研究	新能源装备制造	首创采用模块冷板精确设计、三级管路系统被动流量均衡设计及除湿风道整舱均匀送风除湿设计等技术融合。通过一二级管路流量被动均衡控制手段，满足舱内所有模块冷却液流量差异小于10%，通过仿真迭代优化和试验验证等手段保障单簇内电芯温差 $\leq 3^{\circ}\text{C}$ ，舱内所有电芯温差 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的设计目标。	系统能量密度提升30%，占地面积减少35%；温控水平达到模块温差 $2^{\circ}\text{C}$ ，簇内温差 $3^{\circ}\text{C}$ ，系统温差 $5^{\circ}\text{C}$ 的温差目标；辅助损耗降低20%。	案例1: 甘肃临泽500MW光伏治沙项目。建设规模: 500MW光伏发电, 配备40MW/80MWh液冷储能系统, 年发电量1.8亿千瓦时。生态效益: 节约标煤5.2万吨, 减少二氧化碳排放13.4万吨、二氧化硫105.4万吨; 减少土壤水分蒸发20%-30%。 案例2: 江西宜春宜丰县石涌100MW渔光互补项目。建设规模: 100MW光伏发电。生态效益: 利用本地资源禀赋响应电网高峰和调频辅助业务, 有效缓解用电不足。
3	兆瓦级先进压缩空气储能技术	新能源装备制造	百兆瓦级先进压缩空气储能技术采用自主研发的蓄热式压缩空气储能技术, 突破了100-300MW级先进压缩空气储能全套核心技术, 包括系统优化设计、多级高负荷透平膨胀机、多级宽负荷压缩机、高效紧凑式蓄热换热器等。具有规模大、成本低、寿命长、清洁无污染、安全可靠等优势, 是极具发展潜力的长时大规模储能技术, 可实现电力系统调峰、调相、调频、旋转备用、黑启动等多项功能, 可有效促进清洁能源开发消纳、支撑电力系统稳定运行, 提高电力系统运行的效率、安全性和经济性。	系统单机功率100MW-300MW, 系统额定效率 $>70\%$ , 系统寿 $>30$ 年, 系统启动时间6-8分钟。	案例: 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, 年节标煤约18.9万吨, 减排二氧化碳约49万吨。
4	可再生甲醇制氢模块化应用技术	清洁能源建设和运营	甲醇制氢技术采用低温甲醇重整制氢和模式纯化一体化技术工艺, 将可再生甲醇转化后, 直供低压、纯度99.97%以上的高纯氢气; 运行过程中热能回收自用, 单位氢气能耗低; 将低压产氢模块和氢燃料电池直连组成一体发电模块, 低压高纯氢可直接输入氢燃料电池发电, 全过程氢气无需增压能耗, 按负荷需求制氢发电即产即用, 热电联产综合效率高于80%。	模块化甲醇制氢系统: 产氢能力100、200、600、1000kg/天; 氢气纯度 $>99.97\%$ ; 综合效率 $>80\%$ 。 模块化甲醇氢电系统: 额定功率100、500、1000kW; 发电效率 $>50\%$ ; 综合效率 $>80\%$ 。	案例1: 青岛阳氢集团甲醇制氢供氢项目。建设规模: 日制加氢能力200kg。生态效益: 与传统高压运氢供氢站相比, 本项目若满载运行, 二氧化碳排放量降低70%, 全生命周期零碳排放, 年年减排二氧化碳150吨以上。若用于日制加氢能力1000kg及以上规模的项目, 减碳效益显著。 案例2: 青岛市轨道加氢产业园甲醇氢能微电网项目。建设规模: 一期300kW, 二期1MW。生态效益: 与柴油发电机相比, 全过程无氮氧化物和硫化物等污染物排放, 终端用电碳排放降低45%以上, 1MW项目满功率发电年减排二氧化碳300吨以上。

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
5	融合电动汽车、电网、电厂、电动汽车的虚拟电厂技术	能源系统安全高效运行	采用云边协同方案，建设虚拟电厂运营平台，以其为载体整合充电、微网和外部资源，充分释放电动汽车的灵活性潜力，保证电力系统安全稳定运行。在技术上实现考虑微电网参与虚拟电厂的“激励-响应”多方博弈微电网内分层调度和交易优化，云端在线优化微电网储能、电动汽车充放电功率；构建边缘端嵌入式软硬件平台，建立层次化的边缘计算体系架构，实现高可用分布式数据的灵活接入和低延时云边协同响应。	边缘设备动作时间小于40ms、边缘设备控制周期10ms-100ms、边缘控制策略支持并网、离网等多种应用场景、云端优化调度对象数≥32个/项目、云端优化调度周期1小时/次、光伏预测精度≥85%、负荷预测精度≥85%、微网系统架构和组件标准化、微网系统核心部件系列化。	案例1：天府软件园光储充放智慧微网项目。建设规模：配置1套120kW/150kWh梯次储能系统、1套52kWp碲化镉光伏雨棚、1台1250kVA充电箱变和1台微网箱变，两个液冷超级充电车位、33个直流快充车位和4个V2G充放电车位。生态效益：项目累计发电量29217kWh，节煤量11.69吨标准煤，年减排二氧化碳8.3吨。 案例2：上汽安亭梯次电池微电网项目。建设规模：安装光伏容量39kWp，梯次电池采用4块电池包，PACK标称电量51.2kWh，总电量205kWh左右，配置150kW拖9的充放电系统以及45kW的充电系统。生态效益：累计发电量55341kWh，节煤量17.38吨标准煤，年减排二氧化碳12.1吨。
6	以飞轮为核心的绿色储能技术	能源系统安全高效运行	飞轮储能技术是一种大功率、快响应、高频次、长寿命的机械类储能技术，MW级飞轮储能系统产品具有完全自主知识产权，在安全性、可靠性等方面具有显著优势，关键技术包括高功率密度/高能量密度飞轮电机技术、低损耗高承载力混合磁轴承技术、低谐波脉冲式变流器、大惯量一体式飞轮转子和大容量高效飞轮集成技术等。	功率1MW、容量40MJ、系统效率90.03%、充放电响应时间<10ms、噪声72.5dB、循环次数>1000万次。	案例1：青岛地铁3号线万年泉路站飞轮储能项目。建设规模：1个示范站点，共计2MW/30MJ。生态效益：年节电量约60万度，减排二氧化碳约600吨，折算标准煤242吨。 案例2：青岛地铁6号线一期工程飞轮储能型再生制动能量吸收装置项目。建设规模：全线4个站点，共计15MW/600MJ。生态效益：预计节省牵引用电约2亿度，减排二氧化碳约20万吨。
7	深地压缩空气储能系统关键技术	能源系统安全高效运行	本技术涵盖深地压缩空气储能硐室稳定性、多物理场气密性设计、过程系统工程建模和智能运维系统。通过优化地下储气硐室的力学设计和气密性结构，确保在高压条件下的安全性和可靠性。过程系统工程建模实现了地上地下系统的协调优化设计，提高了系统整体能效。智能运维系统通过实时监控、数据分析和智能控制，建立了高效、稳定的智能运维系统，保障长期运营中系统的安全与可靠。本技术储能容量大、储能时间长、灵活性高，可实现大规模、长时间能源存储与调节，通过地下空间再利用优化配置可再生能源，显著提升电网稳定性与能源利用效率。	压缩机压缩效率稳定在80%-90%，膨胀机释放效率稳定在75%-85%，系统额定效率≥70%，硐室储能容量达到5000立方米空气储量，系统响应时间稳定在30秒以内，系统在多次循环和长时间运行中性能参数稳定。	案例1：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，减排二氧化碳约49万吨。 案例2：甘肃酒泉玉门300MW压缩空气储能电站示范工程。建设规模：300MW/1800MWh。生态效益：项目每年可发电约5.9亿千瓦时，年节能量约17.7万吨标准煤，减排二氧化碳约58.8万吨。

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
<b>五、生态保护修复和利用</b>					
1	绿色生物包膜控制材料应用	生态农林牧业	探明了生物基材料液化可控缩聚反应机理，发明了超疏水、网络互穿增密和自修复增韧改性技术，破解了生物基材料成膜难、疏水性和致密性差等世界性难题；发明了高效雾化喷涂及多级动态变量包膜生产工艺技术和装备等，创制了生物基材料固化包膜控释技术，攻克了肥料颗粒包膜不均匀、易黏连的难题；发明了养分精准控释，破解了养分释放与作物需求匹配度低的难题。	与石化类膜材相比，生物基膜材疏水性提高 90.5%，膜孔隙率降低 20.6%，黏连率由 30.1‰降至 2.0‰，破裂率由 5%降至 1%，肥料养分控释期延长 20.1%以上。	案例 1: 金正大集团新型包膜缓控释肥与养分聚合缓释复合肥生产关键技术项目。建设规模: 近 3 年来生产绿色生物基包膜控释肥 40 万吨，累计推广超 800 万亩。生态效益: 氮素利用率平均提高 10 个百分点，节约尿素约 1.5 万吨，减排二氧化碳约 4 万吨。 案例 2: 山东润农种业科技有限公司一种光固化的包膜控释肥料及其制备方法项目。建设规模: 建立年产 5 万吨的生产线 1 条。生态效益: 累计生产新型包膜肥料约 2 万吨，减排二氧化碳约 5400 吨。
2	棉菌两熟绿色高效种植技术	生态农林牧业	该技术利用粉碎的棉花秸秆作为菌菇培养基主料在冬闲季节大田露地栽培赤松茸，赤松茸收获后将用过的基质扬肥还田，然后在晚春播种短季棉，实现短季棉与赤松茸一年两熟绿色高效循环种植，解决了传统植棉秸秆回收利用难，肥药投入大、收益偏低、残膜污染重等突出问题，实现了经济效益和生态效益的双提升。	该技术模式丰富了鲁西南两熟制高效棉田的种植模式，实现了鲁东北和鲁西北一熟制棉田种植制度的变革，平均亩产值高达 2 万元以上，亩纯收益过万元。较传统种植模式的肥药投入平均降低 30%以上，温室气体减少 20%以上，并减免了地膜使用，避免了残膜污染。	案例 1: 菏泽郓城棉椒菌“三元”生态高效种植项目。建设规模: 示范田面积 80 亩。生态效益: 在实现棉秆清洁高效利用的同时，减免了地膜使用，平均每亩减施氮肥 50%，农药减施 25%。 案例 2: 滨州重度盐碱地棉菌两熟生态高效循环种养示范项目。建设规模: 示范面积 300 亩。生态效益: 较传统春棉一熟种植减免了地膜使用，平均每亩减施氮肥 20%以上，土壤有机质年平均提高 10%以上，土壤盐度年平均降低 10%左右，有效改良盐碱地、提升地力。
3	低温等离子无药化种植技术	生态农林牧业	自研低温等离子超大功率土壤除虫机、水质酸化机和多功能植保机，获国家发明专利。通过安装于设施大棚内的低温等离子超大功率土壤除虫机、水质酸化机和多功能植保机实现无药化种植，利用不同原理的等离子发生器产生等离子体和等离子体活化水，对棚室内的空气、水、土壤进行科学化处理，全程杜绝农药和化肥使用，实用杀菌除虫率可达 90%以上，同时保护土壤和地下水，具有高效环保、节能减排的优点。	适用大棚面积 2.5 亩、功率 2.2KW、等离子活化水产量 2.5 m <sup>3</sup> /h、植表除菌率 90%、表层土壤除菌率 90%、空气除菌 90%、富氢水产量 2.0m <sup>3</sup> /h。	案例 1: 齐河绿源美东无药化种植示范项目。建设规模: 50 亩冬暖式大棚，全程使用低温等离子植保设备种植韭菜，杜绝农药和化肥的使用。生态效益: 年减排二氧化碳 97 吨。 案例 2: 平原启农无药化种植示范项目。建设规模: 30 亩冬暖式大棚，全程使用低温等离子植保设备种植蔬菜，杜绝农药和化肥的使用。生态效益: 年减排二氧化碳 58 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
<b>六、基础设施绿色升级</b>					
1	一种深基坑大尺寸围护结构及施工方法	建筑节能绿色建筑	综合“永临结合”和“预制装配”两项绿色建筑理念，发明了预制肋叠合墙、复合立柱和预应力叠合板三项技术，实现了深基坑支护结构与主体结构一体化建造，避免了临时结构废弃和拆除。预制方桩作为围护结构，后期与侧墙叠合共同形成主体侧墙；预制方柱作为临时立柱，后期与外包柱叠合共同形成主体结构柱；基坑内支撑和预制板与板上现浇层叠合共同形成结构顶板。本技术既可以简化工序，节约工期，又改善了施工环境。	围护桩内衬墙厚度由700mm减薄为400mm，预制桩成桩倾斜率3%；新型钻机效率提升2-3倍，噪音普遍低于50dB；桩基成孔精度水平5cm，竖向-10+5cm，垂直度3%；临时立柱截面常为400×400mm；预制板一般选择倒T形或倒π形截面，宽1500mm高450mm。	案例1：济南地铁1号线方特站项目。建设规模：总宽20m，长360m，总建筑面积18802.25平方米。生态效益：避免临时构件废弃，降低永久构件尺寸，侧墙厚度由700mm减至400mm，节约工期2-3个月，节约混凝土约9000方，节约造价1800万元，减排二氧化碳0.56万吨。 案例2：济南地铁2号线鲍山站项目。建设规模：总长247.6m，标准段宽度19.9m，底板埋深约17.5m。生态效益：避免临时构件废弃，降低永久构件尺寸。采用预制方桩，侧墙厚度减至400mm，省去临时钢支撑。节约混凝土约8000方，节约工期2个月，节约造价1200万元，减排二氧化碳0.5万吨。
2	AI+建筑节水低碳系统	建筑节能绿色建筑	运用人工智能、大数据、物联网、云计算等技术开展高端节能减碳，弥补建筑节能、安防、低碳、数智四方面短板。节能方面：节电措施多，AI节水措施为零（美国住宅年漏水超1万亿加仑）。安防方面：建筑火警有，漏水报警无（美国CHUBB：水灾损失更大，是火灾的8倍，盗窃的6倍；HomeAdvisor数据：单次漏水维修费为2566美元）。低碳方面：节水减碳量大（Wint：每方水产生23磅CO2，一个马桶年浪费水450万升，产生46吨CO2，等同一辆乘用车）。数智方面：用水数据价值大（相比用电，用水与人类行为更密切，人民日报点赞上海基于用水数据监护独居老人）。	该技术国内唯一，拥有自主知识产权，已入围两部委推广目录；系统由物联网仪表、数据平台和APP组成；漏水、浪费水、偷水在线报警并关阀，及时性更强，由美国产品的1.5小时降到5分钟，全球唯一实现滴漏、腐蚀渗漏等微小漏水检测；支持分时水价；更多用水数据价值挖掘；价格低、易安装、易使用。	案例1：北京城建集团项目开发过程中数智化节水改造项目。建设规模：30套。生态效益：在食堂、浴室、卫生间、施工作业面等场所及时报警并阻止698次漏水，节水超5000立方米，减少了漏水事故，保障了项目工期，督促建筑工人养成节约用水习惯。 案例2：青岛国际经济合作区建筑给水系统智慧化建设项目。建设规模：20套。生态效益：在管委办公楼和集团办公中心监控到28起跑冒滴漏事件和218次人为浪费水行为，节水超2000立方米，避免电脑、打印机等设备以及重要文件受损，促进机关工作人员养成节水低碳工作习惯。

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	新型镁质无机胶复合竹材与结构技术体系	建筑节能绿色建筑	<p>研发了采用微纳米改性硫氧镁无机胶粘接竹束制备新型复合竹绿色建材的新方法，建立了无机胶复合竹结构体系及设计理论，攻克了传统工程竹木材料与结构抗火性差的关键难题。通过微纳米改性技术改善硫氧镁无机胶的浸润性、粘结性和渗透性，增强其与竹束的协同工作能力，实现无机-有机双亲偶联，达到良好粘结的目的。通过竹材疏解、无机胶自动化配置、竹束辊压浸胶、冷压成型及养护等技术工艺，制备了改性硫氧镁无机胶复合竹材，并实现了中试规模化量产。主编中国工程建设标准化协会 CECS 标准《无机胶复合竹结构技术规程》，并开展了工程示范应用。</p>	<p>无机胶复合竹材料自重约为 12kN/m<sup>3</sup>，抗弯、顺纹抗压、顺纹抗拉强度分别可达 65 MPa、50 MPa 和 35MPa，燃烧性能为难燃性 B1 级，产烟毒性为准安全一级 ZA1 级，承重柱、梁耐火极限分别大于 3h 和 2h。适用于层数不宜超过 6 层且建筑高度不大于 24 m 的房屋建筑的建造。I 级无机胶复合竹结构建筑每个防火分区的最大允许建筑面积为 1800 平方米。</p>	<p>案例 1: 北京南苑森林公园森林书屋城市更新项目。建设规模: 单层文旅建筑, 建筑面积约 200 平方米。生态效益: 构配件工厂化预制, 装配施工周期短, 相比于传统建材显著降低碳排放。</p> <p>案例 2: 济南国际机场长途客运站扩建改造工程。建设规模: 二层无机胶复合竹框架结构, 总建筑面积约 540 平方米, 单方造价约为 6500-7000 元/平方米。生态效益: 采用固碳型无机胶复合竹预制构件装配式建造, 绿色环保, 增加竹材低碳高效利用价值。</p>