

《内蒙古自治区工业领域绿色低碳先进技术推广目录（2024年）》

一、工业节能技术

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
1	高效离心通风机	针对不同类型的生产工艺创新研制出“睿畅”系列高效节能型风机。风机效率超过国家标准GB19761-2020《通风机能效限定值及能效等级》规定的1级能效值；从用户企业现场“工艺需求”、“管网系统”、“原有基础与空间”等方面综合考虑，进行量身定制、精准选型、精细加工，可保障现场风机运行在高效区，运行效率较传统风机效率提升15%-20%。	通风、送风、排风等节能降碳技术。
2	高效复合陶瓷泵	高效复合陶瓷泵通过新开发水力模型，采用复合陶瓷材料，彻底解决渣浆泵运行效率低、使用寿命短、可靠性差的问题。	矿山的矿石选矿、尾矿处理和脱水等节能降碳技术。
3	高效永磁电机	通过定子绕组产生的磁场与转子永磁体磁场的相互作用，实现电能到机械能的转换。由于永磁体的存在，无需额外的励磁电流来产生磁场，从而减少了能量损耗。同时通过精确地控制和设计，可以实现对电机转速、转矩等性能的灵活调节，以满足不同应用场景的需求。	稳定高效运行的工业设备节能降碳技术。
4	高效节能离心清水泵	量身定制高效节能离心清水泵流体输送节能设备，采用高效水力模型，结合压力平衡装置、纳米喷涂、系统管网优化等技术优势，保证现场高效节能离心清水泵运行在高效区。对比普通离心清水泵：设计效率高5%-10%，运行效率高10%-20%。	工业循环水系统节能降碳技术。
5	离心式空气（氮气）压缩机智能控制技术	研发一套逻辑算法，镶嵌一套外挂控制系统给压缩机下指令，根据用户系统的需求自动调节压缩机的参数，对压缩机组进行群控，并可以实现以下功能。 a、建立压缩机精确过程控制模型，研究智能加减载算法，避免群控时机组间干扰。 b、解析压缩机远程控制代码，打开远程控制通道。	空气、氮气等气体用户节能降碳技术。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
		<p>c、研发压缩机防喘预判算法，为系统安全性、稳定性保驾护航。</p> <p>d、不增加硬件设施投入，直接采集现有系统数据进行动态控制。</p> <p>e、通过电流参数限定导叶开度控制流量，并可以做到无扰动任意投切。</p> <p>f、所有研发出的算法不对压缩机原有逻辑进行改变，不降低压缩机本身裕度。</p> <p>g、开发出的程序开放关键参数调整的窗口，通过灵活调整设定值，可适用于其他气体压缩系统，具有行业推广性。</p>	
6	高温高精度过滤设备	<p>选用具有极高延展性和强度的合金材料，经过特殊工艺加工成直径2-20um的金属纤维，定尺后放到真空炉内采用均风将纤维吹起，自然瀑落。抽真空的同时，将炉内温度升高到1300°C，即可生成金属纤维毡。工况条件下可耐高温400-1000°C正常运行。使用寿命可以达到布袋的3-5倍以上。用此方法生成的纤维毡气孔率可高达75-85%，标准阻力<50Pa/直径120mm，布袋气孔率为30%，阻力为>260Pa/直径120mm。由于气孔率大，阻力小，本设备比传统布袋节电约20%。</p>	密闭矿热炉煤气过滤、除尘、高温烟气净化。
7	磁控式动态无功补偿装置	<p>磁控式动态无功补偿装置由并联电容器组和磁控电抗器并联组成，通过自动调节磁控电抗器输出容量，实现无功功率动态调节。磁控电抗器为装置的核心部件，它采用直流助磁原理，通过调节附加励磁电流的大小，改变铁心的磁饱和度，从而调节输出容量。</p>	电网、轨道交通、新能源及工业用户变电站节能降碳技术。
8	智能快速应急电源系统(ISPS)	<p>ISPS借鉴了同旁路优先式UPS市电优先的运行思路，将正常的市电交流直接传递给重要负荷，整流、逆变和滤波均处于开通而不承载负荷电流的空载状态，所不同的是ISPS输出端没有可控硅半导体开关热在线，持续承载负荷电流的不是半导体开关而是复合开关中的导体开关。而在市电断电时，ISPS并不像旁路优先式UPS那样等出现断电结果后才由蓄电池逆变的交流电源接替市电，而是凭智能预判功能，在捕捉到市电故障断电的前兆信息瞬间，就开始启动市电支路与逆变支路的转换控制，在市电断电结果出现之前就完成输出端转换，因而是无缝转换。</p>	IT业、不间断供电节能降碳技术。
9	富氢低碳冶炼技术	<p>开发冶金用氢气一体化大规模供应系统和高炉多模式喷氢装备，根据高炉冶炼反应工况自动控制氢气流量，氢气通过高炉风口或炉身下部喷吹到高炉内。利用氢代</p>	钢铁行业节能降碳技术，适用于钢铁行

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
		替碳作为炼铁过程还原剂及燃料，纯氢气喷吹量可达每小时1800立方米，降低焦比10%以上。	业高炉。
10	大容量工业余热回收离心式热泵机组技术	采用高效永磁同步变频直驱技术，结合多级压缩、级间补气、强化换热等关键技术，通过蒸发器从低位热源吸收热量，依次经过压缩机、冷凝器，制取高温热水，实现热量从低温侧向高温侧转移；视温升不同，热泵机组消耗电力是直热方式的15%~70%。	钢铁行业节能降碳技术，适用于钢铁等行业余热回收。
11	电解铝预焙阳极纳米陶瓷基高温抗氧化涂层	将纳米陶瓷基高温抗氧化涂层材料喷涂在铝电解槽的阳极炭块侧表面，加热到400°C时，涂层材料晶粒收缩，晶粒间隙小于气体分子直径，形成坚固致密的陶瓷基隔绝层，可阻止周围的高温空气、二氧化碳和电解质蒸汽对阳极炭块的氧化侵蚀，实现炭块的隔绝保护。在恒定的电流强度下，与无涂层阳极相比，涂层阳极的使用寿命延长1~1.5天。	有色金属行业节能降碳技术，适用于电解铝行业。
12	多氧燃烧技术	设计优化窑炉助燃系统，利用氧气代替空气助燃，通过氧气增压、输送阀门控制器，动态控制一、二次氧输入比例。控制器采用可编程逻辑控制模式，可实现自动点火、燃料和氧气精确配比、燃烧过程可控等功能。火焰长度可调、燃烧充分，且没有氮气参与燃烧造成的热能浪费和氮氧化物排放。	有色金属行业节能降碳技术，适用于有色金属行业窑炉设备。
13	高效尿素合成工艺技术	采用两段法尿素合成技术，将合成反应分成2个流程：第一步生成甲铵反应，采用低氨气/二氧化碳比和高水/二氧化碳比，提高甲铵冷凝温度，副产压力更高的低压蒸气；第二步生成尿素反应，采用高氨气/二氧化碳比和低水/二氧化碳比，获得更高合成转化率。未反应物料的分解回收部分后移至中压系统，尿素蒸气消耗低于650kg/t。	石化化工行业节能降碳技术，适用于化工行业尿素合成工艺。
14	五塔四效甲醇精馏技术	通过优化甲醇精馏工艺装备系统设计，在“3+1”塔的四塔双效基础上，增加1台加压塔，3台加压塔之间相互热耦合，可为预精馏塔提供足够热量，实现能量梯级利用。同时增加蒸气减压闪蒸罐，实现蒸气和蒸气凝液合理利用，塔釜增加釜液缓冲罐，提高系统稳定性。采用DCS智能化管控系统控制精馏系统，灵敏度高，响应快、操作方便。	石化化工行业节能降碳技术，适用于甲醇精馏工艺。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
15	超低温超低压饱和蒸汽高速透平发电技术	基于朗肯循环理论，超低品位蒸汽通过透平机内部的动、静叶栅降压膨胀并把动能转化为转子的机械能，进而带动电机旋转发电，实现超低品位能量回收利用。叶栅设计无调节级，针对饱和蒸汽机型，采用特殊的静叶承缸和级间疏水结构，消除凝结水对叶片的冲击。针对超低温低压的蒸汽利用，转子采用圆锥形设计以平衡轴向推力，转子轴端采用汽封加水封的形式以提高机组真空度。	石化节能化工行业降碳技术，适用于化工行业超低品位蒸汽、热水和烟气回收利用。
16	粉煤灰节能降碳利用关键技术与装备	研发新型干法节能型立式研磨装备，物料通过上部喂料装置进入磨机，研磨介质和物料作整体多维循环运动和自转运动，精准匹配研磨整形所需能量，成品由下部卸料口排出。利用研磨介质之间的摩擦力、挤压力、剪切力和冲击力研磨物料，研磨整形后的粉煤灰可替代部分水泥熟料。	建材行业节能降碳技术，适用于建材行业。
17	水泥低碳制造智能化关键技术	构建水泥低碳制造的智能化运营体系，该体系涵盖先进过程控制系统、智能联合储库物料处理系统、在线质量控制和智能设备监测优化系统等。在生产操作、原燃料处理与搭配、质量控制、设备运维等方面解决大规模使用复杂替代燃料所带来的热工、质量波动以及设备劣化加速问题，实现大比例复杂替代原燃料使用条件下的全流程智能化高效生产运行。	建材行业节能降碳技术，适用于水泥行业。
18	建筑光伏产品光伏低压发电及逆变储能系统	采用晶硅电池片网状电路结构实现消减热斑效应。通过特种胶膜及耐腐蚀高强度金属背板封装技术增强组件强度和建筑功能，同时使光伏组件与建筑材料融合成为建筑光伏产品。采用A2级防火复合材料构建光伏组件，满足防火安全、电气规范以及建筑功能要求。通过隔离型组件级逆变及智能储能技术实现安全低压、主动关断、高转化效率及智能互补控制。	建材行业节能降碳技术，适用于建筑行业新能源利用。
19	空气源高温热泵蒸汽发生技术	采用热泵技术，消耗少量的电能从空气中提取大量的低品位热能产生低温低压蒸汽。再通过蒸汽压缩技术，消耗少量的电能提升蒸汽品位，使低温低压蒸汽的压力和温度提升，实现高温热能供应。	机械行业节能降碳技术，适用于工业供热系统。
20	常温半超导超高节能电机系统	采用自主研发的半超导电磁线，绕制在超高导磁率的铁芯上制成定子总成，结合无谐波损耗的超高内阻的超强永磁体制作的双永磁转子。针对电机定子和转子采用损耗极低的新材料，结合节能电机和节能算法驱动技术，实现电机能效提升。	机械行业节能降碳技术，适用于电机及电机系统。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
21	第三代半导体用热场保温材料	通过碳化炉、石墨化炉、真空离心机等多种核心设备制备出高性能黏胶基固毡产品。其应用环境为长期2300℃有氩气冲刷气体氛围的感应加热炉，可分为保温板和保温桶两大类产品，具有同样密度条件下电阻高1倍以上，隔热性能高30%以上和更高的纯度（小于15ppm）等优点，实现碳化硅晶片外延生长。	机械行业节能降碳技术，适用于单晶生长炉。
22	多能互补供热技术	采用全自动高压电极锅炉技术、燃气锅炉技术和蓄热技术，并将用气系统和用电系统集成整合为智能化供热系统，实现天然气和电力的相互补充使用。通过大数据、物联网及云平台实现企业实际生产能耗和用能方案的实时监测、分析和修正，最终实现谷电消纳、辅助电网保持平衡，减少弃风光电。	机械行业节能降碳技术，适用于清洁能源供热、弃风电、谷电消纳。
23	高效压缩空气能源供应系统	采用云智能数字系统、压缩空气动力系统、后处理系统、循环冷却系统、管道输送系统、余热回收系统等分散控制与集中管理相结合的模式，实施动态调整压缩空气设备调配组合。结合压缩空气集控系统实现压缩空气供应的智能管控一体化，实现管网系统恒压运行，最终实现压缩空气安全、高效、稳定运行。	机械行业节能降碳技术，适用于工业压缩空气系统。
24	吹瓶机高压气回收节能技术	利用全自动旋转式吹瓶机，采用二步法制瓶工艺吹制塑料瓶具。通过气体回收装置对首次吹瓶和再次吹瓶时瓶内的低压气体进行回收，并将回收的低压气体随高压气体一起应用于下一次吹瓶工序中，循环反复，减少高压气体的消耗。	轻工行业节能降碳技术，适用于塑料瓶吹制工艺。
25	深度调峰背景下灵活高效供热技术	自主研发低位能、低压缸微出力及高低旁联合供热技术。通过低位能供热模式，低位能、热泵和低压缸微出力联合供热模式以及低位能、热泵、低压缸微出力和高低旁联合供热模式3种供热模式组合调整。在适应电网不同调峰深度需求的同时，最大限度利用机组乏汽供热。	系统能量梯级利用技术，适用于电力行业灵活供热。
26	烟气深度净化除湿及余热回收一体化技术	利用溶液吸湿原理，使溶液对烟气进行直接接触喷淋，吸收湿烟气中的水蒸气，同时吸收烟气中二氧化硫、粉尘等有害物质，实现烟气汽化潜热回收和保证烟气洁净排放，不产生“二次气溶胶”，避免腐蚀烟囱。系统稳定，可较好地适应锅炉负荷波动带来的影响。	系统能量梯级利用技术，适用于工业锅炉或窑炉余热回收。
27	基于直通式热泵回收烟气湿	采用直通式热泵，以脱硫浆液作为回收锅炉排烟余热的传递载体，通过闪蒸取热功能提取浆液中的热量用于民生供暖。降温后的脱硫浆液再通过原脱硫塔喷淋的方	系统能量梯级利用技术，适用于湿法脱硫

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
	法脱硫余热技术	式回收烟气中余热。如此循环实现烟气脱硫余热回收利用的同时，将因烟气降温冷凝至浆液中的水分闪蒸出来，并冷凝回用，保证脱硫系统水平衡，解决换热器腐蚀、结垢、堵塞等问题。	工艺余热回收利用。
28	基于烟气换热器的余热回收制冷热技术	采用特殊结构设计的非标烟气换热器，将烟气携带的热量通过热交换的方式传递给介质，从而将烟气余热转换成可以利用的热量，回收的热量用于供冷或供热使用。为保证烟气通道更宽，适当增大换热面积，同时选取耐腐蚀、耐高温等不同功能的材料，换热效率高，具有耐腐蚀、耐高温、不易堵塞等优点。	系统能量梯级利用技术，适用于烟气余热回收利用。
29	级联型高压大容量储能技术	通过将大量电池簇并联构成的电池堆拆解成多个独立通过功率单元进行逆变的小电池堆，并在逆变交流侧串联形成高压接入电网，省去滤波、升压变压器等环节。各电池簇物理上相互独立运行，实现高压静止无功发生器拓扑结构在储能系统中的应用。	工业绿色微电网技术，适用于大型电能系统。
30	熔盐储能用高压感应加热技术	通过高压熔盐电磁感应加热装置直连高压电网，利用电磁感应原理实现熔盐加热。通过熔盐管道绕制异型多层，增大换热面积，内置高效导磁材料，实现高压励磁线圈与异型熔盐管道的高效电磁耦合，降低励磁线圈损耗。采用纳米绝缘材料将异型熔盐管道一体化浇注成型，降低系统散热，实现大功率高效加热。	工业绿色微电网技术，适用于风光热新能源大基地弃电储能、火电调峰、谷电利用。
31	高电压大功率固体电蓄热技术	采用自控系统在电网低谷时段或弃风电时段接通高压电网为发热体供电。发热体将电能转换为热能，同时热能被蓄热体吸收、储存并利用保温壳体防止热量损失。控制高温热交换器在用户有热需求时将高温热能转换为热水、热风或蒸汽输出。高压电、高温蓄热体与高温热交换器之间采用空气交联技术，保证设备安全运行，解决高压绝缘问题。	工业绿色微电网技术，适用于弃风电消纳、火电机组深度调峰、清洁供暖、工业热源。
32	组合式网侧共享储能技术	采用压缩空气和锂电池的组合式网侧储能技术，通过压降超过5兆帕的大压降管线钢储气方式，实现压空系统的高效可靠运行。自主开发压空储能与锂电池的多能互补协调控制系统和基于平滑控制多储能装置能量分配策略，动态调整组合式储能系统的电池荷电状态，降低锂电频繁深度充放的衰减，改善配电网末端区域调	工业绿色微电网技术，适用于大规模网侧储能、电源侧与用户侧储能。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
		节能力和新能源消纳能力。	
33	新型储能与可再生能源协同利用	采用动态可重构磷酸铁锂储能技术，重构电池网络系统，通过控制电池单体/模组接入充放电回路时间实现精准能量控制。采用磷酸铁锂液冷储能技术，通过并联式液冷管道设计保证流入电池模组内的冷却介质浸水温度及电池的热特性一致。开发超级电容快速响应系统，增加电网的柔性，提高电力系统的运行质量。	工业绿色微电网技术，适用于磷酸铁锂电池共享储能电站、电网调峰、调频。
34	斜温层储能技术	开发斜温层常压储热罐本体及附属系统，包括斜温层储罐、布水系统、排水系统、安全装置和自动控制系统。依据不同温度储能介质分层原理，蓄热过程中热储能介质从上部区域进入斜温层储罐内，冷储能介质从斜温层储罐底部排出，放热过程反向运行，可节约建设和运行成本，增加用热系统调节能力。	工业绿色微电网技术，适用于储能、热电联产、光热电行业。
35	大功率重卡车用燃料电池发电系统	采用氢燃料电池发动机替代柴油发动机，并使用工业副产氢气，全程无排放。采用低铂载量高性能膜电极，反应电压高，从根本上提高发电效率、降低生产成本。配合高功率电堆层叠组装和密封技术、系统控制和优化技术，提高发动机效率。发动机系统兼容热回收技术，低温时为车内供暖。	氢能制取及利用技术，适用于重载物流长途运输车辆。
36	加氢站成套装备	采用加氢站成套装备，将不同来源的氢气通过压缩机增压储存至储氢瓶组，再由加氢机采用分级加注模式为氢燃料电池汽车加注氢气。自主开发液驱式氢气压缩机、隔膜式压缩机等关键增压设备，开展站控系统标准化设计。建立整站能量流动控制策略，智能控制加注过程，智能调整压缩机启停、储氢瓶组充装，实现加氢站全流程高效节能运行。	氢能制取及利用技术，适用于加氢站和制加氢一体站建设及改造。
37	兆瓦级固体聚合物电解质电解水制氢技术	采用宽功率波动、快启动爬坡的固体聚合物电解质制氢技术和能瞬间反馈波动能源的电源模块，研制自洽于可再生能源宽功率范围波动特征的智能化整体控制系统，实现快速功率调节响应，解决电力波动对电解槽的冲击，实现电解系统的平稳运行。利用高密度电堆工艺设计优化制氢模块，采用变温吸附技术干燥提纯氢气，满足高质量用氢需求。	氢能制取及利用技术，适用于可再生能源制氢工艺。
38	规模化风光离网直流制氢技术	采用风光发电全直流离网制氢总体技术方案，将风光发电通过中压直流技术输送至化工园区。通过碱性电解槽和质子交换膜电解槽混合配置进行制氢，作为负载消	氢能制取及利用技术，适用于风光等新能

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
		纳可再生能源。通过储能、电解槽阵列优化运行策略和能量管理系统，使负荷与波动性风光出力匹配，实现整个系统稳定、经济运行。	源制绿氢工艺。
39	绿色醇氢燃料在工业炉窑中的应用	采用醇氢炉窑，以绿色甲醇为燃料，利用炉窑余热，将其通过吸热和催化裂解为富氢混合气，提升燃料热值，再掺入炉膛内混合，实现快速燃烧。结合实际工况，通过控制系统调节裂解器和燃烧器内甲醇含量，进而调节富氢混合气掺混比例，确保炉膛内燃料有效燃烧，提升燃料热值，提高热效率。	氢能制取及利用技术，适用于工业炉窑。
40	二氧化碳加氢制绿色航煤技术	采用一步法，以二氧化碳和氢气为原料制备芳烃，再经过精馏分离提取不同芳烃馏分，对低冰点馏分进行加氢精制合成环烷烃或链烷烃。收集以上产物，通过搭建实验平台将其与以生物质为碳源制备得到的绿色航煤组分、常规航煤组分等进行调配，得到适应不同来源需求的成品航煤调配方案。该技术可提高绿色航煤制备的高选择性与原料的高转化率。	氢能制取及利用技术，适用于万吨级绿色航煤制备工艺。
41	风光制绿氢合成氨技术	利用光伏发电和风力发电电解制氢生产合成氨，以质子交换膜（PEM）为电解质，纯水为反应物，并采用零间距结构电解槽。通过合理配置储能储氢，电解制氢装置产生的氢气和深冷空分制氮装置产生的氮气混合后进入合成氨装置。经压缩机压缩、预热、氨合成反应、余热回收、冷却分离后液氨产品送至氨储存单元储存。	氢能制取及利用技术，适用于绿电制绿氢工艺。
42	生物质合成气制绿氢技术	采用脱碳提氢装置，以生物质合成气为原料，经过除油、加压、脱硫、脱碳、提氢等工艺制备合格工业氢气。原料气从除油塔输入经除油压缩后进变换装置，提高氢含量，再经脱硫后分别进入真空变压吸附脱碳装置和原甲裂脱碳装置。一部分脱碳气经过焦炉煤气提氢装置直接得到产品氢，另一部分脱碳气经过甲裂提氢装置进一步经甲烷化后得到产品氢。工艺解吸气可进一步回收利用。	氢能制取及利用技术，适用于生物质合成气制氢工艺。
43	生物质气化-费托合成制备绿色航煤技术	采用新能源电解水制绿氢-费托合成工艺制备绿色航空煤油，优化集成风电光伏发电及加压流化床生物质气化系统工艺。利用绿氢取代灰氢、生物质绿碳取代化石碳源，最后通过高效费托合成工艺实现制备绿色航空煤油。电解水制氢装置根据新能源发电波动，实现“荷随源动”，达到分钟级负荷响应。	氢能制取及利用技术，适用于绿色航煤制备工艺。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
44	基于物联网的智慧能源可视化监控管理技术	基于物联网技术，通过对供配电设备的状态信号进行数据采集、存储、计算与分析，构建由感知层、传输层、存储层及应用层组成的可视化智慧能源管理平台，实现设备运维管理、能源监控、全景地图展示、趋势分析、在线组态、开关控制、设备监控及电子档案管理等相关功能，提升用户管理配用电系统的安全性，保障用能质量可靠性。	智慧能源管控技术，适用于工业企业、公共服务机构能源系统。
45	基于物联网控制智慧照明数字化节能技术	采用基于物联网通信的单灯控制器对智能路灯的运行参数进行采集并上传至物联网管理平台进行统计和分析，根据分析结果自动寻优，对单灯控制器进行控制，实现路灯远程智能运维。	智慧能源管控技术，适用于道路照明系统。
46	基于物联网的智能化暖通空调系统联控调优技术	该技术依托物联网、大数据、人工智能及现代控制理论，将空调技术、自控技术、物联网和人工智能技术相结合，实时采集用能设备能耗、冷却水蒸发、冷凝的温度和压力等参数，为空调系统提供能耗实时可视化、系统寻优、在线决策等功能。	智慧能源管控技术，适用于暖通空调系统。
47	一种离网智慧工业照明技术	采用N-LED技术，搭载高效驱动及精确的过零检测，最大程度降低损耗，电源效率高达95%。同时降低多芯片出光互相干涉，提高灯珠光效和可靠性。通过独特的智能组网技术，内置微波传感器+蓝牙通讯模块+微处理器+物理控制开关，可根据场景做出调整，实现功率可调、分组可控、按区域照明。	智慧能源管控技术，适用于大型工业厂房。
48	氢冶金炉顶气二氧化碳脱除技术	利用N-甲基二乙醇胺溶液可选择性与二氧化碳形成不稳定碳酸盐的特性，对炉顶气中的低浓度二氧化碳进行低温吸收、高温解吸，进入下道二氧化碳精制单元，得到工业级与食品级二氧化碳产品，最终实现炉顶气脱碳循环与二氧化碳回收利用。	工业降碳技术，适用于冶金行业工艺气体脱碳处理。
49	生物质绿能颗粒制备技术	采用自主研发的可移动式生物质连续高温水洗炭化技术，生物质在一定温度压力作用下实现半纤维素热解，改善疏水特性，降低纤维韧性易于研磨，提高能量密度和含碳率，从而将生物质原料转化为高热值、疏水易存储、离子含量可控的类煤化零碳燃料。生产装置采用模块化设计，水洗反应时间根据燃料品质需求可调，解决生物质原料体积大、密度低和炉具适应性差等问题。	工业降碳技术，适用于化石燃料替代。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
50	智能锂离子电池后备电源技术	该技术采用磷酸铁锂电池，可大幅减少电池系统占地面积。三层电池管理（BMS）系统具有主动均流、智能均压控制功能，支持高倍率放电、新旧电池混合应用、锂电模块数量差异化并联使用，实现简易扩容，避免过度配置，有效降低总拥有成本（TCO）。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心后备电源系统。
51	间接蒸发冷却制取冷水技术	该技术以内冷式间接蒸发冷却器为核心，利用水蒸发吸热效应通过热交换制取冷水。制取冷水过程中蒸发过程与所制取冷水无直接物理接触，无机械制冷参与，所制取冷水出水温度可低于环境空气湿球温度2~3℃。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心冷却系统。
52	智能微模块技术	该技术采用模块化设计，将供配电、温控、机柜、通道、布线、监控等系统集成在一个模块内，并具体采用可提高数据中心能效的内部通过近端制冷、冷热隔离密闭通道、高效不间断电源（UPS）、智能优化温控系统等集成设计提高数据中心能效，实现智能化运维管理。	数据中心节能降碳技术，适用于中小数据中心基础设施。
53	电力模块技术	该技术采用一体化集成方案，将变压器、低压柜、补偿柜、不间断电源（UPS）柜、输出馈线柜等进行融合设计，并通过工厂预安装、预调试，减少配电系统占地，缩短供配电链路。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心供配电系统。
54	全自然冷却冷源液冷温控技术	该技术采用热管散热和水冷散热技术，在高热流密度场景下，通过液冷内外循环系统将电子芯片产生的热量传递至冷却塔散热，无须配置机械制冷设备，实现对电子芯片的温度控制。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心冷却系统。
55	预制式智能模块技术	该技术由密闭冷通道、机架式模块化不间断电源（UPS）、全变频自然冷却等技术组成，通过预制方式形成模块化数据中心。机架式模块化不间断电源（UPS）技术可依据实际负载情况智能控制功率模块工作状态。全变频柔性制冷技术可根据室外温度智能切换混合节能模式或自然冷模式。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心基础设施。
56	风冷、液冷整体机房模块技术	该技术采用智能化电源、冷电联动、冷板式液冷、智能化运维管理、模块化设计、预制化集成等技术，形成包括供配电系统、制冷系统、监控管理系统、机柜及封闭通道等系统的风冷、液冷整体机房模块。	数据中心节能降碳技术，适用于大中型互联网数据中心、智算中心等。

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
57	模块化不间断电源（UPS）技术	该技术基于模块化架构，每个功率模块（30kW/50kW/100kW）功能独立，均有独立的整流器和逆变器单元，可插入不间断电源机架中独立工作和并联工作。具备交错并联、智能休眠、智能在线等功能，无间隔切换及谐波主动补偿。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心供配电系统。
58	浸没式液冷用零臭氧消耗潜能值、低全球变暖潜能氟化冷却液技术	该技术将服务器或芯片等发热器件设备全部或部分浸没在单相或相变氟化冷却液中，依靠冷却液显热变化或潜热变化传递热量，替代传统风冷散热技术，解决高热流密度器件散热问题。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心冷却系统。
59	分布式架构蓝光及光磁电一体化智能存储应用技术	该技术采用分布式架构，实现光磁电一体化存储。融合磁、光、电等介质性能优势，兼具电、磁存储高性能和光存储长寿命、绿色节能等特点。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心存储系统。
60	蒸发冷凝式氟泵双循环多联高功率背板空调技术	该技术综合采用高效油分离器及无油氟泵。室内机为背板空调形式，采用高效换热器技术实现轻薄化，并实现对高功率机柜精准制冷。室外主机采用两级蒸发冷却闭式蒸发式冷凝器，支持500米超长冷媒连管，可在负30米至正50米落差范围内安装。	数据中心节能降碳技术，适用于数据中心冷却系统。
61	基于深度强化学习的综合能耗管理系统技术	该技术对耗能设备进行数据采集、统计、分析、预测，采用规则算法、多维深度学习和强化学习，实现无线网络耗能设备的可视、可控、可优，对各类设备输出做动态调优节能策略和软硬联动操作，满足用户感知及设备寿命条件下的综合能耗管控。	通信基站、机房节能降碳技术，适用于通信基站、机房能耗管控系统。
62	通信基站自驱型回路热管散热技术	该技术包含散热系统、智能控制系统、空调系统。散热系统在基站室内外小温差驱动下利用室外自然冷源降低室内温度；智能控制系统依托机器学习技术及自适应控制算法，可实现散热系统与原有空调联动运行和平滑切换。	通信基站、机房节能降碳技术，适用于中小型通信机房空调系统。
63	智能化能碳综合	该技术运用大规模采控技术对场景中温场传感器、能耗计量设备、制冷设备等进行	通信基站、机房节能

序号	技术名称	技术原理及简介	适用范围
	管控技术	数据采集和调控，运用气流组织优化技术对现场环境进行综合整治，提高温场交换效率；定制化配置蒸发冷空调，氟泵空调进行老旧设备改造或替换，支撑远程采控；通过人工智能调控制冷设备运行，协同运用光伏、储能等，实现一体化节能降碳管理能力。智慧碳能管控平台以大数据、数字孪生等技术为支撑，实现对能量流、碳足迹等信息的采集监控、智能分析，支撑运营管理、事件预警、辅助决策。	降碳技术，适用于通信基站、通信机房能源管理系统。
64	基于大数据的智能运营管控技术	该技术依托大数据、人工智能、云计算等搭建工艺优化系统，将人工智能与工艺知识、工业场景和操作经验数据进行结合，对生产过程中复杂的物理、化学过程进行模拟和优化，将人工经验固化为模型，可形成规模化复制的优化决策资产，协助企业优化决策和智能控制，分工段对重点设备能耗和碳排放量进行监测，进行生产优化。	数字化绿色化协同转型技术，适用于流程型制造业生产工艺全过程管理。
65	基于云服务的智能化能碳一体管控技术	该技术采用“1+N”模式云服务的SaaS软件平台，其中“1”为能源管理系统，横向覆盖全厂用能数据，“N”为能源站系统。通过优化算法和专家模型，实现能源设备及系统的全面感知和优化运行，从平台管理和控制两方面。	数字化绿色化协同转型技术，适用于工业企业能源管理系统。
66	基于信息物理系统（CPS）的智慧能源寻优技术	该技术采用数字孪生、机理建模、大数据驱动等技术，以能量平衡为基础，综合考虑设备爬坡、容量约束，运用算法求解得到与分散式控制系统（DCS）设点相对应的低碳排放量、经济性最优工况，实现系统经济性及节能优化的动态寻优目标，根据寻优结果自动执行。	数字化绿色化协同转型技术，适用于用户侧分布式综合智慧能源与源网荷储微网能量管理与运行优化。

二、工业节水技术

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围
1	工业循环冷却生物法处理技术	“碳酸酐酶”是一种含Zn的金属酶，这种微生物菌群具有广泛的食物链和营养源，它不仅以碳、氮、硫、磷等作为营养源，还可以吞噬其它微生物菌群、消解有机物、加速系统中碳酸盐垢的溶解，一定程度的阻碍硬垢的生成，并辅以其他复合型微生物降解系统的有机物COD，抑制杂菌和生物垢的爆发。使用本技术可将循环水浓缩倍数从2-3倍提高至5倍，停用软化水，循环水可直接排污至生活污水处理装置，污水处理后还可回用于循环水，节水率达到15%。	敞开式循环冷却水系统。
2	高盐废水资源利用集成技术	该技术集成纳滤、反渗透、均相电驱动膜和双极膜等膜分离及膜浓缩工艺，对高盐废水进行分盐、浓缩、制酸碱及结晶，实现废水近零排放、水和盐的资源化利用。膜分离和膜浓缩组合集成技术减少蒸发量，降低结晶分盐难度，实现氯化钠和硫酸钠等盐分的分别回收利用，结晶盐品质较好，可实现净化水回收率95%以上，盐回收率（硫酸钠和氯化钠）90%以上。	共性通用技术，循环水处理及回收利用技术，适用于工业高盐废水资源化利用。
3	智慧用水管理系统	该系统采用视图层展示界面输出、控制层请求控制、业务层逻辑处理和持久层处理数据存储的四层架构设计，对用水数据进行实时计量；通过数据网关存储传输数据、云服务器进行计算后以结构化形式展示。该技术可与其他能源监测系统兼容，统一业务建模及数据访问，实现用水的精细化管理和管网漏损的实时诊断。	共性通用技术，智能用水管理技术，适用于工业用水管理。
4	工业动态水平衡测试管理平台	该技术运用物联网大数据分析、工业通讯传输技术等，将智能用水计量设备、传感器以及网络与管理平台相结合，为工业企业提供在线动态水平衡测试服务，经济效益较好，可提升企业5%-10%的用水效率。	共性通用技术，循环水处理及回收利用技术，适用于工业用水管理。
5	钢铁工业废水深度处理回用组合工艺	该工艺采用双膜法和耐盐水特殊菌群生化处理技术，利用基于耐盐微生物的“硝化反硝化生物滤池+活性炭生物滤池”生物脱氮工艺和基于处理难降解有机物的“四相芬顿催化氧化+臭氧氧化+生物活性炭滤池”工艺，实现钢铁工业废水分级脱盐和分级回用。	适用于钢铁行业废水处理回用。

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围
6	废水零排放处理和回用技术	该技术针对钢铁生产各工序废水水质特点，采用不同生化处理工艺和膜法浓缩技术进行处理后分质回用，剩余浓盐水和反洗排污水用于高炉冲渣、炼钢焖渣和烧结拌料，可实现28%的节水效果。	适用于钢铁行业废水处理回用。
7	煤化工废水处理及回用集成技术	该技术集成沉淀、气浮除油、生物脱氮（A/O）、吸附及催化湿式氧化、膜分离等技术，采用专用特效菌种或固定化生物等强化工艺，处理回用煤化工废水，实现废水回用。	石化化工行业，适用于煤化工行业废水处理回用。
8	氯碱化工含盐废水零排放技术	该技术由碱性废渣处理、化学除硬、沉降分离、双膜浓缩和分质回用等五部分组成，以固废电石渣为除硬剂，再通过液液分离、分质利用实现零排放，该技术废水回用率高、投资少，废水处理成本仅为传统工艺的10%。	石化化工行业，适用于氯碱行业废水处理回用。
9	离子膜螯合树脂塔再生废水回用技术	该技术对离子膜螯合树脂塔再生废水进行处理和回收利用，包括水洗I、反洗、酸洗、水洗II、碱洗、水洗III、盐水置换等流程所产生的废水。处理后的废水可用作化盐工序的补充水，减少新水使用量。	石化化工行业，适用于烧碱行业离子膜螯合树脂塔废水处理回用。
10	化工废水制水煤浆工艺集成技术	该技术集成污水处理和水煤浆技术，选择适宜的制浆生产工艺，利用化工废水作为水源制作水煤浆。降温水回用率达94%以上，废水回用率90%以上。	石化化工行业，适用于化工行业废水处理回用。
11	乙二醇冷凝液回收利用技术	该技术采用“浮动床+混床”二级脱盐工艺，在冷凝液进入换热器前，增加三级换热器，分别采用脱盐水、循环水对冷凝液进行热交换。送至煤转化部的脱盐水温度由45°C提升至约120°C，减少煤转化部的蒸汽消耗。经过改造，出水水质电导率小于0.3 μ s/cm，硅小于20ppm。	石化化工行业，适用于合成气制乙二醇行业废水处理回用。
12	糠醛生产节水装备	该装备由粗馏塔、水洗塔、排杂塔、脱水塔、精制塔、回收塔组成。利用水洗塔和排杂塔除去粗糠醛中的有机酸及低沸点杂质，降低初馏塔废水含醛量；通过回收塔回收醛泥中的糠醛，解决现有残液带出糠醛不好回收的损失，同时脱水产生的前馏份中糠醛得以回收，	石化化工行业，适用于糠醛行业废水处理回用。

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围
		减少糠醛精制过程中损失；粗糠醛的脱水和精制分别在脱水塔和精制塔完成，实现优级糠醛连续稳定生产与糠醛生产工艺废水零排放，减少新水取用量40%。	
13	羊绒纤维原位矿化、深度节水减排染色新技术	该技术由微悬浮体染色和原位矿化两部分组成。通过微悬浮体染色技术使毛用活性染料分子在染浴中形成粒径微小的助剂-染料缔合颗粒，增强染料对纤维的吸附性能，提高活性染料对羊绒纤维的上染百分率和固色百分率。染色结束后，将被染纤维上的废弃染料通过分离进入染色残浴，有机污染物在液相中进行“原位矿化”加工，催化分解为二氧化碳和水，染浴与纤维得到充分净化。原位矿化结束后的残浴可多次重复用于后续的染色加工，实现深度节水。	纺织印染行业，适用于羊绒纤维染色。
14	高效、可循环沙棘果预处理装置	该装置包括沙棘果清洗除杂系统和洗果水回收循环利用系统。沙棘原果通过2种技术方案的清洗装置去除表面污渍和杂质，然后采用生物酶工程技术、二次打浆、溶渣和压榨，将沙棘果浆（汁）与皮渣等分离，提高出浆率。沙棘果清洗水通过系统分离处理、灭菌后，用于沙棘果溶渣、清洗，降低沙棘果预处理用水量。	食品行业，适用于食品行业清洗水处理回用。
15	番茄加工废水回用技术	该技术在原有番茄加工排水、冷却水系统工艺基础上，通过管杀冷冻水循环系统、溴化锂热水机组、植物水闭式冷却塔和真空泵机封水回收系统，优化番茄加工过程的循环水利用，集成一套适用于番茄加工中水回用自动化控制系统，解决番茄加工过程新水需求量大、能耗高的问题。	食品行业，适用于食品行业废水处理回用。
16	含乳饮料工艺节水及循环利用技术	该技术采用水处理机滤碳滤罐清洗水、反渗透浓水循环利用技术及先进的全自动清洗工艺，对洗瓶机、锅炉冷却及全自动清洗用水等循环利用，减少新水取用量。	食品行业，适用于饮料行业清洗水循环利用。
17	糖厂水循环及废水再生回用技术	该技术采用闭路循环回用技术。压榨、汽轮机及制炼抽真空用水采用冷却回用；生产蒸汽冷凝水直接回用；生产废水经好氧活性污泥法处理后，采用“一体化净水器+连续膜过滤装置”深度处理再生利用。	食品行业，适用于制糖生产企业再生水回用。
18	高浓度含糖废水综合利用技术	该技术利用机械式蒸汽压缩技术将发酵过程中产生的高浓度含糖废水由干基2%左右浓度蒸发浓缩到干基5%-20%的浓度。此过程产生的冷凝水回用于生产，降低生产过程耗水量；利用现代发酵微生物法将干基中的还原糖、蛋白质、矿物质等营养物质转变成饲料蛋白，使	食品行业，适用于高浓度含糖废水处理回用。

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围
		高浓度含糖废水得到综合利用。可使废水回用率达到90%以上，每吨高浓度废水生产120kg单细胞蛋白。	
19	发酵有机废水膜生物处理回用技术	该技术将高效膜分离技术与生物处理技术相结合。通过生物反应器内微生物作用降解废水中有机物；膜分离技术将活性污泥与大分子有机物、细菌等截留于反应器内，使废水达到回用水水质要求。	食品行业，适用于发酵行业污水处理回用。
20	氨基酸全闭路水循环及深度处理回用技术	该技术采取闭路循环利用技术，将管束烘干、蒸发结晶、溴冷机组的一次凝结水直接用作电厂锅炉和精制中和用水；发酵及母液蒸发浓缩产生的二次凝结水用于发酵配料和分离淀粉；设备清洗水、洗柱水、清洁卫生废水收集后经生化-物化处理用作降温水补充水。废水全部实现循环利用，吨产品用水降至10吨左右。	食品行业，适用于发酵行业废水循环利用。
21	啤酒再生水综合利用技术	该技术集成生物、物理化学、膜分离等技术处理啤酒生产过程的净水（冷却水）和亚净水（冲洗水）。再生水可用于全自动清洗系统的预冲洗水、回收啤酒瓶的预清洗水、洗瓶机的预浸热水、锅炉用水、二氧化碳气化用水等，再生水利用率从70%提高至90%。	食品行业，适用于啤酒行业再生水回用。
22	多晶硅生产水循环利用系统	该系统将多晶硅生产过程中的各用水设备进行串联，采用梯级用水方式，增加循环次数。通过对各用水系统的水质、水量、水温等精确分析，实现各装置之间的水质匹配和水量平衡，有效降低多晶硅生产企业的取水量，节水效果达到30%左右。	有色金属行业，适用于多晶硅循环水处理系统。
23	电解铝厂含氟生产废水及初期雨水处理新工艺	该工艺针对电解铝企业产生的含氟生产废水及初期雨水采用“调节-除油-去浊（一体化设备）-臭氧氧化-生物活性炭-去除氟化物过滤-超滤”的组合工艺进行处理回用，解决废水含油、氨氮和含氟等特征污染物问题，适用于电解铝及电解炭素阳极加工企业。	有色金属行业，适用于电解铝行业废水处理回用。
24	铅锌污酸资源化利用技术	该技术针对铅锌冶炼过程产生的污酸中砷杂质含量高、难以直接回用问题，采用超声波强化污酸定向除杂与回用技术，使砷脱除率大于98%，脱砷后的污酸砷含量小于2mL/g。处理后的污酸直接回用至烟气制酸系统作为生产补水或回用至湿法冶炼系统作为浸出调浆液，降低冶炼生产新水使用量。	有色金属行业，适用于铅锌冶炼行业废水处理回用。
25	铜冶炼废水零排放技术	该技术适用处理铜冶炼废水中的污酸、酸性污水、生产废水、初期雨水和生活污水。污酸采用“酸性硫化法+高密度石灰中和+铁盐除砷除杂+硫化除重金属”处理工艺，出水25%回用	有色金属行业，适用于铜冶炼废

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围
		于净化工段补水，剩余废水送至酸性废水处理系统；酸性污水采用“碱液中和+强化氧化铁盐除砷除杂+硫化除重金属”处理工艺，出水约65%回用于石灰乳配置，35%被石膏渣及脱硫系统消耗；生产废水采用“硫化、中和及脱钙预处理+RO深度处理”，80%淡水回用于化学站，20%反渗透浓水回用于渣缓冷；初期雨水采用“硫化法+混凝过滤”处理工艺，出水补充至循环冷却水系统；生活污水采用“生物接触氧化法+活性炭过滤”处理工艺，出水用于绿化。	水处理回用。
26	制药废水处理回用技术	该技术将生化和物化处理后的制药废水通过软化、砂滤、超滤、反渗透、超级反渗透、多效蒸发等工艺进一步处理，反渗透产水、超级反渗透产水、蒸汽凝水等三类水回用至生产车间，超级反渗透浓水在多效蒸发工艺中经蒸发、结晶、离心一体化处理并形成结晶盐，实现节水减排与资源回收利用，可实现节水效果85%以上。	制药行业，适用于制药废水处理回用。
27	废水废渣零排放混凝土搅拌装置	该装置通过将砂石分离机、细砂旋流分离器、一级浆罐、二级浆罐、储浆均衡罐、可编程（PLC）控制系统等多种设备组合，形成一套混凝土搅拌站废水废渣综合利用体系，实现废水废渣零排放。	建材行业，适用于建材行业混凝土、湿拌砂浆。
28	玻璃纤维中水回用技术	该技术集成絮凝、气浮、膜生物反应器、多级渗透处理、自动控制等技术，用于处理回用玻璃纤维废水。工艺流程包括絮凝+气浮预处理+膜生物反应+反渗透深度处理。	建材行业，适用于建材行业玻璃纤维废水处理。
29	煤矿疏干水再利用技术	该技术采用“重介质高效澄清+过滤+反渗透”工艺处理煤矿疏干水。重介质高效澄清二级软化去除钙、镁、二氧化硅、钡、锶等致垢离子，出水经过滤降低浊度满足反渗透进水水质要求；反渗透采用苦咸水膜对疏干水进行脱盐，产水回用；一级反渗透浓水采用“二级反渗透+浓水高效除硬流化结晶反应器+二级反渗透”浓水循环极限浓缩技术，回收率提升至海水渗透压力限值，系统产水作为再生水回用。	煤炭行业，适用于煤矿疏干水处理回用。
30	矿井水深度处理及资源化技术装备	该装备为矿井水深度处理集成技术工艺，通过多级膜高效浓缩、蒸发结晶、分盐资源化实现矿井水深度处理以及矿井水资源化利用。处理成本降低20%以上，高浓废水回收利用率接近100%。	煤炭行业，适用于矿井水处理回用。
31	褐煤发电机组节水技术	该技术包括冷凝水喷淋、冷凝水收集、空冷系统、外排系统、加药装置、电气及热控等系统。核心是烟气冷凝提水技术，利用烟气中水蒸气分压相变凝结露换热原理，通过降低	电力行业，适用于烟气脱硫提水

序号	名称	关键技术及主要技术指标	适用范围
		烟温的方式，使烟气中水蒸气低于露点温度后冷凝析出。基于燃煤机组烟气脱硫提水一体塔实现烟气净化和冷凝收水。	一体塔烟气冷凝提水。
32	燃煤火力发电厂全厂零排放智慧水网	该技术集合水网、水务、表计等管理功能的火电厂智慧水网管理系统，提升火电厂的智慧水务管理水平，实现生活污水及含煤废水再利用、化学自用水回用、辅机冷却水和脱硫设备冷却水再利用、非经常性废水回收、凝结水精处理废水回用、脱硫废水零排放产水合理利用。	电力行业，适用于电力行业用水管理。

三、资源综合利用技术

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
1	基于人工智能机器视觉的矿石智能分选技术	该技术根据矿石中不同构成成份和对应的物理差异，采用传感器检测获取相对应的数据，通过机器视觉和人工智能技术，对矿石高速成像、实时识别分析，并进行矿石智能分选。	关键技术： 矿石AI分类算法；矿石高速成像处理技术。 主要技术指标： 分选精准率99%，每秒可自动分选3000-10000颗矿石，每小时最高可处理350吨矿石。	工业固废减量化，矿石智能分选。
2	钢渣资源化利用集成技术	钢渣经过焖箱热焖渣、滚筒裂解、筛分、破碎、磁选、磨粉等多道工序，分选出甲级钢渣、乙级渣钢、粒子钢、混合渣粉、精矿粉等产品返回钢厂。尾渣通过钢渣微粉生产线生产成钢渣微粉，钢渣微粉作为建材原料或制造高性能土壤固化剂。	关键技术： 钢渣分离技术；分级使用技术；利用钢渣微粉制造高性能土壤固化剂专利技术。 主要技术指标： 钢渣尾渣中铁含量3%以下。	工业固废综合利用，钢渣资源化利用。
3	气化细渣深度脱水干化和资源化综合利用技术	该技术利用真空干化原理，通过进料过滤、隔膜压榨、热水加热、真空干化等过程，使滤饼含水率降至30%以下。处理后的滤饼成粉块状，无粘稠特性、水分含量低，热值高，可利用皮带输送系统直接送入锅炉掺烧。	关键技术： 气化细渣深度脱水干化技术；气化细渣资源化综合利用技术。 主要技术指标： 气化细渣含水率从75%-99%降至30%以下。	工业固废综合利用，煤化工领域气化固废、生化污泥的资源化利用。
4	废盐碱渣综合利用技术	该技术用于尿素法生产水合肼过程中的多种副产废盐综合利用，包括分离、提纯等工序，分离后的废盐可用于氯碱生产。	关键技术： 碳酸钠和氯化钠分离提纯技术；吹脱氧化技术。 主要技术指标： 氯化钠回收率98%以上，纯碱回收率90%以上	工业固废综合利用，高含盐碱混合物分离提纯及综合利用。

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
5	气化炉渣连续碳剥离与高效燃烧脱碳成套技术装备	该技术通过气化炉渣稳定燃烧脱碳，燃烧时采用多级连续配风实现稳燃，进而提高气化炉渣综合利用水平。	关键技术： 超低热值煤基固废燃烧脱碳技术；煤基固废无害化再生资源综合利用技术。 主要技术指标： 物料燃烧脱碳后，残碳含量低于5%，脱碳进料粒度10mm；脱碳进料含水率<30%；脱碳温度800°C-850°C；排气温度70°C。	工业固废综合利用，气化炉渣综合利用。
6	基于工业固废的二氧化碳矿化养护混凝土砌块工艺与装备	该技术使用增压的CO ₂ 对混凝土砌块进行矿化养护。利用工业固废制造CO ₂ 矿化低碳胶凝材料，并在矿化养护装备中，应用梯级均压工艺（压力范围为0.5-1MPa）生产低碳混凝土建材，实现二氧化碳封存与大宗固废处置。	关键技术： CO ₂ 矿化低碳胶凝材料技术；梯级均压矿化养护技术。 主要技术指标： CO ₂ 原料气浓度10-100%，CO ₂ 转化利用率90%以上，产品全生命周期碳减排70%以上，原料固废利用率60%以上。	工业固废综合利用，CO ₂ 资源化利用；工业固废资源化利用；混凝土预制件生产。
7	硫铁矿制酸系统协同利用有机废硫酸资源化利用技术及产业化	根据有机废硫酸性质及其分解特点，在硫铁矿制酸所用的绝热式沸腾炉内建立了均匀稳定的温度场，将废硫酸裂解为二氧化硫，得到符合国标工业硫酸，实现协同利用效应。	关键技术： 协同资源化利用有机废硫酸的硫铁矿沸腾炉技术。 主要技术指标： 硫烧出率98.5%，废硫酸分解率98%以上；废气中SO ₂ 浓度小于200mg/m ³ ，硫酸雾浓度小于5mg/m ³ 、颗粒物小于30mg/m ³ 。	工业固废综合利用，有机废硫酸。
8	城乡生活垃圾绝氧低温连续	该技术是将有机物在绝氧、低温条件下进行热解还原反应，实现物料在低温工况下	关键技术： 城乡生活垃圾无害化、减量化、资源化综合处	工业固废综合利用，城乡生

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
	碳剥离裂解技术	完全热分解，可减少二噁英产生，提高了热解效率，实现城乡生活垃圾无害化、减量化、资源化。	置技术；城市有机固废再生资源化处置技术。 主要技术指标： 热解温度350-500℃、生活垃圾处理后质量减量化率高于80%，体积减量化率大于90%，生活垃圾实际零填埋、尾气排放符合生活垃圾焚烧标准GB18485-2014。	活垃圾处置。
9	餐厨废弃油脂再生生物柴油工艺技术与成套装备	该技术是以脂肪酶为催化剂，以餐厨废弃油脂为原料制备制备高纯度高品质的生物柴油。主要工艺为“预处理→酯化反应→粗甲酯精制→四塔联蒸”。餐厨废弃油脂制生物柴油得率可达到90%以上。	关键技术： 多级油水分离预处理技术；磁性纳米颗粒复合载体固定化脂肪酶制备技术；粗生物柴油的精制技术；一体化、分步式四塔联蒸智能控制技术；自适应、强鲁棒性在线调合技术。 主要技术指标： 硫含量≤10mg/kg；酸值≤0.50mg/gKOH；水含量≤500mg/kg；闪点（闭口）≥130℃；十六烷值≥51；脂肪酸甲酯含量（质量分数）≥96.5%。	工业固废综合利用，餐厨废弃油脂资源化利用。
10	铸造粘土废砂综合利用成套技术	通过去除废砂表面的粘土和树脂残留物，使其性能接近新砂，同时以高性能环保硫氧镁胶凝体系为无机粘结剂，以铸造废砂再生副产物为掺合料及骨料，制备得到防火板材，实现废砂全面综合利用。	关键技术： 铸造废砂微湿法再生技术；硫氧镁装饰板成型、养护、直贴三胺纸饰面技术。 主要技术指标： 再生砂酸耗值≤5、含泥量≤0.3%、细粉含量≤0.6%；硫氧镁装饰板固废使用率≥40%，表面胶合强度≥1.0MPa，单位产品能耗≤3.5kgce/m ³ 。	工业固废综合利用，铸造废砂综合利用。

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
11	退役风电叶片及热固性材料高效处理智能装备及产业化应用技术	该设备由切割车、破碎车、分选车和打包封装车等组成“智能移动工厂”，实现就地切割、粉碎、筛选、打包封装等作业流程，产物可广泛应用于建筑工程、木塑及塑料制品等领域中，实现高值化再利用。	关键技术： 移动式装备功能集成技术；专业化切割工艺技术；系统一体化智能控制技术；高效除尘技术；防爆安全技术。 主要技术指标： 处理能力 $\geq 1\text{t/h}$ ；纤维出料尺寸（可根据筛网尺寸调节） $2\text{-}10\text{mm}$ 可调；粉尘排放 $\leq 20\text{mg/m}^3$ 。	再生资源回收利用，废旧风电叶片破碎和打包。
12	晶硅光伏组件回收工艺技术及国产化设备	本技术包括前端预处理工艺、完整组件回收工艺、破碎玻璃组件回收工艺、硅材料提纯工艺等，可分类拆解组件各材料，实现从接线盒（线缆）、铝边框的机械回收，含氟背板、光伏玻璃、焊带、硅电池片分层分离回收，以及硅电池颗粒清洗提纯的全材料回收，实现组件回收绿色循环利用。	关键技术： 热切割分离技术；选择性分离技术；热解去EVA技术；自动化机械拆除技术。 主要技术指标： 完整玻璃、铝边框、接线盒、线缆回收率100%；破碎组件玻璃回收率93.96%；有效去除粘接层EVA，完整及破碎组件整线综合回收率91.32%。	再生资源回收利用，废旧光伏组件综合利用。
13	磷酸铁锂电池拆解利用	通过对磷酸铁锂电池/极片黑粉湿法回收处理，达到将磷酸铁锂电池中的各个组分精确分离。包含定向除杂氧浸、碳酸锂合成、磷酸铁合成等工序。	关键技术： 退役磷酸铁锂电池精准分离技术；磷酸铁锂电池黑粉湿法全资源化回收技术。 主要技术指标： 电池级磷酸铁/碳酸锂回收率95%以上，纯度均达到电池级。	再生资源回收利用，退役磷酸铁锂电池回收。
14	动力锂电池再生利用前处理技术	该工艺技术可处理带有电量的退役动力电池包（Pack），对电池包进行拆解得到电池模组，将电池模组不放电直接破碎后，	关键技术： 电池模组带电破碎技术；电解液高效脱除技术；精细化分选技术；电解液无害化处理技术；	再生资源回收利用，废旧动力锂电池拆

序号	工艺技术设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
		低温蒸发去除电解液，再将物料按照电池组分进行分类收集，除电解液外的其余物料均可以回收，剩余材料的回收率高于90%。	工业用水循环利用技术。 主要技术指标： 处理能力2t/h；回收率高于90%；混合粉料中锂含量范围2.0%-3.5%；杂质含量范围：铜0.7%-1.0%，铝1.2%-1.5%；铜产品的纯度>93%；外壳纯度>95%。	解。
15	废旧动力电池全流程高质利用技术与装备	该技术通过撕碎、破碎、干燥、热解、分选、焙烧、尾气全流程处理，实现“废旧单体电池到黑粉、铜、铝，黑粉焙烧湿法优先提锂”高质利用，各工序产生的废气经尾气处理系统后达标排放。	关键技术： 基于电池不同组分的多级复合处理及工艺调控技术；电池多组分回收处理装备密封及温场、流场精准控制技术；大型连续式装备高效自动化作业技术；反应过程多污染物协同清洁处理技术。 主要技术指标： 反应区间氧气含量≤0.1%，有机物去除率≥99%，黑粉、铜、铝回收率≥99%，黑粉中铜铝等杂质含量≤1%，铜中杂质含量≤1%，铝中杂质含量≤1%，炉内截面温度均匀性±5℃。	再生资源回收利用，废旧动力电池综合利用。
16	新能源汽车动力电池单体自动化拆解及正负极材料修复技术	该工艺技术采用复配洗脱、复合智能识选一体化分离、可控折曲精准分选一体化剥离和固相修复等技术集成，分离回收动力电池中的7大关键组份，并修复正负极材料。修复产品可直接应用于电池制造，进而再应用于低速车、储能等新能源行业。	关键技术： 锂离子电池精细化拆解技术；高温固相材料修复技术。 主要技术指标： 锂离子电池精细化拆解材料综合回收率95%以上；	再生资源回收利用，废旧动力电池综合利用。

序号	工艺设备名称	技术装备简介	关键技术及主要技术指标	具体适用范围
			高温固相修复技术后正极材料中含铝量：I级小于0.08%；II级小于0.15%；III级小于0.2%。铜箔与负极材料的100%分离，修复LiFePO ₄ /C放电比容量为145.5-148mAh/g，可满足重新用于电池制造的要求。	
17	退役锂电池全组分循环利用关键技术及装备应用	采用物理分离+湿法浸出+短程萃取+低碳烧结方法，实现了退役锂电池的定向循环；技术包括预处理、浸出、除杂、萃取、陈化合成、材料烧结等工序，通过拆-破-热-分一体化装备、选择性优先提锂、三废协同处置、超长烧结系统等先进装备与工艺，生产镍钴锰酸锂、镍钴锰氢氧化物、电池级锂盐、元明粉、再生轻质建材等产品；实现了退役锂电池资源化。	关键技术： 退役锂电池高效环保预处理技术；高盐废水汽提脱氨与元明粉再造技术；固废再生轻质建材陶粒技术；高端前驱体与正极材料低碳合成技术。 主要技术指标： 实现芯壳分离率≥99.9%、单体切割效率≥360PCS/h，铜残留率<1%；镍钴锰提取率达到99.3%，锂回收率可达90%，氨水回收率99.9%； 循环再造镍钴锰酸锂产品首次充放电效率>92%，克容量>207mAh/g，对比原矿产品降碳可达49.25%，固体综合利用率提升>30%。	再生资源回收利用，废旧动力电池综合利用。