

节能装备高质量发展实施方案(2026—2028年)

节能装备是指在生产、使用能源的各个环节中，采用先进技术和制造，可提高能源利用效率，减少能源消耗和损失的产品、设备。加快节能装备高质量发展，是促进工业能源利用效率提升、实现碳达峰碳中和目标的重要举措，是培育绿色发展新动能、锻造产业竞争新优势的重要方向，是支撑全社会能源消费增长需求、保障国家能源安全的重要基础。为贯彻落实《国务院办公厅关于印发〈制造业绿色低碳发展行动方案（2025—2027年）〉的通知》，持续提升通用性强、用能量大、发展前景突出的节能装备能效水平，加强节能装备供给与应用，制定本方案。

一、总体要求

坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻党的二十大和二十届历次全会精神，全面贯彻习近平生态文明思想，完整准确全面贯彻新发展理念，一以贯之坚持节约优先方针，以推动重点行业领域节能降碳为目标，以用能系统优化提升为主攻方向，以先进技术装备研发和应用为主要抓手，以绿色设计制造、设备更新改造、人工智能赋能为路径，推进科技创新和产业创新深度融合，打造绿色低碳供应链，加快节能装备智能化、绿色化、融合化发展，为更高水平更高质量做好节能降碳工

作，加快推进新型工业化、实现碳达峰碳中和目标提供关键装备支撑。

到 2028 年，节能装备关键材料、零部件取得突破，重点行业领域用能系统匹配性、实际运行效率持续提升，电机、变压器等节能装备能效水平达到国际领先。节能装备市场占有率进一步提高。推广一批先进适用节能装备更新改造系统解决方案，打造一批人工智能赋能节能装备应用场景，培育一批具有国际竞争力的节能装备骨干企业和产业集群。

二、加快先进节能装备研发推广

（一）电机和风机、泵、压缩机等负载设备。推动超 1 级能效、宽域高效电机所需基础材料及核心零部件研发升级，加快高效节能异步电机、宽域永磁电机、直驱电机、磁悬浮电机以及高精度工业伺服电机等推广应用。针对超低速、超高速、频繁变负载、高响应速度、低速大转矩、大惯量负载起动等特定工况，开发适用性强、匹配性高的节能电机。持续加强节能风机、泵、压缩机等负载设备叶轮气动设计和流道优化，提高负载设备气动效率、减少内流损失。推广磁悬浮、空气悬浮压缩机和风机，以及无油永磁直驱泵、磁悬浮真空泵等。到 2028 年，新增节能电机、风机、泵、压缩机占比均达到 35%，在役节能电机、风机、泵、压缩机占比均超过 15%。

（二）变压器。推动超 1 级能效变压器所需硅钢片、非晶合

金带材、高导电材料、高性能绝缘材料等关键材料及核心零部件研发升级，加快高效硅钢立体卷铁心变压器、大容量高效非晶合金立体卷铁心变压器、环保型绝缘油变压器、大容量固态变压器、柔性直流变压器等推广应用。提高风电、光伏、氢能、新型储能等新能源领域变压器能效和系统适配性。鼓励电网企业、新能源企业开展在役变压器节能降碳诊断。到 2028 年，新增节能变压器占比超过 75%，在役节能变压器占比达到 15%。

（三）工业热泵。提升工业领域大功率、高效、高温热泵供给水平，通过工艺创新、部件集成、智能生产等提升热泵产品性能及能效。加快跨临界二氧化碳（CO₂）热泵、大功率高温热泵、工业蒸汽热泵、冷热同源热泵等研发，推动新型低全球变暖潜势（GWP）制冷剂、基于自然工质的高温压缩机、高温大温升高效水蒸气压缩机、低成本高效膨胀装置、新型高效换热器等关键技术攻关。鼓励有条件的工业企业、园区根据用热需求、余热回收可行性、工艺替代性等，应用工业热泵回收利用工业废水、废气等余热资源制备高温热风、热水或蒸汽。到 2028 年，热泵产品能效水平较 2025 年提升 10%以上。

（四）工业制冷（热）和加热设备。提升宽域高效工业制冷（热）设备供给水平，加快无油冷水机组、大功率高效变频制冷机组、直流变速多联式机组、冷凝热回收机组等推广应用。加快大功率电热储能设备、真空热处理设备、激光热处理设备、超导

感应加热装置、绝缘栅双极型晶体管（IGBT）感应电炉、直流电弧炉、直流等离子加热装置、热泵干燥、真空干燥等加热设备推广应用。到 2028 年，新增节能工业制冷（热）、加热设备占比达到 45%，在役节能工业制冷（热）、加热设备占比达到 25%。

（五）水电解制氢装备。鼓励企业研发高效率、低成本、高性能的水电解制氢装备。推动电极与隔膜等基础材料升级，开发新型电极基体材料与结构，提升电化学活性面积及传质效率，突破长寿命抗腐蚀电极制备工艺，持续攻关低成本、高传导、高稳定性膜材料。优化电解槽内部流场、热场、电场、压力场设计，提高设备均一性，开发先进耐久密封结构与材料。持续提升碱性、质子交换膜电解槽的电解效率，开发应用高响应、宽负荷、非贵金属催化的阴离子交换膜电解槽。到 2028 年，实现量产水电解制氢装备额定工况下直流电耗低于 4.2kWh/Nm³。

（六）信息通信设备。推动芯片架构向异构多核协同方向发展，提升多任务并行处理能效水平。鼓励研发部署高密度服务器、液冷服务器、液冷交换机，提升电源和散热系统使用效率。加快推广应用高效功率放大器、高压直流供电、高效不间断电源系统（UPS）、高效安全电池等技术产品，以及高效变频空调、自然冷源空调、干湿复合空调、多梯度冷却空调等冷却设备。鼓励企业在建设规划环节，依据能效测试验证开展产品选型，优先选择高性能低功耗设备。到 2028 年，信息通信领域新增服务器中达

到能效 2 级及以上的设备占比超过 80%。

专栏 1 节能装备关键技术攻关及推广

1. 电机和风机、泵、压缩机等负载设备。 攻关钕磁体和钕钴磁体等低成本永磁材料、高磁感低损耗冷轧硅钢片、无油螺杆式压缩机转子涂层材料、高效长寿命润滑油、高效低脱附温度吸附剂等关键材料，高效同步磁阻电机变频器、集成式永磁同步控制器、高效宽负荷三元叶轮、大功率高效联轴器、大功率高负荷磁/空气悬浮轴承、高性能耐温耐压密封件等核心零部件。推广永磁变频调速、永磁同步直驱、压缩机高效无级流量调节、空气压缩机热回收和低能耗干燥净化等技术。

2. 变压器。 攻关高磁感超低损耗低噪声取向硅钢片、宽幅低损耗低噪音非晶合金带材、高磁导率纳米晶合金、高端绝缘材料等关键材料，高性能绕组线、有载分接开关、大容量立体卷铁心、高端套管等核心零部件。推广高性能绕组线、高性能绝缘材料及其制品、超薄耐热刻痕硅钢片等高性能材料。

3. 工业热泵。 攻关自然工质、氢氟烯烃（HFOs）及新型低 GWP 制冷剂、耐高温润滑油等关键材料，多级压缩循环构型、大压比压缩机、自然工质高温压缩机、水蒸气压缩机、密封件、高端轴承等核心零部件。推广高效紧凑式换热器、低成本高效膨胀装置、高温多级吸收式热泵和余热梯级利用与集成技术。

4. 工业制冷（热）和加热设备。 工业制冷（热）设备方面，攻关辐射制冷材料、双级喷气增焓技术及三涡盘双级压缩技术等前沿关键技术。推广永磁变频自适应变压比双级压缩、紧凑轻量化高效换热以及复叠多级压缩冷热联产等技术。工业加热设备方面，攻关蓄热蓄冷材料、低热损保温材料 and 新型冷却介质材料等基础材料。推广横向磁场加热技术、双炉余热预热工艺、半连续式真空感应熔炼炉、电烧结窑炉、超高功率及直流电弧炉、碳化硅陶瓷换热器等高效换热装备，以及大功率等离子体、电子束与激光等加热技术。

5. 水电解制氢装备。 攻关有序化、一体化、三维多孔结构电极等新型电极结构，低铱、低铂载量或无贵金属高活性催化剂，聚苯硫醚、全氟磺酸树脂等膜材料，先进耐高温玻璃陶瓷密封材料与连接体材料，以及电解槽多物理场协同优化等技术。推进低铱载量催化剂、

新型复合隔膜、多孔结构膜电极等核心部件，以及阴离子交换膜（AEM）电解槽、差压电解槽、常压方形电解槽等新技术、新产品应用。

6. 信息通信设备。推动液态金属等高性能导热材料、相变液冷技术研发应用，优化冷板式、浸没式液冷的核心液冷部件性能及散热强化措施。推动高效率功放技术攻关，迭代升级数字预失真算法，促进基站功放架构演进创新，实现功放在不同负载下的灵活调整应用。推动通信设备模块化设计，降低无业务/低业务基础功耗，推进软件定义设备发展，实现动态调整设备模式和频段。

三、扩大节能装备绿色低碳供给

（七）加强产品绿色低碳设计和制造。推广绿色低碳设计理念，推动节能装备全生命周期绿色低碳设计。加强轻量化设计，优先使用可回收材料，提高绿色低碳物料使用率，从源头减少原生材料使用，降低产品碳足迹。面向铸造、机加工、焊接、涂装、热处理、电镀等环节，推广精密铸造、增材制造、近净成形、激光表面改性、干式切削、低温等离子清洗、纳米复合电刷镀、热喷涂、微弧氧化等绿色工艺技术，提升绿色制造水平。

专栏 2 工业节能装备绿色制造工艺

1. 电机和风机、泵、压缩机等负载设备。电机领域，加强高槽满率绕组自动化嵌线、碳纤维激光原位固化缠绕、高速转子动平衡等关键技术攻关，加快定子正弦绕组、转子冲片冲槽切气隙、高质密度铸铝、高性能扁线定子、高柔性制造工艺与装备等先进绿色制造工艺推广应用。风机、泵、压缩机领域，加强过流部件精密制造、非接触式动态密封工艺、螺杆转子高效型线加工、轴封及涂层等工艺研发与应用。

2. 变压器。提升叠片整形、卷铁心卷绕及拼装、线圈绕制、结构件焊接、气相干燥等生产装备自动化水平。提高铁心填充率，应用多阶梯叠接缝结构及加工工艺，推广绿色环保型绝缘油、绝缘气体、

树脂、涂覆材料的应用。

3. 工业热泵。加强微通道换热器自动装配、翅片管式换热器长 U 弯管、胀管、焊接、气密检验等工艺攻关，加快推广制冷剂精确充注、钎焊废气处理、气密检验用氮气等稀有气体回收利用、低挥发性有机化合物（VOCs）换热器翅片成型等绿色制造工艺。

4. 工业制冷（热）和加热设备。推广低 GWP 制冷剂，推动新型安全环保制冷剂攻关。鼓励采用高速干切削、低温冷风切削工艺，推广电泳涂装、粉末喷涂等工艺在加热设备制造中的应用。

5. 水电解制氢装备。推进电解槽模块标准化和系统集成化设计制造。推广激光焊接密封、智能在线检测等绿色制造工艺。逐步降低 AEM 电解槽使用的碱液浓度。

6. 信息通信设备。鼓励部署高密度存储介质、采用 3D 堆叠等先进封装技术增加单位存储密度、提升传输速度。内存、网卡、主板等零部件需符合《电器电子产品有害物质限制使用要求》（GB 26572-2025），鼓励提高包装材料回收利用率。

（八）加强废旧装备回收处置。强化废旧节能装备回收处置供需对接，引导行业骨干企业应用 5G、物联网、区块链等技术探索建设退役废旧设备信息溯源系统。鼓励装备使用企业规范退役处置流程，明确报废标准，及时开展退役设备报废筛查，提升退役资产处置效率。鼓励对 IT 设备、通信设备及其备件进行检测、翻新、拆解、维修。

四、强化节能装备系统耦合匹配

（九）强化装备与装备间耦合匹配。探索建立节能装备在实际变负荷运行工况下的宽域高效性能评价体系，推动实现节能装备与其负载设备、运行工况、用能系统（含辅机设备等）的精准匹配，减少驱动与负载之间的容量、结构、接口冗余，避免“大马拉小车”等情况。提升电机与其变速、传动、负载等设备的匹

配水平，鼓励风机、泵、压缩机和工业热泵采用变频调速等技术开展匹配性改造升级。鼓励算力设施、通信基站引入一体化、模块化供电系统部署和集中散热架构，推动主设备与辅助设备采用统一接口标准实现系统集成，实现网络设备和终端设备节能特性协同，构建端网协同、双向赋能的绿色网络。

专栏3 装备与装备间耦合匹配

1. 设计负载匹配。设备容量设计与选型应在满足峰值需求基础上，使高效率运行区间充分覆盖负载高频工作区间，满足合理冗余要求。针对长期运行在低速、超低速的负载选用直驱、半直驱低速大转矩永磁电机，额定转矩、恒定转速的负载选用高效异步电动机，频繁变化的负载选用宽域永磁电机、变频电机，高速负载选用高效变频高速电驱系统。以综合部分负荷系数（IPLV）/非标准部分负荷系数（NPLV）为核心指标，进行工业热泵、制冷机选型。

2. 实际工况匹配。推广电机变频调速、谐波抑制，以及变压器精细化无功补偿、宽幅无弧有载调压、智能分接开关等技术，适应设备负载变工况特性。推广智能变频变容控制技术、分液（气）/补液（气）等精细调控方式，实现风机、泵、压缩机、制冷（热）系统等变工况下的高效运行。

3. 系统集成匹配。提升压缩空气站、集中泵站、高效制冷机房、高效热处理生产线等的群控技术水平，实时采集总管压力、温度及流量数据，动态调度多台设备的启停序列与输出功率，确保设备集群高效运行。加强“碱性（ALK）-质子交换膜（PEM）”电解槽混联系统、规模化系统集成与集群控制等先进技术应用，强化长周期运行稳定性和可再生能源波动适应性。鼓励算力设施采用模块化硬件集成设计，将CPU/GPU、内存、存储、网络等资源池化，通过背板统一互联支持硬件资源按需分配，实现散热、电源等配套资源共享。鼓励通信基站引入集中化无线接入网（C-RAN）等高效网络架构，通过一体化射频、有源天线等单元，集中化部署基带处理单元，推动单制式、单频段模块转向多制式、多频段模块。

（十）强化装备与场景间耦合匹配。面向重点用能行业、新

兴产业的发展需求，开发场景适配的关键节能装备和一体化系统解决方案。针对可再生能源发电、新能源汽车、大规模氢气制取和储运、航空航天、生物医药、二氧化碳捕集与封存等新兴应用场景，开发专用节能装备。针对自然冷源、风光资源丰富地区，鼓励建设自然冷却系统、可再生能源发电等，提升信息通信基础设施绿色发展水平。针对热力系统低碳、零碳需求，突破长距离低成本输热、跨季节大规模储热和热电协同等技术，支撑电力系统削峰填谷和绿电消纳。

专栏 4 装备与场景间耦合匹配

1. 电机和风机、泵、压缩机等负载设备应用场景。针对燃煤电厂调峰机组辅机，港口吊机，矿山开采、破碎、输送等负荷变化频繁的场景，加快宽域高效永磁电机、同步磁阻电机的应用和大功率磁悬浮技术的研发。针对新能源汽车领域，研发高响应速度、低速高扭矩电动机。针对工业机器人领域，研发高精度、高稳定性的伺服电机。针对氢气储运、加注、液化领域，应用高效隔膜氢气压缩机、液驱活塞氢气压缩机等无油、抗氢脆、密封性高的专用压缩机。针对二氧化碳捕集与封存系统，加快液态/密相加注泵、压缩机的研发应用。

2. 变压器应用场景。针对新能源领域，推广适应高波动性、高谐波环境且具备快速响应能力的新型变压器，以及适应复杂环境运行的环保气体开关设备等。推动潮流控制变压器、中远距离海上风电输电用低频电力变压器、远洋用抽能电抗器、大功率电解水制氢用整流变压器、新能源并网用高频变压器、集成化一体式变压器等新产品的研发与应用。

3. 工业热泵应用场景。推动石化化工行业蒸馏、精炼、分解、聚合等工序供热，纺织印染行业染色、印花、定型等环节高温加热，食品加工行业清洗、杀菌、蒸煮等加工环节供热，造纸、医药等行业制浆及药物材料加热、烘干以及工艺环境温湿度控制，建材行业陶瓷制品烤制、预制品蒸养等工艺环节热泵应用。

4. 工业制冷（热）和加热设备应用场景。针对精密电器、动力

电池制造等领域，开发高效高灵敏度制冷设备，促进吸收式与压缩式制冷（热）设备耦合运行。针对风电叶片、高端机械部件、半导体原辅材料制备、高端芯片制造、航空航天用高性能复合材料等领域，开发适配大型件、异形件的新型热处理设备。针对石化化工电能替代工艺需求，推广电磁感应加热裂解炉、直流等离子加热装置、智能电阻加热系统、电伴热装置。

5. 水电解制氢装备应用场景。针对可再生能源制氢，加强水电解制氢装备与整流器/制氢电源的协同设计，着力开发具有快速响应、宽负载范围、长寿命特性的 PEM、AEM 电解槽，以及电氢协同控制技术。针对并网稳定制氢场景，开发高效专用碱性电解槽。针对工业余热综合利用场景，推动长寿命、抗衰减的固体氧化物（SOEC）电解槽的研发和应用。

6. 信息通信设备应用场景。探索利用自然空气冷源与水源，结合气候水文与地形地貌优势，开展自然冷源算力设施、通信基站建设。鼓励针对远郊、乡镇等地区，结合实际业务需求开展通信基站极简改造，采用室外模块化设计，实现电源、电池的刀片化部署，并灵活安装在抱杆、铁塔、墙体、楼顶等。

五、推进节能装备数字化提升

（十一）构建装备节能降碳大模型。鼓励通过物联网（IoT）传感器等，实时采集电流/电压、转速、温湿度、压力、流量等各类节能装备实时运行参数。结合网络拓扑技术，打通设备、网络、能耗、负载、工艺参数等数据壁垒，推动建设多模态、高精度的高质量数据集。基于数据集特点进行模型基础架构选择与模型训练调优，测试模型能力后进行生产环境部署与持续更新迭代，构建具备节能装备多模态数据提取分析、节能策略智能问答、节能装备知识持续学习、人机交互便捷等能力的大模型。

（十二）创新发展高效节能智能设备。加快应用仿真模拟软件、虚拟现实、数字孪生等先进技术，提升节能装备设计制造智

能化水平。推广智能电机、智能变压器、智能天线、智慧电源柜等智能化设备，通过配置智能传感器、智能控制器、智能算法等，实现装备运行数据的实时采集与处理。推动边缘计算能力与高效智能装备的深度融合，应用适宜的算法模型与网络技术，在边缘节点侧实现能耗数据实时分析、支持实时通信协议。探索应用具身智能技术，赋予节能装备感知、运行和交互能力，提升节能装备对环境变化的适应和理解能力。

（十三）推进人工智能赋能节能装备应用。推动节能装备与智能平台一体化协同，以数字化能碳管理中心、大数据平台等为基础，实现硬件提供感知与执行载体、软件优化节能策略的联动。融合人工智能、5G、工业互联网等技术，推进节能装备关联系统联合调优，促进一体化智能运维管理。聚焦大模型训练等新型高能耗应用场景，应用多目标寻优等算法，实现基于业务场景的最佳节能策略动态匹配。推动能源消耗和碳排放数据的精准化计量、精细化管控、智能化决策。推广基于标识解析的节能装备信息化与节能统计平台，实现装备运行情况智能化统计监测。

专栏5 人工智能赋能装备节能降碳

1. 节能装备智能化。通过加装智能盒子等，实现电机内部状态监测、外部负载反馈以及智能优化运行。在变压器内部部署油温、局部放电及油气组分在线监测装置，基于负荷预测模型动态调控分接开关档位、无功补偿策略和冷却系统，低谷时段自动切换低能耗模式。实时监测风机、泵、压缩机等重点通用用能设备温湿度、流量、压力、纯度参数变化，实现供需精准匹配。

2. 服务器动态智能群控。基于服务器中央处理器（CPU）/图形处理器（GPU）利用率、任务时延等实时负载业务需求数据，融合自适应优化、模型预测控制等算法，构建负载与算力需求动态匹配模型，生成差异化频率调节策略，实现多维度负载实时感知预测、服务器集群协同高效调度。

3. 通信基站智能关断。将人工智能创新算法与节能技术融合，支持多制式、多频层、多频段、多设备的通信基站远程统一管理。基于多时间粒度的话务负载预测，差异化应用符号关断、射频通道智能关断、载波关断和深度休眠等关断策略。通过能耗和用户体验建模，探索应用多目标联合节能策略寻优最佳选择、冗余电源回路精准控制。不断更新迭代智能关断技术方案，在节能的同时最小化对硬件设备性能和用户体验的影响。

4. 能耗与碳排放监测。开展基于人工智能技术的动态资源调度和管理，对空压机站、制冷机房、泵站、散热系统等设备用能情况进行实时监测，建立设备负载和用能需求预测模型，对潜在能源浪费等情况进行实时预警和优化控制，开展重点碳排放单元监测，支撑组织和产品层面碳排放核算与分析。

六、构建产业健康发展环境

（十四）加快节能装备更新改造。统筹利用现有资金渠道以及“揭榜挂帅”等方式，支持开展节能装备关键共性技术攻关及产业化应用。推动企业对投运 10 年以上的主要用能设备开展节能降碳诊断，全面评估能效水平，依据诊断结果制定更新改造计划。鼓励优先选用国家工业和信息化领域节能降碳技术装备推荐目录等技术装备。落实节能节水专用设备和企业所得税优惠等税收政策，积极引导金融机构加大信贷支持，支持企业实施节能装备更新改造。

（十五）完善节能装备标准体系。严格执行电机、变压器、风机、泵、压缩机等重点用能设备能效强制性国家标准，制修订

工业热泵、加热设备、水电解制氢装备、通信基站、算力设施等产品能效强制性国家标准，持续提高能效指标要求。健全节能装备绿色低碳设计、制造、检测、运行维护等全产业链条标准体系，推进节能装备碳足迹核算规则标准制定。依据能效强制性国家标准等，持续组织对重点用能设备开展专项节能监察。

（十六）加强产业发展统筹协调。鼓励有条件的地区出台配套支持政策，引导推动节能装备高质量发展。充分发挥相关高校、科研机构、专业智库作用，开展节能装备相关前瞻性、战略性重大问题研究。鼓励相关行业组织发挥桥梁纽带作用，加强节能装备政策宣贯、产品推广、供需对接、技术交流、决策支撑和企业服务等。探索建立节能装备用户评价机制，鼓励用户企业在采购中综合考量性能、能耗、寿命、运维等指标，引导优质优价采购。