

中国“双十佳”最佳节能技术和实践说明

(节能技术¹)

一、基于频谱谐波的应力消除技术

技术原理。频谱谐波应力处理技术是对金属工件进行傅立叶分析，在 100Hz 内寻找谐波频率，在多个谐波频率处施加足够的能量进行振动，产生多方向动应力，与多维分布的残余应力叠加，发生塑性屈服，从而降低峰值残余应力，同时使残余应力分布均化。应用该技术，不再需要对金属工件进行加热处理，即可消除残余应力，从而节约了能源。

主要技术指标。对金属工件进行傅立叶频谱分析，可找出 5 个谐振频率，2 个备用谐振频率；振动参数除激振力调节保证有两个最大振动加速度 $30 \sim 70\text{m/s}^2$ 值外，其余参数选择由振动设备自动完成；振动频率为 6000rpm 以下，噪音低；最大激振力可达 80kN。

节能效果。该技术与传统热时效相比，平均节能 95% 以上；与亚共振时效技术相比，基于频谱谐波的应力消除技术应用面可达 90% 以上，而前者的应用面仅为 23%。

应用领域。此技术可广泛应用于消除金属工件铸造、锻压、焊接、切削等加工后的残余应力；主要应用于小型、轻薄壁金属工件的应力消除，也可用于一些大型结构件的应力消除。

¹ 技术情况详见《国家重点节能低碳技术推广目录》。

二、冶金余热余压能量回收同轴机组应用技术

技术原理。高炉鼓风机和煤气透平同轴技术（BPRT）和烧结余热回收汽轮机与电动机同轴驱动烧结主抽风机技术（SHRT）是指将高炉鼓风机和煤气透平合并为一个机组，煤气透平回收的能量直接驱动高炉鼓风机；同时，对原有电机驱动的烧结主抽风机和烧结余热发电系统进行改造，由汽轮机和电动机联合驱动主抽风机。BPRT 和 SHRT 均取消发电机，发配电系统，合并了控制、润滑油、动力油系统等，避免了能量转换带来的损失，提高了能量利用效率，减少了环境污染，降低了产品成本。

主要技术指标。BPRT 主要指标：高炉煤气流量：50 万 Nm^3/h ；进口压力：150kPa；煤气透平转速：3000rpm ~ 3600rpm；输出功率：100MW。SHRT 主要指标：烧结环冷系统：220 m^2 ；配套 5000kW 余热回收汽轮机；烧结主抽风机流量 22000 m^3/min ；电机：8000kW，余能利用效率提高 5%。

节能效果。BPRT 技术与鼓风机组对比平均节能效率达 50%以上；SHRT 机组与原烧结主抽风机比，平均节能效率达 60%以上。

应用领域。此技术可广泛应用于适合冶金、煤化工等行业余热余压能量回收与机械驱动系统联合应用领域。

三、工业低品位余热回收利用技术： 高炉冲渣水直接换热余热回收技术

技术原理。高炉冲渣水直接换热余热回收技术采用专用冲渣水换热器，实现 60℃-90℃ 的高炉炼铁冲渣水无需过滤直接进入换热器与采暖水换热，加热采暖水用于采暖，从而减少燃煤消耗和污染物排放，达到节能减排的目的。冷却后的冲渣水继续循环冲渣，对于带有冷却塔的因巴、嘉恒、明特等冲渣工艺，可以关闭冷却塔进一步节约电耗和水耗；而对于没有冷却塔的冲渣工艺，冲渣水降温后减少了冲渣水蒸发量，可以减少水消耗。

主要技术指标。吨铁可配置供暖面积 0.4-0.6m²，节能 5-7.5 千克标准煤，节水 40.0-57.6 千克，节电 0.3-0.4 千瓦时；冲渣水无需过滤。

节能效果。目前我国铁产量约 7.1 亿吨，渣铁比 350kg，冲渣余热资源折合标准煤约 1530 万吨，其中，北方地区铁产量占总产量的 63.5%，南方地区占 36.5%。随着我国集中供冷供暖需求的增加，高炉冲渣水直接换热余热回收技术市场前景广阔。按照该技术在 50% 适用产能中推广测算，每年可实现节能量 222 万吨标准煤，减少二氧化碳排放 490 万吨。

应用领域。该技术适用于炼铁、炼铜等生产过程高炉冲渣水余热回收利用。特别在有集中供暖需求的北方更具推广意义。

三、工业低品位余热回收利用技术： 热电协同集中供热技术

技术原理。热电协同集中供热技术是通过回收余热提高供热能力，降低供热能耗，实现节能，包括专项研制的吸收式换热机组和余热回收专用热泵机组。在热电联产集中供热系统的热力站采用热泵型换热机组代替常规的水水换热器，大幅降低一网回水温度至 20℃ 左右；被热电厂的余热回收专用热泵机组（回收电厂汽轮机凝汽器乏汽余热）和尖峰加热器梯级加热至 130℃ 后供出。运行过程中，在热力站设置蓄热装置，使得热泵可充分利用谷电维持所需一次网回水温度；在热电厂设置蓄热罐，在维持供热能力及余热回收稳定的前提下，机组发电上网功率可在额定值的 60%-100% 范围内调节，缓解冬季电网调峰难的问题。该技术的关键技术主要包括热泵型的换热机组和以热泵为核心的电厂余热回收机组等。

主要技术指标。与常规热电联产系统相比，供热能力提高 30%-50%，热网输送能力提高 60%-80%，可实现远距离供热。对于新建大型热网可降低建设投资 30% 以上。

节能效果。与常规热电厂相比，供热能耗大幅度降低，节能效果近 50%。若在集中供热地区推广 3 亿 m²，每年可节能 120 万吨标准煤。

应用领域。该技术适宜在集中供热地区推广，替代中小型燃煤锅炉房，是解决北方城市冬季采暖热源不足的有效途径。

四、高固气比水泥悬浮预热分解技术

技术原理。高固气比水泥悬浮预热分解技术是通过提高系统内固体物料与气流的质量比，达到提高系统热效率、增强系统热稳定性的效果，是具有节能、增产、提质、减排等综合效益的原创性工艺，主要由高固气比悬浮预热器和外循环式高固气比反应器两部分组成。高固气比悬浮预热器采用平行双系列气流、交叉单向料流的方式进行气固换热，增加了气固两相换热面积和换热次数，大幅度提高了换热效率，显著降低了预热器出口废气温度。外循环式高固气比反应器，能使没有燃烧或反应不完全的粗颗粒物质返回并多次通过反应器，既提高了分解炉内固气比，又延长了物料在分解炉内的停留时间，使生料物料反应率接近100%。该技术与篦冷机等装备和过程控制技术配合应用，能够发挥更好的集成效应。

主要技术指标。与普通五级预热预分解技术相比，废气温度降低20%，废气量减少20%，二氧化硫和氮氧化物排放量降低超过50%。

节能效果。与普通五级换热技术相比，产能提高40%；吨熟料煤耗降低16kg，烧成电耗降低13%，系统节能率超过10%。

应用领域。该技术适用于水泥熟料煅烧，并应用于粉体的换热与反应工程。

五、数据中心节能技术：

机房智能直冷优化应用技术

技术原理。机房智能直冷优化应用技术将制冷剂自然相变循环技术创新应用于数据中心机柜级制冷，以温差的形式产生压差，驱动制冷剂工质的自然相变循环流动，实现机房室内外无动力热量交换。同时，根据制冷剂蒸发量不同，通过自主研发的机房能效管理软件及环境维持系统监控软件进行实时监测，控制回流制冷剂的制冷量，实现自适应冷量调节及机柜级温度场控制，显著降低机房制冷空调运行电耗。该项技术还根据室外温度，进行风冷冷水机组（机械制冷）和闭式冷却塔（自然冷源）的切换，以提高自然冷源的利用效率，降低空调系统的机械耗电，从而大幅降低数据中心 PUE 值。

主要技术指标。该技术可实现单机柜制冷量 20 千瓦。采用该技术的数据中心空调节电率可达 50%—80%，可将数据中心 PUE 值降低至 1.2—1.4。

节能效果。以装机容量为 1000 千瓦、年运行 8760 小时的数据中心为例，相比常规机房精密空调，使用该技术每年可节电 350.4 万千瓦时，节电率为 64.5%，相当于减排二氧化碳 2628 吨。

应用领域。该技术不受气候、大气环境、水资源等条件的限制，可替代现有的数据中心传统制冷方式。适用于采用传统空调制冷的数据中心机房的节能改造。

五、数据中心节能技术：

通信用耐高温型阀控式密封电池节能技术

技术原理。通信用耐高温型阀控式密封电池采用自主知识产权的铅锡基多元合金技术、正极 4BS 引晶技术、独特的炭材料添加剂等技术，实现了蓄电池产品适用温度的突破，使电池正常使用温度提升至 35℃，并可在极限温度 75℃ 下使用。从而使通信基站内空调设置温度比常规基站提高 10℃，且可降低空调运行时间，降低了空调电耗以及空调配置成本。

主要技术指标。产品符合 IEC60896-2004 以及通信行业 YD/T799-2010《通信用阀控式密封铅酸蓄电池》和 YD/T 2657-2013《通信用高温型阀控式密封铅酸蓄电池》的技术要求；在 35℃ 工作环境温度下，设计浮充寿命 ≥ 10 年；电池最高可承受工作环境温度为 75℃；在 55℃ 工作环境温度条件下，80%DOD 循环寿命大于 12 次大循环，每次大循环包含 11 次 80%DOD 放电循环。

节能效果。配置了耐高温阀控式密封铅酸蓄电池的通信基站与常规基站相比，年综合节能率可达 26% 上。

应用领域。此技术可广泛应用于各类通信基站蓄电池的改造，也可用于太阳能储能、风能储能等领域。

六、高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术

技术原理。高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术采用全预混无焰催化燃烧技术，精确控制空燃比，实现了完全燃烧，提高了燃烧效率。通过红外线辐射传热，燃烧面温度高，传递距离短，大幅减少热量传递过程的物理热损失。燃烧器表面采用高辐射率红外涂层，使涂层的红外发射波长窗口与受热体红外吸收波长窗口尽可能匹配，进一步提高热量吸收效率。该技术以陶瓷替代传统的铜、铁铬铝和镍铬合金等高耗能金属材料制备燃烧器，能降低制造能耗，并节约大量金属材料。

主要技术指标。热效率超过 70%，红外涂层平均发射率达 0.9，一氧化碳与氮氧化物等排放水平降低 30%以上。

节能效果。与大气式灶具相比，平均节能 20%以上，每户每年可节省天然气 48 m³（折合 64 千克标准煤）。因红外节能灶以高红外发射率多孔陶瓷替代传统金属材料，每台灶具的制造能耗降低 0.8 千克标准煤。

应用领域。该技术可在燃气灶具生产领域全面推广，既有利于降低灶具生产过程的能源消耗，也大幅提高燃气灶具使用过程中的能源利用效率。

七、新型高效膜极距离子膜电解技术

技术原理。新型高效膜极距离子膜电解技术将离子膜电解槽的阴极组件设计为弹性结构，使离子膜在电槽运行中稳定的贴在阳极上形成膜极距，降低溶液欧姆电压降（ $IR_{液}$ ），实现节能降耗。在离子膜电解工艺中，槽电压是影响电解槽电能消耗的重要技术指标一，包括六个部分： $V_{槽电压}=V_0+V_M+\eta_{阳}+\eta_{阴}+IR_{液}+IR_{金}$ ，（ $IR_{液}$ 为溶液欧姆电压降）。其中， $\eta_{阳}$ 、 $\eta_{阴}$ 和 $IR_{液}$ 对 $V_{槽电压}$ 的影响较大。

主要技术指标。以蓝星（北京）化工机械有限公司 NBZ-2.7 槽型为例，其设计电流密度 6.0kA/m^2 ，运行电流密度 5.5kA/m^2 ，单元槽电压 2.98V ，直流电耗 2035 千瓦时每吨氢氧化钠，烧碱浓度 32% （质量分数）。

节能效果。电极间距每下降 1 毫米，单元槽电压降低约 100 毫伏，吨碱能耗降低约 70 千瓦时。传统离子膜电解槽每对单元槽的阴、阳极极间距 $2\sim 3$ 毫米。采用膜极距技术可使每吨烧碱直流电耗降低 $100\sim 170$ 千瓦时。目前，采用该技术产能合计 1215 万吨/年，每年节电 15.8 亿千瓦时，每年减排二氧化碳 118.8 万吨。

应用领域。该技术既可以用于改造现有装置，也可用于新增产能。

八、两级喷油螺杆空气压缩机节能技术

技术原理。两级压缩超高能效螺杆空气压缩机是以两级压缩高效螺杆主机为核心的成套技术系统，主要由主机、驱动电机、传动系统、进气系统、冷却系统、油过滤系统、油气分离系统、自动控制系统等组成。两级压缩高效螺杆主机采用“Y”型螺杆转子型线技术，利用两级压缩原理，降低了每级压缩的压缩比，通过采用级间独特的冷却设计，使压缩过程趋近于最省功的等温压缩过程，对喷油冷却方式、各级的压缩比分配、油气分离技术等进行综合创新，并结合上下重叠式的一体化结构设计，配合全过程自动控制技术，使空气压缩机达到超高能效。

主要技术指标。产品达到 GB19153-2009 标准的 I 级能效；比 II 级能效的空气压缩机省电 15%；比 III 级能效的空气压缩机省电 30%。

节能效果。与常规空气螺杆压缩机相比，平均节能 20%以上。

应用领域。此技术可广泛应用于机械、钢铁、冶金、采矿、电子电力、化工等使用压缩空气的行业，也可用于水泥、纺织等行业的气力输送领域。

九、高效煤粉工业锅炉系统技术

技术原理。高效煤粉工业锅炉系统技术采用精密供粉、空气分级燃烧、全过程自动控制等多种技术，实现燃煤锅炉的高效运行和清洁排放。通过精密供粉系统，实现送粉实时校准，确保送入炉膛的煤粉稳定，并与给氧量相匹配；采用空气分级燃烧等低氮燃烧技术，降低炉内氮氧化物生成量，同时保证煤粉燃尽率；通过燃烧控制系统，实现自动、平稳变负荷，优化过量空气系数，提高燃烧效率，节约能源。辅助采用点火即开即停、系统变频控制等方式，提高系统整体能效水平。

主要技术指标。燃烧效率达到 98% 以上，锅炉运行热效率达 88% ~ 92%。综合多段组合污染物脱除技术，实现排烟含尘 $\leq 30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{SO}_2 \leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{NO}_x \leq 200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

节能效果。与常规链条锅炉相比，40t/h（蒸汽锅炉）和 58MW（热水锅炉）煤粉锅炉的节能率分别为 18.7% 和 19.8%。

应用领域。该技术对煤种要求低，可使用粒度为 200 目以下（ $R_{75} \leq 15\%$ ）的三类烟煤。适用于传统链条炉、炉排炉替代和新建建筑供暖、工业供热及供蒸汽系统。

十、热泵节能技术：

基于双级增焓变频压缩机的空气源热泵技术

技术原理。基于双级增焓变频压缩机的空气源热泵技术是一项通过单压缩机双级压缩喷气增焓变排量比运行大幅提高热泵能力的技术。基本原理为：（1）压缩过程由一级压缩变为两级压缩，减小了每一级的压差，降低了压缩腔内部泄漏，提高了容积效率；（2）通过中间闪发补气降低了排气温度，提高了等熵效率，同时增加了高压级制冷剂流量，提高低温环境下的制热能力和高温环境下的制冷能力；（3）采用变容技术实现了变排量和变排量比的两种双级压缩运行模式，从而实现恶劣工况重负荷下制冷量/制热量和能效大幅提升，以及轻工况低负荷下能效的提升。

该技术拓宽了热泵空调和空气源热泵热水器的使用范围，大幅提高了-25℃至54℃环境下的制热/制冷量和能效水平，可广泛应用于高温、低温地区的对制冷、采暖有需求的场合。

主要技术指标 该技术与常规空气源热泵技术相比，在额定制热（室外7℃）条件下能效提高5%—10%；室外环境-20℃时制热量提高50%—100%，能效提高5%—20%。

节能效果。应用该技术的空调器与常规空调器相比，年可节电16.3%。应用该技术的空气能热泵热水器与常规热泵热水器相比，年可节电24%。

应用领域。该技术对室外环境温度的适应性强，可在大部分地区推广应用。主要用于住宅、办公、酒店等场所的热泵型空调器、多联机、热泵热水器（机）、户式地暖机等设备。

中国“双十佳”最佳节能技术和实践说明

(节能实践)

一、河北省迁西县低品位工业余热用于城镇集中供热

利用钢铁厂的工业低品位余热，为城镇的民用建筑供热，替代原有燃煤热水锅炉，大幅度减少燃煤消耗，显著提高工业企业的能源利用效率，实现了良好的环境效益和经济效益，创新了商业模式。

赤峰和然节能技术服务有限责任公司利用迁西县城郊 10 公里外的钢铁厂低品位余热，为县城 360 万 m^2 的民用建筑供热，替代了 7 台 40 吨燃煤锅炉。为实现系统稳定高效运行，项目研发了专用的新型立式吸收式换热器，降低一次网回水温度，实现大温差供热，提升余热回收率，提高管网输送能力；在热网和热源分别设立项目公司，把合同能源管理模式（简称 EPC）与政府和社会资本合作模式（简称 PPP）相结合，在低品位余热供热领域探索出适合我国国情的“网源一体化”运营模式，实现供热运营模式和供热技术的变革，为推广工业低品位余热应用于城镇集中供热项目提供了切实可行的模式。

按照项目一期工程运行状况，每年回收工业余热总量 6.4 万吨标准煤，减少二氧化碳排放量 16.8 万吨、减少二氧化硫排放 543 吨、减少氮氧化物排放 473 吨，节约用水 38 万吨，总体节能率大于 85%。

赤峰和然节能技术服务有限责任公司改变了传统供热模式，将远距离的工业低品位余热用于城镇供热，并成功地商业化运营。其实践在工业低温余热利用领域进行了积极探索，对我国三北地区供热热源日益紧张、能耗较高且周边工业企业低品位余热资源丰富的地区集中供热创新了一种商业模式。

二、中新天津生态城“零能耗”办公建筑

中新天津生态城的公屋展示中心集成清洁能源利用与建筑一体化设计，将建筑用能需求与城市能源系统相结合，最大限度地使用清洁能源，实现“零能耗”。

基于绿色建筑设计理念，在建筑设计阶段建立起多方案的建筑基准模型，综合考虑建筑物可能出现的复杂用能情况，进行日照、遮阳、天然采光、自然通风、地道蓄热等仿真模拟，为建筑方案提供被动式节能设计的依据。同时，基于光伏微网系统设计思路，与市电并网运行，实现光伏系统发电量与建筑能耗一致，实现了零能耗的设计目标。最大限度的利用清洁能源，并与建筑一体化结合设计，如屋面设计安装太阳能光伏发电系统，采用地源热泵空调系统耦合太阳能热水系统，实现可再生能源使用量占建筑总能耗的100%。案例采用的可再生能源技术、地道风技术、溶液调湿新风机组、毛细管网空调末端辐射系统等均为中国同期的领先技术。

公屋展示中心项目建筑面积为 3467m^2 ，与同地区、同一模型下参照建筑未采用各项绿色建筑节能技术措施时相比，节能率为52.6%，每年运行可节约电能25.7万千瓦时（折合31.7吨标准煤），减少二氧化碳排放257.9吨、二氧化硫排放0.7吨、氮氧化物排放0.3吨。

公屋展示中心项目从设计、施工、运营、管理等各环节体现绿色建筑理念，系统集成运用绿色建筑技术，其实践对于推进北方地区新建建筑实现“零能耗”提供了一种路径模式。

三、江苏华昌化工推行管理节能与技术节能

江苏华昌化工股份有限公司运用卓越绩效管理模式，确立总体战略目标和节能管理具体方法，明确组织结构和职责权限，制定中短期节能规划和绩效考核目标，将标杆管理、过程管理等理念和卓越绩效管理模式有机结合，通过计划、实施、检查、分析改进四步，不断提高企业能源绩效。

江苏华昌化工的管理流程为：确立节能工作模式→健全节能管理组织结构→制定中短期节能规划→分析、确定关键指标→确立标杆→加强完善信息测量管理系统→开展专家合作→组织生产装置的节能分析→持续改进和提升。主要做法包括建立公司、车间和班组三级能源管理体制；设定年度、月度等阶段性节能目标，并根据完成情况进行调整，持续改进绩效；对目标及能效关键绩效指标（KPI）进行日常的监测分析，识别节能改进机会，经评审后予以实施；使用先进的过程模拟软件进行全流程工艺模拟计算，分析现有生产过程存在的问题，制定工艺优化和技术改造的方案；经常性派员参加节能专业培训。

2011-2014年，公司节能环保总投资5420万元，收益率22%，投资回收期4.5年；四获中国石油和化工行业能效“领跑者”荣誉，累计实现环比产品节能量8.2万吨标准煤，减少二氧化碳排放20.4万吨；每年减少排放二氧化硫121吨、氮氧化物190吨。

江苏华昌化工将多年能源管理的经验与《GB/T23331 能源管理体系要求》相结合，实现了能源管理系统化、规范化。该模式对各类用能单位都有较好的示范和借鉴作用，具有现实价值。

四、青岛炼化公司“渐进追赶”能源管理模式

青岛炼化“渐进追赶”能源管理是以领先企业指标作为“渐进追赶”目标，通过资料收集分析比较、不断提升节能目标、借鉴先进经验做法的阶梯式跟踪学习机制，持续改进能源绩效，赶上并超过竞争对手的能源管理模式。

“渐进追赶”能源管理模式可以概括为：学习最佳实践和不断提高的度量标准。最佳实践是指同行业中节能降耗领先企业最有效的措施和方法，不断提高的度量标准是指能真实客观地反映不同阶段能源绩效的一套指标体系及与之相应的作为“渐进追赶”的基准数据。运用“渐进追赶”能源管理模式，借鉴国内外先进炼化企业经验，实现能源管理机构扁平化、管理制度体系化、过程控制标准化、监视分析信息化、优化改进持续化。一是按照“渐进追赶”要求建立节能减排管理体系。对照国内外同行业一流水平企业经验做法，系统学习、持续改进。二是把能源管理控制做得更专业、更精细。精细化管理理念贯穿于能源利用全过程，对能源利用各个环节的运行控制反复测算、精心论证、制定方案、强化落实。以能源管理精细化促进节能效益最大化。三是把节能技术进步机制化。通过对标分析，不断搜集寻求国内外同行业先进节能技术，在充分论证评估基础上，持续进行节能技术改造。

青岛炼化运用“渐进追赶”能源管理模式，炼油综合能耗由设计水平的 74 千克标油/吨下降到 2014 年的 57.2 千克标油/吨，降幅达 23%；反映炼油厂能源利用水平的能量密度指数（EII）在中国石化系统保持领先，在所罗门公司全球炼油行业绩效评价体系中位于世界领先水平。

“渐进追赶”能源管理模式，是不断学习同行业中领先企业有效能源管理措施和方法，以及不断提高的度量标准，对企业节能减排具有普遍借鉴意义。

五、水立方 LED 照明节电示范项目

国家游泳中心（简称“水立方”）技术创新和管理模式创新并举，将科研成果直接应用于工程实践，综合运用复杂曲面结构光学建模技术、高效节能 LED 灯具和先进信息技术，首次在大型公共建筑上实现大规模、全彩色、可变场景 LED 景观照明。

国家游泳中心针对建筑膜结构的布局，采用“空腔内透光”的照明方式，突破了特殊 ETFE 气枕曲面下表面亮度均匀性的技术难题；运用计算机仿真模拟，构建了复杂曲面结构光学模型，建立了膜结构气枕表面照度和亮度的函数关系，实现了 ETFE 不规则气枕下布灯方式的最优化，为复杂曲面结构透明材料的照明提供了新的应用方法；研究开发了适合建筑结构特点的透镜材料和灯具结构，实现了 LED 的高效二次光学设计并解决了散热问题，形成了具有自主知识产权的高效 LED 照明技术；采用信息技术控制 LED 灯光，实现大规模 LED 照明远程高速同步控制，取得了更加可控的节能效果。上述研究及创新直接应用于工程实践，实现了在近 5 万 m² 的 ETFE 膜结构维护体系上的大规模全彩色可变场景 LED 景观照明。

水立方 LED 照明节电示范项目采用 36170 套 LED 灯具，总功率 489 千瓦，配合信息网络控制技术，实际负荷功率为 180 千瓦，与采用 T5 荧光灯相比，节电率为 14.7%，实现年节电量 106 万千瓦时，减少二氧化碳排放 795 吨。

水立方 LED 照明节电示范项目针对特殊建筑结构，利用仿真技术优化设计，攻克膜结构气枕照明和相应的散热等难题，综合运用多项节能技术，其实践为 LED 在大型公建景观照明中的高效应用起到重要

示范作用。

六、上海现代申都大厦实施被动式建筑改造

上海现代申都大厦改造项目为既有建筑改造，整体方案基于原有建筑特点，实现了建筑功能和使用模式相适应，并建立了综合性的建筑运行节能管理体系。

上海现代申都大厦改造工程，在策划、设计、施工、运维的全过程绿色实施，根据建筑空间功能特点与使用模式，集成多项围护结构被动式节能技术，应用高效空调、照明和智能控制技术。在实际运行过程中建立了一套分析、调节和管控措施，用于空调待机能耗的管控、太阳能光伏系统孤岛效应的管控、雨水系统的补水水位控制的调节、太阳能热水系统的过热预测控制和公共空间照明的运行调节。将建筑信息模型技术(BIM)应用于物业管理的电子化管理运维(FM)实践，结合本地化的运维需求开发出运维管理门户平台。将分项计量系统和建筑自控系统结合，进行优化管理。

该实践建筑面积 7301m²，每年节约用电 43.4 万千瓦时，节约折算标准煤 130.1 吨标准煤，低于同类型建筑用能定额标准水平的 50%。实践每年可减少二氧化碳排放 281 吨。

上海现代申都大厦改造项目全过程都充分考虑建筑功能与使用模式特点，在运营过程中不断优化管理模式，可推广于建筑使用模式规律清晰、楼宇空调、通风、照明系统可统一管理的多层公共建筑的改造。

七、北京交通大学推行“教育节能”和“节能教育”

北京交通大学把节能贯彻于学校的教育体系，运用现代通信与控制技术，构建校园智能化能源管理系统，实现了“教育节能”和“节能教育”的有机融合。

北京交通大学将节能教育列入教学计划，通过课堂教育、校园教育、示范教育、实践教育等加强对在校学生节能教育和宣传。三年来实施了建筑物围护结构改造、教室照明系统、空调智能节电系统、电梯能量回馈系统、锅炉烟气余热回收等三十多项节能改造项目，广泛运用节能产品和新能源产品，提高建筑物和运行设备的能效水平。建设了涵盖校园全部能源消费因素的智慧型能源管理系统，将节能监控平台、供暖自动控制、三维地下管网、教室智能监控、图书馆智能节电控制、无负压供水智能控制、智能安防系统、自动报修平台等进行系统集成，实现了用能情况在线监控和实时分析，预测能耗变化趋势，优化调度和管控，实现了高校节能管理智能化。2015年按照GB/T 23331的要求，学校建立了能源管理体系认证。

2011年以来，北京交通大学在建筑面积、用能设备不断增长的情况下，能源消耗总量年均下降1407吨标准煤，节约用水4.3万吨，平均节能率8.7%，节水率3.6%。每年间接减少排放二氧化硫23.2吨、氮氧化物22.0吨、烟尘13.5吨。

北京交通大学发挥教育机构的特点，把节能工作融入到教育之中，实现能源消费的可视化、系统化管控，其节能实践对全面、系统提升高校节能工作具有借鉴意义。

八、中集公司建立动态闭环能源管控系统

深圳南方中集装备制造有限公司（以下简称中集公司）通过将海亿达全时动态能效管控技术与生产工艺相结合，建立动态闭环能源管控系统，实现企业节能降耗精细化管理，显著提高用能效率。

中集公司结合生产工艺流程和设备特点，建立了“监测→能效分析与建模→模型仿真→能效管控”的动态闭环能源管控系统，为企业实现持续节能降耗提供了有效的精细化管理工具。该系统采用全时动态能效管控技术，实现对厂区内全部能源参数和用能设施运行参数的实时采集与存储；基于过程数据建立了能效实时在线分析模型，实现对用能设施能效水平和耗能过程的实时管控；进而建立了覆盖“监测-分析-管控”全过程的仿真模型，通过仿真验证，不断优化能效模型，辅助企业持续优化能源管理体系，制定能源管理计划，为节能改造提供支持数据，并验证节能改造的有效性。除了直接节能，该系统还具备供、用能安全管理、设备管理、故障告警与处理、远程控制等功能，通过对设备进行预防性维护实现间接节能和增效。

中集公司采用全时动态能效管控技术建立动态闭环能源管控系统以来，单相制造节电率达到 35.4%，每年实现节电量 1985 万千瓦时，减少二氧化碳排放约 1.49 万吨。

中集公司通过建立动态闭环能源管控系统，为公司节能改造和能源管理提供决策支持，其理念、设计和管理为工业、公共建筑、轨道交通、石油石化、煤炭等领域提高用能水平提供了示范案例。

九、神华国华电力建立技术节能长效机制

神华国华电力综合利用内部和外部的研究能力，制定并实践特色汽机通流改造和“近零排放”技术路线为主的清洁能源发展战略行动计划，建立了节能技术进步长效机制。

神华国华电力实施《国华电力推进清洁能源发展战略行动计划》，对现役燃煤发电机组进行节能、环保、提效、增容和供热等综合绿色升级改造。期间，企业发挥国华电力研究院级博士后流动站的技术引领和牵头作用，汇集哈汽、东锅、上汽三大动力集团的力量，开展技术攻关，形成独具特色的汽机通流改造和“近零排放”技术路线，包括高、中压缸通流增级+低压缸末级叶片优化+喷嘴组、调节级、高中低压转子、高中低压内缸、隔板及隔板套升级更新+汽封改造+冷端优化改造+发电机及附属设备提效改造+供热改造等；并系统性地建立并实施包括技术实施路线、管理组织机构、项目实施进度、投资计划安排、运行风险管控为核心内容的节能技术进步机制。

神华国华电力绥中电厂2号俄制机组改造前后800兆瓦同阀位工况下供电煤耗下降近40克/千瓦时，年可节约标准煤32.8万吨，厂用电率下降超过2个百分点。所有指标均优于三部委《煤电节能减排升级与改造行动计划》要求。

神华国华电力的做法对于燃煤机组电力生产企业汇集内部外部智库，建立节能技术进步长效机制，持续推进节能技术进步，促进燃煤机组节能减排提供可行借鉴。

十、深圳建科大楼绿色建筑示范项目

深圳建科大楼绿色建筑示范项目是基于当地气候和资源条件，与自然环境充分融合，被动式技术优先，具有“生长性”的绿色建筑。

深圳建科大楼基于“共享与平衡”绿色设计理念，在充分了解气候特征、资源环境、社会人文等特点的前提下，以“自然-建筑物-人”相融合的原则，进行设计、建造和运营。首先，根据建筑功能分布、主导风向以及场地物理环境，通过数字化分析手段，采用“凹”字型的建筑体型和平面布局设计，为建筑的自然通风和自然采光创造良好条件。其次，将高性能外围护结构、外遮阳装置、立体绿化系统、太阳能遮阳系统等进行融合，构建建筑综合隔热体系。第三，采用高性能空调系统、LED照明系统、节能电梯、生态中水系统、太阳能光伏系统、座位送风系统、节能配电系统以及优化运行控制系统等，高效利用主动式技术。通过集成应用绿色技术体系，建科大楼在高效利用商品能源的同时，为建筑使用者提供了舒适、健康的办公环境。

相比《深圳市办公建筑能耗限额》标准，建科大楼年节电量约为104万千瓦时（折合347吨标准煤），减排二氧化碳923吨。项目总投资7055万元，其中绿色建筑增量成本1034万元。总投资收益率为10.3%，投资回收期为9.7年。

建科大楼将“共享与平衡”的理念与建筑设计和使用的结合起来，适合于在夏热冬暖地区的工程中应用推广。