

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例（2021）》之五 ——重点用能设备系统节能提效技术

（一）流程工艺风机及系统管网优化节能技术

1. 技术适用范围

适用于风机系统节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

通过单机高效设计、局部管道优化、系统管网优化以及厂区流体设备群基于运行数据的能效诊断等技术手段，实现流程工艺风机及风机系统节能，主要创新性有三点：一是针对损失模型、预测方法不完善及评估方法定性等问题，通过补充模型、完善预测、定量评估等，形成离心风机高效宽工况设计方法，实现离心风机高效宽工况设计；二是对风机进、出口管道系统效应附加阻力的精准计算，有效避免了进、出口管道系统效应导致的阻力损失；三是针对流程工艺中量大面广的流体机械设备群，实现了基于运行数据的能效诊断。工艺流程图如下：



3.技术指标

(1) 单机效率提升 10%以上。

(2) 系统运行稳定。

4.技术功能特性

(1) 通过离心风机高效宽工况设计方法，实现离心风机高效宽工况设计。

(2) 通过对风机进、出口管道系统效应附加阻力的精准计算，有效避免了进、出口管道系统效应导致的阻力损失。

(3) 针对流程工艺中量大面广的流体机械设备群，实现了基于运行数据的能效诊断。

5.应用案例

祥光铜业 3.5 万变压吸附制氧装置鼓风机改造项目，技术提供单位为合肥通用机械研究院有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：祥光铜业建有当时世界上最大的 3.5 万单体 VPSA（真空变压吸附制氧装置），由于设计原因，装置所用制氧鼓风机与系统不匹配，导致整个装置运行能耗较大，单位制氧量能耗（标态）为 0.64 千瓦时。

(2) 实施内容及周期：在电机、鼓风机壳体不变动的情况下，对鼓风机叶轮进行改造。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，鼓风机效率提升 10%以上，整个 VPSA 装置的单位制氧电耗（标态）由 0.64 度/立方米降低到 0.48 度/立方米，年节约标准煤 1.07 万吨，年减排 CO₂ 2.96 万吨。投资回收期 1 个月。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 20%，可形成年节约标准煤 60 万吨，年减排 CO₂ 166.2 万吨。

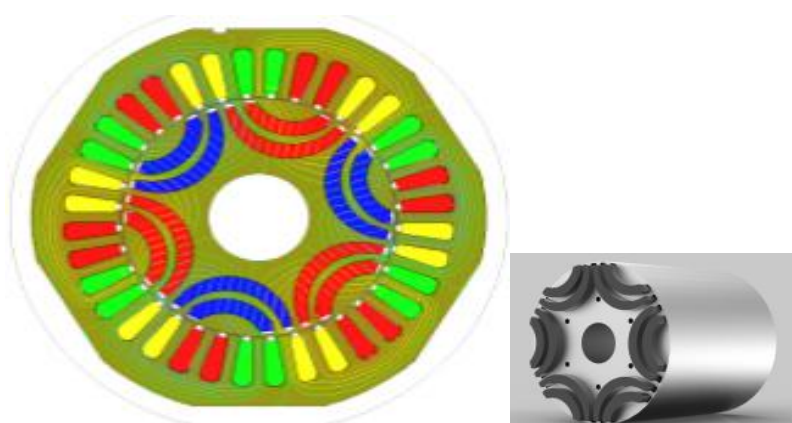
（二）工业用永磁辅助磁阻同步电机技术

1.技术适用范围

适用于电机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

永磁同步磁阻电机电磁转矩的主要部分是磁阻转矩，通过转子高凸极比磁路结构设计保证电机效率及功率因数进一步得到提升，提高磁阻转矩来弥补铁氧体永磁材料磁性能下降造成的影响，使电机性能达到甚至超过稀土永磁电机的水平。系统结构示意图如下：



3.技术指标

- （1）功率因数不低于同功率级的异步电机。
- （2）对比同功率等级的异步电机，质量与体积更小。

(3) 抗高温退磁性能优于稀土永磁电机，且价格比稀土永磁电机低。

4.技术功能特性

(1) 采用高凸极比转子拓扑结构技术，磁阻转矩占比高达 71%，相同电流下转矩输出提升 1.5%，能效达到 IE5 等级。

(2) 双旁路高抗退磁转子设计，解决退磁不均匀的难题，退磁电流可达到 3 倍额定电流，退磁裕量充足，从源头提升电机可靠性。

(3) 基于导磁通道间隔错位型磁路噪声抑制结构，降低了磁导突变导致的转矩脉动，有效抑制电磁噪声。

5.应用案例

技术提供单位为珠海格力电器股份有限公司。

研发类节能技术，无应用案例。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 2.6 万吨，年减排CO₂ 7.2 万吨。

(三) 特大型高炉鼓风高效节能装置技术

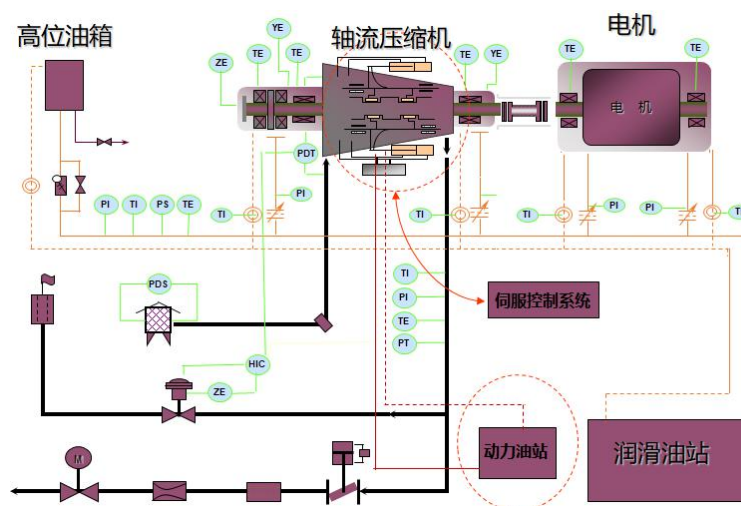
1.技术适用范围

适用于冶金领域高炉鼓风机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用叶型优化、多级动静叶匹配、轴向进气结构等设计技术，对鼓风机组性能进行了综合优化，提高了调节范围和

效率；开发应用了高炉鼓风机防阻塞技术、微压控制保持技术、急速减压系统技术、动态双坐标修正的防喘振保护与最高压力限制保护技术,提高了大型高炉鼓风机组运行可靠性。系统原理图如下：



3.技术指标

(1) 鼓风机组整体寿命超过 30 年（易损件除外）；连续无故障运行时间 24000 小时。

(2) 多变效率超过 91%；调节范围宽，满足不同冶炼强度、富氧率以及脱湿工况下的设计工况条件，鼓风系统效率高。

4.技术功能特性

(1) 采用叶型优化、多级动静叶匹配、轴向进气结构等设计技术，对鼓风机组性能进行了综合优化，提高了调节范围和效率，比国外同类机型调节范围增大了 12%，鼓风机效率达到 91.4%。

(2) 开发应用了高炉鼓风机防阻塞技术、微压控制保持

技术、急速减压系统技术、动态双坐标修正的防喘振保护与最高压力限制保护技术，提高了大型高炉鼓风机组运行可靠性。

(3)在突破内置轴承防漏油技术基础上，成功研制了国内第一套采用焊接机壳、轴向进气型式的高炉鼓风机，解决了 280℃以上耐高温变形问题。

5.应用案例

宝钢湛江 5050 立方米高炉配套AV100-17 鼓风机组项目，技术提供单位为西安陕鼓动力股份有限公司。

(1)用户用能情况简单说明：该项目为新建项目。

(2)实施内容与周期：宝钢湛江钢铁 5050 立方米高炉，新建一套AV100-17 高炉鼓风机组。本机组的设计最大风量为 9410 立方米/分钟（标态、压力为 0.66 兆帕），对应的最大轴功率 51 兆瓦。设计点风量 7780 立方米/分钟（标态），轴功率 40 兆瓦，按年运行 8000 小时计算，年耗电量 3.2 亿千瓦时。实施周期 2 年。

(3)节能减排效果及投资回收期：建成后，相较于传统鼓风机组，主要节能点为鼓风机效率提高、调节范围宽减少放风损失、采用脱湿鼓风系统三个环节。其中鼓风机效率提高年可节约电量 898 万千瓦时，调节范围宽减少放风损失年可节约电量 1543 万千瓦时，采用脱湿鼓风系统年可节约电量 1040 万千瓦时。年节约标准煤 1.08 万吨，年减排CO₂ 2.99 万吨。该项目综合年效益合计为 1740 万元，总投入为 6000 万元，投资回收期 3.5 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 80%，可形成年节约标准煤 49.6 万吨，年减排CO₂ 137.4 万吨。

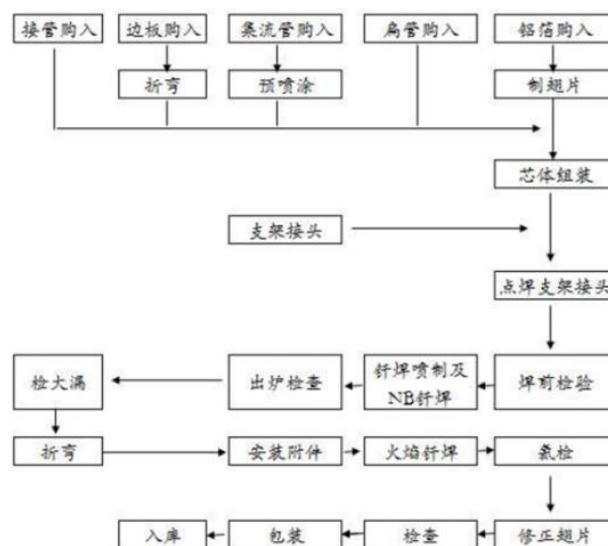
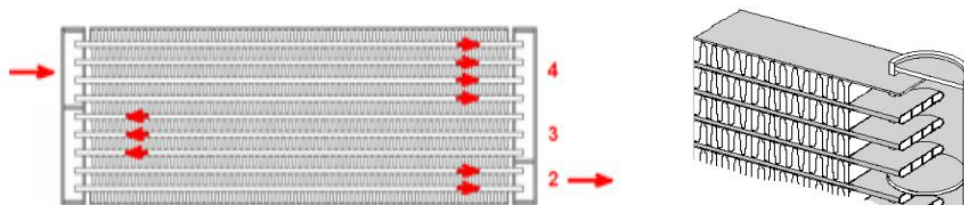
（四）高效低碳微通道换热器技术

1.技术适用范围

适用于制冷设备领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

微通道换热器是一种紧凑式高效换热器，相比传统翅片管式换热器，空气侧换热系数大，全铝焊接无接触热阻，换热器综合换热效率提高 30%以上，应用于制冷空调系统，可满足更高的能效要求，系统制冷剂充注量可显著降低，并且体积小，质量小，100%可回收。结构原理图及生产工艺图如下：



3.技术指标

- (1) 工作温度范围：-40~72℃。
- (2) 气密性：水检法进行检漏无气泡产生；真空氮检法：在 1.7 兆帕氮气压力下，每秒泄漏量小于 1.53×10^{-5} 帕/立方米。
- (3) 耐压性：在 4.5 兆帕压力下保压 1 分钟，换热器无泄漏和变形，爆破压力大于 13.5 兆帕。
- (4) 迎风面积：0.04~4 平方米。
- (5) 换热量：0.6~120 千瓦。
- (6) 内部残留水分：<40 毫克/平方米。
- (7) 内部杂质：固体杂质小于 20 毫克/平方米，有机油分小于 40 毫克/平方米。

4.技术功能特性

- (1) 换热效率可提升 30%。
- (2) 制冷剂充注量可减少 50%。
- (3) 体积可减少 30%，质量可减小 50%。
- (4) 单一铝合金系统部件，可直接回收处理。

5.应用案例

北美厂商 Nortek 的绿色高效热泵室外微通道换热器项目，技术提供单位为杭州三花微通道换热器有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：北美厂商 Nortek 是一家空调生产厂商，原有家用分体空调上的室外机换热器使用铜管翅片式蒸发器，换热效率低，制冷剂充注量高，产品体积大，质量大。

(2) 实施内容及周期：用微通道热泵换热器替代原有铜管翅片式换热器，采用自主开发的单排 16 毫米 C 型换热器结构。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，冷媒 R410A 充注量由 2.68 千克降低为 1.91 千克，减少了 29%，热泵型换热器按每年销售 10 万套计算，年节约标准煤 0.65 万吨，年减排 CO₂ 1.79 万吨。该项目综合年效益合计 775 万元，项目总投资投入 2800 万元，投资回收期 3.7 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 6.6%，可形成年节约标准煤 85.25 万吨，年减排 CO₂ 236.14 万吨。

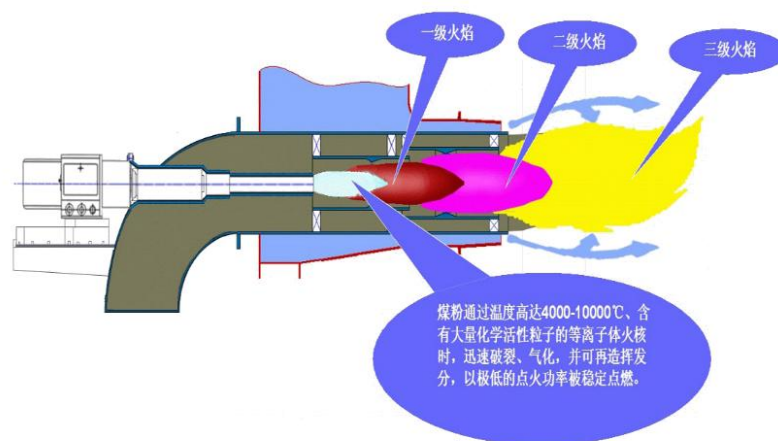
(五) 等离子体点火及稳燃技术

1.技术适用范围

适用于电站锅炉领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

等离子体点火技术是利用直流电流在介质一定气压的条件下接触引弧，并在专业设计的燃烧器中心燃烧筒中形成温度大于 5000 开尔文、温度梯度极大的局部高温区，煤粉气流通过该等离子体“火核”受到高温作用，迅速吸热并释放出挥发物，使煤粉颗粒破裂粉碎，迅速燃烧。从而节约锅炉启动及低负荷稳燃所需的燃油。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 功率：30~120 千瓦，连续可调。
- (2) 电极寿命：阴极寿命 ≥ 500 小时，阳极寿命 ≥ 1000 小时。
- (3) 煤粉含量：12%~45%。
- (4) 煤质适应范围： $\geq 16\%$ 。

(5) 机组节油率： $\geq 90\%$ 。

(6) 适用机组容量：50~1000 兆瓦。

4.技术功能特性

(1) 提升火电机组运行灵活性和经济性，提升火电机组深度调峰的能力。

(2) 适用煤质：烟煤（含劣质烟煤和贫煤）、褐煤。

(3) 设备可靠性高，体积小，适应锅炉频繁启停和低负荷稳燃需求。

5.应用案例

广东国华粤电台州电厂 5#炉等离子体点火及稳燃项目，技术提供单位为烟台龙源电力技术股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：广东国华粤电台山发电有限公司 5#炉为上海锅炉厂生产的亚临界一次再热控制循环锅炉，每年用于锅炉冷态启动和低负荷稳燃的耗油量约为 300 吨。

(2) 实施内容及周期：进行等离子体点火系统改造，包括等离子体燃烧器、等离子体发生器、载体风系统、冷却水系统、电源系统和图像火检系统，将 1 层四台煤粉燃烧器改造成等离子体点火燃烧器。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，根据电厂出具的第三方检测报告，2017 年至 2019 年共节约燃油 643 吨，平均每年节约燃油 214 吨，年节约标准煤 0.031 万吨，年减排 CO₂ 0.085 万吨。该项目综合年效益合计为 137 万元，项目总投资投入为 270 万元，投资回收期 2 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 45%，可形成年节约标准煤 60 万吨，年减排CO₂ 166.2 万吨。

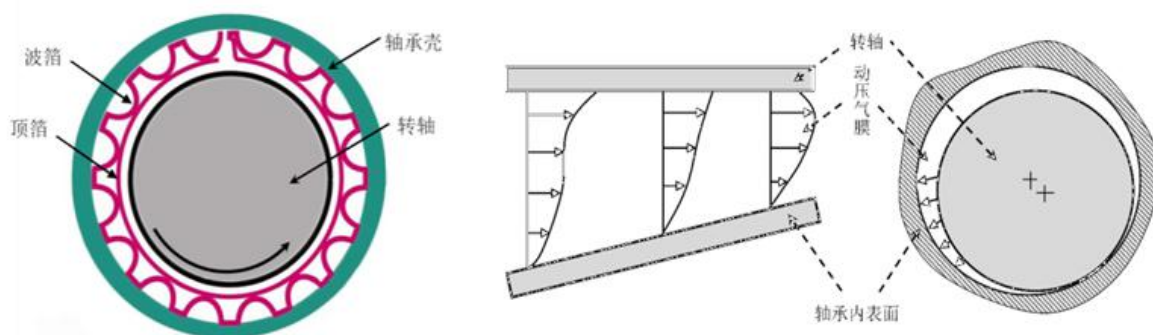
（六）高效动压气悬浮离心压缩机关键技术

1.技术适用范围

适用于离心压缩机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

转轴在重力作用下相对轴承发生偏心，进而与轴承内表面形成楔形间隙，当转轴在做高速旋转运动时，不断将具有一定黏度的气体带入楔形间隙，而气体的不断进入使得气膜产生一定的压力，当轴系转动达到一定转速时（起飞速度），气膜力足以平衡转轴载荷，具有刚度的气膜将轴系浮起，使轴系在悬浮状态下工作，采用气体轴承的压缩机运行过程中无油、无摩擦。工作原理示意图如下：



3.技术指标

(1) 按 GB/T 18430.1—2007 标准测试：机组名义工况 COP 达 6.35，机组综合部分负荷性能系数 IPLV 达 8.78。

(2) 按 AHRI 550/590—2018 标准测试：机组名义工况 COP 达 6.29，机组综合部分负荷性能系数 IPLV 达 10.15。

(3) 按 GB/T 11348.3—2011 标准测试：压缩机稳定运行时，转轴径向振动小于 12 微米，压缩机起停次数超过 12 万次。

4.技术功能特性

(1) 发明了“双波双顶”的大承载、高阻尼轴承结构，提升顶箔刚度，减少受力变形，轴承承载力比普通轴承提升 44%。

(2) 将传统的箔片间的摩擦由单一的点接触摩擦变为点摩擦及线摩擦的混合摩擦过程，提升库伦摩擦阻尼，阻尼比传统轴承提升 31%，有利于提升轴承对转子的振动抑制能力。

(3) 研制了一种箔片用多组分新型复合涂层，摩擦系数低至 0.06，降低转子悬浮前与轴承的摩擦力，减少轴承磨损。

(4) 研制了“内空心、等外径，三段式背靠背”低质量高刚度气悬浮转子结构，有效拓宽二阶与三阶临界转速区间，使转子运行转速远离临界转速，提升转子运行稳定性，转子振幅低至 12 微米，达到 A 级转子振动标准。

(5) 发明了小流量高效气动设计技术，建立了一种多参数多目标寻优的气动设计方法，压缩机气动效率达到 0.83，机组名义工况 COP 达 6.35。

5.应用案例

技术提供单位为珠海格力电器股份有限公司。

研发类节能技术，无应用案例。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 4.5%，可形成年节约标准煤 5.4 万吨，年减排 CO₂ 14.96 万吨。

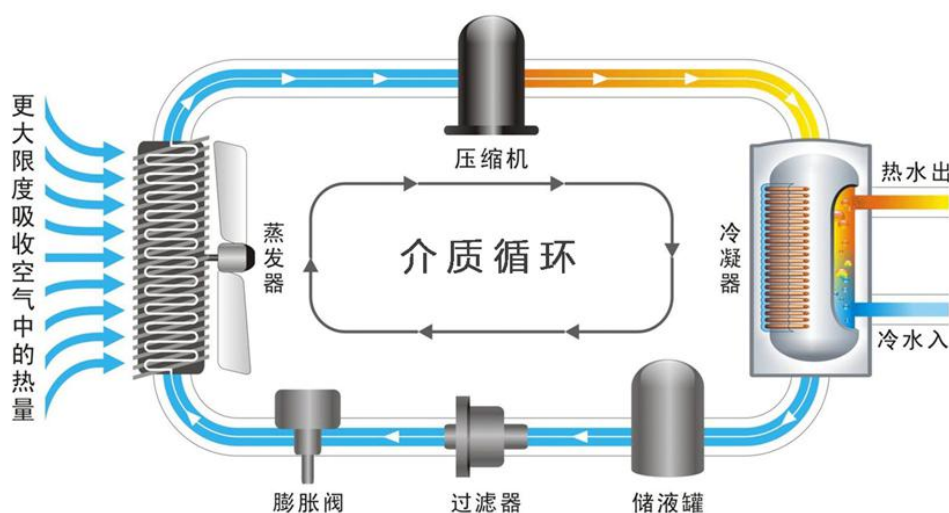
（七）跨临界 CO₂ 热泵的并行复合循环关键技术

1.技术适用范围

适用于热泵系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

热泵压缩机把低温低压气态CO₂压缩成高温高压的气态，与水进行热交换，高压的CO₂在常温下被冷却、冷凝为液态，再经过蒸发器（空气热交换器）吸收空气中的热能，由液态CO₂变为气态CO₂，低温低压的气态CO₂再由压缩机吸入，压缩成高压高温气态CO₂。如此往复循环，不断地从空气中吸热，在水侧换热器放热，制取热水。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 低温-43℃可正常运行。
- (2) 高温出水温度：95℃。
- (3) 供回水温度：45~65℃。
- (4) 工质为 CO₂，能效比高。

4.技术功能特性

- (1) 独有的排气压力优化策略。
- (2) 独有的中间温度优化策略。
- (3) 基于 ESC 与神经网络的实时在线控制技术。
- (4) 匹配性除霜技术。
- (5) 回热器容量优化技术。
- (6) 气体冷却器出口能量转移技术。
- (7) 超临界换热器流动、传热性能优化技术。

5.应用案例

察哈尔右翼前旗黄家村高速公路服务区 CO₂ 空气源热泵供暖改造工程，技术提供单位为宁波美科二氧化碳热泵技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：原有一台供暖热源为燃煤热水锅炉供热，热功率远远大于采暖热负荷需求，造成很大的能源浪费；燃煤热水锅炉没有脱硫系统，不满足排放标准；锅炉供热为间接供暖系统，存在供暖效果不均匀和能源浪费严重等现象。

(2) 实施内容及周期：运用 CO₂ 空气源热泵替代原有燃煤锅炉进行供暖。实施周期 2 周。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造前消耗标准煤 188.7 吨/年，改造后耗电为 32.02 万千瓦时/年，年节约标准煤 0.0089 万吨，年减排 CO₂ 0.025 万吨。该项目综合年效益合计为 12.89 万元，项目总投资为 45 万元，投资回收期 3.5 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 20%，可形成年节约标准煤 6.8 万吨，年减排 CO₂ 18.8 万吨。

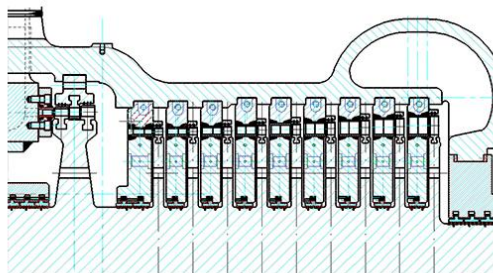
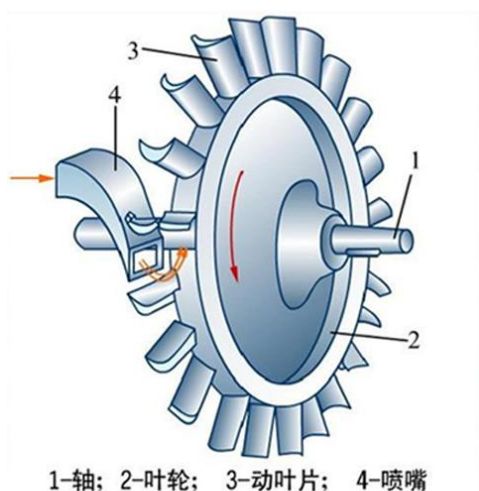
(八) 节能高效多级小焓降冲动式汽轮机

1.技术适用范围

适用于汽轮机节能技术改造。

2.技术原理及工艺

汽轮机转子通流部分经优化设计为单列调节级，区别于冲动式汽轮机转子的第一级多为双列速度级，并且设计多出 2~4 级压力级；汽轮机通流部分同时还优化了叶片、喷嘴、隔板喷嘴的型线设计，有效降低了汽轮机通流部分摩擦热损，从而提高了汽轮机机械转换效率。工作原理图如下：



蒸汽在喷嘴中发生膨胀，压力降低，速度增加，热能转变为动能。高速气流流经动叶片3时，由于气流方向改变，产生了对叶片的冲动力，推动叶轮2旋转做功，将蒸汽的动能变成叶轮轴旋转的机械能。
这种利用冲动力做功的原理，称为冲动作用原理

3.技术指标

(1) 同等工况机型研发效率提高 5%~10%，同等工况条件下实际运行输出功率及发电效率提高 10%~20%。

(2) 汽轮机进汽参数从压力 13.7 兆帕(绝对压力), 535℃ 到 0.155 兆帕(绝对压力) 低温低压(余热余压) 范围内，都可实现定制化设计、定制化生产。

4.技术功能特性

(1) 汽轮机热机速度快，可实现一键启动，启动时间比传统单缸机型减少 1/3 以上，降低汽轮机启动蒸汽损失。

(2) 可根据客户实际要求设计汽轮机制造参数。

(3) 汽封部分漏汽量比传统机型少 50%，既能提高转化效率，又能杜绝油中进水。

(4) 汽轮机数字式电液调节及保安系统采用单独供油的高压耐磨油系统，油动机拉力大不易卡滞，调节精度高，危

急遮断反应速度快，并且消除了共用润滑油系统由于进水乳化和变质造成的调节及保安油系统故障问题。

5.应用案例

昌乐盛世热电有限公司节能改造项目，技术提供单位为沂源县华阳能源设备有限公司。

(1)用户用能情况简单说明：昌乐盛世热电有限公司原使用的高温高压背压式汽轮发电机组型号为 B30-8.83/0.981，该机组实际运行：进汽量 220 吨/小时，压力 8.87 兆帕，温度 535℃，排汽压力 0.94 兆帕，排汽温度 287℃，汽耗 9.56 千克/千瓦时。

(2)实施内容及周期：在原机组基础上，将汽轮机整机更换为 30 兆瓦节能高效多级小焓降冲动式汽轮机。实施周期 10 个月。

(3)节能减排效果及投资回收期：改造后，同等工况下，每小时可发电 29700 千瓦时，比改造前每小时多发电 6700 千瓦时，如机组年运行时间按照 7200 小时计算，年可多发电 4824 万千瓦时，年节约标准煤 1.5 万吨，年减排 CO₂ 4.16 万吨。该项目综合年效益合计为 1680 万元，总投入为 980 万元，投资回收期 7 个月。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 18%，可形成年节约标准煤 4.29 万吨，年减排 CO₂ 11.88 万吨。

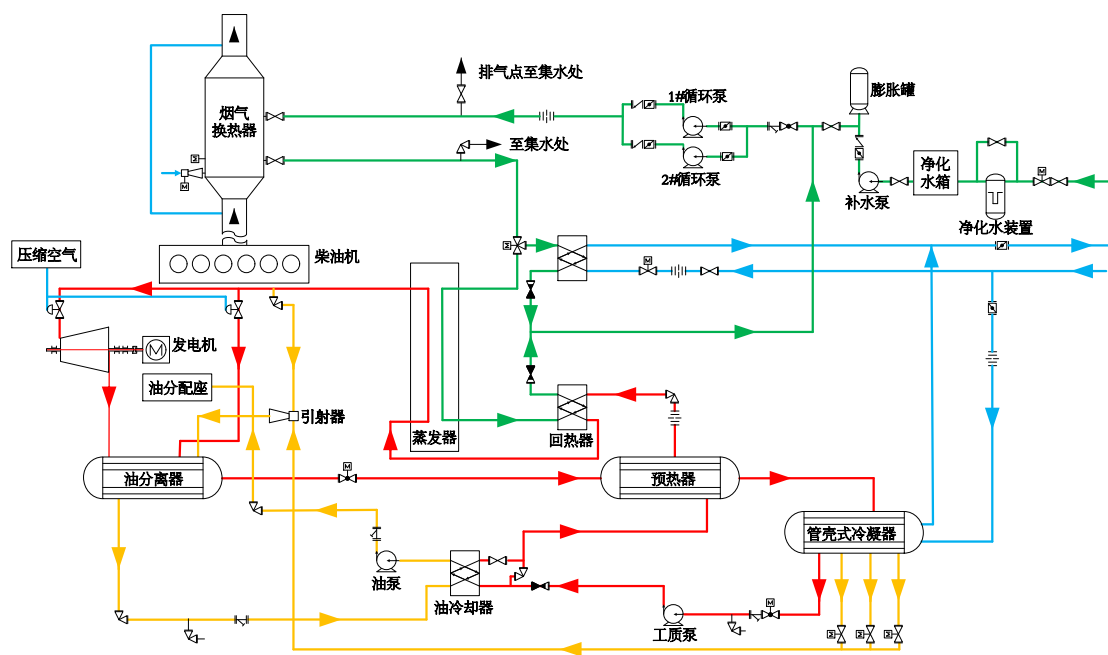
(九) 有机朗肯循环 (ORC) 发电技术

1.技术适用范围

适用于船舶行业中低品位余能利用领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

系统主要包括烟气换热器模块、给水模块和发电模块，其中发电模块包括控制系统，便于船上安装布置和系统调试；烟气传递热量给烟气换热器中的水，换热器中的水吸收热量后进入ORC机组中的蒸发器并将热量传递给有机工质，有机工质在ORC系统内循环发电做功。在系统设计时，可根据实际应用场景进行集成化、撬装化设计，从而使整个发电系统更为紧凑，能量回收密度更高。系统工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 系统发电效率：9%~11%。
- (2) 设备尺寸为同发电效率下常规尺寸的 2/3~5/6。
- (3) 可抗倾斜角：22.5 度（横向）/10 度（纵向）。

4.技术功能特性

- (1) 排烟温度可降至 95℃。
- (2) 冷凝系统换热效率可提高 20%~25%。
- (3) 膨胀机内效率提升至 78%。
- (4) 耐温运行提升至 150℃。

5.应用案例

技术提供单位为中船动力（集团）有限公司。

研发类节能技术，无应用案例。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 5%，可形成年节约标准煤 3.2 万吨，年减排 CO₂ 8.86 万吨。

（十）开关磁阻电机驱动系统

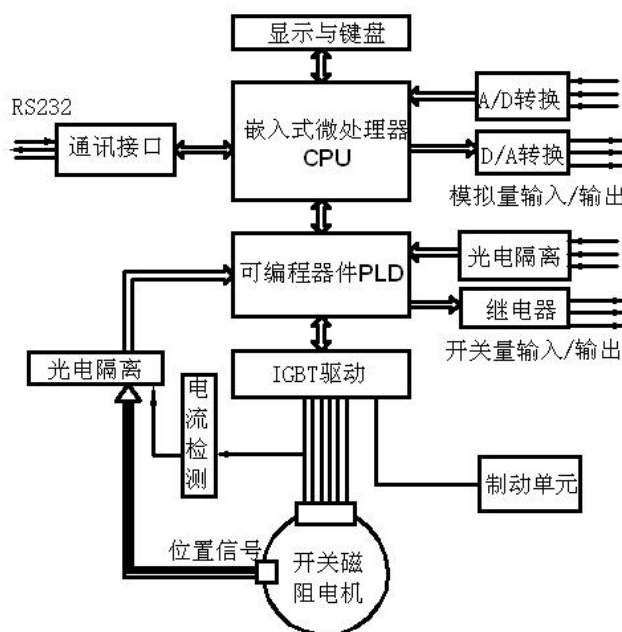
1.技术适用范围

适用于电机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用柔性制动技术，通过综合识别制动转矩、电机绕组电流、开关角度等，自动调节制动功率，实现快速制动及正反转运行；采用开通角、关断角的自动调节技术，提高单位电流输出转矩能力、提高电机效率；研发了专用无位置传感器技术和控制策略，部分场合可省去传感器，提高了电机在油污、粉尘等恶劣环境下的适应能力，提高可靠性，降低成本；针对不同行业研发了能充分发挥电机优势的现场匹配技术，使电机性能指标更匹配现场需求，以降低能耗。系统原

理图如下：



3.技术指标

(1) 额定功率：7.5~630 千瓦；额定转速：0~3000 转/分钟；峰值功率倍数：>2 倍；多台电机转矩同步误差：< 0.1%。

(2) 锻压机械应用：电机起动转矩倍数大于 3 倍；压力机打击力：2500~40000 千牛；打击力精度公差小于 1%；整机节能 30%以上。

(3) 直驱织机应用：电机起动转矩倍数大于 5 倍；织机整机最高转速大于常规织机 40%；最大入纬率：1500 米/分钟；整机节能 15%以上。

4.技术功能特性

(1) 开关磁阻电机结构简单，抗冲击能力强，环境适应

性强；起动转矩大，起动电流小；可频繁起停及正反转切换；过载能力强，起动转矩可达 2~5 倍额定转矩；在宽广的转速范围内效率高，节能效果好；功率因数高；控制器可靠性高。

（2）针对压砖机、纺织机械等规模化生产场合，设计研发了覆盖全生产线的可视化能源管理监控系统软件和 App，实现多台设备联网，对生产过程、设备状态、产品质量、能耗等参数的远程监控，实现生产工艺的远程优化更改，提高生产管理效率，实现智慧工厂、无人工厂。

5.应用案例

山东日发纺织机械有限公司和常熟色织公司的“节能型高速剑杆织机改造”项目，技术提供单位为山东科汇电力自动化股份有限公司。

（1）用户用能情况简单说明：该公司原有传统 RFRL30 型带离合器、异步电机驱动的高速剑杆织机 120 台，设备 24 小时运行，效率低、维护率高、断线率高，单体年耗电量 42917 千瓦时，总耗电量 515 万千瓦时。

（2）实施内容及周期：将老型 RFRL30 织机改进为开关磁阻电机驱动的 RFRL31 新型织机。高速剑杆织机的主驱动以开关磁阻电机驱动系统作为动力，省略了传统的离合器、传动带等中间环节，维护率低，提高了生产效率和节能效果。实施周期 6 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期：改造后，每台织机每年节电量为 11474 千瓦时，年节约标准煤 0.043 万吨，年减排 CO₂ 0.12 万吨。该项目综合年效益合计 576 万元，总投入

3000 万元，投资回收期 5.2 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 7.04 万吨，年减排 CO₂ 19.5 万吨。

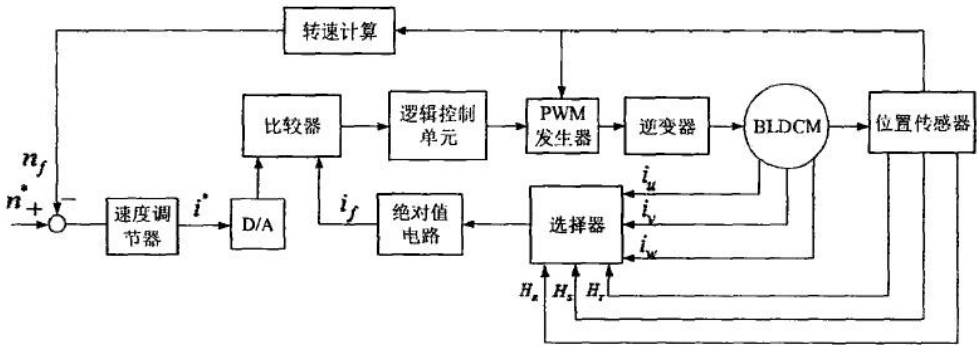
（十一）纯方波永磁无刷电机及驱动器节能技术

1.技术适用范围

适用于电机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

电机转子永磁体为钕铁硼稀土永磁材料并采用瓦形表贴形式，磁极具有较大的极弧系数，经过磁路设计，获得梯形波的气隙磁密，定子绕组采用集中整距绕组，感应反电动势为梯形波，驱动器采用电流峰值控制策略，控制周期为恒定值。当电流给定大于电机定子绕组中的电流时，同时开通上下桥臂的两个开关管，使电流上升；当电流给定小于电机定子绕组中的电流时，关断其中一个开关管，使电流下降，当时间达到一个控制周期时再次开通开关。通过电流峰值控制，能够使电机定子绕组中的电流跟踪电流给定。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 节电 30%~60%。
- (2) 运行效率可达 97.5%。
- (3) 负载率为 25%~120%期间都在高效区内。

4.技术功能特性

- (1) 低速下输出大转矩，起动性能好。
- (2) 调速范围宽，运行功率因数高，接近 1。
- (3) 兼具交直流电机的优良性能，结构简单，故障率低，使用寿命长。
- (4) 功率密度大，较同功率、同转速电机，比永磁同步转矩密度高 15%，其有效材料质量比传统绕线型交流电动机轻 41%。

5.应用案例

西藏自治区那曲市“情暖冻土、点亮羌塘”风电示范项目，技术提供单位珠海能达科技有限公司、沈阳永磁电机制造有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：申扎县塔尔玛乡多琼村由于地处偏远，当地电力供应严重不足，影响到当地人民生活。

(2) 实施内容及周期：新建 13 台 15 千瓦纯方波永磁无刷集风式风电一体化系统。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，根据目前运行数据，平均每台每年发电 45000 千瓦时，年节约标准煤 13.95 吨。投资回收期 4 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 5%，可形成年节约标准煤 1.24 万吨，年减排 CO₂ 3.43 万吨。

（十二）先导式气力物料运输系统

1.技术适用范围

适用于管道气力输送节能技术改造。

2.技术原理及工艺

先导阀判断满介质和精准供气，阀与阀之间为一节一节单元精准连锁自动控制。先导阀安装在输灰管道上，同时沿输灰管道安装一条气管，给先导阀供气。当介质输送到一定距离时达到满管状态，此时安装在管道上的先导阀会自动检测输灰管内的压力。当达到先导阀开启的压力定值时，阀门会自动打开向管道内补充助推气源，管道内的介质受到进气的推动，介质自动向前流动，此堵塞点的堵管现象消除，压力降低，阀门自动关闭，管道内的介质继续向前运动，从而提高了介质在管内的运送效率。工作原理图如下：

修改、调试、培训等工作。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，空压机平均功率为 250 千瓦，平均额定排气量为 40 立方米/分钟，每立方米压缩空气耗能约为 0.1042 千瓦时。改造前输灰耗气量 120 立方米/分钟，改造后输灰耗气量为 40 立方米/分钟，年节约标准煤 0.12 万吨，年减排 CO₂ 0.33 万吨。该项目综合年效益合计为 156 万元，项目总投资 388 万元，投资回收期 2.4 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 44.64 万吨，年减排 CO₂ 123.65 万吨。

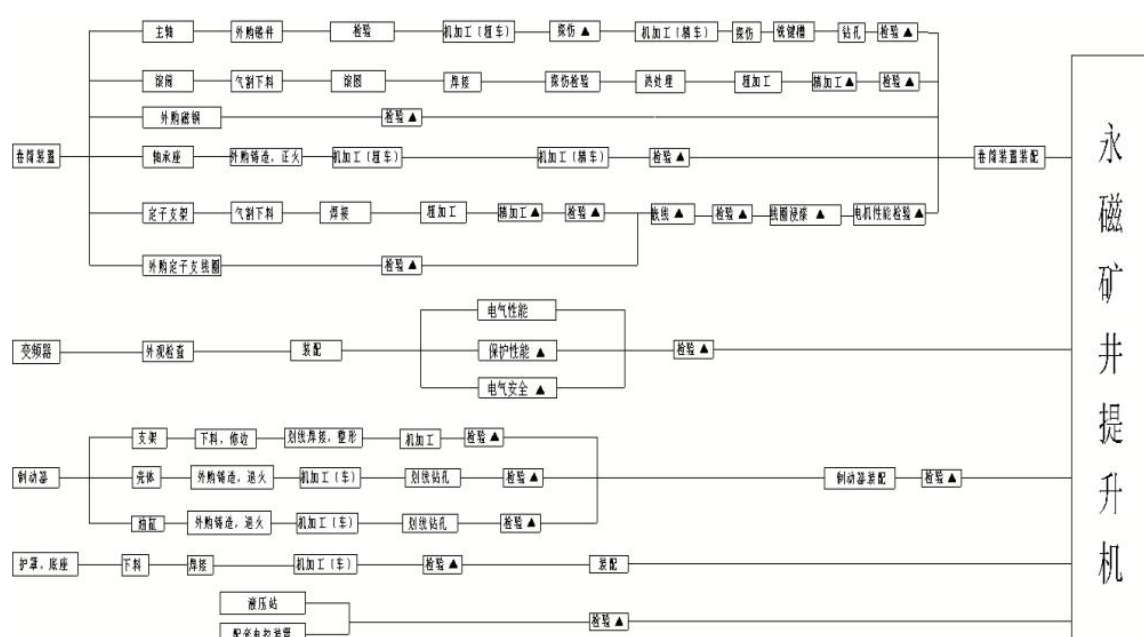
(十三) 永磁电机内装式矿井提升机

1.技术适用范围

适用于矿井式提升机节能技术改造。

2.技术原理及工艺

电机永久磁铁装于滚筒内壁，作为永磁电机外转子，工作绕组线圈装于内定子上，内定子通过定子支撑结构套装于提升机主轴上，转子支撑结构和内侧轴承沿永磁电机定子两侧套装于提升机主轴上，滚筒通过支撑结构安装永磁电机外转子，内定子三相绕组通电产生旋转磁场，旋转磁场与永久磁钢磁场相互作用产生磁引力，并拉动外转子同步旋转，再用低频变频器进行调速实现节能。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 钢丝绳最大静张力：130 千牛。
- (2) 电机转速：19 转/分钟。
- (3) 电机功率：400 千瓦。
- (4) 电机频率：10.1 赫兹。
- (5) 电机电压：660 伏。

4.技术功能特性

(1) 当制动器失效后，电机变为发电机，产生反方向制动力矩，防止飞车事故。

(2) 减少了减速器、联轴器、润滑站等中间环节，整机效率可达 95% 以上，综合节电比传统提升机节约 30% 以上。

(3) 减少基础施工量 30%，井下硐室相应的空间小，投入硐室成本低。

5.应用案例

贵州邦达能源有限公司苞谷山煤矿项目，技术提供单位为贵阳高原矿山机械股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：苞谷山煤矿副井提升机要满足实际最大静张力 120 千牛，速度 3 米/秒，传统提升机电机功率需要 477 千瓦，每小时综合耗电量 456 千瓦时。

(2) 实施内容及周期：将原单绳缠绕式矿井提升机 JK-2.5 × 2.3P 更换成永磁电机内装式矿井提升机 JKN-3 × 2.2P。实施周期为 20 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，据统计，永磁电机内装式矿井提升机每小时综合耗电量 277 千瓦时，每小时节约电量 179 千瓦时，按照每年工作 7000 小时计算，年节约标准煤 0.039 万吨，年减排 CO₂ 0.11 万吨。该项目综合年效益合计为 77 万元，总投资 342 万元，投资回收期 4.5 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 5%，可形成年节约标准煤 6.1 万吨，年减排 CO₂ 16.89 万吨。

(十四) 卧式油冷型永磁调速器

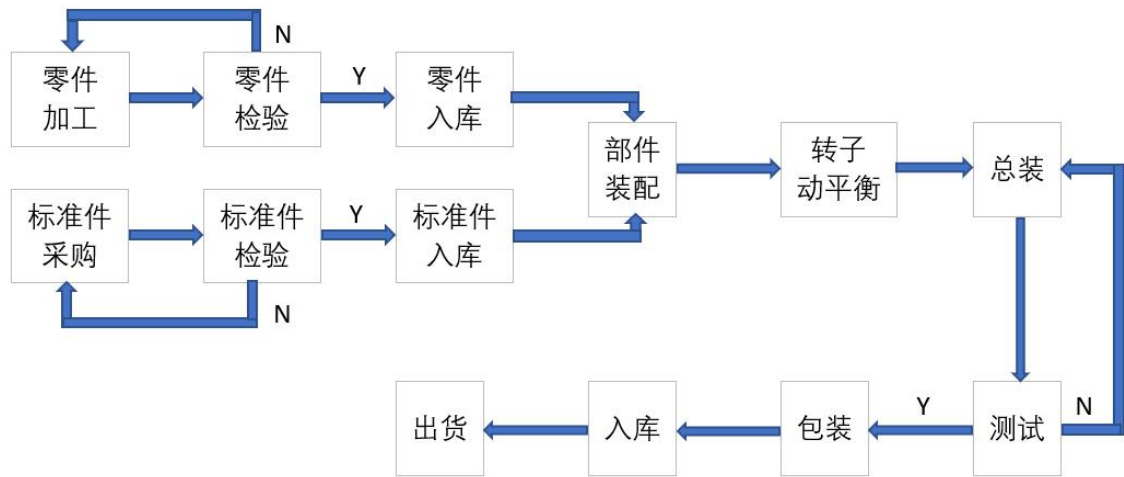
1.技术适用范围

适用于电机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

电机与负载设备转轴之间无需机械连接，电机旋转时带动导磁盘在磁场中切割磁力线，导磁盘中会产生涡电流。该

涡电流在导磁盘上产生反感磁场，拉动导磁盘与磁盘的相对运动，从而实现了电机与负载之间的转矩传输。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 永磁调速器可传递 0~5000 千瓦的负载。
- (2) 永磁调速可在 30%~97%的范围内对负载进行无级调速。

4.技术功能特性

(1) 采用永磁调速器技术，可以通过调节气隙实现流量和/或压力的连续控制，取代原系统中控制流量和/或压力的阀门或风门挡板，在电机转速不变的情况下，调节风机或水泵的转速。

(2) 无机械连接的转矩传递，解决了联轴器对心带来振动及电机轴承负荷过高的问题。

5.应用案例

镇江大港热电厂 3#机组扩容为 15 兆瓦机组改造项目，

技术提供单位为安徽沃弗永磁科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：镇江大港热电厂 3#机组扩容为 15 兆瓦机组，并新增脱硫浆液循环泵系统。没有新设脱硫风机，将原 560 千瓦/990 转/分钟引风机增大为 1400 千瓦/990 转/分钟，扩容前引风机采用变频调节方式，故障频发，多次造成非停。

(2) 实施内容及周期：3#机组引风机共计 1 台，发电机组扩容，电机的功率由扩容前的 560 千瓦/990 转/分钟扩大为 1400 千瓦/990 转/分钟/10 千伏/99 安/0.86，选用油冷型卧式油冷型永磁调速器 TW850。实施周期 1 周。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，按照全年运行 8000 小时，运行功耗约 719.8 千瓦，综合节能率达到 39.0%，年节约标准煤 0.11 万吨，年减排 CO₂ 0.31 万吨。项目综合年效益合计为 147.2 万元，项目总投资 125 万元，投资回收期 10 个月。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 260 万吨，年减排 CO₂ 720.2 万吨。

(十五) 新型热源塔热泵系统

1.技术适用范围

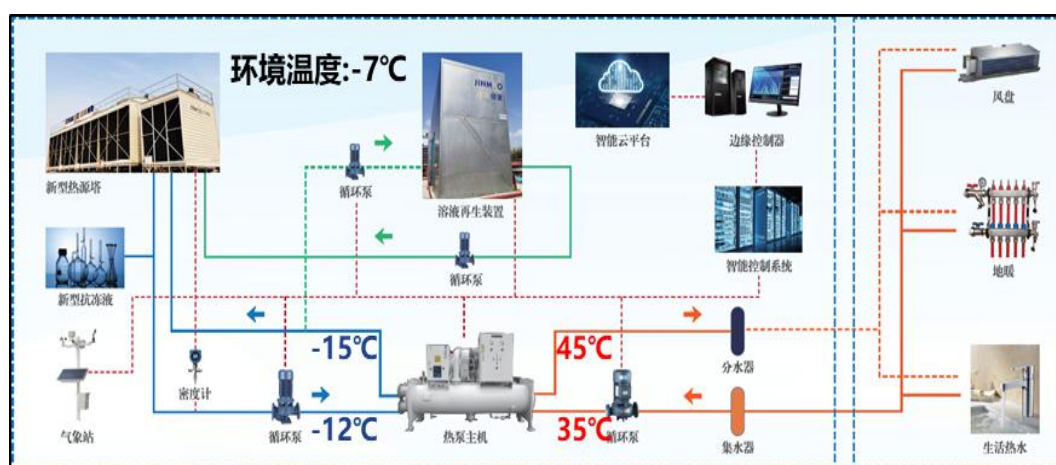
适用于热泵系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

以空气为热源，通过热源塔的热交换和热泵作用，实现制冷、供暖以及生活热水等多种功能。智能化控制平台以数据驱动+智能算法为核心，通过对用户末端的冷、热负荷预测，管网水利平衡进行分析，优化群控策略实现热源塔热泵系统的自适应控制，从而提升控制精度，优化系统运行综合能效，实现热源塔热泵系统智能化稳定运行，降低运行成本，提高运行效率。工艺流程图如下：



夏季工艺流程图



冬季工艺流程图

3.技术指标

(1) 最低应用环境温度: -25°C 。

(2) 控制精度：热源塔热泵系统供能水温控制精度 $\leq \pm 0.5$ 。

(3) 单机容量大：单机供热能力最大可达 10 兆瓦 (-7°C 环温下)。

(4) 数学模型：热源塔热泵系统数学模型精度 $\leq \pm 8\%$ ，数学模型迭代计算，指导系统始终处于最优运行状态。

(5) 出水温度：采用双级压缩，中高温冷媒，最高出水温度可达 60°C 。

4. 技术功能特性

(1) 与常规热源塔相比，应用区域增加，可在寒冷地区进行推广应用，而常规热源塔只能应用于环温 $\geq -10^{\circ}\text{C}$ 以上的夏热冬冷地区。

(2) 全年平均节能 48.7%。

(3) 供水温度高，热泵主机采用的冷媒为中高温冷媒，并且采用双级压缩，在低温工况下，最高出水温度可达 60°C ，可匹配暖气片、地暖、风盘等多种末端方式。

(4) 通过热源塔热泵系统数学模型 (精度 $\leq \pm 8\%$) 迭代计算优化群控策略，实现热源塔热泵系统的自适应控制，从而提升控制精度，优化系统运行综合能效，提高运行效率，降低运行成本。

5. 应用案例

青岛“中欧国际城”能源站集中供暖项目，技术提供单位为北京金茂绿建科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：新建项目。

(2) 实施内容及周期：新建集中供能能源站，搭建污水源热泵+燃气锅炉系统+热源塔系统多能耦合系统，其中热源塔热泵系统承担约 9.25 万平方米的供能。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：通过项目实际运行，全年供热耗电量 250 万千瓦时，按照年平均节能 48.7% 计算，年节约标准煤 0.038 万吨，年减排 CO₂ 0.11 万吨。该项目综合年效益合计为 142.67 万元，总投资 477 万元，投资回收期 3.4 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 10%，可形成年节约标准煤 0.68 万吨，年减排 CO₂ 1.88 万吨。

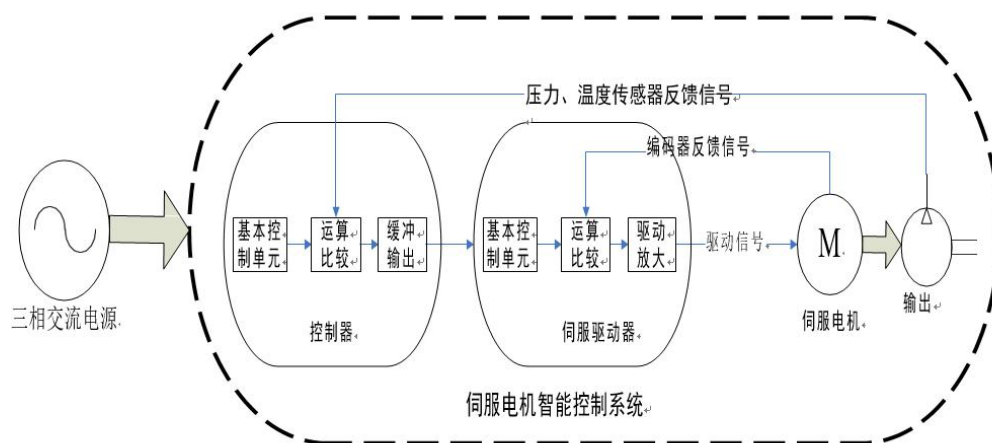
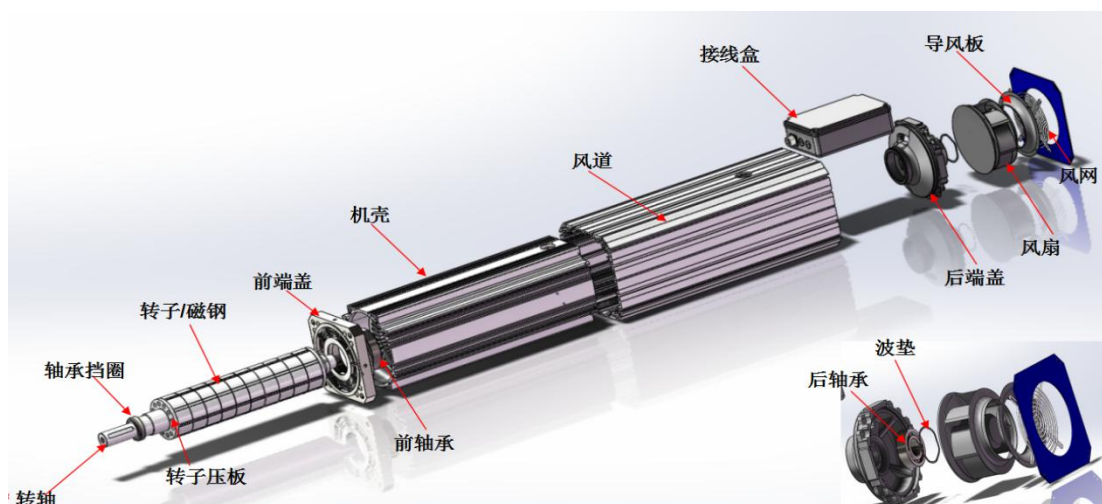
(十六) 永磁伺服电机节能动力系统

1.技术适用范围

适用于电机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用永磁体生成电机的磁场，不需要励磁线圈及励磁电流，效率高、结构简单。与变频异步电机相比，不需要无功励磁电流，效率高，功率因数高，力矩惯量比大，定子电流和定子电阻损耗减小，且转子参数可测、控制性能好。该电机带有编码器，实时检测电机的转速，可以根据工况自动调节转速，实现节能。结构示意图如下：



3.技术指标

- (1) 额定功率：5.5~300 千瓦。
- (2) 额定转速：750~3000 转/分钟。
- (3) 效率：89.7%~97.5%。
- (4) 频率：37.5~200 赫兹。

4.技术功能特性

- (1) 具备软启动功能,启动时不对电网产生大电流冲击。
- (2) 电机带有编码器,实时检测电机的转速,可以根据工况自动调节转速。

5.应用案例

江门明星纸业制浆设备节能改造项目，技术提供单位欧佩德伺服电机节能系统有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：江门明星纸业制浆生产线平均每立方浆能耗为 2.162 千瓦时。

(2) 实施内容及周期：在 11 台总功率为 1443 千瓦电机上配备伺服电机智能控制系统。实施周期 15 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，平均每立方浆能耗由原来的 2.162 千瓦时下降到 1.7613 千瓦时，节能率为 21.79%，设备负载率为 75%，系统每天开机时间为 20 小时，每年运行时间为 300 天，年节约标准煤 0.044 万吨，年减排 CO₂ 0.12 万吨。该项目综合年效益合计 84.89 万元，总投入 144 万元，投资回收期 1.7 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 25%，可形成年节约标准煤 11.8 万吨，年减排 CO₂ 32.69 万吨。

(十七) 柴油机电力测功系统电力回馈技术

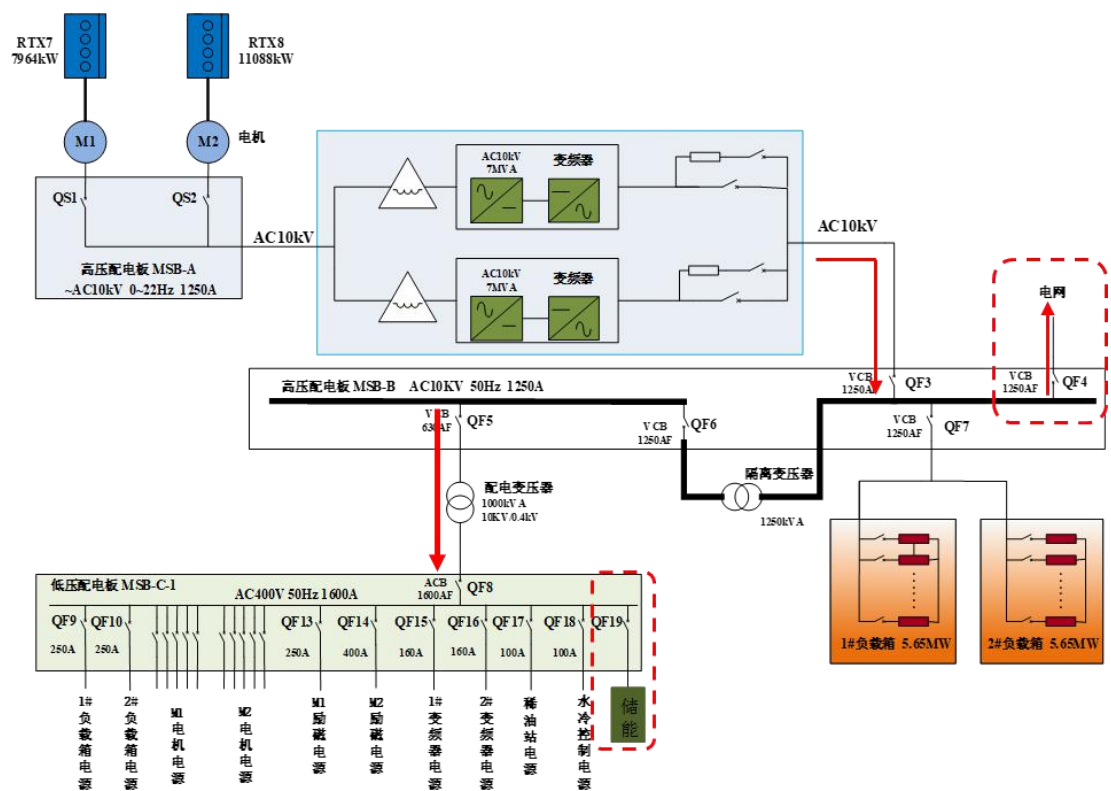
1.技术适用范围

适用于船舶内燃机领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

用电力测功系统取代传统的水力测功器或电涡流测功器，将机械能转化为电能，并通过并网形式回馈至电网。电力测

功系统中配置的电机与被测设备柴油机机械连接，电机与变频器电气连接，由变频器控制电机运行于转矩或转速模式，模拟被测设备柴油机的负载，实现对柴油机的测功功能，在此过程中，柴油机将驱动电机旋转，利用电机将柴油机的机械能转换为电能，再通过变频器整流逆变回馈电网，实现试验过程中能量的回收。技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 转速控制精度： $\leq \pm 0.1$ 转/分钟。
- (2) 转矩控制精度： $\leq \pm 0.5\%$ 。
- (3) 并网电能质量：电压总谐波畸变率 $\leq 4\%$ ，奇次谐波电压含有率 $\leq 3.2\%$ ，偶次谐波电压含有率 $\leq 1.6\%$ 。

4.技术功能特性

电力测功系统在优化测试条件的基础上，无论高转速还

是低转速都能实现稳定加载，其加载稳定性优越，且控制精度高，响应速度快；利用四象限变频器实现电能回馈电网，平均节能效果大于70%，大大降低试验台架的运行成本，尤其是兆瓦级大功率设备的试验，节能总体效果更显著。

5.应用案例

技术提供单位为中船动力（集团）有限公司。

研发类节能技术，无应用案例。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来3年，推广应用比例可达到10%，可形成年节约标准煤3.58万吨，年减排CO₂ 9.92万吨。

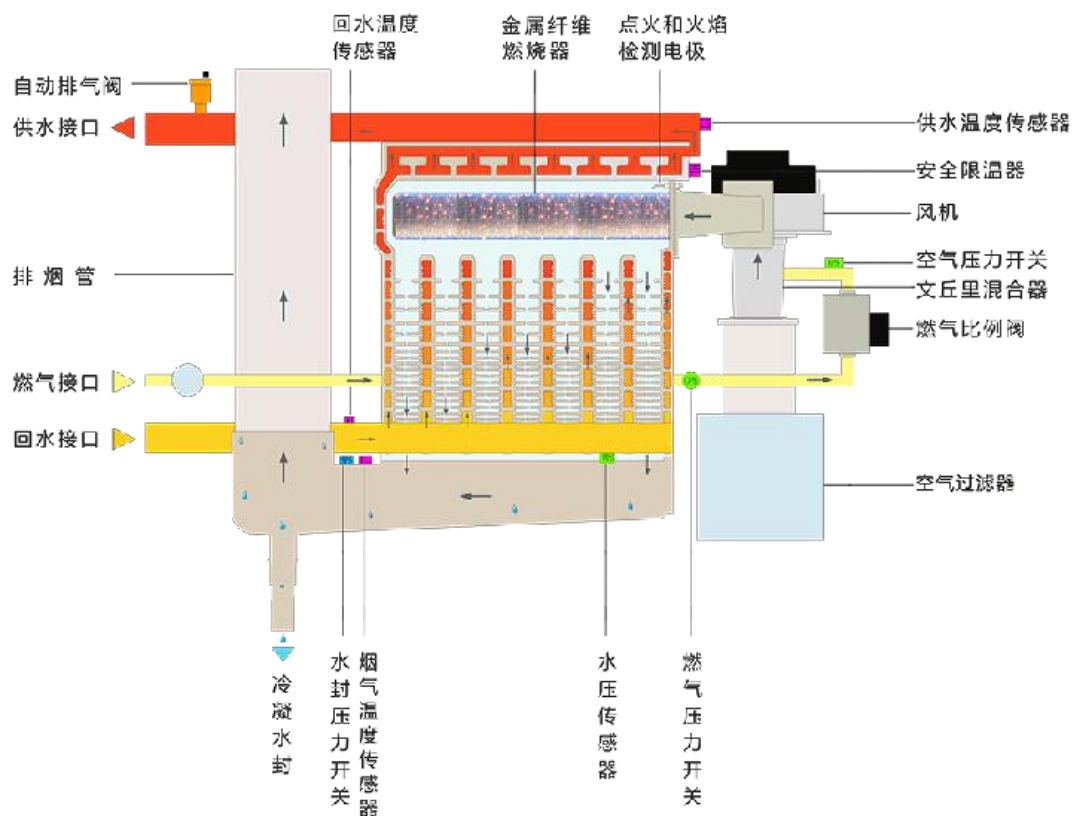
（十八）全预混冷凝燃气热水锅炉

1.技术适用范围

适用于锅炉领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

系统由变频风机、燃气比例阀、文丘里混合器、金属纤维燃烧器、热交换器及控制系统等组成。采用前预混进气，保持精确的空燃比，确保完全燃烧；采用表面低氮燃烧方式，火焰均匀，可避免局部高温，有效降低氮氧化物的产生；采用一体式冷凝逆向换热技术，充分吸收高温烟气中的显热和水蒸气凝结后的潜热，减少排烟热损失及有害物质排放，提高热效率。系统结构原理图如下：



3.技术指标

- (1) 热效率：冷凝热效率（低水温工况） $\geq 107\%$ 。
- (2) 燃烧产物排放：NO_x 排放 ≤ 30 毫克/立方米；二氧化硫 SO₂ 排放 ≤ 15 毫克/立方米。

4.技术功能特性

- (1) 自主研发智能控制系统及操作面板，精准控温 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，人性化设计，操作简单，维护方便。
- (2) 占地面积小，安装灵活，噪声低。
- (3) 第三方检测报告热效率均达107%以上。
- (4) NO_x排放均小于30毫克/立方米。
- (5) 可带压或常压运行。

5.应用案例

北京芳菁苑锅炉改造项目，技术提供单位浙江音诺伟森热能科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：供暖面积 216000 平方米，采用 20 台 1000 千瓦的铸铁锅炉进行供热，年均耗气量 1639073 立方米。

(2) 实施内容及周期：23 台功率为 700 千瓦的冷凝锅炉替代 20 台 1000 千瓦的铸铁锅炉进行供热。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，年均耗气量为 1300119 立方米，平均每年节约天然气 338954 立方米，年节约标准煤 0.045 万吨，年减排 CO₂ 0.12 万吨。该项目综合年效益合计 90 万元，总投入 320 万元，投资回收期 3.5 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 1.94 万吨，年减排 CO₂ 5.37 万吨。

(十九) 大型制冷机组高效节能环境模拟和检测技术

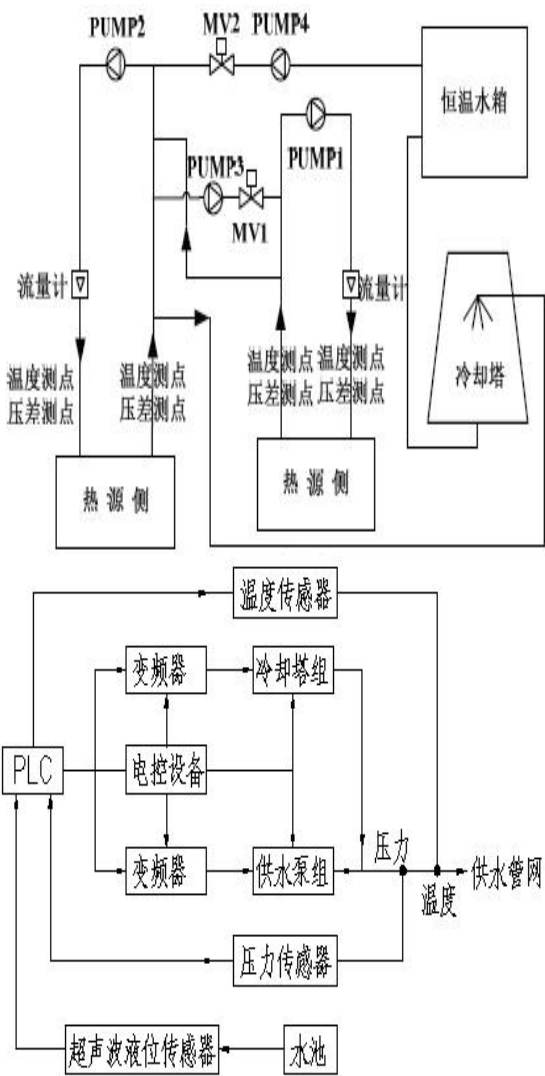
1.技术适用范围

适用于制冷空调行业及制冷机组节能检测领域节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用新型换热系统、多泵并联高效运行、表冷盘管变频泵调控等技术，使制冷机组性能检测过程中冷凝器侧产生的

热量和蒸发器侧产生的冷量彼此平衡，减少对外部能源的消耗，减少额外的冷热负荷，保障水泵的宽域高效运行，提升系统节能性和稳定性；通过大型试验中心冷源集群调控及变容量压缩冷凝系统自适应控制等技术，优化供水泵组、冷却塔组及冷水机组集群与末端负荷的匹配，保障冷源系统精准控制与低能耗运行，实现大型制冷机组的高效检测。技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 冷却或冷冻水压力精度: $\pm 0.5\%$ 。
- (2) 冷却或冷冻水温度精度: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 空气温度控制精度: $0.05\sim 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 全自动调节, 适用大、中、小冷域, 可稳定运行 1000 小时。
- (5) 水/载冷剂温度波动: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。
- (6) 可测试目前所有产品的常规工况、非稳态工况、角点工况, 测试精度 $\pm 3\%$, 测试跨度 8~10 倍。
- (7) 载冷剂最低温度: -35°C 。

4.技术功能特性

- (1) 通过部件创新、流程创新和系统创新, 实现大型制冷机组性能检测系统的运行能耗降低 20%以上。
- (2) 构建了基于物联网的新型组网方式, 实现测试过程的自动化和远程监控。
- (3) 开发了基于神经网络的大数据挖掘分析技术, 提升测控系统的智能化水平, 利用自学习等技术方案大幅度提高机组的测试效率和测试准确度, 降低机组测试过程中的电能消耗量。

5.应用案例

珠海格力大型制冷机组集中冷源系统及测试系统项目, 技术提供单位为合肥通用机械研究院有限公司。

- (1) 用户用能情况简单说明: 珠海格力电器公司的实验研发大楼 30000 平方米, 共有 28 间实验室, 其中一层 15 间, 二层 10 间, 三层 3 间; 传统系统的初投资、运行效率和年运

行费用分别为 1200 万元、8800 千瓦和 2680 万元，能耗 3696 万千瓦时/年。

(2) 实施内容及周期：针对珠海格力电器公司实验研发大楼的大型制冷机组测试系统，主要从能量回收、系统运行节能、管网水力平衡与供回水均匀性分析和系统各部件的匹配等方面入手进行设计分析，自动控制方面则从远程监测参数实时传输分析和恒压变频调速控制和机组集群控制逻辑方面进行设计，新系统初投资、运行功率和年运行费用分别为 1100 万元、7040 千瓦和 2144 万元。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，节能率为 20%，采用传统系统的运行总功率约 8800 千瓦，设备同时利用率按 70% 计算，每天设备运行 20 小时，年运行 300 天计算，年节约标准煤 0.24 万吨，年减排 CO₂ 0.65 万吨。该项目综合年效益合计 536 万元，总投入 1060 万元，投资回收期 2 年。

6. 未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 30%，可形成年节约标准煤 7.2 万吨，年减排 CO₂ 19.94 万吨。

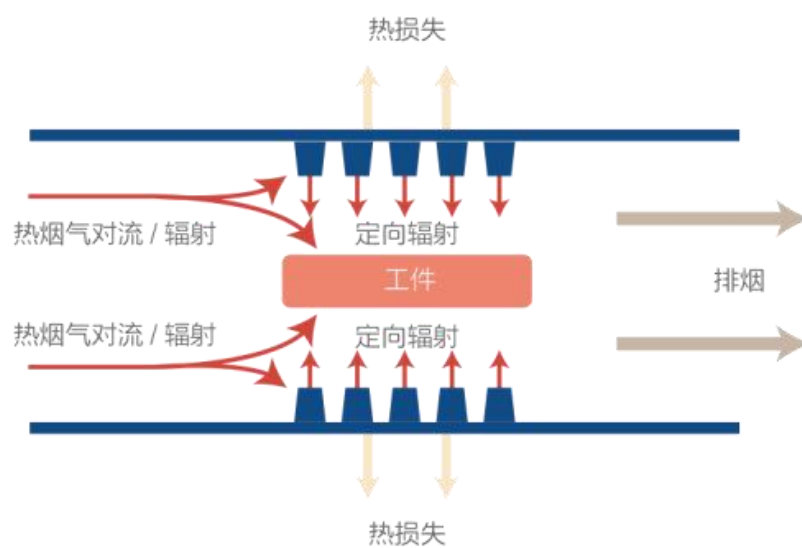
(二十) 黑体强化辐射传热节能技术

1. 技术适用范围

适用于工业加热炉窑节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

根据红外物理的黑体理论及燃料炉数学模型制成集增大辐射室炉膛传热面积，提高辐射室炉衬发射率和增加辐照度等功能于一体的工业标准黑体元件，通过炉窑能耗检测与评估、炉窑炉衬黑体元件布局与安装、炉窑炉衬整体强化处理等技术，将众多的黑体元件安装于炉膛内壁适当部位，与辐射室炉膛共同组成一个发射率不衰减的红外加热系统。对于具有加热室，工艺加热温度在 700°C 以上，以辐射加热为主要加热方式的工业加热炉，可通过黑体技术强化加热炉内的辐射传热效率，实现增产、节能、提高产品质量和延长炉衬寿命。黑体强化辐射原理图如下：



3.技术指标

- (1) 发射率高达 0.95。
- (2) 增加炉膛传热面积 1.15~1.2 倍。
- (3) 轧钢加热炉节能率平均 10% 以上，乙烯裂解炉节能率平均 3% 以上。

4.技术功能特性

(1) 黑体元件 1450℃长期使用，发射率高达 0.95 且不衰减。

(2) 可节能增产，改善炉温均匀性，延长炉衬使用寿命，安全性和可靠性较高。

5.应用案例

中新钢铁集团有限公司 70 万吨/年高线蓄热式加热炉节能改造项目，技术提供单位为浙江西华节能技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：中新钢铁 2#高线蓄热式加热炉年产 70 万吨，改造前高炉煤气单耗 388.07 立方米/吨，炉温均匀性较差，能耗高、生产效率低。

(2) 实施内容及周期：结合炉况条件，通过精确的计算和设计，将 10400 个黑体元件安装在炉膛内，增加传热面积 1 倍以上。实施周期 5 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后显著减少了炉内升温时间，实现节能 12.3%，年节约标准煤 0.36 万吨，年减排 CO₂ 0.93 万吨。该项目综合年效益合计 4200 万元，总投入 1750 万元，投资回收期 5 个月。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 25%，可形成年节约标准煤 12.5 万吨，年减排CO₂ 34.63 万吨。

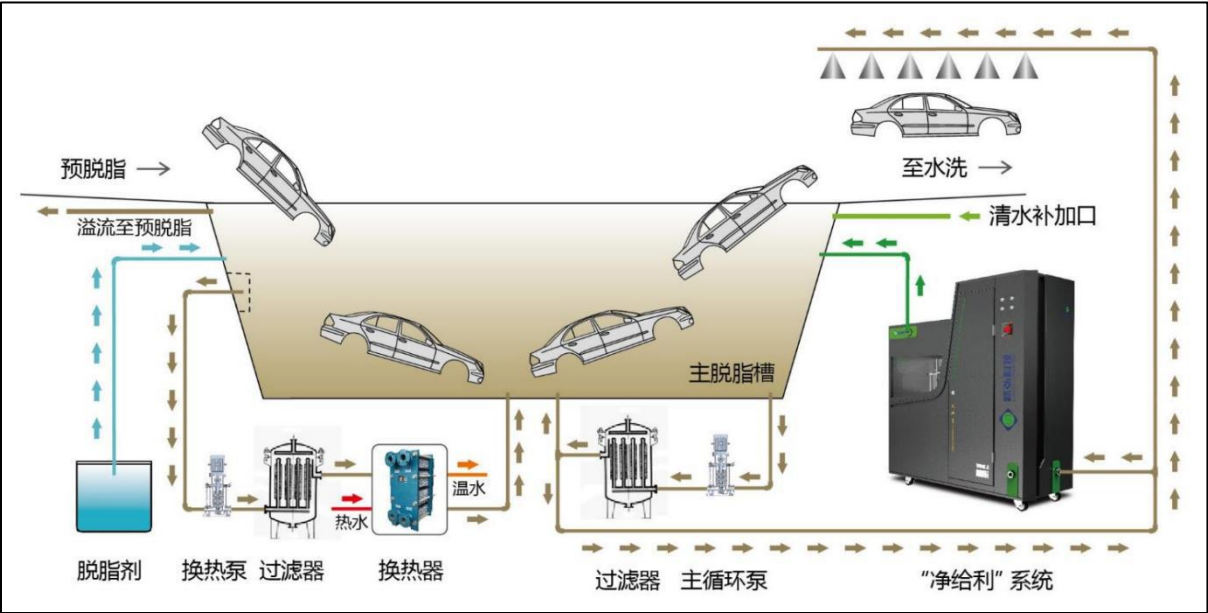
(二十一) 基于水力空化的汽车涂装车间低温脱脂节能技术

1.技术适用范围

适用于家电、汽车、高铁、船舶、航天航空等行业涂装前处理工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过旁路引出脱脂槽中脱脂液，先经前置过滤设备除杂，再进入水力空化发生器进行水处理，处理后的槽液返回到脱脂槽体使用，如此不间断循环处理与回用，通过水力空化器处理水体产生的系列效应，实现低温脱脂、低温除油、延长槽液使用周期、减少废液排放，降低涂装前处理环节能耗。关键设备是水力空化发生器，它是一个经过特殊设计的椭球腔，流体从椭球体的上部以一定的角度切向进入椭球体，形成自上而下的高速旋流，高速旋转的水流之间彼此剪切，将水的大分子团打碎成小分子团，从而使水的表面张力和黏性发生改变。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 处理量约 5~30 立方米/小时。
- (2) 核心处理器压力 $(6\sim30) \times 10^5$ 帕。
- (3) 降低涂装脱脂温度 5~10℃。
- (4) 延长脱脂液使用周期 > 2 倍。

4.技术功能特性

- (1) 高效除油，除油率最高可达 90%以上。
- (2) 纯物理技术，降低涂装脱脂温度 5~10℃。
- (3) 延长脱脂液使用周期 > 2 倍。
- (4) 自动监测技术与水力空化器集成为一体化智能水处理系统。

5.应用案例

吉利杭州湾基地涂装前处理脱脂节能减排项目，技术提供单位为杭州路弘科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：主脱脂温度 53℃，平均每月蒸汽用量 1150 吨，水分离设备 80℃ 高温除油，能耗高。

(2) 实施内容及周期：在主脱脂环节安装水力空化发生器，实现脱脂温度降低 8℃；在油水分离设备旁加装低温破乳系统，降低除油温度 30℃。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，主脱脂环节降温 8℃，每月降低蒸汽用量 790 吨，折合节约标准煤 101.6 吨/月，高温油水分离设备环节降温 30℃，节约标准煤 4.7 吨/月，整个系统增加用电设备功率 10.2 千瓦，耗能折算标准煤 2.29 吨/月；按照系统年均运行 10 个月计算，年节约标准煤 0.11 万吨，年减排 CO₂ 0.29 万吨。投资回收期 1.6 年。

6.未来三年推广前景及节能减排潜力

预计未来 3 年，推广应用比例可达到 10%，可形成年节约标准煤 9.72 万吨，年减排CO₂ 26.9 万吨。