



### 3.技术指标

(1) 蒸汽压缩机压缩每吨甲醇电耗： $\leq 60$  千瓦时，流量：120~7000 立方米/分钟，压比范围达 2~8。

(2) 再沸器的传热系数 (K 值) 较传统再沸器 (热虹吸式) 提升 20% 以上。

### 4.技术功能特性

(1) 可针对不同的精馏物系及精馏纯度要求，开发设计直接压缩式自回热精馏系统与间接式自回热精馏系统。

(2) 设计开发了适用于精馏工况的小温差横管降膜再沸器，优化了换热器结构及工艺匹配方式。

(3) 配备有智能测控系统，系统压缩机运行频率等参数可远程组态监控操控。

(4) 保留原有的塔顶冷凝器及连接管路，与改造新增的自回热精馏回路互为备用，增强了系统运行的可靠性。

### 5.应用案例

南通泰利达自回热精馏项目，技术提供单位为江苏乐科节能科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：南通泰利达项目乙醇精馏总进料量为 7.3 立方米/小时，原系统采用常规常压精馏系统，塔釜温度  $103.5^{\circ}\text{C}$ ，塔顶  $79.5^{\circ}\text{C}$ ，原系统消耗蒸汽 3.5 吨/小时 (折合标煤 45.6 千克/立方米)、冷却水量 150 立方米/小时，造成较大的能源浪费。

(2) 实施内容及周期：采用直接压缩式自回热精馏技术对其精馏系统进行节能改造，取消原系统塔顶冷凝器，采用

高效双螺杆压缩机（装机功率 250 千瓦）将塔顶蒸汽进行压缩增温至 108℃（饱和温度），增温后的蒸汽用于加热塔釜物料，蒸汽凝液预热系统进料，塔釜再沸器采用面积为 425 平方米的横管降膜式再沸器。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，系统节约蒸汽 66.67%，新增压缩机电耗 36.8 千瓦时/立方米，系统能源消耗折合标煤 27.4 千克/立方米，降低了 18.2 千克标准煤/立方米。生产系统按一年约 2/3 的时间运行，年节约标准煤 0.061 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 0.17 万吨。投资回收期 1.5 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 3%，可形成年节约标准煤 130 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 360.1 万吨。

## **（二）升温型工业余热利用技术**

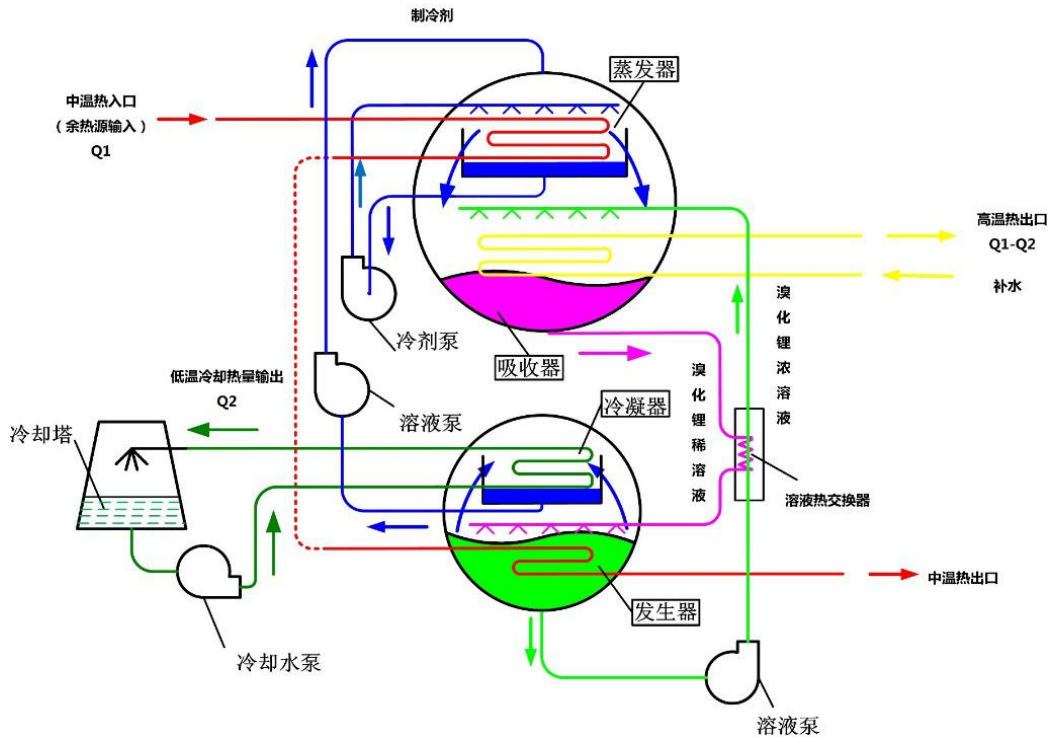
### **1.技术适用范围**

适用于工业废热利用节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

以第二类溴化锂吸收式热泵作为主要设备，采用中温热源驱动，热泵循环中蒸发压力和吸收压力高于发生压力和冷凝压力，借助其与低温热源的势差，可吸收低品位余热（热水、蒸汽或其他介质），将另外一部分中温热提升到较高的温度，生产高品位热蒸汽或热水，实现能源品位的提升。该类热泵以获取更高的输出温度为目的，由于其向环境或低温热

源排放部分热量，其性能系数 COP 一般小于 1，在 0.3~0.5 之间，系统运行过程中仅消耗少量的电能，具有显著的节能效果。技术路线图如下：



### 3.技术指标

- (1) 可回收利用  $70^{\circ}\text{C}$  以上的中温废热。
- (2) 单级升温可提供比废热源温度高  $30\sim 40^{\circ}\text{C}$ ，但不超过  $150^{\circ}\text{C}$  的热水或饱和蒸汽，能效  $0.45\sim 0.48$ 。
- (3) 两级升温可提供比废热源温度高  $40\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，但不超过  $175^{\circ}\text{C}$  的热水或饱和蒸汽，能效  $0.3$ 。

### 4.技术功能特性

- (1) 机组控制参数及运行具备远程监控功能。
- (2) 基于“互联网+”的监控平台，数据的收集、整理及发布均通过互联网进行。

## 5.应用案例

中海石油宁波大榭石化 30 万吨/年乙苯装置工艺热水余热回收项目，技术提供单位为北京华源泰盟节能设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：30 万吨乙苯装置中高温物料冷却产生大量热水，温度达 120°C、总量 468.4 吨/小时，直接进入冷却塔散热，造成极大浪费。

(2) 实施内容及周期：安装二类热泵机组回收乙苯工艺装置热水余热，以 120°C 热水作为驱动热源，制取 0.30 兆帕（表压）的蒸汽，并入 0.25 兆帕（表压）蒸汽管网。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，可多产 0.3 兆帕蒸汽 12.5 吨/小时，节约循环水 1400 吨/小时。设备年运行时间按 8000 小时计算，年节约标准煤 0.90 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 2.49 万吨。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 5%，可形成年节约标准煤 10 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 27.72 万吨。

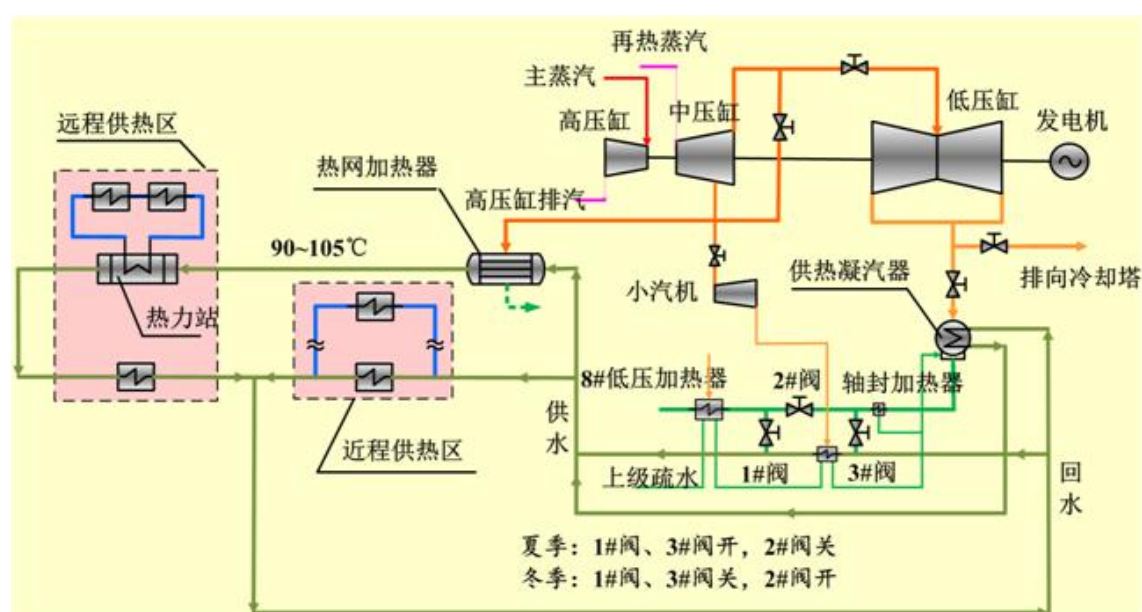
### (三) 基于热能梯级利用的热电联产低位能供热技术

#### 1.技术适用范围

适用于热电厂大规模生活供热节能技术改造。

#### 2.技术原理及工艺

利用居民采暖的低品位热能需求,对汽轮机低压缸转子、凝汽器等关键设备进行改造。采暖期适当提高机组运行背压,以热网循环水作为机组排汽冷却水,回收机组低品位排汽余热作为热网的基础热源,加热循环回水后对外供热,供热不足部分由高品位中排抽汽进行尖峰加热,实现能源梯级利用,提升了机组发电出力,显著降低了供热耗能成本。空冷机组和湿冷机组梯级低位能供热系统如下图所示。



### 3.技术指标

(1) 相比传统抽汽式供热, 机组供热能力提高 40% 以上, 机组发电出力增加 5% 以上。

(2) 机组发电煤耗可下降至 150 克/千瓦时以下。

### 4.技术功能特性

实现余热回收, 有效释放热电联产机组的供热能力。

### 5.应用案例

国电电力大连开发区热电厂 1 号机机组供热节能改造工程，技术提供单位为国能龙源蓝天节能技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：两台 350 兆瓦超临界热电联产机组，采用中排抽汽供热，单机实际抽汽量 490 吨/小时，电厂最高供热面积 1145 平方米。

(2) 实施内容及周期：综合考虑电厂供热负荷、发电煤耗率、非供热期负荷率、焓损失等条件，采用“宽背压低压缸转子”的改造方案，新转子即可适应采暖期高背压供热条件，也可兼顾非采暖期纯凝运行经济性，采暖期将 1 号机主机乏汽和小机乏汽共同回收、用作热网的基础热源，加热热网循环水，非采暖期将再凝汽器内的冷却水更换为循环冷却水。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后机组热负荷可达 490 兆瓦，电厂设计供热面积达到 1600 万平方米，机组供热能力增加 31.6%，发电出力增加 11.4%，发电煤耗相对下降 105.9 克/千瓦时。按采暖期机组发电 8.7 亿千瓦时计算，年节约标准煤 9.2 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 25.5 万吨。该项目综合年效益 9210 万元，总投入 27600 万元，投资回收期 3 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 81 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 224.37 万吨。

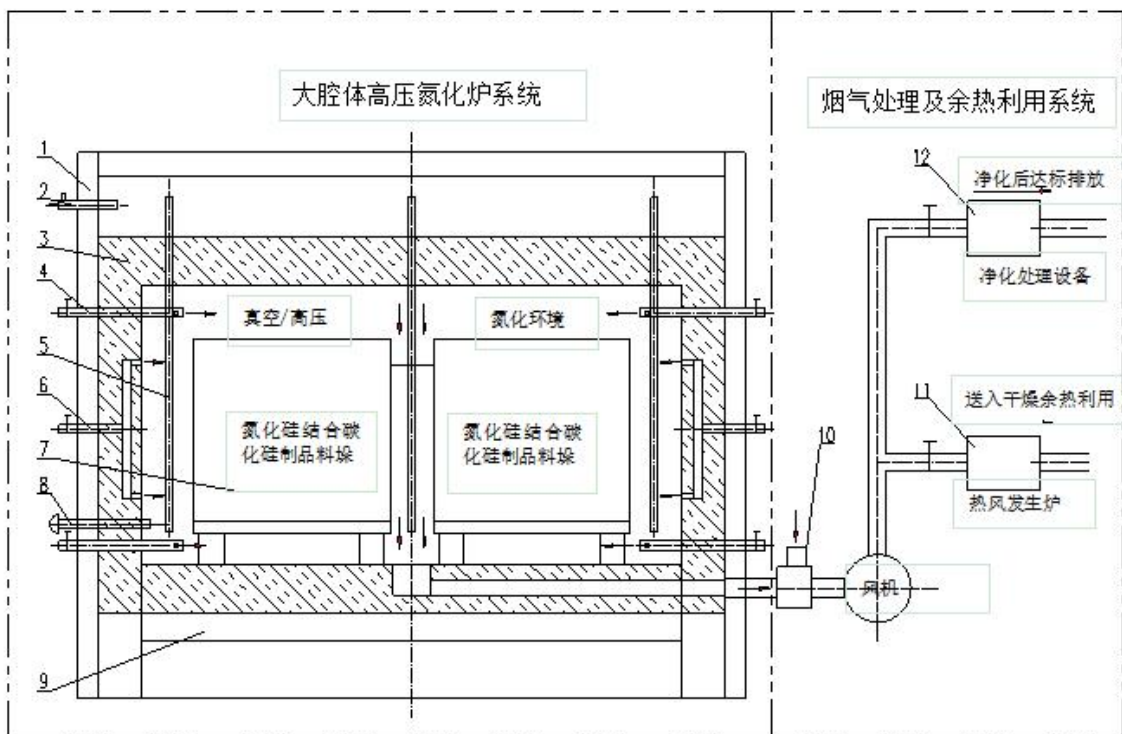
## **(四) 大腔体高温真空电热氮化烧结系统及余热利用技术**

## 1.技术适用范围

适用于碳化硅陶瓷产品制备技术领域节能技术改造。

## 2.技术原理及工艺

采用高强度大腔体炉，真空度、密封性和保温设计优良，产品装载量大，利用高温时射流均温系统缩小炉内分层温差，氮化率高，余热可充分回收利用，热利用率高；同时通过工业DCS控制系统及工业组态软件相结合，实现了大腔体氮化炉的加热升温、鼓风降温、送风排杂、射流均温、自动补氮、余热利用等智能控制功能，单位吨耗低，相比行业先进指标，节电250千瓦时/吨，节氮气55立方米/吨（标态）。技术原理图如下：



1-高强钢结构炉体，2-水冷密封电极，3-浮锚式砌体保温层，4-射流均温系统，5-多列式电加热装置，6-高压氮气预热送气管路，7-氮化硅结合碳化硅制品，8-密压高低压控制系统，9-重载活动炉车，10-排烟及烟气调节控制系统，11-洁净烟气余热利用系统，12-杂质烟气净化处理系统

## 3.技术指标



- (1) 有效装载容积 23 立方米，装载量 30 吨。
- (2) 最高使用温度 1450°C，温度均匀性  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 使用压力范围  $\pm 0.1$  兆帕。
- (4) 电耗 850 千瓦时/吨，氮气耗 20~30 立方米/吨（标态）。
- (5) 生产周期（冷到冷）约 10 天。

#### 4.技术功能特性

- (1) 高温高压高真空，温度均匀性好，氮化效率高。
- (2) 装载量大、单位吨耗低，余热高效利用，热利用率高。
- (3) 自动化智能控制、网络协同运维服务相结合。

#### 5.应用案例

中钢耐火天祝玉通科技新材料有限公司项目，技术提供单位为机械工业第六设计研究院有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：氮化设备总装机容量 7500 千瓦，全厂年总用电量 1400 万千瓦时，含制氮用电。

(2) 实施内容及周期：改造十台氮化炉，改造为 23 立方米大腔体氮化烧结炉系统+余热智能利用。实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后年产量 10500 吨，系统平均节电 250 千瓦时/吨，平均节约氮气 55 立方米/吨（标态），年节约标准煤 0.079 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 0.22 万吨。项目新增产量 7800 吨，新增效益 2106 万元，总投入 1980 万元，投资回收期 11 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3%，可形成年节约标准煤0.23万吨，年减排CO<sub>2</sub>0.637万吨。

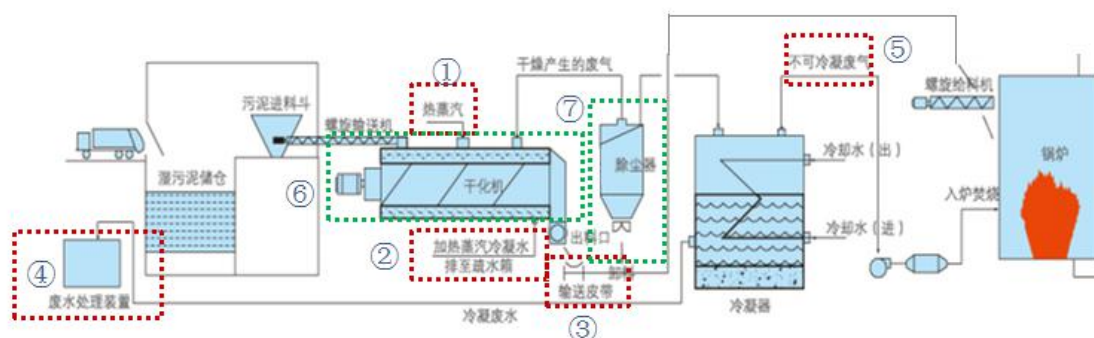
### **(五) 污泥耦合发电技术**

#### **1.技术适用范围**

适用于污泥等固废处理余热余压节能技术改造。

#### **2.技术原理及工艺**

采用低温蒸汽式污泥干化装备，利用电厂低品位蒸汽干化污泥，提高污泥热值，干化尾气送入电厂锅炉热分解，回收利用干化尾气潜热的同时随锅炉尾气脱硝、除尘、脱硫后超净排放，冷凝液经生物处理达标回用；再将干化污泥与燃煤混合后送入电厂锅炉燃烧，燃烧灰渣作为建筑辅料，在无害化处理污泥的同时，耦合发电，实现资源化利用。污泥耦合发电的核心设备是低温蒸汽式高效污泥干化装备和高湿除尘器。工艺流程图如下：



基于耦合发电的导热干化技术流程图

### 3.技术指标

- (1) 主设备单台面积 420 平方米。
- (2) 单位面积干化污泥量 12.2 千克/小时 (含水 80%)。
- (3) 主机用电消耗 17.6 千瓦时/吨。
- (4) 净耗蒸汽热 1400 千焦/千克 (含水 80%)。

### 4.技术功能特性

(1) 低温蒸汽高效污泥干化机吨污泥干化耗汽量小于 0.5 吨，污泥全部资源化利用，污泥干化产生废气超净排放，干化冷凝液达标回用。

(2) 新型水雾除尘技术装备，在相对湿度大于 90% 的高湿条件下，干化尾气含尘小于 20 毫克/立方米。

(3) 智能管控，系统控制实现现场无人值守运行。

### 5.应用案例

南京化工园热电厂污泥耦合发电资源化综合利用项目，技术提供单位为中电环保股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：装机容量 30 万千瓦，热电厂一期 2 × 50 兆瓦高压双抽汽凝汽式发电机组，3 台 220 吨/小时高温高压燃煤锅炉，供应 10 兆帕等级蒸汽 30~40 吨/

小时，4.3兆帕等级蒸汽100~150吨/小时，1.4兆帕蒸汽270~360吨/小时。

(2) 实施内容及周期：新建1套污泥处理处置系统，共用化工园热电厂输煤、锅炉、环保等设施，采用污泥“间接干化+耦合发电”处理方式，产生的废水全部收集处理达标后排放到滨江污水厂，废气经处理后送至电厂锅炉焚烧，生产的干污泥全部送入电厂与煤混合后焚烧发电。实施周期10个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，年处理10万吨污泥，干化后污泥可利用热值按1500千卡（1千卡=4.1868千焦）计算，年节约标准煤0.64万吨，年减排CO<sub>2</sub>1.78万吨。项目总投资6500万元，污泥处置收费按吨计价，投资回收期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51%，可形成年节约标准煤10万吨，年减排CO<sub>2</sub>27.7万吨。

## **(六) 汽车轮毂生产线余热高效回收利用关键技术与应用**

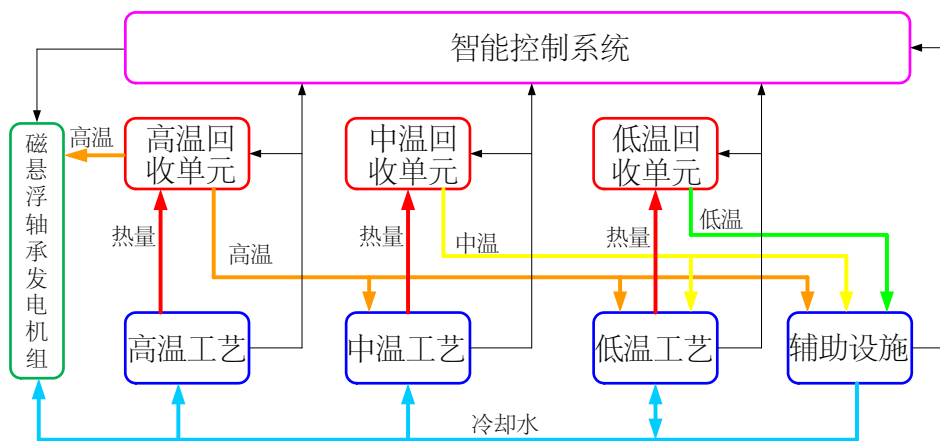
### **1.技术适用范围**

适用于车辆轮毂生产线余热利用节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

采用自主开发的余热回收利用系统，梯次回收轮毂生产线高、中、低温余热，同时采用轮毂生产线低品位余热的高

效提取及冷热双供技术，产出超低温冷水（7~12℃），供机组冷却循环使用；结合能源控制数据库和云平台，实现远程监控及调试、能耗实施跟踪、能源数据共享等功能；同时利用磁悬浮技术的低温余热发电机组将过剩的余热资源转化为电能，整机热电效率最高可达 13%。工艺流程图如下：



### 3.技术指标

- (1) 余热回收利用率可达 70%。
- (2) 余热发电机组余热回收范围 90~250℃，整机热电效率可达 13%。
- (3) 最低可提取 20℃低温余热。
- (4) 冷热双供可产出 7~12℃超低温冷水。

### 4.技术功能特性

- (1) 可实现生产过程中余热的高效回收、热能均衡分布、流向智能调节及热需求自适应满足等功能。
- (2) 建立了能源控制数据库，结合云平台可实现远程监控及调试、能耗实施跟踪、能源数据共享。

### 5.应用案例

中信戴卡6号线能量综合利用项目，技术提供单位为秦皇岛信能能源设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：戴卡股份有限公司铝车轮六号线生产过程中熔炼工序烟气锅炉余热，淬火槽热处理工序及压铸模具、液压站、铸旋等冷却循环水产生大量的余热，涂装工艺用热，机加清洗用热，职工洗澡用热以及建筑物采暖具有大量的低温热量需求。

(2) 实施内容及周期：收集4台2.5吨/小时熔炼炉烟气余热，用于涂装前处理用热。收集淬火槽共4组淬火余热，用于洗澡和机加清洗用热。每台收集模具冷却循环水量2立方米/小时，液压站冷却循环水量364立方米/小时，铸旋冷却循环水量40立方米/小时，循环水余热用于供暖。实施周期2个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后根据数据估算年节约标准煤0.066万吨，年减排CO<sub>2</sub>0.18万吨。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3%，可形成年节约标准煤6万吨，年减排CO<sub>2</sub>16.62万吨。

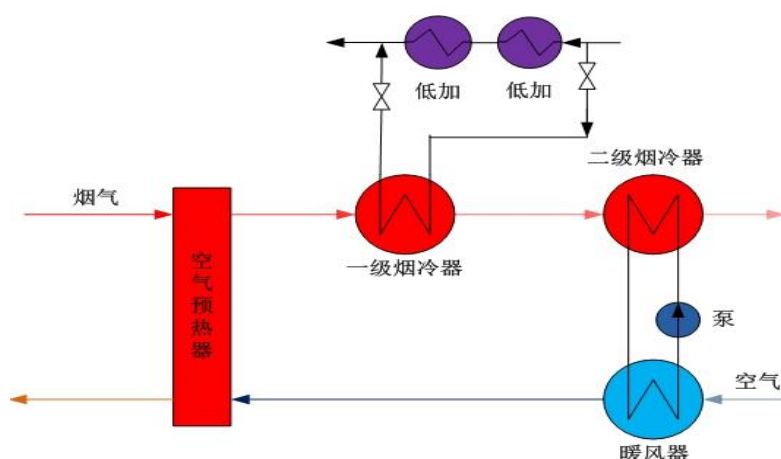
## **(七) 锅炉烟气余热深度利用技术**

### **1.技术适用范围**

适用于发电锅炉节能技术改造。

## 2.技术原理及工艺

利用尾部烟气余热加热凝结水以及空预器入口冷风，尾部烟气余热利用位置可以在电除尘前或者脱硫塔之前，在利用位置安装 H 型鳍片管式换热器。电除尘前尾部烟气分别经过一级和二级烟冷器，一级烟冷器管内工质吸收尾部烟气余热对汽机侧凝结水进行加热，二级烟冷器设置在一级烟冷器后，烟冷器管内工质吸收尾部烟气余热在暖风器内加热冷空气，可实现烟气温度降低 40℃，冷风温度升高 30℃，机组供电煤耗减少 2.5 克/千瓦时。技术原理图如下：



## 3.技术指标

- (1) 电除尘前尾部烟气温度可降低 40℃。
- (2) 机组供电煤耗减少 2.2~2.8 克/千瓦时。

## 4.技术功能特性

- (1) 换热高效、使用率高、耐磨耐腐蚀性强。
- (2) 提高了空预器冷端温度，减少空预器堵塞。

## 5.应用案例

天津国电津能热电有限责任公司 2#炉锅炉排烟余热利用项目，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：机组容量 330 兆瓦，排烟余热冷却后排放，能源浪费严重。

(2) 实施内容及周期：在电除尘和脱硫塔入口烟道加装两级烟气冷却器，烟冷器 FGC2 将烟气温度由 143.8℃ 降到 94.7℃；烟冷器 FGC3 将烟气温度由 54.1℃ 降到 52.5℃。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：河北电科院出具的性能考核试验报告表明在额定负荷 330 兆瓦下，余热回收装置吸收烟气余热量为 25.39 兆瓦，回收的热量折算提高锅炉效率 2.28%，年节约标准煤 0.41 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 1.13 万吨。投资回收期 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 40%，可形成年节约标准煤 39 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 108 万吨。

## **(八) 工业用复叠式热功转换制热技术**

### **1.技术适用范围**

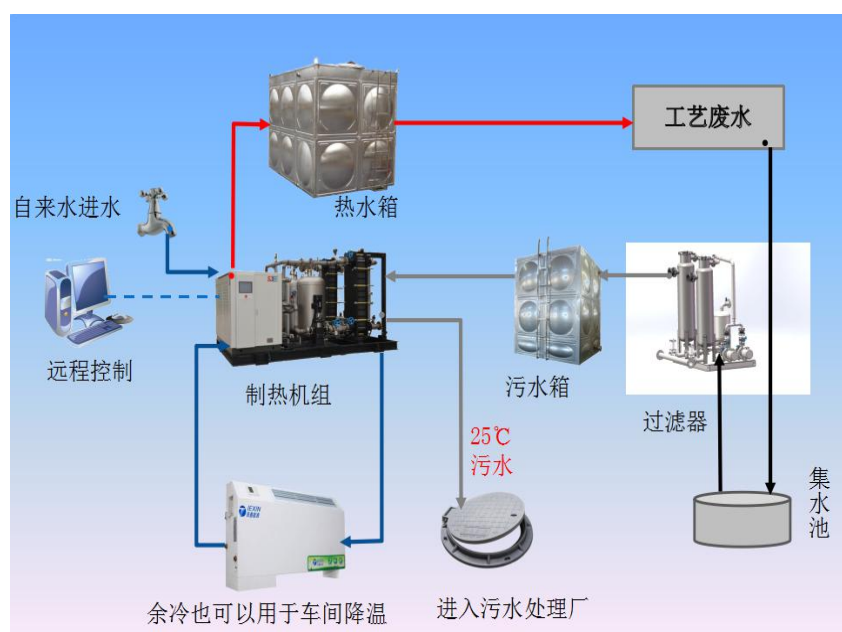
适用于印染、轻工等行业高温废水余热利用节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

采用梯级换热和热泵集成创新技术，废水先经板换与清



水换热，后经热泵机组降到室温后排放，具有一定热量的清水再经热泵机组加热后进入热水箱，可提取工艺废水余热中75%以上的能量，供生产使用，同时还可用于夏季废水降温，余热回收后的废水温度可降到20~25℃。工艺流程图如下：



### 3.技术指标

系统能效比（COP）15 以上。

### 4.技术功能特性

（1）机组配有板换自动清洗装置，效率下降时，可选择对应的化学介质对系统进行自动清洗。

（2）免维护过滤器解决了印染废水中的绒毛难以过滤和浆料堵塞难以清理等行业难题。

（3）控制系统自动化，与物联网 5G 平台结合，实现系统设备信息实时传输远程操作控制。

### 5.应用案例

江阴市华腾印染有限公司项目，技术提供单位为山东双信节能环保技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：项目洗涤生产线每天排放 70~80°C 废水 280~360 吨，浪费大量热能，且排放污水温度高，影响污水处理，同时生产线需要工艺生产热水。

(2) 实施内容及周期：安装复叠式热功转换制热机组设备、安装过滤系统、换热系统、管路、仪器仪表自动化（智控远传）。实施周期 1.5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：按照每小时处理水量 12~15 吨的热回收机组 1 套，每天运行 24 小时计算，可处理 280~360 吨左右废水，处理后废水排放温度为 20°C 左右，每天可生产 60~70°C 热水 280 吨左右，折合节约标准煤 2.4 吨/天，按年运行 300 天计算，年节约标准煤 0.072 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 0.20 万吨。该项目综合年效益 80 万元，总投入 120 万元，投资回收期 18 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 3.1%，可形成年节约标准煤 4.65 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 12.88 万吨。

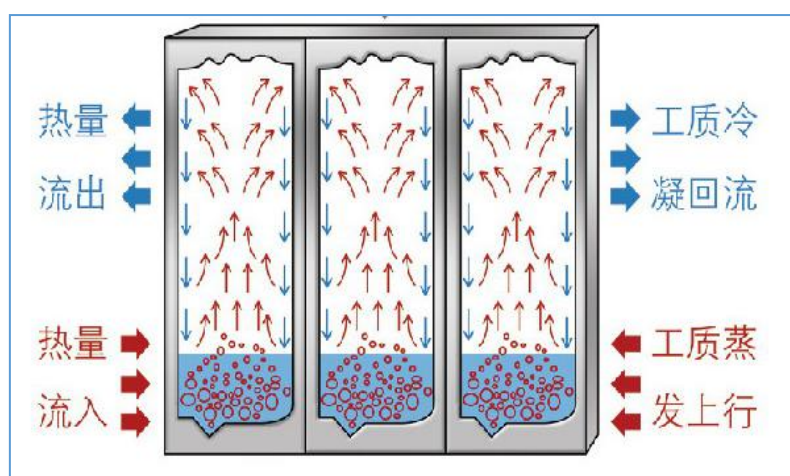
## **(九) 工业企业能源节能降耗及余能再利用技术**

### **1. 技术适用范围**

适用于工业加密炉等节能技术改造。

### **2. 技术原理及工艺**

工业窑炉外排烟气经预处理后进入基于平板微热管阵列及平行流技术的烟气—水及烟气—空气换热器，该换热器体积质量只有传统的 1/10~1/5，成本低，可高效回收烟气温度低于 80°C 的低温余热，换热器充分回收烟气热量后再外排烟气，显热换热效率可达 80%，同时可利用谷电高效蓄冷蓄冰。超级导热材料微热管阵列结构图如下：



### 3.技术指标

- (1) 换热效率最高可达 90%。
- (2) 蓄冰率可达 100%。
- (3) 蓄能密度达到 300 兆焦/立方米。
- (4) 蓄放冷温差 2°C。

### 4.技术功能特性

- (1) 可将 LNG、液氮气化冷能回收利用。
- (2) 可实现化工厂低温储料罐低谷电冷能利用。

### 5.应用案例

山东东佳集团微热管高效换热设备系统节能改造项目，技术提供单位为淄博博一新能源科技发展有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：硫酸生产线用循环水 5500 立方米/小时，LNG 冷站每天 70000 立方米供气量，大量高温循环水热量浪费。

(2) 实施内容及周期：利用换热器将烟气、乏汽等余热进行回收利用到原生产线中，降低蒸汽及天然气消耗量。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，年节约标准煤 1.575 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 4.36 万吨。该项目综合年效益 1200 万元，总投入 1150 万元，投资回收期 1 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 4.6 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 12.74 万吨。

## **(十) 智能全闭式蒸汽冷凝水回收系统**

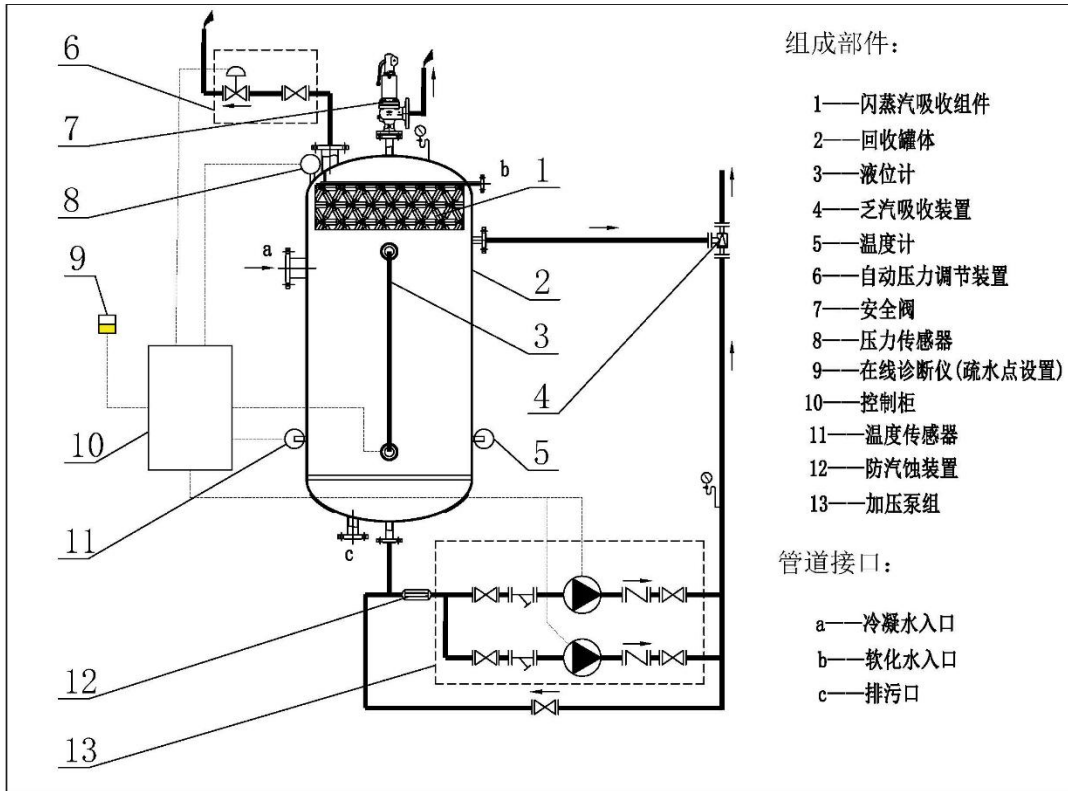
### **1. 技术适用范围**

适用于工业蒸汽冷凝水的回收循环利用节能技术改造。

### **2. 技术原理及工艺**

蒸汽经加热设备换热后产生不同压力的冷凝水，冷凝水通过本系统可自行回流至冷凝水回收缓冲罐（微负压）内，然后进行汽水分离、引流；分离后的冷凝水通过高温回收水泵进行加压输送至锅炉房，吸气定压装置把闪蒸汽引射至冷

凝水回收管网一并输送至锅炉房；高温冷凝水回收水泵无汽蚀问题，保证在整个闭式运行的系统中凝结水能稳定地输送。工艺流程图如下：



### 3.技术指标

- (1) 系统背压不超过 0.1 兆帕。
- (2) 水蒸气及冷凝水回收率 95%。

### 4.技术功能特性

(1) 在线监测系统实现疏水系统故障报警监控、记录、自诊断及应急处理。

(2) PLC 及变频控制，水泵热备用模式，系统故障时自动纠错处理。

### 5.应用案例

常德芙蓉烟叶复烤有限责任公司冷凝水热能利用及备用水系统更新改造项目，技术提供单位为湖南柯林瀚特环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：12000 千克/小时打叶复烤生产线，主要消耗的能源为电力和管道天然气，生产 1 吨片烟消耗管道天然气均值为 72 立方米（标态），年管道天然气的消耗量约为 220 万立方米（标态）。

(2) 实施内容及周期：改造蒸汽冷凝水疏水系统为全密闭式回收系统，回收利用锅炉烟气余热。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，凝结水实现全部回收利用，锅炉排烟温度由 150℃ 降至 120℃ 以下，除氧器给水温度提升 50℃ 以上，年节约标准煤 0.027 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 0.074 万吨。该项目综合年效益 90 万元，总投入 90 万元，投资回收期 1 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 35%，可形成年节约标准煤 0.499 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 1.38 万吨。

## **(十一) 船用柴油机余热利用发电系统**

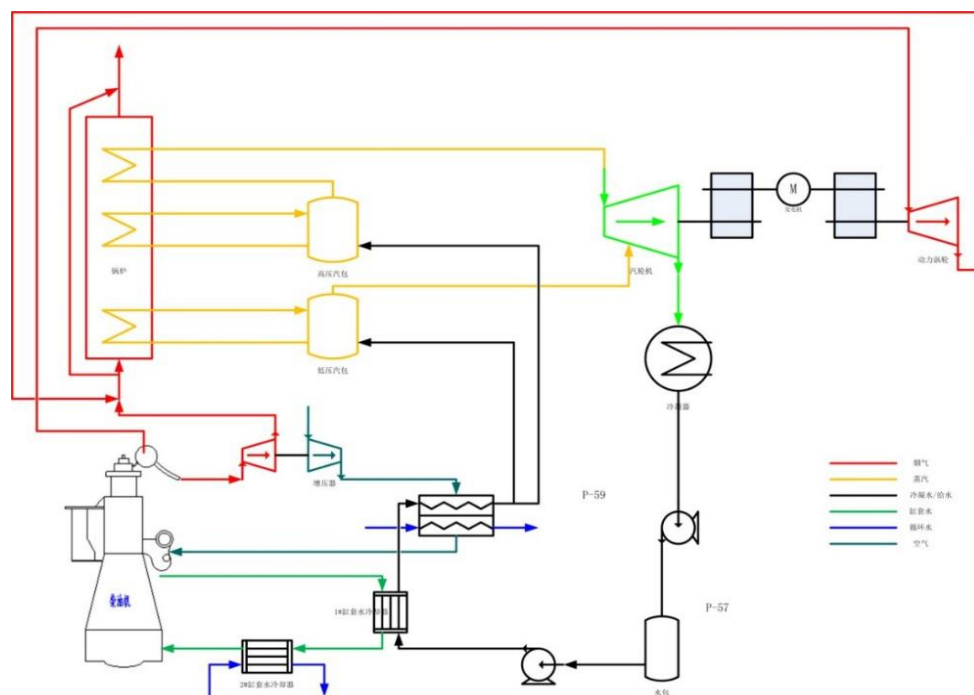
### **1. 技术适用范围**

适用于大型船用柴油机余热利用节能技术改造。

### **2. 技术原理及工艺**

对柴油机进行调制以提高排气温度，排气大部分进入增

压器涡轮做功，约 10%左右通过EGB阀进入动力涡轮发电，排气汇合后进入余热锅炉，产生过热蒸汽驱动蒸汽轮机发电，乏汽冷凝后汇入水包经给水泵升压，再通过缸套水冷却器和两段式空冷器预热，随后进入锅炉完成系统水循环。船舶主机余热利用系统运行模式按主机负荷变化而变化，主机工况 35%以下，烟气旁通或余热锅炉产生日用蒸汽或热水，不发电；主机工况 35%以上，启动汽轮机做功发电；主机工况达 55%以上，切入动力涡轮，与汽轮机联合发电。技术路线图如下：



### 3.技术指标

- (1) 系统热能有效利用率 3.02%。
- (2) 可回收发电比 65.1%。

### 4.技术功能特性

- (1) 可回收主机功率能量 7.7%，性能接近国际先进水

平（8%）。

（2）动力涡轮气动设计先进，采用弯扭掠复合叶型，流量大、高效区宽，膨胀比达到 3.22，等熵效率超过 78%，结合低功耗齿轮箱，可回收发电比达到 65.1%。

### **5.应用案例**

本技术为研发类技术无应用案例，技术提供单位为中船动力（集团）有限公司。

### **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 3%，可形成年节约标准煤 0.133 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 0.368 万吨。

## **（十二）配套于大型催化裂化装置补燃式余热锅炉**

### **1.技术适用范围**

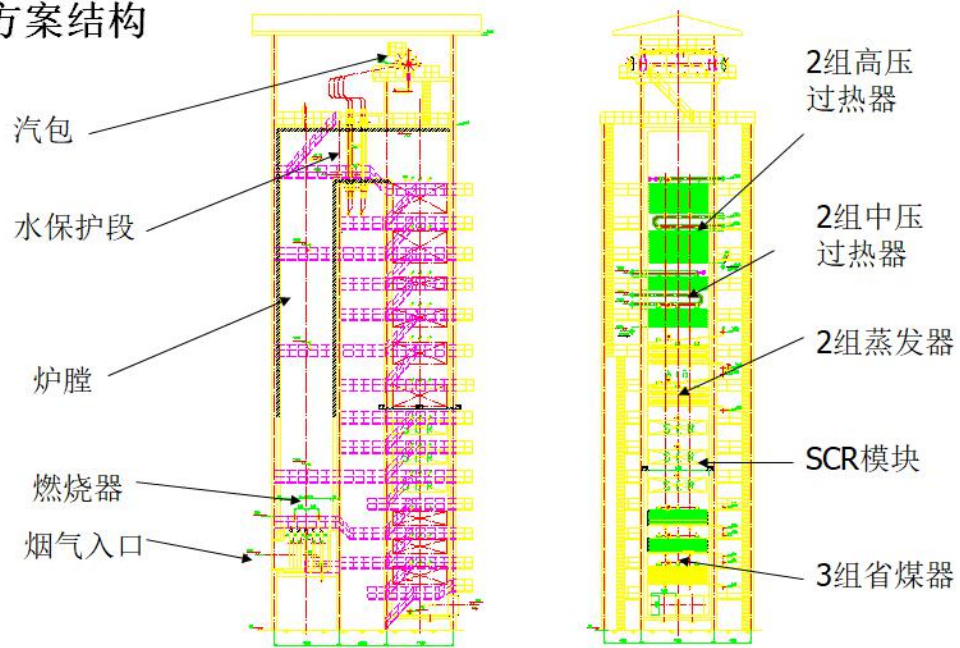
适用于炼油、石化行业催化裂解装置节能技术改造。

### **2.技术原理及工艺**

应用了 FCC 催化剂再生烟气内嵌式 SCR 脱硝工艺，解决了受热面及管道露点腐蚀、高温腐蚀和积灰问题，延长了烟道长度，提高了热回收效率；采用独特的旁通烟道结构，第四烟道内的高温烟气温度恒定，避免温度过高造成催化剂烧结失活及烟气温度过低生成铵盐，有效延长了催化剂的使用寿命，降低了脱硝反应器的运行维护费用，提高了脱硝效率。催化余热锅炉结构示意图如下：



## 锅炉方案结构



### 3.技术指标

- (1) 锅炉容量：20~300 吨/小时。
- (2) 烟气流量：5~35 万立方米/小时（标态）。
- (3) 系统出口烟气温度： $\leq 180^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 高压过热蒸汽压力及温度：9.5~12 兆帕、 $480\sim 580^{\circ}\text{C}$ 。
- (5) 锅炉系统效率：76%~86%。

### 4.技术功能特性

(1) 创新烟道排布结构，尽可能降低锅炉高度的前提下延长烟道长度，提高了锅炉的热回收效率，可达 85% 以上。

(2) 采用独特的换热器及脱硝装置排布结构，将整个锅炉设备的高度从 70 米降低至 50 米，方便了锅炉设备的安装、维护、检修，提高了稳定性。

(3) 创新设计了脱硝烟气温度调节机构，确保进入第四烟道内的高温烟气的温度始终保持在  $350\sim 400^{\circ}\text{C}$ 。

### 5.应用案例

中石化济南炼化 120 万吨/年催化裂化余热锅炉项目，技术提供单位为苏州海陆重工股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明：汽轮机存在备件周期长、维修费用高，汽耗偏高。

(2) 实施内容及周期：改造安装容量 48 吨/小时的余热锅炉系统。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，锅炉回收的余热废热锅炉的热力循环效率比中温中压锅炉提高了 5%，发电效率提高 10%~15%，余热发电量为 10808 万千瓦时/年，年节约标准煤 3.35 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 9.28 万吨。该项目综合年效益 3000 万元，总投入 2000 万元，投资回收期 8 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 10%，可形成年节约标准煤 12.5 万吨，年减排 CO<sub>2</sub> 34.62 万吨。