

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例(2022年版)》之四： 石化化工行业节能提效技术

一、重点工艺节能提效技术

(一) 乙烯裂解炉节能技术

1. 技术适用范围

适用于石化化工行业乙烯裂解炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

围绕乙烯裂解炉辐射段、对流段、裂解气余热回收系统三个重要组成部分，采用强化传热高效炉管、裂解炉余热回收、裂解炉耦合传热等技术，减少燃料气消耗量，降低排烟温度，提高裂解炉热效率，延长清焦周期，增加超高压蒸汽产量。乙烯裂解炉结构如图1所示。

3. 技术指标

- (1) 裂解炉热效率提高：1%~1.5%；
- (2) 运行周期延长：30%~50%；
- (3) 超高压蒸汽产量增加：20%。

4. 技术功能特性

(1) 燃料气消耗量减少 1%~2%，二氧化碳排放量减少 1%~2%；

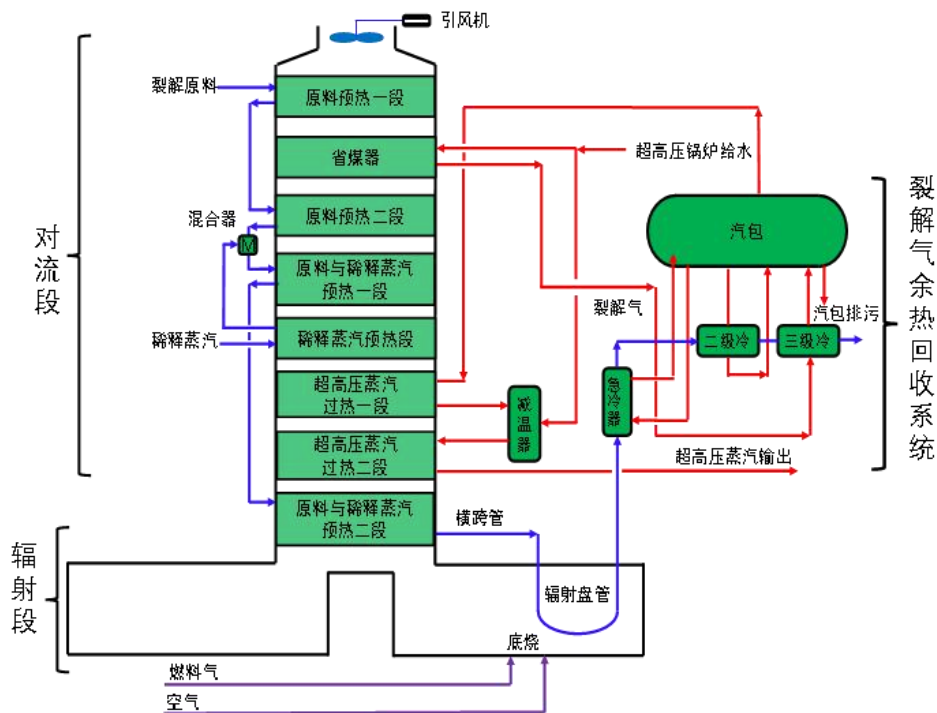


图 1 乙烯裂解炉结构示意图

(2) 降低辐射炉管壁温度 20℃ 左右，减少裂解炉辐射炉管的蠕变和渗碳；

(3) 提高产汽率 20% 左右，有效降低装置能耗。

5.应用案例

塔里木乙烷制乙烯项目，技术提供单位为中国寰球工程有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：建设 5 台 15 万吨/年乙烷原料裂解炉，设置第二与第三急冷换热器以实现最大程度回收热量。实施周期 26 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：建设完成后，5 台炉减少

1914 吨标准油/年。清焦期间，烟气中 CO₂ 排放量减少 1757 吨/年，清焦尾气中 CO₂ 排放量减少 175 吨/年。减少能耗 28074 吨标准油/年，折合节约标准煤 4 万吨/年，减排 CO₂ 11.1 万吨/年。该项目综合年经济效益合计 7710 万元，投资回收期 42 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 49%。可实现节约标准煤 93 万吨/年，减排 CO₂ 257.8 万吨/年。

(二) 半水-二水湿法磷酸技术

1.技术适用范围

适用于石化化工行业湿法磷酸工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

原料磷矿与硫酸在半水反应槽中生成半水石膏，通过半水过滤给料泵将半水料浆输送至半水过滤器，滤液作为成品酸送往罐区，半水石膏经过一次洗涤后，与半水过滤冲盘水一同进入二水转化槽。二水转化料浆通过二水过滤给料泵输送至二水过滤器，二水石膏经过三级洗涤后，送至界外。半水闪冷气经过二级氟吸收及循环水洗涤后，排至烟囱；成品氟硅酸经过硅胶过滤后输送至罐区储槽。半水反应尾气经过文丘里洗涤器、二级尾气洗涤后排至烟囱，过滤尾气及二水转化尾气经过一次洗涤后排至烟囱。

3.技术指标

- (1) 能耗降低：52%；
- (2) 磷酸浓度提高：15%；
- (3) 磷回收率提高：2.5%~4.5%。

4.技术功能特性

- (1) 原料消耗低（五氧化二磷回收率高）；
- (2) 成品酸质量好；
- (3) 磷石膏品质好。

5.应用案例

300万吨/年低品位胶磷矿选矿及深加工湿法磷酸装置改造项目，技术提供单位为中国五环工程有限公司。

(1) 用户用能情况：项目生产能力为38万吨/年，年生产300天，单位能耗165.7千克标准煤/吨。

(2) 实施内容及周期：新建38万吨/年湿法磷酸装置，包括矿浆压滤、半水反应、半水过滤、二水转化、二水过滤、浓缩、氟吸收、尾气洗涤及酸罐区。实施周期20个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，低压蒸汽消耗可节省51.7万吨/年，电力消耗增加228万千瓦时/年，水消耗节省91.2万吨/年，折合节约标准煤4.8万吨/年，减排CO₂13.3万吨/年。投资回收期3年。

6.预计到2025年行业普及率及节能减排能力

预计到2025年行业普及率可达到70%。可实现节约标准煤47万吨/年，减排CO₂130.3万吨/年。

（三）等温变换技术

1.技术适用范围

适用于石化化工行业氮肥、甲醇生产工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用双管板结构、双套管与全径向、径向分布器等技术，设计独特换热元件结构置于等温变换反应器内部，利用沸腾水相变吸热，及时高效移出反应热，实现等温、低温、恒温反应，催化剂使用周期长，一炉一段深度变换，反应效率高，反应器阻力低，易大型化，副产中压蒸汽，热回收效率高，系统流程短，阻力低。等温变换工艺流程如图 2 所示。

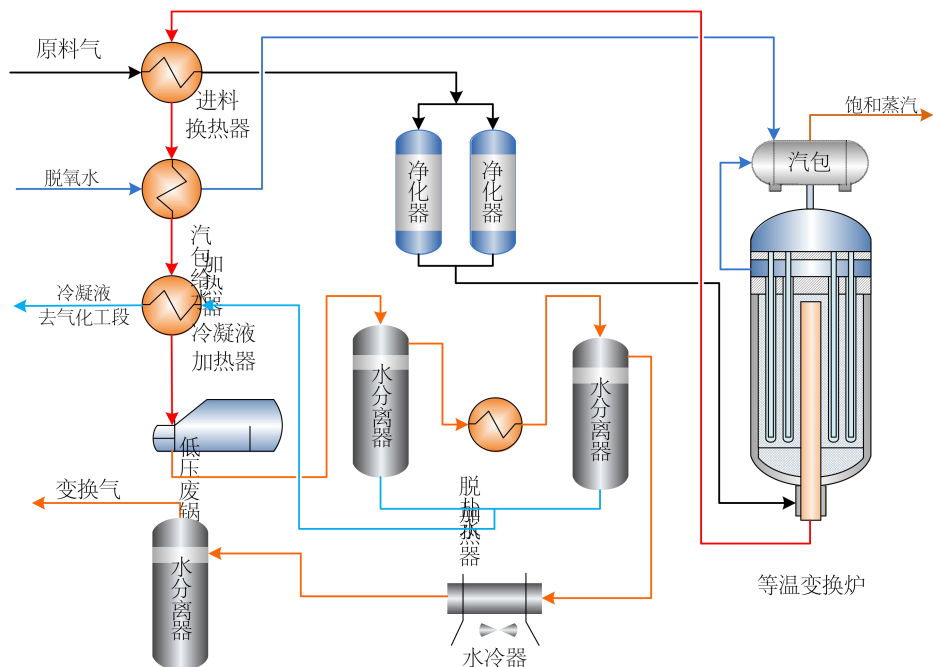


图2 等温变换工艺流程图

3.技术指标

- (1) 等温变换反应器阻力： ≤ 0.03 兆帕；
- (2) 系统阻力： ≤ 0.3 兆帕；
- (3) 反应器床层温差： $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 。

4.技术功能特性

- (1) 可实现一炉一段深度变换，反应效率高；
- (2) 利用沸腾水相变吸热，及时高效移出反应热。

5.应用案例

航天炉煤气和制氢解析气的混合气制合成氨等温变换项目，技术提供单位为湖南安淳高新技术有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：将等温变换装置部署在 40 万吨/年合成氨、35000 立方米/小时制氢气体净化及氨合成装置中。实施周期 17 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：建设完成后，相比传统流程系统阻力减小 0.3 兆帕，可节约标准煤 7264 吨/年，减排 CO_2 2 万吨/年。该项目综合年经济效益合计为 1805 万元，投资回收期 21 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 33%。可实现节约标准煤 10 万吨/年，年减排 CO_2 27.7 万吨/年。

(四) 高效智能炭素焙烧技术及成套设备

1.技术适用范围

适用于石化化工行业炭素焙烧工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

燃气和空气预混后，经燃烧器喷嘴注入炉膛内燃烧，高温烟气在顶部驱动风机作用下，从炉顶吹到炉底，在炉膛产生旋流流场。装有炭素制品坩埚被架空，炉膛底部高温烟气流经坩埚底部后向上回流，以坩埚为对象构成烟气炉体内部循环。高温烟气与坩埚表面强化对流换热，坩埚吸收烟气热量；坩埚内炭素制品温度升高，在可控环境下完成焙烧过程。智能炭素焙烧工艺流程如图3所示。

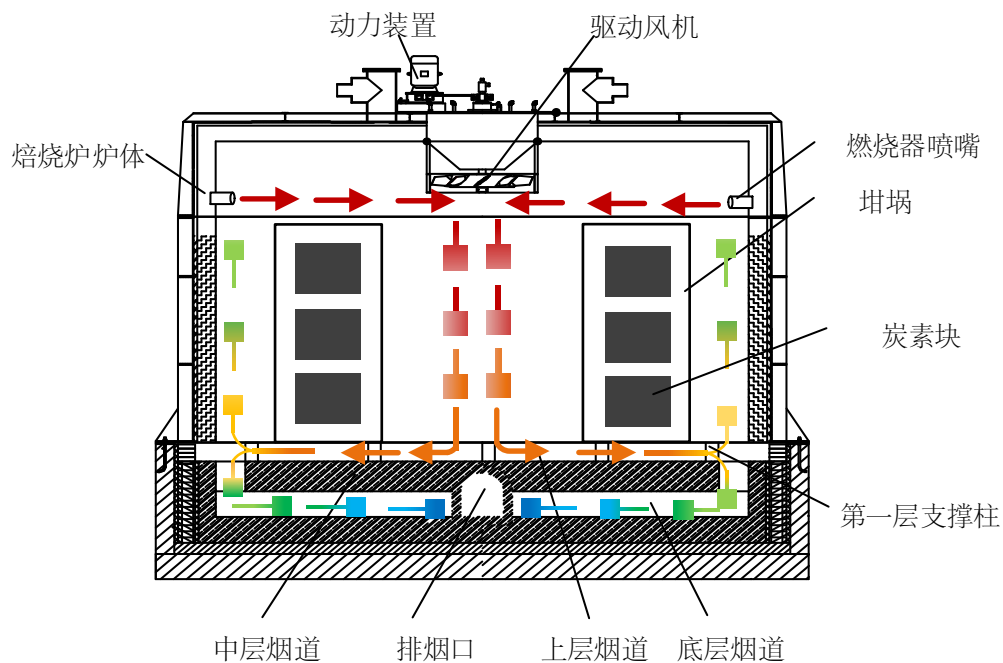


图3 智能炭素焙烧工艺流程图

3.技术指标

- (1) 单位产品节能率：40%；
- (2) 炉室上下温差：±10℃；
- (3) 温升速率：0.5~50℃/小时；
- (4) 控制精度：1%。

4.技术功能特性

- (1) 采用立式结构，利于炭素受热均匀；
- (2) 采用燃烧工艺参数协同调控，自由设定升温曲线，在炭素不同焙烧阶段充分调控炉温。

5.应用案例

长宁炭素股份有限公司分段式智能化连续焙烧系统节能改造项目，技术提供单位为湖南省长宁炭素股份有限公司。

(1) 用户用能情况：该公司年产 30000 吨电池炭棒、2000 吨细结构石墨，综合能耗为 20438.4 吨标准煤/年。

(2) 实施内容及周期：将现有 22 座倒焰煤炉改造为 15 座高效智能炭素焙烧炉及成套设备，对生产线装箱系统、原料配料系统及 2 套混合上料系统进行全自动智能化节能改造升级。实施周期 26 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，单位产品能耗下降 40%，节约标准煤 6080.9 吨/年，减排 CO₂ 1.7 万吨/年。投资回收期 4.2 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 4%。可实现节约标准煤 27 万吨/年，减排 CO₂ 74.9 万吨/年。

(五) 高效节能蒸发式凝汽技术

1. 技术适用范围

适用于石化化工、生物医药等行业换热工段节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用复合式多级冷凝技术，包括蒸汽初步预冷段和蒸发式凝汽段，采用多级换热、实现三种介质循环，可根据环境条件进行多模式运行，实现高效节电。蒸发式凝汽工艺流程如图 4 所示。

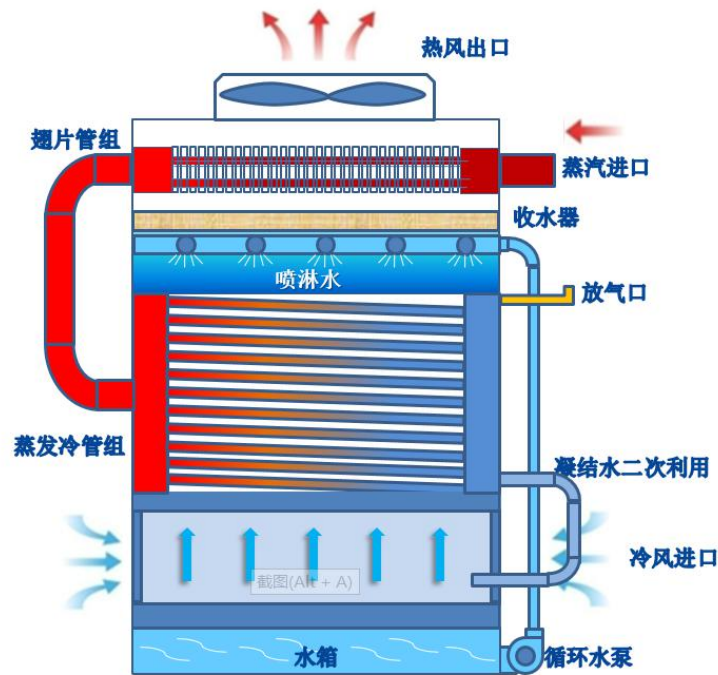


图 4 蒸发式凝汽工艺流程图

3. 技术指标

- (1) 耗电比: 0.11~0.15;
- (2) 排热性能提高: 8%;
- (3) 漂水比: <2 毫克/秒;

(4) 气密性提高：25%。

4.技术功能特性

(1) 可实现双级换热，三种介质循环，多种模式下运行；

(2) 可搭载自动控制系统，根据系统热负荷、环境气象条件进行综合分析，设定多种运行模式，实现自动调节。

5.应用案例

新疆梅花氨基酸有限责任公司氨基酸蒸发提纯项目，技术提供单位为烟台冰轮换热技术有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：该项目安装高效节能蒸发式凝汽器，并加装自动化温控系统。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：实施完成后，据统计，节约总电量 24.6 万千瓦时/年，节水 32 万吨/年，折合节约标准煤 76.3 吨/年，减排 CO₂ 211.5 吨/年。该项目综合年经济效益合计为 332.3 万元，投资回收期 23 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 15%。可实现节约标准煤 11 万吨/年，减排 CO₂ 30.5 万吨/年。

二、公辅设施系统节能提效技术

(一) 新型高抗腐蚀双金属复合节能技术

1. 技术适用范围

适用于石化化工行业采油、输油等工艺双金属耐蚀材料增材制造节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

针对海底双金属油气管道，通过双钨极双送丝技术实现超高焊接速度情况下快速成型，将焊接能量更多用于焊丝的熔化，而非母材熔化，实现高熔覆效率、降低焊接热输入、降低焊接熔深。

3. 技术指标

- (1) 能耗：2 千瓦时/千克，节能率： $\geq 30\%$ ；
- (2) 稀释率： $\leq 5\%$ ；焊丝熔覆效率：4 千克/小时；
- (3) 焊接速度：1000~1500 毫米/分钟；
- (4) 耐蚀合金层厚度：0.5~3 毫米；
- (5) 防腐寿命： ≥ 20 年。

4. 技术功能特性

- (1) 单根钨极平均电流 150 安，电压 15 伏；
- (2) 节约熔覆金属 65% 以上。

5. 应用案例

山东威尔汉姆海洋装备科技有限公司双极钨堆焊产业化应用项目，技术提供单位为苏州威尔汉姆堆焊技术有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：新建 18 条卧式生产线和 30 条立式生产线，采用双钨极双送丝技术实现超高焊接速度情况下快速成型。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：建设完成后，每台设备可节约电量 200 万千瓦时/年，节约总电量 4000 万千瓦时/年，折合节约标准煤 1.2 万吨/年，减排 CO₂ 3.3 万吨/年。投资回收期 3 个月。

6. 预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 70%。可实现节约标准煤 20 万吨/年，年减排 CO₂ 55.45 万吨/年。

(二) 蒸汽锅炉节能装置

1.技术适用范围

适用于石化化工行业蒸汽锅炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用串联多极式磁路对锅炉进水进行深度处理，处理过程可削弱水分子间作用力，降低表面张力，提高蒸发速率，减少水生成水蒸气时的综合能耗，提高锅炉蒸发速率和效率。蒸汽锅炉节能装置工作原理如图 5 所示。

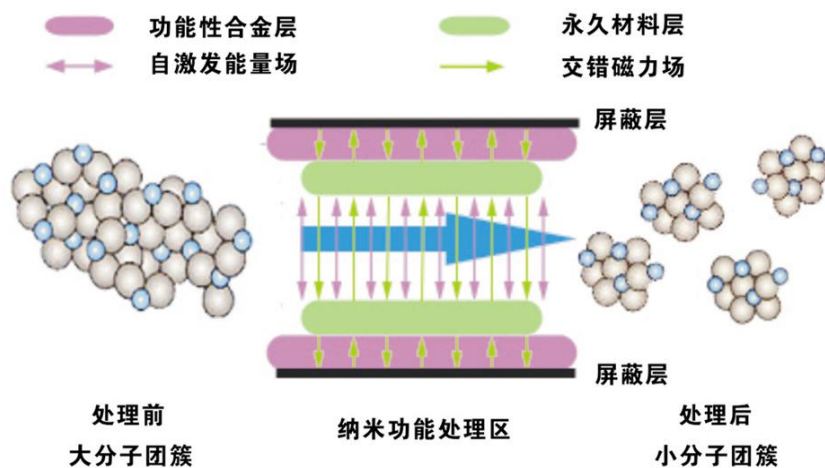


图 5 蒸汽锅炉节能装置工作原理图

3.技术指标

- (1) 锅炉节能率：0.5%~3.5%；
- (2) 发电煤耗降低：1.6 克标准煤/千瓦时；
- (3) 水压阻力：<0.03 兆帕；
- (4) 使用寿命：>10 年。

4.技术功能特性

处理后的水分子间作用力降低，表面张力下降，提高锅炉的蒸发速率和效率，达到综合节能的效果。

5.应用案例

滕州亿达华闻锅炉节能改造项目，技术提供单位为胜利油田顺天节能技术有限公司。

(1)用户用能情况：该项目锅炉热效率为 88.1%，能耗较高。

(2)实施内容及周期：在该公司蒸汽锅炉进水部位加装串联多极蒸汽锅炉节能装置，对锅炉进水进行活化处理。实施周期 2 个月。

(3)节能减排效果及投资回收期：改造完成后，经第三方检测机构检测，锅炉热效率由 88.1%提高到 89.4%，节约标准煤 1062 吨/年，减排 CO₂ 2944 吨/年。投资回收期 19 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 10%。可实现节约标准煤 32 万吨/年，减排 CO₂ 88.7 万吨/年。

(三) 炼油加热炉 95+技术

1.技术适用范围

适用于石化化工行业炼油加热炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将强化传热、余热回收、防腐蚀、防沾污结焦进行有效集成，用具有抗沾污结焦、抗高低温腐蚀、高黑度、耐磨损等功能复合结晶膜对装置受热面进行技术改造，提升受热面吸热、耐高低温腐蚀、抗沾污结渣性能，从而降低装置排烟温度。

3.技术指标

- (1) 装置整体节能量：5%~8%；
- (2) 加热炉热效率提高：≥3%；
- (3) 辐射换热面黑度：≥0.9；
- (4) 加热炉排烟温度：≤80℃。

4.技术功能特性

- (1) 换热面表面性能优异，具有强抗沾污结渣、耐高低温腐蚀、耐磨损性能；
- (2) CO₂排放量降低，NO_x排放量降低；
- (3) 改造效果质保期约 5~8 年，在质保期内加热炉可以长周期高效运行。

5.应用案例

中化泉州渣油加氢装置加热炉节能改造项目，技术提供单位为北京希柯节能环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况：采用双室双面辐射水平管纯辐射箱式炉，正常热负荷为 5.5 兆瓦，平均能耗 642 标立方米/小时，消耗燃料气总量 509.2 万标立方米/年。

(2) 实施内容及周期：加装渣油加氢装置 F101。实施周期 8 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，加热炉燃料消耗量由改造前的 642 标立方米/小时降低为 582 标立方米/小时，折算总节省燃料气约 47.56 万标立方米/年，折合节约标准煤 632 吨/年，减排 CO₂ 1752.2 吨/年。该项目综合年经济效益合计为 150 万元，投资回收期 7 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 1%。可实现节约标准煤 15 万吨/年，减排 CO₂ 41.6 万吨/年。

（四）高效控温绕管型反应器技术

1.技术适用范围

适用于石化化工行业强放热反应工序反应器节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用绕管型换热内件，通过锅炉水等移热介质在绕管内绕流和汽化潜热吸收反应热、管外反应流体错流强化换热，反应器单位催化剂换热面积大、传热系数大、结构本质安全可靠、设备检修方便等。使用该反应器可以减少设备数量，缩短工艺流程，降低工艺回路阻力和循环气量，降低压缩机能耗，可充分回收反应热，产出更多蒸汽并降低冷却工质消耗。绕管型反应器结构如图6所示。

3.技术指标

- （1）综合能耗降低：3%；
- （2）反应器入口碳氧化物浓度：10%~12%；
- （3）催化剂层热点温度：<450℃；
- （4）反应器出口温度：<320℃；
- （5）副产蒸汽压力：2.5~4.0兆帕。

4.技术功能特性

- （1）缩短工艺流程，省去反应器之间的换热设备和管道；
- （2）循环比低、副产蒸汽产量高；
- （3）生产操作稳定，不易出现催化剂层的飞温。

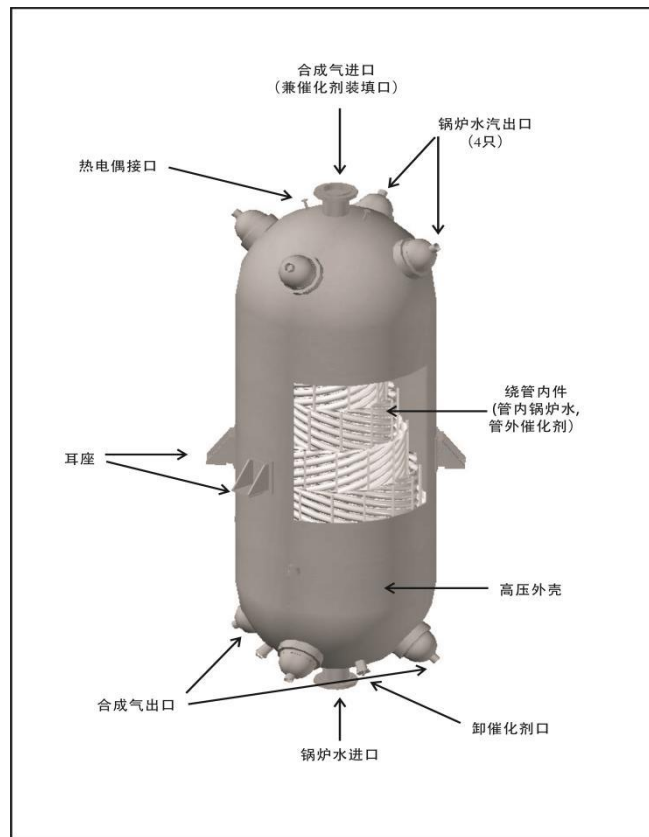


图6 绕管型反应器结构图

5.应用案例

高压可控甲烷化工业示范项目，技术提供单位为杭州林达化工技术工程有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：在甲烷生产线上新建6台高效控温绕管型反应器。实施周期4个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：建设完成后，经测算，该生产线综合能耗与能耗限额国家标准的先进值相比，节约标准

煤 167.9 吨/年，减排 CO₂ 465.5 吨/年。该项目综合年经济效益合计为 604.3 万元，投资回收期 4 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 9 万吨/年，减排 CO₂ 24.9 万吨/年。

(五) 基于三维管自支撑纵向流蒸发器蒸发浓缩系统技术

1.技术适用范围

适用于石化化工、轻工等行业蒸发浓缩工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将蒸发器产生的二次蒸汽，通过压缩机增焓升温后，送入三维管自支撑纵向流蒸发器的加热室，冷凝放热。回收二次蒸汽潜热对物料蒸发浓缩，无需冷却塔。基于三维管自支撑纵向流蒸发器蒸发浓缩系统工艺流程如图 7 所示。

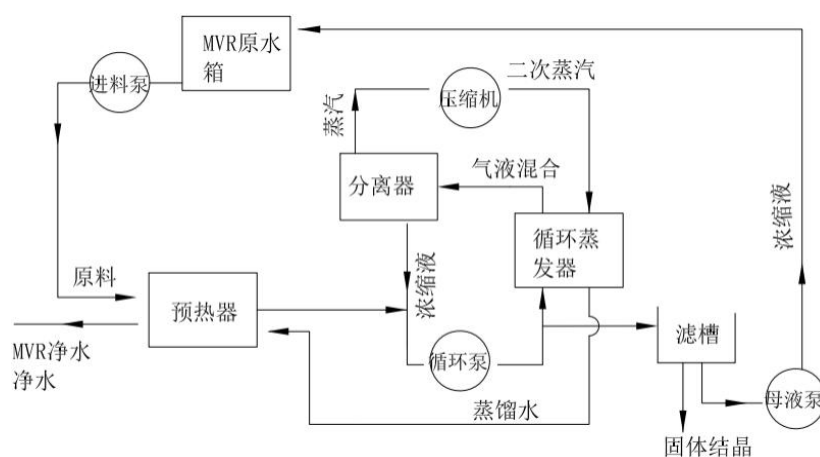


图 7 基于三维管自支撑纵向流蒸发器蒸发浓缩系统工艺流程图

3.技术指标

- (1) 系统运行能耗降低：10%~25%；
- (2) 蒸发换热温差较传统蒸发器降低：15%~35%；
- (3) 综合换热系数提升：30%~40%。

4.技术功能特性

(1) 将三维高效换热管应用于工业高盐废水处理的 MVR 蒸发器，进一步提高蒸发器换热性能，换热温差小，降低蒸发器结垢风险；

(2) 利用三维管自支撑和自清洁特性，蒸发器抗振动能力强，清洗周期延长；

(3) 无冷凝器，结构及流程更简单，自动化程度高。

5.应用案例

电镀行业废水 MVR 蒸发器项目，技术提供单位为中国科学院广州能源研究所。

(1) 用户用能情况：传统折流板蒸发器管束容易结垢，换热效果不佳。

(2) 实施内容及周期：采用新型三维变形管 MVR 蒸发器替换传统 MVR 折流板蒸发器。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，蒸发器换热效率提高 53.9%，换热面积减少 33.9%，体积缩小 43.6%，同时节约运输成本和安装空间，蒸汽压缩机减少耗电量 75.6 万千瓦时/年，节约标准煤 234.4 吨/年，减排 CO₂ 649.8 吨/年。投资回收期 3.7 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 9 万吨/年，减排 CO₂ 24.9 万吨/年。

三、余热余压回收利用技术

(一) 低品位热驱动多元复合工质制冷技术及装备

1. 技术适用范围

适用于石化化工行业乙二醇、联碱、合成氨生产工艺低温余热节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

利用 100~140℃低温热源驱动制取最低-47℃的冷能，将现有热驱动制冷技术的制冷深度从 7℃降低至零度以下，可替代压缩式制冷机组，将可压缩气体提压过程转换为不可压缩液体提压过程。

3. 技术指标

- (1) 能效比 (COP) : 0.4~0.7;
- (2) 制冷温度: -47℃;
- (3) 热源温度: 100~140℃。

4. 技术功能特性

- (1) 工质稳定性强，组分中无水无油，长周期运行无衰减;
- (2) 可在 10%~100%自适应调节，无喘振现象;
- (3) 动设备少，噪音低，易维护。

5. 应用案例

中盐安徽红四方蒸汽冷凝液余热深度制冷项目，技术提供单位为安徽普泛能源技术有限公司。

(1)用户用能情况:项目年产30万吨乙二醇,耗电量1330.9万千瓦时/年。

(2)实施内容及周期:运用低品位热驱动多元复合工质制冷系统替代原来的电驱动压缩机制冷系统(停机备用)。实施周期10个月。

(3)节能减排效果及投资回收期:改造完成后,经测算,节电率高达90%,节约电量1202.1万千瓦时/年,折合节约标准煤3726.5吨/年,减排CO₂1万吨/年。投资回收期3.8年。

6.预计到2025年行业普及率及节能减排能力

预计到2025年行业普及率可达到40%。可实现节约标准煤53万吨/年,减排CO₂146.9万吨/年。

(二) 煤化工气化黑水余热回收技术

1. 技术适用范围

适用于石化化工行业水煤浆气化工序黑水余热回收利用节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

采用无过滤、全通量黑水直接取热技术，将 130°C 左右黑水冷却至 60°C 以下，回收热量用于供暖或其他用热需求，替代现有工艺系统中真空闪蒸及闪蒸黑水冷却单元，解决煤化工行业水煤浆气化工序中“粗合成气湿法洗涤除尘”单元产生气化黑水低温余热资源浪费问题，实现余热回收。煤气化黑水余热回收工艺如图 8 所示。

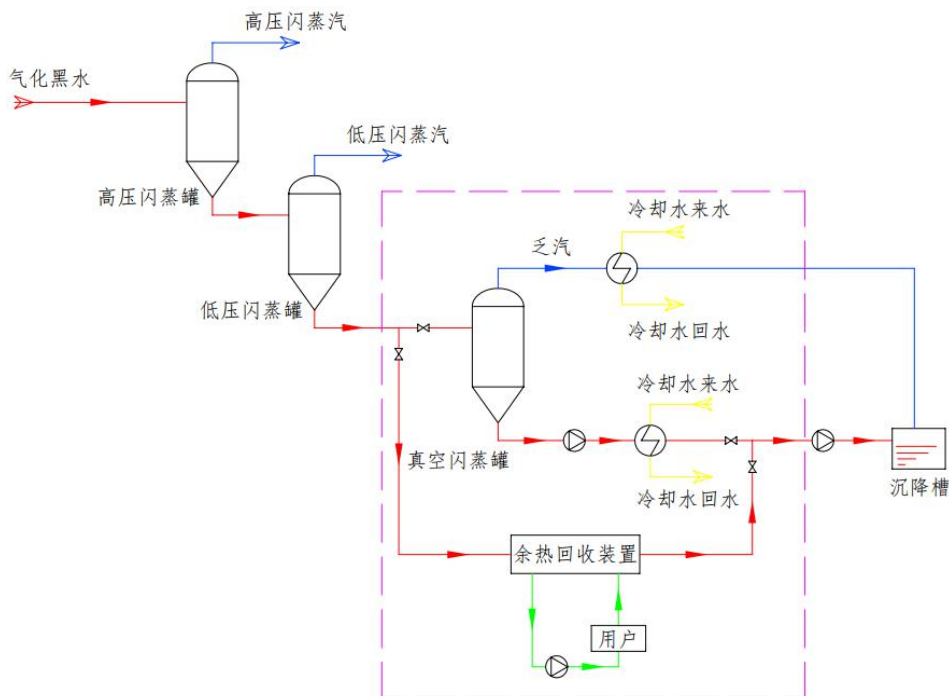


图8 煤气化黑水余热回收工艺示意图

3.技术指标

- (1) 余热回收效率： $\geq 90\%$;
- (2) 气化黑水冷却温度： $\leq 60^{\circ}\text{C}$;
- (3) 采暖水供水温度： $\geq 70^{\circ}\text{C}$ 。

4.技术功能特性

- (1) 与现有系统自由切换;
- (2) 无新增水泵、过滤、排渣等设施;
- (3) 取热量大、换热效率高、无废渣等固废产生，且无须设置增压泵，正常运行期间无需维护。

5.应用案例

河南龙宇煤化工有限公司余热回收清洁供暖项目，技术提供单位为天津华赛尔传热设备有限公司。

(1) 用户用能情况：项目采用燃煤热电联产市政集中供热，冬季抽蒸汽加热采暖水进行供暖。

(2) 实施内容及周期：对 0[#]、1[#]、2[#]余热站进行改造，建设热泵站一座，完成系统管网敷设、配电间搭建、采暖水增压泵站搭建。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，经测算，回收余热 52.9 万吉焦，折合节约标准煤 1.8 万吨/年，减排 CO₂ 5 万吨/年。投资回收期 57 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 40%。可实现节约标准煤 36 万吨/年，减排 CO₂ 99.8 万吨/年。