

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例(2022年版)》之一： 钢铁行业节能提效技术

一、重点工序节能提效技术

(一) 大型转炉洁净钢高效绿色冶炼技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁行业冶炼工序复合吹炼节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

开发高强度、长寿命复吹工艺、新型顶枪喷头和大流量底吹元件，通过提高顶底复合吹炼强度，结合高效脱磷机理建立少渣量、低氧化性、低喷溅及热损耗机制，实现原辅料、合金源头减量化以及炉渣循环利用。大型转炉高效率冶炼技术路线如图 1 所示。



图 1 大型转炉高效率冶炼技术路线图

3.技术指标

(1) 转炉综合能耗降低：5%；

(2) 降低 20%炉渣，实现炉渣 40%留渣热循环利用，精炼渣实现热态循环利用。

4.技术功能特性

(1) 采用炉渣改质方法，取消发烟改质剂；

(2) 有效复吹寿命提高至 7000 炉；

(3) 300 吨转炉在冶炼过程辅料消耗和合金消耗明显降低。

5.应用案例

马钢 300 吨转炉洁净钢高效绿色冶炼工艺改造项目，技术提供单位为钢铁研究总院有限公司。

(1)用户用能情况：马钢 300 吨转炉顶吹供气强度为 3.2~3.7 标立方米/吨/分钟，底吹供气强度为 0.04~0.3 标立方米/吨/分钟，转炉吨钢能耗为-29.63 千克标准煤。

(2)实施内容及周期：利用大型转炉洁净钢高效绿色冶炼技术对转炉进行改造。实施周期 1 年。

(3)节能减排效果及投资回收期：改造完成后，相较于原有设备，转炉吨钢能耗由-29.63 千克标准煤降到-32.01 千克标准煤，煤气回收量由吨钢 114.3 标立方米提高到 123.57 标立方米，蒸汽回收量由吨钢 86.8 千克提高到 92.1 千克，节约标准煤 5.3 万吨/年，减排 CO₂ 14.7 万吨/年。投资回收期约 1 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 65%。可实现节约标准煤 67 万吨/年，减排 CO₂ 185.8 万吨/年。

(二) 特大型高效节能高炉煤气余压回收透平发电装置

1.技术适用范围

适用于钢铁行业高炉炼铁工艺流程节能技术改造。

2.技术原理及工艺

高炉煤气余压回收透平发电装置是利用高炉冶炼排放出具有一定压力能的炉顶煤气，使煤气通过透平膨胀机做功，将其转化为机械能，驱动发电机发电或驱动其他设备。高炉煤气余压回收透平发电装置技术原理如图 2 所示。

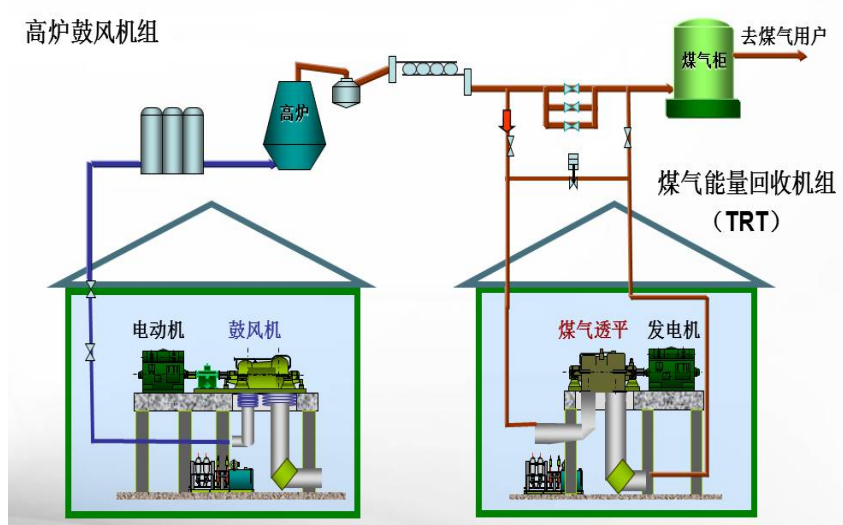


图 2 高炉煤气余压回收透平发电装置技术原理图

3.技术指标

- (1) 整机效率：92%~93%；
- (2) 高炉顶压波动控制在 ± 2 千帕内。

4.技术功能特性

(1)开发了一套高效大通流宽工况高载荷弯扭高炉煤气余压回收透平发电装置叶型；

(2)建立了高炉煤气余压回收透平发电装置全工况气动、结构强度、振动及叶片磨损腐蚀精准化分析及设计优化体系；

(3)设计了高炉煤气余压回收透平发电装置远程一键启停和无人值守智能化控制策略。

5.应用案例

俄罗斯北方钢铁湿式高炉煤气余压回收透平发电装置节能改造项目，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：俄罗斯北方钢铁一高炉（炉容 5580 立方米）采用涅瓦技术，效率 70%，发电量约 14000 千瓦时/小时。

(2)实施内容及周期：设计一套全新的湿式高炉煤气余压回收透平发电装置替换原有设备。实施周期 18 个月。

(3)节能减排效果及投资回收期：改造完成后，系统效率达到 92%，比改造前增加发电量 4320 万千瓦时/年，折合节约标准煤 1.3 万吨/年，减排 CO₂ 3.6 万吨/年。投资回收期 1 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 22%。可实现节约标准煤 57 万吨/年，减排 CO₂ 158 万吨/年。

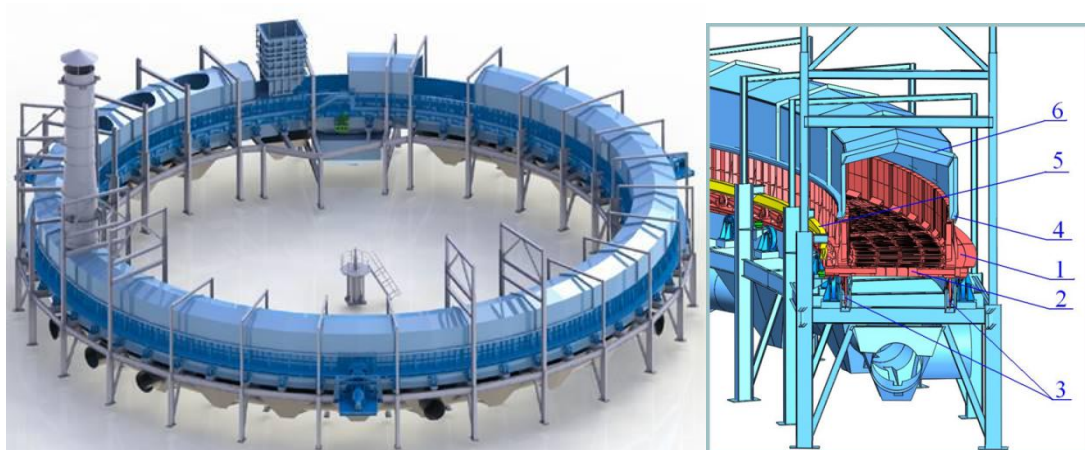
（三）多功能烧结鼓风环式冷却机

1.技术适用范围

适用于钢铁行业烧结工序环冷机节能技术改造。

2.技术原理及工艺

以结合传统烧结环冷机技术与球团环冷机技术，集成高刚性回转体、扇形装配式焊接台车、风箱复合密封、上罩机械密封、动态自平衡卸料、全密封及保温等技术，有效增加通风面积，降低冷却风机电耗，增加余热发电量。多功能烧结鼓风环式冷却机技术原理如图 3 所示。



1-高刚性回转体；2-扇形装配式焊接台车；3-风箱复合密封装置；4-上罩密封装置；5-动态自平衡卸料装置；6-全密封及保温结构

图 3 多功能烧结鼓风环式冷却机技术原理图

3.技术指标

- (1) 冷却风机电耗降低：30%；
- (2) 有效通风面积增加：20%；

(3) 余热发电量成品烧结矿增加: 3~5 千瓦时/吨;

(4) 漏风率降低 5%以上。

4.技术功能特性

(1) 采用高刚性回转框架、扇形装配式焊接台车和动态自平衡卸料等技术, 使设备运行稳定可靠, 检修维护方便快捷;

(2) 采用双层保温台车栏板、风箱复合密封和上罩复合密封等技术, 实现冷却风、上罩废气和回热废气高效利用;

(3) 漏风率降低, 可有效降低冷却风机电耗。

5.应用案例

山西太钢不锈钢股份有限公司烧结系统改造项目, 技术提供单位为中冶北方(大连)工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况: 山西太钢不锈钢股份有限公司 3 号烧结环冷机于 2006 年投运, 存在设备老化、漏风率高、余热回收效率低等问题, 吨烧结矿冷却风机电耗大于 12 千瓦时, 余热产气量小于 65 千克。

(2) 实施内容及周期: 利用多功能烧结鼓风环式冷却机替代原烧结环冷机。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, 相较于原有环冷机设备, 烧结矿冷却电耗减少 2.6 千瓦时/吨, 余热产气量增加 46.5 千克; 按烧结矿平均产量 600 吨/小时, 年作业率 96% 计算, 可节约电量 5572 万千瓦时/年, 折合节约标准煤 1.7 万吨/年,

减排 CO₂ 4.7 万吨/年。投资回收期为 1 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 50%。可实现节约标准煤 16 万吨/年，减排 CO₂ 44.4 万吨/年。

（四）棒线材高效低成本控轧控冷技术

1.技术适用范围

适用于钢铁行业棒线材控轧控冷工序节能技术改造。

2.技术原理及工艺

以气雾冷却为主要控冷单元，汽化蒸发吸热和强制换热机理相结合，控冷技术覆盖轧钢全流程，包括中轧机组间冷却、轧后阶梯型分段冷却、过程返温、冷床控温等冷却关键点控制，实现降温-返温-等温循环型冷却路径调控，精确控制钢筋组织均匀性和珠光体相变，优化氧化铁皮结构，有效控制纳米级析出物弥散析出效果，获得相变强化和析出强化效果。棒线材控轧控冷工艺流程如图4所示。

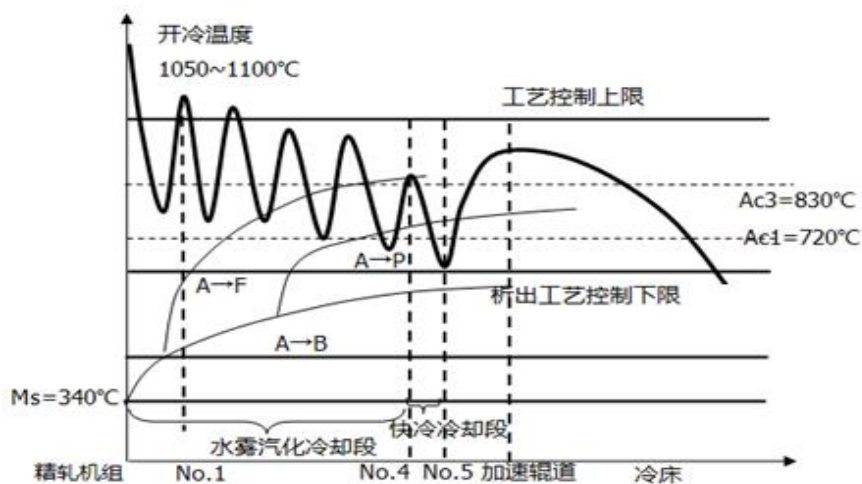


图4 棒线材控轧控冷工艺流程图

3.技术指标

（1）综合能耗降低：4 千克标准煤/吨钢；

(2) 吨钢节水：13.5%；

(3) 提高成材率：0.1%。

4.技术功能特性

(1) 通过采用气雾冷却设备、柔性冷却工艺和自动精细控制技术，优化冷却路径；

(2) 根据水雾化特点，精细控制降温返温过程温度和汽化时间间隔。

5.应用案例

山西建龙钢铁股份有限公司改造项目，技术提供单位为钢铁研究总院有限公司。

(1) 用户用能情况：山西建龙钢铁股份有限公司棒材生产线采用穿水冷却工艺，合金成本高且易生红锈。

(2) 实施内容及周期：用分级气雾冷却设备替换原穿水冷却设备。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，钢综合能耗降低 4 千克标准煤/吨，按照单条生产线年产 100 万吨钢计算，节约标准煤 4000 吨/年，减排 CO₂ 1.1 万吨/年。投资回收期 6 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 12 万吨/年，减排 CO₂ 33.3 万吨/年。

二、公辅设施系统节能提效技术

(一) 钢铁行业减污折叠滤筒节能技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁行业除尘工序节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

减污折叠滤筒其过滤材料呈折叠状，内有一体成型支撑骨架；具有高过滤精度和高通气量，可以在有限空间内提供更多过滤面积，同时，实现对微细粉尘高效捕集和除尘器低运压差；通过等间距热熔技术，降低运行阻力，延长清灰周期，降低风机电机功耗，延长使用寿命。减污折叠滤筒节能技术原理如图 5 所示。

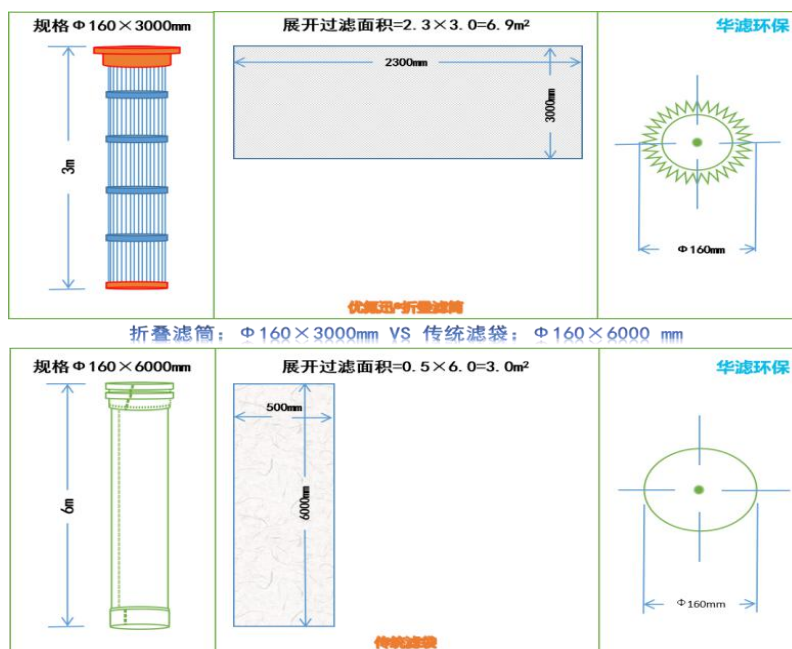


图 5 减污折叠滤筒节能技术原理图

3. 技术指标

- (1) 节能率: >5%;
- (2) 骨架强力: >500 牛;
- (3) 1 微米左右颗粒物过滤效率: >99.8%;
- (4) 常温工况耐温: 接近 120℃; 中高温工况耐温: 130~180℃;
高温工况耐温: 180~220℃。

4.技术功能特性

(1) 采用无焊接螺旋冲压一体成型技术, 整个骨架无重叠毛刺, 不会损伤滤料;

(2) 采用绑带等距自动化加工技术, 可将折间距控制在±0.3 毫米内;

(3) 采用特殊覆膜结构设计的表面膨体聚四氟乙烯覆膜技术, 实现粉尘粒径 1 微米左右颗粒物 99.8%以上的过滤效果。

5.应用案例

山西建龙炼铁厂 200 平方米烧结机机尾除尘系统节能改造项目, 技术提供单位为广州市华滤环保设备有限公司。

(1) 用户用能情况: 山西建龙炼铁厂 200 平方米烧结机配套一台电袋复合除尘器, 除尘器长期运行压差在 2000 帕, 烟气捕集效果差。

(2) 实施内容及周期: 采用等距大折角折叠滤筒替换传统布袋, 共计安装直径为 158×3000 毫米的折叠滤筒 3712 支。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，过滤面积增加，除尘器运行压差从 2000 帕降至 1200 帕，根据电表统计，可节约电量 140 万千瓦时/年，折合节约标准煤 434 吨/年，减排 CO₂ 1203 吨/年。投资回收期 1 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 50%。可实现节约标准煤 10 万吨/年，减排 CO₂ 27.7 万吨/年。

(二) 多孔介质燃烧技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁、建材等行业采用燃气加热设备节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

混合气体在多孔介质孔隙内产生旋涡、分流和汇合，剧烈扰动。燃烧产生的热量通过高温固体辐射和对流方式传输，同时借助多孔介质材料的导热和辐射不断地向上游传递热量预热气体，并依靠多孔介质材料蓄热能力回收燃烧产生高温烟气余热。多孔介质燃烧技术原理如图 6 所示。

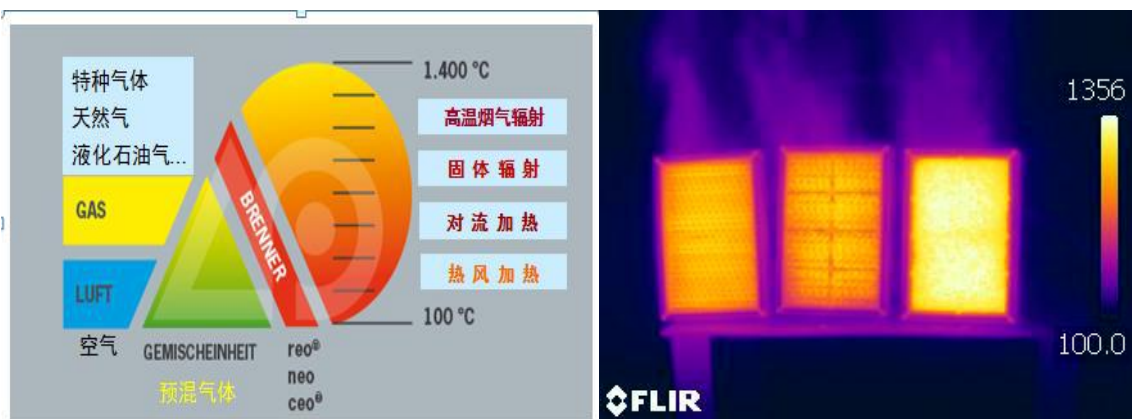


图 6 多孔介质燃烧技术原理图

3. 技术指标

- (1) 节能率：5%~25%；
- (2) 无局部高温，氮氧化物低至：30 毫克/标立方米；
- (3) 温差：±3℃ 以内。

4. 技术功能特性

(1) 加热升温速率高，可满足快速均匀加热的需要；

(2) 与传统明火炉相比，在同样的燃气消耗下，干燥 / 加热能力增加 10%；

(3) 燃烧面温度均匀，控制氮氧化物产生。

5.应用案例

首钢取向硅钢氧化镁涂层干燥炉改造项目，技术提供单位为中冶南方（武汉）热工有限公司。

(1) 用户用能情况：首钢硅钢车间年产取向硅钢 50 万吨，硅钢氧化镁涂层机组采用红外涂层干燥炉，原涂层炉采用金属丝网型式燃气红外燃烧器，运行一段时间后由于氧化镁涂层掉落影响燃烧器辐射管能力，造成加热能力不足。

(2) 实施内容及周期：原红外涂层干燥炉改为多孔介质涂层干燥炉，面板使用温度由 1050℃ 提升至 1350℃，更换面板 480 套。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，机组加热效率提升 10%，硅钢生产线干燥工序平均天然气消耗降低 40 立方米/小时，每年按照工作 7000 小时计算，可节约天然气 28 万立方米/年，折合节约标准煤 372 吨/年，减排 CO₂ 1031 吨/年。投资回收期 30 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 50%。可实现节约标准煤

12 万吨/年，减排 CO₂ 33.3 万吨/年。

(三) 冶金工业电机系统节能控制技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁、有色等行业高压水除鳞、一次除尘工序电机系统控制节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

转炉每个冶炼周期为 30 分钟左右，吹炼时间和装、出料的时间各占一半，风机在转炉吹炼时高速运行，在吹炼后期及补吹时中速运行，而在出钢和装料期间可将速度降低，这样既能满足转炉冶炼工艺要求，又能实现节能。因此基于大数据分析和智能控制理论，通过研究不同冶金工艺条件下电机和负载匹配关系、控制策略优化等实现电机系统节能优化。转炉工艺流程如图 7 所示。

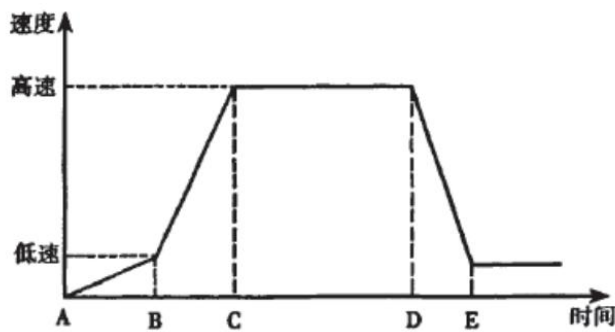


图 7 转炉工艺流程图

3. 技术指标

综合节电率：5%~10%。

4. 技术功能特性

通过研究不同冶金工艺条件下电机和负载匹配关系、控制策

略优化等实现电机系统节能优化。

5.应用案例

山东盛阳金属科技股份有限公司高压除鳞泵系统节能改造项目，技术提供单位为中冶赛迪电气技术有限公司。

(1) 用户用能情况：山东盛阳金属科技股份有限公司 1700 毫米热轧高压水除鳞系统并联使用 5 台 710 千瓦水泵，通过增减泵的数量来调节出水压力，导致压力控制不连续，泵系统磨损严重，维护费用高。

(2) 实施内容及周期：采用 MVC1200-10K/350 高压变频器及控制系统进行智能驱动。实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，新系统 15~50 赫兹升速时间 8 秒，50~15 赫兹降速时间 20 秒，系统振动减小，水泵寿命延长，生产自动化水平提高。据统计，可节约电量 510 万千瓦时/年，折合节约标准煤 1581 吨/年，减排 CO₂ 4383 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 40%。可实现节约标准煤 11 万吨/年，减排 CO₂ 30.5 万吨/年。

（四）新型长寿命激光闪速氧化膜热轧辊

1.技术适用范围

适用于钢铁行业热轧辊表面处理节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用高能激光对轧辊表面进行毫秒级高速辐照，在轧辊表面产生瞬时高温，生成一层四氧化三铁氧化膜，可提高其高温磨损性能，抑制热疲劳裂纹，轧辊使用寿命提高1倍以上。根据辊径、表面粗糙度、长度等参数，智能控制系统自动生成离线烧结程序。

3.技术指标

- （1）激光扫描功率：2~6 千瓦；
- （2）激光扫描速度：80~150 米/分钟；
- （3）工件表面温度：1400~1500℃；
- （4）氧化膜生成速度：0.2~0.3 毫米/毫秒。

4.技术功能特性

（1）对轧辊表面进行预活化处理，提高吸光率，提高氧化皮结合力；

（2）系统根据辊径、表面粗糙度、长度等参数，自动生成离线烧结程序；

（3）采用高能激光对轧辊表面进行毫秒级高速辐照，在轧辊表面产生瞬时高温，生成氧化膜。

5.应用案例

某钢厂 1780 热轧线改造项目, 技术提供单位为上海仅博激光技术有限公司。

(1) 用户用能情况: 某钢厂 1780 热轧产线产量 500 万吨/年, 热轧工序能耗 49.5 千克标准煤/吨钢。

(2) 实施内容及周期: 采用长寿命激光闪速氧化膜热轧辊替代原轧辊。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, 轧辊寿命提高 1 倍, 每天可减少停机保温时间 2 小时, 综合节约标准煤 1.6 万吨/年, 减排 CO₂ 4.4 万吨/年。投资回收期 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 20%。可实现节约标准煤 15 万吨/年, 减排 CO₂ 41.6 万吨/年。

（五）H 型鳍片管式高效换热技术

1.技术适用范围

适用于钢铁、建材、化工等行业烟气余热回收利用节能技术改造。

2.技术原理及工艺

锅炉给水泵将除氧水输送至余热蒸汽锅炉省煤器，经余热蒸汽锅炉内鳍片管等换热面吸收热量，变成高温热水进入锅筒，锅筒通过上升管和下降管与蒸发器内鳍片管等换热面吸收热量产生饱和蒸汽，饱和蒸汽从锅筒主汽阀进入过热器，产生过热蒸汽供给用户。H 形鳍片管强化传热元件扩展受热面，增加水管烟侧受热面，同时烟气流经 H 形鳍片管表面时形成强烈紊流，提高传热效率和减少烟灰积聚。H 型鳍片管结构如图 8 所示。

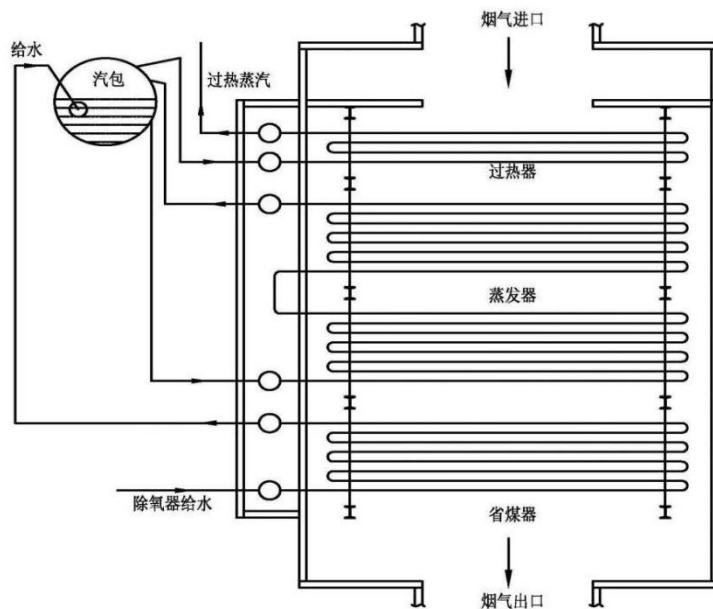


图 8 H 型鳍片管结构示意图

3.技术指标

以 Q206/450-24-2.0/390 型号锅炉为例：

- (1) 给水温度：104℃；
- (2) 锅炉换热效率：>65%；
- (3) 锅炉漏风率：<2%。

4.技术功能特性

- (1) 结构紧凑、热效率高，单位长度上的受热面积大；
- (2) 设备的体积、重量降低；
- (3) 采用带有扩展受热面的鳍片管强化传热元件作为余热锅炉的受热面，水管烟侧的受热面可增加。

5.应用案例

宁夏中卫市众泰 33000 千伏安硅铁矿热炉烟气余热发电利用项目，技术提供单位为四川陆亨能源科技有限公司。

- (1) 用户用能情况：该项目为新建项目。
- (2) 实施内容及周期：安装 H 型鳍片管式烟气矿热余热锅炉、汽轮机、发电机、自动控制（DCS）以及配套设备。实施周期 6 个月。
- (3) 节能减排效果及投资回收期：实施完成后，发电量 4000 千瓦时/小时，每年按照 7000 小时计算，发电量约 2800 万千瓦时/年，折合节约标准煤 8680 吨/年，减排 CO₂ 2.4 万吨/年。投资回收期 30 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 14 万吨/年，减排 CO₂ 38.8 万吨/年。

三、余热余压回收利用技术

(一) 氟塑钢新材料低温烟气深度余热回收技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁、电力、石化化工等行业低温烟气余热回收节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

在原脱硫塔前布置氟塑钢低温省煤器，降低脱硫塔烟气温度，回收烟气显热；在脱硫塔后布置氟塑钢冷凝器对湿饱和烟气冷凝降温，回收烟气潜热。该技术可解决低品位烟气热量无法有效回收以及回收过程中腐蚀、积灰、寿命短等问题。低温烟气深度余热回收工艺流程如图 9 所示。

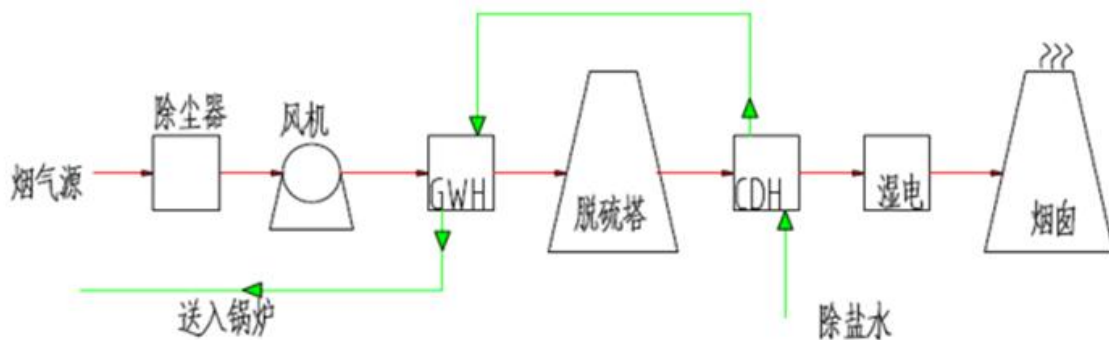


图 9 低温烟气深度余热回收工艺流程图

3. 技术指标

以标准 130 吨/小时锅炉为例：

- (1) 总换热量： >2800 千焦/秒；
- (2) 每秒总换热量： >2800 千焦；

(3) 低温省煤器进出口烟气温差： $>20^{\circ}\text{C}$ ；

(4) 冷凝器进出口烟气温差： $>2^{\circ}\text{C}$ 。

4.技术功能特性

(1) 将可熔性聚四氟乙烯或其他氟塑料通过热熔方式直接成型于金属管表面并与金属管无缝紧密结合；

(2) 结构设计采用柔性连接，解决换热管热应力不均匀的问题。

5.应用案例

浙江物产环能浦江热电有限公司低温烟气改造项目，技术提供单位为衢州佰强新材料科技有限公司。

(1) 用户用能情况：浙江物产环能浦江热电有限公司现有 3 台 130 吨/小时循环流化床锅炉，配套 2 台 15 兆瓦抽背式汽轮机和 18 兆瓦发电机。锅炉排烟温度 130°C 以上，有较大的余能回收潜力。

(2) 实施内容及周期：在脱硫塔前后增加低温省煤器，回收进脱硫塔烟气显热，加热除盐水，减少自用蒸汽消耗；在脱硫塔后安装冷凝器对湿饱和烟气冷凝降温，回收烟气潜热，再次加热除盐水。实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，以单台炉为例，除盐水通过省煤器和冷凝器后，温度从 20°C 上升到 65°C ，减少了自用蒸汽的消耗，单台炉节约标准煤 2796 吨/年，三台炉节

约标准煤 8388 吨/年，减排 CO₂ 2.3 万吨/年。投资回收期 11 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 60 万吨/年，减排 CO₂ 166.4 万吨/年。

（二）工业余热梯级综合利用技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁、化工等行业余热高效回收利用节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

结合工艺用能需求，综合考虑余热源头减量、高效回收、梯级利用等方式，实现含尘含硫间歇波动典型中高温余热，提升余热回收利用水平，降低排烟温度至 150℃ 以内。工业余热高效回收与梯级利用系统原理如图 10 所示。

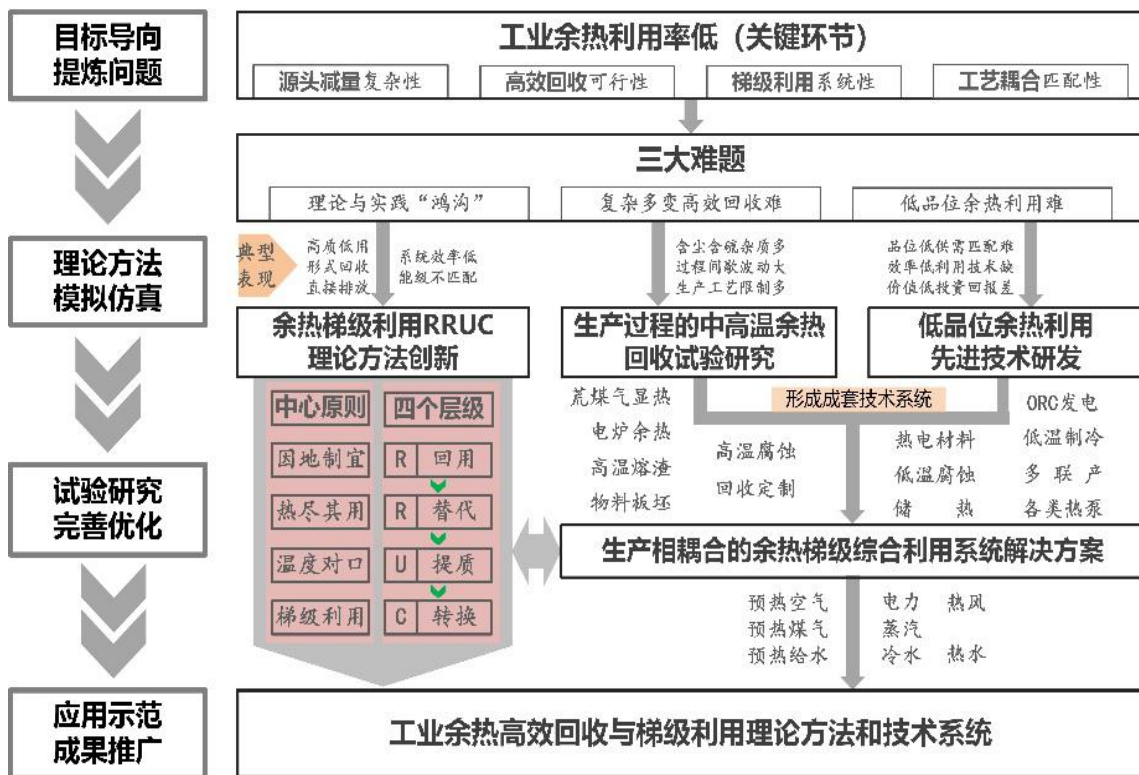


图 10 工业余热高效回收与梯级利用系统原理图

3. 技术指标

（1）烧结环冷余热回收率：73.2%；

(2) 排烟平均温度：180℃。

4.技术功能特性

以热、电、冷、储等多种形式利用余热，显著提升余热回收率，降低排烟温度。

5.应用案例

宝钢股份硅钢部 3#环形炉节能技术改造项目，技术提供单位为上海宝钢节能环保技术有限公司。

(1) 用户用能情况：宝钢股份硅钢部 3#环形炉设计产量为 12 万吨/年，环形炉废气通过 2 根烟囱排放，废气量 3000 标立方米/小时，排放温度约为 300~330℃。

(2) 实施内容及周期：在废气排放系统中增设一套汽水两用冷凝式余热回收锅炉，将环形炉废气显热和冷凝潜热回收，转换成低压蒸汽供机组使用。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，余热回收装置回收热量产生蒸汽 2 吨/小时（表压 0.6 兆帕饱和蒸汽），按每年 8400 工作小时计算，折合节约标准煤 2015 吨/年，减排 CO₂ 5587 吨/年。投资回收期 3.5 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 43%。可实现节约标准煤 55 万吨/年，减排 CO₂ 152.5 万吨/年。

(三) 熔渣干法粒化及余热回收工艺装备技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁行业高温熔渣水淬工艺节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

熔渣通过离心机械粒化增加换热面积，结合强制一次风冷原理，实现高炉渣快速冷却和一次余热回收，粒化后熔渣性能不低于水淬工艺；再采用回转式逆流余热回收装置对已凝结渣粒进行二次余热回收，提高余热回收率。熔渣干法粒化及余热回收工艺流程如图 11 所示。

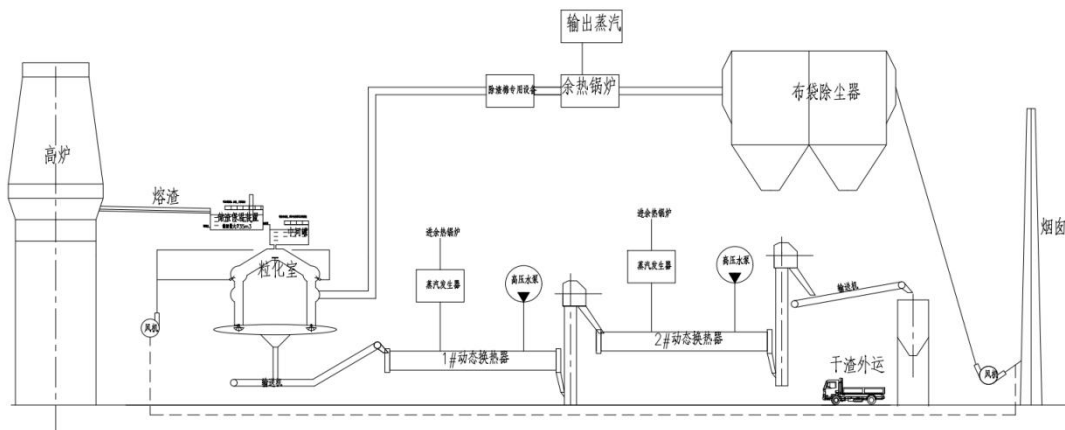


图 11 熔渣干法粒化及余热回收工艺流程图

3. 技术指标

- (1) 系统热效率： $\geq 60\%$ ；
- (2) 熔渣处理能力：60 吨/小时；
- (3) 粒径分布均匀（渣直径小于 1.5 毫米的超过 90%）。

4. 技术功能特性

(1)采用基于熔渣自身电阻加热的储渣保温装置和中间罐控流装置，解决熔渣间断出渣与余热回收连续性矛盾；

(2)采用强制旋流冷却碰壁式粒化室结构，减小设备尺寸，强化换热过程；

(3)采用旋转密封式高温渣粒连续排料装置，确保粒化室的气密性，实现连续排渣。

5.应用案例

该项目为研发类技术，暂无推广案例。技术提供单位为北京中冶设备研究设计总院有限公司。

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 13 万吨/年，减排 CO₂ 36 万吨/年。

(四) 一种焦炉上升管荒煤气余热回收技术

1.技术适用范围

适用于钢铁行业焦炉上升管荒煤气余热节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将原焦炉上升管替换成外形相同的上升管水换热器，在换热器夹套内通入除氧水和高温荒煤气顺流间接换热，除氧水吸热蒸发后转化成蒸汽回收荒煤气显热。在上升管换热器内部生成汽水混合物，再到汽包内水汽分离，蒸汽直接并网或到用户，水继续用泵加压到上升管换热器继续生产蒸汽。焦炉上升管荒煤气余热回收技术原理如图 12 所示。

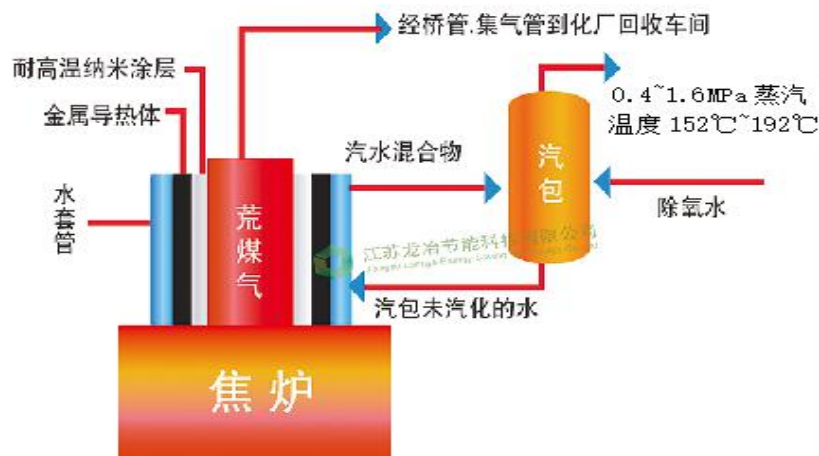


图 12 焦炉上升管荒煤气余热回收技术原理图

3.技术指标

- (1) 产汽率：100~130 千克/吨焦；
- (2) 荒煤气出口温度：>500℃；

(3) 上升管外壁温度： $<60^{\circ}\text{C}$ ；

(4) 蒸汽压力：0.6~4.0 兆帕。

4.技术功能特性

(1) 采用导流结构和无缝低应力防漏技术，可防止漏水进炭化室；

(2) 采用吸入式旋转喷砂装置和熔覆纳米自洁涂层专用设备，保证上升管纳米涂层的质量；

(3) 采用自动化控制系统，实现生产无人值守和远程监控。

5.应用案例

山西安昆新能源有限公司焦炉荒煤气余热回收项目，技术提供单位为江苏龙冶节能科技有限公司。

(1) 用户用能情况：山西安昆新能源有限公司 2×70 孔 6.8 米捣固焦炉年产 205 万吨焦炭，从焦炉炭化室出来的 $650\sim 800^{\circ}\text{C}$ 荒煤气带出显热占焦炉支出热的 36%，按照原焦化工艺，需要喷洒 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 的循环氨水，降低荒煤气温度后，进入煤气初冷器，再由循环水和低温冷却水进一步降低温度到 21°C 左右，不仅高温荒煤气带出显热无法利用，同时在后道工序需要耗费大量的“冷量”来降温。

(2) 实施内容及周期：在 2×70 孔 6.8 米捣固焦炉上安装上升管余热回收蒸汽全套系统。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造后，产饱和蒸汽约

113.5 千克/吨焦，可生产低压饱和蒸汽 23.3 万吨/年，折合节约标准煤 2.2 万吨/年，减排 CO₂ 6.1 万吨/年。投资回收期 1 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 35%。可实现节约标准煤 95 万吨/年，减排 CO₂ 263.4 万吨/年。

（五）清洁型焦炉高效余热发电技术

1.技术适用范围

适用于钢铁行业焦炉高温烟气余热回收节能技术改造。

2.技术原理及工艺

以清洁型焦炉余热烟气作为热源，通过锅炉将水加热到高温超高压参数蒸汽，高压蒸汽进入汽轮机高压缸做功后再通过锅炉加热，加热后低压蒸汽进入汽轮机低压缸做功，汽轮机带动发电机发电。做完功后蒸汽变为凝结水再次进入锅炉进行加热变为蒸汽，从而完成一次热循环。一次再热循环原理如图 13 所示。

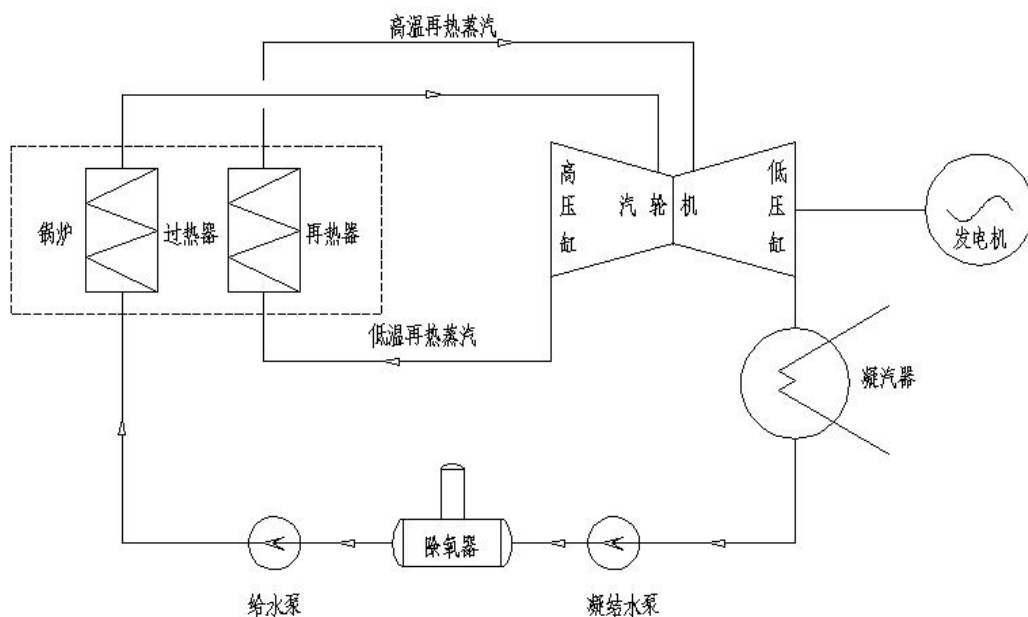


图 13 一次再热循环原理图

3.技术指标

(1) 80 兆瓦机组发电量：9600 万千瓦时/年；

(2) 锅炉压力：13.7 兆帕；

(3) 汽轮机压力：13.2 兆帕。

4.技术功能特性

汽轮机高压缸排出的蒸汽通过锅炉再热器进行二次加热，加热后的蒸汽进入汽轮机低压缸继续做功，机组热效率能提高10%~20%。

5.应用案例

福建三钢 2×80 兆瓦热回收焦炉及配套干熄焦余热蒸汽高效发电项目，技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(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 6 台高温超高压中间一次再热余热锅炉和 2 台高温超高压中间一次再热汽轮发电机组，并配备循环冷却水系统、电气系统、仪控系统、能源介质管网等。实施周期 14 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：建设完成后，新型焦炉无焦炉煤气等副产物，综合节约标准煤 4 万吨/年，减排 CO₂ 11.1 万吨/年。投资回收期 8 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 20%。可实现节约标准煤 25 万吨/年，减排 CO₂ 69.3 万吨/年。