

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例(2022年版)》之十： 煤炭等化石能源清洁高效利用技术

(一) 低热值煤气高效发电技术

1. 技术适用范围

适用于钢铁、有色、石化化工等行业富余低热值煤气高效利用节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

针对钢铁、有色、化工等行业企业富余低热值煤气利用效率低的问题，开发适用 30~150 兆瓦小容量机组超高压、亚临界和超临界系列低热值煤气高效发电技术，将富余低热值煤气送入煤气锅炉燃烧，产生蒸汽送入汽轮发电机组做功发电，提高低热值煤气利用效率。低热值煤气高效发电工艺路线如图 1 所示。

3. 技术指标

(1) 高温超高压(13.2 兆帕，535℃)发电技术，发电效率：36%~38%；

(2) 超高温亚临界(16.7 兆帕，566℃)发电技术，发电效率：40%~41%；

(3) 超临界(24.2 兆帕，600℃)发电技术，发电效率：43%~45%。

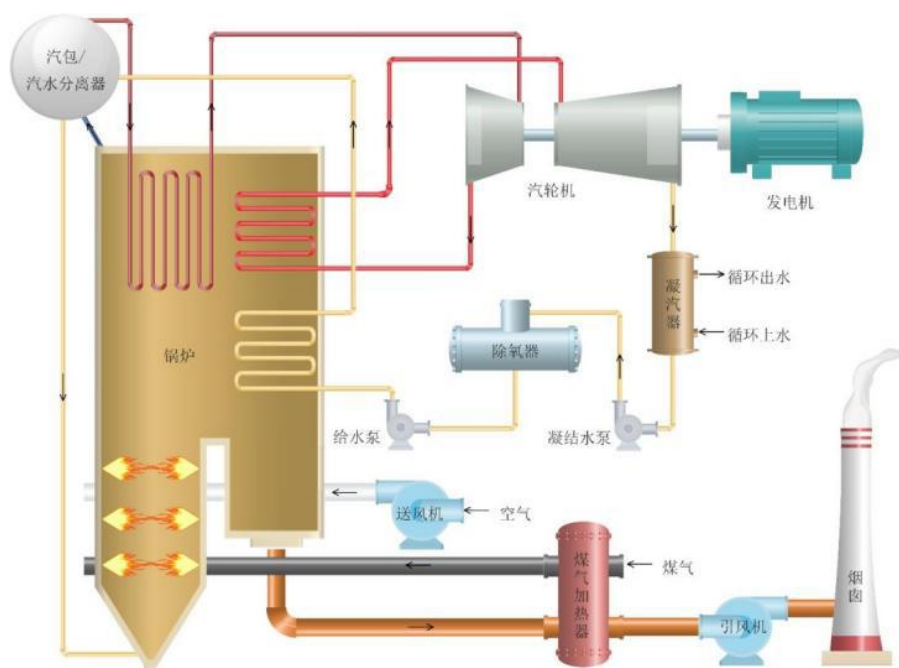


图 1 低热值煤气高效发电工艺路线图

4.技术功能特性

(1) 将煤气发电机组参数提升至超高压、亚临界和超临界，机组发电效率提升至 36%~45%；

(2) 运用煤气管道自动隔断、锅炉智能燃烧、汽轮机一键启停、远程专家诊断等智能化控制及诊断技术，实现低热值煤气发电机组安全、稳定、连续运行；

(3) 运用低氮燃烧、高温烟气旁路预热的解钠基干法脱硫等技术，使机组烟气排放污染物浓度达到钢铁行业超低排放标准。

5.应用案例

广西盛隆冶金有限公司配套超临界煤气发电项目，技术提供单位为中冶南方都市环保工程技术股份有限公司。

(1) 用户用能情况：广西盛隆有限公司粗钢产能约 1200 万

吨/年，生产用能约 660 万吨标准煤/年，产富余煤气 80~120 万标立方米/年。

(2) 实施内容及周期：采用超临界一次再热技术，主蒸汽参数达 24.2 兆帕，并采用一键启停、煤气锅炉自动燃烧控制等技术进行节能改造。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，145 兆瓦机组发电量近 12 亿千瓦时/年，折合节约标准煤 37.2 万吨/年，减排 CO₂ 103.1 万吨/年。投资回收期 16 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 480 万吨/年，减排 CO₂ 1330.8 万吨/年。

（二）卧式循环流化床燃烧成套技术

1.技术适用范围

适用于钢铁、石化化工行业燃生物质、燃煤炭等燃烧设备节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将立式循环流化床锅炉单床炉膛“折二化一为三”形成三床炉膛，延长燃烧时间；一级灰循环升级为两级灰循环，对复杂燃料具有更强适应性和操作友好性；高温分离变为中温分离，可避免燃用低灰熔点燃料时在循环回路内结焦；空气和燃料双分级降低原始 NO_x 生成，可节约脱硝成本。

3.技术指标

（1）运行热效率提高：10%；

（2）降低氮氧化物：40%。

4.技术功能特性

（1）采用三级炉膛、两级回灰结构设计，延长燃料在锅炉炉膛内的有效燃烧行程，使燃料燃烧更加充分；

（2）在中温分离器下游布置对流受热面，省煤器入口烟温低于碱金属的粘结沉积温度，能有效防止省煤器等对流管束上的积灰；

（3）炉内燃料分级、空气分级的燃烧组织降低了氮氧化物的生成。

5.应用案例

柏乡县热华能源科技有限公司生物质集中供热项目，技术提供单位为北京热华能源股份有限公司。

(1) 用户用能情况：柏乡南阳经济开发区原供热采用分散燃煤锅炉，大部分锅炉热效率低，污染严重。

(2) 实施内容及周期：新建 2 台 45 吨/小时生物质多流程循环流化床锅炉进行供热。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，实现了柏乡南阳经济开发区的集中供热，据统计，两台锅炉节约标准煤 2.6 万吨/年，减排 CO₂ 7.2 万吨/年。投资回收期 2.4 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 1%。可实现节约标准煤 90 万吨/年，减排 CO₂ 249.5 万吨/年。

（三）低氮燃气辐射供热节能技术

1.技术适用范围

适用于轻工、建筑等行业工业企业及工业园区供热节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用天然气、液化石油气或人工煤气等作为热源，经单元式燃烧辐射加热器燃烧，主机燃烧后产生高温热烟气（一般温度不高于 500℃），在负压风机驱动下在辐射管内定向流动，通过辐射管、反射板作用向各类物体进行辐射精准供暖。部分高温热烟气通过外置高温烟气回燃装置与新鲜空气混合后参与到二次循环中。负压风机可以根据供暖场景，兼顾单台或者多台单元式燃气辐射加热器，组成组合式燃气辐射加热系统。

3.技术指标

（1）节能率：45%~70%；

（2）辐射效率：69%。

4.技术功能特性

（1）反射板采用八棱面双曲线结构，将红外线定向反射；

（2）材质为镜面铝，反射率更强，透射率低；

（3）黑色渗铝钢管基材黑体系数低于 0.35，经过渗铝和高温热处理工艺后，材质发生化学变化，红外辐射发射率提升至 96% 以上。

5.应用案例

浦项（辽宁）汽车配件制造有限公司辐射供暖系统改造项目，技术提供单位为天津卡利欧玛热能设备制造有限公司。

（1）用户用能情况：浦项（辽宁）汽车配件制造有限公司供暖系统热源为市政热水，经厂区内换热站换热后，分配给不同区域供热。原供热系统办公区室内温度为 18~19℃，生产车间内温度低于 10℃。

（2）实施内容及周期：热源由原市政热力系统改为高效燃气壁挂炉，末端利用原有暖气片，生产车间采用单元式燃气辐射加热器设备进行供暖。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，据统计，节约标准煤 444 吨/年，减排 CO₂ 1231 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 10%。可实现节约标准煤 11 万吨/年，减排 CO₂ 30.5 万吨/年。

（四）智能化矿物干法深度分选技术

1.技术适用范围

适用于煤炭行业全粒级煤炭干法深度分选及非煤矿物预抛废、分选、尾矿回收等工序节能技术改造。

2.技术原理及工艺

智能干选机采用 X 射线+图像双源识别技术，通过高速电磁阀控制高压风精准喷吹完成目标矿物与脉石矿物分离；智能梯流干选机应用“梯度流态化”理论，原煤在风力、激振力和重力三个力场作用下，将产生流态化现象，实现按密度分层，再通过排料机构精准切分。不用水、不耗介、不产生煤泥，实现矿物深度分选。智能化矿物干法深度分选技术原理如图 2 所示。

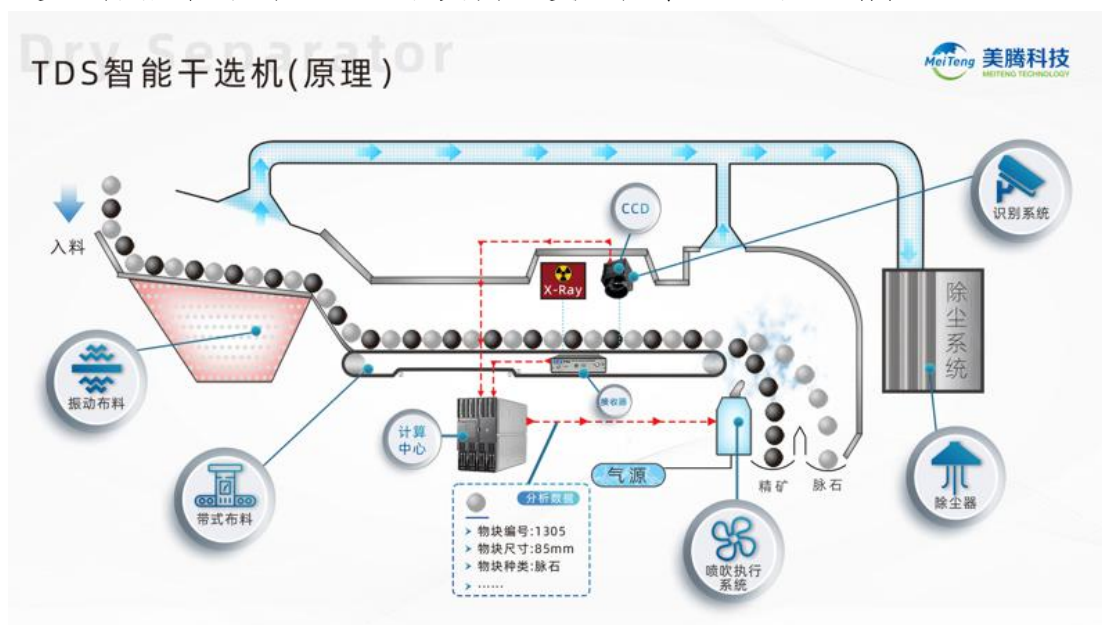


图 2 智能化矿物干法深度分选技术原理图

3.技术指标

- (1) 吨煤电耗为传统水洗厂的 43%;
- (2) 50~25 毫米粒级: 单位宽度处理能力 80 吨/小时;
- (3) 50~10 毫米、25~6 毫米粒级: 单位面积处理能力 15 吨/小时;
- (4) 300~50 毫米粒级: 单位宽度处理能力 160 吨/小时。

4.技术功能特性

(1) 智能干选机:

1) 采用“面式”布料技术路线, 改变了传统煤矸自动分选机按通道的“线式”排队, 带速波动小于 ± 0.005 米/秒;

2) 采用X射线或X射线+图像双源识别技术, 通过自研算法完成高精度识别与定位;

3) 采用压缩空气喷吹执行技术, 实现了毫秒级精确控制喷吹时间。

(2) 智能梯流干选机:

1) 原煤在风力、激振力和重力三个力场的作用下, 将产生流态化现象, 在不同梯度力场下实现按密度分层;

2) 在线检测精煤、中煤与矸石的含矸率、含煤率、粒度组成三个指标, 检测结果反馈至智能梯流干选机密控系统, 用于指导系统调节。

5.应用案例

新奥王家塔煤矿改造项目，技术提供单位为天津美腾科技股份有限公司。

（1）用户用能情况：该生产线原产能已不能满足生产要求，且能耗较高。

（2）实施内容及周期：采用 TDS 智能干选机分流浅槽入料，解决系统产能不足问题。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，系统实际生产能力可提高 2000 吨/年，节约电量 195.8 万千瓦时/年，折合节约标准煤 607 吨/年，减排 CO₂ 1682.9 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 65%。可实现节约标准煤 8 万吨/年，减排 CO₂ 22.2 万吨/年。

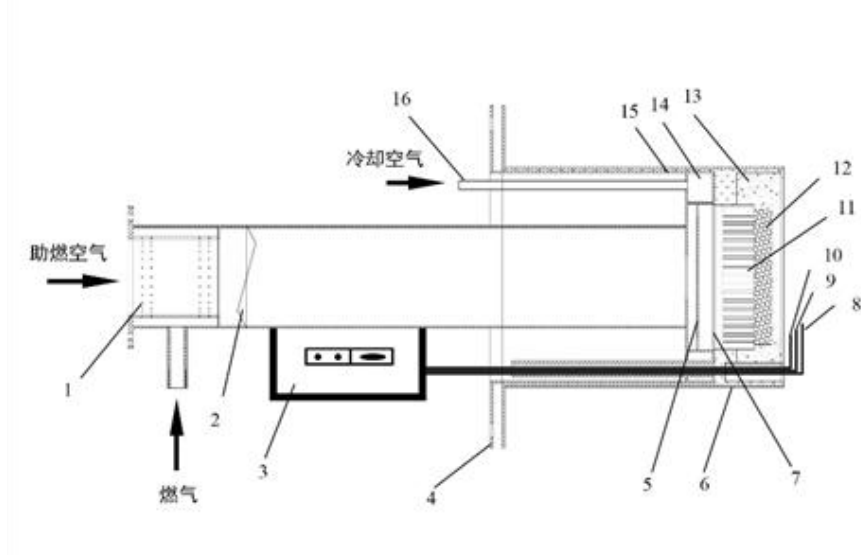
（五）多孔介质无焰超焓燃烧系统

1.技术适用范围

适用于有色、石化化工等行业加热、预热、保温、热处理工段节能技术改造。

2.技术原理及工艺

燃烧产生的热量通过介质本身导热和辐射效应不断向上游传递并预热燃气，同时通过多孔介质本身蓄热能力回收燃烧产生的高温烟气余热。高温介质材料空间强化燃烧速率和效率，降低过剩空气系数，减少系统排烟热损失；燃烧空间小，设备耗散热损失减少；辐射能占比高，热交换散逸热量减少。多孔介质无焰超焓燃烧工艺路线如图 3 所示。



1—预混器；2—旋流片；3—控制箱；4—安装法兰；5—气体均布孔板；6—外筒体；7—防回火板；8—点火电极；9—火检电极；10—热电偶；11—上游片多孔材料；12—下游片多孔材料；13—保温材料；14—冷却腔；15—内筒体；16—冷却空气入口

图 3 多孔介质无焰超焓燃烧工艺路线图

3.技术指标

- (1) 节能率：20%~50%;
- (2) 工作区温度梯度小，分布均匀，可控制精度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$;
- (3) 噪音：<75 分贝。

4.技术功能特性

- (1) 高温介质材料强化燃烧速率和效率，降低过剩空气系数，减少系统的排烟热损失;
- (2) 燃烧区域温度梯度低，有效抑制热力型氮氧化物产生;
- (3) 采用可编程逻辑控制器（PLC）系统、485通讯协议、压力流量火焰温度等监测，实现燃烧器的自动/手动控制切换、空燃比调节、功率调节、燃烧器的点火、熄火等远程控制。

5.应用案例

韶冶锌冶炼加工节能改造项目，技术提供单位为中科卓异环境科技（东莞）有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目采用火法熔炼粗铅锌，然后通过精馏得到精锌。现有燃气燃烧采用扩散燃烧方式，导致天然气燃烧不充分，燃烧有局部高温点，氮氧化物排放过高，锌渣过多。其中烧结车间、熔炼车间、锌精馏车间、动力车间消耗天然气 2400 万立方米/年。

(2) 实施内容及周期：采用多孔介质燃烧系统，配套安装气路及电控系统，代替原扩散式燃烧器。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，据统计，平均节能 30%以上，氮氧化物减排 80%以上，可节天然气 750 万立方米/年，折合节约标准煤 9975 吨/年，减排 CO₂ 2.8 万吨/年。投资回收期 24 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 35 万吨/年，减排CO₂97 万吨/年。

（六）高效节能低氮燃烧技术

1.技术适用范围

适用石化化工、钢铁等行业以天然气、石化气及钢铁产煤气为燃料燃烧工艺节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用“3+1”段全预混燃烧方式，三个独立燃烧单元，使炉内温度均匀，热效率提高，解决燃烧不充分导致高排放问题。用风流速引射燃气，燃烧过程中逐渐加速，同方向上混合燃烧，充分利用燃气动能，增加炉内尾气循环，延迟排烟速度，降低排烟温度，提高热交换效率，有效抑制 NO_x 、 CO_2 、 CO 产生。通过分段精密配风，实现最佳风燃比，火焰稳定。

3.技术指标

- （1）节能率：10%~30%；
- （2）燃烧口喷出的高温流速：200~300 米/秒；
- （3）火焰温度：1200~1290℃。

4.技术功能特性

- （1）采用三个独立燃烧单元，使炉内温度均匀，热效率提高；
- （2）用风流速引射燃气，燃烧过程中逐渐加速，同方向上混合燃烧，充分利用燃气动能，增加炉内尾气循环，延迟排烟速度。

5.应用案例

浙江今飞控股集团保温炉、熔炼炉技术改造项目，技术提供

单位为北京中宇先创能源科技有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目保温炉、熔炼炉天然气消耗量为 5582 万立方米/年。

(2) 实施内容及周期：采用 95 台高效低氮节能燃烧器替代保温炉、熔炼炉。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，综合节能率 27.6%，节约天然气 1539 万立方米/年，折合节约标准煤 2.1 万吨/年，减排 CO₂ 5.8 万吨/年。投资回收期 2 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 39 万吨/年，减排 CO₂ 108.1 万吨/年。