

河北省炼焦化学工业环保绩效创 A 最优实用技术指南（第一批）

河北省重点行业环保绩效创 A 工作领导小组办公室

2023 年 6 月

前 言

为进一步提升河北省焦化行业污染治理水平，深化焦化行业供给侧结构性改革，通过创 A 补齐全省焦化行业环保短板，引领全省焦化行业高质量发展，河北省生态环境厅重点行业创 A 专班焦化组在日常帮扶、绩效评级工作中，深入企业实地调研，积极探索解决焦化企业污染治理技术存在的问题，提出合理的改进建议，并对焦化企业创 A 的最优治理技术进行了梳理总结、规范提升，研究编制了《河北省炼焦化学工业环保绩效创 A 最优实用技术指南（第一批）》，对焦化行业治理技术的原理、工艺流程、治理效益和减排潜力进行了详细分析，为焦化企业创 A 工作提供技术指导。

目 录

一、SO ₂ 治理技术.....	- 1 -
(一) 焦炉烟气钙基移动床干法脱硫技术.....	- 1 -
(二) 焦炉烟气钙基超细粉直喷脱硫技术.....	- 5 -
(三) 焦炉烟气旋转喷雾半干法 (SDA) 脱硫技术.....	- 8 -
(四) 干熄焦烟气钙基粉状干法脱硫技术.....	- 12 -
二、NO _x 治理技术.....	- 17 -
(一) 高效 SCR 脱硝 (选择性催化还原法脱硝) 技术.....	- 17 -
(二) 活性焦脱硫脱硝一体化治理技术.....	- 19 -
(三) 并联式焦炉烟气脱硝备用装置.....	- 23 -
(四) 焦炉废气循环加热技术.....	- 25 -
三、VOCs 治理技术.....	- 31 -
(一) 无氧 VOCs 废气负压回收净化技术.....	- 31 -
(二) 有氧 VOCs 废气净化燃烧技术.....	- 33 -
(三) 废气 (酚氰废水) 洗涤+生物接触氧化处理技术.....	- 36 -
四、颗粒物无组织管控技术.....	- 39 -
(一) 厂界、厂内主要运输通道雾桩抑尘技术.....	- 39 -
(二) 物料运输皮带气流除尘系统.....	- 40 -
(三) 上升管自动点火技术.....	- 42 -
五、节能降碳技术.....	- 45 -
(一) 上升管余热回收技术.....	- 45 -

(二) 干熄焦余热发电技术.....	- 47 -
(三) 循环氨水余热回收技术.....	- 51 -
(四) 焦炉烟气余热回收技术.....	- 54 -
(五) 初冷器余热回收技术.....	- 55 -
(六) 蒸汽冷凝水回收技术.....	- 59 -
(七) 干熄焦锅炉乏汽回收技术.....	- 62 -

一、SO₂治理技术

(一) 焦炉烟气钙基移动床干法脱硫技术

1. 技术名称

焦炉烟气钙基移动床干法脱硫技术

2. 技术类别

减污降碳治理技术

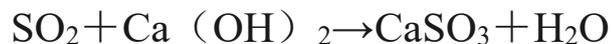
3. 应用现状及产业化

主要用于焦炉烟气治理。目前已在唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司、迁安中化煤化工有限责任公司、河北华丰能源科技发展有限公司和河北旭阳能源有限公司等应用。

4. 技术内容

(1) 技术原理

利用以氢氧化钙为主要成分的颗粒物脱硫剂，在脱硫塔内与焦炉燃烧产生的含硫烟气在特定的温度范围进行反应，最终在有氧条件下生成硫酸钙等，达到脱硫目的。脱硫剂中的有效组分和烟气中 SO₂ 进行气固反应，主要反应式为：



(2) 关键技术

① 脱硫剂

脱硫剂是实现烟气脱硫的核心物质，其性能是影响脱硫效果最重要的因素。脱硫剂的主要活性组分为氢氧化钙，外形呈柱状，

使用时需配合专用的脱硫设备。其主要性能参数如下：

表 1 脱硫剂主要性能参数

项目	性能参数
活性组分	Ca(OH) ₂
颜色	灰白色
形状	柱状(Φ6-8mm, L6-20mm)
强度, N/cm	>80
含水量, wt%	<5
硫容, %	>20

②移动床脱硫塔

脱硫塔是脱除烟气中 SO₂ 的主体设备，其内部设有百叶窗式气体分布器，百叶窗之间填充着颗粒状的脱硫剂。脱硫剂靠重力作用可实现在脱硫塔内自上而下的移动，烟气由脱硫塔内脱硫剂的下部进入，自下而上流动和脱硫剂直接接触，进行气固脱硫反应，移动床特征为固体颗粒是连续相，气体是分散相，气固两相逆向流动，这种特殊的床层结构称为移动床。移动床的最大特点是可实现脱硫剂的在线更换，以保证脱硫效果。穿过脱硫剂层的烟气会均匀交错地通过剂层，烟气与脱硫剂的这种移动方式可大幅提高脱硫效率，并可充分利用脱硫剂的有效组分从而降低成本，满足焦炉烟气脱硫除尘的要求。

③脱硫剂供给、排出装置

主要设备有电动葫芦、振动筛、旋转阀、斗提机、刮板机等，

实现对脱硫剂和脱硫废剂的输送。脱硫剂供给、排出装置采用密闭输送方式，由斗提机、刮板机等设备输送至脱硫塔和密闭料仓。这套输送装置可实现脱硫剂的自动输送，减少输送粉尘外溢，减少人工劳动，提高工作效率。

(3) 工艺流程

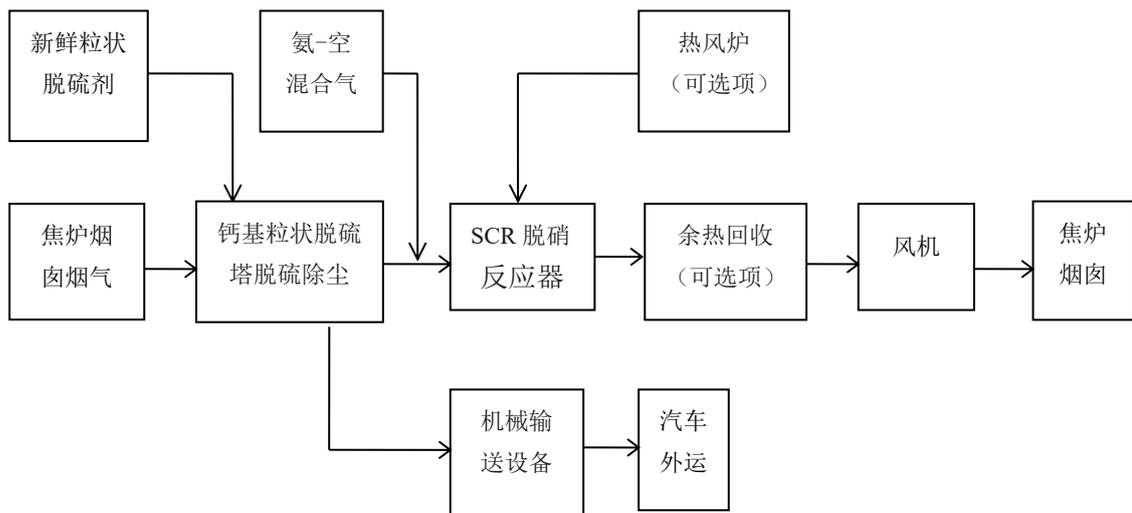


图1 焦炉烟气脱硫脱硝工艺流程图

料仓中的脱硫剂由输送机输送至脱硫塔顶部，通过调节脱硫塔上下两端的旋转控制阀使其在脱硫塔内从上往下缓慢移动。焦炉烟气通过水平管道由脱硫塔的中部进入、穿过脱硫剂，脱硫剂中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 与 SO_2 发生化学反应，实现烟气净化的目的。脱硫塔中的脱硫剂从上往下移动，即保持脱硫塔上部的脱硫剂为最新的，经使用一段时间后去往脱硫塔下部，脱硫反应后产物废脱硫剂通过塔底排出阀排出，脱硫后焦炉烟气由脱硫塔顶排出进入脱硝装置。

(4) 工艺特点

- ①采用先脱硫后脱硝，可大幅降低脱硝前烟气中 SO_2 的浓

度，减少脱硝反应中 NH_4HSO_4 物质的生成，可有效延长脱硝催化剂的使用寿命；

②温降小，有利于保证脱硝温度，减少脱硝催化剂的填装量；

③压降低，特制的脱硫剂脱硫效率高于常规干法；

④脱硫塔兼具精除尘功能，无需设置布袋除尘器；

⑤废脱硫剂主要成分为钙盐，易于资源化利用。

(5) 主要技术指标

脱硫效率：大于 95%；

系统压力损失：小于 2.0kPa；

最佳反应温度：120–380℃；

系统温降：约 10℃；

脱硫后 SO_2 含量：小于 30mg/Nm³；

脱硫后尾气颗粒物含量：小于 10mg/Nm³。

5. 典型案例及投资效益

(1) 迁安中化公司在 1-6 号焦炉即三套脱硫脱硝的脱硫工艺均提升改造为移动床钙基干法脱硫，2021 年 10 月开始建设，2022 年 5 月全部投用，现运行效果良好，排放烟气 SO_2 浓度满足河北省绩效 A 级排放要求，具有良好的环保效益和社会效益。脱硫副产物可资源化利用，用于水泥厂、建筑材料等。

(2) 唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司新上 3 套钙基移动床干法脱硫装置，装置于 2022 年 3 月陆续开始建设，2022 年 8 月投产，投产后装置一直稳定运行，效果良好。烟气 SO_2 、颗

颗粒物排放浓度分别低于 15mg/Nm³、10mg/Nm³，满足河北省绩效 A 级排放要求。脱硫副产物可资源化利用，用于水泥厂、建筑材料等。通过实际运行结果计算，SO₂、颗粒物的减排量分别为：1244t/年、371t/年，具有良好的环保效益和社会效益。

6.推广前景和减排潜力

工艺采用先脱硫后脱硝，有利于减少脱硝催化剂填装量，延长催化剂寿命；采用粒状干法脱硫工艺，反应过程无温降，有利于保证脱硝温度；采用移动床工艺和特制脱硫剂，装置压降低，效率高于常规干法；脱硫剂为颗粒状，脱硫塔具备除尘功能，无需设置布袋除尘器；装置排烟温度高，可提高脱硝效率；脱硫产物易于资源化利用；机械设备数量少，易于操作，抗焦化生产负荷和烟气波动能力强，减少设备占地和装置投资，推广价值高，减排潜力大。

(二) 焦炉烟气钙基超细粉直喷脱硫技术

1.技术名称

焦炉烟气钙基超细粉直喷脱硫技术

2.技术类别

减污降碳治理技术

3.应用现状及产业化

主要用于焦炉烟气治理。已在河北纵横钢铁有限公司焦化厂、唐山达丰焦化有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司等企业焦炉烟气治理中应用。

4.技术内容

(1) 技术原理

钙基超细粉直喷技术采用通过特殊工艺制成的具有超高比表面积的钙基超细粉（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 为基材），替代现在普遍采用的 SDS 干法脱硫系统的小苏打，钙基超细粉在 800 目以上，免去了磨机研磨的环节，储存于粉仓，经气力输送系统送至脱硫塔与硫化物（ SO_2 ）反应，生成副产物 CaSO_4 。

(2) 关键技术

钙基超细粉基材主要为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，副产物以 CaSO_4 为主，伴随少量的 CaCO_3 和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，可直接用于制砖和水泥的原料，亦可用于大湿法工艺的碱液制备原料，可进入到下游工序直接利用，不会对环境产生污染，又可以充分利用形成副产物闭路循环。

钙基超细粉是对生石灰（ CaO ）在消化的过程中（转变为 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）对工艺流程进行针对性改进，并同时添加特定微量元素等其他关键物质，使消化同时进行膨化和造孔处理，最终得到比表面积在 $35\text{-}40\text{m}^2/\text{g}$ 、目数在 800 目以上的钙基超细粉。该钙基超细粉目数较高且比表面积较大，因此反应迅速且彻底。钙基超细粉对于温度要求不高，一般的烟气温度均可满足要求；无需消耗更多的燃料介质对烟气进行升温操作。

(3) 工艺流程

对于已有 SDS（小苏打）脱硫系统，可进行钙基改造，取消

磨机等设备设施，增设钙基超细粉专用输粉模块，采用气力输送形式，直接将钙基超细粉喷射至烟道（反应器），实现脱硫功能。对于新建系统，可以直接采用钙基超细粉脱硫系统。

（4）主要技术指标

钙基超细粉基材主要为氢氧化钙，目数在 800 目以上，比表面积 35-40m²/g。无需现场研磨制备，性能稳定，避免了小苏打制备过程的成品质量、堵塞等问题对脱硫效果指标的影响。能够实现烟气 SO₂ 初始浓度小于 500mg/Nm³，出口浓度不大于 10mg/Nm³。

5.典型案例及投资效益

以唐山某轧钢厂三座加热炉为例，三座加热炉合计烟气量为 360000Nm³/h，以平均温升 50℃ 进行计算，需要消耗 8000m³/h 高炉煤气，年耗高炉煤气仅为 6400 万 m³。按照高炉煤气燃烧后烟气中二氧化碳含量约 30%，烟气密度为 1.4kg/m³，则年 CO₂ 减排约为 43000t。按照 SO₂ 平均浓度 200mg/m³ 计算，SO₂ 年产生量约为 576t，转化成硫酸钠钠盐约为 1200t，可年度减少约 1200t 的钠盐处理量。

6.推广前景和减排潜力

钙基超细粉对小苏打系统针对性较强，能够解决已建有钠基脱硫系统的企业在生产过程中的硫酸钠固废处理问题。该技术有效的解决了钠盐副产物对环境、土壤、生态环境的影响，且具有改造简单、寿命长、投资低等明显优势，具有较强劲市场竞争力，

有重要的推广价值，市场广阔。

(三) 焦炉烟气旋转喷雾半干法 (SDA) 脱硫技术

1. 技术名称

旋转喷雾半干法 (SDA) 脱硫技术

2. 技术类别

减污降碳治理技术

3. 应用现状及产业化

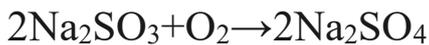
主要用于焦炉烟气治理。已在唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、唐钢滦县煤化工分公司、唐山中润煤化工有限公司、河北纵横集团丰南钢铁有限公司（碳酸钠法）、邯钢集团邯宝钢铁有限公司（碳酸钠法）、沧州中铁装备制造材料有限公司（钙法）等公司应用。

4. 技术内容

(1) 技术原理

烟气在 SDA 塔内与被雾化的碳酸钠浆液接触，发生物理、化学反应，气体中的 SO₂ 被吸收净化。

主要化学反应：



Na₂CO₃ 浆液经雾化器雾化成 50μm 的雾滴，与脱硫塔内烟气接触迅速完成吸收 SO₂ 的反应。该工艺不但具有极高的脱除 SO₂ 的效率且温降很小。由于喷入塔内的碳酸钠浆液是极细的雾

滴，完成反应后的脱硫产物也为极细的颗粒，因此，完成反应的同时也迅速干燥。

(2) 关键技术

①脱硫：碳酸钠加水配置成 10%-20%的碳酸钠溶液，经脱硫塔顶部雾化器雾化成 $50\mu\text{m}$ 的雾滴，由于碳酸钠浆液为极细小的雾滴，增大了脱硫剂与 SO_2 接触的比表面积，反应极其迅速且有极高的脱除 SO_2 效率，脱硫效率达到 90%以上。

②调节：脱硫塔根据焦炉烟道气废气量、二氧化硫含量、排放要求，按焦炉最大负荷设计，能够在 60%-110%负荷范围内正常运行。旋转雾化器具有极宽的给料分配调节范围，可根据工况波动情况调节喷雾能力，达到减小脱硫剂原料消耗的目的。

③温降：由于喷入脱硫塔内的碳酸钠浆液是极细的雾滴，在高温条件下，脱硫浆液遇热蒸发，完成反应后的脱硫产物也为极细的颗粒。脱硫塔内未反应的 Na_2CO_3 干粉与反应生成的 Na_2SO_4 干粉大部分与烟气一同从脱硫塔出口进入除尘脱硝装置。脱硫塔出口烟气温度约为 180°C ，温降 30°C ，减少后续 SCR 脱硝过程烟气升温的能源消耗。

(3) 工艺流程

焦炉烟道气脱硫脱硝装置主要由脱硫塔、除尘脱硝一体化装置、喷氨系统、余热锅炉、引风机、烟气管道等组成。脱硫脱硝装置从焦炉总烟道改造后接口处抽取焦炉烟道气，烟气首先进入脱硫塔，在脱硫塔内进行脱硫；从脱硫塔出来的脱硫后烟气进入

除尘脱硝一体化装置，烟气在除尘脱硝一体化装置内先经布袋除尘，除尘后的烟气与喷氨装置加入的还原剂（氨气）充分混合。混合后的烟气进入脱硝催化剂层，在催化剂作用下发生脱硝反应，脱除 NO_x ；净化后的洁净烟气经过余热锅炉回收余热后再由系统引风机送回焦炉烟囱排放。净化烟气的排气温度在 140°C 以上，可以避免烟气温度低于酸露点而引起的烟囱腐蚀。

（4）主要技术指标

①主风机

焦炉烟道气脱硫脱硝装置的阻力损失主要由主风机进行克服。主风机采用离心风机，风机通过变频电机来调节压力和流量，既能满足焦炉加热吸力调整要求，又可以达到节能目的。风机参数如下表所示：

表 2 焦炉主风机参数表

系统名称	烟气量 Nm ³ /h	烟气温度 ℃	风机风量 m ³ /h	风机压头 Pa	电机功率 kW
焦炉烟气脱 硫脱硝装置	190000	140	288000	5200	710

②脱硫系统

脱硫系统主要包括脱硫塔单元、制浆单元、循环浆液单元。脱硫反应塔各项指标如下表所示：

表 3 脱硫反应塔各项指标表

系统名称	烟气量 Nm ³ /h	烟气流速 m/s	烟气停留 时间 s	脱硫塔直径 m	脱硫塔高度 m	雾化器功率 kW
脱硫脱硝装置	190000	0.82	12	12.5	41	75

制浆单元及循环浆液单元由粉仓、振动装置、星型卸灰阀、计量螺旋给料机、浆液罐（搅拌器）、浆液泵、浆液管道和阀门、输灰接口、压缩空气快速接口等组成，实现烟气脱硫所需的脱硫剂制备和供给。采用 Na₂CO₃ 作为脱硫原料，其消耗量如下：

表 4 脱硫原料（Na₂CO₃）消耗量

系统名称	烟气量 Nm ³ /h	入口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	出口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	消耗 Na ₂ CO ₃ kg/h
焦炉烟气脱硫 脱硝装置	190000	200	30	81.8

5. 典型案例及投资效益

该技术较成熟，已在多家焦化企业焦炉烟气脱硫治理中应用，运行效果良好。焦炉烟气经脱硫脱硝系统优化后，运行稳定，实现了高效脱硫，保证了最佳脱硝效率，净化后的焦炉烟气，SO₂ 浓度低于 15mg/m³，NO_x 浓度低于 80mg/m³（基准氧含量为 8%）。

唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司焦炉烟气 SDA 脱硫运行效果及脱硫剂消耗如下：

表 5 唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司焦炉烟气脱硫剂消耗量

系统名称	烟气量 Nm ³ /h	入口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	出口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	消耗 Na ₂ CO ₃ kg/h
焦炉烟气脱硫 脱硝装置	330000	150	10	270

6.推广前景和减排潜力

该技术采用半干法脱硫，脱硫反应产物为 50-100 μ m 的干燥颗粒物，附在除尘滤袋的外表面，可有效吸附烟气中的焦油等粘性污染物，防止焦油等黏性物质进入脱硝催化剂层，从而有效地保护脱硝催化剂，延长脱硝催化剂使用寿命，降低烟气净化工艺运行费用。该技术稳定、可靠，具有流程短、占地少、脱硫温降低、脱硝运行温度低、低温脱硝效率高、系统运行稳定、可用率高等优点，减排效果明显，具有较高的推广价值。

（四）干熄焦烟气钙基粉状干法脱硫技术

1.技术名称

干熄焦烟气钙基粉状干法脱硫技术

2.技术分类

减污降碳技术

3.应用现状及产业化

主要用于干熄焦烟气治理。目前已在唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司、迁安中化煤化工有限责任公司、河北华丰能源科技发展有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司、天津铁厂有限

公司、唐山宝利源炼焦有限公司等企业应用。

4.技术内容

(1) 技术原理

将高活性、高比表面积氢氧化钙脱硫剂喷入干熄焦环境除尘前管道，在 50℃ 以上的烟温环境下，脱硫剂与烟气中的 SO₂ 发生反应，与除尘灰共同排至灰仓内外销利用，最终实现降低烟气中 SO₂ 的目的。

主要反应式为：



(2) 关键技术

①脱硫系统：干熄焦除尘风机启动高速运转时，反馈输出给料信号增加给料量，相当于提前预判 SO₂ 浓度峰值并提前给料，有利于消减峰值，降低出口 SO₂ 平均浓度，确保小时平均值达标；干熄焦除尘风机调整为低速运转后，通过浓度测量值反馈调整给料量，最大限度节约脱硫剂使用量。

②储存系统：采用高活性氢氧化钙脱硫剂进行脱硫，每套装置需要建设 2 个仓储罐，作为脱硫剂储存使用，采用罐车装料。

③给料系统：给料系统采用高精度旋转给料器，通过传感器进行频率换算计量（并将计量实时数据和累计数据传至控制电脑）；每个料仓设置两套给料系统，能够同时供给干熄焦高硫管道和低硫管道，并实现两管互相备用。给料管道加装窥镜，便于查看给料情况。吹灰管设置一个短节安装阀门，用于手动检查是

否在吹灰。给料管道使用耐磨材料（不低于 10mm 厚无缝管），拐弯处使用加强耐磨材料及结构（内衬陶瓷管）。管道法兰垫使用金属石墨垫。

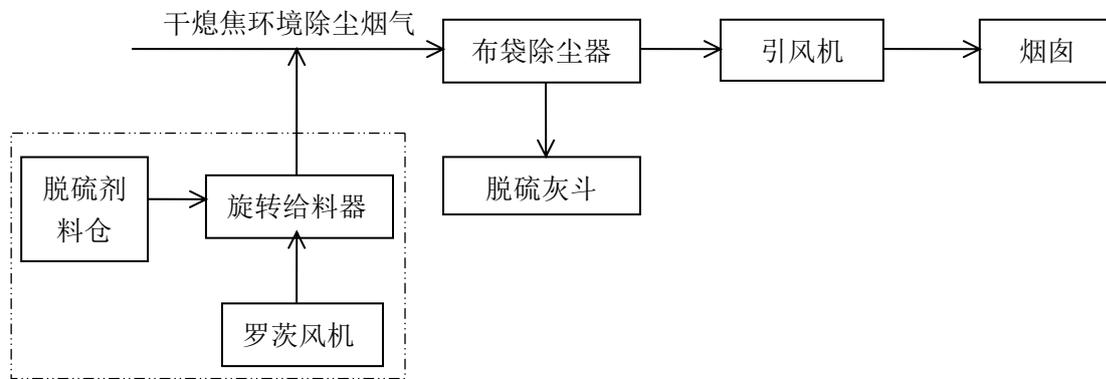
④动力系统：动力系统采用罗茨风机进行正压输送（罗茨风机要求采用三叶风机、配带消音器）。单套脱硫系统设置 3 台罗茨风机对应 4 条给料系统，互为备用，同时互为备用的两套设备采用不同电源。罗茨风机加装隔音防雨罩。

⑤控制系统：采用自动化给料控制。干熄焦中控室设置单独的控制操作电脑，中控室画面显示料仓高低料位、罗茨风机运行状态、旋转给料器运行频率等主要运行状态或参数；装入烟气脱硫系统给料器启停与对应干熄炉装入装置启停连锁，并有延时控制，做到自动控制。常用放散及排出烟气脱硫系统与环境除尘在线排放 SO_2 浓度自动匹配逻辑关系；所有电动、气动设备均可实现远程和现场两种控制方式。现场设置一套就地操作箱或操作屏幕，主要为了实现现场所有设备的启停，但不作为主控操作。现场设备操作箱或操作屏幕、仪表箱均设置挡雨板或防雨棚等防雨措施。

（3）工艺流程

脱硫剂料仓中的钙基粉状脱硫剂通过旋转给料器喂料至加速室，在加速室内通过罗茨风机的作用下被喷入烟气管道内，在烟道和布袋除尘器内与烟气中 SO_2 发生反应，同时通过除尘器过滤掉粉尘后，经风机升压送至烟囱排放。吸收 SO_2 后的脱硫灰，

主要成分为硫酸钙和氢氧化钙等，在除尘器定期喷吹的情况下落入灰斗，定期清理外送。



(脱硫剂存储及给料系统)

图2 干熄焦烟气钙基粉状干法脱硫工艺流程图

(4) 主要技术指标

反应温度：30-350℃；

脱硫剂（Ca(OH)₂细粉）比表面积：≥40m²/g；

堆密度：0.4-0.65g/mL；

脱硫效率：≥95%；

初始烟气SO₂浓度：≤600mg/m³；

处理后的废气中SO₂浓度：≤50mg/m³。

5. 典型案例及投资效益

该技术已在国内多家焦化企业采用，由于只增加了钙基脱硫剂贮存和给料设备，设备投资少，占地面积小，产生的环境效益明显。

唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司干熄焦烟气氢氧化钙干法脱硫运行效果及脱硫剂消耗如下：

表 6 京唐西山焦化公司干熄焦烟气氢氧化钙干法脱硫脱钙剂消耗量

系统名称	高硫 烟气量 Nm ³ /h	高硫烟气入 口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	低硫 烟气量 Nm ³ /h	低硫烟气入 口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	合并出口 SO ₂ 浓度 mg/Nm ³	消耗氢氧 化钙量 kg/h
干熄焦氢氧 化钙干法脱 硫装置	15000	1000	140000	50	50	550

6.推广前景和减排潜力

该技术除了具备传统干法脱硫的优点外，还具有其自身特点，适用于低硫烟气的治理，可满足超低排放要求，脱硫效率高；温度窗口宽泛，使用 30-350℃ 的烟气处理；工艺流程短、运行维护简单，直接将超细粉喷射到烟道内，在烟气流动过程中完成吸收反应；原有系统阻力基本不增加；副产物处理简单，脱硫后的副产物为饱和态废脱硫剂，主要成分 CaSO₄、Ca(OH)₂，呈固体状态，为一般固体废物。该技术已在国内多家焦化企业采用，由于只增加了钙基脱硫剂贮存和给料设备，设备投资少，占地面积小，产生的环境效益明显，减排潜力巨大，具有较高的推广价值。

二、NO_x 治理技术

(一) 高效 SCR 脱硝（选择性催化还原法脱硝）技术

1. 技术名称

高效 SCR 脱硝（选择性催化还原法脱硝）技术

2. 技术类别

减污降碳类技术

3. 应用现状及产业化

主要用于焦炉烟气和其它燃烧装置的烟气治理。目前已在唐山美锦（唐山）煤化工有限公司、唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司、河北中煤旭阳焦化有限公司、河北华丰能源科技发展有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司等焦化企业应用。

4. 技术内容

(1) 技术原理

利用还原剂（NH₃）在催化作用下，选择性地与 NO_x 反应生成 N₂ 和 H₂O，而不是被 O₂ 氧化，故称为选择性脱硝。SCR 工艺利用氨对 NO_x 的还原功能，在催化剂的作用下将 NO_x（主要是 NO）还原为对大气没有影响的 N₂ 和水。

(2) 关键技术

在 SCR 中使用中温催化剂以钒钛系或锰系为活性成分，制成蜂窝式，适于反应温度 200℃-300℃，应用于烟气脱硝中的 SCR 催化剂可分为中低温催化剂。不同的催化剂适宜的反应温度不同，脱硝效率也不同，同体积的低温催化剂要比中温催化剂

的脱硝效率低。设计时采取分仓设计，内部设置吹灰装置，每个模块烟气进口增加阀门，保证在催化剂更换、检修时可实现分单元进行。

(3) 工艺流程

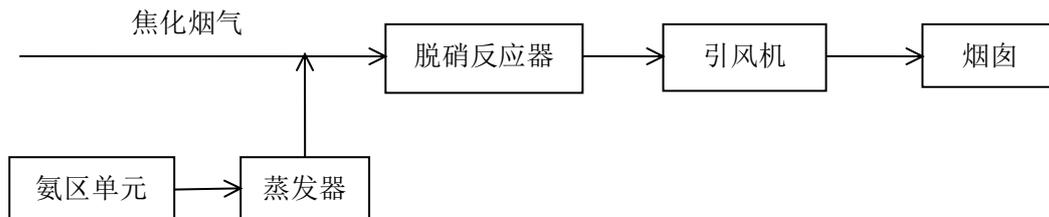


图3 SCR脱硝技术工艺流程图

(4) 主要技术指标

①脱硝反应温度在 200°C 时，催化剂空速不高于 2200h^{-1} 时，脱硝氨氮摩尔比小于1，脱硝效率可以达到90%以上，氨逃逸小于 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

②催化剂化学使用寿命应大于24000小时，催化剂 SO_2/SO_3 转化率应低于1%。

③可分仓设计，内部设置声波吹灰，每个模块烟气进口设有阀门，对催化剂更换、检修时可分单元逐步进行。

5. 典型案例及投资效益

迁安中化公司有6座炭化室高为6米的顶装焦炉，年产330万吨焦炭，两座焦炉共用一套脱硫脱硝装置，处理废气量为 $375000\text{Nm}^3/\text{h}$ ，焦炉采用高炉煤气加热或焦炉煤气加热，采用焦炉煤气加热时使用废气循环加热，脱硝入口 NO_x 浓度500-600

mg/Nm³。采用中低温 SCR 脱硝技术，脱硝后的 NO_x 浓度 < 50mg/Nm³，NH₃ 逃逸浓度 ≤ 8mg/Nm³。

6.推广前景和减排潜力

高效 SCR 脱硝（选择性催化还原法脱硝）技术经过长时间的运行检验，系统技术成熟可靠，能够长期稳定实现 NO_x 超低排放的要求，也是焦化行业脱硝的技术首选技术。特别是针对焦炉烟气温度较低的特点，中低温 SCR 脱硝催化剂适用于焦化企业焦炉烟气脱硝工艺，能够确保脱硝后的废气 NO_x 达到地方排放标准，对减少 NO_x 排放量作用明显，具有较好的推广前景。

（二）活性焦脱硫脱硝一体化治理技术

1.技术名称

活性焦脱硫脱硝一体化治理技术

2.技术类别

减污降碳类技术

3.应用现状及产业化

主要用于焦炉烟气治理。目前该技术已在唐山市唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、唐钢滦县煤化工分公司、邯郸市金牛天铁煤焦化有限公司和承德中滦煤化工有限公司等焦化企业应用。

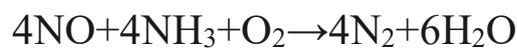
4.技术内容

（1）技术原理

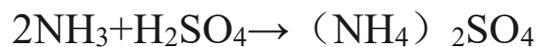
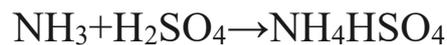
焦炉加热燃烧产生的烟气进入吸附塔，烟气均匀的穿过活性

焦吸附层，在吸附层内二氧化硫、氮氧化物等污染物被脱除，在脱硫脱硝反应中，是物理吸附和化学吸附结合的复合反应。

活性炭脱硝原理：活性炭去除 NO_x 的过程较为复杂，在有氨存在的条件下，烟气脱硝是选择性催化还原反应，NH₃ 在活性炭表面官能团的催化作用下与烟气中的 NO_x 反应生成 N₂ 和 H₂O，其原理如下：



联合脱硫脱硝过程中还存在以下的副反应：



(2) 关键技术

①氨水蒸发及喷加系统

氨水先用蒸汽器蒸发，再与空气混合喷入烟气系统。工艺流程为：氨水储槽→过滤器→蒸发器→混合器→脱硫烟气系统。

②脱硫脱硝系统

脱硫脱硝系统包括脱硫脱硝装置、吸附塔及相关管路。该系统的功能是通过活性焦的吸附和过滤作用净化烟气中的 SO₂ 和 NO_x。需要净化的烟气由烟道系统送入吸附塔的进气室，然后均匀流向两侧吸附层，与自上向下靠重力缓慢移动的活性焦错流接触（烟气流向与活性焦流向成 90°），脱除烟气中的绝大部分 SO₂ 和 NO_x。净化后的烟气穿过出气面格栅流入出气室，由出气室

排入烟道系统。烟气流过吸附塔所需的压头由增压风机提供。吸附了 SO_2 的活性焦由吸附层下部锥斗排出，用运输机运送到再生塔再生。

③活性焦再生系统

活性焦再生系统完成脱硫脱硝塔吸附 SO_2 、 NO_x 后活性焦的再生恢复活性，并收集再生过程中产生的富含 SO_2 的气体。

④副产品制备系统

副产品为浓硫酸，制酸工艺成熟， SO_2 再生气输送至硫酸制备系统集中处理。产品方案：春、夏、秋季生成 98% 工业浓硫酸，冬季生产 93% 工业浓硫酸，产品质量标准：硫酸制备系统产出的工业硫酸符合国家标准 GB/T 534-2014 合格品的指标。

⑤实现分仓检修

设计时采取分仓设计，内部设置吹灰装置，每个模块烟气进口增加阀门，保证在催化剂更换、检修时可实现分单元进行。

(3) 工艺流程

烟气通过活性焦吸附在脱硫脱硝装置被净化，吸附饱和的活性焦靠重力流至运输系统，运至解吸再生装置，通过加热使活性焦（炭）再生，释放出的高浓度 SO_2 混合气体采用现有成熟的工艺技术用于制备副产品硫酸，既能实现硫资源的有效回收利用，又能产生良好的经济效益，降低脱硫装置的运行费用。再生后的活性焦经筛选后，由活性焦输送系统送入活性焦吸附装置循环使用，筛下的少量小颗粒活性焦（焦粉）收集后排入烟尘罐，可作

为燃料送至电厂进行处理使用，同时也避免了活性焦中微量重金属的富集。

(4) 主要技术指标

净化塔进口烟气温度：140-146℃；

净化塔活性焦温度：135-148℃；

再生塔加热段活性焦温度：380-400℃。

脱硫效率：大于 98%；

硫化氢排放浓度：小于等于 2mg/Nm³；

脱硝效率：大于 80%。

5. 典型案例及投资效益

该技术应用于河北省某 A 级焦化企业，焦炉采用焦炉煤气加热，焦炉烟道废气量为 330000Nm³/h，烟气净化脱硫效率大于 98%，脱硝效率大于 80%，各项污染物排放满足并优于国家、河北省 A 级排放指标。

(1) 经济效益

采用 SDA 脱硫工艺，由于化学反应的不完全，为达到脱硫效果，需要过量喷入脱硫剂。参照一期实际情况，约 50%脱硫剂参与反应，年产生脱硫灰约 2990 吨，处置费用相较于 SDA 脱硫工艺额有所节约。

(2) 环保减排效果

采用 SDA 脱硫工艺，每处理 1 摩尔二氧化硫就会产生 1 摩尔二氧化碳，通过活性炭脱硫脱硝工艺相当于年减排二氧化碳

378 吨，同时每年减少 2990 吨脱硫灰处理量。

(3) 节能降碳效果

按照 330000Nm³/h 烟气量，回收热量 30℃(210℃到 180℃)，可产生过热蒸汽 4.7t/h。

6.推广前景和减排潜力

活性焦烟气治理技术利用活性焦的吸附和催化功能，使烟气中的 SO₂ 与 H₂O 和 O₂ 反应生成 H₂SO₄，储存在活性焦孔内，使烟气中的 NO_x 与 NH₃ 发生还原反应生成 N₂ 和 H₂O。实现烟气中 SO₂ 和 NO_x 的协同控制，并可实现 VOCs、HCl、HF、Hg 等多污染物的协同控制。吸附 SO₂ 的活性焦加热再生，释放出高浓度 SO₂ 气体，再生后的活性焦循环使用，高浓度的 SO₂ 可加工成硫酸、单质硫、硫酸盐等多种化工产品。因此活性焦脱硫脱硝技术可实现硫资源化利用和多污染物协同脱除，且不消耗水，是有前景的污染物协同控制技术。

(三) 并联式焦炉烟气脱硝备用装置

1.技术名称

并联式焦炉烟气脱硝备用装置

2.技术类别

减污类推荐技术

3.应用现状及产业化

该技术目前已在河北中煤旭阳能源有限公司三台焦炉长年应用，减排效果显著。

4.技术内容

(1) 技术原理

根据焦炉不可中断的工艺特性，在现有脱硫脱硝基础上，增加不同或相同工艺脱硫装置、脱硝装置、除尘装置以及余热锅炉和鼓风机等备用设施，并不新增排放口。结合企业现场条件，脱硫工艺优先采用钠基干法脱硫、半干法脱硫；脱硝采用 SCR 工艺；除尘采用覆膜滤袋。其中，两套脱硝装置可以采用一套喷氨系统也可各独立设置。

(2) 关键技术

在用和备用两套装置并联。两套装置并联使用，还可以在焦炉正常运行情况下，实现相互切换，确保治污设施检维修期间排放指标达到河北省焦化行业绩效 A 级排放标准。

(3) 工艺流程

两套脱硝反应器采用并联方式通过管道连接，焦炉烟气通过两套并联的脱硝催化剂床层，将原有烟气进行分流，通过降低单套装置的烟气流量，增加烟气中氮氧化物与氨气在催化剂床层的反应时间，从而更加充分的将烟气中的氮氧化物去除，当其中某一套脱硝反应器发生故障或更换催化剂期间，关闭该套反应器进出口，切换至单套反应器运行，对切换出的反应器进行维修或更换催化剂。该技术工艺流程以原脱硫脱硝工艺路线为基础，结合现场条件，备用设备工艺选择符合本技术指南推荐的各项技术。

(4) 主要技术指标

脱硝效率 95%以上、脱硫效率 95%以上、除尘效率 99.5%以上、除尘器压差 800-2000Pa。

5.典型案例及投资效益

河北中煤旭阳能源有限公司 6-9#焦炉共建有 6 套烟气脱硫脱硝除尘装置，均实现了两套并联使用的能力，NO_x 排放浓度 ≤ 30mg/m³、SO₂ 排放浓度 ≤ 15mg/m³、颗粒物排放浓度 ≤ 10mg/m³。两套并联，单套更换催化剂，另一套装置运行期间可控制氮氧化物 50mg/m³ 以内。针对焦炉不可中断工艺特性，该技术可以实现治理设施在主风机装置故障、催化剂更换、脱硫塔检修或其他附件、设施维护期间实现 NO_x、SO₂ 仍满足河北省焦化行业绩效 A 级指标排放。

6.推广前景和减排潜力

该技术不但实现了焦炉烟气长期稳定达标排放，同时脱硫脱硝装置可以实现共用和互备，在主风机装置故障、催化剂更换、脱硫塔检修或其他附件、设施维护期间实现达标排放，同时可以作为应急减排装置，进一步提升治污设施运行的可靠性、安全性，彻底杜绝超标排放风险，具有较高的推广前景。

（四）焦炉废气循环加热技术

1.技术名称

焦炉废气循环加热技术

2.技术类别

源头控制类

3.应用现状及产业化

用于焦炉烟气 NO_x 源头控制，适用于焦炉采用焦炉煤气加热的焦化企业。目前已在河北华丰能源科技发展有限公司、唐山中润煤化工有限公司、迁安中化煤化工有限责任公司、唐山达丰焦化有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司、迁安市宏奥工贸有限公司等企业应用。

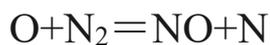
4.技术内容

(1) 技术原理

焦炉加热燃烧过程中所产生的氮氧化物主要为 NO 和 NO₂，其中 NO 占 90%-95%以上，NO_x 形成主要三种：

①热力型 NO 形成机理

热力型 NO 是空气中的氮气在高温下氧化而生成的，其链式反应方程式：



由于原子氧和氮分子反应需要很大的活化能，所以在燃料燃烧前的燃烧火焰中不会生成大量的 NO，只有在燃烧火焰的下游高温区（从理论上说，只有火焰的下游才积聚全部的热焓而使该处温度最高，燃烧前和火焰前部、中部都不是高温区），才能发生 O₂ 的离解生成 NO。燃烧温度对温度热力型 NO 生成有决定性的作用，随着温度的升高，NO 的生成量按指数规律迅速增加。

②含氮组分燃料型 NO 形成机理

燃气中含有如氨、氰化氢、吡啶、喹啉等含氮组分时，这些化合物中的氮在燃烧过程中首先在火焰中转化为 HCN，然后转化为 NH 或 NH₂。NH 和 NH₂ 能与氧反应生成 NO 和 H₂O，或者与 NO 反应生成 N₂ 和 H₂O。在火焰中燃料中的氮转化为 NO 的比例依赖于 NO/O₂ 之比。

③碳氢燃料快速型 NO 形成机理

快速型 NO 是碳氢系燃料混合燃烧所生成的，其生成区在火焰内部。快速型 NO 是碳氢类燃料燃烧，且燃料过浓时所特有的现象。

焦炉的氮氧化物主要有立火道高温、炉体串漏以及燃料含氮组分引起。大量基础研究证明，对于绝大多数焦炉，温度热力型 NO_x 对烟囱气中 NO_x 的贡献率达 80% 以上，因此只要将第一类型 NO_x 控制在适当水平，就可以有效地控制烟囱气中 NO_x 的含量。

焦炉废气循环改造技术即利用废气循环风机将焦炉分烟道中的废气抽出并输送至开闭器与空气混合，降低混合后气体中的氧含量浓度，减缓煤气燃烧速度，拉长火焰高度，降低火焰燃烧温度，控制 NO_x 的生成。最后结合燃烧系统，针对性的调整对应燃烧室各火道燃烧均匀性，在保证各燃烧火道的均匀性的条件下，再自动控制加热煤气流量和分烟道吸力，使整个燃烧系统持续处于燃烧均匀，将 NO_x 生成量控制在理想的状态下。

(2) 关键技术

①管道热伸长

为了防止供热管道升温时，由于热伸长或温度应力而引起管道变形或破坏，废气主管道机、焦侧各设置 4-6 个金属补偿器，主管道到空气开闭器的支管道上各设置一个金属软管，以补偿管道的热伸长。

②防爆

废气循环风机设置在焦炉烟道上与开闭器平行的平台上，风机电机的防爆等级 II CT4，满足焦炉地下室防爆级别。

③安全联锁

交换时间 > 100 秒时（煤气油缸不到位或焦炉停止加热），设置声音报警，风机运行频率自动降低为 15Hz；单个交换加热时间 > 2100 秒时（漏交换或晚交换，烟道温度将大幅升高），设置声音报警，风机运行频率自动降低为 15Hz；交换时间（煤气油缸动作时间） < 30 秒（设置为可调整，比如 25 秒）时，设置声音加强报警，自动停风机；当焦炉的机侧或焦侧分烟道含氧量 < 1.5% 时，设置声音报警，风机变频器自动降低至 15Hz；当焦炉的机侧或焦侧分烟道含氧量 < 0.5% 时，设置声音加强报警，自动停风机；当分烟道或总烟道吸力低于安全下限值时自动停风机；风机出口范围 2 米内加含氧量检测探头，防止烟气泄露含氧量过低造成人员窒息。

（3）工艺流程

①废气进入流向：烟道废气→废气总阀→引风机→废气总管

→机、焦侧废气支管→手动蝶阀→废气盘换向结构与焦炉空气侧换向结构同步启闭→小烟道→蓄热室→斜道区→立火道底部斜道口。

②废气排出流向：上升气流立火道底部（废气与空气混合后与煤气接触燃烧产生废气）→跨越孔→下降气流立火道（一小部分由废气循环孔被抽回上升气流立火道）→下降气流立火道斜道区→下降气流蓄热室→小烟道废气盘→分烟道→总烟道→烟筒排出。

（4）主要技术指标

焦炉回配风机：风机从焦炉烟道将高温废气抽出（回配率大约 30%左右），送入废气回配管道，废气经管道上的支管被强制送入废气开闭器，和空气均匀混合后进入蓄热室，混合后的废气经蓄热室进入燃烧室参与燃烧，降低燃烧空气的含氧量，从而控制燃烧强度，降低氮氧化物。风机参数如下表所示：

表 7 焦炉烟气回配风机参数表

名称	工作流量 m ³ /h	烟气温度 ℃	电机电压 V	转速 R/min	电机功率 kW
焦炉烟气回配风机	35000	300	380	1450	75

该技术使开闭器进口氧含量从 21%降至 16%-18%，火焰拉长，炉墙高温点降低，焦炉燃烧废气中的 NO_x 浓度由原来的 1000-1200mg/m³ 降低至 600mg/m³ 以下。

5.典型案例及投资效益

该技术可有效降低燃烧废气中的 NO_x 浓度，减少脱硝系统负荷，在确保焦炉烟气外排 NO_x 稳定达标的前提下，实现综合脱硝成本的明显下降。

迁安市九江煤炭储运有限公司使用废气循环后，10 座焦炉每月可节省氨水用量约 2000 吨，脱硝催化剂寿命显著延长。

某公司 110 万吨产能焦炉为例，实施废气循环加热技术后，可达到以下几方面的效益：

(1) 可节省焦炉加热用煤气。

(2) 废气循环加热项目实施后，按烟气 NO_x 排放量降低到 500mg/Nm³，平均每套脱硫脱硝系统小时节约氨水消耗量约 0.1m³。

(3) 延长脱硝催化剂的使用寿命约 10%。

6.推广前景和减排潜力

该技术可使焦炉煤气加热时，NO_x 排放浓度 ≤ 600mg/Nm³（小时均值），焦炉烟气中氧含量 ≤ 8.0%（焦炉分烟道取样、正常生产情况下、焦炉煤气交换后 5min 后取样），从源头上控制了污染物产生，降低了后续治理的运行成本，延长了脱硝催化剂的使用寿命，实现了经济效益和环境效益的有机结合，具有较高的推广价值和减排潜力。

三、VOCs 治理技术

(一) 无氧 VOCs 废气负压回收净化技术

1. 技术名称

无氧 VOCs 废气负压回收净化技术

2. 技术类别

源头控制类

3. 应用现状及产业化

主要应用于焦化企业鼓冷、粗苯、库区的各类储罐及装车系统等部位的 VOCs 治理。目前已在唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司、迁安中化煤化工、唐山达丰焦化有限公司、唐山佳华煤化工有限公司、唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、河北新兴能源科技股份有限公司、河北华丰能源科技发展有限公司和河北旭阳能源有限公司等应用。

4. 技术内容

(1) 技术原理

煤气净化鼓冷工段、粗苯工段、油库工段的各类贮槽内储存的物料由于被泵抽出、抽入和（或）由于外界温度降低，使贮槽内挥发性的有机气体扩散或收缩，导致贮槽内压力波动。对贮槽设置氮气气封系统，能够确保系统安全生产。

压力平衡系统依据贮槽内部压力变化自动调节氮封气进气量和放散气排气量，在排气的同时携带贮槽挥发性有机物回到冷鼓工段风机前煤气管道，实现挥发性有机物零排放。同时能够有

效防止贮槽内物料与外界气体（空气）接触而被污染变质或与外界进入的气体（空气）发生化学和（或）生物反应。

贮槽设有呼吸阀，可防止压力平衡系统出现故障时，将贮槽抽憋。同时，在粗苯放散气管道上，设置阻火器，确保系统安全。

（2）关键技术

VOCs回收系统通过自动化连锁控制，调节放散气管道压力。当放散气管道压力超过 50Pa 时，供氮系统阀组开度调小，放散气排放系统阀组开度增大；当放散气管道压力低于-50Pa 时，放散气排放系统阀组开度调小，供氮系统阀组开度增大。压力调节为连续操作，不影响设施的正常运行。

（3）工艺流程

对冷凝、粗苯、油库等贮槽设置氮气压力平衡系统，利用管道将各罐、槽的排气管进行连通。煤气鼓风机的吸力为动力来源，压力平衡系统能够依据贮槽内部压力变化自动调节氮封气进气量和放散气排气量，在排气的同时携带贮槽挥发性有机物回到冷鼓工段风机前煤气管道，实现挥发性有机物零排放。同时，在氮气压力平衡装置的作用下，有效防止贮槽内物料与外界气体接触而被污染变质或与外界进入的气体发生化学和生物反应。在放散气管道上间隔一定距离设置蒸汽吹扫，防止放散气管道和阀门堵塞，所有放散气管道采用伴热。

5.典型案例及投资效益

以迁安中化公司为例。煤气净化生产区域的罐、槽主要包括

鼓风冷凝工段（焦油氨水分离装置、焦油中间罐、地下罐等），粗苯工段（富油槽、新洗油槽、贫油中间槽、粗苯中间槽等），油库工段（焦油罐、洗油罐、粗苯罐等）。按照分区原则将上述各罐、槽排放的废气通过压力平衡系统收集至鼓风冷凝工段的初冷器前煤气管道上，从而实现 VOCs 气体的回收，并将排气中的有机污染物进行了回收利用。利用该系统后，消除了化工生产区域 VOCs 无组织排放情况，现场基本无异味。

6.推广前景及减排潜力

该技术现已普遍在焦化企业应用，取代了原来的油洗+酸洗+碱洗+其他处理工艺，取消了 VOCs 排放口，彻底解决了化工鼓冷、粗苯、油库 VOCs 的产生和排放问题，具有良好的推广前景。

（二）有氧 VOCs 废气净化燃烧技术

1.技术名称

有氧 VOCs 废气净化燃烧技术

2.技术类别

减污类推荐技术

3.应用现状及产业化

主要用于焦化企业脱硫、硫铵、提盐等部位的 VOCs 治理。目前已在河北中煤旭阳能源有限公司、武安广普焦化有限公司、河北华丰能源科技发展有限公司、唐山达丰焦化有限公司、唐山中润煤化工有限公司和河北旭阳能源有限公司等应用。

4.技术内容

(1) 技术原理

脱硫、硫铵、提盐尾气分区收集后设置分区压力调节控制，控制分区吸力，然后汇总至尾气总管，进入水洗塔去除尾气中的颗粒物、部分氨等，洗涤液采用蒸氨废水，洗涤后的废液送至冷鼓焦油氨水分离装置回收处理；经水洗后的尾气进入酸洗塔，去除尾气中的氨，洗涤液采用稀硫酸，通过自动加酸装置控制洗涤液 pH 值，以保证洗涤效果，洗涤后的废液送至硫铵母液槽回收处理；经酸洗后的尾气进入碱洗塔，去除尾气中夹带的酸雾和硫化氢，洗涤液采用氢氧化钠溶液，通过自动加碱装置控制洗涤液 pH 值，洗涤后的废液送至冷鼓焦油氨水分离装置回收处理；经碱洗后的尾气再经过捕雾器去除夹带的液滴后，经风机送至风机后尾气总管，送至焦炉废气回配风机入口，与焦炉烟气混合后，经废气回配风机平均分配至各废气盘，然后进入焦炉燃烧，燃烧后的烟气经焦炉烟气脱硫脱硝装置去除氮氧化物和二氧化硫，烟气达标排放。也可采用将预处理后的尾气引入单独建设的 RTO 炉进行燃烧处理。

(2) 关键技术

VOCs 尾气进焦炉燃烧前尾气总管上设置可燃气体检测、CO 检测和快速切断阀，当尾气中可燃气体含量达到 25%LEL 或 CO 含量达到 1500ppm 时报警，当尾气中可燃气体含量达到 50%LEL 或 CO 含量达到 1800ppm 时紧急切断往焦炉送尾气，为保证焦炉系统的安全。

(3) 工艺流程

脱硫、硫铵尾气分区收集后设置分区压力调节控制，控制分区吸力，然后汇总后依次进入水洗塔、酸洗塔、碱洗塔，去除颗粒物、氨、硫化氢后进入尾气总管，与焦油渣间、煤气水封逸散气混合后，经风机送至焦炉废气回配风机入口，与焦炉烟气混合后，经废气回配风机平均分配至各废气盘，然后进入焦炉燃烧，燃烧后的烟气经焦炉烟气脱硫脱硝装置去除氮氧化物和二氧化硫，烟气达标排放。为保障尾气燃烧安全，系统设置可燃气体、CO报警连锁快切系统，为保障焦炉管道运行通畅，系统设置氨气报警系统。

(4) 主要技术指标

洗涤塔阻力： $\leq 500\text{Pa}$ ；氧含量：4%Vol（报警），5%Vol（切断）；可燃气体含量：25%LEL（报警），50%LEL（切断）；CO含量：1500ppm（报警），1800ppm（切断）；氨含量：800ppm（报警），1000ppm（切断）。

酸洗塔 pH 值：2-6

碱洗塔 pH 值：8-12

5. 典型案例及投资效益

脱硫、硫铵尾气经水洗塔、酸洗塔、碱洗塔洗涤后，尾气内氨和硫化氢得到去除，但非甲烷总烃未有效去除，很难达到直接排放要求，该技术应用于现有焦化企业脱硫工段、硫铵工段的VOCs废气治理项目，处理后废气通过焦炉加热燃烧，VOCs气

体得到有效的处理，环境效益明显。

6.推广前景及减排潜力

该技术用于项目实施后，项目范围内 VOCs 排放达到《炼焦化学工业污染物排放标准》（GB 16171-2012）表 6 大气污染物特别排放限值和《挥发性有机物无组织排放控制标准》（GB 37822-2019）中的厂区内无组织排放特别排放限值的要求，且将原有的无组织排放变为燃烧后高空排放，取缔了 VOCs 有组织排放口，具有很高的推广前景和减排潜力。

（三）废气（酚氰废水）洗涤+生物接触氧化处理技术

1.技术名称

废气（酚氰废水）洗涤+生物接触氧化处理技术

2.技术类别

减污降臭类技术

3.应用现状及产业化

应用于酚氰废水处理站全封闭后废气的集中治理。目前已在邯宝钢铁焦化公司、武安广普焦化、唐山东海特钢焦化公司等企业全封闭式酚氰废水处理站应用。

4.技术内容

（1）技术原理

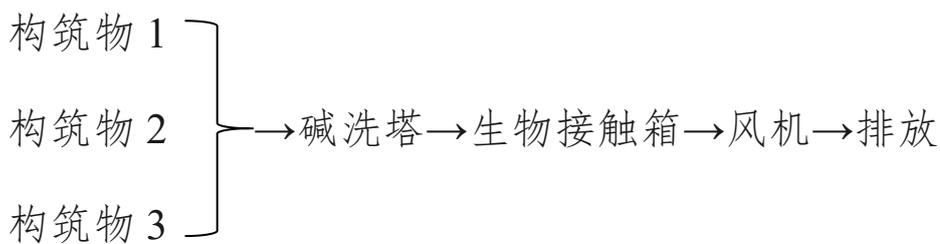
酚氰废水处理站隔油池、调节池、事故池、生化池、格栅间、污泥浓缩池、污泥脱水间等设施进行封闭，污泥脱水机房密闭，各环节逸散废气收集后送碱洗塔+生物接触箱装置进行处理。

利用碱性洗液降低废气中的酸性恶臭污染物如 H_2S 等,经洗涤后的废气送入生物接触氧化箱,箱体内部铺设竹炭填料,为微生物的生长提供附着载体,箱体内部设有导流板,保证废气与填料充分接触,同时,箱外设喷淋设施,抽取箱体底部的喷洒液循环为填料加湿、加温(冬季),保持竹炭填料上微生物的高活性。废气在生物接触氧化箱内与竹炭填料上的微生物充分接触,恶臭物质如 NH_3 、 VOCs 等被微生物吸附,得到降解,净化后的废气经烟囱排放。

(2) 关键技术

各个构筑物废气收集管道的负压控制与调整;碱洗液的 pH 控制;生物箱体既要保证气体流动畅通,又要保证载体微生物的健康正常代谢;冬季低温条件下生物箱微生物活性的保持。

(3) 工艺流程



(4) 主要技术指标

酚氰废水处理站区域无明显异味,废气集中收集后,经采用燃烧方法或采用高效(组合)脱臭工艺处理,能够实现非甲烷总烃 $< 50\text{mg}/\text{m}^3$, 满足河北省焦化 A 级标准要求。

5. 典型案例及投资效益

邯钢邯宝焦化厂生物酚氰废水池密闭恶臭治理项目于 2019

年9月建成投运，是河钢集团邯宝钢铁公司污染治理重点项目。采用玻璃钢+钢支撑大棚实现水池大跨度密闭，管道抽吸保持负压，系统废气量约60000m³/h，恶臭气体全部收集。收集后的恶臭气体通过碱洗去除H₂S和氨，随后进入生物接触箱，利用内部填料上微生物的吸附分解作用，实现有机恶臭成分的无害化降解，处理后的尾气达标排放，酚氰废水区域无味。

截止目前系统已正常运行3年半，区域内感官无味。排放口每季度由第三方进行监测，监测结果为：非甲烷总烃入口浓度约为8.3mg/m³，排放浓度约为1.1mg/m³，去除率约为87%；氨排放浓度约1.6mg/m³，硫化氢约0.12mg/m³，污染物去除效果良好。

6.推广前景及减排潜力

采用洗涤+生物接触氧化技术处理焦化水处理工序废气，其运行成本低、消耗小，微生物体量大、负荷冲击耐受能力强，不产生二次污染，能有效解决焦化废水处理过程中恶臭废气污染的问题，具有较好的推广应用价值。

四、颗粒物无组织管控技术

(一) 厂界、厂内主要运输通道雾桩抑尘技术

1. 技术名称

厂界、厂内主要运输通道雾桩抑尘技术。

2. 技术类别

无组织扬尘治理。

3. 应用现状及产业化

主要用于钢铁、焦化企业厂界、厂内物料运输通道、交通主干道等，已在迁安中化煤化工有限责任公司、唐山达丰焦化有限公司、河北纵横集团丰南钢铁有限公司、首钢股份公司迁安钢铁公司、河北广普焦化有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司等企业厂内运输道路使用了该技术。

4. 技术内容

(1) 技术原理

使用进口高压泵、微细雾化喷嘴将水雾化，再利用风机风量和风压将雾化后的水雾送到较远距离，使得水雾到达较远距离同时能够覆盖更大面积，等径的尘粒通过液桥力的作用，由小尘粒聚成大尘粒，从而形成粉尘团。因其自身重力、改变了尘粒的运动速度，从而进行沉降。水雾尘粒与尘埃颗粒大小相近时，尘埃颗粒随气流运动时与水雾颗粒发生碰撞、吸附、凝结，形成的尘埃团在重力作用下降落，从而达到降尘的目的。

(2) 关键技术

通过产生 30-150 μm 高度雾化的水雾颗粒，使水雾颗粒与粉尘颗粒充分碰撞凝聚，抑尘效果明显优于传统喷雾除尘技术。

(3) 工艺流程

利用高压水泵将净水通过管道输送打成很细小的颗粒，就像是漂浮在空气中的粉尘颗粒一样，然后可以将它聚集在空中，凝聚在一起，通过水珠分解可与空气中的粉尘相互抵触，以这样的方式实现抑尘的效果。

(4) 主要技术指标

雾化颗粒大小为 30-150 μm ，抑尘机头采用步进电机驱动 360° 旋转，任意角度可调，APP 控制/时间循环/手动控制（可上传至环境管控平台），可以接入电脑端控制。PLC 能根据实时的扬尘数据及时开启设备进行抑尘。对管控区域的 PM_{2.5} 及 PM₁₀ 进行净化，净化率达到 80%-98%。

5. 典型案例及投资效益

迁安中化煤化工有限责任公司、唐山达丰焦化有限公司等企业在主要运输通道已加装雾桩抑尘装置。设备投用后，起到有效抑尘效果，具有很好的环境效益。

6. 推广前景及减排潜力

可以应用于道路街道、施工工地、户外作业、矿场、煤场、发电厂、建筑工地、广场、小区、混凝土行业等高温扬尘场所。

(二) 物料运输皮带气流除尘系统

1. 技术名称

物料运输皮带气流除尘系统

2.技术类别

无组织排放治理

3.技术应用现状及产业化情况

该技术应用于物料输送过程中产生的无组织颗粒物治理。目前已应用于邯钢集团邯宝钢铁有限公司、河北鑫达钢铁集团有限公司、河北天柱钢铁集团有限公司等多家公司，焦化行业适用。

4.技术内容

（1）技术原理

气流除尘系统技术根据空气动力学原理进行设计，利用输送带自身流速与防溢流裙板扰流叶片，使空气在防溢流罩内部形成负压状态产生内部自吸力，从而使粉尘、颗粒物向运输带中部位置运动，从而达到运输带无组织排放的治理效果。

（2）关键技术

裙板整体设计必须要根据物料的实际情况，空气动力模型数据设计裙板排列的密度、角度。

（3）工艺流程

根据各条皮带带速、颗粒物大小、物料密度、物料干湿度等因素，制作空气动力模型并计算风量的大小、设计叶片的排列方式、厚度、韧性构建裙板与运输带的贴合角度，从而设计出整套导流模型，以达到气流汇集和负压状态。同时也要根据运送物料、现场环境的不同，对裙边角度、材质，防护罩材质、耐磨衬板材

质、风机风量等进行调整，从而达到粉尘浓度在小于 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 的情况下无须加装风机，粉尘浓度在大于 $500\text{mg}/\text{m}^3$ 情况下加装风机后均可达到《炼焦化学工业大气污染物超低排放标准》（DB13/2863-2018）对无组织排放污染物浓度限值治理要求。

（4）主要技术指标

达到《炼焦化学工业大气污染物超低排放标准》（DB13/2863-2018）无组织排放污染物浓度限值治理要求。

5.典型案例及投资效益

以河北某钢铁公司为例，其物料运输皮带增加 500 多米的气流除尘系统，实现皮带粉尘有效收集，降低了现场清扫工作量，具有很高的环境效益。

6.推广前景及减排潜力

该技术具有明显的减排潜力，可以应用在煤、碎石砂砾、烧结矿、粮食、铁矿石、干焦、石灰石等物料输送过程中产生的无组织颗粒物治理。

（三）上升管自动点火技术

1.技术名称

上升管自动点火技术

2.技术类别

无组织排放治理

3.技术应用现状及产业化情况

该技术应用于炼焦过程中上升管打盖操作的烟尘控制。目前

已广泛应用于唐山市焦化企业，主要有：唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司、唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司、唐山佳华煤化工有限公司、唐山达丰焦化有限公司、唐山东方炼焦制气有限公司、唐山宝利源炼焦有限公司、迁安市宏奥工贸有限公司、迁安中化煤化工有限公司、唐山中润煤化工有限公司等。

4.技术内容

（1）技术原理

炼焦过程中上升管的打盖操作时，炭化室内残余荒煤气会向大气排放。通过将其点燃燃烧，可大幅降低污染物排放。自动点火技术替代手动点火，可缩短荒煤气排空时间，降低无组织排放。

（2）关键技术

点火装置与上升管打盖操作实现自动连锁，点火器在接到打盖信号后 1-3 秒内能够完成荒煤气点燃，电气件需满足阻燃防水要求，并耐高温。

（3）工艺流程

所需点火装置包含控制电气元件、线缆、点火器等部分，通过与现场原有控制柜控制系统的连接，控制点火器工作，实现将上升管荒煤气快速点燃的目的。

PLC 控制柜采集上升管桥管水封翻板处开关、上升管盖开关、集气管压力等信号，输出至主电柜，根据各信号状态对应的设定程序、主电柜对应炉号的接触器接通，给对应的上升管点火装

置送电,实现每个上升管 1-3 个点火装置同时点燃。

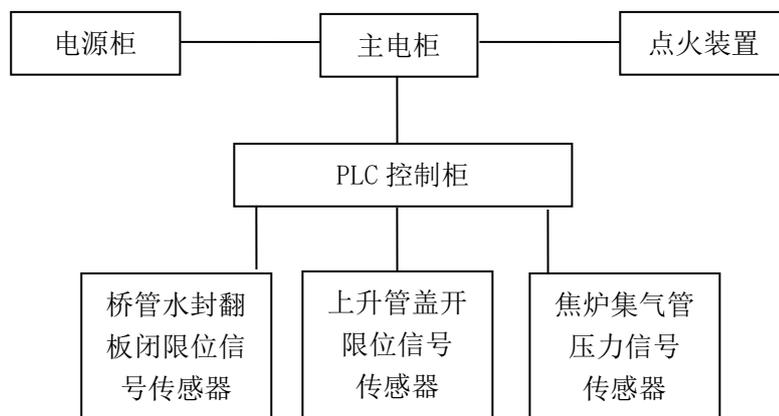


图 4 上升管点火装置示意图

(4) 主要技术指标

实现上升管打盖瞬间，残余荒煤气瞬间点燃，消除燃烧不充分的黄烟产生。

5.典型案例及投资效益

上升管打盖自动点火装置在唐山焦化企业广泛应用，以某 110 孔捣固焦炉为例，焦炉的上升管均安装自动点火装置，所需点火装置包含控制电气元件、线缆、点火器等部分，与原系统实现联动，控制点火器工作，实现了上升管荒煤气快速点燃，保证上升管打盖看不见烟尘，其环境效益明显。

6.推广前景及减排潜力

目前该技术已广泛应用于唐山市焦化企业，具有明显的减排潜力，可以应用在焦炉上升管打盖操作过程中产生的无组织排放治理。

五、节能降碳技术

(一) 上升管余热回收技术

1. 技术名称

上升管余热回收技术

2. 技术类别

节能类推荐技术

3. 应用现状及产业化

该技术目前已在河北旭阳能源有限公司、唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司、唐山佳华煤化工有限公司、唐山达丰焦化有限公司、唐山宝利源炼焦有限公司、迁安市宏奥工贸有限公司等应用。

4. 技术内容

(1) 技术原理

炼焦煤在炼焦过程中生成焦炭的同时产生大量荒煤气。焦炉热量散失主要有 4 部分：红焦带出热约占 37%，已通过干熄焦回收利用；焦炉烟道废气带出热约占 17%，通过烟气余热回收等方式利用；炉体表面散热损失约占 10%。荒煤气带出热量约占 36%，焦化行业主要采用喷洒 82-85℃ 的循环氨水来降低荒煤气温度，高温荒煤气带出的热量由于循环氨水的大量蒸发而未能更好地回收利用，造成一定的能源浪费。

上升管余热利用技术是将现有普通的上升管更换为上升管换热器，建设配套汽水分离及循环系统、蒸汽利用系统、检测控

制系统及辅助加药除氧、连排定排系统、排污扩容系统等。将焦炉高温荒煤气携带的热量加以充分利用，一方面节约能源，具有可观的经济效益；另一方面减少二氧化碳的排放量，符合国家节能环保的总体要求和产业发展政策的要求。

（2）关键技术

上升管换热器应保证其环保性、安全性、节能性，材料采用耐高温性能的材料，应具备耐热防漏水、防结石墨及防挂焦油的三重功能。

自动测温系统作为上升管余热回收的重要组成部分，实时监控上升管的工作状态，通过上升管的测温点温度的测量，来判断上升管是否干烧，保障上升管的安全、平稳的运行，延长上升管的使用寿命。

（3）工艺流程

除盐水处理站出口管道输出的除盐水到除盐水箱，通过除氧给水泵送入除氧器进行除氧加热产生 104℃ 的除氧水，经汽包给水泵输送至汽包，利用进口流量调节阀控制汽包保持设定水位。汽包内的水通过强制循环泵向上升管换热器供水，吸收荒煤气热量换热产生的汽水混合物通过汽水连接管道输送至汽包，在汽包进行汽水分离，产生 0.6-1.0MPa、165-184℃ 饱和蒸汽：一部分减压后进入除氧器除氧，剩下的饱和蒸汽送入厂区蒸汽管网。

（4）主要技术指标

可以生产压力为 0.6-1.0MPa、温度为 165-184℃ 的饱和蒸

汽，用于全厂低压蒸汽，减少干熄焦余热回收系统的抽汽量，可增加全厂发电量，节能潜力显著。

5.典型案例及投资效益

上升管余热回收装置已在多家焦化企业应用，以设计 110 万吨焦炭产生的焦化企业为例，上升管余热回收系统可降约吨焦能耗 7kgce。个别企业将上升管余热产生的蒸汽用于替代管式炉热源，以设计 250 万吨产生的焦化企业为例，其四座焦炉产生的蒸汽可满足两座管式炉热量需求，每年可节约焦炉煤气消耗 2710 万 m³，年降低颗粒物排放 1.7 吨、二氧化硫 3.7 吨、氮氧化物 12.3 吨。经济效益和环境效益明显。

6.推广前景及减排潜力

上升管余热回收已成为新建焦炉和改造焦炉的标配，推广应用前景广阔，不仅符合国家节能减排的政策要求，也是企业降本增效，保护环境的重要措施，经济效益和社会效益显著。

(二) 干熄焦余热发电技术

1.技术名称

干熄焦余热发电技术

2.技术类别

降碳类推荐技术

3.应用现状及产业化

该技术目前已在在我省大部分焦化企业广泛应用。

4.技术内容

(1) 技术原理

在干熄焦过程中，红焦从干熄炉的顶部装入，低温惰性气体由循环风机鼓入干熄炉冷却段红焦层内，冷却后的焦炭从干熄炉底部排除：吸收红焦潜热后温度升高的惰性循环气体从干熄炉环形烟道排出后，进入干熄焦余热锅炉进行换热，锅炉产生的蒸汽进入汽轮机带动发电机发电，从干熄焦余热锅炉冷却后的低温惰性气体进入循环风机重新鼓入干熄炉。

(2) 关键技术

干熄焦蒸汽进入汽轮机膨胀做功，冲动汽轮机叶片转动，将能量传递给汽轮机，转化为机械能，与汽轮机同轴的发电机在励磁场中转动，最终能量转化为电能输送给用户。膨胀完成的蒸汽在凝汽器中遇冷凝结成水，由凝结水泵经加压后进入除氧器，除去水中溶解氧，最后由给水泵送回锅炉，使之循环往复的完成加热-做功的过程。

(3) 工艺流程

干熄焦余热流程：除盐水→除盐水箱→除氧器给水泵→给水预热系统→除氧器→锅炉给水泵→余热锅炉→主汽门→汽轮机（拖动发电机发电）→凝汽器（凝结成水）→凝结水泵→除盐水箱。

(4) 主要技术指标

表 8 汽轮机主要技术指标

序号	名称		单位	参数	备注
1	汽轮机型式		中间一次再热、单轴、凝汽式等		
2	额定功率		MW	65	
3	主汽门前蒸汽压力		MPa(a)	13.24	
4	主汽门前蒸汽温度		℃	566	
5.1	汽轮机 主蒸汽 流量	额定纯凝(THA)工 况	t/h	194.5	
		纯凝最大(VWO)工 况	t/h	206	
5.2	汽轮机 纯凝运 行工况	再热蒸汽流量	t/h	166.3	与汽轮机 VWO 工 况对应
5.3		再热蒸汽进口压力	MPa(a)	2.911	
5.4		再热蒸汽进口温度	℃	566	
6	高压缸排汽压力		Mpa(a)	3.235	
7	高压缸排汽温度		℃	368.3	
8	排汽压力		kPa(a)	4.9	
9	冷却水温(设计水温)		℃	20	最高不超过 35
10	额定给水温度		℃	248	
11	给水回热级数		级	6	(2 高加+1 除氧+2 低加)
12	额定转速		r/min	3000	
13	数量		台	1	

表 9 发电机主要技术指标

序号	名称	单位	参数
1	额定功率	MW	70
2	冷却方式	/	空内冷

3	额定功率因数	/	0.8
4	额定电压	kV	10.5
5	额定转速	r/min	3000
6	额定频率	Hz	50
7	励磁方式	/	无刷励磁
8	数量	台	1

5.典型案例及投资效益

干熄焦余热发电技术主要效益体现在三方面：

(1) 回收红焦显热：出炉的红焦显热约占焦炉能耗的35%-40%，这部分能量相当于炼焦煤能量的5%，如将其回收和利用，可大大降低冶金产品成本，起到节能降耗的作用。采用干熄焦可回收80%的红焦显热，平均每熄1吨焦炭可回收9.8MPa450℃的蒸汽0.45吨-0.6吨。

(2) 减少环境污染：由于干熄焦能够产生蒸汽（5-6吨蒸汽需要1吨动力煤），并可用于发电，可以避免生产相同数量蒸汽的锅炉燃煤对大气的污染，尤其减少了SO₂、CO₂向大气的排放。设计焦炭产能194万吨的焦炉，采用干熄焦每年可以减少15-19万吨动力煤燃烧向大气排放的各种污染物。

(3) 提高经济效益：国际上公认，大型高炉采用干熄焦焦炭可降低焦比2%，高炉生产能力提高1%。在保持原焦炭质量不变的条件下，采用干熄焦可以降低强粘结性的焦肥煤配入量10%-20%，有利于保护资源和降低焦炭成本。

以河北新兴能源科技股份有限公司为例，干熄焦及余热发电吨焦产蒸汽量约为 0.55 吨，蒸汽用来发电，除去自耗每小时可外供电约 3 万度，每年可发电量为 26280 万度。

6.推广前景及减排潜力

干熄焦余热发电技术是利用干熄焦回收热量较高、污染物排放量相对较低的特点，将回收的热量利用于发电，实现节能减排，提高经济效益的目标。该技术已在国内焦化行业广泛应用，具有较高的推广价值。

(三) 循环氨水余热回收技术

1.技术名称

循环氨水余热回收技术

2.技术类别

降碳类推荐技术

3.应用现状及产业化

该技术目前已在河北新兴能源科技股份有限公司、河北华丰能源科技发展有限公司等焦化企业应用。

循环氨水余热回收技术是利用循环氨水作为驱动热源直接驱动专用溴化锂机组，夏季制取 16℃ 的工艺冷水，用于工艺煤气降温，替代传统蒸汽、煤气、电力等驱动的制冷机组，冬季制取热水供暖，节约了能源消耗，并降低了煤气进入初冷器的温度，提高了化产收率。

4.技术内容

(1) 技术原理

炼焦过程中产生的荒煤气(约 850℃)在桥管处经循环氨水喷洒降温至 78-82℃，吸热后的循环氨水温度由 72℃升至 80℃。以循环氨水为热源，驱动溴化锂制冷机制备工艺冷水。

(2) 关键技术

①循环氨水含氨量高，腐蚀性强，采用特殊材质避免发生腐蚀。

②合理调整循环氨水进出制冷机温度、流量等工艺参数，避免生产的波动，甚至对焦炉本体的损害。

(3) 工艺流程

该系统包括前后串接的上升管、桥管、集气管、气液分离器、机械化澄清槽、循环氨水槽、循环氨水泵及溴化锂制冷机，上升管中 700℃左右的荒煤气在桥管中被循环氨水泵送入的氨水喷洒冷却至 78-88℃，桥管与集气管连接，吸热后的 78-88℃循环氨水和焦油混和液在集气管中沿吸煤气管道流至气液分离器，经气液分离后循环氨水和焦油混和液流入机械化澄清槽，在机械化澄清槽中循环氨水与焦油按密度不同而分离，分离后的循环氨水流入循环氨水槽中，循环氨水槽中 78-88℃循环氨水作为热源，直接通过循环氨水泵泵入溴化锂吸收式制冷机，经溴化锂吸收式制冷机处理放热后形成 68-78℃氨水，直接通过循环氨水泵泵入桥管进行循环。吸收了循环氨水显热的制冷机组，对泵入的 32-40℃的密闭循环冷水降温至 16-23℃，送入初冷塔和终冷塔用以煤气

降温，从而回收废热，降低能耗。

(4) 主要技术指标

表 10 实施后制冷水过程工艺参数

工艺段指标	稳定值℃
入制冷机组氨水温度	75-88
出制冷机组上焦炉循环氨水温度	68-72
入制冷机冷水温度	32-40
产低温水温度	16-23

表 11 循环氨水余热回收后化产系统工艺参数

工艺段指标	稳定值℃
进初冷塔煤气温度	80-82
初冷器后煤气温度	20-21
终冷塔后煤气温度	20-25
入洗苯塔贫油温度	24-26

5. 典型案例及投资效益

以某焦化企业 130 万 t/a 捣固焦炉为例，焦炉用循环氨水量 600m³/h，年循环量大于 500 万 m³，蕴含巨大的能量，该技术投运后可制取工艺所需 1200m³/h 低温水，可节约蒸汽 51840t。

6. 推广前景及减排潜力

该技术节约了大量的蒸汽、煤气、电力，降低二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物的排放，为企业节能、增效、减排。符合焦化

行业的未来发展趋势，具有很好的推广价值和推广意义。

(四) 焦炉烟气余热回收技术

1.技术名称

焦炉烟气余热回收技术

2.技术类别

降碳类推荐技术

3.应用现状及产业化

主要适用于焦炉烟囱排放废气温度在 200℃ 以上，通过增加余热回收装置可以实现节能降耗目的。

该技术目前已在河北华丰能源科技发展有限公司、迁安市九江煤炭储运有限公司、唐山佳华煤化工有限公司、唐山钢铁集团有限责任公司滦县煤化工分公司等焦化企业应用。

4.技术内容

(1) 技术原理

焦炉加热产生高温烟气通过烟道输送到余热锅炉入口，高温烟气通过热交换降低烟气温度，并释放的热量，将水转化成 0.8MPa、174℃ 的饱和蒸汽，可供生产使用。将高温烟气换热后变成低温位的烟气，再进一步经过处理后经烟囱达标排放。

(2) 关键技术

烟气余热锅炉的作用一是余热回收，二是热能的二次再利用。将烟气与其他低温介质进行换热实现余热回收，回收热量后进行二次再利用。焦化余热锅炉是对焦炉进行的节能改造，在焦

化炉尾部烟道加装一套余热锅炉，用来回收烟气余热、降低能耗，达到保护环境的目的。

(3) 工艺流程

焦炉烟气余热锅炉在焦炉地下主烟道翻板阀前开孔，将主烟道热烟气从地下主烟道引出，经烟道到余热锅炉入口，烟气自下而上流动，流经蒸发器和省煤器，经锅炉出口的引风机再排入主烟道，经烟囱排空。期间将烟气温度由 260℃-300℃降低至约 140℃-160℃之间，所放出的热量用来使水变成 0.8MPa 饱和蒸汽。余热锅炉产品本身所具备防磨损性、积灰少、翅片与钢管的焊接熔合率高等性能优势，使焦炉产生的大部分热能得到回收利用，降低了能耗，改变了焦炉高温废气排入大气而造成的环境污染，同时也回收余热，降低能耗。

(4) 主要技术指标

用 104℃的除氧水作为换热介质，一般热回收效率控制 80% 以上。

5.推广前景及减排潜力

采用焦炉烟气余热回收技术，不仅可以降低能耗，达到保护环境的目的，同时其应用为推动可再生能源持续发展具有十分重要的意义。

(五) 初冷器余热回收技术

1.技术名称

初冷器余热回收技术

2.技术类别

减污降碳类技术

3.应用现状及产业化

该技术已在河北新兴能源科技股份有限公司、河北旭阳能源有限公司、唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、唐山佳华煤化工有限公司和唐山达丰焦化有限公司等企业应用。

4.技术内容

（1）技术原理

主要应用于三段式初冷器。煤气初冷器自上而下分为高温段、中温段和低温段。在高温段和中温段，采用厂区循环水冷却，荒煤气的热量被循环水带走，通过冷却塔排入大气中；在低温段，夏季采用蒸汽型溴化锂制冷机组制取 16℃ 工艺冷却水对低温段荒煤气进行冷却，使其冷却至 21℃ 以下。在初冷器高温、中温段，白白排放了大量热量，又增加了循环水系统的功耗及循环水用量；在初冷器低温段，为了制取低温冷却水，蒸汽型溴化锂制冷机组又消耗了大量的电能和蒸汽等能源，增加了高品位能源的消耗，对环境亦造成了一定程度的污染，不符合企业低碳绿色转型发展的要求。

高温段高温冷却水可作为热源进行利用。方式有几种，一是作为热水型溴化锂制冷机组的驱动热源，通过制冷机组制取 16℃ 的冷却水对低温段荒煤气进行冷却；二是将高温水引致后端脱硫解析塔换热；三是与冬季供暖设备换热，实现冬季供暖。

中温段冷却水的温度不高，系统依然采用原来的冷却塔散热方式。

73℃初冷器高温段冷却水直接进入溴化锂机组，其中热量被机组利用后，温度降至 65.9℃，进入原系统冷却塔，进一步冷却后进入初冷器高温段，继续对荒煤气进行冷却，完成高温段冷却循环。由于大部分热量被溴化锂机组利用，因此，可大大降低原有冷却塔负荷。溴化锂机组生产的 16℃低温水，作为低温段的冷却水，将荒煤气冷却至 21℃以下。单独增加一套独立的冷却塔，满足溴化锂机组的冷却需要。

(2) 关键技术

利用高温段冷却水作为热水型溴化锂制冷机组的驱动热源，通过制冷机组制取 16℃的冷却水对低温段荒煤气进行冷却；或将高温冷却水用于后端脱硫解析热源。

(3) 工艺流程

方式有几种，一是作为热水型溴化锂制冷机组的驱动热源，通过制冷机组制取 16℃的冷却水对低温段荒煤气进行冷却；二是将高温水引致后端脱硫解析塔换热；三是与冬季供暖设备换热，实现冬季供暖。

方式一：夏季为制冷机提供热源。初冷器高温段冷却水直接进入溴化锂机组，其中热量被机组利用后，温度降至 65.9℃，进入原系统冷却塔，进一步冷却后进入初冷器高温段，继续对荒煤气进行冷却，完成高温段冷却循环。

大部分热量被溴化锂机组利用后,可大大降低原有冷却塔负荷。同时,溴化锂机组生产的 16℃低温水,作为低温段的冷却水,将荒煤气冷却至 21℃以下,满足煤气冷却要求。

方式二:冬季作为采暖热源。冬季期间,制冷机停用,高温段冷却水可与冬季供暖设备进行换热,做到热量回收。

方式三:供脱硫解析塔热源。初冷器高温段冷却水温度满足脱硫解析需求,通过与解析塔换热,实现工艺热源需求。

(4) 主要技术指标

高温荒煤气经煤气初冷器冷却至 21℃以下,达到了生产质量要求,高温段热水温度约 70-80℃满足制冷机及脱硫解析塔的热量需求。

5、典型案例及投资效益

河北中煤旭阳焦化有限公司(冬季采暖)、唐钢美锦(唐山)煤化工有限公司(冬季采暖,夏季供制冷机)、河北纵横钢铁集团有限公司(冬季采暖,夏季供制冷机),唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司(供脱硫解析)等,利用效果满足工艺要求,具有很好的节能效益。

6.推广前景及减排潜力

通过对初冷器高温段的余热再利用,有效地降低了低温段制冷机组对蒸汽的消耗量,同时减少了工艺余热的排放,降低了水处理药剂对环境造成的污染,积极响应了国家的节能减排政策,取得了良好的经济效益和社会效益,在焦化行业中具有广阔

的应用前景。

(六) 蒸汽冷凝水回收技术

1.技术名称

冷凝水回收技术

2.技术类别

节能类推荐技术

3.应用现状及产业化

该技术已在唐山首钢京唐西山焦化有限责任公司、唐山佳华煤化工有限公司、唐山达丰焦化有限公司、迁安中化煤化工有限责任公司、河北旭阳能源有限公司、金牛天铁煤焦化有限公司、河北华丰能源科技发展有限公司和河北新兴能源科技股份有限公司等焦化企业采用。

4.技术内容

(1) 技术原理

蒸汽在用汽设备中放出汽化潜热后，变成冷凝水，经疏水器排出。不同用汽设备排放的冷凝水通过回收管网汇集到集水罐中，由冷凝水回收装置送到锅炉或其他用热处，如除氧器等，这就是冷凝水回收技术。焦化企业的实际生产过程中为了降低生产成本，减少废水产生，节省水资源，提高水利用率，实施冷凝水回收技术，对蒸汽冷凝水量进行了细化，对焦化配套化产工序中制冷站蒸汽式制冷机及硫铵、鼓冷、脱硫、粗苯、油库、解冻库、干熄焦等岗位的蒸汽冷凝水的回收利用，加大了蒸汽冷凝水的回

用量。

冷凝水回收技术的作用在于回收利用冷凝水的热量（包括闪蒸汽热量）和软化水，根据不同情况可采用不同工艺方式。一般习惯上有开式系统和闭式系统之分。

开式系统：该系统冷凝水收集箱是开口式，与大气相通，由于冷凝水进入收集箱时压力突然降低，水温高于该压力对应的沸点，产生大量二次闪蒸汽，剩余冷凝水温度大约是 100°C 。实际上，由于闪蒸散热或有时为了防止输送水泵汽蚀而兑入冷水，回收水温仅在 70°C 左右。加之开式回收方式会有空气进入冷凝水回收管道，容易引起管道腐蚀。但开式系统装置简单，投资较少。与冷凝水直接排放相比，仍有一定的节能效果。

闭式系统：该系统中冷凝水收集箱是封闭式，系统内冷凝水压力始终保持高于大气压力，使冷凝水水温低于该压力下的沸点，冷凝水的热能得到充分利用。而且闭式系统的冷凝水保持蒸汽原有品质，用于锅炉给水时，不会增加溶解氧量，也减少了锅炉补水量，减少了水处理的费用。

冷凝水是否属于闭式回收，要看系统压力和大气压力之间的关系。若用汽设备使用蒸汽压力为 P_1 ，冷凝水回收集水罐的标定压力为 P_2 ，大气压力为 P_0 。当 P_2 越接近于 P_1 时，回收系统闭式程度越高，节能率越高；反之， P_2 越接近于 P_0 时，回收系统的密闭程度越差，节能率越小。显然，密闭系统评判标准是 P_0 、 P_1 、 P_2 三者的大小关系。当 $P_2=P_0$ 时，就不能称为密闭式

回收系统，就变成了开式回收系统。其节能率和开式系统也是一样的。

(2) 关键技术

冷凝水从用热设备中排出，经专用疏水装置、共网装置等专用疏水装置顺利引入闪蒸罐。根据需要可进行二次汽分离利用。分离后的冷凝水被热泵引入回水罐，经消汽蚀处理后高温冷凝水被高温水泵直接送到锅炉汽包内，系统不会产生氧腐蚀，冷凝水也不会被二次污染，整个回收过程在密闭状态下运行。

(3) 主要技术指标

可以回收蒸汽全热量的 20%-30% 热量损失，减少蒸汽量损失，节能潜力显著。

5. 典型案例及投资效益

冷凝水回收是蒸汽热力系统循环中的一个重要环节，其回收利用的好坏直接影响蒸汽热力系统总的能源利用效率。这主要体现在以下几方面：

①热能价值：冷凝水具有蒸汽热能（焓值）的 20% 左右，相对于一个不回收冷凝水的系统来讲，冷凝水回收改造的节能潜力大于热力系统中的其他环节。

②工艺平衡：冷凝水回收系统的完善设计可以弥补疏水阀选型不当而造成的用汽设备蒸汽泄漏 3% 左右，减少高温饱和水的闪蒸损失 5%-10%。

③热平衡：回收冷凝水余热用于热力除氧，减少热力除氧器

的新蒸汽使用量，减少了高品位蒸汽的消耗量；回收冷凝水到锅炉汽包可以节省锅炉燃料，一般来说，给水温度每上升 6℃，就可以节省燃料 1%。冷凝水回收有利于锅炉排污量减少，降低排污热损失，提高锅炉热效率。

④水平衡：冷凝水做锅炉给水可减少软化水处理量，节省软化水处理费用。

6.推广前景及减排潜力

通过冷凝水节能技术改造，不仅能带来良好的节能效果和经济效益，也可以产生良好的环境效益和社会效益。一方面冷凝水从用汽设备排入大气的一瞬间，由于压力突然降低，产生大量二次闪蒸汽，喷出的高温冷凝水夹带闪蒸汽极易烫伤现场操作工。在北方的冬季，由于环境温度较低，易形成雾幕，造成安全风险。在夏季，是导致环境高温的重要因素；同时余热的回收伴随供热量的减少，对燃料锅炉而言，意味着燃料量减少，烟尘排放减少，其中的有害气体 CO₂、SO₂ 相应减少。

(七) 干熄焦锅炉乏汽回收技术

1.技术名称

干熄焦锅炉乏汽回收技术

2.技术类别

减污降碳类技术

3.应用现状及产业化

该技术已在唐山首钢京唐钢铁联合有限责任公司、迁安中化

煤化工有限责任公司、金牛天铁煤焦化有限公司、承德中滦煤化工有限公司、唐钢美锦（唐山）煤化工有限公司、河北旭阳能源有限公司等焦化企业应用。

4.技术内容

（1）技术原理

锅炉除氧及水吸热等过程产生的排污蒸汽称为乏汽。乏汽因在锅炉与除氧器中吸收热量而带有热能，且其本质上是水资源。若大量乏汽直接放散会造成巨大的能源损失和资源浪费，同时影响美观。因此，乏汽的回收利用是重要的节能减排途径。目前，乏汽回收技术主要针对除氧器乏气回收及锅炉排污乏汽回收，回收的乏汽可以用于补充水资源、提供热量以及发电等多种用途。

利用乏汽回收及换热装置，将干熄焦锅炉的定排、连排及除氧器的乏汽收集利用，获取热能交换及废水收集的效果。

（2）关键技术

定、连排乏汽回收。对每台锅炉的定、连排罐设计一套乏汽回收装置进行热量和水的回收。根据单台锅炉 3t/h 的连排水量可知共可产生乏汽 1.25t/h、饱和水 1.75t/h。乏汽进入乏汽回收装置，将装置中的循环水由 55℃ 升至 95℃，95℃ 循环水通过换热器将 45℃ 除盐水升至 51℃，升温后除盐水送去省煤器。多余乏汽水与饱和水换热后，送至除盐水处理站回收利用。换热后饱和水作为循环冷却水系统的补充水加以利用。

除氧器乏汽回收。将除氧器乏汽送至乏汽回收装置，新补充

的除盐水在装置中实施喷淋，其以高速流过动力头喷嘴时，对除氧器顶部排放的乏汽产生射吸作用可将这两种介质瞬间混合。利用乏汽的热量将除盐水升温，乏汽降温，混合后直接通过水泵进入除氧器，作为除氧器补充水。

(3) 工艺流程

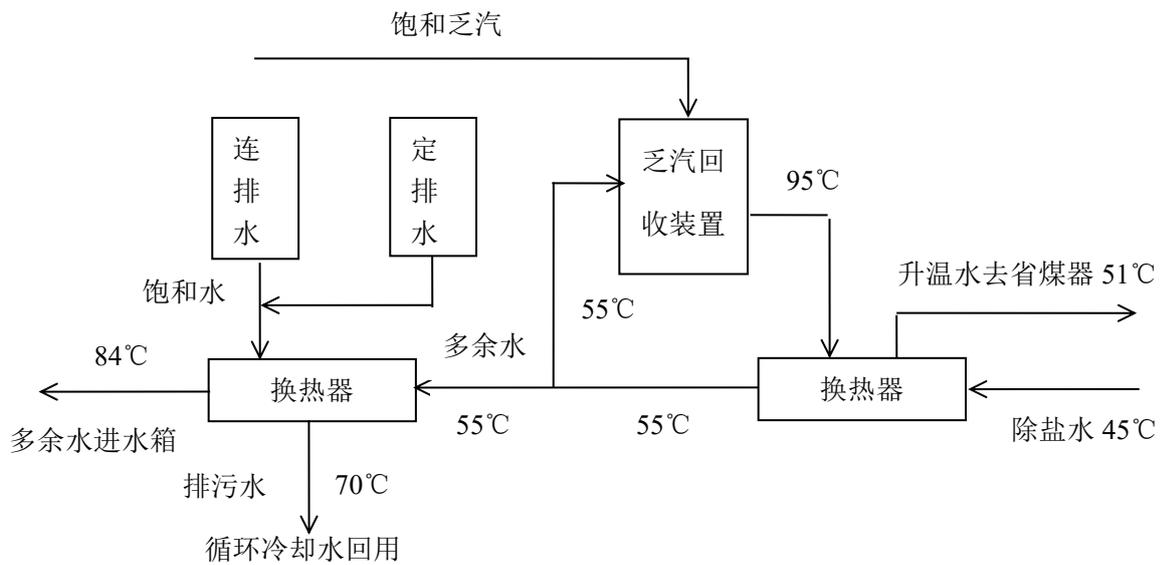


图5 定连排乏汽回收工艺流程图

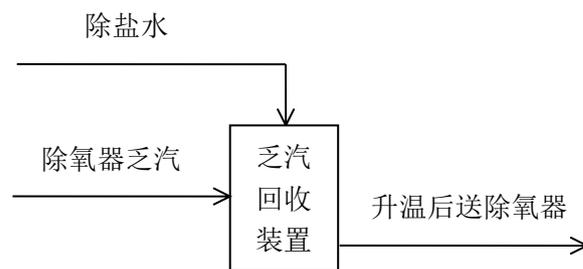


图6 除氧水乏汽回收工艺流程图

(4) 主要技术指标

按照 150t/h 高温高压锅炉测算，每小时可节约除盐水 1.25 吨，循环冷却水 1.75 吨，低压蒸汽量 0.92 吨。

5.推广前景及减排潜力

该工艺设备简单，操控方便，与生产衔接紧密，在解决现场跑冒滴漏前提下，可回收乏汽及热能，创造一定效益，具有推广价值。