

附件：

**《国家鼓励发展的重大环保技术装备目录  
(2023 年版)》供需对接指南之五  
多污染物协同处理技术装备典型案例**

# 目 录

案例一： .....	1
上海市机电设计研究院有限公司触媒陶瓷纤维滤管一体化超低排放技术及装备 .....	1
案例二： .....	5
成都易态科技有限公司高温烟气金属膜深度脱硫除尘脱硝余热利用一体化装备 .....	5
案例三： .....	9
安徽紫朔环境工程技术有限公司尘硝一体化协同脱除装备 .....	9
案例四： .....	12
福建龙净脱硫脱硝工程有限公司焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备 .....	12
案例五： .....	18
浙江大维高新技术股份有限公司火化机烟气多污染物协同脱除装备 .....	18
案例六： .....	22
福建龙净脱硫脱硝工程有限公司炭素阳极（煅烧及焙烧）烟气脱硫除尘一体化装备 .....	22

## 案例一：

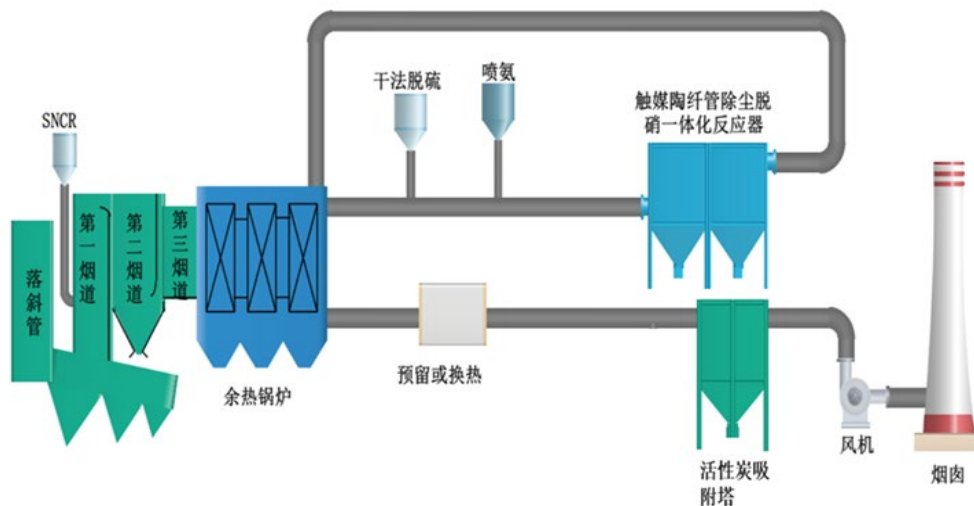
# 上海市机电设计研究院有限公司触媒陶瓷纤维滤管一体化超低排放技术及装备

### 一、技术适用范围

适用于钢铁、有色、固废焚烧等工业尾气治理。

### 二、技术原理及工艺

针对钢铁、有色、固废焚烧烟气，以实现超低排放为目标，系统研究了高效干法脱酸、触媒陶瓷纤维滤管尘硝二噁英一体化脱除、活性炭固定床吸附等关键技术和装置，开发了“干法脱酸+喷氨+触媒陶瓷纤维滤管+换热器+活性炭固定床”烟气超低排放净化工艺。



工艺流程图

### 三、技术指标

陶瓷纤维滤管除尘器进口参数：烟气温度：340℃ ~ 350℃；压损 1500Pa ~ 1800Pa；过滤速度 0.8m/min ~

1.2m/min; 活性炭固定床进口参数: 烟气温度: 100°C ~ 150°C; NO<sub>x</sub>: 200mg/Nm<sup>3</sup> ~ 3×10<sup>3</sup>mg/Nm<sup>3</sup>; 压损 300Pa ~ 800Pa; 烟气停留时间: 3s ~ 5s; 过滤风速: 0.1m/s ~ 0.5m/s; 出口参数: 粉尘 ≤10mg/Nm<sup>3</sup>; SO<sub>x</sub>≤35mg/Nm<sup>3</sup>; HCl≤5mg/Nm<sup>3</sup>; NO<sub>x</sub>≤50mg/Nm<sup>3</sup>; 氨逃逸≤3ppm; 二噁英≤0.1ngTEQ/Nm<sup>3</sup>; 除尘效率≥99.99%; 脱硝效率≥90%; 脱酸效率≥90%; 二噁英去除效率≥99%; 重金属汞去除效率≥99.99%; 重金属镉铊去除效率≥85%; 其他重金属去除效率≥80%; 排放达到《生活垃圾焚烧污染控制标准 (GB18485-2014)》要求。

#### 四、技术特点及先进性

触媒陶瓷纤维滤管一体化系统主要替代传统工艺当中的“半干法+干法+布袋除尘+SCR脱硝”工艺段, 将除尘脱硝脱二噁英集成在一个反应器内进行脱除, 可减少系统流程长度, 减少控制点位以及可动部件, 提升运行可靠性和控制集约化, 降低运行和检修难度; 无需对烟气进行多次加热换热, 可在高温段去除掉污染物后再对余热进行高效回收利用, 可以降低再热的能量输入, 降低运行成本; 触媒陶瓷纤维滤管使用寿命可达7~8年, 更换成本低;

采用高效脱酸碱剂, 在高温下具有更高的反应活性和脱除效率, 能一次性满足脱酸超低排放要求, 无废水产生。

采用“触媒陶瓷纤维滤管+活性炭固定床”两级二噁英脱除工艺, 能保证二噁英和重金属排放全时段达标, 同时可实现活性炭的减量化, 降低使用成本、处理成本和安全隐患。

#### 五、应用案例

项目名称：广东怀集垃圾热解焚烧烟气治理项目

项目所在地：广东省肇庆市怀集

项目概况：该项目为生活垃圾经热处理产生烟气，烟气经降温之后，经干法脱酸 + 喷氨 + 触媒陶瓷纤维滤管除尘器，一体化进行除尘、脱酸、脱硝。烟气入口烟气量：2000 Nm<sup>3</sup>/h，烟气温度：350℃，粉尘：6500mg/Nm<sup>3</sup>；SO<sub>x</sub>：800 mg/Nm<sup>3</sup>；NO<sub>x</sub>：400mg/Nm<sup>3</sup>；烟气出口粉尘≤10mg/Nm<sup>3</sup>，SO<sub>x</sub>≤35mg/Nm<sup>3</sup>，NO<sub>x</sub>≤50mg/Nm<sup>3</sup>。项目总投资 90 万元。



项目名称：淮北生物质电厂烟气净化技改项目

项目所在地：广东省肇庆市怀集

项目概况：该项目为生物质燃烧产生烟气，烟气原处理工艺为 SNCR + 干法 + 布袋除尘器。技改工艺为从第一级省煤器后端引出烟气（350℃）经干法脱酸 + 喷氨 + 触媒陶瓷纤维滤管除尘器，一体化进行除尘、脱酸、脱硝。烟气入口

烟气量: 11000Nm<sup>3</sup>/h, 烟气温度: 350°C, 粉尘: 20000mg/Nm<sup>3</sup>, SO<sub>x</sub>: 300mg/Nm<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub>: 300mg/Nm<sup>3</sup>; 烟气出口粉尘 ≤10mg/Nm<sup>3</sup>, SO<sub>x</sub>≤35mg/Nm<sup>3</sup>, NO<sub>x</sub>≤50mg/Nm<sup>3</sup>。项目总投资 1598 万元。目前该项目正在安装阶段, 2024 年 1 月中旬投运。

## 六、推广前景

超低排放在火电行业取得的显著效果, 加速了垃圾焚烧、生物质发电、危废处理等行业的改革步伐。河北、海南等部分省市制定了更为严格的垃圾焚烧烟气污染物排放标准, 垃圾焚烧行业烟气超低排放是大势所趋。随着环保排放限值日趋严格及投资运营成本压力增大, 烟气净化技术也逐步也从“单一污染物控制”向“多污染物协同控制”升级。该技术在项目投资、运行等方面具有较大的优势, 对能源、生态及经济社会具有良好的效益。未来三年预计本技术和产品在全国推广率达 5%左右, 总投入约 80000 万元, 年消减粉尘 8.8t/a、氮氧化物 88t/a、硫化物 13.2t/a。

## 七、支撑单位信息

支撑单位名称: 上海市机电设计研究院有限公司

联系人: 刘广涛

联系方式: 15121026616

## 案例二：

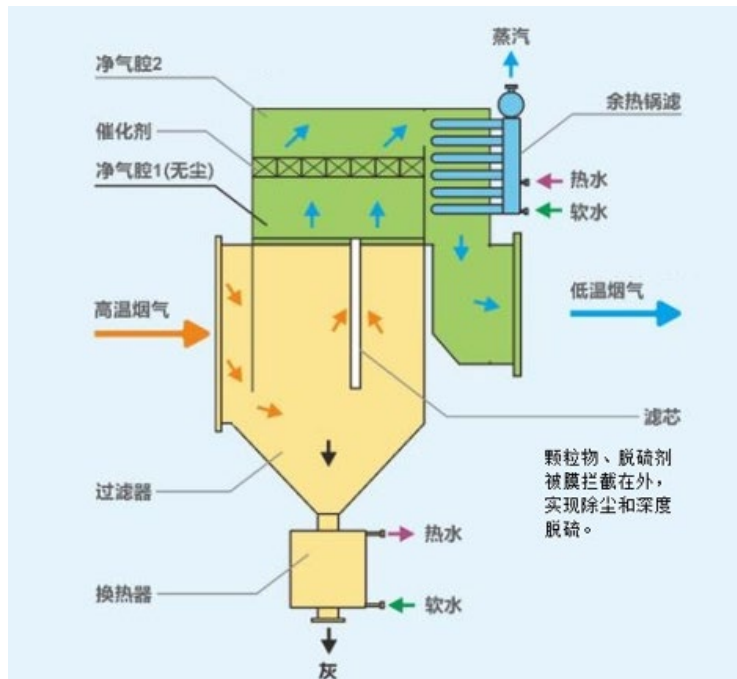
# 成都易态科技有限公司高温烟气金属膜深度脱硫除尘 脱硝余热利用一体化装备

### 一、技术适用范围

适用于工业硅领域高温腐蚀性含尘烟气多污染物一体化处理及建材、有色等其他领域的含尘烟气多污染物一体化处理。

### 二、技术原理及工艺

高温烟气金属膜深度脱硫除尘脱硝余热利用一体化装备集高温深度脱硫、膜除尘和高温脱硝功能于一体，实现一套装置对高温含尘、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  烟气进行净化处理。高温烟气经过特种金属膜后，颗粒物及脱硫剂被金属膜拦截后形成滤饼，烟气通过滤饼层时完成深度脱硫；脱硝催化剂布置于除尘后，由于烟气含尘少，脱硝催化剂使用量少，使用寿命长、脱硝效率高。该装备增加了余热锅炉的二段换热，微尘烟气环境下换热效率高、寿命长。烟气经污染物一体化处理、余热深度回收后达标排放。



工艺流程图

### 三、技术指标

进口参数：粉尘 $\leq 10\text{g}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{SO}_2 \leq 400\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、 $\text{NO}_x \leq 400\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；

出口参数：粉尘 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ； $\text{SO}_2 \leq 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ； $\text{NO}_x \leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；氨逃逸 $\leq 3\text{ppm}$ ；治理效果优于《工业硅生产大气污染物排放标准》（T/CNIA 0123-2021）；

余热回收：余热锅炉所产蒸汽的发电功率（33000kVA工业硅矿热炉配套余热锅炉） $> 6 \times 10^3\text{kW} \geq 6000\text{kW}$ ；

烧结金属膜参数：工作温度 $\leq 450^\circ\text{C}$ ；孔径范围： $0.5\mu\text{m} \sim 50\mu\text{m}$ ；膜材料强度 $\geq 100\text{MPa}$ ；工业气体耐腐蚀浓度： $\text{SO}_2 > 20\%$ （v/v）， $\text{H}_2\text{S} > 5\%$ （v/v）。

### 四、技术特点及先进性

装备集高温深度脱硫、除尘与微尘脱硝一体化，占地面积、投运费用显著降低，SCR前高温除尘实现催化剂更省、寿命更长、效果佳，环保排放指标优异。行业首次增加了余



热二级利用模块，实现副产中温中压蒸汽去发电，相较传统工艺年增加发电量约 20%，节能减碳量约 2.2 万吨/年~2.4 万吨/年。

## 五、应用案例

项目名称：成都台玻 900t/d、700t/d 玻璃窑炉焙烧烟气脱硫除尘脱硝一体化示范项目

项目所在地：成都青白江区

项目概况：台玻成都玻璃有限公司位于成都青白江区，是台玻集团为了加强海峡两岸的经济合作，配合西部大开发，在青白江区创立的。项目投资规模 999 万元。项目针对两条生产线 900t/d、700t/d 玻璃窑炉焙烧烟气进行脱硫除尘脱硝一体化处理，粉尘 $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ； $\text{SO}_2\leq 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ； $\text{NO}_x\leq 100\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；氨逃逸 $\leq 3\text{ppm}$ 。

采用高温金属膜置于 SCR 脱硝催化剂之前代替原先脱硝后除尘的生产方式，有效减轻了催化剂中毒、氨逃逸、换热器堵塞问题；采用深度脱硫除尘脱硝余热利用一体化装备，代替原有分体式设备，大幅减轻了装备占地面积逾 30%，同时节材节省投资效果明显。实施周期 6~9 个月。

## 六、推广前景

工业硅作为有机硅、多晶硅、硅合金的基础原材料，其下游应用已经渗透到国防军工、信息产业、新能源等相关行业中，在我国经济社会发展中具有重要地位。特别是随着国家大力推动碳达峰碳中和，作为能源结构调整中的重要组成部分，光伏产业链部分迎来了高速发展。该技术是推动工业

硅绿色低碳制造的关键技术装备，预计未来三年，该技术装备在全国推广率达到 20%左右，可实现年产值 200000 万元，年销售量 15 台，年减少粉尘 15 万吨，节能减碳量约 30 万吨/年。此外，技术还可以应用于有色、建材等其他领域。

### **七、支撑单位信息**

支撑单位名称：成都易态科技有限公司

联系人：张丽红

联系方式：13880077936

### 案例三：

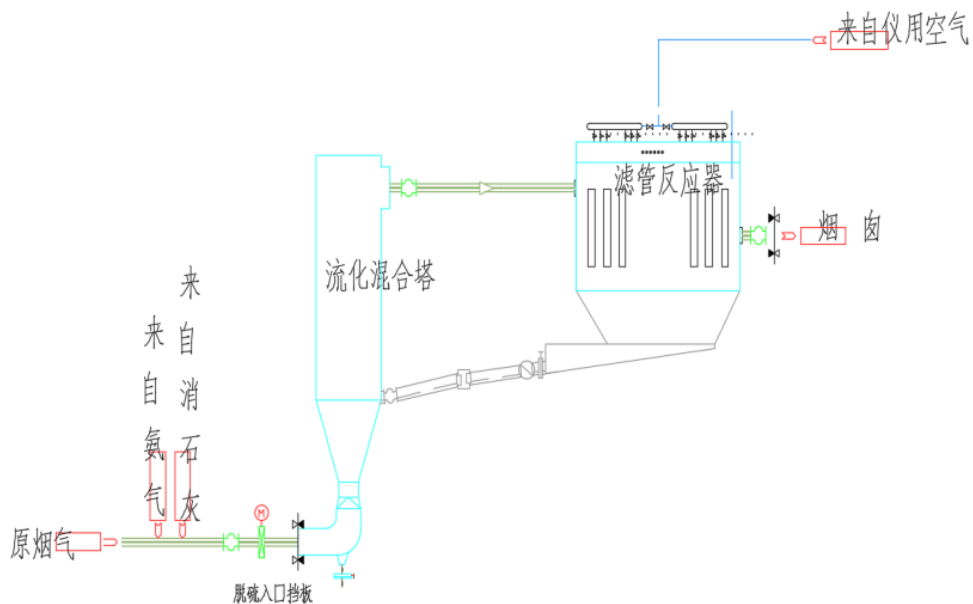
## 安徽紫朔环境工程技术有限公司尘硝一体化协同脱除装备

### 一、技术适用范围

适用于生物质电厂的脱硫、脱硝、除尘一体化协同处理。

### 二、技术原理及工艺

采用中低温陶瓷纤维催化滤管，对烟气尘硫硝协同处理，实现超低排放；采用双向流 SCR 脱硝装置，实现低温脱硝；采用仓室并联、分仓设计，实现系统连续运行，不停机检修。具有脱除效率高、可靠性高、维护方便等优点。



工艺流程图

### 三、技术指标

SO<sub>2</sub> 脱除率：97%；除尘效率：99.99%；NO<sub>x</sub> 脱除率：99%；工作温度：320.5℃；SO<sub>2</sub> 出口排放浓度：20.1 mg/Nm<sup>3</sup>；

NO<sub>x</sub> 出口排放浓度：30.3mg/Nm<sup>3</sup>；烟尘出口排放浓度：4.5 mg/Nm<sup>3</sup>；尘硝一体化除尘器花板：厚度 11mm。

#### 四、技术特点及先进性

采用中低温陶瓷纤维催化滤管，对烟气尘硫硝协同处理，实现超低排放。采用仓室并联、分仓设计，实现了系统连续运行，不停机检修。采用全干法工艺流程，不产生新的二次污染，达标烟气经烟囱排放，无需烟囱热备且工艺有显著脱白协同效应。

#### 五、应用案例

项目名称：合肥长丰皖能生物质能发电有限公司皖能农林生物质发电项目

项目概况：项目应用中低温陶瓷纤维催化滤管，对烟气尘硫硝协同处理技术，投资规模 2750 万元。对皖能长丰县生物质能发电项目工程 1×130t/h 高温高压生物质炉排炉+1×30MW 凝汽式汽轮发电机组进行烟气脱硫脱硝除尘改造。尘硫硝多污染物协同脱除一体化技术，脱硫效率可以高达 95%以上，脱硝效率高达 98%以上（300℃），整个系统温降可以控制在 25℃以内。该技术还可以有效地去除 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、HCl、H<sub>2</sub>S、HF 等多种酸性气体。

采用负压吸入混匀气体技术，运用研磨模块并同时利用气囊容积变化形成负压，实现灰尘自动清理，催化剂预处理提高了催化剂利用效率。

运用真空抽吸和自动控制结合技术，实现陶瓷滤管自动成型，电脑控制。陶瓷滤管各部位均安装压力监测装置，实

时监测制作各位置参数，使成型后纤维结构密实，滤管品质高；聚酯纤维结构稳定，过滤层可反复使用，整体结构简单，实现陶瓷滤管量产化生产。实施周期 6~7 个月。

## **六、推广前景**

根据环保部要求，烟气的超低排放改造大部分要在 2025 年前完成，因此 2023~2025 是需求的爆发期，处在供不应求的状态。目前安徽紫朔环境工程技术有限公司具备年产 10 台套的能力，且在 2025 年进一步扩产至 30 台套。全部达产后，预计实现收入约 10 亿元，考虑 20% 利税率，预计将实现利税约 2 亿元。预计 3 年后每年可形成污染物减排能力为 27.06 万吨。

## **七、支撑单位信息**

支撑单位名称：安徽紫朔环境工程技术有限公司

联系人：孙正庭

联系方式：13856168116

## 案例四：

# 福建龙净脱硫脱硝工程有限公司焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备

### 一、技术适用范围

适用于焦化行业全流程烟气的  $\text{SO}_2$ 、 $\text{SO}_3$ 、焦油、非甲烷总烃等多污染物深度治理。

### 二、技术原理及工艺

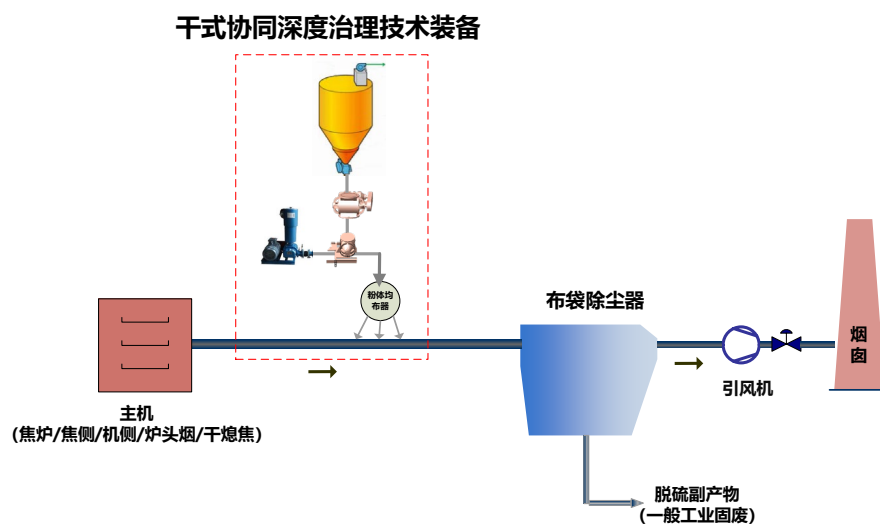
焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备基于钙基干法脱硫反应原理，以超细粉料高精动态输送技术和粉料气固均混技术为核心，将高品质钙基吸收剂物料通过高气密给料系统和超细粉料高精动态输送技术送入烟道或反应器内。通过粉料气固均混技术，实现物料与烟气的快速接触与反应。

吸收剂在烟道或反应器及布袋除尘器中，与烟气中的  $\text{SO}_2/\text{HF}/\text{HCl}/\text{SO}_3$  等酸性气体反应、实现高效脱除。同时烟气中的非甲烷总烃、重金属、焦油等污染物在这过程中被吸收剂颗粒捕集，从而实现高效协同脱除。

净化后烟气在引风机作用下排放烟囱或进入其他烟气治理环节，副产物则通过布袋除尘器灰斗下部实现外排，并做综合利用处置。

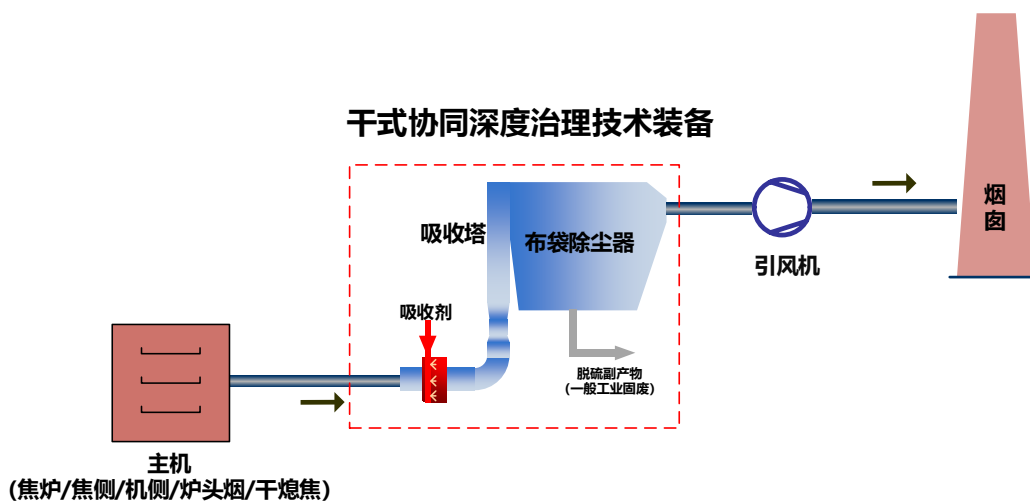
根据项目特点，可选择烟道或吸收塔作为反应器，可有两种技术方案，分别如下：

(一) 以烟道作为反应器：焦化主机烟气（焦炉、焦侧/机侧/炉头烟/干熄焦地面站）→干式协同深度治理装备→布袋除尘器→引风机→烟囱排放。



以烟道作为反应器的工艺流程

(二) 以吸收塔作为反应容器：焦化主机烟气（焦炉、焦侧/机侧/炉头烟/干熄焦地面站）→干式协同深度治理装备→吸收塔→布袋除尘器→引风机→烟囱排放。



以吸收塔作为反应容器的工艺流程

### 三、技术指标

烟气处理量 $\leq 1 \times 10^6 \text{Nm}^3/\text{h}$ ; 进口参数：烟气温度 $\leq 400^\circ\text{C}$ ;

SO<sub>2</sub> 浓度≤500mg/Nm<sup>3</sup>；非甲烷总烃≤120mg/Nm<sup>3</sup>；出口参数：SO<sub>2</sub> 脱除效率 ≥90%，SO<sub>2</sub>≤15mg/Nm<sup>3</sup>；非甲烷总烃≤60mg/Nm<sup>3</sup>；零水耗、零废水；协同脱除 HCl/HF/重金属等，满足国家最新排放标准。

#### 四、技术特点及先进性

该技术装备以超细粉料高精动态输送技术和粉料气固均混技术为核心，有机结合布袋除尘器，实现对焦化全流程烟气中 SO<sub>2</sub>、SO<sub>3</sub>、焦油和非甲烷总烃等污染物的高效协同脱除，主要技术指标如下：SO<sub>2</sub> 排放浓度≤15mg/Nm<sup>3</sup>；非甲烷总烃排放≤60mg/Nm<sup>3</sup>；零水耗、零废水。

本装备能适用于具有不同烟气工况（负荷、温度、污染物浓度等）的焦炉烟道气、推焦/装煤地面站、干熄焦放散气等焦化全流程烟气治理，具有治理效率高、零水耗、零废水、投资小、运行成本低、排烟透明、副产物为一般工业固废等优点，在金鼎潞宝焦化、鸿达焦化等大中型焦化厂得到应用，有效减少了焦化烟气所排放的 SO<sub>2</sub> 和非甲烷总烃，实现了副产物的资源化处置，创造了显著的环境效益、社会效益和经济效益。

#### 五、应用案例

项目名称：潞宝焦化 200 万吨焦炉烟气钙基干法脱硫深度治理项目

项目概况：潞宝焦化 200 万吨 7.65 米大焦炉于 2020 年建成，2021 年 11 月，龙净在潞宝焦化 200 万吨焦炉烟气上采用焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备开展了 72 小



时连续运行测试，运行效果很好，脱硫效率稳定高于 90%，最高达到 94%以上。2022 年 1 月，潞宝焦化开始正式采用龙净的焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备，由龙净出资建设，并供应高品质钙基吸收剂。

龙净的焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备投运以来，稳定实现了焦化烟气的超低排放。在装备入口烟气  $\text{SO}_2$  浓度平均为  $150\text{mg}/\text{Nm}^3$  的工况下（实际引入干熄焦循环放散气，浓度更高），实现出口烟气  $\text{SO}_2$  浓度低于  $15\text{mg}/\text{Nm}^3$  排放，并在保障冬奥会空气质量期间可低于  $5\text{mg}/\text{Nm}^3$  排放。在入口非甲烷总烃不高于  $120\text{mg}/\text{Nm}^3$  的工况下，实现出口非甲烷总烃小于  $10\text{mg}/\text{Nm}^3$  排放。

项目可实现不低于 90%的  $\text{SO}_2$  和非甲烷总烃脱除效率。二氧化硫年减排总量 540 吨、非甲烷总烃年减排总量 440 吨。此外，具备同时高效脱除  $\text{SO}_3$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{HF}$  等酸性气体、重金属、焦油等多组份污染物的能力。该项目的成功实施直接避免了危废的产生，有效改善了生态环境，助力潞宝焦化实现绿色转型。

经过长期稳定的运行，龙净焦化烟气多污染物干式协同深度治理装备一年预计可以节省约 100 万元，实现了低成本高效脱硫。产生的钙基脱硫灰，各项浸出性、毒性试验均合格，为一般固废，可直接资源化综合利用。

实施效果显著优于国家超低排放要求，实现了节能降耗，成为焦化行业烟气治理的典范。相较于现有主流的 SDS 钠基脱硫工艺，该装备除非甲烷总烃脱除方面有较大提升

外，整体运行成本降低 10%~30%，大大提升了焦化烟气深度治理的技术经济性。



## 六、推广前景

根据生态环境部要求，2025 年底前应完成重点区域焦化企业 80%产能的全流程烟气超低排放改造。目前，重点区域的焦化企业焦炉烟气已基本完成超低排放改造，但其中 40%是需要进行升级改造，同时地面站烟气的超低排放完成度较低。另外，4.3 米及以下焦炉需要进行“上大压小”的产能有 1.12 亿吨，将同步新建超低排放深度治理装备。

随着本装备的逐步投运，实施效果得到了行业内的广泛认可，市场占有率稳步提升。若本装备在新建和改造市场占有率均按 25%计算，则市场投资规模在 25 亿元左右。预计未来三年，每年平均可推广装置数量 20 套以上。预计至 2025 年，本技术可累计实现装置推广近百台套，每年可脱除的  $\text{SO}_2$  和非甲烷总烃总量超 10 万吨，对促进环保产业发展和空气质量改善具有重要意义。

## 七、支撑单位信息

支撑单位名称：福建龙净脱硫脱硝工程有限公司

联系人：张哲然

联系方式：1800607038

## 案例五：

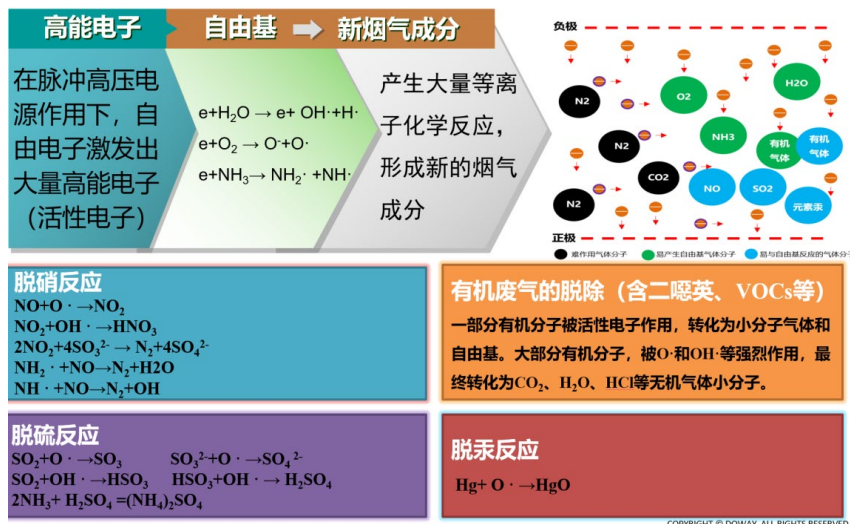
# 浙江大维高新技术股份有限公司火化机烟气多污染物协同脱除装备

### 一、技术适用范围

适用于火化机、垃圾焚烧厂等燃烧烟气尾气处理。

### 二、技术原理及工艺

该技术装备是一项专门用于火化机烟气超低排放的直接等离子体多种污染物协同脱除技术，采用高能脉冲，产生低温等离子体场，打开污染物气体的分子键，同时用 O（氧基）和 OH（羟基），进行定向的无害化组合、吸收，实现 NO<sub>x</sub>、二噁英、恶臭气体、粉尘等多种污染物协同脱除，保证火化机尾气的超低排放。



技术原理图

### 三、技术指标

处理风量：3000m<sup>3</sup>/h ~ 6000m<sup>3</sup>/h；进口参数：氮氧化物 210mg/Nm<sup>3</sup>，颗粒物 35.7mg/Nm<sup>3</sup>，二噁英 1ngTEQ/m<sup>3</sup>，恶臭

气体 2290（无量纲）；出口参数：氮氧化物 50 mg/Nm<sup>3</sup>，颗粒物 5 mg/Nm<sup>3</sup>，二噁英 0.1ngTEQ/m<sup>3</sup>，恶臭气体 500（无量纲）。

#### 四、技术特点及先进性

（一）自研纳秒级脉冲高压电源，输出功率 90%，上升沿脉宽小于 300ns，纳秒级高压重复频率大于 300Hz，且电压、频率和脉宽都实现自动控制可调。采用梅花齿-筒式放电极配置纳秒级脉冲高压电源，可实现稳定、均匀的窄脉冲放电，注入能量大。

（二）该工艺技术在火化机现有烟气治理工艺基础上进行技术改造，后部新增一套直接等离子体法综合处理装置，实现焚烧烟气的超净排放，可实现氮氧化物≤100mg/Nm<sup>3</sup>；颗粒物≤5mg/Nm<sup>3</sup>；二噁英 < 0.1 ngTEQ/m<sup>3</sup>；恶臭气体排放≤800（无量纲）；二氧化硫≤20mg/Nm<sup>3</sup>；氯化氢≤20mg/Nm<sup>3</sup>；汞及其化合物（以 Hg 计）≤0.05mg/Nm<sup>3</sup>；烟气黑度（林格曼黑度）< 1 的综合排放指标，实现恶臭气体、二噁英和氮氧化物的深度脱除。

#### 五、应用案例

项目名称：金华市殡仪馆火化机烟气改造项目

项目所在地：浙江省金华市金东区东孝街道

项目概况：金华市殡仪馆火化机烟气改造项目是项目设备的示范工程。大维高新为实现火化机烟气的超净排放，以纳秒级脉冲高压电源作为等离子体反应器的供电装置为核心，设计与之匹配的反应器本体装置及梅花齿-筒式放电极，

并创新的设计了火化机燃烧烟气超净排放的工艺路线：“主燃室→二燃室→急冷装置→旋风除尘→活性炭喷射→布袋除尘器→直接等离子体法综合处理装置→排放”。项目总投入约 300 万元，自 2019 年 3 月平稳运行至今，经第三方检测实现了项目预期的污染物脱除指标：除臭效果达 82%，臭气指数入口最高值为 2290（无量纲），出口最高值为 416（无量纲）；氮氧化物去除率为 65.7%（按 11%氧折算后去除效率），出口  $\text{NO}_x$  平均排放浓度为  $72\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；二噁英去除效率为 84%，出口排放浓度  $0.16\text{ ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ ；颗粒物去除率  $>80\%$ ，出口排放浓度  $3.9\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，验证了设备技术先进，污染物处理成效明显，节能减排效果显著。

该项目稳定运行，成本较低。单台装备在正常运行情况下，可实现氮氧化物年减排量 1.5t，粉尘年减排 0.2t，硫化物年减排量 0.2t，二噁英 189g，并进一步显著降低了恶臭物质的排放量，具有显著的环境效益。



## 六、推广前景

近年来国家在大气污染行业工业领域污染改革进入深水区，节能减排工作重心正逐渐自工业向民生领域转移，各省市民政和环保部门目前也在积极出台民生相关的节能减排政策。殡仪馆作为最贴近居民生活区的大气污染源头，预计未来三年，火化机烟气多种污染物协同脱除装备全面开展。以浙江省为例，全省共有 500 多台火化机，其中只有过半火化机安装了简单的烟气处理装置，其余都采取烟气直排，仅浙江省火化机烟气超净排放装置的市场容量超 20 亿元。根据《2014 中国民政统计年鉴》我国已建设殡仪馆 1784 座，火化炉 5743 台。预计三年内全国市场普及率将达到 7%，总投入 15.2 亿元，实现氮氧化物年减排量 570t，粉尘年减排 76t，硫化物年减排量 76t，二噁英 63.84 kg。

## 七、支撑单位信息

支撑单位名称：浙江大维高新技术股份有限公司

联系人：刘羽洁

联系方式：15057188190

## 案例六：

### 福建龙净脱硫脱硝工程有限公司炭素阳极（煅烧及焙烧）烟气脱硫除尘一体化装备

#### 一、技术适用范围

适用于铝用炭素阳极煅烧炉及焙烧炉烟气的脱硫、除尘及多污染物协同处理。

#### 二、技术原理及工艺

炭素阳极（煅烧或焙烧）烟气通过烟道引入脱硫吸收塔内，与加入的吸收剂、和副产物充分混合后，通过文丘里管的加速而悬浮起来，形成激烈的湍动状态，颗粒反应界面不断摩擦、碰撞更新，极大地强化气固间的传热、传质。同时，通过向吸收塔内喷雾化水，湿润颗粒表面，烟气冷却到最佳的化学反应温度，此时烟气中的  $\text{SO}_2$ 、几乎全部的  $\text{SO}_3$  及 HF 等酸性成分被吸收而除去，生成  $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CaF}_2$  等副产物。

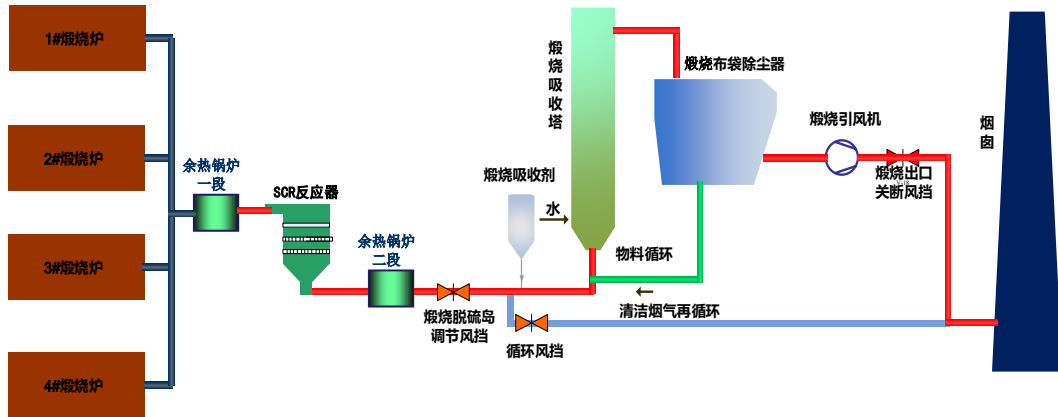
由于反应器具有浓度高达  $20\text{kg}/\text{m}^3$  以上激烈湍动的高密度颗粒床层，在循环流化床的环境下，高密度的颗粒床层及良好的传热、传质效果，焦油被颗粒物吸附、捕集及包裹，焦油几乎完全被脱除，并且通过高浓度颗粒的吸附包裹后，避免焦油对后续设备的粘附、堵塞。

同时，在循环流化床吸收塔的喷水、团聚、凝并的环境下， $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$  等超细颗粒粉尘聚集凝并增大成较粗颗粒，通过反应塔后的低压旋转脉冲布袋除尘器进行深度净化，

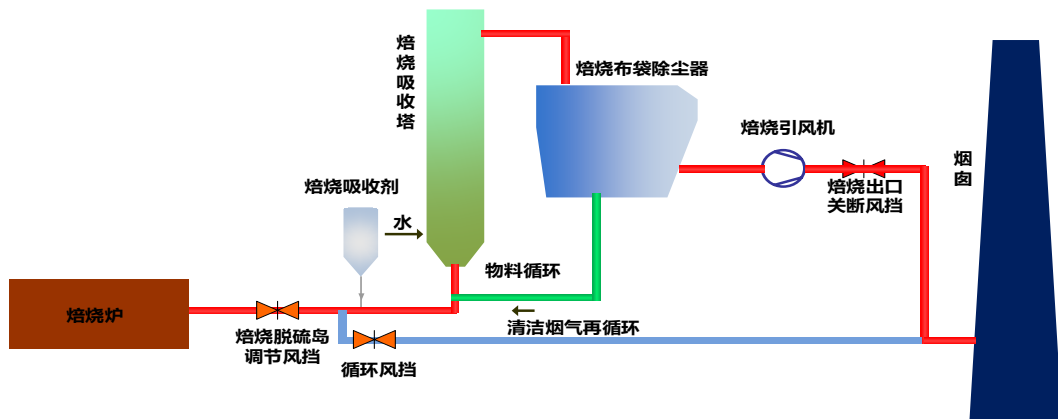


达到粉尘的超低排放。脱硫除尘后的清洁烟气经后续的脱硫引风机进入烟囱排放。

另外，利用流化床高比表面积的颗粒床层，可有效吸附重金属等物质，达到多组分污染物协同净化的目的。



煅烧烟气脱硫除尘一体化装备工艺流程图



焙烧烟气脱硫除尘一体化装备工艺流程图

### 三、技术指标

进口参数：颗粒物浓度： $300\text{mg}/\text{Nm}^3 \sim 500\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， $\text{SO}_2$ ： $1000\text{mg}/\text{m}^3 \sim 6000\text{mg}/\text{m}^3$ ，沥青焦油： $< 200\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氟化物： $< 70\text{mg}/\text{Nm}^3$ ；

出口参数：颗粒物浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， $\text{SO}_2 \leq 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，沥青焦油 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，氟化物排放 $\leq 3\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，优于《铝工业污染物排放标准》(GB 25465-2010)修改单中大气污染物特别

排放限值要求。

#### 四、技术特点及先进性

以高端动净化反应器为核心，依托于反应器内激烈湍动颗粒床层吸收吸附双重净化和高效布袋除尘技术，实现多污染物高效脱除、工况烟气频繁波动条件下二氧化硫超低排放稳定控制、三氧化硫及焦油高效协同脱除、细微颗粒物凝并脱除等。整套系统无需任何防腐、烟囱排烟透明、废水零排放，副产物可综合利用。

#### 五、应用案例

项目名称：连云港临海新材料有限公司 80 万吨阳极新材料项目

项目概况：连云港临海新材料有限公司 80 万吨阳极新材料项目于 2018 年开工建设，2019 年 5 月一次性成功投运。项目投运以来，系统运行稳定可靠，出口  $\text{SO}_2$  排放浓度  $\leq 35\text{mg}/\text{Nm}^3$ 、出口粉尘排放浓度  $\leq 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ ， $\text{SO}_2$  年减排约  $2 \times 7272.6$  吨，粉尘年减排约  $2 \times 233$  吨。不仅主要污染物排放指标均优于合同指标要求，而且还可高效协同脱除  $\text{SO}_3$  气溶胶、重金属、 $\text{PM}_{2.5}/\text{PM}_{10}$  细微颗粒物等多组份污染物。



项目名称：云南索通 60 万吨/年焙烧烟气脱硫除尘系统

项目概况：云南索通 60 万吨/年焙烧烟气脱硫除尘系统于 2020 年开工建设，2021 年 7 月一次性成功投运。项目投运以来，系统运行稳定可靠，出口 SO<sub>2</sub> 排放浓度≤35mg/Nm<sup>3</sup>、出口粉尘排放浓度≤10mg/Nm<sup>3</sup>，出口焦油排放浓度≤10mg/Nm<sup>3</sup>，出口氟化物排放浓度≤3mg/Nm<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub> 年减排约 3242.4 吨，粉尘年减排约 1646.4 吨，焦油年减排约 470.4 吨，氟化物年减排约 225.1 吨。不仅主要污染物排放指标均优于合同指标要求，而且还可高效协同脱除 SO<sub>3</sub> 气溶胶、重金属、PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> 细微颗粒物等多组份污染物。



## 六、推广前景

根据初步调研，目前国内约有 250 套煅烧及焙烧装置，预计有超 50 亿元的市场改造需求，应用前景广阔。随着市场需求的逐步启动以及技术的不断成熟，三年后，预测本装备可累计推广 30 套以上，二氧化硫年减排量超 15.5 万吨、粉尘年减排量超 0.6 万吨。

## 七、支撑单位信息

支撑单位名称：福建龙净脱硫脱硝工程有限公司

联系人：张哲然

联系方式：1800607038