国家环境保护工程技术中心
成果案例汇编

（大气领域）

环境保护部科技标准司
中国环境科学学会
2016 年 11 月

前　言

国家环境保护工程技术中心（以下简称“工程技术中心”）是国家组织重大环境科技成果工程化、产业化、聚集和培养科技创新人才、组织科技交流与合作的重要平台。截止到 2016 年 10 月，环境保护部共建设了 43 家工程技术中心，涵盖了水、气、固废、土壤、噪声、监测、农村、生态、重点污染工业行业、技术管理与评估等主要污染防治领域和技术支持领域，在国家环境保护工作中发挥着积极作用。

为积极响应国家“大气污染防治行动计划”号召，同时推动工程技术中心相关技术成果的社会共享和应用转化，环境保护部科技标准司、中国环境科学学会面向各工程技术中心，征集了一批技术先进、经济可行、成熟可用的大气污染防治技术成果，并组织专家对征集到的技术进行了评估，编制形成了《国家环境保护工程技术中心成果案例汇编(大气领域)》(以下简称《成果案例汇编》)。随后还将适时发布水、土壤等领域的成果案例汇编，从而加快工程技术中心先进适用技术的推广应用，提升科技对环境质量改善的支撑能力。

《成果案例汇编》包含了 SO_2 治理技术、NO_x 治理技术、颗粒物治理技术、汞治理技术、VOCs 治理技术、多污染物协同控制技术以及智能平台七个类别，共计 40 项技术。入选技术均通过工程示范或用户使用等方式得到应用，效果良好，具备进一步推广的前景。

用户在使用本《成果案例汇编》所列技术之前，请认真研究分析该技术在相关应用中的适用性，并根据《合同法》等相关法

律法规，与技术咨询方约定双方权利义务，在技术交易和使用中严格履行供需双方的责任与义务。

希望本《成果案例汇编》能为有关管理部门、科研单位和企业在大气环境保护与治理工作中提供帮助。

目　录

SO_2 治理技术

1. 湿法高效脱硫关键技术与成套工艺.....3
2. 单塔双区超低脱硫除尘技术.....6
3. 多级增湿半干法烟气净化技术.....9
4. 单塔四区高效脱硫除尘技术.....12
5. 低浓度二氧化硫催化歧化硫资源回收技术.....14

NOx 治理技术

6. 选择性非催化还原法（SNCR）烟气脱硝技术.....19
7. 超超低双混烟气脱硝技术.....21
8. 高效烟气催化脱硝关键技术及成套工艺.....24
9. 可调煤粉浓淡低氮燃烧及低负荷稳燃技术.....27
10. 深度分级结合烟气再循环超低氮燃气燃烧技术.....30
11. 全预混表面燃气燃烧技术.....32
12. SCR 脱硝催化剂再生技术.....34
13. 失活脱硝催化剂再生改性技术.....37

颗粒物治理技术

14. 超净电袋复合除尘技术.....43
15. 高效低阻脉冲袋式除尘技术.....46
16. 工业炉窑烟尘细颗粒物超低排放与节能技术.....48
17. 铁合金炉煤气干法净化与回收技术.....50
18. 燃煤电站低低温电除尘技术与装备.....52
19. 燃煤电站 $PM_{2.5}$ 新型湿式电除尘技术与装备.....55
20. WE 型管式湿式电除尘（雾）技术.....58
21. DCW 型湿式电除雾器.....61
22. 湿式静电烟气净化技术.....64

23. 旋转射流帷幕雾化除尘器技术装备.....67
24. 除尘用脉冲高压电源.....70
25. 除尘用 STR03 系列高频电源.....73
26. 除尘用智能变频电源.....76
汞治理技术
27. 低温等离子体处理含汞废气集成技术.....81
28. 热解析-低温等离子体处理含汞废渣集成技术.....83
VOCs 治理技术
29. 油品存储及装载过程油气活性炭吸附吸收回收技术.....87
30. 石化行业 VOCs 工艺废气蓄热氧化（RTO/RCO）技术.....89
多污染物协同控制技术
31. 低温烟气循环流化床同时脱硫脱硝除尘技术.....95
32. 催化裂化烟气多污染物协同治理技术.....98
33. 电解铝烟气脱硫脱氟除尘一体化技术.....100
34. DSC-M 燃煤烟气干式超净技术.....103
35. 玻璃窑烟气脱硫脱硝及除尘一体化技术.....106
36. 烧结（球团）烟气干式超低排放技术.....108
37. 燃煤锅炉除尘脱硫脱硝超低排放技术.....111
38. 新型高效环保煤粉工业锅炉技术.....113
智能平台
39. 智能化烟气多污染物治理系统.....117
40. 工业锅炉远程集中监控及智能辅助决策云平台技术.....120

SO_2治理技术

技术编号：1

技术名称

湿法高效脱硫关键技术与成套工艺

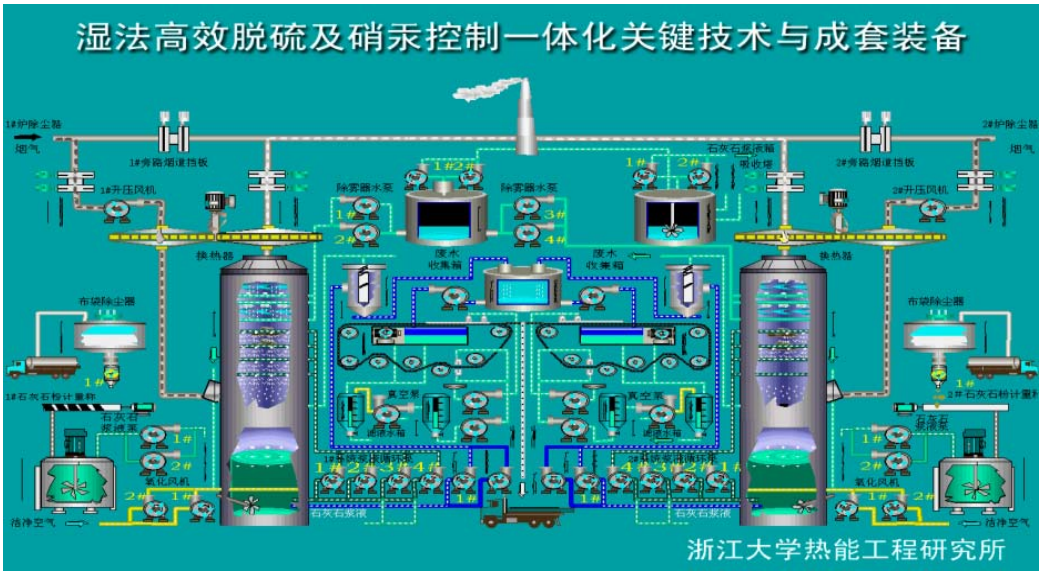
适用范围

燃煤电站锅炉、热电联产锅炉、燃煤工业锅炉、冶金行业窑炉等烟气污染治理。

基本原理

采用石灰石（或石灰）作为脱硫吸收剂。在吸收塔内，吸收浆液与烟气接触混合，烟气中的二氧化硫与浆液中的碳酸钙以及鼓入的氧化空气进行化学反应被吸收脱除，在此基础上，通过脱硫塔内流场优化及活性添加组分的协同效应，强化气液高效混合接触及脱硫传质-反应过程，提高 SO_2 的脱除效率。最终产物为石膏，脱硫后的烟气依次经过除雾器除去雾滴，经烟囱排放。

工艺流程



典型工艺流程图

关键技术或设计特征

- 全流程系统多场均布技术，通过吸收塔内流体流动优化能够显著强化相间的混合和传质过程，优化气液两相在塔内吸收段的接触，并降低吸收塔阻力；
- 高密度防短路喷淋层设计技术，通过不同烟气流速、不同 SO_2 浓度条件下喷淋层管路设计、不同喷淋层喷嘴参数、边壁喷嘴/中心喷嘴的特定设计，增加浆滴与烟气的混合强度，提高气液接触时间及气液接触面积，与传统喷淋层设计相比，在相同液气比条件下可实现 SO_2 脱除效率从 95%提高到 97%以上；
- 自适应塔内构件强化传质技术，加装气液再分配及自适应式筛板强化传质构件后效果高于一层喷淋层，在实际工程应用中，加优化后筛板强化传质构件

后，可以代替一层喷淋层；在相同液气比条件下，脱硫效率与空塔相比提高2%~3%，可达到 99.5%；

- 分区 pH 值调控强化传质技术，通过主浆液池与副浆液池之间的高效连接及喷淋层的控制连接系统设计，实现系统 SO_2 的高效稳定脱除，实现最终脱硫效率 99%以上，并可进一步提高脱硫石膏的品质。

典型规模

该技术成果已实现规模化工程应用，项目成果在含 1000MW 级的燃煤机组上均有应用。

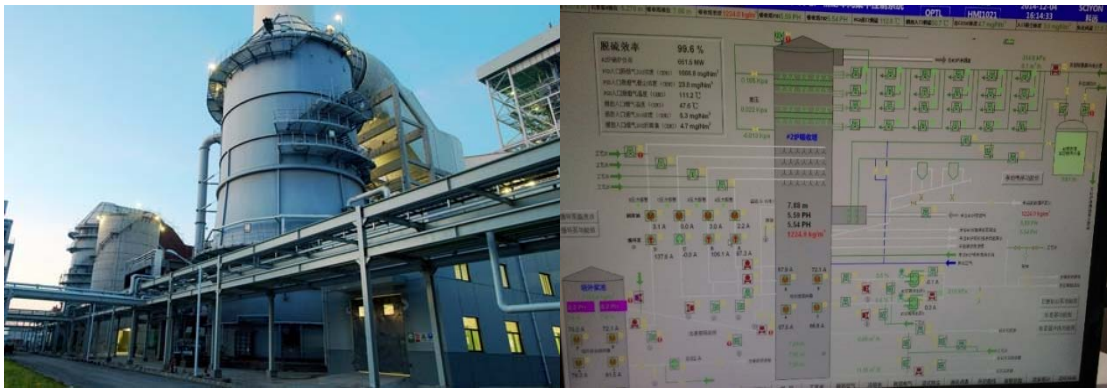
推广情况

通过产学研合作，项目成果累计在国内已推广了 110 多套装置（机组容量合计已超过 41770MW）。

典型案例

（一）项目概况

大唐南京发电厂#2 机组（660MW）脱硫提效改造工程于 2014 年 11 月投入运行，脱硫系统脱硫效率设计值＞98.5%，二氧化硫排放浓度＜35mg/Nm^3。



现场工程和 DCS 数据图

（二）技术指标

脱硫系统投运后 SO_2 出口浓度低于 20mg/Nm^3，脱硫效率达到 99%以上；除尘效率达 75%以上（脱硫塔出口烟尘浓度达 6mg/Nm^3）。

（三）投资费用

本改造工程总投资约 3000 万元，其中设备投资约 1300 万元。

（四）运行费用

年利用按 5500 小时计，相对于原脱硫设施运行成本，本改造工程年运行费用增加 516.15 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：翁卫国

电话：0571-87951335
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027
E-mail：wgweng@163.com

技术编号：2

技术名称

单塔双区超低脱硫除尘技术

适用范围

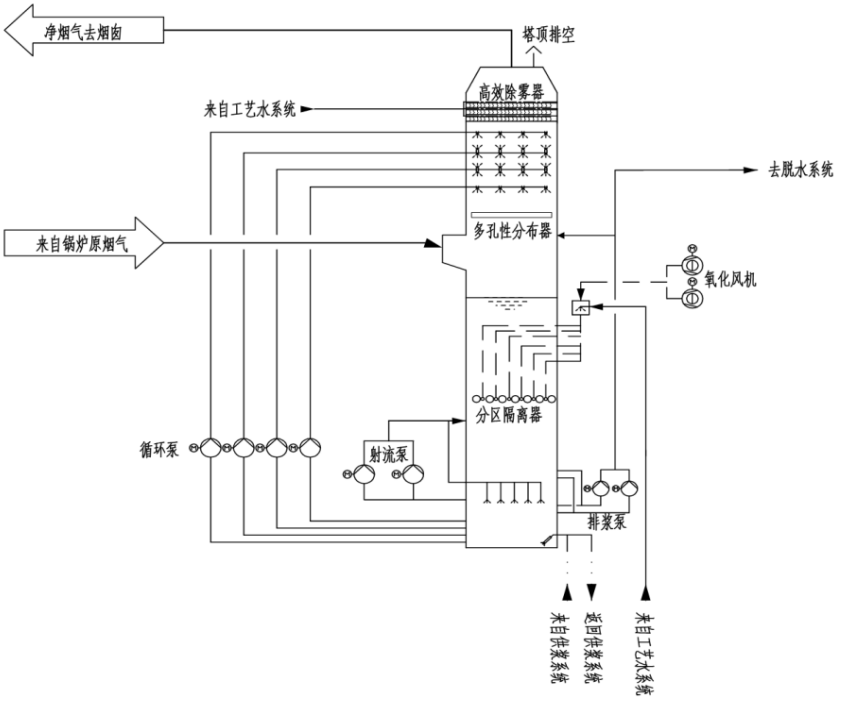
适用于热力发电、氯碱化工、冶金等行业的烟气治理。

基本原理

该技术耦合了单塔双区技术、射流搅拌技术、气液混流与均布技术和高效喷淋除雾技术，前两个技术使得脱硫塔浆池自然分区为高 pH 值区和低 pH 值区，以保证喷淋层吸收二氧化硫的效果和石膏的氧化结晶效果；后两个技术在增强脱硫反应的同时进行吸附除尘，可使脱硫效率≥99.5%，除尘效率≥85%。

工艺流程

典型的工艺流程为：1、烟气从引风机出口经过脱硫原烟道进入脱硫塔；2、在脱硫塔内烟气逆流而上，先后与多孔性分布器的持液层、喷淋层喷淋而下的吸收剂液滴接触，反生脱硫除尘反应；3、烟气中的二氧化硫和烟尘被脱除后，烟气流向高效除雾器，其携带的液滴在此被进一步脱除，最后净化烟气经脱硫净烟道去烟囱排出；4、脱硫塔浆池区一边储放新鲜的吸收剂浆液，一边容纳喷淋而下吸收了二氧化硫和烟尘的亚硫酸钙浆液，由于分区隔离器的作用，浆池分为上部低 pH 值区和下部高 pH 值区，上部低 pH 值区适于石膏浆液氧化结晶，下部高 pH 值区适于循环泵抽取循环浆液至喷淋层。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 该工艺采用单塔双区技术，可以使脱硫塔浆池区自然分为高 pH 值区和低 pH 值区，下部高 pH 值区使循环泵抽取的吸收剂浆液保持较高的合适的 pH 值，有利于提高二氧化硫的吸收效率，上部低 pH 值区有利于于亚硫酸钙浆液的强制氧化和结晶，可保证石膏纯度，利于石膏的二次综合利用；
- 采用射流搅拌技术，保证脱硫塔浆池不存在搅拌死角，能完全地使浆池悬浮不堆积，并可实现在线检修，同时有利于吸收剂的溶解，间接提高脱硫效率；
- 采用气液混流与均布技术，在喷淋层下方形成一层浆液持液层，烟气流经持液层时形成鼓泡，使得烟气中的有害物质与吸收浆液充分接触反应，同时对进入喷淋区域的烟气进行整流均流，提高烟气流场的均匀性，大幅提升脱硫除尘效率；
- 采用高效喷淋除雾技术，提升喷淋覆盖率，避免烟气串流，高效去除烟气携带的石膏浆液，防止“烟囱雨”现象，实现超低排放。

典型规模

该技术能够处理 1000MW 机组锅炉烟气量，高达 $3\times10^6Nm^3/h$，典型的应用规模是 300MW 的燃煤锅炉，处理烟气量为 $1.1\times10^6Nm^3/h$，脱硫效率≥99.5%，除尘效率≥85%。

推广情况

大唐武安发电有限公司 2×300MW 机组超低排放改造工程。
大唐河北马头电厂 9#、10#机组脱硫改造工程。
华能上海石洞口第二电厂 2×600MW 机组脱硫提效改造工程。
华能国际股份有限公司玉环电厂 2×1000MW 机组脱硫提效改造工程。

典型案例

（一）项目概况

大唐武安发电有限公司 1、2 号机组超低排放改造项目：1、2 号机组为 300MW 亚临界间接空冷循环流化床机组，锅炉最大连续蒸发量为 1100 t/h，同期建设脱硫系统及除尘系统，除尘系统采用布袋除尘工艺，脱硫系统采用石灰石-石膏湿法烟气脱硫工艺，典型空塔喷淋技术，一炉一塔配置。#1、#2 机组分别于 2015 年 12 月及 2015 年 10 月完成试运行并移交业主，各项技术运行指标优良。

（二）技术指标

本次脱硫除尘一体化改造仍采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺，在燃用本次改造选取的设计煤种 BMCR 工况下，SO_2 排放浓度小于 $35mg/Nm^3$（干基、6%O_2），脱硫效率大于 99.24%，除尘装置保证布袋除尘器出口小于 20 mg/Nm^3（干基、6%O_2）时，吸收塔出口烟尘排放浓度小于 5 mg/Nm^3（干基、6%O_2）。吸收塔出口雾滴含量小于 20 mg/Nm^3。

对本项目改造后稳定运行三个月（2016 年 2 月 1 日至 2016 年 4 月 27 日）的 CEMS 数据进行 SO_2 超低排放稳定性分析，统计数据表明，排除分析仪表定期标定、氧量折算显示“假超标”等厂方难以克服的因素后，达到超低排放水平的小时数占 100%。#1 机组 FGD 出口 SO_2 排放浓度及去除效率统计结果如下：

表　#1 机组 FGD 出口 SO_2 排放浓度与去除效率统计

项　目	单　位	数　值	设计指标
平均浓度	mg/Nm^3	18.92	≤35
平均脱除效率	%	99.52	≥99.24

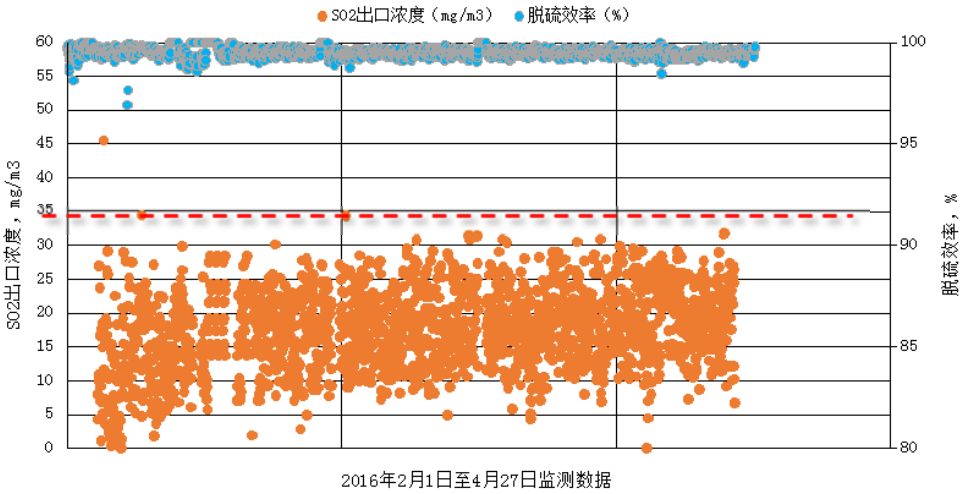


图　#1 机组 2016 年 2 月至 2016 年 4 月 SO_2 排放 CEMS 数据统计

(根据电厂污染物日报表统计)

（三）投资费用

该项目总投资约 4578 万元，其中工程设备投资 4068 万元，基建投资 222 万元，其他投资 288 万元。

（四）运行费用

序号	项目	年运行费用（万元）	备注
1	运行费用		年运行小时数 6000 小时
1.1	石灰石费用	1674	
1.2	电费	2214	
1.3	水费	172.82	
2	其他	78.18	管理费、工程保险费用等
	总计：	4139	

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：3

技术名称

多级增湿半干法烟气净化技术

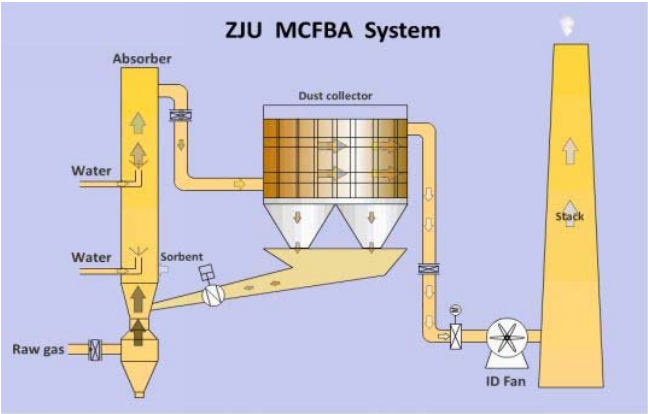
适用范围

燃煤电站锅炉、热电联产锅炉、燃煤工业锅炉、冶金行业窑炉、垃圾焚烧锅炉等烟气污染治理。

基本原理

以循环流化床原理为基础，主要采用干态的生石灰粉作为吸收剂，生石灰通过消化系统消化成消石灰。通过吸收剂等物料的循环利用，在吸收塔内吸收剂、吸附剂、循环灰形成浓相的床态，并向吸收塔中喷入增湿水，烟气中多种污染物在吸收塔内发生化学反应或物理吸附；经吸收塔净化后的烟气进入下游的除尘器，进一步净化烟气。此时烟气中的 SO_2 和几乎全部的 SO_3，HCl 等酸性成分被吸收而除去，生成 $CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$、$CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ 等副产物。通过吸收剂的多次再循环，延长吸收剂与烟气的接触时间，可以达到高效脱硫的目的，其脱硫效率达90%以上。

工艺流程



典型工艺流程图

从锅炉出来含有多种污染物的烟气从底部进入设有多级增湿喷雾器的吸收塔，在塔内利用吸收剂与烟气充分接触、反应，形成塔内流化悬浮高浓度气固强化反应区，在反应区吸收剂、飞灰和循环灰之间发生激烈碰撞、磨蚀，不断剥落反应产物暴露新鲜吸收剂，通过气液固三相剧烈湍流混合接触强化 $Ca(OH)_2$ 与烟气中的 SO_2、NO_x、重金属（Hg）和 HCl 进行物理和化学吸收反应，并与活性碳配合高效脱除烟气中的有机污染物（二噁英类物质），实现系统高效脱硫协同脱除其它多种污染物。当吸收剂到达吸收塔顶部时水分已完全蒸发呈干态，离开吸收塔的烟气和吸收剂颗粒（含未完全反应 $Ca(OH)_2$）进入除尘系统实现吸收剂、烟尘等固体颗粒物的分离，分离下的固体颗粒物与新鲜吸收剂混合重新回送入吸收塔继续参加反应，而烟气经除尘系统后，由引风机引入烟囱排到大气中。

关键技术或设计特征

➢ 独特的增湿技术和灰循环技术，实现吸收塔内流动、干燥、反应协同控制，保障系统的安全稳定运行；
➢ 配置了高效干式消化设备，可购买生石灰粉来自行制备脱硫剂，可有效降低运行成本；
➢ 通过吸收塔与除尘设备的协同作用，实现高效脱除 SO_2 的同时，可协同脱除重金属、SO_3、HCl、$PM_{2.5}$ 等多种污染物，使得烟气酸露点降低，无需对现有烟囱进行防腐处理；
➢ 配合活性炭添加系统，还可实现高效协同脱除二噁英类物质；
➢ 可以根据工程实际需要，采用一炉或多炉一塔的循环流化床多级增湿半干法烟气净化工艺系统，布置紧凑；
➢ 实现废水“零”排放，脱硫产物为干态，便于运输，并可作为水泥等建材原料综合利用。

典型规模

670t/h 以下（含 670t/h）的燃煤电厂锅炉和各种垃圾焚烧炉。

推广情况

该技术成果已在浙江、福建、安徽、河南、河北、山西、新疆、天津、广东、深圳、宁夏、昆明等十几个省市应用 170 多套，实际工程测试结果表明，脱硫效率可达 98%，且脱硝效率可达 30%，脱汞效率可达 79%等，获国家技术发明奖二等奖。

典型案例

（一）项目概况

浙江富春江环保热电股份有限公司 2×400d/h 垃圾焚烧炉烟气脱硫系统，于 2005 年 12 月运行至今。

现场工程照片

（二）技术指标

脱硫系统脱硫率保证值≥90%，二氧化硫排放浓度≤100mg/Nm^3，烟尘排放浓度≤30mg/Nm^3，达到设计要求，满足环保排放要求。

（三）投资费用

#1、#2 炉烟气净化系统总投资额约 1600 万元。

（四）运行费用

年运行时间以 7200 小时计，#1、#2 系统烟气净化系统年运行费为 141.12 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：翁卫国
电话：0571-87951335
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027
E-mail：wgweng@163.com

技术编号：4

技术名称

单塔四区高效脱硫除尘技术

适用范围

电力、化工、钢铁等行业烟气治理。

基本原理

以石灰石浆液作为吸收剂，通过石灰石浆液在吸收塔内对烟气进行洗涤，发生反应，以去除烟气中的 SO_2 与粉尘，反应产生的亚硫酸钙通过强制氧化生成含两个结晶水的硫酸钙（石膏）。同时采用多孔性分布器、池分离器、高效喷嘴以及高效除雾器，对烟气中的粉尘进行去除。

工艺流程

FGD 装置运行时，烟气通过位于吸收塔中部的入口烟道进入塔内。烟气进入塔内后向上流过喷淋段，以逆流方式与喷淋下来的石灰石浆液接触。烟气中的 SO_2 被石灰石浆液吸收并发生化学反应，在吸收塔下部反应池内被鼓入的空气强制氧化，最终生成石膏晶体。在吸收塔上部，脱硫后的烟气通过除雾器除去夹带的液滴后，从顶部离开吸收塔，最后进入烟囱。

FGD 装置所需石灰石吸收剂浆液由石灰石粉制浆或石灰石湿磨制浆，由泵送至吸收塔后进行吸收反应。脱硫反应后所产生的石膏浆液由泵送至石膏浆液旋流站进行初步脱水，再经真空皮带脱水机二次脱水后成为副产物石膏，产品送至石膏库储存。

关键技术或设计特征

- 在浆池内设置池分离器，防止池分离器上部和下部浆液的返混，在浆池中形成两个 pH 值不同的区域，进而提高脱硫效率；
- 在喷淋层间设置多孔性分布器。分布器下方的喷淋层除去 HCl、HF 和飞灰的同时除去烟气中的部分 SO_2。烟气通过分布器后更加均匀，有利于提高吸收塔脱硫效率；
- 喷淋层喷嘴为高效双头喷嘴，雾化效果更好，加强对粉尘的捕捉能力；
- 采取三层高效屋脊式除雾器，进一步降低通过除雾器的液滴含固量。

典型规模

本技术适用于大中型的燃煤锅炉，在 150MW 至 1000MW 的燃煤电厂中应用。

推广情况

先后于华能安源电厂“上大压小”新建工程 2×660MW 机组、江苏望亭发电分公司 3、4 号机组脱硫改造工程 2×660MW 机组等实现运用，安装的总装机容量已达到 34000MW。

典型案例

（一）项目概况

华能安源 2×660MW 机组烟气脱硫工程于 2013 年 7 月开工建设，2016 年 5 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据西安热工研究院有限公司出具的验收报告：

（1）SO_2 浓度和脱硫效率：设计 BMCR 工况脱硫系统入口 SO_2 浓度 5000 mg/m^3（标态，干基，6%O_2），脱硫系统出口 SO_2 浓度不超过 35mg/Nm^3，脱硫效率不小于 99.3%。测试期间 2 号机组脱硫系统入口 SO_2 浓度加权均值为 5042.9 mg/Nm^3，实测脱硫系统出口 SO_2 浓度加权均值为 8.5mg/Nm^3，脱硫效率修正至设计工况测试值为 99.80%。达到设计指标。

（2）烟尘浓度：设计性能脱硫系统入口烟尘浓度不大于 20mg/Nm^3 时脱硫系统出口烟尘浓度不大于 5mg/Nm^3。性能试验期间，2 号机组实测的脱硫系统入口烟尘浓度平均值为 25.76mg/m^3(标态，干基，6%O_2)；出口实测烟尘浓度平均值为 7.54mg/m^3(标态，干基，6%O_2)。依修正曲线对结果进行修正后，当脱硫系统入口烟尘浓度为 20mg/Nm^3 时，脱硫出口烟尘排放浓度为 4.9mg/Nm^3。达到设计指标。

（三）投资费用

该项目设备投资 11461 万元（EP 项目，安装由业主完成），平均每千瓦投资 86.8 元，主体设备寿命 30 年以上。

（四）运行费用

（1）石灰石耗量：2 号机组满负荷工况石灰石耗量为 16.17t/h。

（2）工艺水耗量：2 号机组满负荷工况工艺水耗量均值为 63.6t/h。

（3）电耗：2 号机组满负荷脱硫系统电耗量均值为 7129kWh/h。

按石灰石每吨 150 元，工艺水每吨 2 元，电每 kWh 1 元计算，每小时运行费用为 9680 元，按年发电 8000 小时计，年运行费用 7744 万元。每 kWh 运行成本 0.0147 元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：5

技术名称

低浓度二氧化硫催化歧化硫资源回收技术

适用范围

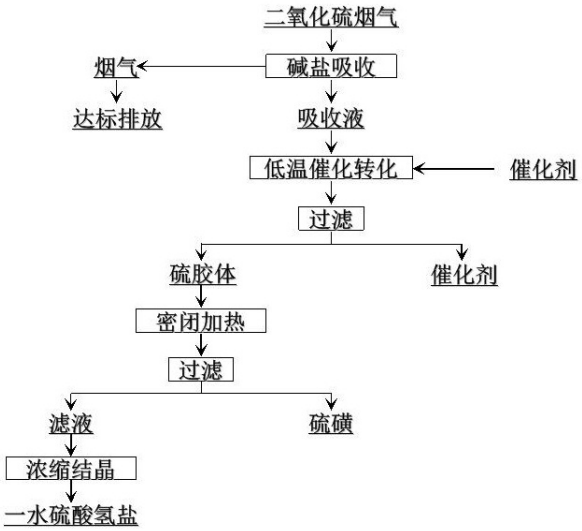
火力发电、钢铁、有色等行业 SO_2 烟气治理及资源化

基本原理

该技术利用碱液对二氧化硫烟气进行高效脱除，得到含亚硫酸氢盐的吸收液；然后向吸收液中加入催化剂单质硒，使亚硫酸氢盐在低温下发生歧化生成硫胶体和硫酸氢盐。过滤分离催化剂硒后，再通过高温脱稳和浓缩结晶的方式分别得到硫磺和硫酸氢盐。

工艺流程

该工艺可分为 4 个阶段：1）低浓度二氧化硫碱吸收阶段：二氧化硫被碱盐溶液吸收生成亚硫酸氢盐；2）碱吸收液催化转化阶段：亚硫酸氢盐在催化剂硒的作用下实现低温（80~100℃）转化反应；3）硫胶体脱稳结晶阶段：硫胶体通过高效脱稳得到硫磺颗粒；4）硫酸氢钠结晶阶段：采用微波加热或其他加热方式使硫酸氢钠溶液浓缩结晶，得到一水硫酸氢盐。



工艺流程图

关键技术或设计特征

➢ 发明了硒催化二氧化硫碱吸收液歧化技术，替代传统亚硫酸盐氧化技术，实现了二氧化硫烟气液相转化为单质硫。运行温度低至 80℃，成功解决了高温条件下硫磺易结块和操作难度大的问题；

➢ 开发了微波选择性结晶制备硫酸氢钠的新工艺，解决了传统硫酸氢盐制备技术流程长、品位低、污染重等问题，实现了高选择性、快速地制备硫酸氢盐工业品的目标。

典型规模

该工艺适用于 0.01%~3%的低浓度二氧化硫烟气。

推广情况

自主研发了两套 100m^3/h 中试处理系统，已经在湖南郴州建立了 4×10^{4}m^3/h 含重金属低浓度 SO_2 烟气的处理示范工程。

典型案例

（一）项目概况

湖南郴州丰越环保科技有限公司含低浓度二氧化硫烟气治理示范工程项目，设计每小时处理量为 4×10^{4}m^3/h，烟气来源于该公司冶炼设备的一台还原炉及两台烟化炉的尾气，2013 年 10 月开工建设，于 2014 年 4 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据湖南中诚环境监测技术有限公司出具的监测报告，项目出口烟气排放烟尘浓度低于 15.6mg/Nm³、二氧化硫浓度低于 182mg/Nm³，远优于《铅、锌工业污染物排放标准》（GB 25466-2010）。根据长沙矿冶研究院有限责任公司出具的产品分析报告，脱硫产品硫酸氢钠纯度大于 90%，硫磺纯度大于 98%。该技术投产后年减排 750 吨 SO_2，回收硫磺 130 吨，硫酸氢钠 890 吨，产生直接经济效益约 185 万元/年。

（三）投资费用

该项目设备投资 1000 万元（基建部分由甲方建成），其他投资 10 万元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

该系统加热部分由公司内部热蒸汽驱动，极大的节约了能耗。年运行费用 230 万元，主要包括水费、电费、人工、液碱原料、催化剂硒等。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护有色金属工业污染控制工程技术中心
联系人：刘恢
电　话：0731-88836804
地　址：湖南省长沙市岳麓区麓山南路 932 号
邮　编：410083
E-mail：leolau@csu.edu.cn

NO_x 治理技术

技术编号：6

技术名称

选择性非催化还原法（SNCR）烟气脱硝技术

适用范围

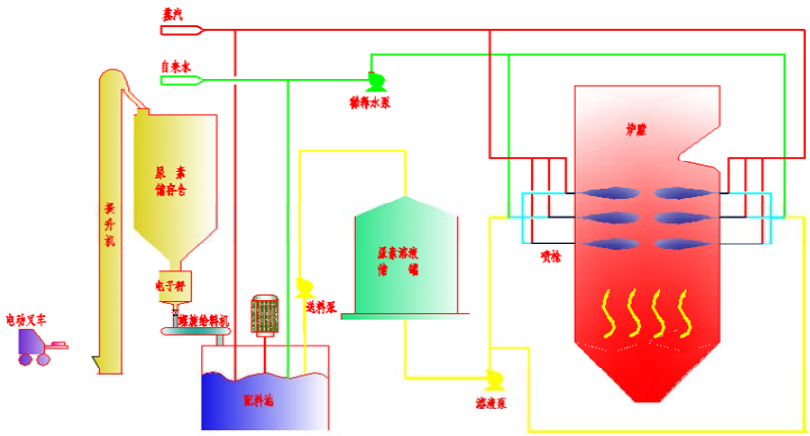
燃煤电站锅炉、热电联产锅炉、燃煤工业锅炉、建材行业窑炉等烟气中氮氧化物治理。

基本原理

在没有催化剂的情况下，向 850~1050℃炉膛中喷入还原剂氨或尿素，还原剂有选择性地与烟气中的氮氧化物反应并生成无毒、无污染的氮气和水蒸气。煤粉炉 NO_x 脱除效率为 30%~50%；循环流化床锅炉 NO_x 脱除效率为 60%~80%；氨逃逸＜10ppm。

工艺流程

SNCR 系统主要包括氨水卸载系统、氨水储存系统、氨水输送系统、稀释水系统、计量混合系统、喷射系统和电气控制系统。氨水卸载系统实现将氨水从氨车卸载到氨水储罐中，氨水储存系统储存 20%~25%的氨水，然后由氨水输送系统和稀释水系统将氨水、稀释水送至计量混合系统进行混合，经稀释后重新计量分配的氨水送入喷射系统。喷射系统实现各支喷枪的氨水溶液雾化喷射。氨气在炉内选择性地与烟气中的氮氧化物反应并生成氮气和水蒸气。还原剂的供应量能满足锅炉不同负荷的要求，调节方便、灵活、可靠；氨水计量混合和喷射系统配有良好的控制系统。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 采用计算机流场模拟（CFD）对锅炉的流场进行模拟，并根据此结果选取合适的喷枪布置方案以及合理的喷枪设计；
- 计量分配系统实时和出口 NO_x 浓度和氨逃逸浓度形成连锁，使其在稳定达标排放的前提下，获得最低的运行成本；

- 系统采用模块化设计，工厂内进行系统测试与总装，现场安装与调试简便，工程周期短。

典型规模

该技术成果已在 220t/h 以下（含 220t/h）的热电联产机组上实现了规模化应用。

推广情况

已成功应用于浙江富春江环保热电股份有限公司 150t/h 机组、上虞杭协热电有限公司 130t/h 循环流化床机组、广州珠江啤酒股份有限公司热电厂 2×75t/h 机组、浙江海联热电股份有限公司 75t/h 循环流化床机组等烟气脱硝工程，根据实际监测报告，热电联产 SNCR 脱硝效率可达 40%以上。

典型案例

（一）项目概况

广州珠江啤酒股份有限公司热电厂 2×75t/h 锅炉脱硝改造项目于 2010 年 9 月投运至今。在 100%负荷下，低氮燃烧改造效果满足：固体未完全燃烧热损失增加量不超过 0.5%，锅炉效率降低不超过 0.5%，一氧化碳排放水平不高于 300ppm，氮氧化物排放水平不高于 400mg/Nm^3（干基、6%O_2、95%NO）。SNCR 系统入口氮氧化物浓度 400mg/Nm^3 时，保证氮氧化物排放浓度≤300mg/Nm^3；氨的逃逸小于 8ppm。

（二）技术指标

低氮燃烧后氮氧化物排放浓度≤300mg/Nm^3，经 SNCR 后氮氧化物排放浓度≤200mg/Nm^3。

（三）投资费用

本项目烟气 SNCR 净化系统总投资额约 898 万元。

（四）运行费用

本项目年运行费用约为 95.39 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：翁卫国
电话：0571-87951335
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027
E-mail：wgweng@163.com

技术编号：7

技术名称

超超低双混烟气脱硝技术

适用范围

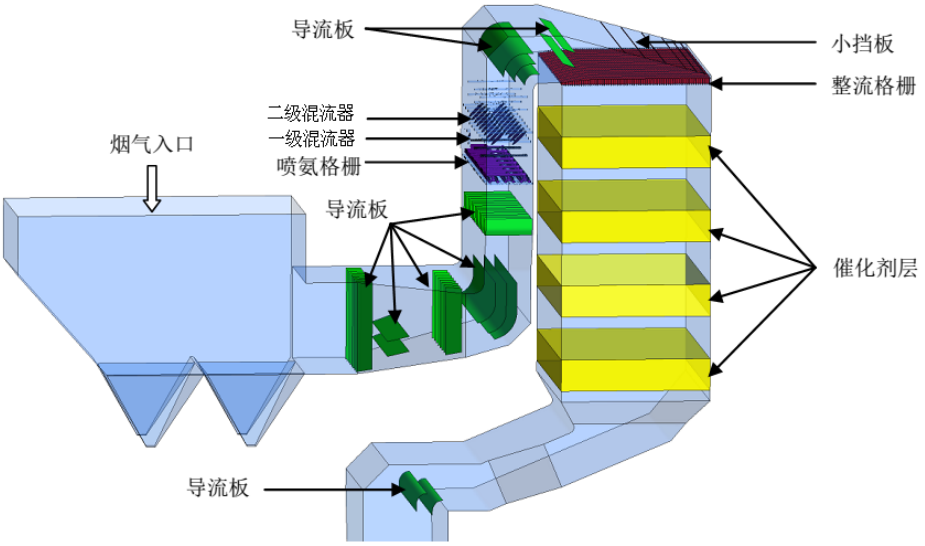
适用于热力发电、氯碱化工、冶金等行业的烟气治理。

基本原理

该技术利用脱硝还原剂格栅喷射及双层混合技术来保证脱硝还原剂与烟气混合的均匀性，使得脱硝反应完全，实现高脱硝效率及氮氧化物的超超低排放；同时采用省煤器烟气侧旁路、省煤器给水侧旁路和省煤器分级改造三种技术，以保证锅炉在不同负荷时脱硝催化剂都有合适的反应温度，实现全工况脱硝。

工艺流程

典型的工艺流程为：1、烟气从锅炉省煤器出来后进入 SCR 脱硝入口烟道；2、脱硝还原剂从还原剂制备区域输送至喷射及混合装置中；3、在入口烟道内，脱硝还原剂与烟气混合后进入脱硝反应器；4、脱硝反应器内，在脱硝催化剂的作用下，还原剂与烟气中的氮氧化物进行反应，将氮氧化物还原成氮气和水蒸气；5、脱硝反应后的烟气经过出口烟道，引至锅炉空预器及其他下游环保设备内。



布置示意图

关键技术或设计特征

- 该工艺采用脱硝还原剂格栅喷射及双层混合技术，可以使还原剂在很短的距离内与烟气混合完全，适应于复杂的改造条件，能有效地提高脱硝效率；
- 采用缓转弯多层次导流整流技术，保证脱硝反应器内的烟气流场均匀性，确保脱硝反应充分，有效提高脱硝效率；

- 可采用省煤器烟气侧旁路、省煤器给水侧旁路和省煤器分级改造三种技术来保证锅炉在低负荷时脱硝入口烟气温度达到催化还原反应的要求温度，从而实现全工况脱硝。

典型规模

该技术能够处理 1000MW 机组锅炉烟气量，高达 $3\times10^6Nm^3/h$，典型的应用规模是 300MW 机组的燃煤锅炉，处理烟气量为 $1.1\times10^6Nm^3/h$，入口氮氧化物浓度为 $500mg/Nm^3$，脱硝效率达 90%。

推广情况

广西金桂 2×670t/h 锅炉烟气脱硝工程；
河北邢台国泰发电有限责任公司#10、#11 机组烟气脱硝改造工程；
大唐国际宁德电厂二期 2×660MW 机组烟气脱硝工程；
神华福能鸿山热电有限责任公司二期 2×1000MW 机组脱硝工程。

典型案例

（一）项目概况

本工程为邢台国泰发电有限责任公司#10、#11 机组（2×300MW）烟气脱硝改造工程（EPC），采用选择性催化还原法（SCR）脱硝装置，SCR 及其辅助系统采用 EPC 总承包方式建造。脱硝剂为液氨，本期 2 台机组共用液氨储存、制备与供应系统，并为扩建机组预留布置空间。液氨蒸发采用蒸汽加热方式。SCR 反应器布置在锅炉省煤器出口与空预器烟气入口之间，不设反应器旁路和省煤器旁路，脱硝装置处理 100%烟气量，脱硝吹灰器采用声波加蒸汽吹灰器的方式。本工程每台锅炉设置两个反应器。每台反应器催化剂按 3＋1 模式布置，采用蜂窝式催化剂，初装 3 层预留 1 层，备用层在最下层。

（二）技术指标

脱硝装置采用选择性催化还原脱硝(SCR)工艺，氨的逃逸率不大于 3μL/L，SO_2/SO_3 转化率小于 1%，出口浓度小于 $90mg/Nm^3$（6%O_2 干基，标态）。脱硝装置可用率不小于 98%，服务寿命为 30 年。

（三）投资费用

该项目总投资约 9042 万元，其中工程设备投资 6040 万元，施工工程投资 1887 万元，安装工程投资 863 万元，其他投资 252 万元。

（四）运行费用

序号	项目	年运行费用（万元）	备注
1	运行费用		年运行小时数 6000 小时
1.1	液氨费用	1310	
1.2	蒸汽费用	330	
2	其他	50	管理费、工程保险费用等
	总计：	1690	

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：8

技术名称

高效烟气催化脱硝关键技术及成套工艺

适用范围

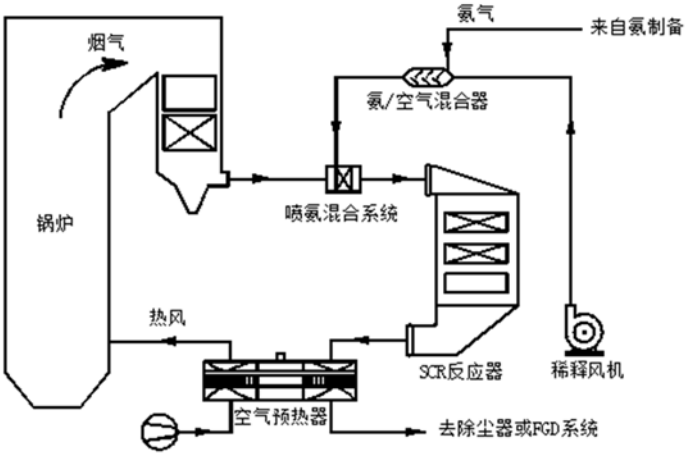
燃煤电站锅炉、热电联产锅炉、燃煤工业锅炉、冶金行业窑炉、建材行业窑炉等烟气中氮氧化物治理。

基本原理

燃煤烟气经过省煤器后，进入脱硝装置，与脱硝装置前端喷入的还原剂氨气混合均匀后进入脱硝催化剂层，在催化剂层中还原剂氨气与烟气中的氮氧化物发生氧化还原反应生成氮气和水蒸气。该技术针对中国复杂煤质和锅炉运行工况，通过自主研发的高效抗中毒、宽温、硝汞协同控制等系列脱硝催化剂配方与催化剂成套制备、催化剂再生改性及硝汞协同控制、混合及反应过程耦合强化等关键技术，实现了高效全负荷烟气催化脱硝，脱硝效率＞80%，氮氧化物排放浓度＜50mg/Nm^3，汞氧化效率可达 50%以上，SO_2/SO_3 转化率＜1%，氨逃逸率＜2.3ppm。

工艺流程

脱硝反应系统主要是由烟气系统、氨储存制备系统、SCR 反应器、催化剂、吹灰及控制系统组成。每台锅炉设两台 SCR 反应器，采用液氨蒸发制备脱硝还原剂，液氨蒸发后通过管道输送至反应器区，氨气与空气混合稀释成 5%左右氨气的混合气体后由喷氨格栅经烟道与烟气均匀混合后进入 SCR 反应器，通过催化剂进行还原反应过程，在催化剂层中还原剂氨气与烟气中的氮氧化物发生氧化还原反应生成氮气和水蒸气。脱硝后的烟气经空气预热器、除尘器和脱硫装置后由烟囱排入大气。



典型 SCR 催化脱硝工艺流程图

关键技术或设计特征

- 采用具有自主知识产权的高效 SCR 脱硝成套工艺技术，脱硝效率＞80%；
- 分区控制的喷氨格栅及静态混合器、整流格栅设计，有利于氨和烟气的均匀

混合；

- 自主的硝汞协同控制催化剂配方；
- 自主的宽温催化剂配方；
- 催化剂成型工艺技术；
- 催化剂层上部安装防磨损装置，有利于降低高尘烟气对催化剂的磨蚀；
- 结构优化设计可以有效分配系统荷载，降低系统造价成本。

典型规模

该技术成果已在包含 1000MW 在内的燃煤发电机组和 220t/h 在内的热电联产机组上实现规模化应用。

推广情况

通过产学研合作，已成功应用于大唐潮州电厂 2×1000MW 机组、贵州盘县发电厂 1×660MW 机组、甘肃电投金昌发电有限责任公司 2×330MW 机组、嘉兴新嘉爱斯热电有限公司 220t/h 循环流化床机组等烟气脱硝工程，并在国内温州发电厂 330MW 燃煤机组率先实现了燃煤电站锅炉 35%~100%负荷下脱硝效率稳定在 85%以上的目标，NO_x 排放浓度小于 50mg/Nm^3，相关技术研究成果获浙江省科技进步一等奖、中国专利优秀奖等。

典型案例

（一）项目概况

嘉兴新嘉爱斯热电有限公司 220t/h 循环流化床锅炉硝汞协同控制工程已于 2014 年 5 月完成 168 试运行。

案例现场和所用催化剂

（二）技术指标

本项目系统出口烟气指标满足《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)的要求，设计出口 NO_x 浓度达到 80mg/Nm^3（干基，6%O_2）以下，设计系统总汞脱除率达到 80%。

（三）投资费用

本工程总投资约 730 万元。

（四）运行费用

本项目年运行费用约为 247.6 万元（按年运行时间 7200h 计算）。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：翁卫国
电话：0571-87951335
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027
E-mail：wgweng@163.com

技术编号：9

技术名称

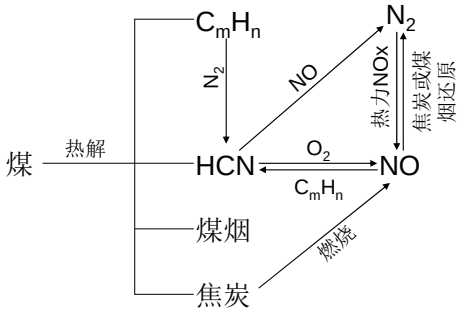
可调煤粉浓淡低氮燃烧及低负荷稳燃技术

适用范围

该套技术可用于烟煤、贫煤、无烟煤、褐煤等多种燃料。

基本原理

通过合理设计燃烧器，实现分级燃烧，避免出现局部高温，同时保证自煤粉热解、着火至燃尽全过程中煤粉颗粒周围气体氧浓度都控制在最佳范围内，在不明显影响燃烧的情况下大幅度降低燃料型 NO_x 的生成量。



煤燃烧过程中 NO_x 生成和控制机理

工艺流程

1、制备好的煤粉经一次风输送入浓淡燃烧器，在浓淡燃烧器内被分离为浓相和淡相，形成煤粉的浓淡分离后，从一次风喷口送入炉膛，一次风在炉膛内形成小切圆；

2、二次风经大风箱接入燃烧器，从二次风喷口送入炉膛，二次风在炉膛内形成大切圆，与一次风配合在炉内形成大小切圆以及风包粉形式，一二次风喷口有多层，一般间隔布置，最下层为二次风喷口；

3、偏置周界风经大风箱接如燃烧器，从周界风喷口送入炉膛，偏置周界风喷口紧贴一次风喷口布置，并布置在一次风的下游（即一次风淡相侧），在煤粉气流和水冷壁之间形成保护膜，偏置周界风喷口数量和一次风喷口一致；

4、三次风（如有）带煤粉送入燃烧器后，从三次风喷口送入炉膛，三次风喷口一般单层，布置在一二次风喷口上方，以尽量减少因三次风形成的氮氧化物；

5、CCOFA 风经大风箱接入燃烧器，从 CCOFA 风喷口送入炉膛，CCOFA 风喷口一般 1～2 层，布置在三层风上方或下方，在补充燃烧所需空气的同时抑制氮氧化物的生成；

6、SOFA 风经大风箱接入燃烧器，从 SOFA 风喷口送入炉膛，SOFA 风反切，喷口一般有 2 层，布置在整个燃烧器的最上方，且距离其他喷口 1 米以上，使 SOFA 风送入炉膛时燃烧温度已降低，避开了氮氧化物大量生成所需的较高温度，且充分补充燃烧所需的空气。

关键技术或设计特征

- 煤粉通过高浓淡比可调式煤粉浓淡低 NO_x 燃烧器，分为浓相和淡相后送入锅炉；
- 燃烧器喷口设置偏置周界风；
- 燃烧器喷口一二次风采用大小切圆技术；
- 主燃区设置 CCOFA 喷口以空气分级；
- 主燃区上部 SOFA 喷口，采用全炉膛 SOFA 深度垂直空气分级燃烧技术；
- 配合适度低氧燃烧进行燃烧优化调整；
- 该技术全部为具有自主知识产权技术，可以根据不同用户需要，量身设计低 NO_x 燃烧解决方案。

典型规模

该技术应用于 75t/h 以上各容量等级锅炉。

推广情况

通过产学研合作，已实现了产业化应用。自 2006 年第一台低氮燃烧器投运至今，已在包括新建和改造项目的数十台锅炉上成功应用，涵盖了电力、造纸、石油、化工、供热、啤酒、食品加工等多个行业，实现从 75t/h 到 1025t/h 的各容量等级锅炉的全面突破，如珠江啤酒、玖龙纸业、神华国华北京热电分公司、金陵石化、上海石化、逸盛石化、新疆天富热电等，特别是对神华煤等易结焦煤有独到的解决方案，按制粉系统涉及中储式热（温）风送粉、中储式乏气送粉、直吹式制粉系统等，应用低 NO_x 燃烧技术后，采用烟煤的锅炉 NO_x 排放浓度可降至 200～300 mg/Nm^3，采用贫煤的锅炉 NO_x 排放浓度可降至 400～500 mg/Nm^3，采用无烟煤的锅炉 NO_x 排放浓度可降至 600～800 mg/Nm^3。

典型案例

（一）项目概况

神华国华北京热电分公司 4×410t/h 燃煤锅炉烟气污染物治理项目，于 2008 年启动进行了低氮燃烧器改造。

（二）技术指标

锅炉低氮燃烧器改造后，经第三方性能测试，NO_x 排放浓度约 218～280mg/Nm^3，锅炉效率高达 92.78%。

（三）投资费用

#1-#4 炉低氮燃烧器改造项目总投资额约 1600 万元。

（四）运行费用

低氮燃烧技术通过控制燃烧过程 NO_x 的产生，无运行费用。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：刘茂省
电话：0571-89939250-600
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027

E-mail：liums@pyneo.com

技术编号：10

技术名称

深度分级结合烟气再循环超低氮燃气燃烧技术

适用范围

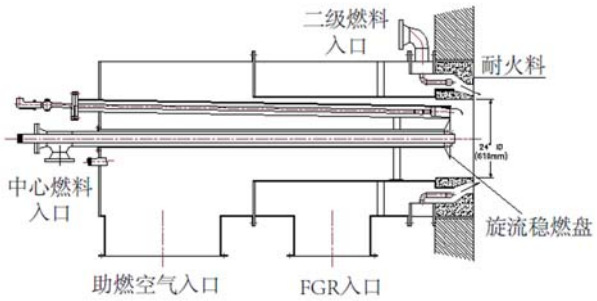
民用锅炉、（石油化工、钢铁、有色、建材、水泥、玻璃）等行业工业动力锅炉。

基本原理

该技术针对分级燃烧器进行低氮燃烧设计，采用中心稳燃和周界分级燃烧实现燃料-空气分级燃烧，降低 NO_x 排放；采用周界气枪周围增加耐火料的方式提高分级燃烧稳定性；采用烟气再循环，引入部分烟气进入燃烧器，降低火焰温度和区域氧浓度，进一步降低 NO_x 排放。

工艺流程

工艺流程为：1、中心一级燃料到达一级燃料喷嘴；2、助燃空气经过围绕在一级燃料气枪的旋流稳燃盘后与一级燃料混合；3、点火装置引燃中心燃料气体，中心稳燃区域贫燃预混燃烧；4、二级燃料经过周界气枪周围耐火料时瞬间被加热；5、二级燃料到达周界燃料气枪与 FGR 烟气混合；6、中心稳燃区高氧量的烟气作为二级燃料区的助燃空气，同步参与二级燃料燃烧，实现烟气自循环。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 通过超稳燃技术解决分级燃烧不稳定特点；
- 通过智能控制系统，实现燃料燃烧分级控制及烟气再循环的控制；
- 通过烟气再循环降低火焰温度和区域氧浓度。

典型规模

该技术应用于容量大于 20t/h 锅炉，可达到 NO_x<30mg/Nm^3，锅炉效率不降低。

推广情况

该技术成果即将应用于北京热力集团双榆树 6 台 116MW 燃气热水锅炉低氮改造项目和华润协鑫（北京）热电有限公司 35t 燃气锅炉低氮改造项目，改造后烟气中氮氧化物排放指标<30mg/Nm^3。

典型案例

（一）项目概况

北京热力集团双榆树 6 台 116MW 燃气热水锅炉(北区和南区各 3 台 116MW 燃气热水锅炉)，现有的 NO_x 排放量为 180mg/Nm^3，于 2016 年 9 月首先进行北区#3 锅炉低氮改造项目，优化改造后的 NO_x 排放浓度<30mg/Nm^3，预计于 2016 年 11 月完成，其他 5 台炉于 16~17 年采暖季结束后进行改造。

（二）技术指标

改造前后的 NO_x 浓度如下表所示：

时间	项目	浓度
2016/8	现有 NO_x 排放量	180mg/Nm^3
2016/11	改造后 NO_x 排放标准	<30mg/Nm^3

采用该技术，预计北区#3 锅炉在完成低氮项目改造后，采暖季（11 月 15 日至 3 月 15 日）NO_x 排放量累积减少量约为 16 吨，NO_x 减排效果显著，环保效益和社会效益突出。

（三）投资费用

该项目单台锅炉投资约 350 万元，其中设备投资 300 万元，安装投资 44 万元，调试投资 4 万元，其他投资 2 万元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

该技术的主要耗能设备送风机及冷却火检风机完全由电力驱动，单台新风机采暖季（11 月 15 日至 3 月 15 日）新增耗电量 11.5 万 kW·h，单台火检风机耗电量 0.42 万 kW·h，电机总运行费用约 7.59 万元。现有燃料消耗量基本不变，单台燃烧器燃料采暖季实际消耗量 733.8 万 Nm^3，燃料费用为 1687 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护石油石化行业挥发性有机物污染控制工程技术中心

联系人：毕映会

电话：13488854024

地址：北京市朝阳区北辰东路 8 号北京国际会议中心 5018 室

邮编：100101

E-mail：han.zhang@bayeco.cn

技术编号：11

技术名称

全预混表面燃气燃烧技术

适用范围

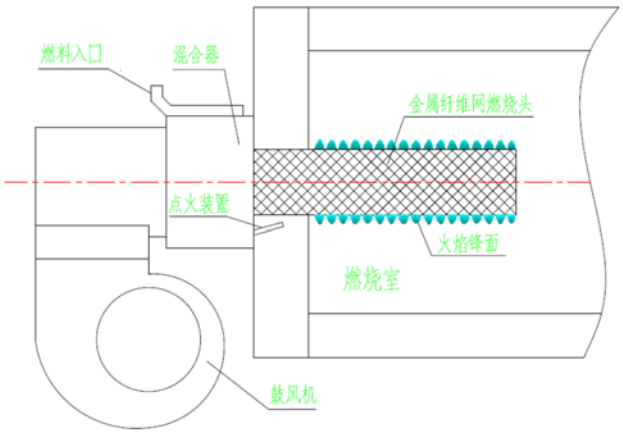
民用锅炉、（石油化工、钢铁、有色、建材、水泥、玻璃）等行业工业动力锅炉。

基本原理

该技术针对表面式燃气燃烧器进行低氮燃烧设计，燃气和助燃空气在进入燃烧室之前通过混合器实现充分和快速的混合，混合气体经过表面金属网并均匀燃烧。表面金属网通过将火焰局部化来杜绝局部高温，降低火焰温度，减少 NO_x 生成。

工艺流程

工艺流程为：1、鼓风机将环境空气引入燃烧器后部，经过整流后到混合器；2、燃料进入混合器，与助燃空气混合；3、混合气体经过燃烧头，扩散至金属纤维表面；4、点火装置引燃混合气体。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 利用表面金属网的结构特点，实现阻燃安全燃烧；
- 通过无极调节，实现空燃混合最优化；
- 采用强制鼓风形式，实现空气与燃料的快速和均匀混合；
- 采用金属纤维网作为燃烧表面，实现高强度燃烧；
- 金属纤维网采用合金纤维材料，结合烧结焊工艺，具备很强的耐热冲击性。

典型规模

该技术应用于容量小于 20t/h 锅炉，可达到 NO_x<30mg/Nm^3，锅炉效率不降低。

推广情况

该技术成果成功应用于中关村科技环保示范园 6t/h 锅炉和丰台永外果园 4t/h 锅炉低氮改造项目，并将应用于以下低氮改造项目，包括：北京首钢微电子 2×8t、中惠药业 1×1t 和 1×2t、泰利明苑 2×4t、银达物业 6×1t 和 3×4t、金盏乡政府 2×2t，改造后的 NO_x 排放浓度<30 mg/Nm^3。

典型案例

（一）项目概况

中关村科技园环保示范园 4.2MW 锅炉低氮改造示范项目，原 NO_x 排放浓度为 130mg/Nm^3，2015 年 11 月初进行锅炉燃烧器低氮优化改造，优化改造的 NO_x 排放浓度<30mg/Nm^3，于 2015 年 11 月中旬完成调试。

（二）技术指标

根据检测结果，改造前后 NO_x 的排放浓度如下表所示：

时间	项目	浓度
2015 年 11 初	原 NO_x 排放量	130 mg/Nm^3
2015 年 11 中旬	改造后 NO_x 排放量	30 mg/Nm^3

此外采用该技术 NO_x 减排效果突出，中关村科技园环保示范园 4.2MW 锅炉在采暖季（11 月 15 日至 3 月 15 日）NO_x 排放量累积减少量约 0.23 吨，NO_x 减排效果显著，环保效益和社会效益突出。

（三）投资费用

该项目为锅炉低氮改造示范项目，因单独更换燃烧头即达到环保指标，所以未再额外进行 FGR 改造。总投资约 50 万元，其中设备投资 45 万元（主要是燃烧器设备投资），基建投资 0 万元，其他投资 5 万元。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

该技术在不改变其他原有结构的条件下改造燃烧器，改造不涉及 FGR 改造，不需要消耗电力、水和蒸汽，未增加额外的运行费用。改造前后燃料消耗量基本不变，采暖季（11 月 15 日~3 月 15 日）燃耗消耗量约为 26.6 万 Nm^3，费用为 61.28 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护石油石化行业挥发性有机物污染控制工程技术中心

联系人：毕映会

电话：13488854024

地址：北京市朝阳区北辰东路 8 号北京国际会议中心 5018 室

邮编：100101

E-mail：han.zhang@bayeco.cn

技术编号：12

技术名称

SCR 脱硝催化剂再生技术

适用范围

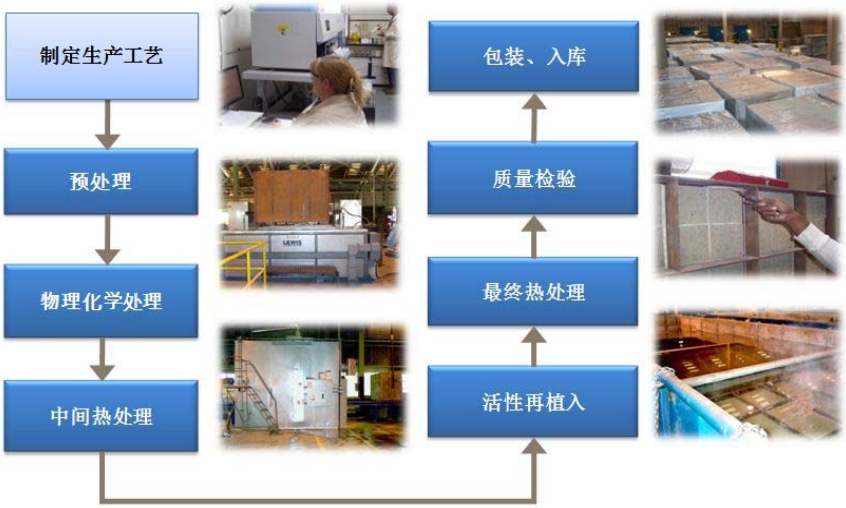
电厂、钢铁等有脱硝系统行业的烟气治理。

基本原理

该技术对中毒、失效或失活的 SCR 脱硝催化剂采用合理的清洗配方，经超声清洗-酸洗-水洗三道清洗工序进行一级烘干处理，烘干处理后的催化剂放入含有一定浓度和配比药品的植入槽中进行催化剂活性的恢复，最终实现催化剂的再生。

工艺流程

工艺流程： 1、检验分析：与已有的强大数据库进行比对，量身定制出再生的最佳工艺方案；2、预处理：模块进入除尘车间去除催化剂表面松散的飞灰；3、物理化学清洗：去除覆盖催化剂活性部位和堵塞催化剂微孔的物质；4、中间热处理：模块放入热处理设备中，巩固催化剂微孔结构；5、催化剂模块随即放入具有特定催化物质的活性植入装置中，进一步恢复催化剂的活性；6、最终热处理：植入活性物质的催化剂模块经过特殊的升温和降温工艺，使活性物质均匀地分布在载体上并牢固粘附；7、质量检验：包括催化剂和其化学性能的测试（脱硝率，SO_2/SO_3 转化率，催化活性等），对再生催化剂单个模块孔道疏通率要求达到 98%；8、质检达标后进行包装、入库。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 根据不同的催化剂失活现象，与现有数据库对比，量身定制出最佳的再生工艺方案；

- 该工艺经过严格的清洗，保证再生后单个模块通孔率达到 98%；
- 再生催化剂的单层 SO_2/SO_3 转化率≤0.5%；再生催化剂的失活速率保持与新催化剂一致；
- 再生后催化剂的机械性能与再生前相比没有降低。

典型规模

SCR 脱硝催化剂再生系统占地约 141 亩，产能为 2000m^3/年。

推广情况

在美国科杰公司有该技术的应用，科杰公司拥有超过 66000 m^3 的催化剂再生业绩，占据美国 85%的催化剂再生市场；在江苏盐城有该技术的应用，产能达到 2000m^3/年。

典型案例

（一）项目概况

大唐宝鸡热电厂 2×330MW 国产亚临界抽气供热燃煤机组脱硝系统采用 SCR 脱硝技术，双反应器布置，催化剂采用 2+1 布置（上层为备用层）。1 号机组于 2009 年 6 月投产，催化剂采用雅佶隆公司生产的蜂窝式催化剂，单台机组每层催化剂由 45 个模块组成，单台机组共安装 180 个催化剂模块，催化剂总体积 260m^3，再生催化剂体积共 130m^3。

（二）技术指标

根据全尺寸性能检测，再生后的催化剂性能如下：

表 再生催化剂活性检测结果

	项目	数量	对应脱硝效率
活性指标	初装活性（m/h）	35	≥80
	12000h 后活性（m/h）	30	≥80
	24000 h 后活性（m/h）	25	≥80

再生后单层催化剂 SO_2 转换率不大于 0.5%，化学寿命不低于 24000h，再生催化剂单层压差不超过 150Pa。

（三）投资费用

催化剂总体积为 260 m^3，需要更换的体积数为 130 m^3，按新催化剂价格 1.8 万/ m^3 来算，更换费用在 234 万元；再生催化剂能保证与新鲜催化剂相同的活性，成本仅为新催化剂的 60%，更换费用大约为 140.4 万元。

（四）运行费用

运行之中的主要损耗为氨耗和电耗，氨耗量为 0.23t/h，在 24000h 内氨耗量为 5520t，按 3000 元/t 计算，共需 1656 万元；电耗量为 3050kWh/h，在 24000h 内电耗量为 73200000kWh，按 0.35 元每度计算，共需 25.62 万元。共计运行费用为 1681.62 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心

联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：13

技术名称

失活脱硝催化剂再生改性技术

适用范围

燃煤电站锅炉、热电联产锅炉、燃煤工业锅炉、冶金行业窑炉、建材行业窑炉等脱硝催化剂的再生改性。

基本原理

首先通过对失活催化剂样品的各项物理化学性能进行检测分析，确认催化剂失活的本征原因，再以此为依据制定催化剂再生方案。再生后的催化剂脱硝活性达到新鲜催化剂的 90%以上，且通过改性提高单质汞的氧化效率，汞氧化效率可达 50%以上，SO_2/SO_3 转化率＜1%，氨逃逸率＜2.3ppm。

工艺流程

工艺流程为：

（1）吹扫：通过压缩空气吹扫、抽真空等物理过程松散催化剂表面以及孔道内的飞灰；

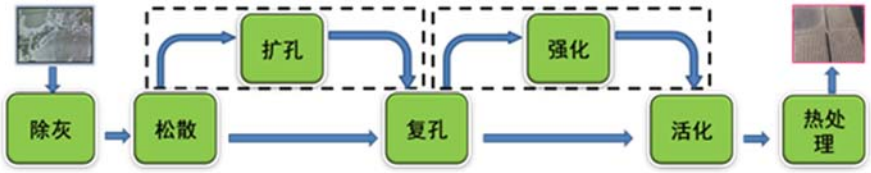
（2）除灰处置：通过外力场作用来清洗催化剂表面和孔道内的飞灰；

（3）复孔处置：通过复孔添加剂去除沉积在微孔内的有毒物质；

（4）强化处置：通过强化添加剂强化催化剂表面活性、耐磨损能力以及抗压强度，使再生后的催化剂达到指标要求；

（5）活化处置：对催化剂进行活性物质补充，通过合理的活性液配方保证活性组分均匀有效负载在催化剂上，以提高催化剂的再生脱硝性能；

（6）热处理：再生催化剂模块被送入梭式窑进行干燥和煅烧，烧制好的催化剂模块已经具备了应用的机械性能和活性。



典型工艺流程图

关键技术或设计特征

- 通过量子化学调控和实验相结合的手段，建立催化剂表面原子簇模型，得到中毒催化剂的原子构架，揭示催化剂活性下降的本征原因，对其失活机理进行分析诊断；
- 通过外力场作用(超声清洗、鼓泡清洗)来清洗催化剂表面和孔道内的飞灰，从而对催化剂表面进行全面高强度的精密清洗，并采用化学清洗剂对催化剂进行联合清洗，基本清除催化剂微孔内的中毒物质；
- 通过自主研发活化液配方，实现不同活性组分的再植入，达到对原有催化剂

的 NO 脱除能力、Hg 氧化能力增强，SO_2 氧化能力下降的目的。

典型规模

通过产学研合作，该技术成果已在包含 1000MW 在内的燃煤锅炉和 220t/h 在内的热电联产机组上实现了规模化应用。

推广情况

已成功应用于嘉华电厂 7 号 1000MW 机组、五沙热电 300MW 机组、兰溪电厂 600MW 机组、新嘉爱斯 220t/h 供热锅炉等失活催化剂再生工程，及嘉华电厂 8 号 1000MW 机组催化剂再生改性工程等，再生后的催化剂脱硝活性均达到了新鲜催化剂的 90%以上。

同时还形成了年再生改性能力达 3000m^3/a 的可移动式成套再生改性装备（国内首套）及核心技术，并建立了国内首套自主知识产权的 20000m^3/a 固定式成套再生及处置装备；关键成果已形成行业标准《JB/T 12129-2015 燃煤烟气脱硝失活催化剂再生及处理方法》。

典型案例

（一）项目概况

浙江浙能嘉华发电有限公司 7#机组（1000MW）SCR 脱硝催化剂再生工程于 2014 年 4 月对失活催化剂进行再生生产，并于 2014 年 6 月开始投运。

嘉华电厂催化剂再生照片

（二）技术指标

本项目再生后催化剂的活性能恢复到新鲜催化剂的 94%，脱硝效率为 81.5%时，氨逃逸为 0.3ppm，完全满足脱硝系统设计要求。目前，再生的脱硝催化剂已经连续稳定运行超过 10000 小时。

（三）投资费用

相比于更换新鲜催化剂（约 1.1 万元/m^3），再生催化剂费用大幅降低至约 0.7 万/m^3。

（四）运行费用

无。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：翁卫国

电话：0571-87951335
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027
E-mail：wgweng@163.com

颗粒物治理技术

技术编号：14

技术名称

超净电袋复合除尘技术

适用范围

电力、水泥、化工、冶金等行业烟尘的高效捕集。

基本原理

该技术是电除尘技术与袋式除尘技术有机结合的一种复合除尘新技术，通过在一个箱体内紧凑地安装电场区和滤袋区，利用前级电场收集大部分烟尘，同时使烟尘荷电，利用后级滤袋区过滤拦截剩余的烟尘，实现烟气净化。未被前级电区捕集的荷电粉尘，由于电荷作用使细微颗粒极化或凝并成粗颗粒，同时由于同性电荷的排斥作用，在滤袋表面形成疏松的粉尘层，阻力低，容易清灰剥离，因而产生了荷电粉尘增强过滤性能的效应。超净电袋复合除尘技术集合了最优耦合匹配、高均匀多维流场、微粒凝并、高精过滤技术等多项关键技术，可实现烟尘排放浓度长期稳定小于 10mg/Nm^3 或 5mg/Nm^3。

工艺流程

超净电袋复合除尘器工艺流程为：1、高速含尘烟气从烟道经进口喇叭扩散、缓冲、整流，水平进入电场区；2、在电场区，烟气中部分粗颗粒粉尘在扩散、缓冲过程中沉降落入灰斗，并且大部分粉尘（80%以上）在电场区的高压静电作用下被阳极板捕集；3、剩余部分粉尘随气流进入滤袋区被滤袋截留；4、净化后的烟气从袋口流出，经净气室、提升阀、出口烟箱、烟囱排放，从而完成净化过程。超净电袋复合除尘器基本结构图如图 1 所示。

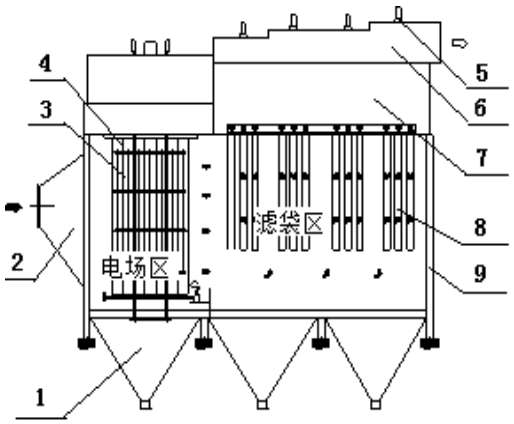


图　超净电袋复合除尘器基本结构图
1-灰斗；2-进气烟箱；3-阴极系统；4-阳极系统；5-提升阀装置；
6-出气烟箱；7-净气室；8-滤袋袋笼；9-壳体

关键技术或设计特征

- 增强微粒荷电凝并。通过采用高放电性能、高场强的电区极配型式，提高颗粒荷电及除尘效率；

- 最佳电区、袋区耦合匹配。根据煤种、烟气工况条件，合理设计电场区的规格容量，实现电区与袋区的匹配最佳，提高技术经济性；
- 高均匀性流场技术。通过物理模型试验与CFD数值模拟计算相结合的方法，实现袋区各室流量偏差＜3%；
- 高精过滤滤料。通过采用高精过滤滤料，如覆膜滤料、梯度滤袋等，同时改进加工工艺及制造质量，提高过滤精度。

典型规模

该技术目前最大应用的机组规模为1000MW，处理烟气量为$6\times10^6 m^3/h$（工况）。

推广情况

超净电袋复合除尘器自成功开发以来，实现了应用于300MW、600MW、1000MW等机组的全面突破。如广东粤电沙角C电厂#2炉660MW机组工程是首台投运的超净电袋项目，于2015年1月成功投运；河南鲁阳平顶山1#炉1030MW机组除尘器改造项目，于6月16日成功投运，均达到超低排放的要求。截止2016年6月，已投运的超净电袋装置达十几台套，配套应用装机容量已超过23000MW。

典型案例

（一）项目概况

平顶山发电分公司一期工程位于平顶山市鲁山县辛集乡北部，一期工程建设2×1030MW超超临界燃煤机组，分别于2010年11月和12月投产。1号机组除尘器原烟尘控制措施为三室五电场静电除尘器，除尘器出口烟尘排放浓度长期在$100mg/Nm^3$以上。在低低温除尘改造后，除尘器出口的烟尘排放浓度在$60mg/Nm^3$以上，仍不满足设计要求。随着三部委《煤电节能减排升级与改造行动计划（2014-2020年）》的提出，电厂决定对1号机组直接采用超低排放改造，并于2015年6月成功投运。

（二）技术指标

根据河南电力科学研究院于2015年7月12至13日对1号机组的测试结果表明：在1010MW负荷下（98%满负荷）进行热态性能测试，得出超净电袋除尘器A、B两列的除尘效率分别为99.980%、99.979%，阻力分别为646Pa、658Pa，烟尘排放浓度分别为$8.39mg/Nm^3$、$8.76mg/Nm^3$，烟囱出口烟尘排放浓度为$4.36mg/Nm^3$，均满足超低排放要求。

以除尘器A列进口标准干烟气129.44×10^4 Nm^3/h，入口含尘浓度分别为45.753（g/Nm^3,干基）；B列进口标准干烟气134.21×10^4 Nm^3/h，入口含尘浓度47.026（g/Nm^3，干基），年运行约5800小时计算，则除尘器每年减排粉尘约67.27万吨。

（三）投资费用

本项目1#机组1030MW机组超净电袋复合除尘器总投资约3000万元，占地面积为约$3180m^2$。除尘器整体使用寿命30年以上，滤袋总体使用寿命达5年以

上。

（四）运行费用

根据运行一年来的运行情况统计，平均电耗约为 363 kWh/h。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：15

技术名称

高效低阻脉冲袋式除尘技术

适用范围

适用于国内外冶金、有色、建材、火电、机械等行业的含尘烟气的颗粒物治理或干法脱硫系统等。

基本原理

采用新型高效脉冲喷吹清灰装置，提升喷吹强度，保证除尘器清灰效果；优化除尘器内部流场，保证不磨袋；采用大室大灰斗结构，节省除尘器占地和投资。

工艺流程

含尘烟气从除尘器进气口经各除尘器分室入口调节阀分配，均匀进入各室，通过室内的气流均布装置导流后，经布袋过滤净化进入上部净气室，通过离线阀汇入排气管道排出。随着滤袋表面收集粉尘增多，除尘器压差逐渐升高，差压值或时间信号驱动清灰系统脉冲阀动作，通过脉冲清灰装置实现清灰，将滤袋表面粉尘震落。粉尘收集在灰斗中，通过输灰装置收集到储灰仓中定期外运或直接通过气力输灰装置输送到指定地点。

关键技术或设计特征

- 开发了新型脉冲喷吹清灰装置及配套工艺，改进了清灰系统的能力，使单个脉冲阀在保证均匀清灰效果的基础上，清灰过滤面积提高了 28.6%，实现了 9m 长滤袋脉冲除尘器在国内外的首次实际工程应用；
- 通过采取合理的导流措施，解决了由于除尘器内部气流分布不均匀导致的除尘器结构阻力高、滤袋寿命短的技术难题，在高效脉冲清灰装置的协同作用下，使除尘器运行阻力降至 1100Pa 以下，实现节能 30%，滤袋寿命由 2 年延长至 7 年；
- 优化了除尘器结构体系，改变了除尘器箱体受力形式，与传统形式相比除尘器结构重量降低了 17%。

典型规模

高效低阻脉冲除尘器为系列化产品，单室过滤面积从880m^{2}到2700 m^{2}不等，单台除尘器的最大过滤面积为32400 m^2，处理风量为195万m^3/h（工况）。处理烟气的粉尘含量最高为1000g/m^3（工况），温度最高达到300℃左右。

推广情况

该技术从2003年开始在宝钢、河北钢铁、鞍钢、天津钢管公司、首钢京唐钢等大型钢铁企业大规模推广应用，在火电、建材等行业也开始逐步推广应用；同时该技术也应用到印度VIKPAM电站和泰国THAISR发电公司，逐步走向国际市场。累计应用超过200台套，处理风量超过9000万m^3/h，创造产值超过20亿元。

典型案例

（一）项目概况

宝钢广东湛江钢铁基地炼钢非工艺除尘项目除尘器及风机机组自主集成设备供货项目提供高效低阻脉冲袋式除尘器8套，处理转炉车间铁水预处理、转炉二次、精炼炉和地下料仓等工序烟气，总过滤面积119260 m^2，处理风量为720万m^3/h。2014年4月开工建设，于2015年9月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据业主方检测数据，除尘器出口颗粒物浓度均在3mg/Nm^3以下，低于《炼钢工业大气污染物排放标准》（GB//T 28664-2012）中的“铁水预处理、转炉、电炉、精炼炉”特别排放限值15mg/Nm^3的标准要求。除尘器总压差在800Pa左右，比普通除尘器要低600Pa。以总风量为720万m^3/h计算，该项目每年减少粉尘排放691吨/年（与特别排放限值比较），节省电耗9.6×10^6kWh/年。

（三）投资费用

该项目设备投资7000万元（基建部分由甲方建成），处理风量每10000m^3/h投资费用为9.7万元。主体设备寿命20年以上。

（四）运行费用

根据2015年9月至2016年6月实际运行情况，处理风量为720万m^3/h，年运行费用2700万元，处理风量每10000m^3/h运行费用为3.75万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护钢铁工业污染防治工程技术中心
联系人：朱晓华
电话：010-82227606
地址：北京市海淀区西土城路 33 号 8 号楼
邮编：100088
E-mail：zhuxiaohua@cribc.com

技术编号：16

技术名称

工业炉窑烟尘细颗粒物超低排放与节能技术

适用范围

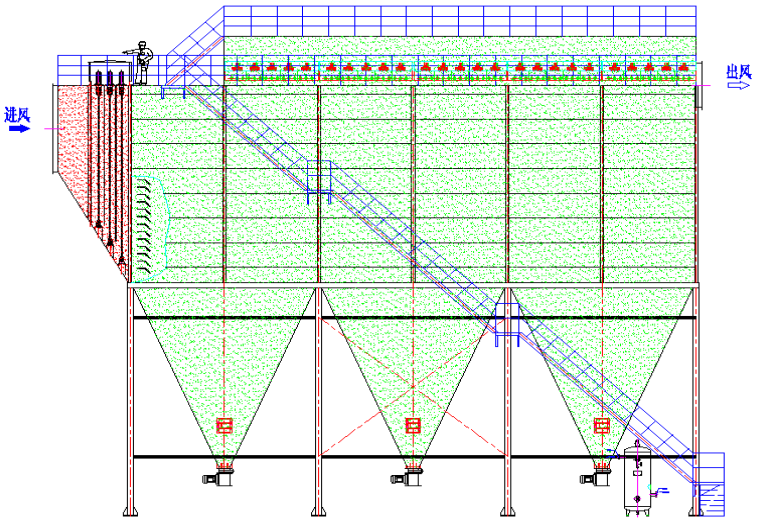
适用于钢铁、有色、电力、建材等行业的工业窑炉烟尘细颗粒物超低排放控制。

基本原理

该技术采用预荷电与袋式除尘组合的方式，前级预荷电利用高压电场将气体电离，使粉尘充分荷电，在布袋表面形成疏松的粉尘层，后级袋式除尘采用超细面层 $PM_{2.5}$ 精细滤料，对烟尘进行过滤。

工艺流程

一种新型复合式袋滤器结构，将粉尘预荷电装置、气流分布装置、新型清灰装置、智能自动控制和袋式除尘器有机结合。含尘烟气先经过设置在前段进口喇叭内的预荷电器，使得进入除尘器的烟尘荷电，烟尘聚集，微粒长大，然后含尘烟气进入后级袋式除尘器，在此粉尘被超细高密面层三维梯度滤料捕集，除尘后的烟气进入后续设备。



关键技术或设计特征

- 微细粒子预荷电装置结构，研制预荷电新的极配形式；
- 适用于工业窑炉高温烟气细颗粒物捕集的超细高密度面层三维梯度滤料；
- 将粉尘预荷电装置、气流分布装置、新型清灰装置、智能自动控制和袋式除尘器有机结合的复合式预荷电袋滤器结构。

典型规模

该技术能广泛应用于钢铁、有色、电力、建材等行业的工业窑炉烟尘细颗粒物超低排放控制。

推广情况

该技术应用于鞍钢炼钢总厂三分厂 180t 转炉二次除尘项目、山东钢铁集团有限公司日照钢铁精品基地炼钢主系统环境除尘项目等。

典型案例

（一）项目概况

鞍钢炼钢总厂三分厂 180t 转炉二次除尘项目，设计处理风量 70×10^4 m^3/h，项目于 2015 年 1 月 4 日投运，设备运行正常。

（二）技术指标

项目实施后，颗粒物排放浓度 4.3～8.6 mg/Nm^3，$PM_{2.5}$ 捕集效率≥98%，设备运行阻力 700～900Pa，比常规除尘器低约 40%，节能效益显著，运行可靠，投运率 100%。

（三）投资费用

该项目总投资约 700 万元。

（四）运行费用

预荷电直通式袋滤器运行能耗约 170kW，常规除尘器运行能耗约 366kW，节能效益显著。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护工业烟气控制工程技术中心
联系人：马晓辉
电话：027-59908241
地址：武汉市东湖新技术开发区光谷一路 225 号
邮编：430205
E-mail：mxhgood2005@126.com

技术编号：17

技术名称

铁合金炉煤气干法净化与回收技术

适用范围

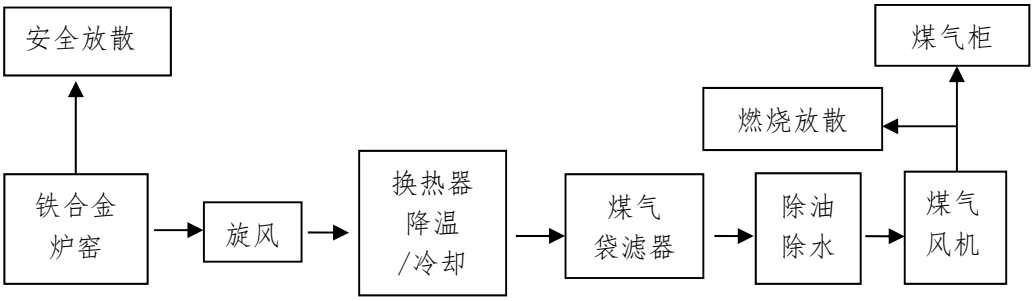
适用于铁合金炉、电石炉等矿热炉的煤气干法净化与回收。

基本原理

该技术是将传统湿法洗涤时，颗粒物与液滴的传热传质净化过程转变为干法净化中颗粒物在筛分、惯性碰撞、布朗运动、静电等多种物理作用下过滤分离的过程，是将湿法喷淋塔+文丘里洗涤器转变为袋式除尘器，实现细颗粒物超低净化。

工艺流程

根据铁合金炉生产工艺特点和气体特性及炉型，煤气干法净化回收工艺流程为：



关键技术或设计特征

- 在国外技术基础上进行工艺简化，短流程，实现再创新；
- 防爆型净化袋滤器结构开发，突破负压状态下装置严密性，杜绝卸灰时空气渗漏；
- 耐高温阻燃高效过滤材料，超细面层滤料结构及制造；
- 煤气净化自动控制技术及软件。

典型规模

该技术能广泛应用于各种规模铁合金炉、电石炉等矿热炉的煤气干法净化与回收。

推广情况

该技术实施在中钢吉铁 101#炉干法煤气回收系统等。

典型案例

（一）项目概况

中钢吉铁一分厂 12500KVA 密闭铁合金炉干法煤气回收系统，于 2014 年建

成投运，设备运行正常。

（二）技术指标

煤气净化后颗粒物浓度<10mg/Nm^3， $PM_{2.5}$ 捕集效率 99.9%；设备阻力<1000pa；节能 40%；节水 90%。

（三）投资费用

该项目总投资约 320 万元。

（四）运行费用

运行能耗和维护费用显著低于湿法工艺，通过湿法改干法直接创造经济效益约 186 万元/年。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护工业烟气控制工程技术中心
联系人：马晓辉
电话：027-59908241
地址：武汉市东湖新技术开发区光谷一路 225 号
邮编：430205
E-mail：mxhgood2005@126.com

技术编号：18

技术名称

燃煤电站低低温电除尘技术与装备

适用范围

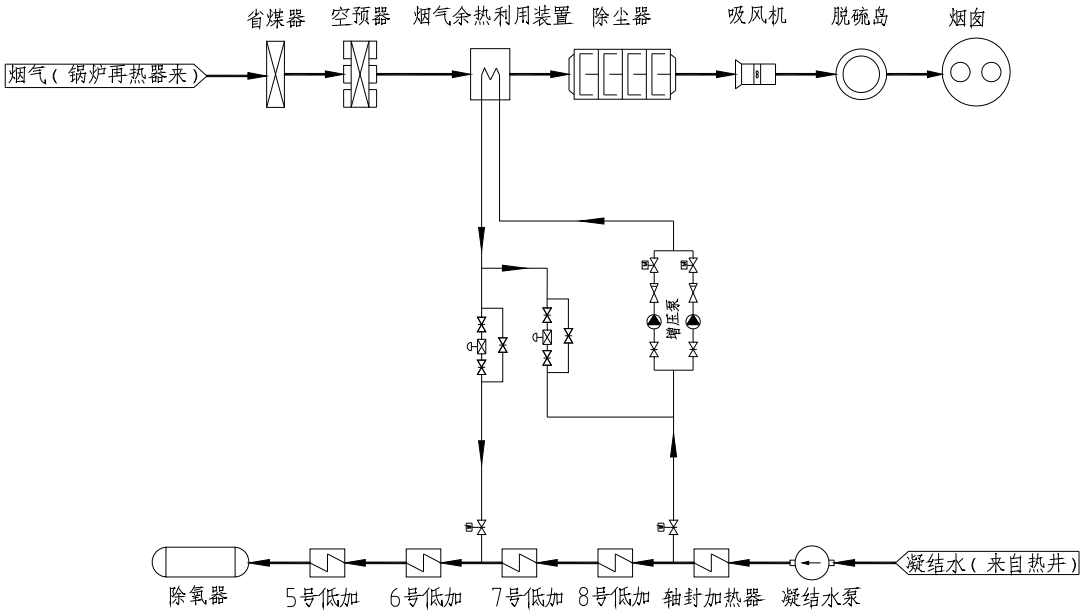
燃煤电站及钢铁、化工、建材等行业的锅炉烟气粉尘治理

基本原理

该技术采用烟气余热利用装置使汽机冷凝水与电除尘器入口热烟气进行热交换，使得汽机冷凝水得到额外的热量，降低机组热耗，实现煤耗节约。同时使得进入电除尘器的运行温度由通常的低温状态（130℃～170℃）下降到低低温状态（90±5℃左右)，将烟尘比电阻降低至 10^9～10^{10}Ω•cm 的电除尘器最佳工作范围，并使处理的烟气体积流量得以降低，相应地降低电场烟气通道内的烟气流速，实现余热利用和提高除尘效率的双重目的。

工艺流程

工艺流程为：1、在空预器与电除尘器之间的烟道设置烟气余热利用装置，对进入电除尘器的烟气进行降温处理；2、从汽机凝结水系统中引出低温的凝结水，凝结水与热烟气在烟气余热利用装置中进行热交换，升温后的凝结水返回汽机凝结水系统中；3、降温后烟气进入低低温电除尘器内，由除尘器对烟气中的粉尘、SO_3、Hg 等污染物进行脱除处理。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 采取烟气余热利用与电除尘器的有机耦合，实现电除尘低低温高效运行；
- 采取“换热+气流均布”复合设计方案，大幅度降低综合流阻；

- 采取新型复合换热面，高效换热、使用寿命长；
- 采取合理的换热工艺布置，确保换热效果最佳；
- 配置余热利用电除尘自适应控制系统和泄漏检测系统，提高系统运行的稳定性和可靠性；
- 应用“四防”(防止低温腐蚀、防止磨损、防止积灰、防止泄漏)关键技术。

典型规模

该技术能够运用于燃煤电站 50MW~1000MW 机组锅炉。

推广情况

在大唐国际宁德发电有限责任公司 4 号机组实现国内首台大型化低低温电除尘器大型化运用后，先后于大唐国际潮州电厂 2×660MW 机组、中电投新昌电厂 2×700MW 机组、国投北疆电厂 1×1000MW 机组，华润苍南电厂 2×1000MW 机组、华能沁北电厂 1×1000MW 机组等大型机组实现运用。截至 2016 年 9 月，实现工业运用近 150 台套。

典型案例

（一）项目概况

中电投新昌电厂 2×700MW 机组 1 号机组低低温电除尘器改造项目，由福建龙净环保股份有限公司负责设计、供货、安装等工作。本次改造除尘器设计进口烟气温度由 140℃降至 95℃左右，设计出口颗粒物浓度为 20mg/Nm³，本项目 2013 年 01 月开始设计，2013 年 03 月开工建设，2013 年 7 月竣工并于当月投入试运行。2013 年 9 月组织完成验收。

（二）技术指标

根据江西电科院对中电投新昌电厂 1#机组的性能测试报告，本项目主要技术指标如下：

（1）出口烟尘质量浓度为 17mg/Nm^3；
（2）本体压力降为 503Pa；
（3）可降低供电煤耗 2.57g/kWh；
（4）SO_3 去除率为 88.1%；
（5）$PM_{2.5}$ 脱除率达 99.8%；
（6）气态汞含量降低 40%。

（三）投资费用

本工程总投资约 1640 万元，其中设备投资约 1428 万元。

（四）运行费用

根据 2013 年 08 月至 2014 年 07 月实际运行情况，水、电、粉、气、管理等运行费用约为 80 万元/年。

该项目通过回收利用余热可以节约煤耗，投运一年实际减少煤耗 9894.5 吨，经济净效益约为 643 万元/年（按标煤价 650 元/吨，有效运行小时数 5500 小时计算）。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：19

技术名称

燃煤电站 $PM_{2.5}$ 新型湿式电除尘技术与装备

适用范围

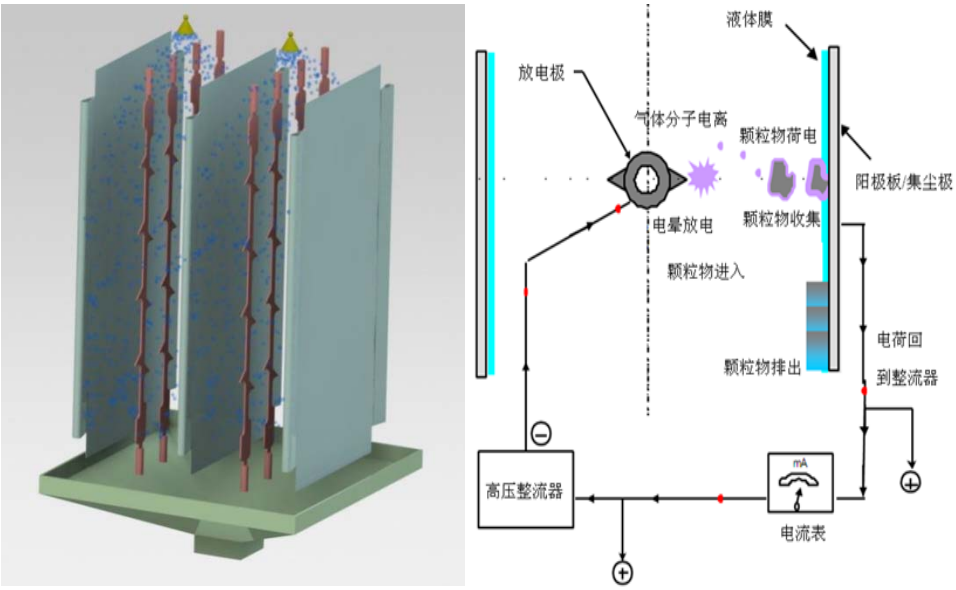
燃煤电站大气污染物终端治理，有效去除 $PM_{2.5}$、SO_3、酸雾、汞、NH_3 和 HCl 等多种污染物，消除石膏雨和蓝烟。

基本原理

湿式电除尘器对粉尘和雾滴的捕集原理与干式电除尘器类似，两者主要在清灰方式上有所不同。

湿式电除尘器在电场喷入水雾的同时向电场内金属放电线连续输送直流高压，将其周围气体电离，使粉尘和雾滴颗粒表面荷电，在电场力的作用下，荷电颗粒移动到收尘极，水雾在收尘极上聚集形成连续水膜，将收尘极上聚集的粉尘及其他污染物带走，形成灰水进入灰水处理系统循环利用。

金属放电极表面带水后，原来的“金属-空气”高势垒界面被分割成“金属-水”和“水-空气”低势垒界面，电子易于越过表面势垒发射，能够在低电压下发生电晕放电；水滴与粉尘结合后，粉尘比电阻下降，提高了运行电压；避免振打清灰造成二次扬尘，达到更高的收尘效率。

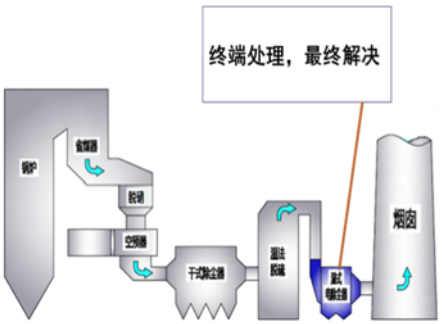


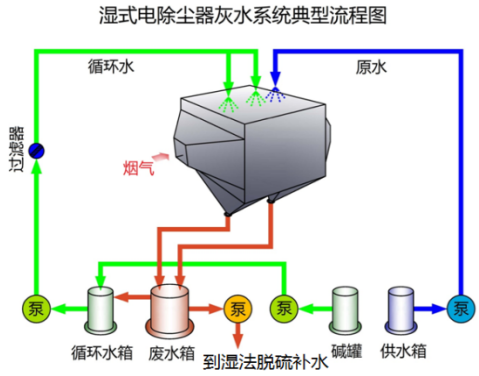
基本原理示意图

工艺流程

湿式电除尘器通过喷淋系统在电场收尘极表面形成一层流动水膜，烟气经过电场，粉尘荷电后向集尘极方向运动，最终被收集在收尘极上，并随着流动水膜被冲走，形成的灰水进入灰水循环处理系统，通过加入碱溶液中和以及自动过滤等方式，使大部分处理水达到循环利用的水质要求，并重新进入喷淋系统；小部分浓度较高的灰水排出，作为湿法脱硫的补水，湿式电除尘器系统内也同时补充

等量的新水，形成湿法脱硫和湿式电除尘器两个大系统内的水平衡，实现湿式电除尘器零水耗。





工艺流程示意图

关键技术或设计特征

- 通过研究湿式电除尘脱除 $PM_{2.5}$ 及协同脱除多种污染物的机理，形成的选型设计核心技术；
- 全自动高效灰水分离技术，建立以灰水分离装置为核心的低水耗水循环系统；独创阳极板隔排交叉间歇喷淋机制，进一步降低水耗、能耗和运行成本；强化协同治理，突破灰水二次污染的技术瓶颈；
- 复式结构紧凑型湿式电除尘器，解决场地狭窄、布置困难的难题；整体式上翘型锯齿阴极线结合免焊接快速胀接工艺，确保大型化应用高效可靠运行。

典型规模

该技术与装备可适应大多数规模的燃煤电厂，现阶段应用于 10MW~1000MW 机组。

推广情况

截止 2016 年 8 月，在国内已累计签订合同 109 台，其中 1000MW 机组配套 14 台，600MW 机组配套 27 台，总装机容量 44704MW。代表用户有中国华能集团公司、中国大唐集团公司、中国华电集团公司、中国国电集团公司、中国电力投资集团公司及国投电力、国华电力、华润电力等大中型电力集团公司。

典型案例

（一）项目概况

神华河北国华定洲发电厂二期工程为 2×600MW 超临界空冷机组，#4 机组 2014 年 10 月 20 日进入大修，同步进行湿式电除尘器加装工程。新增湿式电除尘器设计处理烟气量 $2.48\times10^6 Nm^3/h$，设计入口颗粒物浓度 $15mg/Nm^3$，设计出口颗粒物浓度 $5mg/Nm^3$，比集尘面积≥$20m^2/m^3/s$，耗水量≤15.97t/h。2014 年 12 月进入调试，并正式投入运行。

（二）技术指标

根据南京电力设备质量检验中心出具的#4 炉湿式电除尘器热态性能试验报

告：烟尘排放浓度为 1.8 mg/Nm^3，SO_3 去除率为 60.4%，$PM_{2.5}$ 去除率为 81.1%，Hg 的排放浓度为 2.99 μg/Nm^3，污染物排放浓度远低于国家最新《火电厂大气污染物排放标准》中的要求。

以设计处理烟气量 2.48×10^{6}Nm^3/h，年运行 5500 小时计算，该湿式电除尘器每年消减粉尘排放 115.67t,削减 SO_3 排放 135.2t，削减 $PM_{2.5}$ 排放 59.95t。同时该项目出水用于前端湿法脱硫补充用水，节约新鲜水资源约 8 万吨/年，按工艺水价 3 元/吨，节支总额达 24 万元/年。

（三）投资费用

该项目为 EP（工程项目设计和采购总承包）项目，包含设备的设计、生产、供货和调试，不含设备的安装。设备总投资 2252.5 万元，每兆瓦机组的投资费用为 3.75 万元。主体设备寿命 30 年以上。

（四）运行费用

根据 2015 年 9 月至 2015 年 10 月的实际运行情况，按年运行 5500 小时计算，年处理烟气量 136.4 亿立方米（标态，湿基，实际氧），32%NaOH 溶液耗量 473t/年，额定电耗 570kWh/h，年运行费用约 149.2 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：20

技术名称

WE 型管式湿式电除尘（雾）技术

适用范围

电力、建材、冶金、化工等行业废气终端治理

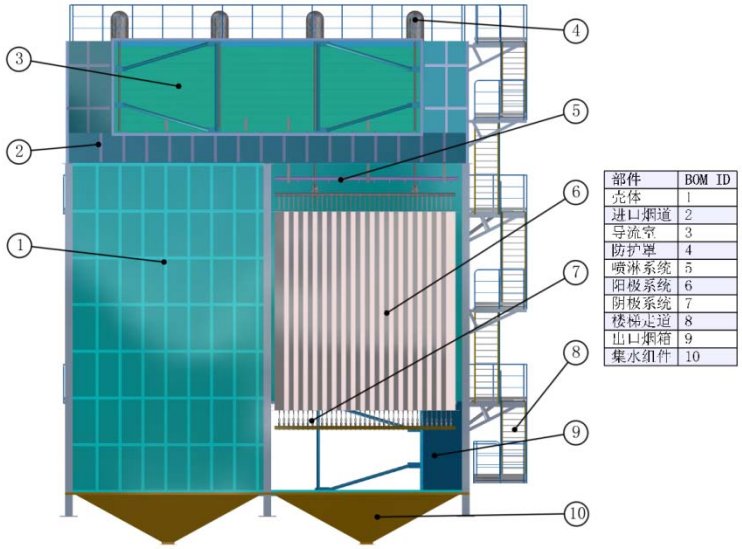
基本原理

该技术与干式电除尘器的收尘原理相同，利用高压电源在阴极线和阳极管之间形成电晕区，使空气分子被电离，瞬间产生大量正负离子，正负离子在电晕区内作定向运动从而形成电晕电流。当含有粉尘和雾滴等颗粒物的烟气进入阳极管时，由于离子的碰撞和扩散，使颗粒荷电，荷电后的颗粒在电场力的作用下向阴极、阳极作定向运动，于是颗粒物被集聚在阴极、阳极上而被捕集。

该技术主要处理含水较高乃至饱和的湿烟气，在对阳极管上捕集到的颗粒物清除方式上采用液膜自流清灰和间歇喷淋相结合的方法，含固废液在下部集水槽中收集并排入湿法脱硫系统回用，不产生额外废水。

工艺流程

工艺流程为：1、高速含尘、雾烟气从烟道进入烟箱扩散并在导流装置作用下，均匀扩散流入 WE 型管式湿式电除尘（雾）器的收尘区；2、恒流高压电源施加负的高压电，使电晕线和阳极管之间形成不均匀的高压电场；3、当含有酸雾、粉尘的烟气进入时，由于离子的碰撞和扩散，酸雾和粉尘被荷电，在电场力作用下迅速抵达阳极管内壁并释放出电荷；4、酸雾和粉尘抵达阳极管内壁的同时形成液膜，自流入下部集水槽；5、定期采用喷淋的方式对阳极管内壁进行冲洗；6、最后将收集在下部集水槽的含固废液排入湿法脱硫系统。



内部结构图

关键技术或设计特征

- 采用节能、节水型清灰技术。主要利用水膜自流实现清灰，辅以间歇喷淋，并通过喷嘴的设计选型及喷淋制度优化等措施保证最佳清灰效果的同时达到节水目的；
- 阳极管采用耐腐蚀导电玻璃钢材质，阴极线采用耐蚀合金材料，适用于有强腐蚀性的饱和湿烟气工况，保证装置长寿命；
- 采用大型化气流分布技术，实现阳极管进口断面的速度相对均方根差σr≤0.25，各阳极模块分区的相对流量偏差不超过±10%；
- 阴极系统采用高稳定结构，保证在高风速下阴极线不晃动，实现除尘系统性能最佳。

典型规模

该技术目前最大应用的机组规模为1000MW，处理工况烟气量为427万m^3/h（工况）。

推广情况

首台WE型管式湿式电除尘（雾）技术器工业样机在泰昌纸业成功投运，实现烟尘超低排放。随后，该技术突破了300MW、600MW、1000MW等大型化燃煤机组的应用。截至目前，该技术产品已取得44台套的业绩，其中已成功投运16台套，出口烟尘排放浓度均在5mg/Nm^3以内，阻力均小于250Pa，300MW机组的耗水量小于10t/d，性能优异。

典型案例

（一）项目概况

广东粤华发电有限责任公司6号机组（1×330MW燃煤机组）超低排放改造配套了一台WE型管式湿式电除尘（雾）器，处理工况烟气量为156万m^3/h。2015年9月开工建设，于2015年11月完成调试并建成投产，截至目前已连续稳定运行近10个月。

（二）技术指标

2016年5月，电厂委托广州托谱瑞电力科技股份有限公司进行第三方性能测试。测试结果表明，湿式电除尘（雾）器出口的颗粒物排放浓度平均为1.59 mg/Nm^3，满足5mg/Nm^3的指标要求。

表 测试结果

测试项目	单位	测试结果	要求值
出口烟尘浓度（标态，干基，6%O_2）	mg/Nm^3	1.59	5
$PM_{2.5}$去效率	%	80.4	75
雾滴去除率	%	83.5	81
SO_3去除率	%	66.6	65
水耗量	m^3/d	4.35	8
设备阻力（含烟道）	Pa	255	350

（三）投资费用

该项目设备投资 1500 万元，主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

该项目的运行费用主要包括电耗和水耗，其中，平均电耗为 154.2 kW•h/h，平均水耗为 4.35 m^3/d。按年运行 5500 小时计算，年运行费用约 74 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：21

技术名称

DCW 型湿式电除雾器

适用范围

发电、氯碱化工、冶金等行业烟气治理。

基本原理

LJ-DCW 型湿式电除雾器原理、结构与常规干式电除尘器基本相同，都是靠高压电晕放电使得粉尘荷电，所不同的是湿式电除尘器取消了传统干式电除尘器的振打清灰方式，而配置一套喷淋系统取代振打系统用以清灰，以此达到更高的收尘效率，主要包括以下四个物理过程：

（1）气体的电离；

（2）气溶胶、悬浮尘粒的凝并与荷电；

（3）荷电尘粒与气溶胶向收尘极运动；

（4）自清洗水流和喷淋冲洗系统实现极板清灰。

工艺流程

工艺流程为：1、脱硫后含尘、含浆的饱和湿烟气由电场下部进入； 2、通过设置于湿式电除雾器入口的烟气均布器使气流均匀分布；3、均布后的烟气自下而上流过电场区域； 4、电场内阴极线放电使气体电离，形成电离电场，使大量气体电离生成电子和离子；5、烟尘、含浆液滴等形成荷电颗粒，并在电场作用下向阳极板作趋极运动并吸附在阳极板板面上，使得气体得到净化； 6、净化后的气体由电场上部排放；7、自清洗水流及喷淋冲洗系统在阳极板板面上形成水膜，吸附在阳极板上的污染物在重力作用下随水膜流下，流下的污水直接进入吸收塔作为吸收塔补水。

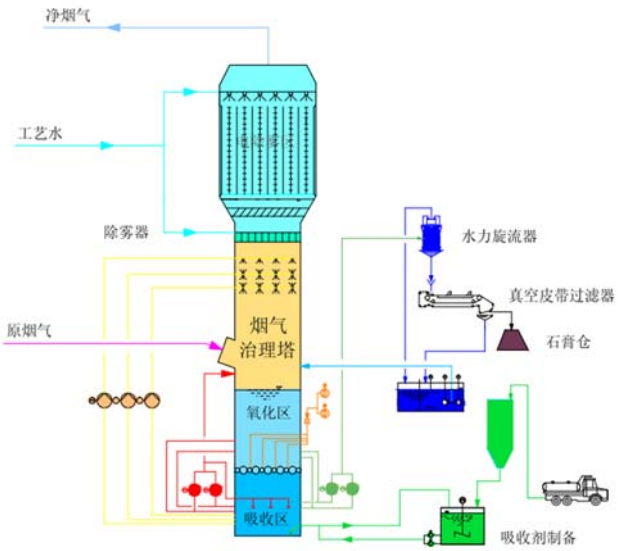


图 1 工艺流程图

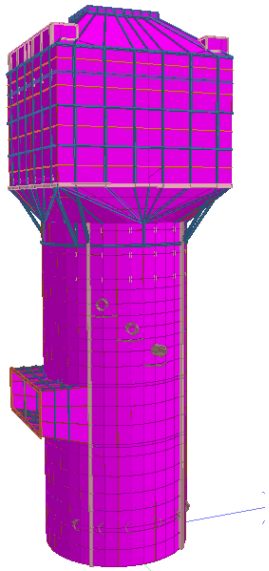


图 2 布置示意图

关键技术或设计特征

- 金属极配型式，具有优异的导电能力和放电稳定性，设备安全可靠；
- 阴、阳极采用高强度、高抗腐蚀的 2205 双相不锈钢，能耐受脱硫湿烟气腐蚀；
- 清洗方式采用自清洗水流，小流量、长时间喷雾冲洗+大流量、短时间、分区喷淋冲洗，耗、排水量低、无需设置水处理及循环系统；
- 塔顶布置，吸收塔自支撑结构，结构紧凑，节约建设用地；
- 无外置式湿式电除尘器的连接烟道，压降低，降低了引风机荷载；
- 流场均匀性优异，除尘效率高。

典型规模

该技术可适用于 0-110%负荷所有容量锅炉/发电机组超净烟气治理。

推广情况

目前该技术成果已成功应用于河北邢台国泰发电有限责任公司#11 机组（330MW）、河北建投任丘热电有限责任公司#1、2 机组（2×350MW）、安徽皖能马鞍山发电有限责任公司#2 机组（660MW）、江苏利港电力有限公司一期#1、2 机组（700MW）、陕西美鑫铝镁合金配套动力站工程（4×350MW）锅炉所配的湿式静电除尘器等项目中，脱除效率均≥90%。

典型案例

（一）项目概况

河北建投任丘热电有限责任公司 1、2 号机组湿式电除尘器工程，机组容量为 350MW，本工程采用 EPC 方式；设计要求为在长期运行条件下，湿式电除尘器入口烟尘浓度 30mg/Nm^3 时，对烟尘的去除率≥ 83.4 %，出口烟尘排放浓度≤ 5 mg/Nm^3（干基，含石膏等所有固态颗粒，6%O_2）；#1、#2 机组于 2015 年 7 月 22 日开工，#2 机组于 2015 年 10 月 18 日完成 168 小时试运行并投入商业运行，#1 机组于 2015 年 11 月 17 日完成 168 小时试运行并投入商业运行。

（二）技术指标

根据环保部门检测，实际烟尘入口浓度为 27.69 mg/Nm^3，出口烟尘浓度为 2.43mg/Nm^3，脱除效率≥91.2%，满足《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）的排放要求。本工程机组容量为 350MW，湿式电除雾器电场冲洗水及电场收集的含尘废水、烟气冷凝水作为脱硫系统工艺系统补水，废水不外排。

（三）投资费用

该项目总投资约 2800 万元，其中设备投资 1543 万元，基建投资 1143 万元，设计及管理 45 万元，调试、培训、技术服务费 69 万元。湿式电除尘器设计整体寿命 30 年，极板、极线及其固定件的设计寿命＞15 年。

（四）运行费用

序号	项目	年运行费用（万元）	备注
1	运行费用		年运行小时数 6000 小时
1.1	电费	72	

1.2	水费	0	冲洗水全部回用至湿法脱硫
2	其他	20	管理费、工程保险费用等
	总计：	92	

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：22

技术名称

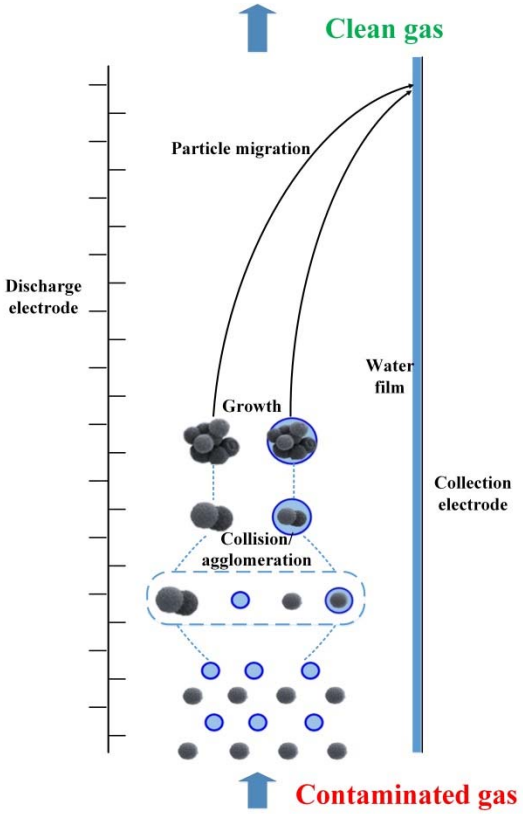
湿式静电烟气净化技术

适用范围

燃煤电站锅炉、热电联产锅炉、燃煤工业锅炉、冶金行业窑炉、建材行业窑炉的细颗粒控制。

基本原理

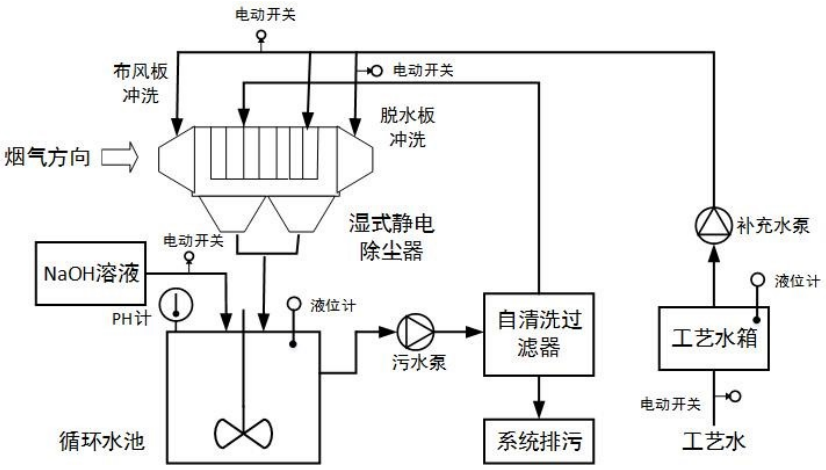
含尘的饱和湿烟气进入湿式静电除尘器，在高压静电作用下除尘器发生电晕放电，使微细粉尘、液滴颗粒带电，并在电场力的作用下向收尘极板运动，最后被捕集；极板上沉积的粉尘通过水流冲洗，落入灰斗。



基本原理图

工艺流程

含尘烟气通过湿式静电除尘器进口气流分布板整流后，均匀进入电场。粉尘在电场中荷电并在电场力作用下被捕集，被净化后的烟气排出。被捕集的粉尘通过喷淋冲洗使其落入灰斗并进入排水箱循环使用。部分循环水被排出，大部分循环水进入循环水箱通过循环水泵再进行喷淋。随着循环水 pH 值不断降低，为了防止系统的腐蚀，需要通过加入 NaOH 溶液调整 pH 值。



典型工艺流程图

关键技术或设计特征

- 优化极配形式及高压供电方式，强化水雾荷电捕集 $PM_{2.5}$/液滴，实现 $PM_{2.5}$ 及石膏雨的深度脱除；
- 优化喷淋系统的喷嘴布置方式、喷淋运行方式，在实现高效清除收尘板上粉尘的同时，最大限度减少水雾、浆滴携带；
- pH 调节系统充分中和被捕集的 SO_2、SO_3，防止设备腐蚀；
- 与湿法脱硫系统结合，湿式静电除尘器外排水可直接进入脱硫系统，实现湿电废水深度利用。

典型规模

该技术已应用于包含 1000MW 在内的燃煤电厂以及 75t/h-410t/h 规模的热电厂。

推广情况

通过产学研合作，已成功应用于广州五沙热电厂、山东太阳纸业、嘉兴新嘉爱斯电厂、广州中电荔新电厂、嵊州新中港热电、浙江海宁马桥热电厂、乐清电厂、兰溪电厂等湿式静电除尘工程，均可实现烟尘排放＜5 mg/Nm^3。

典型案例

（一）项目概况

广州中电荔新电力实业有限公司 2×330MW 热电联产机组锅炉尾部烟气进行“超洁净”改造工程，包括脱硫改造、脱硝改造、MGGH 改造、电袋除尘改造、湿式电除尘改造、“增引合一”改造等 6 个方面内容。该项目于 2015 年 4 月投运至今运行稳定。

（二）技术指标

2016 年 2 月经广州粤能电力科技开发有限公司测试，湿式静电除尘器在设计工况条件下达到了要求的技术指标，其中 $PM_{2.5}$ 和烟尘去除率分别达到 71.01% 和 75.09%，雾滴去除率达到 50.6%，SO_3 去除率达到 53.39%。

（三）投资费用

该项目设备投资 1159 万元（基建部分由甲方建成），包括湿式静电除尘器本体、水循环系统及电气控制系统。单位投资费用为 8.28 元/Nm^3。主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

根据 2016 年 1 月实际运行情况，每小时运行费用为 109.59 元（其中，水费：2 元/m^3，电费：0.59 元/kWh，32%NaOH 溶液：1100 元/吨）。按年运行 5000 小时计，年运行费用约为 55 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤大气污染控制工程技术中心
联系人：翁卫国
电话：0571-87951335
地址：浙江省杭州市浙大路 38 号浙江大学能源工程学院
邮编：310027
E-mail：wgweng@163.com

技术编号：23

技术名称

旋转射流帷幕雾化除尘器技术装备

适用范围

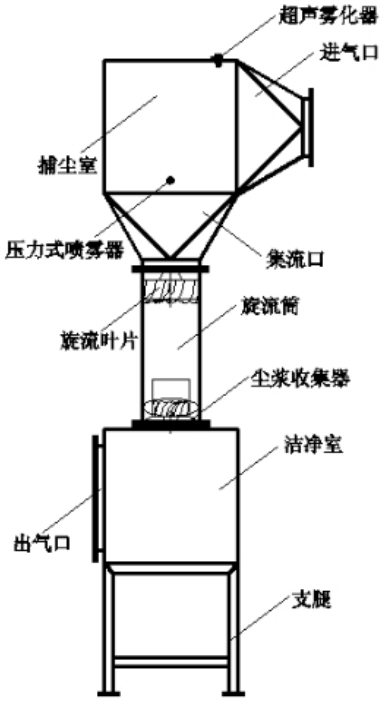
钢铁、有色、建材、冶金、矿山等行业烟尘治理。

基本原理

该技术的抑尘机理主要与重力沉降、惯性碰撞、拦截捕集、静电捕集、布朗扩散、凝结以及旋流离心分离等多种作用机理有关。由超声雾化器和压力式喷雾器产生的水幕通过碰撞、拦截和扩散三种机理综合作用将粉尘捕集下来形成尘水混合物，在旋流筒离心力的作用下，尘水混合物被抛到筒壁被脱除。

工艺流程

该技术由除尘器箱体、喷雾装置、双向旋流除尘脱水装置、尘浆收集器组合而成。喷雾装置根据除尘器处理风量由若干数量超声雾化器和压力式喷雾器组合构成。污风从进气口进入捕尘室，超声雾化器产生的细密气态水雾在捕尘室内捕获、凝聚粉尘，使粉尘粒径增大、重量增加而沉降下来。在上箱体下部压力式喷雾器产生的微细水雾对粉尘颗粒、水雾颗粒进一步捕集。在旋流筒装置中，尘浆收集器设置在旋流筒下部，沉降下来的泥浆经排污孔排出。双向旋流除尘脱水装置设置在旋流筒内，在离心力作用下使进入旋流筒的雾滴迅速被甩至筒壁形成水膜，水膜进一步粘住筒壁上的粉尘并使其随水排出除尘器。



旋转射流帷幕雾化除尘器结构示意图

关键技术或设计特征

- 采用超声雾化器与压力式喷雾器相结合的喷雾装置，雾化效果好、与含尘气流接触面积大、捕尘效率高；
- 采用双旋流除尘脱水装置，使旋流除尘的效果大大加强，使除尘器的阻力大大降低；
- 该旋转射流帷幕雾化除尘器采用无折返旋流的轴向结构，不存在气流间的紊流涡旋，使除尘效率有效提高。同时处理风量大、设备体积减小，降低了制造成本。

典型规模

该技术装备处理烟尘量可达 10 万 m^3/h，除尘器阻力<1000Pa；耗水量＜0.3 kg/m^3；能耗＜4.5 kJ/m^3；总尘除尘效率＞99.5%，呼吸性粉尘除尘效率达到 98%以上。

推广情况

该技术已应用于安徽马钢罗河矿业有限责任公司除尘系统改造项目、海南矿业股份有限公司除尘系统、安徽金安矿业有限公司除尘系统。

典型案例

（一）项目概况

安徽马钢罗河矿业有限责任公司除尘系统改造项目，除尘系统总风量约 50 万 m^3/h，将原有文丘里湿式除尘器更换为旋转射流帷幕雾化除尘器。2014 年 11 月改造工程开工建设，于 2015 年 4 月完成调试并投入运行。

（二）技术指标

除尘系统运行时性能指标如下所示：

表 1 除尘效率检测结果

液气比(L/m^3)	除尘器入口颗粒物浓度(工况，mg/m^3)	除尘器出口颗粒物浓度(工况，mg/m^3)	除尘效率（%）	呼尘除尘效率（%）
0.15	3577.2	5.31	99.85	98.69
0.15	3824.6	6.49	99.83	98.43
0.15	3706.5	5.74	99.85%	98.18
0.15	3782.2	6.02	99.84%	98.32

表 2 设备阻力检测结果

风速（m/s）	10	12	14	16
阻力（Pa）	600	690	810	980

表 3 设备能耗检测结果

风速（m/s）	10	12	14	16
能耗（kJ/m^3）	3.78	4.01	4.30	4.42

除尘系统正常运行时，经测定，除尘器的液气比为 0.15L/m^3，折合成耗水量约为 0.15kg/m^3。

（三）投资费用

该除尘系统改造项目总投资约 460 万元，其中设备投资 260 万元，除尘系统管道 140 万，安装费 60 万。主体设备寿命 10 年。

（四）运行费用

该项目总除尘风量为 50 万 m^3/h，系统运行费用主要包括电费、水费、维护费。全年运行时间按 7000h 计算，每年可回收粉尘量 17500 吨，每吨原矿石价格按 200 元计算，每年增加生产效益 350 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护矿山固体废物处理与处置工程技术中心
联系人：李刚
电　话：0555-2309618，15955554299
地　址：安徽省马鞍山市经济技术开发区西塘路 666 号
邮　编：243000
E-mail：hunankedaligang@163.com

技术编号：24

技术名称

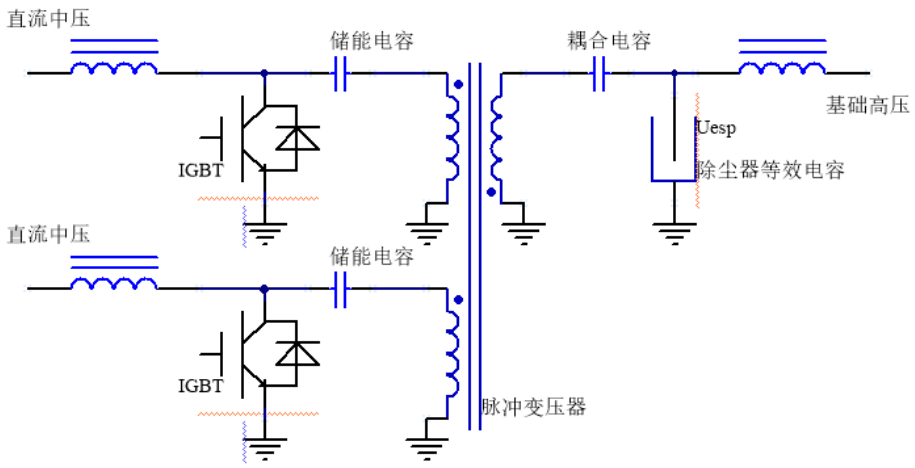
除尘用脉冲高压电源

适用范围

电力、建材、冶金等行业烟气治理，属除尘器配套高压电源。

基本原理

通过高压电容将L-C 振荡电路产生的脉冲耦合叠加在基础直流高压之上形成脉冲高压电源。为了提高单个脉冲最大输出峰值功率，研发双串联 L-C-C 回路混合并联谐振电路拓扑结构，谐振电路工作时，可为脉冲变压器初级提供高达数千安培的最大峰值谐振电流，输出最大峰值功率可达 20MW 以上高能脉冲，如下图电路所示，它极大提高脉冲变压器初级侧电流峰值，使脉冲变压器次级侧得到足够高的脉冲输出。在L-C 振荡期间未耗用的脉冲能量，通过反馈二极管回送到储能电容储存起来，可以供下一个脉冲使用，因此该电路具有显著的节能优点。



基于L-C的双串联谐振LCC混合并联电路

工艺流程

在基础直流高压之上叠加脉冲电压波形的脉冲供电，其中基础直流高压 60kV，脉冲高压 80 kV，通过高压电容耦合叠加，在电极上最高达到 140kV 的电压峰值，脉冲宽度≤100μS，设备可自动调整脉冲电压峰值和脉冲重复频率、基础直流高压，自动跟踪除尘烟气工况的变动。

关键技术或设计特征

- 研制基于 L-C 的双串联谐振 LCC 混合并联拓扑结构电源技术，最大能承受的电流峰值达 8000A；
- 开发了基础直流高压加脉冲高压的多重叠加技术，可与工频高压、三相高压、高频高压匹配使用；

- 发明了应用硬件火花检测技术、软件火花检测技术相结合的双重火花检测方法，实现了超微火花控制运行；
- 开发了一种可自动跟踪工况变化的脉宽自适应调整电路；
- 实现了功能部件的模块化结构设计，可任意组合出设备的多种外形结构和参数。

典型规模

以在电厂的典型应用为例，一般机组是使用双室四电场的电除尘器，典型设计为 2、3、4 电场采用脉冲高压电源，这样，每个项目使用 12 台脉冲高压电源。

推广情况

已在贵州粤黔电力有限责任公司 600MW、四川泸州川南发电有限责任公司 2×600MW、祁东南方水泥有限公司窑头 1500T/D 等电力、建材、冶金行业的电除尘器中，有 400 多台的应用业绩。

典型案例

（一）项目概况

深圳妈湾电力有限公司 2 号机组容量为 300MW，每台炉改造之前实际烟尘排放浓度在 60mg/Nm^3 左右。为了进一步提高除尘效率、降低烟尘排放及运行能耗，对现有除尘器后三电场实施了脉冲电源改造，共采用 12 台脉冲高压电源。

（二）技术指标

输入电源：三相交流 380V/50Hz；
额定输出基础直流电压：60kV；
额定输出基础直流电流：1000mA；
额定负载电容量：115nF；
额定输出脉冲峰值电压：80kV；
脉冲宽度：65～100μS ；
脉冲重复频率：2～150PPS；
设备允许的最高火花率：60 次/分钟。

经西安热工研究院有限公司性能测试，在满负荷工况下，电除尘器出口烟尘排放浓度为 16.91mg/Nm^3，功耗为 464kW，排放下降 30%以上，节能 50%。

（三）投资费用

该项目设备投资 600 万元(基建部分由甲方建成)；主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

运行费用主要为电费，按功耗为 464kW，年运行 280 天、电费 0.4 元/度计算，每年电费约 124.7 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920

地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：25

技术名称

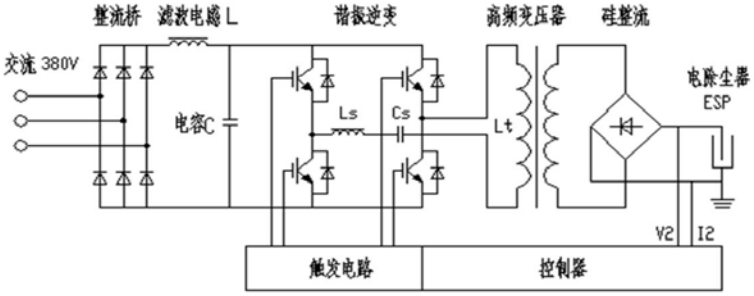
除尘用 STR03 系列高频电源

适用范围

该技术可配套各类除尘设备，广泛应用于电力、冶金、建材、轻工、化工等众多行业的烟气粉尘治理。

基本原理

该技术的基本原理如图所示，采用的总体的技术方案为：三相交流电源输入—整流—高频谐振逆变—升压整流输出直流高压。该技术通过调节供电方式给除尘器提供接近纯直流到脉动幅度很大的各种电压波形，工况适应性强。纯直流供电时，通过调节高频逆变环节的开关频率调节输入到变压器的谐振电流平均值，从而调节设备的输出电压，纯直流供电输出电压纹波小于 3%，适用于中低比电阻粉尘工况。间歇供电时，设备开关频率可以调节，同时通过控制逆变电路开通 Pon 和关断 Poff 的时间，实现间歇供电，间歇比任意可调，可有效抑制反电晕现象，实现保效节能，特别适用于高比电阻粉尘工况。



除尘用 STR03 系列高频电源原理图

工艺流程

该技术的工艺流程是：将三相 380V 交流电源通过整流桥后输出直流电源，并采用滤波电感和直流支撑电容降低交流脉动波纹系数使输出直流电压平滑。直流电源经逆变器逆变为高频交流电源，逆变器采用串联谐振拓扑结构具有恒流特性，在输出短路时有极好的限流能力;同时采用软开关控制技术，有效降低器件的关断应力，开关损耗小；设计合理的叠层母排式布置结构有效降低线路分布电感提高功率器件运行的可靠性和稳定性。高频交流电源经高频整流变压器升压整流后输出直流负高压给电除尘器供电，供电方式采用纯直流或间歇供电方式，该技术可针对烟气工况自动调节供电方式，提供最合适的电压波形给电除尘器供电，从而提高除尘效率。

关键技术或设计特征

- 叠层母排式大功率变换器结构降低线路分布电感提高功率器件运行可靠性及稳定性；
- IGBT 功率器件、分立式整流模块采用热管散热技术，散热效率高；

- 机柜热交换密封式散热技术确保控制柜防护等级达到 IP55，确保高频电源在户外环境可靠应用；
- 印刷电路板采用灌封和涂覆有机硅三防漆工艺技术，确保电路板可靠工作；
- 大功率高频高压硅堆和变压器分布参数设计，确保高频整流变压器在大功率高频状态下可靠运行。

典型规模

除尘用 STR03 系列高频电源容量从 32kW 至 160kW，电流从 0.4A 至 2.0A，电压从 50kV 至 80kV，已形成系列化设计，能满足电力行业 600MW 机组以及 1000MW 机组电除尘器全电场应用的要求。

推广情况

除尘用 STR03 系列高频电源已现场应用 6000 余台设备，其中在电力行业配套应用于 20 余台 1000MW 机组，120 余台 600MW 机组，360 余台 300MW 及以下机组，在建材行业配套应用于 80 余条窑头、窑尾、冷却机水泥生产线，在冶金行业配套应用于 40 余台烧结机机头、机尾、整粒电除尘器，用户遍及全国所有省市的各个行业，并出口到欧洲、非洲及东南亚各国。

典型案例

（一）项目概况

广东国华台山发电厂位于广东省台山市铜鼓湾，电厂三面环山，一面临海，是典型的沿海海滨电厂。台山电厂#3 炉 600MW 机组锅炉形式为亚临界一次中间再热强制循环汽包炉，台山电厂#3 炉电除尘器成套设备为 BE 型电除尘器，型号为 BE856/4-4，双列双室四电场结构。截止 2013 年底，台山电厂#3 炉已投运近 10 年。电除尘设备于 2009 年进行了节能改造，改造后系统运行稳定，除尘器出口排放稳定在 50mg/Nm^3。

（二）技术指标

#3 炉电除尘器改造项目要求为除尘效率 ≥99.85%，出口颗粒物浓度＜20mg/Nm^3，耗电量＜880.5kW。项目改造方案为一二电场采用高频电源替换原有的工频电源，三四电场采用三相电源替换原有的工频电源，同时升级 IPC 节能优化控制系统。

根据广东粤能电力科技开发有限公司出具的#3 炉改造测试报告显示，#3 炉静电除尘效率为 99.88%，达到 99.85%的性能要求；出口烟尘浓度 A1 为 11.34mg/Nm^3，A2 为 12.13mg/Nm^3，B1 为 19.37mg/Nm^3，B2 为 17.31mg/Nm^3，平均烟尘浓度为 15.04mg/Nm^3，小于所要求的 20mg/Nm^3。测试期间，#3 炉平均高压耗电量为 389.4kW，满足耗电量＜880.5kW 的要求。

（三）投资费用

#3 炉改造总投资约 410 万元，其中设备投资费用 360 万元，改造施工费用 50 万元。

（四）运行费用

改造后#3 炉平均高压耗电量为 389.4kW，按年运行 7000 小时，按每度电费用 0.4 元计算，年运行费用约 109 万元，比预计要求的耗电量节约年运行费用约

138 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：26

技术名称

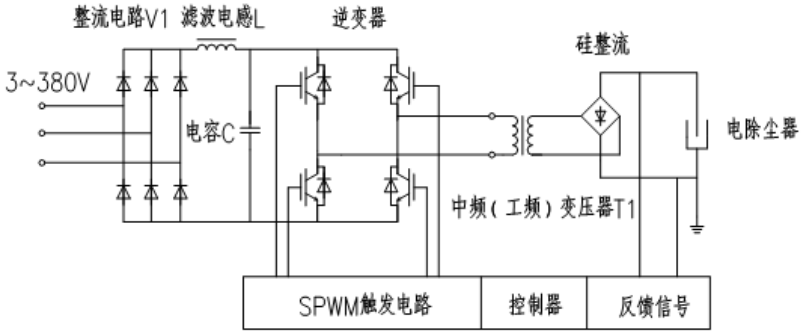
除尘用智能变频电源

适用范围

电力、冶金、建材、造纸等行业烟气治理的电除尘器、电袋除尘器、湿式电除尘器等设备。

基本原理

除尘用智能变频电源采用 500Hz 以下工作频率，按除尘高压电源工作频率分类，属于中频电源。原理示意图如图所示，主回路包括整流电路 V1、滤波电路 LC、IGBT 变换器和整流变压器 T1 四个部分，采用 AC→DC→AC→DC 变流方式：将三相进线交流电压整流为直流电压，然后经 SPWM 逆变后升压整流，输出电压纹波系数低于 5%的平滑直流高压电压，相比工频电源可减少电场火花率并提高电场电晕功率。



变频电源原理示意图

工艺流程

工艺流程主要为：

1、产品技术参数设计、产品图纸设计、各器件及原材料采购；
2、变频电源控制柜装配和变频变压器制作；
3、变频电源控制柜平台调试及变频变压器实验；
4、变频电源整机模拟电场调试及检验；
5、包装及储运。

关键技术或设计特征

- 变频电源功率因素和效率高，可提供纹波系数小于 5%的接近纯直流电压；脉冲供电间歇比 1:2-1:100 灵活可调，同时可更改工作频率调整脉冲波形，具有很好的工况适应性；
- 变频电源输出阻抗可实时跟踪电场工况变化，实现与电除尘器电场阻抗的动态最佳匹配，使电除尘器电场获得最高电晕功率和最佳供电效果；
- 变频电源可实时快速熄灭火花，迅速恢复电场供电；
- 变频电源控制柜放置在控制室内，整流变放置本体顶部，稳定性高，维护方

便。

典型规模

1、变频电源输出电流可达 2.4A、输出电压可达 90kV，输出功率可满足 1000MW 燃煤锅炉电除尘器电场供电需要，可作为各类除尘器全电场直流高压供电电源的标配；

2、变频电源在使用量占全部供电装置 50%以上的单相工频电源改造市场具有其他电源无法企及的优势—采用变频电源改造单相工频电源项目可依旧使用工频电源控制柜和工频硅整流变压器，也可将工频硅整流变更换为变频变压器，改造完成后可实现节能 20%以上，降低排放 30%以上。

推广情况

华新水泥（秭归）公司 4000 吨水泥熟料生产线窑头电除尘器电源改造等项目。

典型案例

（一）项目概况

华新水泥（秭归）公司 4000 吨水泥熟料生产线窑头电除尘器为单室三电场结构、比收尘面积为 76.1$m^2/m^3/s$,于 2009 年 12 月建成并完成调试投产，主要处理水泥生产过程中产生的粉尘污染。本次改造是将三电场 1.7A/72kV 单相工频电源改造升级为 1.7A/72kV 变频电源。

（二）技术指标

改造后，电场输入电晕功率提高 60%、电晕电压由 50kV 提高至 58kV，颗粒物排放量降低了 31%至 18mg/Nm^3，达到 20mg/Nm^3 排放标准限值规定。在相同输出功率时，变频电源比单相工频电源节电约 23%。

（三）投资费用

该项目设备投资 25 万元；主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

设备主要消耗电能，年运行费用约为 6 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

汞治理技术

技术编号：27

技术名称

低温等离子体处理含汞废气集成技术

适用范围

该技术适用于含汞废物处置、废物焚烧、燃煤、钢铁、有色、化工等行业烟气超低排放治理，适用的特征污染物为汞、二噁英、NO_x、SO_2 等。

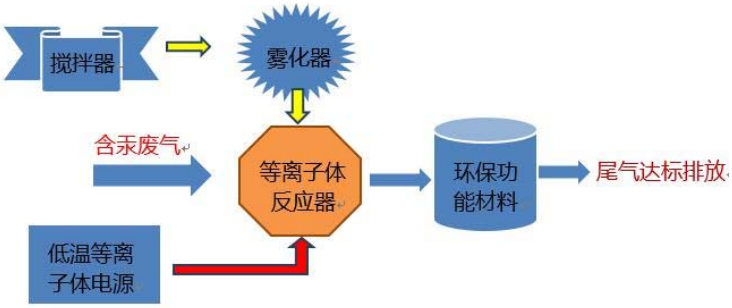
基本原理

该技术采用高压系统作为能量源，在反应器中产生高速电子，利用高强能量场所产生的瞬间高能粒子，以极快的速度反复轰击废气中的汞、二噁英、NO_x、SO_2 等分子，使得分子的汞被氧化、二噁英化学键扭曲并发生断裂。另一方面，大量的高能粒子会和空气作用产生的大量自由基和氧化性极强的 O_3 等二次氧化物，与汞、二噁英、NO_x、SO_2 等分子进一步发生化学反应。

低温等离子体集成系统同时耦合了先进的氧化触媒技术。氧化触媒以多孔无机材质为基质，采用陶瓷纳米技术研制，负载具有极强氧化能力的纳米微分子。可将经分子裂解处理的废气和产生的强氧化性物质（O_3）在触媒床内滞留，提供了氧化—还原反应的平台，进一步协同深度氧化，实现了物理—化学协同降解的目的，将异味污染物分子分解成矿化物被去除。

工艺流程

工艺流程为：1、含汞废气进入等离子体反应器；2、添加剂经雾化器雾化后进入等离子体反应器，3、反应器内含汞废气中的汞被臭氧、高能电子、自由基等氧化；4、反应器内被氧化后的汞与添加剂反应成盐析出；5、处理后的气体经环保功能材料继续吸附、氧化；6、处理后的气体达标排放。



关键技术或设计特征

- 采用百纳秒上升沿功率脉冲低温等离子体核心电源及集成技术；
- 结合陶瓷纳米环保功能材料吸附技术，实现达标排放；
- 实现了先进的高能物理、生态冶金技术在环境保护领域的应用。

典型规模

与含汞废物处置、废物焚烧、燃煤、钢铁、有色、化工等行业烟气超低排放

烟气量相匹配，可涵盖 $1\times10^3Nm^3/h$~$1\times10^5Nm^3/h$ 烟气量规模。

推广情况

该技术成果已应用于贵州某科技有限公司，完成了 $1500Nm^3/h$ 的示范实验。

典型案例

（一）项目概况

贵州重力科技环保有限公司低温等离子体集成技术处理含汞废气项目，处理规模 $1500Nm^3/h$，废气来源为废汞触媒处理后的含汞废气，2015 年 6 月示范建设，2015 年 12 月验收。

（二）技术指标

表 等离子体电源技术指标

项目	单位	数值	说明
波形	直流高压窄脉冲	近似梯形波	
重复率（脉冲频率）	次/秒	0~1000	
上升沿	纳秒/次	<50~100	
总波宽	纳秒/次	<200	
脉冲电流	A	8~160	
输入电压	V	220	交流
输出电压	kV	35	峰值
输出功率	kW	2	
瞬间功率	MW	5.6	输出功率2kW时

处理规模为 $1500Nm^3/h$；汞去除率可达 98.8%，尾气中汞的排放浓度不高于 $0.008mg/m^3$（工况）；无二次污染排放，处理含汞废气单位运行成本为 0.028 元/m^3。

（三）投资费用

该项目总投资约 30 万元，其中设备投资 25 万元，基建投资 0 元，其他投资 5 万元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

该系统完全由电力驱动，不需要消耗水及其他物料。处理含汞废气单位运行成本为 0.028 元/m^3。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护汞污染防治工程技术中心
联系人：陈扬
电话：13146984286
地址：北京市怀柔区雁栖经济开发区雁栖南四街 26 号
邮编：101407
E-mail：chenyang@basic.cas.cn

技术编号：28

技术名称

热解析-低温等离子体处理含汞废渣集成技术

适用范围

该技术适用于含汞废渣、高污染含汞土壤、废汞触媒等的治理。

基本原理

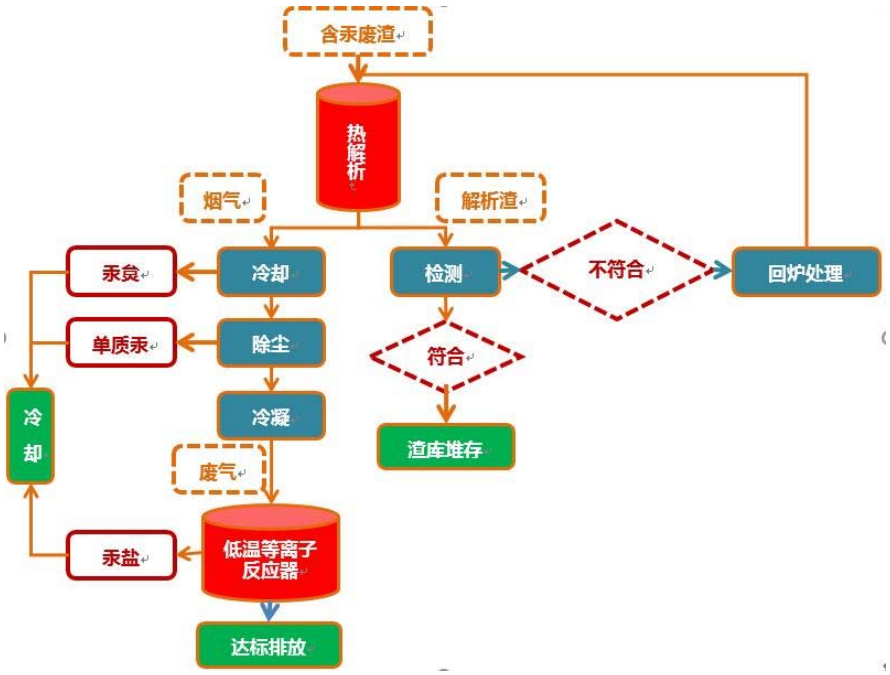
含汞废渣经过破碎研磨等预处理，进入电热解析炉进行解析处理。

低温等离子体装置采用高压系统作为能量源，在反应器中产生高速电子，利用高强能量场所产生的瞬间高能粒子，以极快的速度反复轰击废气中的汞等分子，使得分子的汞被氧化。另一方面，大量的高能粒子会和空气作用产生的大量自由基和氧化性极强的 O_3 等二次氧化物，与汞等分子进一步发生化学反应。

低温等离子体集成系统同时耦合了先进的氧化触媒技术。氧化触媒以多孔无机材质为基质，采用陶瓷纳米技术研制，负载具有极强氧化能力的纳米微分子。可将经分子裂解处理的废气和产生的强氧化性物质（O_3）在触媒床内滞留，提供了氧化—还原反应的平台，进一步协同深度氧化，实现了物理—化学协同降解的目的。

工艺流程

工艺流程为：1、含汞废渣进入热解析装置进行热解处理；2、产生的含汞废气先经过冷却、除尘、冷凝处理；3、处理后的含汞废气进入等离子体反应器；4、反应器内含汞废气中的汞被臭氧、高能电子、自由基等氧化；4、反应器内被氧化后的汞与添加剂反应生成盐并析出；5、处理后的气体经环保功能材料继续被吸附、氧化；6、处理后的气体达标排放；7、第一步产生的解析渣检验合格后到渣库堆存。



关键技术或设计特征

- 开发了低温热解析-低温等离子体集成技术，实现了汞资源的高效富集，为实现含汞废物资源化提供了技术途径，实现国内首创；
- 在含汞废渣中汞热解析后将采用低温等离子体技术，实现与含汞废气等离子体处理技术有效的衔接，切实体现了清洁生产和循环经济的理念。

典型规模

该技术处理规模为 40~50kg/h。

推广情况

该技术成果已被沈阳环境科学研究院所采用，完成了 40~50kg/h 的示范实验，汞回收效率可达 99%。

典型案例

（一）项目概况

热解析-低温等离子体集成技术处理含汞废渣项目，处理规模 40~50kg/h，废渣来源为冶炼渣，2014 年 10 月示范建设，2015 年 6 月验收。

（二）技术指标

对于中试装置，试验处理规模为 50kg/h；解析温度在 500℃以上时，出料废渣汞浓度低于检测限值，汞回收效率最高大于 99%。

热解烟气中 Hg^{2+}占总汞比例 17~45%，Hg^{0} 占总汞 55~83%。温度对汞价态分布影响明显，WMC 添加量对汞价态分布影响不大。经过袋式除尘器后烟气中 Hg^{2+}占总汞不到 5%，而 Hg^{0} 比例高于 95%。

（三）投资费用

该项目总投资约 30 万元，其中设备投资 25 万元，基建投资 0 万元，其他投资 5 万元。主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

每吨含汞废物处理成本为：主要油耗成本为 1930 元/吨，加上电费、人工、耗材等其他运行成本，直接运行成本为 2000~3000 元/吨。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护汞污染防治工程技术中心
联系人：陈扬
电话：13146984286
地址：北京市怀柔区雁栖经济开发区雁栖南四街 26 号
邮编：101407
E-mail：chenyang@basic.cas.cn

VOCs 治理技术

技术编号：29

技术名称

油品存储及装载过程油气活性炭吸附吸收回收技术

适用范围

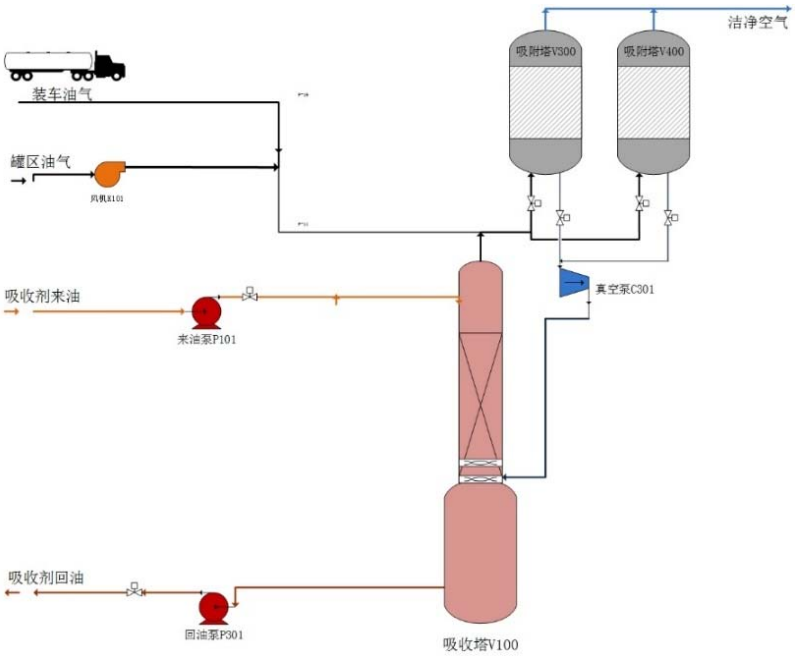
汽车、火车成品油/化工品装车，轮船成品油/化工品装船，罐区呼吸气治理。

基本原理

利用活性炭吸附剂与烃分子的亲和作用吸附油气中的碳氢化合物，并采用真空再生法对活性炭进行再生，解吸出的碳氢化合物通过吸收剂喷淋吸收或进入低温冷凝器中冷凝液化后送回油品/化工品装置。

工艺流程

油气回收系统主要由吸附塔、吸收塔和真空泵组成。吸附塔内装填活性炭吸附剂，装载过程或储罐呼吸产生的油气进入吸附塔，其中的碳氢化合物被活性炭吸附，浓度降低至 10g/m³以下（经过特殊设计可实现＜120mg/m³），净化后的气体排放到大气中；单个吸附塔工作周期为 15~20 分钟，吸附饱和后通过阀门对两个吸附塔进行切换；使用真空泵对吸附饱和的吸附塔进行真空再生，通过高真空破坏烃分子和活性炭颗粒间的分子水平粘合，进而将碳氢化合物从活性炭颗粒中释放出来，被释放的碳氢化合物从吸附塔底部流出送入吸收塔；吸收塔为正压填料塔，使用成品油做吸收剂，吸收剂从吸收塔上部进入，向下流过填料，将解吸的碳氢化合物溶解后送回储罐。



关键技术或设计特征

- 具有广泛适应性和特殊针对性的新型吸附剂。工作温升小于 10℃，有效保证系统安全；油气排放浓度小于 10g/m³，优于国标 25g/m³及北京市地标 20g/m³

的要求；

- 基于变螺距干式螺杆真空泵的真空解吸技术。无须乙二醇液封系统，适应油气回收特殊要求，结构简单、真空度高、噪音低、占地小、适应性强、能耗低，保证解吸过程中油气温度的有效控制；
- 实现真空度和吸附量的组态化优化控制。

典型规模

该技术油气回收处理规模 100~20,000m³/h。

推广情况

该技术目前已应用于北京奥运环六环成品油输送管道全部五座油库以及燕山石化储运厂等油品储运项目，在运处理系统超过 200 余套，处理规模 100~20,000m³/h，运行时间最长达 8 年，排放浓度远低于《储油库大气污染物排放标准》（GB20950）要求的 25g/m³，年减排 VOCs 近 4 万吨。

典型案例

（一）项目概况

中石化北京燕山石化分公司储运一厂活性炭吸附吸收油气回收工程，处理能力 800m³/h，主要处理装载过程中的油气，2014 年 11 月完成调试开始运行。

（二）技术指标

根据谱尼测试出具的测试报告，项目油气排放平均浓度为 8.9g/m³，优于《储油库大气污染物排放标准》（GB20950）排放浓度的要求。油气回收系统入口油气浓度 300~700g/m³，出口油气浓度＜10g/m³，油气去除率＞97%。该厂年成品油出厂约 200 万吨/年，油气回收装置油品回收量约占发油量 0.5~1‰，每年回收汽油 1000~2000 吨，减少装载过程中 VOCs 排放 1000~2000 吨。

（三）投资费用

本项目设备投资 410 万元，基础设施投资 350 万，主体设备寿命 10 年以上。

（四）运行费用

根据实际运行情况，每年回收汽油 1000 余吨，系统只需电力驱动，无其他能源消耗，能耗 0.14kWh/t 发油，单位废气治理成本 0.22 元/m³，年运行费用约 59 万元，年回收效益 825 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护石油石化行业挥发性有机物污染控制工程技术中心

联系人：万晓

电话：18600321711

地址：北京市朝阳区北辰东路 8 号北京国际会议中心 5 层

邮编：100101

E-mail：xiao.wan@bayeco.cn

技术编号：30

技术名称

石化行业 VOCs 工艺废气蓄热氧化（RTO/RCO）技术

适用范围

石油石化、包装印刷、表面涂装、有机化工、汽车喷涂、制药等工业行业的 VOCs 工艺废气治理。

基本原理

蓄热氧化技术可分为蓄热式热氧化技术（RTO）和蓄热式催化氧化技术（RCO）。RTO 是废气中的 VOCs 组分在热氧化室内的高温条件下（760℃～900℃）与氧气直接发生氧化反应，生成 CO_2 和 H_2O。RCO 跟 RTO 基本原理相同，区别在于 RCO 过程中 VOCs 在催化剂表面发生氧化反应，反应温度 300~450℃。

工艺流程

RCO 和 RTO 流程基本一致，区别仅为 RCO 在蓄热体上铺设催化剂层。RTO 反应系统由阀门系统、蓄热室和氧化室三部分组成，分为两塔和多塔系统。

1、两塔系统

VOCs 废气进入 A 塔与蓄热体换热，被蓄热体所含热量加热，在氧化室内与氧气发生氧化反应生成 CO_2 和 H_2O，同时放热，氧化后气体通过 B 塔与蓄热体热交换后排放，热量用于下次废气预热。下一循环，VOCs 废气从 B 塔进入，氧化后气体从 A 塔排出。重复以上循环。氧化过程中氧化室温度维持 760℃以上，若废气 VOCs 浓度不高，放热不足以维持氧化温度，则氧化室内电加热器或燃烧器自动加热以补充热量。

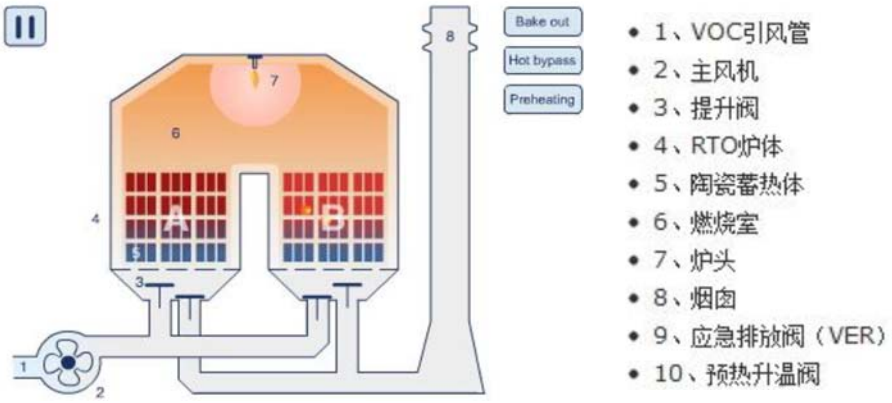


图 1 两塔工艺流程

2、多塔系统

多塔系统在 A、B 塔进、出气的同时，对 C 塔吹扫，将上一循环进气塔体下部未反应的 VOCs 气体吹扫至氧化室，避免被排放烟气携带排出造成瞬时 VOCs 排放浓度超标。

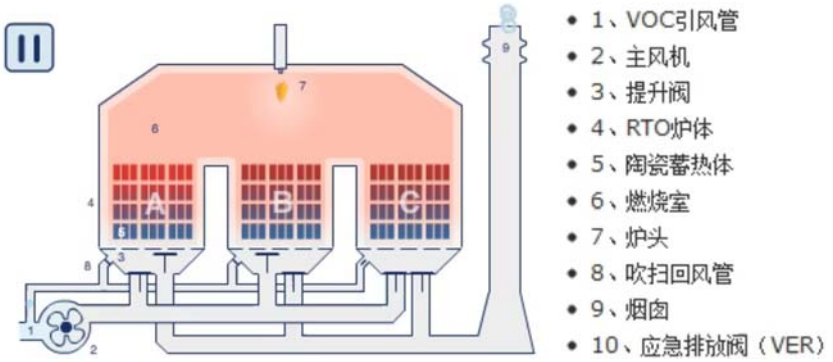


图 2 三塔工艺流程

关键技术或设计特征

- 采用高效陶瓷蓄热体，在高效去除 VOCs 的同时，热回收效率达 95%以上，与燃烧法相比较可降低年燃料费用 60%~65%；
- RCO 技术仅需 300~450℃即可实现 VOCs 的氧化分解，实现 99%以上去除率；
- 自主研发设计了适用于蓄热氧化技术的高质量蝶阀及提升阀，阀门可实现不低于 10 万次的动作次数，并保证泄漏率低于 0.5%；
- 优化流场设计，保证系统的低压降；
- 加热系统创造性地采用电加热器，避免了明火产生，保证系统安全可靠运行。

典型规模

该技术处理规模为 500~100,000Nm³/h。

推广情况

已应用于涵盖石化、涂料、制药、汽车喷涂等行业的 6 家企业。处理规模分别为上海拜耳 500Nm³/h，兰州石化 100,000Nm³/h，河北沃尔瓦格涂料 4500Nm³/h，东风日产 4800Nm³/h，比亚迪 45000Nm³/h，广州本田 26,000 Nm³/h。自 2013 年第一套装置运行以来，所有装置运行稳定，平均排放指标~30mgN/m³，最低可低于 10mg/Nm³，远优于国标＜120mg/Nm³ 的排放要求。

典型案例

（一）项目概况

中国石油天然气股份有限公司兰州分公司丁苯橡胶装置工艺废气治理项目，采用 RCO 技术，废气处理量 100,000Nm³/h。项目自 2014 年开始建设，于 2015 年 7 月完成调试并正式运行。

（二）技术指标

该项目废气主要由丁二烯和苯乙烯组成，其浓度分别为丁二烯 57.3mg/Nm³~103.2 mg/Nm³，苯乙烯 261.9 mg/Nm³~823.8mg/Nm³（最大 2000mg/Nm³）。根据兰州石化出具的验收报告，经过三塔 RCO 装置处理后，气体中非甲烷总烃及特征污染物苯乙烯浓度均小于 80mg/Nm³，其中苯乙烯浓度最大为 51.9mg/Nm³，最小为 1.03mg/Nm³，平均为 27.84mg/Nm³，去除率达到 99%，系统热回收效率超过 95%。符合《石油化学工业污染物排放标准》（GB31571-2015）的排放要求。

（三）投资费用

该项目总投资 3500 万，其中设备投资 2000 万元，基建投资 1500 万元。主体设备寿命 20 年以上。

（四）运行费用

根据 2015 年 7 月至今的运行数据统计，该项目年运行成本为 233 万元，其中电耗 133 万元/年，催化剂 100 万元/年，单位污染物处理成本为 3200 元/吨。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护石油石化行业挥发性有机物污染控制工程技术中心

联系人：万晓
电话：18600321711
地址：北京市朝阳区北辰东路 8 号北京国际会议中心 5 层
邮编：100101
E-mail：xiao.wan@bayeco.cn

多污染物协同控制技术

技术编号：31

技术名称

低温烟气循环流化床同时脱硫脱硝除尘技术

适用范围

适用于国内外火电厂燃煤锅炉、工业锅炉、冶金行业烧结机、球团、玻璃炉窑、水泥炉窑等烟气超低排放治理。

基本原理

该技术以循环流化床原理为基础，利用催化剂将NO氧化为NO_2，通过吸收剂的多次再循环利用，延长吸收剂与烟气的接触时间，以达到高效脱硫脱硝的目的。尾部配备脉冲袋式除尘器，实现粉尘的超净脱除。

在脱硫脱硝反应塔内，多次循环的固体吸收剂形成一个浓相的床态，消石灰粉末、烟气及喷入的水分，在流化状态下充分混合。消石灰粉末和烟气中的SO_2、NO_2、SO_3，HCl，HF等在水分存在的情况下，在$Ca(OH)_2$粒子的液相表面发生反应，从而实现高效脱硫脱硝。下列简化反应式描述了一定温度范围内脱硫脱硝反应塔内发生的大部分反应。

脱硫反应：

$SO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_3 + H_2O$

脱硝反应：

$NO + 1/2O_2 \rightarrow NO_2$ （催化剂作用下）

$4NO_2 + 2Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + Ca(NO_2)_2 + H_2O$

脱硫脱硝互相促进的反应：

$2NO_2 + CaSO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(NO_2)_2 + CaSO_4 + H_2O$

与其他酸性物质（如SO_3、HF、HCl）的反应：

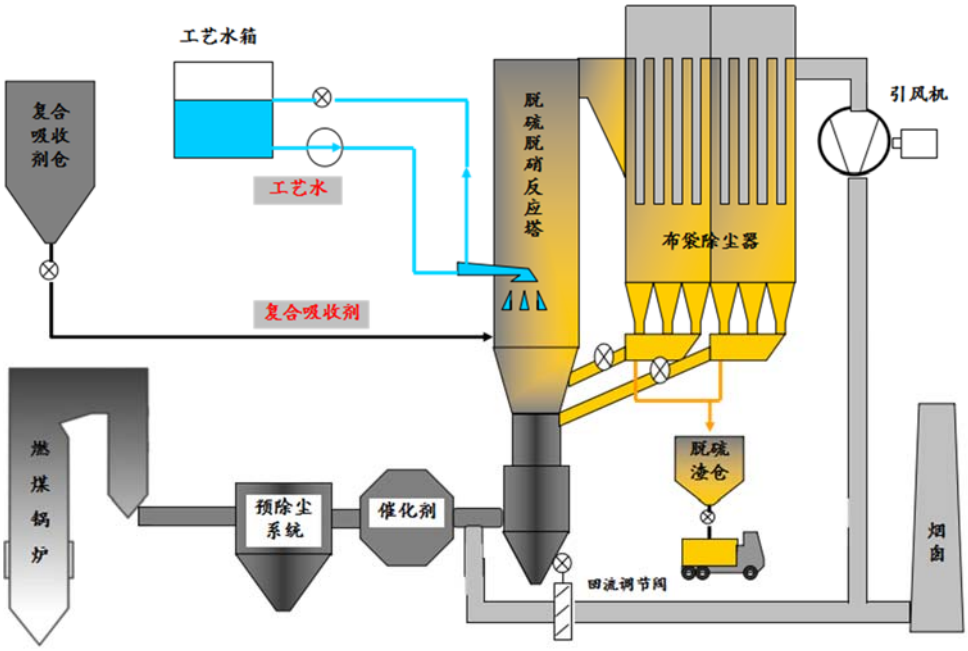
$SO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaSO_4 + H_2O$

$2HCl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + H_2O$

$2HF + Ca(OH)_2 \rightarrow CaF_2 + H_2O$

工艺流程

锅炉或烧结机排出的烟气引入催化剂中，在催化剂作用下，NO被氧化成NO_2，经过催化剂后的烟气进入反应塔底部，反应塔底部为一布风装置，烟气流经时被均匀分布。脱硫脱硝吸收剂通过喷射装置在布风装置上部喷入。在布风装置的上部同样设有喷水装置，喷入的雾化水使烟气降至一定温度。增湿后的烟气与吸收剂相混合，吸收剂与烟气中的SO_2、NO_x反应，生成亚硫酸钙、硫酸钙、亚硝酸钙和硝酸钙等。反应后的固体颗粒随烟气进入脉冲袋式除尘器，经滤袋的物理过滤作用被捕集，捕集后的部分颗粒通过除尘器下的再循环系统，返回反应塔继续参加反应，少部分脱硫脱硝产物则经过排灰系统输入到渣仓。最后的烟气经除尘器通过脱硫脱硝增压风机进入烟囱，最终外排。



燃煤锅炉烟气循环流化床同时脱硫脱硝除尘系统流程图

关键技术或设计特征

- 低温氧化催化剂：可实现温度低于 150℃烟气中的 NO 快速转化为 NO_2，为后续脱硫脱硝反应提供了基础；
- 全新的脱硫脱硝反应塔：可实现 SO_2 与 NO_x 的高效脱除，脱硫脱硝反应塔内除了脱硫反应与脱硝反应，还存在脱硫脱硝相互促进反应，实现了高效脱硝的同时，同常规半干法脱硫相比，脱硫效率大大提高；
- 副产物的资源化利用技术：同常规半干法脱硫技术比较，使用本技术产生的副产物中亚硫酸钙含量大大降低，硫酸钙含量增加，同时，含有部分混凝土早强剂的主要成分-亚硝酸钙，因此，该技术产生的副产物可以作为建材添加剂使用，变废为宝，实现了废物的资源化利用。

典型规模

该技术适用于各种型号烧结机、链条炉、循环流化床锅炉及其他工业窑炉。单塔最大处理烟气量约100万Nm^3/h。

推广情况

该技术从2014年开始在兖州聚源热电、海拉尔污水处理厂、兖矿集团等进行了应用。目前，在化工厂工业锅炉、玻璃炉窑、水泥炉窑也逐步开始推广应用。

典型案例

（一）项目概况

兖州聚源热电有限责任公司为山东聚源热力集团公司下属子公司，位于兖州经济开发区创业路一号，现总装机容量为29MW（三炉三机），锅炉总容量280t/h。公司于2014年新建1台58MW角管式（链条）锅炉，新建锅炉烟气脱硫脱硝除尘设施采用烟气循环流化床同时脱硫脱硝除尘技术，对烟气中NO_x、SO_2、SO_3、

HF、粉尘等多种污染物进行脱除，实现多污染物的协同控制以及脱硫脱硝副产物的资源化利用。

（二）技术指标

根据业主方检测数据，该项目烟气量$1.1\times10^5Nm^3/h$，系统入口SO_2浓度$1600mg/Nm^3$，NO_x浓度$260mg/Nm^3$，系统出口SO_2浓度$30mg/Nm^3$，NO_x浓度$40mg/Nm^3$，颗粒物浓度$4mg/Nm^3$。

（三）投资费用

该项目设备投资1100万元（基建部分由甲方建成），处理风量$1.1\times10^5Nm^3/h$。每万立方投资费用约100万元。主体设备寿命30年以上。

（四）运行费用

根据2015年9月至2016年6月实际运行情况，处理风量为$1.1\times10^5m^3/h$，吨煤运行费用约20元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护钢铁工业污染防治工程技术中心
联系人：朱晓华
电话：010-82227606
地址：北京市海淀区西土城路 33 号 8 号楼
邮编：100088
E-mail：zhuxiaohua@cribc.com

技术编号：32

技术名称

催化裂化烟气多污染物协同治理技术

适用范围

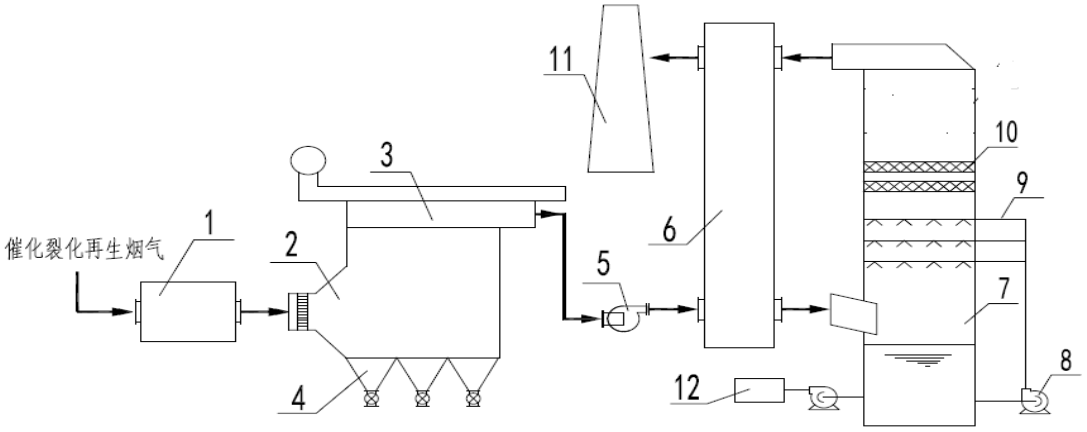
适用于石油、化工等行业的烟气多污染物协同治理。

基本原理

首先通过恒温的冷却器将催化裂化再生烟气的温度从 350℃~800℃降到合适的温度范围（150℃~200℃），然后选取合适的滤料，采用先布袋除尘后氢氧化钠碱液脱硫的技术路线，实现催化裂化烟气多污染物协同治理。

工艺流程

经余热利用后的催化裂化再生烟气在先后通过烟气降温装置和高效的袋式除尘器后进入脱硫塔，在脱硫塔内发生一系列物理化学反应，达到脱除烟气中二氧化硫的目的，脱硫后形成的浆液，在达到一定浓度后，用泵输送至厂区废水处理系统沉淀池处理后排放。



图中标号说明：1—降温装置；2—烟尘室；3—净气室；4—灰斗；5—增压风机；6—换热器；7—脱硫塔；8—浆液循环泵；9—喷淋层；10—除雾层；11—烟囱；12—厂区废水处理沉淀池。

关键技术或设计特征

- 采用干法除尘，干粉尘易处理，同时产生废水量小，悬浮物浓度低，无需加废水、废渣后处理系统；
- 工艺流程短，运行维护容易，系统阻力＜2500Pa，能耗低，运行费用较国外技术降低 20～40%；
- 采用自有专利技术，无技术引进费用，建设费用低，较国外技术降低 30%～40%。

典型规模

该系统能广泛应用于各种规模催化裂化装置的烟气多污染物协同治理。

推广情况

该技术应用于中国化工蓝星石油济南分公司20万吨/年催化裂化再生烟气净化工程、中国化工青岛安邦炼化50万吨/年催化裂化再生烟气净化工程、中国化工山东昌邑石化50万吨/年催化裂化再生烟气净化工程、中国化工大庆中蓝石化40万吨/年催化裂化再生烟气净化工程、中国石化扬州石化25万吨/年催化裂化再生烟气净化工程等。

典型案例

（一）项目概况

中国化工青岛安邦炼化50万吨/年催化裂化再生烟气净化工程，主要包括烟气余热回收单元、烟气除尘单元、烟气脱硫单元、烟气换热单元及配套公用工程、辅助设施等，项目于2016年6月投入运营，至今运行平稳。

（二）技术指标

项目实施后，SO_2排放浓度≤50mg/Nm^3、颗粒物排放浓度≤20mg/Nm^3。粉尘年减排量约为126t/a，SO_2年减排量约为2520t/a。（按每年正常运行8000小时计算）

（三）投资费用

该项目总投资约1800万元。

（四）运行费用

项目运行费用主要为电耗，其次是氢氧化钠溶液，与处理烟气量和SO_2浓度相关。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护工业烟气控制工程技术中心
联系人：马晓辉
电话：027-59908241
地址：武汉市东湖新技术开发区光谷一路225号
邮编：430205
E-mail：mxhgood2005@126.com

技术编号：33

技术名称

电解铝烟气脱硫脱氟除尘一体化技术

适用范围

干法净化的电解铝烟气治理

基本原理

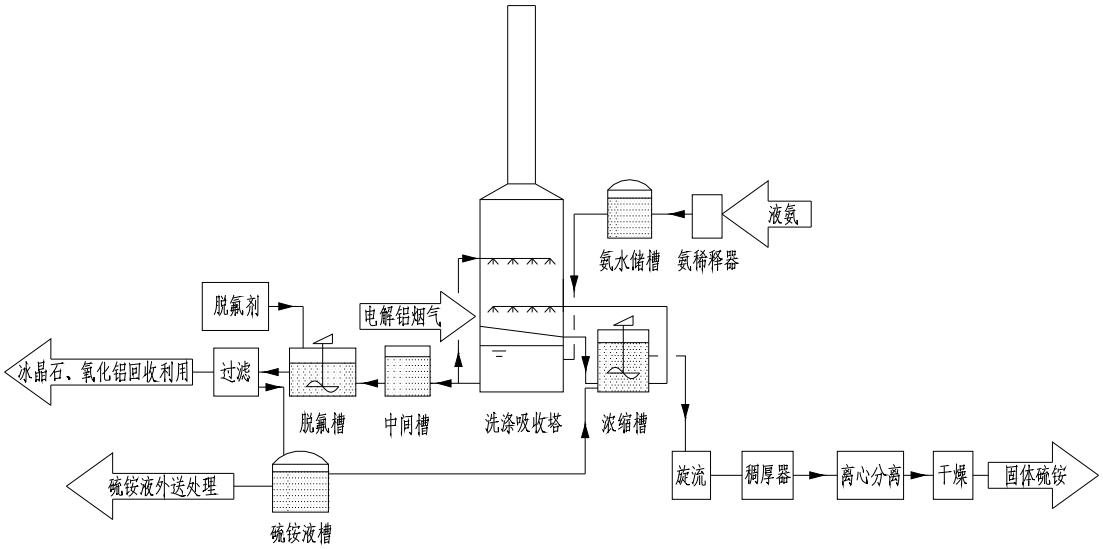
利用氨法脱硫工艺原理，在氨法脱硫过程中，洗涤吸收塔吸收 SO_2 的同时将 F^- 离子吸收后溶解在系统内的硫酸铵溶液中，F^- 离子和 NH_4^+ 形成氟化铵 NH_4F，硫铵工序中硫酸铵晶粒稠厚分离，氟化铵溶解在分离出来的硫酸铵溶液中，将硫酸铵稠厚分离的液体进行脱氟处理，脱氟产物冰晶石及氧化铝粉尘一起过滤回收，送电解铝厂循环利用，脱硫产生的 $(NH_4)_2SO_3$、NH_4HSO_3 直接催化氧化得化肥硫酸铵，有效利用资源，实现烟气 SO_2、氟化物和粉尘治理一体化工艺。

工艺流程

电解铝烟气首先进入洗涤吸收塔，与从上部喷淋的硫酸铵溶液逆向接触，通过喷淋洗涤，洗去了烟气中的粉尘，烟气在此过程中因绝热蒸发而冷却，温度由69℃左右迅速降到约 30℃，释放的热量使溶液中水分蒸发，通过反复循环洗涤蒸发，使硫铵溶液浓度提高，达到工艺要求的浓度指标后通过洗涤泵打入脱氟工序。

烟气在洗涤吸收塔洗涤段经洗涤降温后进入吸收段。烟气自下而上穿过两级吸收段，在两段不同浓度的吸收液吸收下，烟气中的大部分 SO_2 被脱除，净化烟气经塔体上部除雾器去除夹带液沫后，由塔顶烟囱排放。

氟化物被洗涤吸收塔吸收后溶解在系统内的硫酸铵溶液中，F^- 和 NH_4^+ 形成氟化铵。在脱硫产物硫酸铵蒸发结晶工艺之前脱除溶液中的 F^-，脱氟后溶液蒸发结晶产出硫酸铵化肥。



工艺流程图

关键技术或设计特征

- 对铝电解槽烟气同时脱硫脱氟的工艺技术，使电解槽排放的烟气经治理后 SO_2<35mg/Nm^3，HF<1mg/Nm^3，同时还能湿法除尘；
- 湿法氨法同时对电解烟气脱除 SO_2、HF 生成亚硫酸（氢）铵$(NH_4)_2SO_3$、NH_4HSO_3和氟化铵（NH_4F）；溶液经空气氧化得到 $(NH_4)_2SO_4$，向溶液中添加 $Al_2(SO_4)_3$及 Na_2SO_4使 NH_4F 生成冰晶石（Na_3AlF_6）沉淀而与与$(NH_4)_2SO_4$分离，经过滤得到固体的冰晶石产品和滤液，滤液经蒸发、结晶得到硫酸铵。本法得到的$(NH_4)_2SO_4$是化肥，冰晶石产品可返回电解槽作助熔剂。

典型规模

该技术的典型处理规模为 30 万吨/年电解铝电解槽烟气，处理烟气量为 160 万～200 万 Nm^3/h。

推广情况

应用该技术在云南云铝涌鑫铝业有限公司建成处理烟气量 20 万 Nm^3/h 的“电解铝烟气脱硫脱氟除尘一体化工业试验示范装置”；已推广应用到重庆旗能电铝有限公司电解铝烟气脱硫脱氟除尘一体化项目，达到的处理烟气量为 176 万 Nm^3/h。

典型案例

（一）项目概况

云南云铝涌鑫铝业有限公司“电解铝烟气脱硫脱氟除尘一体化工业试验示范装置”，对干法净化后的电解铝烟气中 SO_2、氟和粉尘进行治理，处理烟气量 200000 Nm^3/h，2012 年 9 月开工建设，于 2013 年 4 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据云南省环境监测中心站出具的验收监测报告，项目净化后的烟气：进口 SO_2实测排放浓度平均值为 463 mg/Nm^3，治理后烟气中 SO_2实测排放浓度平均值为 19mg/Nm^3，脱硫率为 96.21%；进口氟化物实测排放浓度平均值为 5.16 mg/Nm^3，治理后烟气中氟化物实测排放浓度平均值为 0.70mg/Nm^3，脱氟率为 87.29%；进口烟尘实测排放浓度平均值为 30.50mg/Nm^3，治理后烟气中烟尘实测排放浓度平均值为 8.38mg/Nm^3，除尘率为 74.14%；逸氨实测浓度平均值为 0.58mg/Nm^3。回收 SO_2 700t/a，氟化物 15t/a，回收氧化铝粉尘 50t/a。

（三）投资费用

该项目总投资 2299 万元，其中设备投资 2050 万元，基建投资 249 万元，吨铝投资费用为 575 元。主体设备寿命 30 年以上。

（四）运行费用

投资成本 2299 万元、运行成本 536 万元/年、单位污染物处理成本按吨铝计算，69.09 元/吨铝（抵扣副产品收益 80.91 元/吨铝、减省排污费 36.48 元/吨铝），其中水耗 1.92 元/吨铝、电耗 44.16 元/吨铝，药耗 60.92 元/吨铝，车间经费 58.48/吨铝，工人工资及附加 21 元/吨铝。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护工业资源循环利用工程技术中心
联系人：周锡飞
电话：0871-68024998-2088/13769167392
地址：昆明国家高新区科技路 199 号
邮编：650118
E-mail：13769167392@139.com

技术编号：34

技术名称

DSC-M 燃煤烟气干式超净技术

适用范围

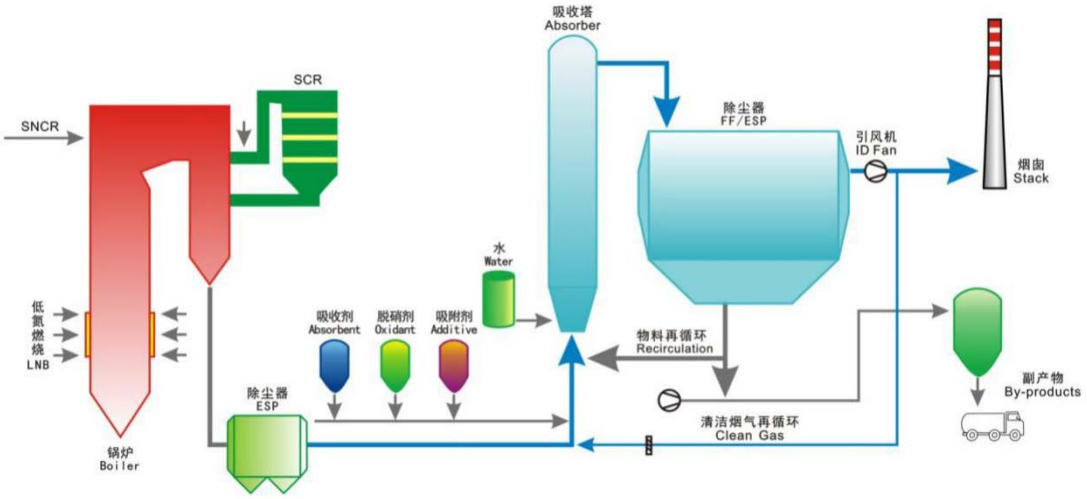
燃煤电厂及工业锅炉的烟气治理。

基本原理

该技术以烟气循环流化床为反应原理，烟气中的 SO_x、NO_x 等酸性有害气体与加入的吸收剂和脱硝剂进行中和反应而被脱除，并采用高浓度除尘器将反应产物和烟尘进行进一步除尘净化，从而实现燃煤烟气的硫、硝、尘及其他污染物的超净治理。

工艺流程

工艺流程为：燃煤锅炉产生的烟气通过 SNCR、SCR 脱硝装置或预除尘器后，从底部进入循环流化床吸收塔，经过文丘里段加速，与吸收剂、脱硝剂、循环灰等混合形成烟气循环流化床，在循环流化床内，烟气、喷入的降温湿润水及高浓度颗粒之间激烈地湍动与混合，发生气-固-液三相的离子型反应，烟气中 SO_2 及其它酸性气体与吸收剂 $Ca(OH)_2$ 反应而被脱除。同时，喷入的水分被充分蒸发，干燥含尘烟气从吸收塔顶部排出进入下游的高浓度除尘器收集副产物，除尘器收集的副产物大多循环回吸收塔进行高倍率循环反应利用，少量通过输送设备外排，最终净化后的烟气经过引风机、烟囱外排。



DSC-M 燃煤烟气干式超净工艺流程图

关键技术或设计特征

- 采用燃煤烟气 SNCR/SCR+COA 的联合脱硝技术，实现烟气中的 NO_x 超低排放；
- 开发新型流化床吸收反应器、脱硫剂密相均布协同滤饼脱硫提效、吸收塔细

粒子凝并协同布袋除尘等关键技术与装置，进一步提升吸收塔及除尘器的净化效率，实现烟气中的 SO_2、粉尘、SO_3 和重金属（如 Hg、Pb、As）等多污染物的协同高效脱除；

- 最终排烟实现“50355+530”超净指标，即出口 NO_x 排放≤50mg/Nm^3；SO_2 排放≤35mg/Nm^3；颗粒物排放≤5mg/Nm^3；SO_3 排放≤5mg/Nm^3；Hg 排放≤3μg/Nm^3；没有废水产生；
- 整个烟气处理系统运行温度高于露点以上 15-25℃，排烟透明，没有视觉污染；
- 采用智能化上位机操作，提高智能自动控制水平，改善操作人员工作环境。

典型规模

该烟气治理系统的单塔处理最大烟气量为 280 万 m^3/h（工况）。

推广情况

该技术已在晋能山西国金 2×350MW、京能内蒙京海 2×350MW、兖矿山东赵楼 300MW、华电福建永安 2×300MW、神华福建雁石 2×300MW、浙江杭联 130+4×75t/h 等 50 多台套燃煤锅炉及工业锅炉得到应用。

典型案例

（一）项目概况

山西国金电力有限公司煤矸石综合利用发电厂位于山西省文水县，装配有 2×350MW 超临界循环流化床机组，2012 年开始建设，烟气治理系统在炉内脱硫和 SNCR 脱硝的基础上，炉后采用 DSC-M 烟气干式超净技术装置，总脱硫效率不低于 99%，该厂 1#机组于 2015 年 9 月投产，2#机组于 2016 年 10 月投产，烟气治理系统同步投运。

（二）技术指标

根据山西省环境监测中心站的测试结果，烟气经过 DSC-M 治理系统后的出口排放 NO_x、SO_2 及颗粒物达到“50355”超低排放标准。监测指标及报告如下：

表 运行技术指标表（单套 350MW 机组）

测试项目		数据
运行指标（在线监测）	NO_x	23 mg/Nm^3
	SO_2	15.1mg/Nm^3
	烟尘	0.16mg/Nm^3
运行指标（环保验收值）	NO_x	18-20 mg/Nm^3
	SO_2	9-12mg/Nm^3
	烟尘	2-4mg/Nm^3
运行电耗（kW）		600
运行水耗（t/h）		40
吸收剂（CaO）耗量（t/h）		1.2

废水处理	无废水产生
烟囱排放效果	烟囱排烟透明

（三）投资费用

国金 2×350MW 机组脱硫脱硝除尘项目总投资约 1.5 亿元,其中设备投资 1.3 亿元，基建投资 1500 万元，其他投资 500 万元，主体设备寿命 30 年。

（四）运行费用

DSC-M 系统的运行费用主要为电耗、水耗和吸收剂费用，没有废水产生。单套 350MW 机组脱硫脱硝除尘年运行费用约 1400 万元，单位发电成本费用为 0.8-1.2 分/度电。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：35

技术名称

玻璃窑烟气脱硫脱硝及除尘一体化技术

适用范围

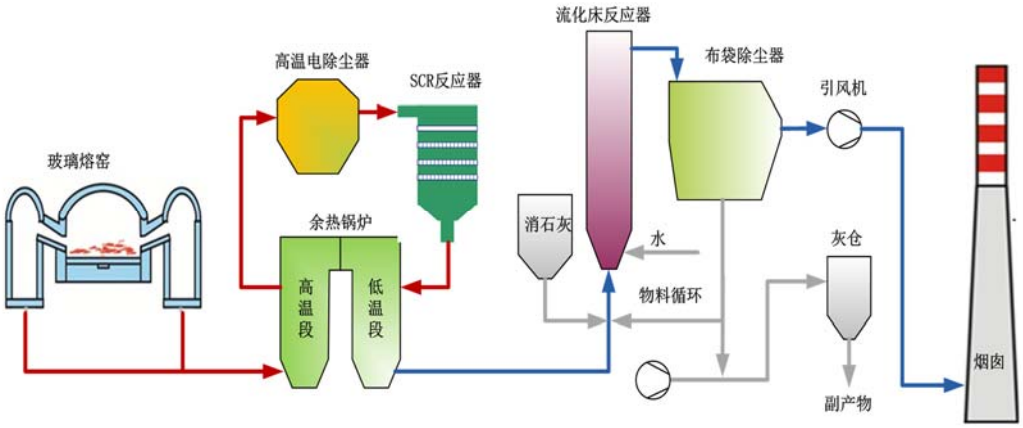
玻璃窑炉行业烟气治理。

基本原理

该技术以高温电除尘器、SCR 脱硝、干式脱硫除尘一体化等烟气脱硫脱硝除尘一体化工艺，对烟气中的 SO_x、NO_x 等酸性有害气体以及烟尘进行净化，从而实现玻璃窑烟气的一体化治理。

工艺流程

工艺流程为：从玻璃窑出来的高温烟气通过余热锅炉的高温余热利用后，进入高温电除尘器进行除尘和 SCR 进行脱硝，然后返回到余热锅炉进一步余热利用到烟气温度降低至 150℃左右，之后从底部进入循环流化床吸收塔，在塔内，烟气、喷入的降温湿润水、高浓度颗粒之间激烈地湍动与混合，发生气-固-液三相的离子型反应，烟气中 SO_2、NO_x 及其它酸性气体与吸收剂 $Ca(OH)_2$ 反应而被脱除。同时，喷入的水分被充分蒸发，干燥含尘烟气从吸收塔顶部排出进入下游的布袋除尘器收集脱硫副产物，除尘器收集的副产物大多循环回吸收塔进行高倍率循环反应利用，少量脱硫副产物通过输送设备外排，最终净化后的烟气经过引风机、烟囱外排。



玻璃窑烟气脱硫脱硝及除尘一体化技术工艺流程图

关键技术或设计特征

- 针对玻璃窑烟气高粘性、尘细的工况特点而开发的高温防粘电除尘器及 SCR 脱硝技术，实现烟气中的 NO_x 达标排放；
- 开发玻璃窑烟气循环流化床吸收反应器及布袋除尘器，在高效脱硫除尘的同时也可协同深度脱硝，实现脱硫脱硝除尘一体化的净化治理；
- 整个系统运行温度高于露点以上 15-25℃，排烟透明，没有视觉污染；

- 采用智能化上位机操作，提高智能自动控制水平，改善操作人员工作环境。

典型规模

该系统单套处理规模为 1500t/d 玻璃生产线。

推广情况

该技术已在旗滨玻璃、华尔润玻璃、南宁玻璃等 20 多条 500-1500t/d 玻璃生产线得到应用，脱硫效率大于 95%，脱硝效率大于 80%，颗粒物排放小于 20mg/Nm^3。

典型案例

（一）项目概况

绍兴旗滨玻璃有限公司位于环保要求严格的浙江省绍兴市，该公司的 2×600t/d 熔窑烟气脱硫脱硝除尘处理项目，设计处理烟气量 2×130000Nm^3/h，烟气来源于玻璃熔窑排出的高温烟气，2013 年 8 月开工建设，于 2014 年 1 月完成调试并建成投产。

（二）技术指标

根据传输至当地环保局的实时 CEMS 数据显示，排放烟气中 SO_2≤200mg/Nm^3（脱硫效率 95%）、NO_x≤500mg/Nm^3（脱硝效率 80%）、颗粒物≤20mg/Nm^3,优于《平板玻璃工业大气污染物排放标准》（GB26453-2011）中新建企业大气污染物排放限值的标准。

该技术不产生任何废水。

（三）投资费用

绍兴旗滨 2×600t/d 熔窑烟气脱硫脱硝除尘处理项目总投资约 3500 万元，其中设备 2800 万元，基建投资及其他费用 700 万元。主体设备寿命 30 年。

（四）运行费用

该项目年运行费用约 2360 万元，单位箱玻璃的脱硫脱硝除尘运行费用约为 2.7 元/箱。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：36

技术名称

烧结（球团）烟气干式超低排放技术

适用范围

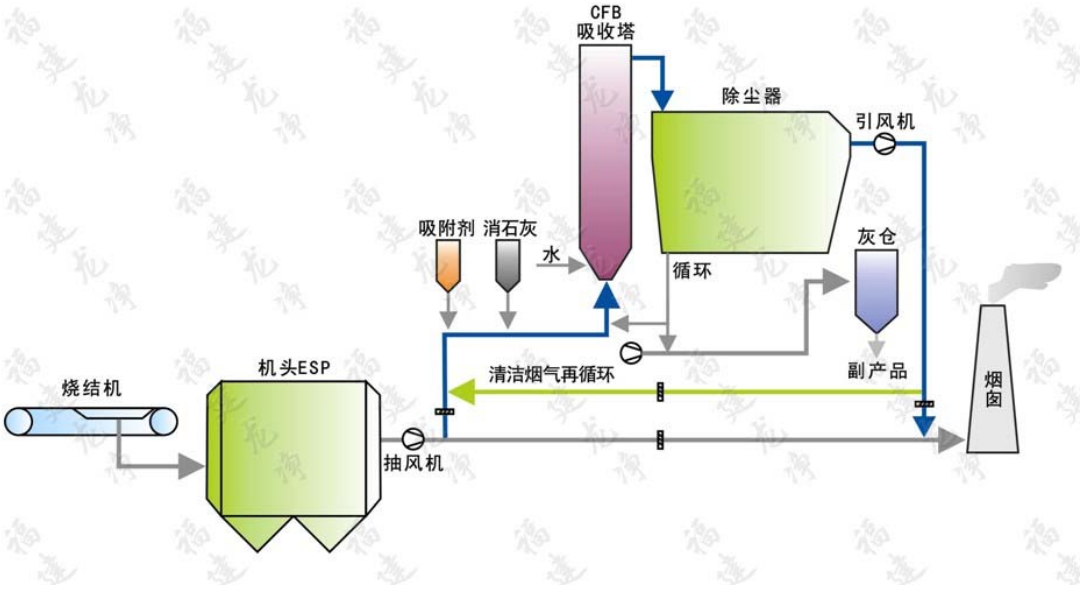
钢铁及冶炼行业的烧结球团及焦化行业的烟气治理。

基本原理

该技术以烟气循环流化床为反应原理，烟气中的 SO_x、NO_x 等酸性有害气体与加入的吸收剂和脱硝剂进行中和反应而被脱除，并利用高密度床层及高浓度布袋除尘器的粉饼层的吸附作用脱除重金属及二噁英，从而实现烟气的多污染物协同超低排放控制。

工艺流程

工艺流程为：烧结（球团或焦化）产生的烟气通过机头电除尘器和机头主抽风机后，从底部进入循环流化床吸收塔，经过文丘里段加速，与吸收剂、脱硝剂、循环灰等混合形成烟气循环流化床，在循环流化床内，烟气、喷入的降温湿润水、高浓度颗粒之间激烈地湍动与混合，发生气-固-液三相的离子型反应，烟气中 SO_2、NO_x 及其它酸性气体与吸收剂 $Ca(OH)_2$ 反应而被脱除。同时，喷入的水分被充分蒸发，干燥含尘烟气从吸收塔顶部排出进入下游的脱硫高浓度除尘器收集副产物，除尘器收集的副产物大多循环回吸收塔进行高倍率循环反应利用，少量通过输送设备外排，最终净化后的烟气经过引风机、烟囱外排。



烧结烟气干式超低排放工艺流程图

关键技术或设计特征

- 开发多段反应流化床吸收塔、COA 低温协同脱硝、高浓度布袋除尘器及智

能化控制等关键技术与装置，提升吸收塔及除尘器的净化效率，实现烟气中的 NO_x、SO_2、颗粒物、SO_3 和重金属（如 Hg、Pb、As）等多污染物的协同高效脱除及超低排放；

- 采用高密度流化床颗粒层及外加高表面积吸附剂等物理和化学吸附技术，对烟气中的二噁英及重金属等有害物进行深度净化处理，实现超低排放；
- 整个系统运行温度高于露点以上 15-25℃，排烟透明，没有视觉污染；
- 采用智能化控制模式及运行操作，提高智能自动控制水平，改善操作人员工作环境。

典型规模

该系统单塔处理最大烟气量为 280 万 m^3/h（工况）。

推广情况

该技术已在宝钢 $600m^2$+495 m^2 烧结机、梅钢 2×$450m^2$ 烧结机、湛江钢铁 500 万吨球团、巴西蒂森克虏伯 240 万吨焦化等 50 多个烧结球团焦化项目中得到应用。

典型案例

（一）项目概况

上海宝钢南京梅山钢铁股份有限公司位于南京市区梅山镇，目前共有 3 套烧结机（两台 $450m^2$ 和一台 $180m^2$），均采用龙净的 LJS 烟气循环流化床干式净化工艺。4#烧结机干式净化装置处理规模为 $450m^2$ 烧结机全烟气净化处理，处理烟气量为 $133\times10^4Nm^3/h$（干标）。项目于 2009 年 2 月开工建设，于 2009 年 7 月完成调试并建成投产。为满足新的环保标准，2015 年利用大修进行环保升级改造，达到出口 NO_x 排放≤$200mg/Nm^3$；SO_2 排放≤$50mg/Nm^3$；颗粒物排放≤$10mg/Nm^3$；SO_3 排放≤$5mg/Nm^3$；Hg 排放≤$3\mu g/Nm^3$；二噁英≤$0.1ng/Nm^3$-TEQ 的超低排放要求。

（二）技术指标

根据国家环境分析测试中心出具的检测报告，经过环保升级改造后的出口氮氧化物、二氧化硫、烟尘、三氧化硫、汞、二恶英排放浓度分别不高于 $100mg/Nm^3$、$35mg/Nm^3$、$5mg/Nm^3$、$5mg/Nm^3$、$3\mu g/Nm^3$、$0.1ng/Nm^3$-TEQ，SO_2 的脱除效率大于 99%，优于《钢铁烧结、球团工业大气污染物排放标准》（GB 28662-2012）最新排放标准，满足超低排放要求。

如果净化装置进口平均 SO_2 浓度为 $643mg/Nm^3$ 计算，脱硫效率为 99.8%；烟尘以机头除尘器后 $45.5mg/Nm^3$，最终出口浓度为 $0.55mg/Nm^3$，干标烟气量按 $133\times10^4Nm^3/h$ 等数据计算，该干式净化装置每年削减 SO_2 排放总量约 6760t，每年削减烟尘排放总量约 473t。

（三）投资费用

梅钢 $450m^2$ 烧结机烟气治理项目总投资 7000 万元，其中设备投资为 5500 万元、基建投资 1000 万元、其他投资 500 万元。主体设备寿命 30 年。

（四）运行费用

烧结烟气超低排放技术装置的运行费用主要为电耗、水耗和吸收剂费用，根据目前满产运行情况，单套 450m^2 烧结机超低排放装置的每年运行费用约 2458 万元，按年产烧结矿量 410 万 t 计算，吨矿运行费用为 6~8 元/吨矿。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心
联系人：肖妮；芦佳
电话：0597-2237538；0597-2996920
地址：福建省龙岩市新罗区工业西路 4 号龙净工业园
邮编：364000
E-mail：techcent@longking.com.cn；372483760@qq.com

技术编号：37

技术名称

燃煤锅炉除尘脱硫脱硝超低排放技术

适用范围

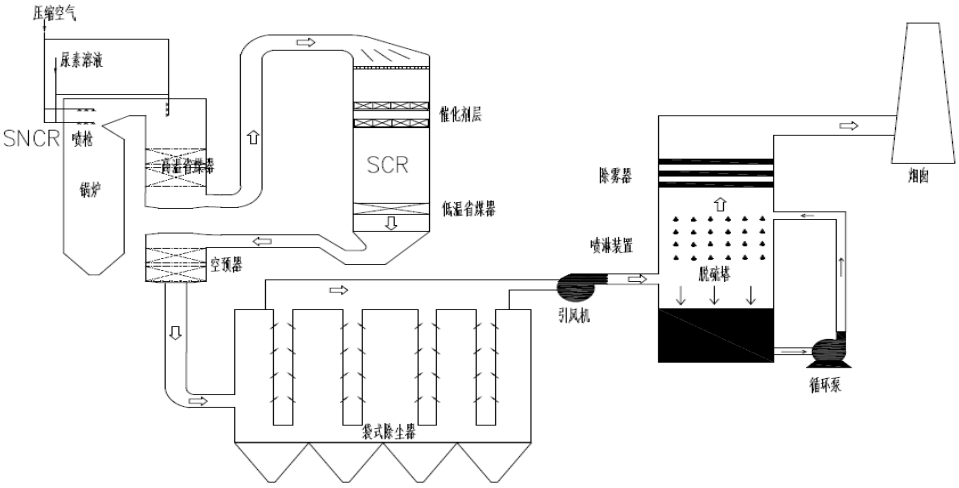
适用于电力、市政、钢铁、有色、建材等行业的燃煤锅炉除尘脱硫脱硝超低排放控制。

基本原理

超净技术路线：SCR 或 SNCR+SCR 脱硝→布袋除尘→高效湿法脱硫。

工艺流程

由燃煤锅炉排出的烟气，经 SCR 或 SNCR+SCR 脱硝后，进入布袋除尘器进行高效烟气除尘，再由引风机进入脱硫反应塔脱除 SO_2，净化后烟气通过烟囱排放。



关键技术或设计特征

- SNCR+SCR 联合脱硝工艺；
- 直通均流高效节能袋式除尘器；
- 高效喷淋空塔脱硫系统，包括气流分布板、增效环、高效喷淋系统、精细化设计高效除雾器等；
- 多污染物协同脱除，达到综合治理最佳的效果。

典型规模

该技术能广泛应用于电力、市政、钢铁、有色、建材等行业的燃煤锅炉除尘脱硫脱硝超低排放控制。

推广情况

该技术实施在沈阳热电厂 3、4 号锅炉烟气除尘、脱硫、脱硝项目等。

典型案例

（一）项目概况

沈阳热电厂始建于 1958 年，目前建有 8 台燃煤机组，二期工程 2×25MW 机组即#3、#4 炉，于 1983 年建成投产。#3、#4 炉烟气除尘、脱硫、脱硝装置于 2015 年 11 月建成投运，设备运行正常。

（二）技术指标

项目实施后颗粒物排放浓度≤10mg/Nm^3；氮氧化物排放浓度≤50mg/Nm^3，SO_2 排放浓度≤35mg/Nm^3，均达到超低排放要求。

（三）投资费用

该项目总投资约 8000 万元。

（四）运行费用

本燃煤锅炉烟气除尘脱硫脱硝协同治理技术，相较于传统工艺，更加高效节能，能达到多污染物协同高效治理的目的，沈阳热电厂#3、#4 炉烟气除尘脱硫脱硝装置运行电耗约 3700kWh/h。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护工业烟气控制工程技术中心
联系人：马晓辉
电话：027-59908241
地址：武汉市东湖新技术开发区光谷一路 225 号
邮编：430205
E-mail：mxhgood2005@126.com

技术编号：38

技术名称

新型高效环保煤粉工业锅炉技术

适用范围

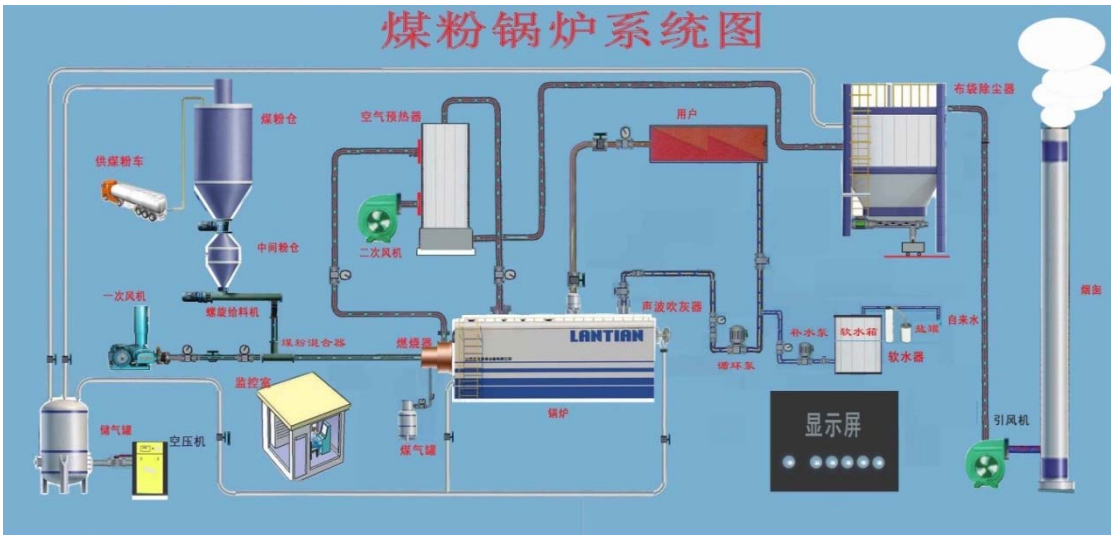
建筑供暖、工业供热及供蒸汽。

基本原理

新型高效煤粉工业锅炉采用煤粉集中制备、精密供粉、空气分级燃烧、炉内脱硫、锅壳（或水管）式锅炉换热、高效布袋除尘、烟气脱硫和全过程自动控制等先进技术，实现了燃煤锅炉的高效运行和洁净排放。

工艺流程

新型高效煤粉工业锅炉系统技术系统包括了煤粉接受和储备(或炉前在线制粉)、煤粉输送、煤粉点火及燃烧、锅炉换热、烟气净化、烟气排放、粉煤灰排放等单元，以锅炉为核心的成套技术系统。主要流程为：密闭罐车将来自煤粉加工厂的符合质量标准的煤粉注入煤粉仓→仓内的煤粉按需进入中间粉仓后由供料器及风粉混合管道送入煤粉燃烧器→燃烧产生的高温烟气完成辐射和对流换热后进入布袋除尘器→除尘器收集的飞灰经密闭系统排出，并集中处理和利用→尾部处理的烟气经过脱硝、脱硫系统净化后由烟囱排入到大气。锅炉系统的运行由点火程序控制器和上位计算机系统共同完成。具体工艺流程如图所示：



新型高效煤粉工业锅炉系统技术流程图

关键技术或设计特征

- 新型高效煤粉工业锅炉以煤粉燃烧为核心技术，还包括煤粉输送、储备技术，快速点火技术，高效低氮燃烧技术，锅炉强化传热及换热工艺，多段组合高效污染物脱除技术，自动控制及智能网络监测技术等。

典型规模

该技术已形成了 2.8~116MW 和 4.0~220t/h 系列化产品。

推广情况

至今已在山西、沈阳、新疆、山东、甘肃、云南、河北、天津等全国十多个省份推广应用几千台套。

典型案例

（一）项目概况

沈阳惠天热电股份有限责任公司高官台供热项目为居民供热项目，为高官台居民小区区域提供热源，锅炉容量为 3*58MW，项目启动时间为 2013 年 7 月，2013 年 11 月投入生产。

（二）技术指标

根据中国特种设备监测研究院国家锅炉压力容器质量监督检验中心出具的锅炉运行工况能效测试报告，测试结果：在测试条件下，锅炉实测出力为 59.90MW，锅炉测试热效率为 92.11%，排烟温度为 119.56℃，排烟处过量空气系数为 1.42。

根据辽宁省安全科学研究院辽宁省锅炉产品性能质量监督检验中心出具的锅炉环保测试综合报告，测试结果：在测试条件下，折算烟尘初始排放浓度为 8360.47mg/Nm^3, 折算烟尘排放浓度为 19.60mg/Nm^3, 折算 SO_2 初始排放浓度为 334.12mg/Nm^3, 折算 SO_2 排放浓度为 48.00mg/Nm^3, 烟气黑度<1 林格曼级,锅炉房噪音 65.1dB(A),引风机噪音 78.2dB(A),鼓风机噪音 79.5dB(A）。

（三）投资费用

该项目总投资金额约 14000 万元，蒸吨投资费用约为 55 万元。锅炉的使用寿命在 30 年以上。

（四）运行费用

该项目的运行费用主要包括燃料费、电费、水费、人工费、检修费、污染物出力费、运输费等，年运行费用为 4000 万元。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤工业锅炉节能与污染控制工程技术中心

联系人：史颖霜

电话：010-84949457

地址：北京市朝阳区立水桥南北科创业大厦 11 层

邮编：100012

E-mail：shiyingshuang@sxlantian.com

智能平台

技术编号：39

技术名称

智能化烟气多污染物治理系统

适用范围

适用于电力、钢铁、有色等行业和领域的智能化工业烟气多污染物治理系统。

基本原理

在综合考虑颗粒物、SO_2、NO_x 等多种大气污染物控制及它们之间的协同效应的基础上，建立一个由多污染物收集系统、多污染物智能处理系统、智能化控制系统组成的智能化烟气多污染物治理系统,设计协同优化及专家诊断的高效、灵活的推理机模型,提供一个可视化、图形化的知识库维护系统，通过智能专家系统控制软件，实现专家诊断功能、事故预警功能、事故应急处理功能、数据智能处理功能等多种智能管理功能。

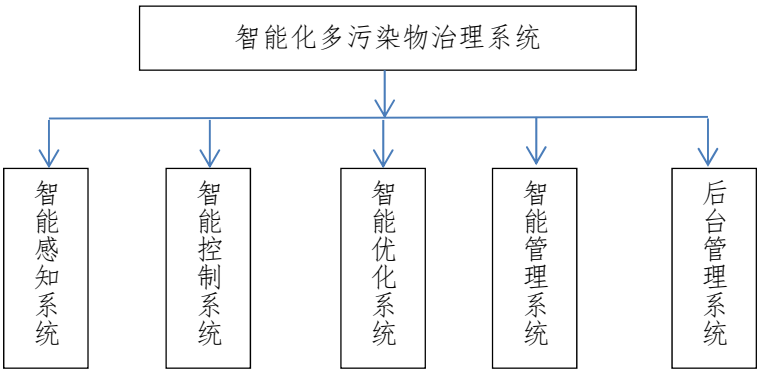
工艺流程

智能化烟气多污染物治理系统由多污染物收集系统、多污染物智能处理系统、智能化控制系统三大部分组成。

多污染物收集系统主要是烟气污染物的捕集输送系统，由风机、烟道、烟气再热装置（GGH）、烟道挡板门、挡板门密封系统等部件组成。多污染物烟气治理流程：NO_x 系统—粉尘系统—系统引风机—烟道挡板门—增压风机—GGH—SO_2 系统—烟道挡板门—烟囱。该工艺流程是我国目前广泛采用的工艺流程，包含了粉尘、SO_2、NO_x 等多种污染物的治理。

多污染物智能处理系统包括粉尘处理系统、SO_2 处理系统、NO_x 处理系统、脱除剂制备系统、副产品系统（灰、脱硫渣等综合利用）。

智能化控制系统主要有感知及执行层、网络传输层、决策及操作层三个层次的软、硬件系统组成，是以现场智能感知仪表、智能单机设备、DCS 自动化控制系统为基础，结合网络传输、智能化专家系统、智能信息化设备管控系统等方面综合集成的多污染物智能化控制系统。智能化功能主要体现在智能感知功能、智能控制功能、控制优化功能、智能管理功能等方面。



关键技术或设计特征

- 提出了多污染物智能控制的理念，改变了污染物单一控制的模式，从根本上提高了除尘、脱硫、脱硝的综合治理效率；
- 统一的智能控制系统，有效控制了处理工艺之间相互的负面影响作用，充分利用协同脱除能力，避免相互消弱，达到综合治理最佳的效果；
- 设计、开发了一个针对协同优化及专家诊断的高效、灵活的推理机模型；
- 提供了一个可视化、图形化的知识库维护系统，提高了专家知识库维护的直观性、灵活性以及高度可扩充性；
- 自主研发智能专家系统控制软件，具有专家诊断功能、事故预警功能、事故应急处理功能、数据智能处理功能等多种智能管理功能。

典型规模

该系统能广泛应用于电力、钢铁、有色等行业窑炉烟气多污染物治理。

推广情况

该技术实施在武汉钢电股份有限公司 2×220MW 燃煤发电机组烟气脱硝、除尘、脱硫等多污染物综合治理工程等。

典型案例

（一）项目概况

武汉钢电股份有限公司 2×220MW 机组智能化烟气多污染物治理系统由多污染物收集系统、多污染物智能处理系统、智能化控制系统几大部分组成，2014 年 10 月投入运营，至今运行平稳。

（二）技术指标

项目达到技术指标如下所示：

序号	指标名称	项目达到指标
1	粉尘	粉尘脱除率 99.95%，
		粉尘排放浓度 12.3mg/Nm^3
		粉尘中PM2.5微细粒子捕集率99.7%
2	硫氧化物	SO_2 脱除率97.63%
3	氮氧化物	NO_x 脱除率92.27%
4	节能效果	系统能耗降低32.8%，
5	运行保障	智能化控制系统无故障运转率≥99.8%

（三）投资费用

该项目总投资约 1.9 亿元，包括多污染物收集系统、多污染物智能处理系统、智能化控制系统等。

（四）运行费用

单台 220MW 发电机组，常规除尘脱硫总电耗约 3500kW，增设一套智能化烟气多污染物治理系统，节约能耗约 30%。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护工业烟气控制工程技术中心
联系人：马晓辉
电话：027-59908241
地址：武汉市东湖新技术开发区光谷一路 225 号
邮编：430205
E-mail：mxhgood2005@126.com

技术编号：40

技术名称

工业锅炉远程集中监控及智能辅助决策云平台技术

适用范围

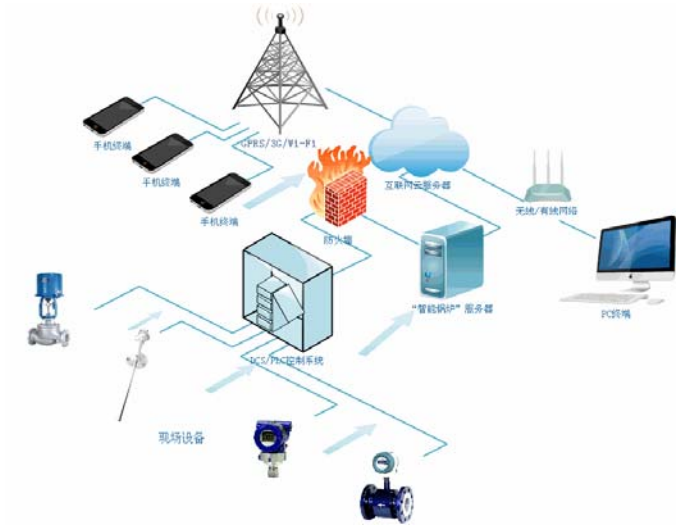
带有 PLC、DCS 等控制系统，支持 Modbus 协议、具有 RS232/485 串口的工业锅炉。

基本原理

利用先进的物联网技术、移动互联技术、云计算技术、大数据技术和智能控制技术与热源、热网、热用户高度集成而形成智能云端管控中心，将现场的数据传送到云端的智能分析中心，中心智能分析平台灵活应用大数据软件和资深专家建议库，向用户反馈实时监控、数据分析、优化建议、维修保养、安全报警等信息，提高资源综合利用效率。

工艺流程

该技术是通过现场数据采集器将现场工业锅炉运行的实时数据收集到数据采集服务器，加密后的数据通过无线/有线网络传输到中心的云端服务器的数据存储数据库，分析数据库灵活应用数学模型和专家经验对数据进行加工、汇总、分析、预测，并提出问题诊断和解决方案，实现可监测、可报警、可建议优化和系统全生命周期管理。具体工艺流程如图所示：



工业锅炉远程集中监控及智能辅助决策云平台组织架构图

关键技术或设计特征

- 数据采集技术：在自控系统的基础上加装数据采集器，进行数据采集；
- 数据远程传输及接收技术：对数据采集器进行配置，将数据通过有线/无线网络将数据传输到中心服务器的数据接收软件；
- 数据转储技术：通过数据转储软件，将接收到的数据转储到需要的关系型数

据库；

- 数据分析技术：结合技术人员的知识、经验，利用实时数据库和关系型数据库，建立数学模型对数据进行加工、汇总、分析、预测；分析采用不同的数学模型对分析结果的影响，结合工业锅炉的运行情况、检测结果、专家分析等条件，确定最适合的数学模型；
- 数据展示技术：工业锅炉运行数据通过 WEB 端和 APP 端进行展示，进行数据展示平台研发，实现可监测、可报警、可建议优化和系统全生命周期管理。

典型规模

目前，该技术能接入 5000 点的项目，可根据需求扩增。

推广情况

至今已在山西、山东、安徽、云南等地连接近 20 台锅炉。

典型案例

（一）项目概况

云南达利食品有限公司供汽项目，为居民供汽项目，为云南达利食品有限公司提供生产用汽，锅炉容量为 2*20t/h，项目启动时间为 2015 年 12 月，至 2016 年 3 月，设备运行稳定。

（二）技术指标

实现功能有：

（1）工业锅炉现场数据采集功能；

（2）工业锅炉大数据存储及分析功能；

（3）工业锅炉各设备、仪表实时数据展示功能；

（4）工业锅炉技术、经济、环保数据展示功能；

（5）工业锅炉优化建议、维修保养、安全报警信息推送功能。

平台容量：

（1）数据采集器具有 5000 个点的吞吐容量；

（2）数据库能实现 5000 个数据点数据同时接收、储存的功能，历史数据保存时间不低于 3 年，数据库容量能够按照项目发展的需求进行扩展。

（三）投资费用

该项目总投资金额约 26 万元，蒸吨投资费用约为 0.65 万元。

（四）运行费用

该项目的运行费用主要为数据传输流量费用，根据云南达利项目的实际运行情况，每月的流量费在 30 元左右。

联系方式

技术信息咨询单位：国家环境保护燃煤工业锅炉节能与污染控制工程技术中心

联系人：史颖霜

电话：010-84949457

地址：北京市朝阳区立水桥南北科创业大厦 11 层

邮编：100012
E-mail：shiyingshuang@sxlantian.com