

中国环境保护产业协会除尘专业委员会

中环协尘字[2026] 03 号

2026 除尘专业委员会年会 论文征集通知

各常委单位及会员单位：

中国环境保护产业协会除尘专业委员会 2026 年会拟定于 2026 年秋季在山西省大同市召开，本次年会旨在“深耕除尘减污降碳 推进产业提质增效”，开展新产品、新技术及应用交流，促进除尘行业高质量发展。现开始征集年会论文，通知如下：

1、会议主题：“深耕除尘减污降碳 推进产业提质增效”。

2、征集内容：在发展新质生产力背景下，聚焦除尘行业科技创新、重点行业超低排放和减污降碳、智能化技术、AI 融合、经营及服务模式创新、产业发展新业态和新模式等方面，内容包括：

- 1) 新时代除尘行业发展与成就
- 2) 除尘行业超低排放、减污降碳、多污染物协同、绿色制造技术与应用
- 3) 除尘行业的新工艺、新技术、新材料、新产品、新应用、新服务
- 4) 除尘行业智能化、AI 融合技术应用及产业升级
- 5) 除尘系统与装备的智能运维与稳定运行
- 6) 除尘产业新业态、新模式、新机制、国外市场拓展与应用等
- 7) 企业科技创新、管理创新、产业链生态重塑与品牌建设
- 8) 诚信守信、规范市场竞争、行业存在问题分析等

3、数量要求：各常委单位应提供不少于 2 篇以上论文，各会员单位应提供 1 篇以上论文。

4、截止时间：论文提交最后期限为 2026 年 8 月 30 日。

5、提交方式：以 word 版本格式发至东北大学柳静献教授邮箱 (13840199838@126.com)，论文格式及架构可参照附件（详见附件），字数宜控制在 1500~3000 字。

论文提交联系方式：

单 位：东北大学 柳静献(手机 13840199838) 024-83688327

邮箱地址：13840199838@126.com

会务组联系方式：

除尘委员会秘书处：郑旭 15172462505

中国环境保护产业协会除尘专业委员会
2026 年 6 月 30 日

附件:

高温超净电袋复合除尘器在氧化铝行业的应用

朱召平 肖德贵 信明勋 钟永生 陈奎续 林宏

(福建龙净环保股份有限公司, 国家环境保护电力工业烟尘治理工程技术中心, 福建龙岩 364000)

摘要 本文对比了在超低排放的背景下的各除尘技术对氢氧化铝焙烧炉烟气净化的适应性, 提出了其最佳可行技术, 即高温超净电袋复合除尘技术, 阐述了该技术的原理及特点, 重点介绍了山东某厂 1#炉 3000t/d 氢氧化铝焙烧炉项目电除尘器改造配套采用高温超净电袋复合除尘器技术方案, 性能测试结果表明出口颗粒物的排放浓度小于 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$, 达到超低排放的要求。高温超净电袋复合除尘器在氢氧化铝焙烧炉上的成功应用, 验证了其除尘效率高, 运行阻力小, 维护费用低, 无二次污染等优点, 可以大幅提高副产物回收率, 降低除尘设备电耗, 减少排污费, 具有良好的经济效益和社会效益。

关键词 高温 超净 电袋复合除尘器 氧化铝 超低排放

1 前言

氧化铝的生产工艺主要有拜耳法和烧结法两种, 国内外生产氧化铝绝大多数采用拜耳法, 其次是烧结法。而无论采用哪种生产工艺, 氢氧化铝煅烧是氧化铝生产过程中必不可少的最后一道工序。煅烧的目的是将氢氧化铝在高温下脱去附着水和结晶水, 并使其晶型转变, 制得符合电解要求的氧化铝的工艺流程。

氢氧化铝煅烧工艺经历了传统回转窑工艺、改进工艺和流态化焙烧工艺三个发展阶段。目前我国氧化铝工业广泛采用丹麦史密斯气态悬浮焙烧装置(GSC)。氢氧化铝焙烧炉是以天然气、煤气为燃料, 将原料氢氧化铝焙烧为氧化铝, 烟气运行温度高, 正常运行时烟气温度在 $150\sim 250^\circ\text{C}$ 之间, 启停炉时烟温高达 350°C 。烟气中粉尘主要成分是 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 和 Al_2O_3 , 两者相加含量超过 90% 烟气中粉尘含量。

氢氧化铝焙烧炉烟气净化一般配套静电除尘器。静电除尘器除尘效率受到烟气温度和湿度、粉尘特性、设备结构和操作条件等各种因素的综合影响。氢氧化铝焙烧炉粉尘排放通常在 $100\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以上。造成除尘器超标排放的主要因素有: 一是环保标准的提高, 原除尘器设计值无法满足要求; 二是焙烧原料氢氧化铝的制备工艺发生变化, 例如由烧结法改为拜耳法后, 焙烧物料性质尤其是入炉粒度发生变化; 三是随着氧化铝产能的不断提升, 焙烧炉存在超负荷运转, 造成除尘器入口浓度提高; 四是电除尘器的除尘效率易受负荷、入炉氢氧化铝粒度、烟气温度、含水率等因素的影响, 排放不稳定, 容易波动。因此, 要实现颗粒物的超低排放需要对现有电除尘器进行提效改造。

2 氢氧化铝焙烧炉烟气净化的除尘工艺分析

目前, 烟气治理采用的高效除尘主要有电除尘、袋式除尘、电袋复合除尘。

电除尘技术具有处理含尘气体量大、除尘效率高、压降低和操作运行稳定等优点。广泛地应用于烟气温度在 200°C 以下的燃煤火力发电厂。研究表明, 在控制烟尘排放浓度 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 左右时, 选用电除尘器设备投资小、运行费用低、经济性好; 当要求烟尘排放浓度小于 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 时, 由于电除尘器收集微细粉尘效率很低, 需要较大的比集尘面积, 而且氢氧化铝焙烧炉烟气中氧化铝含量高达 90% 以上, 比电阻高, 易产生反电晕, 难以长期稳定满足特别排放限值要求 $10\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。实验室研究发现, 在烟气超过 300°C 后, 飞灰比电阻

值大大降低。近几年来国内外在电除尘器的应用上采用了许多新技术（优化供电、预荷电、烟气调质、低低温等），在一定条件下可提高除尘效率、降低烟尘排放浓度，但是很少有排放低于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 的应用实例报道。电除尘在高温除尘方面还需进一步的研究。因此，氢氧化铝焙烧炉采用电除尘技术提效难以满足颗粒物超低排放标准。

根据研究和实际运行情况看，袋式除尘器适用于含尘浓度较低的烟气工况，通常要求入口浓度低于 $20\text{g}/\text{m}^3$ 。入口浓度越高，除尘器阻力越大，引风机能耗升高，且高浓度粉尘对滤袋冲刷严重，导致滤袋提前破损。氢氧化铝焙烧炉除尘器入口粉尘浓度高达 $100\text{g}/\text{Nm}^3$ ，大大超出袋式除尘允许的浓度范围，设备阻力高。氢氧化铝焙烧炉启停炉时或故障时瞬时温度会超过 300°C ，而袋式除尘器的耐高温能力有限，常用的化纤滤料一般适用于 $120\sim 230^\circ\text{C}$ 范围，玻璃纤维等滤料也需要低于 250°C ，不能在 $300\sim 500^\circ\text{C}$ 高温下使用。 250°C 以上高温对常规化纤滤料（如 PPS、PTFE、PI 等）构成极大的危险，容易出现滤袋高温烧结问题。同时氧化铝粉尘磨琢性强，对化纤滤袋的冲刷严重，将大幅缩短滤袋寿命。因此采用袋式除尘技术也难以保证长期稳定超低排放。

电袋复合除尘器是继电除尘器、袋式除尘器之后，通过对电除尘、袋除尘深入分析，开发的一种高效除尘设备。它充分利用前级电场收尘效率高和颗粒荷电特点，大幅降低进入滤袋区烟气的含尘浓度，并利用荷电粉尘过滤机理，使除尘性能不受烟尘成分、比电阻值等特性影响，适应烟气工况范围更广。燃煤电厂电袋复合除尘器的实际应用经验多，并可长期稳定地实现颗粒物超低排放。而氢氧化铝焙烧炉出口烟气温度高，常规火电行业用的电袋复合除尘技术及标准难以满足使用要求，因此，我国除尘技术和工艺亟待革新和突破。

高温超净电袋复合除尘技术突破了原有除尘技术的弱点制约，通过在常规电袋复合除尘机理和工艺上进行突破或创新，滤袋采用耐高温的合金纤维滤料，性能上能稳定达到超低排放水平，是目前实现氢氧化铝焙烧炉烟气超低排放的最佳可行技术。

3 高温超净电袋复合除尘技术

3.1 技术原理

高温超净电袋复合除尘器是在一个箱体内紧凑安装电场区和滤袋区，有机结合静电除尘和过滤除尘两种机理的一种除尘器。高温含尘烟气经进口烟道流入喇叭，如图 1 所示，在内部得到缓冲、扩散、均衡后低速进入电场区，粉尘在电场区荷电并大部分（约 $80\%\sim 90\%$ ）被收集，粗颗粒烟尘直接沉降至灰斗，少量已荷电难收集粉尘随烟气均匀进入滤袋区被过滤拦截，滤袋区采用耐高温、高精度的合金纤维滤袋，粉尘被阻留在滤袋外表面，纯净的气体从滤袋内腔流入上部的净气室，最后从出口烟道排出，实现烟尘净化目标。

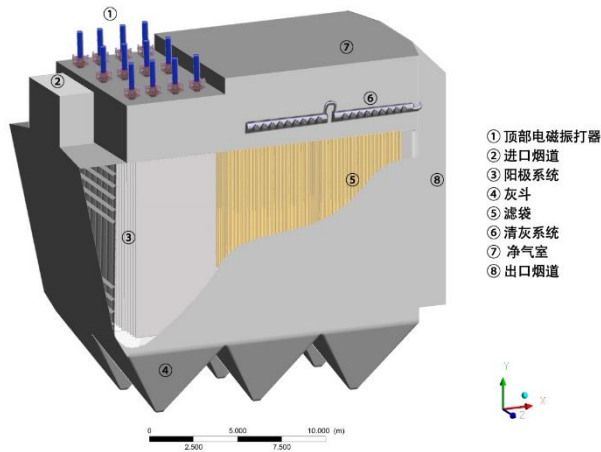


图 1 高温超净电袋复合除尘器

3.2 技术特点

高温超净电袋复合除尘技术具有如下特点：

(1) 高温超净电袋复合除尘器的除尘效率不受煤种变化的影响，滤袋采用高精度过滤滤料，增强对 PM10 和 PM2.5 等微细粉尘的捕集，降低排放浓度，可实现长期稳定 $< 10\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，甚至 $< 5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下，除尘效率长期高效稳定。

(2) 前级电场区发挥了高效除尘与荷电作用，滤袋区粉尘浓度低，滤袋堆积粉尘厚度相对速度降低；荷电粉尘形成的“蓬松”粉饼层加大了孔隙率、提高透气性，降低滤袋阻力。

(3) 合金纤维滤袋是高温超净电袋复合除尘器的核心部件之一。它由合金纤维经过无纺编制后烧结而成，具有良好的焊接性能、加工性能、导热性和高韧性，并且耐高温（使用温度最高可达 800°C ）、过滤精度高，孔隙率大，透气性好，过滤阻力低，能有效阻挡细粉尘的渗透，提高除尘器的过滤效率，降低运行阻力，延长滤袋寿命。合金纤维滤袋的使用寿命一般可长达 8 年以上，大大优于化纤滤料（化纤滤袋使用寿命一般为 4 年）。另外，合金纤维滤袋与化纤滤袋相比还有一个显著的优点，即废旧滤料可回收利用、无二次污染。

(4) 由于合金纤维滤袋的透气性好、机械性能好等特点，在清灰过程中，变形小、振动频率高。喷吹时造成的高震荡频率有利于清灰，清灰效果更好。

(5) 在同一箱体内紧凑安装了电场区和滤袋区，有机结合两种除尘器的结构特点，在达到相同排放标准的前提下比电除尘器结构紧凑，占地面积更小。

(6) 由于配套电源数量少，清灰周期长、压缩空气消耗量小、运行阻力低，因此高温超净电袋复合除尘器的综合能耗更优，节能效果更加显著。

4 工程应用

4.1 项目概况

山东某厂氢氧化铝 1#焙烧炉额定产能为 3000t/d，原配套三电场电除尘器，由于收尘系统运行年限较长，装备较为落后且投运以来未进行过大规模改造，烟尘排放无法达到相关标准要求。通过详细的调研和考察，最终确定本项目改造采用高温超净电袋复合除尘技术方案。

4.2 设计参数

表 1 高温超净电袋复合除尘器设计参数

序号	项 目	单 位	技术参数
1	除尘器型式		高温超净电袋
2	入口烟尘浓度	g/m ³	100~150
3	出口烟尘浓度	mg/m ³	<10
4	进出口阻力	Pa	≤800
5	本体漏风率	%	<2
6	设计烟气流	m ³ /h	520000
7	烟气温度	°C	150~350
8	流通面积	m ²	240
9	电场数	个	1×2
10	同级距	mm	400
11	电收尘区效率	%	>95
12	滤袋材质	—	合金纤维滤料
13	滤料最高耐温	°C	400
14	滤袋使用寿命	年	≥8
15	喷吹压力	MPa	0.3~0.5
16	压缩空气耗量	m ³ /min	<13

4.3 技术方案

高温超净电袋复合除尘器是在原电收尘器内部完成，不扩大场地和新增设备基础。技术方案如下：

(1) 保留原电除尘器基础、原混凝土支架、壳体、灰斗、进口喇叭等。检查原有壳体并密封焊接、修复，对进口喇叭内部磨损构件修复。

(2) 保留原电除尘器一电场阴阳极系统、高低压设备，对阴极框架、阳极板排、振打清灰装置损坏部位进行更新，拆除原电除尘器内部第二、三电场所有阴阳极系统、振打系统及高压供电设备。

(4) 利用第二、三电场空间布置滤袋区。滤袋采用耐高温的合金纤维滤袋，耐温达到400°C以上。滤袋采用外滤式，其滤袋的喷吹系统选用固定行喷吹清灰技术。

(5) 滤袋区布置净气室，净气室出口增设烟道与原出气烟箱贯通连接。

(6) 新增 PLC 控制系统，具备温度、压力、差压检测、滤袋区温度保护控制连锁的自动控制功能。

(7) 高温超净电袋复合除尘器改造后阻力仅增加不到 500Pa，经核算无需改造引风机。

(8) 控制室拆除二、三电场高压低压控制柜，滤袋区控制柜布置在拆除位置，无需改造或新增控制室。

4.4 工程施工及运行效果

1#氢氧化铝焙烧炉电除尘器于 2019 年 3 月 14 日开始拆除，4 月 16 日完成高温超净电袋复合除尘器的安装并顺利投运。自投运起，先后两次对高温超净电袋复合除尘器进行性能测试。测试结果（表 2）表明，除尘器出口颗粒物排放浓度均小于 5mg/m³，大大优于《铝工业污染物排放标准》（GB25465-2010）修改单中大气污染物特别排放限值要求。

表 2 性能测试结果

测试	项目	单位	数值
第一次 2019年5月1日	入口浓度	g/m ³	40.99
	出口浓度	mg/m ³	3.2
	运行阻力	Pa	351.1
第二次 2019年5月10日	出口浓度	mg/m ³	4.1

5 结论

根据两次性能测试数据，结合高温超净电袋复合除尘器固有的特点，1#氢氧化铝焙烧炉采用高温超净电袋复合除尘技术不仅可以长期稳定可靠实现超低排放，而且可以大幅提高副产物回收，降低电耗，减少排污费，具有良好的经济效益。高温超净电袋复合除尘技术在氢氧化铝焙烧炉高温烟气治理领域的成功应用，为氢氧化铝焙烧炉烟气净化提供了一条不依赖二次除尘实现颗粒物超低排放的全新技术路线，对于改善大气环境质量、提高人民生活质量和促进经济可持续发展将起到积极促进作用，未来在有色、钢铁、水泥、化工、煤电等高温烟气治理领域应用前景广阔。