

烟气脱硝产业技术创新战略联盟

工 作 简 报

2013 年第 1 期
(总第 6 期)

烟气脱硝产业技术创新战略联盟秘书处编印

2013 年 4 月 10 日

本 期 导 读

◆ 烟气脱硝产业技术创新战略联盟应邀参加“2013 年澳门国际环保合作发展论坛及展览”（P2）

◆ 2013 烟气脱硝产业技术创新战略联盟技术研究方向讨论会在北京召开（P3）

◆ 烟气脱硝产业技术进展（P5）

- 脱硝技术最新研发进展与高效脱硝催化剂研究（P5）
- 燃煤烟气多污染物协同控制技术（P10）
- 废弃脱硝催化剂再生（P12）
- 环保产业标准化发展（P13）
- 中小锅炉、工业窑炉及水泥厂脱硝技术（P14）

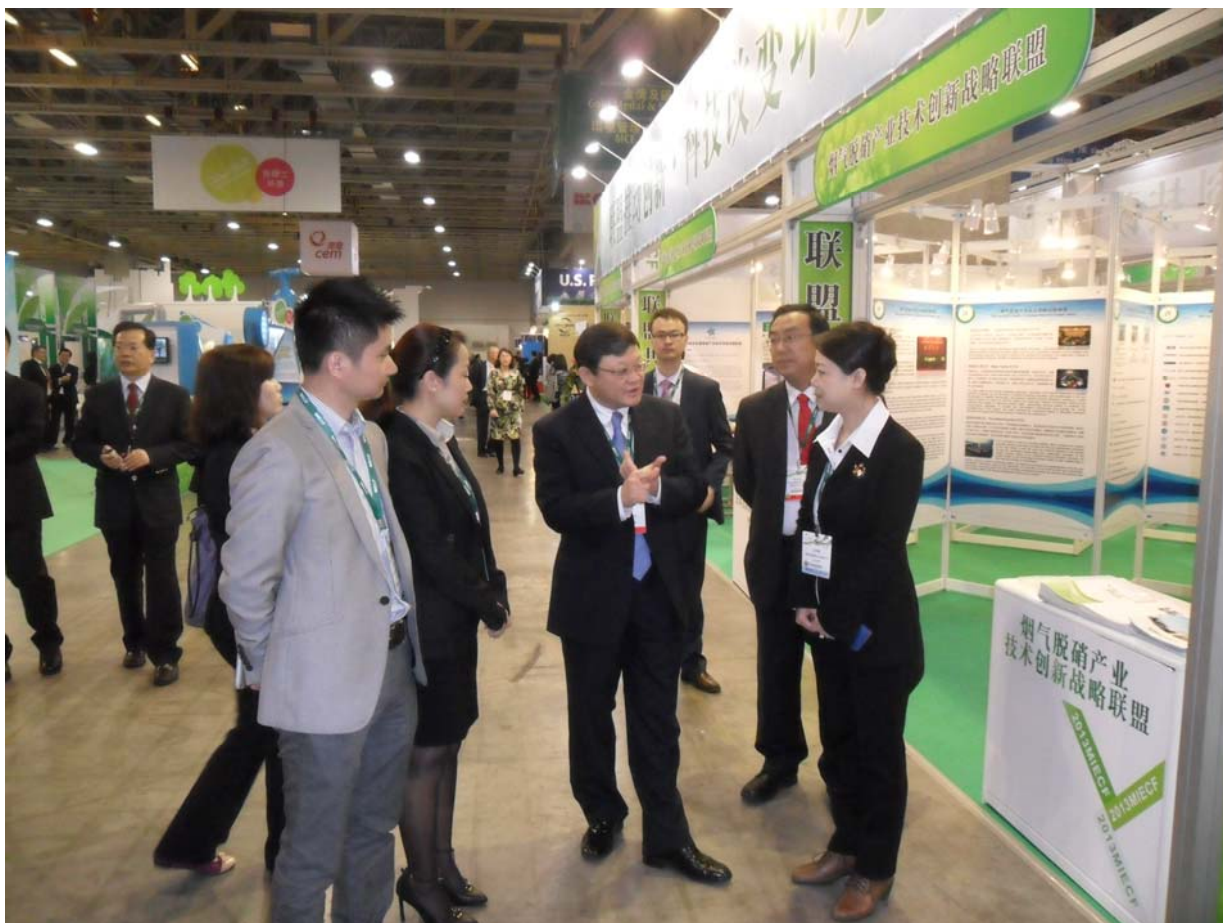
烟气脱硝产业技术创新战略联盟应邀参加 “2013 年澳门国际环保合作发展论坛及展览”

在科技部的组织和协调下，烟气脱硝产业技术创新战略联盟于 2013 年 3 月 21 日至 23 日到澳门参加了由澳门特区政府主办的 2013 年澳门国际环保合作发展论坛及展览会，本次展会的主题是“可持续发展城市-迈向绿色未来”。

展会上，澳门特别行政区行政长官崔世安、国家科技部副部长王伟中与社发司副司长孙成永等领导亲临会场。烟气脱硝产业技术创新战略联盟秘书长王聆燕介绍了脱硝联盟的组成及各主要成员单位情况，并对联盟在大气污染治理方面开展的各项工作，尤其是在工业烟气产生的 SO_2 、



NO_x 、VOCs 及 $\text{PM}_{2.5}$ 控制技术方面的研发工作进行了重点介绍，各位领导对联盟所取得的成绩表示肯定。



王部长在听取联盟汇报之后做出重要指示：

- 1、脱硝联盟不仅要针对现有工业烟气的脱硫、脱硝相关技术进行研究与应用，还应着眼于未来，将眼光放长远，开展大气污染物（全系列）控制新技术的开发；
- 2、希望脱硝联盟在区域性 PM2.5 控制方面深入开展工作，为我国大气污染物控制做出更大的贡献。

2013 烟气脱硝产业技术创新战略联盟 技术研究方向讨论会在北京召开

2013 年 1 月 22 日，烟气脱硝产业技术创新战略联盟技术研究

方向讨论会在北京召开。会议由烟气脱硝产业技术创新战略联盟理事长、科技部蓝天科技工程重点专项总体专家组成员杜云贵研究员主持，来自各理事单位的专家委员会委员及单位代表共 15 人参加了会议。



联盟理事长杜云贵介绍了本次研讨会议的背景情况，即在脱硝产业与技术论坛成功举办后，联盟秘书处编制了联盟工作简报，向科技部等主管单位汇报了论坛举办情况和联盟科技工作情况，根据科技部各位领导对联盟的指导意见，联盟确定下一阶段重点要放在“十三五”国家大气污染控制的技术上，开展未来大气污染控制技术的研究。本次会议重点讨论联盟未来的技术发展方向。

在听取联盟秘书处汇报的联盟大气污染控制技术路线调研情况与下阶段研发方向初步设想之后，与会专家、理事经过热烈的讨论，确定了以“区域灰霾前体物深度控制技术”为主体，在烟气深

度脱硫技术、湿式静电多污染物复合脱除技术及碳基催化剂多污染物协同控制技术等方面开展深入研究的技术方向。

本次会议的顺利召开，有利于进一步凝聚整合联盟各单位优势力量，充分调动各成员单位的相关资源，为联盟在下一步的技术研发奠定了良好的基础。

烟气脱硝产业技术进展

编者按

2012年12月10日在京举行的“烟气脱硝产业与技术论坛”上，来自企业、高校院所的14位专家围绕脱硝技术最新研发进展与高效脱硝催化剂研究、燃煤烟气多污染物协同控制技术、废弃脱硝催化剂再生研究、环保产业标准化发展、中小锅炉/工业窑炉污染物控制技术等烟气脱硝产业技术进展情况作了精彩的报告。

■ 脱硝技术最新研发进展与高效脱硝催化剂研究

一、我国高灰烟气对催化剂性能影响研究及脱硝工程示范研究进展

国电新能源技术研究院能源创新技术研究中心副主任刘汉强在报告中指出，目前国内外的煤质差异巨大，国内燃煤的含灰量普遍高于国外燃煤的含灰量，国外煤种的含灰量在



12~20%左右，烟气含尘量一般不超过 $15\text{g}/\text{Nm}^3$ ，国内燃煤的含灰量大多在 20~40%，烟气含尘量大多在 $30\text{g}/\text{Nm}^3$ 以上，甚至高达 $50\text{g}/\text{Nm}^3$ 以上，这对脱硝工艺的设计和 SCR 催化剂的选型等提出了严峻的挑战，是国外厂家未曾遇到过的挑战。照搬国外技术不能满足国内的燃煤条件，必须进行自主创新。

该课题针对中国高灰分烟气条件的复杂性，对工艺设计、流场试验、防积灰措施、高强度催化剂以及尿素制氨工艺等内容进行技术创新，并实现国产化，将成果在国内典型大型电站锅炉高含尘烟气脱硝工程中进行工程示范集成应用，为我国大型电站燃煤锅炉的污染控制和大气质量的改善提供技术支撑，全面提升我国环保产业的技术水平。

二、燃煤烟气脱硝催化剂开发及适用性研究

清华大学环境学院教授、博士生导师李俊华在报告中介绍了其研究团队针对我国燃煤烟气排放特征研发了高强度低钒高效脱硝催化剂及一系列原材料。设计合成的钛硅



钨复合氧化物载体原材料，显著提高了催化剂的强度和稳定性。基于钛钨复合氧化物载体的脱硝催化剂，明显抑制了二氧化硫的氧化率。通过掺杂氧化还原能力较强的稀土元素，研制了一系列的低钒和无钒 SCR 催化剂。Ce 的掺杂能够提高 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 催化剂表面的 Brönsted 酸位强度，增加了更多的表面氧空位，在 220-400℃ 温度区间表现出优异的 SCR 活性、 N_2 选择性和抗水抗硫能力。针对工

业窑炉烟气排放特征，提出了低温脱硝技术思路，揭示了低温催化剂上 $\text{NH}_3\text{-SCR}$ 反应机制，发现并凝练出决定催化活性和催化剂中毒的主控因素。在自主知识产权的催化剂原材料及催化剂配方基础上，开展了整体式脱硝催化剂成型工艺及关键设备的国产化研究，优化了催化剂制备工艺参数，产品合格率达到 95% 以上，脱硝催化剂关键原材料及生产设备国产化率达到 100%。

三、宽工作温度低成本烟气脱硝催化剂研发

中科院过程工程研究所研究员、博士生导师许光文提及脱硝催化剂是烟气脱硝的核心，近年来通过技术引进与创新，我国逐步掌握了基于钒钨钛系列的催化剂配方



与制作工艺，且相应的催化剂生产设备也逐步实现了国产化。但催化剂组成基于大量的钒钨钛氧化物体系，属消耗型产品，使得基于现有技术生产的脱硝催化剂需要消耗大量稀有矿产资源且产品的成本偏高。在性能方面，现有工艺生产的商业催化剂温度窗口在 $300\text{-}420^\circ\text{C}$ ，适合大部分电厂锅炉正常负荷运行条件下的烟气脱硝条件，对于电厂锅炉低负荷运行、起停车及中国大量存在的工业锅炉与窑炉，其烟气脱硝还难以适用现有催化剂。因此开发具有更宽工作温度 and 低成本化的脱硝催化剂具有非常重要的意义。

中国科学院过程工程研究所提出活性组分的反应负载及借助过渡载体实现纳米催化剂在廉价基质材料微孔与表面的均匀分散的技术策略，实现了烟气脱硝催化剂的宽工作温度窗口与低成本

化。分别针对催化剂粉末的生产与粉末的蜂窝成型，通过从小试到中试的逐级放大，确定了产品制备的成套工艺，在河南鹤壁建立了 500 吨/年粉末生产中试线和 600 方/年的蜂窝催化剂生产线。并对该中试线进行了调试运行，形成了烟气脱硝催化剂的新型生产技术，已生产 2 吨左右粉末催化剂，为日本明电舍提供了数百公斤用于陶瓷蜂窝载体的表面涂覆成型。

在蜂窝制备方面，开发了基于廉价基质材料的宽工作温度粉末掺混挤压成型技术方法，经实验室试制 $30 \times 30\text{mm}$ 蜂窝、立式中试生产 $75 \times 75\text{mm}$ 蜂窝，逐步放大到生产 $150 \times 150\text{mm}$ 商业规格催化剂的蜂窝成型技术，使催化剂同时实现了高强度、宽工作温度和低成本的目标，可更好满足包括发电锅炉和各种工业燃烧设备对烟气脱硝催化剂技术的需求，结合高温布袋除尘，可望实现在 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下的烟气除尘脱硝，解决水泥窑炉等工业设备烟气脱硝难题。

四、燃煤电站脱硝催化剂关键技术国产化及应用

重庆远达催化剂公司副总经理兼总工程师黄锐的报告中介绍了脱硝催化剂主要原材料国产化应用与催化剂再生国产化技术开发。



目前，商业脱硝催化剂 V-W-Ti 体系中其载体为 TiO_2 ，助剂为 WO_3 ，活性组分为 V_2O_5 。钛钨粉占催化剂重量的 80-90%，国内脱硝催化剂的产能在 10 万方左右，钛钨粉的需求量在 8 万吨左右。钛钨粉制备工艺被国外少数厂家掌握，价格居高不下，初期主要供货商有法国 Millennium 和日本石原化工、堺化学三家公司。

重庆远达催化剂制造有限公司承担了国家 863 计划重点项目“催化剂关键原材料制备技术及基于原材料的配方研究”，与清华大学、重庆大学、重庆普源化工共同研究开发。开展了进口（R1）和国产钛钨粉（R2）对比分析、钛钨粉关键成分对催化剂性能的影响、钛钨粉制备中钨盐添加工艺以及钛钨粉生产线关键设备开发等研究工作，形成国产钛钨粉技术规范、获得钛钨粉关键成分对催化剂性能影响曲线、开发出钛钨粉制备中钨盐添加工艺、研制成功钛钨粉生产线煅烧设备，申请专利 15 项，其中授权专利 3 项，发表文章 10 篇。钛钨粉国产化后，与使用进口钛钨粉比较，每立方催化剂产品的成本降低约 4600 多元。

针对现阶段 NO_x 排放控制日趋严格、脱硝市场大规模启动，脱硝催化剂呈现出供不应求的态势，这也为将来产生数目巨大的失效催化剂埋下了伏笔。《火电厂氮氧化物防治技术政策》中明确指出失效催化剂应优先进行再生处理，无法再生的应进行无害化处理。重庆远达催化剂制造有限公司在对催化剂失活原因分析的基础上，提出了 K/K₀ 达到 ≥ 0.96 、SO₂/SO₃ 转化率无增加、保证催化剂机械强度和磨损的再生性能保证指标，研制出了具有自主知识产权的燃煤烟气脱硝催化剂再生技术及再生液配方，获得了授权专利——脱硝催化剂再生液及其再生方法（201010589559.4），并在某 1000MW 燃煤机组 SCR 脱硝工程进行了工业化示范。

五、稀土脱硝催化剂技术

中国科学院长春应用化学研究所绿色化学与过程实验室主任杨向光的报告结合目前脱硝技术特点，在对稀土脱硝催化剂发展状

况进行总结的基础上，提出了采用稀土磷酸盐为主要活性组分，以及将稀土磷酸盐进行负载，可以得到性能优异、价格合理的新型稀土脱硝催化剂。特别是其强的耐碱中毒能力，有望应用到电厂脱硝技术中。而更加有效的低温脱硝技术，会随着脱硫技术的完善以及低温脱硝技术发展，成为未来脱硝的主流技术。

■ 燃煤烟气多污染物协同控制技术

一、燃煤烟气多种污染物控制技术研究



长江特聘教授、科技部蓝天科技工程重点专项总体专家组成员、浙江大学能源工程学系副主任高翔的报告题目是“燃煤烟气多种污染物控制技术研究”。我国是世界上煤炭消耗最大的国家，燃煤过程中产生了大量的烟气污染物（如烟尘、 SO_2 、 NO_x 、Hg 等），造成了日益突出的城市和区域大气复合污染，严重危害到人体健康，污染物减排形势十分严峻。为此，我国针对燃煤电厂颁布了全世界最严格的《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），并提出了“十二五”期间 SO_2 减排 8%、 NO_x 减排 10% 的约束性指标，首次提出了在 2015 年 Hg 等重金属排放要比 2007 年下降 15% 的控制规划。因此，亟需开发高效的燃煤烟气多种污染物控制技术，为我国“节能减排”工作提供科技支撑。

在国家自然科学基金、国家 863 计划、国家科技支撑计划等项目的支持下，针对燃煤烟气中的烟尘、 SO_2 、 NO_x 、Hg 等多种污染

物的高效和协同控制核心问题，展开了机理、关键技术、技术集成、工程示范及产业化应用等方面的研究，开发了系列燃煤烟气污染物高效控制技术，并实现了规模化、产业化应用，研究成果成为多项国家行业标准的重要组成部分。

二、活性焦低温脱除烟气多种污染物的研发

科技部 973“中低阶煤分级转化联产低碳燃料和化学品的基础研究”项目首席科学家、北京化工大学教授、博士生导师刘振宇的报告中指出，目前的主流工业技术



均为单一污染物脱除，虽然效果较好，但多种污染物脱除的总体成本较高，占地大、硫资源化困难。可持续发展的方向之一是在单一系统内、相同条件下实现多种污染物的同时脱除。国内外数十年的研究表明，活性焦具有在低温条件下同时脱除烟气多种污染物的能力，且已在发达国家实现了工业应用。本次报告主要介绍团队多年来在 V_2O_5 改性活性焦同时脱除烟气多种污染物的研究进展，旨在明确该技术的化学原理，为其工业化发展奠定基础。报告包括背景介绍、 V_2O_5 的作用、SCR 脱 NO 、氧化吸附脱 SO_2 、氧化吸附脱 Hg^0 、863 计划中试研究等内容。

三、烟气脱硝协同控制汞及逃逸氨技术探讨

上海交通大学教授、博士生导师晏乃强的报告中分析了发挥脱硝催化剂对零价汞的催化氧化转化及对逃逸氨的分解作用，研究了

通过 SCR 催化剂的改性实现上述目标的方法。结果表明，Ru 改性后的催化剂对零价汞的催化氧化能力可得到显著提高。在实验条件下，当 Ru 负载量为 1% 时 SCR 催化剂对零价汞的催化氧化效率达到 90% 以上，远高于常规 SCR 催化剂（<40%）。研究还发现，Ru 元素通过与 SCR 催化剂中 V 及 W 共同作用，对烟气中的二氧化硫有较好耐受作用。此外还发现，将 Mo 与 Ru 结合使用，可明显降低 Ru 的使用量，含 0.2%Ru-1%Mo 的改性 SCR 催化剂在保持其 SCR 脱硝活性的同时，可对零价汞及逃逸氨具有较好的催化氧化作用，而且逃逸氨的主要氧化产物为 N_2 ，是一种理想的多效 SCR 催化剂 (SCR-Plus)。

■ 废弃脱硝催化剂再生

一、废弃脱硝催化剂再生技术研究进展

北京国电龙源环保工程有限公司技术创新中心项目副经理欧阳丽华的报告中介绍了自 2012 年起，中国已全面启动脱硝，脱硝催化剂将大批量投产使用，这致使废弃催化剂量剧增并催生出严重的废弃催化剂处理的问题。根据成本运算，催化剂再生是处理该问题的合理途径，但再生处理技术仍属当今国际上的共同难题，催化剂再生相关产业亟待发展。目前国电龙源环保公司在国家 863 课题及北京市科委课题的支持下，针对废弃脱硝催化剂进行了催化剂中毒原因研究，开展了机械清洗再生、化学处理和热处理再生等一系列实验研究，该研究成果即将展开工业化应用并建立废弃催化剂再生回收生产线，预期该项研究成果将推动经济增长，并促进环保产

业结构优化调整。

二、低温 SCR 脱硝技术探讨

北京工业大学环境与能源工程学院化学化工系副主任、催化化学与纳米科学研究室主任、博士生导师何洪教授的报告中指出由于工业过程的燃烧设备（炉窑等）排烟温度低，难以利用目前市场上通行的 SCR 脱硝技术，因此开发低温 SCR 系统技术迫在眉睫。SCR 设备运行条件、系统设计和催化剂选择取决于烟气温度、SO₂ 和飞灰含量。北京工业大学自 2004 年开始面向工业应用而开发低温 SCR 催化剂和 SCR 工程技术，取得了很好的效果，SCR 催化剂的工作温度可以降低到 160℃。但是，低温 SCR 催化剂的运行受到 SO₂ 含量的限制，如何在高含硫条件下使用低温 SCR 是一个巨大的挑战。目前，低温 SCR 催化剂已由北京方信立华科技有限公司生产，并开始用到于脱硝工程。

■ 环保产业标准化发展

中国标准化研究院资源与环境分院院长林翎的报告题目是“我国环保产业标准化发展”。报告阐述了我国环保产业标准化发展的历史沿革，介绍了全国环保产品标准

化技术委员会（SAC/TC275）的工作领域、标准体系框架、国家标准制修订情况，以及在研的环保产业标准化科研项目；展望了“十二五”环保产业标准化发展的重点方向，对“十二五”重点标准领域



进行了概括，包括了与脱硝联盟密切相关的《高效脱硝催化剂性能测试方法》和《燃煤烟气脱硝装备运行效果评价技术要求》等研究编制进展。

■ 中小锅炉/工业窑炉污染物控制技术

一、中小锅炉脱硝技术

华南环境科学研究所大气环境与污染防治研究中心主任岑超平的报告题目是“中小锅炉脱硝技术”。报告以广东省为例，通过分析中小型锅炉 NO_x 排放特征及排放标准，探讨控制技术选择的原则，并结合本团队近十年的 NO_x 控制技术研发和工程实践经历，阐述 SNCR、SCR、尿素湿法等脱硝技术的技术原理、技术特点、工艺流程、系统组成、关键工艺参数及成本分析，最终提出中小型锅炉 NO_x 控制技术选用的思考及建议。

二、工业炉窑烟气多污染协同控制技术

中国环境科学研究院大气污染控制技术研究中心首席专家张凡的报告题目是“工业炉窑烟气多污染协同控制技术”。我国工业窑炉原煤耗量大，污染严重，且其烟气具有粉尘、 NO_x 、HF、HCl、Pb 等重金属浓度高的特点，因此常规的单一技术不仅处理流程冗长，且存在较难达到越来越严格的新污染排放标准要求，副产物资源化困难且存在二次污染等问题。中国环境科学研究院针对工业窑炉烟气特点开发了一种基于氨法脱硫的资源回收型多污染物协同控制技术，该技术具有污染物脱除效率高、副产物硫酸铵、硝酸铵

等可商品化，无废水排放等特点。由于该技术对不同污染源、不同浓度 **NOx** 适应性强，且符合国家发展清洁生产、循环经济的原则，在烟气污染治理方面应用前景广阔。

此外，江苏科行环保科技有限公司的尹海滨针对水泥窑炉的氮氧化物排放，应邀做了“水泥脱硝技术的研发与工程应用”的报告，系统介绍了水泥窑 **NOx** 排放标准、减排技术的发展情况。

(此页无正文)

主送：联盟专家委员会主任郝吉明院士、杜云贵理事长、刘汉强副理事长、理事、专家委员会副主任、专家委员会委员

抄报：万钢部长、王志刚书记、王伟中副部长、陆俊华局长、马燕合司长、徐建国主任、吴远彬主任、李新男巡视员、田保国副司长、孙成永副司长、包献华副主任、邓晓明副主任、张炳清副主任、刘艳荣副司长、白英副局长、刘炳江司长

黄圣彪处长、程家瑜处长、王磊处长、汤富强副处长、白京羽处长、沈竹林处长、郭阳处长、毕俊生处长、袁雷峰处长、吴险峰处长、陈彦丞处长

抄送：国务院办公厅秘书三局、科技部技术创新工程协调领导小组办公室、科技部创新体系建设办公室、科技部社会发展科技司、科技部办公厅、国家发改委高技术产业化司、财政部教科文司、工信部节能与综合利用司、环保部污染物排放总量控制司

科技部办公厅秘书处、科技部办公厅宣传处

主办：烟气脱硝产业技术创新战略联盟秘书处

地址：北京丰台区南四环西路 188 号总部基地 3 区 2 号楼 邮编：100070

编辑：李紫龙、王永政 核稿：王聆燕 签发：杜云贵

电话：010-63701116-880 传真：010-63702106

网址：www.chinadta.com 邮箱：chinadta@163.com