**拟提名的2020年度高等学校科学研究优秀成果奖**

**（科学技术）**

|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | 宽温结构化脱硝催化剂及其在工业炉窑烟气深度净化中的应用 |
| **提名者** | 辽宁省教育厅 |
| **提名意见** | “宽温结构化脱硝催化剂及其在工业炉窑烟气深度净化中的应用”是我单位研究人员与中国科院学院过程工程研究所经过十余年持续合作研发在复杂工业燃烧烟气净化研究领域取得的突出成果，创新性强、特色鲜明，形成了优势明显的新技术、新产品，实现了广泛推广应用，形成应用工程70余套，服务年产品产值2000亿元以上的焦炉、烧结炉、燃气锅炉、焚烧炉等工业炉窑的清洁生产，实现达标甚至超低排放，经济社会效益显著。成果已获国际专利2项、中国发明专利21项，发表学术论文54篇，在相关工业行业及学术领域获得了高度关注。2020年5月10日，中国石油和化学工业联合会组织由段雪院士、李亚栋院士、徐春明院士等组成的专家组鉴定本成果为“**技术创新性强，宽温结构化脱硝催化剂制备技术达到国际领先水平**”。综上，强烈推荐该成果申请2020年度高等学校科学研究优秀成果奖的科技发明一等奖。 |
| **项目简介** | 针对含硫、高湿、低温工业炉窑的燃烧烟气脱硝长期面临的催化剂低温活性不足，抗吸湿坍塌及抗硫中毒能力不强等技术难题，在国家863、科技部重大国际合作、科学院战略先导专项及产业服务发展等科技计划项目的支持下，经过10余年持续科学研究和技术开发，突破了“钛钨粉制备 + 干粉混炼陈腐负载”生产结构化蜂窝脱硝催化剂的常规技术路线限制，**发现**“偏钛酸溶剂热反应制备二氧化钛基催化剂载体、并同时保持一次纳米粒子形态、提升粒子堆积密度和保留粒子表面羟基官能团而形成优良成型性能”的**反应机理**，**揭示**“低温脱硝反应过程催化剂表面硫铵类物质沉积分解平衡影响催化剂低温脱硝抗硫中毒能力、提高脱硝催化活性同时提高催化剂抗硫中毒能力”的**作用机制**；**原创**目前世界唯**一**无需使用钛钨粉的“偏钛酸/有机钒盐溶剂热化学法负载制备组分高度分散/颗粒高密度且一次化催化剂浆料 + 催化剂浆料直接掺混挤出成型制备结构化蜂窝体催化剂”的**生产新工艺**（获得美国、日本专利）；**创制**具有“200-400℃宽温度活性、高抗湿抗冲击强度、强抗硫中毒能力、端面开孔数可高达40×40”的**新一代烟气脱硝蜂窝体催化剂**；**建成运行3000立方/年新一代结构化脱硝催化剂生产线**，针对焦化、烧结等工业炉窑的含硫高湿低温烟气，**开发**“集成碳酸氢钠干法喷吹脱硫脱酸技术和除尘一体化低温脱硝反应器”的**烟气深度净化成套技术方案与工艺装备**，2016年至今在鞍钢、攀钢、新天铁、美锦能源等大中型企业推广应用70余套工程、安装新一代催化剂产品近10000方，并对日本输出高性能粉末脱硝催化剂，直接经济产值近24亿元（合同额）。已完成应用工程年处理工业燃烧烟气超2000亿Nm3，支撑年产值2000亿元的5000万吨焦炉、3500平米烧结炉等的清洁生产，年减排100万吨NOx、90万吨SO2、21万吨粉尘，成为了焦化、钢铁行业烟气脱硝的重要品牌技术和产品，在重点产业聚集区，如山西孝义占其焦化总装容量50%以上，经济社会效益十分显著。成果获美国、日本专利各1项、中国发明专利21项，发表学术论文54篇，科学发现获得高度关注、单篇最高引用160余次。中国石油和化学工业联合会组织鉴定的意见：**技术创新性强，宽温结构化脱硝催化剂制备技术达到国际领先水平**。 |
| **客观评价** | **1）独创优势显著的结构化脱硝催化剂、突破含硫高湿烟气脱硝难题、获得行业高度公认**基于上世纪70年代日本触媒化成公司的研发成果，烟气脱硝的结构化蜂窝催化剂制备一直基于“钛钨粉/钛白粉”与“偏钒酸铵等活性金属及助剂前驱体”的混炼陈腐工艺，但金属酸盐可严重破坏高分子成型助剂的作用，导致结构化成型的困难，使得蜂窝体脱硝催化剂制备一直未能解决“低温高活性”与“抗湿耐磨高强度”之间的协同难题，国内外一直没有形成可应于含硫高湿烟气低温烟气的脱硝催化剂及其应用技术。本成果发掘“高分散强化活性、溶剂热反应制备钛载体既有效提升一次粒子堆积密度、又保留颗粒表面大量羟基官能团形成载体优良成型性能”的反应机理，据此创建了目前**世界上唯一通过“溶剂热一步制备高活性/高塑性浆料”和“浆料直接结构化挤出成型制备”钒钨钛基结构化脱硝催化剂与其大规模生产成套技术**。成果技术以“独家使用许可”方式与安徽威达环保科技股份有限公司（即安徽威达）合作实施产业化，成立催化剂生产子公司：河北威达蓝海环保科技有限公司，建成3000方/年生产线，开发对焦炉、烧结炉等工业燃烧烟气脱硝与净化的应用技术，对我国多类工业炉窑烟气实现大量应用，近3年生产销售催化剂近10000方，近3年生产销售催化剂近10000方，对焦炉、烧结炉、燃气锅炉烟气形成70余套净化工程，包括众多大型应用，如鞍钢7套、攀钢4套百万吨级焦炉，新天铁2套360平米烧结机等，直接经济产值24亿元（合同额），年减排100吨NOx、90万吨SO2、21万吨粉尘，支撑年2000亿元产值的焦炭、钢铁、蒸汽等的清洁生产。在产业聚集区，如世界焦炭产能最大的孝义，本成果技术应用工程占据了当地环保装置总量的50%以上。先进独特技术引入和成功产业化形成了技术与产品的品牌形象，牵引了企业壮大发展，安徽威达由单一的布袋除尘服务转成为工业燃烧烟气脱硝与净化领域的领头羊，其“皖威达”（宽温）脱硝催化剂连续在北极星环保网的钢铁、焦化烟气脱硝治理技术系列排名前三，公司连续多次获得了多个省市的焦化、烧结行业烟气治理首台套应用工程，在北极星环保网连续被评为**“最具影响十大中低温烟气脱硝催化剂企业”**。成果技术在邯郸建设生产工厂，受到河北邯郸、安徽含山两地政府的高度关注，被列为重点观摩项目，邯郸电视台、河北卫视对于河北第一家中低温脱硝催化剂生产企业进行了专题报道。成果技术的研发及应用得到了行业高度认可和关注，不但获得了国家863计划等多个立项支持，还与日本明电舍株式会社、日本产业技术综合研究所、中核钛白等国内外大型及上市企业、张家港及贵阳高新技术开发区等开展了实质性合作，横向研发经费达1500余万元。**2）技术方法特色鲜明的脱硝催化技术创新团队、形成了相关领域较高学术影响**相关研发早在2007年由中国科学院过程工程研究所许光文研究员团队立项，经历了团队10余年的原理突破与技术攻关。首先创新了工业偏钛酸化学负载钒钨组分制备高活性粉末催化剂技术，并发现烟气脱硝SCR反应存在的硫铵沉积与分解平衡及基于其调控实现催化剂宽温活性的机制。成果得到了中国科学院、科技部、日本产业技术综合研究所（AIST）、明电舍株式会社等对技术的认可，先后获得中科院国际合作、国家863、科技部国际合作、中科院战略先导专项、中科院产业化STS专项等纵向项目支持，研发经费2900余万元，展示了研发工作和团队在国家层面的较高影响。研发团队及负责人是“中国烟气脱硝产业技术创新战略联盟”发起成员之一，是国家第一项烟气脱硝催化剂项目（863计划）的课题承担单位，相关产品及技术的研发被纳入中科院第一期战略先导专项成为重要研发任务。至今，成果技术的研发工作培育了10余名硕博研究生，包括成果的核心完成人余剑博士，他的博士论文工作开启了该技术的研发。伴随技术的开发和产业化，获授了21项中国发明专利、美国和日本专利各1项；在*Applied Catalyst B*、*Chem. Eng. J.*、*Catal. Sci. Technol.*、《化工学报》等杂志发表论文50余篇，被引近700次，单篇最高引161次，Chem. Reviews、Advanced Materials等一流期刊的学术论文高度肯定了“氨盐生成/分解平衡决定低温脱硝抗硫能力”基础成果；应邀在中美化工会议、中日化工学术研讨会、中国环境科学学会年会、以及焦化钢铁行业会议等做邀请报告10余次。科技部863专家、中国科学院生态中心贺泓院士、日本产业技术研究所铃木善三高级主任研究员等著名专家学者多次亲临技术中试及产业化现场观摩指导。 |

**项目名称：**宽温结构化脱硝催化剂及其在工业炉窑烟气深度净化中的应用

**提名单位：**辽宁省教育厅

**主要完成人情况：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目主要技术发明的贡献 |
| 1 | 许光文 | 教授 | 沈阳化工大学 | 沈阳化工大学 | 技术方向提出与项目立项、学术及技术指导 |
| 2 | 余剑 | 副研究员 | 中国科学院过程工程研究所 | 中国科学院过程工程研究所 | 技术研发实施，宽温结构化催化剂及制备技术创新 |
| 3 | 李长明 | 副研究员 | 中国科学院过程工程研究所 | 中国科学院过程工程研究所 | 催化剂焦化应用中试与技术 |
| 4 | 郭凤 | 副研究员 | 中国科学院过程工程研究所 | 中国科学院过程工程研究所 | 催化剂浆料与粉体制备与中试 |
| 5 | 解彬 | 工程师 | 安徽威达环保科技科技有限公司 | 安徽威达环保科技科技有限公司 | 中低温烟气净化技术方案、装备与工程开发于应用 |
| 6 | 韩振南 | 副教授 | 沈阳化工大学 | 沈阳化工大学 | 一体化烟气净化节能与工艺优化 |

**主要完成单位：**沈阳化工大学、中国科学院过程工程研究所、

安徽威达环保科技科技有限公司

**主要知识产权和标准规范等目录：**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **知识产权（标准）类别** | **知识产权（标准）具体名称** | **国家****（地区）** | **授权号（标准编号）** | **授权（标准发布）日期** | **证书编号（标准批准发布部门）** | **权利人（标准起草单位）** | **发明人（标准起草人）** | **发明专利（标准）有效状态** |
| 专利 | 表面堆積型ハリカム状排煙脱硝触媒の製造方法 | 日本 | 特願2014-513021 | 2012 | 特願2014-513021 | 中国科学院过程工程研究所 | Yu Jian; Guo Feng; Yang Juan; Wang Yin; Dong Li; Gao Shiqiu; Xu Guangwen | 授权 |
| 专利 | Surface deposition type honeycomb catalyst for flue gas denitrification and preparation method thereof. | 美国 | US9446385B2 | 2014 | US009446385B2 | 中国科学院过程工程研究所 | Jian Yu, Feng Guo, Juan Yang, Yin Wang, Li Dong, Shiqiu Gao, Guangwen Xu. | 授权 |
| 专利 | 一种基于偏钛酸的烟气脱硝催化剂的制备方法. | 中国 | ZL201510394283.7 | 2019 | 3386130 | 中国科学院过程工程研究所 | 余剑, 郭凤, 甘丽娜, 许光文 | 授权 |
| 专利 | 一种制备脱硝催化剂用钛钨粉的方法 | 中国 | ZL201310738989.1 | 2017 | 2646880 | 中国科学院过程工程研究所 | 余剑, 杨娟, 郭凤, 甘丽娜, 许光文 | 授权 |
| 专利 | 一种SCR烟气脱硝催化剂及其原料钛钨粉的制备方法 | 中国 | ZL201210167211.5 | 2014 | 1516707 | 中国科学院过程工程研究所 | 杨娟, 余剑, 许光文 | 授权 |
| 专利 | 一种表面沉积型蜂窝状烟气脱硝催化剂及其制备方法 | 中国 | ZL201110149575.6 | 2013 | 1246345 | 中国科学院过程工程研究所 | [余剑](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E4%BD%99%E5%89%91)" \t "_blank)，[郭凤](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E9%83%AD%E5%87%A4)" \t "_blank)，[杨娟](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E6%9D%A8%E5%A8%9F)" \t "_blank)，[汪印](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E6%B1%AA%E5%8D%B0)" \t "_blank)，[董利](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E8%91%A3%E5%88%A9)" \t "_blank)，[高士秋](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E9%AB%98%E5%A3%AB%E7%A7%8B)" \t "_blank)，[许光文](https://www.baiten.cn/results/l.html?q=in:(%E8%AE%B8%E5%85%89%E6%96%87)" \t "_blank) | 授权 |
| 专利 | 一种金属载体整体式催化剂过渡涂层浆液、过渡涂层及其制备方法 | 中国 | ZL201710348690.3 | 2019 | 3552712 | 中国科学院过程工程研究所 | 郭凤，余剑，李长明 | 授权 |
| 专利 | 一种乙酰丙酮金属化合物的连续合成方法 | 中国 | ZL201110351829.2 | 2014 | 1303452 | 中国科学院过程工程研究所 | 余剑，杨娟，许光文 | 授权 |
| 专利 | 一种含钛高炉渣废酸处理与利用方法 | 中国 | ZL201510587724.5 | 2017 | 2444360 | 中国科学院过程工程研究所 | 余剑，郭凤，许光文 | 授权 |
| 专利 | 一种均温蜂窝陶瓷体、制备方法及其用途 | 中国 | ZL201510098302.1 | 2019 | 3332538 | 中国科学院过程工程研究所 | 甘丽娜，余剑，郭凤，杨娟，唐诗白，许光文 | 授权 |
| 专利 | 一种脱硝除尘双功能陶瓷过滤器的制备方法 | 中国 | ZL201510922973.5 | 2018 | 2866398 | 中国科学院过程工程研究所 | 余剑, 李长明, 唐诗白, 张建岭 | 授权 |

公示日期：2020年6月15日-2020年6月19日