**2023年度福建省科学技术奖提名项目公示**

**项目名称：高炉煤气源头深度脱硫新型高效催化剂创制及产业化**

**提名奖种：科技进步奖**

**提名单位：福建省教育厅**

**主要完成单位：福州大学、中琉科技有限公司、清源创新实验室**

**一、项目简介：**

**该项目属于化学与工程技术的工业催化学科，主要应用于节能环保领域。**

钢铁是关系国计民生最重要的支柱产业之一，我国高炉炼铁过程约产1.5万亿Nm3的巨量含硫高炉煤气。该项目面向钢铁行业节能环保和协同减污降碳的国家重大需求，针对高炉煤气中硫化物难实现超低排放的难题，创造性提出把高炉煤气“多单元末端烟气脱除SO2”变革为“源头深度脱除H2S”新思路，开发出高炉煤气深度脱硫新催化剂及成套技术并实现产业化。主要创新如下：

**创新点1：**创制出表面富含强碱性羟基(OH-)活性基团的低成本、水热稳定性强的MgAl2O4尖晶石基高效COS催化剂，解决了传统负载型COS水解催化剂活性组分易流失的难题，使用寿命比商业负载型COS水解剂提高了5-6倍。

**创新点2：**首创了富含氮基(N-)碱中心的高效有序介孔整体式H2S选择性氧化催化剂，破解了传统负载型金属基催化剂易硫酸盐化及硫酸盐化与硫磺易黏附沉积导致催化剂快速失活的难题。

**创新点3：**发明了“高硫容-易再生”的Cu基H2S负载型吸附材料，实现了高炉煤气中低浓度H2S高效富集和吸附剂在线循环再生，解决了传统吸附剂硫容低、无法在线循环再生的难题。

基于上述创新，集成开发出“催化水解-富集再生-催化氧化-硫磺回收”的高炉煤气深度脱硫成套新工艺技术，破解了现有末端烟气脱硫技术固废与废水量大、硫二次污染、管道腐蚀等难题。

实施高炉煤气源头脱硫过程从“催化剂-工艺-工程”全链条创新，建成了世界首套规模最大(单套63万Nm3/h)的高炉煤气源头深度脱除H2S及硫资源化工业装置，实现了硫化物气体超低排放及安全高效长周期稳定运行。与传统“末端烟气脱除SO2技术”相比：每百万Nm3/h高炉煤气减少SO2排放约126吨，减少CO2排放约13万吨，吨炼铁脱硫成本下降约20%。攻克了高炉煤气末端治理难实现硫化物资源化和存在二次污染等行业难题，引领并推动我国钢铁工业年约1.5万亿Nm3的高炉煤气源头深度脱硫技术的跨越式发展。

该项目已在15家钢铁企业26项工程中推广应用，净化高炉煤气总量超900万Nm3/h，年减排约1.2万吨SO2，节能折合年减排CO2约113万吨，在同类技术的市场占有率达60%。

该项目获授权国家专利51件（46件发明专利和5件实用新型专利），发表SCI论文51篇，牵头制订我国首个高炉煤气源头脱硫技术团体标准。经中国石油和化学工业联合会组织鉴定委员会鉴定认为：该成果创新性强，具有自主知识产权，总体达到国际先进水平，其中高炉煤气脱硫催化剂和吸附剂处于国际领先水平。

**二、主要完成人及其贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **排名** | **完成人** | **贡献** |
| 1 | 江莉龙 | (1)项目负责人，确定了总体创新思路与技术方案，提出了“催化水解-富集再生-催化氧化-硫磺回收”的高炉煤气深度脱硫成套新工艺新思路，负责新型高效催化剂和吸附剂的实验室研究和中试放大；(2)对主要创新点1、2和3均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的80%。佐证材料：代表性专利1-10；代表性论文1-5；标准1。 |
| 2 | 刘时球 | (1)工业应用负责人，确定工业化技术方案和总体思路；指导工业应用优化思路，包括能耗优化、塔器用钢优化、硫磺回收方案优化等；指导“高炉煤气深度脱硫系列新型催化剂”规模化生产方案、负责万吨级生产线开发建设；(2)对主要创新点2和3有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的80%。佐证材料：代表性专利2&6-10；标准1。 |
| 3 | 郑勇 | (1)项目骨干，负责高炉煤气中的有机硫水解催化剂、无机硫可再生吸附剂和选择性氧化催化剂的研发；参与高煤气深度脱硫工艺设计、工业中试和工业应用。(2)对主要创新点1、2和3均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的70%。佐证材料：代表性专利2&4&6-10；代表性论文1&3-5。 |
| 4 | 曹彦宁 | (1)项目骨干，负责高煤气气氛中的新型高效羰基硫水解催化剂和硫化氢吸附剂的研发；参与高煤气深度脱硫工程工艺的设计与中试实验，参与高煤气深度脱硫工艺设计、工业中试和工业应用，参与高炉煤气干法选择性吸附脱硫工程技术规范标准的制定；(2)对主要创新点1、2和3均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的70%。佐证材料：代表性专利1-10；代表性论文3-5；标准1。 |
| 5 | 肖益鸿 | (1)项目骨干，参与新型高效羰基硫水解催化剂的研究开发；主要负责高煤气深度脱硫工程工艺的设计与中试实验；参与高煤气深度脱硫工艺设计和工业中试；(2)对主要创新点1、2和3均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的60%。佐证材料：代表性专利2、4、5-7&10；代表性论文1-4。 |
| 6 | 梁诗景 | (1)项目骨干，参与负责新型高效COS水解和H2S选择性氧化催化剂、可再生H2S吸附材料的实验室研发；参与项目研究、制定研究和工艺方案；参与催化剂的中试放大方案制定和放大生产；(2)对主要创新点1、2和3均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的60%。佐证材料：代表性专利2、4、5&6-8；代表性论文4&5。 |
| 7 | 刘福建 | (1)项目骨干，参与负责新型高效COS水解及H2S选择性氧化催化剂的设计制备、结构调控及脱硫性能研究；参与“催化水解-富集再生-催化氧化-硫磺回收”的高炉煤气深度脱硫成套工艺研发；(2)对主要创新点1和2均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的50%。佐证材料：代表性专利4&10；代表性论文1&4。 |
| 8 | 沈丽娟 | (1)项目骨干，参与负责羰基琉水解及H2S选择性氧化催化剂的设计制备、结构调控及脱硫性能研究；参与项目研究、工艺方案以及催化剂的开发；(2)对主要创新点1和2均有重要贡献。该项技术研发的工作量占本人工作总量的50%。佐证材料：代表性专利1&3；代表性论文1-3&5。 |
| 9 | 陈建中 | (1)项目骨干，负责双段径向流固定床反应塔器设的计开发；成套工艺装备成套工程化应用设计和工业应用； (2)对主要创新点3有重要贡献。该项技术研发工作中投入的工作量占本人工作总量的50%。佐证材料：标准：1、2。 |
| 10 | 詹瑛瑛 | (1)项目骨干，参与负责新型高效催化剂和吸附剂的构效关系基础研究和应用开发；(2)对主要创新点1有重要贡献。该项技术研发中投入的工作量占本人工作总量的50%。佐证材料：代表性论文5。 |

**三、主要知识产权、代表性论文、标准等**

**1.主要知识产权**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **专利名称** | **知识产权类别** | **国别** | **完成人排名** | **授权专利号** |
| 1 | 一种镁铝尖晶石催化剂及其在脱硫领域的应用 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,蔡嘉铭,沈丽娟,曹彦宁,郑小海 | ZL201911256362.6 |
| 2 | 一种失活COS水解剂的再生方法 | 发明专利 | 中国 | 郑勇,曹彦宁,梁诗景,肖益鸿,刘时球,江莉龙 | ZL202010425968.4 |
| 3 | 一种H2S选择性氧化催化剂的制备方法及其应用 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,沈丽娟,郑笑笑,徐聪波,雷淦昌,曹彦宁 | ZL201611038011.4 |
| 4 | 一种氮掺杂炭材料的制备方法及其在脱除含硫气体中的应用 | 发明专利 | 中国 | 刘福建,梁诗景,江莉龙,肖益鸿,郑勇,曹彦宁 | ZL202010455387.5 |
| 5 | 一种双功能Cu基脱硫催化剂及其制备方法和应用 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,雷淦昌,梁诗景,曹彦宁,郑勇,肖益鸿 | ZL202110998725.4 |
| 6 | 一种高炉煤气脱硫方法及系统 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,梁诗景,郑勇,曹彦宁,肖益鸿,刘时球 | ZL202010427033.X |
| 7 | 一种高炉煤气脱氧脱硫方法及系统 | 发明专利 | 中国 | 刘时球,肖益鸿,曹彦宁,郑勇,梁诗景,江莉龙 | ZL202010425963.1 |
| 8 | 一种无氧高含水量高炉煤气脱硫系统及工艺 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,郑勇,刘时球,曹彦宁,梁诗景 | ZL202110827625.5 |
| 9 | 一种炼铁炼钢尾气脱硫制氢系统及方法 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,郑勇,曹彦宁,刘时球 | ZL202111228548.8 |
| 10 | 一种工业混合气体的脱硫方法及脱硫装置 | 发明专利 | 中国 | 江莉龙,刘时球,肖益鸿,郑勇,刘福建,曹彦宁 | ZL202010426027.2 |

**2.代表性论文**

(1) Jinxing Mi, Xiaoping Chen, Qiuyun Zhang, Yong Zheng, Yihong Xiao, Fujian Liu\*, Chak-tong Au, and Lilong Jiang\*, Mechanochemical synthesized MgAl layered double hydroxide nanosheets for efficient catalytic removal of carbonyl sulfide and H2S, Chemical Communications, 2019, 7, 18-38.

(2) Xiaohai Zheng, Yanli Li, Linyan Zhang, Lijuan Shen\*, Yihong Xiao, Yongfan Zhang, Chaktong Au, Lilong Jiang\*, Insight into the effect of morphology on catalytic performance of porous CeO2 nanocrystals for H2S selective oxidation, Applied Catalysis B: Environmental, 2019, 252, 98-110.

(3) Xiaohai Zheng, Yanli Li, Yong Zheng, Lijuan Shen\*, Yihong Xiao, Yanning Cao, Yognfan Zhang, Chaktong Au, and Lilong Jiang\*, Highly efficient porous FexCe1-xO2-δ with three-dimensional hierarchical nanoflower morphology for H2S-selective oxidation, ACS Catalysis , 2020, 10, 3968−3983.

(4) Shijing Liang, Jinxing Mi, Fujian Liu\*, Yong Zheng, Yihong Xiao, Yanning Cao, Lilong Jiang\*, Efficient catalytic elimination of COS and H2S by developing ordered mesoporous carbons with versatile base N sites via a calcination induced self-assembly route, Chemical Engineering Science, 2020, 221, 115714-115724.

(5) Ganchang Lei, Yong Zheng, Yanning Cao, Lijuan Shen\*, Shiping Wang Shijing Liang, Yingying Zhan\*, Lilong Jiang\*, Deactivation mechanism of COS hydrolysis over potassium modified alumina. Acta Physico-chimica Sinica, 2023, 39, 2210038

**3.标准**

(1)高炉煤气干法选择性吸附脱硫工程技术规范，团体标准，T/HBJN 0007-2023，河北省节能协会，起草人：**刘时球、江莉龙**、王大勇、李拥军、郭龙鑫、丁玉欣、王树华、吉伟、霍同壮、王叶胜、张景森、周国成、王长城、李霆、范增为、曹文礼、**陈建中**、户艳敬、陈璐、孙素英、**曹彦宁**、史慧恩、王晓臣、崔强、于利峰。

(2)1×46万m³高炉煤气精脱硫成套装备，企业标准，Q/ZLKJ 001-2023，中琉科技有限公司，起草人：**陈建中**。