

推荐国家技术发明奖项目公示

项目名称	新型催化法硫酸尾气二氧化硫深度净化及资源化
推荐单位	教育部
推荐单位意见： <p>我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部申报材料真实有效，相关内容符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。</p> <p>该项目课题组全体成员经过近 19 年的锲而不舍的努力研究，克服了各种困难。攻克了低温(50-200℃)、低浓度 SO₂(≤1%)催化氧化和 SO₂深度净化方面的技术难题，采用的非钒系催化剂，集成纳米多孔材料的纳米空间效应、活性组分和助催化剂的功能，在低温实现了 SO₂催化氧化，并实现了低浓度含硫烟气脱硫制酸；开发的脱硫反应器设计与制造技术以及脱硫催化剂规模化生产制备技术，形成了适应化工、有色、工业锅炉/炉窑和建材等行业的烟气脱硫工艺技术。</p> <p>技术总体水平达到国际先进，开发的脱硫工艺和设备，解决了工程放大的关键技术及设备问题，实现了低成本稳定运行、有效应对气量和浓度的波动，达到了硫资源回收利用。本成果已在大型硫酸装置成功应用，SO₂排放浓度优于国家相关行业标准，具有显著的环境、社会和经济效益。</p> <p>本技术成果为大气污染防治和发展节能环保产业提高了强有力的科技支撑。该成果技术还可进一步在电力、建材、冶金等行业中对排放气中 SO₂进行深度处理并资源化利用。根据国家大气污染防治行动计划，本成果技术成功推广后可大大提高我国的自主创新能力，节省大量的环境处理技术并能带动相关产业发展。</p> <p>该项目符合国家技术发明奖授奖条件，推荐该项目申报 2017 年度国家技术发明奖一等奖。</p>	

项目简介：

我国每年向大气中排放大量的 SO_2 ，而硫酸尾气排放是主要来源之一。2015 年，我国进口硫资源超过 1862 万吨，占总硫消费量的 52.5%。因此，硫酸尾气二氧化硫深度净化及资源化利用是促进我国硫酸工业可持续发展，确保硫酸企业硫酸尾气达标排放的根本保障，也是实现硫资源回收利用的有效途径。本项目历经 19 年，在国家省市项目支持下，形成了发明如下：

发明点 1：发明了非钒系低温深度脱硫催化剂，解决了低温（50-200℃） SO_2 催化氧化的难题，实现了低浓度（<1%） SO_2 深度净化并制取硫酸的资源化利用。

发明点 2：发明了硫酸尾气二氧化硫深度处理方法，将 SO_2 控制在 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，甚至可做到 SO_2 零排放，突破了低浓度 SO_2 不易处理的技术难题，有效解决硫酸尾气排放达标和白烟污染问题，同时降低对钒基催化剂的要求。

发明点 3：发明了一种将传统硫酸生产工艺与硫酸尾气处理为一体化的新型硫酸生产工艺方法，进一步提高硫酸生产过程硫资源的利用率，有效解决硫酸尾气达标排放，且不增加新的产物，无废水的排放，不产生二次污染，使整个硫酸生产系统突破传统生产模式，实现清洁、高效、低能耗、低排放。

本项目已获授权专利 12 项，申请专利 8 项，发表论文 31 篇。技术成果已通过四川省科技厅、中国石油和化学工业联合会技术鉴定，技术水平国际先进，被科技部和环保部列入 2014 年 3 月发布的《大气污染防治先进技术汇编》，并获四川省科技进步奖一等奖和化工工程建设科技创新成果特等奖。

本技术成果已成功应用于硫酸尾气处理中，建成工业化装置 11 套，在建 2 套，总投资 1.594 亿元，每年消减 SO_2 2.70 万吨，每年产生环境效益 5.38 亿元，并实现硫资源的回收利用，创造了显著的经济、环境和社会效益。本技术成果在焦化行业中也成功应用，目前建成工业化装置 1 套，在建 1 套。本技术成果还能在电力、建材、冶炼等行业烟气治理中应用，带动相关环保产业的发展。

客观评价：

(1) 四川省科技厅组织的“新型催化法烟气脱硫技术开发与应用”项目鉴定

本项目的研究成果已于 2014 年 5 月 21 日通过了四川省科技厅组织的“新型催化法烟气脱硫技术开发与应用”项目鉴定。鉴定委员会认为“总体技术水平达到国际先进水平，其中在低温、低浓度 SO₂催化氧化和 SO₂深度净化方面达到国际领先水平”。该成果采用的非钒系催化剂，集成纳米多孔材料的纳米空间效应、活性组分和助催化剂的功能，在低温(50-200°C)下实现了 SO₂催化氧化，并实现了低浓度(≤1%)含硫烟气脱硫制酸；开发了脱硫反应器设计与制造技术和脱硫催化剂规模化工业生产制备技术，形成了适应化工、有色、工业锅炉/炉窑和建材等行业的烟气脱硫工艺技术。四川省科学技术厅出具了科学技术成果鉴定证书（川科鉴字[2014]第 335 号）。

(2) 中国石油和化学工业联合会组织的“新型催化法硫酸尾气处理及资源化利用”科技成果鉴定

本项目的研究成果在2014年5月26日通过了中国石油和化学工业联合会组织的“新型催化法硫酸尾气处理及资源化利用”科技成果鉴定，鉴定委员会认为该成果“总体水平达到国际先进，开发的脱硫工艺和设备，解决了工程放大的关键技术及设备问题，实现了低成本稳定运行、有效应对气量和浓度的波动，达到了硫资源回收利用”。本成果已在大型硫酸装置成功应用，SO₂排放浓度优于国家相关行业标准，具有显著的环境、社会和经济效益。中国石油和化学工业联合会出具了科学技术成果鉴定证书（中石化联鉴字[2014]第018号）。

(3) 重要科技奖励

本项目的研究成果获得了2015年四川省科技进步一等奖（证书号2015-J-1-20-D01）和2014年度化工工程建设科技创新成果特等奖（批准文号：中化施协发【2015】32号）。发明专利“硫酸尾气二氧化硫深度处理方法”获得了2015年成都市专利奖银奖（证书号2015-Z-2-21-D01）。

(4) 湖北省黄石环境监测站监测报告

2012 年 4 月 17 日，湖北黄石环境监测站对“湖北大冶有色 98 万吨硫酸尾气治理项目”脱硫后的尾气进行 24 小时监测，并出具了《湖北省黄石环境监测站监测报告》（黄环监测字（2012）第 089 号）。检测结果表明尾气排放低于国家标准（GB25467-2010）中规定的烟气制酸（全部）排放浓度限值（SO₂浓度 400mg/m³）。

2012 年 7 月 4 日，湖北黄石环境监测站第二次对“湖北大冶有色 98 万吨硫酸尾气治理项目”脱硫后的尾气进行 24 小时监测，并出具了《湖北省黄石环境监测站监测报告》（黄环监测字（2012）第 175 号）。检测结果表明尾气排放低于国家标准（GB25467-2010）中规定的烟气制酸（全部）排放浓度限值（SO₂浓度 400mg/m³）。两次检测结果表明该技术的可行性和装置的稳定运行，催化剂能达到设计的要求。

(5) 重庆市涪陵环境监测中心监测报告

2014 年 4 月 18 日，21 日和 25 日三天，重庆市涪陵环境监测中心对中化重庆涪陵化工有限公司硫磺制酸尾气处理进行监测，并出具了《重庆市涪陵环境监测中心监测报告》（涪环（监）测字（2014）第 04-014 号）。检测结果表明尾气排放低于国家标准（GB26132-2010）中规定的排放标准（SO₂浓度 400 mg/m³）。

推广应用情况：

本技术成果自工业化推广以来，受到了各方的广泛关注，先后建成了多套工业化装置，在硫酸工业和有色冶炼行业的应用取得了的成功，并得到了业主的认可。工程应用实例见下表。

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
湖北大冶有色金属公司冶炼厂	本成果技术	2011.7 -至今	刘剑 /13872110711	98 万吨硫酸尾气治理项目，项目规模 34 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 5440 (t)
钟祥市春祥化工有限公司	本成果技术	2012.5 -至今	章祖良 /0724-4839279	硫酸尾气治理项目，项目规模 1.7 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 272 (t)
济源市金利冶炼有限责任公司	本成果技术	2012.7 -至今	杨生哲/ 0398-6893656	还原炉、烟化炉烟气尘治理项目，项目规模 11 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 3520 (t)
中化重庆涪陵化工有限公司	本成果技术	2013.9 -至今	余立 /023-72143093	120 万吨硫酸装置尾气脱硫技改工程，项目规模 35 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 3920 (t)
广东云浮金泰化工有限公司	本成果技术	2013.10-至今	石厂长/ 0766-6823818	21 万吨硫酸装置尾气治理项目，项目规模 6.5 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 1040 (t)
陕西汉中锌业有限责任公司	本成果技术	2014.4 -至今	桂海平 /13892664102	10 万吨硫酸装置尾气治理项目，项目规模 3 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 960 (t)
湖北京襄化工有限公司	本成果技术	2014.1 -至今	赵部长 /13774060821	30 万吨硫酸尾气治理项目，项目规模 9.8 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 1568 (t)
中铁资源集团刚果(金)绿砂铜钴	本成果技术	2015.10 -至今	王献峰 /010-83890865	绿砂铜钴烟气脱硫项目，项目规模 1.7 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 2720 (t)
陕西锌业旬阳大地复肥有限公司	本成果技术	2014.11 -至今	曾智 /0915-7224512	硫酸尾气脱硫项目，项目规模 2.1 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 252 (t)
钟祥市大生化工有限公司	本成果技术	2015.8-至今	陈景爱 /0724-4947699	硫酸装置尾气脱硫项目，项目规模 5.5 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 440 (t)
重庆渝钛白有限公司	本成果技术	在建	唐林松 /023-62568892	75kt/a 硫酸法钛白技术改造升级搬迁项目,项目规模 6.7 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 643 (t)
攀枝花圣地元科技有限责任公司	本成果技术	在建	李勇 /0812-6607008	20 万吨硫酸装置尾气脱硫项目,项目规模 5.9 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 708 (t)
河南济源金马能源股份有限公司	本成果技术	2016.9	崔涛 /0514-85609508	焦炉烟道气脱硫项目,项目规模 17 万 Nm ³ /h，年均脱除 SO ₂ 5440 (t)

主要知识产权证明目录:

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	富氮多孔碳脱硫剂及其制备方法	中国	ZL201310357689.9	2015-07-01	1710718	四川大学	刘勇军;尹华强;程琰;李新;李建军	有效
授权发明专利	硫酸尾气二氧化硫深度处理方法	中国	ZL20091021632720.1	2013-11-20	1308207	四川大学;中国化学工程第六建设有限公司	尹华强;李新;郭家秀;楚英豪;梁娟;李进;张家彩	有效
授权发明专利	一种硫酸生产新方法	中国	ZL 2009 10265076.6	2014-11-26	1525002	四川大学;中国化学工程第六建设有限公司	尹华强;李新;罗培强;熊威;楚英豪;工蜀闽;郭家秀;胡二甫;张家彩;李柏年;李进;张慧娟;董	有效

							冬益	
授权发明专利	低温催化氧化二氧化硫的炭基脱硫催化剂及其制备与应用	中国	ZL201410289691	2016-03-02	1972790	四川大学	刘勇军;尹华强;程琰;李新;王维竹	有效
授权发明专利	消除工业排放气白烟污染的方法	中国	ZL200110027901.6	2014-04-09	1379316	中国化学工程第六建设有限公司;四川大学	李新;李建军;王维江;尹华强;余永红;王锐;李建明	有效
授权发明专利	利用废弃棉花杆生产脱硫用催化剂载体的方法	中国	ZL201210166472.5	2014-04-16	1383555	四川大学	王涛;吴莉丽;解海峰;王吉梅;尹华强;王吉德;华坚;田富才	有效
授权发明	脱除与回收废气中二氧化硫	中国	ZL97107745.2	2002-06-19	86125	四川联合大学	尹华强;罗德明;刘中正;串亚权;	有效

专利	的方法						胡玉英	
实用新型专利	一种可移动烟气脱硫装置	中国	ZL201220283248.x	2012-12-12	256957	中国化学工程第六建设有限公司	李新;尹华强;杨守红;罗培强;王怀金;王维江;李月丽	有效
实用新型专利	一种车载式烟气检测装置	中国	ZL201220283247.5	2012-12-12	2570628	中国化学工程第六建设有限公司	李月丽;王维江;王怀金;罗培强;杨守红;李新;尹华强	有效
实用新型专利	消除工业排放气白烟污染装置	中国	ZL201120025333.1	2011-10-05	1958657	中国化学工程第六建设有限公司;四川大学	李新;李建军;王维江;尹华强;余永红;王锐;李建明;李月丽	有效

主要完成人情况:

1.尹华强, 排名 1, 主任, 教授, 工作单位: 四川大学, 完成单位: 四川大学, 是该项目主要负责人, 对发明点 1,2,3 均有重要贡献, 作为第 2 发明人参与发明了非钒系低温深度脱硫催化剂, 解决了低温 (50-200 °C) SO_2 催化氧化的难题, 实现了低浓度 (<1%) SO_2 深度净化并制取硫酸的资源化利用。作为第一发明人参与发明了硫酸尾气二氧化硫深度处理方法, 将 SO_2 控制在 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下, 甚至可做到 SO_2 零排放, 突破了低浓度 SO_2 不易处理的技术难题, 有效解决硫酸尾气排放达标和白烟污染问题, 同时降低对钒基催化剂的要求。作为第一发明人参与发明了一种将硫酸生产工艺与硫酸尾气处理为一体化的新型硫酸生产工艺方法, 进一步提高硫酸生产过程硫资源的利用率, 有效解决硫酸尾气达标排放的同时, 不增加新的产物, 无废水等排放, 不产生二次污染, 使整个硫酸生产系统突破传统生产模式, 实现清洁、高效、低能耗、低排放。

2.李建军, 排名 2, 副主任, 教授, 工作单位: 四川大学, 完成单位: 四川大学, 是该项目主要负责人, 对发明点 1 有重要贡献, 作为第五发明人参与发明了非钒系低温深度脱硫催化剂, 解决了低温 (50-200 °C) SO_2 催化氧化的难题, 实现了低浓度 (<1%) SO_2 催化氧化制酸深度净化以及硫资源化利用, 解决了工程实施的关键技术难题, 使该技术能够在工程上推广应用。

3.郭家秀, 排名 3, 行政职务无, 副研究员, 工作单位, 四川大学, 完成单位: 四川大学, 是项目主要负责人, 对发明点 2、3 均有重要贡献, 作为第三发明人参与发明了硫酸尾气二氧化硫深度处理方法, 将 SO_2 控制在 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下, 甚至可做到 SO_2 零排放, 突破了低浓度 SO_2 不易处理的技术难题, 有效解决硫酸尾气排放达标和白烟污染问题, 同时降低对钒基催化剂的要求。作为第七发明人参与发明了一种将硫酸生产工艺与硫酸尾气处理为一体化的新型硫酸生产工艺方法, 进一步提高硫酸生产过程硫资源的利用率, 有效解决硫酸尾气达标排放的同时, 不增加新的产物, 无废水等排放, 不产生二次污染, 使整个硫酸生产系统突破传统生产模式, 实现清洁、高效、低能耗、低排放。

4. 楚英豪, 排名 4, 行政职务无, 教授, 工作单位, 四川大学, 完成单位: 四川大学, 是项目主要参与者, 对发明点 2、3 均有重要贡献, 作为第四发明人参与发明了硫酸尾气二氧化硫深度处理方法, 将 SO_2 控制在 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下, 甚至可做到 SO_2 零排放, 突破了低浓度 SO_2 不易处理的技术难题,

有效解决硫酸尾气排放达标和白烟污染问题，同时降低对钒基催化剂的要求。作为第五发明人参与发明了一种将硫酸生产工艺与硫酸尾气处理为一体化的新型硫酸生产工艺方法，进一步提高硫酸生产过程硫资源的利用率，有效解决硫酸尾气达标排放的同时，不增加新的产物，无废水等排放，不产生二次污染，使整个硫酸生产系统突破传统生产模式，实现清洁、高效、低能耗、低排放。

5. 刘勇军，排名 5，行政职务无，副教授，工作单位，四川大学，完成单位：四川大学，是项目主要参与者，作为第一发明人参与发明了非钒系低温深度脱硫催化剂，解决了低温（50-200 ℃） SO_2 催化氧化的难题，实现了低浓度（<1%） SO_2 深度净化并制取硫酸的资源化利用。

6. 李新，排名 6，行政职务无，教授级高级工程师，工作单位：中国化学工程第六建设有限公司，完成单位：中国化学工程第六建设有限公司，是该项目主要参与者，对发明点 1,2,3 均有重要贡献，作为第四发明人参与发明了非钒系低温深度脱硫催化剂，解决了低温（50-200 ℃） SO_2 催化氧化的难题，实现了低浓度（<1%） SO_2 深度净化并制取硫酸的资源化利用。作为第二发明人参与发明了硫酸尾气二氧化硫深度处理方法，将 SO_2 控制在 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下，甚至可做到 SO_2 零排放，突破了低浓度 SO_2 不易处理的技术难题，有效解决硫酸尾气排放达标和白烟污染问题，同时降低对钒基催化剂的要求。作为第二发明人参与发明了一种将硫酸生产工艺与硫酸尾气处理为一体化的新型硫酸生产工艺方法，进一步提高了硫酸生产过程硫资源的利用率，有效解决硫酸尾气达标排放的同时，不增加新的产物，无废水等排放，不产生二次污染，使整个硫酸生产系统突破传统生产模式，实现清洁、高效、低能耗、低排放。

完成人合作关系说明:

完成人尹华强、李建军、郭家秀、楚英豪、刘勇军均为四川大学教师，是国家烟气脱硫工程技术研究中心研究团队“烟气污染物综合控制与低碳利用”核心成员，已进行长期合作。尹华强为本项目负责人，是ZL201310357689.9; ZL200910216327.1; ZL201110027901.6等11项授权专利的主要发明人，是本项目多篇论文的主要作者，是四川省科技进步一等奖项目“新型催化法烟气脱硫技术研发与应用”第1完成人，是成都市专利奖银奖第1完成人。

完成人李建军，主要负责或参与了项目推广，示范工程的推广以及设计方案的确定，新型脱硫剂的研发，脱硫工艺与脱硫装置的研发等，是ZL201310357689.9; ZL201120025333.1; ZL201110027901.6专利的主要发明人，是E Ind. Eng. Chem. Res. 2015, 54, 1261-1270; Appl. Catal. A 2012, 421-422:142-147等文章的主要作者，是四川省科技进步一等奖项目“新型催化法烟气脱硫技术研发与应用”第10完成人，是化工工程建设科技创新成果特等奖“新型催化法硫酸尾气处理及资源化利用”第2完成人。

完成人郭家秀，负责或参与了高效低温脱硫剂及其工艺参数研究开发，中试化实验方案的制订和组织实施，脱硫工艺流程优化设计并组织实施，新型催化法烟气脱硫机理研究等，是ZL20091021632720.1; ZL200910265076.6主要发明人，是New J. Chem. 2015, 39, 5997-6015; Appl. Catal. A 2012, 421-422:142; Ind. Eng. Chem. Res. 2015, 54, 1261-1270等文章的主要作者，是四川省科技进步一等奖项目“新型催化法烟气脱硫技术研发与应用”第3完成人，是成都市专利奖银奖第3完成人。

完成人楚英豪，负责或参与了高效低温脱硫剂及其工艺参数研究，脱硫工艺流程优化设计等，是ZL20091021632720.1; ZL200910265076.6专利的主要发明人，是Ind. Eng. Chem. Res. 2015, 54, 1261-1270; New J. Chem., 2015, 39, 5997-6015等文章的主要作者，是四川省科技进步一等奖项目“新型催化法烟气脱硫技术研发与应用”第4完成人，是成都市专利奖银奖第4完成人。

完成人刘勇军，负责或参与了研究工作:新型脱硫催化剂的研究开发及脱硫工艺流程优化设计并组织实施; 中试化实验方案的制订和组织实施等，是ZL201310357689.9; ZL201410289691; ZL2005100213883; ZL200520034638.3专利的主要发明人，是四川省科技进步一等奖项目“新型

催化法烟气脱硫技术研发与应用”第5完成人。

完成人李新，是中国化学工程第六建设有限公司和成都国化环保科技有限公司主要负责人，是本项目市场推广和项目具体实施的负责人，是 ZL201310357689.9; ZL200910216327.1; ZL201110027901.6 等专利的主要发明人，是硫酸工业 2012,15:34 文章的主要作者，是四川省科技进步一等奖项目“新型催化法烟气脱硫技术研发与应用”第 7 完成人，是化工工程建设科技创新成果特等奖“新型催化法硫酸尾气处理及资源化利用”第 1 完成人，是成都市专利奖银奖第 2 完成人。