附件4-2：

**推荐国家技术发明奖项目公示**

|  |  |
| --- | --- |
| 项目名称 | 燃煤烟气选择性催化还原法（SCR）脱硝关键技术研发及工程应用 |
| 提名单位（专家） | 江苏省 |
| 主要完成人 | 金保昇（东南大学），徐海涛（东南大学），李益国（东南大学），孙克勤（已故）（东南大学），张勇（东南大学），周军（中建中环工程有限公司） |
| 主要完成单位 | 东南大学，中建中环工程有限公司 |
| 提名单位（专家）意见：  我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。  该项目针对燃煤锅炉烟气氮氧化物(NOx)控制这一国家重大需求，通过发明全区域流场优化和测试技术、脱硝喷氨精准定量调控技术及脱硝与锅炉集成优化成套技术，建立了燃煤烟气选择性催化还原法(SCR)脱硝理论体系及成套技术装备。项目成果包括授权发明专利31件，发表论文80余篇，应用建成了我国第一个采用自主知识产权的燃煤电站烟气脱硝工程(国华太仓，2006年)，第一个集中供热烟气脱硝工程(顺义城北，2009年)，执笔制定HJ 562-2010火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法，参编GB/T 21509-2008燃煤烟气脱硝技术装备，技术推广应用至苏源环保(现中建中环)、无锡华光、蔚蓝环境、江苏中顺、明秀环境等 50 余家工程公司，应用于国电、大唐、华能、中石油、武钢等企业600多台锅炉的烟气脱硝工程，覆盖电站锅炉(135~1000 MW)、工业锅炉(75~410 t/h)和热水锅炉(29~70 MWt)各个系列，业绩分布于全国26个省、市、自治区，取得了较大规模的推广应用，近三年直接经济效益逾17亿元。先后获江苏省科学技术奖一等奖、光华工程科技奖、何梁何利基金科技创新奖。该项目成果大幅提升了我国烟气脱硝的整体技术水平，降低了技术引进的门槛和费用，加速了科学治霾的进程。  提名该项目为国家技术发明奖 二 等奖。 | |
| 项目简介：  我国每年煤炭消费量约38.7亿吨，燃煤排放的氮氧化物（NO*x*）是导致各地雾霾频发的重要原因，实现NO*x*减排的关键在于SCR烟气脱硝工程的建设。我国煤种复杂多变，锅炉容量规格众多，尤其是我国50多万台工业锅炉，存在原始排放浓度虽经低氮改造后依然较高、负荷宽频快速波动、改造条件受限等难题，对超低排放的实施形成了巨大挑战，相当一部分锅炉存在NO*x*超标严重、氨逃逸率过高、催化剂堵塞磨损、改造成本居高不下等问题。该项目在国家863等课题的支持下，针对上述问题开展了长达十余年的研究，主要发明点包括：  **1、发明了全区域流场优化和测试技术**  发明了锅炉至脱硝反应器全区域气固速度场、浓度场、温度场的脱硝数值计算方法和获取模型验证数据的大尺度同时刻网格化流场测试技术装备，以不均匀分区开孔、不均匀阀门开度解决了因烟气入口边界不均匀导致的脱硝效率低下、氨逃逸率过高、催化剂堵塞严重的难题，在氨逃逸率不超标、催化剂不堵塞的前提下脱硝效率由现有80%提升至90%，排放减少一半。  **2、发明了脱硝喷氨精准定量调控技术**  发明了锅炉NO*x*排放浓度预测前馈和约束预测反馈结合的喷氨精准控制系统及套筒鼠笼式无极变速喷氨流量调节装置，通过智能前馈、输出预测、反馈校正、滚动优化和快速调节，解决了锅炉负荷宽幅度、高频次、快速率波动情况下对脱硝系统精准动态快速调控的难题，变负荷运行工况下NO*x*波动幅度由±15mg/Nm3缩减至±5mg/Nm3，自动投入率达95%。  **3、发明了脱硝与锅炉集成优化成套技术**  发明了紧凑型烟气脱硝、风帽式喷氨混合及锅炉受热面改造等技术，解决了现役中小型锅炉普遍存在的锅炉改造空间不够、喷氨混合距离不够及低负荷运行烟温不够等“三个不够”难题，形成了脱硝与锅炉集成优化系列成套技术，大幅降低了改造难度和投资费用。  成果包括：授权发明专利31件，发表论文80余篇，应用建成了我国第一个采用自主知识产权的燃煤电站烟气脱硝工程(国华太仓，2006年)，第一个集中供热烟气脱硝工程(顺义城北，2009年)，执笔制定HJ 562-2010火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法，参编GB/T 21509-2008燃煤烟气脱硝技术装备，技术推广应用至苏源环保(现中建中环)、无锡华光、蔚蓝环境、江苏中顺、明秀环境等 50 余家工程公司，应用于国电、大唐、华能、中石油、武钢等企业600多台锅炉的烟气脱硝工程，覆盖电站锅炉(135~1000 MW)、工业锅炉(75~410 t/h)和热水锅炉(29~70 MWt)各个系列，业绩分布于全国26个省、市、自治区，取得了较大规模的推广应用，近三年新增销售额17.2亿，新增利润2.52亿元，新增税收1.2亿元。先后获江苏省科学技术奖一等奖、光华工程科技奖、何梁何利基金科技创新奖。 | |
| 客观评价：  **一、科技项目验收、鉴定和查新**  1. 高技术研究发展计划（863 计划）“大型燃煤电站锅炉SCR 烟气脱硝技术与示范（编号2007AA061802）”验收意见：“课题完成了合同中规定的任务，达到了考核目标和技术指标；课题研制了具有自主知识产权的脱硝核心技术，课题在SCR脱硝反应器研制、SCR脱硝成套系统工艺开发与集成具有创新性；课题形成了大型燃煤电站锅炉SCR烟气脱硝技术研发团队，所取得的成果具有较好的社会、经济效益；同意通过课题验收”。  2. 江苏省科技成果转化专项资金项目“高效节能型烟气脱硝系统的关键技术研发与产业化（编号BA2015083）” 验收意见：“项目研发了还原剂扩散、混合及精确定量调控技术，通过脱硝装置与现有锅炉系统及防堵技术集成，解决了脱硝效率低、氨逃逸率高、烟气侧压降大等关键技术难题，降低了建设和运维成本，实现了超低排放。经第三方检测，目标产品各项技术指标达到合同考核要求”、“项目累计销售目标产品184套(含催化剂10036.94m)，实现销售收入78529.47万元，新增税金8219.96万元，新增利润9448.72万元。产品已在全国多个省份应用，创造了良好的社会、环境和经济效益”。  3. 教育部科技查新工作站科技查新报告：查新委托方“一种风帽式选择性催化还原脱硝喷氨混合装置”的发明专利，国内外可见研究SCR脱硝反应器的局部结构及脱硝特性等的数值模拟，也可见采用冷模试验验证。从炉膛至SCR脱硝装置全系统数值计算和冷模结合的方法优化设计和调试脱硝系统，采用基于响应曲面的设计及调试方法，国内外尚未见公开的文献报道；可见防止SCR脱硝装置堵塞的相关装置。而通过设置柔性金属筛网拦截并分离燃煤烟气中大颗粒粒径的“爆米花灰”，国内仅见查新委托方发明专利“防止爆米花灰堵塞催化剂的烟气脱硝装置”报道；可见电厂的SCR脱硝装置改造，从省煤器尾部引出，经过脱硝反应器后重新引回空预器。针对中小锅炉的烟气脱硝装置，通过隔板将高温空气预热器与低温省煤器中间隔离，将烟气入口与烟气出口设置在烟道正对的两侧同一高度，国内外尚未见公开的文献报道。  4. 中国环保产业协会主持召开“集中供热锅炉烟气脱硝系统工程技术”项目成果鉴定会，专家组鉴定意见：“针对锅炉负荷波动范围大、烟气脱硝装置入口烟气参数条件变化快、出口反馈相对滞后等特点”、“通过调整锅炉受热面结构，实现对SCR反应器入口温度的调节”，并在尿素热解制氨等方面具有创新性，总体上达到国内领先水平。  **二、国内外同行评价及获奖**  5. 该项目SCR烟气脱硝成套理论与技术装备方面的原始创新成果获2014年江苏省科学技术奖一等奖。  6. 因在燃煤烟气脱硫脱硝技术研发及应用的突出贡献，该项目主要完成人孙克勤获2007年度何梁何利基金科技创新奖。  7. 因在燃煤烟气脱硫脱硝技术研发及应用的突出贡献，该项目主要完成人孙克勤获2008年度光华工程科技奖。  8. 该项目中工业锅炉烟气尿素SCR脱硝技术装备获2013年国家环境保护科学技术奖二等奖。  9. 中国环境保护产业协会在2008年我国燃煤火电厂烟气脱硫脱硝技术发展现状综述中引用该项目成果：“国华太仓发电有限公司7号机组600MW机组采用具有自主知识产权的SCR核心技术，设计建成的脱硝工程已于2006年1月20日成功投入运行。”  10. 中国环境保护产业协会在其2011年度综述中引用该项目成果：“北京西山新干线公司和东南大学联合在顺义区城北集中供热锅炉房#3炉（64MW），实施了以锅炉结构改进+SCR工艺+尿素热解制氨为技术路线的氮氧化物控制工程，目前运行情况良好，氮氧化物排放浓度可控制在50mg/m3以内，脱硝效率可稳定在90%左右，氨逃逸可低于1ppm。”  **三、应用单位评价及第三方测试报告**  11. 部分应用单位评价意见：无锡华光新动力环保科技股份有限公司、陕西蔚蓝节能环境科技集团有限责任公司等公司评价：“解决了提高脱硝效率，减少氨泄漏、延长催化剂寿命等技术难题”。江苏盛凯环保工程有限公司评价：“同国外引进技术相比，东南大学自主研发的脱硝技术具有极强的市场竞争力，尤其在中小型热电联产(35~ 410t/h)锅炉，运用东南大学专利锅炉改造技术、喷氨格栅及烟气漩涡强混技术可大幅缩减投资成本，提升公司盈利能力”。  12. 部分采用该项目技术建设的工程第三方检测报告：山西中环宏达环境检测技术有限公司“大唐太原第二热电厂七期2×300MW脱硝性能试验报告”、广州市粤能电力科技开发有限公司“广州市旺隆热电有限公司1号（2号）机组SCR烟气脱硝装置性能验收试验报告”显示在各负荷范围内脱硝系统脱硝效率、SO2/SO3转化率、氨逃逸率、压降等指标满足设计要求。 | |
| 应用情况：  截止2018年，该项目发明的“燃煤烟气SCR烟气脱硝关键技术” 应用建成我国第一个采用自主知识产权的燃煤电站烟气脱硝工程（国华太仓，2006年），第一个集中供热烟气脱硝工程（顺义城北，2009年），已输出应用至苏源环保（现中建中环）、无锡华光、蔚蓝环境、江苏中顺、明秀环境等 50 余家工程公司，应用于国投、大唐、华能、中石油、西部矿业、武钢、中天等企业600多台锅炉的烟气脱硝工程，覆盖电站锅炉（135~1000 MW）、工业锅炉（75~410 t/h）和热水锅炉（29~70 MWt），分布于全国26个省、市、自治区，取得了较大规模的推广应用，大幅提升了我国烟气脱硝的整体技术水平，降低了技术引进的门槛和费用，取得了良好的经济和社会效益。  主要应用单位情况表   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 序号 | 单位名称 | 应用的技术 | 应用对象  及规模 | 应用起止时间 | 单位联系人  电话 | （近三年）  经济和社会效益 | | 1 | 中建中环工程有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉 | 2005年至今 | 王烨  13915991198 | 17368万元 | | 2 | 无锡华光新动力环保科技股份有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2011年至今 | 孙志翱  18261530720 | 51583.52万元 | | 3 | 江苏德义通环保科技有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2016年至今 | 徐延忠  13770883329 | 8450万元 | | 4 | 陕西蔚蓝节能环境科技集团有限责任公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2011年至今 | 李娜  15029218802 | 31000万元 | | 5 | 江苏中顺节能科技有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2015年至今 | 代旭东  13912934484 | 2127万元 | | 6 | 南京宇行环保科技有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2011年至今 | 于澈  13770823461 | 3900万元 | | 7 | 四川苏源环保工程有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2015年至今 | 赵金  13770520837 | 7378万元 | | 8 | 江苏朗润环保科技有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉 | 2016年至今 | 李纪章  13901529078 | 23720万元 | | 9 | 山东兴越环保科技有限公司 | 发明点1、2、3 | 工业锅炉、热水锅炉 | 2009年5月至今 | 王海  15269199877 | 5724万元 | | 10 | 江苏明秀环境科技有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉、热水锅炉 | 2009年5月至今 | 顾洪强  13906151786 | 6300万元 | | 11 | 江苏盛凯环保工程有限公司 | 发明点1、2、3 | 电站锅炉、工业锅炉 | 2008年5月至今 | 李博  13961602066 | 14472万元 |   注：根据上述单位开具的经济效益证明，经济效益仅统计近3年（2016~2018）。 | |
| 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 | | 发明专利 | 一种选择性催化还原脱硝装置入口参数确定方法 | 中国 | ZL201410164248.1 | 2016年06月08日 | 2098809 | 东南大学 | 金保昇，张勇，姚露，陈天杰 | 有效 | | 发明专利 | 基于多变量区间约束预测的SCR脱硝优化控制系统及方法 | 中国 | ZL201610141791.9 | 2018年05月04日 | 2912467 | 东南大学 | 李益国，谈晨伟，沈炯，刘西陲 | 有效 | | 发明专利 | 烟气脱硝装置 | 中国 | ZL201210438350.7 | 2014年06月11日 | 1415693 | 东南大学 | 徐海涛，沈凯，周长城 | 有效 | | 发明专利 | 选择性催化还原脱硝装置的气固两相流场与喷氨优化方法 | 中国 | ZL201410163844.8 | 2017年02月22日 | 2388879 | 东南大学 | 金保昇，张勇，陈天杰，姚露 | 有效 | | 发明专利 | 便携式脱硝催化剂性能测试装置 | 中国 | ZL201110116341.1 | 2013年10月09日 | 1282672 | 东南大学 | 徐海涛，沈凯，周长城 | 有效 | | 发明专利 | 一种电站锅炉NO*x*排放动态软测量方法 | 中国 | ZL201510064480.2 | 2018年02月02日 | 2803165 | 东南大学 | 沈炯，谢翀，刘西陲，吴啸，潘蕾，李益国 | 有效 | | 发明专利 | 喷氨格栅及其调节方法 | 中国 | ZL201110116285.1 | 2012年12月26日 | 1108558 | 东南大学 | 徐海涛，周长城，沈凯 | 有效 | | 发明专利 | 一种风帽式选择性催化还原脱硝喷氨混合装置 | 中国 | ZL201210027963.1 | 2013年12月04日 | 1315603 | 东南大学 | 金保昇，张勇，潘志越 | 有效 | | 发明专利 | 一种锅炉SCR脱硝改造方法及装置 | 中国 | ZL201410115429.5 | 2016年02月10日 | 1945776 | 东南大学 | 张勇，金保昇 | 有效 | | 标准 | 火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法 | 中国 | HJ 562-2010 | 2010年02月03日 | 中华人民共和国环境保护部 | 中国环境保护产业协会，东南大学，北京市环境保护科学研究院，西安热工研究院有限公司，国网电力技术公司，北京博奇电力科技有限公司，北京国电龙源环保工程有限公司，清华同方环境有限责任公司，浙江天地环保工程有限公司 | 孙克勤，燕中凯，张强，徐海涛，高明智，吴树志，闫骏，吴敌，赵旭东，胡达清，梁兴印 | 有效 | | |
| 主要完成人情况：   1. 金保昇，排名1，副校长，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，主持本项目技术创新的总体规划和研究策略，发明了锅炉至脱硝反应器全区域气固速度场、浓度场、温度场的脱硝数值计算方法和获取模型验证数据的大尺度同时刻网格化流场测试技术装备，提出了风帽式喷氨混合技术。对发明点1、2、3均有主要贡献。获第1发明人授权发明专利3件。 2. 徐海涛，排名2，教授，工作单位：南京工业大学，完成单位：东南大学，主要负责脱硝—锅炉集成优化成套技术的开发与应用，发明了紧凑型烟气脱硝装置、套筒鼠笼式无极变速喷氨流量调节技术装备等，参与大尺度同时刻网格化流场测试技术装备研制，对发明点1、2、3均有贡献。获第1发明人授权发明专利3件，参编行业标准1项。 3. 李益国，排名3，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，主要负责喷氨精准调控系统的开发与应用。发明了锅炉NOx排放浓度预测前馈和约束预测反馈结合的喷氨精准控制系统，建立了基于锅炉NOx排放动态软测量预测模型方法。对发明点2有贡献。获第1发明人授权发明专利1件。 4. 孙克勤（已故），排名4，教授，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，主要负责技术的标准化和产业应用，是863课题的主要负责人，对发明点1，3均有贡献。执笔制定行业标准1项HJ 562-2010火电厂烟气脱硝工程技术规范 选择性催化还原法，参编国家标准1项GB/T 21509-2008燃煤烟气脱硝技术装备。 5. 张勇，排名5，副研究员，工作单位：东南大学，完成单位：东南大学，参与发明了锅炉至脱硝反应器全区域气固速度场、浓度场、温度场的脱硝数值计算方法和获取模型验证数据的大尺度同时刻网格化流场测试技术装备，提出了低适应低负荷运行烟温的锅炉改造技术。对发明点1、3均有贡献。获第1发明人授权发明专利1件。 6. 周军，排名6，高级工程师，工作单位：中建中环工程有限公司，完成单位：中建中环工程有限公司，主要负责技术的标准化和产业推广，对发明点3有贡献。是示范工程的主要负责人，863课题的主要参与人，在本项目技术推广和大规模应用中解决了大量工程技术难题。 | |
| 完成人合作关系说明：  “燃煤烟气选择性催化还原法（SCR）脱硝关键技术研发及工程应用”成果由东南大学的金保昇（排名1）、徐海涛（排名2）、李益国（排名3）、孙克勤（已故，排名4）、张勇（排名5）和中建中环工程有限公司的周军（排名6）六位完成人经过长期紧密合作共同完成。  项目完成人金保昇（排名1）、徐海涛（排名2）、李益国（排名3）、孙克勤（已故，排名4）、张勇（排名5）所属的完成单位均为东南大学，且均属于东南大学能源与环境学院的同一课题组，上述完成人长期合作开展燃煤烟气SCR脱硝关键技术研发及工程应用，共同承担国家863、江苏省重大科技成果转化等多项科技项目，共同开展脱硝工程的研发、设计、调试、优化工作。  2003~2008年期间，徐海涛（排名2）、孙克勤（已故，排名4）、周军（排名6）为江苏苏源环保工程有限公司（后先后更名为中环（中国）工程有限公司、中建中环工程有限公司）的同事，并与东南大学能源与环境学院金保昇（排名1）、李益国（排名3）、张勇（排名5，2004年硕士研究生，2006年提前读博，导师为金保昇，2010年9月博士毕业留校任教）课题组进行产学研合作，共同开发烟气脱硝技术，2005~2008年期间孙克勤（已故，排名4）任东南大学能源与环境学院兼职教授，合作并产出了大量成果，包括发明专利、发表论文、共同获奖等。  2008年12月，孙克勤（已故，排名4）、徐海涛（排名2）被引进至东南大学能源与环境学院工作，同属金保昇（排名1）课题组，孙克勤（已故，排名4）任东南大学特聘教授，徐海涛（排名2）攻读博士学位，孙克勤（已故，排名4）和金保昇（排名1）为其博士研究生导师，期间产出了大量成果，包括发明专利、发表论文、共同获奖等。孙克勤（排名4）2010年10月因病过世。  2008年12月至今，金保昇（排名1）、徐海涛（排名2）、李益国（排名3）、孙克勤（已故，排名4）、张勇（排名5）课题组与周军（排名6）所在企业中建中环工程有限公司保持着长期紧密合作关系，徐海涛（排名2）任中建中环工程有限公司科技副总，双方合作进行脱硝技术应对新形势、新标准、新行业的优化研究及工业应用，取得了突出成绩，中建中环入选“中国工业烟气治理十大环保企业”、“中国工业废气治理领军企业”、“中国最具社会责任感环保企业”等。  六位完成人及其所在的两家完成单位经过十余年的紧密合作，共同完成了该项目的科学研究、技术研发及工程应用工作，合作并产出了大量成果，包括发明专利、行业标准、合著论文、共同获奖等。 | |