

## 附件

### 2024 年度环境保护科学技术奖提名项目公示材料

基本信息	
项目奖项名称	燃气供热装备氮氧化物源头控制关键技术及应用
申报奖励类型	科技进步奖
申报等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 一等奖或二等奖
主要完成人	张扬（1）、宋光武（2）、穆连波（3）、赵荣新（4）、张立申（5）、刘峰（6）、吴同杰（7）、王中伟（8）、张海（9）、闫静（10）、李仲博（11）、王永强（12）、罗志云（13）、沈炳元（14）、王随林（15）
主要完成单位	清华大学（1）、北京市生态环境保护科学研究院（2）、北京市热力集团有限责任公司（3）、北京建筑大学（4）、中国特种设备检测研究院（5）、浙江力聚热能装备股份有限公司（6）、北京富士特锅炉有限公司（7）
推荐人	岳光溪（中国工程院院士），朱法华（正高级）
奖项的主要项目来源	<input checked="" type="checkbox"/> 国家级 <input checked="" type="checkbox"/> 省部级 <input checked="" type="checkbox"/> 其他
具体计划、基金的名称和编号： 1. 国家自然科学基金项目“面向 Fuel2X 的稳定自维持“冷焰”动力学及产物调控”（项目编号：52176116） 2.北京市科技成果转化统筹协调与服务平台建设专项“超低排放天然气燃烧技术转化及其应用”（项目编号：SYGX202007）。 3. 国家自然科学基金项目“掺氢天然气可燃极限的实验研究和机理分析”（项目编号：51706119） 4. 北京市科技计划课题“燃气热水锅炉烟气深度余热利用与低氮燃烧耦合技术研究及示范”（项目编号：Z161100000716005）； 5. 北京市环境保护局项目“锅炉大气污染物排放标准修订”（项目编号：2013-K04）。	

## 项目简介

燃气供热装备（以燃气锅炉为主）是固定源氮氧化物（NO<sub>x</sub>）的最主要来源。受制于环境容量的改善需求，“十三五”、“十四五”生态环境保护规划均将 NO<sub>x</sub> 排放总量下降率列为约束性指标。燃气供热锅炉房空间紧凑，NO<sub>x</sub> 排放控制难以采用的选择性催化还原（SCR）技术。采用源头排放控制，将天然气燃烧 NO<sub>x</sub> 原始排放降低至 30mg/m<sup>3</sup> 下，是唯一经济可行的技术路线。

NO<sub>x</sub> 排放低于 30mg/m<sup>3</sup> 的低氮燃烧技术是公认的国际难题，仅在美国南加州有个别案例，技术被美国燃烧器公司垄断，装备进口需付出“天价”成本。自主攻克该技术需要突破三道技术壁垒：一是“低氮”与“稳燃”矛盾，危害设备安全；二是“低氮”与“节能”矛盾，带来沉重经济负担；三是检测技术受制于国外，标准体系不完善。

项目开展了十多年协作攻关，取得了系列技术突破，包括三方面主要创新：**1) 在宽负荷稳燃条件下，突破了传统燃气供热锅炉 NO<sub>x</sub> 源头控制的技术极限：**开发了引射式多重烟气内循环扩散和微管射流水冷预混低氮燃烧技术及设备，实现高效燃烧、宽负荷稳燃及 NO<sub>x</sub> 源头控制；**2) 面向超低排放燃气供热锅炉，解决了系统热效率降低难题：**开发了基于烟气深度冷凝降温-余热提效协同节水一体化的烟气潜热深度回收技术，同时实现燃气供热装备 NO<sub>x</sub> 排放降低、系统热效率提升；**3) 根据产业化需求，开发了兼顾安全、排放和能效的运行调控技术：**开发了燃气供热装备节能环保关键指标的检测方法和设备，形成了运行调控关键技术，构建了涵盖大气污染物排放、能耗和技术条件等因素的评价标准体系。项目发表学术论文 112 篇，授权中国专利 31 项，美国专利 2 项，登记软著 8 项，形成标准及规范 5 项。

项目彻底攻克了低于 30mg/m<sup>3</sup> 的燃气供热装备 NO<sub>x</sub> 源头控制技术，并率先提出了 NO<sub>x</sub> 低于 30mg/m<sup>3</sup> 的排放标准，带动全产业深度变革。近三年，成果应用产生超过 50 亿元项目直接收入，新增税收 2.8 亿元，节支 3.1 亿元；迫使进口设备降价超 80%，节省环保投资近百亿。成果应用于超 10 万蒸吨的燃气供热设备，NO<sub>x</sub> 减排 1.5 万吨/年，下降幅度达 73.9%，超额完成“清洁空气行动计划”。于此同时，促进了我国燃气供热装备技术进步、创新能力提高和产业升级，打破欧美长期垄断，显著提高了我国技术装备的国际竞争力，技术水平全面优于国际同类产品，远销欧盟、韩国等发达国家，以及东南亚、中亚等地，实现了从技术“进口”到“出口”的转变，助力“一带一路”倡议实现。经鉴定，本科技成果达到国际领先水平。

### 一、曾获科技奖励情况

获 奖 项 目 名 称	获奖时间	奖项名称	奖励等级	授奖部门（单位）
An ultra-low-NOx burner for gaseous fuels/一种气体燃料的超低氮燃烧器	2022.8	The Second International Invention and Innovation Competition for IFIA INV Members 发明者协会国际联合会国际发明与创新展	金奖	International Federation of Inventors' Association/发明者协会国际联合会
一种切向扩散耦合烟气外循环多元可调低氮燃烧设备	2021.5	科技创新发明成果奖	/	中国科学家论坛

## 二、主要知识产权（不超过 10 项）

序号	知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）/期刊或会议名称	授权号（标准号）	授权（标准发布/论文发表）日期	证书编号（标准批准发布部门，论文卷、期、页码）	权利人（标准起草单位，作者单位）	发明人（标准起草人，论文作者）	发明专利（标准）有效状态
1	发明专利	一种气体燃料的低氮燃烧器	中国	ZL 2018 1 1077039.8	2020/2/21	第 3703626 号	清华大学	张扬，张海，吕俊复，吴玉新，张缙，杨海瑞，刘青，张建胜，岳光溪	有效
2	发明专利	Flameless Steam Boiler	美国	US 10,767,854 B2	2020/9/8	US010767854B2	浙江力聚热能装备股份有限公司	赵荣新，王永强，沈炳元，邱尔鹏，何剑，李惠臻，金景阳，高小平	有效
3	发明专利	一种低氮燃气锅炉增效与消白一体化供热系统及调控方法	中国	ZL 2020 1 0656098.1	2023/7/7	第 6119623 号	北京建筑大学、北京京大深能科技有限公司、北京市热力集团有限责任公司	王随林，穆连波，张立申，王海鸿	有效
4	发明专利	一种直棒式预混燃烧器及低氮燃烧方法	中国	ZL 2022 1 0138603.2	2022/12/30	第 5675733 号	清华大学	张扬，张海，邹俊，吕俊复，刘青，岳光溪	有效
5	发明专利	Combustion Chamber	美国	US 11,499,717 B2	2022/11/15	US011499717B2	浙江力聚热能装备股份有限公司	赵荣新，陈国良，王永强，邱尔鹏，沈炳元	有效

6	发明专利	一种周期性高温余热回收装置	中国	ZL 2019 1 0468390.8	2023/12/12	第 6551531 号	北京建筑大学、大连理工大学、北京京大深能科技有限公司	王随林, 刘贵昌, 李成, 穆连波, 蓝云成	有效
7	发明专利	一种切向扩散耦合烟气外循环多元可调低氮燃烧设备	中国	ZL 2020 1 0950374.5	2023/3/28	第 5827569 号	富士特锅炉有限公司	吴同杰, 张义星, 代文娟, 金艺花, 李炳希, 吴庆福	有效
8	标准	锅炉大气污染物排放标准	中国	DB11/139-2015	2015/5/13	北京市环境保护局、北京市质量技术监督局	北京环境保护科学研究院、北京市环境保护监测中心	闫静、宋光武、潘涛、王军玲、罗志云、梁云平、孙雪松、钟连红、曾景海、魏国强、胡月琪、薛亦峰、燕潇、刘晓、颜旭、吴晓氢、张蕊、白画画	有效
9	标准	供暖系统能耗指标体系	中国	DB11/T 1653-2019	2019/9/26	北京市市场监督管理局	北京市热力集团有限责任公司、北京市华热科技发展有限公司、北京市热力工程设计公司、北京市金房暖通节能技术股份有限公司	严波、王与娟、张瑞娟、周宇涵、刘荣、张立申、董乐意、李仲博、黄维、程维佳、邓晓祺、宋盛华、丁琦、张迪、张玥、贾萌、王占梅	有效
10	标准	锅炉节能环保技术规程	中国	TSG 91-2021	2021/12/30	国家市场监督管理总局	中国特种设备检测研究院、生态环境	管坚、齐国利、王中伟、雷宇、范北严、夏	有效

							部环境规划院、中国特种设备安全与节能促进会、中节能咨询有限公司等	淑貌、高建民、王林、宋吉民、杨麟、吕鸣涛、梁国安、李以善、董勇、曾向东、李越胜、成德芳、邬晓江、刘爱成、李学林、朱永忠、王惠云、马万军	
--	--	--	--	--	--	--	----------------------------------	---	--

承诺： 本项目所列知识产权符合提名要求且无争议。上述知识产权和标准规范和软著等用于提名的情况， 已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。