**市场监管科研成果奖推荐项目公示材料**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 奖项名称 | 中文 | 冷凝锅炉能效测试技术和能效指标体系研究 |
| 英文 | Research on energy efficiency test technology and energy efficiency standard system of condensing boilers |
| 申报等级 | □ 一等奖 ■ 二等奖 □ 三等奖 | 是否同意调级 | □是 ■否 |
| 主要完成人 | 齐国利，管坚，高建民，张松松，刘雪敏，笪耀东，常勇强，杨笑峰 |
| 主要完成单位 | 中国特种设备检测研究院，哈尔滨工业大学，中特检验集团有限公司，湖北特种设备检验检测研究院 |
| 推荐单位 | 中国特种设备检测研究院 |
| 奖项的主要项目来源 | ■ 国家级 □ 省部级 □ 其他  |
| 具体计划、基金的名称和编号：质检公益项目《基于锅炉排烟中水蒸气凝结条件和物联网热工测试技术研究》（编号：201410030） |
| 奖项的主要项目起止时间 | 起始：2014年01月01日 | 完成：2016年12月30日 |
| 组织验收单位 | 国家质检总局科技司 |
| 成果登记号 | G2019-053 | 成果登记时间 | 2019年01月23日 |

1. **项目简介**

统计数据表明：我国电力、热力的生产和供应业天然气消费总量约500亿立方米，天然气已经成为我国主体能源之一，采用冷凝锅炉时，按热效率提高10%估算，将可节约天然气50亿m3/a，节约燃料费100亿元/a，减少CO2排放980万吨/a，是实现“双碳”目标的有效手段。但长期以来困扰冷凝锅炉规模化应用瓶颈是：冷凝锅炉没有特定的能效指标及等级、市场上以普通燃气锅炉代替冷凝锅炉、冷凝锅炉的节能器缺少评价方法、冷凝锅炉没有能效测试技术、设备和标准，如何实现过饱和烟气温湿度的准确测量、冷凝器的合理设计、精准测试、科学评价，以及能效标准的创建，为了全链条提升我国燃气锅炉能效水平、降低碳排放，本成果围绕冷凝锅炉能效测试技术、测试装置、能效指标及等级、标准创新等方面开展研究。

针对以上问题，本成果首次提出了过饱和烟气中水蒸气凝结和分布规律、烟气原位伴热和跟随机制表征、关键装置综合体现的技术路线，研发了含液滴湿烟气测量技术，开发了过饱和烟气温度、湿度测量装置；提出了以高位和低位发热量为基准的效率计算原理和不确定度评定方法，形成冷凝锅炉能效分布与能效等级的关系，建立等级划分准则和指标体系。主要创新点如下：

（1）研究了烟气在燃气锅炉余热回收装置中凝结液滴成核、生长、融合机制，揭示了液滴尺寸分布规律，提出了过饱和烟气中水蒸气凝结特性，开发了过饱和烟气温湿度测量技术；

（2）研究气液分离方式、伴热条件对温湿度测试的影响规律，提出了冷凝烟气温湿度检测设备关键结构参数，基于原位烟气伴热夹层抽气测量系统，开发了冷凝锅炉温湿度测量装置，不确定达到1%；

（3）研究了干烟气、水蒸气和液滴关联关系，提出了冷凝锅炉热效率计算原理，分析了冷凝锅炉特殊参数特征，建立了不确定度计算模型和冷凝锅炉不确定度评定方法，形成了冷凝锅炉热工性能试验方法；以高位和低位发热量作为基准参数，结合统计数据，提出了冷凝锅炉能效等级划分准则，建立了冷凝锅炉能效指标体系。

依据项目形成的成果，建立了冷凝锅炉热工测试方法与能效指标体系，已被国家标准和特种设备安全技术规范采用，填补了冷凝锅炉热工测试方法的空白，为冷凝燃气锅炉节能效果的测试与评价及其市场准入与退出制度的实施提供技术支持。成果直接支撑了TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》、NB/T 47066-2018《冷凝锅炉热工性能试验方法》等标准的制定，形成了《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》专著1项，开发了基于原位烟气伴热夹层抽气原理的过饱和烟气温湿度测量仪装置1套，项目组从基础原理、仪器设备、应用标准全链条解决了冷凝锅炉热效率不能准确计算的问题。

成果已授权发明专利6项，软件著作权1项，形成特设规/标准2项，专著1项，发表SCI/核心论文7篇。

1. **推广应用情况**

项目开发的过饱和烟气温湿度测量仪已在上海工业锅炉研究所、四川省特种设备检验研究院、江苏省特种设备安全监督检验研究院、山西省检验检测中心、天津市特种设备监督检验研究院、浙江省特种设备科学研究院、山东省特种设备检验研究院有限公司等14家单位完成了共16台冷凝锅炉温湿度测量装置的销售应用，累计设备合同额超过200万元；形成的冷凝器能效计算与设计方法已在哈尔滨红光锅炉集团有限公司、黑龙江新双锅锅炉有限公司、江苏四方锅炉有限公司、无锡锡能锅炉有限公司等单位开展应用，累计节约燃料达上亿元、年减排CO2近百万吨。

项目建立了冷凝锅炉热工测试方法与能效指标体系，形成了NB/T 47066《冷凝锅炉热工性能试验方法》，并已被国家标准和特种设备安全技术规范采用: GB 24500-2020《工业锅炉能效限定值及能效等级》与TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》明确提出“燃气冷凝锅炉的热效率可按NB/T 47066的规定进行测试”。项目开创性开发了基于原位烟气伴热夹层抽气原理的过饱和烟气温湿度测量装置可准确测量冷凝锅炉过饱和烟气中的温湿度，标准NB/T 47066《冷凝锅炉热工性能试验方法》中亦明确了“测量冷凝烟气，本标准推荐采用自伴热抽气式烟气湿度测量方法”。

1. **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） |
| 无 |  |  |  |  |

1. **主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 是否涉及我院成果 |
| 发明专利 | 一种过饱和烟气冷凝器热工性能测量系统及其测量方法 | 中国 | ZL201910695747.6 | 2021.11.23 | 证书号第4811370号 | 中国特种设备检测研究院 | 齐国利 | 有效专利 | 是 |
| 发明专利 | 一种燃气冷凝锅炉进水温度偏离设计值的热效率修正方法 | 中国 | ZL201910963312.5 | 2021.04.20 | 证书号第4367729号 | 中国特种设备检测研究院 | 齐国利 | 有效专利 | 是 |
| 发明专利 | 一种燃气锅炉烟气潜热回收装置交叉布置方法 | 中国 | ZL201911017484.X | 2021.04.27 | 证书号第4386267号 | 中国特种设备检测研究院 | 齐国利，刘雪敏，于吉明，张松松 | 有效专利 | 是 |
| 发明专利 | 一种双8字形湿式脱硫烟气持水率测量装置 | 中国 | ZL202010209282.1 | 2021.12.14 | 证书号第4847704号 | 中国特种设备检测研究院 | 齐国利，张松松，王中伟 | 有效专利 | 是 |
| 发明专利 | 一种具有自校准功能的氧量传感器 | 中国 | ZL202010306195.8 | 2022.10.28 | 证书号第5543967号 | 中国特种设备检测研究院 | 齐国利，张松松，王中伟 | 有效专利 | 是 |
| 发明专利 | 一种冷凝式燃气锅炉低温高湿排烟温度测量及取样装置 | 中国 | ZL2016100129577 | 2018.07.03 | 证书号第2985504号 | 哈尔滨工业大学 | 高建民，栾积毅，管坚，齐国利，等 | 有效专利 | 是 |
| 软件著作权 | 湖北特检院锅炉能效测试及监控管理平台V1.0 | 中国 | 2016SR079052 | 2016.01.20 | 软著登字第1257669号 | 湖北特种设备检验检测研究院 | 杨笑峰，等 | 其他有效知识产权 | 否 |
| 标准 | 冷凝锅炉热工性能试验方法 | 中国 | NB/T 47066-2018 | 2018.06.06 | 国家能源局 | 中国特种设备检测研究院，哈尔滨工业大学等 | 齐国利，管坚，高建民，等 | 其他有效知识产权 | 是 |
| 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等 | 管坚，齐国利，高建民，等 | 其他有效知识产权 | 是 |
| 专著 | 冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法 | 中国 | ISBN978-7-03-067551-4 | 2022.04 | 科学出版社 | 中国特种设备检测研究院，哈尔滨工业大学等 | 齐国利，高建民，刘雪敏，等 | 其他有效知识产权 | 是 |
| 论文 | [excitation and separation of vortex model in twisted air-core fiber](https://xueshu.baidu.com/s?wd=excitation%20and%20separation%20of%20vortex%20model%20in%20twisted%20air-core%20fiber&f=12&nojc=1&tn=SE_baiduxueshu_c1gjeupa&ie=utf-8) | OPTICS EXPRESS | / | 2016.04.18 | 2016,24（8）：258194.DOI:10.1364/OE.24.008310 | 哈尔滨工业大学 | Jingfu Ye, Jianmin Gao, et al | 其他有效知识产权 | 否 |
| 论文 | Taper array in silica glass for beam splitting | Optical Materials | / | 2016.01.04 | 2016, 5:6-9. | 哈尔滨工业大学 | Zehua Xia, Jianmin Gao, et al | 其他有效知识产权 | 否 |
| 论文 | Measurement method and influencing factors of temperature and humidity of condensed flue gas based on in situ flue gas heat tracing | Measurement | / | 2018.01.31 | 2018, 120:100-106 | 哈尔滨工业大学，中国特种设备检测研究院 | Jianmin Gao, Jian Guan, Guoli Qi, et al | 其他有效知识产权 | 否 |
| 论文 | Supercooling of steam condensation in natural gas fumes | Energy Sources，part A:Recovery,Utilization，and Environmental Effects | / | 2019.11.08 | 2019:1-14. DOI:[10.1080/15567036.2019.1668876](http://dx.doi.org/10.1080/15567036.2019.1668876) | 哈尔滨工业大学 | Jingwei Yu, Jianmin Gao, et al | 其他有效知识产权 | 否 |
| 论文 | 冷凝式锅炉排烟热损失计算方法探讨 | 节能技术 | / | 2016.12.15 | 2017, 35（2）：117-127 | 中国特种设备检测研究院 | 常勇强，等 | 其他有效知识产权 | 是 |
| 论文 | 工业锅炉定型产品测试数据统计分析 | 中国特种设备安全 | / | 2016.03.07 | 2016, 32（4）:60-67 | 中国特种设备检测研究院 | 常勇强，管坚，齐国利 | 其他有效知识产权 | 是 |
| 论文 | 中国工业锅炉定型产品变化情况研究 | 中国特种设备安全 | / | 2020.01 | 2020, 36：2-6 | 中国特种设备检测研究院 | 齐国利 | 其他有效知识产权 | 是 |

注：专利只统计授权专利

1. **主要完成单位及对本项目技术创新和应用的贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排序 | 主要完成单位 | 创新推广贡献 |
| 1 | 中国特种设备检测研究院 | 中国特种设备检测研究院作为质检公益项目“基于锅炉排烟中水蒸气凝结条件和物联网热工测试技术研究”牵头单位，负责项目的技术路线与实施，以及协调各参与单位的研究工作。本奖项中，负责冷凝锅炉热工测试方法和能效指标体系的建立，授权了《一种燃气冷凝锅炉进水温度偏离设计值的偏离修正方法》、《一种过饱和烟气冷凝器热工性能测量系统及其测量方法》等发明专利，主持了标准NB/T 47066-2018 《冷凝锅炉热工性能试验方法》和TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》的制定，并撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》中第1、2、3、6、7、8章节。 |
| 2 | 哈尔滨工业大学 | 哈尔滨工业大学作为质检公益项目“基于锅炉排烟中水蒸气凝结条件和物联网热工测试技术研究”参与单位，是燃煤污染物减排国家工程实验室的依托单位，长期致力于能源与环境技术的研究。本奖项中，负责研究过饱和烟气温度、湿度测量原理，开发适用于高湿烟气的温湿度测量装置，授权了《一种冷凝式燃气锅炉低温高湿排烟温度测量及取样装置》发明专利，并撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》中第5章节，参与了TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》和标准NB/T 47066-2018《冷凝锅炉热工性能试验方法》的制定。 |
| 3 | 中特检验集团有限公司 | 中特检验集团有限公司（原“中特检科技发展（北京）有限公司”），作为一家高新科技企业，为中国特种设备检测研究院科技成果转化服务，参与了冷凝燃气锅炉低温高湿排烟温度测量及取样装置的试制、现场验证及市场推广工作，为项目开发的设备从理论研究到市场推广做出了重要贡献。 |
| 4 | 湖北特种设备检验检测研究院 | 湖北特种设备检验检测研究院（原“湖北省特种设备安全检验检测研究院”），作为质检公益项目“基于锅炉排烟中水蒸气凝结条件和物联网热工测试技术研究”参与单位，为本项目自筹经费120万元，用于开发车载式快速能效测试系统，并形成软著“湖北特检院锅炉能效测试及监控管理平台”。 |

1. **主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓 名 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目技术创造性贡献 |
| 1 | 齐国利 | 正高级 | 中国特种设备检测研究院 | 中国特种设备检测研究院 | 长期致力于锅炉能效测试与评价，锅炉节能技术、洁净煤与天然气燃烧技术、生物质热解等研究，授权了发明专利《一种燃气冷凝锅炉进水温度偏离设计值的偏离修正方法》、《一种过饱和烟气冷凝器热工性能测量系统及其测量方法》等，撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》，主持了标准NB/T 47066-2018《冷凝锅炉热工性能试验方法》的制定，参与了TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》的制定。 |
| 2 | 管坚 | 正高级 | 中特检验集团有限公司 | 中国特种设备检测研究院 | 长期致力于锅炉能效测试与评价，锅炉节能环保技术的研究，主持了TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》的制定，参与了标准NB/T 47066-2018《冷凝锅炉热工性能试验方法》的制定。 |
| 3 | 高建民 | 正高级 | 哈尔滨工业大学 | 哈尔滨工业大学 | 长期致力于能源与环境技术、锅炉节能技术、燃煤污染物的形成与控制技术的研究，授权了发明专利《一种冷凝式燃气锅炉低温高湿排烟温度测量及取样装置》等，参与撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》，参与了TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》和标准NB/T 47066-2018《冷凝锅炉热工性能试验方法》的制定。 |
| 4 | 张松松 | 副高级 | 中特检验集团有限公司 | 中国特种设备检测研究院 | 长期致力于锅炉能效测试与评价、污染物排放特性、生物质热解与氢燃烧等研究，参与了发明专利《一种燃气锅炉烟气潜热回收装置交叉布置方法》、《一种双8字形湿式脱硫烟气持水率测量装置》等，参与撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》。 |
| 5 | 刘雪敏 | 副高级 | 中国特种设备检测研究院 | 中国特种设备检测研究院 | 长期致力于锅炉能效测试与评价、流化床流态化等研究，参与撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》。 |
| 6 | 笪耀东 | 副高级 | 中国特种设备检测研究院 | 中国特种设备检测研究院 | 长期致力于锅炉安全与能效评价、高原燃气锅炉能效与排放特性等研究，参与了TSG 91-2021《锅炉节能环保技术规程》的制定。 |
| 7 | 常勇强 | 副高级 | 中国特种设备检测研究院 | 中国特种设备检测研究院 | 长期致力于锅炉能效测试与评价、冷凝锅炉排烟热损失等研究，参与撰写了专著《冷凝锅炉热工性能试验原理与计算方法》与标准NB/T 47066-2018《冷凝锅炉热工性能试验方法》的制定。 |
| 8 | 杨笑峰 | 正高级 | 湖北特种设备检验检测研究院 | 湖北省特种设备检验检测研究院 | 长期致力于锅炉安全与能效评价工作，形成了软著《湖北特检院锅炉能效测试及监控管理平台》。 |