

2019 年度广东省科学技术奖公示表

项目名称	电站锅炉低温余热深度利用关键技术研究
主要完成单位	广东电网有限责任公司
	华北电力大学
	华南理工大学
	广东惠州平海发电厂有限公司
	华润电力（海丰）有限公司
	北京博奇电力科技有限公司
	广东粤电靖海发电有限公司
主要完成人 (职称、完成单位、工作单位)	1. 宋景慧（教授级高级工程师、完成单位：广东电网有限责任公司、工作单位：广东电网有限责任公司、主要贡献：作为本项目的项目负责人，以及参与单位广东电网有限责任公司的研发负责人，负责整个项目的项目管理、关键技术研究、系统开发与示范和组织协调等，对创新点 1, 2, 3, 4 四个创新点做出贡献，主导新型电站锅炉烟气低温酸露点腐蚀实验装置、锅炉烟气酸腐蚀测试试验装置、基于半导体制冷冷镜的新型燃煤电站锅炉烟气酸露点仪等成套酸腐蚀检测设备研发，解决了深度低温烟气余热利用缺乏酸腐蚀检测手段的难题，代表性成果旁证材料：发明专利 8 项（专利 1、专利 2、专利 3、专利 4、专利 5、专利 6、专利 7、专利 8），专著 1 部（专著 10），学术论文 5 篇（论文 1 到论文 5））
	2. 冯永新（教授级高级工程师、完成单位：广东电网有限责任公司、工作单位：广东电网有限责任公司、主要贡献：负责研制适用于电站锅炉低温换热器的新型铁基非晶复合涂层、铁基纳米晶复合涂层、纳米粒子改性氟塑料复合涂层等系列耐腐蚀涂层技术工作，参与总体策划，参与报告总编写，在创新点 3 中贡献突出，代表性成果旁证材料：专著 1 部（专著 10））
	3. 徐钢（教授、华北电力大学、华北电力大学、主要贡献：负责研究低温腐蚀机理，研究飞灰自脱硫效应系数，研究新型烟气酸露点计算方法技术工作，参与总体策划，参与报告总编写，在创新点 1 中贡献突出，代表性成果旁证材料：发明专利 3 项（专利 5、专利 6、专利 9），论文 4 篇（论文 6 到论文 9））
	4. 湛志钢（教授级高工、广东电网有限责任公司、广东电网有限责任公司、主要贡献：负责新型成套酸腐蚀检测设备技术改进及安装调试工作，参与成套设备设计研发，参与报告总编写，在创新点 2 中贡献突出，代表性成果旁证材料：发明专利 2 项（专利 1、专利 6））
	5. 张广才（高级工程师、广东惠州平海发电厂有限公司、广东惠州平海发电厂有限公司、主要贡献：负责进行低低温余热利用系统结构优化设计，在创新点 4 中贡献突出，代表性成果旁证材料：成果登记证明 1 份）
	6. 陈阿小（高级工程师、华润电力（海丰）有限公司、华润电力（海丰）有限公司、主要贡献：负责进行低低温余热利用系统结构优化设计，在创新点 4 中贡献突出，代表性成果旁证材料：成果登记证明 1 份）
	7. 徐齐胜（教授级高工、广东电网有限责任公司、广东电网有限责任公司、主要贡献：负责配合进行新型铁基非晶复合涂层、铁基纳米晶复合涂层、纳米粒子改性氟塑料复合涂层等系列耐腐蚀涂层现场应用工作，参与报告总编写，在创新点 3 中贡献突出，代表性成果旁证材料：发明专利 3 项（专利 1、专利 5、专利 6））

	<p>8. 李方勇（高级工程师、广东电网有限责任公司、广东电网有限责任公司、主要贡献：负责配合进行新型成套酸腐蚀检测设备研发工作，在创新点2中贡献突出，代表性成果旁证材料：发明专利1项（专利5））</p> <p>9. 廖宏楷（教授级高工、广东电网有限责任公司、广东电网有限责任公司、主要贡献：负责指导整体研发，具体负责酸露点计算软件编制工作，在创新点1中贡献突出，代表性成果旁证材料：软件著作权1项（软件著作权10），成果登记证明1份）</p> <p>10. 廖艳芬（教授、华南理工大学、华南理工大学、主要贡献：负责研究低温余热利用对脱硫系统能耗影响评估与优化分析技术工作，参与总体策划，参与报告总编写，在创新点4中贡献突出，代表性成果旁证材料：论文1篇（论文4））</p>
<p>项目简介</p>	<p>项目属于节能技术领域，通过研究烟气低温腐蚀机理、腐蚀测试技术、涂层材料技术及结构优化技术，攻克了锅炉尾部受热面安全运行与烟气低温余热深度利用无法兼顾的难题，实现了电站锅炉烟气85℃超低温排放并安全运行，大幅降低电站供电煤耗。研究成果包括出版专著1部，发表论文18篇（包括SCI4篇，EI3篇，核心6篇），授权发明专利8项，授权实用新型专利及软件著作权11项。</p> <p>主要创新：</p> <p>（1）通过深入研究低温腐蚀机理，首次提出了飞灰自脱硫效应系数K，建立了新型烟气酸露点计算方法；（2）研制成功锅炉烟气酸腐蚀测试试验装置、锅炉烟气低温酸露点腐蚀实验装置、基于半导体制冷冷镜的新型燃煤电站锅炉烟气酸露点仪等成套酸腐蚀检测设备，解决了深度低温烟气余热利用缺乏酸腐蚀检测手段的难题，填补了国际空白；（3）发明了适用于电站锅炉低温换热器的新型铁基非晶复合涂层、铁基纳米晶复合涂层、纳米粒子改性氟塑料复合涂层等系列耐腐蚀涂层技术，大幅提高了深度低温余热利用过程中设备的防腐蚀性能，攻克了深度低温烟气余热利用涂层材料技术难题；（4）建立了锅炉尾部低低温烟气换热器强化传热模型及能耗模型，并兼顾余热回收量-阻力-成本等因素，提出一种低低温余热利用系统结构优化设计方法，解决了低温余热利用系统最优化设计的难题。</p> <p>该项目成果已成功应用在海丰发电厂、海丰发电厂、惠来电厂、旺隆热电厂、北京博奇电力公司等单位，近三年为企业创造直接经济效益达八千多万元，节约标准煤共6.4万吨，已少产生二氧化碳15.45万吨，二氧化硫545吨，氮氧化物473吨。预计全面推广应用后每年将创造十亿元人民币以上的经济效益，为实现社会低品质余热资源的深入利用做出突出贡献</p>
<p>代表性论文 专著目录</p>	<p>论文1：〈Laser brazing research on carbon steel and stainless steel applying Fe-based amorphous coating〉</p> <p>论文2：〈Research on Laser Brazing applying Al-based Amorphous Ribbon〉</p> <p>论文3：〈电站锅炉深度余热利用系统变工况节能效果分析〉</p> <p>论文4：〈燃煤机组锅炉低温烟气余热利用节能效益分析〉</p> <p>论文5：〈燃煤锅炉烟气酸露点温度计算与分析〉</p> <p>论文6：〈A novel flue gas waste heat recovery system for coal-fired ultra-supercritical power plants〉</p> <p>论文7：〈Novel partial-subsidence tower-type boiler design in an ultra-supercritical power plant〉</p> <p>论文8：〈Thermodynamic and economic analysis of a partially-underground tower-type boiler design for advanced double reheat power plants〉</p> <p>论文9：〈An integrated lignite pre-drying system using steam bleeds and exhaust flue gas in a 600MW power plant〉</p>

	专著 10: <火力发电烟气低温余热利用技术>
知识产权名称	发明专利 1: <锅炉尾部受热面防护用铁基纳米晶复合涂层及其激光熔覆成型工艺> (ZL201410609071.1)
	发明专利 2: <利用数值模拟辅助超超临界锅炉屏式过热器管壁温度的计算方法> (ZL201210234175.X)
	发明专利 3: <一种超超临界机组锅炉分离器出口温度在线校准的方法> (ZL201210435150.6)
	发明专利 4: <一种电站超临界锅炉各级受热面监测数据参数的校验方法> (ZL201210192531.6)
	发明专利 5: <电站锅炉烟气低温酸露点腐蚀实验装置> (ZL201510056433.3)
	发明专利 6: <锅炉尾部受热面防护用纳米粒子改性氟塑料复合涂层的喷涂成型方法> (ZL20150417229.X)
	发明专利 7: <一种结合 UDF 新型火电厂脱硫塔脱硫效率的推算方法及其辅机负荷调整方法> (ZL201510405091.1)
	发明专利 8: 一种燃煤电站锅炉烟气酸露点检测系统及检测方法 > (ZL201510209686.X)
	发明专利 9: <二次再热机组省煤器变面积余热利用系统> (ZL201510195093.2)
	软件著作权 10: <电站锅炉烟气酸露点计算软件 V1.0> (2015SR174056)
推广应用情况	<p>1) 成套酸腐蚀检测设备的应用情况和效果</p> <p>新型电站锅炉烟气低温酸露点腐蚀实验装置, 可以设定通过试验台的烟气流速、负压、冷却水管壁温度、各烟气段烟温, 从而为研究锅炉低温腐蚀创造条件, 还可以进行电厂加装低温省煤器前的腐蚀及磨损、积灰情况的试验检验工作。锅炉烟气酸腐蚀测试试验装置, 精度高, 达到$\pm 1^{\circ}\text{C}$, 可自动跟踪控制腐蚀样片温度, 一次可以进行六个温度点的同时检测, 而且既可以进行短时间的沾灰、腐蚀观察检测, 判断酸在管壁的凝结转折温度, 还可以进行长时间的真实发生腐蚀检测试验, 可以提供电厂合理的控制温度参数。自主设计的基于半导体制冷冷镜的新型燃煤电站锅炉烟气酸露点仪利用半导体酸凝结冷镜原理, 采用电子显微镜直接观测法加酸性物质化学检测确认法的综合方法, 可以直接进行燃煤电站锅炉烟气酸露点检测, 为低温省煤器设计运行提供关键准确数据, 解决了当前燃煤电站锅炉烟气酸露点无法直接检测的难题, 填补了国际空白。成套酸腐蚀检测设备已在广东惠州平海发电厂有限公司锅炉设备、华润电力(海丰)有限公司锅炉设备、广州市旺隆热电有限公司锅炉设备、北京博奇电力科技有限公司低温余热利用设备等进行了应用, 提供给用户关键的控制参数, 保证了新建电厂低温余热深度利用的设备安全, 提高了锅炉烟气余热利用的经济性。</p> <p>2) 新型系列耐腐蚀涂层技术应用情况和效果</p> <p>利用激光熔覆、热喷涂等新型涂层加工工艺开发耐酸露点腐蚀更为优异的新型材料及耐腐蚀处理技术, 大幅提高了耐腐蚀性能及使用寿命。本项目研发的材料防腐技术可使锅炉尾部主要换热部件的防腐性能较常规材料(20号锅炉钢等)提高20%到50%, 在锅炉腐蚀区域采用本项目研发的非晶合金激光熔覆技术, 可使设备寿命较常规材料(20号锅炉钢等)延长50-100%, 且成本可控。该新型技术已在广东惠州平海发电厂有限公司锅炉低温余热利用设备、华润电力(海丰)有限公司锅炉低温余热利用设备、北京博奇电力科技有限公司低温余热利用设备、新疆米东热电厂低温余热利用设备等进行了应用, 提高了低温余热深度利用的水平。</p> <p>3) 低温余热利用深度节能优化技术应用情况和效果</p> <p>该项目深入研究了低温烟气环境下耐腐蚀换热的强化传热机理与方法, 为设计新型高效低温余热利用装置奠定了基础。该项目对低温余热利用热经济性及低温余热利用对脱硫系统的影响进行了深入研究, 对提高低温余热利用的经济、环保性能有重</p>

要的作用。项目实施后，研究成果将对我国燃煤电站的低温余热深度利用、提高燃用劣质煤时的尾部受热面的耐腐蚀性能、尾部烟道各环保设备安全稳定运行提供技术支持。通过对管径、纵向/横向截距等关键性能参数进行模拟分析与优化改进，建成了锅炉尾部低低温烟气换热器强化传热模型及能耗模型，并进一步兼顾余热回收量-阻力-成本等因素，提出低低温余热利用系统结构优化设计方法，并开发了相应的低温余热利用经济性优化计算软件系统，大幅降低了锅炉排烟温度，提高了系统经济性指标，解决低温余热利用深度节能的技术难题。在广东惠州平海发电厂有限公司锅炉低温余热利用设备应用，使该厂低温余热利用装置高效运行，锅炉排烟温度降低至 85℃，降低煤耗达 1.8g-2.31g/kwh。

该项目成果已成功应用在海丰发电厂、惠来电厂、旺隆热电厂、北京博奇电力公司等单位，近三年为企业创造直接经济效益达八千多万元，节约标准煤共 6.4 万吨，已少产生二氧化碳 15.45 万吨，二氧化硫 545 吨，氮氧化物 473 吨。预计全面推广应用后每年将创造十亿元人民币以上的经济效益，为实现社会低品质余热资源的深入利用做出突出贡献