

## 2019 年度上海市科学技术奖项目信息

项目名称	基于全流程燃煤烟气污染物控制的电站环保关键技术及应用
提名者	上海市教育委员会
提名等级	技术发明奖一等奖
项目简介	<p>我国燃煤电站消耗了全部用煤的 60%以上，燃煤燃烧排放大量的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、粉尘和重金属 Hg 等污染物造成了严重的大气复合污染。本成果从燃煤炉内低氮燃烧-SCR 脱硝-低低温除尘-湿法脱硫-湿式静电除尘-烟气排放全流程对多种污染物（NO<sub>x</sub>、粉尘、SO<sub>2</sub> 和重金属 Hg 等）协同脱除展开技术攻关。历经十余年的技术研发，取得了完全拥有自主知识产权的创新成果，形成了满足宽负荷脱硝条件下的高效脱硝除尘和脱硫的燃煤电站环保关键技术，并成功应用于大量的工程实际。项目取得的主要发明点和成果如下：</p> <p>（1）开发了基于经济与环保综合最优的低氮燃烧闭环控制技术。发明了锅炉二次风门挡板控制方法、省煤器内置烟道烟气量分流控制方法、燃烧稳定判断方法以及燃烧与脱硝协同优化方法，实现了锅炉宽负荷 SCR 脱硝以及低氮燃烧和脱硝协同优化。</p> <p>（2）开发了 SCR 脱硝装置的设计和运行优化技术。发明了反应器导流板优化方法、非均匀喷氨优化方法，实现了精准喷氨；开发了运行温度窗口宽、抗中毒能力强的新型 SCR 催化剂；发明了基于锅炉侧实时仿真模型的关键状态预报方法，基于锅炉侧灰污系数在线估计和燃煤灰分在线估计的智能吹灰技术，有效地改善了 SCR 系统运行。</p> <p>（3）开发了具有多污染物控制功能的高效除尘技术。发明了低低温除尘系统的优化设计方法，实现了换热管选型优化、低温腐蚀防止和流场优化等；开发了高流速高效湿式静电除尘技术，实现了脱硫、脱粉尘（含石膏液滴）和脱汞等协调控制，进一步降低了污染物的排放浓度。</p>

	<p>(4) 开发了湿法脱硫系统增效技术。发明了烟气脱硫增效剂和高效吸收塔设计方法，开发了性能先进的预洗涤装置、环形烟气分布器和分离装置，实现了塔内多级气相均流-液相再分布强化传质反应和多效添加剂的协同效应，解决了大空间内相浓度分布不均匀性和污染物组分间相互竞争性问题。</p> <p>(5) 开发了全流程多污染物协同高效减排技术。成功研发了基于多种燃煤烟气污染物高效脱除的电站环保岛关键技术，形成了燃煤电站锅炉超低排放环保工艺路线与成套装备，建成了一批国家环保升级改造工程和新机组应用项目，成功实现高效多污染物协同控制，排放指标优于超低排放要求。</p> <p>基于上述技术发明，形成了基于全流程燃煤烟气污染物协同控制的电站锅炉高效环保关键技术与成套装备。成果的推广应用取得了良好的经济和社会效益，成套技术已成功应用于 240 余个燃煤电厂环保岛工程项目（单台最大机组容量 1350MW），并成功实施了越南、土耳其等海外工程项目。本项目成果达到国际先进水平。</p>
<p>知识产权 情况</p>	<p>获得了具有自主知识产权的授权专利 60 项，其中发明专利 40 项，授权软件著作权 20 项。</p> <p>有效授权发明专利：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 201510833524.3 一种联合脱除多种污染物的湿式静电除尘器试验系统</li> <li>2. 201410002603.5 一种 SCR 脱硝装置变径烟道导流板设计方法</li> <li>3. 201510005586.5 基于燃烧器热负荷的燃煤锅炉二次风门挡板控制方法</li> <li>4. 201410604208.4 一种省煤器内置烟道烟气量分流控制系统</li> <li>5. 201410279646.8 一种宽温度窗口脱硝催化剂及其制备方法和应用</li> <li>6. 201110114613.4 用于 SCR 脱硝装置催化剂层飞灰颗粒保护的整流格栅</li> <li>7. 201410579471.2 用于分散飞灰颗粒的烟气脱硝装置及其导流条设计方法</li> <li>8. 200810205061.6 SCR 脱硝反应器入口烟气均流导流组件</li> <li>9. 201310054451.9 一种锅炉后除尘和烟气余热回收的一体化装置及其应用</li> <li>10. 201310240482.3 一种湿法脱硫系统的烟气脱硫增效剂及其制备方法和应用</li> </ol>

代表性论  
文专著目  
录

- 在国内外学术期刊上发表包含 ESI 论文在内的相关论文 80 余篇。
1. **Pan, WeiGuo**, Hong, JN, **Guo RuiTang**, et al. Effect of support on the performance of Mn-Cu oxides for low temperature selective catalytic reduction of NO with NH<sub>3</sub>[J]. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2014,20(4): 2224-2227
  2. **Pan WeiGuo**, Zhang X, **Guo RuiTang**, et al. A Thermodynamic Study of Simultaneous Removal of SO<sub>2</sub> and NO by a KMnO<sub>4</sub>/Ammonia Solution[J]. Energy Sources, 2015, 37(7):721-726.
  3. Xu L, **Yuan JingQi**. Thermodynamic properties calculation of the flue gas based on its composition estimation for thermal power plants[J]. Applied Thermal Engineering. 2015, 90:366-375.
  4. Chen Qilin, Guo Ruitang, Wang Qingshan, et al. The catalytic performance of Mn/TiWOx catalyst for selective catalytic reduction of NOx with NH<sub>3</sub>. 2016,182:852-858.
  5. Shi Y, **Wang Jincheng**, Liu Z. On-line monitoring of ash fouling and soot-blowing optimization for convective heat exchanger in coal-fired power plant boiler[J]. Applied Thermal Engineering, 2015,78:39-50.
  6. **Wang Wenhuan, Guo Ruitang, Pan Weiguo**, et al. A CeFeOx catalyst for catalytic oxidation of NO to NO<sub>2</sub>[J]. Journal of Rare Earths, 2016,34(9): 876-881.
  7. **Ding Honglei**, Du Zhen, Zhang Yongxin, et al. Kinetic Studies on NO<sub>2</sub> Absorption into Ammonium Sulfite Solutions[J]. Separation Science and Technology, 2015,50(9):1433-1438.
  8. Zhou Xiao, **Wu Jiang**, Li Qifen, et al. Improved electron-hole separation and migration in V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/rutile-anatase photocatalyst system with homo-hetero junctions and its enhanced photocatalytic performance[J]. Chemical Engineering Journal, 2017, 330: 294-308.
  9. **He Ping**, Zhang Xianbing, Peng Xiaolong, et al. Effect of fly ash composition on the retention of mercury in coal-combustion flue gas[J]. Fuel Processing Technology, 2016,142:6-12.
  10. Guo Ruitang, Pan Weiguo, Zhang Xiaobo, Ren Jianxing, Jin Qiang, Xu Hongjian, Wu Jiang. Removal of NO by using Fenton reagent solution in a lab-scale bubbling reactor[J]. Fuel, 2011,90: 3295-3298.
  11. Yang Ningzhi, **Guo Ruitang, Pan Weiguo**. The promotion effect of Sb on the Na resistance of Mn/TiO<sub>2</sub> catalyst for selective catalytic reduction of NO with NH<sub>3</sub>[J]. Fuel, 2016, 169: 87-92.
  12. Xu Liang, **Yuan JingQi**. Online application oriented calculation of the exhaust steam wetness fraction of the low pressure cylinder in thermal power plant[J]. Applied Thermal Engineering, 2015,76,357-366.
  13. **Guo Ruitang**, Lu Chenzi, **Pan Weiguo**, et al. A comparative study of the poisoning effect of Zn and Pb on Ce/TiO<sub>2</sub> catalyst for low temperature selective catalytic reduction of NO with NH<sub>3</sub>. Catalysis Communications, 2015, 59:136-139.
  14. Liu Shuming, **Guo Ruitang**, Sun Peng, et al. The enhancement of Zn

	<p>resistance of Mn/TiO<sub>2</sub> catalyst for NH<sub>3</sub> -SCR reaction by the modification with Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>. Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 2017,78, 370-377.</p> <p>15. <b>潘卫国</b>,韩涛,<b>王文欢</b>,<b>丁承刚</b>,<b>郭士义</b>.基于火用生命周期法的电站锅炉静电除尘器环境影响评价[J]. 锅炉技术,2016,47(02):11-16,26.</p> <p>16. 叶侠丰,<b>丁红蕾</b>,<b>潘卫国</b>,潘孝庆,潘衍行,王亦农.圆管束与椭圆管束换热、磨损及积灰特性的数值研究 [J]. 中国电机工程学报 , 2018,38(11):3289-3294.</p> <p>17. <b>袁景淇</b>,宋善奎,金强,李雨. 面向 NO<sub>x</sub> 脱除率优化的烟气脱硝 CFD 仿真研究[J]. 控制工程, 2009,16 ( 6 ) ,735-737&amp;742</p> <p>18. <b>丁承刚</b>,时超林,<b>郭士义</b>,金强,<b>潘卫国</b>,<b>丁红蕾</b>,<b>郭瑞堂</b>.湿式静电除尘器对可吸入颗粒物不同粒径段脱除效率分析 [J]. 发电设备,2015,29(06):454-457.</p> <p>19. 罗汉成,<b>潘卫国</b>,<b>丁红蕾</b>,李付晓,<b>郭瑞堂</b>,金强,<b>丁承刚</b>,<b>郭士义</b>.燃煤锅炉烟气中 SO<sub>3</sub> 的产生机理及其控制技术[J].锅炉技术,2015,46(06):69-72.</p> <p>20. <b>郭士义</b>, 李付晓, <b>丁承刚</b>, <b>陆晶</b>, <b>潘卫国</b>, <b>丁红蕾</b>, <b>郭瑞堂</b>, 罗汉成. 湿式静电除尘、脱硫脱硝一体化技术进展 [J]. 发电设备,2015,29(05):381-384.</p> <p>.....</p>
主要完成人	潘卫国 袁景淇 丁承刚 王健 王景成 王文欢 郭士义 范辰浩 郭瑞堂 邓云天 吴江 丁红蕾 全文涛 何平 陆晶
主要完成单位	上海电力学院；上海电气电站环保工程有限公司；上海交通大学；上海明华电力科技有限公司
新增直接经济效益 (自然科学奖不填)	近三年新增产值 256823 万元，新增利润 6882.46 万元，新增税收 28820 万元。