

# 2024 年度山东省科技进步奖提名项目

## 一、项目情况

项目名称	基于智能控制策略的空气预热器关键技术创新及工程应用
项目简介	<p>本项目属于电力工程技术领域。</p> <p>国家双碳战略背景下,清洁高效发展化石能源电力,是推动电力工业走环境友好及实现双碳目标的重要途径。我国电源构成中,火电仍发挥“压舱石”作用,空预器作为电力工程重要设备,在高参数大容量发电机组中广泛应用,有效提高了机组整体运行效率和经济性。当前,空预器设备面临结构密封控制难、烟气露点腐蚀控制难、状态分析和诊断技术水平低等挑战,设备运行智能化控制和诊断分析技术一直未得到根本解决,成为本领域行业重要难题,严重制约煤电机组清洁、高效和绿色发展。近年来,山东省坚持高质量发展,努力建设绿色低碳高质量发展先行区,助力双碳目标,亟需实现煤电机组重要设备运行智能控制技术的突破。</p> <p>本项目在山东省重大创新工程项目等计划支持下,历经近八年“产学研用”模式的紧密结合,完整构建了基于智能控制策略的空预器关键技术体系,根本上解决空预器复杂环境下运行状态的性能提升、智能监测、大数据分析 with 学习进化等关键难题,首创基于深度学习的图像演化分析方法等,实现煤电机组热力交换系统重要构成部件的重大突破,是当前煤电机组清洁高效利用政策影响环境下重大创新成果。主要创新点如下:</p> <p>1. 创新建立了空预器全尺寸热力模型和应力应变动力学模型,耦合漏风量特征分析获得了空预器及锅炉机组热效率影响规律,突破了空预器理论建模难、模型准确度差的关键难题,形成了空预器性能预测的理论方法。</p> <p>2. 构建了空预器数值仿真模拟、防堵消灰智能控制、换热元件腐蚀磨损控制、智能分析诊断等技术体系,并实现工程规模化应用;突破了空预器漏风率大、易堵塞、换热元件和密封片破损等关键难题,系统化提升空预器运行经济性和安全性。</p> <p>3. 自主研发一套空预器蓄热元件高效清洗装置及清洗方法,提出一种回转式空预器转子隔板焊接安装工艺,研制一种空预器密封结构及安装专用工具,降低空预器漏风率。</p>

	<p>本项目已获国家专利 22 件，其中发明专利 11 件，实用新型专利 5 件，软件著作权 6 件，省部级工法 3 项，发表论文 6 篇（SCI 收录 3 篇、EI 收录 3 篇），制定行业标准 2 项，引进人才 5 人，培养硕士研究生 13 名，项目实现新增就业 25 名。项目成果成功应用于内蒙古盛鲁电厂、深能河源电厂等 20 余百万千瓦级电力机组性能提升工程，近三年投产运行电站 20 余台，占全国 20%，新增营业收入 37.02 亿元、纯利润 3.56 亿元。</p> <p>本项目系统解决了电力工程重要设备运行状态智能预警和精准评测关键难题，大幅提高设备运行状态精细化分析和智能化诊断水平。通过工程应用，满足我国电力行业高技术战略领域发电工程技术重大需求。阶段性成果获省部级以上科技进步奖 6 项，有力推动了我国电力工程建设的科学技术进步。</p>
--	---

## 二、提名单位及提名意见、提名等级

提名单位	山东省能源局
提名意见	<p>我单位认真审阅了该项目有关材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合山东省科学技术奖励委员会办公室的填写要求。</p> <p>按照要求，项目完成单位已对该项目的拟提名情况进行了公示，公示期间无异议。</p> <p>清洁高效发展化石能源电力是推动电力工业走环境友好路线和实现双碳目标的重要途径之一。空预器能够有效提高发电机组的运行效率和经济性。空预器面临密封控制难、烟气露点腐蚀、状态分析和诊断技术水平低等难题，设备运行智能化控制和诊断分析技术成为本领域行业的痛点和难题，严重制约煤电机组清洁、高效和绿色发展。山东省建设绿色低碳高质量发展先行区，亟需实现煤电机组重要设备运行智能化控制技术的突破。</p> <p>在山东省重大创新工程等多个项目的支持下，历经近八年“产学研用”模式紧密结合，系统、完整构建了基于智能控制策略的空预器智能化控制技术体系，从根本上解决了空预器复杂工况下运行状态的智能监测、控制和分析等关键难题，首创了基于深度学习的图像演化分析方法，实现了煤电机组热力系统部件的重大突破，是煤电机组清洁高效利用政策下的重大创新成果。</p> <p>本项目已获国家专利 22 件，其中发明专利 11 件，实用新型专利 5 件，软件著作权 6 件，发表论文 6 篇，制定行业标准 2 项。引进人才 5 人，培养硕士研究生 13 名，项目实现新增就业 25 名。项目成功应用于内蒙古盛鲁电厂、深能河源电厂等 20 余百万千瓦级电力机组性能提升工程，近三年投产运行电站 20 余台，占全国 20%，新增营业收入 37.02 亿元、纯利润 3.56 亿元。本项目阶段性成果获省部级以上科技进步奖 6 项，有力推动了我国电力工程科学技术进步。</p> <p>该项目已征求了 崔萍（山东建筑大学、热能与动力工程）、叶华（山东大学、电气工程）、孙荣峰（山东省科学院、新能源工程）、马思乐（山东大学、智能控制）、逯一中（济南大学、光电催化与生物分析）等 5 名专家意见。</p> <p>本单位于 2024 年 6 月 3 日至 7 日通过省能源局网站对该项目进行公示。</p>
提名等级	对照山东省科学技术奖授奖条件，提名该项目为山东省科学技术进步奖二等奖。

### 三、主要完成单位情况

<p>完成单位排序及创新推广贡献</p>	<p><b>主要完成单位排序：</b>中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司；山东大学；东方电气集团东方锅炉股份有限公司；天津拓科思科技有限公司。</p> <p><b>1. 中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司，排名 1。</b></p> <p><b>对本项目贡献：</b>对创新点 1、创新点 2、创新点 3 均做出了贡献，主要科技贡献包括：（1）参与提出了一种双烟仓空气预热器系统及其工作方法，空气预热器具有更低的漏风率和在线清除低温腐蚀堵灰及硫酸氢铵堵塞的功能；（2）参与提出了空预器换热元件的腐蚀磨损物联网控制技术，对空气预热器的换热元件运行实时在线监测、控制，降低空预器换热元件腐蚀磨损，提高机组设备的寿命。（3）自主研发一套空预器蓄热元件高效清洗装置及方法，提出一种回转式空预器转子隔板焊接安装工艺，研制一种空预器密封结构及安装专用工具，有效降低空预器漏风率。相关技术应用在 20 余个电力机组热力系统性能提升改造工程（15000MW），解决了大型电力机组热交换系统整体性能技术提升的关键难题，实现了电力机组效能综合提升，用户反映良好，经济社会效益巨大。本关键技术将有力推动电力工业创新发展、提质增效和技术进步，有效助推国家电力工业和山东省新旧动能转化创新发展。</p> <p><b>2. 山东大学，排名 2。</b></p> <p><b>对本项目贡献：</b>对创新点 1 和创新点 2 均做出了贡献，主要科技贡献包括：提出了空气预热器的理论建模仿真方法，突破了空预器数学建模难度大、准确度低等难题。基于本单位创新性技术，成功获得了空预器的运行工作特性和应力、应变特性，为空预器性能预测、漏风预测、腐蚀性能分析等提供了重要的理论基础。本单位所完成的研究方法、技术原理和相关的技术方案，推动了本项目产出的关键技术应用于国内百万千万超超临界机组，推动技术在华电莱州公司 2×1000MW 超超临界机组技术等 20 余个电力机组热力系统性能提升改造工程中应用，机组各项性能指标达到优良，在行业内起到了技术引领作用。</p> <p><b>3. 东方电气集团东方锅炉股份有限公司，排名 3。</b></p> <p><b>对本项目贡献：</b>对创新点 1、创新点 2、创新点 3 均做出了贡献，主要科技贡献包括：提出了本项目的研究方法、技术原理和相关的技术方案，推动本项目产出的关键技术应用于国内多个电厂的新建机组及改造项目，用户反映良好，经济社会效益巨大。本项目解决了目前脱硝机组空气预热器存在的漏风率大，易堵塞、过度吹灰造成换热元件和密封片破损、换热元件易腐</p>
----------------------	--

	<p>蚀和磨损等问题，推动了相关领域的技术进步，提升了空气预热器机组的经济性、安全性等指标。</p> <p><b>4. 天津拓科思科技有限公司，排名 4。</b></p> <p><b>对本项目贡献：</b>对创新点 2 做出贡献，主要科技贡献包括：（1）参与提出了空预器换热元件的腐蚀磨损物联网控制技术，对空气预热器的换热元件运行实时在线监测、控制，降低空预器换热元件腐蚀磨损，提高机组设备的寿命；（2）研发了一种空预器智能分析诊断平台，对空预器运行状态进行在线监测、跟踪，起到提前预判质量临界点，达到了在质量预警初期阶段得以处理的效果；（3）基于 TOCS 智能数据库和 TOCS-3 数据控制器的联动，开发了“TOCS 脱硝智能优化控制系统”，有效地减少脱硝系统频繁波动引起的长时间氨逃逸超标问题，减少空预器的堵塞和酸腐蚀。</p>
--	--

## 四、主要完成人情况

全部完成人排序及对项目的贡献	<p><b>主要完成人：</b>辛公明、张俭平、杜文静、黄雪飞、杜传国、郭琳、木巴来克·都尕买提、闵国政、赵培忠、姚铄。</p> <p>1. 辛公明，排名 1，能源与动力工程学院党委书记，教授，山东大学，第二完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>项目负责人，对创新点 1、2 有较大贡献，负责技术研发方案制定。</p> <p>2. 张俭平，排名 2，科技创新总监，正高级工程师，中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司，第一完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对该项目创新点 2、3 具有较大贡献。</p> <p>3. 杜文静，排名 3，能源与动力工程学院热能研究所所长，教授，山东大学，第二完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 1 有贡献。</p> <p>4. 黄雪飞，排名 4，空气预热器事业部经理，高级工程师，东方电气集团东方锅炉股份有限公司，第三完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 2 有贡献。</p> <p>5. 杜传国，排名 5，科技工程部副主任，正高级工程师，中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司，第一完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 3 有贡献。</p> <p>6. 郭琳，排名 6，检修运维事业部经理，高级工程师，中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司，第一完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 3 有贡献。</p> <p>7. 木巴来克·都尕买提，排名 7，能源与动力工程学院热能研究所助理，硕士，山东大学，第二完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 1 有贡献。</p> <p>8. 闵国政，排名 8，项目经理，高级工程师，天津拓科思科技有限公司，第四完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 2 有贡献。</p> <p>9. 赵培忠，排名 9，项目经理，高级工程师，中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司，第一完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 2 有贡献。</p> <p>10. 姚铄，排名 10，项目经理，工程师，中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司，第一完成单位。  <b>对本项目贡献：</b>对创新点 2 有贡献。</p>
----------------	---

## 五、主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

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	第一完成人是否为发明人（标准起草人）	第一完成单位是否为权利人（标准起草单位）
发明专利	一种新式结构烟道分配器的锅炉系统	中国	ZL202011094135.0	2022-02-08	4919161	山东大学	辛公明；魏骞骞；袁宝强；杜文静	有效	是	否
发明专利	一种快速清理烟冷器结垢的装置	中国	ZL201810620721.0	2021-09-24	4698591	中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司	颜晗；张俭平；张希博；崔伟；郭琳；黄士愿	有效	否	是
发明专利	一种利用热管均温的烟道分配器	中国	ZL202011093969.X	2022-02-08	4919160	山东大学	辛公明；木巴来克·都尔买提；袁宝强；陈岩	有效	是	否
发明专利	一种均温效果的烟道分配器	中国	ZL202010748972.4	2021-12-21	4861380	山东大学	辛公明；杜文静；陈岩；袁宝强	有效	是	否
发明专利	一种 T 型焊接接头检测用交叉电磁轭	中国	ZL201811044218.1	2023-08-29	6277152	中国电建集团山东电力建设第一工程有限公司	徐学堃；杜传国；丁成海；庞继勇；张勇	有效	否	是
发明专利	一种设置烟道分配器的锅炉系统	中国	ZL202010748431.1	2021-12-21	4862502	山东大学	陈岩；辛公明；杜文静；木巴来克·都尔买提	有效	是	否
发明专利	基于深度学习的图像演化分析方法	中国	ZL202010211522.1	2023-05-02	5938794	东方电气集团东方锅炉股份有限公司	刘君；杨延西；魏永贵；黄雪飞；邓毅；宋念龙；王卫平；潘正权；易广宙	有效	否	否

发 明 专 利	一种挡板风门 二级密封防漏 灰轴封装置	中国	ZL201610335329.2	2018-11-30	3165330	中国电建集团山 东电力建设第一 工程有限公司	赵培忠；丁卫征	有效	否	是
发 明 专 利	电力设备运行 监测方法、系 统、电子设备 及存储介质	中国	ZL202310557842.6	2023-05-18	6409484	中国电建集团山 东电力建设第一 工程有限公司	姚铄；李方翔；庞 凯戈；张涛；常晨 曦	有效	否	是
软 件 著 作 权	空预器综合评 价软件 V1.0	中国	2021SR1348963	2021-09-09	8071589	天津拓科思科技 有限公司	--	有效	否	否