

再踏层峰辟新天 更扬云帆立潮头

华电电科院荣获2022年度电力科技创新大奖

张元舒 赵玉柱 邢汉昆

由华电电力科学研究院有限公司(以下简称“华电电科院”)领衔完成的《大型煤电机组多元协同深度节能关键技术研究及应用》研究成果荣获2022年度电力科技创新大奖。

电力科技创新奖由中国电力企业联合组织评审,是中国电力创新奖的最高奖项,旨在推动电力工程技术及行业管理创新,奖励在电力工程技术、电力行业管理等领域有突出创新的单位和个人。奖项申报成果涵盖火电、核电、水电、新能源、输配电、信息化和管理等多个领域。2022年,经过组委会的形式审查、网上初审、现场复审及奖励委员会审定等严格的评审程序,在6000余项申报成果中最终评选出创新大奖成果11项。

砥砺前行攻坚克难

奋楫十年终结硕果

2022年,我国燃煤发电机组以占比不到五成的装机,生产了约六成的电量,支撑了超七成的高峰负荷需求。我国以煤为主的基本国情,决定了煤电在相当长时期内,仍将承担保障能源电力安全的重要作用。煤炭清洁高效利用是推进能源革命,保障“双碳”目标实现的重要一环。

华电电科院作为中国华电集团有限公司(以下简称“中国华电

集团”)唯一直属科研企业,秉持“为能源企业的安全稳定、经济高效、节能环保提供科学技术保障”的企业使命,长期深耕煤电机组共性疑难问题攻关、系统集成设计和应用示范推广,助力发电企业提质增效。2009年针对中国华电集团下属的300MW等级以下的煤电机组开展“机侧优化”和“整体优化”工作,历时5年,完成123台煤电机组节能提效全覆盖,平均降低供电煤耗约13克/千瓦时。随着国家不断对煤电机组的能耗水平提出更高的要求,华电电科院于2020年开展中国华电集团燃煤优胜机组标杆选树工作,针对600MW等级以上机组,一机一策,因机制宜开展能效提升专项行动,并对全集团煤电机组开展精细化分类,深层次研究煤电机组能效提升方案,不断迭代升级煤电机组技术路线,逐渐形成能效精准评估为基础、装备提效为手段、运行协同优化为保障的华电“三改联动”技术路线。在此期间,累计制定国家及行业标准9项,出版专著2部,授权发明专利25件,发表论文44篇,科研成果由中国工程院院士领衔的专家委员会一致认定整体达到国际领先水平。

潜心诊断理论创新

强化能耗精准评估

在煤质多变、频繁深度调峰和排放标准日趋严格的挑战下,

煤电机组的全工况全系统节能诊断技术亟需突破。研究团队一方面采用机理建模和数据挖掘相结合的方法,建立了包含锅炉、汽轮机和热力系统重要辅机的煤电机组变工况计算模型,实现了单元设备、子系统和机组三个层面的煤电机组高精度仿真映射。另一方面将焓分析用于煤电机组全工况能耗评估,综合应用热力学第一定律和第二定律,揭示了机组多因素耦合能耗规律,揭示机组系统、过程和单元不同层面的能耗的大小和分布,开展综合考虑外部复杂条件的大型燃煤发电机组全工况节能诊断研究,从系统、过程和单元不同层面上,完善大型燃煤发电机组的能耗控制策略和设计、运行优化方法,改变了传统的煤电机组能耗诊断方式,针对各类型机组更加清晰地指明了降低机组能耗主要方向。

精心装备设计改进

提升机组整体效能

基于能耗诊断结果,确定了煤电机组核心装备的优化设计方向及预期成效,开展机组整体能效提升方案的可行性论证评估,团队以汽轮机配气系统结构优化、通流部分提效改造、低压缸末级设计优化和锅炉尾部烟道提效防堵等为切入点开展的性能提升研究,利用CFD数值仿真工具,对汽轮机、燃烧器和空预器等核心



设备开展了全三维黏性流体流动特性分析研究;同时建设了汽轮机级效率检测评价试验台、冷却塔能效检测与评价试验台和多相流模拟试验平台,对仿真优化设计进行了试验验证,最终形成了燃煤机组全工况深度提效技术,有效保障了我国首台百万机组能效专项提升和首台百万直接空冷机组大流量供热示范应用。

专心运行优化协同

深挖系统节能潜力

频繁调度和煤种多变已成为制约机组安全高效运行的主要因素,经过长年的经验积累,设备整体性能的提升,必须要有匹配的优化调整做后盾,才能最大程度提高整体效能。研究团队以理论计算分析为依据,以仿真建模为验证,以现场运行结果为反

馈,创新建立汽轮机冷端-热端耦合优化调整方法,形成了一套完备的多元参数协同的机组运行优化解决方案,同时提出了基于多变量模型预测的动态自修正优化控制方法,设计了变结构、变参数的优化控制方案,实现了多目标协同,实现风、煤、水的自动协调优化控制。

研究成果成功应用于300MW、600MW和1000MW等100余台煤电机组,降低供电煤耗9—24克/千瓦时,近三年累计为发电企业节省燃煤约823万吨,减少CO₂排放约23030万吨,减少NO_x排放约8291吨,减少SO₂排放约5758吨,减少粉尘排放约829吨,有效推动了燃煤发电机组向清洁高效生产转型,大力促进了电力行业“双碳”目标的实现。

大型城市高压电缆网局部放电监测关键技术及规模化应用

中国电科院-国网北京电科院-武汉供电公司等联合团队荣获中电联2022年度电力科技创新奖一等奖

欧阳本红 夏荣 刘松华

大型城市高压电缆网局部放电监测关键技术及规模化应用相关成果已在首都“一带一路”高峰论坛“新中国成立70周年”“冬奥会”等国家级重大活动的政治供电保障中发挥了重要作用;先后应用于北京、上海、天津、江苏、浙江等多个省(市),累计发现致局放类绝缘缺陷72处,成功避免多次停电事故的发生;近5年直接经济效益超1亿元,研发的高压电缆智能局放监测装置出口至巴西、印度、俄罗斯、菲律宾等国家,在巴西美丽山水电站等重大工程中应用,取得良好效果。

项目背景

高压电缆线路逐步成为城市能源传输的主动脉。据统计,我国110(66)kV及以上电缆线路回路总长已超5万公里,年均增长率10%以上,其中绝大部分都集中在大型城市地下电缆通道中,4回路及以上同通道密集运行现象普遍,因绝缘劣化缺陷导致线路突发停运故障会对城市电网的供电可靠性产生极大影响。

作为绝缘状态体检“专科医生”,局部放电监测面临四大技术难题:一是用于电缆监测的无线智能局放传感器缺失;二是电缆

接头内置局放检测技术不成熟;三是电缆线路局放源定位存在困难;四是电缆绝缘劣化状态难以准确诊断。

针对上述问题,由中国电力科学研究院有限公司牵头,国网北京市电力公司电力科学研究院、国网湖北省电力有限公司武汉供电公司、国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、西安交通大学、浙江新图维电子科技有限公司、上海格鲁布科技有限公司等组成的产学研团队历时七年,突破了局放智能传感研发、内置局放感知融合、无线组网定位和高端研判预警四大关键技术瓶颈,研发高压电缆线路局放的“听诊器”无线局放智能传感器、“内窥镜”内置局放一体式智能电缆接头,提出了“增强CT”技术-无线组网局放定位,研发了“AI医生大脑”高压电缆局放状态诊断系统。

科技创新

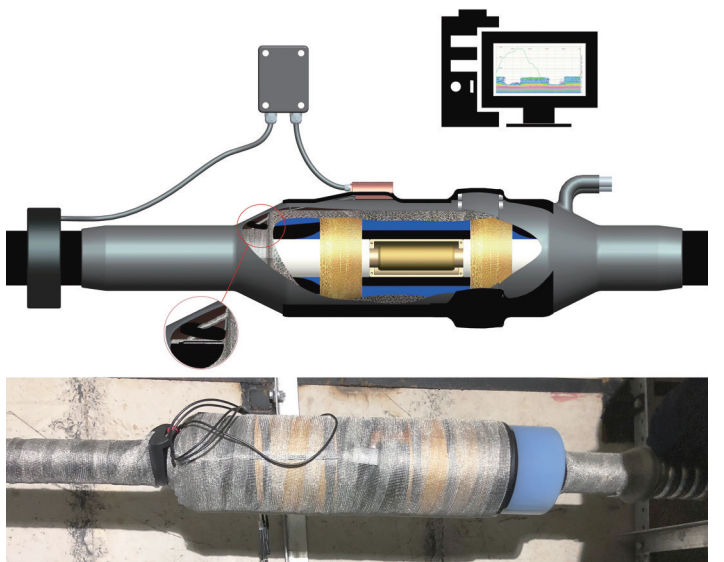
在局放智能传感方面,研究团队创新性提出了嵌入式浮点运算效率的局放特征边缘提取与实时解析方法、自适应阈值噪声抑制技术和动态监测密度运行模式策略,研制了高压电缆局放监测高频、特高频无线智能传感器,信噪比提升1.625倍,采集上传功耗

下降47%,有效解决了高压电缆局放智能传感器抗干扰水平差、边缘计算能力低、运行功耗偏高的行业难题。

在内置感知融合方面,研究团队提出了基于新型环包差分电容与环形磁芯电感的双重响应传感设计,攻克了高压电缆接头与内置局放传感器的一二次融合关键技术,研制了首个220kV高压电缆预制式智慧物联中间接头,局放测量精度可达1pC,满足了重要电缆线路中间接头高精度监测、高可靠运行的特殊技术保障需求。

在无线组网定位方面,研究团队首次构建了基于ns级时间同步的手拉手级联式局部放电分布式物联传感网络,实现了上下链数据协同交互与物联式传输,提出了交叉互联系统中局放源相别和区段的判别方法,突破了高压电缆隧道中远程通讯困难和定位误差大的技术瓶颈。

在绝缘劣化状态准确研判预警方面,研究团队首次提出了电缆局放发展程度演化特征分析和跟踪超限评估方法,实现了电缆绝缘缺陷的智慧化预警;率先提出了基于多参数强度比值法状态智能诊断分析方法,实现了电力电缆局部放电类型的“指纹化”识别,解决了在线监测误报率高,风险评估与故障研判能力较差的问题。



2021年中国电机工程学会鉴定委员会认为,项目有效支撑了城市高压电缆运行可靠性水平提升,推动电缆智能运检装备产业发展升级,研究成果整体达到了国际领先水平。

研究团队

中国电力科学研究院高电压研究所电缆室是国家电网的电力电缆专业权威科研机构,团队聚焦电力电缆检测与运维技术领域,大力开展基础前瞻和应用技术研究,提出一系列输配电电缆

材料及装备、运维检修的基础理论和关键技术,解决了一大批交直流、陆海缆线路建设和运行难题,建成国内规模最大、试验能力最强、功能最齐全的电力电缆性能检测与运行试验研究体系,打造了我国电力电缆专业科技创新和人才培养重要基地。特别是圆满完成国产500kV交联电缆(海缆)设计、制造、试验、施工、验收及运行环节共性技术攻关和咨询,先后支撑上海世博、北京海淀、上海虹杨、浙江舟山500kV交流电缆(海缆)以及张北±535kV柔直等重大工程建成投运。