

基于深度强化学习技术的火力发电锅炉燃烧优化案例

一、项目背景

目前，火力发电依旧是中国的主要发电形式，占中国总发电量 70%以上，而中国每年消费的 35 亿多吨煤炭中有近半数用于火力发电行业。目前我国火电机组的运行控制方面仍然严重依赖运行人员操作经验，系统仅能达到半自动化的调整，存在巨大的控制优化空间。

对此，京东集团以大数据、人工智能、物联网、区块链等时代前沿技术为基础，建立并发展起核心的数字化风险管理能力、用户运营能力、产业理解能力和 B2B2C 模式的企业服务能力。依托京东在人工智能及大数据方面丰富的技术能力与储备，创新性地提出了基于 AI 技术的火电机组的控制方法，打造了“AI+火力发电”锅炉燃烧优化系统，开创了 AI 技术在电厂锅炉领域应用的先例。

二、项目实施

1. 总体实施思路与架构

火力发电机组系统高度复杂，内部反应复杂多变，运行调整可控变量众多。如何使用人工智能算法动态的去优化各种阀门调控、送水、送风，是一个世界性的难题。京东依托其在物联网、人工智能及大数据能力，针对火电机组燃烧优化的需要和传统建模优化方法的不足，由专业的 AI 团队研发基于深度强化学习的火力发电锅炉燃烧优化模型，将火电锅炉的燃烧物理过程结构化

建模嵌入到 AI 模型中，利用海量的锅炉真实运行历史数据及 AI 技术优化提升电厂的智能化运行水平。

2. 应用场景与技术方案

通过挖掘电厂海量历史运行数据基于深度学习的火电燃烧模拟器和基于深度强化学习的火力发电优化模型，将燃烧物理过程结构化建模嵌入到 AI 模型中，解决了复杂带安全约束系统中高维连续控制变量优化的难题。此优化模型已完成产品化设计，可通过直观的交互式界面，对操作人员提供各个控制参数的优化指导意见，辅助提升燃烧效率。整个系统针对火电机组的磨煤制粉系统及锅炉燃烧、风烟、水汽系统进行全局性优化，算法框架分为三个主要部分：

（1）磨煤机控制优化，对磨煤制粉系统进行从给煤量到阀门控制进行精准调控；

（2）锅炉燃烧过程建模，构建燃烧系统仿真模拟器；

（3）基于深度强化学习的锅炉燃烧控制优化，在满足安全约束的同时，对锅炉燃烧控制策略进行寻优。

三、实施效果

锅炉燃烧优化控制指导系统已在国电南宁电厂、国电廊坊电厂等电厂成功落地，实现锅炉热效率提升 0.5% 以上。按效率提升量测算，60 万千瓦锅炉提升 0.5% 的燃烧效率，可协助电厂减少度电 1.5g 煤耗，可每年可节省价值 288 万元的煤炭。目前，京东 AI 火力发电能源优化技术已有十篇专利局受理专利，并获得

五项软件著作权。此外，该技术荣获 2018 年中国人工智能峰会（CAIS 2018）创新奖并入选机器之星 2019 年三十大最佳 AI 应用案例。与此同时，该火力发电 AI 优化控制指导系统凭借其为低碳城市带来的巨大减排潜力，引起社会的广泛关注，先后获得人民网、中国经济网、金融时报、中国青年报等十多家媒体报道。目前，京东集团面向全国 2000 多家电厂推广 AI 火力发电优化技术，预计每年可为国家节省 630 万吨、价值 50 亿元的煤炭，帮助减少 160-210 万吨二氧化碳排放，节约 15 亿元的环境污染治理成本，为我国电力行业带来巨大的经济效益、环境效益。