

## AI + 火力发电燃烧控制优化 核心算法



用更少的煤



发更多的电



更少的污染

## 京东数字科技集团

### “AI+ 火力发电”智能优化控制系统

#### ◎ 案例概述

目前，火力发电仍占中国总发电量约 70%，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。火力发电成为电力行业减少温室排放的重要挑战。

2018 年，京东数科作出了第一步的尝试——革命性地将火力发电与科技有机结合。依托其丰富的人工智能及大数据能力，优化火电机组的控制方法，“AI+ 火力发电”技术优化了锅炉燃烧系统、电厂管理等模块，开创了 AI 深度强化学习技术在电站锅炉领域应用的先例。利用深度强化学习和深度神经网络的方法，这项技术帮助电厂节省煤炭消耗，提高锅炉效率，从而减少大气污染和温室气体排放，进一步助力打造低碳城市，以应对全球气候变化的严峻挑战。

“AI+ 火力发电”通过与国家能源集团合作进行落地，完成该技术从理论研究到实践的转化。实践表明，该 AI 优化技术可为火力发电机组带来 0.5% 的能耗降低。这意味着一台 60 万千瓦的中型火电机组<sup>1</sup>每年能够减少 3.6 千吨煤炭消耗，并减少近 9 千吨二氧化碳排放<sup>2</sup>。如今，这项技术正在向全国数十家火力发电厂推广。如果此项技术能够应用到全国两千多个台机组，每年可节省 630 万吨煤炭，也意味着这项技术每年能减少 1570 万吨二氧化碳排放。

#### ◎ 项目成果

- 0.5% 的能耗降低
- 六篇专利局受理专利
- 一项软件著作权
- 2018 年中国人工智能峰会（CAIS 2018）创新奖



#### ◎ 企业简介

京东数字科技集团创立于京东集团内部，于 2013 年 10 月开始独立运营。公司以大数据、AI、物联网、区块链等时代前沿技术为核心，已完成在数字金融，数字化企业服务，数字城市三大领域的全面布局，在客户群体上实现了个人端、企业端、政府端的三端合一。2018 年，公司完成 B 轮融资，估值超过 1300 亿人民币。

京东数科于 2018 年开始着力打造智能城市操作系统，强调大数据、人工智能等新技术在城市建设和运营中的应用。通过对城市数据的收集管理分析和挖掘，为各垂直行业提供智能化的城市治理方案。其中，京东数科所研发的火力发电 AI 优化控制指导系统凭借其其为低碳城市带来的巨大减排潜力，引起社会的广泛关注。

1. 中型火电机组以年发电小时 4000 小时进行计算

2. 取二氧化碳排放系数为 2.493，即 1 单位发电燃用标准煤产生 2.493 单位的二氧化碳排放量

## ◎ 项目实施

本项目最大的亮点是科技与火电行业为减排不断突破边界。火力发电效率的优化一直以来是传统火电行业的一个难题，因为传统优化方法是基于物理方程及燃烧机理的建模优化，只针对少量参数进行优化，缺乏对高维数据之间关系的挖掘，无法做到实时优化。为了解决该优化难题以实现节能减排，京东数科将 AI 技术赋能能源行业，打开了科技产业与传统工业跨界融合的大门。

### 突破专业领域的边界

在传统工业与现代科技对接的过程中，不免存在一定的壁垒，京东数科与电厂的有效沟通是确保项目有效进行的前提条件。如何把电厂工作人员反馈的复杂业务原理及专业用语翻译成后方算法工程师、开发工程师能听得懂的语言，方便研发侧了解行业，建立模型也是一项艰巨的任务。产品团队在电厂驻扎数月，完成了真实场景下的业务调研、需求梳理及与电厂工作人员的磨合，为火电优化算法的研发及产品化落地提供了坚实的基础。整个过程中，首席数据科学家郑宇博士的大力支持、国家能源集团及国电南宁电厂的多位专家深度参与更是对整个项目提供必不可少的影响。

最终，在充分理解火力发电业务、控制流程原理的基础上，京东数科开创性地将大数据技术应用到燃煤电站的锅炉运行操作中实现 AI 精准化。锅炉燃烧优化核心算法的攻关研发，系统能够根据锅炉状态和时间，送入合适的煤、风和水，自动调节其温度和状态，尽可能地提高运行效率、降低污染排放。

### 突破传统思维与技术壁垒

AI 火力发电优化技术的突破在于实现高度复杂的电站锅炉系统的全局性优化，得到现有工况下的最佳优化效果。其优化算法主要包括三个部分：（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。



火电机组系统高度复杂，一个 60 万千瓦的中型火电机组大约拥有上万个传感器测点，锅炉燃烧控制部分涉及 100 多个主要控制量，并且在运行过程中存在磨损、工况变化的情况。同时，火电机组在运行过程中包含众多安全约束条件，其燃烧过程无法通过无数次的试错模拟进行数据积累和预测优化。对此，京东技术团队通过仿真模拟、动态修正等不断尝试，分析处理机组不同负荷段大数据，由此解决“连续变量”带来的难题。同时引入约束网络，得出满足系统安全限制条件情况下的燃煤锅炉最优控制策略，一举突破使用物理或化学方式的传统优化路径。与传统火电优化方案相比，京东城市锅炉燃烧 AI 优化技术具有强适应性、可学习性、可修正性的巨大优势。

目前，这个方案已经在南宁一家火电厂通过第三方专家组的验收，实际运行结果显示，锅炉热效率在火力发电技术已经高度成熟的电厂运行方案基础上又提高了 0.5%。为了进一步推动该能源优化技术在全国火力发电厂的落地，京东城市已完成对该模型的产品化设计。该方案的完善可成为中国电力工业摆脱煤炭过渡期的重要支持，助力中国履行减排承诺。

## ◎ 项目重要影响及可持续性

在完成首个示范的基础上，京东数科将针对多种火力发电锅炉炉型进一步迭代完善现有锅炉燃烧优化模型相关技术，致力于为火电企业打造全方位节能、降本、增效赋能的智能方案。下一步，京东数科计划在 2019 年内完成 3 家二期试点电厂的迭代版燃烧优化模型落地验证以及其他智能电厂产品模块的孵化，2020 年计划将该技术推广至超过十家电厂。未来，京东数科将致力于实现全国 2000 多家电厂全覆盖的目标，预计每年为中国节约 630 万吨燃煤，节约 15 亿元的环境污染治理成本。

AI 火力发电能源优化项目的成功证明科技能够成为气候变化的创新解决方案。未来科技能够应用到更广泛领域的气候行动上，例如清洁能源、清洁汽车、低碳城市等地碳发展领域。拥有业务知识及成熟 AI 算法能力的京东数科已将 AI 与大数据技术拓展到燃气检修、水质预测等环保领域上，并正将智能城市操作系统推广至交通规划、环境管理、公共安全等领域。