

（一）工业锅炉智能控制混合云

1. 案例概述

工业锅炉，在我国国民生产生活中发挥着重要作用。随着经济的快速发展，我国正面临着亟须解决的能源稀缺问题和环境污染问题。作为重点能耗设备，工业锅炉能耗高、效率低的不足日益凸显；而节能减排，正是现阶段我国工业锅炉使用过程中，面临的重要挑战。

目前工业锅炉的污染排放量在全国居于首位，空气受其影响被污染的程度十分严重，为了构建绿色生态文明社会，工业锅炉的节能减排工作迫在眉睫。

工业设备上云是工业互联网平台建设和应用的重点、难点，也是切入点，意义十分重大。2018年7月工信部发布的《工业互联网平台建设及推广指南》，提出要“实施工业设备上云‘领跑者’计划”，并明确了四类十大重点工业设备，即以炼铁高炉、工业锅炉、石化设备为代表的高能耗设备，以柴油发动机、大中型电机、大型空压机为代表的高通用设备，以工程机械、数控机床为代表的高价值设备和以风电、光伏为代表的新能源设备。

工业锅炉面临着能效管理粗放、燃烧状态不透明、安全隐患高和水质波动大等痛点问题。以和利时、解决方案企业积极探索基于工业互联网平台推动工业锅炉上云，并开展锅炉能效管理、锅炉燃烧管控、锅炉健康管理 and 水处理优化等新型应用服务，全面优化工业锅炉运行方式，提升工业锅炉运行效率。

2020年5月，国家市场监督管理总局（国家标准化管理委员会）

发布《工业锅炉能效限定值及能效等级》(GB24500-2020)，并将于2021年6月1日起正式实施，这将加速推动工业锅炉上云改造的步伐。预计到2025年，上云工业锅炉将有望超过50%，工业锅炉上云改造的市场空间将持续扩大。

我国是全球工业锅炉生产应用数量最大、应用范围最广泛的国家，规模以上锅炉生产企业有千余家，2021年1-2月全国工业锅炉产量为54884.4蒸发量吨，同比增长59%。

我国工业锅炉容量小、数量大、布点散、能耗高，各生产厂家、检验机构和监管部门对自己的锅炉设备无法做到集中管理和控制，使得设备使用运行状态不明，产品维护成本高，发生故障定位维修时间长，产品升级换代缓慢。推动工业锅炉设备上云，可实时采集设备工况数据，结合大数据、人工智能等新兴技术，开展锅炉能效管理、锅炉燃烧管控、锅炉健康管理等智能服务，实现设备集中管理控制，改善能耗水平和绿色生产水平，因而工业锅炉上云的市场推广空间巨大。

本案例中，基于团队负责人和团队成员以往在锅炉热能行业丰富的研究、开发和工程经验，通过数值模拟技术和有关定制化软件的开发，可以深入并可视化地再造出锅炉/炉窑内部的物理场和化学场，从而为设备的改造提供科学依据。并且，通过上述分析，也能对锅炉/炉窑的运行提供更科学的建议，从而降低运行能耗。

基于本项目团队成员丰富的统计学和数据挖掘、机器学习的能力，针对锅炉/炉窑系统的历史数据库进行分析建模，从而为工业用户的大型装备提供诊断能力和预警提示。更重要的是，基于数据统计分析

的软件开发，可为工业用户的过程装备节能提供直接的指导（如更改设定点、优化控制参数等），从而优化操作，降低能耗。

本案例的创新点在于“数值模拟+数据挖掘”双轮驱动。首先，是锅炉数值模拟程序的开发，对锅炉系统进行数值模拟。团队熟悉锅炉等炉窑装备从设计到运行的全过程，因此可以将其数值仿真做得相当逼真。其次，是炉内化学反应过程模型的开发，炉内的数值仿真一直是业内的难点，本案例针对炉窑的设计和运行特点，专门开发相关的用户自定义程序模块，获得接近现场实测结果的高逼真模拟结果。第三，是炉窑系统关键参数的预估模型开发，通过历史数据分析建模，对锅炉负荷、烟气温度等关键参数进行模型预估，给现场调节手段（燃料、水位等）以相应的预测值作为提前量，为炉窑系统的顺行和节能提供重要的手段。最后，是多变量优化节能模块的开发，基于最优化算法，在一定的上下限范围内进行参数寻优计算，最终获得适应各种复杂约束条件下的一整套最优化的参数控制策略。该优化模块的开发将为锅炉的节能提供强大的控制手段。

2. 应用场景

场景 1：解决工业锅炉能效管理粗放问题

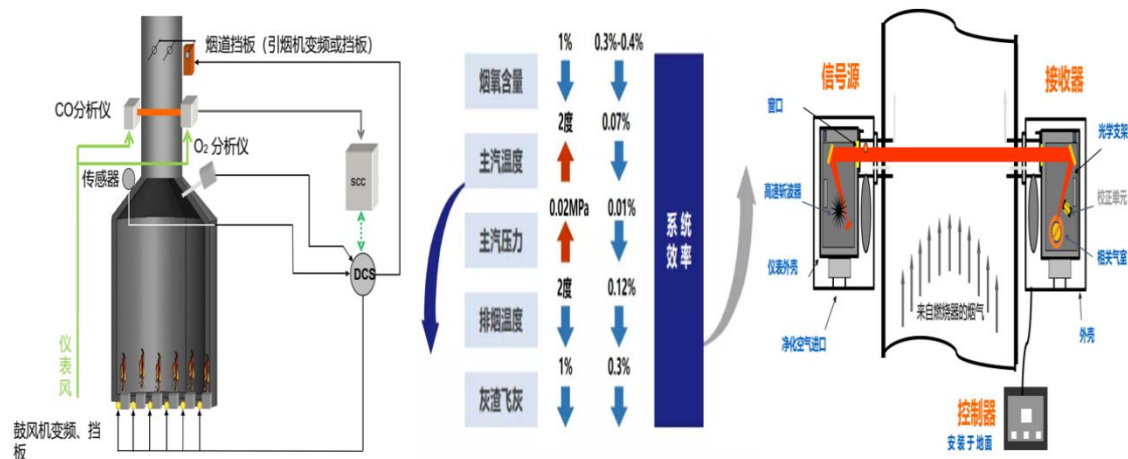
工业锅炉是工业生产中必不可少热力能转换设备，也是典型的高耗能设备。我国工业锅炉的效率低下，实际运行热效率往往低于理想热效率，比国外先进水平低 15%-20%，造成每年多消耗的煤炭约为两亿吨。

我国燃煤锅炉占全国工业锅炉总量的 85%左右，燃煤锅炉污染物

排放是重要污染源，年排放烟尘、二氧化硫、氮氧化物分别占全国排放总量的 33%、27%、9%。如，10t/h 以下燃煤工业锅炉大多没有配置有效除尘装置，基本没有脱硫脱硝设施，排放超标严重，偷排现象突出。构建了工业锅炉六大系统在线监控管理系统。

场景 2：解决工业锅炉燃烧状态不透明

煤粉燃烧过程工艺复杂，控制参量多，自动化控制技术复杂，实际操作以人工操作为主，大多数煤粉工业锅炉尚未实现煤粉储供、煤粉仓安全保护、炉膛安全检测、负荷调节、在线吹灰控制的有机集成以及全自动运行。监控系统功能基本上处于本地集中运行监控，运行监控和生产管理之间及时通信网络尚未连通，生产管理系统无法及时了解热源厂实际生产情况。构建工业锅炉先进燃烧控制系统。



来源：上海灏领科技集团有限公司

图 60 工业锅炉先进燃烧控制系统

场景 3：解决工业锅炉安全隐患高问题

工业锅炉是一种特种专业化设施设备，但是因为专业技术人员匮乏，缺乏对其性能与参数的专业性诊断，局部问题的存在很容易引发

重大安全隐患。企业大多按照时间制定工业锅炉检修计划，而非按照工业锅炉的运行状态制定锅炉检修计划，这就直接加大了工业锅炉出现故障的概率，大大降低了可用性。构建了工业锅炉全面优化控制系统。

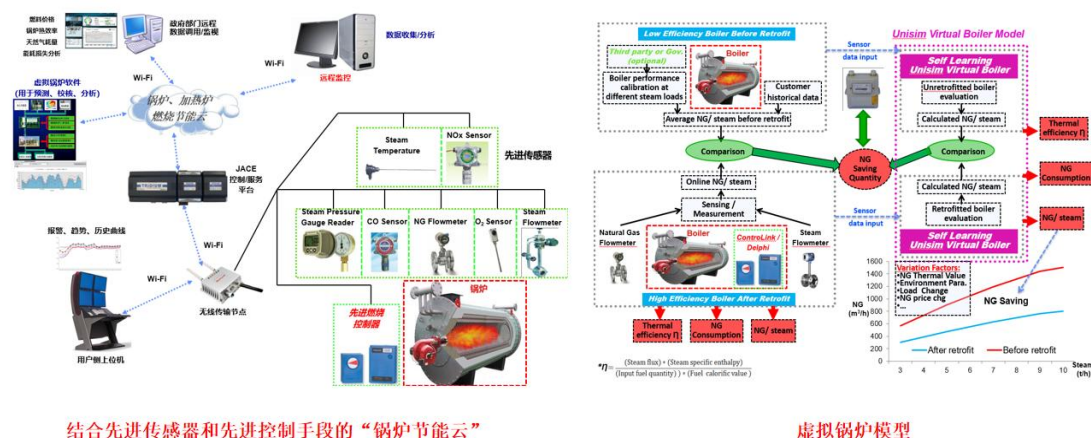


图 61 工业锅炉全面优化控制系统

案例应用中价值效益体现在能源管理系统实施完成后，全面提升企业对产线的管控水平，实现能耗的精细化管理，节约成本，提高企业生产效益。主要包括以下方面：

第一，节约经济成本，提高生产效益。由人工报表统计转变为平台全自动统计数据，极大提升了工作人员的工作效率，节约每年纸张费用。能源管理系统通过能耗可视化管理、能耗动态化监测从不同角度对能耗数据进行分析，及时发现能耗异常，根除能耗漏洞，减少能耗损失、降低运营成本，提高效益，实现可持续发展。

第二，实时监控运行数据，降低故障率。对工厂内关键的生产要素进行实时采集，全局收集设备触觉数据。多角度、多方式展示设备的工作状况和使用情况，提前对设备状态进行预判分析，对异常行为进行提前预警，减少设备故障率 60%。

第三，打通系统间数据孤岛，提高管理效率。能源管理系统是一个综合信息化管理平台，将所有分散的能源子系统进行统一的数据采集、存储。通过集中监视页面、集中报警中心等实现能源管控的集中化管理，通过比对生产车间、用能设备的能源投入产出比，挖掘各用能子系统的效能指标，持续不断地为管理人员提供合理的运行调节建议。

3. 案例总结

平台部署灵活并支持敏捷开发。本项目可部署在私有云或混合云平台，满足企业对数据私密性的要求。同时，平台功能支持模块化可配置，开放二次开发接口，当企业生产流程发生变更时，可随时根据实际场景进行业务流程改造。

降本增效综合实施效益显著。一是节省能源成本。基于能源管理系统，调度人员可以有效地平衡能源系统的最大负荷，一年电费支出降低 10%。二是提高能源二次利用率。对天然气、蒸汽等可二次利用能源的管理，提高天然气的使用效率 15%。三是降低设备故障率。系统将设备运行状态数据进行实时上报，提前预判设备运行故障，降低设备故障率 40%。四是减少人力投入，通过系统的远程数据监测和控制，可减少厂区 10%的巡检人员。

主要措施	类别		金额 (万元/年)
基于能源管理系统，调度人员可以有效地平衡能源系统的最大负荷，提高能源二次利用率	电费	降低10%	150
对天然气、蒸汽等可二次利用能源的管理，提高天然气的使用效率	天然气使用率	提高15%	300
系统将设备运行状态数据进行实时上报，提前预判设备运行故障，降低了设备故障率，节省了故障维护费用	故障率	降低40%	50
通过系统的远程数据监测和控制，减少了厂区 10%的巡检人员，降低人力投入成本，提高了企业效益	人力成本	减少10%	100
合计节省能源			600

图 62 平台主要实施成效