

Walsn®



基于CO/O₂双参量的 锅炉智能燃烧控制技术与应用解决方案

目 / 录

公司简介	01
基于 CO/O ₂ 双参量的 锅炉智能燃烧控制技术与应用解决方案	02
技术原理	02
系统构成	05
应用效益	06
典型案例	06
CO 项目技术成果	07
CO 燃烧优化专利	09
CO 燃烧优化软件著作权	10
用户证明	11
第三方报告	12

公司简介

Walsn 总部位于加拿大不列颠哥伦比亚省。为全球石油化工、电力和新能源行业提供测控设备、整体解决方案及能源工业过程优化控制智能系统。

沃森能源技术(廊坊)有限公司是**Walsn**的子公司，位于廊坊市广阳经济技术开发区。主要研发和生产过程工业所涉及的智能锅炉燃烧优化系统、新能源材料自控化控制系统、工业过程控制的安全和监测仪表。

沃森能源技术(廊坊)有限公司与中国多个大学和研究机构进行技术开发合作。2020年7月16日，**Walsn**公司与华中科技大学签署技术开发合作协议。本研发技术国际领先，适用于火力发电厂、工业窑炉、生物质锅炉、生物炭生产、煤炭开采等需要对煤、生物质、生物炭等快速检测领域。本技术已取得发明专利11项，形成了系列知识产权。



基于 CO/O₂ 双参量的 锅炉智能燃烧控制技术与应用解决方案

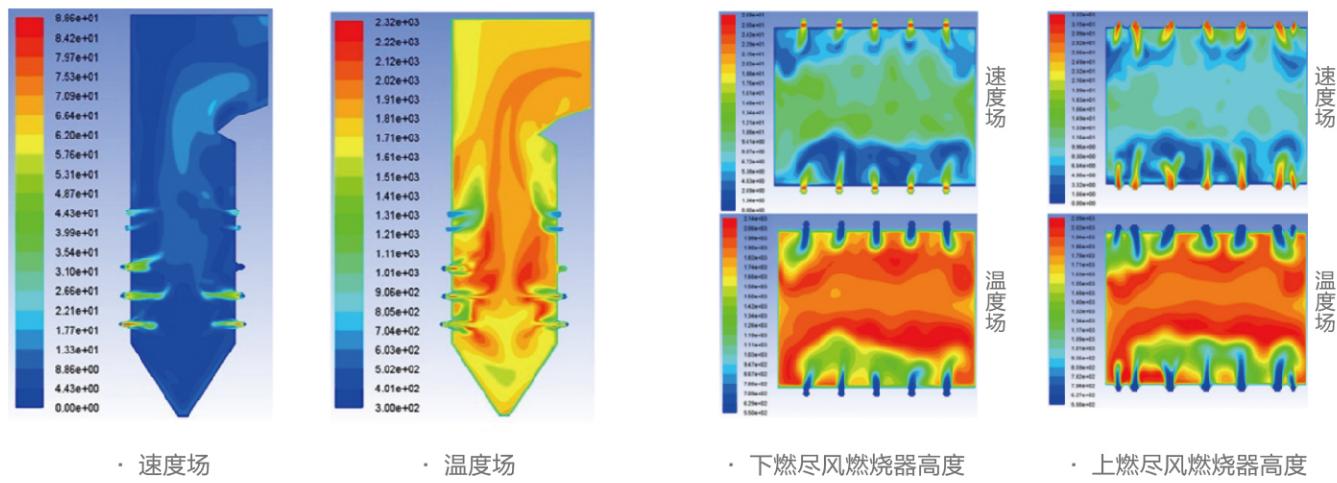
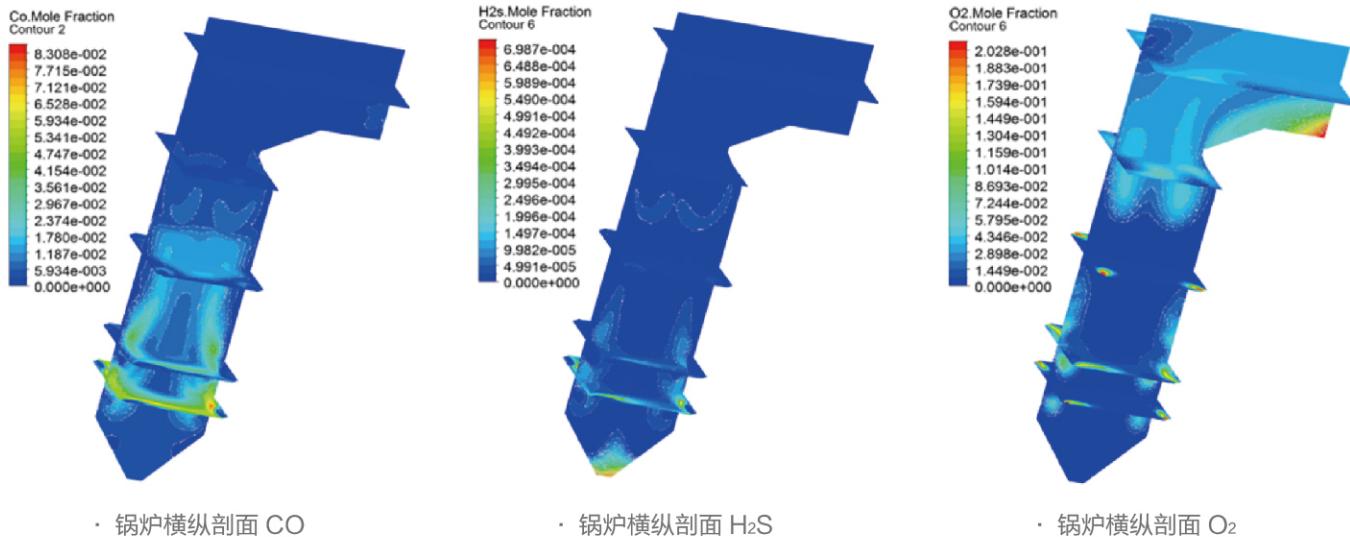
基于 CO/O₂ 双参量的锅炉智能燃烧控制技术与应用是解决当前燃煤发电系统能源安全、高效、清洁利用的核心技术，开发和构建有效的锅炉智能燃烧模型、软件及控制系统是国家能源领域的重大需求。针对燃烧过程中锅炉高效燃烧、低氮排放、高温腐蚀 / 结焦三者之间的突出矛盾，沃森能源技术（廊坊）有限公司联合华中科技大学煤燃烧国家重点实验室开发了“基于 CO/O₂ 双参量的锅炉智能燃烧控制系统（简称：SCCS-CO/O₂ 系统）”，为用户提供燃煤锅炉燃烧过程的最佳应用解决方案，有效改善和缓解燃烧过程中锅炉高效燃烧、低氮排放、高温腐蚀 / 结焦等问题。

技术原理

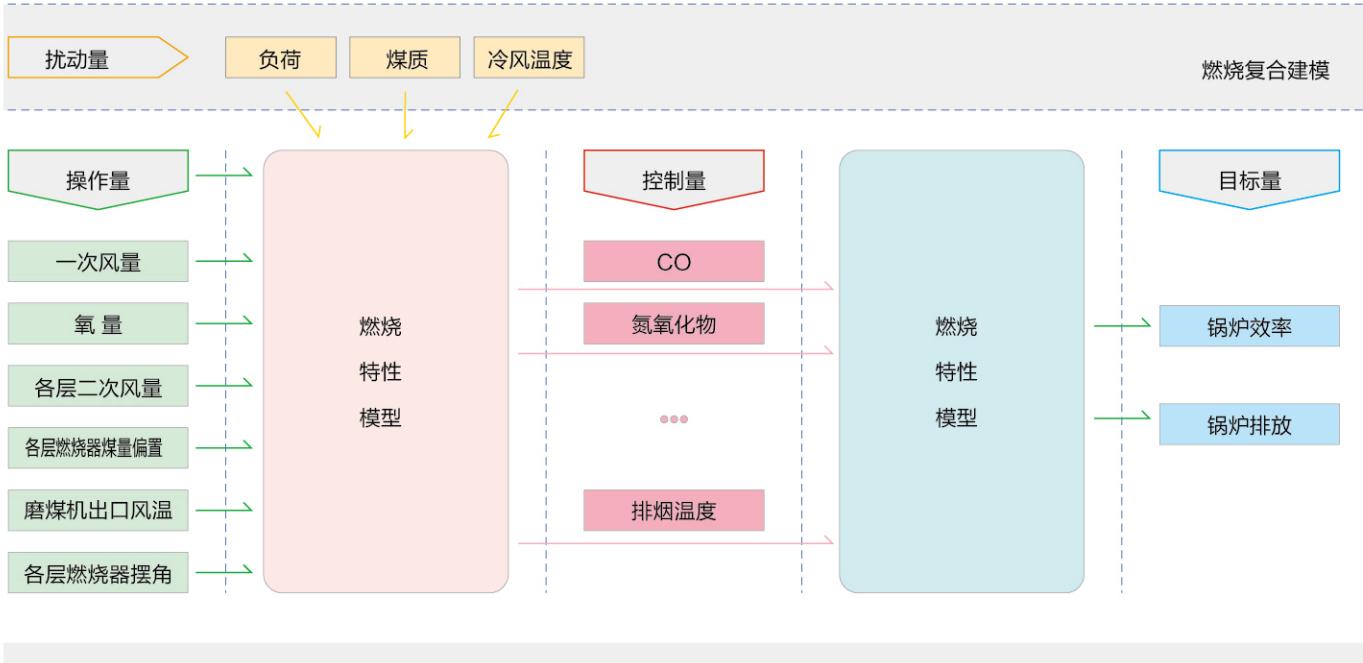
(1) 采用锅炉烟道及炉膛 CO 网格式多点在线监测方法，通过专利技术的除焦、防磨、防堵的全流程烟气预处理装置，实时采集烟道或炉膛侧的烟气；利用宽量程、抗干扰技术的 CO 传感器检测单元，实现燃烧过程 CO 浓度的全流程高精度可靠在线测量；并突破了高温、高粉尘、高磨损条件下炉膛贴壁高浓度 CO 还原性气氛的监测难题。



(2) 构建 CO- 锅炉效率及 CO-NOx 内在关联关系模型, 采用 CO/O₂ 双参量的锅炉动态燃烧评价方法; 以安全性指标为约束条件, 实时计算锅炉高效燃烧与低氮排放综合指数; 同时, 建立锅炉水冷壁腐蚀速率 - 壁面 H₂S/CO 关联特性模型, 有效切断锅炉高温腐蚀 / 结焦的“温度、扩散、壁面条件”三要素的综合防治方法。最终构建基于 CO/O₂ 双参量的锅炉动态智能燃烧模型, 解决锅炉高效燃烧、低氮排放、高温腐蚀 / 结焦三者之间的矛盾。

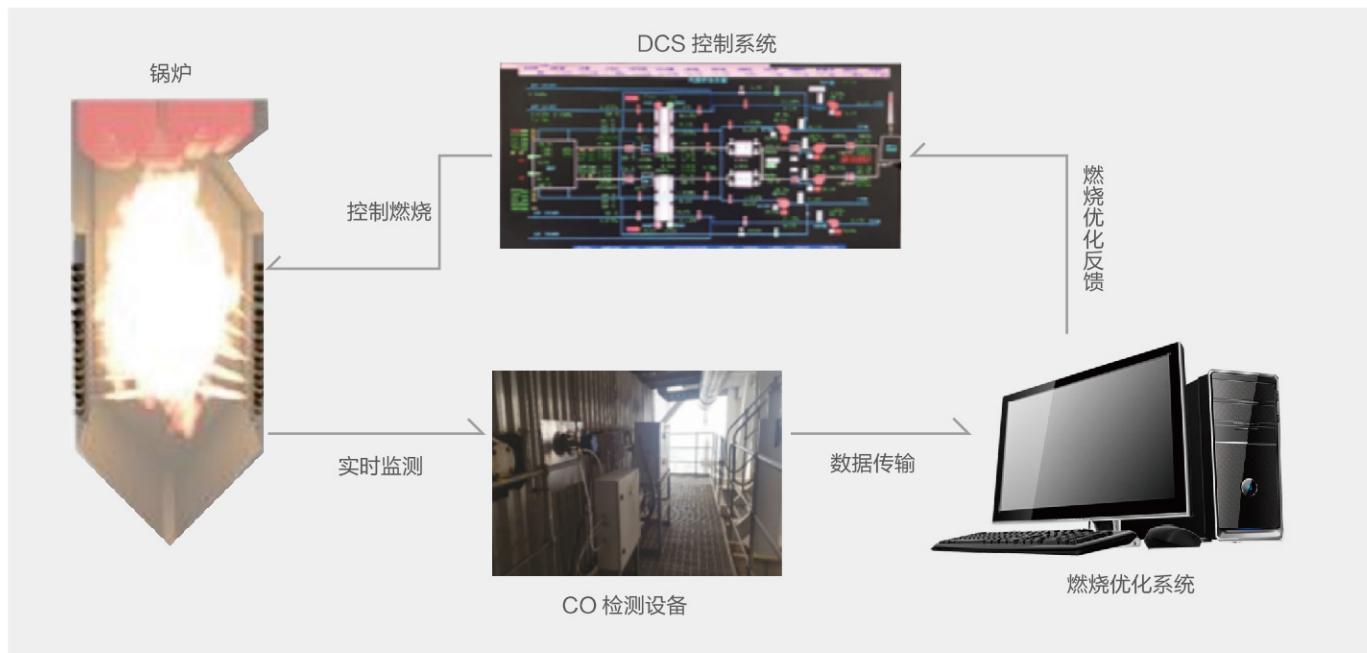


(3) 基于大数据挖掘与烟气多组分在线监测方法，采用锅炉 CO/O₂ 双参量联合控制燃烧技术策略，运用计算机软件实现基于 CO/O₂ 双参量联控的锅炉总氧量、分级氧量、分层氧量等多维度的动态智能燃烧控制系统。



II 系统构成

- 网格式多点 CO 在线监测设备；安装于炉膛侧（主燃区、还原区、燃尽区）和烟道侧。
- 基于 CO/O₂ 双参量的锅炉智能燃烧控制系统服务器（简称：SCCS-CO/O₂ 系统）。
- SCCS-CO/O₂ 系统与 DCS 控制系统的双向数据实时传输，通过 DCS 系统获得锅炉运行工况参数。由 SCCS-CO/O₂ 系统基于燃烧优化模型和综合寻优方法进行在线寻优，输出优化运算结果，并把运算结果传输到 DCS 系统，从而形成闭环控制网络，用于实时在线闭环控制配煤和配风等策略，使锅炉持续运行在优化燃烧的状态。



|| 应用效益

本项目技术成果显著提高了我国电站锅炉的燃烧效率、降低了 NO_x 排放、抑制了锅炉水冷壁高温腐蚀 / 结焦。以 1000MW 机组锅炉为例，应用本技术后，锅炉效率提高 0.49%，炉膛出口 NO_x 排放减少 5%，有效降低了锅炉高温腐蚀 / 结焦风险，提高了锅炉的煤种适应性和燃烧调整灵活性。本技术大规模工程应用有效推动了我国高效、低碳、洁净燃煤技术发展，为我国环境友好型、资源节约型“两型社会”发展提供了关键支撑。

|| 典型案例

某发电厂锅炉为 DG3000/26.15-II 型高效超超临界参数变压直流炉，采用单炉膛、一次中间再热、平衡通风、运转层以上露天布置、固态排渣、全钢构架、全悬吊结构 II 型锅炉。在炉膛前后墙分三层布置低 NO_x 旋流式 HT-NR3 煤粉燃烧器，每层布置 8 只，全炉共设有 48 支燃烧器。前后墙各布置 24 只。在前后墙距最上层燃烧器喷口一定距离布置燃尽风喷口（OAP），每层 10 个。

该项目在锅炉炉尾部烟道省煤器出口处装设 4 套常温型 Walsn CEA-100 CO 在线监测装置；并在炉膛装设 10 套高温型 Walsn CEA-100-H CO 在线监测装置，分别在炉膛左、右侧墙的各装设 5 套，共 10 套。

该 SCCS-CO/O₂ 系统投入运行后，经第三方的性能考核试验，考核结果表明：运行 CO 建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，锅炉效率提高约 0.49%，氮氧化物排放浓度下降 5%，在 1000MW 负荷下省煤器出口 CO 排放浓度降低，有效降低了锅炉高温腐蚀 / 结焦风险，提高了锅炉的煤种适应性和燃烧调整灵活性。

I CO 项目技术成果

成果	登记号	
登记	批准日期	

科学技术成果鉴定证书

动学鉴字 [2020] 第 21 号

成 果 名 称：基于 CO/O₂ 双参量的锅炉智能燃烧
控制技术与应用

完 成 单 位：华中科技大学

沃森能源技术（廊坊）有限公司

鉴 定 形 式：会议鉴定

组织鉴定单位：中国动力工程学会 (盖章)

鉴 定 日 期：2020 年 12 月 22 日

鉴定批准日期：2020 年 12 月 23 日

中华人民共和国科学技术部

一九九四年制

鉴 定 意 见

2020 年 12 月 22 日，中国动力工程学会在武汉组织召开了“基于 CO/O₂ 双参量的锅炉智能燃烧控制技术与应用”项目成果鉴定会，鉴定委员会（名单附后）审阅了项目的鉴定材料，听取了项目的总结报告、技术报告、测试报告和查新报告，经质询和讨论，形成如下意见：

1. 所提交的鉴定材料齐全，内容翔实，符合鉴定要求。
2. 提出了以安全性指标为约束条件的锅炉高效燃烧与低氮排放综合评价指数，构建了基于 CO/O₂ 双参量的锅炉动态智能燃烧模型，建立了切断锅炉高温腐蚀/结焦的“温度、扩散、壁面条件”三要素的综合防治方法，解决了锅炉高效燃烧、低氮排放、高温腐蚀/结焦三者之间的突出矛盾。
3. 发明了锅炉 CO 网格式多点在线监测方法，开发了高精度电化学双传感器冗余结构设计的宽温区 CO 在线监测系统，实现了高温、高粉尘、高磨损条件下 CO 浓度的全流程高精度可靠在线测量。
4. 提出了锅炉 CO/O₂ 双参量联合控制燃烧技术，发明了基于 CO/O₂ 双参量联控的锅炉总氧量、分级氧量、分层氧量的动态智能燃烧控制系统，为智慧电厂构建提供了关键支撑。
5. 项目成果应用到华电、华能等大型发电集团中的数百家电厂，并出口至巴基斯坦、孟加拉国、菲律宾、印度、印尼等国家，产生了显著的经济和社会效益，推动了我国燃煤电站智能燃烧技术和产业的发展。

鉴定委员会认为，该项目针对我国燃煤机组在实施超低排放过程中发生的锅炉效率、水冷壁腐蚀/结焦和低氮排放之间的矛盾，提出了一套先进测量方法和控制策略，找到了一套独特的解决方案。创新性强、应用效果好，具有显著的社会经济效益，项目总体达到国际先进水平，其中在锅炉动态智能燃烧模型与 CO/O₂ 测量技术相结合方面处于国际领先。

CO 燃烧优化专利



CO 燃烧优化软件著作权



用户证明

用户证明

我厂 2 台 650MW 机组采用 HG-1913/25.4-YM3 型锅炉是哈尔滨锅炉厂有限责任公司设计制造的。锅炉为一次中间再热、超临界压力变压运行 n 型布置直流锅炉。采用前后墙布置、对冲燃烧，6 台中速磨煤机配正压直吹制粉系统。从 2013 年实施低氮燃烧改造以来，锅炉水冷壁一直存在较严重的高温腐蚀情况。为缓解水冷壁高温腐蚀，2019 年 5 月实施了贴壁风改造。在 #1 锅炉左右两侧墙各布置三层贴壁风，每层对应布置两个贴壁风喷口，贴壁风喷口标高在每层燃烧器上方，位于侧墙中心区域。新增贴壁风风箱经侧墙的大风箱取风，每侧墙布置两个贴壁风风箱，每个贴壁风风箱负责纵向三个贴壁风喷口。

为检验贴壁风改造效果并实时监测炉内关键部位的壁面还原性氛围和高温腐蚀的风险，指导运行人员合理调整控制炉内的燃烧状况，现场在两侧墙中心线距离上层贴壁风喷口以上 3.6 米的位置各选择一个测点，安装了两套型号为 Walsn CEA-100-H 高温型 CO 在线监测装置。现场运行根据壁面处实时 CO 浓度值，可判断贴壁风的效果及腐蚀风险的高低，并及时进行相应的调整操作，保证在高效、低污染燃烧的情况下，最大限度地减小锅炉水冷壁的高温腐蚀风险，取得了较好的效果。

国家能源集团国电投发电有限公司生产技术部
2019 年 8 月 16 日

应用证明

华能海门电厂于 2019 年 1 月在 1 号锅炉上实施了“基于 CO 在线监测建模的锅炉燃烧优化”项目，该项目由汕头市泓达电力设备有限公司承包实施，设备供货及设计由华中科技大学煤燃烧国家重点实验室与沃森能源技术（廊坊）有限公司联合研发。该系统投入运行后，西安热工院对该项目做了第三方性能考核试验，考核结果表明：CO 建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，锅炉效率提高约 0.49%，氮氧化物排放浓度下降 5%，1000MW 负荷下省煤器出口 CO 排放浓度降低 2054uL/L，有效降低了锅炉高温腐蚀/结焦风险，提高了锅炉的煤种适应性和燃烧调整灵活性。（详情见试验报告 TPRI-SB-RB-099-2019）

特此证明！

华能海门电厂
年 月 日

应用证明

华能海门电厂于 2019 年 1 月在 1 号锅炉上实施了“基于 CO 在线监测建模的锅炉燃烧优化”项目，该项目由汕头市泓达电力设备有限公司承包实施，设备供货及设计由华中科技大学煤燃烧国家重点实验室与沃森能源技术（廊坊）有限公司联合研发。该系统投入运行后，西安热工院对该项目做了第三方性能考核试验，考核结果表明：CO 建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，锅炉效率提高约 0.49%，氮氧化物排放浓度下降 5%，1000MW 负荷下省煤器出口 CO 排放浓度降低 2054uL/L，有效降低了锅炉高温腐蚀/结焦风险，提高了锅炉的煤种适应性和燃烧调整灵活性。（详情见试验报告 TPRI-SB-RB-099-2019）

特此证明！

华能海门电厂
年 月 日

用户报告

我公司济南章丘区生活垃圾焚烧发电厂项目一期工程采用国内先进的 3×400 吨/日三驱动机械炉排炉生活垃圾焚烧设备，配置两台额定功率为 12MW 的凝汽式汽轮发电机组。考虑到炉内烟气 CO 浓度能直接反映焚烧炉设备的燃烧效率，同时也与焚烧炉污染物（包括 NOX、二噁英等）等直接相关，为了能在线精确测量炉内烟气 CO 气体成分浓度，工程在省煤器出口烟道处设计安装了型号为 Walsn CEA-100 CO 在线检测装置，并将信号接入 DCS 指导运行人员及时进行必要的运行调整，以实现基于 CO 和 O₂ 双参数的精细化的燃烧调整。

设备 2019 年 3 月投运后，加拿大沃森又针对垃圾焚烧炉现场易出现的结晶堵塞情况进行了升级，现运行稳定，数据准确，维护量小，取得了较好的效果。

章丘绿色动力再生能源有限公司
2020 年 2 月

应用证明

华中科技大学承担的“燃煤锅炉低氮燃烧改造后结焦防治研究与应用”项目开发了锅炉防结焦大动量自保护燃烧器系统并在华电青岛发电有限公司#1、#2机组应用，同时结合锅炉防结焦燃烧优化控制技术，解决了掉焦灭火问题。项目整体应用实施后，青岛公司未发生因掉焦导致的停机事故，锅炉安全性明显提升。锅炉性能考核结果表明锅炉效率提高约1.02%，NOx排放有明显程度降低。项目实现了锅炉煤种适应性增强10%以上，提高了燃烧调整灵活性和燃烧效率，单台机组节约运行成本达595万元/年，项目指标达到要求，内容整体圆满完成。

特此证明！

华电青岛发电有限公司
2020年8月10日

用户证明

河源电厂一期为2×600MW超超临界机组，锅炉为哈尔滨锅炉厂设计生产的超超临界参数变压运行直流锅炉，采用II型布置、单炉膛、改进型低NOx分级送风燃烧系统、湍式切圆燃烧方式，炉膛采用内螺纹管垂直上升膜式水冷壁、带再循环系统的启动系统、一次中间再热。1号机组锅炉在2016年年底实施低氮燃烧器改造，锅炉水冷壁改造前存在明显的高温腐蚀，为保证低氮高效燃烧的同时降低水冷壁高温腐蚀的风险，现场于2016年12月在锅炉炉膛前后墙的上部区D层燃烧器与E层燃烧器之间分别安装了由武汉恒泰思创电力技术有限公司提供的Walsn CEA-100-H型CO在线监测装置4套。

该CO在线监测装置主要由探头单元、取样单元、反吹控制单元、温控单元以及分析单元等组成。在线监测炉内十处区域CO生成量的基础上，通过依据CO数据进行系统的燃烧优化调整，摸索出一套合理的运行调整措施和手段，保证在高效、低污染燃烧的情况下，最大限度地减小锅炉炉膛水冷壁的高温腐蚀的风险。

特此证明！

深能合和电力（河南）有限公司
2017年8月17日

Walsn 产品使用报告

我公司华能西宁热电有限责任公司于2017年11月使用 Walsn CEA-100 燃烧效率分析仪产品，自投运以来设备运行稳定，维护量小，数据准确，售后服务及时到位。

单位名称：华能西宁热电有限责任公司
日期：2018.1.5

用户使用报告

项目名称	日照钢铁新源热力(2×300MW)脱硝系统升级改造项目
应用单位	日照钢铁新源热力有限公司
通讯地址	山东省日照市沿海路600号
产品名称型号	CEA-100 燃烧效率分析仪
使用数量	两台

用户评价及意见：

经过6个月的实际使用，我们认为加拿大沃森实业有限公司的CEA-100燃烧效率分析仪，总体来讲操作简便，具有准确、及时、高效、维护简单等特点和较好的性价比优势，符合本厂烟气CO在线监测的要求。

经过实际使用之后，我们认为该产品综合性能良好，值得推广。

签字（章）：王明龙
2016年11月07日

第三方报告

TPRI

合同编号: TPRI/SB-CA-057-2019A
报告编号: TPRI/SB-RB-099-2019

华能海门电厂1号锅炉 基于CO建模燃烧优化改造工程 性能试验报告

西安热工研究院有限公司

2019年7月

TPRI 西安热工研究院有限公司技术报告

摘要

华能国际电力股份有限公司海门电厂（下称“华能海门电厂”）1号锅炉于2019年1月完成了A修，检修期间加装了锅炉燃烧效率分析CO建模系统，为评估该系统运行状态和性能。华能海门电厂委托西安热工研究院有限公司对1号机组进行了锅炉燃烧效率分析CO建模系统评估试验。评估试验开始前，对锅炉进行了燃烧优化调整试验，同时将CO建模系统的相关数据应用于燃烧调整试验结果中，将锅炉调整至最佳运行状态。

本次试验主要结论如下：

CO建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，1000MW、750MW和500MW负荷工况下，实测锅炉热效率分别为94.35%、94.50%和94.96%，修正后的锅炉热效率分别为94.21%、94.71%和94.83%，满足技术协议中“改造后1000MW、750MW和500MW负荷锅炉热效率比改造前对应负荷锅炉热效率（93.08%、94.08%和93.92%）提高0.3%”的性能保证值要求。

CO建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，1000MW、750MW和500MW负荷工况下，省煤器出口NOx排放浓度分别为139mg/m³、115mg/m³和128mg/m³，满足技术协议中“改造后1000MW、750MW和500MW负荷SCR入口NOx排放浓度比改造前对应负荷NOx排放浓度（156mg/m³、122mg/m³、145mg/m³）下降5%”的性能保证值要求。

CO建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，1000MW、750MW和500MW负荷工况下，省煤器出口CO排放浓度分别为483μL/L、178μL/L和68μL/L。

CO建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，1000MW、750MW和500MW负荷工况下，锅炉排烟温度实测值分别为134.4℃、122.2℃和127.0℃，经过进风温度和给水温度修正后的排烟温度分别为129.2℃、119.5℃和123.1℃。

CO建模系统调试和燃烧优化调整试验之后，1000MW、750MW和500MW负荷工况下，飞灰可燃物含量平均值分别为0.34%、0.31%和0.37%，炉渣可燃物含量分别为0.46%、0.87%和0.55%。

关键词：锅炉热效率；CO建模系统；性能试验

结论及建议

燃烧优化系统数据准确性评价

1. 系统输入的煤质数据(SIS 系统)与实际燃用煤质数据基本相符，准确性良好。
2. 系统显示的灰渣含碳量、排烟温度、排烟氧量，CO 浓度与实测值基本一致。
3. 锅炉炉膛及烟道侧安装的共 14 套 CO 在线监测装置，测点选取合理，设备运行稳定，达到长期稳定运行要求。
4. 锅炉燃烧优化调整试验之前，锅炉在约 300MW、400MW、450MW、500MW 和 600MW 负荷工况条件下，燃烧优化系统计算的锅炉热效率分别为 92.8%、93.4%、93.2%、93.0% 和 92.7%，实测锅炉热效率分别约为 92.76%、93.38%、93.29%、92.96% 和 92.63%，燃烧优化系统计算的锅炉热效率与实测锅炉热效率基本一致，精度满足工业应用要求。



燃烧优化系统优化效果评价

1. 锅炉燃烧优化调整试验之前，锅炉在约 300MW、400MW、450MW、500MW 和 600MW 负荷工况条件下，燃烧优化系统正常输出了运行的指导建议以及锅总氧量偏置系数与各层二次风门建议开度，预测锅炉热效率分别可提升至 93.0%，93.5%，93.5%、93.5% 和 92.9%，锅炉热效率预测分别提高约 0.2%、0.1%、0.3% 0.5% 和 0.2%。

2. 参考锅炉燃烧优化系统的建议参数，进行锅炉燃烧优化调整试验之后，锅炉在约 300MW、400MW、450MW、500MW 和 600MW 负荷工况条件下，实测的锅炉热效率分别达到 93.15%、93.51%、93.51%、93.34% 和 92.83%，锅炉炉膛出口的氮氧化物排放浓度基本保持不变，锅炉热效率实测分别提高了约 0.39%、0.13%、0.22%、0.38% 和 0.20%，折合煤耗分别降低约 1.41g/kW · h、0.48g/kW · h、0.81g/kW · h、1.38g/kW · h 和 0.70g/kW · h，与燃烧优化系统预测的锅炉热效率提升值基本一致。

3. 由试验的数据可以看出，该系统对提升锅炉运行经济性具有较好的指导意义，系统在指导提升炉效的同时，还兼顾控制 NOx 浓度生成量，以及保持监视水冷壁还原性气氛，燃烧整体控制效果良好。



Walsn®

北京办公室

北京市海淀区上地东路 1 号院 5 号楼 204

Tel: +86-10-58856890 | Fax: +86-10-58856997

服务电话: 010-59793657

沃森能源技术(廊坊)有限公司

中国 · 廊坊市广阳经济开发区畅祥道 10 号

Tel: +86-316-2881500 | Fax: +86-316-2881502

邮箱 : walsn@walsn.com / walsn@walsn.com.cn

服务热线 : 400-800-3658

客服邮箱 : service@walsn.com
