

SCCS电站锅炉智能燃烧优化控制系统



Walsn

Today's Quality for Tomorrow's World
Walsn Enterprises Ltd.





SCCS电站锅炉智能燃烧优化控制系统

沃森能源联合华中科技大学煤燃烧国家重点实验室研发锅炉智慧燃烧整体解决方案。

系列方案包括：

- 基于烟道CO在线监测的锅炉燃烧优化控制系统（Walsn BCOCS-FCO）
- 基于炉膛CO在线监测的锅炉防高温腐蚀结焦结渣的燃烧优化系统（Walsn PCS BCOS-CO）
- 基于Field技术的锅炉燃烧优化控制系统（Walsn BCOCS-Field）

目 录

一、公司简介	01
二、行业背景	02
三、技术原理	04
四、系统构成	06
五、系统功能	10
六、预期效益	12
七、应用业绩	13
八、服务承诺	17



Walsn实业有限公司总部位于加拿大不列颠哥伦比亚省，是工业自动化领域仪器仪表产品的专业供应商。并为全球客户提供量身定做的工业自动化解决方案。

我们深刻理解产品之于客户的价值——可靠、易维护、高性能以及良好的使用体验：

- ◆ 可靠性设计和大量可靠性试验验证
- ◆ 强大用户需求数据库的模块化设计
- ◆ 精益制造体系下的标准化生产和工艺

我们如此重视用户的意見，在全球很多地区，建立了专门的服务中心，并把自己定位为用户肩并肩的伙伴，与客户一起共度产品应用的全过程

- ◆ 遍布各地的服务网络，方便你随时找到想要的信息及服务
- ◆ 为了使你没有后顾之忧，保证所提供的支持都是用户必须和恰当的
- ◆ 响应总是很快、价格总是很合理、问题总是能够解决

人，是Walsn最核心的资源，我们持续给予他们培植和浇灌。和我们一起成长的不仅有行业专家、工程师，还包括每位耕耘在一线的员工。对于客户和用户而言，我们始终把企业发展带来的利益与之分享，Walsn的3S分享模式包括

- ◆ 分享知识和经验
- ◆ 分享成长和荣誉
- ◆ 分享利益和未来

作为一个能够长期获得成功的公司来说，关注员工的健康、安全和幸福生活是Walsn的宗旨；建立并维护一个不分人种、阶层、年龄、性别、信仰的工作环境是Walsn所采取的方式；提供有竞争力的薪酬和目标化的培训，使高端人才加盟并且激发他们的创新是公司政策。

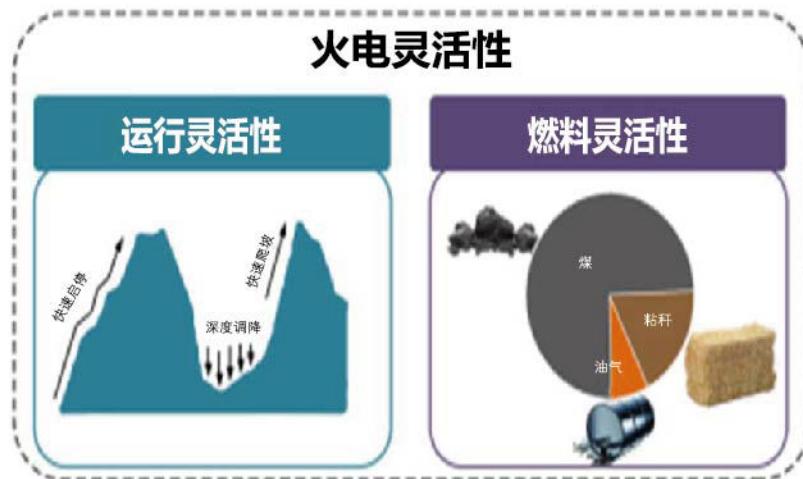
Walsn最根本的角色，就是为其合作伙伴创造价值，并且和客户、员工保持紧密合作、不断进步。在这瞬息万变的市场上，请打开您的思维想象，我们来为您搭建成功的舞台！您的愿景，就是我们的使命！

二、行业背景

- 1、解决燃煤锅炉高效低污染安全运行中存在的与燃烧相关的典型问题
- 2、提供智慧电厂中锅炉智能燃烧关键技术

燃煤锅炉面临的三大挑战与机遇

- ◆ 超净排放，要求炉内深度脱硝，而深度脱硝与高效燃烧、安全燃烧存在本质矛盾
- ◆ 深度调峰带来锅炉高效、稳定、低氮燃烧矛盾突出
- ◆ 300g/Kwh或310g/Kwh强制煤耗指标日益紧迫



煤电节能减排升级与改造行动计划 (2014—2020年)

(二) 行动目标。全国新建燃煤发电机组平均供电煤耗低于300克标准煤/千瓦时(以下简称“克/千瓦时”)。到2020年,现役燃煤发电机组改造后平均供电煤耗低于310克/千瓦时,其中现役60万千瓦及以上机组(除空冷机组外)改造后平均供电煤耗低于300克/千时。



燃烧是燃煤锅炉最核心的部分。炉内燃烧过程的好坏，不仅直接关系到锅炉的生产能力和生产过程的可靠性，而且在很大程度上决定了锅炉运行的经济性和环保性。而实际运行中，由于煤质、负荷及燃烧器的工况变化非常频繁，通过燃烧调整与控制，时刻保证锅炉在满足外界负荷需要的蒸汽数量和品质的基础上安全、经济、环保运行是最基本也是最重要的工作。

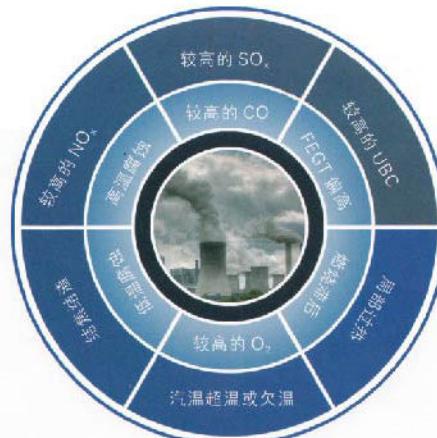
传统燃烧调整控制方法的不足之处：

- ◆ 燃烧过程所涉及的关键参数的在线测量技术存在不足，如炉内烟气流场、温度场、燃烧产物浓度场，入炉煤煤质、风粉浓度、煤粉细度等在线测量还是难点，炉内燃烧状态无法精准把控。
- ◆ 氧量测量误差（漏风、漂移、烟气成分分布不均、粉尘污染等影响）、测量滞后及敏感性差等问题，导致无法精细化控制氧量来优化燃烧。尤其是在现代锅炉普遍采用低氮燃烧的情况下，炉出氧量无法评判分级燃烧最优比例，也无法评判CO生成量及炉内局部混合不均燃烧恶化的情况。
- ◆ 常规燃烧调整试验结果的时效性较差。

燃烧优化调整与控制技术的发展方向：

- ◆ 基于O2和CO双参数实时在线监测技术取代O2单参数实时监测技术，是现代锅炉高效安全环保运行的基础。
- ◆ 基于O2和CO双参数实时在线监测与自动燃烧控制技术，是智慧锅炉的核心发展方向。

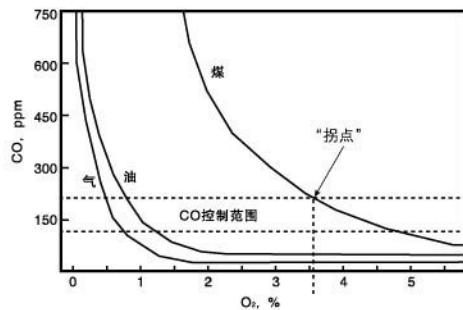
国内低氮改造
带来的主要问题



三、技术原理

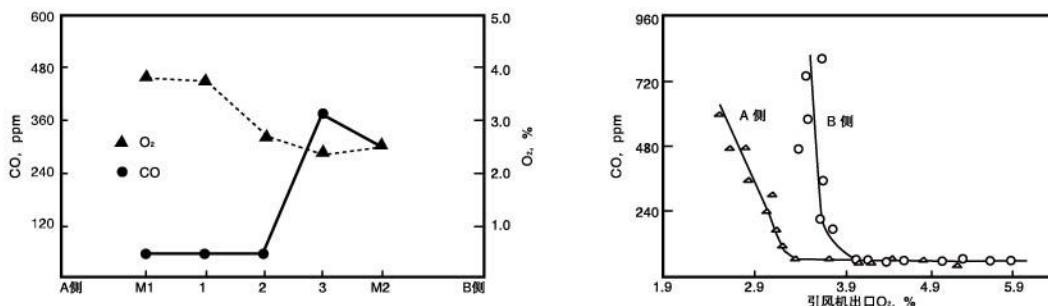
比较而言，烟气中CO表现出不同的特征

- 1 > 烟气CO受锅炉漏风的影响比氧量小得多；CO比O₂对燃烧状况的变化更敏感。
- 2 > 在一定的工况条件下，烟气CO与过量空气（O₂）存在一一对应关系。

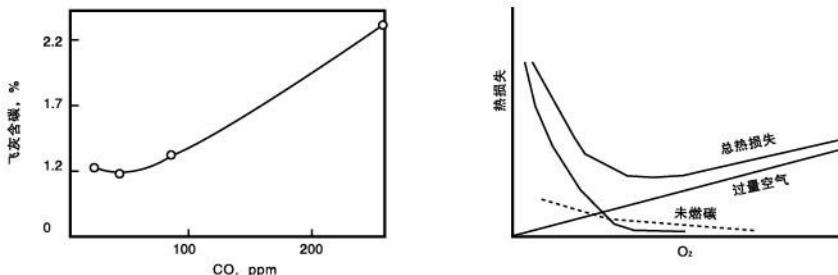


燃用不同燃料时CO，O₂的关系曲线图

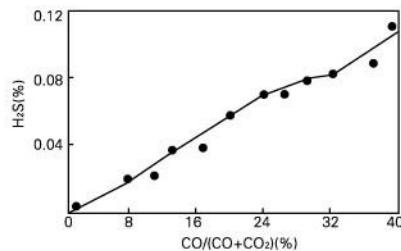
- 3 > 烟气CO能及时反映炉内局部缺氧（风）情况



4 > 烟气CO、O₂与未燃碳热损失、化学不完全燃烧热损失、排烟热损失存在显著的对应关系

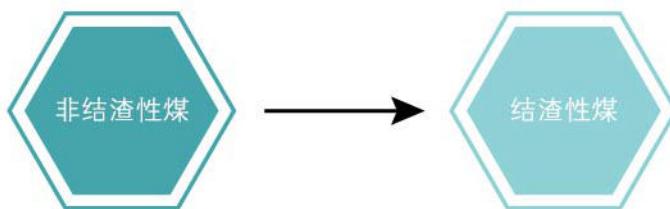


5 > 炉墙局部烟气CO浓度与近壁H₂S存在显著的正相关关系



6 > 烟气CO与灰熔点存在明确的关联关系

在还原性气氛下，Fe₂O₃会还原成灰熔点较低的FeO，而且FeO最容易与灰渣中的SiO₂形成熔点很低的2FeO·SiO₂，其灰熔点明显下降。



7 > 烟气CO浓度与火焰偏斜有明显的正相关关系

炉内流场不合理，发生火焰偏斜冲刷水冷壁时，火焰中含有未燃尽的煤粉，在水冷壁附近缺氧燃烧，产生还原性气氛，CO会明显升高。

因此，通过在线监测锅炉炉侧和烟道侧CO浓度，采用CO+O₂联合调整，能充分地进行精细化燃烧调整控制，科学合理地在炉效与炉膛出口NOX排放之间找到平衡点，确保锅炉在最佳风量下运行；能及时判断炉内是否出现火焰偏斜、煤粉冲刷水冷壁、水冷壁贴壁氛围是否合理等，及时发现和调整降低炉内结渣、水冷壁高温腐蚀、局部超温爆管等风险，切实保证锅炉高效、可靠、低污染运行。

四、系统构成

系统将自动完成数据采集、数据分类、模型建立、数据寻优、数值模拟、基于CO在线监测的燃烧优化闭环控制以及可视化的燃烧优化调整指导等功能。

1、硬件系统

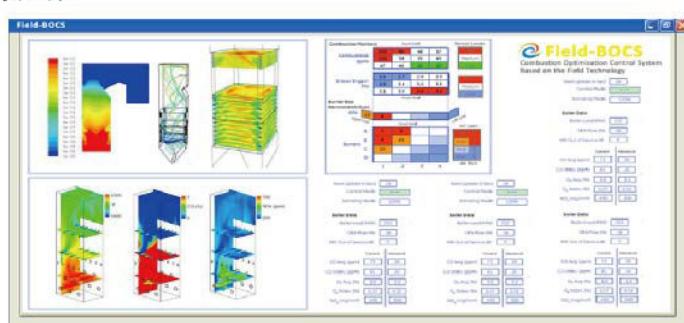
(1) 基于CO在线(实时)监测的Field专利技术燃烧状态监测系统。

Field燃烧状态监控系统在锅炉炉膛及烟道安装多套Walsn CEA-100-H和Walsn CEA-100在线监测装置，通过对锅炉炉膛和烟道多点烟气CO浓度的在线监测，采用计算流体力学的方法建立炉膛的流动、燃烧和传热模型，模拟烟气CO在炉膛、烟道中的运动轨迹，进而构建烟气CO浓度场，为锅炉燃烧优化调整提供有效可靠的科学依据。

(2) 服务器

(3) 通讯模块

(4) 通讯电缆等附件



Field专利技术分布场示意

2、软件系统

(1) 数据来源于DCS系统及CO在线测量系统

(2) 数据输出至DCS系统，以实时优化运行工况(可切换手动、自动)

(3) 依据需要，可实现锅炉燃烧优化指导、锅炉燃烧自动控制两种模式

(4) 专用服务器实现软件功能，并与电厂原有DCS、MIS、SIS实现数据交互。

历史库和实时库将专用软件所用数据存入专用数据库中，经专用模型运算后，输出优化后的目标参数。



3、数据采集单元CEA-100

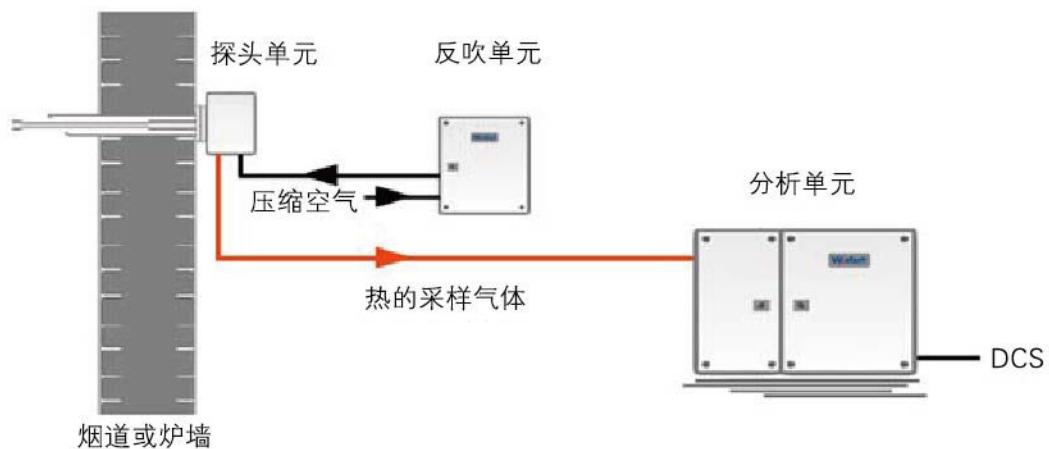
CEA-100主要是以新型电化学方法为主的烟气CO浓度在线监测系统。系统由探头单元、反吹单元和分析单元等组成。

CO测量系统由两个CO传感器构成，采用全球最先进的传感器技术和双传感器结构设计。传感器产生一个与CO浓度成正比的电信号，此电信号经系统分析处理转换成ppm浓度，再被转换成一个模拟信号输出(4mA ~20mA)。

CEA-100系统组成部分



CEA-100工艺连接图



Walsn燃烧效率分析仪CEA-100技术特点：

1 > 探头耐磨

- ◆ 探头采用材质为不锈钢
- ◆ 特殊工况可加耐磨护管

2 > 气路防堵

- ◆ 采用Walsn特有的高效过滤器
 - [1]特有的过滤技术和油水双疏特性。
 - [2]过滤精度高，阻力小，
 - [3]具有抗污染性强，易维护，长寿命等优点。
- ◆ 采用walsn特有的双反吹技术，有效避免粉尘附着。
- ◆ 探头导流管独有的粉尘分离技术，有效减少进入探头取样管的粉尘等污染物。
- ◆ 压缩空气的油水过滤系统

3 > 系统防腐

- ◆ 在取样探头过滤器采用自限温加热器，加热温度为 $150 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 。
- ◆ 取样管线配标准电伴热管线，加热温度由温控单元精确控制。
- ◆ 制冷部件防腐、蠕动泵防腐。
- ◆ 电化学传感器内置的过滤器可以隔离酸性气体。

4 > CO检测的准确性

- ◆ 采用全球最先进的贵金属纳米材料修饰电极的传感器，灵敏度高。
- ◆ 量程宽，能够满足大量程CO浓度测量（0~4000ppm；最大到100000ppm）。
- ◆ 精度高 $\pm 1\%$ 测量值，分辨率1ppm，零点漂移 $\leq 20\text{ppm}$ （双传感器结构设计，可忽略零点漂移），量程漂移 $< 2\%$ 测量值/月，线性度、重复性好。
- ◆ 抗震性好，不受现场环境低频谐振干扰。
- ◆ 双传感器设计，增强了样气分析单元的可靠性。

技术规格

测量气体	一氧化碳(CO)		
量程	O烟道：1~4000ppm(Max 20000ppm)；炉膛：1~20000ppm(Max 100000ppm)		
精度	$\pm 1\%$		
零点漂移	Max 20ppm	量程漂移	< 2% 读数值/月
响应时间	T90 < 30S	推荐校准频率	6个月
环游输出	4mA~20mA隔离输出		

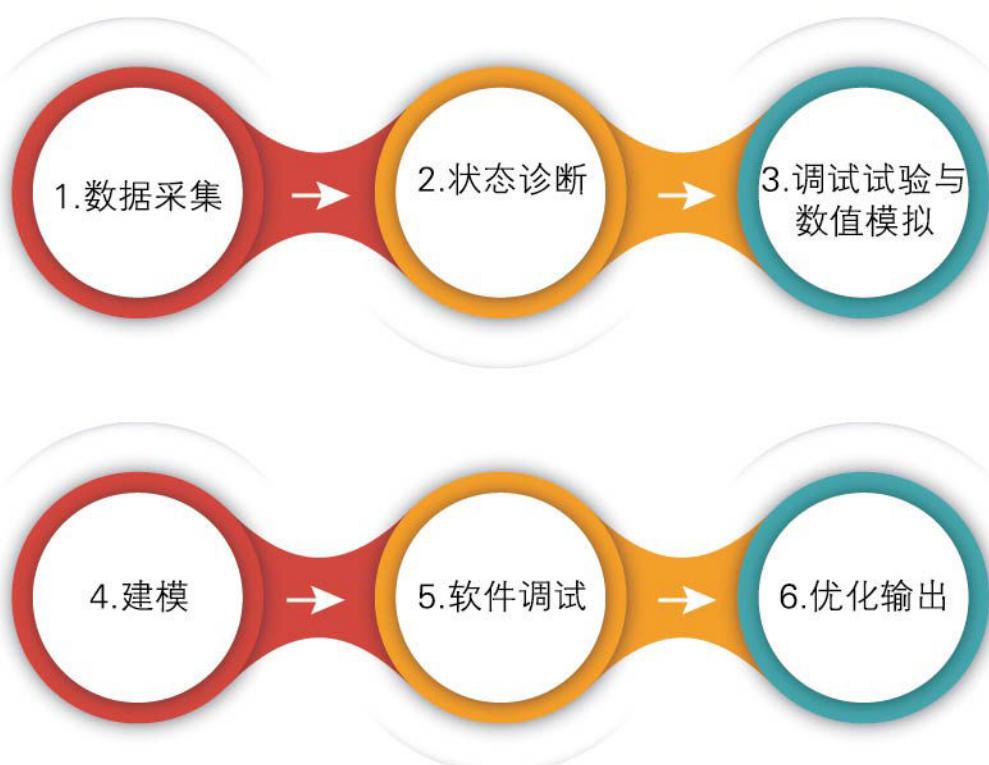
电源要求

电压	220 ± 22VAC, 50Hz		
额定功率	探头单元: 1000VA, 分析单元: 300VA		
EMC	EN-61326	电源标准	EN-61010-2

环境要求

防护等级	IP65/NEMA 4X	相对温度	< 90% 相对湿度
中温型探头烟气温度	< 650°C	高温型探头烟气温度	< 1350°C
环境温度	-40~75°C		

5 > 实施内容与过程



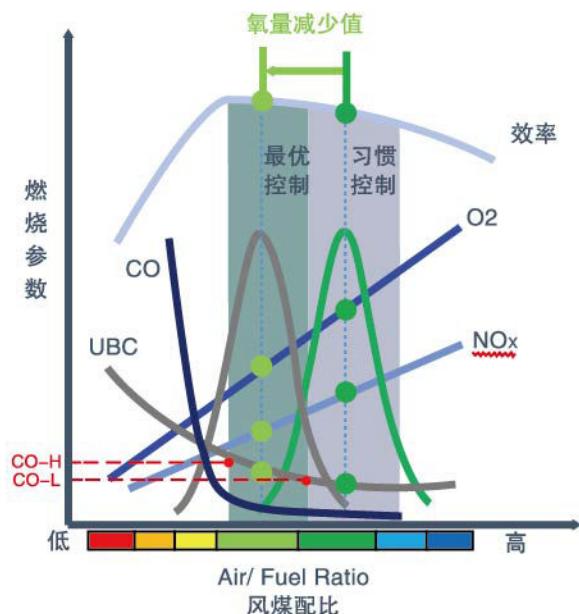
五、系统功能

(一)、总风量的智能控制

系统以锅炉效率及炉膛出口NOX排放浓度为优化子目标，以锅炉经济性总体综合最优为优化总目标，建立燃烧优化子模型和燃烧优化总体模型。具体包括：

- 1 > 锅炉效率优化子模型
- 2 > NOX排放优化子模型
- 3 > 锅炉综合燃烧优化模型

智能风量控制系统通过在线监测的锅炉烟气CO和O₂含量值，及时判断燃烧状态。系统可以将优化的最佳CO值、O₂值引入DCS作为控制器的设定值，通过调整风门开度，对原有送风控制进行智能修正。



(二)、分级燃烧的主燃区与燃尽区风量控制（依据情况可选）

(三)、单只燃烧器或组燃烧器的风量控制（依据情况可选）

(四)、实时给出锅炉燃烧效率、飞灰含碳量以及锅炉效率等经济性指标；实时给出优化的NO目标值

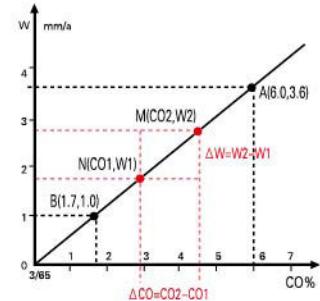
(五)、基于炉膛CO在线监测的锅炉防高温腐蚀结焦结渣的燃烧优化系统

(Walsn PCS BCOS-CO)

燃煤锅炉水冷壁高温腐蚀关键成因分析-还原性气氛CO

$$CO \propto H_2S \propto W \rightarrow CO \propto W$$

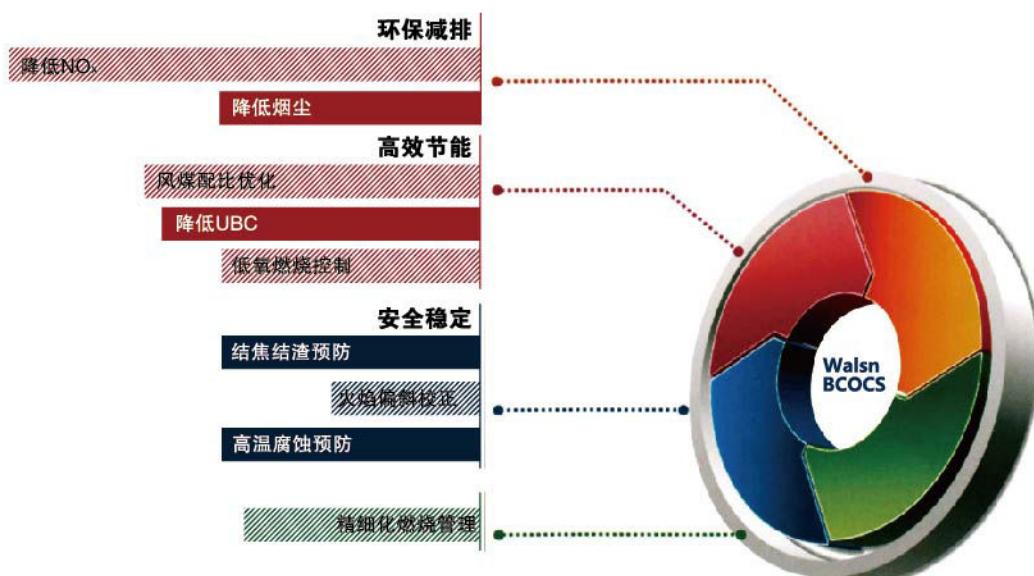
*W是水冷壁管腐蚀速率



解决方案：通过对制粉系统和燃烧系统进行运行优化调整，削弱水冷壁附近还原性气氛，合理控制烟气中的CO浓度，均衡燃烧，消除或减缓水冷壁高温腐蚀结焦结渣现象，提高机组运行的安全性与经济性。

- ◆ 强化炉内风粉的混合过程，避免燃烧滞后
- ◆ 避免火焰刷墙
- ◆ 避免受热面壁面超温
- ◆ 合理控制水冷壁附近还原性氛围
- ◆ 为低氧燃烧技术提供精确的监测手段

综合来看：



六、预期效果

1 > 将烟气CO排放值控制在合理最优范围内，避免CO超标而导致的炉效下降。一般而言，排烟CO浓度1000ppm时，影响炉效大约0.3%~0.4%，对300MW机组而言，供电煤耗约增加0.6g/Kwh。

2 > 确保锅炉在合理的过量空气系数（氧量）下运行，避免因总风量过大，造成排烟热损失偏大，锅炉效率偏低。合理控制风机的电耗。试验研究表明，一般而言，对300MW机组，相对于仅用O2单量控制，采用CO和O2双量控制燃烧，可将总风量减少约6%，锅炉效率约提高0.3%。

3 > 合理组织炉内空气动力场，及时发现并纠正火焰偏斜，保证炉膛火焰具有良好的充满度。

4 > 避免因火焰中心偏斜、燃烧动力场不合理造成水冷壁高温腐蚀和结渣的风险。

5 > 保证正常的燃烧工况，减小烟温偏差，降低由此而带来的气温偏差大而引起的受热面管壁超温和爆管，减少低负荷灭火等。

6 > 确保了锅炉在不同工况下，燃烧器风粉配合均匀、二次风小风门分配合理，由此保证燃烧的稳定性和经济性。

7 > 一般而言，采用CO+O2联合控制燃烧，锅炉可控制在相对较低的氧量下运行，低氧运行有利于降低NOX的生成。

8 > 实现锅炉的灵活运行控制，明显增强AGC响应能力，明显改善机组的调频调峰能力。



七、应用业绩

1、业绩表（部分）

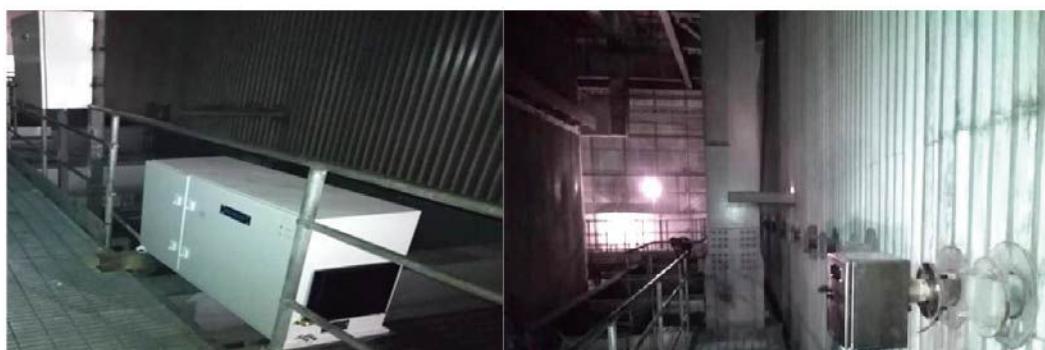
序号	电厂名称	机组容量	燃烧方式	产品类型
1	河源电力#1机组高温型CEA项目	2×600MW	墙式切圆	CEA-100-H
2	华润常熟CEA项目3#	3×630MW	前后墙对冲	CEA-100
3	华润常熟CEA项目2#	3×630MW	前后墙对冲	CEA-100
4	华润电力（渤海新区）有限公司	2×350MW	前后墙对冲	CEA-100
5	河北西柏坡第二发电有限责任公司	2×600MW	前后墙对冲	CEA-100
6	华能海门电厂	4×1000MW	前后墙对冲	CEA-100
7	包铝自备电厂	3×350MW	前后墙对冲	CEA-100
8	内蒙古京能康巴什热电	2×350MW	四角切圆	CEA-100
9	牡丹江热电有限公司	1×80MW+240T/H	四角切圆	CEA-100
10	华西钢铁有限公司	1×50MW	四角切圆	CEA-100
11	湛江中粤能源电厂	2×600MW	前后墙对冲	CEA-100/CEA-100H
12	山东禹城新园热电供热扩建项目	310t/h	四角切圆	CEA-100
13	华润南沙电厂	300MW	前后墙对冲	CEA-100
14	安徽阜阳华润电厂	600MW	前后墙对冲	CEA-100
15	北方联合电力蒙西发电有限责任公司	2×300MW	CFB	CEA-100
16	华能西宁电厂	2×350MW	前后墙对冲	CEA-100
17	锦盛化工自备电厂	2×135MW	四角切圆	CEA-100
18	盘锦华润电厂节能减排改造项目	2×350MW	四角切圆	CEA-100
19	华电铁岭发电有限公司	600MW	墙式切圆	CEA-100 / CEA-100-H
20	国电费县电厂	600MW	前后墙对冲	CEA-100-H

2、典型案例

案例一

某热电工程装设二台 350MW 超临界参数燃煤直接空冷式汽轮发电机组，锅炉型号为 DG1147/25.4-II 2 型。锅炉为超临界参数变压直流炉、一次再热、平衡通风、固态排渣、全悬吊结构 Π 型锅炉。燃烧系统采用前后墙对冲燃烧方式。

2017年，为了能在线精确测量烟气CO等气体成分浓度，以实现精细化的燃烧调整与优化控制，提高锅炉的效率，同时加强燃烧过程安全性与可靠性的监控，该厂在锅炉SCR入口处装设了两套型号为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。



现场安装效果图



DCS画面

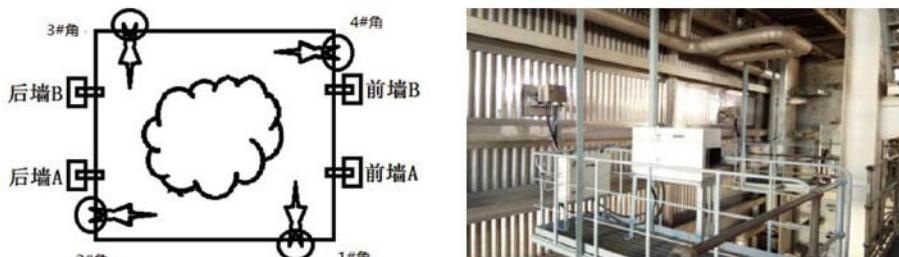
该厂将基于CO在线监测的燃烧调整作为锅炉运行规程的补充条款执行：

- 1 > 现场运行CO范围控制在50~100ppm范围内，负荷高时取高值，负荷低时取低值。
- 2 > 如CO出现异常升高，且氧量没有明显降低的情况下，可以判定炉内对应局部位置出现欠氧还原性氛围变浓、可能导致局部结焦和高温腐蚀的风险等情况，运行人员应进行针对性的调整，以使燃烧恢复正常。

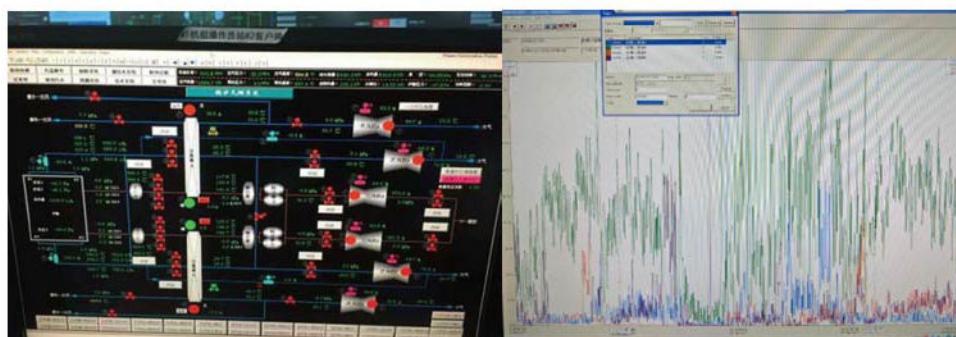
案例二

某电厂一期工程安装2X600MW超超临界机组，2009年投产。锅炉是哈锅生产的超超临界参数变压运行直流锅炉，采用Π型布置、单炉膛、改进型低NOX分级送风燃烧系统、墙式切圆燃烧方式。

一直以来，锅炉一直存在水冷壁高温腐蚀现象，2016年年底，该机组实行超净排放改造，并同步实施低氮燃烧器改造，改造后主燃烧器区域的还原性氛围会加剧，腐蚀的风险会加大。为摸清燃烧器区域水冷壁腐蚀的规律，调整控制好腐蚀的进程，并同时优化好燃烧状况，改善结渣、气温偏差过大等现象，该厂在炉膛主燃烧器区域装设4套在线CO检测装置Walsn CEA-100-H，CO在线装置安装在锅炉主燃区，具体位置位于在锅炉标高38米左右，于D层燃烧器与E层燃烧器之间，锅炉前后墙分别安装了两套CO在线监测装置。



现场安装示意图及效果图



DCS画面

现场依据在线检测的CO数值和现场其他运行情况进行燃烧优化调整项目工作。

(1) 在T-13工况(480MW)下，前墙A侧在30000–100000之间波动，前墙B侧在800–5000之间波动，后墙A侧在800–5000之间波动，后墙B侧在300–900之间波动，说明燃烧偏前墙A侧，增加D/E层二次风开度，或者增加1/2号角D/E层二次风开度15–20%，四个测点CO ppm值基本持平，稳定在300–5000之间。

(2) 在接下来的600MW负荷调整中，燃烧基本没有出现较大偏斜现象。

(3) 在制粉系统启停、升降负荷的瞬间，炉内燃烧变化，反映在CO值上非常明显。但如果最终能够趋于稳定，无较大偏差，则不需要调整。

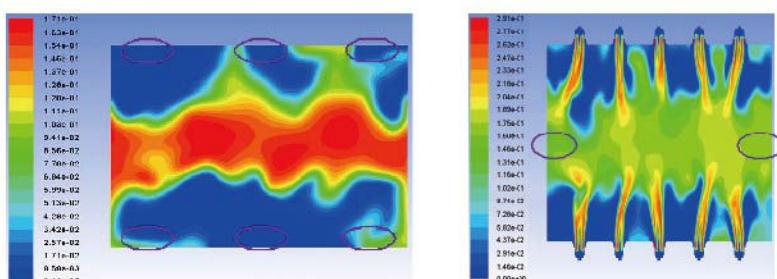
投运以来，CO监测装置能及时、准确的反映出炉膛燃烧是否出现偏斜、燃烧强度大小。在炉内燃烧出现偏斜的情况下，通过调整二次风挡板、制粉系统出力等手段进行调整，以防止高温腐蚀的发生。

案例三

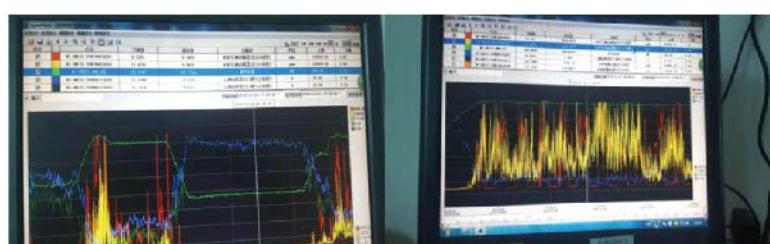
某电厂锅炉为亚临界参数、自然循环、一次中间再热、单炉膛平衡通风、固态排渣、露天布置、全钢构架的II型汽包炉，锅炉采用前后墙对冲燃烧方式。制粉系统采用中速磨煤机冷一次风机正压直吹式制粉系统，2017年底，实施第二次低氮燃烧器改造。2#锅炉运行存在的问题：锅炉炉膛热负荷不均匀，燃烧偏差大，炉内空气动力场状况不佳等。为了能在线精确测量烟气CO等气体成分浓度，以实现精细化的燃烧调整与优化控制，2018年1月，在#2炉尾部烟道省煤器出口处装设4套Walsn CEA-100 CO在线监测装置，在炉膛装设10套Walsn CEA-100-H CO在线监测装置。



项目设计及设备现场安装效果图



数值模拟



DCS画面

项目根据在线监测的CO实时值，结合其他参数，建立烟气CO与风粉配比参数、炉膛侧不同燃烧区域NOX、锅炉结焦结渣特性、水冷壁高温腐蚀特性以及锅炉燃烧效率和锅炉效率等之间的关联模型，运用非线性寻优方法进行寻优，对锅炉燃烧优化调整进行实时开环指导，确保锅炉高效、安全可靠和低NOX排放运行。

八、服务承诺

- ★365天金牌售后服务，24小时快速响应机制
- ★专业级的工程安装服务指导团队
- ★定期为用户提供无偿的设备巡检服务





加拿大沃森实业有限公司北京代表处

中国北京海淀区上地东路1号盈创动力大厦E座204
电话: +086 10 5885 6890 传真: +086 10 5885 6997 网址: walsn.com.cn

Walsn Enterprises Ltd.

2491 Vauxhall Place Richmond, B.C. V6V1Z5 Canada
TEL: +1 604 284 5128 Fax: +1 604 284 5287 Web: walsn.com.cn