

RSAC-1000

煤质在线分析系统

Raman Spectrum Analysis of Coal

目 / 录

煤炭清洁高效发电政策背景	02
煤质在线与燃烧优化技术背景	03
现有煤质在线分析技术原理局限性说明	04
基于创新技术的激光拉曼光谱分析煤质原理说明	06
基于激光拉曼光谱的煤质在线分析系统构成	08
激光拉曼光谱的煤质在线分析指标	09
现场应用方案	09
经济与社会效益	10

I RSAC-1000 煤质在线分析系统

Walsn RSAC-1000 煤质在线分析系统是沃森能源技术（廊坊）有限公司联合华中科技大学煤燃烧国家重点实验室共同研制，采用基于激光拉曼光谱的煤质在线分析系统是一种快速、无损、高精度、无辐射的分析检测方法，安全、可靠、环保。可实时测量多种参数，包括热值、灰分、挥发分、碳氢氧氮硫等工业分析和化学分析；并提供实时的入炉煤煤质信息，能够为燃煤电厂数字化智能燃烧提供必要的燃煤成份的实时检测数据，为混配煤及燃烧优化调整提供指导，是锅炉数字发电技术的应用以及智能管理系统融合的关键技术。

煤质在线检测技术曾是智能燃烧发电“卡脖子”技术。煤作为火力发电燃料，其品质直接决定电厂燃料成本及锅炉燃烧效率。我国电厂燃用煤种杂且多变，锅炉设计准则又使得特定锅炉在特定工况下，锅炉只有燃用设计相当煤种才能安全稳定高效运行，故使得快速准确获取煤质信息成为关键。而目前电厂主要依靠人工检测，耗时长，检测结果人为干预大，燃用煤质波动反馈不及时等问题，目前亟需具有广泛适用性的煤质在线检测技术。



| 煤炭清洁高效发电政策背景

国务院[2015]40号文件《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》针对能源企业提出了重点行动即“互联网+”智慧能源，指出“加快发电设施、用电设施和电网智能化改造，提高电力系统的安全性、稳定性和可靠性”。

煤炭在可预期的未来仍是我国最重要一次能源，智能燃烧发电是我国清洁高效燃煤发电重要布局方向。结合先进智能燃烧检测技术，开展清洁高效燃煤发电意义重大。

国家能源局将加大对煤炭清洁高效利用相关领域所需的基础研究、关键共性技术的支持力度；积极支持煤炭清洁高效利用相关项目的技术、装备研发、标准制定和推广力度（2019年10月9日）。

李克强总理主持召开国家能源委员会会议时指出，要立足我国基本国情和发展阶段，多元发展能源供给，提高能源安全保障水平。根据我国以煤为主的能源资源禀赋，推动煤炭安全绿色开采和煤电清洁高效发展（2019年10月11日）。



| 煤质在线与燃烧优化技术背景

我国能源结构以煤炭为主，目前火电约占我国总发电量的 70% 左右，预计到 2050 年，我国火电机组发电方式仍高居所有发电方式的 50%；且我国煤种和供需特点如下：

- 我国煤种多样，煤质差异大，不同煤的燃烧特性差异明显。
- 煤炭供应市场变化频繁，大部分地区存在煤炭供需矛盾。
- ：燃煤电厂长期存在燃煤煤质偏离设计煤种问题。

从锅炉燃用煤种设计来说，燃用煤种偏离设计煤种，可引起以下问题：

- 锅炉效率偏低，供电煤耗偏高。
- 污染物排放超标。
- ：锅炉燃烧出现频繁结焦结渣等危害锅炉安全运行的现象。

为了解决锅炉燃用煤种与设计偏离问题，燃煤电厂通常采用混煤掺烧策略，但在实际操作中，会引起如下问题：

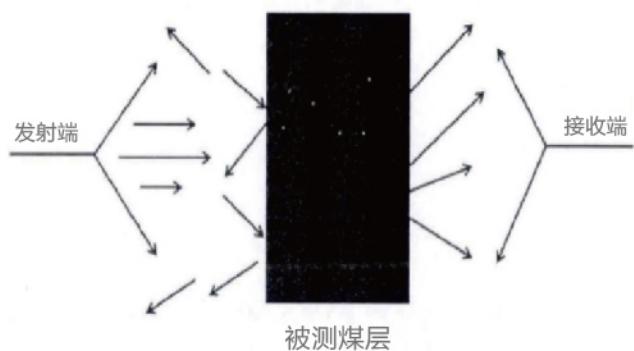
- 混煤掺烧可部分解决燃用煤种偏离设计煤种引起的问题，但运输煤种未实时监测，混配煤过程粗犷。
- 常规煤质分析方法过程繁琐，时间长，取样代表性有限。
- ：入炉煤煤质未能有效监测，实时燃烧煤质未知。
- ：基于煤质实时监测的燃烧优化难以实施。

所以，燃煤锅炉电力企业亟需一种煤质在线实时在线分析技术，用燃用煤种成分的实时检测信息指导燃烧，以及解决配煤掺烧，煤炭清洁高效燃烧的问题。

| 现有煤质在线分析技术原理局限性说明

|□| 微波法

当微波穿过煤时，煤中自由水分子震动降低了微波的强度和速度，通过强度和速度降低的幅度测算出水分值，一般主要用于测量煤的全水分，技术相对成熟。缺点与不足：多次反射引起谐振干扰，煤层厚度和堆积密度变化影响；此外，难检测煤被测煤层中工业分析、元素分析及发热量等。



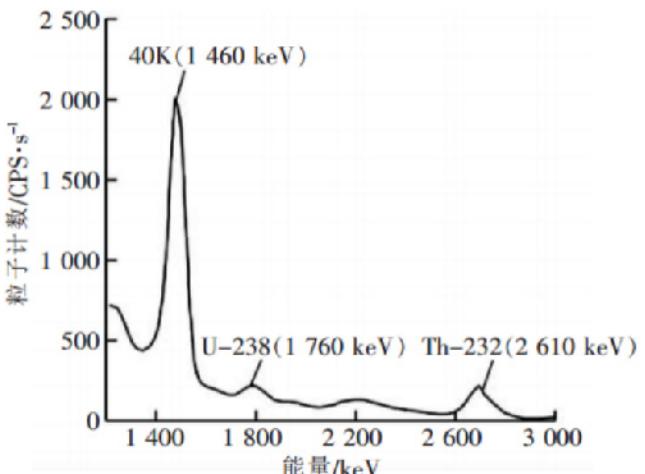
|□| 基于放射源的核辐射法

瞬发 γ 射线中子活化分析法 (PGNAA)：利用中子与物料核素发生作用，从而检测物料元素。

双能 γ 射线透射法：利用低能和中能放射源的 γ 射线穿过物质时的减弱特性来检测物料元素，主要测量煤中的灰分。

优点：快速，可在线，可检测除 C、O 外的煤中几乎所有元素。

缺点与不足：对煤中主要元素 C、O 的检测有一定限制，测试条件苛刻， γ 射线对人体辐射伤害，存在放射源的管理和潜在的核辐射污染安全问题，运行成本较高，很大程度限制了推广应用。

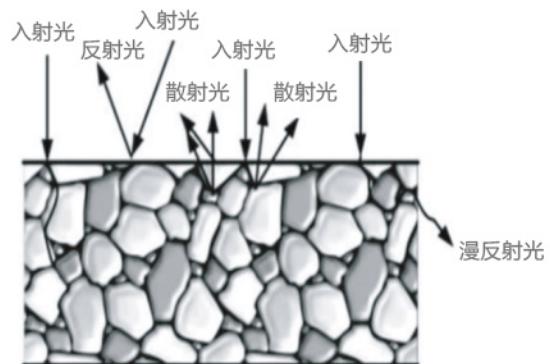


| ① | 无源检测 – 天然 γ 放射线测量法

基于煤中具有天然放射性成分特性定量煤灰成分，测试元素种类多，但信号弱，成本高，对有机物检测难。

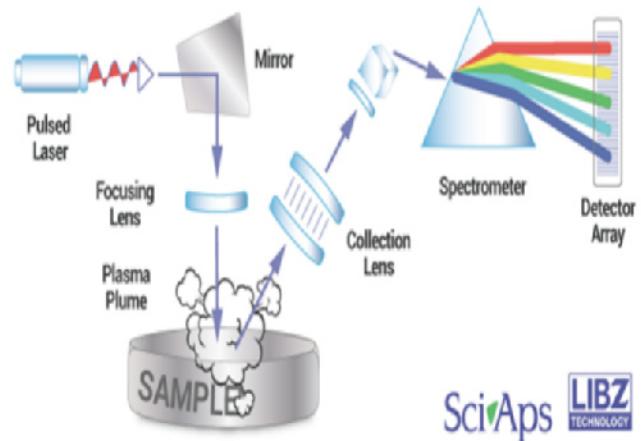
| ② | 无源检测 – 近红外光谱分析法

近红外线照射到物体上时，组成物体的不同化学键会产生某些特征波长的吸收，吸光度的多少与成分含量的大小有关，尤其适合 C-H, C-O, O-H, S-H, N-H，但灵敏度低，谱图信息复杂、解析难，制样复杂。



| ③ | 无源检测 – 激光诱导击穿光谱分析法 (LIBS)

利用高能脉冲激光照射煤样，在样品的表面形成激光光斑（等离子体）而使样品激发发光。基于多光子电离，形成由大量的原子、离子和自由电子构成的电中性等离子体。等离子体发射的特征谱线的波长代表了分析对象中的元素组成，检测的是物质的元素总和；而谱线强度则含有相应元素含量的信息。样品预处理要求高，测量波动大，噪声来源多，基体效应明显，系统复杂，价格昂贵，技术被欧美垄断。



| 基于创新技术的激光拉曼光谱分析煤质原理说明

Walsn RSAC-1000 煤质在线分析系统是由沃森能源技术（廊坊）有限公司联合华中科技大学煤燃烧国家重点实验室共同研制，采用基于激光拉曼光谱分析原理的煤质在线分析技术，该技术是一种快速、无损、高精度、无辐射的分析检测方法，安全、可靠、环保。可实时测量多种参数，包括热值、灰分、挥发分、碳氢氧氮硫等工业分析和化学分析；并提供实时的入炉煤煤质信息，能够为燃煤电厂数字化智能燃烧提供必要的燃煤成份的实时检测数据，为混配煤及燃烧优化调整提供指导。

激光拉曼光谱是一种分子散射光谱，通过解析拉曼光谱即可揭示物质分子层面的结构信息。煤本质上是一种含碳大分子混合物，煤质成分的改变实质是煤大分子结构变化的宏观表现。已有研究表明，拉曼光谱对含碳大分子混合物的结构变化异常敏感，且拉曼谱图简单，易于解析。

项目团队的研究还表明，煤的拉曼光谱可有效反映煤的成熟度。此外，拉曼光谱产生与传播是一个光学过程，速度极快，快速检测能力突出。拉曼光谱在检测过程中对样品无接触，无损伤，无辐射、可远程测量；测试过程无需特殊制样；仪器稳固，体积适中，使用简单，维护成本低。

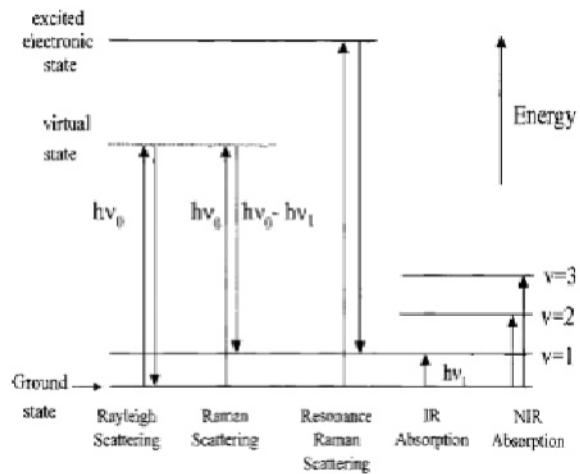
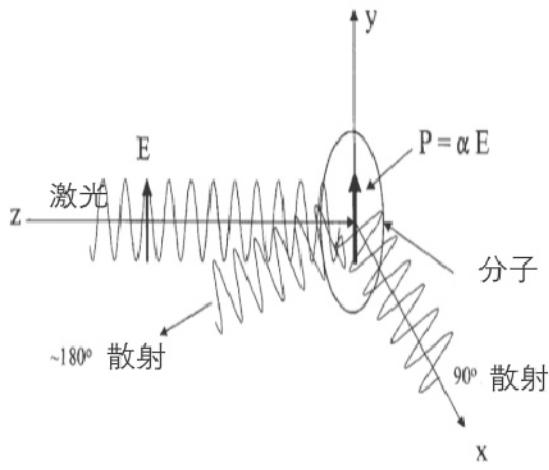
| □ | 发明专利技术

基于激光拉曼光谱分析原理的煤质在线分析技术，已经获得国际发明专利 4 项。

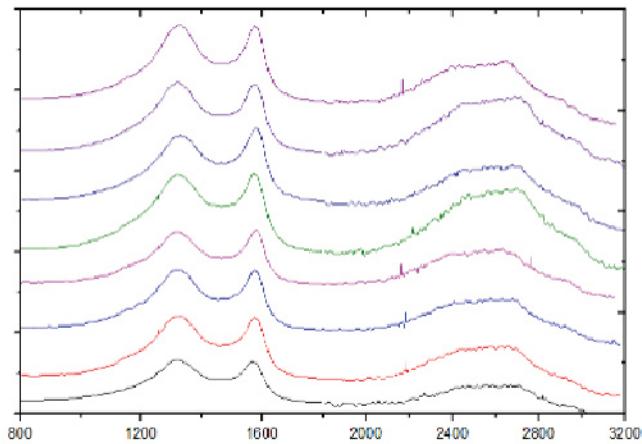


100 激光拉曼光谱分析煤质原理

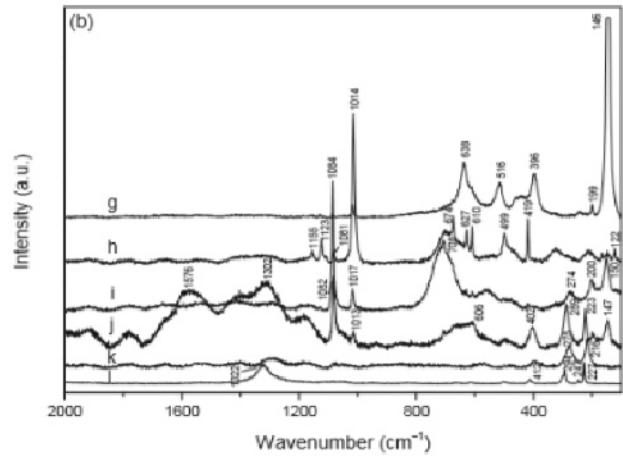
光照射到被测物质上，光子与分子碰撞，发生弹性散射和非弹性散射，弹性散射的散射光与激发光波长相同，而非弹性散射的散射光频率发生改变，则为拉曼效应，拉曼光谱可揭示详细分子结构，从而获得煤质分析成份的分子光谱图。



通过对拉曼谱图的有效解析可获得煤的细微结构，通过建模可获得煤的工业分析、元素分析。



典型煤种拉曼光谱图（有机峰）



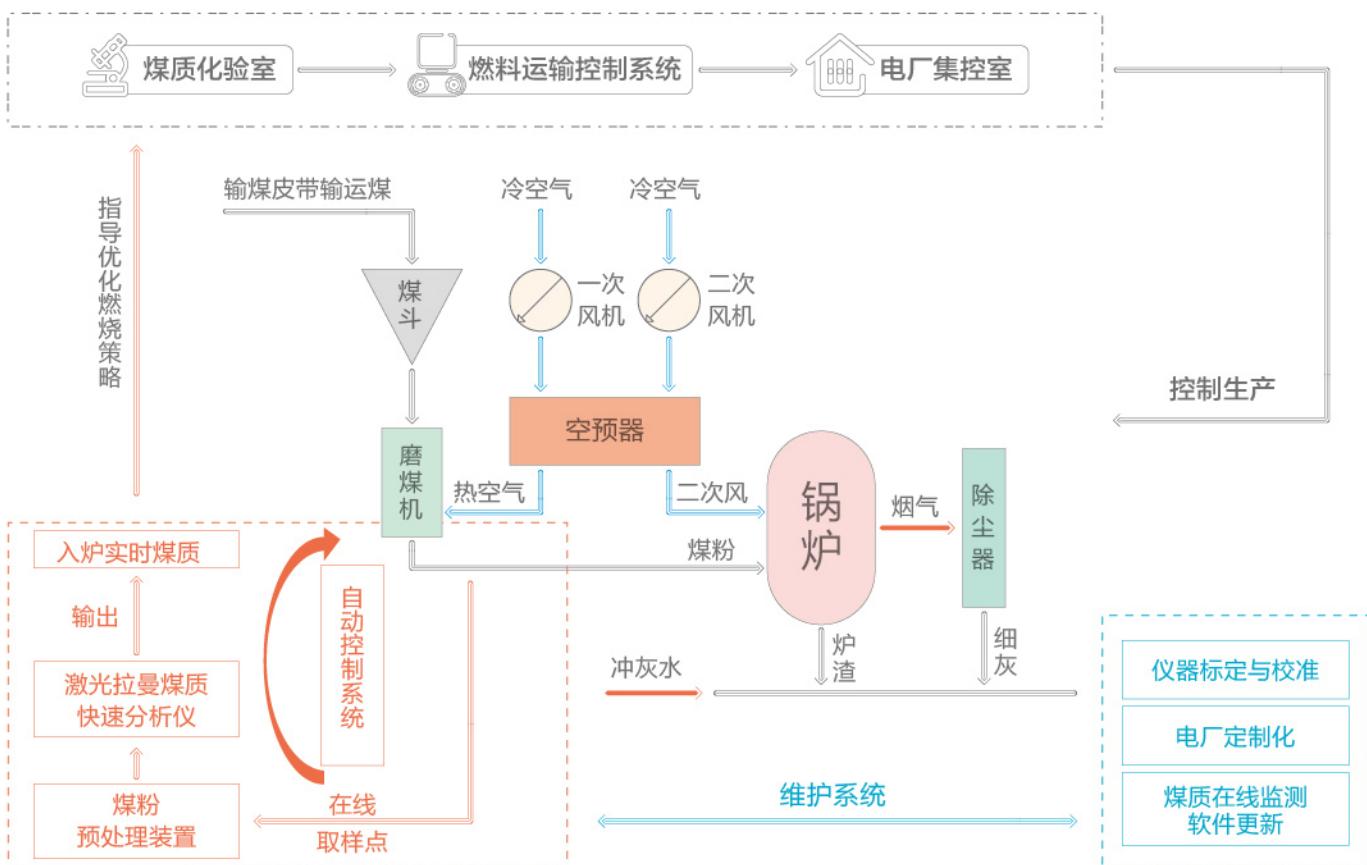
拉曼光谱图解析方法 1

| ① | 拉曼光谱检测优点

- 测量快速、准确 可在线测定固定碳、灰分、挥发分、热值、全硫、氢、水分等指标。
- 不仅能反映元素含量，还能反映元素的组合方式。
- 对样品无接触，无损伤，可远程测量。
- 无需制备样品。
- 快速分析，鉴别煤的特性与结构。
- 能适合黑色和含水样品。
- 光谱成像快速、简便，分辨率高。
- 仪器稳固，体积适中。
- 维护成本低，使用简单。

| 基于激光拉曼光谱的煤质在线分析系统构成

基于激光拉曼光谱的煤质在线分析系统由煤粉预处理装置、激光拉曼煤质快速分析仪、自动控制系统等构成；并可扩展与 DCS 侧通讯，输出风煤配比的燃烧指导策略。

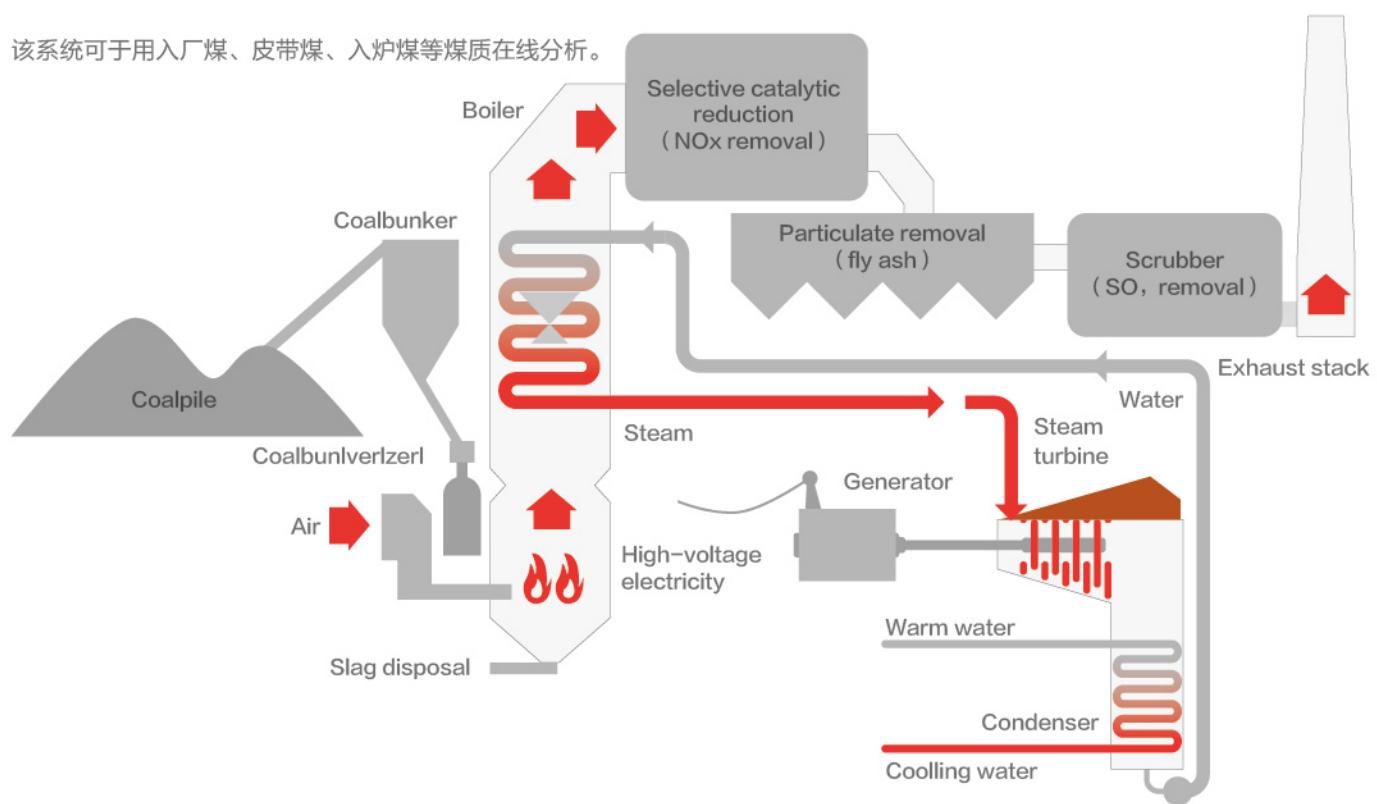


| 激光拉曼光谱的煤质在线分析指标

测量误差 (符合国标要求煤粉情况下)	指 标	测 量 范 围	误 差 (±)
	空干基灰分 (Aad)	<15% 15~30% >30%	≤1% ≤1.5% ≤2%
	空干基挥发分 (Vad)	15~40%	<1.5%
	空干基挥发分 (Vad)	>40%	2%
	空干基挥发分 (Vad)	<15%	1%
	空干基高位发热量 (Qgr,ad)	>12MJ/Kg	<0.8
	空干基固定碳 (FCad)	30~70%	≤2%
	空干基全硫 (St,ad)	0.2~5.0%	≤0.3%
	空干基水份 (Mad)	0~40%	≤2%

| 现场应用方案

该系统可用于用入厂煤、皮带煤、入炉煤等煤质在线分析。



| 经济与社会效益

基于激光拉曼光谱的煤质高效解析方法，建立了拉曼光谱与煤质成分的精确关联模型，建立耦合多煤种、混配煤、现场复杂条件影响的激光拉曼煤质在线高精度检测模型。

突破性的激光拉曼煤质在线检测关键技术，可定制用于燃煤电站的激光拉曼光谱在线检测仪，设计系统逻辑，配备自动检测平台，在线识别混配煤与杂质。

同时，配备光纤远程操作，设备安装位置灵活，适应煤厂恶劣条件，可实现煤质的在线实时检测，整个检测过程可在 30s 内完成。

本系统的成功应用，为清洁高效燃煤发电提供新的技术支持，有效改善锅炉运行的完全性、环保性、经济性；并能实现以下目标：

- 实现入炉煤实时煤质准确检测，指导锅炉风粉比优化，提高锅炉效率。
- 根据所获煤质信息，为磨煤机供准确的破碎、为锅炉壁面结焦倾向等提供煤质特性，及时主动调整磨煤机出力，进行锅炉结焦腐蚀防护等工作，提高设备寿命，减少非停事故。
- 结合实时入炉煤含硫量，优化脱硫塔最佳脱硫效率，确保环保安全。
- 依据煤质开展低氮燃烧优化，实现氮氧化物低排放。
- 根据所获得的煤质信息，指导锅炉混配煤。



致力于能源工业智能化



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