

干熄焦余热锅炉炉管检漏系统

一、余热锅炉 系统结构及检漏点

干熄焦余热锅炉是利用吸收了红焦显热的高温循环烟气与除盐纯水发生热交换，受工艺条件的制约，一旦发生锅炉炉管爆漏损坏事故，循环气体中的可燃成份将急剧升高，导致闭循环气体发生爆炸，严重危及设备及员工的人身安全，右图 1-1 为爆管图

干熄焦余热锅炉中的过热器、蒸发器管、省煤器和水冷壁管是受热面，爆漏事故时最为常见也是最为严重的位置；由于炉管内为高温高压蒸汽，爆漏点会造成高温高压汽水喷出，会造成锅炉停炉，极端情况下容易带来人员的伤亡；因此，对锅炉“四管”（水冷壁管、过热器管、再热器管、省煤器管）泄漏点进行监测，实现事故早期预警，进行状态检修对于锅炉的稳定安全运行具有重要的意义；



图 1-1 爆管图

干熄焦锅炉分为 2 个循环系统：烟气循环系统及汽水系统

1、 锅炉烟气系统流程：

吸收了红焦显热的循环烟气从干熄炉冷却段经环形风道出来，经一次除尘器除去粗颗粒焦粉后从锅炉入口进入，垂直向下先后流经二次过热器、一次过热器、光管蒸发器、鳍片管蒸发器、省煤器，最后从锅炉底部引出。

2、 水汽系统流程：

锅炉给水由锅炉给水泵升压后注入锅炉，除盐、除氧纯水经过省煤器预热后进入锅筒。锅筒炉水循环分为自然循环部分和强制循环部分：自然循环部分是锅筒炉水经水冷壁下降管进入膜式水冷壁，炉水吸热汽化成汽水混合物经膜式水冷壁上管返回锅筒。强制循环部分是锅筒炉水经下降管经强制循环泵送入鳍片管蒸发器与光管蒸发器，炉水吸热汽化成汽水混合物经蒸发器上升管返回锅筒。两部分产生的汽水混合物在锅筒内进行汽水分离，饱和蒸汽从锅筒上部导出，进入一次再热器升温后，经过减温器喷水减温后，进入二次过热器继续升温，从二次过热器引出的蒸汽既为主蒸汽。

在锅炉的防腐蚀和防爆管研究中，往往从以上水/气 2 个系统进行；

水/气系统：腐蚀/结垢/磨损/过热/负荷不稳定导致材质损伤等，工况不同，发生腐蚀爆漏的原因也不同。

干熄焦锅炉的核心部件由锅筒、过热器、蒸发器、省煤器和水冷壁 5 大部分组成。

在生产过程中，锅炉“炉管”（过热器、蒸发器、省煤器、水冷壁）的腐蚀、爆漏时锅炉的多发事故，也是锅炉运行不稳定的一个主要因素。

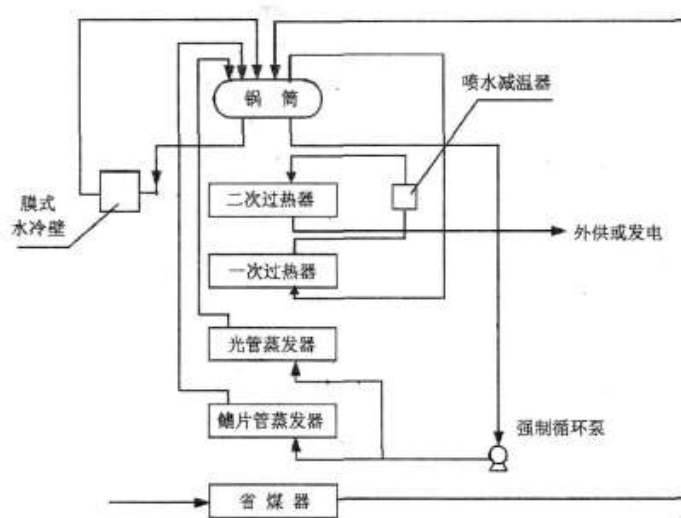


图 1-2 锅炉汽、水流程图

过热器管路腐蚀的主要原因：

二次过热器管外表腐蚀最为严重，国内外的大量研究表明，烟气对金属严重的腐蚀，是因为其保护膜被破坏，而保护膜的损坏是由于磨损，腐蚀剂溶解以及温度和烟气介质成分显著变化等因素引起的。再加上循环烟气中所含焦粉的物理磨损

作用，将大大加速金属管壁的减薄速度。

蒸发器管腐蚀爆漏的原因：

蒸发器的位置比较特殊，在干熄焦余热锅炉中处于过热器与省煤器之间，外壁的烟气温度比过热器低，因此蒸发器由循环烟气造成的外壁的高温腐蚀比较轻。另外锅炉给水通过省煤器到达蒸发器时，给水中的溶解氧由于在省煤器部位的氧腐蚀消耗而含量降低。因此，只要严格控制给水的含氧量，蒸发器管内部一般也不会发生很严重的氧腐蚀。一般蒸发器发生爆管，主要是长期在高温下运行，上蒸发器发生了材质积累损伤，晶界松弛与蠕变使其强度大大下降，因此蒸发器的上升管为蒸发器管最薄弱的环节，在蒸发器上升管外加一层不锈钢套管可以增加其安全可靠。但是管内结垢、积盐的不断沉积，也会导致炉管传热恶化出现裂纹甚至破裂爆漏；

省煤器管腐蚀爆漏的原因：

省煤器管外壁的腐蚀主要是焦化气混入循环烟气形成的酸根（ SO_4^{2-} 和 CN^- ）与水汽形成的露点腐蚀，外壁的低温露点腐蚀主要造成管壁均匀减薄。

省煤器内壁的腐蚀主要是给水中溶氧造成的氧腐蚀，这是一种复杂的电化学腐蚀，为铁盒氧形成2个电极，形成腐蚀电极，水中的溶解氧在腐蚀电池的阴极部位接受电极，使阳极部位的金属以离子形式进入溶液形成腐蚀。这种腐蚀特征称为溃疡腐蚀。内部的这种腐蚀产生许多溃疡状的大小不等的腐蚀凹坑，造成局部炉管壁厚严重减薄；

以上2种腐蚀的相互叠加后，在管壁的最薄弱环节导致穿孔腐蚀泄露。

水冷壁管腐蚀爆漏的原因：

水冷壁管受到循环烟气中所含焦粉的冲刷较轻，水冷壁管腐蚀爆漏的主要原因是给水品质不良，炉水质量较差，引起水冷壁管内结垢，导致传热热阻增大，管壁温度升高，强度减弱，还有在锅炉运行过程中，当负荷突然变化时，汽包压力随之变化，容易引起循环停止，倒流等水循环故障。另外，提负荷时，升温、升压速度过快；降负荷时，降温、降压速度过快，进水速度不符合规定导致管壁受热和冷却不均匀，从而产生过大的热应力，导致水冷壁爆漏。

干熄焦余热锅炉管路爆漏点，重点监测点放在：**过热器、蒸发器、省煤器、水冷壁**四管上面；

国内外在八十年代初开展了对锅炉炉管泄漏早期检测技术的研究，检漏装置多采用声波测量和信号处理技术，实现了对锅炉“四管”（水冷壁管、过热器管、再热器管、省煤器管）泄漏的早期报警；后续持续有产品投入商用。尤其是在九十年代后，该类型产品在国内大容量发电锅炉上得到了广泛使用，产品的技术、性能也更加成熟可靠。

锅炉炉管泄漏自动报警装置通过声波传感器内高级拾音器采集炉内声音信号，经带通滤波（低通 200Hz、高通 15kHz）后保留有效声音频段，然后经高精密线形放大器处理后形成高保真音频电流信号经由信号电缆传输至计算机，完成高速样、软件滤波、快速傅里叶变换（FFT）、模式识别等一系列数字信号处理，辨别背景信号和泄漏信号，一旦捕捉泄漏信号将延时跟踪分析，信号达到阈值后将发出报警；

通过在余热锅炉**过热器、蒸发器、省煤器、水冷壁**不同位置安装声波传感器采集信号，将报警信息传输到控制计算机，通过上位机上面的人机界面进行实时监控，以及历史趋势显示，当达到设定的阈值时，进行报警；对上升趋势进行提示；



余热锅炉

二、炉管泄漏检测位置确定（参考锅炉结构及日常检修日志，以实际情况为准）

系统设计中，需要检查一下维修日志以及现场检修察看实际管路磨损情况，以确定传感器安装位置：

过热器：

一次过热器

二次过热器

蒸发器：安装位置在蒸发器的上升管附近

光管蒸发器

鳍片管蒸发器

省煤器：

水冷壁：

三、检测装置选型及系统设计

3.1 检测装置：

系统主要由两部分组成：1、信号采集系统（包括增强型传感器和波导管）；2、主机检测系统

工作原理：系统利用声学监测原理，通过特制的增强型声波传感器采集炉内各种声信号，并转换成电流信号；在消除锅炉运行噪声干扰的基础上，经快速傅立叶变换技术（FFT）分析得到声信号的频谱，并以棒图形式显示；通过对噪声强度、频谱特征及持续时间的分析计算判断炉管是否发生泄漏，并判断出泄漏的区域位置及泄漏程度，使电站运行人员及时采取防护措施，防止事故扩大，缩短抢修时间，减少经济损失。此外，该装置还能有效地监测吹灰器的运行工况。

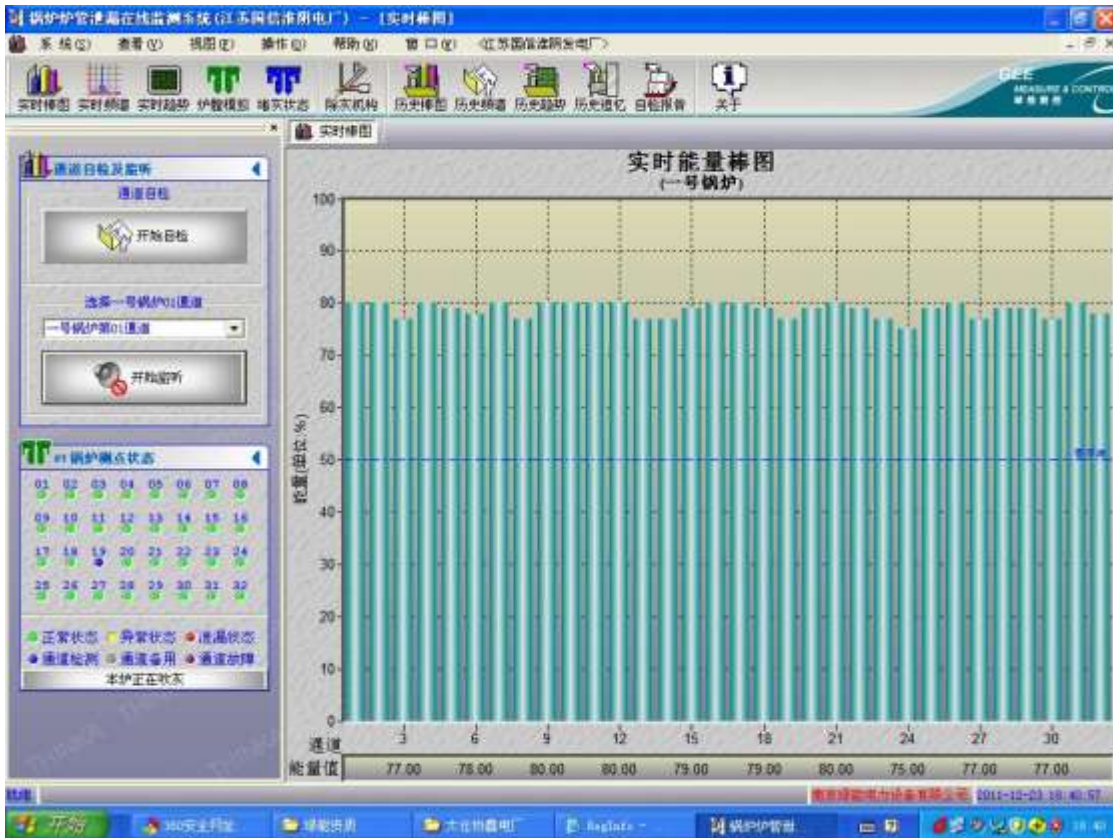
检测装置需要根据锅炉实际情况进行选型；

3.2 功能设计及上位机 HMI 接口

人机界面需要根据用户要求定制，以下为某电厂实际工程画面，供应参考；一般人机界面有如下功能：

- 1) 实时泄漏监测及早期预警
- 2) 泄露区域定位
- 3) 实时显示泄漏声音频谱
- 4) 跟踪泄漏发展趋势
- 5) 监听、录音炉膛内声音
- 6) 监视吹灰器运行工况
- 7) 装置自检及波导管自动除灰：
- 8) 与现有 DCS 系统通讯

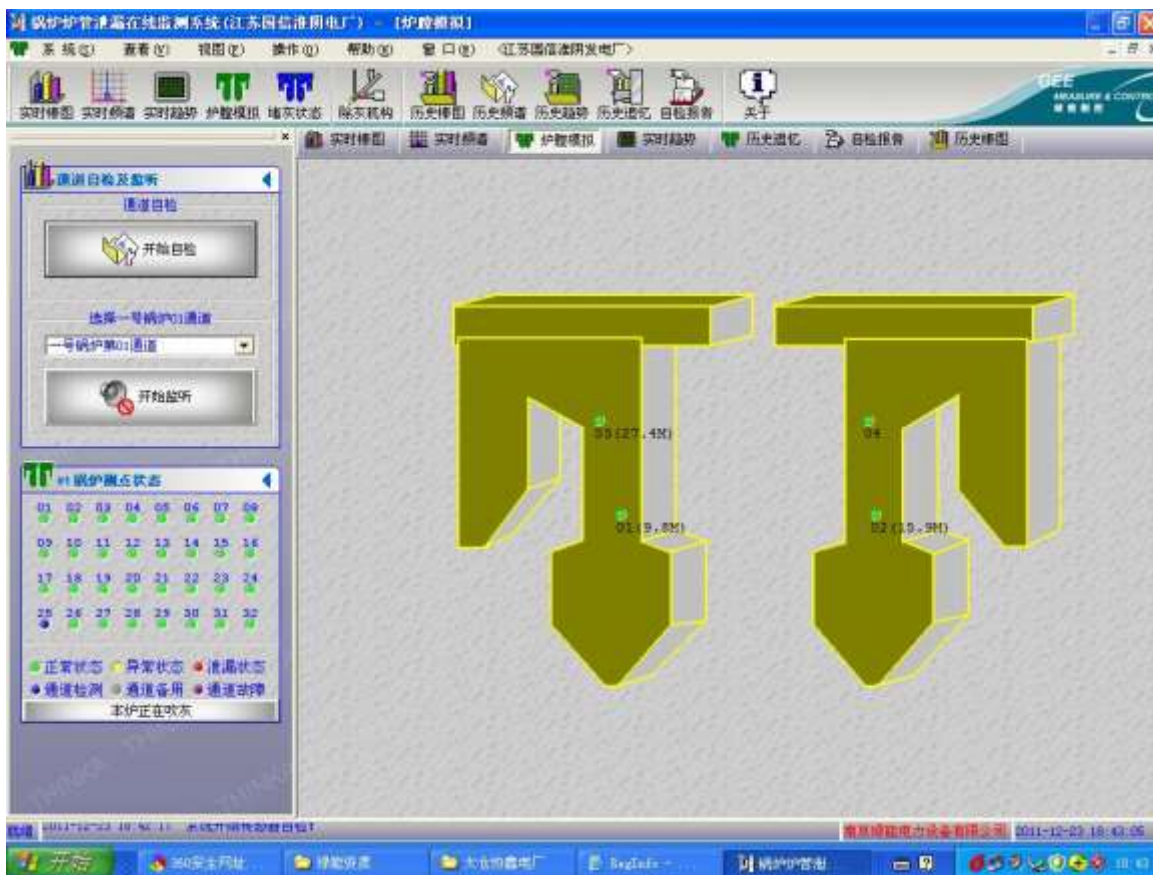
1、实时泄漏监测及早期预警



装置逐级报警：光字牌报警

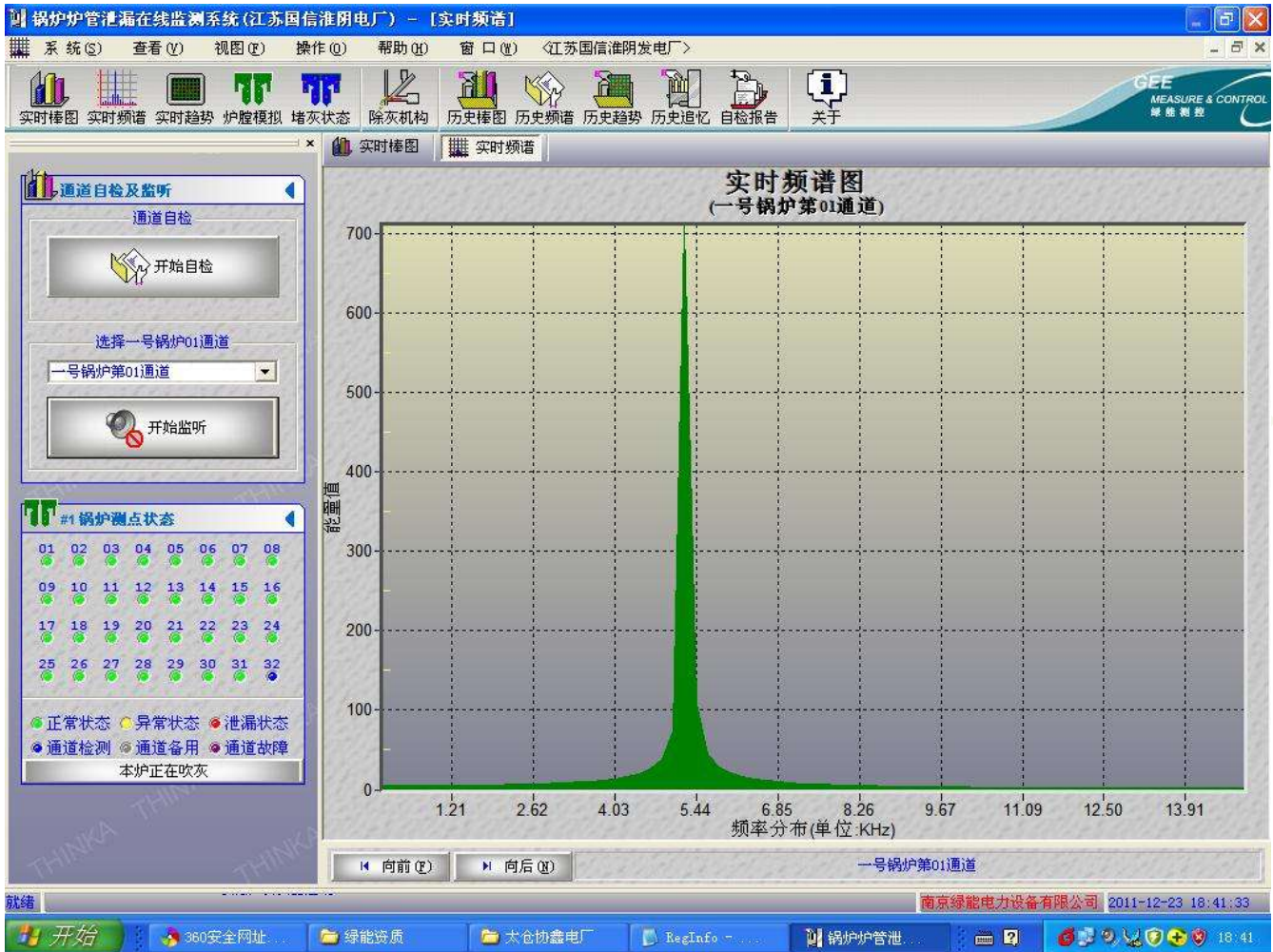
至炉管（水冷壁、过热器、再热器、省煤器）发生砂眼、裂纹始，装置逐级报警并伴随光字牌报警；自动监测泄漏过程中，“实时能量棒图”显示的颜色分别表示：正常（绿色）、异常（橙色）、泄漏（红色）、故障（暗红色）、通道检测（蓝色）。

2. 准确定位泄漏区域:



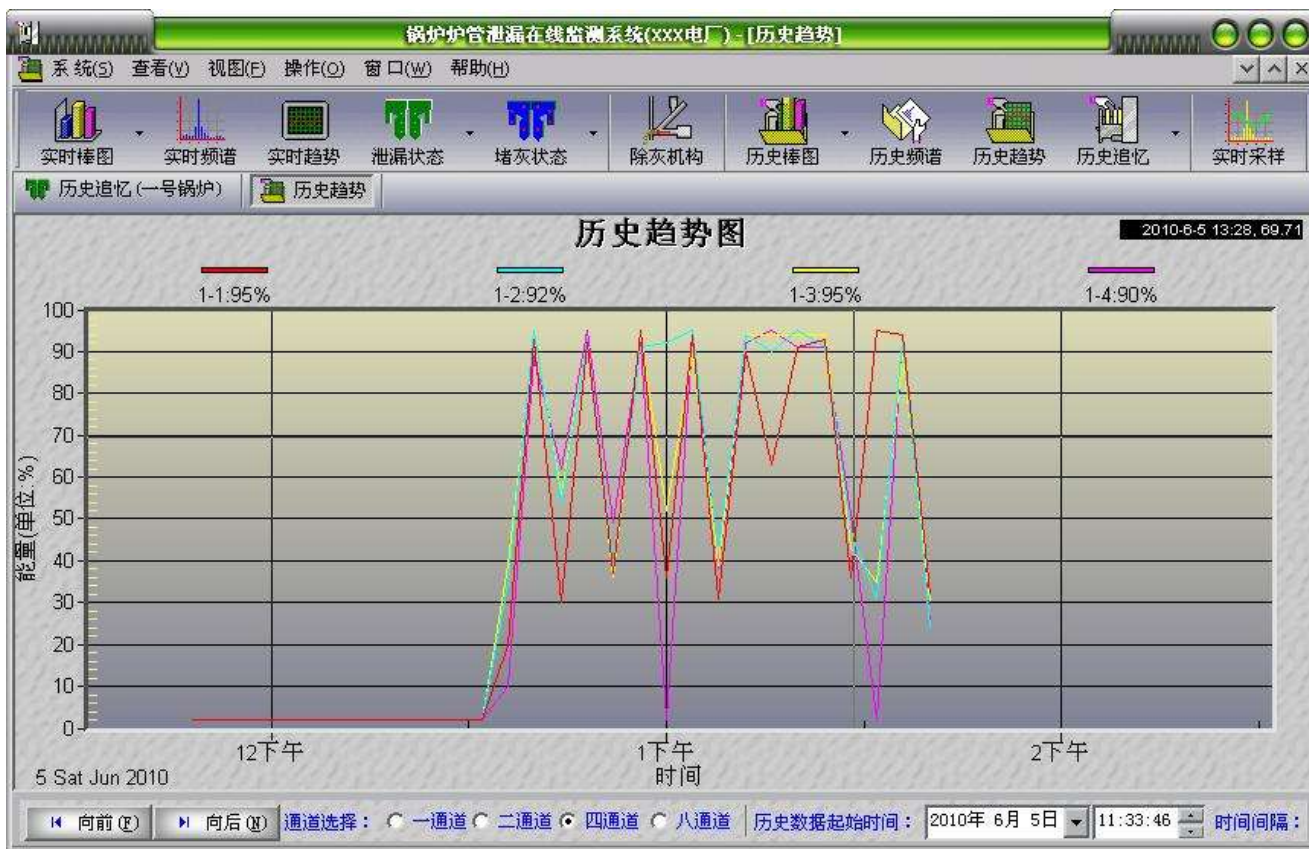
通过泄漏点标注的具体位置, 附近分布的“测点”所反映的泄漏程度并结合各“测点”先后报警顺序综合判断泄漏区域位置; 分辨率 ≥ 4 米的隔离范围, 并可标定各测点位置的楼层等。

3. 实时显示泄漏声音频谱:



显示各测点所“听到”的炉内声音的频谱图,显示谱段为 2~15kHz, 它将明显地区别反映炉管泄漏与蒸汽吹灰及声波吹灰声音的频谱特征。

4、跟踪泄漏发展趋势：



显示各测点声音发展趋势曲线，反映炉管泄漏的程度。并具有记录、打印功能，数据存储时间为 12 个月。

5、监听、录音炉膛内声音：



任意选择监听某测点对应的炉内声音，再现炉膛声音场景。

可

6、监视吹灰器运行工况

(1) 检查吹灰器汽源压力

启动手动或程控吹灰，其邻近测点的声音在“棒图”中的显示值通常大于 65%，否则可认为汽源压力异常或管路泄漏。

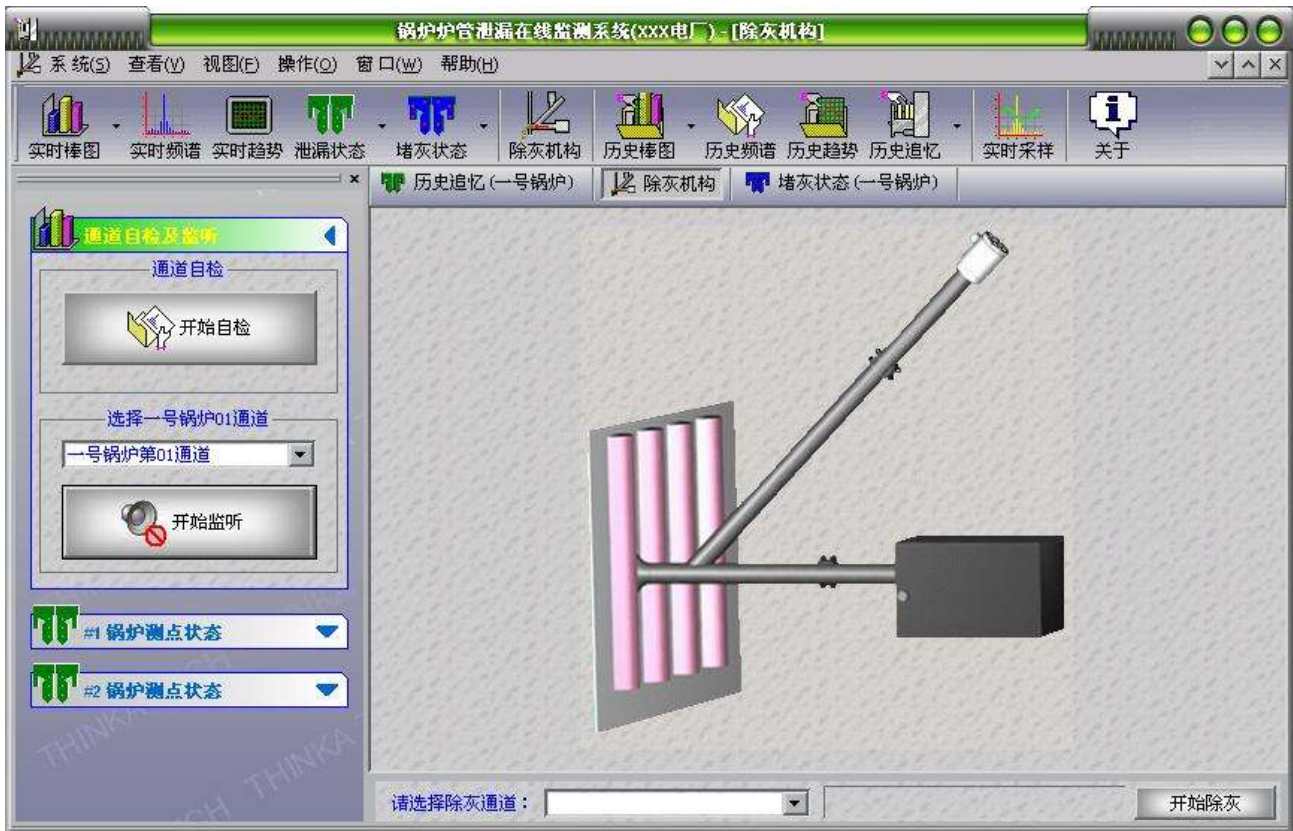
(2) 吹灰器是否旋转吹扫

吹灰器旋转吹扫时，其相邻测点的声音在“棒图”中的显示值应有规律的高低变化（或监听声音，应有明显的强弱变化），否则应视为异常。

(3) 判断吹灰器是否卡涩

吹灰器退出后，其相邻测点的声音在“棒图”中的显示值应恢复到吹灰前的状态，否则系统将予以报警，这种报警首先要判断的是吹灰器卡涩。运行人员应及时处理，避免吹薄、吹坏炉管而造成炉管泄漏。

7、装置自检及波导管自动除灰：



通过自检按钮，系统可以自动模拟炉管泄漏的声音，通过实时能量棒图的，可以很直观的判断各通道工作是否正常。对波导管的除灰方式可选择手动/自动，投自动时应根据锅炉的燃烧工况选择设定时间间隔，定期实现对波导管除灰操作。波导管是否畅通直接关系到系统的可靠性，系统软件设计了对波导管运行工况的实时检测，并在堵灰画面中显示正常状态（绿色）、异常状态（橙色）和堵灰状态（红色），当波导管严重堵灰时，系统将发出硬件报警，提醒运行人员及时对波导管除灰或必要时的人工机械除灰。

8、与 DCS 系统通讯:

本装置提供多种接口（RS232、LAN.....）与 DCS 通信，支持 Modbus-RTU、Modbus-TCP 等多种标准协议，并支持多通道、多协议同时并行传输。其他自定义协议也可在共同协商后提供支持。



四、系统网络拓扑设计

系统网络拓扑和设备及现场实际情况相关，需要现场勘查确认后设计；



五、工程设计&安装调试

工程设计中需要注意：

- 1) 传感器的位置确定及安装要求；
- 2) 数据传输长度及现场情况（抗干扰及数据传输稳定性）；
- 3) 控制电源设计

等等

安装后，设备需要调试，设定合适的阈值，以反映现场实际情况；