

杨柳青热电锅炉炉管泄漏监测系统应用分析

赵娜

(天津华能杨柳青热电有限责任公司, 天津 300380)

摘要:对锅炉炉管泄漏监测系统的工作原理、系统组成、系统功能和在杨柳青热电的应用情况进行了介绍。应用结果表明,炉管泄漏监测系统对及时发现锅炉早期轻微泄漏点和保障锅炉的长期稳定运行起到了至关重要的作用。

关键词:锅炉;泄漏点;炉管泄漏监测;声波传感器;报警

中图分类号:TM 621.2

文献标志码:B

文章编号:1674-1951(2018)07-0025-04

0 引言

火电厂锅炉管道内传送的介质一般为高温、高压流体,在机组运行过程中,管道承受各种辐射换热和对流换热,工作环境极其恶劣。炉管泄漏常常会导致机组非计划性停运,是影响发电机组可用率的关键。炉管泄漏的特点是具有隐蔽性,且早期发展缓慢,不会造成破坏,持续时间为数日或数周;但当泄漏发展到中期或末期则会具有严重的破坏性,微小的泄漏即会破坏相连的其他管道,若发现不及时则会危及整个炉内管道。这就需要在炉管泄漏的早期及时检测到泄漏点,避免损失扩大。

传统检测锅炉炉管泄漏的方法是工作人员在运行现场巡视监听,或通过负荷变化、补给水量变化、主蒸汽压力、主蒸汽温度等参数指示的异常进行分析判断^[1-2]。但是由于大型锅炉管道数量极多且分布复杂,加上管道内气体流动、火焰燃烧等,传统方法已经很难发现炉管早期泄漏,即使发现也存在较大的滞后。

炉管泄漏检测技术的基本原理是通过传感器对管道泄漏所产生的噪声进行采集,通过对噪声强度和频率的分析来区别泄漏噪声源与背景噪声源。基于该原理的锅炉炉管监测系统能够实时监测炉管泄漏情况,长期持续地对所有受热面管道进行监测,通过对监测到的噪声信号进行频谱分析来判断泄漏位置和泄漏程度,确保运行人员能够及时发现泄漏情况并采取有效措施,避免由于发现不及时导致的经济损失,缩短抢修时间,以达到实现状态检修的目的。

近年来,由于火电厂锅炉炉管泄漏所导致事故已严重影响机组安全、经济运行,因此,对锅炉炉管泄漏进行早期监测具有重要意义。

1 机组概况

天津华能杨柳青热电有限责任公司(以下简称杨柳青热电)三期安装2台300 MW燃煤发电机组。锅炉是BLK-1025型亚临界、液态排渣、一次中间再热、带100%飞灰复燃装置、双燃烧室、本生式直流锅炉。2台机组均未安装任何有效监视炉膛炉管泄漏的报警装置。2017年,杨柳青热电利用临修机会在2台机组上加装了GEEBLA型锅炉炉管泄漏监测装置。

2 炉管泄漏原因分析

炉管泄漏的原因主要包括磨损、过热超温、腐蚀疲劳、焊接质量问题、吹灰效果不理想以及运行环境影响等。

2.1 磨损

由磨损导致的泄漏主要存在于省煤器、低温过热器、低温再热器的尾部,它们的共同点是烟温较低。燃烧器喷火嘴附近的水冷壁弯头附近同样是泄漏多发点。磨损多由飞灰冲刷造成,尤其是当燃煤中掺烧了劣质煤种后,飞灰中未燃尽的燃料颗粒会严重冲击炉管内壁。若烟气中含有腐蚀性成分,内壁磨损则会加剧。

2.2 过热超温

过热现象常常是由于燃烧方式不当致使燃烧器喷嘴直接加热管壁受热面,或管内汽水循环变差等导致的管内局部温度过高,多发于过热器和再热器管壁。当局部温度大于管材的临界温度时,管材强度将会迅速下降,极易导致爆管。

2.3 腐蚀疲劳

锅炉低温部位省煤器和再热器产生的烟气进行热交换,普遍会遇到露点腐蚀^[3]。露点腐蚀常发于空气预热器(以下简称空预器)、省煤器等受热面,当管壁受到腐蚀而变薄甚至穿孔时,就会因为不能

承受蒸汽压力而爆管。同时,脱盐水的 pH 值一般控制在 9,如果水质 pH 值偏低,即 H^+ 含量增大,因 H^+ 是典型的阴极去极化剂,也会使钢铁产生析氢腐蚀。

2.4 焊接质量问题

气孔、裂纹、夹渣、咬边、未熔合、未焊透都会导致焊接部位产生残余应力而降低焊接接头的力学性能,为锅炉爆管带来隐患。

2.5 吹灰效果不理想

吹灰不及时或吹灰效果不好都会导致管壁积灰。积灰中常存在催化剂等成分,这些成分附着在管壁上可能会导致露点腐蚀。

2.6 运行环境影响

机组启停过程中,升降负荷率过快及火焰中心调整不当,也会加重炉管和焊缝的疲劳程度,导致其力学性能下降,增加爆管几率。

3 炉管泄漏监测系统组成及原理

3.1 系统组成

锅炉炉管泄漏监测系统包括信号采集系统、信号处理监视系统和除灰系统,由声波传导管和增强型声波传感器组成的信号采集系统对噪声和泄漏信号进行采集,再由信号处理监视系统进行判断和处理,最后将处理后的信号传至分散控制系统(DCS)和厂级监控信息系统(SIS)。其系统组成示意图如图 1 所示。

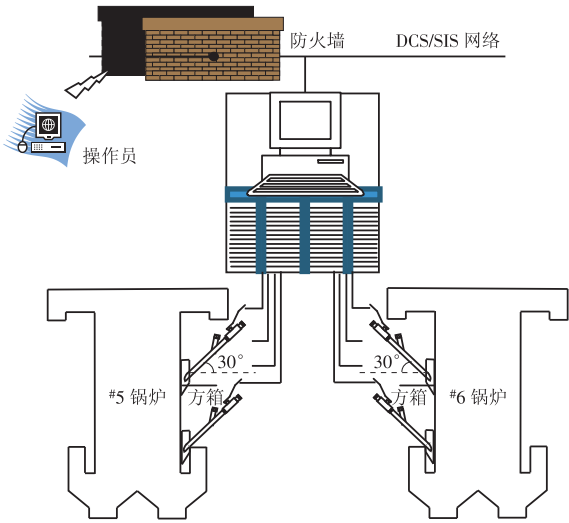


图 1 系统组成示意

3.1.1 信号采集系统

信号采集系统由声波传导管和增强型声波传感器组成,安装于锅炉本体上。采集过程中,噪声信号首先通过声波传导管,然后由增强型声波传感器进行采集,并进行声电转换。

(1)声波传导管。声波传导管以一定的角度安

装于锅炉外壁,为噪声信号提供传输通道,对噪声信号进行采集。它由金属导管、维护球阀、45°三通、传感器接口、堵头及气源接口组成。机组运行过程中需要对声波传导管进行定期吹灰,防止管内积灰。声波传导管示意图如图 2 所示。

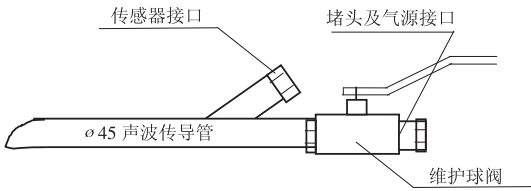


图 2 声波传导管示意

(2)增强型声波传感器。增强型声波传感器的功能是采集声波导管传来的噪声信号,它位于声波传导管的末尾,将噪声的强度和频谱转化为电流信号传至电子间的信号处理机柜,它囊括了信号放大、信号滤波、声频采集和自检等多种功能。本次选用的增强型一体化声波传感器自带前置放大器,且其内部设有清灰装置,防护等级高达 IP65,不会由于进水、腐蚀等而影响其正常功能。增强型数字声波传感器示意图如图 3 所示。

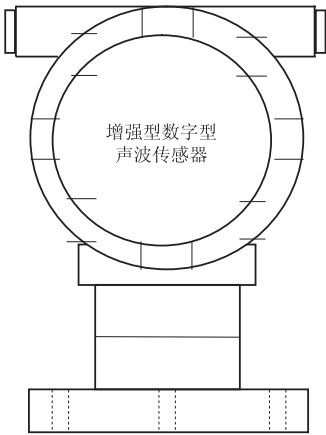


图 3 增强型数字传感器示意

3.1.2 信号处理监视系统

信号处理监视系统包括中心处理单元和显示报警单元,每台锅炉各 1 套,控制机柜安装在 6 机组电子间。该机柜内包含电源、接线端子排、主机、显示器等。

中心处理单元又由监听采样卡、高性能数据采集卡、开关量输入继电器输出卡和显示报警单元组成。

(1)监听采样卡。监听采样卡的功能是将声波传感器传送来的电流信号转换成电压信号送至高性能数据采集卡。再将电压信号转换成声频信号实现对炉内噪音的监听。

(2)高性能数据采集卡。高性能数据采集卡将监听采样卡传来的信号模数转换后进行快速傅里叶

变换,对实时频谱进行显示。系统内存有炉管泄漏时的特定频谱,通过与之对比即能对泄漏情况进行判断并报警。

(3)开关量输入继电器输出卡。开关量输入继电器输出卡能够实现泄漏报警、传感器自检、吹灰抑制以及对清灰电磁阀进行控制等功能。

(4)显示报警单元。显示报警单元能够在采集到泄漏信号时进行延时报警。延时时间和报警阈值可根据工况进行具体设定。系统自带的历史查询功能可以查询近 1 年的频谱数据,用于数据分析,同时还能根据背景噪音的情况对声波传导管的堵灰状况进行判断。通过“炉膛模拟”可以查看泄漏状态及测点分布,“实时棒图”可以显示全部通道的实时能量,“实时频谱”可以查看全部通道的频谱分布。

3.1.3 除灰系统

除灰系统可以实现在声波导管堵灰时的自动除灰,避免了由于堵灰而检测不到炉管泄漏的情况。每一路声波导管均配置了除灰系统,除灰气源为厂内的主压缩空气气源。除灰功能通过控制电磁阀的导通来实现,一般情况下,每 4~8 个测点配备 1 个电磁阀。

3.2 炉管泄漏声学原理

锅炉在正常运行情况下,燃料燃烧、烟气流、灰粒无规则撞击炉膛内壁、吹灰器投入等因素等都会在锅炉内部产生较强的噪声,这种声音基本上都是低频噪声,而当锅炉炉管发生泄漏时,噪声频谱结构中会有高频噪声信号成分存在。泄漏噪声频率会随着泄漏截面的扩大而减小,泄漏噪声强度则会随着泄漏界面的扩大而增强,通过对增强型声波传感器采集信号的快速傅里叶变换结果进行频谱分析,即可根据频谱的分布情况对炉管的泄漏情况进行判断。

4 炉管泄漏监测系统的应用

4.1 安装情况

传感器的数量和安装位置是根据锅炉形式、出力大小以及系统的不同需求进行选择 and 确定的。杨柳青热电 #5, #6 锅炉各安装炉管泄漏装置取样探头 28 个,沿锅炉四周均匀安装,分别布置于锅炉 2 层、4 层、6 层、7 层、9 层半、11 层、13 层。安装时将该位置处保温打开,与机务确定鳍片开口处,使用角磨机或气焊在鳍片上开口,开口完毕后机务人员验收检查是否对主管材有损伤,并在验收无损伤后进行取样探头焊接工作。焊接完毕,机务人员再次检查焊接工作是否对主管材有损伤,检查无问题后恢复保温。

4.2 运行情况

杨柳青热电炉管泄漏监测自动报警装置于

2017 年 10 月 23 日 #5, #6 锅炉临修时组织安装施工,2017 年 12 月 21 日锅炉点火稳定运行后静态调试完毕,48 h 热态调试运行后交付杨柳青热电作为监测设备投入正常使用。热态调试的重点是对泄漏值和堵灰值进行设定。泄漏值的设定关系到系统运行的准确性,设定过低会加重误报的风险,设定过高则可能导致漏报,因此,泄漏值的设定需要根据机组的实际运行情况进行。经过调试,杨柳青热电将 1~4 通道的泄漏值设定为 40(位于锅炉 2 层),将 5~28 通道的泄漏值设定为 25(位于锅炉 4 层、6 层、7 层、9 层半、11 层、13 层)。另外,堵灰值的设定也会对日后声波导管堵灰情况的判定造成影响。堵灰值由检修人员分别依据各通道平均值(能量值连续 10 次的平均)进行设定。

4.3 实现功能

4.3.1 炉管泄漏实时监测和早期报警

自炉管产生细微的沙眼和裂纹开始,检测装置即可根据泄漏情况逐级报警。图 4 为全部测点的实时信号显示,纵坐标中 50% 的位置为泄漏报警的报警红线,当任意通道的实时棒状图超过报警红线时,棒状图变为红色,提示该通道超出泄漏报警范围;当棒状图高度位于 40%~50% 之间时,显示黄色,提示通道异常。锅炉吹灰会屏蔽泄漏报警信号,但各通道的信号均能正常地采集和显示,杜绝了因吹灰而导致的误报,同时也可对吹灰器的工作状态进行监视。

4.3.2 判定泄漏区域位置

图 5 为机组泄漏状态及测点分布图,泄漏程度可由图中测点颜色来表示。通过泄漏点附近的测点颜色和先后报警顺序可以将泄漏区域锁定在较小的范围内。

4.3.3 显示泄漏声音频谱

选择“实时频谱”可查看该通道的频谱分布,显示频段为 1~15 kHz。通过对频谱进行分析来区分泄漏噪声、吹灰噪声和环境噪声等。

4.3.4 跟踪泄漏趋势

可根据各通道的泄漏趋势分析炉管泄漏的情况。系统数据库可存储大量历史数据,记录时长为 1 年以上。

4.3.5 实时监听炉内噪声

通过“监听”按键选择相应通道对炉内声音进行监听,可根据需要进行录音。

4.3.6 与 DCS 通信

该系统通过硬线连接实现与 DCS 之间的通信,并在上位机画面进行显示。

4.3.7 系统自检测试

通过自检测试功能判断各通道运行是否正常。

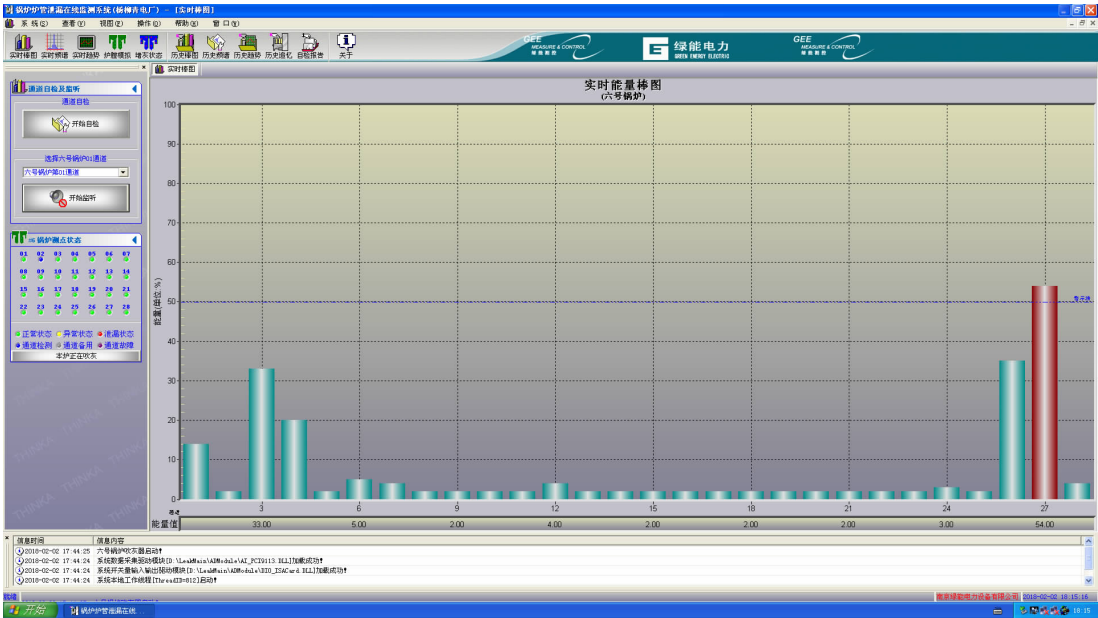


图 4 实时能量棒图

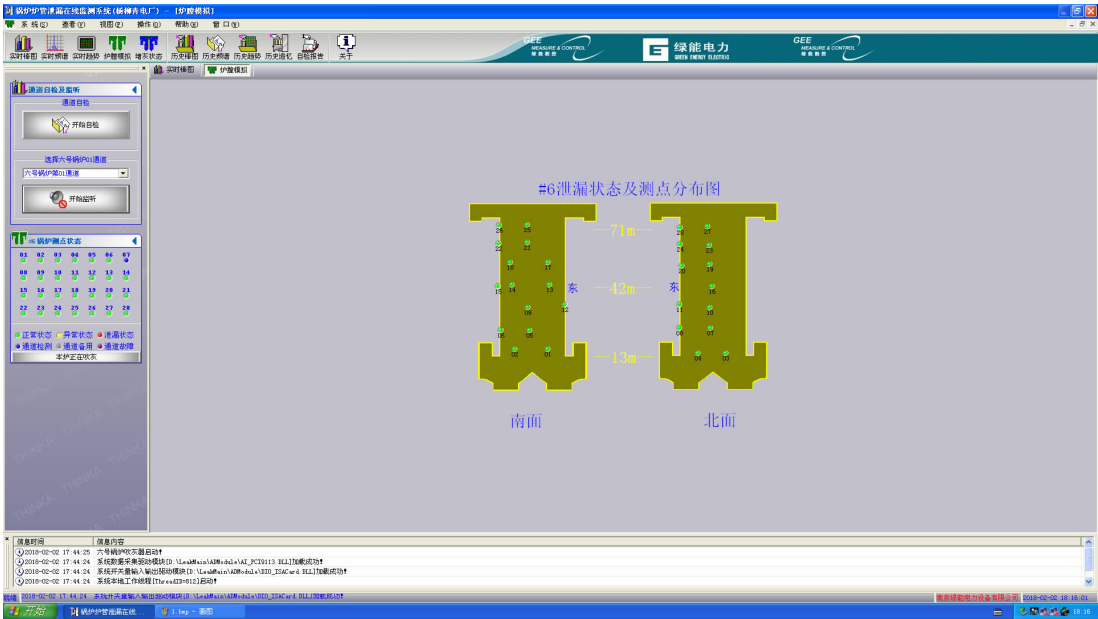


图 5 泄漏状态及测点分布图

4.3.8 波导管堵灰判别并自动清灰

实时监测声波导管堵灰情况,可选择手动和自动 2 种方式对其进行清灰。自动方式下需根据具体工况设定时间间隔。声波导管具有堵灰报警功能,提示运行人员对严重的堵灰情况进行人工清灰。

4.3.9 其他功能

系统失电时,清灰机构能够迅速保位,用来控制压缩空气的清灰电磁阀也能够自动复位。

4.4 锅炉炉管泄漏检测装置的关键技术

4.4.1 选择高质量传感器并正确设置灵敏度

炉管泄漏检测装置的传感器安装于锅炉本体,高温、寒冷、日晒雨淋等恶劣的现场环境极易使得其内部敏感元件受到腐蚀。为了保证测量的准确性,

应该对传感器的型号进行正确选取。本次选用的增强型声波传感器灵敏度高达 25 mV/Pa,可检测范围为半径 4 ~ 12 m 半球空间,能够在 - 60 ~ + 300 ℃ 的温度范围内连续运行 30 000 h 以上。

4.4.2 系统整体可靠性

系统的整体可靠性取决于系统结构的规范性,规范的结构会使得设备的维护更加便捷,使设备的故障率大大降低。本厂采用的炉管泄漏监测系统具有规范的体系结构,杜绝了容易发生故障的中间环节,由就地探头直接进入电子间监控机柜内,更加便于调试和维护。

4.4.3 正确安装探头并做好隔离

探头的安装位置和安装方式会 (下转第 34 页)

速度为 33.1 mm/s,已经接近 34.7 mm/s;振幅峰峰值为 15 mm,最大峰值振动速度达到 55.2 mm/s,远超 34.7 mm/s 的评判值。因此,该主蒸汽管道振动评估为不合格,应进行振动治理。

阻尼器属于缓冲吸能装置,用以保护管道免受偶然动态工况的破坏,而当管道处于正常工况时,它能够适应管道因为热胀冷缩而出现的缓慢移动但对管道几乎没有限制,不会改变管系应力分布。

鉴于该管道振动主要为 X 方向振动,其他方向振动并不明显,需通过加装 X 向液压阻尼器进行振动控制。结合现场安装条件,可以在 62 m 高程处的竖直向管段以及 #901 及 #902 吊架之间的水平管段上分别加装工作载荷为 50 kN 的 X 向液压阻尼器。

3 治理效果

机组检修时在主蒸汽管道上加装了 2 组阻尼器,如图 5 所示。机组正常运行后对主蒸汽管系进行了宏观检查,管道振动现象得到了有效治理。

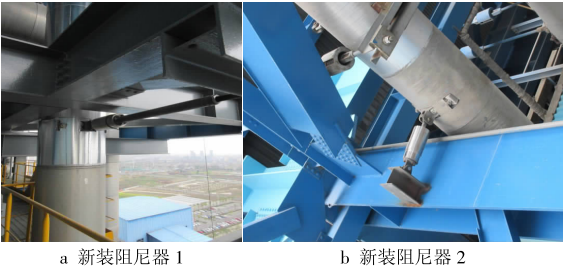


图 5 现场阻尼器安装图

机组稳定运行后,技术人员对管系进行了治理后振动测量,并与振动前数据进行了对比。管系的最大峰值由治理前的 15.0 mm 降至治理后的 6.0 mm,最大峰值振动速度也从治理前的 55.2 mm/s (不合格)降低至治理后的 22.1 mm/s,振动治理效

(上接第 28 页)极大地影响泄漏事件判定的准确性。安装位置不当会导致泄漏事件漏报或误报,安装时不注意对传感器的信号电缆进行屏蔽也会造成信号干扰,给系统检测的准确性带来影响。

5 结论

炉管泄漏监测系统的应用能够实时监测炉膛内管路运行情况,避免了传统检测方法造成的误听、漏报现象,为保障机组的安全、经济运行提供了必要的保证。同时,能够在监测画面中实时监视吹灰器的投入和运行工况,极大地减少了因吹灰器故障所导致的受热面管道损坏,提高了设备的运行性能和可维护性。

果显著。

4 结束语

(1)管道长期振动会使管道结构及管道附件产生疲劳破坏,严重威胁机组安全稳定运行。主蒸汽管道应力分析结果表明管系应力符合设计要求,未出现一次/二次应力超标,加装阻尼器也不会影响管系应力。

(2)处理前管道最大峰值振动速度超过标准要求,在设计位置加装阻尼器后管系最大峰值振动速度符合标准要求,表明振动治理措施有效抑制了管道振动。

(3)技术人员应定期检验加装的阻尼器及管道运行状态,确保机组安全稳定运行。

参考文献:

[1]张铁桀,杨佳,郝剑,等. 除氧器给水泵入口管道振动评估及治理[J]. 中国特种设备安全,2015,31(9):44-46.
[2]王鹏,曹海,于海东,等. 托电 8 号炉主蒸汽管道振动治理[J]. 华北电力技术,2009(S1):4-6.
[3]杨晓伟,李国明,谢澄,等. 600 MW 机组主再热蒸汽及旁路系统管道支吊架调整与优化[J]. 浙江电力,2016,35(4):54-58.
[4]任文斌,许金辉,唐璐. 300 MW 机组主蒸汽管道振动原因分析及处理[J]. 山东电力技术,2017,44(6):57-59.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

汪小峰(1986—),男,江苏南通人,工程师,从事电厂技术管理工作(E-mail:wxfw2258@163.com)。

参考文献:

[1]张江东. 炉管泄漏报警装置在火力发电机组中的应用[J]. 国网技术学院学报,2016,19(6):57-59.
[2]郝轰宇. 炉管泄漏技术在电厂中的应用[J]. 科技风,2015(21):125.
[3]谭雪峰. 锅炉管道泄漏点检测与定位系统研究[J]. 电子制作,2014(17):41-42.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

赵娜(1987—),女,天津人,工程师,硕士,从事热控专业上位机 DCS 相关工作(E-mail:467931631@qq.com)。