DOI:10.3969/j.issn.1674-1951.2019.07.021

移动式声波吹灰器在 660 MW 机组锅炉省煤器的应用

Application of mobile sonic soot blowers in economizer of 660 MW boiler

邢军[1],何超[1],舒忠平[2]
XING Jun[1],HE Chao[1],SHU Zhongping[2]

(1. 神华国能哈密花园电厂,新疆 哈密 839000; 2. 南京常荣声学股份有限公司,南京 210000)
(1. Shenhua Guoneng Hami Garden Power Plant, Hami 839000, China; 2. Nanjing Changrong Acoustics Company Limited, Nanjing 210000, China)

摘 要:传统省煤器的吹灰法一般采用蒸汽吹灰,利用电厂蒸汽作为动力对换热元件直接进行吹扫,覆盖范围有限、吹灰效果差、维护成本很高。省煤器换热管严重积灰会使传热效果迅速恶化,锅炉的排烟温度逐渐升高,锅炉的热效率大大降低,进而造成烟气阻力增加,使引风机的负载及耗电量增加。针对某电厂省煤器积灰堵塞严重的问题,尝试使用新型移动声波吹灰器进行吹灰,使用后吹灰效果明显改善,省煤器运行参数较此前单独采用蒸汽吹灰器时得到优化,且蒸汽吹灰器吹灰效果差及换热元件腐蚀吹损等问题得到解决。

关键词:省煤器;移动式声波吹灰器;蒸汽吹灰;锅炉;声波;积灰

中图分类号:TK 223.3 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2019)07-0073-04

Abstract: Traditional soot blowing method of economizers generally adopts high temperature steam as power for soot blowing which is directly purged on heat exchange elements. Its coverage is limited, soot blowing effect is poor, and the maintenance cost is high. The serious ash deposition on heat exchange tubes of economizer will quickly deteriorate the heat transfer effect. The boiler exhaust temperature will gradually increase and its thermal efficiency will be greatly reduced. The smoke resistance will also increase, which lead to high power consumption of induced draft fan. For the serious jamming problem of ash depositionin power planst, a new type of mobile sonic soot blower is adopted and the soot-blowing effect is significantly improved. The economizer operation parameters are more superior than that with steam soot-blowers alone. It solves the problems of poor soot blowing performance of the steam soot blower, corrosion and blow loss of the heat exchange elements.

Keywords: economizer; mobile sonic soot blower; steam soot; boiler; sonic; accumulate grime

0 引言

省煤器是安装于锅炉尾部烟道下部,用于回收排烟余热的一种装置,由省煤器管屏、换热管排、进口集箱和出口集箱组成。它可以吸收高温烟气的热量,降低锅炉的排烟温度,达到节省能源、提高锅炉效率的作用[1]。某电厂 660 MW 机组锅炉用煤量超过设计标准且掺烧其他煤种,造成灰分增多。省煤器受热面位于锅炉上部第一烟道出口处,大量飞灰在省煤器上部堆积,并和吹灰蒸汽结合形成近 200 mm 的灰片,堵塞了屏间距,降低了换热效率[2],并且容易造成后续的选择性催化还原(SCR)脱硝流场紊乱、炉膛阻力增大等情况[3]。

1 传统的吹灰方法

省煤器常用的吹灰设备包括蒸汽吹灰器、燃气脉冲吹灰器、旋笛吹灰器。然而在大型机组的实际运用中,这几种吹灰器都有明显的不足[4]。

蒸汽吹灰器是该电厂省煤器原先采用的吹灰设备。蒸汽吹灰器采用高压蒸汽作为介质进行动能型吹灰,高压蒸汽直接作用于对换热元件,使换热管受到不同程度的吹损[5]。并且吹灰器机头阀门和吹灰枪管频繁发生卡涩,使吹灰蒸汽泄漏入炉内,对固定位置的换热元件长期吹灰,进一步增加了换热管的吹损风险,影响锅炉的安全稳定运行[6]。

燃气脉冲吹灰器由于工作介质为可燃气体,存

收稿日期:2018-08-11;**修回日期:**2019-04-19

在一定的安全隐患。如果设计结构不合理或者操作不当,易引起可燃气体泄漏[7]。

传统旋笛吹灰器利用声场能量的作用,阻止并破坏粉尘与热交换面的结合。声波能量在传播中会随着波束的发散、吸收、反射、散射等而衰减,导致该种吹灰器效能难以应对大型机组锅炉省煤器大范围的积灰问题[8]。

本文针对大型机组的省煤器积灰问题,探索出一种全新的移动式声波吹灰器,有效地解决了该问题。

2 移动式声波吹灰器介绍

2.1 概述

移动式声波吹灰器是以压缩空气为吹扫介质的声波除灰设备。发声装置依靠驱动机构的带动在炉膛内以直线轨迹运动,并发出强声波。强声波利用振动疲劳高速破碎、剥离积灰,压缩空气可以将松动脱落的积灰带走[9]。传统声波吹灰器都采用固定式安装方案,发声点不能移动,声波到达较远换热元件会有不可避免的衰减。移动式声波吹灰器行程6 m,增加了传统声波吹灰器的作用范围。

2.2 设计参数

吹灰管前端的发声装置采用哈特曼哨发声器,从声波发生器喷口喷出压缩空气,当喷嘴的射流与谐振腔发生共振时,会产生频率等于谐振腔本征频率的声波作用于换热元件[10]。声波与压缩空气作用方向为360°,减速电机作为行进机构带动吹灰枪管前后移动,吹灰器的运行速度和吹灰压力等可根据积灰情况调节。根据经验,换热元件附近声场达140 dB,换热元件表面的积灰可以被有效地清除[11]。移动声波吹灰器性能参数见表1。

2.3 设备的安装

该电厂省煤器主体长宽为21 m×21 m,前后各伸出10 m的平台,上下两层。移动声波吹灰器的布置点位设置在两层管排之间。为保证吹灰器与现场其他设备无相互干扰和声场的全覆盖,在每层平台各设置5台移动声波吹灰器,前后两侧平台吹灰器对称布置,吹灰管之间间隔约3 m,如图1所示。

移动式声波吹灰器框架由方管焊接完成。H型钢焊接在框架顶部,作为行进轨道。行进小车悬挂在轨道上,通过滚轮前后移动。H型钢底部焊接齿条,齿条与小车上减速电机输出轴上的齿轮相互啮合,当减速电机输出轴转动时,会带动小车前后移动。

小车前端通过法兰与吹灰管连接,吹灰管会带着前端的哈特曼哨发声装置随着小车行进或者后退。

框架与炉墙是通过炉墙吊耳连接。该连接方式可以保证在炉体冷态/热态变化时,框架前端会随炉壁的膨胀同步移动,从而防止由吹灰管与炉壁上开孔错位导致的吹灰枪卡涩。

表1 移动声波吹灰器基本性能参数

Tab.1 Basic performance parameters of the mobile sonic soot blower

项目	技术参数
安装数量/台	20
发生器声波频率/Hz	200
发生器辐射功率/kW	3.8~5.7
炉内最大声压级/dB	>147
辐射方向/(°)	360
驱动气体介质	压缩空气
驱动气体压力/MPa	0.4~0.6
工作瞬时耗气量/($m^3 \cdot min^{-1}$)	≤3
移动行程/m	6
驱动功率/kW	1.5
吹灰时间	可调
间歇时间	可调
使用寿命/a	10
距设备1 m处噪声/dB	≤85
工作温度/℃	500

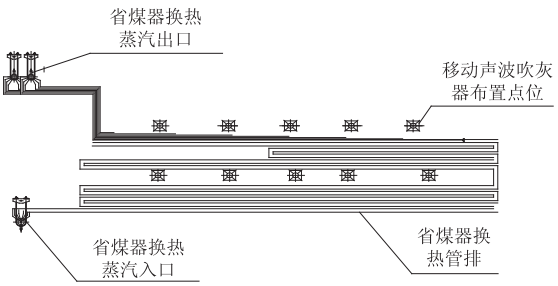

图1 移动声波吹灰器布置

Fig.1 Layout of mobile sonic soot blower

2.4 移动声波吹灰器的控制系统

基于可编程逻辑控制器(PLC)的移动式声波吹灰器控制系统控制20台移动式声波吹灰器的工作。20台移动声波吹灰器编号分别为#1,#2,#3,…,#20,以前/后侧平台对称布置的2个吹灰器为1组,分为#1/#11,#2/#12,…,#10/#20,共计10组。系统通过4台变频器调整20台移动式声波吹灰器的行走速度。在正常运行时,系统分为串行和并行2种运行方式:在串行运行时,每组移动式声波吹灰器同步行走,所有移动式声波吹灰器的运行顺序任意可调,每组吹灰器的运行速度及运行时间可调;并行运行时,系统可以控制2组移动式声波吹灰器同步行走,所有吹灰器的组合方式可以任意搭配,组合后的吹灰器的运行顺序任意可调,每组吹灰器的运行

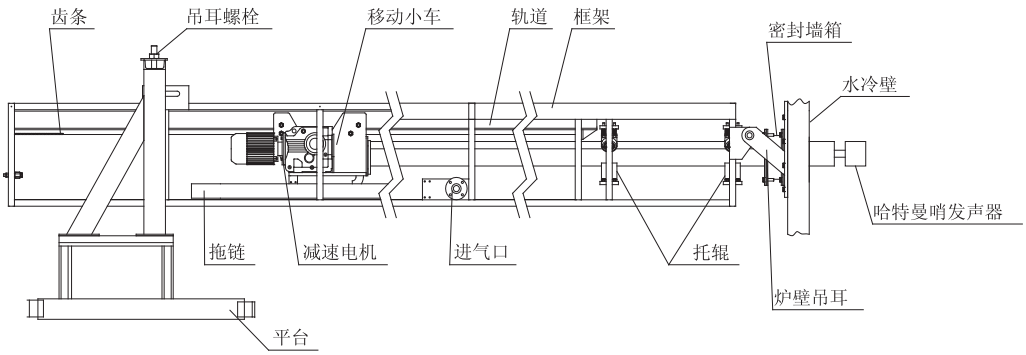

图 2　移动式声波吹灰器

Fig. 2　Mobile sonic soot blower

速度及运行时间可调。

不论串行还是并行运行,移动式声波吹灰器都有步进运动和连续运动 2 种工作模式。在步进运动模式下,吹灰器的行走速度、行走时间和间隔时间均可调。在连续运动模式下,吹灰器的行走速度可调,前进和后退之间的切换时间可调。

每台吹灰器上设置 2 个限位开关,一个是指示前进到位的前端限位开关,一个是指示后退到位的后端限位开关。无论吹灰器处在串行或是并行运行模式,吹灰器吹灰管往前运行至前端限位开关后,停止前进,反向后退行走。吹灰器后退运行至后端限位开关后就停止后退,同时准备前进行走,如此循环往复。

20 台移动式声波吹灰器可以全部都参与运行,也可以部分参与运行。若一组中有 1 台吹灰器不参与运行,不影响该组另一台吹灰器的运行;一组中的 2 台吹灰器均不参与运行,不会影响其余组吹灰器的运行。移动式声波吹灰器系统电气控制示意图如图 3 所示。

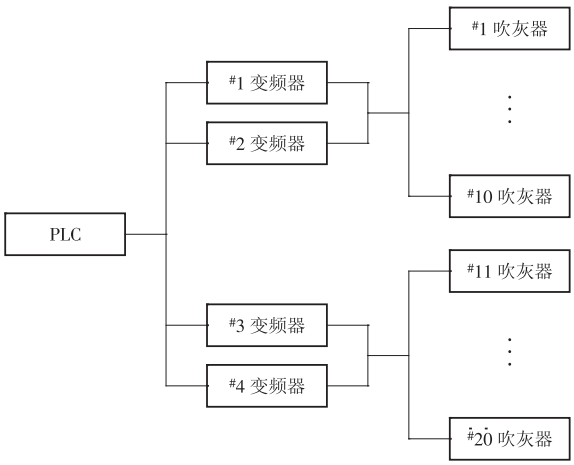

图 3　系统电气示意

Fig. 3　System electrical schematic

3　设备作用与效果

该电厂 660 MW 机组原采用蒸汽吹灰器。蒸汽吹灰器在运行期间曾发生过可靠性的问题,如吹灰枪管卡涩、吹损换热管排、吹灰管严重变形等。因此,蒸汽吹灰器一直没有被电厂充分的使用。同时,蒸汽吹灰器的作用受到管排的阻挡,作用范围只停留在靠近吹灰枪管的一层管排。最后造成锅炉省煤器部位积灰非常严重,如图 4 所示。

图 4　省煤器换热管积灰

Fig. 4　Economizer heat transfer tube ash plot

移动式声波吹灰器自 2016 年安装后一直稳定运行至今,通过移动式声波吹灰器的吹扫,省煤器部位换热管排上的积灰明显减少,如图 5 所示。

图 5　设备运行后管排积灰情况

Fig. 5　Accumulate grime after the operation of device

同时,通过监测,省煤器的前管排流阻由改造前的 239 Pa 降低到了 183 Pa,省煤器流动阻力降低了 56 Pa,不仅减小了引风机的负荷,还降低了引风机

耗电量,同时管排的换热效率有了一定的提升,增加了锅炉的热效率[12]。

另外,移动声波吹灰器投入运行后,管排的换热效率随着排烟温度的下降而升高,锅炉热效率也得到提升。经计算,一般排烟温度每降低10℃,锅炉热效率提升0.52%[12-13]。该电厂移动声波吹灰器投运后,排烟温度下降了7~10℃,锅炉热效率上升了0.35%~0.52%(即平均提高了0.44%)。

4 结论

从上述分析可以得出以下结论。

(1)因为大型机组锅炉省煤器部位的特殊性,易导致换热管积聚干灰,需安装既能满足大面积吹灰需求又能避免对锅炉换热组件造成吹损的吹灰器。传统蒸汽吹灰器、燃气脉冲吹灰器,旋笛吹灰器都有一定的弊端,不能满足大型机组吹灰的需求。

(2)移动声波吹灰器能够较好的结合声波作用无吹损和移动机构减少声波远距离衰减的特点。通过监测证明,移动声波吹灰器定期运行能够有效去除大型机组中省煤器管排上的积灰。

(3)移动声波吹灰器投运后,降低了管排间气流的流动阻力,提高了锅炉的热效率。移动声波吹灰器在某电厂660 MW机组锅炉省煤器部位应用1年后,监测结果表明,移动式声波吹灰器能够有效清除大型机组省煤器部位积灰,提高了换热元件的清洁度,降低了风烟系统电耗,提高了换热效率,降低排烟温度,从而提高了机组的可靠性、经济性。

参考文献:

[1]刘德才.浅谈锅炉热管省煤器与热管空气预热器[J].节能,1993(9):46-47.

[2]丁志磊,林宇震,秦皓,等.Siren(旋笛式)激励系统的气动声学特性[J].航空动力学报,2015,30(7):1599-1604.

[3]丁虹,何雁飞,陈增宏.省煤器积灰原因分析及改进措施[J].工业锅炉,2012(1):30-34.

[4]邓亚军,张维群.电站锅炉吹灰器运行现状及性能比较[J].四川电力技术,2003,26(3):22-24.

[5]孔凡平,杨祥良.锅炉蒸汽吹灰器使用中的问题[J].发电设备,2002(6):24-27.

[6]殷胥杰.锅炉本体蒸汽吹灰器常见故障及处理[J].电力安全技术,2013,15(9):59-61.

[7]李泽.燃气脉冲吹灰器在工业中的应用[D].大连:大连理工大学,2009.

[8]李祖铎.省煤器采用空气吹灰防止积灰堵塞[J].设备管理与维修,1986,31(2):44-44.

[9]赵旺初.声波吹灰器的原理与应用[J].电力建设,2001,22(1):54-56.

[10]贺龙,蒋华刚,邓思文.Hartmann发声器的工业应用[J].牡丹江师范学院学报(自然科学版),2008(2):43-45.

[11]陈国金,张云电.声波吹灰器清灰机理研究及应用[J].应用声学,2002,21(4):36-40.

[12]李勇,王艳红,张炳文.基于不同标准的锅炉热效率及发电标准煤耗率修正方法[J].动力工程学报,2012,32(4):273-281.

[13]杨宏民,李建刚.电站锅炉排烟热损失计算研究[J].电站系统工程,2000,16(2):94-95.

(本文责编:陆华)

作者简介:

邢军(1981—),男,甘肃白银人,助理工程师,从事电厂锅炉维护(E-mail:20024459@shenhua.cc)。

何超(1987—),男,湖北荆门人,助理工程师,从事电厂锅炉维护(E-mail:20013105@shenhua.cc)。

舒忠平(1992—),男,安徽宣城人,助理工程师,从事声波吹灰器的研制(E-mail:1548810676@qq.com)。

(上接第72页)孔径极小的节流孔,容易发生异物堵塞,从而造成管段局部超温爆管,清洁度检查时应将节流孔作为重点检查部位,消除爆管隐患。

参考文献:

[1]张志勇,张杏姣.某超超临界火力发电机组过热器爆管原因分析[J].华中电力,2011,3(24):79-83.

[2]李学刚.超超临界直流锅炉防止过热器水塞技术探讨[J].锅炉技术,2011,42(3):9-13.

[3]王宏.华能玉环电厂超超临界百万级机组锅炉爆管预防措施及爆管分析[J].科技论坛,2011,8(16):32.

[4]刘定平.超(超)临界电站锅炉氧化皮生成剥落机理及其防爆关键技术研究[D].广州:华南理工大学,2012.

[5]肖国华,李益民,王理博.超超临界机组锅炉末级过热器爆管原因分析[J].理化检验(物理分册),2011,47(1):245-247.

(本文责编:陆华)

作者简介:

王学礼(1974—),男,山东诸城人,工程师,从事火电机组集控节能运行与改造方面的工作(E-mail:2692332735@qq.com)。