

宽频高效声波除灰器在动力厂燃气锅炉燃烧器上的应用

朱凤芝

(首钢动力厂 , 北京 100041)

The Application of Wide Frequency High Efficiency Sound Wave Ash Remover in Gas-fired Boiler Burner in Power Factory

ZHU Feng-Zhi

摘 要 :首钢动力厂 35t/h 燃气锅炉燃烧器上应用了宽频高效声波除灰器。结果表明 ,声波除灰器能有效地清除和抑制燃烧器喷嘴的积灰和结焦 ,从而延长了锅炉的运行周期 ,同时 ,除灰器运行可靠 ,操作维护简单 ,具有推广应用价值。

关键词 :燃气锅炉 ;燃烧器 ;宽频高效声波除灰器 ;除灰效果

中图分类号 :TK229.8 ;TK223.23 文献标识码 :B

1 前言

首钢动力厂的 8 台中压炉、3 台低压燃气锅炉以烧高炉煤气为主、焦炉煤气为辅 ,负责供给首钢的生产及生活用气。近年来随着首钢冶炼规模的扩大 ,高炉煤气产量的增加 ,而配套的洗气设备未扩大 ,相对来说洗气能力下降 ,经洗气处理后的高炉煤气品质下降 ,煤气中含杂质较多 ,易在燃烧器喷嘴处积灰结焦 ,造成燃烧器喷嘴堵塞 ,导致锅炉热负荷供应不足 ,锅炉出力降低满足不了生产运行要求 ,需停炉人工清理燃烧器后方能投入运行使用 ,给运行、检修人员带来麻烦 ;另外 ,锅炉属受压容器 ,锅炉频繁启动影响锅炉使用寿命。为解决上述问题 2001 年 1 月动力厂与中国运载火箭技术研究十二所北京市天达控制技术开发公司共同研究制订了 3[#] 中压炉安装除灰器方案,在 3[#] 中压炉首次安装了除灰器,经过 3 个月的试运行看,除灰器除灰效果显著,延长了锅炉检修周期,减少了由于停炉带来的经济损失,降低了锅炉运行成本,保证了锅炉长期、经济、有效、安全的运行生产,达到了预期效果。

2 燃烧器积灰、结焦形成原因浅析

首钢动力厂燃气锅炉燃烧器为首钢设计院自行研制开发的新型燃烧器,为了使可燃气体和空气充分混合、高效燃烧,其结构采用旋风式,在过去煤气较干净的工况下具有较高的燃烧效率,但近年来随着煤气杂质含量的升高,燃烧器积灰、结焦现象日益突出和严重。

经初步分析认为 ,可燃气体到达螺旋叶片后由于气体流向、速度的变化,部分气体发生湍流或涡流,从而导致含有较多矿物质和水分的气体在燃烧器喷口的螺旋叶片处沉积 ,在喷嘴的高温下水分和杂质发生物理化学反应,特别是在碳酸钙粘结剂的参与下烧结,随着时间的推移而逐渐增加变厚 ,最后堵塞喷嘴而不得不停炉进行人工清理。

现场对由人工清理下来的积灰烧结物进行观察分析 ,发现其中含有大量的铁矿粉 ,并夹杂一些碳酸钙和酸性物质 ,烧结物呈明显的层状分布 ,硬度较大 ,结构致密 ,与分析结果基本吻合 ,但更深的结垢机理和堆积过程还需进一步研究。

3 宽频高效声波除灰器简介

3.1 声波除灰技术发展及除灰机理

二十世纪七十年代后 ,声波除灰技术在欧美出现并发展起来,为研制新一代除灰设备奠定了基础,我国自八十年代引进并不断发展。近年在国外各种超声波除灰器、声波除灰器相继研制成功的同时,国内有关部门和企业也在积极研究,并取得了一定成果,九十年代声波除灰技术在我国逐渐得到广泛的工程应用并取得一定效果,技术的积累为丰富和发展声波除灰理论、研制更新型实用的声波除灰器创造了条件。

声波除灰利用了声学、分子力学、振动学和疲劳学等多门学科的原理 ,即把一定强度和频率的声波导入工作中的炉内积灰的空间区域 ,声波在传播过程中通过声能量的作用使这些区域中的空气分子与灰、渣粒子产生振动 ,使灰粒子相互碰撞并始终处于悬浮流

化状态,同时,又使附着在受热面上的积灰克服分子间引力而脱离受热面,并且悬浮起来,随着烟气流的冲刷而被带走,或脱离换热表面沉积于烟道,从而达到除灰的目的。

从声波本质的角度来看或许有助于更好地理解声波除灰的机理。声波是一种机械波,它在空气中传播是通过使声源处空气的压缩和膨胀而带动邻近的空气压缩和膨胀,这样在空气中出现疏密相间的弹性波,一层一层渐传向远方,即声波是一种纵波。从微观上看是空气分子在平衡位置附近的来回振动,这种振动影响到气体中的杂质分子和微粒,使得它们接受到能量也振动起来而呈悬浮流化状态,这时如空气产生流动,则它们也会随着空气的流动而流走。在本应用中就是将声波导入到燃烧器的积灰空间,目的也就是激励该空间内的灰分微粒,使之响应起来从而不在喷口处沉积进而结焦。

目前国内对声波除灰主要向两个方向发展,一方面是有关科研机构对其理论的研究和发展,另一方面就是相关的企业实体对该技术的转化,即工程应用,这主要表现在结合理论研制生产更先进的声波发生器,开发对除灰更有效的声源,同时加强工程应用技术和经验的积累和总结。

3.2 宽频高效声波除灰器的主要技术参数及特点

宽频高效声波除灰器是国内最新开发成功的新一代声波除灰器,与目前国内市场上常用的同类声波器相比,其技术领先性主要体现在实现了宽频声波调制,同时结合先进的连续频率扫描控制技术,真正实现了技术上的飞跃。表 1 为宽频高效声波除灰器的主要技术参数,图 1、图 2 为其结构及安装布置示意图。

表 1 宽频高效声波除灰器主要技术参数表

项 目	参 数	
气源类型	压缩空气	
气源压强	0.3~0.55	MPa(表压)
电机功率	0.37	kW
声波主频	100~400	Hz
声波带宽	60	Hz
声压级	140~152	dB(炉内)
有效除灰距离	8	m
耗气量	1.5	m ³ /min
重量	65	kg
使用期限	3~5	years

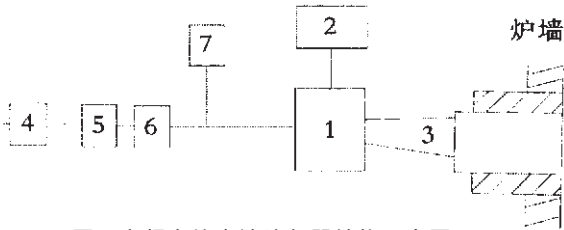


图 1 宽频高效声波除灰器结构示意图

- 1.宽频高效声波发生器 2.自动控制系统 3.声波变关管
4.气源 5.过滤阀 6.电磁阀 7.压力表

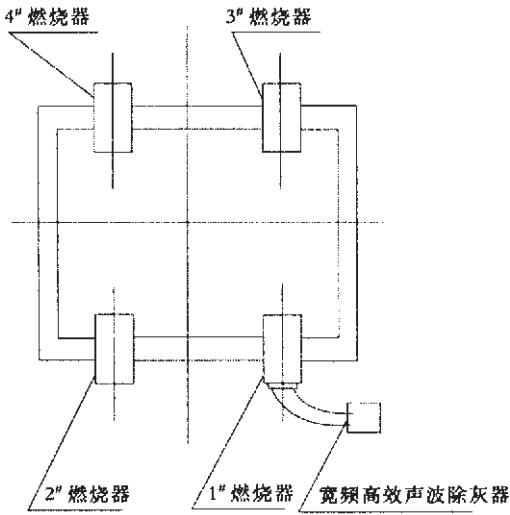


图 2 宽频高效声波除灰器安装布置示意图

宽频高效声波除灰器的高声压级（代表高声能量,该参数主要影响声波有效作用范围）、低频段工区（有关研究表明,灰分分子的主要响应频段为声波的可听低频段;同时,该频段的声波特性使其能更好地适应复杂的除灰空间）、独有的宽带频率（工作频率丰富连续,能最大限度地引起灰分粒子的响应,是实现除灰有效性和高效性的保证）等特征表明了该除灰器的先进性,同时,该声波除灰器还具有低能耗、体积小质轻、安装灵活方便、自动运行、系统简单、维护量小等特点和优势。

4 宽频高效声波除灰器的应用

面对燃气锅炉在运行中存在的问题,动力厂的有关人员一直在积极地研究和寻找各种解决办法,在过去的两、三年内也尝试使用了不少的方法和手段,但效果不显著,长期以来一直采用停炉人工清理的方式,这种处理办法使工人劳动强度增加,另外,由于锅炉属受压容器,锅炉频繁启动影响锅炉使用寿命。

声波除灰技术近几年在国内锅炉上逐渐得到推广和应用,对清除炉内如对流段、过热器、省煤器等部位换热管上的积灰具有显著效果,但据调查,应用在燃

烧器上清除喷嘴上的积灰尚无先例。本着努力解决问题和积极大胆探索试验的态度 ,在保证安全生产的原则下 ,我们决定尝试使用声波除灰技术解决这个问题。

2001 年 1 月我们与中国运载火箭技术研究十二所北京市天达控制技术开发公司经过多次交流和论证 ,确定了除灰器安装方案 ,决定在 3[#] 中压炉的一个燃烧器上(该炉共有 4 个燃烧器)试安装除灰器。

2001 年 6 月下旬 ,宽频高效声波除灰器在一锅炉房的 3[#] 锅炉四个燃烧器中位于西北角的燃烧器上安装成功并投入运行。

3[#] 锅炉为 UG-35/3.82-Q 型锅炉 ,其主要设计参数如表 2。

表 2 3[#] 燃气锅炉设计参数表

序号	项 目	参 数
1	锅炉额定蒸发量	35t/h
2	汽包工作压力	4.2MPa
3	过热器出口压力	3.82MPa
4	过热蒸汽温度	450℃
5	给水温度	104℃
6	排烟温度	170℃
7	锅炉热效率	84%

5 燃烧器除灰效果与分析

为了保证测试的客观性和准确性,在声波除灰器投运前先对锅炉的燃烧器进行全面彻底地人工清理,在清理前也对各个燃烧器的结垢状况作了观察和记录,在连续投运 3 个月后,停炉对燃烧器的结垢状况再进行检查测试,同时在运行过程中跟踪记录了锅炉相关运行参数。

5.1 测试内容

本项目测试目的是观测宽频高效声波除灰器对燃烧器喷嘴结垢的清除效果 ,同时检测除灰器的除灰特性、可靠性等性能指标。检测内容包括：

- (1)宽频高效声波除灰器的除灰效果；
- (2)宽频高效声波除灰器运行对锅炉运行的影响,比较安装前后锅炉效率的变化及节能效果；
- (3)宽频高效声波除灰器运行的可靠性。

5.2 测试结果

(1)直接观察 :停炉后通过人孔进入炉膛 ,对各燃烧器的结垢状况直接肉眼观察 ,结果发现安装除灰器的燃烧器旁的燃烧器结垢依然严重外 ,其余三只燃烧器结垢状况轻微 ,不需要清灰仍可继续使用 ,除灰效果

明显 ,令人满意。
(2)燃烧器结垢厚度测量 ,结果如表 3。

表 3 燃烧器喷嘴灰垢厚度比较表

燃 烧 器	安装声波除灰器前 喷嘴灰垢厚度(mm)	除灰器运行 3 个月后 喷嘴灰垢厚度(mm)
1 [#] 西北角(安装除灰器)	5	1
2 [#] 东北角(未安装除灰器)	5	5
3 [#] 西南角(未安装除灰器)	5	2
4 [#] 东南角(未安装除灰器)	5	2

从表 3 可看出 ,宽频高效声波除灰器对燃烧器的结垢、结焦生成起到了较好的抑制作用。声波对 1[#]、3[#]、4[#] 燃烧器作用的是直达声波,声能量较大,而 2[#] 燃烧器不可能接受到直达声波,主要是混响声波作用,声能量较弱。

(3)对锅炉运行的影响 ,如表 4。

表 4 除灰器使用前后锅炉运行参数比较表

序 号	饱和 蒸汽 压力 MPa	过热 蒸汽 压力 MPa	过热 蒸汽 温度 ℃	联箱 温度 ℃	炉膛 负压 Pa	排烟 温度 ℃	蒸汽 流量 t/h	除灰器
1	3.5	3.37	445	428	-24	201	26	未运行
2	3.5	3.37	446	429	-24	201	26	未运行
3	3.5	3.37	444	431	-24	201	26	未运行
4	3.5	3.37	444	429	-24	201	26	未运行
5	3.5	3.37	444	428	-24	201	26	未运行
平均	3.5	3.37	444	429	-24	201	26	未运行
1	3.5	3.37	443	428	-12	201	26	运行
2	3.5	3.37	443	427	-18	201	26	运行
3	3.5	3.37	443	428	-19	201	26	运行
4	3.5	3.37	443	428	-10	201	26	运行
5	3.5	3.37	443	428	-12	201	26	运行
平均	3.5	3.37	443	428	-14	201	26	运行

除灰器投入运行时 ,过热蒸汽温度下降 1℃,其原因是除灰器工作时导入的是冷空气,降低了炉膛温度,导致过热蒸汽温度降低。

(4)宽频高效声波除灰器可靠性分析。

宽频高效声波除灰器运行的 3 个月中 ,全自动运行 ,并且一直保持正常 ,可以初步肯定该除灰器的可靠性还是比较高的。当然 ,从工业应用的角度来看 3 个月还是比较短的 ,可靠性还需要进一步验证。

6 结 论

文章编号 :1004-8774(2002)02-31-03

29MW 燃煤链条炉排锅炉配套型煤机的开发与应用

高普兵 ,张艳红 ,王印忠

(河南濮阳中原油田供热管理处 ,河南 457001)

摘 要 :介绍了 29MW 热水锅炉大型型煤机的开发研制、结构原理及应用后的效果,解决了链条炉燃用细粉末贫煤存在的难题,为供热节能和环保达标开拓了崭新途径。

关键词 :燃煤锅炉 ;型煤机 ;开发 ;应用

中图分类号 :TK229.6 ;TK223.25 文献标识码 :B

The Development and Application of Coal-shapped Machine for 29MW Coal-fired Chain Grate Boiler

GAO Pu-bing, ZHANG Yan-hong, WANG Yin-zhong

(Zhongyuan Oil field, Henan 457001,China)

Abstract: This paper introduces the investigation,application,construction principle of coal-shapped machine for 29MW hot water boiler and its applicating result ,sloved the difficulty in process of poor coal and finded a new way for Energy -saving and Environmental Protection.

Key words : Coal-fired boiler; Coal-shapped machine; Development; Application

1 概述

中原油田局基地北区现有两台 29MW 链条燃煤热水锅炉和两台 29MW 循环流化床锅炉 ,担负着局基地北区近 180 万平方米的采暖任务。两台 29MW 链条锅炉自投产以来 ,一直燃用鹤壁贫煤 ,锅炉热效率及出力都较低。鹤壁贫煤的特点是 :煤质挥发分含量低 ,仅 12%~16% ,粉末含量高 ,粒径 $\phi<6\text{mm}$ 的末煤占 70%左右,含碳量高,结焦性能差。这种煤在层燃炉上应用有以下主要特点 :一是煤层薄厚不均 ,通风不

良 ,锅炉的燃烧工况极不稳定 ,调节也相当困难 ,炉渣含碳量较高 ,不完全燃烧损失较大 ,炉排漏煤量大 ;二是细粉末煤极容易形成飘尘 ,增大了锅炉原始排烟浓度 ,加重了除尘设备的负荷 ;三是锅炉出力水平低 ,热效率低。

针对这一状况 ,我们拟对两台 29MW 链条炉排锅炉配套型煤机 ,经过赴杭州、无锡、上海、山西等地考察,目前国内尚无 20t/h 以上锅炉使用的大型型煤机,为此,通过详细分析论证我们决定与青岛华隆机械厂合作,共同研制开发大型型煤机,并提供试验场地。通过理论论证、设计与多次试验、改进,第一台大

收稿日期 2001-12-24

(1)宽频高效声波除灰器应用于动力厂燃气锅炉燃烧器,对抑制喷嘴积灰、结焦是可行的,作用效果明显,可减少因清除燃烧器积灰而停炉的时间,延长了锅炉检修周期 ,减少了因停炉检修带来的经济损失。

(2)由于声波作用范围的限制,要想达到更好的作

用效果,每台锅炉至少需要安装两台以上的除灰器。

(3)宽频高效声波除灰器系统简单,操作方便,工作可靠,维护量小。

作者简介 :朱凤芝(1961-),女 ,工程师 ,1988 年毕业于北京科技大学 ,现在首钢动力厂从事热能管理工作。