

缓解高温腐蚀方案在生物质锅炉改造中的应用

刘 瑶

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 本文针对生物质水冷振动炉排炉锅炉在运行中出现的高温腐蚀问题,以某生物质电厂锅炉为例,在分析高温腐蚀机理的基础上,对增加熔敷、改进二次风管设计、优化受热面布置的缓解高温腐蚀方案进行了阐述分析,可为工程中类似问题提供一定的借鉴经验。

[关键词] 生物质锅炉; 高温腐蚀; 熔敷; 受热面布置

[中图分类号] TK229 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2022)06-0079-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2022.06.013

0 引言

生物质水冷振动炉排锅炉原始设计是以农林废弃物,如秸秆、稻壳、稻秆、小麦秆、玉米秆或果木枝条等为主要燃料的生物质锅炉,但随着生物质电站装机总量的不断增长,在实际运行项目中,燃料的多样性也越来越显著,出现如废旧家具密度板、建筑模板胶合板等高热值、高腐蚀性的燃料,如在锅炉设计不做改进的情况下长期使用该类燃料,则将导致锅炉受热面出现不同程度的高温腐蚀,进而影响电厂安全稳定运行。

为了解决锅炉高温腐蚀问题,增加生物质锅炉对燃料适应性,减少爆管等事故,提高锅炉作业率,本文以某集团生物质电厂锅炉为例,进行腐蚀机理分析、实际壁厚测量,从熔敷面积及区域、二次风管设计、优化受热面布置等方面提出应对生物质锅炉高温腐蚀问题的解决方案和对策。

1 项目基本情况

某集团生物质电厂锅炉采用丹麦引进技术生产的水冷振动炉排高温高压锅炉,锅炉为M型布置,炉膛和过热器通道采用全封闭的膜式壁结构,过热

器设计为四级加热、三级喷水减温。炉膛及二通道内布置有屏式高温过热器,三通道内布置有管式过热器,尾部竖井内布置有两级省煤器、五级烟冷器。空预器布置在烟道外,采用给水加热方式。炉膛水冷壁材质为15CrMoG,管子规格为 $\phi 57 \times 5$ 、 $\phi 57 \times 6.5$;屏式过热器材质为TP347H(ASME SA-213M),锅炉主要参数如表1所示。

表1 锅炉主要参数表

名称	BMCR
过热蒸汽流量/($t \cdot h^{-1}$)	130
过热蒸汽压力/MPa(g)	9.2
过热蒸汽温度/°C	540
给水温度/°C	220
排烟温度/°C	130

项目实际入炉燃料中废旧家具模板等城市废弃物占比近90%,机组运行半年后,锅炉停炉检修,水冷壁腐蚀严重,水冷壁管出现不同程度的减薄。

2 腐蚀机理

参照燃料化验报告,城市废弃物中的废旧家具模板,胶合板相对农林废弃物中的秸秆、果木枝条等,氯元素含量及燃料热值均较高,废旧家具模板、胶合板低位热值可达3250 kcal/kg甚至更高,而秸秆、果木枝条低位热值约为2400 kcal/kg,此外,生物质燃料中碱金属含量较高,经查阅文献^[1-3],碱金属氯化物的腐蚀过程概括如下:

[收稿日期] 2022-07-16

[作者简介] 刘瑶(1987—),女,河南虞城人,工程师,硕士,主要从事余热锅炉设计和研究工作。

[引用格式] 刘瑶.缓解高温腐蚀方案在生物质锅炉改造中的应用[J].有色设备,2022,36(6):79-84.

生物质燃料燃烧过程中,以 K、Na 为主的挥发性碱金属与大量的 CL、S 等元素在高温下反应生成碱金属,并凝结和沉积在受热面管壁上,在管子表面形成腐蚀垢,CL 元素起到催化剂的作用,将 Fe 元素从金属管壁上不断置换出来,最终造成严重腐蚀的发生^[4]。

3 方案与对策

为解决该锅炉实际运行中燃用高比例的废家具、模板等高腐蚀性燃料出现的腐蚀问题,结合电厂反馈的实际情况给出如下优化设计及改造方案:

(1) 增加熔敷:更换整个前、后拱管屏并增加 inconel625 熔敷,炉膛左右侧墙局部管屏更换并增加 inconel625 熔敷;(2) 改进二次风管设计;(3) 优化受

热面布置。

3.1 增加熔敷

更换整个前、后拱管屏并增加 inconel625 熔敷,炉膛左右侧墙局部管屏更换并增加 inconel625 熔敷。

3.1.1 测量数据分析

首先根据现场壁厚测量数据,分析得出炉膛部位的壁厚减薄趋势,机组投运 5 个月首次测量,测量部位主要分四部分,即前后拱水冷壁、左右侧墙部分水冷壁。其中,前后拱水冷壁各取 3 排,分别位于拱头及上下各约 1 000 mm 处;左右侧墙水冷壁各取 2 排,分别位于炉排上 1 700 mm 和 3 500 mm 处;左右侧墙管子编号为从炉前向炉后第 80 根管子为第一根,依次向前测量;对测厚数据整理分析绘图如图 1 所示。

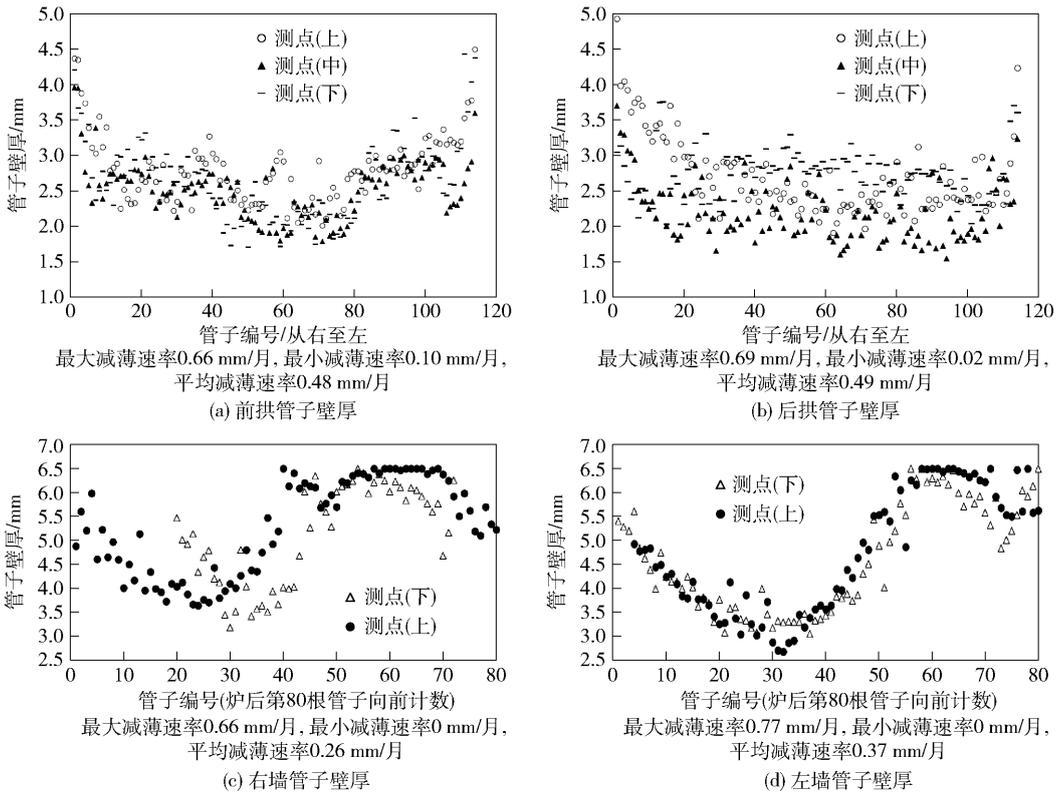


图1 管子壁厚分布图

从以上数据可以看出,前后拱的腐蚀部位大,整体减薄速度快,个体差异不太显著,且腐蚀区域主要集中在拱头位置,离拱头越远,壁厚减薄越不明显;而两侧墙的部分比较集中的某些管子上,例如从编号 10 到 60 根比较集中;为进一步观测左右侧墙的腐蚀规律,机组投运 8 个月后对侧墙水冷壁管再次测厚,因锅炉左右侧设计完全对称,且从图 1 可见

左右侧墙水冷壁管腐蚀减薄分布规律大致相同,此次测厚仅取左右侧墙中的一面进行测量;起始高度为自炉排上 1.7 m 起,自下向上高度方向间隔 500 mm 进行测量,测量排数取 8 排;管子编号仍为从炉前向炉后第 80 根管子为第一根,依次向前测量;根据测厚数据整理侧墙减薄速率分布如图 2 所示。

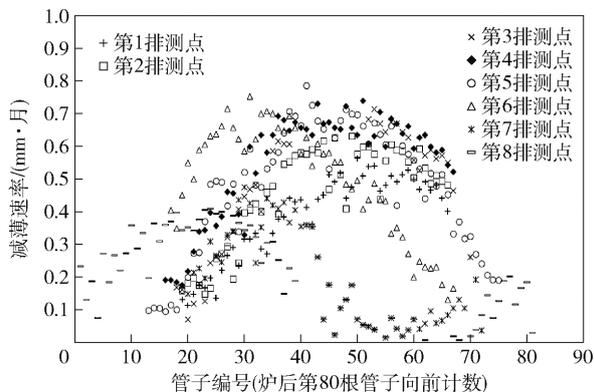


图2 侧墙管子减薄速率分布图

3.1.2 熔敷面积和区域的确定

根据强度计算,水冷壁管最小厚度应不小于 2.91 mm,前后拱水冷壁管初始厚度为 5 mm,左右侧墙水冷壁管初始厚度为 6.5 mm。

由以上测厚数据分析,前拱的平均减薄速率为 0.48 mm/月,按照平均减薄速率计算,水冷壁管由初始厚度 5 mm 减薄至 2.91 mm 历时约 4.4 月;按照同样方法估算,后拱及左右侧墙管子壁厚由初始厚度减薄至最小需要厚度历时分别为 4.3 月、9.7 月、13.8 月。

前后拱熔敷区域选定为炉左至炉右的全部管子,前拱拱上熔敷至起弯点向上 1 500 mm,拱下熔敷至集箱管接头;后拱拱上熔敷至起弯点向上 1 500 mm,拱下熔敷至三通向下 1 000 mm;具体如图 3 所示。其中,前拱熔敷面积约 31.2 m²,后拱熔敷面积约 42.9 m²,前后拱总熔敷面积约 74.1 m²。左右侧墙的腐蚀速率沿锅炉深度方向存显著差异,根据测厚数据分析,选定熔敷区域为炉前至炉后方向第 20 根起至第 72 根之间的管子,具体范围如图 4 所示,左右侧墙总熔敷面积约 33.8 m²。

该项目水冷壁管熔敷厚度 1.5 mm,熔敷部位水冷壁管运行 6 个月后停炉测厚,测厚数据显示熔敷区域的管子减薄量在 0.1 ~ 0.2 mm 范围内,有效减缓了管壁腐蚀减薄速率,避免了短期内高温腐蚀爆管的发生。

3.2 二次风管优化设计

对锅炉的原始结构进行 CFD 模拟,可得出炉内的温度、速度、氧气浓度场等分布;基于 CFD 模拟结果,调整锅炉二次风喷口的布置角度和数量,从而优化炉内燃烧结构,使得炉内燃烧空气的分布能更好

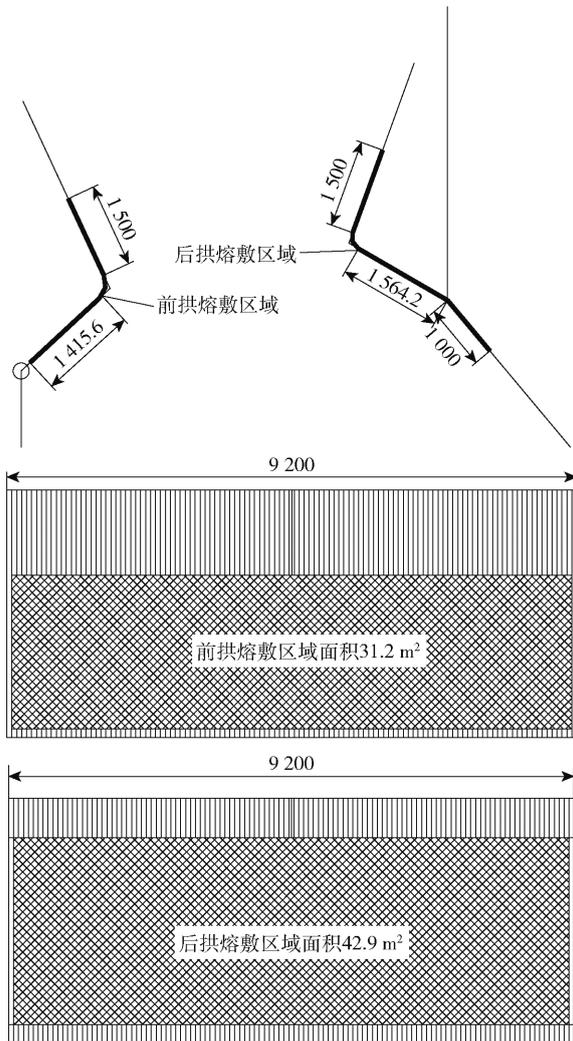


图3 前后拱熔敷区域示意图

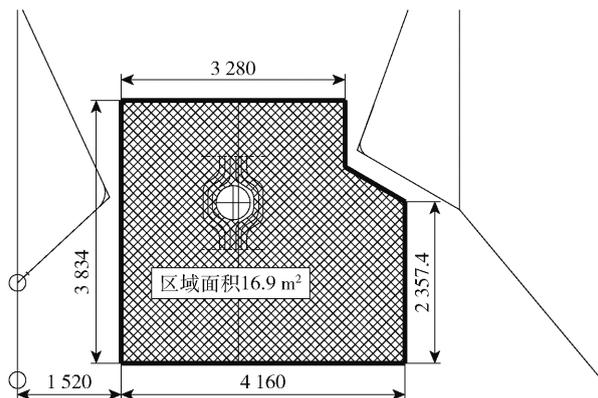


图4 左右侧墙熔敷区域示意图

的适应燃烧工况,减少腐蚀的发生;喷口调整后对锅炉进行新的 CFD 模拟,调整前后炉内温度场、速度场、氧气浓度场的变化趋势对比如图 5 所示。

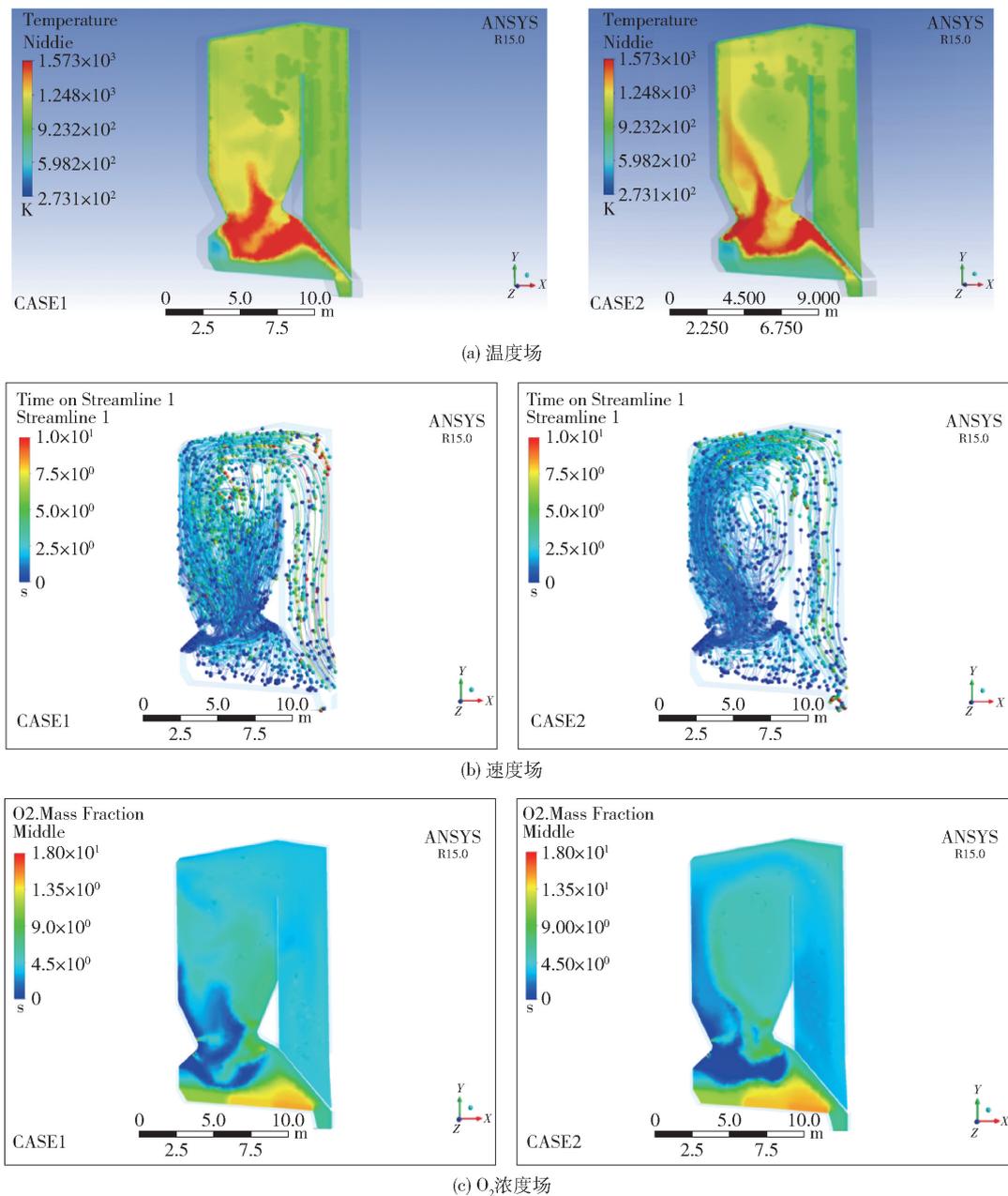


图5 二次风喷口调整前后 CFD 模拟结果对比

由 CFD 的模拟结果可以得出以下结论:(1) 调整方案的温度场显示炉内温度分布更为合理,改善了炉膛高温区集中的情况,从而可利于减少高温腐蚀的发生;(2) 调整方案的速度场显示改造后的方案可在炉内形成烟气回流区,增加了燃烧颗粒在炉内的停留时间,更有利于燃烬;(3) 调整方案的 O₂ 浓度场显示改造后的方案燃料燃烧更为充分。

结合 CFD 的模拟结果,对前后拱配风方案做了相应调整,如图 6 所示。

调整前二次风风管方向指向炉排,炉排区域的燃烧强度较强,对于热值低、水分高的燃料,可以保证足够的燃烧强度,但鉴于本次入炉燃料的热值高,水分相对较低,现有的配风方式难以契合项目燃料实际情况,同时现有二次风风管流通截面偏小,导致二次风风量减少,炉内扰动不足,难以有效预防或缓解高温腐蚀的发生。优化后的二次风风管方向向炉排上部偏移,而非正对炉排,可在一定程度上改善燃烧状况;风管角度和管径的调整有利于减弱炉排上

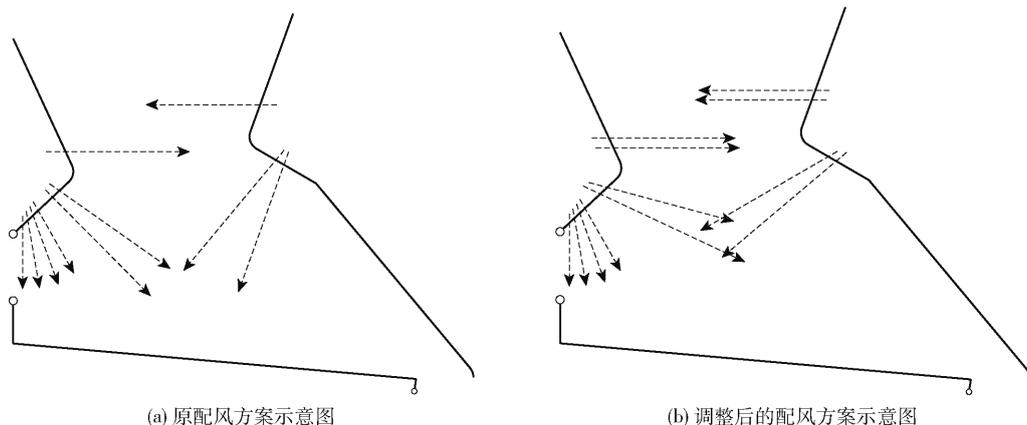


图6 前后拱配风方案调整示意图

的燃烧强度和温度,从而使二次风可被充分的用来燃烧炉排上燃料释放出的挥发分。增加两排燃烬风可以更好的实现分级燃烧,有利于避免炉内局部高温及高浓度腐蚀性气体聚集,从而有效改善燃烧区域的腐蚀问题。

3.3 其他局部调整

对前、后拱二次风孔处的弯管及密封钢板进行优化设计,避免密封钢板烧损。目前的二次风处弯管及密封板设计形式如图7所示。

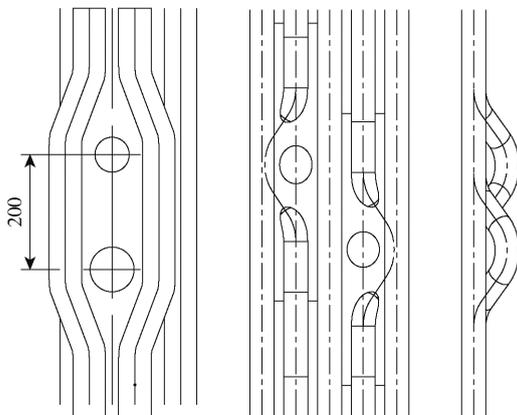


图7 二次风弯管及密封板优化前后对比示意图

二次风风孔处的弯管结构不够紧凑,密封钢板尺寸偏大,难以得到介质的有效冷却,从而导致密封钢板壁面温度过高而烧损;通过优化设计,将二次风风孔错列布置,采用较小的弯曲半径设计二次风风孔处的弯管,使得此处结构更为紧凑,密封钢板尺寸更小,有效避免了密封钢板因温度过高而烧损。

4 结论及建议

(1)此次水冷壁高温腐蚀,主要由采用高腐蚀性的燃料导致,建议在燃料端严格把控,合理掺配,控制高腐蚀性燃料的入炉比例,新建项目则建议在设计阶段考虑受热面的优化设计,如在特定区域增加熔敷、调整汽水流程(如二级过热器和三级过热器汽水侧对调);

(2)燃烧调整方面,增加炉排燃烧段一次风,降低炉排干燥段和燃尽段一次风,调整二次风开度,提高二次风穿透能力,在炉内形成均匀稳定的空气动力场,一二次风配比以3:7或4:6为宜,最大限度增加燃料炉内停留时间,有利于燃烧完全;

(3)定期检查维修炉排处的各种密封,保证炉排密封的有效性,减少无组织漏风对炉内燃烧空气动力场的干扰。

[参考文献]

- [1] 宋鸿伟,甄邯伟. 生物质锅炉高温过热器腐蚀机理的研究[J]. 锅炉制造,2010(5):14-18.
- [2] Rudolf Riedl, Jonas Dahl. Corrosion in fire tube boiler of biomass combustion plants. Proceedings of the China international Corrosion Control Conference 99, paper Nr. 90129, October 1999.
- [3] Hanne Philbert Michelsen, Flemming Frandsen. Deposition and high temperature corrosion in a 10MW straw fired boiler. Fuel Processing Technology, 1998(54):95-98.
- [4] 杜红泉,徐苏婷. 生物质锅炉受热面高温腐蚀分析及预防[J]. 国网技术学院学报,2018,21(4):56-59.

Mitigation Scheme of High-Temperature Corrosion in Biomass Boiler Retrofit

LIU Yao

Abstract: This paper addresses the problem of high-temperature corrosion of biomass water-cooled vibrating grate boiler in operation. Taking a biomass power plant boiler as an example, based on the mechanism analysis of high-temperature corrosion, this paper elaborates and analyzes the mitigation scheme of high-temperature corrosion by adding deposition, improving the design of secondary air ducts, and optimizing the heating surface setting. It can provide some experience for similar issues in engineering.

Key words: biomass boiler; high-temperature corrosion; deposition; heating surface setting ▲

.....
(上接第 78 页)

Exploring the Design and Operation of A Coupled Process for the Treatment of Complex Offgas Containing Arsenic and Dioxins

WEI Zheng

Abstract: A copper-containing hazardous waste treatment project in Guangxi is required to dispose the As_2O_3 -containing offgas from converting while removing dioxins. To address this environmental requirement, the design of the process combines the dry arsenic collection technology of “quenching + bag-filtering arsenic collection” and the dioxin removal technology of “quenching + activated carbon absorption”. Hence, the coupled process scheme of “quenching/deacidification + activated carbon absorption + bag-filtering arsenic collection” is proposed in this paper to treat complex offgas. Since the dew point temperature of offgas is around 150 – 165 °C, close to the required quenching outlet temperature of 170 °C, the quenching/deacidification tower is proposed in the design. By spraying in lime slurry through a high-speed centrifugal atomizer, the offgas is quenched while SO_3 is removed thus reducing the dew point of the offgas and avoiding pipes and equipment from corrosion. Finally, based on the possible issues in field operation, the coupled process operation is briefly discussed in regard to auxiliary devices, such as the temperature controller, flue cold-blast valve, and atomizer self-cleaning device.

Key words: dry arsenic collection; quenching and deacidification tower; dioxin; As_2O_3 ▲