

Research and Application of Antiwear Technology of Circulating Fluidized Bed Boiler

Chong Chen

National Energy Group Ningxia Coal Industry Co., Ltd. Ofins 1 Branch, Yinchuan, Ningxia, 750409, China

Abstract

Under the background of the state actively promoting energy conservation and emission reduction and improving quality and efficiency, how coal production and utilization enterprises combine their own reality, find shortcomings, grasp deficiencies, actively respond to the national guiding call on energy conservation and consumption reduction, and realize industrial energy conservation optimization, is an important work at the present stage. The circulating fluidized bed boiler as the research object, for frequent leakage of the heated surface, through the boiler anti-grinding modification optimization technology research, put forward the fuel crushing system, the fuel combustion belt water wall anti-grinding convex optimization design and the vortex wear area, realize the boiler operation cycle from 120 days to 200 days, pipe change rate from 71% to 14%, provides a technical reference for efficient and stable operation of industrial boiler and key parameters guidance.

Keywords

quality and efficiency; fluidized bed; leakage; wear; long cycle

循环流化床锅炉防磨技术研究与应用

陈冲

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃一分公司, 中国·宁夏 银川 750409

摘 要

在国家积极推进节能减排和提质增效的大背景下,煤炭生产利用企业如何结合自身实际,找短板、抓不足,积极响应国家关于节能降耗的导向号召、实现产业节能优化,是现阶段的重要工作。论文以循环流化床锅炉作为研究对象,针对受热面频繁泄漏问题,通过锅炉防磨改造优化技术研究,提出了燃料破碎系统防磨优化改造、近卫燃带水冷壁防磨凸台优化设计和四角涡流磨损区域加装经纬格栅导流板防磨,实现了锅炉运行周期由120天提高至200天以上,换管率由71%降低至14%,为工业锅炉长周期高效稳定运行提供了技术借鉴和关键参数指导。

关键词

提质增效; 流化床; 泄漏; 防磨; 长周期

1 引言

受热面磨损会导致锅炉受热面泄露非停事故的发生,是制约工业锅炉长周期稳定运行的关键问题^[1-3]。具有一定强度的燃料颗粒和燃烧后的飞灰颗粒随配风运动,会与受热面间发生碰撞和切削并对受热面造成冲刷,持续一定时间后导致了锅炉受热面磨损现象的发生。同时,因炉膛的结构布置不合理,在局部区域形成涡流、突变及偏斜等现象,会使锅炉受热面的磨损加剧^[4],结合装置实际运行工况,采取有效的防磨优化措施极为必要。

针对锅炉受热面频繁泄漏的问题,对“燃料破碎系统”“风帽”“卫燃带”和“导流板”等关键部位进行了防磨优化改造研究。首先,针对现阶段各关键部位存在的磨损

问题,深入巡检并分析出现磨损的原因。进一步提出了燃料破碎系统防磨优化改造、近卫燃带水冷壁防磨凸台优化设计和四角涡流磨损区域加装经纬格栅导流板防磨等适用于现有循环流化床锅炉的防磨改造优化技术,以维持锅炉的长周期稳定运行。

2 锅炉防磨优化改造技术研究

2.1 锅炉因磨损导致的非停事故

本锅炉为单汽包、自然循环、单炉膛、平衡通风、双“U”阀返料器、固态连续排渣的循环流化床锅炉。现有锅炉因防磨措施不到位发生了多起水冷壁爆管非停事故。经现场检修分析发生爆管事故有以下主要原因:

①破碎机工作性能下降,大颗粒煤粉加剧磨损。破碎机使用周期短,锤头磨损严重,导致燃煤粒径大,大颗粒对煤床四周受热面磨损量加剧。

②磨损减薄,导致爆管。水冷壁密相区金属喷涂层部

【作者简介】陈冲(1987-),男,中国辽宁沈阳人,硕士,工程师,从事能源动力、化工研究。

分失效(密相区喷涂层已使用1年),爆管部位管道测厚,最低1.3mm(管道规格 $\Phi 51 \times 5$)。

③原有导流板布置不合理。爆管部位位于分隔屏右侧,检查发现爆管部位上方导流板脱落4块,阻力相对小,形成贴壁流通道,加快水冷壁磨损。分隔屏左侧导流板未发生脱落,但测厚发现管道壁厚最低为2.2mm,并且管道外观磨损呈现出“鳞片”状。

针对以上问题,对“燃料破碎系统”“风帽”“卫燃带”和“导流板”等关键部位进行了防磨相关优化改造研究。针对现阶段各关键部位存在的磨损问题,深入巡检并分析出现磨损的原因。进一步,提出了适用于现有循环流化床锅炉的防磨改造优化技术,以维持锅炉的长周期稳定运行。

2.2 燃料破碎系统防磨改造研究

本锅炉原始设计采用的燃料粒度,是严格按固体物料平衡程序以及排放程序计算,采用推荐的燃料粒度,可以得到最佳的燃烧效率与合理的排放。燃料粒度的合理选取可以确定物料的流化速度,而流化速度决定了炉膛的断面尺寸,是一个极为关键的数据。入炉燃料粒度过大不仅将影响冷渣器的稳定工作,底渣含碳量增大,而且会导致系统磨损加剧^[1]。

破碎机使用周期短,锤头磨损严重,导致燃煤粒径大、

燃烧反应表面积小,燃烬时间长,炉内燃烧停留时间不足灰渣热损失增大,大颗粒对煤床四周受热面磨损量加剧,因此需要对破碎机转子进行升级改造,本项目原设计为反击锤式破碎机,入料粒度 $\leq 100\text{mm}$,出料粒度为 $\leq 12\text{mm}$,运行过程中存在以下两项问题:

A. 破碎避让率大,粒度12mm以上的颗粒煤占比8%以上,导致锅炉入炉粒度不能满足锅炉要求,造成锅炉炉管、风帽等磨损加剧。

B. 锤头磨损速度较快使用寿命低(约3000h)且因入料不均,导致锤头不规则性磨损,造成检维修费用高(单次锤头更换费用为11万,单台一年需更换2次,共2台破碎机)。

通过对破碎机形式对比及现有破碎机研究分析,确定如下改造方式:转子结构形式为8组锤臂共100个锤头,改换转子结构为10组锤臂共125个锤头,将破碎机锤头低锰合金铸钢材质升级为高锰合金铸钢,锤头使用寿命提高约2~3倍,同时将原有单个锤头重量减少——由25kg降低至20kg,锤头四角由直角过渡变为弧形过渡,从而大大降低锤头磨损。在破碎机入口落料管处增加布料器,使破碎机入料均匀,避免锤头不规则性磨损。将高幅振动筛筛板由棒条式筛板升级改造为琴弦式筛网,筛网孔距由12mm降低至10mm。改造前后灰渣的实物图如图1所示。



(a) 改造前灰渣



(b) 改造后灰渣

图1 改造前后灰渣的实物图

2.3 风帽防磨改造研究

在循环流化床锅炉正常燃烧时,风帽可以维持布风均匀、稳定流化场,同时在与布风板共同承托床料、产生合理阻力、避免出现流化死区及防止大颗粒沉积等方面起到了重要作用。炉膛两侧返料器下方风帽约为400个,约占炉膛风帽50%。原风帽主要采用钟罩式风帽类型,结构简单,便于加工铸造,特有的迷宫式结构可以有效缓解床料漏入风室,但存在多个问题:一是通过加厚风帽头来增强其抗磨损性,但是厚度过大导致成本升高;二是高温下受热不均也会导致风帽开裂,风帽头和芯管之间极易漏灰造成芯管断裂;三是芯管采用一体式结构,会造成整体铸造成本大幅上升。针对以上问题,对原风帽进行优化改造,具体改造方案如下:

①风帽头采取上部加厚耐磨、中部收腰减重、下部加厚加高增稳抗冲刷的设计优化方案。

②风帽上出风孔下倾 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。

③增大风帽头和芯管托盘接触面,减少无效漏风。

④芯管采用分段设计,下部芯管为直管结构,埋设于浇注料内,抗磨损需求弱,可采用低一级材料牌号铸造或采用标准管加工。

为了进一步深入探究改造对风帽性能的影响,对风帽改造前后的结构进行数值模拟分析。改造前阻力最大的风帽芯管匹配组合为 $\phi 13$ 帽头+ $\phi 7.8$ 芯管,阻力最小组合为 $\phi 15$ 帽头+ $\phi 7.8$ 芯管,此种风帽结构阻力主要在风帽芯管小孔,改前模型选用的风帽芯管组合为 $\phi 15$ 帽头 $\phi 7.8$,此种组合阻力适中,具有参考意义。改造后风帽数量由2130个减少为903个,并调整了风帽芯管阻力分配。数值模拟结果表明,改造后风帽头小孔阻力提高,芯管阻力降低,改造后风帽总阻力比改造前略有降低,在6.9kPa左右^[2]。

2.4 受热面防磨改造研究

2.4.1 近卫燃带水冷壁磨损

锅炉水冷壁受热面发生爆管非停事故,检修时发现浇注料以上6.5m范围内水冷壁管道磨损较为严重,累计更换

水冷壁管 1145 根,其中浇注料交接 0.5m 区域水冷壁换管率达到 70% 以上,严重影响锅炉长周期运行,并存在安全生产隐患。前期针对水冷壁磨损情况,对水冷壁添加防磨导流板,卫燃带上部水冷壁管道得到有效保护,但卫燃带磨损情况仍为突出锅炉卫燃带区域是浇注料与水冷壁管道交接区域,此区域因负荷、床料流化、一二次风配比等条件变化直接影响此区域管道磨损。锅炉水冷壁卫燃带外部采用 80mm 厚耐磨可塑料,防止大颗粒物料磨损受热面管。磨损原因主要为物料沿水冷壁管形成贴壁流,造成的磨损爆管。锅炉原设计浇注料坡度为 60°,炉膛物料经一次风达到流化状态,流化状态的物料通过浇注料 60° 坡度对水冷壁贴壁流磨损,长时间磨损导致卫燃带水冷壁发生爆管泄漏^[3]。

2.4.2 锅炉水冷壁卫燃带技术改造

对卫燃带交接区域进行技术改造,浇注料过渡区由原 60° 改造为 120° 浇注料仰角防磨台。浇注料凸台下底宽度为 80mm,上部宽度为 120mm,中间区域采用圆滑过渡,上部设计角度为 15°,防止物料堆积产生涡流。炉膛尺寸为宽度 13.7m,深度 5.6m,仰角防磨凸台每 1.5m 留设一道膨胀缝,防止膨胀导致凸台脱落。防磨凸台施工采用 $\Phi 8\text{ mm}$ 316 L 材质钢筋进行龙骨支模,焊接位置为水冷壁鳍片处,并用耐磨可塑料浇灌,养护 24~48h 后使用。通过卫燃带浇注料过渡区技术改造,炉膛内流化物料经过凸台的防护直接到达炉膛中部参与炉内燃烧反应,对卫燃带水冷壁管道无直接接触,减少了水冷壁管道的磨损。经改造后,锅炉运行状态良好,锅炉长周期运行由原 120 天提高至 200 天以上。4 台循环流化床锅炉卫燃带水冷壁换管率由原 71% 降低至 14%,检修费用得到降低,倒炉次数减少,班组工作量降低^[4]。

2.4.3 炉膛四角水冷壁磨损及部分区域水冷壁偏磨

前期针对锅炉水冷壁易发生磨损泄漏,对水冷壁加装防磨导流板进行防护,依据近年来锅炉运行情况,水冷壁泄漏得到了有效治理,但是由于炉内循环的不确定性,水冷壁磨损换管量没有得到有效治理,检修工作量较为繁重,对锅炉长周期运行,存在隐患。针对炉膛内部因物料紊乱、流化不均等现象造成水冷壁部分区域磨损较为严重,优化改造经

经纬格栅防磨,以解决炉膛四角及部分区域偏磨现象。

通过锅炉防磨防爆检查发现,炉膛四角因物料涡流现象造成水冷壁管道磨损严重,此区域由于是水冷壁交接鳍片焊缝区域,存在密封浇注料包裹密封,因此只能通过水冷壁喷涂单方面防磨措施进行保护,防护效果单一,且防磨效果不够理想。经检修发现,锅炉前后墙隔屏中间两侧,会出现不同程度的偏磨现象,此现象的产生初步判断为:物料在炉膛内循环紊乱,流化不均造成。

2.4.4 弧形板+经纬格栅防磨技术改造

针对炉膛四角水冷壁涡流磨损,通过加装“弧形板+经纬格栅”可有效地减少该区域的涡流现象。在“弧形板+经纬格栅”的作用下,沿四角循环的物料通过防磨设施,不会在此区域进行长期停留及涡流现象,从而降低了四角水冷壁管道的磨损。由于炉膛内部循环的复杂性和不确定性,针对炉膛水冷壁偏磨现象,从两个方面进行管控:针对炉膛水冷壁偏磨区域加装经纬格栅防磨,能有效对水冷壁管道进行防护;加强锅炉运行时,参数调整,使风烟系统配比更加合理,从而保证炉膛内循环稳定。

3 结语

燃料破碎系统防磨优化改造后,高幅振动筛跑粗率由 10% 降低至 3%,破碎机出料粒度 $\leq 6\text{ mm}$ 提高到 90% 以上,近卫燃带水冷壁防磨优化改造后,锅炉长周期运行由原 120 天提高至 200 天以上,换管率由原 71% 降低至 14%,弧形板和经纬格栅可有效减少炉膛四角涡流磨损和部分区域偏磨现象,经导流板防磨优化改造后未发生锅炉水冷壁爆管非停事故,有效地保障了锅炉装置的长周期稳定运行。

参考文献

- [1] 侯万林.循环流化床锅炉防磨技术的探讨[J].能源科技,2021,19(3):64-67.
- [2] Tang W, Feng H, Chen L, et al. Constructal design for a boiler economizer[J]. Energy,2021(223):120013.
- [3] 程瑞荣,边立平,杨宝书,等.循环流化床锅炉受热面金属防磨喷涂技术[J].安装,2022(S2):22-24.
- [4] 李卫东.循环流化床锅炉防磨防爆检查重点及技术改进措施[J].清洗世界,2023,39(8):175-177.