

低速循环流化床锅炉的调试与运行

徐瑞¹ 杨振斌²

1 郑州锅炉股份有限公司, 河南 郑州 450001

2 河南思源热能设备有限公司, 河南 郑州 450001

[摘要] 循环流化床燃烧技术是一种新型清洁燃烧技术, 此类锅炉调试运行需要一定的技术, 新的司炉人员没有掌握调试运行要点, 导致点火困难或多次点火不成功, 给锅炉运行造成了安全隐患。本文针对循环流化床燃烧技术特点, 详细的阐述了循环流化床锅炉调试运行技术要点和注意事项。

[关键词] 低速循环流化床锅炉; 调试; 运行

DOI: 10.33142/sca.v4i4.4309

中图分类号: TK229.66

文献标识码: A

Commissioning and Operation of Low Speed Circulating Fluidized Bed Boiler

XU Rui¹, YANG Zhenbin²

1 Zhengzhou Boiler Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450001, China

2 Henan Siyuan Thermal Energy Equipment Co., Ltd., Zhengzhou, Henan, 450001, China

Abstract: Circulating fluidized bed combustion technology is a new clean combustion technology. The commissioning and operation of this kind of boiler requires certain technology. The new stoker did not master the key points of commissioning and operation, resulting in difficult ignition or unsuccessful ignition for many times, which caused potential safety hazards to the boiler operation. According to the characteristics of circulating fluidized bed combustion technology, this paper expounds the technical points and precautions of commissioning and operation of circulating fluidized bed boiler in detail.

Keywords: low speed circulating fluidized bed boiler; commissioning; function

序言

循环流化床技术是上世纪发展的一项燃烧技术, 近年来该技术发展迅速, 是一项新的较为清洁的燃烧技术。多年来大家对该新型燃烧技术进行了非常多的研究, 取得了多方面的成果。该技术具有燃烧剧烈和强化传热的能力, 对锅炉体积的紧凑和缩小有较大帮助, 燃料的适应性表现突出^[1], 试验和实践表明能燃烧比较宽泛范围内的煤种, 燃烧过程中减小氧化物(SO_x、NO_x)的产生, 相应的减少对环境的污染等主要特点。此项技术经过多年的发展, 取得了很大的进步, 为我国节能减排作出了很大贡献, 由于此类锅炉调试运行需要一定的技术, 许多单位的司炉人员没有掌握调试运行要点, 导致点火困难或多次点火不成功, 给锅炉监管造成了安全隐患, 不利于此技术的推广和应用。

1 锅炉结构简介

1.1 结构概述

本锅炉在炉膛上部设计一种独特结构、具有流线型的回转旋转曲线的水冷分离器, 可以利用镶嵌在膜式壁上多孔且靠重力自身下料循环物料回送阀流畅回料。锅炉采用单锅筒英文字母“M”型布置。炉膛内按均等距离布置3片过热屏, 设计得高低温带降温设备的两级水平过热器布置在尾部的竖直烟道中, 过热器的降温调节方式是采用两级喷水减温器, 由整体型螺旋鳍片管组成的省煤器及搪瓷管空气预热器布置在尾部烟道内。锅炉运行平台高为8m。锅炉采用床下油点火, 露天布置。

1.2 锅炉设计参数

按规范设计的额定蒸发量: 100t/h; 按规范设计的额定蒸汽压力: 9.81Mpa; 按规范设计的额定蒸汽温度: 540℃; 按规范设定的给水温度: 158℃; 热空气温度: 102℃; 冷空气温度: 20℃; 锅炉燃烧效率: 99.5%; 锅炉热效率: 90.8%; 设计排烟温度: 135℃; 锅炉过量空气系数: 1.38; 设计煤种: II类烟煤

1.3 锅炉结构介绍

1.3.1 炉膛结构

锅炉炉膛内设计水冷流化床, 两个负压给煤口, 等压风室和单层二次风管, 浓相段设置埋管, 由特殊线型的左中

右三片膜式壁组成旋涡分离器、水冷回料道和返料阀，二次风处布置脱硝 SNCR 预留口。

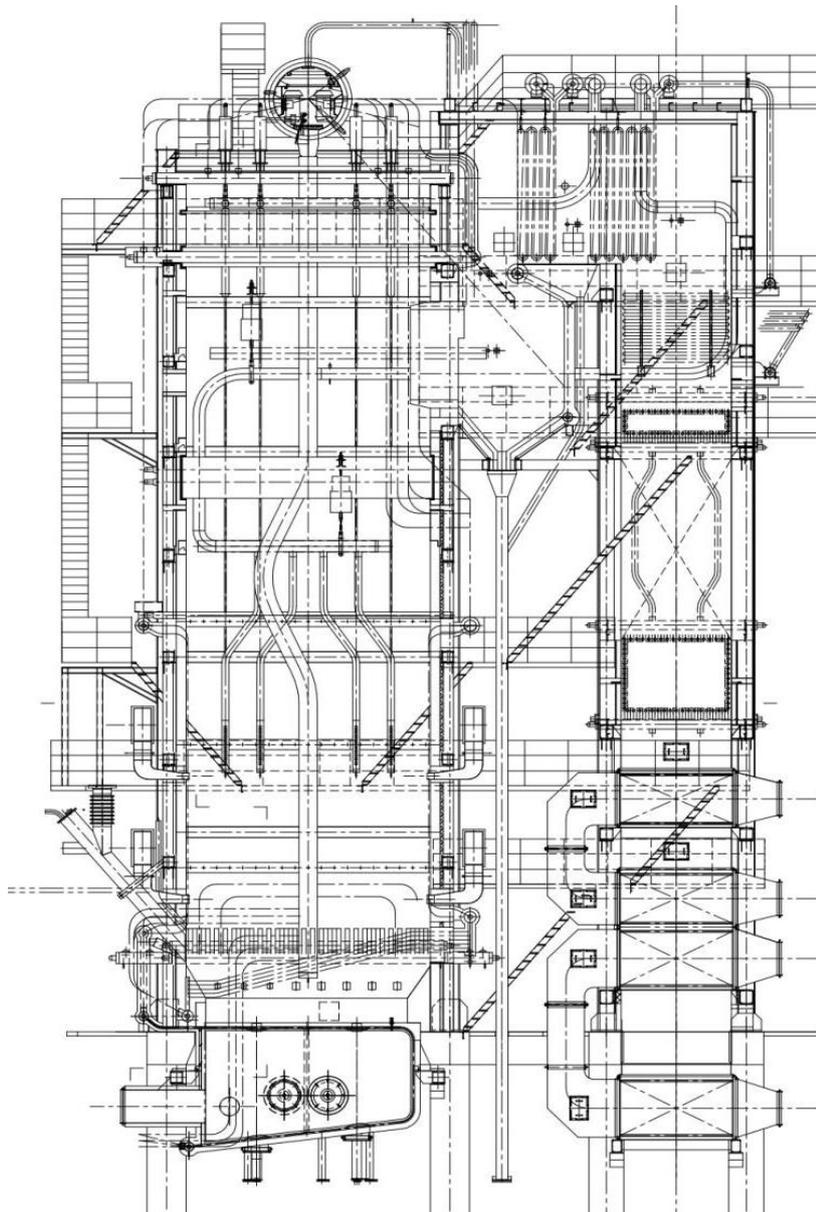


图 1 锅炉结构图

1.3.2 过热器、省煤器、空预器

过热器分三级,高温段、低温段布置在水平烟道内,过热屏布置在炉膛内,低温过热器材料为 20G(GB/T5310-2017),高温过热器材料为 12Cr2MoWVTiB。低温过热器处出口集箱与炉内布置得 3 片过热屏处进口集箱之间、过热屏处设计的出口集箱与设计的高温过热器处进口集箱之间布置两级喷水减温器,减温介质为锅炉给水。

省煤器分为两级,均由 $\phi 38 \times 4$ 的整体型鳍片钢管制成,高温段省煤器钢管材质为 20G(GB/T5310-2017),低温段省煤器钢管材质为 ND 钢。两级省煤器之间留有 5000mm 的脱硝空间。空气预热器布置在省煤器下部,空预器分二次空预器和一次风空预器,二次风空预器在高位,一次风空预器在下部烟气低温段,空预器管采用耐腐蚀的外搪瓷管。

1.3.3 燃烧装置及其他

给煤装置(即落煤斗)、布风装置、飞灰循环系统组成燃烧设备主要部件。炉前布置两个落煤口,负压给煤,水冷床设置了三个排渣口,运行时可由排渣来控制沸腾床上料层厚度。点火方式采用床下油点火。锅炉配备具有保护和安

全设施的热工仪表、阀门连带各项保护装置,用这些装置可以实现锅炉内水位自动控制,也可以进行危低水位报警、停炉;蒸汽压力自动控制及超压超温报警;这些装置的作用是确保锅炉的安全及经济运行。采用八根钢柱的支承式钢架结构,钢柱固定在 0m 平台上。

1.3.4 锅炉运行注意点

该锅炉为低速循环流化床,密相区带有埋管,稀相区带有过热屏。该低循环倍率锅炉在点火运行调试阶段更应当注意锅炉各部分受热后都有部分膨胀问题。本炉锅筒和本炉的所有集箱,在锅炉运行中都必须保证其能自由的向两端不受限制的膨胀,涉及到左膜式壁及中膜式壁的膨胀量的吸收,该锅炉是由其弯曲部分完全吸收,膜式壁的固定增加了中间集箱刚度。左右膜式壁该炉设计是保证向下部能自由不受限膨胀,安装公司配装完毕后对受压件都仔细检查,并且启动时相关人员应密切注意膨胀量在各部位的显示不超值,如发现异常,巡视的人员应及时排除不可控的地方。

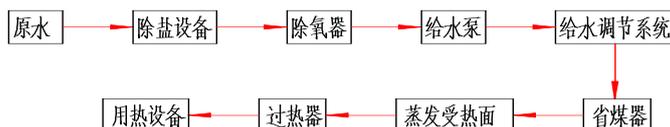
2 锅炉及辅助系统组成简介

锅炉和辅助系统如下:

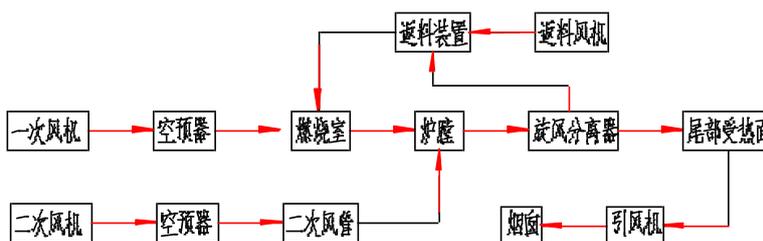
给煤系统



汽水系统



烟风系统



3 锅炉的调试运行

3.1 调试运行前的检查及进水

循环流化床锅炉在调试升火之前,必须作一次全面的外部检查,这对防止设备事故、人身事故有极其重要的作用。应对锅炉三大安全仪表:水位计、压力表、安全阀重点检查,并对整定后的安全阀试启两次,确保其在整定压力下,能迅速开启!对锅炉的辅机按运行规程进行检查。锅炉给水必须是符合这个规程 GB/T12145-2016《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》。巡视员看到水位升的位置,当升至水位表最低水位指示处时,应通知相关人员进行停止进水操作。保证停止进水后有人检查锅筒水位,保证锅筒内水位显示没有变化。

3.2 冷态试验

3.2.1 试验目的

单位指派点火人员启动锅炉前,被指派人员应对燃烧发生处进行冷态通风和流化的试验^[1],进行试验的目的:标定所选鼓风机自带的风量和自带的风压,确定这些数据是否满足设计运行要求数据,确定这些数据能否满足在运行时的流化所需要的量;再者是为了测定预先布置的布风板自身阻力;最后检查布风在冷态是否具有均匀性;以上试验目的为了确定锅炉自身冷态流化时的临界风量,这个风量用以热态运行时估算出来安全的最低风量。

3.2.2 试验方法

准备粒径为按设计要求的 8mm 以下(除有特殊要求外)的同类型锅炉排放的灰渣,并对这些冷渣过标准筛网;冷

态流化时的试验包括以下几部分：

(1) 布风板自身具有的阻力测定^[2]，记录下试验时或测定时风量和当前状况下的风箱静压值，用正反两个试验方向得的数据平均值，计算出的数据作为布风板自身阻力的记录阻力数据，采用绘画的方式标出布风板阻力特性曲线，这个曲线可以在运行时参考（按风压和料层关系热态时计算料层大约厚度）。

(2) 布风板流化风自身均匀性的检查

测定布风板流化风自身均匀性时，操作员在布风板的风帽区铺洒颗粒为 8mm 颗粒分级合格的灰渣，该灰渣的理想厚度约为 300~500mm，另外的人启动所配的合适鼓风机，过程中要求缓慢的不能过急的调节自带送风门，目标是直到整个铺洒料层沸腾起来，这个节点达到后然后突然操作开关停止往沸腾料层送风，风停后观察没风时的料层是否平坦。面平说明自身的布风达到了均匀。如果面料层表面有高的有低的，高处就是阻力大风量小，低处就是阻力小风量。应该找到其原因并排除。

(3) 流化沸腾床面自身冷态特性的测定

冷态特性是指所供风量、风压和所铺洒料层厚度的关系，测定正常沸腾时所供风量和风压，画出自身压降~所供风量特性曲线图。通过该图，可在运行时用风箱静压来判断大概的料层厚度，因为风箱自身静压等于在所供风量下布风板自身阻力加上料层自身压降，料层的堆积厚度见公式(4-1)：

$$L_{\text{堆积厚}} = [1/\psi] \times [\text{料层自压降}(\Delta P_{\text{料}}) / \text{料层自堆积重度}(T_{\text{堆}})] \text{米} \quad (4-1)$$

式中： ψ 为自压降系数，一般 $\psi=0.8$

(4) 流化沸腾燃烧时最低运行所供风量的确定

最低运行需供风量是指在沸腾良好所必须的所供最低风量，这限制循环流化沸腾床锅炉往低负荷运行时的要求的下限，这个数据可通过冷态试验特性确定。

4 流化床燃烧装置的点火启动

4.1 概述

流化床燃烧装置的点火就是以某种方式将床面上的底料通过加热到特定温度，在此过程中并送风使底料呈自身流化状态，等待给煤机连续旋转给进的煤能自己着火燃烧的过程。

4.2 点火调试的难点及注意事项

该类型锅炉从结构设计和高速床比较，一般设计的床面积较大，和高速床相比，其床面积是高速床面积的 2.5 倍左右，炉膛的截面积也较大，约是高速床炉膛截面积的 2 倍，对锅炉的点火和调试提出了不一样的要求。由于床面积大，为了保持床料的正常流化，要求在配备点火装置时，该类型的点火装置要大得多，为了减少投资成本和点火成本，又不能配置足够大的点火器，这样要求点火时不能仅靠点火风来保持床料的流化，应当打开运行时的一次风辅助点火器保持床料正常流化。点火时一般应注意以下几点：

(1) 点火时应采用点火风和一次风配合点火，一次风开度一般不大于 20%，避免一次风开度过大冲淡火焰，影响燃烧；

(2) 点火前应检查床面和炉膛下部的测温装置的插入深度应为正常的一倍以上，便于较准确的反映床料的温度；

(3) 点火时炉膛温度不能在高位时投煤，由于炉膛截面积大，测点的温度具有延迟，因此应在所燃烧煤着火温度低点时开始投煤，高点投煤易于结焦

4.3 点火启动

按加热底料的状态不同，点火方式可分为两类：从固定状态过渡到沸腾状态的点火（床上点火）；沸腾状态点火（床下点火）。

床下油点火方式^[2]如下：燃烧系统采用燃天然气气燃烧器。点火前、后采用蒸汽或空气吹扫喷嘴。点火用油，燃油的用量及压力等参数应符合燃烧器说明书及燃烧器点火系统图的要求，保证点火的正常运行。使床压在 4.5KPa 左右（必要时，应注入床料）。炉膛压力控制投自动。在“自动”方式下，关二次风挡板。关闭一次风挡板。打开启动燃烧器燃烧风挡板。投入第一只床下启动燃烧器，控制风量和燃油量，使燃烧稳定。控制燃烧器的混合风风量，使水冷风室内温度小于 850℃。锅炉的温升速率应控制在 50℃/h。投煤后，不断调节给煤及燃气工况，使平均床温逐渐升至 760℃，可结束点火程序，给煤机可投入正常运行，当锅炉运行稳定后停止启动燃烧器的运行，点火即获成功。

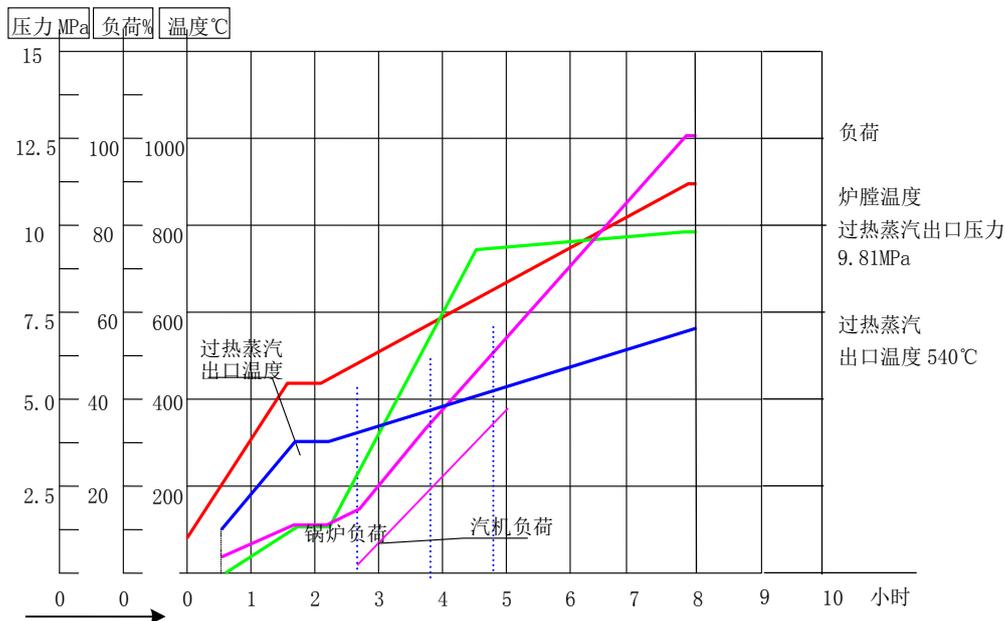


图2 冷态启动曲线

5 锅炉并汽

具有过热器的锅炉,其并汽是在出口压力将要达到所并汽母管压力时,采用缓慢关闭上排空气方向的排汽手动阀,此时应开启所产蒸汽隔离阀,汽机负荷、汽温、汽压保持稳定;当主蒸汽自电动隔离阀行程全开,表明锅炉主蒸汽阀处的流量已达到稳定,电动关闭原来所开的对空排汽自电动阀,保证所并汽得母管压力相对稳定;表明并汽完成,此时对锅炉本体部件及辅助设备进行一次全面无死角检查。

6 运行分析

本文所述案例已经在嘉兴地区某地投入运行,经过整个点火操作过程后,锅炉经过了168小时试运行,运行结果表明锅炉炉膛均匀温度为 905°C ,空预器后显示锅炉排烟温度约为 148°C ,此时的过量空气系数显示为1.31,尤其是监测的 SO_x 排放量为 $79\text{mg}/\text{m}^3$,监测 NO_x 的排放量为 $61\text{mg}/\text{m}^3$,达到环保及节能效果目的,从锅炉排烟温度数据看,该锅炉的省煤器面积偏小,需要适当增加面积,该锅炉为带埋管的低速循环流化床锅炉,全国各地此类型高温高压锅炉的设计、调试和运行经验较少,需要多积累运行经验,为锅炉的后期开发研究积累数据。

7 结束语

锅炉其他各项锅炉参数基本达到了设计要求,通过此次点火、调试、运行的成功进行,为将来该类型高温高压循环流化床锅炉的开发设计和调试运行提供一个有效参考途径。

[参考文献]

- [1] 岑可法. 循环流化床锅炉理论设计与运行[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [2] 林宗虎. 循环流化床锅炉[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.

作者简介: 徐瑞(1983.8-),男,毕业于郑州大学热能工程专业,现就职于郑州锅炉股份有限公司,毕业后一直从事锅炉的设计和运行,工程师。