

# 循环流化床锅炉磨损与防磨措施分析

安道远\*

中国石油大庆石化公司, 黑龙江 167314

**摘要:** 随着工业技术的不断革新, 锅炉行业通过创新研发, 生产出了一种高效、低污染的循环流化床锅炉, 并在电站、工业等领域已得到广泛应用。循环流化床锅炉磨损问题一直是困扰循环流化床锅炉发展的主要问题之一, 磨损问题解决不好, 锅炉无法正常运行, 运行中严重磨损的部位主要发生在炉膛受热面、密相区及旋风分离器等部位, 对于这项问题, 本文将介绍循环流化床锅炉的构造以及工作原理, 探究磨损原因, 找寻防磨措施。

**关键词:** 循环流化床; 锅炉磨损; 防磨措施

## 一、前言

随着工业技术的不断革新, 锅炉行业通过创新研发, 生产出了一种高效低污染的循环流化床锅炉设备, 并在电站、工业等领域已得到广泛应用<sup>[1]</sup>。循环流化床锅炉设备效率高、煤种适应性广, 正在逐渐代替传统锅炉, 但是其磨损问题不解决就会影响循环流化床锅炉安全、经济、高效运行。

## 二、循环流化床锅炉的组成

### (一) 锅炉本体

主要包括启动燃烧器、风室、配风装置、炉膛、气固分离器、返料装置、汽包、下降管、水冷壁、过热器、省煤器、空气预热器等。

### (二) 辅助设备

主要包括鼓风机、引风机、回风风机、破碎机、给煤机、冷渣机、除尘器、脱硫脱硝设备、烟囱等<sup>[2]</sup>。

## 三、循环流化床锅炉的结构特点

流化床锅炉最为主要的结构特点是物料循环系统, 由布风装置、燃烧室、气固分离器、回料装置、点火装置等设备组成。燃烧室、分离器及回料装置被称为循环流化床锅炉的三大核心部件, 并构成了循环流化床锅炉的颗粒循环回路, 是其结构上区别于其他锅炉的明显特征, 是循环流化床锅炉的特有系统。如下图1所示。

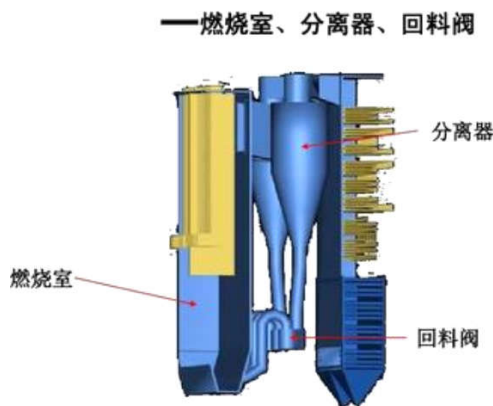


图1 循环流化床锅炉核心部分

## 四、循环流化床锅炉的工作原理

在破碎机将燃料破碎到合适的大小之后, 碎燃料经过给煤机从燃烧室的培风板上部位置上料, 并且在燃烧室中和热沸腾物料相混合, 在热沸腾物质的高温加热下, 燃料迅速受热点火燃烧。燃烧之后, 在高速空气流的作用下, 就会

\*通讯作者: 安道远, 1982年6月, 男, 汉族, 黑龙江大庆人, 现任中国石油大庆石化公司热电厂动力车间技术负责人, 中级工程师, 本科。研究方向: 机械动力。

有大量的固体小颗粒充满整个炉腔，之后被带出燃烧室进入气固分离器。在气固分离器的作用下，固体物料重新返回炉腔进行燃烧。

分离器引出的高温烟气经尾部烟道与对流受热面换热后，通过除尘器从烟囱排出。上述煤、空气和烟雾系统被称为锅炉的燃烧系统，即通常被称为“炉”。另一方面，锅炉给水被泵入省煤器进行预热，然后进入汽包，然后进入下降管和水冷壁。加热和蒸发后，给水返回汽包。汽水分离后，蒸汽进入过热器加热，然后通过主蒸汽管道输送给用户。上面是一个汽水系统，俗称“锅”<sup>[3]</sup>。

### 五、节能型流化床锅炉的技术特性

#### (一) 较高的热效率

锅炉保证热效率不低于88%（烟煤）；锅炉飞灰含碳量不大于6%（烟煤）；底渣含碳量不大于2%（烟煤）<sup>[4]</sup>。

#### (二) 较低的电耗

采用低床压、低流速设计，合理的一、二次风配比，从而减少对风机的风压要求，风机电耗。

#### (三) 较强的连续运行能力

锅炉年运行时间不少于8000小时；锅炉连续运行时间不少于7000小时。

### 六、循环流化床锅炉的环保特性

#### (一) 低硫排放

调整锅炉受热面分配，保证炉膛燃烧温度在860℃~880℃之间，是炉内石灰石脱硫最佳温度区间<sup>[5]</sup>。采取炉内喷入石灰石粉，结合高效的分离器，捕捉更细颗粒，保证石灰石与烟气多次混合反应，达到炉内石灰石的最高利用率，确保炉内脱硫效率达90%以上；结合炉外脱硫塔措施，保证SO<sub>2</sub>原始排放35 mg/Nm<sup>3</sup>以下。

#### (二) 低氮排放

采用860-880℃低床温设计；采用低氧量设计，燃烧调整氧量控制在3%；严格进行分级供风，提高二次风量比例达50%以上，抬高二次风入炉位置，保证炉内燃烧缺氧还原区；保证锅炉初始NO<sub>x</sub>排放浓度 ≤ 100 mg/Nm<sup>3</sup>；分离器入口预留SNCR脱硝接口位置；在尾部烟道两组省煤器之间预留出装设SCR设备的空间；通过脱硝装置后保证锅炉最终NO<sub>x</sub>排放浓度 ≤ 50 mg/Nm<sup>3</sup>。国内目前环保要求严格，燃煤与环保的矛盾日益突出的情况下，循环流化床锅炉已成首选的高效低污染的新型燃烧技术。循环流化床锅炉如下图2所示。

循环流化床锅炉原理图

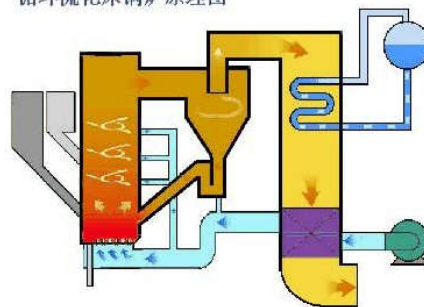


图2 循环流化床锅炉

### 七、磨损机理

#### (一) 造成磨损的原因

循环流化床锅炉具有的燃烧特点是由其特有的燃烧方式决定的，低温、动力性能强的特点也是流化床锅炉独有的。为了使得流化床上的固体颗粒得到充分燃烧，就需要锅炉底部的布风装置吹出速度快、强度大的空气流，在流化床上形成强烈的扰动。但是固体充分燃烧的同时，又需要空气强烈的吹动，气体和固体两种物质共同燃烧时，就会有大量的烟气产生，并且烟气中夹杂着未充分燃烧的固体小颗粒以及燃烧产生的灰尘颗粒，在强空气流的带动下，具有极快的速度。烟气中的颗粒以极快的速度冲刷水冷壁以及锅炉内部的其他装置，就会造成局部装置的损坏，锅炉运行就会出现<sup>[6]</sup>。除此之外，还有一点就是旋风分离器没有达到理想的分离效果，较低的分效率就会导致受热面会直接受到强烈的较高浓度的烟尘冲刷，造成受热面严重磨损。

## (二) 影响循环流化床锅炉磨损的主要因素

1. 烟气物料速度。速率越大,其磨损速率越快。
2. 烟气中的物料浓度、粒度。
3. 被磨损件表面粗糙度、硬度和抗磨性能。

## 八、主动防磨措施和被动防磨措施

### (一) 主动防磨措施

对灰浓度、灰粒粒度以及风量等运行参数进行调整就是从主动防磨的角度来降低受热面积的磨损。当循环流化床在满负荷一、二次风风量的比例达到5.5:4.5时,就会导致炉膛出口的含氧量过高,增加炉膛负压<sup>[7]</sup>。

因此,可以得出结论,当风量过大就会增加炉膛内的空气,增加含氧量,相对应的炉内烟气的流量就会增加,导致炉膛内的烟气流速增加,并且烟气中携带的颗粒物较多,在大风量的驱使下就会加剧炉膛过渡区的磨损情况。

采用主动防磨措施,在保障锅炉出力的情况下,调整参数降低第一次和第二次的进风量,使得两次进风量的比例在5:5左右,就可以控制炉膛出口的含氧量在4%~5%之间,从而降低炉膛内部的烟气流速,受热面积的磨损就会降低许多。

### (二) 被动防磨措施

1. 炉膛水冷壁浇注料与水冷壁交界处采用让管技术,平滑过渡。
2. 炉膛水冷壁管采用超音速金属喷涂技术。
3. 炉膛水冷壁安装耐高温网格板,降低物料贴壁流速,减缓水冷壁管磨损。
4. 提高耐火材料性能指标等,提高耐磨性能。
5. 炉膛密相区水冷壁管采用激光熔覆高温防磨技术,增加水冷壁管耐磨性能,其熔覆层显微硬度达到1200~1300 HV,熔覆层厚度0.8~1.0 mm,解决了扑通地中合金锰钢D102焊材堆焊水冷壁管造成的影响。另外熔覆层和水冷壁管基体冶金结合,结合强度高,无应力变形问题,磨损率有效降低。

所谓的被动防磨措施就是为了减轻磨损从降低颗粒下滑高度、降低灰浓度、保持受热面光滑、采用耐火耐磨材料等角度考虑防磨措施。现在有很多的循环流化床锅炉上面用的都不再采用耐火砖,大多数的都是耐火浇注料、耐火可塑料和耐火捣打料等。因为这些不定型耐火材料远比耐火砖好用,最大的优点就是施工便捷,而不是跟耐火砖那种的施工麻烦,耗费人工,耗费时间非常的长<sup>[8]</sup>。

首先,由于循环流化床锅炉的各个部位的运行情况跟使用的条件不同,就需要选择不同性能的耐磨耐火浇注料来满足锅炉在使用中的要求。从而达到综合砌炉的目的。可以根据锅炉的各个部位的情况分成四个区域,并且选择不同的耐磨耐火浇注料。第一个区域就是炉膛密相区、炉膛出口烟道、旋风分离器与直筒等部位。这些部位的物料流速极快,对衬体造成了极大的冲刷、磨损、撞击,所以要选择耐磨性比较高级的耐火浇注料<sup>[9]</sup>。这个区域的耐磨损指数要小于5 CC。第二个区域的物料就对衬体的冲刷、磨损和撞击等比较小了,但是还是有磨损存在的。这些区域就包括旋风筒的锥体回料阀,旋风筒的出口部位,对耐磨耐火浇注料的要求是要有一定的抗磨损性能,耐磨损指数最好小于7 CC。第三个区域为水冷风室,这个部位在锅炉点火的时候温度很高,点火油枪周围的温度能达到1500℃。但是锅炉运行的时候温度就比较低。对耐磨性能没有要求,但是对耐火浇注料的抗急冷抗急热性非常的严格。第四个区域是分离器出口对流烟道部位炉墙,这里因为烟气中的飞灰浓度比较低、速度慢。所以,它的磨损程度相对的就比较轻了,只需要用普通的黏土高铝质耐火浇注料就可以。

### (三) 防磨效果

主动防磨以及被动防磨是从不同的角度考虑的防磨措施,但是都基本上将水冷壁磨损严重的情况杜绝了。在采用主动防磨或者被动防磨措施之后,水冷壁仍有一定的磨损但是已经基本不妨碍正常使用。

## 九、结语

江山化工公司130 t/h循环流化床锅炉在水冷壁过渡区磨损较为严重并由此引发爆管事故,通过对磨损机理的分析与讨论,采取了有效的防磨措施。在水冷壁过渡区域采用超音速电弧防磨喷涂技术进行耐磨喷涂,喷涂材料采用超硬耐磨电弧喷涂材料,并消除水冷壁表面缺陷。并从运行角度调整了风量,将烟速控制在合理范围内。通过进行技术改造,基本上消除了水冷壁磨损严重的情况,运行一年多效果良好。从考虑节约维修成本以及延长材料寿命等方面,完

善锅炉的运行水平是非常重要的。由于烟气速度对磨损起决定作用,因此要合理配风,保证最佳的风煤比,合理控制烟速,并及时调节入炉煤和返料,可防止加重局部磨损,并保证锅炉的经济运行。

**参考文献:**

- [1]邱永洁.输灰装置在145t/h循环流化床锅炉尾部烟道上的应用[J].能源与环境,2019(06):50+52.
- [2]王映奇,吕建,惠志平.350 MW超临界循环流化床锅炉甩负荷试验控制要点及存在问题分析[J].山西电力,2019(06):65-68.
- [3]费芳芳,徐义书,毕武林,綦久鑫,李定青.大型燃煤CFB锅炉的PM<sub>10</sub>和痕量元素排放特性分析[J].内蒙古电力技术,2019,37(06):39-45.
- [4]康烁,王颖,张宇鹏.CFB锅炉电站原煤仓火灾报警设计探讨[J].现代工业经济和信息化,2018,8(18):31-32.
- [5]陈宝怡,赵伟杰.基于变频调速技术的循环流化床锅炉引风机节能改造[J].科学技术与工程,2018,18(36):199-204.
- [6]孔斌,司占帅,陈建和.FE-I型电袋复合除尘器在CFB锅炉烟气除尘中的应用[J].石油石化绿色低碳,2018,3(06):26-30.
- [7]陈新建.低温省煤器在300MW循环流化床锅炉上的研究与应用[J].江苏科技信息,2018,35(34):42-45.
- [8]李斌.循环流化床锅炉安装检修质量对部件磨损的影响以及应对措施探讨[J].当代化工研究,2016(09):30-31.
- [9]李海全,吴海粟.330 MW循环流化床锅炉下二次风管喷口烧损原因分析及解决措施[J].机电信息,2016(36):85-86.