

20T/H 内循环生物质流化床锅炉设计

徐瑞 冯鹏娟

郑州锅炉股份有限公司, 河南 郑州 450001

[摘要] 结合生物质燃料特性与循环流化床燃烧技术, 以 20T/h 燃生物质低压微过热内循环流化床锅炉为例, 通过对锅炉结构优化设计及布局, 从该炉投运至今运行效果来看, 能完全达到预期设计运行目标, 具有良好的社会效益和环保效益, 为未来小容量流化床锅炉市场开发奠定坚实基础。

[关键词] 内循环; 优化设计; 生物质

DOI: 10.33142/aem.v3i6.4366

中图分类号: TK229.66

文献标识码: A

Design of 20T/H Internal Circulation Biomass Fluidized Bed Boiler

XU Rui, FENG Pengjuan

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

Abstract: Combined with the characteristics of biomass fuel and circulating fluidized bed combustion technology, taking 20T/H biomass fired low-pressure micro superheated internal circulating fluidized bed boiler as an example, through the structural optimization design and layout of the boiler, from the operation effect since the boiler was put into operation, it can fully achieve the expected design and operation objectives, and has good social and economic benefits and environmental protection benefits, so as to lay a solid foundation for the future market development of small capacity fluidized bed boiler.

Keywords: internal circulation; optimization design; biomass

前言

生物质作为清洁环保的可再生能源, 是替代化石能源消费结构的方式之一。地球上生物质能资源丰富, 每年通过光合作用产生的生物质约 1700 亿吨^[1], 而我国可开发利用的生物质能源资源总量约为 7 亿吨标准煤, 其中以农作废弃物秸秆为主^[2]。生物质能源的环保化、资源化利用, 符合我国目前节能减排的可持续发展战略。

生物质直燃是目前采用最多的处理方式。受季节影响, 用户一般是以当地农作物和木材加工等废弃物作为燃料交替投放。生物质燃料具有低硫分、低灰分、高挥发分, 燃烧后原始排放浓度低等优势, 但碱金属含量高, 灰熔点偏低, 碱金属的存在容易造成锅炉受热面的积灰, 结渣^[3]。因此, 锅炉在设计时应采取有效措施, 预防高低温腐蚀, 避免炉内结焦。

1 炉型选择

链条炉属于层燃燃烧, 燃烧温度高, 污染物原始排放远超《锅炉大气污染物排放标准》中相关要求, 锅炉效率偏低, 故越来越多用户选择采用循环流化床锅炉。循环流化床锅炉分为外循环与内循环。外循环流化床锅炉受制于外置分离器及回料装置的布置, 炉膛高度不易太低, 考虑到成本等因素, 不太适合容量低于 25T/h 的锅炉。内循环流化床锅炉是在鼓泡床的基础上, 通过在炉膛内增加三旋涡水冷分离器和回料装置而来的, 炉膛高度相对较低, 并能兼顾物料的流化状态与低温燃烧, 此结构特点正适应小容量锅炉对流化床的需求。

SHX20T/H 锅炉设计参数

锅炉出力: 20T/H

锅炉工作压力: 1.25MPa

锅炉出口蒸汽温度: 310℃

排烟温度: 135℃

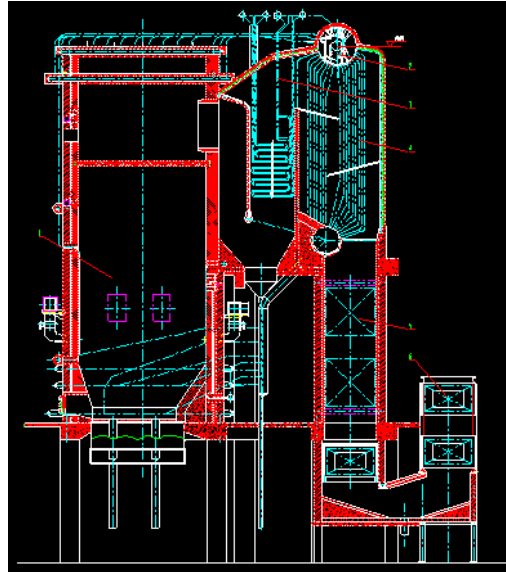
锅炉热效率 88.4%

设计燃料为秸秆、建筑模板、木片及树枝等破碎的生物质散料, 低位热值约 3000kcal/kg。

2 内循环流化床锅炉概述

此 20T/H 内循环流化床锅炉采用双锅筒横置式结构, 生物质散料由炉右无轴双螺旋给料机送入炉膛, 与底部风室

进入的一次风混合燃烧。燃烧初始会大量析出可燃挥发份，未燃烧部分将随烟气上行，故需要在炉膛中部布置二次风。二次风风压 10000pa 左右，对物料起强力扰动作用，补充空气，强化燃烧效果。燃烧后的烟气进入水冷分离器，粒径较大及未燃烬部分被分离出来经返料通道重新进入炉膛，细小灰粒则随烟气进入过热器区域换热，然后经对流管束，进入尾部省煤器，烟气冲刷省煤器后进入末级的空气预热器，最后经环保除尘设备排至烟囱。



1—炉膛 2—锅筒 3—过热器 4—对流管束 5—省煤器 6—空预器

图1 SHX20-1.25/310-T 内循环流化床结构图

传统双锅筒横置式循环流化床锅炉中对流管束部分墙体采用耐火砖及红砖的重型炉墙结构，耐火保温材料体量大，采购、砌筑及维护成本高，锅炉散热损失大，启动蓄热周期长，浪费燃料。此次凭借循环流化床锅炉人字形水冷烟道的设计^[4]，炉顶光管改为膜式壁结构，耐火砖砌筑 U 型燃烬室改为由燃烬室前后膜式壁及侧膜式壁围成。通过增设对流管束前后膜式壁及侧膜式壁，构成了整个对流管束区域的膜式水冷结构，由外敷设硅酸铝纤维的轻质保温结构替代了传统重型炉墙结构，能有效节省耐火保温材料用量，减少锅炉启动时间，降低用户投资成本。

2.1 燃烧设备及特点

本炉燃烧设备主要有布风装置、生物质进料装置、飞灰循环系统组成。布风板上布置有 1120 个 $\phi 5.5$ 风帽、270 个 $\phi 4.5$ 风帽，材质均为 ZG4Cr28。风帽底部与布风板之间铺设 70mm 填充料，上面覆盖 30mm 厚的耐磨耐火浇注料。此举一方面考虑到浓相区物料沸腾流化时可能对风帽颈部风管产生磨损，另一方面填充料的设置也是便于检修更换损坏的风帽。生物质燃料具有很高挥发份，同时考虑到目前环保对 NO_x 排放要求越来越严，风机选型时二次风占比大幅提高，总风量分为一次风 50%左右，二次风 45%左右，松动风 5%左右。

一次风机参数

风压：14000pa 流量：28000m/h 机电功率：160KW

二次风机参数

风压：9830pa 流量：18450m/h 机电功率：75KW

引风机参数

风压：6803pa 流量：73600m/h 机电功率：200KW

锅炉设计时，考虑到虽然炉膛浓相区沸腾流化时物料冲刷严重，但传热效果也更好，故可结合有效防磨措施，在炉膛沸腾层布置有 2 组竖埋管，埋管伸入浓相区内部分表面焊接 $\phi 8$ mm 防磨圆钢，以延长埋管使用寿命，控制燃烧温度。

2.2 锅筒受热面布置

此 SHX20-1.25/310-T 内循环流化床锅炉，上锅筒直径 $\phi 1400$ mm，下锅筒直径 $\phi 1000$ mm，材质为 Q245R (GB/T713)。炉膛由左中右三片膜式水冷壁构成，前后墙布置水冷壁光管。由于烟气进入上部水冷漩涡分离器时，烟气流速增加，

磨损加剧,故需在 6000mm 以上部分的膜式水冷壁上敷设耐磨耐火浇注料。其中两侧膜式壁砌筑耐磨材料底部 2m 范围内为卫燃带,可根据锅炉实际运行中生物质燃料变化做出相应调整。同样,返料通道内空间相对狭窄,物料粒径偏大,流速较高,需在膜式壁转向部分敷设耐磨耐火浇注料。

过热器悬吊于分离器出口燃烬室,分为高温过热器和低温过热器,烟气横向冲刷过热器管束。由于业主使用时对蒸汽温度控制要求较高,故放弃传统有延迟的面式减温器,采用控温效果更为及时的喷水减温。喷水所用的减温水来自操作平台主给水管路。过热器之后布置有 21 列对流管束,由烟道隔板分为三组区域。同时对流管束区域周边炉墙由原来的重型炉墙改为膜式壁轻型保温结构,即增加受热面的同时又减少了系统漏风,使得维修维护更简单快捷。

除氧后给水经给水调节装置进入尾部省煤器。省煤器分为上下 2 组,每组管束前两排管子加装直管及弯管防磨罩。两组省煤器均为大间距顺列布置,管子规格为 $\phi 32 \times 4$,材料为 20 (GB/T 3087)。

空预器分两组布置在最末端,二次风空预器在前,一次风空预器置后。空预器采用卧式布置,烟气横向冲刷管束,管子规格为 $\phi 50 \times 2$,其中末级空预器管束采用搪瓷管,以防止低温腐蚀。

2.3 吹灰器的选择与布置

生物质灰熔点低,容易造成受热面污染,因此强化受热面吹灰是非常必要的。该炉选择采用蒸汽吹灰器,虽会损耗一些热量,但实际吹灰效果比激波脉冲及压缩空气要好很多。过热器部分布置长伸缩式蒸汽吹灰器,其他受热面采用固定式蒸汽吹灰器。工作人员可以选择定时吹扫或根据实际运行情况自主决定何时吹扫。吹扫蒸汽由过热器出口集箱降压引至蒸汽吹灰器。

3 锅炉运行测试及结果分析

锅炉能效测试时采用破碎的建材模板,详见表 1

表 1 测试生物质燃料元素分析

名称	符号	单位	数值
收到基碳	C_{ar}	%	31.88
收到基氢	H_{ar}	%	4.16
收到基氧	O_{ar}	%	27.14
收到基氮	N_{ar}	%	0.51
收到基硫	S_{ar}	%	0.05
收到基灰份	A_{ar}	%	6.26
收到基水份	M_{ar}	%	30.0
低位发热值	$Q_{net,ar}$	kcal / kg	2930
干燥无灰基挥发份	V	%	71.85

表 2 能效测试结果

序号	名称	符号	单位	测试数据
1	锅炉出力	D	t/h	20
2	出口蒸汽温度	t_{zq}	$^{\circ}C$	310
3	锅炉工作压力	P	MPa	1.25
4	排烟温度	t_{py}	$^{\circ}C$	134.4
5	给水温度	t_{gs}	$^{\circ}C$	104
6	排烟热损失	q_2	%	6.88
7	化学未完全燃烧损失	q_3	%	0.5
8	机械未完全燃烧损失	q_4	%	2
9	散热损失	q_5	%	1.2
10	灰渣热损失	q_6	%	0.53
11	锅炉效率	η	%	88.89

测试结果表明 SHX20-1.25/310-T 生物质循环流化床锅炉的设计完全满足预期要求, 现场监测到 Nox 原始排放 $109.1\text{mg}/\text{Nm}^3$, SOx 原始排放 $114.4\text{mg}/\text{Nm}^3$, 远低于当地 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$ 的要求, 锅炉已连续运行近 200 天。同时基于内循环特殊的锅炉结构型式, 锅炉超负荷及变负荷能力突出, 见图 2 及表 3。



图 2 锅炉实时运行数据

表 3 锅炉运行记录

时间	0 时	1 时	2 时	3 时	4 时	5 时	6 时	7 时	8 时	9 时
锅炉出口主蒸汽压力 Mpa	1.23	1.22	1.28	1.29	1.26	1.24	1.21	1.17	1.15	1.22
锅炉出口主蒸汽温度 °C	307	300	303	311	303	305	300	311	299	303
过热器出口集箱压力 Mpa	1.26	1.24	1.30	1.31	1.28	1.26	1.24	1.20	1.19	1.24
过热器出口集箱温度 °C	303	304	308	316	310	313	302	315	315	302
喷水减温器集箱温度 I °C	181	180	183	182	182	182	180	179	207	181
喷水减温器集箱温度 II °C	345	352	345	351	365	359	365	368	355	352
沸下温度(前) °C	778	618	695	740	683	546	688	692	684	838
沸下温度(后) °C	766	603	682	726	671	537	669	673	674	829
沸中温度(前) °C	779	617	694	742	682	545	687	683	684	841
沸中温度(后) °C	770	603	683	729	673	538	671	674	675	873
沸上温度(前) °C	840	816	804	808	831	843	884	802	887	884
沸上温度(后) °C	821	665	770	781	782	745	736	819	821	858
炉膛烟温 °C	878	768	855	873	902	904	866	900	862	843
分离器进口烟温	753	705	736	740	772	786	765	796	764	743
过热器进口烟温 °C	828	743	810	826	857	857	834	874	827	803
过热器出口烟温 °C	536	520	529	531	542	551	545	547	535	533
高温省煤器进口烟温 °C	236	238	236	236	237	234	235	229	226	232
低温省煤器进口烟温 °C	187	186	186	187	182	180	178	174	173	180
二次风空预器进口烟温 °C	137	135	136	138	133	131	129	127	125	131

时间	0时	1时	2时	3时	4时	5时	6时	7时	8时	9时
二次风空预器出口烟度° C	130	129	130	130	126	124	123	120	117	125
锅炉出口烟气温度° C	97	95	96	95	92	88	88	85	81	89
给水流量 m ³ /h	23.4	21.8	19.3	18.2	21.5	22.6	19	17.7	17.1	22.6

5 结束语

我国生物质能源存在种类繁多,分布广泛,收集存贮困难等特点;区域性的生物质直接燃烧技术工艺简单,投资及运行成本较低,可以大规模推行。循环流化床燃烧效率高、污染物原始排放低,是生物质直燃的合理方式,符合国家节能减排的环保方针。

[参考文献]

- [1]周凤起,周大地.中国长期能源战略[M].北京:中国计划出版社,1999.
 - [2]张建春,顾君苹,张缦.纯燃生物质循环流化床锅炉设计与运行[J].锅炉技术,2018,49(1):28-32.
 - [3]郎丽萍.生物质循环流化床锅炉技术介绍[J].电站系统工程,2019,35(4):27-29.
 - [4]郑州锅炉股份有限公司.循环流化床锅炉人字形水冷烟道[J].中国,2015(2):282.
- 作者简介:徐瑞(1983-),男,中级工程师,2009年毕业于郑州大学,从事锅炉设计工作。