

生物质流化床锅炉在烟草废弃物处理中的改进应用

李吉平, 张晖, 王兆铁, 许志龙, 符再德

(湘西鹤盛原烟发展有限责任公司, 湖南吉首416000)

摘要:为解决循环流化床锅炉作业过程中存在烟梗需要干燥、破碎, 运行时间短, 炉内密相区结焦, 回料阀堵灰严重, 尾部受热面积灰严重等问题, 提出了炉膛下部差速床布置、床下油点火系统以及爆炸吹灰系统等改进设计, 并设计了一条10t/h燃烟梗低倍率循环流化床锅炉。通过运行及环保测试, 各项技术达到了要求, 各项环保指标达到GB13271—2014新建锅炉排放标准, 而且每年可减排二氧化碳20840.00t, 减少二氧化硫排放137.56t, 减少氮氧化物130.06t, 节能减排效果明显。

烟梗等废弃物是烟草工业的副产品, 不及时有效地处理, 将造成企业库存积压, 库容紧张, 若保管或处理不当, 易造成烟草专卖监管中的漏洞、环境污染和重大的安全隐患。烟梗等废弃物作为一种生物质能源, 其低位发热值高达 9.96×10^6

J/kg, 为确保烟梗等废弃物的综合利用, 打叶复烤企业采用锅炉焚烧提供蒸汽作为企业干燥烟叶的热源。目前燃烧烟梗的锅炉主要为循环流化床锅炉, 其在作业过程中存在烟梗需要干燥、破碎, 运行时间短, 炉内密相区结焦, 回料阀堵灰严重, 尾部受热面积灰严重等问题。笔者针对上述循环流化床锅炉存在的问题, 提出了炉膛下部差速床布置、床下油点火系统以及爆炸吹灰系统等改进设计, 并设计了一条10t/h燃烟梗低倍率循环流化床锅炉, 通过运行应用, 可达到烟梗等废弃物的综合利用。

1 系统组成

1.1 系统结构 生物质流化床锅炉系统包括锅炉本体、燃料给入系统、烟风系统、水处理及给水系统、烟气净化系统、吹灰系统、排灰排渣系

统和自动控制系统等, 如图1所示。设计原则如下

: 为了控制 NO_x 排放, 采用分级燃烧, 一次风: 二次风: 50: 50。为了降低炉膛温度, 在炉膛下部密相区布置受热面, 使得床温控制在 $850 \sim 900$, 不易导致炉内结焦。炉膛采用大水冷度, 控制炉膛出口温度在 650 以内, 有利于减轻尾部受热面积灰和腐蚀。炉膛出口布置旋风燃尽室, 一方面有利于燃烧充分, 另一方面进一步降低烟气温。燃尽室分离下的灰, 采用一次风强制吹入炉内燃烧, 避免采用回料阀, 因灰黏性大导致堵塞。对流排管、省煤器及空气预热器采用脉冲吹灰, 在合理的吹灰频率下, 保证锅炉长期满负荷稳定运行。采用床上木炭点火, 点火方便、容易操作, 费用低。

1.2 生物质锅炉主要技术参数 额定蒸发量10t/h, 额定蒸汽压力1.25MPa, 额定蒸汽温度 194 , 给水温度 60 , 排烟温度 <150 , 锅炉设计热效率 $>85\%$ 。

2 关键技术实现

2.1 锅炉本体

2.1.1 炉墙。布风板以上浓相区炉内墙采用浇注高强度耐磨可塑材料; 水冷壁外侧采用敷管炉墙结构, 外加外护板; 高温旋风筒、水平烟道及尾部烟道采用轻型炉墙、护板结构。

2.1.2 锅筒内部装置。锅筒由水下孔板、顶部百叶窗、加药管、排污管、再循环管等组成。锅筒上还设置有高、低读水位表、压力表、安全阀、放气阀和自用蒸汽阀等附件。

2.1.3 炉膛。下部采用差速床布置, 即高速床与低速床组合布置形式。给料落入高速区, 埋管布置在低速区(降低磨损), 高速床与低速床形成物料循环, 高速区燃料燃烧产生的热量被低速床的埋管吸收, 用于控制炉膛下部温度。

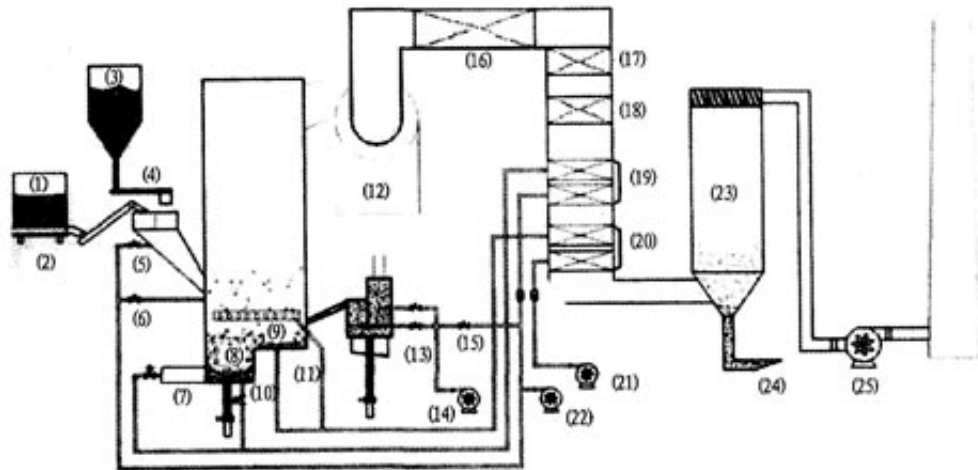
2.2 炉前燃料给入系统 烟梗/石灰石给料装置由皮带输送机、炉前料仓、拨料器组成。给料设置连续调速装置, 根据锅炉负荷的大小, 调整给料量。给煤装置利用现有锅炉房的进煤系统, 配置一台破碎机。

2.3 吹灰系统 烟梗的灰分中碱金属含量高, 灰黏度比较大, 容易在锅炉尾部积灰。一般的吹灰方式的使用效果不够

理想，该锅炉采用脉冲在线吹灰系统。其吹灰机原理是通过冲击动能、声能和热能作用来清除锅炉受热面的表面积灰，达到提高锅炉效率，恢复锅炉出力的目的。脉冲吹灰系统的主要特点是：冲击波将能量聚积于极短时间和空间内，

2

，速度可达300～350m/s。虽然作用时间较短(毫秒级)，使用燃气很少，但冲击波仍能对各部位的积灰产生显著作用，使之脱离受热面。



注：1. 烟梗料仓；2. 烟梗给料系统；3. 煤斗；4. 称重螺旋给煤机；5. 密封风；6. 播料风；7. 点火装置；8. 高速床；9. 低速床；10. 低速床一次风；11. 低速床二次风；12. 分离器；13. 回料风；14. 罗茨风机；15. 备用回路；16. 对流床；17、18. 省煤器；19、20. 空预器；21. 低速风机；22. 高速风机；23. 除尘器；24. 出灰装置；25. 引风机

Note: 1. Tobacco stem storehouse; 2. Tobacco stem supply system; 3. Coal bucket; 4. Weighing screw feeder; 5. Seal wind; 6. Sowing material wind; 7. Ignition device; 8. High speed bed; 9. Low speed bed; 10. Low speed bed primary air; 11. Low speed bed secondary air; 12. Separator; 13. Feed back wind; 14. Roots blower; 15. Spare circuit; 16. Convection bed; 17, 18. Economizer; 19, 20. Air preheater; 21. Low speed fan; 22. High speed fan; 23. Dust catcher; 24. Ash discharging device; 25. Induced draft fan

图1 生物质流化床锅炉系统

Fig.1 Biomass fluidized-bed combustion boiler system

3应用效果

3.1负压给料效果 锅炉给料点为负压区，彻底解决正压给料带来的隐患，炉膛出口负压在一200Pa以内，节省引风机电耗，且不结焦、不积灰。

炉膛下部采用差速床布置，即高速床与低速床组合布置形式。给料落入高速区，埋管布置在低速区(降低磨损)，高速床与低速床形成物料循环，高速区燃料燃烧产生的热量被低速床的埋管吸收，用于控制炉膛下部温度，彻底解决床料结焦问题。

尾部受热面采用爆炸(脉冲)吹灰系统，产生强大冲击波，将尾部受热面的积灰清除下来，锅炉可连续运行15d以上不需要清灰，满足一个生产周期(17次/10d)不停炉的需要。

3.2生物质锅炉运行工况的能效测试 锅炉运行正常后，邀请中国特种设备检测研究院、国家锅炉压力容器质量监督检验中心对锅炉运行工况进行能效测试，测得结果如表1所示。由表1可知，锅炉蒸发量平均值为10072.39kg/h，热效率为85.25%，达到了设计要求。

表 1 锅炉能效测试结果
Table 1 Boiler energy efficiency test results

项目 Item	符号 Symbol	单位 Unit	检测 1 Detection 1	检测 2 Detection 2	平均值 Mean
输出蒸汽量 Steam output	D	kg/h	9 710.00	9 870.00	9 790.00
折算蒸发量 Corrected evaporation	D_m	kg/h	9 990.83	10 153.94	10 072.39
正平衡效率 Positive balance efficiency	η_1	%	85.27	84.93	85.10
反平衡效率 Counter balance efficiency	η_2	%	85.53	85.25	85.39
平均热效率 Average thermal efficiency	η_R	%	85.40	85.09	85.25
折算热效率 Corrected thermal efficiency	η_m	%	85.40	85.09	85.25
排烟温度 Exhaust gas temperature	t_p	℃	129.65	129.87	129.76
排烟处过量空气系数 Excess air coefficient	α_p	—	2.04	2.08	2.06
排烟热损失 Heat loss due to exhaust gas	q_2	%	8.81	8.78	8.80
气体未完全热损失 Heat loss due to unburned gas	q_3	%	1.62	1.78	1.70
固体未完全热损失 Heat loss due to unburned carbon	q_4	%	1.83	1.99	1.91
散热损失 Heat loss due to radiation	q_5	%	1.70	1.70	1.70
灰渣物理热损失 Sensible heat loss in residue	q_6	%	0.51	0.50	0.51

3.3 生物质锅炉运行工况的环保测试 该锅炉采取直燃技术及严格的环保工艺，所有的排放指标优于国家标准，不会对环境造成污染。2012与2

014年检测结果如表2所示。由表2可知，烟尘的排放

小于50mg / m³，SO₂的排放量减少，由原来的392.00mg / m³减少到271.00mg / m³

，均达到新颁布的国家GB13271-2014《锅炉大气污染物排放标准》的要求。

表 2 2012 和 2014 年环境监测站监测结果

Table 2 Monitoring results of environmental monitoring stations in 2012 and 2014 mg/m³

年份 Year	监测点位 Monitoring site	分析项目 Analysis project	分析结果 Analysis result	标准限制 Standard limit
2014	鹤盛原烟锅炉出口	SO ₂	271.00	900
		烟尘	32.10	200
2012	鹤盛原烟锅炉出口	SO ₂	392.00	900
		烟尘	112.00	200

注：2012 年 SO₂ 排放行业标准为 390 mg/m³；国家新标准 GB 13271—2014 规定 SO₂ 排放标准 300 mg/m³，烟尘排放标准 50 mg/m³

Note: The industry standard of sulfur dioxide emission in 2012 was 390 mg/m³; sulfur dioxide emission new standard is 300 mg/m³ according to GB 13271—2014, smoke emission standard is 50 mg/m³

3.4 资源综合利用分析 生物质锅炉自试运行至今总共产生蒸汽20141t，平均每天产汽约153t(51.12班×3个班)，能满足生产加工蒸汽需求。2014年11、12月份1t烟耗煤与2012年1t烟耗煤指标比对如表3所示。由表3可知，2014年11、12月份1t烟耗煤为0.0270t，比2012年的1t烟耗煤0.1975t节约了86.33%。

表 3 1 t 烟耗煤指标对比**Table 3 Indicators comparison of 1 t cigarette coal consumption**

生产日期 Date of manufacture	产量 Yield t	煤耗 Coal consumption t	1 t 烟耗煤 1 t cigarette coal consumption
2014 - 11	4 650.64	98.20	0.021
2014 - 12	4 540.88	152.88	0.034
2012 - 11	5 190.99	1 032.18	0.199
2012 - 12	3 834.92	750.81	0.196

4结语

该研究设计的额定蒸发量10t/h燃烟梗低倍率循环流化床锅炉达到了设计出力和锅炉热效率，各项环保指标达到GB 13271—2014新建锅炉排放标准，而且每年可减少二氧化碳排放20840.00t，减少二氧化硫排放137.56t，减少氮氧化物130.06t，节能减排效果明显。烟梗燃烧后产生的飞灰经布袋除尘收集后进行综合利用，可实现副产物的减量化、无害化、资源化，为企业可持续发展带来推动力，营造更好的外部环境，经济效益和社会效益显著，可推广应用。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/142191.html>