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。烟梗等废弃物做为一种生物质能源，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、燃料给人系统、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
：①为了控制NO_x
排放，采用分级燃烧，一次风：二次风：50：50。②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850～900℃，不易导致炉内结焦。③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。④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度。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。⑤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。⑥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。

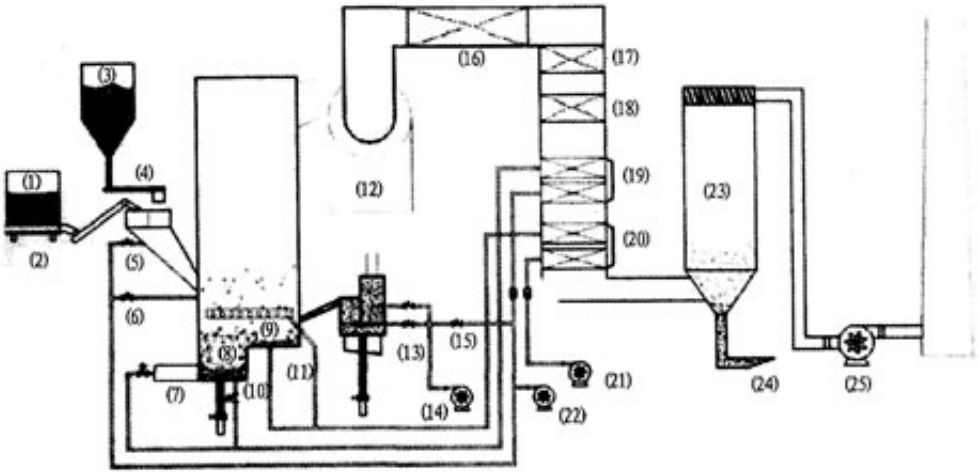
2.2炉前燃料给入系统烟梗／石灰石给料装置由皮带输送机、炉前料仓、拨料器组成。给料设置连续调速装置，根据锅炉负荷的大小，调整给料量。给煤装置利用现有锅炉房的进煤系统，配置一台破碎机。

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 materal 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 combustionboiler 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_N	%	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_{py}	℃	129.65	129.87	129.76
排烟处过量空气系数 Excess air coefficient	α_{py}	—	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2014年检测结果如表2所示。由表2可知，烟尘的排放小于50mg／m^3，SO_2的排放量减少，由原来的392.00mg／m^3减少到271.00mg／m^3，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/m^3

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SO_2排放行业标准为390 mg/m^3；国家新标准GB 13271—2014规定SO_2排放标准300 mg/m^3，烟尘排放标准50 mg/m^3

Note: The industry standard of sulfur dioxide emission in 2012 was 390 mg/m^3; sulfur dioxide emission new standard is 300 mg/m^3 according to GB 13271—2014, smoke emission standard is 50 mg/m^3

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