

秸秆成型燃料锅炉的研制

穆会群,武建设*

新疆石河子职业技术学院机械电气工程分院, 新疆 石河子 832000

摘要 依据秸秆成型燃料的特点,设计出满足秸秆成型燃料充分燃烧的锅炉,即在锅炉结构方面选择具备消烟和除尘功能的双层炉排,降低烟尘中氮氧化物以及二氧化硫含量,提高燃耗效率,达到我国锅炉排放标准。

关键词 秸秆成型燃料; 双层炉排; 锅炉

中图分类号 TK229.91

文献标识码 A

文章编号 1000-2324(2015)04-0596-04

MU Hui-qun, WU Jian-she*

Department of Mechanical and Electrical Engineering/Xinjiang Shihezi Vocational Technical College, Shihezi 832000, China

According to the corresponding characteristics of straw briquette fuel, we designed a boiler to meet the full combustion of straw briquette. It has the double fire grates with the functions of eliminating smoke and dust to reduce the content of nitrogen oxygen compounds and sulfur dioxide in emissions to improve the burning efficiency so as to meet the boiler emission standards in China.

Straw briquette; double grates; boiler

光合作用形成的生物质量比较大,被称之为第四大能源,从能量的消耗方面而言排在煤炭和石油以及天然气之后。而且秸秆属于可再生资源,我国生物秸秆的年产量可以达到 6.0×10^8 t。在社会经济不断发展和居民生活质量水平提升形势下,我国能源结构发生了巨大变化,其中秸秆剩余量每年都在增加,若是销毁不当就会造成环境污染,也浪费资源,严重影响交通安全。而充分运用秸秆取代矿物燃料,可以实现二氧化碳的零排放,在很大程度上减小大气环境中的二氧化硫与氮氧化物等的含量,加强生态环境的保护,推动社会经济的进一步发展,从而实现能源的可持续发展。现阶段,我国在秸秆成型燃料的燃烧方面研究比较少,缺少性能强的秸秆燃耗锅炉。而为了保证秸秆成型燃料可以充分燃烧,就一定要针对传统的燃煤锅炉进行改造与创新,可是在改造之后锅炉依然存在炉膛容积和形状以及燃烧不配问题等多种问题,导致污染排放超标。因此,分析与研究秸秆成型燃料锅炉具备重要意义。

秸秆成型燃料锅炉研制依据

秸秆成型燃料特点

表1中主要对四种秸秆的元素以及发热量数值进行了概述。

表 四种秸秆成型燃料的成分

燃料 Fuels	水分% Water	灰分% Ash	挥发物% Volatile	固定碳% Fixed carbon	H_{ad} %	C_{ad} %	S_{ad} %	N_{ad} %	P_{ad} %	K_{ad} %	Q_{wet-ad} KJ·kg ⁻¹
稻草 Rice straw	4.97	13.86	65.11	16.06	5.06	38.32	0.11	0.63	0.15	11.28	13681
玉米秆 Corn stalk	4.86	5.93	71.15	17.75	5.45	42.17	0.12	0.74	2.60	13.80	14867
高粱秆 Sorghum stalk	4.17	8.91	68.9	17.48	5.25	41.43	0.10	0.59	1.12	13.60	14441
木屑 Wood chips	12.27	0.83	70.55	16.35	4.38	45.65	0.06	0.14	0.10	13.00	18064

通过对表1进行分析可以得出,秸秆成型燃料自身的挥发性要比煤高,按时灰分与含碳量要比煤小,在热值方面也比煤小,因此秸秆成型燃料在燃烧过程中具备一定的特点^[1]。

秸秆燃烧特点

秸秆的密度不仅密度下,而且体积比较大,挥发通常达到了65%左右,比较容易点火。秸秆热

收稿日期 2014-07-11

修回日期 2014-07-26

基金项目 兵团社会科学基金项目(12YB03)及兵团职业学校专业带头人培养计划资助项目(2012~2015)

作者简介 穆会群(1967-),女,陕西汉中,本科,讲师、工程师。主要研究方向:能源动力、火力发电、燃料燃烧。

*通讯作者 Author for correspondence. E-mail:Wjs2816@sina.com

分解温度一般偏低,比如 350 ℃时挥发性达到了 80%,燃烧的速度偏快。在秸秆燃烧时就会快速拓展,其中挥发分可以在相对比较短的时间之内燃烧,放热量直线上升,这样高温烟气难以有效传热就从烟囱拍吹,导致许多排烟热损失^[2]。同时挥发分的剧烈燃烧需求大量的氧气,导致供氧不足,从而出现不完全燃烧,生成一氧化碳和氢气等相关中间产物。若是挥发分在燃烧过后进入至焦炭燃烧时期,因为秸秆焦炭后属于松散状,在气流的扰动下就会分解成为悬浮体,然后脱离燃烧层,进入到炉膛中,通过烟道从烟囱流出,造成燃烧热量严重损失。另外,燃烧层中剩下的焦炭量相对比较少,难以构成燃烧中心,导致燃烧的后劲不充足。在此种状况下,若是空气量控制不合理,就会造成空气量严重过剩,不仅会导致炉温减小,还会加剧排烟热的损失。

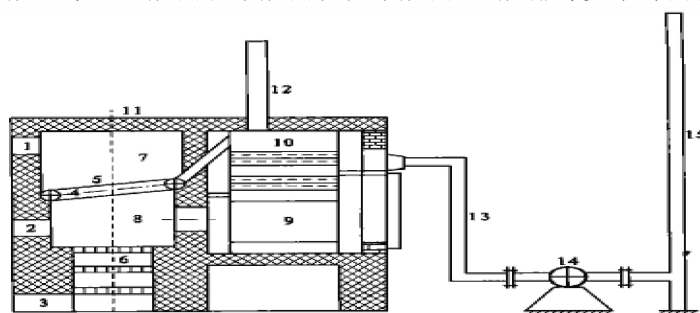
秸秆成型燃料的燃烧特点

因为秸秆成型燃料主要是经过高压而产生的块状燃料,该密度要比原生物质大许多,而且秸秆成型燃料的结构和组织特点导致挥发分逸出速度要比传热速度小。同时点火的温度明显提升,而点火性能减小,可是要比型煤自身点火性能好。在秸秆成型燃料燃烧时,会慢慢进行挥发分的分解,其燃烧属于动力区,在挥发分的燃烧进入到过渡区域和扩散区域时,秸秆成型燃料的燃烧速度适中,可以挥发分释放热量,然后及时传输至受热面,从而在很大程度上减小排烟能量的损失。另外,挥发分在燃烧的过程中需求的氧气应该和外界扩散的氧气进行合理匹配,这样挥发分才可以充分燃烧,慢慢提升炉温,在一定程度上减小气体不充分燃烧的损失和排烟热损失。在挥发分燃烧之后,所剩的焦炭骨架结构比较密实,这样运动气流难以将骨架进行解体悬浮,保证骨架碳可以维持层状进行燃烧,构成层状的燃烧核心^[3]。此种状况下,碳燃烧需求的氧和静态渗透扩散时的氧相同,可以维持燃烧的稳定性,慢慢提升炉温,有效降低固体和排烟的热损失。在进行燃烧时能够比较清晰的观察到碳具体燃烧流程,其中碳燃烧的火焰是蓝色的就表示燃烧的时间比较长。整体而言,秸秆成型燃料的燃烧速度比较均匀,在很大程度上降低了燃烧波浪的形成,从而保持燃烧的稳定性。

秸秆成型燃料锅炉设计

锅炉结构设计

秸秆成型燃料锅炉通常由上炉门和中炉门以及下炉门、上炉排等多个部门构成,具体结构见图 1。



1. 上炉门 Up-furnace door 2. 中炉门 Mid-furnace door 3. 下炉门 Down-furnace door 4. 上炉排 Up-fire grate 5. 辐射受热面 Heat-exchange by radiation 6. 下炉排 Down-fire grate 7. 风室 Wind room 8. 炉膛 Fire box 9. 燃烬室 Combustion chamber 10. 对流受热面 Heat exchange by convection 11. 炉墙 Brickwork 12. 排汽管 Steam-exhaust pipe 13. 烟道 Chimney neck 14. 引风机 Draught fan 15. 烟囱 Chimney

图 1 秸秆成型燃料锅炉结构示意图

秸秆成型燃料锅炉主要选择双层炉排结构,也就是在手烧炉排的相应高度上设置一道水冷却钢管方式的炉排。通常情况下,双层炉排中上炉门要打开,主要功能就是投燃料和有效供应空气。而中炉门的功能就是合理调整下炉排中燃料燃烧以及清除灰渣,其只在点火和清渣过程中才会打开^[4]。另外,秸秆成型燃料锅炉中下炉门的功能就是排灰和供应少许空气,在工作运行状况下微微打开,而开度应该依据下炉排中具体燃烧情况而确定。上炉排的空间与风室大致相同,而上炉排和下炉排间存在的空间使炉膛,在后墙中应该设置烟气出口,同时烟气出口不可以过高,从而防止烟气短路,严重影响可燃气体的充分燃烧与火焰充满炉膛,同时也不可以偏低,确保下炉排中灰渣层的厚度可

以满足相关要求。

工作原理

对于双层炉排结构的秸秆成型燃料锅炉而言,工作原理指粒径秸秆的成型燃料利用上炉门加入炉排中进行吸燃烧,此种状况下上炉排所漏下的秸秆屑与灰渣就会在下炉排中持续燃烧与燃尽。同时秸秆成型燃料可以在上炉排中燃烧过后,产生烟气与一些可燃气体经过燃料层和灰渣层而进入到上炉排和下炉排之间炉膛实现燃烧,还会和上炉排中燃料燃烧过程中形成的烟气通过炉排之间的出烟口输送至燃尽室与受热面^[5]。此种燃烧方法,可以保证秸秆成型燃料实现分布燃烧,有效确保秸秆成型燃料的均匀燃烧,实现燃烧需氧和供氧的合理匹配,加强秸秆成型燃料燃烧的稳定性,充分发挥消烟除尘功能。

锅炉炉膛设计

炉膛体积与炉排面积作为秸秆成型燃料锅炉炉膛关键参数,而利用下述公式可以有效计算出秸秆成型燃料锅炉炉膛和炉排具体尺寸。

$$R=BQ_{(\text{net-ar})}/q_R \quad V=BQ_{(\text{net-ar})}/Rv$$

上述公式中, R 表示秸秆成型燃料锅炉的炉排面积,单位是 m^2 , V 表示秸秆成型燃料锅炉炉膛容积,单位是 m^3 , $Q_{(\text{net-ar})}$ 表示净发热量,单位是 $\text{KJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。将相应参数代入到公式中可以有效计算出秸秆成型燃料锅炉的炉排和炉膛具体尺寸。

秸秆成型燃料锅炉的辐射受热面积设计

秸秆成型燃料锅炉通常以辐射换热方式作为主体的换热面,其称之为辐射换热面,同时还称之为水冷壁。此受热面具体大小一般由热力进行计算确定。为了保证秸秆成型燃料锅炉的炉温,一定要实现秸秆成型燃料的充分燃烧,并且在炉膛中设置将上炉排建立成辐射受热面^[6]。

秸秆成型燃料锅炉的对流受热面积设计

秸秆成型燃料锅炉以对流方式作为主体的换热面称之为对流受热面,同时也称之为对流管束。秸秆成型燃料锅炉的对流受热面积具体大小可以利用相关公式进行计算,综合分析换热量具体大小和烟气流速以及后部空间运用情形,双层炉排结构秸秆成型燃料锅炉选择烟管串联布局方式。

秸秆成型燃料锅炉的试验分析

试验设备

准备 KM9106 型号的燃烧分析仪器,其中各项指标测量精度如下,氧气的浓度时 -0.1% 和 $+0.2\%$,一氧化碳浓度是 $\pm 20\%$,二氧化碳的浓度是 $\pm 5\%$,工作效率是 $\pm 1\%$ 等。准备 SWJ 型号的数字热电偶温度计,其精度是 $\pm 0.3\%$ 。准备 C 型的压力表,其精度是 1.0 级。还要准备大气压力计,该精度是 1.0 级。除此之外,还应该准备米尺和表表以及水银温度计等等,进行实验^[7]。

试验结果

此次试验燃料是液压成型的稻秆和液压成型的玉米秸秆以及液压成型的高粱秆等,而秸秆成型燃料的粒度是 130 mm 的圆柱,其中密实度是 1.15 t,通常含水率是 7.0%,具体结果见表 2。

分析讨论

通过对秸秆成型燃料锅炉进行试验表面,依据秸秆燃烧的特点,设计秸秆成型燃料锅炉,其在热效率和热水流量以及热水压力等各个方面工作参数可以满足设计标准需求,同时秸秆成型燃料锅炉的试验结果之间存在的差异比较小,燃料具备较强的适应性,表面此种设计方式具备科学性和可行性以及合理性。通过试验秸秆成型燃料锅炉中的气体不充分燃烧的损失大致是零,而且固体的不充分燃烧造成的热量损失仅仅在 1.6%至 18%区间,燃料的燃烧工作效率达到了 98%,而且热效率高达 80%,由此证明双层炉排结构的秸秆成型燃料锅炉燃烧模式适应许多秸秆成型燃料的燃烧,同时此种锅炉已经成为秸秆燃料的专用锅炉^[8]。另外,秸秆成型燃料锅炉的价格和容量相同的燃煤锅炉

大致相同,但是秸秆成型燃料锅炉的操作比较方便,在很大程度上提高了秸秆燃料的应用效率,具备良好的经济效益和社会效益。

表 秸秆成型燃料锅炉的试验结果

锅炉运行状态 Status	项目 Item	数据来源 Data resource	燃料 1 Fuel 1	燃料 2 Fuel 2	燃料 3 Fuel 3
锅炉正平衡 Positive heat equilibrium in boiler	收到基静发热量(kJ·kg ⁻¹)	燃料分析	13498	14684	14258
	热水流量(kg·h ⁻¹)	实测	1008	1050	1035
	热水温度/°C	实测	95.1	95.2	95.3
	热水压力/bar	实测	1.0	1.0	1.0
	给水温度/°C	实测	25	25	25
	燃料消耗量(kg·h ⁻¹)	实测	27.2	25.7	26.2
锅炉反平衡 Negative heat equilibrium in boiler	锅炉正平衡效率	计算	80.5	81.6	81.8
	排烟温度/°C	实测	205	225	218
	炉膛中过量空气系数	实测	1.23	1.21	1.22
	排烟处过剩空气系数	实测	1.54	1.46	1.48
	炉渣中碳含量/%	实测	9.00	8.00	8.50
	固体不完全燃烧损失/(包括炉渣、漏料及飞灰中的固体)	计算	1.80	1.60	1.70
	排烟热损失/%	计算	10.6	11.5	11.2
	气体不完全燃烧损失/%	计算	0.0006	0.0004	0.0005
	散热损失/%	计算	5.30	5.50	5.40
	炉渣物理热损失/%	计算	0.34	0.16	0.22
锅炉污染物排放 Pollutant emission from boiler	锅炉反平衡效率/%	计算	82	81.2	81.5
	排烟中 CO 含量/10 ⁻⁶	实测	410	394	399
	排烟中 CO ₂ 含量/%	实测	13.8	13.9	13.85
	排烟中 NO ₂ 含量/10 ⁻⁶	实测	245	259	254
	排烟中 SO ₂ 含量/10 ⁻⁶	实测	51	63	59
	排烟中烟尘含量/(mg·m ⁻³)	计算	120	108.6	112.5
	烟气林格曼黑度/级	实测	<1	<1	<1

通过试验还可以得出,秸秆成型燃料锅炉的排烟中一氧化碳和氮氧化物以及二氧化硫等物质,要比燃煤锅炉的含量低,充分满足我国工业锅炉排放污染物质的需求,具备良好的生态环保效益。同时,秸秆成型燃料锅炉的研制,在一定程度上促进了国内秸秆成型行业的进一步发展,并且拓展了秸秆成型燃料的运用范围,实现秸秆成型燃料取代煤炭燃料,在工业锅炉可持续发展方面具备深远意义与现实意义。除此之外,对试验进行分析与研究发现,秸秆成型燃料锅炉的工作参数和设计选择的参数间仅仅存在比较小的差别,而此种原因主要是国内玩对于秸秆成型燃料锅炉设计和研究比较少,缺少相应参数,部分参数通常是依据煤质或是依据经验进行确定的。此种状况下,在未来应该大力研究秸秆成型燃料锅炉具体设计参数,从而加强秸秆成型燃料锅炉整体性能。

结束语

秸秆成型燃料属于可再生与清洁型能源,必须在技术和经济以及生态环境保护等多方面进行综合分析,重点研究秸秆成型燃料锅炉相关燃烧技术。同时,秸秆成型燃料锅炉的燃烧技术是应用能源的一项现代化技术,目前已经取得一定发展,我国大部分科学研究人员已在此领域进行大量研究。另外,秸秆成型燃料锅炉拥有许多特点,比如说燃烧效率高和生态保护等,具备良好的社会效益,实现能源的可持续应用,具备良好的推广与应用价值。

参考文献

- [1] 袁海荣.秸秆固化成型燃料助燃剂研制及燃烧特性试验与模拟研究[D].北京:北京化工大学,2010
- [2] 陈喜龙,李际平,王义强,等.木质颗粒燃料锅炉替代燃油燃气锅炉效益分析[J].农业工程学报,2011,S2:131-134
- [3] 回云埔.基于 ANSYS 的生物质成型机的优化及试验研究[D].长春:吉林大学,2012
- [4] 赵兴涛.生物质成型燃料设备的模块化设计与陶瓷耐磨材料的应用[D].郑州:河南农业大学,2013
- [5] 温宝辉.4t/h 生物质成型燃料机烧炉受热面及送引风系统设计与研究[D].郑州:河南农业大学,2013
- [6] 孙康,陈超,许玉,等.秸秆成型燃料锅炉燃烧机设计及试验研究[J].林产化学与工业,2014,34(6):93-99
- [7] 徐连荣,王宏,周雪峰,等.卧式燃煤锅炉改烧生物质燃料后燃烧系统的改造[J].湖州职业技术学院学报,2015(1):23-26
- [8] 李在峰,朱金陵,雷廷宙,等.秸秆成型燃料锅炉的设计及试验研究[J].可再生能源,2012,29(7):79-82