

新疆棉杆直燃特性分析

程伟良¹, 王立成², 李柏杰¹

(1. 华北电力大学 能源动力与机械工程学院 北京 102206;

2. 中粮生化能源(榆树)有限公司公用工程车间 吉林 长春 130401)

摘 要:为实现新疆棉杆的生物质能合理利用,以新疆乌苏市皇宫镇的棉杆为典型样本,进行生物质燃烧特性研究。对棉杆样品进行了工业分析和热重分析,对其燃烧产物-灰样进行熔融烧结合实验和汞含量分析。利用 X 射线荧光光谱仪对完全燃烧温度分别为 400、600、800 °C 的灰样的微量元素成分进行分析,并对灰样中重金属汞含量进行测定。研究发现:棉杆的燃烧过程经历了 2 个失重峰值,当燃烧温度到达 800 °C 时,棉杆的失重率几乎为零;灰样中 K 元素含量随温度升高而减少;Cl 元素含量在燃烧温度为 400 和 600 °C 时基本一致,当燃烧温度升高到 800 °C 时,Cl 几乎全部析出,灰样中的其它元素含量基本没有变化。400 °C 灰样中金属元素主要以碳酸盐、硅酸盐和氯化物的形式存在;600 °C 时灰样中形成的化合物较为复杂;800 °C 灰样中金属元素主要以氧化物的形式存在。棉杆中的汞含量远低于现有电站的燃煤含量,其燃烧的固体产物灰中的汞含量也比煤灰少。

关 键 词: 棉杆; 灰; 碱金属; 汞

中图分类号: TK62 文献标识码: A

引 言

生物质燃烧后残留下的灰分成分非常复杂,通常以硫酸盐、金属氧化物、氯化物以及硅酸盐的混合形式存在。碱金属和氯的存在对受热面的积灰和腐蚀有很重要的影响,灰中 K、Cl 和 S 元素含量较高会促进受热面的结渣^[1-5]。文献[6]研究了海藻灰的熔融特性,研究表明随着海藻灰化温度的升高,结晶相强度减弱。文献[7]研究了辣椒杆灰的熔融特性,辣椒杆随成灰温度升高,结渣程度相对减弱,成灰温度的差异导致灰中碱金属和氯等元素含量变化很大。文献[8]对生物质灰的构成及综合利用情况进行了介绍。文献[9]选择木屑、麦秆、稻秆作为研究对象,在灰化温度较高时,除 K、Cl 元素外,其余

元素损失均可忽略,且认为熔融之前 K 和 Cl 元素的损失主要是由于 KCl 的分解,其中一半 K 保留在灰中。

各地区的生物质都有各自的特点,且在技术开发和利用时对当地环境的影响也不一样。新疆是我国最大的棉花生产基地,但棉花秸秆的利用率却很低。因此本研究选取最具代表性的新疆乌苏市皇宫镇的棉杆进行了样品成分测试和热重分析,对其燃烧后产物即灰样进行了熔融烧结合实验,这些实验分析结果可为新疆棉杆的生物质能利用提供科学的依据。

1 棉花秸秆的基本成分及热重实验

生物质的成分分析实验方法同当前比较成熟的煤品实验方法近似,区别在于控制的温升率及各点温度有所不同。在 105 °C 的恒定温度进行持续加热至恒重,获取水分含量。在持续 7 min 的恒温 920 °C 马沸炉中加热,冷却后失去的重量即为挥发分。在 50 min 内将其匀速升温至 250 °C,并维持 1 h 后继续均匀升温至 550 °C 后,保持温度 2 h 后剩余残留物为灰分。利用 WS-F401 灰熔融性测试仪进行了样品的灰熔点测试,进而通过获取的特征温度如变形温度、融化温度等,来进一步了解其燃烧后所形成灰的熔融特性。

从表 1 中可看出,棉花秸秆的挥发分含量高,易于燃烧;硫分含量低,燃烧后 SO₂ 的排放量小。新疆棉杆的发热量仅为标煤(29 306 kJ/kg) 的 58%,但在同类生物质中是比较大的^[10-12]。表 1 中棉杆燃烧产物灰分的变形温度为 945 °C,处在循环流化床锅炉燃烧的密相区温度附近,因此当炉内局部温度过高时,易发生结渣现象。

收稿日期: 2013 - 12 - 06; 修订日期: 2014 - 01 - 18

基金项目: 北京市自然科学基金资助项目(3132017)

作者简介: 程伟良(1965 -),男,陕西咸阳人,华北电力大学教授、博士。

表 1 棉杆的基本成分测试结果(并同其它地区比较)

Tab.1 Test results of the basic constituents of cotton stalk (compared with those in other regions)

样品	水分 /%	挥发分 /%	灰分 /%	固定碳 /%	硫分 /%	发热量 /kJ·kg ⁻¹	变形温度 /℃
皇宮鎮	7.21	69.1	4.43	19.26	0.13	16920	945
武汉地区	-	56.7	3.92	39.38	0.25	12320	-
山东地区	8.53	68.32	5.15	18	-	-	730
河澤地区	9.36	76.18	3.10	11.38	0.51	16500	1041

灰样的热重分析采用的是 TA 公司 Q600 型 SDT 同步热分析仪。称量 3 mg 棉杆样品,以 20 °C / min 的升温速率从 30 °C 升温至 800 °C,在过量空气为 60 mL/min 时,进行了棉杆的热重(TG)实验,其燃烧过程以失重率(DTG)曲线描述,如图 1 所示。

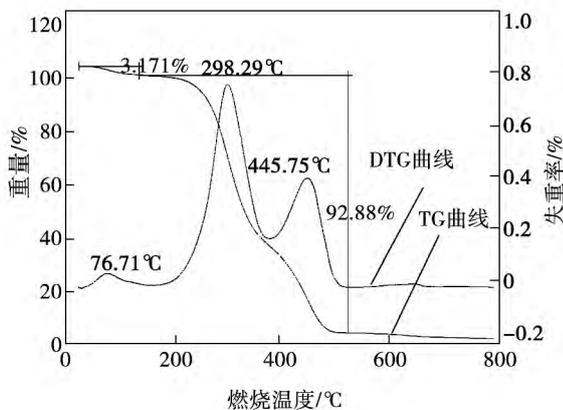


图 1 棉杆 TG - DTG 曲线

Fig.1 TG - DTG curves of cotton stalk

从图 1 棉杆 TG - DTG 曲线可以看出,温度升高到 200 °C 时挥发分开始从样品中析出,且失重率随温度升高而升高,直至到达 298.29 °C,即第一个失重峰,此时已失重 40%。随温度的进一步升高,失重率开始逐渐减少,在 350 °C 附近出现失重率达到了一个极小值,即 DTG 曲线上的一个拐点,此时挥发分基本燃烧殆尽,固定碳即将开始燃烧的预热过程。随温度的继续升高,失重率又快速增加,固定碳开始着火燃烧,在温度达到 445.75 °C 时,达到极大值。在此以后,随温度的进一步升高,失重率逐渐减少,当温度超过 500 °C 时,棉花秸秆样品的剩余燃烧产

物质量基本不变,说明固定碳的燃烧基本结束。一直到温度为 800 °C 时,棉杆的失重率变化缓慢,直至完全为零,而在这段温度变化区域,总的失重量为 96%。

而从失重曲线可看出,200 - 550 °C 是失重的主要温度区域。燃烧反应主要也发生在这个区域,超出这个区域后,失重率很小,说明反应基本完毕,剩余的是燃烧残留物。生物质灰的熔融特性不是简单的取决于灰分的元素比例,还取决于灰内生成的高温共融物质。因此,可以认为 800 °C 时灰内已经形成了比较稳定的高温共融体。由于新疆棉花秸秆比华中地区的典型相应秸秆 SiO₂ 含量低,而含 K 元素量比较高,因而造成了新疆棉杆失重尖峰稍滞后约 10 °C。

2 灰样中微量元素成分分析

利用棉杆样品来制取完全燃烧温度分别在 400、600 和 800 °C 时的灰样,采用日本岛津公司制造的 XRF - 1800 型 X 射线荧光光谱仪进行灰样的化学成分分析,借助 X 射线光子或其它微观粒子激发待测物质中的原子,使之产生次级的特征 X 射线,利用射线的强度变化而确定物质的成分和化学态。棉杆成灰实验分析结果如表 2 所示。

表 2 棉杆成灰实验结果

Tab.2 Test results of the ash formation from cotton stalk

燃烧温度 / °C	棉杆质量 / g	灰样质量 / g	成灰率 / %
400	29.518	1.576	5.3391
600	30.721	1.444	4.7004
800	25.893	1.157	4.4684

从表 2 可以看出,随燃烧温度的升高,棉杆的成灰率不断下降,但下降趋势减弱。棉杆所形成的 400 °C 灰样,冷却后呈浅灰色粉末状;600 °C 灰样冷却后呈浅棕色且出现结块现象;800 °C 灰样冷却后表面呈绿色且也有结块现象,且随成灰温度升高密度增大。其它生物质也出现了类似的现象^[13]。

为了方便分析新疆棉杆灰熔融特性的各种指标,直接将原始数据转化成氧化物的形式,并进行归一化处理。棉杆灰样 XRF 的定量分析如表 3 所示。表中,随温度升高,K、Cl 含量下降,且在 600 - 800 °C 之间 K 和 Cl 元素损失量大。Na、Ca、Fe 含量相对上升。而 Mg、Si、S、P、Al、Sr、Ti、Mn、Cr 等元素含量

随温度无明显变化。就 800 °C 灰样相对于 400 °C 灰样而言, K 减少了 21.7%, Cl 减少了 75.4%; 而 Na 增加了 37.8%, Ca 增加了 20.7%, Fe 增加了 9.5%。也就是说, 燃烧温度增高时烟气中的 K 和 Cl 元素增加, 烟气的腐蚀性增强。

利用相关性原理, 根据各成分对结渣的影响, 可形成生物质结渣判别指标:

$$A = (M_{Mg} + M_{Al} + M_{Fe}) / (M_{Ca} + M_P) \quad (1)$$

式中: 变量 M_{Mg} 、 M_{Al} 、 M_{Fe} 、 M_{Ca} 及 M_P 分别表示 MgO、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、CaO 及 P_2O_5 的质量百分比。分子部分的各成分对结渣的贡献为正相关关系, 分母部分的各成分为负相关关系。A 值越大, 其成灰的变形温越大, 同样条件下的熔融能力差, 也就是说不易结焦; A 值越小, 则结焦性强。结合式(1), 对表 3 的相关数据进行计算, 计算结果也附于表 3 中, 以便对比。通过计算看出, 新疆棉杆的结焦性相对大些, 相对于燃烧而言, 易在热交换界面发生结焦现象。

3 灰样中微量成分赋存状况分析

灰样中所含微量成分结构分析, 是使用 X 射线衍射分析其衍射图谱, 可获得材料的成分、材料内部或原子分子的结构或形态等信息。在其燃烧后, 针

对不同燃烧温度下灰样中的元素含量, 再结合 JADE5 软件包进行分析可获得其相应的化合物形式。XRD 分析结果如图 2 所示。在 400 °C 时灰样中 Cl 是以 $KCaCl_3$ 形式, Si 以 $CaAl_2Si_2O_3$ 形式, Na 以 $Na_2CO_3 \cdot H_2O$ 的形式存在, 即金属元素以碳酸盐、硅酸盐和氯化物的形式存在; 在 600 °C 时, 灰样中形成的化合物较为复杂, 常见的化合物只有 $FeCl_3$ 和 $Na_2Mn_2S_3$; 而在 800 °C 的灰样中 Si 以硅酸盐的形式存在, 如 $MgSiO_3$ 、 Ca_2SiO_4 等, 这时的金属元素开始以氧化物 CaO、MgO、 Al_2O_3 等形式存在, 形成了比较稳定的高温共融体。随着反应温度的升高, 钠、钾化合物及氯化物减少和消失, 说明 Na、K 和 Cl 元素可能形成较为复杂的化合物, 因此没有被分析出来, 或者以 KCl、硫酸盐或其共晶化合物析出后以气溶胶的形式随烟气离开。结合灰样的 XRF 实验数据(如表 3 所示)中 K、Na 和 Cl 元素含量随温度的变化, 可以得出 K 和 Cl 元素是以气溶胶的形式随烟气离开, 而 Na 元素与其它元素以较为复杂的化合物的形式存在。因此, 随燃烧温度的升高, 烟气中的腐蚀性气体增加, 而随烟气中 K 和 Cl 的增加, 其反应催化的能力增强了, 或者说烟气的腐蚀性可能更强了^[14-17]。

表 3 灰样 XRF 测试数据(%)

Tab. 3 XRF test data of the ash sample (%)

样品	K ₂ O	Cl	Na ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	P ₂ O ₅	SiO ₂	SO ₃	SrO	TiO ₂	MnO	A
400 °C 灰样	36.34	1.18	3.41	25.99	1.16	2.09	9.71	5.84	7.44	6.02	0.5	0.13	0.06	0.41
600 °C 灰样	33.99	1.02	3.54	29.3	1.18	1.7	11.62	5.56	6.27	4.97	0.55	0.13	0.06	0.42
800 °C 灰样	28.46	0.29	4.7	31.37	1.27	2.57	11.28	6.4	7.02	5.7	0.58	0.13	0.07	0.4
变化趋势	↓	↓	↑	↑	↑	↓↑	↑↓	↓↑	↓↑	↓↑	↑	-	-↑	-
武汉地区 550 °C	20.4	3.6	2.32	23.25	3.29	4.09	9.78	10.66	14.79	6.94		0.48	9.78	0.51
济南地区灰样	20.83	-	8.65	20.64	0	0.87	21.94	15.62	2.14	8.95	-	-	-	0.63
河泽地区灰样	22.8	-	5.65	21.7	1.44	0.84	15.1	5.98	16.76	8.9	-	0.15	-	0.63

4 重金属 Hg 的含量及影响分析

采用 RA-915+ 型测汞仪进行新疆棉杆灰样中汞含量的测定, 分别对棉杆粉末样品及不同燃烧温度下的灰样进行了测试。该仪器内置汞标样, 测量前不必对样品进行预处理, 可以直接检测 Hg 的含量。

从表 4 中第 1 行中看到, 新疆乌苏地区的棉杆

样品中汞含量约在 11ng/g, 这个汞含量值远低于我国燃煤中平均汞含量 0.22 μg/g 标准^[18]。

表 4 棉杆样品及灰样中 Hg 测试数据

Tab. 4 Hg test data of the cotton stalk audash samples

参数	棉杆原样	400 °C 灰样	500 °C 灰样	600 °C 灰样	700 °C 灰样	800 °C 灰样
质量/mg	11.9	16.6	11.8	21.9	36.9	16.6
Hg 浓度/ng · g ⁻¹	11.0	0.7	1.8	0.3	1.1	1.2

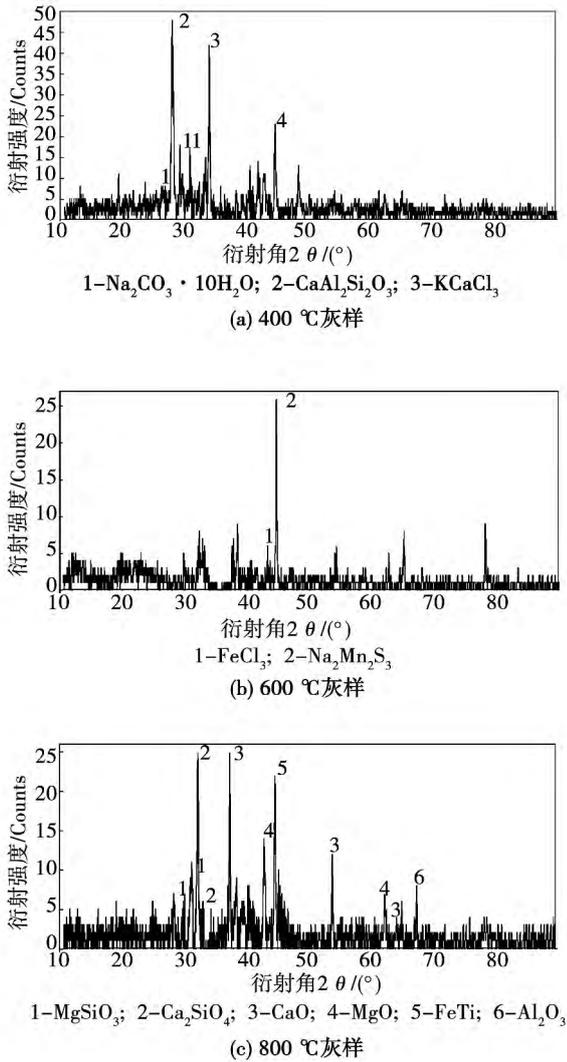


图 2 不同温度下棉杆灰样的 XRD 分析结果
Fig. 2 XRD analytic results of the cotton stalk sample at various temperatures

表 4 中还列出了不同温度下的燃烧产物灰渣中的汞含量。灰渣中汞含量约为 1 ng/g, 大大低于燃煤锅炉灰渣中汞含量 3 ng/g^[19]。新疆地区的生物质棉杆汞含量低, 灰渣中汞含量也很低。

棉杆样品的燃烧温度在 400 - 800 °C 时, 灰中的汞含量基本不变, 又因为汞的化合物大多在超过 800 °C 受热分解成单质汞, 而烟气中对单质汞的处理是很难的, 对二价汞离子的处理效率却很高, 通常能达到 90% 以上。所以尽管产生同样热值时, 燃烧生物质秸杆的烟气排放量比燃煤时大, 但由于生物质棉杆的正常燃烧温度低, 产生的化合物汞含量明显比较高, 如在现有燃煤电站常规脱硫脱硝设备使用的环境下也会实现更好的脱除效率。

5 结 论

通过对新疆乌苏市皇宫镇的棉杆进行工业分析、热重分析实验和熔融烧实验, 以及对棉杆在不同温度下的成灰灰样分析得出结论:

(1) 棉杆的成灰率随温度升高而降低, 在 3 种 400、600 和 800 °C 灰化温度下灰的形貌存在较大差异。400 °C 灰呈浅灰色粉末状, 600 °C 呈浅棕色且出现结块现象, 800 °C 灰冷却后表面呈绿色且也有结块现象, 且随成灰温度升高密度增大。对棉杆的热重分析实验表明, 棉杆的燃烧过程经历了 2 个失重峰值, 当温度到达 800 °C 时, 棉杆的失重率几乎为零。

(2) XRF 分析表明, 灰样中 K 元素含量随温度升高而减少; Cl 元素含量在 400 和 600 °C 基本一致, 当温度升高到 800 °C 时, Cl 几乎全部析出; 灰样中的其它元素基本上不存在损失。

(3) XRD 分析显示, 400 °C 灰样中金属元素主要以碳酸盐、硅酸盐和氯化物的形式存在; 600 °C 灰样中形成的化合物较为复杂; 800 °C 灰样金属元素主要以氧化物的形式存在。

(4) 通过测定棉杆中的汞含量, 发现其含量远低于过现有电站的燃煤含量, 其燃烧的固体产物灰中的汞也比煤灰中少很多。

参考文献:

- [1] Jensen P A, Stenholm M, Hald P. Deposition investigation in straw-fired boilers[J]. Energy & Fuels, 1997, 11(5): 1048 - 1055.
 - [2] Johansson L S, Leckner B, Tullin C, et al. Properties of particles in the fly ash of a biofuel-fired circulating fluidized bed (CFB) boiler[J]. Energy & Fuels, 2008, 22(5): 3005 - 3015.
 - [3] Lillieblad L, Szpila A, Strand M, et al. Boiler operation influence on the emissions of submicrometer-sized particles and polycyclic aromatic hydrocarbons from biomass-fired grate boilers[J]. Energy & fuels, 2004, 18(2): 410 - 417.
 - [4] Kaufmann H, Nussbaumer T, Baxter L, et al. Deposit formation on a single cylinder during combustion of herbaceous biomass[J]. Fuel, 2000, 79(2): 141 - 151.
 - [5] Tobiasen L, Skytte R, Pedersen L S, et al. Deposit characteristic after injection of additives to a Danish straw-fired suspension boiler[J]. Fuel Processing Technology, 2007, 88(11): 1108 - 1117.
 - [6] 王 爽, 姜秀民. 海藻生物质灰熔融特性分析[J]. 中国电机工程学报, 2008, 28(5): 96 - 101.
- WANG Shuang, JIANG Xiu-min. Analysis of the fusion characteris-

- tics of seaweed biomass-formed ash [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Engineering 2008 28(5): 96-101
- [7] 牛艳青, 谭厚章. 辣椒秆灰熔融特性分析 [J]. 中国电机工程学报 2010 (11): 68-72.
NIU Yan-qing, TAN Hou-zhang. Analysis of the fusion characteristics of capsicum stalk-formed ash [J]. Proceedings of the Chinese Society for Electrical Machinery Engineering 2010 30(26): 82-85.
- [8] Vassilev S V, Baxter D, Andersen L K, et al. An overview of the composition and application of biomass ash. Part 1. Phase-mineral and chemical composition and classification [J]. Fuel 2013, 105: 40-76.
- [9] Thy P, Jenkins B M, Grundvig S, et al. High temperature elemental losses and mineralogical changes in common biomass ashes [J]. Fuel 2006 85(5): 783-795.
- [10] 胡云鹏, 程世庆. 生物质及其与煤掺烧的灰熔融特性研究 [J]. 热力发电 2011 40(10): 8-12.
HU Yun-peng, CHENG Shi-qing. Study of the fusion characteristics of ash produced by burning biomass diluted with coal [J]. Thermal Power Generation 2011 40(10): 8-12.
- [11] Q. H. Li, Y. G. Zhang, et al. Experimental study on ash fusion characteristics of biomass [J]. Fuel Processing Technology 2013 (107): 107-112.
- [12] H P Nielsen, L L Baxter, G Slippab, et al. Deposition of Potassium Salts on Heat Transfer Surfaces in Straw-Fired Boilers: A Pilot-Scale Study [J]. Fuel 2000(79): 131-139.
- [13] Christensen K A, Stenholm M, Libjerg H. The Formation of Sub-micron Aerosol Particles HCl and SO₂ in Straw-Fired Boilers [J]. Journal of Aerosol Science 1998 29: 421-428.
- [14] H P Nielsen, L L Baxter, F J Frandsen, K Dam-Johansen, et al. The Implications of Chlorine-Associated Corrosion on the Operation of Biomass-Fired Boilers [J]. Progress in Energy and Combustion Science 2000 26: 283-298.
- [15] Lone A Hansen, Hanne P Nielsen. Influence of Deposit Formation on Corrosion at A Straw-Fired boiler [J]. Fuel Processing Technology 2000(64): 189-209.
- [16] 孙宏伟, 吕薇. 生物质燃烧过程中的碱金属问题研究 [J]. 节能技术 2009 27(1): 24-26.
SUN Hong-wei, LU Wei. Study of the alkali metal problems in the combustion process of biomass [J]. Energy Conservation Technology 2009 27(1): 24-26.
- [17] 刘洋, 刘正宁. 生物质灰结渣机理研究 [J]. 工程热物理学报 2010 31(5): 895-899.
LIU Yang, LIU Zheng-ning. Study of the mechanism governing the slagging of ash produced by burning biomass [J]. Journal of Engineering Thermophysics 2010 33(5): 895-899.
- [18] 郭少青. 煤转化过程中汞的迁移行为及影响因素 [M]. 北京: 化学工业出版社 2012: 14-18.
GUO Shao-qing. Migration behavior of mercury in the process of coal conversion and its influencing factors [M]. Beijing: Chemical Industry Press 2012: 14-18.
- [19] 王运军, 段钰锋. 600 MW 燃煤电站烟气汞形态转化影响因素分析 [J]. 热能动力工程 2008 23(4): 399-403.
WANG Yun-jun, DUAN Yu-feng. Analysis of the factors exercising an influence on the morphological transformation of mercury in the flue gas of a 600 MW coal-fired power plant [J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power 2008 23(4): 399-403.

(丛敏编辑)

(上接第565页)

- [6] 冯杰, 吴志斌, 秦育红, 等. 生物质空气-水蒸气气化制取合成气热力学分析 [J]. 燃料化学学报 2007 35(04): 397-400.
FENG Jie, WU Zhi-bin, QIN Yu-hong, et al. Thermodynamic analysis of the preparation of syngas through gasification of biomass air-steam [J]. Journal of Fuel Chemistry 2007 35(04): 397-400.
- [7] 王辅臣. 气流床煤气化炉内流动、混合与反应过程的研究进展 [J]. 燃料化学学报 2013 41(7): 769-786.
WANG Fu-chen. Latest research findings concerning the flow, mixing and reaction process inside entrained-flow coal gasifiers [J]. Journal of Fuel Chemistry 2013 41(7): 769-786.
- [8] Mark J, Krzysstof J, Ptasinski F, et al. From coal to biomass gasification: Comparison of thermodynamic efficiency [J]. Energy 2007, 32: 1248-1259.
- [9] 张小桃, 黄明华, 王爱军, 等. 生物质气化特性研究及 exergy 分析 [J]. 农业工程学报 2011 27(2): 282-286.
ZHANG Xiao-tao, HUANG Ming-hua, WANG Ai-jun, et al. Study and exergy analysis of biomass gasification characteristics [J]. Transactions of Agricultural Engineering, 2011, 27(2): 282-286.
- [10] Rodriguez L, Gaggioli RA. Second-law efficiency of a coal gasification process [J]. Can J Chem Eng 1980 58(3): 376-381.
- [11] Mark J, Krzysstof J, Ptasinski F, et al. From coal to biomass gasification: Comparison of thermodynamic efficiency [J]. Energy, 2007 32: 1248-1259.
- [12] Szargut J, Styrylaka T. Approximate evaluation of the exergy of fuels [J]. Brennst Warme Kraft 1964 16(12): 589-596.
- [13] Prins M, Ptasinski K, Janssen F. From coal to biomass gasification: comparison of thermodynamic efficiency [J]. energy 2007, 32: 1248-1259.

(丛敏编辑)

1.0 ρ to 0.15 ρ to 0.45 and 0 to 0.08 respectively. When the H/C ratios of the solid fuels are constant μ nder the condition of O/C ratio being low μ he H₂ and CO content will be kept constant. Under the condition of the O/C ratio being high μ o increase the O/C ratio will decrease both equivalent oxygen ratio and gasification temperature. The exergy efficiency of the gasifier will decrease with an increase of O/C ratio. When the O/C ratios of the solid fuels are constant μ he gasification temperature will decrease with an increase of the H/C ratio μ he CO content will also drop while the H₂ ,CO₂ and H₂O content will increase. **Key Words:** Gibbs free energy ,Van Krevelen coordinates , oxygen gasification μ exergy efficiency

一种近岸波浪能发电装置及数值计算 = **An Alongshore Wave Energy Power Generation Device and Its Numerical Calculation** [刊 汉] TONG Jun-jie ,LING Chang-ming (College of Engineering ,Guangdong Oceanology University Zhenjiang ,China ,Post Code: 524006) ,MA Xiao-qian (College of Electric Power ,South China University of Science and Technology ,Guangzhou ,China ,Post Code: 510641) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 29(5) . -567 -571

Described was an alongshore wave energy power generation device μ of which the special dual-channel structure could convert the flow of sea water in dual directions into the rotation of the impeller in a single direction. A two-dimensional numerical calculation of the structure of the dual-channel was performed by utilizing the MRF (moving reference frame) model in the software Fluent 6.3. The velocity and pressure distribution of the fluid inside the channel were analyzed when the number of blades was 4 and the fluid turned various angles. The water flow rate through the power generation equipment item and its output power were also studied. Furthermore μ he influence of the angle that the blades on the impeller turn on the utilization efficiency of the wave energy was investigated. The calculation results show that when the turning angle of the impeller is relatively small μ he pressure difference between any two zones of the impeller is conspicuous μ thus the flow rate passing through the equipment item is relatively small. With an increase of the turning angle of the impeller μ he pressure difference between any two zones of the impeller will first decrease and then increase. Corresponding with this μ he flow rate passing through and the output power of the equipment item will first increase and then decrease gradually. **Key Words:** dual channel ,wave energy , numerical calculation

新疆棉秆直燃特性分析 = **Analysis of the Direct Combustion Characteristics of Xinjiang-originated Cotton Stalk** [刊 汉] CHENG Wei-liang ,LI Bai-jie (College of Energy Source ,Power and Mechanical Engineering ,North China University of Electric Power ,Beijing ,China ,Post Code: 102206) ,WANG Li-cheng (Utility Engineering Workshop ,COFCO Biochemical Energy Source (Yushu) Co. ,Ltd. ,Changchun ,China ,Post Code: 130401) //

Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 29(5) . -572 -576

To realize a rational utilization of the biomass energy from Xinjiang-originated cotton stalk ,with Xinjiang ,Wusu City ,Huanggong Town-originated cotton stalk serving as the typical sample ,studied were the biomass combustion characteristics. The cotton sample was industrially and thermogravimetrically analyzed and the ash sample-combustion product was put into a melting and sintering characteristic test and mercury content analyzed. By using an X-ray fluorescence spectrometer ,the trace elements as the constituents of the ash sample were analyzed when the full combustion temperature of the cotton sample was 400 ,600 and 800 °C respectively and the heavy metal mercury content of the ash sample was determined. It has been found that the combustion process of the cotton stalk meets with two weight-losing peak values and when the combustion temperature arrives at 800 °C ,the weight-losing rate of the cotton stalk is almost zero and the K element content of the ash sample will decrease with a rise of the combustion temperature. The Cl element content of the ash sample at the combustion temperature of 400 °C is basically identical to that at the combustion temperature of 600 °C. When the combustion temperature increases to 800 °C ,almost all the Cl is precipitated while other element contents of the ash sample basically do not change. The metal elements in the ash sample at 400 °C exist mainly in the form of carbonate ,silicate and chloride. The compounds formed in the ash sample at 600 °C are relatively complex and the metal elements in the ash sample at 800 °C exist mainly in the form of oxide. The mercury content of the cotton stalk is far lower than that of coal burned in power plants and the mercury content of the solid product ash during the combustion is also lower than that of the coal ash. **Key Words:** cotton stalk ,ash ,alkaline metal ,mercury

冷却空气导流技术在直接空冷机组中的应用研究 = **Study of Applications of the Cooling Air Guide Technology in Direct Air Cooled Units** [刊 ,汉] GAO Ning (Electric Power Science Research Institute ,Xinjiang Electric Power Company ,National Power Grid Corporation ,Urumqi ,China ,Post Code: 830000) //Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. -2014 29(5) . -577 -580

In the light of the conditions for operating a 330 MW direct cooled unit in a power plant ,status of equipment items and the characteristics of the air flow field inside the Λ -shaped structure of the condenser ,additionally installed were guide plates symmetrically over the fan in the air cooled unit and baffles at various angles around the air cooled unit. Through a performance test of the air cooled condenser ,the back pressure of the unit before and after the installation of the guide device was calculated and analyzed. It has been found that after the additional installation of