

关于污泥生物质衍生固体燃料燃烧特性研究

于芳芳

(惠州市惠城区环境技术中心, 广东惠州516003)

【摘要】为实现污泥减量化、无害化和资源化处置,在污泥中添加稻秆等合成固体燃料,利用热分析技术对污泥衍生燃料及其主要原料的燃烧特性进行研究。研究表明:污泥衍生燃料燃点低,有一定的燃烧热值,燃烧性能较好;当温度在700 左右时,污泥衍生燃料中的可燃质已基本消耗,发热量相当于0.48kg左右的标准煤;灰分的主要成分为CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃、MgO等难溶解的稳定金属氧化物;污泥衍生燃料的热能利用价值较高,且制备成本较低,符合当前污泥处理处置的发展趋势。

近年来,我国城市化程度进一步提高,城市污水处理厂污泥的产量也逐年增加。污泥含水率高、体积大、容易腐化发臭且含有重金属、盐类、致病菌和寄生虫等有害成分,如果处理不当会引起严重的环境问题[1]。目前,我国污泥无害化处置率较低,一般是经过脱水后直接运往垃圾场填埋,容易造成二次污染[2]。因此,污泥合理、有效的处理处置已成为当前迫切需要解决的问题。

将污泥与其他可燃物混合改善污泥的燃烧特性,可以实现污泥的减量化、无害化和资源化,国内外部分学者在这方面做了相关的研究。Skodras等[3]对污泥混燃中有害物质的生成情况进行了研究,熊孟清等[4]对城市污泥与煤在工业锅炉内的混烧进行了研究,侯海盟等[5]对城市污泥与煤或玉米秆混烧特性及动力学进行了研究。汪克春等[6]对污泥与垃圾混烧进行了研究。本文通过对在污泥中添加稻秆制备的污泥生物质衍生固体燃料燃烧特性的研究,为污泥的最终处置寻求一条合理的途径,在降低环境污染的同时实现资源的回收利用。

1材料与方法

1.1实验材料

本实验研究的污泥生物质衍生固体燃料以污泥为主要成分,稻秆等为辅料合成。其中污泥选用广东某城市污水处理厂脱水污泥,含水率约80%;稻秆经干燥磨粉预处理后过80目筛。以CaO为固硫剂,钙硫摩尔比取2[7]。污泥、稻秆和污泥生物质衍生燃料的工业分析、元素分析如表1所示。

表 1 实验材料的工业分析和元素分析

材料	工业分析/%				元素分析/%			
	A_{ad}	V_{ad}	M_{ad}	FC_{ad}	C	H	S	N
污泥	49.47	40.64	7.72	2.17	19.87	2.67	1.21	1.33
稻秆	14.09	68.86	13.72	3.33	39.04	5.76	0.83	0.53
污泥衍生燃料	29.42	47.89	9.15	13.54	39.04	5.77	0.81	0.54

1.2测试方法

工业分析采用热解质量法,用箱式电阻炉、电热恒温鼓风干燥箱、电子天平进行测定;发热量采用高精度万能自动量热仪测定,热容量12500~14000J/ ;热重分析采用热重分析仪测定,温度为10~1000 ,冷却时间为10min(1000~100),升温与降温速率为0~100k/min。

1.3特征参数

为全面评价试样的燃烧性能，采用热重曲线(TG)、微分热重曲线(DTG)、挥发分初析温度(T_s)、着火点温度(T_i)、燃尽温度(T_h)、最大燃烧速率($(dW/dt)_{max}$)、灰熔点等特征参数来描述试样的燃烧性能。

2污泥衍生燃料制备

污泥衍生燃料的制作流程如图1所示。将采回的脱水污泥稀释至含水率约96%，经化学调理后，由隔膜泵泵入压滤机中进行过滤(压力为0.6MPa)和二次压榨(压力为1.5MPa)。在压榨破碎后的污泥(含水率约60%)中添加20%的稻秆(以干污泥g/g计)并干燥至含水率在35%左右，最后进入造粒设备进行造粒，成型的固体颗粒(直径6mm、长1.5~2cm圆柱形)经自然晾干或低温干燥即得到污泥衍生燃料。

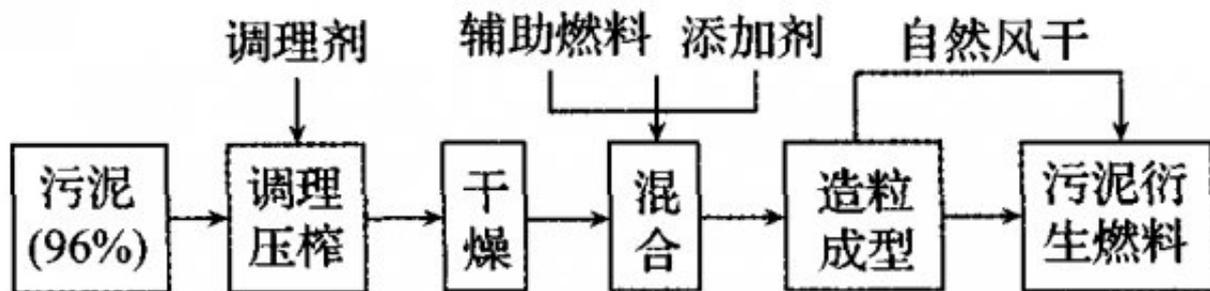


图1 工艺流程图

3数据与讨论

3.1污泥衍生燃料TG和DTG分析

从污泥、稻秆和污泥衍生燃料的TG、DTG曲线中可以看出。污泥和稻秆的失重过程明显不同(如图2所示)。污泥比较明显的失重分为4个阶段，主要是污泥中水分析出阶段、易挥发和相对难挥发部分析出和燃烧阶段、污泥中比较牢固、稳定的化合物燃烧阶段；稻秆比较明显的失重主要有挥发分的析出和燃烧2个阶段。这主要是因为污泥衍生燃料中污泥含量较高，其燃烧过程与污泥相似，但稻秆的掺入使衍生燃料的整体燃烧速率增大。燃烧性能增加。

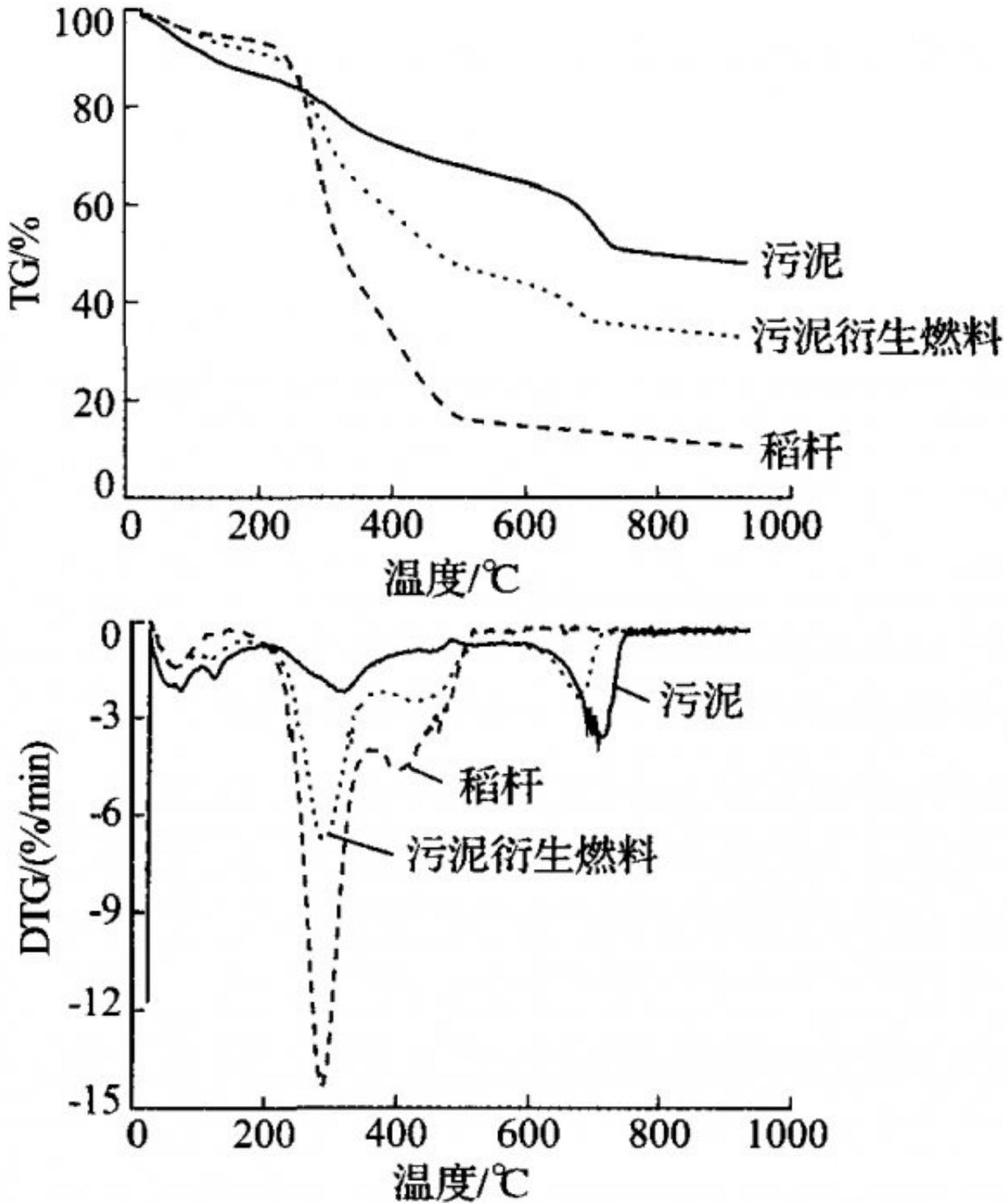


图 2 燃烧特性曲线

为研究污泥衍生燃料燃烧过程中失重率随温度的变化规律，对热重实验数据进行整理分析，结果如图3所示。从图中可以看出，当燃烧温度在700 左右时，污泥衍生燃料的可燃质已基本消耗，失重率达到95%。

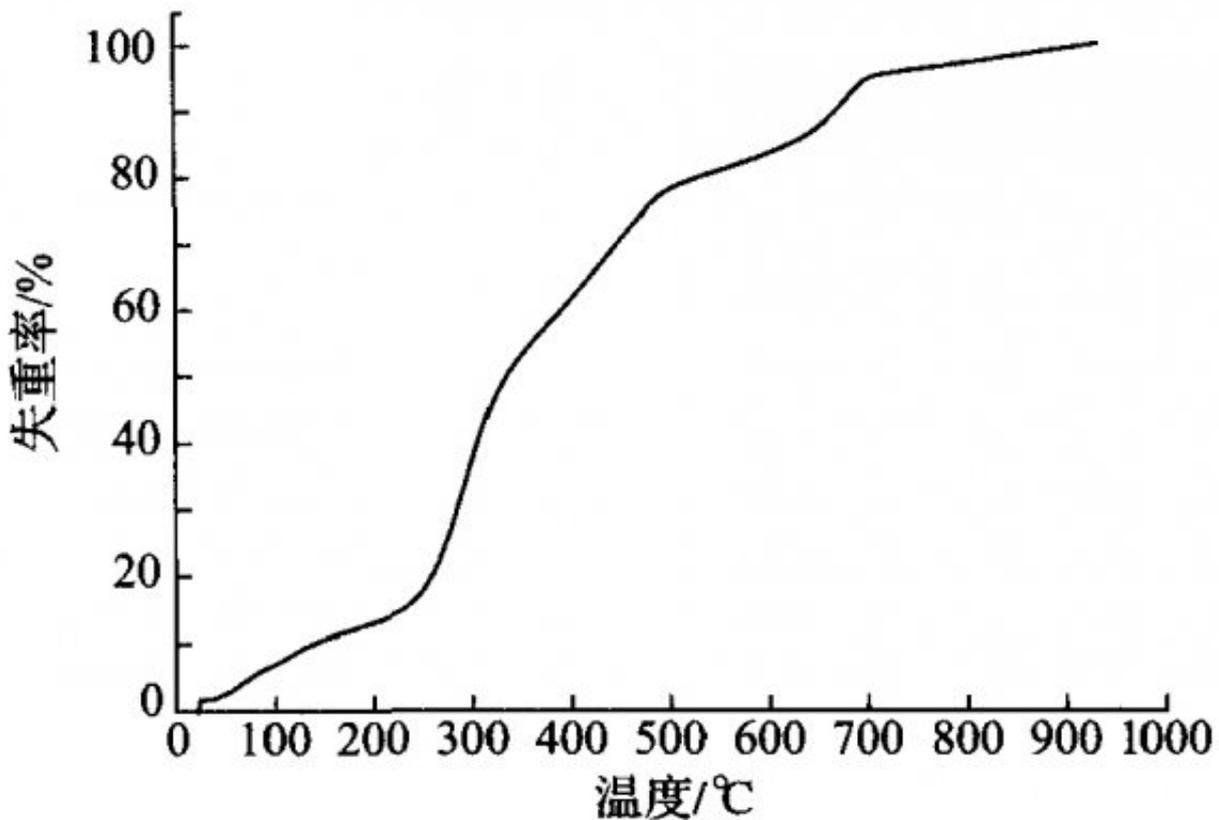


图 3 污泥衍生燃料的失重率曲线

3.2 污泥衍生燃料着火特性分析

燃烧反应初期反应进行的难易程度与着火点温度 T_i 和最大燃烧速率 $(dW/dt)_{\max}$ 有关。 T_i 越低， $(dW/dt)_{\max}$ 越大，样品越容易点燃。挥发分初析温度 T_s 可以从 TG 和 DTG 曲线上读出，着火点温度 T_i 、燃尽温度 T_h 、 $(dW/dt)_{\max}$ 及其对应的温度 T_{\max} 等参数可以通过对 TG 和 DTG 曲线中数据的分析整理中得出。污泥衍生燃料及其主要原料的综合燃烧特性参数如表 2 所示。

表 2 实验材料的综合燃烧特性参数

材料	特性参数					
	T_s	T_i	T_h	T_{max}	$(dW/dt)_{max}$	$(dW/dt)_{mean}$
污泥	237.7	334.2	720.2	707.7	3.36	1.15
稻秆	257.1	265.1	472.7	287.7	14.30	1.97
污泥衍生燃料	244.7	295.9	702.6	300.1	3.98	1.23

从表2中可以看出,污泥的着火温度高于稻秆,污泥衍生燃料的着火温度介于二者之间.这说明添加稻秆可以提高污泥衍生燃料的着火性能。这主要有两方面的原因,一是稻秆中的有机物在较低温度下析出、燃烧促进了燃料的着火,二是燃料的孔隙率随着大量有机物在低温区的释放有所增加。

3.3污泥衍生燃料灰分组成分析

为研究污泥衍生燃料燃烧后灰分对环境的影响,用x射线荧光(XRF)对其燃烧后的灰分进行分析,结果如表3所示。

表 3 灰分的 XRF 分析结果

组成	含量/%	组成	含量/%
CaO	40.04	BaO	0.47
SiO ₂	15.23	TiO ₂	0.30
CO ₃	(10.68)	Na ₂ O	0.21
Fe ₂ O ₃	9.69	F	0.14
P ₂ O ₅	6.52	ZnO	0.10
Al ₂ O ₃	6.46	MnO	0.10
SO ₃	3.95	SrO	0.06
MgO	3.93	CuO	0.05
Cl	1.27	Cr ₂ O ₃	0.03
K ₂ O	0.74	Co ₃ O ₄	0.02

从表3中可以看出,灰分中CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃、MgO等难溶解的稳定金属氧化物含量较高,而Hg、Pb、Cr、Ni等毒性较大的重金属基本未检出,这主要是由于实验使用的污泥为生活污水。

3.4污泥衍生燃料灰渣熔融性分析

灰熔点与灰的组分、烟灰浓度和综合环境等因素有关，灰中低熔点的成分愈多，灰的熔点愈低。污泥衍生燃料的灰熔点如表4所示。从表中可以看出

，燃料的灰熔点较低，这主要是由于灰中CaO、Fe₂O₃和MgO等低熔点的碱金属含量较高。灰熔点低不利于燃料的利用，

一是低熔点易使燃料受热面结渣从而包裹部分可燃质造成燃料利用不充分，还使后续灰渣处理的负担加重，二是灰渣融化会堵塞通风孔隙，使燃烧条件恶化。因此，为加强燃料的燃烧，炉膛出口的烟气温度应控制在比软化温度低100以上，即控制在1086以下。

表 4 污泥衍生燃料的灰熔点(℃)

变形温度	软化温度	半球温度	流动温度
1165	1186	1257	1295

3.5污泥衍生燃料的综合效益分析

以1吨含水率为80%的污泥为例.对实验成本进行估算：原料稻秆价格低廉，成本忽略不计，实验药品费用约100元/吨，设备能耗及折旧费用约300元/吨，总费用约400元/吨。污泥衍生燃料热值相当于0.48kg左右标准煤的低位发热量。综合考虑污泥衍生燃料制备的成本和燃烧对环境的影响，污泥制备固体燃料是实现污泥减量化、无害化、资源化的有效途径。

4结论

目前我国污泥无害化处置率较低，一般是经过脱水后直接运往垃圾场填埋，容易造成二次污染。因此，污泥合理、有效的处理处置已成为当前迫切需要解决的问题。将污泥与其他可燃物混合改善污泥的燃烧特性，可以实现污泥的减量化、无害化和资源化，国内外部分学者在这方面做了相关的研究。本文通过对在污泥中添加稻秆制备的污泥生物质衍生固体燃料燃烧特性的研究，为污泥的最终处置寻求一条合理的途径，在降低环境污染的同时实现资源的回收利用。为实现污泥减量化、无害化和资源化处置，在污泥中添加稻秆等合成固体燃料，利用热分析技术对污泥衍生燃料及其主要原料的燃烧特性进行研究。以上研究表明：

(1)污泥衍生燃料具有一定的燃烧热值、燃点低，当燃烧温度在700左右时，污泥衍生燃料的可燃质已基本消耗，失重率达到95%。

(2)灰分中CaO、Fe₂O₃、Al₂O₃、MgO等难溶解的稳定金属氧化物含量较高，而Hg、Pb、Cr、Ni等毒性较大的重金属基本未检出

(3)为加强燃料的燃烧，炉膛出口的烟气温度应控制在比软化温度低100以上，即1086以下。

(4)污泥衍生燃料实验室制备的总费用约400元/吨，1kg该燃料相当于0.48kg左右标准煤的低位发热量.具有可观的经济、环境效益。

参考文献：

- [1] 万晓, 张妍, 张超. 水热技术在污泥减量化和资源化中的应用 [J]. 技术与应用, 2010, (8): 55-57.
- [2] 罗彬源, 曾佳敏. 城镇污水处理厂污泥处理处置技术探讨 [J]. 广东化工, 2010, 7(37): 243-244.
- [3] Skodras G, Palladas A, Kaldis S P, et al. Cleaner co-combustion of lignite-biomass-waste blends by utilising inhibiting compounds of toxic emissions [J]. Chemosphere. 2007, 67(9): 191-197.
- [4] 熊孟清, 张立民. 城市污水处理厂污泥与煤在工业锅炉内的混烧 [J]. 上海电力学院学报, 2004, 20(02): 44-48.
- [5] 侯海盟, 李诗媛, 吕清刚. 城市污泥与煤或玉米秆混烧特性及动力学研究 [J]. 环境工程, 2012, 30(02): 267-271.
- [6] 汪克春, 杨长青, 裴莹. 污泥与垃圾混烧技术 [J]. 中国水泥, 2012, 122(7): 41-44.
- [7] 武宏香, 赵增立, 李海滨, 等. 钙基固硫剂对污泥和煤燃烧过程中 SO_2 和 NO_x 释放的影响 [J]. 环境污染与防治, 2011, 33(10): 37-42.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/185238.html>