

文章编号:1671-6833(2003)02-0105-03

城市生活垃圾中可燃物的热解特性实验分析

王秋红<sup>1</sup>, 熊祖鸿<sup>2</sup>, 黄海涛<sup>2</sup>, 李海滨<sup>2</sup>

(1. 华北水利水电学院动力系, 河南 郑州 450045; 2. 中国科学院广州能源研究所, 广东 广州 510070)

摘 要: 从工业分析和热解气体组分等方面详细讨论分析了城市生活垃圾(MSW)各可燃组分的热解特性. 从实验结果可知, 垃圾中各可燃物的组成及性质存在很大的差异, 直接焚烧处理必然会对焚烧炉的设计带来困难. 热解燃烧处理技术是一种更容易和更有效地控制固体垃圾给城市带来的二次污染的技术.

关键词: 城市生活垃圾; 可燃物; 热解特性

中图分类号: X 705 文献标识码: A

0 引言

垃圾是人类在日常生产生活中不可避免地产生的废弃物. 随着工业现代化的发展, 人民生活水平的提高, 废弃物的产量日益增长, 且成分也在发生变化. 近年来我国的城市垃圾中, 有机质的含量明显上升, 其中废塑料、橡胶等增长显著. 这些物质在自然条件下分解缓慢, 且密度小, 体积大.

传统的垃圾处理方式主要以露天堆放或填埋为主, 这一方面会占用大量的宝贵土地, 另一方面还会对大气、土壤和地下水造成严重的二次污染. 由于垃圾成分中可燃物的增加、垃圾热值的提高, 焚烧成为垃圾处理的主要方式之一. 焚烧可使垃圾减容 95%, 重量减少 75%~85%, 并可以利用其热能来供热和发电. 但是垃圾焚烧存在许多问题, 如剧毒含氯高分子化合物PCDDs、PCDFs、PCBs (统称二恶英类物质) 以及含 Hg、Pb 的飞灰等造成大气环境污染等<sup>[1]</sup>. 曾有研究发现, 无论何种可燃物, 其气体成分和热值都较接近, 因此认为热解焚烧较直接焚烧有利.

解决城市垃圾问题, 首先要对垃圾本身的性质作全面的了解.

1 实验部分

实验样品为城市生活垃圾, 首先将原始垃圾样

品被分成两类, 一类是可燃物, 包括纸、布、塑料、食品和橡胶; 另一类是不可燃物质, 包括土、玻璃和金属等. 将可燃垃圾在温度 110℃ 下干燥 2h, 测得其含水量, 再进一步处理成实验样品.

热解实验在管式加热炉里进行, 实验中向管式炉的高温陶瓷管内充氮气, 以形成惰性气体环境. 热解产生的气体再经过 GC-20 色谱分析仪进行分析, 得出 CO、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 气体成分在不同温度下的含量, 从而计算出气体热值.

气体的热值实际上是单位气体产物中各种可燃成分燃烧热的总和, 亦即<sup>[2]</sup>:

$$Q=30.2CO+25.8H_2+85.8CH_4+152C_nH_m.$$

2 实验结果与分析

2.1 城市生活垃圾工业分析结果讨论

从表 1 中可以看出, 在相同条件下, 不同垃圾成分其挥发份含量、固定碳含量、灰含量及单位产气量是不相同的, 且单位产气量与挥发份含量不存在正比例关系. 如白塑料中的挥发份含量最高, 达 94.6%, 但其产气量却最小. 这主要是因为白塑料热分解过程中一方面大分子裂解成小分子直至气体, 另一方面又使小分子聚合成较大分子, 即部分挥发份又变成了较大分子的液体油份. 热解产物中碳含量多少视不同的热解过程而定, 因为热解产物的残留物中含有卤素、硫、氮, 随着温度的提高, 这些成分更趋于表现为挥发份, 使得垃

收稿日期:2003-01-29; 修订日期:2002-03-21

作者简介: 王秋红 (1973-), 女, 河南省偃师市人, 华北水利水电学院助教, 硕士研究生, 主要从事热能动力及能源方面的研究.

表 1 城市生活垃圾工业分析结果

Tab .1 Proxi mate analysis of MSW( municipal solid wastes)

样品	挥发份/%	固定碳/%	灰份/%	单位产气量/ ( mL.g <sup>-1</sup> )
纸	71.85	16.20	11.90	138.83
布	73.65	18.70	6.70	172.16
厨余	45.50	12.50	41.75	113.87
塑料	53.70	19.80	26.60	86.39
草木	63.65	17.95	18.40	170.69
橡胶	49.15	19.25	31.60	87.72
白塑料	94.60	2.45	2.85	45.65
混合样	56.90	16.20	26.90	106.64

表 2 生活垃圾分类样品热解气体组分和产量

Tab .2 Cases yield and distribution of classified MSWpyrdylsis

样 品	组分的体积分数/%						热值/(kJ ·m <sup>-3</sup> )	产量/( mL.g <sup>-1</sup> )
	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>		
纸	3.93	7.64	18.44	22.75	0.50	0.56	6 164.01	29.37
	2.90	6.48	46.50	41.80	1.14	1.18	9 978.78	109.46
丝织物	1.84	2.20	8.27	17.78	2.26	0.27	3 638.51	28.91
	0.92	2.01	24.27	41.13	7.79	0.52	9 163.01	118.59
食品	11.50	5.41	8.77	16.06	0.85	0.58	5 195.12	13.23
	13.16	10.16	16.90	0.45	3.16	2.42	10 740.34	108.21
塑料	4.82	6.06	1.07	—	2.77	2.59	6 233.80	18.20
	7.41	11.53	4.71	12.49	7.79	7.93	15 516.70	71.05
白塑料	11.12	5.98	9.25	22.00	3.50	0.89	7 300.83	28.76
	17.90	11.16	20.49	33.81	8.38	2.20	13 236.60	31.95
木屑	12.74	9.75	20.66	41.51	0.39	0.59	8 101.38	25.21
	16.44	10.81	21.69	40.59	1.24	1.50	10 128.85	137.68
橡胶	4.53	12.15	1.69	16.48	2.16	3.42	8 604.70	13.69
	4.11	9.10	2.02	49.03	3.45	4.24	8 847.81	71.76
混合物	4.78	3.75	3.08	17.41	0.50	0.36	2 795.63	15.30
	6.00	7.35	16.52	48.70	4.39	2.39	9 676.24	91.33

从表 2 中数据可以看出, 尽管各种可燃物的组成有很大的差异, 但其热解气的组成却很相似. 除了塑料、白塑料、橡胶产气量较低外, 其他物质产气量都很大, 这是因为塑料、白塑料、橡胶为高分子化合物, 热解后产生的挥发份部分转化为焦油的结果. 废纸的热解气体组分 CO 含量是最高的, 塑料和橡胶是最低的. 食品、塑料、白塑料和木料产生的热解气 H<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 含量较高, 而布产生的热解气 H<sub>2</sub> 和 CH<sub>4</sub> 含量很低. 木料和纸产生的热解气中 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 含量比其它种类要低, 而塑料产生的热解气 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> 和 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 含量是最高的. 由此可分析出木料和纸的热值与其它种类相比有很大差别的原因.

从表 2 也可知, 几乎所有的样品都是在高温阶段产生出大部分热解气体, 而白塑料在低温和高温两个阶段产生的热解气体量基本相等, 这是因为热解过程使大部分白塑料液化, 只有一部分

热解产生更多的挥发性物质; 相反, 低温则增加碳分的比例.

2.2 城市生活垃圾热解气体组分的分布

垃圾中各可燃物的热分解分两个温度段来讨论, 即低温 450 ℃ 以下和高温 850 ℃, 试样约 5g. 通过各物质在管式炉热解后产生的气体分析, 对各可燃物的热解特性作进一步的探讨, 分析结果见表 2.

保持气体状态. 木料在低温和高温阶段产生的热解气体含量基本相等, 这表明两个温度的热解过程是相似的, 只是在高温阶段产生出更多的热解气体.

从表 2 还可以得知, 橡胶的热解气体在低温和高温两个阶段的热值差别很小. 橡胶的热解气体在低温和高温两个阶段, 除了 CO<sub>2</sub> 的含量差别很大外, 其它组分的差别很少, 但由于在高温阶段产生出更多的热解气体, 因而热解气体的总热值在高温阶段还是增加的. 由以上分析可推断, 热解只有达到高温阶段才是完整的, 木料和橡胶的热解过程与温度无关, 只与热解时间有关.

以上所有分析都表明, 城市固体垃圾的成分多样, 且每种成分都有自己的热解特性, 这意味着不能把城市固体垃圾看作是一种单一的可燃物进行研究.

相比较而言, 热解燃烧是一种有前景的城市

固体垃圾处理技术,在这种技术中,热解和燃烧是分两个阶段进行的. 首先,城市固体垃圾经热解产生可燃气体,这种成分比较一致的热解气体再经燃烧;另一方面,热解过程需要的热量可从燃烧阶段的放热反应供给.

3 结论

由城市生活垃圾的工业的分析可知,物料含有较多的挥发分. 对垃圾中的可燃物,其主要构成是碳水化合物. 相对于煤等固体燃料而言,垃圾可燃物是一种非常杂乱的松散结构,具有比煤更多的长侧链,因而其热解的反应活性在较低温度时就可显示出来. 而且,由于垃圾可燃物元素中含有较多的氧元素,氢元素相对较少,所以其挥发物的热值较低.

垃圾热解过程是一个复杂的、同时的、连续的

化学过程. 在这个反应中,将出现有机物断链、异构等反应,其热解的中间产物一方面进行大分子裂解成小分子直至气体的过程,另一方面又使小分子聚合成较大的分子.

垃圾中各种可燃物的组成及性质的很大差异必然会对直接焚烧炉的设计带来困难,但由于它们的热解具有共性,因此可以设想垃圾热解后再焚烧将会大大提高垃圾的利用率.

参考文献:

[ 1 ] OIJ E K, VERMEULEN P L, HUTZINGER O. Chlorodiben - zo - p - dioxins and chlorodibenzofurans are trace compo - nents of fly ash and flue gas of some municipal incinerators in the Netherlands [ J ]. Chemosphere, 1997, 6( 8 ): 455 ~ 459.  
[ 2 ] 王中民. 城市垃圾处理与处置 [ M ]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1991.

Study on Pyrolysis Mechanism of Combustibles in Municipal Solid Wastes ( MSW )

WANG Qu - hong<sup>1</sup>, XIONG Zu - hong<sup>2</sup>, HUANG Hai - tao<sup>2</sup>, LI Hai - bin<sup>2</sup>

( 1. Department of Power, North China Institute of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450045, China ;  
2. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China )

**Abstract :** Based on the experimental results of proximate and pyrolysis analysis , the pyrolysis characteristics of combustibles in municipal solid wastes ( MSW ) are discussed and analyzed in this paper . It can be known from the test data that there exists big difference among the combustibles on the composition and features . Therefore it is difficult to design an incinerator of good performance for direct MSW incineration . Compared to direct incineration of MSW , pyrolysis - combustion of MSW is easier to control the second pollution on cities .

**Key words :** municipal solid wastes ( MSW ) ; combustibles ; pyrolysis characteristics