

废料燃烧锅炉 I 燃料

[日] 若村 保二郎

前 言

由于燃料费用涨价,利用糖厂的甘蔗渣、胶合板厂的废木料、树皮之类可燃性废料作为燃料来发电和生产工业用蒸汽,工厂处理自己厂内的废料、以满足对能源的需求,这种利用可燃废料的方法,在日本正处于实施阶段中。现在愈来愈多的厂子把厂内的可燃废弃物设法作为热能回收起来。本文先对废料锅炉用废料作一分析。另文再介绍废料燃烧锅炉。

可 燃 废 料

评价废料能否作为燃料的重要因素是发热量的大小。表1示出各种可燃废料的发热量,表2示出木材成分分析值,表3示出甘蔗渣成分分析值。这些都是对于废料分析得出的结果。

1. 发热量误差

(1) 用量热器时

在用氧弹量热器求发热量时,发热量是在一定容积内完全燃烧试料,将燃烧气冷却至最初温度时所得热量和这时燃气中的水蒸汽液化时所得热量之和。这是高位发热量。采取试样时可能带来误差因素,但用量热器测定的数据更为准确,所以还是以此数据作基础。

在利用燃料的燃烧热时,由于排气温度高于水蒸汽的露点,因此不能利用潜热,利用低发热量较为合理。

(2) 采用分析值时

1) Dulong的式子

$$Hu = 81c + 286\left(h - \frac{O}{8}\right) + 25s - 6w$$

式中: Hu : 低发热量(大卡/公斤)

c : 碳 %

h : 氢 %

O : 氧 %

s : 硫 %

w : 水分%

本式就是以碳、氢、硫的燃烧热为基数,减去水的蒸发潜热(600大卡/公斤)。在这种场合,假设条件是氢的一部分与氧结合而变成水,其余作为自由氢参与燃烧。高发热量由下式表示。

$$Hh = Hu + 6(9h + w)$$

式中, Hh : 高发热量(大卡/公斤)

2) Loschge的式子

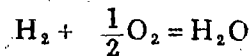
$$Hu = 81c + 286\left(h - \frac{O}{8}\right) + 25s -$$

$$- 6\left(\frac{9}{8}O + w\right)$$

$$Hh = Hu + 6(9h + w) = 8/c +$$

$$+ 340\left(h - \frac{O}{8}\right) + 25s$$

由氢的燃烧方程式得



2公斤	16公斤	18公斤	分子量
1	: 8	: 9	比率同上

上式注重于元素分析值的氧气成分。即以八分氧一分氢的比率产生九分水。然而根据由量热器测定的高发热量求出的低发热量

总比根据元素分析值计算的数值显得大一些。其理由可能是只有对应于氧气分量的氢气分量全都变成水这一假定有问题。

2. 每单位容积发热量

上述可燃废料通常是散装运输。所以有必要注意到实际燃烧时的容积。例如，干木材的高发热量为4,600~4,800大卡/公斤，但假若购进碎木片木材时，其有效比重约为200公斤/米³，因此这时每单位容积的发热量为920,000大卡/米³。现设重油的发热量为10,400大卡/公斤时比重为900公斤/米³，则每单位容积的发热量大约为9,000,000大卡/公斤。由此可知木材每单位容积的热保有量只不过是重油的1/10。

3. 水分的影响

水分表示方法有两种：木材加工企业采用的干燥基即含水率和作为燃料评价时采用的湿基的水分。这两者关系为

$$w = \frac{u}{100 + u} \times 100$$

式中， w ：水分 %

u ：含水率 %

在热量计算方面采用湿基的水分。废料刚到时的发热量，如将水分考虑在内则由下式表示：

$$Hh' = Hh \times \frac{100 - w}{100}$$

$$Hu' = Hh' - 6(9h' + w)$$

式中，“'”表示刚运到时的湿基

例如，木材发热量为4,700大卡/公斤，投入锅炉时的水分为40%，则使用时的低发热量大致为2,400大卡/公斤。水分影响如此之大是值得注意的。通常低发热量不到1000大卡/公斤，即三位数以下者可以认为是无燃料价值者。

4. 灰分影响

灰分可以分为木材、甘蔗渣等植物本身所含有的内灰分和从外界混入的外灰分。来源于植物的灰分，通常干燥基为1%以下。灰分多，清灰需要付出大量劳力，而且钠和钾之类的碱金属在高温下与耐火材料进行反应，起着降低耐火性能的作用。表4表示木材灰分分析值，表5示为碱金属类和耐火材料主要成分SiO₂和Al₂O₃的混合物的熔点。

5. 海水影响

在海水中泡过的原木，因不能避免盐类NaCl的浸入。盐分多少与在海水中泡过的时间有关，可达0.3~3%。NaCl很稳定，其熔点800℃，沸点1,413℃。Na的熔点98℃，沸点881℃，Cl在常温下是气体。

如将含有海水水分的木材燃烧，则一部分钠在升华后凝结在冰凉的吸热面——锅炉水管上。熔渣的最低层容易被水冷壁面冷却后形成干粉末状覆盖膜。后一层离水管有距离，因此不像最低层那样受冷却作用。结果熔渣以粘粘糊糊的半融化状态直接起着一种粘接剂作用使飞灰粘在管子上。随着熔渣的形成，管子之间的空隙被逐渐填充致使烟道堵塞造成停炉，以致于不得不停炉清洗。再者，NaCl在400℃以上温度时引起如下加水分解而产生HCl。

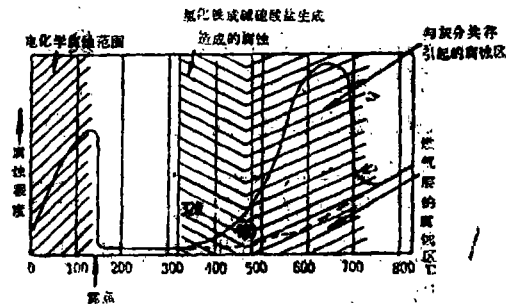
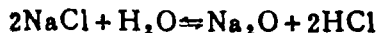


图1 管壁温度和腐蚀程度的关系



Na₂O 留在灰中腐蚀炉墙的耐火材料。HCl还可以变成对铁产生高温腐蚀作用的原因。(参看图1)

水中NaCl分解所产生的量要多一个数量级。在燃料中即使含有2~3%的聚氯乙烯,排气中的氯化氢量也可达1000ppm。从而腐蚀速度也很高。

6. 氯的影响

将工业废弃物当作燃料时,对聚氯乙烯应引起注意。如燃烧聚氯乙烯(PVC),在温度超过230℃时使含氯量的50%左右以氯化氢形式进行分离。此值比在前面述及的

7. 重金属的影响

工业废弃物中含有的镉和铅等重金属类,在一定的排气温度范围内将变成使烟气通道闭塞的原因。对于已回收灰中所含重金属,应采取措施以防止重金属漏出。

表1 可燃性废料的发热量 单位:大卡/公斤

塑料类	聚乙烯碎片	11,100		
	乙烯树脂碎片	7,200		
	奶制品塑料包装纸	7,200		
废油类	沥青	9,500	废食用油	9,300
	沥青煤	8,400	废润滑油	7,800
橡胶布纸类	废轮胎	7,700	油粘包装纸	7,200
	毯子碎片	5,000	毛绒布头	4,900
	绸子布头	4,700	亚麻布头	4,000
	另碎皮革	4,600	报纸	4,400
	破布	4,300	旧废纸	3,900
	厚棉布袋	4,200		
农林产品废料	树皮		木屑	
	洋松	5,400	杉木	5,400
	香胶	5,000		
	西方白松	5,000		
	松木	4,900	红木	4,900
	硬枫	4,600	橡木	4,700

农 林 产 品 废 料	单板碎片	5,300	枫木	4,500
	纤维板碎片	5,000	碎胶合板片	5,300
	咖啡渣滓	5,500	木板边角料	5,300
	甘蔗渣	4,700	苹果包装箱	5,300
	树叶	4,700	木桶板	4,900
	玉米穗杆	4,600	稻皮	4,900
	苹果子	4,400	废家具料	4,700
	樱桃核	4,400	向日葵子皮	4,700
	麦片	4,400	鳄梨子	4,400
	花生外皮	4,400	杏核	4,400
	稻草	4,200	椰子皮	4,400
	小麦皮	4,200	桃核	4,400
			核桃皮	4,400
		干草	4,200	

(日本国分析值)

棕榈纤维	4,500	棕榈皮	4,900
酱油渣滓	5,000	玉米粕	5,000
造纸淤渣	4,400		

表2

木材分析实例

		宽叶树	针叶树
挥发分	%	82~89	83~89
发热量	大卡/公斤	4,330	4,620
碳	%	49.0	50.7
氢	%	6.0	6.2
氧	%	44.6	42.9

表 3

对甘蔗渣的分析值

工业分析		
水分	%	37.9~55
灰分	%	2.5
发热量	大卡/公斤	4,440~5000
元素分析(可燃的)		
碳	%	42~49
氢	%	5.9~6.6
氧	%	43.4~50

表 4

灰 分 分 析 值

	米心树	桦树	落叶松	桴树	松木
SiO ₂ %	5.5	3.9	3.8	2.0	14.4
Al ₂ O ₃ %					
Fe ₂ O ₃ %					
CaO %	56.4	57.7	25.9	72.6	53.7
MgO %	10.9	7.7	24.9	3.9	11.5
K ₂ O %	16.4	11.5	14.8	9.8	14.4
Na ₂ O %	3.6	7.7	7.4	3.9	3.8
P ₂ O ₅ %	5.5	7.7	11.1	5.9	7.7
SO ₂ %	1.8	3.8	3.8	3.9	3.8

表 5

耐火材料主要成分SiO₂或Al₂O₃和碱金属类的混合物的熔点

成 分	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	CaO %	熔点 (°C)
Na ₂ O·SiO ₂	50			1,089
Na ₂ O·2SiO ₂	33			874
Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	22			1,526
Na ₂ O·Al ₂ O ₃ ·4SiO ₂	15			1,160
K ₂ O·SiO ₂		61		976
K ₂ O·2SiO ₂		44		1,036
Na ₂ O·2CaO·3SiO ₂	17.5		31.6	1,284

(李俊杓译自《ボイラ技士》第37卷第7号)