

问题讨论

烟煤作民用燃料可行性的探讨*

姚渭溪 沈迪新 李玉琴 曹美秋

(中国科学院环境化学研究所)

翟晓霞 章祥麟 邹铭泽

(安徽省煤炭科学研究所)

前 言

煤炭在民用燃料中占有很大的比重,尤其是烟煤产区,烟煤作为民用煤,通常是不经过任何加工而直接散烧。这不仅造成了燃烧不完全,热效率低等弊病,同时排放出大量烟尘和废气,严重地污染了环境。

目前我国民用型煤的原料,主要采用优质无烟煤配制而成,而烟煤则由于其燃烧时烟尘大,易胀碎等原因而很少被采用。如果能够利用烟煤来代替无烟煤制作民用燃料,并能实现烟煤的无烟或少烟的燃烧,这对于减少北煤南运,改善环境等方面,都将具有一定的现实意义。为此,我们对不同类型的烟煤、燃烧方式、燃烧工况与废气中排污量之间的关系进行了研究,并与目前使用的无烟煤民用型煤的排污量进行了比较,同时还对烟煤蜂窝煤的成型技术(配方)和废气的催化净化进行了一些探讨,在探索烟煤代替无烟煤作为民用型煤燃料的经济效益和环境效益方面,取得了一定的结果。

实 验 部 分

我们主要比较了散烧煤和蜂窝煤的不同燃烧方式。具体条件如下:

一、煤种

1. 散烧煤 由安徽省不同矿区的煤粉加 20% 黄泥制成。(见表 1)

2. 蜂窝煤

(1) 烟煤蜂窝煤 一套实验煤由引火层、连体层和本体层三部分组成。

1# 气肥煤蜂窝煤 直径 100mm, 12 孔。

2# 贫煤蜂窝煤 直径 130mm, 19 孔。

表 1 各煤种成份

煤种	气煤	气肥煤	焦煤	贫煤	无烟煤
挥发份 (V _v %)	38--42	35--36	23--27	15--20	8--10
胶质层 (mm)	9--14	14--25	12--20	0	0

3# 气肥煤蜂窝煤 直径 130mm, 19 孔。

(2) 无烟煤蜂窝煤 由引火层和主体层两部分组成。

4#、5# 无烟煤蜂窝煤分别为北京和合肥市售蜂窝煤,直径 100mm, 12 孔。

二、炉具

采用北京市售的铸铁两用煤球炉作为煤块的散烧炉具,并装有烟筒排烟。蜂窝煤炉的结构与尺寸见下加煤上点燃式蜂窝煤炉设计图册。

三、测试室

分动态测试和静态测试两种方式^[1]。动态测试可以连续监测烟煤从点燃开始到燃尽为止,在整个燃烧过程中所排出的污染物瞬时浓度。

四、采样与分析方法

采样方法有多种^[2-4],对散烧煤块的烟气采样,是通过装在北京两用煤球炉的烟筒上,插入四根金属管,再用聚乙烯管与其连接引入监测仪器。而对蜂窝煤烟气的采样,皆是在测试室^[1]中进行。

几种主要污染物的浓度,如 CO、SO₂、NO_x 和 BaP 等则分别采用非分散红外法、电导法、化学发光法和高压液相色谱法来测定。

* 参加工作的还有何宇联、李玉江、何占元、王玉荣、刘林书、李仁琨。

表 2 散烧煤块排放量的测定结果

污染物		煤种	气 煤	气肥煤	焦煤	贫煤	无烟煤
每 公 斤 排 放 量 (g)	CO	1	94.4	14.3	—	—	44.5
		2	113.1	45.5	—	—	68.9
		平均	103.8	29.9	—	—	56.97
	NO _x	1	0.10	0.16	—	—	0.18
		2	0.17	0.28	—	—	0.28
		平均	0.14	0.23	—	—	0.23
	HC	1	4.08	0.44	—	—	1.91
		2	1.60	3.27	—	—	1.69
		平均	2.84	1.86	—	—	1.80
	SO ₂	1	0.85	0.53	—	—	0.33
		2	0.63	0.59	—	—	0.65
		平均	0.74	0.56	—	—	0.49
	总醛	1	0.005	—	—	—	0.007
		2	0.011	—	—	—	0.011
		平均	0.008	—	—	—	0.009
	BaP	1	0.0082	0.023	0.014	0.0031	0.00036
		2	0.0071	0.017	0.014	0.0041	0.00041
		平均	0.0074	0.020	0.014	0.0036	0.00039
颗粒物	1	27.8	81.8	66.0	26.5	6.2	
	2	26.3	67.4	58.4	31.5	4.9	
	平均	27.1	74.6	62.2	29.0	5.6	
烟度 (%)	1	60	58	—	—	28	
	2	68	65	—	—	32	
	平均	64	62	—	—	30	

五、实验步骤

散烧烟块时,先用 700 克木柴引燃,后加入 2000 克煤块,炉门开 1/3,自引燃后连续监测烟气成份及排气速度,直至熄灭为止。收集煤灰称重、计算各污染物的排放量(扣除木柴引燃时的排放量)。而蜂窝煤的燃烧则采用下加煤的上点燃式^[1]。

实验结果与讨论

一、散烧煤块排放量的测定

测定结果列于表 2。

1. 散烧烟煤的烟度随时间的变化散烧时排烟的测定结果见表 3 和图 1。

从表 3 可以看出,气肥煤和气煤的烟度比无烟煤大,一般在开始点燃后 10 分钟内,排烟浓度最大,烟度在 60% 以上,而无烟煤的烟度在 30% 左右。图 1 的结果表明,烟煤不但排烟烟度大,而且排烟的时

间也比无烟煤长。

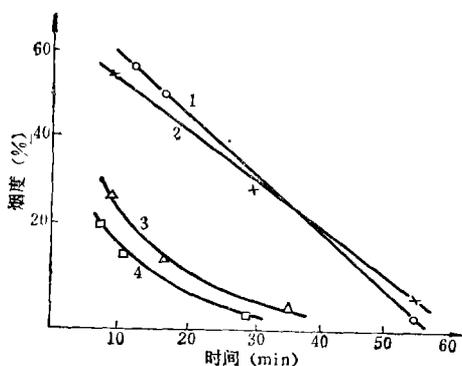


图 1 烟度-时间曲线

1—气煤散烧 2—气肥煤散烧 3—无烟煤散烧 4—3# 蜂窝煤的上点燃烧

表 10-10 續

項目	1980年		1981年		1982年	
	單位	數值	單位	數值	單位	數值
一、總計	元	100.00	元	100.00	元	100.00
二、按地區別						
（一）本市	元	85.00	元	85.00	元	85.00
（二）外埠	元	15.00	元	15.00	元	15.00
三、按用途別						
（一）基本建設	元	40.00	元	40.00	元	40.00
（二）更新改造	元	30.00	元	30.00	元	30.00
（三）大修理	元	10.00	元	10.00	元	10.00
（四）其他	元	20.00	元	20.00	元	20.00
四、按投資來源別						
（一）國家	元	50.00	元	50.00	元	50.00
（二）地方	元	30.00	元	30.00	元	30.00
（三）企業	元	15.00	元	15.00	元	15.00
（四）其他	元	5.00	元	5.00	元	5.00

表 10-11 按用途別分年度投資的結果

用途	1980年		1981年		1982年	
	單位	數值	單位	數值	單位	數值
一、基本建設	元	40.00	元	40.00	元	40.00
二、更新改造	元	30.00	元	30.00	元	30.00
三、大修理	元	10.00	元	10.00	元	10.00
四、其他	元	20.00	元	20.00	元	20.00

表 5 蜂窝煤排放污染气体的静态测定结果 (ppm)

成 份	煤品 方式 时间	1# 烟 煤 蜂 窝 煤								5# 无烟煤蜂窝煤			
		上点燃式				下点燃式				下点燃式			
		前期	中期	后期	平均值	前期	中期	后期	平均值	前期	中期	后期	平均值
CO		20.8	109	167	99	413	—	131	422	632	841	858	777
SO ₂		0.3	3.7	0.6	1.5	0.8	—	0.7	0.8	3.4	8.8	6.7	6.3
NO ₂		3.3	1.4	1.0	1.9	4.7	—	2.1	3.4	4.0	4.2	1.7	3.3
烟 度		基本无烟、无气味				浓烟大、气味呛人				少量烟、略有气味			
备 注		炉型: φ102mm 二次进风炉 测定值均系单次分析数据 CO 测定用气相色谱法,仪器用 SP-2707 气相色谱仪 SO ₂ 测定用比色法,仪器用 72-1 型分光光度计 NO ₂ 测定用比色法,仪器用 72-1 型分光光度计											

表 6 连续加煤的上点燃式蜂窝煤炉燃烧工况对排污的影响*

污 染 物	点火后燃烧二小时内的排污量(%)	封火五个半小时内排污量(%)	封火后开炉门烧三小时内排污量(%)	总排放系数 (g/kg 煤)
CO	10.5	61.7	27.7	36.26
NO _x	70.7	测不出	29.3	0.20
SO ₂	3.5	44.4	52.0	4.08
总醛	57.0	24.5	18.7	2.44 × 10 ⁻⁶
苯并(a)芘	0.34	99.6	0.04	3.06 × 10 ⁻⁶
颗粒物	55.5	22.2	22.2	0.39
HC	—	(0.64g)	—	0.37

* 表中数据是 3# 烟煤蜂窝煤两次试验平均值

表 7 烟煤和无烟煤的蜂窝煤 BaP 排放量*

煤 种	主要成份	点燃方式	加煤方式	每公斤排放量 (g)		
				引烧阶段 (引火煤+本体煤)	封火阶段 (本体煤)	旺燃阶段 (本体煤)
1#	气肥煤	上点燃	下 加	1.2 × 10 ⁻⁶	305 × 10 ⁻⁶	0.13 × 10 ⁻⁶
4#	无烟煤	下点燃	上 加	422 × 10 ⁻⁶	3.37 × 10 ⁻⁶	0.54 × 10 ⁻⁶

* 两次试验平均值

这种方式,每次点燃时都要使用一块引火煤,由于引火煤的成本较高,且需防潮封装,受到经济效益的约束,难于大规模推广。

为此,我们采用了能连续下加煤的上点燃式蜂窝煤炉。这种煤炉能够从底部向炉内添加蜂窝煤,

使燃烧方式仍保持着由上往下的引燃过程,煤渣可从炉子的顶部或底部取出,同时又能封火,不仅使用方便,而且由于一般情况下可不用引火煤,成本降低了,为民用烟煤蜂窝煤的推广找到了一条新途径。

使用这种炉子时,一般有引燃、封火、旺烧和熄

灭等不同阶段和工况,由于每个工况的燃烧温度和进风量不同,排污量的差别也很大。我们分三个阶段进行测定。1.引燃阶段即从点火开始的二个小时内。2.封火阶段即燃烧二小时后,弃去顶部一块煤渣,从底部添进一块煤后封火约五小时。3.旺烧阶段即封火结束后,打开炉门旺烧三小时,接近熄灭时为止。各个阶段的排污量用仪器监测。现以 1[#]、3[#] 和 4[#] 蜂窝煤为例,将测定的结果列于表 6、7 中。

由表 6 可看出,封火阶段 CO 和 BaP 排放较多。而在引燃阶段,NO_x、总醛和颗粒物排放了 50% 以上。由此还可看出,烟煤蜂窝煤采用下加煤的上点燃方式,虽然具有使用方便、成本较低等优点,但在封火期间 BaP 的排放量有一定的回升(表 7),为此,考虑采用催化净化等技术。

四、蜂窝煤炉排气的催化净化

在封火阶段,煤炉口上加催化净化器,对排污的控制是否会有利呢?我们用北京市售下点燃蜂窝煤 4[#] 进行试验,引燃烧旺后关炉门封火,应用 CO 红外分析仪器监测排气中 CO 浓度,此时能看到 CO 的浓度迅速下降,并稳定在一定水平上。同时测定设置净化器前后排气中 BaP 的含量,测定结果见表 8。

表 8 几种催化净化剂对燃煤废气中 CO、BaP 净化效果

催 化 剂	净 化 率 %	
	CO	BaP
环化所 KH-1	60	未测
环化所 CA22	60	未测
环化所 CA63	50	未测
环化所 CA59	80	未测
环化所 CP-O	0	未测
环化所 ZE	未测	42

从表 8 可以看出,有四种催化剂对 CO 的净化效率平均约 60%,ZE 型催化剂对 BaP 的净化率为 42%。因此,烟煤蜂窝煤 3[#] 使用这种催化剂,在封火期间的 BaP 排放量可减少约一半,约 180×10^{-6}

g/kg,该数值比这种烟煤散烧时的排放量减少了约 100 倍(表 2),比北京市售无烟煤蜂窝煤在引燃阶段的排放量还低(表 7)。关于催化剂的使用寿命,有待进一步考察评价。

小 结

1. 烟煤民用时切忌散烧,散烧时会排放出大量的污染物,其中强致癌物 BaP 的含量比无烟煤散烧时约高数十倍,比北京市售蜂窝煤“封火”时约高出上千倍,不仅浪费能源,而且对环境的污染十分严重。

2. 烟煤散烧时开始阶段的污染物排放量很大,烟度随时间基本上按指数函数的规律递减。

3. 将烟煤成型为蜂窝煤,采用上点燃的方式,可使排污量急剧下降,达到无烟或少烟燃烧的目的。

4. 间歇燃烧的上点燃式蜂窝煤炉,成本较高,推广较难。如果采用能连续下加煤的上点燃式蜂窝煤炉,则可不用或少用引火煤,降低了成本,同时还可封火过夜。但此种煤炉在封火阶段的 BaP 排放量又高于无烟煤制的蜂窝煤。因此,封火阶段所排放的废气,应先经过催化剂净化,再由装在炉子上部的烟筒排出,便可降到目前无烟煤蜂窝煤的排污水平,初步实现了用烟煤代替无烟煤制作民用型煤之目的。

本工作得到庄亚辉、徐晓白同志的热情指导,催化剂由顾其顺、张桦、温德勤等同志提供,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 沈迪新等,环境科学,2(6),41(1981).
- [2] Sonnichsen, T. W., McElroy, M. W., Bjørseth, A., Use of PAH Pracers during Sampling of Coal Fired Boilers, in *Polynuclear Aromatic Hydrocarbons*, Alf Bjørseth and A. J. Dennis, Eds. PP.617-622, Battelle Press, Ohio, 1980.
- [3] 姚渭溪等,环境化学,2(2),22(1983).
- [4] Butcher, s. s., *J. of APCAs*, 32(4), 380 (1982).
- [5] 罗颖都等,煤炭化验手册,744-748 页,煤炭工业出版社,1981 年 6 月第二版。