

· 设计与试验 ·

煤颗粒流化床脱挥发份的实验研究

(东南大学热能工程研究所) 郑守忠 曾 东 蔡 崧

[摘要] 在一小型流化床实验台上,进行煤颗粒的脱挥发份实验,研究了床层温度、煤种、气氛等因素对煤中 C H N 元素在脱挥发份过程中变化行为的影响。

关键词 煤 流化床 脱挥发份

中图分类号 TQ051.13 TQ533.1

1 引言

煤颗粒燃烧过程可分为两个阶段:(1)煤中挥发份的释出、燃烧(2)焦炭(由煤析出挥发份后形成)的燃烧。文献[1-5]表明温度、煤种是影响煤脱挥发份行为的重要因素。一般在进行煤颗粒脱挥发份实验时,常在惰性气氛,这与实际煤燃烧过程(氧化性气氛)中脱挥发份情形相差甚远。为此,本文在一小型流化床实验台上进行煤颗粒脱挥发份实验,研究了床温、煤种、气氛对煤中 C H N 等元素变化行为的影响。

2 实验部分

2.1 实验装置

实验所用流化床实验台如图 1 所示,本体由一根内径为 100 mm 的不锈钢管制成。床层高度为 220 mm,悬浮段为 780 mm,不锈钢管下段置于一管式电炉中,本体外包裹硅酸铝耐火纤维保温绝热。流化气体两种:来自叶氏风机的压缩空气和高压瓶装氮气,流化气体由床层下部进入。热电偶(13)用于监控床层温度,在床温为 850℃ 时,临界标准空气量为 0.45 m³/h 实验中流化标准气量为 2.1 m³/h 用不锈钢探针(内径为 6 mm)从自由空间抽取烟气,样气经过陶瓷过滤器和电加热保温的 Teflon 软管,取样泵进入样气分析装置。烟气中 N₂、O₂、SO₂ 浓度由雷斯蒙特 Binos 1004 不分光红外分析仪测定,CO₂

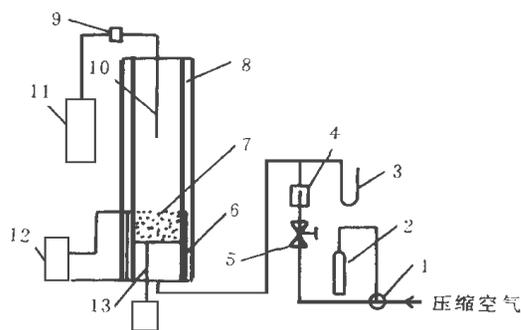


图 1 实验装置系统原理图

1. 气体切换阀
2. 瓶装氮气
3. U形压力计
4. 流量计
5. 阀门
6. 管式电炉
7. 床层
8. 不锈钢本体
9. 过滤器
10. 抽气探针
11. 气体分析仪
12. 调压器
13. 热电偶

CO₂ 分析仪为雷斯蒙特 Binos 100 不分光红外分析仪。每次试验前,对所有分析仪进行零气校正。

2.2 实验物料

床料采用河砂主要成分为 SiO₂, 平均粒径为 0.35 mm 实验中所用煤种为褐煤和无烟煤,煤质分析如表 1 所示,粒径为 2.0~2.5 mm

表 1 煤质分析

煤种	元素分析 (干基)					% 工业分析		
	C	H	O	N	S	A ^d	V ^d	M ^{ad}
褐煤	65.15	2.88	21.21	1.56	0.97	8.25	39.81	27.26
无烟煤	73.35	2.45	4.43	0.83	0.4	18.52	10.38	3.45

2.3 实验方法

实验时,床层温度取 700℃、800℃、900℃,气氛取空气、氮气两种。一次性加入煤样 3 g 至床层表面,实验中在空气气氛中脱挥发份过程的完成由烟气中 CO₂ 浓度的变化曲线确定,图 2 为褐煤在床温 900℃ 燃烧过程中 CO₂ 浓度随时间的变化曲线,CO₂ 浓度开始急剧上升,到达峰值后快速下降,这是由于挥发份的析出、燃烧,之后进入缓慢的变化区域,这表示进入焦炭燃烧区。因此,便可确定出煤颗粒脱挥发份

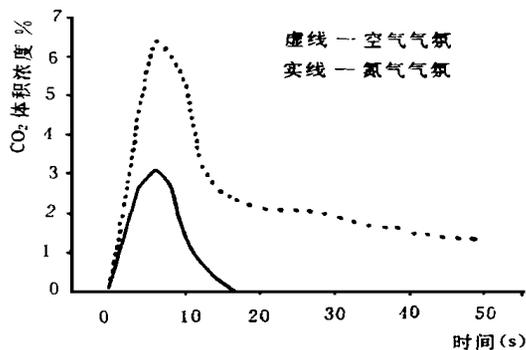


图 2 褐煤在床温 900°C 时 CO₂ 浓度随时间的变化

过程的时间。当脱挥发份过程结束时,迅速将空气切换到氮气,取出生成的焦炭,立即用氮气吹冷至室温,进行元素分析。由图 2 还可看出氮气为流化气体时,没有焦炭燃烧区,CO₂ 曲线峰值只有空气中的 50% 左右,且两者脱挥发份时间大致一样。

3 结果与讨论

3.1 床温的影响

随着床温的升高,由图 3 可见,两种煤的 G H N 留在煤焦中的份额均下降,但变化规律各有不同,G N 的大部分(超过 70%)在床温 700°C 时,留在焦中,H 的大部分(约 70%)已随挥发份析出。当床温由 700°C 上升到 900°C 时,两种焦的 C 的份额下降并不剧烈,说明在床温低于 700°C 时,含 C 的挥发份已大部分释放,N 在煤中主要以比较稳定的芳香环结构(吡啶、吡咯)存在,它的释放主要在环结构破裂以后^[3],由文献[3]含 N 基团的裂解温度为 500°C ~ 700°C,由图可见,在 700°C 时,两种煤焦中 N 的份额分别为 93%、70%,当床温由 700°C 上升到 900°C 时,芳香环分解加剧,N 的释放显著,焦中的 N 份额分别下降到 65%、55%;当床温由 700°C 上升到 900°C 时,两种焦中残留的 H 的份额减少到 10% 左右,已有 90% 挥发出去,这可能是由于 H 在煤中的结构主要以分子量较小的烷烃、羟基形式存在,并处于芳香环结构的支链上^[6],受热后支链易脱离环结构析出。

3.2 煤种的影响

由图 3 看出,在其它条件相同时,褐煤的 G N 元

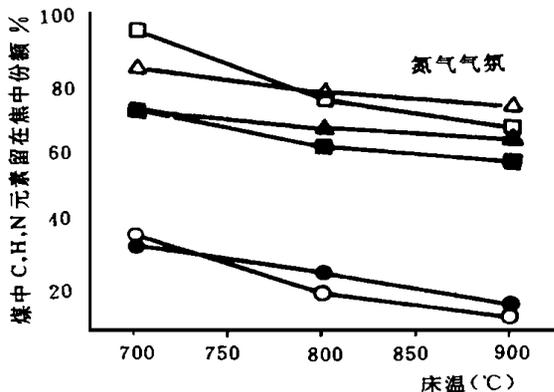


图 3 床温,煤种对 G H N 在焦炭中残留份额的影响

▲ - G ○ - H □ - N 空心符 - 无烟煤 实心符 - 褐煤

素留在焦中的份额分别低于无烟煤,H 份额的变化则基本相同,这是由于 C 在煤中主要以稳定的芳香环结构存在^[6],数个环在一起构成芳香环簇,簇与簇之间通过脂肪键或异原子脂肪键连接,随着煤级别(含 C 量增加)升高,每个簇所含芳香环平均数增

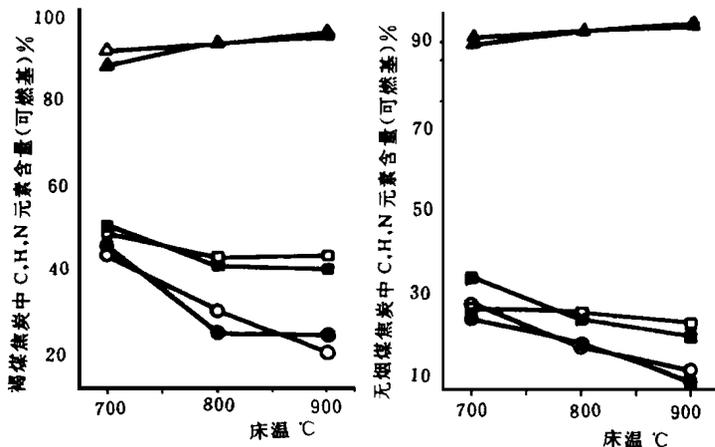


图 4 气氛对焦炭中 G H N 元素含量(可燃基)的影响

▲ - G ○ - H □ - N 空心符 - 氮气气氛 实心符 - 空气气氛

加^[7],所以在同一条件下,级别高的煤释 C 量减少;N 的主要结构为吡啶和吡咯,随煤级别升高,以吡啶和吡咯存在的 N 元素份额增加,N 的存在较稳定,由此无烟煤释 N 量小于褐煤;H 在煤中以小分子基团形式位于环结构支链上,受热后易于析出,所以 H 的析出份额基本不受煤种影响。

3.3 气氛的影响

在其它条件不变时,两种煤在空气气氛下脱挥发份,G H N 留在焦炭中的份额与图 3 给出在氮气气氛下的数值基本一致,本文在图 4 中比较相应于

两种气氛下的焦炭中 C H N元素含量(可燃基),图4表明,气氛的影响是不明显的,我们可认为,无论在氮气中还是在空气中脱挥发份,并不影响两种煤 C H N随挥发份析出份额,及在焦炭中的含量(可燃基),在两种气氛下生成相似的焦炭。通常认为,在空气中,挥发份放出、燃烧,释放热量(氮气中挥发份不燃烧),会传递给煤颗粒,导致空气中的煤颗粒温度会高于氮气中的煤颗粒温度,C H N元素的析出量也相应增加。Zhang et. al^[8]发现尽管挥发份燃烧放出热量,但煤颗粒温度在两种气氛中并没有显著差异。这是因为,(1)挥发份析出速率非常快,以致在煤颗粒表面不可能立即被氧化,同时挥发份在煤颗粒周围迅速构成一个富燃区,阻止氧向煤颗粒表面扩散,使煤颗粒不被氧化,直到脱挥发份过程临近结束,挥发份析出速率减慢,这时挥发份在煤颗粒表面的氧化才发生,(2)挥发份析出后远离煤颗粒,不在颗粒相中而在气泡相或流化床顶部空间燃烧,放出热量并不对颗粒温度产生很大影响^[9]。由此,气氛并不影响煤中 C H N元素的析出份额。

4 结论

(1) 在本实验温度范围(700°C ~ 900°C),褐煤和无烟煤的 C N元素大部分保留在生成的焦炭中,

H元素的绝大部分随挥发份析出;但随床温升高,三种元素留在焦炭中的份额递减

(2) 级别较高的无烟煤,在脱挥发份条件相同时,C N元素留在焦炭中的份额较之级别较低的褐煤高,H元素的份额基本相同

(3) 气氛(空气或氮气)对两种煤 C H N元素释放份额基本无影响,每种煤相应于两种气氛下生成的焦炭中 C H N元素含量(可燃基)基本一致

参考文献

- 1 Anthony D B and Howard J B. A. I. Ch. E. J. 1976, 22 625.
- 2 Saxena S C. Prog. Ener. Combust. Sci. 1990, 16 55.
- 3 Pohl J H and Sarafim A F. 16th Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsbergh, 1977 491.
- 4 Solomn P R and Colket M B. Fuel, 1988, 57 749.
- 5 Banmann Hand Moller P. 1991, Erdöl, Erdgas u. Kohle 44 (1): 29~ 33.
- 6 Martin I. Gorbay Fuel 1994, 73 1819.
- 7 Mentser M, Donnell, H J O, Ergun S and Friedel R A. Ame. Chem. Soc, adv4. Chem, Ser. 1974, (131): 1.
- 8 Zhang J Q, Becker H A. and Code R K. Can. J. Chem. Eng. 1990(68): 1010
- 9 Dennis J S, Hayhurst A N and Mackley I G. 19th Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute, Pittsburgh, 1982 120.

(渠源 编辑)

新机组

新型的 RB211型燃气轮机

据“Gas Turbine World”1998年3-4月号报道,Cooper Rolls公司正在研制一种新型功率加大的Coberra 6000系列燃气轮机供机械驱动和与石油/天然气有关的电力生产应用。

Cooper Rolls燃气轮机使用改进的RB211燃气发生器和新的RT61动力涡轮。额定输出功率为31.8 MW,热效率为40%+的该型燃机将满足用户,诸如电力生产,浮动生产、储存和卸油(FPSO)船和半潜式生产装置日益增加的对更大功率的需求。

Coberra 6761(R-R RB211)是平行进行的二个协调研制计划的产物,一个计划致力于改进RB211燃气发生器,另一个致力于研制Cooper能源服务公司新的三级动力涡轮。RB211的关键部件是增加流量的低压压气机和引入最新的航空Trent 800的高效率的高压压气机。三级动力涡轮的一个重要特点是模块式设计,具有五个容易分开的组件,以便减少维护时的停机时间并节省劳动力。

新型的Coberra 6761将于1999年可供应用。

(思娟 供稿)

Yiqin // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power). - 1998, 13(6). - 415~ 417

To fully utilize the low-temperature exergy of liquid hydrogen, installed additionally in a hydrogen energy-based gas turbine cycle is an air precooler and hydrogen turbine. Such a cycle enjoys a significant enhancement in specific power, thermal efficiency and exergy efficiency as compared with a simple cycle gas turbine. A thermodynamic analysis of the liquid hydrogen-gas power cycle is conducted and the latter's superior power performance predicted. Key words hydrogen energy-based gas turbine cycle, low-temperature exergy, thermal efficiency, analysis

管内复合强化传热技术及机理分析 = **In-tube Combination Intensified Heat Transfer Technology and An Analysis of its Mechanism** [刊, 中] / Gao Xiaotao (Jiangsu Provincial Electric Power Test & Research Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power). - 1998, 13(6). - 418~ 420

With respect to in-tube intensified heat transfer and combination intensified heat transfer technology presented in this paper is an analysis of resistance and heat transfer characteristics under turbulent flow conditions. Experimental research results of several kinds of combination intensified heat transfer techniques are also given. It is pointed out that the insertion of a partial tube length twisted tape with a counter rotation in a spiral-corrugated tube can be regarded as a highly effective combination intensified heat transfer technique. Key words intensified heat transfer, combination intensified heat transfer, spiral-corrugated tube, twisted tape

碳钢-水热虹吸管内部强化传热机理研究 = **A Study of the Internal Intensified Heat transfer Mechanism of a Carbon Steel-Water Thermosyphon Pipe** [刊, 中] / Sun Shimei (Jiling Chemical Engineering Institute) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power). - 1998, 13(6). - 421~ 423

On the theoretical basis of a microlayer evaporation model an analysis is conducted of the intensified boiling heat transfer mechanism of thermosyphon pipe with an internally installed shunt tube structure. Set up is an internal boiling heat transfer model for a shunt tube intensified thermosyphon pipe. In addition, seven different kinds of perforated shunt tube structure have been selected for comparison with smooth tubes and for experimental study in order to seek an optimum shunt tube structure. A huge amount of experimental data is synthesized to establish a dimensionless number equation for intensified boiling heat transfer. Key words shunt tube, intensified boiling heat transfer, heat transfer model

煤颗粒流化床脱挥发份的实验研究 = **An Experimental Study of the Devolatilization of a Coal Particle Fluidized Bed** [刊, 中] / Zheng Shouzhong, Zeng Dong, Cai Song (Southeastern University) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power). - 1998, 13(6). - 424~ 426

A devolatilization test of coal particles was conducted on a small-sized fluidized bed test rig. Studied is the effect of bed layer temperature, coal type, ambient atmosphere and other factors on the changing behavior of such elements as C, H and N in the coal in the course of devolatilization. Key words coal fluidized bed, devolatilization

里克型脉动燃烧技术工程化应用实验研究 = **Experimental Research of Rijke Type Pulsating Combustion Technology and Its Engineering Applications** [刊, 中] / Zhong Yingjie, Chen Fulian, Shi Zhuling, et al (Zhe-