

# 利用热天平快速测定煤的工业分析

朱群益 赵广播 黄怡珉 陈崇枢 于洪彬

(哈尔滨工业大学)

[摘要]本文分析了利用TG法进行煤的工业分析测定的可能性,给出了试验条件和试验结果,发现TG法与标准方法所得的工业分析数据吻合较好。

关键词 热天平 热重法 煤的工业分析

分类号 TQ533

## 1 引言

目前,热分析技术被广泛应用于煤的热解特性的研究。所谓热分析技术,指在可控制温度程序下,测量样品物理性质的变化与加热过程中温度变化的函数关系;其中的热重法(简称TG法),是在一定的加热条件下,连续测量出样品的重量变化与温度(或时间)的关系。因此,TG法可用来进行煤的工业分析<sup>[1,2,3]</sup>。但TG法试验条件与我国煤的工业分析标准方法中所规定的试验条件不同<sup>[4]</sup>,这就需要选用合适的试验条件。由文献[1,2,3]可见,采用的升温程序较复杂,所需的时间较长或TG法与标准方法所得的数据偏差较大。本文采用RIGAKU 8150型热天平,对采用TG法进行煤的工业分析做了一些试验研究,以期使所得的分析数据在标准方法所规定的误差范围内,用较短的时间完成煤的工业分析。

## 2 试验条件的确定及试验结果

试验中采用煤样均为分析基,煤样的采取和制备按标准方法进行。试验条件的确定参考标准方法所规定的试验条件。

测定分析基水份 $W^f$ 时,以某一升温速率 $a$ (C/min)升温至110℃,在此温度下恒温一段时间,由试验可知,当恒温时间大于5分钟时,所得 $W^f$ 值不变;但当恒温时间小于3分钟时,发现 $W^f$ 值有所变化,此时所得 $W^f$ 值与标准方法所得值的差大于规定的误差范围。因此,测定 $W^f$ 时的恒温时间取为5分钟。

挥发分析出量的大小,主要与煤样的最终温度及恒温时间有关,而升温速率的影响较小。在标准方法中,挥发份测定是将煤样放入预先加热到 $900 \pm 10$ ℃的马弗炉中加热7分钟,可见煤样恒温时间小于7分钟。因此,本文中测定挥发份含量时,在煤样温度为110℃基础上继续以测定 $W^f$ 时相同的升温速率升温至900℃,并在该温度下恒温4分钟。

测固定碳 $C^f$ 含量。当挥发份测定结束时,

收稿日期 1992 12 08 修改定稿 1992 12 17

本文联系人 朱群益 男 31 副教授 150006 哈尔滨工业大学动力系

切断氮气(N<sub>2</sub>),通氧气(O<sub>2</sub>),在纯氧气氛中,温度为 900 C 下恒温灼烧 5 分钟后,C<sub>f</sub> 值不变。因此,灼烧时间取为 5 分钟。

本文中,采用三档升温速率  $a = 100, 150, 200 \text{ C/min}$ 。

综上所述,试验条件如表 1。

试验中,煤样粒度: 200 ~ 400 目

试样重量: 10 ~ 20 mg

气体流量: N<sub>2</sub>: 90 ~ 100 ml/min

O<sub>2</sub>: 90 ~ 100 ml/min。

试验中气氛流动系统如图 1 所示。

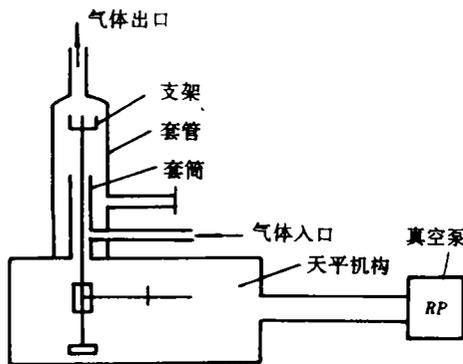


图 1 气氛流动系统

表 1 试验条件

通气条件	升 温 程 序	数 值
通氮气 (N <sub>2</sub> )	试验开始温度 (C)	15
	升温速率 (C/min)	100, 150, 200
	第一次恒温温度 (C)	110
	第一次恒温时间 (min)	5
	得分析基水份 W <sup>r</sup>	
	继续以选定的升温速率升温至	900
通氧气 (O <sub>2</sub> )	第二次恒温温度 (C)	900
	第二次恒温时间 (min)	4
	得分析基挥发份 V <sup>r</sup>	
	切换气体,并在 900 C 下恒温灼烧 5 分钟得分析基固定碳 C <sub>f</sub>	

对不同升温速率  $a$  配以表 1 给出的试验条件,得试验数据,如表 3 所示。表 2 为各煤样按标准方法所得的工业分析值。表 4 为同一煤样应用 TG 法所得的重复性试验结果。可见, TG 法所得值与标准方法所得值吻合较好,且其重复性也较好。图 2 为升温速率  $a = 100 \text{ C/min}$  时的 TG 曲线。

表 2 标准方法工业分析结果

工业分析 煤样	W <sup>r</sup> (%)	V <sup>r</sup> (%)	C <sub>f</sub> (%)	A <sup>r</sup> (%)
开封	1.10	11.18	66.37	21.35
大同	2.82	27.46	59.18	10.54
首阳山	5.76	25.78	35.32	33.14
梅河口	6.70	41.23	40.63	11.44
煤样 5	1.32	18.91	39.52	40.25
煤样 6	1.16	20.64	45.21	32.99

表中:  $C_f = 100 - (W^r + A^r + V^r)$

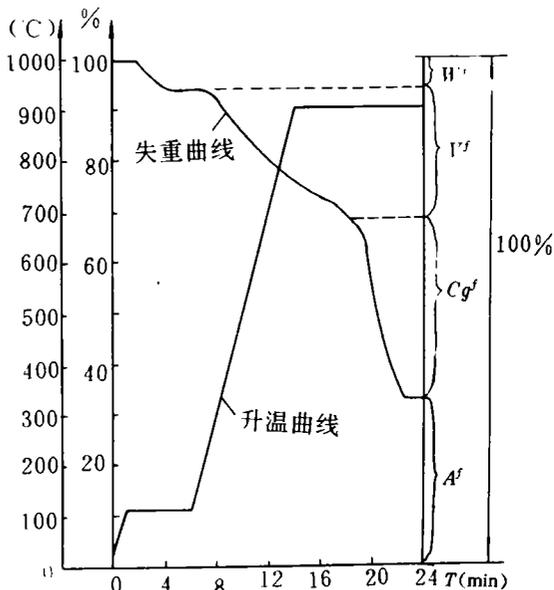


图 2  $a = 100 \text{ C/min}$  时 TG 曲线

表3 TG法分析结果

工业分析 升温速率 C/min 煤样	W' (%)			V' (%)			C <sub>g</sub> ' (%)			A' (%)		
	100	150	200	100	150	200	100	150	200	100	150	200
开封	1.21			11.05			66.14			21.60		
大同		2.75		28.10*			58.71			10.44		
首阳山			5.68			25.51			35.31			33.5
梅河口	6.56			41.70			40.54			11.20*		
煤样5	1.5			19.00			39.44			40.06		
煤样6			1.32			20.85			45.07			32.76

注“\*”为超出标准方法所规定的误差范围

表4 重复性试验结果( $\alpha = 100$  C/min)

工业分析 开封煤	W' (%)	V' (%)	C <sub>g</sub> ' (%)	A' (%)
第1次	1.21	11.05	66.14	21.60
第2次	1.25	11.08	66.27	21.40
第3次	1.05	11.09	66.56	21.30
第4次	1.15	11.25	66.25	21.35

### 3 试验中的注意事项

3.1 在测量 W'、V' 时应严格控制煤样终温。由于加热元件的热惯性,使得煤样终温偏离程序设计的温度。例如,在测量 W' 时,程序设计温度为 110 C 时开始恒温,但实际上,恒温时显示器显示的煤样温度已超过 110 C,且升温速率越大,其偏离值越大。表 1 中给出的终温是指煤样实际温度值,因此,程序设计时,其恒温温度应根据不同  $\alpha$  值,应适当低于表 1 中给出的煤样恒温温度值。试验发现,煤样恒温温度值的变化是试验数据产生偏差的一个重要因素,测定 V' 时,尤为如此。

3.2 试验前应抽真空,除去石英套管及天平机构中的空气。

3.3 试样量最好为坩埚体积的 (60 ~ 80)%。对高挥发份煤,装填的试样量宜少些,以防在较高升温速率下,由于挥发份快速析出而发生试样飞溅出坩埚。

3.4 应严格控制气体流量。气体流量越大, TG 基线飘移越大<sup>[5]</sup>。本文在室温、空载下(坩埚中不装煤样),当气体流量达 200 ml/min 时,产生的虚假失重达 0.1 mg,但当气体流量小于 100 ml/min 时,虚假失重量小于 0.005 mg。因此本试验中气体流量取为 90 ~ 100 ml/min。

### 4 结论

利用 TG 法可以进行煤的工业分析测定,结果较准确,并可在记录仪或绘图仪上记录或绘出煤样失重曲线和全部工业分析结果,省时省力。

本文作者准备对更多的煤样进行测定,以确定本文试验条件的通用性。

## 参 考 文 献

- 1 李炳熙. 利用热分析技术研究褐煤的热能及燃烧. 哈尔滨工业大学硕士论文, 1984
- 2 Richard L. Rapid characterization of coal by thermogravimetric and scanning calorimetric analysis. Paper presented at the 28th pittsburgh conference in Cleveland, Ohio.

- March, 1977
- 3 Bryers. R W. Bryers. Fuel evaluation using differential thermal techniques. Paper presented at the international coal utilization conference and exhibition. Haysston, Texas, Oct. 1978. 17~19
- 4 煤碳科学研究所. 煤碳化验手册. 煤碳工业出版社, 1981
- 5 宋鸿恩. 热天平. 计量出版社, 1985

## 新型机组

## M7A—01 型燃气轮机

据“Diesel & Gas Turbine Worldwide”1993年4月号报道,日本川崎重工业公司正计划以引入6 MW的M7A—01型燃气轮机扩大其燃机生产线。此种新型单轴燃机是基于川崎公司燃机制造的大量经验,但是使用了更类似于较大的重型燃机设计思想,具有高的简单循环效率,新型的M7A—01燃机特别适用于联合生产应用。

自1977年把其第一台燃气轮发电机组推向市场作为应急使用机组以来,川崎公司已生产了3000多台燃机,这些燃机输出功率最大达4 MW。新型的M7A—01燃机理所当然是上述功率范围的延伸,但是,其设计结合了一些不同的特点。例如,此型燃机使用了轴流式压气机,而不是离心式压气机,用6—管环式燃烧室代替单管式燃烧室并采用水平中分机匣。这些和其它特性的组合,明显增加了输出功率和热效率,使得M7A—01设计十分适用于联合生产系统。在ISO条件下,该燃机额定输出功率为5970 kW,热耗率为11.8 MJ/(kWh),相当于简单循环热效率为30.5%。压气机为12级轴流式设计,压比为12.7。使用了宽弦长叶片,以便提高耐腐蚀/腐蚀性和叶片强度并改进气动特性。第一级使用了在高进口马赫数下具有优良性能的双圆弧叶片,后面各级均使用轴流式压气机通常使用的NACA65系列叶片。前四级压气机装有可转导叶;并通过最后级出口进行放气,以便在起动时提供足够的喘振裕度。在连续运行时,也可以根据负荷改变导叶的角度以保持高的运行效率。

燃烧室被设计成具有6个火焰筒的管环式燃烧室,借助于缩短通到涡轮入口的过渡段的长度,减少了该段所需要的冷却空气量。结果,尽管相当高的1175 C涡轮进口温度,仍可使火焰温度降低,并使NO<sub>x</sub>排放保持在低的量级。

涡轮部分是具有高设计效率的4级轴流式设计。第一级和第二级动叶和静叶均使用先进的航空燃气轮机冷却技术,以便满足涡轮进口温度的要求。为了提高涡轮效率,叶片顶部使用了耐磨损的密封技术,该技术是基于航空和工业燃气轮机制造的长期经验而开发的。

转子轴承系统包括2个径向轴承和1个在压气机一侧的推力轴承。所有这些轴承都是可倾瓦式的套筒轴承,它们能有效地减少振动并承受高的负荷。

燃气轮机改进的结构包括水平中分机匣和可拆开的燃烧室,以便于现场维护和检查。高温部分还开有孔探仪检查孔。

涡轮部分和其它高温部件的大修间隔为30 000小时。涡轮排气温度为550 C,此较高的温度将有利于提高余热锅炉的效率。

M7A—01燃机的第一台样机已于1991年完成,并在川崎公司的明石工厂进行了试验,以验证其设计性能。第二台样机目前正在运行,生产型预期在1994年后期可供商业应用。

(学牛供稿)

cessed were the heat transfer data of the high-pressure two-phase steam/water flow in  $\Phi 32 \times 3$  mm slightly inclined tubes and satisfactory results have been obtained. **Key words:** *temperature field, source item, two-phase flow, heat release factor, boundary conditions, model*

- (98) **Numerical Simulation of Water Film Flow on a Rotating Plate** ..... Li Xuelai (*Harbin Marine Boiler & Turbine Research Institute*)

A numerical simulation is conducted of water film flows on a steam flow-swept rotating plate. The speed distribution of such water film flows has been determined along with the water film thickness distribution variation relationship. **Key words:** *rotating plate, water film, steam turbine, wetness removal*

- (104) **An Investigation of Built-up Laminated Sheet Characteristics under the Condition of Transverse Displacements** ..... Wang Xinfeng, Fang Honghui (*Nanjing Aeronautical Institute*)

By the use of Hellinger-Reissner variation functional the authors present a hybrid single-element model of multi-layer thin sheets and have made an analytical computation of the characteristics of built-up laminated sheets based on the use of hybrid single elements in the presence of transverse displacements. The correctness of the computation method has been corroborated by experiments. **Key words:** *built-up laminated sheet, hybrid single element, stress, calculation*

- (111) **An Exploratory Investigation of the Computer-Based Control of Utility Coal-Fired Boiler Furnace Combustion** ..... Zhou Huaichun, Han Caiyuan (*Key National Laboratory for Coal Combustion Research at Central China Polytechnical University*)

In this paper is discussed the problem concerning the coal-firing system computer-based control for utility coal-fired boilers through the use of conventional control techniques. The authors focus on the following aspects: simulation research approaches, proper PID parameter setting method, the compensation of measurable internal perturbation by the fuel control loop, the treatment of nonlinear fan regulation valve in the air flow rate control loop. Some new understanding as regards a new type of combustion control mode is also presented. **Key words:** *boiler, combustion control, computer applications*

- (117) **Rapid Determination of Coal's Proximate Analysis with the Help of a Thermogravimetric Method** ..... Zhu Qunyi, Zhao Guangbo, Huang Yimin, Chen Chongsu, Yu Hongbin (*Harbin Institute of Technology*)

The authors explore the possibility of determining coal's proximate analysis with the aid of thermogravimetric method and present the test conditions and results. It is found that the results of proximate analysis based on the TG method are in good agreement with those obtained with a standard method. **Key words:** *thermal balance, thermogravimetric method, coal's proximate analysis*

- (121) **The Finite-Time Thermodynamic Performance of Heat Pump Plants with the Heat Leak Effect being Taken into Account** ..... Chen Lingen, Sun Fengrui, Chen Wenzhen (*Wuhan Naval Academy of Engineering*)