

CO₂ 气氛下劣质煤气化及动力学特性实验研究

张 力 彭 锦 杨仲卿

(重庆大学 动力工程学院 低品位能源利用技术及系统教育部重点实验室 重庆 400030)

摘 要: 利用综合热分析仪以非等温热重法研究了升温速率及粒径对于两种劣质煤粉在 CO₂ 气氛下气化反应特性的影响规律,考察了灰分对于两种劣质煤气化反应性的影响,并采用均相反应模型(HM),利用 Freeman - Carroll 法计算拟合得到各条件下气化反应动力学参数。结果表明:两种劣质煤 CO₂ 气化反应级数都是 1.0 级。反应条件对两种煤样的反应活化能产生了相似的影响:CO₂ 气氛下,在 900 ~ 1 300 °C 的样品气化反应区间,当其它条件不变时,随着煤样粒径由 150 ~ 400 μm 减小到 0 ~ 75 μm,两种劣质煤样表观活化能呈明显下降趋势;而随着升温速率由 30 °C/min 降至 10 °C/min,两种煤样反应活化能则在上升。在不同样品粒径及升温速率下,两种煤粉的气化活化能和对应的指前因子之间存在着动力学补偿效应。

关 键 词: 二氧化碳气氛;劣质煤;气化反应;热重;动力学
中图分类号: O642 文献标识码: A

引 言

煤炭热解气化是煤洁净利用的核心技术。近年来,煤气化技术已应用于各种工业领域。随着整体煤气化联合循环发电系统(IGCC)技术的大力发展,煤气化工艺受到越来越多的关注。气化介质,是煤气化反应的关键,对于煤气化过程有着重要的影响。以 CO₂ 作为气化剂进行煤炭气化,其本质是高温下 CO₂ 与煤发生还原反应生成 CO 的过程。这种气化反应的单一性使得煤炭气化反应动力学考察与测定更为简单与准确^[1~2],同时 CO₂ 是作为循环煤气的重要组分之一,煤炭 CO₂ 气化特性参数被普遍用作煤气化反应性的评价指标^[3~4]。热重法在研究煤的气化反应性能方面已有广泛应用,国内外采用热重法对劣质煤粉在 CO₂ 气氛下气化特性的研究及动力学分析则较少。本研究主要针对高灰分低热值劣质煤,研究不同升温速率及煤样粒径对劣质煤样气化特性的影响,并利用 Freeman - Carroll 法计算拟合

得到各条件下气化反应动力学参数^[8],为煤气化相关工程应用提供理论依据。

1 实验部分

实验在德国耐驰公司的 STA409PC 综合热分析仪上进行。仪器温度范围:室温 ~ 1 550 °C,升温速率范围 0.1 ~ 50 K/min。采样热分析程序为:设置初始测量温度为 40 °C,分别在 10、20 和 30 °C/min 的升温速率下升至终温 1 400 °C。实验过程中以高纯 N₂ 为保护气,N₂ 流量 20 mL/min;以纯度为 99.9% CO₂ 为载气,CO₂ 流量为 60 mL/min。每次实验加入样品质量约为 10 mg。所有失重数据均用相同操作条件下的基线实验进行校正。实验选用南桐劣质煤(NT)和松藻劣质煤(SZ),样品选取 3 种不同粒径范围,即:0 ~ 75 μm,75 ~ 150 μm,150 ~ 400 μm。煤灰样品是先将煤灰混合物破碎筛选出粒度在 200 μm 以下的试验粒样,然后在马弗炉 850 °C 下恒温 1 h 后冷却研磨制得。实验煤样的工业分析如表 1 所示。

表 1 煤样的工业分析(% ,wt)
Tab. 1 Industrial analysis of coal samples

	M _{ad}	V _{ad}	A _{ad}	FC _{ad}
NT 煤	6.90	7.53	36.09	49.48
SZ 煤	7.30	14.25	36.47	41.98

2 结果与讨论

2.1 不同煤种对比

不同煤种的气化反应性有着显著的差别^[3]。煤的成份组成直接影响着煤气化反应活性的高低,劣质煤同样如此。CO₂ 气氛下、粒径为 75 ~ 150 μm

收稿日期:2011 - 06 - 20; 修订日期:2011 - 09 - 05
基金项目:重庆市自然科学基金重点资助项目(2009BA6067)
作者简介:张 力(1956 -)男,重庆人,重庆大学教授。

的南桐劣质煤样和松藻劣质煤样在升温速率为 20 °C/min 时的 TG、DTG 曲线如图 1 和图 2 所示。

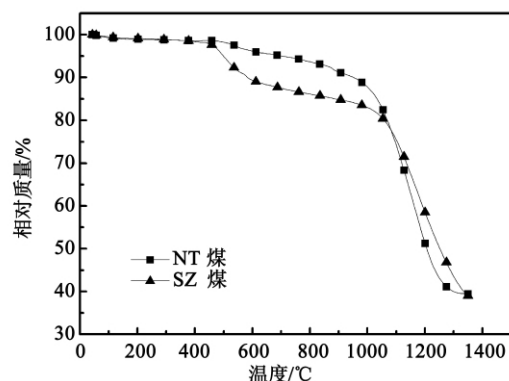


图 1 不同煤样热重实验 TG 曲线

Fig. 1 TG curves of various coal samples obtained in a thermogravimetric test

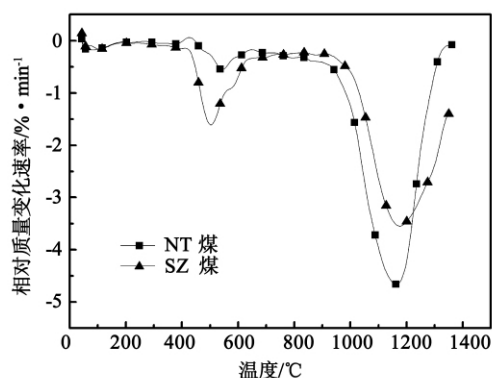


图 2 不同煤样热重实验 DTG 曲线

Fig. 2 DTG curves of various coal samples obtained in a thermogravimetric test

从图 2 中可以发现,两种劣质煤样均在 800 °C 之前出现热解脱水峰和脱挥发分气体产生的失重峰,热解最大失重温度在 500 °C 左右,相比之下 SZ 煤稍低于 NT 煤。尽管此过程中有气化剂 CO₂ 的加入,但由于温度较低,CO₂ 并不与煤样发生气化反应。但当温度接近 900 °C 并继续升高时,两种煤样的气化失重峰开始形成,失重量和失重速率均开始显著增大。两种煤样均在 1 100 ~ 1 200 °C 区间内达到最大失重速率。对比两种煤样,低温热解阶段, SZ 煤挥发分含量高,因而其失重峰高且陡,失重速率较 NT 煤更高,失重量更大;而高温气化阶段,两种煤出现类似的规律,但在反应进行的程度上略有不同。NT 煤气化 DTG 曲线要比 SZ 煤略靠近低温区,但明显陡于 SZ 煤,说明其反应速率更快。

2.2 不同粒径的影响

采用 20 °C/min 升温速率时不同煤粉粒径下两种劣质煤 CO₂ 气化反应 TG 及 DTG 曲线如图 3 所示,由图可以看出,在低温热解反应区(室温到 800 °C 左右),3 种粒径煤样 TG 曲线重合度较高,说明了粒径对于两种煤样热解的影响较小;而在高温气化反应区(900 ~ 1 400 °C 左右),两种劣质煤气化反应速率都是随煤样粒径的减小而明显增大,煤样粒径的增大也导致了煤样碳转化率的降低。

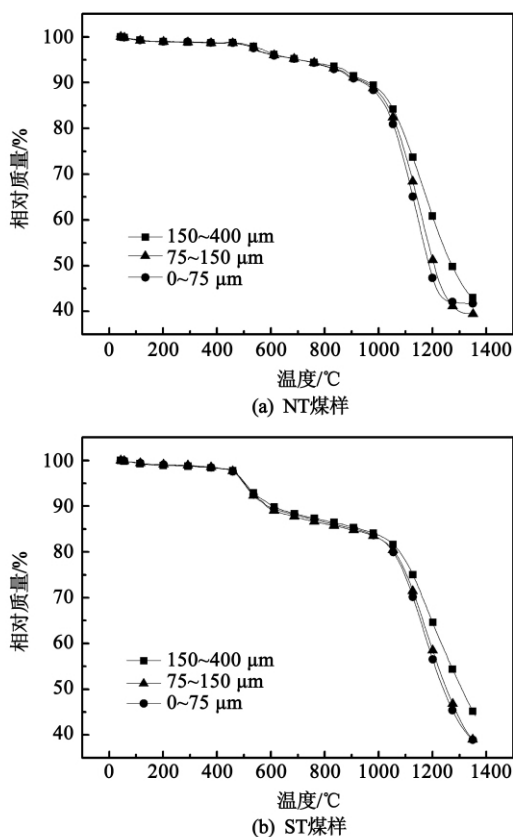


图 3 两种煤在不同粒径下的 TG 曲线

Fig. 3 TG curves of coal in two ranks at different particle sizes

从图 4 可以发现,随着煤样粒径的减小,两种煤样的 DTG 曲线峰是在向低温区偏移的,最大失重温度都在 1 100 ~ 1 200 °C 区间内。同时,两种煤样最大失重温度 $T_{\max}$ 均降低,最大失重速率 $(dw/dt)_{\max}$ 及平均失重率 $(dw/dt)_{\text{mean}}$ 则增大。对于 NT 煤,150 ~ 400 μm 粒径范围下, $T_{\max}$ 为 1 166 °C, $(dw/dt)_{\max}$ 为 3.56%/min,而在 0 ~ 75 μm 粒径范围下, $T_{\max}$ 为 1 146 °C, $(dw/dt)_{\max}$ 则达到了 5.06%/min。SZ 煤的这些气化特性参数也呈同样变化趋势。这也说明

减小煤样粒径可有效地改善劣质煤样气化分解速率,缩短气化反应时间,提升反应活性。其主要原因在于,小粒径煤样更大的比表面积有利于气化反应的进行^[5]。同时,粒径越小,CO₂向煤样颗粒内部的扩散更有效,热量传递热阻也更小,传热传质效率更高。

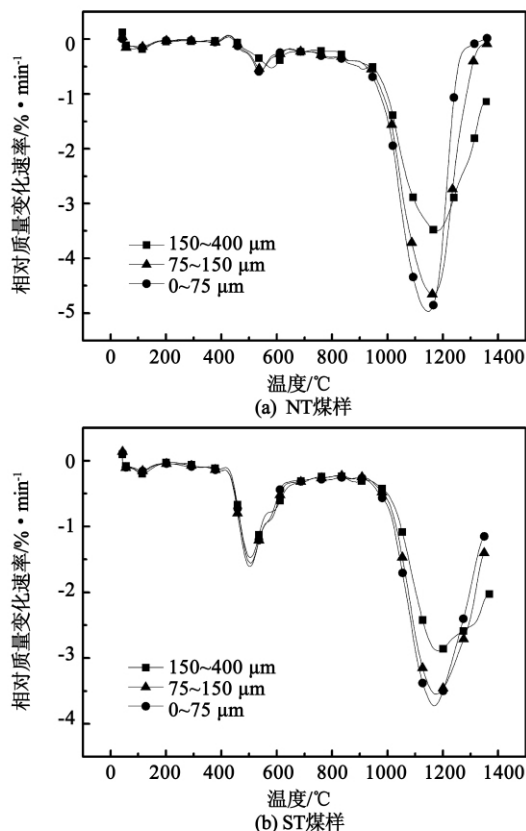


图4 两种煤在不同粒径下的DTG曲线

Fig. 4 DTG curves of coal in two ranks at different particle sizes

2.3 不同升温速率的影响

在10、20、30 °C/min升温速率下粒径范围在75~150 μm的两种劣质煤CO₂气化特性曲线如图5所示。可以看出,在低温热解反应区,升温速率对于两种煤样热解产生了一定的影响。对于NT煤,由于其本身挥发分含量低,热解失重小,因而升温速率的变化对其热解过程的影响并不明显;而对于SZ煤,其挥发分含量较高,热解阶段失重明显,升温速率对其热解过程产生了一定的影响。随着升温速率提高,SZ煤的热解失重速率有所加快;在高温气化反应区,随着升温速率的提升,两种煤样气化转化率均降低,主要原因是在于煤样随升温速率的升高而

使气化停留时间缩短^[6~7]。图6为两种煤样在3种不同升温速率下热解气化DTG曲线。随升温速率的提升,两种煤样气化失重峰均向高温区偏移,最大失重温度、最大失重速率、平均失重率均有所升高,气化失重速率也均随着升温速率的升高而有了明显的加快。对于75~150 μm粒径的NT煤,随着升温速率由10 °C/min升到30 °C/min,气化反应的最大失重温度 $T_{\max}$ 由1103 °C提高到1212 °C,升幅超过100 °C;最大失重速率 $(dw/dt)_{\max}$ 也由3.01 %/min升至6.10 %/min,涨幅明显。同样,SZ煤的这些气化特性参数也呈同样变化趋势。这一结果的产生主要有3个原因:(1)较高的升温速率将导致较大的热滞后现象^[11],使气化反应略有迟滞;(2)煤气化反应属于吸热反应,升温速率的提升意味着单位时间内为气化反应提供了更多的热量,这有利于气化反应的进行;(3)气化温度对于气化反应的影响显著,升温速率越高,煤样达到更高反应温度所需的时间更短,气化反应速率更快。

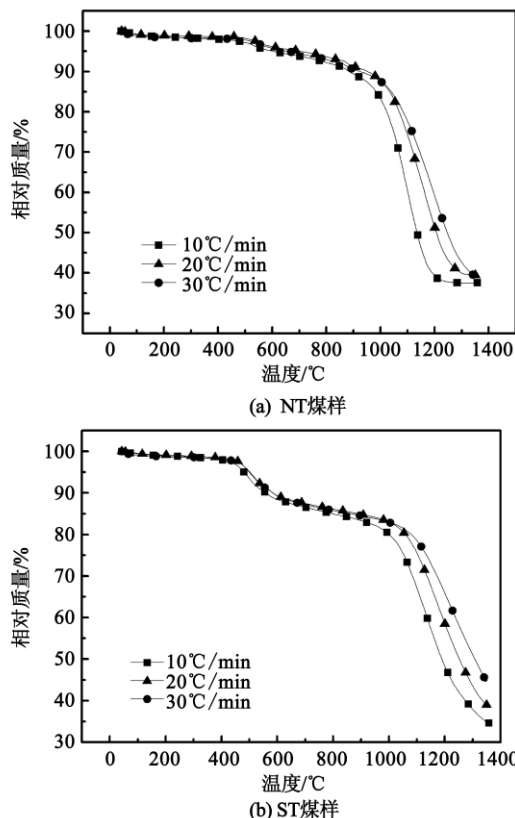


图5 两种煤在不同升温速率下的TG曲线

Fig. 5 TG curves of coal in two ranks at different temperature rise rates

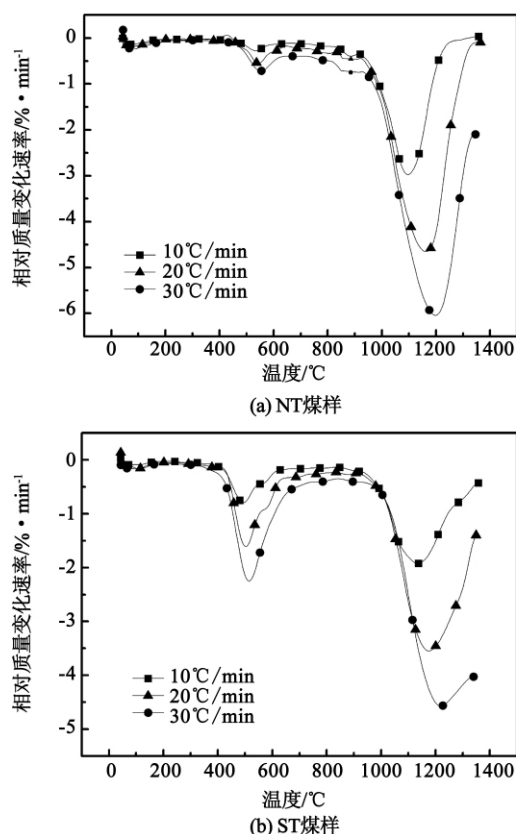


图6 两种煤在不同升温速率下的DTG曲线
Fig. 6 DTG curves of coal in two ranks at different temperature rise rates

2.4 不同灰煤比的影响

针对试验气化煤样的高灰分特性,选用了南桐煤通过不同灰煤配比进行灰煤混合CO₂气化实验,考察煤灰分对于煤粉气化特性的影响。实验采用电子分析天平对75~150 μm的NT煤粉和灼烧好的煤灰按灰煤比为1:1、1:2、2:1进行均匀混合待用。

不同灰煤比下样品TG曲线如图7所示。从图中可以发现,相同试验条件下,随着煤灰比的增加,气化终了的残余质量逐渐减小,这是由试样灰煤配比决定的。样品中灰分越高,反应残余质量也越高。在低温热解区,不同的灰煤比并没有对煤样热解产生明显的影响,这也可能是没有将灰煤混合均匀,灰煤比越低,此区间失重量越大。随着温度的升高,在高温气化反应区,部分金属盐或氧化物发生熔融、流动,使其在试样中分布更加均匀,从而使得不同灰煤比下煤样气化反应性差别逐渐明显。随着灰煤比减小,样品由于碳浓度的增加,样品失重量和失重速率显著增加。

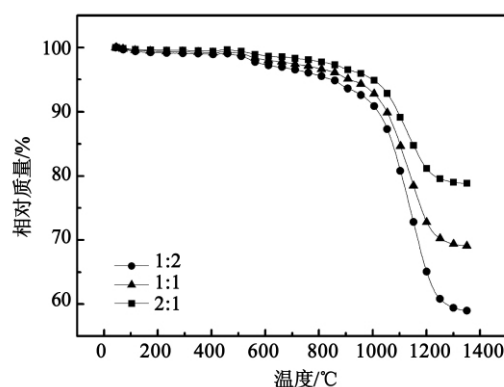


图7 NT煤不同灰煤比样品TG曲线
Fig. 7 TG curves of Nantong-originated coal sample at different ash/coal ratios

2.5 气化反应动力学分析

煤气化反应属于典型的非催化气固反应。对于此类型的反应,均相模型(HM)是最简单也是最常被采用来分析问题的模型^[8]。它假定反应发生在整个固体颗粒内,随着反应的进行,固定颗粒的尺寸并不变,但颗粒密度在均匀的变化。结合Arrhenius定律,可得煤CO₂气化简化动力学方程:

$$\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) (1-\alpha)^n \quad (1)$$

式中: A —指前因子/ min^{-1} ; E —反应活化能/ kJ/mol ; R —气体常数; T —绝对温度/ K ; α —转化率; β —升温速率。

在非等温气化热重实验中,试样在恒定的升温速率下升高温度,升温速率 $\beta = dT/dt$ 。

采用Freeman-Carroll法,将式(1)两边取自然对数并利用差减法可化为:

$$\ln\left[\frac{d\alpha}{dT} / (1-\alpha)^n\right] = \ln\frac{A}{\beta} - \frac{E}{R} \times \frac{1}{T} \quad (2)$$

为了更准确求取样品气化反应的动力学参数,需要针对高温气化反应阶段的数据进行求解计算。因此,求解过程均取计算机采集的900~1300 °C段煤CO₂气化反应原始数据。式(2)中 n 为实验煤样气化反应级数。通过先假设不同的 n ,以 $\ln\left[\frac{d\alpha}{dT} / (1-\alpha)^n\right]$ 对 $\frac{1}{T}$ 作图,当两者呈很好的线性关系时,即该线性关系的相关系数 R 最接近1时,此时对应的 n 值即可视为该反应的反应级数,同时,由此线性关系式的斜率和截距即可求出反应的表现活化能 E 。

及指前因子 A 具体求解结果如表 2 所示。

表 2 不同条件下煤样反应动力学参数

Tab.2 Reactive dynamic parameters of coal samples under different conditions

煤样	粒径/ μm	n	$E/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	A/min^{-1}	R	煤样	升温速率/ $^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$	n	$E/\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$	A/min^{-1}	R
南桐 (NT)	0~75	0.8	146	2.17×10^6	0.98	南桐 (NT)	10	0.8	164	1.33×10^7	0.97
	0~75	1.0	162	1.10×10^7	0.99		10	1.0	213	1.59×10^9	0.98
	0~75	1.2	179	5.59×10^7	0.99		10	1.2	263	1.91×10^{11}	0.98
	75~150	0.8	169	2.24×10^7	0.98		20	0.8	169	2.24×10^7	0.98
	75~150	1.0	195	2.94×10^8	0.99		20	1.0	195	2.94×10^8	0.99
	75~150	1.2	222	3.85×10^9	0.99		20	1.2	222	3.85×10^9	0.99
	150~400	0.8	187	1.51×10^8	0.98		30	0.8	156	8.43×10^6	0.99
	150~400	1.0	215	2.41×10^9	0.99		30	1.0	172	3.99×10^7	0.99
	150~400	1.2	243	3.83×10^{10}	0.99		30	1.2	188	1.89×10^8	0.99
	0~75	0.8	167	1.27×10^7	0.98		10	0.8	178	3.64×10^7	0.99
松藻 (SZ)	0~75	1.0	183	5.95×10^7	0.99	松藻 (SZ)	10	1.0	191	1.34×10^8	0.99
	0~75	1.2	198	2.79×10^8	0.99		10	1.2	205	4.95×10^8	0.99
	75~150	0.8	171	2.43×10^7	0.98		20	0.8	171	1.51×10^7	0.98
	75~150	1.0	184	9.66×10^7	0.99		20	1.0	184	6.02×10^7	0.98
	75~150	1.2	198	3.84×10^8	0.99		20	1.2	198	2.39×10^8	0.99
	150~400	0.8	173	2.03×10^7	0.98		30	0.8	141	7.85×10^5	0.97
	150~400	1.0	186	7.09×10^7	0.99		30	1.0	159	4.79×10^6	0.97
	150~400	1.2	198	2.47×10^8	0.99		30	1.2	178	2.92×10^7	0.98

通过对煤气化反应动力学参数计算结果的综合对比分析发现,南桐煤与松藻煤 CO_2 气化反应级数均接近 1,而且两种当 n 取 1 时,两种煤样反应动力学方程都表现出很好的线性相关度。不同反应条件对两种煤样的反应活化能产生了相似的影响:随着煤样粒径的减小和升温速率的提高,两种劣质煤样 CO_2 气化反应表观活化能都呈下降趋势。综合看来,松藻劣质煤活化能要低于南桐劣质煤。其原因在于南桐煤挥发分含量要更低,进行 CO_2 气化反应需要克服较高的能量壁垒^[12]。

表 3 煤样气化反应动力学补偿效应

Tab.3 Dynamic compensation effect of coal samples in gasification reaction

煤样	不同粒径拟合式	R	不同升温速率拟合式	R
南桐	$\ln A = -0.2551 + 0.09858E$	0.9995	$\ln A = 1.01804 + 0.09497E$	0.9989
松藻	$\ln A = -0.8984 + 0.103E$	0.9959	$\ln A = -0.64401 + 0.1006E$	0.9996

煤样气化反应动力学补偿效应如表 3 所示,两种煤样反应活化能与对应指前因子均存在一个变化关系:指前因子随活化能的增大而增大。随着对指

前因子 A 及反应活化能 E 的线性拟合发现, $\ln A$ 与 E 的线性关系很好,线性相关系数 R 都接近 1(在 0.99 以上),即存在动力学补偿效应^[9]。化学反应动力学补偿效应参数不受实验条件的影响,可以更好的描述反应过程。

3 结 论

(1) 900 $^{\circ}\text{C}$ 之前,两种劣质煤粉并没有与 CO_2 直接发生气化反应,当温度超过 900 $^{\circ}\text{C}$ 之后,气化反应进行的才比较剧烈。两煤样最大失重温度区间在 1 100~1 200 $^{\circ}\text{C}$ 之间。

(2) 两种煤样最佳反应级数都是 1.0 级。随着样品粒径的减小和反应升温速率升高,煤样的气化反应活性也更高。

(3) 在不同样品粒径及升温速率下,两种煤粉的气化活化能和频率因子之间存在着动力学补偿效应。

(4) 随着灰煤质量比的提升,样品碳转化率和气化反应有所提升,说明煤灰对于劣质煤样在 CO_2

气氛中气化转化具有一定的催化作用。

(5) 南桐劣质煤和松藻劣质煤与 CO₂ 气化反应动力学参数相差不大,煤样粒径更小时,NT 煤活化能低于 SZ 煤,而在高升温速率条件下,NT 煤活化能则稍高。

参考文献:

- [1] 邓 剑,罗永浩,王清成,等.无烟煤二氧化碳气化反应动力学研究[J].煤炭转化,2007,30(1):10-13.
DENG Jian,LUO Yong-hao,WANG Qing-cheng,et al. Gasification reaction dynamic study of carbon dioxide produced in combustion of anthracite [J]. Coal-coke Conversion,2007,30(1):10-13.
- [2] Freund H. Gasification of carbon by CO₂: A transient kinetics experiment. Fuel[J]. 1986,65(1):63-66.
- [3] Liu Hao,Kaneko Masahiro,Kato Shigeru,et al. Gasification of seven coals in carbon dioxide at elevated temperatures and high heating rates: Unification approach of reactivity [J]. Journal of Chemical Engineering of Japan[J]. 2003,36(7):751-758.
- [4] Kajitani S,Hara S,Matsuda H. Gasification rate analysis of coal char with a pressurized drop tube furnace [J]. Fuel,2002,81:539-546.
- [5] 徐朝芬,孙路石,向 军,等.烟煤煤焦的 CO₂ 气化反应 [J]. 燃烧科学与技术,2010,16(4):347-352.
XU Chao-fen,SUN Lu-shi,XIANG Jun,et al. Carbon dioxide gasification reaction of coal coke produced by using bituminous coal [J]. Combustion Science and Technology,2010,16(4):347-352.
- [6] 李 朋,于庆波,秦 勤,等.升温速率对煤焦-CO₂ 高温气化反应性的影响 [J]. 东北大学学报(自然科学版),2010,31(9):1309-1312.
LI Peng,YU Qing-bo,QIN Qin,et al. Influence of temperature rise rate on the coal-coke-carbon dioxide high temperature gasification reaction [J]. Journal of Northeast University (Natural science edition),2010,31(9):1309-1312.
- [7] Tonbul Y,Yurdakoc K. Thermogravimetric investigation of the dehydration kinetics of KSF,KIO and turkish bentonite [J]. Turk J Chem,2001,25:333-339.
- [8] 向银花,王 洋,张建民,等.煤气化动力学模型研究 [J]. 燃料化学学报,2002,30(1):21-26.
XIANG Yin-hua,WANG Yang,ZHANG Jian-min,et al. Study of dynamic models for coal gasification [J]. Journal of Fuel Chemistry,2002,30(1):21-26.
- [9] 唐 强,王丽朋,闫云飞,等.富氧气氛下煤粉燃烧及动力学特性的实验研究 [J]. 煤炭转化,2009,32(3):55-59.
TANG Qiang,WANG Li-peng,YAN Yun-fei,et al. Experimental study of the combustion and dynamic characteristics of pulverized coal under oxygen-enrichment atmosphere [J]. Coal-coke Conversion,2009,32(3):55-59.
- [10] 李 朋,于庆波.煤焦-CO₂ 高温气化反应动力学研究(II)——程序升温法 [C]//全国能源与热工 2008 学术年会论文集,2008,571-575.
LI Peng,YU Qing-bo. Dynamic study of coal-coke-carbon dioxide high temperature gasification reaction(II)——procedure temperature rise method [C]//Proceedings of 2008 Academic Seminar of China Energy Source and Thermotechnique,2008,571-575.
- [11] 周志杰,范晓雷.非等温热重分析研究煤焦气化动力学 [J]. 煤炭学报,2006,31(2):219-222.
ZHOU Zhi-jie,FAN Xiao-lei. Analysis and study of coal coke gasification dynamics by using the non-isothermal thermogravimetric method [J]. Journal of Coal,2006,31(2):219-222.
- [12] Alejandro,Molina,Fanor Mondragon. Reactivity of coal gasification with steam and CO₂ [J]. Fuel,1998,77(15):1831-1839.

(陈 滨 编辑)

• 会 讯 •

中国航空学会第七届轻型燃气轮机学术交流会在张家界市召开

第七届“轻型燃气轮机技术学术交流会”于2012年4月25-27日在湖南张家界市召开,这是一次燃气轮机专业的学术盛会;必将对我国燃气轮机技术的发展产生深远的影响。

会议期间,海军工程大学龚建政教授作了《某型船用燃气轮机轴承疲劳寿命及系统可靠性分析》的专题报告,在分析某型燃气轮机轴承损坏故障的基础上,根据经验公式计算了累计故障概率并绘出了拟合曲线。在假定轴承寿命符合威布尔分布的前提下,采用K-S检验法验证了假设的正确性,计算了轴承平均寿命等可靠性指标并分析了该燃气轮机轴承系统的可靠性。研究结果表明,该轴承系统在燃气轮机连续运行2500小时情况下能够满足可靠性的要求,有关数据可以为该型燃气轮机的运行和维修提供参考。中航工业动力所刘太秋作了《航改燃机高低压压气机匹配技术研究》的学术研究报告,分析了航改燃机高低压压气机匹配特性,提出了一种高低压压气机匹配的设计方法,该方法可为未来各型燃机研制提供参考和借鉴。

会议期间,共宣读和交流了74篇学术论文,介绍了轻型燃气轮机专业领域的最新研究成果。

《热能动力工程》编辑部非常重视此次学术活动,特派专人参加会议,这是极好的学习机会,能够深入了解我国轻型燃气轮机技术的发展现状,同时,也是期刊为科研人员服务的良好机遇。

——编辑部——

CO₂ 气氛下劣质煤气化及动力学特性实验研究 = **Experimental Study of the Gasification and Kinetic Characteristics of Poor Quality Coal in a CO₂ Atmosphere** [刊 汉] ZHANG Li , PENG Jin , YANG Zhong-qing (Education Ministry Key Laboratory on Low Quality Energy Source Utilization Technologies and Systems , College of Power Engineering , Chongqing University , Chongqing , China , Post Code: 400030) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(3) . - 336 ~ 341

By utilizing a comprehensive thermogravimetric analyzer and using a non-isothermal thermogravimetric method , studied was the law governing the influence of the temperature rise speed and particle diameter on the gasification characteristics of poor quality coal in a CO₂ atmosphere and investigated was the influence of the ash content on the gasification reaction nature of two types of poor quality coal. Moreover , the homogeneous phase reaction model was used to obtain the kinetic parameters of the gasification reaction under various conditions through a calculation and fitting by using the Freeman-Carroll method. The calculation results show that the numbers of stages of the CO₂ gasification reaction for both types of poor quality coal are 1.0 stage. The reaction conditions have produced similar influence on their reaction activation energies. In a CO₂ atmosphere and the gasification reaction range of the samples from 900 °C to 1 300 °C , when other conditions are kept unchanged , the apparent activated energies of both types of poor quality coal sample will assume a descending tendency with a decrease of the particle diameter of the coal samples from 150 ~ 400 μm to 0 ~ 75 μm. However , the reaction activated energies of both types of poor quality coal sample will increase with a decrease of the temperature rise speed from 30 °C /min to 10 °C /min. At various particle diameters and temperature rise speeds , there exists a kinetic compensation effect between the gasification activation energies of both pulverized coal and their corresponding pre-exponential factors. **Key words:** carbon dioxide atmosphere , poor quality coal , gasification reaction , thermogravimetry , kinetics

低 NO_x 燃烧器改造后飞灰可燃物高原因分析及优化调整 = **Analysis of the Causes for a High Combustible Content of the Flying Ash After a Reconstruction of a Low NO_x Burner and Its Optimization Adjustment** [刊 汉] WANG Xiao-hua , CHEN Bao-kang , CHEN Min (Suzhou Subsidiary of Xi'an Thermotechnical Research Institute Co. Ltd. , Suzhou , China , Post Code: 215011) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2012 27(3) . - 342 ~ 349

During an overhaul period , a reconstruction of No. 2 boiler in a power plant was performed to reduce NO_x emissions of the combustion system. To adjust the boiler to its optimum operating condition , an optimization and adjustment test was performed after the reconstruction. The test results show that after the reconstruction of the burner , at a load below 320 MW and various mill combination modes , the NO_x emissions concentration can be lowered to 306 mg / Nm³ - 355 mg / Nm³ , falling down by 58.7% compared with that before the reconstruction and achieving a remarkable reconstruction effectiveness. However , due to a shifting-upward of the flame center after the reconstruction , the resi-