

文章编号: 0253-2409(2015)03-0266-07

煤灰对氨气吸附特性的实验研究

赵云龙, 杨卫娟, 周俊虎, 王智化, 刘建忠, 岑可法

(浙江大学 能源清洁利用国家重点实验室, 浙江 杭州 310027)

摘要: 选择性催化还原(SCR)和选择性非催化还原(SNCR)过程中未反应的氨被飞灰吸收,引起空预器堵灰或影响飞灰的二次利用。飞灰中的氨浓度与氨在飞灰中的吸附特性是密切相关的。以锡盟褐煤和阳泉无烟煤为研究对象,利用NH₃程序升温脱附(NH₃-TPD)技术研究了氨气的化学吸附与煤灰的矿物组成、成灰气氛、冷却速率和残炭量之间的关系。结果表明,快速冷却、还原性气氛会使煤灰中的玻璃体含量增加,促进氨的吸附;残炭表面的酸性官能团为氨提供了大量的吸附位点,使其吸附量明显超过矿物质灰样。

关键词: 煤灰; 氨气; 吸附; SCR; SNCR; 氮氧化物控制

中图分类号: TQ534 **文献标识码:** A

Experimental study on ammonia adsorption by coal ashes

ZHAO Yun-long, YANG Wei-juan,

ZHOU Jun-hu, WANG Zhi-hua, LIU Jian-zhong, CEN Ke-fa

(State Key Laboratory of Clean Energy Utilization, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Unreacted ammonia in Selective Catalytic Reduction (SCR) and Selective Non-catalytic Reduction (SNCR) technology may be adsorbed by fly ash and lead to ash blocking in the air preheater or hindering the secondary utilization of ash. Ammonia adsorption by fly ash may have a close relationship to the concentration of ammonia in flue gas. Regarding Ximeng lignite and Yangquan anthracite as the subjects investigated, NH₃ Temperature-programmed Desorption (NH₃-TPD) was utilized to study the relationship between ammonia chemical adsorption and mineral composition of the ash, the atmosphere of ash production, cooling rate of ash as well as the amount of residual carbon in the ash. The results show that rapid cooling and reduction atmosphere could increase the amount of amorphous phase in the ash and facilitate ammonia adsorption. On the other hand, ash with residual carbon could adsorb more ammonia than mineral ash as a result of acidic functional group on the surface of residual carbon.

Key words: coal ash; ammonia; adsorption; SCR; SNCR; NO_x control

选择性催化还原(SCR)和选择性非催化还原(SNCR)技术广泛应用于燃煤电厂脱硝工程^[1,2],尿素或氨水等还原剂被喷入炉膛或烟道内将NO_x还原为N₂,其中,未反应的NH₃与烟气中的SO₃和水蒸气反应生成硫酸铵和硫酸氢铵,引起飞灰的沾污问题^[3-5]。欧洲电厂的运行经验表明,80%的逃逸氨将吸附在飞灰上,2 mL/m³的氨逃逸量将使飞灰中吸附100 mg/kg的氨^[6]。粉煤灰被广泛应用于水泥制造业,在混凝土的碱性环境中,灰中吸附的铵盐将转化为氨气释放到空气中,刺激性气味以及对人体产生的危害已经限制了部分煤灰的市场利用^[7]。目前的研究多关注于氨逃逸引起的空气预热器的堵塞^[8,9],未对飞灰吸附氨的问题进行深入探究。研究对煤灰的氨吸附特性开展研究,为烟气脱硝技术

的尾部铵盐问题提供基础理论知识。

1 实验部分

1.1 灰样制备

采用锡盟褐煤(XM)和阳泉无烟煤(YQ)作为研究煤种,煤的工业分析和灰熔融温度见表1,煤灰成分分析见表2。按照国标GB/T 1574—2007制取低温煤灰,将制得的灰放置在卧式管式炉的刚玉管内,在1 L/min的空气流或混合气流($\varphi_{\text{CO}}:\varphi_{\text{CO}_2}=4:6$)中以15 °C/min升至900、1 000和1 100 °C,达到指定温度后保温60 min,然后取出在空气中自由冷却,得到3种温度的氧化性或还原性灰样;空气流中灼烧,取出后放入液氮中快速冷却,制得氧化性气氛的急冷灰样。实验所制灰样的代号见表3。

收稿日期: 2014-10-20; 修回日期: 2014-12-13。

联系作者: 杨卫娟(1976-),女,博士,副教授,研究方向为煤粉清洁高效燃烧及氮氧化物控制,微尺度气体/液体燃料燃烧, E-mail: yangwj@zju.edu.cn

本文的英文电子版由 Elsevier 出版社在 ScienceDirect 上出版(<http://www.sciencedirect.com/science/journal/18725813>)。

将装有煤粉的坩埚直接放入 850 ℃ 的马弗炉中,通过控制燃烧时间,分别制得残炭量为 0、

8.1%、28.6% 的 XM 煤灰和 0、8.3%、25.0% 的 YQ 煤灰,以研究煤灰残炭量对氨吸附的影响。

表 1 煤的工业分析和灰熔融温度

Table 1 Proximate analysis and ash fusion temperature

Coal	Proximate analysis $w_{ad}/\%$				Ash fusibility $t/^\circ\text{C}$		
	M	A	V	FC	DT	ST	FT
XM	15.22	16.13	30.91	37.74	1 151	1 161	1 239
YQ	3.69	9.88	7.58	78.86	>1 500	>1 500	>1 500

表 2 煤灰成分分析

Table 2 Chemical composition of coal ashes

Coal	Chemical composition of coal ashes $w/\%$							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃
XM	62.02	12.18	4.57	4.38	6.47	0.79	1.80	7.01
YQ	54.33	34.74	4.42	1.31	1.20	0.54	1.08	1.02

表 3 实验所制灰样的代号

Table 3 Marks of ashes made in the experiment

Marks of ashes	A	B	C
Atmosphere	oxidized	reduced	oxidized
Cooling methods	in the air	in the air	in LN

1.2 实验方法

利用荷兰帕纳科公司的 X'Pert PRO 型 X 射线衍射仪对灰样进行物相分析;利用美国麦克仪器公司的 ASAP 2020 型全自动物理吸附分析仪测量 850 ℃ 煤灰的 BET 表面积;利用日本 Hitachi SU-70 热场发射电子扫描显微镜观察 850 ℃ 煤灰中残炭的形态。

利用麦克仪器公司的 AutoChem II 2920 型程序升温化学吸附仪对全部煤灰进行 NH₃-TPD 测试。准确称取 0.1 g 煤灰装入 U 形反应管内,在氨气流 (60 mL/min) 中以 15 ℃/min 的速率升温至 500 ℃,恒温活化 30 min,除去样品中的水分和其他吸附物,降温至 100 ℃。通入高纯氨,灰样的氨吸附过程开始,当色谱 TCD 信号保持稳定达 10 min,即认为氨吸附饱和。通入氦气吹扫至基线稳定后,除去物理吸附氨。以 15 ℃/min 的速率程序升温至 700 ℃ (含残炭的灰样为 550 ℃),采集 NH₃-TPD 的脱附数据。

NH₃-TPD 技术是表征固体表面酸性的有效手段,对于脱附曲线可以作以下定性分析:脱附峰的数目表征固体物质表面不同吸附强度的酸性中心的数量;脱附峰对应的温度表征相应酸性中心的强度;曲线与横轴围成的区域的面积代表 NH₃ 脱附的相对数量。理论上脱附的 NH₃ 量应等于煤灰化学吸附

的 NH₃ 量,通过分析脱附曲线可以间接得到煤灰的 NH₃ 吸附特性。

2 结果与讨论

2.1 X 射线衍射物相分析

XM 煤和 YQ 煤在不同实验工况下制得的煤灰的 XRD 谱图分别见图 1 和图 2。900 ℃ 的 XM 煤灰中存在石英 (SiO₂)、钙长石 (CaAl₂Si₂O₈)、硬石膏 (CaSO₄)、赤铁矿 (Fe₂O₃) 等晶体矿物。除还原性气氛降低了 CaSO₄ 的分解温度^[10],使得硬石膏的衍射峰消失外,3 种工况下所制煤灰的晶体构成基本相同;1 000 ℃ 的灰中,硫酸钙消失,辉石 (Ca(MgFeAl)SiAl₂O₆) 生成;1 100 ℃ 赤铁矿消失,煤灰的晶体矿物由石英、钙长石和辉石组成。

900 ℃ 的 YQ 煤灰中主要存在石英、硅酸铝 (Al₂Si₄O₁₀)、硬石膏、赤铁矿、钙铝石 (Ca₁₂Al₁₄O₃₃) 等晶体矿物;1 000 ℃ 出现莫来石 (Al₆Si₂O₁₃) 和 Al₂O₃ 的衍射峰,灰中同时还存在石英、硬石膏和赤铁矿的晶体;1 100 ℃ 灰中晶体主要是石英和莫来石。

2.2 煤灰对氨的吸附

2.2.1 煤灰矿物组成的影响

图 3 和图 4 分别是 XM 煤和 YQ 煤在 900、1 000 和 1 100 ℃ 下氧化空冷灰样的 NH₃-TPD 谱图。3 种温度下 XM 煤灰的 TPD 谱图相互交错,对 NH₃ 的吸附作用没有明显的强弱之分;YQ 煤灰对 NH₃ 的吸附量随温度的升高而逐渐降低,900 ℃ 灰和 1 000 ℃ 灰的吸附量较为接近,而 1 100 ℃ 灰的吸附量明显降低。由于煤灰是晶体矿物和玻璃体的混合物,XRD 的结果表明不同的成灰温度使得煤灰晶体

构成呈现出较大的差异,同时更高的加热温度也会生成更多的玻璃体^[11]。因此,煤灰对 NH_3 的吸附作用受成灰温度影响的本质在于不同温度下煤灰的矿物组成不同。

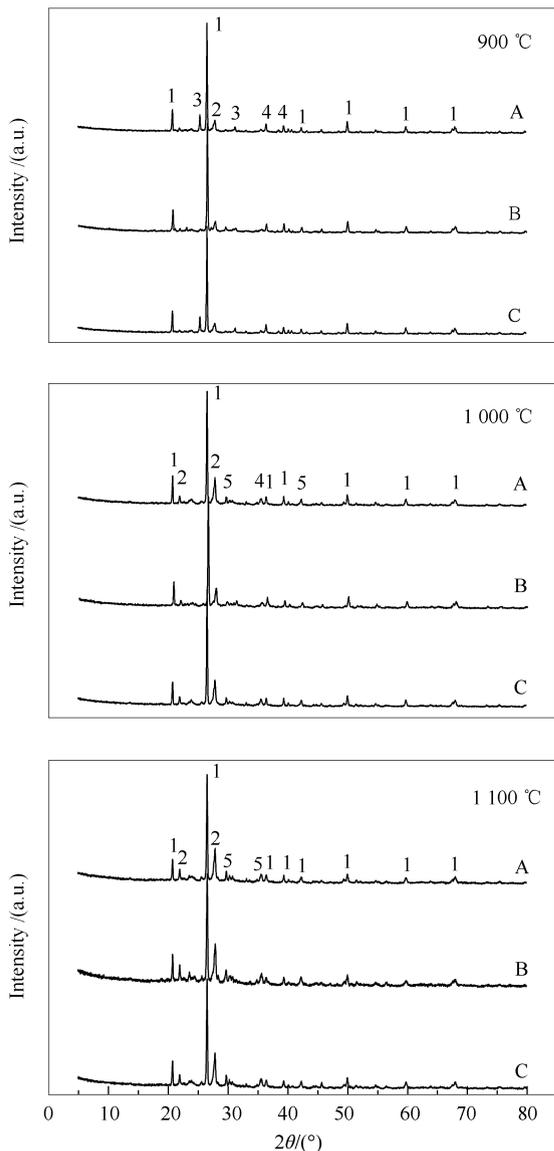


图1 XM 煤灰的 XRD 谱图

Figure 1 XRD patterns of XM coal ashes

1: quartz; 2: anorthite;

3: anhydrite; 4: hematite; 5: augite

对比图3和图4可知, YQ 煤灰对 NH_3 的吸附作用明显强于 XM 煤灰,尤其是 900 和 1000 °C 的灰样。两种煤灰中除石英、硬石膏、赤铁矿晶体和玻璃体为共同组份外, XM 煤灰含有钙长石和辉石,而 YQ 煤灰包含较多的硅酸铝或莫来石。XM 煤灰的硅铝比 ($\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$) 为 5.09, 而 YQ 煤灰的为 1.56。通过研究硅铝骨架的沸石分子筛发现, 固体

表面酸性的变化主要取决于 Al 的含量^[12], 随着 Si/Al 的增加, 表面的总酸量减少^[13], 吸附能力下降。而在 XM 煤灰和 YQ 煤灰的研究中也出现了同样的规律, Si/Al 大的 XM 煤灰 NH_3 的吸附量少。

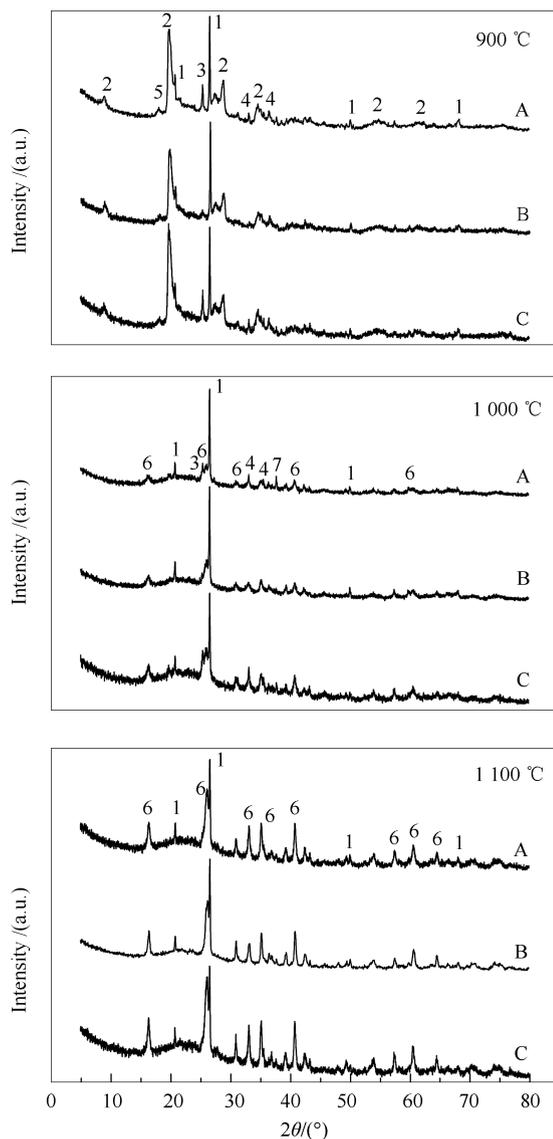


图2 YQ 煤灰的 XRD 谱图

Figure 2 XRD patterns of YQ coal ashes

1: quartz; 2: aluminum silicate;

3: anhydrite; 4: hematite; 5: mayenite;

6: mullite; 7: Al_2O_3

2.2.2 煤灰冷却速率的影响

比较3种温度下通过不同冷却方式制成的煤灰的 NH_3 -TPD 谱图, 发现冷却速率对煤灰的影响趋势是相同的, 以 900 °C 的煤灰为例进行讨论。XM 煤和 YQ 煤通过空冷和急冷制成的煤灰的 NH_3 -TPD 谱图分别见图5和图6。

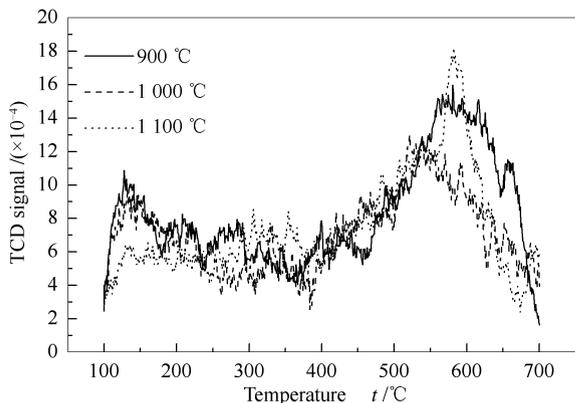


图3 XM-A 煤灰的 NH₃-TPD 谱图

Figure 3 NH₃-TPD spectra of XM-A coal ashes

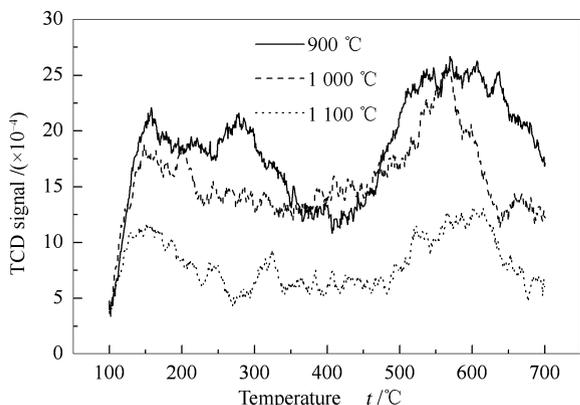


图4 YQ-A 煤灰的 NH₃-TPD 谱图

Figure 4 NH₃-TPD spectra of YQ-A coal ashes

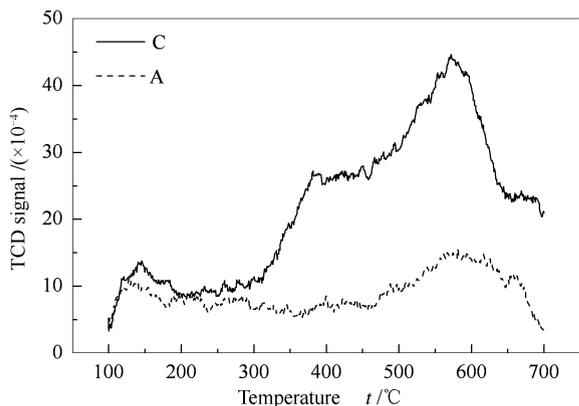


图5 900 °C XM-A/C 煤灰的 NH₃-TPD 谱图

Figure 5 NH₃-TPD spectra of XM-A/C coal ashes at 900 °C

冷却的过程中,玻璃体会发生析晶。煤灰中的玻璃体以硅氧四面体和铝氧四面体为结构单元,通过 Si-O 键和 Al-O 键在顶角结合成空间网络,然而硅氧、铝氧四面体不可能聚合成很长的链而结合成完整的空间骨架,只能形成较短的链,这些链上有很多断裂点^[15],形成的非桥氧具有偶极性^[16],有可能为 NH₃ 提供了吸附位点。煤灰在液氮中冷却可以很好地保持煤灰的玻璃体结构,对于两种煤,急冷灰均表现出了较强的吸附能力。

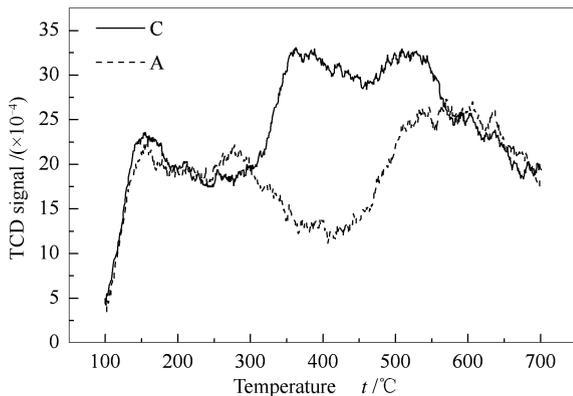


图6 900 °C YQ-A/C 煤灰的 NH₃-TPD 谱图

Figure 6 NH₃-TPD spectra of YQ-A/C coal ashes at 900 °C

2.2.3 煤灰生成气氛的影响

同样选择 900 °C 的煤灰进行讨论, XM 煤和 YQ 煤在氧化性气氛和还原性气氛下所制煤灰的 NH₃-TPD 谱图分别见图 7 和图 8。

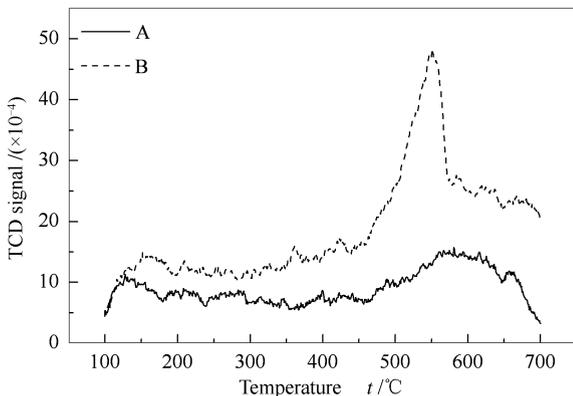


图7 900 °C XM-A/B 煤灰的 NH₃-TPD 谱图

Figure 7 NH₃-TPD spectra of XM-A/B coal ashes at 900 °C

由图 5 和图 6 可知, XM 煤灰受冷却方式的影响较 YQ 煤灰显著,对于两种煤,急冷灰的吸附量较空冷灰都有明显提升。通过控制冷却速率可以调节煤灰中玻璃体和晶体的比例关系;加快冷却速率容易形成短程有序而长程无序的玻璃体^[14];而在缓慢

由图 7 和图 8 可知,两种煤的还原性煤灰对 NH₃ 的吸附量较氧化性煤灰都有了明显的提升,在 450 °C 之前,还原性灰的脱附曲线与氧化性灰的基本接近,但在 550 °C 附近,两种还原性灰对应的曲线

均出现了尖锐的高温脱附峰,说明经还原性气氛处理的煤灰表面有明显的强酸中心($t > 400\text{ }^\circ\text{C}$)生成。

氧化性煤灰中的 Fe^{3+} 在还原性气氛中能被部分还原为 Fe^{2+} ,同时还还原性气氛还能促使灰中的硬石膏分解生成 CaO , FeO 与 CaO 、 SiO_2 能够形成低温共熔体系,降低灰熔点,增加煤灰中玻璃体的含量^[17]。另一方面,Ca等碱土元素会诱发玻璃体的聚合网架解聚,形成的玻璃体为越来越小的硅齐聚物,具有大量的非桥氧原子终端^[16]。这两点都有利于还原性煤灰对氨的吸附。

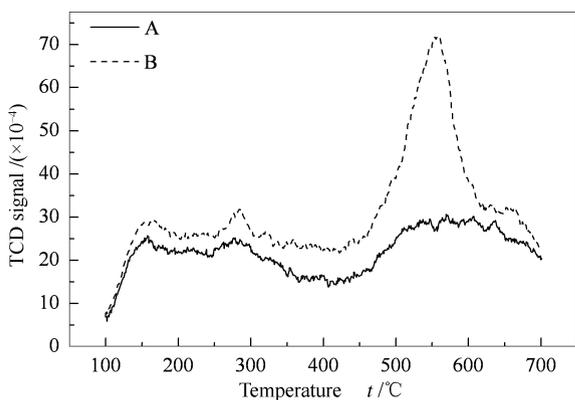


图8 900 °C YQ-A/B 煤灰的 NH_3 -TPD 谱图
Figure 8 NH_3 -TPD spectra of YQ-A/B coal ashes at 900 °C

2.2.4 煤灰残炭量的影响

XM 煤和 YQ 煤在 850 °C 制成的含残炭煤灰的 NH_3 -TPD 谱图见图 9。

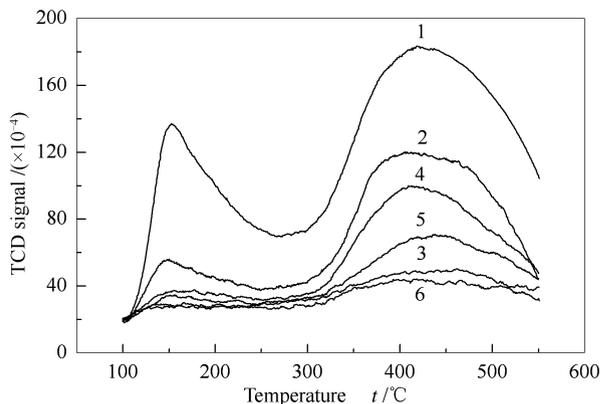


图9 不同残炭量灰样的 NH_3 -TPD 谱图
Figure 9 NH_3 -TPD spectra of ashes with different residual carbon
1: XM 28.6%; 2: XM 8.1%; 3: XM 0%;
4: YQ 25.0%; 5: YQ 8.3%; 6: YQ 0%

由图 9 可知,相比于纯矿物煤灰,含有残炭的灰样所对应的脱附曲线走势相似,均在 150 和 450 °C 附近出现了明显的脱附峰,同时两种煤的灰样对氨

的吸附量都随着残炭量的增加而显著增加,表明残炭对 NH_3 吸附量的贡献超过了煤灰中的矿物质。

Gao 等^[18]利用炭黑在空气中加热来模拟残炭的生成过程,红外光谱测量发现,产物的表面有 $\text{C}-\text{O}$ 键和 $\text{C}=\text{O}$ 键生成,而 NH_3 能够强烈的吸附在这些酸性中心上。残炭表面含氧官能团的出现极大地促进了煤灰对 NH_3 的吸附,因此,在煤灰含有残炭的情况下,残炭表面的酸性中心才是 NH_3 的主要吸附位点。

对比残炭量相近的煤灰的脱附曲线可以发现, XM 煤灰比 YQ 煤灰对 NH_3 的吸附量大,甚至残炭量为 8.1% 的 XM 煤灰的吸附量要高于残炭量为 25.0% 的 YQ 煤灰,表明两种灰的残炭量虽然相近,但是残炭对 NH_3 的吸附能力却存在着明显的差异。对 6 个灰样进行 BET 测试,结果见图 10。

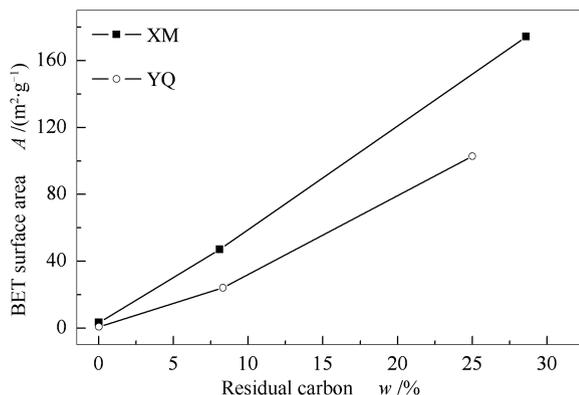


图10 不同残炭量煤灰的 BET 表面积
Figure 10 BET surface area of ashes with different residual carbon

由图 10 可知,BET 比表面积与残炭量近似呈线性关系,而 XM 煤灰所对应曲线的平均斜率要高于 YQ 煤灰曲线的斜率,表明同等残炭量的 XM 煤灰比 YQ 煤灰的比表面积大。

残炭量为 8.1% 的 XM 煤灰和 8.3% 的 YQ 煤灰的表面形貌照片见图 11。由图 11 可知, XM 煤灰中残炭表面已经熔化,形态类似于半焦或焦炭颗粒;而阳泉煤灰中残炭呈碎屑状,与矿物质混杂地分布在一起,相比于原煤中的炭形态变化不大。YQ 煤灰中的残炭属于惰性残炭, XM 煤灰中的为各向同性(异性)残炭,研究发现,后者具有更大的比表面积^[19],这与之前的 BET 测试结果是一致的。

XM 煤属于褐煤,水分和挥发分都比 YQ 无烟煤高,煤粉在燃烧的过程中挥发分和水分析出,使炭颗粒中形成了大量的孔穴和通道,有利于氧气扩散

进入,与氧气良好的接触条件能使残炭表面形成更多的含氧官能团^[18],煤灰对 NH_3 的吸附量也就更

大。残炭对 XM 煤灰吸附作用的提升超过了 YQ 煤灰,说明残炭的作用也与煤的变质程度密切相关。

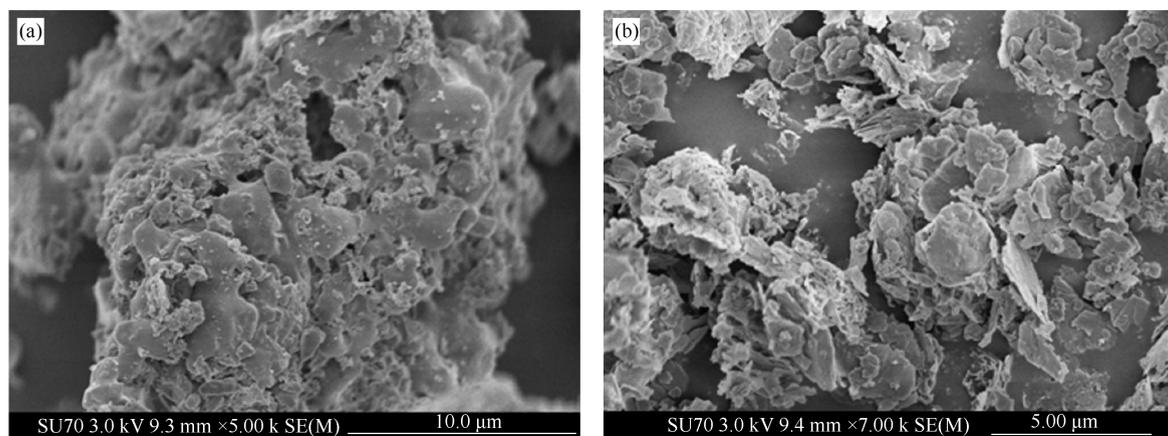


图 11 两种煤灰的扫描电镜照片

Figure 11 SEM of two ashes

(a): ash of XM coal (8.1% residual carbon);

(b): ash of YQ coal (8.1% residual carbon)

3 结论

NH_3 的吸附量与煤灰的矿物组成有着密切关系, XM 煤灰比 YQ 煤灰的氨吸附量少, YQ 煤灰的吸附量随成灰温度的升高而逐渐降低。快速冷却和还原性气氛都可以增加煤灰对 NH_3 的吸附量,而这

与煤灰中玻璃体含量的增加有关。煤灰中残炭表面的酸性含氧官能团为 NH_3 提供了大量的吸附位点,极大地促进了煤灰对 NH_3 的吸附,对于低阶煤,残炭的影响作用更加明显。

参考文献

- [1] 于艳科, 何焜, 陈进生, 孟小然. 电厂烟气脱硝催化剂 $\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$ 失活机理研究[J]. 燃料化学学报, 2012, **40**(11): 1359-1365. (YU Yan-ke, HE Chi, CHEN Jin-sheng, MENG Xiao-ran. Deactivation mechanism of de- NO_x catalyst($\text{V}_2\text{O}_5\text{-WO}_3/\text{TiO}_2$) used in coal fired power plant[J]. J Fuel Chem Technol, 2012, **40**(11): 1359-1365.)
- [2] 吕洪坤, 杨卫娟, 周俊虎, 刘建忠, 岑可法, 张明, 应明良. 碳酸钠对选择性非催化还原反应影响的研究[J]. 燃料化学学报, 2011, **39**(2): 128-134. (LÜ Hong-kun, YANG Wei-juan, ZHOU Jun-hu, LIU Jian-zhong, CEN Ke-fa, ZHANG Ming, YING Ming-liang. Investigation on effects of Na_2CO_3 on selective non-catalytic reduction of NO_x [J]. J Fuel Chem Technol, 2011, **39**(2): 128-134.)
- [3] KÜLAOTS I, GAO Y M, HURT R H, SUUBERG E M. Adsorption of ammonia on coal fly ash[R]. Lexington: World of Coal Ash (WOCA) Conference, 2001.
- [4] RUBEL A M, RATHBONE R F, STENCEL J M. Thermal characteristics of ammonia release from combustion ash[R]. Lexington: World of Coal Ash(WOCA) Conference, 2001.
- [5] LOCKERT C A. Controlling ammonia-in-ash through direct measurement of ammonium bisulfate[R]. Lexington: World of Coal Ash (WOCA) conference, 2009.
- [6] O'CONNOR. State-of-knowledge of fate, removal, and impact of ammonia in ash[R]. Palo Alto: EPRI, 2002.
- [7] RATHBONE R F, TYRA M A, HARPER L. Rates of ammonia loss from mortar[R]. Lexington: World of Coal Ash(WOCA) conference, 2001.
- [8] 马双忱, 金鑫, 孙云雪, 崔基伟. SCR 烟气脱硝过程硫酸氢铵的生成机理与控制[J]. 热力发电, 2010, **39**(8): 12-17. (MA Shuang-chen, JIN Xin, SUN Yun-xue, CUI Ji-wei. The formation mechanism of ammonium bisulfate in SCR flue gas denitration process and control thereof[J]. Therm Power Gener, 2010, **39**(8): 12-17.)
- [9] 惠润堂, 庄柯, 韦飞, 冯建春, 王春玲, 李志强, 王梦勤. 加装 SCR 脱硝装置对燃煤锅炉系统的影响及对策[J]. 环境工程, 2013, **31**(6): 82-85. (HUI Run-tang, ZHUANG Ke, WEI Fei, FENG Jian-chun, WANG Chun-ling, LI Zhi-qiang, WANG Meng-qin. The influence and countermeasure of SCR denitration device on boiler system of coal-fired power plant[J]. Environ Eng, 2013, **31**(6): 82-85.)
- [10] 宋玉宝, 章明川, 范卫东, 于娟. 神木煤钙基矿物高温自身脱硫特性的研究[J]. 热能动力工程, 2001, **16**(6): 598-601, 608. (SONG Yu-bao, ZHANG Ming-chuan, FAN Wei-dong, YU Juan. A study of high-temperature self-desulfurization of calcium-based mineral in Shenmu coal[J]. J Eng Therm Energy Power, 2001, **16**(6): 598-601, 608.)
- [11] BAI J, LI W, LI C Z, BAI Z Q, LI B Q. Influences of mineral matter on high temperature gasification of coal char[J]. Fuel, 2008, **37**(2): 134-138.

- [12] OKUMURA K, HASHIMOTO M, MIMURA T, NIWA M. Acid properties and catalysis of MCM-22 with different Al concentrations[J]. *J Catal*, 2002, **206**(1): 23-28.
- [13] SHIRAZI L, JAMSHIDI E, GHASEMI M R. The effect of Si/Al ratio of ZSM-5 zeolite on its morphology, acidity and crystal size[J]. *Cryst Res Technol*, 2008, **43**(12): 1300-1306.
- [14] 张金龙, 李要建, 王贵全, 邓晶, 徐永香, 盛宏至. 垃圾焚烧飞灰玻璃体的控制参数[J]. *燃烧科学与技术*, 2012, **18**(2): 186-191. (ZHANG Jin-long, LI Yao-jian, WANG Gui-quan, DENG Jing, XU Yong-xiang, SHENG Hong-zhi. Parameter on waste incinerator fly ash vitrification[J]. *J Combust Sci Technol*, 2012, **18**(2): 186-191.)
- [15] 方爱民, 许荣华. 粉煤灰的活性分析[J]. *电力环境保护*, 1991, **7**(4): 52-57. (FANG Ai-min, XU Rong-hua. Analysis of fly ash about its activity[J]. *Electr Power Technol Environ Prot*, 1991, **7**(4): 52-57.)
- [16] 钱觉时, 王智, 吴传明. 粉煤灰的矿物组成(中)[J]. *粉煤灰综合利用*, 2001, (2): 37-41. (QIAN Jue-shi, WANG Zhi, WU Chuan-ming. The mineral composition of fly ash(middle)[J]. *Fly Ash Compr Util*, 2001, (2): 37-41.)
- [17] 马志斌, 白宗庆, 白进, 李文, 郭振兴. 高温弱还原气氛下高硅铝比煤灰变化行为的研究[J]. *燃料化学学报*, 2012, **40**(3): 279-285. (MA Zhi-bin, BAI Zong-qing, BAI Jin, LI Wen, GUO Zhen-xing. Evolution of coal ash with high Si/Al ratio under reducing atmosphere at high temperature[J]. *J Fuel Chem Technol*, 2012, **40**(3): 279-285.)
- [18] GAO Y M, KÜLAOTS I, CHEN X, SUUBERG E M, HURT R H, VERANTH J M. The effect of solid fuel type and combustion conditions on residual carbon properties and fly ash quality[J]. *Proc Combust Inst*, 2002, **29**(1): 475-483.
- [19] MAROTO-VALER M M, TAULBEE D N, HOWER J C. Characterization of differing forms of unburned carbon present in fly ash separated by density gradient centrifugation[J]. *Fuel*, 2000, **80**(6): 795-800.

第二届能源转化化学与技术研讨会第一轮通知

由中国科学院山西煤炭化学研究所主办、煤转化国家重点实验室和《燃料化学学报》编辑部承办的第二届能源转化化学与技术研讨会将于2015年7月28日-30日在山西太原举办。本届研讨会将以国家能源战略和环境保护为背景,围绕能源转化化学科学和技术领域发展中的基础、应用和前沿问题,重点展示近年来我国在能源转化领域所取得的新进展和新成果,增进广大能源研究工作者间的交流与合作,推动清洁能源转化领域的科技创新,促进科研成果的转化。

诚邀国内外各界同仁共聚山西太原,交流和展示最新研究成果。

会议时间:2015年7月28日-30日

地 点:中国科学院山西煤炭化学研究所

会议主题及征稿范围

* 煤和生物质热转化化学与技术

煤和生物质的热化学转化(包含气化、热解、直接液化等方面)。

* 一碳化学

合成气(或经甲醇)制备汽油、柴油、醇、醚燃料和烯烃、芳烃等化学品的催化体系。

* 可再生和替代能源

生物燃料的制备;生物质催化转化制化学品;氢能(制氢、储氢、光催化等)。

* 能源转化相关的环境化学

煤中污染元素的脱除;烟气中污染物的高效脱除;固体有机废物的资源化/无害化;废水净化;CO₂捕集、封存、利用等。

征稿截止日期及要求

征稿截止日期为2015年6月1日,论文采用邮件投稿,投稿邮箱为:nyzhjs@sxicc.ac.cn,投稿请注明能源会议论文,中文或英文稿件均可,投稿文章采用Word排版,具体格式要求参见《燃料化学学报》投稿须知。通过评审的优秀会议论文将在《燃料化学学报》上正式发表。

会议联系

大会组委会主席:王建国(中国科学院山西煤炭化学研究所)

大会组委会秘书处:《燃料化学学报》编辑部

Tel: 0351-2025214, 0351-4066044

E-mail: nyzhjs@sxicc.ac.cn