

研究论文

矿物质对煤焦燃烧过程中 NO 释放规律的影响

赵宗彬 李 文 李保庆

(中国科学院山西煤炭化学研究所煤转化国家重点实验室, 山西 太原 030001)

摘 要 在石英固定床反应器上研究了煤焦燃烧过程中矿物质在不同燃烧条件下对 NO 释放规律的影响。结果表明: 煤中的矿物质对燃料氮转化为 NO 有显著的影响, 其影响与矿物质的组成和燃烧条件有关, 碱金属 Na、K 催化半焦氮的氧化在较低的温度下进行并降低半焦氮对于 NO 的转化率, 而 Ca、Fe 在低温燃烧条件下增加 NO 的排放, 高温时使 NO 的排放降低; 矿物质惰质组分的存在使 NO 的排放增加; 随着煤阶的升高, 半焦的反应性降低, 燃料氮对于 NO 的转化率增大; 燃料氮的转化率随燃烧温度的升高而增加, 但达到极大值后又趋于降低; 矿物质对于 NO 排放量的影响决定于矿物质对于半焦氮的氧化以及半焦还原 NO 反应催化作用的相对大小。

关键词 煤半焦 燃烧 NO 释放 矿物质**中图分类号** TQ 534.9**文献标识码** A**文章编号** 0438-1157 (2003) 01-0100-07EFFECT OF MINERAL MATTER ON RELEASE OF NO
DURING COAL CHAR COMBUSTION

ZHAO Zongbin, LI Wen and LI Baoqing

(State Key Laboratory of Coal Conversion, Institute of Coal Chemistry,
Chinese Academy of Sciences, Taiyuan 030001, Shanxi, China)

Abstract Chars prepared from coals treated with concentrated acids of HF and HCl to remove mineral matter were combusted under programmed temperature and isothermal conditions. The results showed that mineral matter in coal char played an important role in the conversion of char-N to NO. Alkali metals Na and K shifted the production of NO from char-N to a lower temperatures and inhibited NO emission. However, Ca and Fe increased the conversion of char-N to NO at a lower temperatures but decreased the release of NO at a higher temperatures, which implied the importance of catalytic condition and the complicated mechanism of NO formation and reduction. It was demonstrated that inert mineral matter in the char enhanced the conversion of char-N to NO. The net effect of mineral matter on NO emission level was combined effect of many components in mineral matter. It was also found that char-N conversion to NO increased with coal rank and NO emission increased with increasing temperature to maximum then decreased at a high temperature. The effect of mineral matter on NO emission depended on its relative catalytic activity in the oxidation of char-N to NO and reduction of NO by char.

Keywords coal char, combustion, NO emission, mineral matter

2001-04-29 收到初稿, 2002-04-17 收到修改稿。

联系人: 李文。第一作者: 赵宗彬, 男, 37 岁, 博士。**基金项目:** 国家自然科学基金 (No. 29876047)、国家自然科学基金重点基金 (No. 29936090) 及国家重点基础研究发展规划项目 (No. G1999022102) 资助。**Received date:** 2001-04-29.**Corresponding author:** LI Wen. E-mail: liwen@sxicc.ac.cn**Foundation item:** supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 29876047, 29936090) and the State Key Development Program for Basic Research of China (No. G1999022102).

引 言

为了保护环境，减少煤炭利用过程中污染物的排放，洁净煤技术成为当今煤炭利用的重要研究课题。NO 是燃煤过程中产生的污染物之一，NO 除了直接对人体和植被产生危害之外，还可形成酸雨和光化学烟雾。研究表明，NO 在燃煤过程中主要通过 3 种途径产生^[1]：①燃烧空气中 N₂ 和 O₂ 在高温下形成热力型 NO；②碳氢自由基与燃烧空气中的 N₂ 反应生成的 HCN 和 CN⁻ 氧化生成瞬发型 NO；③煤中的燃料氮氧化形成燃料型 NO。其中燃料型 NO 占燃煤过程产生的氮氧化物的绝大部分^[2~5]。

煤的燃烧过程首先进行的是热解脱除挥发分，燃料氮分布为半焦氮 (CCN) 和挥发分氮^[2]，NO 既可产生于气相中挥发分的迅速燃烧，又可产生于相对缓慢的半焦燃烧过程。控制挥发分脱除及其燃烧过程中 O₂ 的浓度可以减少挥发分氮氧化生成 NO，而控制半焦氮氧化生成 NO 要困难得多。在燃烧过程中半焦氮氧化生成氮氧化物与多种因素有关，如半焦氮的含量、半焦的物理化学性质、半焦中矿物质的组分和含量以及燃烧条件等。有关半焦燃烧过程中 NO 的生成机理虽然已经进行了大量的研究^[3, 4]，但至今仍未完全清楚。一般认为，由于 O₂ 不可能在 C 和 N 之间进行选择氧化，因此燃烧空气中的 O₂ 将半焦中的 C 和 N 同时氧化生成 CO、CO₂、NO，部分生成的 NO 在燃烧过程中还可以被半焦还原生成 N₂，半焦中矿物质的存在使半焦氮的氧化和 NO 的还原均在催化状态下进行。

本研究的目的是考察煤半焦燃烧过程中矿物质对于 NO 释放规律的影响，研究不同组成的矿物质

在多种燃烧条件下（不同的燃烧温度和 O₂ 浓度）对半焦氮转化为 NO 的影响，探讨 NO 生成和还原的机理。

1 实验部分

1.1 半焦的制备

实验所用煤样是龙口褐煤、五龙烟煤、下花园烟煤及阳泉无烟煤。将以上 4 种煤磨细、筛分，选取 0.175~0.246 mm 段分，先后用浓氢氟酸和浓盐酸脱除矿物质，用去离子水洗涤至中性且无 Cl⁻ 检出，于 110 ℃ 干燥 24 h 备用。称取一定量的原煤和脱矿物质煤，在石英流化床反应器（内径 50 mm）中于 950 ℃ 热解，高纯 N₂ 作为流化气，气体流量为 4 L·min⁻¹，升温速率为 10 ℃·min⁻¹，终温停留时间 30 min。

1.2 半焦的分析

4 种原煤半焦和脱矿物质煤半焦的工业分析和元素分析如表 1 所示。半焦中的矿物质组成通过等离子体原子发射光谱进行分析，为了便于比较矿物质中各组分的催化作用，将矿物质各组分以金属氧化物在半焦（无水无灰）中所占的质量分数表示（表 2）。由表 1 可知，原煤半焦和脱矿物质煤半焦的 N 含量有一定的差异。950 ℃ 热解制得的龙口原煤半焦的 N 含量明显少于脱矿物质煤半焦（分别为 2.07% 和 2.55%），表明龙口煤中的矿物质在热解过程中催化半焦氮分解进入挥发分。下花园原煤半焦的 N 含量也低于脱矿物质煤半焦（分别为 1.47 %和 1.79 %），但五龙烟煤和阳泉无烟煤的原煤半焦和脱矿物质煤半焦之间 N 含量基本保持不变。

Table 1 Proximate and ultimate analysis of coal chars

Sample	Ash/ % (mass)	Ultimate analysis/ % (mass, daf.)				
		C	H	S	N	O ^①
Longkou (LK)	13.20	92.58	0.73	0.44	2.07	4.18
Wulong (WL)	13.92	94.56	0.69	0.79	1.74	2.22
Xiahuayuan (XHY)	37.28	93.86	0.68	0.75	1.47	3.24
Yangquan (YQ)	11.37	96.00	0.73	0.30	1.27	1.70
LK-deash (LK-de)	0.42	92.90	0.68	0.39	2.55	3.48
WL-deash (WL-de)	0.89	94.73	0.70	0.51	1.69	2.37
XHY-deash (XHY-de)	4.57	94.21	0.73	0.52	1.79	2.75
YQ-deash (YQ-de)	1.02	95.33	0.73	0.23	1.26	2.45

① By difference.

Table 2 Analysis of mineral matters in chars/%(dry basis)

Samples	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
LK	7.63	3.10	0.52	0.07	0.69	0.27	0.11	0.59
WL	7.66	2.52	1.92	0.12	0.51	0.10	0.24	0.08
XHY	18.24	12.04	2.22	0.53	1.45	0.26	0.23	0.16
YQ	6.77	3.29	0.20	0.14	0.12	0.08	0.23	0.09

1.3 催化剂的负载

将定量的 K、Na、Ca、Fe 的硝酸盐水溶液与一定量的龙口脱矿物质煤半焦混合，不断搅拌蒸发除去水分，然后把负载催化剂前驱体的半焦加热至 850℃，将半焦上的硝酸盐分解，得到负载催化剂的半焦备用。

1.4 燃烧及烟气的分析

半焦的燃烧设备主要由气源（O₂ 和 Ar）、混气罐、石英固定床燃烧器、烟气分析仪 4 部分组成。石英固定床反应器（I.D. 15 mm）的中央有一烧结石英玻璃板支撑物料，燃烧所需的温度由管式电炉加热提供。燃烧生成的气体直接通入烟气分析仪（KM9106）进行在线分析检测，可同时测定 NO、NO₂、CO、O₂ 等气体的浓度变化。

1.5 实验方法

将 200 mg（daf，无水无灰基）半焦与相近粒度的 2 g 石英砂混合均匀后装入石英反应器，于程序升温或恒温条件下进行燃烧实验。①程序升温燃烧：升温速率为 5℃·min⁻¹，燃烧气体为 O₂/Ar 混合气体。②恒温燃烧：在 Ar 气保护下，将反应器升至要求的燃烧温度恒定，把 Ar 气切换为 Ar+O₂ 混合气体进行恒温燃烧实验。通过调节 Ar 和 O₂ 相对比例控制燃烧气体中 O₂ 的浓度，以进行不同 O₂ 浓度下的燃烧实验。通过实验得到 NO 的逸出浓度变化与时间的关系，然后对 NO 的浓度与时间进行积分处理，并结合烟气的流量得到 NO 的排放量。半焦氮对 NO 的转化率 $R_{CCN} = m_N / m'_N$ ，式中 m_N 为半焦燃烧生成 NO 的半焦氮质量， m'_N 为半焦氮的总质量。

2 结果与讨论

2.1 程序升温燃烧的研究

图 1 是程序升温条件下原煤半焦和脱矿物质煤半焦燃烧过程中 NO 的逸出浓度（φ）随温度的变化。图 1(a) 显示，龙口原煤半焦（LK）和脱矿物质煤半焦（LK-de）燃烧过程中 NO 的逸出行为差别很大：①LK-de 燃烧 NO 出现明显的双峰，而

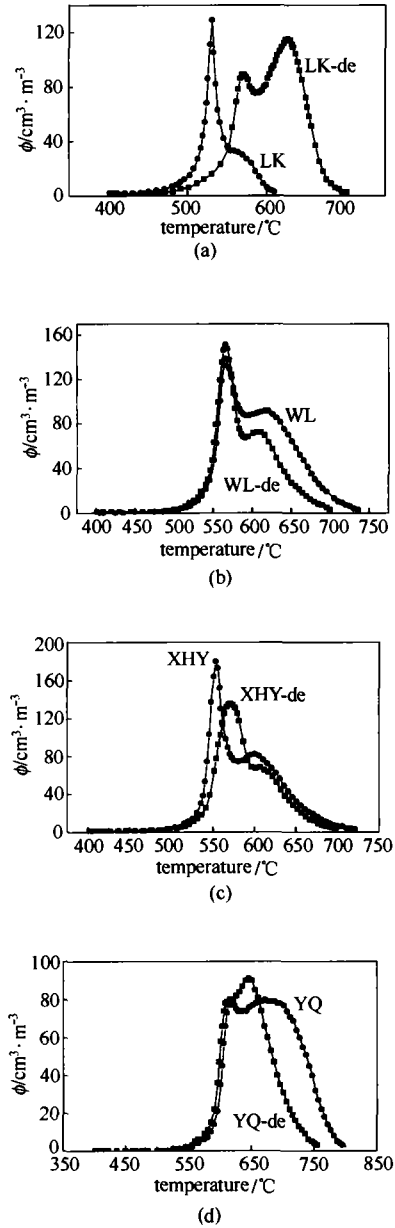
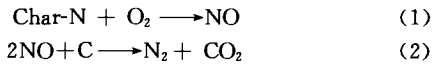


Fig. 1 Effect of mineral matter on NO emission under programmed temperature combustion of coal char

LK 燃烧生成的 NO 是一个高而尖的主峰和一个明显的肩峰；②NO 逸出峰温不同，LK 燃烧 NO 的逸出峰在较低的温度（531℃）下出现，而 LK-de

燃烧 NO 逸出峰的温度较高（双峰峰温分别为 570 和 628℃）；③LK 燃烧速度较快，半焦燃尽较早，NO 逸出提前结束，而 LK-de 燃烧缓慢，NO 的逸出结束滞后（分别为 610 和 701℃）；④从峰面积上看，LK 燃烧释放的 NO 总量明显低于 LK-de 燃烧 NO 的生成量。下花园烟煤 [图 1 (c)] 与龙口褐煤矿物质对于 NO 的逸出影响有一定的相似性，即矿物质的催化作用使 NO 的逸出峰温向低温移动。五龙烟煤和阳泉无烟煤与以上两种情况显然不同 [图 1 (b) 和 (d)]，原煤半焦和脱灰煤半焦燃烧 NO 开始逸出的温度基本相同，峰值差别也不大，但燃烧后期原煤半焦逸出的 NO 浓度较脱灰煤半焦高，而且持续时间较长。因此，煤半焦中的矿物质对于半焦燃烧 NO 的释放规律的影响差异很大，这取决于矿物质的组成和含量。在下面的实验中将通过脱矿物质煤半焦负载已知组成的金属离子来研究煤焦燃烧过程中不同矿物质组分对于 NO 释放的影响。

半焦氮存在于煤大分子的稳定芳香杂环之中，在燃烧条件下 O₂ 将芳环氧化破坏，N 原子才能得以释放并同时生成 NO，NO 的逸出首先决定于半焦的氧化燃烧过程，开始、燃烧剧烈以及燃烧结束基本对应于 NO 的生成开始、达到峰值以及释放结束。换言之，NO 的逸出首先与燃料氮的氧化有关。燃烧过程中除了 O₂ 氧化半焦氮生成 NO 之外同时还存在着半焦还原 NO 的过程，特别是在 O₂ 存在的条件下，O₂ 对半焦还原 NO 的反应有强烈的促进作用^[6]，而半焦中矿物质的存在使半焦氮的氧化和半焦还原 NO 的反应均在催化状态下进行，矿物质对 NO 释放的影响决定于矿物质在一定的燃烧条件下对以下两个反应影响的相对大小



龙口煤半焦的矿物质活性组分对于半焦氮的氧化 [反应 (1)] 有较强的催化作用，使 NO 的逸出

在低温下进行，同时矿物质对于半焦还原 NO 的反应 [反应 (2)] 也有较强的催化作用，从而使原煤半焦燃烧释放的 NO 量较少。表 3 给出了不同燃烧 O₂ 浓度下程序升温燃烧半焦氮向 NO 的转化率 (R_{CCN})。可以发现，在 3 个不同的燃烧 O₂ 浓度 (7%，11%，20.9%) 下，龙口原煤半焦氮的 NO 转化率均低于脱灰煤半焦，而其他 3 种原煤半焦氮的转化率均高于脱灰煤半焦。同时还可以发现，对于同一个半焦来说，随着燃烧 O₂ 浓度的增加，NO 的产率减少，说明随 O₂ 浓度的增加半焦还原 NO 的能力增强，即 O₂ 浓度的增加对反应 (2) 有促进作用。比较不同煤阶的半焦燃烧 NO 的逸出情况可知，龙口褐煤半焦的 NO 产率最低，阳泉煤半焦氮的转化率最高，其余两种烟煤半焦 NO 的产率居中，表明半焦氮的转化率随着煤阶的升高而增加。

随着半焦燃烧的进行，半焦表面上的灰层逐渐加厚，不仅不利于 O₂ 氧化半焦，而且对半焦还原 NO 的反应显然也有阻抑作用，从而使含有惰质组分较高的原煤半焦燃烧时 NO 的排放浓度较高，且燃尽结束较晚。

2.2 恒温燃烧的研究

在流化床的燃煤条件下，由于燃烧温度较低 (<950℃)，几乎不生成热力型 NO，烟气中的 NO 基本来源于燃料氮的氧化^[3, 5]。半焦的燃烧温度与半焦氮转化率之间的关系如图 2 所示。从恒温 700~900℃燃烧的结果可以看出，半焦在 700℃下燃烧，NO 的生成率较低，之后 NO 的排放量随着燃烧温度的增加而增加，但达到极大值后 NO 的生成率随温度的增加反而减小。另外，通过比较程序升温 and 恒温燃烧燃料氮的转化率 (表 3 和图 2) 可知，程序升温条件下半焦燃烧过程中 NO 的排放量远低于恒温下 NO 的排放量，也说明了低温燃烧可使 NO 的排放减少。

Table 3 Effect of mineral matter on emission of NO during combustion of chars under programmed temperature condition with different O₂ concentrations

[O ₂]/%	R _{CCN} /%							
	LK-de	LK	WL-de	WL	XHY-de	XHY	YQ-de	YQ
20.9	6.3	2.7	8.5	10.9	6.8	12.3	10.3	14.4
11.0	6.8	3.7	9.5	12.1	8.8	12.6	11.9	15.9
7.0	5.9	4.2	9.8	12.9	9.9	14.5	11.0	17.7
average	6.3	3.5	9.3	12.0	8.5	13.1	11.1	16.0

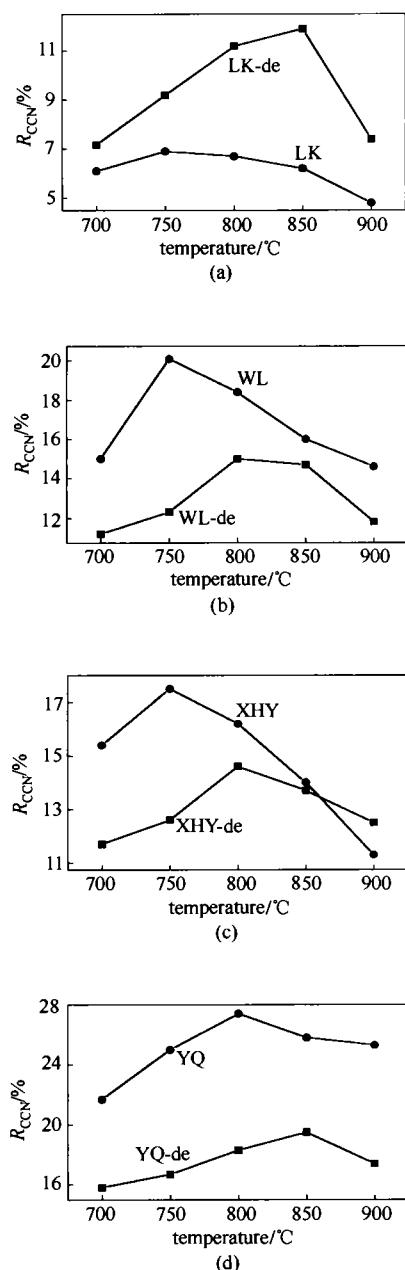


Fig. 2 Effect of mineral matter on conversion of char-N to NO under isothermal combustion of coal char

恒温燃烧条件下，龙口原煤半焦氮对于 NO 的转化率在所有燃烧温度下均低于脱灰煤半焦，表明其中的矿物质对于 NO 的排放有削减作用；下花园半焦在低温下燃烧，原煤半焦燃料氮对于 NO 的转化率远高于脱灰煤半焦，但随着温度的升高二者的差距迅速减小，900℃时原煤半焦燃烧时氮的转化率低于脱灰煤半焦。由此可以推断，下花园半焦矿物质在高温下对半焦还原 NO 的反应显示出较高的

催化活性，从而抑制半焦氮向 NO 的转化；五龙煤半焦与阳泉煤半焦的矿物质均有利于半焦氮转化为 NO，可能是矿物质中的 Si、Al 氧化物等惰质组分对于半焦还原 NO 的反应有阻抑作用。

半焦燃烧 NO 的产率随燃烧温度的变化与半焦还原 NO 的反应在低温和高温下所遵循的反应机理不同有关。Teng 等^[6~9]的 NO-半焦反应的研究表明，低温下半焦还原 NO 的活化能较低，且在 63~88 kJ·mol⁻¹ 的范围内随温度的增加而增加；高温下反应的表现活化能较高且相对较为稳定 (180 kJ·mol⁻¹)。Suzuki 等^[10]对 O₂ 气氛下半焦还原 NO 的研究表明，O₂ 对于半焦还原 NO 的反应有较强的促进作用。低温下 O₂ 与半焦的氧化反应在半焦表面上形成了丰富的碳氧络合物 C(O)，C(O) 作为活性位参与 NO 的还原。温度较高时，C(O) 易于脱附，使 O₂ 对 NO 还原的促进作用减小；高温下，半焦还原 NO 的反应主要是 NO 直接进攻半焦表面上的 C 原子，同时脱附生成 CO。所以，低温下由于半焦表面上的 C(O) 对 NO 较强的还原作用，NO 的排放被抑制。较高的过渡温区内 C(O) 的脱附明显增强，而 NO 直接进攻半焦表面 C 原子的反应还不够剧烈，因此 NO 的生成率增加。但温度增加到一定的程度，NO 直接进攻半焦表面 C 原子的反应机理成为主导，而且高温下半焦还原 NO 的反应活化能较高，温度升高显然有助于 NO 的还原。

2.3 负载 Na, K, Ca, Fe 半焦的燃烧

由表 2 可见，煤的矿物质组成十分复杂，多种组分同时存在，以惰质组分 SiO₂、Al₂O₃ 为主要成分，另外还有对半焦的气化具有催化作用的碱金属 Na、K 和碱土金属 Ca 以及过渡金属 Fe 等活性组分。为了确定半焦燃烧对 NO 生成率有影响的矿物质种类，在 LK-de 上分别负载 1% 的 Na、K、Ca、Fe，然后分别进行程序升温 and 恒温燃烧实验，实验结果如图 3 和表 4 所示。

由程序升温实验 (图 3) 可以发现，与 LK-de 的燃烧相比，碱金属 Na、K 可以催化半焦的燃烧，使 NO 的逸出向低温移动；而负载 Fe、Ca 的半焦与脱灰煤半焦在程序升温条件下 NO 开始逸出和逸出结束的温度均十分接近，表明在此燃烧条件下 Ca、Fe 不能催化半焦氮氧化，但负载 Ca、Fe 催化剂的半焦 NO 的逸出峰值明显较大，表明催化剂促进了 NO 的生成，这可能是在一定的燃烧条件下

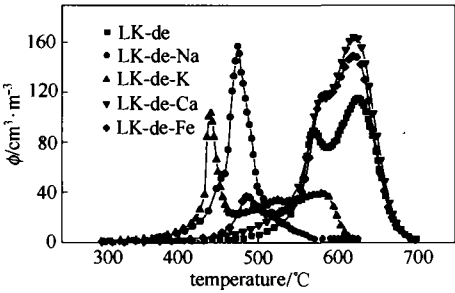


Fig. 3 Effect of Na, K, Ca, Fe on NO emission during coal char combustion under programmed temperature condition (5°C · min⁻¹, [O₂] = 11%)

Table 4 Effect of catalysts on conversion of char-N to NO during isothermal combustion of chars loaded with catalysts ([O₂] = 5.4%)

Tempe- rature/°C	R _{CCN} /%				
	LK-de	LK-de-Na	LK-de-K	LK-de-Ca	LK-de-Fe
700	7.16	5.16	5.67	9.78	7.35
750	9.18	4.53	4.18	8.54	7.51
800	11.17	4.80	5.56	5.86	7.59
850	11.90	5.02	6.14	4.13	7.18
900	7.40	3.40	5.70	4.10	5.30

催化剂有利于燃烧过程中生成的含氮中间体氧化为 NO。

恒温实验（表 4）表明，低温下 Ca、Fe 对于 NO 的生成有促进作用，但高温下负载 Ca、Fe 催化剂的半焦燃烧 NO 的产率明显较低。作者的前期实验研究表明，低温下 Ca、Fe 对于 NO-半焦反应催化作用较弱，高温下 Ca、Fe 对于半焦还原 NO 的反应催化作用显著增强。因此 Ca、Fe 在不同温度下对半焦氮转化为 NO 的作用不同。而 Na、K 在本实验的温度范围内降低了半焦氮向 NO 的转化率。

通过半焦负载催化剂的燃烧实验可以解释煤中矿物质对于 NO 释放规律的影响。由表 2 可知，龙口半焦矿物质含量的特征组成主要是碱金属 Na 的含量相对较高（Na₂O 为 0.59%），矿物质中的 Na 不仅催化半焦氮的氧化 [反应(1)]，对于半焦-NO 反应 [反应(2)] 也有较强的催化作用，这是原煤半焦燃烧 NO 的提前释放及产率明显低于脱灰煤半焦燃烧的原因。五龙煤半焦矿物质中 Fe 的含量较高（Fe₂O₃ 为 1.92%），但半焦在程序升温 and 恒温燃烧条件下均未显示出高的催化活性，可能是矿物质惰质组分掩蔽了 Fe 的催化作用，也可能是矿物

质中 Fe 的存在形态与半焦负载的 Fe 不同。下花园煤半焦中 K、Na、Ca、Fe 的含量均较高，在碱金属 K、Na 的催化作用下燃烧过程中原煤半焦较脱灰煤半焦 NO 的逸出峰温有所降低，但大量惰质组分的影响使低温燃烧半焦氮的转化率较高，燃烧温度较高时由于 Ca、Fe 对反应 (2) 的催化活性增大，使原煤半焦的 NO 生成率低于脱灰煤半焦。阳泉无烟煤半焦矿物质中 Na、K、Ca、Fe 等活性组分的含量都较低，矿物质对 NO 逸出的影响基本可以归结为惰质组分的影响，原煤半焦燃烧 NO 的产率远高于脱灰煤半焦。

3 结 论

(1) 煤中矿物质对于半焦燃烧过程中半焦氮氧化生成 NO 的转化率有一定的影响，碱金属 Na、K 催化半焦氮的低温氧化，并抑制半焦燃烧过程中 NO 的排放，而 Ca、Fe 只有在较高的燃烧温度下才能使半焦氮的转化率降低。

(2) 煤焦程序升温 and 恒温的燃烧实验均表明，煤焦矿物质的惰质组分使煤焦燃烧过程中的 NO 排放量增加。

(3) 半焦氮的转化率随煤阶的增加而增加，表明半焦的反应性越高 NO 的产率越低。

(4) 燃料氮的转化率随半焦燃烧温度的升高而增加，但达到极值后随温度的升高而降低。

References

1 Williams A, Pourkashanian M, Jones J M, Rowlands L. A Review of NO_x Formation and Reduction Mechanisms in Combustion Systems, with Particular Reference to Coal. *Journal of the Institute of Energy*, 1997, **70**: 102—113

2 Johnsson J E. Formation and Reduction of Nitrogen Oxides in Fluidized-bed Combustion. *Fuel*, 1994, **73** (9): 1398—1415

3 Kopsel R F W, Halang S. Catalytic Influence of Ash Elements on NO_x Formation in Char Combustion under Fluidized Bed Conditions. *Fuel*, 1997, **76** (4): 345—351

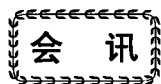
4 Furusawa T, Kunii D, Yamada N. Kinetic Study of Nitric Oxide by Carbonaceous Materials. *International Chemical Engineering*, 1980, **20** (2): 239—244

5 Shen Laihong (沈来宏), Yashizo Suzuki (铃木善三). N₂O Formation and Reduction in Fluidized-bed Combustion of Petroleum Coke. *Journal of Chemical Industry and Engineering (China)* (化工学报), 2000, **51** (5): 649—653

6 Teng H, Suuberg E M, Calo J M. Studies on the Reduction of Nitric Oxide by Carbon: the NO-Carbon Gasification Reaction. *Energy and Fuels*, 1992, **6** (4): 398—406

7 Teng H, Suuberg E M. Chemisorption of Nitric Oxide on Char (2) Irreversible Carbon Oxide Formation. *Ind. Eng. Chem. Res.*,

- 1993, **32** (3): 416—423
- 8 Teng H, Suuberg E M, Calo J M. Reactions of Nitric Oxide with Carbons; the Kinetics of NO Chemisorption on Carbon. *Prepr. Pap. -Am. Chem. Soc., Div. Fuel Chem.*, 1990, **35** (3): 592—597
- 9 Chan L K, Sarofim A F, Beer J M. Kinetics of the Oxide-carbon Reaction at Fluidized Bed Combustor Conditions. *Combustion Flame*, 1983, **52** (1): 37—45
- 10 Suzuki T, Kyotani T, Tomita A. Study on the Carbon-Nitric Oxide Reaction in the Presence of Oxygen. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1994, **33** (1): 2840—2845



2004 年国际橡胶会议征文启事

中国化工学会橡胶专业委员会、中国橡胶工业协会和中国合成橡胶工业协会将于 2004 年 9 月 22~24 日在北京举办“2004 年国际橡胶会议”(IRC2004)。这是继我国成功举办 IRC'92 后,又一次向世界全面展示我国改革开放以来橡胶工业科技发展成就的一次国际盛会。IRC2004 的主题为:橡胶·发展·环境。现将会议征文的有关事项通知如下:

一、主要议题

1. 原材料开发及趋势
2. 橡胶及聚合物
3. 热塑性弹性体
4. 功能材料及填充材料
5. 测试及寿命预测
6. 工艺控制
7. 计算机模拟
8. 轮胎及新型橡胶制品
9. 环境保护及回收再利用
10. 橡胶设备

二、征文要求

1. 内容必须真实、可靠,并尽可能有较强的创新性和较高的理论水平,不得一稿多投。文字力求简练,最好不超过 8000 字。

2. 论文作者于 2003 年 12 月 31 日前提交 300 字的中英文摘要各一份。组委会将于 2004 年 2 月前向所有作者发录用通知,摘要被接受者于 2004 年 3 月 15 日前提交论文中文全文一份,2004 年 5 月 15 日前提交论文英文全文一份。2004 年 4~5 月份组委会将组织一定形式的预演。

3. 征文摘要、正文最好通过 E-mail 发过来,也可以用 3.5"软盘邮寄,同时寄来一份 A4 打印文稿,中文用 5 号字宋体,英文用 Times New Roman 字体。排版建议用 Word。

三、其他

来稿请寄:

北京市阜石路甲 19 号(邮编:100039)中国化工学会橡胶专业委员会 收

E-mail: IRC@IRC2004.COM

希望国内外橡胶及相关企业、有关科研单位、高等院校、其他有关部门领导积极支持这项工作,共同办好 IRC2004,向世人展现我国改革开放的新局面。

IRC2004 组委会

2002 年 12 月 10 日