

分级燃烧对固体吸附剂吸附痕量金属的影响

韩 军, 徐明厚, 曾汉才, 詹 靖

(华中科技大学 煤燃烧国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 在一维煤粉燃烧炉实验研究了分级燃烧方式对吸附剂控制重金属元素排放的影响。试验发现分级燃烧会增加亚微米颗粒中重金属的浓度, 不利于对痕量重金属元素的控制, 尤其对挥发性大的元素(如 Cu 和 Ni)影响越明显; 固体吸附剂对煤中重金属的排放具有吸附作用, 并且吸附剂对不同的重金属元素的吸附有选择性; 最后对吸附剂吸附重金属元素的机理做了阐述, 吸附剂吸附重金属元素是通过物理吸附和化学吸附, 其中它们在吸附过程中是共存的。

关 键 词: 痕量重金属; 分级燃烧; 吸附剂; 煤燃烧

中图分类号: TQ530 文献标识码: A

1 前 言

煤中含有多种不同物理化学形态的痕量元素^[1], 在燃烧过程中, 部分易挥发的痕量元素会释放出并以气相存在, 当温度降低到低于重金属元素及其化合物露点温度时, 重金属蒸汽通过一系列的物理化学变化形成很小的气溶胶核或在周围已存在的颗粒上冷凝, 富集在亚微米颗粒上。尽管电站锅炉的除尘设备对灰尘的捕获效率很高($> 99\%$), 但对于细微颗粒的捕获率比较低, 使得相当一部分亚微米颗粒进入到大气中, 给环境造成很大的危害。

在煤燃烧过程中控制痕量元素的排放相当困难, 大量的研究表明燃烧中添加固体吸附剂或在尾部烟道喷入吸附剂被广泛认为是一项有前景的重金属元素控制技术, 它通过物理吸附和化学反应固定痕量金属化合物, 并将它们转化为对环境无害的形式。Jyh-Chereng Cheng^[2]通过实验研究了不同燃烧条件下不同吸附剂对重金属元素的控制, 发现燃烧中吸附剂对重金属吸附效率与元素种类、吸附剂种类和燃烧条件有关。其中高岭土和氧化铝在 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 吸附效果最好, 而铝土矿的最佳反应温度为 $700\text{ }^{\circ}\text{C}$; 上述 3 种吸附剂对以下 4 种重金属元素的吸附效果

依次为 $\text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Cd}$; 同时发现加入少量的氯化钠和硫酸钠能提高吸附剂的吸附效率, 而加入有机氯会降低吸附剂的效率。R. Agnihotri^[3]研究了氧化钙对硒的控制, 结果发现这个吸附过程不仅仅是物理过程, 而且包括化学反应, 同时硫化处理的吸附剂对硒的效率要高一些, 但是在环境中存在硫时, 吸附剂对硒的吸附效果就大大降低了。T. C. Ho^[4]在流化床燃烧中对石灰石、沙子、氧化铝这 3 种吸附剂进行了比较, 得到石灰石对 Pb 的吸附效果最好, 它对 Pb 捕获率达到 96.7% , 其次是沙子捕获率 47% , 最后的是氧化铝仅能捕获 43% 的 Pb。

目前国内外电站广泛使用分级燃烧这种燃烧方式以降低氮氧化物的排放, 但是分级燃烧对重金属影响以及分级燃烧时固体吸附剂对重金属元素排放的影响国内外还鲜见报道。本文的工作主要研究一些可能的吸附剂在分级燃烧条件下对痕量元素的捕获, 以达到同时控制痕量元素和 NO_x 排放, 实现综合治理。实验条件包括吸附剂种类, 分级与不分级的影响。另外对吸附剂吸附重金属蒸汽的吸附机理作了一些阐述。

2 试验结果及讨论

有关实验台架和方法在文献[5]中有详细的介绍。实验过程中, 保持总的空气过剩系数 α 为 1.30, 分级风量占总风量的 30% 。实验采用河北义马烟煤(W_{ad} 为 0.46% ; A_{ad} 为 32.22% ; V_{ad} 为 22.18% ; FC_{ad} 为 45.14%)。吸附剂有 CaO、方解石、灰质白云石和高岭土, 组分及结构参数见表 1。煤飞灰从炉膛底部通过取样管来采集, 采集的灰样消解后用 ICP-AES 测定痕量元素的含量, 如表 2 所示。实验中将吸附剂与煤粉按 2% 的比例均匀混合一起送入炉膛燃烧。

收稿日期: 2003-04-21; 修订日期: 2003-06-09

基金项目: 国家重点研究专项基金资助项目(G 1999022212)

作者简介: 韩 军(1977-)男, 湖南祁阳人, 华中科技大学博士研究生

表 1 吸附剂的组分和结构

吸附剂类型	石灰	方解石	灰质白云石	高岭土
主要成分/%	CaO 60.62	CaO 29.12 MgO 1.88	CaO 39.20 MgO 11.68	SiO ₂ 33.68 Al ₂ O ₃ 34.61 Fe ₂ O ₃ 1.36
BET 表面积/m ² ·g ⁻¹	6.5022	1.921 1	3.573 5	20.864 8
总孔体积/mL·g ⁻¹	0.004 476	0.001 058	0.002 813	0.022 058
平均孔径/nm	2.753 35	2.202 09	3.148 38	4.278 71

表 2 煤和飞灰中痕量元素的浓度 (μg/g)

元素	原煤	燃烧工况	CaO	高岭土	方解石	灰质白云石	煤灰
Be	3.24	不分级	7.27	7.69	8.29	8.36	5.9
		分级	7.01	7.47	6.24	7.72	5.5
Co	7.24	不分级	15.99	18.14	16.39	18.13	8.8
		分级	14.70	16.55	13.57	15.35	3.2
Cr	12.27	不分级	99.80	104.02	101.29	89.65	55.7
		分级	76.49	84.67	87.83	89.67	40.8
Cu	20.36	不分级	148.95	146.04	144.60	143.42	71.4
		分级	131.83	135.94	127.11	129.67	57.4
Ni	20.78	不分级	116.90	133.56	116.93	116.93	75.5
		分级	72.11	85.29	83.58	89.57	62.2

2.1 不同的吸附剂吸附效果

图 1~图 5 中可以看出,在不分级时,对 Co、Cr、Ni 元素来说,高岭土的吸附效果最好,被吸附在灰中的元素浓度分别为 18.14、104.02、133.56 μg/g;对 Be 元素,灰质白云石的吸附效果最好,灰中浓度为 8.36 μg/g;CaO 则对 Cu 元素的吸附效果最好,灰中浓度为 148.95 μg/g。而在分级情况下,对元素 Be、Cr、Ni,灰质白云石的效果最好,灰中浓度分别为 8.36、89.67、89.57 μg/g;对 Co 和 Cu,高岭土的吸附最好,灰中浓度分别为 16.55 和 135.94 μg/g。综合考虑这 5 种元素,高岭土的吸附效果最好,灰质白云石效果比较好,一方面其比表面积大,吸附剂与痕量元素化合物接触面大;另一方面,这两种吸附剂的有效活性位比较多。CaO 尽管小孔多,比表面积大,但由于在燃烧过程中容易发生烧结,孔被堵塞,阻碍了吸附反应的进一步进行,所以吸附效果不好。同时从图 1~图 5 可以看出不分级燃烧时 4 种吸附剂对于 5 种重金属元素的吸附效果依次为 Cu>Co>Cr>Ni>Be;分级燃烧时则依次为 Co>Cu>Cr>Ni>Be。对不同的痕量元素,各吸附剂所表现出的吸附能力也不同,这主要与吸附剂组分、吸附剂粒径、孔径分布、表面积的大小,以及活性位的多少有关系,而且吸附能力受燃烧工况的影响也很大,如高岭土的最佳吸附温度发生在 800 °C^[11]。

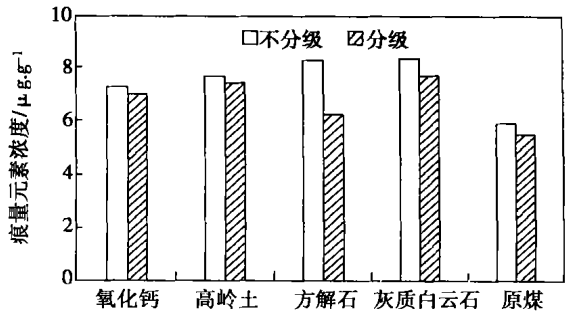


图 1 分级燃烧对吸附剂吸附 Be 的影响

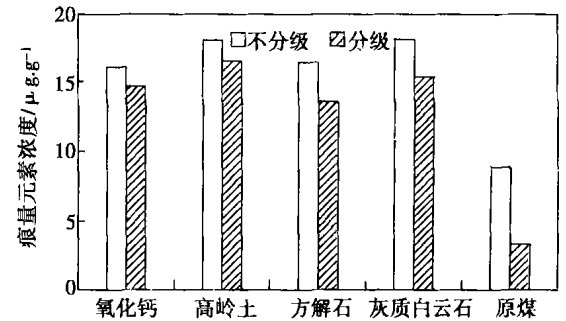


图 2 分级燃烧对吸附剂吸附 Co 的影响

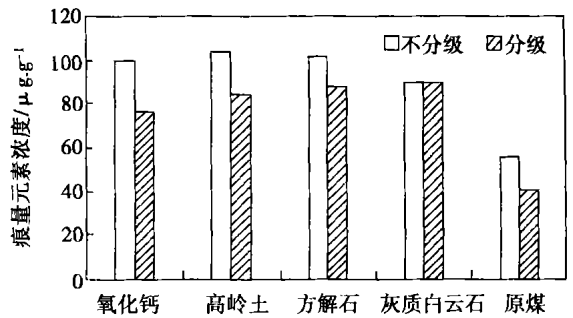


图 3 分级燃烧对吸附剂吸附 Cr 的影响

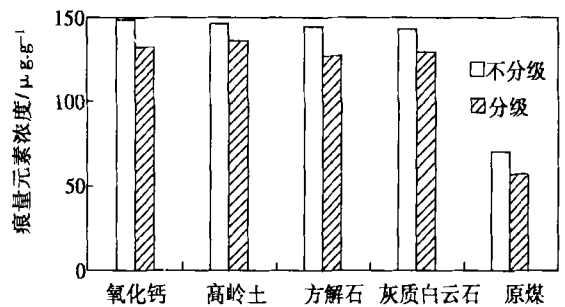


图 4 分级燃烧对吸附剂吸附 Cu 的影响

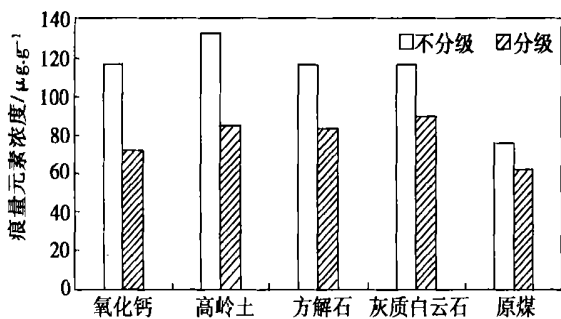


图 5 分级燃烧对吸附剂吸附 Ni 的影响

2.2 分级燃烧对吸附效果的影响

分级燃烧对重金属元素排放的影响也在图 1 ~ 图 5 中可以看出, 分级燃烧时痕量元素在灰中的浓度都会降低, 这也就是说痕量元素在分级燃烧时更易在小颗粒中富集, 尤其是对 Ni 的影响最为厉害。同时分级燃烧对于不同种吸附剂和不同重金属元素的影响也不一样。总的来说, 分级燃烧对于 Ni 的影响最为大, 其次为 Cr, 随后依次为 Co、Cu 和 Be, 就是对于同一种重金属元素由于添加不同吸附剂, 分级燃烧对它们的影响也是不同, 如 Be 就是在添加方解石后分级燃烧对它的排放影响最大, 其次为灰质白云石, 添加其它两种吸附剂的情况对于分级则不是那么灵敏。对于 Co 排放来说, 分级燃烧对于添加了方解石和灰质白云石的煤粉影响相对要大一些。分级燃烧对于煤灰中 Cr 的浓度影响最大, 其中对于添加氧化钙的煤灰分级燃烧影响煤灰中 20% 的 Cr 排放, 而对于添加灰质白云石的煤灰中 Cr 的浓度没有影响。

分级燃烧主要是通过下列两个方面来影响痕量元素的排放, 一方面分级燃烧会促进痕量金属的气化, 可能在还原条件下生成了次氧化性金属类和还原性金属类, 而这些产物的蒸汽压要比完全氧化的金属化合物低, 因此在相同的燃烧温度下更容易气化, 所以分级燃烧可能会增加细微颗粒的生成。另一方面, 在还原区内, 由于采用空气分级, 在还原区内煤粉与空气的混合延迟, 燃烧速度降低, 煤粉不能完全燃烧, 峰值温度会降低, 尽管分级风送入后燃尽区内燃烧温度会有所提高, 但整个炉膛范围内的温度水平要比不分级时低, 所以这些还原性金属类的气化程度也会随之降低。因此分级燃烧时, 金属的气化应取决于这两个过程的相互影响。在本文的试验条件下, 气氛的影响明显要强于温度的影响。

Linak^[9] 认为当分级程度增大时, 总体温度水平下降

更多, 温度的影响要强于还原气氛的影响, 亚微米颗粒数反而会降低。因此可以通过多次分级来降低燃烧温度使金属气化达到最小化, 但分级程度应有个限度, 温度降的太多会增加飞灰未燃尽碳, 颗粒物的排放量也会相应增加。

将上述元素按挥发性的强弱进行分类, Cu 属于第二类, Be、Ni、Cr 属于第三类与第二类的交界, Co 属于第三类, 所以从挥发性来看: Cu > Ni > Cr > Co > Be, 分级燃烧对挥发性强的金属类影响程度更明显 (见图 1 ~ 图 5)。

3 吸附剂对痕量元素吸附机理

3.1 物理吸附

固体吸附剂对痕量元素的吸附是一个气固反应, 包括物理吸附和化学吸附。重金属蒸汽要与吸附剂发生反应, 前提是它们必须接触, 所以整个反应包括 3 个过程: (1) 气相的痕量元素到达颗粒的外表面; (2) 通过产物层的扩散到达反应物层; (3) 在固态反应物层表面经过吸附、表面反应位的迁移和与活性位发生化学反应或者通过范德华力形成物理吸附。

固体表面的分子与内部分子不同, 存在剩余的表面自由力场, 当气相的重金属蒸汽分子扩散到固体表面时, 其中一部分就被吸附, 并释放出吸附热。在被吸附的分子中, 当热运动的动能足以克服吸附剂引力场的位垒时, 痕量元素就会重新回到气相, 这就是物理吸附。严格的说, 物理吸附并不是气固反应过程, 但可以用重金属元素化合物与吸附剂的表面位“σ”的准气固反应过程来描述: $M + \sigma \rightleftharpoons (M - \sigma)$, 过程的速率可以用吸附速率 K_1 和脱吸附速率 K_2 的差来表示。后者与固体表面已吸附气体的活性中心数 (以表面覆盖度 θ_1 来表示) 成线性关系, 而前者则与气相中重金属元素浓度 (以气体压力 P_M 来表示) 和剩余吸附位有关, 因此总的速率可用下列方程来表达^[6]:

$$P_{phy} = k_1 P_M (1 - \theta_1) - k_2 \theta_1$$

当达到平衡时, 即可得到 Langmuir 等温方程式:

$\theta_1 = \frac{KP}{1 + KP}$, 其中 K 为平衡常数, 与动力学常数相关, $K = k_1/k_2$ 。假定在痕量元素吸附量很低的情况下, 覆盖率 θ 与吸附量成正比, 即 $\theta = km$, 另外数 $P_M = X_M P_{tot}$, 于是上式就变成:

$$\frac{1}{m} = \frac{k}{KP_{tot} X_M} + k$$

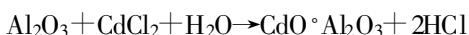
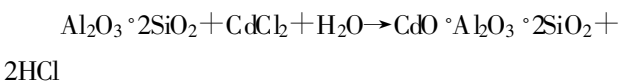
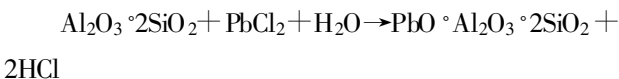
式中: m 是单位质量吸附剂吸附重金属蒸汽的量; k 是覆盖度 θ_1 的质量比系数; X_M 是气相中重金属元素的摩尔分数; P_{tot} 是总的压力。

从上式可以看出吸附量与压力、温度、气相痕量元素的浓度、固体表面的覆盖率等因素有关。物理吸附的一个重要方面就是重金属蒸汽在毛细管内的凝结。对半径小于 $15 \sim 20 \text{ \AA}$ 的微孔中, 由于临近孔壁的力场相互叠加, 增加了固体与气体分子的相互作用力, 蒸汽发生凝结的压力要比在外部平面发生凝结时所需压力低, 孔径越小, 重金属蒸汽发生凝结时的蒸汽压越低。Kelvin 方程可以定量描述平衡蒸汽压力与孔径的关系, 但是孔径小于重金属元素分子时, 重金属蒸汽就不能进入微孔, 导致毛细管凝结不能发生, 吸附热的测量结果和理论计算也表明毛细管凝结是有上限的, 这取决于金属分子的大小。因为蒸汽的结核发生在蒸汽压力达到过饱和, 而且没有存在足够的表面以供蒸汽的凝结, 导致结核的形成。因此在炉膛中喷入吸附剂可以阻止部分气相的重金属蒸汽在温度较低的尾部烟道发生结核, 减少亚微米颗粒的形成同时使得凝结在粗颗粒上的重金属增多, 从而到达控制痕量元素排放的目的。

3.2 化学吸附

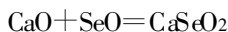
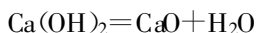
当气相的重金属元素扩散到吸附剂反应层表面的活性位时, 与该活性位发生碰撞并反应, 但重金属元素与吸附剂发生化学反应具有选择性, 不同元素所对应的活性位不同, 所以在实验中不同吸附剂吸附重金属的效果也不一样。

Mark V. Scott^[8] 在实验台架上用铝土矿、高岭土、粘土和石灰石进行了吸附 Pb 和 Cd 实验, 并对反应产物进行 X 光线衍射分析, 发现高岭土和铝土矿吸附 Pb 的产物里有 $\text{PbAl}_2\text{SiO}_8$, 而铝土矿吸附 Cd 的产物中有 $\text{CdAl}_2\text{SiO}_8$ 和 CdAl_2O_4 , 因此它们可能的反应机理为:

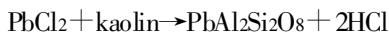


R. Agnihotri^[3] 用 X 射线散射光谱(XRD)分析了 CaO 与 As 蒸汽在 600°C 和 1000°C 下反应的产物, 发现产物里只有 $\text{Ca}_3\text{As}_2\text{O}_8$ 和未反应的氧化钙, 没有发现其它的 $\text{Ca}-\text{As}-\text{O}$ 的化合物, 也没有存在氧化砷, 将产物浸取没有发现 As 离子, 这说明氧化钙与

As 发生了化学反应。同时他对熟石灰吸附砷作了实验研究, 发现: 熟石灰在 $400 \sim 600^\circ\text{C}$ 时对砷捕获率最高, 而后随着温度的升高, 捕获率急剧下降。熟石灰对砷的捕获不仅是物理吸附, 而且存在化学反应, 它们的化学反应式如下:



YaoHong^[9] 在试验台架上研究了高岭土对 CdCl_2 和 PbCl_2 的吸附作用, 结果发现可能存在的化学反应为:



根据实验结果得到高岭土对 Pb/Cd 吸附捕获速

率可以用下式表示: $\frac{dm}{dt} = k_s AMC$, 这里 m 代表 Pb/Cd 与高岭土反应的质量, A 是高岭土初始表面积, M 是重金属元素的分子量, C 为重金属蒸汽的浓度, k_s 是高岭土与 Pb/Cd 之间表面化学反应的常数, 可用阿仑尼乌斯公式表示:

$$k_s = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

式中: K_0 是指前因子, E 是活化能, R 是气体常数, T 是表面温度。根据实验结果得到 Pb 与高岭土的化学反应常数为 $k_x = 164.0 \exp(-102644.1/T)$; Cd 与高岭土化学反应常数为 $k_x = 1998.2 \exp(-130454.1/T)$ 。

从上面分析可以知道在吸附剂吸附重金属元素过程中物理吸附和化学吸附并不是完全分离的, 存在化学吸附的同时必然存在物理吸附, 只是在温度较低时物理吸附占据主要地位, 而在高温时化学吸附的影响相对要大一些。

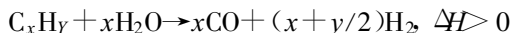
4 结 论

(1) 分级与不分级时, 由于气氛与温度的不同, 痕量元素的形态变化过程有很大差异, 在还原条件下痕量元素容易生成次氧化性与还原性化合物, 相对于完全氧化的产物更易气化。总的来说, 分级燃烧对于 Ni 的影响最为大, 其次为 Cr, 随后依次为 Cu、Co 和 Be; 对于吸附剂来说, 分级燃烧对它们的影响没有规律, 主要与吸附的元素有关。

(2) 对不同的痕量元素, 由于吸附剂本身物理化学特性的差异, 所表现出的吸附能力也各不相同。

(下转第 58 页)

制氢催化剂的主体一般为过渡金属化合物^[4], 本实验中涉及到的是有机物—水蒸气重整催化剂。这些有机物主要包括烃类和小分子醇。烃的水蒸气重整反应通常为:



所生成的 CO 还可以进一步与水进行以下放热反应:



这是目前工业上制造氢气最重要的方法。这里常用的催化剂为镍基混合金属(包括铝、钾、钙、镁等)氧化物^[5]。在有催化剂存在的条件下, 上述反应在 200~500 °C(低于一般火焰温度)时即可较快进行。

在本实验的实际使用过程中, 先将催化剂研磨成 80~120 网目的细小颗粒, 然后再通过高温胶粘接在硅碳棒的表面^[6]。

5 结 论

(1)在有催化剂和水蒸气存在的条件下, 预混气的着火温度与纯柴油时相比均有大幅度地下降(见图 4)。这一结果说明在一定的实验条件下, 催化剂的存在确实促进了柴油和水蒸气的重整反应, 同时也说明催化重整反应能够降低乳化油的着火温度。

(2)是否有催化剂的存在是发生重整反应的一个必要条件, 从图 3 中可以看出这一点, 图 3 为无催化的纯柴油和无催化的乳化油的着火温度对比, 没

有催化的乳化油对比于无催化的纯柴油, 着火温度并没有明显下降, 这说明仅仅有水的存在并不能发生重整反应, 由此可见, 催化剂的存在是发生重整反应的一个必要条件。

(3)是否有水的存在是发生重整反应的另一个必要条件, 从图 2(纯柴油在有无催化情况下的着火温度对比)中可以看出, 有催化剂存在的纯柴油和没有催化剂存在的纯柴油的着火温度的拟合曲线几乎重合, 即着火温度没有明显下降, 这说明仅仅有催化剂的存在并不足以发生重整反应, 可见, 水的存在是发生重整反应的另外一个必不可少的条件。

参考文献:

- [1] ALI I, BASIT M L. Significance of hydrogen content in fuel combustion [J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 1993, 18(12): 1009—1011.
- [2] YU G, LAW C K, WU C K. Laminar flame speeds of hydrocarbon plus air mixtures with hydrogen addition [J]. *Combustion and Flame*, 1986, 63: 339—347.
- [3] FOCACHE C G, KREUTZ T G, LAW C K. Ignition of hydrogen-enriched methane by heated air [J]. *Combustion and Flame* 1997, 110: 429—440.
- [4] 孙庆成. 两种轻油水蒸气转化催化剂的比较 [J]. *炼油设计*, 1992, 24(1): 19—22.
- [5] 贺占博. 燃料掺水燃烧建议的新进展 [J]. *化学进展* 1997, 9(2): 162—200.
- [6] 傅维德, 张永康, 王清安. *燃烧学* [M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.

(何静芳 编辑)

(上接第 55 页)

(3)添加吸附剂由于为重金属蒸汽冷凝提供了更多的表面积, 使得重金属蒸汽的结核有所减少, 吸附在大颗粒表面的重金属增多。

(4)吸附剂吸附重金属元素时同时存在物理吸附和化学吸附, 它们两者同时共存。

参考文献:

- [1] 张振桴, 樊金串, 晋菊芳, 等. 煤中砷、铅、铍、铬等元素的存在状态 [J]. *燃料化学学报*, 1992, 20(2): 206—211.
- [2] CHEN J C, WEYM Y. The adsorption of heavy metals by different sorbents under various incineration conditions [J]. *Chemosphere*, 1998, 37(13): 2617—2626.
- [3] AGNIHOTRI R, CHAUK S. Selenium removal using car-based sorbents;

reaction kinetics [J]. *Environ Sci Technol*, 1999, 32: 1841—1846.

- [4] HO T C, LEE H T. Metal capture by sorbents during fluidized bed combustion [J]. *Fuel Processing Technology*, 1994, 39: 373—388.
- [5] 程俊峰. 燃煤锅炉痕量元素释放、分布与排放的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2002.
- [6] 江琳才, 黄炳灯, 李星华. *物理化学* [M]. 北京: 高等教育出版社, 1995.
- [7] FRIEDLANDER S K. *Smokes, dust and haze: fundamentals of aerosol behavior* [M]. New York: Wiley-interscience, 1977.
- [8] SCOTTO M V, UBEROIM. Metal capture by sorbents in combustion processes [J]. *Fuel Processing Technology*, 1994, 39: 357—372.
- [9] YAO H. Study on fundamental emission characteristics of trace metal compounds and their control in combustion processes [D]. Japan: Toyohashi University of Technology, 2002.

(何静芳 编辑)

surface the equivalent orientation emission rate in the zenith angle direction will increase. **Key words:** radiation heat transfer, Monte Carlo method, tube, equivalent orientation emission

分级燃烧对固体吸附剂吸附痕量金属的影响 = **The Impact of Graded Combustion on the Adsorption of Trace Metals by Solid Adsorbents** [刊, 汉] / HAN Jun, XU Ming-hou, ZENG Han-cai, et al (National Key Laboratory of Coal Combustion under the Huazhong University of Science & Technology, Wuhan, China, Post Code: 430074) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 52 ~ 55, 58

An experimental investigation was carried out in an one-dimensional pulverized-coal furnace to study the impact of graded combustion on the control by adsorbents of the emission of heavy metals. Through the investigation it was found that the graded combustion would increase the concentration of heavy metals in sub-micron particles, which is unfavorable for the control of trace heavy metals. This influence is especially significant in the case of highly volatile elements, such as copper and nickel. Solid adsorbents play an adsorption role with respect to the emission of heavy metals present in coal. Moreover, the adsorbents have a selective tendency in the adsorption of different heavy metals. In conclusion, the authors have expounded the mechanism of adsorption of heavy metal elements by the adsorbents. Such a mechanism is realized through both a physical and chemical adsorption, which coexist during a adsorption process. **Key words:** trace heavy metal, graded combustion, adsorbent, coal combustion

催化重整反应对柴油掺水燃烧中着火的影响 = **The Influence of a Catalytic Reforming Reaction on the Ignition of Diesel Oil Mixed with Water** [刊, 汉] / WANG Chao, GONG Jing-song, FU Wei-biao (Department of Engineering Mechanics, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 56 ~ 58

The impact of a catalytic reforming reaction on the ignition temperature was investigated during the firing of diesel oil mixed with water. The focus of the investigation is on the change of ignition temperature when the catalytic reforming reaction takes place or not. From the results of experiments it can be seen that the catalytic reforming reaction has a significant influence on the ignition of emulsified diesel oil and can markedly reduce the ignition temperature. A detailed description is given of the experimental devices, test process and results along with circumstantial explanations and analyses. It is concluded that the catalytic reforming reaction can lower the ignition temperature of the emulsified diesel oil. Furthermore, two conditions essential for the implementation of catalytic reforming are also put forward. **Key words:** emulsified diesel oil, catalysis, reforming reaction, ignition

成型压力和炉膛温度对单颗粒型煤燃烧失重特性的影响 = **The Impact of Forming Pressure and Furnace Temperature on the Weight-loss Characteristics of Single-particle Briquette Combustion** [刊, 汉] / DONG Peng, JIANG Xue-hui, ZHAO Guang-bo (College of Energy under the Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 59 ~ 62

By making use of a thermogravimetric analysis method the weight-loss characteristics of single-particle briquette combustion were investigated. As a result, the laws governing the impact of forming pressure and furnace temperature on the weight-loss characteristics of single-particle briquette combustion have been deduced. In combination with a theoretical analysis a mathematical model was set up, which can reflect the mechanism of this influence. **Key words:** briquette, combustion, thermogravimetric analysis

蜂窝陶瓷蓄热体格孔壁面应力变化特性的数值研究 = **Numerical Study of the Stress Variation Characteristics at the Cellular-hole Wall-surface of a Honeycomb Ceramic Regenerator** [刊, 汉] / OU Jian-ping, JIANG Shao-jian, XIAO Ze-qiang (Institute of Energy & Power Engineering under the Zhongnan University, Changsha, China, Post Code: 410083), WU Chuang-zhi (Guangzhou Energy Source Research Institute under the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China, Post Code: 510070) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2004, 19(1). — 63