

促燃脱硫剂对煤炭清洁燃烧的能效及机理分析*

武增华 许玲 尉志武 张连庆 薛方渝

(清华大学化学系, 北京 100084 Email: lgs-sg@mail.tsinghua.edu.cn)

摘要 用微机热天平 and 色谱方法测试和研究了促燃脱硫剂在降低煤炭的着火温度、改善煤炭燃烧特性、减少煤炭燃烧造成的环境污染等方面的节能和环保功效。试验结果表明: CCS 型燃煤促燃脱硫剂能降低煤炭着火温度 30 ~ 80 , 提高煤炭利用率 10% ~ 25% , 固硫率 30% ~ 50% , 且明显降低 CO 排放量和排烟黑度。本文初步探讨了其作用机理。

关键词 促燃脱硫剂, 燃烧特性, 清洁燃烧, 节能。

The Effects of an Additive on Clean Combustion of Coal and the Analysis of Mechanism

Wu Zenghua Xu Ling Yu Zhiwu Zhang Lianqing Xue Fangyu

(Department of Chemistry, Tsinghua University, Beijing 100084, China E-mail: lgs-sg@mail.tsinghua.edu.cn)

Abstract The effects of an additive on combustion characteristics of coal and the emission of pollutant gas were tested. The result shows that the additive can decrease the ignition temperature 30 ~ 80 and improve the combustion characteristics and utility of coal 10% ~ 25%, immobilized-sulphur rate of 30% ~ 50%; and decrease the emission of SO₂ and CO. The mechanism was discussed in this paper.

Keywords coal additive, combustion characteristic, pollutant emission, clean combustion, save of energy.

本研究在不改变燃煤设备的前提下, 依据煤炭燃烧的化学反应原理, 在煤中添加少量的催化促燃剂和催化脱硫剂, 通过催化、活化、促进氧化及化学反应过程, 以改善煤炭的燃烧特性, 降低煤炭的着火温度, 减少燃烧污染物的排放, 达到促燃、环境保护和节能的清洁燃烧目的。

1 实验部分

1.1 原煤及促燃脱硫催化剂

原煤: 主要采用宁夏太西煤, 工业分析(%): M(水分) 1.54, A(灰分) 12.30, V(挥发分) 11.01, C(含炭) 75.15, 样品颗粒度 60~100 目。

促燃脱硫剂(以下简称 CCS 剂): 以碱土金属 Mg、Ca、Sr、Ba 和过渡金属 Mn、Fe、Ni、Cr、Zn、Cu 等的盐类和氧化物为主的复合配方^[1,2]

添加方法: 定量 CCS 剂先溶于水后混入原煤中, 再喷少量水混和均匀, 在 120 烘干备

用。浓度为 100g 煤中 CCS 剂的重量%。

1.2 实验装置及方法

用 WCT-1 微机热天平, 在严格控制同一实验条件(升温速率 50 °C/min, 温度区间 50~900 , 空气流速 100ml/min, 样品重量 5.8 ± 0.1mg) 下, 对渗加了不同浓度的 CCS 剂的试样进行热失重(TG) 和燃烧曲线(DTA) 测试, 并用管式电炉模拟燃烧, 用色谱测定燃烧烟气中 CO 的排放量变化。用库仑滴定法测定尾气中 SO₂ 总量, 并计算固硫率。

2 燃煤促燃脱硫剂对清洁燃烧的作用

2.1 降低煤炭的着火温度

煤炭的着火温度是煤炭燃烧性能的重要指标。采用热重(TG) 法快速准确测定煤炭的着

* 获 1997 年国家科技进步二等奖课题的部分内容。
武增华: 女, 59 岁, 教授
收稿日期: 1999-04-23

火温度^[8], 图 1 为不同浓度的 CCS 剂对太西煤着火温度的影响.

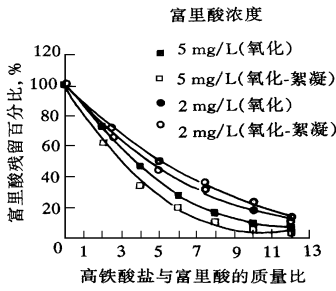


图 1 太西煤着火温度随 CCS 剂浓度的影响

可见, 由于添加的 CCS 剂的浓度不同, 其

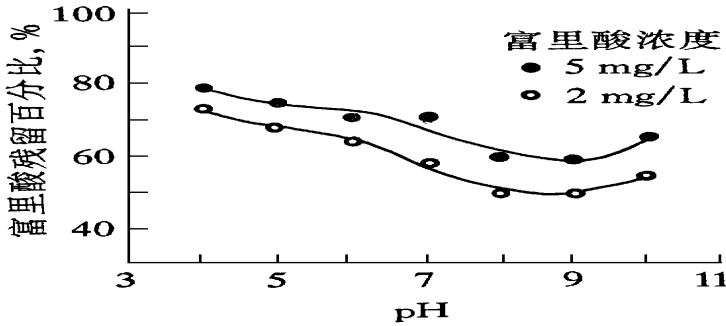


图 2 CCS 剂对不同煤种燃烧曲线的影响

从图 2(a) 可见, 在太西煤燃烧时, 初始放热速度平缓, 且到 400 ~ 500 温度区间内放热基本停滞, 到 600 左右才形成一个较大的放热峰, 表明此时煤才激烈燃烧. 而添加 CCS 剂的煤燃烧放热情况则大不同相: 初始升温速度就比原煤快, 且恰恰在原煤停滞燃烧的温度区间, 其速度加快, 燃烬温度提前, 放热峰面积增大, 有效放热量提高, 从而使煤炭的有效利用率得到提高 (表 1). 工业对比试验

表 1 CCS 剂对不同煤种燃烧性能的影响

煤种	着火温度/		燃烬温度/	
	原煤	添加 CCS 1.5%	原煤	添加 CCS 1.5%
大同混煤	480	440	800	750
锦州煤	520	490	700	680
太西煤	560	510	830	790
永安煤	624	560	840	780

着火温度下降程度也不同, 最大下降幅度在 60 ~ 80 左右, 最佳添加浓度在 0.5% ~ 3% 之间. 由于煤炭着火温度的下降, 使煤炭易于着火燃烧和燃烬, 有利煤炭利用率的提高.

2.2 改善煤炭燃烧性能

在不同煤种中, 分别添加了 CCS 剂 (1.5%), 测试它们在燃烧过程中的放热焓随时间的变化 (即 DTA) 曲线, 并将它们汇合在同一坐标纸上对比, 从图 2(a)、(b) 可清楚看到, CCS 剂能使煤炭在燃烧速度、放热强度、放热峰的温度区间、放热峰面积大小 (严格控制实验条件下, 可衡量放热焓的大小) 等燃烧性能方面都发生很大改变.

表明, 它能提高锅炉热效率 10% 左右, 节煤 10% ~ 25% 左右. 并大大改善了燃烧工况, 炉渣含炭量下降 5% ~ 15%.

2.3 减少烟气中 CO 的排放

用燃烧-色谱联用实验装置^[5] 来采集和分析煤炭燃烧过程排放的烟气中 CO 的含量 (见图 3).

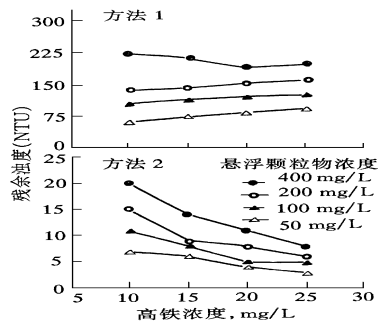


图 3 燃烧烟气中 CO 含量随温度变化

图 3 表明, 添加 1.5% CCS 剂后, 烟气中的 CO 排放浓度明显降低. 工业炉窑应用证实, 不仅排烟中的 CO 浓度明显下降, 还能使烟气黑度(林格曼)下降 1~2 级.

2.4 减少烟气中 SO₂ 的排放

目前广泛使用的脱硫剂大都是以石灰石为主, 它有取材易成本低的优势, 缺点是用量大且阻燃. CCS 催化促燃脱硫剂既能改善煤炭的燃烧特性又有较好的固硫效果. 在太西和宜宾煤各半的混煤(S=1.74%)中, 添加 1%~5% 的 CCS 剂, 测定固硫率(见表 2).

表 2 CCS 剂对固硫率的影响(900 °C)/%

煤中脱硫剂含量	1	2	3	4	5
固硫率	28	36	42	48	52

3 燃煤促燃脱硫剂的节能、固硫机理分析

(1) 燃煤促燃脱硫剂能大大改善燃烧小环境, 强化煤炭的氧化作用. 因其中的某些氧化剂能在升温加热过程中随温度变化分层次放出生态氧气, 围绕在煤粒周围和煤粒微孔中, 因此大大改善了燃烬条件并强化了燃烧强度.

(2) 燃煤促燃脱硫剂中某些金属离子, 能与煤中的腐蚀酸盐发生阳离子交换, 生成易着火的腐蚀酸盐(着火温度在 200 °C 左右)^[5], 降低了煤的着火温度.

(3) 触煤燃烧作用: 燃煤促燃脱硫剂中某些过渡金属离子, 由于它们具有“d 穴”空轨道, 能接收 O₂、CO 分子中的孤对电子而产生化学吸附, 使 O₂、CO 分子活化, 促进了 O₂、CO 的氧化反应.

(4) 燃煤促燃脱硫剂能增加煤的挥发份的逸出量^[6]: 某些物质(如 NaCl 等)对煤的热解中有机物的裂解起催化作用, 使同温度下挥发份析出量明显增加. 笔者也测得了 CuCl₂ 促使太西煤在不同温度下的挥发份逸出量显著增加的实验结果^[2], 使着火温度下降, 达到了促燃的目的.

(5) 燃煤促燃脱硫剂在煤炭燃烧过程中发生的某些物理和化学过程, 可达到翻炒煤层, 促使包裹在内的炭粒得到充分燃烧, 减少了炉渣含碳量.

(6) 燃煤促燃脱硫剂在燃烧反应中生成的金属氧化物, 可以与 SO₂ 生成硫酸盐, 而降低了 SO₂ 排放. 同时通过催化作用提高了新生成的金属氧化物以及煤渣中的可吸收 SO₂ 生成硫酸盐的氧化物的脱硫活性, 从而提高了固硫率.

参 考 文 献

- 武增华, 许玲. 催化剂对煤着火特性影响规律的计算机辅助研究(). 计算机与应用化学, 1996, 13(4): 270
- 武增华, 许玲. 催化剂对煤着火特性影响规律的计算机辅助研究(). 计算机与应用化学, 1997, 14(2): 115
- Anderlohr A and Hedden K. Characterization of Catalytic Activity by Determination of Ignition Temperature. Ger. Chem. Eng., 1980, (3): 89
- Wager Y and Muhlman H J. Effect of a Catalyst on Combustion of Char and Anthracite. Fuel, 1989, 68(2): 251
- 木村帮夫等. 日本国公开特许公报, 昭 57-139289
- 张军等. 矿物质对煤粉热解的影响. 燃烧科学与技术, 1998, 4(1): 63
- Wu Z, Xu L, Wang Z and Zhang Z. Catalytic Effects on the Ignition Temperature of Coal. Fuel, 1998, 77(8): 891
- 曾根高和则. 日本特许, 昭 58-59288