

A New Method for Lignite Upgrading

Zhijian Gong¹, Zhaoying Fang¹, Tao Cai¹, Lijun Feng¹, Jianming Zhou², Wenyu Liu²

¹College of Chemical and Environmental Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, China

²Beijing Research Institute of Coal Chemistry, China Coal Research Institute, Beijing, China

Gongzhijian596@126.com,

Abstract: A Steam explosion grinding and upgrading study was carried on Neimeng lignite with the Steam explosion method. The investigation was conducted on the steam explosion device, process conditions and the steam explosion effects, meanwhile, the influence of process conditions of the steam explosion on lignite upgrading was also studied. The results showed that the steam explosion had great effects on lignite grinding and lignite upgrading. When the residence time was 1h, with the increase of the steam explosion temperature, the lignite moisture decreased by 63.6%, the volatile decreased by 11.3% and the oxygen content decreased by 48%, while the carbon content increased by 12.9%. In short, the lignite quality was improved after upgrading.

Keywords: Lignite; steam explosion; lignite upgrading

褐煤改质新方法

巩志坚¹, 房兆营¹, 蔡涛¹, 冯立君¹, 周建明², 刘文郁²

¹山东科技大学化工学院, 青岛, 中国, 266510

²煤炭科学研究总院北京煤化分院, 北京, 中国 100013

Gongzhijian596@126.com,

摘要: 利用汽爆方法对内蒙褐煤进行了汽爆粉碎和改质初步研究, 考察了汽爆设备、工艺条件和汽爆效果, 同时进行了汽爆工艺条件对褐煤改质的影响。结果显示, 单次汽爆过程对褐煤具有明显的粉碎效果, 汽爆过程对褐煤具有显著的改质作用。停留 1h, 随着汽爆温度的提高, 褐煤水分降幅达 63.6%, 挥发分降低 11.3%, 氧含量降低 48%, 含碳量提高了 12.9%, 褐煤质量得到很好改质。

关键词: 褐煤; 汽爆; 褐煤改质

1 引言

美国学者早在1945年就申请了汽爆方法粉碎具有可渗透性材料的专利^[1], 后来汽爆粉碎方法主要应用于生物质处理过程^[2]。褐煤目前主要利用途径是作为发电用煤, 燃烧方式大多为粉煤燃烧, 煤炭粉碎过程存在能耗高、设备磨损大等问题, 开发一种能耗较低的褐煤粉碎方法意义重大。褐煤是煤化程度最低的煤种, 褐煤具有较大的孔隙率, 水分高、热值低、易风化和自燃, 单位能量的运输成本高, 不利于长距离输送和贮存。褐煤直接燃烧的热效率较低, 且温室气体的排放量也很大, 难以大规模开发利用。褐煤转化利用也受到限制, 褐煤液化、干馏和气化都需要把煤中水分降至10%以下, 煤粉燃烧粉碎煤时需将煤干燥至

水分小于4%。因此, 褐煤的脱水、脱氧改质成为目前褐煤利用研究的热点。

2 实验部分

2.1 实验装置

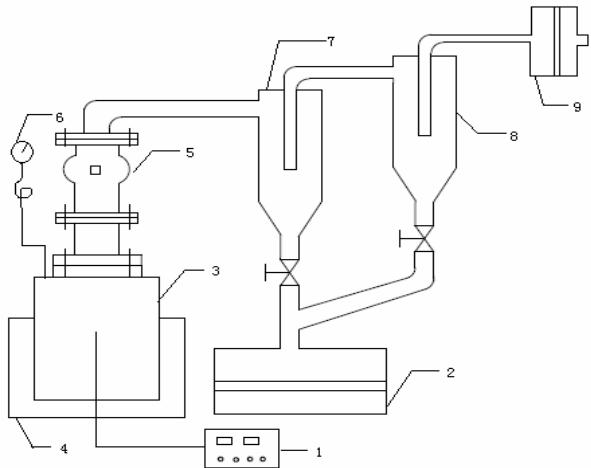
在山东省基金委的资助下, 2009年我们针对内蒙胜利褐煤进行了煤炭汽爆粉碎实验室研究。实验装置采用间歇装置, 由高压反应釜、泄压阀、煤尘收集等组成。反应釜采用耐热不锈钢材质, 电加热, 可承受25MPa, 400℃条件试验。泄压阀采用快开特性的球阀。煤尘收集采用旋风分离器串连多孔过滤器。旋风分离器下端连接气体膨胀器。装置流程示意图见图1。

2.2 实验过程

采取内蒙胜利褐煤作为试验煤, 首先对煤样进行了工业分析和元素分析, 其结果见表1所示。筛取

山东省基金 (Y2008B09)

0.9mm~5mm 粒级的煤作为汽爆粉碎原料。称取一定量的煤与水装入釜中，控制液固比 3: 1，温度 327℃、压力 12MPa，停留时间 1h，然后开阀快速泄压，实现汽爆粉碎过程，在 1~3 秒钟期间釜压降为零，大部分煤随蒸汽冲出反应釜，经旋风分离器和多孔过滤器收集进行烘干筛分分析。汽爆样品进行了工业分析和元素分析、氮吸附等分析。



1—temperature controller; 2—expansion container; 3—autoclave; 4—heater; 5—ball valve; 6—pressure gauge; 7, 8—cyclone separator; 9—filter

Figure 1 Steam explosion experimental installation picture
1—温度控制仪; 2—膨胀容器; 3—高压反应釜; 4—加热炉; 5—球阀; 6—精密压力表; 7, 8—二级旋风分离器; 9—多孔过滤器
图1 汽爆粉碎煤试验装置示意图

Table 1 Proximate analysis of Neimeng Shengli lignite
表 1 内蒙胜利褐煤工业分析

Proximate analysis/%				
Mad	Aad	Vad	Vdaf	FCad
18.10	7.80	30.10	40.62	44.00

Table 2 Ultimate analysis of Neimeng Shengli lignite
表 2 内蒙胜利褐煤元素分析

Ultimate analysis/%					
Cad	Had	Oad	Nad	St,ad	H/C
50.36	2.40	19.31	0.72	1.31	0.05

3. 结果与讨论

3.1 汽爆粉碎效果

由汽爆处理筛分分析可见，0.9~5mm的褐煤经一次汽爆处理后，大于0.9mm粒径的重量占58.3%，小于0.9mm粒径重量占41.7%，其中小于0.15mm粒径占31.0%，粉碎效果较明显。详见图3。

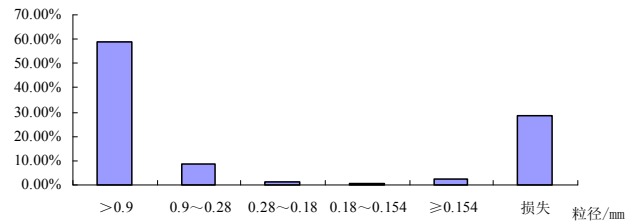


Figure 2 Effects of lignite steam explosion grinding
图 2 褐煤汽爆粉碎效果

3.2 改质效果

3.2.1 汽爆温度的影响

固定停留时间为1h，进行了汽爆温度对褐煤改质的影响研究，结果见表3和图3~9。

Table 3 Results of study on Neimeng Shengli lignite steam explosion temperature

表 3 内蒙胜利褐煤汽爆温度影响研究结果

温度/℃	Mad /%	Aad /%	Vad /%	Cad /%	Had /%	Oad /%	St,ad /%
25	18.10	7.80	30.10	50.36	2.40	19.31	1.31
150	14.30	8.79	32.64	57.42	3.13	14.00	1.48
200	15.70	9.42	30.85	56.09	3.01	13.32	1.54
250	11.08	12.69	31.28	58.09	3.19	12.88	1.24
300	7.61	13.60	29.35	63.01	3.68	10.03	1.21
320	6.58	11.06	26.69	63.27	3.26	13.65	1.25

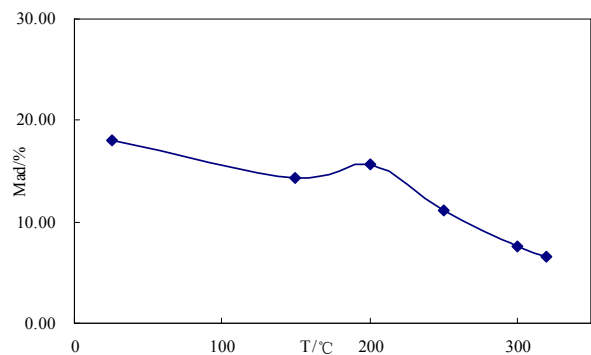


Figure 3 Effects of steam explosion temperature on the moisture content

图3 汽爆温度对水含量的影响

由图3可以看出，随着汽爆温度的提高褐煤中水分

大幅降低, 当温度达320℃时, 褐煤水分由18.10%降至6.58%, 降幅达63.6%。

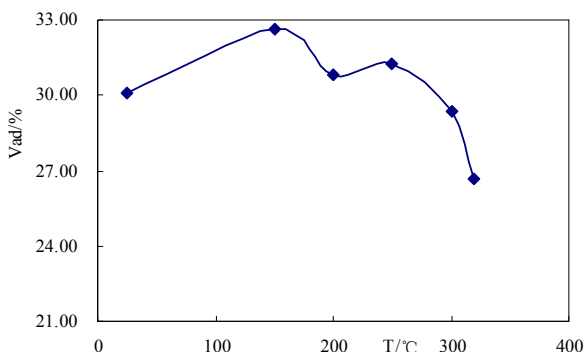


Figure 4 Effects of steam explosion temperature on the volatile content
图4 汽爆温度对挥发分的影响

由图 4 可见, 随汽爆温度升高挥发分呈现先增加后减少的变化趋势, 在 150 时达到最大为 32.64%, 随后含量下降, 当温度为 320℃时降至 26.69%, 相对原样降低 11.33%。

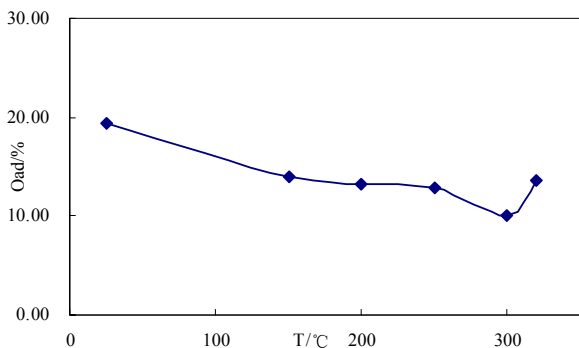


Figure 5 Effects of steam explosion temperature on the oxygen content
图5 汽爆温度对含氧量的影响

由图 5 可见, 褐煤的含氧量随汽爆处理温度的升高而降低, 当温度为 300℃时含氧量为 10.03%, 降幅达到 48.06%, 当温度高于 300℃后含氧量呈增长趋势。

由图 6 可见, 随着汽爆处理温度的升高, 褐煤的灰分先由 7.8%缓慢升至 9.42%, 当温度高于 200℃后快速增至 300℃的 13.60%, 然后开始下降, 当温度为 320℃时含灰量为 11.06。

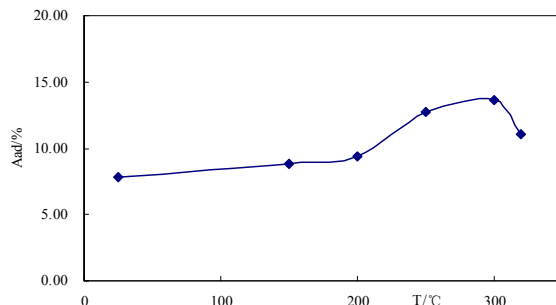


Figure 6 Effects of steam explosion temperature on the ash content
图 6 汽爆温度对灰分的影响

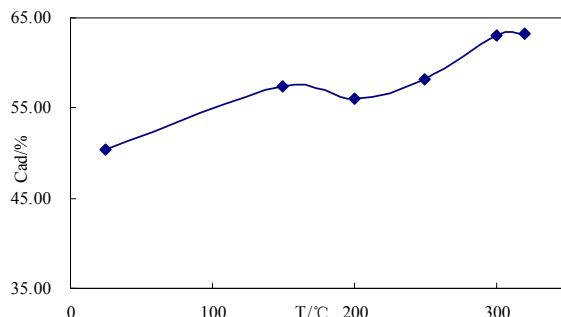


Figure 7 Effects of steam explosion temperature on the carbon content
图 7 汽爆温度对碳含量的影响

由图 7 可见, 随着汽爆处理温度的升高, 褐煤固定碳含量不断增大, 由 50.36%增至 63.27%, 增幅为 25.64%。褐煤质量得到很好改质。

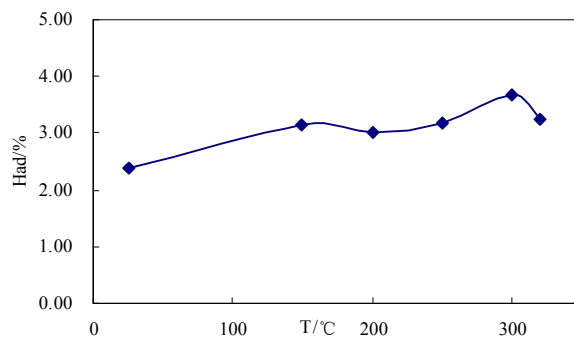


Figure 8 Effects of steam explosion temperature on the hydrogen content
图 8 汽爆温度对氢含量的影响

由图 8 可以看出, 褐煤的氢含量随汽爆处理温度升高不断增加, 300℃时达到最大, 最大增幅达到 53.33%, 继续升高温度含氢量下降。

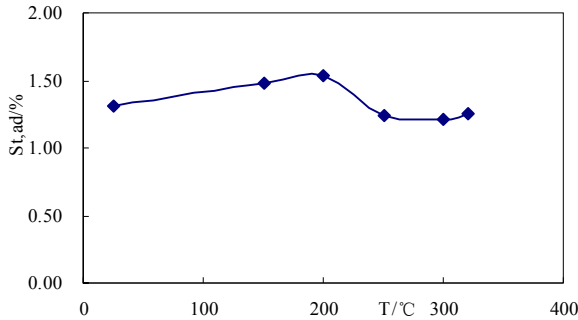


Figure 9 Effects of steam explosion temperature on the sulphur content

图9 汽爆温度对硫含量的影响

由图9可见，总硫含量随着温度的增高先增加后降低，当温度为200℃时最大为1.54%，当温度达到320℃后降至1.25%。

3.2.2 汽爆停留时间的影响

取汽爆温度300℃、进行了停留时间对汽爆效果的影响研究，汽爆样品进行了煤的工业分析和元素分析，其结果见表4和图10~16。

Table 4 Effects of residence time on the steam explosion properties of Neimeng Shengli lignite
表4 停留时间对内蒙胜利褐煤汽爆特性的影响

停留时间/h	Mad /%	Aad /%	Vad /%	Cad /%	Had /%	Oad /%	St,ad /%
1	7.61	13.60	29.35	63.01	3.68	10.03	1.21
2	7.86	13.43	29.10	63.03	3.60	9.88	1.38
3	5.81	13.26	29.67	67.70	3.82	7.11	1.45
4	5.15	13.68	29.05	67.82	3.88	7.28	1.37
5	6.33	13.65	28.70	66.05	3.72	7.85	1.57

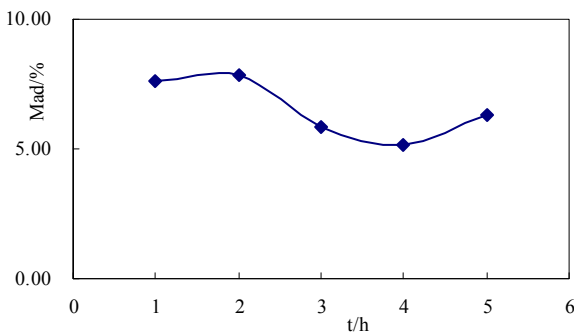


Figure 10. Effects of steam explosion temperature on the moisture content

图10 停留时间对水含量的影响

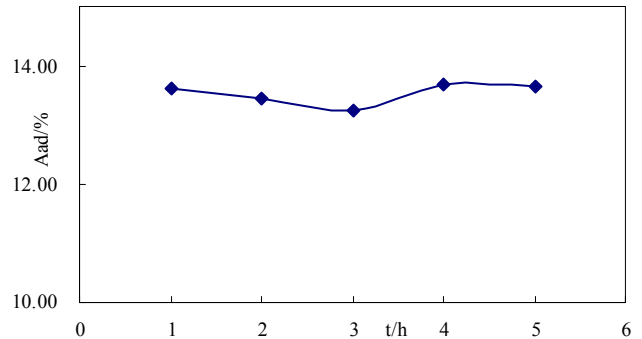


Figure 11 Effects of residence time on the ash content

图11 停留时间对灰分的影响

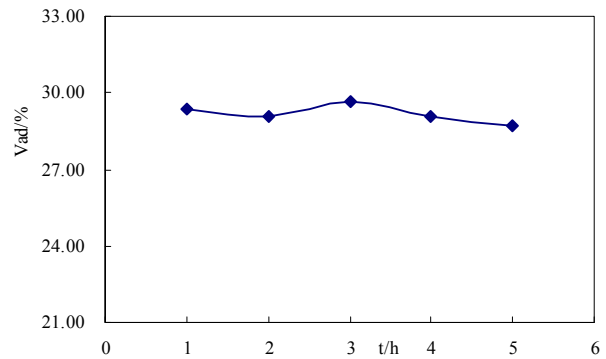


Figure 12 Effects of residence time on the volatile content

图12 停留时间对挥发分的影响

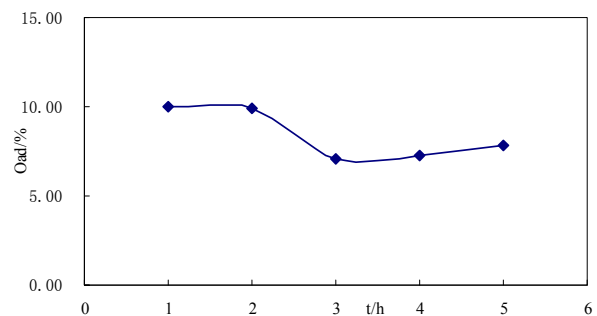


Figure 13 Effects of residence time on the oxygen content

图13 停留时间对含氧量的影响

由表3及图5~图8结果可见，在温度300℃，饱和蒸汽压下，在1h~5h之间，不同停留时间对褐煤的灰分、挥发分基本没有影响。当停留时间为4h时，褐煤含水量最低为5.15%降幅为32.33%，褐煤固定碳含量增至67.82%增幅为7.63%，褐煤的氢含量由3.68%增加到3.88%增幅达到5.43%，随后当停留时间达到5h时含水量升至6.33%，固定碳含量下降到66.05%，

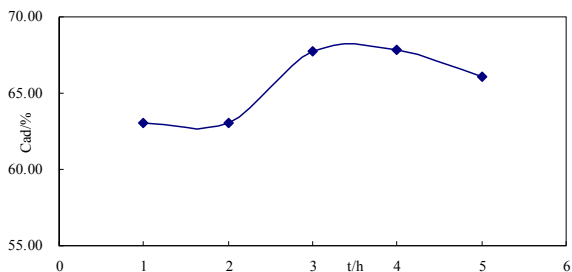


Figure 14 Effects of residence time on the carbon content
图 14 停留时间对碳含量的影响

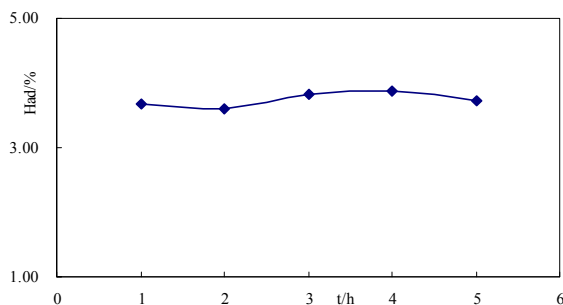


Figure 15 Effects of residence time on the hydrogen content
图 15 停留时间对氢含量的影响

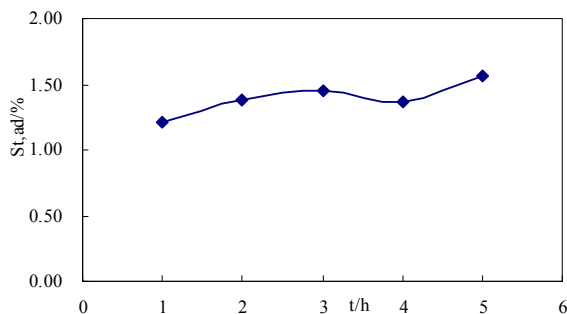


Figure 16 Effects of residence time on the sulphur content
图 16 停留时间对硫含量的影响

氢含量下降到 3.72%；当停留时间由 1h 增到 3h 时褐煤氧含量由 10.03%降到 7.11%减少了 29.11%，随后随着停留时间的延长而增大，5h 时含氧量为 7.85%；褐煤含硫量随着停留时间的延长不断增大由 1.21%增到 1.57%增幅为 29.75%。

4 结论

汽爆粉碎煤初步研究结果显示，单次汽爆过程对内蒙褐煤粉碎效果较明显，有待进一步进行连续性汽爆研究和不同煤种汽爆粉碎特性研究。汽爆过程对煤中水分、硫分和氧分均有较明显的脱除作用。对于褐煤改质具有积极地作用。停留 1h，随着汽爆温度的提高，褐煤水分降幅达 63.6%，挥发分降低 11.3%，氧含量降低 48%，含碳量提高了 12.9%，褐煤质量得到很好改质。值得提出的是随着汽爆温度升高和停留时间的增加，水中有机物含量增加，能源损失增加，必须考虑废水利用问题。

References (参考文献)

- [1] Institute of Gas Technology. Improvements in or relating to Apparatus for and Method of Comminuting a Permeable Material[P], US P591921, 1945.
- [2] Chen Shi-zhang, Liu Li-ying. Technology principles and applications of steam explosion[M], Chemical industry press, 2007, 1
陈世章, 刘丽英. 蒸汽汽爆粉碎技术原理及应用[M], 化学工业出版社, 2007,1.