

# 炼焦单种煤最佳粉碎粒度研究

王杰平, 谢全安, 闫立强, 陈君安, 胡金山, 梁英华

(河北联合大学 化学工程学院, 河北 唐山 063009)

**摘要:** 为研究炼焦煤在不同粒度下的性质, 对肥煤、1/3 焦煤、焦煤、贫瘦煤进行了不同筛分粒级的煤岩显微组分及煤质分析, 进行了单种煤在不同粉碎粒度下的坩埚焦实验, 分析了粒度对焦炭冷热态强度的影响。筛分结果表明: 随筛分粒级的减小, 镜质组含量增加, 惰质组含量减少; 灰分主要集中在 -1 mm 的细粒部分与 +10 mm 的粗粒部分, 硫分主要集中在 -1 mm 的细粒部分, 粒度对煤挥发分影响不大, 黏结指数在 1 ~ 5 mm 时优于其它粒度。坩埚焦实验表明: 肥煤、1/3 焦煤、焦煤等强黏结性煤粉碎到 1 mm 以下时, 热态性能劣化; 贫瘦煤配入量多时, 细粉碎后没有足够的活性物质包裹惰性组分, 焦炭强度急剧下降。

**关键词:** 单种煤; 选择性粉碎; 粒度; 坩埚焦

中图分类号: TD849; TQ520.62

文献标识码: A

文章编号: 1006-6772(2012)04-0039-05

## Study on optimum grinding particle size of single coking coal

WANG Jie-ping, XIE Quan-an, YAN Li-qiang, CHEN Jun-an, HU Jin-shan, LIANG Ying-hua

(College of Chemical Engineering, Hebei United University, Tangshan 063009, China)

**Abstract:** To study the properties of coking coal in different granularity, analyse maceral and coal properties of different screening particle fractions on fat coal, 1/3 coking coal, coking coal and meager lean coal. Carry out crucible coke experiments about different grinding granularity of single coal, also analyse influence of granularity on cold and hot strength of coke. The results show that the vitrinite content increase and the inertinite content decrease with the decrease of the decrease of screening size. Ash content is mainly concentrated in the fines (particles are smaller than 1 mm) and coarse-grained fraction (particles are bigger than 10 mm), sulfur content is mainly concentrated in the fine-grained fraction (particles are smaller than 1 mm). Granularity has little impact on volatile. It is better than others when the caking index within 1 mm to 5 mm grain size. Crucible coke experiment results show that the hot strength of fat coal, 1/3 coking coal, coking coal and such strong caking coal decrease when the granularity is less than 1 mm. Once the meager lean coal blended too much, there will be not enough active substance to wrap the inert components after the coal was finely grinded, this would cause a sharp decline on coke strength.

**Key words:** single coal; selective pulverizing; granularity; crucible coke

随着钢铁行业的发展, 高炉大型化和喷吹煤技术的广泛应用, 焦炭的骨架作用越来越重要, 这对焦

炭的强度提出了更高的要求, 尤其是热强度。炼焦煤种和炼焦工艺是影响焦炭质量的重要因素<sup>[1]</sup>, 在

收稿日期: 2012-05-25 责任编辑: 宫在芹

基金项目: 河北省科技计划项目(11215626D-8); 河北省科学技术研究与发展计划项目(11212120D)

作者简介: 王杰平(1988-), 女, 河北石家庄人, 硕士研究生, 从事煤化工方面的研究。

引用格式: 王杰平, 谢全安, 闫立强, 等. 炼焦单种煤最佳粉碎粒度研究[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 39-43.

优质炼焦煤资源短缺的情况下,改善配煤技术及炼焦工艺对改善焦炭质量具有重要意义。

配煤炼焦工艺中影响焦炭质量的因素有堆密度、水分、粒度等。近年来世界各国都在积极改善炼焦工艺,如煤分级粉碎、煤调湿、配型煤、捣固炼焦等,捣固、煤调湿、配型煤最终都是为了改善煤的堆密度,从而提高焦炭质量。

煤料的粉碎粒度不仅影响堆密度而且影响煤在结焦过程中的变化动态,进而影响焦炭质量。传统的先配后粉工艺已很难满足目前煤质复杂且弱黏结性煤配入量加大的粉碎要求,故一般都采用先粉后配,其中部分预粉碎工艺和选择性粉碎工艺在提高煤细度的同时,改善了煤的黏结性,提高了焦炭质量<sup>[2]</sup>。但基本上都是对硬度大、黏结性差的煤进行预粉碎<sup>[3]</sup>,而没有对不同煤种进行选择性粉碎。

本文结合煤质从煤岩角度出发,研究了几种典型的炼焦煤不同筛分粒度与煤岩显微组分、工业分析、黏结性的关系,分析了不同煤种各个粒度的显微组分及活惰比。将各煤种选择性粉碎到不同粒度,研究了单种煤的不同粉碎粒度对焦炭质量的影响,寻找各个单种煤的最佳粉碎粒度,为配煤炼焦生产提供一定的依据<sup>[4-5]</sup>。

## 1 实验部分

### 1.1 原料煤分析

选取宣钢焦化厂具有代表性的肥煤(FM)、1/3焦煤(1/3JM)、焦煤(JM)、贫瘦煤(PS)进行研究。表1为单种煤煤质分析。

表1 单种煤煤质分析

煤种	$A_d/\%$	$V_{daf}/\%$	$S_{t,d}/\%$	$G$	$Y/\text{mm}$	$\bar{R}_{\max}/\%$
赵各庄 FM	11.19	32.05	0.74	94.63	25.8	1.06
海菱 1/3JM	8.32	31.57	0.76	78.23	17.2	0.94
穆村 JM	10.23	20.86	0.63	86.36	16.7	1.28
三给 PS	9.02	15.69	1.30	8.25	—	1.42

将原料煤直接过 10 5 3, 1 mm 标准筛,分别对不同粒级的煤进行煤岩和煤质分析<sup>[6]</sup>。利用科翔 MCA Smart Scope 2000 series 全自动煤岩分析仪,按 GB/T 8899—1998《煤的显微组分和矿物测定方法》测定了各粒级的煤岩显微组分含量。灰分、挥发分和硫分按 GB/T 212—2008《煤的工业分析方法》和 GB/T 214—2007《煤中全硫的测定方法》测定,黏结指数按 GB/T 5447—1997《烟煤黏结指数测

定方法》。

### 1.2 炼焦实验

利用选择性粉碎原理,先对煤进行筛分,将大于要求粒级的煤进行粉碎,然后与小粒度煤混合,避免小粒度煤过细粉碎。0.5 mm 以上各粒度采用 KER-200×75B 双辊破碎机粉碎,0.5 mm 以下各粒度采用 KX(GJ)400-1 密封式化验制样粉碎机粉碎。将赵各庄 FM、海菱 1/3JM、穆村 JM 进行单种煤炼制坩埚焦实验,三给 PS 由于不能单独成焦,按 PS 与 FM 的配比为 7:3 炼制坩埚焦。

取 600 g 煤装入 1 L 刚玉坩埚内,用 1 kg 压块静压 1 min,使堆密度达到 0.75 kg/m<sup>3</sup> 左右,在煤样顶部放置垫片,垫片上压放镍铬钢压块,盖上耐火石棉。将盛有单种煤的坩埚放入 OU-X12E 型箱式电阻炉中,室温~500℃ 升温速率 5℃/min,500~950℃ 升温速率 3℃/min,在 950℃ 恒温 30 min 后停止加热,让坩埚自然冷却。

### 1.3 粒焦性能测定

#### 1.3.1 粒焦冷态强度测定

弃去泡焦、粉焦,称取 300 g 左右的焦炭,全部放入罗加转鼓中以 50 r/min 的速度转动 500 r,然后用不同孔径的圆孔筛(13, 3 mm)筛分出焦炭试样,分别称量 +13 mm 和 -3 mm 的焦炭质量,计算各筛分焦样占入鼓焦炭总质量的百分比,作为焦炭的抗碎强度  $M_{13}$  和耐磨强度  $M_3$ 。

#### 1.3.2 粒焦反应性及反应后强度测定

粒焦反应性测定在自制的高温管式电炉中进行,反应管为耐急冷急热的刚玉管,采用硅碳棒加热。

取 3~6 mm 的坩埚焦 20 g,装入管式炉刚玉管的恒温区,400~1100℃ 通 N<sub>2</sub> 保护,1100℃ 时通 CO<sub>2</sub> 气体反应 2 h。以损失焦炭质量占反应前焦炭总质量的百分比表示粒焦反应性(PRI)。

反应后的焦炭全部放入罗加转鼓中以 50 r/min 的速度转动 600 r,然后用 1 mm 圆孔筛筛分。以转鼓后 1 mm 粒级焦炭占反应后残余焦炭质量的百分比表示反应后强度(PSR)。

## 2 结果与讨论

### 2.1 筛分粒度对煤岩显微组分的影响

由于煤岩组分中镜质组、惰质组是主要成分,壳质组、半镜质组等含量较少,主要研究了各煤种不同粒级中镜质组、惰质组的分布情况。图 1 为单种煤

不同粒级镜质组与惰质组的分布。从图 1a) 可看出,在 +10 mm 颗粒中镜质组含量低,随粒度的减小,镜质组含量逐渐增多;从图 1b) 可看出,在 +10 mm 的颗粒中惰质组含量较高,随粒度的减小,

惰质组含量逐渐减少,各煤种的煤岩显微组分在不同粒级中的富集分布变化有共同的规律。这主要是镜质组的硬度小、脆度大,容易富集在细粒级中,而惰质组的硬度大、脆度小,容易富集在粗粒级中。

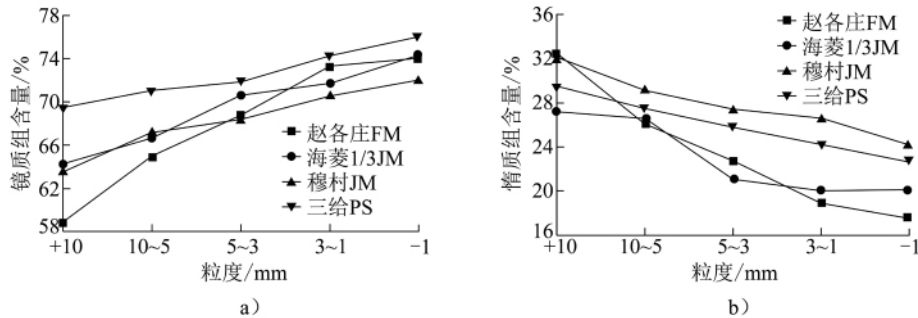


图 1 单种煤不同粒级镜质组与惰质组的分布

从煤岩角度分析,活性组分在热解过程中能够软化熔融,产生胶质体,具有黏结性,而惰性组分在热解时既不软化也不产生胶质体,不具有黏结性,但在结焦过程中起骨架作用,被活性组分包裹而形成焦炭。炼焦过程中,煤颗粒间的结合是通过煤的界面接触而连接的,煤粒间接触点越多,越有利于界面反应的进行和煤颗粒间的黏结<sup>[7]</sup>。从各煤种不同粒级显微组分含量看出,镜质组多集中在细粒部分,容易被粉碎,如果镜质组被过细粉碎,将减少液相产物的生成,降低黏结性;而惰质组不易破碎,当惰质组的粒度较大时,不利于惰性组分与活性组分的充分混合,其与活性组分的收缩系数不同,容易形成焦炭的裂纹中心。因此要求活性组分粗粉碎,惰性组分细粉碎。传统的先配

后粉工艺,使活惰组分在相同的破碎功下,镜质组容易被细粉,而惰质组不易被粉碎。因此为提高焦炭质量,使配煤炼焦过程中活惰比最优化,应根据不同粒度的煤岩特性,采用选择性粉碎工艺,将小粒级部分筛分出来,大粒级部分继续粉碎,避免大粒度中惰性组分未粉碎,小粒度中活性组分过细粉碎。

另外,从图 1 中可以看出三给 PS 镜质组含量虽然较多,但由于变质程度高,煤的黏结性差,炼焦过程中起不到活性组分的作用。因此,要得到质量高的焦炭,不仅要看活性组分含量,还要结合镜质组反射率及反射率分布综合评价镜质组质量<sup>[8]</sup>。

## 2.2 不同粒级煤的煤质特征

图 2 为煤质特征与单种煤粒级的关系。

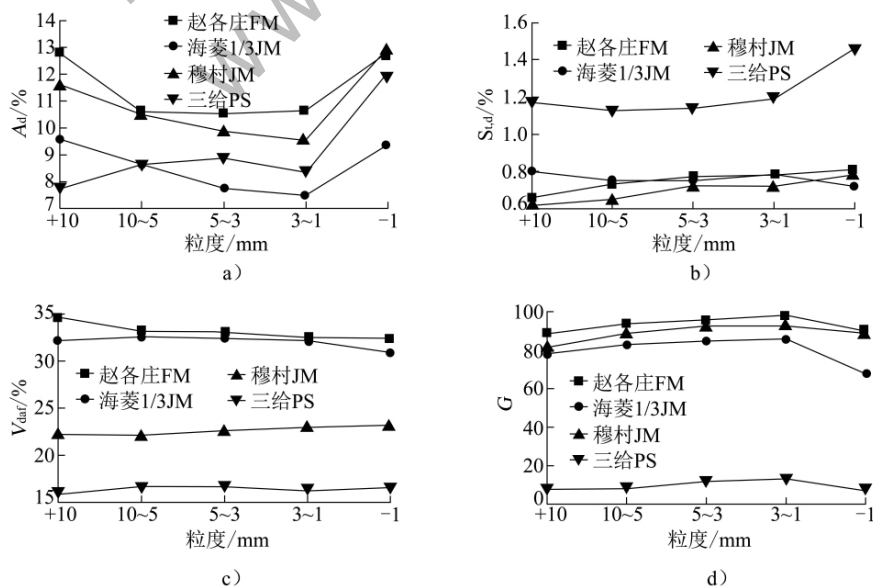


图 2 煤质特征与单种煤粒级的关系

由图 2a) 可以看出, 煤的灰分主要集中于 -1 mm 的细粒部分与 +10 mm 的粗粒部分。由于入场洗精煤中大块、单独产出的煤矸石已经被选去, 残存下来的主要以细粒结合于煤中, 造成 -1 mm 煤灰分富集。而粒度大的煤灰分高是由于洗选过程中煤料未完全破碎, 洗选不充分导致的, 有的煤夹矸较细, 要破碎到更细粒度才能解离。

由图 2b) 可知, 三给 PS 的硫分相对较高; 硫分总体趋势是随粒度的减小而增大, 主要集中在 -1 mm 的细粒部分。主要原因是原煤洗选时有机硫不能除去, 只能除去以粗颗粒状存在于煤中的硫酸盐、黄铁矿, 以细粒均匀嵌布在煤中的硫酸盐和黄铁矿洗选时较难除去, 所以粒度越小的煤硫分含量较高。

由图 2c) 可以看出, 粒度对煤挥发分的影响不大。由图 2d) 可以看出, 三给 PS 由于变质程度较

高, 黏结性很小; 煤的黏结指数与其粒级总体呈抛物线趋势, 煤的黏结指数在 1 ~ 5 mm 时明显好于其它粒级, -1 mm 的细粒部分和 +10 mm 的粗粒部分的黏结指数均较低。由于活性组分如镜质组易粉碎, 集中于粒度小的煤料中, 而大粒度中含惰性组分较多, 所以细粒煤的黏结性较好。但精煤中灰分的高低与其黏结性有一定关系, 煤灰分增加, 其黏结指数将下降, 图 2a) 和图 2b) 的研究已表明 -1 mm 细粒部分的灰分、硫分含量高, 进而导致细粒部分煤的黏结性下降, 该结果为单种煤选择性粉碎工艺提供了一定的理论依据。

### 2.3 不同粒度单种煤炼焦实验结果分析

图 3 为坩埚焦的冷态强度与煤粒度的关系, 实验结果表明, 随粉碎粒度的减小, FM, 1/3JM, JM 的抗碎强度  $M_{13}$  都是先减小后增大, 耐磨强度  $M_3$  与  $M_{13}$  呈现较好的负线性相关, 先增大后减小。

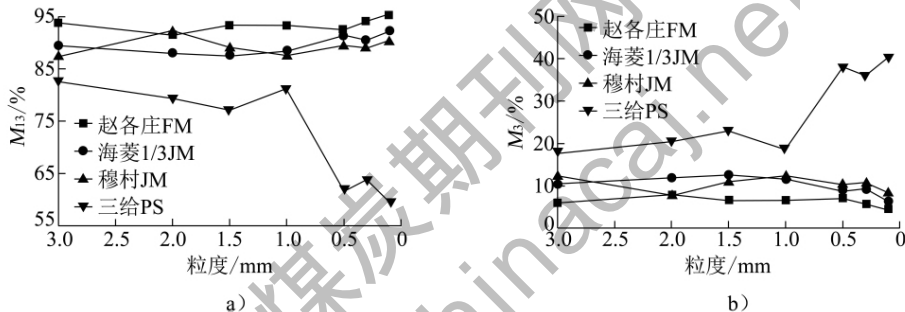


图 3 坩埚焦的冷态强度与煤粒度的关系

当含惰性组分多的大颗粒被粉碎后, 比表面积增大, 需要更多的胶质体进行包裹, 此时活性组分也被粉碎, 较小的颗粒热解使产生的气体来不及与大分子的自由基结合, 减少了胶质体数量, 不足以黏结惰性组分, 使黏结性下降, 焦炭质量变差。而再度细粉碎到 -1 mm 后, 减少了大颗粒惰性组分的粒度, 使煤粒接触比较均匀, 减小了活性组分与惰性组分之间收缩系数的差异, 使收缩应力相应减少, 从而使裂纹减少, 改善了焦炭质量。

图 4 为坩埚焦的热性质与煤粒度的关系, 实验结果表明, FM, 1/3JM, JM 反应性 PRI 总体趋势是随煤粒度的减小而增大, 尤其在 -1 mm 后变化趋势明显, 反应后强度 PSR 与 PRI 呈现较好的负相关性, 即 PSR 随粒度的减小而减小。从图中可以看出 1/3JM 在 -1 mm 后变化趋势比较明显, PRI 随粒度的减小急剧增大, 而 PSR 急剧减小, 可见细粉碎后对 1/3JM 的影响比较大。而 FM, JM 反应性 PSR 随粒度减小呈缓慢下降趋势。

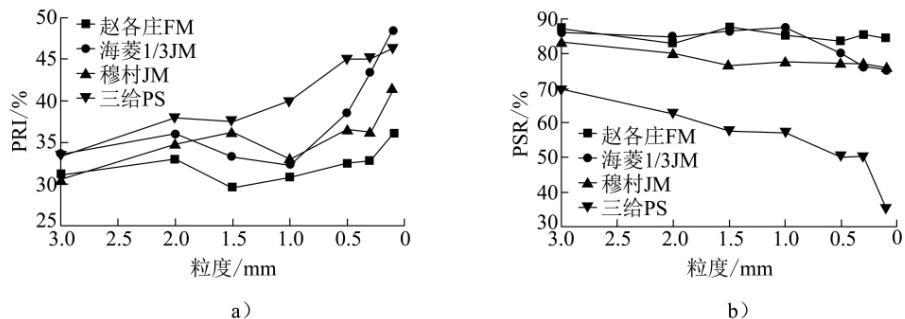


图 4 坩埚焦的热性质与煤粒度的关系

随煤粉碎粒度的减小,惰性组分的比表面积增大,使活性组分在形成中间相的过程中,塑性体系的基质中形成的核心增多,小球体的成长受到抑制,在中间相没有充分发展就固化,导致焦炭的各向异性结构变小,甚至发展为各向同性结构,而各向同性结构对 $\text{CO}_2$ 的接触点较多,反应性较高,导致焦炭的热性能劣化。因此,在配煤炼焦过程中,强黏结性的FM,1/3JM,JM不应小于1 mm。

由图3,图4的实验结果看,随粒度的减小,三给PS坩埚焦的冷热态性能均呈劣化的趋势。总体来看,PS与FM的配比为7:3时,细粉碎对焦炭的强度不利,主要是由于粒度减小,惰性组分的比表面积增大,没有足够的活性物质包裹惰性组分,导致其强度降低。所以炼焦时应多配入黏结性煤,使其活性组分与惰性组分很好地黏结,以增强焦炭强度。

### 3 结 论

(1) 单种煤筛分粒级中,镜质组含量随粒度的减小而增多,惰质组含量随粒度的减小而减少。实际生产中,应该对炼焦煤进行选择性粉碎,避免活性组分过细粉碎。单种煤筛分粒级中,1~5 mm粒级煤样的灰分、硫分较低,黏结指数相对较好。

(2) 随粉碎粒度的减小,FM,1/3JM,JM的抗碎强度基本都是先减小后增大,反应性增大,而反应后强度变小。认为在配煤炼焦过程中,FM,1/3JM,JM等强黏结性的煤不应粉碎到1 mm以下。

(3) 贫瘦煤不能单独成焦,当PS与FM的配比为7:3炼焦时,由于惰性组分过多,没有足够的活性

物质包裹惰性组分,细粉碎对焦炭的强度不利,其配比还需要进一步探讨。

(4) 入炉煤粒度的差异对焦炭质量有一定影响,由于坩埚焦实验只是为寻找规律,具体还应做小焦炉实验进一步研究其最佳粉碎粒度,并对焦炭光学组织及气孔结构等进行研究,从机理上分析煤粒度对焦炭质量的影响。

#### 参考文献:

- [1] 薛士科,谢春德,马艳丽.煤质与配煤结构对焦炭热性能的影响[J].洁净煤技术,2010,16(2):59-61.
- [2] 畅宾平,曹德或,粟莲芳.选择性破碎对焦炭质量的改善[J].煤炭加工与综合利用,2008(1):24-25.
- [3] 项茹,薛改凤,张雪红,等.不同粒度气煤和瘦煤参与配煤炼焦比较[J].煤炭转化,2010,33(3):59-62.
- [4] 张雪红,项茹,薛改凤,等.单种炼焦煤煤质的研究[J].煤化工,2009(2):28-30.
- [5] 张永强,付利俊.包钢焦化厂不同粒度级煤的研究[J].内蒙古石油化工,2006(9):2-3.
- [6] 张雪红,项茹,薛改凤.某企业炼焦煤粒度分布研究[J].煤化工,2010(5):27-28.
- [7] 白向飞,王兆文,刘开明,等.煤的粒度特征及不同粒级煤的煤岩特征对炼焦煤性质的影响[J].洁净煤技术,1999,5(4):47-51.
- [8] 高晋生.煤的热解、炼焦和煤焦油加工[M].北京:化学工业出版社,2010.

(上接第25页)

一段可能偏差 $E_{pl}$ 由0.071降至0.061;最终精煤产率有所增加,精煤均价按1400元/t计算,则每年可增加精煤销售收入5040万元。

由表4可知,改造后介耗为1.41 kg/t,比改造前的3.50 kg/t降低了2.09 kg/t,可减少介质用量7524 t/a,介质价格按1450元/t计算,每年可节约生产成本1091万元。

### 5 结 语

平煤八矿选煤厂通过改进原煤准备工艺,增加了原煤的分级破碎、除杂、脱泥环节,有效解决了生产中存在的入选来煤杂物多、破碎机磨损快、细粒精煤损失、介耗高等问题,既提高了生产稳定性,改善

了分选效果,同时也取得了可观的经济效益,增强了选煤厂的市场竞争力。实践证明平煤八矿选煤厂的工艺改造是成功的,其经验值得有类似情况的选煤厂借鉴。

#### 参考文献:

- [1] 戴少康.选煤工艺设计实用技术手册[M].北京:煤炭工业出版社,2010:52-73.
- [2] 鲁和德,誉涛,李炳才,等.梁北选煤厂降低介耗途径研究[J].洁净煤技术,2012,18(1):13-15,22.
- [3] 陶东.不连沟选煤厂降低介耗的措施[J].洁净煤技术,2012,18(2):20-22.
- [4] 苏素芳.预先脱泥重介洗选工艺在邢台选煤厂的应用[J].洁净煤技术,2012,18(3):4-6.