

煤炭转化

# 超细神府煤应用于水煤浆提浓技术的研究

曲建林,宋成建,周安宁,官 铭,于 伟  
(西安科技大学 化学与化工学院,陕西 西安 710054)

**摘 要:**神府煤属于低变质的不黏结煤,低灰、低硫、高内水,煤质特性致使其难以制备成高浓度、低黏度的水煤浆。为了提高神府煤水煤浆浓度,基于粒度级配理论,在神府煤水煤浆制备中加入超细煤粉,通过干法成浆筛选不同粒径煤粉的最佳配比以及2种添加剂的复配比例,探讨了不同粒径的超细神府煤粉对水煤浆黏度和稳定性的影响。结果表明:添加剂TJJ1与TJJ2的质量比为4:1时对水煤浆具有较好的分散效果,当3种粒径煤粉的质量分数比例为 $W_{125\sim 200}:(W_{d50=12\mu\text{m}}:W_{d50=6.5\mu\text{m}})=40:(60:40)$ 时,制备的神府煤水煤浆浓度接近70%,黏度低于1200 mPa·s,稳定性为B级,水煤浆可满足工业使用要求。

**关键词:**神府煤;超细煤粉;水煤浆;提浓

中图分类号:TQ536;TD849

文献标志码:A

文章编号:1006-6772(2015)03-0065-04

## Influence of ultra-fine Shenfu coal fines on viscosity and stability of coal water slurry

QU Jianlin, SONG Chengjian, ZHOU Anning, GONG Ming, YU Wei

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** In order to improve Shenfu coal water slurry (CWS) concentration and overcome the preparation problems due to the bad coal properties such as low ash and sulfur content, high internal water, the ultra-fine Shenfu coal fines was added to the CWS according to the particle gradation theory. The optimum proportion of different particle size and ratio of two additives were optimized via dry CWS preparation process. The influence of different size ultra-fine Shenfu coal fines on viscosity and stability of CWS was researched. The results showed that, when the mass ratio of TJJ1 and TJJ2 was 4:1, the dispersity of CWS was the best, When the mass ratio of  $W_{125\sim 200}$  and  $W_{d50=12\mu\text{m}}$  and  $W_{d50=6.5\mu\text{m}}$  was 40:60:40, the concentration of CWS was about 70%, the viscosity was below 1200 mPa·s, the stability was B which met the industrial requirements.

**Key words:** Shenfu coal; ultra-fine coal fines; coal water slurry; upgrading

## 0 引 言

水煤浆浓度高低会影响水煤浆气化过程中的氧耗、煤耗,而且高性能水煤浆对于气化过程中的煤浆贮存、输送、喷嘴雾化也至关重要,提高水煤浆浓度,将降低气化过程中的消耗。因此,制备高浓度水煤浆对于水煤浆气化装置实现节能降耗,扩大生产能

力,提高企业经济效益至关重要<sup>[1]</sup>。神府煤品质优良,储量丰富,达3000亿t以上,已经成为国内外水煤浆气化的优质原料。从气化和燃烧效率的角度讲,煤浆浓度越高越好,然而,在我国煤炭品种中,难成浆的煤种占到总储量的70%。神府煤由于低灰、低硫、高水、富含极性官能团、可溶性矿物含量高,导致制浆困难。在水煤浆技术的应用与推广过程中,

收稿日期:2014-07-28;责任编辑:孙淑君 DOI:10.13226/j.issn.1006-6772.2015.03.018

作者简介:曲建林(1966—),男,山东东阿人,高级工程师,从事矿物超细粉碎及改性,非金属矿产资源综合利用,煤化工技术及聚合物加工改性。  
E-mail: denghuo2017@163.com

引用格式:曲建林,宋成建,周安宁,等.超细神府煤应用于水煤浆提浓技术的研究[J].洁净煤技术,2015,21(3):65-68.

QU Jianlin, SONG Chengjian, ZHOU Anning, et al. Influence of ultra-fine Shenfu coal fines on viscosity and stability of coal water slurry[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21(3): 65-68.

如何采用难制浆煤种制备高浓度、低黏度、流动性好的水煤浆一直是关注的焦点<sup>[2]</sup>。高浓度水煤浆分散体系在某种意义上可看作是由各种粒度煤粉构成的粒子床,其孔隙率为0.4左右,当这些孔隙被水完全填充时,水煤浆浓度可达65%<sup>[3]</sup>。颗粒级配<sup>[4-6]</sup>一直是水煤浆制备研究的热点与重点,有关研究表明,由于在制浆过程中采用合理的粒度级配实现合理的粒度分布不仅可以使煤粉顺利达到较高的堆积效率,制得高浓度水煤浆,而且可以使制得的水煤浆具有较好的流动性,并降低其表观黏度<sup>[7]</sup>,因此试验通过使用超细神府煤粉采用合理的粒度级配制备高浓度水煤浆。

## 1 试验部分

1) 试剂与仪器。神府煤制备水煤浆所用煤粉粒径:工业超细神府煤粉  $d_{50} = 12 \mu\text{m}$ 、 $d_{50} = 6.5 \mu\text{m}$ 、 $d_{50} = 8 \mu\text{m}$ ,实验室制备 75~125、125~200  $\mu\text{m}$  粒径的煤粉。添加剂使用 TJJ-1 与 TJJ-2 复配分散剂、TJJ-3,市售。仪器主要有 NDJ-1B 型旋转黏度计,101-3AB 型电热鼓风干燥箱,BT-9300Z 型激光粒度分布仪, JM202T 型电子天平, XPF-250 圆盘粉碎机, XPM- $\phi 100 \times 4$  型行星四筒研磨机, XSB-88 型顶击式标准振筛机, DSX-120 数显搅拌机等。

2) 试验方法。该试验采用干法制浆<sup>[8]</sup>,取一定质量分数的不同粒径的煤粉放入烧杯中,加入添加

剂与水,然后进行一定时间搅拌(速率为 1000 r/min),制备 100 g 水煤浆(图 1)。

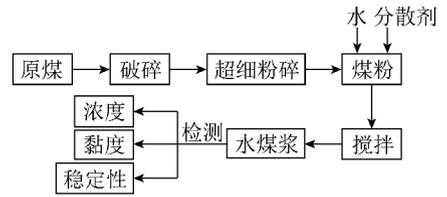


图 1 干法制备水煤浆工艺流程

3) 测试方法。制备的水煤浆检测其黏度以及稳定性。水煤浆稳定性采用试管静置观察法来检测,将制备的水煤浆倒入试管中,用保鲜膜进行密封,静置保存 7 d 后观察其析水程度和沉淀情况。A 级:水煤浆的稳定性最好,浆体均匀分布,无析水,无沉淀;B 级:水煤浆的稳定性较好,无沉淀或少量软沉淀,有少许析水和轻微的密度分布不均匀;C 级:水煤浆的稳定性较差,有析水,浆体密度分布不均匀,沉淀严重,但可被玻璃棒搅拌再生成均匀的浆体;D 级:水煤浆的稳定性最差,浆体密度明显分布不均匀,析水多,沉淀硬,不可再生。

4) 煤质分析。原料煤的工业分析和元素分析见表 1,由表 1 可知,神府煤属于低灰、低硫的低变质不黏结煤,煤质优良,但煤中氧含量高,含氧官能团丰富,O/C 比高,是影响神府煤难以制取高浓度水煤浆的因素之一。

表 1 原料煤的工业分析和元素分析

工业分析/%				元素分析/%						可磨性指数 HGI
$M_{ad}$	$A_{ad}$	$V_{ad}$	$FC_{ad}$	$w(O_{ad})$	$w(H_{ad})$	$w(C_{ad})$	$w(N_{ad})$	$S_{ad}$	O/C	
3.89	12.29	33.85	49.97	14.09	4.88	79.86	0.89	0.28	13	63.30

## 2 结果与讨论

### 2.1 复配添加剂对比水煤浆的影响

使用 TJJ-1 与 TJJ-2 进行复配,按不同的比例复配制备浓度 58% 的水煤浆 100 g,使用量为 1%,7 d 后观察其稳定性,所用的煤粉为  $d_{50} = 8 \mu\text{m}$  与  $d_{50} = 4.5 \mu\text{m}$ ,煤粉质量比为 4:1。 $m(a)$  代表 TJJ-1 的质量, $m(b)$  代表 TJJ-2 的质量,试验结果见表 2。

由表 2 可知,TJJ-1 与 TJJ-2 的复配比例在 4:1 时黏度最低,TJJ-2 既可单独作为分散剂,又具有增强稳定性的效果,在复配中加入一定比例的 TJJ-2 可以提高浆体的稳定性,由于 TJJ-2 的成本较低,

可降低添加剂的使用成本。因此,本试验采用 TJJ-1 与 TJJ-2 的复配比例为 4:1,使用量为 1%。

表 2 复配添加剂对水煤浆成浆性的影响

$m(a) : m(b)$	黏度/( $\text{mPa} \cdot \text{s}$ )	稳定性
5:1	169	B
4:1	146	B
3:1	178	B
2:1	222	B
1:1	343	B

### 2.2 双峰级配试验

从  $d_{50} = 12 \mu\text{m}$ 、 $d_{50} = 6.5 \mu\text{m}$ 、 $d_{50} = 8 \mu\text{m}$  三种粒径的超细煤粉中两两级配,设  $d_{50} = 12 \mu\text{m}$  的质量分

数  $w(a)$ ,  $d_{50} = 6.5 \mu\text{m}$  的质量分数为  $w(b)$ ,  $d_{50} = 8 \mu\text{m}$  的质量分数为  $w(c)$  制备浓度为 58% 的水煤浆, 试验结果见表 3。

粒度级配是控制水煤浆性能指标重要的参数之一, 研究粒度级配对提高水煤浆性能具有重要意义<sup>[9-10]</sup>。由表 3 中的数据可以看到, 12 与  $6.5 \mu\text{m}$  的煤粉在质量比为 60 : 40 时配比成浆与其他比例

相比最低, 说明在该比例下, 2 种粒径煤粉的堆积效率较好; 12 与  $8 \mu\text{m}$  的煤粉在质量比为 60 : 40 时成浆黏度与其他比例相比最低, 说明在该比例下, 2 种粒径煤粉的堆积效率较好; 粗颗粒和细颗粒含量要足够量, 不仅提高了堆积效率, 而且粗颗粒间缝隙多被细颗粒填充, 从而阻止液相的上升、粗颗粒的沉降, 形成一种稳定的结构<sup>[11]</sup>。

表 3 2 种不同粒径制备水煤浆

项目	$w(a) : w(b)$				$w(c) : w(a)$				$w(b) : w(c)$			
	80 : 20	60 : 40	40 : 60	20 : 80	80 : 20	60 : 40	40 : 60	20 : 80	80 : 20	60 : 40	40 : 60	20 : 80
黏度/(mPa·s)	267	258	319	296	250	372	203	435	1027	913	620	816
稳定性	B	C	C	D	D	D	B	B	C	C	C	D

### 2.3 水煤浆提浓试验

#### 2.3.1 双峰级配提浓试验

该部分试验使用的煤粉粒径为 12 与  $6.5 \mu\text{m}$ 、12 与  $8 \mu\text{m}$ , 其质量比均为 60 : 40, 提浓的水煤浆浓度依次为 60%、62%、64%, 直到成浆黏度过高或不成浆, 结果见表 4。

表 4 不同浓度下 2 种粒径煤粉制备的水煤浆的黏度

煤粉的粒径/ $\mu\text{m}$	黏度/(mPa·s)			稳定性		
	60%	62%	64%	60%	62%	64%
12 与 $6.5 \mu\text{m}$	268	545	2506	B	B	D
12 与 $8 \mu\text{m}$	287	523	不成浆	B	B	—

由表 4 可以看到, 12 与  $6.5 \mu\text{m}$ 、12 与  $8 \mu\text{m}$  制备的水煤浆的黏度随着浓度的增大而增加, 这是由于随着浓度的增大, 浆体中起流动介质的水分减少, 导致流动性变差甚至难以成浆。12 与  $6.5 \mu\text{m}$  的最高可以提浓到 64%, 说明 12 与  $6.5 \mu\text{m}$  的煤粉在质量比 60 : 40 下的堆积效率相对较好, 因此选用 12 与  $6.5 \mu\text{m}$  的煤粉进行三峰成浆提浓试验。

#### 2.3.2 三峰级配提浓试验

1) 从前面的 2 种粒径提浓试验中, 可以得出, 仅使用超细煤粉制备水煤浆是难以制得高浓度的水煤浆, 因此, 使用 75 ~ 125 和 12 与  $6.5 \mu\text{m}$  进行配比制备水煤浆, 其中 12 与  $6.5 \mu\text{m}$  作为整体, 其质量比为 60 : 40, 设 75 ~ 125  $\mu\text{m}$  的质量分数为  $w(d)$ , 12 与  $6.5 \mu\text{m}$  的质量分数为  $w(e)$ , 使用 TJJ-3, 使用量为 1%, 制备浓度为 58% 的水煤浆, 确定  $w(d)$  与  $w(e)$  的最佳值, 试验结果见表 5。

从表 5 可以看出, 75 ~ 125 与 12 和  $6.5 \mu\text{m}$  按

不同质量比成浆黏度相差不大, 但是由于大颗粒含量的增多, 会导致稳定性变差。在质量比为 20 : 80 时, 浆体具有较好的稳定性, 因此, 选用该比例进行煤粉配比成浆。

表 5 3 种粒径的煤粉级配成浆试验

$w(d) : w(e)$	黏度/(mPa·s)	稳定性
80 : 20	178	D
60 : 40	158.7	D
40 : 60	162	D
20 : 80	175.7	B

2) 选用 75 ~ 125 与 12 和  $6.5 \mu\text{m}$  的质量比 20 : 80, 其中 12 和  $6.5 \mu\text{m}$  的质量比为 60 : 40, 添加剂使用复配添加剂, 使用量为 1%, 从 60% 开始提浓制备水煤浆, 试验结果见表 6。

表 6 3 种粒径煤粉的提浓试验结果

成浆浓度/%	黏度/(mPa·s)	稳定性
60	317	B
62	345.7	B
64	440	B
66	969.3	B
68	1533.3	B

从表 6 可以看到, 加入 75 ~ 125  $\mu\text{m}$  的煤粉后, 明显提高了煤粉的成浆浓度, 并且浆体稳定性都较好, 达到 B 级, 对于浆体储存是有利的。

3) 优化试验因素, 提高成浆浓度。为进一步提高神府煤水煤浆的浓度, 125 ~ 200  $\mu\text{m}$  代替 75 ~ 125  $\mu\text{m}$ , 125 ~ 200  $\mu\text{m}$  质量分数为  $w(f)$ , 12 和  $6.5 \mu\text{m}$

的质量分数为  $w(e)$ , 以下试验通过改变添加剂使用量、煤粉的质量比进行小范围调整, 试验结果见表7。从表7可知, 添加剂使用量降低后, 对煤粉的分散效果反而提高了, 这个可能是大颗粒煤粉的增多, 降低了水煤浆体系中煤粉的总比表面积, 从而降低了分散剂的使用量。如果添加剂使用量过多, 反而对煤粉表面的分散性起到了反作用, 影响煤粉的分散性, 并且添加剂使用量的减少, 也降低了制浆成本。由于原料水煤浆中的细颗粒含量对气化效率有很大影响, 一般要求小于 0.074 mm 细颗粒含量要在 40% 以上, 才有利于气化, 因此考虑到稳定性及气化效率, 选择粗颗粒的质量分数为 20% ~ 40%。随着大颗粒煤粉质量分数的提高, 浆体黏度降低, 因此选用较好的质量比为 40 : 60 进行再提浓。

表7 优化成浆(68%的水煤浆浓度)试验因素

水煤浆浆体性能指标	添加剂的使用量		$w(f) : w(e)^*$		
	1%	0.8%	20 : 80	30 : 70	40 : 60
黏度/(mPa·s)	1523	1489.3	1489.3	894.3	528.3
稳定性	B	B	B	B	B

注: \* 改变煤粉的质量比(添加剂使用量为 0.8%)。

4) 70% 浓度的水煤浆浆体特性。使用 125 ~ 200、12 和 6.5  $\mu\text{m}$  的煤粉, 125 ~ 200 与 12 和 6.5  $\mu\text{m}$  煤粉的质量比为 40 : 60, 其中 12 与 6.5  $\mu\text{m}$  的质量比为 60 : 40, 添加剂使用复配添加剂, 使用量为 0.8%, 制备浓度为 70% 的水煤浆, 其浆体黏度见表 8。从表 8 的试验结果可看出, 制备的浆体黏度低于 1200 mPa·s, 稳定性为 B 级, 并且浆体流变特性呈假塑性流体, 随着剪切速率的增大, 黏度降低。该浆体无论从黏度还是稳定性上, 都满足工业使用要求。

表8 浓度为 70% 的神府煤水煤浆黏度

转子转速/(r·min <sup>-1</sup> )	黏度/(mPa·s)	稳定性
20	1630	B
30	1480	B
40	1340	B
50	1220	B
60	1150	B

### 3 结 语

1) TJJ-1 与 TJJ-2 质量比为 4 : 1 时对神府煤水煤浆具有较好的分散性。

2) 双峰级配试验中, 2 种粒径的煤粉在不同的质量分数比例时, 对水煤浆的黏度与稳定性具有明显影响, 水煤浆浓度一定时, 当 2 种粒径的煤粉达到较好的堆积效率时, 可降低浆体黏度, 改善浆体的稳定性。

3) 使用 125 ~ 200、12 和 6.5  $\mu\text{m}$  的煤粉, 125 ~ 200 与 12 和 6.5  $\mu\text{m}$  煤粉的质量比为 40 : 60, 其中 12 与 6.5  $\mu\text{m}$  的质量比为 60 : 40, 添加剂使用复配添加剂, 使用量为 0.8%, 制备浓度接近 70% 的水煤浆。

### 参考文献:

- [1] 袁善录, 戴爱军. 制备高浓度水煤浆的影响因素探讨[J]. 应用化工, 2007, 36(12): 1242-1244.
- [2] 朱全书. 煤的性质对其成浆性影响的研究综述[J]. 煤炭加工与综合利用, 1996(2): 5-8.
- [3] 吉文欣, 王丽琼. 改善粒度级配提高宁东水煤浆的研究[J]. 化学工程师, 2010(11): 57-58.
- [4] 黄柏宗. 紧密堆积模型的微观机理及模型设计[J]. 石油钻探技术, 2007, 35(1): 5-12.
- [5] 周建新. 水煤浆颗粒级配的研究[J]. 煤炭学报, 2001, 26(5): 557-560.
- [6] 叶向荣, 刘定平, 陈其中, 等. 粒度级配对水煤浆浓度与黏度的影响[J]. 煤炭转化, 2008, 31(2): 28-30.
- [7] 陈松, 李寒旭, 王群英. 粒度级配对淮南煤成浆性能影响的研究[J]. 安徽理工大学学报: 自然科学报, 2003, 13(3): 58-60.
- [8] 张荣曾. 水煤浆制备技术[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [9] 张省现, 夏德宏, 吴祥宇. 水煤浆粒度分布的分形学研究[J]. 热科学与技术, 2004, 3(4): 348-349.
- [10] Son S Y, Kihm K D. Effect of coal particle size on coal-water slurry(CWS) atomization, atomization and sprays[J]. Journal of the International Institutions for Liquid Atomization and Spray Systems, 1998, 8(5): 515-516.
- [11] 田青运, 胡发亨, 樊学彬. 水煤浆的药剂、粒度级配的试验与研究[J]. 煤炭科学技术, 2005, 33(1): 44-47.

(上接第 59 页)

- [8] 褚良银, 罗茜. 磁力水力旋流器[J]. 中国矿业, 1993, 2(4): 72-74.
- [9] 褚良银. 磁力水力旋流器[J]. 中国矿业, 1993, 2(4): 72-74.
- [10] Fricher A G. 磁力水力旋流器[J]. 国外金属矿选矿, 1987, 25(3): 32-38.
- [11] 申 G, 芬奇 J A, 吴文达. 多极磁力水力旋流器的理论分析[J]. 国外金属矿山, 1991(3): 53-57.
- [12] 刘世超. 三产品重介旋流器二段密度在线调控机理研究与初步设计[D]. 太原: 太原理工大学, 2012.