

# 褐煤制气化水煤浆实验研究

段清兵<sup>1 2 3 4</sup> 张胜局<sup>1 2 3 4</sup> 何国锋<sup>1 2 3 4</sup> 刘焯炜<sup>1 2 3 4</sup> 孙海勇<sup>1 2 3 4</sup>

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司 节能工程技术研究分院 北京 100013; 2. 国家水煤浆工程技术研究中心 北京 100013;  
3. 煤炭资源高效开采与洁净利用国家重点实验室 北京 100013; 4. 国家能源煤炭高效利用与节能减排技术装备重点实验室 北京 100013)

**摘要:** 为提高褐煤制气化水煤浆的制浆浓度, 采用传统制浆工艺与分级研磨制浆工艺分别对某化工企业提供的 3 种煤样进行水煤浆成浆性实验, 并在此基础上进行配煤制浆实验。结果表明: 东明煤、扎赉诺尔煤、宝矿提质煤传统制浆工艺的最高浓度分别为 48.54%、51.76%、56.08%, 分级研磨制浆最高浓度分别为 51.72%、54.82%、59.21%。3 种煤样分级研磨制浆工艺水煤浆浓度提高 3% 以上。按照东明煤、扎赉诺尔煤质量比 1:1 或东明煤、宝矿提质煤质量比 2:1 配煤时所制水煤浆浓度分别为 53.12%、54.21%, 满足水煤浆浓度设计要求。

**关键词:** 褐煤; 煤质分析; 水煤浆; 配煤; 气化

中图分类号: TD849; TQ536 文献标志码: A 文章编号: 1006-6772(2014)06-0019-04

## Preparation of coal water slurry for gasification with lignite

DUAN Qingbing<sup>1 2 3 4</sup> ZHANG Shengju<sup>1 2 3 4</sup> HE Guofeng<sup>1 2 3 4</sup> LIU Yewei<sup>1 2 3 4</sup> SUN Haiyong<sup>1 2 3 4</sup>

(1. Energy Conservation and Engineering Technology Research Institute, Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd., Beijing 100013, China;

2. National Coal Water Mixture Engineering Technology Research Center, Beijing 100013, China;

3. State Key Laboratory of Coal Mining and Clean Utilization (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China;

4. National Energy Technology and Equipment Laboratory of Coal Utilization and Emission Control (China Coal Research Institute), Beijing 100013, China)

**Abstract:** In order to improve the concentration of coal water slurry (CWS) for gasification with lignite, the slurriability of three coal samples which were provided by an chemical enterprise was conducted through traditional CWS preparation process and classified grinding process. Then the CWS preparation with blending coal was carried out. The results showed that, prepared by traditional process, the highest pulp concentration of Dongming coal, Zhalaينوer coal, Baokuang upgrading coal were 48.54%, 51.76%, 56.08%. Prepared by classified grinding process, the highest pulp concentration of above three CWS were 51.72%, 54.82%, 59.21%, which were above 3% higher than the concentration of CWS prepared by traditional process. When the mass ratio of Dongming coal and Zhalaينوer coal was 1 to 1, or the mass ratio of Dongming coal and Baokuang upgrading coal was 2 to 1, the concentration of CWS were 53.12% and 54.21%, which met the design requirements.

**Key words:** lignite; coal property analysis; coal water slurry; coal blending; gasification

## 0 引 言

煤炭是中国的基础能源, 在未来相当长一段时间内以煤炭为主的能源结构难以改变。中国煤炭 85% 直接燃烧使用, 高耗低效的燃烧方式是造成全国环境污染和气候恶化的重要原因。作为洁净煤技术之一的水煤浆自 20 世纪 80 年代初在中国研究开

发以来, 经过 30 余年的科技攻关和生产实践, 水煤浆技术已达到国际先进水平, 生产与应用规模均居世界第一<sup>[1-2]</sup>。水煤浆在电站锅炉、工业锅炉、工业窑炉上均已成功应用, 与此同时作为气化原料的气化水煤浆也得到了长足发展, 中国水煤浆技术已进入工业推广应用阶段。随着以水煤浆气化为龙头的煤化工产业的快速扩张, 气化水煤浆的应用规模将

收稿日期: 2014-07-15; 责任编辑: 白娅娜 DOI: 10.13226/j.issn.1006-6772.2014.06.005

基金项目: 国家科技部科研院所技术开发研究专项资助项目(2011EG222214); 中国煤炭科工集团有限公司科技创新基金资助项目(2012MS019)

作者简介: 段清兵(1978—), 男, 山东新泰人, 副研究员, 硕士, 从事水煤浆技术研发、推广和工程建设方面的工作。E-mail: duanqingbing@sina.com

引用格式: 段清兵, 张胜局, 何国锋, 等. 褐煤制气化水煤浆实验研究[J]. 洁净煤技术, 2014, 20(6): 19-22.

DUAN Qingbing, ZHANG Shengju, HE Guofeng, et al. Preparation of coal water slurry for gasification with lignite[J]. Clean Coal Technology, 2014, 20(6): 19-22.

保持相当强劲的增长势头<sup>[3]</sup>。褐煤作为储量丰富的低阶煤,是制备水煤浆的原料煤之一,国内学者对褐煤制水煤浆进行了大量研究。高志芳等<sup>[4-5]</sup>利用扫描电镜及激光粒度仪对改性前后的褐煤进行粒度分布及堆积效率的分析,使改性后褐煤成浆浓度提高6%。王志光等<sup>[6]</sup>利用不同种类的添加剂对云南褐煤进行成浆性实验研究,得出上海焦化厂添加剂加入量为1%时,云南褐煤成浆浓度接近50%。王传成等<sup>[7]</sup>利用阴离子型添加剂对2种内蒙古褐煤进行成浆性能评价,结果显示高变质程度褐煤成浆性优于低变质程度褐煤。龚志华等<sup>[8]</sup>利用流化床干燥技术对印尼褐煤改性进行制浆实验研究,改性后的印尼褐煤成浆浓度提高12%。国家水煤浆工程技术研究中心对粒度级配技术及低阶煤成浆性进行深入研究<sup>[9]</sup>,以“分级研磨”、“优化粒度级配”<sup>[10-11]</sup>为指导思想开发了分级研磨高浓度制浆工艺技术,

使低阶煤的成浆浓度与常规制浆工艺相比提高3%~5%<sup>[12-13]</sup>。目前该工艺已在中国东部沿海城市的燃料浆厂以及北方气化行业得到应用<sup>[14-15]</sup>。针对某化工企业褐煤成浆性差(水煤浆浓度48%左右,要求设计值为53%)问题,为提高水煤浆浓度使其达到设计值,笔者采用传统制浆工艺与分级研磨制浆工艺分别对某化工企业提供的3种煤样进行水煤浆成浆性实验,研究了配煤比例对水煤浆成浆性的影响,并找出最佳配煤制浆方案。

## 1 实验条件

### 1.1 煤质分析

实验煤样取自蒙东地区,分别为东明煤、扎赉诺尔煤、宝矿提质煤,编号为1号、2号、3号,对3种煤样进行煤质分析,并与设计煤种的相关数据进行对比,结果见表1。

表1 煤样煤质分析

煤种	工业分析 / %			元素分析 / %			哈氏可磨性 指数 HGI
	$M_{ad}$	$A_d$	$V_{daf}$	$w(S_{ad})$	$w(C_{ad})$	$w(O_{ad})$	
设计值	8.50	9.88	47.91	0.25	61.12	16.45	54
1号	19.72	21.96	45.54	0.46	46.22	13.37	55
2号	11.27	24.90	42.08	0.45	52.36	10.08	49
3号	7.44	18.23	44.55	0.27	63.46	13.99	74

由表1可知,1号煤属高水分、高灰分、高挥发分、低硫、较难磨的难制浆煤种,2号煤属中水分、高灰分、高挥发分、低硫、较难磨的较难制浆煤种,3号煤属低水分、中高灰、高挥发分、特低硫、中等可磨的易制浆煤种。3种煤样与最初设计值均有一定差别,在后续实验过程中可采用不同制浆工艺及方法缩小差距。

### 1.2 实验仪器

TJCP5-180×150型全密封锤式破碎缩分机, XMB-φ240×300型棒磨机, QHJM-3型超细研磨机, GS-86型电动振筛机, DT500A型电子天平(精确到0.01g), MD110-2型电子天平(精确到0.0001g), 101-DA型电热鼓风干燥箱, DHS16-A型多功能红外水分测定仪, NXS-4C型水煤浆黏度计, JJ-1型定时电动搅拌器等。

### 1.3 实验方法

现场气化水煤浆粒度要求为: ≤0.075 mm 颗粒质量分数 ≥40.0%, ≤0.45 mm 颗粒质量分数 ≥86.0%, ≤1 mm 颗粒质量分数 ≥97.0%。为保证水

煤浆浓度有可比性,水煤浆最大表观黏度 ≤1200 mPa·s。

实验先采用干法制浆方式找出最佳制浆条件,而后用湿法磨矿验证。干法制浆过程为:将磨好的煤粉、一定量添加剂和水加入烧杯中,用JJ-1型定时电动搅拌器搅拌6 min后即得水煤浆。

将制备好的水煤浆进行表观黏度、浓度测试,并妥善保存,之后进行流动性、稳定性测试。

水煤浆浓度、黏度分别按照 GB/T 18856.2—2008《水煤浆试验方法 第2部分:浓度测定》和 GB/T 18856.4—2008《水煤浆试验方法 第4部分:表观黏度测定》测量。

水煤浆流动性测定采用目测法,分为A、B、C三个等级,各等级划分为:A、B、C级分别表示连续流动、间断流动、不流动。为表示属于某一等级范围流动性的较小差别,分别用“+”和“-”加以区分,“+”表示某一等级中流动性较好者,“-”表示某一等级中流动性较差者。

水煤浆稳定性测定采用插棒法,将被测水煤浆

试样密闭静置 8 h 后,插棒观测,水煤浆稳定性可分成 4 个等级。A 级表示浆体保持其初始状态,无析水和沉淀产生;B 级表示存在少量析水或少许软沉淀产生;C 级表示有沉淀产生,密度分布不均,但经搅拌作用后可再生;D 级表示产生部分沉淀或全部硬沉淀。

## 2 结果与讨论

### 2.1 传统制浆实验

3 种煤样单独成浆性实验结果见表 2。

表 2 3 种煤样传统制浆工艺浆体性能

煤样	实测浓度/%	表观黏度/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ) ( $100\text{ s}^{-1}$ , $25\text{ }^\circ\text{C}$ )	流动性	稳定性 (8 h 后)
1 号	46.49	969	B	D
	47.31	1051	B-	D
	48.54	1132	B-	C
	49.82	1278	C	C
2 号	49.32	978	B	D
	50.63	1042	B-	C
	51.76	1157	B-	C
	52.52	1280	C	C
3 号	54.56	954	B	D
	55.33	1048	B	D
	56.08	1160	B-	C
	57.45	1291	C	B

由表 2 可知,随成浆浓度的提高,水煤浆黏度、稳定性逐步提高,但浆体流动性明显变差。当表观黏度小于  $1200\text{ mPa}\cdot\text{s}$  时,3 种煤样采用传统制浆工艺所制水煤浆最高浓度分别为 48.54%、51.76%、56.08%。1 号煤样制浆浓度很低,远小于设计值;3 号煤样浓度达标,但哈氏可磨性指数与设计值差距较大。采用传统工艺制浆时,3 种煤样制备的水煤浆在现场工业化生产中的浓度低于实验室数据,且流动性极差。鉴于此,采用分级研磨制浆工艺在实验室重点对 1 号、2 号 2 种煤样进行水煤浆提浓实验。

### 2.2 分级研磨制浆实验

为减少添加剂、粒度级配对比对分级研磨制浆工艺的影响,通过初步实验,在确定最佳添加剂用量、最佳粒度级配的情况下进行分级研磨制浆实验。3 种煤样的最佳添加剂用量分别为 0.5%、0.5%、0.3%,粗细粒质量比分别为 85:15、85:15、90:10。3 种煤样分级研磨制浆工艺成浆性实验结果见

表 3。

表 3 3 种煤样分级研磨制浆工艺浆体性能

煤样	实测浓度/%	表观黏度/( $\text{mPa}\cdot\text{s}$ ) ( $100\text{ s}^{-1}$ , $25\text{ }^\circ\text{C}$ )	流动性	稳定性 (8 h 后)
1 号	49.21	936	B	B
	50.50	1009	B	B
	51.72	1118	B	B
	52.39	1265	B-	A
2 号	52.63	920	B	B
	53.19	1065	B	B
	54.82	1137	B	A
	55.70	1291	B-	A
3 号	57.37	953	B	B
	58.09	1038	B	B
	59.21	1152	B	A
	60.44	1240	B-	A

由表 3 可知,表观黏度小于  $1200\text{ mPa}\cdot\text{s}$  时,3 种煤样采用分级研磨制浆工艺所制水煤浆最高浓度分别为 51.72%、54.82%、59.21%。与传统制浆工艺相比,3 种煤样分级研磨制浆工艺水煤浆浓度提高 3% 以上。在现场工业化生产中,3 种煤样采用分级研磨制浆工艺制浆的最高浓度分别为 50.22%、53.68%、57.80%,比实验室低 1% 左右,煤浆流动性较传统工艺有较大改善。1 号煤样水煤浆浓度比设计值少 2.78%,2 号、3 号煤样的水煤浆浓度已超过设计值,但煤质指标与设计值差距较大。因此在分级研磨制浆工艺的基础上采用配煤制浆进一步缩小差距。

### 2.3 配煤制浆实验

配煤制浆是指将易成浆且制浆浓度高的煤种与难成浆且制浆浓度低的煤种按照一定比例配比制浆,扩大制浆煤种使用范围的同时,可提高水煤浆浓度。1 号煤样作为主要煤源,制浆浓度非常低,不利于后续气化反应;2 号、3 号煤作为辅助煤源,制浆浓度比 1 号高。为提高水煤浆浓度,降低生产成本,将 2 号、3 号煤样分别与 1 号煤样按照不同比例配煤,并进行实验室成浆性实验,结果见表 4。

由表 4 可知,1 号、2 号煤按照质量比 2:1、1:1 配比制浆,表观黏度小于  $1200\text{ mPa}\cdot\text{s}$  时,最高浓度分别为 52.53%、53.12%;1 号、3 号煤按照质量比 2:1、1:1 配比制浆,表观黏度小于  $1200\text{ mPa}\cdot\text{s}$  时,最高浓度分别为 54.21%、55.45%。

3 种煤样采购价格由高到低依次为:3 号煤 > 2

号煤 > 1 号煤 结合不同配煤比例水煤浆浆体性能, 考虑运行成本及气化反应效率等多种因素, 确定较好配比方案为: 1 号、2 号煤质量比 = 1: 1 或 1 号、3 号煤质量比 2: 1。以上 2 种配煤方案在工业应用中, 制浆浓度为 53% ~ 55%, 煤质分析指标及水煤浆浓度均达到最初设计值。

表4 不同配煤比例水煤浆浆体性能

配煤比例	实测浓度/%	表观黏度/(mPa·s) (100 s <sup>-1</sup> , 25 °C)	流动性	稳定性 (8 h 后)
w(1号): w(2号) = 2: 1	50.25	927	B	B
	51.37	1032	B	B
	52.53	1149	B	B
	53.49	1280	B-	A
w(1号): w(2号) = 1: 1	51.60	919	B	B
	52.45	1046	B	B
	53.12	1158	B	B
	54.38	1274	B-	A
w(1号): w(3号) = 2: 1	52.61	980	B	B
	53.17	1059	B	B
	54.21	1137	B	B
	55.52	1289	B-	A
w(1号): w(3号) = 1: 1	53.42	931	B	B
	54.37	1029	B	B
	55.45	1176	B	B
	56.62	1255	B-	A

### 3 结 论

1) 东明煤、扎赉诺尔煤、宝矿提质煤传统制浆工艺的最高成浆浓度分别为 48.54%、51.76%、56.08%; 采用分级研磨高浓度制浆工艺技术后, 3 种煤样最高成浆浓度分别为 51.72%、54.82%、59.21%, 煤浆浓度比传统制浆工艺提高 3% 以上。

2) 作为主要煤源的东明煤, 制浆浓度达不到设计值 53%, 考虑到煤价、气化效率、经济效益等因素, 在分级研磨高浓度制浆工艺技术的前提下采用配煤制浆方法进一步提浓, 东明煤、扎赉诺尔煤质量比 1: 1 或东明煤、宝矿提质煤质量比 2: 1 配煤时所制水煤浆浓度为 53% ~ 55%, 满足水煤浆浓度设计要求。

#### 参考文献:

[1] 张荣曾. 水煤浆制备技术[M]. 北京: 科学出版社, 1996: 56.

- [2] 陈 鹏. 中国煤炭性质、分类和利用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 39.
- [3] 何国锋. 我国水煤浆技术的现状与发展方向[M]//何国锋, 段清兵. 水煤浆新技术研发及实践. 北京: 中国石化出版社, 2012: 17-20.
- [4] 高志芳, 朱书全, 吴晓华. 褐煤提质改性对水煤浆特性的影响[J]. 煤炭科学技术, 2010, 38(9): 112-116.
- [5] 高志芳, 朱书全, 黄 波, 等. 粒度分布对提质褐煤水煤浆性能影响的研究[J]. 选煤技术, 2009(1): 1-5.
- [6] 王志光, 饶志雄, 张德祥. 云南褐煤水煤浆成浆性分析[J]. 山东冶金, 2007, 29(4): 41-43.
- [7] 王传成, 刘建忠, 虞育杰, 等. 内蒙古褐煤的成浆特性[J]. 中国电机工程学报, 2010, 30(S1): 85-90.
- [8] 龚志华, 顾兆云, 徐志强, 等. 提高印尼褐煤成浆性的试验研究[J]. 煤炭加工与综合利用, 2008(1): 26-28.
- [9] 刘焯炜, 张胜局, 何国锋, 等. 褐煤改性对水煤浆浓度影响的研究[J]. 煤质技术, 2013(1): 8-10.
- [10] 赵世永, 张晋陶. 粒度对比对神府煤水煤浆稳定性的影响[J]. 煤炭工程, 2006, 38(12): 89-91.
- [11] 贺鑫平, 余 涛, 周敬林. 分级研磨制浆工艺应用于水煤浆气化的工程分析[J]. 煤化工, 2012, 40(5): 19-23.
- [12] 何国锋, 段清兵, 梁 兴, 等. 低阶煤制高浓度水煤浆技术研究与应用[M]//徐振刚, 曲思建. 煤化工技术理论与实践, 北京: 中国石化出版社, 2009: 139.
- [13] 段清兵, 梁 兴, 张胜局, 等. 提高神华煤气化水煤浆浓度的可行性研究[J]. 洁净煤技术, 2009, 15(2): 49-51.
- [14] 张桂玲, 杜丽伟, 刘焯炜. 提高内蒙古低阶煤气化水煤浆浓度的实验研究[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(4): 55-58.
- [15] 段清兵, 刘焯炜, 何国锋, 等. 粒度级配对新疆低阶煤成浆性影响的研究[J]. 煤化工, 2014, 42(3): 35-38.

#### (上接第8页)

- [23] 初 茉, 李华民. 褐煤的加工与利用技术[J]. 煤炭工程, 2005, 37(2): 47-49.
- [24] 戴和武, 杜铭华, 谢可玉, 等. 我国低灰褐煤资源及其优化利用[J]. 中国煤炭, 2001, 27(2): 14-18.
- [25] 韦鲁滨, 朱学帅, 刘道春, 等. 褐煤流态化温和干燥研究[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(2): 300-304.
- [26] Sahu A K, Tripathy A, Biswal S K *et al.* Stability study of an air-dense medium fluidized bed separator for beneficiation of high-ash Indian coal[J]. International Journal of Coal Preparation and Utilization, 2011, 31(3/4): 127-148.
- [27] 杨国华, 陈清如. 振动穿流床煤炭干燥动力学研究[J]. 煤炭学报, 1998, 23(6): 644-648.
- [28] 陶秀祥, 杨玉芬, 骆振福, 等. 水分对空气重介流化床选煤过程影响的综合分析与研究[J]. 选煤技术, 1995(2): 10-13.
- [29] 陶秀祥, 陈清如, 骆振福, 等. 煤炭外水分分布规律及其对流化床分选的影响[J]. 中国矿业大学学报, 1999, 28(4): 326-330.
- [30] 韦鲁滨, 陈清如, 梁春城. 空气重介流化床粗粒物料分选机理的研究[J]. 中国矿业大学学报, 1996, 25(1): 12-18.