

# 中国水煤浆制备技术的发展

高宇龙

(中国神华煤制油化工有限公司 北京 100011)

**摘要:** 为了应对中国易成浆煤种(炼焦煤)储量少的现状,以神华煤等为研究对象,对其制浆工艺进行了研究。神华煤符合水煤浆对煤质的要求,但属低变质且难制浆煤种。从级配理论入手,开发出新的制浆工艺及配套专用设备和添加剂,可以利用神华煤制取高浓度水煤浆。在此基础上,利用城市污泥和造纸黑液制备生物质煤浆,提高了水煤浆的分散性,同时在工业性锅炉中的燃烧表明:负荷可在45%~100%下连续调节,燃烧效率高达98.66%。此外,分级研磨级配制浆工艺可以使水煤浆质量分数提高3%~5%,系统产能提高30%以上。

**关键词:** 神华煤;水煤浆;城市污泥;水煤浆气化

中图分类号:TQ536

文献标识码:A

文章编号:1006-6772(2012)05-0056-04

## Development of coal water mixture preparation technology in China

GAO Yu-long

(China Shenhua Coal to Liquid and Chemical Co., Ltd., Beijing 100011, China)

**Abstract:** Less reserves of coking coal in China limits the development of coal water mixture industry. To resolve this issue, taking Shenhua coal as research object, investigate the slurring technology. The Shenhua coal quality meets the requirement of coal water mixture preparation, but it is low metamorphic coal which is difficult to form slurry. Based on the grading theory, develop the proper slurry technology and relevant facilities, additive agents. Municipal sludge and black liquor are used to prepare biological coal water mixture, which could improve its dispersity. The combustion condition in industrial boiler show that the load could be adjusted ranging from 45 percent to 100 percent, the combustion efficiency reaches up to 98.66 percent. Grading grinding process could improve the concentration of coal water mixture by 3 percent to 5 percent, the productivity increases by more than 30 percent.

**Key words:** Shenhua coal; coal water mixture; municipal sludge; coal water mixture gasification

国内水煤浆在电站锅炉、工业锅炉、工业窑炉中的应用已有很多成功的范例<sup>[1-5]</sup>。近年来,燃烧用水煤浆技术已被成功移植到气化水煤浆领域,极大地改善了化工合成企业的生产技术指标,提高了企业的经济效益。

截至2010年底,全国燃烧用水煤浆的燃用量已突破3000万t,气化水煤浆用量达到8000万t以上。随着以水煤浆气化为龙头的煤化工产业的快速发展,气化水煤浆的应用规模将保持强劲的增长势头。

过去10a中国水煤浆技术及工业应用已向纵深发展,如扩大难以制浆煤种的应用,实现产业化生产,污泥制浆,燃烧水煤浆技术向气化领域移植等<sup>[6]</sup>。

### 1 扩大制浆煤种

随着水煤浆技术的发展及应用规模的不断扩大,原有易于成浆的煤种,主要是中等变质程度的炼焦煤,包括焦煤、肥煤,两者的资源储量均较低。在制浆前需洗选加工制取洗精煤以降低其灰分,提

收稿日期:2012-07-24 责任编辑:宫在芹

作者简介:高宇龙(1982—),男,陕西神木人,2005年毕业于中国矿业大学(北京)矿物加工工程专业,主要从事煤直接液化生产、安全工作。

引用格式:高宇龙.中国水煤浆制备技术的发展[J].洁净煤技术,2012,18(5):56-59.

高了水煤浆热值,增加了制浆成本。

为了保持炼焦工业的可持续发展,合理利用炼焦煤,降低水煤浆生产成本,必须采用不需要洗选的动力煤制浆。神华集团为了扩大神华煤的利用范围,委托国家水煤浆工程技术研究中心对神华煤

制取高质量分数水煤浆的可行性进行了大量基础及工业生产的实验研究。表1~表4分别为煤的工业分析,元素分析,灰成分分析以及灰熔融性、燃点和密度分析。此外,还对神华煤的煤岩显微组分、煤的表面性质进行了研究<sup>[7]</sup>。

表1 煤的工业分析

煤样	$M_1 / \%$	$M_{ad} / \%$	$A_d / \%$	$V_{daf} / \%$	$S_{t,d} / \%$	$Q_{net,ar} / (MJ \cdot kg^{-1})$	哈氏可磨性指数
活鸡兔	14.60	7.16	8.14	34.77	0.47	24.25	58
哈拉沟	15.20	5.42	5.96	36.59	0.50	24.59	59
上湾煤	13.40	7.99	8.01	31.14	0.64	24.37	61

表2 煤的元素分析

煤样	$\omega(C_{daf}) / \%$	$\omega(H_{daf}) / \%$	$\omega(S_{daf}) / \%$	$\omega(N_{daf}) / \%$	$\omega(O_{daf}) / \%$	O/C
活鸡兔	81.97	4.64	0.52	0.91	11.96	0.146
哈拉沟	80.45	5.03	0.53	0.92	13.08	0.163
上湾煤	81.92	4.08	0.70	0.84	12.46	0.152

表3 煤的灰成分分析

煤样名称	$\omega(SiO_2)$	$\omega(Al_2O_3)$	$\omega(Fe_2O_3)$	$\omega(CaO)$	$\omega(MgO)$	$\omega(TiO_2)$	$\omega(SO_3)$	$\omega(P_2O_5)$	$\omega(K_2O)$	$\omega(Na_2O)$	总量
活鸡兔	37.74	16.11	11.78	21.26	0.72	0.68	6.96	0.03	0.88	1.34	97.50
哈拉沟	30.53	11.54	10.24	30.66	1.56	0.56	11.68	0.05	0.6	1.58	99.00
上湾煤	23.99	10.51	18.18	25.84	0.76	0.68	12.58	0.13	0.41	1.60	94.68

表4 煤的灰熔融性、燃点和密度

煤样名称	煤的灰熔融性/ $^{\circ}C$				燃点/ $^{\circ}C$		密度/ $(g \cdot cm^{-3})$	
	DT	ST	HT	FT	原样	氧化样	TRD	ARD
活鸡兔	1120	1150	1170	1180	296	288	1.45	1.27
哈拉沟	1220	1230	1240	1260	297	292	1.44	1.28
上湾煤	1170	1180	1190	1210	309	299		

神华煤具有低灰、特低硫、中高发热量、化学反应活性优良等特点,是优良洁净的动力用煤品种之一。但神华煤的变质程度较低,其内水含量、O含量和O/C原子比高、可磨性较差,属于难成浆的煤种。灰组成中CaO和 $Fe_2O_3$ 含量偏高, $SiO_2$ 含量和 $Al_2O_3$ 含量偏低,灰熔融性ST低于 $1250^{\circ}C$ 。

根据煤炭成浆性模型和评定煤成浆性指标D与煤的内在水分和可磨性指数的最优回归方程: $D = 7.5 + 0.5M_{ad} - 0.05HGI$ ,D值越大越难成浆。结合上述各表数据经计算可知神华煤属于难成浆煤种。通过配煤和煤的改性、专用添加剂研制和制浆工艺调整,使神华煤能够制出高质量分数水煤浆。通过实验室研究、半工业实验和工业性试生产及工业性燃烧实验,取得了巨大的技术性突破<sup>[8]</sup>。目前,神华煤制取燃烧用高质量分数水煤浆的生产厂

已达5座,总生产能力已近千万吨。表5为神华煤制备高质量分数水煤浆工艺技术应用情况。

表5 神华煤制备高质量分数水煤浆应用情况

生产厂家	规模/万t	原料煤
东莞电力燃料公司	500	神华煤
石狮清源水煤浆公司	50	神华煤
汕头桂宇水煤浆厂	50	神华煤
浙江新源水煤浆公司	400	神华煤为主
江苏神华德瑞新能源公司	50	神华煤

## 2 生物质水煤浆研究及应用

随着中国城市经济的发展及人口不断增长,环境污染愈加严重。全国每年废水排放量约为400多亿t,年排放城市污水污泥(干)约为550万~600万t。预计污泥排放量将以10%的速度递增。由于含

有一定量的有机质,国内城市污泥利用途径及所占比例大致为农业利用 44.83%、土地填埋 31.03%、混合填埋 3.45%、焚烧 3.45%、绿化 3.45%、未处理 13.79%。虽然农用比例较高,但由于污泥中含有重金属,均高于农耕土壤中的含量,如大量和长期使用会影响人类健康。工业废弃物的排放也对环境造成污染,如造纸黑液,其年排放量约 40 亿 t,已成为制约造纸行业发展的严重问题。

将城市污泥与造纸黑液作为水煤浆原料既节省了污泥干燥消耗的大量能源和高额黑液处置费用,又降低了水煤浆生产成本。

国家水煤浆工程技术研究中心对利用污泥及造纸黑液制取生物质水煤浆作了系统研究。首先为了脱除城市污泥的臭味、改善污泥煤浆的成浆性、增加污泥的配入量,对污泥进行了改性处理。污泥经碱化处理可明显改善其物化特性,提高其稳定性。经多次筛选,发现利用碱性造纸黑液中含有的木质素作为改善水煤浆的分散剂,可以节省添加剂的用量,最终实现以废治废的效果。

经实验室各种实验条件的研究、专用添加剂的制备、污泥煤浆工业放大生产实验和污泥煤浆燃烧实验<sup>[9]</sup>发现:

(1) 实验室研究以兖州煤为原料加入 20% 改性污泥制得质量分数为 64.4%、表观黏度 1200 mPa·s、发热量大于 16747.2 kJ/kg、平均粒径为 50 μm 的污泥水煤浆。

(2) 采用分级研磨制浆工艺,在工业生产条件下验证了实验室的研究结果。

(3) 制浆成本核算表明:污泥煤浆可 100% 节约用水;节约添加剂成本 40%~50%;制浆成本降低 21.88%。此外节省了城市污泥和造纸黑液的环境治理费用。

(4) 污泥煤浆在工业锅炉中燃烧实验结果表明:锅炉负荷可在 45%~100% 下连续调节,燃烧效率 98.66%。

### 3 气化水煤浆领域推广燃烧用水煤浆生产技术

由于原德士古气化水煤浆制浆技术难以适应中国的煤质特性,在提高水煤浆质量分数方面有困难,尤其是低变质煤种制气化水煤浆,目前德士古制浆技术很难达到 60% 以上的质量分数,从而影响了气化技术指标和经济指标。国家水煤浆工程技术研究中心对兖矿鲁南化肥厂制浆工艺特点进行了技术分析,并结合其拥有的国家专利和低质煤制浆经验,对其原有的水煤浆制浆工艺进行了技术改造,实现了提浓的预期目标<sup>[10]</sup>。

鲁南化肥厂年产 80 万 t 尿素、20 万 t 甲醇,以神木煤为制浆原料,日处理煤量 2000 t,采用棒磨制浆工艺。图 1 为鲁南化肥厂棒磨制浆工艺。



图 1 鲁南化肥厂棒磨制浆工艺

表 6 为鲁化神木煤工业分析。表 7 为鲁化水煤浆质量分析。

表 6 鲁化神木煤工业分析

煤样名称	$M_t / \%$	$M_{ad} / \%$	$A_d / \%$	$V_{daf} / \%$	$S_{t,d} / \%$	$Q_b / (MJ \cdot kg^{-1})$
神木煤	12.52	5.13	6.65	39.22	0.33	29.02

表 7 鲁化水煤浆质量分析

质量分数 / %	黏度 / (mPa·s)	稳定性	粒度分布 / %				
			>1 mm	1~0.45 mm	0.45~0.3 mm	0.3~0.075 mm	<0.075 mm
56.91	706	差	0.10	12.85	18.66	31.90	36.49

由表 7 可以看出,原鲁南水煤浆粒度级配不合理、平均粒度偏大,从而影响成浆质量分数。

根据低阶煤成浆特性和堆积效率理论,采用国家水煤浆工程技术研究中心的分级研磨级配制浆工艺专利技术。图 2 为分级研磨级配制浆工艺。

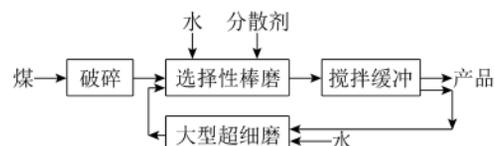


图 2 分级研磨级配制浆工艺

表 8 为鲁南化肥厂制浆工艺改造后实际生产运

行结果与原有工艺对比。由表 8 可见,分级研磨级配制浆工艺的水煤浆质量分数在煤种、添加剂及用量相同条件下,制浆质量分数可提高 3%~5%,系统产能提高 30% 以上。按水煤浆质量分数提高 3% 计

算,每生产 1000 m<sup>3</sup> (CO + H<sub>2</sub>) 比煤耗降低 30 kg 煤炭,比氧耗降低 30 m<sup>3</sup>,极大地改善了水煤浆气化的各项经济技术指标。

表 8 高效分级研磨级配制浆工艺与鲁南原有棒磨工艺对比

原料	工艺类型	质量分数/%	药剂种类	药剂加量/%	流态	黏度/(mPa·s)	备注
神木煤	棒磨制浆工艺	56.91	C	0.3	差	—	块状易沉
	棒磨制浆工艺	58.17	D	0.3	差	563	
	分级研磨级配制浆工艺	62.64	C	0.3	好	779	>48 h
	分级研磨级配制浆工艺	63.81	D	0.3	好	710	>48 h

## 4 结 论

近 10 a 来,水煤浆技术在中国已取得了巨大进展。分级研磨制浆工艺已推广至多家单位应用,经济与社会效益十分显著,仅 2009—2010 年共生产代油水煤浆 150 万 t,实现代油 62 万 t;代煤燃烧水煤浆 256 万 t,节煤 38 万 t。兖矿鲁化、山西丰喜等四家煤化工企业的水煤浆气化改造项目已完成和投产,按水煤浆质量分数提高 3%,年节煤 9 万 t,节氧 9000 万 m<sup>3</sup>,直接经济效益 1.03 亿元/a。

由于成功开发低阶煤制浆工艺和投入商业运营,填补了低阶煤制高质量水煤浆在国际和国内的技术空白,促进了国内煤炭资源合理利用。同时,对产业转型、节能减排的实施具有重要的推动作用。

### 参考文献:

[1] 詹隆,王柱勇,刘珊.水煤浆技术在中国的应用和发展

(上接第 44 页)

[3] 程芳琴,李莹英,路广军,等.改性生物质作为型煤黏结剂的研究[J].煤化工,2008(5):25-29.

[4] 范学林,吕玉庭,王晓典,等.牛粪制备生物质型煤的研究[J].现代牧业,2007(10):103-104.

[5] 李春桃,徐兵,梁玉祥.符合型煤黏结剂的成型及固硫效果研究[J].洁净煤技术,2010,16(2):72-75.

[6] 邢宝林,张传祥,潘兰英,等.生物质型煤机械强度影响因素的研究[J].煤炭科学技术,2007,35(7):83-85.

[7] 张钊,周霞萍,王杰.复合碱型腐植酸型煤黏结剂的特性研究[J].洁净煤技术,2011,17(1):37-40,50.

[8] 余江龙,Arash Tahmasebi,李先春,等.褐煤干燥提质和无黏结剂成型技术的研究现状及进展[J].洁净煤技术,2012,18(2):35-38.

[9] 董平,张鑫,矫健.干化污泥型煤抗压强度的实验研究

[J].洁净煤技术,1999,5(S1):10-12.

[2] 李智伟.我国水煤浆燃烧技术与工业发展前景[J].云南冶金,2002,31(6):42-48.

[3] 夏德宏,王世均.水煤浆的应用特性及其测试方法[J].钢铁,1991,26(2):61-64.

[4] 王秀月,马大健.工业锅炉与电站锅炉燃烧水煤浆应用实例[J].选煤技术,1995(5):41-45.

[5] 邢学法,王勇卫.水煤浆在铬盐回转转油加热炉上的应用[J].煤炭技术,2008,27(7):24-25.

[6] 何国锋,詹隆,王艳芳.水煤浆技术发展与应用[M].北京:化学工业出版社,2012.

[7] 梁兴,詹隆,王国房,等.水煤浆厂生产现状与发展[J].煤炭加工与综合利用,2007(2):23-26.

[8] 段清兵,何国锋.改造传统高浓度制浆工艺的生产实践[J].洁净煤技术,2009,15(1):32-34.

[9] 段清兵.城市污泥与造纸黑液制备生物质煤浆的试验研究[J].洁净煤技术,2011,17(3):32-34.

[10] 何国锋.水煤浆新技术研发与实践[M].北京:中国石化出版社,2012.

[J].洁净煤技术,2010,16(2):26-29.

[10] 韩磊.牛粪混合煤渣压缩蜂窝煤燃烧的环境评价[D].北京:中国农业科学院,2008.

[11] 陈华艳,苏俊林,矫振伟.生物质型煤燃烧特性[J].吉林大学学报(工学版),2008,38(6):1281-1286.

[12] 彭好义,刘艳军,周子民.石灰立窑型煤燃烧特性的实验研究[J].热能动力工程,2010,25(1):82-86.

[13] 刘基伟,胡成华,张国梁,等.牛粪的污染与处理[J].黑龙江农业科学,2010(11):82-84.

[14] 马爱玲.生物质与煤混合燃烧特性的研究[D].焦作:河南理工大学,2010.

[15] 马爱玲,谌伦建,朱孔远.生物质型煤燃烧特性研究[J].河南理工大学学报(自然科学版),2009,28(5):675-680.