

# 水煤浆成浆性的影响因素的研究及探索

万豪杰

中国神华煤制油化工有限公司上海研究院

**摘要:**我国能源现状富煤贫油少气,煤炭高效利用是关键,水煤制浆技术作为煤制油、煤制烯烃等大型煤化工的关键共性技术,高质量运行势在必行。本文通过实验,结果显示提高水煤浆添加剂萘系组分对制备高浓度水煤浆有一定作用,水煤浆多元成浆技术和废水制浆是今后继续发展的趋势。

**关键词:**水煤浆;添加剂;流变性;稳定性

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.05.185

我国“富煤缺油少气”的能源结构现状决定了我国能源发展需要从由煤炭来替代油气,倡导绿色能源形式替代化石能源。能源消费始终要立足国情,习近平总书记在视察国家能源投资集团榆林化工时指出,煤化工产业潜力巨大、大有前途,要提高煤炭作为化工原料的综合利用效能,促进煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展,把加强科技创新作为最紧迫任务,加快关键核心技术攻关。

## 一、水煤浆技术的研究现状

水煤浆是一种煤基流体燃料,其由煤、水、少量添加剂通过机械混合制成60%~70%的浓度,其具有污染低、燃烧效率高、可管道输送等优点。工业可用的水煤浆要求由①高浓度;②低粘度;③良好的流变特性及稳定性,三个条件缺一不可。我们通常考察浆体特性因素包括固相浓度、流变性、流动性即运动粘度特征、稳定性(通常以析水率衡量)与煤质(煤化程度、粒度分布、灰分等)、水质(制浆用气化灰水、工业新鲜水、工业废水、生化污泥、添加剂种类)以及水煤浆的温度都对成浆性的最终结果有影响。

### (一)煤质对水煤浆成浆性的影响

煤是含有多种有机物和无机物结构的复杂物质,含有多种表面基团,不同的煤种,表面结构不同,变现出的成浆特性均不一样。尉迟唯<sup>[1]</sup>等通过实验验证了24种不同地区、不同变质程度煤制备水煤浆的成浆性变化,发现了煤的灰分、孔体积、可溶矿物离子溶出量以及煤颗粒表面电动电位等是影响水煤浆流变特性的主要煤质因素。行业学者一致认为<sup>[2]</sup>:煤阶越低、内在水分越高、煤种氧碳比(O/C)越高、进而亲水官能团比例增多、孔隙更发达、可磨性指数HGI值越小、煤中所含可溶性高价金属离子越多,煤的制浆难度愈发困难。张成联和涂亚楠<sup>[3]</sup>认为蒙东褐煤经105℃空气氛围干燥3h的煤样而言,工分、元分未发生显著的变化,影响其成浆性的实质机理因素是煤孔隙率和煤的表面特性。

### (二)粒度分布对水煤浆成浆性的影响

制浆过程中要制备出高浓度水煤浆,就要求煤微粒的粒径具备一定的级配要求,相互堆叠包裹,尽可能实

现煤微粒充分填充空隙,减少水量的加入,从而提高水煤浆浓度。粒度过小导致比表面积增大,水化膜占比增大导致自由水减少不利于成浆;粒度过大则导致水煤浆不具备浆体特性,稳定性变差<sup>[4]</sup>。

国内目前生产甲醇大型装置主要采用湿法制浆技术,通过将水、煤炭、添加剂按比例一同加入单棒磨机,在传统单棒磨机工艺中要级配出良好的比例,一般难以实现,所以控制主要几个关键粒径的比例在一定范围内就可以。

### (三)添加剂对水煤浆成浆性的影响

煤跟水不互溶,水煤浆只是煤微粒分散在水体中,煤粒太小形成更多水化膜进而减少自由水使得水煤浆浆态不符合工业使用;煤粒太大又会在短时间内快速沉降,对管道输送和储罐保存带来巨大难题,沉降严重时导致水煤浆无法输送断料停车。添加剂针对改善上述问题,可按功能分为分散剂、稳定剂。

目前的水煤浆分散剂主要有萘系、腐殖酸系、木质素系、聚烯烃系、丙烯酸系以及相关复配产品。分散剂都是双亲性分子,疏水端通过范德华力、疏水作用力等吸附在煤微粒表面,亲水端在水中延伸,将靠近的水分子束缚形成一层水化膜,水化膜包裹煤微粒阻隔相邻的煤粒,实现降低浆体粘度的作用<sup>[5]</sup>。

## 二、实验探索

以陕西某一甲醇工厂为例,其常年生产过程中由于气化原料煤含有煤矸石原因产生波动,影响水煤浆浓度,在不改变煤质、磨机用水、粒度分布(磨机负荷进煤量不变)因素下,通过调整水煤浆添加剂配方,萘系分散剂和木质素系稳定剂的占比分别按3:7、4:6、5:5、6:4、7:3进行逐个试验,添加剂添加量分别按1% (干基添加剂/干基煤)进行添加。

### (一)煤浆浓度、粘度、稳定性测定

1. 煤浆浓度测定实验参照 GB/T 18856.2-2008。
2. 煤浆粘度测定实验参照 GB/T 18856.4-2008。
3. 水煤浆流动性的测量方法有两种,方法一:观察法,可以直观描煤浆的流动状态;方法二:数值法,测量结果易比对,直观性较差,所以实验中将使用观察法

进行测定。

观察法，根据其流动特性，分为A、B、C、D四个等级。A：流动连续，平滑不间断；B：流动较连续，流体表面不光滑；C：借助外力才能流动；D：泥状不成浆，不能流动。为了表示属于某一等级范围流动性的较小差别，分别用“+”号和“-”号加以区分，“+”号表示某一等级中流动性较好者；“-”号表示某一等级中流动性较差者。

4. 将被测水煤浆试样密闭静置4h后，采用棒插法观测，水煤浆的稳定性的判定分成四个等级，具体情况如下：

- A级-浆体保持其初始状态，无析水和沉淀产生；
- B级-有少量的析水或少许软沉淀产生；
- C级-有沉淀产生，密度分布不均，但经搅拌再生；
- D级-产生部分硬沉淀或全部硬沉淀。

(二) 实验原料煤为生产现场所用锦界煤样。数据见表1-1，实验用水为普通水，实验用添加剂种类木质素系稳定剂及萘系分散剂（添加剂添加量为干基添加剂/干基煤），目前添加剂用量为0.1%干基粉/干基煤。

表1-1 煤质工业分析

工业分析(%)				
全水分 Mt ((wt)%)	水分Mad ((wt)%)	灰分Aad ((wt)%)	挥发分Vad ((wt)%)	固定碳FCad ((wt)%)
13.6	4.09	14.66	39.54	48.15

(三) 粒度分布模拟现场工艺条件，根据现场煤浆的粒度分布，通过破碎机和棒磨机将煤样研磨至一定粒度，进行传统单磨机成浆性实验。实验用煤浆粒度分布如表1-2所示。

表1-2 煤浆粒度分布

煤样种类	粒度分布/%					
	>8目	8-14目	14-40目	40-200目	200-325目	<325目
锦界煤	0	0.01	9.62	54.72	9.11	26.54

(四) 实验结果

在单棒磨机制浆工艺条件下，以煤浆粘度小于1200mPa·s、流动性好于B-（12cm），稳定性好于B-以上为评判标准，固定添加剂用量，通过调整添加剂两种原料的配比，确定最高成浆浓度，结果如表1-3所示。

表1-3 添加剂优化制浆实验结果

添加剂配比	添加剂用量/%	浓度/%	流动性		粘度/mPa·s	稳定性
萘:木=3:7	0.1	61.46	12	B-	717	B
萘:木=4:6		61.79	12	B-	809	B
萘:木=5:5		61.95	12.5	B-	894	B
萘:木=6:4		62.48	12.5	B-	975	B
萘:木=7:3		62.69	13	B-	1033	B-

由表1-3中数据可知：

(1) 固定添加剂用量条件下，随着添加剂萘系分散剂成分的增加，煤浆浓度有小幅上涨趋势，但煤浆粘度偏大，稳定性有所下降。

(2) 在现有添加剂种类前提下，优化调整添加剂配方比例，固定添加剂用量，煤浆浓度差值在1.2个百分点左右，本次实验用煤的最高成浆浓度为62.69%（添加剂配比为萘系:木质素系=7:3）。

(五) 考察纯萘系分散剂性能

原料煤、研磨水和添加剂按一定比例混合，通过棒磨机磨成一定浓度的水煤浆。棒磨机出口设置滚筒筛，用于筛除粗煤颗粒和杂物，水煤浆自流入磨机出料槽。磨机出料槽内的水煤浆由低压煤浆泵输送至设置在煤浆槽顶部的二级滚筒筛内，对水煤浆中可能残留的粗煤颗粒和杂物进行二次筛除，合格的水煤浆自流入煤浆槽内短暂储存，最后由高压煤浆泵送至气化炉，如图1所示。

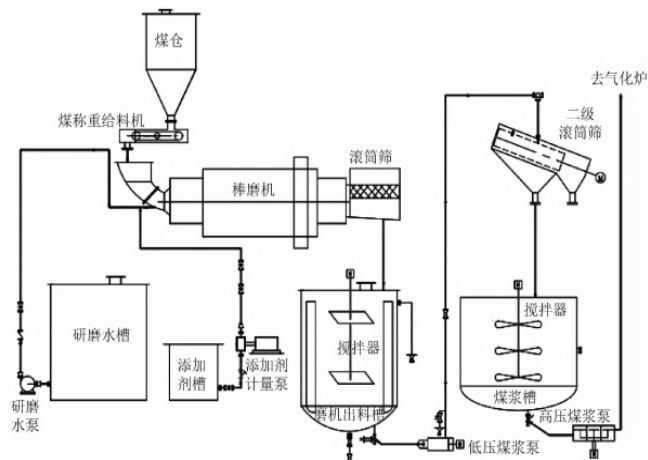


图1 煤浆制备单元工艺流程

考察萘系分散剂在低阶煤成浆性提升上的效果，特选取新疆区域另一煤制烯烃工厂的制浆工段作为实验效果的论证对象。煤质选择当地的低阶煤与烟煤按6.5:3.5混合后，分别试验在添加比例7%、10%、13%比例下对成浆性的变化，确认萘系分散剂对低阶煤的提升效果。实验原料煤为生产现场所用混合煤样。数据见表1-4，实验用水为普通水，实验用添加剂种类木质素系稳定剂及萘系分散剂（添加剂添加量为干基添加剂/干基煤），目前添加剂用量为0.45%干基粉/干基煤。

表1-4 煤质工业分析

工业分析(%)				
全水分Mt ((wt)%)	水分Mad ((wt)%)	灰分Aad ((wt)%)	挥发分Vad ((wt)%)	固定碳FCad ((wt)%)
16.6	2.83	8.12	31.56	57.49

(六) 纯萘系实验结果

(1) 浓度在62.5%、添加剂添加比例为7%时，磨

表1-5 纯萘系实验数据

项目	单位	序号					
		1	2	3	4	5	6
入磨煤机给煤量(湿基)	t/h	70	70	70	70	70	70
磨机给水量	m <sup>3</sup> /h	21.54	21.6	19.6	19.6	20.1	20.5
添加剂添加比例	%	7	7	10	10	10	13
磨机出料槽搅拌器电流	A	27.6	26.6	27	27	27	27
低压煤浆泵出口压力	MPa	0.3	0.5	0.52	0.57	0.55	0.56
低压煤浆泵电流(隔膜)	A	51.6	60.8	62.6	65	64	62.8
煤浆浓度	%	60.65	62.18	63.10	63.30	63.72	63.40
煤浆粘度	cp	462	474	710	720	666	668
磨机滚筒筛挂浆格数	格	0.5格	2格	3.5格	满格	满格	满格
煤浆粒度分布	%	8 <sup>目</sup> : 100%	14 <sup>目</sup> : 99.7%	40 <sup>目</sup> : 83%	100 <sup>目</sup> : 55.35%	200 <sup>目</sup> : 43.74%	325 <sup>目</sup> : 36.4%

机滚筒筛挂浆约2格,煤浆流动性好、低压煤浆泵、搅拌器等运行正常。

(2) 浓度提高至63.5%、同时添加剂添加比例提高至10%时,磨机滚筒筛挂浆满格,出现轻微跑浆。添加剂添加量增加至13%后挂浆情况未改变。搅拌器、低压煤浆泵运行正常。

(3) 煤浆样静置60小时后表面有少量析水,底层约有2cm软沉淀。

#### (七) 实验结论

(1) 在同等制浆工况条件下,通过优化调整添加剂配方萘系分散剂和木质素系稳定剂的比例,并小幅度调整添加剂用量,随着萘系成分的增加,煤浆浓度小幅度上涨,煤浆浓度差值在1.2%左右,添加剂配比为萘:木=7:3时,水煤浆成浆浓度最大,最高成浆浓度为62.69%。

(2) 萘系分散剂占比增加,煤浆流动性增加明显,煤浆流动性明显改善,此次纯萘系试验下虽然浓度达到63.5%时磨机滚筒筛下降困难,但从低压煤浆泵的输送和现场肉眼观察煤浆流动性较好。

### 三、水煤浆技术未来趋势

#### (一) 多元物料共成浆技术研发

依据我国绿色低碳发展战略及目前基础研究的重点来看,多煤源配煤制浆以及煤与高热值固体废物制备混合浆是具有发展及应用潜力的、符合现阶段低碳发展战略的水煤浆技术。其难点问题在于来源物料的品质波动、可磨性差异大、粒度分布差异大、各物料在气化过程中的演化机理不清晰,从而造成了研磨级配、流变性、稳定性调控困难,气化过程参数调整缺乏依据等,难以直接进行工程应用。因此,可考虑深入系统地研究多煤源、煤与固体废物(如污泥、气液化残渣、半焦、生物质等)共成浆的多元浆流变性、稳定性递变规律,

协同开发适应多元物料的专属添加剂,考察多元浆燃烧、气化反应特性以及灰成分、灰熔特性,形成匹配多元物料粒度、品质、组成的多元浆成套制备工艺及装备技术,构筑特色鲜明、目标明确的技术基底。

#### (二) 废水制浆技术研发

煤气液化废水的处理处置始终是煤气化生产实践单位面临的环保难题之一。采用同厂或其他来源废水——尤其是利用高浓度、难处理的有机废水替代清水作为制浆用水源,对于缺水地区气化厂的生产实践具有重要的意义和价值。然而,由于废水组分复杂多变,不同组分对成浆效果的影响作用机制不清晰,对直接接触的管路、设备的侵蚀特性不了解,相应组分在气化过程中的反应、转化过程机制不明确,造成相应生产工艺及设备研发应用难度较大。对此,可以考虑深入系统地研究不同组分废水在成浆过程中的作用效果及其影响机制,以及相应组分在气化过程中的反应转化过程,构筑合理高效的、匹配煤质和入料要求的多来源废水调控制浆技术方法以及成套的工艺设备技术解决方案。

#### 参考文献

- [1] 尉迟唯,李保庆,李文,等.煤质因素对水煤浆性质的影响[J].燃料化学学报,2007(2):146-154.
- [2] 何国锋,段清兵.水煤浆新技术研发及实践[M].北京:中国石化出版社,2012.
- [3] 张成联,涂亚楠.影响煤成浆性的机理因素分析与研究[J].煤炭工程,2015,47(7):124-126.
- [4] 张孝雨,何国锋,李磊,等.水煤浆性能的影响因素及技术进展[J].洁净煤技术,2019,25(6):96-104.
- [5] Rosen M. J., Kunjappu J. T. 表面活性剂与界面现象(原著第四版)[M].北京:化学工业出版社,2015:1-27.