

多原料煤种复配成浆性和技术经济性研究

杨婷婷 (贵州盘江电投天能焦化有限公司, 贵州 盘州 553531)

摘要: 煤质是对气化炉平稳运行产生影响的重要因素, 同时也是制约水煤浆浆体流变性与成浆性的关键因素。本研究以贵州盘江电投天能焦化有限公司为例, 通过配煤制浆, 保证以煤种 A 为原料所制成的水煤浆能够满足入炉煤要求, 研究结果显示, 煤种 A1:A2:B=4:1.5/4:2:4 的情况下, 成浆质量分数最高在 62%, 而参配比为 5:3:2 时, 成浆质量分数最高在 61%, 因为 A1 与 A2 都属于自有煤种, 确保配煤与气化炉要求相满足的基础上, 要尽量提高 A1 与 A2 的掺配比。多元配煤方案中, 5:3:2 的配煤方案成本最低, 且气化反应性与成浆性能最佳。

关键词: 水煤浆; 煤种; 配煤制浆; 成浆性能; 技术经济性

0 引言

水煤浆技术主要是用于煤制清洁燃料的一种新型煤代油技术, 该技术不仅节能, 而且环保, 有助于国内煤炭资源优势的充分发挥, 是实现我国能源可持续发展的现实选择。制浆用煤所用灰分通常在 12% 以下, 如果灰分较高, 则会破损喷嘴、管道以及阀门等, 灰分每上升 1%, 则会降低 1% 的可燃物质, 造成气化效率下降^[1]。基于经济运行视角分析, 原料煤筛选过程中, 必须对原料煤特性与成本加以综合考虑, 尽量选择有害物质少、灰渣特性好以及可磨性好的煤种。实践研究发现, 煤质是对气化炉平稳运行产生影响的重要因素, 同时也是制约水煤浆浆体流变性与成浆性的关键因素^[2]。

本研究以贵州盘江电投天能焦化有限公司为例, 通过配煤制浆, 保证以煤种 A 为原料所制成的水煤浆能够满足入炉煤要求, 也就是说, 通过多原料煤种配浆技术, 充分发挥不同煤种优势, 实现难成浆煤种制浆浓度的提升, 同时分析配煤制浆反应特性与技术经济性。

1 配煤制浆实验

1.1 制备水煤浆

所用原材料为贵州盘江电投天能焦化有限公司自由洗混煤 A1 与洗精煤 A2, 就近筛选煤种 B、C、D, 干法制浆, 配制水煤浆过程中, 均添加 0.2% 含量的木质素磺酸钠, 在磨煤水内倒入木质素磺酸钠与煤粉, 通过电动搅拌器均匀搅拌, 转速调整在 1500r/min, 时间为 8min。

1.2 检测成浆特性

通过 NXS-4C 粘度计对水煤浆表观粘度进行测定, 如果粘度在 900MPa·s 以上, 煤浆管线会迅速磨损,

且很难堵塞, 无法与生产需求相满足。通过目测法对水煤浆流动性进行测定, 具体分为三个等级, A 级表示连续流动, C 级表示不流动, 而 B 级则表示间断流动, 通过 + 或 - 代表水煤浆流动性细微差别^[3]。依照《水煤浆试验方法》对水煤浆稳定性进行测定, 在 100mL 筒内置入水煤浆 100mL, 静置约 72h, 对两桶析出水量进行观察, 析出水质量分数与水煤浆稳定呈负相关性, 通常 8h 气化浆的析水率必须在 5% 以下。

2 煤种成浆性分析

2.1 单种煤成浆特性

表 1 单种煤成浆特性

样品	表观黏度 (MPa·s)	质量分数 (%)	流动性	72h 稳定性	
				析水率 %	落棒实验
煤种 A		65	C	5.99	硬沉淀
	449.0	58	B	6.13	硬沉淀
	345.6	56	B+		
煤种 B	420.3	61	C	5.05	硬沉淀
	339.5	63	B	5.94	硬沉淀
		64	B++		
煤种 C	916.8	64	C	2.09	软沉淀
		62	B		
		61	C		
煤种 D	511.8	63	B	4.51	部分软沉淀
	383.2	62	B	7.23	硬沉淀
		64	B		

分析单种煤成浆特性结果见表 1, 与煤种 A、C 相比, 煤种 B、D 成浆性较好, 煤种 B 与煤种 D 的性质比较相似, 所以两者成浆质量分数也比较接近, 都

在 63%，且多属于硬沉淀。而煤种 C 成浆质量分数最高在 60%，具有良好稳定性，煤种 A 为 53% 的成浆质量分数，稳定性也比较差。

2.2 多原料煤种配备成浆特性

2.2.1 二元配煤成浆性

根据自有煤种 A 和煤种 B、C 特性，分析煤种 A、B 以及 C 参配制煤的成浆性特性，具体如表 2 所示。从表 2 可已看出，煤种 A 澄江质量分数在 58%，具有非常差的稳定性，而煤种 B 和 A 配煤质量比在 5:5、6:4、7:3 以及 8:2 的情况下，都可以提高水煤浆质量分数在 60%，5:5 质量比的情况下，水煤浆粘度达到最低状态^[4]。煤种 A 和 C 配煤并未提升成浆浓度，质量比在 5:5 的情况下，成浆质量分数最高在 59%。

表 2 二元配煤成浆特性

配煤质量比	质量分数 (%)	流动性	表观黏度	72h 稳定性	
				析水率 (%)	落棒实验
A	59	C			
	58	B	448.1	5.98	硬沉淀
m(A):m(B)=5:5	60	B	539.7	4.81	硬沉淀
	59	B+	380.2	3.55	软沉淀
m(A):m(B)=6:4	60	B	613.4	2.79	部分硬沉淀
	59	B	461.3	7.51	部分软沉淀
m(A):m(B)=7:3	60	B	618.2	3.93	部分软沉淀
	59	B-	486.9	3.86	部分软沉淀
m(A):m(B)=8:2	60	B-	676.5	2.21	部分软沉淀
	59	B+	622.3	4.64	部分软沉淀
m(A):m(C)=5:5	59	A	753.2	1.68	软沉淀
	58	B	608.5	2.82	软沉淀
m(A):m(C)=6:4	58	B	548.2	6.08	软沉淀
	57	A	501.3	2.63	软沉淀
m(A):m(C)=7:3	58	B	551.3	4.77	软沉淀
	57	A	434.2	5.32	部分软沉淀
m(A):m(C)=8:2	58	B	566.3	3.93	软沉淀
	57	B+	439.5	4.68	部分硬沉淀

2.2.2 三元配煤成浆特性

由于煤种 A1 和煤种 A2 的性质存在差异性，所以其不同配比也会从不同程度影响到成浆性，将其称为二元互配，再和煤种 B 互配，叫作三元配煤成浆。结果发现，固定煤种 A1 的质量分数是 40%，如果煤

种 B 的质量分数从最初的 30% 提升到 50%，那么煤种 A2 的质量分数就会从最初的 30% 降低到 10%^[5]。煤种 A1:A2:B=4:2:4，该组实验具有最优的配煤水煤浆性能，成浆质量分数能够上升至 64.1%。如果固定煤种 A1 是 50% 的质量分数，在煤种 A2 比例上升与煤种 B 占比下降的情况下，配煤水煤浆的表观黏度会随之提高，A1:A2:B=5:2:3 的配比中，配煤水煤浆成浆质量分数最高在 62.24%，而 A1:A2:B=5:3:2 的配比中，配煤水煤浆成浆质量分数最高在 61.86%，以上两组配煤比例符合气化炉要求，然而，A1:A2:B=5:3:2 的配比能够对自由煤种进行充分利用。煤种 A1 的质量分数提升到 60%~80% 的情况下，成浆质量分数最高在 61.75%。通过实验对比，煤种 A1:A2:B=4:2:4 的配煤比水煤浆性能最佳，然而，因为煤种 A2 与 A1 都属于自有煤种，在确保配煤负荷气化炉要求前提下，要尽量提高煤种 A1 与 A2 的参配比例，所以，配煤最优方案应该是 A1:A2:B=5:3:2 的配比^[6]。

2.2.3 三元配煤气化反应特性

与煤种 A1、A2 和 B 相结合，分析配煤成浆特性，对煤种 A1 和 A2 两者掺配比较高有具有良好成浆性能的配煤试验方案展开气化反应特性分析，具体结果如图 1 所示。

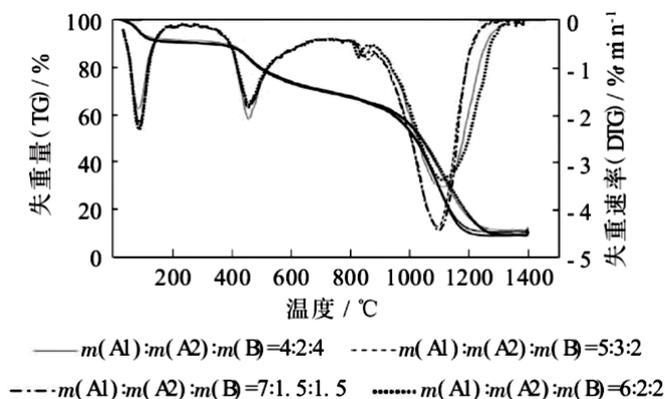


图 1 三元配煤 TG-DTG 曲线

从图 1 可以看出，不同配煤热重曲线均存在两个失重区间，即：800℃~1200℃、400℃~800℃，各热重曲线分别对应挥发分分解与碳气化反应。而且以上四种配煤起始反应都具有较低温度，反应性能也比较好。通过分析 DTG 曲线发现，0℃~150℃区间范围内，四个样品失水速率范围在 -2.5%/min~-1.5%/min，而在 400℃~450℃区间范围内，四个样品失水速率范围在 -2.0%/min~-1.5%/min^[7]。此外，煤种 A1:A2:B 的质

量比是 7:1:5。1000℃~1500℃情况下, 1.5 的样品失重速率达到最大值, 即 $-4.47\%/min^{[8]}$, 表 3 为三元配煤气化反应数据。

表 3 三元配煤气化反应数据

m(A1): m(A2): m(B)	气化起 始温度 (Ti/℃)	气化终 止温度 (Th/℃)	气化速率对 应温度最大 值(Tmax/℃)	失重速率 最大值(%/ min ⁻¹)	反应性 指数 ($\times 10^{-3}$)
6:2:2	1001.7	1218.3	1105.3	-3.38	6.88
7:1.5:1.5	1002.2	1162.3	1093.6	-4.48	7.07
5:3:2	1003.2	1156.2	1069.8	-4.37	7.08
4:2:4	1002.1	1196.3	1109.5	-3.54	6.97

从表 3 可以看出, m(A1):m(A2):m(B) 分别在 6:2:2、7:1.5:1.5、5:3:2 以及 4:2:4 的情况下, 气化起始温度分别在 1001.7℃、1002.2℃、1003.2℃、1002.1℃, 而反应性指数分别是 6.88×10^{-3} 、 7.07×10^{-3} 、 7.08×10^{-3} 、 6.97×10^{-3} , 分析以上数据可知, 5:3:2 配煤比情况下, 气化反应性最佳。煤种 A1 和煤种 A2、B 配煤, 可以确保气化反应特性理想状态下, 实现成浆浓度的提升, 而且灰熔融特性变化较小, 由此验证, 配煤方案具有可行性, 存在一定社会与经济效益。

3 多原料配煤技术经济性分析

表 4 三元配煤优选方案

方案	配煤质量比	水煤浆质量分数
1	A1:A2:B=5:2:3	61
2	A1:A2:B=5:3:2	61
3	A1:A2:B=6:2:2	61
4	A1:A2:B=7:1.5:7	60
5	A1:A2:B=4:3:3	61
6	A1:A2:B=4:2:4	62

表 5 三元配煤方案的经济性分析

方案	耗煤量 (kg)	耗氧量 (m ³)	耗添加 剂量 (kg)	氧气 成本 (元)	耗水 量 (kg)	用煤 成本 (元)	用水 成本 (元)	添加 剂成 本	总成 本 (元)
1	622.5	384.8	4.26	292.5	397.8	277.9	0.85	24.43	579.98
2	635.6	388.1	4.31	294.8	406.1	259.4	0.86	24.85	586.64
3	626.3	390.5	4.26	296.8	399.9	264.5	0.85	24.44	592.19
4	626.5	401.2	4.25	304.7	417.7	262.2	0.87	24.38	589.18
5	632.6	382.3	4.31	290.4	404.1	273.1	0.86	24.86	659.21
6	634.5	440.5	4.42	334.8	459.3	298.1	0.96	25.36	545.57

气化压力 4MPa、配煤比 0.9 的气化反应下, 表 4

为煤种 A1、A2 与 B 的三元配煤优选方案, 不同方案气化经济性分析结果如表 5 所示。从表 5 可以看出, 多元配煤方案中, 5:3:2 的配煤方案成本最低。

4 总结

通过本次研究, 得出以下结论:

①关于四种原料煤的成浆性能, 表现为煤种 D、B > 煤种 A, 其中煤种 D 和 B 的性能较为相似, 而煤种 A 的成浆质量分数比较低, 稳定性差, 黏度也比较高, 所以不适合单独制浆;

②煤种 A1 和 B 参配制浆, 能够提升水煤浆质量分数;

③煤种 A1:A2:B=4:1.5/4:2:4 的情况下, 成浆质量分数最高在 62%, 而参配比为 5:3:2 时, 成浆质量分数最高在 61%, 因为 A1 与 A2 都属于自有煤种, 确保配煤与气化炉要求相满足的基础上, 要尽量提高 A1 与 A2 的掺配比。

多元配煤方案中, 5:3:2 的配煤方案成本最低, 且气化反应性与成浆性能最佳。水煤浆气化炉配煤技术市场前景广阔, 将不适合单独制浆、成本低的自有煤种配煤制浆, 经济优势明显, 有助于就地转化现有煤炭资源, 实现资源优势向经济优势的转化, 对战略性调整当地产业结构集聚重要价值。

参考文献:

- [1] 唐元, 李寒旭, 王芳杰. 多原料煤种复配成浆性研究及其技术经济分析 [J]. 煤化工, 2022, 50(02):12-17.
- [2] 田锋. 影响水煤浆成浆性因素的实验研究 [J]. 现代盐化工, 2019, 46(03):49-50.
- [3] 杨国辉, 张彦, 王振华, 李磊, 刘莹. 复配添加剂对榆林地区煤种成浆性的影响 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2019(04):47-49.
- [4] 杨国辉, 李磊, 刘海燕, 尹洪清, 王艳, 王振华, 张俊先. 内蒙古地区煤种制浆性能研究 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2017(06):64-68.
- [5] 徐志永, 赵利胜, 白春华, 李光辉, 樊雪敏. 分散剂对补连塔低阶煤水煤浆成浆性影响 [J]. 煤炭技术, 2017, 36(01):305-307.
- [6] 任玲兵. 生物质基高浓度水煤浆添加剂的制备及成浆性研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2012.
- [7] 朱建航. 不同分散剂对污泥水煤浆成浆性和燃烧性的影响 [D]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [8] 胡侠. 基于神华煤的多原料制浆成浆性研究 [D]. 合肥: 安徽理工大学, 2020.