

表面活性剂复配对煤尘润湿性能影响

裴叶¹, 刘荣华^{1,2*}, 王鹏飞^{1,2}, 谭焯昊¹, 苟尚旭¹, 王健¹

(1.湖南科技大学 资源环境与安全工程学院,湖南 湘潭 411201;

2.湖南科技大学 煤矿安全开采技术湖南省重点实验室,湖南 湘潭 411201)

摘要:为研究阴离子表面活性剂和非离子表面活性剂复配对煤的润湿性影响,以褐煤和焦煤为研究对象,选取十二烷基苯磺酸钠(SDBS)和月桂基葡萄糖苷(C12APG)为复配活性剂,通过测量不同浓度溶液表面张力、接触角以及反渗透实验,分析得出2种表面活性剂复配最佳配比和煤尘润湿性能影响因素.结果表明:十二烷基苯磺酸钠的最佳质量分数为0.005%,月桂基葡萄糖苷的最佳质量分数为0.050%;通过3种实验得出最佳配比为SDBS : C12APG为3 : 2;表面活性剂复配后的润湿效果优于单体的表面活性剂;通过接触角实验发现,褐煤的接触角小于焦煤,褐煤的润湿性优于焦煤.

关键词:表面活性剂复配;最佳质量分数;表面张力;润湿性

中图分类号:TD714 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2018)02-0046-05

Effect of Surfactant Combination on Wettability of Coal Dust

Pei Ye¹, Liu Ronghua^{1,2}, Wang Pengfei^{1,2}, Tan Xuanhao¹, Gou Shangxu¹, Wang Jian¹

(1.School of Resources, Environment and Safety Engineering, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China;

2. Hunan Provincial Key Laboratory of Safety Mining Techniques of Coal Mines, Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411201, China)

Abstract: In order to study the effect of the combination of anionic surfactants and Nonionic surfactants on the wettability of coal, lignite and coking coal are used as the research objects, and sodium dodecylbenzene sulfonate (SDBS) and lauryl glucoside (C12APG) are selected as the complex active agents. By measuring the surface tension, contact angle and reverse osmosis (RO) of different concentration solutions, the optimum mixture ratio of two surfactants and the wettability of coal dust are analyzed. Results show that the optimum mass fraction of sodium dodecyl benzene sulfonate is 0.005% and the optimum mass fraction of lauryl glucoside was 0.050%. Through three kinds of experiments, the optimum ratio of SDBS : C12APG is 3 : 2; the wetting effect of the compound surfactant is better than that of the monomer. The contact angle test shows that the contact angle of lignite is smaller than that of coking, and the wettability of lignite is better than that of coking.

Keywords: surfactant compounding; optimum mass fraction; surface tension; wettability

矿井粉尘是煤炭生产加工过程中的必然产物,是煤矿的五大灾害之一.粉尘的存在,极大的危害着工作人员的身心健康^[1].为了降低粉尘的危害,我国煤矿大多采用喷雾降尘^[2].但从目前喷雾技术的发展来看,无论怎样改变喷嘴的基本参数,仍不能使降尘效率有所提高.这是由于水具有很大的表面张力,难以对粉尘进行较好的润湿,要提高降尘效率,就要改变水对粉尘的润湿性.在水中加入表面活性剂,能显著降低水的表面张力,提高润湿效果^[3].

目前,对表面活性剂润湿性的研究已经取得了很多成果.吴超^[4]分析了粉尘润湿性能与不同的表面活性剂离子种类之间的关系,发现阴离子、非离子表面活性剂的润湿性能优于阳离子表面活性剂;杨锦宗

等^[5]研究了阴离子、非离子表面活性剂复配体系的润湿性能,发现阴-非离子复配体系的表面活性高于单一组分,润湿性能显著增强;杨静^[6]开展了煤尘的红外光谱、电泳和正向渗透实验,得出了溶液的气-液表面张力和溶液与煤尘的固-液界面张力是影响溶液对煤尘的润湿性能的关键,且与煤尘的疏水性、表面活性剂的结构相关的结论.由上述研究可以看出,关于不同种类表面活性剂的复配对煤尘润湿性能影响规律方面的研究较少需要进一步探究.鉴于此,本文对 SDBS 和 C12APG 这 2 种表面活性剂进行复配,开展褐煤和焦煤的表面张力、接触角以及沉降实验,探讨表面活性剂的复配对煤尘润湿性能的影响规律.

1 实验系统

1.1 实验设备

实验仪器为 Kruss K20 型表面张力仪、CA100B 接触角测量仪以及自制的反渗透装置,分别用来测定表面张力、煤表面的液滴接触角以及煤尘的反渗透质量.该表面张力仪表面张力测量范围为 1~999 mN/m,测量精度为 ± 0.1 mN/m,采用吊片法测量;该接触角测量仪具备 0.01° 的测试分辨率和 0.1° 的精度;反渗透实验装置为两端开口的玻璃管,一端用滤纸封口,下端放入玻璃槽.如图 1 所示,实验设备先进,精度高,可保证测量结果的准确性与可靠性.

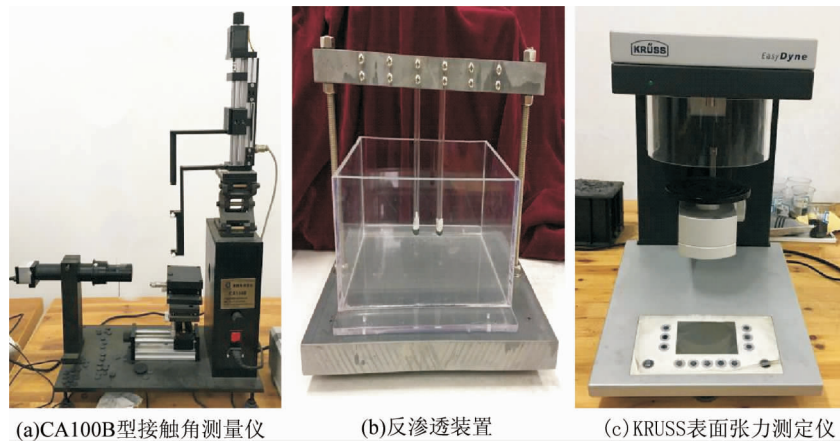


图 1 实验设备

1.2 实验样品

1.2.1 表面活性剂的选取

表面活性剂的选取以无毒无害、无腐蚀、能大幅度降低水的表面张力、不可燃为标准,综合国内外相关研究选出了如下 2 种性能优质的表面活性剂,并取不同浓度进行复配^[7].

实验选择的 2 种表面活性剂:

A: 十二烷基苯磺酸钠(简称 SDBS),阴离子表面活性剂,易溶于水,能显著降低水的表面张力,白色粉末,有良好的润湿性能.

B: 月桂基葡萄糖苷(简称 C12APG),非离子表面活性剂,易溶于水,较易溶于常用有机溶剂,表面张力低、湿润力强、无毒、无害.

单一组分的表面活性剂较阴、非离子复配体系低,原因在于复配体系条件下,水溶液中氢离子与非离子表面活性剂中聚氧乙烯链中的氧原子相结合,致使非离子表面活性剂带一定正电性,则阴离子与非离子表面活性剂相互作用较强^[8].SDBS 是典型的阴离子表面活性剂,C12APG 是新型非离子表面活性剂,可与任何类型的表面活性剂复配,协同效应明显^[9],故选取以上 2 种表面活性剂进行复配.

1.2.2 煤样的选取

实验所选煤样为广西百色煤矿的褐煤和山西万峰煤矿的焦煤.将 2 种煤样用粉碎机粉碎,经筛网筛取

150 μm 以下的煤粉.在进行接触角实验时,将两种煤粉用 FW-4A 型粉末压片机以 25 MPa 压力各压成厚度约 2 mm 的煤粉压片;在进行反渗透实验时,称取筛选好的煤粉.2 种煤样的基本特征见表 1.

表 1 煤样的基本特性 %

煤样	产地	水分 Mad	挥发分 Vad	固定碳 FCad
褐煤	广西百色	15~60	>40	60~77
焦煤	山西万峰	0.5~15	10~40	75~90

2 实验方案

2.1 单体实验

采用德国 Kruss K20 型表面张力仪测定表面张力,确定 2 种表面活性剂的最佳质量分数.配置 0.000 05%,0.000 50%,0.005 00%,0.050 00%,0.500 00%这 5 个不同质量分数的 SDBS 溶液和 C12APG 溶液,编号为 1~5,并用清水作为对照组,编号为 0,单位为 g/L.

2.2 复配溶液实验

通过对 SDBS 和 C12APG 2 种表面活性剂表面张力的测定,得出 2 种溶液的最佳质量分数,用 2 种溶液的最佳质量分数进行配比,取 6 种不同的比例,分别是 SDBS 溶液比 C12APG 为 0 : 5,1 : 4,2 : 3,3 : 2,4 : 1,5 : 0,编号分别为 1~6,并用清水作为对照组,编号为 0.

第 1 组是表面张力实验.对 6 种复配溶液以及清水进行表面张力测定,在测定过程中,为减小实验误差,重复测量 3 组取平均值.

第 2 组是为接触角实验.用上述 6 种不同比例的复配溶液在 2 种煤粉压片上进行接触角实验,并用清水作为对照组.

第 3 组是反渗透实验.使用 7 组玻璃管,每组 2 根,玻璃管下端用滤纸封口,每组的 2 根玻璃管中分别加入一定量的褐煤和焦煤,记录煤粉质量,取上述 6 种复配溶液,做 6 组复配溶液的反渗透实验,并用清水作为对照组,每组反渗透时间为 10 min,记录不同煤粉在不同复配溶液下吸水质量.

3 实验结果与分析

3.1 单体表面活性剂最佳质量分数的确定

一般来讲,当溶液浓度高于临界胶束浓度(cmc)时,表面张力几乎不再随浓度增加而下降,所以降低表面张力的效能通常以 cmc 时的表面张力 γ_{cmc} 来表示,即 γ_{cmc} 通常代表了表面活性剂溶液所能达到的最低表明张力^[10].表 2 为所测单体溶液表面张力值,由表 2 可以看出 SDBS 溶液和 C12APG 溶液的表面张力随质量分数变化而变化,用清水作为对照组,不难看出,随着溶液浓度的增加,表面张力呈现下降趋势.当 SDBS,C12APG 溶液质量分数分别为 0.005 00%,0.050 00%时,继续提高溶液浓度表面张力基本维持恒定,然后略有增加,可以看出,表面活性剂浓度的提高对溶液表面张力的降低效果存在某一临界浓度,低于该值时,表面张力随着溶液浓度的增加而减小,高于该值后,表面张力随着溶液浓度的增加而基本维持不变.溶液在临界浓度时,其润湿效果也是最好的,故 SDBS 溶液的最佳质量分数为 0.005 00%,C12APG 溶液的最佳质量分数为 0.050 00%.

3.2 复配溶液湿润性能的测定

3.2.1 表面张力实验

表 3 为所测复配溶液表面张力值,从表 3 可以看出,与清水相比,复配溶液的表面张力明显下降,且 6 种复配溶液表面张力变化平缓.当复配比为 3 : 2(SDBS : C12APG)时,溶液表面张力达到最低点 28.9 mN/m,且均小于表 2 中 2 种单体表面张力,达到最低点后,复配比 4 : 1 变化至 5 : 0 时,表面张力增加,但始终在 29 ~ 32 mN/m 波动.查阅文献知,溶液对煤尘有较好润湿作用的表面张力值范围为 35 mN/m 以下^[4].由表 2 可知,质量分数为 0.005 00%的 SDBS 溶液和质量分数为 0.050 00%的 C12APG 溶

液单体的表面张力均在 35 mN/m 以下.由表 3 可知,复配后的表面张力也在 35 mN/m 以下,但复配比为 3 : 2(SDBS:C12APG)时出现了最低点 28.9 mN/m,比 2 种单体的最佳质量分数都要低.若满足条件复配溶液的表面张力小于 2 种单体的表面张力,则称复配溶液在降低表面张力的效能方面具有协同效应^[10].说明 SDBS : C12APG 为 3 : 2 时,该溶液对煤尘有最好的润湿效果.阴/非离子复配溶液的润湿性优于单体的根本原因在于非离子分子插入离子型分子形成的胶束,导致了离子间静电排斥力的降低和胶束界面电荷密度降低,因而使离子型表面活性剂分子进入胶束所需的功减小^[10].

表 2 单体表面张力实验数据

溶液类别	试剂编号	浓度/%	表面张力/(mN/m)			表面张力平均值/(mN/m)
			第 1 次	第 2 次	第 3 次	
清水	0	0.000 00	74.6	74.6	74.6	74.6
	1	0.000 05	53.3	53.4	53.5	53.4
	2	0.000 50	47.6	47.9	48.5	48.0
	3	0.005 00	29.7	29.9	29.8	29.8
	4	0.050 00	30.1	30.0	30.2	30.1
SDBS	5	0.500 00	30.2	30.2	30.2	30.2
	1	0.000 05	53.4	53.5	53.9	53.6
	2	0.000 50	48.9	49.9	50.9	49.9
	3	0.005 00	39.0	39.1	39.2	39.1
	4	0.050 00	29.9	29.7	29.5	29.7
C12APG	5	0.500 00	30.8	30.4	30.6	30.6

表 3 复配溶液表面张力实验数据

试剂编号	SDBS : C12APG	表面张力/(mN/m)			表面张力平均值/(mN/m)
		第 1 次	第 2 次	第 3 次	
0	0	74.6	74.6	74.6	74.6
1	0 : 5	30.5	30.5	30.5	30.5
2	1 : 4	30.4	30.3	30.5	30.4
3	2 : 3	29.6	29.4	29.6	29.5
4	3 : 2	29.0	28.9	28.9	28.9
5	4 : 1	29.2	29.1	29.2	29.2
6	5 : 0	31.0	31.7	31.8	31.5

3.2.2 接触角实验

煤阶是影响煤润湿性能的关键因素.在低煤阶条件下煤表面极性官能团较多,溶剂对煤的润湿性较好,此时接触角也较小.若煤阶增高,润湿性会随着官能团数量下降而降低^[3].图 2 是复配溶液对两种煤样接触角的对比图.从图 2 中我们可以明显的看出,褐煤的接触角远小于焦煤的接触角,说明褐煤的润湿效果比焦煤的润湿效果要强.这是由于 2 种煤的煤阶不同,官能团数量不一样,所以复配溶液对两种煤的润湿性不同.随着配比的变化,2 种煤样的接触角出现较大的波动,上下反复,并没有一定的规律性,但 2 种煤样在 SDBS : C12APG 为 3 : 2 时,都出现最小值,之后接触角呈上升趋势,即复配溶液对煤尘的润湿能力在 SDBS : C12APG 为 3 : 2 时,接近达到最佳润湿效果.阴/非离子复配溶液对煤尘润湿性能优于单一表面活

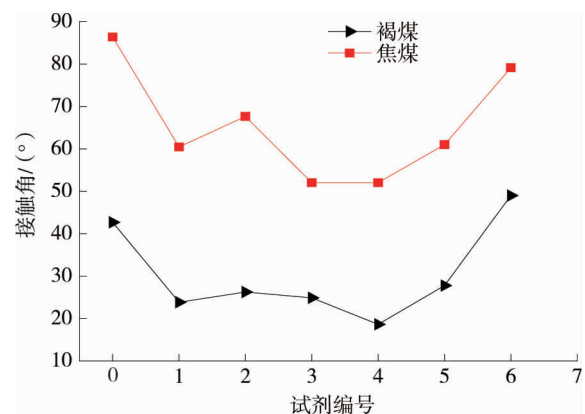


图 2 复配溶液对 2 种煤样接触角的对比

性剂是因为阴/非离子混合体系的吸附也具有增效作用,在带正电荷的表面,阴离子表面为主动,非离子表面为被动^[10],产生了协同作用,因而接触角减小。

3.2.3 反渗透实验

把配置好的复配溶液和煤粉置于滤纸的两侧,复配溶液将自然穿过滤纸自发地向煤粉一侧流动,将反渗透前和反渗透后的质量进行称重,得到的质量差便是反渗透实验结果^[11]。质量差越大,说明润湿性能越好。

图3是复配溶液对两种煤样反渗透质量的对比图,从图3不难看出,褐煤的反渗透质量总是大于焦煤的反渗透质量,说明褐煤在每一种配比下的润湿性都要比焦煤好。由于煤阶的差异,两种煤样的润湿性存在很大差异。随着配比的变化,褐煤与焦煤的质量变化都无明显规律,但在SDBS : C12APG为3 : 2时,达到最高点,质量最大,表明在这个配比下,2种煤的润湿性都最好。

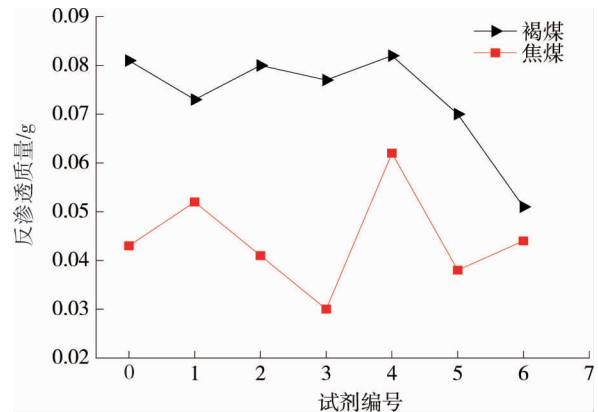


图3 复配溶液对2种煤样反渗透质量的对比

4 结论

1) SDBS 和 C12APG 的最佳质量分数分别为 0.005 00% 和 0.050 00%。

2) 由表面张力、接触角以及反渗透实验可以确定溶液复配性能优于单体,且 SDBS 和 C12APG 复配的最佳配比是 SDBS : C12APG 为 3 : 2,此时润湿性最好。

3) 对比 2 种煤样的接触角实验发现,褐煤的接触角小于焦煤,褐煤的润湿性优于焦煤。

参考文献:

- [1] 杨鹏.综放工作面表面活性剂的降尘技术研究[D].青岛:山东科技大学,2009.
- [2] 王鹏飞,刘荣华,汤梦,等.煤矿井下高压喷雾雾化特性及其降尘效果实验研究[J].煤矿学报,2015,40(9):2124-2130.
- [3] 苟尚旭,刘荣华,王鹏飞,等.表面活性剂对煤的润湿性影响[J].矿业工程研究,2016,31(4):24-27.
- [4] 吴超.化学抑尘[M].长沙:中南大学出版社,2003.
- [5] 杨景宗,张淑芬.表面活性剂的复配及其工业应用[J].日用化工工业,1999,7(2):26-32.
- [6] 杨静,谭允祯,王振华,等.煤尘表面特性及润湿机理的研究[J].煤炭学报,2007,32(7):37-740.
- [7] 桂哲,刘荣华,王鹏飞,等.表面活性剂对煤尘润湿性能的影响[J].黑龙江科技学报,2016,26(5):513-517.
- [8] 李芳田,王德山,黄敏.阴离子/非离子表面活性剂复配体系的稠油降黏性能研究[J].化工石油进展,2005,6(6):18-20.
- [9] 邹利宏,方云,吕栓锁.阴-阳离子表面活性剂复配研究与应用[J].日用化学工业,2001,5(31):37-40.
- [10] 崔正刚.表面活性剂、胶体与界面化学基础[M].北京:化学工业出版社,2012.
- [11] 张建,邱宇,于道永.同步荧光光谱法测定十二烷基苯磺酸钠的临界胶束浓度[J].应用化学,2009,26(12):1480-1483.