

表面活性剂对煤的润湿性影响

苟尚旭¹, 刘荣华^{1,2*}, 王鹏飞^{1,2}, 桂哲¹, 舒威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: 为了研究表面活性剂对不同煤的润湿性影响, 以瘦煤、焦煤、无烟煤为研究对象, 选择表面活性剂十二烷基硫酸钠, 设计了6个不同浓度表面活性剂溶液分别针对3种煤的润湿性及沉降实验方案。通过对不同浓度溶液表面张力、接触角的测定以及不同煤样在各浓度溶液中的沉降现象对比, 分析得出煤样对应的最佳表面活性剂溶液浓度, 证明了在防尘用水中添加表面活性剂的必要性。结果表明: 0.5%浓度的十二烷基硫酸钠溶液对煤尘具有较好的润湿效果; 表面张力与接触角随润湿性的提高而减小, 当浓度达到0.5%时, 二者数值趋于稳定; 不同煤样结构差异对润湿性有很大影响, 3种煤样润湿性最好的为无烟煤, 其次为瘦煤、焦煤; 添加表面活性剂可以有效改善溶液润湿性。

关键词: 表面活性剂; 润湿性; 表面张力; 接触角; 粉尘沉降

中图分类号: TD714

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2016)04-0024-04

Infiltration experiment of surfactant on coal

GOU Shangxu¹, LIU Ronghua^{1,2}, WANG Pengfei^{1,2}, GUI Zhe¹, SHU Wei¹

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

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

Abstract: In order to study the effect of surfactants on the wettability of different coals, this paper selects the lean coal, coking coal, anthracite as the object of study, and lauryl sodium sulfate as the surfactant. The experiment of dust-sinking and wettability of surfactant on charred coal, black-jack and anthracite is carried out. Through the testing of surface tension and contact angle, and by contrasting different sinking behavior of three kind of coal in surfactant, the most appropriate potency of surfactant can be found. It proves the necessity of adding surfactant into water for reducing dust. Results show that SDS of 0.5% potency has a better wetting effect on coal; both surface tension and contact angle decrease with the increase of wettability tends to be stable when the concentration reaches 0.5%; the difference of different coal sample structure has great influence on the wettability, anthracite has the best wettability of three kinds of coal, followed by lean coal and coking coal, and adding surfactant can effectively improve the wettability of the solution.

Key words: surfactant; wettability; surface tension; contact angle; dust sinking

矿井粉尘是指在煤矿开拓、掘进、回采和提升运输等生产过程中产生,并能长时间悬浮于空气中的岩石和煤炭的细微颗粒,煤矿在生产过程中,采掘装运作业均可产生大量煤尘^[1]。这些煤尘的存在不仅严重危害井下工作人员的身心健康,同时悬浮煤尘的累积易产生爆炸危险,存在极大的安全隐患。因此,必须采取切实有效的措施应对矿井粉尘。

喷雾降尘具有经济、简便和实用等优点,在国内外煤矿井下得到广泛应用^[2]。但从目前喷雾技术的发

展来看,局限于水雾滴拥有较大的表面张力这一物理性质,单一的依靠水的雾化降尘并不能使其降尘效率再有较大程度提高.一直以来,国内外专家学者在优化喷雾溶液方面做了大量研究工作,通常情况下,水的表面张力较大,微细粉尘不易被水迅速、有效地湿润,致使降尘效果不佳^[1].向水中添加表面活性剂可以有效改善溶液性质.也就是说,添加了表面活性剂可以明显减小水的表面张力以及润湿边角,增强溶液沿煤体裂隙表面润湿煤体的能力^[3],增大尘粒与雾滴碰撞时融合的机率,从而提高降尘效率.

1 表面活性剂润湿机理

1.1 润湿型抑尘剂

润湿是一种纯粹的表面现象^[4],指一种液体在一种固体表面铺展的能力或倾向性.润湿型化学抑尘剂通过提高水的润湿能力来增强水的捕尘能力,从而提高抑尘效果^[5].抑尘剂的主要成分是表面活性剂,通过降低溶剂表面张力提高润湿性,抑尘剂对粉尘的润湿性状况很大程度上决定着除尘效率.

1.2 润湿机理

表面活性剂作为化学抑尘剂的重要组成部分,起着润湿、增溶、保水等作用^[6,7].水中加入表面活性剂,可使溶液的表面张力和湿润边角减小,从而增大溶液对煤尘的润湿能力^[8].描述液体在固体表面润湿性的 Young 方程指出,平面固体上液滴在 3 个界面张力的共同作用下达到平衡.如图 1.此时有:

$$\gamma_{SV} = \gamma_{SL} + \gamma_{LV} \cos\theta.$$

式中, γ_{SV} , γ_{SL} 和 γ_{LV} 分别为固-气、固-液和液-液界面张力, θ 为接触角.接触角值是煤表面各表面上性质的宏观平均,碳氧比反映了这种表面性质的平衡度量^[4].煤的临界界面张力随着碳氧比的增加而增加,此时,界面更容易被低极性溶剂润湿.

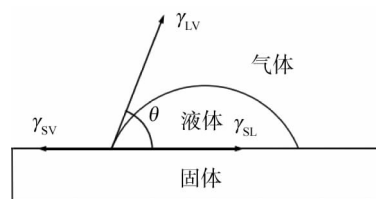


图 1 液体在固体表面接触角

2 实验系统与方案

2.1 实验设备

实验仪器为先进的 CA100B 型接触角测量仪及 KRUSS Dyne 表面张力测定仪,可分别进行煤表面的液滴接触角测定及溶液表面张力测定.沉降实验装置为 100 mL 比色管,具有良好通透性.如图 2 所示.仪器测量精度高,性能先进,可保证测量结果的高重复性与稳定性.



图 2 实验设备装置

2.2 实验样品

十二烷基硫酸钠(简称 SDS)作为硫酸酯盐型阴离子表面活性剂的典型代表,易溶于水,能有效降低水的表面张力.具有良好的乳化、发泡、渗透和分散性能,能被生物降解,耐碱,耐硬水.且成本低廉,运输方便,易储存,性质稳定.但 SDS 具有一定的健康危害:其粉末对粘膜和上呼吸道有刺激作用,易引起呼吸系统过敏反应.在实际应用中,应注意加强使用场合通风,或配戴防尘面罩及橡胶手套,如不慎接触皮肤,

可用大量清水冲洗.因其刺激性不强,综合考虑,适合作为本次实验样品.实验所选煤样为湖南兴源煤矿的无烟煤,山西万丰煤矿的瘦煤以及贵州发耳煤矿的焦煤.均用0.15 mm孔径筛子筛得煤尘,由FW-4A型粉末压片机以30 MPa压力压制成2 mm厚度薄片作为煤样压片.

2.3 实验方案

配制6个不同质量分数SDS溶液,同时清水作为对照组一并取出,对其分别编号为0~6.对应试剂浓度依次为0,0.000 05%,0.000 5%,0.005%,0.05%,0.5%,5%,单位为g/L.

第1组实验分别对配制完成的以上7种溶液进行表面张力的测定,为避免偶然误差,每种溶液重复进行3次实验并取平均值;第2组实验进行接触角的测定,仍然取上述7种溶液,分别进行在焦煤、瘦煤、无烟煤3种煤样压片上的接触角的测定;第3组实验为煤尘的沉降实验.每次实验用电子天平称取每份煤尘样品0.15 g,试管分别等量取样编号0~6的7种溶液,依次将煤尘倒入溶液同时并用秒表计时,直至煤尘完全沉降或不沉降,对比分析并记录实验现象.

3 实验结果与分析

依次记录各组表面张力、接触角及沉降时间测量数据,结果见表1所示.

表1 实验结果与数据

编号	表面张力 /(mN/m)			平均值 /(mN/m)	接触角/(°)			沉降时间/s		
	瘦煤	焦煤	无烟煤		瘦煤	焦煤	无烟煤	瘦煤	焦煤	无烟煤
0	73.2	72.9	72.9	73.0	69.58	62.74	39.22	不沉降	不沉降	430.0
1	59.9	59.6	59.5	59.7	70.76	71.05	36.67	不沉降	不沉降	411.0
2	50.2	51.8	51.6	51.2	69.12	69.33	32.09	不沉降	不沉降	176.0
3	35.5	35.9	36.0	35.8	57.30	61.60	34.09	不沉降	不沉降	149.0
4	31.3	31.3	31.3	31.3	25.86	51.57	14.61	微沉	微沉	10.8
5	29.9	30.9	30.5	30.5	23.49	23.21	11.87	16.6	32.7	3.2
6	31.7	31.4	31.3	31.5	13.75	14.61	11.46	15.3	20.6	4.8

3.1 SDS对表面张力的影响

溶液表面张力的大小可以在一定程度上反映对煤尘的润湿能力强弱.分析表1中SDS溶液表面张力变化趋势,可以得出表面张力随浓度变化的大致波动曲线,如图3所示.由图3不难看出,随着SDS溶液浓度的增加,其表面张力值呈逐渐降低趋势,说明其对煤尘的润湿能力逐渐增强.此外,在SDS溶液质量分数达到0.5%之后,随着浓度的继续增加,表面张力值变化趋势趋于平缓,并逐渐稳定在31.0 mN/m左右,说明添加表面活性剂只能在一定程度上降低表面张力,超过这一临界浓度,浓度的继续增大将不再使表面张力有明显改变,此时,其润湿能力也逐渐接近最大值.

3.2 SDS对接触角的影响

煤的润湿性取决于煤阶,在低煤阶状态,煤表面极性官能团较多,对溶剂润湿性较好,因此,接触角也较小.随着煤阶的增高,官能团数量下降,润湿性也逐渐降低.将表1中接触角的变化反映到折线图中,由图4可以看出:随着SDS溶液浓度的增大,测得的接触角整体均呈不断减小趋势.当SDS溶液浓度增大到0.5%之后,溶液对3种煤样的接触角均达到较小数值,且之后变化减缓,即SDS溶液对煤尘的润湿能力随着溶液浓度的不断增加而增加,当浓度达到0.5%时,接近达到最佳润湿效果.此外,由于煤的种类不同引起的结构差异,溶液对无烟煤的润湿效果要依次强于瘦煤、焦煤.

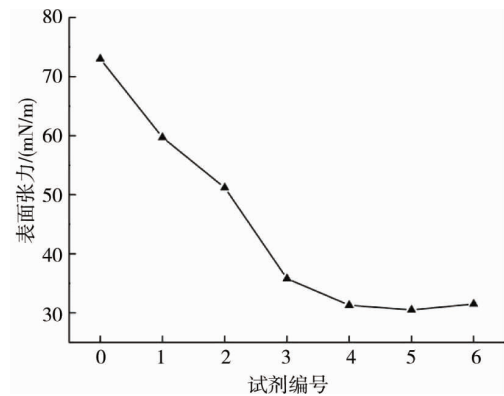


图3 不同浓度SDS溶液表面张力对比

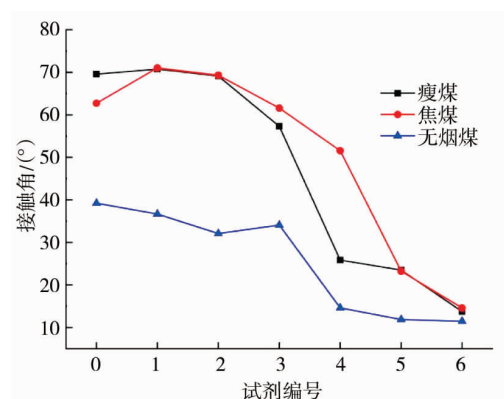


图4 SDS溶液对不同煤样接触角对比

3.3 煤尘的润湿性分析

通过表1得出的实验结果,同时结合图3和图4,很明显可以看出清水中加入表面活性剂能有效降低溶剂表面张力以及接触角的大小.通过对比发现,在SDS质量分数为0.5%附近处,溶液接近达到临界胶束浓度,此时,表面张力接近最小值30.5 mN/m,在此浓度之前,随着浓度的增大,表面张力降低趋势明显,此浓度之后,表面张力值趋于稳定.同时,接触角也呈现出类似变化趋势,整体逐步减小,在0.5%浓度之后,减小速率开始变慢.最终,其润湿效果的改变即体现在粉尘的沉降时间上.其中瘦煤、焦煤由低浓度阶段的不沉降增大到0.5%浓度之后的较快沉降,以及无烟煤的沉降速度在该浓度附近达到最快.这说明溶液的表面张力与接触角的变化趋势与其对煤尘的润湿能力的变化基本上是相互呼应的.此外,煤尘的润湿性与其表面结构和官能团具有密切的关系^[9].加入表面活性剂可以明显提高对煤尘的润湿效果,表面活性剂浓度及煤尘本身性质是影响煤尘湿润效率的主要因素^[10],并且可以看出,其对3种煤样的润湿效果强弱依次为无烟煤、瘦煤、焦煤.

4 结论

1) 表面张力的大小是衡量表面活性剂润湿效果的一条重要参考标准,但并不是唯一标准,最佳浓度的确定还需结合其它实验验证.

2) 向清水中添加表面活性剂可以有效降低表面张力和接触角,从而提高溶液对煤尘的润湿特性,但当达到临界胶束浓度附近时,二者数值均趋于稳定,润湿特性接近达到最大效果,这里SDS溶液的临界胶束浓度约为0.5%.

3) 表面活性剂浓度及煤尘本身性质是影响煤尘湿润效率的主要因素,不同煤样的结构差异对润湿性有很大影响,煤表面的润湿是一个复杂过程,但明显润湿性依赖于煤的表面性质.

4) SDS溶液对实验所用3种煤的润湿性效果强弱依次为无烟煤、瘦煤、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].煤炭学报,2015,40(9):2124-2130.
- [3] 郭晓华,蔡卫,马尚权,等.表面活性剂在煤矿防降尘中的应用实验[J].矿业安全与环保,2010,37(3):27-30.
- [4] 何杰.煤的表面结构与润湿性[J].选煤技术,2000,5(5):13-15.
- [5] 徐海栋,张雷波,尹立峰,等.化学抑尘剂的研究现状及进展评价[J].天津科技,2015,42(6):10-13.
- [6] 陈赓良.醇胺法脱硫脱碳工艺的回溯与展望[J].石油与天然气化工,2003,32(3):134-142.
- [7] 朱迎新,王淑娟,赵博,等.胺法脱碳系统模拟及吸收剂的选择[J].清华大学学报(自然科学版),2009,49(11):1822-1825.
- [8] 程卫民,张立军,周刚,等.综放工作面表面活性剂的喷雾降尘实验及其应用[J].山东科技大学学报,2009,28(4):77-81.
- [9] 孙银宇,聂容春,马帅,等.煤尘润湿性影响因素的研究[J].选煤技术,2013,2(11):31-34.
- [10] 黄维刚,胡夫,刘楠琴.表面活性剂对煤尘湿润性能的影响研究[J].矿业安全与环保,2010,37(3):4-10.