

煤尘润湿性能测试技术分析

徐海宏¹, 李 满^{1,2,3}, 舒新前³, 沃亚琦⁴

(1. 华北科技学院 环境工程系, 北京 101601; 2. 中矿龙科能源科技(北京)有限公司, 北京 100083;
3. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083; 4. 厦门大学 化学化工学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 为了研发煤尘润湿剂以有效降低作业场所的煤尘浓度, 通过试验对沉降法、毛细管下向渗透法、毛细管上向渗透法和滴液法等煤尘润湿性能测定方法进行比较, 探讨了传统煤尘润湿性能测定方法再现性低、可靠性差的原因; 设计制作了 LM-3 型煤尘加压成型器, 通过对煤饼滴液来测定煤尘的润湿性。结果表明: 利用煤饼滴液法可以提高煤尘润湿性测定结果的再现性和可靠性, 便于煤尘润湿剂复配方案的设计, 在此基础上开发出了性能优良的 Anlong 系列润湿剂, 使试验的煤尘降尘率达到 90%。

关键词: 煤尘; 润湿性能; 润湿剂

中图分类号: TD714 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336(2009)10-0047-03

Analysis on Moist Performance Measuring Technology of Coal Dust

XU Hai-hong¹, LI Man^{1,2,3}, SHU Xin-qian³, WO Ya-qi⁴

(1. School of Environment Engineering, North China Institute of Science and Technology, Beijing 101601, China;

2. Zhongkuang Longke Energy Science and Technology (Beijing) Company Ltd., Beijing 100083, China;

3. School of Chemistry and Environment Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China;

4. School of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: In order to develop coal dust wetting agent to effectively reduce coal dust density in operation sites, with comparisons on the settling method, capillary downward permeation method, capillary upward permeation method, dropping method and coal dust moist performance measuring method, the paper discussed the causes of the reproduction low and reliability poor for the conventional coal dust moisture performance measuring method. A LM-3 coal dust pressurized briquetting device was designed and developed. The coal dust moisture was measured with the dropping on the briquette. The results showed that the application of the briquette dropping method could improve reproduction and reliability of coal dust moist performance measured results and could be favorable to the design of the material mixing plan for the wetting agent. Based on the circumstances, Anlong series wetting agent were developed with excellent performances. The coal dust control rate of the experiment reached to 90%.

Key words: coal dust; moisture performance; wetting agent

1 概 述

国内外学者在煤尘润湿剂研究中得到的结论不尽相同, 甚至存有争议^[1-2]。低可靠性的润湿试验结果无法指导抑尘实践, 致使有些工作场所的煤尘质量浓度超过 $1\ 000\ \text{mg}/\text{m}^3$, 构成安全生产的重大隐患和职业尘肺病的主要诱发因素^[3-4]。煤尘的润湿性是湿法抑制煤尘的理论基础, 是设计研发化学抑尘剂的主要参考因素。笔者对 4 种煤尘润湿量测定方法进行了试验比较, 发现不同测定方法的相关性较差, 有些方法的再现性不强。煤尘润湿量测定

方法的适用性问题是导致抑尘实践应用与实验室研究结论不一致的原因之一。

2 煤尘润湿性能测定方法的对比研究

笔者在细粒煤泥真空过滤脱水研究^[5]和化学润湿剂改善煤尘润湿性能的试验研究^[6-7]中, 选用了 7 个系列的非阴离子型表面活性物质, 运用多种试验方法, 针对不同变质程度的煤样进行了较为系统的润湿试验研究, 具有代表性的煤样煤质特征见表 1。

1) 沉降法是将少量的煤尘倒在润湿液的表面

上,用秒表记录下煤尘沉降到液面以下的时间。试验发现,沉降法对煤尘润湿性能的辨别力不强,只能进行粗略判断。

表1 煤样煤质分析结果

煤样	M_{ad}	A_d	V_{daf}	$(S)_{t,d}$	$G_{R,1}$
义马褐煤 (Y)	15.73	21.15	40.96	1.30	0
神华长焰煤 (S)	9.51	10.09	38.21	0.47	0
灵武不黏煤 (L)	5.78	8.14	36.95	0.77	2
大同弱黏煤 (D)	6.75	14.19	34.62	1.09	17
山西气煤 (P)	5.21	19.62	36.46	1.05	61
开滦肥煤 (K)	2.14	21.89	30.23	0.57	90
汾西焦煤 (F)	3.52	25.07	22.87	0.54	86
淮北瘦煤 (H)	2.13	22.56	17.85	0.51	24
峰峰贫瘦煤 (G)	1.81	20.41	17.86	0.40	16
汝箕沟无烟煤 (R)	0.27	23.12	11.70	0.36	—

注: G_R 为黏结指数。

2) 下向毛细管渗透法是将润湿液向下滴入装有煤尘的毛细管中,通过记录溶液渗入煤尘的速度来量化煤尘的润湿性能。煤尘的初填高度为 6 cm,振实至 4 cm,加入 1 mL 润湿液。试验发现,润湿液沿管壁润湿速度与渗入煤尘柱的深度通常不同步,润湿液渗入煤尘的端面参差不齐,无法观察到准确的试验数据。另外,平行试验的再现性很低,有的迅速渗透,有的几乎观察不到润湿行为。

以药剂 A-9 对神华长焰煤煤尘的下向渗透试验结果为例,配制质量分数为 0.1%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8% 和 1.0% 的 A-9 溶液作为润湿液,分别对神华长焰煤煤尘进行下向毛细管渗透试验,3 组平行试验结果没有明显相关性,取 1 组有代表性的试验结果见表 2。

表2 A-9 对神华长焰煤煤尘下向渗透试验结果 cm

药剂质量 分数 / %	时间 / s								
	10	30	50	70	90	120	150	180	210
0	0.4	0.6	1.0	1.3	1.8	2.2	2.5	3.4	4.0
0.1	0.4	0.5	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.7	3.3
0.2	0.5	0.7	1.1	1.3	1.7	2.0	2.6	3.3	4.1
0.4	0.3	0.5	0.6	1.0	1.3	1.6	2.2	2.9	3.8
0.6	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5	2.1	2.5	2.9	3.6
0.8	0.3	0.4	0.7	0.9	1.2	1.6	2.0	2.4	3.0
1.0	0.4	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.2

细粒煤尘润湿与溶液性能、煤质条件、细粒煤尘吸附空气膜、煤尘颗粒间隙等因素有关。而玻璃

管渗透试验方法增加了液体与管壁、煤尘与管壁、空气与管壁以及煤尘柱的振实程度等因素对渗透深度的影响,使试验结果的不确定性增加。试验中有人为因素的干扰,如在煤尘柱的墩实过程中,很难保证每次墩实前后一致,造成煤尘柱不同部分的颗粒密实程度不同,从而干扰了润湿结果的规律性。

3) 上向毛细管渗透法是将装有煤尘的毛细管的一端附加渗透膜,煤尘通过渗透膜与润湿液接触,润湿液反向渗入煤尘,在计算液体上升速度的同时,通过称量煤尘柱的吸湿质量来表示煤尘的润湿性能。由于在煤尘上向渗透试验中增加了润湿液渗入粉尘量的测定,因此在煤尘润湿性能测定时常采用该法。但在煤尘润湿过程中,存在着与下向渗透法相似的干扰因素,并且由于煤尘颗粒的聚集作用,常使煤尘柱出现断层,同时又增加了玻璃管底部渗透膜的影响,所以导致试验结论的不确定性增高。表 3 列出了神华长焰煤煤样上向渗透的试验数据,难以从中发现可信的润湿规律。

表3 单一药剂对神华长焰煤煤尘上向渗透试验结果

评价指标	药剂	药剂质量分数 / %				
		0	0.1	0.2	0.4	0.8
10 min 爬高 / cm	A-9	3.1	3.2	—	3.0	2.7
	O-1	2.1	—	3.0	2.7	2.8
吸液质量 / g	A-9	0.58	0.67	—	0.59	0.48
	O-1	0.54	—	0.57	0.53	0.54

4) 滴液法是将润湿液滴在铺平的煤尘表面,通过液滴润湿煤尘的时间来判断润湿液对煤尘的润湿能力。与上述试验方法相比,滴液法对煤尘的润湿性有较好的分辨能力。但由于 5 μm 以下细微尘粒的比表面积大,对气体具有较强的吸附作用,使尘粒周围包裹一层气膜,所以即使是亲水性的粉尘,也不易被水润湿^[7]。

试验发现,当润湿液的润湿能力较低或煤尘的疏水性较强时,液滴因重力作用渗入松散的煤尘层中,并在自身表面张力的作用下呈现椭圆形,之后无法观察到进一步润湿行为,难以区别不同煤尘的润湿性能。同时,在滴液试验中,煤尘的平整程度、受压强度、颗粒间隙均不易控制,再加上尘粒气膜的影响,使通过液滴试验反映煤尘与润湿液之间的润湿规律受到一定约束。

3 煤尘加压成型方法的研究与应用

为了较准确地分析润湿液与煤尘之间的两相作用规律,在量化煤尘的润湿性能时,需要尽量消除人为因素以及空气膜的负面影响。为此,笔者设计制作了LM-3型煤尘加压成型器,如图1所示,其有效压程为 $0\sim 6.5\text{ t/cm}^2$,成型煤尘试片的直径为15 mm。

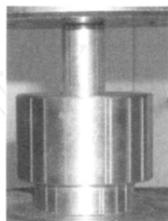


图1 煤尘加压成型器

通过压力调整,分析不同压力下煤尘的润湿行为。本文通过煤尘加压成型滴液试验选择出阴、非离子型表面活性剂,并进行复配使用,得出对煤尘具有良好润湿能力的复配药剂。利用喷雾抑尘模拟试验来测定复配药剂溶液对煤尘的降尘效率,结果如图2所示。

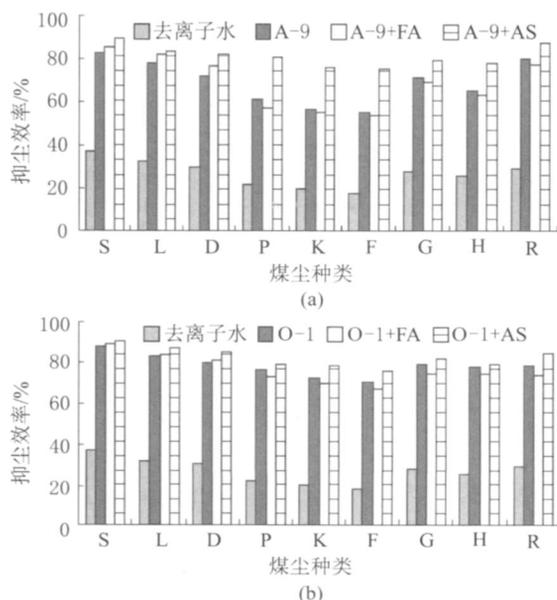


图2 喷雾抑尘效率与药剂种类的关系

配制的煤尘润湿剂对不同变质程度的煤尘均表现出较好的抑尘协同作用,其中复配药剂O-1+AS(Anbng型)的降尘率效果明显,可使抑尘效率达到90%。

4 结 语

通过研究煤尘润湿性能测定方法,分析了产生试验误差的原因。为较客观反映煤尘的润湿性能,需要克服煤尘的粒度差异、玻璃管壁的亲水性、细粒煤尘的空气包膜、煤尘层及煤尘柱的密实程度差别等干扰因素。该研究设计了LM-3型细粒煤尘加压成型器,改进了煤尘润湿性能测定方法。研配的复合药剂具对煤尘有较好的润湿和降尘能力。

参考文献:

- [1] Christopher F, Blazek. The Role of Chemicals in Controlling Coal Dust Emissions [R]. Dallas: American Coal Council, 2003.
- [2] 吴超. 化学抑尘 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2003.
- [3] Eileen D, Kuempel. A Biomathematical Model of Particle Clearance and Retention in the Lungs of Coal Miners [J]. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2001 (34).
- [4] 李满, 徐海宏. 煤用化学药剂的助滤作用分析 [J]. 辽宁工程技术大学学报, 2003 (1).
- [5] LIMan, XU Hai-hong, SHU Xin-qian. Research on Improving Coal Dust Wettability Measurements in Laboratory [C] //2008 Proceedings of Information Technology and Environmental System Sciences. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008.
- [6] LIMan, XU Hai-hong, SHU Xin-qian. A Study on Coal Dust Wettability Measurement Using Cold Briquetting Technique [J]. Journal of Coal Science & Engineering, 2008 (4).
- [7] 郝吉明, 马广大. 大气污染控制工程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

作者简介: 徐海宏 (1971-), 女, 辽宁抚顺人, 教授, 华北科技学院环境工程系主任, 从事环境工程领域的教学与研究工作。
联系人: 李满, Tel: 010-61591416, E-mail: limanwin@ncist.edu.cn

收稿日期: 2009-05-16; 责任编辑: 王晓珍

我国已成为世界第一大能源国

中国国家发改委会副主任、国家能源局局长张国宝在青岛举行的第九届中美油气工业论坛上表示,中国能源自给率为91.2%,能源消费仍主要依靠本国能源供应。2008年,中国一次能源总产量达到26.0亿t标准煤,消费总量为28.5亿t标准煤,是世界第一大能源生产国和第二大能源消费国。在能源一次性消费中,煤炭占70.2%,石油占18.4%,水电占6.6%,仍然是以煤为主的能源结构。

(摘自人民网)