

文章编号: 1004-0609(2005)10-1612-06

不同实验装置测定粉尘湿润剂的湿润效果相关性^①

吴 超, 左治兴, 欧家才, 周 勃, 李孜军

(中南大学 资源与安全工程学院, 长沙 410083)

摘 要: 采用滴液法、正向渗透法和反渗湿润法分别研究了 3 种阴离子型湿润剂对 10 种硫化矿粉尘的湿润效果, 比较了不同实验装置研究湿润剂湿润粉尘的相关性。结果表明: 温度约 20 ℃时, 使用上述 3 种实验方法对相同的试剂和粉尘做湿润实验没有相关性, 许多情况下还出现完全相反的结果; 而对于相同的实验装置, 3 种湿润剂都具有较好的相关性。由此可以看出, 实验室研究湿润剂所采用的方法在原理上要与应用现场的特征相适应, 否则就将适得其反。

关键词: 滴液法; 正向渗透法; 反渗湿润法; 硫化矿粉尘; 阴离子湿润剂; 相关性

中图分类号: X 506; TD 714

文献标识码: A

Relevance of wetting effects to dust by using various wetting devices in investigating wetting agents

WU Chao, ZUO Zhi-xing, OU Jia-cai, ZHOU Bo, LI Zi-jun

(School of Resources and Safety Engineering,

Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: By using dropping liquid, downward penetration and upward capillary seep experiments to test three anionic wetting agents to ten dust samples of sulfide ores, their relevance of wetting effects was investigated. The results show that there is no relevance in wetting effects among three devices when the solution temperature is near 20 ℃. Furthermore, completely inverse results can be achieved in wetting effects in most cases. For the same device and various wetting agents, the wetting effects are in good coincidence. Therefore, experimental principle of the applied device in laboratory should be similar to the field if an effective wetting agent is developed. Otherwise the wetting agent may have no function in field application.

Key words: dropping liquid; downward penetration; upward capillary seep; dust of sulfide ores; anionic wetting agents; relevance

粉尘污染是世界公害之一。在已有的粉尘防治方法中, 比较新颖、有效的方法之一是化学抑尘剂的应用, 该方法自出现以来得到不断的创新和发展^[1-10]。粉尘湿润剂是化学抑尘剂的一大类。在研发湿润剂时, 通常需要测定其对粉尘的湿润行为和效果, 如果选用的实验方法得当, 则可以达到省时

省力的目的, 而且开发的湿润剂在实际使用时不致于无效。

目前, 国际上许多研究者在测定湿润剂性能时使用的测定方法各不相同, 常用的测定方法有滴液法、正向渗透法、反渗湿润法、沉降法、湿润角法等^[1-5, 8-10]。如果能够确定这些测定方法是否相关,

① 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50474050); 教育部博士点专项基金资助项目(20040533011)

收稿日期: 2005-05-10; 修订日期: 2005-06-24

作者简介: 吴 超(1957-), 男, 教授, 博士

通讯作者: 吴 超, 教授; 电话: 0731-8876524; E-mail: wuchao@mail.csu.edu.cn

则对于比较和利用不同研究者所得的湿润剂性能测定结果、互相借鉴不同实验方法等, 将具有重要的理论和实际意义。

对于煤尘已有研究证明各种方法测得的湿润性之间没有相关性^[11, 12]。但对于其它类粉尘是否有同样的结论, 还有待于实验研究。在金属和非金属矿山防尘中, 硫化矿粉尘非常具有代表性, 主要特点是成分复杂、憎水、危害大和存在普遍。本文作者采用滴液法、正向渗透法和反渗湿润法研究 3 种阴离子湿润剂对 10 种硫化矿粉尘的湿润效果的相关性。

1 矿尘试样分析

本项研究的矿尘由取自新疆某铜矿的矿样加工而成。本实验研究的矿尘试样总数为 10 个, 编号分别为 1~ 10 号。

1.1 矿尘的化学成分

通过化学成分分析, 可以定量掌握矿尘的化学组成及其特征。本项研究分析矿尘的化学成分包括化学全硫(TS)、单硫(S⁰)、负二价硫(S²⁻)、硫酸根(SO₄²⁻)、化学全铁 TFe、水溶性(Fe²⁺)和(Fe³⁺)离子、Cu、Pb、Zn。相关分析结果见表 1。由表 1 可知, 各样品的成分非常复杂, 含硫、铁元素很高。

1.2 矿尘的矿物成分

湿润剂除了与矿尘的化学元素发生物理化学作用外, 还与矿物发生作用。因此, 必须了解所采矿样的矿物成分和结构构造。矿样的矿物成分和结构构造是通过物相显微分析系统确定的。矿样的矿物组成见表 2, 代表性的矿相如图 1 所示。从表 2 看出, 各矿样的矿物成分和结构非常复杂; 从图 1 中的矿物晶体尺度看, 大多数矿物的晶体都比呼吸性矿尘的尺度大得多, 当将矿石破碎成微米级的矿尘时, 必将使大多数矿物的晶体破碎。因此, 不论现场产生的矿尘或是加工出来的矿尘试样都是由多种矿物、多种元素组成的混合物粉尘。

1.3 矿尘的颗粒粒度分布

描述集合粉尘粒度的重要指标之一是粒度分布。粉尘的粒度不同, 比表面也不同, 与湿润剂的作用程度也不同。试验的矿尘粒度分析采用珠海欧美克科技有限公司制造的 LS-800 激光粒度分析仪分析。该仪器是利用颗粒对光的散射现象测量颗粒的粒度分布, 采用激光作光源, 用计算机分析和输出数据。该仪器重复性较好; 测量范围 0.05~300 μm; 分析内容包括粒度分布表、粒度分布曲线、平均粒径、中位粒径、边界粒径、比表面积等。通过对矿尘样品的颗粒粒度分析, 并将分析结果与矿样的矿相分析结果比较, 还可以了解矿尘粒度与矿样晶体尺度的关系。代表性的矿尘粒度测试结果如图 2 所示。

表 1 矿尘的化学成分

Table 1 Chemical compositions of dust samples (mass fraction, %)										
Sample No.	TS	S ⁰	S ²⁻	SO ₄ ²⁻	TFe	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Cu	Pb	Zn
1	38.33	0.074	38.10	0.48	34.71	0.035 0	0.010 0	2.65	0.041	0.11
2	40.42	0.059	39.95	1.23	26.17	0.002 0	0.019 0	2.87	2.250	19.95
3	48.58	0.055	48.47	0.15	43.41	0.0270	0.005 0	0.37	0.071	0.11
4	24.48	0.057	23.76	1.98	21.58	0.028 0	0.004 0	1.06	0.096	0.46
5	46.30	0.076	46.15	0.23	40.22	0.039 0	0.003 0	4.55	0.190	1.38
6	28.34	0.044	28.15	0.45	25.27	0.010 0	0.004 0	2.45	0.110	0.54
7	45.00	0.087	43.81	1.65	39.33	0.048 0	0.010 0	2.64	0.290	0.89
8	30.40	0.061	28.95	4.17	25.05	0.008 5	0.002 5	1.98	0.470	2.07
9	46.93	0.150	46.56	0.72	41.37	0.110 0	0.046 0	3.90	0.046	0.31
10	43.13	0.110	42.57	1.35	35.86	0.001 0	0.002 8	7.41	0.150	4.06
Average	39.19	0.077 3	38.65	1.24	33.230	0.030 9	0.010 6	2.99	0.371	2.99

Fe²⁺ and Fe³⁺ are water soluble.

表 2 试样的矿物组成及含量统计

Table 2 Mineral compositions of samples and contents
(estimated by microscope)(mass fraction, %)

Sample No.	Description of mineral constructions	Pyrite	Chalcopyrite	Blende	Glance lead bismuth	Galenite	Gangue
1	Massive pyrite composed copper and zinc	85	2	1.0		0.2	12.0
2	Massive blende and pyrite	55	0.1	40.0	0.2	0.4	4.0
3	Massive pyrite composed copper	95	0.2	0.1		0.1	4.0
4	Disseminated pyrite and quartz	15		Trace			85.0
5	Massive pyrite composed copper	93	2.0	0.3		0.2	4.5
6	Dense disseminated pyrite composed little copper and quartz	60	1.5	Little	Trace	Trace	38.0
7	Massive pyrite composed copper	90	5.0	0.8	Trace	0.2	4.0
8	Massive pyrite composed zinc and copper, blende in vein distribution	83	2.0	6.0	0.3	0.1	8.0
9	Massive pyrite composed copper and zinc	90	5.0	0.6		0.2	4.0
10	Pyrite composed rich copper	70	15.0	3.0		0.2	12.0

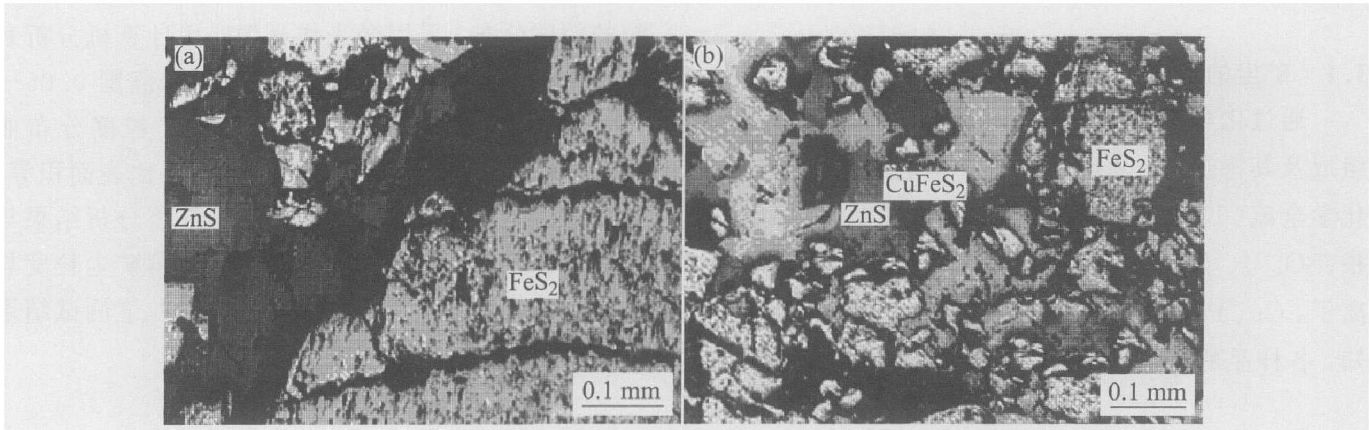


图 1 典型的矿相分析光片

Fig. 1 Typical mineragraphs of samples

- (a) —Pyrite in broken particle and disseminated and substituted by blende(Sample 1);
(b) —Blende and chalcopyrite with homogeneous and disseminated and substituted by pyrite(Sample 10)

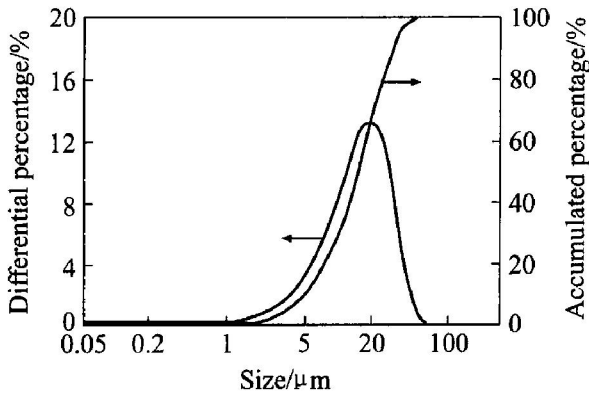


图 2 1 号矿尘颗粒粒度分布

Fig. 2 Particle size distribution of sample 1

2 湿润剂的选择与实验方法

2.1 湿润剂的选择及其溶液配制

根据上面所述的研究目的和需要, 选用 3 种湿润剂。一种为单质表面活性剂: 十二烷基苯磺酸钠 (以下简称试剂 A), 其它两种为复合型表面活性剂, 直接取两个公司生产的洗洁精, 以下简称试剂 B 和试剂 C)。试剂 A 为白色粉末, 无毒, 易溶于水, 具有良好的湿润、洗涤去污能力和发泡性能, 属于阴离子表面活性剂。试剂 B 和 C 中性温和, 不刺激皮肤, 不伤手, 主要由阴离子表面活性剂等组成。

溶液配制前,先确定一次需用的溶液量,再根据设计的各组分的质量分数,计算各组分的质量。为提高实际的精度,每次配液量大于实验用的数据,并用分度值为 0.1 mg 的光学读数分析天平称量化学试剂,根据制备溶液所要求的顺序,将称好的试剂倒入干燥干净的烧杯中,然后加水搅拌,配制到所需的浓度。

2.2 实验方法和装置

2.2.1 滴液法

实验步骤: 1) 将等质量的粉尘装在玻璃皿中并抹平; 2) 用滴管将 1 滴试剂溶液滴入玻璃皿的粉尘中,同时用秒表记录液滴湿润铺散(消失)的时间; 3) 用刻度尺量出被液滴湿润部分的尺寸。一般说来,液滴消失得越快,湿润效果越好。实验装置示意图如图 3 所示。

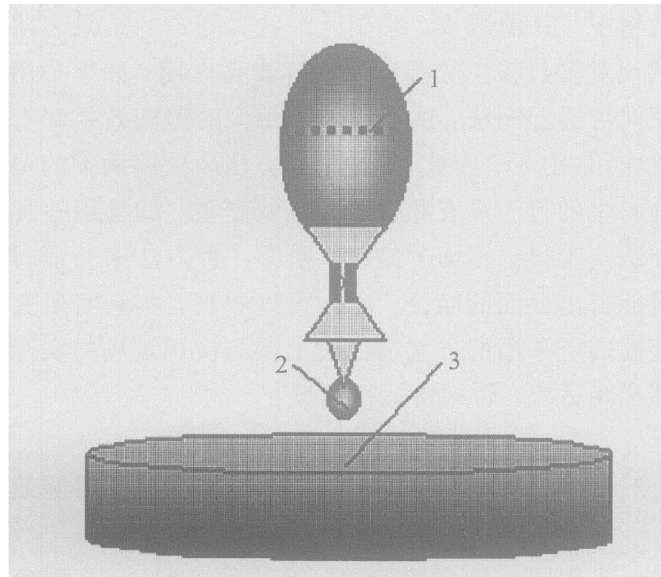


图 3 滴液法实验装置

Fig. 3 Device of dropping liquid method

1—Dropping pipe; 2—Drop; 3—Glass span with dust

2.2.2 正向渗透法

毛细管正向渗透湿润实验装置如图 4 所示。实验时,给每根内径为 5.5 mm 的玻璃管划刻度,并将其下端用透水胶布封住;将一定量的矿尘装入玻璃管中,填满矿尘的玻璃管长度大于 5 cm,为提高精度,每次初填至 6.5 cm 处,然后振实至 5.5 cm 处;把装好矿尘的玻璃管插在滴定架上;用滴管吸取 2 mL 的试剂溶液缓慢滴入玻璃管中;用秒表记录液面渗透到不同位置所需的时间。

记录液面渗透到 5 cm 处所需时间。每种试剂对每种矿尘做 2 次实验取平均值。将数据整理后做成图形分析。一般来说,渗透速度越快,湿润效果

越好。

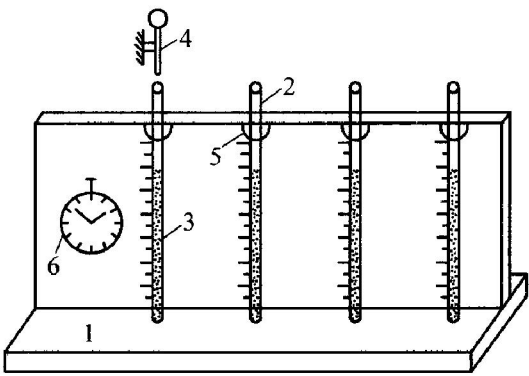


图 4 毛细管正向渗透湿润实验装置示意图

Fig. 4 Schematic diagram of downward penetration device for capillary seep experiments

1—Vertical plate attached with measuring scale;
2—Glass capillary; 3—Dust;
4—Burette for dropping liquid;
5—Circle for fixing glass tube; 6—Timer

2.2.3 反渗湿润法

毛细管反向渗透湿润试验装置如图 5 所示。实验步骤: 1) 给每个玻璃管划刻度,并将其下端用透水胶布封住; 2) 将一定量的粉尘装入内径为 5.5 mm 的玻璃管中,填满粉尘的玻璃管长度大于 3 cm,为提高精度,每次初填至 4.5 cm 处,然后振实至 3.5 cm 处; 3) 将装好粉尘的玻璃管插在试剂溶液中; 4) 当液面渗透过胶布后,用秒表开始记录反向渗透的液面到 1 cm 处所需时间。每种试剂对每种矿尘做 3 次实验,取平均值。

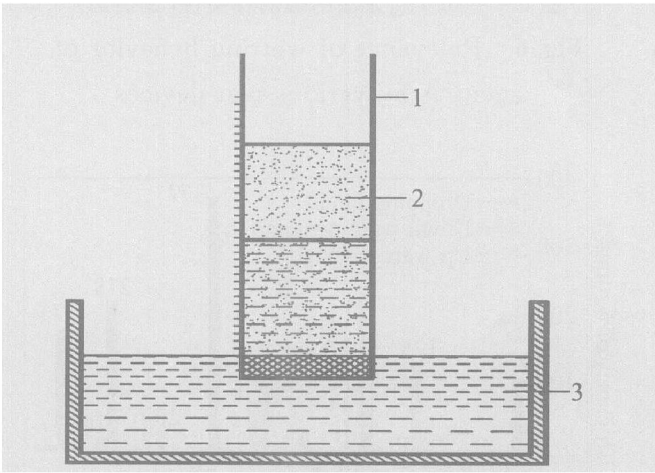


图 5 毛细管反向渗透湿润实验装置示意图

Fig. 5 Schematic diagram device of up-ward capillary seepage experiment

1—Capillary tube; 2—Dust;
3—Liquid for measuring

3 实验结果

实验的溶液温度控制在 20 ℃ 左右。一般温度较低,湿润效果较差。下面介绍部分有代表性的实验结果。

3.1 不同实验方法测定湿润剂的湿润效果相关性

采用上述 3 种实验方法,用 3 种试剂对 10 种硫化矿粉尘(其中反渗法仅用两种试剂和两种粉尘实验)进行实验。首先确定湿润剂效果最好的试剂浓度值;然后,以该浓度为基准,分别按式 $(t_1 - t_2)/t_2 \times 100\%$ (式中 t_1 为自来水的湿润时间, t_2 为自来水添加了湿润剂后的湿润时间)计算出湿润剂缩短湿润时间的百分数,该数值为正表示湿润剂有作用,为负表示湿润剂起反作用。实验结果如图 6~8 所示。

从图 6~8 可看出,在温度为 20 ℃ 左右,使

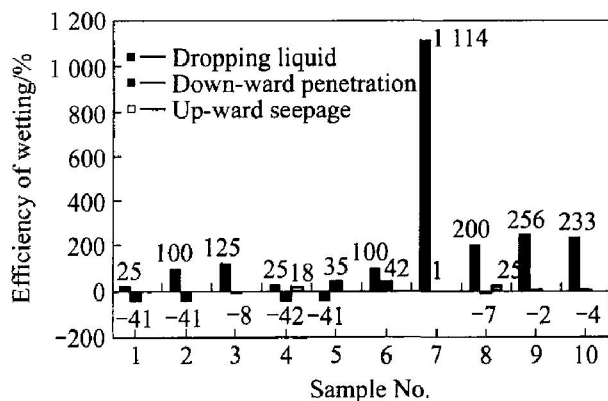


图 6 不同实验方法的湿润相关性(试剂 A)

Fig. 6 Relevance of wetting behavior of agent A by various test devices

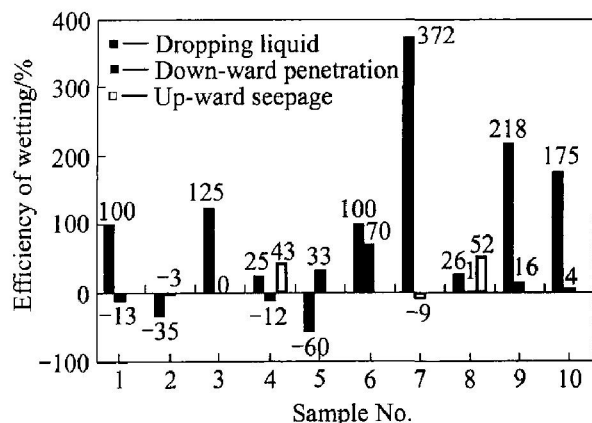


图 7 不同实验方法的湿润相关性(试剂 B)

Fig. 7 Relevance of wetting behavior of agent B by various test devices

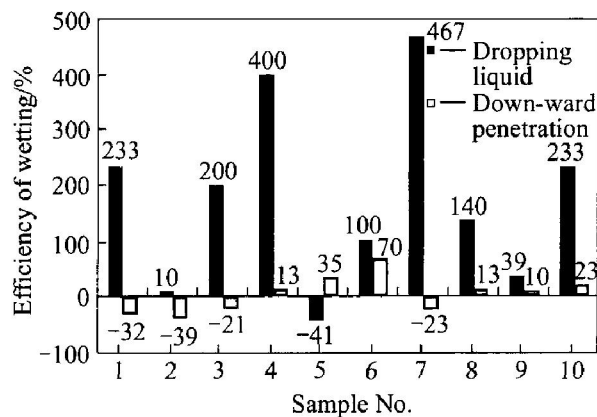


图 8 不同实验方法的湿润相关性(试剂 C)

Fig. 8 Relevance of wetting behavior of agent C by various test devices

用 3 种实验方法,对相同的试剂和粉尘,测定的湿润效果却有很大不同,许多情况下还出现完全相反的情况。总的看来,采用滴液法,测定的结果表明试剂对多数粉尘的湿润效果有改善作用;如果采用正向渗透湿润法,试剂对一些粉尘的湿润效果却有反作用(图 8)。因此,3 种实验方法研究湿润剂的湿润粉尘的行为没有相关性,也就是说,如果用一种方法实验得出正面的结论,用另一种方法来验证时可能得出反面的结论。由此可以看出,实验室研究湿润剂所采用的方法在原理上要与应用现场的实际情况相适应,否则蒋适得其反。

3.2 不同试剂相同实验方法测定湿润剂的湿润效果相关性

采用同一种实验方法,用 3 种试剂对 10 种硫化矿粉尘进行实验,首先确定湿润剂效果最好的试剂浓度值;然后,以该浓度为基准,分别按照公式 $(t_1 - t_2)$ 计算出湿润剂缩短湿润的时间(式中 t_1 为自来水的湿润时间, t_2 为自来水添加了湿润剂后的湿润时间),该数值为正表示湿润剂有作用,为负表示湿润剂起反作用。代表性的实验结果如图 9、10 所示。从图可看出,不同试剂相同实验方法测定湿润剂的湿润效果相关性很好。

4 结论

采用滴液法、正向渗透法和反渗湿润法研究湿润剂溶液温度 20 ℃ 左右时阴离子型湿润剂对硫化矿粉尘的湿润效果,测定的结果没有相关性。但对于相同实验方法和不同湿润剂,其湿润效果的相关性很好。由此见,实验室研究湿润剂所采用的方法

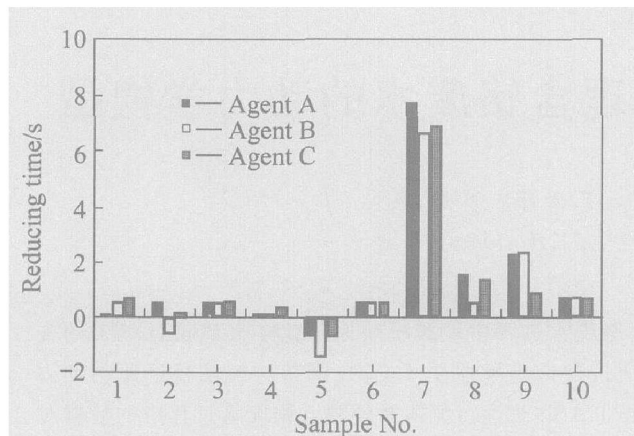


图 9 相同实验方法和不同试剂的湿润相关性(滴液法)

Fig. 9 Relevance of wetting behavior of various agents by dropping liquid method

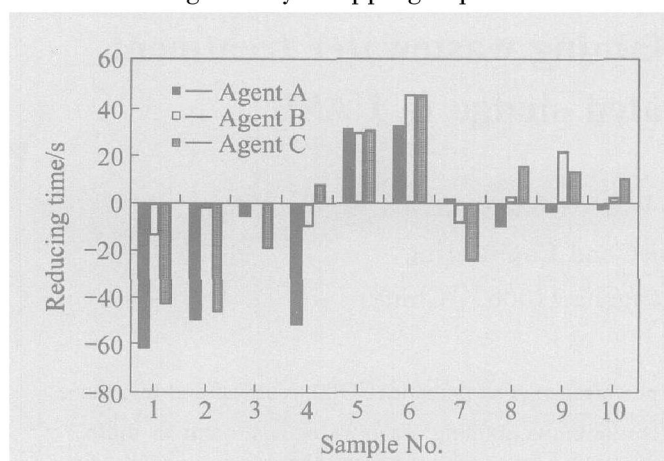


图 10 相同实验方法和不同试剂的湿润相关性(正向渗透法)

Fig. 10 Relevance of wetting behavior of various agents by downward penetration method

在原理上要与应用现场的特征相适应, 否则就会适得其反。

REFERENCES

- [1] 吴 超. 化学抑尘[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2003.
WU Chao. Chemical Suppression of Dust[M]. Changsha: Central South University Press, 2003.
- [2] Polat H, Chander S. Adsorption of PEO/PPO triblock copolymers and wetting of coal[J]. Colloids and Surfaces A-physicochemical and Engineering Aspects, 1999, 146(1): 199-212.
- [3] Kilau W H, John E P. Coal wetting ability of surfactant solutions and the effect of multivalent anion additions[J]. Colloids and Surfaces, 1987, 26: 217-242.
- [4] WU Chao, CHEN Jun-liang, ZHOU Bo, et al. Tests of the effects of three surfactants on the penetration ability of calcium chloride and water solutions in dust[J]. Journal of Environmental Science, 1998, 10(4): 445-451.
- [5] Polat M, Polat H, Chander S, et al. Characterization of airborne particles and droplets: Relation to amount of airborne dust and dust collection efficiency[J]. Particle and Particle Systems Characterization, 2002, 19(1): 38-46.
- [6] Axel C P, Lindeberg B R L, Nilsson T, et al. Simultaneous extraction of di(2-ethylhexyl) phthalate and nonionic surfactants from house dust-concentrations in floor dust from 15 danish schools[J]. Journal of Chromatography A, 2003, 986(2): 179-190.
- [7] Kim J. Effect of coal type on wetting by solutions of nonionic surfactant[J]. International Mining and Minerals, 1999, 2(14): 38-41.
- [8] Shah V V. High performance wetting agents based on acetylenic glycol chemistry[J]. Adhesive Age, 1998, 41(9): 36-41.
- [9] Drummond C J, Wells D. Nonionic lactose and lactitol based surfactants: comparison of some physicochemical properties[J]. Colloids and Surfaces A, 1998, 141(1): 131-142.
- [10] WU Chao. Development of an in situ soil binding agent[J]. Waste Management, 2000, 20(7): 527-535.
- [11] Kilau H W. Wettability of coal and its relevance to the control of dust during coal mining[J]. Journal of Adhesion Science and Technology, 1993, 7(6): 649-667.
- [12] 吴 超, 古德生. Na₂SO₄ 改善阴离子表面活性剂湿润煤尘性能的研究[J]. 安全与环境学报, 2001, 1(2): 45-49.
WU Chao, GU De-sheng. Investigation of improvement on wetting coal dust by anionic surfactant added sodium sulfate[J]. Journal of Safety and Environment, 2001, 1(2): 45-49.

(编辑 陈爱华)