

文章编号:0253-9993(2007)05-0535-04

聚硅酸铁浮选抑制煤系黄铁矿的研究

杨宏丽, 樊民强

(太原理工大学 矿业工程学院, 山西 太原 030024)

摘 要: 将自制的具有良好稳定性的、不同铁硅比的聚硅酸铁作为煤系黄铁矿的抑制剂, 在自制微型浮选柱中进行了系列浮选试验, 发现聚硅酸铁对煤系黄铁矿有良好的抑制作用, 在适当的铁量和聚合时间下, 黄铁矿的抑制率最高可达80%以上。聚合时间、铁量是决定聚硅酸铁抑制性能的关键因素, 最佳聚合时间是3~13 d, 最佳铁量是3~5 kg/t。硅量对抑制效果也有一定的影响, 硅量较大的抑制效果较好。

关键词: 聚硅酸铁 (PFS); 黄铁矿; 浮选; 抑制; 铁量

中图分类号: TD923 **文献标识码:** A

The depression characteristics of polymers of ferric-polysilicate on coal-pyrite during flotation

YANG Hong-li, FAN Min-qiang

(College of Mining Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Polymers of ferric-polysilicate (PFS) of different Fe/Si mole ratio, with good stability, were prepared and applied in the flotation of coal-pyrite as a depressant. All the experiments were carried out in flotation mini-column made in laboratory. These PFS products showed extremely significant depression effect on the coal-pyrite flotation. The depression ratio can reach 80% or more when iron consumption and curing time are both proper. It is almost certain that iron consumption and curing time are the most critical factors determining PFS's depression characteristics. The most proper curing time is between 3 to 13 days. The most effective iron consumption is about 3 to 5 kg/t. The silicon consumption has some effect on the depression characteristics of PFS since greater silicon consumption showed slightly better depression effect on coal-pyrite.

Key words: PFS; pyrite; flotation; depression; iron consumption

黄铁矿是煤中无机硫的主要形式, 为提高煤浮选脱硫率, 有效的办法是在矿浆中添加化学药剂, 主要是添加黄铁矿的抑制剂。关于黄铁矿的抑制剂, 各种文献中有过大量的报道, 但抑制效果参差不齐。聚硅酸铁是一种新型的无机大分子药剂, 它与同类聚硅酸盐如聚硅酸铝等多用于浊水处理方面, 效果良好。聚硅酸铁用于浮选抑制黄铁矿的相关报道很少, 但聚硅酸及其它聚硅酸盐类在矿物浮选分离中表现出了优良的选择性, 梅光军^[1]曾对聚硅酸及其盐类在选矿上的应用进行了综述, 他提到: 酸化水玻璃在萤石-石英型矿石的浮选提纯中能显著脱除SiO₂, 在赤铁矿正浮选中能有效抑制脉石矿物; 酸化水玻璃对蓝晶石、钛辉石、斜长石、碳酸盐型萤石矿中的方解石抑制效果也非常显著; 聚硅酸铁对高岭石有抑制作用等。梅

收稿日期: 2006-08-15 责任编辑: 柳玉柏

基金项目: 太原理工大学“211”青年基金资助项目(200128)

作者简介: 杨宏丽(1976-), 女, 山西繁峙人, 硕士, 讲师。Tel: 0351-6608545, E-mail: hl.yang@263.net

光军等^[2]还曾用水玻璃在特定的条件下活化后制得聚合硅酸胶体抑制剂,发现它在赤铁矿与霓石的浮选分离中具有良好的选择性.胡永平等^[3]针对攀枝花铁矿细粒钛铁矿的回收实验中,用盐化水玻璃作为模拟实际矿石的人工混合矿浮选中钛辉石的抑制剂,最终获得含 TiO₂ 为 48% 以上的精矿. Fe³⁺ 有较强的水解倾向,在溶液中加热时,所形成的碱式离子或氢氧化物可互相聚合而形成多聚体,甚至形成胶体,包裹于黄铁矿表面使其亲水.笔者在研究中发现^[4],硫酸亚铁在中性及碱性条件下对煤系黄铁矿有抑制作用. Jiang 等^[5]也发现, Fe²⁺ 和 Fe³⁺ 在 pH = 6 ~ 9.5 之间明显抑制黄铁矿的浮选;黄铁矿被氧化后产生的大量 Fe²⁺ 会使黄铁矿在 pH > 6 时完全不可浮.还有文献报道,用金属离子(包括铁离子等)处理黄铁矿使其表面形成金属氢氧化物包裹,然后加入有机聚合物,这些聚合物与金属离子处理过的黄铁矿表面作用,会抑制黄铁矿^[6].作为聚硅酸和 Fe³⁺ 的化合物,聚硅酸铁可能具有更好的抑制效能,因此,本文考察了聚硅酸铁对煤系黄铁矿浮选的影响,并探讨了不同因素在聚硅酸铁抑制黄铁矿过程中的作用.

1 试验条件及装置

试验用煤系黄铁矿样采自西山屯兰矿,经粗碎、手选后,破碎至 -0.2 mm 作为浮选样品.浮选浓度为 100 g/L,捕收剂和起泡剂分别用煤油和聚乙二醇,用量分别为 1 000 g/t 和 60 g/t.浮选试验在自制微型浮选柱中进行.聚硅酸铁调浆时间 3 min,刮泡时间 3 min.

本次研究中,实验室制得碱化度为 6%,浓度(以 SiO₂ 计)为 2.5%,铁硅比分别为 0.25, 0.50, 1.00 和 1.50 的聚硅酸铁作抑制剂,考察其用量、铁硅比和聚合时间等因素对聚硅酸铁抑制黄铁矿的影响规律.以黄铁矿的抑制率作为评价指标,即

$$\text{抑制率} = \frac{\gamma_0 - \gamma_i}{\gamma_0} \times 100\%,$$

式中, γ_0 为不加聚硅酸铁时黄铁矿的浮选精矿产率,%; γ_i 为加入一定量聚硅酸铁后黄铁矿的浮选精矿产率,%.

2 实验结果与分析

2.1 不同铁硅比的聚硅酸铁对黄铁矿的抑制性能

实验室制备了 4 个聚硅酸铁产品,其铁硅比(Fe/Si)分别为 0.25, 0.50, 1.00 和 1.50.在不同聚合时间(以天计)下,将其用于黄铁矿浮选中.第 10 天的浮选结果如图 1 所示.

从图 1 可以看出:①聚硅酸铁对黄铁矿有非常显著的抑制作用;②除铁硅比为 0.25 的聚硅酸铁对黄铁矿的抑制率不超过 40% 以外,其它 3 个聚硅酸铁产品在合适用量范围内均对黄铁矿表现出了 60% 以上,甚至高达 80% 以上的抑制率;③对于任一个聚硅酸铁产品,其用量对抑制率有很大的影响:随着用量的逐渐增大,铁硅比为 0.25 的聚硅酸铁的抑制率基本呈现缓慢上升的趋势,只有些许波动;铁硅比为 0.50 的聚硅酸铁的抑制率大体上呈现较快的上升趋势;而铁硅比为 1.00 和 1.50 的聚硅酸铁则随用量增大,对黄铁矿的抑制率迅速攀升,在用量达到一定值时得到了最大的抑制率,用量超过这一定值后,抑制率出现轻微回落.

2.2 结果分析

2.2.1 铁量和硅量概念的提出

综合比较 4 个不同铁硅比的聚硅酸铁,发现它们都在某用量范围内达到了最理想的抑制效果,而对比

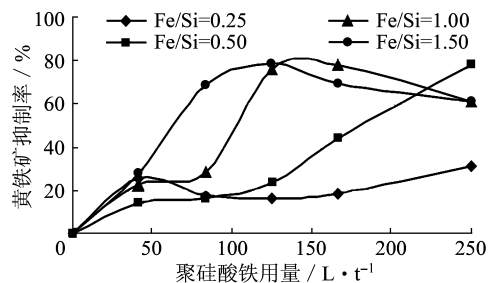


图 1 聚硅酸铁用量对黄铁矿抑制率的影响
Fig. 1 Effect of PFS consumption on the pyrite depression ratio at the 10th day

其最佳抑制效果时的用量发现, 铁硅比越大的聚硅酸铁, 出现最佳脱硫效果时所需用量越少, 而这4个聚硅酸铁产品的差异主要表现为其含铁量不同, 因而笔者引入2个概念: 铁量和硅量. 铁量由聚硅酸铁用量(L/t)与铁硅比相乘并进行单位换算得到, 表示浮选处理1t煤系黄铁矿所需消耗的聚硅酸铁中铁的总量. 类似地, 硅量即处理1t矿石所需要聚硅酸铁中硅的总含量. 硅量可由铁量和铁硅比的值计算得到.

2.2.2 铁量对聚硅酸铁抑制性能的影响规律

以铁量为横坐标作图(图2). 由图2可以看出, 铁量是决定黄铁矿抑制率的关键因素, 铁量增大, 抑制率也增大. 当铁量达到某一值(本试验中为3 kg/t), 聚硅酸铁才对黄铁矿表现出显著的抑制作用. 但铁量也不宜过大, 否则对聚硅酸铁的抑制性能有所降低, 最佳铁量应保持在3~5 kg/t.

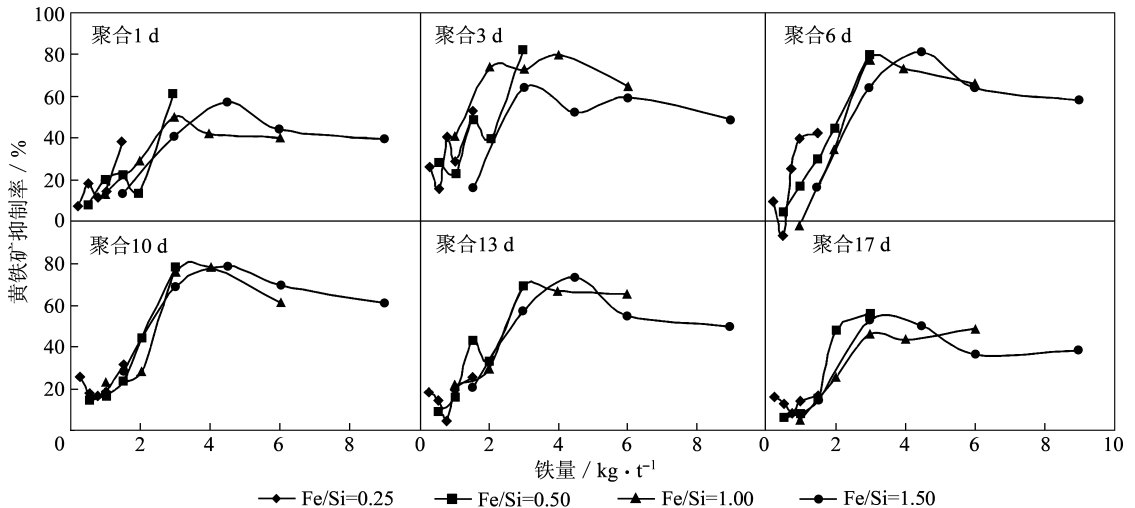


图2 不同聚合时间下聚硅酸铁铁量对黄铁矿抑制率的影响

Fig. 2 Effect of PFS iron consumption on the depression ratio at different curing time

2.2.3 聚合时间对聚硅酸铁抑制性能的影响规律

如图2所示, 在聚合第1天, 聚硅酸铁对黄铁矿的抑制作用波动较大, 不稳定. 聚合3d后, 4个不同铁硅比的聚硅酸铁对黄铁矿的抑制率随用量的变化规律基本一致, 效果很好. 随着聚合时间的延长, 到13d以后, 抑制率开始降低.

具体来说, 本次研究中, 铁量达到并超过3 kg/t的条件下, 在聚合前3d, 聚硅酸铁的抑制脱硫效果在逐步提高, 抑制率偶尔能达到60%~80%; 在6~10d内, 聚硅酸铁抑制脱硫效果达到最佳, 抑制率能保持在60%以上, 最高时甚至超过80%, 保持该抑制率所对应的铁量范围也较宽(3~9 kg/t); 第13天时, 抑制率开始下降, 降至50%~70%; 聚合时间更长, 如聚合17d时, 抑制率只能达到40%~60%.

结果表明, 只有在一定的聚合时间段内, 聚硅酸铁才对黄铁矿有理想的抑制作用, 笔者将这一时间段称为聚硅酸铁的有效作用期. 本次试验中, 聚硅酸铁的有效作用期为3~13d.

宋永会^[7]曾对聚硅硫酸铁中铁的分布形态进行了研究, 铁主要有3种形态: Fe_a , Fe_b 和 Fe_c . 自由离子和单核羟基络合物形式(Fe_a)最多, 占50%以上; 铁的高聚物(Fe_c)次之; 一系列多核羟基铁化合物或称低聚合度铁(Fe_b)最少. 随着熟化时间(即聚合时间)的延长, Fe_a 的含量逐渐减少, Fe_c 的含量逐渐增多. 在聚合15d后, Fe_b 的含量趋于减少. 由此推断, 聚硅酸铁中的中间态 Fe_b 在其抑制性能中起着非常重要的作用.

2.2.4 硅量对聚硅酸铁抑制性能的影响规律

前面提到最佳铁量应保持在3~5 kg/t, 但鉴于本次试验中3~9 kg/t铁量下的抑制率都很可观, 故将该用量下的平均抑制率作一比较, 如图3所示.

图 3 中的 3 条曲线形状相似, 抑制效果随铁硅比增大而逐渐下降, 不难推算, 3 条曲线中, 在相同铁量下, 铁硅比较低的聚硅酸铁具有最大的硅量, 其抑制作用也是最好的. 相反, 铁硅比最高的聚硅酸铁具有最小的硅量, 其抑制作用是最弱的. 图 3 也表明了聚合时间对抑制率的影响, 最佳聚合时间 (有效作用期) 为 3 ~ 13 d.

一定的聚合时间和适当的铁量是聚硅酸铁对黄铁矿发挥有效抑制作用的基本条件, 而在满足这 2 个基本条件时, 硅量对抑制效果也有一定影响. 铁硅比小的聚硅酸铁, 相对硅量较大, 抑制效果也较好; 相反, 铁硅比大的聚硅酸铁, 硅量较小, 其效果也较差.

3 结 论

聚硅酸铁对煤系黄铁矿有非常显著的抑制作用, 聚合时间、铁量和硅量是决定其抑制性能的 3 个关键因素, 其中铁量和聚合时间是主导因素, 这说明聚硅酸铁中的铁在抑制黄铁矿中起主导作用, 硅对这种抑制作用有影响, 铁和硅的聚合形态共同决定着聚硅酸铁对黄铁矿的抑制作用.

参考文献:

- [1] 梅光军, 余永富. 活性硅酸溶胶在矿物浮选分离中的作用 [J]. 西部探矿工程 (岩土钻掘矿业工程), 1999, 11 (6): 1~3.
- [2] 梅光军, 薛玉兰, 余永福. 聚合硅酸对含铁硅酸盐矿物浮选抑制作用的机理 [J]. 金属矿山, 2002 (10): 24~27.
- [3] 胡永平. 混合捕收剂浮选细粒钛铁矿的研究 [J]. 有色金属, 1994 (3): 31~36.
- [4] 杨宏丽. 聚硅酸铁的絮凝性能及对黄铁矿抑制性能的研究 [D]. 太原: 太原理工大学, 2004.
- [5] Jiang C L, Wang X H, Parekh B K, et al. Surface and solution chemistry of pyrite flotation with xanthate in the presence of iron ions [J]. Colloids and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, 1998, 136 (1/2): 51~62.
- [6] Xu D D, Aplan F F. Joint use of metal ion hydroxy complexes and organic polymers to depress pyrite and ash during coal flotation [J]. Minerals & Metallurgical Processing, 1994, 11 (4): 223~230.
- [7] 宋永会, 岳钦艳, 高宝玉. Ferron 逐时络合比色法研究聚硅硫酸铁中铁的形态 [J]. 油气田环境保护, 1997, 7 (4): 4~7.

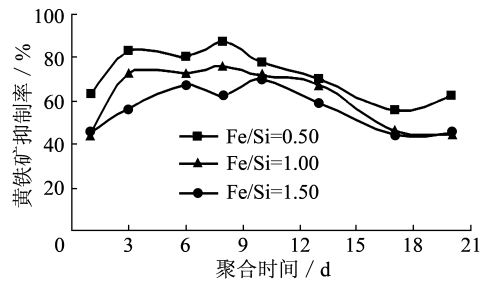


图 3 铁量 ≥ 3 kg/t 时聚合时间对平均抑制率的影响
Fig. 3 Effect of curing time on average depression ratio when iron consumption is not less than 3 kg/t

特别声明

凡是在《煤炭学报》发表的论文, 一经发现有抄袭、剽窃, 一稿多投现象, 本刊以后将不再刊登该作者的论文.

《煤炭学报》编辑部