

煤泥水沉降实验研究

贾菲菲^{1,2}, 李多松^{1,2}, 张曼^{1,2}, 江继涛^{1,2}, 孙翀³

(1.江苏省资源环境信息工程重点实验室, 江苏徐州 221116;

2.中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏徐州 221008;

3.中国人民大学环境学院, 北京 100872)

摘要:针对某选煤厂煤泥水难以自然沉降的问题,从煤泥水本身的矿物组成出发,探讨了絮凝的机理,通过理论分析和实验研究,选用了3种凝聚剂和3种絮凝剂对煤泥水进行絮凝沉降实验,研究出最佳的凝聚剂和絮凝剂以及最佳药剂配比,加速了煤泥水的沉降,实现了洗水闭路循环。

关键词:煤泥水;凝聚剂;絮凝剂;沉降实验

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2011)02-0021-04

EXPERIMENT STUDY ON THE COAGULATION AND FLOCCULATION TREATMENT OF THE COAL DRESSING WASTEWATER

JIA Fei-fei^{1,2}, LI Duo-song^{1,2}, ZHANG Man^{1,2}, JIANG Ji-tao^{1,2}, SUEN Yu-zhong³

(1. Jiangsu Key Laboratory of Resources and Environmental Information Engineering, Xuzhou 221116, China; 2. China University of Mining and Technology College of Environment and Spatial Informatic, Xuzhou 221008, China; 3. Renmin University of China, Beijing 100872, China;)

Abstract: The wastewater from coal dressing contains large amounts of fine particles which are difficult to naturally settle. From slurry's mineral composition in coal dressing wastewater, this paper analyzes the mechanism of promoting the settlement of particle by coagulation. Through the experiments of coagulating and flocculating treatment for coal dressing wastewater, the suitable addition amounts and ratios of coagulant and flocculant were determined. The experimental results demonstrated that the coagulation treatment of the coal dressing wastewater is simple. The coagulation treatment is able to accelerate the settlement of fine particles in the coal dressing wastewater, to lower the wastewater overflow, and help to realize the closed circulation of coal washing water.

Keywords: coal slurry; coagulants; flocculants; sedimentation experiment

水是选煤过程中重要的工作介质,原煤在水中经分级、脱泥、精选、脱水等作业后分选出产品,大量粒度小于0.5 mm的颗粒残留在水中形成煤泥水^[1]。选煤厂煤泥水处理工艺的作用就是通过固

液分离回收煤泥和实现洗水闭路循环,其原理是利用澄清浓缩设备使固体颗粒在水中自然沉降^[2]。然而随着煤分选设备的提高,分选下限降低,煤泥水的处理难度不断增加,从而造成了选煤厂洗水闭路循环的难度增大。因此实现煤泥水高效澄清、循环利用具有巨大的经济、环境和资源效益。为此我们进行了一系列的絮凝沉降试验,从而确定最

优良性能的絮凝剂及其用量,达到适宜的煤泥水澄清方法。

1 煤泥水矿物组成

煤泥水是一种复杂的多分散体系,它由一些粒度、形状、密度、岩相等不同颗粒,以不同比例混合而成^[3]。煤泥的成分很复杂,主要含有煤和各种矿物。由于煤具有较强的疏水性,颗粒之间容易凝聚成团而沉降,所以对于许多难沉降煤泥水,随水体循环的悬浮固体中的煤并不占主要因素。因此需要对煤泥矿物组成进行分析,有利于合理的选择絮凝剂,也有利于对混凝过程和机理的理解。

本实验采用 D/Max-3B 型 X 射线衍射仪对煤泥中的矿物组成进行分析,结果如图 1 所示。

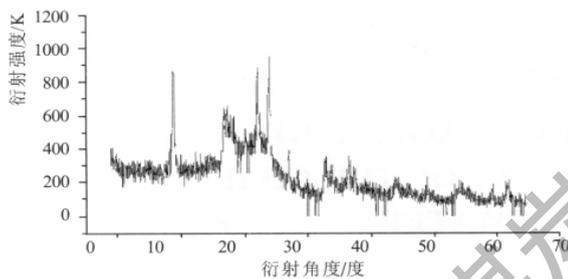


图 1 煤泥的 XRD 谱图

按照中国标准(GB5225—86)的 K 值法定量分析(GB5225—86),分析结果(重量百分比)如表 1,分析如下^[4]:

表 1 样品分析结果

类型	名称	含量/%	总计/%	类型	名称	含量/%	总计/%
非晶态物质	煤	55	55	氧化物及氢氧化物	石英	4.8	4.8
	高岭石	23.7			方解石	1.3	
	伊利石	4.5			碳酸盐矿物	白云石	0.6
粘土矿物	伊蒙混层	4.2	35		菱铁矿	0.3	
	绿泥石	2.1		硫化物	黄铁矿	1.2	1.2
	长石	0.5		其它			3

(1)粘土矿物。主要包括高岭石、伊利石、蒙脱石等,是煤中重要的矿物组成,且其平均含量约占矿物质总量的 60%~80%。由于其具有特殊的晶体结构,表面负电性较强,在水中易保持悬浮状态,对煤泥水的沉降会产生负面影响。

(2)氧化物和氢氧化物。最常见的是石英,其密度大,不易机械粉碎和泥化,界面化学性质比较稳

定,在水中易于沉降,因此对煤泥水沉降过程影响不大。

(3)硫酸盐矿物。主要包括方解石、白云石、菱铁矿等,其对煤泥水的影响与石英相近。

(4)硫化物。常见的是黄铁矿、白铁矿,其水中易形成酸性溶液环境,促进盐类矿物在水中的溶解,有助于微细颗粒沉降。

(5)其他类矿物。包括重矿物和盐类矿物,由于其含量较少,对煤泥水沉降影响不大。

2 煤泥水絮凝机理

煤泥的粒度组成很大程度上决定了煤泥水沉降过程的难易程度。随着粒度变细以及细粒含量增多,使颗粒的布朗运动加剧,煤泥水黏度增大,并且其表面带有很高的负电荷,阻止相互接近,从而导致煤泥水长时间不能沉降。为了加速煤泥沉降,必须破坏其稳定状态;絮凝剂可以减小固体颗粒表面形成的双电层厚度, ζ 电位降低,从而使范德华力占优势而达到彼此吸引凝聚的目的;絮凝剂通过吸附架桥作用使胶体颗粒“脱稳”,又由于其本身带电荷,可促使带有不同表面电荷的悬浮粒子凝聚在一起,体积不断增大。当颗粒聚集到一定体积程度时,便从水中分离出来形成絮团,使沉降速度大大提高^[5]。

3 煤泥水沉降试验

3.1 实验部分

(1)实验仪器:WGZ-3 浊度仪;ZR4-6 六联搅拌机

(2)实验药品:煤泥水初始浓度为 55 g/L。CaCl₂ 配成 0.5 mol/L 的溶液,CaO、Ca(OH)₂ 配成 0.5 mol/L 的悬浊液。聚丙烯酰胺按其侧链所带的官能团不同可分为非离子(PAM)、阴离子(PHP)、阳离子(CPAM)和两性离子(ACPAM)四种类型。由于絮凝剂与矿物之间作用过程复杂,目前仍无法根据煤泥水体系的参数预测絮凝剂的作用及效果,需要逐个进行试验,选定絮凝剂的种类及用量^[6]。本实验采用两性离子 800 万,两性离子 600 万以及阴离子 800 万三种絮凝剂,分别配成 1‰ 的浓度进行实验。

(3)试验方法:取煤泥水 200 mL 倒入烧杯中,加入一定量的絮凝剂以速度 150 r/min 搅拌 20 s,然后加入一定量的絮凝剂以速度 120 r/min 搅拌

30 s, 80 r/min 搅拌 1 min, 静置沉降 10 min, 取上层清液, 测定其浓度。

3.2 不同絮凝剂絮凝效果的比较

聚丙烯酰胺是线性结构的, 链的长短不同导致分子量不同, 而其链的长短对絮凝效果也会产生很大的影响。因此通过单独加某种絮凝剂看絮凝效果, 来确定适宜的絮凝剂, 结果见图 2。

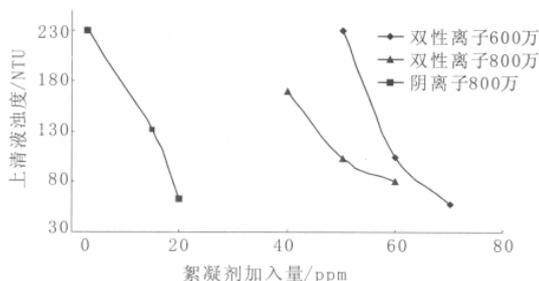


图 2 不同絮凝剂对絮凝效果的影响

从图 2 可以看出不同分子量的聚丙烯酰胺絮凝效果是不同的, 分子量越大其絮凝效果越好, 同时阴离子 800 万较其它两种更为有效。这是由于聚合物的相对分子质量越大, 分子在溶液中的伸展越大, 架桥能力越强, 絮凝速度越快。同时阴离子型在分子结构中存在负电的强亲水基团, 因此它对表面带负电荷的煤泥胶体微粒具有选择絮凝作用, 通过电荷有效中和与架桥共同作用去除胶粒。这也是阴离子型絮凝剂效果明显优于其它两种絮凝剂的絮团, 因此选择阴离子 800 万作为最适宜的絮凝剂。

3.3 不同絮凝剂絮凝效果的比较

絮凝剂主要为无机电解质, 它在水中发生电离水解生成带电离子。一般离子水合半径越小, 价位越高, 对高分子絮凝作用促进越强。这是由于单个阳离子对固体表面高分子链的单个阳离子基团提供离子吸附点; 阳离子的存在是带负电荷的高

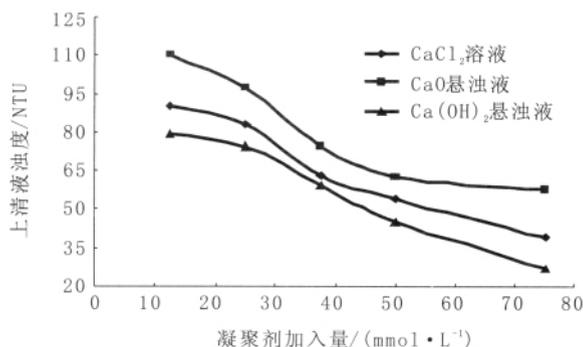


图 3 不同絮凝剂对絮凝效果的影响

分子絮凝剂与负电荷粒子间的静电斥力通过减少表面位能或双电层厚度而减小, 从而发生凝聚^[7-8]。本实验采用先加不同种类的絮凝剂, 后加入 7.5 ppm 的阴离子 800 万, 静置 10 min 测其浊度, 结果如图 3。

从图 3 可知: 加入无机电解质后可以明显提高阴离子型聚丙烯酰胺的絮凝效果, 三种无机质在效果上有些许的差异。从浊度上来看 Ca(OH)₂ 浊度最低, 但其絮凝速度慢且压实程度差, 这可能是由于其本身在水中溶解度小有关。CaCl₂ 虽然也较 CaO 悬浊液较好, 但从经济型和可取性综合比较应选用 CaO 悬浊液为最合适的絮凝剂。

3.4 阴离子 800 万聚丙烯酰胺与 CaO 的最佳配比

上述实验结果表明, 添加阴离子 800 万的聚丙烯酰胺和 CaO 复合药剂可获得令人满意的絮凝沉淀效果, 但要达到经济和效果同时最佳的结果, 需要的到其最佳配比。因此本实验采用正交试验的方法来确定。

(1) CaO 加入量一定, 调整阴离子 800 万的加药量, 测定其絮凝效果, 并绘出相关曲线。图 4 所示为 CaO 加入量为 15 mmol/L, 阴离子加入量分别为 10 ppm、7.5 ppm、6.25 ppm、5 ppm、3.75 ppm 的相关曲线。

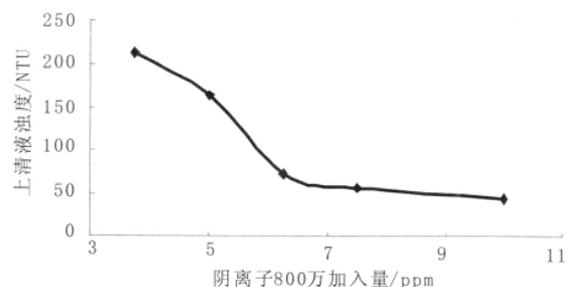


图 4 阴离子加入量对絮凝效果的影响

由图 4 可以看出, 阴离子聚丙烯酰胺的加入量对澄清的影响较大。随着阴离子的加入量增大, 澄清效果越好, 为了达到煤泥水澄清的效果, 又节约处理成本, 选择加入量为 6.25 的阴离子 800 万的聚丙烯酰胺为最佳的絮凝剂加入量。

(2) 图 5 所示为阴离子加入量为 6.25 ppm, CaO 加入量分别为 17.5 mmol/L、15 mmol/L、12.5 mmol/L、10 mmol/L 时的絮凝效果曲线图。由图 5 看出, CaO 量增加上清液浊度会有小幅度的降低, 在实现洗水闭路循环的前提下, 选择 CaO 15 mmol/L 为最佳用量。

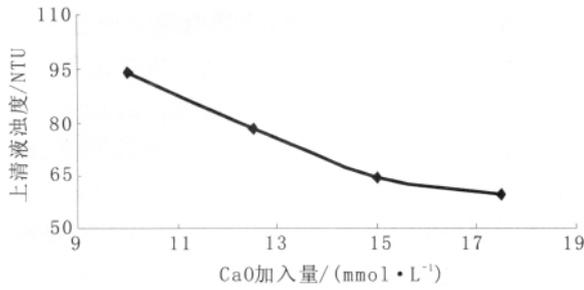


图5 CaO加入量对絮凝效果的影响

4 结论

通过对以上煤泥水的絮凝沉降实验，可以得出以下结论：

(1)絮凝后上层澄清液的浊度随絮凝剂分子的分子量的变化而变化，且分子量越大沉降效果越好。同时阴离子型由于对表面带负电荷的煤泥胶体微粒具有选择絮凝作用，因此效果更好，因此选择阴离子 800 万作为最适宜的絮凝剂。

(2)加入无机电解质后，絮凝效果有了明显的提高。根据凝聚剂的作用效果与易获得性综合考虑，选取 CaO 为最适宜的凝聚剂。

(3)综合实验结果，当阴离子 800 万聚丙烯酰胺加入量为 6.25 ppm, CaO 为 15 mmol/L 时絮凝效果最佳，经济性也最合理。

参考文献

[1] 郝凤印,李文林.选煤手册[M].哈尔滨:哈尔滨工业出版社,1993.

[2] 唐海香,庞顶峰,吴大为.动力学因素对煤泥水絮凝沉降效果的影响[J].煤炭工程,2006.8:78-80.

[3] 苟鹏,叶向德,吕永涛等.煤泥水的水质特征及处理技术[J].工业水处理,2009.1.

[4] 韩德馨,任德贻,王延斌等.中国煤岩学[M].徐州:中国矿业大学出版社,1996.

[5] 李东颖,丁淑芳.煤泥水的絮凝沉降试验研究[J].华北水利水电学院学报,2009第30卷第3期:99-102.

[6] 陈建启,纪玉华.絮凝剂在选煤厂煤泥水处理中的合理应用[J].煤炭加工与综合利用,1998.5:15-18.

[7] 王小文,张雁秋.水污染控制工程[M].北京:煤炭工业出版社,2002.8.

[8] 郑劲松.聚丙烯酰胺类絮凝剂的现状与进展[J].山东化工,2009第38卷第7期:24-27.

(上接第 16 页)

陆海波.能源-经济-环境系统的可持续发展研究 [D].天津大学,2004.

[14] ZHAI GAO-yue. Simulation of Renewable Energy Exploitation in Rural Area Based on System Dynamics (SD) —A Case Study in Rugao Country in China[D]. Nanjing Agricultural University, 2004

翟高粤.基于系统动力学方法的农村可再生能源开发动态模拟—以江苏如皋为例[D].南京农业大学,2004.

[15] DU Hui-bin, GU Pei-liang. Energy-Economy-Environment Complex System in Regional Development[J]. Journal of Tianjin University (social science), 2005,7(5):362-365.

杜慧滨,顾培亮.区域发展中的能源-经济-环境复杂系统[J].天津大学学报(社会科学版),2005,7(5):362-365.

[16] Fiddaman, T.S. Exploring policy options with a behavioral climate-economy model. System Dynamics Review . 2002, 18 (2): 243~

267.

[17] SAYSSEL, A.K, BARLAS, Y, YENIGUN, O, Environmental sustainability in an agricultural development project: a system dynamics approach. [J]. Environment Management. 2002.64: 247-260.

[18] WANG Li-meng, HE Kang-lin. Analysis on Temporal Variation of Environmental Impact Based on STIRPAT Model—A Case Study of Energy Consumption of China [J]. Journal of Natural Resources, 2006,21(6):862-869.

王立猛,何康林.基于 STIRPAT 模型分析中国环境压力的时间差异 [J].自然资源学报, 2006,21(6):862-869.

[19] ZHOU Shi-xing. The Application of System Dynamics to Planning Environmental Impact Assessment[D]. Sichuan University, 2005.

周世星.系统动力学在区域规划环境影响评价中的应用[D].四川大学,2005.

(上接第 20 页)

[7] 盛洁,胡建华.Excel 软件的统计功能在卡方检验中的应用[J].医学信息,2008,21(1):28-30.

[8] 贾婧.方差分析概述[J].学术探讨,2008(7):217.

[9] 吕栋雷,曹志耀,邓宝等.利用方差分析法进行模型验证[J].计算机仿真,2006,23(8):46-48.

机仿真,2006,23(8):46-48.

[10] 陶文信.Excel 在方差分析中的应用[J].郑州航空工业管理学院学报(社会科学版),2002,21(1):42-44.