

氯化钙电解体系抑制煤系粘土岩泥化的试验研究

李明明^{1,2}

(1. 东北大学 资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819;
2. 黑龙江科技大学 矿业工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150022)

摘要:本文针对煤系粘土岩易泥化的问题,以通辽褐煤煤矿顶板粘土岩为研究对象,采用单因素和正交试验方法,考查了电压梯度、电解质浓度、反应时间和矿浆浓度对电解抑制粘土岩泥化的影响,确定了抑制粘土岩最佳试验条件为:电压梯度 2.0 V/cm,电解质浓度 1.5 mol/L,矿浆浓度 2 g/L,电解时间 6 h。

关键词:泥化;粘土岩;电解体系;抑制

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2015.06.011

中图分类号:TD989 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2015)06-0042-04

在煤炭洗选加工过程中,煤系伴生粘土岩遇水极易泥化,泥化形成的大量微细颗粒具有高分散性,难于沉降,严重影响煤炭洗选、煤泥水沉降和过滤等作业过程,给选煤厂正常运营带来困难^[1-2]。

粘土岩泥化是水-岩相互作用,岩石水化、膨胀、崩解、碎散成泥的过程,岩石的泥化特性与其水化膨胀特性息息相关。因此,目前关于抑制粘土岩泥化的研究主要集中在抑制粘土岩水化膨胀方面。这些研究大体可分为两类,一是粘土稳定剂或膨胀抑制剂的研究,二是粘土岩化学改性的研究^[3-12]。本文以通辽褐煤煤矿顶板粘土岩为研究对象,采用氯化钙电解体系,对抑制粘土岩泥化进行了研究,并探讨了抑制粘土岩泥化的适宜条件。

1 试验部分

1.1 样品和试剂

本研究选取通辽褐煤煤矿顶板岩石为试验样品,样品粒度小于 0.5 mm。所用 CaCl₂ 试剂为分析纯,试验用水为去离子水。

由图1 样品 X-射线衍射图和表1 样品化学多元素分析可见,样品矿物成分为原生矿物石英含量 40%,长石含量 9%,次生矿物为硅酸盐类粘土矿物伊利石和高岭石,含量分别为 35% 和 5%,其他矿物 11%。

表1 样品化学多元素分析/%

Table 1 Chemical element analysis of sample

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	MgO	LOI
49.93	15.77	3.86	2.45	2.28	1.20	1.11	10.21

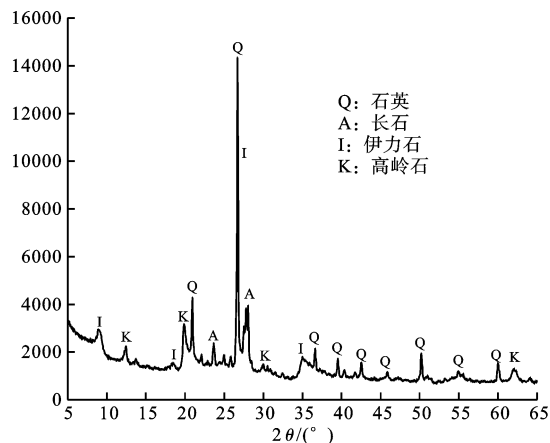


图1 样品 X-射线衍射

Fig.1 X-ray diffraction patterns of sample

1.2 仪器与设备

试验所用仪器有电解装置、沉降装置、X-射线衍射仪和真空干燥箱等。

电解装置包括实验室自制无隔膜电解槽,钛金属电极,电动转子搅拌机, RXN-3003A 型号直流稳压电流仪,恒温水浴夹套。

收稿日期:2015-07-06

基金项目:黑龙江省普通高校矿物加工工程重点实验室开放课题(201307)

作者简介:李明明(1976-),男,副教授,硕士,主要从事洁净煤技术方面的研究。

1.3 试验方法

1.3.1 电解

将 500 mL 不同摩尔浓度 CaCl_2 溶液加入到电解池中,再加入一定量的样品于电解池中,搅拌均匀后插入电极,利用恒温水浴调节温度,接通电源调到一定电压,电解结束,用去离子水反复冲洗电极,所得矿浆采用自由沉降原理分出大于和小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 两个粒级产品,烘干、称重。

1.3.2 泥化评价指标

本文以小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 细泥增量为泥化评价指标,即电解反应后与反应前物料中小于 $10\text{ }\mu\text{m}$ 颗粒质量百分比差。

2 试验结果与讨论

2.1 电解条件试验

2.1.1 电位梯度

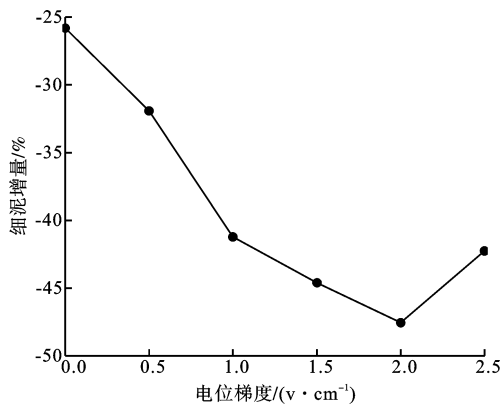


图2 电位梯度对泥岩泥化的影响

Fig. 2 Effect of voltage gradient on argillitization of clay rock

电位梯度对粘土岩泥化的影响见图2。随着电位梯度增大,粘土岩细泥增量减小,当电位梯度为 2 V/cm 时,细泥增量达最小值,此后随电位梯度增大而增加。根据 Casagrande 电渗速度经验方程可知,电位梯度与电渗速度呈线性关系,电位梯度越大,电渗速度越大,粘土矿物脱水固结作用越强,导致粘土岩细粒增量减少;电解过程也是一个氧化还原反应过程,随着电位梯度增加,氧化还原反应速度也加快,粘土岩中有机胶结物质被大量氧化,导致颗粒粒度细化。因此,电解过程是一个复杂的化学反应过程,既有使颗粒粒度变粗的因素,也有使颗粒粒度变细的因素,出现图3现象,可能是当电位梯度小于 2 V/cm 时,电渗脱水作用占主导地位,此后电解氧化还原反应影响越来越大,导致粘土岩细泥增量增加。

2.1.2 电解质浓度

电解质浓度与粘土岩细粒增量的关系见图3。可以看出随着电解质浓度的增加,粘土岩细泥增量在快速减小;但是当电解质浓度达到一定值时,细泥增量趋于稳定,此时细泥增量受电解质浓度影响减小。随着电解质浓度增大,粘土矿物吸附溶液中的 Ca^{2+} , 压缩双电层,减小颗粒表面界面张力,减弱粘土颗粒的泥化作用,导致粘土岩细泥含量减小;当电解质浓度大于 1 mol/L 时,可能因为粘土颗粒双电层吸附钙离子达到饱和,而又不能发生特性吸附,所以导致细泥增量保持稳定。另外,电解质浓度增加,溶液电导率增大,电渗速度增加,有利于粘土颗粒粒度增粗;电解质浓度过大,电解过程的氧化还原反应影响显著,会导致颗粒细化因素增加。总体来讲,在一定程度上增加电解质浓度,可以有效抑制粘土岩泥化。

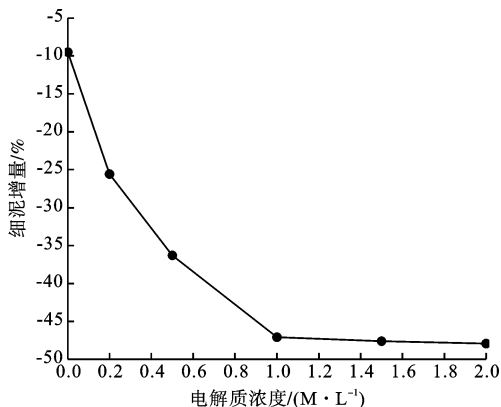


图3 电解质浓度对粘土岩泥化的影响

Fig. 3 Effect of electrolyte concentration on argillitization of clay rock

2.1.3 矿浆浓度

矿浆浓度对粘土岩细泥增量的影响见图4。由图4可以得出,随着矿浆浓度的增加,粘土岩细泥增量呈逐渐增加趋势,并且在矿浆浓度小于 6 g/L 时,细泥增量变化幅度相对较小。可能因为:矿浆浓度增加,矿浆电阻率增大,导电率降低,粘土岩电渗速度降低,导致粘土岩颗粒细泥含量增加。

2.1.4 电解时间

图5给出了电解时间与粘土岩细泥增量的关系。由图5可见,随着电解时间的延长,粘土岩细泥增量大幅度减小,当电解时间在 4 h 之后,变化趋于

平稳,并且细泥增量有增大的趋势。电解时间越长,颗粒经历电渗脱水时间越长,有利于颗粒粒度增粗;当电解时间大于4 h,可能因为颗粒发生一定程度脱水固结,孔隙结构发生较大改变,孔隙度降低,大量小孔隙消失,导致电渗速度降低,颗粒细泥增量趋于稳定;电解时间过长,有机质氧化还原反应影响明显,导致颗粒粒度细化。

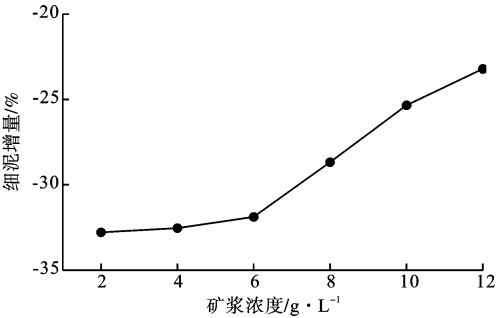


图4 矿浆浓度对粘土岩泥化的影响

Fig.4 Effect of mineral slurry concentration on argillitization of clay rock

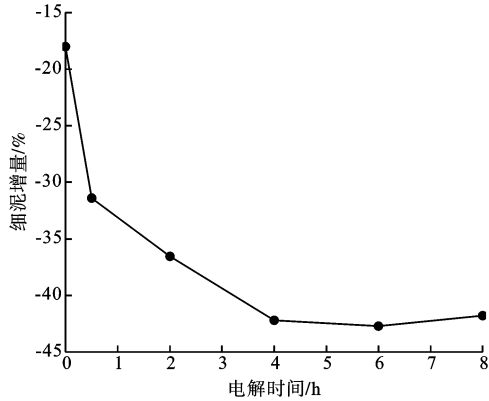


图5 电解时间对粘土岩泥化的影响

Fig.5 Effect of the electrolysis time on argillitization of clay rock

2.2 电解条件优化试验

在探索性试验基础上,选择电解时间、矿浆浓度、电解质浓度和电压梯度为考察因素,每个因素考察3个水平,以泥岩细泥增量为评价指标,设计一组四因素三水平正交实验,以确定抑制粘土岩泥化的较优试验条件。正交试验设计及数据处理见表2。

根据极差与各因素水平平均值直观分析,可以得出影响因素的主次顺序为:电解质浓度>电压梯度>电解时间>矿浆浓度;最佳试验条件为:电压梯度2.0 V/cm,电解质浓度1.5 mol/L,矿浆浓度2 g/L,电解时间6 h。

表2 正交试验

Table 2 The orthogonal test

试点	电压 梯度/ (V · cm ⁻¹)	电解质 浓度/ (mol · L ⁻¹)	矿浆 浓度/ (g · L ⁻¹)	电解 时间 /h	细泥 增量 /%
1	1.5	0.5	2	2	-26.72
2	2	0.5	4	4	-31.56
3	2.5	0.5	6	6	-28.52
4	1.5	1	6	4	-34.61
5	2	1	2	6	-38.55
6	2.5	1	4	2	-37.5
7	1.5	1.5	4	6	-40.35
8	2	1.5	6	2	-47.07
9	2.5	1.5	2	4	-41.55
K ₁	-101.68	-86.8	-111.29	-106.82	
K ₂	-117.18	-110.66	-107.72	-109.41	
K ₃	-107.57	-128.97	-107.42	-110.2	
$\bar{K}_1$	-33.89	-28.93	-37.10	-35.61	
$\bar{K}_2$	-39.06	-36.89	-35.91	-36.47	
$\bar{K}_3$	-35.86	-42.99	-35.81	-36.73	
R	3.20	14.06	0.10	1.13	

3 结 论

(1)氯花钙电解体系可以有效抑制粘土岩泥化。主要机理是通过粘土岩电渗脱水作用,来达到抑制泥化的目的。

(2)细泥增量随着电压梯度增加,先减小再增大,有一较佳值;细泥增量随电解质、电解时间、浓度增加而减小,而后趋于稳定;细泥增量随矿浆浓度增加,而增大。

(3)通过正交试验得到较佳反应条件为:电压梯度2.0 V/cm,电解质浓度1.5 mol/L,矿浆浓度2 g/L,电解时间6 h。

参考文献:

[1] 闵凡飞,张明旭,朱金波.高泥化煤泥水沉降特性及凝聚剂作用机理研究[J].矿冶工程,2011,31(4):55-59.
[2] 林喆,杨超,沈正义,等.高泥化煤泥水的性质及其沉降特性[J].煤炭学报,2010,35(2):312-315.
[3] 曹方起,尹先清.粘土稳定剂的研究进展[J].内蒙古石油化工,2009(18):125.
[4] 钟汉毅.聚胺强抑制剂研制及其作用机理研究[D].中国石油大学(华东),2012.13-20.
[5] 王东,康天合,柴肇云,等.粘土类软岩电化学改性机理的初步研究[J].矿业研究与开发,2010,30(2):47-49.
[6] 王来贵,张鹏,杨建林,等.软岩改性及其微观机理研究[J].硅酸盐通报,2015,34(1):100-105.