

花草滩矿区+304孔易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系研究与应用

雷永胜¹, 纪卫军^{2*}

(1. 甘肃煤田地质局一四五队, 甘肃 张掖 734002; 2. 北京三和润井科技有限公司, 北京 102240)

摘要: +304孔是在花草滩矿区实施的一口深部煤层钻孔, 主煤层埋深普遍超过了800 m, 煤质条件以碎粒煤为主, 胶结性差, 破碎、松散、垮塌风险高, 常规钠土聚合物冲洗液体系使用过程中, 复杂事故不断。研究了易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系, 主要配方: 水+4% 钠土+0.05% 纯碱+0.3% 羟乙基纤维素(HEC)+0.5% 可降解聚合物(JP)+1% 降滤失剂+1% 防塌剂+1% 可降解封堵剂+0.5% 润滑剂+加重剂(碳酸钙); 表观粘度15~20 mPa·s, 滤失量<5 mL, 动切力8~10 Pa。经过实验, 对煤层的膨胀率仅不到0.1%, 采用氧化型破胶剂OPJ 1.0%的加量, 降解率达93.5%。现场共完成钻孔进尺1077.50 m, 未出现坍塌、缩径等复杂情况。

关键词: 易降解; 防塌; 强抑制; 破碎煤层; 聚合物冲洗液

中图分类号: P634.6 文献标识码: A 文章编号: 2096-9686(2024)S1-0322-05

Study and application of polymer flushing fluid system with easy degradation and strong anti-collapse inhibition for +304 hole in Huacaotan mining area

LEI Yongsheng¹, JI Weijun^{2*}

(1. 145 Brigade, Gansu Bureau of Coal Geology, Zhangye Gansu 734002, China;
2. Beijing Sanhe Runjing Technology Co., Ltd., Beijing 102240, China)

Abstract: Hole +304 is a deep coal seam borehole drilled in Huacaotan mining area. The buried depth of main coal seam generally exceeds 800m. The coal quality condition is mainly broken coal, poor cementation, high risk of fragmentation, loosening and collapse. During the use of conventional sodium clay polymer flushing fluid system, complex accidents occur continuously. The polymer flushing fluid system with easy degradation and strong inhibition against collapse was studied, main formula: water+4% sodium clay+0.05% soda ash+0.3% hydroxyethyl cellulose (HEC)+0.5% degradable polymer (JP)+1% fluid loss agent +1% anti-collapse agent+1% degradable plugging agent +0.5% lubricant + weighting agent (calcium carbonate), apparent viscosity 15~20mPa·s, fluid loss <5mL, dynamic shear force 8~10Pa. After experiments, the expansion rate of coal seam is less than 0.1%, using oxidation type gel breaker OPJ 1.0%, The degradation rate reaches 93.5%, the drilling footage is 1077.50m, and there is no collapse, diameter reduction and other complicated situations.

Key words: easy degradation; collapse prevention; strong inhibition; broken coal seam; polymer flushing fluid

收稿日期: 2024-07-02; 修回日期: 2024-07-12 DOI: 10.12143/j.ztgc.2024.S1.051

第一作者: 雷永胜, 男, 汉族, 1976年生, 高级工程师, 探矿工程专业, 主要从事钻探、冲洗液等技术研究工作, 甘肃省张掖市甘州区一四五队, 459919462@qq.com。

通信作者: 纪卫军, 男, 汉族, 1985年生, 高级工程师, 探矿工程专业, 主要从事钻探生产施工、钻井液等技术研究工作, 北京市房山区广阳新路7号院1420, 158113474@qq.com。

引用格式: 雷永胜, 纪卫军. 花草滩矿区+304孔易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系研究与应用[J]. 钻探工程, 2024, 51(S1): 322-326.

LEI Yongsheng, JI Weijun. Study and Application of polymer flushing fluid system with easy degradation and strong anti-collapse inhibition for +304 hole in Huacaotan mining area[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1): 322-326.

1 +304孔地质概况

花草滩矿区+304孔位于甘肃张掖市山丹县花草滩,距山丹县城42 km,距张掖市区108 km。行政区划上隶属张掖市山丹县管辖,区内地形平坦,由高速公路及铁路从该区穿过,因此区内外交通条件较为便利^[1-3]。

勘查区地层大部分被第四系所覆盖,根据钻探资料可知,赋存的地层有老到新为:寒武系大黄山群,石炭系下统臭牛沟组、石炭系中统羊虎沟组、石炭系上统太原组,二叠系下统大黄山群、二叠系上统窑沟群,新近系和第四系^[4]。

(1)寒武系大黄山群:为变质岩,主要为厚层状变质砂岩夹少量泥质板岩。

(2)石炭系:下统臭牛沟组:上部为厚层灰岩、结晶灰岩、角砾状灰岩夹石英粗砂岩,产化石。下部为变质石英砂岩砾、石英粗砂岩夹炭质千枚岩。中统羊虎沟组:上部为砂质页岩夹粘土页岩和3层灰岩,产腕足类及珊瑚化石。下部为石英粗砂岩及千枚状页岩,底部见灰白色石英砾岩。上统太原组:上部为杂色、灰绿色细砾岩、粗砂岩及砂岩夹透视镜状煤层。下部为灰色砂岩、砂质页岩、炭质页岩夹煤数层及石英粗砂岩和粘土层,产植物化石。

(3)二叠系:下统大黄山群:上部为紫色、灰色粗细砂岩夹石英细砂岩。下部为紫红色、灰色砾岩含砾砂岩质页岩及砾岩。上统窑沟群:主要为紫红色砾岩夹紫红色粗砂岩,厚层状。

(4)新近系:紫红色砾岩,砂砾岩及含砾粗砂岩,底部为角砾岩。

(5)第四系:为现代河流、湖沼、冲(洪)积砂砾石层及腐殖亚粘土,局部有风成黄沙丘及局部坡残积层,下部有未胶结砂砾岩层,较松散。

2 +304孔工程概况

2.1 主要钻探设备

+304孔设计井深1075 m,终孔层位见到灰岩15 m。施工现场见图1,选择的主要钻探设备见表1。

2.2 钻具组合及技术参数

为了增加钻具的稳定性和防斜能力,采用“塔式钻具”组合,钻具自下而上为:钻头(Ø98 mm/Ø113 mm)→岩心卡断器(Ø89 mm或Ø73 mm)→钻铤(Ø68 mm)→钻杆(Ø50 mm/Ø60 mm)→主动钻



图1 +304孔施工现场

表1 +304孔主要钻探设备

名称	型号	数量/台
钻机	XY-8	1
柴油机	6135	1
泥浆泵	NBB-200/40	1
钻塔	人字塔(24 m)	1
搅拌机	1.5 m ³ 立式	1
除砂泵	IPN型	1

杆(89 mm×79 mm)→水龙头。主动钻杆、钻杆、钻铤、岩心管之间连接用异径接头。主要钻进技术参数见表2

表2 +304孔钻进技术参数

地层	钻压/ kN	转速/(r· min ⁻¹)	泵量/(L· min ⁻¹)
第四系	3~6	200~350	150~200
新近系、石炭系臭牛沟组、二叠系	6~12	250~350	200~250
石炭系羊虎沟组	8~12	350~600	200~250
煤层	2~3	150~200	100~150

3 +304孔钻探技术的主要难点及方案

3.1 主要技术难点

(1)煤层埋深深,普遍超过了800 m垂深,施工难度大^[5-6]。

(2)煤质条件较差,以碎粒煤为主(见图2),垮塌风险更高。

(3)两套煤层中间有一套夹矸,胶结性能差,易出现孔壁失稳。

(4)埋深深,初期掉块不容易出来,出现问题不

容易及时发现,卡埋钻具风险较高。

(5)存在冲洗液性能突变风险,引起孔内复杂

事故。

(6)环保要求高。



图2 现场采取的煤样

3.2 冲洗液技术方案

针对煤层厚度大,易降解强抑制聚合物冲洗液体系主要采用复合聚合物,增加液相粘度和成膜性,降低水相活度,阻止或延缓水相与煤岩相互作用达到稳定煤层孔壁作用;同时自身易降解破胶。后期采用降解破胶技术,解除聚合物对煤层污染^[7-8]。主要技术点如下:

(1)煤层冲洗液首先要考虑的就是防塌能力,较低的滤失量,薄而韧的泥饼质量和针对于未发育完全的煤层抑制其水化,膨胀、分散^[9-11]。

(2)尽可能少的冲刷、破坏煤层:煤层分为原生构造煤、构造-破碎煤、碎粒煤、粉煤、糜棱煤等,越差的煤质越要注意冲洗液对于煤层的冲刷作用。冲洗液主要体现在动塑比、初/终切力、3/6转等参数。一般情况下建议动塑比 >0.5 ,动切力 >8 Pa,塑性粘度 ≥ 20 Pa。

(3)针对于不同种类的粘土矿物地层、煤系地层、砂泥岩互层,需要冲洗液具有良好的封堵能力,粗封堵、细封堵、微米级封堵、纳米级封堵等结合构成了全尺寸封堵,实现对裂缝性发育、不稳定粘土

矿物地层、伊蒙混层等地层的孔壁有效稳定^[12-14]。

(4)极好的抑制性^[15-18]:有效抑制粘土矿物水化膨胀分散,减少钻孔缩径、孔壁失稳的概率。

4 易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系实验研究

4.1 易降解强抑制防塌聚合物冲洗液配方及性能

主要配方:水+4% 钠土+0.05% 纯碱+0.3% 羟乙基纤维素(HEC)+0.5% 可降解聚合物(JP)+1% 降滤失剂+1% 防塌剂+1% 可降解封堵剂+0.5% 润滑剂+加重剂(碳酸钙)。其性能指标见表3。

表3 冲洗液主要性能

密度/ (g·cm ⁻³)	表观粘度/ (mPa·s)	API滤失 量/mL	动塑 比	润滑系 数K _t /%	动切 力/Pa	pH 值
1.05~ 1.10	15~20	<5	>0.6	<0.08	8~ 10	8~ 8.5

4.2 膨胀性测试

将块状煤样粉碎过80目筛制作人工岩心,用页岩膨胀量测定仪测试在不同冲洗液中的膨胀性,膨

胀率=在不同实验介质中增加的高度/样品高度×100%,实验结果见图3。

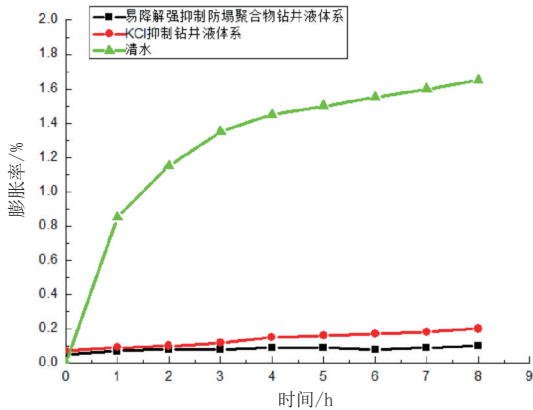


图3 不同冲洗液体系膨胀率实验

从图3可以看出,易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系长时间的抑制效果好于常规KCl体系,最低膨胀率仅不到0.1%。

4.3 可降解性试验

强抑制防塌冲洗液能够有效地维持深部破碎、微裂隙地层的孔壁稳定,但是后期开采的时候需要降低冲洗液对煤层岩心的污染。本实验优选氧化型破胶剂OPJ配制的破胶液,对强抑制防塌冲洗液配方进行降解评价,实验结果如图4、图5所示。

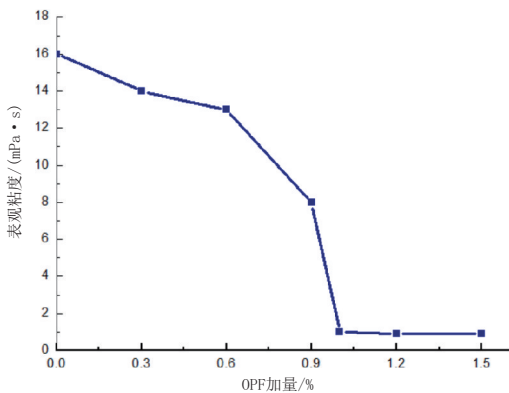


图4 氧化型破胶剂OPJ加量对强抑制防塌冲洗液表观粘度的影响

图4实验结果表明,随着氧化型破胶剂OPJ的加入,表观粘度开始降低幅度较小,加量超过0.6%后粘度下降较快,加入过1%后,表观粘度降幅最大,后续继续加大破胶剂的量对粘度的影响不大。氧化型破胶剂OPJ 1.0%的加量对强抑制防塌冲洗

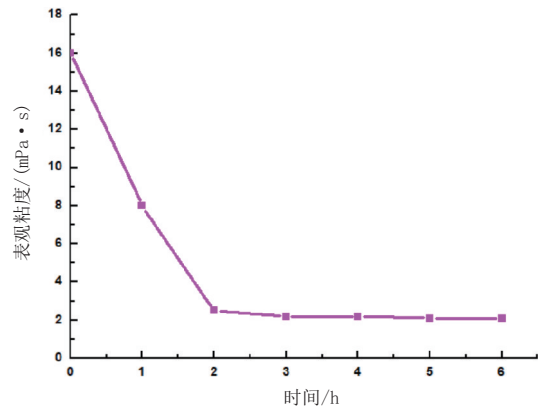


图5 氧化型破胶剂OPJ加入时间对强抑制防塌冲洗液表观粘度的影响

液的表观粘度降解效果就可以满足实验要求,降解率达93.5%。图5结果可以看出,1%加量的氧化型破胶剂OPJ,随着时间的增加,粘度降幅呈直线型降低,2h后基本粘度降解率达87.5%,可以满足现场施工的需求。

5 现场应用

易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系在花草滩矿区+304孔进行了成功应用,使用该冲洗液体系共完成钻孔进尺1077.50 m,未出现坍塌、缩径等复杂情况,孔内未发生任何事故,钻进效率较同矿区其它钻孔提高了25%,深部煤层取心率达到了95.8%。钻进过程中粘度维持在40~45 s之间,密度维持在1.05~1.10 g/cm³。

现场使用情况见图6、图7。



图6 易降解强抑制防塌冲洗液现场使用情况

6 结论

(1)研制了易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系,配方为:水+4% 钠土+0.05% 纯碱+0.3% 羟



图7 易降解强抑制防塌冲洗液泥皮质量

乙基纤维素(HEC)+0.5%可降解聚合物(JP)+1%降滤失剂+1%防塌剂+1%可降解封堵剂+0.5%润滑剂+加重剂(碳酸钙);性能为:粘度40~45 s,密度1.05~1.1 g/cm³,滤失量<5 mL,动塑比>0.6。

(2)研制的易降解强抑制防塌聚合物冲洗液体系,保证了深部煤层取心率95.8%,孔壁未发生垮塌、掉块现象,有效地保证了施工顺利进行。

参考文献:

- [1] 杨熙.山丹花草滩矿区煤岩特征及煤层气赋存因素分析[J].内蒙古煤炭经济,2020(1):13,16.
- [2] 郑重.韩城矿区煤的煤岩特征及煤层气生储因素分析[J].煤田地质与勘探,2004(5):23-25.
- [3] 王生维,段连秀,陈钟惠,等.煤层气勘探开发中的煤储层评价[J].天然气工,2004,24(5):82-84.
- [4] 郑欢,许晓宏,胡佳杰,等.延川南区块煤层气储层垂向非均质性特征及意义[J].天然气工业,2019,37(4):555-559.

- [5] 陈龙伟,侯月华,姚艳斌,等.沁水盆地南部郑庄区块煤层非均质性研究[J].煤炭科学技术,2016,44(11):147-153.
- [6] 陈智晖,夏海英,李洪波,等.水基钻井液环境友好性评价标准研究及应用[J].广东化工,2022,49(15):56-58.
- [7] 麻朗朗,陶士先,邹志飞.白银市土红湾-李家沟煤炭资源详查23-2孔冲洗液技术[J].钻探工程,2023,50(5):81-87.
- [8] 刘浩,蔡记华,肖长波.生物酶可降解钻井液降解效果评价方法[J].钻井液与完井液,2012,29(3):74-77,97.
- [9] 蔡记华,袁野,刘浩,等.可降解钻井液对煤岩渗透率的影响评价[J].煤炭学报,2013,38(11):1993-1998.
- [10] 李兵,张永成,李子健.煤层气水平井弱凝胶钻井液体系的应用研究[J].矿业安全与环保,2019,46(2):75-78.
- [11] 丁宁宁,马天捧,姚雷,等.粉煤地层绳索取心钻进孔壁坍塌分析及处理[J].钻探工程,2024,51(2):127-132.
- [12] 邹玉亮.软弱土层穿越的稳壁防偏钻井液技术研究[D].武汉:中国地质大学,2021.
- [13] 杨小敏,睢文云,郑伟.聚醚醇钻井液在花X39井的应用[J].新疆石油天然气,2020,16(3):38-41,3.
- [14] 苏力才,谢健全,李永卫,等.PVA1788无固相冲洗液体系的研究与应用[J].钻探工程,2022,49(4):68-73.
- [15] 谢水祥,蒋官澄,陈勉,等.环保型钻井液体系[J].石油勘探与开发,2011,38(3):369-378.
- [16] 李志敏.复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J].中国石油和化工标准与质量,2018,38(24):187-188.
- [17] 蔡记华,刘浩,陈宇,等.煤层气水平井可降解钻井液体系研究[J].煤炭学报,2011,36(10):1683-1688.
- [18] 吴跃钢,徐菁.无固相弱凝胶钻井液在水井施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):261-264.

(编辑 荐华)