

甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究

孙宗席

(武警警科学院黄金系,北京 昌平 102202)

摘要:介绍了甘肃文县阳山矿区泡沫冲洗液和 HJ-YS 系列冲洗液的研制与应用。以 42 线 ZK706 孔和 51 线 ZK3002、ZK3016、ZKN3084、ZK0204 钻孔为例,首先介绍了泡沫冲洗液在孔壁失稳地层的应用效果;其次介绍了低固相植物胶 HJ-YS 系列冲洗液对破碎强烈、多溶洞、易漏失、水敏性强、采心困难的复杂地层所具有的良好润滑减阻和护壁堵漏效果。

关键词:复杂地层;钻探;泡沫冲洗液;植物胶冲洗液;阳山矿区

中图分类号:P634.6 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2012)12-0032-04

Study on Washing Fluids for Complex Formation in Yangshan Mining Area of Gansu/SUN Zong-xi (Chinese Armed Police Force Category Command Academy, Changping Beijing 102202, China)

Abstract: The paper discussed the development and application of foam washing fluid and HJ-YS series washing fluid for Yangshan mining area of Gansu. With the cases of ZK706 in 42 exploration line, and ZK3002, ZK3016, ZKN3084 and ZK0204 in 51 exploration line, the application effect of foam washing fluid to hole wall instability is firstly introduced; then the application effect of HJ-YS series washing fluid are introduced. This low solid plant gum has lubricating resistance-reducing and wall protection effects in serious broken, multi-karst cave, leakage, high water-sensitivity and difficult coring formations.

Key words: complex formation; drilling; foam washing fluid; plant gum washing fluid; Yangshan mining area

阳山矿区隶属于甘肃省文县,该矿区地形陡峭,切割较深,地形坡度多在 35°以上,地形最高点高程 4287 m,最低 640 m,金矿带位于“川陕甘成矿区”,由于矿区内受安昌河-观音坝断裂带的强烈影响,地质构造异常复杂。岩层软硬不均,交替变化频繁,胶结性差。由于岩层受褶皱和断裂等地质现象的影响,节理、片理、裂隙较发育,断层面周围形成强烈破碎。施工过程中,孔壁严重坍塌、掉块、缩径、漏失、涌砂、采心难等问题层出不穷,尤其是“井壁坍塌、岩心采取率低”的问题,已经成为制约矿区钻探施工的“瓶颈”。因此,研制适合阳山复杂地层的冲洗液是确保完成矿区勘探任务的当务之急。

1 施工地层条件

矿区内构造活动频繁,褶皱断裂发育,断裂构造主要有白马-临江断裂、松柏-何家坝-梨坪断裂、马家磨-沙戈里-魏家坝等区域性断裂。矿区产于泥盆系中统三河口组第三岩性段中,主要受安昌河-观音坝断层控制,矿区总体为单斜岩层,受断层影响局部倒转,区内褶皱、断层较为发育,破碎蚀变强烈,主要由第四系冲洪积物、碎裂岩、风化碳质千枚

岩、钙泥质千枚岩、灰岩和斜长花岗斑岩脉组成。其中第四系冲洪积物覆盖层厚度较大,平均厚度达 75 m 左右;千枚岩浅灰色,千枚状构造,局部破碎强烈;斜长花岗斑岩呈浅灰色,块状构造,局部呈碎裂岩;灰岩结构较致密,节理较发育。可钻性级别为硬~中硬。

2 冲洗液技术难题

从已查明的地质资料和目前使用冲洗液来看,在阳山矿区的钻井过程中,要解决冲洗液技术关键问题如下。

(1) 表层存在较厚的砂岩、腐殖质和残破土,易漏失、易造成井径扩大,影响钻孔质量。

(2) 矿区内钻孔涉及复杂地层层次多,深度大,含矿层较多,孔底砂多、机械钻速低;水敏性地层中,岩心遇水软化,岩心破碎,采心困难。

(3) 矿区内裂隙发育、破碎强烈、多溶洞,易发生冲洗液渗漏;大漂石多,钻进地层极易出现孔壁坍塌、掉块、埋钻,严重时可能造成整个钻孔报废。

(4) 断层泥等地层吸水膨胀,易造成缩径夹钻事故;大颗粒岩渣不能及时排出,群体封堵易造成岩

收稿日期:2012-07-14;修回日期:2012-11-13

作者简介:孙宗席(1971-),男(汉族),安徽蚌埠人,武警警科学院副教授,采矿工程专业,从事探矿工程的教学与研究工作,北京市昌平区南口镇,woszx1971@163.com。

粉埋钻等。

3 冲洗液的研制

针对矿区上部为第四系松散破碎、非固结地层、漂卵石层,在钻探施工中易出现长孔段垮塌,有的深部裂隙发育,极易导致全孔漏失等技术难题,我们组建了技术攻关小组,连续多年进行了大量的试验与技术革新,研究、改进冲洗液种类和性能,使其适应不同的复杂地层条件,减少井故,提高施工生产效率。在阳山矿区施工 10 多年来,通过反复试验,成功研制了适合阳山矿区复杂地层的 2 种冲洗液:泡沫冲洗液和低固相植物胶冲洗液。经过不懈努力,这 2 种冲洗液配制技术已趋成熟,并在阳山矿区得到广泛应用。钻孔深度最深达 940 m,优质孔率也不断提高(见表 1),取得了非常好的施工效果。

表 1 阳山矿区历年钻孔主要技术指标

年	钻孔数	年实进尺/m	台月实进尺/m	台年实进尺/m	台月效率/m	最大孔深/m	平均孔深/m	优质孔率/%
2001	7	1456.69	208	1457	261	265	315	58
2002	7	1442.03	220	1321	272	289	206	67
2003	10	5381.31	288	1899	353	746	457	85
2004	28	11260.72	279	2072	365	640	518	81.8
2005	17	4436.90	370	2219	466	456	260	88
2006	17	8583.76	301	1717	507	815	504	87
2007	18	7139.40	355	2380	432	937	420	94
2008	10	4177.60	349	1571	437	658	389	92
2009	14	5763.01	345	1972	435	870	429	98
2010	16	6340.57	259	1268	585	546	402	97.3
2011	28	12776.82	490	2834	335	834	546	100
2012	14	8520.29	393	2595	322	940	610	98

3.1 泡沫冲洗液

3.1.1 泡沫冲洗液的特点

泡沫冲洗液的突出特点是具有密度和固相含量低、流速高、特性好、失水量低、泥皮质量好、润滑性好、可压缩性等。其在钻进漏失、水敏性强、松散破碎等地层中,具有良好的防塌、护心、携带岩屑、护壁防漏、堵漏、提高机械钻速等优势。

3.1.2 泡沫冲洗液的配制工艺

我们在中国地质大学相关专家的指导下,在实验室里历经 2 个多月的试验,研制的泡沫冲洗液较好地解决了阳山矿区钻探施工中出现的孔壁失稳问题,这一难题是用低固相、无固相冲洗液无法解决的。

配制工艺:先在搅拌机中加入定量的清水,而后再加入粘土和碳酸钠水溶液,搅拌 2 h 成均匀液体后,加 PHP 再进行充分搅拌,而后再加泡沫剂进行

强烈搅拌,即制成泡沫冲洗液。

3.1.3 泡沫冲洗液的应用效果

在 42 线施工 ZK706 孔时,0~76 m 为第四系覆盖层,76~125 m 为风化千枚岩水敏性地层,125~210 m 为碳质千枚岩破碎地层,265~316 m 为破碎带。由于该钻孔涉及复杂地层层数多,深度大,含矿层较多,钻进此种地层易出现孔壁坍塌、掉块、渗漏,且孔底砂多,岩心遇水软化,采心困难,卡钻,机械钻速低等。因此,我们试用了泡沫冲洗液进行钻进,较好地解决了孔壁失稳问题,并顺利完成该孔,终孔达 820 m。终孔后进行的技术指标统计显示,该孔台效 610 m,纯钻率 51%,小时效率 2.10 m,充分显示了泡沫冲洗液较其它冲洗液的优越性。使用该冲洗液应注意 3 方面的问题:一是机台要设置合理的冲洗液循环系统,加强除砂;二是基浆的密度 $\geq 1.49 \text{ g/cm}^3$,漏斗粘度应控制在 29~31 s,API 失水量 $\geq 20 \text{ mL}$,否则配制成的泡沫冲洗液性能达不到要求;三是使用泡沫冲洗液进行金刚石钻进时,金刚石钻头端面与孔底之间的过水断面要大,水口数量应比常用钻头多 1~2 组,否则易烧钻。

3.2 低固相植物胶冲洗液

3.2.1 冲洗液的选用

根据阳山矿区地层的特点,我们重点开展了“新型优质低固相植物胶”优化配方研究。植物胶具有强抑制性、滤失性、润滑性、两亲性及绿色环保等显著优点。由处理剂与优质膨润土结合形成的植物胶冲洗液体系中,优质膨润土可增加切力、提高胶体稳定性、降低滤失量,且植物胶能起到强抑制、提粘、润滑等作用,可从物理、化学等多方面共同维护孔壁稳定,所以,最终确定植物胶为优选实验材料。

3.2.2 冲洗液的配制

低固相植物胶冲洗液目前在我部施工中已形成系列配方,具体配制如下。

3.2.2.1 HJ-YS-1 型

在施工过程中,我们对原有 YS-1 型植物胶冲洗液采用正交试验方法进行了优选,确定了适用于阳山矿区普通地层的 HJ-YS-1 型冲洗液的基本组分配比。SD-2 这种植物胶冲洗液表面包裹一层粘弹性胶膜,能隔离孔壁岩石,减少冲洗液失水,形成具有一定粘弹性、强度高、薄而坚韧的泥皮,有利于孔壁稳定,而且有较好的润滑性,减轻了钻具对孔壁的破坏作用。同时植物胶的高粘性有利于提高冲洗液动塑比,提高携带岩粉能力,保持孔底干净。具体配比:膨润土 4%、SD-2 植物胶 3%、纤维素

0.5%、纯碱0.01%。实验室测得其基本性能为:密度 $1.09 \sim 1.10 \text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度 21 s 、表观粘度 $10 \sim 15 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、低压失水量 $\leq 10 \text{ mL/30 min}$ 、pH值 $8 \sim 9$ 、页岩膨胀率 0.25% 。

3.2.2.2 HJ-YS-2型

HJ-YS-2型冲洗液是针对千枚岩等水敏性地层设计,原理是钾离子会趋向封闭井壁上页岩的破坏楔并紧密地约束它们。现场应用表明,使用HJ-YS-2型冲洗液后施工顺利,井壁规则,有效地防止了缩径、坍塌掉块现象。具体配比是:膨润土4%、SD-2植物胶3%、纤维素0.5%、纯碱0.01%、钾盐(KCl-KHm)3%~5%。实验室测得其基本性能为:密度 $1.02 \sim 1.04 \text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度 29 s 、表观粘度 $11 \sim 16 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、低压失水量 $\leq 12 \text{ mL/30 min}$ 、pH值 8.5 、页岩膨胀率 0.03% 。

3.2.2.3 HJ-YS-3型

HJ-YS-3型冲洗液选用十二烷基苯磺酸钠(3%~5%)为发泡剂主要材料(主剂),选择其他表面活性材料为辅助材料(辅剂),以补偿主剂的不足。发泡剂具有亲油和亲水2个基团,是一种表面活性剂,具有粘度高、流变性能好的特点,可提高冲洗液性能,适用于微漏失、难取心地层,有利于维护井壁稳定;在孔内形成一种可以阻止或延缓冲洗液侵入地层的微泡网络,非常适合用于钻进漏失地层;携带岩粉能力强,保持孔内干净,有利于保证岩心采取率;密度小,液柱压力低,能实现低压平衡钻进,防止或减少因压差而造成的漏失。采用XC生物聚合物(0.2%)为稳泡剂,目的是控制发泡率,保证稳定发泡,提高泡沫稳定性,在现场配置时,应先加稳泡剂,再分别加入主剂和辅剂。具体配比是:膨润土4%、SD-2植物胶3%、纤维素0.5%、纯碱0.01%、发泡剂3%~5%、生物聚合物0.2%。实验室测得其基本性能为:密度 $0.99 \sim 1.02 \text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度 33 s 、表观粘度 $11 \sim 14 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、低压失水量 $\leq 8 \text{ mL/30 min}$ 、pH值 $8 \sim 9$ 、页岩膨胀率 0.05% 。

3.2.2.4 HJ-YS-4型

HJ-YS-4型冲洗液是在HJ-YS-1型冲洗液基础上加入水玻璃配制而成的。水玻璃是一种常用的、较好的速凝剂,呈半粘稠、半透明状态,对页岩、千枚岩的水化膨胀有较好的抑制作用和防塌性能,有利于孔壁稳定。具体配比是:膨润土4%、SD-2植物胶3%、纤维素0.5%、纯碱0.01%、水玻璃3%。实验室测得其基本性能为:密度 $1.02 \sim 1.04 \text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度 31 s 、表观粘度 $11 \sim 12 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ 、低

压失水量 $\leq 7 \text{ mL/30 min}$ 、pH值 $8 \sim 9$ 、页岩膨胀率 0.03% 。

施工中,为有效防止复杂地层冲洗液漏失,我们还配制了复合堵漏液与HJ-YS-4型冲洗液配合使用。通过查阅相关文献资料发现,在裂缝比较发育的地层,在裂缝 $> 1 \text{ mm}$ 时,可采用刚性颗粒与柔性材料相结合的防漏堵漏技术。因此,我们通过在实验室反复试验,最后确定复合堵漏液成份的最佳组合为:膨润土4%、SD-2植物胶3%、纤维素0.5%、纯碱0.01%、核桃壳1.0%~1.5%、蛇皮袋0.6%~0.9%、锯末0.4%~0.6%。可根据需要调整颗粒状(核桃壳)、片状(蛇皮袋)和纤维状(锯末)的比例,以适应复杂地层的钻进。实验室内测得堵漏液的质量分数对堵漏效果的影响如图1所示。图1中A为基浆(膨润土4%、SD-2植物胶3%、纤维素0.5%、纯碱0.01%);B为刚性颗粒与柔性材料(核桃壳1.0%~1.5%、蛇皮袋0.6%~0.9%、锯末0.4%~0.6%)。

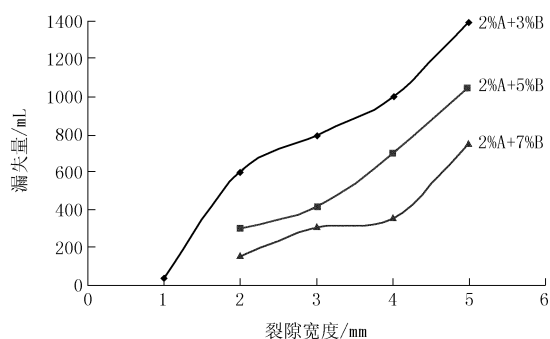


图1 复配堵漏剂加量对漏失量的影响

室内实验结果表明:防堵 1 mm 裂缝时,要加3%B;防堵 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 裂缝时,要加5%B;防堵 $4 \sim 5 \text{ mm}$ 裂缝时,要加7%B。

3.2.3 现场应用效果

为检验低固相植物胶冲洗液系列配方的效果,我们对HJ-YS-1、HJ-YS-2、HJ-YS-3、HJ-YS-4型4个类型冲洗液分别在51线ZK3002、ZK3016、ZKN3084、ZK0204孔进行了实践验证。

3.2.3.1 HJ-YS-1型应用效果

现场配液时,先加入定量的清水到搅拌机中,而后将溶解的纯碱液倒入搅拌均匀,同时开动搅拌机,再将SD-2植物胶粉及膨润土均匀地倒入搅拌机中,注意不可快速倒入,防止结团,导致搅拌不均匀;搅拌约 20 min ,搅拌的同时注意观察,直到胶粉完全搅拌均匀,充分溶解无结块现象,方可将浆液放入冲洗液池。循环槽应不短于 15 m ,使井内排除的砂及

岩粉充分沉淀。

在 ZK3002 钻孔施工中,当钻至 285 ~ 310 m 时,岩层破碎、坍塌、掉块严重,钻具无法放到位,经反复扫孔后,采用灌水泥护孔,仍然无法顺利施工。主要是由于垮孔段岩石为风化水系地层,风化严重,水泥浆液不能与孔壁形成牢固的隔离层,所以往往导致灌水泥刚扫孔到底,又出现垮孔、坍塌,施工效率极低。后改用 HJ-YS-1 型冲洗液,护壁能力增强,顺利通过事故层,各项经济技术指标均有所提高(见表 2)。

表 2 HJ-YS-1 型冲洗液与无固相冲洗液各项经济技术指标对比

冲洗液类型	小时效率/m	纯钻率/%	井故率/%	其他率/%	岩心采取率/%
无固相	0.79	29.5	4.3	3.2	80.8
HJ-YS-1	2.2	53	0.9	0.6	90.7

3.2.3.2 HJ-YS-2 型应用效果

在 ZK3016 孔施工过程中,分别在 58 ~ 62、90 ~ 106、248 ~ 253 m 三处遇断层泥,缩径现象明显,钻具升降困难。实验室测得千枚岩在清水中膨胀率为 8.9%,而在 HJ-YS-2 型冲洗液中膨胀率为 0.02%,这说明 HJ-YS-2 型冲洗液对遇水膨胀的水敏性地层抑制作用明显。在 58 ~ 62 m 地层以抑制泥岩水化膨胀和分散为主,采用 KHm(3%)、KCl(2%)、植物胶(4%)来抑制缩径和造浆;90 ~ 106 m 以封堵掉块和分散为主,将植物胶量提升到 5%,可有效封堵地层微裂隙,同时兼顾抑制上部地层缩径;进入深部地层后,加入适量润滑剂,减少泥饼的磨阻,以防粘附卡钻;钠土含量应保持在 5% ~ 6%,维持适当密度和粘度。根据不同地层特点调整配方后,钻进速度明显提高,基本上未出现缩径、坍塌掉块现象,钻头使用平均寿命和进尺提高了 16% 和 19%,每米成本降低了 6 ~ 11 元。

3.2.3.3 HJ-YS-3 型应用效果

在 ZKN3084 钻孔施工中,0 ~ 85 m 为覆盖层,岩石为冲击松散漂卵石、砂砾石。以前在类似地层钻进时,采用膨润土冲洗液跟管钻进,施工中易掉块、塌孔;255 ~ 490 m 岩层为碳泥质千枚岩,软硬夹层且变化频率高,孔口返水时有时无,冲洗液消耗为 0.2 m³/h,为微漏失地层,而且岩心采取率仅为 65%,远低于地质要求。ZKN3084 钻孔采用 HJ-YS-3 型冲洗液,配合投泥球等堵漏方法,施工非常顺利,以 830 m 顺利终孔。施工中,有效地控制了冲

洗液消耗,提高了岩心采取率(94%),台效为 655.71 m,比采用普通冲洗液提高了 65%。这也充分体现了植物胶冲洗液配合泡沫冲洗液二者各取其长的优越性。

3.2.3.4 HJ-YS-4 型应用效果

在 ZK0204 钻孔施工时,覆盖层为 150 m,其中有第四系坡积物,砾石层。岩层以石英砂岩、碳质千枚岩为主。施工中,采用 HJ-YS-4 型冲洗液和堵漏液堵漏方法。在 ZK0204 孔钻进过程中,当钻进到 231.4 ~ 248.8 m 时,出现了碳质千枚岩裂隙带,我们即用堵漏液进行堵漏,效果良好,恢复正常钻进后漏失速度仅为 0.6 m³/h,达到了良好的堵漏效果,直到终孔达 720 m 时,一直未发生冲洗液漏失、掉块、塌孔等现象,顺利完成施工任务。

值得注意的是,在施工时,若遇复杂地层需下套管时,当套管下不去时,不能强行下管,而应提出大管,进行扫孔,重新下管,如强行下管将导致套管帽损坏,影响下一级钻具通过;如遇地层结构松散,取心困难时,要将泵量降到 20 L/min 以下。

4 结语

在文县阳山矿区钻探施工中,分别在 42 线 ZK706 孔和 51 线 ZK3002、ZK3016、ZKN3084、ZK0204 钻孔使用了泡沫冲洗液和 HJ-YS 系列低固相植物胶冲洗液,均取得了良好效果,施工顺利,圆满完成了钻探施工任务。到目前为止,阳山矿区使用泡沫冲洗液和 HJ-YS 系列冲洗液已完成 50 余个钻孔施工任务,进尺 77000 余米,孔优率 90% 以上,为探明阳山超大型金矿作出了巨大贡献,取得了良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

- [1] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:中国石油大学出版社, 2000.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [3] Gudmundsson J S, Parlaktunt M, Khokhar A. Storing natural gas as frozen hydrate [J]. SPE Production and Facilities, 1994, (2): 69-73.
- [4] 孙涛,等. 植物胶冲洗液的性能与开发研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程). 2004, 31(4).
- [5] 王中华. 高分子处理剂的结构与性能分析[J]. 钻井液与完井液. 1987, 5(3).
- [6] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社, 2002.