

充气泡沫钻井液在西北干旱缺水地区的应用

蔡记华, 乌效鸣

(中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:充气泡沫钻井液是气体均匀地分散在钻井液中形成的稳定分散体系。现场试验表明,其可节约钻探用水,携带岩屑能力强,护壁效果好,漏失少,润滑效果好,钻进效率高,操作简单。在干旱缺水或漏失严重地区值得推广。

关键词:充气泡沫钻井液;西北干旱缺水地区;护壁堵漏

中图分类号:P634.6⁺4 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)01-0047-03

目前,泡沫钻井流体的使用日益广泛,重要原因之一是由于其携岩能力强,对钻屑的处理容量大,并对漏失地层进行有效的封堵^[1]。充气泡沫钻井液已广泛应用于石油天然气钻井、地质勘探钻探、水文水井钻探、地热钻探,其特点是密度低,节约用水量,携岩能力强,保护油气层、水井及地热井的含水层,钻进速度快,钻井质量高,是一种很有发展前途的钻井液^[2]。

2005年6月9日~7月9日,按照项目要求,在新疆地矿局第二水文地质大队钻探二公司的大力支持下,中国地质大学工程学院钻井液课题组在新疆兵团大黄山焦化厂供水井工程中(大黄山焦化厂2号孔,DZK2)进行了充气泡沫钻井液的现场试验工作。

1 工程概况

该供水井工程是新疆地矿局第二水文地质大队钻探二公司的钻探任务,拟为大黄山焦化厂提供生产和生活用水,位于新疆昌吉自治州阜康市,设计孔深180 m,口径500 mm,采用SPC-300C型车载钻机,牙轮钻头全面钻进,设计出水量为120~150 m³/h。

根据测井解释的结果,钻遇的地层主要是:0~108 m为角砾石地层,108~114 m为砾石地层,114~121 m为粘土夹砾石地层,121~147 m为砾石地层,147~153 m为粘土夹砾石地层,153~180 m为砾石地层。

实际钻进工作历时14天;井管为 $\varnothing 377$ mm \times 6 mm的钢管,桥式滤水管,实管总长124.36 m,滤水

管总长55.64 m,从108 m处开始取水;填砾时,选用的砾料直径在3~8 mm之间,采用动水填砾法,累计充填砾料15 m³;采用提筒洗井(外径219 mm,壁厚4 mm,长5 m),洗到水清砂净为止,共历时36 h;抽水试验表明,静/动水位为66.12 m/81.85 m,出水量为135 m³/h,达到设计要求。

由于水井现场位于天山山脉的冲积扇上,钻进地层以砂砾为主,胶结性较差,使用简单的膨润土钻井液不仅钻进过程中漏失量大,而且钻进效率较低,取水困难(要从15 km以外的地方拉水)。而充气泡沫钻井液能节约钻探用水,携带岩屑能力强,漏失少,钻进效率高。因此,进行充气泡沫钻井液的试验工作具有十分重要的意义。

2 充气泡沫钻井液的基本原理

充气泡沫钻井液是通过机械搅拌将空气充入钻井液中,用表面活性剂降低气液界面张力,把大气泡变成微细气泡,用较高的凝胶强度使微气泡均匀地分散在钻井液中,形成稳定可泵的气液固三相硬胶泡沫。由于它具有低的密度和高的凝胶强度,既可降低井筒液柱压力,又可在近井壁形成一个类似于“液体套管”的滞留层,因而在钻进过程中具有非常好的防漏作用(图1)^[3]。

3 充气泡沫钻井液的基本配方

3.1 发泡剂的优选

在室内进行了几种不同发泡剂的优选工作,取淡水、盐水和石膏水各100 mL,分别加入1.5%(浓度20%)的发泡剂。在电磁搅拌器上搅拌30 min,

收稿日期:2005-08-16

作者简介:蔡记华(1978-),男(汉族),湖北浠水人,中国地质大学(武汉)博士在读,地质工程专业,从事钻井液方面的研究工作,湖北省武汉市鲁磨路中国地质大学(武汉)博2003-3班,(027)67883142,13871296614,catchercai@sohu.com。

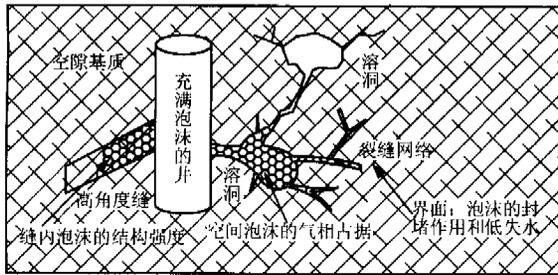


图1 泡沫流体堵漏原理

分散溶解后,用高速搅拌机(11000 ± 300 r/min)搅拌1 min,全部转入1000 mL量筒中,记录泡沫体积 V (mL)和析出50 mL液体的时间,即半衰期 $T_{1/2}$ (min),见表1^[2]。

表1 常温下不同发泡剂的发泡体积和半衰期($V/T_{1/2}$)

发泡剂	淡水	4%盐水	5%石膏水
K12	775/3.6	420/2.5	485/3.8
F-873	555/4.4	390/2.3	335/3.3
ABS	660/4.3	140/0.05	160/0.05
FOMAL-A	650/8.5	550/3.3	650/4.8

实验结果表明,K12(国产)和FOMAL-A在不同体系中的发泡能力较强,同时考虑到材料购买的难易程度,因此选用十二烷基硫酸钠(K12)作发泡剂,其形成的泡沫表面粘度大,泡沫稳定。

表2 充气泡沫钻井液与普通钻井液的性能参数对比

配方	密度 /($g \cdot cm^{-3}$)	$\phi 600$	$\phi 300$	静切力(10s/10min) /Pa	表观粘度 /($mPa \cdot s$)	塑性粘度 /($mPa \cdot s$)	动切力 /Pa	失水量 /mL	泥皮厚度 /mm
充气泡沫钻井液	0.5~0.9	31	20.5	7/8	15.5	10.5	5	15.6	0.5
普通膨润土钻井液	1.01~1.04	12.5	10	6.5/9	6.25	2.5	3.75	30.8	1.5

注:普通膨润土钻井液的基本配方是水+5%膨润土;充气泡沫钻井液的基本配方是水+5%膨润土+0.5%CMC+0.1%K12。

通过上述数据可以看出,充气泡沫钻井液相比普通钻井液具有更优良的流变性,密度低,动切力大,携带岩屑能力强;失水量只有普通膨润土钻井液的一半,因此形成的泥皮薄而坚韧,能大大减少钻井液的漏失,这对于在干旱缺水地区进行钻探工作是十分有利的。

4 现场使用效果分析

从开孔到钻进工作完成,累计使用CMC 175 kg,K12 25 kg,与普通膨润土钻井液相比,充气泡沫钻井液具有如下特点:

(1)节约用水 $1/3 \sim 1/2$ 。表现在两个方面:节约配浆用水,以前配制一罐泥浆需 $1 m^3$ 水,配制充气泡沫钻井液只需 $0.5 m^3$ 水;钻井液滤失小,减少了钻井液的消耗量。另外,通过统计对比,不使用充

3.2 稳泡剂的优选

聚丙烯酰胺(PAM)对膨润土具有较强烈的絮凝作用,而羧甲基纤维素(CMC)则表现稳定,增粘和稳泡效果好,提高了溶液的粘度,也能提高液膜的表面粘度,透气性小,泡沫寿命长,且来源较广,价格便宜,因此选它作为稳泡剂。

3.3 充气泡沫钻井液的基本配方

经过现场的不断调整,考虑到经济成本情况,最后确定充气泡沫钻井液的基本配方是:水+5%膨润土+0.5%CMC+0.1%K12。经过低速充分搅拌后(搅拌速度为960 r/min),钻井液的体积由 $0.5 m^3$ 能增加到 $0.8 \sim 1 m^3$ 。

配制钻井液的基本顺序是:(1)在搅拌罐里加入 $0.5 m^3$ 的清水,加入膨润土25 kg,搅拌10 min,使膨润土充分水化;(2)加入事先水化好的CMC(实际使用的CMC为0.5 kg/袋的,在每个脸盆中加入1袋,加清水预水化5 min即可),搅拌10 min;(3)加入预水化的K12(取0.25 kg左右的K12溶于1盆清水中),搅拌5 min,充气泡沫钻井液配制完成。

按照现场充气泡沫钻井液的配方,在室内进行了性能测试,并与普通膨润土钻井液进行了性能对比,实验结果见表2。

气泡沫钻井液时每天拉水3罐,而使用充气泡沫钻井液时每天只需拉水1~2罐。

(2)携带岩屑能力强。从表2可以看出,充气泡沫钻井液的动切力较高,具有较强的携砂能力。试验表明,使用充气泡沫钻井液时携带的钻屑颗粒粒径 $3 \sim 5$ mm为主,有时也出现粒径 $10 \sim 20$ mm的钻屑,充气泡沫钻井液的强携带岩屑能力主要是因为它的动切力高;携带岩屑能力强也表现为孔底干净,没有沉渣,每次下钻都能顺利下到孔底。

(3)滤失小,泥皮薄,护壁性能好。充气泡沫钻井液密度低,减少了井筒中钻井液的液柱压力,加之泡沫胶团对小裂缝的封堵作用,减少了漏失,且形成的泥皮薄而致密。现场试验表明,使用充气泡沫钻井液时,每次停钻后孔内液面下降的速度慢。与邻近的大黄山焦化厂1号孔(DZK1,该孔采用的是膨

润土钻井液钻进)比较,在深度为130 m左右停钻24 h,1号孔液面下降8~9 m,而2号孔(使用充气泡沫钻井液)液面仅下降2~3 m。另外,使用充气泡沫钻井液时形成的泥皮薄而坚韧,孔壁稳定,主要表现在起下钻顺利,测井顺利。

(4)润滑效果好。K12是一种表面活性剂,有一定的乳化效果,能增加钻井液的润滑效果,有利于降低钻具、钻头和泥浆泵的磨损。

(5)提高钻进效率。由于携带岩屑能力强,润滑效果好,既减少了重复破碎岩石,也减少了各种磨损,提高了钻进效率。现场试验表明,如果在一个台班里全部使用充气泡沫钻井液,进尺能提高1~2 m(不使用充气泡沫钻井液时,每个班的进尺为8 m),即每个班的进尺提高12.5%~25%。通过对不同钻孔的班报表进行分析,大黄山2号孔的钻进工作历时14天完成,而临近的条件相同(孔深、口径等)的大黄山1号孔,整个钻进工作历时24天;而较远处松油焦化厂2号孔,孔径为450 mm,钻进至180 m,历时也达17天。另外,由于设备原因,在大黄山2号孔(此次的试验孔)的施工过程中,水龙头和钻进转盘等位置经常出现故障,因此在纯钻时间较少的情况下,仍保持了较快的进尺速度,说明使用充气泡沫钻井液能提高钻进效率。

(6)不影响洗井工作。使用充气泡沫钻井液时,护壁性能好,滤失量低,对地层的伤害少,泥皮薄,不影响洗井工作。DZK2孔的洗井工作历时36 h,与DZK1孔的洗井一致。

(7)充气泡沫钻井液配制简单,可操作性强,宜推广。使用充气泡沫钻井液无须添加其它装置,配制步骤简单,处理剂对人体无害,容易推广。

5 经济成本分析

普通膨润土钻井液的基本配方是:水+5%膨润土;充气泡沫钻井液的基本配方是:水+5%膨润土+0.5%CMC+0.1%K12。

(上接第43页)

钻进,在含水丰富的深厚砂卵石地层中取得成功,改变了空气潜孔锤只能在干燥或湿润的环境中使用,拓展了其使用的范围。

(2)在砂卵石层钻进,因潜孔锤冲击功较大,易发生钻杆接头折断事故,建议提高钻杆接头的材质和丝扣加工质量或采用外接箍钻杆接头。

(3)本次共施工减压排水孔4个,使用潜孔锤

在不考虑水源的远近和运输的情况下,膨润土约400元/t,普通膨润土钻井液为20元/罐,充气泡沫钻井液使用的CMC为6.5元/kg,K12为16元/kg,所以其总成本为: $10 + 2 \times 6.5 + 16 \times 0.25 = 27$ 元/罐。

相比较而言,充气泡沫钻井液的成本略高,但考虑到节约用水1/3~1/2,提高了钻进效率,减少了钻具、钻头和泥浆泵的磨损,两者实际成本基本相当,尤其是在干旱缺水或漏失严重地区,充气泡沫钻井液的优势更加明显。

6 小结

充气泡沫钻井液在大黄山焦化厂2号孔(DZK2)的试验表明,充气泡沫钻井液节约用水,携渣能力强,护壁堵漏能力强,润滑效果好,钻进效率高、不影响洗井工作且操作简单。

抽水试验表明:大黄山焦化厂2号孔(DZK2)静/动水位为66.12 m/81.85 m,出水量为135 m³/h,达到设计要求;临近的大黄山焦化厂1号孔(DZK1)静/动水位为70.20/94.05 m,出水量为142.6 m³/h,两者结果基本持平。

建议在条件合适的情况下,如干旱缺水地区或漏失严重地区,进一步推广使用充气泡沫钻井液技术。

参考文献:

- [1] 徐同台,赵忠举.21世纪初国外钻井液和完井液技术[M].北京:石油工业出版社,2004.7.
- [2] 王良平,周世良.钻井液处理剂及其作用原理[M].北京:石油工业出版社,2003.268.
- [3] 刘德胜.微泡沫钻井粗泡沫堵漏工艺在TBK气田表层中的应用[A].钻井承包商协会论文集[C].2004:187.
- [4] 张振华,鄯捷年,樊世忠.低密度钻井流体技术[M].山东东营:石油大学出版社,2004.168.
- [5] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等.钻井液与岩土工程浆液[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.152-153.

致谢:本文的研究工作得到了新疆地矿局工勘处、新疆第二水文地质大队等单位的大力协助,在此一并表示感谢。

异步跟管钻进砂卵石层总进尺212.0 m,综合台效达8.7 m/台班,比采用常规植物胶金刚石钻进效率提高近3倍,节约直接成本约180元/m。

(4)通过4个孔的施工,我们取得了使用潜孔锤钻进深厚砂卵石层的经验。使减压排水孔的施工顺利完成,受到业主的好评,为院创造了较好经济效益和社会效益。