KHm - PHP - 田菁粉超低固相冲洗液在绳索取心钻探中的应用

王 伟
(甘肃地矿局第四勘查院,甘肃 酒泉 735000)

摘 要:根据对复杂地层特性和绳索取心钻孔内状态机理的分析,在大量的室内试验基础上,配制出了超低固相、极细分散冲洗液,实现了较低环空动压钻进,解决了钻杆内壁结垢及钻孔护壁问题。

关键词:超低固相;极细分散泥浆;绳索取心钻探
中图分类号:P634.6 **文献标识码**:B **文章编号**:1672 - 7428(2007)S1 - 0166 - 03

1 矿区概况

鹰咀山矿区在区域上位于北祁连加里东褶皱带段,出露的地层主要为黑茨沟组,呈单斜形态产出,倾角 30° ~ 81°。地层以凝灰质板岩、硅质岩、凝灰熔岩、火山角砾岩、英安岩、粉砂质板岩为主,由于断裂构造极发育,矿区内呈现 2 类不稳定地层。

(1)水敏性不稳定层:吸水膨胀的泥页岩;吸水分散的蚀变凝灰岩;吸水剥落的泥质砂岩、泥质板岩、糜砾岩。

(2)破碎不稳定层:破碎的火山角砾岩及断层破碎带。

2 绳索取心钻进孔内问题机理分析

2.1 水敏性地层水化所引起地层的变化

水敏性地层遇水后,其成分、结构、应力状态等迅速发生变化。

(1)抗剪切强度下降。由地质作用而压实的页岩和粘土矿物,存在着分子、磁性、毛细管及离子静电引力等一类引力。水化作用的楔入力起着相反的作用,降低了粘土体系的表面能,同时又扩大了层间间距,减少了颗粒间引力。使围岩的抗剪强度下降。

(2)地下岩层受水化作用而产生很大的膨胀力,膨胀压力增加了井眼周围的闭圈应力。如果闭圈应力大于粘土页岩的屈服应力,孔壁稳定性便下降。

(3)地层岩石存在许多层面、纹理和裂隙,毛细管压力使粘土矿物骨架遭受破坏。

2.2 破碎不稳定层及特性分析

由于地质构造作用,原岩受到强烈的挤压,其结构和构造大都被破坏,有些被切割成大小不等的块体,有些被破碎成颗粒,有些被碾成细粉。当在这种岩体中形成钻孔后,岩体就会失去原始的力学平衡状态,加之受重力作用,泥浆冲刷及提下钻的抽吸作用,特别是当地层倾角大,或钻孔顶角大时,坍塌、掉块等破坏作用尤为严重。

2.3 绳索取心钻进孔内状态分析

2.3.1 环空外压力分析

液流在钻杆与孔壁之间的压力总和称环空外压力。

环空外压力总和的矢量式:

$$E_w = \rho + E_a + E_g + E_v + E_i$$

式中:E_w——环空外总压力;ρ——液柱静压力;E_a——环空压力降;E_g——结构波压力;E_v——粘滞波压力;E_i——惯性波压力。

在 2 种不同类型的冲洗液(性能指标见表 1)中,S75 绳索取心钻进环空外压力组合的实例分析见表 2。

表 1 冲洗液性能指标

冲洗液类型	加土量 /%	漏斗粘度 /s	屈服值 /Pa	静切力 /Pa	泥浆密度 /(kg·L^{-1})
A	6	32	0.6	0.2	1.04
B	2	19	0.062	0	1.02

从表 2 可以看出:

(1)外压力的最大值是下钻加速期,A 泥浆可能压漏或压垮地层。最小值是提钻加速期,A 泥浆可能产生最大的负压而抽塌地层。

(2)B 泥浆在各种工况条件下压力组合变化相对较小,可以确保施工安全。

收稿日期:2007 - 05 - 30
作者简介:王伟(1973 -),男(汉族),重庆合川人,甘肃地矿局第四勘查院工程师,勘查工程专业,甘肃省酒泉市解放路 52 号。

万方数据

表 2　S75 绳索取心钻进环空外压力组合实例分析　g/cm²

工况条件		外压力 E_w	冲洗液 A		冲洗液 B	
			不带内管	带内管	不带内管	带内管
提钻	加速	$\rho-E_v-E_i$	-1.06	-3.86	0.66	-3.18
	匀速	$\rho-E_v$	-0.13	-3.50	0.69	-2.80
	减速	$\rho-E_v+E_i$	-0.09	-3.14	0.72	-2.40
下钻	加速	$\rho+E_v+E_i$	2.22	5.92	1.38	5.22
	匀速	$\rho+E_v$	2.19	5.56	1.35	4.87
	减速	$\rho+E_v-E_i$	2.15	5.20	1.32	4.52

2.3.2　绳索取心钻杆内壁结垢分析

固相颗粒受离心力和粘性阻力的作用,甩向管壁,不断沉积和压实,并牢固地粘在钻杆内壁上。钻杆内壁结垢的临界通径(表 3),可用 Stokes 公式计算其沉降速度:

$$V_s=(\rho_s-\rho_f)d_s^2\omega^2r/(18\eta e)$$

式中:ρ_s——颗粒密度;ρ_f——液流密度;d_s——颗粒直径;ω——钻杆转速;r——钻杆内半径。

表 3　S75 绳索取心钻杆的临界通径　/mm

转速/(r·min⁻¹)	<600			700~900			>1000		
泵量/(L·min⁻¹)	30	42	60	30	42	60	30	42	60
A 浆液	23	29	36	19	24	31	17	21	27
B 浆液	65	81	103	53	67	86	45	57	74

从表 3 比较可知:

(1)A 浆液在上述排量下临界通径都小于 61 mm,都结垢。

(2)B 浆液除小泵量、高转速下个别临界通径小于 61 mm,多数情况下不结垢。

2.4　绳索取心钻进冲洗液的性能要求

从以上分析可以看出,普通金刚石钻探用的 A 泥浆用于绳索取心钻进时,将出现一系列的孔内问题,包括环空动压大、孔壁缩径、钻杆结垢、抽垮挤塌、打捞失效、粘附卡钻以及钻杆折断等事故。兼顾钻具与地层 2 方面特点,绳索取心钻进冲洗液必须要符合下述要求:

(1)尽量小的环空动压,防止抽垮或压裂地层;

(2)环空流动状态要尽可能达到或接近紊流,保持薄泥皮,防止缩径及粘附卡钻;

(3)使用泥浆时,应极细分散,低粘、低切、低失水量。

3　室内试验

3.1　各项室内试验

3.1.1　粘土试验

按 350 mL 水加 22.5 g 土,搅拌后静置 24 h,测其性能指标,各项指标均符合 API(美国石油学会)标准,泥浆达到高度分散状态,即粘土颗粒分散到最细的程度,最适合用作低固相、超低固相的基浆。

3.1.2　30% 水解度 PHP 不同浓度配方及防塌试验

试验结果见表 4。

表 4　30% 水解度 PHP 不同浓度配方及防塌试验结果表

序号	PHP 加量(PPM)/(mg·L⁻¹)	防塌效果
1	100	30 min 塌成细粒状
2	200	40 min 塌成细粒状
3	300	40 min 塌成细粒状
4	400	60 min 有裂纹、塌成块状
5	500	80 min 有裂纹、倒塌,但未散开
6	600	120 min 有裂纹、倒塌,但未散开

从表 4 可以看出:随 PHP 加量增加,防塌效果逐渐显著,并且其散开后的岩样呈絮凝状。说明水解度为 30% 的 PHP,能起到絮凝沉淀岩粉和防塌的双重效果。

3.1.3　KHm 配方及防塌效果试验

试验结果见表 5。

表 5　KHm 配方及防塌效果试验结果表

KHm 加量/%	防塌效果
0.5	4 min 出现裂纹,12 min 塌成块状
1	22 min 出现裂纹,34 min 塌成块状
2	65 min 出现裂纹,2 h 塌成块状
3	2 h 出现裂纹,4 h 塌成块状
5	7 d 后微溶蚀,无裂纹、完整

从表 5 可以看出:随着 KHm 浓度逐渐增高,防塌效果明显增强。

3.1.4　田菁粉处理效果试验

试验结果见表 6。

表 6　田菁粉处理效果试验表

田菁粉加量/‰	泥浆性能(基浆加碱 3%)						
	粘度/s	密度/(kg·L⁻¹)	含砂量/%	失水量/[mL·(30 min)⁻¹]	泥皮厚度/mm	胶体率/%	pH 值
原浆	16	1.05	1	25	1.5	96	8.5
2	17	1.05	1	24	1.5	97	8.5
4	19	1.05	1	22	1.0	99	8.5
6	22	1.05	1	18	0.7	100	8.5
8	29	1.05	1	14	0.6	100	8.5
10	36	1.05	1	11	0.5	100	8.5

万方数据

从表 6 可以看出:植物胶对提高粘度、降低失水量、减少泥皮厚度、增加胶体率有明显效果,但考虑绳索取心对粘度的要求(19 ~ 21 s),应控制在 6‰ 加量较合适。

3.1.5 KHm - PHP - 田菁粉低固相冲洗液配方及防塌效果试验

试验结果见表 7。

表 7 KHm - PHP - 田菁粉低固相冲洗液配方及防塌效果表

KHm 加量 /%	PHP 加量 /(mg·L⁻¹)	防塌效果
2	200	1 h 出现裂纹,2 h 塌成块状
	400	2 h 出现裂纹,4 h 塌成块状
	600	4 h 出现裂纹,8 h 塌成块状
3	200	1 h 出现裂纹,2 h 塌成块状
	400	3 h 出现裂纹,8 h 塌成块状
	600	2 d 有溶蚀,4 d 垮塌
4	200	2 h 出现裂纹,4 h 塌成块状
	400	7 d 有微溶蚀,一直未垮
	600	7 d 无溶蚀,完整
5	200	7 d 有微溶蚀,一直未垮
	400	7 d 无溶蚀,完整
	600	7 d 无溶蚀,完整

注:基浆加碱量 3%、田菁粉加量 6‰。

从表 7 可以看出:聚丙烯酰胺与腐植酸钾联合使用时效果更好,腐植酸钾加量达到 5% 时效果最好,加入水解度 30% 的 PHP,浓度在 400 ~ 600 mg/L 较为合适。

3.1.6 KHm - PHP - 田菁粉超低固相冲洗液配方及性能指标

1 m^3 泥浆各种处理剂加量:30 kg 土 + 40 kg KHm + 400 g PHP + 5 kg 田菁粉 + 1.5 kg 纯碱。

性能:粘度 21 s,密度 1.02 kg/L,失水量 16 mL/30min,泥皮厚度 0.5 mm,含砂量 0.5%,胶体率 100%,pH 值 8.5。

3.2 作用机理分析

(1)KHm 含有的部分游离 K^+,以及羧钾基(-COOK),酚钾基(-OK),在水中电离后所提供的 K^+ 很容易镶嵌在六方空穴中,使水分子不易进入六方网格内,从而阻止了粘土岩层的水化。同时 K^+ 本身所带的正电与粘土表面所带的负电产生静电吸附,而使原来的空隙封闭,阻止了粘土颗粒的分散。同时 KHm 还可与泥浆中的 Ca^{2+} 产生如下反应:

$$Ca^{2+} + 2KHm = CaHm_2 + 2K^+$$

(Hm 代表腐值酸分子式)

$CaHm_2$ 能够沉淀在孔壁上,形成一层薄而坚韧的泥皮,能够提高孔壁强度。

(2)PHP 的长链分子通过其吸附基($CONH_2$)的吸附作用,很容易在孔壁及破碎孔隙处产生多点吸附,形成一层分子薄膜,有效地保护孔壁,防止孔壁粘土岩层的进一步水化,而且在钾盐作用下,能够大大提高 PHP 对孔壁的吸附量,进一步提高了 PHP 的护壁效果。

(3)田菁粉是含胶质很强的粘性胶体,粘结性好,其溶液的表面张力强,吸附在岩心表面形成薄而坚韧的保护胶膜,能有效地包裹岩心、对保持原状岩心,提高采取质量有很大的帮助。同时溶液的吸附基团与粘土颗粒吸附后,能使粘土表面电动电位增大,水化膜增厚,给粘土颗粒带来良好的水化膜,降低失水量。还可通过其分子链,与若干粘土颗粒相吸,共同组成网状结构,避免粘土颗粒间的粘结,提高了聚结稳定性。

4 生产应用试验

4.1 KHm - PHP - 田菁粉低固相冲洗液的配制

将 PHP 制成浓度为 1% 的水溶液;KHm 制成浓度为 20% 的水溶液;田菁粉制成浓度为 5% 的水溶液;膨润土按 4% 加碱量预水化。将各种溶液按比例倒入水源箱搅匀即成。

4.2 冲洗液的使用和维护

(1)在钻进过程中,必须控制冲洗液的性能指标。如出现异常,应及时进行处理。

(2)钻进破碎岩层时,应适当提高 KHm - PHP 的浓度,必要时可增加 1 倍,正常时应始终保持处理剂一定浓度,如发现浓度降低应及时补充。一般对 KHm 以冲洗液的颜色来判断,浓度高时,其颜色呈黑或深褐色,浓度低时,其颜色呈淡黑或浅褐色。对 PHP 的浓度从泥浆的含砂量及手感润滑程度来判断。

(3)向冲洗液中补充 KHm、PHP、田菁粉时,不得向泥浆池内直接加入,应将泥浆池中的稀泥浆抽入搅拌机中,再添加事先配好的处理剂水溶液,充分搅拌后加入泥浆池。

4.3 生产应用效果

第一个钻孔 ZK1009,使用普通泥浆,钻至 165 m 时(157 ~ 163 m 为断层破碎带),钻孔坍塌。先后 3 次使用水泥固井后,向下施工至 330 m 时(326 ~ 330 m 为水敏性蚀变凝灰岩)发生孔内事故,在处理过程中,上部重新坍塌,最终导致钻孔报废。从原孔移开3 m后,使用重新配制的低固相泥浆钻进423

(下转第 173 页)

万方数据

到底开泵循环洗井 2 个循环周,此时不得调整钻井液性能。

4.2.5　设备保障

各井队需备用 80 m^3 循环罐,震动筛、除砂器、清洁器等固控设备运转良好,预水化池多个。

4.2.6　消泡

准确判断钻井液严重起泡现象是由以下 3 种可能的哪种原因引起的:气侵、盐溶解、加油包剂,调整钻井液性能,选择有效消泡剂。

5　施工体会

(1)大型集团式钻井施工项目,必须注意数据准确收集,及时积累地区经验,这一点十分重要。土耳其贝帕扎里(Beypazari)天然碱矿水平对接井工程的成功实施,很大程度上得益于充分重视基础技术数据的科学准确采集和积累。

(2)因饱和盐水钻井液的特殊性,在操作中更应该注意钻井液根本体系(分散、不分散)的有利性调整和经济性分析。

(3)关于钻井液药剂,国内主要大厂家的产品在与国外产品的使用对比中无论质量和价格均有优势,但钻井液基础原料——钠基土粉的质量和土耳其生产的 KARAKAYA 品牌差距巨大。

(4)在钻井液性能指标控制良好的情况下,天然碱的溶解程度极其微弱,碱矿层井眼超径现象并不明显,碱矿层岩屑录井清晰,这一点和想象的有很大区别,本工程在施工中后期针对这一点对钻井液体系进行了相应的简化,进一步提高了效率,节约了成本。

参考文献:

[1] 逄碑. 土耳其贝帕扎里(Beypazari)天然碱矿水平对接井工程钻井液设计[R]. 辽宁辽阳:东北煤田联地质局 103 勘探队,2005.

[2] 贝帕扎里天然碱矿溶解采矿项目基础设计[R]. 湖南长沙:化工部长沙设计研究院,2005.

[3] 土耳其贝帕扎里(Beypazari)天然碱矿水平对接井工程完工总结[R]. 辽宁辽阳:东北煤田地质局 103 勘探队,2007.

[4] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 东营:石油大学出版社,2001.

[5] 徐同台,等. 深井泥浆[M]. 北京:石油工业出版社,1994.

[6] 蒋希文. 钻井事故与复杂问题[M]. 北京:石油工业出版社,2001.

(上接第 168 页)

m 孔深,26 天顺利终孔。

鹰咀山矿区绳索取心钻进技术指标与该矿区历年普通双管钻进技术指标对比见表 8。

表 8　鹰咀山矿区绳索取心钻进与普通双管钻进技术指标对比表

时间	钻探方法	纯钻时间/%	平均台月效率/m	最高台月效率/m	平均回次进尺/m	最大回次进尺/m	平均提钻间隔/m	最大提钻/间隔 m	事故率/%	平均岩矿心采取率/%
2006 年	绳索取心	53	377.7	495	1.53	3.0	19	73	14	92
历年	普通双管	42	242	334	0.9	2.8	0.9	2.8	73	78.5

从表 8 可以看出:绳索取心钻进的各项指标都有较大幅度的提高。

2006 年 7 月,我公司先后 3 台钻机进入该矿区施工,共施工 7 个钻孔,完成工作量 2577 m,实现产值 227 万,每个钻孔都穿过 2 ~3 层破碎带。采用低固相泥浆钻进,杜绝了钻杆内壁结垢;对水敏性地层及破碎不稳定地层起到了抑制作用。

5　结论

(1)此次试验的 KHm - PHP - 田菁粉超低固相、极细分散冲洗液,起到了保护岩心、抑制水敏性地层、降低环空动压、防止钻杆结垢的作用。

(2)在破碎地层中钻进时,可适当提高 KHm、PHP 的浓度及粘土的含量,为防止钻杆结泥皮,可适当降低转速。

(3)若遇水敏性地层时,除适当调节泥浆性能外,应控制好水泵泵量,防止冲蚀孔壁而超径。

(4)应精心操作,尤其提下钻过程中,环空外压力绝对值较大,易抽塌孔壁。

万方数据