

低固相钻井液体系在古叙煤田勘探中的应用

袁进科¹, 陈礼仪¹, 牛文林¹, 肖 华², 蒋太平², 谢序顺², 胡俊仁²

(1. 成都理工大学环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 2. 四川省地勘局 113 地质队, 四川 泸州 646000)

摘要:介绍了古叙煤田勘探中钻井液的使用问题,通过其中 2 个钻孔的应用实践,表明所采用的低固相钻井液体系性能优良,适应性强,粘度适中,滤失量合理,形成的泥饼薄而致密且有韧性,对充分发挥金刚石钻进特点,防止井壁垮塌起到了良好的作用,从而有效提高了钻进效率。

关键词:低固相钻井液; 钻探; 煤层勘探; 古叙煤田

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)01-0021-03

1 古叙煤田地层特点

古叙煤田石宝矿段地处川、滇、黔三省边界,属古蔺复式背斜的南部,构造方向近于东西和北东向,断裂发育程度为简单~中等,多以走向断层为主,其次为横断层。整个石宝矿段共有 9 层可采煤层和 2 层硫铁矿层,钻孔主要穿越三叠系嘉陵江组、飞仙关组、二叠系长兴组、龙潭组、茅口组。

岩层上部地层主要是细粒灰岩、白云灰岩,浅部有风化裂隙地层。中部和下部地层以泥岩、砂岩为主,夹杂粉砂岩、粘土岩。石宝矿区的地层普遍存在着漏失,地层多破碎、易坍塌。

煤层钻探的目的层是煤层,煤层节理、微裂缝发育,胶结疏松,脆性大,容易发生破裂造成坍塌。含煤岩层水敏性强,毛细效应突出,容易吸附水。含煤岩系中的粘土、泥岩等遇水后极易产生吸水膨胀、崩塌,常造成钻孔坍塌、埋钻等事故。所以煤层段的防塌、堵漏就成了低固相钻井液技术的重点。

2 钻井液技术措施

2.1 上部地层钻井液特点

钻井液体系选择的合理与否,将直接影响到钻探质量、钻进效率和钻探成本。对细粒灰岩、白云灰岩等地层,岩层结构完整、岩性稳定、局部破碎有裂隙和溶洞的地层,钻进主要采用清水作钻井液。遇孔内岩粉过多的地层,可加 PHP300~500 ppm 配制成无固相钻井液。采用这种钻井液,润滑能力强、机械钻速高,能充分发挥金刚石钻进的特点。

2.2 下部煤层钻井液特点

石宝矿段中下部进入煤系地层,这种地层裂隙

发育,钻孔易坍塌、掉块,地层漏失严重,煤层易遇水膨胀、掉块、坍塌。针对这种情况,必须配置高质量的钻井液。原浆采用优质粘土粉加水充分搅拌,水化 24 h 以上。处理剂可以分别采用 CMC、PHP 及 GSP 广谱护壁剂,粘度高时可采用腐植酸钾作稀释剂,配制成低固相钻井液,性能控制标准为:密度 1.04~1.05 g/cm³,漏斗粘度 25 s,失水量 < 12 mL/30 min,泥饼厚度 < 1 mm, pH 值 9~10,胶体率 > 98%。

如遇孔壁垮塌严重,水敏性特强,地层污染能力强造浆能力强,宜采用抑制性更强的钙处理钻井液体系。但考虑到金刚石钻进的特点需求,仍然需要在粘度、失水量和泥皮厚度等方面维持低固相钻井液的性能要求。这种钻井液体系取钙处理钻井液和低固相钻井液的优点,在维持正常钻进方面起到了很好的效果,其性能指标控制为:密度 1.09~1.20 g/cm³,漏斗粘度 20~30 s,失水量 5~15 mL/30 min,泥饼厚度 < 1 mm, pH 值 9~10,胶体率 > 98%。

3 低固相聚丙烯酰胺钻井液

3.1 低固相聚丙烯酰胺钻井液特点

针对孔内坍塌、掉块不太严重的一般煤系地层,可以采用低固相聚丙烯酰胺钻井液。低固相钻井液的主要特点是指钻井液体系中的固相含量 $\geq 4\%$,且以掺加不同的高分子聚合物维持钻井液性能。低固相钻井液是小口径金刚石钻进最常用、最有效的钻井液体系,它既有可获得无固相钻井液体系的高钻速,又有较好的携带悬浮岩屑能力和防止孔壁垮塌的性能。特别是采用部分水解聚丙烯酰胺高分子聚

收稿日期:2007-11-05

作者简介:袁进科(1982-),男(汉族),四川泸州人,成都理工大学硕士在读,地质工程专业,研究方向为岩土钻掘工程,四川省成都市,yuan-jingke@163.com。

合物絮凝剂,既可以实现低固相钻井液的粘度特点,又可以实现对钻进混合液中岩屑和劣质土的选择性絮凝作用,这种对钻井液体系的“自清洁”特点使钻井液中的岩屑和劣质粘土处于絮凝状态,利于机械设备将其清除,使钻进速度显著提高,并且可有效降低钻进成本。配制聚丙烯酰胺低固相钻井液的主要程序包括:膨润土预水化,造浆粘土的护胶保护,添加聚丙烯酰胺絮凝剂,根据性能要求添加其它处理剂。

聚丙烯酰胺钻井液具有下列优点:(1)提高了钻井速度;(2)钻井液的润滑性能好;(3)护壁性能好,并有一定的防漏和堵漏效用;(4)孔内清洁,减少了卡钻、埋钻等孔内事故;(5)降低了钻井成本和减小了环境污染。

3.2 应用实例

表 1 ZK1204 孔钻井液的配方和性能

钻井液配方	钻井液性能							
	粘度/s	密度 $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	失水量/mL	泥皮厚度/mm	pH 值	$\eta_p/(\text{mPa} \cdot \text{s})$	τ_0/Pa	
(基浆)膨润土 5% + Na_2CO_3 0.3%	19	1.03	22	1.5	9	6.5	0.5	
基浆 + CMC 0.2% + PHP 100 ppm	24	1.04	12	1	9	10	3.5	
基浆 + CMC 0.2% + PHP 100 ppm + GSP 0.4%	25	1.04	11	1	9	15	7.5	

由于钻孔马上要进入煤层,堵漏和防塌是钻井液施工的关键。鉴于在进入煤层前会有一段碳质泥岩,后会进入粘土层,这 2 个地层都有一定的造浆性,使得钻井液密度迅速升高,不利于控制钻井液性能,所以一定要控制钻井液的低密度和低粘度,密度一般为 1.03 g/cm^3 ,粘度为 22 s,同时可添加锯末材料进行随钻堵漏。

3.3 应用效果

使用实践表明,所用钻井液性能稳定,孔内钻进平稳,井眼比较稳定,顺利钻完煤层,取心比较顺利。说明此种低固相聚丙烯酰胺钻井液体系完全可以满足矿区一般煤层的钻进要求。该孔钻探技术指标见表 2。

表 2 ZK1204 孔现场试验经济技术指标对比表

冲洗液类型	纯钻率/%	辅助率/%	停待率/%	钻进时效/m	岩心采取率/%
普通钻井液	48.1	48.5	17.3	0.2	82
低固相聚丙烯酰胺钻井液	63.7	35.1	16.5	0.5	87

4 低固相钙处理钻井液

4.1 低固相钙处理钻井液特点

在进入垮塌特别严重的煤系地层钻进时,试验采用低固相钙处理钻井液体系钻进,以此来抑制水敏性地层垮塌和强化钻井液平衡地层压力,实现防

ZK1204 是四川 113 地质队在石宝矿段的一口钻井,孔深设计是 590 m,使用 XY-4 型钻机,采用金刚石绳索取心钻进。当钻进到 413 m 时,钻孔漏失严重,钻井液损失过大。当钻进到 415 m 时,钻孔漏失现象依然严重。由于即将进入煤层钻进,所以要求通过钻井液性能的调节来维持钻进的稳定。

起钻后通过 6 次观测孔内的水位情况,发现最后水位维持在 40 m 左右。观察岩心情况,发现 409 m 处时取上来的岩心有裂隙存在,确定孔深为 415 m 时在孔深为 40 m 和 409 m 处有 2 个裂隙形成了一个地下水的封闭水圈。最终决定采用低固相钻井液的方案,并在钻井液中加入一定量的惰性材料——锯末进行堵漏,取得了较好的钻进效果。

钻井液配方及性能见表 1。

止孔壁坍塌的效果。低固相钙处理钻井液体系是在低固相聚合物钻井液的基础上,掺加可提供钙离子的物质,使钻井液体系实现适度絮凝,实现钻井液体系的防污染,对水敏性岩层有很好的抑制作用,特别适用于钻进泥质页岩和易塌掉块的非稳定地层。实际使用的低固相钙处理钻井液体系既有低固相钻井液的优点,又兼顾了钙处理钻井液的特点,它是处于两者之间的适度聚结状态的钙基钻井液。现场采用的加钙物质是水泥,所配成的是水泥—聚丙烯酰胺钻井液体系。

在钻井液的护壁堵漏方面,水泥—聚丙烯酰胺钻井液体系是利用高分子化合物的交联原理,即利用聚丙烯酰胺和高钙物质发生的适度交联反应,形成的新型结构的凝胶体来达到护壁的效果。但配置的钻井液粘度过高将影响钻井液的循环效果,不利于金刚石钻进,为此,应加入一定量的腐植酸钾处理剂控制钻井液的粘度,它主要起到抑制孔壁垮塌和降失水作用。同时加入了腐植酸钾的钻井液具有粘度低、流动性好、携砂能力强、防塌护壁效果好等优点。

4.2 应用实例

ZK801 孔用 XY-4 型钻机采用普通金刚石钻进。当钻进到孔深为 413 m 时孔壁不稳定,孔内坍塌

塌现象严重,起钻后孔内的沉砂大约有 20 ~ 30 m 厚。现场测得使用的钻井液性能如下:密度为 1.08 g/cm³,pH 值为 10,粘度为 81 s,失水量为 12 mL,泥皮厚度 3 mm。由于钻井液粘度太高,造成钻井液泵的使用负荷过大。

现场迅速调配低固相钙处理钻井液体系,加入

1% 的水泥,适当调高密度,以此适当增大钻井液柱压力来平衡孔内四周的地层压力,抑制住孔壁的垮塌,并且在钻进中加入腐植酸钾起稀释作用,降低钻井液的密度。当使用新钻井液体系后(见表 3),钻井液性能如下:密度 1.10 g/cm³,粘度 23 ~ 25 s,失水量 11 mL,泥皮厚度约 1.5 mm。

表 3 ZK801 孔钻井液的配方和性能

钻 井 液 配 方	钻 井 液 性 能						
	T/s	$\rho/(g \cdot cm^{-3})$	B/mL	H/mm	pH 值	$\eta_p/(mPa \cdot s)$	τ_o/Pa
(基浆)人工钠土 5%	18	1.03	24	2	10	4	3
人工钠土 14% + CMC 0.2% + PHP 100 ppm + GSP 0.4% + 水泥 1%	42	1.12	12	2	10	11	2.3
人工钠土 14% + CMC 0.2% + PHP 100 ppm + GSP 0.4% + 水泥 1% + KHm 2%	24	1.10	11	1.5	10	14	3.5

4.3 应用效果

通过使用低固相钙处理钻井液进行孔内扫孔循环,携带出大量岩屑,同时加强机场地面的除砂,确保钻井液体系清洁,经过一段时间循环孔内干净后进入正常钻进,一直裸眼钻进至终孔。在钻进中钻井液体系的性能良好,携砂能力强,性能稳定。

该孔钻探技术指标见表 4。

表 4 ZK801 孔现场试验经济技术指标对比表

冲洗液类型	纯钻率/%	辅助率/%	停待率/%	钻进时效/m	岩心采取率/%
普通钻井液	47.2	49.8	16.9	0.3	83
低固相钙处理钻井液	63.6	31.9	15.7	0.6	88

5 结论与建议

在古叙煤田勘探中针对地层特点,开发使用了 2 种低固相钻井液体系。低固相聚丙烯酰胺钻井液体系对一般煤系地层具有良好的润滑减阻和护壁效果,从而提高了钻进速度。当钻遇水敏性严重容易垮塌和掉块的非稳定地层,使用低固相钙处理钻井液就能起到良好的钻进效果。归纳起来具有以下特

点和效果。

(1) 针对不同煤系地层采用不同的低固相钻井液体系能够满足煤层钻进取心的需求。

(2) 在煤层钻进中维护钻井液体系性能十分重要,一般要求控制低固相、低粘度、高矿化度和小滤失量,泥饼薄而韧,就可以起到较好钻进效果和护壁作用。

(3) 在配制低固相聚丙烯酰胺钻井液体系时,必须使用粘土护胶剂保护造浆粘土,才能添加选择性絮凝剂——水解聚丙烯酰胺控制钻井液性能。

(4) 配制低固相钙处理钻井液体系时,必须注意钙处理剂和稀释剂的合理配合使用,才能保持钻井液性能稳定。

参考文献:

- [1] 中国煤田地质总局. 煤田钻探工程(第五分册)[M]. 北京:煤炭工业出版社,1994.
- [2] 李世忠. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [3] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000.

实践检验了 XD 系列全液压力头岩心钻机的可靠性

2007 年 5 ~ 6 月,山东省地矿局第一地质勘查院购置了由山东省地质探矿机械厂设计生产的 XD-3 型和 XD-5 型全液压力头岩心钻机各 1 台,于 2007 年 6 ~ 12 月在山东莱州三山岛新立金矿区深部钻探中应用。实践证明,该钻机技术先进,性能可靠,完全达到和超过其设计性能参数指标,特别是在“一位多孔”(1 个孔位施工直孔和不同角度的斜孔)的地质设计中应用,充分显示了其优越性。

该矿区钻孔设计深度多在 800 m 以深,终孔口径 75 mm。钻进地层为硬 ~ 坚硬的斜长角闪岩、绢英岩化花岗岩、碎裂岩及花岗岩等。岩石硬度在 7 ~ 8 级部分 9 级。采用 S95 和 S75 金刚石绳索取心钻进工艺。在生产实践中,XD-

3 型钻机施工钻孔 4 个,其中直孔 2 个,71°和 69°斜孔各 1 个,总工作量 3552.51 m,平均孔深 888.13 m,最深达 950.76 m,两斜孔孔深分别为 895.81 m 和 810.01 m。远远超过了该钻机 700 m 深的设计能力。XD-5 型钻机施工钻孔 3 个,其中直孔 1 个,75°和 52°斜孔各 1 个,总工作量 2608.21 m,最深钻孔 1022.34 m,最大斜孔 52°孔深 751.33 m,完全达到了钻机的设计性能。两台钻机所施工的 7 个钻孔,除 52°斜孔台月效率为 975 m 外,其它钻孔台月效率均超过 1000 m,最高单孔台效达 1366 m。纯钻进时间利用率均在 65% 以上,岩矿心采取率 94% 以上,取得了较好的技术经济效益和社会效益。
(山东省地矿局 张敏、韩庆军供稿)