

CL 植物胶复合无固相冲洗液在复杂地层 绳索取心钻进中的应用与研究

唐进军, 黄贡生

(湖南省核工业地质局 302 大队, 湖南 郴州 423000)

摘要:为满足复杂地层绳索取心钻探技术的需要, 寻找、配制了既能代替泥浆具有良好的护壁堵漏性能, 又能满足绳索取心钻进技术要求的 CL 植物胶复合无固相冲洗液。详细介绍了 CL 植物胶复合无固相冲洗液的配方和配制工艺、性能指标测试与评价、护壁机理认识及应用效果。

关键词:复杂地层; 绳索取心; CL 植物胶复合无固相冲洗液; 护壁机理

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2007)11-0025-05

Application and Study on Compound Solid-free Drilling Fluid of CL Plant Glue for Coring Drilling in Complicated Formation/TANG Jin-jun, HUANG Gong-sheng (No. 302 Brigade of the Nuclear Geology Bureau, Hunan, Chenzhou Hunan 423000, China)

Abstract: To meet the demand of wire-line coring drilling in complicated formation, compound solid-free drilling fluid of CL plant glue was compounded and used instead of drilling mud with the property of wall protection and leaking stoppage. The paper detailed the formula, compounding technology, performance index test and evaluation, borehole wall protection mechanism and application effect.

Key words: complicated formation; wire-line coring; compound solid-free drilling fluid of CL plant glue; borehole wall protection mechanism

随着地质矿产勘探向更深更复杂地层发展, 钻进中遇到的复杂地层越来越多。目前绳索取心钻进技术在复杂地层得到广泛的推广应用, 其除能发挥自身优势外, 还因起钻频率少, 对复杂地层扰动小, 有利于复杂地层的稳定。但由于绳索取心钻进工艺本身的特点, 因护壁泥浆流变性差, 回转阻力大, 钻杆内壁易结泥皮等因素不能满足绳索取心钻进技术要求。寻找、配制一种材料来源广、现场易于配制、各项技术指标优良、护壁堵漏效果好、钻杆内不结泥皮、成本合理, 既能代替泥浆具有良好的护壁堵漏性能, 又能满足绳索取心钻进技术要求的无固相冲洗液, 以简化钻孔结构, 实现裸孔钻进, 提高钻速, 降低成本, 充分发挥绳索取心钻进技术的优越性, 是亟待解决的问题。“CL 植物胶复合无固相冲洗液在复杂地层绳索取心钻进中的应用与研究”正是针对这一需要而进行的一次探索。

1 配方的选定及配制工艺

1.1 配制工艺技术

根据复杂地层对冲洗液护壁性能的要求和绳索取心钻进的特点, 我们围绕无固相冲洗液进行了充分的调研, 在比较分析各类无固相冲洗液配制原料(无机处理剂、有机处理剂)的性能、价格、市场供应情况的基础上, 选用 CL 植物胶、水解聚丙烯酰胺(PHP)、高粘型钠羧甲基纤维素(Na-CMC)等 3 种高分子聚合物和 TS-302 高效润滑剂配制成 CL 植物胶复合无固相冲洗液。其配制流程如下:

清水 → CL 植物胶 $\xrightarrow{\text{浸泡}}$ 搅拌 $\xrightarrow{+ \text{PHP}}$ 搅拌 0.5 h
 $\xrightarrow{+ \text{Na-CMC}}$ 搅拌 0.5 h $\xrightarrow{+ \text{TS-302}}$ 搅拌 → 放入泥浆池使用。

1.2 优化配方

CL 植物胶复合无固相冲洗液的配方是在室内数十次试验优选确定的, 经综合分析, 选定表 1 所列 2 组配方供现场在不同条件下选择使用。

配方一在一般复杂地层使用, 其优点是回转阻力小, 有利于提高钻进效率; 配方二可用于较为复杂的多段、大孔段的坍塌垮孔, 其特点是护壁效果及携

收稿日期: 2007-10-24

基金项目: 湖南省核工业地质局科研项目“用于复杂地质钻进的植物胶复合无固相冲洗液研究与应用”(编号: KY2005-302-01)

作者简介: 唐进军(1963-), 男(汉族), 广西全州人, 湖南省核工业地质局 302 大队副大队长、湘核 302 探矿研究所所长、工程师, 探矿工程专业, 从事探矿工程、公路工程、岩土工程施工工作, 湖南省郴州市北湖区香花路 45 号, tj383@sina.com。

表1 CL植物胶复合无固相冲洗液优化配方表

编号	CL植物胶 /‰	PHP /‰	Na-CMC /‰	T-302 润滑剂 /‰
配方一	2	1	1	3~5
配方二	3	0.5	0.5	5

带岩粉能力增强,有利于顺利钻进。

2 主要技术指标测定及性能评价

对CL植物胶复合无固相冲洗液技术指标测定及性能评价的目的是对配方浆液性能进行综合评价,以便指导生产。对CL植物胶复合无固相冲洗液的技术指标主要参照泥浆的现场测试指标。

2.1 粘度

采用漏斗粘度计测量冲洗液粘度是目前施工现场使用最简单、最普遍的方法。漏斗粘度计测得CL植物胶复合无固相冲洗液粘度结果为:配方一20.15 s,配方二23.29 s。

从2种配方的粘度看,可以满足松散、垮塌、掉块及地表覆盖层等破碎地层钻进时对冲洗液粘度的要求。

2.2 失水量

由于组成的纯高分子聚合物溶液无固相冲洗液不易形成泥皮,压力稍高聚合物溶液就会透过试验滤纸,无法获得真实失水量,因此,根据无固相冲洗液试验常用的推荐方法,采用“标准条件下、一个大气压、30 min”的条件测得2种配方冲洗液的失水量为:配方一6.8 mL/30 min,配方二5.2 mL/30 min。

试验表明,CL植物胶复合无固相冲洗液失水量较低,能有效地防止和减少复杂地层的水化分散与膨胀,保证了地层的稳定性,能起到较好的防止水敏、松散等不稳固地层的井壁坍塌掉块。

2.3 润滑性

绳索取心金刚石钻进的高效率,在很大程度上是取决于钻具的高转速,因此,冲洗液必须要具有良好的润滑减阻性能,否则是不能满足绳索取心金刚石钻进要求的。

几种无固相冲洗液的润滑系数见表2。根据测

试结果,单纯的CL植物胶并不具备润滑性,其摩擦系数与清水相当或更大一些。配方中所加的PHP及Na-CMC有一定的润滑性,所以当植物胶加入聚丙烯酰胺及纤维素后摩擦系数减到0.18~0.19,再加入5‰的TS-302高效润滑剂,润滑效果得到大大提高。由表2可以看出,无论是配方一还是配方二,润滑系数都比较低,与清水相比它们分别降低了75%、66%,这说明此种无固相冲洗液有较好的润滑性能。

表2 几种无固相冲洗液的润滑系数表

冲洗液名称	润滑系数	降低百分比/%	备注
清水	0.25		
配方一	0.05~0.06(0.055)	75	与清水比
配方二	0.08~0.09(0.085)	66	与清水比
2% CL植物胶	0.25~0.27(0.26)	-4	与清水比
2% CL植物胶 + PHP + Na-CMC	0.18~0.29(0.185)	26	与清水比

注:采用中南工业大学生产的摩擦系数测定仪测试。

2.4 表面张力

冲洗液表面张力的大小是确定其成膜作用强度的一项重要指标。因没有测试液体表面张力的仪器,所以不能直接测试其表面张力的实际数据,但我们在配制浆液中发现,2种配方的CL植物胶复合无固相冲洗液的浆液膜的延伸性很强,液体可用玻璃棒拉伸一定长度的细丝,同时,用胶管插入液体中吹气,可鼓起长时不破的气泡,由此可见,CL植物胶复合无固相冲洗液有较好的成膜作用,而且膜的强度较高。该冲洗液的表面张力较好。

2.5 稳定性

在复杂地层钻进中,要求冲洗液具有良好的稳定性,在相当长的时间内,冲洗液不降粘(或少降粘),才能在较长的时间内起到应有的护壁护心作用,确保钻进的顺利进行。在试验中,以测试、观察CL植物胶复合无固相冲洗液配制后随放置时间的增长浆液粘度的变化情况来评价其稳定性。对2种浆液稳定性测试数据见表3。

表3 CL植物胶复合无固相冲洗液的稳定性测试数据表

配方编号	配制后放置时间/h								
	24	48	72	96	120	144	168	192	216
	粘 度/s								
配方一	20.15	19.75	19.25	19.25	18.65	18.23	18.24	18.23	18.21
配方二	23.29	23.28	22.96	22.57	22.58	22.54	22.32	22.31	22.28

由表3可见,CL植物胶复合无固相冲洗液具有良好的稳定性,能够满足在复杂地层钻进的要求,特

别是配方二的稳定性更好一些,有利于特殊情况下使用。

2.6 防塌性能

防塌性能的测定,一般以测定标准岩石的线膨胀率大小来衡量冲洗液的防塌性能,由于当前我们测定线膨胀率有一定的困难,所以采用“人造岩样”浸泡法来观察岩样在浸泡过程中的变化来检验其防塌效果。

“人造岩样”是用 70% 的河砂及 30% 的劣质粘土(黄土)与适当清水做成泥球后放入烤箱内烘干而成,然后将“人造岩样”浸入到清水、配方一及配方二中,做长达 20 天以上的观察。

清水浸泡试验:将“人造岩样”放入装有清水的烧杯中,即刻发现岩样有大量的气泡冒出,5 min 后岩样表面出现裂纹,继而裂纹不断扩大,逐步出现剥离崩塌,20 min 后,人造岩样全塌。

配方一浸泡试验:将“人造岩样”放入装有配方一的浆液中,开始可观察到极小的细气泡上冒,2 min 后停止冒气泡,岩样表面无任何明显的变化;24 h,岩样表面光滑;48 h 后岩样稍显微胀;72、96、120 h 至 20 天,所泡岩样无明显变化,岩样仍然完整光滑,用手触摸,岩样具有一定的硬度。

配方二浸泡试验:将“人造岩样”放入装有配方二的烧杯中,开始岩样冒出细小气泡,2 min 后停止冒泡,24 h 后,岩样表面光滑、微胀;48 h 到 20 天,岩样表面光滑、完整,无变形现象,用手触摸,岩样有一定的硬度。

由配方一、配方二所配的浆液,因原材料都具有较强的良好吸附成膜能力,它们吸附在孔壁与岩心表面,形成保护膜,从而有相当好的防塌能力。

2.7 密度

用泥浆密度秤测定的 CL 植物胶复合无固相冲洗液密度为:配方一 1.01 kg/L,配方二 1.018 kg/L。

CL 植物胶复合无固相冲洗液的密度较小,有利于防止和减少浆液的压力渗透,从而减少和避免了由于渗透、水化等造成的孔壁膨胀、松散、坍塌。

3 对 CL 植物胶复合无固相冲洗液护壁机理的初步认识

3.1 配制原料的作用特性

CL 植物胶为非离子型高分子聚合物,具有增粘、降失水、减阻等特点。

水解聚丙烯酰胺(PHP)(分子量 1200×10^4 以上,水解度 30% 左右,加量 0.5‰~1‰)具有降失水性、增粘、抑制岩土分散和在井壁上的网膜多点吸附性等特点。

高粘型钠羧甲基纤维素(Na-CMC)具有增粘和降失水作用。

上述 3 种高分子聚合物均具有良好的流变性见表 4。

表 4 三种高分子聚合物溶液的流变特性表

聚合物名称	加量 /%	流变特性			
		表观粘度 / (mPa·s)	塑性粘度 / (mPa·s)	动切力 / dPa	动塑比
CL 植物胶	0.5	30.3	15.5	150.89	2.03
PHP(水解度 30%)	0.5	51.25	29	213.60	1.5
高粘 Na-CMC	0.5	30.5	23	71.85	0.65

TS-302 高效润滑剂具有良好的润滑性能。

3.2 护壁机理

CL 植物胶复合无固相冲洗液基浆是由 CL 植物胶、PHP、Na-CMC 三种高分子聚合物(简称高聚物)混合形成的复合溶液,这些高聚物的分子具有多种吸附基和水化基,分子间通过吸附基联接形成网状结构,而且众多的吸附基在孔壁表面上产生多点网膜吸附,在孔壁上形成韧性良好的吸附膜,减慢了水对岩层的渗透速度。另外高聚物众多的水化基束缚住了大量的自由水,降低了复合溶液的失水量。从而有效地防止和减少复杂地层的水化分散与膨胀,有效防止水敏、松散等不稳定地层的井壁坍塌掉块,保证地层的稳定性,从而起到了护壁作用。CL 植物胶复合无固相冲洗液中使用 30% 水解度、分子量 1200×10^4 的 PHP,其目的:一是确保有足够的吸附基(占 70%),以提高孔壁吸附膜的吸附强度;二是用大的分子量(1200×10^4)确保 PHP 分子链有足够的长度,利用电子排斥作用,使 PHP 分子链伸展伸长,充分发挥吸附基的吸附架桥作用,使其与其它高聚物形成大的网状结构,覆盖孔壁微裂隙,增强与孔壁的吸附力,提高吸附膜的强度。

CL 植物胶复合无固相冲洗液流变性能较好,粘度和切力较大,悬浮和携带岩屑的能力强,同时,CL 植物胶、PHP 均具有絮凝和吸附岩屑的作用,浆液的自净化能力强,浆液性能稳定,不易在绳索取心钻杆内结泥皮。

4 使用效果

CL 植物胶复合无固相冲洗液的生产使用,是在广西资源县某矿区进行的。该矿区为花岗岩地层,以中粗粒斑状黑云母花岗岩及中细粒二云母花岗岩为主。岩体内构造特别发育,除 F8、F9 两大构造带外并伴有很多小构造。其构造岩石软硬交错,非常破碎,破碎段中常以泥质粘土充填,破碎层最大厚度

达 40 m,该地层遇水膨胀水化,在钻进过程中经常掉块、垮孔,钻具无法下至孔底。我队在该矿区施工采用 $\varnothing 60$ mm 绳索取心钻进,因泥浆护壁易在钻杆内结泥皮而无法实施。为解决此问题,曾采用向垮孔段灌注水泥护孔的方法,但由于构造垮孔段岩石为风化水系地层,水泥浆液不能与孔壁形成牢固的隔离层,所以,往往灌注水泥刚透孔到底,又出现垮孔、坍塌,无奈只好再灌水泥,就这样打打灌灌,停停打打,由于掉块(垮渣),孔内大量的岩屑岩粉无法排出,导致钻进回转阻力大,经常出现钻具折断事故,而且由于孔内钻渣多,往往钻杆断脱后被卡埋,处理十分困难。由于坍塌垮孔频繁,事故不断,严重地影响了钻探经济技术指标。比如 ZK16-1 孔,设计孔深 450 m,孔深 58~61 m 遇破碎带,垮孔掉块,强行

钻至 95~105 m 处,又遇破碎带,坍塌垮孔非常严重,又强行扫孔钻进,结果因渣多,供水不足导致烧钻,在处理烧钻事故中,钻具又被扭断,岩心管留在孔底,但上部垮孔给处理事故带来了很大的难度,事故处理好后,钻至孔深 180 m,又遇严重的破碎、掉块、坍塌地段,后经反复 7 次灌水泥护壁,历时 37 天,钻至孔深 360.75 m 处,又遇大段的破碎带,严重垮塌,又经过几次灌水泥无效,无奈被迫终孔。

又如 ZK99-1 孔,设计孔深 450 m,在钻进中同样多次坍塌垮孔,导致钻具卡死埋钻,后在整个钻进过程中,反复灌注水泥 5 次,历时 30 天,终孔孔深 432.59 m。ZK16-1、ZK99-1 钻孔施工经济技术指标见表 5。

表 5 ZK16-1、ZK99-1 孔技术经济指标表

孔号	冲洗液类型	终孔孔深 /m	台月效率 /m	开动台月数 /个	纯钻时间利用率 /%	事故及待停时间占用率 /%	打捞成功率 /%
ZK16-1	清水 + PHP + TS - 302	360.75	291	1.23	16.7	70.6	98
ZK99-1	清水 + PHP + TS - 302	432.52	433	1.00	15.8	70.16	96

CL 植物胶复合无固相冲洗液生产试验选择了与 ZK16-1 及 ZK99-1 孔附近的 ZK16-2 孔及 ZK55-1 孔。

ZK16-2 设计孔深 600 m,在孔深 70~80、310~320、415~438 m 孔段有大段的破碎蚀变带。该孔开孔即使用 CL 植物胶复合无固相冲洗液护孔钻进,钻进过程中非常顺利,尽管钻进中遇到了三大构造破碎带,但由于 CL 植物胶复合无固相冲洗液具有的良好的防水敏性能,有较强的成膜作用,稳固了井壁,防止了坍塌,又由于它有良好的摧带岩粉(屑)作用,每次起下钻具和打捞岩心都畅通无阻,

该孔仅用 0.81 个台月即顺利达到地质目的,孔深 586.80 m。

ZK55-1 孔,设计孔深 540 m,开始采用清水 + PHP 冲洗液钻进,钻至 180~186 m,遇严重掉块垮孔,灌注水泥一次(历时 4 天),后又钻至 312~352 m 处,遇 40 m 长孔段的碎裂花岗岩,所差几十米不到底,来回扫孔,耗费了不少金刚石钻头,后连灌水泥 3 次都没能解决问题。改用 CL 植物胶复合无固相冲洗液钻进(采用配方二),严格确保冲洗液的技术性能参数,结果顺利钻至 522.75 m 终孔。ZK16-2、ZK55-1 孔施工的经济技术指标见表 6。

表 6 ZK16-2、ZK55-1 孔技术经济指标表

孔号	冲洗液类型	终孔孔深 /m	台月效率 /m	开动台月数 /个	纯钻时间利用率 /%	事故及待停时间 占用率/%	打捞成功率 /%
ZK16-2	配方一	586.80	724	0.81	38.16	32.60	98
ZK55-1	清水 + PHP + TS - 302	312.68	586.25	0.6	29.61	35.63	98
ZK55-1	配方二	522.75	855	0.2	39.50	14.00	98

清水 + PHP + TS - 302 高效润滑剂与 CL 植物胶复合无固相冲洗液钻进工作量及技术经济指标对

比见表 7。

表 7 两种冲洗液钻进工作量及经济技术指标对比表

孔号	钻井液类型	合计完成 工作量/m	平均台 效/m	开动台 月数/个	平均纯钻时间 利用率/%	事故及待停时 间占用率/%	打捞成 功率/%
ZK16-1、ZK99-1、ZK55-1	清水 + PHP + TS - 302	1145.02	404.60	2.83	18.90	55	97.5
ZK55-1、ZK16-2	CL 植物胶复合无固相冲洗液	796.87	788.98	1.01	38.42	20.89	98

由表 7 可以看出,使用 CL 植物胶复合无固相

冲洗液钻进,比清水 + PHP + TS - 302 冲洗液钻进,

台效提高了 384.38 m,纯钻时间利用率增加了 19.52%,事故及停待时间减少了 34.11%。使用 CL 植物胶复合无固相冲洗液钻进的内管打捞成功率 98%,无一次因钻杆内壁结泥皮打捞不成功的。

5 结论

(1)CL 植物胶复合无固相冲洗液的粘度适当,有较好的携带岩粉能力;在孔壁上能形成有一定强度的吸附膜,失水量低,适合松散破碎、水敏膨胀等破碎构造带及不稳定地层护壁;该冲洗液流变性良好,润滑减阻性好,可满足复杂地层绳索取心钻进的需要;CL 植物胶复合无固相冲洗液适应范围广,具有较好的推广价值。

(2)为提高 CL 植物胶复合无固相冲洗液的护壁堵漏效果,可在基浆中加入防塌剂、堵漏剂等。

(3)CL 植物胶复合无固相冲洗液组成材料用量少,加量大都在 0.5‰~3‰,所用原料为高分子聚合物,在市场有现货供应,采购方便。而且配制工艺简单,适合野外配制使用。

(4)CL 植物胶复合无固相冲洗液抗温能力较

差,胶液易发酵而腐烂变质。另外植物胶、PHP 在使用过程中,由于岩屑及井壁吸附而消耗,要及时补充,以维护浆液性能。

(5)建议在现场使用植物胶复合无固相冲洗液钻进时,应配一台小型高速搅拌机,以提高制浆效率;在复杂地层中钻进,岩石松软破碎,冲洗液中的含砂量较大,为更好地净化冲洗液,除在机场要按要求设置循环系统外,还应配置专门的除砂器,以净化冲洗液,减少水头阻力,减小回转阻力,进一步提高钻进效率。

参考文献:

- [1] 曾祥熹,等. 钻孔护壁堵漏与减阻[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [2] 乌效鸣,等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [3] 汤凤林,等. 岩心钻探学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [4] 张晓静,等. LG 植物胶泥浆在煤田复杂地层钻探中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(12).

“《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志第七届编委会全体会议”会议纪要

本刊讯 “《探矿工程(岩土钻掘工程)》第七届编委会全体会议”2007年10月29日下午在北京召开,第七届编委会委员、编辑部人员、地质出版社代表共40人参加了会议。会议由中国地质调查局副局长、《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志第七届编委会主任委员王学龙主持。

王学龙主任委员首先介绍了第七届编委会的组建过程、编委的情况,并明确了编委会及编委的任务和责任。第七届编委会共有63名委员(名单附后),阵容庞大,学术权威性高,地域、行业分布广,专业齐全,年富力强。

李艺主编代表编辑部作了2000~2007年的工作总结,简要介绍了近8年来《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志在编辑出版、组稿、审稿及编辑加工方面所做的工作,论文及作者的统计情况以及编辑部几年来在开发创收等方面取得的成绩,分析了目前存在的问题并提出了一些工作设想。

编委们就下一步报道方针、如何提高期刊质量和学术水平以及相关办刊问题进行了讨论,来自管理部门、院校、基层单位的编委站在各自的角度,发表了对杂志的建议和工作意见,归纳起来主要有以下几方面:

(1)必须努力提高期刊学术水平,提高整体档次,争取进入国际著名检索系统;

(2)要找准定位,进一步解决好理论研究、科研成果、生产经验几类论文的比例关系,关键是提高各类论文的水平

质量;

(3)努力处理好广告经营与保持期刊学术性的关系;

(4)积极发挥编委们的作用。

由于有些编委因工作原因未能到会,编辑部将进一步收集编委们的书面意见,并根据汇总的意见,与编委会领导共同研究制定下一步的工作和报道计划。

《探矿工程(岩土钻掘工程)》第七届编委会名单

顾问	刘广志	李世忠	耿瑞伦	李振亚	赵国隆
主任委员	王学龙				
副主任委员	王 达(常务)	甘行平	叶建良		
委 员	(按姓氏笔划排序)				
习 辉	乌效鸣	方德平	王 生	王 伟	王 达
王平卫	王学龙	王振福	兰晓林	卢予北	叶建良
甘行平	石智军	刘兆军	刘宝林	刘跃进	向世格
孙 健	孙智杰	何勿勿	何远信	张 伟	张 敏
张阳明	张阿根	张金昌	张翔杰	李 艺	李 江
李飞跃	李生红	李良辉	李明祥	李敏刚	李粤南
杨建林	汪小昆	苏 宁	陈礼仪	陈建生	陈昌富
周红军	姜德英	段建宝	祝世平	胡时友	唐世杰
夏才初	夏柏如	殷 琨	秦 沛	诸葛盛世	
郭传新	郭树清	高献计	高德利	隋旺华	龚汉松
彭振斌	谢军成	路学忠	滕延京		