

植物胶泥浆在复杂地层钻进取心中的应用研究

殷宝兵, 黄留新

(江苏省地质矿产局第三地质大队, 江苏 镇江 212001)

摘要:在室内实验的基础上,植物胶泥浆在苏州大阳山隧道工程勘察、常州金坛矿山资源勘查、句容铜山勘探中进行了试验应用研究。试验研究结果表明,植物胶泥浆在复杂地层的钻探施工中,在确保取心质量的前提下,可大幅提高钻进生产效率,降低施工成本。

关键词:岩心钻探;复杂地层;植物胶泥浆;岩心采取率

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)11-0010-05

Application Study on Plant Glue Drilling Fluid for Core Drilling in Complex Formations/YIN Bao-bing, HUANG Liu-xin (No.3 Brigade of Jiangsu Geology & Mineral Resources Bureau, Zhenjiang Jiangsu 212001, China)

Abstract: Based on the laboratory experiments, the paper introduces the experimental studies on plant glue drilling fluid in Dayangshang tunnel engineering investigation in Suzhou, Jintan mineral resources exploration in Changzhou and Tongshan coalbed exploration in Jurong. The results show that in complex formation drilling, the drilling efficiency can be greatly improved by using plant glue drilling fluid with good core quality.

Key words: core drilling; complex formation; plant glue drilling fluid; core recovery rate

0 引言

在钻探施工过程中必将钻遇各种不同类型的地层,有些地层受地质构造运动的影响或各种不同物理化学作用,结构不稳,钻进时会产生不同程度的坍塌、漏失、掉块、涌水等现象,如砂卵石覆盖层、断裂破碎带、软弱夹层、扭压挤压破碎带及遇水膨胀坍塌层等,在这些复杂地层钻进普遍存在钻进效率低、取心质量差、施工成本高等问题,如果工艺技术运用不当,极易引起各种孔内事故,严重时可能会导致钻孔的报废。

我队主要负责长江下游宁镇之间的区域地质勘查工作,区域内成矿地质条件较好,富藏多种金属矿藏,但地质条件复杂,尤以安基山、铜山、老人峰等矿区最为代表。据不完全统计,区域内地质钻孔岩心采取率较低,仅在60%左右,个别矿区的采取率不及50%,远远不能满足地质工作的需要。

为保证钻探施工质量,提高岩心采取率,经考察学习及室内室外试验,成功将植物胶泥浆运用于岩心钻探施工领域,并取得了不俗的成绩。

1 植物胶及植物胶泥浆

1.1 植物胶(SH)

植物胶主要是由热带雨林中盛产的多种野生植

物经切片、干燥、粉碎、风选而成,主要成分是半乳甘露聚糖,还有蛋白质、纤维素、水分及少量钙、镁等无机元素。其特征是:外观为淡黄色自由流动粉末,遇水后能形成粘弹性较高的液体。

植物胶的主要性能特点为:(1)植物胶不溶于乙醇、甘油等任何有机溶剂,水是植物胶的唯一溶剂;(2)植物胶遇水能溶胀形成高粘度的胶溶液,其粘度随粉剂浓度增加而显著增加,随剪切速度增高而降低;(3)纯天然产品,可自动降解,不污染环境。

1.2 植物胶泥浆

据相关资料介绍,植物胶溶解于水后即可在岩石表面吸附形成一层薄薄的胶膜,能防止水份的渗入和穿透,避免岩石液化崩塌,从而可以起到维护孔壁稳定、保护岩心的作用。用植物胶拌制的泥浆具有快速的成膜性、高效的润滑减振性及良好的可泵性等。

1.2.1 成膜性能

植物胶泥浆能在岩心表面(或孔壁)很快形成一层胶膜,使松散、破碎、软弱的岩石表层被胶结包裹,从而可以在维护孔壁稳定的前提下能取出原状结构的岩心。为验证植物胶(SH)的成膜作用,用纯砂制成 $\varnothing 37\text{ mm} \times 33\text{ mm}$ 圆柱形试样,放在不同种类的泥浆中浸泡,观察试样崩塌的时间,保持时间越长,说明成膜护心作用越好。试验结果见表1。

收稿日期:2013-06-04

作者简介:殷宝兵(1965-),男(汉族),江苏泰州人,江苏省地质矿产局第三地质大队钻探公司经理、高级工程师,探矿工程专业,从事探矿工程施工管理工作,江苏省镇江市乔家门,13505284872@139.com;黄留新(1963-),男(汉族),江苏溧阳人,江苏省地质矿产局第三地质大队副队长、高级工程师,岩矿分析专业,从事地质矿产工程施工管理工作。

表 1 纯砂样浸泡对比试验

试样编号	泥浆种类及配方	观察结果
1	SH 1%	9 d 无变化、中止试验
2	SH 2%	9 d 无变化、中止试验
3	SH 1% + CMC 0.2%	27 d 无变化、中止试验
4	陶土 5% + PHP 5000 ppm	8 h 崩塌
5	PHP 5000 ppm	20 h 崩塌
6	CMC1%	45 h 崩塌

浸泡对比试验表明,植物胶(SH)加化学浆糊(CMC)的泥浆保持完好的时间最长,证明其成膜护心作用最好。

1.2.2 润滑减振性能

钻探施工尤其是采用金刚石钻进工艺需要较高的转速,高转速要求钻具在孔内越稳定越好,通常是在泥浆中加入皂化油等润滑剂来提高泥浆的润滑性能。而在使用植物胶泥浆后发现,植物胶具有很强的润滑减阻作用。在同一个现场、同样的孔深、同样的地层、采用同样的钻具组合(Ø91 mm 金刚石钻进工艺,100 m 孔深),使用普通低固相泥浆时钻机转速最高可开至 400 r/min,而使用植物胶时则可开至 600~800 r/min,平均转速可提高 1.5 倍。室内试验也证明了这一点,利用高速泥浆搅拌机,当采用普通泥浆加皂化油时,转速达 1500 r/min 时搅拌机的直杆搅棒已经抖动得相当厉害,无法继续试验下去了;而采用植物胶时,转速高达 4000 r/min 时直杆搅棒仍比较稳定。因此,植物胶泥浆虽然粘度高,但减振效果却相当好,这一性能更加有利于金刚石钻探高转速施工。

1.2.3 泵吸性能

植物胶泥浆与其它一些高分子溶液一样,不仅具有降摩阻的效能,而且其可泵性能也十分突出。如漏斗粘度 40 s 以上的植物胶泥浆,在 50 m 深的孔内施工,泵压不到 0.5 MPa,而清水或低固相泥浆在同样的孔深,泵压则达到 1.0 MPa。当植物胶泥浆漏斗粘度达到 5 min 时仍不影响它的泵吸性,泵压未见升高。

2 植物胶泥浆的室内试验

为充分了解掌握植物胶泥浆的各项性能参数,事先拟定了 8 组不同配比的植物胶泥浆,在试验室条件下测试各组泥浆的性能参数。8 组泥浆配比为:

- 1 号:SH: H₂O: NaOH = 2: 100: 0.16;
- 2 号:SH: H₂O: NaOH: Na - CMC = 2: 100: 0.16: 0.2;
- 3 号:SH: H₂O: 膨润土: NaOH = 1: 100: 5: 0.08;
- 4 号:SH: H₂O: 膨润土: NaOH: Na - CMC = 1: 100: 5: 0.08: 0.2;
- 5 号:SH: H₂O: KHm: Na - CMC = 2: 100: 1.0: 0.2;
- 6 号:SH: H₂O: 膨润土: KHm: Na - CMC = 1: 100: 5: 1.0: 0.2;
- 7 号:PHP: H₂O = 0.25: 100;
- 8 号:PHP: SH: H₂O: 膨润土: KHm: Na - CMC = 0.5: 1: 100: 5: 1.0: 0.2。

采用的聚炳烯酰胺(PHP)为 30% 水解度。各组泥浆性能见表 2。

表 2 室内泥浆性能测试结果

试样编号	密度/(g·cm ⁻³)	漏斗粘度/s	六速旋转粘度计读数							动切力 /Pa	塑性粘度 /(mpa·s)	失水量 /mL	泥饼厚度/mm	胶体率 /%	pH 值	浸泡试验/h
			Ø ₃	Ø ₆	Ø ₁₀₀	Ø ₂₀₀	Ø ₃₀₀	Ø ₆₀₀								
1	1.02	24	0.3	0.8	4.1	5.3	7.0	12.0	1.02	5.0	10.0	0.5	94	8.5	24	
2	1.02	30	0.3	0.6	4.2	5.3	7.2	11.8	1.33	4.6	10.0	0.5	95	8.5	24	
3	1.03	22	0.3	0.5	2.5	5.0	12.0	14.0	5.11	2.0	9.6	0.5	90	8.0	24	
4	1.05	29	0.5	0.9	6.0	10.9	16.0	29.1	1.48	13.1	9.0	0.5	90	8.0	24	
5	1.02	30	0.3	0.9	7.0	12.5	17.3	32.1	1.27	14.8	8.5	0.5	98	7.5	24	
6	1.05	41	0.8	0.9	6.6	9.1	12.1	20.0	2.15	7.9	8.4	0.5	98	7.5	24	
7	1.00	31	0.3	0.6	2.5	4.4	6.5	11.2	0.92	4.7				7.0	24	
8	1.03	22	0.8	1.0	4.9	7.5	10.1	17.1	1.58	7.0	12.0	1.0	98	7.0	24	

同时,选用同一个岩性的岩样进行 24 h 的浸泡,直观察看其护壁效果。24 h 后将各组浸泡岩样取出,可见岩样均保持完好,无坍塌掉块,外面都包裹着一层薄薄的泥皮。再将浸泡岩样用水冲洗,发现 7 号样很容易冲洗干净,其余样需用力冲洗,说明泥皮有较好的韧性及吸附力,其中,6 号、8 号样的韧

性最强。

3 现场生产试验

3.1 苏州大阳山隧道工程勘察

3.1.1 地质情况

2011 年 9 月我队承接了苏州大阳山隧道工程

勘察钻探施工任务。大阳山山体相当破碎,隧道东西出口处紧靠中国高岭土公司的采矿坑道,局部地面已塌陷。根据有关资料,拟建大阳山隧道处地质构造十分发育,压扭断裂带、挤压破碎带、岩脉群纵布,基岩节理裂隙较发育。

3.1.2 钻探施工主要要求

(1)孔深按预定深度,大致35~300 m不等;若钻探过程中发现有软弱夹层、破碎带等不良地质现象,孔深至少应钻至有效持力层5 m以上。

(2)终孔孔径 ≤ 75 mm。

(3)岩心采取率:粘性土层不少于85%,砂类土不少于75%,碎石土类不少于50%,坚硬完整岩层不少于85%,强风化及破碎岩层不少于60%,当存在滑坡、软弱夹层等不良地质现象时应尽量提高岩心采取率。

3.1.3 施工设备及取心工艺

施工设备:GXY-2型钻机,BW200/40型泥浆泵,搅拌桶(自制、容积0.8 L)。

钻具组合: $\varnothing 50$ mm普通钻杆、 $\varnothing 75$ mm绳索取心钻杆及 $\varnothing 89$ mm岩心管、金刚石钻头。

施工工艺:正循环回转钻进。

泥浆材料:植物胶(SH)、陶土、PHP、CMC、NaOH等。

取心方法:普通钻进、绳索取心钻进。

3.1.4 植物胶泥浆的配制及应用

(1)根据室内试验数据,确定采用无固相植物胶泥浆配比:SH: H₂O: NaOH = 2: 100: 0.16。

(2)现场搅制植物胶泥浆。采用立式搅拌机,叶轮转速在600 r/min左右。

制浆程序:先向桶中加入1/2桶的清水,开动机器以600 r/min的转速高速搅拌,并一次性倒入植物胶粉,搅拌5 min后干粉充分分散无疙瘩;然后加满清水到规定位置继续搅拌,并加入NaOH水溶液继续搅拌5~10 min即可。

(3)加长加深循环沟槽。设计了一个沉淀池,一个储浆池,容积均约2.5 m³,循环槽长约20 m,每隔5 m左右设一只挡板沉砂。

(4)控制泥浆基本性能参数为:密度1.03~1.08 g/cm³、粘度40~60 s。施工过程中要勤测,发现性能下降要及时补充新浆,尤其是泥浆的粘度 ≤ 40 s。

(5)确定控制钻进参数为:钻压6~8 kN、转速500~600 r/min、泵量30~40 L/min、泵压0.5 MPa。完整基岩操作时钻压及泵量取大值。

(6)上部风化破碎层采用普通钻进取心工艺进行施工;下部破碎但未风化岩层采用绳索取心钻进工艺进行施工。

3.1.5 取心效果

从图1中可以看到植物胶泥浆基本包裹了岩心样,岩心中的砾石清晰可见,砾石中间充填的泥砂基本没有被冲刷,岩心采取率基本达到了90%。从图2中可以看出,岩样相当破碎,但采取率基本达到了90%以上。



图1 苏州大阳山隧道上部岩心样



图2 苏州大阳山隧道下部岩心样

初步试验结果表明:植物胶泥浆对提高复杂地层钻进岩心采取率是有效的,无论是采取率还是钻进效率都优于常规钻探方法。

3.2 常州金坛矿山资源勘查

3.2.1 矿区概述

2012年3~4月,我队钻探公司在常州金坛薛埠镇小尖山、斗蓬山进行矿山资源勘查钻探施工,施工区域紧邻已开采矿山,地层相当破碎复杂,山体已出现滑移,部分地段为回填的碎砂石。地层以砂岩、泥质砂岩、石英砂岩为主,泥质砂岩遇水极易膨胀、坍塌,而石英砂岩强度又非常高,研磨性极强,施工难度很大,矿山自有钻机施工岩心采取率相当低,甚至于无法成孔。

3.2.2 生产试验效果

我队钻探公司决定采用植物胶泥浆+普通金刚石钻进工艺施工。开孔即采用植物胶泥浆,泥浆配比同上,施工后每个回次都能取出岩心,起下钻比较

顺畅,不堵不卡,没有出现孔内坍塌、缩径等现象,效果比较明显。具体岩样见图3、图4。



图3 常州金坛小尖山岩心样



图4 常州金坛斗蓬山岩心样

3.3 句容铜山勘探

3.3.1 矿区概述

铜山位于句容市下蜀镇,紧邻312国道,为我队20世纪60年代勘探发现的一座老矿山,成矿地质条件较好,以富含铜、钼等金属闻名。根据地质资料,该矿区在400 m以浅孔段地层相当复杂,破碎、掉块、漏失、坍塌等现象时有发生,特别是-270~-290 m层段为煤系地层,遇水很快膨胀坍塌,造成憋泵,无法钻进,提钻后又下不到底,需来回扫孔。近2年,我队在铜山矿区施工了6只钻孔,孔深300~600 m,曾报废进尺300 m,丢弃 $\varnothing 127$ mm套管150 m,施工台月效率仅300 m左右,岩心采取率不足70%,效率十分低下。

2012年6月27日,句容铜山勘探钻孔正式开钻,本次钻进决定进行采用植物胶泥浆进行施工现场试验。

3.3.2 施工设备及工艺

钻机:GXY-2000型,最大钻进深度2000 m;

泥浆泵:BNN-280/8型,最大泵压8 MPa,最大流量280 L/min;

施工工艺:S75小口径金刚石绳索取心钻进。

3.3.3 试验过程概述

结合铜山地质条件,决定采用1号SH: H₂O: NaOH=2: 100: 0.16的无固相植物胶泥浆开孔,

基本可以满足施工需要,钻进过程中略有漏失,没有出现大的漏失,经正常补浆后可连续钻进;到60 m孔深时发现漏失量加大,需停钻补浆,改用3号SH: H₂O: 膨润土: NaOH=1: 100: 5: 0.08泥浆正常钻进,漏失量减少,直至无漏失。孔深253 m时遇到一小溶洞,而且岩心相当破碎,全孔漏失不返水,在泥浆中加入木屑并加大泵压压孔,基本堵塞了漏洞,不再漏失。孔深275 m时进入煤系地层,由于煤系地层极易坍塌,岩粉相当多,现场改用4号SH: H₂O: 膨润土: NaOH: Na-CMC=1: 100: 5: 0.08: 0.2泥浆,至286 m深度时顺利钻穿这一层。

本次试验,复杂地层的岩心采取率约95%,超过了设计书预定的70%的目标,尤其是取上了约3 m长的比较完整、连续的煤系地层的岩心。煤系地层岩心见图5。



图5 铜山煤系地层岩心

4 试验效果对比

4.1 浅孔类施工比较

苏州大阳山及金坛薛埠的施工孔深 >150 m,属于浅孔类施工。在现场试验过程中,同样的班组采用同样的设备,同样的技术要求,先后使用清水、低固相陶土泥浆、植物胶泥浆进行对比,从进尺速度、取心质量(采取率、心样完整性)、使用成本等3个方面进行对比研究。表3数据系根据大阳山部分钻孔的施工报表统计而成。

从表3看出,清水钻进,成本最低,但岩心采取率太低,不能满足要求;陶土泥浆钻进,由于漏失严重,泥浆成本最高,岩心采取率仅能满足最低要求;使用植物胶泥浆钻进,成本略高于清水,但低于陶土泥浆,岩心采取率可达90%,基本可采上原状岩心。

此外,在同样的矿区、同样的施工条件下,使用植物胶泥浆加绳索取心工艺,可提高钻机转速,施工进尺速度明显快于使用普通泥浆,其综合效益远高于使用普通泥浆。

4.2 深孔类施工比较

表3 大阳山钻探施工工效对比

孔号	孔深/m	孔径/mm	泥浆种类	取心工艺	进尺速度/(m·h ⁻¹)	采取率/%	岩心样完整度	泥浆成本/(元·m ⁻¹)	备注
z-3	36.5	91	陶土	普钻	1.2	75	破碎	11.5	漏失
z-4	57.1	91	植物胶	绳钻	2.1	92	破碎	6.5	漏失
z-5	43.4	91	陶土	绳钻	1.4	81	破碎	10.0	漏失
j-3	30.2	91	清水	普钻	1.1	55	破碎	3.5	略漏
j-8	30.6	91	植物胶	绳钻	1.8	92	破碎	5.5	略漏
J-11	41.0	91	植物胶	绳钻	2.2	95	破碎	5.5	略漏
z-7	270.1	77	聚胺、植物胶	绳钻	2.0	98	部分完整	4.0	略漏

铜山0~300 m孔段先后有3大类不同类型的复杂地层,在前几年的施工过程中经常发生坍塌、埋钻等孔内事故,严重时曾被迫移位重打,工效很低。在本次试验之前,我们就根据不同类型的地层拟定了几组不同的植物胶泥浆配比,一方面供施工时灵活掌握使用,另一方面检验植物胶泥浆的适用性、通用性。经过25天的现场试验,顺利钻穿了上部复杂地层段。本次试验与以前施工效果的对比见表4。

表4 铜山岩心钻探工效对比

孔深/m	泥浆类型	复杂地层类型	纯钻时间利用率/%	钻进时效/m	岩心采取率/%
0~60	普通泥浆		30	1.5	85
	植物胶泥浆	破碎、漏失	38	2.3	92
60~150	普通泥浆	时有掉块、	42	2.2	75
	植物胶泥浆	漏失	50	3.1	95
150~265	普通泥浆	破碎、漏	22	1.8	84
	植物胶泥浆	失、溶洞	35	2.6	93
265~286	普通泥浆	煤系地层、	20	0.8	50
	植物胶泥浆	缩径、坍塌	42	2.2	92

注:采用绳索取心钻进工艺。

从表4可以看出,在相同的地层条件下,植物胶泥浆更能维护孔壁的稳定,它的时间利用率最高,工效也最高。在煤系地层中钻进时,由于植物胶泥浆特有的护心作用,以往基本没有取出连续完整的呈粉状、碎粒状煤心,这次取出了连续完整的约3 m长的岩心,效果明显。

5 经济效益对比

岩心钻探施工的直接成本包括泥浆材料的消耗、钻头的消耗、机械零部件的消耗及人工工资等。就单孔而言,使用了植物胶泥浆具有以下优越性:

(1) 泥浆处理剂的投入要增加,但其它泥浆材料的消耗将大大降低,因此,泥浆材料超支有限。

(2) 由于植物胶泥浆的润滑减阻作用明显,泥浆泵泵体的磨损会大大减轻,其拉杆、活塞、柱塞等易损件的消耗将显著降低。

(3) 钻头、钻杆及套管的消耗也明显降低,由于植物胶泥浆优越的携带岩粉的能力,孔底相对比较

干净,减少了钻头的二次破碎,每个孔至少可少用钻头4~5只。钻进的成功率高了,起下钻的频率也就降低了,则钻杆的磨损程度也就明显的减轻,如果按500 m的钻进米数统计,至少可少换钻杆接手一批。

(4) 减少了孔内事故,钻机超负荷运转的次数也明显减少,设备的维修与保养周期就相对延长,同时,还节约了处理孔内事故所需的一整套专用工具。

(5) 人员工资是与施工工期密切相关的,钻孔安全顺利、钻进效率提高,工期自然缩短,人员工资的开支及其它辅助费用也自然会大大减少。

6 结语

泥浆使用的好坏,对钻探施工的顺利与否影响非常明显。我队在考察学习的基础上通过泥浆的室内试验、现场的生产试验,成功将植物胶泥浆与金刚石绳索取心钻进工艺结合在一起,运用于复杂地层的钻探施工当中,在确保取心质量的前提下,大幅提高了钻进生产效率,降低了各项开支。根据我队在句容下蜀铜山施工的综合统计,台月效率由340 m提高到380 m。提高了11.76%,效果明显。

参考文献:

- [1] 孙涛,陈礼仪,朱宗培.植物胶冲洗液的性能及新型植物胶QM的开发研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(4):44-46.
- [2] 王坚,王生,索忠伟,等.植物胶在松散破碎地层施工中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(3):54-55,59.
- [3] 翟开慧.植物胶冲洗液在塞上金矿区钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):18-20.
- [4] 牛文林,陈礼仪.植物胶无粘土冲洗液的流变性研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(1):44-46.
- [5] 唐进军,黄贡生.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[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(11):25-29.
- [6] 宋宏图.SM植物胶和SD系列金刚石钻进工艺在深厚砂卵石层的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(3):13-15,17.
- [7] 罗冠平.LG植物胶无固相冲洗液在富煤二矿906号孔的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2):19-22.
- [8] 尹建国,刘青山,夏文彬,等.塞上矿区复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):42-45.