

LG 植物胶泥浆在煤田复杂地层钻探中的应用研究

张晓静¹, 乌效鸣¹, 蔡记华¹, 张家军², 韩书记², 周文波²

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 河南省地质矿产勘察开发局第一地质工程院, 河南 驻马店 463000)

摘要:在河南省驻马店汝南县林楼—正阳县张楼一带的煤田勘探中,第三、第四系地层厚达 700 m,经常遇到水敏性粘土、砂质粘土、砂质泥岩、粉砂岩和卵砾石等地层,易造成缩径、超径、坍塌和掉块等孔内复杂情况。结合该地区的地质特征,采用新型 LG 植物胶泥浆来解决钻探的“瓶颈”难题。应用实践表明, LG 泥浆起到了显著的抑制缩径、超径和防塌作用,大大减少了孔内事故的发生,提高了钻进效率。

关键词: LG 植物胶泥浆; 煤田钻探; 降滤失; 强抑制性; 润滑性

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2006)12-0042-03

Applying Study on LG Plant Glue Drilling Mud for Drilling in Complicated Coalfield Strata / ZHANG Xiao-jing¹, WU Xiao-ming¹, CAI Ji-hua², ZHANG Jia-jun², HAN Shu-ji², ZHOU Wen-bo² (1. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China; 2. 1st Geo-engineering Institute Under Henan Geology and Resources Survey Bureau, Zhumadian Henan 463000, China)

Abstract: In coalfield exploration in Runan County of Henan Province, thickness of tertiary and quaternary formation is up to 700 m, water sensitive clay, sandy clay, sandy argillite, aleurolite and gravel strata are often encountered. These easily cause hole diameter's shortage or enlargement, wall of hole collapsing and breaking. According to the strata feature, LG plant glue mud was chosen to solve these difficult problems. It is proved by application that LG mud obviously controls hole diameter's shortage or enlargement, wall of hole collapsing and breaking, greatly reduces borehole accident with drilling efficiency risen.

Key words: LG plant glue; coalfield drilling; filtrate reducing; highly inhibitive; lubricating

1 驻马店地区煤田钻探难点

驻马店地区煤系地层自上而下分为第四系粉砂质粘土、砂砾石层、粘土层、第三系杂色粘土、砂砾石层,下部为红砂岩及胶结性不好的卵砾石层、泥岩、粉砂岩、灰岩及炭岩。其中第三、第四系厚度达 700 m 左右,水敏性强、易水化膨胀,且胶结松散,极易发生缩径、超径、坍塌和掉块等孔内复杂情况。

在河南省汝南县林楼—正阳县张楼一带的煤田勘探 ZK1001 孔(设计孔深 800 m)施工中,当钻孔施工至 401 m 时,发生孔内事故,在 270.15 m 处钻杆折断,在 170~210 m 段出现严重缩径现象,根据打捞情况估计,250~290 m 段孔径已超过 250 mm(设计孔径为 130 mm),确认断头已被挤入孔壁,孔底沉渣较厚,继续处理可能埋住下部钻具,因此决定报废该钻孔。沿勘探线向北东方向平移 20 m 后重新开孔施工。

分析老孔出现事故的主要原因是:

(1) 泥浆失水量大(API 失水量在 25 mL/30

min 以上,甚至达到 38 mL/30 min),导致泥页岩层等水敏性地层吸水膨胀、缩径,卡住钻具;砂岩及其它松散地层扩径,形成“腹腔”,使钻具在其内甩动,增加了挠曲和扭矩,致使钻杆在孔内不均匀受力,以致被折断。

(2) 泥浆润滑性差。在地层吸水膨胀缩径、扩径时,钻具与孔壁接触摩擦,良好的润滑性可以减少摩阻力及钻具与孔壁的接触并解卡,同时减少对地层的扰动及破坏。反之,润滑性差则会加速地层的水敏和垮塌。

(3) 地层自然造浆,大量地层岩土溶入泥浆,破坏了原有泥浆的结构,虽然提高了其粘稠度却破坏了其胶结力,同时形成抽吸活塞,破坏地层的稳定。

(4) 地层失稳后,导致钻孔垂直度差,使得起下钻具时钻杆接头处“刮泥”现象严重,进一步加速了对孔壁的破坏,形成了恶性循环。

(5) 工艺衔接及施工准备工作不当,机具维修及等待必要钻进设备(如钻头)时间过长,导致钻孔

收稿日期:2006-08-07

作者简介:张晓静(1981-),女(汉族),辽宁沈阳人,中国地质大学(武汉)硕士在读,地质工程专业,从事钻井液和非开挖技术等方面的研究工作,湖北省武汉市武昌鲁磨路,13437170342, rechelada@163.com。

长时间裸露浸泡在泥浆中,加快了对地层的破坏速度,造成事故。

2 泥浆设计要点分析

根据上述分析,在此类地层中钻进时要采用合理的施工和工艺措施,尤其要求泥浆具有强降滤失性及抑制性,减少滤液的渗入及泥页岩的水化膨胀;强的润滑性,降低钻具对煤系地层的扰动,以此来稳定孔壁、顺利施工。

(1)强降滤失及抑制性。泥浆的抑制性是指泥浆抑制孔壁岩土水化、膨胀、分散的性能,在理论上与粘土的造浆性和孔壁的遇水稳定性有密切的联系。泥浆具有强的降滤失性,渗入到地层中的自由水相对就少,对煤层的胶结能力的破坏就小,地层的水化膨胀就少。

(2)强润滑性。泥浆的润滑性与钻具磨损、循环流动阻力、设备功率消耗、卡埋钻处理等都有密切的关系,润滑性强还可以减少压力激动对孔壁的破坏。

(3)粘结性。泥浆把钻渣从孔底携至地表或者在孔中悬浮钻渣,主要是靠泥浆的粘稠性,对于破碎的不稳定孔壁,利用较粘稠的泥浆还可以起到较好的粘结护壁作用,但是泥浆的粘稠性过大又会使孔底碎岩效率降低,增加泥浆循环阻力,增大对孔壁的液压力激动破坏。

基于以上分析,综合地层情况、钻探工艺要求及成本等多方面的考虑,拟采用以野生植物胶 LG 为主要处理剂的新型泥浆体系。

LG 植物胶取自樟科芳香科植物的叶子,天然含有植物纤维、精油、脂肪酸和水溶性聚糖等成分,在具有强抑制性和强降滤失能力、良好的润滑性和两亲性等显著优点的同时,还具有可再生能力强和绿色环保等优点。LG 植物胶可作为处理剂与优质膨润土结合形成 LG 植物胶泥浆体系,其中优质膨润土的加入可增加切力、提高胶体稳定性、降低滤失量;LG 植物胶起到降滤失、强抑制、提粘、润滑等作用,两者协同作用来稳定孔壁,保持孔内优质作业环境,从物理、化学、理化等多方面稳定孔壁。

3 降滤失及强抑制能力实验分析

从 LG 植物胶的组成来看,LG 植物胶兼有非离子型降滤失剂(含植物纤维)和阴离子型降滤失剂(含多糖、脂肪酸和精油等)的双重作用。

3.1 LG 阴离子型降滤失作用

采用气筒式失水量仪、XDX-11 型电视显微电泳仪、ZNN-D6 型六速旋转粘度计分别对 LG 植物胶的失水量、电性及粘度进行测试。

从表 1 可以看出,随着 LG 植物胶加量的增加,滤失量呈明显的下降趋势,同时电性参数相应增加。在 4% 膨润土浆中加入 LG 植物胶后,电性从 -16.3 mV 增加到 -21.3 mV (2% LG) 和 -22.1 mV (6% LG)。结合上节的理论分析,它通过吸附来提高滤饼负电荷密度,然后对水分子进行极化使其稳定在滤饼孔隙中而不易通过。同时,LG 植物胶具有良好的增粘作用,其含的可溶性纤维素与多糖高分子在固态时,分子链呈卷曲状态,遇水后,水分子进入这些分子之间,分子链上的 $-OH$ 基可与水分子进行氢键吸附,结果产生由溶胀到溶解过程,增加了分子间的接触和内摩擦力,显示出粘性,从而提高泥浆滤液的粘度,增加滤液流动的阻力,降低滤失速率和减少滤失量。

表 1 LG 植物胶的加量对膨润土泥浆滤失参数和电性的影响

序号	配方(加量)	FL /mL	G"/G' /Pa	PV /(mPa·s)	YP /Pa	电性 /mV
1	4% 膨润土	19.2	1.0/4.0	2.0	3.0	-16.3
2	LG					-15.5
3	4% 膨润土 + 1% LG	9.8	0/1.0	6.0	1.5	
4	4% 膨润土 + 2% LG	7.6	0/1.5	7.0	3.5	-21.3
5	4% 膨润土 + 6% LG	4.4	1.0/2.5	17.0	6.5	-22.1

3.2 LG 非离子型降滤失作用

(1)LG 植物胶中富含与地层配伍性较好的植物纤维,依靠自身的小颗粒全方位地堵塞滤饼上的毛细孔,能堵塞渗漏通道,而降低滤饼的渗透率,从而达到堵漏和降低滤失量的目的。

(2)LG 植物胶自身的小颗粒具有不带电性的特性,使其对电解质不敏感,有较强的耐盐和耐钙离子的能力。

(3)LG 植物胶高分子能通过吸附基团吸附在泥页岩表面,并浅表性地渗透到微孔、裂隙中去,快速形成具有一定强度的高分子膜,一方面阻止自由水继续向地层渗漏,另一方面使泥页岩的胶结性提高,起到抑制孔壁分散的作用。

4 强润滑减阻性的测试比较

采用 E-P 极压润滑仪,参照《水基钻井液用润滑剂通用技术条件》(Q/ZY 1027-2002),对 LG 植物胶的润滑性质进行测试,实验结果见表 2。

从表 2 可以看出,在蒸馏水中加入 4% 的 LG 植物胶,润滑系数降低率可达 38.2%,而在 4% 的钠土

基浆中加入 4% 的 LG 植物胶, 润滑系数降低率更可达 57.9%。另外, 在膨润土浆中加入不同量的 LG 植物胶, 测试数据表明, 润滑系数降低率均在 50% 左右。

表 2 LG 植物胶的润滑性测试结果

序号	配方和加量	润滑系数 K_f	润滑系数降低率 /%	备注
1	蒸馏水	0.33		
	蒸馏水 + 4% LG	0.204	38.2	相对 1
2	4% 钠土	0.496		
	4% 钠土 + 4% LG	0.209	57.9	相对 2
3	4% 膨润土浆	0.62		
4	4% 膨润土浆 + 1% LG	0.33	46.8	相对 3
5	4% 膨润土浆 + 2% LG	0.31	50.0	相对 3
6	4% 膨润土浆 + 3% LG	0.28	54.8	相对 3

注: 表中钠土为山东潍坊产, 膨润土为河北怀安产。

由此可见, LG 植物胶的润滑效果是相当好的, 这主要是由于它含亚油酸和油酸等脂肪酸的原因, 能将金属钻杆和岩石表面间的干摩擦变为油膜之间或表面活性剂憎水端间的摩擦, 即吸附膜之间的摩擦。而其具有的两亲结构使其无论是在清水中还是在膨润土浆中都具有明显的润滑作用, 大幅度降低了润滑系数。

5 LG 植物胶泥浆的现场应用及实效

由于新、老两孔相距较近, 地层情况基本一致, 钻机、钻具及钻进工艺基本保持不变。新孔采用了新型泥浆材料 LG 植物胶, 并根据原孔实钻所获地层资料进行调配。

5.1 LG 植物胶对淡水基浆的作用

在 1000 mL 水中加入 50 g 钠膨润土, 高速搅拌 (11000 r/min, 下同) 20 min, 在室温下养护 24 h, 得到淡水基浆。加入不同量的 LG 植物胶, 高速搅拌 20 min, 放置 24 h 后测定泥浆性能, 实验结果见图 1。

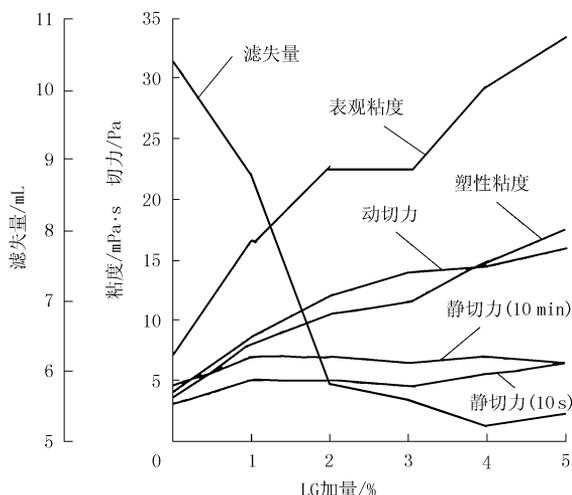


图 1 LG 植物胶对淡水基浆性能的影响

可以看出, LG 有着强降滤失性, 增粘效果明显。形成的泥饼薄, 风干后泥饼坚韧。

5.2 现场性能对比试验及应用效果分析

实际施工中, 由于 400 m 以浅地层大部分为造浆良好的粘土层, 因此调浆时采用添加处理剂方式, 即清水 + Na_2CO_3 + LG 植物胶 + CMC; 进入砂岩层及卵砾石层后, 地层中造浆土性能下降, 采用补给泥浆方式, 即清水 + 膨润土 + Na_2CO_3 + LG 植物胶 + CMC。

泥浆配制过程中, 各添加剂及土粉加量根据现场实际情况调配, 拟控制泥浆性能参数为: 表观粘度 25 $\text{mPa}\cdot\text{s}$, 塑性粘度 15 $\text{mPa}\cdot\text{s}$, 动切力 10 Pa, API 失水量 15 mL, pH 值在 8 左右。性能测试仪器为: ZNN-D6 型六速旋转粘度计、气筒式失水量测试仪和 pH 试纸。

在钻进深度为 40 m 时, 取孔口返浆 2 份, 测试添加和未添加 LG 植物胶时的泥浆的性能参数 (见表 3)。孔深 100 m 后开始添加 LG 植物胶处理剂。

表 3 现场性能对比试验

序号	配方加量	FL/mL	$\varnothing 600$	$\varnothing 300$	$\varnothing 200$	$\varnothing 100$	$\varnothing 6$	$\varnothing 3$	AV/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	PV/($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	YP/Pa
1	孔口返浆 (40 m)	13	27.5	18.5	17	14	8	7	13.75	9	4.75
2	1号 + 1.25% LG	9.2	33	22	17	12	4	3	16.5	11	5.5

表 3 中的测试结果表明, LG 植物胶能改善泥浆的流型参数, 使之具有较好的切力, 同时大大降低泥浆的滤失量。

由于地层较复杂, 期间多有性能大幅度变化的情况, 此时根据泥浆池及孔内泥浆比例换浆, 每次 2 ~ 5 m^3 , 以保持泥浆的良好性能。三次替浆前后的性能结果如表 4 所示。

表 4 替浆前后性能指标对比

序号	孔深 /m	替浆量 / m^3	替浆前				替浆后			
			$\varnothing 300$	$\varnothing 600$	FL/mL	pH	$\varnothing 300$	$\varnothing 600$	FL/mL	pH
1	>400	5	40.5	49.5	13.6	8	23.5	33.5	8.8	>8
2	>500	4	30.5	42.5	17.2	8	21	34	11.6	8
3	>600	2	35	40	15.9	<8	22.5	34	12.8	>8

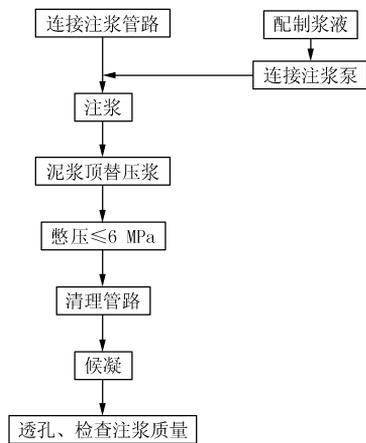


图 1 压力注浆施工工艺流程图

的容器进行溶解,并在水泥浆搅拌均匀后,缓慢倒入搅拌池中,以尽量缩短注浆前浆液混合时间。

(4) 注浆开始后,应密切注意注浆泵压力表的压力反映,特别是水泥浆液注入钻孔后用泥浆顶替时,一定按照设计时间(基于土封堵孔段液柱体积和泥浆泵量得出),进行浆液置换。置换过程中,若泵压 >6 MPa,则进行关系泵憋压,使水泥浆液充分进入岩溶裂隙,以增强注浆堵漏效果。

4 存在的问题

在磨盘山勘探区施工中,7-3 和 7-4 两个钻孔玉龙灰岩裂隙发育,采用扩孔下入套管的办法进

行堵漏,效果明显。但长兴层位仍然大段距岩溶裂隙发育,造成钻孔全漏。而下入的 $\varnothing 89$ mm 套管又因孔内掉块卡住,无法起拔,只好采用压力注浆的办法进行钻孔堵漏。按照测量的钻孔水位深度计算(水位深度约 400 m),已经在矿区侵蚀基准面以下。两个钻孔均先后 3 次压力注浆进行裂隙堵漏,未能取得理想效果。最后,只有采用顶漏钻进的办法,完成钻孔施工。

5 结语

(1) 采用压力注浆的方法,对于大段距岩溶裂隙堵漏,效果较为明显,减少了因裂隙漏水造成孔内事故的比例。但对于部分位于潜水位并存在径流的裂隙,仍然难以达到理想的堵漏效果。

(2) 要根据钻孔所取岩心情况,认真分析岩溶裂隙发育程度及其有无径流,设计相应的堵漏措施。

(3) 部分尺寸较大的裂隙,采用水泥浆压力堵漏时,可以加入一些尺寸稍大的惰性材料,增强裂隙堵漏效果。

参考文献:

- [1] 徐彬彬,何明德. 贵州煤田地质[M]. 北京:中国矿业大学出版社,2003.
- [2] 韩广德,等. 中国煤炭工业钻探工程学[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.

(上接第 44 页)

新孔采用 LG 植物胶泥浆体系后,效果非常好,现该孔已顺利竣工。在厚达 700 m 的第三、第四系地层的施工中,未出现缩径、超径、坍塌、掉块现象,钻孔垂直度好,600 m 处测量倾角仅为 4° ,使得起下钻具时非常顺利,钻具接头处未发现“刮泥”现象。进入卵石层泥皮松散且厚度增加,每次替浆后泥皮质量均有提高。

6 结语

(1) 河南省驻马店地区煤田的地质特征是以第三、第四系地层为主,其中多为水敏性地层且胶结疏松,局部裂缝发育,极易缩径、超径、破碎坍塌。LG 植物胶具有强抑制性和强降滤失能力,润滑性好,能防止孔内复杂事故的发生,保证钻进工作的安全顺利进行,并提高钻进效率。

(2) LG 植物胶含有植物纤维和多糖,兼具非离子型降滤失剂和阴离子型降滤失剂的双重作用。通

过吸附、堵塞、胶结等多种方式在孔壁形成致密的保护膜,降低滤失量的同时防止盐离子和钙离子的侵入,保护孔壁的完整和稳定。

(3) LG 植物胶含有亚油酸和油酸等脂肪酸及精油成分,具有良好的润滑性,能显著地降低摩阻系数,起下钻及循环中构成的压力激动、扭矩和钻具、钻头的磨损。而其具有的两亲结构使其无论是在清水中还是在膨润土浆中都具有明显的润滑作用。

(4) LG 植物胶是天然绿色材料,无毒无害,对一般地层没有伤害,是良好的环保材料。且可以和其它多种泥浆材料配用,有良好的协同性。

参考文献:

- [1] 王平全,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. 243.
- [2] 乌效鸣,蔡记华,李云波. LG 植物胶处理剂的试验研究[J]. 钻井液与完井液,2005,22(1): 19-21.