

抑制性泥浆在新疆淖毛湖煤田东部勘查区中的应用

罗冠平

(福建省 121 地质大队, 福建 龙岩 364021)

摘要:新疆淖毛湖煤田东部勘查区,煤系地层多为灰色、淡黄色砾岩、砂岩,泥岩,泥岩与砂砾岩互层,泥岩夹煤层、煤线等,其中泥岩、泥岩与砂砾岩互层地层水敏性强,胶结性差,在钻进过程中易造成水化膨胀、缩径、坍塌等问题,护壁困难。针对该矿区的地层特征,采用抑制性无固相和低固相泥浆钻进,成功地维持了孔壁稳定,高效、安全地完成了钻孔,为今后施工类似钻孔取得了宝贵经验。

关键词:煤田钻探;水敏性地层;抑制性泥浆;护壁;新疆淖毛湖煤田

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)05-0033-04

Application of Inhibitive Drilling Fluid in the Eastern Exploration Area of Naomaohu Coalfield in Xinjiang/LUO Guan-ping (Fujian Province 121 Geological Exploration Team, Longyan Fujian 364021, China)

Abstract: The coal-bearing strata are mostly gray and yellowish conglomerate, sandstone, mudstone, mudstone and glutenite interbedded, mudstone intercalated coal seam or coal line in the eastern exploration area of Naomaohu coalfield in Xinjiang, among which, strata of mudstone, mudstone and glutenite interbedded have strong water sensitivity, poor cementation and are easy to cause hydrated swell, shrinkage and wall collapse in the drilling process, wall protection is difficult. In view of the characteristics of the mine strata, the inhibitory solid free and low solid drilling fluid are used, the borehole stability is kept and effective and safe drilling is realized.

Key words: coalfield drilling; water sensitivity formation; inhibitive drilling fluid; wall protection; Naomaohu coalfield of Xinjiang

1 概况

新疆淖毛湖煤田东部勘查区行政隶属哈密市伊吾县淖毛湖镇管辖,位于伊吾县北部 95 km,淖毛湖镇东北约 3 km 处,区内有一条国防公路通过,地形较平缓,多为风成沙地。区内属大陆性干旱气候,雨水少,风沙大(4—9 月为风季,最大风力可达 12 级),夏天热(最高气温 43.5℃),冬天冷(最低气温 -40℃)。淖毛湖煤田按照煤层赋存特征及构造形态分为东区、中区、西区 3 个区块。我们施工的钻孔主要位于东区 DF1 断层北翼,含有可采煤层 32 层,其中下侏罗系三工河组含可采煤层 5 层,即 II₃、II₄、II₇、II₈ 和 II₁₀,下侏罗系八道湾组含可采煤层 27 层,III₁ 到 III₁₅、III₁₈、III₂₀ 到 III₃₀ 号煤层。该区地层构造复杂,煤层的特点表现为煤层多且厚度大、结构简单—复杂。本文将主要结合 ZK4509 孔的实践进行分析,该孔上部覆盖少量第四系风化层,之后直接进入下侏罗系八道湾组(J_{1b}),揭露可采煤层 18 层,最厚达 11.5 m,煤层间主要岩性为厚层灰色砂

砾岩、砂岩、粉砂岩、泥岩(见图 1)、泥岩与砂砾岩互层、泥岩夹煤层、煤线等,钻孔 750 m 以下出现多段破碎地层,岩心破碎(见图 2)。

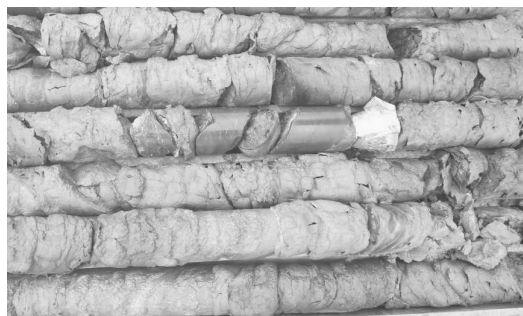


图 1 孔深 568~571 m 孔段泥岩岩心图片



图 2 孔深 867~869 m 孔段破碎岩心图片

收稿日期:2017-09-20; 修回日期:2018-05-01

作者简介:罗冠平,男,汉族,1984 年生,勘查技术与工程专业,主要从事钻探生产技术和管理工作,福建省龙岩市新罗区曹溪街道中粉路 35 号福建省 121 地质大队工程队,lgp121@139.com。

该孔施工中遇到的主要问题是:一是含泥岩地层水敏性强,遇水后易水化膨胀,造成钻孔缩径、坍塌,容易抱钻;二是部分孔段岩心破碎,容易垮塌、掉块,孔壁稳定性较差,易发生卡钻事故。所以,要保证钻孔的顺利,一是要根据泥岩的膨胀特性,要求钻井泥浆具有水敏抑制性;二是针对破碎地层,要适当提高泥浆密度,以维护孔内压力平衡,实现平衡钻进。泥浆的水敏抑制性,主要指对泥岩地层中的粘土颗粒具有抑制其水化、分散和膨胀的作用,要起到这种作用,泥浆必须具备抑制性化学环境,使粘土颗粒在此种化学环境中不易水化、分散和膨胀,以维持孔壁稳定,避免出现缩径。我们常用的抑制性泥浆归纳起来主要有以下3种。

(1)钾基泥浆,利用 K^+ 对泥、页岩的特殊抑制机理,以控制粘土的水化、膨胀,达到防塌目的。

(2)钙处理泥浆,利用 Ca^{2+} 取代粘土颗粒表面的 Na^+ ,将泥浆中的钠土部分转化钙土,使粘土颗粒适度凝结,以降低井壁的分散性。

(3)高分子聚合物泥浆,利用具有絮凝及包被作用的高分子聚阳离子(例如 CPAM),使粘土地层的水敏性基本丧失,从而起到稳定井壁的作用。

考虑到金刚石绳索取心钻进需要开高转速,要求泥浆具有高润滑性,尽量为低固相、最好为无固相,因而我们选择了高分子聚合物抑制性泥浆。主要以水解聚丙烯酰胺(PHP)、包被剂(BBJ)、LG 植物胶、高粘-CMC 等高分子聚合物为添加剂。

2 ZK4509 孔施工简况

2.1 简介

ZK4509 孔施工总周期为 39 d,去除中间非生产性等待时间 3 d,实际生产时间只有 36 d,台月效率高达 780.67 m。该孔设计孔深是 950 m,要求岩心采取率 $\geq 65\%$,煤心采取长度 $\geq 75\%$,质量 $\geq 65\%$,钻孔顶角要求每百米不超过 1° ,终孔直径要求大于 75 mm。实际终孔深度为 936.80 m,终孔直径为 77 mm,全孔岩心采取率达 95% 以上,煤层采取率达到 85% 以上,终孔测得顶角为 1.2° ,钻孔综合质量等级为甲级。

2.2 孔身结构

该孔深度 >900 m,设计采用 $\Phi 130$ mm 开孔,钻至完整基岩后,下入 $\Phi 127$ mm 的孔口管;换 S95+3 金刚石绳索取心穿过较破碎上部地层,下入

$\Phi 89$ mm 套管;后采用 S75+2 绳索取心钻具钻进至终孔。具体见表 1 和图 3 所示。

表 1 孔身结构设计数据

开次	孔径/mm	钻深/m	套管直径/mm	套管下深/m	备注
一开	130	15.43	127	40	单管取心
二开	98	399.65	89	450	绳索取心
三开	77	936.80			绳索取心

注:预留 $\Phi 110/\Phi 108$ mm 作为备用口径。

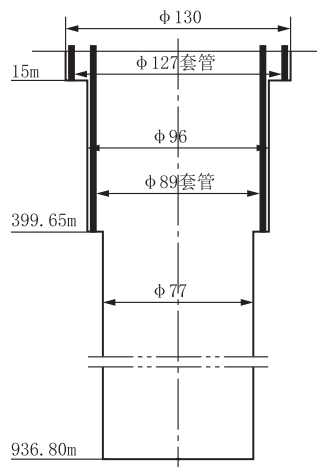


图 3 ZK4509 孔身结构

2.3 钻具和主要设备

钻杆:加强型 S95A 和 S75A 绳索取心钻杆。

钻头:开孔采用 $\Phi 130$ mm 复合片单管取心钻头,绳索取心钻进主要采用孕镶金刚石钻头,根据地层特点,选择钻头参数,粒度在 46~80, HRC25~30,浓度 100%。

主要设备:XY-5 型钻机,其 $\Phi 75$ mm 口径施工能力为 1500 m;BW-300/160 型泥浆泵,并备用 BW-250 型泥浆泵 1 台;GF-100 潍柴发电机组;钻塔选择 ZT-17A 型,承载负荷达 30 t 以上。

3 泥浆性能要求分析

本孔地层处于构造断裂带上,地层复杂,岩心破碎,又含有强水敏性泥岩地层,同时考虑到绳索取心工艺技术特性,要求泥浆具有低固相含量、良好的流变性和高润滑性,同时具有降滤失性和水敏抑制性,以减少泥浆对地层的渗水,抑制泥岩水化分散。主要体现在以下几点。

(1)水敏抑制性。抑制泥岩水化、分散和膨胀,增强井壁岩石的抗水敏性,在实践中,即减弱泥岩地层中粘土的造浆性,增强孔壁的遇水稳定性。

(2)低失水性。要求泥浆渗入地层的自由水少,以减少水分子对孔壁胶结能力的破碎和对泥岩地层的水化膨胀破坏。

(3)高润滑性。泥浆具有强的润滑性,可以有效降低钻具磨损,便于开高转速,同时也降低了泥浆的循环流动阻力,以减少设备功率消耗;高润滑性还能有效预防粘附卡钻事故的发生。

(4)良好的流变性。泥浆具有良好的流变性,可以有效降低泥浆的流动阻力,减少泥浆对井壁的“激动”压力破坏,从而为开高转速创造有利条件,同时良好的流变性能有利提高泥浆携带岩屑能力。

(5)低固相含量。不含或少含固相,以防钻杆内壁结垢。

4 泥浆配比

结合以往施工经验和本矿区的地层特点,本矿区中主要选用抑制性泥浆,其类型为高分子聚合物抑制性泥浆,主要选用 LG 植物胶、PHP、BBJ、高粘-CMC 等高分子聚合物为添加剂。现场分层段采用 2 种配方的抑制性泥浆进行护壁,在上部较稳定孔段选用无固相抑制性泥浆,以便开高转速,实现快速钻进;下部(750 m 以深)易掉块、垮塌孔段选用低固相抑制性泥浆,以平衡地层压力,维护孔壁稳定。

4.1 无固相抑制性泥浆

4.1.1 特点

不含固相,具有良好的流变性能和高润滑性好,以满足金刚石绳索取心钻进开高转速的要求,以提高钻效。

4.1.2 配比

1 m³ 清水+1 kg PHP+2.5 kg LG 植物胶+1.5 kg 防塌剂+0.5 kg 高粘-CMC+2.5 kg 润滑剂。

4.1.3 性能参数

密度 1.005 g/cm³,粘度 15~17 s,润滑系数 0.09,考虑到无固相泥浆不易形成泥皮,真实的 API 滤失量难以测得,所以,我们采用衡量无固相泥浆滤失量常用的推荐方法,测得在标准条件下,一个大气压下的滤失量为 9 mL/30 min。

4.2 低固相抑制性泥浆

4.2.1 特点

具有较高的粘度和密度,形成的液柱压力比无固相泥浆大,携带岩粉的能力强于无固相泥浆,润滑

性能好,滤失量很小,护壁效果好,保证孔壁稳定性。

4.2.2 配方

1 m³ 清水+40 kg 膨润土+2.4 kg 纯碱+0.5 kg 包被剂+1.5 kg LG 植物胶+0.5 kg 高粘-CMC+1.5 kg 防塌剂。

注:实践证明,在低固相泥浆中用包被剂替代 PHP,配伍性更好。

4.2.3 性能指标

密度 1.050 g/cm³,粘度 23~26 s,pH 值 8.5,API 滤失量 7 mL/30 min,润滑系数 0.11,泥皮厚度 0.1 mm。

5 护壁机理分析

本文中所以采用的泥浆配方,主要利用的是 LG 植物胶、PHP(或 BBJ)、高粘-CMC 3 种高分子聚合物在泥浆循环过程中对泥岩水化、粘土颗粒分散所能起到抑制性作用。高分子聚合物的抑制性主要表现在两个方面:一是 LG 植物胶、PHP(或 BBJ)、高粘-CMC 等高分子聚合物中含有许多不同种类的吸附基和水化基,高分子吸附基间相互桥接,在钻井液发生滤失时,会在井壁上形成一种网状结构的吸附膜,这些吸附膜有一定的强度,其渗透性很低,从而起到阻止水分子向地层中渗透的作用;聚合物中所含水化基则能对水分子起到束缚作用,水化基越多,则能够束缚的水分子越多,从而降低了水分子的自由性,所以,高分子聚合物有很好的降滤失作用,对粘土矿物的水化起到抑制效果,有效防止了泥页岩地层的缩径、垮塌,维护了孔壁的稳定性,确保钻孔施工安全。二是 LG 植物胶所含的多糖高分子和可溶性纤维素,在固态时分子链为卷曲状态,在水中浸泡以后,其分子链上的-OH 基和水分子形成氢键吸附,提高了水分子之间的内摩擦力,从而表现出一定的粘性,起到降滤失的效果。

低固相泥浆由于有较高的密度和粘度,能够在孔壁上形成致密的泥皮,形成的液柱压力也较大,在破碎地层钻进时,能够较好地维护孔壁稳定,确保钻孔安全,虽然相比较于无固相泥浆,其钻效较低,但牺牲一定程度的钻效而确保了孔内的安全,完全是值得的。

6 现场使用效果

6.1 现场配制与维护

(1)对泥浆材料的采购要严格把关,确保质量合格,以避免部分劣质材料影响泥浆性能,导致按配方配置的泥浆性能不达标,影响了使用效果。

(2)润滑剂、LG 植物胶、PHP、BBJ、CMC 等处理剂材料使用前应按要求进行预浸泡,使有机高分子长链充分展开,再按照先无机后有机,分子量由小到大的顺序添加,并充分搅拌。

(3)可以在泥浆中加入 0.1%~0.5%的甲醛作防腐剂,防止 LG 植物胶因发酵而变质,以维持泥浆性能的稳定。

(4)在钻进过程中,产生的大量的岩粉悬浮在泥浆中变成无用固相,会影响泥浆性能,因此,要充分利用泥浆循环系统中的地表循环槽和沉淀池,勤捞岩粉(一个回次捞一次),勤清理泥浆池。

(5)定时测定泥浆性能指标(每天不少于3次),确保泥浆性能指标达到规定要求,泥浆性能出现大幅度变化时,应及时更换泥浆。

(6)提、下钻过程中,要平稳、要控制速度,提钻时要回灌泥浆,平衡孔内压力,以减少抽吸和“激动”压力对孔壁的破坏。

6.2 使用效果分析

(1)水敏抑制效果好,在整个钻孔施工过程中,未发生因钻孔缩径而导致的抱钻事故,钻进过程中,没有出现憋泵现象,泵压维持在合理范围,这表明该泥浆能有效地抑制泥岩地层的水化、膨胀和分散。

(2)在破碎地层钻进过程中,低固相泥浆维持了孔内压力的平衡,减少了掉块,有效地避免了卡钻事故的发生,提、下钻过程顺利,没有出现卡、阻现象。

(3)无固相抑制性泥浆具有密度小,循环泵压低,“激动”压力小等特点,有利于绳索取心钻进开高转速、提高钻效;同时,其对泥页岩地层有较强的水化抑制效果,有利于维护孔壁稳定;再者,采用无固相泥浆,钻进过程中钻杆内壁不会结泥皮,不影响内管的投放、打捞,有利于纯钻进时间利用率的提高。

(4)如表2所示,使用抑制性泥浆,综合经济效益好,由于该泥浆的使用,提高了钻进效率,确保了

孔内安全,台月效率高,因此,取得了较好的综合经济效益。

7 结语

(1)抑制性泥浆有效抑制了泥岩地层中粘土的水化、分散和膨胀,并在孔壁上形成了一层致密的吸附膜,降低了滤失量,适合于水敏性强、易水化膨胀缩径的泥页岩地层护壁钻进;该泥浆固相含量低、流变性好、润滑减阻效果好,可满足水敏性地层绳索取心钻进的需要。

(2)由于岩粉悬浮泥浆之中,不易沉淀清除,现场又没有配备合适的固控设备,使得泥浆更换频繁,造成泥浆浪费很大,故应加强固控工作,节约生产成本。

(3)抑制性泥浆在淖毛湖煤田东部勘查区的实践应用,不仅护壁效果良好,而且保证了钻孔安全,提高了钻效,降低了施工周期,提高了综合经济效益,可以在类似水敏性地层中推广应用。

参考文献:

- [1] 赵正威.新疆淖毛湖煤田东部煤层、煤质变化规律及远景评价[J].河南建材,2012,(2):161-161.
- [2] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等.泥浆与岩土工程浆液[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [3] 福建省121煤田地质勘探队.绳索取芯钻进深孔施工技术[R].2008.
- [4] 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.
- [5] 贺冰新,乌效鸣,胡郁乐.超厚水敏性地层强抑制性泥浆的研究及应用[J].地质科技情报,1999,(S1):34-36.
- [6] 张晓静,乌效鸣,蔡记华,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):42-44,49.
- [7] 黄卫东.无固相泥浆在沉积岩复杂地层钻探中的应用研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(12):10-12,17.
- [8] 蒋兵,刘勇,张志唐.PHP-CORESMART 无固相冲洗液在风化煌斑岩地层中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):42-44,61.
- [9] 单文军,蒋睿,陶士先,等.页岩气钻探冲洗液体系的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(10):176-181.
- [10] 李攀义,单文军,储伟,等.双聚防塌冲洗液体系在GHW2井中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(5):12-15.
- [11] 张所邦,谭建国,王爱军,等.宜昌磷矿北部整装勘查项目深孔复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):23-27.

表2 钻孔施工效果分析

孔号	工期/ d	终孔深 度/m	泥浆材料 费用/万元	台月效 率/m	纯钻进时间 利用率/%	孔故 率/%
ZK4509	36	936.80	4.3	780.67	36.58	0