

高模数水玻璃钾基抑制冲洗液在蠕变坍塌地层中的应用

张波¹, 郑秀华², 汪传武¹

(1. 西安地质矿产勘查开发院, 陕西 西安 710100; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

摘要:在青海埃坑南矿区钻遇含角砾石的断层泥地层,孔壁坍塌、掉块,卡钻事故时有发生,几乎无法继续钻进,使用水玻璃与相关钻井液处理剂配合使用制备水玻璃钾基抑制冲洗液,用来平衡地层压力保护孔壁,并且加大金刚石钻头及扩孔器外径,解决了钻孔坍塌、缩径以及卡钻等问题,使施工顺利进行,为后续施工提供了参考方法。

关键词:钻探;水玻璃;冲洗液;蠕变地层;破碎地层;金刚石钻头

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)09-0042-04

Application of High Modulus Sodium Silicate Potassium Base Inhibition Flushing Fluid in the Creep Collapse Formation/ZHANG Bo¹, ZHENG Xiu-hua², WANG Chuan-wu¹ (1. Xi'an Institute of Geological and Mineral Exploration, Xi'an Shanxi 710100, China; 2. China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: The fault gouge formation containing breccia was drilled in the south of Aikeng mining area of Qinghai Province, continuous drilling was almost impossible, because borehole collapsing, block falling and sticking often occurred. By the match usage of sodium silicate and related drilling fluid additives, sodium silicate potassium base inhibition flushing fluid was prepared to protect the hole wall by the formation pressure balance; and by increasing the outside diameters of diamond bit and reamer adjusting, borehole collapse, shrinkage, and sticking were solved.

Key words: drilling; sodium silicate; flushing fluid; creep formation; broken layer; diamond bit

0 引言

钻探中常用水玻璃与水泥等配制成混合浆液进行钻孔堵漏,利用水玻璃与水泥反应的速凝作用,固结破碎段;或利用水玻璃胶液能渗入缝隙和孔隙中,以惰性材料为桥接,固化的硅凝胶与惰性材料的混合物堵塞毛细孔通道,从而达到堵塞漏失通道的目的。在断层带施工时,断层带的断层泥使得钻孔孔壁常发生缩径、坍塌,断层角砾的掉块引发卡钻造成钻孔事故的情况时有发生,此类地层难点在于成孔困难、岩心采取率低。在含断层泥的蠕变坍塌地层中,将高粘度、高密度的水玻璃和其他处理剂配合使用配制成为钻井液进入钻井液循环系统,利用高模数水玻璃的高密度、高粘度的特性达到平衡孔内压力和保护孔壁,同时加入钾盐,利用钾盐对泥岩地层的抑制作用达到防止泥岩过度水化的目的,实现正常钻进。

1 工程概况

施工工区位于青海省都兰县诺木洪南八宝滩以南、马尔争以北一带,行政区划属青海省海西蒙古族藏族自治州都兰县诺木洪镇管辖,地处昆仑山系之布尔汉布达山南坡,工区平均海拔 4700 m 左右,工区水系比较发育,用水方便。矿区的地质工作始于 20 世纪 50 年代,先后有不同单位进行过不同比例尺的各种矿产地质调查、区域性地质矿产调查工作和综合研究工作,这些工作基本建立了本矿区地层、构造系统。我院从 2010 ~ 2013 年均有一支队伍在此从事钻探施工,由于地处高海拔地区,并且地质要求全孔平均岩心采取率 < 70%;矿化带重要标志层以及矿层与顶板交界处以上和矿层与底板交界处以下各 5 m 范围内的岩层平均岩心采取率 < 80%;钻孔不同深度的各测点实测顶角与开孔顶角之差要求 < 2°/100 m。以往使用普通单管钻进难以达到取心率、钻孔弯曲度要求,并且事故率较高。因此,为保

证岩心采取率、控制钻孔弯曲度以及降低工人的劳动强度等,采用绳索取心钻进工艺。

2 施工区构造及地层

2.1 施工区大地构造

本区地处昆中断裂与昆南断裂之间。褶皱构造不发育,主要为断裂构造,以北西向和近南北向为主。断裂规模大,地表形成规模不等的破碎带。北西向断裂是区内主干构造,控制着区内地层、岩浆岩及矿产的空间分布。带内构造岩以压性特征为主,且有蚀变及后期岩脉侵入现象。南北向断裂也是区内主要断裂之一,断裂切割三叠纪地层与北西向断层断裂,性质为逆断裂,地表见有几米至十几米宽的破碎带,并发育有糜棱岩、断层角砾岩和黑色断层泥,总体倾向东倾,倾角 70° 。

2.2 地层和岩性

地层分区属秦祁昆地层区东昆仑—中秦岭地层分区东昆仑南坡小区和巴颜喀拉地层区玛多—马尔康地层分区阿尼玛卿山小区。东昆仑南坡小区出露地层主要有元古代万宝沟群,奥陶—志留系纳赤台群,石炭系哈拉郭勒组、浩特洛洼组,三叠系洪水川组、闹仓坚沟组、八宝山组,侏罗—白垩系羊曲组,古近系雅西错组。各地层及岩性如下:

(1)第四系堆积物主要有湖积、冲—洪积和冰碛等,岩性为冲洪积砂土、砂砾石、碎石及风尘砂,可钻性1~4级;

(2)古—新近系雅西措组,岩性主要为砂岩与灰岩互层、局部夹泥岩及少量复成分砾岩,可钻性6~7级;

(3)侏罗—白垩系羊曲组,岩性为黑云母长石砂岩、岩屑长石砂岩,可钻性6~7级;

(4)三叠系地层,岩性主要为长石砂岩、石英砂岩、板岩及少量灰岩,偶见凝灰质砂岩、流纹岩、安山岩夹页岩、玄武岩、细砾岩、千枚岩等,可钻性6~8级。

3 钻探施工难点

第四系堆积物松散、漏水、坍塌,成孔比较困难;下部岩石软硬不均,并且地层倾角较大,钻孔易发生偏斜;断裂带层段的断层泥、断层角粒结构,钻进缓慢,易产生缩径、掉块、坍塌,而且失水量较大。

其中ZKA01孔在施工中多次发生掉块卡钻、缩

径卡钻,造成钻具提拉不动,回转时将柴油机憋熄火,而且在孔深只有125 m时,由于断层泥缩径造成环状间隙减小,泥浆泵泵压高达5 MPa,为泥浆泵提供动力的柴油机经常被憋灭,致使无法正常钻进。

4 钻进工艺及技术参数

针对以上困难情况,我们及时调整钻进工艺参数,加大了钻头、扩孔器外径,用水玻璃、钾盐、生物聚合物等配制抑制性冲洗液。

4.1 钻进设备选型

该矿区设计钻孔孔深多为500 m以浅直孔,因此,选用了如下设备:XY-4型钻机,BW250型泥浆泵,4105型柴油动力机,AJ13.5型钻塔。

4.2 金刚石钻头与扩孔器

在该矿区断裂带钻进中,由于地层破碎、坍塌、断层泥缩径,造成孔壁不稳定,钻杆外壁与孔壁间的环状间隙小、流速大、泵压损耗大、液流不畅、泵压偏高或憋泵,使钻进无法正常进行。为此我们定做了加大外径的钻头和扩孔器,钻头外径由原来的75 mm增加到76 mm,扩孔器外径由原来的75.5 mm增加到77 mm;增大了环状间隙;金刚石钻头使用的是北京探矿工程研究所制作的高胎体金刚石钻头,极大地延长了钻头使用寿命,单只钻头最大寿命达到了120 m。

钻头、扩孔器在使用过程中注意排队使用,以免出现重复扩孔的发生。

4.3 钻进方法

不同地层采用的钻探工艺如下。

(1)覆盖层。采用 $\varnothing 110$ mm硬质合金钻头开孔,钻穿松散的堆积物5~8 m后下入 $\varnothing 108$ mm表层套管。

钻具组合:主动钻杆/专用接头+ $\varnothing 60$ mm钻杆+ $\varnothing 108$ mm岩心管+ $\varnothing 110$ mm硬质合金钻头。

(2)松散破碎带。采用 $\varnothing 95$ mm金刚石钻头钻穿松散破碎带,下入 $\varnothing 89$ mm技术套管。

钻具组合:主动钻杆/专用接头+ $\varnothing 89$ mm绳索取心钻杆+弹卡挡头+弹卡室+ $\varnothing 96$ mm上扩孔器+ $\varnothing 89$ mm绳索取心外管+ $\varnothing 96$ mm下扩孔器+ $\varnothing 95$ mm金刚石钻头。

(3)断裂带。用 $\varnothing 76$ mm金刚石钻头钻进至终孔。

钻具组合:主动钻杆/专用接头+ $\varnothing 71$ mm绳索

取心钻杆 + 弹卡挡头 + 弹卡室 + $\varnothing 77$ mm 上扩孔器 + $\varnothing 73$ mm 绳索取心外管 + $\varnothing 77$ mm 下扩孔器 + $\varnothing 76$ mm 金刚石钻头。

4.4 钻进参数

4.4.1 钻压

破碎地层中钻进钻压不宜选用过大,孔深大于 100 m 后即使用减压钻进,以避免孔斜超标。在该孔中一般钻压选定为 8 ~ 10 kN。

4.4.2 转速

该孔孔内破碎,使用高转速易发生孔内事故,经过现场调整,把转速控制在 180 ~ 250 r/min,钻进较平稳,未发生钻头剧烈震动。

4.4.3 泵量

由于该孔情况比较复杂、孔壁不稳定,流速过低,岩粉颗粒在超径处悬浮沉积,停泵后易出现夹埋事故,泵量过大又会冲散岩心影响采取率,因此既要考虑泵量对孔壁的冲刷和对钻头胎体冲蚀的影响,又要保证岩粉排出,泵量调整为 80 L/min。

4.5 冲洗液选择及现场管理

4.5.1 冲洗液选择

覆盖层冲洗液配方:1 m³ 水 + 3% ~ 5% 膨润土 + 0.2% 烧碱 + 0.2% ~ 0.5% 中粘 CMC + 1% 润滑剂。性能参数:密度 1.03 ~ 1.05 g/cm³,粘度 30 ~ 34 s。

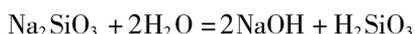
岩矿层冲洗液配方:1 m³ 水 + 300 ppm 水解聚丙烯酰胺 + 1% ~ 3% 润滑剂。遇到孔内漏失或破碎地层时添加 2.5% ~ 4% 土,0.2% ~ 0.3% CMC,性能参数:密度 1.02 ~ 1.04 g/cm³,粘度 28 ~ 30s。

4.5.2 技术分析与调整

通过分析,采用加大冲洗液密度平衡地层压力,同时要解决减小失水量和孔壁坍塌、掉块的问题,采用常规的加重泥浆会使冲洗液失水量加大,严重的情况下可能将漏失通道压大造成冲洗液恶性漏失,因此最终将方案定为采用高模数水玻璃配制冲洗液,利用高模数水玻璃高密度、高粘度以及可发生胶凝、同时又能以胶液形式进入循环系统的特性来解决平衡压力与堵漏这一矛盾。

选购模数为 3 的钠水玻璃胶液,现场使用水玻璃的各项技术参数为:模数 3,浓度为 50°Bé,氧化钠含量 8.2%,密度为 1.36 g/cm³。配方:水 + 2% 膨润土 + 8% 硅酸钠 + 3% KCl + 0.01% 烧碱。先按此配方配制的冲洗液进行冲孔,反复循环 12 h,然后下

钻进行钻进,正常钻进 40 m 后,发现内管提拉困难,并且发生吸钻强力提拔出内管后观察发现水玻璃发生重度凝胶。此凝胶应为水玻璃中的硅酸钠在水的作用下发生水解反应而产生的 H₂SiO₃,其水解过程可以用下列的方程式表示:



从反应式中可见,生成了 H₂SiO₃,H₂SiO₃ 是一种不溶于水的胶体,要解决凝胶对提拉内管阻碍的问题,须抑制水玻璃的水解反应。我们从 2 个方面入手:一是减少水玻璃的用量,将其用量调整为每立方米加量为 5%;二是抑制其水玻璃的水化反应,适当调低其模数,方法是向其中加入 NaOH。通过计算得出每立方米冲洗液中需加入调处理水玻璃的烧碱量为 1.056 kg;同时为了处理加入膨润土的有害离子,按每立方米加入膨润土量的 5% 加烧碱进行处理。则每立方米冲洗液中加入的烧碱总量为 2.056 kg。

最终泥浆配方调整为:水 + 2% 膨润土 + 5% 硅酸钠 + 3% KCl + 0.21% 烧碱 + 0.4% XC + 3% 乳化石蜡。其性能是:表观粘度 16.0 mPa·s,失水量 14 mL/30 min,密度 1.09 g/cm³,pH 值 12 ~ 13,漏斗粘度 31 s。

按照调整后的泥浆配方,经过现场试验,解决水玻璃浆液的过度胶凝问题,又保证了冲洗液能正常循环。

4.5.3 冲洗液现场配制

现场用 1 m³ 搅拌罐提前将膨润土搅拌,使其充分水化,加入 1 kg 烧碱,搅拌均匀后倒入泥浆坑中,然后将 50 kg 水玻璃胶液加 1.056 kg 烧碱搅拌均匀后倒入泥浆坑中与膨润土浆液混合,最后加入 30 kg KCl,在池中充分搅拌。

4.5.4 冲洗液的现场管理

配制好的冲洗液在使用一段时间后,其性能会发生变化,在现场每班要测定冲洗液性能,根据冲洗液消耗量确定补充水玻璃溶液的量,一般是每钻进 10 m 需补充水玻璃溶液 80 L,补充 30 kg KCl,具体方法是将 80 L 水玻璃与 1 m³ 水搅拌均匀倒入泥浆坑中,然后分 2 ~ 3 次将 KCl 溶于 200 L 水中加入泥浆坑,与坑内冲洗液搅拌均匀。由于调整后的冲洗液属于强碱性,因此在配制和施工过程中一定要佩戴防护眼罩和橡胶手套,避免冲洗液溅入眼中和沾到皮肤。

5 孔内事故处理

在ZKA01孔的施工中出现的事故主要是孔壁坍塌和掉块卡钻。造成卡钻的原因是冲洗液护壁效果不好,钻进中不能有效地平衡孔内压力。在本孔遇到卡钻事故时,首先要保证冲洗液能够循环,在泥浆泵能力允许下使用大泵量,先清洁钻孔,然后再低挡回转钻具,上下窜动,操作时要根据钻机的拉力、回转参数以及钻机动力负荷判断回转和提拉的力度,阻力变小时再缓慢提升。在复杂地层施工过程中,操作要细心谨慎,合理控制提下钻速度,注意孔内冲洗液循环情况,泵压、钻压、称重等显示及柴油机异常响动,防止烧钻、断钻;如果需要停机或出现设备故障时,应将孔内钻具提出并回灌冲洗液;遇到卡钻的情况不能野蛮施工,禁止强拉硬顶以防将钻具卡死,从钻具、冲洗液等方面进行分析,找到原因,有针对性地制定解决方案。

6 调整后的方案实施效果

以往在埃坑南矿区施工过程中,使用低固相或无固相冲洗液经常会发生孔内事故,尤其在钻遇断层带时,缩径、掉块卡钻、断钻、塌孔等事故时有发生,而且钻进效率低下,断层带的岩心采取率也得不到保障。经过现场调整后的高粘水玻璃钾基抑制冲洗液能够正常循环,提管取心过程中在钻杆内壁及内管外壁没有出现凝胶,内管提拉顺利;并且没有发生钻孔坍塌、掉块卡钻等事故。顺利钻至终孔,岩心采取率达到了80%以上(见表1),符合地质要求。使用此冲洗液方案时,由于不及时补充水玻璃或泥浆搅拌不均匀也可能会发生钻孔漏失,ZKA11孔即是此种原因,因此在现场一定要重视泥浆的日常维护,做到勤观察、勤测量、勤补充,才能使此方案发挥到最佳效果。

ZKA01孔试验方案成功后,埃坑南矿区后续钻探施工中,使用高粘水玻璃钾基抑制冲洗液,有效地解决了蠕变破碎地层缩径和坍塌、掉块问题,保护了孔壁,平衡了地层压力。

7 结语

埃坑南矿区钻遇蠕变坍塌地层,施工过程中

表1 埃坑南工区钻探施工成果

孔号	孔深/ m	台月 效率/ m	平均岩 心采取 率/%	矿层岩 心采取 率/%	钻孔情况	备注
ZKA01	400.00	202.50	83.10	80.03	掉块卡钻、 缩径、漏失	方案调整后
ZKA03	450.67	438.25	86.50	89.73	轻微漏失	方案调整后
ZKA05	378.86	445.34	89.36	93.20	正常	方案调整后
ZKA07	504.93	457.20	89.75	95.62	正常	方案调整后
ZKA09	286.74	430.67	90.02	93.44	正常	方案调整后
ZKA11	357.89	320.60	88.94	93.86	轻微漏失	方案调整后

伴随着孔壁缩径、坍塌以及断层角砾的掉落造成卡钻等事故,使用高粘水玻璃配制钾基抑制冲洗液,有效地缓解了断层泥的缩径、坍塌、掉块;同时采用合理的钻压、转速、泵量也是在此类地层中施工成功的重要因素。ZKA01孔的成功施工为本矿区后续钻探施工积累了经验、提供了参考方法。另外,在使用高粘水玻璃配制成冲洗液的过程中要不定期监测冲洗液的各项参数,及时补充各种材料,保证冲洗液性能最佳。

参考文献:

- [1] 贺文,周兴旺,徐润.低黏度水玻璃化学注浆材料试验研究[J].煤炭科学技术,39(4):45-47.
- [2] 孙淑文.水玻璃模数调节与计算[J].建井技术,1984,(2):26-28.
- [3] 胡恒鹏,徐智勇.水玻璃在固壁堵漏中的理论及应用[J].探矿工程,1985,(3):39-43.
- [4] 汪传武,张波,黄德强,等.马达加斯加Sakoa煤田钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):8-11.
- [5] 郑思光,赵志杰,左新明.查干德尔斯铜矿复杂地层钻探技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(5):31-33.
- [6] 姜桂春,韩颂.绳索取心液动锤在浩尧尔忽洞金矿复杂地层中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):13-15.
- [7] 洪卫东.甘陕工区钻井防漏堵漏技术分析与建议[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):42-45.
- [8] 罗永贵,王红阳,刘建华.小秦岭金矿田北矿带厚覆盖层钻探技术难点及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):27-29,32.
- [9] 李振学,王力功.南坪矿区钨金矿段钻孔坍塌防治实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):35-37.
- [10] 蒙鸿飞.荆山矿区深孔多孔段漏失破碎地层的综合治理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):13-15.