

# 低固相冲洗液在赣南再里地区的应用研究

段志强, 李生海

(核工业二七〇研究所, 江西 南昌 330200)

**摘要:**钻进过程中,孔壁的稳定性和冲洗液的渗漏是影响钻进效率和钻孔质量的重要因素。孔内情况越复杂,施工周期越长,对冲洗液性能的要求也越高。赣南再里地区施工区构造发育复杂,地层中存在大量的松散、胶结性差的砂岩以及高岭土、绿泥石等水敏性地层,钻探施工钻孔容易缩径,孔壁稳定性差,极易出现剥落、掉块、坍塌等现象,试验采用了低固相不分散冲洗液,取得了良好的钻进效果。

**关键词:**复杂地层;护壁堵漏;低固相冲洗液;再里地区

**中图分类号:**P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)06-0026-04

**Application of Low Solid Flushing Fluid in Zaili Area of South Jiangxi/DUAN Zhi-qiang, LI Sheng-hai** (Research Institute No. 270, CNNC, Nanchang Jiangxi 330200, China)

**Abstract:** The hole wall stability and the flushing fluid leakage are important affecting factors for drilling efficiency and quality in drilling process. The more complex in the hole conditions, the longer the construction cycle and the higher the requirements on flushing fluid will be. The tectonic development is complicated in the construction area in Zaili of South Jiangxi, there are a large amount of loose and poor cemented sandstone, kaoline, chlorite and other water sensitive formations; borehole shrinkage easily occur; the hole wall stability is poor with spalling, block falling and collapse. The test was made on low solid dispersion flushing fluid, good drilling effects were achieved.

**Key words:** complex stratum; wall-protecting and leakage-plugging; low solid flushing fluid; Zaili area

赣南再里地区是我所承担的 2010~2015 年度铀矿普查钻探任务主要施工区,已累计完成钻孔 54 个,完成任务工作量 24000 余米,孔深在 300~750 m 之间。该地区钻孔均为斜孔,开孔倾角为 75°~85°,主要采用 S75 绳索取心钻进工艺。针对该地区地层破碎、胶结弱,易出现漏孔冲洗液漏失、井壁缩径、坍塌等钻进难题,通过对其冲洗液进行调整,对预防及解决孔内事故起到了良好的效果。

## 1 地质概况

施工区位于江西省赣州市于都县祈禄山镇境内,工作区处于南岭东西向花岗岩型铀成矿带与大王山—于山北北东向花岗岩型铀成矿带交汇部位的马岭地区西南端。施工区内地层由上往下包括第四系、砂岩、灰岩和板岩,该区综合地层详见表 1。区内主要为石英砂岩、花岗岩,岩石的主要矿物成分为石英和长石,岩石硬度多为硬,局部为坚硬;岩石可钻性为 6~9 级,局部到 10 级。石英砂岩段为强研磨性,花岗岩段为中研磨性。岩层及接触面主要表

现为陡倾角。构造裂隙发育,岩石较破碎,漏水,有些地段在 480~500 m 范围内有涌水现象。整个地区所有钻孔均存在 2~5 m 不等的高岭土化或绿泥石化的水敏性地层(见图 1)。岩石物理性质见表 2。

## 2 施工难点

工作区内裂隙发育强烈,钻孔漏水严重;软硬变层快,钻探施工中钻孔轨迹容易偏斜;区域内存在高岭土化或绿泥石化的水敏性地层,钻孔容易缩径,孔壁稳定性差,极易出现剥落、掉块、坍塌现象;金刚石绳索取心斜孔钻进中,钻孔直径大于钻杆柱直径,钻杆柱在重力的影响下自然向下倾倒,导致钻杆柱摩擦阻力增加、磨损加剧,钻杆折断事故增多。自 2010 年以来,我所在该地区施工钻孔中,多次出现因孔内垮塌、冲洗液漏失严重等原因导致卡钻、断钻杆等事故,事故处理时间长,起下钻次数多,人工劳动强度大,台月效率偏低。

收稿日期:2015-09-16; 修回日期:2016-03-28

基金项目:中国核工业地质局“江西省赣州市赣县再里地区铀矿普查”(编号:201165)

作者简介:段志强,男,汉族,1988 年生,从事钻探生产工作,江西省南昌县莲西路 508 号,258757968@qq.com。

表 1 再里地区综合地层表

界	系	统	组/群	代号	厚度/m	主要岩性
新生界	白垩系	第四系		Q	0~40	亚沙土,粘土,或沙砾岩层
		上统	赣州组	K <sub>2</sub> g	380	为砖红色巨厚状砾岩夹长石砂岩,底层常有顺层贯入的橄榄玄武岩
中生界	侏罗系	中统	罗坳组	J <sub>2</sub> l	230	以厚层状砂岩为主,夹砾砂岩
		下统	林山组	J <sub>1</sub> l	200	杂色厚层状中细粒长石石英砂岩夹薄层砂质泥岩,底部为砾岩
	二叠系	上统	龙潭组	P <sub>2</sub> l	440	深灰色厚层状细砂岩,炭质页岩夹煤层,底部为中粒石英砂岩
		下统	茅口组	P <sub>1</sub> m	120	深灰色硅质岩,硅质页岩夹板岩
古生界	石炭系	下统	栖霞组	P <sub>1</sub> q	280	深灰色巨厚层状含燧石结核灰岩
		上统	船山组	C <sub>2</sub> c	422	深灰色厚层致密块状灰岩
	泥盆系	下统	黄龙组	C <sub>2</sub> h	472	灰白色厚层白云石化灰岩
		上统	梓山组	C <sub>1</sub> z	260	上部泥岩,粉砂岩,石英砂岩夹煤线。下部石英砂岩,钙质粉砂岩夹铝土矿层,底部为砾岩
寒武系	上统	三门滩组	D <sub>3</sub> s <sup>2</sup>	380	灰白色中厚层状中细粒长石石英砂岩、石英砂岩夹泥岩	
		下段	D <sub>3</sub> s <sup>1</sup>	200	紫红色泥质粉砂岩夹长石石英砂岩,底部为砂砾岩	
	中统	中棚组	D <sub>3</sub> z	210	灰色厚层状砂岩、长石石英砂岩为主,夹泥质粉砂岩、泥岩	
	上统	云山组	D <sub>2</sub> y	230	灰色厚层状长石石英砂岩为主,夹泥质粉砂岩,底部为石英砾岩	
	下统	水石群	- <sub>3</sub> s	400	灰绿色厚层状变余长石石英砂岩夹板岩	
	中统	高滩群	- <sub>2</sub> g	980	以灰绿色厚层状变余长石石英砂岩为主,夹板岩及条带状板岩	
元古界	震旦系	下统	牛角河群	- <sub>1</sub> n	860	深灰色、灰色、灰绿色厚层状变余长石石英砂岩、炭质板岩和板岩夹硅质板岩和石煤
		上统	老虎塘组	Z <sub>2</sub> l	1000	上部乳白色硅质岩,变余凝灰石英砂岩,绿泥石千枚岩;下部变余凝灰砂岩夹千枚状板岩
		下统	坝里组	Z <sub>1</sub> b	1000	深灰色—灰白色变余细砂岩夹砂质板岩

表 2 再里地区岩石物理机械特性

岩石名称	主要矿物成分	物理机械性质	胶结程度	透水性	易产生的事故	可钻性级别
似斑状黑云母花岗岩	钾长石、黑云母、石英、斜长石	密度 2.5~2.75 g/cm <sup>3</sup> , 空隙度 5%~20%, 研磨性强	中等	中等	卡钻、埋钻、断钻杆	9
石英砂岩	长石、石英	空隙度 10%~25%, 研磨性强	弱	强	超径、卡钻、坍塌	6
细粒黑云母(二云母)花岗岩	钾长石、黑云母、石英、斜长石	空隙度 5%~10%, 研磨性强	中等	弱	烧钻、卡钻	8



图 1 水敏性地层岩心

### 3 冲洗液的使用

#### 3.1 钻孔漏失及孔壁失稳的原因

施工区构造发育复杂,地层中存在大量的松散、胶结性差的砂岩,在钻孔施工过程中不断地剥落、坍塌,是造成钻孔事故的原因之一;同时,地层中存在着高岭土、绿泥石等水敏性地层,由于冲洗液失水量大,冲洗液中自由水进入岩层内部岩石之间的缝隙内,促使水敏性地层水化膨胀;另外,在施工过程中,钻杆不断的拍击孔壁、起下钻时钻头、扩孔器对孔壁的磨损以及对孔内水的抽吸作用等均是造成孔壁失稳的原因。

由于地层裂隙、节理极为发育,当孔眼中的冲洗

液压力与地层空隙流体压力不相等时,漏失或涌水现象就有可能发生。

#### 3.2 无固相冲洗液的使用情况

最初配置冲洗液时只考虑到小口径金刚石绳索取心钻进时转速高,故初始冲洗液的粘度较低,固相含量低,使用的是无固相冲洗液。其具体配方为:0.3% PHP(分子量为 500 万) + 润滑剂 + 水

其性能参数为:密度 1.01 g/cm<sup>3</sup>, 表观粘度 3.5 mPa·s, 漏斗粘度 20 s, 动塑比 0.28, 失水量 16 mL/30 min, pH 值为 8, 胶体率 100%。

此类冲洗液在完整地层中能较好地起到携带岩粉、润滑效果,钻进台月效率相对较高,表 3 为 ZK6-2 孔的使用效果。但是此类冲洗液失水量高,形成的泥皮质量差,在遇到破碎、水敏性地层时,不能很好地起到维持孔壁稳定及堵漏作用,故在 ZK3-4 孔和 ZK9-1 孔施工过程中,钻至 300~400 m 阶段岩心十分破碎,涌水,并伴有高岭土水敏性地层,其部分岩心见图 2。例如 ZK3-4 孔采用无固相冲洗液,在孔深 80 m 阶段遇到破碎、不稳定地层并伴

随着涌水、掉块。在此之后,经常发生卡钻,断钻杆等事故,曾经在一个班上断了2次钻杆。处理断钻杆花费时间长达63 h,钻进效率低下,钻探成本高。

表3 ZK6-2孔无固相冲洗液使用效果

孔深/m	台月效率/m	岩心采取率/%	总台时/h	纯钻时间/h	辅助时间/h	机械故障/h	孔内事故/h	其他停待/h
363.25	871.8	97.5	300	184.83	106.00	5.50	0	3.67



图2 部分复杂地层岩心

鉴于上述复杂情况,故考虑改变冲洗液的性能参数,采用低固相不分散冲洗液体系。

### 3.3 使用无固相冲洗液遇到的钻孔事故

据统计,使用无固相冲洗液钻孔发生掉块、冲洗液漏失、卡钻等事故率达到100%,多个孔均出现钻杆折断、埋钻等事故导致钻孔报废,部分钻孔所发生的故事见表4。

表4 部分钻孔所发生孔内事故

地段	孔号	事故深度/m	地层状况	事故类型
8505	ZK9-1	360	石英砂岩夹泥岩	埋钻
8505	ZK3-4	350	石英砂岩	掉块、卡钻、断钻杆
8503	ZK7-11	100	石英砂岩	涌沙、卡钻、断钻杆

### 3.4 解决思路

通过分析地层不稳定的原因,可从以下几方面入手解决该问题。

(1)增加破碎地层破碎岩块之间的胶结力;这种地层避免采用无固相冲洗液,采用低固相(必要时采用较高固相)冲洗液。

(2)快速造壁,避免大量冲洗液进入到破碎地层。

(3)封堵裂缝,是破碎地层孔壁稳定的核心。

(4)适当提高冲洗液的粘度和密度。

### 3.5 低固相冲洗液性能要求及材料选择

在处理此类掉块,坍塌严重破碎地层时,对冲洗液的性能有了更高的要求。

(1)具有良好的护壁性能,这需要冲洗液具有

良好的造壁能力、抑制性,形成的泥皮薄且韧性强,能有效维持孔壁稳定。

(2)要求冲洗液具有强粘结性,胶结松散易坍塌层段。

(3)要求冲洗液具有强降滤失性,减少冲洗液中的自由水进入地层,控制水敏性地层中粘土的水化程度。

(4)强的润滑性,降低钻具对地层的扰动及与地层间的摩擦,降低孔内抽吸作用,以此来稳定孔壁、顺利施工。

根据对地质资料、岩心成分以及对冲洗液性能要求的分析,我们在冲洗液中加入膨润土、PHP、磺化沥青粉、腐植酸钾以及纤维素。

在冲洗液中加入膨润土能提高冲洗液的粘度和切力,同时降低失水量形成致密的泥皮,增强造壁性;而加入PHP(部分水解的聚丙烯酰胺)能增加孔壁的强度,同时有阻止和抑制岩层分散、水化和膨胀作用;用磺化沥青处理冲洗液,可使泥皮变得薄且坚韧,冲洗液失水量也会随之下降;在冲洗液中加入KHM后能大大降低冲洗液的失水量;而CMC不仅能起到降低失水量的作用,也能提高冲洗液的滤液粘度及能起到堵漏的作用。

### 3.6 低固相冲洗液的配方、性能及应用效果

为了满足上述对冲洗液的性能要求,配制低固相不分散冲洗液,其配方为:5%~6%膨润土+0.1%PHP(分子量为500万,水解度30%)+0.5%~0.7%CMC+0.5%~0.8%KHM+0.8%~1.2%磺化沥青粉,其性能参数为:密度 $1.05\text{ g/cm}^3$ ,表观粘度 $18\text{ mPa}\cdot\text{s}$ ,漏斗粘度 $30\text{ s}$ ,胶体率100%,失水量 $8\text{ mL}/(30\text{ min})$ ,pH值为9,固相含量3%,泥皮厚度 $<1\text{ mm}$ ,动切力 $8.3\text{ Pa}$ 。

在ZK3-4孔400 m以深采用此种冲洗液达到护壁堵漏效果,其使用效果与采用无固相冲洗液经济指标对比见表5。

表5 不同冲洗液使用效果对比

冲洗液种类	孔深/m	时间/h					台月时间	台月效率/m	小时效率/m
		纯钻	辅助	孔内	机械	其他			
无固相	0~396	270.33	172.33	63.0	10.2	0	516	552	0.72
低固相	396~737	106.17	85.83	0	0	0	228	1076	1.50

此类冲洗液形成的泥皮薄且坚韧、密度适当,护壁堵漏效果良好,也不会压漏裸眼井段最薄弱的地

层。采用此类冲洗液以后,ZK3-4孔没有再发生卡钻、断钻杆等事故,也没有出现孔内掉块、不返水等现象,顺利钻达设计孔深。

采用低固相冲洗液以后,施工钻孔再也没有发生钻孔垮塌、卡钻等事故,极大地提高了工作效率。据统计,在使用无固相冲洗液时,钻孔事故发生率高达60%,而使用低固相冲洗液,钻孔事故发生率为0%,这套冲洗液体系很好地避免了再里地区钻孔缩径、坍塌卡钻等事故的发生。

### 3.7 冲洗液的维护

在钻探施工过程中,随着钻孔深度的增加,我们所使用的冲洗液性能不断恶化,可能导致孔内事故的发生。这要求我们在钻进过程中对冲洗液性能参数有所了解,并不断调整冲洗液的性能。

(1)在配制冲洗液前,对所采用配制冲洗液的水源进行测定,消除不利因素(pH值、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等),配置冲洗液的水在使用前需先用pH试纸测量,pH值在7~7.5为宜,并且配置冲洗液前需先加入适量纯碱,以消除 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 对冲洗液性能的影响。

(2)定期做好对返浆的性能测试,认真记录测定数据,及时加入处理剂,在冲洗液性能差的情况下,及时做好换浆工作,维持钻井液的性能。

(3)尽量避免地表水,雨水混入冲洗液循环系统。

(4)合理开挖循环槽,在循环系统内必须设置至少1个沉淀池,利用自然沉降法清除冲洗液中的有害固相。

## 4 对低固相冲洗液的一些认识

通过统计再里地区一些钻孔的冲洗液实际使用效果,对低固相冲洗液有几点认识。

(1)护壁作用好:低固相不分散冲洗液使用PHP做选择性絮凝剂,其长链分子不仅能吸附冲洗液中水化差的固相颗粒,同时还能与孔壁产生多点吸附而形成一种特殊的泥皮—高聚物与粘土结合的薄且韧的吸附膜,对保护孔壁,阻止冲洗液失水,抑制页岩水化、膨胀均有良好的效果;固相含量低,密度一般较低,不会压裂地层。

(2)防漏效果好:该种冲洗液能失水量低,在孔壁上形成的泥皮能有效封闭细小裂缝,以阻止冲洗液漏失。

(3)机械钻速高:低固相不分散冲洗液固相含

量低、密度小同时具有良好的剪切稀释作用,对提高机械钻速有良好的效果。

(4)钻头使用寿命长:低固相冲洗液具有适当的粘度,能很好地携带孔内岩屑,减少钻头对岩屑的重复破碎,提高钻头的使用寿命。

## 5 结语

通过赣南再里地区多年的钻探施工,可以总结以下经验体会。

(1)低固相冲洗液能与石英砂岩中的岩石颗粒有良好的胶结作用,增强了孔壁的稳定性,起到良好的护壁作用。

(2)在冲洗液中,PHP、CMC、磺化沥青、KHM及膨润土在一定的比例下能够同时使用,并且使用效果比单一使用效果好很多。

(3)在石英砂岩、泥岩等松散、水敏性岩层中,低固相冲洗液自由水含量少,能有效地阻止冲洗液中自由水向岩层中渗透,减少对岩层的干扰,能保证钻孔的安全。

(4)低固相冲洗液的含砂量低,润滑性能好,适应金刚石绳索取心钻进,且不易发生缩径、坍塌卡钻等事故。

(5)采用低固相冲洗液,控制冲洗液中的固相含量是关键,在钻探施工过程中需不断的测试冲洗液的性能,将固相含量控制在有利范围内。

## 参考文献:

- [1] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等. 冲洗液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,2000.
- [3] 孙丙伦,陈师逊,陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
- [4] 胡继良,陶士先,纪卫军. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):30-31.
- [5] 李宏. 低固相泥浆在福建煤田钻探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):19-20.
- [6] 李维贞. 浅谈复杂地层钻进中护壁与堵漏方法的运用[J]. 西部探矿工程,2004,(7):131-132.
- [7] 李勇,陈怡,王虎,等. 磺化沥青冲洗液在贵州地热勘察井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):28-29.
- [8] 姜桂春. 聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):34-37.
- [9] 王达,何远信,等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙:中南大学出版社,2014:675-678.