

# 植物胶冲洗液在东乌旗阿吉勒铅锌矿 钻探施工中的应用

赵浩<sup>1,2</sup>, 何涛<sup>1</sup>, 李强<sup>1</sup>, 尹飞<sup>1</sup>

(1. 武警黄金第四支队, 辽宁 辽阳 111000; 2. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083)

**摘要:**内蒙古东乌旗阿吉勒铅锌矿区地层复杂, 钻进过程中经常遇到多个构造破碎带, 以凝灰岩和碳质板岩为主, 蚀变发育, 在泥质、硅质胶结段极易遇水膨胀、水化分散, 造成坍塌、缩径等护壁难题。在采用多种冲洗液效果不理想的情况下, 试验应用了植物胶低固相冲洗液, 达到较好的防塌效果, 且适应性强、粘度适中, 形成的泥饼薄而致密且有韧性, 成功地解决该矿区钻孔护壁难题。以 ZK1507 钻孔为例, 阐明了所采用的冲洗液在水敏性地层取得明显的防塌效果。

**关键词:** 钻探; 植物胶冲洗液; 防塌护壁; 水敏性地层; 东乌旗阿吉勒铅锌矿区

**中图分类号:** P634.6   **文献标识码:** B   **文章编号:** 1672-7428(2015)08-0035-04

**Application of the Plant Gum Drilling Fluid during Drilling Construction in Ajile Pb - Zn Mine of Dongwu Banner/ZHAO Hao<sup>1,2</sup>, HE Tao<sup>1</sup>, LI Qiang<sup>1</sup>, YIN Fei<sup>1</sup>** (1. No. 4 Gold Geological Party of CAPF, Liaoyang Liaoning 111000, China; 2. School of Engineering and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The strata of Ajile Pb - Zn mine are complex in Dongwu Banner of Inner Mongolia and multiple tectonic fracture zones were encountered in drilling process. Tuff and carbonaceous slate are the main components of the strata with alteration developing; water swelling and hydration dispersed were extremely easy to happen in muddy and siliceous cement segments, which caused lots of wall problems such as collapsing, necking and so on. In the case that the effects of a variety of flushing fluid are not ideal, the test and application were made on the low solid plant gum drilling fluid, good anti-sloughing effect was achieved with strong adaptability and moderate viscosity, the thin mud-cake formed was dense and flexible to successfully solve the wall protection in this mining area. Taking the example of ZK1507, the paper describes the obvious anti-sloughing effect of the drilling fluid used in the water sensitive strata, which could be applied in the actual production.

**Key words:** drilling; plant gum drilling fluid; anti-sloughing and wall protection; water sensitive strata; Ajile Pb - Zn mine area in Dongwu Banner

## 1 概述

阿吉勒矿区是武警黄金指挥部 2008 年发现的铅锌矿区, 自项目开展以来, 历经 7 年的勘探施工, 储量已经达到 13.5 万 t。但是, 由于矿区地层复杂, 钻探施工难度大, 尤其是遇到水敏性地层护壁难的问题一直影响着施工进度, 成为找矿工作的“瓶颈”。针对钻孔护壁难的问题, 先后采用 PHP、PAB、PAA 型等多种冲洗液护壁, 虽然在个别钻孔取得成功, 有一定效果, 但处理孔内事故耗时长, 不能从根本上解决矿区钻进施工中坍塌、缩径问题。2014 年开始, 改用植物胶低固相冲洗液护壁, 效果显著, 解决了该矿区水敏性地层坍塌和缩径的问题, 大大降

低孔内事故率和辅助时间, 提高了施工效率, 并大幅降低了钻探施工成本。

## 2 施工条件

### 2.1 地层概况

矿区位于内蒙古东乌旗境内, 大地构造位置处于华北板块与西伯利亚板块之间的结合部位<sup>[1-2]</sup>。矿区地质情况复杂, 出露的主要地层如下<sup>[3-4]</sup>。

(1) 第三系宝格达乌拉组(N<sup>2</sup>b)灰白—姜黄—紫红色泥岩、细砂岩和含砾粗砂岩, 分布于矿区南西和北东部地势低洼地区, 岩石破碎, 裂隙发育, 裂隙间距一般 < 0.20 m, 含有软弱夹层, 可钻性 1~4 级。

收稿日期: 2014-12-21; 修回日期: 2015-05-23

作者简介: 赵浩, 男, 汉族, 1990 年生, 助理工程师, 中国地质大学(北京)在读硕士研究生, 地质工程专业, 从事工程地质方面的研究工作, 北京市海淀区学院路 29 号, zhaohao1990@126.com。

(2) 侏罗系满克头鄂博组( $J^3mk$ )凝灰岩、角砾凝灰岩夹流纹岩、角砾熔岩,分布于矿区中部,在区内面积最大。岩层一般有3~5层厚度>10m的破碎地段,最厚可达30多米。裂隙间距一般<0.20m,含有软弱夹层,可钻性8~10级,局部可达11级。

(3) 石炭系—二叠系宝力高庙组二段( $(C^2 - P^1)bl^2$ )安山质岩屑晶屑凝灰岩、凝灰质砂岩粉砂岩、板岩、安山玢岩,分布于矿区南东和北东部,在钻孔ZK4803—ZK9603之间,钻孔岩心比较完整,以柱状为主,有少量块状、碎块状,裂隙间距0.2~0.6m,裂隙面稍粗糙,可钻性8~10级。

各钻孔均有2~5层破碎带,厚度在几米至几十米不等,夹杂软弱互层,蚀变非常发育,主要有绿泥石化、高岭土化、硅化、碳酸盐化,由高岭土、蒙脱石及硅质颗粒胶结的地段,易发生水敏化,造成坍塌、掉块,钻进困难,且岩心采取率低。矿区典型破碎蚀变带地层岩样如图1所示。

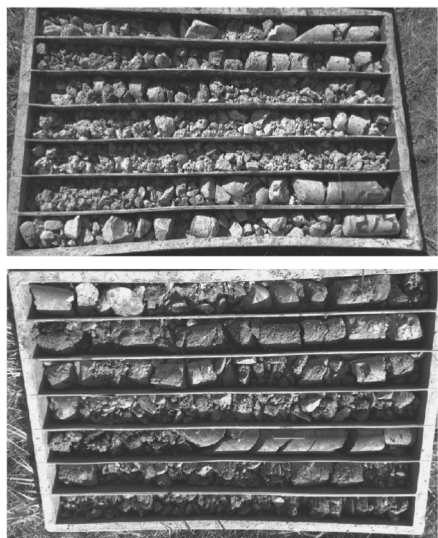


图1 矿区典型破碎蚀变带岩心

## 2.2 钻进工艺

根据阿吉勒矿区地层情况,采用小口径金刚石绳索取心钻进,冲洗液循环为正循环方式。小口径金刚石绳索取心钻进,具有提钻次数少、辅助时间短、纯钻时间长、劳动强度低、综合效率高等优点,是岩心钻探的主要施工方法<sup>[5]</sup>。采用XY-5、XY-5A型钻机,BW-250型泥浆泵和JSJ型绞车作为主要钻进机械;采用孕镶阶梯型金刚石钻头。一般采用三级成孔,开孔直径为110mm穿过第四系覆盖

层,下 $\varnothing 108$ mm套管;然后采用 $\varnothing 91$ mm钻头钻进至稳定基岩,下 $\varnothing 89$ mm套管;最后用 $\varnothing 76$ mm钻头钻进直至终孔。钻进过程中钻压保持在50~100kN,泵量40~60L/min、泵压1~4MPa、转速600~1000r/min。

## 3 矿区钻进护壁存在的主要问题分析

从2009年开始在阿吉勒矿区进行岩心钻探施工,截止2014年底,共计施工钻孔26个,因矿区地层复杂,护壁困难,均采用三级成孔套管护壁。以往在钻遇复杂地层时,单纯靠无固相高分子化合物冲洗液无法正常钻进,虽然冲洗液在孔内循环时会形成一层胶联的保护膜,但在钻进过程中,孔内岩屑、岩粉增多,孔内高分子聚合物保护膜和孔内的岩屑、岩粉及孔壁上水敏性强的硅质、泥质胶结物及碳质板岩等絮凝、聚沉后,会很快破坏孔壁上的保护层,因此往往只能暂时保护孔壁,难以达到理想效果。与此同时,在遇到水敏性易坍塌地层时,也会采用高标号水泥进行护壁,但灌注水泥耗费时间较长,且成功率低,严重影响了施工进度。此外,还尝试使用PHP、PAB、PAA等,虽然在个别钻孔完成较好,但护壁时间较长,效果也不太理想,未能从根本上提高钻进效率,无形中增加了生产成本。

通过对矿区地层的综合研究表明,矿区护壁困难的主要原因为:矿区地层的泥质、硅质胶结物以及碳质板岩中含有大量的蒙脱石、伊利石等粘土矿物,尤其是在破碎带中,蒙脱石、伊利石含量更高,这些地层遇到冲洗液后遇水膨胀,遇到比较厚的破碎带时会出现大面积的剥离、崩塌,从而使得孔内出现缩径、坍塌,会出现憋泵夹钻,提钻、下钻过程受阻,多次上下钻会冲刷形成淤渣,造成更大的坍塌,从而无法正常钻进,耽误工期,甚至出现报废孔。以往主要采用PHP、PAB、PAA等无固相冲洗液进行护壁,虽然这些高分子聚合物能够形成致密、坚韧、柔性好的网,在孔壁表面或随冲洗液深入孔壁形成比较坚韧的吸附薄膜,但在钻进过程中,这些高分子聚合物在孔壁形成薄膜的同时,对孔内的岩粉、岩屑尤其是在破碎带中的蒙脱石、伊利石等粘土矿物进行絮凝和吸附<sup>[6]</sup>,会改变冲洗液性能,导致粘度下降,从而排粉能力下降,在孔壁也无法形成保护膜,不能形成较好的泥皮来护壁,需要频繁更换冲洗液,劳动强度大,经济上和施工效率上无法满足需求。此外,这类

冲洗液往往失水量比较大,反而会导致地层的重复失稳,不利于系统化维护。

#### 4 植物胶低固相冲洗液的配制、护壁机理及现场管理

针对矿区钻进护壁存在的问题及原因,结合几年来钻探施工经验,重点针对绿泥石化、高岭土化强烈,泥质含量高、水敏性强的地层进行了大量研究和实验,优选出植物胶低固相冲洗液。该冲洗液具有低固相、低粘度、低失水的特点,是小口径金刚石岩心钻进中较为常用的冲洗液体系,它既可以获得无固相冲洗液体系的高转速,又可较好地提高携带悬浮岩屑能力和防止孔壁坍塌的性能<sup>[7]</sup>。处理剂主要采用羧甲基纤维素钠(CMC)作为降失水剂,并加入皂化油作为钻具润滑剂。配方为:优质膨润土+纯碱+植物胶+CMC+皂化油。冲洗液性能:密度 $1.02 \sim 1.03 \text{ g/cm}^3$ ,漏斗粘度 $22 \sim 23 \text{ s}$ ,失水量 $< 12 \text{ mL/30 min}$ ,泥饼厚度 $< 1 \text{ mm}$ ,pH值 $8 \sim 9$ ,胶体率 $> 98\%$ 。使用中应注意避免冲洗液固相污染、自然增稠及堵水、憋泵情况,要适时加入润滑剂,以降低回转阻力。

##### 4.1 冲洗液的配制

具体配比:5%优质膨润土+0.15%纯碱+1%~2%植物胶+0.2%~0.3%CMC+0.2%皂化油。即基浆采用优质膨润土(50 kg)加水、加碱(1.5 kg)充分搅拌,水化24 h以上。分别取水化好的2%Na-CMC溶液、10%植物胶溶液各100 L及2 L皂化油充分搅拌,静置0.5 h以上,冲洗液不分层即可使用。

##### 4.2 冲洗液的护壁机理

孔壁失稳过程首先是一个泥质岩层和粘土矿物水化膨胀的过程。地层中的泥质成分及其粘土矿物在地层压力、水平地应力等作用下,处于相对平衡状态。而一旦被钻开,冲洗液与地层开始接触,粘土矿物表面遇水,产生水化膨胀。对于一些泥质、硅质硬颗粒胶结而成的半固结和弱固结地层,固结程度低,会在重力作用下产生自然剥离掉落,使得地层极不稳定。其失稳的主要形式为剥落、掉块、坍塌、缩径、超径等<sup>[5]</sup>。因此,可以通过对冲洗液添加一些造浆材料、化学处理剂等对其性能进行改良,抑制其水敏性及水化作用,防止坍塌、掉块、孔壁失稳的目的。

植物胶低固相冲洗液在循环过程中会形成一层

粘弹性薄膜,能够减少冲洗液中的水分浸入到孔壁地层中,同时又能够在孔壁上形成一层薄而坚韧的泥皮,降低失水量,起到护壁堵漏的作用,还能够润滑钻具,从而减轻对孔壁的冲刷破坏作用。

植物胶是一种纯天然高分子聚合物,主要依靠分子间的联接提高其粘度,分子链的线性结构使其具有很好的流动性和剪切稀释特性。能够形成空间网架结构,表现出较高的粘度和粘弹性<sup>[8]</sup>。不仅可以较好地胶结地层,还能对水敏性地层起到抑制作用。加入纤维素可以有效地提高冲洗液粘度,增强泥皮韧性,并大大降低失水量,能够有效地抑制矿区泥质、硅质胶结物及碳质板岩等水敏地层的水化膨胀,从而有效地预防孔壁坍塌、缩径等失稳现象的发生。

##### 4.3 冲洗液的现场管理

配置好的冲洗液在使用一段时间后,其性能会发生变化,因此在现场配备了简易冲洗液测试仪器,主要有失水量测试仪、漏斗粘度计、密度计、pH试纸、秒表等。要求每班对冲洗液进行简易测试,以便及时进行维护和性能调整。在使用中不能随意加入清水稀释冲洗液,当粘度和失水量不能达到要求时,要及时调整或者立即更换,确保冲洗液保持良好的性能。

#### 5 ZK1507孔防塌及护壁效果

ZK1507孔是矿区最为典型的一个钻孔,其设计孔深350 m,终孔深度350.52 m,设计倾角 $85^\circ$ ,设计方位角 $210^\circ$ 。开孔日期2014年7月9日,终孔日期2014年7月28日。该孔在孔深288.95~350.52 m时遇到60多米的构造破碎带,为3段碳质板岩和2段晶屑岩屑凝灰岩互层。其中,碳质板岩绿泥石化强烈,较软,受机械作用破碎;晶屑岩屑凝灰岩主要由晶屑、岩屑和胶结物组成,固结程度不高,高岭土化、绿泥石化强烈,水敏性强。晶屑岩屑凝灰岩和碳质板岩如图2所示。

处理经过:前期,根据预想柱状图已对该破碎带范围有一个大致推测,对此现场一直采用植物胶冲洗液进行维护,并对其性能进行实时监测。当钻进至第173回次(孔深至290.67 m)时,由于进尺加快,且出现憋泵夹钻情况,我们及时采取取心措施,发现末端有一段碳质板岩,随后,立即停止钻进,



图2 晶屑岩屑凝灰岩和碳质板岩

检测冲洗液主要性能指标,测得 pH 值为 9,粘度为 24 s,失水量为 14 mL/30 min,总体表现为失水量过

表1 植物胶低固相冲洗液与无固相冲洗液各指标对比

年度	冲洗液类型	工期/ d	机台数/ 个	总进尺/ m	钻孔数/ 个	单个机台日均进尺/ m	平均岩心采取率/ %	平均直接成本/ (元·m <sup>-1</sup> )
2012	无固相冲洗液	127	2	1683.45	4	6.63	85.7	248
2013	无固相冲洗液	160	2	2201.17	5	6.88	85.8	232
2014	植物胶低固相冲洗液	156	2	3468.53	10	11.12	95.4	158

注:钻机为 XY-5 型;水泵为 BW-250 型;钻进方法均为绳索取心钻进(S95、S75)。

植物胶冲洗液进行护壁后,全年单个机台日均进尺分别较 2012、2013 年提高了 67.7%、61.6%,平均岩心采取率分别提高了 11.3%、11.2%,同时平均直接成本分别降低了 56.9%、46.8%。而平均直接成本分别仅为 2012、2013 年的 63.7%、68.1%。这直接表明,植物胶冲洗液在该水敏性地层中护壁效果良好,能够系统地维护孔壁,大幅度提高钻探施工效率,节约了成本。

## 6 结语

在阿吉勒矿区岩心钻探中,研究使用了以优质膨润土为基浆,植物胶、CMC、皂化油为主要添加剂的植物胶不分散低固相冲洗液体系,成功地解决了该矿区水敏性地层钻进困难、取心不足的难题,大幅度提高了纯钻时间,降低了钻孔事故率,辅助时间和停待率也都大幅度降低,各项指标都满足了地质要求。但在冲洗液处理过程中,应该注意维护冲洗液的性能,要求控制好低固相、低粘度、高矿化度和小

大,粘度略高。对此我们根据配方配好 3 m<sup>3</sup> 冲洗液,并向孔内压入 2 m<sup>3</sup>,将孔内冲洗液排出。然后开始钻进,此时失水量为 9.6 mL/30 min,粘度为 22.5 s,憋泵夹钻现象消失。当钻进至 294.27 m 时,开始出现灰黑色晶屑岩屑凝灰岩,在钻进时有憋泵夹钻现象,且略有憋劲,对此我们将冲洗液的粘度加大至 23.5 s,将失水量控制在 9 mL/30 min 以内,同时采取“三低”(即低转速、低泵量、低钻压)措施,缓慢钻进,并缩短回次进尺,确保岩心采取率。经过 11 个班近 4 天的时间终于穿过 60 m 厚的水敏性地层,达到了设计孔深,顺利终孔。

通过对 2012、2013 年矿区使用无固相冲洗液和 2014 年使用植物胶冲洗液后的进尺情况及平均直接成本等参数进行对比(见表 1),可以明显看出,植物胶冲洗液对阿吉勒矿区水敏性地层的护壁效果有极大的优势。

从表 1 可以看出,在钻遇该水敏性地层时,使用

滤失量,确保泥皮质量薄而韧,从而达到较好的钻进效果和护壁作用。

## 参考文献:

- [1] 江和中,刘国范,刘伟芳. 内蒙古吉林宝力格银矿床地质特征及找矿标志[J]. 华南地质与矿产,2007,(4):9-13.
- [2] 王建平. 内蒙古东乌旗铜、银多金属成矿带成矿类型分析[J]. 矿产与地质,2003,17(2):132-135.
- [3] 于永安,刘洪利,等. 内蒙古阿吉勒大型多金属矿化带的发现及启示[J]. 地质与勘探,2010,46(5):798-804.
- [4] 李翻,王末,沈剑. 内蒙古自治区东乌珠穆沁旗阿吉勒矿区铅锌多金属矿普查报告[R]. 武警黄金第四支队,2013.
- [5] 李世忠. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [6] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000.
- [7] 刘维平,胡远彪. 牡丹江金厂矿区钻井液选用与堵漏技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6):13-15.
- [8] 蔡记华,乌效鸣,谷穗. LG 植物胶无固相钻井液的流变性研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):160-162.
- [9] 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.
- [10] 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.