

# X-A成膜剂泥浆在老许寨铜矿钻探中的应用

王智锋<sup>1</sup>, 刘治<sup>2</sup>, 罗姣<sup>1</sup>

(1.西安西北有色物化探总队有限公司,陕西西安710068;2.山东省第三地质矿产勘查院,山东烟台264004)

**摘要:**泥浆是钻探工程的重要组成部分,它在确保安全、优质、快速钻进中起着关键性的作用,被人们称为“钻井的血液”。随着孔深逐渐加深,以往的普通泥浆密度大,流变性差,泥皮厚,已经无法适应岩心钻探的要求。目前主要使用低固相泥浆,通过添加各种化学处理剂来改善泥浆的性能。本文介绍了X-A成膜剂低固相泥浆在老许寨铜矿钻探施工中的实际应用。

**关键词:**冲洗液;X-A成膜剂;复杂地层;低固相泥浆;岩心钻探

**中图分类号:**P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2021)S1-0239-04

## Application of drilling mud with X-A film-forming agent in drilling in Laoxuzhai Copper Mine

WANG Zhifeng<sup>1</sup>, LIU Zhi<sup>2</sup>, LUO Jiao<sup>1</sup>

(1.Xi'an Northwest Nonferrous Geophysical Reconnaissance Limited Company, Xi'an Shaanxi 710068, China;

2.Shandong No.3 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Yantai Shandong 264004, China)

**Abstract:** Drilling mud is an important part of drilling engineering. It plays a key role in ensuring safety, quality and rapid drilling, and is called “the blood for drilling”. As the hole depth gradually deepens, the existing drilling mud is unable to meet the requirements of current core drilling due to high density, poor rheological property, and thick mud cake. At present, low solid mud is mainly used, while various chemical treatment agents are added to improve its performance. This paper introduces the application of low solid phase drilling mud with X-A film-forming agent in drilling in LaoXuZhai copper mine.

**Key words:** drilling fluid; X-A film-forming; complex formation; low solid mud; core drilling

## 0 引言

老许寨铜矿位于云南省普洱市西部,地形平均海拔约1200 m,相对高差500 m。气候属亚热带气候,年平均气温17.7℃。雨季一般为每年6—9月,年平均降雨量1534.7 mm,雨季降雨量1337.5 mm。矿区处于思茅—普洱地震带和澜沧—耿马地震带的夹持地带,矿区地层富水性弱,赋水形式简单,补给条件单一,属裂隙潜水含水层类型。破碎带及粉砂质泥岩、凝灰岩中的软弱夹层是主要工程地质不利因素,矿区工程地质条件为中等类型。

为了对矿区矿层和储量等进行详细地勘查,我们进入该矿区进行钻探施工,在这5年多时间里,累计完成钻探工作量20000 m。该矿区地层十分复杂,常遇到松散、破碎及水敏性地层。在前期的钻探施工中,由于采用了普通的泥浆工艺,造成施工进度缓慢,事故频发。之后对泥浆配方进行了调整,采用了以X-A成膜剂为主的低固相泥浆,提高了施工进度,大幅度减少了钻孔事故的发生。

收稿日期:2021-05-31 DOI:10.12143/j.ztgc.2021.S1.039

作者简介:王智锋,男,汉族,1985年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事岩心钻探技术应用与生产管理工作,陕西省西安市碑林区水文巷5号,wzf0513@163.com。

引用格式:王智锋,刘治,罗姣.X-A成膜剂泥浆在老许寨铜矿钻探中的应用[J].钻探工程,2021,48(S1):239-242.

WANG Zhifeng, LIU Zhi, LUO Jiao. Application of drilling mud with X-A film-forming agent in drilling in Laoxuzhai Copper Mine [J]. Drilling Engineering, 2021, 48(S1): 239-242.

## 1 老许寨铜矿地层的复杂性

(1)孔壁稳定性差,护壁困难。复杂地层钻进,钻进时间越长,孔壁越容易失稳,解决好护壁问题是安全高效钻进的重要基础。

(2)回转阻力大,孔内事故多。对绳索取心钻探而言尤为突出,不仅钻杆磨损加剧,钻机负荷增大,难以提高转速,而且容易发生钻杆折断等孔内事故。

(3)钻头寿命短。破碎层会造成钻头胎体金刚石脱落;松散层容易使得泥浆无法正常冷却钻头,造成钻头烧结;颗粒较大的岩粉无法正常排出孔底时,会对钻头造成二次磨损,这些复杂因素都会极大地降低钻头寿命。

(4)钻进效率低,成本高。在复杂地层进行钻进,施工周期长,孔内事故频发,钻进效率低,施工成本增加。

## 2 复杂地层钻探对泥浆的要求

要想解决复杂地层钻进存在的问题,就要创新在泥浆工艺,采用新型的泥浆配方。由于绳索取心钻进形成的钻孔环状间隙小,因而在复杂地层进行绳索取心钻进对泥浆性能提出了更高的要求。

(1)良好的护壁性。泥浆要具有较低的滤失量和良好的护壁性,具有吸附、粘结孔壁的作用,形成薄而韧的泥皮,从而有效保护孔壁稳定。

(2)良好的润滑性。粘附系数小,能有效降低摩擦阻力,降低回转阻力,防止粘附卡钻等,减少动力和材料消耗,延长钻具寿命。

(3)超低固相和极细分散性,流变性能好,能有效防止钻杆内壁结泥皮。

(4)良好的携带岩粉、清洁孔底、冷却钻头的性能。

## 3 泥浆的性能及生产要求指标

### 3.1 泥浆的主要性能

泥浆的性能包括:密度、固相含量、粘度、失水量、pH值、泥皮厚度、胶体率等。

### 3.2 复杂地层金刚石绳索取心钻进对泥浆性能指标的要求

(1)低密度:密度要低;

(2)低固相:含砂量要低,钻孔泥浆中80%~90%的固相颗粒应 $<20\mu\text{m}$ 。

(3)低粘度、低切力:粘度大,流动性就差,净化泥浆也困难,因此,在保证携带钻屑岩性、护壁性的基础上,应尽量降低粘度。

(4)低失水量:要有抑制水向岩层渗透的能力,防止岩层吸水失稳;

(5)pH值应呈弱碱性,控制在8~11的范围内。

(6)泥浆性能指标见表1。

表1 绳索取心钻进泥浆基本性能指标

密度/ ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	粘度/s	失水量/ [ $\text{mL}\cdot(30\text{min})^{-1}$ ]	动切力/ Pa	泥皮厚 度/mm
1.04~1.07	17~19	6~8	0.2~0.4	$\leq 5$

## 4 X-A成膜剂低固相泥浆在矿区钻探施工中的实际应用

### 4.1 矿区岩层

矿区岩层主要分为以下几类。

(1)第三系上部为紫红色厚~巨厚层砾岩,比较松散,部分钙质胶结,偶夹紫红色薄一中厚层中粗粒砂岩,粒径一般为 $(0.5\sim 3)\text{mm}\times(0.3\sim 0.8)\text{mm}$ ,多为半棱角状,少数浑圆状。可钻性级别Ⅲ—Ⅴ级。钻进过程中主要存在孔壁坍塌及漏失问题。

(2)砂岩、石英砂岩、砾岩,局部可见黄铁矿化。岩性硬、脆,进尺快,岩心较完整,可钻性级别Ⅴ级。部分砂岩呈破碎状,取心、护壁困难。

(3)蚀变泥质中胶结坚硬石砾,水敏性强,泥质易溶入循环的泥浆中,余留未胶结的石砾,不易采取。可钻性级别Ⅲ~Ⅳ级。此类岩层主要存在岩心采取率低、缩径、掉块,卡埋钻等问题。

### 4.2 冲洗液使用情况

#### 4.2.1 普通泥浆使用情况

前期钻探中使用普通泥浆,即 $1\text{m}^3$ 清水+1~2kg火碱+50~150kg膨润土。工艺上是通过提高膨润土的加量,提高泥浆密度与粘度,从而提高岩粉携带能力,同时在孔壁上形成较厚的泥皮,达到降虑失和维护孔壁稳定的目的。

在浅孔钻进中,普通泥浆能较好地满足钻进需求,但当钻进到较深的孔深时,由于泥浆比重较大、流变性差、失水量大,钻孔开始出现掉块、坍塌、缩径等现象,导致卡钻、埋钻等钻孔事故频发,严重影响了施工质量和效率。

如图1所示,使用普通泥浆,只能采取到部分胶

结性好的岩心,岩心采取率很低,达不到岩心采取率要求。



图1 使用普通泥浆采取的岩心

#### 4.2.2 X-A成膜剂低固相泥浆使用情况

通过对前期钻探施工的总结,普通的泥浆显然无法满足矿区复杂地层的钻探施工需求。必须根据钻孔的岩层情况,及时地调整泥浆配方,经过多次试验总结,最后确定了以X-A成膜剂低固相泥浆为主的泥浆体系。

(1)第四系松散层。配方:钠质膨润土7.5%+高效植物胶0.3%+中粘纤维素0.3%+护壁王0.3%+X-A成膜剂0.25%。

性能:密度 $1.03\text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度30 s、pH值10、胶体率100%、失水量11 mL/30 min、泥皮厚度0.8 mm。

主要适用于松散砂层、土层,应用效果主要体现在岩心采取率与完整程度上,使用此配方泥浆后,岩心采取率达90%以上。如图2所示。

(2)破碎地层,破碎灰岩与砂岩相互交替地层。配方:钠质膨润土5%+ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 0.18%+中粘纤维素0.5%+改性磺化沥青0.6%+护壁王0.3%+T型润滑剂0.3%+X-A成膜剂0.25%。

性能:密度 $1.03\text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度32 s、pH值10、胶体率100%、失水量11.5 mL/30min、泥皮厚度0.5 mm、 $\text{PV}=10\text{ mPa}\cdot\text{s}$ (塑性粘度)、 $\text{AV}=12.5\text{ mPa}\cdot\text{s}$



图2 使用X-A成膜剂低固相泥浆采取的土层、砂层岩心

(表观粘度)、 $\text{YP}=2.6\text{ Pa}$ (动切力)、 $n=0.74$ (流变指数)、 $K=0.08$ (稠度系数)。

主要应用于破碎灰岩变砂岩的接触带上,孔壁易水蚀后垮塌,且孔内沉砂颗粒较大不易携带,造成钻进过程中泵压持续增高,事故频发。采用此配方泥浆后,泥浆失水量显著下降,孔壁稳定,循环泵压良好、上返砂量正常,钻进效率明显提高。

(3)坍塌、缩径、严重失衡地层(压力地层)。配方:钠质膨润土7.5%+ $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 0.1%+高效植物胶1.5%+高粘纤维素0.6%+改性磺化沥青0.8%+护壁王1.5%+S-1降失水剂1%+T型润滑剂0.5%+X-A成膜剂0.5%+重晶石粉90%。

性能:密度 $1.46\text{ g/cm}^3$ 、漏斗粘度43 s、pH值10、失水量4.5 mL/30min、泥皮厚0.6 mm。

主要用于处理坍塌、缩径、地层严重失衡(压力地层)和排砂难等情况。使用该配方泥浆的效果:以高比重保持压力平衡,防止地层蠕变;低失水量防止孔壁吸水而松散坍塌;高粘度以携带大颗粒岩屑。采取的岩心如图3所示。

4.2.3 使用不同类型泥浆时钻孔的生产效率与成本(见表2、表3)。

表2 使用普通泥浆时钻孔的生产效率与成本

孔号	孔深/m	工期/d	日进尺/m	事故原因及处理结果	材料成本/(元· $\text{m}^{-1}$ )
ZK6-801	129.6	30	4.32	松散砂岩坍塌埋钻,处理失败报废	180
ZK6003	96.6	17	5.68	坍塌掉块,钻具扭断,处理成功	167
ZK6001	164.4	30	5.48	岩心采取率很低,钻孔报废	158
ZK1002	153	28	5.46	孔内坍塌缩径钻具扭断,然后埋钻,处理失败报废	176
ZKLXZ1603	125.6	31	4.05	泥页岩吸水缩径夹钻,钻杆扭断,处理失败报废	182

表3 使用X-A低固相泥浆时钻孔的生产效率与成本

孔号	孔深/m	工期/d	日进尺/m	所遇复杂地层及处理方法	材料成本/(元·m <sup>-1</sup> )
ZK2001	222.4	12	18.53	松散易冲蚀地层,加入成膜剂在岩心及孔壁形成保护膜,降低泥浆的冲刷,顺利终孔	120
ZKh005	172.4	8	21.55	坍塌掉块地层,加入成膜剂及GSP降低滤失量抑制岩层坍塌,顺利穿过复杂层后下入套管终孔	143
ZK0-201	590	40	14.75	遇水膨胀缩径层,泥浆中加入腐植酸钾和GSP抑制岩层的吸水膨胀,并在泥浆中加入高聚物,在孔壁形成保护膜,降低滤失量,顺利终孔	102
ZKhb402	230	14	16.42	孔壁垮塌严重,泵压过高,孔内沉砂无法排出、掉块严重,事故频繁。经用以成膜剂为主的低固相泥浆后循环泵压明显下降,排砂和护壁性能提升,顺利终孔	168



图3 采取的岩心完整性良好

#### 4.2.4 泥浆维护注意事项

泥浆的使用效果不仅在于配比是否合适,还在于良好的泥浆维护。钻进过程中,应严格按照规定对泥浆进行维护,具体强调以下几点:

(1)应根据地层情况,通过试验确定合适的泥浆配方,按要求配备泥浆;

(2)泥浆使用过程中,应定期测定入口和出口的泥浆性能,定期补充新泥浆来维护泥浆性能的稳定;

(3)定期清除循环系统中沉淀的岩屑,保持泥浆低固相的性能要求;

(4)保管好现场的泥浆处理剂材料,确保泥浆测试仪器处于良好的状态;

(5)注意处理剂的添加顺序与添加要求,着重落实搅拌时间。

#### 5 结语

(1)在复杂地层钻进过程中,泥浆起着至关重要的作用,能有效维护孔壁稳定性,预防孔内事故发生;

(2)合理调配泥浆性能,可以提高钻探质量和钻进效率,降低钻探成本;

(3)采用优质的泥浆配方,可以显著降低劳动强度。

#### 参考文献:

- [1] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989,39-213.
- [2] 郭绍什,冯德强,杨凯华,等. 钻探手册[M]. 武汉:中国地质大学出版社.
- [3] 王禹,刘波,高洪志. 油页岩地层绳索取心钻探冲洗液技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(S1):32-34.
- [4] 黄汉仁,杨坤鹏,罗亚平. 泥浆工艺原理[M]. 北京:石油工业出版社,1976.
- [5] 鄯捷年. 钻井液工艺技术[M]. 东营:石油大学出版社,2001.