

# 寨上矿区复杂地层钻探技术

尹建国<sup>1</sup>, 刘青山<sup>2</sup>, 夏文彬<sup>1</sup>, 杨增智<sup>3</sup>

(1. 武警黄金第二总队, 河北 廊坊 065000; 2. 宁夏地质工程院, 宁夏 银川 750021; 3. 武警黄金第五支队, 陕西 西安 710100)

**摘要:**针对甘肃省岷县寨上矿区构造发育, 地层破碎, 断裂带厚度大, 钻孔缩径、漏失、坍塌, 岩心采取率低, 孔内事故多等钻进难题, 采用植物胶泥浆、PAB 无固相冲洗液、多层套管护壁技术, 以及试验运用 Q 系列钻具和射流式绳索取心局部反循环钻具取心等措施, 取得了较好的效果。

**关键词:**岩心钻探; 复杂地层; 冲洗液; 植物胶泥浆; PAB 无固相冲洗液; 反循环钻具; 寨上矿区

**中图分类号:** P634.5   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1672-7428(2012)06-0042-04

**Drilling Technology for Complex Formation of Zhaishang Gold Mine Area/YIN Jian-guo<sup>1</sup>, LIU Qing-shang<sup>2</sup>, XIA Wen-bin<sup>1</sup>, YANG Zeng-zhi<sup>3</sup>** (1. No. 2 Gold General Party of CAPF, Langfang Hebei 065000, China; 2. Ningxia Institute of Geo-engineering, Yinchuan Ningxia 750021, China; 3. No. 5 Detachment of the Gold Army, CAPE, Xi'an Shaanxi 710100, China)

**Abstract:** According to the drilling problems in Zhaishang gold mining area of Gansu province, such as structural development, broken formation, thick fault zone, borehole diameter shrinkage, leakage, collapse, low core recovery rate and frequent downhole accidents, plant glue mud, PAB solid-free flushing fluid, multi-layer casing protecting wall technology, drilling tools of the Q series and hydro-efflux wire-line coring drilling tools by local reverse circulation were applied with good results.

**Key words:** core drilling; complex formation; flushing fluid; plant glue mud; PAB solid-free flushing fluid; reverse circulation drilling tools; Zhaishang gold mining area

## 1 概述

寨上矿区位于甘肃省岷县禾驮乡, 属于秦岭山脉西段, 中高山区, 一般海拔 2500 ~ 3300 m, 气候寒冷, 自然条件恶劣, 施工条件艰苦; 区域性断裂构造发育, 呈北西向展布, 矿带及矿脉的展布与区域性构造相一致, 成矿条件十分有利, 是武警黄金指挥部的重点勘查区, 近 3 年每年投入岩心钻探工作量均在 8000 m 以上。

寨上金矿区含金地质体主要分布在泥盆系及二叠系板岩、粉砂岩地层中, 严格受 NWW 向断裂控制。容矿构造为该断裂派生的次级断裂、次级层间断裂, 总体呈平行带状分布。矿区岩层构造发育, 地层破碎, 断裂带厚度大, 从几米到几十米, 甚至上百米, 孔壁坍塌掉块、缩径严重、护壁困难。矿区主要岩性为碳质板岩、泥质板岩、砂质板岩等, 蚀变性强, 岩石破碎、软硬变化大, 互层频繁, 取心困难, 岩心采取率低(不足 70%); 钻进难, 孔内事故多, 事故率达 21%; 成本不易控制, 管理难等问题非常突出。近几年我们围绕解决这些困难问题, 从复杂地层综合治

理入手, 做了大量工作, 取得了不错的效果。

## 2 孔壁坍塌掉块的治理

### 2.1 植物胶泥浆护壁

冲洗液是钻孔护壁最直接、最快速、最有效的方法。为解决好护壁难题, 我们在矿区建立了泥浆试验室, 进行了冲洗液试验研究, 配备了适合寨上矿区的植物胶泥浆。

#### 2.1.1 对比试验

通过对矿区易坍塌、掉块缩径的岩矿物成分进行了 X 光衍射分析, 结果表明, 板岩中石英含量达 60%, 高岭石 11% ~ 15%, 伊利石和伊蒙混层占 13% ~ 17%, 菱铁矿、方解石等占少量。岩石中泥质含量高达 26% ~ 30%, 是较典型的水敏性地层。钻进中泥质矿物吸水膨胀、剥落, 泥质成分被冲蚀, 致使石英颗粒残留孔底、孔壁坍塌等。通过试验分析认为, 冲洗液要满足失水量小、能抑制泥质成分水化膨胀的性能。

在试验室进行了 20 多组室内试验, 比较各种冲

收稿日期: 2012-03-01; 修回日期: 2012-05-07

作者简介: 尹建国(1967-), 男(汉族), 内蒙古丰镇人, 武警黄金第二总队工程师, 探矿工程专业, 主要从事探矿工程技术与管理工作。河北省廊坊市广阳道 93 号, hjezdyljg@163.com。

洗液处理剂对泥浆性能的影响。

### 2.1.1.1 粘土的预水化对泥浆性能的影响

为掌握粘土预水化对泥浆性能的影响,对粘土进行24 h浸泡,分组对预水化前后的性能进行了测试,其性能见表1。

表1 粘土的预水化对泥浆性能的影响

浆液	漏斗粘度/s		失水量/[mL·(30 min) <sup>-1</sup> ]	
	未预水化	预水化	未预水化	预水化
5%粘土基浆	17.2	17.6	26.4	22.3
5%粘土泥浆		25.6	12.2	9.8
4%粘土泥浆	20.8	22.2	13.8	11.2

试验结果表明,粘土经过预水化处理后,泥浆漏斗粘度增大,失水量减小。

### 2.1.1.2 不同处理剂对失水量的影响

为了解冲洗液中固相含量对其失水量的影响,对比7组不同组分的冲洗液进行了测试,其结果见表2。

表2 处理剂对失水量的影响

序号	处理剂组分							失水量 /[mL· (30 min) <sup>-1</sup> ]
	粘土 /%	纯碱 /%	纤维 素/%	植物 胶/%	改性沥 青/%	钾盐 /%	腐殖酸 钾/%	
1	4	0.2	0.3	0.3	0.4		0.4	10.0
2	4	0.2	0.3	0.3			0.4	12.8
3	5	0.2	0.3	0.3	0.4		0.4	9.6
4	5	0.2	0.3	0.3			0.4	12.8
5	4	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4		9.4
6	4	0.2	0.3	0.3	0.4			10.4
7	4	0.2	0.3	0.3		0.4		9.6

试验结果表明:改性沥青、钾盐、腐殖酸钾等处理剂对泥浆失水量影响较为明显,其中钾盐的影响更为突出。

### 2.1.2 冲洗液配方及性能

通过室内试验研究,配置出了性能优良的SD-2植物胶泥浆,其配方如下(质量比):

膨润土3%~5%+纤维素0.2%+SD-2植物胶0.3%~0.4%+改性沥青0.2%~0.4%+润滑剂0.2%+钾盐0.4%。

其主要性能指标为:密度1.018~1.025 g/cm<sup>3</sup>、漏斗粘度22~28 s、失水量8~10 mL/30 min、pH值8~9。

该冲洗液表面包裹一层粘弹性胶膜,能隔离孔壁岩石,减少冲洗液中的水分浸入孔壁,可在孔壁上形成一层具有一定粘弹性和强度,且薄而坚韧的泥皮,又具有较好的润滑性,减轻了钻具对孔壁破坏的作用;同时植物胶的粘性,胶结性和对水敏地层抑制作用,较好地胶结岩石;纤维素、钾盐能降低失水量,

增强泥皮的韧性,有效地抑制水敏地层的水化膨胀;改性沥青可在孔壁形成一层油膜,减少失水量。该冲洗液在钻进ZK6010孔240~365.65 m孔段、ZK1246孔220~534.85 m孔段中运用,裸孔钻进长达10天以上,无坍塌、缩径现象。

## 2.2 PAB无固相冲洗液护壁

为进一步提高钻孔护壁技术水平,综合分析矿区地层情况,分别在3个钻孔试验了PAB无固相聚合物冲洗液,取得了很好的效果,提高了护壁堵漏水平。PAB无固相聚合物冲洗液由PA和PB两种高聚物组成,其性能特点是冲洗液中高聚物大分子呈网状结构,在孔壁上吸附成网、成膜的速度快,分子膜致密,胶结性强,在低流变参数下,具有很强的胶结孔壁的性能。当苏式漏斗粘度为22~24 s时,低压30 min失水量为3.5~4.5 mL,中压(压差0.7 mPa)失水量6.6~8 mL。膨润土球在该冲洗液中浸泡,久泡不胀、不散;纯中粗砂球久泡不散。

### 2.2.1 PAB冲洗液配方

PA粉1%~1.2%(100 L冲洗液中含量1~1.2 kg),PB粉0.22%~0.25%(100 L冲洗液中含量0.22~0.25 kg)。

### 2.2.2 PAB冲洗液的配制

#### 2.2.2.1 配方举例

配制1000 L冲洗液,预溶5% PA溶液240 L,预溶1.5% PB溶液167 L。

计算如下:

PA溶液:1.2% × 1000 = 12 L, 12/0.05 = 240 L。

PB溶液:0.25% × 1000 = 2.5 L, 2.5/0.015 = 167 L。

水量:1000 - 240 - 167 = 593 L。

#### 2.2.2.2 配制工序

(1)搅拌桶内加水593 L,加水量用计算桶内液面高度确定;

(2)开动搅拌机,加入240 L预溶的5% PA溶液,搅拌10 min左右,停搅静止到桶内泡沫消失;

(3)开动搅拌机,加入167 L预溶的1.5% PB溶液,搅拌15~20 min,直到桶内冲洗液粘度均匀为止;

(4)最后在搅拌桶内加入润滑剂,或在钻进时从循环系统加入;

(5)如果现场用水的水质呈酸性,应事先加适量纯碱调至中性。

PAB冲洗液适用于钻进高岭石化、绿泥石化等蚀变带层、断层泥与角砾层、粉碎状破碎带层、泥质

和碳质页岩层、流砂和风化岩层等地层,以及因孔壁失稳而抢救濒临报废的钻孔等。该冲洗液在 ZK166 孔 53 ~ 272.6 m 孔段、ZK484 孔 72 ~ 283.4 m 孔段、ZK848 孔 67 ~ 295.5 m 孔段等严重破碎地层运用,无坍塌掉块,无缩径,事故率为 0。

### 2.3 冲洗液管理

冲洗液的管理是保证冲洗液性能、提高护壁效果的重要环节,我们把加强冲洗液现场规范化管理作为重要的工作来抓。

(1) 提高搅拌机转速。过去长期使用转速 48 r/min 的泥浆搅拌机,存在粘土搅拌不均匀、高分子处理剂搅拌不彻底的问题,为此,配置了转数 600 r/min 的泥浆搅拌机,提高了泥浆质量。

(2) 提高泥浆岗人员素质。分析以往冲洗液使用管理不到位的原因,主要是泥浆岗人员素质低,对冲洗液管理使用存在不懂不会问题,为此,改变了原来由新同志担任泥浆岗的做法,改由工作经验丰富的副班长担任泥浆岗,提高了泥浆的使用管理水平。

(3) 严格按程序配置。要求各班严格按照冲洗液配方配置,按规定预溶、按顺序加入处理剂,按时间搅拌。改变冲洗液配方必须先做室内试验,冲洗液配方改变必须由中队决定。

(4) 及时测控性能。各班带回使用的泥浆,中队进行失水量、漏斗粘度等的测试,根据测试结果,通知机台进行泥浆性能调整或更换。冲洗液性能范围:密度 1.018 ~ 1.055 g/mL、漏斗粘度 < 34 s、失水量 < 13 mL/30 min。

冲洗液的良好使用保证了孔壁的稳定。2011 年使用该泥浆施工钻孔 20 个,孔壁没有发生严重的坍塌。

### 2.4 多级套管护壁

在寨上矿区复杂地层钻进中,冲洗液护壁不能起到长期保护的作用,为此,坚持多级成孔,套管和冲洗液相结合综合护孔的方法。钻孔结构为:Ø150 - 122 - 96 - 76 mm 四级成孔,采用 Ø96、76 mm 绳索取心钻进工艺为主。Ø140 mm 孔口管用于保护第四系开孔段,深度一般在 30 ~ 50 m;Ø114 mm 套管深度一般在 100 ~ 150 m;Ø91 mm 套管深度一般在 150 ~ 250 m;Ø73 mm 套管作为备用。

下入套管前要扩孔,其操作要领是:轻压慢转,适当增大泵量,控制钻速,使用高固相泥浆,防止大颗粒岩屑不能排出孔外而造成夹钻事故。一定要带导正,防止钻孔偏斜。

为防止发生套管事故,施工中把套管丝扣长度

由 40 mm 增加到 60 mm,有效地减少了套管事故。下套管时要轻、稳,坐在基岩上,套管口之间的环状间隙用棉纱、橡胶或沥青密封。

### 3 岩心采取率低的治理方案

针对破碎带、蚀变带、碎裂岩岩心采取率低的问题,我们对岩心采取规律进行了研究,从钻具和规范操作两方面入手,提高岩心采取率。通过对多种钻具结构、特点的对比分析,我们选择了宝长年公司的 PQ、HQ、NQ 钻具和喷射式绳索取心局部反循环钻具。

#### 3.1 引进 PQ、HQ、NQ 钻具取心

宝长年公司生产的 Q 系列钻具有卡簧弹性好、长度大、表面硬度大、制造精度高等特点。由于卡簧长度大、弹性好,提高了卡簧与岩心的接触面积,减少了卡簧对岩心的扰动、磨耗,提高了卡取岩心的可靠性。表面硬度高,保证了卡簧与岩心的摩擦力并较大地提高了卡簧寿命;卡簧座下端无水口,配合底喷钻头使用,避免了冲洗液对岩心的直接冲刷,保护了岩心。该钻具弹卡板与收卡部分为铰链结构,弹卡板收缩力较回收管收卡力量大、灵活,减少了弹卡板顶死弹卡挡头造成的内管打捞失败;钻具加工精度高,故障少,易损件少,减少了内外管卡死等问题的发生,提高了打捞成功率。在寨上矿区应用后,回次岩心采取率均能达到 80% 以上,能满足地质设计要求;打捞成功率达到 98% 以上,较普通钻具提高 10% 左右,很少出现内管打捞失败提大钻的现象。

#### 3.2 应用 Ø96、75 mm 喷射式绳索取心反循环钻具

为了提高特别破碎地层的岩心采取率,还试验应用了北京探矿工程研究所生产的 Ø96S、Ø75S 两种射流式绳索取心局部反循环钻具,该钻具在心轴上段安装喷嘴,心轴下段安装喉管,冲洗液自喷嘴直射喉管,在喉管上部产生负压,抽吸钻具内管中的冲洗液向上流动,使其托举破碎岩心呈悬浮松散状态,提高岩心采取率。

使用反循环钻具泵量要到达 60 L/min 以上。在破碎、碎裂岩层采用喷射式局部反循环钻具钻进时,要适当控制回次进尺,回次岩心采取率都能达到 80% 以上,能满足地质设计要求;由于反循环抽吸作用,钻具内细岩心颗粒在上部,较粗颗粒在中间,粗颗粒在下部,出现岩心颠倒混乱问题。喷射式局部反循环钻具对于提高软岩层取心率效果不明显,软岩石容易在卡簧处堵塞,反循环抽吸效果受到影响。

钻具喷嘴为易损件,使用泥浆时寿命为2天,使用无固相冲洗液3天即需更换。该钻具打捞成功率与普通钻具相当。该钻具喷嘴为易损件,使用60h需要更换,否则岩心采取率下降。

#### 4 减少孔内事故的主要措施

造成孔内情况复杂的因素有主观和客观2个方面。重点在提高对客观因素的认识,采取更为切合实际的方法手段,同时在减少人为造成孔内复杂因素上下功夫。

(1)坚持孔口回灌。以往复杂地层钻进中提钻、打捞岩心后孔内液柱压力下降,孔壁失稳、裂隙水破坏泥皮,人为造成钻孔坍塌,为防止此类事故发生,在提钻、打捞岩心时,在泥浆泵回水上接引水管到孔口开泵回灌,防止了人为造成孔壁失稳。

(2)严禁带内管上下钻。带内管上下钻,下钻时形成巨大的激动压力破坏孔壁,提钻时会形成真空而破坏孔壁。

(3)不强行开泵扫孔。在孔内出现憋泵、回转受阻时,不强行开泵扫孔,否则会造成冲洗液压入孔壁而破坏。必须采用捞取、高粘度冲洗液冲孔等方法将孔内粗颗粒岩屑处理干净。

(上接第41页)

接头水眼内一定尺度,悬重下降,泵压增高,这时停泵轻压上扣,进行捞取试提。如钻具未卡钻,则重新放下钻具,再次将打捞公锥上紧扣,确定造扣牢靠后方可上钻。经用打捞丝锥捞取事故钻具,最后将长度为43.1m的 $\varnothing 178$ mm钻铤顺利打捞出孔口,打捞获得成功。

#### 6 结语

在钻探施工过程中,不管孔内发生何种事故,都要对事故状况和原因进行认真分析,要根据孔内事故钻具状况、地层、钻井液的使用等多方面因素,慎重选择处理事故的方法,这是防止恶性的事故落事故、越处理越复杂现象发生的关键。通过选用长筒正扣套铣工艺在处理孔内超长粗径钻具事故中的应

#### 5 结语

随着先进钻具引进应用和对冲洗液配制及其护壁性能的不断研究,寨上矿区复杂地层钻进技术水平有了较大提高,被“复杂地层”困扰和抑制多年的钻探施工能力低下的局面终于得以扭转,生产效率得到明显提高,钻孔施工周期大大缩短,施工能力有较大提升。台年实进尺从2007年的不足1500m,2011年达到了3040m;钻进孔深由2007年不足500m,达到了2011年的910m;优质孔率从2007年不足50%,2011年达到了85%以上。

#### 参考文献:

- [1] 汤凤林, A. T. 加里宁, 杨学涵. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1997.
- [2] 姚爱国, 马明, 吴翔, 等. 岩土工程钻进原理[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2000.
- [3] DZ/T 0227-2010, 地质岩心钻探规程[S].
- [4] 曾祥熹, 陈志超. 钻孔护壁堵漏原理[M]. 北京: 地质出版社 1986.
- [5] 李景东. 哈达门沟金矿区复杂地层中深孔钻进实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(6): 20-23.
- [6] 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.
- [7] 胡继良, 陶士先. 深部地质钻探钻井液体系设计因素及其分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(4): 17-21.

用,不仅取得了比较理想的效果,而且使笔者和参与者获得了宝贵的经验和体会,为今后发生类似孔内事故的处理,提供了有效的借鉴办法。

#### 参考文献:

- [1] 韩广德. 中国煤炭工业钻探工程学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2000.
- [2] 杜晓瑞, 等. 钻井技术规程汇编[Z]. 河南濮阳: 中原石油勘探局钻井集团, 1996.
- [3] 乌效鸣, 胡郁乐, 贺冰新, 等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2002.
- [4] 刘广志. 岩心钻探事故预防与处理[M]. 北京: 地质出版社, 1982.
- [5] 李粤南. 深部孔段卡、埋钻事故防治对策的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9).
- [6] 张纯峰. 镶嵌式焊管在处理事故中的作用[J]. 中国煤田地质, 2006, (6).