

# Aus - Plug 堵漏剂在金厂河等矿区 绳索取心钻孔漏失中的应用

易强忠, 李绍河, 盖海涛

(云南地质工程第二勘察院勘探分院, 云南 楚雄 675000)

**摘要:** 钻孔漏失是钻探施工中一直较难解决的难题, 尤其是绳索取心钻进施工中的严重漏失, 造成钻进效率低、施工成本高的后果, 严重的直接威胁钻孔安全, 甚至会导致钻孔报废。Aus - Plug 是 2006 年自国外引进的高效延时膨胀钻孔堵漏剂, Aus - Plug 钻孔堵漏剂的使用较好地解决了我院绳索取心钻孔漏失的问题。2003 年至今, 根据我院用绳索取心钻进工艺在多个矿区试验及钻进施工中遇到的不同地层、不同漏失方式特点, 通过多年生产实践, 摸索和总结了绳索取心钻进施工中冲洗液漏失的危害及采用的一些堵漏施工方法。同时也总结了 Aus - Plug 钻孔堵漏剂在不同漏失情况下比较实用有效的应对堵漏方法, 较快推动了我院绳索取心钻进工艺施工的应用和发展。

**关键词:** 钻探; 绳索取心钻进; 地层漏失; Aus - Plug 堵漏剂

**中图分类号:** P634 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672 - 7428(2015)11 - 0020 - 05

**Application of Aus - Plug Plugging Agent in Wire-line Core Drilling in Mines/YI Qiang-zhong, LI Shao-he, GAI Hai-tao** (Second Exploration Institute of Yunnan Geological Engineering Exploration Branch, Chuxiong Yunnan 675000, China)

**Abstract:** Circulation lost is a difficult problem in drilling construction, especially in wire-line core drilling. Severe circulation lost may lead low drilling efficiency and high construction cost, directly threaten the drilling safety and even result in drill hole abandoned. Aus - Plug was an effective delay expansion drilling plugging agent introduced in 2006, by which the circulation lost was well controlled. Since 2003, according to the different formations and lost situations encountered in the tests and construction in a number of mines and through years of practice, the hazards of circulation lost and some plugging methods were explored and summed up; and the practical and effective methods to deal with circulation lost in different geological conditions by Aus - Plug plugging agent also were summarized.

**Key words:** drilling; wire-line core drilling; formation leakage; Aus - Plug plugging agent

## 0 引言

随着矿产勘察市场的不断扩大, 各勘察施工单位都大力普及生产效率和取心质量较高的绳索取心工艺进行施工, 由于绳索取心钻进时环空间隙小, 冲洗液循环阻力较大, 施工中遇到钻孔漏失机率大, 堵漏十分困难, 严重影响施工效率, 造成施工成本升高。

针对绳索取心施工中遇到的漏失问题, 通过几年的工作实践和学习总结。采用了新的堵漏材料, 并经过不断地探索和改进堵漏方法, 较好地解决了绳索取心钻进中的漏失问题, 节约了施工直接成本, 大幅度地提高了机台经济效益, 达到绳索取心钻进工艺节能增效的目的, 同时获得单位及同行的好评。

## 1 钻孔漏失原因及类型

钻孔漏失是在钻进过程中冲洗液不同程度渗漏

到地层中的现象, 也是冲洗液在压差作用下渗漏进地层裂隙内的孔内施工复杂情况。钻孔漏失是钻探工程中最普遍、最常见的技术难题之一。

### 1.1 钻孔漏失原因

(1) 钻孔中地层存在正压差, 孔内冲洗液循环压力和密度压力大于地层孔隙、裂缝或溶洞中液柱压力;

(2) 地层中存在漏失通道及容纳空间;

(3) 漏失通道的裂隙尺寸大于冲洗液中的固相颗粒的直径。

### 1.2 影响钻进地层冲洗液漏失的因素

(1) 地层孔隙压力大小;

(2) 地层裂隙、溶洞的贯通状况、漏失通道的大小、形状及厚度(见图 1);

(3) 冲洗液的固相颗粒、类型及性能;

(4) 钻孔漏失层位及泥皮质量;



图1 保山金厂河矿区裂隙贯通实物岩心

(5)采取的钻孔施工方法及工艺。

### 1.3 钻孔根据地层漏失量大小及裂隙划分类型

不同的地层应力受到钻进破坏后其漏失失稳程度都有差别。根据地层漏失量大小及裂隙大小作如下分类:

(1)小漏,即轻微漏失,孔口返液量  $> 1/2$  进液量,裂隙  $< 5$  mm;

(2)中漏,即中等漏失,孔口返液量  $< 1/2$  进液量或失返,但增大泵量会微返或不返(动水位会升高),裂隙在 5 ~ 30 mm 之间;

(3)大漏,即大漏失,孔口完全失返,增大泵量动水位无变化,裂隙 30 ~ 100 mm;

(4)特大漏,即溶洞,特大裂缝。

### 1.4 漏失情况及地层特征分析(见表1)

表1 漏失情况及地层特征分析

分类	裂隙宽/mm	地层特征	漏失特征
小漏	$< 5$	板岩、大理岩、砂岩等	孔内动水位变化较小,孔口返水,漏失量较小
中漏	5 ~ 30	大理岩、灰岩、砂卡岩、破碎带等	孔内动水位变化较大,孔口返水较小或不返水全漏失
大漏	30 ~ 100	砂卡岩、灰岩、砂岩、断层破碎带等	孔内无动水位或水位较低,孔口不返水,全漏失,见于小溶洞或裂缝。孔内时有倒吸气流产生
特大漏	$> 100$	灰岩、断层断裂带、碳酸盐地层	孔内干涸、无水位、中型或大溶洞

## 2 绳索取心与普通钻进漏失情况区别

采用绳索取心钻进时,由于绳索取心钻杆与孔壁间环空间隙明显小于普通钻进的环空间隙,绳索取心钻进转速大大高于普通钻进,产生负压及漩涡离心较大,所以绳索取心钻进中冲洗液漏失比较严重、复杂。进行堵漏较普通钻进困难。2种钻进方法的环空间隙对比如表2所示。

通过以上对比,绳索取心钻进中漏失机率远远大于普通钻进。普通钻进中使用的普通堵漏泥浆在绳索取心钻进中无法使用,2014年我单位机台在

表2 普通钻进和绳索取心钻进环空间隙对比

钻进方式	口径/mm	钻杆直径/mm	环空孔段长/m	环空间隙/m <sup>2</sup>
普通钻进	91	50	10	0.41
	75	50	10	0.25
绳索取心钻进	95	89	10	0.06
	75	71	10	0.04

曲靖富源纳佐煤矿 ZK4 - 2 孔 S95 mm 绳索取心试验施工中,施工 138.50 ~ 361.80 m 孔段时发生孔内冲洗液多次失返,采用常规堵漏方法使用  $\varnothing 50$  mm 钻杆普通钻进时孔内返浆不漏失,而换 S95 绳索取心后冲洗液立即失返,导致 S95 绳索取心钻进中钻杆折断事故频繁发生而放弃绳索取心试验施工。以往在普通钻进中使用的水泥浆液堵漏、化学浆液堵漏、惰性材料堵漏及泡沫泥浆堵漏在绳索取心钻进中都不易实施且效果不佳,费时费力。所以要解决好绳索取心钻进的漏失问题是提高绳索取心钻进效率的关键技术之一。

## 3 钻孔漏失对绳索取心钻进的影响与危害

### 3.1 孔内危害

钻孔漏失导致孔内情况复杂化,孔内地层失去原有的平衡状态,会破坏保护好的孔壁,轻者造成冲洗液大量漏失孔壁产生掉块、缩径现象。重则造成孔壁垮塌,使钻孔堵塞,钻进负荷加剧,极易造成孔内卡钻、埋钻。甚至因操作失当而发生严重的烧钻事故,更严重时导致钻孔报废。

### 3.2 设备和钻具危害

孔内漏失会因冲洗液液面下降导致绳索取心回转阻力增大、摩擦加剧、钻杆钻具磨损严重,严重的产生设备损坏、钻杆折断等事故,导致无法顺利施工。

### 3.3 成本的影响

绳索取心工艺在复杂的地层中钻进时,大多都选用无固相或低固相冲洗液。冲洗液配置成本较高,孔内一旦漏失,冲洗液和润滑成本成数倍增长。极大地增加了钻探施工成本。

### 3.4 保山金厂河矿区施工的几个案例(见表3)

## 4 绳索取心钻进采用 Aus - Plug 高效堵漏剂进行有效堵漏的方法及原理

### 4.1 Aus - Plug 高效堵漏剂封堵漏失原理

Aus - Plug 高效堵漏剂是一种进口的具有延时

表3 保山金厂河矿区施工案例

孔号	施工周期	终孔孔深/ m	孔漏情况	冲洗液成本核算/ (元·m <sup>-1</sup> )	堵漏及施工情况
ZK26-2	13个月	731.40	全孔7段中漏及大漏	164.15	没有采取有效堵漏措施发生多起钻杆折断、卡钻、烧钻事故
ZK14-11	6个月	735.50	全孔段10段中漏及大漏	162.91	采取320m套管隔离,没有采取有效堵漏措施
ZK22-19	5个月	836.40	全孔段10段中漏及大漏	95.64	采取部分常规堵漏措施,堵漏效果不佳,致使560m发生断钻杆事故,找不到事故头,无法施工
ZK14-19	65天	835.60	全孔段10段中漏及大漏	53.85	采用Aus-plug高效堵漏剂进行有效堵漏措施

膨胀作用的无机堵漏材料。它具有吸水量大和快、膨胀速度快、膨胀体积大、无毒等特点。Aus-Plug呈颗粒状,具有一定硬度,颗粒直径0.05~0.5mm。在水中浸泡随时间延长而逐步膨胀,浸泡15min时,可膨胀到20.5~25mm,30min后完全膨胀至20.5~35mm(见图2)。对缝隙、裂缝的轻微漏失、中等漏失起到密封作用,堵漏效果显著,利用它对轻微漏失、中等漏失孔段处理效果成功率达到99%。



图2 Aus-Plug堵漏剂膨胀前后对比

## 4.2 Aus-Plug高效堵漏剂的使用方法

我单位自2007年引进使用Aus-Plug高效堵漏剂,Aus-Plug堵漏剂早期使用方法是根据孔内漏失情况将Aus-Plug与清水或冲洗液混合后,用水泵送到漏失区域,钻具提离孔底200~300mm,慢慢转动钻具,往孔内泵送冲洗液等泵压逐步升高再有规律地关泵再开泵,直至泵压升高至漏失前的数值,孔口返水正常后可直接钻进工作。但这种方法在施工中易造成堵漏材料浪费较大,Aus-Plug钻孔堵漏剂送至漏失层位时间难掌握、送达漏失部位的成功率不高,操作中不易掌握Aus-Plug堵漏剂是否准确送到漏失部位。我单位根据各矿区、各钻孔的漏失特点,采用了不同的堵漏方法及经验,现总结出如下比较成功方法及经验。

### 4.2.1 保证钻孔堵漏成功率的前提条件

在绳索取心钻进中能成功进行堵漏是保证顺利施工的前提之一。为保证堵漏的成功率,施工中要注意的前提条件如下。

(1)要坚持使用优质无固相冲洗液或低固相冲洗液,至于冲洗液配方则根据所钻地层需要进行调整。

(2)要注意观察及分析孔内冲洗液属于正常消耗还是漏失。

(3)要坚持观察和掌握孔内动水位的变化情况。

(4)钻遇漏失层后,坚持及时进行堵漏,不能贪图进尺无视漏失危害,钻进孔深超过漏失部位0.5m后,则增加堵漏难度,钻进孔深超过漏失部位越多则堵漏效果越不理想。

## 4.2.2 绳索取心钻进中根据不同的漏失现象采取相应的堵漏措施

### 4.2.2.1 小漏

绳索取心钻进中泵压突然降低,孔口冲洗液返水量变小,循环池液面逐步降低,但孔口仍然返出部分冲洗液,钻进无异常变化。针对此种轻微漏失所采取的方法如下:孔内出现轻微漏失后,立即停钻提出内管,查看并判断所取岩心的结构情况,检查孔内动水位,若动水位变化不大,将0.5kg左右的Aus-Plug与2kg锯末用冲洗液原浆拌合好,从井口绳索取心钻杆内倒入,并立即合上立轴采取适当泵量将堵漏材料送到漏失部位,同时慢慢回转钻具,使钻具放至离孔底200~300mm慢慢转动。逐步观察泵压变化情况,在泵压达到漏失前的数值时,停泵不停止钻具回转,等泵压下降后又开泵,如此反复操作,使堵漏材料能充分漏失到裂隙当中产生封堵作用,30~40min后,待孔口返水正常,即可投内管继续钻进。

### 4.2.2.2 中漏

绳索取心钻进中泵压突然下降,孔口不返或少量返出冲洗液,循环池液面下降很快,钻进回转阻力增大,动力机负荷加剧,已影响正常钻进。针对此种中等漏失采取的堵漏措施如下。

(1)立即停钻、提内管,查看岩心情况,并检查

孔内动水位变化情况,若水位变化不大,则采用上述方法即可奏效。

(2)若水位变化较大时,则要做特殊的堵漏泥球进行堵漏。此种堵漏泥球及配制方法为:粘土粉 5~6 kg,植物胶干粉 1.5 kg,聚丙烯酰胺干粉 1.5 kg,锯末 3 kg。将几种材料混合后加少量清水拌合,做成泥球的原料。再取 0.5~1.0 kg 的 Aus - Plug 高效堵漏剂及塑料薄膜,将 Aus - Plug 堵漏剂用塑料薄膜包裹在泥球内搓成粒径 30~40 mm( $\varnothing 75$  mm 口径)、粒径 40~60 mm( $\varnothing 95$  mm 口径)的圆球备用。待泥球原料全部做成泥球后,做好各项堵漏准备工作后,将包好的泥球逐步往孔内投放,注意投放速度,避免在钻杆内架桥,必要时可边投边灌冲洗液。投完泥球后迅速合上立轴送冲洗液,将泥球逐步送到漏失部位,同时慢慢回转钻具,其余操作和上述方法一致,直到孔口返水正常,泵压正常,即可恢复钻进。

#### 4.2.2.3 大漏

绳索取心钻进中,泵压突然降到零,孔口突然不返水,循环池液面迅速下降。钻机动力机负荷突然加剧,孔内已不能实施正常钻进。改为低速钻进孔内负荷仍然较大。针对此种较大漏失情况采取堵漏措施如下。

(1)采取上述送高效堵漏剂泥球进行封堵。

(2)若采取上述方法无效的前提下,可将大钻提起。测量孔内水位变化情况,若孔内仍有水位时,采用往孔内投放瓶装堵漏剂的方法进行堵漏,选 5~6 个  $\varnothing 65$ ~70 mm 的饮料瓶,准备 2 kg Aus - Plug 高效堵漏剂,2 kg 聚丙烯酰胺干粉,2 kg 植物胶干粉、适量锯末、棉籽壳、核桃壳等骨架材料及交联材料。将几种干粉材料混合均匀后,装入选好的饮料瓶内并封蜡,依次投入孔内,循环池内冲洗液粘度适当提高,接着正常下入孔内绳索取心钻具,将装堵漏材料的饮料瓶压送至孔底。开泵送入冲洗液,并回转钻具逐步将饮料瓶扫通,扫碎,使堵漏材料充分渗入裂隙内,产生骨架、交联材料和高效堵漏剂同时膨胀封堵,一般经 40~50 min 后泵压会逐步升高,水位逐步升高到孔口直至返水。然后可恢复钻进。在采取此方法中,孔口返水量不够时,可采用投堵漏泥球方法辅助以继续堵漏,直到返水正常。

#### 4.2.2.4 大裂隙、小洞隙

钻进中,突然全孔漏失、泵压降至零、增大泵量

已无明显反应,此时,停钻反开立轴钻杆后,孔内有较大气流倒吸现象,测水位后孔内几乎没有水位,此种情况应采取如下方法堵漏。

(1)将内管提出后,做前述堵漏泥球和水泥球 20~30 kg,用塑料薄膜包好泥球扎紧并投入绳索取心钻杆内。

(2)开泵用冲洗液将泥球全部压送到孔底后提大钻,确认堵漏泥球要高于漏失通道。

(3)选择同径实心钻头,并在离钻头 4~5 m 连接 1 个无泵接手,然后下入孔内至漏失层位边钻边活动,反复多次干钻扫至孔底后,再开泵送泥浆扫 15~30 min,泵压会升高,孔口会逐渐返浆,堵漏成功后提钻换绳索取心钻具,下钻扫至孔底恢复钻进。此堵漏方法成功率非常高,可达 99% 以上,已成为我单位有效的堵漏方法,图 3 为堵漏效果图。



图3 弥渡金宝山矿区 5ZK308 孔堵漏岩心效果图

## 5 Aus - Plug 高效堵漏剂及堵漏方法应用的成功案例

### 5.1 保山金厂河矿区

在保山金厂河矿区,2008~2010 年已施工的 55 个钻孔中,使用 Aus - Plug 高效堵漏剂及上述堵漏方法施工的钻孔有 40 个,都能按期顺利完成施工。在没有采用上述方法进行施工的 15 个钻孔都不同程度受到挫折,有的钻孔甚至施工到一半就无法施工,导致中途钻孔报废。如 ZK22 - 5 钻孔设计孔深 750 m 钻遇多层漏失层,该机台只采取单一的锯末堵漏措施,导致多次堵漏效果不佳,施工至 660.60 m 时,孔内产生埋钻事故无法处理而提前终孔。

金厂河矿区 ZK4 - 9 钻孔设计孔深 690 m,钻穿 0~15 m 第四系覆盖层,下  $\varnothing 127$  mm 套管隔离后,用  $\varnothing 95$  mm 绳索取心钻进,15~145 m 为灰岩及板岩,其中钻遇 4 段中漏及大漏(漏失孔深分别为 25.65、31.08、87.23、95.67 m),每次漏失后顶漏钻进 0.3~0.4 m,再采用投堵漏泥球和水泥球成功将漏失堵住,顺利施工至 145 m 时遇 0.5 m 的溶洞,钻

穿溶洞后下入  $\varnothing 108$  mm 套管隔离,  $\varnothing 95$  mm 绳索取心继续施工至 295.5 m 时, 下入  $\varnothing 89$  mm 技术套管, 用  $\varnothing 75$  mm 绳索取心钻进至 691.60 m, 从 295.5 ~ 691.60 m 施工中钻穿板岩、大理岩、砂卡岩, 遇到 5 次中漏及大漏情况(孔深分别为 350.20、365.89、535.50、550.05、625.60 m), 采用投堵漏泥球及瓶装堵漏剂的方法成功封堵漏失段。该孔开孔至终孔历时 54 d, 钻穿不同的复杂漏失地层, 顺利施工完孔。并被评评为优质孔。

2009年9月9日开工的 ZK30-7 钻孔, 整个孔段钻穿灰岩、板岩、大理岩、砂卡岩, 11 个漏失部位、10 层破碎带、1 个 300 mm 溶洞、2 个断层带都采用 Aus-Plug 高效堵漏剂按上述方法成功封堵住漏失部位, 历时 55 d, 成功施工至 859.36 m, 被评为优质孔。

## 5.2 金平县长安金矿区

2011~2013 年在金平县长安金矿施工的 40 余个钻孔( $30^\circ \sim 75^\circ$  斜孔), 每个钻孔都有全孔不返水的情况多次发生, 但分别使用了上述堵漏方法后, 其堵漏成功率达到 98% 以上。

## 5.3 弥渡金宝山铂钯金矿 5ZK308 钻孔

2014 年, 在弥渡金宝山铂钯金矿施工 5ZK308 孔, 钻孔口径 97 mm 施工至 640.50 ~ 664.65 m 为元古界哀牢山组片岩-片麻岩断裂带, 在这 24.15 m 孔段的施工中共发生 13 段全孔漏失, 水位从 15 ~ 20 m 降至 130 ~ 140 m, 13 段全孔恶性漏失全部采用上述堵漏方法成功堵住钻孔漏失, 从而利用绳索取心工艺顺利钻进至 1200.05 m 终孔。

## 6 Aus-Plug 高效堵漏剂及堵漏方法成功经验总结

### 6.1 冲洗液性能

绳索取心钻进施工要求有良好的冲洗液性能, 堵漏后冲洗液的性能要求有较小的失水量和合适的粘度, 冲洗液失水量过大和粘度较低则可能发生二次漏失。

### 6.2 水位观测和岩心检查

(1) 绳索取心钻进施工过程中保持动水位和冲洗液消耗量的观测, 根据发生漏失前后测量的水位差可以判断漏失量大小、漏失的严重程度, 再选择上述适当的堵漏方法。

(2) 绳索取心钻进施工过程中发生漏失后钻进进尺  $\geq 0.5$  m, 采心后提出内管检查岩心裂隙大小及

漏失原因, 再选择相应的堵漏剂和堵漏方法。图 3 显示的是弥渡金宝山矿区 5ZK308 孔 653.40 m 孔深处堵漏成功后所取的岩心。

## 6.3 堵漏方法操作成功的关键

绳索取心钻进堵漏成功的关键是将堵漏材料按质、按量送至漏失通道内, 绳索取心钻进孔壁与钻杆间环空间隙小, 冲洗液上返流速快, 堵漏材料不容易完全进入漏失通道内, 如钻孔较深、水位深则堵漏材料必须包裹塑料薄膜才能按质按量送至漏失层位, 不至于中途被稀释悬浮于孔内失去堵漏性能。

大裂隙堵漏则要采用实心钻头(见图 4)将送达漏失部位的堵漏材料在稀释前被挤压到漏失通道内, Aus-Plug 堵漏剂在漏失通道内膨胀从而达到桥塞、封堵漏失通道的作用。



图 4  $\varnothing 95$  mm 硬质合金镶焊的实心钻头

## 7 Aus-Plug 高效堵漏剂及堵漏方法成本与效率分析

### 7.1 成本显著降低

堵漏成本较低, 材料节约, 每次堵漏使用材料的直接成本在 500 元以内。堵漏材料的制作采用手工, 无需机械, 一次性堵漏成功率高, 避免重复堵漏而导致的材料浪费。

### 7.2 效率明显提高

堵漏方法简便易行、操作性强、时间短(小漏、中漏无须提钻即可完成堵漏工作, 大漏则须提一次大钻即可完成堵漏工作)、堵漏成功率高, 大大提高了绳索取心工艺在复杂地层中施工的钻进效率。

## 8 结语

Aus-Plug 高效堵漏剂及堵漏方法在金厂河矿区、长安金矿和弥渡金宝山铂钯金矿等矿区和机台的推广使用, 为我单位创造了巨大的经济效益, 施工周期缩短, 施工质量提高, 施工成本节约, 机台经济

(下转第 30 页)

看法,希望能与各位同行共同探讨,以期提高页岩气调查井的钻进施工水平。

## 9 结语

(1)页岩气调查井虽然称为“井”,但实际上却是地质岩心钻探的“孔”,只是要求的终孔口径稍大,整个钻探技术工艺为岩心钻探工艺,主要是H口径金刚石绳索取心钻探技术,与石油钻井有相当大的区别,同时,工程质量要求也主要以地质岩心钻探为主,因此,本文尽量使用“井”的概念,个别使用“孔”的概念。准页2井的实践证明,地质岩心钻探技术可以满足页岩气调查井的施工要求。

(2)加大金刚石绳索取心钻头外径,可增大钻杆与井壁间的环状间隙,从而降低钻井液的循环压力,使钻井液平缓流动,减少钻井液对井壁地冲刷,较好地保护了井壁。

(3)钻井液粘度高、密度高,具有护壁和携带岩粉能力强的特点,是保证复杂地层长井段裸眼钻进顺利施工的有效技术措施。同时,因密度较高,可较好地平衡地层压力,实现压力平衡钻进。此外,由于

环状间隙较大,使用中泵压一般不会很高。

## 参考文献:

- [1] 宋继伟,李勇. 贵州省页岩气调查井施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):26-30.
- [2] 王江平. 河南舞阳铁矿深孔钻进工艺实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(6):27-30.
- [3] 于辉,叶兰肃. 新疆阿舍勒铜矿深孔钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):32-34.
- [4] 盖志鹏,付兆友,罗刚,等. 新疆萨瓦亚尔顿金矿区钻探施工难点及对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(12):43-46.
- [5] 朱恒银,蔡正水,王强,等. 赣州科学钻探 NLS-D-1 孔施工技术研究与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):1-7.
- [6] 任晓顺,太武,刘建福,等. 河北省乐亭县滦河古河道深覆盖层钻探施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):22-26.
- [7] 张祖海,董海燕,丁昌盛,等. 新疆温泉县 AKT1-1 地热孔钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(8):17-21.
- [8] 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.
- [9] 朱恒银,等. 深部岩心钻探技术与管理[M]. 北京:地质出版社,2014.

(上接第24页)

效益非常显著,解决了绳索取心钻进中钻孔漏失的技术难题,对普及绳索取心新工艺奠定了坚实的基础。Aus-Plug 高效堵漏剂不足之处(颗粒直径的变化  $d < 0.05 \text{ mm}$  和  $d > 0.5 \text{ mm}$ ),有待于进一步研究和摸索。

随着勘探技术的不断发展,矿山勘察对勘探技术和质量的要求越来越高,加之勘探队伍自身的发展要求,迫使绳索取心钻进等新工艺普及速度大大加快。在使用新工艺中为了获得更高的效益,也迫使我们在新工艺使用中要不断探索、不断创新,在施工中经过不断实践和完善总结,应对复杂漏失地层的堵漏施工技术日趋成熟,使绳索取心钻进技术得以快速地发展。

## 参考文献:

- [1] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [2] 索忠伟,王生. 钻孔冲洗与护壁堵漏[M]. 北京:地质出版社,2009:71-72.
- [3] 乌效鸣. 复杂地层钻井液技术[R]. 2010.
- [4] 毛洪江. 地矿钻探井漏特点及复合堵漏技术[J]. 地质与勘探,2011,47(4):686-691.
- [5] 郑克清. 复杂地层钻探护壁堵漏工艺研究与应用[D]. 湖南长沙:中南大学,2012.
- [6] 陶士先. 复杂地层泥浆护壁与堵漏[R]. 2014.
- [7] 洪卫东. 甘陕工区钻井防漏堵漏技术分析和建议[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2013,42(3):42-45.
- [8] 吕开河. 钻井工程中井漏预防与堵漏技术研究与应[D]. 北京:中国石油大学,2007.
- [9] 白宝云,许青海,吴礼林,等. 老挝可溶性钾镁盐矿钻探冲洗液漏失的预防与处理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(11):14-16.