

# 黑龙江嫩江县银多金属矿 45°斜孔钻探施工技术

马秀春

(黑龙江省第一地质勘查院,黑龙江 牡丹江 157000)

**摘要:**在黑龙江省嫩江县二道坎村开展银多金属矿普查工作中使用 MP-1000 型便携式钻机进行了 45°斜孔施工,该钻机占地小,搬迁方便,适合斜孔施工。针对斜孔施工中出现的钻孔漏失、坍塌掉块、钻孔偏斜的问题,通过采用改性刚性水泥堵漏剂对钻孔漏失段进行封堵,取得了良好的封堵效果;选用合适护壁性能的冲洗液减少了钻孔坍塌掉块;为防止孔斜,采用锚杆固定的方式稳固钻机,钻进过程中使用高胎体钻头,减少起下钻次数,避免掉块挤压钻具引起孔斜。通过选择合适的冲洗液以及不断优化施工工艺,45°斜孔施工取得了良好的效果。

**关键词:**MP-1000 型便携钻机;斜孔;钻探;锚固;坍塌掉块;冲洗液;堵漏剂

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2019)08-0061-06

## Drilling of a 45° inclined hole in Nenjiang Silver Polymetallic Mine, Heilongjiang Province

MA Xiuchun

(Heilongjiang First Geological Exploration Institute, Mudanjiang Heilongjiang 157000, China)

**Abstract:** An MP-1000 portable drill was used to drill a 45° inclined hole in Erdaokan village of Nenjiang County, Heilongjiang Province during survey of silver polymetallic mines. The drill occupies a small area and is easy to move, so it is suitable for inclined hole drilling. In view of drill hole leakage, collapse, falling stones, deviation in inclined hole drilling, the modified rigid cement plugging agent was used to plug the leakage section of the drill hole with good plugging effect achieved; the drilling fluid with proper wall protection performance has been selected to reduce the collapse and falling stones in the drill hole; and the anchor bolt has been adopted to fix the drill to prevent hole deviation. The high body drill bit was used to reduce the number of trips and avoid hole deviation due to squeezing drill tools by falling stones. By choosing the appropriate flushing fluid and optimizing the drilling technology, good results has been achieved in drilling of the 45° inclined hole.

**Key words:** MP-1000 portable drill; inclined hole; drilling; anchorage; collapse; flushing fluid; leak plugging

### 1 工程概况及地质地层

#### 1.1 工程概况

2016 年在嫩江县二道坎村开展银多金属矿普查工作。普查区位于黑龙江省中北部小兴安岭北段,属丘陵区。普查区属寒温带大陆性季风气候,冬季严寒,夏季温热,年平均气温 0.5℃,最高气温 40℃,最低气温-47℃。年平均降水量 55~600 mm,年蒸发量 869~1050 mm。6-8 月为雨季。雨季雷电较频繁,降雨约占全年降水总量的 60%~70%。区内覆盖较厚,植被发育,为森林沼泽地球化学景观

区。每年 5-11 月为最佳野外工作时间。区内河流属嫩江水系,夏季地表径流发育,冬季冰封断流。矿区东部有泥鳅河支流,流向南,流入泥鳅河后汇入嫩江。

在普查区共施工 45°斜孔 8 个,孔深最深为 150 m,钻孔平均终孔直径 $\leq 75$  mm。以地质钻探钻孔质量六大指标为指导进行施工,另外根据要求,平均矿心采取率 $\leq 85\%$ 。在钻遇目的层异常矿化时以及终孔时,都需要进行测井。每钻进 50 m 测定一次钻孔倾斜度。钻孔偏斜不得超出《地质岩心钻探规

收稿日期:2019-07-16 DOI:10.12143/j.tkgc.2019.08.009

基金项目:黑龙江省地质勘查基金项目“黑龙江省嫩江县二道坎村银多金属普查”(编号:黑地勘基金(2016))

作者简介:马秀春,男,汉族,1966 年生,高级工程师,从事钻探技术相关研究工作,黑龙江省牡丹江市爱民区向阳街 25 号,maxch@sina.com。

引用格式:马秀春.黑龙江嫩江县银多金属矿 45°斜孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(8):61-66.

MA Xiuchun. Drilling of a 45° inclined hole in Nenjiang Silver Polymetallic Mine, Heilongjiang Province[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(8):61-66.

程》(DZ/T 0227-2010)<sup>[1]</sup>规定的允许范围,即顶角偏斜 $\geq 3^\circ/100\text{ m}$ 。

## 1.2 地质概况

矿区位于大兴安岭弧盆系扎兰屯—多宝山岛弧带内,区内地质构造错综复杂,在大地构造发展和演化过程中活动性和阶段性明显。地层分布明显受构造控制。工作区内岩浆活动频繁,侵入岩主要以花岗岩类为主。侵入岩在时间上具有明显多期多阶段性。

矿区内出露地层主要有:顶志留统一中泥盆统泥鳅河组( $S_4D_2n$ ),在地表仅见顶志留统一中泥盆统泥鳅河组一段( $S_4D_2n^1$ ),在钻孔中见上志留统一中泥盆统泥鳅河组二段( $S_4D_2n^2$ ),即罕达气火山岩( $h_v$ )、下白垩统龙江组( $K_1l$ )、下白垩统光华组( $K_1gh$ )。第四系全新统(Qh)。出露的侵入岩以脉岩为主,主要岩性有:花岗细晶岩脉、花岗闪长斑岩脉、石英闪长岩脉、闪长岩脉、闪长玢岩脉、辉绿岩脉等,地层划分见表1,火山岩和侵入岩面积不大。

表1 矿区地层划分

Table 1 Stratigraphic division in the mining area

界	系	统	组	段	代号	岩石组合
新生界	第四系	全新统	低河漫滩		Qh <sup>nl</sup>	砂、砾石堆积
			光华组		$K_1gh$	灰色、深灰色流纹岩、英安岩及其火山碎屑岩
中生界	白垩系	下统	龙江组		$K_1l$	灰黑色、浅紫灰色安山岩、角闪安山岩、英安岩及其火山碎屑岩局部夹流纹岩及其火山碎屑岩等
				二段	$S_4D_2n^2$	灰色—灰绿色细碧岩、角斑岩、安山岩、英安岩、流纹岩、凝灰质砂岩等,产腕足类化石
古生界	泥盆系	中统				
		下统	泥鳅河组	一段	$S_4D_2n^1$	深灰色、灰黑色板岩、泥质板岩、绢云板岩、绿泥绢云板岩、灰色—灰绿色变质粉砂岩、变质凝灰粉砂岩,夹灰岩透镜体,产腕足、珊瑚化石

## 2 钻探施工难点

(1)矿区构造发育,钻遇接触带时钻孔漏失严重,有的孔甚至发生全孔漏失。钻孔漏失导致孔壁失稳,钻进过程中钻机扭矩值异常偏大,无法正常施工。

(2)接触带极易坍塌掉块。在 $45^\circ$ 斜孔施工时,孔内掉块严重,引起下钻不到底和卡钻事故。

(3)钻孔为倾角 $45^\circ$ 的斜孔,由于矿区岩层产状陡,岩浆的侵入构造带特别发育,岩层软硬互层易引起钻孔倾角和方位角变化造成孔斜。

## 3 钻进工艺

### 3.1 钻探设备

矿区钻孔全部设计为斜孔,单孔施工周期短,施工地点搬迁频繁,并且施工孔位都位于农田之中,因此,矿区内施工不适宜采用大型钻机、钻塔。为满足设计孔倾角与孔深的要求,选用加拿大MP-1000型便携式钻机进行施工(如图1所示),主要性能参数见表2。该钻机占地小,搬迁方便。顶置驱动可以实现不提动钻具加钻杆,能够有效减小由于加接钻杆对孔壁造成的扰动,减少孔内掉块,有效控制钻孔坍塌。在矿区采用薄壁绳索取心钻杆(壁厚5 mm)施工,钻头与孔底接触面积小,可有效抑制



图1 MP-1000型便携式钻机

Fig.1 MP-1000 portable drill

孔斜。

### 3.2 施工工艺

#### 3.2.1 钻孔施工

该矿区施工的钻孔结构简单,钻孔一开直径为91 mm,穿过第四系残坡积层后下入 $\varnothing 89\text{ mm}$ 套管,随后换 $\varnothing 75\text{ mm}$ 钻头钻进至终孔。施工时采用 $\varnothing 75\text{ mm}$ 绳索取心钻具进行取心。

开孔钻至完整地层后继续钻进,当扩孔器位置低于套管位置之后,停止钻进,并卸开钻杆,将钻杆留在孔内。为防止钻进时岩屑掉入钻杆内,在钻杆

表 2 MP-1000 型钻机性能参数  
Table 2 Parameters of MP-1000 drill

指 标	参 数
动力	久保田 V1505T.4 缸涡轮增压柴油发动机; 功率 33 kW, 每台动力单元拥有独立铝制框 架、蓄电池及工况监控系统
给进行程/m	1.82
最大提拔力/kN	130
最大给进力/kN	67
钻进角度/(°)	45~90, 液压升降
动力头通孔尺寸/mm	95(H 级)
转速/(r·min <sup>-1</sup> )	200~1400
最大扭矩/(N·m)	2850
总质量/t	约 1.8
钻深能力	BTW, 钻深 1200~1600 m, 钻孔直径 60 mm
	NTW, 钻深 900~1200 m, 钻孔直径 76 mm
	HTW, 钻深 500~700 m, 钻孔直径 96 mm

上部用木塞封堵。随后使用钻机连接套管, 并将套管靴套在 NTW 钻杆上扩孔钻进, 直至钻进到预定的下套管位置, 将套管及套管靴直接留在孔内做套管。之后再连接 NTW 钻杆, 正常钻进成孔, 设计孔深最深为 150 m, 钻孔结构设计见图 2。

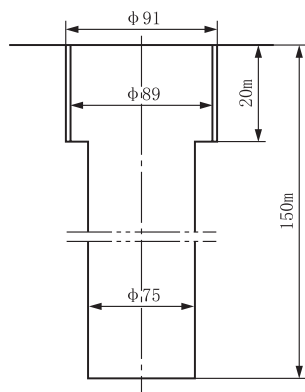


图 2 钻孔结构设计图

Fig.2 Borehole structure design

### 3.2.2 钻进用冲洗液

针对此次矿区施工难点, 钻进冲洗液需要具有良好的护壁、防漏的性能。该矿区钻孔使用低固相聚丙烯酰胺冲洗液, 具体配比为: 1 m<sup>3</sup> 清水 + 10%~15% 钠基膨润土 + 0.2% 氢氧化钠 + 0.3%~0.6% 聚丙烯酰胺 + 0.3%~0.6% 的 CMC。在现场根据搅拌容器的体积加入清水, 再加入钠基膨润土进行搅拌, 使膨润土充分水化, 随后加入氢氧化钠、聚丙烯酰胺以及 CMC, 充分搅拌 30 min。聚丙烯酰胺主要用作絮凝剂, 能够有效改善钻井液流变性能, 并且具有防塌与降低摩阻的性能。CMC 能够降

低滤失量, 提高冲洗液粘度。低固相聚丙烯酰胺冲洗液具有良好的悬浮能力, 造浆性能良好, 能满足矿区大多数钻孔钻进要求。

冲洗液性能指标: 密度 1.02~1.05 g/cm<sup>3</sup>, 粘度 26~30 s, 失水量 7~10 mL/30 min, pH 值 8.5~9。

个别钻孔在开孔阶段由于地层不稳, 井内坍塌掉块严重, 致使卡夹钻具无法正常施工。针对这种情况, MP-1000 型钻机采用跟管钻进的方式将套管下放到指定位置阻隔不稳定层, 保障钻孔施工工作顺利进行。

### 3.2.3 钻探技术参数

为提高钻进效率、降低成本、保证质量, 需要根据具体施工情况, 选择合适的钻进参数。在回转钻进中主要的钻进参数包括: 钻压、转速、泵量等<sup>[2]</sup>。

该钻机使用孔底压力表、扭矩表、泵压表显示钻进技术参数。操作人员要根据钻进情况调整钻进参数, 保证钻机高效钻进。正常钻进时压力表、扭矩表、泵压表在不同孔深时的数值范围见表 3。该钻机操作时控制孔底压力数值在 7 MPa 左右, 扭矩 > 1500 N·m, 孔壁不稳定段扭矩可达到 2000 N·m, 极限扭矩 > 2500 N·m。当孔内扭矩长时间 > 1800 N·m 时需要格外注意钻机进尺情况, 防止孔内事故发生。钻进过程中需要冲洗液有效地排出岩粉并冷却钻头。考虑施工过程中部分钻孔存在坍塌掉块现象, 施工时泵量 > 20 L/min。在实际施工时发现, 由于接触带地层易失稳, 泵量过大使钻孔坍塌掉块现象更为严重, 从而影响进尺。

表 3 钻进技术参数

Table 3 Drilling parameters

孔深/m	孔底压力/MPa	扭矩/(N·m)	泵压/MPa	转速/(r·min <sup>-1</sup> )
0~100		1000	1.2	
100~150	7	1000~1200	1.5	1000
150~500				

### 3.2.4 孔斜测量与校正

由于钻孔弯曲, 可能造成矿体打丢、打薄或打厚, 将直接影响地质资料的准确性和矿床储量的计算。所以钻孔弯曲程度是评价钻探工程质量的重要依据之一<sup>[2]</sup>。

本次施工采用小口径 JL-42 罗盘测斜仪对钻孔弯曲度进行了测量。斜孔每 50 m 进行一次钻孔

弯曲度测量,在终孔时同样进行了测斜。由测量数据发现,钻孔弯曲角度均在许可范围以内。

## 4 遇到的问题及解决措施

### 4.1 钻孔漏失

钻进至地层接触带时钻孔漏失严重。在漏失严重的地层采用江西萍乡产的“堵漏王”堵漏剂对孔壁进行封堵。“堵漏王”是一种改性刚性水泥,能在有水的情况下迅速凝结,且膨胀性低于普通水泥,其中含有促凝剂硫酸钠,能够缩短凝结时间,提高早期强度。施工时取堵漏剂 15 kg,再添加 20 kg 钠基膨润土,搅成低流动状态,随后从钻杆口倒入孔内。开泵将堵漏剂送入漏失孔段进行封堵。此方法能够基本满足矿区内钻孔堵漏要求<sup>[3-7]</sup>。

### 4.2 坍塌掉块

在 45°斜孔施工时,孔内掉块现象尤为严重,引起下钻不到底和卡钻事故。为抑制孔内掉块问题,采用了以下技术措施<sup>[8-10]</sup>:

(1)选用优质冲洗液,控制滤失量从而抑制掉块。在矿区施工采用加入护壁剂低固相聚丙烯酰胺配制的冲洗液施工,钻孔掉块问题得到了解决。

(2)通过加大孕镶金刚石钻头胎体硬度,增加金刚石工作层厚度来延长钻头使用寿命,提高钻进时间,减少起下钻次数,并在起下钻时控制上提与下放钻具的速度,减少由于机械扰动和孔内压力“激动”引起的孔壁失稳情况发生。

(3)采取提钻回灌冲洗液措施保持孔内液柱压力,减少孔内掉块。

### 4.3 钻孔防斜

为避免钻进过程中发生钻孔偏斜,主要的防斜措施有<sup>[11-12]</sup>:

(1)钻机稳固。为确保钻机施工时机台的稳定性,可以使用水泥底座固定钻机,保证施工过程中钻机不偏移。在秘鲁 Conymecar 铜矿区采用全液压力头钻机进行 45°斜孔施工,首先为确保机台的稳定性,在钻机下铺设了 20 cm 厚的枕木,具有一定的减震作用,枕木下浇筑 20 cm 厚的水泥平台,以防止因频繁起下钻使枕木陷入地层<sup>[13]</sup>。

本次在矿区使用的 MP-1000 型钻机体积小、质量轻,机台占地面积小,无法使用配重稳固。常用的水泥打底座固定方式需要提前布设孔位,而实际施工时孔位较少,无法提前布设孔位,因此 MP-

1000 型钻机也不适合使用水泥底座固定。钻机施压钻进时,不计钻具浮力,钻机受力分析如图 3 所示。图中,钻机所受重力为  $G$ ,地面作用于钻机的支持力为  $G_1$ 。斜孔钻进时,钻孔倾角取  $\alpha$ ,钻机施加的钻压为  $F$ ,地层作用于钻机的作用反力为  $F_1$ 。由于下放钻具时钻具与孔壁摩擦产生的摩擦力为  $F_2$ 。 $F_3$  为地面作用于钻机的摩擦力。根据受力分析可知,在  $x$  方向上, $F_3 + F \cos \alpha = F_2 \cos \alpha + F_1 \cos \alpha$ ,在  $y$  方向上, $G + F \sin \alpha = G_1 + F_2 \sin \alpha + F_1 \sin \alpha$ 。由钻机受力分析可知,在钻进过程中,施加钻压、起下钻具都会产生一个沿  $x$  轴方向的力。为防止孔斜,必须将钻机稳固<sup>[14]</sup>。结合实际钻进施工情况,在现场无合适的固定物体时,我们采用锚杆锚固方式稳固钻机。在钻机左右两侧以及后方各设一个锚固点,用钢丝绳将锚固点与钻机连接,保证钻机稳固。在加压钻进时锚杆可有效防止钻机顶起移位。

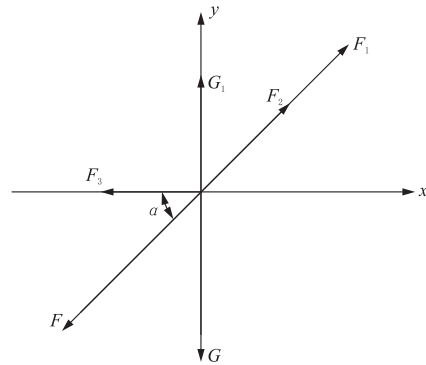


图 3 钻机受力分析图

Fig.3 Force analysis of the drill

用于固定钻机的锚杆施工分为两步:一是钻进锚杆孔;二是将锚杆与地下岩石烧结在一起。钻进锚杆孔时采用  $\varnothing 60$  mm 钻头钻进,锚固孔方位与钻孔方位一致,倾角要大于 45°,一般以 75°为宜。锚杆孔施工时要注意不能影响正常斜孔施工。锚杆孔深度一般只需几米,以钻遇到硬岩时能够通过干烧将锚杆熔化固结到地层上为准。锚杆的烧结部分用废旧钢管加工而成,便于根据锚杆孔深度任意调配长度,一般不短于 500 mm。其底部加工成渐薄的喇叭口形,易于锚杆干烧固结。锚杆孔施工完成后,提出钻柱,随后用钻杆把锚杆送入孔底。钻机开高转速同时加大压力,扭矩迅速上升,钻具柱下降。当扭矩突然上升超过 2000 N·m 时,钻机停止转动,等待几分钟使锚杆固结。随后可使用钻机强力起拔锚杆以测试锚固结果。



(2)开孔钻进要小压力,控制进尺保证开孔质量。开孔时轻压慢转,防止扰动土坍塌和防止钻孔倾角变化<sup>[15]</sup>。

(3)因为是大斜度施工,特别是在复杂地层、强研磨性地层和坚硬地层中施工,绳索取心钻杆和钻具偏磨较严重,造成其使用寿命降低。在钻进时,要注意合理控制钻压,防止钻杆弯曲导致钻具偏磨。选择合适的钻具组合,选用高润滑性能的冲洗液以减轻钻具的偏磨。选用高胎体钻头,延长钻头寿命,减少提下钻次数,避免掉块挤压钻具引起孔

斜<sup>[15-16]</sup>。

(4)严格按地质要求测斜,发现孔斜超差要及时查找原因并采取相应措施。

## 5 钻探技术和经济效果

结合矿区实际情况,选用 2 台 MP-1000 型便携式钻机进行斜孔施工。通过选用合适的钻进工艺,初步克服了施工时钻孔漏失、坍塌掉块等一系列问题。在工期内完成 45°斜孔 8 个,钻孔施工统计见表 4。

表 4 钻孔施工统计  
Table 4 Summary of boreholes

孔号	采取率/%		弯曲度测量		简易水文观测		工程深度/ m	纯钻时间 利用率/%	质量 评定
	矿心	岩心	次数	合格率/%	次数	合格率/%			
ZK248-1		100.00	2	100	12	100	100.40	49	优秀
ZK248-2		100.00	3	100	13	100	115.85	51	优秀
ZK332-1	100.00	100.00	2	100	13	100	152.95	47	优秀
ZK336-4	90.97	89.60	2	100	4	100	62.15	56	优秀
ZK344-1	96.35	98.92	1	100	5	100	54.85	54	优秀
ZK264-2	97.44	95.84	3	100	10	100	105.75	53	优秀
ZK272-4	99.39	95.26	2	100	6	100	79.05	52	优秀
ZK320-6	100.00	97.31	2	100	5	100	83.82	51	优秀

## 6 结语

该矿区钻探施工结束后经地质验收,施工钻孔全部为优质孔。经过该矿区近 2 个月的施工,积累了斜孔施工经验。特别是首次施工的 45°孔,对其施工难度、技术措施有了更深的了解,也对 MP-1000 型便携式钻机的施工能力、机动能力有了进一步认识。

(1)MP-1000 型便携式钻机体积小,质量轻,采用模块化设计,适合用于无法使用大型钻机、钻塔的区域施工。根据钻机能力,选择合适的钻具组合以及施工工艺,有利于提高施工质量。

(2)矿区施工选用锚杆固定钻机能够有效稳固 MP-1000 型钻机,从而有效减少钻进过程中发生钻孔偏斜。

(3)根据实际钻进情况,选择合适的钻孔冲洗液能够有效解决钻孔漏失以及坍塌掉块的情况。

## 参考文献 (References):

- [1] DZ/T 0227-2010, 地质岩心钻探规程[S].  
DZ/T 0227-2010, Geological core drilling regulations[S].  
[2] 鄢泰宁,孙友宏,彭振斌,等.岩土钻掘工程学[M].武汉:中国地

质大学出版社,2001:151-152.

YAN Taining, SUN Youhong, PENG Zhenbin. Geotechnical drilling engineering[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2001:151-152.

- [3] 赵国法,吕新前.开化黄山矿区钻孔偏斜规律研究及控制措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(2):48-52.  
ZHAO Guofa, LÜ Xinqian. Study on borehole deviation rules in Kaihua Huangshan mining area and the control measures[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015,42(2):48-52.  
[4] 李文德.甘肃德勒诺尔铁矿斜孔施工技术探讨[C]//浙江省国土资源厅、浙江省地质学会.“资源保障 环境安全——地质工作使命”华东六省一市地学科技论坛文集,2011:7.  
LI Wende. Slant-hole drilling technique in Delenuer Iron Mine in Gansu Province [C]//Zhejiang Provincial Department of Land and Resources, Zhejiang Geological Society. “Resources support and environmental safety — mission of geological work” Collected papers of the Geological Science and Technology Forum of Six Provinces Plus One City in East China, 2011:7.  
[5] 卢飞,李华,赵振峰,等.2010m 斜孔钻探设备选择及技术措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(3):1-3.  
LU Fei, LI Hua, ZHAO Zhenfeng, et al. Equipment selection and technical measures for 2010m deep slant hole drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(3):1-3.  
[6] 时志兴.洛宁程家沟—沙沟银多金属矿中深斜孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(9):9-13.

- SHI Zhixing. Drilling technology for deep inclined hole in Chengjiagou-Shagou silver multi-metal mine[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(9): 9-13.
- [7] 王洪涛, 柴家沟铜矿复杂地层岩心钻探技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(8): 37-40.  
WANG Hongtao. Core drilling technology for complex strata in Chaijiagou molybdenum deposit[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017, 44(8): 37-40.
- [8] 王洪涛, 罗伟, 焦卫兵, 等. 厄立特里亚 Zara 金矿大角度斜孔钻探施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(6): 7-12.  
WANG Hongtao, LUO Wei, JIAO Weibing, et al. Drilling construction technology of large angle inclined hole in Zara golden deposit in Eritrea[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(6): 7-12.
- [9] 庄景春, 田伟, 杨晓晗. 陡倾角岩塞基岩坡面水上精准斜孔钻进设备安装工艺[J]. 西北水电, 2017(4): 122-125.  
ZHANG Jingchun, TIAN Wei, YANG Xiaohan. The installation technology of boring equipment for precisely inclined holes with steep dip angle in slope of rock plug bedrock on water[J]. Northwest Hydropower, 2017(4): 122-125.
- [10] 王利. 大角度斜孔复杂地层钻探难点及对策[J]. 西部探矿工程, 2019, 31(3): 96-98.  
WANG Li. Difficulties and solutions of drilling large angle holes in complex formation[J]. West-China Exploration Engineering, 2019, 31(3): 96-98.
- [11] 袁宜勋, 王振华, 谢琦. 攀枝花银江水电站坝基勘探斜孔钻进施工工艺[J]. 人民长江, 2015, 46(14): 102-104.  
YUAN Yixun, WANG Zhenhua, XIE Qi. Drilling technology of exploration inclined hole at dam foundation of Yinjiang Hydropower Station at Panzhihua City [J]. Yangtze River, 2015, 46(14): 102-104.
- [12] 王玉堂. 倾斜孔钻进中复杂情况的发生规律及预防[J]. 煤田地质与勘探, 1999(4): 72-73.  
WANG Yutang. Occurrence law and prevention of complex conditions in inclined hole drilling[J]. Coal Geology & Exploration, 1999(4): 72-73.
- [13] 刘小沛, 徐力生, 牛素甫. 秘鲁 Conymecar 铜矿区 45°斜孔施工技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(11): 15-18.  
LIU Xiaopei, XU Lisheng, NIU Sufu. Construction technology for 45° slant-hole in Conymecar copper ore district of Peru [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(11): 15-18.
- [14] 张东方. 大倾角钻孔施工技术方法的研究[C]//中国地质学会探矿工程专业委员会. 第十七届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集, 2013: 4.  
ZHANG Dongfang. Study on construction technology of large inclination drilling[C]//Mineral Engineering Committee, Geological Society of China. Special for the Seventeenth National Exploration Engineering (Drilling and Tunneling) Academic Conferences, 2013: 4.
- [15] 赵宝平. 谈甘肃—东洞沟金矿区斜孔施工技术[J]. 山西建筑, 2014, 40(13): 82-84.  
ZHAO Baoping. Introduction to Gansu—East oblique hole-groove gold mining area construction technology[J]. Shanxi Architecture, 2014, 40(13): 82-84.
- [16] 王玉民. 苇沙河金、铁矿区深斜孔钻探技术[J]. 西部探矿工程, 2015, 27(12): 87-89.  
WANG Yumin. Deep inclined hole drilling technology in Weishahe Gold and Iron Mine Area[J]. West-China Exploration Engineering, 2015, 27(12): 87-89.

(编辑 韩丽丽)

## (上接第 14 页)

- [11] 胡文瑞. 地质工程一体化是实现复杂油气藏效益勘探开发的必由之路[J]. 中国石油勘探, 2017, 22(1): 1-5.  
HU Wenrui. Geology-engineering integration—a necessary way to realize profitable exploration and development of complex reservoirs[J]. China Petroleum Exploration, 2017, 22(1): 1-5.
- [12] 姜政华, 童胜宝, 丁锦鹤, 彭页 HF-1 页岩气水平井钻井关键技术[J]. 石油钻探技术, 2012, 40(4): 28-31.  
JIANG Zhenghua, TONG Shengbao, DING Jinhe. Key technologies adopted for shale gas horizontal Well Pengye HF-1 [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(4): 28-31.
- [13] 刘晓艳, 施亚楠, 李培丽. 丛式井组总体防碰与钻井顺序优化技术及应用[J]. 石油钻采工艺, 2012, 34(2): 9-12.  
LIU Xiaoyan, SHI Ya'nan, LI Peili. Techniques of cluster well general anti-collision and drilling sequence optimization [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2012, 34(2): 9-12.
- [14] 白璟, 刘伟, 黄崇君. 四川页岩气旋转导向钻井技术应用[J]. 钻采工艺, 2016, 39(2): 9-12.  
BAI Jing, LIU Wei, HUANG Chongjun. Application of rotary steering drilling technology in Sichuan shale gas reservoir [J]. Drilling & Production Technology, 2016, 39(2): 9-12.
- [15] 李才良. 旋转导向钻井技术及钻井工具应用研究[J]. 石油矿场机械, 2014, 43(9): 69-73.  
LI Cailiang. Application study on rotary steering drilling technology and its drilling tools[J]. Oil Field Equipment, 2014, 43(9): 69-73.
- [16] 张金成, 孙连忠, 王甲昌, 等. “井工厂”技术在我国非常规油气开发中的应用[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(1): 20-25.  
ZHANG Jincheng, SUN Lianzhong, WANG Jiachang, et al. Application of multi-well pad in unconventional oil and gas development in China [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2014, 42(1): 20-25.

(编辑 王建华)