

# 绳索取心液动潜孔锤钻进技术在小秦岭金矿区的应用

杨宽才<sup>1</sup>, 田敏<sup>1</sup>, 曾石友<sup>1</sup>, 蔡记华<sup>2</sup>

(1. 河南省地质矿产勘查开发局第四地质探矿队, 河南 郑州 450001; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**介绍了SYZX75型绳索取心液动潜孔锤在河南省灵宝市小秦岭金矿区的试验应用及其效果。试验结果表明, 钻探台月效率、平均时效、回次长度和破碎地层岩心采取率均有明显提高, 钻探成本下降, 防止孔斜效果好, 值得进一步推广。

**关键词:**绳索取心液动潜孔锤; 钻探; 孔斜; 小秦岭金矿

中图分类号: P634.5 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2013)02-0040-04

**Application of Wire-line Coring Hydro-hammer in Xiaoqinling Gold Ore Deposit/YANG Kuan-cai<sup>1</sup>, TIAN Min<sup>1</sup>, ZENG Shi-you<sup>1</sup>, CAI Ji-hua<sup>2</sup>** (1. Fourth Geological Prospecting Team of Henan Geological and Mineral Bureau, Zhengzhou Henan 450001, China; 2. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** The paper introduced the application of SYZX75 wire-line coring hydro-hammer in Xiaoqinling gold ore deposit of Lingbao City of Henan Province with the application effects. The field trial results show that the unit monthly drilling efficiency, average hour efficiency, round trip length and core recovery rate in cracked formation are improved obviously with lower drilling cost and better protection effect of borehole deviation.

**Key words:** wire-line coring hydro-hammer; drilling; borehole deviation; Xiaoqinling gold ore

## 1 概述

绳索取心钻进工艺凭借其纯钻进时间长、台月效率高、劳动强度低等优势获得了广泛的应用, 特别是在5~8级中硬完整地层中效率最为显著。但它对于可钻性超过9级的硬岩层, 特别是结构致密、颗粒细小、研磨性弱的坚硬岩层, 会出现钻头打滑不进尺、钻进效率低的问题。为此, 人们将双喷嘴复合式液动潜孔锤与绳索取心钻具结合<sup>[1]</sup>, 研制出SYZX系列绳索取心液动潜孔锤<sup>[2,3]</sup>, 在山东招远金矿<sup>[4]</sup>、福建武平银多金属矿<sup>[5]</sup>、甘肃甘谷牛家沟激电异常区<sup>[6]</sup>、甘肃北部德勒诺尔铁矿<sup>[7]</sup>、湖北宜昌董家堡磷矿<sup>[8]</sup>等地应用, 使机械钻速、回次长度和台月效率均得到了明显的提高。

河南省地质矿产勘查开发局第四地质探矿队在引进SYZX75型绳索取心液动潜孔锤后, 开展了配套钻探技术研究, 并在河南省灵宝市小秦岭义寺山、大南沟、灵湖、洛宁上宫、嵩县东湾、栾川冷水等6个金矿区进行生产试验。试验结果表明: 平均时效、台月效率、回次长度和破碎地层岩心均有明显提高, 钻探成本下降, 防斜效果好, 值得进一步推广。

## 2 SYZX系列绳索取心液动锤的特点与性能参数

### 2.1 特点

该系列绳索取心液动潜孔锤与传统钻具对比, 有以下特点:

(1) 内置的液动潜孔锤采用取得2项发明专利, 并经中国大陆科学钻探工程科钻1井5000 m深度3000余米钻进进尺考验的YZX液动锤结构。因而在适应井深、工作稳定性、易损件寿命等多方面有更好的优势;

(2) 液动锤采用双喷嘴配流结构并与锤阀各自具有的面积差而运动, 减少密封副数量简化了钻具结构;

(3) 液动锤内无易损坏的弹簧零件, 钻具寿命较长;

(4) 液动锤取消固定式节流环, 击砧水垫影响小, 有利于深孔钻进;

(5) 内外管间及阀锤高低压区的密封均采用金属机械式密封, 耐磨性高、寿命长;

(6) 传递冲击功装置采用具有相互包容的刚性结构, 简单可靠, 寿命长, 更换方便;

(7) 外管传递扭矩和冲击功结构简化并增加了安全强度。

收稿日期: 2012-08-20

作者简介: 杨宽才(1983-), 男(汉族), 河南信阳人, 河南省地质矿产勘查开发局第四地质探矿队工程师, 勘查技术与工程专业, 主要从事岩石钻探技术及管理工作, 河南省郑州市高新技术开发区科学大道81号, catchercai@126.com。

## 2.2 性能参数

钻具外径 73 mm, 冲锤行程 15 ~ 25 mm, 自由行程 4 ~ 10 mm, 工作泵量 52 ~ 90 L/min, 工作泵压 0.5 ~ 2.0 MPa, 冲击频率 25 ~ 40 Hz, 冲击功 10 ~ 50 J, 长度 5130 mm, 质量 75 kg, 推荐冲洗液为清水、乳化液、无固相或低固相泥浆。

## 3 绳索取心液动潜孔锤配套钻探技术

### 3.1 钻机

要求钻机具有操作简单、牢固可靠、搬运方便、转速调幅宽等特点, 以适应液动潜孔锤钻进相对较低的转速, 减少钻头的磨损。用于试验的钻机有 XY-4、XY-44、XY-5 和 XY-6 型钻机等系列立轴钻机。经过实践, 只要钻机性能满足钻孔深度所需, 就能满足绳索取心液动潜孔锤所需工作条件。

### 3.2 钻头

主要选用金刚石粒度 60 ~ 80 目、浓度 100%、HRC35 ~ 42 的平底形和阶梯形金刚石钻头。

### 3.3 泥浆泵

为保证液动潜孔锤正常工作, 要求泵的排量  $< 150$  L/min, 泵压应具有承受大于设计孔深在常规钻进条件下循环压力 2 MPa 的能力。试验选用了 BW-250 或 BW-320 型泥浆泵, 完全满足了使用液动潜孔锤钻进技术的要求。

### 3.4 泥浆配制和净化设备

在复杂地层施工时, 需要采用低固相或无固相泥浆钻进, 要求配备泥浆搅拌器。同时, 绳索取心液动潜孔锤钻进应特别注意保持冲洗液性能的稳定, 以及时净化和处理循环系统中沉淀的岩粉及其他杂物。因此, 要求配备使用泥浆净化机。

### 3.5 钻进规程参数

#### 3.5.1 转速

液动潜孔锤钻进是在回转钻进的过程中给钻头附加一个脉冲力, 其转速和常规金刚石钻进基本相同。主要根据所钻岩石的性质、钻孔结构与倾角、钻探设备和钻具型号、冲击功和冲击频率等因素进行确定。从回转钻进的角度考虑, 确定转速一般用钻头线速度或定切入量的方法计算, 计算公式如下:

$$n = 60V / (\pi D_{均}) \quad (1)$$

$$D_{均} = (D_{外} + D_{内}) / 2$$

式中:  $n$ ——转速, r/min;  $V$ ——圆周线速度, m/s, 根据经验和有关资料取 1.5 ~ 2.5 m/s;  $D_{均}$ ——钻头底面平均直径, m;  $D_{外}$ ——钻头底外径, m;  $D_{内}$ ——钻头底内径, m。

对  $\varnothing 75$  mm 绳索取心液动锤钻进, 代入计算可得:  $n = 458 \sim 764$  r/min, 因此转速一般选择在 500 ~ 700 r/min。还要根据钻机挡位灵活掌握。在实际生产过程中, 由于孔内岩层情况复杂, 加之设备能力等因素的影响, 转速远远达不到设计要求。一般采用的转速如下: 0 ~ 500 m, 500 ~ 700 r/min; 500 ~ 1000 m, 400 ~ 600 r/min。

#### 3.5.2 钻压

钻压过低, 金刚石被磨钝后, 难于脱落或破碎, 新的金刚石难于出露, 最终使钻头抛光失去继续钻进能力, 钻进效率低; 钻压过大, 钻头过度磨损, 缩短钻头寿命。在生产试验过程中, 一般根据钻进速度、电流大小、泵压、孔内复杂程度, 随时调整钻压, 以达到最快的钻进效果。例如在灵宝义寺山矿区试验的 ZK0401 孔, 该钻孔地层硬且较完整, 106.0 ~ 278.6 m 用液动潜孔锤钻进, 钻压 12 ~ 20 kN, 时效达 2.35 m; 278.6 ~ 671.1 m 换用常规回转钻进, 钻压 10 ~ 15 kN, 钻进效率较低, 平均时效 1.37 m, 且每回次都用“投砂法”磨钻头, 使钻头金刚石出刃。将钻压加大至 23 kN, 最高时效 1.92 m。

#### 3.5.3 泵量

在不考虑漏失的情况下, 按照上返速度  $V$  达 0.5 ~ 0.8 m/s, 能满足冷却钻头和排出孔内岩粉的需要。泵量按公式(2)进行计算:

$$Q = 60S_{环}V \quad (2)$$

$$S_{环} = (\pi/4)(D_{孔}^2 - D_{杆}^2)$$

式中:  $Q$ ——泵量, L/min;  $S_{环}$ ——钻孔环状间隙截面积,  $m^2$ ;  $D_{孔}$ ——钻孔直径, m;  $D_{杆}$ ——钻杆外径, m。

按上述公式计算,  $\varnothing 75$  mm 口径所需泵量  $Q = 0.021 \sim 0.037$   $m^3/min = 21 \sim 37$  L/min。因此对普通回转钻进考虑漏失等因素选择 40 ~ 50 L/min 是正常的。而单纯考虑液动潜孔锤工作, 泵量应选择 60 ~ 90 L/min 甚至更大。所以只要地层允许(即冲洗液上返速度不至于对孔壁地层产生负面影响)、泥浆泵能正常工作, 应尽量满足液动潜孔锤最大需求(泵量 52 ~ 90 L/min, 泵压 0.5 ~ 4 MPa)。

在液动潜孔锤钻进中, 液动潜孔锤的工作泵压为 0.5 ~ 2.0 MPa, 同时由于泵量增大, 循环管路内流速增高, 压降也要增大。选择泥浆泵要考虑额定泵压高于常规回转钻进泵压 2 MPa 以上, 以免造成地表设备因负荷过重而损坏。

#### 3.6 冲洗液配方与净化措施

在绳索取心钻进中, 由于钻杆内壁结垢等原因, 应尽量使用无固相泥浆。本次试验中, 使用冲洗液

大部分为无固相 PHP(水解聚丙烯酰胺)冲洗液。

正常地层:PHP加量为0.01%~0.02%,粘度为17~19 s;

坍塌地层:PHP加量为0.02%~0.05%,腐植酸钾加量1%~3%,Na-CMC加量0.3%~0.5%,粘度为20~23 s;

严重坍塌地层(如无粘结的砂粒状地层):PHP加量为0.05%~0.08%,腐植酸钾加量1%~3%,Na-CMC加量0.3%~0.5%,粘度为22~25 s,并根据岩层的坍塌程度确定其加量;

易缩径地层:PHP加量0.03%~0.07%,广谱护壁剂GSP加量0.5%~1%,粘度为25~28 s。

SYZX系列液动潜孔锤对冲洗液的适应性良好,常规的无固相泥浆或低固相泥浆都能使其正常工作。此外,为保证液动潜孔锤正常工作,应对冲洗液进行净化,减少冲洗液中的固相含量。施工现场应配备旋流除砂器、除泥器等固控设备;未能配备净化设备的机台,循环槽的长度 $\leq 15$  m,内宽250~300 mm,

高250 mm,坡度1/100~1/80;槽中每隔1.5~2 m要能够上下交错安设挡板,上挡板高100 mm,距槽底50 mm,下挡板高100 mm,直接放置槽底。

#### 4 生产试验效果分析

从小口径钻探现状看,Ø75 mm钻探工作量约占全部工作量的90%。因此,本次生产试验选择的液动潜孔锤钻具以SYZX75型绳索取心液动潜孔锤钻具为主,同时选择一般绳索取心钻具在其它钻孔或同钻孔不同孔段施工作为对比。

现场试验先后在河南省灵宝市小秦岭义寺山、大南沟、灵湖、洛宁上宫、嵩县东湾、栾川冷水等6个矿区中的8个钻孔中进行,共完成工作量3613.0 m,纯钻进时间2372.4 h,辅助时间2761.9 h,共试验了钻具4套、1918个回次,投入钻头54个。

##### 4.1 试验矿区岩石物理力学性质

试验矿区岩石的典型物理力学性质如表1所示。

表1 各矿区主要岩石物理力学性质

矿区名称	主要岩石	抗压强度/MPa	研磨性	可钻性	岩石特性
灵宝义寺山金矿	片麻岩、花岗岩	100~250	低~中	8~10	硬、脆
灵宝灵湖金矿	混合岩、斜长角闪片麻岩	290~300	中~高	8~11	硬、脆、碎
灵宝大南沟金矿	混合岩、斜长角闪片麻岩	290~300	中~高	8~11	硬、脆、碎
洛宁上宫金矿	杏仁状安山岩、杏仁斑状安山岩、杏仁状英安流纹岩	100~250	中	8~9	破碎、易斜
嵩县东湾金矿	构造角砾岩、英安岩、蚀变英安岩、蚀变构造角砾岩	150~250	中	7~9	破碎
栾川冷水钼矿	白云石大理岩、辉长岩、黑云母石英片岩、黑云母花岗斑岩、石英岩	250~300	低~高	7~11	破碎

#### 4.2 技术经济性指标

试验结果表明,与普通绳索取心钻进相比,平均时效提高55.1%,台月效率提高70.9%,回次长度提高37.2%,上宫矿区破碎地层岩心采取率达93%

(普通绳取岩心采取率为81%),钻探成本下降24%以上,提高了钻进效率和钻孔质量,降低了生产成本。试验矿区的主要钻探技术经济性指标如表2所示。

表2 绳索取心液动潜孔锤试验效果统计

矿区	孔号	钻进方法	孔深范围/m	台月效率/m	平均回次进尺/m	平均时效/m	钻头寿命/m
义寺山	ZK0301	绳索取心液动锤	8.73~521.28	702.1	1.88	2.17	64.1
	ZK0801	普通绳索取心	52~502	465.5	1.92	1.52	45
	ZK1201	绳索取心液动锤	28.02~632.38	720.0	2.06	2.28	86.3
	ZK0401	绳索取心液动锤 普通绳索取心	106~278.6 24~106/278.6~671.1	731.8 411.5	2.62 2.15	2.35 1.37	86.3 47.4
大南沟	ZK1612	绳索取心液动锤	21.20~710.7	811.2	2.54	1.23	68.9
	ZK1808	普通绳索取心	101.35~675.45	499.2	2.17	1.09	44.1
灵湖	ZK1003-3	绳索取心液动锤	420~756	453	1.75	1.28	56
		普通绳索取心	64~420	241	1.62	1.17	27.4
上宫	ZK3308	绳索取心液动锤	125~955	362.0	1.43	1.06	55.3
	ZK3501	普通绳索取心	89~911	197.0	0.98	0.95	39.1
嵩县	ZK5204	绳索取心液动锤*	211.04~266.04	240	1.45	0.89	
		普通绳索取心	52.91~210.04/266.04~677.31	142.35	0.93	0.56	40.7
冷水	ZK02	绳索取心液动锤	552.74~851.96/991.24~1105	734.2	2.05	2.36	68.8
		普通绳索取心	531.82~552.74/851.96~991.24	476.8	1.39	1.39	32

注:\*使用的是旧钻头。

### 4.3 防斜效果分析

液动潜孔锤钻进在碎岩过程中,既有回转方向的回转力,又有轴向方向的冲击力。而这种向下作用的冲击力,有助于使钻具沿着钻孔轴线的方向钻进。在软硬互层的地层中钻进时,可相对减少“钻进速度差”的问题,这就更有助于防止钻孔发生偏斜。洛宁上宫金矿区 ZK3308 孔(使用绳索取心液动潜孔锤)与 ZK3501 孔(使用普通绳索取心)的测斜数据分析结果表明(如图 1 所示),绳索取心液动潜孔锤的防斜效果明显。

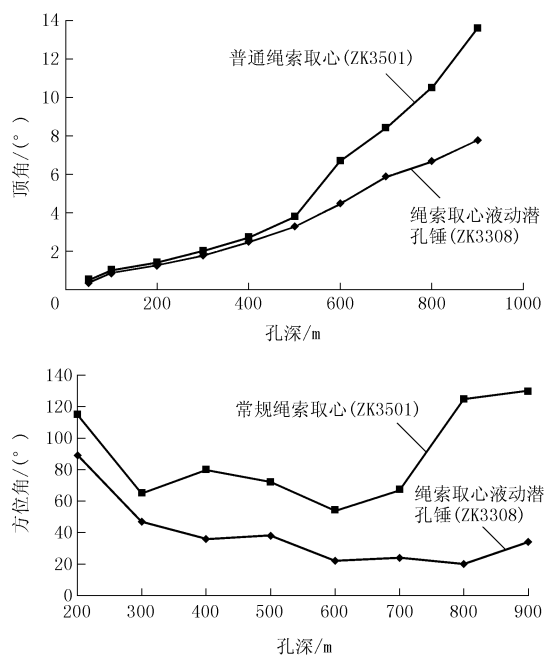


图 1 试验钻孔的顶角与方位角变化趋势对比

### 4.4 钻进成本

以义寺山矿区 ZK1201 孔采用绳索取心液动锤和 ZK0801 孔采用普通绳索取心钻进消耗的材料、人员工资、设备租赁(折旧)及管理费等方面进行统计比较。ZK1201 钻孔生产成本为 359 元/m, 而 ZK0801

生产成本为 486.7 元/m, 相比较 ZK1201 钻孔生产成本下降 26.24%。

## 5 结语

经过多个钻孔的钻进试验表明,绳索取心液动潜孔锤对于硬岩层,特别是结构致密、颗粒细小、研磨性弱的坚硬岩层,具有独特的优势。

(1) 现有的钻探设备能够满足绳索取心液动潜孔锤钻进需要;

(2) 采用绳索取心液动潜孔锤钻进技术可以显著提高钻探效率、钻头寿命和回次进尺,降低了生产成本,防斜效果好;

(3) 液动潜孔锤钻进技术可以在现有普通绳索取心钻进的基础上作为一项常规钻进技术或者配套技术推广应用。

## 参考文献:

- [1] 赵华. SYZX 系列绳索取心液动锤在新余梅山煤矿易斜深孔防斜钻进中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9): 27-29.
- [2] 杨泽英. SYZX75 型绳索取心液动潜孔锤的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9): 73-74.
- [3] 王建华, 苏长寿, 左新明. 深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应用[J]. 勘察科学技术, 2011, (6): 59-64.
- [4] 朱金凤, 陈师逊. SYZX75 型绳索取心液动锤在招远玲珑金矿勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(8): 22-23.
- [5] 傅丛群, 彭金灶. SYZX75 型绳索取心液动锤在福建武平银多金属矿的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(6): 33-34.
- [6] 石生明, 朱永宁. SYZX75 型绳索取心液动锤在坚硬致密“打滑”地层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(9): 15-16.
- [7] 罗冠平. SYZX75 型绳索取心液动锤在肃北德勤诺尔铁矿区的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(1): 47-49.
- [8] 周宗奇, 熊家勤, 余慎军. SYZX75 绳索取心液动锤在破碎地层中的应用[J]. 中国煤炭地质, 2011, 23(1): 64-65.

## “大口径绳索取心技术在深部成盐盆地中的试验研究”通过鉴定

**本刊讯** 2013 年 1 月 22 日,由河南省地热能开发利用有限公司、中国地质大学(武汉)、河南省深部探矿工程技术研究中心、河南省地矿局第二地质环境调查院合作完成的“大口径绳索取心技术在深部成盐盆地中的试验研究”科研项目在郑州通过了河南省国土资源厅组织的成果鉴定,成果总体达到国内领先水平,其中大环空绳索取心技术及工艺达到国际先进水平。

本次鉴定专家委员会由吉林大学工程学院殷琨教授、中国地质装备总公司刘跃进总工程师、岩土钻掘与防护教育部工程技术中心蒋国盛教授、河南省地质矿产勘查开发局张宗恒总工程师、中国地质大学(武汉)乌效鸣教授、河南省煤田地质局李云峰教授级高工、河南

省地质矿产勘查开发局秦国群高级工程师共 7 名评委组成。鉴定专家委员会在查阅成果资料、听取项目组汇报,详细询问了项目实施情况后,认为该项目在沉积地层盐矿普查钻孔的 1996~2386 m 孔段采用改进的 S95-SF 绳索取心钻具,进行了绳索取心技术试验,终孔口径 120.6 mm,该规格及级配在国内外尚属首次,拓宽了绳索取心技术的应用范围;创新采用的上部非取心孔段采用石油钻井工艺,下部采用绳索取心工艺“二合一”钻进方法达到了“优势互补、取长补短”的效果,实践证明效率高、技术可行。项目成果提高了该类地层钻探效率,推广应用前景广阔,填补了国内外空白。

(陈莹 供稿)