

# SYZX96 型绳索取心液动锤在甘肃李坝金矿 复杂地层中的应用及效果

曹学斌, 王发民, 何玉云, 王文林, 杨耀东  
(宁夏核工业地质勘查院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:**在陇南紫金李坝金矿钻探施工中遇强水敏性、破碎、复杂地层,普通绳索取心钻具岩心采取率低,平均采取率 86.5%,回次进尺少,多在 1 m 以下,最小回次进尺只有 20~30 cm,钻进效率低,平均台班进尺约 5 m。通过使用 SYZX96 型绳索取心液动锤,钻进效率明显提升,平均岩心采取率提高 8%,平均回次进尺提高 50%,平均台月效率提高 17.5%,纯钻时间增加到了 60% 左右。共完成 6 个钻孔,进尺 2488 m,其中 2 个钻孔采用 SYZX96 型绳索取心液动锤,效果明显。总结出适合强水敏性、破碎、复杂地层绳索取心液动锤的使用经验,为类似地层钻探施工提供技术借鉴。

**关键词:**SYZX96 型绳索取心液动锤;强水敏性地层;复杂地层;岩心采取率;甘肃李坝金矿  
**中图分类号:**P634.5<sup>+</sup>6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2016)06-0030-04

**Application of SYZX96 Wire-line Coring Hydro-Hammer in Complex Strata of Gansu Liba Gold Mine and the Effects/CAO Xue-bin, WANG Fa-min, HE Yu-yun, WANG Wen-lin, YANG Yao-dong (Ningxia Nuclear Industry Geological Exploration Institute, Yinchuan Ningxia 750021, China)**

**Abstract:** Strong water sensitive and broken formation was encountered in drilling construction in Liba gold mine of Southern Gansu, drilling by ordinary wire-line coring tool resulted in low core recovery and low drilling efficiency, the average core recovery rate was 86.5%, the footage per run was below 1 meter, the minimum was only 20~30cm and the average footage per team was about 5 meters. Good drilling efficiency has been achieved by using SYZX96 wire-line coring hydro-hammer, the average core recovery rate, average footage per run and average machine efficiency per month have been improved by 8%, 50% and 17.5% respectively; drilling time increased to about 60%. Based on the application situation, the paper elaborates SYZX96 wire-line coring hydro-hammer about its structure, working principle and the points for attention in operation.

**Key words:** SYZX96 wire-line coring hydro-hammer; strong water sensitivity; complex formation; core recovery rate; Liba gold mine of Gansu

## 1 施工项目概况

### 1.1 施工区域概况

施工区位于甘肃省礼县罗坝镇西 15 km 处,属陇南紫金矿业有限公司矿区,区内施工、交通条件便利。施工区海拔约 2000 m,常年气温 -10~30℃,水源充足,便于钻探施工。李坝金矿床位于礼岷金矿带东部,在大地构造位置上地处西秦岭中带海西地槽褶皱带中,北侧以武山-太白-丹凤深大断裂为界与北秦岭加里东褶皱带接壤,南侧以礼县-白云-山阳深大断裂为界与南秦岭印支褶皱带南亚带相邻。

### 1.2 矿区地层情况

矿区地层主要为中泥盆统李坝群,分为 3 层。岩性主要为角岩化变粉砂岩、粉砂质绢云母板岩、绢云母绿泥石、板岩等,地层中多为水敏性岩层,易吸水膨胀。0~23 m 为第四系覆盖坡积物,较松散、破碎,容易漏失,冲洗液消耗量大,且地层易造浆;23~260 m 主要为浅灰色构造角砾岩、泥岩、页岩、泥质板岩及千枚岩,地层裂隙发育、破碎,属强水敏性地层,吸水膨胀,容易分散,钻探施工难度大;孔深 260~600 m,地层主要为泥岩、石英砂岩及泥质板岩,少数地层硅化,地层较完整,可钻性在 6~8 级,利于钻

收稿日期:2016-04-11;修回日期:2016-05-16

作者简介:曹学斌,男,汉族,1973 年生,从事钻探管理和钻探技术研究工作,宁夏银川市西夏区贺兰山西路 718 号,656554180@qq.com。

通讯作者:何玉云,男,回族,1982 年生,从事岩心钻探和绳索取心冲洗液研究工作,宁夏银川市西夏区贺兰山西路 718 号,heyuyun2010@126.com。

探施工。

### 1.3 设计钻孔基本概况

钻孔设计深度 200 ~ 700 m, 倾角 46° ~ 57°; 孔身采用二级结构。为保证取心质量, 提高钻进效率, 全孔段采用绳索取心钻进工艺。拟采用钻具组合为: 0 ~ 150 m 孔段, 选用 Ø122 mm 金刚石钻头 + Ø114 mm 钻杆; 150 m 至终孔, 选用 Ø96 mm 绳索取心金刚石钻头 + Ø89 mm 绳索取心钻杆。考虑到地层的复杂性, 现场还配备了 800 m Ø71 mm 绳索取心钻杆, 以防意外事故的发生。

### 1.4 钻探设备配备

根据上述钻孔设计参数, 采用 CSD1800A 型全液动力头式钻机钻进, 配备 BW - 320 型泥浆泵。该钻机适宜在倾角为 45° ~ 90° 钻孔中施工, 一次提升 9 m 钻杆, 可大大缩短提升钻具的时间。

## 2 施工难点

该地区共分为马沟矿区、赵沟矿区、瓦屋沟矿区、杜家沟矿区, 施工难度以马沟矿区最大。施工队伍有四川华锋、甘肃天水蓝天公司、山东临沂鑫达公司和我们宁夏核工业地质勘查院。马沟矿区为我单位 107 钻机和四川华锋 8 号机施工区域, 地层相对复杂, 我单位钻机施工的 MZK39 - 5 孔, 孔深 260 m, 施工周期达 1 个月。华锋 8 号机施工的 MZK15 - 2 孔, 孔深 600 m, 施工时间达到 54 d。

2015 年 4 月开始施工 MZK23 - 2 孔, 该孔倾角设计为 51°。加之矿区地层属水敏性地层, 存在多层构造角砾岩及千枚岩, 主要成分为伊利石和绿泥石, 吸水易分散、剥落, 孔壁易坍塌。20 天共钻进 260 m, 平均每天进尺在 10.3 m 左右, 台班效率低, 多在 5 m 左右, 且回次进尺多在 1 m 以下, 最小回次进尺只有 20 ~ 30 cm, 回次进尺短, 造成操作中频繁打捞, 辅助时间多, 并且容易造成岩心脱落, 打单管。形成了频繁提、下钻, 造成孔壁不稳定, 对正常施工威胁大。

### 2.1 施工难度大的原因

分析几家施工队伍在施工中遇到的复杂情况, 施工难度大的主要原因包括以下几个方面。

(1) 地层属强水敏性地层, 主要成份为绿泥石和蒙脱石, 吸水易膨胀、分散, 构造破碎, 极易造成岩心堵塞, 不利于岩心采取。

(2) 钻孔设计倾角小, 均在 46° ~ 57° 之间, 孔壁

稳定性差, 易坍塌、掉块。

(3) 普通绳索取心钻具不适合该地层。

### 2.2 技术措施

为了解决施工过程中遇到的实际问题, 井队主要从以下几方面着手解决: 一是改进取心工艺, 采用 SYZX96 型绳索取心液动锤; 二是改进冲洗液类型, 采用成膜防塌无固相冲洗液, 提高冲洗液粘度, 降低失水量, 有效抑制地层的分散、膨胀; 三是改进钻孔结构, 形成 4 级钻孔口径, 作为复杂孔的储备方案。

#### 2.2.1 改进取心工艺

施工初期, 由于对地层情况掌握不足, 造成回次进尺少, 岩心采取率低, 钻进效率低, 影响施工进度。根据查阅相关资料和调研绳索取心液动锤的原理及使用效果, 决定采用 SYZX96 型绳索取心液动锤, 弥补施工过程中在取心工艺方面的不足。

#### 2.2.2 冲洗液配方选取

施工初期, 采用普通无固相冲洗液, 护壁效果较差, 孔内事故频发。采用成膜防塌无固相冲洗液完成了 5 个钻孔的施工, 施工过程中钻遇多层构造角砾岩地层, 水敏性强、松散破碎, 施工过程中孔壁稳定, 未出现坍塌掉块现象, 起下钻通畅、无阻力, 施工过程顺利。

成膜防塌无固相冲洗液由成膜体系 A 剂、成膜体系 B 剂、防塌减阻剂、封堵剂、抗盐共聚物及包被剂组成。冲洗液配方为: 1 m<sup>3</sup> 清水 + 20 ~ 50 kg A 剂 + 25 kg B 剂 + 2 ~ 6 kg 防塌减阻剂 + 5 kg 封堵剂 + 5 kg 包被剂 + 3 ~ 5 kg 抗盐共聚物。冲洗液性能: 失水量 5 ~ 8 mL/30 min, 粘度 25 ~ 35 s, 密度 1.12 ~ 1.25 g/cm<sup>3</sup>。施工过程表明该冲洗液能有效抑制水敏孔段地层的分散和膨胀, 有效保证钻孔稳定。

#### 2.2.3 增加钻孔结构

在第四系坡积物地层钻进时, 借鉴兄弟单位经验, 增加一级 Ø140 mm 套管, 下深在 0 ~ 20 m。终孔口径 75.5 mm, 用 NQ 绳索取心钻杆终孔, 从而形成四级钻孔结构。

## 3 SYZX96 型绳索取心液动锤结构原理及应用效果

### 3.1 结构

SYZX96 型绳索取心液动锤由外管总成和内管总成两部分构成, 其中外管总成由弹卡挡头、弹卡室、上扩孔器、上外管、承冲环接头、下外管、下扩孔

器和钻头组成;内管总成由打捞定位结构、液动锤、传功环、单动结构、调整结构、内岩心管和卡簧座组成。

### 3.2 原理

液动锤采用了容积式工作原理,利用冲洗液泵注入高压冲洗液作功,使绳索取心液动锤钻具下放,利用内部结构的体积变化,在绳索取心液动锤钻具内部形成高压传送效果使钻具到位,再利用体积变化形成高、低压差交替作用使冲锤反复向下冲击,形

成冲击作用。

### 3.3 SYZX96 型绳索取心液动锤主要性能参数

采用 S96 型绳钻取心钻具, YZX73 型液动锤, 钻具外径 89 mm, 钻头直径 95.5 mm, 自由行程 6 ~ 15 mm, 工作泵压 0.5 ~ 3 MPa, 冲击频率 20 ~ 40 Hz, 冲击功 15 ~ 70 J, 钻具总长度 5500 mm。

### 3.4 使用 SYZX96 型绳索取心液动锤钻进效果

使用 SYZX96 型绳索取心液动锤钻进效果参见表 1。

表 1 甘肃礼县紫金矿区应用 SYZX96 型绳索取心液动锤情况对比

工艺参数	孔号	孔深/m	回次数	平均回次进尺/m	总台时/h	纯钻时间/h	台月效率/m	时效/m	岩心采取率/%
绳索取心钻进	MZK23-2	530	538	1.01	792	342.5	524	1.50	88
绳索取心钻进	MZK31-4	470	480	0.98	1008	540.4	445	1.42	85
绳索取心钻进	MZK51-2	310	262	1.18	384	210	615	1.75	87
绳索取心钻进	MZK39-6	268	246	1.09	408	242	523	1.64	86
绳索取心液动锤钻进	MZK119-2	450	316	1.42	600	362	542	2.23	94
绳索取心液动锤钻进	MZK47-5	460	353	1.30	480	268	696	2.45	93

从表 1 中和实际工作中可以看出,使用绳索取心液动锤后,主要取得以下效果。

(1) 平均回次进尺有明显的提高。尤其是 MZK23-2 孔,在 0~260 m 孔段使用普通绳索取心钻具时,每回次进尺大多在 0.2~0.8 m 之间,而每个台班的总进尺大多在 1~5 m,12 h 的工作时间纯钻时间在 20%~30%,其余时间均在打捞内管,投送内管,然后等内管到位,辅助时间占到了 60%~70%,效率极低。未使用液动锤的 MZK31-4 孔、MZK51-2 孔、MZK39-6 孔施工效率大致与 MZK23-2 孔相同,表现为纯钻时间少,辅助时间占到 50% 以上。使用液动锤后的 MZK119-2 和 MZK47-5 钻孔,在地层情况(水敏程度、破碎程度)基本相似的情况下,每个回次进尺均在 1.30 m 左右,大幅度减少了打捞和投放内管的操作次数,极大地减少了辅助时间,从而使纯钻时间增加到了 60% 左右。每个台班进尺能达到 15~20 m,效率大为提高。由减少了打捞内管次数,使劳动强度也极大降低。

(2) 由于绳索取心液动锤的轴向冲击作用,减少了卡簧座被堵死的几率,同时增加了钻头的破岩效果,大大提高了机械钻速,平均钻进时效提高约 50%,台月效率提高 12%。

(3) 岩心采取率明显提高。使用液动锤后,因在回转钻进的同时增加了冲击作用,冲击作用克服

了岩心堵塞的情况,岩心采取率得到了明显提升,避免了岩心采取率偏低的情况。MZK119-2 孔和 MZK47-5 孔较前面没有使用的液动锤的 4 个钻孔的岩心采取率有了明显提高。

(4) 降低了钻探成本。使用液动锤后,台班进尺由不到 5 m 提高到了 15 m 左右,材料的消耗明显降低,钻探成本明显降低。柴油、泥浆材料等直接材料消耗量明显下降,单位成本降低约 20%。

(5) 内管到位率得到明显改善,打捞时没有出现卡顿、打捞困难等现象,采用液动锤完成的 5 个钻孔,没有出现打单管的现象,减少了提下钻次数,提高了施工效率。

(6) 使用中,泥浆泵泵压稳定在 2~3 MPa,班长操作中非常容易判断液动锤内管是否到位,减少了等待时间,不会出现错误判断。在钻孔 0~150 m 孔段时,有明显的冲击作用的声音传出,同时孔口冲洗液上返时,有脉动规律(20~40 Hz)的泥浆涌出孔口。对液动锤正常工作的判断特征非常明显,班长容易掌握操作技巧。

(7) SYZX89 型绳索取心液动锤使用材质刚性足,钻具质量 175 kg,钻具壁厚达 8 mm,有效地增强了钻具的刚性,有效地抵抗了地层的造斜作用,有明显的稳定作用。钻孔测斜中,后面 2 个钻孔的弯曲度明显减小,钻孔质量得到了提高。

#### 4 操作中存在的问题

(1) 在使用低固相冲洗液时,现场使用配方为:  $1\text{ m}^3$  水 + 25 ~ 50 kg 膨润土 + 5 kg 纤维素 + 5 kg 烧碱,由于其固相含量高,液动锤使用困难,泥浆泵泵压达到 4 MPa,不能出现冲击作用,反复打捞,清洗内管总成,才能使用。由于固相颗粒的存在,容易造成液动锤易损件的磨损,降低液动锤的使用寿命,如果出现易损件故障,必须提钻检查更换,影响正常钻进。但在换用成膜防塌无固相冲洗液后,使用情况明显改善,效率也能发挥出来。建议施工现场加长泥浆循环槽的长度,增强岩粉沉淀效果,从而使冲洗液中固相含量有效降低,有条件的情况下建议使用冲洗液固控设备。

(2) 对泥浆泵设备条件要求较高。SYZX96型绳索取心液动锤钻具需要高泵压 2 ~ 3 MPa, 泵量在 90 ~ 120 L/min, 要求配合泥浆泵型号为 NBW250 或 NBW320 型。

(3) 对复杂地层,特别是漏失地层,设备要求的泵量、泵压会加大冲洗液消耗,成本会增加。在使用液动锤后的 MZK119-2 孔和 MZK47-5 孔中,在开孔后就使用液动锤的渗漏孔段中,因泵压在 2 ~ 3 MPa 之间,泵量在 90 ~ 120 L/min 之间,加大了渗漏程度,冲洗液消耗增大,泥浆岗无法保证泥浆的正常搅拌,建议在钻穿表层易漏失孔段后,下套管封隔漏失层位后再改用绳索取心液动锤钻具,这样既可以避免为了满足液动锤正常工作所需的泵压,泥浆泵调至高速挡位产生的大泵量导致的冲洗液消耗,又可以满足液动锤的正常工作。

#### 5 结语

通过 SYZX96 型绳索取心液动锤在甘肃省礼县李坝金矿区复杂地层中的使用表明:

(1) SYZX96 型绳索取心液动锤作为一种先进的绳索取心工艺,其性能是结合了绳索取心钻具不提钻取心高效钻进的优点和液动锤的诸多优点,可以有效地提高在水敏性强、松散破碎等复杂地层条件下的施工效率,可以有效提高回次进尺和岩心采

取率。

(2) 绳索取心液动锤可以明显提高机台钻进时效和台月效率,有效节约钻探成本,可以降低钻机操作人员的劳动强度。

(3) 严格按照操作说明使用绳索取心液动锤,可以提高施工质量,延长液动锤的使用寿命。

(4) SYZX96 型绳索取心液动锤适应性强,尤其是在使用成膜防塌无固相冲洗液的条件下,充分发挥了钻效高的特点,明显减少了孔内事故的发生。

#### 参考文献:

- [1] 蒋光旭,唐振华,李德波,等. SYZX96/75 绳索取心液动锤钻具的应用效果[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6):13-15,19.
- [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] 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):47-49,56.
- [4] 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.
- [5] 沈建中,贺庆,韦忠良,等. YSC-178 型液动射流冲击器在旋冲钻井中的应用[J]. 石油机械,2011,39(6):52-54.
- [6] 袁新梅,孙起昱,张慢来,等. 液动冲击器缸体结构优化设计[J]. 石油机械,2009,37(12):42-44,71.
- [7] 文平,陈波,雷巨鹏,等. 液动冲击旋转钻井技术在玉门青西油田的应用[J]. 天然气工业,2004,24(9):64-67.
- [8] 王雷,郭志勤,张景柱,等. 旋冲钻井技术在石油钻井中的应用[J]. 钻采工艺,2005,28(1):8-10.
- [9] 何玉云,王发民,熊正强,等. 甘肃李坝金矿区强水敏分散剥落地层冲洗液的选型与使用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):59-62.
- [10] 王清岩. 基于虚拟样机技术的动压反馈式液动冲击器结构设计及动态仿真分析[D]. 吉林长春:吉林大学,2008.
- [11] 王克雄,郭清. SDDC 型液动旋冲接头的设计理论研究[J]. 天然气工业,2007,27(3):69-71.
- [12] 代常友. 阀式正作用液动冲击器的性能参数分析[D]. 四川成都:成都理工大学,2007.
- [13] 张家军. 液动潜孔锤钻进工艺在舞阳铁山矿区易斜地层的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,34(7):5-7,13.
- [14] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等. 系列高效液动锤的研究与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):27-31.
- [15] 苏长寿. 液动潜孔锤技术现状及发展设想[J]. 探矿工程,2003,(1):28-30.