

# 小秦岭复杂地层潜孔锤反循环钻探技术试验研究

田敏<sup>1</sup>, 赵志强<sup>2</sup>, 曾石友<sup>1</sup>, 殷其雷<sup>2</sup>, 李金朋<sup>1</sup>, 杨宽才<sup>1</sup>

(1. 河南省地矿局第四地质调查院, 河南 郑州 450001; 2. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

**摘要:**贯通式潜孔锤反循环连续取心钻进技术具有效率高、钻孔质量好、钻探成本低等特点, 尤其对复杂地层有较强的适应性。在反循环钻头及钻具进行优化组合的基础上, 结合小秦岭金矿田程村矿区钻探项目开展野外生产试验。试验结果表明: 潜孔锤反循环钻进系统对复杂地层条件适应性强, 解决了该矿区的系列钻探技术难题。试验深化了对贯通式潜孔锤反循环钻探机理和反循环钻头结构的创新研究, 对贯通式潜孔锤及配套钻具的进一步合理优化, 实现高效率、低成本、短工期和良好的地质利用效果提供了技术支撑。

**关键词:**贯通式潜孔锤; 反循环连续取心; 复杂地层; 小秦岭

**中图分类号:** P634.5<sup>+</sup>6      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-7428(2013)11-0001-04

**Experimental Research on Reverse Circulation Drilling Technology with DTH Air Hammer Drill Bits in Complex Strata in Xiaqingling Area/TIAN Min<sup>1</sup>, ZHAO Zhi-qiang<sup>2</sup>, ZENG Shi-you<sup>1</sup>, YIN Qi-lei<sup>2</sup>, LI Jin-peng<sup>1</sup>, YANG Kuan-cai<sup>1</sup>**

(1. The Fourth Geological Exploration Institute of Henan Geology and Mineral Bureau, Zhengzhou Henan 450001, China; 2. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

**Abstract:** The technology of reverse circulation continuous coring drilling with hollow-through DTH hammer has shown lots of peculiarities, such as the high drilling efficiency, good quality of borehole and low drilling cost, especially the unique adaptability while drilling in complex strata. In this paper, series of field tests have been conducted on the basis of optimized configuration of reverse circulation drill bits and drilling tools according to Tiancheng gold mine drilling project in Xiaqingling area. The tests results have shown that the modified drilling system with hollow-through DTH hammer could be of high adaptability to drilling in complex conditions, which could effectively solve the problems of drilling in this ore district. What's more, the results contribute to the further innovative research on the mechanism theory of hollow-through DTH hammer and the structural design of reverse circulation drilling bits. In addition, it could provide technical supports for the reasonable optimization of hollow-through DTH hammer and drilling tools configuration to achieve the high efficiency, low cost, short period and superior drilling effect in complex geological conditions.

**Key words:** hollow-through DTH hammer; reverse circulation continuous coring; complex strata; Xiaqingling

## 1 概述

贯通式潜孔锤取心钻探技术是集潜孔锤碎岩、流体介质全孔反循环、钻进中不停钻连续获取岩矿心样 3 项先进技术于一体的先进钻探技术。基本工艺原理为: 压缩空气由双壁钻杆环状通道送入, 驱动潜孔锤做功破碎岩石, 做功后的废气携带孔内的岩屑进入双壁钻杆中心通道上返至地表(见图 1), 贯通式潜孔锤反循环连续取心钻进设备机具布置见图 2。

其主要特点: 作为动力介质的压缩空气密度小, 对孔底岩石压力小, 更利于碎岩, 碎岩比功小; 压缩空气和上返流体介质均在封闭的双壁钻具内输运, 避免了与孔壁的接触和对孔壁的冲刷, 有利于孔壁的稳定; 对复杂、漏失、破碎地层有独特的效果; 由于

岩心样采取率高且不与孔壁接触, 其岩矿心不富集, 不贫化, 品质优良; 在水敏性及破碎复杂地层钻进时, 可避免孔壁的缩径、坍塌、卡钻以及岩石天然结构的破坏等孔内事故; 轴压小, 转速低, 规程参数小, 对钻具及设备磨损小, 钻头寿命长, 孔内事故少; 适用于干旱缺水地区、冬季或冷冻地区施工作业, 综合钻探成本低, 施工周期短。

小秦岭金矿田位于昆仑秦岭纬向系与祁吕贺山字形构造前弧东翼及新华夏系太行隆起带交汇部位, 经历了多期变形变质作用, 地质构造复杂, 褶皱、断裂发育。

矿区地层情况为: 第四系覆盖层厚 3 m, 弱胶结的花岗岩可钻性 5~6 级, 细粒的安山岩可钻性 8 级。小秦岭太古代花岗——绿岩带由绿岩和花岗质

收稿日期: 2013-07-20

基金项目: 中国地质调查局地质大调查工作项目“多工艺空气潜孔锤反循环钻探技术研究”(1212011120256)

作者简介: 田敏(1967-), 女(汉族), 河南三门峡人, 河南省地矿局第四地质调查院副总工程师、高级工程师, 探矿工程专业, 从事钻探找矿技术工作, 河南省郑州市高新技术产业开发区科学大道 81 号, tian3933@163.com。

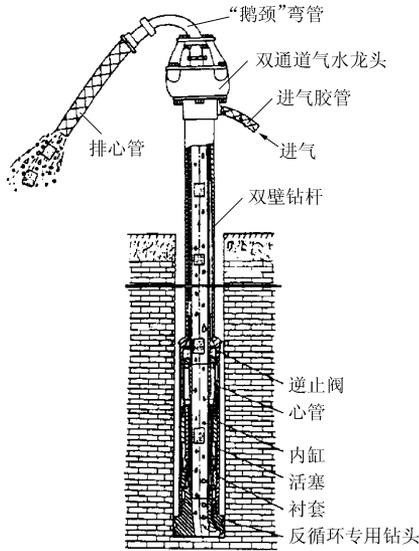


图1 贯通式潜孔锤反循环连续取心样钻探技术工艺原理

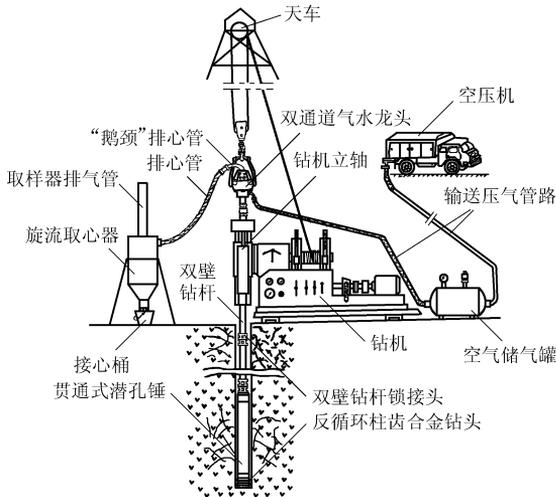


图2 贯通式潜孔锤反循环连续取心钻进设备机具布置图

片麻岩系两类岩石组成,地质构造复杂,褶皱、断裂发育,地层破碎漏失,易卡钻埋钻,属复杂地质条件。分析该矿区地质概况,采用空气潜孔锤反循环钻探技术具有可行性。本文在对以往生产试验中潜孔锤反循环钻头及钻具组合进行优化的基础上,对小秦岭金矿田程村矿区开展了野外钻探生产试验。

## 2 反循环钻头及钻具组合的优化

本次生产试验所采用的反循环钻头及钻具是在以往生产试验基础上进行的优化组合。

新型取心钻头设计的主要改进与创新:(1)加大了螺旋状内喷孔的长度,增强了内喷孔的流体导向性和抽吸能力;(2)创新了取心球齿镶嵌结构及合理的取心直径,增强了钻头的反循环能力和岩心的防堵能力。新型反循环取心钻头的结构见图3。

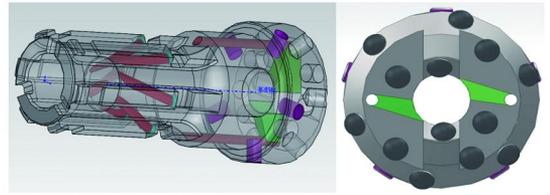


图3 新型取心钻头效果示意图

试验中采用了以下钻具组合及连接:

(1) 双通道气水龙头 +  $\varnothing 89$  mm 双壁钻杆 + 加 GQ-127C 贯通式潜孔锤 +  $\varnothing 154$  mm 开孔取样钻头;

(2) 双通道气水龙头 +  $\varnothing 89$  mm 双壁钻杆 + 加 GQ-127C 贯通式潜孔锤 +  $\varnothing 133$  mm 开孔取样钻头;

(3) 双通道气水龙头 +  $\varnothing 89$  mm 双壁钻杆 + 加 GQ-108C 贯通式潜孔锤 +  $\varnothing 113$  mm 开孔取样钻头;

(4) 双通道气水龙头 +  $\varnothing 89$  mm 双壁钻杆 + 加 GQ-89C 贯通式潜孔锤 +  $\varnothing 94$  mm 钻头,该钻具组合为全外平式钻具,可有效适应破碎、坍塌、掉块等复杂地层条件钻探。

根据优化后的钻具组合,设计的钻孔结构如图4所示。

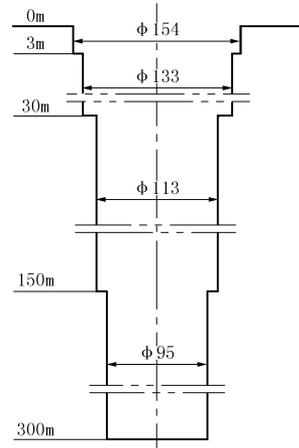


图4 钻孔结构

## 3 贯通式潜孔锤反循环连续取心钻探技术生产性试验

### 3.1 钻探设备及机具

在本次野外钻探生产试验中使用的钻探设备及钻具:张家口探矿机械厂生产的 XY-6B 型立式轴式钻机和双通道气水龙头,阿特拉斯科普柯(无锡)压缩机有限公司的 XRVS976 型空压机,吉林大学研发的 GQ-127C、GQ-108C、GQ-89C 三种规格的贯

通式高能潜孔锤及反循环钻头、SBZ-89型外平式双壁钻杆、旋流式取心(样)器等。

### 3.2 试验情况

试验中使用的GQ-89、GQ-108和GQ-127型3种规格的贯通式高能潜孔锤工作性能良好,潜孔锤工作稳定,冲击能量大,钻进效率高,使用寿命长。3种规格的贯通式潜孔锤实现了钻孔结构的“级配”,试验实现了钻孔结构的预先设计方案。统计正常钻进的24个回次(加接钻杆次数),钻探数据见表1,进尺66.4 m,纯钻进时间425.8 min(7.1 h),平均机械钻速9.352 m/h,岩矿心样采取率95%以上。

表1 机械钻速统计表(2012年)

日期	孔深/m	纯钻进时间/min	机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	风压/bar	备注
8.4	25.3~26.8	3.5	25.7	17.3	反循环取心正常
8.5	44.8~47.8	6.8	26.5	17.3	反循环取心正常
	47.8~50.8	6.5	27.7	17.3	地层出水
8.6	56.8~59.8	7.1	25.4	17.3	反循环取心正常
	59.8~62.8	5.5	32.5	17.3	地层破碎
	65.8~68.8	8.3	21.7	17.3	反循环取心正常
	71.8~74.8	8.4	21.4	17.3	反循环取心正常
	74.8~77.8	7.5	24.0	17.3	反循环取心正常
8.7	80.8~83.8	6.7	26.9	17.3	反循环取心正常
	86.8~89.8	7.3	24.7	17.3	地层出水
	95.8~98.8	10.5	17.2	19	地层变硬
8.8	104.8~107.8	13.0	13.8	19	地层变硬
	110.8~113.8	12.3	14.6	19	地层变硬,岩块增多
8.9	113.8~115.7	11.9	9.6	19	钻头损坏
	116~119	56.0	3.2	18	换GQ~89C,地层变硬
	119~122	51.0	3.5	18	岩块变多
8.10	122~125	33.0	5.5	19	岩心堵塞芯管
	128~131	18.4	9.8	20	地层破碎
	131~134	15.1	11.9	20	地层出水
	143~146	25.0	7.2	19	云母片
8.11	155~158	44.0	4.1	19	地层出水,硬块
8.12	164~167	31.0	5.8	19	地层出水,反循环受影响
8.13	179~180.5	16.0	5.6	19	弱风化花岗岩,出水很大
8.14	185~186.5	21.0	4.3	20	辉绿岩岩块,地层卡钻

### 3.3 主要问题及技术措施

#### (1) 双通道气水龙头憋风。

试验开始即出现压缩空气送气不畅,风压憋高,进入孔内钻具的风量小,潜孔锤冲击能量低,进尺缓慢,反循环形成不好,岩心样难以排出。经反复检查钻具和管路,最终发现是双通道气水龙头内部多处过风通道面积太小,通风受阻所致。现场对双通道气水龙头的结构进行改制加工,解决了这一问题。

(2) 潮湿地层孔壁缩径卡钻、中心通道排心样不畅。

该试验钻孔自50 m始进入潮湿和少量出水地层,直至终孔钻进始终处于潮湿地层条件,属空气钻进的难钻进地层。对空气潜孔锤反循环钻探,钻孔孔壁易粘接岩粉产生缩径,造成卡钻,回转及提拉钻具困难,严重时造成事故;同时双壁钻具内通道也易粘接岩粉,造成岩心样排出不畅,采取率降低,甚至完全堵死。

钻进中要及时判定是否进入潮湿地层,若钻具回转阻力增大、钻具提拉力变大,同时反循环排出的岩心样量减少、取心率降低是遇到潮湿地层的标志,必须及时采取有效的技术措施加以排除。如:提拉钻具强吹孔和扫孔、暂停进尺强吹中心通道、换正反接头吹孔、在孔壁和中心通道注水后吹孔等措施排除堵塞。及时发现潮湿地层并采取措施可防止卡夹钻事故的发生,并保证岩心样的采取率。

### 3.4 反循环连续取心样效果

钻进过程中,钻孔孔口清洁,没有任何粉尘烟雾,按现场风向走向将旋流式取心样器放置于下风头处,孔口及整个机台现场无粉尘污染,利于操作作业。在现场可以实时观察孔内的岩矿层分布,使地质人员及时掌握真实的地层和矿产资源信息,提高了勘探精度。钻进中钻出的岩心、岩屑、岩粉等可全量采取,一般每钻进0.5 m分装一袋,图5为取出的岩矿心样照片。



图5 试验中获取的岩矿心样

在反循环取心样过程中,岩矿心样采取率高、获取迅速及时、不颠倒、真实性强。试验中遇到了粉片状、轻质的云母矿层,其岩心样全部获取(见图6),而相邻的金刚石绳索取心钻进中却未曾发现此矿

层,也证明了潜孔锤反循环钻探技术获取岩矿心样的真实性和可靠性。



图6 反循环取出的云母矿层岩矿心样

#### 4 试验结论

(1)潜孔锤反循环钻具的配套合理,性能良好,满足了试验要求。试验中使用的GQ-89、GQ-108和GQ-127型3种规格的贯通式潜孔锤工作性能良好,潜孔锤工作稳定,冲击能量大,钻进效率高,使用寿命长,实现了“级配”钻进。

(2)设备配套有利于推广应用。目前我国绝大部分地质勘探队伍中配套的钻机为立轴式岩心钻机,无法满足潜孔锤钻进的低转速要求(20~25 r/min),且立轴钻机给进行程短,影响反循环的连续形成,不利于潜孔锤高速钻进。本次试验使用XY-6B型岩心钻机,并逐步摸索出了一套操作方法,使试验得以顺利完成。积累了宝贵的经验,为今后的推广应用奠定了基础。

(3)反循环形成良好,岩心样采取率高,真实度和代表性强。由双壁钻杆、贯通式潜孔锤及反循环钻头构成的钻具系统,在合理的供气压力和供气量条件下,反循环形成稳定,岩心样采取率达95%以上,便于地质人员及时识别和掌握地层信息,提高了矿产勘探的精度和准确性。

(4)对地层适应性强。试验孔地层坚硬,破碎且漏失,易卡钻、埋钻等。在试验中遇到了云母矿层,尽管该矿层极为松散和破碎,但仍成功地取出了云母矿的岩心样。而在相距仅10 m的前一个勘探

钻孔,用金刚石绳索取心钻进方法却未能发现该云母矿层,再次证明了潜孔锤反循环连续取心样方法具有采取率高、真实度和代表性强等特点,不会丢失复杂地层信息。

#### 5 试验成果

应用贯通式潜孔锤反循环连续取心样钻探技术在小秦岭金矿田程村金矿进行了生产性试验,试验进尺188 m,试验效果良好,主要结论如下。

(1)试验采用XY-6B型岩心钻机,对钻机配套的双通道气水龙头结构进行了现场改进,满足了试验需求。试验验证了新型反循环钻头反循环及取心样效果,且使用寿命较长。优化改进后的贯通式潜孔锤关键部件的强度及寿命均有提高,工作性能稳定、可靠。

(2)在该试验矿区,钻进效率比该矿区相邻金刚石绳索取心钻进平均提高6倍以上,部分回次钻进效率提高10倍以上;岩矿心样采取率达95%。

(3)对该类复杂地层条件的矿区,采用潜孔锤反循环连续取心样钻探技术,可有效解决地层破碎漏失、易塌孔埋钻、岩心采取率低等钻探难题,降低钻探成本,缩短施工周期。

(4)通过现场试验,技术人员和操作人员熟悉并掌握了该项钻探新技术,对今后推广应用该技术奠定了基础。

#### 参考文献:

- [1] 张永勤. 反循环钻探技术的推广应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(9): 46-47.
- [2] 博坤, 殷琨, 王茂森. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术在矿区勘探中的应用研究[J]. 金属矿山, 2009, (3): 133-136.
- [3] 李伟涛, 殷琨, 张德龙. 贯通式气动潜孔锤在复杂破碎地层钻进的研究[J]. 山西建筑, 2004, (10): 30-31.
- [4] 殷琨. 深化反循环工艺研究, 促进钻探科技快速发展[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(3): 2.
- [5] 王文龙, 王禹, 李永哲, 等. 贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进工艺在新疆某矿区复杂地层中的应用试验[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2006, 33(2): 54-56.
- [6] 胡振阳. 潜孔锤反循环钻进技术在河南栾川钼矿复杂地层中的试验与理论研究[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2004.
- [7] 郝树青, 殷琨, 高科, 等. 气动贯通式潜孔锤反循环连续取心取样钻进新技术在河南钼矿中应用[J]. 钻采工艺, 2006, (4): 1-3.
- [8] 李伟涛, 殷琨, 张德龙. 贯通式气动潜孔锤在复杂破碎地层钻进的研究[J]. 山西建筑, 2004, (10): 30-31.
- [9] 胡振阳, 白鸿雁, 殷琨. 潜孔锤反循环钻进技术在复杂地层中的试验研究[J]. 地质与勘探, 2006, (4): 94-96.
- [10] 刘建林. 气体钻井并用贯通式潜孔锤关键技术研究[D]. 吉林长春: 吉林大学, 2009.