

# 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

王文龙<sup>1</sup>,王禹<sup>2</sup>,李永哲<sup>2</sup>,殷琨<sup>1</sup>,高科<sup>1</sup>

(1. 吉林大学建设工程学院,吉林 长春 130026;2. 吉林省地勘局第六地质探矿工程大队,吉林 龙井 133401)

**摘要** 新疆白干湖钨锡矿区自然环境恶劣,地质条件复杂,普通小口径金刚石岩心钻探方法效率低、成本高、施工周期长,后采用贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进技术在本矿区进行生产试验。试验证明,后者在各项技术指标上都明显优于前者,取得了良好效果。针对后者在生产试验过程中出现的某些问题,提出了一些改进建议。

**关键词** 贯通式潜孔锤;反循环;连续取心;复杂地层

中图分类号:P634.5 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2006)02-0054-03

**Successful Application of Hollow-through Type DTH Hammer Drilling Technique and Continuous Coring Technology with Reverse Circulation in Complicated Stratum/WANG Wen-long<sup>1</sup>, WANG Yu<sup>2</sup>, LI Yong-zhe<sup>2</sup>, YIN Kun<sup>1</sup>, GAO Ke<sup>1</sup>**(1. The Construction Engineering College of Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. The Sixth Team of Jilin Bureau of Geological Exploring, Longjing Jilin 133401, China)

**Abstract**: The natural environment in Baiganhu tungsten-Tin mine in Xinjiang is bad, and the geological conditions are complicated. At the beginning, the common small diameter diamond coring drilling is used, but the efficiency is low, the cost is high, and the construction period is long. Subsequently, the hollow-through type DTH hammer drilling technique and continuous coring technology with reverse circulation are adopted to experiment in this mine. According to the experiment results, the latter is better than the former in various technique indexes obviously. The productive experiment is successful. Aiming at some problems appeared in the experiment, the authors put forward some improvement suggestions.

**Key words**: hollow-through type DTH hammer; reverse circulation; continuous coring; complicated strata

“新疆东昆仑西段黑山-祁曼塔格成矿钨锡资源评价”项目由吉林省地质调查院承担,地调院委托吉林省地勘局第六地质探矿工程大队进行矿区勘探施工。

## 1 概述

### 1.1 矿区基本概况

新疆白干湖钨锡矿区位于东昆仑西段北带,阿尔金山以南,可可西里以北,青藏高原北部的高寒山区,区内海拔均在4300 m以上,气候寒冷,风沙大,山峦起伏,交通条件差,物资和材料供应十分困难。常年无降水,生活用水和施工用水都十分不便,需到十几千米以外的大沙河(靠高山积雪融化补给)去拉水。

矿区地层以石英片岩、石英砂岩、大理岩、花岗岩以及第四系松散堆积物为主,断裂构造发育,地层

坚硬而且破碎,稳定性差,漏失严重,孔内稍有震动,容易发生孔内坍塌事故,而且地面以下几十米内存在永冻层。

可见,该矿区地层属于典型的硬、脆、碎、漏、塌极复杂地层,钻探施工难度很大,主要表现在:岩石坚硬、钻进效率低、地层破碎、漏失严重、孔壁不稳定、护壁困难、取心率低、达不到地质要求。

### 1.2 普通小口径金刚石取心钻进工艺

根据矿区的地质特点和以往的施工经验,原采用了如下的钻进方法:用 $\varnothing 130$  mm硬质合金钻头开孔,钻穿风化覆盖层,下入 $\varnothing 127$  mm表层套管,隔水护壁,然后用 $\varnothing 91$  mm硬质合金或金刚石钻头钻至完整基岩,下入 $\varnothing 89$  mm技术套管,最后用 $\varnothing 75$  mm(或 $\varnothing 66$  mm)金刚石钻头钻至终孔。

由于地层极其复杂,裂隙发育,孔内漏失严重,所以采用多种护壁堵漏措施进行孔内堵漏:浅部渗

收稿日期 2005-12-02

作者简介:王文龙(1978-),男(汉族),河南邓州人,吉林大学在读博士,地质工程专业,从事多工艺冲击回转钻进技术的研究,吉林省长春市吉林大学朝阳校区建工学院2003级博士,13604313853, wangwenlong1978@163.com;王禹(1963-),男(汉族),吉林敦化人,吉林省地勘局第六地质探矿工程大队总工程师,地质工程专业,从事岩土工程、探矿工程、石油钻井工程等方面的施工技术与研究工作,吉林省龙井市。

漏时,采用技术套管护堵;孔内一般漏失,使用低固相泥浆或无固相泥浆护堵;孔内严重漏失,使用 801 护堵剂,必要时加入一些惰性材料增加其作用,或者做成泥球投入漏失层后用钻具挤压堵漏。

该工艺泥浆消耗量巨大,而矿区供水困难,所以导致钻探成本很高。另外,该矿区气候寒冷,孔内还

有永冻层,由管路堵塞、憋泵、冲洗液跟不上而导致的烧钻事故,以及岩心脱落、钻杆折断事故等时有发生,处理钻探事故的辅助时间很长,时间利用率很低。而且该工艺钻进效率低,岩心采取率低,达不到地质要求。该工艺钻进技术指标见表 1。

表 1 普通小口径金刚石钻进技术指标

施工孔号	钻孔深度 /m	施工周期 (年-月-日)	台月效率 /m	纯钻利用率 /%	平均时效 /m	最高台班进尺 /m	钻头寿命 (m·只 <sup>-1</sup> )	最大提钻间隔 /m
ZK7401	161.53	2004-07-13~2005-06-23	67.02	11	0.81	5.71	5.20	1.70
ZK7001	230.10	2005-04-26~2005-07-30	315.20	32	1.20	15	11.51	4.35

## 2 贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进工艺对该矿区的适应性

(1)潜孔锤冲击碎岩,钻进效率高,适合该矿区的坚硬地层钻进;

(2)流体介质全孔反循环,避免了流体上返对孔壁的扰动,有利于孔壁稳定,孔内事故少,适合该矿区的破碎漏失地层;

(3)不停钻连续取心,岩心采取率达 100%,时间利用率高,而且判层准确,解决了取心难问题,能够较好地满足地质要求;

(4)空气钻进,适合于该矿区供水困难的特点;

(5)冲击回转钻进,钻压小,转速较低,碎岩以冲击为主,回转切削为辅,钻速高,有利于提高钻头寿命,而且钻孔不易弯曲;

(6)对于一些极复杂地层,可以选用 GQ-89 型贯通式潜孔锤和 SBZ89/43 型外平式双壁钻杆,进行满眼钻进,可以有效防止钻探事故的发生;

(7)虽然该矿区设计孔深大多在 200~600 m,但根据以往孔内水文监测,孔内出水量极小,所以对

空压机的要求也不是很高;

(8)该工艺施工工艺简单,钻进参数容易控制。

鉴于该工艺方法的上述诸多优点,结合该矿区的实际情况,吉林地勘局和吉林大学合作,决定在该矿区采用此工艺方法进行生产性试验。

## 3 贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进工艺在该矿区的生产试验情况

### 3.1 主要钻探设备

(1)XY-44 型岩心钻机,原配电机转速为 1470 r/min,为降低立轴转速,后改装转速为 970 r/min 的电机,改装后立轴最低转速为 52 r/min,略高于该工艺所需的 30~40 r/min 的转速。

(2)上海英格索兰公司生产的 RHP750 型移动式螺杆空压机,其主要技术参数为:排气量 21.2 m<sup>3</sup>/min,额定排气压力 20.7 bar(2.07 MPa)。

(3)贯通式潜孔锤及反循环钻头若干套。

生产试验用贯通式潜孔锤及反循环钻头的技术性能和规格见表 2。

(4)SBZ89/43 型外平式双壁钻杆。

表 2 生产试验用贯通式潜孔锤及反循环钻头的技术性能和规格

型号	潜孔锤外径 /mm	贯通孔直径 /mm	钻孔直径 /mm	潜孔锤长度 /mm	单次冲击功 /J	冲击频率 /Hz	耗气量 (m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	潜孔锤压力 降/MPa	活塞质量 /kg	所配钻头 直径/mm
GQ-89	89	33	95~120	1222	156	19	4.8	1.4	4.9	95
GQ-108	108	38	112~132	1255	268	19	9	1.4	8.5	115 或 133
GQ-127	127	55	132~152	1264	410	18.8	11	1.4	13	152

注:所配反循环钻头有 3 种形式:取心式、取样式、内喷射式。由于厂家原因,GQ-89 潜孔锤未能在该矿区进行现场生产试验。

(5)英格索兰 2.5 m<sup>3</sup>/2.5 MPa(容积/工作压力)储气罐。

(6)Ø146、127、108 mm 套管若干米。

(7)SG-18 型四角钻塔。

### 3.2 钻具组合及钻孔结构设计

由于孔内地层情况复杂,故钻孔结构应多留几

级储备系数。钻具组合及钻孔结构设计如下:

开孔钻具组合及钻孔结构:Ø152 mm 反循环钻头+GQ-127 型贯通式潜孔锤+SBZ89/43 型外平式双壁钻杆+Ø89/43 mm 双壁主动钻杆+SBC89/43 型双通道气水龙头,待钻穿风化覆盖层后,下入 Ø146 mm 孔口套管护壁。

基岩钻进钻具组合及钻孔结构:  $\phi 133$  mm 反循环钻头 + GQ-127 型贯通式潜孔锤 + SBZ89/43 型外平式双壁钻杆 +  $\phi 89/43$  mm 双壁主动钻杆 + SBC89/43 型双通道气水龙头,若孔壁不稳定,下入  $\phi 127$  mm 技术套管护壁,或  $\phi 115$  mm 反循环钻头 + GQ-108 型贯通式潜孔锤 + SBZ89/43 型外平式双壁钻杆 +  $\phi 89/43$  mm 双壁主动钻杆 + SBC89/43 型双通道气水龙头,若孔壁不稳定,下入  $\phi 108$  mm 技术套管护壁,或  $\phi 95$  mm 反循环钻头 + GQ-89 型贯通式潜孔锤 + SBZ89/43 型外平式双壁钻杆 +  $\phi 89/43$  mm 双壁主动钻杆 + SBC89/43 型双通道气水龙

头,为满眼钻具。

送风管路:空压机 + 2 in ( $\phi 50.8$  mm) 高压胶管 + 2 in 镀锌管 + 储气罐 + 2 in 高压胶管 + 双通道气水龙头。

### 3.3 工艺参数

生产试验工艺参数为:风压 1.2 ~ 1.6 MPa,钻压 5 ~ 13 kN,转速 52 r/min,现场未测量风量。

风压应根据管路损失及孔内背压进行调节,以满足潜孔锤正常工作所需压力降。

### 3.4 钻进技术指标

生产试验钻探技术指标见表 3。

表 3 贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进工艺技术指标

施工孔号	钻孔深度 /m	施工周期 / (年-月-日)	台月效率 /m	纯钻利用率 /%	平均时效 /m	最高台班进尺 /m	钻头寿命 / (m·只 <sup>-1</sup> )	最大提钻间隔/m
ZK7402	215.00	2005-08-26~09-10	1132	32	4.67	48	85	42
ZK7801	230.50	2005-09-29~10-05	1286	39	4.33	59	59	59

## 4 试验结果及存在问题分析

对比表 1 和表 3 可以看出,贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进技术的各项技术指标明显优于普通小口径金刚石钻进技术,主要表现在:钻进效率高、取心率高、时间利用率高、孔内事故少、施工成本低。该工艺突破了传统的取心方法,由传统的获取柱状岩心变为获取碎屑状岩样,由于反循环排渣能力强,现场也获取了几条柱状岩心(长 75 mm)。

但在试验中也发现了一些问题,分析如下。

### (1) 钻头寿命仍偏低。

钻进过程中,边齿磨损快,钻头直径减小(直至磨损钻头胎体),导致孔径减小,更换钻头再次下钻时,新钻头下不到孔底,被迫用以扫孔和扩孔,当扫至孔底,新钻头的边齿也磨损严重,不敢继续往下钻进,还需要提钻换钻头,重复上述过程。寿命低的原因主要是:岩石的研磨性强,本矿区主要是石英砂岩、大理岩等强研磨性的地层;钻机的转速偏高,略高于该工艺所需的 30 ~ 40 r/min 的理想转速;硬质合金的性能还有待于进一步提高。

(2) 该工艺反循环的形成主要依靠反循环钻头的结构设计,钻头的结构设计应用了多喷嘴引射器的工作原理。在风量一定的条件下,钻头排气孔的直径决定了喷射风速的大小,而喷射风速的大小决定了钻头底部负压的大小和对周围介质抽吸力的大小,直接影响反循环的效果。在排气孔直径一定的条件下,风量的大小直接影响反循环的效果。由于加工失误,有少数  $\phi 115$  mm 内喷射式取样钻头的排

气孔和内喷射孔(见图 1)的孔径不符合设计要求,内喷射孔的直径过大,导致从排气孔排出的风量过小,喷射风速过小,反循环效果很差,而直接从内喷射孔流入潜孔锤中心通道的风量过大,导致从排渣管返风不返渣,后来堵死 2 个内喷射孔后,排渣管方开始排渣。

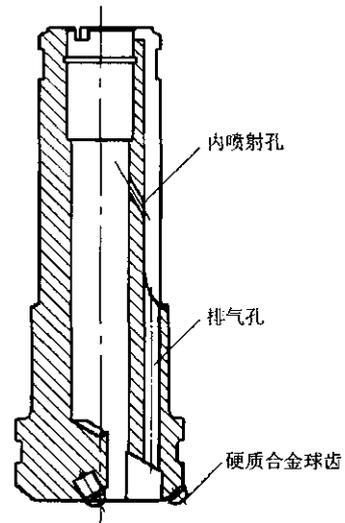


图 1  $\phi 115$  mm 内喷射式反循环取样钻头结构简图

(3) 双通道气水龙头压环厚度不够,心管压不紧,导致心管和内管之间有缝隙,高压空气经过二者之间的缝隙进入中心排渣通道,影响反循环的形成,而且经过此处的气流与从孔底上返的气流相遇,在附近形成旋涡,高速旋转的岩屑磨损心管和内管内壁,现场发现一对损坏的心管和内管内壁有凹坑,甚至被磨穿。

(下转第 62 页)

( 4 )计算分析中 ,注浆加固、小导管、管棚超前支护在模型中得到了很好的体现 因此 ,在实际工程中需要切实保证施工质量与施工设计的一致性 ,以保证计算条件与工程条件的一致性。

参考文献 :

[ 1 ] Poulos H G , Chen L T. Pile Responses Caused by Excavation-induced Lateral Soil Movement[ J ]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ,1997 ,123( 2 ) 94 - 99.  
 [ 2 ] Chen L T , Poulos H G , Longanathan N. Pile Responses Caused by Tunneling[ J ]. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering , 1999 ,125( 3 ) 207 - 215.  
 [ 3 ] 刘利民 ,舒翔 ,熊巨华. 桩基工程的理论进展与工程实践 [ M ]. 北京 :中国建材工业出版社 ,2002.  
 [ 4 ] 刘宝琛. 急待深入研究的地铁建设中的岩土力学课题 [ J ]. 铁道建筑技术 2000 20( 3 ) :1 - 3.

( 上接第 53 页 )

( 4 )为了取得较好的取样效果并减轻劳动强度 ,可以配备简单的绞车 ,以保证取样器在下放和提升过程中的稳定性。

4 结语

重力取样器是一种能够简单有效、方便快捷地获取湖泊非扰动淤泥质沉积物和界面水的工具 ,对现代环境科学研究具有非常重要的实用价值。本文探讨的取样技术对重力取样器的设计具有很大的参考价值。成功设计了一种便携式的重力取样器。经现场多次试验 ,证明其具有结构简单、操作方便以及

( 上接第 56 页 )

( 4 )由于天气寒冷 ,压缩空气中的水蒸气在送风管道内冷凝 ,送风管路长 ,有 300 多米 ,垂直高度将近 200 m ,要克服管道内的水的重力及其与管道内壁的摩擦力将消耗压缩空气的很多能量 ,压力损失增大 ,导致机台附近储气罐内压缩空气压力低 ,满足不了潜孔锤的正常工作风压 ,从而影响钻进效率和反循环排渣效果 ,同时增大了燃油消耗 ,增加了钻进成本。所以在钻进过程中 ,隔一段时间要把管路中的水放掉 ,否则不仅将导致管路压力损失增大 ,也将存在停钻时管路被冻上的危险。

[ 5 ] 北京市轨道交通建设管理有限公司. 国贸站工程国贸立交桥现状评估和沉降控制标准 [ R ]. 2005.  
 [ 6 ] 北京城建勘测设计研究有限责任公司. 北京地铁十号线工程国贸站地质详勘报告 [ R ]. 2003.  
 [ 7 ] 铁道第三勘察设计院. 北京地铁十号线国贸站及桥桩保护施工图设计 [ R ]. 2004.  
 [ 8 ] TB 10003 - 2001 铁路隧道设计规范 [ S ].  
 [ 9 ] 中铁十六局集团公司. 国贸站地表及桥基监控量测资料 [ R ]. 2005.  
 [ 10 ] 吴波 ,刘维宁 ,索晓明 ,史玉新. 铁三院博士后研究中期报告 [ R ]. 2005.  
 [ 11 ] 韩炫 ,张乃瑞. 北京地区群桩基础荷载传递特性的现场测试研究 [ J ]. 岩土工程学报 2005 27( 1 ) :74 - 80.  
 [ 12 ] 王成华 ,顾晓鲁. 基础工程学 [ M ]. 天津 :天津大学出版社 ,2002.  
 [ 13 ] JGJ 94 - 94 建筑桩基技术规范 [ S ].

取样质量高等优点 ,能很好地为环境研究机构获取原状的湖泊沉积物。

参考文献 :

[ 1 ] 王雨春 ,等. SWB - 1 型便携式湖泊沉积物——界面水取样器的研制 [ J ]. 地质地球化学 ,1998 ( 1 ) 94 - 96.  
 [ 2 ] 袁志强 ,等. 湖泊沉积物水界面系列采样装置的研制 [ J ]. 环境科学 ,1993 ,14( 1 ) 70 - 73.  
 [ 3 ] Bhat S T , Sonawane A V , Nayak B U. Design of a Gravity Corer for Near Shore Sediment Sampling[ J ]. Indian Journal of Marine Sciences ,1992 2( 21 ) 83 - 84.  
 [ 4 ] 何远信 ,夏柏如 ,赵尔信. 环境科学钻探取样技术研究 [ J ]. 现代地质 2005 ( 9 ) :471.

5 结语

总体来看 ,贯通式潜孔锤反循环连续取心( 样 )钻进工艺在该矿区复杂地层钻进中体现出极大的优越性 ,值得今后在西北无水、缺水地区或复杂地层钻探施工中推广应用。

参考文献 :

[ 1 ] 励美恒. 探矿工程学概论 [ M ]. 北京 :地质出版社 ,1991.  
 [ 2 ] 耿瑞伦 ,等. 多工艺空气钻探 [ M ]. 北京 :地质出版社 ,1995.  
 [ 3 ] 李世忠. 钻探工艺学( 上册 ) [ M ]. 北京 :地质出版社 ,1992.