

潜孔锤反循环钻进技术在复杂地层中的试验研究

胡振阳¹, 白鸿雁², 殷琨³

(1. 中铁西南科学研究院, 成都 610031; 2. 浙江山水建设有限公司, 杭州 310014;
3. 吉林大学建设工程学院, 长春 130026)

[摘要] 贯通式潜孔锤反循环连续取芯(样)钻进技术在钻进复杂地层时有独特效果, 依托中国地调局项目, 通过野外生产试验, 加深了贯通式潜孔锤反循环机理的理论研究, 对贯通式潜孔锤及其配套钻具的结构进行了合理的优化, 大大提高了其对复杂地层的适应能力, 完善了操作技术和工艺方法, 使潜孔锤反循环钻进技术达到了可以广泛推广应用的水平。

[关键词] 贯通式潜孔锤 反循环连续取样 复杂地层

[中图分类号] P634.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2006)04-0094-03

1 概述

贯通式潜孔锤反循环钻进技术是集潜孔锤碎岩、流体介质反循环、钻进中连续获取岩矿芯(样)三项先进技术于一体的钻进技术, 它在钻进复杂地层时有独特效果^[1]。所谓复杂地层是指因受成因、构造运动及风化作用和地下水作用等影响, 使地层岩石节理、片理、裂隙发育; 软硬互层、破碎, 胶结性、稳定性、强度等极差, 或是遇水膨胀^[2]。在这类地层中施工, 一旦被钻孔钻穿后, 其原来的相对稳定或平衡状态被破坏, 使钻孔孔壁失去约束而产生不稳定。常见现象是孔壁坍塌、掉块、漏失、涌水、缩径、超径等。

河南栾川的南泥湖-三道庄钨矿区的地质构造、裂隙发育, 岩层间夹有松散的风化层和破碎带。过去的洞室开采留下了大量的空区及盲空区, 现在采用松动爆破法进行露天开采又使地层裂隙进一步发育扩大, 钻探时漏失严重, 给勘探钻进带来极大困难。由此可见, 南泥湖-三道庄钨矿区内的地层是典型的复杂地层, 是进行贯通式潜孔锤野外生产试验的理想地层。

2 钻探设备及钻具

在野外生产试验中使用的钻探设备及钻具有: 张家口探矿机械厂生产的 CD-3 型液压双卡盘钻机, 上海英格索兰压缩机厂生产的 VHP-700 型 20/1.2 空压机, GQ-89/33、GQ-108/43 和 GQ-

127/43 三种规格的贯通式潜孔锤, SBC-89/44 型外平双壁钻杆和 SBC-73/44 型双壁钻杆, 反循环专用钻头, 双通道气水龙头, 潜孔锤与钻杆的变丝接头以及反打接头等。

3 野外生产试验

3.1 第一阶段野外试验存在的问题及解决方案

第一阶段野外试验中使用的系列贯通式潜孔锤是第一批生产出的潜孔锤, 旨在对其工作性能、可靠性、工作寿命及反循环形成效果进行试验研究。通过第一阶段的试验, 发现系列贯通式潜孔锤存在以下几方面的问题。

3.1.1 不能稳定形成良好的反循环问题

分析认为原因有两方面: 一是水龙头下芯管与主动钻杆内管上接头结构不合理, 水龙头下芯管壁太薄, 下端没有外倒角, 却有内倒角, 在装配过程中很容易将主动钻杆内管上接头内的密封圈切坏, 于是影响了密封性, 导致压缩空气直接漏到钻杆中心通道, 影响了反循环的形成; 二是从地层方面分析, 系列贯通式潜孔锤要形成反循环, 不是仅靠多喷嘴引射器原理就能实现的, 还要靠孔底岩石的反射与折射作用来改变气流的方向, 辅助形成反循环, 但试验地层裂隙发育, 压缩空气漏失严重, 导致经喷射孔喷向孔底的压缩空气占了大部分, 当高速气流喷射到孔底时, 不是形成反射与折射携带岩屑经钻头中心通道上返到地表, 而是部分压缩空气沿着裂隙跑掉, 不能在孔底形成良好的反射与折射来辅助形

[收稿日期] 2006-01-16; **[修订日期]** 2006-04-27; **[责任编辑]** 陈仁俊。

[基金项目] 中国地质调查局项目(200120170130)。

[作者简介] 胡振阳(1976年—), 男, 2004年毕业于吉林大学, 获硕士学位, 现主要从事岩土工程和工程物探方面的工作。

成反循环而将岩屑排出地表^[3]。水龙头下芯管的改进方案是将水龙头下芯管加厚 1.5mm,并设计有外倒角,装配过程中保证了密封圈完好,从而保证持续稳定的形成反循环。从地层方面考虑,决定对钻头结构进行改进,方案是通过给钻头打 3 个斜向上的 $\Phi 6$ 的内喷射孔,同时堵死原来的 2 个底喷孔来辅助形成反循环。

3.1.2 芯管断裂问题

芯管是潜孔锤内的不动件,是不易损坏的零件,但本次试验过程中,芯管总是异常断裂。认为其断裂机理是活塞的上下运动对芯管的配气座有着相当大的撞击,引起了芯管的振动,这种振动久而久之会导致材料的疲劳损伤,于是在其剪应力、拉应力较大的部位产生破坏,最终导致芯管断裂。芯管的改进方案(见图 1)是:将配气座上部 70mm 长度范围内壁厚加厚 1.5mm,距下端部 100mm 长度范围内壁厚加厚 0.5mm,以提高芯管的强度。

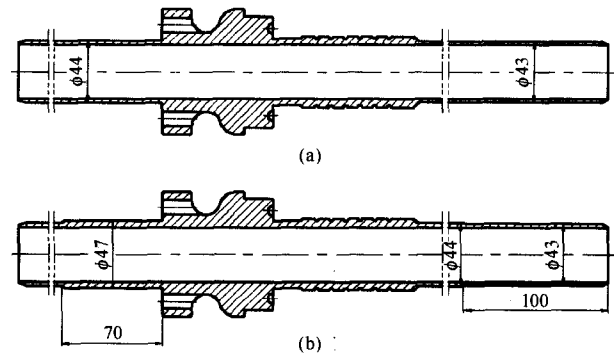


图 1 潜孔锤芯管改进前(a)、后(b)结构原理图

3.1.3 活塞断裂问题

该问题从材料和力学两方面进行分析:一是材料方面 活塞原设计材料为 20CrMnTiH,是保证淬透性的结构钢,适用于机械制造用保证淬透性的截面尺寸等于或大于 30mm 的热轧及锻造结构条钢。由于 20CrMnTiH 供应紧张,活塞加工时使用的材料改为 GCr15。GCr15 具有良好的淬硬性,但韧性不好,受冲击时很容易断裂。二是力学方面 在材料许用应力极限值条件下,活塞冲击钻头时不致发生断裂的冲击末速度应控制在 8~10m/s 以内。试验中通过减小风量和控制压力以降低活塞冲击末速度,但活塞的工作寿命并没有显著的提高,说明活塞的断裂并非是冲击末速度过大引起的。经过多种材料的比选,决定下一批次的活塞材料改为 40Cr。40Cr 淬透性良好,油淬后有良好的疲劳强度,调质后有良好的综合力学性能。表 1 为断裂活塞工作寿命统计表。

表 1 断裂活塞工作寿命统计表

序号	活塞编号	累计进尺(m)	工作寿命(h)
1	1-1-108HS	17.05	6.69
2	1-2-108HS	5.90	2.91
3	1-3-108HS	26.00	10.90
4	1-1-89HS	3.10	3.45
5	1-2-89HS	4.50	4.00
6	1-3-89HS	0.90	1.17

3.1.4 平均机械钻速不高

分析其原因有两方面:一是水龙头下芯管与主动钻杆内管上接头间的密封不好,导致二者之间的密封失效造成漏风,从而影响了反循环的形成,导致正循环占了多数。用本来间隙就很小且在钻头外环设计有密封槽的反循环钻具来打正循环,岩屑也就不能及时从孔内排出,进而在孔内形成重复破碎,直到破碎成细小的粉粒后才能通过钻头密封槽排出地表,于是就严重影响了钻进效率。二是由于试验中活塞的工作寿命较低,试验时试图用降低压力和减小风量的方法来降低活塞的冲击末速度以提高活塞的工作寿命,但这样做却降低了冲击能,从而降低了机械钻速。

3.2 第二阶段野外试验及取得的成果

在第一阶段试验的基础上,主要对第二批次的 GQ108 潜孔锤进行了试验。第二批次的 GQ108 潜孔锤的芯管结构、活塞的材料及表面热处理工艺进行了改进,双通道气水龙头的下芯管也进行了改进。针对第一阶段试验中曝露出来的问题,对第二阶段试验成果总结如下:

3.2.1 反循环连续取样效果得到很大提高

双通道气水龙头下芯管结构的改进保证了水龙头下芯管与主动钻杆内管上接头间的密封性。用于第二阶段试验的反循环专用钻头在出厂时改进了结构,都已打好内喷射孔,精度很高。经试验,反循环的效果大大提高,机械钻速也随之大大提高,充分说明双通道气水龙头的下芯管和钻头结构改进的正确性与合理性,这将是今后反循环专用钻头定型时应考虑的重要改进之一,这样的钻头结构基本可以称为反循环专用钻头的改进型。

3.2.2 活塞和芯管的可靠性及工作寿命大大提高

结构改进后的芯管的强度大大增加,工作寿命成十倍的提高,试验中没有再发生断裂现象。潜孔锤活塞的可靠性及工作寿命也同样成十倍的提高。以 2-1-GQ108 活塞为例:在空压机压力 $P=1.18\text{MPa}$ 条件下,累计工作时间达 124.61h,累计进尺达 468.6m,平均机械钻速为 4.11m/h,最高机械钻速达 14.65m/h。表 2 为 2-1-GQ108 活塞工作时

间统计表。

表 2 2-1-GQ108HS 工作时间统计表

序号	试验孔号	孔深(m)	活塞工作 时间(h)	机械钻速 (m/h)	空压机 压力(MPa)
1	ZK2391	43.9	11.35	3.87	1.18
2	ZK2392	42.5	8.37	5.08	1.18
3	ZK239'	43.1	9.1	4.74	1.18
4	ZK239'1	44.4	10.43	4.30	1.18
5	ZK3091	41.2	12.22	3.37	1.18
6	ZK3092	39.3	8.75	4.49	1.18
7	ZK309'	43.3	14.05	3.08	1.18
8	ZK309'1	49.6	12.58	3.94	1.18
9	ZK2191	49.3	20.18	—	1.18
10	ZK2192	72.0	17.58	4.10	1.18
合计	468.6	124.61	4.11	(平均)	—

3.2.3 总结出一套无跟管钻进条件下长套管的方法

由于试验地层构造裂隙发育,甚至存在风化层破碎带,再加之采矿时爆破影响,每一个钻孔都必须下入长度不等的套管。长度小于 1.5m 的套管一般较容易下入孔内,但超过 1.5m 长的套管很难顺利下入孔内,而试验中使用的 CD-3 立轴式钻机无跟管钻进功能,经过现场试验摸索,总结出一套下长套管的方法。对于需要下套管长度超过 1.5m 的钻孔,首先用 $\Phi 127$ 的潜孔锤带 $\Phi 152$ 的钻头钻到地层较完整的深度,经充分扫孔保证没有探头石阻碍下套管后提钻,此时孔内一般都会有 2/3 的岩屑不能及时排出,无法将套管直接下入预定位置。此种情况下下套管的方法是:先将套管下入无岩屑孔段内,然后将潜孔锤连接在套管上面,再将潜孔锤与钻机的立轴固定在一起,在潜孔锤振击套管的同时用钻机立轴加压,套管在振动加压的双重作用下,孔浅时一般都能够挤入没能排出钻孔的岩屑内,最终将套管下到预定位置。但是一旦破碎地层较深,由于套管受到的摩擦力过大,用这样的方法也不能顺利将套管下入一定的位置时,此时可以接上 GQ108 潜孔

锤先将套管内的岩屑排出地表,然后边用潜孔锤掏孔边用立轴压入套管到预定位置,或者用潜孔锤掏孔与潜孔锤振击同时立轴加压下套管交替进行,最终都能把套管下到预定的深度。试验过程中,运用上述方法在极破碎地层钻进时最长下入了 4.2m 的套管。

4 结 语

整个试验成功钻孔 66 个,累计完成工作量 2530.07m,超额完成中国地质调查局项目中规定的配套示范试验钻进 300m 的任务。穿孔钻进最大孔深达 72.0m,平均机械钻速为 4.11m/h,最高机械钻速达 14.65m/h。用反循环连续取样,岩样采取率高,品位、层位准确,得到公司技术人员的高度评价。系列小口径贯通式潜孔锤反循环钻进技术已达到广泛推广应用的水平。

这里需特别指出的是,尽管此次试验中潜孔锤反循环钻进速度比金刚石等钻进速度快,但比潜孔锤正循环钻进要逊色,这是因为 GQ108 潜孔锤设计的压力是 1.2~1.4MPa,而试验中使用的上海英格索兰压缩机厂生产的 VHP-700 型空压机最高压力仅为 1.2MPa,去掉主动钻杆、双壁钻杆等管路损失,到达潜孔锤的压力根本达不到潜孔锤的设计压力,也就不能充分发挥贯通式潜孔锤的性能。如果在保证潜孔锤额定工作压力的条件下,其机械钻速肯定还要比现在测得的高一阶。

[参考文献]

- [1] 胡振阳. 潜孔锤反循环钻进技术在河南栾川钨矿复杂地层中的试验与理论研究[D]. 长春: 吉林大学建设工程学院, 2004.
- [2] 蒋荣庆, 殷 琨, 等. 气动贯通式潜孔锤反循环连续取芯(样)钻具系统研制及使用效果[J]. 地质与勘探, 1996, 32(3): 55-60.
- [3] 张祖培, 殷 琨, 等. 岩土钻掘工程新技术[M]. 北京: 地质出版社, 2003.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF DTH REVERSE CIRCULATION DRILLING TECHNIQUE IN COMPLEX STRATA

HU Zhen-yang¹, BAI Hong-yan², YIN Kun³

(1. Southwest Research Institute of China Railway Engineering, Chengdu 610031; 2. Zhejiang Limited Company in Building of Mountains and Rivers, Hangzhou 310014; 3. The Engineering Institute of Jilin University, Changchun 130026)

Abstract: The appliance of The DTH reverse circulation drilling technology has special results in drilling complex strata. Rely on the CCS's projects, through field pilot production, Further physical study on the reverse circulation mechanics, the structure of hollow-through DTH and its assorted drilling tools is rationally optimized, which increases the adaptability of complex strata and improved the operative technique and processing method, as a result, this DTH reverse circulation drilling technique can be widely used.

Key words: run-through DTH continuous chip removal by reverse circulation complex strata