

气动潜孔锤双冲击跟管钻进技术

郑英飞, 王茂森, 岳文斌

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

摘要:为了解决潜孔锤跟管钻进过程中经常发生的套管断裂问题以及增加套管跟管深度, 采用了潜孔锤双冲击跟管钻进技术, 设计了套管振击器, 在钻进过程中对套管顶端施加外部作用力。通过计算套管振击器产生作用力的大小和分析套管跟管最大深度的影响因素, 验证了振击器产生的冲击力能够使套管顺利跟进, 解决了套管断裂及跟管深度过低的问题。

关键词:气动潜孔锤; 跟管钻进; 套管断裂; 双冲击; 振击器; 跟管深度

中图分类号: P634.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)05-0038-04

Technology of Pneumatic DTH Hammer Casing Drilling with Double Shock/ZHENG Ying-fei, WANG Mao-sen, YUE Wen-bin (College of Construction Engineering of Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

Abstract: To solve the common problem of casing pipe breaking in DTH hammer drilling with casing and to increase the depth of drilling with casing, double shock of DTH hammer drilling with casing was adopted and casing pipe jar was designed to put external force to the top of the casing in the drilling process. By calculating the force of the jar and analyzing the factors on the maximum drilling depth of drilling with casing, this paper verifies that the impact generated by the jar can drive the casing follow-down smoothly, so as to solve the problem of casing pipe breaking and low depth of casing with drilling.

Key words: Pneumatic DTH; drilling with casing; casing pipe breaking; double shock; jar; depth of drilling with casing

1 概述

钻探过程中, 经常要穿过复杂的第四系地层, 也经常要对付稳定性差的风化破碎带、裂隙溶洞和松软地层等, 导致钻进困难, 甚至是难以成孔。气动潜孔锤跟管钻进技术, 是针对复杂地层钻探的工艺方法, 在钻进的同时, 套管能够随之下入已完成的孔内, 起保护孔壁、隔离含水层的作用。潜孔锤跟管钻进, 从理论上讲, 钻头偏心块打开的成孔直径要大于套管的直径, 套管依靠自重应该能顺利跟进, 但事实上, 在跟进一段距离之后, 由于钻孔的不规则, 套管受到孔壁的摩擦力作用, 必须依靠潜孔锤的冲击作用才能跟进, 因此降低了钻进的效率。在跟进一定的深度后, 由于潜孔锤的冲击力不足以克服套管所受的摩擦力, 套管与钻头不再保持同步, 套管不再跟进, 管靴与套管连接处的最薄弱的部分受到孔壁摩擦力和潜孔锤冲击力的双向拉应力的作用, 容易发生断裂。为了克服套管所受到的摩擦力, 本文设计了潜孔锤套管振击器, 在地面对套管施加作用力, 使套管能够与钻头保持同步, 增大了套管跟管深度, 避免了套管最薄弱部位容易发生断裂情况的发生。潜

孔锤双冲击跟管钻进示意图如图1所示: 在孔内, 潜孔冲击器产生冲击力, 通过导正器、管靴将冲击波传递到套管上; 在孔口, 冲击器产生冲击力, 传递到下板、套管接头上, 对套管产生向下的作用力。这样套管同时受到孔内潜孔冲击器的作用力和孔口冲击器的作用力, 形成了双冲击跟管钻进。孔口部分由上板配气盒、上接头、冲击器、下板、下接头和套管接头组成, 称为振击器。

潜孔锤双冲击跟管钻进技术的设计, 是为了使套管摆脱两端受拉的状态, 避免套管发生断裂。双冲击跟管就是在地面上放置振击器, 在套管受到潜孔冲击器冲击力的同时, 在地面上对套管上端施加额外的冲击力, 使套管在受到向下的冲击力和向上的摩擦力的同时, 套管上端受到向下的冲击力作用, 保证套管能够顺利跟进。在套管上端施加力的作用, 不仅使得套管不再处于两端受拉应力的状态, 解决了套管发生断裂的问题, 而且还能够增加潜孔锤跟管钻进的最大深度。同时, 当钻进过程中出现卡钻、埋钻的现象时, 可以反转振击器, 向上冲击钻具, 提拔钻具。

收稿日期: 2014-01-03; 修回日期: 2014-03-17

作者简介: 郑英飞(1991-), 男(汉族), 河南辉县人, 吉林大学在读硕士研究生, 地质工程专业, 从事钼矿采空区勘探及充填技术工作, 吉林省长春市西民主大街938号, 759877442@qq.com; 王茂森(1963-), 男(汉族), 陕西人, 吉林大学教授、硕士生导师, 勘察工程专业, 博士, 从事教学与科研工作。

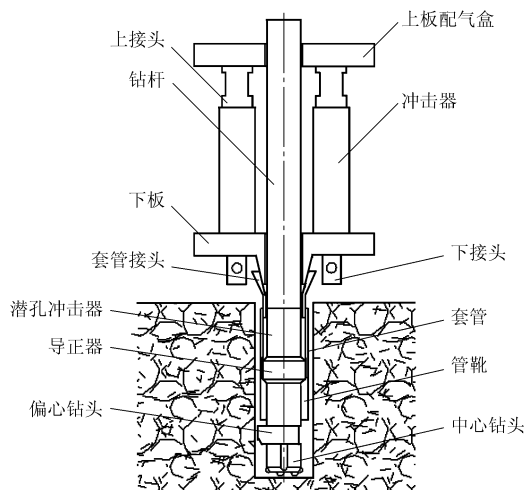


图 1 双冲击跟管钻进示意图

2 振击器的结构及工作原理

如图 2 所示为设计的套管振击器剖切图。

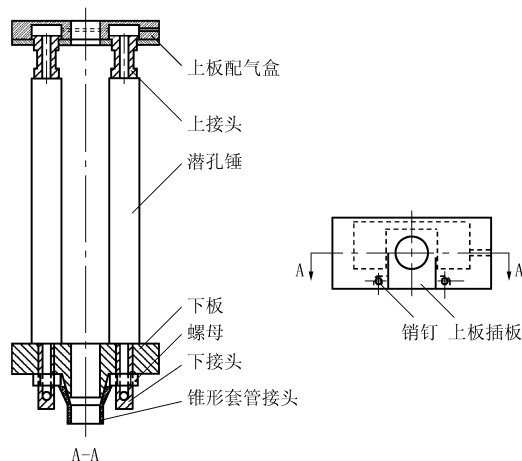


图 2 套管振击器剖切图

如图 2 所示,套管振击器由上板配气盒、上板插板、上接头、潜孔锤、下接头、下板、下板插板、套管接头、排气孔、销钉、螺母等构成。工作原理:空压机产生的高压气体,大部分通过钻杆进入孔内潜孔冲击器中,驱动冲击器产生冲击力,冲击钻头破碎岩石。一部分压缩空气通过上板配气盒中的进气孔进入上板腔体中,然后压缩气体进入上接头中间的通孔中,上接头连接冲击器,压缩气体通过驱动冲击器活塞做往复运动,产生的冲击力冲击下板,下板将冲击力传递给套管接头,进而冲击套管,使套管上端受到向下的冲击力,随着钻头下入已钻成的孔内。废弃的压缩空气通过下接头末端的排气孔排出。在选择冲击器时选择气动冲击器,用气动冲击器可以直接使用空压机产生的压缩空气,不需要增加额外的设备,

而且还可以增加空压机的使用效率,减少空压机的气体损失。

套管振击器上端是由上板配气盒、上板插板、上接头组成的,配气盒与上接头之间为焊接连接,配气盒与插板之间为销钉连接。上板配气盒为钢板焊接而成,通过不同大小的钢板焊接可以形成密闭的腔体,上接头为普通冲击器上接头改装而成,将普通上接头的锥形螺纹部分改为带有台阶的结构,台阶部分焊接在密闭腔体中,一方面保证了整个进气通道的密闭性,另一方面,在振击器工作过程中产生的振动不至于分离上接头与上板。配气盒中有进气通道,压缩空气由此进入密闭腔体中。上板插板与上板之间为销连接,在钻进过程中,在接钻杆和套管时,插板可以随时拆卸和安装。空压机的胶管连接在上板配气盒的进气口处,通过进气通道进入腔体中,然后分别进入左右上接头,通过上接头的中心通道,进入气动冲击器,驱动活塞进行往复运动。

套管振击器下端是由下板、下板插板、下接头组成,下板是整体的一块钢板,承受冲击器产生的冲击力,下板底端做成锥形形状,便于与套管接头的连接。下接头由普通的金刚石钻头改装而成,保留花键以上的部分,将钻头体改变为直径更小的中空结构。下接头穿过下板,通过螺母的连接固定在下板下端,保持振击器整体的结构,下接头的排气孔水平排出气体,避免了垂直排出会对振击器产生反冲击作用。下板与插板之间销连接,便于拆卸,压缩空气在驱动活塞往复运动之后,其中的废气通过下接头排出,冲击器产生的冲击力冲击下板。由于下板承受冲击的作用,因此在制造时下板的厚度要大于上板的厚度。

套管接头是锥形接头,上端与下板底端的锥形部位连接,锥连接不仅有利于冲击力的传递,而且在拆卸过程中也比较方便。接头下端为外螺纹部分,与套管内螺纹连接。冲击力通过套管接头作用在套管上,使套管跟随钻头进入孔内,套管接头避免了冲击力与套管的直接接触容易对套管螺纹进行破坏的情况。

3 套管振击器的特点

振击器上板配气盒由普通的钢板焊接而成,不仅能保证密闭性,而且在现场施工时,材料比较普遍,在加工和更换过程中能更为方便。

振击器上板插板与上板配气盒、下板插板与下板之间均为销钉连接,在钻探过程中可以随时取出

插板,接钻杆和套管,然后再将插板安装,方便可靠。

振击器上、下接头由普通的冲击器上接头和钻头改装而成,在设计加工过程中,能节省时间。

振击器中的冲击器选用气动冲击器,工作介质为压缩空气,不需要额外增加设备,由一个空压机产生的压缩空气可以同时供潜孔冲击器和振击器中冲击器同时工作。

整套振击器,结构简单,尺寸较小,在现场施工作业时,能够顺利携带和搬迁。

4 振击器冲击力的计算

冲击器工作时,活塞在压缩空气的驱动下运行到冲击器内缸底部,在极短时间内产生一个极大的冲击力,冲击在下接头上,通过下板、套管接头传递到套管上。冲击器活塞在潜孔锤内部,活塞冲击力的计算一般运用动量定理,动量表达式如下式:

$$F = m(V_1 - V_2)/t \tag{1}$$

式中: F ——冲击力, kN; m ——活塞的质量, kg; V_1 ——冲击末速度, m/s; V_2 ——冲击初速度, m/s; t ——接触时间, ms。

以 GM3.5HD 高气压潜孔冲击器为例,活塞的质量为 5.1 kg,气动冲击器冲击末速度为 8~10 m/s,接触时间一般为 0.832 ms。计算出的冲击力为平均的冲击力,最大的冲击力为平均冲击力的 2 倍。可以求得,平均冲击力为 49 kN,因此最大的冲击力为 98 kN。本文设计的振击器为双冲击器结构,因此振击器可以产生的最大冲击力为 196 kN。

目前,套管在孔内的摩擦力没有一定的公式计算,因为套管长度不断的增加,摩擦系数在各个地层也不相同。本文以刚套管下入卵砾石 20 m 深为例,来估算套管所受的下入阻力,如表 1 所示。

表 1 套管沉入阻力计算值

套管规格		沉入阻力/kN
直径/mm	壁厚/mm	
108	6	58~288
127	6	67~324
146	8	80~397
168	8	92~456
214	10	119~600

由表 1 可以看出,当套管直径为 114 mm 时,可以估计的沉入阻力为 60~300 kN 之间,而振击器可以产生的最大冲击力为 196 kN,因此,振击器的存在,可以抵消一大部分甚至是全部的摩擦力,使套管不再两端受拉,提高了套管的使用寿命,同时也使套管能够更顺利的跟进。

5 套管跟管钻进最大深度的计算

图 3 所示为潜孔锤跟管钻进单偏心套管受力的示意图,冲击导正器承受钻机钻压 P 和冲击器施加的冲击力 F 作用,套管则承受跟管钻压 P_2 、套管自重 G 、部分冲击力 F' 以及钻孔内壁对套管外表面的摩擦力 R_f 。套管自重 $G = lc$, c 为单位长度套管所受到的重力, l 为跟进套管总长度。钻孔内壁对套管外表面的摩擦力 R_f :

$$R_f = \pi dql + fG\sin\theta \tag{2}$$

式中: d ——跟管外直径, m; q ——钻孔内壁对套管外表面的单位摩擦阻力, kPa; f ——摩擦系数; θ ——钻孔倾角, ($^\circ$)。

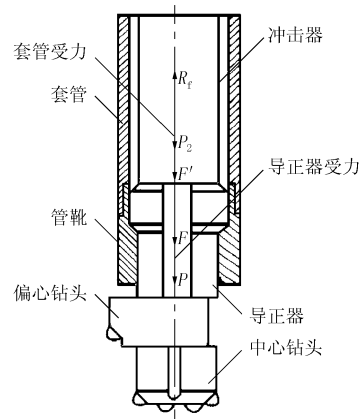


图 3 套管受力示意图

在地层表面,开始跟进套管时,当孔壁地层与套管外表面摩擦力 $R_f < P_2 + G\cos\theta$ 时,套管在跟管钻压 P_2 和套管自重沿进尺方向上分力 $G\cos\theta$ 作用下跟进。当跟管钻进深度逐渐增大,跟进深度达到 l_0 时刻,套管受力条件满足 $R_f = P_2 + G\cos\theta$ 时:

$$l_0 = \frac{P_2}{\pi dq + f\sin\theta - c\cos\theta} \tag{3}$$

l_0 即为套管依靠本身自重力作用,不额外消耗钻进钻压 P_1 以及潜孔锤的冲击功 A 时,套管能够跟进的最大深度。

当套管依靠本身自重力不足以跟进,钻孔内壁对套管外表面的摩擦力 R_f 满足 $P_2 + G\cos\theta < R_f < P_1 + P_2 + G\cos\theta$,即额外耗用钻进钻压跟进套管时:

$$l_0' = \frac{P_1 + P_2}{\pi dq + f\sin\theta - c\cos\theta} \tag{4}$$

当钻孔内壁对套管外表面的摩擦力 $R_f > P + G\cos\theta = P_1 + P_2 + G\cos\theta$ 时,套管除承受管外孔壁的摩擦阻力、套管本身自重和钻进钻压外,还将承受冲击器的部分冲击力 F' 。即潜孔锤冲击功一部分用于破碎孔底岩石,另一部分则需要对克服孔壁摩擦

做功,带动套管跟进。

随着套管跟进深度增大,当钻孔内壁对套管外表面的摩擦力 $R_f = P + G\cos\theta + F'$, $F' \rightarrow F$ 时即跟管耗用全部钻压和冲击力时,跟管深度达到了最大值 $l_{\max}$:

$$l_{\max} = \frac{P + F}{\pi dq + f\cos\theta - c\cos\theta} \quad (5)$$

$l_{\max}$ 即为理论计算所得的潜孔锤跟管钻进最大深度。

由式(4)、式(5)可以得出,在不同大小摩擦力的作用下,跟管最大深度取决于套管所受向下的所有力之和。由式(5)可知,在不消耗冲击器冲击力 F' 时,套管所能跟进的最大深度为 l_0' 。当增加了振击器之后,振击器会产生一个向下的冲击力,增加了套管在不消耗潜孔锤冲击力的情况下所能跟进的最大深度。因此,振击器的存在,不仅增加了套管跟进的最大深度,同时也使孔内潜孔锤能够更加高效的工作,提高了钻进的速度。

6 结论

本文为了解决潜孔锤跟管钻进过程中容易出现

的套管断裂和跟管深度过小的情况,采取了潜孔锤双冲击跟管钻进技术,在地面上增加了振击器,通过理论的分析与计算,证明了套管振击器的存在能够在潜孔锤跟管钻进中起到增加套管下入深度、避免套管两端受拉发生断裂、增加了空压机的气体使用率等作用,提高了套管螺纹的使用寿命。目前该振击器正在生产制造阶段,其实用价值有待在下一步的生产试验中验证。

参考文献:

- [1] 张泽业,唐雪云.影响空气潜孔锤跟管钻进速度和跟管深度因素的分析[J].西部探矿工程,1997,9(5):58-59,71.
- [2] 卢文阁,孙友宏,计胜利,等.一种松散破碎地层的潜孔锤冲击静压跟管钻孔方法[P].中国专利:021446563.2003-05-21.
- [3] 范黎明,殷琨,王茂森,等.柴川钼矿跟管钻进套管失效分析及优化设计[J].金属矿山,2009,(9):143-145.
- [4] 赵建勤,李子章,石绍云,等.空气潜孔锤跟管钻进技术及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(7):55-59.
- [5] 庄生明,王茂森,博坤,等.复杂地层跟管钻进套管强度的有限元分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):9-12.
- [6] 郑英飞,王茂森.柴川钼矿采空区钻探技术试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):22-25.
- [7] 刘家荣,王建华,王文斌,等.气动潜孔锤钻进技术若干问题[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):40-44.

(上接第 37 页)

异常高压,可以减少一个开次的钻井,实施三开井身结构。

(2)本区适宜采用直螺杆配合防斜钻具轻压吊打,既保证了井身质量,又大大提高了钻井速度。建议在邻区或者同区的钻井设计中大力推荐该钻具组合。干河沟组及红柳沟组地层主要是砂岩,地层可钻性高,钻压控制在 40 kN 以内,保证了钻井速度和井身质量;到棕红色泥岩时,地层可钻性变差,采用了 40~60 kN 的钻压来提高钻速,总体上取得了比较好的效果,值得邻井借鉴。

(3)本井易坍塌井段较长,在易坍塌的井段及干河沟组砂砾层段采用大排量冲洗井眼,增加携砂效果,要落实好通井作业,开泵循环要防止憋压。

(4)本井下部清水营组地层,存在大段膏盐层,不适用聚(磺)有机胺防塌钻井液体系,适用欠饱和盐水钻井液体系,亦可尝试采用根据同离子效应防膏盐侵的硫酸钾聚合物钻井液体系。

(5)本井下部地层造浆能力强,泥浆粘切大,密

度高,固相含量高,极易发生粘卡,施工中为了防止粘吸卡钻,及时通过上提活动消除粘卡严重后果的发生,并及时对泥浆进行处理,提高其润滑性能。建议在钻井液中加入一定比例的 HGS 中空玻璃微球,通过物理滚珠作用降低粘卡钻具的风险。

参考文献:

- [1] 苏文栋,康建涛,胡涛.页岩气完井工艺方式的选择[J].中国石油和化工标准与质量,2013,(3).
- [2] 宋瑞宏,石德勤.硫酸钾钻井液的研究与应用[J].石油钻探技术,1999,(4).
- [3] 彭正洲.南海海相钻井技术应用[J].江汉石油科技,2007,(3):42-44.
- [4] 王建华.油田盐膏层钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(4):47-49.
- [5] 杨衍云.风险预探井哈深斜 1 井钻井工程设计[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):38-41.
- [6] 王昌利,刘永贵,杨淑静.大庆徐深 28 井气体钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(8):24-26.
- [7] 孙莉,李瑞营,孙义春.古深 3 井非目的层井段气体钻井设计与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(6):53-56.