

55-60

气动贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻具系统 研制及使用效果

蒋荣庆 殷琨 王茂森

(长春地质学院·长春市·130026)

p634.4

分析了硬、脆、碎、坍、漏复杂地层钻探施工的难题,结合地质岩心勘探特点和
要求,研制了气动贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻具系统,通过生产性试验取
得显著的经济效益和社会效益。

关键词 贯通式潜孔锤 双壁钻杆 反循环连续取心(样)

钻具, 气动潜孔锤



地质勘探

地质勘探在硬、脆、碎、漏、坍、复杂地层中施工,存在着钻探效率低、钻孔质量差、钻头寿命短、孔内事故多、成本高等问题,多年来一直是国内外钻探工作者竞相研究攻关的难题。国外工业发达国家采用普通潜孔锤双壁钻杆反循环连续取样钻进技术见图 1。虽然比单壁钻杆正循环钻进前进了一步,但仍存在比较突出问题如:

1. 样品为碎屑状,不能取出块状岩心,不便于分析研究地层的原生结构,难以掌握地层变化及岩石物理力学性质;

2. 图 1 中在潜孔锤部位仍为正循环,冲击器上部需连接一个交叉通道接头,使岩样通过接头的窗口进入钻杆中心孔,形成反循环,这种钻具系统的缺点:

(1) 在破碎带或风化层,气流经潜孔锤外部环隙上升即正循环时,对孔壁的冲蚀会造成超径和样品混杂污染,据统计,污染物可达 10%~20%;

(2) 由于流速较大(一般大于 25m/s)造成气流对孔壁的局部冲蚀,遇到开放性溶洞或大裂隙往往不能形成循环而产生岩矿心漏失;

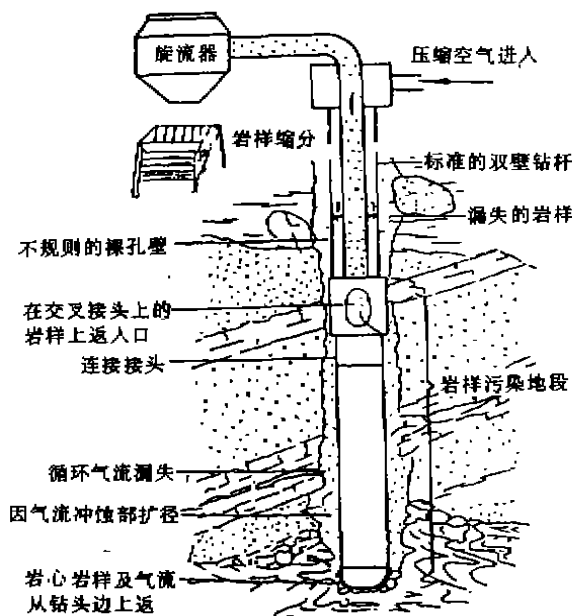


图 1 CSR 反循环中心取样钻具系统图

(3) 交叉接头增加了循环阻力,影响了岩样上升的连续性,同时也易产生岩心(样)层位的颠倒。

因此,自空气反循环钻进问世以来,中空式空气潜孔锤的研制引起各国钻探专家的关注。

针对上述情况,地矿部将“气动贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻具系统研制

及钻进工艺方法研究”列为“八五”科技攻关项目。

该项成果已于1994年末经地矿部鉴定认为:有效地解决了复杂地层矿床勘探和取心难题,取得了突破性进展,为国内首创,达到世界同类产品先进水平,该冲击器及反循环专用钻头已分别获国家实用新型和发明专利。

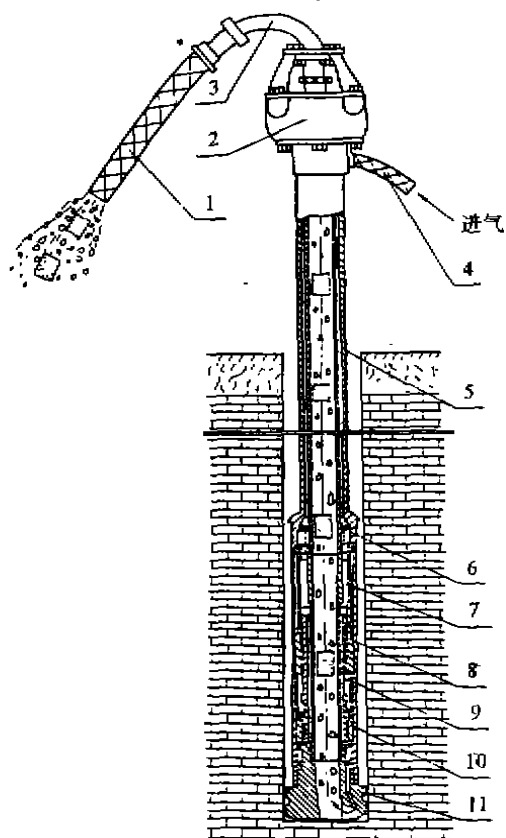


图2 GQ-100/44型贯通式气动潜孔锤反循环连续取心(样)钻进原理

1—排心(样)管;2—双通道气水龙头;3—鹅颈弯管;
4—进气胶管;5—双壁钻杆;6—逆止阀;7—心管;
8—内缸;9—活塞;10—衬套;11—反循环专用钻头

1 气动贯通式潜孔锤反循环连续取心(样)钻进原理及钻具系统(表1)

GQ-100/44 气动贯通式潜孔锤反循

环连续取心(样)钻进原理如图2所示。压气由进气胶管进入双通道气水龙头的进气口,经主动钻杆及双壁钻杆的内外管环空到达潜孔锤上部,推动逆止阀,压气进入前后气室,驱动冲击器活塞产生高频冲击,钻具仍有钻机带动回转,使钻头既有冲击又有回转。反循环专用钻头对孔底岩石呈环状破碎,从而产生柱状岩心(对于完整岩层)或块状岩样(对于破碎地层)。经过冲击器后的压气由钻头底喷排气孔喷出,吹洗孔底岩屑并冷却钻头,再由钻头底唇部导流将气流引入钻头中心孔,然后通过双壁钻杆中心通道,携带岩心(样),输送到双通道水龙头的中心孔,经鹅颈管、排心(样)管进入岩心(样)收集器。

表1 GQ-100/44型气动贯通式潜孔锤及钻具系统主要技术性能参数

项目名称	单位	参数	
钻孔直径	mm	100~105	
潜孔锤外径	mm	95	
贯通孔直径	mm	44	
耗气量	m ³ /min	1.5~6	
工作风压	MPa	0.4~1.0	
单次冲击能	J	80~165	
潜孔锤长度(不含钻头)	mm	1056	
潜孔锤重量	kg	35.5	
钻头外径	mm	100~105	
钻头内径	mm	41	
钻头重量	kg	7	
双壁钻杆		SBC-89/44	SBC-73/44
钻杆外径	mm	89	73
钻杆内径	mm	43.5	43.5
钻杆最小环状过流断面	cm ²	7.6	5.5
钻杆每米重量	kg	15.47	12.50
最大抗拉强度	t	24	14.5
最大抗扭强度	kg·m	490	268
试验密封压力	MPa	4	4
单根长度	m	3	3

该钻具系统包括:GQ-100/44 型气动贯通式潜孔锤、SBC 型双壁钻杆、双通道主动钻杆、双通道水龙头等 4 部分组成。钻具系统外形结构如图 3 所示。

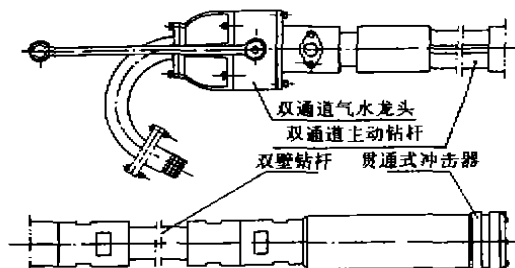


图 3 钻具系统外形结构图

2 GQ-100/44 型贯通式潜孔锤

2.1 潜孔锤总体结构设计

空气潜孔锤钻进是把压缩空气作为钻进时的洗井介质和碎岩动力,代替了传统的清水或泥浆,由于介质密度低,气柱压力小,改善了孔底岩石受力状态,易于破碎。加之返流速高,孔底干净,岩屑不产生重复破碎,而且气动冲击器一般单次冲击能量大,钻进实践证明,气动潜孔锤钻进是一种效率高、钻孔质量好、成本低的钻进技术。如何将潜孔锤钻进与其它先进的技术相结合,用于地质勘探。在复杂地层实现反循环连续取心(样)钻进是本课题研究的关键。要使潜孔锤与反循环钻进相结合,必须有一个中空式潜孔锤——即贯通式潜孔锤。该钻具可实现的钻进工艺是:既可发挥潜孔锤破碎岩石高效作用,又可实现双壁钻杆系统洗井介质上返流速高,携带能力强,可及时输送岩心(样)。双壁钻杆的功用不仅输送压气,还起保护孔壁作用。从而有效地使碎岩钻进、获取岩心(样)和洗井护壁三者形成同步的钻探工序。为此 GQ-100/44 型潜孔锤总体设计时,应满足下列要求:

1. 在结构上为中空,心部零件均为筒状,为反循环构成通道,而且结构要简单、零

件少、寿命要长、便于加工及维修;

2. 能与多种钻探方法相结合,即不仅与双壁钻杆配套使用实现反循环连续取心(样);还可实现绳索取心、提钻取心等多种钻进工艺;

3. 冲击器能直接撞击钻头,使能量传递效率高;

4. 冲击器在钻进时能取得较高的钻进效率和较长的使用寿命,并且在深孔能正常工作;

5. 冲击器工作稳定,防空打机构和防回灌机构灵敏可靠,更换个别零件可调节工作性能参数;

6. 在使用压缩空气作为动力介质时,仍可使用泥浆循环保护孔壁及岩心。

2.2 潜孔锤主要参数确定

(1)冲击器外径 冲击器外径主要依据钻孔直径、钻孔碎岩所需的冲击能而定。钻孔直径在 $\varnothing 200\text{mm}$ 以内时,一般依前者为主要考虑因素。对于正循环钻进用冲击器,其外径较钻孔直径小 10~20mm 为宜;而反循环,其外径较孔径小 3~8mm 即可。GQ-100/44 型贯通式潜孔冲击器主要用于固体矿产勘探,而且要求岩心直径一般不小于 $\varnothing 38\text{mm}$,以此作为设计冲击器的心管和内缸尺寸,再由里向外推算冲击器外径为 $\varnothing 95\text{mm}$ 。

(2)冲击能 冲击器的能量是一个关键参数,它决定了冲击器钻进效率和凿入效率,同时也关系到钻头的使用寿命。通常由单位面积碎岩所需冲击能和钻头单位柱齿冲击能所确定,试验和经验认为圆柱状球齿硬合金为 15~25 个/颗;GQ-100/44 型冲击器钻头上布置的柱齿一般为 6~8 颗,则单次冲击能应确定为 90~120 个。

(3)冲击频率 冲击频率与冲击功之积决定了冲击功率。功率大,钻进效率高。在冲击能达到冲击刃具体破岩前提下,提高冲击频率,钻进效率成正比提高。GQ-100/44

型冲击器频率选为 14~16Hz。由于冲击器在使用时,随供风量及风压不同,冲击频率变化范围也较大。

(4)耗风量确定 冲击器耗风量决定于下列两个条件:即冲击器本身产生的冲击能、冲击频率所需的供风量和钻进中排屑所需风量。两者达到一致时能耗低、设计合理。对于正循环冲击器,孔径达到 $\varnothing 200\text{mm}$ 时,排屑所需风量成为主要矛盾,冲击器本身耗风量远小于排屑风量,造成能源浪费。反循环钻进方法,因中心排屑通道直径小,提高了上返风速和排屑能力,耗风量主要依据冲击器所需冲击功与冲击频率确定,从而降低了风量,节约能源。

另外应考虑目前生产单位空压机设备条件,尽可能降低耗风量。为选用一台 W-10/60 型高压空压机,即风量为 $10\text{m}^3/\text{min}$,风压最大达 60 大气压,该空压机基本能满足上述所确定的冲击功和冲击频率。但是应该注意的是,随着孔深的增大,尤其是孔内水柱静压的增加,如要保持较理想的冲击能及冲击频率,则不须增大耗风量。

2.3 潜孔锤结构参数的微机辅助优化设计

GQ-100/44 型贯通式潜孔锤属无阀型气动冲击器,活塞即是产生冲击能量的做功元件,同时又是往复运动的控制元件。潜孔锤产生的冲击能量直接取决于活塞质量、活塞与钻头撞击的末速度、活塞往复运行一个周期所需的时间等参数。活塞的运动参数又依赖于潜孔锤前后气室内气体压力、温度、体积等气体状态参数的改变而改变,而气体状态参数和变化又与活塞配气行程及气源参数相关。计算机模拟电算潜孔锤工作参数必须首先准确掌握活塞的往复运动规律,精确计算出活塞的运动参数。活塞运动的加速度取决于活塞所受的力,而力在整个运动过程中每一瞬间都在变化。计算机在某一固定瞬时计算活塞所受的力进而求解其加速度、速度和位移,都必须取不变的恒定

力代入计算。只有将活塞的行程有限细分,划分成极微小的微段方可认为活塞在此微段运行时的受力不变,以恒力替代变力,视为准静态过程。计算结果表明,计算机以时间为定步长划分微段进行计算,步长选择为 0.1ds 时计算结果很精确,完全可以满足设计要求,此原理即为有限差分原理。

无阀式风动冲击器的动态数学模型是以一维气体状态方程、能量平衡方程、气体流动方程及活塞运动微分方程为理论基础。活塞在每个微段内,假定前后气室内气体状态参数不变,保持恒定。活塞在此恒定参数作用下运行了一个微段距离,并视气态参数的变化与活塞的位移同时发生。在此微段内,用不变的气体状态参数,依据活塞运动微分方程,计算活塞在此时间步长内的加速度、速度和位移,以及前后气室的容积;利用气体流动方程,计算进入、排出前后气室的气体质量;利用气体能量平衡方程计算前后气室内的气体压力和温度;最后再由气体状态方程计算出此微段末的气体状态参数,作为下一个时间步长段内的气体参数,进行下一微段的重复计算,如此循环运算。活塞往复运动循环一次,计算机即输出(打印)计算结果,即冲击器的工作性能参数。

3 反循环连续取心(样)钻进机理研究和钻头设计

GQ-100/44 型贯通式潜孔锤及钻头研制,目的是与双壁钻具相结合实现全孔中心反循环连续取心(样)钻进,以有效解决硬、脆、碎、塌、漏复杂矿床勘探尤其是复杂金矿钻进和取心难题。为了满足这要求,必须通过钻头几何形状及结构参数的设计,使其在使用中达到如下功能:

1. 在钻杆柱与孔壁间较大环隙下,取消复杂的孔口密封装置及封隔器能实现稳定的反循环;

2. 复杂金矿地层中钻进,岩心或岩样在

钻头部位或双壁钻具系统中心通道内的输运过程中不产生卡堵或卡堵机率很小；

3. 施工中,做到钻进与取心(样)同步进行,岩心(样)形成后能迅速及时排至地表,判层准确;与孔壁无接触和交换,岩心(样)无污染,代表性强、纯洁性好,岩矿心(样)采取率高,品位真实不分选、不贫化、不遗失;

4. 钻头导正性能好,有利于减少孔斜。

为设计专用钻头提供理论依据,针对试验中出现的问题,专门建立一个FM-40型反循环模拟试验台,进行模拟研究,观测岩心上返速度与风速的关系,钻头喷嘴引起的负压与喷射速度的关系,喷嘴喷射的角度对负压的影响等。贯通式潜孔锤和钻头设计,对实际操作应用都起了重要作用。尤其是对钻头端部通孔几何形状和尺寸,作了深入分析和认真设计,针对完整地层和破碎地层设计出偏心孔取心和“凸”字形取块岩样两类钻头。其钻头结构见图4和图5。并对钻头底喷排风槽及扩散槽角度作了改进。进一步提高了排心(样)能力。“凸”字形钻头取块状岩样,钻头不仅具有良好的导流引风作用,还可使岩石破碎形成自然块度,再次破碎到任意方向尺寸都小于钻具中心通孔直径,确保了通过钻头内孔不产生卡堵。试验证明,此类钻头基本上根除了极破碎地层条件下岩心(样)卡堵。

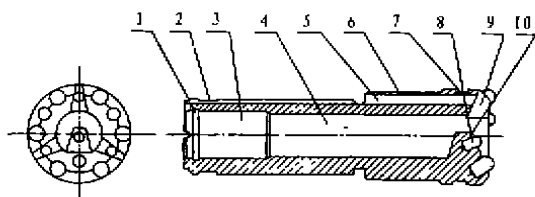


图4 中心“凸”块形取块样钻头

1—密封槽;2—卡槽;3—内圆柱面;4—中心通道;5—底喷排风槽;6—圆柱面;7—密封环槽;8—凸块上硬质合金;9—扩散槽;10—凸块钻头体

4 使用效果

该钻具自1991年至1992年经河南省第二地质队、宁夏地矿局和安徽地矿局321队分别在河南嵩县范疃金矿区、宁夏金场子金矿区、安徽冬瓜山铜矿区进行了生产性试验,共进尺2008.07m,最大孔深259.2m,最大提钻间隔86m。

试验证明在极复杂地层中使用,对减少孔内事故,提高纯钻进时间利用率,具有特殊作用。此项技术研究成功,有效地解决复杂矿床勘探钻进和取心技术难题。在钻探效果和地质效果两方面取得了十分显著的经济效益。

4.1 钻探方面

(1)钻进效率高 河南省嵩县范疃金矿区地层为深灰、灰绿色杏仁状安山岩、安山斑岩、石英硅化斑岩、凝灰岩等,构造裂隙发育、坚硬、破碎,可钻性8~9级,该矿区试验进尺1764.62m。生产性试验所取得的平均时效为4.08m(最高时效为46m),是普通金刚石回转钻进的3倍;平均台月效率1065m(最高单孔台月效率1384.2m),是金刚石钻进5~9倍。

(2)时间利用率高 在复杂地层中钻进最大提钻间隔为86m,平均时间利用率达36.3%,是金刚石钻进的2.27倍。

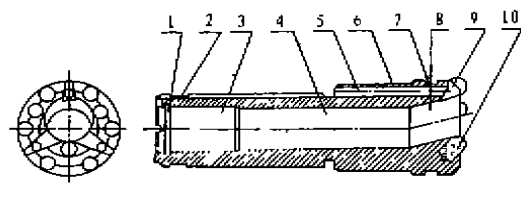


图5 FT-98/43型偏心孔取心钻头

1—密封槽;2—卡槽;3—心管内孔;4—中心通道;5—底喷排风槽;6—圆柱面;7—环槽;8—取心偏心孔;9—扩散槽;10—硬质合金柱齿

(3)钻头寿命长 反循环专用硬质合金柱齿钻头平均寿命为75.45m/只,单孔钻头

最高寿命为 124m/只,比普通金刚石钻头在同矿区使用寿命高 5~10 倍。

(4)孔内事故少 贯通式潜孔锤及反循环专用钻头实现的工艺方法是一个封闭的全孔反循环,流体不冲刷孔壁,所匹配的双壁钻具刚性好,再加上采用的规程参数为低钻压、慢钻速、钻柱不易弯曲而碰撞孔壁,从而在破碎复杂地层中钻进有利于保护孔壁、防止塌坍。

(5)钻探成本低 由于提高了钻探效率,减少了孔内事故、延长了钻头寿命、节省了泥浆及堵漏材料,使钻探直接成本平均降至 101 元/m,单孔最低成本为 85 元/m,比该矿区金刚石钻进降低 4 倍。

4.2 地质方面

(1)岩矿心(样)采取率高、块度大 GQ—100/44 型贯通式潜孔锤及专用反循环硬质合金柱齿钻头,由于反循环稳定可靠,携带能力强,岩矿心(样)采取率达 100%,取出的岩心最大长度为 102mm。

(2)岩矿心(样)质量好、代表性强 钻进与取心同步进行,岩矿心(样)形成后即可

直接进入冲击器贯通孔,迅速排至地表。与孔壁无接触和交换、纯洁性好、代表性强、无污染、矿心不贫化、不富集、精矿不遗失,经开采坑道验证,矿心品位真实度高,比原提钻取心增加 1 个数量级。

(3)判层准确、及时 GQ—100/44 型贯通式反循环连续取心(样)钻进,由于中心通道压气携带岩屑上返流速高,岩矿心(样)实现了随钻连续取心(样),因而地质人员可及时根据上返的岩心(屑),随时确定岩性和地层变化,地质描述准确,并可防止打丢矿层。

参考文献

- 1 蒋荣庆,殷琨等.冲击回转多工艺钻进方法的新发展. 科学研究论文集. 吉林科技出版社,1992.
- 2 徐小荷等.冲击凿岩的理论基础与电算方法. 东北工大学出版社,1986.
- 3 英格索兰公司基础施工设备与技术专辑. 岩土钻凿工程. 地质出版社,1994,(1).
- 4 王人杰,蒋荣庆等.液动冲击回转钻探. 地质出版社,1988.
- 5 GQ—200 型贯通式气动潜孔冲击器研制报告. 长春地质学院出版社,1991.

DEVELOPMENT AND APPLICATION EFFECTS WITH HOLLOW—STEM DTH HAMMER AND REVERSE CIRCULATION SAMPLING SYSTEM

Jiang Rongqing, Yin Kun, Wang Maosen

The atical analysis the drilling problems which happened in the complicated formations, such as hard leakage broken brittle and collapsible formations. Combine with the demands and characteristics of the exploration core drilling, the hollow-stem DTH hammer and reverse circulation sampling system have been developed. Through the field test, remarkable economical and social effects have been achieved.

Key Words: hollow—stem DTH, dual—wall drilling rod, coring (sampling) continuously with reverse circulation