

HC 型环状组合式潜孔锤及取心方法试验研究

蒋荣庆,殷 琨,王茂森,彭视明

(吉林大学 建设工程学院 ,吉林 长春 130026)

摘 要 在分析硬岩地层中采用潜孔锤钻进基础上 ,重点从多头潜孔锤组合形式 ,对比了环状取心或全断面破碎孔底过程 ,并对大直径硬岩取心方法和 HC 型环状潜孔锤取心实钻试验作了简要介绍。

关键词 大直径 ;多头组合式潜孔锤 ;聚能爆破 ;环状取心

中图分类号 :P634.5+6 文献标识码 :A 文章编号 :1000-3746(2003)03-0026-04

Trial of and Research on Down Hole Hammers Patterned in HC Annulus and Their Coring Methods/JIANG Rong-qing , YIN Kun , WANG Mao-sen , PENG Jian-ming (Jilin University , Changchun Jilin 130026 , China)

Abstract :The broken processes of borehole bottom rocks under annulus coring or full face drilling , while various arranging patterns of multi-pieces down hole hammers are used , are compared based on the analyses of drilling in hard rocks by down hole hammers. The larger diameter coring method and the case study of coring by down hole hammers patterned in HC annulus are also introduced.

Key words :large diameter ; multi-pieces down hole hammer ; energy concentration burst ; annulus coring

在大直径钻孔灌注桩施工中 ,遇到硬岩地层时 ,往往进尺缓慢 ,甚至根本无法进尺 ,不仅施工成本高 ,而且工程质量难以保证。潜孔锤钻进被认为是目前对付硬地层最合理和先进的方法。但是目前大直径潜孔锤钻进硬岩仍属全断面破碎 ,所需功率大、效率低、成本高 ,配套设备昂贵、施工单位难以承受 ,致使在国内难以推广应用。

笔者认为克服上述技术障碍的出路在于 ,实现孔底环式破碎 ,使孔底全面钻进变为环形碎岩取心钻进。为此 ,由吉林大学勘察工程研究所研究设计 ,上海金泰公司探矿机械厂和无锡钻探工具厂制造了 HC-15 型大直径环状取心组合式潜孔锤。它由 6 只单体小潜孔锤组成 ,结构见图 1。

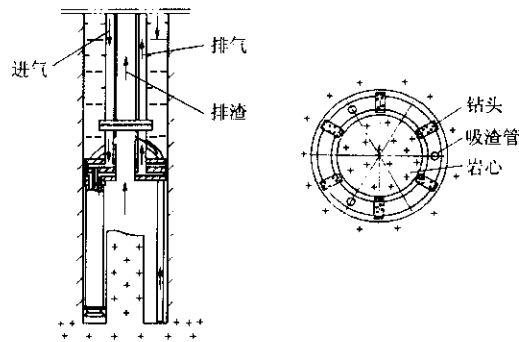


图 1 HC-15 型环状潜孔锤钻具系统图

在研究过程中就大直径潜孔锤钻进的有关问题

进行了探讨。

1 潜孔锤组合形式与能量传递问题

大直径工程井潜孔锤究竟采用单头还是多头组合形式 ,在生产中如何选择 ,是当前工程界关注的一个问题。

小直径普通潜孔锤冲击系统能量传递的研究 ,国内外不少单位做了大量工作 ,已取得了一定成效。

而对大直径潜孔锤冲击能量传递的研究甚少 ,设计单位往往只是根据小直径冲击系统能量传递规律来推算 ,这必然带有经验性和盲目性。

针对该问题 ,我们进行室内模拟试验研究 ,试验表明 ,大直径潜孔锤冲击系统在钻头端部刃齿上冲击能量分布是不同的 ,由钻头中心往钻头边缘能量是逐步衰减的 ,如图 2 所示。

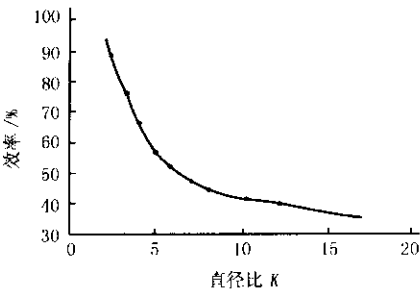


图 2 冲击能量传递效率与直径比关系图

试验结论为 : 钻孔直径与活塞直径比在(3 ~ 4) : 1 之间较为合理 , 因此当单头潜孔锤活塞冲锤固定后 , 钻头最大直径也应有限制 , 随着大直径工程井井径扩大 , 今后方向是发展大直径活塞的单头潜孔锤 , 但是直径大了带来的问题是选材加工制造都发生困难 , 由此发展多头组合式潜孔锤是大直径硬岩钻进的一条思路。

2 环状取心多头组合式和全断面破碎多头组合式潜孔锤对比

多头组合式潜孔锤即是由几只结构相同的单体小潜孔锤及钻头组成 , 达到组件、零件及钻头标准化 , 互换性能好 , 减少零件备置数量等。

多头组合式潜孔锤又分为全断面破碎和环状取心式 2 种 , 参见图 3。

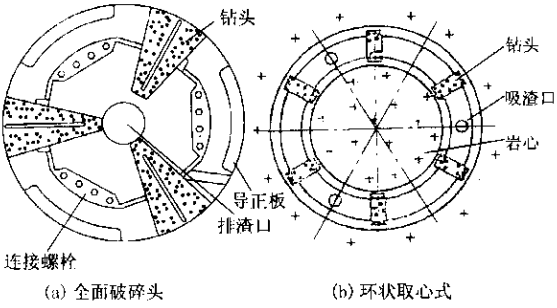


图 3 多头组合式潜孔锤孔底图

对比之下 , 环状取心式多头潜孔锤具有下列优点 :

- (1) 可大大减少破岩面积 , 从而减少破岩功率 ; 也可减少轴压力 , 使钻机设备轻便、简单。
- (2) 加工简单、成本低、零件更换容易。
- (3) 冲击能量损失小 , 与大直径单体潜孔锤相比 , 避免了钻头边齿磨损问题 , 而且小直径潜孔锤钻头即使磨损后修磨或更换也极为方便。
- (4) 钻具是闭式循环系统 , 故空压机压力不受孔深水柱压力影响 , 可配用低压空压机。
- (5) 钻具系统采用泵吸反循环排渣方式 , 不仅孔底干净 , 钻进效率高 , 而且孔壁不受水流冲刷 , 有利于孔壁稳定。

3 大直径岩心卡断及提取问题

多头组合式潜孔锤用于硬岩环状取心钻进 , 最关键的技术问题是如何快捷地卡断和提取大直径岩心 , 目前国内外研究的方法较多 , 但真正能用于生产的并不多 , 现介绍几种适用的方法。

3.1 冲击挤断、钢丝绳套取法

这是一种最早发展起来的取心方法。即在钻头钻进出一定长度的岩心柱后 , 提出钻头 , 向岩柱与井壁的环状间隙内下入一个单斜面楔 , 然后落下冲锤冲击斜面楔。在岩心上端部产生一个水平推力 , 使岩心折断。要求岩心长度不小于其直径的 1.5 ~ 2 倍。然后下入钢丝绳套 , 套住岩心 , 收紧后提出孔外。该方法简单明了 , 但工序多 , 工人劳动强度大 , 效率低。当钻孔较深时 , 斜面楔的挤断工作不易进行 , 且钢丝绳套也不易套取岩心 , 所以该方法只适用于浅孔。

3.2 回转(卡瓦) 挤断法

国内有些单位在施工中用卡瓦卡住岩心或在筒状钻头中加一些 $\varnothing 8 \sim 10$ mm 的长钢筋套住岩心柱 , 使钢筋缠绕岩心 , 然后利用钻机的回转扭矩将岩心扭断后提出孔外。这种方法操作简单 , 工序少 , 考虑到钻机扭矩及其它因素 , 只适用于扭断较小直径($\varnothing 400 \sim 800$ mm) 的岩心。

几种代表性岩石在不同直径时的岩心断取时所需的扭矩和推力见表 1。

表 1 几种岩石(岩心) 断取所需的扭矩(M_n) 和推力(P)

岩心直径 /m	致密石英岩		花岗岩		细粒砂岩		灰岩	
	M_n ($\text{kJN} \cdot \text{m}^{-1}$)	P /kN	M_n ($\text{kJN} \cdot \text{m}^{-1}$)	P /kN	M_n ($\text{kJN} \cdot \text{m}^{-1}$)	P /kN	M_n ($\text{kJN} \cdot \text{m}^{-1}$)	P /kN
0.9	6.70	1.82	3.10	0.84	2.50	0.69	1.60	0.44
1.2	15.60	4.32	7.14	2.00	5.90	1.64	3.37	1.04
1.5	30.40	8.44	14.20	3.88	11.50	3.21	7.29	2.03
2.0	72.00	20.00	33.60	9.20	27.40	7.60	17.30	4.80

3.3 金刚石锯条切割法

主要由金刚石弧形锯条组件、圆筒形锯条架和摩擦块组成 , 锯条两端分别与摩擦块和刀架以铰链联接 , 摩擦块可在刀架的 T 形槽中滑动 , 刀架的上端通过岩心管与钻杆以法兰联接 , 下入井底工作时 , 刀架在转矩的作用下回转 , 摩擦块在钻压的作用下 , 与井底产生摩擦 , 摩擦与回转力方向相反 , 使锯条与岩心抱紧 , 从而在回转作用下逐步在岩心上割出环槽 , 而且不断加深 , 岩心最终接近切断状态。

3.4 液压式卡断法

3.4.1 整体卡紧顶拉断裂法

如图 4 所示 , 利用成组的径向油缸将岩心牢固卡紧 , 然后轴向油缸活塞杆伸出触到环槽底部 , 环槽底部的反作用力通过轴向油缸传给反力筒 , 再通过反力筒和径向油缸传给岩心柱 , 利用强大的轴向拉力将岩心柱拉拔断裂。该方法利用了岩心的抗拉强度比其它强度低 , 没有切割岩心的过程 , 断取岩心的

速度高,对岩心柱的长度和完整度要求低。

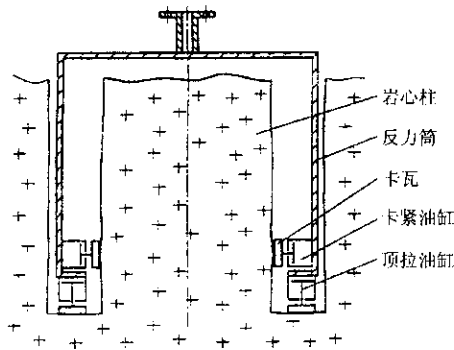


图4 整体卡紧顶拉断裂原理图

3.4.2 切浅槽、顶楔拉断法

利用金刚石或其它超硬材料通过钻机回转在岩心柱根部切割深度 $\geq 70\text{ mm}$ 的V形浅槽,提供安放水平楔子空间,然后沿圆周方向在槽内均匀安装水平楔子,并用短行程大推力油缸顶推水平楔子,从而在岩心根部产生轴向应力,拉断岩心柱并自然将其兜住,之后即可提出井外。当岩心柱受轴向拉力时,岩心在V形浅槽附近产生应力集中,可利用不很大的轴向拉力将其拉断,对岩心柱的长度和完整度要求较低。

3.5 聚能药包爆破切断法

采用成组聚能药包,以相同间距和炸高布置在岩柱周围,起爆后聚能流将在同一个水平面上,同时以极高的穿射速度破坏岩石的粘结力,将岩柱切断。成组药包爆炸时,相邻的聚能射流同时以极大的压力射向岩柱,两孔间也形成应力场,应力波向邻近孔传播,当拉应力超过岩石的抗拉强度时,就使两孔贯通,如图5所示。

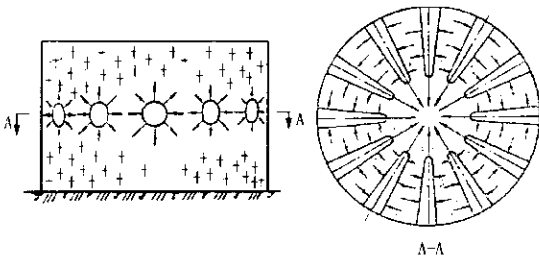


图5 成组聚能装药穿射岩柱示意图

采矿工作者所做的大量试验表明,只要聚能药包数量及装药量选取合适,就可以很方便地截断相当大的花岗岩柱。例如,普氏硬度系数为 $f=18$ 的粗粒花岗岩,爆破切割参数见表2。

为了使聚能爆破法在截断岩心上得到实施,设计者研究在钻头环槽部位,安置一定数量的石油钻

表2 花岗岩柱的爆破切割参数

岩柱直径 /m	岩柱周长 /m	药包数量 /个	射孔间距 /mm	炸高 /mm	单位炸药的切割面积 /($\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	切割效果
2.65	8.33	30	277	100	9.95	全爆
2.65	8.33	20	416	100	14.9	切断贯通
2.65	8.33	14	595	130	21.4	切断
2.65	8.33	10	900	130	31.5	切断
2.65	8.33	5	1400	130	50.3	未切断
1.50	4.70	8	587	100	12	切断
1.50	4.70	7	600	100	13.2	切断

井中常用的射孔弹,见图6。试验表明,该方法具有下列特点:(1)装药量少,体积小,质量轻,携带方便;(2)安全可靠,操作简单;(3)爆破作用穿透能力和切割能力强;(4)不需要其它辅助设备,不需要打眼,施工简单、快捷、成本低。

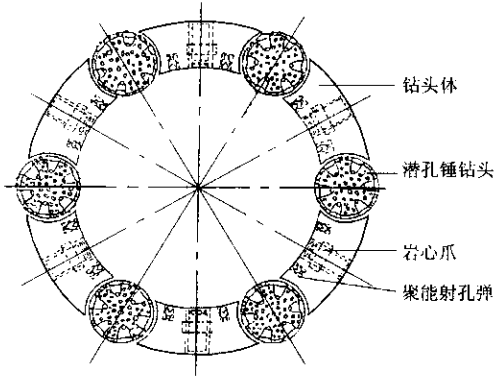


图6 大直径环状聚能爆破法取心钻头结构图

当用炸药截断岩心后,再用卡瓦或卡簧提出岩心。如图7所示,当钻头稍稍提起,钻头体与岩心产生上下位移,由于偏心圆片与岩心柱的摩擦力使偏心圆片向下移动,即使向下的摩擦力很小,也会在偏心圆片的锯齿上产生一个极大的指向岩心柱中心的径向力,硬质合金锯齿就会压入岩心柱的表面,这样就可以牢固地夹住岩心。在钻机起拔力作用下,把岩心拔断。

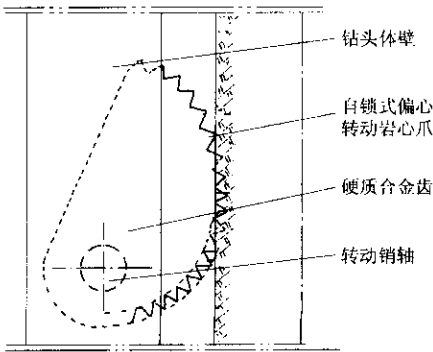


图7 大直径自锁式岩心卡取机构示意图

提升岩心时 ,由于岩心的自重力 ,偏心圆片仍然可以紧紧地夹住岩心 ,从而可以确保岩心柱提取 ,待提出孔底后将几个岩心爪收入钻头的内壁即可取出岩心。

4 实钻试验

4.1 试验地层

为了节约经费 ,缩短工艺性试验周期 ,经多方协商 ,在上海安亭金泰公司探矿机械厂院内 ,用水泥砂子专门制作 $\varnothing 2.5\text{ m}$ 、深度 6 m 混凝土岩样 ,其固结后强度 20 ~ 30 MPa。开挖一个直径 5 m、深 6 m 的坑 ,用以埋设混凝土岩样柱。

4.2 试验内容

- (1) 检验组合式潜孔锤气路密封性 ,单个潜孔锤工作活动可靠性 ,部件焊接强度等。
- (2) 检验组合式环状潜孔锤整体结构强度、刚度。
- (3) 检验潜孔锤钻进工作 ,形成岩心工况 ,钻头工作情况 ,钻进时效 ,钻进规程参数及钻进工艺初步实施程序和可靠性。

4.3 试验设备、附件及其技术性能

GPS - 15 型工程钻机 ;VHP - 700 型空压机 ;6BS 型砂石泵。

HC - 15 型大直径环状取心组合式潜孔锤主要技术规格 :钻头外径 1500 mm ,钻头内径 1120 mm ;单体小直径潜孔锤头数 6 只 ;潜孔锤总耗气量 20 ~ 30 m^3/min ;空压机风压 0.7 ~ 1.2 MPa ;主动钻杆 230 mm $\times$ 230 mm $\times$ 3800 mm ;圆钻杆 $\varnothing 180\text{ mm}$ $\times$ 15 mm $\times$ 3000 mm ;潜孔锤总长 3700 mm ;潜孔锤总质量 4500 kg。

单体潜孔锤主要技术性能 :潜孔锤外径 100 mm ,钻头规格 100 mm $\times$ 180 mm ;耗气量 3 ~ 5 m^3/min ;冲击频率 10 ~ 13 Hz ;冲击功 130 ~ 160 J。

4.4 施工工艺

- (1) 钻具连接好后下入孔底 ,通气试验 ,观察潜孔锤工作状态 ,首先要轻压慢转 ,尤其是开孔刚进入岩层时 ,要注意钻机扭矩变化 ,待潜孔锤正常工作后 ,再平稳钻进。
- (2) 钻进过程中操作人员要始终注意转盘机上余尺情况。
- (3) 待钻进终了时 ,停泵等岩屑沉淀后自卡扭断岩心 ,岩心随钻头提出 (见图 8)。冲洗后的大直径岩心见图 9。

万方数据

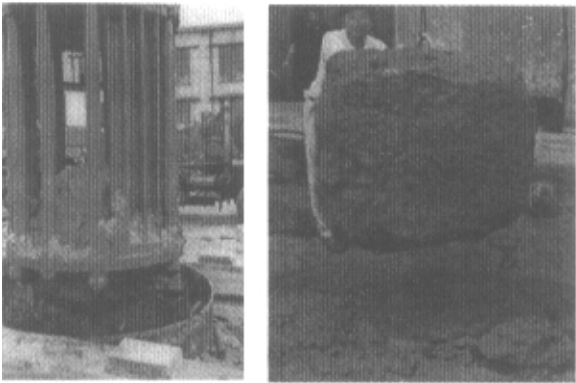


图 8 岩心随潜孔锤被提出 图 9 冲洗干净后的大直径岩心

4.5 试验钻进效果(见表 3)

表 3 试验钻进效果

序号	钻压 /kN	转速 /($\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$)	风量 /($\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$)	风压 /MPa	进尺 /m	纯钻 时间 /min	时效 /($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)
1	50	13	17	0.70	0.20	8	1.5
3	52	13	17	0.70	0.20	5	2.4
5	52	13	18	0.72	0.40	21	1.14
9	55	13	18	0.72	0.20	5.5	2.18
11	55	13	16	0.72	0.10	3	2.0
12	55	13	17	0.72	0.10	3.5	1.71
13	55	13	15	0.68	0.30	11.5	1.56
16	55	13	16	0.68	0.40	25	0.96
20	55	13	15	0.68	0.10	6.5	0.92
合计					2.00	89	1.35

5 结语

工艺性试验研究表明 ,HC 型环状取心组合式钻具设计新颖 ,结构合理 ,工作稳定可靠 ,整体强度和刚度均达到设计要求。

可根据工程需要 ,比较方便地增添小直径潜孔锤组合数量 ,加大钻孔直径 ,即钻孔直径可变的新型钻具为大直径硬质基岩嵌岩难题的解决取得突破性进展。

参考文献 :

[1] 徐小荷 ,余静 .岩石破碎学 [M]. 北京 :煤炭工业出版社 ,1984.
[2] 耿瑞伦 ,陈星庆 ,蒋荣庆 ,等 .多工艺空气钻探 [M]. 北京 :地质出版社 ,1995.
[3] 刘金砺 .桩基础设计与计算 [M]. 北京 :中国建筑工业出版社 ,1990.
[4] 李海石 ,符国强 .钻井取心技术 [M]. 北京 :石油工业出版社 ,1993.
[5] 相永琦 .矿山爆破技术与安全 [M]. 北京 :煤炭工业出版社 ,1991.
[6] 龙维琪 .特种爆破技术 [M]. 北京 :冶金工业出版社 ,1993.