

# 球体冲击器用于回转冲击钻进的工艺研究

鄢泰宁, 卢春华

(中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074)

**摘要:**在大量遇到的中硬岩层中采用硬质合金钻头+球体冲击器实现回转冲击钻进可明显提高机械钻速和取心效果,并防止孔斜,具有很好的推广前景。借助数理统计方法建立了球体冲击器冲击频率与风压、风量之间高度显著的相关关系式,可用于冲击频率及其它工艺参数的预测与控制。

**关键词:**球体冲击器;回转冲击钻进;冲击频率;回归方程

**中图分类号:**P634.5<sup>+</sup>6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2008)02-0005-03

**Technology Research on Application of Steel Ball Percussion Tools in Rotary Percussion Drilling/YAN Tai-ning, LU Chun-hua** (China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** In many medium-hard rock stratum, carbide alloy bit and steel ball percussion tools can be used together for higher ROP and better coring result with borehole deflection preventing. Relationship between impacting frequency of steel ball percussion tools and wind pressure/wind quantity was set up by mathematic statistic method, it can be applied in predicting and controlling of impacting frequency and some other technology parameters.

**Key words:** steel ball percussion tools; rotary percussion drilling; impacting frequency; regression equation

## 1 问题的提出

在地质大调查、浅部矿产普查和工程勘查中,大量遇到的是中硬左右的岩层。在这类岩石中,目前普遍采用的仍是硬质合金回转钻进工艺。但传统硬质合金钻头及其结构的研究已历时半个多世纪,进一步提高其纯回转钻进时效的空间已越来越小。因此,人们想到借鉴在硬岩石中钻效显著的冲击回转钻进方法。但液动或风动冲击器冲击能量大,必须匹配价格较贵的专用冲击钻头,而且这类钻头在中软~中硬岩石中钻效并不明显;加之液动或风动冲击器结构复杂,现场调试工作量大,对操作人员的素质有一定要求,所以在中硬左右的岩石中推广使用的前景不佳。

前苏联学者首先提出了回转冲击钻进的观念。试验表明,与同样条件下的纯回转钻进相比,在回转切削的同时叠加一定频率的冲击载荷可使岩石破碎的扭矩和阻力系数降低。即借助低冲击功的冲击器实施以回转钻进为主,以冲击钻进为辅的回转冲击钻进,可明显提高中软~中硬岩石的机械钻速,而且因冲击功小,可使用普通硬质合金或金刚石钻头,其钻进规程与普通回转钻进没有太大区别,从而降低钻探成本,方便现场操作。而且我们设计的球体冲击器结构非常简单,几乎没有需要在现场调试的部

件,属于“傻瓜”型的钻具,从而对操作人员的素质基本没有特殊要求,便于推广使用。

## 2 球体冲击器的工作原理

我们设计的球体冲击器长约 1 m,以压缩空气为动力,结构简单,无弹簧等易损件,可工作于干旱地区深度 $\geq 300$  m 的孔内。其具体结构见文献[1]。

球体冲击器(图 1)工作时接在岩心管上方,在地表钻机开始回转的同时,来自压风机的压缩气流 15 进入冲击器,沿进气管 13 射入下降导管 7,具有动压头的气流使位于环形回路最下方的钢球 8 沿导管 6 向上运动,当钢球 8 经过排气孔 4 后,大部分气流由排气孔 4 排至外管 5 与上升导管 6、下降导管 7 之间的空腔,形成气流 16,而钢球 8 在剩余气流及惯性的作用下跃过上帽 3 的弧顶,然后在重力加速度的作用下沿导管 7 下降,在进气管 13 处被高速气流进一步加速,并撞向铁砧 9,冲击能量经下接头 12、岩心管传递至钻头。同时,排出的气流 16 经排气通道 14 进入岩心管,到达孔底完成排除岩粉、冷却钻头的任务。撞击完铁砧的钢球 8 又沿导管 6 上升,开始一个新的循环。如此反复,实现回转冲击钻进。

收稿日期:2007-08-26

作者简介:鄢泰宁(1945-),男(汉族),江西人,中国地质大学(武汉)教授、博士生导师,俄罗斯自然科学院外籍院士,享受国务院特殊津贴,探矿工程专业,从事钻探工程的教学与科研工作,湖北省武汉市鲁磨路, tnyan@cug.edu.cn。

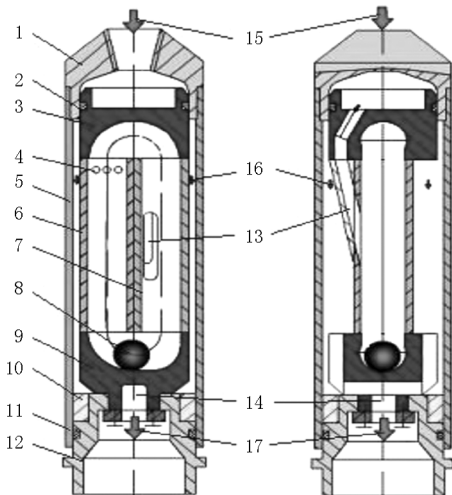


图1 球体冲击器的工作原理示意图

1—上接头,2—上密封圈,3—上帽,4—排气孔,5—外管,6—上升导管,7—下降导管,8—钢球,9—铁砧,10—卡块,11—下密封圈,12—下接头,13—进气管,14—排气通道,15—进气流,16—内外管间的气流,17—出气流

### 3 球体冲击器用于回转冲击钻进的工艺研究

#### 3.1 球体冲击器实现回转冲击钻进的试验研究

首先在实验室对  $\varnothing 168$  mm 的球体冲击器进行了台架试验。为便于对比,分别用普通 K172M 硬质合金钻头、K172M 钻头 + 球体冲击器在混凝土块上(可钻性 VI ~ VII级)试钻,结果见表1。室内试验表明,冲击频率是决定回转冲击钻进效率的重要指标,可使平均钻速提高 39%,而且由于在钻进的同时叠加了冲击震动使岩心不容易发生自卡现象,从而保证了岩心采取率 100%。然后,在某矿区进行了普通  $\varnothing 112$  mm 硬质合金肋骨钻头 +  $\varnothing 108$  mm 球体冲击器的生产试验。结果表明,在可钻性 IV ~ V 级的岩石中,机械钻速达 7.8 m/h,与同矿区未加球体冲击器的普通  $\varnothing 112$  mm 硬质合金肋骨钻头相比,机械钻速增长了 46%,保证了岩心采取率 100%,并防止孔斜。

表1 球体冲击器试验效果

工具类型	进尺/cm	钻进时间/s	机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	钻速增量/%	岩心采取率/%
普通 K172M 钻头	10	55	6.54		100
K172M 钻头 + 球体冲击器	10	37	9.72	+49	100
K172M 钻头 + 球体冲击器	15	62	8.7	+33	100
球体冲击器合计(平均)	25	99	9.09	+39	100

在不同的风压  $P$ 、风量  $Q$  条件下,测得球体冲击器的冲击频率  $f$  见表2。必须指出,由于压缩空气具有很大的可压缩性,压力不同,其体积流量也就不同。所以应先算出流过的压缩空气质量,再根据温

度和压力来换算出相应的体积流量。可根据下式来计算流过的压缩空气质量:

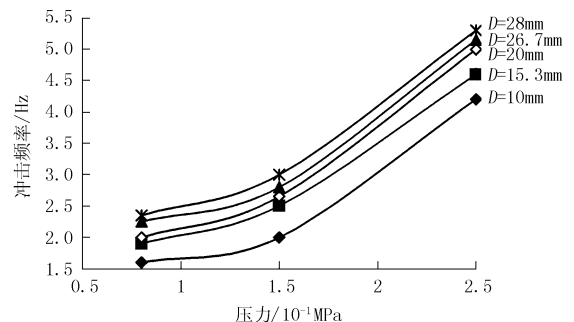
表2 球体冲击器工作过程的参数测试结果

供气管直径 $D$ /mm	风量 $Q$ /(m <sup>3</sup> ·min <sup>-1</sup> )	风压 $P$ /10 <sup>-1</sup> MPa	冲击频率 $f$ /Hz
10.0	0.54	2.5	4.2
	0.31	1.5	2.0
	1.91	0.8	1.6
15.3	1.25	2.5	4.6
	0.73	1.5	2.5
	0.82	0.8	1.9
20.0	3.27	2.5	5.0
	2.14	1.5	2.6
	1.24	0.8	2.0
26.7	5.83	2.5	5.1
	3.81	1.5	2.8
	2.21	0.8	2.2
28.0	6.41	2.5	5.3
	4.19	1.5	3.0
	2.43	0.8	2.3

$$A = (0.95m) / [xP_1\varphi(P_2/P_1)] \quad (1)$$

式中: $A$ ——供气管截面积; $m$ ——流过节流通道的空气质量; $x$ ——系数,  $x = \sqrt{2gk/[(k-1)RT]}$ ;  $K$ ——等熵指数,取 1.4; $R$ ——通用气体常数; $T$ ——温度; $P_1$ ——节流通道的压力; $P_2$ ——节流通道的压力。

不同通道直径  $D$  条件下,风压  $P$  对球体冲击器冲击频率的影响如图 2 所示。

图2 不同通道直径  $D$  条件下,压力  $P$  对冲击频率  $f$  的影响

#### 3.2 球体冲击器频率与压缩空气参数之间的相关关系

球体冲击器的工作过程取决于一系列随机因素,其中有些影响是无法进行理论计算的。由于球体冲击器的冲击频率对钻进效果的影响至关重要,因此,我们可借助数理统计方法通过实验设计来寻找冲击频率  $f$  与压缩空气的流量  $Q$  及压力  $P$  之间的关系:  $f = f(P, Q)$ 。

设冲击频率  $f$  与压缩空气的流量  $Q$ 、压力  $P$  之

间存在着下述关系:

$$f = a + b_1p + b_2Q \quad (2)$$

式中: $a$ ——常数项; $b_1$ 、 $b_2$ ——分别是  $f$  对  $P$  和  $Q$  的偏回归系数。可根据最小二乘法原理求出  $a$  和  $b_1$ 、 $b_2$ 。

由于事先并不知道冲击频率  $f$  与  $Q$ 、 $P$  之间是否真正存在着线性关系。因此,在获得了最小二乘估计之后,需要进一步检验回归方程的显著性,这就是数理统计中的  $F$  检验。若算得的  $F$  值大于查表值  $F_{\alpha,(2,n-3)}$  的值(取  $\alpha = 0.05$ ),则说明回归方程(2)是高度显著性的。

为了建立冲击频率  $f$  与  $Q$ 、 $P$  之间的关系,表 3 中给出了试验时主要参数的变化范围。根据测得的球体冲击器工作过程参数,用二元线性回归分析计算出的球体冲击器冲击频率的经验公式为:

$$f = 0.335 + 0.19Q + 1.46P \quad (3)$$

表 3 风压  $P$  与风量  $Q$  的变化范围

压缩空气压力 $P/(10^{-1} \text{ MPa})$	压缩空气流量 $Q/(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$
0.8 ~ 2.5	0.3 ~ 6.4

算得(3)式的相关系数  $R = 0.97$ ,  $F$  检验值 = 95.5,查  $F$  分布表可得  $F_{0.05,(2,n-3)} = 3.81$ ,因为  $F > F_{0.05,(2,n-3)}$ ,表明我们建立的冲击频率数学模型是高度显著的。

把实验测得的数据与按回归方程(3)式算出的结果一并显示于图 3,可见计算值与实验值吻合得很好。

### 4 结论

(1)室内外试验表明,结构简单的球体冲击器与野外队广泛使用的钻机、压风机、普通硬质合金钻头搭配,表现出稳定的工作状态。对于大量遇到的中硬左右岩石采用普通硬质合金钻头 + 球体冲击器进行回转冲击钻进,可大幅度提高机械钻速,保证岩

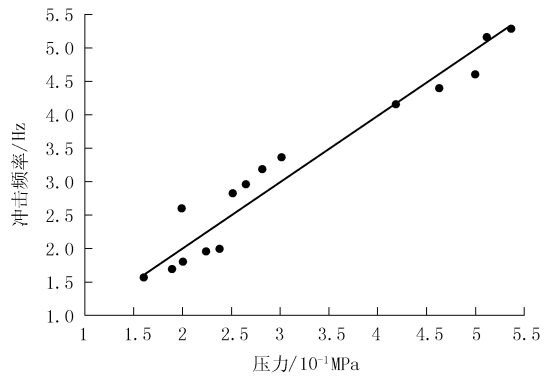


图 3 实验数据与计算值对比曲线图

注:图中散点为实测值,直线为经验公式计算值

心采取率,防止孔斜,并降低成本。台架试验和初步野外试验表明它具有很好的推广前景。

(2)采用球体冲击器不会影响正常的钻进工艺过程。钻压、转速仍可通过地表钻机来调整。球体冲击器的冲击频率和冲击功则可通过改变压缩空气的压力和流量来控制。岩石越硬,供给的风量越大,则球体冲击铁砧的频率越高,冲击能量也越大,则破岩效果也越好。

(3)借助数理统计方法建立了球体冲击器冲击频率与风压、风量之间高度显著的相关关系式,对实验数据和利用所建关系式计算结果进行了比较,得出两者吻合程度很好的结论。该关系式可用于回转冲击钻进重要参数的预报和控制。

(4)室内外试验表明,保证钻杆接头的可靠密封,防止压缩空气泄漏,是用好球体冲击器的重要条件。

### 参考文献:

- [1] 鄢泰宁,等.用于回转冲击钻进的钢球冲击器结构分析及其试验成果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(S1).
- [2] 鄢泰宁.岩土钻掘工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [3] И. С. Афанасьев. Справочник по бурению геологоразведочных скважин [M]. Санкт - Петербург, НЕДР, 2000.

## 上海拟建首个海底观测站

中国地质调查局网站消息 上海正规划建设中国第一个海底观测站,选址计划在南汇区临港新城附近海域,这是近日在南汇举行的“2007·上海海洋论坛”上,中科院院士、同济大学海洋地质国家重点实验室教授汪品先透露的。

海底观测站相当于一座海洋气象站,由于观测点深在海底,因此不受海洋风浪等干扰和限制,可清晰地了解海洋源和环境变化,及时准确地探测地震等自然灾害。汪教授介绍,力争到2010年之前观测站能初具雏形。并接收到从海底传回的信号。

上海市科学技术委员会副主任陈克宏在论坛上介绍说,海平面上升将带来巨大危害。上海沿海地区的碱潮入侵和海岸侵蚀澄海洋灾害有所增加,地下水和土壤盐渍加重。这些都已严重损害水资源环境和生态环境。陈克宏介绍,上海今后将重点围绕海洋环境保护和生态建设关键技术、重大海洋工程生态功能修复、海平面上升对城市防灾减灾影响、海底观测系统等方面开展工作,完善上海以及邻近海域地海洋综合观测和灾害预警系统。