

DA110 型冲击器的设计及性能参数测试

李常春

(中国地质科学院探矿工艺研究所,四川 成都 611734)

摘要:潜孔冲击器钻进是岩土钻掘工程中的一种高效钻进方法。针对潜孔冲击器钻进的特点,介绍了 DA110 型冲击器的几何结构设计、制造工艺及性能参数测试。

关键词:潜孔冲击器;几何结构;制造工艺;性能参数;测试方法

中图分类号:P634.4 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2008)07-0060-04

Design of DA110 Type DTH and the Performance Parameter Test/Li Chang-chun (The Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Drilling with DTH can achieve high efficiency in rock and soil drilling engineering. According to the drilling characteristics of DTH, the geometry structural design, manufacture technology and performance parameters were introduced in this paper.

Key words: DTH; geometry structure; manufacture technology; performance parameters; testing method

1 项目背景

在 $\varnothing 146, 127$ mm 跟管钻进中,大多使用 $\varnothing 110$ mm 有阀冲击器,但是该型号冲击器存在耗气大的缺陷。为改变此缺陷,我们设计开发了 DA110 型无阀冲击器。

2 冲击器几何结构和参数设计

2.1 进行设计的基本条件

- (1) 工程要求钻硬岩最小孔径 110 mm, 适应矿山、水井及偏心跟管钻进;使用风压 0.5 ~ 0.7 MPa。
- (2) 与钻杆连接尺寸:内螺纹 API 2 $\frac{3}{8}$ in。
- (3) 采用无阀配气、中心排气结构。

2.2 结构设计

冲击器结构见图 1。

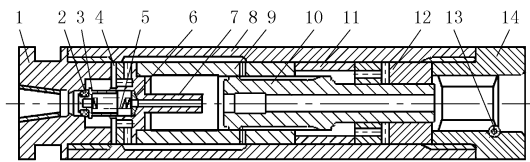


图 1 冲击器结构示意图

- 1—后接头;2—顶头;3—逆止阀;4—垫圈;5—弹簧;6—节流塞;7—进气座;8—外壳;9—气缸;10—活塞;11—隔套;12—轴套;13—圆键;14—前接头

风动冲击器设计应用的理论主要是热力学及动力学。依据活塞运动微分方程,求活塞在此步长内的加速度、末速度、位移及前后气室的容积。利用气

体流动方程,计算进入、排出前后气室气体质量;根据质量的变化利用气体能量平衡方程计算前后气室内非封闭气体压力的变化;再利用气体状态方程可求出气体的温度;对于封闭气体,利用绝热过程方程式求解后气室压力、温度的变化。

2.2.1 外壳外径 D

$$D = D_1 - 2\delta$$

式中: D_1 ——工程要求钻硬岩孔径,mm; δ ——潜孔冲击器排粉间隙,mm,一般 $\delta = 5 \sim 7$ mm。

δ 值越大,排粉速度快,导致活塞直径变小,冲击功下降。 δ 值小,直径大的岩粉很难排出孔外。实践证明,间隙在 5 ~ 7 mm 比较合适。DA110 型冲击器 δ 值选 6 mm,因此, $D = 98$ mm。

2.2.2 内缸内径 d

$$d = D_2 - 2\delta_1$$

式中: D_2 ——内缸外径,mm; δ_1 ——内缸壁厚,mm。

外壳内径 D_3 ,即外壳最薄弱处。潜孔钻机施加给 DA110 型冲击器最大扭矩 600 N·m,通过材料力学计算,选取外壳最小壁厚 5 mm,因此 $D_3 = 88$ mm。在结构设计过程中,内缸外径 D_2 取为 83 mm。

使用风压 0.5 ~ 0.7 MPa,通过材料力学计算,选取内缸壁厚 4 mm。因此, $d = 75$ mm。活塞与内缸相配,活塞直径即 75 mm。

2.3 参数设计

2.3.1 冲击功 E

收稿日期:2008-05-31

作者简介:李常春(1964-),男(汉族),湖南澧县人,中国地质科学院探矿工艺研究所高级工程师,探矿工程专业,从事岩土钻进技术研究开发工作,四川省成都市郫县成都现代工业港港华路 139 号,lcc@egiet.com。

$$E = 9.8KPAL$$

式中:K——系数,取0.7;P——压力,kg/cm²;A——活塞有效面积,cm²;L——活塞行程,m。

活塞有效行程取120 mm,潜孔冲击器中心排气,其中心孔直径24 mm,活塞有效面积50.49 cm²,取P=5 kg/cm²,计算得E=207.8 J。

2.3.2 活塞质量 M

$$M = 2E/V^2$$

式中:E——冲击功,J;V——活塞冲击末速度,m/s。

低风压潜孔冲击器活塞冲击末速度V=7.2~7.5 m/s,选V=7.2 m/s,则M=8.02 kg。

2.3.3 冲击频率 F

活塞行程:L=at²/2(其中:a——加速度,m/s²;t——时间,s)

活塞冲击时加速度:a₁=(V-0)/t₁

$$\text{则: } L = a_1(t_1)^2/2$$

活塞返回时加速度:a₂=(V-0)/t₂

$$\text{则: } L = 1.2a_2(t_2)^2/2$$

因此:t₁+t₂=22L/6V=0.0611 s

冲击频率:F=1/(t₁+t₂)

因此,理论冲击频率为16 Hz。

2.4 DA110 型冲击器技术参数

DA110 型冲击器技术参数为:孔径110 mm,冲击能175~180 J,冲击频率13~14 Hz,耗气量11~12 m³/min,工作压力0.5~0.7 MPa。

3 活塞的热处理

(1) 活塞的材料。根据活塞工作条件及损坏形式的分析和对材料的性能要求,活塞的材料有T8A、20CrMnMo、FF710、20Ni4Mo 钢等,目前活塞大多选用强度较高的渗碳钢,如20Ni4Mo 钢。20Ni4Mo 钢淬火、低温回火后的综合机械性能良好,疲劳强度较高,缺口敏感性低,低温冲击韧性好,其化学成分为:C 0.18%~0.32%、Si 0.20%~0.35%、Mn 0.50%~0.70%、Ni 3.25%~3.75%、Mo 0.20%~0.30%、P 不大于0.04%、S 不大于0.04%。

(2) 20Ni4Mo 钢的物理常数见表1。

表1 物理常数

临界点	温度/°C	临界点	温度/°C
A _{C1}	665	A _{r1} ' + A _r "	690~390
A _{C3}	760	M _s	377

注:用钢成分:C 0.21%、Si 0.32%、Mn 0.54%、Ni 3.45%、Cr 0.11%、Mo 0.27%、Cu 少于0.20%、P 0.009%、S 0.004%。

(3) 20Ni4Mo 钢机械性能见表2。

表2 20Ni4Mo 钢室温机械性能

毛坯直径/mm	热处理工艺	σ _b /MPa	σ _s /MPa	σ _s /%	ψ/%	a _k /(J·cm ⁻²)
25	830 °C 油淬,200 °C 回火空冷	≥1100	≥850	≥10	≥40	≥80
25	850~860 °C 油淬,200 °C 回火空冷	1100~1510	900~1300	10~14	40~61	80~121

(4) 20Ni4Mo 钢锻压工艺为:加热温度1120~1160 °C,始锻温度1080~1120 °C,终锻温度≥800 °C,冷却方法为缓冷。

(5) 活塞热处理见表3。

表3 活塞热处理

项目	温度/°C	冷却	硬度/HB
退火	670	炉冷	≤269
正火	880	空气	
高温回火	650	空气	≤269
淬火	830	油	
回火	150~200	空气	
渗碳	930	缓冷	
高温回火	600	空气	
淬火	840	油冷处理	
回火	150~180	空气	

(6) 活塞的技术要求为:表面硬度HRC58~62,心部硬度HRC38~43,表面含碳量0.75%~0.85%,渗碳层深度≥2 mm,残余奥氏体≤15%。

(7) 活塞加工路线:原材料检验、下料、锻压、退

火、车削、热处理、技术要求检验、喷砂、粗磨、去应力回火、精磨、清洗上油。

4 冲击器性能参数测试

4.1 参数测试基本原理

采用应力波法测试冲击器性能参数。应力波法可测试电动、内燃、气动和液压凿岩机、液压锤、电锤和风动冲击器的性能参数。冲击器冲击钻杆产生应力波,波在钻杆中传播时具有一定的能量,在钻杆中某一固定截面,受力p,速度V,在dt时间内做功为pVdt,则其总能量:

$$E_p = \int_0^{\tau} pVdt = \int_0^{\tau} (A\sigma)(C \frac{\sigma}{E}) dt = \frac{AC}{E} \int_0^{\tau} \sigma^2 dt$$

式中:A——钻杆断面积;σ——钻杆应力;C——波速;τ——脉冲持续时间。

根据上式,风动冲击器的冲击能量可采用适当的瞬态应力记录手段捕获钻杆中一点的应力历程,

然后平方求积进行确定。

冲击频率 F 是根据两次冲击入射应力波峰值周期 T 测取。

4.2 冲击性能测试系统

冲击性能测试系统如图 2 所示,被测样机、测杆和吸能装置安装在立式台架上。推进缸给潜孔冲击器施加推力。测杆需要足够的长度,以准确地捕获入射应力波形,避免反射波的干扰,其一端置于吸能装置中。吸能装置采用长管结构,内置摩擦片和吸能材料,模拟实际工作过程中能量被不断吸收的情况,并消除了钻杆的多余振动,也提高了应变片的使用寿命。

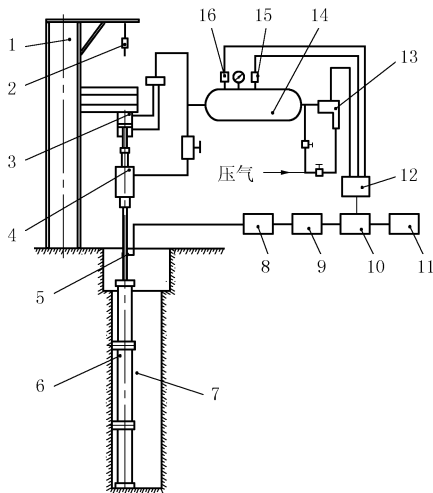


图 2 冲击性能测试系统

1—台架;2—落锤;3—推进缸;4—潜孔冲击器;5—应变片;
6—测杆和吸能器;7—地坑;8—应变仪;9—波形存储分析仪;
10—微机;11—打印机;12—A/D板;13—流量计;14—
气罐车;15—温度传感器及其二次仪表;16—压力传感器及
其二次仪表

在钻杆上采用两组应变片相对粘贴于钻杆两侧,串联作为半桥的一臂检测钎杆中之纵波。桥路中测取的电压经应变仪适当放大,输入到波形存储器分析仪,依次准确地俘获每次冲击的入射应力波,经 A/D 变换,通过接口输入微机进行数据处理。得到连续 25 次冲击的测杆最大应力、冲击能和冲击频率及其统计值,由打印机给出相应的数字结果和 4 条应力波形采样曲线。

工作压力测试用安置在气罐车上的压力传感器完成,经由二次仪表放大,送入 A/D 板进行转换,调入微机进行数据处理、打印和绘图。

4.3 冲击性能测定

由于电测系统受多种条件的影响,测定工作是保证测试精度的重要手段。本系统冲击能标定采用

国际标准所规定的自由落锤标定,测定工作在立式试验台上进行。由导向的落锤自一系列不同高度撞击测杆,计算其产生的最大应力 σ_{\max} :

$$\sigma_{\max} = \varphi \frac{E}{C} V_p = \varphi \frac{E}{C} \sqrt{2gh}$$

式中: g ——重力加速度; h ——落锤下落高度;
 φ ——应力系数。

应力标定系数:

$$B_s = \sigma_{\max} / n_{\max}$$

式中: n_{\max} ——应力波峰值采样点量化值。

由标定系数可确定出钻杆的最大应力 $\sigma_{\max} = B_s$

n_{\max} 。

冲击能:

$$E_p = \frac{AC}{E} \int \sigma^2 dt = \frac{AC}{E} B_s^2 \int n^2 dt = C_s S$$

式中: n ——应力波各采样点量化值; C_s ——冲击能

标定系数, $C_s = \frac{AC}{E} B_s^2$; S ——应力量化值平方积分

和, $S = \int n^2 dt$ 。

DA110 型冲击器性能测试结果见表 4。

表 4 DA110 型冲击器性能测试结果表

压力/($\times 10^5$ Pa)	冲击能/J	冲击频率/Hz
5.1	175.05	13.04
4.9	170.75	13.15
5.1	178.31	13.9
5.2	183.51	13.9
4.9	178.88	14.1

5 试验结果与评价

2005 年 12 月,在云南盐津北站水电站,2 套 DA110 型冲击器投入试用,施工单位是西川基础工程公司。立轴式钻机钻孔,SP146 跟管钻具, $\varnothing 146$ mm 套管, $\varnothing 89$ mm 钻杆,孔径 146 mm,孔深 9 ~ 11 m。地层是围堰堆积体,主要是花岗岩。给气后,冲击器起动迅速,提钻后,活塞自动伸出,停止冲击,压缩空气经进气座、外壳、内缸气孔、活塞内孔、钻具中心孔排出,实现了强吹孔。由于在围堰上钻孔,距孔口 2 m 以下,均在水中钻进,排气、排渣较困难,但很少发生冲击器内部被泥沙堵塞现象,说明逆止阀、顶头、弹簧质量较好和操作适当、风量足。

活塞在多次反复冲击下,在外表面大小圆交接处和内表面大小孔处应力集中的地方,没有产生折断,说明活塞材料选择和热处理正确,活塞外圆大小圆直径差合理,中心孔尺寸适当。内缸气孔处和外壳螺纹根部未折断,外壳外圆磨损不多,证明其质量

较好。轴套、进气座在冲击器报废前,未变形或断裂,前接头与钻具、后接头与钻杆连接可靠,耐磨损。前接头横销孔位置正确,因为圆键方便装上和顶出,钻具装上后可以在前接头内自由运动。在活塞反复冲击、岩粉作用下,未发生掉钻具事故。胶圈、垫圈、圆键、立销、小弹簧使用效果较好。

在钻机转速 20 ~ 30 r/min,转速与轴压适当配合的条件下,钻孔速度 7.2 ~ 12 m/h。说明活塞与内缸间隙合理,活塞往返运动中与进气座的柄部、轴套内孔摩擦小,内缸与进气座、轴套配合适当,不存在活塞与轴套咬合、与进气座卡住,也不存在漏气现象。同时说明了进气座上气孔、外壳风道、活塞上气槽及中心孔尺寸合理,给予活塞足够的风量。今后要提高冲击器的钻进速度,增加活塞的质量,延长活塞的总长度。为了提高冲击器使用风压,达到 1.0 ~ 1.4 MPa,关键零件要使用新的材料和热处理工艺。

两台冲击器寿命分别是 160 h 和 155 h,报废形式是内缸与活塞磨损,间隙变大。如果通过更改内缸的材料和加工工艺,例如提高内缸形状精度和表面粗糙度,还能提高冲击器的寿命。前接头、后接头与外壳采用方牙螺纹连接,冲击器维修保养时,存在拆卸困难,容易损坏外壳或前接头、后接头等问题,今后应研究其它形式螺纹连接以便于维修。

(上接第 45 页)

承包人必须做好施工索赔的原始依据,否则,索赔无依据,一切都是空谈。索赔程序是按合同中规定的时间及时提出索赔要求,按国际惯例是索赔事件发生后,在一个月之内,承包方提出申请意向书,以便监理工程师及时调查处理。

索赔金额计算必须依据充分,实事求是,计算准确无误,合情合理。有关费用计算,采用规定的综合单价计算,如采用其他单价,必须要有足够的依据。

4 结语

长期以来,我国发承包计价、定价以工程预算定额作为主要依据。定额中人、材、机的消耗量是根据国家有关规范、标准以及社会的平均水平确定的,不能反映出实际消耗量,不能全面体现企业技术装备水平、管理水平和劳动效率。因此,确定合理的工程

2006年5月,四川丹巴县城后山滑坡治理工程,属高陡边坡锚固抢险工程,跟管直径 146 mm,孔深 30 ~ 40 m,孔内多层位有漂砾。施工单位是四川地质勘察工程设计院。YG60 型钻机, YB50 型液压拔管机, SP146 跟管钻具, 4 台 DA110 型冲击器的寿命分别是 150、165、173、186 h。其报废形式是外壳及内缸磨损。该工程钻孔时,滑坡体仍处于活动期,经常发生卡钻。开孔时钻速达 12 m/h,随着孔深增加,钻速逐渐下降,成孔时钻速为 2 m/h。

6 结语

DA110 型冲击器经过样品试制、试验,不断改进,批量使用,结果证明其几何结构先进,冲击功大,排粉通畅,钻孔速度快。

应力波法已经应用于各类凿岩机械、风动冲击器性能参数的测试,测试范围广,精度高。

参考文献:

- [1] 武汉地质学院,等. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1980.
- [2] 编委会. 热处理手册[M]. 北京:机械工业出版社,1978.
- [3] 编委会. 金属机械性能[M]. 北京:机械工业出版社,1982.

致谢:本文在编写过程中还参考了长沙矿冶研究院甘海仁的《冲击器性能参数测试系统研究》和熊青山的《ZWG-95 型中风压潜孔锤的研制》等资料。特此致谢!

造价,应根据工程实际的消耗量来计算。工程施工阶段要及时做好设计变更、施工条件变化、工程外界因素影响等的记录和确认工作管理。在工程竣工结算阶段,要根据前期的记录并确认的与合同不一致的条款进行索赔。

参考文献:

- [1] GB 50500-2003, 建设工程工程量清单计价规范[S].
- [2] 建设部标准定额研究所. 建设工程工程量清单计价规范(GB 50500-2003)宣贯辅导材料[M]. 北京:中国计划出版社, 2003.
- [3] Andrew Baldwin, Ronald McCaffer, Sherif Oteifa. International Bid Preparation[M]. Geneva: International Labour Office, 1992.
- [4] [英]土木工程师学会. 工程施工合同与使用指南[M]. 方志达,等译. 北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [5] 蔡建章,张远林. 工程量清单与建筑工程合同价格[J]. 建筑经济,2002,(11).