

## YZX108 型液动潜孔锤的研制与试验

王跃伟<sup>1</sup>, 刘秀美<sup>1</sup>, 李得新<sup>2</sup>, 苏长寿<sup>1</sup>, 齐力强<sup>1</sup>, 杨泽英<sup>1</sup>, 首照兵<sup>2</sup>

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 四川省煤田地质局一三七队, 四川 达州 635006)

**摘要:**采用理论计算、三维模拟、室内调试和野外试验相结合的方法成功研制出了 YZX108 型液动锤, 完善了 YZX 液动锤的口径系列。通过室内调试确定了该液动锤的工作参数及特性。生产试验证实, 该液动锤具有结构简单、工作稳定、适应性广、冲击功大等诸多优点, 可在常规金刚石回转钻进困难的燧石灰岩等硬岩地层应用并取得较理想的效果。

**关键词:**液动冲击回转钻进; 液动潜孔锤; 岩心钻探

**中图分类号:** P634.5<sup>+6</sup> **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2017)08-0085-04

**Development and Test of YZX108 Hydraulic DTH Hammer/WANG Yue-wei<sup>1</sup>, LIU Xiu-mei<sup>1</sup>, LI De-xin<sup>2</sup>, SU Chang-shou<sup>1</sup>, QI Li-qiang<sup>1</sup>, YANG Ze-ying<sup>1</sup>, SHOU Zhao-bing<sup>2</sup>** (1. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 2. 137 Geological Team of Sichuan Coalfield Geology Bureau, Dazhou Sichuan 635006, China)

**Abstract:** YZX108 hydraulic hammer is successfully developed by theoretical calculation, 3D simulation and combination of experimental and field tests, the diameter specifications of YZX hydraulic hammer is perfected. Through the indoor debugging, the working parameters and the characteristics of the hydraulic hammer are determined. The production tests show that this hydraulic hammer has advantages of simple structure, stable working condition, good adaptability and large impact energy; with this hydraulic hammer, good effects can be achieved in hard rock formations such as cherty limestone, where it is hard for diamond rotary drilling.

**Key words:** hydraulic percussive rotary drilling; hydraulic DTH hammer; core drilling

### 0 引言

液动冲击回转钻进技术<sup>[1]</sup>始于 19 世纪末, 自问世起就得到各国科技工作者的重视, 至 20 世纪六七十年代, 包括美国、苏联、加拿大、匈牙利、日本、德国在内的很多发达国家都成功研制出了自己的液动潜孔锤钻具。20 世纪 90 年代以后, 弹簧等易损件寿命问题以及泥浆条件下极度恶劣的工作环境制约了液动冲击回转钻进技术的进一步发展, 许多国家的科技工作者纷纷停止了继续研究, 进而转向气动冲击回转钻进技术研究。目前欧美国家几乎只有瑞典仍然坚持这一技术的研究。

我国最早由地质部勘探技术研究所(现中国地质科学院勘探技术研究所, 以下简称勘探技术所)于 1958 年开始进行液动潜孔锤研究, 先后研制出了 YZ 正作用系列、YS 双作用系列、YQ 复合作用系列以及 SSC 绳索取心液动锤系列产品, 在小口径岩心钻探等领域取得了较好的使用效果。长春地质学院

(现吉林大学)与辽宁地矿局第九地质大队等单位合作研制出了一种独创的射流式液动潜孔锤, 该液动锤也在地勘行业应用较广, 并于 1982 年获得了科学技术奖。此外, 还有冶金部探矿技术研究所、华东地勘局 264 大队、河北省地矿局综合研究队、云南地质矿产局等多家单位均成功研制出了不同类型的液动锤钻具, 并得到了推广和应用。20 世纪 80 年代以后, 我国液动潜孔锤的研究进入鼎盛阶段。

1997 年勘探技术所开始进行 YZX127 型液动锤<sup>[2]</sup>的研究, 提出了一种新型的双喷嘴复合结构(该结构已获国家发明专利, 专利号: ZL02125436.2), 该液动锤在中国大陆科学钻探“科钻一井”中得到了成功应用, 并取得了突出的效果<sup>[3]</sup>。经过近 20 年的不断提高和完善, YZX 系列液动锤市场占有率大大提高, 部分省市地勘局还将其纳入政府采购集中供给下属单位推广应用。该技术已成为我国近年来钻探技术发展和应用的热点。

收稿日期: 2017-01-13; 修回日期: 2017-04-10

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“液动冲击回转钻探技术规程”(编号: 12120115054601)资助

作者简介: 王跃伟, 男, 汉族, 1985 年生, 地质工程专业, 硕士, 主要从事液动冲击回转钻探技术研究工作, 河北省廊坊市金光道 77 号, yourvie@126.com。

多年来课题组一直坚持完善 YZX 系列液动锤钻具的结构和细节,同时也有多家煤炭勘探研究和生产单位与课题组联系,寻求适合 122、133 mm 口径的液动锤钻具。汶川科钻 2 号孔五开取心钻进施工中,钻头直径为 122 mm,受地层破碎、岩心堵塞困扰,与课题组联系合适的液动锤钻具,由于无合适的匹配液动锤,不得不采用 YZX98 型液动锤。据此课题组开展了 YZX108 型液动锤钻具的研究工作,完善液动锤钻具口径系列化。该钻具研制成功后, YZX 系列液动锤可全面覆盖  $\varnothing 50 \sim 216$  mm 钻孔口径范围,满足地质、冶金、有色、煤炭等不同行业的取心和全面钻进需要。

## 1 设计思路

YZX108 型液动锤的研制是 YZX 系列液动锤系列化工作的重要一步,主要应用于煤炭、冶金、科学钻探及水文水井等领域,与小口径金刚石钻进高频低功的要求不同,需对该钻具的冲击功大小提出更高的要求。多领域适用的需要也要求其具有更宽更广的泵量适应性。

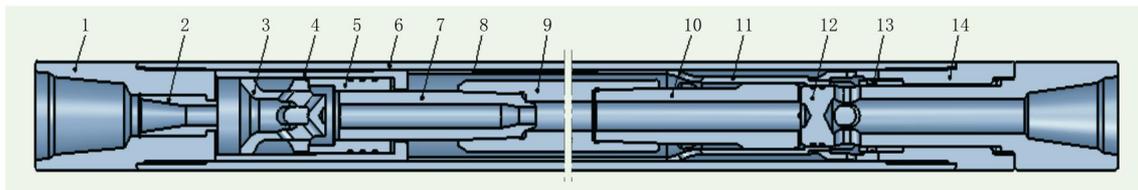
结合课题组前期研究成果,以取得发明专利的“双喷嘴复合阀式液动潜孔锤”(专利号: ZL02125436.2)的结构和设计思路为基础,考虑应

用领域对其特殊的要求,通过理论计算与试验相结合的方法确定 YZX108 型液动锤的结构和性能参数,通过生产试验检验并进一步完善钻具。

钻具研制初期,结合以往的研究基础进行了大量计算工作,对喷嘴和关键处的流速、上下活塞等关键部位的面积、冲锤质量、抬锤压力等进行了计算,同时秉承高冲击功、大泵量适应范围的设计理念,初步确定了 YZX108 型液动锤的主要结构参数:

钻具外径	108 mm
自由行程	10 ~ 15 mm
冲锤行程	40 ~ 50 mm
上喷嘴直径	19 mm
下喷嘴直径	17 mm
长度	1800 mm
钻具质量	100 kg
冲锤质量	27.8 kg

确定上述基本参数后采用 SolidWorks 软件建立 3D 模型,进行仿真分析,对各零件的配合及干涉情况进行检验,最终形成设计图纸,交付加工。由于上述参数均为理论计算结果,考虑到喷嘴修改的不可逆过程,在交付加工时上下喷嘴直径小于计算值,室内调试时视工作状态逐步扩大。YZX108 型液动锤结构示意图 1。



1—上接头;2—上喷嘴;3—上阀;4—上缸套;5—上活塞套;6—外管;7—上活塞;8—衬管;9—冲锤体;10—下活塞;11—下缸套;12—花键轴;13—卡瓦;14—花键套

图1 YZX108 型液动锤结构示意图

## 2 室内调试

### 2.1 试验条件

室内调试试验于勘探技术所冲击回转钻进试验室进行,该试验室始建于 1981 年,经过 30 多年的改进完善,成为国内进行冲击回转试验的最理想基地。试验室检测手段齐全,功能完备,实验人员经验丰富,能对各种冲击回转钻具如液动潜孔锤、气动潜孔锤、非开挖气动夯管锤等进行系统的调试及性能测试,同时还可进行岩样钻进及钻具实验,为勘探技术所多个重大科研项目顺利进行提供了强有力的保

障。同时还为国内多家液动潜孔锤进行性能调测试,并先后接待了 20 余个国外代表团访问考察。

本次试验用到 250、450、600 L/min 三种排量的泥浆泵,完全可满足设计 YZX108 型液动锤时对泵量提出的要求。

### 2.2 试验思路

调试中为了扩大泵量试验范围,采用两台泥浆泵配合使用,分别为 BW600/10 型和 DWB450 型泥浆泵。测试时通过液压缸加压将 YZX108 型液动锤固定于试验台架上,测试不同输入泵量、不同结构参数下液动锤的工作情况,并结合实际生产条件和需

要,最终得到可输出最佳性能参数下液动锤的结构参数。室内调试现场如图2所示,图中压力表指示泵压为最终确定的结构参数下、输入泵量为600 L/min时的工作泵压。



图2 YZX108型液动锤室内调试

## 2.3 试验方案

### 2.3.1 确定冲锤质量

根据理论计算的上下喷嘴直径、自由行程,测试不同冲锤质量时液动锤的启动和工作情况,并记录相应启动泵压。根据测试得出冲锤质量24.5 kg时液动锤工作性能较好。调节泵量范围,根据液动锤工作情况,泵量为450 L/min时液动锤各方面状态均较好,下一步试验采用这一泵量进行。

### 2.3.2 确定上下喷嘴直径

采用上步确定的冲锤质量和泵量,自由行程与上步试验相同,大范围改变上下喷嘴直径,测试不同喷嘴直径时液动锤的工作状态,记录相应的启动泵压和工作泵压并进行比对,最后确定合适的喷嘴直径。最终确定的上下喷嘴直径与理论计算相同,这也验证了设计的正确性。

### 2.3.3 确定泵量范围

采用之前确定的冲锤质量和上下喷嘴直径,自由行程与上步试验相同,从小到大慢慢调节输入泵量,密切关注液动锤的工作情况,记录相应的启动泵压和工作泵压,最后确定其泵量范围。最终确定的泵量范围为260~600 L/min。

### 2.3.4 确定自由行程范围

采用之前确定的冲锤质量和上下喷嘴直径,测试泵量为450 L/min,调节自由行程范围,密切关注液动锤的工作情况,记录相应的启动泵压和工作泵压,最后确定合适的自由行程范围。最终确定的自由行程为10~15 mm。

根据室内调试确定的YZX108型液动锤主要技术指标如下:

钻具外径	108 mm
钻头直径	122~136 mm
自由行程	10~15 mm
冲锤行程	40~50 mm
工作泵量	260~600 L/min
启动泵压	0.5 MPa
工作压降	0.8~3.0 MPa
冲击频率	10~25 Hz
冲击功	100~180 J
长度	1800 mm
钻具质量	96.5 kg
冲锤质量	24.5 kg

推荐冲洗液为清水、乳化液或低固相泥浆。

## 3 工作原理及特点

YZX108型液动锤延续了该系列液动锤的双喷嘴复合式结构,工作原理<sup>[4]</sup>也基本相同。下钻过程中钻头未至孔底,上阀、冲锤及花键轴在重力作用下皆处于下限位置,钻井液可直接排出,无法满足启动条件,实现了防空打,确保了孔内安全。钻头到达孔底后,花键轴上移并与下缸套接触封闭内部通道,冲锤下腔压力升高,建立起上下腔之间的压差,驱动冲锤上行。上阀在高速射流的卷吸作用下先于冲锤上行,当冲锤到达上限位置时,上阀与冲锤接触并密封,迅速关闭了中心通道,产生的水击作用推动上阀和冲锤一起下行。与此同时,下腔高压消失。上阀到达下限位后冲锤与上阀脱开,打开了中心通道,冲锤在重力和惯性作用下继续下行,并冲击花键轴。中心通道打开后下腔恢复高压,开始下一次冲击。

通过室内调试,归纳出YZX108型液动锤具有以下特点。

(1)结构简单,拆装方便。为了方便现场工作人员使用,在结构设计的时候取消了独立的传功结构,最大程度的简化了钻具结构,整套钻具只有13个零件。

(2)启动压力低,工作稳定性好。在最终确定结构参数后,YZX108型液动锤启动泵压只有0.5 MPa,室内试验中工作性能非常稳定。

(3)泵量适应范围宽。室内试验结果表明,YZX108型液动锤泵量适应范围为260~600 L/min。

Min,具有泥浆泵配备方便,适应不同工艺灵活的优点。

(4)输出冲击功大。在不提高启动泵压的同时提高冲锤质量,可提高液动锤的输出冲击功。YZX108型液动锤冲锤质量为24.5 kg,占整套钻具质量的25.4%,此时启动泵压为0.5 MPa。而YZX98型液动锤冲锤质量仅占整套钻具的20.8%,YZX130型液动锤冲锤质量则占整套钻具的21.9%。

(5)输出性能参数调节范围广。除了通过调节输入泵量调整输出性能参数外,还可通过调节自由行程和锤程来调节冲击功和冲击频率。

#### 4 生产试验

试验区位于重庆市开县,由四川省煤田地质局一三七队实施,试验孔简称万地1井,是一口页岩气调查孔,设计孔深1519 m。

该孔钻进至约170 m时地层发生变化,钻速急剧下降,机械钻速仅为0.25 m/h左右。提钻发现地层变为燧石灰岩,岩性致密且硅质含量高,可钻性8级以上,采用常规金刚石回转钻进困难,岩心照片见图3。因此,采用YZX108型液动锤配合 $\varnothing 122.5$  mm金刚石钻头进行冲击回转钻进。



图3 YZX108液动锤钻进获取的岩心

YZX108型液动锤于176.54 m下入孔内,至317.78 m换层,累计进尺141.24 m,钻进155个回次,平均回次进尺0.911 m,纯钻时间364.83 h,平均机械钻速0.387 m/h,岩心采取率96.64%。对比

在刚进入这一地层时采用常规金刚石回转钻进困难、机械钻速仅为0.25 m/h的情况,采用YZX108型液动锤钻进效率可提高50%左右。考虑到这段地层中局部岩性也有一定的变化,保守计算YZX108型液动锤在燧石灰岩等硬岩地层中钻进可提高钻进效率30%以上。

#### 5 结语

YZX108型液动锤具有结构简单、工作稳定、适应性广、冲击功大等诸多优点,可通过调节输入泵量和结构参数得到不同的冲击功和冲击频率,以适应不同地层的钻进需要。生产试验表明,该液动锤可在常规金刚石回转钻进困难的燧石灰岩等硬岩地层应用并取得较理想的效果。

YZX108型液动锤还将与勘探技术所研制的涡轮钻具组合成为三合一组合钻具,有望在正在实施的“松科二井”五开中得到应用。

#### 参考文献:

- [1] 王人杰,蒋荣庆,韩军智.液动冲击回转钻进技术[M].北京:地质出版社,1988.
- [2] 谢文卫,苏长寿,宋爱志.新型高冲击功液动潜孔锤的研究[J].探矿工程,1998,(6).
- [3] 谢文卫,苏长寿,孟义泉.YZX127型液动潜孔锤的研究及应用[J].探矿工程,2003,(S1).
- [4] 王跃伟,杨泽英,谢文卫,等.YZX130型液动锤研究及其在WFSD-4孔中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9).
- [5] 孙强,杨冬冬,彭视明,等.高能射流式液动锤在花岗岩中的钻进研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(8).
- [6] 杨红东,武国峰.高性能液动锤的试验与研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3).
- [7] 王跃伟,齐力强,李晨阳,等.球卡式绳索取心液动锤的试验研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(3).
- [8] 苏长寿,谢文卫,杨泽英,等.系列高效液动锤的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3).