

高性能液动锤的试验与研究

杨红东, 武国峰

(吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026)

摘要:高性能液动锤采用容积式双作用的工作原理,具有输出单次大冲击功和低泵压的工作特性。室内实验表明,高性能液动锤结构设计合理,其性能和技术指标达到了设计预期,既能输出较大的单次冲击功,同时还拥有较高的冲击频率和低泵压的工作特性;野外初步试验表明,高性能液动锤配合球齿钻头能够在坚硬地层中实现快速、高效的全面钻进。

关键词:高性能液动锤;低压高能;单次冲击功;全面钻进

中图分类号:P634.5⁺6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)03-0037-07

Tests and Research on High-performance Hydro-hammer/YANG Hong-dong, WU Guo-feng (College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China)

Abstract: High-performance hydro-hammer adopts the working principle of volumetric double effect; it has the characteristics of single high impact energy and low pump pressure. Laboratory experiments have showed that the structure design of high-performance hydro-hammer is reasonable and the performance and technical indicators have reached the design expectations. The hammer can output single high impact energy and has the characteristics of high impact frequency and low pump pressure also. The field tests have showed that rapid and efficient full face drilling in hard rocks can be realized by the combination of high-performance hydro-hammer and spherical crown button bits.

Key words: high-performance hydro-hammer; low pump pressure and high energy; single impact energy; full face drilling

1 冲击回转钻进技术现状

冲击回转钻进可以提高硬岩钻进效率,采用气动潜孔锤钻凿水井可以到达每小时 20~30 m 的钻进速度,在我国的矿山开采,水井钻凿和石油钻井等领域得到广泛应用。但使用气动潜孔锤技术存在着噪声及环境污染的问题,气动潜孔锤工作时,能量转换率较低、消耗较高,需要配备大功率的空气压缩机,运营成本昂贵。

液动冲击回转钻进工艺作为我国钻探技术的一大特色,一直为我国的地质勘探事业的发展发挥着重要的作用,并随着绳索取心金刚石钻进工艺的发展,绳索取心液动冲击钻进技术日臻完善及广泛的应用,提升了我国地质岩心钻探技术的总体水平。

液动潜孔锤与气动潜孔锤同属于冲击钻具,但对于同样规格的两种潜孔锤在性能上的差别是显著的,就单次冲击功而言,液动锤的冲击功远远小于气动潜孔锤,这也决定了液动冲击回转钻进是一种以回转切削碎岩为主、冲击碎岩为辅的钻进工艺。由

于液动锤的单次冲击功有限,液动冲击回转钻进硬岩时不能具有像气动潜孔锤那样获得高效的钻进效果,这就限制了液动锤的应用领域和范围。

为此国内一些相关高校和研究单位都进行了一系列高性能液动锤的研究。吉林大学早在 20 世纪 90 年代,基于射流液动锤的原理,尝试通过提高冲锤行程的办法来提高液动锤单次冲击功,但试验结果表明:单次冲击功提高有限,而冲击频率显著下降,无法达到同规格气动潜孔锤的技术指标。中国地质科学院勘探技术研究所研制的容积式 YZX 系列液动锤,在室内使用球齿钻头钻进可钻性 7.5 级花岗岩,实现了液动锤的全面钻进,但实际全面钻进的效果还暂不能达到气动潜孔锤的钻进效率。昆明国经岩土钻掘技术研究所最新研究的带有弹簧的高性能液动锤利用大刚度的弹簧积蓄了冲锤回程时产生的水击能量,在冲程阶段将其施加在冲锤上,使得液动锤的单次冲击功显著的提高,但这种液动锤在原理上属于反作用液动锤,锤簧和阀簧都是易损件,

收稿日期:2014-08-27; 修回日期:2015-01-07

作者简介:杨红东,男,汉族,1964 年生,副教授,从事测试技术、工程机械、汽车零部件设计等技术研究及钻探设备等教学工作,吉林省长春市西民主大街 938 号,mllyhd@163.com;武国峰,男,汉族,1989 年生,硕士研究生在读,从事液动冲击器和气动冲击矛的结构设计、实验与研究,234045001@qq.com。

使其使用寿命受到制约。

国外高性能液动冲击技术研究比较成熟,具有代表性的是由瑞典 LKAB(卢基)公司研发的 Wassara(瓦萨拉)水压潜孔锤,早在 1990 年进行试验并投入使用,至今已经有几百万米的工作量,其直径为 101.6 mm,工作水压为 18 MPa,泵量为 225 ~ 235 L/min,冲洗介质水的过滤精度为 50 μm ,冲击频率为 60 Hz,冲击功为 400 J。在钻机回转速度为 0 ~ 90 r/min 范围内,平均钻进速度为 850 mm/min,是普通气动潜孔锤钻进速度的 2 ~ 3 倍。

Wassara 水压潜孔锤在国外被广泛应用,尤其是在冶金矿山领域,但国内使用者寥寥无几。笔者认为,18 MPa 左右的高压水泵不属于常规设备,施工单位需额外购置,而且在高压的环境下生产作业存在安全隐患;水的过滤精度为 50 μm ,这对冲洗液的固相颗粒含量要求很高,必须添加泥浆固控设备来满足冲洗液的要求;另外,水压潜孔锤价格昂贵,是国内气动潜孔锤价格的几倍甚至几十倍,这也是目前 Wassara 潜孔锤在国内没有占据市场的一个主要原因。

2 设计目标

综合国内外液动锤的研究现状以及气动潜孔锤技术存在的问题,结合我国钻探设备的技术现状,我们进行了高性能液动锤的研究工作,制定了如下设计目标。

(1) 低压高能。以液动锤工作压力能够在现行常规水泵安全压力下正常运行为原则,设计锤最高工作压力 ≥ 6 MPa,单次冲击功能达到同规格的中低气动潜孔锤冲击功幅值。钻具外径 75 mm 的液动锤,在工作流量为 90 ~ 150 L/min 时,设计单次冲击功为 65 ~ 150 J。

这就要求在液动锤的主通道上避免出现节流装置,并采取一定的技术措施提高液动锤的液固耦合能力。液动锤应依据容积式双作用的工作原理,压力损失小,容积效率高,具有较高的能量转换率。

(2) 高频高效。冲击频率也是液动锤的重要技术参数,是实现高效快速钻进必要指标,在以往的高性能液动锤的研究中,往往忽略了这项技术参数,一些高性能液动锤冲击频率过低,甚至低至 5 Hz 以下,这种低频的液动锤很难匹配合适的钻进规程,难以实现气动潜孔锤那样的高效快速的钻进效果。我

们预期设计的高性能液动锤的冲击频率 > 12 Hz,这样可以匹配不超过 100 r/min 的转速下,实现高效的液动冲击回转钻进。

液动冲击器要想获得适当的高频不应该通过缩短冲锤行程的方法来实现,应该从提高冲锤运动速度,从提高液动锤工作时的容积效率等方面着手。

(3) 结构和材料满足高性能液动锤的要求。高性能液动锤由于单次冲击功的提高,在冲锤和冲击砧上产生的应力幅值大幅度的提高,冲锤的截面及其形状的设计应确保其工作的安全有效性、有利于冲击功的有效传递。冲锤采用整体设计结构,加工毛坯选用锻造毛坯,采用渗碳材料,采取技术措施防止冲锤回程撞击冲击配流阀或者其他结构。

(4) 能确保在无固相和低固相冲洗液下,高性能液动锤正常运转。工作现场无需配备固控净化设备,有利于降低成本,提高其使用的适应性。液动锤具备自清洗能力,无需反复拆卸,便于使用。

3 高性能液动锤的工作原理(参见图 1)

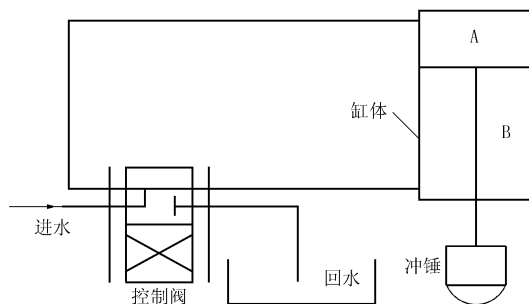


图 1 液动锤工作原理示意图

控制阀阀芯在下位,冲锤处于下止点,进水通前腔 B,回水通后腔 A,冲锤在 B 腔高压水的作用下,向上抬锤;控制阀阀芯在上位,进水同时进后腔 A 和前腔 B,构成差动形式,可使冲锤快速地向下滑击,当冲锤冲击到砧子时,完成一次周期性运动,随后进入下一个周期,实现上下往复冲击运动。

冲锤的往复冲击运动是依靠控制阀切换水路来完成的(控制阀相当于一个二位四通滑阀,换向控制通过水路切换来实现)。控制阀位于冲锤锤体的中间部位,可随冲锤一起上下运动,在运动中完成阀位的切换,并通过阀两端的压差来限制阀位。

4 室内实验

4.1 室内实验的目的

实验以高性能液动锤为对象,通过对结构参数的调整,使液动锤在设计流量为 90 ~ 150 L/min 的条件下拥有稳定的工作状态,并输出具有高能量碎岩效果的大冲击功特性;保证冲击频率没有大幅度的下降,而又降低液动冲击器工作时的泵压。最终,得出最优的匹配参数来实现具有大冲击功、低压特性的液动锤的设计目标,为野外试验提供合理的数据。

4.2 实验内容

- (1) 液动锤所采用结构和原理的可行性以及启动性实验。即用小流量来驱动液动锤工作,观察液动锤是否正常工作,冲击是否平稳。
- (2) 阀程对液动锤工作压力和频率的影响。
- (3) 分流孔直径对液动锤工作压力和频率的影响。
- (4) 不同流量和冲锤行程对液动冲击器工作压力和频率的影响实验。

4.3 实验装置

实验装置由实验台、液动锤、泥浆泵、水箱、摄像机等组成。实验装置现场布置如图 2 所示。

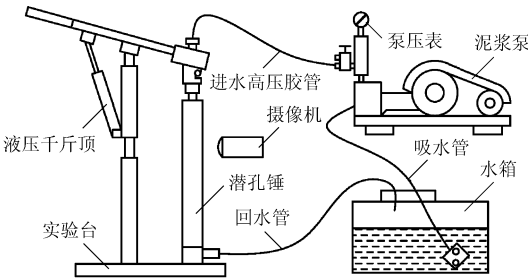


图 2 实验布置简图

实验台:实验台架采用油压千斤顶对液动锤加压固定,进水管线通过上接头与液动锤相连,回水管线与台架底座的回水接头连接。考虑到液动锤拆卸方便,回水接头与液动锤的连接为插接方式,由于上接头连有较长的胶管,常规的连接不便于拆卸,设计时将上接头与液动锤连接采用了带有活节的螺纹连接形式。液动锤与胶管连接后,经移位、到位扶正后直接插入回水接头,上接头焊接有两个吊装定位柱,将连接好上接头的液动锤,靠入台架的压头内(如果液动锤质量过重,可使用吊装设备,通过吊装定位柱将液动锤吊起,并靠入台架的压头内),通过吊装定位柱和压头侧面板上的滑槽来实现定位,然后使用千斤顶,由台架的压头将液动锤压紧固定,便可进

行实验。实验完毕后,千斤顶泄压,台架压头松开,下压操纵杆,通过上接头的吊装定位柱,可将液动锤从台架上吊起,左右转动操纵杆,液动锤被移离台架。该台架操作方便、简单、快速,采用封闭的管线形成冲洗液循环,无需在地面开挖水槽和泥浆池,便于室内实验。

高性能液动锤:两套钻具外径 75 mm,为了便于实验和分析,两套高性能液动锤冲锤质量、阀程和冲锤行程都不相同,并可方便的进行调节和互换。冲锤质量分别为 6 和 8 kg,阀程分别为 12 和 18 mm,冲锤行程调节范围为 20 ~ 55 mm。配备 3 种不同分流直径的堵塞。

泥浆泵: BW - 250/50 往复泥浆泵,流量分 4 个挡位: 52、90、145、250 L/min。

泵压表:为泥浆泵配套设备,量程为 16 MPa。

摄像机:奥林巴斯高清数码摄像机,用于录制视频和测试冲击频率。

4.4 实验结果及分析

4.4.1 结构原理的可行性和启动性实验(表 1)

表 1 结构原理可行性和启动性实验数据						
阀程/ mm	冲锤质 量/kg	分流孔直 径/mm	冲锤行 程/mm	流量/(L· min ⁻¹)	泵压/ MPa	频率/ Hz
12	6	1.5	20	52	1.1	16.0
12	6	1.5	20	90	2.8	21.5

从表 1 可以看出,液动锤可以在流量为 52 L/min 条件下启动工作,冲击频率为 16 Hz,并且长期维持稳定的工作状态,这可以说明所采用的结构原理是可行的,同时反映出该结构具有较高的能量利用率。

4.4.2 阀程对液动锤工作压力和频率的影响实验(表 2)

表 2 阀程对液动锤性能影响的实验数据						
阀程/ mm	冲锤质 量/kg	分流孔直 径/mm	冲锤行 程/mm	流量/(L· min ⁻¹)	泵压/ MPa	频率/ Hz
12	8	2.5	45	90	2.4	12.0
12	8	2.5	45	145	6.0	16.5
12	8	2.5	55	90	1.8	11.0
12	8	2.5	55	145	5.0	14.0
18	8	2.5	45	90	1.8	12.0
18	8	2.5	45	145	5.5	16.7
18	8	2.5	55	90	1.5	11.0
18	8	2.5	55	145	4.5	14.0

从表 2 可以看出,随阀程的增加泵压逐渐下降,

但下降幅度不大;频率基本没有变化。

分析认为,增加阀程是增加冲锤在运动过程中切换的距离,同时也增加切换作用的时间,会使更多的流量在此期间通过阀和冲锤的过流面流走,起到了泄压的作用,进而使泵压降低。综合考虑,选定阀程为 18 mm 做为以后的试验阀程参数。

4.4.3 分流孔直径对液动锤工作压力和频率的影响实验(表 3)

表 3 分流孔直径对液动锤性能影响的实验数据						
阀程/ mm	冲锤质 量/kg	分流孔直 径/mm	冲锤行 程/mm	流量/(L· min ⁻¹)	泵压/ MPa	频率/ Hz
18	8	0.0	45	90	2.6	13.0
18	8	0.0	45	145	7.0	19.5
18	8	0.0	55	90	2.4	11.5
18	8	0.0	55	145	6.0	17.0
18	8	2.5	45	90	1.8	12.0
18	8	2.5	45	145	5.5	16.7
18	8	2.5	55	90	1.5	11.0
18	8	2.5	55	145	4.5	14.0

从表 3 可以看出,随分流孔直径的增加,泵压有明显下降,尤其是在流量为 145 L/min 的情况下,降压效果明显;频率也逐渐下降,下降幅度最大在 3 Hz 左右。

分析认为,根据此液动锤的结构和原理来分析,增设分流孔可以在冲锤回程时让小部分流量从分流孔直接下泄到砧子底部,进入回水管。但在冲锤向下冲击时,分流孔又将被堵住,几乎全部的流量都会在冲锤上端产生水击作用来推动冲锤向下运动,这一阶段的压力基本没有改变。泄掉的部分流量损失了一定压力,减小了回程时向上抬锤的升力,从而增加了向上运动的时间,而向下冲击运动的时间基本没有改变,最终体现为一个周期运动中的频率和泵压都减小。虽然冲击频率略微降低,但下降幅度不大,建议可以采用分流孔直径为 2.5 mm 来降低泵压,实现低压的工作特性,达到设计的预期值。

4.4.4 不同流量和冲锤行程对液动锤工作压力和频率的影响实验

实验设定条件:冲锤质量为 8 kg、阀程为 18 mm、分流孔直径为 2.5 mm。实验结果见图 3。

从图 3 可以看出,在相同行程下,频率和泵压随流量的增加而升高;在相同流量下,增加行程会降低频率和泵压。这种特性符合传统液动锤的工作特性,在实际的工程中,可以通过增加流量来提高频率

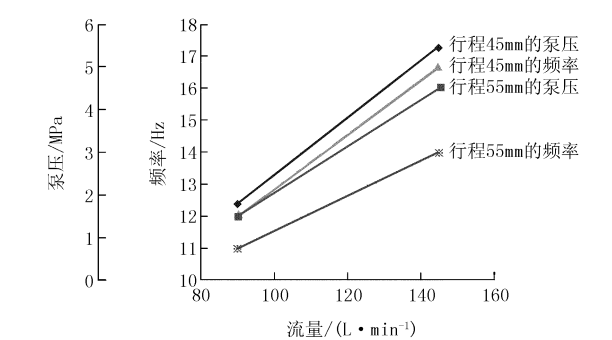


图 3 流量和冲锤行程对液动锤性能的影响

和冲击功。从实验中我们还看到高性能液动锤能够在名义冲锤行程 55 mm(实际的可能超过 60 mm)的冲锤行程下,工作泵量 145 L/min,能输出 14 Hz 的频率,这在传统液动锤中是无法实现的,这也说明高性能液动锤的高效性,冲锤在冲程末端具有较高冲击末速度,能够实现单次大冲击功的输出特性。

4.4.5 小结

通过室内实验得出液动锤最佳匹配结构参数:冲锤质量为 8 kg,阀程为 18 mm、分流孔直径为 2.5 mm,行程 55 mm。工作流量 120 ~ 150 L/min,工作压力 4 ~ 6 MPa

5 野外实钻试验

野外试验的目的主要是验证高性能液动锤在钻进硬岩地层时,能否实现全面钻进,从而对所设计的高性能液动锤有着更全面、客观准确的认识,发现在实际使用中可能存在的问题。

试验地点位于辽宁省大连市青堆子镇,矿区属于千山山脉南延部分,为低山丘陵地带,蕴藏金矿。对于该矿区矿层以上的岩层,地质没有提出采取岩心的要求,矿层上部多数都是坚硬地层,钻进效率很低,这为高性能液动锤全面碎岩钻进试验创造了良好条件。

试验设备为阿特拉斯 CS10 型全液压岩心钻机,BW-400 型泥浆泵。

钻进规程如下:转速 40 ~ 60 r/min,钻压 7 ~ 8 kN,流量 100 ~ 130 L/min,泵压 < 6 MPa,Ø85 mm 高性能液动锤配全面球齿钻头(见图 4),清水冲洗液。

试验孔在采用常规金刚石绳索索取心钻进至孔深 20 m 时,遇到坚硬、致密的石英地层,金刚石钻头出现打滑现象,钻进效率低,下入高性能液动锤后,钻进



图4 高性能液动液动锤及其球齿钻头

效率显著的提高,钻进时效为4 m左右,岩屑颜色为白色、形状呈片状上返到孔口(见图5箭头处)。



图5 钻进时上返的白色片状石英岩屑

穿过1 m左右厚的石英地层后,进入到7~8级花岗岩地层,换层后钻进效率显著的提高,时效高达20 m左右,岩屑呈以晶粒大小颗粒状上返到孔口(见图6)。越过花岗岩地层后,冲洗液变为红褐色,冲击钻进的效率与钻凿花岗岩地层时的效率相比又有显著的提高,笔者以为可能是打到了土层,建议提钻、下绳索钻具,进行取心钻进。但通过取出的岩心证实地层依然是含有石英成分的坚硬岩层。



图6 钻进时上返的花岗岩颗粒

由于钻凿花岗岩地层时进尺较快,曾认为钻凿的花岗岩地层是风化的花岗岩,但被机长否定,笔者也看到了该矿区相邻钻孔钻取的岩心柱,是完整、致密的中细粒花岗岩。这次野外试验,虽然实际钻进

工作量有限,钻凿花岗岩的进尺也不到5 m。但笔者认为,只要能够钻凿硬岩有一尺深的进尺,就能够证明液动锤能否具备快速钻凿硬岩的能力。上述野外的试验数据说明了高性能液动锤能够实现高效的全面钻进,液动锤单次冲击功达到了设计预期。但通过试验也暴露了该套高性能液动锤存在的不足与缺陷。

由于高性能液动锤工作时的工作压力高于普通液动锤的工作压力,液动锤工作时的反弹力显著增加,在室内实验时,千斤顶无法将液动锤压紧,后将砧子和花键套的滑动连接变为螺纹连接才解决了液动锤的固定问题。在野外试验时,为了了解实际反弹力的大小情况,在孔口进行了液动锤的地表试验,当水泵流量调节到115 L/min时,水泵压力为5.5 MPa,钻压达到6 kN便能将钻头压靠,液动锤启动后工作正常。

实钻时按上述的流量和钻压钻进,取得了如上所述快速钻凿硬岩的效果,但冲击频率与地表试验时液动锤的工作频率相比明显的降低。笔者当时认为频率降低是钻压无法克服反弹力造成的,但将钻压加至15 kN时,工作频率没有明显变化,问题依然存在。

在接下来的孔内实钻时,拟通过提高流量的办法来提高冲击频率,将液动锤的工作流量提升至150 L/min时,液动锤的工作出现了异常,不再持续的工作,而水泵的压力则降低为4.5 MPa,这时,无论如何调整和加大钻压(<20 kN),液动锤都无法持续的工作。针对这个状况,现场分析认为可能与钻具的环状间隙过大有关,钻杆在孔内加压时出现偏斜,导致加压时无法将液动锤和钻头间压靠在一起造成的。提钻后,在液动锤的变径接手上焊接了导正筋,但钻进时问题依旧,继续增加流量,当流量调整至200 L/min时,水泵压力降低为2.5 MPa,出现了随着水泵工作流量的增加,水泵压力降低的情况,在现场难以解释。最后终止了这次试验。

经过分析认为,液动锤孔内工作频率降低以及增大流量后液动锤出现不连续的工作情况,都与液动锤工作时的反弹力有关,液动锤在孔内工作时产生的反弹力源于产生的水击压力,反弹力作用在钻头和液动锤之间,当反弹力大于某一定值时,钻头与液动锤之间分离,当该反弹力大于钻压时,能导致动力头反向运动,当反弹力小于钻压时,由于钻杆环状

间隙较大,钻杆在反弹力作用下,会产生弹性变形,弯曲倾斜的靠在钻孔的一侧,当钻杆较长时,就会由于钻杆的弯曲倾斜,积累出一定的间距并体现在钻头和液动锤之间,钻头和液动锤之间的距离加大就意味着冲锤行程加大,继续加大这个距离液动锤将停止工作。随着冲锤行程的加大,液动锤的工作频率自然就降低。当水泵流量提高至 150 L/min 时,孔内水击压力、反弹力也会随之增大,弯曲的钻杆倾斜的程度也会增加,钻头和液动锤之间的距离也随之增加直至液动锤停止工作,出现了野外现场液动锤无法持续工作的状况。在这种状态下,进入液动锤的一部分高压水直接通过钻头处泄漏,水泵的压力自然就会有一定的降低,当水泵流量继续增加时,泄漏量也将会增加,水泵的压力就会进一步的降低。虽然在野外采取了一些补救措施用于扶正钻具,但无法扶正刚度更低的绳索钻杆。特别是随着钻孔深度的增加,钻杆由弹性弯曲积累产生的间距也会随之增加,会导致液动锤在使用较小流量的情况下,也会出现液动锤无法持续工作的状况。

所以我们认为高性能液动锤能否真正地应用到实际的工程中,不仅仅是冲击功大小,冲击频率的提升问题,还与液动锤的使用寿命、液动锤对冲洗液的适应性、相应的操作规程、使用条件及配套设施等有关,而这些相关的液动锤野外试验,必须有充分的钻进工作量,才能更合理、更全面、更科学的评价高性能液动锤的技术水平和实用价值。

6 试验过程中出现的问题

(1) 冲击功无法准确测定。由于实验条件限制,无法在实验阶段通过测试装置测试出液动锤工作时的单次冲击功。

(2) 室内实验时冲击震动过大,实验台难以固定,循环水路各联接螺纹处频繁松动,实验台的零部件尤其是焊接件损耗严重。当冲锤质量为 6 kg 、行程为 25 mm 、流量为 90 L/min 时,需要 2 块 100 kg 的石头压住实验台,才能保证试验台相对稳定。如图 7 分别为冲击实验台架上部的压紧结构(焊接组件,经常开焊),回水管螺纹连接处(经常松动)和实验台架。

(3) 液动锤的部分零件加工后未能达到设计要求,在实验过程中需要不断配合调试和修改,影响了正常的实验进度。



图 7 实验现场

(4) 实验所使用的水泵有 4 个挡位,分别为 52 、 90 、 145 、 250 L/min ,而此套液动锤的设计工作流量范围为 $90 \sim 150\text{ L/min}$,而水泵流量仅有 2 个挡位与之相匹配,采集的实验数据相对较少,不够充分。

(5) 液动锤外管承受着压、弯、扭等力与力矩的作用,受力属于复杂应力状态,同时又与冲锤等相关零件精密配合,稍有变形,便影响液动锤的装配,甚至影响液动锤的正常工作,在野外试验中由于存在着不规范的液动锤装卸情况,造成了液动锤外管形变,致使现场后续的液动锤装配困难,在今后的设计中应选择力学性能更好的外管材料。

(6) 在野外试验中,由于该套液动锤存在较大的反弹力,特别是随着钻孔的加深,钻杆的刚性降低,液动锤启动工作后,反弹力不断积累,导致液动锤无法压靠在砧子上,致使液动锤工作时的冲击频率明显降低,流量 $> 150\text{ L/min}$ 时,液动锤不能持续的工作。

(7) 钻具级配有待于进一步的优化。液动锤配备的钻头外径为 85 mm ,孔口下放的套管需选用 $\varnothing 108\text{ mm}$ 规格,造成套管处存在相对较大的环状空间,不利于冲击破碎的大颗粒岩屑的上返,钻杆在液动锤工作的反弹力作用下易产生较大弹性变形,弯曲斜靠在孔壁上。

(8) 液动锤上端的变径接头(45 钢,调质处理)在液动锤的反弹力和钻压的共同作用下,发生明显的变形,接头中间部分被明显“墩粗”。在今后接头钢材选用上,应选择优质的钻杆专用接头料。

7 结论与展望

7.1 结论

(1) 基于完全容积式工作原理的高性能液动

锤,通过采用提高液固耦合能力的技术措施,使液动锤在较大行程的工作状态下,依然能够保持输出较高的冲击频率。

(2)液动锤在工作流量保持不变时,可以分别通过增加冲锤行程、阀程和分流孔大小3种技术措施来有效地降低水泵的工作压力,其中增加分流孔直径是降低泵压最为有效的技术措施。

(3)通过试验表明高性能液动锤可以实现单次大冲击的能量输出和低泵压的工作特性。当冲锤名义行程为55 mm时,水泵流量为100~130 L/min时,液动锤配合球齿钻头,能够进行快速、高效的全面碎岩钻进,同时水泵工作压力能够控制在安全压力范围以内。

7.2 展望

该套高性能液动锤的研制成功对液动锤在全面碎岩领域的拓展使用有着深远的意义,高性能液动锤的低压工作特性能够更好地符合我国岩土钻凿的技术现状,有利于与施工单位现有的设备进行匹配,与气动潜孔锤钻进相比更有利于满足深孔钻进的要求。

该套液动锤在孔内工作时,存在着较大的反弹力,影响液动锤的正常工作,操作难度大,也不利于液动锤在小型钻机上使用。

今后将针对试验中存在的问题,开展下一轮的

高性能液动锤改进设计,降低液动锤工作时的反弹力;继续采取一些提高液固耦合能力的技术措施,提高能量转换率,进一步降低液动锤工作压力;继续进行液动锤的野外实际钻进试验,深入了解在钻进不同地层时的碎岩效率和各个零部件的使用寿命,制定出合理的高性能液动锤的操作规程,结合试验数据,优化结构参数。拓展液动锤的应用领域,推广液动冲击回转钻进应用于冶金矿山、大口径水文水井和石油深部钻井等全面钻进领域中。

参考文献:

- [1] 杨红东,郑传峰,计胜利,等. 水压式凿岩破碎冲击器的研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):74-77.
- [2] 菅志军,殷琨,蒋荣庆. 增大液动射流式冲击器单次冲击功的试验研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2000,30(3):303-306.
- [3] 赵洪激,董家梅. 阀式反作用液动冲击器参数计算及性能分析[J]. 中国海上油气(工程),1995,7(3):21-26.
- [4] 杨红东,赵宪富,迟玉亮,等. 一种新型节能气动潜孔锤的初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6):24-27.
- [5] 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)
- [6] 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):31-32.
- [7] 王建华,苏长寿,左新明. 深孔液动潜孔锤钻进技术研究与应[J]. 勘察科学技术,2011,(6):59-64.
- [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):27-31.