

钻压水动力增效装置试验研究

汤凤林¹, 段隆臣¹, Ю. Д. Бессонов², 吴翔¹, 窦斌¹, 宁伏龙¹

(1. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北武汉 430074; 2. 乌克兰国立矿业大学地质勘探系, 乌克兰 德聂泊彼得洛夫斯克 49027)

摘要:在复杂地质条件下进行钻探或处理事故时,常有需要增加钻压的情况。而所选钻机其所能产生的轴向压力是一定的。因此,在钻机选定后如何增加钻压的问题是个非常重要的问题,有时是一个非常急迫的问题。乌克兰国立矿业大学的专家们利用水力动力学原理研制出了一种新型钻压水动力增效装置,可以解决上述问题,值得借鉴。介绍了这种钻压水动力增效装置(ГҮОН)的工作原理及其技术性能指标,并通过试验结果与理论计算结果进行了对比。

关键词:钻压;水力动力学;增效装置;试验研究

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)06-0076-04

Experimental Research on Hydrodynamic Amplifier of Drilling Pressure/TANG Feng-lin¹, DUAN Long-chen¹, Y. D. Bessonov², WU Xiang¹, DOU Bin¹, NING Fu-long¹ (1. Faculty of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074; 2. Faculty of Geology and Prospecting, Ukrainian National Mining University, Dnepropetrovsk 49027, Ukraine)

Abstract: In drilling engineering practice, sometimes it is necessary to increase drilling pressure for solving the problems of drilling in complicated conditions and treating accidents. One selected drilling machine only gives a constant feed pressure, but the specialists of Ukrainian National Mining University have developed a new hydrodynamic amplifier of drilling pressure based on the principles of hydrodynamics, which can solve the drilling difficulties in complicated conditions. The paper introduced the working principle of hydrodynamic amplifier(ГҮОН)and the technical performance index, the comparison was made between the testing results and theoretical calculation.

Key words: drilling pressure; hydrodynamics; amplifier; experimental research

1 概述

在钻探工程中,在复杂地质岩石条件下进行钻探或处理事故时,常有需要增加钻压的情况,而所选钻机其所能产生的轴向压力是一定的。因此,在钻机选定后如何增加钻压的问题是个非常重要的问题,而有时是一个非常紧迫的问题。

在流体力学中,流体动力学是研究描写流体运动,即描写表达流体流动参数,诸如流体质点的位移、速度、加速度、密度、压强、动量、动能等在各个不同空间位置上随时间连续变化的规律。在钻探工程中,水力动力学主要研究冲洗液流动参数在各个不同空间位置上随时间连续变化的规律。

乌克兰国立矿业大学钻探教研室的专家们利用水力动力学原理研制成功了一种钻压水动力增效装置(ГҮОН)。这是用于向钻头上产生附加压力的一

种新型技术装置,取得了乌克兰专利,专利号为 UA №37966C2。ГҮОН系直接安装在钻头或岩心管上面的液动潜入式技术装置。工业试验表明,这种装置工作性能良好,无须对钻机进行改造就可用于钻探工作上,并取得了很好的钻压增效效果。

2 ГҮОН工作原理及其技术性能指标

ГҮОН试验装置是一管状物体,内有水力冲击波发生器,冲击波通过刚性限制装置(反射器)以一定频率作用到钻头上。ГҮОН的工作原理是利用了在内径尺寸大小不均匀的钻柱(钻杆)中产生水力冲击,并在长1.5~2.0m的工作腔内多次产生冲击波反射的这种现象。水力冲击波的多次反射,增加了对钻头产生水力冲击作用的幅值。

ГҮОН试验样机结构见图1。ГҮОН的工作原

收稿日期:2011-02-11

基金项目:世界著名学者来鄂讲学项目

作者简介:汤凤林(1933-),男(汉族),辽宁义县人,中国地质大学(武汉)教授、博士生导师,国际矿产资源科学院院士,俄罗斯工程院院士,俄罗斯自然科学院院士,探矿工程专业,从事探矿工程方面的教学和研究工作,湖北省武汉市鲁磨路388号,fltang@cug.edu.cn;段隆臣(1967-),男(汉族),江西都昌人,中国地质大学(武汉)工程学院勘基系主任、教授、博士生导师,探矿工程专业,从事探矿工程和金刚石制品方面的教学和研究工作,duanlongchen@163.com。

理为:用钻杆将其下入孔内,在到达孔底前,供给冲洗液,由于有花键连接结合件的存在,所以阀在弹簧的作用下,相对花键连接结合件壳体向上少许提起,于是在阀的下端和阀套之间形成间隙,冲洗液通过此间隙顺利到达孔底。钻头下到孔底时,花键套与阀一起向下移动,阀的下端关闭阀套中的孔眼,在工作腔中产生水力冲击,这种冲击以直达波的形式沿着冲洗液向上运动。从钻杆中反射回来的反射波增加了直达波的幅度。此时,水力动力波开始对阀施加作用,使阀向下移动。沿着工作腔移动的水力冲击波,由于有反射波的作用,继续增加幅度,直到阀顶到花键套为止。阀套由于惯性原因继续向下移动,压缩其弹簧。在阀和阀套之间形成间隙,冲洗液进入此间隙。工作腔中的压力急剧下降。阀在弹簧的作用下向上移动到原来位置。阀套由于惯性开始

向下移动,压缩其弹簧,然后在压缩弹簧的作用下向上移动,直到与阀接触。冲洗液流关闭,产生新的水力冲击,振动循环如此继续。

ГҮОН 技术性能计算指标见表 1。

表 1 钻压水动力增效装置 ГҮОН-89 技术性能指标

指 标	ГҮОН-89
增效装置直径/mm	89
冲洗液量/(L·min ⁻¹)	240~360
水动力钻压增效数值/kN	10~15.2
压力降/MPa	0.62~0.96
水功率/kW	2.5~5.76
每分钟动力负载次数	960~1440
效率/%	82~80
工作腔长度/mm	1000
钻杆直径/mm	50
装置长度/mm	1360
装置质量/kg	37

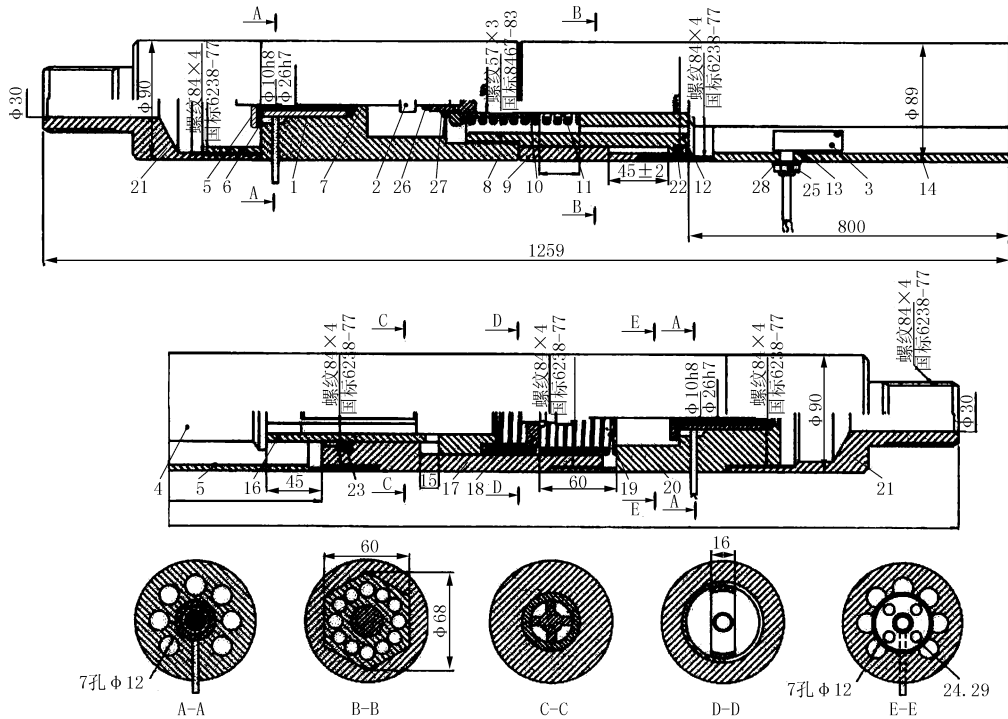


图 1 钻压水动力增效装置(ГҮОН)试验样机

1—速度传感器;2—连接接头;3—压力传感器;4—阀;5,7—推力垫圈;6—垫片;8—速度传感器上支架;9—花键壳体;10—调节螺母;11—阀的弹簧;12—花键套;13—密封圈;14—花键壳体;15—工作腔;16—阀套;17—下部连接接头;18—连接件;19—阀套弹簧;20—速度传感器下支座;21—上(下)接头;22,23—密封圈;25,26,27—止动螺母

3 ГҮОН 试验结果、理论计算结果及其对比

试验工作是在乌克兰国立矿业大学探矿工程教研室钻探试验台上进行的(见图 2)。钻机型号为 ЗИФ-650МЭ,水泵为 НБ-32,均为无级变速驱动,因此,钻压水动力增效装置可以在性能参数广泛范围内进行试验。

冲洗液通过刚性供液管路阀门、压力表、空气缓

冲器、水龙头进入试验装置。供水管路由直径 63.5 mm 钻杆组成,总长度为 15 m。在试验装置上面安装了直径 50 mm、长 3 m 的钻杆。利用这种供水管路,可以记录阀的工作行程长度 $t_p = 0.032$ s,不会产生畸变,即水力冲击波不受空气缓冲器反射的影响。

钻机可使管路刚性部分稳定,可以利用钻机来开关 ГҮОН。在水动力转换器上安装了速度传感器

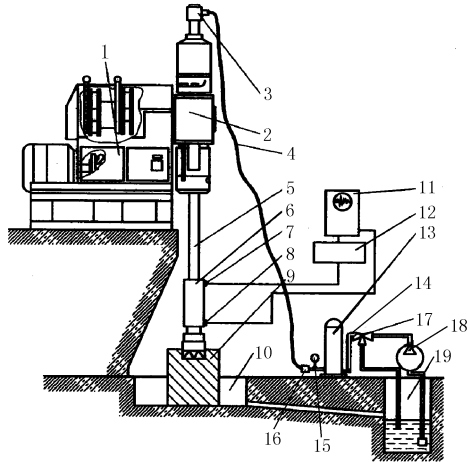


图2 钻进试验台示意图

1—钻机;2—钻机立轴;3—水龙头;4—压力胶管;5—主动钻杆;6—ГУОН-89 钻压水动力增效装置;7—速度传感器;8—压力传感器;9—岩块;10—浅坑;11—示波器;12—放大器;13—空气缓冲器;14—刚性压力管;15—压力表;16—流量计;17—三通阀;18—水泵;19—水池

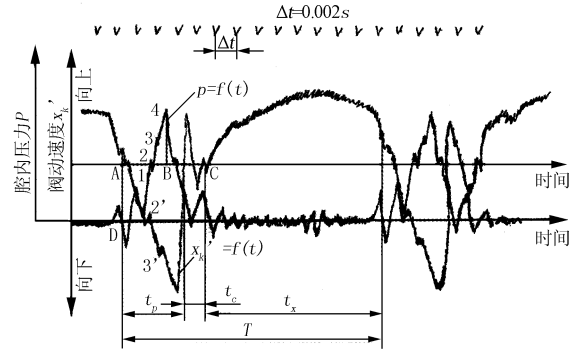
和压力传感器。压力传感器的位置可以在工作腔的上部或下部。从这2个传感器传来的电信号,通过放大器传给示波器。为了测量和记录所研究的参数,使用了在研究范围内具有线性特征的无惯性转换器。

试验台试验的任务之一,是确定保证钻压水动力增效装置稳定工作的冲洗液合理流量。确定结构参数和工艺参数变化时调整工作特性能量指标的范围,也是研制钻压水动力增效装置的重要任务。

预先确定了这种装置与结构有关的固定参数。这些固定参数包括:冲洗液自由通过装置时的流量系数(p_0)和平均压力降(p_H)。清水通过装置流量为240~300 L/min时进行的直接测量结果表明,流量系数 $p_0 = 0.94 \sim 0.95$, 平均压力降 $p_H = 0.3 \sim 0.35$ MPa, 对于成批生产的水力冲击器来说,这是非常有代表性的。

在开始阶段,对工作过程的实验曲线和理论曲线是否吻合给予了很大注意。为此,直接记录了阀相对壳体的移动速度和工作腔中不同时间内的压力(见图3)。图3上的波形图记录了在试验台上当冲洗液流量 $Q = 235$ L/min 和结构参数为:阀的质量 $m_k = 8.5$ kg, 阀的行程 $x_k = 12$ mm, 阀套行程 $x_{BT} = 16$ mm, 阀的弹簧刚度为 $z_k = 21000$ N 和阀套弹簧刚度 $z_{BT} = 4200$ N 情况下 ГУОН-89 型钻压水动力增效装置工作一段时间的情况。

对图3上波形图上阀的压力曲线、速度曲线和图4上理论波形图进行对比表明,不仅工作腔内动

图3 工作腔上部阀速(x'_k)和压力(p_H)的波形图

压力跳跃式变化[因工作腔内水力冲击波反射,见曲线 $p=f(t)$ 上的1、2、3点]情况一致,而且阀的非均匀(跳跃式)移动变化[见曲线 $y=f(t)$ 上的1'、2'、3'点]也一致。按照特性点A、B、D、C、E记录了曲线图上的各个时间:工作腔内波的行程 t , 工作行程 t_p , 自由行程 t_c , 空程 t_x 和工作工程总时间 T 。正确区分出了水动力装置工作循环的各个阶段。

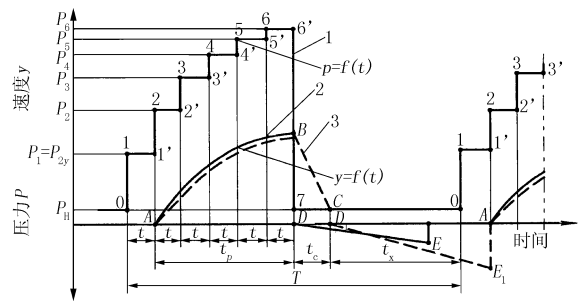


图4 工作循环期间内工作腔上部平面处冲洗液压力、阀和阀套移动速度变化理论曲线图

1—工作腔下部反射平面处的冲洗液压力;2—阀速;3—阀套速度; P_{ry} —水力冲击的压力; P_H —工作腔中初始压力; P_6 —工作腔中最大压力和阀工作阶段结束时工作腔底部的压力; t —波在腔内通过的时间,s; t_p —工作行程时间,s; t_c —自由行程时间,s; t_x —空程时间,s

图5给出了在水动力装置其它参数[阀的行程为21 mm、阀套自由行程为5 mm 和水泵流量范围更加宽(1.5~4.5 L/s)]情况下,所做的一系列试验阀速的综合波形图。

波形图处理结果见表2。

为了准确评价试验资料和计算资料的吻合性,图6上给出了用试验方法和计算方法得到的水动压力幅值与冲洗液流量的关系。图6表明,水动压力幅值与冲洗液流量呈线性关系。用试验方法和计算方法得到的水动压力幅值的误差没有超过23%。

实践证明,在试验研究中,水动压力增效装置在冲洗液流量为90~300 L/min 范围内和该装置在上述参数范围内,工作是稳定的。

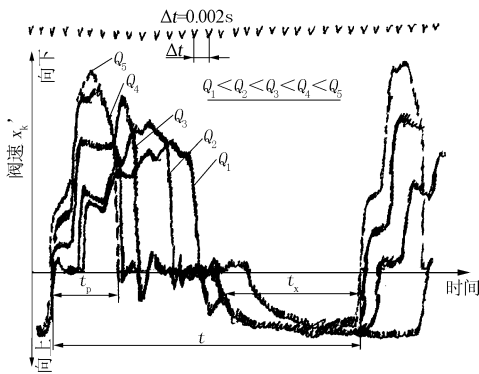


图 5 水泵不同流量情况下阀速综合波形图

表 2 水泵不同流量情况下波形图处理结果

流量 / (L·s ⁻¹)	工作行程长度 /s	自由行程长度 /s	过程长度 /s	施载频率 /Hz	阀在工作行程结束时的速度 / (m·s ⁻¹)	试验和理论压力幅值比/MPa
1.5	0.026	0.004	0.06	16.6	1.55	0.8/1.0
2.2	0.020	0.004	0.058	17.3	1.82	1.1/1.3
3.1	0.015	0.003	0.054	18.5	2.05	1.7/2.1
3.6	0.013	0.003	0.050	20.0	2.23	1.8/2.3
4.4	0.012	0.003	0.049	20.5	2.5	2.3/2.9

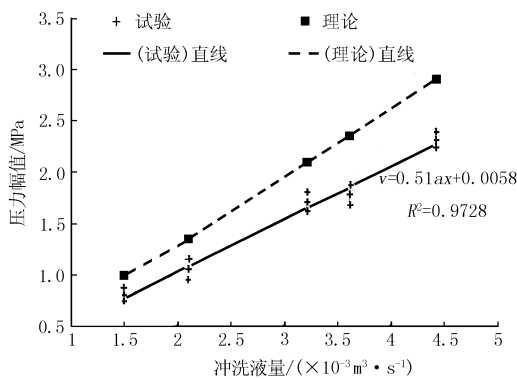


图 6 水动力压力幅值与冲洗液流量的关系图

4 结论

(1)对计算得到的性能参数和试验得到的性能参数进行对比表明,物理模型和数学模型是相关的,因为误差没有超过 23%,即位于工程计算允许的范围内。根据钻压水动力增效装置的试验台测量结果,可以记录出该装置的基本参数,并区分出工作循

环的各个行程。根据试验得到的分析解,可以预测出钻压水动力增效装置的能量特征参数。

(2)水泵的流量在 90 ~ 300 L/min 范围内时,钻压水动力增效装置的工作是稳定的。工作腔内工作行程中水动压力的增量和水动压力施载的幅值,由于有水力冲击波受工作腔元件的多次反射而均带有跳跃性质。

(3)在阀的工作工程中,由于水动压力在工作腔中的增加,阀几乎是呈等加速运动的。

(4)工作行程的时间与冲洗液流量有关,冲洗液流量增加时工作行程的时间减短。

(5)水动力施载的幅值与水泵的流量(在 90 ~ 180 L/min 范围内)成比例,在此流量变化范围内水动力施载的频率平稳地由 16 Hz 增加到 25 Hz。

参考文献:

- [1] 汤凤林, A. Г. 加里宁, 段隆臣. 岩心钻探学(第二版) [M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2009.
- [2] 张也影. 流体力学(第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [3] В. С. Слипенький, Ю. Д. Бессонов, В. Ф. Сирик. Основные результаты стендовых исследований гидродинамического усилителя осевой нагрузки [M]. / В сб. научных трудов – Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2010. – вып. 10. – С. 156 – 162.
- [4] Бессонов Ю. Д., Слипенький В. С. Опыт вращательного бурения скважин с применением гидродинамического усилителя осевой нагрузки [M]. / В сб. научных трудов – Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2007. – вып. 10. – С. 134 – 138.
- [5] Ясов В. Г. Теория и расчет рабочих процессов гидроударных машин [M]. Недра, 1977.
- [6] А. Г. Калинин, В. И. Власюк, О. В. Ошкордин. Технология бурения разведочных скважин [M]. Техника, 2004.
- [7] А. Г. Калинин, Р. А. Ганджумян, А. Г. Мессер. Справочник инженера – технолога по бурению глубоких скважин [M]. Недра, 2005.

首届全国钻探职业技能大赛开赛在即

国土资源网消息(2011-06-16) 记者近日从国土资源部获悉,第一届全国地勘钻探职业技能大赛即将于 7 月在全国各地拉开帷幕,最终将产生 3 名“全国五一劳动奖章”获得者、15 名“全国技术能手”、60 名“国土资源系统技术能手”。具体竞赛方案将于近日公布。

据了解,本届大赛为国家级一类竞赛,将由国土资源部、人力资源和社会保障部、中华全国总工会联合主办,以“提高地勘钻探技能,促进地质找矿突破”为主题,旨在发现和选拔一批爱岗敬业、技艺精湛的优

秀技能人才,提高地质找矿质量和效率,促进地质找矿取得新突破。

大赛设固体矿产钻探工、工程地质工程施工钻探工、水文水井钻探工 3 个竞赛工种,以笔试和实际操作的形式分别进行,总成绩中理论知识占 40%,实际操作技能占 60%。大赛初赛由各省赛区组委会组织开展,9 月底前完成;决赛由大赛组委会组织,10 ~ 11 月举行。凡从事地勘钻探专业及相关工种,具有高级工以上职业资格以及具备申报高级工技能鉴定条件的从业人员均可报名参加。