

高频振动回转顶驱的研制

孙梓航¹, 赵大军¹, 孙永辉¹, 孙友宏¹, 赵 研¹, 尹崧宇¹, 薛 楠²

(1. 吉林大学建设工程学院, 吉林 长春 130026; 2. 哈尔滨电机厂有限责任公司汽轮发电机厂, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要:为满足城市地质大调查复杂地层钻进的需要,研制了 JDD-100 型全液压钻机高频振动回转顶驱。该顶驱具有回转钻进、高频振动钻进、高频振动回转钻进功能。对顶驱的回转机构和振动机构进行了全面系统的设计,运用 ADAMS 动力学仿真分析软件对高频振动回转顶驱的工作过程进行了动态仿真分析。试验表明,该装置结构设计合理,钻进效率高,工作寿命长,满足了城市地质大调查复杂地层高效钻进的要求。

关键词:高频振动;回转;顶驱;运动仿真

中图分类号:P634.3 文献标识码:A 文章编号:1672-7428(2013)11-0039-03

Development of Rotary Top Drive Drilling System with High-frequency Vibration/SUN Zi-hang¹, ZHAO Da-jun¹, SUN Yong-hui¹, SUN You-hong¹, ZHAO Yan¹, YIN Song-yu¹, XUE Nan² (1. College of Construction Engineering, Jilin University, Changchun Jilin 130026, China; 2. Turbo-generator Plant, Harbin Electric Machinery Company Limited, Harbin Heilongjiang 150040, China)

Abstract: To meet the requirements of the complex formation drilling in urban strata survey, a rotary top drive drilling system with high frequency vibration was developed for JDD-100 full hydraulic drilling rig, which has the functions of rotary drilling, high-frequency vibration drilling and rotary drilling with high-frequency vibration. The top drive drilling rotary mechanism and the vibrating mechanism are designed systematically, and the dynamic simulation analysis is made on the working process of the rotary top drive drilling system with high frequency vibration by using the ADAMS dynamics simulation software. The experiment proves that the device can satisfy the requirements of high drilling efficiency in complex formations for urban geological survey with its rational structure design, high drilling efficiency and long working life.

Key words: high frequency vibration; rotating; top drive drilling system; motion simulation

0 引言

为满足我国城市地质大调查的需要,提高我国地质勘查钻机的技术水平,针对 JDD-100 型多功能工程地质勘察钻机的特性^[1],研制出具有静压、回转、振动冲击的高频振动回转钻进顶驱,配合钻机钻探作业,克服城市地质调查复杂地层钻进的困难,达到城市地质调查高效率、低能耗的目的^[2]。本文主要依托中国地质调查局地质大调查项目“地球物理参数随钻测量系统研制(1212010560305)”的研究任务,研制出了能够满足我国城市地质大调查需要的钻探顶驱^[3]。

1 顶驱设计要求

该顶驱是一种将动力头与振动器结合起来,能够进行高频振动回转钻进、回转钻进等功能的装置。加压钻进时,能够正常进行高频振动钻进,提动钻具时,高频振动力又不作用在回转器上,以免损伤顶驱

装置。

顶驱设计的技术参数要求如下:

振动器的振动频率 2800 次/min (46.7 Hz)、振幅 8 mm、最大激振力 16.7 kN。

回转器的转速 0~155 r/min、扭矩 4500 N·m、提升力 130 kN、给进力 100 kN。

2 顶驱的设计

高频振动回转钻进主要靠高频振动和回转相结合的方法进行钻进^[5,6]。高频振动回转顶驱结构分为 2 部分:顶驱回转器和高频振动器。其总体结构如图 1 所示。

JDD-100 型钻机顶驱的回转器主要由 2 个液压马达、齿轮轴、大齿轮、滑键套、主轴、箱体、圆锥滚子轴承、压盖、导向套、水接头及液压振动器等组成。2 个液压马达分别通过齿轮轴将回转动力传给大齿轮,大齿轮通过平键传给滑键套,滑键套与主轴之间为

收稿日期:2013-09-02

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目“地球物理参数随钻测量系统研制(1212010560305)”

作者简介:孙梓航(1988-),男(汉族),山东郓城人,吉林大学建设工程学院硕士生,地质工程专业,研究方向为岩土与钻凿工程,吉林省长春市朝阳区西民主大街 938 号吉林大学朝阳校区 4 舍 147 寝,sunzihang1988@163.com。

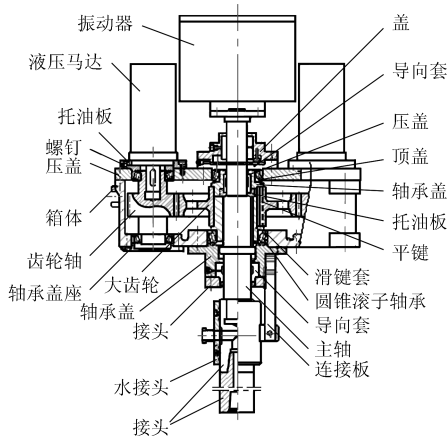


图1 高频振动回转顶驱结构图

滑键装配,将回转动力传给主轴^[7]。主轴在滑键套内可上下滑动一定距离。液压振动器产生的向下激振力作用在主轴的上端,主轴通过钻杆传给钻头,可实现顶驱高频冲击回转钻进。当动力头提动钻具时,主轴下移,液压振动器的冲锤与主轴之间出现一定的间隙,确保了在提动钻具时,振动器的振动力不作用在回转器的主轴上,起到了安全保护作用。水接头设在主轴的下部,连接板将动力头壳体与水接头壳体连接固定,有效地防止了送水胶管的转动。

振动器的结构如图2所示。该振动器主要由液压马达(2个)、一轴、二轴、偏心块、同步齿轮、减振弹簧总成、冲锤及箱体组成。2个高速液压马达(最高转速可达2800 r/min)同时驱动一轴和二轴,在2根轴上分别安装了一个同齿数的同步齿轮,确保了2根轴上的偏心块转速相同、转向相反,保持同步转动。4个偏心块的偏心力在水平方向互相抵消,在垂直方向互相叠加,叠加的振动力通过2根回转轴、箱体带动冲锤上下振动。冲锤冲击动力头

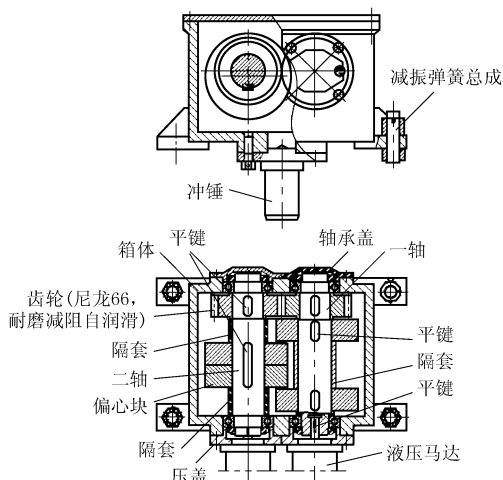


图2 振动器结构图

上的主轴,给钻具施加了一个向下的高频冲击力^[8]。冲锤受长时间的高频冲击,为确保使用寿命,冲锤的材料选用45CrNiMoVA,并调质处理HB269,圆头淬火HRC58~62^[9]。为确保高转速情况下轴承运转的可靠性,回转轴上的轴承采用6210-2Z型深沟球轴承^[10]。

3 振动器工作过程的模拟分析

3.1 振动器最大激振力

根据振动器工作原理可知,两轴上偏心轮产生的离心力为:

$$Q_1 = Q_2 = mr\omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

式中: Q_1 、 Q_2 ——偏心轮产生的离心力,N; m ——偏心轮的质量,kg; r ——偏心矩,即偏心轮重心至回转中心距离,m; ω ——偏心轮角速度; φ ——偏心轮初始相位,rad。

振动频率2800次/min,偏心轮质量6.076 kg,偏心距0.008 m,由上述公式及相关参数可求得最大激振力为:

$$P_{\max} = 2(Q_1 + Q_2) = 4mr\omega^2 = 16.7 \text{ kN}$$

3.2 振动器模型的建立

将振动器三维模型简图导入ADAMAS^[11],如图3所示。首先,模型材料选为钢材并进行模型简化,用布尔操作分别将轴一、轴二及其上的偏心块、齿轮、轴承等简化成2个模块;其次,将简化后的2个模块分别与箱体连接,并将冲锤与箱体固定;再次,给箱体添加约束,限制箱体的自由度,使其只能上下运动;最后,给模型添加驱动,使轴一、轴二做同步周向转动,钻速相同,方向相反,设定转速为2800 r/min。开始模拟后,通过观测冲锤底端的激振力曲线便可知道激振力的大小。

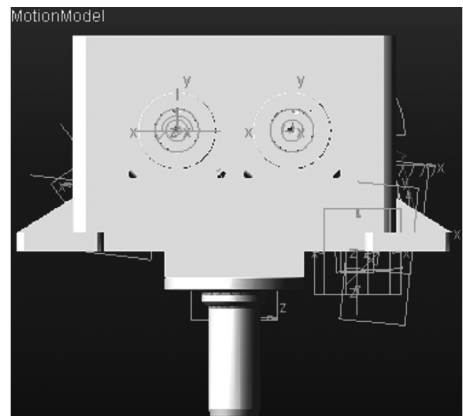


图3 振动器模型简图

3.3 运动过程仿真模拟

用 ADAMS 动力学仿真软件对高频振动回转顶驱进行动态仿真模拟,观察其在正常工作情况时,振

动器产生的激振力大小及其传递情况,模拟时对振动器采用弹簧支撑,模拟结果如图 4 所示。

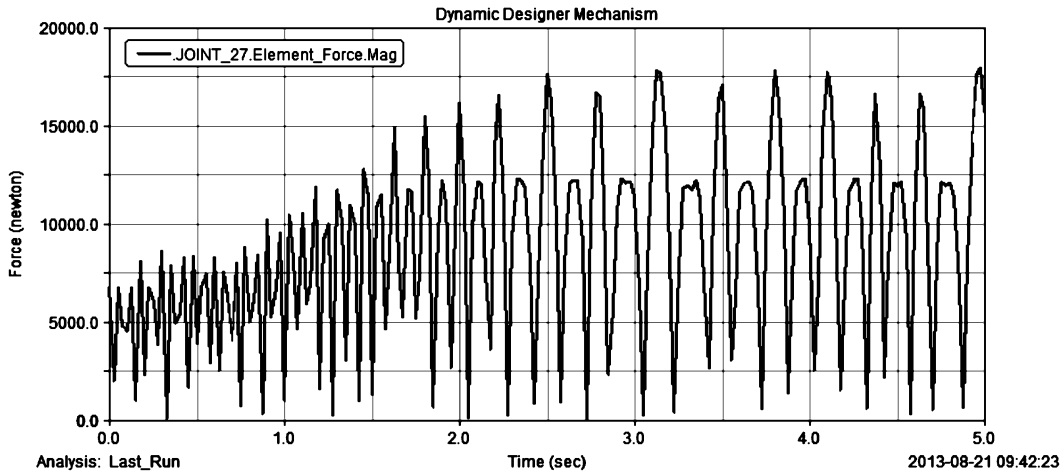


图 4 冲锤底端的激振力

由图 4 可知,振动器运转情况良好,并且在 2 s 内便可产生符合要求大小的激振力,2.5 s 之后进入稳定状态,开始正常工作。通过模拟结果可以观测到该机构结构设计合理,工作情况稳定、可靠。

4 试验

钻机顶驱加工完成后,在长春五五研究所院内对钻机进行了室外试验。对顶驱的回转钻进、高频振动钻进进行了全面的调试与试验。

在长春市区的粘土层、卵砾石、岩石地层中进行了 100 m 深钻孔的城市地质勘察,共完成勘察钻孔 5 个。

实验用机具:JDD-100 型城市地质调查钻机;Ø150 mm 牙轮钻头及硬质合金钻头;Ø89 mm 钻杆,单根长 3 m。

顶驱达到的技术参数:转速 0~155 r/min、最大扭矩 4660 N·m,顶驱装置最大振动频率 105 Hz。钻进工作量及时效见表 1。

表 1 试验结果

钻进方法	钻头类型	进尺量/m	时效/m
泥浆回转钻进	Ø150 mm 硬质合金钻头	172	66
高频振动回转钻进	Ø150 mm 牙轮钻头	136	35

其中,泥浆回转钻进主要针对松散地层,而高频振动回转钻进主要是岩层。试验表明,钻机的各项技术性能达到了设计要求,并且达到了在城市内复杂地层高效钻进的目标,满足了我国城市地质大调查的需要。

5 结论

(1) 研制了高频振动回转顶驱,主要由振动器和回转器 2 部分组成,该顶驱的研制达到了高效碎岩的目的。

(2) 运用动力学仿真的方法对高频回转钻进过程进行数值模拟分析,理论上证明了振动器具有良好的工作特性,能够满足钻进工艺要求。

(3) 经过试验验证,该顶驱工作效果良好,能够满足城市地质大调查的需要。

参考文献:

- [1] 赵大军,孙友宏,于萍,等. JDD-100 型城市地质调查多功能钻机的研究[C]. 第三届全国岩土与工程学术大会论文集[A]. 2009. 627-630.
- [2] 赵伟. 高频振动回转钻进机理分析与研究[D]. 吉林长春:吉林大学,2007. 23-41.
- [3] 孙友宏,赵大军,于萍,等. JDY-1500 型全液压顶驱岩心钻机的研制[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2007,(S1):43-45.
- [4] 曾国华. 旋转轴扭矩测量方法研究[J]. 新技术新工艺,2002,(7):26-27.
- [5] 陈岱杰,等. 高频振动打桩机理的试验研究[J]. 铁道建筑技术,2006,(3):70-73.
- [6] 吴光琳. 声波钻进技术的发展及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2004,31(3):39-41.
- [7] 冯德强. 钻机设计[M]. 湖北武汉:中国地质大学出版社,1993. 56-89.
- [8] 武汉地质学院振动钻科研小组. 潜孔振动回转钻[J]. 粮食加工与食品机械,1980,(6):6-10.
- [9] 蒋刚. 高频振动时效的机理与实验研究[J]. 浙江大学学报(工学版),2009,(7):1269-1272.
- [10] 成大龙. 机械设计手册[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [11] 郑建荣. ADAMS-虚拟样机技术入门与提高[M]. 北京:机械工业出版社,2002.