

# 钻头破岩振动低频特征室内实验研究

杨全枝<sup>1</sup>, 张晓斌<sup>2</sup>, 于小龙<sup>1</sup>, 张文哲<sup>1</sup>, 雷 茹<sup>1</sup>

(1. 陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 陕西 西安 710075; 2. 长庆油田采油三厂, 宁夏 银川 750006)

**摘要:** 钻头破碎岩石时会产生宽频的振动信号, 不同频段的信号蕴含了不同的信息, 由于高频段信号能量低、衰减大, 不易检测, 因此, 就钻头破岩信号在低频段特征进行了研究, 通过不同岩性岩样的微钻实验数据分析, 发现破碎不同岩性的岩石产生的信号在低频段具有固定的频率特征。

**关键词:** 钻头破岩; 钻头振动; 信号检测; 频率特征

**中图分类号:** P634.1; TE21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2014)10-0001-04

**Indoor Experimental Study on Low Frequency Vibration Characteristics of Bit Breaking Rock/YANG Quan-zhi<sup>1</sup>, ZHANG Xiao-bin<sup>2</sup>, YU Xiao-long<sup>1</sup>, ZHANG Wen-zhe<sup>1</sup>, LEI Ru<sup>1</sup>** (1. Research Institute of Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710075, China; 2. The Third Oil Production Factory of Changqing Oilfield, Yinchuan Ningxia 750006, China)

**Abstract:** The drill bit breaking rock would produce broadband vibration signal, different frequency represents different information. Due to the lower energy and higher attenuation, the high frequency signal is difficult to be detected. In this paper, the low frequency signal characteristics in the bit breaking rock are studied. By the analysis on micro-drill experiment data of different rocks, it is shown that the signals produced by bit breaking different rocks have fixed frequency characteristics in low frequency.

**Key words:** drill bit breaking rock; bit vibration; signal detection; frequency characteristic

## 0 引言

石油钻井过程中, 钻头破碎井底岩石时不可避免会产生振动, 早在1963年, Deily等人利用由钻头破岩过程中产生的振动波作为震源, 开始研究钻具振动的井下测量技术, 并研制了相应的随钻记录仪器, 随着振动检测和信息处理技术的发展, 现场对钻头破岩振动现象的研究不断深入, 使其在油气田的随钻地震勘探<sup>[1]</sup>、随钻地质录井<sup>[2]</sup>、储层裂缝检测<sup>[3]</sup>、邻井钻头趋近防撞监测<sup>[4,5]</sup>等方面得到了应用。

国内郭学增、高岩对钻井取心岩样进行压入硬度及模拟剪切实验, 发现不同岩石具有固有声发射频率, 大部分在5 kHz以上, 且与破岩方式关系不大, 岩样成分越复杂, 频率谱成分越丰富, 岩样越硬, 频率越高。通过大量室内实验和实际频谱资料分析得出钻头破岩振动信号在0~200 Hz频段为钻头信息频段, 5 kHz以上频段为地层信息频段, 和岩石本身的物理特性有关, 但该段高频信号能量相对于低频段机械波信号比较弱, 且在传播过程中衰减比较严重, 对其采集、识别对相关设备和信号处理手段提出了较高要求, 200 Hz~5 kHz频段是钻机和诸多井

场装备激发的音频振荡区<sup>[6]</sup>, 到目前为止, 对这一频段没有做深入探讨。本文主要研究钻头破岩过程中, 不同岩性的岩石产生的振动信号在这一低频段的特征。

## 1 实验过程

选取不同岩性的岩样(花岗岩、砂岩、灰岩)进行微钻实验, 实验状况如图1所示。使用微钻头在不同的钻压下破碎岩石, 在岩石表面不同的位置(距钻头20、40、60 cm)布设加速度传感器形成测点, 采集相应的数据。信号采集系统由北京波谱加速度振动传感器和六道数据采集仪组成, 采样率设定为4000 Hz。实验所用钻头和实验后岩样如图2所示。

## 2 试验结果分析

自然状态下采集系统时程曲线如图3所示, 从图3中可以看出, 数据采集系统在微型钻机未启动时, 各采集通道工作状态良好, 信号幅值大小代表了自然噪声情况, 各通道变化很小, 在±0.004范围内, 说明采集系统各监测传感器具有很好的一致性。

收稿日期: 2014-02-20; 修回日期: 2014-07-24

作者简介: 杨全枝(1986-), 男(汉族), 山东威海人, 陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院助理工程师, 油气井工程专业, 硕士, 从事油气井力学、信息与控制方面的科研工作, 陕西省西安市高新区科技二路75号, sunsun\_1212@126.com。

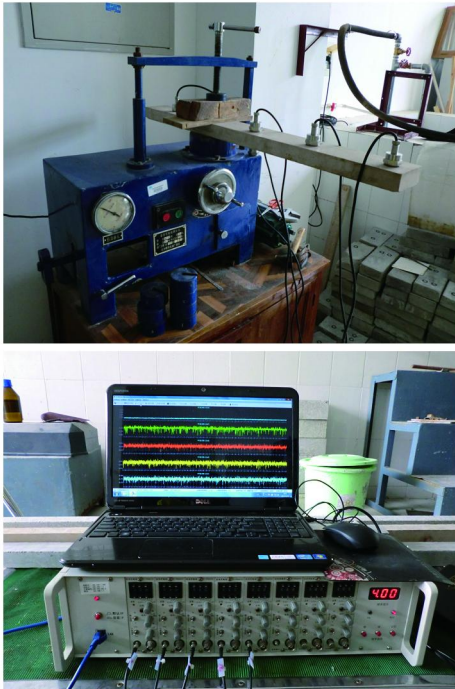


图1 钻头微钻实验振动信号采集

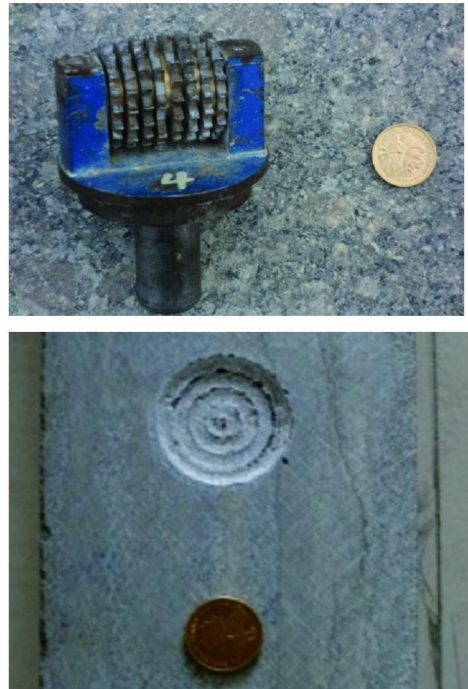


图2 实验用钻头和实验后的岩样(灰岩)

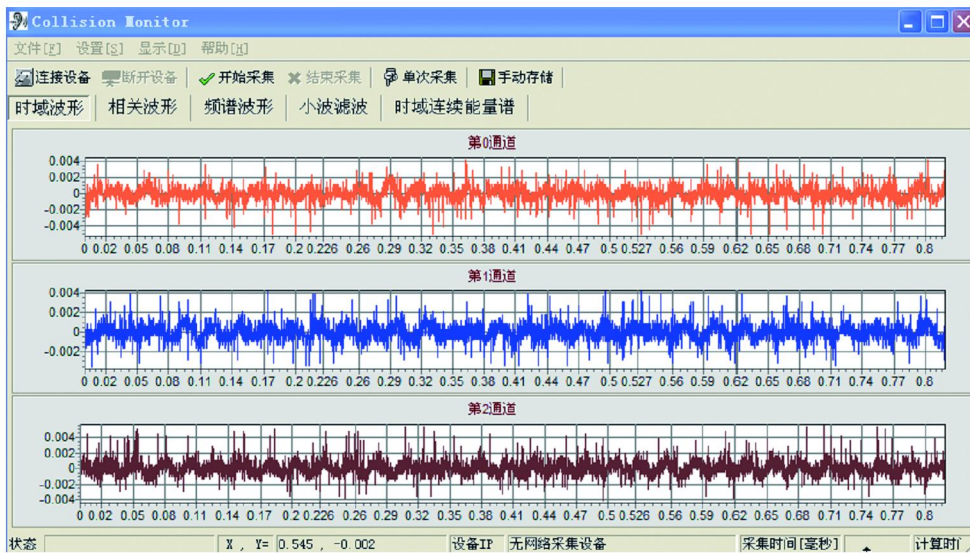


图3 钻机未启动的时程曲线(从上到下曲线分别对应1号、2号和3号传感器)

试验时先使系统空载(钻头不破碎岩石样品,不施加钻压,以额定钻速 55 r/min 运行),采集加速度时程曲线数据和其频谱曲线如图 4 所示,此信号是钻机系统由于本身正常工作引起的机械振动。

由图 4 中可见,钻机系统空载时,时程曲线幅值较钻机未启动时信号幅值大,振动频率主要分为 800 ~ 1200、1600 ~ 2000 Hz 两个频率段,在处理数据时需要提前进行滤波处理,以消除对信号识别时的干扰。

分别将花岗岩、砂岩、石灰岩岩样进行微钻实验,实验时以额定转速,施加不同钻压(20、40、60、80

N)破碎岩石,采集系统稳定时的破岩信号如图 5 所示(砂岩,传感器距钻头 60 cm)。对采集的原始信号进行 800 ~ 2000 Hz 滤波,实验采集的时程曲线信号经滤波后频谱结果如图 6 所示(钻压 40 N),统计结果如表 1 所示。

从图 5 中可以看出,随着钻压的增大(20 ~ 80 N)钻头破碎同种岩性的岩样(砂岩)产生的时域振动信号幅值不断增大,说明钻压影响破岩振动信号强度的大小,钻压越大,信号强度越大。

从图 6 中可以看出,钻头破碎不同岩性的岩样

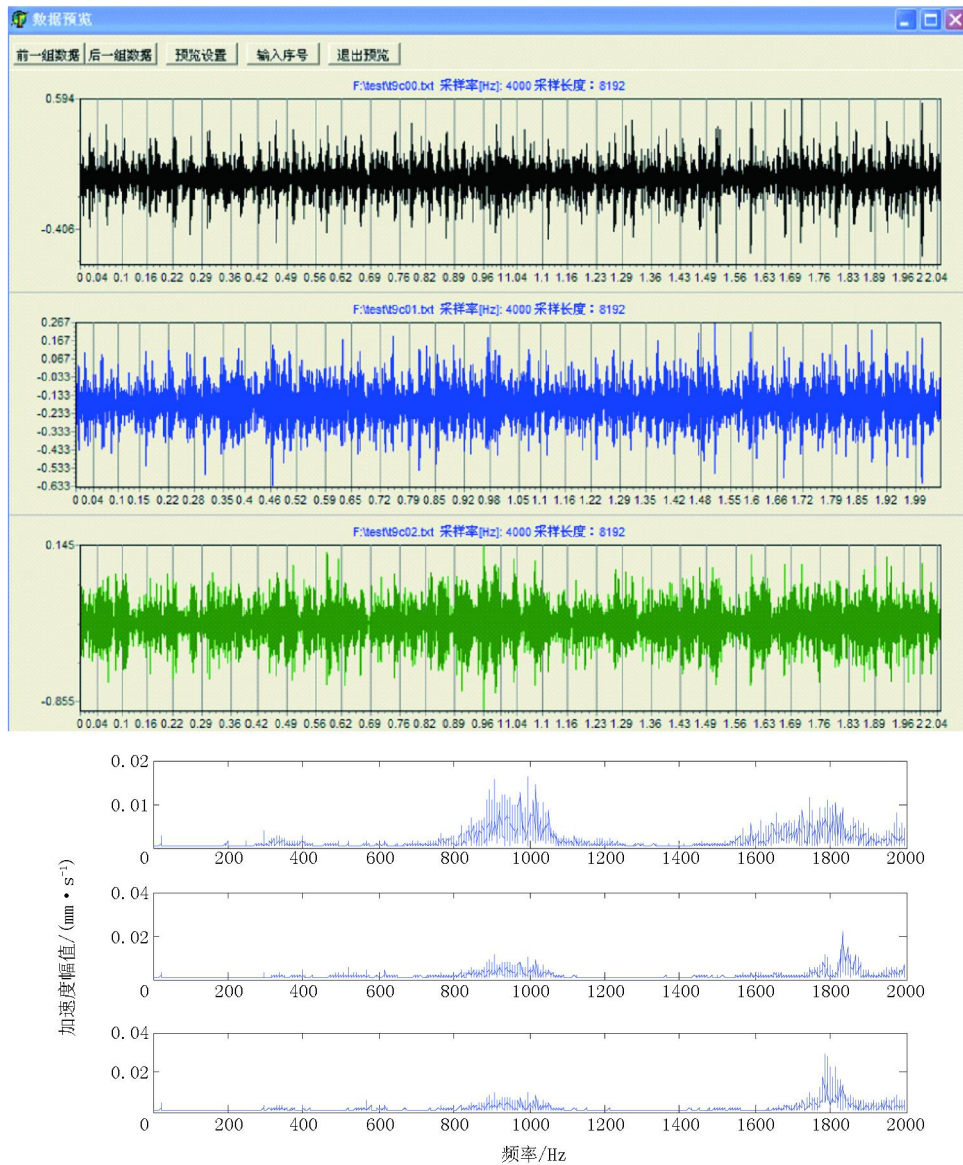


图4 钻机系统空载时的时程曲线和频谱曲线

产生的振动信号在低频段主频是不同的,花岗岩属于岩浆岩(火成岩),岩性致密,硬度高,在钻头破碎过程中低频段信号呈现多峰状频谱,毛刺较多,其主频在300 Hz左右,砂岩与灰岩同属于沉积岩,较花岗岩岩性相对疏松,强度较低,在钻头破碎过程中低频段信号频谱光滑,其主频砂岩在400 Hz左右,灰岩在450 Hz左右,经过大量的试验数据分析,可以得出岩石岩性越致密,岩石强度越大,破岩时产生的低频信号主频越低。从表1的统计数据可以看出,同一岩性不同钻压下,钻头破岩低频特征信号变化不大,不随钻压钻速的改变而改变,钻头破岩低频特征与岩石本身的属性即岩石的岩性、强度特征有关,钻压的大小只改变信号的强度,而不影响信号的频率特征。

### 3 结论

通过对不同岩性的岩样进行微钻实验,将采集到的钻头破岩振动信号经行时域、频域分析,得到了以下结论。

(1) 钻压影响破岩振动信号强度的大小,钻压越大,信号强度越大。

(2) 破碎不同岩性的岩石,在低频段具有不同的频率特征,岩石岩性越致密,岩石强度越大,破岩时产生的低频信号主频越低。本次试验中,砂岩的特征中心频率在400 Hz,灰岩在450 Hz,花岗岩300 Hz左右。

(3) 同一岩性不同钻压下,钻头破岩低频特征信号变化不大,破岩信号的低频特征与岩石本身固有属性相关,不受钻压影响。

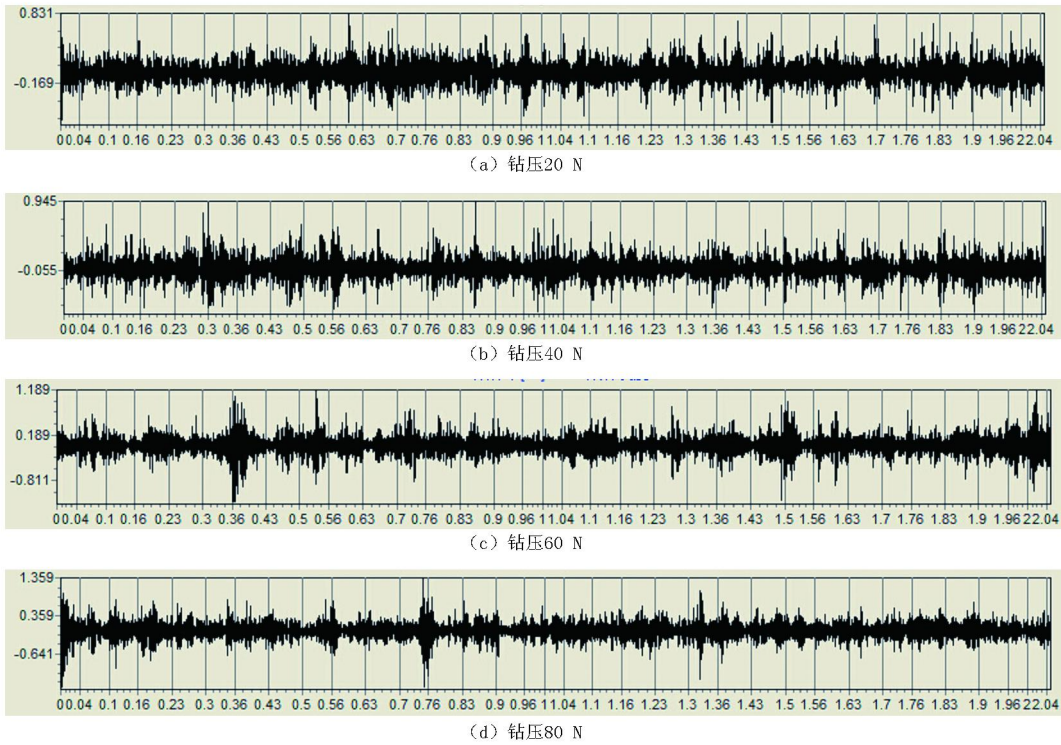


图5 砂岩不同钻压微钻实验破岩信号时程曲线

表1 不同岩样不同钻压破岩信号的低频特征统计 /Hz

岩性	钻压/N			
	20	40	60	80
花岗岩	300	310	305	300
砂岩	390	400	405	400
灰岩	450	460	450	455

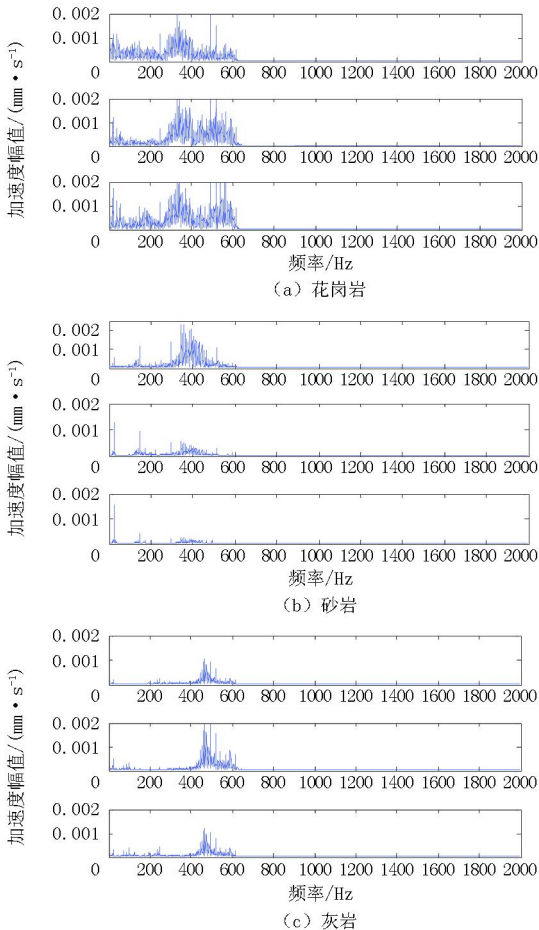


图6 不同岩性的岩样微钻实验破岩信号的时程曲线和特征频谱

参考文献:

[1] Jo Eidsvik, Ketil Hokstad. Positioning drill-bit and look-ahead events using seismic traveltime data [J]. GEOPHYSICS, 2006, 71 (4): 79-90.

[2] 刘志国, 郭学增. 频谱技术与地层信息 [J]. 科技资讯, 2007, 27 (2): 21-22.

[3] 韩继勇, 等. 钻井过程中实时检测裂缝的方法 [J]. 钻采工艺, 2010, 33 (2): 5-7.

[4] T. O. Stagg, R. H. Reiley. Watchdog: An Anti-Collision Wellhead Monitoring System [R]. SPE, 22123.

[5] 何保生, 刘刚, 等. 基于钻头运动诱发套管头振动信号检测的井眼防碰监测方法 [J]. 中国工程科学, 2011, 13 (5): 74-78.

[6] 高岩, 郭学增, 于彤, 等. 一组岩样声发射信号的测量及频谱分析 [J]. 录井技术, 1997, 8 (4): 32-36.