

(三) 声波电路

声波发射电路在发射逻辑控制下,通过高速MOS管开关和升压变压器发送+3500v的高压脉冲激励声系压电陶瓷晶体,向地层发射20kHz声波脉冲。声波发射电路每发射一次,接收晶体接收两道声波信号,每个周期发射两次,每发射一次两个接头探头分别接收到长源距和短源距两组信号,一个发射周期接收到四道声波信号,送到信号处理电路,完成声波信号在地层中的传播过程。

三、实验结果分析

(一) 声波速度-工作频率

实验中分别使用了频率为250 kHz、500 kHz和1 MHz的纵波和横波探头,选用了10块柱塞状砂岩样品,分别测量了干燥和饱含水时的纵横波速度。图3为干岩样条件下的纵横波速度与频率的关系曲线,可以看出,纵波的频散度最大为2.2%,横波最大为1.9%,可见在干燥状态下,岩石岩样表现为微弱频散。当岩样孔隙中饱含水时,频散程度显著增加,纵波的频散度最大为9.13%,横波的最大为2.7%,如图1b所示,因为在速度测量中需要考虑频散程度对于声波速度的影响。在250kHz-1MHz超声频率范围内,无论在干燥状态,还是饱水状态的情况下,横波的频散度都不大于3%,

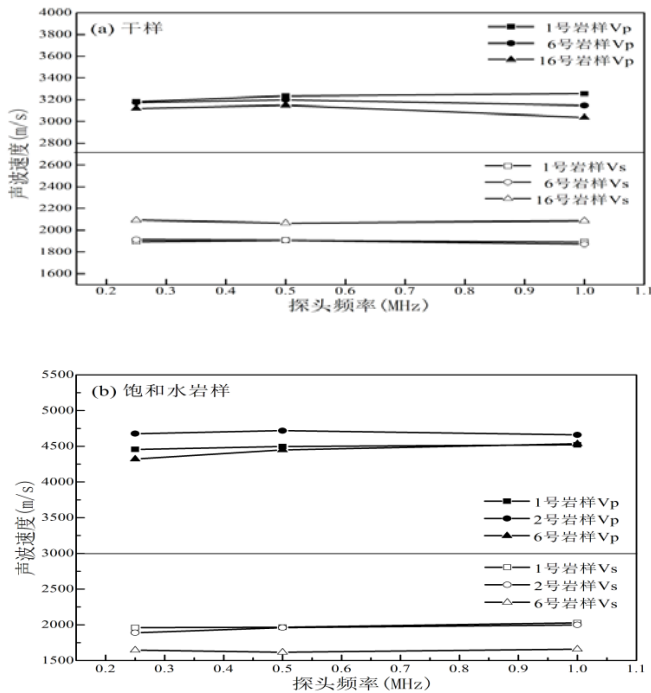


图3 纵、横波速度与频率的关系

(二) 声波速度-压力

在孔隙介质中声波速度是压力的函数。图4给出了两块岩样(26和44号)在不同压力下的纵横波速度在不同饱和度下的关系曲线。可以看出:(1)两种饱和度下,纵、横波速度都随压力的增加而增加;(2)纵波速度在低压力区域,速度增加很快,然而在高压范围增加缓慢,这种现象主要与岩石内部裂隙关闭和胶结物的压缩程度有关[5];(3)横波速度随着压力的增加变化较小;(4)不同的孔隙度会使得声速的变化率有所不同,26号岩样(孔隙度为13.8%)变化程度明显大于44号岩样(孔隙度为3.74%)。

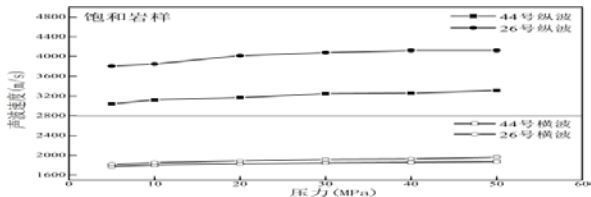


图4 不同压力条件下的纵、横波速度

(三) 声波速度-不同饱和度

图5给出了三块岩样的纵、横波速度与含水饱和度的变化关系。从图中可以看出,纵波速度随着含水饱和度增加而增大,在含水饱和度大于80%时,纵波速度增加幅度明显,这可能是因为含水饱和度在较高值时,岩石孔隙度明显增加,超过了岩石密度增大对于声波速度的影响。对横波而言,含水饱和度的增加并不会影响介质孔隙体积的变化,本身流体也不具有抗剪能力,因此,横波速度受到饱和度的影响较小。

四、应用效果

组合式小井眼声波测井仪应用当代先进的电子科学技术,电子线路采用集成化、一体化设计,单片机编程技术替代了硬件电路,极大减少了电子元器件数量的同时,提升了仪器的工作能力。仪器制造过程中严格执行测井行业标准,精心筛选耐高温电子元器件,反复修改绘制印刷电路板图,手工焊接电路板元器件,精心合理布线,经过多次高温高压试验,反复电路调试和刻度模拟,研制过程符合测井仪器制造规范。经实际测井应用证明,仪器性能稳定可靠,达到了国内先进水平。

组合式小井眼声波测井仪提升了侧钻井仪器数字化、集成化和多仪器组合能力,可以与其它系列仪器组合连接使用,操作简单快捷,仪器短小轻便,减少了侧钻井经常“遇阻”“遇卡”等工程事故的发生,仪器性能稳定可靠,耐高温性能达到了175℃,可用于各种高温高压环境测井,解决了侧钻井仪器性能差、测井资料质量低的难题。组合式小井眼声波测井仪推广应用半年多以来,测井36井次,一次成功率100%,测井资料优品率提高了8%,测井工程事故降为零。组合式小井眼声波测井仪集成了声波测井、自然伽马测井和通讯传输功能,能完成侧钻裸眼井和侧钻水平井完井和固井质量评价测井任务。减少了侧钻井经常“遇阻”、“遇卡”工程事故的发生;提升了侧钻井仪器数字化、集成化和仪器组合能力;解决了侧钻井仪器性能差、测井资料质量低的问题。

五、结语

模块化设计是未来测井仪器设计的发展方向,采用一体化模块设计使仪器长度缩短了一半,从而降低了测井施工风险。组合式小井眼声波测井仪集成了声波测井、自然伽马测井和通讯传输功能,能完成侧钻裸眼井和侧钻水平井完井和固井质量评价测井任务,电路共享,综合规划实现了一支仪器多任务测井。应用软件编程替代硬件电路,简化电路结构,达到了降低制造成本的目的。组合式小井眼声波测井仪先进的设计理念和电子技术相结合,使得该仪器应用前景广阔,值得在测井行业中广泛推广应用。

参考文献:

[1] 沈建国. 声波测井原理与技术[M]. 石油工业出版社, 2010.
 [2] 李辉龙, 卜云峰. 超声波测井仪在地下连续墙工程中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2010(01).
 [3] 邹洪荷. 声波测井仪防震器诞生记[J]. 测井技术, 2019(04).
 [4] 刘西恩, 张伟, 马东, 仇教. 三维声波测井仪近探头高精度信号采集阵列设计[J]. 电子质量, 2016(12).
 [5] 乔立伟. 多极子阵列声波测井仪研制成功[J]. 石油钻采工艺, 2010(04).