

基于虚拟仪器的底质声学测试系统设计

王 宁¹, 王 英¹, 周建平², 吕妙丽¹

(1. 浙江理工大学机械与自动控制学院, 杭州 310018; 2. 国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

摘 要: 为解决在不具备海洋远洋原位测试的情况下仍然需要对沉积物进行还原海底环境声学测试的问题,将虚拟仪器技术应用于沉积物测试中,建立可以在实验室中还原海底环境的声学测试系统。采用虚拟仪器智能判断首波的方法测试沉积物在相应环境的声速,应用虚拟仪器频谱分析技术实现对超声波信号的滤波及分析,利用 Labview 工具编写软件实现超声测试与温度和压力的测量与控制同步。建立小尺度地质物理模型可以通过对海洋底质沉积物样品施以温度、压力控制,在实验室内还原海底特殊环境,同时对沉积物样品进行超声无损探测。在测试系统平台上对远洋获取的沉积物进行声速测试实验,对比传统方法测试实验,实验结果表明测试系统操作简单、可还原样品环境、实用性强。

关键词: 虚拟仪器; 沉积物声学特性; 声学测试; 数据采集

中图分类号: TH766

文献标识码: A

0 引 言

自从海底底质沉积物声学作为一门独立的学科以来,世界各国学术刊物上已有大量理论研究和试验成果,但是海底底质的多样性使得各研究成果都有很强的地域性,一个海区的的研究成果无法完全应用于另一个海域,因而沉积物声学试验具有重要意义。目前对海底沉积物声学特性的研究主要集中在两个方面:一种是取样后进行甲板测试^[1];另一种是采用原位测试设备进行原位测试^[2]。原位测试因精确度高而成为当前重点研究方向,沉积物声学试验需要频繁测试样品得到大量数据,但是原位测试设备的缺乏和昂贵的海上试验费用使得这些声学测试实验成本高、难度大,需要专门的出海远航和海上作业。因此设计基于虚拟仪器的海底沉积物的声学测试系统,以便在不具备实际海洋远洋原位测试的情况下在实验室内还原海底环境对海底沉积物进行声学测试,是对原位测试技术的一种补充和完善。

海底沉积物的声学特性中声速和声衰减以及它

们与物理(包括土力学)特性之间的关系^[3],是沉积物声学中两个重要的研究项目。目前用于测试样品声学特性数据采集的方法主要有两种,一种方法是使用非金属超声测试仪外接两个超声波换能器直接对样品进行测试。另一种方法是超声波换能器、信号发生器、示波器和电脑的組合。这两种方法都存在测量环境丢失、需要人工判读、硬件扩展困难、处理软件不够开放等特点。

本文设计的测试系统采用虚拟仪器中连续比较信号数值对游标初始化^[4]的方法判断超声波首波时间,设计了换能器驱动电路实现高频率下大功率放大,将超声波传感器与虚拟仪器平台相接,采用虚拟仪器频谱分析技术^[5]对信号滤波平滑处理,超声波测试信号在 Labview 中进行分析存储。基于虚拟仪器测试平台对测试人员开放,可以随时更改,测试功能扩展方便。

1 测试实验系统架构

小尺度底质声学物理模型试验系统由温压可控

仓、压力控制器、温度控制器和虚拟仪器平台构成。虚拟仪器平台将温度、压力、声波信号一体化采集,实现超声波发射和接收的同步,如图 1 所示。

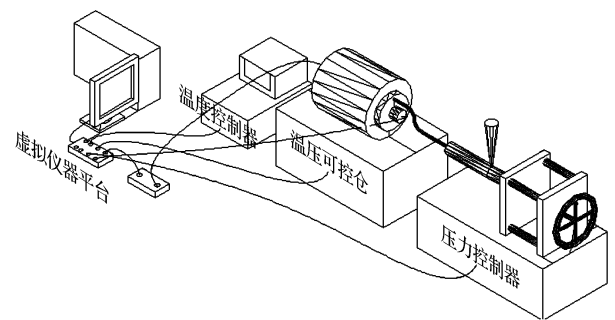


图 1 小尺度底质声学物理模型试验系统

a)温压可控仓:温压可控仓由仓盖、可视窗、活动加压柱塞、超声波换能器、固定支架、水夹套等部件组成。换能器安装在仓盖及活动加压柱塞的孔内,用螺母压紧,可观察柱塞与沉积物接触状况。当达到要求压力时可以通过恒压泵恒定压力。

b)压力控制器:采用压力变送器测量仓内压力和轴向压力,可以直接连至虚拟仪器接收平台。压力变送器量程为 25 MPa。

c)温度控制器:给水夹套手动提供循环恒温液体,使温压可控仓恒温,其温度通过安装在压力仓内的 Pt100 测温探头。温控范围:−20~100℃。可以直接连至虚拟仪器接收平台。

d)虚拟仪器平台:包括美国国家仪器有限公司(NI 公司)生产的 BNC2120、数据采集卡 PCI-6251 和自行设计的超声波换能器驱动电路。

2 基于 Labview 的虚拟仪器测试平台设计

2.1 Labview 虚拟测试仪器

虚拟仪器是一种基于计算机的仪器,以通用计算机为核心的硬件平台,由用户自己设计定义,具有虚拟的操作面板,测试功能由测试软件来实现的一种计算机仪器系统^[6]。虚拟仪器主要以软件为核心,融合了计算机强大的硬件资源、利用了计算机丰富的软件资源。

2.2 虚拟仪器测试系统的构成

虚拟仪器测试系统综合了超声波信号发生器、示波器、压强及温度二次仪表的功能。把温度、压强和超声波信号同步采集、实时显示在电脑上,信号数据方便分析和存储,减少人为误差。测试系统框图如图 2 所示。

根据对沉积物的分类^[7],得到的超声波测试频率也不同。粗砂沉积物超声波的频率范围在 1~

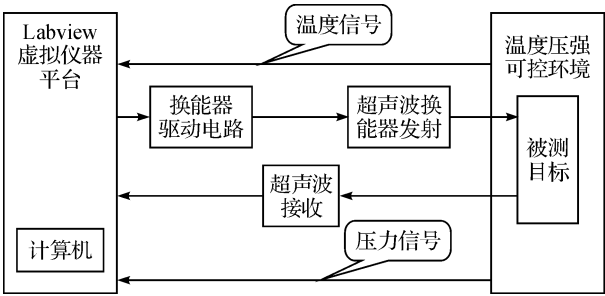


图 2 虚拟仪器测试系统

10 kHz,而细软沉积物则为 10~200 kHz。在试验中用到的远洋沉积物样品属于细软沉积物,选取了不同频段的 3 个超声波频率作为测试频率,试验中使用的换能器有 50、100、200 kHz。由超声波发射模块发送高频脉冲电压来激励不同频率的超声波换能器发出超声波,作用于沉积物样品。发射信号和接收信号同时测量,温度、压强和超声波首波时间同步测量都使得测试数据的环境得到保证。

2.3 虚拟仪器的超声波发射和接收信号同步部分

2.3.1 Labview 平台的信号发射

利用 Labview 来控制输出信号的频率和脉宽,匹配相应的超声波换能器。数据采集卡 PCI-6251 来完成触发信号的设计与发生^[8],相应的幅值和脉宽的设定由软件实现。

发射信号前面板如图 3 所示。

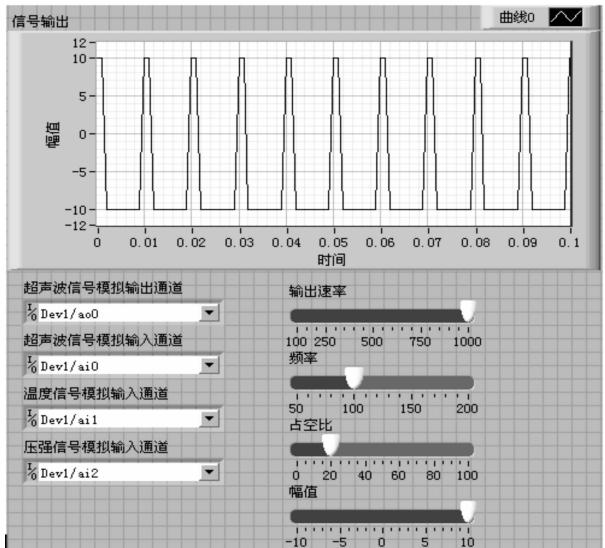


图 3 发射信号前面板

a)设置输入输出的物理通道

温度信号的物理通道设置为 Dev1/AI1; 压强信号的物理通道设置为 Dev1/AI2;

超声波信号输入的物理通道为 Dev1/AI0; 超声波信号输出的物理通道为 Dev1/AO0;

b)设置输出信号的频率

200 kHz 的换能器的数据采样要求。

信号的接收程序如图 6 所示。

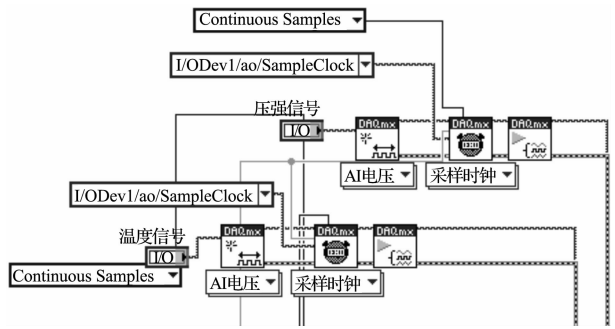


图 6 接收信号程序框图

由于首波时间也是超声波在样品中传播的时间,如果首波判断失误,超声波的声速就不可能正确,因此,如何精确判断首波时间是关键。使用机器判读、减少人为因素造成的误差,是提高首波时间精确性的一个方向。

测试系统中采用的超声波首波时间的判断方法:采用波形图中重新初始化游标的方法实现对首波时间的判断。具体做法为对初始化游标建立 case-switch 选择逻辑,使用超声波采样信号是否连续大于特定值作为选择条件,连续大于特定值的数据的 X 轴值对游标进行初始化。得到的游标 X 轴即是超声波首波时间的值。

2.4 信号处理部分

对 FIR 数字滤波器的设计方法之一可以从时域出发街区有限长的一段冲击响应作为 $H(z)$ 的系数^[11]。冲击响应 N 就是系统函数的阶数。只要 N 足够长,截取的方法合理,总能满足频域的要求。

窗函数的方法是比较常用的 FIR 设计的方法^[12],其基本思想为:先选取一个理想滤波器,再截取其单位抽样响应得到的线性相位因果 FIR 滤波器。这里的方法重点是如何选择一个合适的窗函数和理想滤波器。

常用窗函数如表 1 所示。

表 1 常用窗函数

序号	窗函数	旁瓣峰值衰减 /dB	主瓣宽度 $\Delta\omega$ (滤波器过渡带宽度)	滤波器阻带的 最小衰减 /dB
(1)	矩形窗	13	$4\pi/N$	21
(2)	汉宁窗	31	$8\pi/N$	44
(3)	哈明窗	41	$8\pi/N$	53
(4)	布莱克曼窗	57	$12\pi/N$	74
(5)	凯塞窗	57	$10\pi/N$	80

(1) 矩形窗

$$\omega(n) = \begin{cases} 1 & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

(2) 汉宁窗(Hanning)

$$\omega(n) = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[1 - \cos\left(\frac{2n\pi}{N-1}\right) \right] & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

(3) 哈明窗(Hamming)

$$\omega(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46\cos\left(\frac{2n\pi}{N-1}\right) & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

(4) 布莱克曼窗(Blackman)

$$\omega(n) = \begin{cases} a - (1-a)\cos\left(\frac{2n\pi}{N-1}\right) & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

(5) 凯塞窗(Kaiser)

$$\omega(n) = \begin{cases} \frac{I_0\left(\beta\sqrt{1 - \left(1 - \frac{2n}{N-1}\right)^2}\right)}{I_0(\beta)} & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

本系统试验中发现在使用 50、100 kHz 和 200 kHz 的超声波检测频率时使用哈明窗的效果最好。

3 对海底沉积物样品测试实验

3.1 试验样品

试验样品是国家海洋局第二海洋研究所提供的海上实地获取的海底沉积物(长 150 mm)。

3.2 试验对比和测试结果

试验一:示波器(Tektronix 示波器)和信号发生器(GM5800PR 超声波发生器)组合测量。

a)首先安装 50 kHz 换能器,调试超声波信号发生器发生。

b)开启设备,温度调至 15℃,压力调至 1 MPa。

c)调试示波器,找到合适的波形,并判断超声波接收波形找出首波时间 $t=120.00 \mu\text{s}$ 。

d)记录温度数据,压力数据和首波时间数据。

e)计算在该环境下的声速:测试样品长为 150 mm 首波时间 $t=120.00 \mu\text{s}$ 。声速为 1 250 m/s。

测试的结果示波器如图 7 所示。

试验二:使用本文设计的虚拟声学测试系统测试样品。

a)首先安装 50 kHz 换能器并在发射信号前面板设置频率为 50 kHz。

b)开启仪器然后运行程序。用户界面设置发射界面振幅为 10,发射频率为 50 kHz,占空比为

20%，开始运行程序进行测试。

测试的结果如图 8 所示。

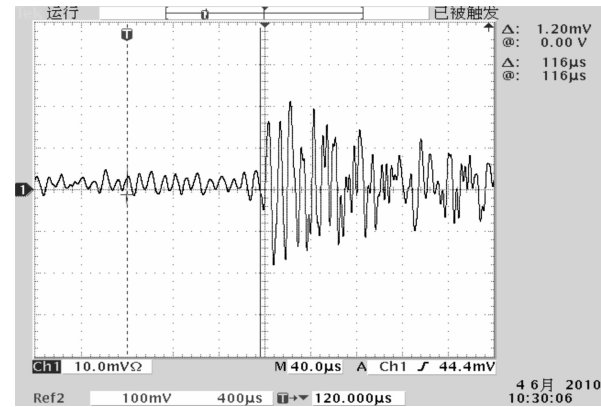


图 7 示波器测首波时间

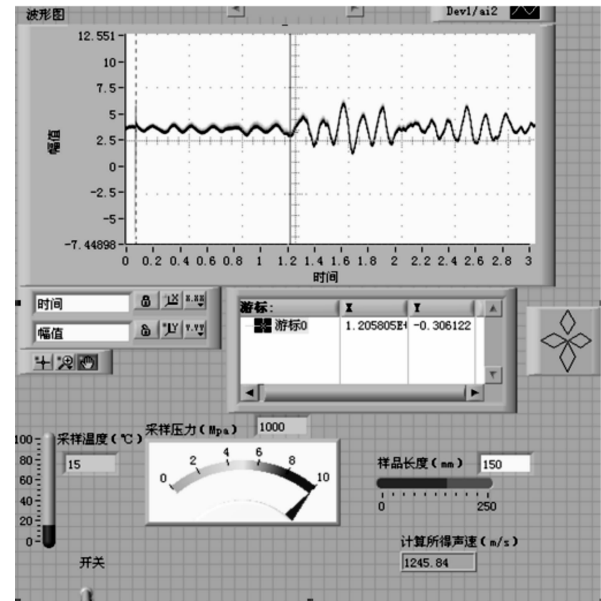


图 8 虚拟仪器测试界面

c)直接在用户界面中读取数据:温度 15℃,压强 1 MPa,测试样品长为 150 mm,首波时间为 120.400 μ s及最后的声速 1 245.84 m/s。

3.3 试验结论

试验一

a)测试样品所得到的最后数据和试验二中使用的系统测试样品所得到的数据十分接近。说明新设计的声学测试系统的正确性和可行性得到了保证。

b)温度,压强都需要测试人员从仪表上读取,而超声波首波时间的判断依据的是测试人员的经验,这就增加了很多人为因素。

试验二

温度、压强、超声波首波时间都集中起显在用户界面示,超声波首波时间可做到软件判断,测试人员直接读出数据就可以,实验方便简单精确度高。

4 结 语

当不具备远洋原位测试条件又需要对沉积物样品进行符合海底环境的超声波测试的情况下,在实验室中建立了基于虚拟仪器的底质声学测试系统,把虚拟仪器技术引入底质物理声学模型测试,建立小尺度的底质声学物理模型实验虚拟测试系统可以模拟海底温度和压力环境,并应用于沉积物声学特性研究。自制的换能器驱动电路可以实现在高频率下的大功率放大。在虚拟仪器 Labview 环境下使用程序智能判读首波时间,利用虚拟仪器中的频谱分析技术对超声波信号进行滤波平滑,最后实现还原沉积物海底环境的同步测试。小尺度声学虚拟仪器测试模型是对原有国内原位测试系统的改进和完善,为海底底质声学测试仪器和体系发展提供了一个可行的方向。由于 Labview 只能安装在标准计算机上,系统的携带灵活性受到了限制,如何使系统便携,Labview 软件嵌入式应用应该是未来智能虚拟仪器测试系统的一个发展方向。

中国科学院声学研究所朱祖扬博士、国家海洋局第二海洋研究所邓显明助理研究员在对样品的对比测试分析中,提供帮助和支持,特此表示感谢。

参考文献:

[1] 温明明,肖 波. 崔华义. 海底沉积层声学特性测量方法研究[J]. 海洋技术, 2006, 25(1): 124-126.

[2] 王 琪,刘雁春. 暴景阳,等. 海底沉积物声速测量方法及其比较[J]. 海洋技术, 2006, 25(3): 100-102.

[3] 阚光明,刘保华,韩国忠. 原位测量技术在黄海沉积声学调查中的应用[J]. 海洋学报, 2010, 32(3): 88-94.

[4] 侯国屏,王 坤,叶齐鑫. LabVIEW7.1 编程与虚拟仪器设计[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.

[5] Lester W, Schmer J, Song Sung-jin. Models and Measurements[M]. New York: Ultrasonic Nondestructive Evaluation, 2007.

[6] 陈锡辉. LabVIEW8.2 程序设计从入门到精通[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.

[7] 陶春辉,王 东,金翔龙. 海底沉积物声学特性和原位测试技术[M]. 北京:海洋出版社, 2006.

[8] 林佳木. 基于虚拟仪器的超声探伤仪器设计与信号处理[D]. 武汉:武汉理工大学, 2008.

[9] 段九州. 放大电路使用设计手册[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社, 2002.

[10] Jacob J M. 功率电子学:原理与应用[M]. 北京:清华大学出版社, 2005.

[11] 林 莉,李喜孟. 超声波频谱分析技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2009.

[12] 张小飞,王 茁. 超声检测中的噪声处理[J]. 无损检测, 2008, 24(5): 200-202.

Design of Marine Sediment Ultrasonic Testing System Based on Virtual Instrument

WANG Ning¹, WANG Ying¹, ZHOU Jiar-ping², LÜ Miao-li

- (1. School of Mechinery and Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;
2. The Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to solve the problems of lack of the Long-range navigation and in-situ measurement to restore the environment of the acoustic test, virtual instrument technology is used in ultrasonic testing system. When uses virtual instruments the system can intelligently judged the first wave and test sediment sound velocity in the corresponding environment. The paper uses virtual instrument spectrum analysis to filter ultrasonic signals. Virtual instrument platform is used in ultrasonic testing synchronization with the temperature and pressure measurement. The small-scale physical model of geological samples can be imposed by the temperature control, pressure control, submarine simulation. Meanwhile, ultrasound nondestructive detection of sediment samples are found. The researchers do experiments to test samples for the speed of sound and compared with the traditional method of testing laboratories. The experimental results show that the system is simple, can restore the sample environment and practicability.

Key words: virtual instrument; acoustici properties of sediment; ultrasonic testing; data acquisition
(责任编辑: 杨元兆)

(上接第 198 页)

Influence of the Consumers' Stickiness about Purchasing Clothing in E-market

WANG Jin, FANG Li-ying, SHI Hai-bo

(School of Fashion, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To get to know the consumers' sticking to purchasing clothing in E-market in China, this paper is based on factor analysis upon the questionnaires of 185 consumers who have bought clothes on internet, analyzing six decision-making styles of apparel consumers on E-business, which are consumer characteristics, the products of clothes characteristics, the system properties, the site characteristics, the service characteristics and security characteristics.

Key words: apparel; online consumer; stick
(责任编辑: 张祖尧)