

ICS

备案号:

HY

中华人民共和国海洋行业标准

HY/T ××××—××××

海底沉积物声学特性原位测量方法

Methods for in-situ measurement of acoustic properties in marine sediments

(报批稿)

(本稿完成日期: 2018-09-09)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家海洋局 发布

前言

本标准按照 GB/T1.1-2009 给出的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由全国海洋标准化技术委员会（SAC/TC283）归口。

本标准起草单位：国家海洋局第二海洋研究所、国家海洋局第一海洋研究所、中国科学院声学研究所、国家海洋标准计量中心。

本标准主要起草人：陶春辉、李官保、周建平、张国堙、王东、隋军、阚光明、邓显明、王景强、孟祥梅。

海底沉积物声学特性原位测量方法

1 范围

本标准规定了海底沉积物中纵波声速和声衰减系数的原位测量原理、测量内容、测量步骤和测量报告。

本标准适用于海洋调查中的海底沉积物声学纵波特性原位测量。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 12763.1 海洋调查规范第1部分：总则

GB/T 12763.2 海洋调查规范 第2部分：海洋水文观测

GB/T 12763.7 海洋调查规范第7部分：海洋调查资料交换

GB/T 12763.8 海洋调查规范第8部分：海洋地质地球物理调查

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沉积物声学特性 **acoustic properties in marine sediments**

纵波声波在沉积物中的传播速度与声衰减系数。

3.2

原位测量 **in-situ measurement**

将仪器放置海底，周围环境未发生变化，最大程度保持沉积物在海底的温度、压力以及土工等状态，避免沉积物样品取样和搬运过程中对沉积物造成的扰动，直接测量沉积物特性的方法。

3.3

沉积物声速 **sound velocity in sediments**

$$V_s(f)$$

纵波在沉积物中对应频率 f 的传播速度。

注：沉积物声速单位用米每秒表示。

3.4

海水声速 **sound velocity in seawater**

$$V_w(f)$$

纵波在海水中对应频率 f 的传播速度。

注：海水声速单位用米每秒表示。

3.5

沉积物声衰减系数 **sound attenuation coefficient in sediments**

$\alpha(f)$

声波在沉积物中传播时，对应频率 f 的声能在单位距离上的衰减分贝数。

注：沉积物声衰减系数的单位用分贝每米表示。

4 测量原理

采用停船定点测量或连续测线测量，在保持海底沉积物原位状态下，通过将一定间距的声学发射换能器与接收换能器贯入沉积物内部，声波从发射换能器辐射，通过海底沉积物后被接收换能器接收，进行实时或自容式原位测量，测量声波脉冲信号在一定间距沉积物中的旅行时间与幅度变化，计算得到相应沉积物中的声速与声衰减系数。计算原理如下：

a) 沉积物声速原位测量计算

通过测量发射与接收换能器之间的沉积物中声波旅行时间，计算获得声速，其中发射与接收换能器之间的距离，使用水中声速计算。沉积物声速计算见公式（1）。

$$V_s(f) = \frac{V_w(f) \cdot \Delta T_w}{\Delta T_s} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $V_w(f)$ 、 $V_s(f)$ ——声波在海水和沉积物中对应频率 f 的声速，单位为米每秒（m/s）；

ΔT_w ——海水中声波从发射至接收换能器的旅行时间，单位为秒（s）；

ΔT_s ——沉积物中声波从发射至接收换能器的旅行时间，单位为秒（s）。

b) 沉积物声衰减系数原位测量计算

声衰减系数计算使用沉积物中近远两通道接收换能器的信号进行计算，声衰减系数可采取如下两种方法计算，对于波形清晰，易于提取起跳点，可使用振幅法计算声衰减系数，见公式（2）；对于波形变异，可以针对信号包络，使用功率谱法计算声衰减系数，见公式（3）。

1) 振幅法

$$\alpha(f) = \frac{20}{d} \log\left(\frac{A_{s\text{near}}}{A_{s\text{far}}}\right) \dots\dots\dots (2)$$

式中： $\alpha(f)$ ——声波在沉积物中对应频率 f 的衰减系数，单位为分贝/米（dB/m）；

$A_{s\text{near}}$ 、 $A_{s\text{far}}$ ——沉积物中近、远接收换能器所接收到的振幅，单位为伏特（V）；

d ——近、远接收换能器声中心的间距，单位为米（m）。

2) 功率谱法

$$\alpha(f) = \frac{10}{d} \log\left(\frac{P_{s\text{near}}}{P_{s\text{far}}}\right) \dots\dots\dots (3)$$

式中： $\alpha(f)$ ——声波在沉积物中对应频率 f 的衰减系数，单位为分贝每米（dB/m）；

P_{sneer} 、 P_{sfar} ——沉积物中近、远接收换能器所接收到的功率，单位为瓦特（W）；

d ——近、远接收换能器声中心的间距，单位为米（m）。

5 测量内容

测量包括以下内容：

- a) 近海底的海水声速，用作测量误差计算；
- b) 沉积物的声速；
- c) 沉积物的声衰减系数。

6 测量步骤

6.1 测量仪器

沉积物的声学特性原位测量使用声学原位测量仪器开展测量，测量仪器应满足如下技术要求：

- a) 发射换能器，技术指标：发射频率 200kHz 以内；
- b) 接收换能器，技术指标：接收频带 200kHz 以内；
- c) 声波记录器，技术指标：采样率不小于 1MHz；具有滤波功能；具有增益功能；同时记录、存储通道数不少于 2 通道；可记录水下测量设备的姿态信息；不同采集通道（包含接收换能器）具有一致性，幅度一致性小于 2dB；相位一致性小于 5° ；
- d) 姿态测量：包括横滚与纵倾，测量范围 $-50^\circ \sim 50^\circ$ ，精度 1° ；
- e) 离海底高度测量：量程不小于 100m，精度 0.1m；
- f) 海水声速仪，声速测量精度优于 0.2m/s。

6.2 要求

测量要求如下：

- a) 同一站位，测量仪器至少进行一次在近底海水中的声速测量；
- b) 按 GB/T12763.7 中的相关规定，以站位号顺序编制报表；
- c) 作业海况四级以下，海况等级表见 GB/T 12763.2；
- d) 作业船实验条件的要求、仪器设备及其使用要求、原始观测资料记录、测量报告编写等内容应符合 GB/T12763.1 中的相关规定；
- e) 测量资料整理的基本要求应符合 GB/T12763.8 中的相关规定。

6.3 声速测量

在开展沉积物声学原位测量作业前，了解作业区域的水深与底质情况，测试声学原位测量仪器，准备相关测量记录表格等，在到达测量站位后，开始测量。步骤如下：

- a) 将声速仪搭载沉积物声学原位测量仪器布放入水，开启声速仪，持续下放仪器，直到仪器接近海底，声速仪持续测量与采集水中声速，记录测量站位号、水深、经度、纬度、布放时间以及海况，填入表 A.1；
- b) 在接近海底时，停止布放，调节沉积物声学原位测量仪器的脉冲信号发射幅度，使得接收信号获得完整波形，测量声波在海水中从发射换能器至接收换能器的旅行时间，并采集信号波形，计算近海底的海水声速，记录声学测量文件名、频率、采样率、激励周期、发射电压以及各通道增益控制，并备注“水中测量”，填入表 A.1；

- c) 水中测量完成后，继续下放沉积物声学原位测量仪器，使得仪器贯入海底沉积物中，开始沉积物中测量，调节脉冲信号发射幅度，使得接收通道信号获得完整波形，测量声波在沉积物中从发射换能器至接收换能器的旅行时间，并采集信号波形，计算沉积物中声速，记录声学记录文件名、频率、采样率、激励周期、发射电压以及各通道增益控制，并备注“沉积物中测量”，填入表 A. 1。

6.4 声衰减系数测量

步骤如下：

- a) 保持仪器在沉积物中，调节脉冲信号发射幅度，使得不少于两个接收通道信号获得完整波形，测量声波在沉积物中从发射换能器至接收换能器的信号幅度，并采集信号波形，计算沉积物中声衰减系数，记录声学测量文件名、频率、采样率、激励周期、发射电压以及各通道增益控制，并备注“沉积物中测量”，填入表 A. 1；
- b) 利用两个接收通道的时间差，基于声速仪测量获得水中声速，计算两个接收通道之间的距离；
- c) 利用计算获得的两个通道之间的距离，分别提取对应两个通道接收信号幅度或者包络能量，计算沉积物声衰减系数。

6.5 误差计算

6.5.1 声速测量误差计算

以声速仪测量的声速(6.3 a))为真值，以水中测量的若干声速值(6.3 b))为样本，按照公式(B.1)进行外符合声速测量误差计算；

以沉积物中测量的若干声速值(6.3 c))为样本，按照公式(B.2)进行内符合声速测量误差计算。

6.5.2 声衰减系数测量误差计算

以沉积物中测量的若干声衰减系数值(6.4)为样本，按照公式(B.3)进行内符合声衰减系数误差计算。

7 测量报告

测量报告应包括如下内容：

- a) 测量区域位置图等；
- b) 测量人员、测量时间、仪器设备、测量误差分析等；
- c) 数据处理方案、所采用的软件等；
- d) 质控措施；
- e) 测量记录，在进行沉积物原位测量作业中，记录作业班报，记录表参见表 A. 1；
- f) 测量成果，其中包括图件，图件包括以下内容：
 - 1) 沉积物原位声速随深度变化的垂直分布图，图件参见图 C. 1；
 - 2) 沉积物原位声衰减系数随深度变化的垂直分布图，图件参见图 C. 2。

附录 A

(资料性附录)

沉积物声学特性原位测量记录表

表 A.1 给出了沉积物声学特性原位测量记录表。

表A.1沉积物声学特性原位测量记录表

测量船： 测量设备： 海况： 风速： 天气：

工区：		日期：					海况：					测量员：							
站号：		时间：					水深：					审核员：							
纬度 (N/S)		ddd° mm.mmm'										换能器声程/延时							
												1	2	3	4	5	6	7
经度 (E/W)		ddd° mm.mmm'																	
声学测量 文件名	频率 (kHz)	采样 率	采样 长度	激励 周期	控制 幅度	发射 电压	各通道增益控制							备注					
							1	2	3	4	5	6	7					

操作： 记录： 审核： 第 页 共 页

附录 B

(资料性附录)

声速和声衰减系数测量误差计算公式

测量中的误差来源于声学背景噪声，其为随机信号，服从高斯分布，误差计算公式采用均方根误差公式计算。设 $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ 为声速或声衰减系数测量值。

a) 水中测量外符合误差

v 为声速仪在水中测量获得的声速， x_i 为声学原位测量仪器在水中测量的声速，水中声速测量误差 v_{error} 计算公式见公式(B.1)。

$$v_{error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - v)^2}{n}} \dots\dots\dots (B.1)$$

b) 沉积物中声速测量内符合误差

\bar{x} 为声学原位测量仪器在沉积物中测量的声速值的平均值，沉积物中声速测量误差 v_{error} 计算公式见公式(B.2)。

$$v_{error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots (B.2)$$

c) 沉积物中声衰减系数测量内符合误差

\bar{x} 为声学原位测量仪器在沉积物中测量的声衰减系数值的平均值，沉积物中声衰减系数测量误差 ∂_{error} 计算公式见公式(B.3)。

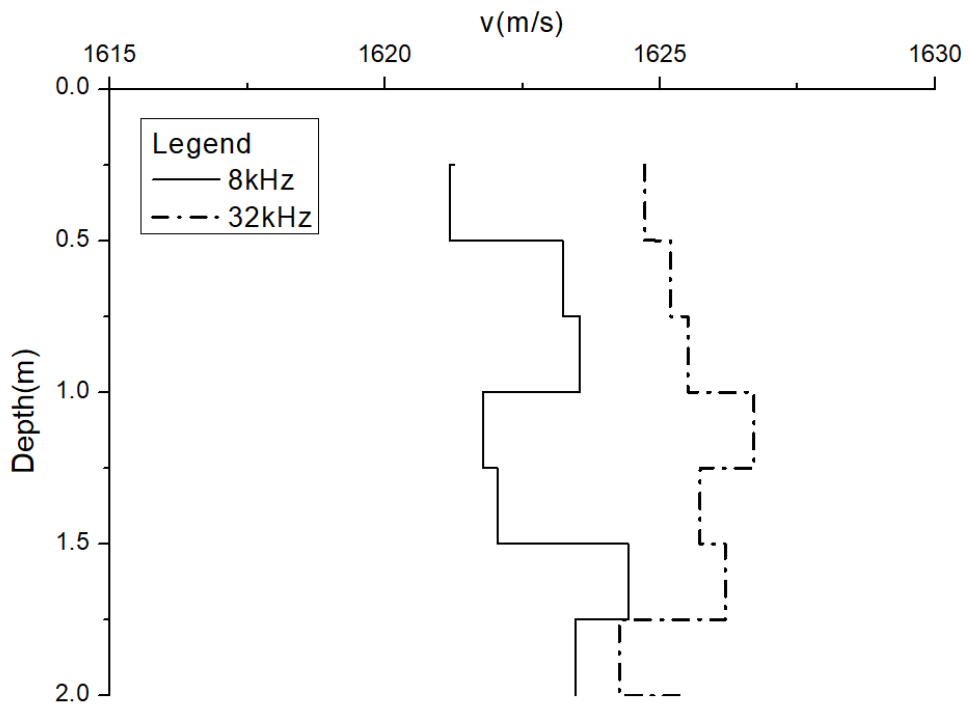
$$\partial_{error} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots (B.3)$$

附录 C

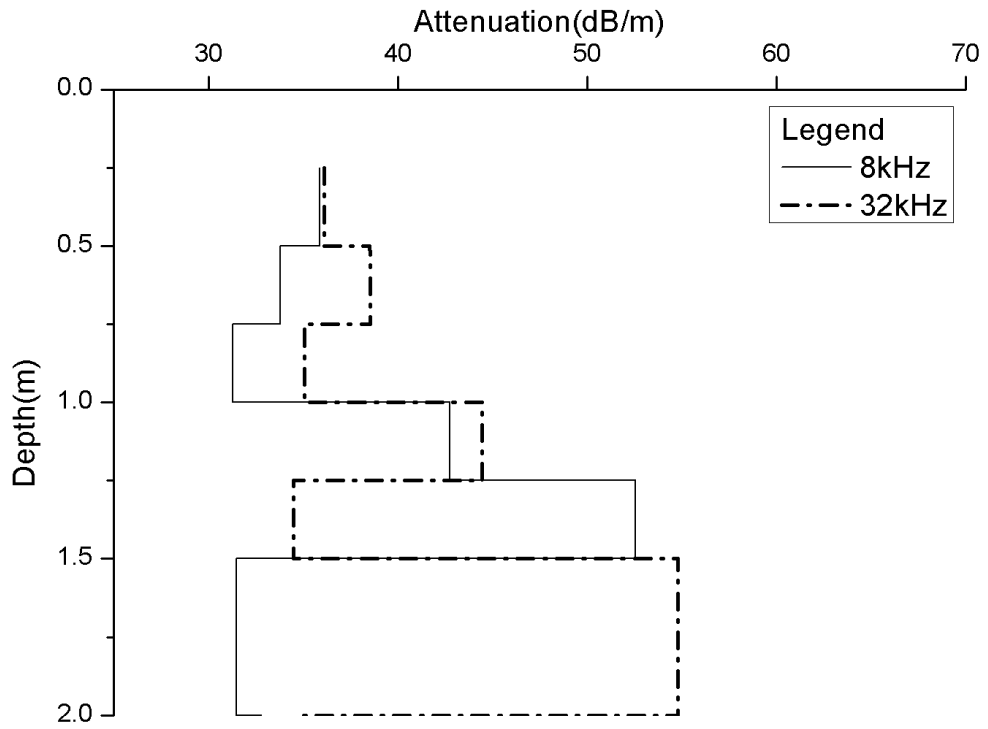
(资料性附录)

声速、声衰减系数垂直剖面示意图

声速垂直剖面示意图见图C.1，声衰减系数垂直剖面示意图见图C.2



图C.1声速垂直剖面图



图C.2 声衰减系数垂直剖面图