

# 大深度触底指示器 Pinger 换能器及其声反射系统

王清池 许肖梅 许鹭芬 黄锡明

(厦门大学亚热带海洋研究所 361005)

关键词 触底, 声遥测, 换能器, 声反射系统

在海洋地质调查中, 目前取样方式有无缆取样和有缆取样两种。无缆取样只能对海底表面进行取样, 有缆取样可以对海底表面下的地质进行取样, 但是, 这种取样方式往往难以准确确定取样器到达海底的时刻, 特别是在大洋调查中, 水深一般都在几千米以上, 调查船根据水深施放钢缆, 长度必须比水深长。这个长度是根据钢缆的倾角及水深来确定, 它带有人主观经验因素。经常使钢缆不是施放过长, 就是施放不到底, 给取样带来了困难。针对此问题, 作者研制了大深度声学遥测触底指示器, 利用声遥测方法获得触底信息。本文介绍声遥测触底指示器的核心部件 Pinger 换能器及其声反射系统。

## 1 声遥测触底指示工作方式

大深度声学遥测触底指示的方式有: Pinger 工作方式。测量距离海底工作方式和测取样器测高计高度等三种工作方式<sup>①</sup>。就监测取样器的触底信息而言, 测取样器离测高计高度的工作方式更为方便。它不受底质的反射系数、声速的变化和悬挂高度的影响就能获得触底的信息。

图 1 是测取样器离测高计高度工作方式的原理。将一个带有测高计的 Pinger 悬挂在取样器上方的任意高度上, 在施放钢缆时, 测高计每秒钟向取样器发射一个高载频的信号, 同时也触发 Pinger 发射一个声脉冲。当测高计收到取样器的反射信号时, 又触发 Pinger 再次发射声脉冲。在取样器未到达海底之前, 这两个声脉冲信号的时差保持不变。一旦取样器到达海底后, 测高计测到的高度就小于原来测到的高度。因此, 从两个声脉冲的时差开始变小就能估计取样器触底的时刻。水上接收设备的工作由置于船边的水听器接收声脉冲信号。Pinger 换能器必须具有大功率、高灵敏度、能耐几千米水深的静水压并能在垂直方向形成高指向才能满足大深度声遥测触底指示器的要求。

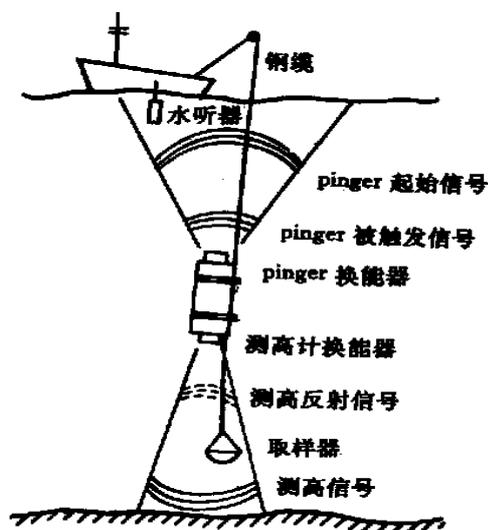


图 1 测底高度方式原理

Fig. 1 The principle of measuring the height of sampler

## 2 Pinger 换能器及其声反射系统

### 2.1 自由溢流式圆柱型换能器

由于自由溢流式压电圆柱型换能器的圆管形压电元件在深水中各向均匀受压, 可以承受足够大的静水压。并且  $Q$  值也较低。因此, 适于高静水压下工作。大深度声遥测触底指示器的 Pinger 换能器采用  $\varnothing$  外径 88  $\times$   $\varnothing$  内径 75  $\times$   $h$  40 的 PZT-4 圆柱制成。圆柱的内外柱面用聚氨脂密封。其径向谐振频率  $f_r = 12$  kHz。由脉冲发生器发出脉宽 2 ms, 周期 1 s 的脉冲信号, 经与门与

① 黄锡明等, 1991。厦门大学第八届科学讨论会《科学研究报告》, 134~135。  
收稿日期: 1996 年 12 月 12 日

12 kHz 的晶振信号相调制, 最后经功放激励 Pinger 换能器产生径向振动, 发生 12 kHz 的声脉冲信号。

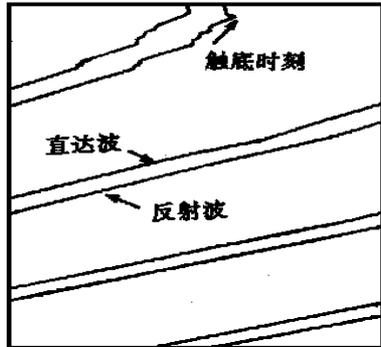


图 2 Pinger 换能器和声反射罩  
1. 溢流式换能器; 2. 声反射罩

Fig. 2 Pinger transducer and the cowling of acoustic reflection

1. Free-flooded transducer
2. The cowling of acoustic reflection

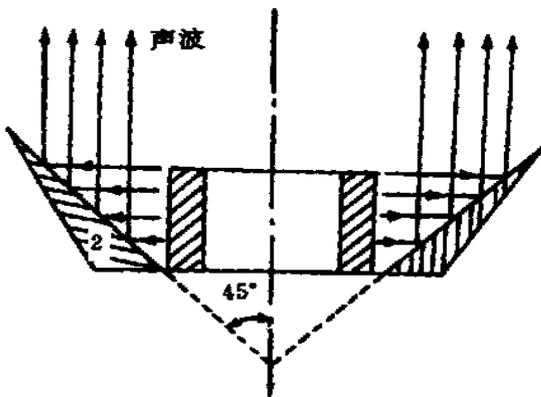


图 3 测取样器高度记录

Fig. 3 Record of measuring the height of sampler

## 2.2 声反射罩

水面接收设备的工作由置于船边的水听器接收触底指示计发出的声脉冲信号。为了使船边的水听器能灵敏地接收到大深度声遥测触底指示计的 Pinger 换

能器在几千米水深处发出的声脉冲信号, 要求 Pinger 换能器在垂直方向具有高指向性。为此, 利用声反射罩将 Pinger 换能器径向振动的声波反射到垂直方向, 如图 2 所示。

声反射罩由硬铝制成。Pinger 换能器径向振动发出的声波由水介质传播到反射罩。由于水介质的声特性阻抗  $Z_{\text{水}} = \rho c_{\text{水}} = 1.50 \times 10^5 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。铝的声特性阻抗  $Z_{\text{铝}} = \rho c_{\text{铝}} = 17.1 \times 10^5 \text{ g cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 。铝的声特性阻抗远大于水的声特性阻抗, 根据声波在两种不同声特性阻抗媒质传播的反射原理<sup>[1]</sup>, 由 Pinger 换能器径向发出的声波通过水介质入射到反射罩, 经反射罩的反射, 大部分声波向垂直方向传播并在垂直方向形成高的指向性。

## 3 实验结果

Pinger 换能器加上声反射系统, 在实验室水池进行方向性测量, 测量结果表明, 利用声反射系统使 Pinger 换能器在垂直方向形成高指向性, 其波束角为  $5^\circ$  左右, 换能器的方向性指数增加 20 dB。声遥测触底指示计利用 Pinger 换能器及其声反射系统, 采用测取样器离测高计高度的工作方式, 1987 年和 1988 年两次到太平洋海上实验, 均获得了 5 000 m 以上的取样器触底指示信息。

图 3 是声遥测触底指示计采用测取样器高度工作方式的记录图。它在水深为 5 082 m 海区进行实验。记录笔的走速每秒 10 格。测高计与 Pinger 一起挂在取样器上方 100 m 处, 当它们投入海中后, 船上收到始终间隔为 200 m 的两个声脉冲信号, 一直保持到取样器到达海底。当取样器抵达海底后, 测高计测得高度开始变小, 两个声脉冲间隔也随着变小。图 3 上反射波信号向直达波信号靠近, 它的轨迹线呈现出一个转换点, 转换点的出现预示着取样器触及海底的时刻。

## 参考文献

- [1] 何祚镛, 赵玉芳, 1981. 声学理论基础. 国防工业出版社, 148~155.

# THE PINGER TRANSDUCER OF THE BOTTOM-FINDING INDICATOR IN DEEP SEA AND ITS ACOUSTIC REFLECTION SYSTEM

Wang Qingchi, Xu Xiaomei, Xu Lufen and Huang Ximing  
(*Institute of Subtropical Oceanography, Xiamen University, 361005*)

**Received:** Dec. 12, 1996

**Key Words:** Bottom-finding, Acoustic telemetry, Transducer, Acoustic reflection system

## Abstract

The pinger transducer, a core part of the bottom-finding indicator, and its acoustic reflection system were introduced here. By utilizing acoustic reflection system, a high beam pattern of pinger transducer was formed in vertical direction. The directivity index of pinger transducer has 20 dB increase. By experimenting in the Pacific Ocean of the depth of more than 5 000 meter, the information of the bottom-finding indication was obtained