

# Pasisar :一种深拖式高分辨率地震采集系统\*

## PASISAR: A HIGH RESOLUTION DEEP-TO WED SEISMIC SYSTEM

梁瑞才 王述功 刘保华

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛 266003)

关键词 高分辨率, 穿透深度, 地震剖面

我们知道, 由于海水对声波的吸收作用, 目前我们在进行深海地震勘探时, 往往会得到令人失望的结果, 主要是由于震源的能量不够强所致, 例如, 以 800 J 电火花作震源, 当水深大于 1 500 m 时, 穿透深度几乎为零。如果要大大提高震源的能量, 除了技术上的难度外, 代价也是非常巨大的。法国 IFREMER 的科学家研制了一种深拖于海底的高分辨率混合地震采集系统, 这一系统可在水深 6 000 m 以内采集到高分辨率地震剖面<sup>[1]</sup>。

### 1 Pasisar 系统介绍

Pasisar 系统主要由震源、接收电缆和一个 SAR 深潜器组成 (图 1), SAR 是十多年前的一个旁扫声纳, 它由一个带有保护层的同轴电缆拖一个被动的压载器和一个流体装置组合而成。它被拖于海底之上 100 m 处, 在这个 SAR 装置里面配置有一个极高分辨率的旁扫声纳 (170 ~ 190 kHz), 一个 3.5 kHz 泥层探测传感器, 最近他们在里面又装置了一个三分量磁力仪。

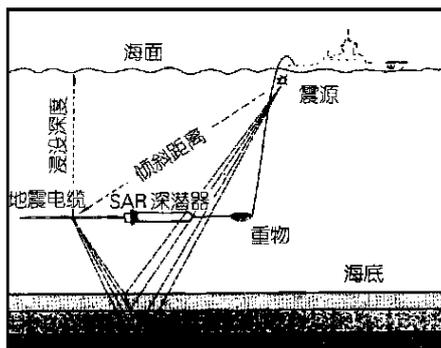


图 1 深拖式高分辨率地震系统示意

Pasisar 的信号来自拖在其后面的单道地震电缆, 这一电缆包括一个前导段和接收段, 接收段是由 7 或

10 组水听器 (每组 3 个) 组成。两个水听器阵列, 其尾部拖有一根绳子, 主要起平衡作用。接收电缆一共 20 m 长, 直接拖于 SAR 后面。接收到的地震信号先期在 SAR 里面进行放大, 然后通过与其联接的同轴电缆传输到船上, 这些模拟信号被数字化后, 然后被计算机记录下来。

### 2 震源

Pasisar 系统可以使用各种形式的震源, 高分辨率的震源可以用于非常高的分辨率的测量, 能量较大但分辨率较低的震源 (如汽枪) 可以用于做较深的研究。图 2 是以 SIG 800 J 非常高分辨率电火花作为震源在地中海北部边缘所获得的地震剖面, 震源的频谱在 200 ~ 800 Hz 之间变化, 在 0 ~ 15 000 Hz 频率范围内所产生的压力峰值小于 200 000 Pa · m。在不同深度处所计算出的平均频谱证明了高频并不随深度变化而衰减, 而相反, 剖面显示, 地震信号的穿透深度通常在 1 200 ~ 1 450 m 之间将减少到原来的 1/3。从剖面上可以看出, 这一系统在水深大于 1 600 m 时, 其穿透深度几乎为零, 也就是说这一震源的最大工作水深为 1 600 m。

图 3 是在地中海海脊处采用两个 150c.i. Gi 枪, 工作气压为  $14 \times 10^6$  Pa, 所获得的地震剖面 (已经过似偏移算法处理), 在平均水深约 3 300 m 处, 其穿透深度约为 1 000 m, 其垂向分辨率从剖面左边可看出约为 10 ~ 20 m。值得注意的是, 这一剖面是在海况较恶劣的情况下获得的。

图 4 是 Sibuet 1996 年在 Iberian 深海平原采用一个 Gi 枪 (150c.i.), 在水深超过 5 000 m 处采用谐波模式获得的剖面, 穿透深度为 900 m, 垂向分辨率为 25

\* 中国开辟地区地震地层学构造特征及成矿条件研究资助项目 DY95 - 02 - 04 号。

收稿日期: 2000 - 03 - 27; 修回日期: 2000 - 04 - 25

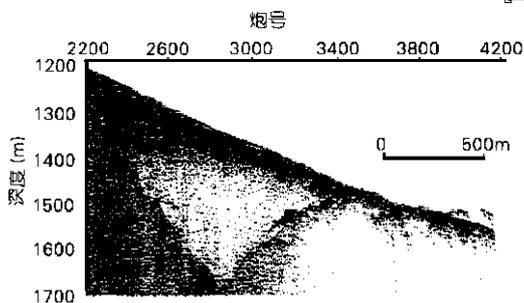


图2 以 SIG 800J 为震源获得的高分辨率地震剖面

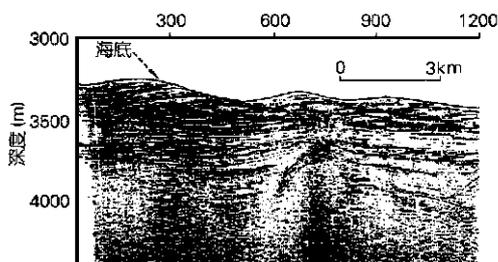


图3 以两个 GI 枪为震源获得的地震剖面

m。因为采用了谐波模式,所以分辨率不如前面的高,因为在这一模式下,它增大了 GI 枪的能量,但同时减小了主频的值。

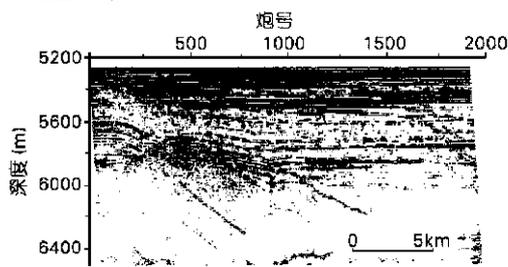


图4 以一个 GI 枪为震源在水深超过 5000 m 处所获地震剖面

### 3 速度估算

当一条测线同时记录表层(传统的地震记录)和深拖两种剖面时,我们可以通过一些已经知道的参数计算出:(1)水层的平均波速度;(2)第一沉积层的厚度值;(3)第一沉积层的地震波速度。需要的已知参数为:表层电缆海底到达时间、表层电缆第一层到达时间、深拖电缆直达时间、深拖电缆海底到达时间、深拖电缆第一层到达时间和 SAR 的浸没深度值。各已知参数如图 5 所示。

各参数的计算公式如下<sup>[1]</sup>:

$$\begin{aligned}
 W &= 2 \cdot I \cdot T_s / (T_{Dd}^2 + T_{Ss}^2 - T_{Ds}^2) \\
 H &= V \cdot (T_{S1} - T_s) / 2 \\
 A &= (W \cdot T_s) / (2 - I) \\
 W / \sin(\alpha\lambda) &= V_w / \sin(\alpha W) \\
 T_{D1} &= (I + 2 \cdot A) / (W \cdot \cos(\alpha W)) + 2 \cdot H / (V \cdot \cos(\alpha\lambda)) \\
 (I + 2 \cdot A) \cdot \operatorname{tg}(\alpha W) + 2 H_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha\lambda) &= ((T_{D1} \cdot W)^2 - I^2)^{1/2}
 \end{aligned}$$

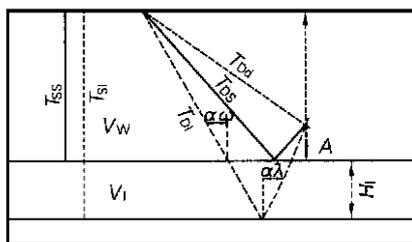


图5 各种参数示意

其中  $V_w$ : 水层地震波速度 (m/s);  $T_s$ : 表层电缆海底到达时间 (ms);  $T_{S1}$ : 表层电缆第一层到达时间 (ms);  $W$ : 水层平均波速度 (m/s);  $V$ : 第一层地震波速度 (m/s);  $T_{Dd}$ : 深拖电缆直达时间 (ms);  $T_{Ss}$ : 深拖电缆海底到达时间 (ms);  $T_{D1}$ : 深拖电缆第一层到达时间 (ms);  $H$ : 第一层厚度 (m);  $I$ : 浸没深度 (m);  $A$ : 深拖电缆到海底深度 (m)。

速度计算的精度依赖于输入各已知参数的精度,在实践中,为了克服参数在水平方向的小的变化,要对表层和深拖资料的偏移进行比较,并且也要考虑调查船和 SAR 之间的偏移。不能将 1500 m/s 作为水速度,而是将计算水速度作为层速度计算的第一步,深拖和表层海底位置要尽量一致,这样才能减少第一层速度计算时的误差。

### 4 结语

采用 Pasisar 混合深拖系统,可以大大提高地震剖面的分辨率,在很多情况下,它可以提供更好的信噪比和更大的穿透深度。传统的地震勘探方法不能用于深海作业,而 Pasisar 混合深拖系统可用于水深在 6000 m 以上范围内,并可获得高分辨率、高质量剖面,尤其难能可贵的是,传统地震勘探方法往往要受海况的影响,由于接收电缆漂浮于海面,风浪稍大即会产生大的噪声信号,使获得的剖面质量下降,而 Pasisar 深拖系统由于将接收电缆深拖于海底,基本不受海况的影响,不论在什么样的气候条件下,它都能获得高分辨率、高质量的剖面。这将会极大地提高工作效率,

大大减少勘探成本。

采用表层和深拖两种记录方式,可以估算海水层及第一沉积层的地震波速度,并且具有快速、容易等特点,特别是当本地区没有多道地震资料时,可以采

用这一新技术来确定层速度值。

#### 参考文献

- 1 Herve Nouze *et al.*. *Marine Geophysical Researches*, 1997, 19:379 ~ 395 (本文编辑:李本川)