

基于垂直线列阵数据提取浅海波导声传播参数的模值追踪法

胡银丰¹, 葛辉良²

(1. 海军驻杭州地区军事代表室, 杭州 310012; 2. 杭州应用声学研究所, 杭州 310012)

摘要: 垂直水听器线列阵接收的声数据或其互谱密度矩阵可以用来提取浅海波导声传播的简正波模深度函数、水平波数和海底参数。在实际应用中, 布放在海洋中的垂直水听器线列阵不可避免地产生倾斜。计算机仿真结果表明, 垂直阵的倾斜使提取参数误差大幅增大。针对此问题, 提出模值追踪法, 构建模值追踪代价函数, 对垂直水听器线列阵声数据互谱密度矩阵的本征矢量的模值进行逼近。仿真结果表明, 模值追踪法可以有效消除基阵倾斜的影响。在仿真条件下, 水平波数估计误差小于 0.1%, 海底相移估计误差在 ± 1.1 范围内。

关键词: 垂直线列阵; 参数提取; 浅海波导; 模值追踪法

中图分类号: TN391

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2013)-01-0001-06

DOI 编码: 10.3969/j.issn1000-3630.2013.01.001

Absolute value shooting method for sound propagation parameter extraction of shallow water waveguide with the received acoustic data from a vertical line array

HU Yin-feng, GE Hui-liang

(1. The Navy Deputation in Residence of Hangzhou, Hangzhou 310012, China;
2. Hangzhou Applied Acoustics Institute, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The received acoustic data and the CSDM (cross spectrum density matrix) collected by a vertical line array can be used to estimate modal depth function, horizontal wave-number and bottom reflection phase shift of shallow water waveguide. In fact, the vertical line array deployed in sea is tilted. It is shown from simulation that the errors of estimated parameters are enlarged seriously by the tilt of the line array. In this paper, an absolute value shooting method is used to solve this problem. In this method, the cost function for shooting is replaced by an absolute value shooting cost function. Simulation shows that the influence of the tilt of the vertical line array can be eliminated. In the simulation, the errors of estimated horizontal wave-number and the estimated bottom reflection phase shift are less than 0.1% and ± 1.1 , respectively, when the vertical line array is tilted with a gradient of 0.1.

Key words: vertical line array; parameter extraction; shallow water waveguide; absolute value shooting method.

0 引言

以匹配场处理为代表的模基信号处理可以实现目标的三维定位, 浅海波导声传播参数尤其是海底参数的不确性是模基信号处理失配的主要原因。依据简正波理论, 声场中包含深度有关的模深度函数信息。基于垂直水听器线列阵接收声数据的模深度函数提取^[1-5]方法可以利用的声数据包括传播数据、混响数据、环境噪声数据, 该方法不需要声速

剖面 and 海底参数。实测的声速剖面可以用于模深度函数提取结果的去噪以及估计水平波数^[5], 并进一步估计海底反射相移^[4,6,7]。基于该方法, 只需测量声速剖面即可提高匹配场处理的性能^[8]。

在以上文献中, 没有讨论垂直线列阵倾斜的影响。实际上, 由于风、流的作用, 在海洋中布放的垂直线列阵通常是倾斜的。本文讨论垂直线列阵倾斜对浅海波导声传播参数提取的影响, 并提出了模值追踪法, 以消除垂直线列阵倾斜的影响。

1 基于垂直线列阵数据提取浅海波导声传播参数的方法

基于垂直线列阵数据提取浅海波导声传播参

收稿日期: 2012-09-05; 修回日期: 2012-10-30

作者简介: 胡银丰(1965—), 男, 浙江慈溪人, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为水声工程。

通讯作者: 胡银丰, E-mail: shiyasu@163.com

数的方法主要包括三个步骤：模深度函数提取、水平波数估计、海底反射相移估计。

(1) 模深度函数提取

文献[2]对从垂直阵数据中提取模深度函数的方法进行了详细分析。典型的例子是从拖曳声源产生的声场数据中提取简正波信息。垂直阵接收到的声场可以表示为^[2]：

$$\mathbf{p} = \begin{bmatrix} p(z_1, r_1) & p(z_1, r_2) & \cdots & p(z_1, r_{N_r}) \\ p(z_2, r_1) & p(z_2, r_2) & \cdots & p(z_2, r_{N_r}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p(z_{N_z}, r_1) & p(z_{N_z}, r_2) & \cdots & p(z_{N_z}, r_{N_r}) \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中： z_1, z_2, \dots, z_{N_z} 是垂直阵各阵元深度， r_1, r_2, \dots, r_{N_r} 是声源和接收阵元的距离。根据简正波理论， $p(z_i, r_j)$ 可以表示为：

$$p(z_i, r_j) = \frac{\sqrt{2\pi} e^{i\pi/4}}{\rho(z_s)} \sum_{n=1}^{N_z} \varphi_n(z_s) \varphi_n(z_i) \frac{e^{i k_n r_j}}{\sqrt{k_n r_j}} \quad (2)$$

其中： $\varphi_n(z)$ 是模深度函数， k_n 是水平波数， $\rho(z_s)$ 为海水密度， z_s 为声源深度。如果满足式(3)、(4)所示的正交性条件：

$$\sum_{i=1}^{N_z} \frac{\varphi_n(z_i) \varphi_m^*(z_i)}{\rho(z_s)} \approx \delta_{nm} \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{N_r} \frac{e^{i(k_n - k_m) r_j}}{N_r r_j} \approx \delta_{nm} \quad (4)$$

则声场矩阵 \mathbf{p} 的奇异值分解可以表示为

$$\mathbf{p} \approx \Phi \mathbf{A} \mathbf{R} \quad (5)$$

其中，

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{\rho(z_s)}} \begin{bmatrix} \varphi_1(z_1) & \varphi_2(z_1) & \cdots & \varphi_M(z_1) \\ \varphi_1(z_2) & \varphi_2(z_2) & \cdots & \varphi_M(z_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_1(z_{N_z}) & \varphi_2(z_{N_z}) & \cdots & \varphi_M(z_{N_z}) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\mathbf{A} = \frac{\sqrt{2\pi N_r}}{\sqrt{\rho(z_s)}} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{k_1}} \varphi_1(z_s) & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{k_2}} \varphi_2(z_s) & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{\sqrt{k_M}} \varphi_M(z_s) \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\mathbf{R} = \frac{1}{\sqrt{N_r}} \begin{bmatrix} \frac{e^{i k_1 r_1}}{\sqrt{r_1}} & \frac{e^{i k_1 r_2}}{\sqrt{r_2}} & \cdots & \frac{e^{i k_1 r_{N_r}}}{\sqrt{r_{N_r}}} \\ \frac{e^{i k_2 r_1}}{\sqrt{r_1}} & \frac{e^{i k_2 r_2}}{\sqrt{r_2}} & \cdots & \frac{e^{i k_2 r_{N_r}}}{\sqrt{r_{N_r}}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{e^{i k_M r_1}}{\sqrt{r_1}} & \frac{e^{i k_M r_2}}{\sqrt{r_2}} & \cdots & \frac{e^{i k_M r_{N_r}}}{\sqrt{r_{N_r}}} \end{bmatrix} \quad (8)$$

因此，声场矩阵 \mathbf{p} 的本征矢量 (Φ 的每列) 即为模深度函数提取结果。当满足

$$\mathbf{R} \mathbf{R}^+ \approx \mathbf{1} \quad (9)$$

时，也可以利用声场的互谱密度矩阵 \mathbf{C} 提取模深度函数，其表达式为：

$$\mathbf{C} = \mathbf{p} \mathbf{p}^+ = \Phi \mathbf{A} \mathbf{R} \mathbf{R}^+ \mathbf{A} \Phi^+ \approx \Phi \mathbf{A}^2 \Phi^+ \quad (10)$$

式(9)表示的条件即为式(4)的矩阵表示。

从混响数据或海洋环境噪声数据中提取模深度函数的原理和条件与上面讨论的类似，详细的表达式可以参考文献[1]和[4]。

(2) 水平波数估计

模深度函数提取后，可以利用追踪法估计水平波数^[4,5]，即寻找式(11)的一个全局最小值对应的水平波数 k_m 和模深度函数 $\hat{\varphi}_m$ 。

$$F(k_m) = \sum_{i=1}^{N_z} [\varphi_m(z_i) - \hat{\varphi}_m(z_i, k_m)] \quad (11)$$

其中， $\hat{\varphi}_m(z_i, k_m)$ 是微分方程式(12)的一个解。

$$\begin{aligned} \varphi_m(z_{i+1}, k_m) = \\ -\varphi_m(z_{i-1}, k_m) + \left\{ 2 - h^2 \left[\frac{\omega^2}{c^2(z_i)} - k^2 \right] \right\} \varphi_m(z_i, k_m) \end{aligned} \quad (12)$$

(3) 海底参数估计

文献[4]和[6]中，利用简正波水平波数估计海底反射相移。利用估计的反射相移和海底分类统计，即可进行匹配场处理^[8]。海底反射相移估计主要利用公式(13)：

$$P \alpha_m = (2m-1)\pi - B_u - 2 \int_{z_u}^{z_l} \sqrt{k^2(z) - k_m^2} dz \quad (13)$$

式中， P 是海底反射相移， α_m 为简正模掠射角。参数 B_u 的表达式见式(14)：

$$B_u = \begin{cases} -\pi, & k(0) > k_m \\ -\pi/2, & k(0) < k_m \end{cases} \quad (14)$$

2 垂直水听器线列阵倾斜对浅海波导声传播参数提取的影响

以下通过计算机仿真分析垂直线列阵倾斜对浅海波导声传播参数提取的影响。以 Pekris 信道为例，波导参数见图 1。在水体中布放一个垂直阵，一个发射 100Hz CW 信号的声源(深度 z_s 为 50m)从 r_{start} 运动到 r_{stop} 。根据文献[1]， r_{start} 和 r_{stop} 需要满足

$$\Delta r = r_{\text{stop}} - r_{\text{start}} \gg C_{mn} = 2\pi / |k_m - k_n|, \quad m \neq n \quad (15)$$

该条件是为了满足式(4)。另外一个条件是距离采样 dr 应满足：

$$dr \ll C_{mn} \quad (16)$$

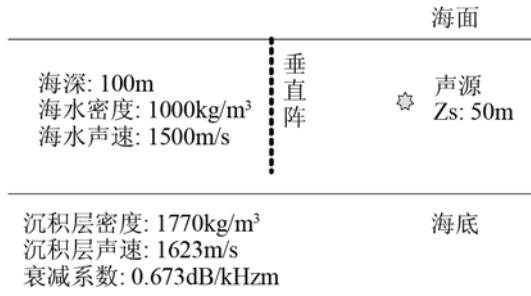


图 1 仿真采用的海洋波导参数，基阵和声源布置示意图
Fig.1 Schematic of sound source and receiving array set-up with ocean waveguide parameters for simulation

图 1 所示的水平波数和 $C_{m,m}$ 见表 1。在以下仿真中，选取 $\Delta r > 5(C_{m,m-1})_{\max}$ 和 $dr < 3(C_{m,m-1})_{\min}$ 。

考虑 1 条 32 元垂直线列阵，阵元间距为 3m。

为评价估计误差，定义两个误差函数：

$$E_1 = \sqrt{(\varphi_m(z_i) - \hat{\varphi}_m(z_i))^2 / N_z}, \quad E_2 = |k_m - \hat{k}_m| / k_m \quad (17)$$

式(17)中， $\varphi_m(z_i)$ 是模深度函数的真值或理论计算值， $\hat{\varphi}_m(z_i)$ 是模深度函数提取结果或利用追踪法处理后的结果， k_m 是水平波数真值或理论计算值， \hat{k}_m 是水平波数估计值。

表 1 图 1 所示海洋波导对应的简正波水平波数及水平波数差
Table 1 Horizontal modal wave-number and the wave-number difference of ocean waveguide shown as Fig.1

阶数	k_m	$ k_m - k_{m-1} $	$C_{m,m-1}$
1	0.4179191		
2	0.4149937	0.0029254	2147.8
3	0.4099917	0.005002	1256.1
4	0.4027876	0.0072041	872.1
5	0.393321	0.0094666	663.7

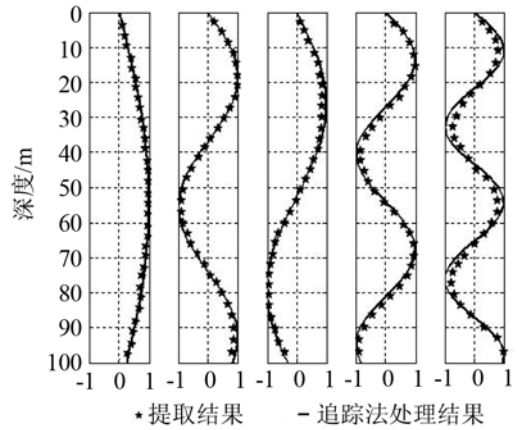
图 2 给出了模深度函数提取结果、追踪法处理结果和理论计算结果。模深度函数的顺序按对应的声压互谱密度矩阵奇异值从大到小的次序排列。表 2 是模深度函数的估计误差。由表 2 可见，模深度函数和水平波数的误差均很小，简正模水平波数的估计误差小于 0.1%。

表 2 模深度函数和水平波数估计误差(对应图 2)

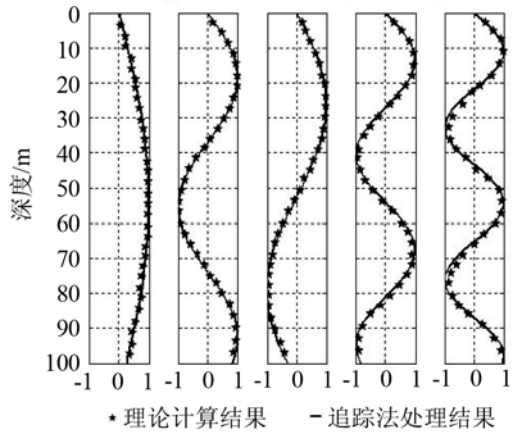
Table 2 Estimation errors of modal depth function and horizontal wave-number (corresponding to Fig.2)

阶数	$E1$ (提取结果)	$E1$ (追踪法处理结果)	$E2$ (%)
1	0.0021	0.0087	0.0015
3	0.0601	0.0285	0.0165
2	0.0936	0.0391	0.0149
4	0.0919	0.0600	0.0432
5	0.1732	0.0762	0.0671

假设垂直线列阵有一个梯度为 0.1 的倾斜，即对于深度为 100m 的水听器阵元，水平位移为 10m，对应的倾角为 5.7° 。由于阵元深度可以利用压力传



(a) 模深度函数提取结果和追踪法处理结果



(b) 追踪法处理结果和理论计算结果

图 2 模深度函数提取结果、追踪法处理结果和理论计算结果的比较

Fig.2 Comparison of results obtained: a, by modal depth function extraction and absolute value shooting method; b, by absolute value shooting method and theoretical calculation (for vertical line array)

感器测量，因此，假设阵元深度是精确已知的。图 3 和表 3 给出了该情况下模深度函数提取结果和追踪法处理结果。结果表明，在基阵倾斜情况下，垂直线列阵声数据互谱密度本征矢量实部和实际的模深度之间产生了很大差异，追踪法处理甚至出现了失效情况，水平波数估计误差很大。

3 模值追踪处理方法

在垂直线列阵倾斜的情况下，每个阵元离声源的水平距离不同，接收到的声场变化为：

$$p = \begin{bmatrix} p(z_1, r_1 + \Delta r_1) & p(z_1, r_2 + \Delta r_1) & \cdots & p(z_1, r_{N_r} + \Delta r_1) \\ p(z_2, r_1 + \Delta r_2) & p(z_2, r_2 + \Delta r_2) & \cdots & p(z_2, r_{N_r} + \Delta r_2) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p(z_{N_z}, r_1 + \Delta r_{N_z}) & p(z_{N_z}, r_2 + \Delta r_{N_z}) & \cdots & p(z_{N_z}, r_{N_r} + \Delta r_{N_z}) \end{bmatrix} \quad (18)$$

在正交性条件式(3)、(4)不变的情况下，式(6)变化为：

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{\rho(z_s)}} \begin{bmatrix} \frac{\varphi_1(z_1)e^{ik_1\Delta r_1}}{\sqrt{(r_1+\Delta r_1)/r_1}} & \frac{\varphi_2(z_1)e^{ik_2\Delta r_1}}{\sqrt{(r_2+\Delta r_1)/r_2}} & \dots & \frac{\varphi_M(z_1)e^{ik_M\Delta r_1}}{\sqrt{(r_{N_r}+\Delta r_1)/r_{N_r}}} \\ \frac{\varphi_1(z_2)e^{ik_1\Delta r_2}}{\sqrt{(r_1+\Delta r_2)/r_1}} & \frac{\varphi_2(z_2)e^{ik_2\Delta r_2}}{\sqrt{(r_2+\Delta r_2)/r_2}} & \dots & \frac{\varphi_M(z_2)e^{ik_M\Delta r_2}}{\sqrt{(r_{N_r}+\Delta r_2)/r_{N_r}}} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\varphi_1(z_{N_z})e^{ik_1\Delta r_{N_z}}}{\sqrt{(r_1+\Delta r_{N_z})/r_1}} & \frac{\varphi_2(z_{N_z})e^{ik_2\Delta r_{N_z}}}{\sqrt{(r_2+\Delta r_{N_z})/r_2}} & \dots & \frac{\varphi_M(z_{N_z})e^{ik_M\Delta r_{N_z}}}{\sqrt{(r_{N_r}+\Delta r_{N_z})/r_{N_r}}} \end{bmatrix} \quad (19)$$

式(19)中每一列即为声场矩阵的本征矢量。由式可见,在基阵倾斜情况下,声场矩阵的本征矢量和模深度函数相差了一个复因子。对于声源远离垂直线列阵情况,有

$$\Delta r_i \ll r_j, \sqrt{(r_j+\Delta r_i)/r_j} \approx 1, \quad i=1,2,\dots,N_z; j=1,2,\dots,N_r \quad (20)$$

基阵倾斜对模深度函数提取的主要影响为引入了一个相位因子,使声场矩阵的本征矢量实部与模深度函数无法对应,但其本征矢量的模值和模深度函数模值一致。因此,提出用模值追踪法实现模深度函数提取和水平波数估计,具体步骤为:

(1) 对声场矩阵或互谱密度矩阵进行奇异值分解,获得本征矢量;

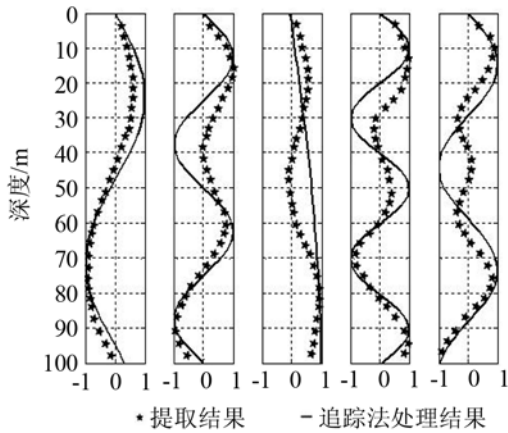
(2) 根据测量的声速剖面,利用追踪法求解微分方程(12),搜索模值代价函数全局最小值对应的模水平波数估计值,此时所对应的模深度函数试探解即为模深度函数的估计值。模代价函数表达式为

$$F(k_m) = \sum_{i=1}^{N_z} [|\varphi_m(z_i)| - |\hat{\varphi}_m(z_i, k_m)|] \quad (20)$$

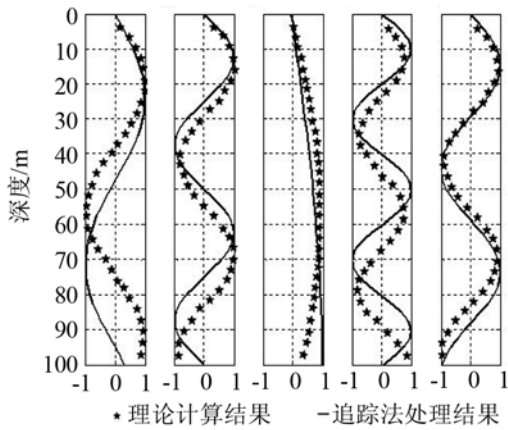
(3) 根据式(13)估计海底反射相移。

为了验证该方法的可行性,对垂直线列阵无倾斜和有倾斜两种情况进行了计算机仿真,仿真所用的声基阵数据分别与图2、图3相对应。

图4是垂直线列阵无倾斜情况下的模值追踪法处理结果。图4(a)给出了声场矩阵本征矢量模值与模值追踪法处理得到的模深度函数模值,图4(b)给出了模值追踪法处理得到的模深度函数结果和理论计算结果的比较。表4是模值追踪法处理得到的模深度函数、水平波数估计值的误差,表4还给出了本征矢量模值和理论计算的模深度函数模值相比的误差 $E1'$ 。与图2、表2比较可见,在基阵垂直的情况下,模值追踪法与追踪法处理的结果无差异,本征矢量模值和模深度函数模值的误差也很小。



(a) 模深度函数提取结果和追踪法处理结果



(b) 追踪法处理结果和理论计算结果

图3 模深度函数提取结果、追踪法处理结果和理论计算结果的比较
Fig.3 Comparison of results obtained: a, by modal depth function extraction and absolute value shooting method; b, by absolute value shooting method and theoretical calculation (for the tilted line array with a gradient of 0.1)

表3 模深度函数和水平波数估计误差(对应图3)

Table 3 Estimation errors of modal depth function and horizontal wave-number (corresponding to Fig.3)

阶数	E1(提取结果)	E1(追踪法处理结果)	E2(%)
1	0.8009	0.7485	0.3621
3	0.5743	0.4192	0.3297
2	0.5561	0.4679	0.1435
4	0.6113	0.4665	0.4702
5	0.5205	0.2475	0.1770

表4 模值追踪法处理得到的模深度函数和水平波数估计误差

Table 4 Estimation errors of modal depth function and horizontal wave-number by absolute value shooting method

阶数	E1	E2(%)	E1'
1	0.0087	0.0015	0.0021
3	0.0285	0.0165	0.0601
2	0.0391	0.0149	0.0936
4	0.0600	0.0432	0.0902
5	0.0762	0.0671	0.1714

图5是垂直线列阵按梯度0.1倾斜情况下模值追踪法的处理结果。由图5可见,在基阵倾斜情况下,声场矩阵本征矢量模值可以正确反映模深度函

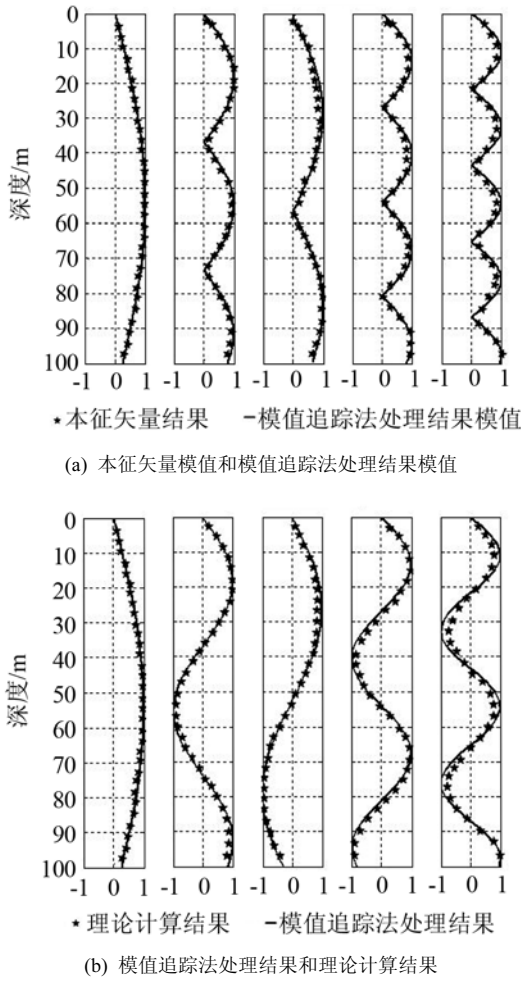


图 4 本征矢量模值和模值追踪法处理结果模值、模值追踪法处理结果和理论计算结果的比较

Fig.4 Comparison between: a, the absolute values of modal vector and the results obtained by absolute value shooting method; b, the results obtained by absolute value shooting method and theoretical calculation (for vertical line array)

表 5 模值追踪法处理得到的模深度函数和水平波数估计误差

Table 5 Estimation errors of modal depth function and horizontal wave-number by absolute value shooting method

阶数	1	3	2	4	5
E1	0.0087	0.0285	0.0391	0.0600	0.0762
E2(%)	0.0015	0.0165	0.0149	0.0432	0.0671
E1'	0.0022	0.0620	0.0948	0.0911	0.1706

数模值。比较图 5 和图 3，模值追踪法可以大大改善垂直线列阵倾斜情况下的处理结果。表 5 是垂直线列阵倾斜情况下模值追踪法估计的模深度函数和水平波数误差。E1'为本征函数模值和理论计算的模深度函数模值相比的误差。比较表 3~5 可见，采用模值追踪法可以消除垂直线列阵倾斜的影响。

表 6 是利用倾斜垂直阵数据估计的海底反射相移及其与理论值相比的误差。采用的公式为式(13)，其中，简正模掠射角可以利用估计的模水平波数 k_m 和海底处的声波数 $k(H)$ 计算得到：

$$\alpha_m = \arccos[k_m / k(H)] \quad (21)$$

由表 6 可见，利用模值追踪法估计水平波数，可实现海底反射相移估计，和理论值的误差在 ± 1.1 范围内。

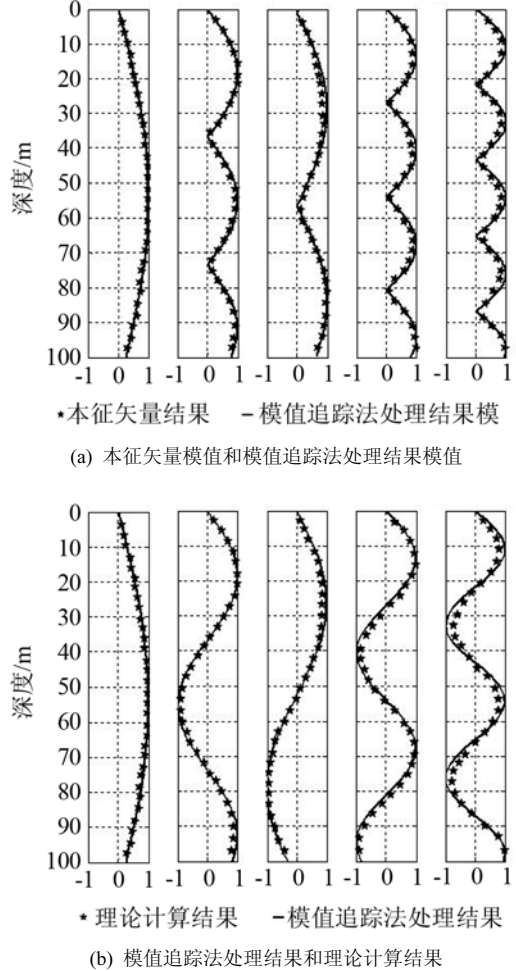


图 5 本征矢量模值和模值追踪法处理结果模值、模值追踪法处理结果和理论计算结果的比较

Fig.5 Comparison between: a, the absolute values of modal vector and the results obtained by absolute value shooting method; b, the results obtained by absolute value shooting method and theoretical calculation (for the tilted line array with a gradient of 0.1)

表 6 倾斜垂直阵数据估计的海底反射相移

Table 6 Bottom reflection phase shifts estimated by the data from the tilted line array

阶数	相移 P	误差
1	9.7	0.6
2	9.8	1.1
3	8.0	-0.1
4	6.5	-1.1
5	6.8	-0.63

4 结论

理论分析和计算机仿真表明，当垂直线列阵倾斜时，使声场矩阵本征矢量附加一个和线列阵阵元

水平位移相关的相位偏移,使得利用声场矩阵提取浅海波导声传播参数的方法失效。本文提出模值追踪法可以有效解决此问题。计算机仿真结果表明,当垂直线列阵无倾斜时,模值追踪法和文献报道方法处理结果的误差相当;当垂直线列阵倾斜时,模值追踪法可以消除倾斜的影响。在本文仿真例子中,基阵按梯度 0.1 倾斜时,模值追踪法估计的模深度函数误差小于 0.1,水平波数误差小于 0.1%,海底反射相移误差在 ± 1.1 范围内,验证了此方法的可行性。

参 考 文 献

- [1] Neilsen T B, Westwood E. K. Extraction of acoustic normal mode depth functions using vertical line array data[J]. J. Acoust. Soc. Am. 2002, 111(2): 748-756.
- [2] Neilsen T B, Westwood E. K. Mode function extraction from a VLA using singular value decomposition[J]. J. Acoust. Soc. Am. 1997, 101(5): 3025.
- [3] Hursky P, Hodgkiss W S, Kuperman W K. Extracting modal structure from vertical array ambient noise data in shallow water[J]. J. Acoust. Soc. Am. 1995, 98(5): 2971.
- [4] GE H L, ZHAO H F, GONG X Y, et al. Bottom-reflection phase shift estimation from ASIAEX data[J]. IEEE J. Oceanic Engineering, 2004, 29(4): 1045-1049.
- [5] Hursky P, Hodgkiss W S, Kuperman W A. Matched field processing with data-derived modes[J]. J. Acoust. Soc. Am., 2001, 109(4): 1355-1366.
- [6] GE H L, ZHAO H F, GONG X Y, SHANG E C. Bottom reflection phase shift parameter inversion from reverberation and propagation data[C]// Theoretical and Computational Acoustics, 2003, 107-116.
- [7] SHANG E C, WANG Y Y, SUN Shaobo. Inversion in shallow-water using the WKB modal condition[J]. IEEE J. Oceanic Engineering, 1996, 21(4): 432-439.
- [8] 葛辉良, 尚尔昌, 暴雪梅. 数据驱动匹配场处理方法[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2004, 25(suppl): 121-123.
GE Huiliang, SHANG Erchang, BAO Xuemei. Study on data-derived matched-field processing[J]. Journal of Harbin Engineering University, 2004, 25(suppl): 121-123.

• 简 讯 •

《声学技术》被评为华东地区优秀期刊

华东地区优秀期刊评选工作于 2012 年 10 月启动,在华东地区各省、市初评基础上向华东地区优秀期刊评审委员会进行推荐。通过评审,共评选出华东地区优秀期刊 445 家,其中上海 150 家,《声学技术》名列其中。

开展华东地区优秀期刊的评选工作,是加强华东地区期刊出版队伍建设,推动期刊出版业繁荣发展的重要举措。



《声学技术》编辑部 丁玉薇