

引用格式: 张建民, 安俊英. 深海波导中目标低频声散射特性研究[J]. 声学技术, 2022, 41(3): 419-425. [ZHANG Jianmin, An Junying. Research on low-frequency target scattering in deep water waveguide[J]. Technical Acoustics, 2022, 41(3): 419-425.] DOI: 10.16300/j.cnki.1000-3630.2022.03.016

深海波导中目标低频声散射特性研究

张建民^{1,2}, 安俊英¹

(1. 中国科学院声学研究所北海研究站, 山东青岛 266114; 2 中国海洋大学信息科学与工程学部, 山东青岛 266100)

摘要: 针对深海环境中目标的主动探测问题, 建立了深海波导中目标低频声散射仿真的简正波耦合边界元理论模型。首先仿真了深海波导中 Munk 声速剖面条件下的声传播特性, 然后根据深海波导中的声传播特性, 仿真计算了声源位于不同深度时, 波导中目标低频散射回波强度随声源与目标之间水平距离变化的特性。仿真结果表明, 当声源深度为 100 m(近海面)与 1 400 m(声道轴)时, 受完全声道的影响, 在会聚区附近范围内散射回波强度较大; 声源深度为 4 900 m(近海底)时, 受直达波与一次海面反射波的影响, 在中近距离(小于 40 km)范围内散射回波强度较大; 对于接收水听器而言, 置于临界深度以下时主动探测的距离更远。

关键词: 深海波导; 声散射; 边界元; 会聚区; 可靠声路径

中图分类号: TP301

文献标志码: A

文章编号: 1000-3630(2022)-03-0419-07

Research on low-frequency target scattering in deep water waveguide

ZHANG Jianmin^{1,2}, An Junying¹

(1. Qingdao Branch, Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266114, Shandong, China;
2. College of Information Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, Shandong, China)

Abstract: For active detection of underwater target in deep sea environment, the model of normal mode coupled boundary element method is established. In this paper, the acoustic propagation characteristics in deep sea under Munk sound speed profile are simulated firstly, and then based on the propagation characteristics the scattering echo strengths varied with horizontal distances and vertical depths are calculated when the source located at different depths. The simulation results show that the target scattering echo strength near the convergence zone is large due to the influence of complete sound channel when the source located at the depth of 100 m (near the sea surface) or 1 400 m (channel axis). and the target scattering echo strength is large in the middle and short ranges (less than 40 km) due to the influence of direct wave and surface reflected wave when the source located at the depth of 4 900 m (near the sea seabed). The results also show that the larger detection range may be achieved when the receiving hydrophones located at the depth deeper than critical depth.

Key words: deep water waveguide; sound scattering; boundary element; convergence zone; reliable acoustic path

0 引言

随着国家深远海战略的实施, 水下目标的探测与识别研究也逐渐进入到深远海领域。由于深海环境具有会聚区、可靠声路径、表面波导等明显区别于浅海环境的声传播特性^[1-3], 因此深海环境中的目标声散射特性也与浅海环境不同。结合近年来低频大功率声呐技术的发展, 以及深海环境下主动探测

的需求, 亟需对深海波导中目标的低频声散射特性进行研究。

波导中目标散射的理论模型主要有边界元模型、波叠加法模型、基尔霍夫(Kirchhoff)近似模型以及射线声学模型等。Wu^[4]首先提出了仿真计算理想波导中目标辐射和散射的边界元方法, 其声传播模型分别采用了虚源镜像方法和简正波方法, 并对理想波导中球的散射进行了理论仿真计算。范威等^[5]采用简正波耦合边界元的方法, 仿真计算了 Pekeris 波导中目标 Benchmark 模型的声散射特性, 并分析了声速剖面对散射声场空间分布的影响; 此后范威等^[6]还进一步改进了该模型, 将简正波与目标散射的 Kirchhoff 近似方法相结合, 仿真计算了浅海 Pekeris 波导中 Benchmark 模型的时域回波随深

收稿日期: 2022-01-04; 修回日期: 2022-01-26

基金项目: 中国科学院海洋信息技术创新研究院前沿基础研究项目(QYJC201911)资助项目。

作者简介: 张建民(1981—), 男, 山东德州人, 副研究员, 研究方向为水下目标声特性。

通信作者: 张建民, E-mail: qd_zjm@163.com

度变化的分布图。徐海亭等^[7]采用积分方程法、单一矩法、T 矩阵法等仿真计算了深海海面附近、理想浅海信道、Pekeris 信道以及三层信道中目标的声散射特性。龚家元等^[8]采用快速多极边界元方法求解了浅海中的目标散射特性。Sarkissian^[9]采用波叠加方法研究了波导中多次散射对目标散射的影响。Duan 等^[10]采用波叠加法对浅海和深海信道中球壳的声辐射特性进行了仿真,并采用封闭的虚拟阻抗表面(Closed Virtual Impedance Surface, CVIS)方法消除求解辐射声压级时出现奇异频率的问题。陈燕等^[11]建立了一种基于虚源法和物理声学方法计算浅海波导中目标回声的射线声学方法,考虑入射声线和反射声线经两个界面的多次反射,将各种组合的散射声场求和得到总的回波声场。

上述文献中的研究主要集中在浅海环境或高频的目标声散射,对深海波导中目标的低频声散射特性的研究较少。本文采用简正波耦合边界元的方法,首先仿真计算了深海 Munk 声速剖面条件下的声传播特性,在此基础上仿真计算了深海波导中 Benchmark 模型的低频声散射特性,分析了声源深度分别为 100 m(近海面声源)、1 400 m(声道轴声源)与 4 900 m(近海底声源)时,波导中目标散射回波强度随水平距离以及接收深度变化的特性。

1 波导中目标散射的边界元方法

考虑与距离无关的水平分层波导,点声源 $S_0(x_0, y_0, z_0)$ 位于深度为 H 的波导中,散射体表面为 Γ , $\mathbf{n}$ 是 Γ 的单位外法向量; Ω^+ 表示散射体的外部区域。波导中目标散射的边界元(Boundary Element Method, BEM)模型如图 1 所示。

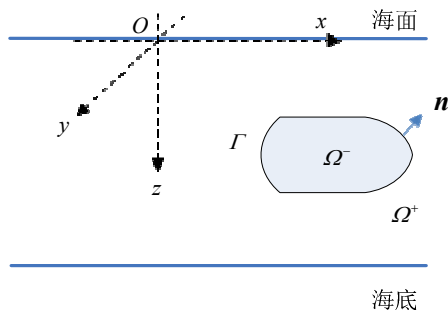


图 1 波导中目标散射的边界元模型
Fig.1 The BEM model of target scattering in waveguide

波导中目标散射的 Helmholtz 方程为

$$p(P) = \int_{\Gamma} \left[p(Q) \frac{\partial G(P, Q)}{\partial \mathbf{n}} - \frac{\partial p(Q)}{\partial \mathbf{n}} G(P, Q) \right] d\Gamma + p_i(P),$$

$$P(x_p, y_p, z_p) \in \Omega^+, \quad Q(x_q, y_q, z_q) \in \Gamma \quad (1)$$

其中: $p(P)$ 、 $p_i(P)$ 分别为场点 P 处的总声压与入射声压, $G(P, Q)$ 为波导中的格林(Green)函数。

根据上式求解波导中目标的散射声场时,需要确定波导中的 Green 函数以及目标表面声场 $p(Q)$ 、 $\partial p(Q)/\partial \mathbf{n}$ 。

当目标表面为刚性边界条件时, $\partial p(Q)/\partial \mathbf{n} = 0$, 将场点 P 置于散射体表面时,满足积分方程^[2]:

$$C(P)p(P) = \int_{\Gamma} p(Q) \frac{\partial G(P, Q)}{\partial \mathbf{n}} d\Gamma + p_i(P), \quad P \in \Gamma \quad (2)$$

其中: $4\pi C(P)$ 是目标 P 点处的外部立体角。

假设散射体距波导的上下界面有一定距离,式(2)波导中的 Green 函数可以用自由空间中的 Green 函数来近似,即忽略了散射体与波导界面的多次散射。

散射体表面声场确定后,采用式(1)计算场点 P 处的散射声场时,波导中的 Green 函数可以采用简正波的形式:

$$\begin{cases} G(P, Q) = \frac{i}{4\rho_0} \sum_{m=1}^M \varphi_m(z_p) \varphi_m(z_q) H_0^{(1)}(k_{rm} R) \\ R = \sqrt{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2} \end{cases} \quad (3)$$

其中: k_{rm} 是水平波数, φ_m 是与 k_{rm} 对应的本征函数。

将目标表面进行网格划分后,网格节点处的 φ_m 、 k_{rm} 值与点声源 S_0 在 P 点的入射声场可以用简正波程序 KRAKENC 进行求解。对于 $\partial \varphi_m / \partial z$ 可采用差分的形式来代替。

$$\frac{\partial \varphi_m(z_0)}{\partial z} \approx \frac{\varphi_m(z_2) - \varphi_m(z_1)}{z_2 - z_1} \quad (4)$$

其中: z_1 、 z_2 分布在 z_0 点两侧, $|z_2 - z_1| < \varepsilon$ 。实际仿真计算中,可适当选取 ε 的值,使其满足需要达到的计算误差。

此时,对式(1)进行离散化,即可得到求解波导中目标低频声散射的边界元模型。

由于文献[4-5]中验证了理论模型的有效性,现以文献[5]中理想波导中刚性球的散射为例进行仿真计算,来验证本文仿真计算程序的正确性。

理想波导中的上界面压力释放,下界面刚性,波导深度为 100 m,声速为 1 500 m·s⁻¹。频率为 150 Hz 的无指向性声源位于水下 50 m,声源与半径为 10 m 刚性球的目标中心水平距离 1 000 m,场点与声源位于同一垂直线上但深度不同。

理想波导中的本征函数及其导数^[12]分别为

$$\varphi_m(z) = \sqrt{\frac{2\rho}{D}} \sin(k_{zm} z) \quad (5)$$

$$\frac{\partial \varphi_m(z)}{\partial z} = \sqrt{\frac{2\rho}{D}} k_{zm} \cos(k_{zm} z) \quad (6)$$

入射频率 150 Hz 时,最高阶传播模态为 20

阶, 分别采用解析解与差分解求解第 20 阶本征函数的导数, 差分步长取 $|z_2 - z_1| = 0.05$ 。

由图 2 可知, 差分步长为 0.05 m 时, 本征函数导数的解析解与差分解吻合比较好, 整体平均误差约为 0.8×10^{-3} 。

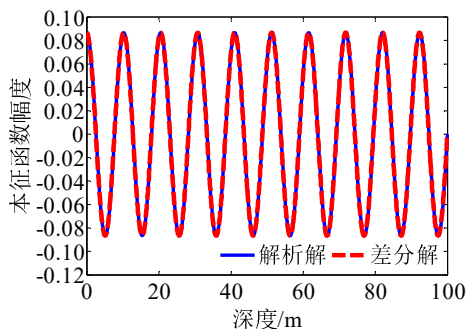


图2 第 20 阶本征函数导数的解析解与差分解比较
Fig.2 Comparison between analytical and difference solutions of the derivative of the 20th order eigenfunction

采用镜像解析解与波导边界元方法分别计算上述理想波导中的刚性球的声散射, 结果如图 3 所示。图 3 中采用波导边界元方法的仿真结果与镜像解析解的结果一致, 验证了理论模型与计算程序的正确性与有效性。

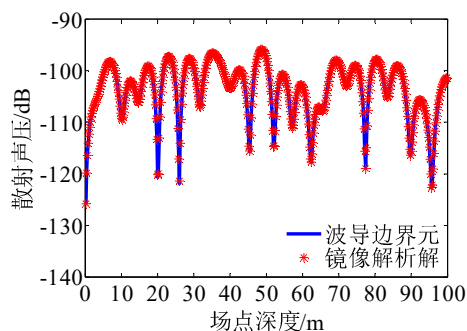


图3 边界元法仿真结果的有效性验证
Fig.3 Verification of BEM simulation results

2 数值仿真

对深海波导中目标的低频声散射特性进行研究, 首先采用基于简正波方法的 KRAKENC 程序仿真波导中的声传播特性, 然后再结合边界元方法进行波导中目标的声散射仿真计算。

2.1 深海波导声传播仿真

以图 4 中的深海 Munk 声速剖面为例。

海面设置为绝对软边界, 海底为粉沙质黏土, 密度为 $1240 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 声速为 $1521 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 衰减为 $0.8 \text{ dB} \cdot \lambda^{-1}$ 。由图 4 中的声速剖面可知, 海深为 5000 m, 临界深度为 4800 m, 因此存在完全声道与可靠声路径。

声源频率为 100 Hz, 当声源深度分别为 100、1400、4900 m 时(分别代表声源靠近海面、声道轴、海底), Munk 声速剖面条件下传播损失的空间分布如图 5 所示。

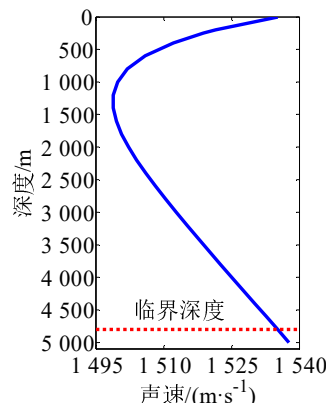
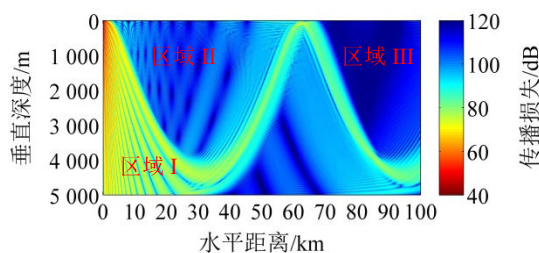
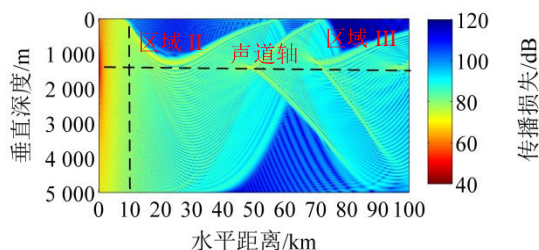


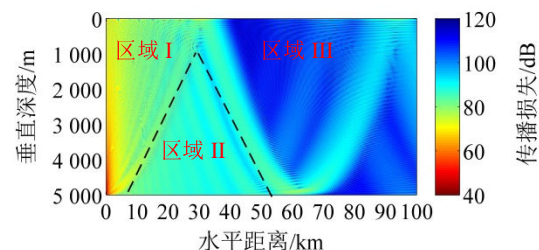
图4 Munk 声速剖面
Fig.4 The Munk sound speed profile



(a) 声源深度 100 m



(b) 声源深度 1400 m



(c) 声源深度 4900 m

图5 声源不同深度时, 传播损失空间分布
Fig.5 The transmission losses for the source at different depths

由图 5 可知, 声波在波导中传播时, 声线会向声速较小的水层弯曲, 在声波可以直接到达的区域, 声传播损失较小。此外, 由于海底声阻抗与海底界面处流体的声阻抗相差不大且海底存在衰减, 因此经历海底界面反射后的声传播损失较大; 海面

为绝对软边界,因此经历海面反射的传播损失小于相同情况下经历海底反射时的传播损失。

声源深度为 100 m 时,图 5(a)中左下部分类似于“斜下坡”状的区域(区域 I)以及沿可靠路径传播的区域,为声波可以直达的区域,因此传播损失较小;区域 II 和区域 III 为声影区,由于区域 II 为声波经历一次海底反射后到达的区域,声传播损失大于区域 I 部分;区域 III 为声波经历两次海底反射以及一次海面反射到达的区域,传播损失较大。

声源深度为 1 400 m 时,图 5(b)中水平距离小于 10 km 的区域 I 以及声道轴附近的区域,声波可以直接到达,声传播损失较小;声影区(区域 II 和区域 III)经历海底与海面的反射后,声传播损失依次变大。

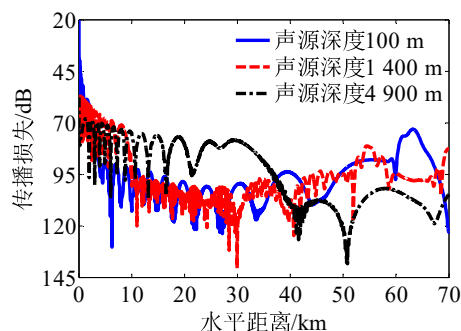
声源深度为 4 900 m 时,图 5(c)中左上部分类似“倒三角”的部分(区域 I)为直达波与经历一次海面反射后的声波同时存在的区域,声传播损失较小。声源右侧类似“三角形”区域(区域 II)存在经历一次海面反射后到达的声波,因此声传播损失小于图 5(a)中区域 II 中的传播损失。

综上,声源深度为 100 m 或声源深度为 1 400 m 时,在距离海面较浅的深度上形成会聚区,会聚区效应有利于目标的远距离探测;声源深度为 4 900 m 时,由于直达波的影响,在中近距离声传播损失较小,有利于目标的中近距离探测。

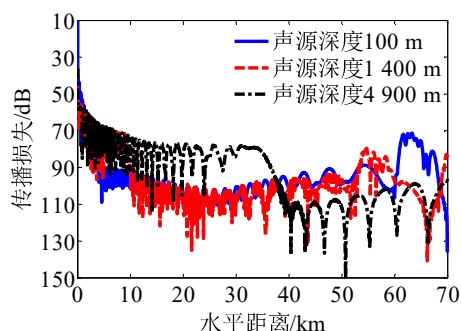
一般情况下,目标在水中的深度不会太深,假定目标位于水下 100 m 深,此时设定接收深度为 100 m。由于声源深度较浅时,在水平距离 70 km 以内形成第一会聚区,因此以下仿真分析水平距离小于 70 km 的传播损失。

当入射频率分别为 100、300 Hz 时、接收深度为 100 m,声源不同深度下的传播损失比较如图 6 所示。

由图 6 可知,若选取传播损失小于 90 dB 的区域,声源频率为 100 Hz、声源深度为 100 m 时,在距离声源较近的水平距离 3.8 km 内以及会聚区附近 60.15~67.1 km 范围内满足传播损失小于 90 dB;当声源深度为 1 400 m 时,在水平距离小于 9.8 km 以及会聚区附近 53.6~56.3 km 范围内满足传播损失小于 90 dB;当声源深度为 4 900 m 时,在水平距离小于 35.4 km 时,传播损失小于 90 dB,在较远距离 35.4~70.0 km 范围内,传播损失大于 90 dB。声源频率为 300 Hz 时,在不同声源深度下,传播损失随水平距离的变化趋势与频率 100 Hz 时几乎一致,但频率 300 Hz 时传播损失随水平距离的相干起伏比频率 100 Hz 时更为剧烈。



(a) 声源频率 100 Hz



(b) 声源频率为 300 Hz

图 6 声源不同深度,接收深度为 100m 时的传播损失比较
Fig.6 The transmission losses under the receiver at a depth of 100m and the source at different depths

综上可知,对于近海面目标,当声源深度靠近海面时,由于会聚区的影响所以有利于目标的远程探测;又由于声影区的影响,在中近程存在探测盲区。当声源深度大于临界深度时,受可靠声路径上直达波的影响,可以在中近程实现无盲区探测。虽然目前实现大深度声源发射存在较大困难,但理论仿真结果表明在深海中近程主动探测时对于大深度声源的迫切需求。

2.2 深海波导声散射仿真

以 Benchmark 模型目标为例,目标表面设定为刚性边界条件。仿真中的目标与坐标系如图 7 所示。

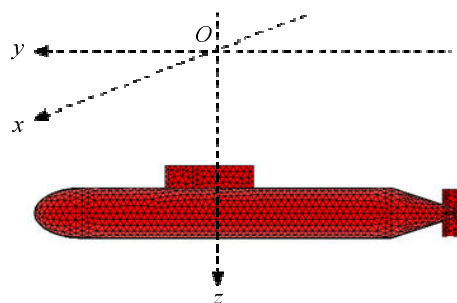


图 7 Benchmark 模型及坐标系

Fig.7 The Benchmark model and coordinated system

假设目标位于水下 100 m 处,目标声中心坐标为(0, 0, 100 m);声源位于目标的正横方向,距离目标声中心水平距离为 R ,接收水听器垂直分布,

且与声源位于同一水平位置, 布放示意图如图8所示。声源分别为近海面声源(深度为100 m)、声道轴声源(深度为1 400 m)以及大于临界深度声源(深度为4 900 m), 此时声源坐标分别为 $(R, 0, 100)$ 、 $(R, 0, 1400)$ 与 $(R, 0, 4900)$, 单位为m。

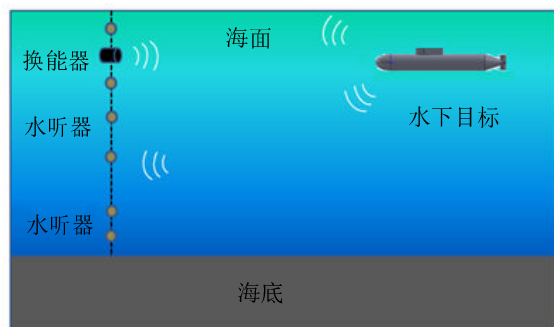


图8 波导中目标散射示意图

Fig.8 Schematic diagram of target scattering in waveguide

以下仿真计算不同深度声源情况下, 声源与目标间的水平距离由近变远, 目标散射回波强度随水平距离以及接收深度的变化。声源频率100 Hz时, 结果如图9所示。图中其中横坐标表示声源与目标的水平距离, 纵坐标为接收点的垂直深度。

由于目标深度为100 m, 所以目标散射过程类似于声源位于100 m时的声传播过程, 随着声源与目标水平距离的变大, 目标散射回波强度出现较小值的接收深度逐步变大, 在图9(a)中的左侧下方形成“斜下坡”状的回波强度较大的区域; 此外沿可靠路径以及在水平距离63.2 km的会聚区附近, 回波强度较大。由于声传播过程中的相干特性, 导致目标散射的回波强度随水平距离的变化显示出“梳状”干涉条纹。在水平距离小于30 km的中近程, 直达波声线未发生反转, 若不考虑相干导致的起伏特性, 相同声源深度条件下, 接收水听器深度越深, 主动探测距离越远。

由图9(a)可知, 声源深度为100 m时, 在水平距离小于3.8 km以及会聚区63.2 km附近, 目标散射回波强度较大, 因此近海面声源有利于目标的远距离探测。由图9(b)可知, 声源深度为1 400 m时, 在水平距离小于9.8 km以及会聚区55.0 km附近, 目标散射回波强度较大。由图9(c)可知, 声源深度为4 900 m时, 虽然在目标所在深度附近未能形成会聚区, 但是由于直达波的影响, 在水平距离小于35.4 km的中近距离, 目标散射回波强度较大, 因此近海底声源有利于目标的中近距离探测。

声源频率300 Hz时, 目标散射回波强度随水平距离与接收深度的变化如图10所示。

频率为300 Hz时, 不同声源深度下目标散射回

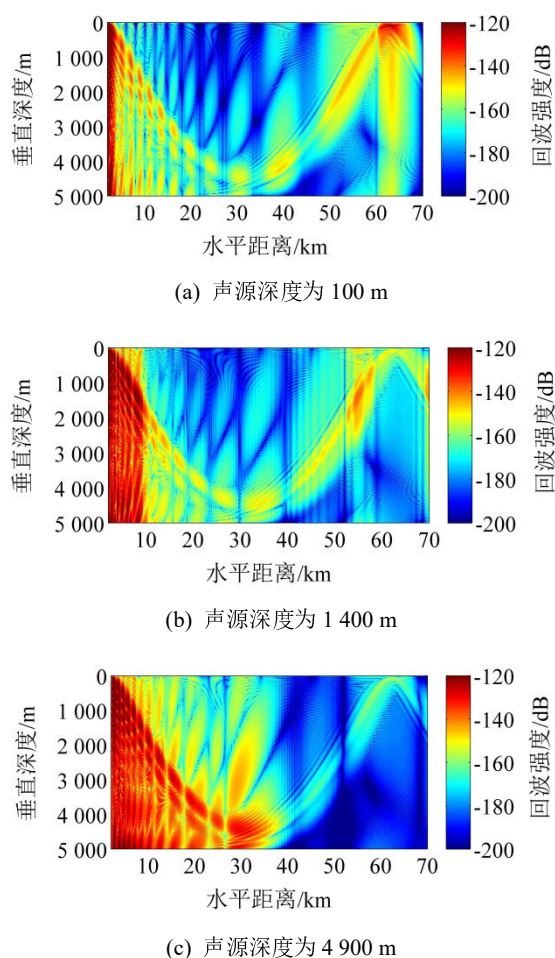


图9 频率为100 Hz的声源在不同深度时, 目标散射回波强度随声源与目标水平距离及接收深度的变化

Fig.9 Variations of scattering echo strength with the receiving depth and the horizontal distance when the source of 100 Hz located at different depths

波强度分布与频率为100 Hz时类似; 不同之处在于由于频率升高, 导致目标散射回波强度随水平距离变化时的相干特性更加剧烈, 回波强度随水平距离变化显示出的“梳状”干涉条纹更加明显。

以下分析声源频率为100 Hz时, 声源与目标水平距离由远到近分别为63.2、55、20、8 km时, 散射回波强度随接收深度的变化结果如图11所示。

由图11可知, 声源与目标分别为上述4个不同的接收水平距离时, 声源位于不同深度时, 散射声场的垂直指向性几乎一致。不同接收距离上的散射回波强度随深度变化的指向性规律与声源位于100 m时的声传播规律一致。水平距离63.2 km处, 在海平面以下500 m的深度范围内, 散射回波强度较大; 水平距离55 km处, 在声道轴深度1 400 m附近的散射回波强度较大; 水平距离20 km处, 在接收深度3 500~5 000 m范围内的散射回波强度较大; 水平距离8 km处, 在接收深度1 000~5 000 m范围内的散射回波强度较大。

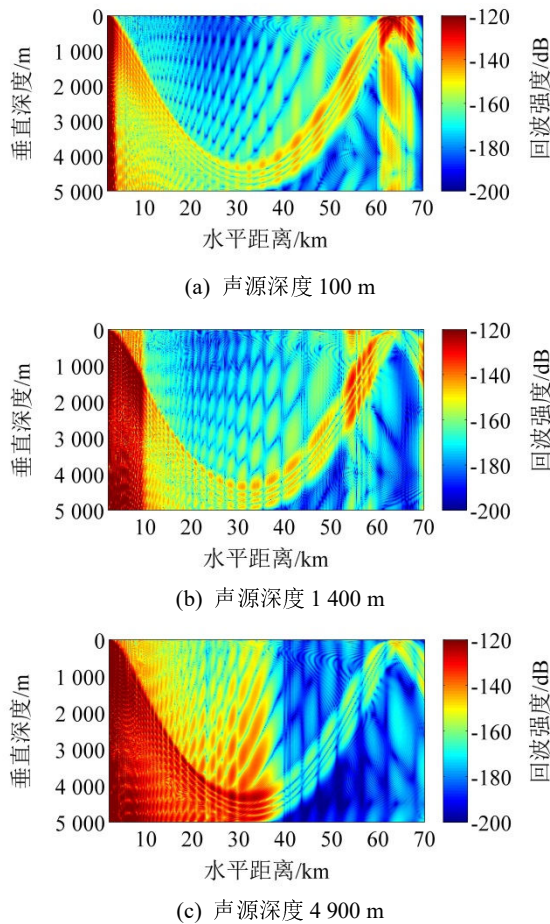


图 10 频率为 300 Hz 的声源在不同深度时, 目标散射回波强度随声源与目标水平距离及接收深度的变化

Fig.10 Variations of scattering echo strength with the receiving depth and the horizontal distance when the source of 300 Hz located at different depths

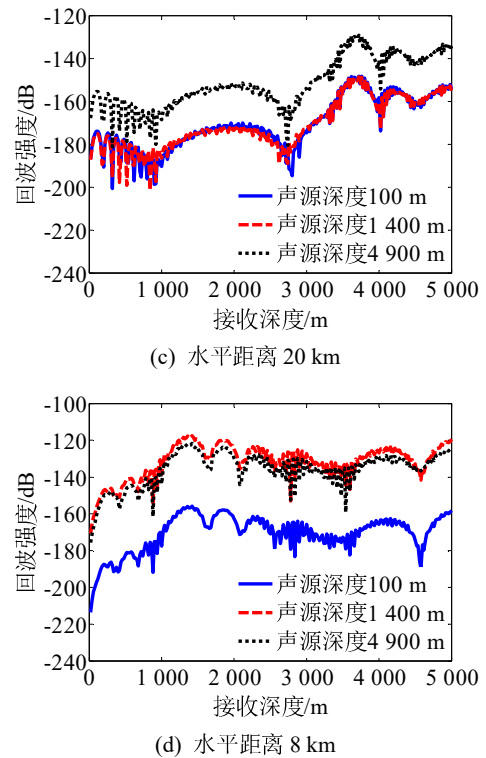
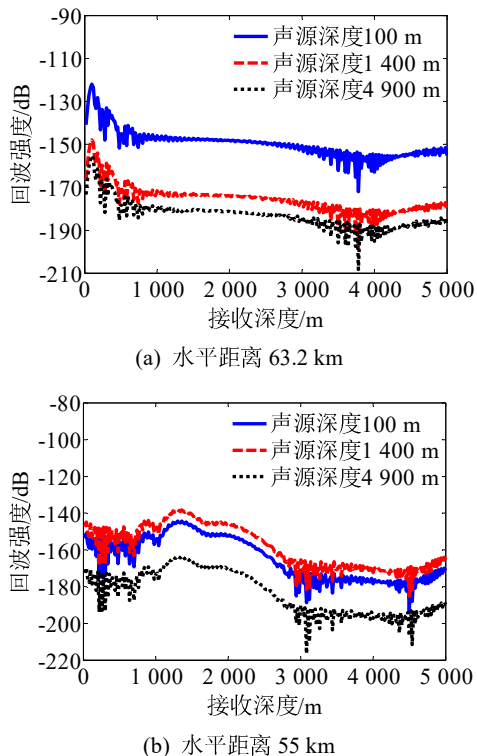


图 11 频率为 100 Hz 的声源在不同深度及声源与目标在不同水平距离时, 目标散射回波强度随接收深度的变化

Fig.11 Variations of scattering echo strength with the receiving depth under different horizontal distances between source and target when the source of 100 Hz located at different depths

当声源和目标水平距离为 63.2 km 时, 由于声源深度 100 m 时产生的会聚区效应, 散射回波强度比声源深度 1400、4900 m 时约大 26 和 33 dB。当水平距离为 55 km 时, 声源深度为 1400 m 时产生会聚区效应, 散射回波强度比声源深度为 100、4900 m 时约大 6 和 26 dB。当水平距离为 20 km 时, 声源深度为 100 m 与 1400 m 时散射回波强度几乎相同, 声源深度为 4900 m 时散射回波强度最大, 比其他两个深度的散射回波强度约大 19 dB。当水平距离为 8 km 时, 声源深度为 100 m 时散射回波强度最小, 比声源深度为 1400、4900 m 时约低 38 和 34 dB。

3 结 论

采用简正波耦合边界元的方法仿真计算深海波导中目标的低频声散射特性。对深海波导 Munk 声速剖面条件下的声传播特性与目标的低频声散射特性的仿真结果表明:

(1) 深海波导中, 声波可以直接到达的区域以及沿可靠路径传播的区域, 声传播损失较小。

(2) 声源深度为 100 m(近海面声源)或 1400 m

(声道轴声源), 由于可靠路径以及会聚区的影响, 有利于目标远程探测, 其中声道轴声源比近海面声源在近程的探测距离更远, 近海面声源比声道轴声源的会聚区距离更远, 更有利于远程探测; 声源深度为 4 900 m 时(近海底声源), 由于直达波与海面反射波的影响, 在中近程的探测距离最远, 有利于目标的中近程探测。

(3) 在直达波声线未发生反转的中近程, 接收水听器深度越深, 主动探测的距离越远。

参 考 文 献

- [1] 李整林, 杨益新, 秦继兴. 深海声学探测技术[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2020.
- [2] 杨坤德, 李辉, 段睿. 深海声传播信道和目标被动定位研究现状[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 314-320.
YANG Kunde, LI Hui, DUAN Rui. Research on acoustic propagation and passive localization in deep water[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2019, 34(3): 314-320.
- [3] 朴胜春, 栗子洋, 王笑寒, 等. 深海不完整声道下反转点会聚区研究[J]. 物理学报, 2021, 70(2): 024301.
PIAO Shengchun, LI Ziyang, WANG Xiaohan, et al. Lower turning point convergence zone in deep water with an incomplete channel[J]. Acta Physica Sinica, 2021, 70(2): 024301.
- [4] WU T W. On computational aspects of the boundary element method for acoustic radiation and scattering in a perfect waveguide[J]. J. Acoust. Soc. Am., 1994, 96(6): 3733-3743.
- [5] 范威, 范军, 陈燕. 浅海波导中目标散射的边界元方法[J]. 声学学报, 2012, 37(2): 132-142.
FAN Wei, FAN Jun, CHEN Yan. Boundary element method for target scattering in shallow water waveguide[J]. Acta Acustica, 2012, 37(2): 132-142.
- [6] 范威, 范军, 陈燕. 浅海波导中目标散射的简正波-Kirchhoff 近似混合方法[J]. 声学学报, 2012, 37(5): 475-483.
FAN Wei, FAN Jun, CHEN Yan. A hybrid normal modes/Kirchhoff approximation method for target scattering in shallow water waveguide[J]. Acta Acustica, 2012, 37(5): 475-483.
- [7] 安俊英, 徐海亭. 信道中目标的声散射特性[C]//2009 年全国水声学学术交流暨水声学分会换届改选会议, 2009: 120-122.
- [8] 龚家元, 安俊英, 慈国庆, 等. 浅海中目标声散射的快速计算[C]//中国声学学会水声学分会 2015 年学术会议论文集, 2015: 114-117.
- [9] SARKISSIAN A. Method of superposition applied to scattering from a target in shallow water[J]. J. Acoust. Soc. Am., 1994, 95(5): 2340-2345.
- [10] DUAN J X, ZHANG L, SUN X H, et al. An equivalent source CVIS method and its application in predicting structural vibration and acoustic radiation in ocean acoustic channel[J]. Ocean Engineering, 2021, 222: 108570.
- [11] 陈燕, 汤渭霖, 范军. 浅海波导中目标回声计算的射线声学方法[J]. 声学学报, 2010, 35(3): 335-342.
CHEN Yan, TANG Weilin, FAN Jun. The geometrical acoustic method for calculating the echo of targets submerged in a shallow water waveguide[J]. Acta Acustica, 2010, 35(3): 335-342.
- [12] JENSEN F B, KUPERMAN W A, PORTER M B, et al. Computational Ocean Acoustics[M]. New York, NY: Springer New York, 2011.