

# COMSOL在海洋声场计算中的应用

周益清<sup>1,2</sup>, 骆文于<sup>1,2</sup>

1. 声场声信息国家重点实验室, 中国科学院声学研究所, 北京, 中国  
2. 中国科学院大学, 北京, 中国

**简介:** 声波是海水中唯一可以远距离传播的波动形式, 如果想要长期观测海洋中的声场信息变化, 可以将水听器安装在海底。但是水听器可能会被附近的渔船误触而发生位置的改变或者直接拖走, 因此, 我们需要设计一款水听器保护壳, 在保护水听器不会被渔船拖走的情况下, 保证水听器接收到的信号尽量不发生改变。

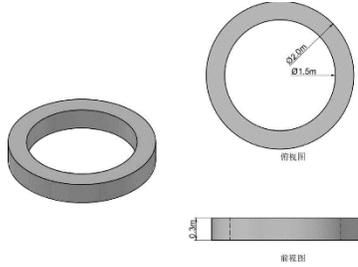


图 1. 圆柱形水听器保护壳的三视图

**计算方法:** 海洋中的声传播满足波动方程, 由于我们主要关心稳态声场, 所以研究三维Helmholtz方程, 将点声源放置在z轴上, 则声场满足方程

$$\nabla \cdot \left[ -\frac{1}{\rho_c} (\nabla p_t - q_d) \right] - \frac{k_{eq}^2 p_t}{\rho_c} = \frac{4\pi}{\rho_c} S \delta(z - z_0)$$

如图所示, 我们假设海水深度为100 m, 声源深度为20 m, 水听器放置在距离z轴10 m处的海底。为了体现出保护壳对水听器的影响, 我们设置一个高度为20 m, 外径为1 m, 内径为0.75 m的圆柱形保护壳。

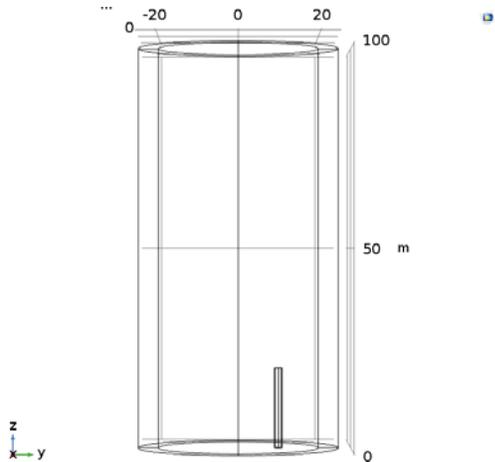


图 2. COMSOL几何建模示意图

使用压力声学频域接口, 在声源和保护壳外侧设置一个完美匹配层, 用于模拟出射边界条件。设置声源频率为25 Hz, 海水密度为 $1000 \text{ kg/m}^3$ , 声速为 $1500 \text{ m/s}$ 。保护壳的内侧外侧和上侧都视为绝对硬边界, 保护壳内部的介质为海水。声源使用单极子点源。

**结果:** 从仿真的结果可以看出, 保护壳确实对壳内声场会产生一定的影响。

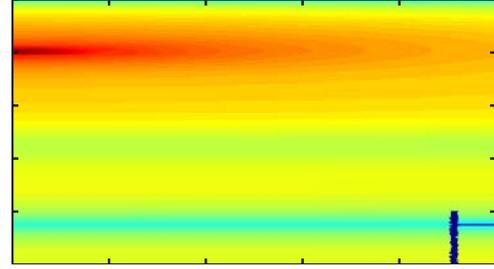


图 3. 添加了水听器保护壳后的声场的声压级

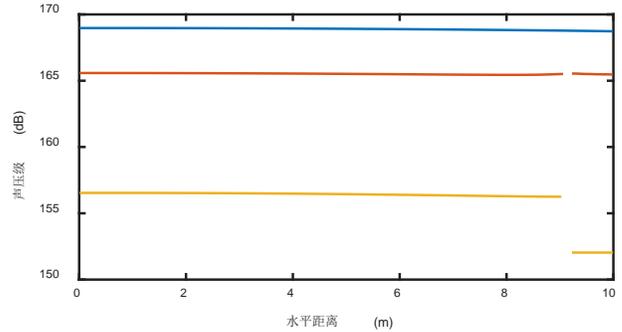


图 4. 添加水听器保护壳后的固定深度处的声压级, 蓝色实线表示深度为77m处的声压级, 红色实线表示深度为80m处的声压级, 黄色实线表示深度为84m处的声压级

从图3可以看出, 大约在水平距离为9 m处, 声压级有一个间断, 该间断表示水听器保护壳。保护壳对于外部的声场几乎没有影响, 但是对于内部的声场, 会产生较明显的衰减。从图4可以看出, 对于包含水听器保护壳的深度, 声场会在保护壳内部产生明显的衰减,

**结论:** 从仿真研究的结果可以明显看出保护壳对壳内声场的影响, 接下来的研究可以通过改变保护壳的高度和材质, 以及改变海底参数, 研究不同环境下不同的保护壳设计方法对不同频率的声传播的影响。最终, 设计出既能保护水听器, 又不会对声场产生较大影响的保护壳。

## 参考文献:

1. 朱军, 祝捍皓, 杨春梅, 郑广学. 基于有限元方法的浅海声场建模与验证[A]. 中国声学学会. 2018年全国声学大会论文集 B水声物理[C]. 中国声学学会: 中国声学学会, 2018: 2.
2. 付君宇. 海洋声传播问题的有限元算法研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2016.
3. 周焯, 温玮. Comsol有限元软件在大型水下目标声学仿真上的应用[J]. 计算机应用与软件, 2020, 37(08): 74-78+84.