

# COMSOL在油井钻柱中声传播特性研究中的应用

王轲<sup>1,2</sup>, 仵杰<sup>1,2</sup>

1. 西安石油大学电子工程学院, 陕西, 西安, 710065
2. 陕西省油气井测控技术重点实验室, 陕西, 西安, 710065

**简介:** 井下信息传输技术是实现石油工程领域中智能钻井目标的一项关键技术, 信息传输也是制约随钻测量技术发展和应用的“瓶颈”。声传播方式因具有结构简单、成本较低、易于定向发射等优点成为研究的热点, 同时石油钻井中井下连续的钢质钻柱为声波的井下信息高速传输提供了条件。本文应用COMSOL固体力学瞬态模块二维轴对称数值计算对不同频率的正弦声信号在周期性管结构中传播过程中存在透射系数及衰减系数差异较大的现象进行数值模拟与分析。

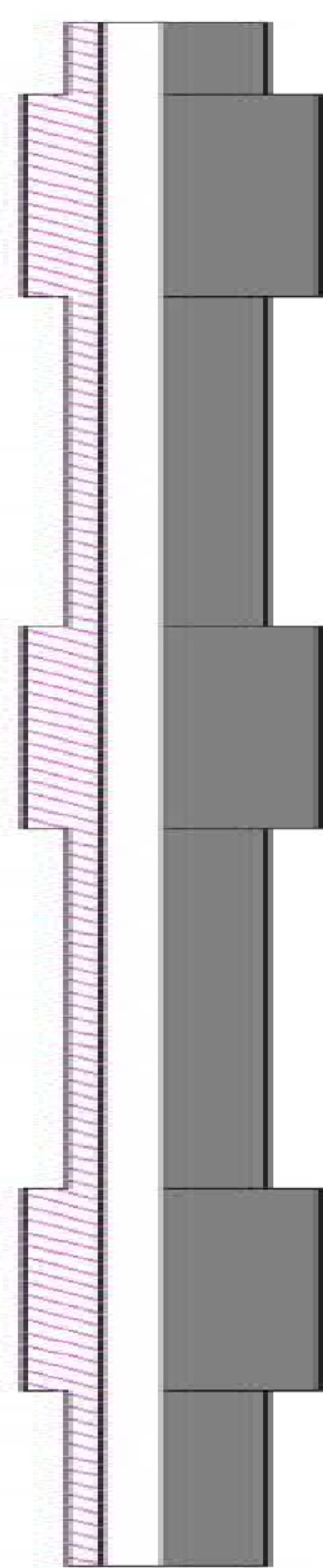


图1 钻柱的理想模型

**计算方法:** 用COMSOL Multiphysics®中的固体力学瞬态模块求解式(1)描述的声波基本方程, 二维数值计算冲击信号源在图1问题中的瞬态声波传播特性, 研究钻柱中声波信号传输的特征。

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \nabla \cdot S + F_V$$
$$u_z = u_{oz} \quad (1)$$

**结果:** 1.图2给出了冲击信号在理想钻柱中传输特性。2. 在图2 (b) 中, 曲线包络部分对应通带, 包络部分之间对应阻带。根据分析可知, 钻杆和接箍的长度和截面积决定了钻柱的频带结构, 从图2 (b) 中可以看到频带分布呈现通带和阻带交替出现的梳状滤波器结构特性和一定的周期性特征。

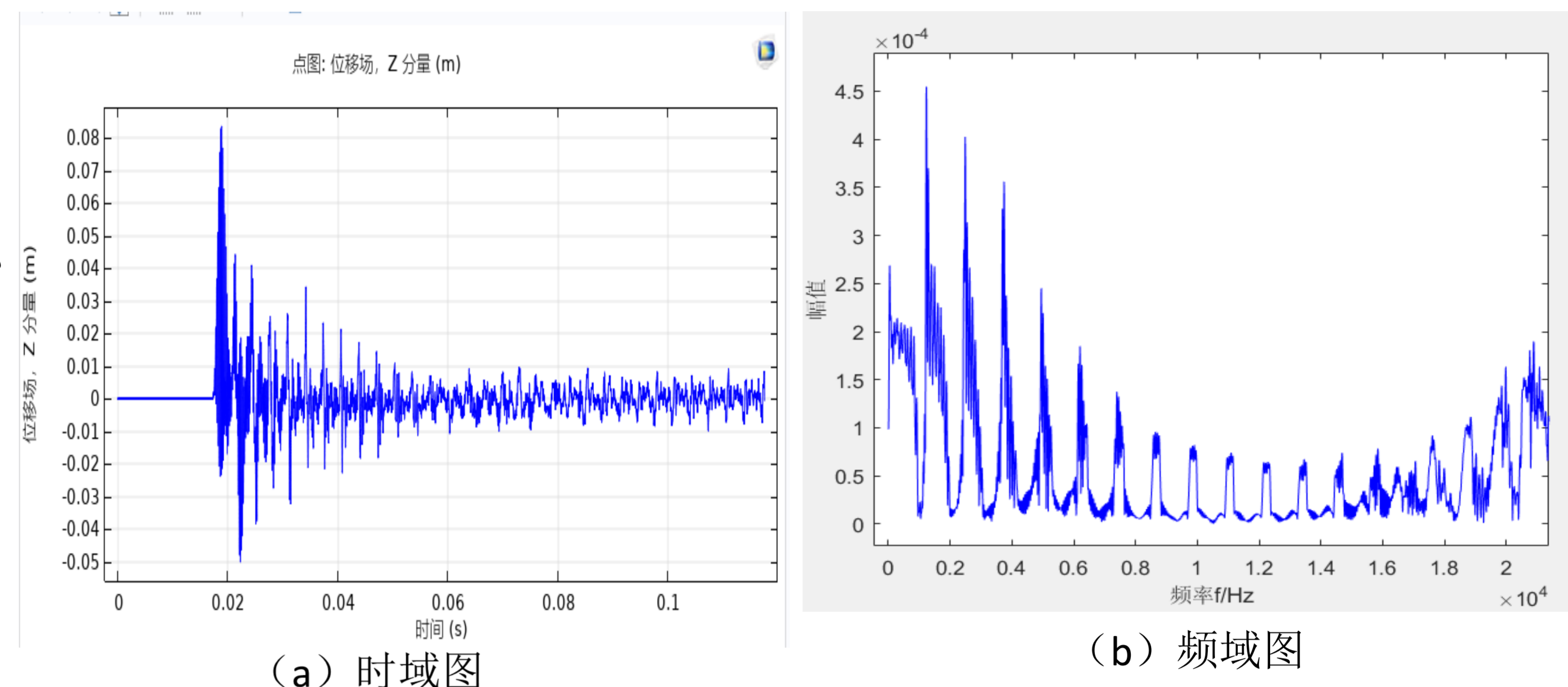


图2 钻柱组合的时域和频域图

3. 对不同频率下的正弦声信号在周期性管结构中传输进行数值模拟, 以频率为400Hz和500Hz的正弦声信号为例, 如图3、图4所示。

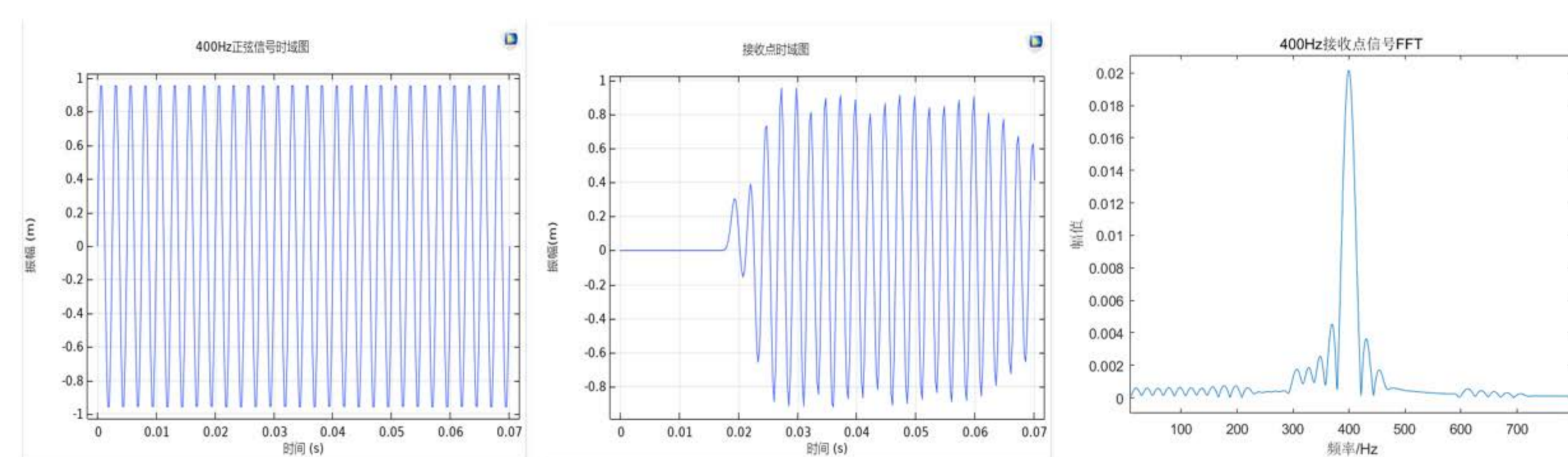


图3 400Hz时域接收图与频谱响应图

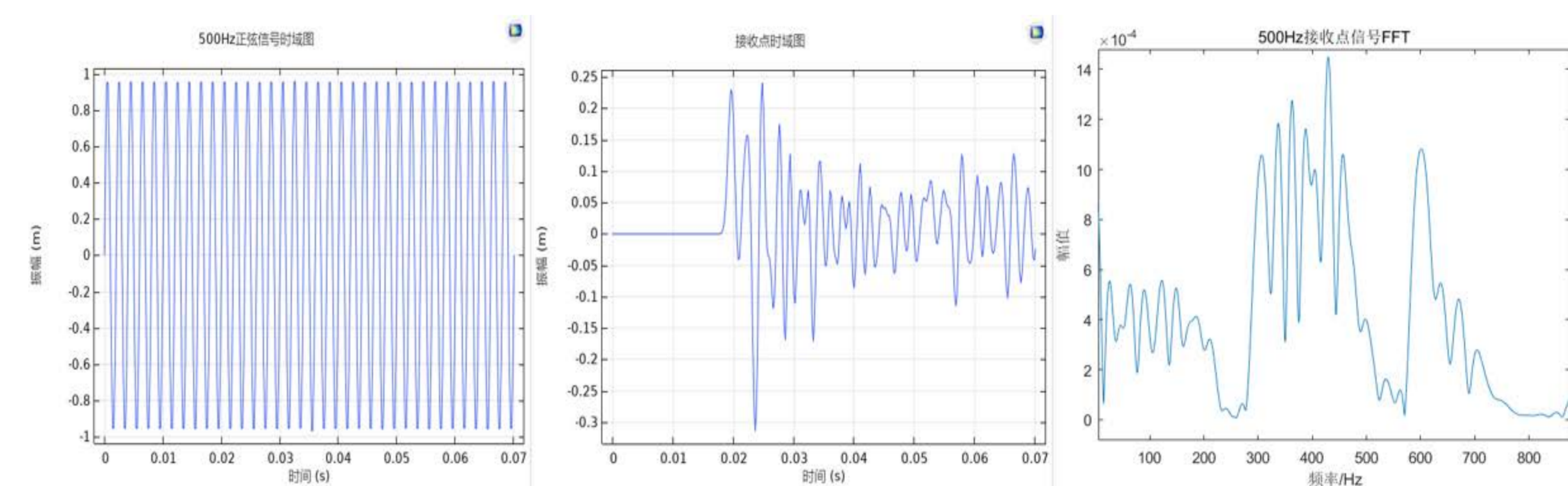


图4 500Hz时域接收图与频谱响应图

图3、图4表明: 处于带通频率的400Hz正弦声信号在周期性结构中传播波形失真小, 传播性能良好; 带阻频率的500Hz正弦声信号在周期性管结构中传播波形失真严重, 频谱变化很大, 几乎不能通过。

**结论:** 1. 分析了声波在理想钻柱中传输特性, 分析结果表明, 钻柱作为声传播通道呈现出梳状滤波器的特性即通带和阻带交替出现。

2. 模拟正弦信号在理想钻柱中的传播过程。发现带通频率的正弦波在钻柱中传播波形失真小, 频谱变化小, 传播性能良好; 带阻频率的正弦波在钻柱中传播波形失真严重, 频谱变化很大, 几乎不能通过。

## 参考文献:

- [1] 隆志强, 钻柱中声波传播特性的实验研究
- [2] 赵国山, 管志川, 刘永旺, 声波在钻柱中的传播特性
- [3] 赵国山, 钻柱中声传播特性的理论及实验研究