

基于 COMSOL 的磁声电信号计算模拟方法研究

闫孝姮^{1,2}, 张莹^{1,2}, 赵筱赫¹, 赵世龙^{1,3}, 赖一雄^{1,4}

1. 工程电磁场与应用技术部, 中国科学院电工研究所, 北京

2. 电气与控制工程学院, 辽宁工程技术大学, 辽宁, 葫芦岛

3. 电气工程学院, 河北工业大学, 天津

4. 电气与信息工程学院, 湖南工业大学, 株洲, 湖南

简介: 本文提出两种磁声电正问题模拟的计算方法, 即采用电流连续性定理和耦合场直接计算的方法计算相应的磁声电信号, 采用 COMSOL 软件建立二维仿真模型, 利用压力声学模块、系数型偏微分方程模块、磁场模块进行了两种方式的磁声电正问题仿真研究。可以求解电压和电流密度信息, 便于开展电极检测式磁声电实验研究。

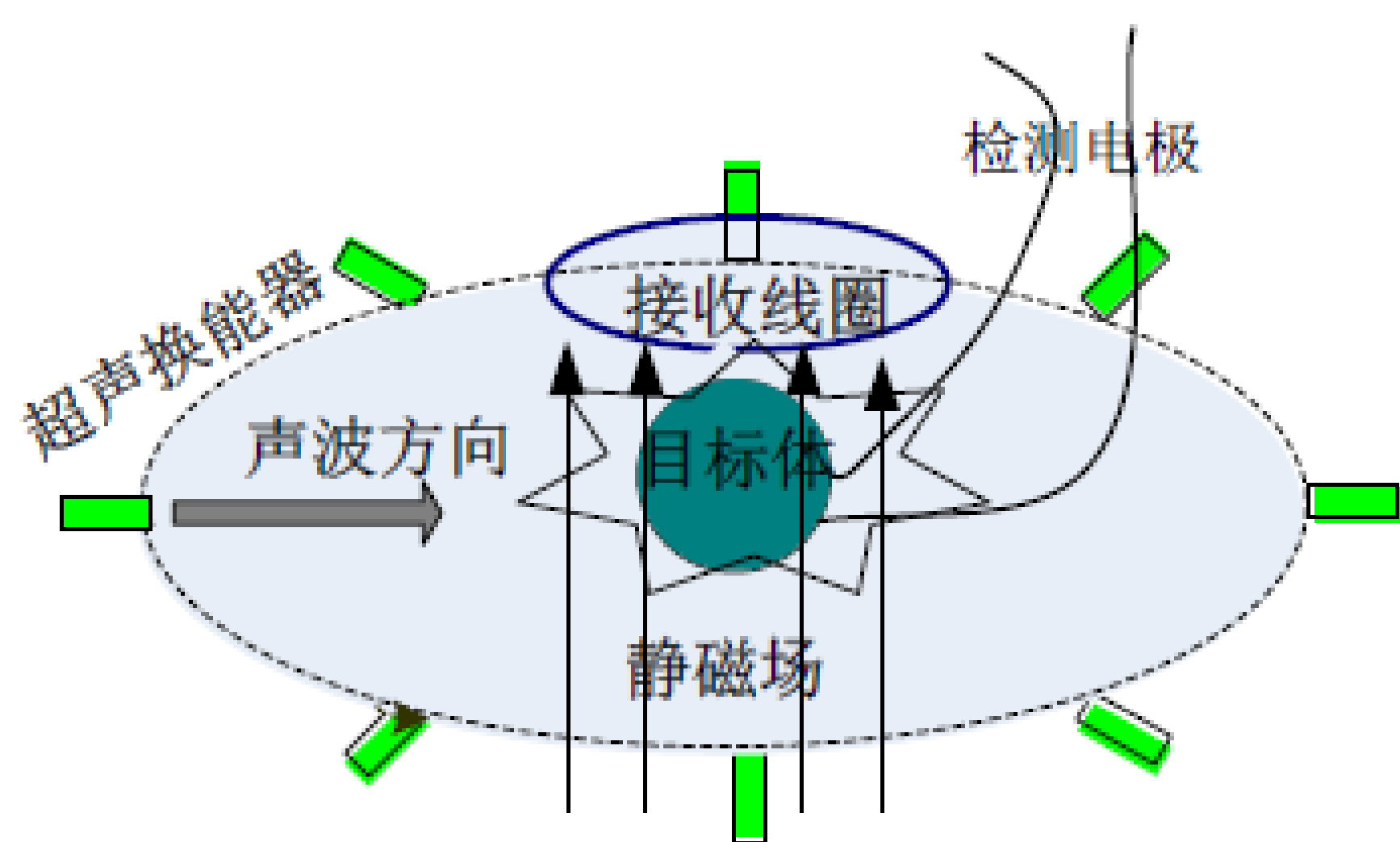


图 1. 磁声电成像原理示意图

计算方法:

① 声压-振速-电流连续性定理

$$\nabla \cdot \mathbf{J}_T = 0$$

$$\mathbf{J}_T = \sigma \mathbf{v} \times \mathbf{B}_0 + \sigma \mathbf{v} \times \mathbf{B}_t + \sigma \mathbf{E}$$

上式对低电导率材料, 有

$$\mathbf{J}_T = \sigma \mathbf{v} \times \mathbf{B}_0 - \sigma \nabla u$$

② 声压-加速度-平面感应电流模块

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J}_T$$

$$\nabla \times \frac{1}{\mu} \nabla \times \mathbf{A} = \sigma \mathbf{v} \times \mathbf{B}_0 + \sigma \mathbf{v} \times (\nabla \times \mathbf{A}) - \sigma \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$$

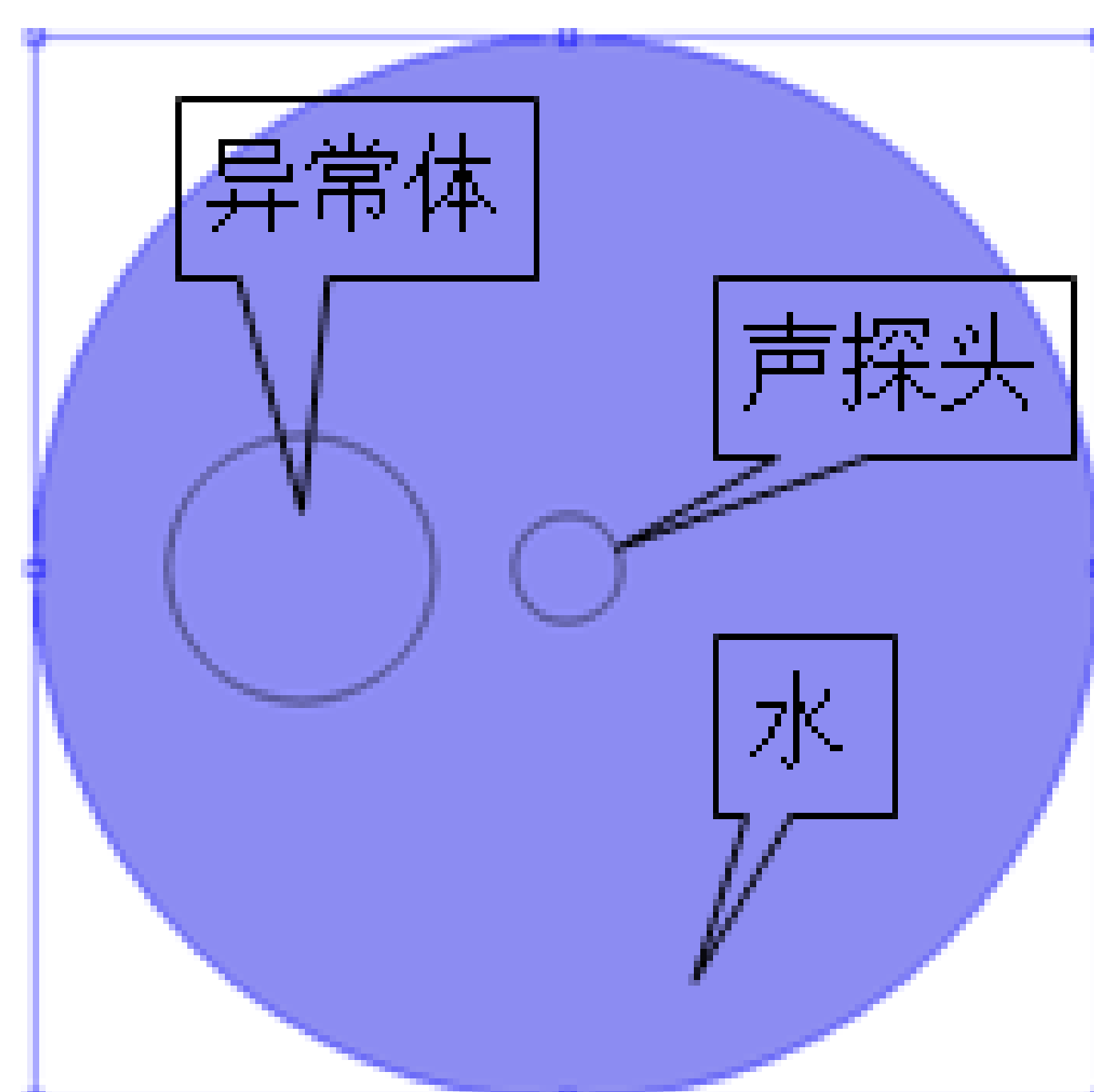


图 2. 计算模型

结果: 图3表述了采用压力声学模块计算的声压。并可以由此得出模型的电位信息 (图4) 和电流密度信息 (图5)。

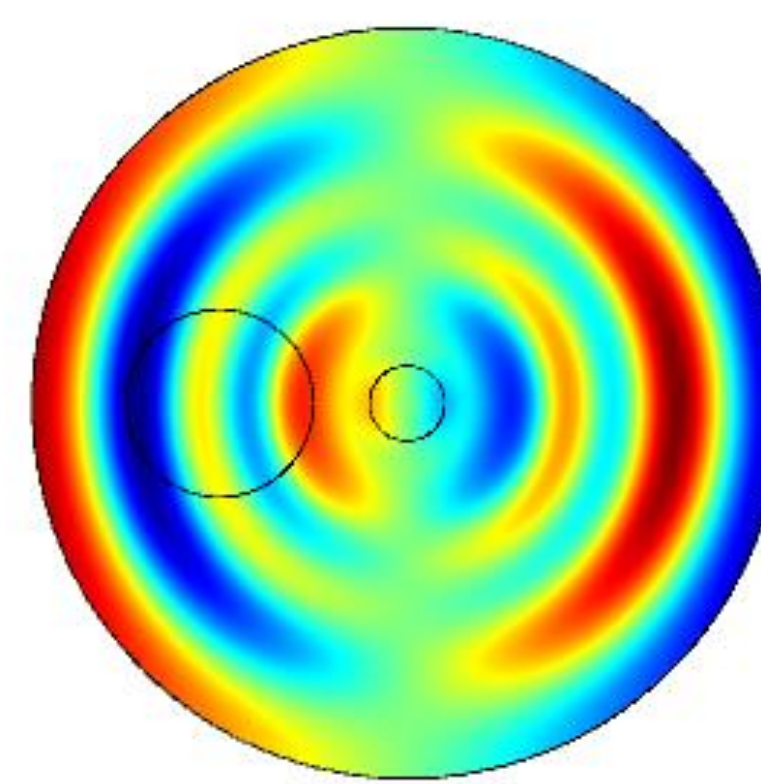


图 3. 图片描述

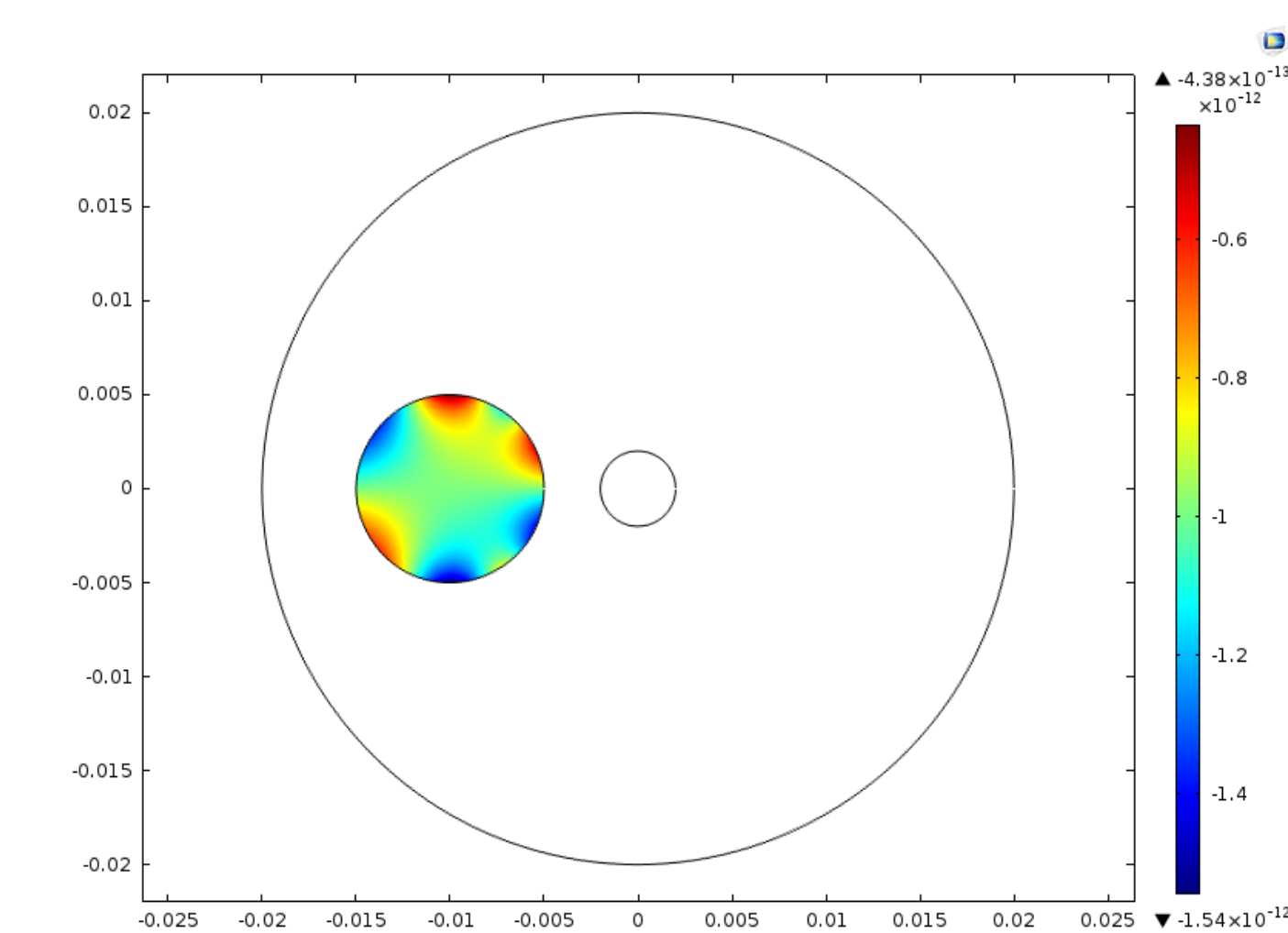


图 4. 方法①得出的电位信息

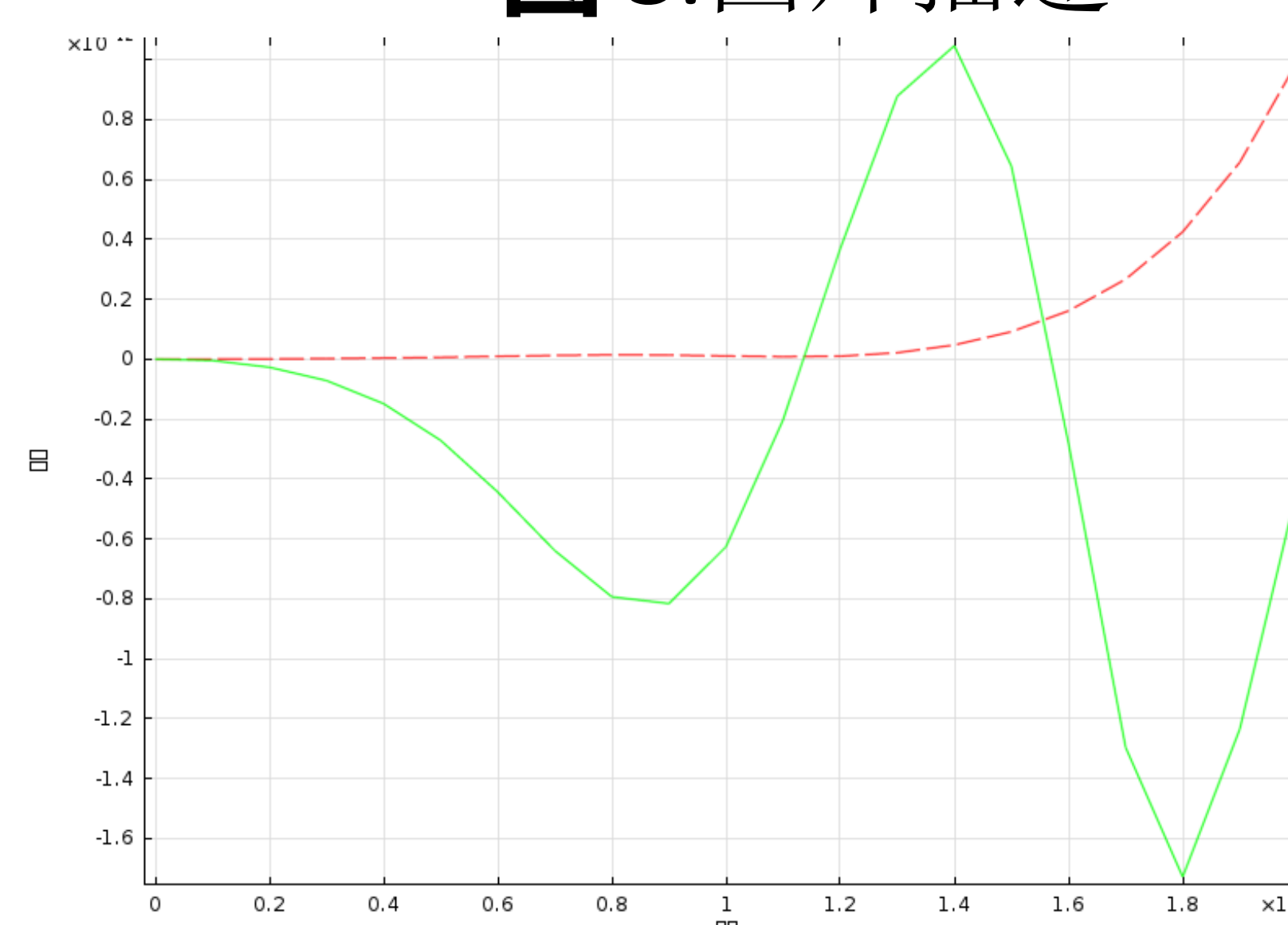


图 5. 两点电位一维点图

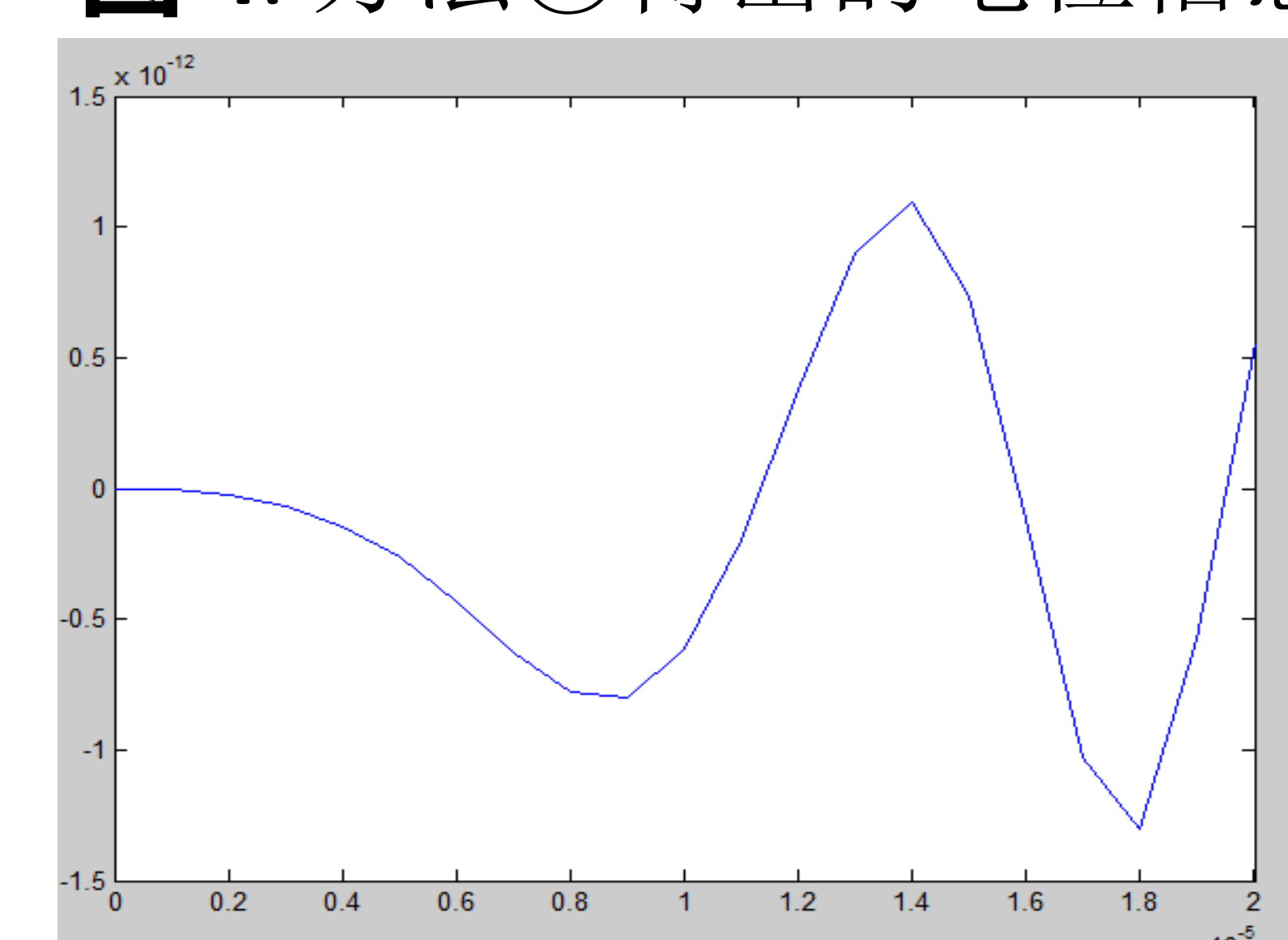


图 6. 电压曲线图

变量	表达式	单位
fx	$\sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot \text{req} \cdot t)$	
fy	0	
频率	10^5	Hz
电导率	0.2	S/m

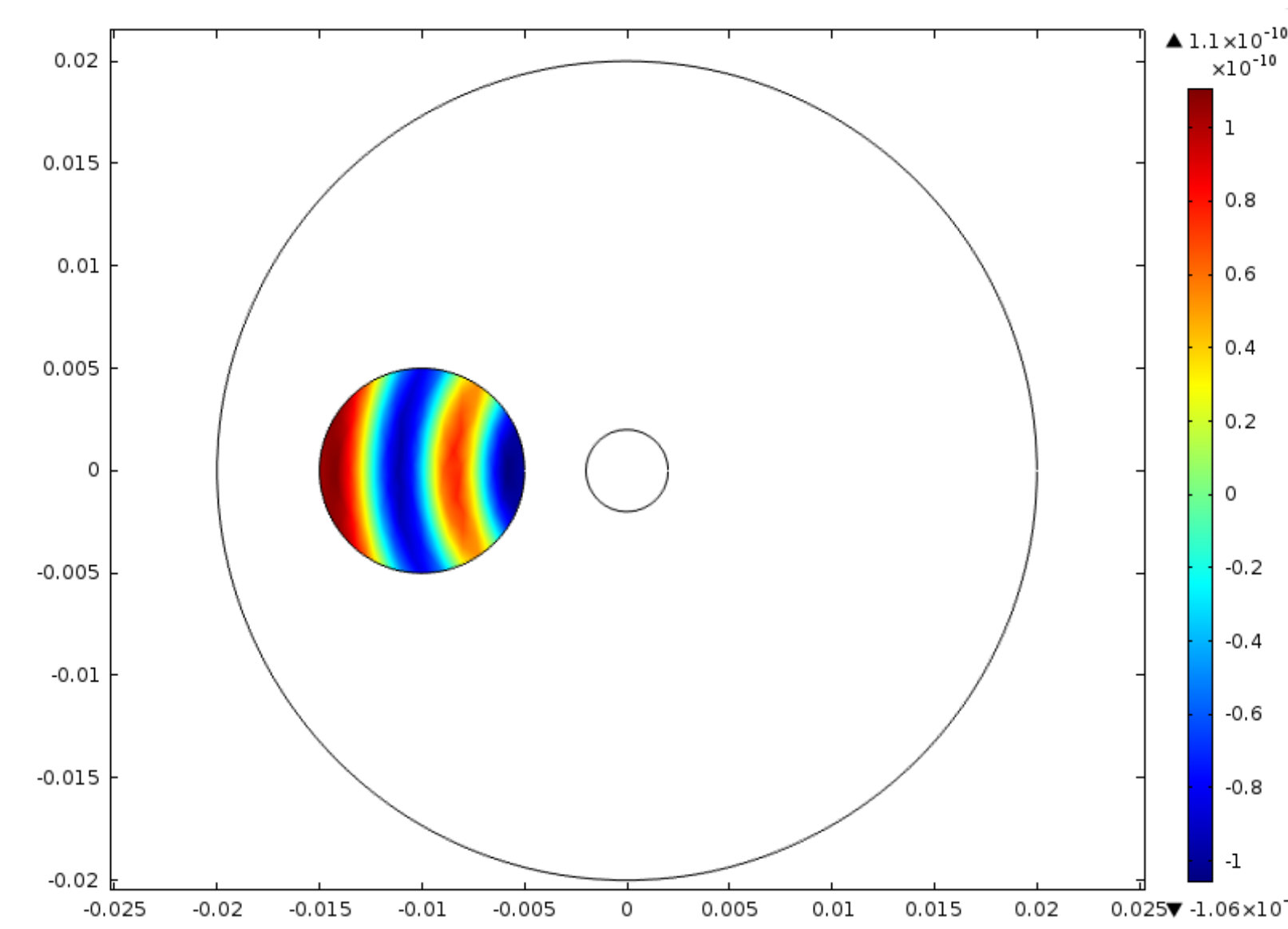


表 1. 声压模块参数 图 7. 方法②得出的电流密度信息

结论: 仿真结果表明, 对于磁声电正问题模拟的计算, 采用声压-电流连续性定理和声压-平面感应电流两种方法, 使用 COMSOL 能够得到相同的声压效果, 并分别可以进一步求解电压和电流密度信息。仿真结果可以很好的应用于磁声电成像的理论研究, 下一步与实验相结合, 可以为癌症的早期诊断提供有效途径。

参考文献:

1. 刘国强, 磁声成像技术下册, P9 (2016)
2. 夏慧, 刘国强, 黄欣等. 基于互易定理的二维磁声电成像系统, 电工技术学报, 28 (7), 163-169 (2013)