

# 超声辅助水下湿法焊接气泡生长规律研究

滕俊博, 王建峰, 孙清洁, 冯吉才

1. 哈尔滨工业大学先进焊接与连接国家重点实验室  
2. 哈尔滨工业大学(威海)山东省特种焊接技术重点实验室

**引言:** 在水下湿法焊接中, 用自保护药芯焊丝燃烧时产生的气体来保护电弧和熔池, 气体在电弧周围围成气泡, 气泡稳定则电弧稳定, 焊接质量高。本文通过超声波来调控气泡, 通过声场与流场耦合来研究气泡在超声作用下的生长规律。

**结果:** 得出了空气中变幅杆产生的声压与声辐射力分布, 谐振高度, 以及水下自保护药芯焊接时产生气泡的生长规律

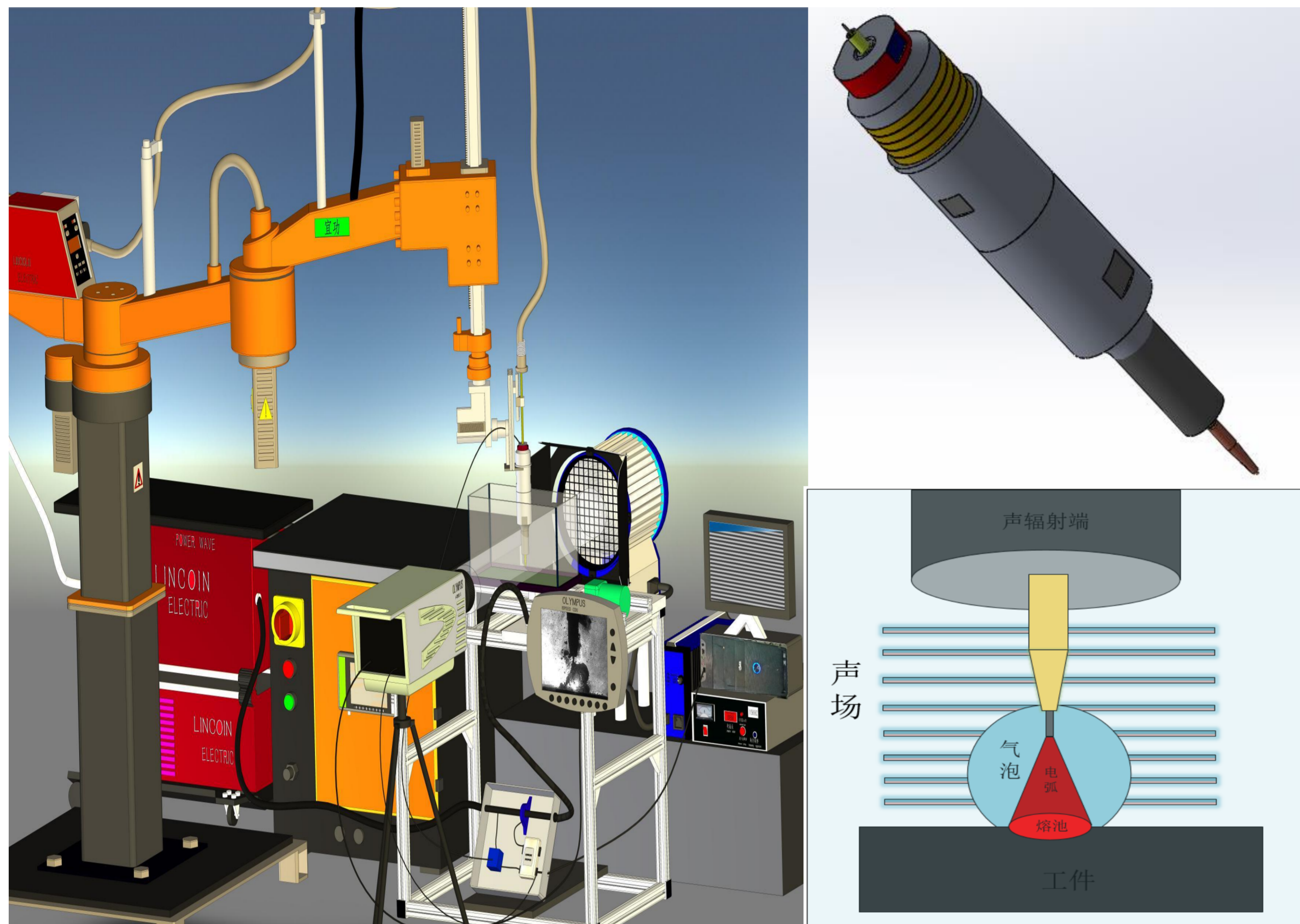


图 1. 实验装置

**计算方法:** 使用声场中的压力声学来模拟超声变幅杆的声压分布以及谐振高度。

$$U = 2\pi R^3 \left[ \left( \frac{\langle p_{in}^2 \rangle}{3\rho c^2} \right) f_1 - \left( \rho \langle v_{in}^2 \rangle / 2 \right) f_2 \right]$$

$$f_1 = 1 - \rho c^2 / \rho_s c_s^2, f_2 = 2(\rho_s - \rho) / (2\rho_s + \rho)$$

$$U = \langle p_{in}^2 \rangle / 3 - \langle v_{in}^2 \rangle / 2$$

$$F_z = -\partial U / \partial z, F_r = -\partial U / \partial r$$

$$P = -\int_s \langle p^* v_n \rangle dS$$

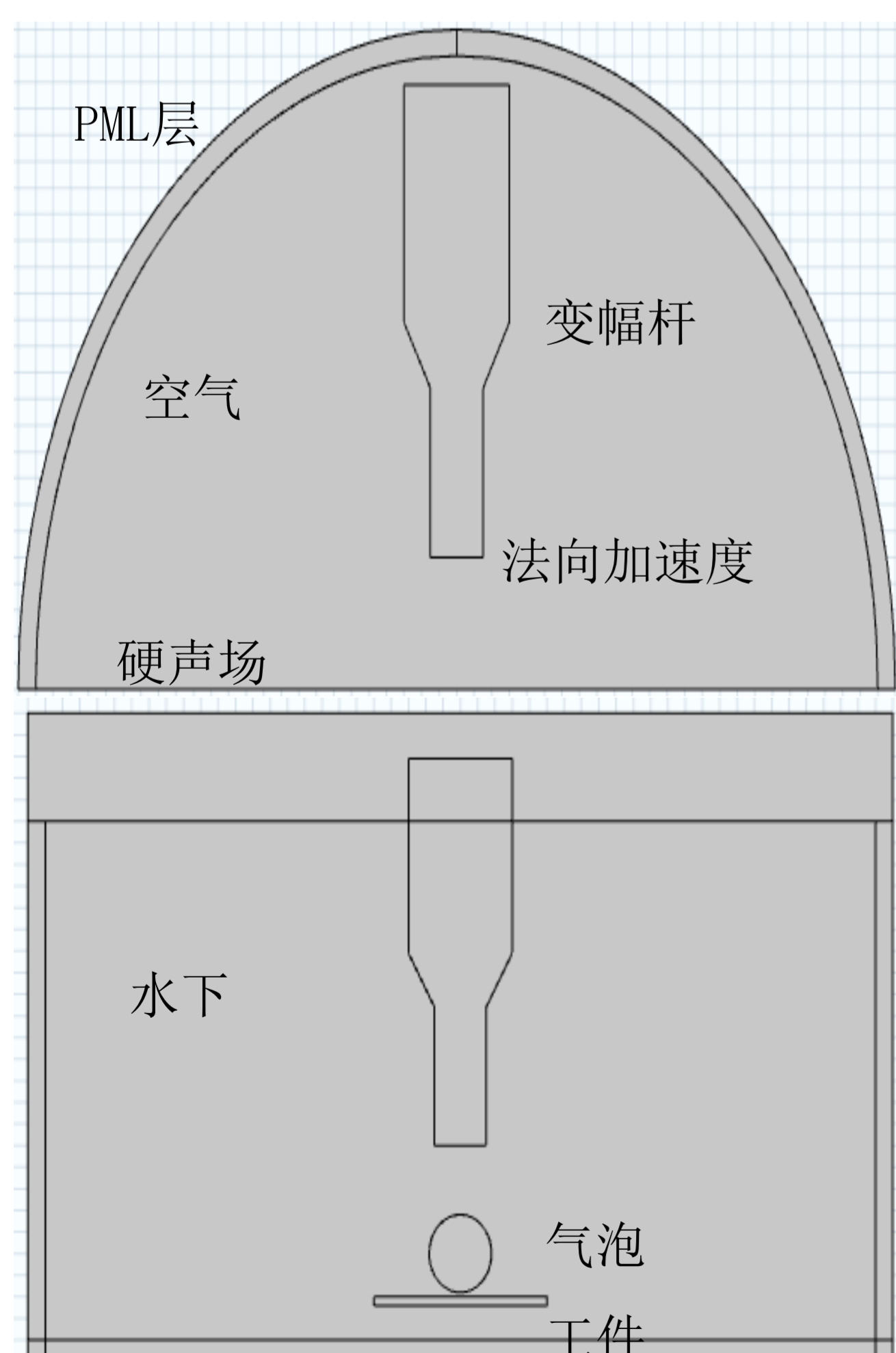


图 2. 几何模型

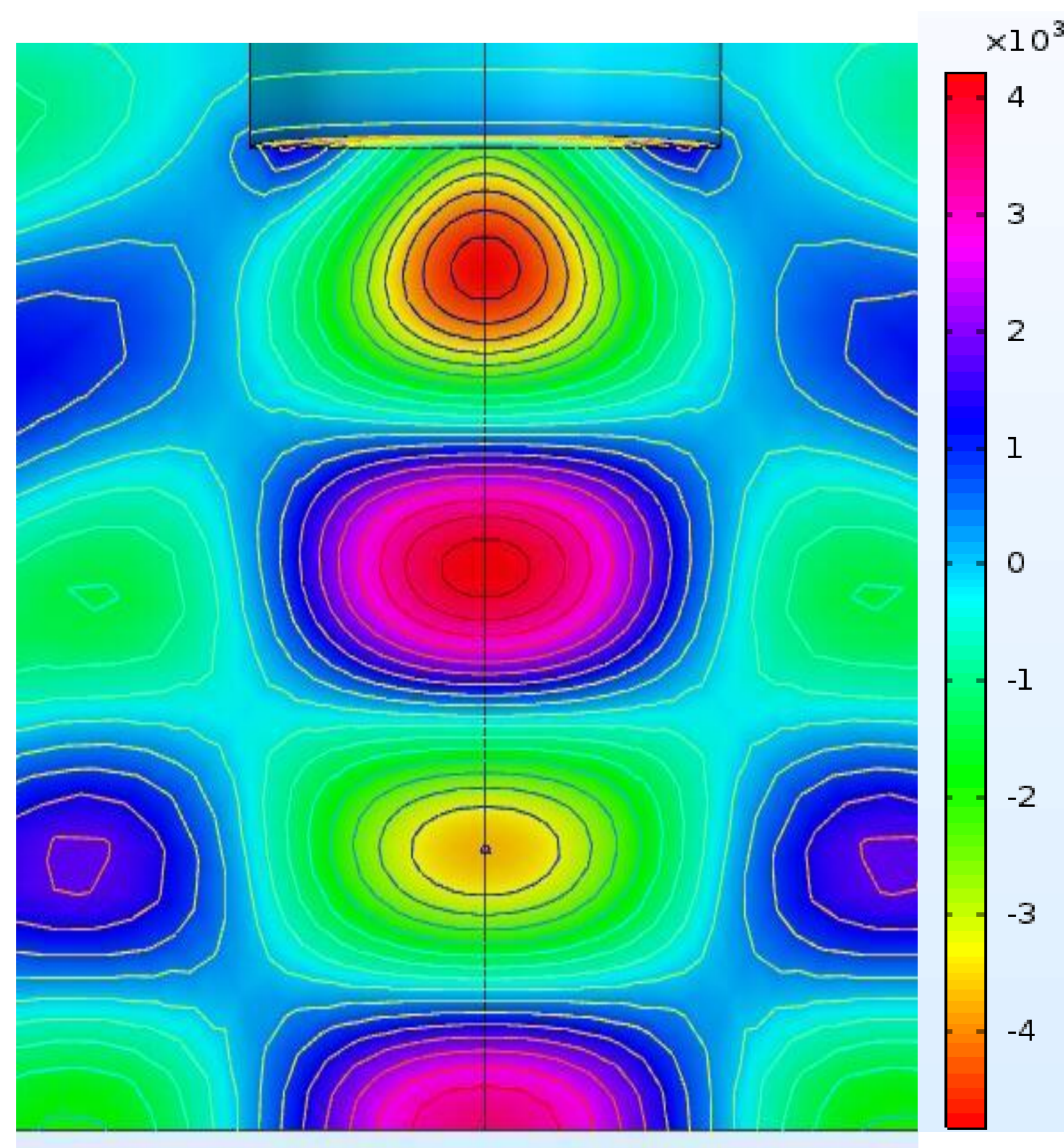


图 3. 声压分布

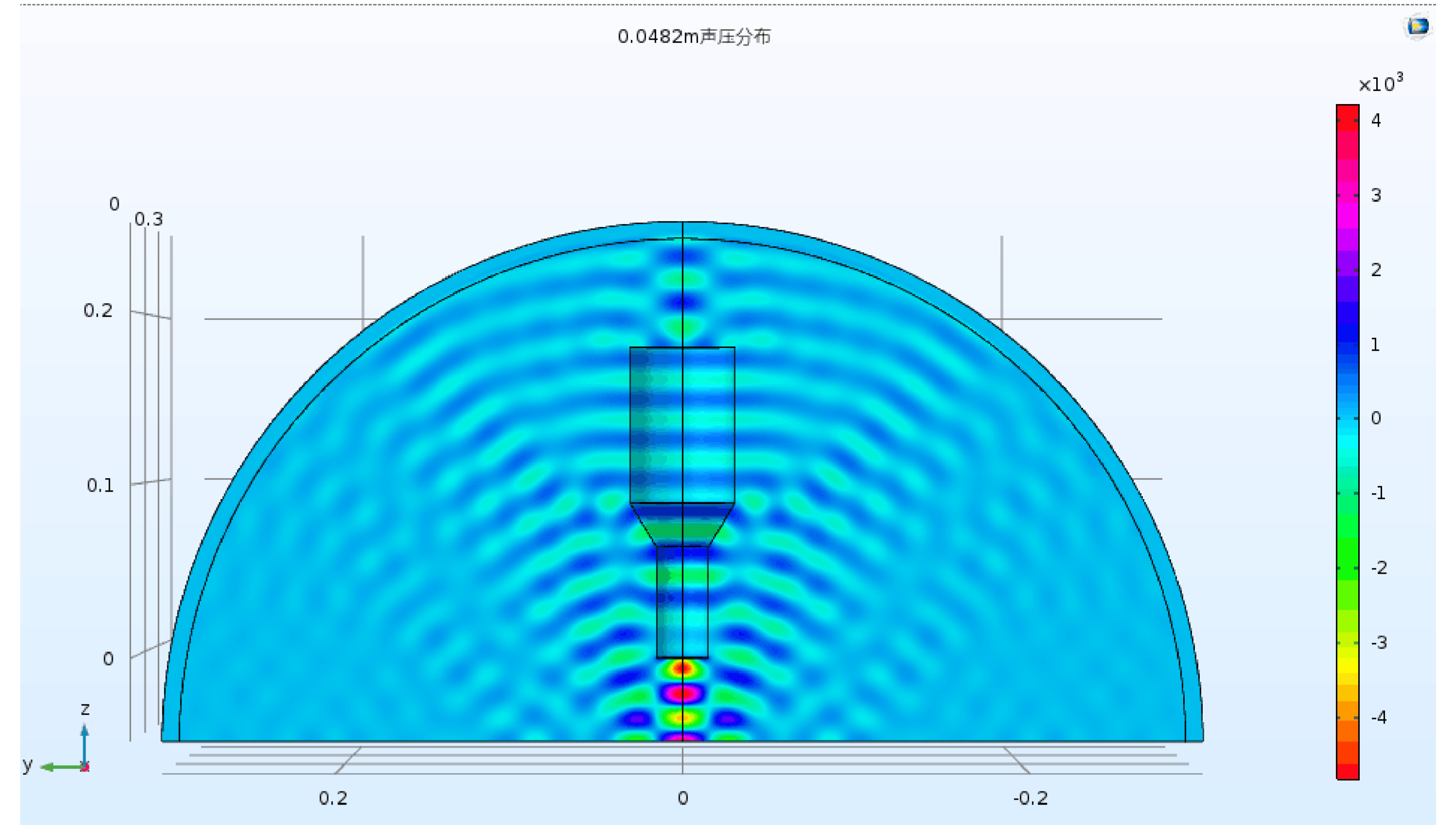


图 4. 距工件表面0.0482m声压分布

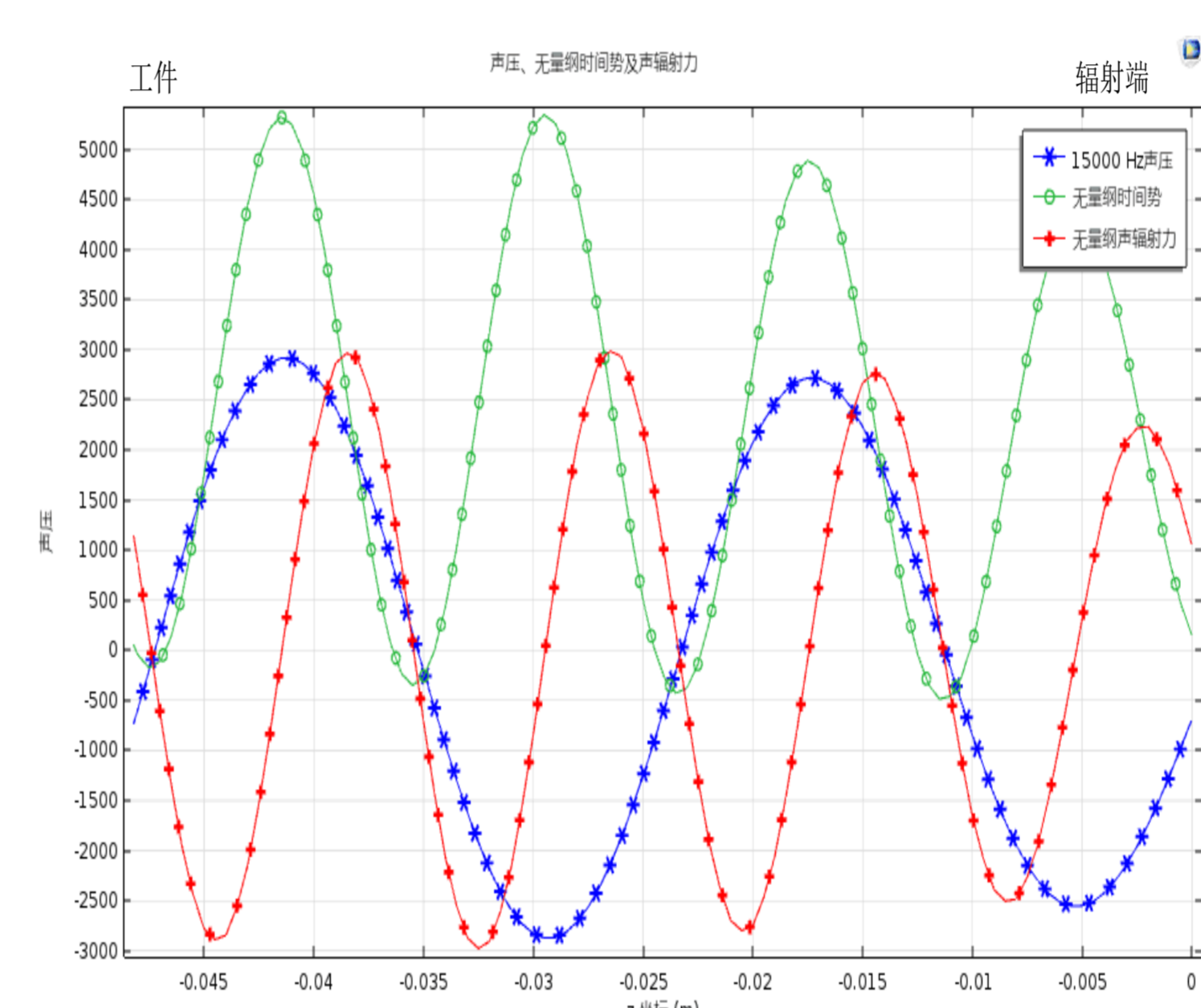


图 5. 轴线上声压、时间平均势与声辐射力

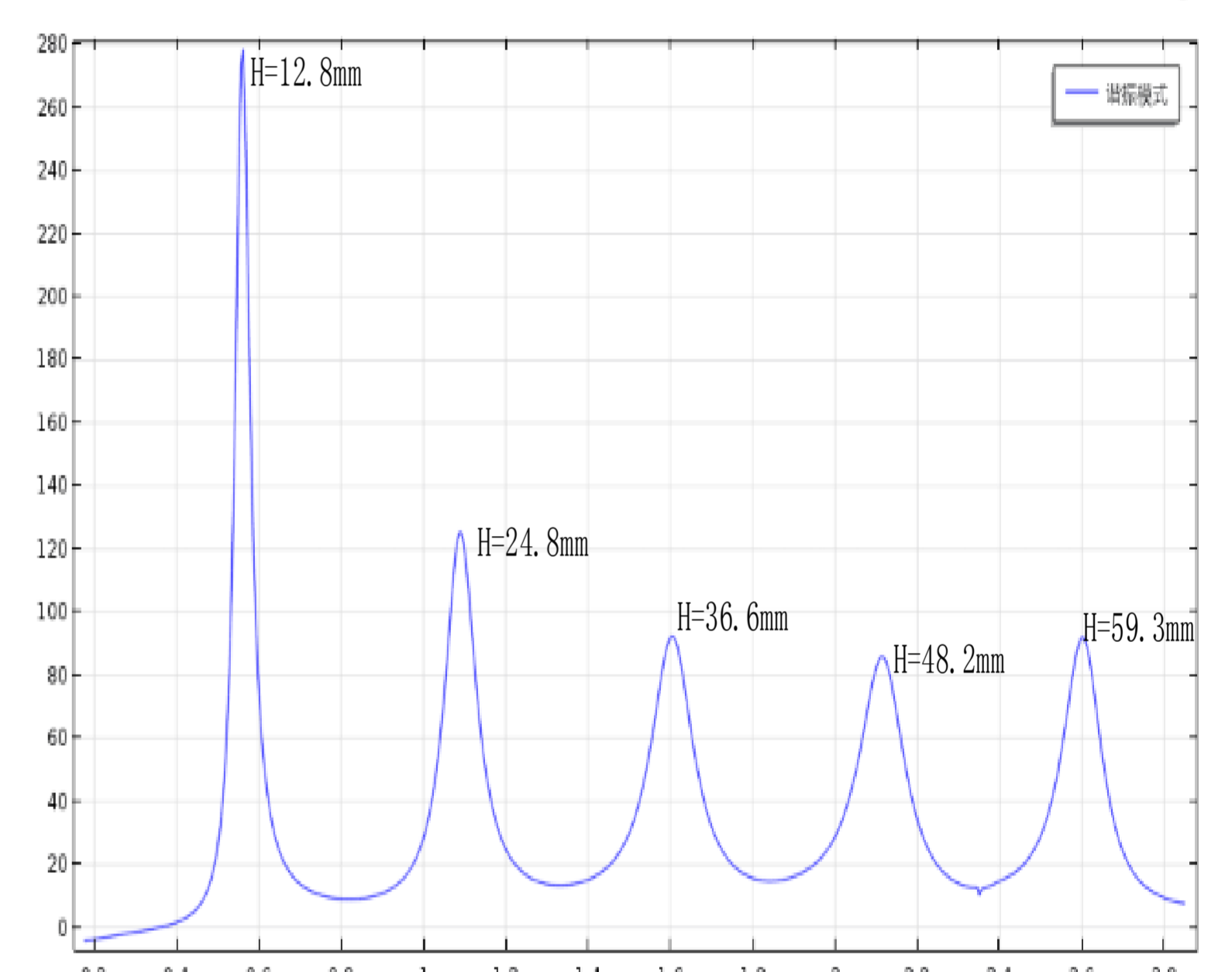


图 6. 变幅杆谐振高度

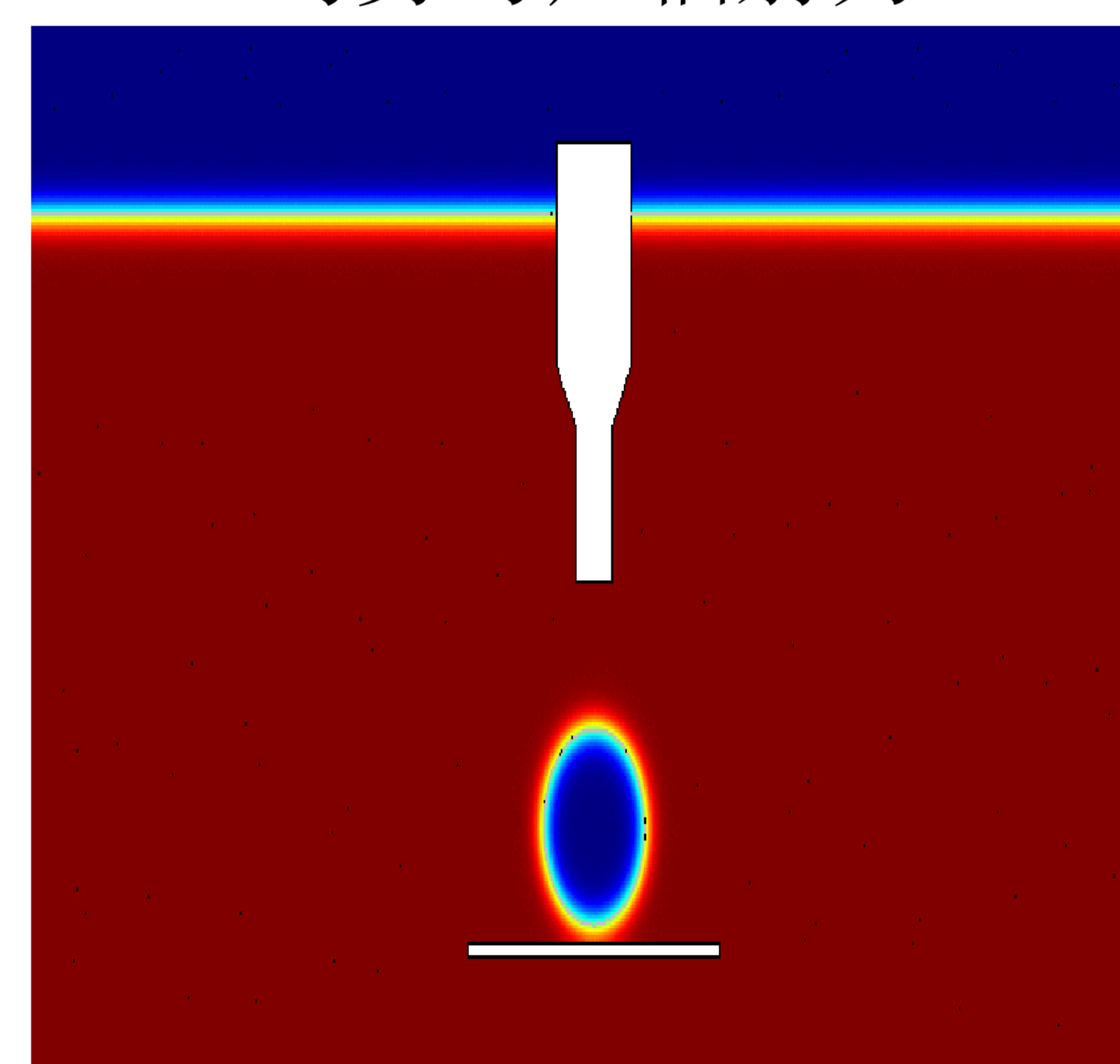


图 7. 声场作用下的气泡



图 8. 实际焊接的气泡

**结论:** 通过模拟声场对气泡的约束作用, 可以更好的控制气泡, 保护电弧和熔池, 从而有效的提高焊接质量, 下一步将加入传热条件, 进一步的研究气泡的生长规律

**参考文献:**

1. 谢伟峰, 范成磊, 杨春利, 林三宝, 张玉岐. 超声复合电弧声调控特性研究[J]. 物理学报, 2015, 64(09): 421-429. [2017-10-06].
2. 解文军, 曹崇德, 魏炳波. 声悬浮的实验研究和数值模拟分析[J]. 物理学报, 1999, (02): 61-67. [2017-10-06].