

# 超声辅助水下湿法焊接气泡生长 规律研究

汇报人：滕俊博  
日期：2017.11.2

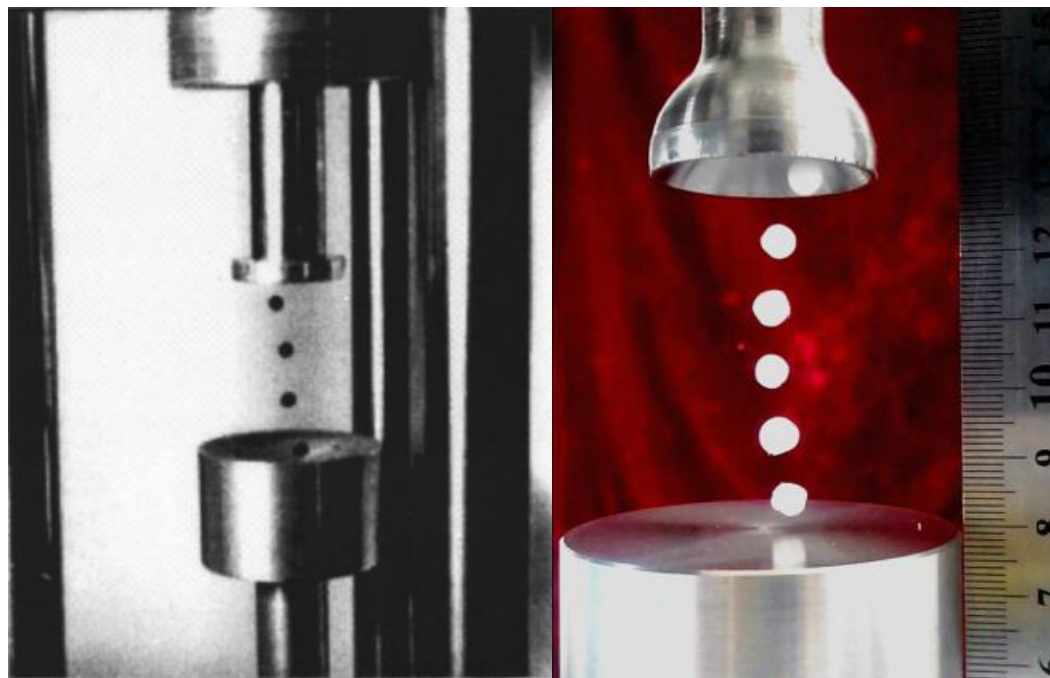
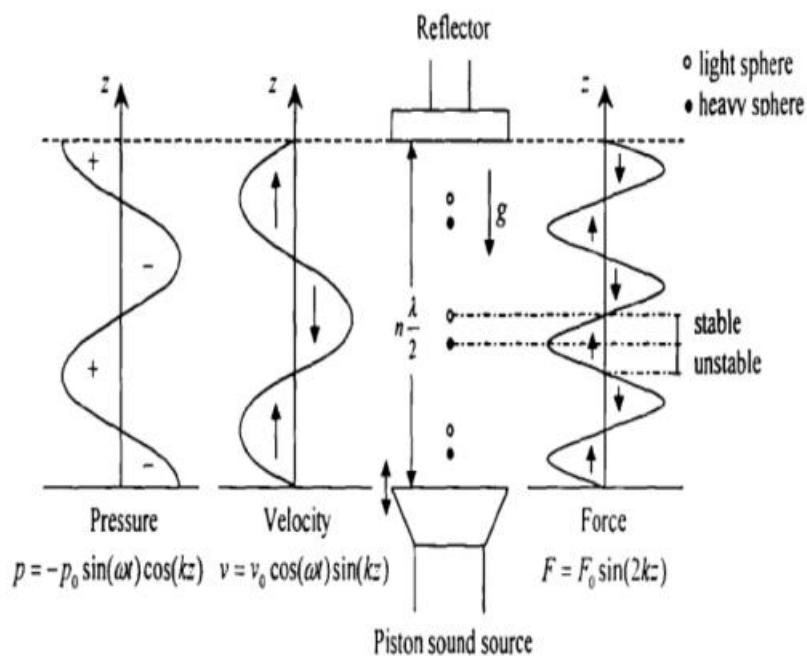
## 研究背景

1. 声悬浮原理。
2. 水下湿法焊接存在的问题。

## 研究内容

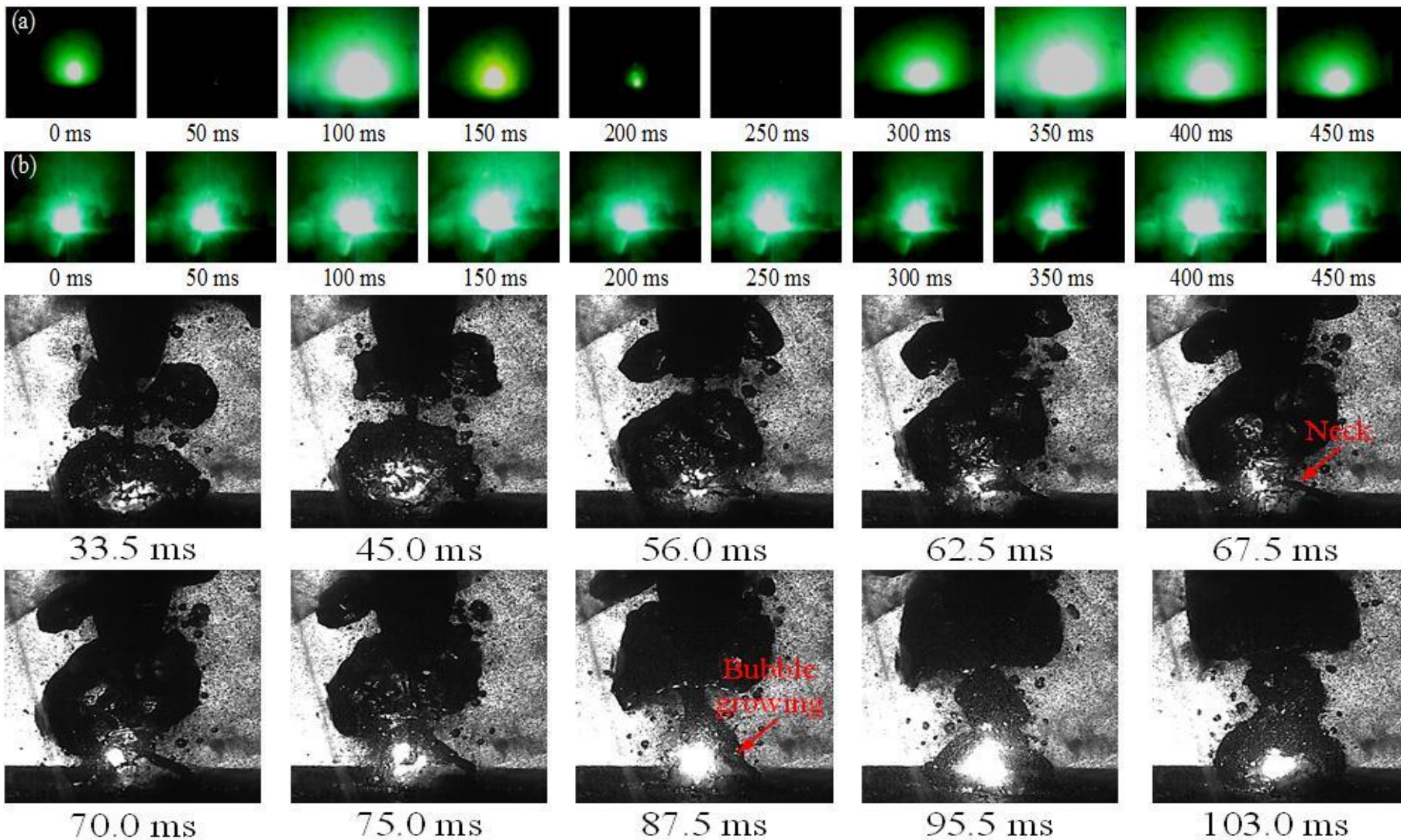
1. 空气中不同形状变幅杆的谐振高度规律。
2. 声悬浮点的位置及受力情况及实验验证
3. 水下声场模拟

# 声悬浮原理



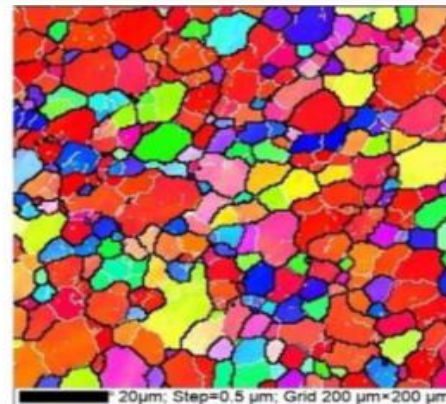
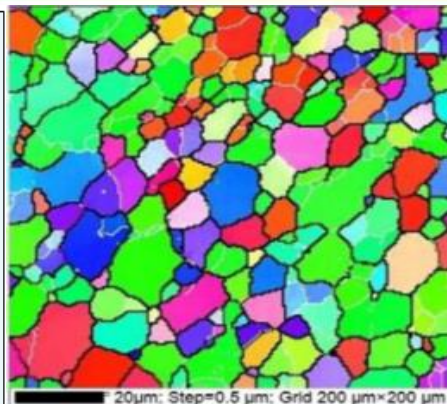
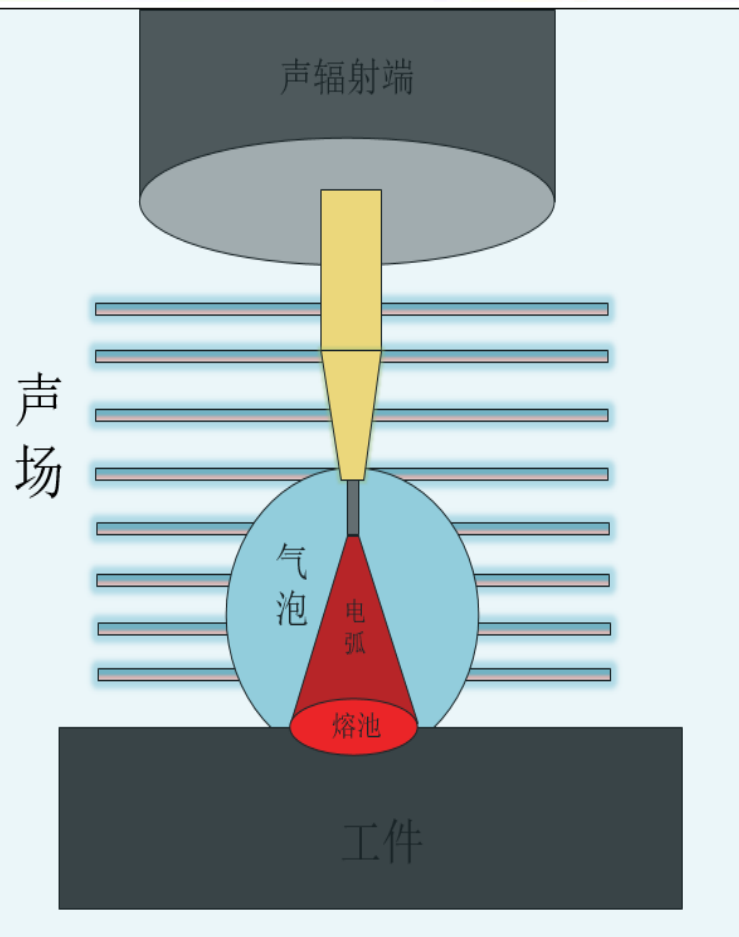
利用声驻波与物体的相互作用产生竖直方向的悬浮力以克服物体的重量，同时产生水平方向的定位力将物体固定于声压波节附近。

# 水下湿法焊接存在的问题





# 超声在水下湿法焊接中的应用



细化晶粒

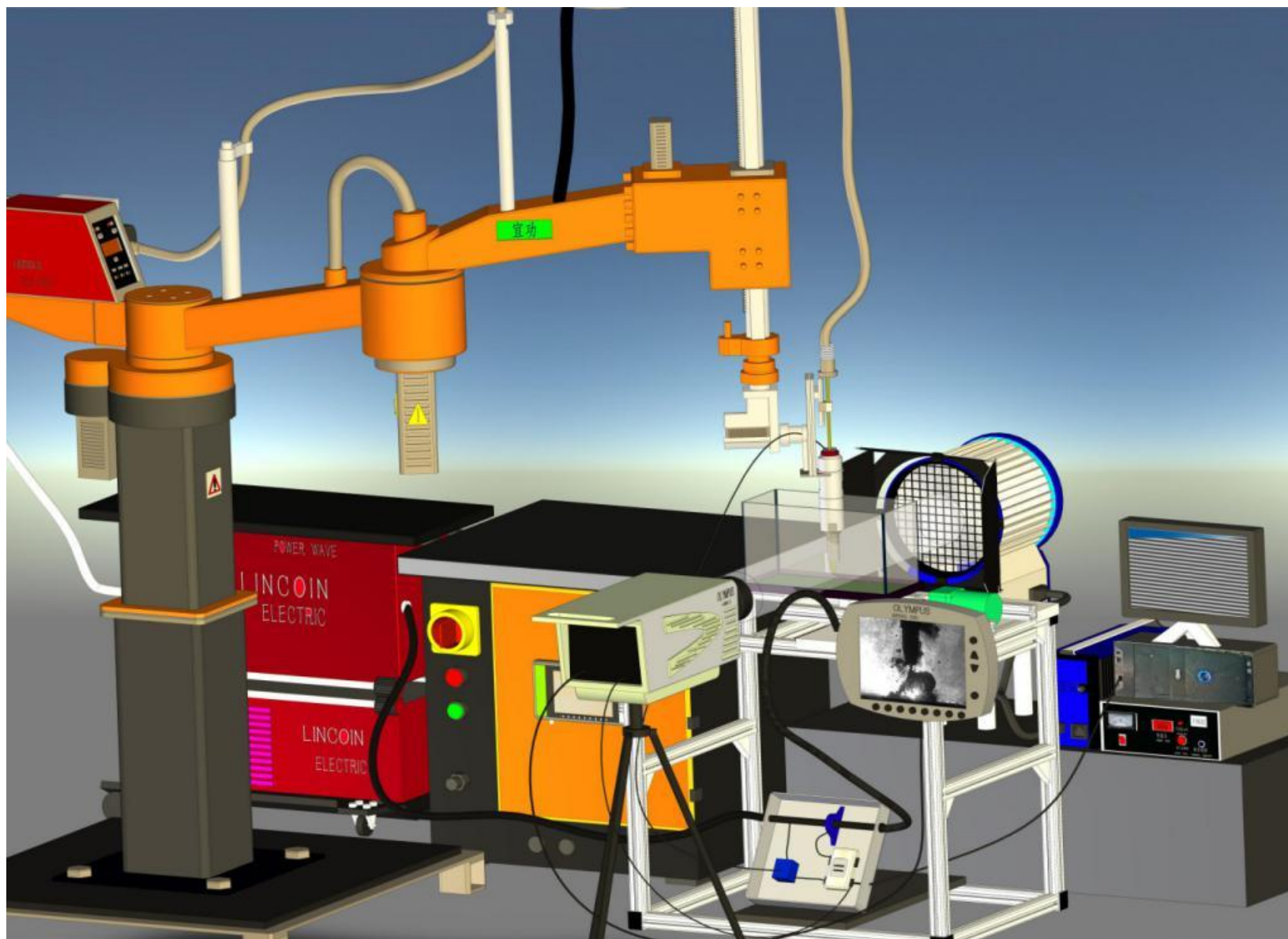


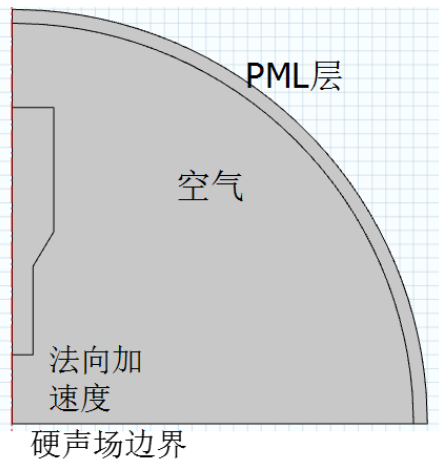
未加超声



加入超声

加入超声后，气泡直径变大，上浮频率减小，有效果但是比较弱，所以用 Comsol 对声场进行优化，重新设计变幅杆的形状。





## 计算公式

声辐射功率

$$P = - \int_s \langle p^* v_n \rangle dS \quad (1)$$

时间平均势

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

轴向声辐射力

$$F_z = -\partial U / \partial z \quad (3)$$

径向声辐射力

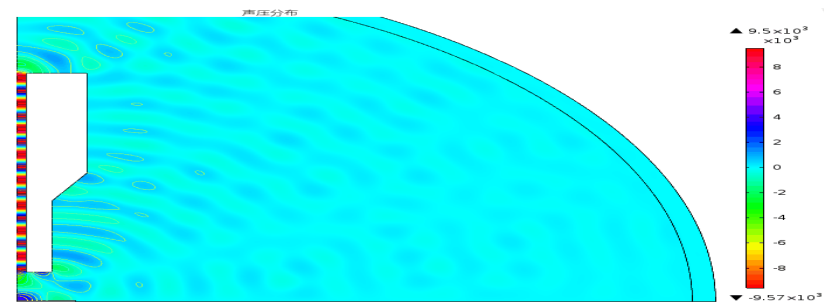
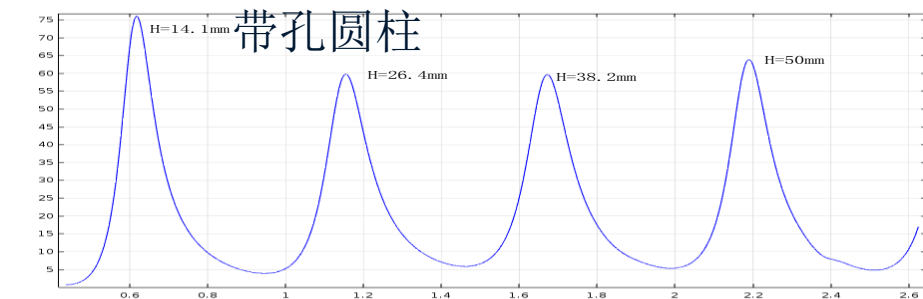
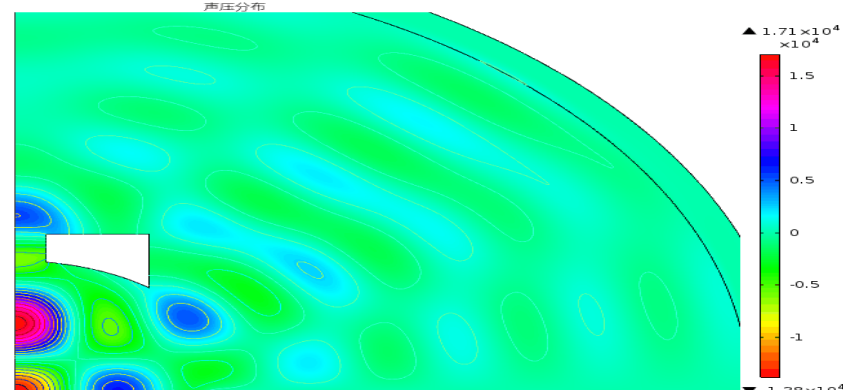
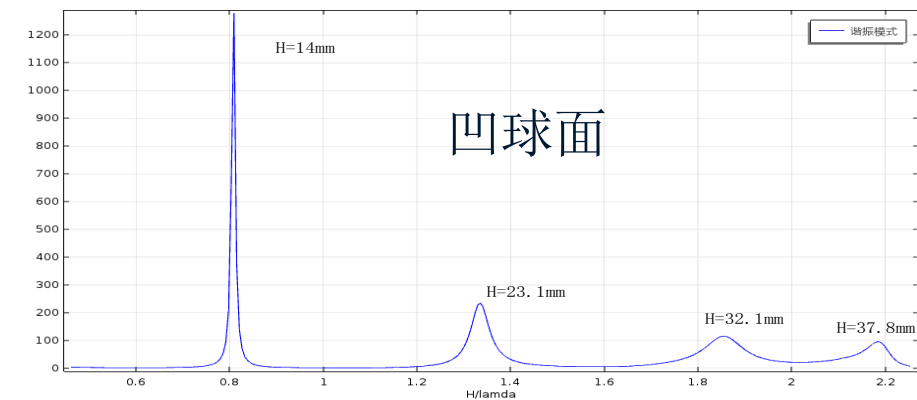
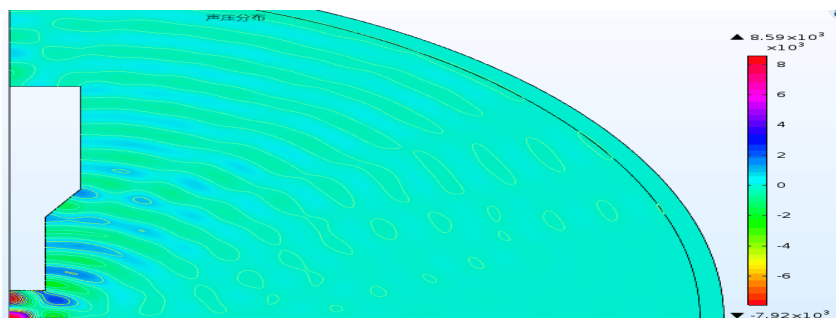
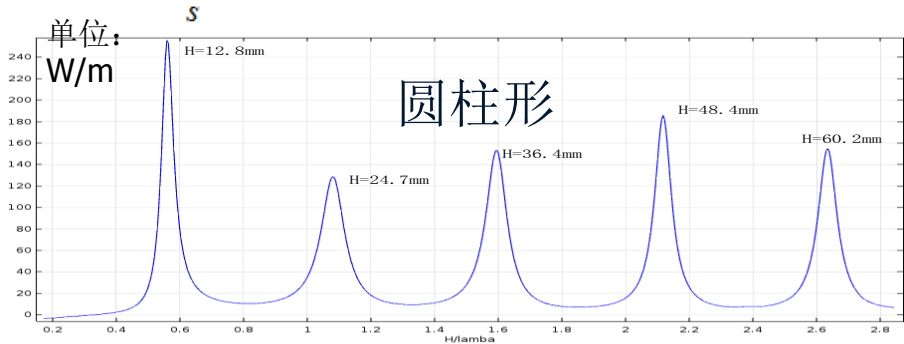
$$F_r = -\partial U / \partial r \quad (4)$$

根据（1）式对变幅杆的高度进行参数化扫描，计算声辐射功率，得出声谐振高度。由（2）式计算时间平均势，时间平均势对z轴求偏导，得到轴向声辐射力，对r轴求偏导，得到径向声辐射力。

轴向声辐射力能够悬浮物体，径向声辐射力对焊接稳定性有很大影响。

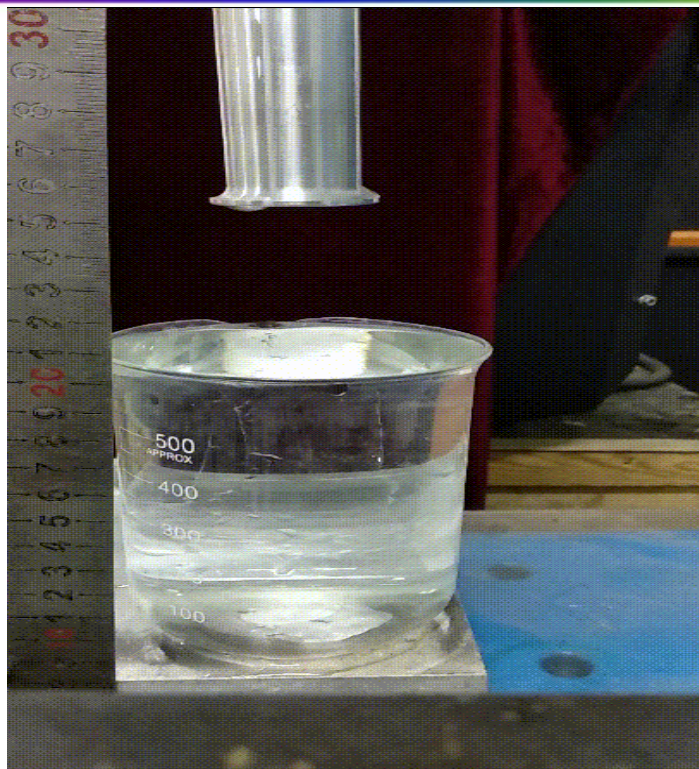
# 谐振高度

$P = - \int_S \langle p * v_n \rangle dS$  声辐射功率为声源在单位时间内向外辐射的声能

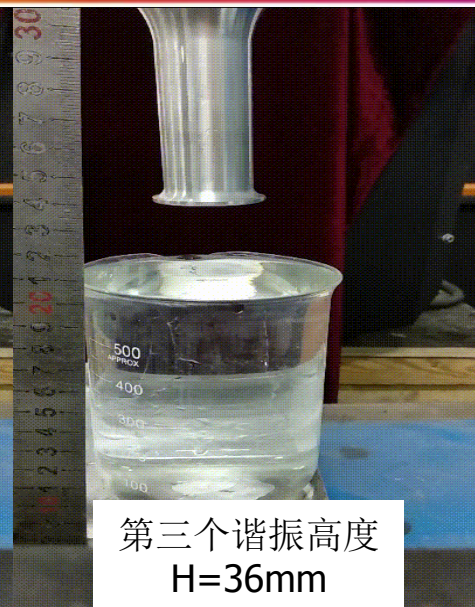




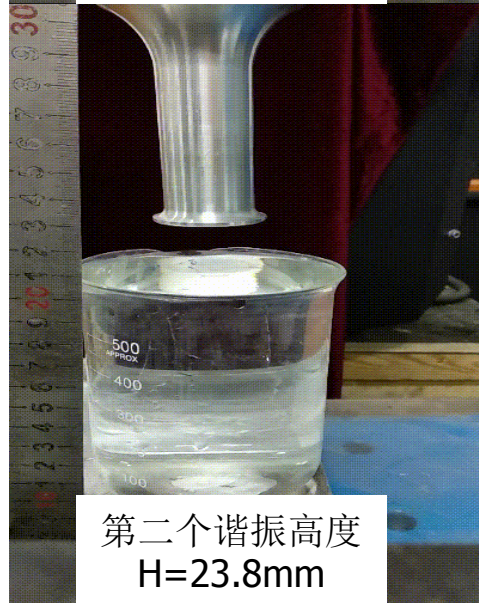
# 实验验证



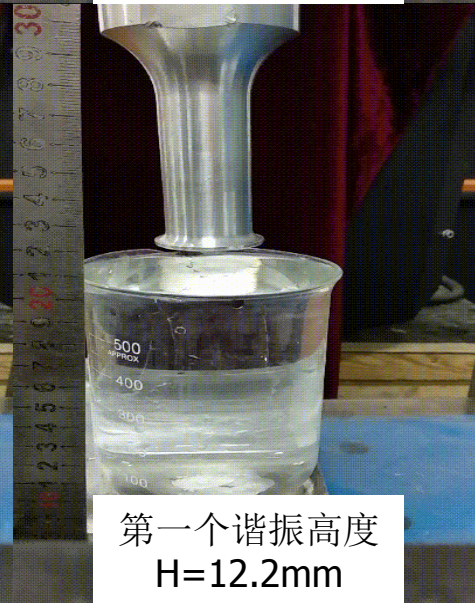
第四个谐振高度  
 $H=47.4\text{mm}$



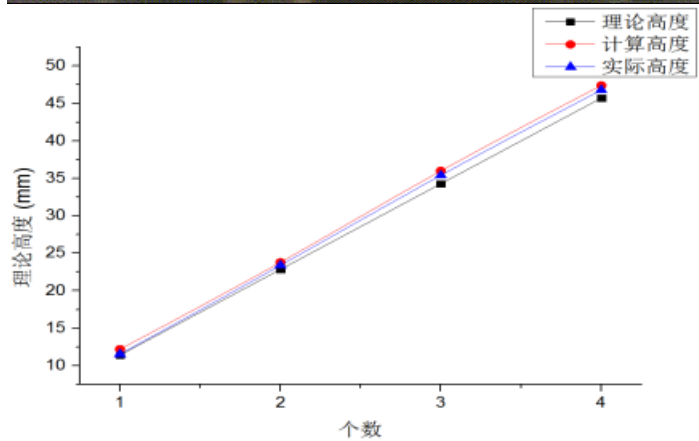
第三个谐振高度  
 $H=36\text{mm}$



第二个谐振高度  
 $H=23.8\text{mm}$



第一个谐振高度  
 $H=12.2\text{mm}$





# 圆柱各谐振高度的声场分布情况

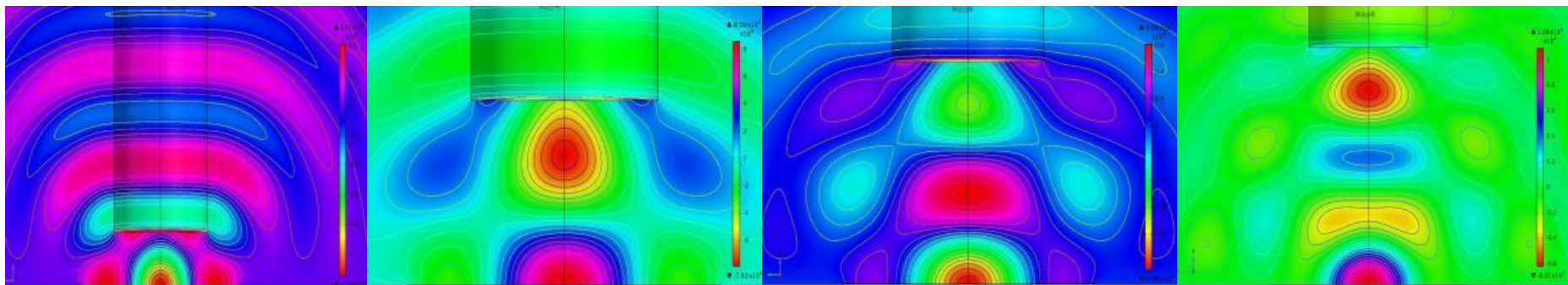


H=12.8mm

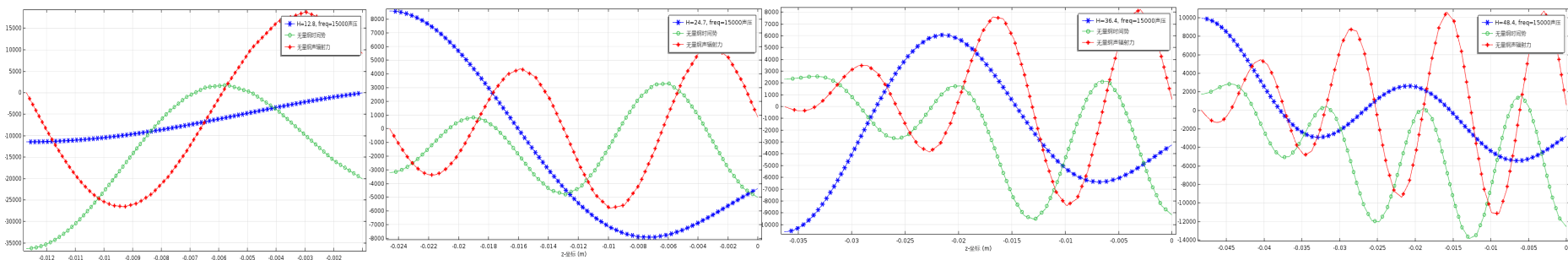
H=24.7mm

H=36.4mm

H=48.4mm



左边为工件，右边是辐射端，蓝线为声压，绿线和红线为时间平均势和声辐射力

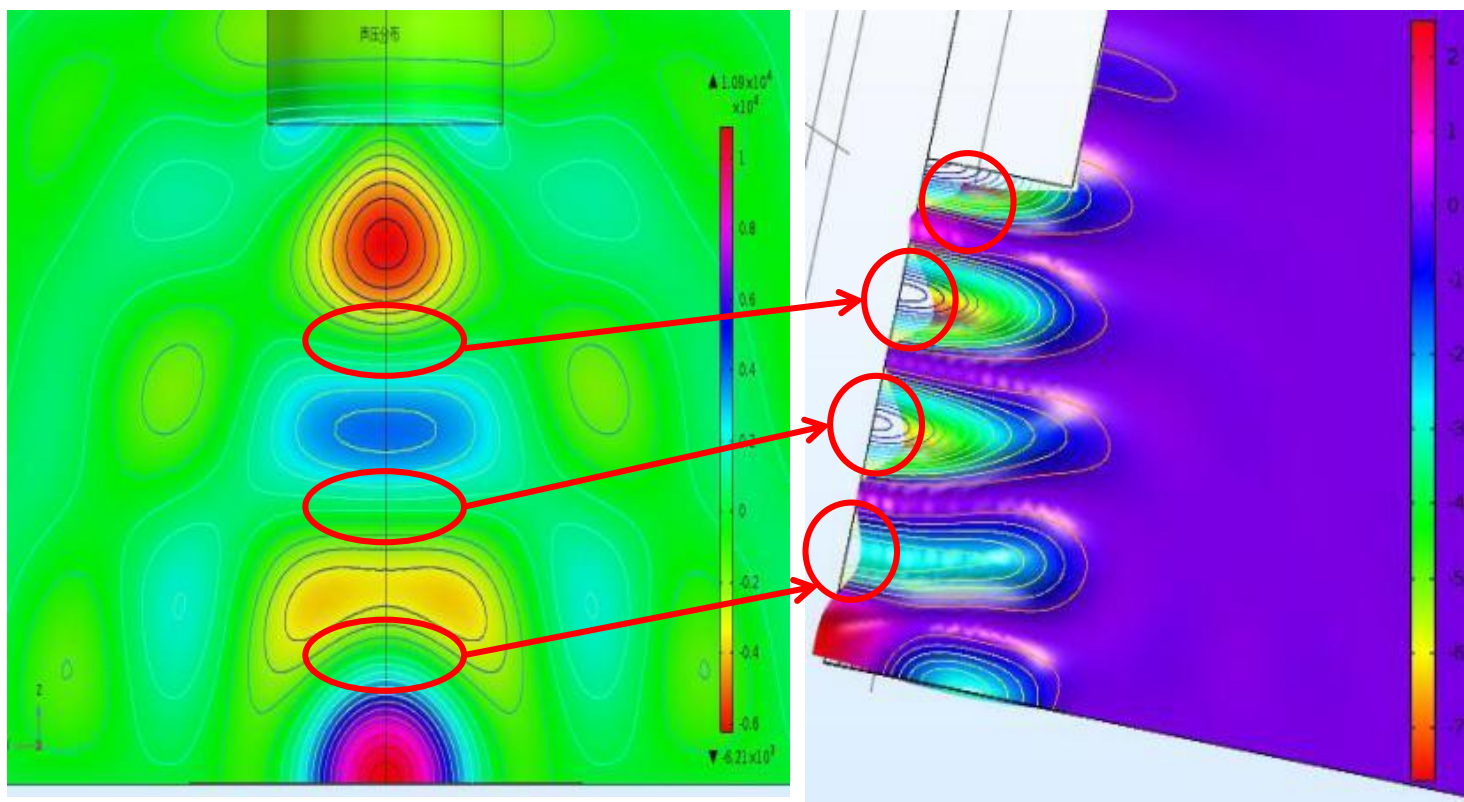


声压随高度周期性变化，随着谐振高度出现极大极小值。

# 选取第四个谐振高度进行研究



$$\text{时间平均势 } U = \langle p_{in}^2 \rangle / 3 - \langle v_{in}^2 \rangle / 2$$



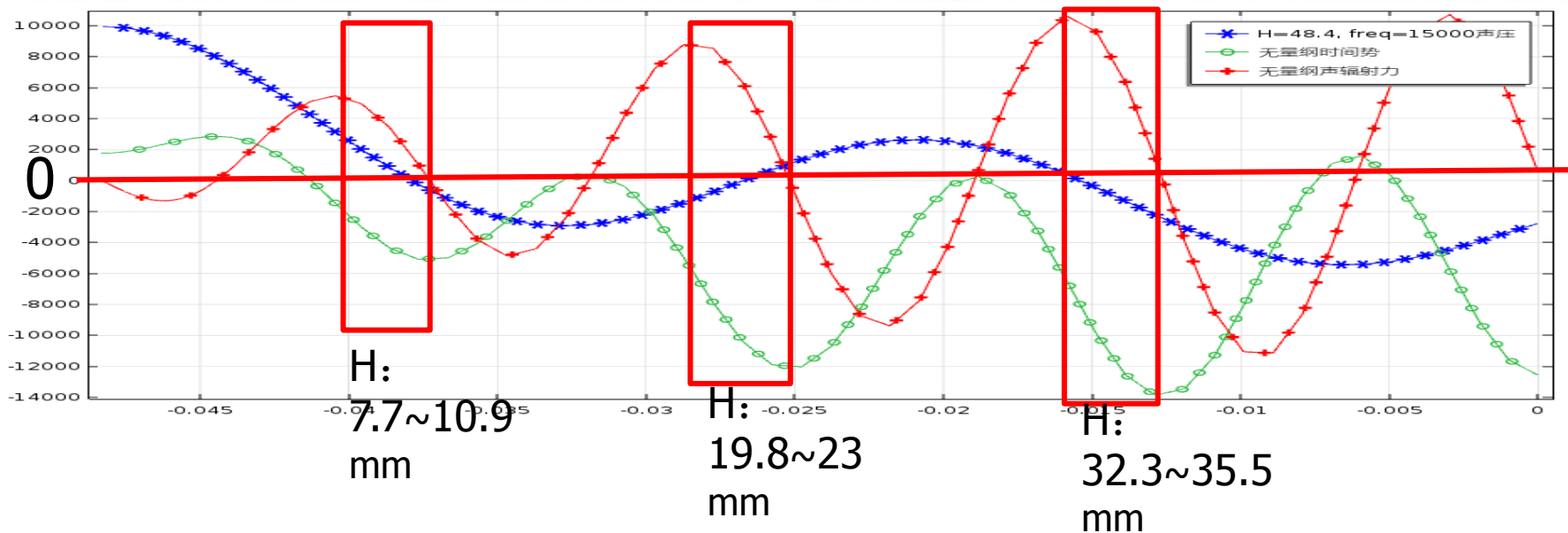
声压分布

时间平均势

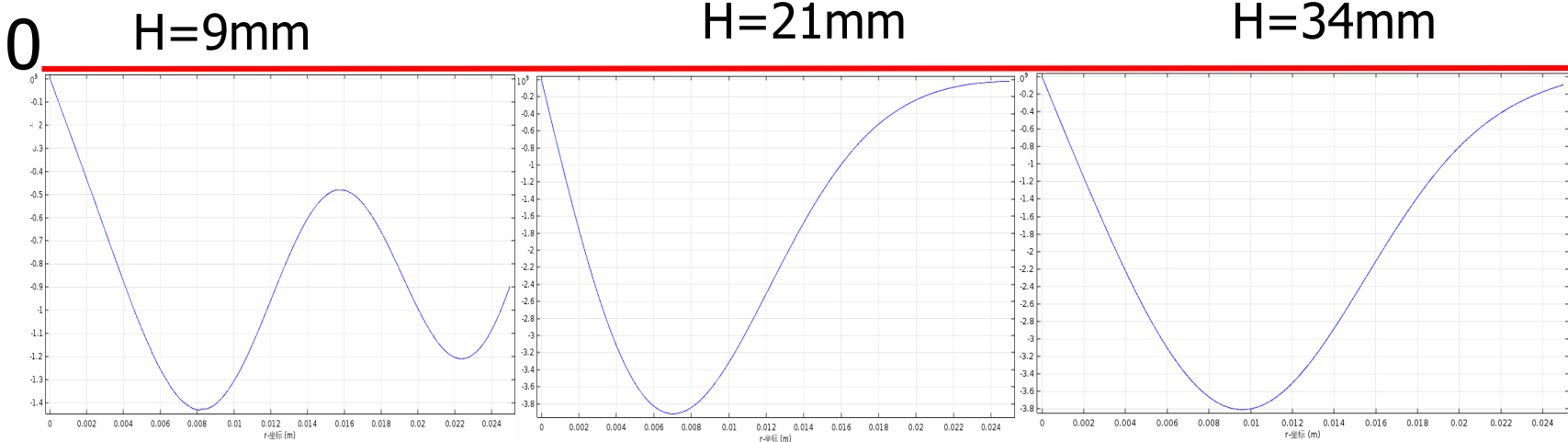
# 圆柱变幅杆轴线上的悬浮点



Pa



选取悬浮区域中间一点，对径向声辐射力进行分析，截线长度为25mm





# 带孔圆柱谐振高度的声场分布情况

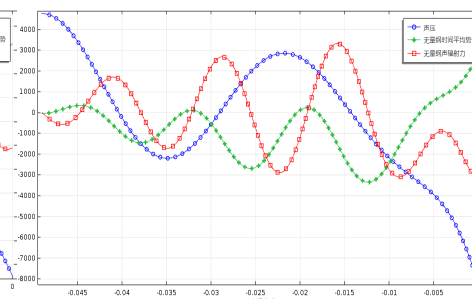
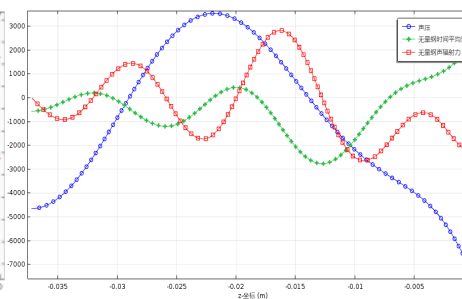
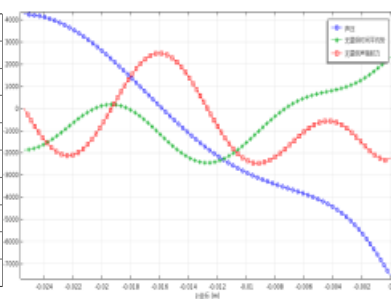
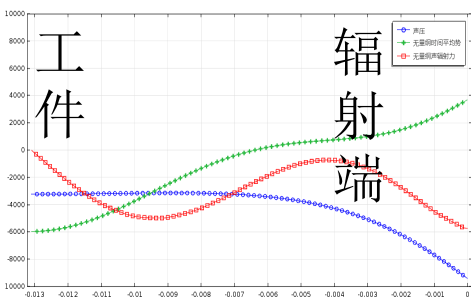
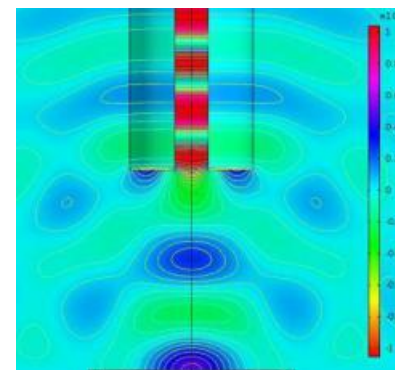
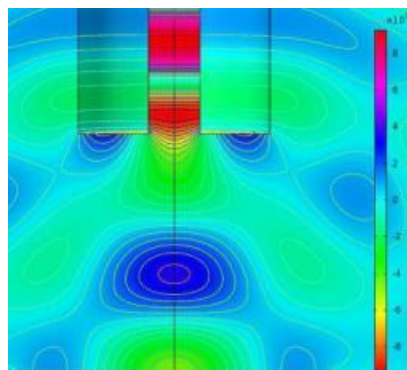
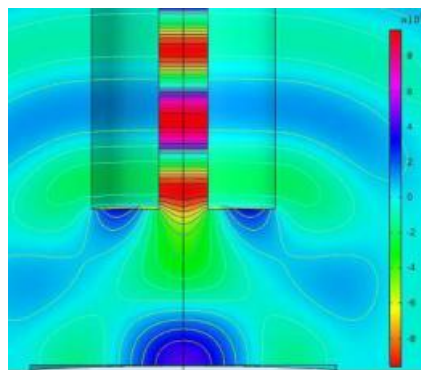
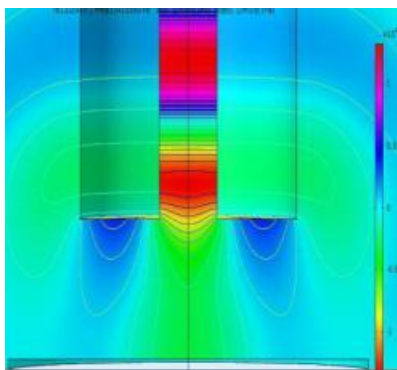


H=14.1mm

H=26.4mm

H=38.2mm

H=50mm

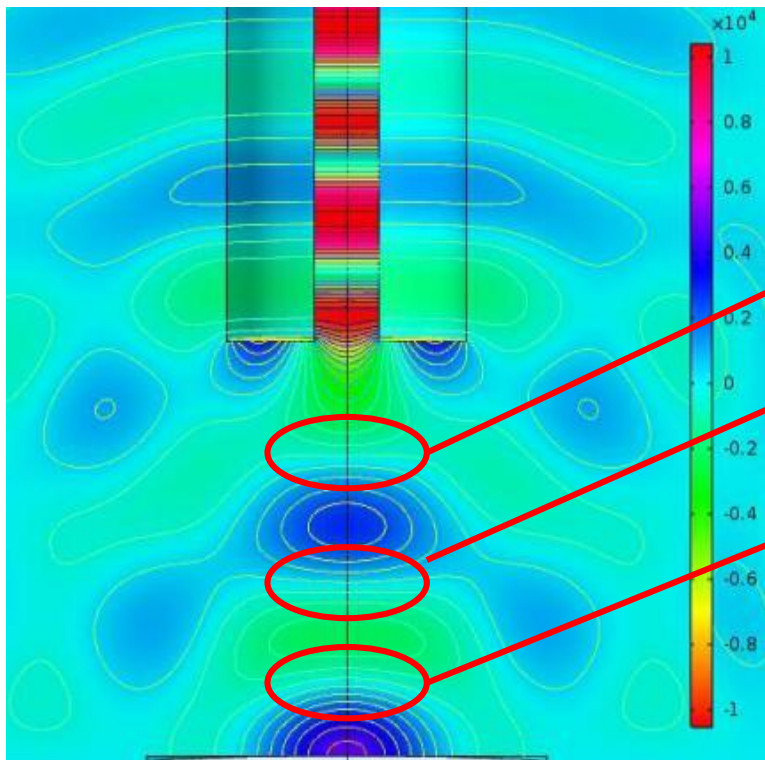


在任意高度上，孔都会吸收能量，导致辐射端下方声压变化幅度减小，且只在孔附近达到声压的最小值。最终导致轴向的声辐射力减小，不利于声悬浮。

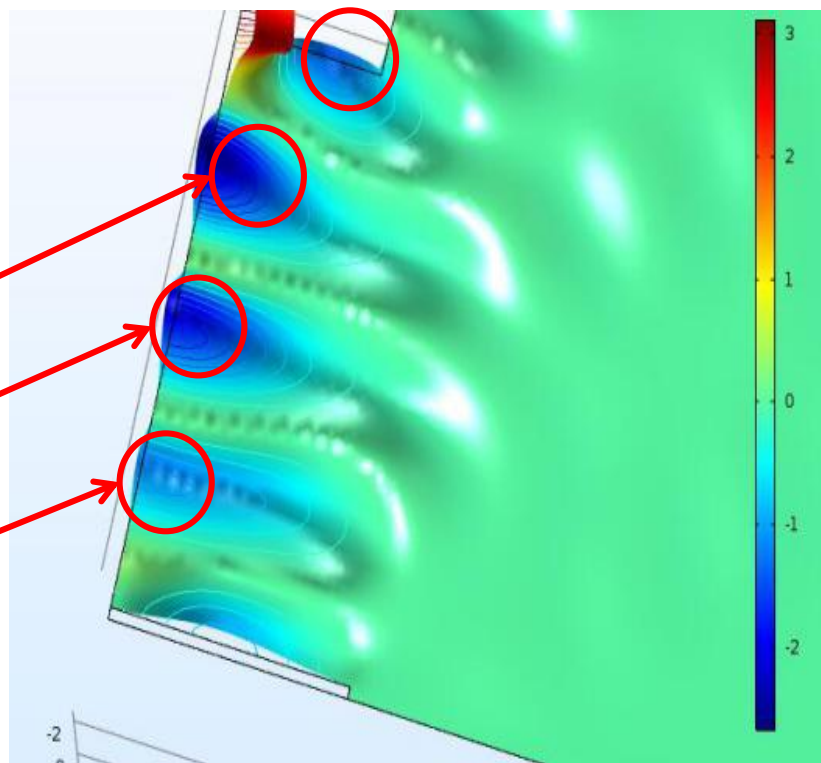
# 选取第四个谐振高度进行研究



声压分布

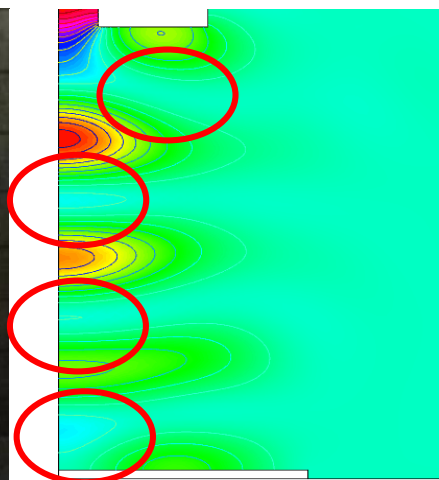
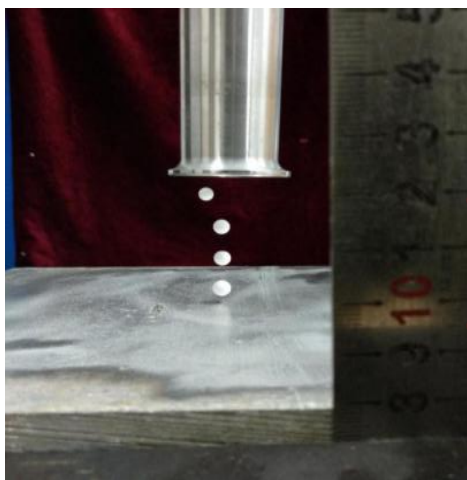


时间平均势分布

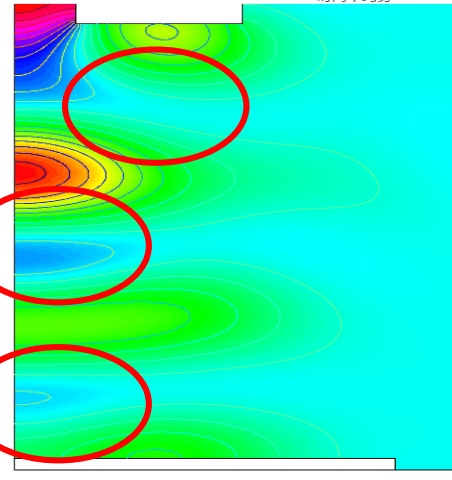
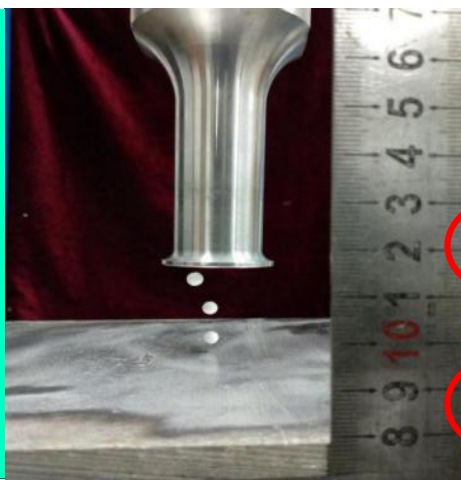


物体会在时间平均势最小的地方悬浮

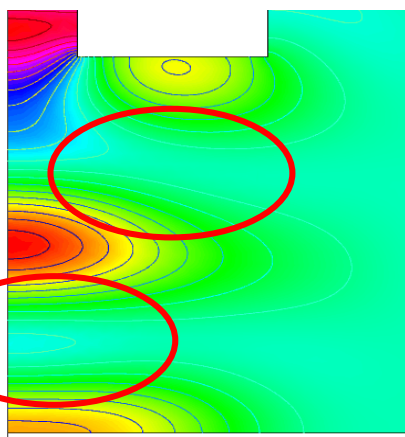
第四个谐振高度



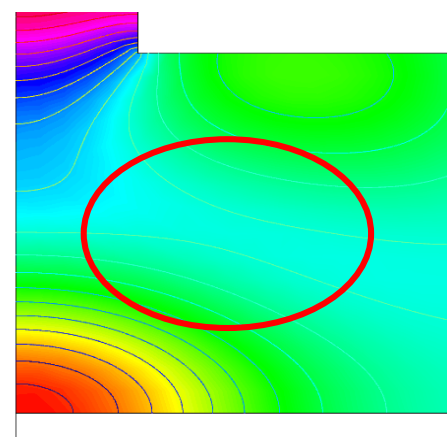
第三个谐振高度



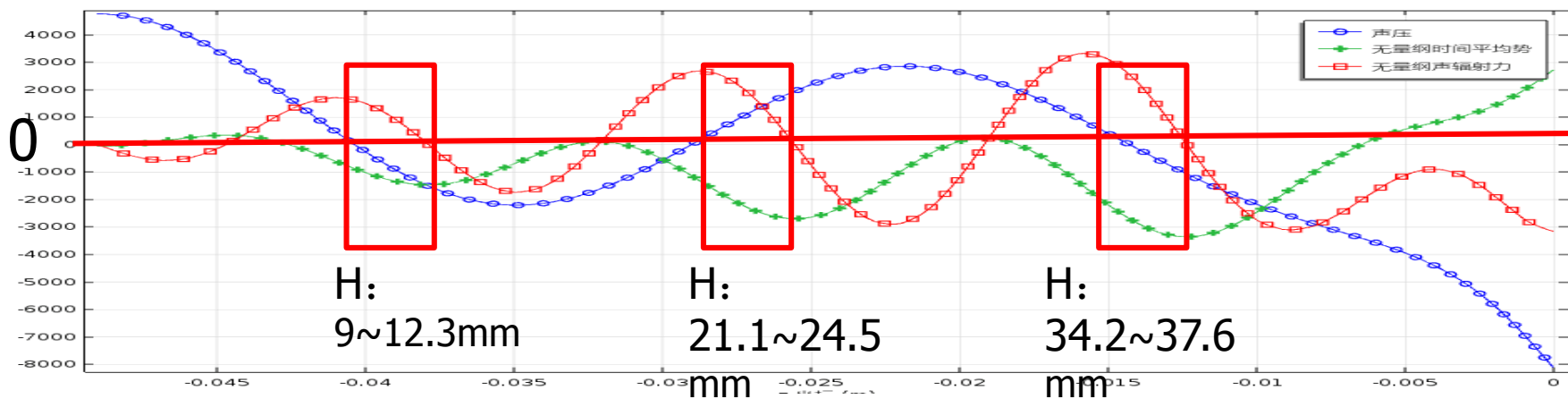
第二个谐振高度



第一个谐振高度



# 悬浮点受力分析

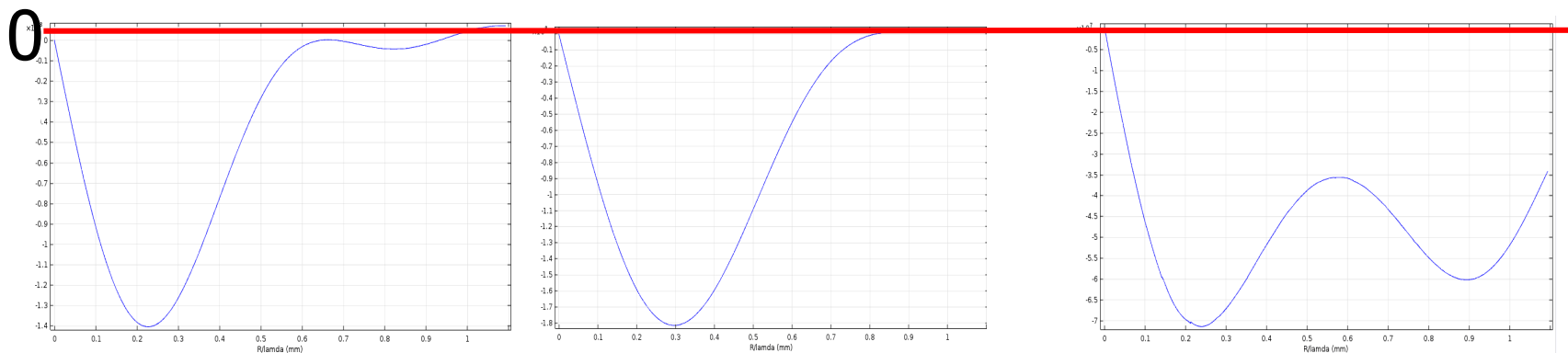


选取悬浮区域中间一点，对径向声辐射力进行分析，截线长度为25mm

H=10mm

H=23mm

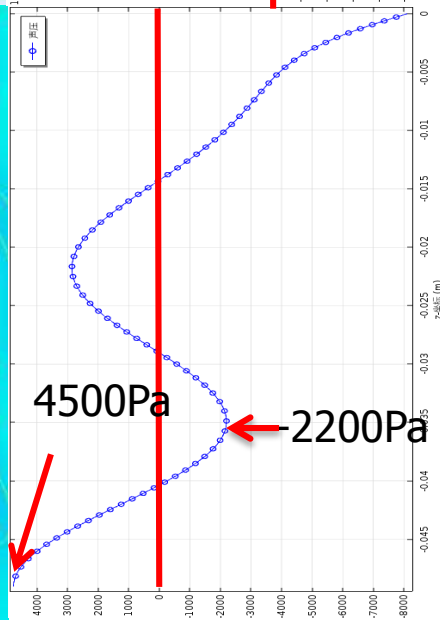
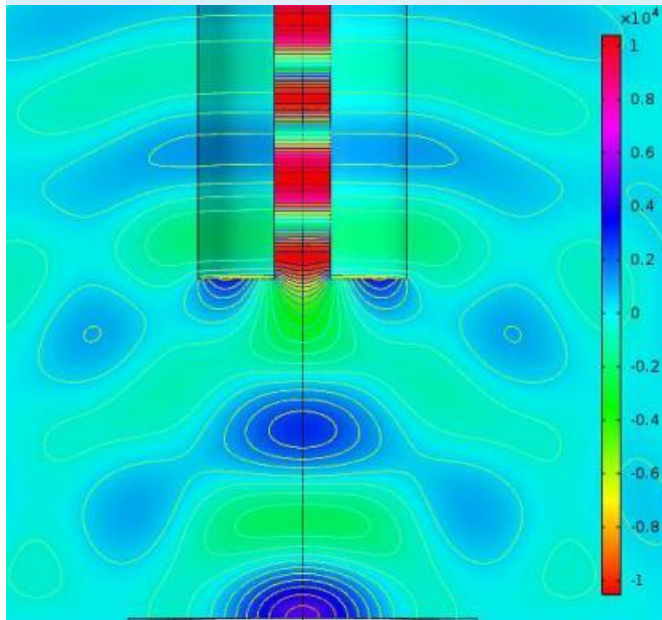
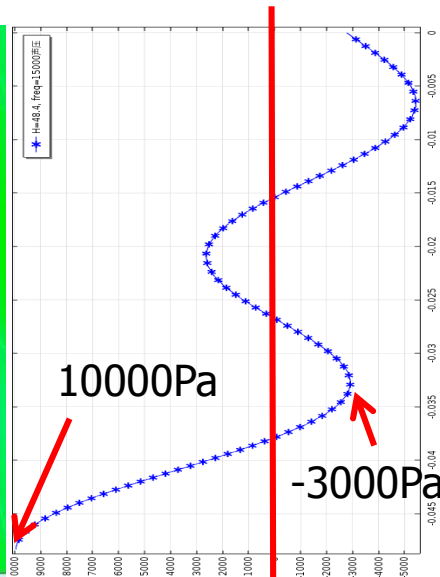
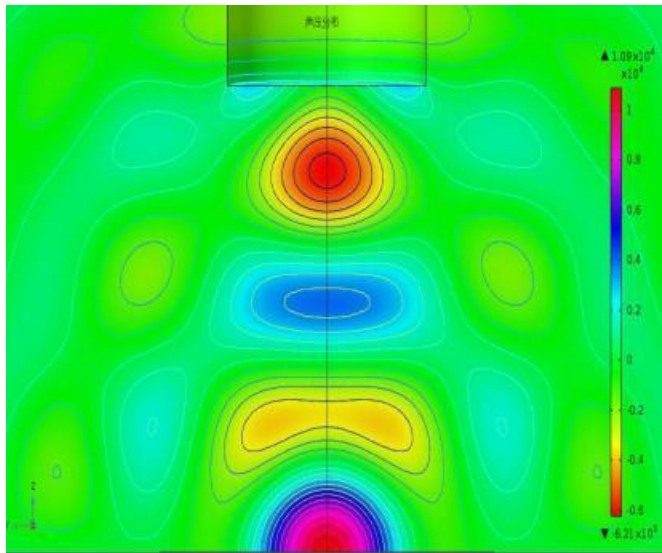
H=36mm



负的径向声辐射力为向内压缩



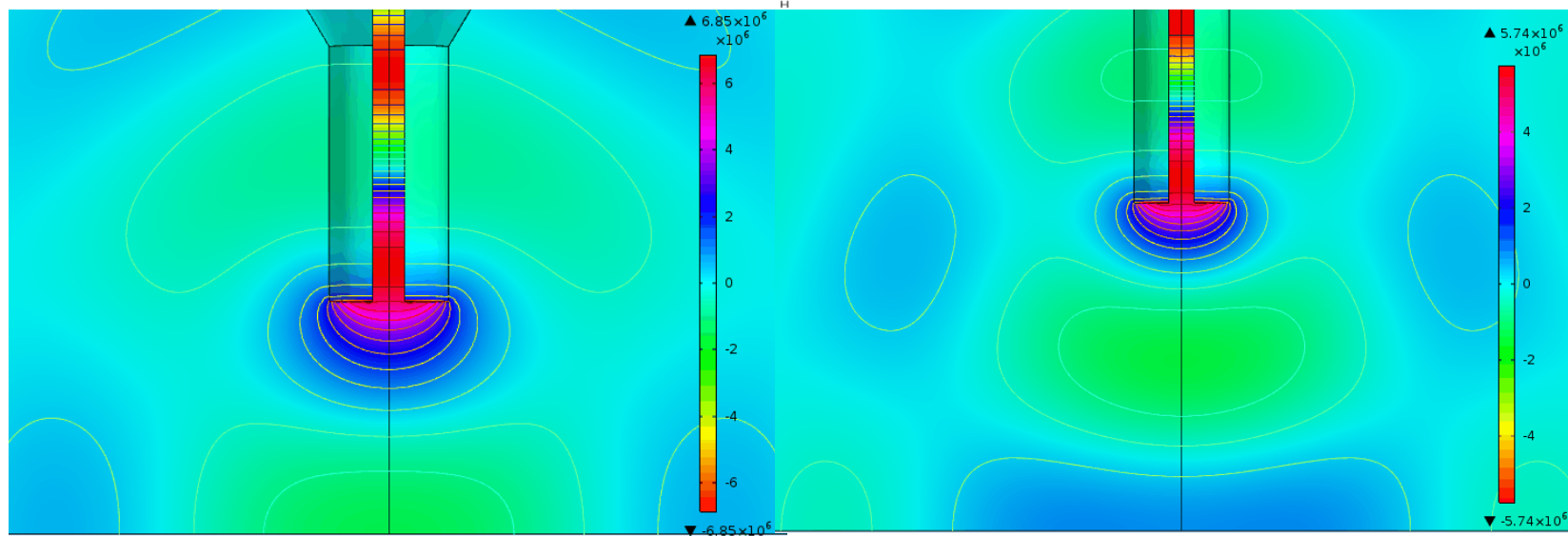
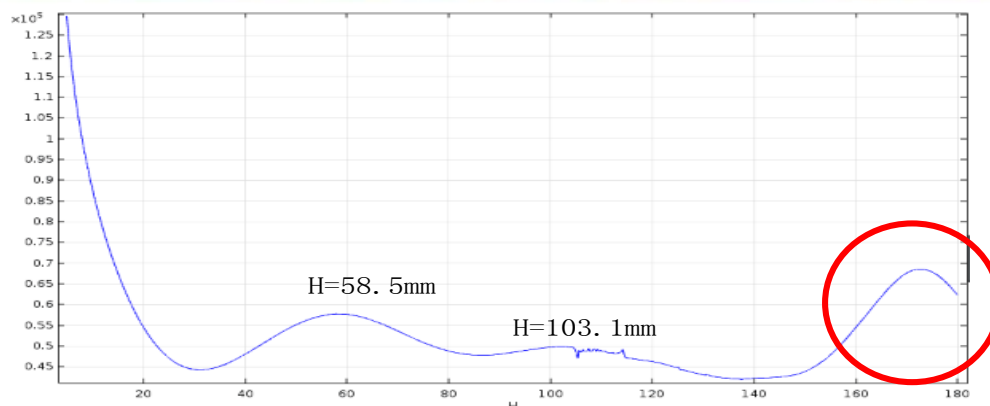
# 声压分布对比



轴线上带孔圆柱变幅杆的声压幅值明显减小，在孔附近达到最小值。轴向声辐射力加了孔之后也会变小。这说明圆柱变幅杆的声悬浮能力比带孔圆柱变幅杆强，

# 水下声场分布

谐振  
高度



在水下的波长为100mm左右，在一定的高度内呈现与空气中一样的规律。

- 1.比较了不同变幅杆的谐振高度及形状对声压分布的影响，研究了声压、时间平均势及声辐射力之间的关系。
- 2.通过计算时间平均势得到了不同形状变幅杆的悬浮位置
- 3.对谐振高度，悬浮点的位置进行了实验验证，基本吻合。
- 4.对水下声场进行了初步模拟，比较了与陆上的不同。



感谢各位老师批评指正