

# 用激光全息技术检测换能器表面振动

李学志

(中国科学院声学研究所)

换能器辐射面上的振幅分布对指向性波束和辐射阻抗有重要影响。实际的换能器往往不能理想地实现所要求的振幅分布，因此达不到所要求的指向性和辐射阻抗。换能器表面上的振幅分布随工作频率、策动电压和介质的性质而变化。这些都是实际设计和理论上的问题。用实验方法研究换能器表面上的振幅分布以及这个分布与工作频率和策动电压的关系是有意义的。

用拾振器沿辐射面逐点测量振动幅的方法有严重的缺点。拾振器有一定的质量和几何尺寸，故很难满足实际工作的要求。

本文用时间平均全息干涉计量技术来检测AL-1型水声换能器表面的振动。这是一种非接触式的测量方法，一次能给出振幅的分布图案并能作定量的测量，它是一种较理想的测量方法之一。

## 一、基本原理

时间平均法是对振动表面进行连续曝光，曝光时间应大于振动周期。这样就记录了在曝光时间内换能器表面各种状态的散射光波再现时由于这些光波叠加的结果，就能得到以换能器表面为背景的干涉条纹图案。

对于换能器表面作正弦稳态振动的情况，再现图象的光强分布<sup>(1)</sup>：

$$I(r) = I_0 J_0^2 \left[ \frac{2\pi}{\lambda} A(r) (\cos\theta_1 + \cos\theta_2) \right] \quad (1)$$

其中  $I_0$  是曝光时间内未振动时的光强， $J_0$  是零阶贝塞尔函数， $A(r)$  是换能器表面振幅分

布函数， $\theta_1$  和  $\theta_2$  分别是照明角和观测角，如图1所示， $\lambda = 0.6328\mu_m$ 。

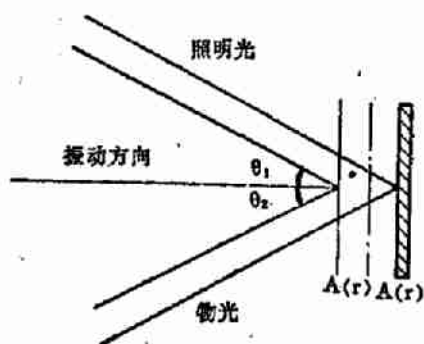


图1 原理图

由公式(1)可知，最大光强的条纹所对应的振动振幅是

$$A(r) = \frac{\lambda}{2\pi} \cdot \frac{Z_n}{(\cos\theta_1 + \cos\theta_2)} \quad (2)$$

其中  $Z_n$  是贝塞尔函数值为极大时的一系列宗量。

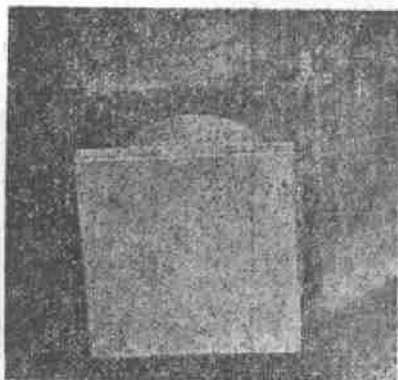


图2 AL-1换能器

## 二、实验布设

AL-1型换能器如图2所示,是一个有方形厚板辐射头的纵向振动换能器。最低共振频率是25KHz。为保证电声效率和指向性,要求它基本上是活塞型振动。

实验中全部光学元件固定在3吨重的花岗岩隔振台上。光源采用HN-T<sub>2</sub>型氦氖激光器,输出功率为50mW。用全息I型干板作记录材料。在感光板处参考光强和物光强之比为2/1。暗室处理按腔片厂规定进行。实验中光路如图3所示。 $\theta_1 \leq 10^\circ$ ,  $\theta_2 \leq 0^\circ$

在不同的频率和不同的策动电压下,对AL-1型换能器辐射面的振幅分布作了测量。

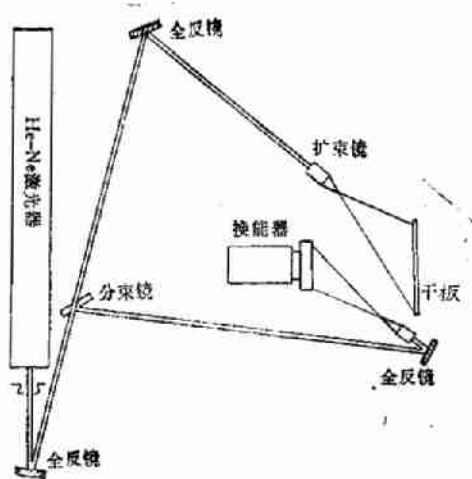


图3 实验光路



图4 频率为25.38KHz时AL-1型换能器的全息再现现象其中策动电压分别为图a 6V, 图b 12V, 图c 24V

图4给出了工作频率为25.38KHz时的全息再现现象。

工作频率为34.90KHz时的测量结果如图5所示。

从图5.6和图s.c出发。用方程(2)计算了AL-1型换能器于34.90KHz时,沿辐射面对角线方向上的位移振幅分布曲线。图6给出了这个振幅分布曲线,横座标是距中心

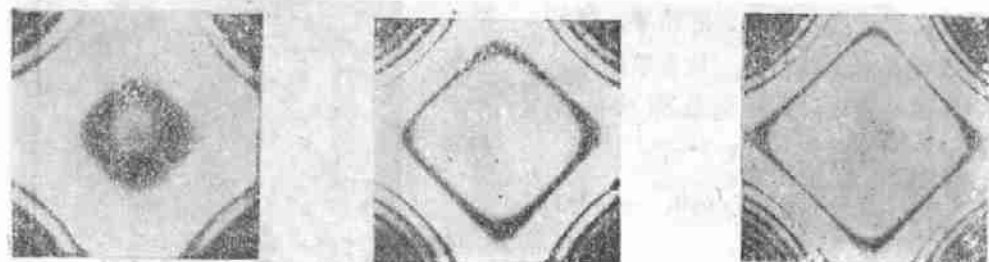


图5 工作频率为34.90KHz时,振动表面全息再现现象策动电压分别为: 图a 16V, 图b 24V, 图c 32V

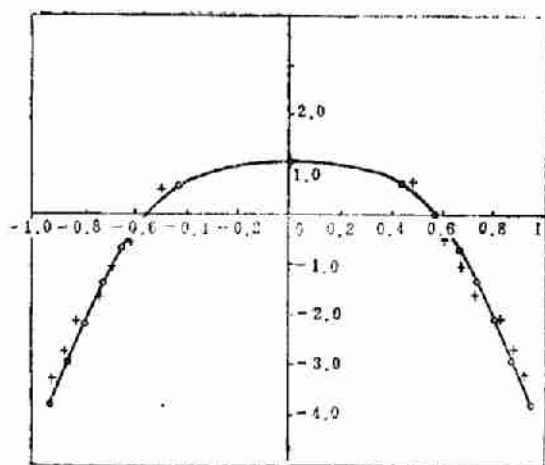


图6 工作频率为34.9KHz时的振幅分布曲线

○○○○为24V电压为++++为32V电压

的相对距离，纵坐标是相对振幅。“○”表示策动电压为24V时的振幅分布，“+”代表策动电压为32V时的振幅分布。

图7 是工作频率为66.62KHz时的全息再现现象。换能器辐射面的振幅分布变得很复杂。这在这个频率上工作，辐射阻抗会大大降低，将会严重影响效率，指向性图案也变得复杂。

### 三、结论

从上述情况可以看出，这种带有方型厚板辐射头的纵向换能器，在最低的共振频率附近辐射面的振幅分布能基本上是活塞型的在较高的工作频率，辐射面的中心部分和边缘上反相运动，辐射阻抗很小，效率很低。



图7 工作频率为66.62KHz时的全息再现现象，图a为24V，图b为48V

故不宜在高频使用。换能器表面的振幅分布不仅随工作频率变化，而且与策动电压也有关。

用激光全息技术来检测和分析换能器表面的振动是很有效的一种非接触式手段。

### 参考文献

1. Powell R.L. and Stetson, K.A. J. Opt. Soc. Amer. 55 (1965), 1593.

(上接第9页)

### 参考文献

- [1] W. Wilson, "Speed of sound in sea water as a Function of Temperature Pressure and Salinity", J. A. S. A. 32, (1960)  
 [2] V. A. Del Grosso, "New Equation for the Speed of Sound in Natural Waters (with comparisons to Other Equations)", J. A. S. A. 52 (1974)  
 [3] R. J. Urick "工程水声原理"洪申译 国际工业出版社  
 [4] 秦臻"海洋开发与水声技术"海洋出版社