

凹筒型换能器性能参数与开缝数之间 关系的研究

贺西平^{1†} 王英民² 张争气² 滕舵²

(1 陕西师范大学应用声学研究所 西安 710062)

(2 西北工业大学航海学院 西安 710072)

摘要 凹筒形换能器具有频率低、功率大、尺寸小、重量轻等诸多优点,且其独特的外型结构适合于组排基阵,有较好的应用前景。为易于产生径向弯曲振动,通常沿轴向等间距开缝,以降低径向刚度。开缝数太少,不利于达到预期目的;开缝数太多,又可能引起声源级的降低。本文计算了凹筒型换能器开缝数与换能器声性能参数之间的关系。实验测试与理论计算比较符合。

关键词 凹筒形换能器, 开缝, 性能参数

Dependence of performance of flextensional barrel – stave transducer on the number of shell slots

HE Xi-Ping¹ WANG Ying-Min² ZHANG Zheng-Qi² TENG Duo²

(1 Applied Acoustics Institute, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

(2 College of Marine Engineering Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

Abstract The barrel-stave transducer achieves high power, lower frequency and light-weight performance, and is suitable for array formation because of its exterior shape. In order to create flextural vibration easily, it is always slotted equally along its axes to diminish its radial stiffness. The number of the slots should be appropriate, neither too many nor too little. In this paper, the relations between the number of slots and the performances of a barrel-stave transducer are investigated numerically. Results of measurements agree to some extent with the theoretical.

Key words The barrel-stave transducer, Slot, Performance parameter

2007-04-17 收稿; 2007-09-11 定稿

作者简介: 贺西平(1965 -), 男, 江西永新人, 教授, 研究方向为超声工程、水声换能器系统的理论与设计及声信号处理。

王英民(1963 -), 男, 教授, 博士生导师。张争气(1962 -), 男, 副教授。滕舵(1977 -), 男, 博士, 讲师。

† 通信联系人 E-mail: Hexiping@snnu.edu.cn

1 引言

凹筒型换能器的辐射面呈凹型^[1],与 VII 型弯张换能器一样^[2]。只是后者的壳体是一个整体,预应力是通过壳体施加给有源元件;前者则是一圈的凹筒侧板,侧板的两端固定在端质量块上^[3,4]。凹面形换能器的好处是随入水深度的增加,加于有功元件上的预应力也随之增加,因此初始装配时预应力可不必过大,这样也利于延长其工作寿命。如果使换能器工作在呼吸模态上,即轴向和径向的振动位移同向,能得到最大的体积速度。为易产生径向弯曲振动,通常沿轴向等间距开缝,以降低径向刚度。开缝数太少,不利于达到预期目的;开缝数太多,又可能引起声源级的降低。

本文利用有限元方法,全面地计算了开缝数与换能器声性能参数之间的关系。通过对某特定型号的凹筒形换能器的电压响应、指向性的测试,表明实验测试与理论计算符合。

2 侧板不开缝时

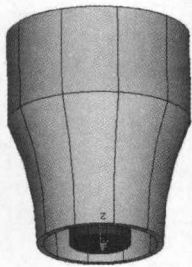


图 1 二分之一结构的换能器



图 2 二分之一侧板开缝后的换能器

图 1 为二分之一的凹筒型换能器的外观结构图。计算时,取两端的硬铝质量块厚度为 44mm,直径为 90mm。PZT-4 型压电陶瓷外直径 30mm,总长为 126mm,由 12 片相叠而成。侧板厚 3mm。换能器总长为 214mm。侧板不开缝时,在水中没有较为明显的呼吸模态,只有纵向振动,基频为 5103Hz。计算时,由于结构对称,可取换能器的部分结构进行计算。

3 开缝数与声性能参数之间的计算曲线

图 2 为二分之一侧板开缝后的凹筒型换能器的外观结构图,开缝缝距为 2mm,其它几何参数保持不变。分别计算了开缝数为 4、6、8、10、12 和 15 时,换能器在水中的呼吸模态谐振频率、有效耦合系数、声源级、频带宽度、机械品质因数等声性能参数。

由图 3 至图 6 几条计算曲线可知,随着开缝数增多,谐振频率逐渐下降,这是由于刚度变小所致;有效机电耦合系数随开缝数增大而升高,开缝数为 10 后基本不变;在各换能器的基频呼吸模态下,施加于换能器激励电压 500V,开缝数为 4 时声源级较低,后随开缝数的增多明显增大,开缝数为 6~12 之间声源级基本保持不变,随后又随着开缝数的进一步增多声源级将会变小。究其原因,可能是开缝数增多时,虽然谐振频率下降,但壳体的体积速度增大,后者补偿了前者的下降,导致声源级降低。但开缝太多时,换能器的轴向刚度下降,将会最终导致声源级减小。机械品质因数在开缝数为 4 时较低,后随开缝数增多而变大,并在开缝数为 6~12 之间基本不变,随后又随着开缝数的进一步增多机械品质因数将会变小。开缝数在 6~12 之间左右,机械品质因数最小。

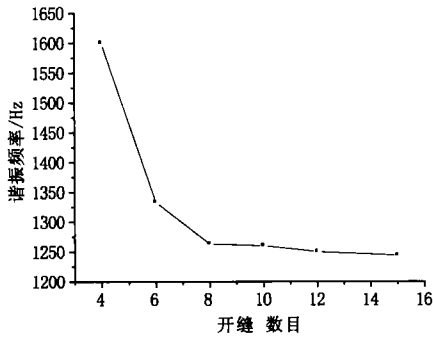


图3 开缝数与呼吸模态频率的关系

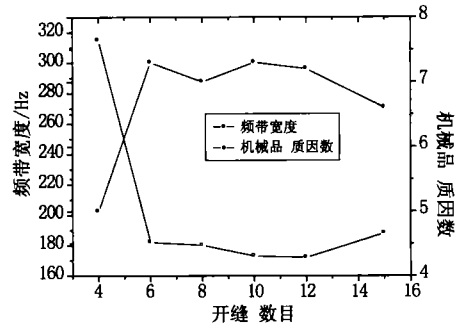


图6 开缝数与频带宽度和机械品质因数之间的关系

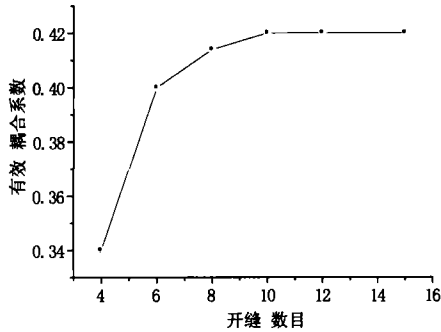


图4 开缝数与有效耦合系数的关系

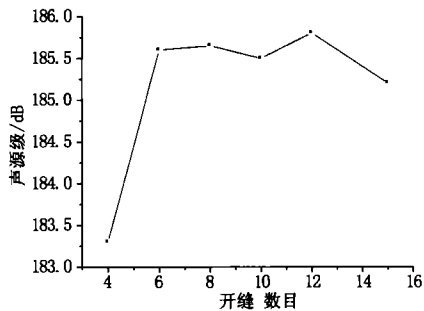


图5 开缝数与声源级之间的关系

4 实验测试

对本文第二部分描述的具体尺寸、侧板开缝为8的实体凹筒型换能器的电压发射响应、指向性进行了测试。图7中，“—”为计算曲线，“*”为实验测试点，并用实线连接起来。换能器在水中的谐振频率计算值为1.4kHz，频带宽度为300Hz左右；测试的谐振频率值为1.45kHz，频带宽度为400Hz左右。计算出的水平面内的指向性各向均匀，测量得到的指向性相对幅度曲线如图8所示，接近各向均匀。可能是由于装配问题，图8中的曲线稍有不对称，由此可能引发了换能器在主谐振频率处可能存在一附加谐振点，如图7中测量曲线所示，概在1.2kHz左右。

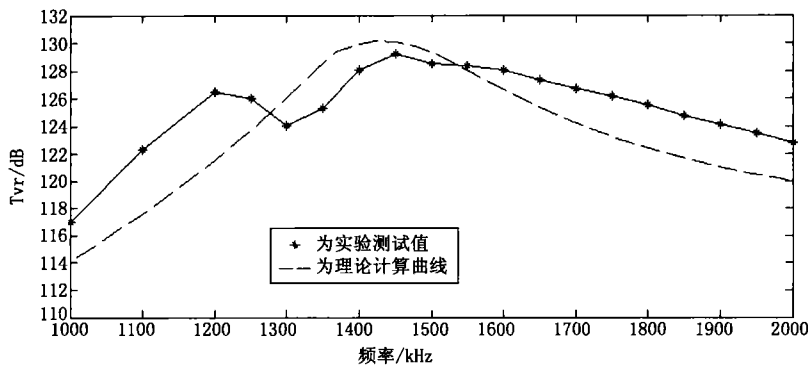


图7 换能器电压发射响应计算及测试曲线

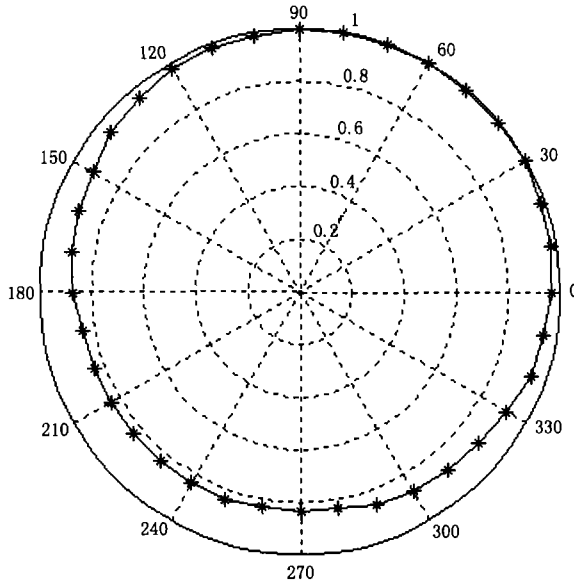


图 8 换能器的指向性实验测试曲线

似的规律。

5 结论

本文计算了凹筒型换能器声性能参数与侧板开缝数之间的关系。结果表明:随着开缝数增多,频率逐渐下降;有效机电耦合系数随开缝数增大而升高,开缝数为 10 后基本不变;开缝数为 4 时声源级较低,后随开缝数的增多明显增大,在开缝数为 6~12 之间声源级基本保持不变,后又随着开缝数的进一步增多声源级变小;机械品质因数随开缝数的变化也有类

参 考 文 献

- [1] G W McMahon , D F Jones , Barrel-Stave Projector, U. S. patent 4,922,470,1990.
- [2] H C Merchant. Underwater Transducer Apparatus, U. S. Patent, 3,258,738. 1966.
- [3] D F Jones, Flexensional barrel-stave projectors, Proceedings of the Third International Workshop on Transducers for sonics and ultrasonics, Orland, USA, 1992: 151 - 159.
- [4] 蔡志恂,高毅品,申扣喜,等,凹筒型弯张式低频发射换能器.应用声学,2003,22 (3):19 - 22.