

弯张换能器尺寸与其同相振动谐振 频率的关系^{*}

贺西平

(陕西师范大学应用声学研究所 西安 710062)

2001 年 2 月 12 日收到

摘要 本文用有限元计算方法研究了弯张换能器各方向尺寸与其同相振动谐振频率之间的关系, 得出以下结论: 不一定所有尺寸的换能器都具有理想的同相振动模态; 长、宽、高尺寸不变时, 若换能器的壳体厚度值增大, 则同相振动的谐振频率值随之增大; 壳体厚度不变的情况下, 减小长、宽、高中的任意一个参数时, 其同相振动谐振频率将增高。

关键词 有限元方法, 弯张换能器尺寸, 呼吸振动模态, 谐振频率

The relationship between the dimensions of the flextensional transducer and its in-phase vibrating resonance frequency

He Xiping

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

Abstract The relationship between the dimensions of flextensional transducer and its in-phase vibrating resonance frequency is investigated with finite element method: not all size of flextensional transducer is provided with perfect in-phase vibrating mode; when the transducer dimensions of length, width and height is fixed, the vibrating resonance frequency increases with increasing thickness; when its thickness is fixed, the vibrating resonance frequency increases with minishing one of length, width and height.

Key words Finite element method, The dimensions of flextensional transducer, Breathing mode, Resonance frequency

1 引言

我们在文献 [1]、[2] 中, 对低频大功率稀土磁致伸缩 VII 型弯张换能器作了理论及其实验方面的研究。图 1 为不加上下盖板时, 换

能器进行有限元剖分单元的 xy 平面结构示意图。图中壳体平台和壳体共同组成一个整体, 称为弯张壳体。弯张壳体的最大几何尺寸为 280mm×120mm×160mm(长×宽×高), 壳体厚 10mm。换能器共有四根稀土棒, 沿壳体每半

^{*} 陕西省自然科学基金和陕西师范大学青年科学基金资助项目

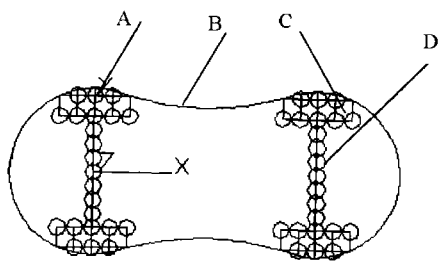


图 1 弯张换能器 xy 平面有限元单元剖分示意图

A. 壳体平台 B. 壳体
C. 电工纯铁块 D. Terfenol 棒

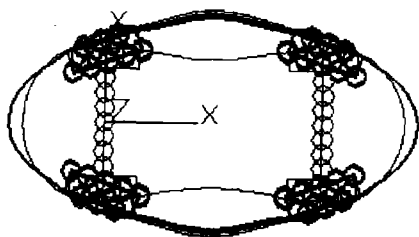


图 2 VII 型换能器的呼吸模态

边对称放置两个，这两个上下排列，相距 80mm。四个激磁线圈相互串联，两两与高磁导率的电工纯铁块一起，组成一闭合磁路。选用优质航空铝合金（代号为 LD—10）作为弯张壳体材料用。

用有限元方法计算的结果表明，这种换能器具有多种振动模态。实际中我们选用的是一种呼吸模态，即换能器的主轴和短轴平面具有理想的同相振动，这时反相区最小，换能器工作在这个频率上，容积速度将会达到最大，效率也将最高。呼吸模态振型如图 2 所示。

定型该换能器的设计尺寸之前，我们在理论上探讨了数十种设计方案。总结这些设计方案，得到了一些有实际应用价值的、关于弯张换能器尺寸与谐振频率关系的结论，这些结论对弯张换能器的设计有一定的指导意义。

2 弯张换能器尺寸与同相振动谐振频率的关系

2.1 不一定所有尺寸都具有理想的同相振动

模态

VII 型弯张换能器外形的特点是，大部分是凹面形状。然而，具备这个外形特点的，不一定具有理想的同相振动模态。图 3 表示一尺寸为 250mm×123mm×48mm 的换能器（壳体壁厚为 8mm）的同相振动模态振型，不难看出在四个部分存有反相区，因而这种换能器的工作效率会有所降低。

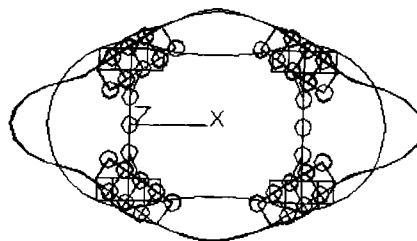


图 3 250mm×123mm×148mm 换能器的同相振动模态振型

2.2. 各方向的尺寸与同相振动谐振频率的关系

从设计的十几种换能器方案中可以看出如下的规律：

长、宽、高尺寸不变的情况下，若换能器的壁厚度值增大，则同相振动的谐振频率值也随之增大。图 4 表明了尺寸为 250mm×123mm×148mm 的换能器，其同相振动的频率值随厚度的增加而增高，这点与 IV 型弯张换能器的变化规律是一样的 [3]；

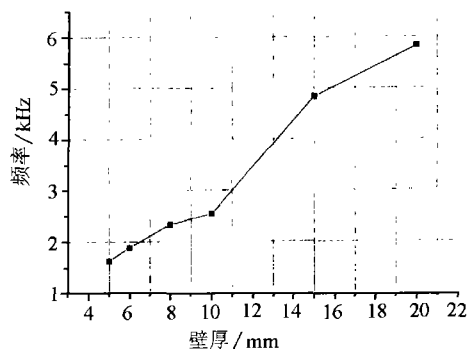


图 4 尺寸为 250mm×123mm×148mm 的 VII 型弯张换能器同相振动模态谐振频率随厚度的变化

厚度不变的情况下,改变长、宽、高中的任意一尺寸,其同相振动模态谐振频率的变化规律可从表1中看出:三者中任意个尺寸的变小,谐振频率将增高,以高度方向尺寸变化对谐振频率影响为最小。

表 1 同相振动模态谐振频率随尺寸的变化关系

壁厚度 (mm)	换能器尺寸 (mm)	谐振频率 (kHz)
6	280 × 140 × 160	1.0564
	280 × 140 × 120	1.0621
	260 × 140 × 160	1.1137
	280 × 120 × 160	1.2187
8	280 × 140 × 160	1.4700
	280 × 140 × 120	1.4872
	260 × 140 × 160	1.1137
	280 × 120 × 160	1.5820
10	280 × 140 × 160	1.8267
	280 × 140 × 120	1.8754
	260 × 140 × 160	1.9836
	280 × 120 × 160	1.8290

长、宽、高尺寸不变时,换能器壁厚的改变,与换能器壁厚不变时,改变长与宽尺寸中的任意一个,对换能器同相振动模态谐振频率

值的影响,又以改变前者为最明显。

3 结论与讨论

上面的结果可作如下解释:长、宽、高尺寸不变时,若换能器的壁厚度值增大,则换能器的刚度增大,谐振频率值会上升;厚度不变的情况下,减小长与宽尺寸,其自由振动的波长缩短,频率也会有所增高;而高度变化基本不影响共振波长,仅对刚度和共振质量稍有影响。

不一定所有的尺寸都具有理想的同相振动模态,即呼吸模态。因而,实际设计中,必须进行优选。

参 考 文 献

1 贺西平,孙进才,李斌. 声学学报, 2000, 25(6): 521-527.
2 贺西平,李斌,孙进才. 声学学报, 2001, 26(4): 377-380.
3 Oswin J, Dun J. Frequency, Power and Depth Performance of Class IV Flexensional Transducers. Power sonic and ultrasonic Transducers Design. Ed. by B.Hamonic , J.N.Decarpigny. Proceedings of the international workshop, May 26 and 27, Held in Lille, France, 1987: 121-133.

~~~~~

(上接第 48 页)

从而提高了系统的稳定性和耐磨性。

4 结论

在超声波显像管振动清洗系统中,由于显像管玻璃材料比较脆,抗拉强度底,所以振动的位移振幅选为 5-10μm , 频率  $f = 19.5\text{kHz}$ , 相应的加速度则为 75000-150000m/s<sup>2</sup> 范围。该清洗系统已用于企业 19 英寸显像管自动生产

线两年多,连续工作 160 小时不关机,操作简单,性能稳定,清洗效果良好,清洗时间 30s , 比原来的清洗效率提高了两倍,且产品的优良品率大大提高。

参 考 文 献

1 辛乐. 应用声学, 2000, 19(2): 44-47.  
2 王建明. 应用声学, 1997, 16(1): 46-48.  
3 冯若. 超声手册. 南京: 南京大学出版社, 1999. 17-24.  
4 程存弟. 超声技术 — 功率超声及其应用. 西安: 陕西师大出版社, 1993. 13-18.