

由测试结果看出:1. 发射特性:发射波(单三角波触发)的振动波数也即尾部的长度随匹配层的层数增加而减少,且 K_t 亦随层数的增加而减少。最终探头的发射波数为 2~3 个,而 K_t 值减少到 0.25~0.4 左右。2. 反射特性:反射波的次数随匹配层层数的增加而增加,且第 1 次反射波的波数即尾部的长度随层数的增加而减少,PbTiO₃ 的第 1 次反射波波数比 PZT 的长得多,但最后再经过重阻尼的背衬后只剩 2~4 个了,但反射幅度也低了。3. 电频率特性:由于 PbTiO₃ 的 Q_M 比 PZT 的高得多,其频率特性曲线非常尖锐且幅度大,所以下降了 3dB 的带宽是很窄的,但经过两匹配层及重阻尼后,其声的带宽可达 2MHz 且为 60% 左右,但 Q_M 仅为 2 左右,其灵敏度显著降低了。4. 在扇扫仪上试用,可见到 20 厘米深度处的声像图,但灵敏度比 PZT 的要低 15~20dB。

讨论:1. PbTiO₃ 材料由其特性及实践证明,对医用超声线阵探头和扇扫探头都是一种优良的可行材料,2. 试制的单探头在扇扫仪上使用达不到所要求的灵敏度,而无法显示其优越性。究其原因主要是以前扇扫仪的信号源设计参数是适用于 PZT 等材料的探头的,PbTiO₃ 的介电常数仅 200 左右,比 PZT 的要低一个数量级,由探头的发射效率 $Y_T = (\epsilon_{33}/C_{33}^D)^{1/2} \cdot K_t / (1 - K_t^2)^{1/2}$ 可知,它与介电常数大致成正比比例关系,所以其他情况相同时,灵敏度比 PZT 低了。可适当改变信号源的技术设计参数,或者选用较高介电常数的 PbTiO₃ 材料,或者选用适当阻尼的背衬来达到提高灵敏度的目的。(参考文献略)

探索弯曲圆盘换能器在水声对抗设备中的应用

黄树枝 王 宏 (上海船舶电子设备研究所 · 200025)

1 使用条件和研制目标 用于对抗声纳的水声对抗设备,总希望其声学系统工作“带宽”越宽,下限工作频率越低越好,以便尽可能复盖各种声纳的工作频率。然而由于潜艇空间的限制,水声对抗设备的尺寸十分有限,要求换能器系统的径向尺寸不能大于 $\phi 180\text{mm}$,重量约 7.5kg。对抗设备的电源也很有限,对那些需加大偏置电流才能工作的换能材料也无法承受。此外,其最大工作水深为 300m。我们已对一种自由浸没式切向极化圆环做了一些研究,最近我们又对弯曲圆盘换能器做了一些探索。大家知道,在同样尺寸和重量条件下,弯曲圆盘换能器能够获得更低的工作频率,但频带窄,耐压差,通常的结构不宜深水工作,制造大尺寸压电圆片也较难。我们的研制目标是:发掘弯曲换能器的优点,从结构和工艺上克服其弱点,在重量不大于 2kg,外径不大于 $\phi 180\text{mm}$ 的条件下,工作频率在 800~1800Hz 内,其发射电压响应能达到 120dB 以上。

2 设计方案 (1)采用弯曲圆盘三叠(或二叠片)结构,其谐振频率控制在 1300Hz 左右,压电圆片的直径约在 $\phi 100 \sim \phi 150\text{mm}$ 之间;(2)为增加其辐射面积,增大其等效质量,以便提高辐射效率,增大带宽,同时从结构上解决其抗压问题,其中一种,我们采用了半球壳结构,分别由双叠片和三叠片推动,半球面作为辐射面。为了作比较,我们还设计了一种普通型结构,即边缘支撑的三叠片结构,后面有油腔和空气腔,油腔用于注油平衡水压,空腔用于减小后辐射。

3 研究成果 (1)共组装三个试验换能器,两个半球结构的外径分别为 $\phi_{\text{外}} 135$ 和 $\phi_{\text{外}} 140\text{mm}$,普通型三叠片直径为 $\phi 145\text{mm}$;前一种振子重量都在 1.3kg 以内,连同辅助结构总重 2kg;普通型三叠片振子 0.63kg,连后座 2.5kg。(2)换能器性能基本上达到预期目标,其中一个半球壳换能器在 0.8~2.3kHz 频段内发送电压响应在 120~130dB;在 0.6~0.8kHz 内也在 115dB 左右。换能器均呈无方向性。(3)这种换能器对水声对抗已有实用意义,它可和我们设计的另一种自由浸没式圆环换能器组成数个倍频程带宽的水下声源。

用于超声物位测量的换能器研究

汤建明 闫玉舜 (同济大学声学研究所 上海 · 200092)

本文介绍了两种用于超声物位测量的系列换能器——纵向振动夹心换能器和纵振动与圆盘弯曲复合振动的声学技术

压电换能器。纵向振动夹心换能器的尺寸为 $\phi 40$ 和 $\phi 80$,外壳采用了耐腐蚀的PVC材料。从压电方程出发,计算了换能器的各部分振动元件的尺寸,然后通过实测,结果表明与计算值相吻合,当换能器距天棚2.5m时,不经过放大器可接收到第一次回波为300 mV_{p-p},配以发射、接收电路盲区为0.5m。另一类是采用纵向振动与圆盘弯曲振动的复合换能器,它具有尖锐的指向性、高的发射效率和接收灵敏度。但是受激圆盘作弯曲振动时,在其表面会产生节圆,在节圆两侧相位正好相反,由此会导致能量损耗,为此对圆盘弯曲振动的模式进行了推导,并提出了一种相位补偿的方法以提高其辐射效率。

对圆盘弯曲振动模式作推导时,作了一些必要的理论假设。根据弹性力学理论,对轴对称,边界自由振动圆板的运动方程: $\nabla^4 \eta - r^4 \eta = 0$ 其中 $r^4 = \omega^2 \rho h / D$, $D = Eh^3 / 12(1 - \sigma^2)$ 为弯曲刚度, h 为圆板厚度, E 为杨氏模量, σ 为圆板材料的泊松比。通过求解和运算,得到其频率方程为: $J_0(\mu)/J_1(\mu) + I_0(\mu)/I_1(\mu) = 2(1 - \sigma)/\mu$ 这里 $\mu = ra$, $J_0(\mu)$, $J_1(\mu)$ 和 $I_0(\mu)$, $I_1(\mu)$ 为柱贝塞尔函数。对于圆板的材料以及几何尺寸给定后,其各个振动模式的频率 f_n 可表示为: $f_n = (hr^2/2\pi) \sqrt{E/12\rho(1 - \sigma^2)}$

将实验材料的数据代入上述两式,利用计算机搜索求解出了方程的根值以及对应的频率,这些根值就是圆盘弯曲振动时的节圆位置,为相位补偿提供了依据。我们还将这些计算值与激光测振得到的节圆位置相比较,结果是一致的。

此类圆盘弯曲换能器的外形尺寸为 $\phi 90$ 、 $\phi 150$ 、 $\phi 200$ 、 $\phi 250$,在距天棚2.5m时不经过放大器可接收到第一次回波分别为:2V_{p-p}、6V_{p-p}、10V_{p-p}、30V_{p-p}。文中还列出了上述两种类型换能器的尺寸以及有关参数。

辐射阻抗变换器的一个应用

高克成 (机械部上海工业自动化仪表研究所 200233)

曾有文献介绍过一种穿孔板变换压电换能器辐射阻抗的装置。借助这种装置有效地提高了换能器的辐射阻抗,使在空气中应用的超声换能器辐射效率和接收灵敏度显著改善。理论上认为在换能器辐射面前平行装置一块穿孔板时,穿孔和板后的空气薄层组成一个共振系统。当入射声波的频率接近共振系统的固有频率时,系统的内部空气就会产生强烈振动。整个系统近似为一个闭管,近换能器一端为闭端,穿孔板的另一端为开端。显然,闭端声阻抗很大,管的开端处声阻抗很小。设 c 为空气中声速(cm/s), l 为“等效的”闭管长度(cm), b 为穿孔板厚度(cm),则穿孔板变换器共振频率的半理论半经验公式为: $\delta_0 = c/4l$, $l = b + 0.4d + D/\sigma$ 其中 $0.4d$ 为穿孔前末端修正值(cm), D/σ 为空气层修正值, D 为空气层厚度(cm)。 σ 为穿孔率(%)。

作者将上述理论用于多波节弯曲振动圆板换能器。由于振动圆板相邻两个波节圆是反相的,故孔打在正相(或反相)上,而将所有反相(或正相)盖住。这时,只有打孔部分对外辐射和接收声波。超声换能器的工作频率为 20 ± 0.2 kHz。计算了穿孔板变换器的板厚和孔径。并且通过改变 b 、 D 、 d 、 σ 参量值,做换能器辐射性能试验。试验时换能器处于自发自收状态。穿孔板采用合金铝板和酚醛树脂层压板。鉴于这种换能器不加阻抗变换层或穿孔板变换器无法有效地辐射和接收声波。故辐射性能优劣只能以上述两种阻抗匹配方式加以比较。从固定距离的回波幅度看,采用穿孔板变换器的换能器与使用阻抗变换层的超声换能器回波幅度比为 $1/3 \sim 1/2$,显然,使用穿孔板变换器的超声换能器灵敏度要低一些。不过,穿孔板变换器的加工和安装要方便得多。尤其能工作在 $120 \sim 150^\circ\text{C}$ 的高温环境条件下,这是它突出的优点。

一种稀土换能器的研制

赵荣荣 (上海船舶电子设备研究所 · 200025)

1 引言 从1972年Clark等首先发现二元 RFe_2 多晶合金(R:稀土元素)具有大磁致伸缩发展到现在,人们已经能够生产单晶或晶粒取向的棒材,并开始商品化生产。如美国Edge Techno Logies公司推出商品牌号