带永久磁钢的磁致伸缩探测器 及其在声功率测量中的应用

丁大成 刁晓钢 牛 勇 张福成

(陕西师范大学应用声学所)

1983年5月10日收到

本文研究了带永磁钢的磁致伸缩探测器以及在超声频声功率的电测法上应用.根据超声频拾振测量的需要,针对目前压电拾振和光测拾振的缺点,适当的给磁致伸缩探测器附加了永久磁钢,使之在我们的测量范围内,拾振的信号电压基本上和物体的振动速度成正比.它的灵敏度很高,不但可以拾振铁磁性振动物体,而且可以在弱磁性物体——像铝合金、钛合金等振动物体上拾振测量. 本文给出 45 号钢、钛合金、铝合金的拾振校正曲线,还列举了带永磁钢的磁致伸缩探测器在超声频功率的电测法上应用.

一、引 言

1974 年日本森荣司等人提出超声频声功 率的电测法¹¹¹,它的基本式是:

 $P_a = (P_1 - P_a) - (P_{a1} - P_{an})$ (1) 其中, P_a 是换能器传输给负载的声功率; P_1 是 在负载状态下输入换能器的电功率; P_{a1} 是在 负载状态下输入换能器的电功率; P_{a1} 是在 负载状态下和负载状态有相同振动速度的输入 换能器的电功率; P_{an} 是无载下和负载状态有 相同振动速度的换能器本身的介电损耗功率. 接着他们先后在 1976 年 1977 年又报道了超声 频声功率电测法的应用^[2-3]. 1979 年 Banno 等 人从另一个方面论证了它^[4]. 近几年我国也有 研究^[5-6]. 可是振动速度的控制还存在问题.

目前常用压电拾振器和光测法.根据我们 的实践,压电拾振器是接触式测量,尤其在振动 速度相当大的时候,其使用受到限制.如果用 光测法,对场地和仪器都有较高的要求.因此 我们研究了磁致伸缩探测器¹⁷⁷.为了提高灵敏 度和屏蔽外界电磁干扰,适当地加了永久磁钢 (铝镍钴 52,其代号是 LNG52),上述困难全被 克服。使用起来很满意。

二、附加永久磁钢的

磁致伸缩探测器

1. 磁致伸缩探测器的结构和原理

结构示意图如图1所示。

铁磁性物体作超声振动时,绕在其周围的 线圈两端会产生电压(由于有反磁致伸缩效 应)¹⁷⁻⁸¹.

$$E = Zu \tag{2}$$

其中 E 是线圈两端的开路电压; Z 是与机电转换因素和永磁钢等有关的常数; u 为超声振动物体的端头振动速度, $u = A\omega \cos \omega t$, A 是超声振动物体的端头位移振幅, $\omega = 2\pi f$, f 是振动频率。

可见,测量线圈两端的电压 E,就可相应 控制振动速度,在一定频率下,也就控制了位移 振幅 A.

2. 对 45 号钢振子的校正曲线

45 号钢为铁磁性材料。 用它和 PZT 压电 片组成复合振子,其压电片两端全是 φ50 的 45 号钢.由双头螺栓在中心连接.它的振动频率

应用声学

• 35 •



图 1 磁致伸缩探测器结构示意图 1. LNG 52 磁钢, 2.铝合金线架, 3.45*钢外套, 4. φ0.12 漆包铜线圈.

为 f = 20179Hz. 在振子的同一端头,由激光 干涉测振仪测得位移振幅,又用毫伏表拾得磁 致伸缩探测器的电压, 两者的关系示于图 2. 测试设备的方块图如图 3.



3. 对弱磁性金属振子的校正曲线

• 36 •

不但铁磁性物体,作超声振动时,绕在它周围的线圈可产生电压,就是一些称为"非"磁性的物体在超声振动中,绕在它周围的线圈也可





产生电压。例如钛合金和铝合金这些"非"磁性 材料(它们具有的磁性十分微小,通常情况都忽 略了)。它们常用于超声振动系统中。

(1) 钛合金振子的校正曲线



测量方法和图 3 相同。但被测振动物体是 阶梯形钛合金杆。 其大端为 φ50,其小端为 φ28.激光和线圈都在小端测量。 该振子的谐 振频率为 f = 23873Hz。 校正曲线在图 4a 和 图 4b 上。阶梯过渡处是振动节点。

(2) 铝合金振子的校正曲线

被测振子,其形状和图 3 中的振子相似。不同的是被测振子是 ϕ 40 的铝合金棒,而不是 ϕ 50 的 45 号钢棒。测试条件也和图 3 相同。该 振子的振动频率为 f = 19683Hz。校正曲线在 图 5a 和图 5b 上。

为了使极小振动时的校正曲线图 4a 和图 5a 更清楚,我们将极小振动的校正曲线适当放 大绘制.分别表示在图 4b 和图 5b 上.



图 5b 铝合金振子部分校正曲线

三、超声频声功率电测法举例

本实验负载是水. 用上述方法进行测量^[1-3]. 其具体方法在图 6. 在匹配器效率已 知情况下,可以把瓦特表读出的电功率换算到 振子的输入端去. 图 7 就是用图 1 的磁致伸缩 探测器控制换能器的振动速度,"得到的一个换



图 6 水负载的声功率测试方块简图 1.毫伏表,2.瓦特表,3.超声波发生器,4.阻抗匹 配器,5.磁致伸缩探测器,6.压电复合振子,7.振 子的水负载.



图 7 被测换能振子输出声功率和电声效率间的关系 能器的声功率与电声效率关系曲线。

四、结束语

由上述实验看出,在测试的范围内,对一定 频率,磁致伸缩探测器拾得的电压都正比于超 声振动速度。在相对测量中,磁致伸缩探测器 拾振方便、可靠、灵敏度高、成本低。 不仅适用 于超声振动的铁磁性物体,对一些弱磁性的超 声振动物体也可拾振。

可以作到非接触测量.

本实验得到我所激光室高志明老师和张耀 全老师的大力帮助,特此感谢.

(下转第29页)

应用声学

• 37 •



图 6 理论与实测方向性图 ----理论值。 ++++实测值

图 6 为该换能器的实测方向性图.测量方 法为发射换能器固定,旋转被测 PVDF-DMOS 换能器.图 6 上的理论值,详见文献[9].

六、结 论

1. PVDF-DMOS 单元结构简单,性能优良, 安装方便,重量轻,适合制作水下声成像接收阵 列; 2. 该接收单元的主要特点是:频响较宽⁽⁶⁾, 实际接收灵敏度与 PZT,单元相当,性能稳定¹⁵⁾。 但器件的自噪声较 PZT 单元高(因 PVDF 薄 膜介电损耗大,有待今后改善);胶层减薄工艺 要求极严格,但较之 PZT 单元易于达到一致 性;3.由于本工作 PVDF 与 DMOS 集成电路 分头组装,形成输出电阻抗很低的传感系统,并 且从低频(准直流)至高频(甚至 100MHz) 均 能实现声和电、压力和电的转换.可以预言,它 的应用将越来越扩大.

参考文献

- [1] J. L. Sutton, Proceedings of the IEEE., 674 (1979), 554.
- [2] C. Desilers, J. Fraser, IEEE Trans. Sonics and Ultrsonics, SU-25-3 (1978), 115.
- [3] H. R. Gallantree, Marconi Rev., 45(224) (1982), 49.
- [4] N. Muragama, K. Nakamura, Ultrsonics, 14-1 (1976), 15.
- [5] 陈秉启等,有机化学,3(1983),191.
- [6] R. G. Swartz and J. D. Plummer, IEEE Trans. Electron Devices, ED-26-12(1979), 1921.
- [7] D. Berlincourt, "Piezoelectric Crystals and Ceramics" in Ultrsonic Transducer Materials, O. E. Mattiat, Ed. New York: Plenum, 1971, 74.
- [8] R. S. Wollett, J. Acoust. Soc. Am., 40(1966), 1112.
- [9] 袁易全,郑汶辉,南京工学院学报,1(1985),81.

(上接第 37 页)

参考文献

- [1] E. Mori, et al., The Eighth International Congress on Acoustics, Vol. II, 1974, 426.
- [2] 日本音响学会讲演论文集, 1976, 375-376.
- [3] 日本音响学会讲演论文集,1977,423-424.
- [4] H. Bannv, et al., Ultrasonics, 17 (1979), 63-66.
- [5] 林仲茂等,第三届全国功率超声学术会议论 文 摘要, 1981.
- [6] 牛勇,第三届全国功率超声学术会议论文摘要,1981。
- [7] L. Filipczynski and Lin Dzon-mou (林仲茂), Proceedings of vibrasion problems, Warsaw, 2-4 (1963), 155-174.
- [8] E. G. Richardson, et al., Technical Aspects of So und, Vol. II, 1957, 80-81.

应用声学

• 29 •.