

$$a \cdot b = R_0^2 \quad (10)$$

$$a + b = 2D \quad (11)$$

解(10)、(11)式得

$$a = D - \sqrt{D^2 - R_0^2}; b = D + \sqrt{D^2 - R_0^2} \quad (12)$$

变换后,半径为 R_0 的圆和直线 $y = -D$ 变成半径为 ρ_1, ρ_2 的同心圆。在 ξ 平面上的圆心和 z 平面的 $-aj$ 相对应。其中

$$\begin{aligned} \rho_1 &= |(R_0 e^{i\varphi} + aj)/(R_0 e^{i\varphi} + bj)| \\ &= R_0/(D + \sqrt{D^2 - R_0^2}) \end{aligned}$$

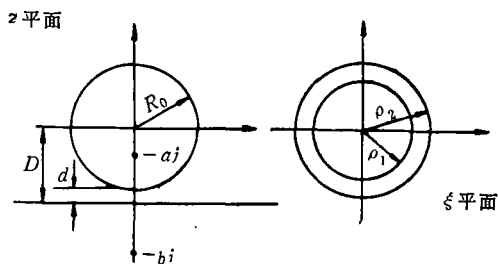


图 11 z 平面 $\rightarrow$ ξ 平面的变换

$$\rho_2 = |(x - Dj + aj)/(x - Dj + bj)| = 1$$

利用同心圆柱的电容公式,即得单位长度的电容

$$\begin{aligned} C_d &= \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln(\rho_2/\rho_1)} = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln\left[\frac{D}{R_0} + \sqrt{(D/R_0)^2 - 1}\right]} \\ &= \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln[1 + d/R_0 + \sqrt{(d/R_0)(2 + d/R_0)}]} \quad (13) \end{aligned}$$

参 考 文 献

- [1] Nesmashny, E. V. et al., *Soviet J. of NDT*, 5(1975), 107.
- [2] 应崇福等, *声学学报*, 4(1980), 249.
- [3] Breckenridge, F. R. et al., *J. Acous. Soc. Am.*, 57-3(1975), 626—631.
- [4] BK Product Data, AE Transducer and Preamplifiers.
- [5] Green, R. E., The 10th World NDT Conference, 1982, Moscow.
- [6] Lamb, H., *Phil. Trans. Royal soc.*, A203(1904), 1—42.
- [7] Hsu, N. N., US Patent 4018084.

混合液声速的温度特性

邓文祥 杨同盛 马凤岐

(中国科学院声学研究所)

1984年3月1日收到初稿,1986年11月3日收到修改稿

本文考虑到绝热压缩系数与温度的关系,导出了混合液声速与温度、液体比例的关系式。测量了由两种挥发速度不同的液体组成的混合液的声速与温度、液体比例的关系。结果表明,由于挥发速度不同,给测量结果带来较大误差。本文结果除对充液聚焦球内液体选择和配制有重要意义外,也适用于其它各种混合液。

一、引 言

充液聚焦球形反射体(以下简称聚焦球)兼有球形目标和角形反射体的优点,是一种理想的标准反射体,有广泛用途。聚焦球是在金属球壳中填充低声速液体,使入射声在前表面折射。适当调节球内液体声速,可使声波聚焦在球壳后表面一个较小区域内,经后表面反射,部分能量再次在前表面折射,返回声源所在方向的接收器,形成聚焦反射波。因此,设计与制造聚焦

球的关键之一,是要研究球内所充低声速液体的特性。

到目前为止,聚焦球内所充低声速液体一般以四氯化碳和氟里昂 F_{113} 的混合液为宜。因为它们的声速都较水低很多,来源不困难,价格较便宜,声速可通过液体比例进行调节。这两种液体的声速是负温度系数,而水的声速为正温度系数。当温度变化时,二者朝相反方向变化,因而折射率发生变化,使聚焦焦点移动,目标强度和聚焦增益也随着发生变化。为使聚焦

球在各种温度下都能获得最佳聚焦,我们对球内所充混合液声速的温度特性进行了研究。

国外对聚焦球进行过研究^[1-3],但在报道中未见解决温度的影响问题,其实实验测量都是在温度 20℃ 附近做的。我们对聚焦球也做过研究^[4-5],在文献[4]中着重研究过温度变化情况下如何提高聚焦增益的问题。发现在不同温度下选择适当的球内液体比例,可获得最大聚焦增益。本文是文献[4]的继续。

二、理 论

声速的一般公式为^[6]

$$C^2 = 1/\rho\beta \quad (1)$$

式中 C ——声速; ρ ——密度; β ——绝热压缩系数。

设混合液体由两种互不起化学反应的液体 1 和 2 所组成,两种液体的声速、密度、绝热压缩系数分别为 C_1 、 C_2 , ρ_1 、 ρ_2 , β_1 和 β_2 , 它们所占混合液总体积的比例为 N 和 $1-N$ 。根据 Wood 关于混合液声速的理论^[7],用绝热压缩系数代替绝热容弹性模数,则混合液的声速为

$$C = \{[\rho_1 N + \rho_2 (1-N)][\beta_1 N + \beta_2 (1-N)]\}^{-1/2} \quad (2)$$

温度对绝热压缩系数影响较大,而对密度的影响不明显^[6]。我们只考虑对温度较敏感的绝热压缩系数的影响。绝热压缩系数与温度的关系为^[8]

$$\beta = 1/K_{\text{绝热}} = 1/K + T\alpha^2/C_p \quad (3)$$

式中 $K_{\text{绝热}}$ ——绝热容弹性模数, $1/K_{\text{绝热}}$ ——绝热压缩系数; K ——等温容弹性模数; $1/K$ ——等温压缩系数; T ——温度; α ——热膨胀系数; C_p ——单位体积的定压热容。忽略高阶微量,可认为 K 、 α 、 C_p 与温度无关^[8], 则(3)式可写为

$$\beta = \beta_0 + \beta' T$$

式中 β_0 ——等温压缩系数,与温度无关, $\beta' = \alpha^2/C_p$ ——一个与温度无关的常数。液体 1 和 2 的绝热压缩系数分别为

$$\beta_1 = \beta_{10} + \beta'_1 T \quad (4)$$

$$\beta_2 = \beta_{20} + \beta'_2 T \quad (5)$$

$\beta'_1 = \alpha_1^2/C_{p1}$; $\beta'_2 = \alpha_2^2/C_{p2}$ 。 β_{10} 与 β_{20} 分别为液体 1 和 2 的等温压缩系数; α_1 、 α_2 和 C_{p1} 、 C_{p2} 分别为液体 1 和 2 的热膨胀系数和单位体积的定压热容。如前所述,这些量均为与温度无关的常数,因此混合液的声速为

$$C = \{[\rho_1 N + \rho_2 (1-N)] \times [(\beta_{10} + \beta'_1 T)N + (\beta_{20} + \beta'_2 T) \times (1-N)]\}^{-1/2} \quad (6)$$

如已知混合液中两种液体的密度、等温压缩系数、热膨胀系数、单位体积定压热容,便可由(6)式算出混合液声速与温度及液体比例的关系。通常只知道两种液体的密度,而 β_{10} 、 β_{20} 和 β'_1 、 β'_2 参数无现成数据。可通过测量液体的声速定出 β_{10} 、 β_{20} 和 β'_1 、 β'_2 , 而后,根据这些参数由(6)式计算混合液的声速与温度及液体比例的关系。

对于纯液体 1, $N = 1$,

$$C_1 = \{\rho_1(\beta_{10} + \beta'_1 T)\}^{-1/2} \quad (7)$$

对于纯液体 2, $N = 0$,

$$C_2 = \{\rho_2(\beta_{20} + \beta'_2 T)\}^{-1/2} \quad (8)$$

根据(7)式,测量纯液体 1 在两种温度下的声速,即可定出 β_{10} 和 β'_1 。同理,根据(8)式则可定出 β_{20} 和 β'_2 。

令四氯化碳为液体 1, $\rho_1 = 1.594\text{g/cm}^3$; 氟里昂 F_{113} 为液体 2, $\rho_2 = 1.564\text{g/cm}^3$ 。根据后面所述的纯四氯化碳和纯氟里昂 F_{113} 溶液的声速测量数据(图 3 中的实验数据),由(7)、(8)两式得出: $\beta_{10} = 61.4 \times 10^{-12}\text{cm} \cdot \text{s}^2/\text{g}$, $\beta'_1 = 0.495 \times 10^{-12}\text{cm} \cdot \text{s}^2/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$, $\beta_{20} = 100 \times 10^{-12}\text{cm} \cdot \text{s}^2/\text{g}$, $\beta'_2 = 0.999 \times 10^{-12}\text{cm} \cdot \text{s}^2/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$ 。

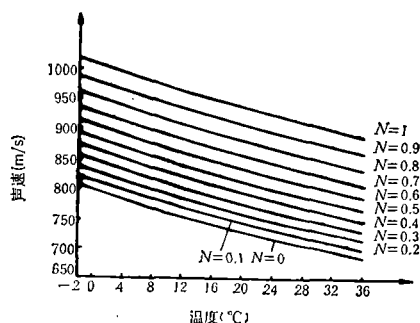


图 1 四氯化碳和氟里昂 F_{113} 混合液的声速与温度、体积比例的关系

由上述参量和公式(6), 算出球内所充低声速混合液的声速与温度及液体比例关系的曲线族, 如图 1 所示. 利用此曲线族, 在各种温度下, 选择适当的液体比例, 将混合液声速调节在最佳折射率区间内, 从而获得最佳聚焦效果.

三、实 验

测量声速的装置和方法与文献[9]同. 将四氯化碳和氟里昂 F_{113} 溶液按不同体积比例配成混合液, 纯溶液可视为 $N=1$ 或 $N=0$ 的混合液. 将混合液先放入冰箱中降温, 然后注入测量盒中. 混合液的温度在室温下逐渐升高. 用文献[9]中的方法测量各种比例的混合液在不同温度下的声速. 由于当时室温接近 30°C , 混合液的温度很快上升到 10°C 左右, 所以没有测到 10°C 以下温度的声速. 当混合液的温度上升到 26°C 后(已接近室温), 温度再升高就变得缓慢了. 四氯化碳和氟里昂 F_{113} 都是易挥发的液体, 温度升高和时间延长都会引起挥发量的增加. 由于两种液体挥发速度不同, 会造成液体比例的较大变化, 所以没有在 26°C 以上温度做声速的测量.

为了弄清四氯化碳和氟里昂 F_{113} 的挥发对混合液体比例的影响, 我们测量了两种液体的挥发速度. 用两只内径为 5.1cm 的容器, 各盛四氯化碳和氟里昂 200ml , 置于同一地点, 经放置相同一段时间后, 在空气流通(开窗)和不流通(闭窗)两种情况下, 量取容器中所剩溶液的体积, 即得两种情况下两种液体的挥发量

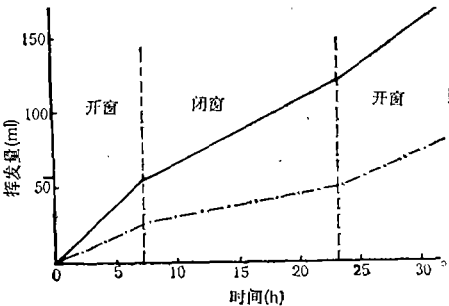


图 2 两种液体的挥发量与时间的关系
——氟里昂 F_{113} ; ---四氯化碳.

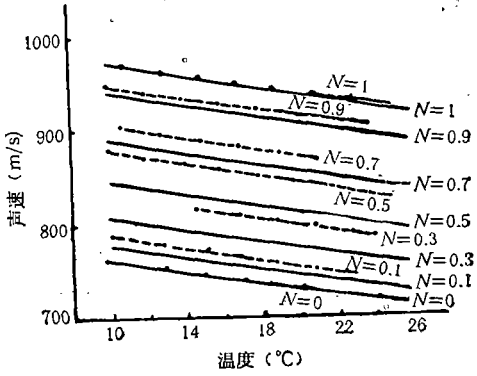


图 3 四氯化碳和氟里昂 F_{113} 混合液的声速与温度、液体比例关系的理论与实验比较
——理论曲线, ---实验曲线.

与时间的关系.

图 2 是两种液体的挥发量与时间的关系曲线. 从图中看出, 在空气流通的情况下, 两种液体挥发得较快. 但不论是在空气流通还是不流通的情况, 氟里昂 F_{113} 都比四氯化碳挥发得快, 其挥发的速度, 前者为后者的两倍稍强.

图 3 是混合液声速与温度、液体比例的关系曲线, 并将理论计算与实验结果进行了比较. 理论与实验曲线中, 声速随温度变化规律是一致的. 对于同一 N 值的混合液, 声速的测量值普遍高于理论值, 这是由于两种液体挥发速度不同造成的. 在配液、降温和测量过程中, 由于氟里昂 F_{113} 比四氯化碳挥发速度快, 故混合液中四氯化碳所占比例相对地增大, 而后者的声速较前者高, 这便导致测量的声速值较理论计算值偏高.

为说明两种液体挥发速度不同对混合液声速的影响, 选取温度为 20°C 时, 对不同的 N 值, 将测量声速与理论计算声速之差(以下简称声速差)和配液、降温与测量之间的时间差(以下简称配测时差)进行了比较, 其数值列于表 1 中.

表 1 声速差与配测时差的关系

N	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9(1)	0.9(2)	1
配测时差 (h)	66	5	42	42	1	24	1	24
声速差 (m/s)	0.6	10.6	22.8	30.7	15.6	30.6	6.4	1.7

表中 $N=0.9(1)$ 是第一次测量的结果,

$N = 0.9(2)$ 是第二次测量的结果。总的看来, 配测时差大, 则声速差亦大。其中以 $N = 0.9(1)$ 和 $N = 0.9(2)$ 的情况最明显。混合液中两种液体的比例完全一样, 由于配测时差不同, 声速相差很大。配测时差为 24h 的声速差为 30.6 m/s, 配测时差 1h 的声速差为 6.4m/s, 这显然是由于两种液体挥发速度不同所造成液体比例变化的结果。在 $N = 0$ 和 $N = 1$ 的情况下, 不存在液体挥发对配比的影响, 虽然其配测时差分别为 66h 和 24h, 但其声速差只为 0.6m/s 和 1.7m/s。图 3 中实验曲线和理论曲线在 $N = 0$ 时几乎完全重合。 $N = 1$ 时只在 20℃ 以后实验曲线稍高于理论曲线。这些较小的偏离是测量误差造成的。由此可见, 两种液体挥发速度不同造成液体配比变化, 是混合液的测量声速值偏离理论计算声速值的主要原因。表中声速差的大小与配测时差大小不完全对应, 这可能与配液误差及声速测量误差有关。(图 3 中 $N = 0.9$ 的实验曲线是第二次测量的结果, 即表 1 中 $N = 0.9(2)$ 的声速值)。

四、结 束 语

测量和分析表明, 用 (6) 式计算混合液声速与温度、液体比例的关系是可行的。由几种

挥发速度不同的液体组成的混合液, 在实际配液、降温和测量过程中, 由于挥发速度不同造成配比的变化, 给测量结果带来较大误差。在每种液体的 β_0 和 β' 不知道的情况下, 只需测量每种纯溶液在两个温度下的声速, 即可定出 β_0 和 β' , 然后用 (6) 式计算混合液的声速与温度、液体比例的关系。这样可避免由于每种液体挥发速度不同给测量结果造成的误差。

本文结果除对充液聚焦球内液体的选择和配制有重要意义外, 也适用于其它各种混合液。

声速是在声学所十二室测量的, 查济璇、郎蕴琪同志给了帮助, 周兰芬、许云先同志参加了资料整理工作, 谨向他们表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Folds, D. L., *J. Acous. Soc. Am.*, **49** (1971), 1596.
- [2] Wallace, R. H. et al., *J. Acous. Soc. Am.*, **57** (1975), 862.
- [3] Marks, B. M. et al., *J. Acous. Soc. Am.*, **59** (1976), 813.
- [4] 邓文祥, 杨同盛, 杨吉波, 声学学报, 2(1982), 88.
- [5] 邓文祥, 杨同盛, 马凤岐, 声学学报, 1(1984), 55.
- [6] 汪德昭, 尚尔昌, 水声学, 科学出版社, 1981.
- [7] Wood, A. B., *A Textbook of Sound*, G. Bell and Sons, Ltd., London, 1960.
- [8] Л. Д. 朗道, Е. М. 栗费席兹, 连续介质力学, 第三册, 人民教育出版社, 1962.
- [9] 查济璇, 郎蕴琪, 应用声学, **3-3**(1984), 13.

并行处理提取基音法的改进及实现*

王福全 蔡长年 李昌立 莫福源

(北京邮电学院)

(中国科学院声学研究所)

1986 年 1 月 9 日收到

本文首先讨论了并行处理提取基音法的改进。计算机模拟试验表明, 改进算法的性能比原算法有提高, 运算量有较大减少。适用于当今的单片信号处理器实时实现。最后介绍了用一片 $\mu\text{PD}7720$ 实现的并行处理基音提取器, 并对其性能进行了初步评价。

一、引 言

基音是语声信号的一个重要参数。对如何有效而正确地提取基音, 人们进行了大量工

作^[1-5]。随着大规模集成电路技术的进展, 各种高性能的信号处理芯片的出现, 以前需要花费

* 高等学校科学技术基金及邮电部 1984(1983/1986) 科研基金资助项目。