

1988. 11. 19-21 于杭州召开的
全国BME大会 论文全文
(已复印150份带回杭州做
论文集)

III-12

一种新的定量反射成象方法研究

卢建宇 韦 钰

东南大学生物医学工程系

一、引言

B型超声波诊断仪已经成为重要和广泛应用的超声波医疗诊断设备。但它不能对生物软组织的声学参数进行定量成象。本文直接利用B超易于操作的声波发射/接收装置,提出了一种定量反射成象方法(QRI — Quantitative Reflection Imaging),对生物软组织声学参数的定量成象进行了理论上的初步研究。

此外,本文建立了一套上述方法的实验测试系统,制作了B超与计算机之间的接口电路。利用由这套实验测试系统获得的实际测量数据,对琼脂模型进行了定量的成象,取得了较好的结果。

二、基本原理

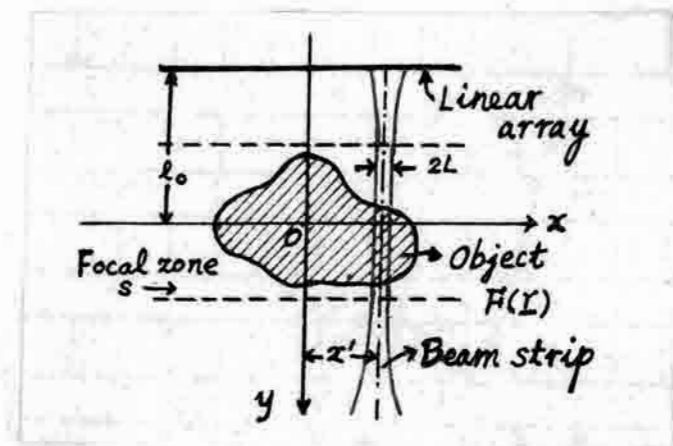


图1. QRI方法数据采集方式示意图

图 1 是 QRI 方法数据采集方式示意图。图中 $x-y$ 坐标系相对于空间固定； $F(\vec{r})$ 是二维物体分布函数； L 表示聚焦声束的半宽度； x' 是声束的中心到 y 轴的距离。以及 l_0 表示线阵探头表面到 x 轴的距离。线阵探头的聚焦区表示焦点附近声束扫描形成的区域，且在该区域内声束较细和较均匀，可以近似地看成平面波。

在弱散射假设成立的条件下，从非齐次亥姆霍兹方程出发，可以获得声束聚焦区内（设聚焦区处于声场远场）物体分布函数沿声束一维分布的傅里叶变换 $\tilde{n}_e(-2k_0)$ 与测量到的散射回波傅里叶变换 $P_S(x', -l_0, k_0)$ 之间的关系 [1]

$$\tilde{n}_e(-2k_0) = \frac{2\sqrt{2\pi} e^{-j(k_0 l_0 + \pi/4)}}{k_0 \sqrt{k_0}} \cdot \left[\frac{P_S(x', -l_0, k_0)}{P'(k_0)} \right] \quad (1)$$

式中 k_0 是物体周围均匀介质的波数； $P'(k_0)$ 是换能器的机电转换特性函数的傅里叶变换，它由实验确定。由(1)式，可得到一维分布函数导函数的傅里叶变换 $\tilde{n}_e'(-2k_0)$ 与测量到的散射场傅里叶变换之间的关系：

$$\tilde{n}_e'(-2k_0) = \frac{4\sqrt{2\pi} e^{-j(k_0 l_0 + 3\pi/4)}}{\sqrt{k_0}} \cdot \left[\frac{P_S(x', -l_0, k_0)}{P'(k_0)} \right] \quad (2)$$

从(2)式出发, 利用从B超图象获得的物体轮廓已知和从这些轮廓处散射的射频回波的相位也已知先期的知识, 由G_p(Gerchberg-Papoulis) 频谱外推方法^[2], 可以获得一维分布函数导函数从低频到高频的整个频谱, 从而求出物体一维分布函数。让声束在物体断层内作线性扫描, 就可以重建该断层内物体分布函数的二维图象。

三、实验系统

图2是QRI方法的实验系统框图。它由五个部分组成: 1. 实验测试的声学环境; 2. ALOKA公司SSD-256 B超的声波发射/接收系统; 3. B超和示波器测量系统的接口电路; 4. HP-1980 B示波器测量系统和HP-19860 A数字波形存贮模块; 5. IBM-PC计算机和图象存贮、显示系统。

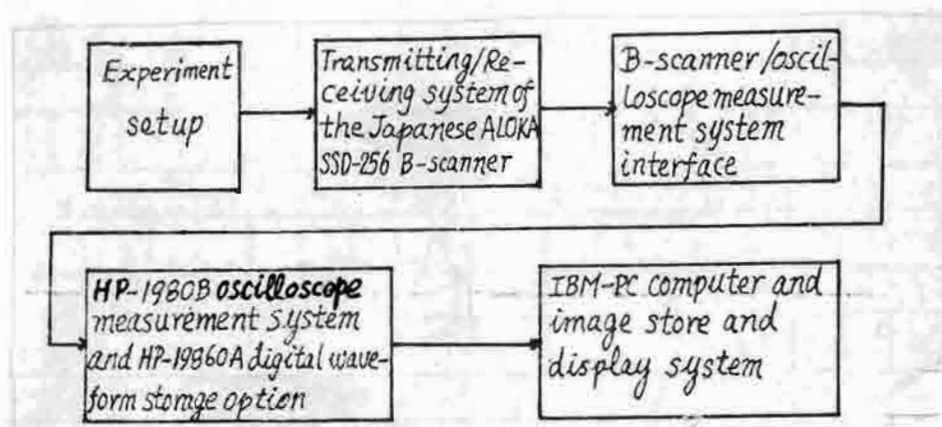


图2. QRI 方法实验系统框图

四、实验结果

图3是用于实验的琼脂模型横断面尺寸图。图3(a)是由4%琼脂水溶液制成的六孔琼脂, 图3(b)和(c)分别是由4%和8%

琼脂水溶液制成的无孔琼脂。图4是对应于图3的模型横断面照片。

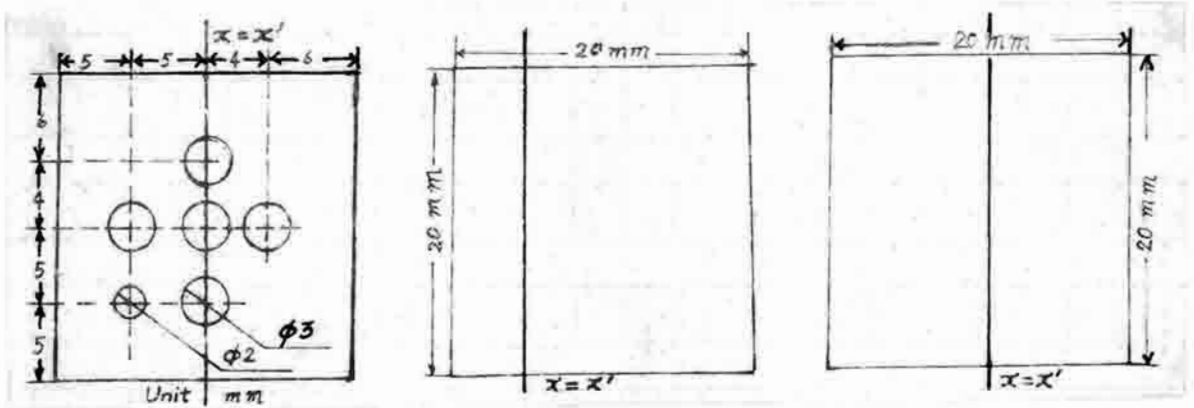


图3。(a)由4%琼脂水溶液制成的六孔琼脂模型。(b)和(c)是分别由4%和8%琼脂水溶液制成的无孔琼脂模型



图4。(a)、(b)和(c)是分别与图3(a)、(b)和(c)对应的琼脂模型照片

图5(a)、(b)和(c)是与图4(a)、(b)和(c)模型相对应，由B超得到的图象。图6(a)、(b)和(c)是与图4(a)、(b)和(c)模型相应的，由QRI方法重建的图象。图7(a)、(b)和(c)是对应于图3(a)、(b)和(c)中直线 $x=x'$ 上由QRI方法重建的图象的重建值(实线)与真实线(虚线)之间的比较。



图 5. (a)、(b)和(c)是与图 4 (a)、(b)和(c)模型相应的由 B 超得到的图象

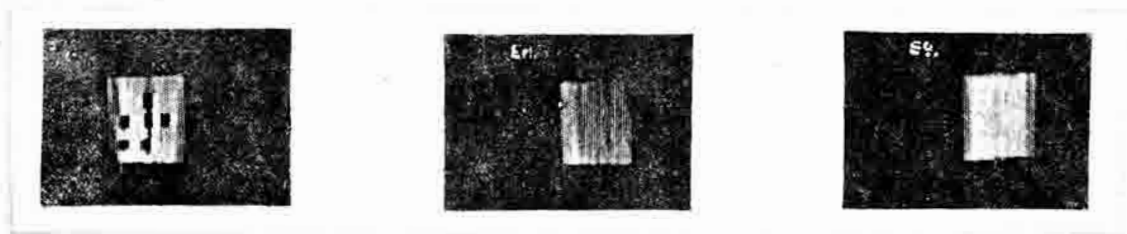


图 6. (a)、(b)和(c)是与图 4 (a)、(b)和(c)模型相应的由 QRI 方法重建的图象

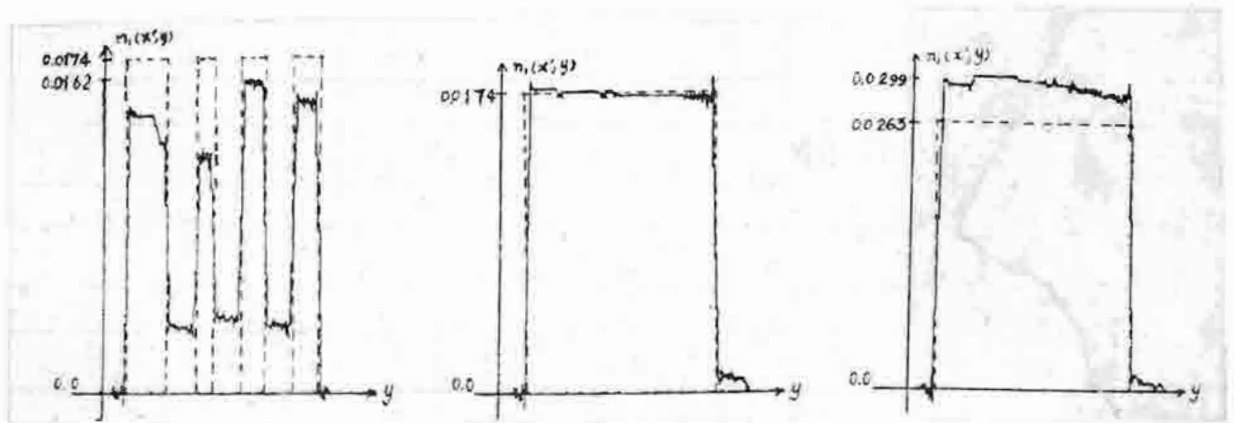


图 7. (a)、(b)和(c)是对应于图 3 (a)、(b)和(c)中直线 $x = x'$ 上, 由 QRI 方法重建图象的重建值(实线)与真实线(虚线)之间的比较

五、小结

从上述实验结果看出, B 超仅能提供测试模型内部结构轮廓的图

象，而 QRI 方法重建的图象不仅更有助于了解测试物体内部的结构，而且重建的图象是定量的。因此，QRI 方法具有在 B 超基础上，提高对生物软组织进行组织定征能力，进而增强 B 超对疾病诊断能力的应用前景。

六、参考文献

1. Jian-yu Lu and Yu Wei, "A New Method for Quantitative Reflection Imaging", in Acoustical Imaging, Vol. 17, Ed. by Jun-ichi Kushibiki, 1988 (17th International Conference on Acoustical Imaging, Sendi, Japan, May 31-June 2, 1988)
2. B.A.Roberts and A.C.Kak, "Reflection Mode Diffraction Tomography", Ultrasonic Imaging, Vol.7, 1986, pp.300-320.