

相控阵超声断层成像仪中数字扫描利弊探讨

曲文敏 程敬之

(西安交通大学生物医学工程研究室)

传统的相控阵医学超声诊断仪采用模拟扫描方式, 诊断仪将回波信号处理后直接送到CRT进行显示。CRT X、Y轴分别施加水平, 垂直扫描信号来产生和相控扫描波束相对应的扇形光栅, 回波信号加到Z轴上进行亮度调节。B型断层图像是回波信号依幅度的大小在扇形光栅上调制成明亮不同的亮点而产生的。模拟扫描成像简便易行, 但存在一些严重缺陷:

1°图像粗糙: 分辨率是评价成像系统性能的重要指标, 超声波束的分辨率取决于换能器的特性, 但对于一幅扇形断层图像而言, 还要考虑极角分辨率, 由于场频, 每场扫描线数、扫描深度三个量值相互制约, 故在保证一定扫描深度和图像不闪烁的前提下, 每场扫描线数不能太多、即极角分辨率低, 形成图像粗糙, 看上去似调制在类似于车轮辐条的光栅上, 按现代临床诊断标准, 这种图像不能接受。

2°显示系统复杂: 模拟扫描成像CRT光栅的形成是由正余弦函数电路来实现的。阶梯波发生器产生具有一半光栅相对应的台阶, 然后通过正余弦函数发生器使台阶包络线成正余弦, 继而进行积分将台阶转化成锯齿波, 每一个锯齿电压对应一扫扫线。锯齿电压经过功率放大后加至偏转线圈。正弦做为水平偏转, 余弦做为垂直偏转。这套电路十分复杂, 且不灵活, 在实现B型, M型同时显示时需要两个CRT。

3°功能局限: 模拟扫描由于没有任何形

式的数字图像存储器, 先进的冻结技术, 数字图像处理技术难以应用到设备之中, 且不能与一般按水平扫描成像的键盘字符系统配套使用, 这就大大地限制为其功能。

究其模拟扫描种种弊端的原因, 可见矛盾的焦点在于超声在生物体内传播速度这一超声波的自然属性, 它影响了采样成像的速度, 由于模拟扫描成像仪的成像显像互不独立, 进而影响了整个成像仪的工作。不妨进行逆向思维既然我们无法改变超声传速, 我们可以改变仪器的工作方式, 使之不受或少受超声传速的影响, 具体地讲, 就是使相控成像仪的成像扫描与显像扫描独立开来。

数字扫描转换通过完成像素地址坐标转换将成像的扇形扫描与显像的水平扫描“耦合”起来, 使成像显像独立工作, 解决了模拟扫描存在的问题。

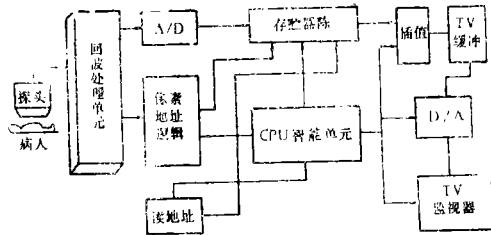


图1 具有DSC的成像系统

图1示出了作者研制的具有D、S、C系统相控阵扫描断层成像仪的框图。回波处理单元和去掉CRT监视器的模拟扫描成像仪完全一样, 它的输出信号不直接送到CRT的Z轴进行亮度调节显示, 而是送到数字扫描转换系统, 由数字扫描转换系统输出的信

号才送到标准TV监视器上进行显示此智能DSC软硬件结合,兼有硬件逻辑速度快和软件控制灵活的优点。CPV控制下,A/D对回波幅度信号进行采样,并转换成相应的数字量,这是一二维采样过程,一方面采样要沿每一幅射矢径不断延伸,另一方面要和相控发射信号CP同步沿弧角进行旋转,要使每一采样点正确地存入存贮器说要在A/D进行回波幅度采样同时,提供该采样点所对应的空间坐标,这一任务是由像素地址逻辑单元来完成的。在A/D对回波幅度进行采样的同时,像素地址逻辑单元迭代计算模型:

$$\begin{cases} X_n = X_0 \pm n\Delta l \sin cm\theta \\ Y_n = Y_0 + n\Delta l \cos cm\theta \end{cases}$$

X_n, Y_n 为第 n 个采样点的直角坐标

X_0, Y_0 :为像素坐标初始值。

Δl :两采样点之间长度。

m :第 m 条矢径号

θ :两相邻矢径夹角。

像素地址逻辑单元给出的和采样点相对应的直角坐标数值与采样点幅度数值号同步地送到图像存贮器,在写信号到来时写到存贮器中去。读地址发生器给出按电视水平扫描相对应的数据地址寻址存贮器,在读信号到来时,将存贮器中的内容读出到监视器上进行显示。由于存贮器的读写操作速度达不到显像速度要求(150ns显示一个点)系统采用了每次从存贮器读出4个像素并串转换后传到输出缓冲器的办法,通过输出缓冲存贮器,满足外设需要。图像存贮器是数字扫描转换的核心部件,图像信号以扇形扫描方式存入图像存贮器,以水平扫描方式从存贮器读出,存贮器使成像扫描和显像扫描独立开来。CPU智能单元通过软件控制可以方便地实行B型、M型、双B型图像显示,可以进行图像缩小,以便在同一屏幕上同时显示B型、M型两种不同形式的图像,方框图中切换电路是为消除数字系统的缺陷而引入的。

由于实现了数字扫描、成像扫描和显像扫描相互独立这样成像扫描每场扫描线数可以适当增多以提高极角分辨率,或增大扫描探查范围,这样做不会引起闪烁,因不论成像速度如何显像总是按标准电视进行扫描。我们将写使能信号屏蔽掉,仪器对存贮器只进行读操作,而不能写入新的图像信息,这样图像就冻结下了,用一个按钮或脚踏开关可以方便地实行冻结,图2所示。由于实现了智能化,具有数字图像存贮,DSC灵活,自动化程度高,体积小,造价低,使计算机图像处理成为可能,为使断层仪向以计算机图像处理为主导的智能化程度更高的方向发展奠定了基础。

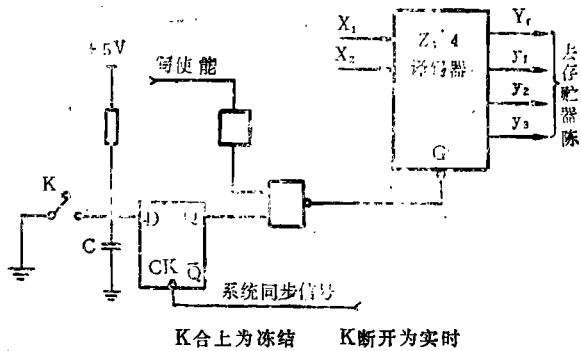


图2 冻结控制

采用数字扫描使医学图像的质量大大提高,断层仪的自动化程度增强,但数字扫描也有其固有缺陷,最有代表性的是像素地址单元信号的重复写入和云纹斑的出现。由于数字化的误差,采样像素极坐标地址只能转化成与像素空间位置接近的直角坐标地址,这样一般来说每一个像素的空间位置不会和显示点准确对应,这样在相邻的两条扫描线上的部分采样点会写在相同的像素地址单元中,即发生重写。重写发生在离换能器较近的区域,所对应的是皮肤,脂肪成像,这不是超声成像诊断所感兴趣的部分,故这种影响不必研讨。与重写发生的区域相反,黑洞

出现在离换能器较远的区域，在相控扇扫中随着两条扫描线离探头距离的不断增长其间隙就随之变大，这样在两条扫描线之间某些像素不会被采样，形成黑洞，云纹斑正是这种预料中未被采样的黑洞云集而成的，图3所示。

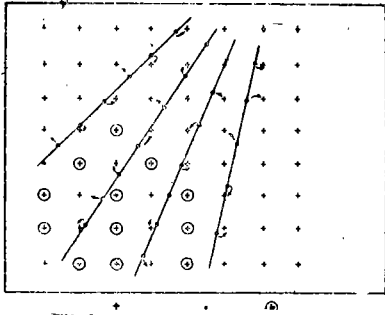


图3 + 电视显示像素采样点⊙黑洞

换能器发射超声的脉冲进入人体的周期CP，换能器相对于像素矩阵的位置及矩阵像素的数量对云纹斑的出现都有影响。超声断层成像的形成是由仪器按固定方式对运动器管的采样过程，由于这种采样频率较高（国产相控阵采样频率为29.3帧/秒）以至肉眼看上去是一幅实时图像，云纹斑的形成与这种采样方式密切相关。Jonalthm ophir已证明换能器旋转角度为 w ，发射超声波速的重复周期为 T 像素矩阵为 $N \times N$ 时。

当 $WT \leq \tan^{-1}[1/(N-1)]$ 时

无黑洞出现，即无黑洞出现扫描角速度阈值为：

$$WT = \tan^{-1}[1/(N-1)]$$

相控扫描两条扫描线夹角 $\theta = WT$ ，故 θ 的阈值为：

$$\theta = \tan^{-1}[1/(N-1)]$$

对于 $N = 256$ $\theta = 0.22469^\circ$

$N = 512$ $\theta = 0.11212^\circ$

相控扫描 $\theta = 0.57^\circ$ 大于阈值角度，一方面是由于相控发射及接收电路中延时线限制使 θ 不能太小，另一方面即使无延时线限制， θ 太小也会使形成一幅图像所需的时间过长。

这对于观察高速运动器官，例如心脏，是十分不利的。这种缺陷可以用插值来消除。

综合目前一些插补技术优缺点后，作者设计了一种简便的平均插补后处理电路，将其应用到我们的智能DSC中图4是平均插补工作原理图，其原理实现十分简便。

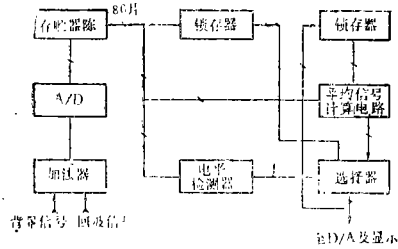


图4 值电路框图

它采用行平均插补，在像素由图像存储器读出到监视器时，每一行中的黑洞由其两侧像素进行平均后插补，从电路可以看出每一个像素 D_i 从存储器中读出时都要经过电平检测器进行检测，如果电平检测器输出是零，证明 D_i 是黑洞，则插值电路输出为 $D_i = \frac{D_{i-1} + D_{i+1}}{2}$ ，如果电平检测器输出为1，证明 D_i 不是黑洞，则此时插值电路输出为 D_i 。黑洞由未被采样的像素造成，但我们知道反射回波信号数字化的值中包括其值为零的数字量，为了避免将数字量为零的信号和黑洞混淆，系统在和相控发射信号CP同步加入一背景电平信号 V_B ， $V_{量} < V_{BC} 2 V_{量}$ ， $V_{量}$ 是回声信号幅度A/D采样交换器中比较器的量化电压值。

三、结 论

数字扫描解决了传统模拟扫描存在的种种弊端，为提高医学断层成像的质量，使超声仪器向着以计算机图像处理为主导的自动化程度更高的方向发展奠定了基础，平均插补电路是一种简便的图像后处理，消除了数字系统云纹斑的现象，从电路来讲，平均插补十分方便，而且通过联机实验，插补效果

全波列声波测井评价低比重水泥 固井质量问题探讨

章成广 王冠贵

(江汉石油学院)

本文通过模拟计算套管井中理论波型,分别讨论了钢—水泥—地层胶结好坏三种情况,认为全波列声波测井不仅能评价低比重水泥固结质量,而且还能解决水泥胶结第二界面问题。这对石油工业勘探开发过程中,提高固井质量、防止油层污染,油水窜流等现象有着十分重要意义。

一、引言

为了防止油田污染,保护油层,近来发展了一种低比重高强度水泥浆固井新工艺。在国外1978年就采用了泡沫水泥,这种水泥是通过对水泥浆充氮气使成泡沫状来降低它的比重。国内目前也开始研究用玻璃微珠作为降重剂配制成水泥浆,它具有比重低,强度高的特点,能减少油层污染,满足井下作业。象泡沫水泥还具有触变性好的特点,特别适用于封堵漏失带和空洞、也能改善地层的分隔,并能使套管和水泥、水泥和地层之间保持接触、在国外已开始广泛应用。

由于低比重水泥的应用对测井检测是个挑战,常规水泥胶结测井方法如声幅测井,

是否仍有效?由于低比重水泥性能与常规充填水泥性能不同,评价方法也要修改。国外对比已作了一些探讨,在国内还未见过这方面资料。

另外,第二界面问题一直是个悬而未决的问题,过去用变密度测井方法作定性评价,起到一定作用。本文在这些方面作了初探,认为用全波列声波测井能解决第二界面问题。下面分理论模型和计算的波型与水泥固井关系二部分来讨论。

二、套管井中理论模型

在套管井中,中心层为泥浆,最外层是地层,之间有钢管、水泥环及流体环形隙。取柱坐标系Z轴与井轴重合,点声源S(W)

很好。

参考文献

- [1] ephir J. and Maklad N F Digital scan Converter in diagnostic ultrasound imaging Proc IEEE67. 654-664(1979)
- [2] Jonathan ophir and Johan M Brinch Moire Undersampling artifacts in

- digital Ultrasound images Ultrasound imaging 4. 311-320(1982)
- [3] K Ito et al A real-time Ultrasonic diagnostic system for dynamic and Still images; Wireless echovision JEE Dec1977