



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 106175839 A

(43) 申请公布日 2016. 12. 07

(21) 申请号 201510219036. 3

(22) 申请日 2015. 04. 30

(71) 申请人 烟台鑫丰源电站设备有限公司

地址 265500 山东省烟台市福山区永达街
976 号

(72) 发明人 董凯 马殿忠 孙剑 董红斌

田国良 陈会龙 任鹏

(74) 专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理
有限公司 11006

代理人 梁挥 尚群

(51) Int. Cl.

A61B 8/13(2006. 01)

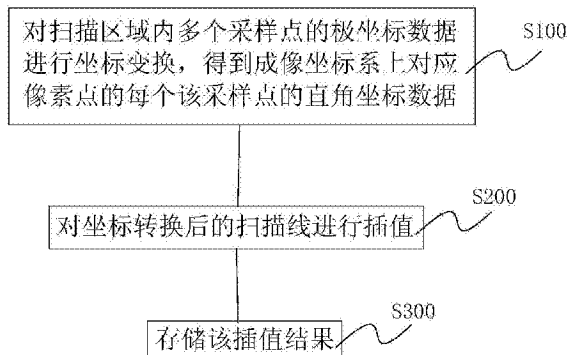
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法
和装置

(57) 摘要

一种用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法和装置,该方法包括:坐标变换步骤,对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换,得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据,并存储该直角坐标数据;对坐标转换后的扫描线进行插值步骤,通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系,找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点,根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系,按权重进行插值;以及存储该插值结果。本发明还提供了用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置,以及该装置的使用方法。



1. 一种用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

S100、坐标变换, 对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换, 得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据, 并存储该直角坐标数据;

S200、对坐标转换后的扫描线进行插值, 通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系, 找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点, 根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系, 按权重进行插值; 以及

S300、存储该插值结果。

2. 如权利要求 1 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法, 其特征在于, 所述步骤 S100 进一步包括:

S101、生成第一数据存储表, 根据扫描范围内 N 条扫描线角度、声程方向采样点个数 M 和直角坐标系上的图像分辨率, 计算出 $M \times N$ 个采样点的极坐标对应该直角坐标系的直角坐标, 并存储在第一数据存储表中;

S102、生成第二数据存储表, 根据该声程方向的每个该采样点的直角坐标, 计算出每条扫描线相邻两点的直线方程, 并将该直线方程对应的直线的斜率和该直线在 Y 轴上的截距存储在第二数据存储表中;

S103、生成第三数据存储表, 根据在同一声程上的 N 个采样点坐标, 计算相邻两个扫描点的直线方程, 将该直线方程对应的直线的斜率和该直线在 Y 轴上的截距存储在第三数据存储表中。

3. 如权利要求 2 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法, 其特征在于, 所述步骤 S101 进一步包括:

设声波在楔块中传播速度为 c_1 , 在工件中传播速度为 c_2 , 阵列中心点的高度为 h , 声波入射角依次为 $\alpha_1 \sim \alpha_n$, 折射角依次为 $\beta_1 \sim \beta_n$, 则极坐标系中各入射点位置为:

$$x = \frac{h \times c_2 \times \sin \beta}{\sqrt{c_2^2 - c_1^2 \times \sin^2 \beta}} \quad (\beta \text{ 为 } \beta_1 \sim \beta_n)$$

其中, x 为每条扫描线在待测工件上入射点的 x 坐标;

将以不同入射点为起始点的采样点转换到直角坐标上, 转换公式如下:

$$\begin{cases} x = r \times \sin \theta \\ y = r \times \cos \theta \end{cases}$$

其中, x, y 为每条扫描线上的采样点的直角坐标, r, θ 为相应采样点的极坐标。

4. 如权利要求 1、2 或 3 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法, 其特征在于, 所述步骤 S200 进一步包括:

S201、邻近点查找, 通过判断待插值点与临近采样点确定的直线方程的位置关系, 确定待插值点的四个邻近采样点坐标值;

S202、插值, 利用该四个邻近采样点对该待插值点进行线性插值。

5. 如权利要求 4 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法, 其特征在于, 所述步骤 S201 进一步包括:

S2011、确定该四个邻近采样点的纵坐标, 遍历直角坐标系上各个待插值点 P, 从第一条声程方向的扫描线开始, 判断点 P 与扫描线上采样点确定的直线的位置关系, 如果点 P 在扫

描线上方,继续判断下一条扫描线,直到点 P 位于当前扫描线的下方为止,则确定点 P 位于当前扫描线与前一扫描线之间,由此获得点 P 的最邻近四个采样点的纵坐标;

S2012、确定该四个邻近采样点的横坐标,从已找到的第 n 条线和第 n+1 条扫描线中,判断点 P 与声程方向的采样点确定的直线位置关系,如果点 P 在第一条直线下方,继续判断下一条直线,直到点 P 位于当前直线的上方位置,则确定点 P 位于当前直线与前一条直线之间,由此获得点 P 的最邻近四个采样点的横坐标。

6. 如权利要求 5 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其特征在于,在步骤 S2011 中,如果点 P 位于第一条扫描线下方或最后一条扫描线上方,则不予以插值。

7. 如权利要求 5 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其特征在于,在步骤 S2012 中,如果点 P 位于第一条直线的上方或最后一条直线的下方,则不予以插值。

8. 如权利要求 4 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其特征在于,所述步骤 S202 进一步包括:

S2021、找到该待插值点两侧线段上满足于一设定比例关系且与该待插值点在同一直线上的两点,并对该两点进行线性插值;

S2022、利用该两点的灰度值对该待插值点进行线性插值,或者在角度方向按探头指向性函数对该待插值点进行插值。

9. 一种用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置,其特征在于,包括:

计算模块,用于对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换,得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据,并存储该直角坐标数据;并且,对坐标转换后的扫描线进行插值,通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系,找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点,根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系,按权重进行插值;

存储模块,与所述计算模块连接,用于存储所述计算模块的坐标变换结果及插值结果;

输出显示模块,与所述存储模块连接,用于输出并显示计算或检测结果;以及

数据输入模块,与所述计算模块连接,用于扫描检测待测物体并将扫描数据传输给所述计算模块。

10. 一种上述权利要求 9 所述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置的使用方法。

用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法和装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种超声相控阵检测技术,特别是一种适用于等声程、等深度、等跨度三种聚焦形式,也同样适用于线性扫描及任意聚焦点组合的基于斜探头的扇形扫描成像的扫描检测方法和装置。

背景技术

[0002] 相控阵超声检测技术是通过控制阵列探头各个阵元的接收与发射的延迟时间,形成合成声束的聚焦、扫描等,从而实现超声波束的偏转、聚焦等各种扫描效果,最终在扫描范围内实现高分辨率的超声缺陷成像。在相控阵超声发射状态下,阵列换能器中各阵元按一定延迟规律顺序激发,产生的超声发射子波束在空间合成,形成聚焦点和指向性。改变各阵元激发的延迟规律,可以改变焦点位置的波束指向,形成在一定空间范围内的扫描聚焦。和常规的扫描成像相比,相控阵超声成像技术采用阵列式的探头,只需改变探头中各个阵元激励的延迟时序,无需移动探头就可以方便地实现全方位和多角度扫描。

[0003] 在相控阵超声接收状态下,列阵换能器的各个阵元接收回波信号,按不同延时值进行延时,然后加权求和作为输出。通过设定一定的延时规律,可以实现对声场中的指定物点进行聚焦接收,采用不同的延时规律,即可实现对不同点和不同方向上的接收聚焦和扫描。例如申请号为“200580020418.8”,名称为“阵列式超声换能器”的中国发明专利申请,申请号为“200580028604.6”,名称为“二维超声换能器阵列”的中国发明专利申请,申请号为“200680029122.7”,名称为“超声换能器阵列”的中国发明专利申请所公开的各种换能器,均为应用超声成像,进行非侵入地探查固、液、气体以进行相应检测。

[0004] 现有技术的超声检测过程需要用楔块调整检测的范围,一般情况下超声相控阵可以通过改变延迟时间的方法来改变检测角度,但是实际测试中由于超声旁瓣等的干扰,当相控阵偏转角度过大时就会影响检测结果,因此常常在超声检测中使用楔块,通过加楔块增加超声相控阵的扫描范围。

[0005] 参见图 1,图 1 为超声扫描原理图。如图所示,设要扫描的范围是 $\beta_1 \sim \beta_n$,间隔角度为 $\Delta\beta^\circ$,则共有 $N = (\beta_n - \beta_1) / \Delta\beta$ 条扫描线。根据 Snell 定律(公式 1),反射角不相等,对应的入射角也不相等,而这 N 条扫描线都是从阵列中心点发射出来的,因此,这 N 条扫描线在楔块 1 与待测工件 2 的交界处会产生 N 个不同的折射点。这种现象即为入射点漂移。

[0006] $\frac{\sin \alpha}{c_1} = \frac{\sin \beta}{c_2}$ 公式 (1)

[0007] 在相控阵超声发射状态下,阵列换能器中各阵元按一定延迟规律顺序激发,产生的超声发射子波束在空间合成,形成聚焦点和指向性。由于入射点漂移, N 条扫描线不是以同一点进入工件中,所以成像后的扇扫图形也不是以一点为圆心的扇形,对检测精度造成一定影响。

发明内容

[0008] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术的上述问题,提供一种适用于等声程、等深度、等跨度三种聚焦形式,也适用于线性扫描及任意聚焦点组合的用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法和装置。

[0009] 为了实现上述目的,本发明提供了一种用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,包括如下步骤:

[0010] S100、坐标变换,对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换,得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据,并存储该直角坐标数据;

[0011] S200、对坐标转换后的扫描线进行插值,通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系,找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点,根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系,按权重进行插值;以及

[0012] S300、存储该插值结果。

[0013] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,所述步骤 S100 进一步包括:

[0014] S101、生成第一数据存储表,根据扫描范围内 N 条扫描线角度、声程方向采样点个数 M 和直角坐标系上的图像分辨率,计算出 M*N 个采样点的极坐标对应该直角坐标系的直角坐标,并存储在第一数据存储表中;

[0015] S102、生成第二数据存储表,根据该声程方向的每个该采样点的直角坐标,计算出每条扫描线相邻两点的直线方程,并将该直线方程对应的直线的斜率和该直线在 Y 轴上的截距存储在第二数据存储表中;

[0016] S103、生成第三数据存储表,根据在同一声程上的 N 个采样点坐标,计算相邻两个扫描点的直线方程,将该直线方程对应的直线的斜率和该直线在 Y 轴上的截距存储在第三数据存储表中。

[0017] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,所述步骤 S101 进一步包括:

[0018] 设声波在楔块中传播速度为 c_1 ,在工件中传播速度为 c_2 ,阵列中心点的高度为 h ,声波入射角依次为 $\alpha_1 \sim \alpha_n$,折射角依次为 $\beta_1 \sim \beta_n$,则极坐标系中各入射点位置为:

[0019]
$$x = \frac{h \times c_2 \times \sin \beta}{\sqrt{c_2^2 - c_1^2 \times \sin^2 \beta}} \quad (\beta \text{ 为 } \beta_1 \sim \beta_n)$$

[0020] 将以不同入射点为起始点的采样点转换到直角坐标上,转换公式如下:

[0021]
$$\begin{cases} x = r \times \sin \theta \\ y = r \times \cos \theta \end{cases}$$

[0022] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,所述步骤 S200 进一步包括:

[0023] S201、邻近点查找,通过判断待插值点与临近采样点确定的直线方程的位置关系,确定待插值点的四个邻近采样点坐标值;

[0024] S202,插值,利用该四个邻近采样点对该待插值点进行线性插值。

[0025] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,所述步骤 S201 进一步包括:

[0026] S2011、确定该四个邻近采样点的纵坐标,遍历直角坐标系上各个待插值点 P,从第一条声程方向的扫描线开始,判断点 P 与扫描线上采样点确定的直线的位置关系,如果点 P 在扫描线上方,继续判断下一条扫描线,直到点 P 位于当前扫描线的下方为止,则确定点 P 位于当前扫描线与前一扫描线之间,由此获得点 P 的最邻近四个采样点的纵坐标;

[0027] S2012、确定该四个邻近采样点的横坐标,从已找到的第 n 条线和第 n+1 条扫描线中,判断点 P 与声程方向的采样点确定的直线位置关系,如果点 P 在第一条直线下方,继续判断下一条直线,直到点 P 位于当前直线的上方位置,则确定点 P 位于当前直线与前一条直线之间,由此获得点 P 的最邻近四个采样点的横坐标。

[0028] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,在步骤 S2011 中,如果点 P 位于第一条扫描线下方或最后一条扫描线上方,则不予以插值。

[0029] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,在步骤 S2012 中,如果点 P 位于第一条直线的上方或最后一条直线的下方,则不予以插值。

[0030] 上述的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,其中,所述步骤 S202 进一步包括:

[0031] S2021、找到该待插值点两侧线段上满足于一设定比例关系且与该待插值点在同一直线上的两点,并对该两点进行线性插值;

[0032] S2022、利用该两点的灰度值对该待插值点进行线性插值,或者在角度方向按探头指向性函数对该待插值点进行插值。

[0033] 为了更好地实现上述目的,本发明还提供了一种用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置,其中,包括:

[0034] 计算模块,用于对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换,得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据,并存储该直角坐标数据;并且,对坐标转换后的扫描线进行插值,通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系,找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点,根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系,按权重进行插值;

[0035] 存储模块,与所述计算模块连接,用于存储所述计算模块的坐标变换结果及插值结果;

[0036] 输出显示模块,与所述存储模块连接,用于输出并显示计算或检测结果;以及

[0037] 数据输入模块,与所述计算模块连接,用于扫描检测待测物体并将扫描数据传输给所述计算模块。

[0038] 为了更好地实现上述目的,本发明还提供了一种上述超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置的使用方法。

[0039] 本发明的技术效果在于:

[0040] 本发明用于斜探头超声相控阵成像的扫描转换,能把以极坐标方式存储的图像数据即回波信号采样点,以直角坐标的方式准确、直观地显示在显示设备上。

[0041] 以下结合附图和具体实施例对本发明进行详细描述,但不作为对本发明的限定。

附图说明

[0042] 图 1 为超声扫描原理图;

- [0043] 图 2 为本发明的检测原理示意图；
[0044] 图 3 为本发明一实施例的方法流程图；
[0045] 图 4 为本发明另一实施例的方法流程图；
[0046] 图 5 为本发明一实施例的装置结构框图。
[0047] 其中，附图标记
[0048] 1 楔块
[0049] 2 待测工件
[0050] 3 阵列换能器
[0051] 4 计算模块
[0052] 5 存储模块
[0053] 6 输出显示模块
[0054] 7 数据输入模块
[0055] A 折射点
[0056] S100-S300 步骤

具体实施方式

[0057] 下面结合附图对本发明的结构原理和工作原理作具体的描述：

[0058] 扇形扫描显示是一种灰度调制显示，它将 A 扫描 (Amplitude scan) 显示的回波幅度进行灰度调制。通过改变探头的角度，从而使超声指向快速变化，使每隔一定小角度，被探测方向不同深度所有界面的反射回波，都以灰度点的形式显示在对应的扫描线上，形成一条 A 扫，所有 A 扫可形成一幅由探头探测角度和声程决定的二维超声断层图像，成为扇形扫描图像。

[0059] 在相控阵超声发射状态下，阵列换能器 3 中各阵元按一定延迟规律顺序激发，产生的超声发射子波束在空间合成，形成聚焦点和指向性。改变各阵元激发的延迟规律，可以改变焦点位置的波束指向，形成在一定空间范围内的扫描聚焦。在相控阵超声接收状态下，阵列换能器的各个阵元接收回波信号，按不同延时值进行延时，然后加权求和作为输出。通过设定一定的延时规律，可以实现对声场中的指定物点进行聚焦接收，采用不同的延时规律，即可实现对不同点和不同方向上的接收聚焦和扫描。

[0060] 超声检测过程需要用楔块 1 调整检测的范围，一般情况下超声相控阵可以通过改变延迟时间的方法来改变检测角度，但是实际测试中由于超声旁瓣等的干扰，当相控阵偏转角度过大时就会影响检测结果，因此常常在超声检测中使用楔块 1。通过楔块 1 增加超声相控阵的扫描范围。相控阵超声通过斜探头扫描形成的区域为扇形，相应的成像区域也为扇形。由于检测时探头是以极坐标方式扫描的，回波信号的存储也是以极坐标的方式存储，然而在显示器端，图像是以直角坐标方式显示的，这样就需要将以极坐标方式存储的数据通过坐标转换以直角坐标的方式存储。

[0061] 参见图 2，图 2 为本发明的检测原理示意图。该图显示为全部在待测工件 2 中，A 为折射点，上边缘即为待测工件 2 上表面，即图 1 待测工件 2 中的部分，也就是所谓的“二维超声断层”。图中的每条斜线即为声程方向，该声程上的信号通过 AD 转换，导入计算机就是 A 扫。其中， θ 角具体取值为折射角， α 角具体取值为折射角，图中每个竖线与横线交叉点

为灰度点。如图 2 所示,在坐标转换过程中,由于转换后的扫描线落在直角坐标时,在临近的两条扫描线之间的距离随着声程方向的增大而逐渐增大,不可能覆盖到直角坐标系的所有像素点上;并且,经过坐标转换后的采样点在直角坐标系的横坐标与纵坐标也不一定是整数,相邻的两个采样点的距离也会因为图像比例改变的原因,在它们之间会有没有覆盖到的像素点,这样就需要对坐标转换后的扫描线进行插值。

[0062] 参见图 3,图 3 为本发明一实施例的方法流程图。本发明的用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法,包括如下步骤:

[0063] 步骤 S100、坐标变换,对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换,得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据,并存储该直角坐标数据;

[0064] 步骤 S200、对坐标转换后的扫描线进行插值,通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系,找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点,根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系,按权重进行插值;

[0065] 步骤 S300、存储该插值结果。

[0066] 参见图 4,图 4 为本发明另一实施例的方法流程图。其中,所述步骤 S100 还进一步求同声程角度方向上的采样点确定的直线方程,或求声程方向上采样点确定的直线方程,具体可包括:

[0067] 步骤 S101、生成第一数据存储表,根据扫描范围内 N 条扫描线角度、声程方向采样点个数 M 和直角坐标系上的图像分辨率,计算出 M*N 个采样点的极坐标对应该直角坐标系的直角坐标,并存储在第一数据存储表中;

[0068] 步骤 S102、生成第二数据存储表,根据该声程方向的每个该采样点的直角坐标,计算出每条扫描线相邻两点的直线方程,并将该直线方程对应的直线的斜率和该直线在 Y 轴上的截距存储在第二数据存储表中;

[0069] 步骤 S103、生成第三数据存储表,根据在同一声程上的 N 个采样点坐标,计算相邻两个扫描点的直线方程,将该直线方程对应的直线的斜率和该直线在 Y 轴上的截距存储在第三数据存储表中。

[0070] 其中,所述步骤 S101 进一步包括:

[0071] 参见图 2,设声波在楔块 1 中传播速度为 c_1 ,在工件 2 中传播速度为 c_2 ,阵列中心点的高度为 h ,声波入射角依次为 $\alpha_1 \sim \alpha_n$,折射角依次为 $\beta_1 \sim \beta_n$,则极坐标系中各入射点位置为:

$$[0072] \quad x = \frac{h \times c_2 \times \sin \beta}{\sqrt{c_2^2 - c_1^2} \times \sin \alpha} \quad (\beta \text{ 为 } \beta_1 \sim \beta_n)$$

[0073] 其中, x 为每条扫描线在工件 2 上入射点的 x 坐标。

[0074] 将以不同入射点为起始点的采样点转换到直角坐标上,转换公式如下:

$$[0075] \quad \begin{cases} x = r \times \sin \theta \\ y = r \times \cos \theta \end{cases}$$

[0076] 其中, x , y 为每条扫描线上的采样点的直角坐标, r , θ 为相应采样点的极坐标。

[0077] 其中,所述步骤 S200 进一步包括对于直角坐标系上任意一个待插值点,判断该点是否需要插值,若判断结果为否,则直接对该点的灰度值赋值为 0;若判断结果为是,则判断该点位于哪两条扫描线之间,然后判断该点位于声程方向的哪两条直线之间,并根据确

定的四个点的坐标在两侧的扫描线上找到符合条件的两个点,分别给符合条件的两个点插值,最后根据待插值点与找到的两个点的距离进行插值。具体可包括:

[0078] 步骤 S201、邻近点查找,通过判断待插值点与临近采样点确定的直线方程的位置关系,确定待插值点的四个邻近采样点坐标值;

[0079] 步骤 S202,插值,利用该四个邻近采样点对该待插值点进行线性插值。

[0080] 其中,所述步骤 S201 进一步包括:

[0081] 步骤 S2011、确定该四个邻近采样点的纵坐标,遍历直角坐标系上各个待插值点 P,从第一条声程方向的扫描线开始,判断点 P 与扫描线上采样点确定的直线的位置关系,如果点 P 在扫描线上方,继续判断下一条扫描线,直到点 P 位于当前扫描线的下方为止,则确定点 P 位于当前扫描线与前一扫描线之间,由此获得点 P 的最邻近四个采样点的纵坐标;

[0082] 步骤 S2012、确定该四个邻近采样点的横坐标,从已找到的第 n 条线和第 n+1 条扫描线中,判断点 P 与声程方向的采样点确定的直线位置关系,如果点 P 在第一条直线下方,继续判断下一条直线,直到点 P 位于当前直线的上方位置,则确定点 P 位于当前直线与前一条直线之间,由此获得点 P 的最邻近四个采样点的横坐标。

[0083] 其中,在步骤 S2011 中,如果点 P 位于第一条扫描线下方或最后一条扫描线上方,则不予以插值。在步骤 S2012 中,如果点 P 位于第一条直线的上方或最后一条直线的下方,则不予以插值。

[0084] 其中,所述步骤 S202 进一步包括:

[0085] S2021、找到该待插值点两侧线段上满足于一设定比例关系且与该待插值点在同一直线上的两点,并对该两点进行线性插值;

[0086] S2022、利用该两点的灰度值对该待插值点进行线性插值,或者在角度方向按探头指向性函数对该待插值点进行插值。

[0087] 参见图 5,图 5 为本发明一实施例的装置结构框图。本发明的用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置,包括:

[0088] 计算模块 4,用于对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换,得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据,并存储该直角坐标数据;并且,对坐标转换后的扫描线进行插值,通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系,找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点,根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系,按权重进行插值;

[0089] 存储模块 5,与所述计算模块 4 连接,用于存储所述计算模块 4 的坐标变换结果及插值结果;

[0090] 输出显示模块 6,与所述存储模块 5 连接,用于输出并显示计算或检测结果;以及

[0091] 数据输入模块 7,与所述计算模块 4 连接,用于扫描检测待测物体并将扫描数据传输给所述计算模块 4。

[0092] 本发明还提供了上述超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法或装置的使用方法。具体包括,第一步,针对具体的待测工件 2,检测人员设定好扫描线的角度和检测深度,计算模块 4 计算所有采样点的极坐标和直角坐标,并存入存储模块 5;第二步,计算模块 4 计算显示器像素点与采样点之间的关系,算出像素点与采样点信号之间的插值权重关系,

并存入存储模块 5。第三步, 数据输入模块 7 得到各采样点的采样数据存入存储模块 5。第四步, 计算模块 4 根据各采样点的采样数据插值得到像素点显示数据, 存入存储模块 5, 同时输出到输出显示模块 6, 输出显示模块 6 显示检测结果, 至此完成检测过程。

[0093] 下面以具体数据对本发明的超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法予以进一步说明:

[0094] 首先, 根据扫描范围内 N 条扫描线角度、声程方向采样点个数 M 、建立在直角坐标系上的图像分辨率, 计算出 $M \times N$ 个点在直角坐标系上对应的坐标, 存储在第一数据存储表中。计算公式如下:

[0095] 1) 如图 2, 声波在楔块 1 中传播速度为 c_1 , 在工件 2 中传播速度为 c_2 , 阵列中心点的高度为 h , 声波入射角依次为 $\alpha_1 \sim \alpha_n$, 折射角依次为 $\beta_1 \sim \beta_n$, 则极坐标系中各入射点位置是:

$$[0096] \quad x = \frac{h \times c_1 \times \sin \beta}{\sqrt{c_2^2 - c_1^2 \times \sin^2 \beta}} \quad (\beta \text{ 为 } \beta_1 \sim \beta_n) \quad \text{公式 (2)}$$

[0097] 其中, x 为每条扫描线在待测工件 2 上入射点的 x 坐标。

[0098] 2) 通过公式 (3) 将以不同入射点为起始点的采样点转换到直角坐标系:

$$[0099] \quad \begin{cases} x = r \times \sin \theta \\ y = r \times \cos \theta \end{cases} \quad \text{公式 (3)}$$

[0100] 其中, x, y 为每条扫描线上的采样点的直角坐标, r, θ 为相应采样点的极坐标。

[0101] 其次, 根据声程方向的采样点坐标, 计算出每条扫描线的相邻两点确定的直线的方程, 将直线的斜率, 和直线在 Y 轴上的截距存储在第二数据存储表中。由于一条扫描线上的所有采样点在一条直线上, 所以每条直线只需用前两个点的坐标就可以求出这条扫描线上所有相邻点确定的直线方程, 共 N 个方程;

[0102] 然后, 根据在同一声程上的 N 个采样点坐标, 计算相邻两个扫描点确定的直线的方程, 将直线的斜率, 和直线在 Y 轴上的截距存储在第三数据存储表中。同一声程上的采样点, 共 $(N-1) \times M$ 个方程;

[0103] 本发明的插值方法是找到距待插值点最近的四个点, 采用线性插值的思想, 根据待插值点与周围四个点的位置大小关系分配权重, 将周围四个点的灰度值按权重分配到待插值点中。

[0104] 具体插值步骤如下:

[0105] 遍历直角坐标系上各个待插值点, 并进行如下步骤, 参见图 2, 对图 2 中的点 $P(j, i)$ (假设该点 $P(10, 13)$) 进行插值。

[0106] 1、从第一条声程方向的扫描线开始, 判断点 P 与扫描线上采样点确定的直线的位置关系, 如果点 P 在扫描线上方, 继续判断下一条扫描线, 直到点 P 位于当前扫描线的下方为止, 则确定点 P 位于当前扫描线与前一扫描线之间。由此获得点 P 的最邻近四个点的纵坐标。如果点 P 位于第一条扫描线下方或最后一条扫描线上方, 则不予以插值。设直线方程为 $y = k \times x + b$ 判断公式如下:

$$[0107] \quad \begin{cases} i \geq k \times j + b, P \text{ 在直线上方} \\ i < k \times j + b, P \text{ 在直线下方} \end{cases} \quad \text{公式 (4)}$$

[0108] 图 2 中, n 条直线方程为: $y = x + 1$;

[0109] $n+1$ 条直线方程为 $y = 1.3 \times x + 1.7$, 带入 $i = 13, j = 10$;

[0110] $i(13) \geq 1 \times j(10) + 1$ 且 $i(13) < 1.3 \times j(10) + 1.7$,

[0111] 所以判断 P 在直线 n 与 $n+1$ 之间。

[0112] 2、从已找到的第 n 条线和第 $n+1$ 条扫描线中, 判断点 P 与声程方向的采样点确定的直线的位置关系, 如果点 P 在第一条直线下方, 继续判断下一条直线, 直到点 P 位于当前直线的上方位置, 则确定点 P 位于当前直线与前一条直线之间。由此获得点 P 的最邻近四个点的横坐标。如果点 P 位于第一条直线的上方或最后一条直线的下方, 则不予以插值。判断公式参见公式 (4)。

[0113] 如此找到 a 点 (9.8, 10.8), b 点 (11.7, 12.7), c 点 (8.5, 12.75), d 点 (10.3, 15.09), 其灰度值分别设为 1, 2, 3, 4;

[0114] 3、找到待插值点 P 两侧扫描线方向上且满足如下两个条件的两个点, 如图 2 中的点 e(x_1, y_1) 和点 f(x_2, y_2):

[0115] 1) 点 a 和点 e 的距离与点 b 和点 e 的距离之比等于点 c 和点 f 的距离与点 d 和点 f 的距离之比;

[0116] $(x_1 - 9.8) / (10.7 - x_1) = (x_2 - 8.5) / (10.3 - x_2)$;

[0117] 2) 点 e、点 f、点 P 在同一直线上。

[0118] 则: $(10 - x_1) / (13 - y_1) = (x_2 - 10) / (y_2 - 13)$

[0119] 求得 e 点 (10.76, 11.76), f 点 (9.42, 13.94)

[0120] 4、点 P 的灰度值可基于以下原则获得:

[0121] 1) 点 a 和点 e 的距离除以点 a 和点 b 的距离之比 (0.51) 再乘以点 b 的灰度值 (2), 点 b 和点 e 的距离除以点 a 和点 b 的距离之比 (0.49) 乘以点 a 的灰度值 (1), 将两项值相加, 求得点 e 的灰度值 $0.51 \times 2 + 0.49 \times 1 = 1.51$;

[0122] 2) 点 c 和点 f 的距离除以点 c 和点 d 的距离之比 (0.51) 再乘以点 d 的灰度值 (4), 点 d 和点 f 的距离除以点 c 和点 d 的距离之比 (0.49) 乘以点 c 的灰度值 (3), 将两项值相加, 求得点 f 的灰度值 $0.51 \times 4 + 0.49 \times 3 = 3.51$;

[0123] 3) 点 e 和点 P 的距离除以点 e 和点 f 的距离之比 (0.57) 再乘以点 f 的灰度值 (3.51), 点 f 和点 P 的距离除以点 e 和点 f 的距离之比 (0.43) 乘以点 e 的灰度值 (1.51), 将两项值相加, 求得点 P 的灰度值 $0.57 \times 3.51 + 0.43 \times 1.51 = 2.65$ 。

[0124] 本发明用于斜探头超声相控阵成像的扫描转换, 具体包括坐标变换、采样点坐标及相关数据存储、插值等步骤。先将扫描坐标系 (极坐标系) 的采样点进行坐标变换, 得到成像坐标系 (直角坐标系) 上的坐标值, 能把以极坐标方式存储的图像数据即回波信号采样点, 以直角坐标的方式准确、直观地显示在显示设备上。

[0125] 当然, 本发明还可有其它多种实施例, 在不背离本发明精神及其实质的情况下, 熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形, 但这些相应的改变和变形都应属于本发明所附的权利要求的保护范围。

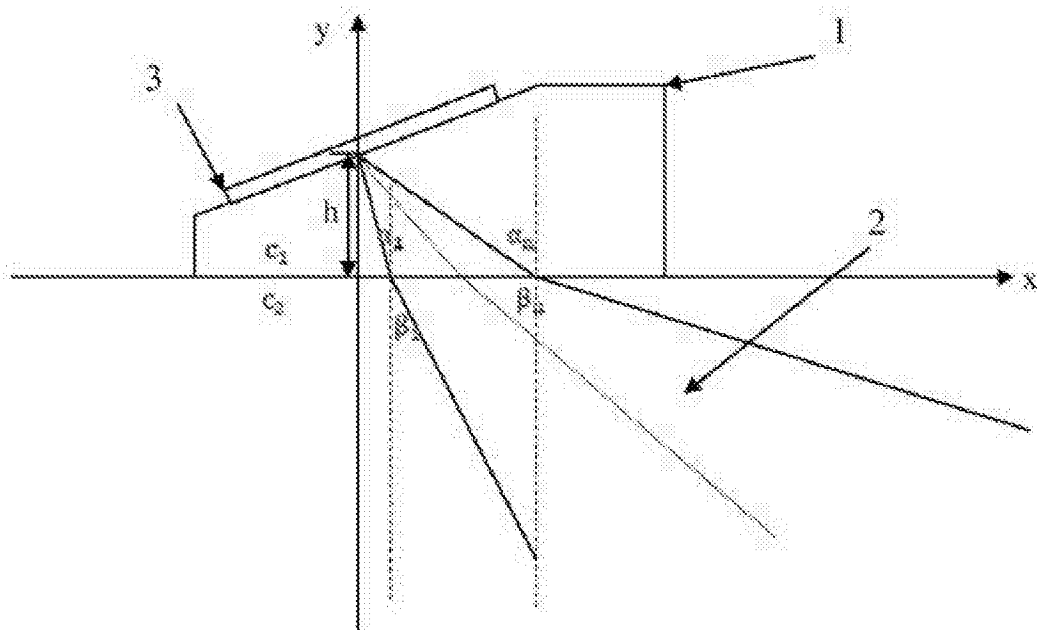


图 1

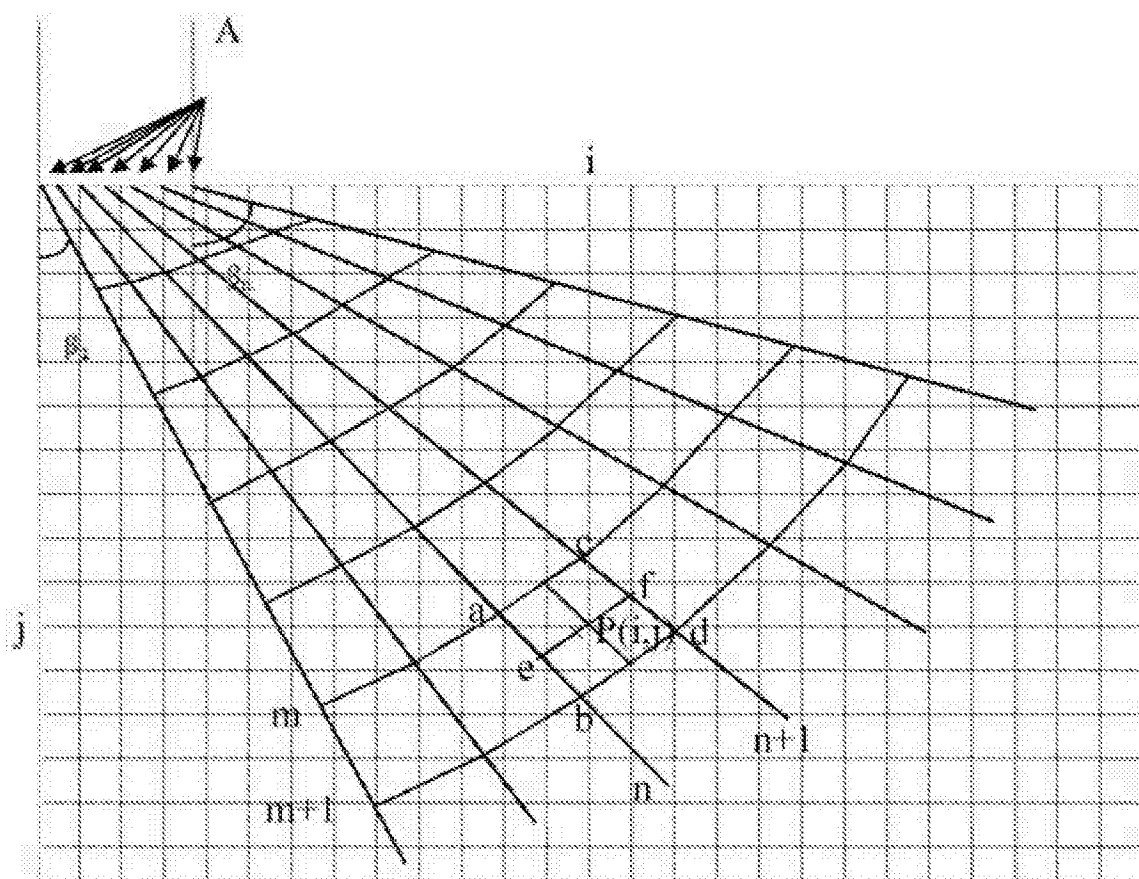


图 2

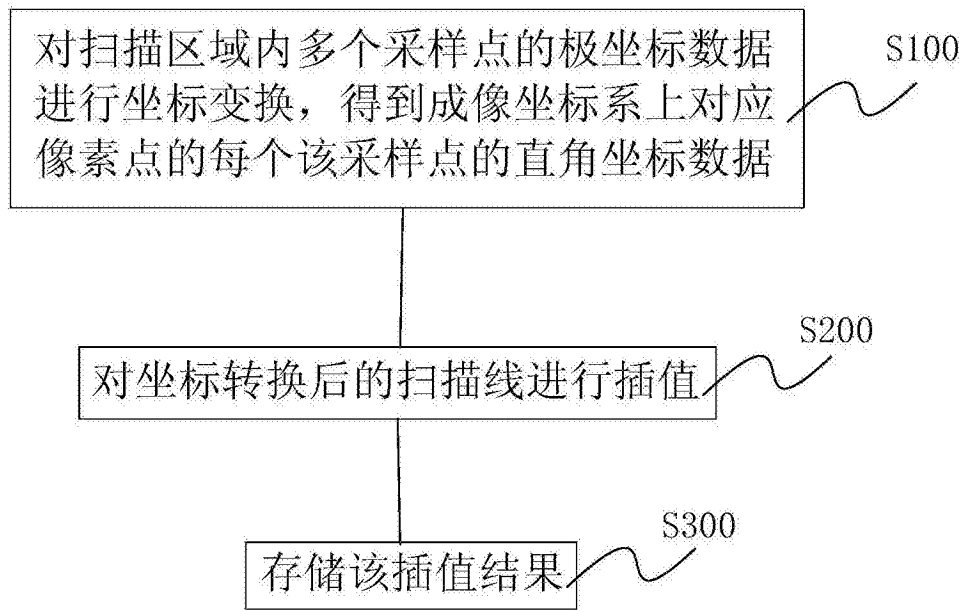


图 3

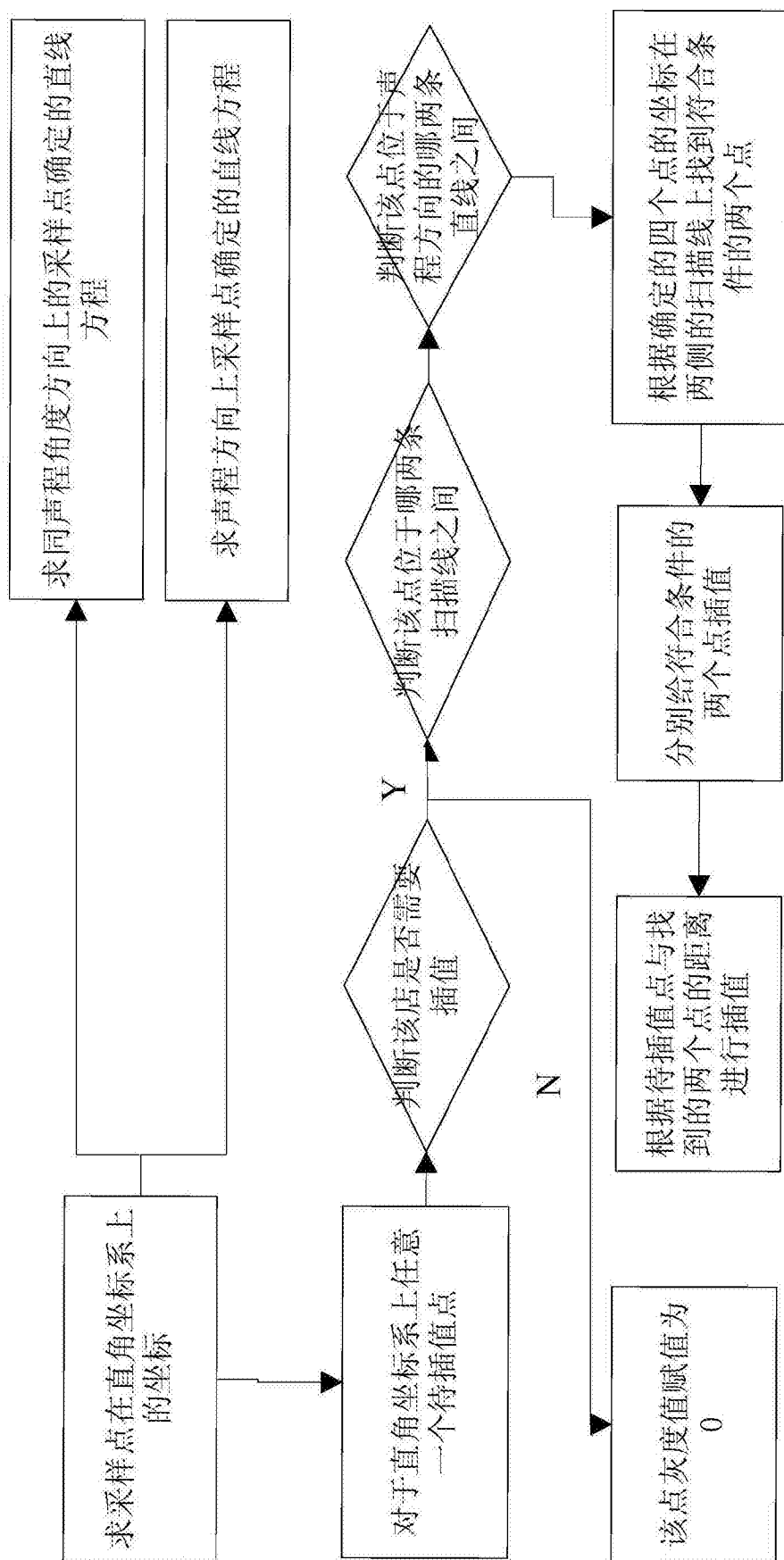


图 4

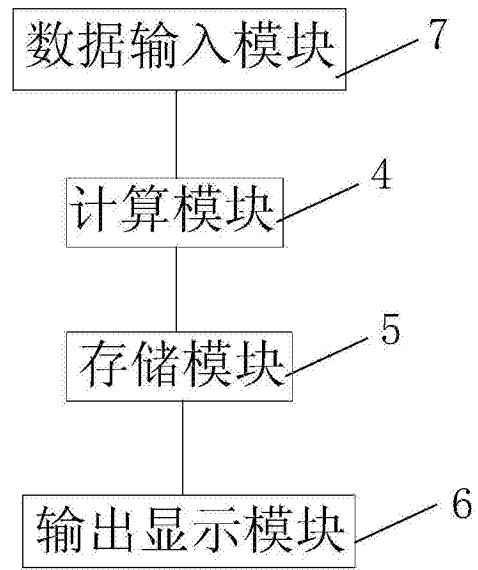


图 5

专利名称(译)	用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法和装置		
公开(公告)号	CN106175839A	公开(公告)日	2016-12-07
申请号	CN201510219036.3	申请日	2015-04-30
[标]申请(专利权)人(译)	烟台鑫丰源电站设备有限公司		
申请(专利权)人(译)	烟台鑫丰源电站设备有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	烟台鑫丰源电站设备有限公司		
[标]发明人	董凯 马殿忠 孙剑 董红斌 田国良 陈会龙 任鹏		
发明人	董凯 马殿忠 孙剑 董红斌 田国良 陈会龙 任鹏		
IPC分类号	A61B8/13		
代理人(译)	尚群		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测方法和装置，该方法包括：坐标变换步骤，对扫描区域内多个采样点的极坐标数据进行坐标变换，得到成像坐标系上对应像素点的每个该采样点的直角坐标数据，并存储该直角坐标数据；对坐标转换后的扫描线进行插值步骤，通过判断待插值点与其周围的采样点的直线位置关系，找到与该待插值点距离最近的四个回波信号采样点，根据该待插值点与该四个回波信号采样点的距离关系，按权重进行插值；以及存储该插值结果。本发明还提供了用于超声相控阵的扇形扫描成像的扫描检测装置，以及该装置的使用方法。

