(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107928705 A
(43)申请公布日 2018.04.20

(21)申请号 201711335458.2

(22)申请日 2017.12.14

(71)申请人 暨南大学
地址 510632 广东省广州市天河区黄埔大道西601号

(72)发明人 陆尧胜 刘高超 覃树城

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有限公司 44245
代理人 陈燕娴

(51)Int.Cl.
A61B 8/00(2006.01)

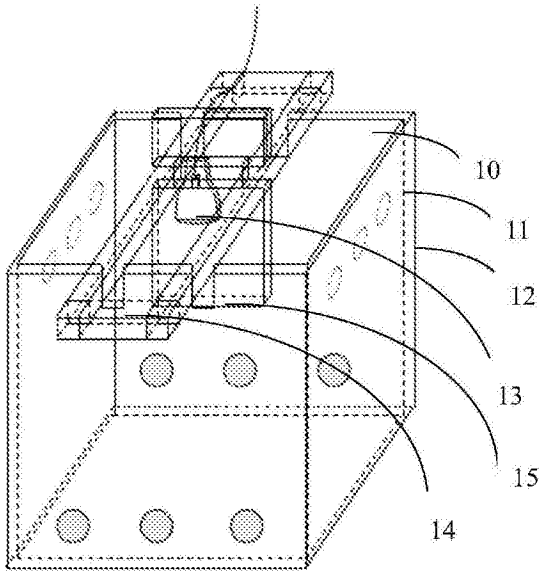
权利要求书3页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置

(57)摘要

本发明公开了一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置，该超声探头标定方法包括以下步骤：1)超声图像采集；2)超声图像预处理，采用自适应阈值方法进行超声图像标记点自动识别排序；3)标定矩阵求解，即求解超声图像坐标系到电磁定位传感器坐标系之间的坐标转换矩阵。该超声探头标定装置包括：电磁定位系统、B超设备、内外两个长方体水槽、超声波吸声棉、7层双N线型尼龙线和超声探头固定支架。本发明提供的标定方法将电磁定位技术与B超图像结合，计算过程全自动化，可适应不同类型的超声探头，装置简便，应用于产科分娩监护领域，可实现胎头位置和胎头方位的精准测量与三维可视化。



CN 107928705 A

1.一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，其特征在于，所述的标定方法包括下列步骤：

S1、超声图像采集，采用电磁定位与B超设备一体化实验平台通过固定于超声探头固定支架的超声探头等间隔拉动采集超声图像，采集时超声探头浸入水面，扫描平面垂直于N线模型，标记点成像遍布整个超声成像区域；

S2、超声图像预处理，对采集的超声图像进行高斯滤波和二值化处理，采用自适应阈值方法遍历所有连通域，直至找到每幅图像所有特征标记点，并求得标记点所在连通域像素坐标平均值(u,v)，记为标记点像素坐标，对标记特征点进行识别排序；

S3、标定矩阵求解，基于SVD方法求解超声图像坐标系到电磁定位传感器坐标系之间的坐标转换矩阵。

2.根据权利要求1所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，其特征在于，所述的步骤S1、超声图像采集具体如下：

搭建用于超声图像采集的电磁定位与B超设备一体化实验平台，通过调用电磁定位系统和B超设备各自的API函数，实现超声图像冻结和电磁定位三维数据获取同步进行，同时实现超声图像增益、对比度、深度、像素坐标显示。

3.根据权利要求1所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，其特征在于，所述的步骤S2、超声图像预处理具体如下：

S201、对于采集到的超声图像，进行高斯平滑滤波和二值化处理；

S202、采用自适应阈值方法遍历所有连通域，直至找到所有特征标记点，并求得标记点所在连通域像素坐标平均值(u,v)，记为标记点像素坐标；

S203、对标记特征点进行横向排序，找出每一层的标记点像素坐标，得到每一层起始标记点像素坐标，根据起始标记点像素坐标进行横向排序，从左至右，顺序递增，直至完成所有标记点的排序标记。

4.根据权利要求1所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，其特征在于，所述的步骤S3、标定矩阵求解具体如下：

S301、建立世界坐标系W(x_w,y_w,z_w,a_w,e_w,r_w)，得到超声探头上定位传感器S的位置坐标s、双N线端点坐标(d_w,e_{w1},f_{w1},e_{w2},f_{w2},g_w)，建立定位传感器坐标系S(x_s,y_s,z_s,a_s,e_s,r_s)，建立超声图像坐标系I(x_i,y_i)；

S302、提取标记点像素坐标和相应的排序位置数，其中所述的标记点像素坐标是N线型斜线与超声平面的交点P的图像坐标值；

S303、计算“N线型”斜线与超声平面的交点P在图像坐标系下的坐标p_i，计算线段比例：

$$\begin{cases} k_1=\dfrac{\|d_{1-2}\|}{\|d_{1-3}\|},k_2=\dfrac{\|d_{3-4}\|}{\|d_{3-5}\|};k_3=\dfrac{\|d_{6-7}\|}{\|d_{6-8}\|},k_4=\dfrac{\|d_{8-9}\|}{\|d_{8-10}\|}; \\ k_5=\dfrac{\|d_{11-12}\|}{\|d_{11-13}\|},k_6=\dfrac{\|d_{13-14}\|}{\|d_{13-15}\|};k_7=\dfrac{\|d_{16-17}\|}{\|d_{16-18}\|},k_8=\dfrac{\|d_{18-19}\|}{\|d_{18-20}\|}; \\ k_9=\dfrac{\|d_{21-22}\|}{\|d_{21-23}\|},k_{10}=\dfrac{\|d_{23-24}\|}{\|d_{23-25}\|};k_{11}=\dfrac{\|d_{26-27}\|}{\|d_{26-28}\|},k_{12}=\dfrac{\|d_{28-29}\|}{\|d_{28-30}\|}; \\ k_{13}=\dfrac{\|d_{31-32}\|}{\|d_{31-33}\|},k_{14}=\dfrac{\|d_{33-34}\|}{\|d_{33-35}\|} \end{cases}$$

S304、由各N线端点坐标(d_w,e_{w1},f_{w1},e_{w2},f_{w2},g_w)计算“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标p_w；

S305、由定位传感器S的位置坐标s计算世界坐标系变换到传感器坐标系S下的坐标转换矩阵$T_{w\to s}$,计算“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标p_w转换到传感器坐标系S下的坐标p_s；

S306、计算“N线型”斜线与超声平面交点P在图像坐标系下的坐标p_i的均值$\overline{P_i}$，计算“N线型”斜线与超声平面交点p在传感器坐标系S下的坐标p_s的均值$\overline{P_s}$，通过$H=(P_i-\overline{P_i})\bullet(P_s-\overline{P_s})'$公式计算奇异值分解矩阵H；

S307、通过[U,S,V]＝svd(H)公式计算正交矩阵U,V；

S308、通过R＝V•U'公式计算图像坐标系到传感器坐标系的旋转矩阵R；

S309、通过T＝P_s-R•P_i公式计算图像坐标系到传感器坐标系的平移矩阵T,得到坐标转换矩阵。

5.根据权利要求4所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法,其特征在于,所述的步骤S301中超声探头上定位传感器S的位置坐标s可直接获取,双N线端点坐标由电磁定位测量传感器直接测量得到。

6.根据权利要求4所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法,其特征在于,所述的步骤S303中“N线型”斜线与超声平面交点P在图像坐标系下的坐标p_i由超声探头由上至下扫描7层双N线型尼龙线,通过自适应阈值方法进行图像二值化和自动识别排序得到,根据扫描深度/440得到单个像素实际距离,计算线段比例k_1-k_{14}。

7.根据权利要求4所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法,其特征在于,所述的步骤S304中“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标p_w由“N线型”斜线与超声平面的交线形成的两个相似三角形求得,N线端点世界坐标系下的坐标由电磁定位测量传感器测量得到,利用相似关系,即可求得7层双N线模型的斜线与超声平面交点P在世界坐标系下的坐标p_w,奇数层与偶数层N线型斜线方向呈X型交错分布,计算公式为:$p_w=e_w+k\times(f_w-e_w)$。

8.根据权利要求4所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法,其特征在于,所述的步骤S305中世界坐标系变换到传感器坐标系S下的坐标转换矩阵$T_{w\to s}$由传感器坐标系到世界坐标系的变换矩阵$T_{w\leftarrow s}$求逆得到,其中$T_{w\leftarrow s}$计算公式为：

$$T_{w\leftarrow s}=\begin{bmatrix}\cos e*\cos a & -\cos r*\sin a+\sin r*\sin e*\cos a & \sin r*\sin a+\cos r*\sin e*\cos a & x_0\\ \cos e*\sin a & \cos r*\cos a+\sin r*\sin e*\sin a & -\sin r*\cos a+\cos r*\sin e*\sin a & y_0\\ -\sin e & \sin r*\cos e & \cos r*\cos e & z_0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}。$$

9.根据权利要求4所述的一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，其特征在于，所述的步骤S306及步骤S307中，采用SVD方法求解方阵U、V，通过旋转矩阵R和平移矩阵T即得标定变换矩阵。

10.一种基于电磁定位技术的超声探头标定装置，其特征在于，所述的标定装置包括：电磁定位系统、B超设备、内外两个无顶长方体水槽、尼龙线和超声探头固定支架；

其中，所述的电磁定位系统包括电磁定位发射器、电磁定位接收传感器、系统主机，所述的电磁定位发射器用于发射电磁定位信号，所述的电磁定位接收传感器用于接收定位数据并传送给所述的系统主机；

所述的B超设备为超声成像模块，负责获取实时的B型超声图像；

所述的内外两个无顶长方体水槽，其中内层水槽两个对立面钻有孔径相同、排布均匀的细孔，外层水槽用于放置内层水槽，内外两个水槽对立面上缘开有两个长方形凹槽，用于放置所述的超声探头固定支架；

所述的尼龙线，通过内层水槽两对立面的细孔及胶合剂由上而下呈等间距依次排布；

所述的标定装置还包括超声探头固定板，将超声探头固定于所述的超声探头固定板后契合进所述的超声探头固定支架，再放置于内外层水槽凹槽之中。

一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置

技术领域

[0001] 本发明涉及医学超声成像与电磁定位、图像处理技术融合技术领域，具体涉及一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置。

背景技术

[0002] 医学超声成像技术具有价格低廉、无电离辐射、实时成像且经皮无创等优点，广泛应用于产科分娩监护领域，可辅助医生进行胎头位置及胎头方位的诊断。传统二维超声技术只能提供胎儿断面的二维图像，临床医生主要是凭借经验在脑中重构出胎头的三维结构，这一过程不仅耗时、效率低，而且带有主观性。随着计算机技术的发展，三维超声图像可以弥补这些缺陷，并提供更多、更详细的位置信息。

[0003] 目前获取三维超声图像主要有3种方法：二维面阵探头、专用一体化探头和自由臂维超声探头。前两者可以直接得到三维体的数据，但只能采集有限范围的数据，而自由臂三维超声的数据采集范围则不受限。自由臂三维超声技术可在探头自由移动时采集数据，当移动探头扫描人体器官时，固定在探头上的位置传感器记录探头的位置信息，所以这些二维图像中每一个像素点都对应三维空间中的一个点。

[0004] 图像位姿的获取可以采用机械、光学或磁场跟踪，机械手定位占有空间大，运动不灵活，光学跟踪容易受到遮挡，而且对光线很敏感，因此更多的是采用磁场跟踪。在超声探头上安装磁定位接收器，可以直接得到接收器相对于发射器坐标系之间的关系，位置传感器受测量器封装方式、超声探头封装方式、固定方式等限制，超声探头坐标系和位置传感器测量器坐标系不重合，两者之间的位置关系很难借助外部设备测量得到。为了得到超声探头坐标系与位置传感器测量器坐标系间的位置关系，必须对超声探头在位置传感器测量器坐标系中的位置进行标定，需要通过进一步标定计算图像与接收器坐标系之间的关系，即得到坐标变换矩阵。

[0005] 传统标定方法分为以下几类：使用单点和交叉线模体的标定方法，使用多点和交叉线模体的标定方法，使用二维模体的标定方法，使用三垂线模体的标定方法，使用面膜体的标定方法，使用多模式配准模体的标定方法。其中最常用的标定模体主要有交叉线模体、三垂线模体、面膜体等。点式模板是通过拟合某点的测量计算位置与实际位置来进行标定，在整个水槽中只有一个目标点，这样的话，每次捕捉到该点的难度比较大；线式和面式模板都是通过比较拟合测量计算两点之间的线段距离和实际距离，来进行标定，线式和面式的方法都是计算点距的方式，需要的点数多，辨别也不容易。

[0006] 广泛应用的方法之一是N线模型方法，这种模型在水箱中设置许多由尼龙线组成的N形目标。当超声平面切过这些N形目标时，每个N形靶线在图像上产生3个亮斑。

[0007] 目前，拾取亮斑的坐标、判别哪些亮斑属于同一组N线等工作，是靠人工完成的，这种人工识别和点选亮斑标志点的方法存在一些问题。首先，识别和确定N线编号要求操作者了解N线模型的设计信息。其次，人工点选超声图像上的亮点坐标带有主观性，会引入随机误差。再次，为获得较好的标定精度，往往需要获得多帧图像上的几十甚至几百个N形目标

点，人工操作耗时较长，这也更增加了发生编号错误的概率。

[0008] 因此，设计一种不依赖复杂的机械装置、计算过程全自动化、标定流程少、通用性强且标定精度高的基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置，对于提升B超在产科领域中的诊断精度有很大必要，是现有技术中亟待解决的问题。

发明内容

[0009] 本发明的目的是为了解决现有技术中的上述缺陷，提供一种不依赖复杂的机械装置、计算过程全自动化、标定流程少、通用性强且标定精度高的基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置。

[0010] 根据公开的实施例，本发明的第一方面公开了一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，该方法包括以下几个步骤：

[0011] S1、超声图像采集，采用电磁定位与B超设备一体化实验平台采集超声图像；

[0012] S2、超声图像预处理，对采集的超声图像进行高斯滤波和二值化处理，采用自适应阈值方法进行超声图像标记点自动识别排序；

[0013] S3、标定矩阵求解，求解超声图像坐标系到电磁定位传感器坐标系之间的坐标转换矩阵；

[0014] 在步骤S1中，用于超声图像采集的电磁定位与B超设备一体化实验平台在VS2012开发平台搭建而成，通过调用电磁定位系统和B超设备各自的API函数，实现超声图像冻结和电磁定位三维数据获取同步进行，同时实现超声图像增益、对比度、深度、像素坐标显示等功能。所述的超声图像采集方法通过固定于超声探头固定支架的超声探头由左至右等间隔拉动采集而实现，超声探头浸入水面，扫描平面垂直于N线模型，标记点成像遍布整个超声成像区域。

[0015] 在步骤S2中，所述的超声图像预处理，包括以下步骤：

[0016] S201、对于采集到的超声图像，进行高斯平滑滤波和二值化处理；

[0017] S202、采用自适应阈值方法遍历所有连通域，直至找到所有特征标记点，并求得标记点所在连通域像素坐标平均值(u,v)，记为标记点像素坐标；

[0018] S203、对标记特征点进行横向排序，找出每一层的标记点像素坐标，得到每一层起始标记点像素坐标，根据起始标记点像素坐标进行横向排序，从左至右，顺序递增，直至完成所有标记点的排序标记。

[0019] 在步骤S3中，所述的标定矩阵求解，包括以下步骤：

[0020] S301、建立世界坐标系$W(x_w,y_w,z_w,a_w,e_w,r_w)$，得到超声探头上定位传感器S的位置坐标s、双N线端点坐标$(d_w,e_{w1},f_{w1},e_{w2},f_{w2},g_w)$，建立定位传感器坐标系$S(x_s,y_s,z_s,a_s,e_s,r_s)$，建立超声图像坐标系$I(x_i,y_i)$；

[0021] S302、提取标记点像素坐标和相应的排序位置数；

[0022] S303、计算“N线型”斜线与超声平面的交点P在图像坐标系下的坐标p_i，计算线段比例：

[0023]
$$\begin{cases} k_1=\dfrac{\|d_{1-2}\|}{\|d_{1-3}\|},k_2=\dfrac{\|d_{3-4}\|}{\|d_{3-5}\|};\ k_3=\dfrac{\|d_{6-7}\|}{\|d_{6-8}\|},k_4=\dfrac{\|d_{8-9}\|}{\|d_{8-10}\|}; \\ k_5=\dfrac{\|d_{11-12}\|}{\|d_{11-13}\|},k_6=\dfrac{\|d_{13-14}\|}{\|d_{13-15}\|};\ k_7=\dfrac{\|d_{16-17}\|}{\|d_{16-18}\|},k_8=\dfrac{\|d_{18-19}\|}{\|d_{18-20}\|}; \\ k_9=\dfrac{\|d_{21-22}\|}{\|d_{21-23}\|},k_{10}=\dfrac{\|d_{23-24}\|}{\|d_{23-25}\|};\ k_{11}=\dfrac{\|d_{26-27}\|}{\|d_{26-28}\|},k_{12}=\dfrac{\|d_{28-29}\|}{\|d_{28-30}\|}; \\ k_{13}=\dfrac{\|d_{31-32}\|}{\|d_{31-33}\|},k_{14}=\dfrac{\|d_{33-34}\|}{\|d_{33-35}\|} \end{cases}$$

[0024] S304、由各N线端点坐标(d_w,e_{w1},f_{w1},e_{w2},f_{w2},g_w)计算“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标p_w;

[0025] S305、由定位传感器S的位置坐标s计算世界坐标系变换到传感器坐标系S下的坐标转换矩阵$T_{w\to s}$,计算“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标p_w转换到传感器坐标系S下的坐标p_s;

[0026] S306、计算“N线型”斜线与超声平面交点P在图像坐标系下的坐标p_i的均值$\overline{P_i}$,计算“N线型”斜线与超声平面交点p在传感器坐标系S下的坐标ps的均值$\overline{P_s}$,通过$H=(P_i-\overline{P_i})\bullet(P_s-\overline{P_s})'$公式计算奇异值分解矩阵H;

[0027] S307、通过[U,S,V]=svd(H)公式计算正交矩阵U,V;

[0028] S308、通过R=V•U'公式计算图像坐标系到传感器坐标系的旋转矩阵R;

[0029] S309、通过$T=P_s-R\bullet P_i$公式计算图像坐标系到传感器坐标系的平移矩阵T,得到坐标转换矩阵。

[0030] 所述的标定矩阵求解,在步骤S301中,超声探头上定位传感器S的位置坐标s可直接获取,双N线端点坐标由电磁定位测量传感器直接测量得到。

[0031] 所述的标定矩阵求解,在步骤S302中,提取标记点像素坐标指的是N线型斜线与超声平面的交点P的图像坐标值。

[0032] 所述的标定矩阵求解,在步骤S303中,“N线型”斜线与超声平面交点P在图像坐标系下的坐标p_i由超声探头由上至下扫描7层双N线型尼龙线,通过自适应阈值方法进行图像二值化和自动识别排序得到,根据扫描深度/440得到单个像素实际距离,计算线段比例k_1-k_{14}。

[0033] 所述的标定矩阵求解,在步骤S304中,“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标p_w由“N线型”斜线与超声平面的交线形成的两个相似三角形求得,N线端点世界坐标系下的坐标由电磁定位测量传感器测量得到,利用相似关系,即可求得7层双N线模型的斜线与超声平面交点P在世界坐标系下的坐标p_w,奇数层与偶数层N线型斜线方向呈X型交错分布,计算公式为:$p_w=e_w+k\times(f_w-e_w)$。

[0034] 所述的标定矩阵求解,在步骤S305中,世界坐标系变换到传感器坐标系S下的坐标转换矩阵$T_{w\to s}$由传感器坐标系到世界坐标系的变换矩阵$T_{w\leftarrow s}$求逆得到,其中$T_{w\leftarrow s}$计算公式为:

[0035] $$T_{w\leftarrow s}=\begin{bmatrix}\cos e*\cos a & -\cos r*\sin a+\sin r*\sin e*\cos a & \sin r*\sin a+\cos r*\sin e*\cos a & x_0\\ \cos e*\sin a & \cos r*\cos a+\sin r*\sin e*\sin a & -\sin r*\cos a+\cos r*\sin e*\sin a & y_0\\ -\sin e & \sin r*\cos e & \cos r*\cos e & z_0\\ 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}$$

[0036] 所述的标定矩阵求解，在步骤S306、步骤S307中，采用SVD方法求解方阵U、V，通过旋转矩阵R和平移矩阵T即得标定变换矩阵。

[0037] 根据公开的实施例，本发明的第二方面公开了一种基于电磁定位技术的超声探头标定装置，所述的标定装置包括：电磁定位系统、B超设备、内外两个无顶长方体水槽、尼龙线和超声探头固定支架，

[0038] 其中，所述的电磁定位系统包括电磁定位发射器、电磁定位接收传感器、系统主机，所述的电磁定位发射器用于发射电磁定位信号，所述的电磁定位接收传感器用于接收定位数据并传送给所述的系统主机；

[0039] 所述的B超设备为超声成像模块，负责获取实时的B型超声图像；

[0040] 所述的内外两个无顶长方体水槽，其中内层水槽两个对立面钻有孔径相同、排布均匀的细孔，外层水槽用于放置内层水槽，内外两个水槽对立面上缘开有两个长方形凹槽，用于放置所述的超声探头固定支架；

[0041] 所述的尼龙线，通过内层水槽两对立面的细孔及胶合剂由上而下呈等间距依次排布。

[0042] 进一步地，所述的超声探头固定支架用于固定超声探头，放置于水槽凹槽之中，可左右拉动。

[0043] 进一步地，所述的标定装置还包括超声探头固定板，将超声探头固定于所述的超声探头固定板后契合进所述的超声探头固定支架，再放置于内外层水槽凹槽之中。

[0044] 进一步地，所述的尼龙线为7层双N线型尼龙线，由4组尼龙线组成，其中1、2层为第一组，3、4层为第二组，5、6层为第三组，第7层为第四组，每层尼龙线由三条平行线和两条斜线共同组成，形成两个N字结构，同组的N线型宽度相同，斜线方向不同，呈X型交错分布，不同组的N线型宽度由上而下依次递增，呈扇形结构分布，采用N字结构与超声扫描平面的交点作为超声图像的标记点。

[0045] 进一步地，所述的标定装置还包括超声波吸声棉，固定在所述内外两个无顶长方体水槽底部。

[0046] 本发明相对于现有技术具有如下的优点及效果：

[0047] 1、本发明标定方法实现了图像标记点的自动识别排序，不需要人为点选标记，去除了人为主观因素带来的误差。

[0048] 2、本发明标定方法计算过程全自动化，不需人为干预，即可得标定结果，计算过程简单、流程较少、高效、精度高。

[0049] 3、本发明标定工具制作简单，装置设计轻巧且精妙，具备一定的设计美感，N线模型层次鲜明，易于识别。

[0050] 4、本发明可适用于不同类型的超声探头，在现有的二维超声设备基础上可得到精确的三维位置，应用于产科领域，可实现胎头位置和胎头方位的精准测量。

附图说明

[0051] 图1是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的整体外观图；

[0052] 图2是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的内层水槽立体外观图；

[0053] 图3是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的外层水槽立体外观图；

[0054] 图4是基于电磁定位技术的超声探头立体外观图；

[0055] 图5(a)是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的超声探头固定支架的立体外观图；

[0056] 图5(b)是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的超声探头固定板的立体外观图；

[0057] 图6(a)是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的内层7层双N线型尼龙线的立体外观图；

[0058] 图6(b)是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的内层7层双N线型尼龙线扫描标记图；

[0059] 图7是基于电磁定位技术的超声探头标定装置的扫描场景图；

[0060] 图8是基于电磁定位技术的超声探头标定坐标转换关系示意图；

[0061] 图9是基于电磁定位技术的超声探头标定方法的流程示意图；

[0062] 图10是基于电磁定位技术的超声探头标定方法的超声图像预处理流程示意图。

具体实施方式

[0063] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0064] 实施例一

[0065] 本发明提供一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法，如图9所示，包括以下步骤：

[0066] S1、超声图像采集。通过电磁定位与B超设备一体化实验平台进行超声图像的采集，所述的超声图像采集方法通过固定于超声探头固定支架的超声探头由左至右等间隔拉动采集而实现，每次采集间隔为0.5cm，共采集45幅有效的超声图像，采集时超声探头浸入水面，扫描平面垂直于N线模型，标记点成像遍布整个超声成像区域。

[0067] S2、超声图像预处理。45幅超声图像，7层双N线，每幅图像共35个特征标记点。对采集的45幅超声图像进行高斯平滑滤波和二值化处理，采用自适应阈值方法遍历所有连通域，直至找到每幅图像所有特征标记点，并求得标记点所在连通域像素坐标平均值(u,v)，记为标记点像素坐标，对标记特征点进行横向排序，找出每一层的标记点像素坐标，得到每一层起始标记点像素坐标，根据起始标记点像素坐标进行横向排序，从左至右，顺序递增，直至完成所有标记点的排序标记。

[0068] S3、标定矩阵求解。采用基于SVD方法，计算标定数据的变换矩阵。定义电磁定位发射器坐标系为W、电磁定位接收器坐标系为S、超声图像坐标系为I，则电磁定位发射器坐标

系到电磁定位接收器坐标系之间的变换为第一变换矩阵T_{ws}、超声图像坐标系到电磁定位接收器坐标系之间的变换为第二变换矩阵T_{si}，根据超声图像标记点像素坐标、超声图像标记点三维坐标、第一变换矩阵T_{ws}，计算超声图像上的点到电磁定位接收器坐标系之间的第二变换矩阵T_{si}，其中，第二变换矩阵T_{si}采用SVD方法求解。

[0069] 上述实施方式中，超声图像预处理步骤中根据N线模型排布规则，提取出N线斜线标记点在图像坐标系下的坐标，如图10所示，包括以下子步骤：

[0070] T21、遍历超声图像所有连通域，自适应二值化阈值范围为(0.3,1)，步长为0.003，直至找到所有标记点。

[0071] T22、超声图像图像标记点排序采用横向排序方法，如图6(a)、6(b)所示，采用各个N线与超声平面的交点作为标记点，每幅图像共计35个标记点。奇数层N线斜线与偶数层N线斜线方向呈X型相交。其中第一层N线标记点排序数为1-5，第二层N线标记点排序数为6-10，第三层N线标记点排序数为11-15，第四层N线标记点排序数为16-20，第五层N线标记点排序数为21-25，第六层N线标记点排序数为26-30，第七层N线标记点排序数为31-35。至此，完成所有标记点的识别排序。

[0072] T23，根据排序位置数，提取出N线斜线标记点像素坐标。

[0073] 上述实施方式中，标定矩阵求解步骤中，计算超声图像中各个标记点在W坐标下的坐标，采用各个标记点与N线之间的线性约束关系，如图6(b)所示，计算包括以下步骤：

[0074] T31、采用电磁定位测量传感器测量每个N线的端点坐标，即为端点坐标在世界坐标系W下的坐标。

[0075] T32、计算线段比例k_1-k_{14}，计算公式如下：

[0076]
$$\begin{cases} k_1=\dfrac{\|d_{1-2}\|}{\|d_{1-3}\|}, k_2=\dfrac{\|d_{3-4}\|}{\|d_{3-5}\|}; k_3=\dfrac{\|d_{6-7}\|}{\|d_{6-8}\|}, k_4=\dfrac{\|d_{8-9}\|}{\|d_{8-10}\|}; \\ k_5=\dfrac{\|d_{11-12}\|}{\|d_{11-13}\|}, k_6=\dfrac{\|d_{13-14}\|}{\|d_{13-15}\|}; k_7=\dfrac{\|d_{16-17}\|}{\|d_{16-18}\|}, k_8=\dfrac{\|d_{18-19}\|}{\|d_{18-20}\|}; \\ k_9=\dfrac{\|d_{21-22}\|}{\|d_{21-23}\|}, k_{10}=\dfrac{\|d_{23-24}\|}{\|d_{23-25}\|}; k_{11}=\dfrac{\|d_{26-27}\|}{\|d_{26-28}\|}, k_{12}=\dfrac{\|d_{28-29}\|}{\|d_{28-30}\|}; \\ k_{13}=\dfrac{\|d_{31-32}\|}{\|d_{31-33}\|}, k_{14}=\dfrac{\|d_{33-34}\|}{\|d_{33-35}\|} \end{cases}$$

[0077] 其中，d_{i-j}表示标记点i与标记点j的像素坐标距离。

[0078] T33、根据N字结构尼龙线与超声平面交线形成的相似三角形，如图6(b)，对于奇数层尼龙线，如第一层尼龙线，$\Delta 1E_{11}2$与$\Delta 3F_{11}2$相似，则标记点2的三维坐标可根据端点坐标E_{11}和F_{11}求得，计算公式为：$P2=PE_{11}+k_1(PF_{11}-PE_{11})$；对于偶数层尼龙线，如第二层尼龙线，$\Delta 6E_{21}7$与$\Delta 9F_{21}8$相似，则标记点7的三维坐标可根据端点坐标$E_{21}$和$F_{21}$求得，计算公式为$P7=PE_{21}+k_3(PF_{11}-PE_{11})$。由此，计算出所有N线斜线的三维坐标值。

[0079] T34、由定位传感器S的位置坐标s计算世界坐标系变换到传感器坐标系S下的坐标转换矩阵T_{ws}，计算“N线型”斜线与超声平面交点P在世界坐标系W下的坐标P_w转换到传感器坐标系S下的坐标P_s。

[0080] T35、如图8所示，根据N线斜线传感器坐标系S下的坐标P_s和N线斜线图像坐标系I下的坐标P_i构成点集对(P_s-P_i)，采用SVD方法求解标定矩阵，计算公式如下：

[0081] $R=V\cdot U'$，$T=P_s-R\cdot P_i$；

[0082] T36、通过旋转矩阵R、平移矩阵T即得到图像坐标系对应的世界坐标系下的坐标，由此，即得标定结果。

[0083] 实施例二

[0084] 在实施例一公开的基于电磁定位技术的超声探头标定方法的基础上，本实施例提供一种基于电磁定位技术的超声探头标定装置。

[0085] 如图1至图5所示，本发明提供一种基于电磁定位技术的超声探头标定装置，其为一体化装置10，用于采集超声图像，其中，内层水槽11放置于外层水槽之中，上方凹槽与左右两面固定孔位置吻合，超声探头固定支架放置于水槽凹槽之上。

[0086] 内层水槽11，其前后两个对立面钻有20*24个直径为1.5mm的细孔，用于搭建7层双N线模型。前后两个面下方开有六个直径为1cm的定位孔，用于固定超声波吸声棉。左右两个面上方开有六个直径为1cm的固定孔，用于固定内层水槽，防止松动。前后两个面上方开有四个凹槽，用于放置超声探头固定支架14。

[0087] 外层水槽12，其前后两个面的凹槽与左右两个面的固定孔规格均与内层水槽一致。

[0088] 基于电磁定位技术的超声探头13，电磁定位传感器通过胶合剂固定于超声探头表面。

[0089] 超声探头固定支架14以及超声探头固定板15，将超声探头固定于超声探头固定板后契合进超声探头固定支架，再放置于内外层水槽凹槽之中。

[0090] 如图6(a)所示，7层双N线型尼龙线，由上而下，依次排布，其中奇数层间N线排布规则一致，偶数层N线排布规则一致。每两层变换N线型宽度，依次递增。通过内层水槽的细孔固定于内层水槽之中。

[0091] 如图7所示，N线模型扫描场景图，采用一体化装置采集扫描N线模型，超声平面与各层N线相交，每层5个标记点，共计35个标记点，扫描范围遍布整个超声成像平面。

[0092] 上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

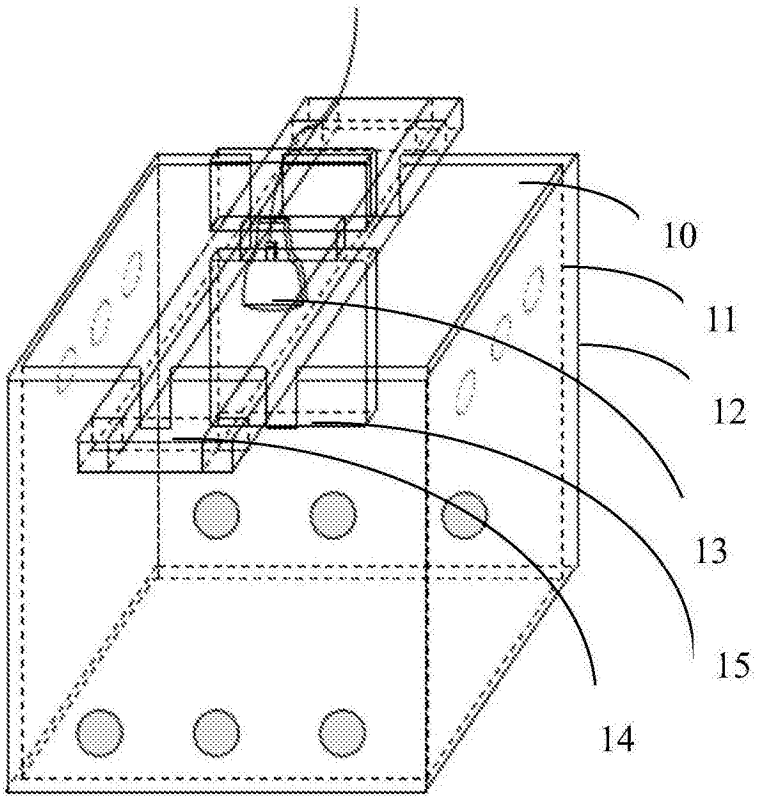


图1

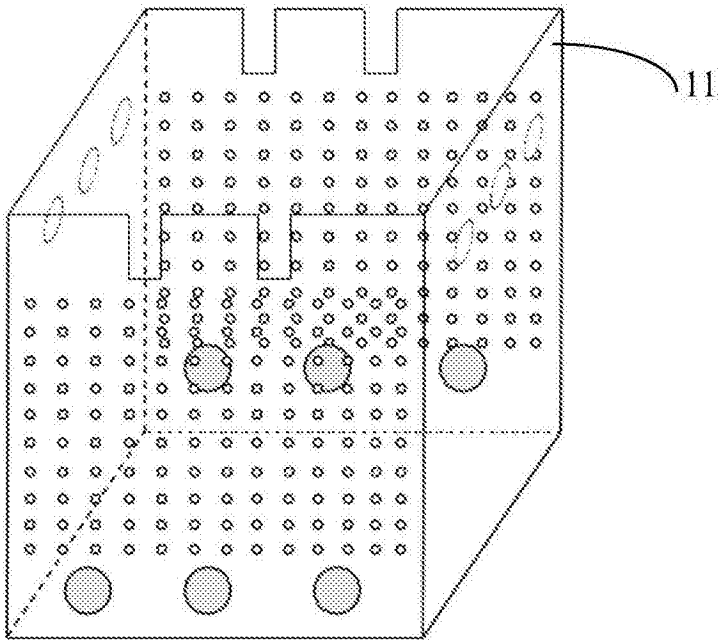


图2

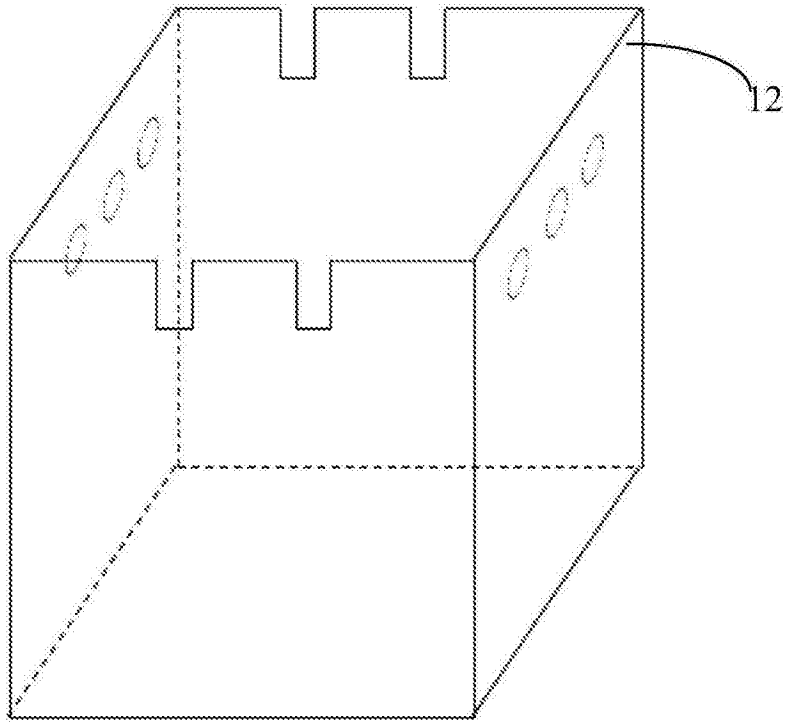


图3

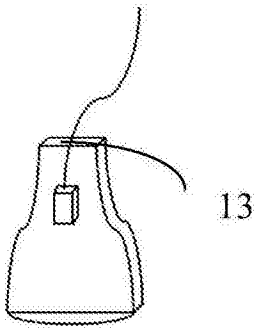


图4

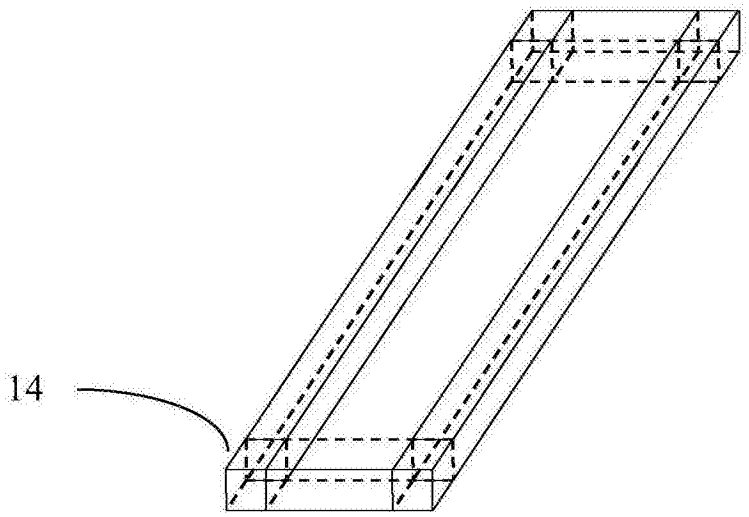


图5(a)

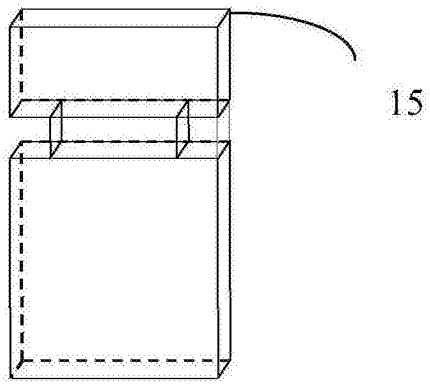


图5(b)

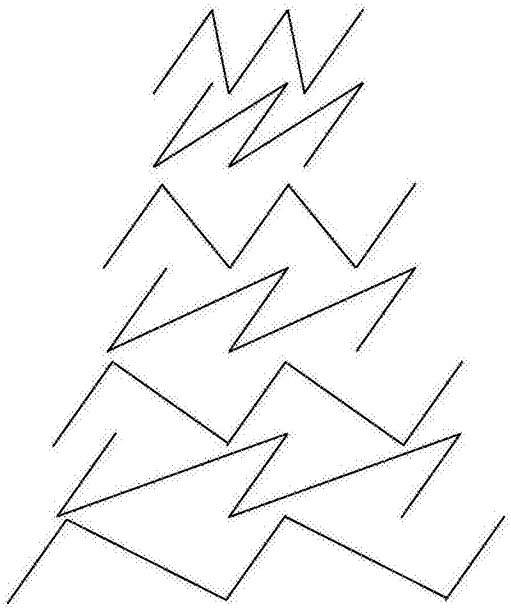


图6 (a)

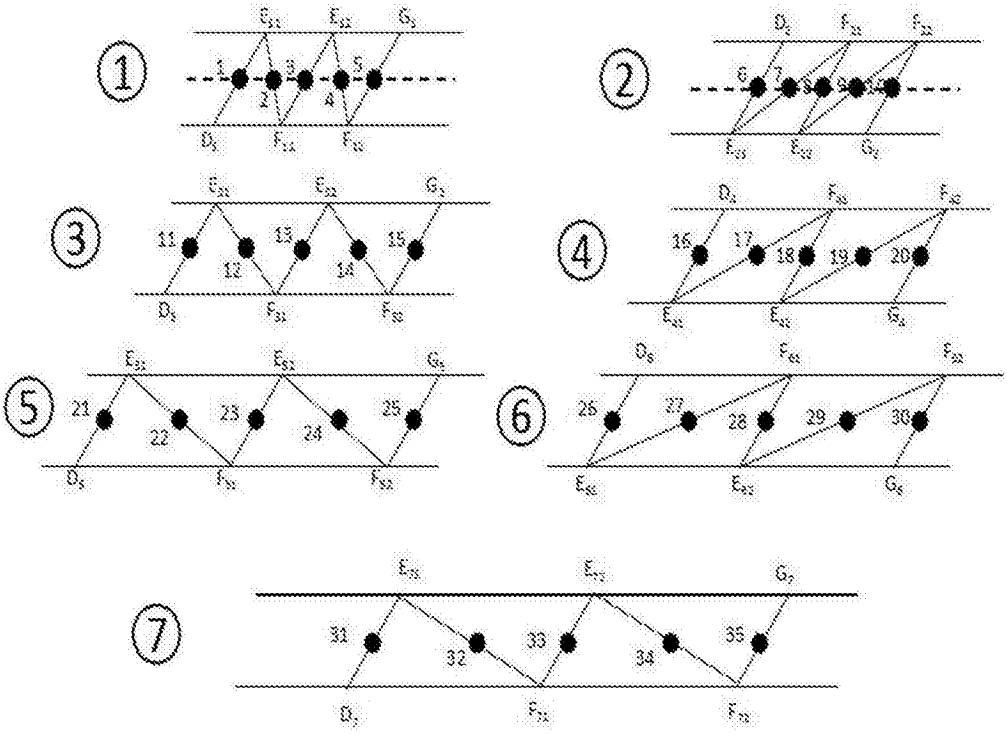

1
2
3
4
5
6
7
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35

图6 (b)

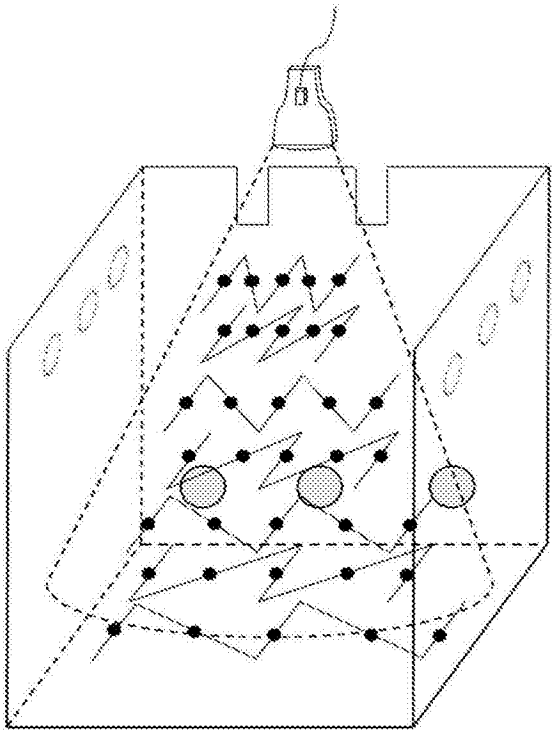


图7

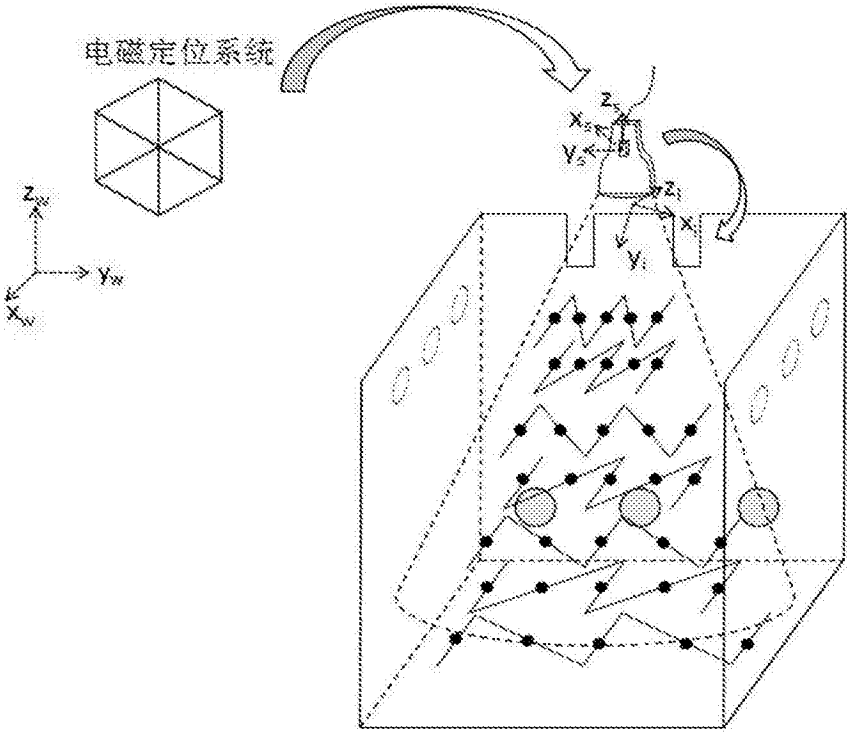


图8

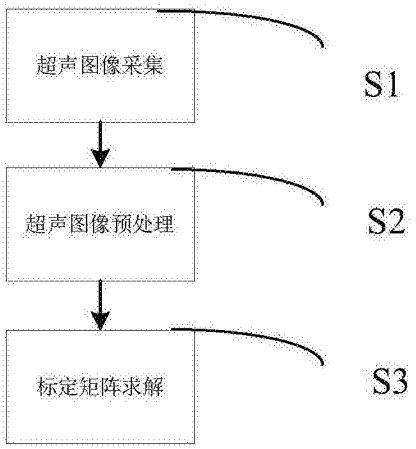


图9

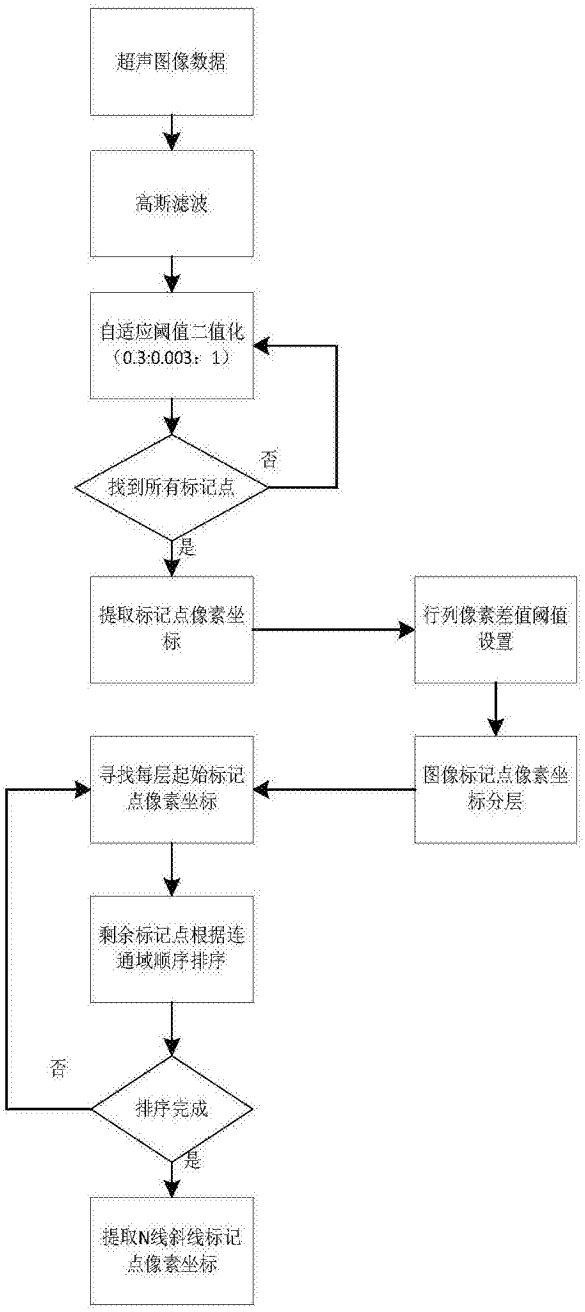
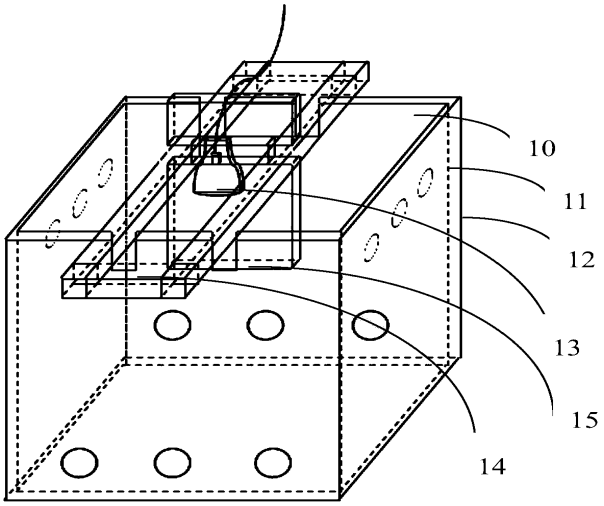

超声图像数据
高斯滤波
自适应阈值二值化（0.3:0.003：1）
找到所有标记点
否
是
提取标记点像素坐标
行列像素差值阈值设置
图像标记点像素坐标分层
寻找每层起始标记点像素坐标
剩余标记点根据连通域顺序排序
排序完成
否
是
提取N线斜线标记点像素坐标

图10

专利名称(译)	一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置		
公开(公告)号	CN107928705A	公开(公告)日	2018-04-20
申请号	CN201711335458.2	申请日	2017-12-14
[标]申请(专利权)人(译)	暨南大学		
申请(专利权)人(译)	暨南大学		
当前申请(专利权)人(译)	暨南大学		
[标]发明人	陆尧胜 刘高超 覃树城		
发明人	陆尧胜 刘高超 覃树城		
IPC分类号	A61B8/00		
CPC分类号	A61B8/5215 A61B8/52		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种基于电磁定位技术的超声探头标定方法与标定装置，该超声探头标定方法包括以下步骤：1)超声图像采集；2)超声图像预处理，采用自适应阈值方法进行超声图像标记点自动识别排序；3)标定矩阵求解，即求解超声图像坐标系到电磁定位传感器坐标系之间的坐标转换矩阵。该超声探头标定装置包括：电磁定位系统、B超设备、内外两个长方体水槽、超声波吸声棉、7层双N线型尼龙线和超声探头固定支架。本发明提供的标定方法将电磁定位技术与B超图像结合，计算过程全自动化，可适应不同类型的超声探头，装置简便，应用于产科分娩监护领域，可实现胎头位置和胎头方位的精准测量与三维可视化。