



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106510760 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(21)申请号 201611092398.1

(22)申请日 2016.11.29

(71)申请人 苏州国科康成医疗科技有限公司

地址 215163 江苏省苏州市高新区科灵路  
78号苏高新软件园

(72)发明人 胡翼苏 戴亚康 佟宝同 赵凌霄

(74)专利代理机构 北京远大卓悦知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11369

代理人 韩飞

(51)Int.Cl.

A61B 8/00(2006.01)

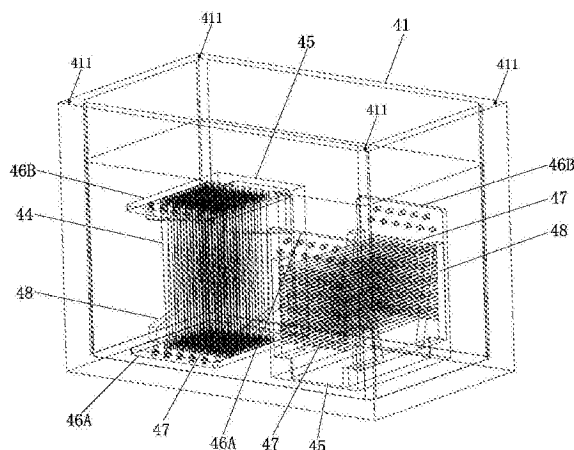
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

### (54)发明名称

基于双截面超声探头的标定系统及标定方法

### (57)摘要

本发明公开一种基于双截面超声探头的标定系统,其包括:磁定位仪发射器;具有两个超声波截面的双截面超声探头上固定有磁定位仪接收器;标定仿体包括水箱以及设于水箱内的第一标定组件和第二标定组件;磁定位仪探笔;第一标定组件和第二标定组件分别设有丝线组;两个丝线组供两个超声波截面分别对应切割;水箱内水的高度分别高于第一标定组件以及第二标定组件的高度。本发明设有针对双截面探头的标定仿体,依据标定仿体上交点之间的线性约束关系和基于最小二乘法的迭代优化来求解超声图像的坐标系到磁定位仪接收器的坐标系之间的变换矩阵,有利于更高效地完成双截面探头超声标定的数据采集以及超声标定变换矩阵的精确求解。



1. 一种基于双截面超声探头的标定系统,其特征在于,包括:

磁定位仪发射器,其用于发射电磁定位信号;

双截面超声探头,其具有两个超声波截面,所述双截面超声探头上固定有磁定位仪接收器;所述磁定位仪接收器接收所述电磁定位信号以确定所述两个超声波截面的空间位置;

标定仿体,其包括水箱以及设于所述水箱内的第一标定组件和第二标定组件;以及,

磁定位仪探笔,其通信连接到所述磁定位仪发射器以测量所述标定仿体相对于所述磁定位仪发射器的空间坐标;

其中,所述第一标定组件和所述第二标定组件分别设有丝线组;两个丝线组供所述双截面超声探头的所述两个超声波截面对应切割;

所述水箱内水的高度分别高于所述第一标定组件的高度以及所述第二标定组件的高度。

2. 如权利要求1所述的基于双截面超声探头的标定系统,其特征在于,所述第一标定组件和所述第二标定组件还分别包括:底座以及玻璃板组件,所述玻璃板组件包括平行架设于所述底座同侧的第一玻璃板与第二玻璃板;所述丝线组的丝线沿所述底座的垂直方向均匀缠绕于所述第一玻璃板和所述第二玻璃板之间呈N型。

3. 如权利要求1所述的基于双截面超声探头的标定系统,其特征在于,所述第一玻璃板和所述第二玻璃板对应位置分别设有棋型排列的若干个通孔;所述丝线组的丝线沿所述底座的垂直方向交替贯穿所述第一玻璃板和所述第二玻璃板上的所述通孔。

4. 如权利要求3所述的基于双截面超声探头的标定系统,其特征在于,所述水箱顶部设有定位凹槽,四个所述定位凹槽均匀分布于所述水箱顶部的四角。

5. 如权利要求2所述的基于双截面超声探头的标定系统,其特征在于,所述第一玻璃板和所述第二玻璃板的相对侧两边分别包括架设于所述底座上的加强块;所述丝线组的丝线均匀缠绕于所述第一玻璃板、所述第二玻璃板以及两个所述加强块之间形成的空间内。

6. 一种如权利要求1-5中任一项所述的基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,其特征在于,包括以下步骤:

标定数据的采集:测量四个所述定位凹槽作为标记点分别相对于所述磁定位仪发射器的空间坐标;采集所述两个超声波截面分别与N线切割形成具有多交点的超声图像以及对应的所述磁定位仪接收器坐标读数;

标定数据的预处理:根据四个所述标记点的空间坐标,计算所述超声图像中各个交点在所述磁定位仪发射器坐标系下的交点坐标;

采用基于最小二乘法的迭代优化方法,计算标定数据的变换矩阵:定义所述磁定位仪发射器坐标系为W、所述磁定位仪接收器坐标系为S、所述超声图像的坐标系为U,则所述超声图像的点矩阵为 $u$ 、所述磁定位仪接收器的坐标系到所述磁定位仪发射器的坐标系之间的变换为第一变换矩阵 $T_{ws}$ 、所述超声图像的坐标系到所述磁定位仪接收器的坐标系之间的变换为第二变换矩阵 $T_{su}$ ,根据所述点矩阵 $u$ 、所述第一变换矩阵 $T_{ws}$ 以及所述第二变换矩阵 $T_{su}$ ,计算所述超声图像上的点到所述磁定位仪发射器坐标系之间的第三变换矩阵 $w$ ,则

$$w^{(k)}(i, j) = T_{ws}^{(k)}(i, j) T_{su}^{(k)}(i, j);$$

其中,所述第二变换矩阵 $T_{su}$ 采用基于最小二乘法的迭代优化求解。

7.如权利要求6所述的基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,其特征在于,计算所述超声图像中各个交点在W坐标系下的坐标,采用各个交点与N线之间的线性约束关系,包括以下步骤:

人工标记出各个交点位置在U坐标系下的坐标,设待求交点为 $V_8$ 、与交点 $V_8$ 相邻的两个标记点为 $V_7$ 和 $V_9$ 、与交点 $V_8$ 在N线前后相邻的四个相邻通孔点为 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 以及 $V_4$ 、与四个相邻通孔点向外延伸形成两个三角形的三角形顶点 $V_5$ 和 $V_6$ ;

根据向外延伸形成的两个三角形相似,求 $V_5$ 和 $V_6$ :  $\overrightarrow{V_5V_4} = \overrightarrow{V_3V_4} + \overrightarrow{V_1}$ ;  $\overrightarrow{V_6} = \overrightarrow{V_1V_3} + \overrightarrow{V_3}$ ;

根据 $V_5$ 、 $V_6$ 、 $V_7$ 与 $V_8$ 的线段长度 $|\overrightarrow{V_7V_8}|$ 、 $V_7$ 与 $V_9$ 的线段长度 $|\overrightarrow{V_7V_9}|$ 计算 $V_8$ ,则

$$\mathbf{V}_8 = \mathbf{V}_6 + \overrightarrow{V_6V_5} \frac{|\overrightarrow{V_6V_5}| |\overrightarrow{V_7V_8}|}{|\overrightarrow{V_7V_9}|}。$$

8.如权利要求6或7所述的基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,其特征在于,所述基于最小二乘法的迭代优化求解所述第二变换矩阵 $T_{su}$ ,包括以下步骤:

根据 $\mathbf{w}^{(k)}(i,j) = \mathbf{T}_{ws}^{(k)}(i,j) \mathbf{T}_{su} \mathbf{u}^{(k)}(i,j)$ ,使用最小二乘法求解初始变换矩阵 $T_{su}$ ;

将所有U坐标系点 $u$ 变换到S坐标系下为点 $s$ ;

更新 $s$ 数据点,得到一组新的点 $s'$ ;

将 $s'$ 变换到U坐标系中得到新的一组点 $u'$ :  $\mathbf{u}' = \mathbf{T}_{su}^{-1} \mathbf{s}'$ ;

根据 $s'$ 和 $u'$ ,计算W坐标系下更新的标记点位置 $w'$ ;

根据 $w' = T_{ws} T_{su} u'$ ,采用最小二乘法求解 $T_{su}$ ;

判断 $T_{su}$ 是否满足收敛阈值:符合,输出 $T_{su}$ ;不符合,返回至将所有U坐标系点 $u$ 变换到S坐标系下为点 $s$ 的步骤,继续执行。

9.如权利要求8所述的基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,其特征在于,更新 $s$ 数据点,得到一组新的点 $s'$ ,包括以下步骤:

对于每一个 $k$ 序号的数据点,对每一行数据点拟合直线 $l_{row}^{(k)}(i)$ 并得到该直线的单位方向向量 $\mathbf{e}_{row}^{(k)}(i)$ ,对每一列数据点拟合直线 $l_{col}^{(k)}(j)$ 并得到该直线的单位方向向量 $\mathbf{e}_{col}^{(k)}(j)$ ,并对所有所述行单位向量和所述列单位向量做平均,输出平均行单位向量为 $\mathbf{e}_{row}^{(k)} = (\sum_i \mathbf{e}_{row}^{(k)}(i)) / I$ ;

平均列单位向量为 $\mathbf{e}_{col}^{(k)} = (\sum_j \mathbf{e}_{col}^{(k)}(j)) / J$ ;

根据所述平均行单位向量和所述平均列单位向量,分别求相邻两点距离,则:

$$d_{row}^{(k)}(i,j) = |s^{(k)}(i,j) - s^{(k)}(i+1,j)|, i=1 \cdots I-1, j=1 \cdots J,$$

$$d_{col}^{(k)}(i,j) = |s^{(k)}(i,j) - s^{(k)}(i,j+1)|, i=1 \cdots I, j=1 \cdots J-1;$$

求相邻行之间的距离 $d_{row}^{(k)}(i)$ 和相邻列之间的距离 $d_{col}^{(k)}(j)$ ,则,

$$d_{row}^{(k)}(i) = (\sum_j d_{row}^{(k)}(i,j)) / J, i=1 \cdots I-1, \quad d_{col}^{(k)}(j) = (\sum_i d_{col}^{(k)}(i,j)) / I, j=1 \cdots J-1;$$

从每一点 $s$ 出发,根据所述行单位向量、所述列单位向量以及相邻行列之间的距离计算其他位置的点坐标,并对所有位置的点坐标做平均,得到一组新的点 $s'$ 。

## 基于双截面超声探头的标定系统及标定方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械技术领域,更具体地说,本发明涉及一种基于双截面超声探头的标定系统及标定方法。

### 背景技术

[0002] 医学图像的三维可视化可以帮助医生更好地理解组织器官间的相对位置关系,在临床诊断、手术规划及导航方面有非常大的应用前景。平行扫描的CT和磁共振图像可以方便的进行三维重建,而传统的二维超声图像需借助其他手段转换到三维空间中。如电磁定位装置,即通过在超声探头上绑定定位接收器,二维超声图像中的像素点可变换到三维空间中,则超声图像坐标系到磁定位接收器坐标系的空间变换关系着三维重建的准确性。

[0003] 现有技术中,超声标定仿体仅针对普通超声探头;同时由于超声图像本身的成像误差及散射等成像伪影,使得在超声图像上准确识别标定仿体成像标记点的精确位置比较困难,进而造成变换矩阵求解的不准确。

### 发明内容

[0004] 针对上述技术中存在的不足之处,本发明提供一种标定系统,设有针对双截面探头的标定仿体,有利于更高效地完成双截面探头超声标定的数据采集以及超声标定变换矩阵的精确求解。

[0005] 本发明还提供一种基于双截面超声探头的标定仿体系统的标定方法,采用标定仿体上的交点之间的线性约束关系和基于最小二乘法的迭代优化来求解超声图像的坐标系到磁定位仪接收器的坐标系之间的变换矩阵,有利于降低超声成像误差引起的人工选点以及点坐标的误差,提高变换矩阵求解的准确性和稳定性。

[0006] 为了实现根据本发明的这些目的和其它优点,本发明通过以下技术方案实现:

[0007] 本发明提供一种基于双截面超声探头的标定系统,包括:磁定位仪发射器,其用于发射电磁定位信号;双截面超声探头,其具有两个超声波截面,所述双截面超声探头上固定有磁定位仪接收器;所述磁定位仪接收器接收所述电磁定位信号以确定所述两个超声波截面的空间位置;标定仿体,其包括水箱以及设于所述水箱内的第一标定组件和第二标定组件;以及,磁定位仪探笔,其通信连接到所述磁定位仪发射器以测量所述标定仿体相对于所述磁定位仪发射器的空间坐标;其中,所述第一标定组件和所述第二标定组件分别设有丝线组;两个丝线组供所述双截面超声探头的所述两个超声波截面对应切割;

[0008] 所述水箱内水的高度分别高于所述第一标定组件的高度以及所述第二标定组件的高度。

[0009] 优选的是,所述第一标定组件和所述第二标定组件还分别包括:底座以及玻璃板组件,所述玻璃板组件包括平行架设于所述底座同侧的第一玻璃板与第二玻璃板;所述丝线组的丝线沿所述底座的垂直方向均匀缠绕于所述第一玻璃板和所述第二玻璃板之间呈N型。

[0010] 优选的是,所述第一玻璃板和所述第二玻璃板对应位置分别设有模型排列的若干个通孔;所述丝线组的丝线沿所述底座的垂直方向交替贯穿所述第一玻璃板和所述第二玻璃板上的所述通孔。

[0011] 优选的是,所述水箱顶部设有定位凹槽,四个所述定位凹槽均匀分布于所述水箱顶部的四角。

[0012] 优选的是,所述第一玻璃板和所述第二玻璃板的相对侧两边分别包括架设于所述底座上的加强块;所述丝线组的丝线均匀缠绕于所述第一玻璃板、所述第二玻璃板以及两个所述加强块之间形成的空间内。

[0013] 一种基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,包括以下步骤:

[0014] 标定数据的采集:测量四个所述定位凹槽作为标记点分别相对于所述磁定位仪发射器的空间坐标;采集所述两个超声波截面分别与N线切割形成具有多交点的超声图像以及对应的所述磁定位仪接收器坐标读数;

[0015] 标定数据的预处理:根据四个所述标记点的空间坐标,计算所述超声图像中各个交点在所述磁定位仪发射器坐标系下的交点坐标;

[0016] 采用基于最小二乘法的迭代优化方法,计算标定数据的变换矩阵:定义所述磁定位仪发射器坐标系为W、所述磁定位仪接收器坐标系为S、所述超声图像的坐标系为U,则所述超声图像的点矩阵为 $u$ 、所述磁定位仪接收器的坐标系到所述磁定位仪发射器的坐标系之间的变换为第一变换矩阵 $T_{ws}$ 、所述超声图像的坐标系到所述磁定位仪接收器的坐标系之间的变换为第二变换矩阵 $T_{su}$ ,根据所述点矩阵 $u$ 、所述第一变换矩阵 $T_{ws}$ 以及所述第二变换矩阵 $T_{su}$ ,计算所述超声图像上的点到所述磁定位仪发射器坐标系之间的第三变换矩阵 $w$ ,则

$$w^{(k)}(i, j) = T_{ws}^{(k)}(i, j) T_{su}^{(k)}(i, j);$$

[0017] 其中,所述第二变换矩阵 $T_{su}$ 采用基于最小二乘法的迭代优化求解。

[0018] 优选的是,计算所述超声图像中各个交点在W坐标系下的坐标,采用各个交点与N线之间的线性约束关系,包括以下步骤:

[0019] 人工标记出各个交点位置在U坐标系下的坐标,设待求交点为 $V_8$ 、与交点 $V_8$ 相邻的两个标记点为 $V_7$ 和 $V_9$ 、与交点 $V_8$ 在N线前后相邻的四个相邻通孔点为 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 以及 $V_4$ 、与四个相邻通孔点向外延伸形成两个三角形的三角形顶点 $V_5$ 和 $V_6$ ;

[0020] 根据向外延伸形成的两个三角形相似,求 $V_5$ 和 $V_6$ :  $V_5 = \overrightarrow{V_3V_4} + V_1$ ;  $V_6 = \overrightarrow{V_1V_3} + V_3$ ;

[0021] 根据 $V_5$ 、 $V_6$ 、 $V_7$ 与 $V_8$ 的线段长度 $|\overrightarrow{V_7V_8}|$ 、 $V_7$ 与 $V_9$ 的线段长度 $|\overrightarrow{V_7V_9}|$ 计算 $V_8$ ,则

$$V_8 = V_6 + \overrightarrow{V_6V_5} \frac{|\overrightarrow{V_6V_5}| |\overrightarrow{V_7V_8}|}{|\overrightarrow{V_7V_9}|}。$$

[0022] 优选的是,所述基于最小二乘法的迭代优化求解所述第二变换矩阵 $T_{su}$ ,包括以下步骤:

[0023] 根据 $w^{(k)}(i, j) = T_{ws}^{(k)}(i, j) T_{su}^{(k)}(i, j)$ ,使用最小二乘法求解初始变换矩阵 $T_{su}$ ;

[0024] 将所有U坐标系点 $u$ 变换到S坐标系下为点 $s$ ;

[0025] 更新 $s$ 数据点,得到一组新的点 $s'$ ;

[0026] 将 $s'$ 变换到U坐标系中得到新的一组点 $u'$ :  $u' = T_{su}^{-1} s'$ ;

[0027] 根据 $s'$ 和 $u'$ ,计算W坐标系下更新的标记点位置 $w'$ ;

[0028] 根据 $w' = T_{ws}T_{su}u'$ ,采用最小二乘法求解 $T_{su}$ ;

[0029] 判断 $T_{su}$ 是否满足收敛阈值:符合,输出 $T_{su}$ ;不符合,返回至将所有U坐标系点 $u$ 变换到S坐标系下为点 $s$ 的步骤,继续执行。

[0030] 优选的是,更新 $s$ 数据点,得到一组新的点 $s'$ ,包括以下步骤:

[0031] 对于每一个 $k$ 序号的数据点,对每一行数据点拟合直线 $l_{row}^{(k)}(i)$ 并得到该直线的单位方向向量 $e_{row}^{(k)}(i)$ ,对每一列数据点拟合直线 $l_{col}^{(k)}(j)$ 并得到该直线的单位方向向量 $e_{col}^{(k)}(j)$ ,并对所有所述行单位向量和所述列单位向量做平均,输出平均行单位向量为 $e_{row}^{(k)} = (\sum_i e_{row}^{(k)}(i)) / I$ ;

平均列单位向量为 $e_{col}^{(k)} = (\sum_j e_{col}^{(k)}(j)) / J$ ;

[0032] 根据所述平均行单位向量和所述平均列单位向量,分别求相邻两点距离,则:

$$d_{row}^{(k)}(i, j) = |s^{(k)}(i, j) - s^{(k)}(i+1, j)|, i=1 \cdots I-1, j=1 \cdots J,$$

$$d_{col}^{(k)}(i, j) = |s^{(k)}(i, j) - s^{(k)}(i, j+1)|, i=1 \cdots I, j=1 \cdots J-1;$$

[0034] 求相邻行之间的距离 $d_{row}^{(k)}(i)$ 和相邻列之间的距离 $d_{col}^{(k)}(j)$ ,则,

$$d_{row}^{(k)}(i) = (\sum_j d_{row}^{(k)}(i, j)) / J, i=1 \cdots I-1, \quad d_{col}^{(k)}(j) = (\sum_i d_{col}^{(k)}(i, j)) / I, j=1 \cdots J-1;$$

[0036] 从每一点 $s$ 出发,根据所述行单位向量、所述列单位向量以及相邻行列之间的距离计算其他位置的点坐标,并对所有位置的点坐标做平均,得到一组新的点 $s'$ 。

[0037] 本发明至少包括以下有益效果:

[0038] 1) 本发明提供的基于双截面超声探头的标定系统,通过第一标定组件和第二标定组件的两个丝线组供两个超声波截面对应切割,有利于更高效地完成双截面探头超声标定数据的采集以及超声标定变换矩阵的精确求解;

[0039] 2) 丝线组的丝线沿底座的垂直方向交替贯穿第一玻璃板和第二玻璃板上的通孔,以均匀缠绕于第一玻璃板和第二玻璃板之间呈N型,便于超声图像上交点的线性、量化计算;

[0040] 3) 水箱顶部设有定位凹槽,四个定位凹槽均匀分布于水箱顶部的四角;以配合磁定位仪探笔测量标记点分别相对于磁定位仪发射器的空间坐标;

[0041] 4) 第一玻璃板和第二玻璃板的相对侧两边分别包括架设于底座上的加强块;加强块用于加固第一玻璃板与第二玻璃板在均匀缠绕丝线时的稳定性,防止第一玻璃板或第二玻璃板变形;

[0042] 5) 本发明提供的基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,采用标定仿体上的交点之间的线性约束关系和基于最小二乘法的迭代优化来求解超声图像的坐标系到磁定位仪接收器的坐标系之间的变换矩阵,有利于降低超声成像误差引起的人工选点以及点坐标的误差,提高变换矩阵求解的准确性和稳定性。

[0043] 本发明的其它优点、目标和特征将部分通过下面的说明体现,部分还将通过对本发明的研究和实践而为本领域的技术人员所理解。

## 附图说明

- [0044] 图1为本发明所述的一个第一玻璃板的结构示意图；
- [0045] 图2为本发明所述的标定仿体的结构示意图；
- [0046] 图3为本发明所述的标定仿体缠绕丝线组的结构示意图；
- [0047] 图4为本发明所述的基于双截面超声探头的标定系统的通信示意图；
- [0048] 图5为本发明所述的各个交点与N线之间的线性约束关系示意图；
- [0049] 图6为本发明所述的基于双截面超声探头的标定系统的标定方法流程图；
- [0050] 图中：10-磁定位仪发射器；20-双截面超声探头；30-磁定位仪接收器；40-标定仿体；41-水箱；411-定位凹槽；42-第一标定组件；43-第二标定组件；44-丝线组；45-底座；46A-第一玻璃板；46B-第二玻璃板；47-通孔；48-加强块；50-磁定位仪探笔。

## 具体实施方式

[0051] 下面结合附图对本发明做进一步的详细说明，以令本领域技术人员参照说明书文字能够据以实施。

[0052] 应当理解，本文所使用的诸如“具有”、“包含”以及“包括”术语并不配出一个或多个其它元件或其组合的存在或添加。

### [0053] 实施例1

[0054] 如图1至图4所示，本发明提供一种基于双截面超声探头的标定系统，其包括：磁定位仪发射器10，其用于发射电磁定位信号；双截面超声探头20，其具有两个超声波截面，双截面超声探头20上固定有磁定位仪接收器30；磁定位仪接收器30接收的电磁定位信号以确定两个超声波截面的空间位置；标定仿体40，其包括水箱41以及设于水箱41内的第一标定组件42和第二标定组件43；以及，磁定位仪探笔50，其通信连接到磁定位仪发射器10，以测量标定仿体40相对于磁定位仪发射器10的空间坐标；其中，第一标定组件42和第二标定组件43分别设有丝线组44；两个丝线组44供双截面超声探头20的两个超声波截面对应切割；水箱41内水的高度分别高于第一标定组件42的高度以及第二标定组件43的高度。

[0055] 上述实施方式中，磁定位仪发射器10固定位于标定仿体40附近。水箱41里高度分别高于第一标定组件42以及第二标定组件43的水，作为耦合介质，供双截面超声探头20的两个探头发射的超声波信号在水箱41内传输。第一标定组件42和第二标定组件43的两个丝线组44供两个探头分别发射的超声波信号对应切割，超声波信号的探测面切割第一标定组件42或第二标定组件43的丝线组44，生成的超声图像上会出现探测面与丝线组44之间的所有交点，有利于更高效地完成双截面探头超声标定的数据采集以及超声标定变换矩阵的精确求解。

[0056] 作为上述实施方式的优选，如图2和图3所示，第一标定组件42和第二标定组件43还分别包括：底座45；以及包括平行架设于底座45同侧的第一玻璃板46A与第二玻璃板46B的玻璃板组件；其中，丝线组44的丝线沿底座45的垂直方向均匀缠绕于第一玻璃板46A和第二玻璃板46B之间呈N型。该实施方式中，第一玻璃板46A与第二玻璃板46B分别固定安装到底座45上，丝线组44的丝线沿底座45的垂直方向均匀缠绕于第一玻璃板46A和第二玻璃板46B之间呈N型，促使双截面超声探头20的探测面与N型的丝线组44之间切割的超声图像具

有多个交点。水箱41、第一玻璃板46A以及第二玻璃板46B的材质均是有机玻璃,第一玻璃板46A和第二玻璃板46B的厚度由丝线组44的丝线多少来决定,以保证第一玻璃板46A和第二玻璃板46B相对于底座45的稳固性,作为优选,第一玻璃板46A和第二玻璃板46B的厚度为5mm。丝线组44的丝线优选为尼龙线。更具体地,第一玻璃板46A和第二玻璃板46B对应位置分别设有棋型排列的若干个通孔47,即第一玻璃板46A和第二玻璃板46B同一水平方向的两个通孔47是同轴的。丝线组44的丝线沿底座45的垂直方向交替贯穿第一玻璃板46A和第二玻璃板46B上的通孔47。丝线组44的丝线的均匀缠绕以及通孔47的棋型排列,为后续各个交点与N线之间的线性约束关系提供计算依据。通孔47的孔径、棋型排列的若干个通孔47在第一玻璃板46A和第二玻璃板46B的水平方向间距以及竖直方向间距,均由双截面超声探头20上两个探头的成像范围决定。例如,双截面超声探头20的探头成像范围长6cm、宽6cm,可使通孔47排布在边长5cm的正方形内,则水平方向有11排穿线孔,垂直方向有21排穿线孔。丝线组44的N型缠绕,穿线时,首先将丝线一端打结,依次穿过第一玻璃板46A的一起始通孔、第二玻璃板46B上与之同轴的通孔后,经过第二玻璃板46B竖直方向相邻通孔47斜穿至第一玻璃板46A竖直方向与起始通孔间隔一个的通孔后返回,再依次穿过第一玻璃板46A竖直方向与起始通孔间隔两个的通孔、第二玻璃板46B上与之同轴的通孔,如此往复直至穿过该层N线最后一个通孔,最后将线拉紧后打结固定。

[0057] 作为上述实施方式的优选,水箱41顶部设有定位凹槽411,定位凹槽411作为标记点,磁定位仪探笔50可配合测量标记点分别相对于磁定位仪发射器10的空间坐标。作为优选,定位凹槽411设有四个,四个定位凹槽411均匀分布于水箱41顶部的四角,用于多次测量提高准确率。为了进一步提高测量准确率,每个定位凹槽411测量多次,优选为10次。

[0058] 作为上述实施方式的优选,如图1至图3所示,第一玻璃板46A和第二玻璃板46B的相对侧两边分别包括架设于底座45上的加强块48;丝线组44的丝线均匀缠绕于第一玻璃板42、第二玻璃板43以及两个加强块48之间形成的空间内。加强块48用于加固第一玻璃板42与第二玻璃板43在均匀缠绕丝线时的稳定性,防止第一玻璃板42或第二玻璃板43变形。

#### [0059] 实施例2

[0060] 在实施例1的基础上,本实施例提供一种基于双截面超声探头的标定系统的标定方法,如图6所示,包括以下步骤:

[0061] S10,标定数据的采集。测量四个定位凹槽作为标记点分别相对于磁定位仪发射器10的空间坐标,每个定位凹槽测量10次。确定两个超声波截面的横断面图像和矢状面图像的图像坐标原点;采集两个超声波截面分别与N线切割形成具有多交点的超声图像以及对应的磁定位仪接收器30坐标读数。超声图像中的多个交点,图5中给出了三个交点如V7、V8以及V9的示例。

[0062] S20,标定数据的预处理。对于每个定位凹槽411作为定位点的坐标数据进行平均得到该定位点的最终坐标;根据四个标记点的空间坐标,计算超声图像中各个交点在磁定位仪发射器10坐标系下的交点坐标。

[0063] S30,采用基于最小二乘法的迭代优化方法,计算标定数据的变换矩阵。定义磁定位仪发射器坐标系为W、磁定位仪接收器坐标系为S、超声图像的坐标系为U,则超声图像的点矩阵为 $u$ 、磁定位仪接收器的坐标系到磁定位仪发射器的坐标系之间的变换为第一变换矩阵 $T_{ws}$ 、超声图像的坐标系到磁定位仪接收器的坐标系之间的变换为第二变换矩阵 $T_{su}$ ,根



据点矩阵 $u$ 、第一变换矩阵 $T_{ws}$ 以及第二变换矩阵 $T_{su}$ ,计算超声图像上的点到磁定位仪发射器坐标系之间的第三变换矩阵 $w$ ,则 $w^{(k)}(i,j) = T_{ws}^{(k)}(i,j)T_{su}u^{(k)}(i,j)$ ;其中,第二变换矩阵 $T_{su}$ 采用基于最小二乘法的迭代优化求解。

[0064] 上述实施方式中,计算超声图像中各个交点在 $W$ 坐标系下的坐标,采用各个交点与 $N$ 线之间的线性约束关系,如图5所示, $M$ 表示双截面超声探头20的两个探头中的一个发出超声波信号的探测面,计算包括以下步骤:

[0065] S21,人工标记出各个交点位置在 $U$ 坐标系下的坐标,设待求交点为 $V_8$ 、与交点 $V_8$ 相邻的两个标记点为 $V_7$ 和 $V_9$ 、与交点 $V_8$ 在 $N$ 线前后相邻的四个相邻通孔点为 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 以及 $V_4$ 、与四个相邻通孔点向外延伸形成两个三角形的三角形顶点 $V_5$ 和 $V_6$ ;

[0066] S22,根据向外延伸形成的两个三角形相似,求 $V_5$ 和 $V_6$ : $V_5 = \overline{V_3V_4} + V_1$ ;  $V_6 = \overline{V_1V_3} + V_3$ ;

[0067] S23,根据 $V_5$ 、 $V_6$ 、 $V_7$ 与 $V_8$ 的线段长度 $|\overline{V_7V_8}|$ 、 $V_7$ 与 $V_9$ 的线段长度 $|\overline{V_7V_9}|$ 计算 $V_8$ ,则

$$V_8 = V_6 + \overline{V_6V_5} \frac{|\overline{V_6V_5}| |\overline{V_7V_8}|}{|\overline{V_7V_9}|}。$$

[0068] 具体地,基于最小二乘法的迭代优化求解第二变换矩阵 $T_{su}$ ,包括以下步骤:

[0069] S31,根据 $w^{(k)}(i,j) = T_{ws}^{(k)}(i,j)T_{su}u^{(k)}(i,j)$ ,使用最小二乘法求解初始变换矩阵 $T_{su}$ ;

[0070] S32,将所有 $U$ 坐标系点 $u$ 变换到 $S$ 坐标系下为点 $s$ ;

[0071] S33,更新 $s$ 数据点,得到一组新的点 $s'$ ;

[0072] S34,将 $s'$ 变换到 $U$ 坐标系中得到新的一组点 $u'$ : $u' = T_{su}^{-1}s'$ ;

[0073] S35,根据 $s'$ 和 $u'$ ,计算 $W$ 坐标系下更新的标记点位置 $w'$ ;

[0074] S36,根据 $w' = T_{ws}T_{su}u'$ ,采用最小二乘法求解 $T_{su}$ ;

[0075] S37,判断 $T_{su}$ 是否满足收敛阈值:符合,输出 $T_{su}$ ;不符合,返回至步骤S32,将所有 $U$ 坐标系点 $u$ 变换到 $S$ 坐标系下为点 $s$ ,继续执行。

[0076] 优选的,步骤S31中,更新 $s$ 数据点,得到一组新的点 $s'$ ,包括以下步骤:

[0077] 对于每一个 $k$ 序号的数据点,对每一行数据点拟合直线 $l_{row}^{(k)}(i)$ 并得到该直线的单位方向向量 $e_{row}^{(k)}(i)$ ,对每一列数据点拟合直线 $l_{col}^{(k)}(j)$ 并得到该直线的单位方向向量 $e_{col}^{(k)}(j)$ ,并对所有行单位向量和列单位向量做平均,输出平均行单位向量为 $e_{row}^{(k)} = (\sum_i e_{row}^{(k)}(i)) / I$ ;平均列单位向量为 $e_{col}^{(k)} = (\sum_j e_{col}^{(k)}(j)) / J$ ;

[0078] 根据平均行单位向量和平均列单位向量,分别求相邻两点距离,则:

$$d_{row}^{(k)}(i,j) = |s^{(k)}(i,j) - s^{(k)}(i+1,j)|, i=1 \cdots I-1, j=1 \cdots J,$$

$$d_{col}^{(k)}(i,j) = |s^{(k)}(i,j) - s^{(k)}(i,j+1)|, i=1 \cdots I, j=1 \cdots J-1;$$

[0080] 求相邻行之间的距离 $d_{row}^{(k)}(i)$ 和相邻列之间的距离 $d_{col}^{(k)}(j)$ ,则,

$$d_{row}^{(k)}(i) = (\sum_j d_{row}^{(k)}(i,j)) / J, i=1 \cdots I-1, \quad d_{col}^{(k)}(j) = (\sum_i d_{col}^{(k)}(i,j)) / I, j=1 \cdots J-1;$$

[0082] 从每一点 $s$ 出发,根据行单位向量、列单位向量以及相邻行列之间的距离计算其他

位置的点坐标,并对所有位置的点坐标做平均,得到一组新的点 $s'$ 。

[0083] 上述实施方式中,采用标定仿体40上的交点之间的线性约束关系和基于最小二乘法的迭代优化来求解超声图像的坐标系到磁定位仪接收器30的坐标系之间的变换矩阵,有利于降低超声成像误差引起的人工选点以及点坐标的误差,提高变换矩阵求解的准确性和稳定性。

[0084] 尽管本发明的实施方案已公开如上,但其并不仅仅限于说明书和实施方式中所列运用。它完全可以被适用于各种适合本发明的领域。对于熟悉本领域的人员而言可容易地实现另外的修改。因此在不背离权利要求及等同范围所限定的一般概念下,本发明并不限于特定的细节和这里示出与描述的图例。

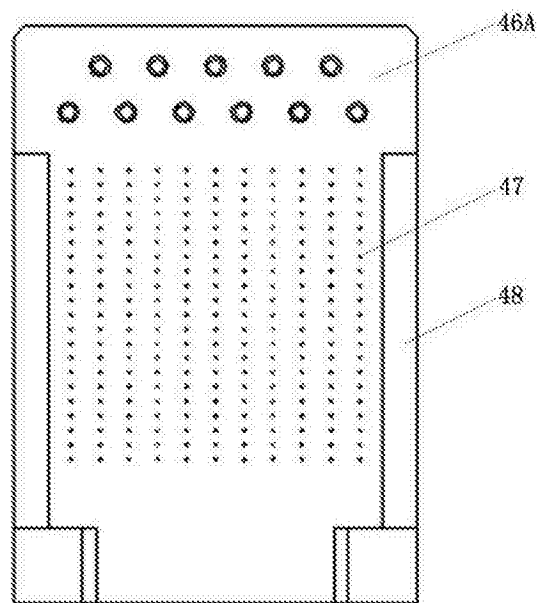


图1

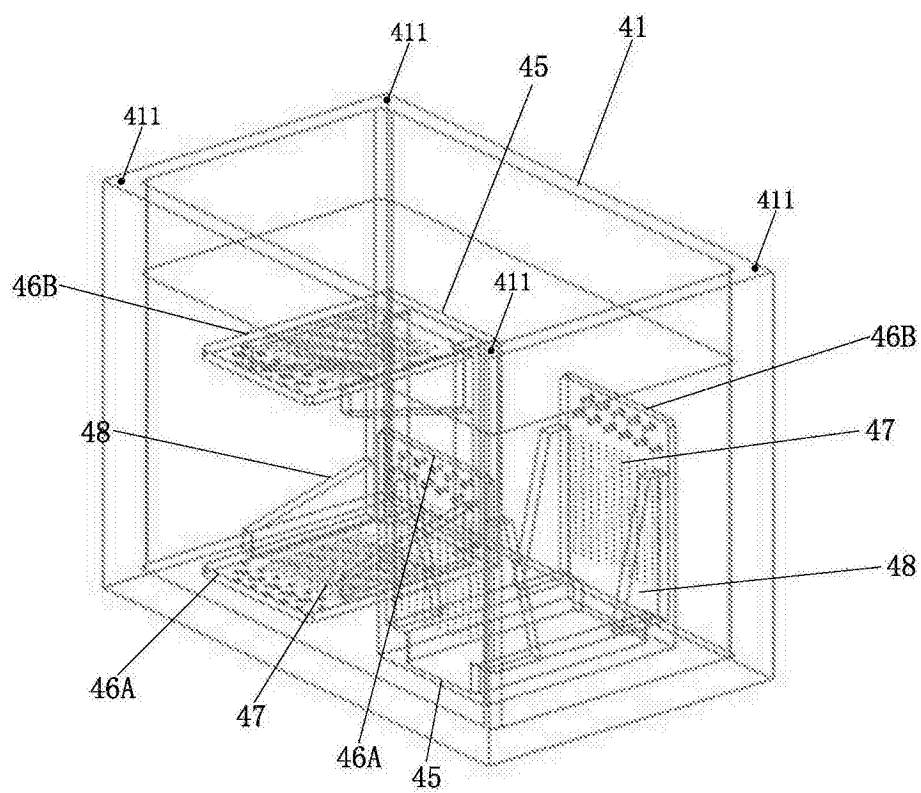


图2

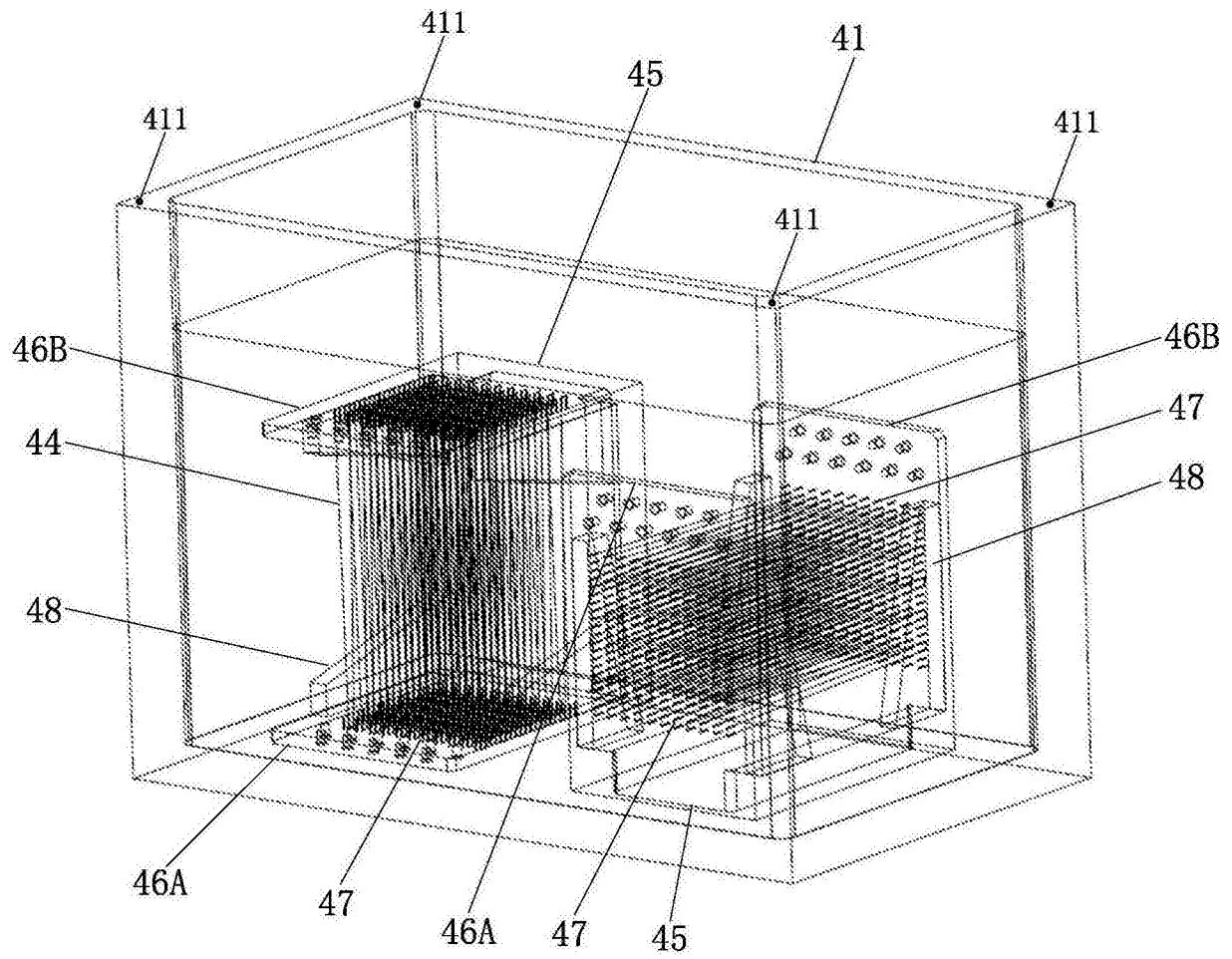


图3

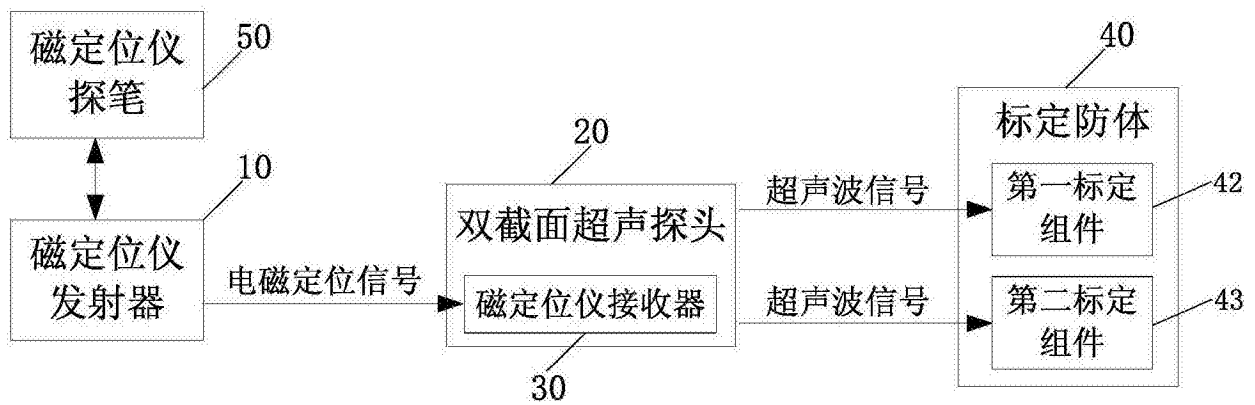


图4

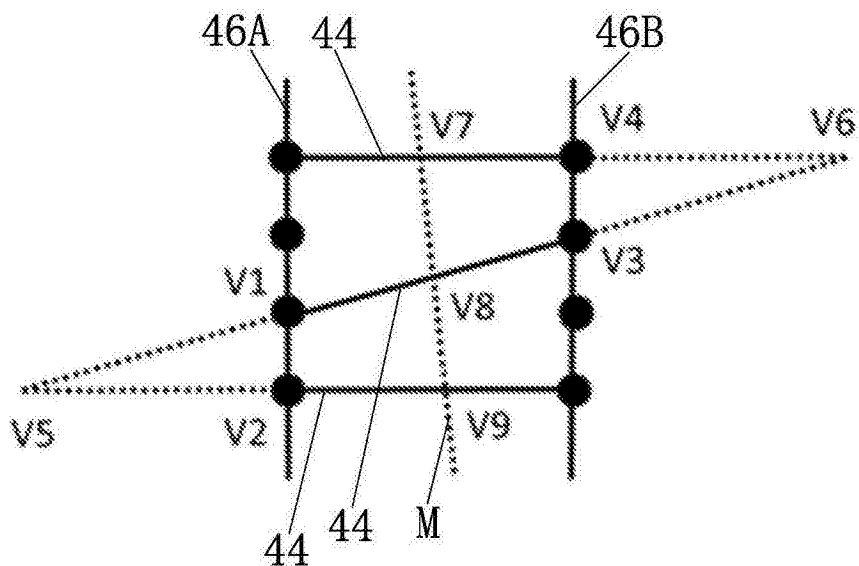


图5

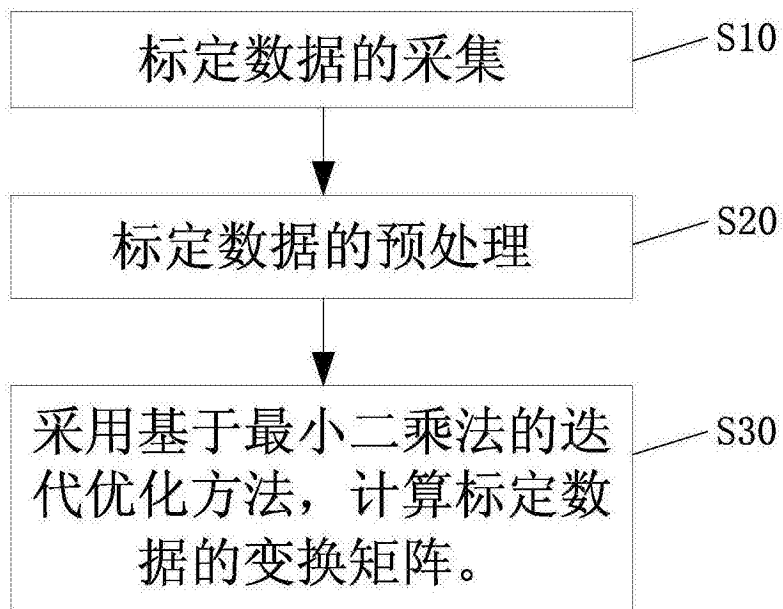


图6

本发明公开一种基于双截面超声探头的标定系统，其包括：磁定位仪发射器；具有两个超声波截面的双截面超声探头上固定有磁定位仪接收器；标定仿体包括水箱以及设于水箱内的第一标定组件和第二标定组件；磁定位仪探笔；第一标定组件和第二标定组件分别设有丝线组；两个丝线组供两个超声波截面分别对应切割；水箱内水的高度分别高于第一标定组件以及第二标定组件的高度。本发明设有针对双截面探头的标定仿体，依据标定仿体上交点之间的线性约束关系和基于最小二乘法的迭代优化来求解超声图像的坐标系到磁定位仪接收器的坐标系之间的变换矩阵，有利于更高效地完成双截面探头超声标定的数据采集以及超声标定变换矩阵的精确求解。

