

一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置

技术领域

本发明涉及医疗器械技术领域，具体为一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置。

背景技术

聚焦超声是一种将一定强度的超声波聚焦的技术，类似于凹透镜聚焦太阳光，在其焦点处的高声强可使得该位置的组织快速的产生不可逆转的变性，即消融，该技术因其无创特性在临床治疗中得到了越来越广泛的应用。

聚焦超声系统的核心硬件主要包括机械移动部件、功率放大部件和治疗头。实际治疗过程需要不同部件的协同工作。

聚焦超声肿瘤治疗设备越来越朝着轻便、智能的方向发展。对于体外式的聚焦超声系统治疗头而言，按聚焦方式可分为自聚焦和相控聚焦两种类型。相控聚焦技术具有电子偏转焦点、同时生成多个焦点等优势，随着其成本和复杂度的降低，相控聚焦超声系统开始在临床上得到越来越多的采用。

按治疗方式的不同，体外聚焦超声系统治疗头可分为上置式和下置式两种。传统采用下置式的系统将治疗头及机械移动部件固定在床体内的水槽中。治疗时患者俯卧在治疗床上。

相对于俯卧，仰卧姿势更为舒适，因而上置式系统越来越多得到应用。目前的上置式系统主要分为两类，一类上置式治疗头系统类似下置式的，在机械部件架设的水槽里通过多维机械移动控制换能器治疗中的移动，水槽底部为一透声膜便于超声波传输。这类系统体积大、较为笨重，使用过程中较为不便。

此外，不同系统采用不同的治疗方法，目前的体外式相控聚焦超声设备电子偏转范围大都不足以覆盖病变组织。因而机械与相控的结合成为一种普遍的方案，而治疗方法与机械运动部件应当是同时在系统设计时所考虑的。

发明内容

（一）解决的技术问题

针对现有技术的不足，本发明提供了一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，具备结构简单、制作容易、可降低成本等优点，解决了聚焦超声肿瘤治疗设备统体积大、较为笨重，使用过程中较为不便的问题。

（二）技术方案

本发明提供如下技术方案：一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，包括摆动控制模块和超声成像探头控制模块，所述摆动控制模块由垂直方向运动模组、左右方向运动模组和轴向运动模组组成，三个运动模组分别控制探头控制模块沿前后、左右两个自由度摆动以及轴向转动并进行目标区域超声造像；

所述垂直方向运动模组包括升降横臂，所述升降横臂的端头处安装有第一转盘，所述第一转盘的动力输入端驱动连接有第一摆动电机；

所述左右方向运动模组包括与第一转盘盘体转动连接的金属连接件，金属连接件的一侧安装有第二摆动电机，所述第二摆动电机的输出端与第二转盘的动力输入端驱动连接；

所述轴向运动模组包括与第二转盘盘体进行安装，且呈框型结构的金属基座，所述金属基座的顶部开口处安装有第三转盘，所述第三转盘的动力输入端驱动连接有超声成像探头旋转控制电机，所述第三转盘的盘体一侧转动连接有超声成像探头固定夹具，所述超声成像探头固定夹具的底部穿过金属基座的底板并安装有治疗头，所述治疗头的底部套设有透声性良好的水囊；

所述治疗头由多阵元相控聚焦超声换能器和超声成像探头组成，且超声成像探头安装于超声成像探头固定夹具内。

优选的，所述多阵元相控聚焦超声换能器每一路可独立控制，通过控制其激励电压和相位信号可在一定空间范围内改变超声成像探头焦点

位置，所述超声成像探头的旋转轴、超声成像探头中轴及多阵元聚焦超声换能器均共轴设置。

优选的，所述摆动控制模块的左右方向运动模组和左右方向运动模组的转盘相互垂直，其中心位于同一水平面上；且两转盘旋转轴交点位于多阵元聚焦超声换能器声束轴所在直线上。

优选的，所述摆动控制模块的转盘和连接于超声成像探头的转盘均安装有相应并限制其旋转范围的限位传感器。

优选的，所述摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离满足以下公式：

$$d = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} \quad (1)$$

x_1 ：摆动后几何焦点所在位置 x 坐标；

y_1 ：摆动后几何焦点所在位置 y 坐标；

d ：摆动后几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离。

优选的，所述摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，摆动后几何焦点所在位置坐标满足以下公式：

$$z_1 = R - \sqrt{R^2 - (x_1^2 + y_1^2)} \quad (2)$$

R ：治疗头摆动半径；

z_1 ：摆动后几何焦点所在位置 z 坐标。

所述摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，左右、前后方向的摆动角度满足以下公式：

$$\begin{aligned} \alpha &= \arcsin(y_1 / \sqrt{R^2 - x_1^2}) \\ \beta &= \arcsin(x_1 / \sqrt{R^2 - y_1^2}) \end{aligned} \quad (3)$$

α ：治疗头左右摆动角度；

β ：治疗头前后摆动角度。

优选的，所述第一转盘、第二转盘和第三转盘均为电动分度转盘。

(三) 有益效果

与现有技术相比，本发明提供了一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，具备以下有益效果：

(1) 本发明提供的大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，相比于现有技术，具有结构简单、制作容易、可降低成本的效果。

(2) 本发明提的治疗方法，通过摆动治疗头实现不同治疗单元的辐照治疗，具有新颖性和创造性。

(3) 本发明提供的治疗方法，使得治疗头与目标区域均保持稳定，有利于增加治疗的安全性。

附图说明

图 1 为本发明提出的一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置结构示意图；

图 2 为本发明提出的治疗头运动示意图

图 3 为本发明提出的超声成像探头成像面重建出的治疗面示意图；

图 4 为本发明提出的超声成像面在焦平面上的投影图；

图 5 为本发明提出的治疗面的辐照及实时监测流程图。

图中：1、升降横臂；2、第一摆动电机；3、第一转盘；4、第二摆动电机；5、第二转盘；6、超声成像探头旋转控制电机；7、第三转盘；8、超声成像探头固定夹具；9、金属基座；10、治疗头；11、水囊；12、金属连接件。

具体实施方式

下面将结合本发实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅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。

请参阅图 1-5，一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，包括摆动控制模块和超声成像探头控制模块，摆动控制模块由垂直方向运动模组、左右方向运动模组和轴向运动模组组成，三个运动模组分别控制探头控制模块 10 沿前后、左右两个自由度摆动以及轴向转动并进行目标区域超声造像；

垂直方向运动模组包括升降横臂 1，升降横臂 1 的端头处安装有第一转盘 3，第一转盘 3 的动力输入端驱动连接有第一摆动电机 2；

左右方向运动模组包括与第一转盘 3 盘体转动连接的金属连接件 12，金属连接件 12 的一侧安装有第二摆动电机 4，第二摆动电机 4 的输出端与第二转盘 5 的动力输入端驱动连接；

轴向运动模组包括与第二转盘 5 盘体进行安装，且呈框型结构的金属基座 9，金属基座 9 的顶部开口处安装有第三转盘 7，第三转盘 7 的动力输入端驱动连接有超声成像探头旋转控制电机 6，第三转盘 7 的盘体一侧转动连接有超声成像探头固定夹具 8，超声成像探头固定夹具 8 的底部穿过金属基座 9 的底板并安装有治疗头 10，治疗头 10 的底部套设有透声性良好的水囊 11；

治疗头 10 由多阵元相控聚焦超声换能器和超声成像探头组成，且超声成像探头安装于超声成像探头固定夹具 8 内。

具体的，如图 1 所示，通过第一摆动电机 2 驱动第一转盘 3 进行转动，利用第一转盘 3 的转动可以带动治疗头 10 实现垂直向的摆动，通过第二摆动电机 4 驱动第二转盘 5 进行转动，利用第二转盘 5 的转动可以带动治疗头 10 实现左右向的摆动，通过超声成像探头旋转控制电机 6 驱动第三转盘 7 进行转动，并带动超声成像探头固定夹具 8 和治疗头 10 绕其中轴进行 180° 旋转，以此实现治疗头 10 的多维度摆动，并且实现整个装置的小型化，制造成本也较低。

在本实施例中：多阵元相控聚焦超声换能器每一路可独立控制，通

过控制其激励电压和相位信号可在一定空间范围内改变超声成像探头焦点位置，超声成像探头的旋转轴、超声成像探头中轴及多阵元聚焦超声换能器均共轴设置。

具体的，确保超声成像探头和多阵元聚焦超声换能器摆动时能共轴旋转。

在本实施例中，摆动控制模块的左右方向运动模组和左右方向运动模组的转盘相互垂直，其中心位于同一水平面上；且两转盘旋转轴交点位于多阵元聚焦超声换能器声束轴所在直线上。

具体的，如图 2(a)中所示，多阵元相控聚焦超声换能器分布在凹球面上，（但并不仅限于该种类型）。治疗头 10 可类似于单摆绕转盘图 2(b)中第一转盘 3 和第二转盘 5 的法线焦点为圆心，治疗头 10 几何中心到该圆心的位置为半径摆动，通过电子偏转可聚焦于不同焦点所在位置。

在本实施例中，摆动控制模块的转盘和连接于超声成像探头的转盘均安装有相应并限制其旋转范围的限位传感器。

具体的，通过安装的限位传感器可以对转盘的转动角度进行感应，使得控制机构控制电机驱动转盘在一定的范围内进行旋转。

在本实施例中：摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离满足以下公式：

$$d = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} \quad (1)$$

x_1 ：摆动后几何焦点所在位置 x 坐标；

y_1 ：摆动后几何焦点所在位置 y 坐标；

d ：摆动后几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离。

具体的，通过公式（1）可以对几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离进行运算。

在本实施例中：摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，摆动后几何焦

点所在位置坐标满足以下公式：

$$z_1 = R - \sqrt{R^2 - (x_1^2 + y_1^2)} \quad (2)$$

R：治疗头 10 摆动半径；

z_1 ：摆动后几何焦点所在位置 z 坐标。

具体的，根据超声成像探头的成像面重建出的治疗面图，参照 3 所示，其中不同治疗单元的中心可由平面上的坐标得到。事实上，在不同精度的摆动后治疗头几何中心位置在垂直方向也有变化；

摆动半径 R 为控制治疗头摆动的两转盘的法线焦点与治疗头几何中心之间的距离。在摆动半径远大于 d 时 z_1 与 R 接近，可近似摆动过程中焦点位置在垂直方向不变，因而整个治疗单元分布在所设定平面上。但并不一定要做这样的近似，在不同的实施例可有不同的具体实现。

在本实施例中：摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，左右、前后方向的摆动角度满足以下公式：

$$\begin{aligned} \alpha &= \arcsin(y_1 / \sqrt{R^2 - x_1^2}) \\ \beta &= \arcsin(x_1 / \sqrt{R^2 - y_1^2}) \end{aligned} \quad (3)$$

α ：治疗头 10 左右摆动角度；

β ：治疗头 10 前后摆动角度。

第一转盘 3、第二转盘 5 和第三转盘 7 均为电动分度转盘。

具体的，R 由治疗头及运动装置所确定不变，根据治疗单元中心的坐标即可自动计算出治疗头左右、前后方向的摆动角度 α 和 β 。在辐照治疗单元内的不同焦点时，超声成像探头在 $-90^\circ \sim 90^\circ$ 内旋转以实时监测当前治疗位置辐照情况。

具体的，治疗单元的大小小于相多阵元相控聚焦超声换能器的电子偏转范围，摆动角度与超声成像探头旋转角度分别根据治疗单元的几何中心及治疗单元中当前辐照焦点位置通过计算得出。

具体的，图 4(a)中 θ_1 和 θ_2 分别表示超声成像探头 10 围绕其旋转轴旋转至特定的角度，这样当 HIFU 焦点通过电子偏转离开换能器几何中心 O 时其仍在超声探头旋转至某一角度所获得的超声成像面上。

根据超声成像探头 10 角度及目标点在该成像面中的位置即可得到相应的 HIFU 相控阵坐标。由于旋转轴与成像中轴重合，超声探头旋转 180° 即可对整个 3D 空间成像。图 4(b)显示了超声成像面在焦平面上的投影。根据超声探头角度与 HIFU 相控阵坐标轴的关系，对于某一焦平面上位于图 4(b)中阴影区域内的 A 点，其 HIFU 相控阵坐标可由公式 (4) 表示。

$$\begin{cases} x = r \cos(-90^\circ - \theta) \\ y = r \sin(-90^\circ - \theta) \end{cases}, -90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad (4)$$

r : A 点到超声探头旋转轴的距离 AO;

θ : 超声探头成像面穿过 A 点时所在角度;

x : A 点在 x 方向上的坐标;

y : A 点在 y 方向上的坐标;

由于与 A 点关于旋转轴相差 180° ，因而位于该成像面上超声图像中轴另一侧的 B 点的 HIFU 相控阵坐标可由以下的公式 (5) 表示：

$$\begin{cases} x' = r' \cos(-270^\circ - \theta) \\ y' = r' \sin(-270^\circ - \theta) \end{cases}, -90^\circ \leq \theta \leq 90^\circ \quad (5)$$

r' : B 点到超声探头旋转轴的距离 BO;

x' : B 点在 x 方向上的坐标;

y' : B 点在 y 方向上的坐标。

A 点与 B 点在不同的超声探头角度 θ 下始终分别位于超声图像的左侧与右侧。HIFU 相控阵以其几何中心 O 为坐标原点，点 O 同时位于超声图像中轴上，且可根据超声图像上刻度标记该位置。因而可根据图像上目标点沿垂直方向与所标记 HIFU 原点的距离确定目标点在 z 轴上的

HIFU 坐标值。这样根据超声探头旋转角度 θ 与超声图像上目标点位置便可确定 HIFU 焦点的坐标。

再参照图 5，每个治疗单元的治疗独立进行，根据不同的治疗单元进行焦点排布、辐照参数设置，同时在辐照时选择超声成像探头，实时监测当前辐照位置。

需要说明的是，在本文中，诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来，而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下，由语句“包括一个”限定的要素，并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

权利要求

1. 一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，其特征在于，包括摆动控制模块和超声成像探头控制模块，所述摆动控制模块由垂直方向运动模组、左右方向运动模组和轴向运动模组组成，三个运动模组分别控制探头控制模块（10）沿前后、左右两个自由度摆动以及轴向转动并进行目标区域超声造像；

所述垂直方向运动模组包括升降横臂（1），所述升降横臂（1）的端头处安装有第一转盘（3），所述第一转盘（3）的动力输入端驱动连接有第一摆动电机（2）；

所述左右方向运动模组包括与第一转盘（3）盘体转动连接的金属连接件（12），金属连接件（12）的一侧安装有第二摆动电机（4），所述第二摆动电机（4）的输出端与第二转盘（5）的动力输入端驱动连接；

所述轴向运动模组包括与第二转盘（5）盘体进行安装，且呈框型结构的金属基座（9），所述金属基座（9）的顶部开口处安装有第三转盘（7），所述第三转盘（7）的动力输入端驱动连接有超声成像探头旋转控制电机（6），所述第三转盘（7）的盘体一侧转动连接有超声成像探头固定夹具（8），所述超声成像探头固定夹具（8）的底部穿过金属基座（9）的底板并安装有治疗头（10），所述治疗头（10）的底部套设有透声性良好的水囊（11）；

所述治疗头（10）由多阵元相控聚焦超声换能器和超声成像探头组成，且超声成像探头安装于超声成像探头固定夹具（8）内；

所述多阵元相控聚焦超声换能器每一路可独立控制，通过控制其激励电压和相位信号可在一定空间范围内改变超声成像探头焦点位置，所述超声成像探头的旋转轴、超声成像探头中轴及多阵元聚焦超声换能器均共轴设置；

所述摆动控制模块的左右方向运动模组和左右方向运动模组的转盘相互

垂直，其中心位于同一水平面上；且两转盘旋转轴交点位于多阵元聚焦超声换能器声束轴所在直线上；

所述摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离满足以下公式：

$$d = \sqrt{x_1^2 + y_1^2} \quad (1)$$

x_1 ：摆动后几何焦点所在位置 x 坐标；

y_1 ：摆动后几何焦点所在位置 y 坐标；

d ：摆动后几何焦点所在位置与多阵元相控聚焦超声换能器声束轴的距离；

所述摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，摆动后几何焦点所在位置坐标满足以下公式：

$$z_1 = R - \sqrt{R^2 - (x_1^2 + y_1^2)} \quad (2)$$

R ：治疗头（10）摆动半径；

z_1 ：摆动后几何焦点所在位置 z 坐标；

所述摆动控制模块摆动驱动超声成像探头后，左右、前后方向的摆动角度满足以下公式：

$$\begin{aligned} \alpha &= \arcsin(y_1 / \sqrt{R^2 - x_1^2}) \\ \beta &= \arcsin(x_1 / \sqrt{R^2 - y_1^2}) \end{aligned} \quad (3)$$

α ：治疗头（10）左右摆动角度； β ：治疗头（10）前后摆动角度。

2. 根据权利要求 1 所述的一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，其特征在于：所述摆动控制模块的转盘和连接于超声成像探头的转盘均安装有相应并限制其旋转范围的限位传感器。

3. 根据权利要求1所述的一种大范围目标区域聚焦的超声治疗头运动控制装置，其特征在于：所述第一转盘（3）、第二转盘（5）和第三转盘（7）均为电动分度转盘。