# 技术交底书

## 发明创造名称：

一种基于CT与超声影像融合的实时三维重建方法、系统、装置及存储介质

## 发明要解决的技术问题是什么？该技术属于哪个技术领域？

本发明主要解决的技术问题：

本发明提出一种基于CT与超声影像融合的实时三维重建方法、系统、装置及存储介质。在穿刺手术或粒子植入手术中，我们需要获得穿刺针在人体内的位置及姿态，以实时控制手术进程，确保穿刺的精准度。

目前的大部分相关手术中使用超声影像进行实时探测，但是超声影像分辨率低使得观测很不直观，对医生的手术经验要求很高。也有一部分技术提出了将CT与超声融合来实时监测进针状态，但是CT与超声影像的配准成为技术难点，并且这些技术没有考虑到病人呼吸造成的运动，导致三维重建精度降低。本发明旨在提出一种高精度的术前CT与术中超声影像融合的术区实时三维重建技术，从而实时、直观地反映出手术器械在患者体内的状态，保证手术的精确度与安全性。

本发明涉及基于CT与超声影像融合的实时三维重建方法、系统、装置及存储介质。

## 对本发明创造有关的现有技术相关状况进行详细介绍，并描述已有的（现有）技术与发明最相近的实现方案，并作简要评价。

### 现有技术：

现有的大部分外科微创手术在手术过程中通常利用超声探头监测手术器械（比如穿刺针）在体内的实时状态。但超声影像分辨率低下，对医生的经验要求较高，因此出现一些将术前CT三维影像数据与超声影像融合的技术，能够更加直观地帮助医生实时监测手术器械在患者体内的状态。

目前，这种基于CT与超声融合的三维重建技术包括：通过磁场发生器进行超声影像、穿刺针、患者以及CT影像的坐标转换，进而实现CT与超声融合的三维重建技术。

### 相近方案：

**专利名称：**一种CT和超声影像融合的微创介入引导系统及方法（申请公布号：CN110537961A）

**技术特点：**对患者进行CT扫描获得CT影像序列，对CT影像序列进行三维重建，获得患者身体的三维模型；获得患者的超声影像；通过磁场发生器得到患者、超声探头和穿刺针之间的位置关系。通过坐标变换，将磁场发生器坐标下患者、超声探头和穿刺针的位置关系转换为CT影像坐标下的，获取超声影像在三维模型中的截面位置。根据超声影像在三维模型中的截面位置切割三维模型，获得与超声影像对应的CT影像截面；同时显示超声影像及与超声影像对应的CT影像截面，并显示穿刺针在CT影像中的位置。

该方案使用磁场发生器进行坐标的获取、配准与转换，需要在地面安装标定板，在扫描床一侧安装磁场发生器，并且需要在超声探头、患者、穿刺针上安装六自由度的传感器。繁琐的准备延长了术前准备时间，并且对手术空间有着较大要求，同时安装在扫描床侧边的磁场发生器占据了手术医生的操作空间。

另外，磁场发生器发出的电磁场虽然短时间内对人体健康并无大碍，但长此以往，外科手术医生难免会收到电磁辐射的影响。

## 上述现有技术的缺点是什么？是什么原因导致这些缺点？

**上述现有技术的缺点：**

1. 上述现有技术中，使用磁场发生器进行坐标的获取、配准与转换，需要在地面安装标定板，在扫描床一侧安装磁场发生器，并且需要在超声探头、患者、穿刺针上安装六自由度的传感器。繁琐的准备延长了术前准备时间，并且对手术空间有着较大要求，同时安装在扫描床侧边的磁场发生器占据了手术医生的操作空间。

2. 没有考虑病人呼吸造成的体表以及内部器官的运动，三维重建误差较大。

3. 磁场发生器强度的变化会影响坐标的配准精度，导致CT与超声融合效果较差。

4. 发出的电磁场虽然短时间内对人体健康并无大碍，但长此以往，外科手术医生难免会收到电磁辐射的影响。

**导致上述缺点的原因：**

上述磁场发生器方式需要配备较大的磁场发生器、倾角传感器、定位板，导致占据空间较大，磁场本身的变化会导致坐标转换精度出现误差，从而穿刺针的显示效果也会变差，磁场发生器发出的电磁场本身对人体会产生电磁辐射，长久来看势必对手术医生造成身体上的损伤。

## 针对上述缺点说明本发明创造的目的。

针对上述现有技术，本发明提出了一种基于CT与超声融合的实时三维重建技术。本发明融合技术所需装置简单、精度高、时间短，完美克服了上述缺点。

## 本发明创造的技术内容（具体的技术方案，如包括什么部件，部件之间的连接关系、各个部件以及部件与部件之间的工作原理）。

本发明提出一种基于CT与超声影像融合的实时三维重建技术，能够利用术前CT与术中实时超声影像，结合术中视觉定位系统对术区进行实时三维重建，使得医生能够直观监测术区表皮内部的状态，提高穿刺精度。

本发明所涉及的主要部件有：术前CT扫描与三维模型重建系统、机械臂控制系统、术中视觉定位系统、搭载于机械臂上的超声探头成像系统、搭载于机械臂上的穿刺执行系统、体表运动监测系统。

所述术前CT扫描与三维模型重建系统，其特征在于通过CT扫描并通过三维重建获得患者指定区域的CT三维模型。

所述机械臂控制系统，其特征在于两个机械臂固定在手术床两侧，一个用于操纵超声探头，实时获取超声图像；另一个用于操纵穿刺针，执行穿刺任务。所述机械臂为七轴机械臂，可以根据各轴的转动获取机械臂末端相对机械臂底座的位置。

所述搭载于机械臂上的超声探头成像系统，其特征在于术中实时扫描术区患者体内的影响，获取穿刺针在体内的行进状态。

所述搭载于机械臂上的穿刺执行系统，其特征在于其上可放置用于穿刺活检、靶区消融等用途的多种穿刺针，执行多种穿刺任务。

所述术中视觉定位系统，其特征在于基于二维码标记将机械臂系统与CT三维模型坐标系进行转换，从而将搭载于机械臂上的超声探头以及穿刺针的位置与CT三维模型进行配准。

所述体表运动监测系统，其特征在于包括前期训练得到的表皮运动模型以及放置于患者体表的至少三个表皮运动监测器。

所述表皮运动模型其特征在于前期经过大量数据实验，建立体表运动检测器估计穿刺点体表运动的模型：

其中，表示我们训练的估计穿刺点体表运动的模型， 表示模型输出，即进针点处的体表运动数据。分别表示三个智能标记中三轴加速度传感器的检测得到的数据，表示进针点分别与三个智能标记的距离。

所述表皮运动监测器包括三轴加速度传感器、供电纽扣电源、数据传输单元。所述三轴加速度传感器可以测量患者体表的倾斜情况，即体表随着呼吸运动的起伏情况；所述供电纽扣电源用于给三轴加速度传感器供电；所述数据传输单元用于将三轴加速度传感器的数据实时传输给体表运动监测系统，根据体表运动模型得到进针点的体表运动数据。

## 本发明创造与现有的技术相比所具有的优点、特点或积极效果（可以结合技术方案来具体说明）。

本发明提出一种基于CT与超声影像融合的实时三维重建系统。

与现有技术相比，本发明具有如下优点：

1. 三维重建精度更高，速度更快。目前使用磁场发生器进行坐标的获取、配准与转换，需要在地面安装标定板，在扫描床一侧安装磁场发生器，并且需要在超声探头、患者、穿刺针上安装六自由度的传感器。繁琐的准备延长了术前准备时间，并且对手术空间有着较大要求，同时安装在扫描床侧边的磁场发生器占据了手术医生的操作空间。而本发明所用的视觉定位系统，只需在患者体表贴几个二维码，即可与CT三维模型配准。另外，在自动穿刺手术中，在搭载超声探头和穿刺针的机械臂上贴上二维码，结合机械臂自身的旋转信息，可以精确得到超声探头以及穿刺针所在位置，从而辅助超声影像与CT的融合，进一步提高精度。

2. 本方案考虑到呼吸造成的患者体表运动对三维重建精度的影响，建立了呼吸引起的体表运动模型，能够实时得到进针点的体表运动，并实时更新到三维重建模型中。

## 结合附图举例解释实现本发明创造的具体方案，如有参数于条件应列出。（如实施、安装、操作、使用方法各步骤，其中附图应当使用黑色线条图，不能着色和涂改）

下面根据附图和实施例对本发明作进一步详细说明：

本发明所述的基于CT和超声影像融合的实时三维重建方法、装置及系统，包括术前CT扫描与三维模型重建系统、机械臂控制系统、术中视觉定位系统、搭载于机械臂上的超声探头成像系统、搭载于机械臂上的穿刺执行系统、体表运动监测系统。步骤如图1所示。

1. 患者通过计算机断层扫描得到CT影像序列，通过CT影响序列得到CT三维模型。

2. 术中使用超声探头获得患者术区的超声影像。

3. 基于术中视觉定位系统，获取术中相机系统下患者、超声探头和穿刺针之间的位置关系。扫描CT前在患者体表贴上3个铅质二维码，可以得到铅质二维码分别在CT三维模型与术中相机系统上的坐标，从而计算出术中相机系统到CT三维模型坐标系的变换矩阵。

搭载超声探头和穿刺针的机械臂可以根据每个关节的旋转角度计算出末端超声探头和穿刺针在机械臂底座坐标系下的坐标；在搭建超声探头和穿刺针的机械臂底座上贴上二维码标记物，通过相机捕获二维码标记物的坐标，获取机械臂底座坐标系与术中相机系统坐标系的变换矩阵。从而得到超声探头与穿刺针在术中相机系统坐标系下的坐标。根据术中相机系统与CT三维模型坐标系的变换矩阵，可以得到超声探头与穿刺针在CT三维模型坐标系下的坐标。

4. 通过坐标变换，将术中相机系统下患者、超声探头和穿刺针的位置关系转换为CT影像坐标下患者、超声探头和穿刺针的位置关系，从而确定超声影像在CT三维模型中的相应位置。

5. 利用体表运动监测系统优化最终的三维重建模型。

前期经过大量数据实验，建立体表运动检测器估计穿刺点体表运动的模型：

其中，表示我们训练的估计穿刺点体表运动的模型， 表示模型输出，即进针点处的体表运动数据。分别表示三个智能标记中三轴加速度传感器的检测得到的数据，表示进针点分别与三个智能标记的距离。

所述表皮运动监测器包括三轴加速度传感器、供电纽扣电源、数据传输单元。所述三轴加速度传感器可以测量患者体表的倾斜情况，即体表随着呼吸运动的起伏情况；所述供电纽扣电源用于给三轴加速度传感器供电；所述数据传输单元用于将三轴加速度传感器的数据实时传输给体表运动监测系统，根据体表运动模型得到进针点的体表运动数据。

在患者体表放置三个表皮运动检测器，实时得到进针点的体表运动，并实时更新到三维重建模型中，使得三维重建模型更加精确。

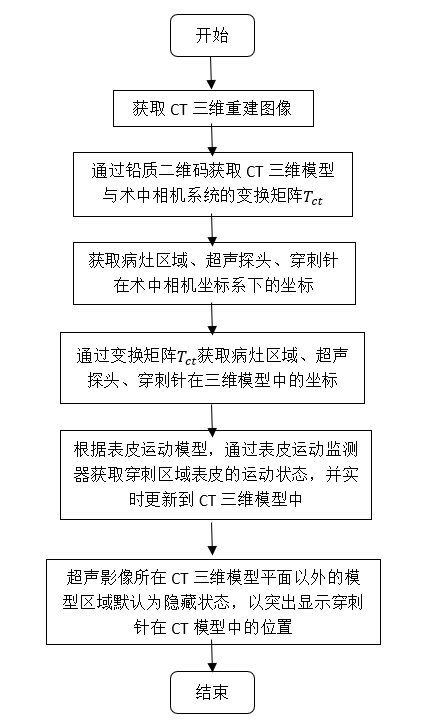


图1

开始

获取CT三维重建图像

超声影像所在CT三维模型平面以外的模型区域默认为隐藏状态，以突出显示穿刺针在CT模型中的位置

结束

根据表皮运动模型，通过表皮运动监测器获取穿刺区域表皮的运动状态，并实时更新到CT三维模型中

通过铅质二维码获取CT三维模型与术中相机系统的变换矩阵

通过变换矩阵获取病灶区域、超声探头、穿刺针在三维模型中的坐标

获取病灶区域、超声探头、穿刺针在术中相机坐标系下的坐标