技术交底书（专利一）

## 发明创造名称：

一种基于图像引导的经皮精准穿刺系统及其工作方法。

## 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有：

1. 减少对病人进行穿刺植入放射性粒子时，对医生的辐射风险问题
2. 减少穿刺次数，降低病人痛楚
3. 实现精准的给药剂量
4. 人工穿刺过程中的误差以及由于病人呼吸作用导致的偏差问题
5. 人工穿刺过程中对于病人体内状态不直观的问题

从而在减少医生辐射风险、降低病人痛楚的同时实现精准、高效的穿刺。

该经皮精准穿刺系统包括：

1. 智能标记与辅助定位系统
2. 精准穿刺执行系统
3. 超声探头实时监测系统
4. 人体表皮运动实时补偿系统
5. 全息影像系统
6. 图像采集系统
7. 配准系统
8. 目标定位系统
9. 穿刺路径规划系统
10. 中央处理系统。

该系统的工作方法具体为：

1. 术前在病人需要穿刺部位的皮肤上贴附本系统所依赖的智能标记，并通过CT横扫构建人体三维影像
2. 术中根据智能标记提供的空间信息进行机械臂与人体以及人体三维影像的配准
3. 配准后启用人体表皮运动实时补偿系统保证机械臂与人体的相对稳定
4. 将穿刺路径规划系统规划的路径模拟显示在全息影像系统中，确认其可行性
5. 穿刺并通过超声探头实时检测系统检测针尖位置，将其显示在全息影像系统中
6. 按照设定的粒子注入剂量进行给药
7. 穿刺完成

本发明涉及自动化控制领域、图像处理领域、软件工程领域以及深度学习领域。特别涉及一种基于图像引导的经皮精准穿刺系统及其工作方法。

## 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。

## 上述现有技术的缺点是什么？是什么原因导致这些缺点？

我们的产品穿刺精度高、穿刺快，一天可以接收更多病人。

## 针对上述缺点说明本发明创造的目的。

## 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）。

本发明的目的是通过构建一个自动导航、术中实时展示人体穿刺区域真实情况的全息影像的智能穿刺系统，解放医生，并且对患者的创伤降到最低。该系统主要由中央处理系统以及中央处理系统所控制的超声探头实时监测系统、全息影像系统、穿刺路径规划系统、精准穿刺执行系统、目标定位系统、图像采集系统、配准系统、智能标记与辅助定位系统、人体表皮运动实时补偿系统构成。该系统通过子系统间的协作完成一次精准穿刺。

在使用本系统穿刺前，需要先在病人需要穿刺部位附近的皮肤上贴附智能标记与辅助定位系统随后进行CT环扫获取人体三维影像。将该智能标记与辅助定位系统在病人皮肤上保持固定直至进行穿刺。

开始穿刺时，首先启动经皮精准穿刺系统的中央处理系统，中央处理系统负责调度其子系统。中央处理系统首先启动机械臂配准系统。机械臂配准系统需要图像采集系统、和智能标记与辅助定位系统进行初步配准。智能标记与辅助定位系统负责将人体坐标系与搭载超声探头的机械臂的坐标系的各坐标轴保持平行。图像采集系统由固定在手术室天花板或者经皮穿刺系统手术平台固定位置的摄像头组组成，摄像头组通过计算机视觉算法控制机械臂末端中心与智能标记中心对齐。接着人体表皮运动实时补偿系统介入并配合图像采集系统与智能标记与辅助定位系统，保证人体的呼吸起伏不会影响配准的成果。目标定位系统获取到机械臂、人体、三维影像以及摄像头的坐标系信息后，将四者的坐标系整合至一个共同坐标系中方便不同系统间的协调，接着将配准后的三维影像提供至全息影像系统。全息影像系统通过目标定位系统和穿刺路径规划系统获得设计穿刺路线以及计算粒子植入剂量并予以展示。一旦穿刺方案得到认可，随即唤醒精准穿刺系统进行人体穿刺。同时全息影像系统会启动超声探头实时检测系统并接入实时测距系统，超声探头实时检测系统检测到穿刺时针头在人体组织的深度和倾斜度，配合实时测距系统将数据传递给全息影像系统，全息影像系统进行数据处理后将针头的实际位置体现在直观的三维影像中，并且显示传统超声影像供医生确认和参考，一旦发生异常立刻终止操作，由中央处理系统确定最佳退出穿刺方案并协调各子系统，终止本次穿刺。

经皮精准穿刺系统的所有系统的工作原理具体为：

1. 中央处理系统。

中央处理系统负责在经皮精准穿刺系统工作时，协调调度各子系统。在穿刺开始时，依次按照穿刺任务需要，唤醒图像采集系统、智能标记与辅助定位系统以支持配准系统，随后调用实时测距系统和人体表皮运动实时补偿系统全程接入。接着调用穿刺路径规划系统再全息影像系统中显示穿刺路径，在最终决定穿刺后启动精准穿刺执行系统，并使用超声探头实时检测系统为全息影像系统提供针头在人体内部的实时模拟画面。

1. 配准系统

配准系统主要是为了使得经皮精准穿刺系统两个分别搭载超声探头和穿刺针的机械臂能够获知人体坐标以及机械臂各自坐标以及三个坐标系间坐标的转换关系，以保证机械臂能够在手术开始时自动配准、在穿刺中、以及获取穿刺过程的超声影像时能够时刻保持与人体的相对稳定，并且能够保证双机械臂的协调协作。配准系统在运行初期需要图像采集系统和智能标记与辅助定位系统的配合，随后需要人体表皮运动实时补偿系统的实时介入。

1. 目标定位系统

如何将术前CT环扫生成的三维影像、术中人体与机械臂、摄像头之间相对的空间位置相匹配是一个难题，尤其是三维影像是一个虚拟物体，需要通过在拍摄CT影像时加入标记物建立与外界真实世界的联系。目标定位系统的作用是通过计算出三维影像的坐标系、人体坐标系、机械臂坐标系以及摄像头坐标系间的转换关系，将不同的坐标系转化到一个共同的坐标系中，从而方便穿刺系统的各子系统间的协调和调度。通过三维影像中引入的特殊形状的铅平面标记，以及三维影像中提供的CT拍摄时人体空间位姿信息，可以为虚拟空间中的三维影像映射到现实空间中建立桥梁，即确定变换矩阵。将虚拟的三维影像坐标系变换到手术导航的图像采集系统中的摄像头坐标系下，再将图像采集系统通过人体表面的二维码以及陀螺仪信息确定的人体坐标系变换到摄像头坐标系下，最后再将机械臂自身保存的机械臂各关节的坐标信息通过机械臂固定部位和摄像头的相对位置建立转换关系，同样转换到摄像头坐标系下。这样穿刺系统的所有子系统都可以共享一个坐标，手术机器人穿刺时，穿刺的既是三维影像，又是三维影像所代表的人体的真实部位。该系统相当于医生的大脑，把医生脑中抽象的人体内部解剖图、眼睛观察到的真实人体以及拿着超声探头和穿刺针的双手协调起来，共享数据协调工作。配准系统在运行初期需要图像采集系统和智能标记与辅助定位系统的配合，接着需要人体表皮运动实时补偿系统的持续介入。

1. 智能标记与辅助定位系统

智能标记与辅助定位系统是一个特制的小模组，该小模组上方覆盖一个正方形缺一角的铅层，该铅层长打印一个简单的能够支持简单定位的二维码，铅层下方覆盖一个小型的陀螺仪。智能标记与配准系统在术前的CT三维影像建立和术中的机械臂配准都有用处。在术前的CT三维影像建立过程中，利用铅反射X射线的物理性质，会在CT拍摄影像上形成人为形成的可以明显与人体组织区分的高亮区域。将CT环扫后的影像进行三维重建，可以在三维影像中看到二维的正方形缺一角的亮片。该亮片可以为全息影像系统提供三维影像的法向坐标，配合图像采集系统对二维码的定位可以完全确定人体坐标并与机械臂进行配准，使得机械臂可以按照三维影像对人体进行穿刺，同时也为穿刺路径规划系统的运算提供便利。

1. 图像采集系统

图像采集系统由固定在手术室天花板或者固定在经皮精准穿刺系统的可移动手术平台上的摄像头模组组成，通过比对机械臂末端和智能标识上的二维码，为机械臂的配准以及穿刺时机械臂的动态补偿提供导航信息。同时图像采集系统中摄像头坐标系会作为配准系统的基准坐标系使用。

1. 人体表皮运动实时补偿系统

人体表皮运动实时补偿系统工作时使用智能标记中的陀螺仪实时反馈的位姿信息，由人体表皮运动实时补偿系统进行实时运算以控制机械臂保持其运动周期与人体呼吸时皮肤表面的起伏程度一致。人体表皮运动实时补偿系统同时还会主动学习人体的呼吸频率，使得机械臂的修正路径更加平滑、和缓。

1. 超声探头实时检测系统

超声探头实时检测系统负责在穿刺进行时，通过检测超声探测画面中穿刺针在人体组织内部的深度以及倾斜程度信息，为全息影像系统提供展示穿刺针在人体内模拟状态的必要信息。超声探头实时检测系统还需要保证超声探头与穿刺针处于同一平面中，因此还会协调装载超声探头的机械臂和装载穿刺针的机械臂的相对位置关系。此外超声影像也可以直接按照传统模式输出供穿刺手术的执行医师，并且在全息影像上标记处超声探测的二维平面与三维影像的交面，供执行医师对比观看超声影像以及全息影像，以对整台手术有更好的把握，并且在发现超声影像与全息影像标记交面处的不吻合情况使及时介入并终止穿刺系统的运行。

1. 全息影像系统

全息影像系统综合来自三维影像重建系统的重建三维影像、实时测距系统的人体坐标系与机械臂坐标系实时距离、超声探头实时检测系统检测到的针头在人体内部的深度信息和倾斜程度信息以及超声探头所在二维平面在空间中的位置信息，形成直观的全息影像。该全息影像中可以看到人体外部的机械臂的位姿与和三维影像中由特质铅层进行配准的配准状态，以及进行重建后的三维影像。三维影像上可以显示穿刺前，由穿刺路径规划系统提供的模拟穿刺路线，也可以显示在真实穿刺过程中通过超声探头实时检测系统和实时测距系统运算得到的针尖在人体中的实际位姿信息。同时三维影像还会显示穿刺过程中超声探头检测系统进行超声探测时的探测面与三维影像的交面，供医生对比此处三维影像和超声探测传统画面是否吻合。此外，由于该系统主要为经皮精准穿刺系统服务，因此可以用明显的形式标注需要进行粒子植入的靶点位置，同时，该全息影像系统也可以拓展到为其他类型的手术系统进行定制化的显示。全息影像系统还可以通过结合5G通信进行远程会诊，使得远程专家团队能够获得除了摄像头提供的画面以外的直观的人体内部状态展示。

1. 穿刺路径规划系统

穿刺路径规划系统利用全息影像系统，将对人体穿刺抽象为对高精度还原的人体三维影像穿刺，从而方便规划穿刺路径以及根据靶点的大小计算需要进行粒子植入的剂量。穿刺路径规划系统设计穿刺路径的基本原则是使穿刺路径对于病人的伤害最小并且用最少的穿刺次数经过所需要进行放射性粒子植入的靶点，穿刺路径规划系统从全息影像系统中获取靶点的空间坐标信息以及靶点体积，然后使用合适的直线拟合算法规划路径。该路径会反馈到全息影像系统中，供医生评估可行性，同时医生也可以自行设计与修正路径，然后由穿刺路径规划系统转换为穿刺执行系统的所需要的数据，由穿刺系统进行穿刺。

1. 穿刺执行系统

穿刺执行系统根据穿刺路径规划系统提供的数据，操控机械臂进行穿刺。

## 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）。

## 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）

1. 中央处理系统主要负责协调调度精准穿刺系统中的所有子系统，具体方案如下：

