



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 105073042 B

(45)授权公告日 2019.03.29

(21)申请号 201480018818.4

(22)申请日 2014.03.21

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105073042 A

(43)申请公布日 2015.11.18

(30)优先权数据
61/805,947 2013.03.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.09.28

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2014/060020 2014.03.21

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/155257 EN 2014.10.02

(73)专利权人 皇家飞利浦有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72)发明人 H·埃尔哈瓦林 A·波波维奇
A·K·贾殷

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

代理人 李光颖 王英

(51)Int.Cl.
A61B 17/34(2006.01)
A61B 34/30(2016.01)

(56)对比文件
CN 101380241 A,2009.03.11,全文.
US 2003/0221504 A1,2003.12.04,全文.
US 2008/0306375 A1,2008.12.11,全文.
CN 101025190 A,2007.08.29,全文.
审查员 何煦佳

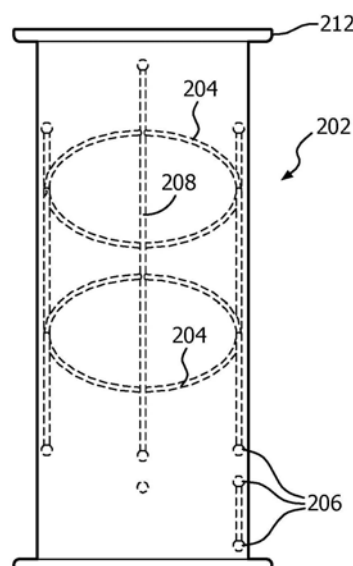
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

使用定制套管针对机器人远程运动中心点的定位

(57)摘要

一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的系统,包括标记物设备(104),所述标记物设备被配置为包括一种或多种形状(105),以指示所述标记物设备在由成像系统(110)收集的图像中的位置和取向。所述标记物设备被配置为将仪器(102)接收或者部分接收在其中,所述仪器是机器人引导的。配准模块(117)被配置为使用所述标记物设备将所述图像的坐标系与机器人引导的仪器的坐标系进行配准,以定义虚拟远程运动中心(140)存在于机器人坐标系(132)中的位置。控制软件(136)被配置为控制所述机器人引导的仪器的运动,其中,所述虚拟远程运动中心约束机器人(130)的运动。



1. 一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的系统,包括:

标记物设备(104),其被配置为包括一个或多个形状(105),以指示所述标记物设备在由成像系统(110)收集的图像中的位置和取向,所述标记物设备被配置为将仪器(102)接收或者部分接收在其中,所述仪器是机器人引导的;

配准模块(117),其被配置为使用所述标记物设备将所述图像的坐标系与机器人引导的仪器的坐标系进行配准,以定义在机器人坐标系(132)中的虚拟远程运动中心(140)存在于其中的位置;以及

控制软件(136),其被配置为控制所述机器人引导的仪器的运动,其中,所述虚拟远程运动中心约束机器人(130)的运动。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述成像系统(110)包括手术中X射线成像系统。

3. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述一个或多个形状(105)是辐射不透明的,并且以集成方式形成在所述标记物设备(104)中。

4. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述一个或多个形状(105)是辐射不透明的,并且形成在被配置为接合所述仪器(102)和所述标记物设备(104)中的一个的单独部分中。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述控制软件(136)阻止所述仪器从虚拟远程运动中心向前推移,但是准许所述仪器的旋转。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述系统包括用于执行医学流程的外科手术套件。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述标记物设备(104)包括用于进入到对象中的端口。

8. 一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的标记物,包括:

辐射可透过壁(212),其形成被配置为接收或者部分接收一个或多个仪器的内部腔;以及

辐射不透明材料体(204、206、208),其形成在所述壁上或形成在所述壁中,所述材料体被配置为一种或多种几何形状,以指示所述标记物在X射线图像中的三维取向和位置,使得所述三维取向和位置提供用于针对所述一个或多个仪器的机器人控制的虚拟远程运动中心(140)。

9. 根据权利要求8所述的标记物,其中,所述标记物以集成方式形成在套管针(402)中。

10. 根据权利要求8所述的标记物,其中,所述标记包括被配置为接合医学端口或套管针中的一个的部分(502)。

11. 一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的方法,包括:

由成像系统对标记物进行成像(602),所述标记物被放置在相对于对象的位置处并且被配置为包括一个或多个形状(105),以指示所述标记物在图像中的位置和取向;以及

使用所述标记物将图像的坐标系与机器人引导的仪器的坐标系进行配准(604),使得在机器人坐标系中的虚拟远程运动中心存在于其中的位置能够被定义;其中,所述虚拟远程运动中心用于约束机器人的运动,所述机器人对机器人控制的仪器的运动进行控制。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述成像系统(110)包括X射线成像系统。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述一个或多个形状是辐射不透明的,并且以集成方式形成在所述标记物中。

14. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 所述标记物包括与用于进入到所述对象中的端口接触的单独部分, 并且所述方法还包括计算所述端口与所述标记物之间的偏移, 以提供所述的配准 (604)。

使用定制套管针对机器人远程运动中心点的定位

技术领域

[0001] 本公开涉及医学仪器以及对该医学仪器的机器人控制,并且更具体而言,涉及定义针对用于医学流程的基于软件的机器人的远程运动中心。

背景技术

[0002] 旋转X射线C型臂被用在各种介入和外科手术套件中以采集感兴趣解剖结构的2D和3D图像。使用通过小的端口被插入到患者身体内的细长仪器来执行微创外科手术。在机器人引导的微创外科手术中,关键是不对端口施加任何平移力,因为对端口施加平移力可能对患者造成损伤。远程运动中心(RCM)是使得末端执行器(医学设备)在患者内部的运动容易而在RCM点处具有零运动的点。RCM点需要与医学机器人的插入点一致。然而,常规方法要求对点的人工输入,所述点向系统指示期望的远程运动中心在机器人的参考系中的位置。

[0003] 利用在机械设计中没有固有的远程运动中心的系统来执行机器人引导的外科手术的外科手术医师需要人工输入位置,以向机器人臂施加虚拟远程运动中心。然而,这能够导致错误,并转化为在外科手术期间的困难。

发明内容

[0004] 根据本原理,一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的系统,包括标记物设备,所述标记物设备被配置为包括一种或多种形状,以指示所述标记物设备在由成像系统收集的图像中的位置和取向。所述标记物设备被配置为将仪器接收或者部分接收在其中,所述仪器是机器人引导的。配准模块被配置为使用所述标记物设备将图像的坐标系与机器人引导的仪器的坐标系进行配准,以定义虚拟远程运动中心存在于机器人坐标系中的位置。控制软件被配置为控制所述机器人引导的仪器的运动,其中,所述虚拟远程运动中心约束机器人的运动。

[0005] 一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的标记物,包括:辐射可透过壁,其形成被配置为接收或者部分接收一个或多个仪器的内部腔;以及在所述壁上或者在所述壁中形成的辐射不透明材料,所述材料被配置为一种或多种几何形状,以指示所述标记物在X射线图像中的三维取向和位置,使得所述三维取向和位置提供用于针对所述一个或多个仪器的机器人控制的虚拟远程运动中心。

[0006] 一种用于提供针对机器人控制的远程运动中心的方法,包括:将标记物放置在相对于对象的位置处,所述标记物被配置为包括一种或多种形状,以指示所述标记物在图像中的位置和取向;对所述标记物进行成像;使用所述标记物将图像的坐标系与机器人引导的仪器的坐标系进行配准,以定义虚拟远程运动中心存在于机器人坐标系中的位置;并且控制机器人控制的仪器的运动,其中,所述虚拟远程运动中心约束机器人的运动。

[0007] 根据下文对例示性实施例的详细描述,并结合相应的附图进行解读,本公开的这些和其他目标、特征和优点将变得显而易见。

附图说明

[0008] 本公开下文将参考如下附图详细介绍对优选实施例的描述,在附图中:

[0009] 图1是示出了根据一个实施例的用于提供虚拟远程运动中心的系统的方框/流程图;

[0010] 图2是示出了根据一个实施例的示出了针对医学仪器的远程运动中心点的方框/流程图的解剖剖视图;

[0011] 图3是根据一个实施例的针对用在标记物设备上的辐射不透明材料的例示性配置;

[0012] 图4是根据一个实施例的套管针标记物设备的透视视图;

[0013] 图5是根据一个实施例的设置在套管针端口上的单独标记物设备的透视视图;并且

[0014] 图6是示出了根据例示性实施例的用于定义针对机器人控制的虚拟远程运动中心的方法的流程图。

具体实施方式

[0015] 本文的实施例提供了用于确定和/或创建针对机器人控制的虚拟远程运动中心(RCM)的系统和方法。针对在其机械设计中不具有固有的远程运动中心的机器人设备,需要定义沿机器人末端执行器的空间中的虚拟点的软件能力,使得机器人控制软件能够计算机器人的必要运动,以避免在空间中的该点处施加平移力。一个特征包括集成在套管针、端口或其他仪器中或者附接到套管针、端口或其他仪器的辐射可透过标记物,其允许对由机器人把持的外科手术仪器(例如,腹腔镜仪器)的远程运动中心的基于X射线图像的检测。另一个特征包括用于计算远程运动中心在机器人坐标框架中的位置的方法。根据本原理,提供了根据单幅X射线图像对远程运动中心的快速且不依赖于操作者的检测。RCM的准确确定针对在仪器的机器人操纵期间的患者安全的一个重要方面。

[0016] 本原理将例示性地集中于在X射线C型臂和/或内窥镜检查引导下执行机器人引导的微创外科手术的临床应用上。然而,这些范例应用是非限制性的,并且医学仪器其他成像技术可以获益,并且根据本原理加以采用。例如,在手术室或者包括心脏套件、肿瘤套件、神经外科套件等的别处执行的任何微创流程中都能够采用本实施例。

[0017] 应当理解,将根据医学仪器来本描述发明;然而,本发明的教导要宽泛得多,并且能够应用于任何机器人控制的仪器。在一些实施例中,在跟踪或分析复杂生物学或机械系统的过程中采用本原理。具体而言,本原理能够应用于生物系统的内部跟踪流程,在诸如肺、胃肠道、排泄器官、血管等的身体的所有区域中的流程。附图中描绘的元件可以被实施在硬件和软件的各种组合中并且提供可以被组合在单个元件或多个元件中的功能。

[0018] 能够通过使用专用硬件以及能够运行与适当的软件相关联的软件的硬件来提供附图中示出的各种元件的功能。当由处理器提供时,所述功能能够由单个专用处理器、由单个共享处理器或者由多个个体处理器(它们中的一些能够被共享)来提供所述功能。此外,不应将术语“处理器”或“控制器”的明确使用解释为唯一地指代能够运行软件的硬件,而是能够固有地包括但不限于数字信号处理器(“DSP”)硬件、用于存储软件的只读存储器(“ROM”)、随机存取存储器(“RAM”)、非易失性存储器等。

[0019] 此外,本文记载本发明的原理、各方面和实施例的所有陈述,以及其具体范例,旨在涵盖其结构和功能等价物两者。另外,这样的等价物旨在包括当前已知的等价物以及将来开发的等价物(即,不管结构如何,所开发的执行相同功能的任何元件)两者。因此,例如,本领域技术人员将意识到,本文呈现的方框图表示体现本发明的原理的例示性系统部件和/或电路的概念视图。类似地,将意识到,任何流程表、流程图等表示基本上可以被表示在计算机可读存储介质中并且因此由计算机或处理器来运行的各种过程,而不管是否明确示出了这样的计算机或处理器。

[0020] 此外,本发明的实施例能够采取计算机程序产品的形式,所述计算机程序产品能够从计算机可用或计算机可读存储介质存取,所述计算机可用或计算机可读存储介质提供用于由计算机或任何指令运行系统使用或者与计算机或任何指令运行系统结合来使用的程序代码。出于该描述的目的,计算机可用或计算机可读存储介质可以是包括、存储、通信、传播或运输程序的任何装置,所述程序用于由指令运行系统、装置或设备使用或与指令运行系统、装置或设备结合来使用。所述介质能够是电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的或半导体系统(或者装置或设备)或传播介质。计算机可读介质的范例包括半导体或固态存储器、磁带、可移除计算机软盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、刚性磁盘以及光盘。光盘的当前范例包括压缩盘-只读存储器(CD-ROM)、压缩盘-读/写(CD-R/W)、Blu-Ray™和DVD。

[0021] 现在参考附图,其中类似的附图标记表示相同或相似的元件,并且首先参考图1,示出了用于提供和/或确定远程运动中心(RCM)的系统100。系统100可以包括工作站或控制台112,从所述工作站或控制台对流程进行监督和/或管理。工作站112优选包括一个和多个处理器114以及用于存储程序和应用的存储器116。存储器116可以存储图像处理模块115,所述图像处理模块被配置为解释来自成像系统110的图像,以解译出标记物设备104的位置。图像处理模块115被配置为使用图像反馈(以及任何其他反馈,例如,电磁(EM)跟踪)来确定标记物设备104的位置和取向。设备104可以被定位在对象(例如,患者)160上,或者设备104可以包括医学设备或仪器102在其中进入对象160的其他设备的端口。设备104可以包括套管针或者其他端口,或者可以包括匹配在套管针或端口中或匹配在套管针或端口上的单独的部分。标记物设备104被定位或者放置在接口处并且将仪器102接收或者部分接收在其中。标记物设备104可以包括环带或具有被配置为充当端口的内部腔的其他客体。在一个实施例中,标记物设备104被固定在特定位置处,例如,被固定在到患者的身体中的端口进入位置处等。医学设备102是机器人控制的,并且可以包括导管、导丝、探头、内窥镜、另一机器人、电极、滤波器设备、球囊设备或其他医学部件等;然而,当采用刚性仪器时本原理尤其有用。

[0022] 机器人系统130包括坐标系132。使用处理器114和存储器116来控制机器人系统130,尽管可以采用单独的控制系统。机器人系统130包括机器人臂134,所述机器人臂被配置为抓住并且把持医学仪器102。使用存储在存储器116中的控制软件136来控制机器人系统130,并且尤其控制机器人臂134。向控制软件136供应能够允许并且需要执行流程的规则、约束或者运动(例如,来自程序、计划或接口120)。

[0023] 成像系统110包括手术中X射线系统。在一个实施例中,成像系统110包括扫描系统或机构111,例如,双C型臂或单C型臂或者能够产生2D或3D手术中图像的任何类似设备。在

尤为有用的实施例中,机构111可以包括C型臂或者用于成像的其他定位系统。尽管将X射线描述为成像模态,但是也可以采用其他模态,诸如磁共振、计算机断层摄影、超声等。

[0024] 存储器116包括配准模块117,所述配准模块从成像系统110和/或从图像处理模块115接收(一幅或多幅)图像135,所述图像在其中包括设备102和设备104。配准模块117将图像135与机器人坐标系132的位置配准。例如,设备102由机器人系统130把持,并且利用来自机器人臂134的反馈来已知设备102在机器人坐标系132中的位置。另外,具有标记物设备104的设备102的图像被捕获,并且能够与来自机器人臂134的位置信息配准,以提供医学设备102和标记物设备104在机器人坐标系132中的位置/取向。在机器人坐标系132与扫描机构111的坐标系138(例如,X射线C型臂坐标系)、成像系统110的坐标系或者其他已知参考的坐标系之间实现配准。配准技术是本领域已知的。

[0025] 工作站112包括用于查看图像的显示器118。显示器118还可以允许用户与工作站112及其部件和功能或者系统100内的任何其他元件进行交互。这还通过接口120来促进,所述接口可以包括键盘、鼠标、操纵杆、触觉设备或允许用户得到来自工作站112的反馈以及与工作站112进行交互的任何其他外围设备或控制。

[0026] 在一个实施例中,标记物设备104包括辐射不透明材料105,所述辐射不透明材料优选被配置为指示标记物设备104的位置和取向,而不管成像系统110的不同位置。换言之,辐射不透明材料105被配置为唯一地识别标记物设备104的位置和取向,并因此识别医学仪器102的位置和取向,而不管图像是以何角度被捕获的。辐射不透明材料105可以包括符号、形状、线、点等。标记物设备104可以包括辐射可透过材料,辐射不透明材料105形成或集成在所述辐射可透过材料上。

[0027] 图2A和2B示出了具有几何特征的例示性设计202的两个视图,所述几何特征包括采取不同配置的形状204、点206、连接线208等,使得单幅投影图像能够定义标记物设备104相对于C型臂或者成像系统坐标系的整个姿态。应当理解,可以采用比设计202更加简单的设计,但是可能需要一个或多个2D X射线采集来绘制其位置,或者需要3D采集。图2A示出了具有圆柱形辐射可透过壁212的设计202的X射线投影,所述圆柱形辐射可透过壁具有被包括在其中或者其上的辐射不透明形状204。图2B示出了设计202的3D透视图。

[0028] 再次参考图1,可以在机器人坐标系132中确定并且描述辐射不透明标记物104的姿态。根据本原理,标记物设备104被放置在指示或者定义远程运动中心(RCM)的位置处。然后,通过标记物位置在图像坐标系138和机器人坐标系132之间的配准来将标记物位置提供到机器人控制软件136。当由机器人130将仪器102插入在标记物设备104中或者插入通过标记物设备104时,控制软件136定义虚拟RCM 140,使得由虚拟RCM 140的位置约束机器人系统130,从而约束仪器102的运动。例如,不能平移机器人臂134来更进一步地将仪器推进到端口(104)中等,但是旋转可能仍然是可以的,并且可以被部分约束或者不受阻碍。标记物设备104可以定位在枢纽端口部位处,是端口的部分或者被包括在其中出现RCM或者可能要出现RCM的另一位置处。标记物设备104可以被嵌入有辐射不透明几何形状105,所述辐射不透明几何形状能够在单幅X射线图像中绘制端口位置的姿态。

[0029] 参考图3,描绘了在微创外科手术期间的患者或模型302的剖视图。使用通过小的端口306插入到患者身体302中的细长仪器304来执行微创外科手术。在这些流程期间的主要可视化方法是内窥镜或腹腔镜308,所述内窥镜或腹腔镜可以作为仪器102被提供,或者

可以在仪器102之外被提供(图1)。在机器人引导的微创外科手术中,由机器人系统130把持并且控制所述仪器中的一个或多个(图1)。被放置在患者身体302上的小的端口306是仪器和内窥镜可以穿过其来访问患者302的内部的仅有切口点。这样,仪器304、308能够围绕这些支轴点310旋转,但是它们不能对端口306施加平移力,因为这会导致对患者302的损伤或损害。

[0030] 在该范例中,将仪器304插入到两个或更多个端口306中,并通过另一端口306来插入机器人引导的内窥镜308。在其他范例中,机器人可以把持一个或多个外科手术仪器和/或内窥镜。如果机器人系统具有以软件实施的远程运动中心,则可能必须向机器人控制软件136(图1)指示虚拟远程运动中心在机器人坐标系132中的何处,以供控制软件136移动机器人130,同时不对支轴点310施加力而引起组织损伤。

[0031] 通过将虚拟RCM(例如,在软件中)定义为支轴点(310)或其他位置,所述软件迫使仅旋转(或者其他运动约束,例如,仅在一维或二维上的旋转)能够在端口处被执行,并且排除在该位置处的所有平移力。这能够通过将虚拟RCM定义在特定位置处的(一个或多个)标记物设备(端口306)的位置处来实现,所述特定位置是使用成像系统与机器人系统之间的配准来定义的。

[0032] 参考图4,示出了针对根据本原理的套管针标记物设备402的例示性实施例。套管针标记物设备402包括附接或者形成在设备402内或上的辐射不透明形状404,以允许对由机器人把持的外科手术仪器410的远程运动中心的基于X射线图像的检测。仪器410穿过设备402的至少部分。通过对套管针402的放置来分派或者提供远程运动中心在机器人坐标框架中的位置。可以将设备402放置在针对患者408的进入点处。这允许根据单幅X射线图像对远程运动中心的快速并且不依赖操作者的检测。RCM的确定是在仪器的机器人操纵期间针对患者安全的一个重要方面。

[0033] 可以将辐射不透明形状404集成在设备402中,以在X射线图像中来检测。形状404可以包含几何形状的系列,理想的情况下所述形状为直线、点和椭圆,所述几何形状被嵌入在预先确定的配置中的标记物中。这些形状404将由对比材料制成,所述对比材料具有与其周围材料具有显著不同的辐射不透明度。这些形状404优选地包括使得单幅投影图像将足以定义其整个姿态和取向的配置。这些标记物形状404的几何特性使得能够使用单幅X射线图像来描述基准的确切姿态(例如,3个取向和3个平移)。备选地,标记物形状404能够具有简单形状(例如,球形),然而,其将要求多幅X射线图像,因而尽管有用但是并非优选实施例。辐射不透明标记物404将作为预先制造的部分被嵌入到套管针中。

[0034] 参考图5,在该实施例中,标记物设备502未集成在套管针504中,但是其被附接到外科手术仪器/内窥镜508或者套管针或端口504。如前所述,标记物设备502可以具有辐射不透明形状和材料506的范围。在一个实施例中,提供了在其中具有孔的标记物设备502,使得所述标记物设备能够被定位在仪器/内窥镜508的杆上,或者被定位在套管针504上或套管针504中。标记物502可以被定位在患者皮肤512上的端口/套管针504处。在一个实施例中,标记物设备502可以包括添加到端口/套管针504的粘合条或片。

[0035] 参考图6,例示性地示出了用于建立标记物和RCM在机器人的坐标系中的位置的方法。在方框602中,执行对在成像系统(例如,X射线系统)中的标记物的检测。根据所采集的X射线图像实现对标记物在X射线坐标系中的位置的检测。由于在一个实施例中,所述标记物

是具有辐射不透明标记的辐射可透过的,所以简单阈值化方法能够分割出图像中的所述标记物的形状。如果将所述标记物(例如,具有标记的套管针)设计为具有不同形状,则一幅X射线图像足以确定确切位置和取向。如果所述标记物具有简单的形状(例如,球体),那么需要多幅图像,并且将所述多幅图像与已知的3D姿态计算算法(例如,三角测量)结合以确定位置。

[0036] 在方框604中,执行机器人到图像系统的配准。使用已知方法(例如,基准标记物、点到点的配准、将机器人附接到C型臂处的已知位置等)来执行机器人坐标框架与X射线C型臂坐标框架之间的配准。

[0037] 在方框606中,在机器人坐标框架中提供或定义RCM位置。通过建立在RCM位置与X射线标记物位置之间的关系来获知机器人坐标框架。如果RCM标记物被集成在套管针端口中,那么能够通过设计获知所述关系。如果RCM标记物未被集成到套管针端口中,那么需要通过人工测量或者在前的校准来计算标记物与套管针之间的距离。机器人的运动控制可以包括阻止仪器从远程运动中心向前推移,但是允许仪器的旋转(或者限制的旋转)。也可以实施其他运动约束和控制。

[0038] 本文的实施例能够用于其中X射线成像可用的机器人引导的内窥镜微创外科手术的不同应用中。外科手术的类型能够包括,但不限于,心脏外科手术、微创冠状动脉旁路移植术、心房间隔缺损闭合术、瓣膜修复/更换、腹腔镜手术、子宫切除术、前列腺切除术、胆囊手术、自然孔口经腔(transluminal)手术(NOTES)、肺/支气管镜手术、神经外科介入术、视频辅助胸部手术等等。

[0039] 在解释权利要求时,应当理解:

[0040] a) 词语“包括”不排除除了在给定的权利要求中列出的元件或动作以外的其他元件或动作的存在;

[0041] b) 元件前的词语“一”或“一个”不排除多个这样的元件的存在;

[0042] c) 权利要求中的任何附图标记不限制其范围;

[0043] d) 若干“单元”可以由相同项或者硬件或软件实施的结构或功能来表示;并且

[0044] e) 除非明确地指示,否则并不旨在要求动作的具体顺序。

[0045] 已经描述了针对使用定制套管针来对机器人的远程运动中心点进行定位的优选实施例(其旨在为例示性的而非限制性的),应当指出,本领域技术人员能够鉴于以上教导而做出修改和变型。因此应理解,可以在所公开的本公开的特定实施例中做出改变,所述改变在如权利要求书所概述的本文所公开的实施例的范围内。因此已经描述了专利法所要求的细节和特性,期望由专利证书主张和保护的内容在权利要求书中得以阐述。

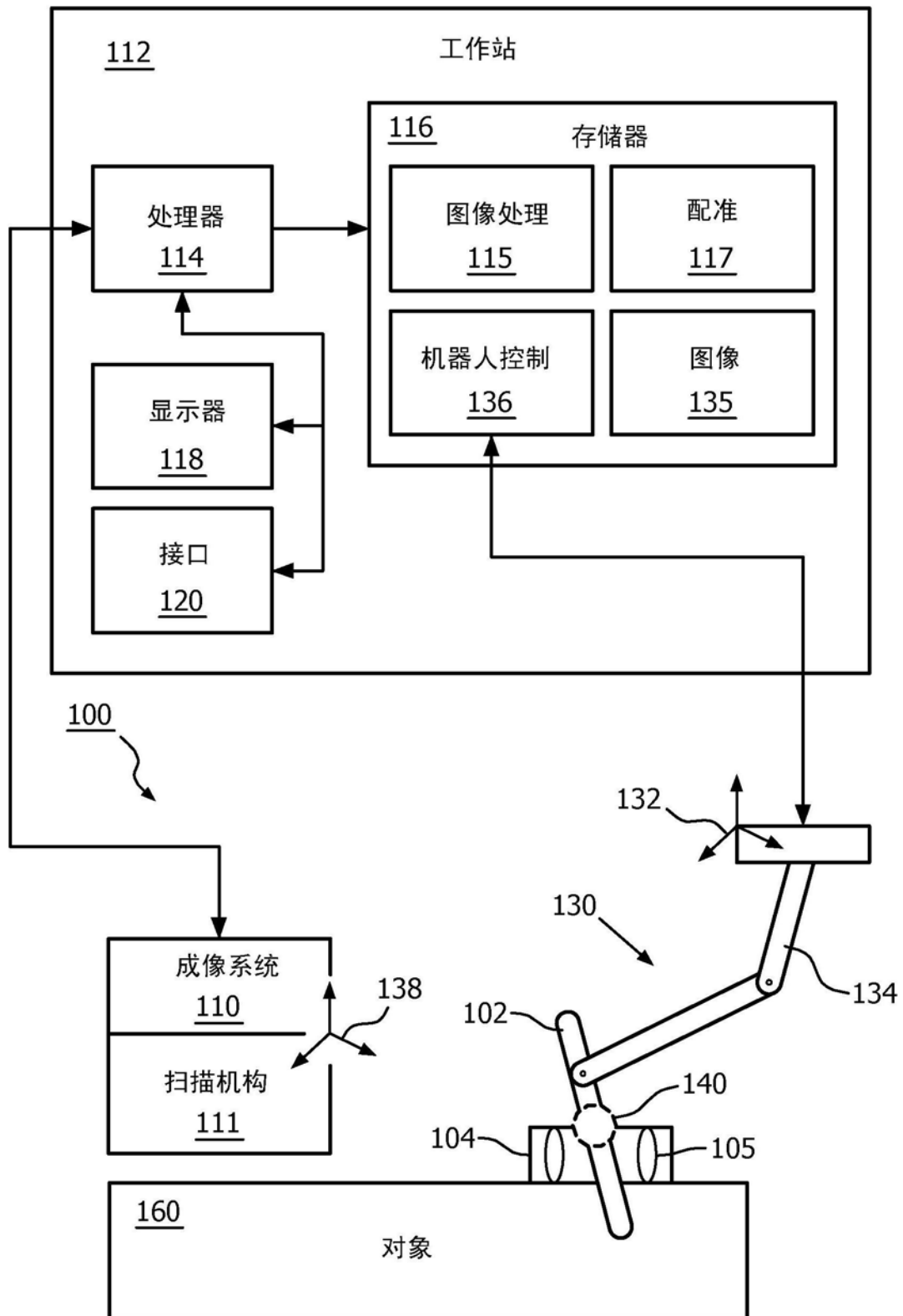


图1

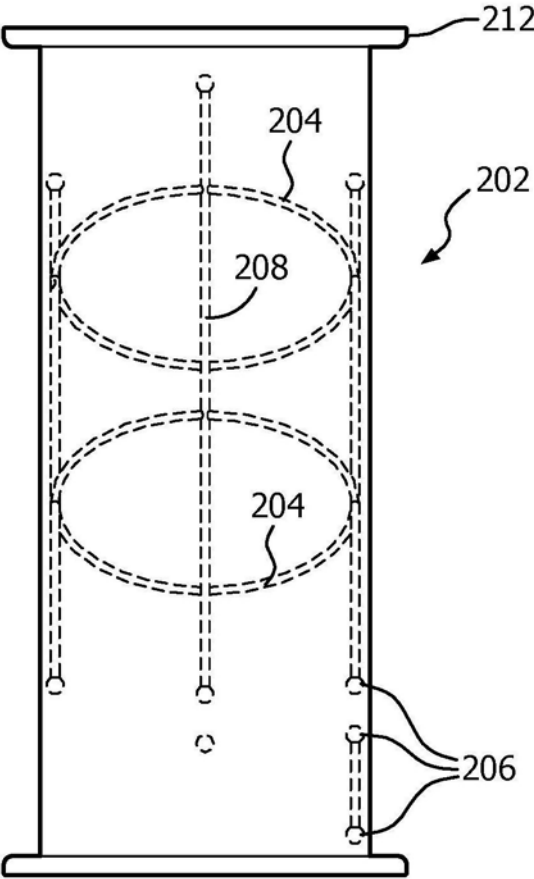


图2A

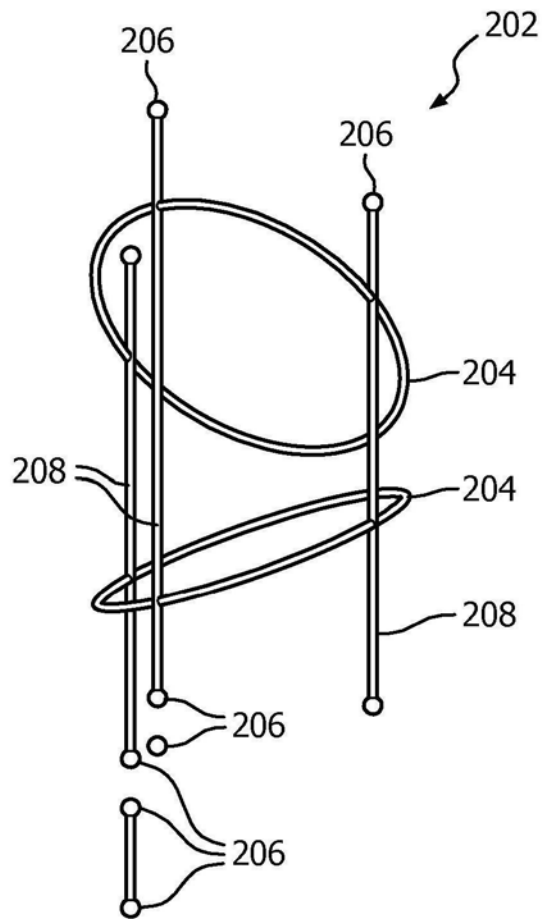


图2B

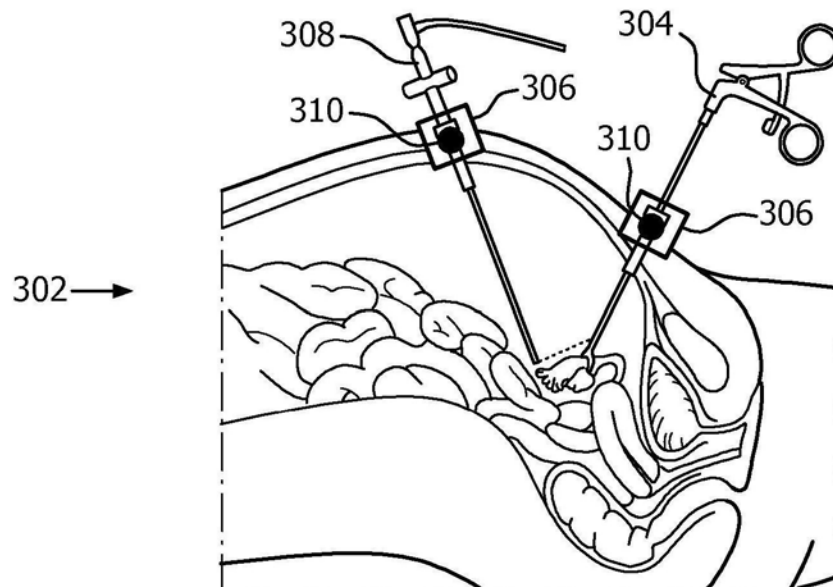


图3

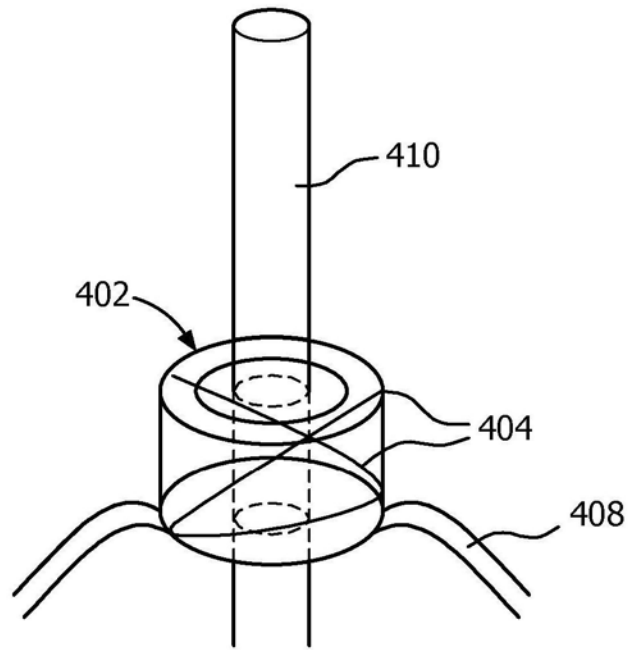


图4

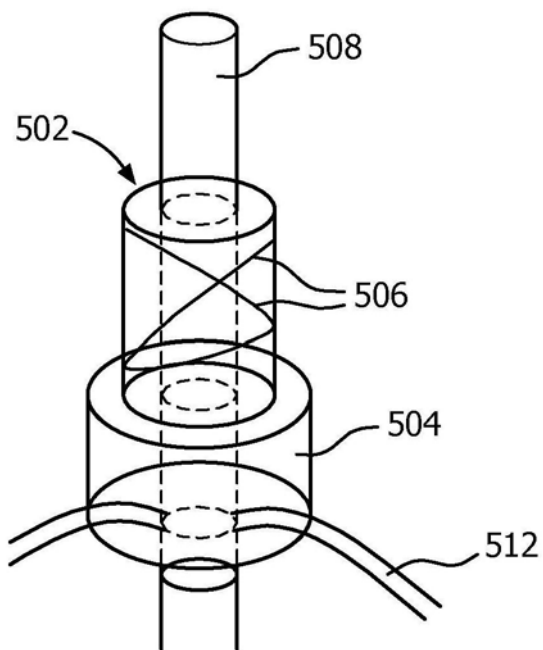


图5

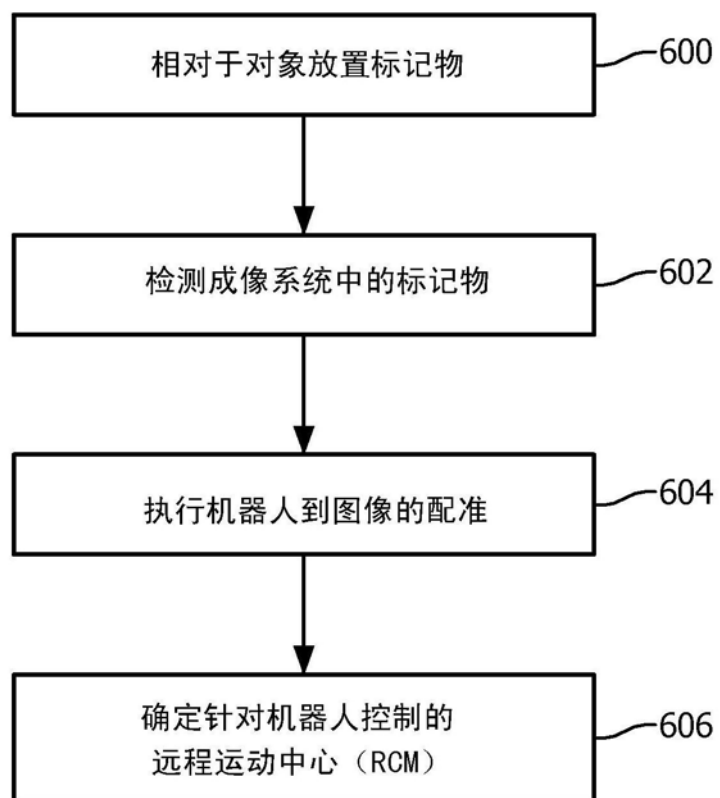


图6