



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104114337 B

(45)授权公告日 2016.12.21

(21)申请号 201380009359.9

(22)申请日 2013.02.11

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104114337 A

(43)申请公布日 2014.10.22

(30)优先权数据
61/599,208 2012.02.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.08.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/025630 2013.02.11

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/122889 EN 2013.08.22

(73)专利权人 直观外科手术操作公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 N·迪奥拉伊蒂

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民 董巍

(51)Int.Cl.
B25J 13/06(2006.01)
B25J 21/02(2006.01)

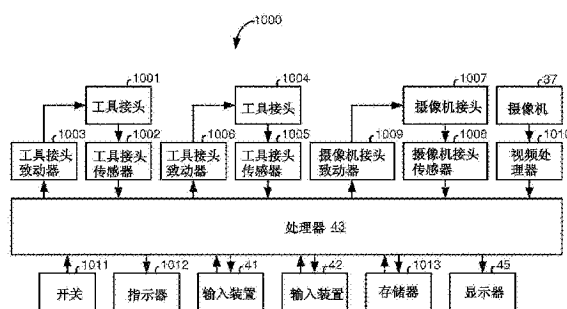
(56)对比文件
US 2010228264 A1,2010.09.09,
WO 0030548 A1,2000.06.02,
US 2010228264 A1,2010.09.09,
CN 1864938 A,2006.11.22,
CN 101472371 A,2009.07.01,
CN 102170835 A,2011.08.31,
审查员 廖江梅
权利要求书4页 说明书10页 附图14页

(54)发明名称

一旦器械进入可由输入装置的操作者观察的显示区域将对器械的控制切换到输入装置

(57)摘要

操作者远程机器人地控制器械以便对工作部位处的物体执行过程,同时在显示屏上实时观察工作部位的图像。助手控制另一器械朝向或远离工作部位的移动,以便使操作者从这样的任务中解脱出来。在器械的工作端进入显示屏上的视域之后,自动将器械的控制从助手切换到操作者。



1. 一种机器人系统,其包含:

摄像机;

器械操纵器;

被机械地耦接到所述器械操纵器的器械;

输入装置;以及

处理器,其被编程为一旦确定所述器械已经进入所述摄像机的视场区域则将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置。

2. 根据权利要求1所述的机器人系统,

其中所述器械操纵器适合于手动可动并且被远程机器人地致动,

其中所述处理器被编程为接收第一操作者将手动控制所述器械操纵器的指示并响应于所述指示而允许这种手动控制,并且

其中所述处理器被编程为一旦确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域则通过对所述器械操纵器的控制从所述第一操作者的手动控制切换到与所述输入装置交互的第二操作者的远程机器人控制而将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置。

3. 根据权利要求2所述的机器人系统,其还包含:

用于提供所述第一操作者将要手动控制所述器械操纵器的所述指示的器件。

4. 根据权利要求1所述的机器人系统,其还包含:

用于在所述处理器已经将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置时提供感官指示的器件。

5. 根据权利要求1所述的机器人系统,其中所述处理器被编程为,一旦确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域,则通过将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置,将对所述器械操纵器的控制从所述处理器对存储在存储器中的被编程指令作出响应的程序控制模式切换到所述处理器对所述输入装置的操作者操纵作出响应的操作者控制模式。

6. 根据权利要求1所述的机器人系统,其还包含:

由与所述输入装置交互的操作者可观察的显示器,其中所述摄像机的所述视场的所述区域对应于正被显示在所述显示器上的视域。

7. 根据权利要求6所述的机器人系统,其中所述摄像机是立体摄像机,所述显示器是三维显示器,所述立体摄像机的所述视场是三维视体,而所述视场的所述区域是所述三维视体的子空间。

8. 根据权利要求1所述的机器人系统,其中所述处理器被编程为,通过在世界参考系中确定所述器械的姿势和所述摄像机的姿势、将所述器械的所述姿势变换到所述摄像机的参考系以便在所述摄像机的所述参考系内产生所述器械的姿态并通过使用所述摄像机的所述参考系内的所述器械的所述姿态来确定所述器械的远端是否在所述摄像机的所述视场的所述区域内来确定所述器械的所述远端已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域。

9. 根据权利要求8所述的机器人系统,其还包含:

包括第一多个传感器的多个传感器,所述第一多个传感器被耦接至所述器械操纵器的第一多个接头,以感测所述第一多个接头的状态;

其中所述处理器被编程为,通过接收来自所述多个传感器的信息并将所述信息应用于一个或更多个正向运动学方程式从而产生所述器械在所述世界参考系中的姿势的运动学导出的估计来确定所述器械在所述世界参考系中的姿势。

10.根据权利要求9所述的机器人系统,

其中所述器械包括肘节接头,并且其中所述多个传感器包括被耦接到所述肘节接头以感测所述肘节接头的状态的传感器。

11.根据权利要求9所述的机器人系统,

其中所述器械是具有多个器械接头的铰接工具器械,并且其中所述多个传感器包括第二多个传感器,所述第二多个传感器被耦接到所述多个器械接头以便感测所述多个器械接头的状态。

12.根据权利要求11所述的机器人系统,其还包含:

进入导向装置;

其中所述摄像机是铰接摄像机器械;以及

其中所述铰接工具器械和所述铰接摄像机器械的远端可从所述进入导向装置的远端延伸出。

13.根据权利要求9所述的机器人系统,其还包含:

第二多个接头,其导致所述摄像机的图像采集端的移动;以及

第二多个传感器,其被耦接至所述第二多个接头,以感测所述第二多个接头的状态;

其中所述处理器被配置为,通过接收来自所述第二多个传感器的接头状态信息并将所述接头状态信息应用于一个或更多个正向运动学方程式来确定所述摄像机在所述世界参考系中的姿势。

14.根据权利要求1所述的机器人系统,其中所述处理器被编程为,通过在由所述摄像机采集的图像的区域中识别所述器械的远端来确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域,并且其中所述图像的所述区域对应于所述摄像机的所述视场的所述区域。

15.根据权利要求1所述的机器人系统,其中所述处理器被编程为命令所述器械操纵器以便如果所述器械已经到达最大插入距离则阻止所述器械的进一步插入。

16.根据权利要求15所述的机器人系统,其中所述处理器被编程为,如果所述器械的插入已经到达所述最大插入距离而没有进入所述摄像机的所述视场的所述区域则向所述输入装置的操作者发出警告。

17.一种在包括摄像机、输入装置、器械操纵器、被机械地耦接到所述器械操纵器的器械和被耦接到所述摄像机、所述输入装置和所述器械操纵器的处理器的外科手术系统中将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置的方法,所述方法包含:

一旦确定所述器械已经进入所述摄像机的视场的区域,则通过使用所述处理器将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置。

18.根据权利要求17所述的方法,其还包含:

在所述处理器处接收第一操作者将手动控制所述器械的移动的指示,并响应于所述指示由所述处理器允许这种手动控制;

其中所述输入装置由第二操作者操作,并且其中通过使用所述处理器将所述器械操纵

器操作地耦接到所述输入装置包含,一旦确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域,则将对所述器械的控制从所述第一操作者的所述手动控制切换到操作所述输入装置的所述第二操作者的远程机器人控制。

19.根据权利要求17所述的方法,其中通过使用所述处理器将所述器械操纵器操作地耦接到所述输入装置包含,一旦确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域,则将对所述器械操纵器的控制从所述处理器对存储在存储器中的被编程指令作出响应的程序控制模式切换到所述处理器对所述输入装置的操作者操纵作出响应的操作者控制模式。

20.根据权利要求17所述的方法,其中所述摄像机的所述视场的所述区域对应于正被显示在由与所述输入装置交互的操作者可观察的显示器上的视域。

21.根据权利要求20所述的方法,其中所述摄像机是立体摄像机,所述显示器是三维显示器,所述立体摄像机的所述视场是三维视体,并且所述视场的所述区域是所述三维视体的子空间。

22.根据权利要求17所述的方法,其还包含:

通过使用所述处理器在世界参考系中确定所述器械的姿势和所述摄像机的姿势、通过使用处理器将所述器械的姿势变换到所述摄像机的参考系以便产生所述器械的在所述摄像机的所述参考系内的姿态并通过使用所述处理器使用所述器械的在所述摄像机的所述参考系内的所述姿态来确定所述器械的远端是否在所述摄像机的所述视场的所述区域内,来通过使用所述处理器确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域。

23.根据权利要求22所述的方法,其中通过使用所述处理器确定所述器械在所述世界参考系中的姿势包含:

在所述处理器处接收使所述器械的所述远端移动的接头的信息;并且

通过将所述接头的所述信息应用于正向运动学方程式从而使用所述处理器产生所述器械在所述世界参考系中的姿势的运动学上导出的估计。

24.根据权利要求23所述的方法,其中所述器械包括肘节接头,并且其中使所述器械的所述远端移动的所述接头包括所述肘节接头。

25.根据权利要求23所述的方法,其中所述器械是具有多个器械接头的铰接工具器械,其中所述器械操纵器包括至少一个操纵器接头,并且其中使所述器械的所述远端移动的所述接头包括所述多个器械接头和所述至少一个操纵器接头。

26.根据权利要求23所述的方法,其中通过使用所述处理器确定所述器械在所述世界参考系中的姿势包含,在所述处理器处接收使所述摄像机的图像采集端移动的接头的信息,并通过使用所述处理器将所述接头的所述信息应用于正向运动学方程式。

27.根据权利要求17所述的方法,其还包含:

通过在由所述摄像机采集的图像的区域中识别所述器械的远端来通过使用所述处理器确定所述器械已经进入所述摄像机的所述视场的所述区域,其中所述图像的所述区域对应于所述摄像机的所述视场的所述区域。

28.根据权利要求17所述的方法,其还包含:

如果所述器械已经到达最大插入距离则通过使用所述处理器命令所述器械操纵器阻止所述器械的进一步插入。

29. 根据权利要求28所述的方法, 其还包含:

如果所述处理器已经确定所述器械的插入已经到达所述最大插入距离而没有进入所述摄像机的所述视场的所述区域则通过使用所述处理器向所述输入装置的操作者发出警告。

一旦器械进入可由输入装置的操作者观察的显示区域将对器械的控制切换到输入装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求美国临时申请号61/599,208(2012年2月15号提交)的优先权,其通过引用被并入本文。

技术领域

[0003] 本发明大体涉及机器人系统,并且具体涉及一旦器械进入可由输入装置的操作者观察的显示区域则将对器械的控制切换到输入装置的方法。

背景技术

[0004] 在机器人系统中,多个器械可以被操作者远程机器人地控制,以便对工作部位处的物体执行过程。摄像机被提供在工作部位处,以便当器械的末端执行器为执行过程而与物体相互作用时采集器械的末端执行器的图像,使得操作者可以在显示屏上观察它们的移动,同时通过相关联的输入装置控制它们。

[0005] 当执行过程时,可能需要将新器械引入到工作部位以执行所需功能;用新器械替换已经在那里的器械;用新的末端执行器替换已经在那里的器械上的末端执行器;通过将某个附件项目附接至器械并将器械插入到工作部位而将该附件项目引入到用于执行过程的工作部位;或通过项目附接至器械、撤回器械并从器械去除项目并且将器械插回到工作部位而从工作部位去除项目,使得它可以再一次在那里可用于使用。

[0006] 在这些应用中的每一个应用中,助手控制这些动作中的全部或部分而主操作者继续利用其余器械执行过程是有利的。一旦新的或被撤回且被重新插入的器械在工作部位处可用,则其控制就可以被转移给主操作者,以便主操作者在工作部位处可使用器械。

[0007] 然而,为了将新的或被撤回且被重新插入的器械插入到工作部位,对于助手而言可能是耗时且困难的任务。同样,对于助手而言,使新的或被重新插入的器械进入现场摄像机的视场内以便在将器械的控制切换到主操作者之前它可以在显示屏上被主操作者观察,这可能是困难的。对于助手而言,错误地判断新的或被重新插入的器械的插入深度并将其远端过深地置入工作部位也是可能的,这会在工作部位处引起器械与物体之间的非故意的接触。为了避免这种非故意的并且可能有害的接触,助手可能将新的或被重新插入的器械非常缓慢地移动到工作部位。

[0008] 美国专利号6,645,196描述了在医疗机器人系统中使用的引导工具交换过程以便在工具交换操作之后快速且准确地引导新工具到邻近最初工具从工作部位移除之前的最初工具的操作位置。其被并入本文以供参考。

[0009] 然而,在过程的执行期间,摄像机姿势可以改变,以致在器械在对工作部位处的物体执行过程时,随着运动,摄像机可以获得器械的工作端的更好视域。在这种情况下,将替换物插入到以前位置或将旧器械重新插入到以前位置可能是不期望的,因为它对于新器械而言可能不是好的位置,并且还因为它可能在摄像机的当前视场之外。此外,可能希望,允

许主操作者尽可能实际地采取对新器械的控制,以便不会过度延迟使用新器械对过程的继续执行。

发明内容

[0010] 因此,本发明的一个或更多个方面的一个目的是机器人系统及其实施方法,其一旦器械进入可由输入装置的操作者观察的显示区域则将器械的控制切换到输入装置。

[0011] 本发明的一个或更多个方面的另一目的是机器人系统和在其中执行的可与器械或工具交换过程兼容的方法。

[0012] 本发明的一个或更多个方面的另一目的是机器人系统和在其中执行的当器械正被引导到工作部位时防止在工作部位处对物体造成伤害的方法。

[0013] 本发明的一个或更多个方面的另一目的是机器人系统和在其中执行的如果器械朝向工作部位的插入到达最大插入距离而器械没有进入可由操作者在显示屏上观察的显示区域则警告机器人系统的操作者的方法。

[0014] 这些以及更多目的由本发明的各个方面来实现,其中简而言之,一个方面是机器人系统,其包含:摄像机;器械;输入装置;以及处理器,其被配置为一旦确定器械已经进入摄像机的视场区域则将器械的控制切换到输入装置。

[0015] 另一方面是一种在机器人系统中执行的将器械的控制切换到输入装置的方法,该方法包含:一旦确定器械已经进入摄像机的视场区域,则将器械的控制切换到输入装置。

[0016] 参照本发明的优选实施例的以下描述,本发明的各个方面的更多目的、特征和优势将会显而易见的,应当结合附图来了解该描述。

附图说明

[0017] 图1图示说明了利用本发明的方面的机器人系统的方框图。

[0018] 图2图示说明了利用本发明的方面的将器械的控制切换到输入装置的方法的流程图。

[0019] 图3图示说明了利用本发明的方面的可以在图2的方法中使用的用于确定器械是否在显示屏的观察区域内的方法的流程图。

[0020] 图4图示说明了摄像机参考系中的点的左和右视图。

[0021] 图5和图6分别图示说明了正被显示在计算机监视器的左侧观察区域上的全部左侧摄像机视域和正被显示在计算机监视器的左侧观察区域上的部分左侧摄像机视域。

[0022] 图7a-7d图示说明了利用本发明的方面的在工作部位的器械在多孔医疗机器人系统中执行的被引导工具交换过程的各个阶段中的示意图。

[0023] 图8a-8c图示说明了利用本发明的方面的在工作部位的器械在单孔医疗机器人系统中执行的被引导工具交换过程的不同阶段中的示意图。

[0024] 图9图示说明了利用本发明的方面的使用多孔医疗机器人系统的手术室的俯视图。

[0025] 图10图示说明了利用本发明的方面的用于多孔医疗机器人系统的推车的前视图。

[0026] 图11图示说明了利用本发明的方面的可在多孔医疗机器人系统中使用的器械的立体图。

[0027] 图12图示说明了利用本发明的方面的使用单孔医疗机器人系统的手术室的俯视图。

[0028] 图13图示说明了利用本发明的方面的单孔医疗机器人系统中的带有从其中延伸出来的铰接器械的进入导向装置的远端的立体图。

[0029] 图14图示说明了利用本发明的方面的可在单孔医疗机器人系统中使用的进入导向装置的横截面视图。

[0030] 图15图示说明了利用本发明的方面的被安装在耦接至单孔医疗机器人系统中的机器人臂组件的平台上的铰接器械组件的立体图。

[0031] 图16图示说明了利用本发明的方面的可在机器人系统中使用的控制台的前视图。

具体实施方式

[0032] 作为一个示例,图1图示说明了由在机器人系统1000中执行的方法所使用的各部件的方框图,该方法用于一旦器械(也被称为“工具”)进入可由输入装置的操作者观察的显示区域则将器械的控制切换到输入装置。图2-8图示说明了描述该方法的流程图和其他项目。图9-11图示说明了利用用于进入到工作部位的多个孔的第一示例性机器人系统2000的细节。图12-15图示说明了利用用于进入到工作部位的单个孔的第二示例性机器人系统3000的细节。图16图示说明了可以与机器人系统2000和3000一起使用的示例性操作者的控制台。

[0033] 在描述如图1-8所示的本发明的细节之前,将会首先描述示例性机器人系统2000和3000以提供机器人系统1000的示例性实施方式的背景和更多细节。虽然医疗机器人系统在本文中描述为机器人系统1000的示例,但应认识到,本文中所要求的本发明的各种方面不限于这种类型的机器人系统。

[0034] 参照图9,图示说明了手术室的俯视图,其中外科医生(“S”)正在利用多孔医疗机器人系统2000对病人(“P”)执行医疗过程。在这个示例中,医疗机器人系统是微创机器人外科手术(MIRS)系统,其包括当病人在手术台(“O”)上时外科医生在一个或多个助手(“A”)的辅助下对病人执行微创诊断或外科手术过程时所使用的控制台(“C”)。

[0035] 如参照图16进一步描述的,控制台包括处理器43,其通过总线110与推车150通信。多个机器人臂34、36、38被包括在推车150上。工具器械33(在本文中也称为“工具”)由机器人臂34保持并操纵,另一工具器械35(在本文中也称为“工具”)由机器人臂36保持并操纵,而内窥镜37由机器人臂38保持并操纵。医疗机器人系统2000被称为多孔医疗机器人系统,因为多个孔被用来使得其器械中的每一个通过其自身的进入孔被引入到病人体内。作为一个示例,工具35被插入到孔166内以进入到病人体内。

[0036] 当外科医生在控制台的显示器45(也被称为“显示屏”)上观察工作部位的立体视觉的或三维(“3D”)的实时图像时,外科医生通过操纵输入装置41、42使得处理器43导致其相应关联的机器人臂34、36相应操纵其各自可移除地耦接的工具器械33、35来执行医疗过程。立体感内窥镜37(具有用于采集左和右立体视野的左和右摄像机)采集工作部位的立体图像。处理器43处理立体图像,使得它们可以被适当地显示在显示器45上。

[0037] 机器人臂34、36、38中的每一个通常由连杆(诸如连杆162)形成,连杆被耦接在一起并且通过可致动接头(诸如接头163)被操纵。机器人臂中的每一个均包括调整臂和器械

操纵器。调整臂定位其保持的器械,使得枢转点出现在其进入到病人体内的进入孔处。器械操纵器然后可以操纵其保持的器械,使得它可以围绕枢转点枢转、被插入到进入孔中并且从进入孔撤回以及围绕其轴线旋转。机器人臂34、36、38可以经由推车150被运送到手术室内,或可替代地,它们可以被附接至手术室的墙壁或屋顶上的滑轨。

[0038] 图10图示说明了示例性推车150的前视图。除了图9所示的机器人臂34、36、38之外,在图10中还示出了第四机器人臂32。第四机器人臂32可用,以便另一器械31可以在工作部位处连同工具器械33、35和内窥镜37被引入。机器人臂32、34、36、38中的每一个均可以装有发光二极管(“LED”)阵列1091或其他视觉指示器,以指示用于机器人臂的或与机器人臂有关的状态和/或其他信息。为了各种目的,诸如为允许助手获取对机器人臂的控制,还可以在机器人臂上或附近提供一个或多个按钮1092或其他类型的切换机构,以便助手可以手动地从病人的对应进入孔撤回由机器人臂所保持的器械和/或手动地将由机器人臂所保持的器械插入病人的对应进入孔。

[0039] 图11图示说明了可以用于工具器械33或35的示例性器械100。器械100包含接口外壳108、轴104、末端执行器102和肘节机构106,肘节机构106包括一个或多个肘节接头。接口外壳108被可移除地附接至机器人臂,以便被机械地耦接至所附接的机器人臂的器械操纵器中的致动器(诸如马达)。缆或杆以常规方式致动肘节接头和爪,其中缆或杆被耦接至器械操纵器的致动器,并且从接口外壳108延伸通过轴104至肘节机构106的一个或多个肘节接头并至器械的末端执行器102的爪。器械操纵器还可以随着处理器43的命令,围绕其进入孔处的枢转点以俯仰和偏航角度旋转的方式操纵器械,围绕器械的轴线以横滚角度旋转的方式操纵器械,以及沿着机器人臂上的轨道插入以及撤回器械。

[0040] 一次使用的外科手术工具的数量和因此在系统2000中正被使用的机器人臂的数量一般会取决于诊断或外科手术过程和手术室内的空间限制以及其他因素。如果必须改变在过程期间正被使用的工具中的一个或多个,则外科医生可以指导助手从其机器人臂移除不再被使用的器械,并且用来自手术室中的托盘(“T”)的另一器械131替换它。为了帮助助手识别将要被替换的器械,可以点亮保持器械的机器人臂上的LED彩色阵列1091中的一个或多个LED。同样,为了帮助助手识别替换器械131,可以给邻近替换器械的LED充能。可代替地,可以使用用于传递这类信息的其他已知手段,诸如在可由助手观察的本地显示屏上提供信息,或借助于通过音频通信系统由外科医生给助手的语音指令提供信息。为了将器械(以及其操纵器)的控制从外科医生转移给助手,外科医生可以激活与器械相关联的输入装置上或附近的按钮(诸如如在图16中所见的邻近输入装置42的按钮49),或可代替地,助手可以激活保持器械的机器人臂上的按钮(诸如机构1092)。在助手控制器械之后,助手然后通过沿着其机器人臂上的轨道手动地使器械向后滑动而将器械从病人体内撤回,或通过沿着该轨道手动地使器械向前滑动而将器械插入病人体内。

[0041] 标题为“Cooperative Minimally Invasive Telesurgical System(协作微创远程外科手术的系統)”的美国专利号6,659,939B2提供了诸如在本文中所描述的多孔医疗机器人系统的更多细节,其通过引用被并入本文。

[0042] 作为机器人系统1000的第二示例,图12图示说明了手术室的俯视图,其中外科医生(“S”)正在利用单孔医疗机器人系统3000对病人(“P”)执行医疗过程。在这个示例中,医疗机器人系统是微创机器人外科手术(MIRS)系统,其包括当病人在手术台(“O”)上时外科

医生在一个或多个助手(“A”)的辅助下对病人执行微创诊断或外科手术过程时所使用的控制台(“C”)。

[0043] 在单孔医疗机器人系统3000中,多个铰接器械通过病人体内的单个进入孔1101被进入导向装置(EG)200引入到工作部位。孔1101可以是微创切口或自然身体开口。进入导向装置200是圆柱形结构,其由机器人臂2514保持并操纵。机器人臂2514包括调整臂和进入导向操纵器。调整臂被用来在孔1101处定位进入导向装置200,使得枢转点出现在孔处。进入导向操纵器然后可以被用来机器人地将进入导向装置200插入孔1101以及从孔1101撤回进入导向装置200。它还可以被用来围绕枢转点以俯仰与偏航角度旋转的方式机器人地枢转进入导向装置200(以及此时布置在其内的铰接器械)。它还可以围绕进入导向装置200的纵向轴线以横滚方式旋转进入导向装置200(以及此时布置在其内的铰接器械)。附接至机器人臂2514的远端的是平台2512,其中器械组件2516被安装在平台2512上,以便其相应的器械可以延伸通过进入导向装置200。每个器械组件均包含铰接器械及其器械操纵器。

[0044] 如图13所示,进入导向装置200具有从其远端延伸出来的铰接器械,诸如铰接工具器械231、241(在本文中也简单称为“工具”),和铰接摄像机器械211(在本文中也简单称为“摄像机”)或其他图像采集装置器械。摄像机211具有装纳在其顶端处的一对立体图像采集装置311、312和光缆313(在其近端处耦接至光源)。工具231、241具有末端执行器331、341。虽然只示出了两个工具231、241,但如果需要,进入导向装置200可以导向用于在病人体内的的工作部位处执行医疗过程的更多工具。例如,如在图14中的进入导向装置200的横截面视图所示,通道351可用于使另一工具延伸通过进入导向装置200并通过其远端延伸出来。通道431、441分别由铰接工具器械231、241所使用,而通道321用于铰接摄像机器械211。

[0045] 铰接器械中的每一个均包含多个可致动接头和耦接至接头的多个连杆。作为一个示例,如图13所示,第二铰接工具器械241包含第一、第二和第三连杆322、324、326、第一和第二接头323、325以及肘节组件327。第一接头323耦接第一和第二连杆322、324,而第二接头325耦接第二和第三连杆324、326,以便第二连杆324可以围绕第一接头323以俯仰与偏航方式枢转,同时第一和第三连杆322、326保持相互平行。可以类似地构成并操作第一铰接工具器械231、第三铰接工具器械251和铰接摄像机器械211。

[0046] 作为一个示例,图15图示说明了安装在机器人臂2514的远端处的平台2512上的铰接器械组件2516。进入导向装置200被附接至平台2512,以便进入导向装置200可以被进入导向操纵器操纵(连同平台2512一起),如之前所描述的。每个铰接器械组件均包括铰接器械和其器械操纵器。例如,示例性铰接器械2502a被安装在致动器组件2504上,致动器组件2504包括多个用于致动铰接器械的接头的致动器。器械2502a具有体管2506,体管2506延伸经过其致动器组件2504并进入进入导向装置200。致动器组件2504被安装在线性致动器2510(例如伺服控制的导螺杆与螺母或滚珠丝杠与螺母组件)上,线性致动器2510控制体管2506插入到进入导向装置200内和从进入导向装置200撤回。在这个示例中,器械操纵器2520包含致动器组件2504和线性致动器2510。在器械2502a是铰接工具器械241的情况下,体管2506的远端是图13所示的第一连杆322。通过如图所示的类似机构安装第二器械2502b。此外,可以类似地安装铰接摄像机器械。

[0047] 作为一个示例,图16图示说明了可以在医疗机器人系统2000和3000二者中使用的控制台的前视图。控制台具有使用者可以用他/她的左和右手分别握住以便优选以六自由

度(“DOF”)方式操纵相关联的装置(诸如进入导向装置和铰接器械)的左和右输入装置41、42。利用脚趾和脚后跟控制的脚踏板44被提供在控制台上,以便使用者可以控制与脚踏板相关联的装置的移动和/或致动。为了控制以及其他目的,在控制台中提供了处理器43。在控制台中还提供了显示器45,以便使用者可以从由内窥镜37的立体感摄像机或铰接摄像机器械211所采集的图像的立体视觉观察工作部位。在显示器45中提供了左和右目镜46和47,以便使用者可以用使用者的左和右眼观察显示器45内部的左和右二维(“2D”)显示屏。

[0048] 处理器43执行医疗机器人系统中的各种功能。其执行的一个重要功能是通过总线110经由控制信号转换并转移输入装置41、42的机械运动以命令其相关联的操纵器中的致动器来致动其相应的接头,以便外科医生能够有效地操纵装置,诸如铰接工具器械231、241、铰接摄像机器械211和进入导向装置200。另一功能是执行在本文中所描述的各种方法。

[0049] 虽然被描述为处理器,但应认识到处理器43可以由硬件、软件和固件的任意组合来实施。同样,其在本文中所描述的功能可以由一个单元执行,或被分开在不同部件之中,进而其中每个部件均可以由硬件、软件和固件的任意组合来实施。另外,虽然被示为控制台的一部分或物理地邻近控制台,但处理器43也可以包含遍及系统分布的多个子单元。

[0050] 标题为“Minimally Invasive Surgical System(微创手术系统)”的美国公开号US2008/0065108A1提供了诸如在本文中所描述的单孔医疗机器人系统的更多细节,其通过引用被并入本文。

[0051] 现在返回参照图1,图示说明了机器人系统1000的部件的方框图,以描述本发明的各种方面。在这个示例中,机器人系统1000具有两个工具和一个摄像机。第一工具的工作端的姿势(即,位置和取向)可由第一多个可致动接头1001移动,第一多个可致动接头1001的位置和/或速度由第一多个接头传感器1002感测;第二工具的工作端的姿势可由第二多个可致动接头1004移动,第二多个可致动接头1004的位置和/或速度由第二多个接头传感器1005感测;而摄像机37的图像采集端的姿势可由第三多个可致动接头1007移动,第三多个可致动接头1007的位置和/或速度由第三多个接头传感器1008感测。由摄像机37所采集的图像由视频处理器1010和/或处理器43进行处理,其中经处理的图像被显示在显示器45上。

[0052] 在正常操作模式(被称为“工具跟随”模式)下,系统1000的操作者控制工具,以便对工作部位处的物体执行过程,同时现场摄像机采集工具的工作端的图像。在该模式下,输入装置41与第一工具相关联,以便处理器43导致第一多个接头致动器1003致动第一多个接头1001,使得由第一多个接头传感器1002所提供的感测的接头位置和/或速度与此时由输入装置41所命令的接头位置和/或速度匹配。同样,输入装置42与第二工具相关联,以便处理器43导致第二多个接头致动器1006致动第二多个接头1004,使得由第二多个接头传感器1005所提供的感测的接头位置和/或速度与此时由输入装置42所命令的接头位置和/或速度匹配。同时,通过处理器43命令第三多个接头致动器1009维持第三多个接头1007处于其当前位置,可以使摄像机37保持在适当位置。可代替地,通过处理器43命令第三多个接头致动器1009致动第三多个接头1007,摄像机37可以追踪第一和第二工具的移动,使得第一和第二工具的工作端保持在摄像机37的视场(“FOV”)中。

[0053] 提供了指示工具中的一个的控制将要被切换到助手操作者或处理器43的一个或更多个开关1011。开关1011中的一些或所有可以被提供在保持工具的机器人臂上,以便助

手可以激活指定的一个开关,并通过处理器43取得对对应工具的控制。可替代地或额外地,开关1011中的一些或所有可以被提供在输入装置41、42上或附近(诸如如图16所示的扶手上的开关40),以便操作者可以激活指定的一个开关,并通过处理器43将相关联的工具的控制转移给助手来手动动作或直接转移给处理器43来自动动作。还提供了为助手指示哪一个工具的控制正由处理器43切换到助手的一个或更多个指示器1012(诸如LED)。指示器1012中的一个或更多个可以被提供在保持工具的机器人臂上,以便助手知道哪一个工具现在处于他或她的控制下。此外,指示器1012中的一个或更多个可以被提供在结构上,以便工具可以被处理器43指示为将要被引入到工作部位的新或替换工具。提供了存储器1013,以便存储被编程的指令和数据。

[0054] 图2图示说明了在机器人系统1000的处理器43中执行的用于将器械的控制切换到输入装置的方法的流程图。在方框1021中,操作者以正常模式操作,其中操作者通过其相关联的输入装置具有对器械的控制,如之前所描述的。在方框1022中,该方法检查器械的控制是否将要被切换到助手以便助手可以通过移动其操纵器手动地控制其移动,或将要被切换到处理器43以便处理器可以根据被编程的指令控制其移动。如之前所描述的,这样的切换可以通过开关1011中的一个的激活来指示。如果方框1022中的判定是否,那么该方法跳回到方框1021,并且操作者维持对器械的控制。另一方面,如果方框1022中的判定是是,那么在方框1023中,该方法将对器械的控制切换到助手或处理器43。

[0055] 在方框1024和1026中,该方法分别确定器械是沿撤回方向移动还是沿插入方向移动。如果器械正沿撤回方向(即,沿将会导致器械移动远离工作部位的方向)移动,那么该方法允许这样的动作,并且或者循环回以便重复方框1024或者执行可选方框1025以执行命令铰接器械采取撤回姿势和/或在器械的撤回期间避免与其他器械或物体碰撞的撤回模式算法。例如,在标题为“Controller Assisted Reconfiguration of an Articulated Instrument during Movement Into and Out of an Entry Guide(在移动至进入导入装置和移动出进入导入装置期间铰接器械的控制器辅助的重新配置)”的美国公开号US2011/0040305A1中可以发现铰接器械的这种撤回算法的更多细节,其通过参考被并入本文。另一方面,如果器械正沿插入方向(即,沿朝向工作部位移动的方向)移动,那么该方法允许这样的动作,并且或者直接前进到方框1028或执行可选方框1027,在可选方框1027中,以摄像机视场(FOV)为目标的算法命令工具接头致动器致动工具接头,使得器械的工作端朝向摄像机37的FOV移动,同时在途中避免与其他器械或物体的碰撞。以此方式,如果摄像机37在过程中移动,则器械的工作端可以随着其正朝向工作部位被插入而自动改变其方向以便跟随它。

[0056] 如果由处理器43执行响应于被命令的器械的移动而自动改变摄像机37的姿势使得器械的工作端被维持在摄像机37的视场中的耦合控制模式,摄像机37可以在过程中移动。摄像机37可以响应于通过相关联的输入装置的直接操作者命令而移动。在后一种情况下,操作者可以将正被助手插入的器械的放置有效地引导到工作部位处的期望位置。

[0057] 作为以FOV为目标的算法的简单示例,图7a-7d图示说明了在利用多孔医疗机器人系统2000的被引导工具交换过程的各个阶段中在工作部位处从其各自孔166、167延伸出来的工具器械33、35的示意图。在图7a中,工具的工作端被示为在内窥镜37的视场(FOV)2120中。在图7b中,自对应于图7a的时间以后已经发生了三个事件。第一,为了工具交换已经撤

回工具33,因此在该图中中没有看见工具33。第二,工具35的工作端已经移动,如通过带有指示移动方向的箭头的虚线形式的工具之前位置和实线形式的新位置所指示的。第三,内窥镜37的图像采集端和其FOV 2120也已经移动,以便将工具35的工作端维持在摄像机的FOV 2120中。在图7c中,已经沿着延伸通过其原始撤回路径的线重新插入工具33(或其替换工具)。虽然内窥镜37的FOV 2120已经移动,但是在这种情况下工具33的工作端没有进入FOV 2120。因此,为了防止这种情况发生,在图7d中,以FOV为目标的算法已经导致在其插入期间工具33枢转,使得工具33的工作端处在被重新定位的FOV 2120中。通过示出带有指示响应于插入模式算法而执行的枢转的方向的箭头的虚线形式的器械的原始位置和实线形式的改变位置,图示说明了这种情况下的枢转。应认识到,在工具33的枢转期间必须小心,以便避免在工作部位处或在到工作部位的途中与其他器械的碰撞和/或撞击物体。为了防止这种不幸,可以利用获悉这类物体和其他器械的当前放置通过以FOV为目标的算法采用常规碰撞避免技术。

[0058] 返回参照图2,在方框1028中,该方法确定器械是否已经进入此时正被显示在显示器45上的工作部位的视域。如果方框1028中的判定是否,那么该方法跳回以便再次执行方框1024和1026。另一方面,如果方框1028中的判定是是,那么在方框1029中,该方法将对器械的控制从助手切换回到操作者,并且循环回到方框1021。

[0059] 虽然在流程图中没有示出,但该方法还可以被实施为使得助手或操作者可以在任何时候超驰图2的流程,以便将对器械的控制切换到操作者。例如,一个开关1011可以被激活以便指示出正常过程正被中断并且对器械的控制将要被立即回复到操作者。可以这样做的一种方式是通过停用之前被激活以便从操作者切换走对器械的控制的开关。

[0060] 作为一个示例,图3图示说明了用于执行图2的方框1028的方法的流程图。在方框1031中,该方法接收来自当前正由助手控制的器械的工具接头传感器的数据。同时,在方框1032中,该方法接收来自摄像机接头传感器的数据。在方框1033中,该方法通过例如利用用于器械的正向运动学将工具接头数据映射到工具参考系中的姿势来确定器械的工作端在其工具参考系中的姿势,其中工具参考系例如其原点被固定在器械上的点的笛卡尔参考系。在方框1034中,该方法通过例如利用用于摄像机器械的正向运动学将摄像机接头数据映射到摄像机参考系中的姿势来确定摄像机37的图像采集端在其摄像机参考系中的姿势,其中摄像机参考系例如其原点被固定在摄像机器械上的点的笛卡尔参考系。

[0061] 在方框1035中,该方法确定器械的工作端在摄像机参考系中的姿势。可以简单地通过利用工具参考系与世界参考系之间的已知变换和摄像机参考系与世界参考系之间的已知变换来这样做,其中世界参考系例如其原点在工作部位处的静止点处的笛卡尔参考系。然后可以利用之前确定的误差变换来纠正器械的工作端在摄像机参考系中的经确定的姿势,其中可以根据利用器械的正向运动学确定的工具姿势与利用视频图像处理确定的工具姿势之间的差确定误差变换。首先可以利用操作前校准步骤来确定误差变换,并且当器械的工作端在摄像机37的视场中时周期性地更新该误差变换。对于这类参考系和变换的更多细节,例如参见标题为“Camera Referenced Control Minimally Invasive Surgical Apparatus(摄像机参考控制微创手术设备)”的美国专利号6,671,581B2,其通过引用被并入本文。

[0062] 在方框1036中,该方法相对于摄像机视域确定显示视域,其中显示视域是此时正

被显示在显示器45上的视域,而摄像机视域是此时正被立体摄像机采集的立体图像。

[0063] 参照图4,作为一个示例性示例,立体摄像机包括由基线距离“b”分开并且具有在摄像机的焦距“f”处限定的图像平面I1和I2的两个摄像机C1和C2。利用常规立体矫正算法使图像平面I1和I2歪斜,以去除不同的内和外摄像机几何形状的影响。

[0064] 摄像机参考系中的点P通过含有点P、摄像机C1和C2的两个光学中心以及图像点P1和P2的核面在图像点P1和P2处被投影到图像平面I1和I2上。然后可以利用针对基线距离“b”和焦距“f”的已知值以及根据图像点P1和P2距其各自的图像平面中心点(即,在x轴与y1和y2轴线的交叉点处)的距离计算的差异“d”在摄像机参考系中确定点P的位置。

[0065] 当显示视域与摄像机视域(即,摄像机的视场)相同时,那么左侧图像平面I1将会被显示在显示器45的左侧目镜46中,并且右侧图像平面I2将会被显示在显示器45的右侧目镜47中。如图5所示,在这种情况下,左侧目镜46的显示视域是左侧摄像机C1的截头锥体,其从摄像机C1发出并穿过左侧图像平面I1,如在该图中被指示为显示视域1062-L的。在图5中还示出了观察区域1082-L,以图示说明截头锥体,其中观察区域1082-L是比左侧图像平面I1更远离摄像机C1但平行于左侧图像平面I1的截头锥体的切片。右侧目镜47的显示视域是类似的从右侧图像平面I2发出的截头锥体。

[0066] 然而,如果仅摄像机37的视场的一部分正被显示在显示器45中(诸如在图6中通过区域1071所描绘的),那么左侧目镜46的显示视域是从摄像机C1发出的更小的截头锥体,如在该图中被指示为显示视域1061-L的。例如,当操作者命令显示器45在此时被显示在显示器45上的图像上“放大”时,会出现这种更小的显示视域。此外,处理器43可以通过使它向右或左移动、使它向上或下移动或使它旋转而进一步调节显示视域,以便以通过其相关联的输入装置41、42控制其图像在此时正在显示器45上被看见的工具的方式提供直观连接。虽然在图5和图6中仅示出了左侧摄像机视域I1,但应认识到,对于3-D显示,对应的右侧摄像机视域I2也是必要的(诸如参照图4所描述的),为了简化描述而没有在图5和图6中示出。例如,在标题为“Stereo Imaging System and Method for Use in Telerobotic Systems (用在远程机器人系统的立体图像系统和方法)”的美国6,720,988中可以发现诸如在本文中所描述的立体图像系统的更多细节,其通过参考被并入本文。

[0067] 现在返回参照图3,在方框1037中,该方法然后确定器械的工作端的姿势(其在方框1035中确定)是否至少部分地在显示视域(其在方框1036中确定)中。如果方框1037中的判定是否,那么该方法跳回到如图2所示的方框1024。另一方面,如果方框1037中的判定是是,那么该方法前进到如图2所示的方框1029。作为在方框1037中的简单地利用器械的工作端的运动学上地确定姿势的改良,工作端的计算机模型还可以被用作识别此时正被显示在显示器45的左和右目镜46、47中的左和右图像中的工作端的模板。在这种情况下,仅在器械的工作端的运动学上地确定的姿势已经到达距显示视域的阈值距离之后执行图像匹配,以便使处理器43免于执行不必要的处理。

[0068] 在器械的插入期间,希望通过规定最小和最大插入距离来为器械规定“目标位置”。作为一个示例,图8a图示说明了从单孔医疗机器人系统3000中的进入导向装置200的远端延伸出来的铰接工具器械231、241和铰接摄像机器械211的简单示意图。在该示意图中,还示出了物体500和摄像机211的视场(FOV)2110。为描述的目的,FOV 2110还被假设为用于图2中的方框1028的目的的显示视域。

[0069] 在图8b中,铰接工具器械241被示出为正沿着其插入轴线(虚线)插入。规定了表示最小插入点的最小插入距离2111,期望工具241的工作端在该最小插入点处进入摄像机211的FOV 2110。还规定了表示最大插入点(具有安全裕度)的最大插入距离2112,超出该最大插入点则工具241的工作端会撞击物体500。在工具241到达最大插入距离2112而由于一些原因尚未进入摄像机211的FOV 2110的情况下,为了安全的目的,通过将器械锁定在适当位置来阻止工具241被助手的进一步插入。

[0070] 在图8c中,铰接工具器械241被示为正沿着其插入轴线(虚线)插入,但摄像机211(并且进入导向装置200也可能)被操作者向后移动远离其原始位置。在这种情况下,操作者能够在插入期间更早地夺取对工具241的控制。随着摄像机211的视场(FOV)2110移动,也调整最小和最大插入距离2113和2114。具体地,调整最小插入距离2113,以便它仍表示期望工具241的工作端在该处进入摄像机的FOV 2110的最小插入点。然而,最大插入距离2114现在表示在FOV 2110与工具241的插入平面相交的地方附近(或边界上)的插入距离。注意,在这种情况下,最大插入距离2114在物体500之前,因为物体500将超出摄像机的FOV 2110。当物体500在摄像机的FOV 2110内时,那么最大插入距离反而将会基于如参照图8b所描述的到物体500的距离。

[0071] 当工具241正被插入并且在它进入显示器45上的视域之前到达最大插入距离时,除了为安全目的将工具241锁定在适当位置外,警告信息优选被提供在显示器45上,以告知操作者工具241在显示区域外面并被锁定在适当位置。例如,还可以通过器械的操纵器上的LED的点亮来警告助手。可替代地或除了这些视觉警告外,还可以提供音频警告,以便被操作者和/或助手听到。除了这类警告外,工具位置和识别指示器可以被显示在绕显示器45中的显示区域延伸的边界区域中,以便操作者大概了解工具241当前离多远且在哪个方向上。例如,在标题为“Tool Position and Identification Indicator Displayed in a Boundary Area of a Computer Display Screen(工具位置和识别指示器显示在计算机显示屏的边界区域中)”的美国公开号2008/0004603A1可以发现这种工具位置和识别指示器的细节,其通过参考被并入本文。由于这种对工具241的大致位置的获悉,操作者然后可以朝向工具241的工作端移动摄像机211,直至工作端在显示器45上的视域内,此时对工具241的控制根据参照图2所描述的方法被切换到操作者。

[0072] 尽管已经关于优选实施例描述了本发明的各种方面,但应理解本发明有权全面保护所附权利要求的全部范围。

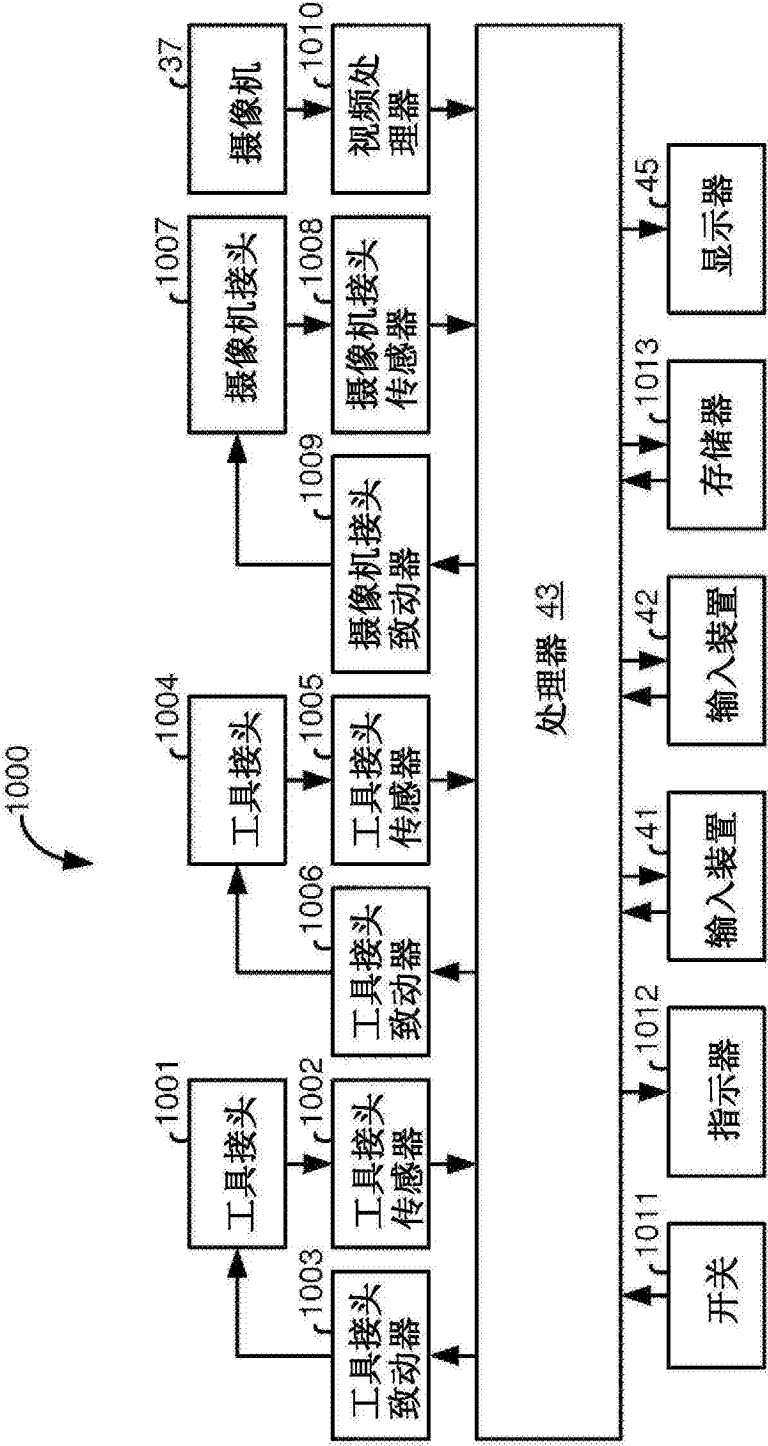


图1

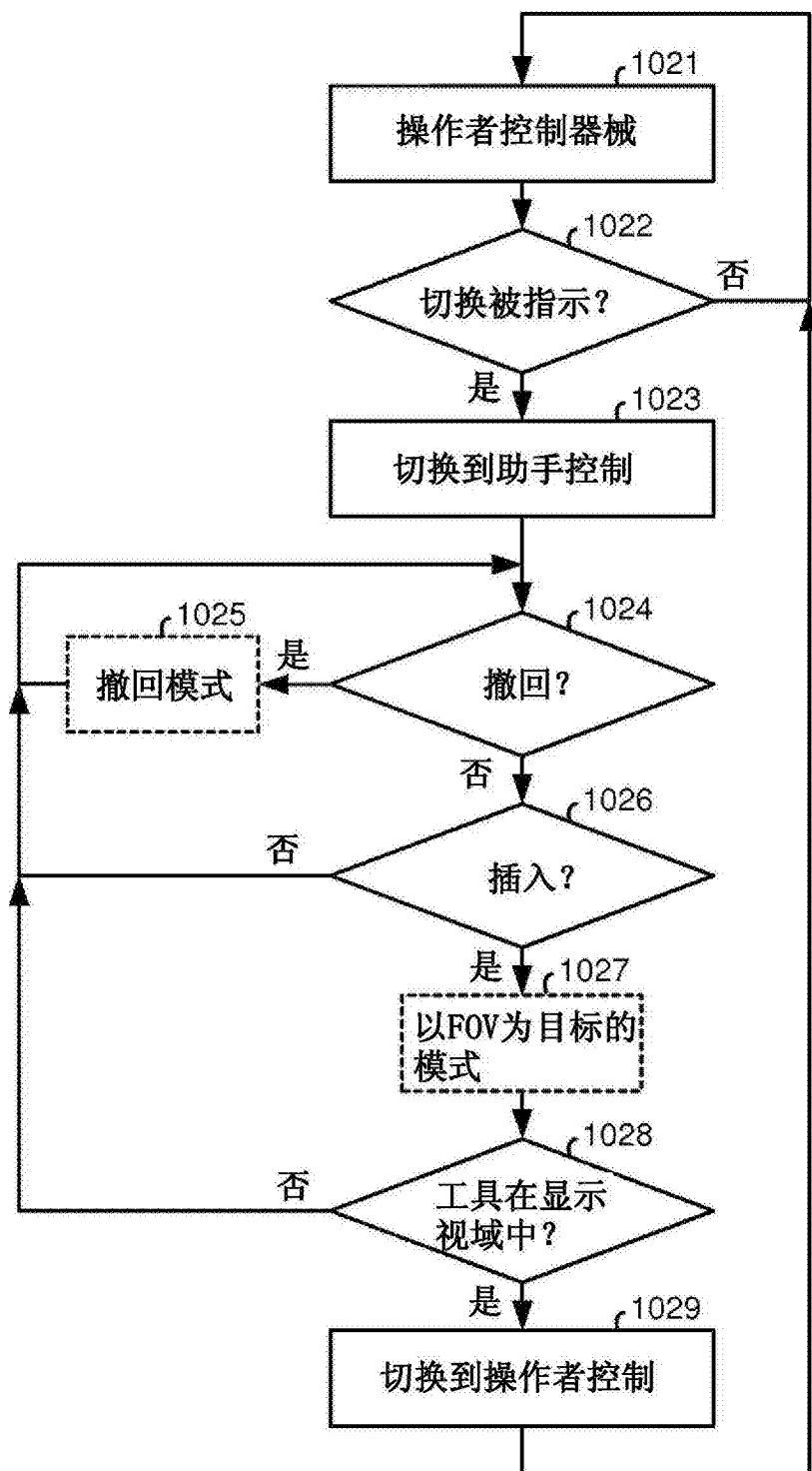


图2

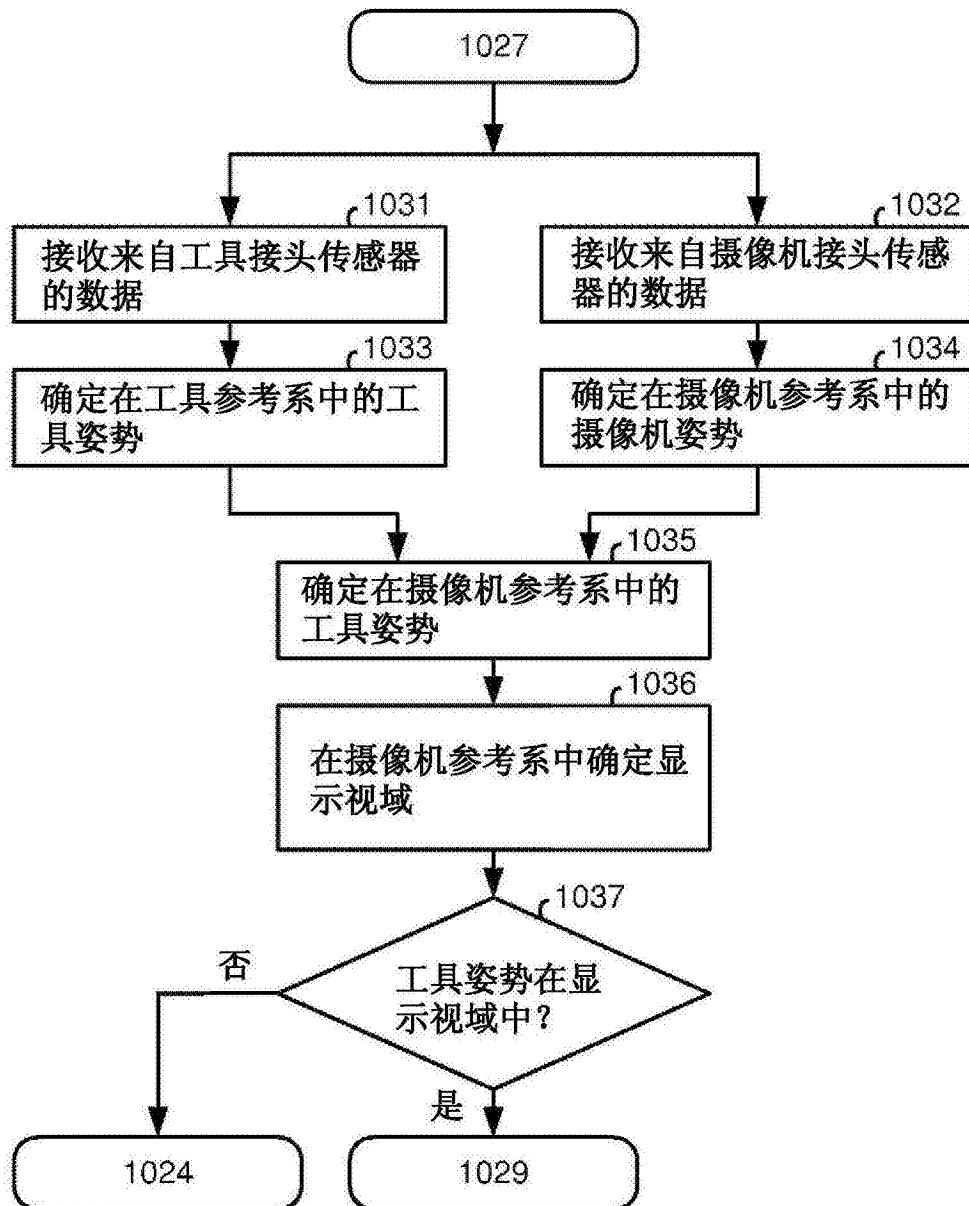


图3

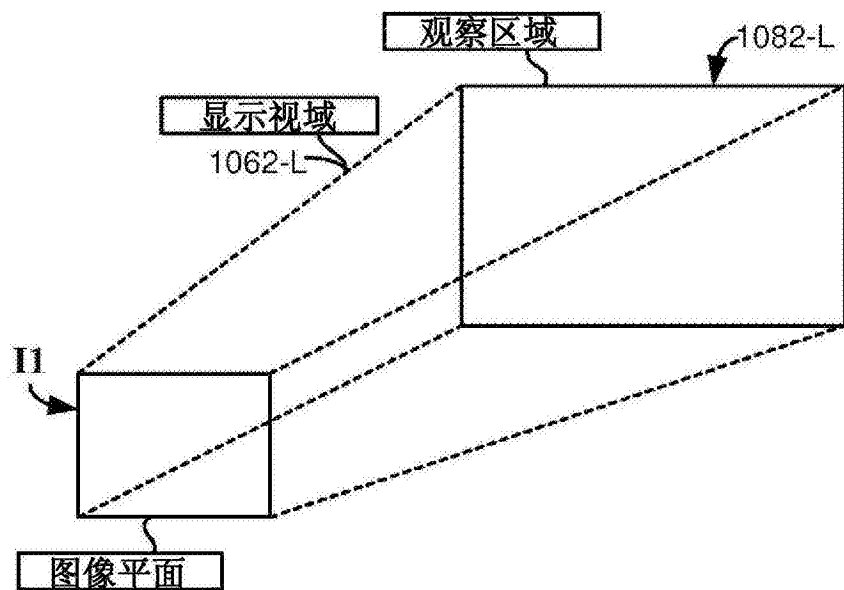


图5

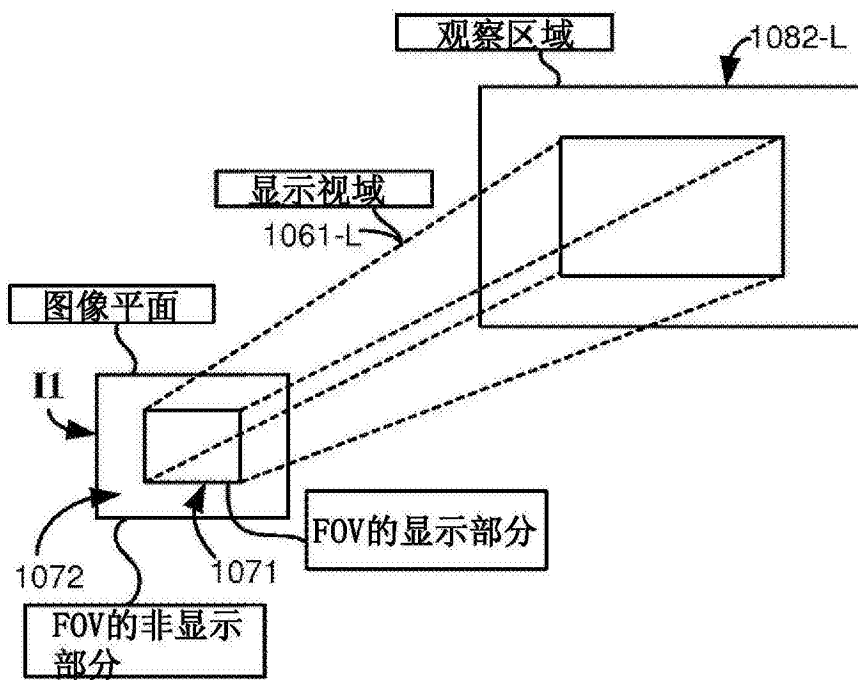


图6

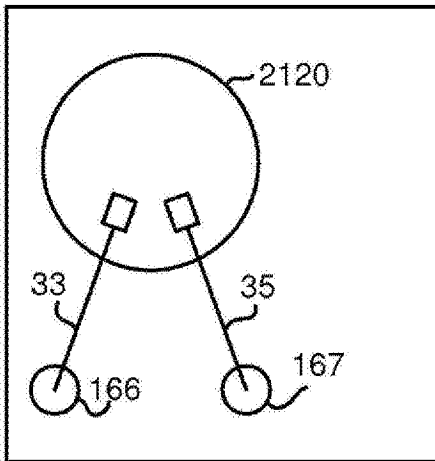


图7a

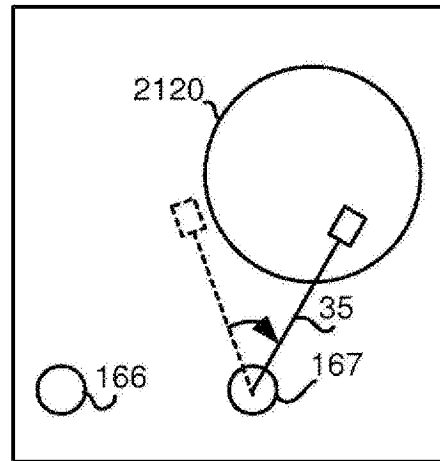


图7b

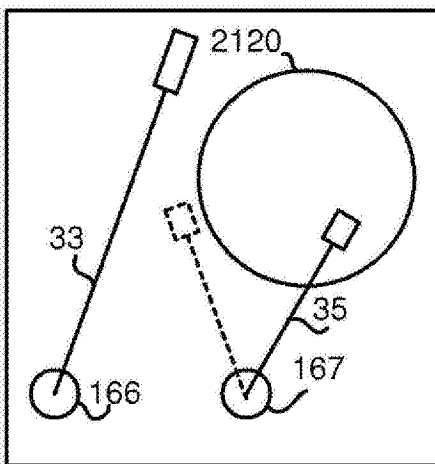


图7c

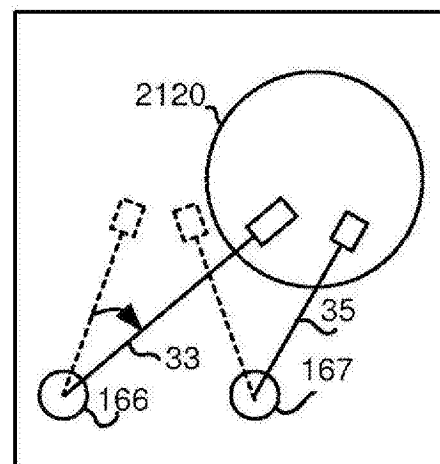


图7d

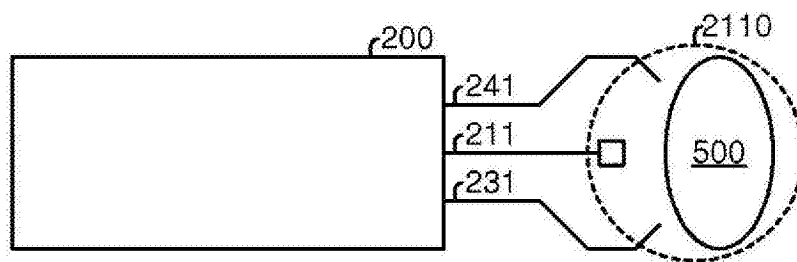


图8a

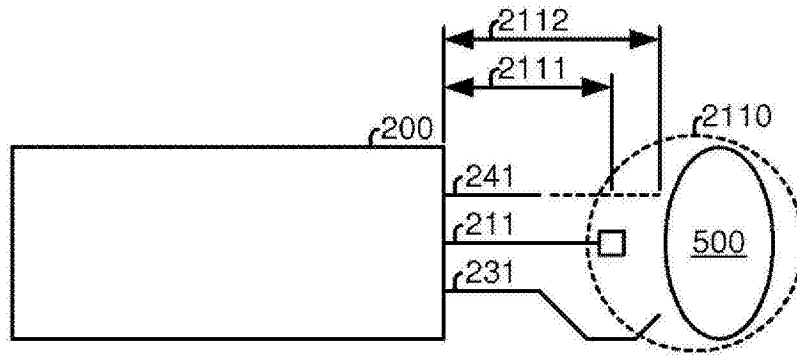


图8b

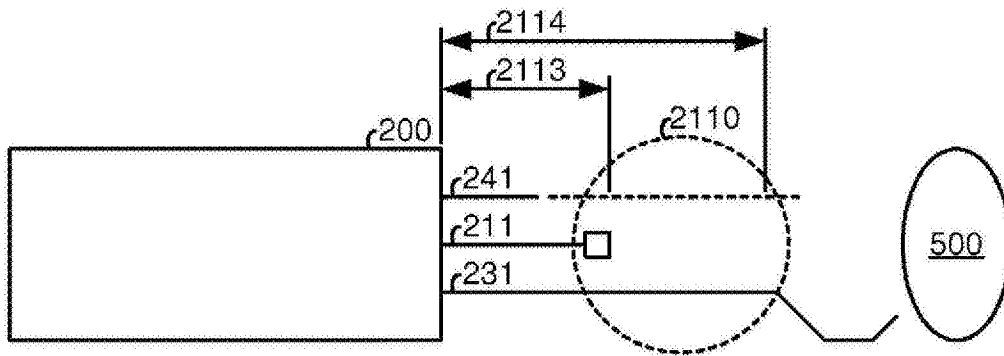


图8c

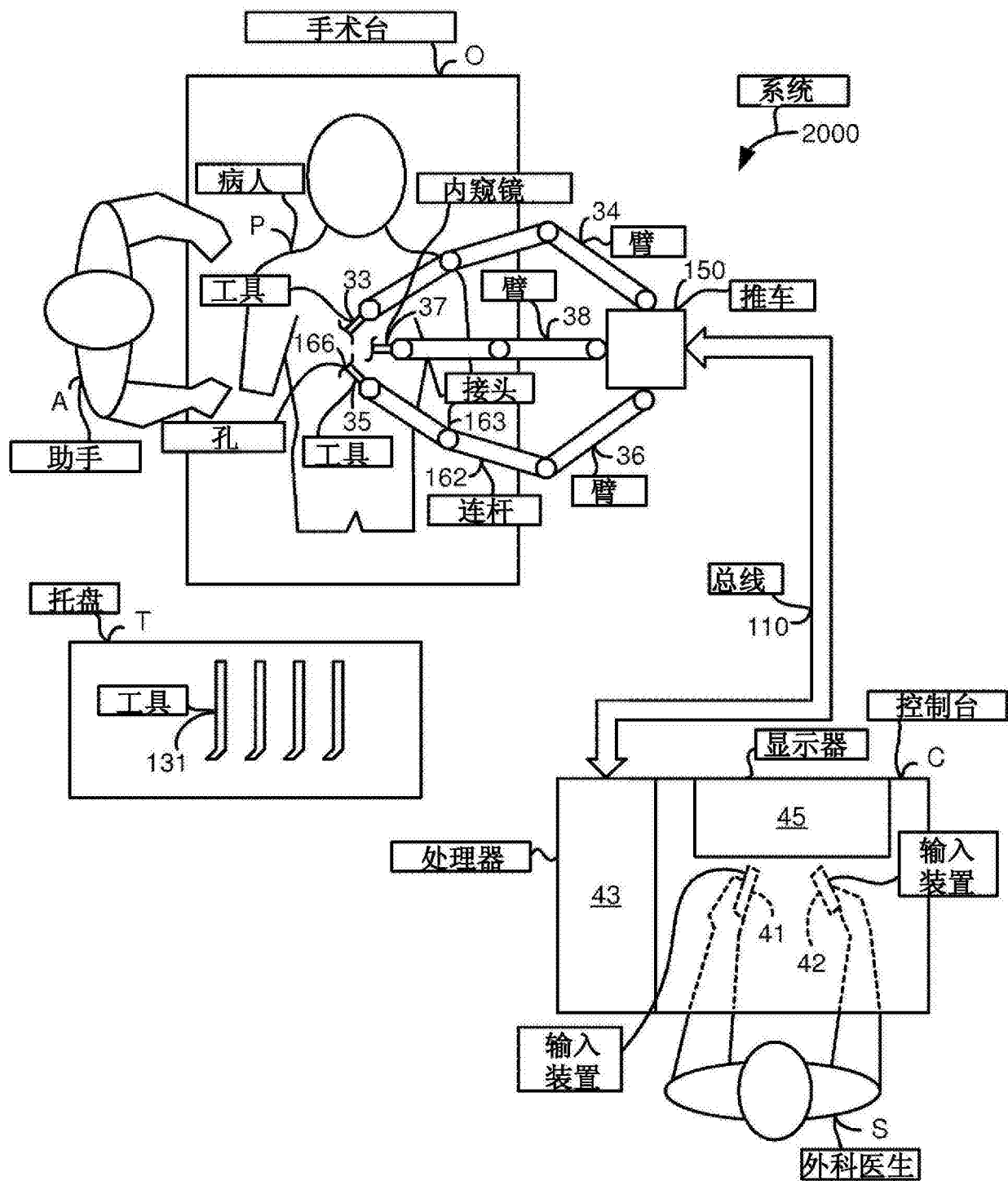


图9

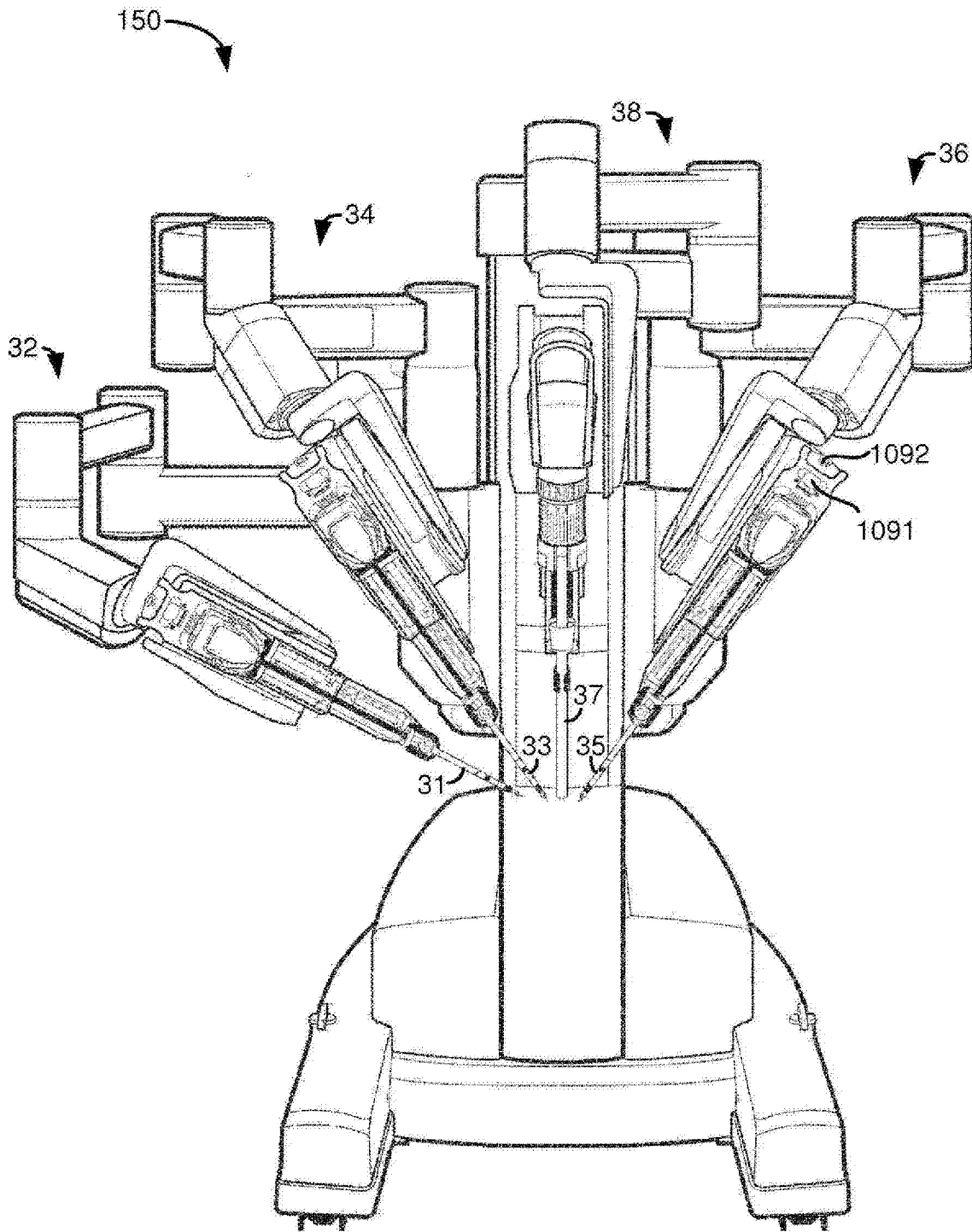


图10

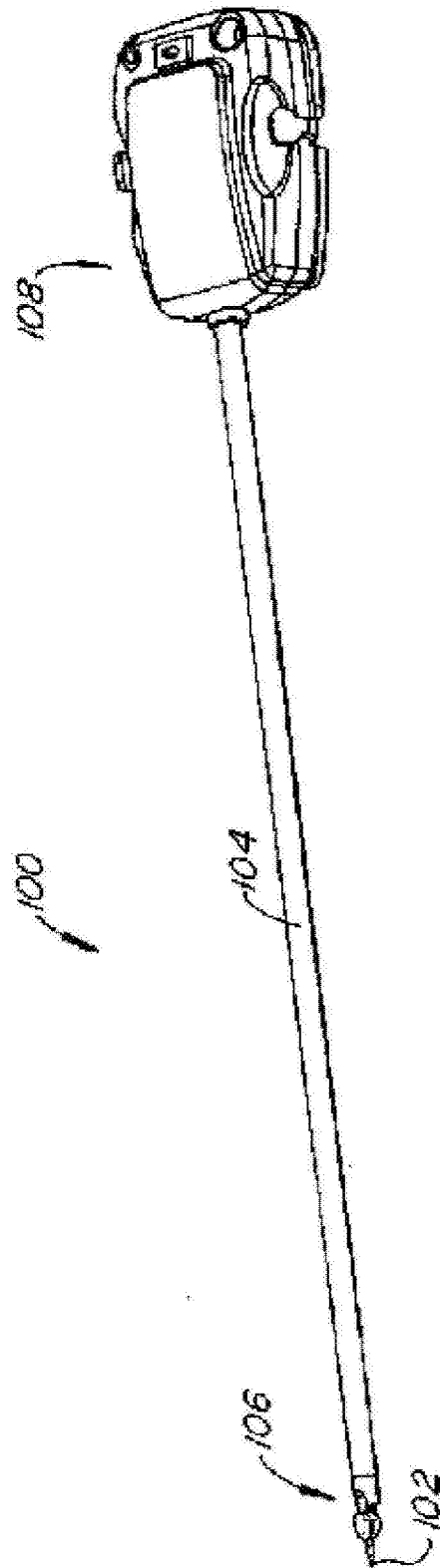


图11

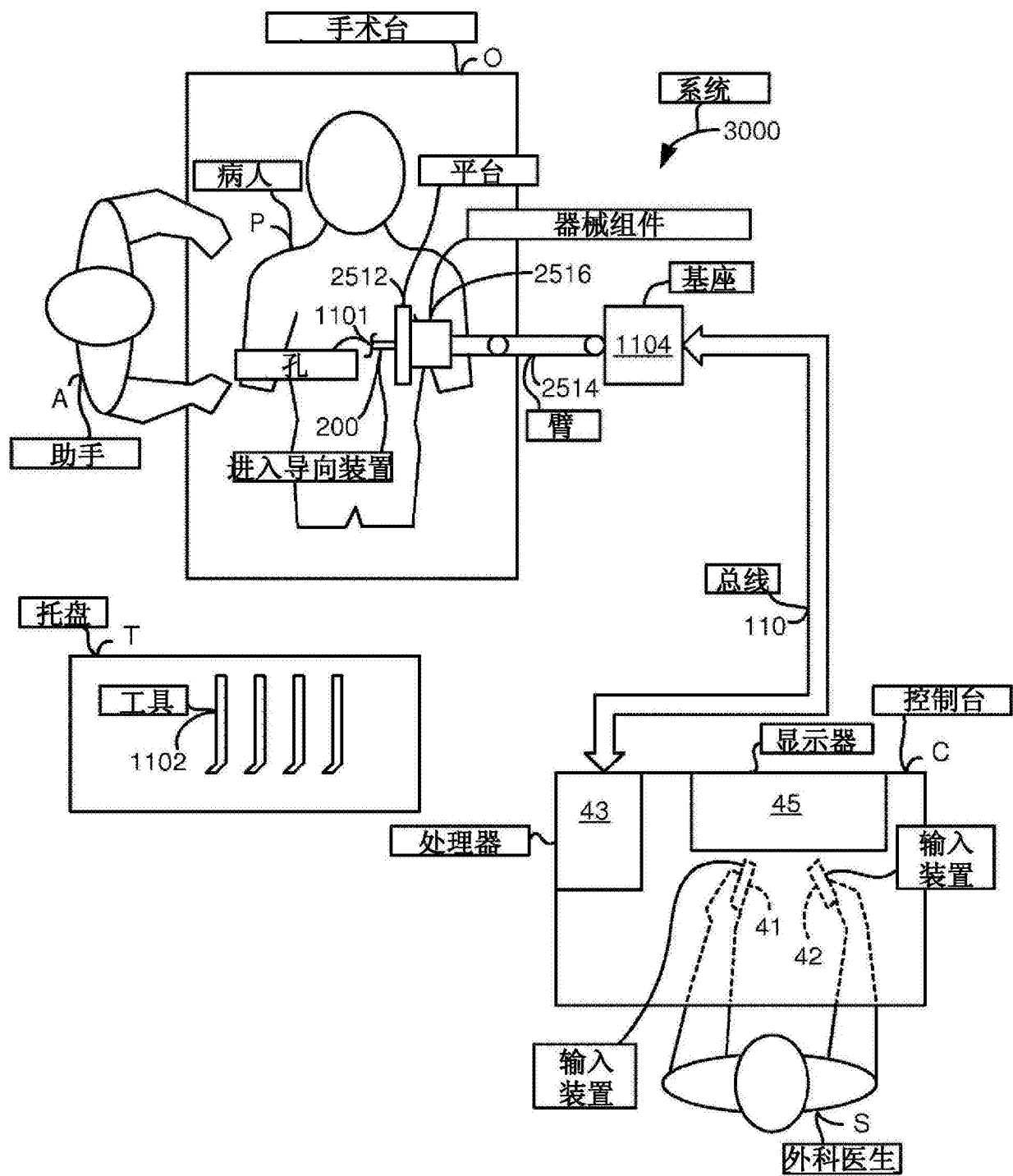


图12

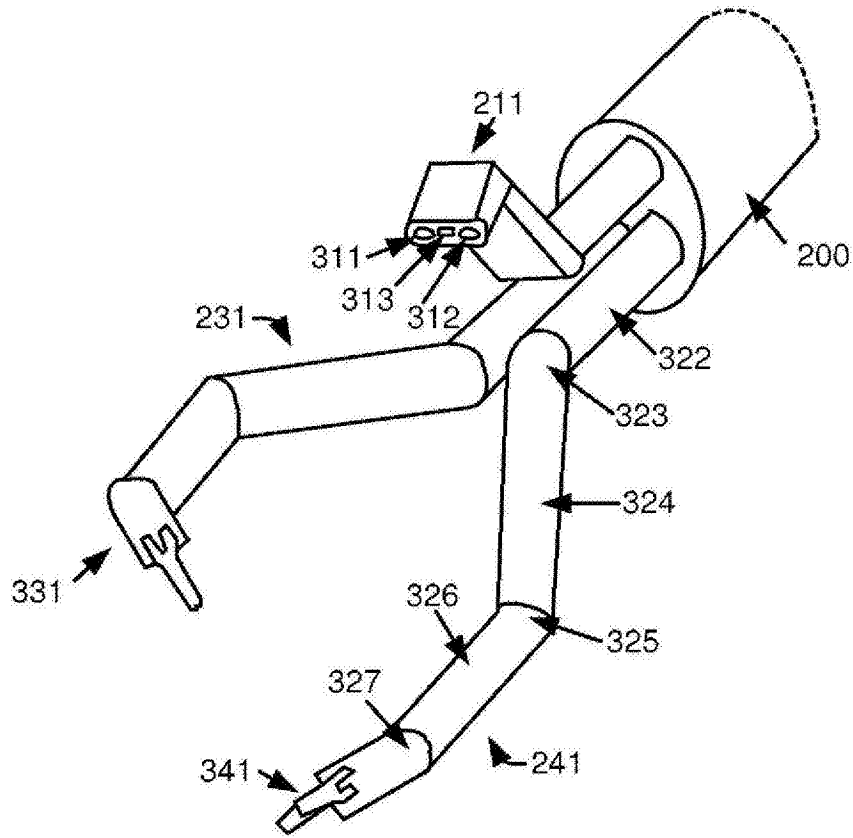


图13

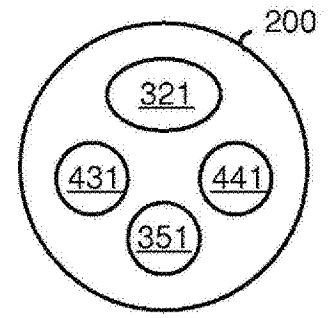


图14

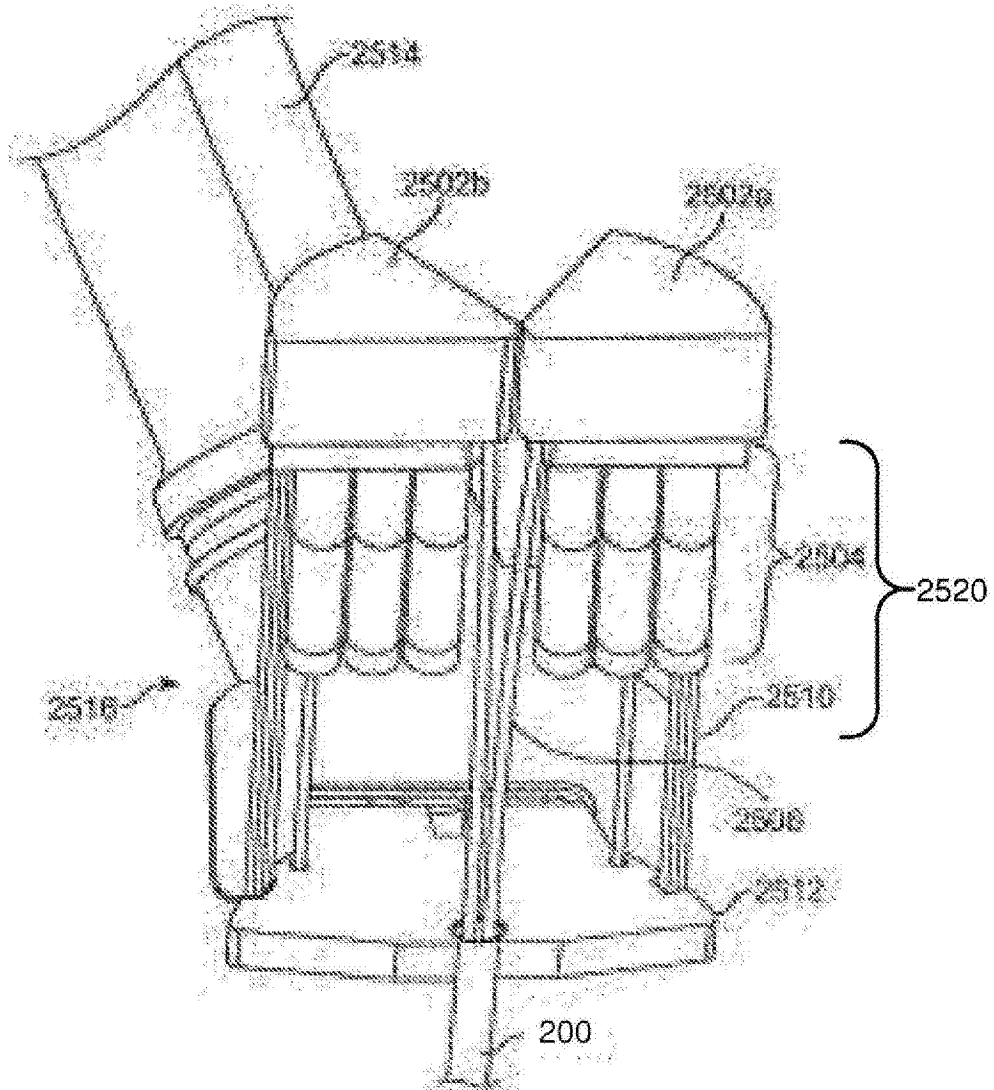


图15

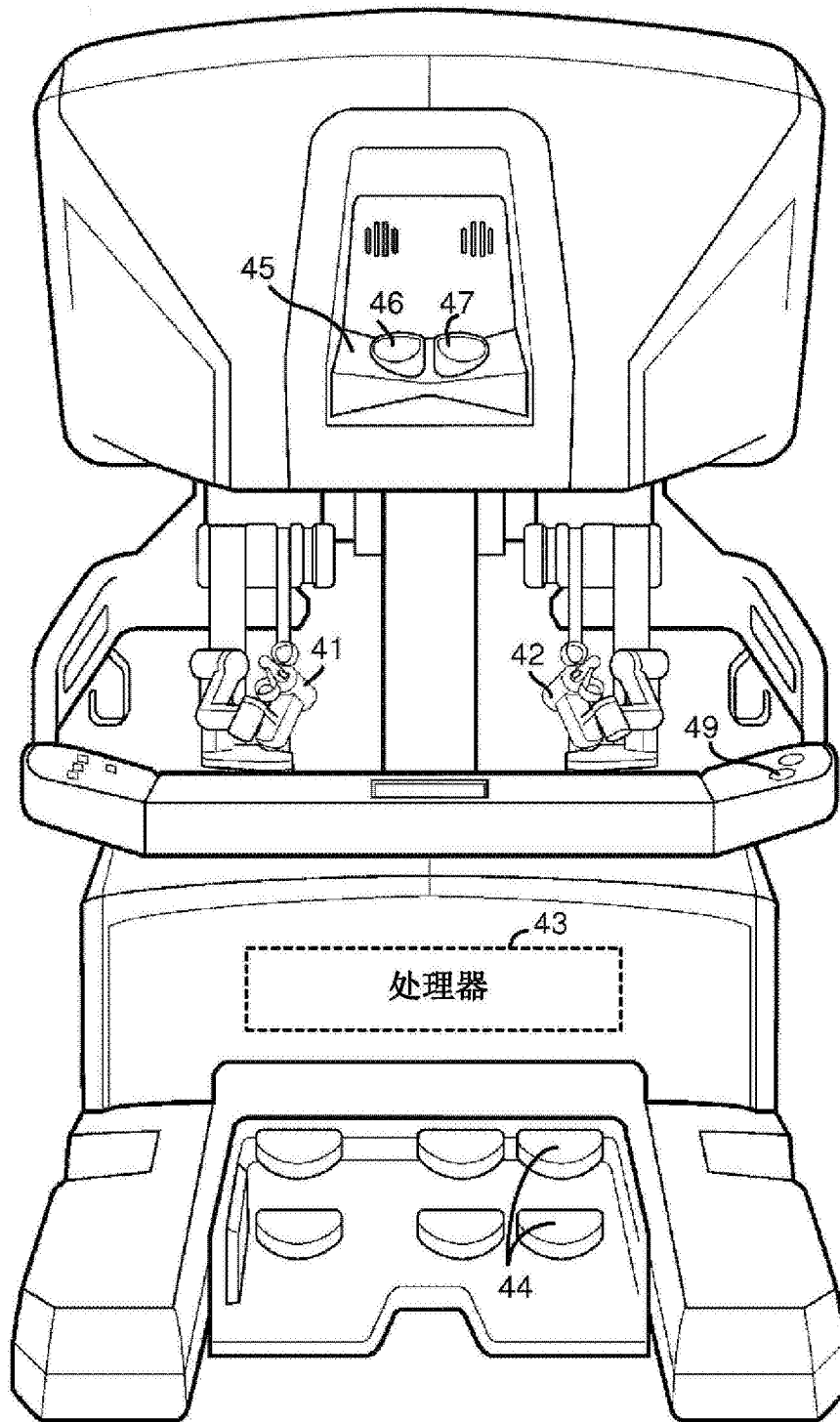


图16