



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110584789 B

(45) 授权公告日 2022.09.20

(21) 申请号 201910985743.1

(22) 申请日 2015.10.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110584789 A

(43) 申请公布日 2019.12.20

(30) 优先权数据  
62/069,245 2014.10.27 US  
62/134,212 2015.03.17 US(62) 分案原申请数据  
201580056120.6 2015.10.27(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·斯瓦鲁普 P·G·格里菲思  
G·林奇 D·米勒

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

专利代理师 张颖

(51) Int.Cl.  
A61B 34/30 (2016.01)  
B25J 9/06 (2006.01)  
B25J 9/16 (2006.01)  
B25J 19/00 (2006.01)  
B25J 19/02 (2006.01)  
A61B 90/50 (2016.01)  
A61B 90/00 (2016.01)  
A61B 34/35 (2016.01)  
A61B 34/20 (2016.01)(56) 对比文件  
US 2007287992 A1, 2007.12.13  
US 2013325030 A1, 2013.12.05

审查员 程思思

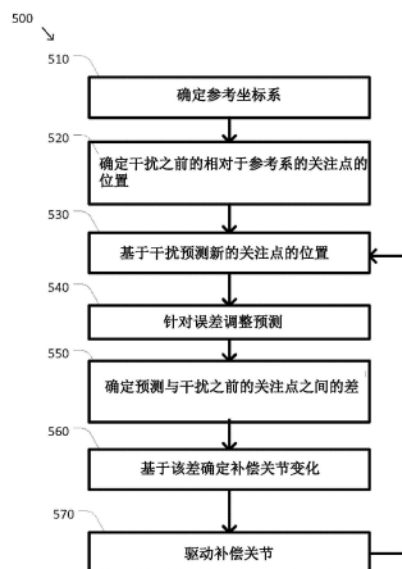
权利要求书3页 说明书25页 附图12页

## (54) 发明名称

用于器械干扰补偿的系统和方法

## (57) 摘要

本发明涉及用于器械干扰补偿的系统和方法,公开了一种计算机辅助医疗设备,包括铰接臂上的第一关节组、铰接臂上的第二关节组、以及耦接到该第一关节组和该第二关节组的控制单元。该控制单元确定由一个或多个制动器的释放引起的对第一关节组的干扰,并且使用第二关节组来补偿干扰,以减少关注点的位置的运动。在一些实施例中,该控制单元通过确定该关注点相对于参考点的初始位置、基于对该第一关节组的干扰来确定该关注点的预测运动、以及向该第二关节组发送驱动命令以在与该预测运动相反的方向上移动该关注点来补偿该干扰。



1. 一种计算机辅助医疗设备,包括:  
配置成支撑成像设备的第一铰接臂;  
配置成支撑末端执行器的第二铰接臂;  
耦接到所述第一铰接臂和所述第二铰接臂的控制单元,其中所述控制单元被配置为:  
设置第一参考系,所述第一参考系基于所述成像设备在第一时间的位置;  
允许对所述第一铰接臂的第一干扰,所述第一干扰移动所述成像设备远离所述成像设备在所述第一时间的所述位置;  
接收用于在所述第一时间之后移动所述末端执行器的命令;以及  
将用于使所述末端执行器从所述第一参考系移动的所述命令变换成用于使所述末端执行器在所述末端执行器的参考系中移动的命令。
2. 如权利要求1所述的设备,其中所述第一干扰由所述第一铰接臂上的一个或多个关节的制动器释放引起。
3. 如权利要求1所述的设备,其中所述控制单元还被配置成基于从所述第一参考系转换到所述末端执行器的参考系的命令,驱动所述第二铰接臂的一个或多个关节。
4. 如权利要求1-3中任一项所述的设备,其中所述控制单元还被配置为:  
允许对所述第二铰接臂上的第一关节组的第二干扰;以及  
驱动所述第二铰接臂的第二关节组中的一个或多个关节,以减少由到所述第一关节组的所述第二干扰引起的对所述末端执行器的移动。
5. 如权利要求4所述的设备,其中为了驱动所述第二关节组中的所述一个或多个关节以减少由到所述第一关节组的所述第二干扰引起的对所述末端执行器的移动,所述控制单元还被配置为:  
确定第一保存变换,所述第一保存变换是在所述第二干扰之前包含所述第一关节组的两个坐标系之间的变换;  
确定第二保存变换,所述第二保存变换是包含所述第二关节组的两个坐标系之间的变换;  
确定第三变换,所述第三变换是在所述第二干扰之后包含所述第一关节组的两个坐标系之间的变换;以及  
通过对基于所述第一保存变换和所述第二保存变换的所述末端执行器的第一位置与基于所述第三变换和所述第二保存变换的所述末端执行器的第二位置之间的差进行计算来确定由所述第二干扰引起的所述末端执行器的预测运动。
6. 如权利要求5所述的设备,其中为了驱动所述第二关节组中的所述一个或多个关节以减少由到所述第一关节组的所述第二干扰引起的对于所述末端执行器的移动,所述控制单元还被配置为:  
通过将标量值乘以所述末端执行器的所述预测运动的一部分来确定所述末端执行器的误差校正的预测运动;并且  
基于所述误差校正的预测运动来驱动所述第二关节组中的所述一个或多个关节。
7. 如权利要求6所述的设备,其中所述预测运动的一部分是所述预测运动的平移移动部分。
8. 如权利要求6所述的设备,其中所述预测运动的一部分是所述预测运动的旋转移

部分。

9. 如权利要求6所述的设备,其中为了基于所述误差校正的预测运动来驱动所述第二关节组中的所述一个或多个关节,所述控制单元被配置为基于所述第二关节组的配置来对所述误差校正的预测运动调整速度。

10. 一种包括多个机器可读指令的非暂时性机器可读介质,所述机器可读指令在由与计算机辅助医疗设备相关联的一个或多个处理器执行时适于使所述一个或多个处理器执行包括以下步骤的方法:

设置第一参考系,所述第一参考系基于成像设备在第一时间的位置,所述计算机辅助医疗设备的第一铰接臂被配置为支撑所述成像设备;

允许对所述第一铰接臂的第一干扰,所述第一干扰移动所述成像设备远离所述成像设备在所述第一时间的所述位置;

接收用于在所述第一时间之后移动末端执行器的命令,所述计算机辅助医疗设备的第二铰接臂被配置为支撑所述末端执行器;以及

将用于使所述末端执行器从所述第一参考系移动的所述命令变换成用于使所述末端执行器在所述末端执行器的参考系中移动的命令。

11. 如权利要求10所述的非暂时性机器可读介质,其中所述第一干扰由所述第一铰接臂上的一个或多个关节的制动器释放引起。

12. 如权利要求10所述的非暂时性机器可读介质,其中所述方法还包括基于从所述第一参考系转换到所述末端执行器的参考系的命令,驱动所述第二铰接臂的一个或多个关节。

13. 如权利要求10至12中任一项所述的非暂时性机器可读介质,其中所述方法还包括:

允许对所述第二铰接臂上的第一关节组的第二干扰;以及

驱动所述第二铰接臂的第二关节组中的一个或多个关节,以减少由到所述第一关节组的所述第二干扰引起的对所述末端执行器的移动。

14. 如权利要求13所述的非暂时性机器可读介质,其中驱动所述第二关节组中的一个或多个关节以减少由到所述第一关节组的所述第二干扰引起的对所述末端执行器的移动包括:

确定第一保存变换,所述第一保存变换是在所述第二干扰之前包含所述第一关节组的两个坐标系之间的变换;

确定第二保存变换,所述第二保存变换是包含所述第二关节组的两个坐标系之间的变换;

确定第三变换,所述第三变换是在所述第二干扰之后包含所述第一关节组的两个坐标系之间的变换;以及

通过对基于所述第一保存变换和所述第二保存变换的所述末端执行器的第一位置与基于所述第三变换和所述第二保存变换的所述末端执行器的第二位置之间的差进行计算来确定由所述第二干扰引起的所述末端执行器的预测运动。

15. 如权利要求14所述的非暂时性机器可读介质,其中为了驱动所述第二关节组中的所述一个或多个关节以减少由到所述第一关节组的所述第二干扰引起的对于所述末端执行器的移动包括:

通过将标量值乘以所述末端执行器的所述预测运动的一部分来确定所述末端执行器的误差校正的预测运动;并且

基于所述误差校正的预测运动来驱动所述第二关节组中的所述一个或多个关节。

## 用于器械干扰补偿的系统和方法

[0001] 本申请是申请日为2015年10月27日、名称为“用于器械干扰补偿的系统和方法”的中国专利申请201580056120.6的分案申请。

[0002] 相关申请

[0003] 本公开要求于2014年10月27日提交的标题为“用于集成手术台的系统和方法 (System and Method for Integrated Operating Table)”的美国临时专利申请第62/069,245号以及于2015年3月17日提交的标题为“用于减少工具干扰的系统和方法 (System and Method for Reducing Tool Disturbances)”美国临时专利申请号62/134,212的优先权,这两个公开通过引用以其全文结合在此。

### 技术领域

[0004] 本公开总体上涉及具有铰接臂的设备的操作,并且更具体地涉及减少对器械姿态的外部干扰。

### 背景技术

[0005] 越来越多的设备正在被替换为自主和半自主电子设备。这在现今的医院里面尤其如此,在手术室、介入疗室 (interventional suite)、重症监护病房、急诊室等中具有大批自主的和半自主的电子设备。例如,玻璃温度计和水银温度计由电子温度计取代,静脉滴注管线现在包括电子监测器和流量调节器,并且传统的手持式外科手术器械正由计算机辅助医疗设备所取代。

[0006] 这些电子设备为操作它们的人员提供了优势和挑战。许多这些电子设备都可以使一个或多个铰接臂和/或末端执行器进行自主或半自主运动。这些一个或多个铰接臂和/或末端执行器每个都包括支持这些铰接臂和/或末端执行器的运动的连杆和铰接关节的组合。在许多情况下,对这些铰接关节进行操纵以获得位于相应铰接臂和/或末端执行器的连杆和铰接关节的远端处的相应器械的预期位置和/或取向 (统称为期望姿态)。靠近该器械的每个铰接关节为相应的铰接臂和/或末端执行器提供至少一个自由度,该自由度可以用于操纵相应器械的位置和/或取向。在许多情况下,相应的铰接臂和/或末端执行器可以包括允许控制相应器械的X位置、Y位置和Z位置 (统称为平移移动) 以及相应器械的滚转、俯仰和偏摆取向 (统称为旋转移动) 的至少六个自由度。为了在控制相应器械的姿态方面提供更大的灵活性,相应的铰接臂和/或末端执行器通常被设计成包括冗余自由度。当存在冗余自由度时,可以使用这些铰接关节的位置和/或取向的多个不同组合来获得相应器械的相同姿态。

[0007] 当具有铰接臂的设备用于医疗程序时,并不罕见的是铰接臂中的一个或多个可以在端口部位处与患者对接,使得可以利用器械和/或其它末端执行器来对于患者的内部解剖结构执行程序。根据该程序,可能期望释放对该铰接臂的一个或多个关节的锁和/或制动器,以便重新定位该铰接臂的至少一部分。当释放该锁和/或制动器时,这样可能导致该铰接臂 (更重要的是定位在该患者体内的器械和/或末端执行器的尖端) 的位置和/或取向的

不期望的移动。这种不期望的移动可能导致伤害患者、伤害铰接臂和/或末端执行器附近的人员、损坏铰接臂和/或末端执行器、损坏铰接臂和/或末端执行器附近的其他设备、破坏无菌区和/或其它不期望的结果。

[0008] 因此,所期望的是,当铰接臂的一个或多个关节的制动器和/或锁被释放时,使铰接臂中的一个或多个关节校正器械、铰接臂和/或末端执行器中的不期望的移动。

## 发明内容

[0009] 与一些实施例一致,一种计算机辅助医疗设备包括铰接臂上的第一关节组、铰接臂上的第二关节组、以及耦接到该第一关节组和该第二关节组的控制单元。在一些实施例中,该控制单元被配置为确定由释放一个或多个制动器引起的对第一关节组的干扰并且使用第二关节组来补偿干扰,以减少该铰接臂上的关注点的位置的运动。

[0010] 根据一些实施例,一种控制医疗设备中的运动的方法包括:确定第一保存变换,该第一保存变换是在干扰之前跨越该医疗设备的铰接臂的第一关节组的两个坐标系之间的变换;确定第二保存变换,该第二保存变换是跨越该铰接臂的第二关节组的两个坐标系之间的变换;接收该干扰,该干扰对该第一关节组中的一个或多个关节的位置进行干扰;确定第三变换,该第三变换是在该干扰之后跨越该第一关节组的两个坐标系之间的变换;并且确定由该干扰引起的关注点的预测运动。在一些示例中,由该干扰引起的关注点的预测运动包括:计算基于第一保存变换和第二保存变换的第一位置确定与基于第三变换和第二保存变换的第二位置确定之间的差。

[0011] 根据一些实施例,一种控制医疗设备中的运动的方法包括:确定第一保存变换,该第一保存变换是在干扰之前跨越医疗设备的铰接臂的第一关节组的两个坐标系之间的变换;确定第二保存变换,该第二保存变换是跨越该铰接臂的第二关节组的两个坐标系之间的变换;接收干扰,该干扰对第一关节组中的一个或多个关节的位置进行干扰;确定第三变换,该第三变换是在该干扰之后跨越第一关节组的两个坐标系之间的变换;并且确定由该干扰引起的关注点的预测运动。在一些示例中,确定由该干扰引起的关注点的预测运动的步骤包括:计算基于第一保存变换和第二保存变换的第一位置确定与基于该第三变换和第二保存变换的第二位置确定之间的差。

[0012] 根据一些实施例,一种计算机辅助医疗设备包括:具有成像设备的第一铰接臂、具有末端执行器的第二铰接臂、耦接到该第一铰接臂和第二铰接臂的控制单元。在一些示例中,该控制单元被配置为:设置第一参考系,该第一参考系基于成像设备在第一时间的位置,允许对第一铰接臂的第一干扰使该成像设备移动离开该成像设备在第一时间的位置,接收用于移动末端执行器的命令,以及将用于从第一参考系移动末端执行器的命令变换成用于在该末端执行器的参考系中移动该末端执行器的命令。

[0013] 与一些实施例一致,一种包括多个机器可读指令的非暂时性机器可读介质,这些机器可读指令在由与医疗设备相关联的一个或多个处理器执行时适于使该一个或多个处理器执行包括以下步骤的方法:确定第一保存变换,该第一保存变换是在干扰之前跨越该医疗设备的铰接臂的第一关节组的两个坐标系之间的变换;确定第二保存变换,该第二保存变换是跨越该铰接臂的第二关节组的两个坐标系之间的变换;接收干扰,该干扰对该第一关节组中的一个或多个关节的位置进行干扰;确定第三变换,该第三变换是在该干扰之

后跨越该第一关节组的两个坐标系之间的变换;并且确定由该干扰引起的关注点的预测运动。在一些示例中,确定由该干扰引起的关注点的预测运动的步骤包括:计算基于第一保存变换和第二保存变换的第一位置确定与基于第三变换和第二保存变换的第二位置确定之间的差。

[0014] 附图描述

[0015] 图1是根据一些实施例的计算机辅助系统的简化图。

[0016] 图2是示出根据一些实施例的计算机辅助系统的简化图。

[0017] 图3是根据一些实施例的计算机辅助医疗系统的运动学模型的简化图。

[0018] 图4是交错释放铰接臂上的制动器的方法的简化图。

[0019] 图5是使用第二关节组来补偿从一个关节组到关注点的干扰的方法的简化图。

[0020] 图6A是示出示例性摄像头视图和坐标系统的透视图的简化图。

[0021] 图6B是从传感器或显示器及相关坐标系统的角度示出摄像头视图的简化图。

[0022] 图7是基于用户命令移动铰接臂同时对该铰接臂中的一个或多个关节的干扰进行补偿的方法的简化图。

[0023] 图8A-8G是示出结合了本文所述的集成计算机辅助设备和可移动外科手术台特征的各种计算机辅助设备系统架构的简化示意图。

[0024] 在附图中,具有相同标记的元素具有相同的或类似的功能。

## 具体实施方式

[0025] 在以下描述中,阐明了具体细节以便描述与本公开一致的一些实施例。然而,对于本领域技术人员显而易见的是,可以在没有这些特定细节中的一些或所有细节的情况下实践一些实施例。在此公开的具体实施例是示例性的,而不是限制性的。本领域的技术人员可以实现落入本公开的范围和精神内的其他元件(尽管没有特别说明)。另外,为了避免不必要的重复,被示为且被描述为与一个实施例相关的一个或多个特征可与其他实施例相结合,除非另外具体说明或者该一个或多个特征会使实施例是非功能性的。术语“包括”意味着包括但不限于,且所包括的一个或多个单独的项目中的每一个应当被认为是可选的,除非另有说明。类似地,术语“可以”表示项目是可选的。

[0026] 图1是根据一些实施例的计算机辅助系统100的简化图。如图1所示,计算机辅助系统100包括具有一个或多个可移动臂或铰接臂120的设备110。一个或多个铰接臂120中的每一个铰接臂支撑一个或多个末端执行器。在一些实例中,设备110可以与计算机辅助外科手术设备一致。一个或多个铰接臂120每个都为安装到至少一个铰接臂120的远端的一个或多个器械、外科手术器械、成像设备和/或类似物提供支撑。在一些实施例中,设备110和工作者工作站可以对应于由加利福尼亚州(California)森尼维耳市(Sunnyvale)的直觉外科手术公司(Intuitive Surgical, Inc.)商业化的da Vinci®外科手术系统。在一些实施例中,具有其他配置、更少或更多铰接臂和/或类似设备的计算机辅助外科手术设备可以可选地与计算机辅助系统100一起使用。

[0027] 设备110经由接口耦接到控制单元130。该接口可以包括一个或多个无线链路、线缆、连接器和/或总线,并且还可以包括具有一个或多个网络交换和/或路由设备的一个或多个网络。控制单元130包括耦接到存储器150的处理器140。由处理器140对控制单元130的

操作进行控制。并且,尽管控制单元130显示只有一个处理器140,可以理解的是处理器140可以表示控制单元130中的一个或多个中央处理单元、多核处理器、微处理器、微控制器、数字信号处理器、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)和/或类似设备。控制单元130可以被实现为加入到计算设备中的一个独立子系统和/或板,或是实现为虚拟机。在一些实施例中,控制单元可被包括为操作者工作站的一部分,和/或与该操作者工作站分离地但与之协同地操作。控制单元的一些实例(如控制单元130)可以包括非暂时性的、有形的机器可读介质,其包括当由一个或多个处理器(例如处理器140)运行时可导致该一个或多个处理器来执行方法400的过程的可执行代码。

[0028] 存储器150用于存储由控制单元130执行的软件和/或在控制单元130的操作期间使用的一个或多个数据结构。存储器150可包括一种或多种类型的机器可读介质。一些普通形式的机器可读介质可包括软盘、软磁盘、硬盘、磁带、任何其他磁性介质、CD-ROM、任何其他光学介质、穿孔卡、纸带、具有孔洞图案的任何其他物理介质、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、任何其他存储器芯片或盒、和/或处理器或计算机适于读取的任何其他介质。

[0029] 如同所示的,存储器150包括支持设备110的自主和/或半自主控制的运动控制应用程序160。运动控制应用程序160可以包括一个或多个应用程序编程接口(API),用于从设备110接收位置、运动和/或其他感测信息,与其他控制单元交换和其他设备(如外科手术台和/或成像设备)相关的位置、运动和/或避免碰撞的信息,和/或规划设备110、铰接臂120和/或设备110的末端执行器的运动和/或在该规划中进行辅助。并且,尽管运动控制应用程序160被描述为软件应用程序,但是运动控制应用程序160可以使用硬件、软件和/或硬件和软件的组合来实现。

[0030] 在一些实施例中,可以在手术室和/或介入疗室中找到计算机辅助系统100。并且,尽管计算机辅助系统100仅包括一个具有两个铰接臂120的设备110,但是普通技术人员将理解,计算机辅助系统100可以包括具有与设备110的设计类似和/或不同的铰接臂和/或末端执行器的任何数量的设备。在一些示例中,这些设备中的每一个可以包括更少或更多的铰接臂和/或末端执行器。

[0031] 计算机辅助系统100还包括外科手术台170。类似于一个或多个铰接臂120,外科手术台170支持台顶部180相对于外科手术台170的底座的铰接式移动。在一些示例中,台顶部180的铰接式移动可以包括用于改变台顶部180的高度、倾斜、滑动、特伦德伦伯卧位取向和/或类似方面的支持。尽管未示出,但外科手术台170可以包括一个或多个控制输入,如用于控制台顶部180的位置和/或取向的外科手术台命令单元。在一些实施例中,外科手术台170可以对应于由德国通快医疗系统有限公司(Trumpf Medical Systems GmbH)商业化的一种或多种外科手术台。

[0032] 外科手术台170还经由相应的接口耦接到控制单元130。该接口可以包括一个或多个无线链路、线缆、连接器和/或总线,并且还可以包括具有一个或多个网络交换和/或路由设备的一个或多个网络。在一些实施例中,外科手术台170可以耦接到与控制单元130不同的控制单元。在一些示例中,运动控制应用程序160可以包括用于接收与外科手术台170和/或台顶部180相关联的位置、运动和/或其他感测信息的一个或多个应用程序编程接口(API)。在一些示例中,运动控制应用程序160可以有助于与碰撞避免相关联的运动规划,适应和/或避免关节和连杆中的运动范围极限以及移动铰接臂、器械、末端执行器、外科手术



台部件等来补偿这些铰接臂、器械、末端执行器、外科手术台部件等中的其他运动,调整观察设备(如内窥镜)以在该观察设备的视场内维持和/或放置关注区域和/或一个或多个器械或末端执行器。在一些示例中,运动控制应用程序160可以规划和/或辅助外科手术台170和/或台顶部180的运动的规划。在一些示例中,运动控制应用程序160可以防止外科手术台170和/或台顶部180的运动,如通过使用外科手术台命令单元来防止外科手术台170和/或台顶部180的移动。在一些示例中,运动控制应用程序160可以帮助将设备110与外科手术台170配准,以便得知设备110和外科手术台170之间的几何关系。在一些示例中,该几何关系可以包括为设备110和外科手术台170保持的坐标系之间的平移和/或一次或多次旋转。

[0033] 控制单元130还可以经由接口耦接到操作者工作站190。操作者工作站190可以由操作者(如外科医生)使用以控制铰接臂120和末端执行器的移动和/或操作。为了支持铰接臂120和末端执行器的操作,操作者工作站190包括用于显示铰接臂120和/或末端执行器中的一个或多个的至少一部分的图像的显示系统192。例如,在铰接臂120和/或末端执行器正在使用时,当操作者看到铰接臂120和/或末端执行器是不现实的和/或不可能的时,可以使用显示系统192。在一些实施例中,显示系统192显示来自铰接臂120之一或第三铰接臂(未示出)控制的视频捕捉设备(如内窥镜)的视频图像。

[0034] 操作者工作站190包括具有一个或多个输入控件195或主控件195的控制台工作空间,输入控件195或主控件195可以用于操作设备110、铰接臂120和/或安装在铰接臂120上的末端执行器。输入控件195中的每一个可以耦接到它们自己的铰接臂的远端,使得输入控件195的移动通过操作者工作站190检测并被传送到控制单元130。为了提供改进的人体工程学,该控制台工作空间还可以包括一个或多个支持物(如臂靠197),操作者可以在操纵输入控件195的同时将他们的胳膊搁置在臂靠上。在一些示例中,显示系统192和输入控件195可以由该操作者使用来远程操作铰接臂120和/或安装在铰接臂120上的末端执行器。在一些实施例中,设备110、操作者工作站190和控制单元130可以对应于由加利福尼亚州(California)森尼维耳市(Sunnyvale)的直觉外科手术公司(Intuitive Surgical, Inc.)商业化的da Vinci®外科手术系统。

[0035] 在一些实施例中,其他配置和/或架构可以与计算机辅助系统100一起使用。在一些示例中,控制单元130可以被包括作为操作者工作站190和/或设备110的一部分。在一些实施例中,可以在手术室和/或介入疗室中找到计算机辅助系统100。并且,尽管计算机辅助系统100仅包括具有两个铰接臂120的一个设备110,但是普通技术人员将理解,计算机辅助系统100可以包括具有与设备110类似和/或不同设计的铰接臂和/或末端执行器的任何数量的设备。在一些示例中,这些设备中的每一个可以包括更少或更多的铰接臂120和/或末端执行器。另外,可以存在附加工作站190以控制可以附接到设备110的附加臂。另外,在一些实施例中,工作站190可以具有用于控制外科手术台170的控件。

[0036] 图2是示出根据一些实施例的计算机辅助系统200的简化图。例如,计算机辅助系统200可以与计算机辅助系统100一致。如图2所示,计算机辅助系统200包括具有一个或多个铰接臂的计算机辅助设备210和外科手术台280。虽然在图2中未示出,但是计算机辅助设备210和外科手术台280使用一个或多个接口和一个或多个控制单元而耦接在一起,使得用于执行计算机辅助设备210的铰接臂的运动的运动控制应用程序得知至少关于外科手术台280的运动信息。

[0037] 计算机辅助设备210包括各种连杆和关节。在图2的实施例中,该计算机辅助设备通常分为三组不同的连杆和关节。从装配结构220的近端开始的是可移动台车215或患者侧台车215。耦接到该装配结构的远端的是形成铰接臂的一组连杆和装配关节240。并且,耦接到装配关节240的远端的是多关节操纵器260。在一些示例中,一组装配关节240和操纵器260可以对应于铰接臂120中的一个。并且,尽管该计算机辅助设备仅示出具有的一组装配关节240及相应的操纵器260,但是普通技术人员将理解,该计算机辅助设备可以包括多于一组的装配关节240及相应的操纵器260,使得该计算机辅助设备配备有多个铰接臂。

[0038] 如同所示的,计算机辅助设备210安装在可移动台车215上。可移动台车215使得该计算机辅助设备210能够从一个位置被运往另一个位置,例如在手术室之间或在手术室内,以更好地将该计算机辅助设备定位在外科手术台280附近。装配结构220安装在可移动台车215上。如图2所示,装配结构220包括两部分式柱,该柱包括柱连杆221和连杆222。耦接到柱连杆222的上端或远端的是肩关节223。耦接到肩关节223的是包括悬臂 (boom) 连杆224和225的两部分式悬臂。在悬臂连杆225的远端处是腕关节226,并且耦接到腕关节226的是臂安装平台227。

[0039] 装配结构220的连杆和关节包括用于改变臂安装平台227的位置和取向(即姿态)的各种自由度。例如,该两部分式柱通过沿着轴线232上下移动肩关节223来调整臂安装平台227的高度。另外,臂安装平台227使用肩关节223来围绕可移动台车215、该两部分式柱和轴线232旋转。使用该两部分式悬臂沿轴线234来调整臂安装平台227的水平位置。并且,也可以通过使用腕关节226围绕臂安装平台取向轴线236旋转来调整臂安装平台227的取向。因此,受制于装配结构220中的连杆和关节的运动限制,可以使用两部分式柱在可移动台车215竖直上方调整臂安装平台227的位置。也可以使用相应的两部分式悬臂和肩关节223相对于可移动台车215径向地或成角度地调整臂安装平台227的位置。并且,还可以使用腕关节226来改变臂安装平台227的角度取向。

[0040] 臂安装平台227用作一个或多个铰接臂的安装点。能够相对于可移动台车215对臂安装平台227的高度、水平位置和取向进行调整提供了一个灵活装配结构,用于相对于位于可移动台车215附近的将要进行手术或程序的工作空间对该一个或多个铰接臂进行定位和取向。例如,臂安装平台227可以定位在患者上方,使得各种铰接臂及其相应的操纵器和器械具有足够的运动范围以对该患者执行外科手术程序。图2示出了使用第一装配关节242耦接到臂安装平台227的单个铰接臂。虽然仅示出了一个铰接臂,但是普通技术人员将理解,可以使用附加的第一装配关节将多个铰接臂耦接到臂安装平台227。

[0041] 第一装配关节242形成该铰接臂的最接近患者侧台车215的装配关节240部分。装配关节240还可包括一组关节和连杆。如图2所示,装配关节240包括经由一个或多个关节(未明确示出)耦接的连杆244和连杆246。装配关节240的关节和连杆包括以下能力:使用第一装配关节242围绕轴线252相对于臂安装平台227来旋转装配关节240,调整第一装配关节242和连杆246之间的径向或水平距离,沿着轴线254调整连杆246的远端处的操纵器安装座262相对于臂安装平台227的高度、以及围绕轴线254来旋转操纵器安装座262。在一些示例中,装配关节240还可以包括附加的关节、连杆和轴,允许附加的自由度以改变操纵器安装座262相对于臂安装平台227的姿态。

[0042] 操纵器260经由操纵器安装座262耦接到装配关节240的远端。操纵器260包括附加

的关节264和连杆266,其中器械滑架(carriage)268安装在操纵器260的远端。器械270安装到器械滑架268。器械270包括轴272,轴272沿着插入轴线对齐。轴272通常是对齐的,使得其穿过远程运动中心。远程运动中心274的位置通常相对于操纵器安装座262保持固定的平移关系,使得操纵器260中的关节264的操作导致轴272围绕远程运动中心274旋转。根据实施例,使用操纵器260的关节264和连杆266中的物理约束、使用加在关节264允许的运动上的软件约束和/或两者的组合来维持远程运动中心274相对于操纵器安装座262的固定平移关系。在2013年5月13日提交的标题为“用于硬件约束的远程中心机器人操纵器的冗余轴和自由度(Redundant Axis and Degree of Freedom for Hardware-Constrained Remote Center Robotic Manipulator)”的美国专利申请号13/906,888中描述了使用通过在关节和连杆中的物理约束来维持的远程运动中心的计算机辅助外科手术设备的代表性实施例,并且在2005年5月19日提交的标题为“用于外科手术及其他应用的软件中心和可高度配置的机器人系统(Software Center and Highly Configurable Robotic Systems for Surgery and Other Uses)”的美国专利号8,004,229中描述了使用由软件约束保持的远程运动中心的计算机辅助外科手术设备的代表性实施例,这两项申请的说明书通过引用以其全文结合在此。在一些示例中,远程运动中心274可以对应于患者278中的身体开口(如切口部位或身体孔口)的位置。因为远程运动中心274对应于身体开口,所以当使用器械270时,远程运动中心274相对于患者278保持静止,以在远程运动中心274处限制患者278的解剖结构上的应力。在一些示例中,轴272可以穿过位于身体开口处的套管(未示出)。在一些示例中,具有相对较大的轴或导管外直径(例如4-5mm或更大)的器械可以使用套管穿过该身体开口,并且对于具有相对较小的轴或导管外直径(例如2-3mm或更小)的器械可以可选地省略套管。

[0043] 在轴272的远端处是末端执行器276。由于关节264和连杆266导致的操纵器260的自由度可以允许至少控制轴272和/或末端执行器276相对于操纵器安装座262的滚转、俯仰和偏摆。在一些示例中,操纵器260的自由度还可以包括使用器械滑架268推动和/或撤回轴272的能力,使得末端执行器276可以相对于远程运动中心274沿着插入轴线被推动和/或撤回。在一些示例中,操纵器260可以与用于与加利福尼亚州(California)森尼维耳市(Sunnyvale)的直觉外科手术公司(Intuitive Surgical, Inc.)商业化的da Vinci®外科手术系统一起使用的操纵器一致。在一些示例中,器械270可以是成像设备,如内窥镜、夹具、手术器械(如烧灼器或手术刀)等。在一些示例中,末端执行器276可以包括附加的自由度,例如滚转、俯仰、偏摆、抓握等,其允许末端执行器276的各部分相对于轴272的远端的附加的局部操纵。

[0044] 在外科手术或其他医疗程序期间,患者278通常位于外科手术台280上。外科手术台280包括台座282和台顶部284,其中台座282位于可移动台车215附近,使得器械270和/或末端执行器276可以由计算机辅助设备210操纵,同时器械270的轴272在身体开口处插入到患者278体内。外科手术台280还包括铰接结构290,其包括台座282和台顶部284之间的一个或多个关节或连杆,使得可对台顶部284相对于台座282的相对位置进行控制,并且因而对患者278相对于台座282的相对位置进行控制。在一些示例中,铰接结构290可以被配置为使得相对于可以位于台顶部284上方的一点处的虚拟定义的手术台运动等角点286来控制台顶部284。在一些示例中,等角点286可以位于患者278的体内。在一些示例中,等角点286可

以在身体开口之一(如对应于远程运动中心274的身体开口部位)处或其附近与该患者的体壁并置。

[0045] 如图2所示,铰接式结构290包括高度调整关节292,使得台顶部284可以相对于台座282升高和/或降低。铰接结构290还包括关节和连杆,以改变台顶部284相对于等角点286的倾斜294和特伦德伦伯卧位(Trendelenburg)296取向。倾斜294允许台顶部284从一侧向另一侧倾斜,使得患者278的右侧或左侧相对于患者278的另一侧向上旋转(即围绕台顶部284的纵向轴线或头到脚轴线)。特伦德伦伯卧位296允许台顶部284旋转,使得患者278的足部抬高(特伦德伦伯卧位)或者患者278的头部抬高(反向特伦德伦伯卧位)。在一些示例中,可以调整倾斜294和/或特伦德伦伯卧位296旋转以产生围绕等角点286的旋转。铰接式结构290还包括附加的连杆和关节298,以使台顶部284沿着纵向(头-尾)轴线相对于台座282滑动,通常具有如图2所示的向左运动和/或向右运动。

[0046] 图8A-8G是示出结合了本文所述的集成计算机辅助设备和可移动外科手术台特征的各种计算机辅助设备系统架构的简化示意图。各种所示的系统部件都是依照本文所描述的原理。在这些图示中,为了清楚起见,这些部件被简化,并且没有示出各种细节,如单独的连杆、关节、操纵器、器械、末端执行器等,但是它们应当被理解为结合在各种图示的部件中。

[0047] 在这些架构中,没有示出与一个或多个外科手术器械或器械组相关联的套管,并且应当理解,套管及其他器械引导设备可选地可以用于具有相对较大的轴或导管外直径(例如4-5mm或更大)的器械或器械组,并且对于具有相对较小的轴或导管外直径(例如2-3mm或更小)的器械是可以可选地省略的。

[0048] 同样在这些架构中,远程操作的操纵器应当被理解为包括在外科手术期间通过使用硬件约束(例如固定的相交器械的俯仰、偏摆和滚转轴线)或软件约束(例如软件约束的相交器械的俯仰、偏摆和滚转轴线)来限定远程运动中心的操纵器。限定这种器械旋转轴线的混合(例如硬件约束的滚转轴线和软件约束的俯仰轴线和偏摆轴线)也是可能的。此外,一些操纵器可以在程序期间不限定和约束任何外科手术器械旋转轴线,并且一些操纵器可以在程序期间限定和约束仅一个或两个器械旋转轴线。

[0049] 图8A示出了可移动外科手术台1100和单器械计算机辅助设备1101a。外科手术台1100包括可移动台顶部1102以及从机械接地的台底座1104延伸以在远端处支撑台顶部1102的台支撑结构1103。在一些示例中,外科手术台1100可以与外科手术台170和/或280一致。计算机辅助设备1101a包括远程操作的操纵器和单器械组件1105a。计算机辅助设备1101a还包括在近侧底座1107a处机械接地并且延伸以在远端处支撑操纵器和器械组件1105a的支撑结构1106a。支撑结构1106a被配置为允许组件1105a相对于外科手术台1100移动并保持在各种固定姿态中。可选地,底座1107a相对于外科手术台1100是永久固定的或是可移动的。外科手术台1100和计算机辅助设备1101a如本文所述一起操作。

[0050] 图8A还示出了可选的第二计算机辅助设备1101b,其示出了可以包括两个、三个、四个、五个或更多个单独的计算机辅助设备,每个计算机辅助设备具有相应的单独的远程操作的操纵器以及由相应的支撑结构1106b支撑的(多个)单器械组件1105b。使计算机辅助设备1101b机械接地,并且与计算机辅助设备1101a类似地,摆放组件1105b的姿态。外科手术台1100和计算机辅助设备1101a和1101b一起形成多器械外科手术系统,并且它们如本文

所述一起操作。在一些示例中,计算机辅助设备1101a和/或1101b可以与计算机辅助设备110和/或210一致。

[0051] 如图8B所示,示出了另一个可移动外科手术台1100和计算机辅助设备1111。计算机辅助设备1111是多器械设备,其包括两个、三个、四个、五个或更多个单独远程操作的操纵器和单器械组件,如代表性的操纵器和器械组件1105a和1105b所示。计算机辅助设备1111的组件1105a和1105b由组合支撑结构1112支撑,其允许组件1105a和1105b相对于外科手术台1100作为一组一起运动并摆放姿态。计算机辅助设备1111的组件1105a和1105b也分别由相应的单独支撑结构1113a和1113b来支撑,这样允许每个组件1105a和1105b相对于外科手术台1100且相对于一个或多个其他的组件1105a和1105b单独地移动和摆放姿态。这种多器械外科手术系统架构的示例是由直觉外科手术公司(Intuitive Surgical, Inc.)商业化的da Vinci Si®外科手术系统和da Vinci Xi™外科手术系统。外科手术台1100和包括示例计算机辅助设备1111的外科手术操纵器系统如本文所述一起操作。在一些示例中,计算机辅助设备1111与计算机辅助设备110和/或210一致。

[0052] 图8A和8B的计算机辅助设备均被示为在地板处机械接地。但是,一个或多个这样的计算机辅助设备可以可选地在墙壁或天花板处机械地接地,并且相对于这样的墙壁或天花板地板是永久固定的或是可移动的。在一些示例中,计算机辅助设备可以使用轨道或网格系统安装到墙壁或天花板,该轨道或网格系统允许计算机辅助系统的支撑底座相对于外科手术台移动。在一些示例中,一个或多个固定的或可释放的安装夹具可以用于将相应的支撑底座安装到轨道或网格系统。如图8C所示,计算机辅助设备1121a在墙壁处机械接地,并且计算机辅助设备1121b在天花板处机械接地。

[0053] 此外,计算机辅助设备可以经由可移动外科手术台1100间接地机械接地。如图8D所示,计算机辅助设备1131a耦接到外科手术台1100的台顶部1102。计算机辅助设备1131a可以可选地耦接到外科手术台1100的其他部分,如台支撑结构1103或台座1104,如图8D所示的虚线结构所示。当台顶部1102相对于台支撑结构1103或台座1104移动时,计算机辅助设备1131a同样相对于台支撑结构1103或台座1104移动。然而,当计算机辅助设备1131a耦接到台支撑结构1103或台座1104时,在台顶部1102移动时计算机辅助设备1131a的底座相对于地面保持固定。当台移动发生时,使器械插入患者体内的身体开口也可以移动,因为该患者的身体可以相对于台顶部1102移动并改变该身体开口的位置。因此,对于计算机辅助设备1131a耦接到台顶部1102的实施例,台顶部1102用作局部机械接地,并且这些身体开口相对于台顶部1102移动,并且因此也相对于计算机辅助设备1131a移动。图8D还示出,可以可选地添加第二计算机辅助设备1131b,其配置类似于计算机辅助设备1131a以创建多器械系统。如本文所公开的对包括耦接到外科手术台的一个或多个计算机辅助设备的系统进行操作。

[0054] 在一些实施例中,可以是具有相同的或混合的机械接地的计算机辅助设备的其他组合。例如,系统可以包括在地板处机械接地的一个计算机辅助设备以及经由外科手术台机械接地到地板的第二计算机辅助设备。如本文所公开对这种混合式机械接地系统进行操作。

[0055] 本发明的创造性方面还包括单个身体开口系统,其中两个或更多个外科手术器械经由单个身体开口进入身体。这样的系统的示例在2010年8月12日提交的标题为“外科手术

系统器械安装(Surgical System Instrument Mounting)”的美国专利号8,852,208和在2007年6月13日提交的标题为“微创外科手术系统(Minimally Invasive Surgical System)”的美国专利号9,060,678中示出,这两个专利都通过引用来结合。图8E示出了远程操作的多器械计算机辅助设备1141以及如上所述的外科手术台1100。两个或更多个器械1142各自耦接到相应的操纵器1143,并且器械组1142和器械操纵器1143通过系统操纵器1144一起移动。系统操纵器1144由支撑组件1145支撑,支撑组件1145允许系统操纵器1144移动到并固定为各种姿态。与上述描述一致,支撑组件1145在底座1146处机械接地。两个或更多个器械1142在单个身体开口处插入患者体内。可选地,器械1142通过单个引导管一起延伸,并且该引导管可选地延伸穿过套管,如以上引用的参考文献中所述。计算机辅助设备1141和外科手术台1100如本文所述一起操作。

[0056] 图8F示出了可选地通过耦接到台顶部1102、台支撑结构1103或台座1104,经由外科手术台1100机械接地的另一个多器械、单个身体开口计算机辅助设备1151。以上参照图8D的描述也适用于图8F中所示的机械接地选项。计算机辅助设备1151和外科手术台1100如本文所述一起工作。

[0057] 图8G示出了一个或多个远程操作的多器械单个身体开口计算机辅助设备1161和一个或多个远程操作的单器械计算机辅助设备1162可以组合以与如本文所述的外科手术台1100一起操作。计算机辅助设备1161和1162中的每一个可以直接地或经由另一个结构以如上所述的各种方式机械接地。

[0058] 图3是根据一些实施例的计算机辅助医疗系统的运动学模型300的简化图。如图3所示,运动学模型300可以包括与许多源和/或设备相关联的运动学信息。运动学信息是基于计算机辅助医疗设备的连杆和关节以及基于外科手术台的已知的运动学模型。运动学信息还基于与计算机辅助医疗设备和外科手术台的关节的位置和/或取向相关联的信息。在一些示例中,与这些关节的位置和/或取向相关联的信息可以从测量棱柱状关节的线性位置和转动关节的旋转位置的一个或多个传感器(如编码器)导出。

[0059] 运动学模型300包括几个坐标系或坐标系统及变换(如齐次变换),用于将位置和/或取向从这些坐标系中的一种变换到这些坐标系中的另一种。在一些示例中,运动学模型300可以用于通过生成如图3中所包含的变换链接所指示的正向和/或反向/逆变换来允许一个坐标系内的位置和/或取向在任一其他坐标系中的正向和/或反向映射。在一些示例中,当这些变换被建模为矩阵形式的齐次变换时,可以使用矩阵乘法来完成所述生成。在一些实施例中,系统可以使用Denavit-Hartenberg参数和约定(convention)来将坐标参考系附接到运动学链中的一个或多个点并且在运动学模型300中从一个参考系变换到另一个参考系。在一些实施例中,运动学模型300可以用于对图2的计算机辅助设备210和外科手术台280的运动学关系进行建模。

[0060] 运动学模型300包括用于对外科手术台(如手术台170和/或手术台280)的位置和/或取向进行建模的台座坐标系305。在一些示例中,台座坐标系305可以用于相对于与外科手术台相关联的参考点和/或取向对外科手术台上的其他点进行建模。在一些示例中,该参考点和/或取向可以与该手术台的台座(例如台座282)相关联。在一些示例中,台座坐标系305可以适于用作计算机辅助系统的世界坐标系。

[0061] 运动学模型300还包括台顶部坐标系310,其可用于对表示外科手术台的台顶部

(如台顶部284)的坐标系中的位置和/或取向进行建模。在一些示例中,台顶部坐标系310可以相对于该台顶部的旋转中心或等角点(如等角点286)居中。在一些示例中,台顶部坐标系310的Z轴可以相对于其上放置外科手术台的地板或表面竖直取向和/或垂直于该台顶部的表面。在一些示例中,台顶部坐标系310的X轴和Y轴可以被取向成捕捉该台顶部的纵向(从头到脚)和横向(从一侧到另一侧)主轴线。在一些示例中,使用台座到台顶部的坐标变换315来映射台顶部坐标系310和台座坐标系305之间的位置和/或取向。在一些示例中,使用外科手术台的铰接结构(如铰接结构290)的一个或多个运动学模型以及过去的和/或当前的关节传感器读数来确定台座到台顶部的坐标变换315。在与图2的实施例一致的一些示例中,台座到台顶部的坐标变换315对与外科手术台相关联的高度、倾斜、特伦德伦伯卧位和/或滑动设置的组合效应进行建模。

[0062] 运动学模型300还包括用于对计算机辅助设备(如计算机辅助设备110和/或计算机辅助设备210)的位置和/或取向进行建模的设备底座坐标系。在一些示例中,设备底座坐标系320可以用于相对于与计算机辅助设备相关联的参考点和/或取向来对计算机辅助设备上的其他点进行建模。在一些示例中,该参考点和/或取向可以与计算机辅助设备(如可移动台车215)的设备底座相关联。在一些示例中,设备底座坐标系320可以适于用作该计算机辅助系统的世界坐标系。

[0063] 为了跟踪外科手术台和该计算机辅助设备之间的位置和/或取向关系,通常期望在外科手术台和该计算机辅助设备之间进行配准。如图3所示,该配准可以用于确定台顶部坐标系310和设备底座坐标系320之间的配准变换325。在一些实施例中,配准变换325可以是台顶部坐标系310和设备底座坐标系之间的部分变换或全部变换。基于外科手术台和计算机辅助设备之间的架构布置来确定配准变换325。

[0064] 在计算机辅助设备被安装到台顶部1102的图8D和图8F的示例中,从台座到台顶部的坐标变换315来确定配准变换325,并且由此得知计算机辅助设备被安装到台顶部112。

[0065] 在计算机辅助设备被放置在地板上或安装到墙壁或天花板上的图8A-8C、图8E和图8F的示例中,通过对设备底座坐标系320和台座坐标系305放置一些限制来简化配准变换325的确定。在一些示例中,这些限制包括设备底座坐标系320和台座坐标系305在相同的竖直向上的轴线或Z轴上是一致的。在假设外科手术台位于水平地板上的情况下,房间的墙壁(例如垂直于该地板)和天花板(例如平行于该地板)的相对取向是已知的,可以使设备底座坐标系320和台座坐标系305(或适当的取向变换)保持共同的竖直向上的轴线或Z轴(或适当的取向变换)。在一些示例中,因为共用Z轴,配准变换325可以仅对设备底座相对于台顶部围绕台座坐标系305的Z轴的旋转关系(例如 $\theta_z$ 配准)进行建模。在一些示例中,配准变换325还可以可选地对台座坐标系305和设备底座坐标系320之间的水平偏移(例如XY配准)进行建模。这是可能的,因为计算机辅助设备和外科手术台之间的竖直(Z)关系是已知的。因此,台座到台顶部的变换315中的台顶部的高度的变化类似于设备底座坐标系320中的竖直调整,因为台座坐标系305和设备底座坐标系320中的竖直轴线是相同的或几乎相同的,使得台座坐标系305和设备底座坐标系320之间的高度的变化处于彼此的合理公差内。在一些示例中,通过了解该台顶部(或其等角点)的高度以及 $\theta_z$ 和/或XY配准,可以将台座到台顶部的变换315中的倾斜和特伦德伦伯卧位的调整映射到设备底座坐标系320。在一些示例中,配准变换325和台座到台顶部的变换315可以用于对计算机辅助手术设备进行建模,就像是



被附接到台顶部,即使其在架构上并没有附接到台顶部。

[0066] 运动学模型300还包括臂安装平台坐标系330,其可以用作与计算机辅助设备的铰接臂上的最近点相关联的共用坐标系的合适模型。在一些实施例中,臂安装平台坐标系330可以与臂安装平台(如臂安装平台227)上的便利点相关联并且相对于其取向。在一些示例中,臂安装平台坐标系330的中心点可以位于臂安装平台取向轴线236上,其中Z轴与臂安装平台取向轴线236对齐。在一些示例中,设备底座到臂安装平台的坐标变换335用于在设备底座坐标系320和臂安装平台坐标系330之间映射位置和/或取向。在一些示例中,计算机辅助设备在该设备底座和该臂安装平台(如装配结构220)之间的连杆和关节之间的一个或多个运动学模型,连同过去的和/或当前的关节传感器读数一起,用于确定该设备底座到臂安装平台的坐标变换335。在与图2的实施例一致的一些示例中,设备底座到臂安装平台的坐标变换335可以对计算机辅助设备的装配结构部分的两部分式柱、肩关节、两部分式悬臂和腕关节的组合效应进行建模。

[0067] 运动学模型300还包括与计算机辅助设备的每个铰接臂相关联的一组坐标系及变换。如图3所示,运动学模型300包括用于三个铰接臂的坐标系及变换,但是普通技术人员将理解,不同的计算机辅助设备可以包括更少和/或更多(例如,一个、两个、四个、五个或更多)铰接臂。与图2的计算机辅助设备210的连杆和关节的配置一致,根据安装到该铰接臂的远端的器械的类型,使用操纵器安装座坐标系、远程运动中心坐标系以及器械、末端执行器或摄像头坐标系对每个铰接臂进行建模。

[0068] 在运动学模型300中,使用操纵器安装座坐标系341、远程运动中心坐标系342、器械坐标系343、臂安装平台到操纵器安装座变换344、操纵器安装座到远程运动中心变换345以及远程运动中心到器械变换346来捕捉这些铰接臂中的第一个铰接臂的运动学关系。操纵器安装座坐标系341表示用于表示与操纵器(如操纵器260)相关联的位置和/或取向的适当模型。操纵器安装座坐标系341通常与操纵器安装座(如相应的铰接臂的操纵器安装座262)相关联。臂安装平台到操纵器安装座变换344则基于在臂安装平台和相应的操纵器安装座之间的计算机辅助设备的连杆和关节(如相应的装配关节240)的一个或多个运动学模型以及相应的装配关节240的过去的和/或当前的关节传感器读数。

[0069] 远程运动中心坐标系342与安装在操纵器上的器械的远程运动中心(如相应的操纵器260的相应的远程运动中心274)相关联。然后,操纵器安装座到远程运动中心变换345则基于在相应的操纵器安装座和相应的远程运动中心之间的计算机辅助设备的连杆和关节(如相应的操纵器260的相应的关节264、相应的连杆266以及相应的滑架268)的一个或多个运动学模型以及相应的关节264的过去的和/或当前的关节传感器读数。当该相应的远程运动中心相对于相应的操纵器安装座而保持在固定的位置关系时,如在图2的实施例中,操纵器安装座到远程运动中心变换345包括基本上静态的平移分量以及在操作操纵器和器械时改变的动态旋转分量。

[0070] 器械坐标系343与位于该器械的远端的末端执行器(如相应器械270上的相应的末端执行器276)相关联。远程运动中心到器械变换346则基于移动和/或取向相应的器械以及相应的远程运动中心的计算机辅助设备的连杆和关节的一个或多个运动学模型以及过去的和/或当前的关节传感器读数。在一些示例中,远程运动中心到器械变换346考虑了轴(如相应的轴272)穿过远程运动中心的取向以及该轴相对于远程运动中心被推动和/或撤回的



距离。在一些示例中,可以进一步约束远程运动中心到器械变换346以反映该器械的轴的插入轴线穿过该远程运动中心并且考虑该轴和末端执行器围绕由该轴限定的轴线的旋转。

[0071] 在运动学模型300中,使用操纵器安装座坐标系351、远程运动中心坐标系352、器械坐标系353、臂安装平台到操纵器安装座变换354、安装座到远程动作中心变换355以及远程动作中心到器械变换356来捕捉这些铰接臂中的第二个铰接臂的运动学关系。操纵器安装座坐标系351表示用于表示与操纵器(如操纵器260)相关联的位置和/或取向的适当模型。操纵器安装座坐标系351与操纵器安装座(如相应的铰接臂的操纵器安装座262)相关联。臂安装平台到操纵器安装座变换354则基于在臂安装平台和相应的操纵器安装座之间的计算机辅助设备的连杆和关节(如相应的装配关节240)的一个或多个运动学模型以及相应的装配关节240的过去的和/或当前的关节传感器读数。

[0072] 远程运动中心坐标系352与铰接臂的操纵器的远程运动中心(如相应的操纵器260的相应的远程运动中心274)相关联。然后,安装座到远程运动中心变换355则基于在相应的操纵器安装座和相应的远程运动中心之间的计算机辅助设备的连杆和关节(如相应的操纵器260的相应的关节264、相应的连杆266以及相应的滑架268)的一个或多个运动学模型以及相应的关节264的过去的和/或当前的关节传感器读数。当相应的远程动作中心相对于相应的操纵器安装座而保持在固定的位置关系时,如在图2的实施例中,安装座到远程动作中心变换355包括在操作操纵器和器械时不变的基本上静态的平移分量以及在操作操纵器和器械时改变的动态旋转分量。

[0073] 器械坐标系353与末端执行器、器械、器械和/或安装在铰接臂上的器械上的末端执行器(如相应的器械270上的相应的末端执行器276)上的点相关联。远程运动中心到器械变换356则基于移动和/或取向相应的器械及相应的远程运动中心的计算机辅助设备的连杆和关节的一个或多个运动学模型以及过去的和/或当前的关节传感器读数。在一些示例中,远程运动中心到器械变换356考虑了轴(如相应的轴272)穿过远程运动中心的取向以及该轴相对于该远程运动中心被推动和/或撤回的距离。在一些示例中,可以约束远程运动中心到器械变换356以反映该器械的轴的插入轴线穿过远程运动中心并且可以考虑该轴和末端执行器围绕由该轴限定的插入轴线的旋转。

[0074] 在运动学模型300中,使用操纵器安装座坐标系361、远程运动中心坐标系362、摄像头坐标系363、臂安装平台到操纵器安装座变换364、安装座到远程运动中心变换365以及远程运动中心到摄像头变换366来捕捉这些铰接臂中的第三个铰接臂的运动学关系。操纵器安装座坐标系361表示用于表示与操纵器(如操纵器260)相关联的位置和/或取向的适当模型。操纵器安装座坐标系361与操纵器安装座(如相应的铰接臂的操纵器安装座262)相关联。臂安装平台到操纵器安装座变换364则基于在臂安装平台和相应的操纵器安装座之间的计算机辅助设备的连杆和关节(如相应的装配关节240)的一个或多个运动学模型以及相应的装配关节240的过去的和/或当前的关节传感器读数。

[0075] 远程运动中心坐标系362与该铰接臂的操纵器的远程运动中心(如相应的操纵器260的相应的远程运动中心274)相关联。然后,安装座到远程运动中心变换365则基于在相应的操纵器安装座和相应的远程运动中心之间的计算机辅助设备的连杆和关节(如相应的操纵器260的相应的关节264、相应的连杆266以及相应的滑架268)的一个或多个运动学模型以及相应的关节264的过去的和/或当前的关节传感器读数。当相应的远程动作中心相对

于相应的操纵器安装座而保持在固定的位置关系时,如在图2的实施例中,安装座到远程动作中心变换365包括在操作操纵器和器械时不变的基本上静态的平移分量以及在操作操纵器和器械时改变的动态旋转分量。

[0076] 摄像头坐标系363与安装在该铰接臂上的成像设备(如内窥镜)相关联。远程运动中心到摄像头变换366则基于移动和/或取向该成像设备及相应的远程运动中心的计算机辅助设备的连杆和关节的一个或多个运动学模型以及过去的和/或当前的关节传感器读数。在一些示例中,远程运动中心到摄像头变换366考虑了轴(如相应的轴272)穿过远程运动中心的取向以及该轴相对于该远程运动中心被推动和/或撤回的距离。在一些示例中,可以约束远程运动中心到摄像头变换366以反映该成像设备的轴的插入轴线穿过远程运动中心并且考虑该成像设备围绕由该轴限定的轴线的旋转。

[0077] 在一些实施例中,与摄像头坐标系363相关联的成像设备可以将视频流传输到操作者工作站,使得使用者可以从摄像头坐标系363观看视频流。例如,由该成像设备捕捉的视频可以被中继并显示在图1的操作者工作站190的显示系统192上。在一些实施例中,该成像设备可以被取向成使得其捕捉与器械坐标系343相关联的器械和/或与器械坐标系353相关联的器械的视频和/或图像。与器械坐标系343相关联的器械和/或与器械坐标系353相关联的器械可以由使用者通过控制器(如图1的输入或主控件195)来操作。在一些实施例中,为了允许对这些器械和/或末端执行器的直观操纵,来自这些控件的用户命令可以与摄像头坐标系363的坐标系统相关。例如,使用这些控件的向上和向下、向左和向右以及向内和向外的命令可以转换为器械相对于摄像头坐标系363的向上和向下、向左和向右以及向内和向外的移动。向上和向下、向左和向右、向内和向外,可以通过坐标系363的X、Y和Z平移轴线来表示。类似地,滚动、俯仰和偏摆命令可以导致器械相对于摄像头坐标系的滚动、俯仰和偏摆。在一些实施例中,一个或多个处理器(如图1的处理器140)可以将来自摄像头坐标系363的用户命令转换成器械坐标系343和353中的相应的命令和运动。这些平移命令可以遍及运动学关系。例如,到与器械坐标系343相关联的器械的命令可以使用变换366从摄像头坐标系363转到远程运动中心参考系362,然后使用变换365从远程运动中心参考系362转到安装座坐标系361,使用变换364从安装座坐标系361转到臂安装平台坐标系330,使用变换344从臂安装平台坐标系330转到操纵器安装座坐标系341,使用变换345从操纵器安装座坐标系341转到远程运动中心坐标系342,并且使用变换346从远程运动中心坐标系342转到器械坐标系343。以这种方式,一个参考系中的已知的任何运动命令都可以被变换为一个或多个其他坐标系中的相应命令。

[0078] 如以上讨论并进一步强调的,图3仅仅是不应过度地限制权利要求书的范围的一个示例。本领域的普通技术人员会认识到许多变化、替换和修改。根据一些实施例,使用替代配准变换可以在台顶部坐标系310和设备底座坐标系320之间确定外科手术台和计算机辅助设备之间的配准。当使用替代配准变换时,通过将该替代配准变换与台座到台顶部变换315的逆/反向变换组合来确定配准变换325。根据一些实施例,用于对计算机辅助设备建模的坐标系和/或变换可以根据该计算机辅助设备的连杆和关节、其铰接臂、其末端执行器、其操纵器和/或其器械的具体配置而被不同地布置。根据一些实施例,运动学模型300的坐标系及变换可以用于对与一个或多个虚拟器械和/或虚拟摄像头相关联的坐标系及变换进行建模。在一些示例中,虚拟器械和/或摄像头可以与先前存储的和/或锁存的器械位

置、由运动导致的器械和/或摄像头的投影、由外科医生和/或其他人员定义的参考点等相关联。

[0079] 当正在操作计算机辅助系统(如计算机辅助系统100和/或200)时,目标之一是最小化和/或消除来自一个或多个关节和/或连杆的干扰和/或移动传播到(多个)器械、(多个)连杆和/或(多个)关节的一个或多个点的位置。例如,参考图2,如果在末端执行器276在患者278体内时干扰被传播到末端执行器276(末端执行器276是示例性的关注点),则对一个或多个关节242和/或连杆246的干扰可能对患者278造成伤害。

[0080] 在计算机辅助系统的一种操作模式中,外科手术台的一个或多个关节以及这些铰接臂的关节可以通过使用伺服控件和/或制动器被锁定和/或保持在适当位置,使得这些关节的运动被完全限制和/或禁止。在一些示例中,这样可以允许操纵器的关节控制器械在完成期望的程序时不受来自其他关节的运动的干扰。在一些实施例,这些操纵器可以被物理地约束以保持远程运动中心,并且不构成该操纵器的一个或多个关节的运动可能不期望地导致该远程运动中心移动。在这些示例中,可能有利的是,通过物理和/或伺服控制制动系统将没有组成该操纵器的关节锁定在适当位置。然而,可能存在允许对于远程运动中心的移动将是合乎需要的情况,并且因而允许将锁定可以影响该远程运动中心的位置的一个或多个关节的制动器释放。

[0081] 在一些示例中,器械可在手术期间通过身体开口插入患者体内。在一些示例中,可以经由外科医生在操作者控制台(如图1的工作站190)的远程操作来控制这些器械的位置。然而,可能希望支持计算机辅助系统的其他操作模式,所述其他操纵模式在器械保持通过身体开口插入患者体内时允许铰接臂的移动。这些其它操作模式可以引入在器械未插入患者的身体开口中时的操作模式中不存在的风。在一些示例中,这些风险可以包括但不限于当允许器械相对于患者移动时伤害患者、器械破坏无菌区域、铰接臂之间的碰撞造成损伤等等。

[0082] 在一般情况下,这些其他操作模式的特征可以在于这样的目标,当在器械近端的一个或多个关节受到导致该一个或多个关节的位置和/或取向变化(即移动)的干扰时维持插入患者的开口中的器械相对于患者的点。因为靠近器械的一个或多个第一关节或干扰关节的干扰导致该器械的位置的变化,所期望的是在一个或多个第二关节或补偿关节中引入移动,用于补偿由干扰关节的移动引起的器械的移动。确定干扰的程度和补偿量取决于干扰的类型和性质,如干扰是否与外科手术台或患者的移动相关联,或者干扰是否局限于用于控制该器械的铰接臂。

[0083] 在这些其他操作模式的一个类别中,当患者没有移动时,使得可以在任何合适的坐标系中监测和保持器械的位置和/或该器械上的点。这可以包括与铰接臂的受控运动相关联的干扰。在一些示例中,铰接臂的受控运动可以包括在执行程序之前移动装配该铰接臂的一个或多个关节和/或操纵器。这样的示例包括移动与图2的实施例一致的计算机辅助设备的一个或多个装配结构,其中臂安装平台227平移并对准以允许装配关节240移动以在程序期间提供操纵器260中的良好的运动范围。在2014年3月17日提交的标题为“用于与参考目标对准的系统和方法(System and Method for Aligning with a Reference Target)”的美国临时专利申请号61/954,261中更详细地描述了这种类型的运动的示例,该申请通过引用结合在此。这种类别可以进一步包括在启动其他运动之前与制

动器和/或其他关节锁的释放相关联的干扰。在一些示例中,器械的轴上的外力和/或扭矩(如在器械插入患者体内时由该患者的体壁施加到该器械上的力和扭矩导致)可以在释放制动器 and/或锁且力和/或扭矩由被释放的关节所吸收时引起该器械的不期望的运动。这种类别还可以包括由在离合或浮动状态下的铰接臂的操作引起的干扰,如可能在操作者手动重新定位该铰接臂期间发生的干扰和/或由于该铰接臂与障碍物之间的碰撞而发生的干扰。在2014年3月17日提交的标题为“用于脱离铰接臂的离合的系统和方法(System and Method for Breakaway Clutching in an Articulated Arm)”的美国临时专利申请号91/954,120中更详细地描述了这种类型的运动的示例,该申请通过引用结合在此。当计算机辅助设备通过释放一个或多个制动器或锁来准备集成外科手术台运动并且释放由体壁施加到插入身体开口的器械上的力和扭矩时,可以发生这种类型的运动的其他示例。在2015年3月17日提交的标题为“用于集成外科手术台的系统及方法(System and Method for Integrated Surgical Table)”的美国临时专利申请号62/134,207以及同时提交的标题为“用于集成外科手术台的系统及方法(System and Method for Integrated Surgical Table)”的代理人案卷号为ISRG006930PCT/70228.498W001的PCT专利申请中详细描述了这些运动和干扰的类型,这两个申请都是通过引用以其全文结合在此。

[0084] 关于铰接臂的一个或多个关节上的制动器释放,在制动器释放时施加到该关节上的任何力和/或扭矩可以引起关节及其相应的连杆的运动。这些干扰通常可以导致附接到这些铰接臂的末端执行器和/或器械的快速且有时较大的跳跃移动。虽然来自单个制动器释放的任何单个干扰可能很小,但是当多个关节的制动器被同时释放时的组合干扰可以是相当大的。这些大的跳跃移动可以导致末端执行器伤害患者。此外,这些跳跃移动对于人类反应来说太快,因此,即使不是不可能,也很难通过手动控制来补救。减少跳跃并且向使用者提供反应的能力的一种方法是慢慢地减小每个制动器随时间的制动力和/或一次释放一个制动器。然而,在外科手术期间,重要的是使任何不必要的时间消耗最小化,因为在外科手术期间患者的死亡率相对于患者处于外科手术中的持续时间上升。因此,期望在短时间内(几秒或更少)释放制动器。

[0085] 图4是根据一些实施例的用于交错式制动器释放的示例性方法400的简化图。在一些示例中,方法400可以用于交错释放一个或多个铰接臂(如图1的铰接臂120)的关节上的制动器。根据一些实施例,方法400可以包括过程410-430中的一个或多个,所述过程可以至少部分地以存储在非暂时性的、有形的机器可读介质上的可执行代码的形式来实现,该可执行代码在一个或多个处理器(例如,图1的控制单元130中的处理器140)上运行时可以使得该一个或多个处理器执行过程410-430中的一个或多个。

[0086] 在过程410,确定制动器释放的铰接臂的数量。在一些实施例中,铰接臂的数量可以预先确定。例如,设备可以用特定数量的铰接臂来硬式编码。在一些实施例中,使用者可以针对制动器释放设置铰接臂组的数量。例如,使用工作站(如图1的工作站190)上的按钮和/或开关,使用者和/或操作者能够选择将要释放制动器的臂和/或臂的数量。在一些实施例中,可以通过到一个或多个端口和/或其它通信接口的连接来检测铰接臂的数量。例如,计算机辅助系统(如图1的计算机辅助系统100)可以具有用于释放铰接臂中的一个或多个制动器的制动器释放模式,并且控制单元130可以通过与这些铰接臂的通信接口来确定由该系统控制的铰接臂的数量。

[0087] 在过程420,确定每个铰接臂的制动器释放的时序。在一些实施例中,每个制动器释放的时序可以被交错,以确保没有单个制动器与另一个制动器同时释放。在一些实施例中,铰接臂上的关节可以被设置成快速连续地自动释放制动器,并且中央控制器(如图1的控制单元130)可以确定如何交错启动每个臂的每个制动器释放。例如,铰接臂(如图2的铰接臂120)可以具有针对一组关节(如图2的装配关节240)释放的制动器。假设有四个装配关节,这些关节可以被快速连续释放,如每0.25秒释放一个。一旦接收到用于制动器释放的指令,不同制动器的释放之间的时间和释放制动器的顺序可以是预设的和自动的。这样允许快速可靠的制动器释放,而没有通信和处理时间的延迟。

[0088] 为了确保在另一个铰接臂的制动器释放的同时不释放任何单个铰接臂的制动器释放,以防止同时制动器释放的计算间隔来发送用于开始每个臂的制动器释放的命令。例如,当每个铰接臂中的制动器释放之间的间隔为0.2秒时,可以安排每个臂开始制动器释放彼此间隔0.25秒。在这个示例中,在第一个臂中释放的四个关节将在0s、0.2s、0.4s和0.6s被释放。下一个臂以及下一个臂的四个关节的制动器释放将是在0.25秒、0.45秒、0.65秒和0.85秒。第三个臂将在0.5s、0.7s、0.9s和1.1s释放制动器。最后,第四个臂将在0.75s、0.95s、1.15s和1.35s释放。本领域的普通技术人员将认识到,存在制动器释放间隔和命令之间间隔的许多可能性,使得不会同时释放制动器,所有这些都是本文预期的。确定每个臂在何时开始制动释放的一个简单的示例性方法是将臂上的制动器释放之间的时间间隔除以臂的数量。

[0089] 在一些实施例中,制动器释放的顺序被预先确定。例如,可以以具有最小运动的关节的制动器到具有最大运动的关节的制动器的顺序来释放制动器。在一些实施例中,确定致动器释放期间哪些关节引起或移动了最大运动可以通过经验调整来确定。基于实验,释放用于旋转关节的制动器和/或用于平行于地板运动的平移关节(有时称为具有水平运动的关节)的制动器倾向于引起最少量的运动,并且释放用于允许垂直于地板移动的关节(有时称为具有竖直运动的关节)的制动器倾向于引起最大的运动。在一些实施例中,力传感器可以指示哪些制动器承受最大的力和/或扭矩,并且确定那些关节将会移动最多。在一些实施例中,可以基于每个关节的配置和位置来确定制动器释放的顺序。例如,当用于关节的制动器被释放时,在其运动范围的端部处的关节不太可能移动。

[0090] 在一些实施例中,铰接臂可以不与任何其他铰接臂通信。因此,当存在发送到一个或多个臂的制动器释放命令被延迟时,这样可以导致一个或多个关节被同时释放。在一些示例中,为了确保同时的制动释放不会发生,每个机械臂可以共享用于整个系统的全局时钟周期计数,并且每个臂可以被给予用于释放制动器的时间窗口。例如,如果系统要使所有臂的制动器释放在一秒的时间帧内开始,则1kHz处理器将在那个时间帧内具有1000个时钟周期。如果有四个铰接臂,则一秒钟内的时钟周期可以分为具有250个周期的四个窗口。周期0-249可指定为第一个臂,周期250-499可指定为第二个臂,周期500-749可指定为第三个臂,周期750-999可指定为第四个臂。于是,可用1000对全局时钟周期进行取模运算(modulo)来确定该时序窗口。以这种方式,每个窗口每1000个时钟周期重复一次。当臂错过在时钟周期中用于制动器释放的窗口时,将在该铰接臂的250时钟周期窗口重复时释放该铰接臂的制动器释放。

[0091] 更广泛地说,通过将时间限制的时钟周期数除以臂的数量来确定用于制动器释放

的时间窗口。通过使用按时间限制的时钟周期数对全局时钟计算的模数来确定对于给定的全局时钟时间的制动器释放窗口。在一些实施例中,可以向每个时钟周期窗口添加缓冲,以防止在彼此的一个时钟周期内发生制动器释放。例如,基于250时钟周期窗口,用于制动器释放的窗口可以是每个臂在249、499、749和999的单个时钟周期。以这种方式,在每个铰接臂的制动器释放开始之间存在249个时钟周期缓冲,或者基于1kHz处理器是大约0.25秒。

[0092] 在一些实施例中,中央控制器直接确定释放哪个制动器、制动器释放的顺序以及何时释放。以这种方式,中央控制器可以确保这些制动器中没有制动器被同时释放。在一些实施例中,可以随时间逐渐释放这些制动器。然而,方法400被设置为也与二元(binary)制动器一起工作,而不会逐渐减小制动力。这样允许该方法与存在于遗留系统中的更便宜、不那么复杂的制动器一起使用。此外,二元制动器宜为更便宜、更可靠和更简单。

[0093] 在过程430,根据在过程420建立的制动器释放时序来释放到铰接臂的关节的制动器。

[0094] 在一些实施例中,这些铰接臂的关节可以具有可以逐渐释放的制动器。在一些示例中,每个制动器可以逐渐随时间同时释放。在一些实施例中,可以根据在过程420确定的时序来释放制动器,其中制动器在分配的时序窗口内逐渐释放,和/或逐渐的制动器释放在分配的时序窗口开始时开始。在一些示例中,制动器的逐渐释放可以通过使控制制动力的信号随着时间斜升来实现。在一些示例中,斜坡信号可以是电压、电流、脉冲宽度占空比等等。根据斜坡信号和制动力之间的传递关系,该斜坡信号的值随时间的变化可以是线性的和/或非线性的。

[0095] 图5是根据一些实施例的用于补偿干扰(如由制动器释放引起的干扰)的方法500的简化图。在一些示例中,由用于一个或多个关节(统称为第一组关节或受干扰关节)的制动器的释放引起的干扰可以由一个或多个其他关节(统称为第二组关节或补偿关节)补偿,使得与铰接臂(关注点)和/或器械相关联的点最小程度地或完全不受干扰影响。关注点可以是特定关节、远程运动中心、器械、末端执行器、器械、末端执行器、沿着运动链的点、任何前述点的近似等的位置。在一些实施例中,这些补偿关节可以提供冗余自由度,用于补偿由受干扰关节的变化引起的移动。

[0096] 在一些示例中,与补偿关节相比,受干扰的关节可以全部在关注点的远侧或近侧。例如,图2的一组装配关节240可以是受干扰的关节,关节264可以是补偿关节,并且末端执行器276可以是关注点。在这个示例中,装配关节240比操纵器260的关节264更远离末端执行器276,操纵器260的关节264可以是补偿关节。

[0097] 在其他示例中,一些受干扰的关节可以位于补偿关节之间。然而,在这些示例中,运动链可以被分成关节和连接器的子集,使得与该子集内的补偿关节相比,每个子集在该子集内具有的所有受干扰关节都在子集关注点(其可以是或可以不是与整个运动链相同的关注点)的近侧或远侧。以这种方式,用于补偿相对于所有补偿关节全都在关注点的更远侧或近侧的受干扰关节的模型可以应用于运动链,其中通过使该运动链断开成子运动链而使一些受干扰关节相对于一个或多个补偿关节在关注点的更近侧并且使一些受干扰关节相对于一个或多个补偿关节在关注点的更远侧。

[0098] 在实施例的上下文中论述方法500,在该实施例中所有受干扰关节比运动链中的补偿关节更靠近关注点。然而,本领域普通技术人员将理解,此方法适用于所有受干扰关节

更远离这些补偿关节而不是更接近这些补偿关节的情况。此外,如上所讨论,此方法还可以应用于这样的情况,其中通过将整个运动链处理为子运动链的集合而使受干扰关节在运动链中的补偿关节之间错开,其中可以选择每个子运动链而使得所有受干扰关节相对于一个或多个关注点在这些补偿关节的近侧或远侧。

[0099] 方法500可以包括过程510-560中的一个或多个,所述过程可以至少部分地用可执行代码的形式来实现,所述可执行代码存储在非暂时性的、有形的机器可读介质上,当在一个或多个处理器(例如,图1的控制单元130中的处理器140)上运行时该可执行代码可以使得一个或多个处理器执行过程510-560中的一个或多个。

[0100] 在一些实施例中,方法500可以用于通过在一个或多个补偿关节中引入补偿运动来补偿由于一个或多个受干扰关节中的运动而导致的器械位置的变化。在一些示例中,当受干扰关节中的运动是由于受控运动、离合运动、制动器或锁释放等等所引起时,可以使用方法500。在一些示例中,当受干扰关节中的运动是由于制动器释放所引起时(如在过程430期间),可以使用方法500。在与图2的实施例一致的一些示例中,一个或多个受干扰关节和/或一个或多个补偿关节可以包括装配结构220中的任何关节、装配关节240和/或在器械的近侧的操纵器260的任何关节。在一些实施例中,方法500的使用可以限于当器械、套管等等耦接到相应的铰接臂、末端执行器和/或操纵器的远端时的操作,使得可以限定该铰接臂、末端执行器和/或操纵器的远程运动中心。在一些实施例中,方法500可以包括使用来自患者的孔口或切口的阻力和/或通过计算机辅助设备的操作者来至少部分地保持器械的姿态和/或位置。在一些实施例中,方法500可以与来自计算机辅助设备的操作者的移动命令结合应用和/或紧接着来自计算机辅助设备的操作者的移动命令而应用,使得操作者仍然能够控制一个或多个器械的移动。

[0101] 在过程510,建立参考坐标系。为了便于计算,过程510可以使用运动链中的非移动点/固定点作为参考系。例如,关于图2和图3,如果装配关节240是受干扰关节并且操纵器260的关节是补偿关节,则比装配关节240更靠近台车215的任何点都可以用作参考系,包括可以是图3的臂安装平台坐标系330的关节226。

[0102] 在过程520,建立从参考坐标系到用于稳固的点(如图2的末端执行器276)的参考变换。此参考变换可以在对受干扰关节的任何干扰之前建立。在一些实施例中,此变换可以是用于运动链中的一个或多个关节、器械、连杆和/或任何其他对象的特定位置的变换。在一些实施例中,参考变换可以由若干坐标系之间的若干子变换组成。例如,从臂安装平台坐标系330到器械坐标系353的变换是由变换354、355和356组成的。在一些实施例中,这些变换可以存储在存储器(如图1的存储器150)中。

[0103] 在过程530,检测关节的干扰,并且使用受干扰关节的新位置来确定由干扰引起的关注点的移动的预测。

[0104] 以下是确定由受干扰关节的干扰引起的对关注点的干扰的示例性方法。在第一步骤,在中断之前跨越受干扰关节的两个坐标系之间的变换可以存储在存储器(如图1的存储器150)中。在一些示例中,当坐标系中的第一坐标系在受干扰关节的最近侧的近侧并且坐标系中的第二坐标系在受干扰关节的最远侧的远侧时,这两个坐标系跨越受干扰关节。在第二步中,跨越补偿关节的两个坐标系之间的变换可以存储在存储器中。在第三步中,使用第一步和第二步中的已保存的变换来确定未受干扰的关注点的位置。在一些示例中,关注



点的此位置可以在发生任何干扰或补偿运动之前对该关注点建模。在第四步中,通过使用跨越受干扰关节的两个坐标系之间的实时/当前变换以及第二步中的已保存的变换来确定该关注点的估计位置。在一些示例中,可以确定考虑了受干扰关节而不是补偿关节的变化的关注点的估计位置。在第五步中,未受干扰的关注点的位置和估计的关注点之间的差异可以用来确定受干扰关节的运动如何移动关注点。如本领域的普通技术人员将认识到的,跨越补偿关节的两个坐标系之间的存储的变换可以存储在能够表示齐次变换的任何合适的数据结构中,如以矩阵的形式等等。在一些示例中,该变换可以被存储为关节角度和/或位置,从中可以使用补偿关节的一个或多个运动学模型来重新计算变换。可以针对特定配置和/或特定时间点的配置来进行所存储的变换。将该方法示例性应用到图3可以包括以下内容,由干扰引起的关节运动可以改变变换354,但不改变变换355和356。以这种方式,可以通过使用已改变的变换354和已保存的变换355和356来确定由干扰引起的位置变化的预测。此外,这样允许将干扰所引起的器械参考系353的运动与由用户命令引起的致动运动隔离。因此,即使已保存的变换355和356不能用于确定器械的实际位置,但是其可以用于预测由干扰引起的到关注点的运动。

[0105] 在可选过程540,对于现实世界误差来调整在530的预测。在关节之间的所有连杆都是完全脊形(ridged)的完美世界中,在过程530的预测将与由于关节的干扰而使关注点移动到的位置完全匹配。然而,由于施加到连杆的力的量和连杆材料的弯曲强度,关节之间的连杆可弯曲并屈服(give)。例如,在外科手术期间,操作对象的皮肤将经常遮盖(tent)进入该对象的套管或使进入该对象的套管缩上去。这种遮盖将在套管上施加力,这转而将力施加到该设备的连杆和关节上。当制动器被接合时,皮肤被设备抬起以保持其位置,但是当用于一些关节的制动器被释放时,这些关节将被允许自由移动并且受到干扰。接着,遮盖的皮肤将移动被释放的关节,直到皮肤不再在关节的移动方向上施加力。因为皮肤不再在套管上施加力(或施加较小的力),所以关节之间承载由遮盖引起的力的连杆将会向下弯曲。向下弯曲将经常抵消关节的一些运动,从而使得基于关节移动的移动预测成为过度估计。这样可以在过程530引起预测的误差。在过程540,进行调整以考虑该误差来源和预测的其他误差来源。

[0106] 在一些实施例中,误差校正可以是估计在过程530期间预测的平移运动的误差量的纯量倍数(scalar multiple)。这些估计可以取决于一种或多种因素,如患者、程序和/或铰接设备的取向。例如,可以有用于儿童、成人、兽医(例如动物物种)、外科手术区域(例如手臂、腿、胃、胸部、头颅等)等等的设置。在一些示例中,大概的误差估计可以用于所有情况。在一些实施例中,在过程530期间针对关注点处的干扰预测的80%-95%(例如85%)的平移运动和100%的旋转运动之间的单一误差估计可以用作该关注点的误差校正位置。为了便于计算,可以在关注点的坐标系处计算误差校正。以这种方式,对关注点的平移运动的校正可以用与旋转误差(例如,使用预测的平移干扰的一部分和预测的旋转干扰的另一部分)不同的方式处理。尽管可以在不同的参考系处应用校正,但是计算可能变得困难,因为另一个坐标系中的旋转有助于该关注点的坐标系中的平移运动。在一些实施例中,当省略过程540时,可以将过程530期间确定的预测用作误差校正预测。然而,使用在过程530期间确定的预测可以引入轻微的过度校正。

[0107] 在过程550,确定误差校正预测变换和参考变换之间的差。在过程540期间确定的



误差校正预测变换与在过程520期间确定的参考变换之间的差表示由干扰引入关注点的误差。除非通过使用铰接臂的一个或多个补偿关节的运动来补偿误差,否则关注点的放置可以不期望地改变。在一些示例中,可以通过乘以实际变换和参考变换的相应矩阵和/或矢量表示来确定差。在一些示例中,差可以表示为通过对参考变换的逆/反向变换与误差校正预测变换进行组合而确定的误差变换。

[0108] 在过程560,基于这些差来确定补偿关节变化。使用在过程550期间确定的实际变换和参考变换之间的差,确定一个或多个补偿关节的变化。将误差校正预测变换和参考变换之间的差从参考变换的参考坐标系映射到与每个补偿关节相关联的一个或多个局部坐标系。实际上,这将来自参考坐标系的关注点的放置的误差变换为该关注点相对于补偿关节的相对误差。在一些示例中,使用一个或多个运动学模型来将该差变换到局部坐标系统。在一些示例中,补偿关节可以包括不是干扰关节之一的铰接臂和/或操纵器的任何关节。一旦确定了关注点的相对误差,它们可以用于确定每个补偿关节的移动。在一些示例中,逆雅可比矩阵可以用于将相对误差映射到补偿关节的移动。在一些示例中,补偿关节中的移动可以作为应用到这些补偿关节的关节速度而应用。

[0109] 在过程570,驱动补偿关节。基于在过程560期间确定的补偿关节的移动,将一个或多个命令发送到补偿关节中的一个或多个致动器。发送到补偿关节的命令对由一个或多个受干扰关节的移动引入的对关注点的干扰进行校正,使得在很少干扰或没有干扰的情况下保持关注点在参考坐标系中的放置。只要一个或多个补偿关节继续对该关注点的放置进行校正改变,则可以重复过程530-570以补偿引入到该关注点的位置和放置的任何误差。

[0110] 根据一些实施例,可以从不同于关注点的参考点进行校正、驱动或移动该关注点。这可以允许用于驱动关节移动(如关节定位和速度)的函数和/或算法的更简单的计算和/或再用。例如,参考图2,可以更容易地计算以针对操纵器安装座262处的误差而不是末端执行器276处的误差调整计算机辅助系统200的操纵器260的关节。在一些示例中,系统实施方法500可以为不同参考点创建包含在过程540期间确定的误差调整预测的参考位置。此参考点然后可以用于驱动补偿关节以对干扰进行调整。因为关注点的干扰可以由运动链中的其他点(如参考点)处的干扰来表示,所以这是有效的。可以使用一个或多个参考变换来确定参考位置,如在过程520期间建立的参考变换。在一些情况下,可以使用参考变换的逆。根据图2,调整末端执行器276的移动可以包含基于末端执行器276的误差校正预测位置来创建参考操纵器安装座262的位置,末端执行器276的误差校正预测位置可以由在装配关节240上的一个或多个制动器的释放期间由对装配关节240的干扰所引起。

[0111] 根据一些实施例,过程570可以受到实际限制。在一些示例中,一个或多个补偿关节的对关注点的位置中的误差进行补偿的能力可以由该一个或多个补偿关节的运动范围(ROM)极限来限制。在一些示例中,当达到和/或即将到达一个或多个补偿关节的ROM极限时,可以停止方法500和/或过程570,并且可以使用一个或多个可见的和/或可听到的误差提示将误差指示给操作者。在一些示例中,不是停止方法500和/或过程570的操作,而是过程570可以以修改的形式操作以部分地补偿来自干扰的移动,以便最小化可控误差,同时向操作者提供由干扰引起的所有移动不是都可被补偿的反馈。在一些示例中,反馈可以包括指示补偿受到限制和/或一个或多个补偿关节上施加有阻力的一个或多个可见的和/或可听到的提示。在一些示例中,该阻力可以包括部分地应用与一个或多个补偿关节相关联的

一个或多个制动器和/或在与该一个或多个补偿关节相关联的一个或多个致动器中应用运动阻力电压和/或信号。

[0112] 如以上讨论并进一步强调的,图5仅仅是不应过度地限制权利要求书的范围的一个示例。本领域的普通技术人员会认识到许多变化、替换和修改。根据一些实施例,方法500可以针对由计算机辅助设备操纵的每个器械独立地应用。在一些示例中,器械可以包括通过该患者身上的身体开口插入的任何器械。在一些示例中,补偿关节可以位于计算机辅助设备的臂安装平台(例如臂安装平台227)的远侧,使得对于每个末端执行器分别应用用于维持末端执行器的放置的补偿。

[0113] 根据一些实施例,受干扰关节和补偿关节可以不包括铰接臂和/或操纵器中的各个关节。在一些示例中,补偿关节可以仅包括操纵器的滚转、俯仰和偏摆关节。在一些示例中,铰接臂和/或操纵器中的其他关节可以被锁定以防止它们在方法500期间的相对运动。在一些示例中,铰接臂和/或操纵器的一个或多个非致动关节可以在方法500期间被解锁和/或处于浮动状态,使得可以通过已解锁关节的变化而至少部分地减少对末端执行器的放置的干扰。在一些示例中,已解锁关节的变化可以减少补偿关节将被驱动的量。在一些示例中,可以使用在器械的插入点处来自体壁的阻力和/或由计算机辅助设备的操作者来至少部分地保持器械的姿态。

[0114] 根据一些实施例,可以同时执行过程530-570中的一个或多个。根据一些实施例,附加条件可以导致方法500的过早终止,如通过将计算机辅助设备的控制返回给操作者和/或通过暂停计算机辅助设备的操作。在一些示例中,附加条件可以包括:不能完成补偿移动,操作者使用操作者工作站上的一个或多个控件和/或使用铰接臂的手动干预和/或超控,使用一个或多个安全联锁检测到操作者与操作者工作站的脱离接合,计算机辅助设备的位置跟踪误差、系统故障等等。由于检测到计算机辅助设备的连杆和/或关节之间的即将发生的碰撞、计算机辅助设备的一个或多个关节的运动范围极限、由患者的移动引起的不能维持器械姿态等等,使得期望移动是不可能的。在一些示例中,方法500的过早终止可以引起向该操作者发送误差通知。在一些示例中,该误差通知可以包括任何可见的和/或可听到的指示符,如文本消息、闪烁灯、可听声音、口头短语等等。

[0115] 在关节的干扰期间或干扰的补偿期间,如当实施图4的方法400和/或图5的方法500时,仍然允许操作者对器械的远程操作控制是有利的。远程操作控制允许外科医生进行小调整以抵消干扰和/或在干扰补偿没有完全解决一些干扰的情况下和/或当存在过补偿时进行小调整。此外,外科医生可以在干扰期间继续进行程序。为了辅助操作者协同控制系统的一个或多个器械(如图2的计算机辅助系统200的器械270),该系统可以将控制系统设置为具有直观的参考系。

[0116] 在一些实施例中,操作者通过显示系统(如图1的显示系统192)来查看图2的计算机辅助系统200的器械。显示系统192可以是来自作为器械安装在计算机辅助系统200的铰接臂上的摄像头(如内窥镜)的视频流。摄像头可以显示来自可以通过控制器(如图1的输入控件195)控制的来自其他铰接臂的器械。为了直观控制和命令器械,控制器可以接受显示器的参考系中的命令,所述参考系可以是成像设备/摄影机/内窥镜的参考系。

[0117] 在一些实施例中,当用于补偿或根据用户控制命令驱动关节时,关节的移动可以基于铰接臂和与该铰接臂相关的末端执行器的配置而是带宽受限的、速度受限的、带宽受

控的和/或速度受控的。例如,相对于图2,当末端执行器276远离器械滑架268完全延伸时,驱动一个或多个关节的臂的小运动和小速度移动将在末端执行器276处引起大移动和更快的移动。相反地,当末端执行器276完全缩回时,这些臂的由于驱动一个或多个关节的大运动和大速度移动将转变为末端执行器276处的小移动和较慢的速度。类似地,根据铰接臂向前和/或向后俯仰有多远,偏摆旋转移动和速度将被放大和/或按比例缩小。

[0118] 在一些实施例中,驱动用于补偿的关节可以通过将补偿移动分解成若干迭代部分而是带宽受限和/或速度受限的。例如,在0.2秒时间跨度上有10个迭代部分。以这种方式,可以防止补偿关节在非常短的时间段内进行大移动,从而对受干扰关节造成另外的干扰。例如,当器械接近完全撤回时,在末端执行器处的小的补偿运动需要一个或多个补偿关节的大运动。一个或多个关节对于大运动的快速响应可以使受干扰关节颤动,从而引起另外的干扰,并且有时在补偿期间干扰受干扰关节之间的反馈回路,并且然后补偿该干扰,这引起了另一干扰。因此,根据一个或多个关节和/或末端执行器的取向,关节可以是速度受限的。在一些实施例中,可以在所有配置中对关节施加速度硬限制。

[0119] 图6A和图6B示出了来自两个不同透视图的示例性摄像头视图600。图6A是俯视透视图,图6B是成像设备610的传感器的透视图。可以从显示器(如图1中的操作者工作站190的显示系统192)查看来自图6B的透视图的摄像头视图600,该显示器从成像设备610接收流式图像捕捉。在一些实施例中,成像设备610是内窥镜,并且由铰接臂(如图1的铰接臂120和/或图2的铰接臂)控制。在图6A中,摄像头视图600由虚线描绘,虚线可以表示用于成像设备610的示例性视场和聚焦区域。在图6B中,从使用者查看显示器(如图1的操作者工作站190的显示系统192)上的来自成像设备610的视频流的角度来示出示例性摄像头视图600。在一些实施例中,由成像设备610提供的视频流可以是立体的。成像设备610可以使用一个或多个传感器来提供立体视频流。以这种方式,当使用系统(如图1的计算机辅助系统100)时,操作者可以具有深度知觉。摄像头坐标系611示出了成像设备610的坐标系。在图6A中,摄像头坐标系611示出了摄像头坐标系611的Z1轴和Y1轴,其中X1轴(未示出)进入和离开页面。在图6B中,示出了摄像头坐标系611的X1轴和Y1轴,其中Z1轴(未示出)进入和离开页面。在一些实施例中,摄像头坐标系611可以是图3的摄像头坐标系363。

[0120] 图6A和图6B还包括器械620和630,这些器械由一个或多个铰接臂(如图1的铰接臂120和/或图2的铰接臂)控制。器械620和630可以位于摄像头视图600内,并且可以由一个或多个使用者或操作者通过使用控件(如图1的输入控件195)并且从图6B的视角观察器械620和630来操纵。图6A和图6B还分别从不同的视角示出了器械620和630的坐标系621和631。在一些示例中,坐标系621和631可以与图3的器械坐标系343和353相同。

[0121] 因为远程操作器械620和630的使用者可以从摄像头视图600的图6B的视角来观看器械,所以在摄像头坐标系611中实施用户命令可以是有用的。通过使用运动学模型(如图3的运动学模型300),在摄像头坐标系611中提供的任何命令可被转换成坐标系621和631中的命令。以这种方式,向上和向下与摄像头视图相关,其通常可以与使用者的视角一致(in line)。用于向上和向下移动器械620或630的用户命令可以转换为沿着摄像头坐标系611的X1轴移动的器械。类似地,用于其他平移运动的用户命令可以遵循摄像头坐标系611的Y1轴和Z1轴。在一些实施例中,用于旋转运动(如滚动、俯仰和偏摆)的命令也可以从摄像头坐标系611转换到坐标参考系621和631。

[0122] 在一些实施例中,摄像头坐标系611可以从物理成像设备610脱离。这在将器械运动与摄像头坐标系固定的一些实施例中可以是有利的。例如,如果相对于摄像头坐标系来命令器械620和630的位置并且摄像头坐标系被固定到成像设备610,则对成像设备610的不期望的干扰将转换为对器械620和630的不期望的干扰。在一些实施例中,使用者可以具有用于与成像设备610一起移动摄像头坐标系和/或将该摄像头坐标系与成像设备610重新对准的选项。以这种方式,当成像设备610偏离摄像头坐标系611太远时(如当器械移动对于使用者来说变得不太直观时),使用者可以重置和/或重新定位摄像头坐标系。

[0123] 在一些情况下,对多个臂的一个或多个关节的干扰可能影响每个臂的器械和/或成像设备。这可以例如在若干关节的制动器释放时发生,如在方法400中讨论的交错制动器释放和/或方法500的制动器释放。此外,在干扰期间,可期望允许使用者保持对臂、器械和/或成像设备中一个或多个的直观的控制和操作。

[0124] 图7示出了根据一些实施例的用于在干扰期间维持对一个或多个器械的直观控制的示例性方法700。在一些示例中,干扰可以发生在计算机辅助系统(如图1的计算机辅助系统100)的一个或多个铰接臂的一个或多个关节和摄像头中。

[0125] 在过程710,在成像设备的位置处设置摄像头坐标系。在一些实施例中,这有时被称为“锁存(latching)”或“已锁存(latched)”。成像设备可以由铰接臂(如图1的铰接臂120和/或图2的铰接臂)来控制 and/或保持。在一些实施例中,可以通过记录在特定时刻(如在制动器释放和/或引入干扰之前)在坐标参考系到摄像头坐标参考系之间的变换来设置/锁存摄像头坐标系。在一些实施例中,可以通过使用运动学模型(如图3的模型300)来确定变换。根据图3,摄像头坐标系可以是摄像头坐标系363,并且参考系可以是臂安装平台坐标系330。所记录的变换可以是在特定时间点从参考系到摄像头坐标系的变换,在所述特定时间点具有特定配置的铰接臂控制成像设备。在一些实施例中,记录该变换可以包括在计算机可读介质(如图1的存储器150)上存储摄像头坐标系和参考坐标系之间的变换和/或运动学关系。

[0126] 在过程720,可以允许和/或引入干扰到系统中。例如,可以释放用于到一个或多个铰接臂的一个或多个关节的一个或多个制动器。这可以包括释放控制成像设备和/或器械的铰接臂的一个或多个关节上的制动器。在一些实施例中,可以通过方法400的交错制动器释放和/或方法500的制动器释放引起干扰。

[0127] 在过程730,对器械和/或成像设备的干扰进行补偿,使得减少和/或消除由干扰引起的末端执行器和成像设备的移动。在一些实施例中,可以使用图5的方法500中的一个或多个过程来执行在过程730针对每个器械和成像设备进行的补偿。在一些实施例中,可以单独留下该成像设备,并允许在无补偿的情况下干扰该成像设备。

[0128] 在过程740,计算机辅助系统可以接收器械运动命令。器械运动命令可以来自使用者操纵控件(如图1的输入控件195)。器械运动命令可以与干扰同时发生。

[0129] 在过程750,使用在过程710期间记录/存储的变换将在过程740接收到的命令从在过程710期间记录的摄像头坐标系变换到相应器械的坐标系。在一些实施例中,由摄像头坐标系表示的物理成像设备可能已经被干扰和移动开,并且因此不再处于与在710期间记录的摄像头坐标系相同的位置。在一些示例中,此差异可以导致器械控制的直观水平下降,其可以在任何时间通过使操作者使用摄像头所附接的铰接臂重新定位摄像头和/或通过重置

摄像头坐标系来校正。

[0130] 在过程760,计算机辅助系统根据在过程750从摄像头坐标系变换到器械参考系中的命令来驱动关节以移动器械。根据一些实施例,可以同时执行过程710-760中的一个或多个。

[0131] 在一些实施例中,760的过程可以与计算机辅助系统驱动关节以补偿干扰同时发生。例如,驱动关节的用户命令可以叠加到基于干扰补偿来驱动关节的命令上。如上所述,关节的移动可以是带宽受限的、速度受限的、带宽有受控的和/或速度受控的。基于叠加在补偿命令之上的用户命令来驱动关节可以用与以上关于图4和图5讨论的示例类似的方式被控制和/或限制。

[0132] 尽管说明性实施例已被示出并描述,在前面的公开中可以设想许多各种不同的修改、变化和替换,并且在某些情况下,无需其他特征的相应使用就可采用这些实施例的一些特征。本领域的普通技术人员会认识到许多变化、替换和修改。因而,本发明的范围应仅受到以下权利要求书所限制,并且应领会到,应宽泛地并且是以一种与在此公开的实施例的范围相一致的方式来解释权利要求书。

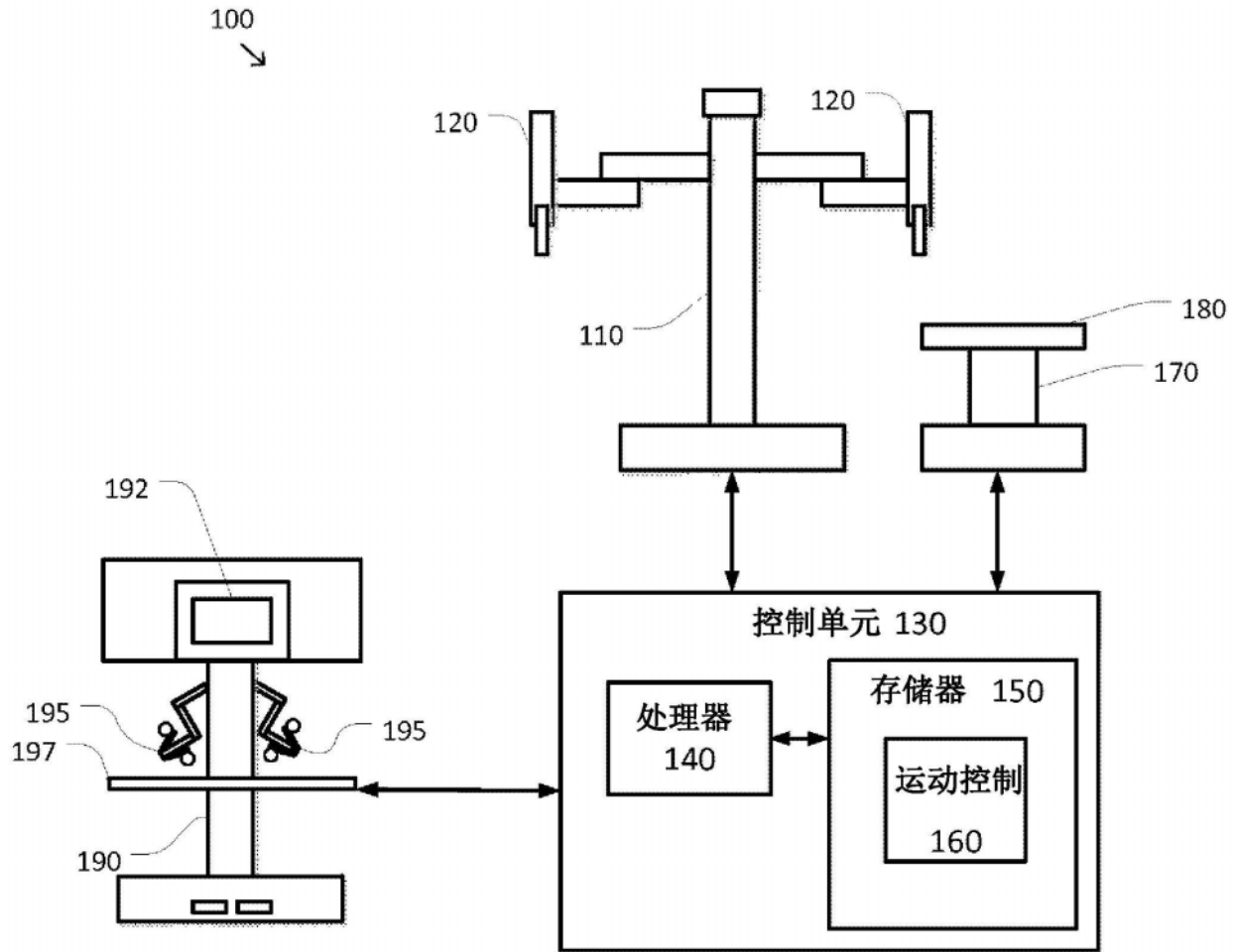


图1

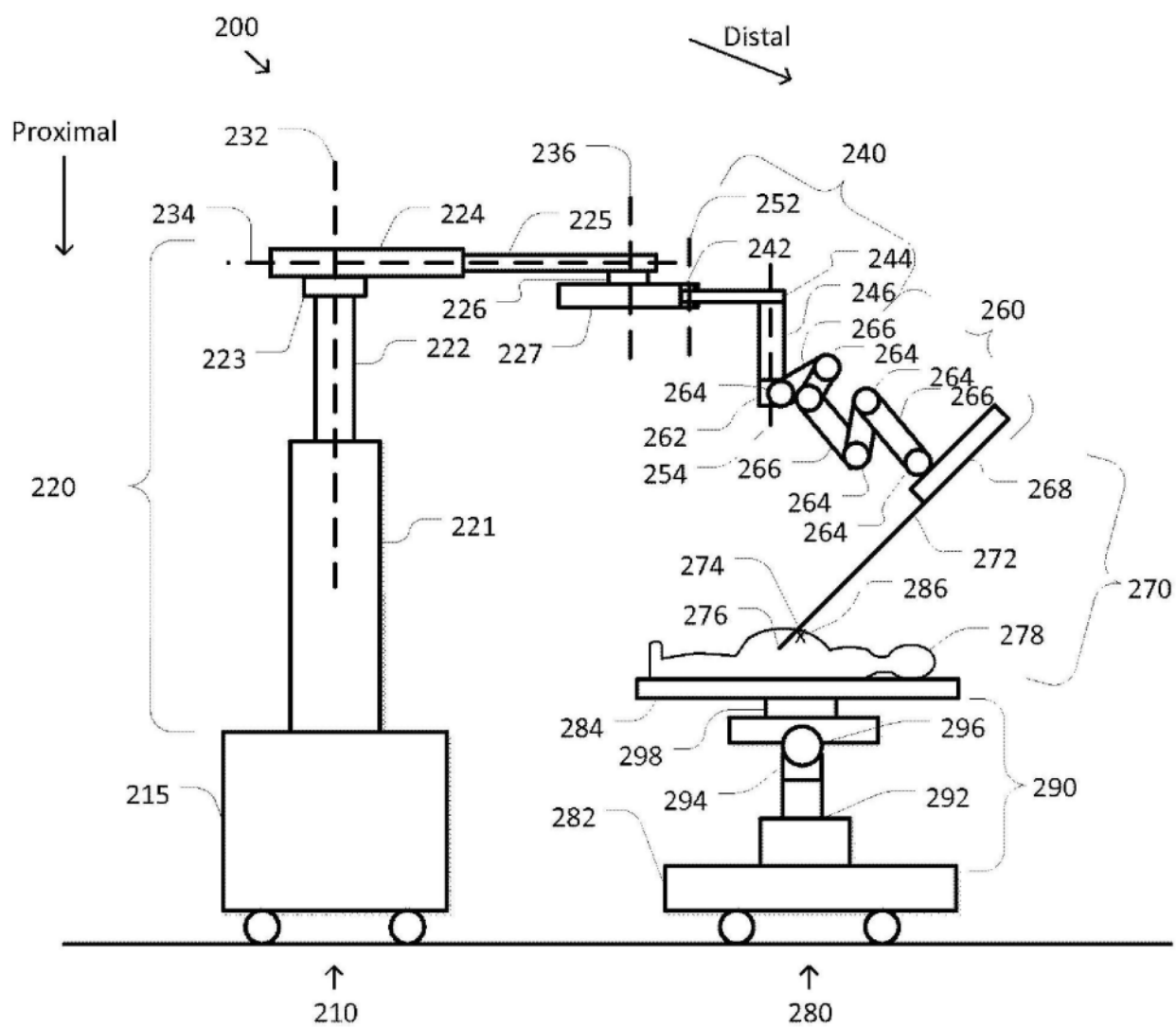


图2

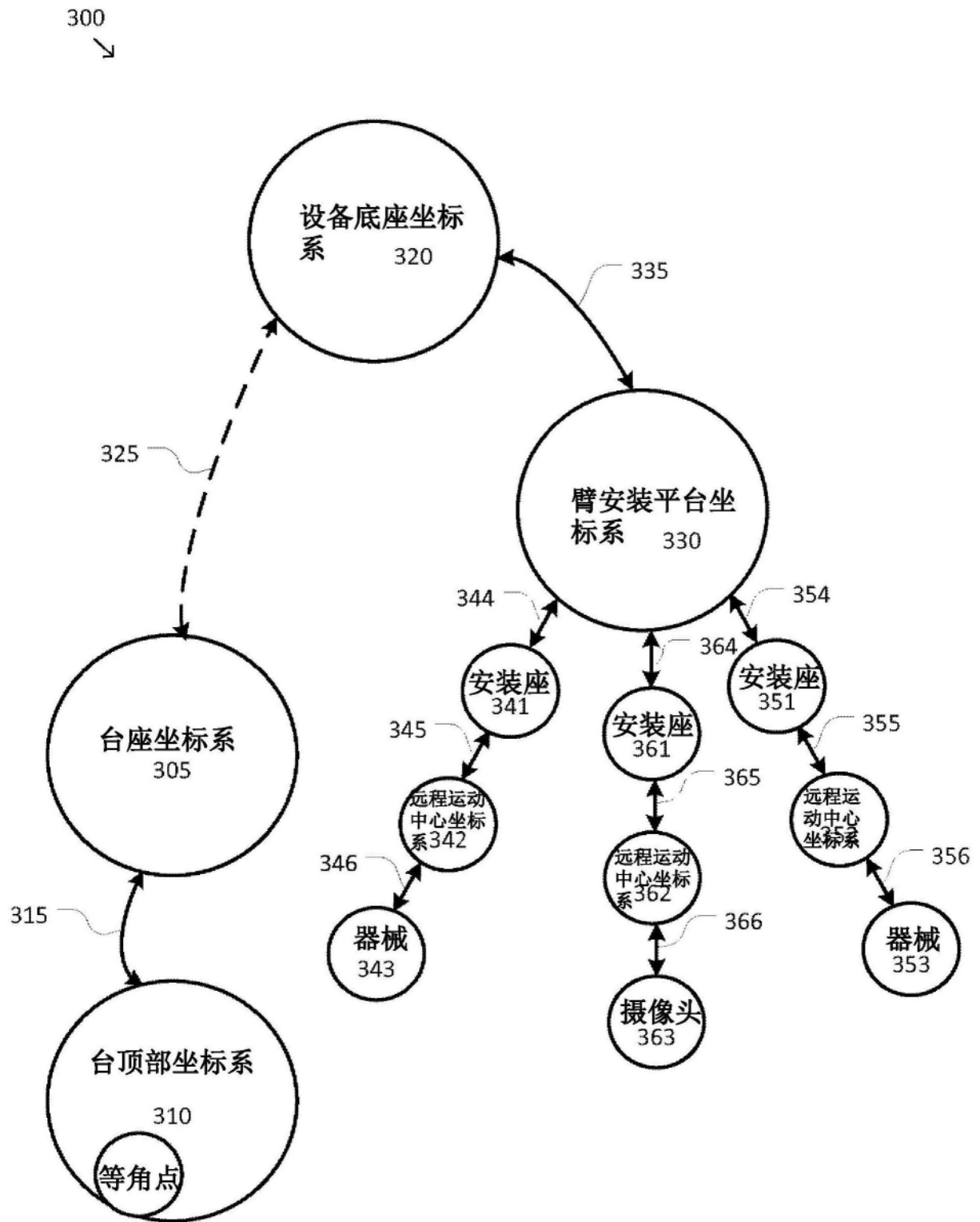


图3



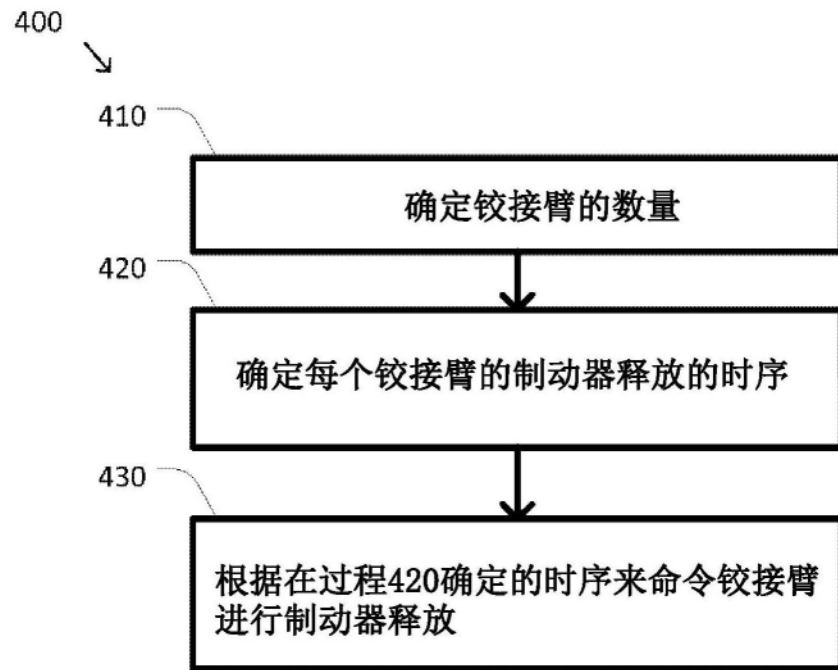


图4

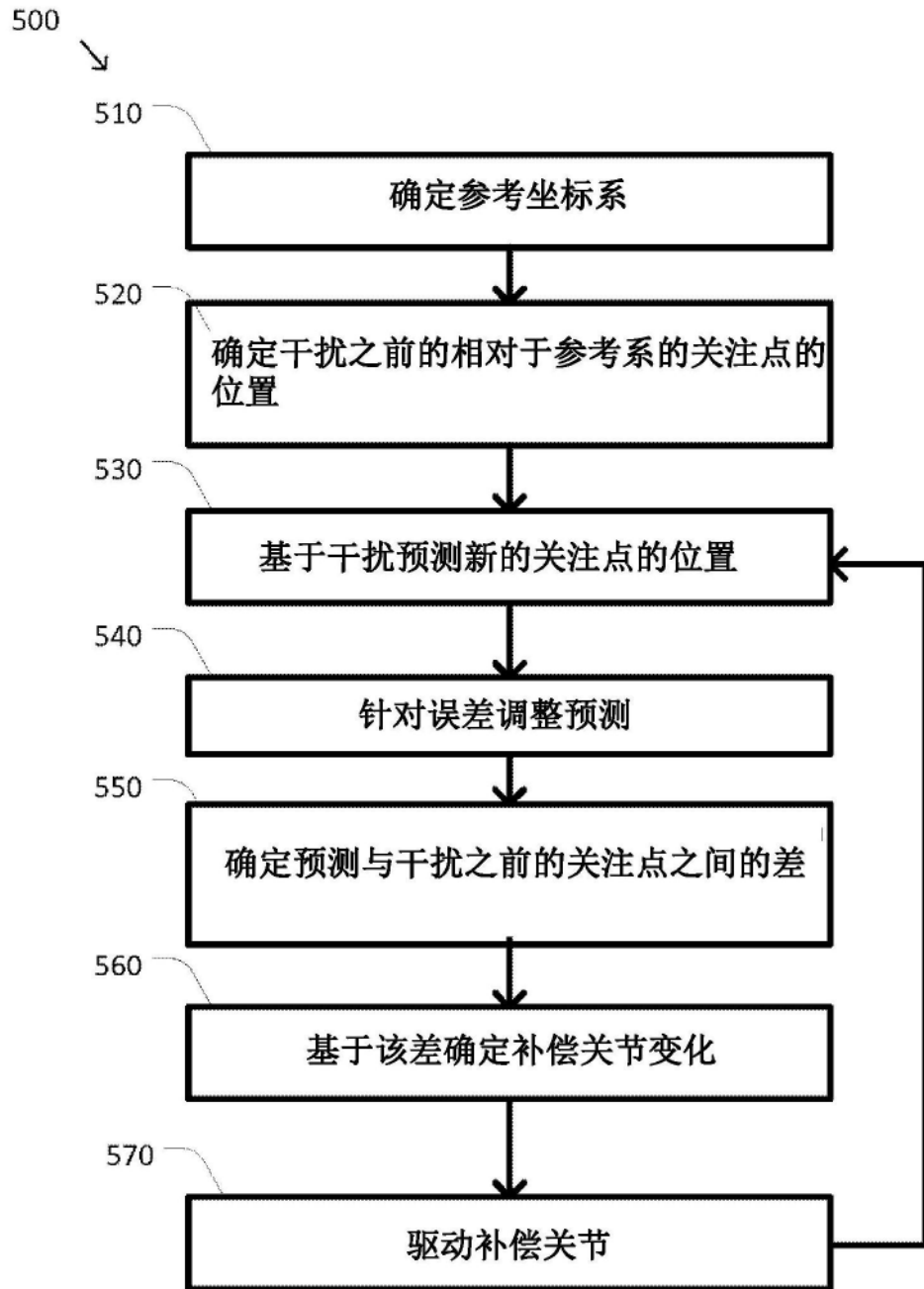


图5

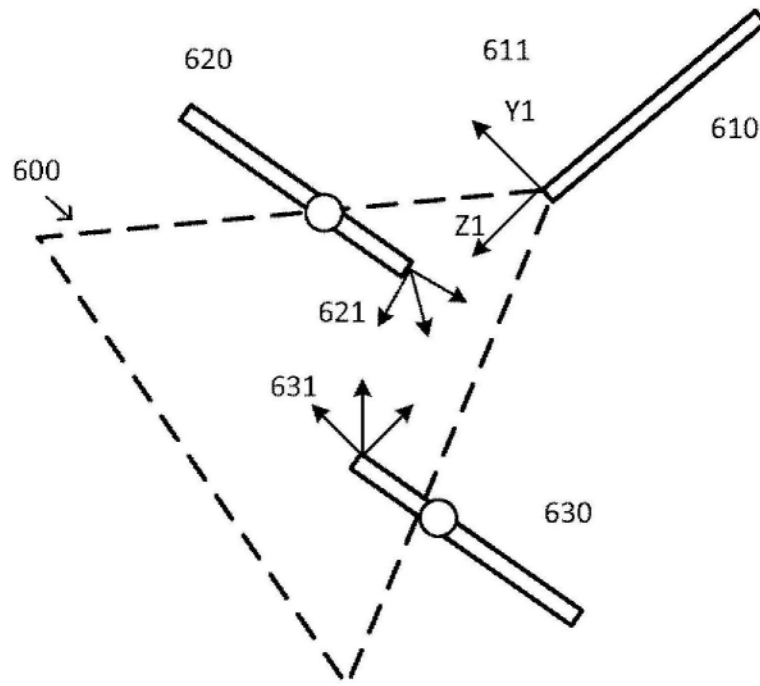


图6A

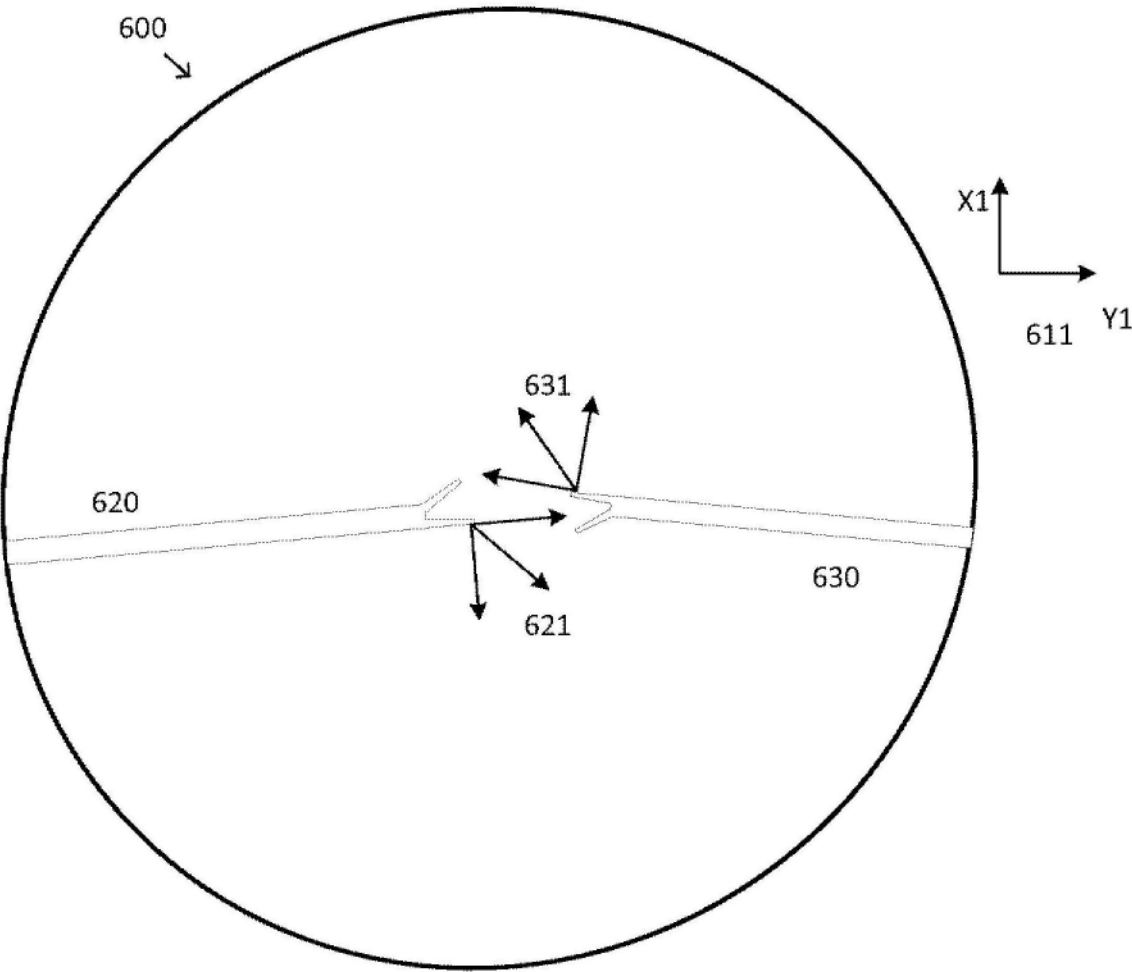


图6B

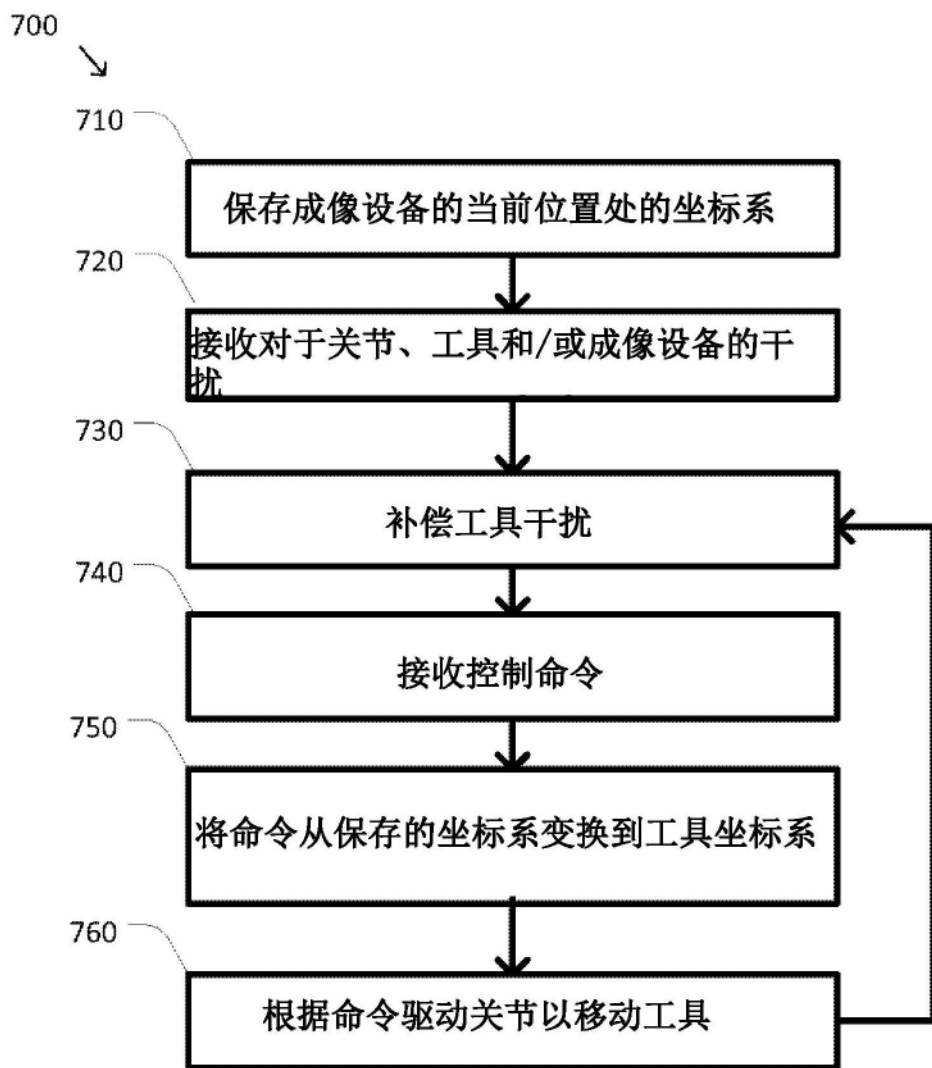


图7

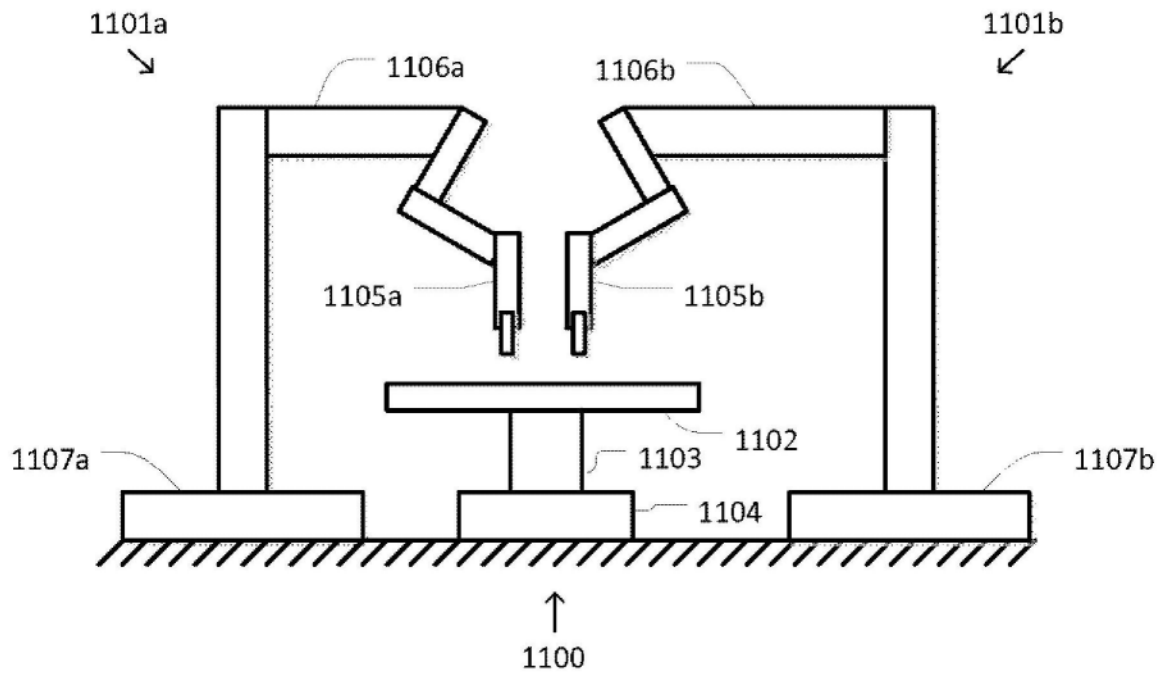


图8A

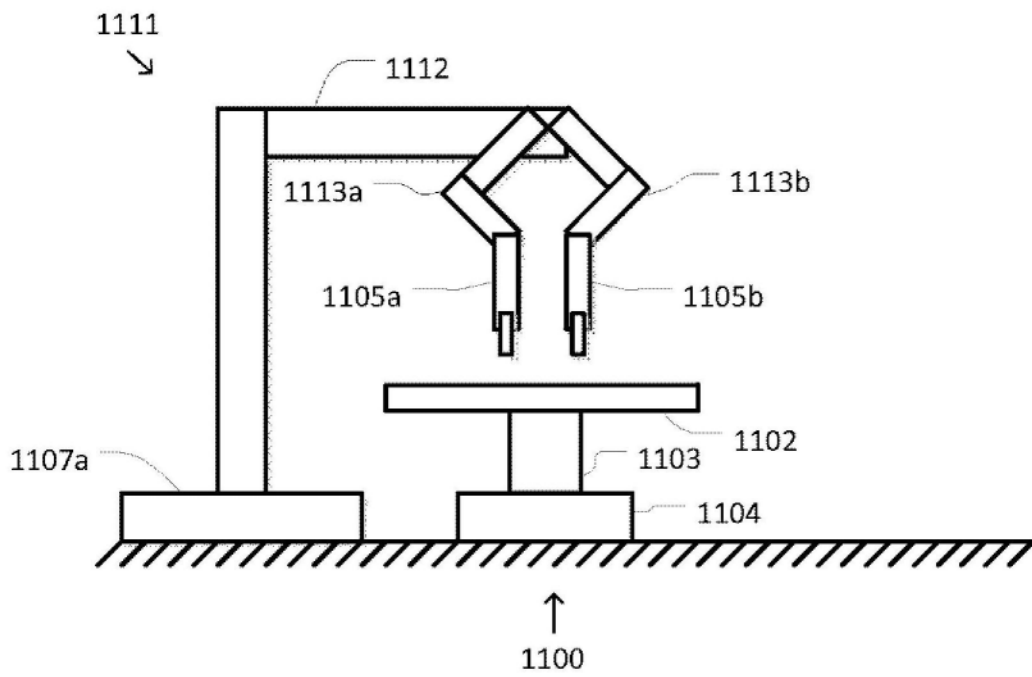


图8B

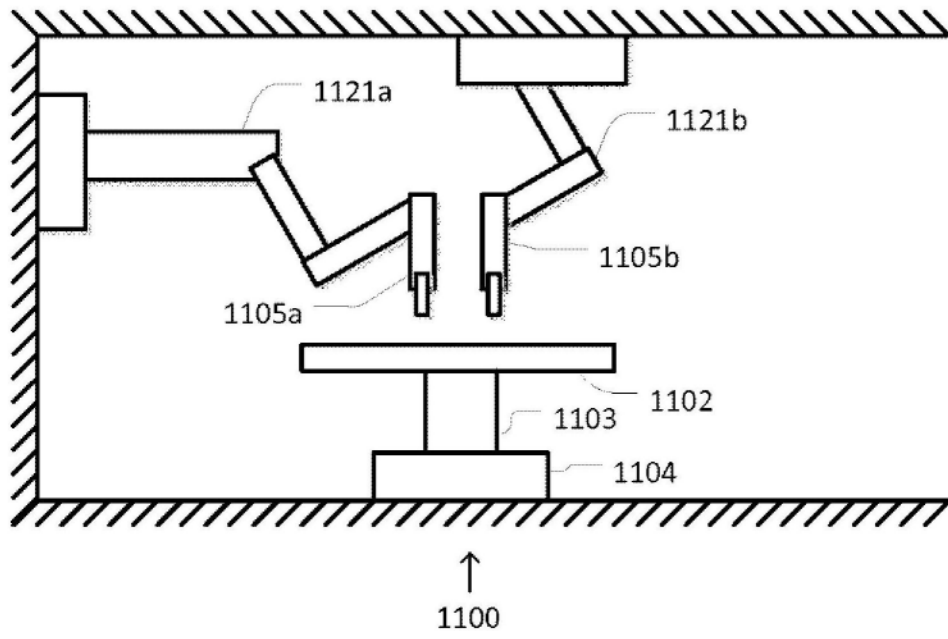


图8C

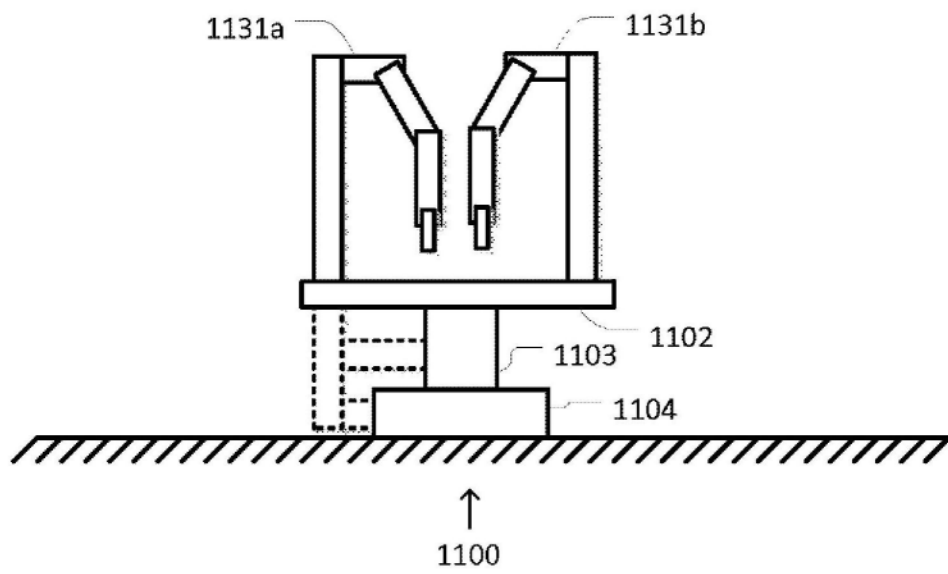


图8D

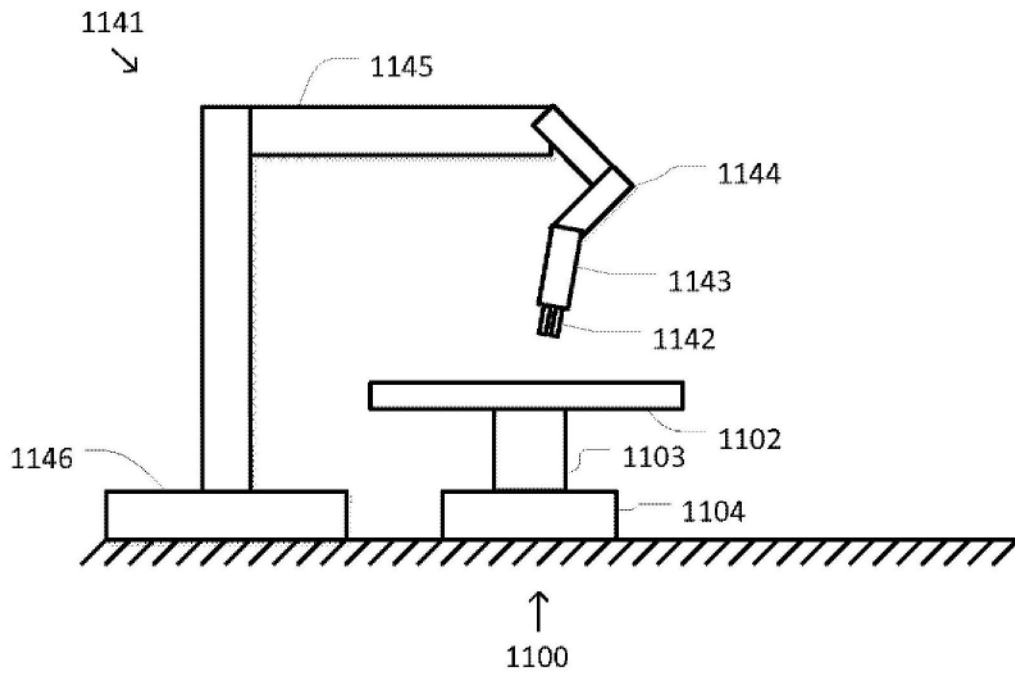


图8E

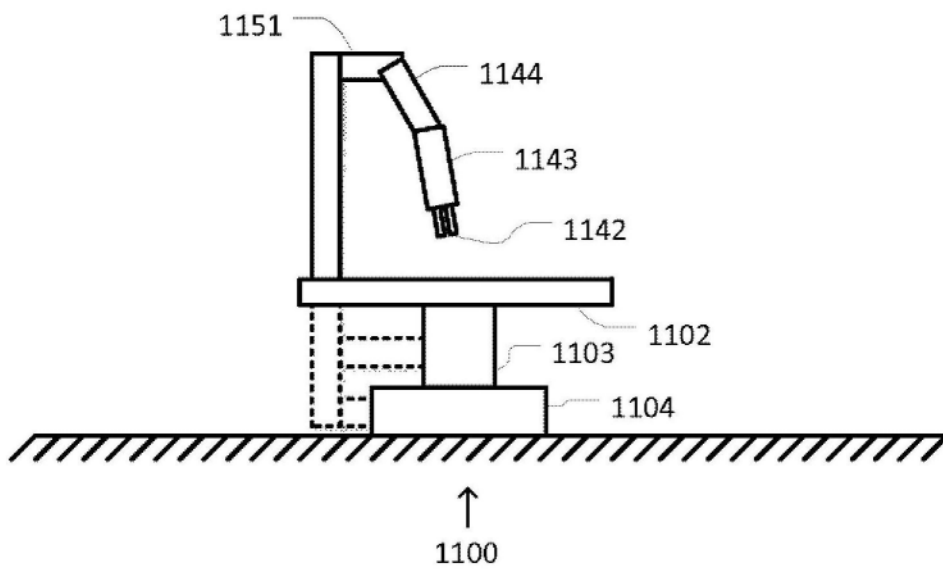


图8F



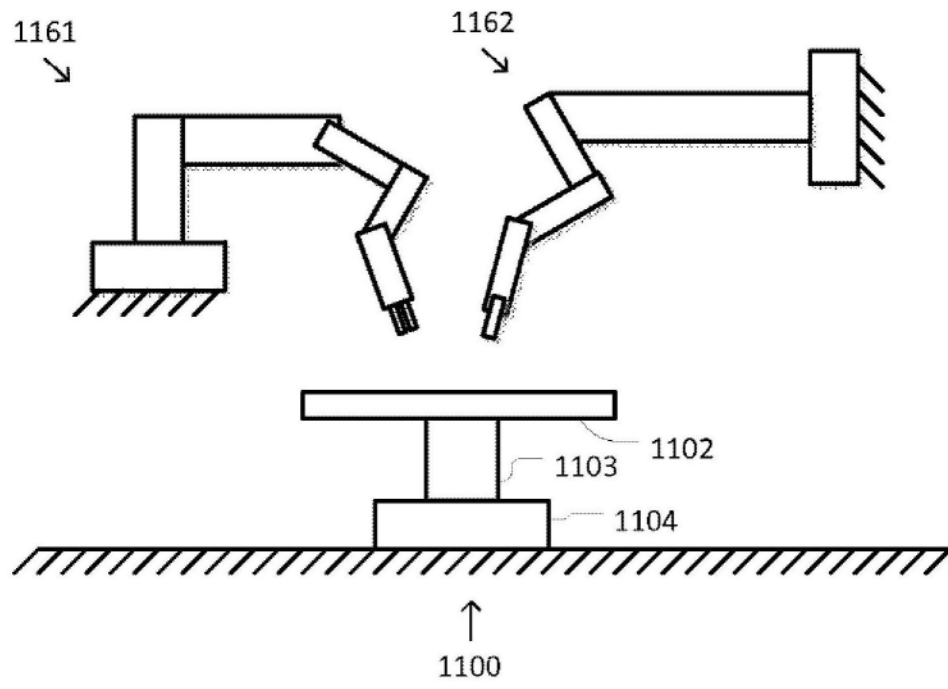


图8G