



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111343942 B

(45) 授权公告日 2022.08.09

(21) 申请号 201880073215.2

(22) 申请日 2018.09.26

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111343942 A

(43) 申请公布日 2020.06.26

(30) 优先权数据  
62/568,733 2017.10.05 US  
16/141,755 2018.09.25 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2020.05.12

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2018/052984 2018.09.26

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02019/070482 EN 2019.04.11

(73) 专利权人 奥瑞斯健康公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 何铭晏 大卫·保罗·努南  
钟书耘 江安立

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227  
专利代理师 康建峰 杨华

(51) Int.Cl.  
A61B 34/37 (2006.01)  
A61B 1/00 (2006.01)  
A61B 17/00 (2006.01)  
A61B 18/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
US 2013169423 A1, 2013.07.04  
US 2014088763 A1, 2014.03.27  
CN 101448467 A, 2009.06.03  
CN 1720008 A, 2006.01.11  
CN 107072725 A, 2017.08.18

审查员 胡亚婷

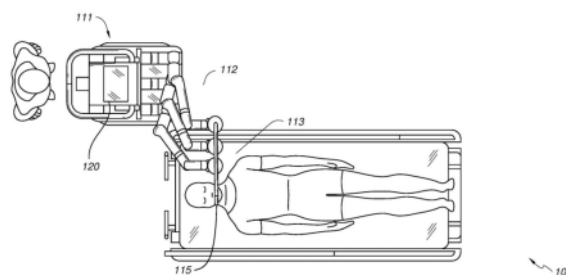
权利要求书4页 说明书21页 附图21页

### (54) 发明名称

具有机器人臂的边界的指示的机器人系统

### (57) 摘要

特定方面涉及用于外科手术机器人臂设置的系统和技术。在一方面,提供了一种系统,该系统包括被配置成操纵医疗器械的第一机器人臂、处理器和存储器。处理器可以被配置成:确定允许通过第一机器人臂使医疗器械前进以从接入点经由路径到达靶区的第一机器人臂的最小行程长度;基于最小行程长度以及存储在存储器中的映射来确定第一机器人臂的初始姿势的边界;以及在执行过程之前的臂设置阶段期间,提供在第一机器人臂的移动期间的边界的指示。



1. 一种用于执行医疗过程的机器人系统,包括:

第一机器人臂,所述第一机器人臂被配置成操纵医疗器械,所述医疗器械被配置成被操纵通过患者的解剖结构的管腔网络;

处理器;以及

存储器,所述存储器存储所述解剖结构的映射,所述映射包括关于(i)所述解剖结构内的靶区以及(ii)从所述患者的接入点到所述靶区的通过所述管腔网络的路径的数据,所述存储器还存储当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

确定允许通过所述第一机器人臂使所述医疗器械前进以从所述接入点经由通过所述管腔网络的所述路径到达所述靶区的所述第一机器人臂的最小行程长度,

基于所述最小行程长度、所述映射以及所述第一机器人臂的一个或多个给定初始姿势处的所述第一机器人臂的可实现行程长度来确定所述第一机器人臂的初始姿势的边界,以及

在执行所述过程之前的臂设置阶段期间,提供在所述第一机器人臂的移动期间的所述第一机器人臂的所述初始姿势的所述边界的指示。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

经由以下中的至少一个提供所述边界的指示:触觉指示;视觉指示;以及音频指示。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述边界包括边界区域;并且

所述存储器还包括用于使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:在所述臂设置阶段期间将所述第一机器人臂的移动限制在所述边界区域内。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

在所述臂设置阶段期间将所述第一机器人臂的移动限制在所述边界内。

5. 根据权利要求4所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

检测用于覆盖所述限制的输入,

检测所述第一机器人臂的移动,

基于所检测到的所述第一机器人臂的移动来确定所述第一机器人臂的位置,以及

基于所述第一机器人臂的位置来模拟帮助使所述医疗器械前进到所述患者中的所述第一机器人臂的可实现的行程长度。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

接收指示所述患者的外科手术过程的输入;

基于所述外科手术过程来确定所述第一机器人臂的至少一个靶移动,所述第一机器人臂的所述至少一个靶移动帮助使所述医疗器械从所述接入点经由所述路径前进到所述靶区并在所述靶区处执行所述外科手术过程,

在所述第一机器人臂的位置处模拟所述至少一个靶移动,以及

基于所模拟的移动来计算所述第一机器人臂的可实现的行程长度。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

确定所模拟的移动将导致所述第一机器人臂与对象碰撞,

其中,所述可实现的行程长度的计算还基于所模拟的移动将导致所述第一机器人臂与所述对象碰撞的确定以及所模拟的移动是否将导致所述第一机器人臂完全伸展的确定。

8. 根据权利要求7所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

确定所模拟的移动将导致所述第一机器人臂完全伸展,

其中,所述可实现的行程长度的计算还基于所模拟的移动将导致所述第一机器人臂完全伸展的确定。

9. 根据权利要求5所述的系统,其中,所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

确定所述可实现的行程长度小于所述最小行程长度,

计算从当前位置到所述边界的方向,以及

提供从所述当前位置到所述边界的方向的指示。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述医疗器械包括护套;

所述系统还包括第二机器人臂,所述第二机器人臂被配置成使引导件前进穿过所述护套;并且

所述存储器还包括当被执行时使所述处理器进行以下操作的计算机可执行指令:

确定帮助使所述护套从所述接入点经由所述路径前进到所述靶区的所述第一机器人臂的至少一个第一移动,

确定帮助使所述引导件穿过所述护套前进到所述靶区的所述第二机器人臂的至少一个第二移动,

在所述第一机器人臂和所述第二机器人臂的位置处模拟所述至少一个第一移动和所述至少一个第二移动,以及

基于所述模拟来计算所述第一机器人臂和所述第二机器人臂的至少一个可实现的行程长度。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述第一机器人臂的行程长度包括所述第一机器人臂的所述初始姿势与所述第一机器人臂在所述医疗器械到所述患者中的最大插入期间的姿势之间的距离。

12. 一种非暂态计算机可读存储介质,其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令:

基于患者的解剖结构的映射来确定允许通过第一机器人臂使医疗器械前进到靶区的所述第一机器人臂的最小行程长度,所述医疗器械被配置成被操纵通过所述解剖结构的管腔网络,所述映射包括关于(i)所述解剖结构内的所述靶区以及(ii)从所述患者的接入点到所述靶区的通过所述管腔网络的路径的数据,所述医疗器械前进以从所述接入点经由通过所述管腔网络的所述路径到达所述靶区;

基于所述最小行程长度、所述映射以及所述第一机器人臂的一个或更多个给定初始姿

势处的所述第一机器人臂的可实现行程长度来确定所述第一机器人臂的初始姿势的边界；以及

在执行过程之前的臂设置阶段期间，提供在所述第一机器人臂的移动期间的所述第一机器人臂的所述初始姿势的所述边界的指示。

13. 根据权利要求12所述的非暂态计算机可读存储介质，还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

经由以下中的至少一个提供所述边界的指示：触觉指示；视觉指示；以及音频指示。

14. 根据权利要求12所述的非暂态计算机可读存储介质，所述边界包括边界区域，所述非暂态计算机可读存储介质还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

在所述臂设置阶段期间将所述第一机器人臂的移动限制在所述边界区域内。

15. 根据权利要求12所述的非暂态计算机可读存储介质，还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

在所述臂设置阶段期间将所述第一机器人臂的移动限制在所述边界内。

16. 根据权利要求15所述的非暂态计算机可读存储介质，还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

检测用于覆盖所述限制的输入，

检测所述第一机器人臂的移动，

基于所检测到的所述第一机器人臂的移动来确定所述第一机器人臂的位置，以及

基于所述第一机器人臂的位置来模拟帮助使所述医疗器械前进到所述患者中的所述第一机器人臂的可实现的行程长度。

17. 根据权利要求12所述的非暂态计算机可读存储介质，还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

接收指示所述患者的外科手术过程的输入；

基于所述外科手术过程来确定所述第一机器人臂的至少一个靶移动，所述第一机器人臂的所述至少一个靶移动帮助使所述医疗器械从所述接入点经由所述路径前进到所述靶区并在所述靶区处执行所述外科手术过程，

在所述第一机器人臂的位置处模拟所述至少一个靶移动，以及

基于所模拟的移动来计算所述第一机器人臂的可实现的行程长度。

18. 根据权利要求17所述的非暂态计算机可读存储介质，还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

确定所模拟的移动将导致所述第一机器人臂与对象碰撞，

其中，所述可实现的行程长度的计算还基于所模拟的移动将导致所述第一机器人臂与所述对象碰撞的确定以及所模拟的移动是否将导致所述第一机器人臂完全伸展的确定。

19. 根据权利要求18所述的非暂态计算机可读存储介质，还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令：

确定所模拟的移动将导致所述第一机器人臂完全伸展，

其中，所述可实现的行程长度的计算还基于所模拟的移动将导致所述第一机器人臂完全伸展的确定。

20. 根据权利要求16所述的非暂态计算机可读存储介质,还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令:

确定所述可实现的行程长度小于所述最小行程长度,

计算从当前位置到所述边界的方向,以及

提供从所述当前位置到所述边界的方向的指示。

21. 根据权利要求12所述的非暂态计算机可读存储介质,其中:

所述医疗器械包括护套;

第二机器人臂被配置成使引导件前进穿过所述护套;并且

所述非暂态计算机可读存储介质还在其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令:

确定帮助使所述护套从所述接入点经由所述路径前进到所述靶区的所述第一机器人臂的至少一个第一移动,

确定帮助使所述引导件穿过所述护套前进到所述靶区的所述第二机器人臂的至少一个第二移动,

在所述第一机器人臂和所述第二机器人臂的位置处模拟所述至少一个第一移动和所述至少一个第二移动,以及

基于所述模拟来计算所述第一机器人臂和所述第二机器人臂的至少一个可实现的行程长度。

## 具有机器人臂的边界的指示的机器人系统

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求享有2017年10月5日提交的美国临时申请第62/568,733号和2018年9月25日提交的美国申请第16/141,755号的权益,该美国临时申请和该美国申请中的每一个的全部内容在此通过引用并入本文。

### 技术领域

[0003] 本文公开的系统和方法涉及机器人臂设置,并且更具体地涉及提供机器人系统的机器人臂的初始姿势的边界的指示。

### 背景技术

[0004] 诸如内窥镜检查(例如,支气管镜检查)的医疗过程可能涉及将医疗工具插入到患者的腔网络(例如,气道)中以用于诊断和/或治疗目的。外科手术机器人系统可以用于在医疗过程期间控制医疗工具的插入和/或操纵。外科手术机器人系统可以包括至少一个机器人臂,该机器人臂包括操纵器组件,该操纵器组件可以用于在医疗过程之前和医疗过程期间控制医疗工具的定位。

### 发明内容

[0005] 本公开内容的系统、方法和设备均具有若干创新方面,其中没有单个一方面单独地对本文公开的期望属性负责。

[0006] 在一方面,提供了一种系统,该系统包括:第一机器人臂,第一机器人臂被配置成操纵医疗器械;处理器;以及存储器,存储器存储患者的解剖结构的映射。映射可以包括关于(i)解剖结构内的靶区以及(ii)从患者的接入点到靶区的路径的数据。处理器还可以存储当被执行时使处理器进行以下操作的计算机可执行指令:确定允许通过第一机器人臂使医疗器械前进以从接入点经由路径到达靶区的第一机器人臂的最小行程长度;基于最小行程长度和映射来确定第一机器人臂的初始姿势的边界;以及在执行过程之前的臂设置阶段期间,提供在第一机器人臂的移动期间的边界的指示。

[0007] 在另一方面,提供了一种非暂态性计算机可读存储介质,其上存储有当被执行时使至少一个计算设备进行以下操作的指令:基于患者的解剖结构的映射来确定允许通过第一机器人臂使医疗器械前进到靶区的第一机器人臂的最小行程长度,映射包括关于(i)解剖结构内的靶区以及(ii)从患者的接入点到靶区的路径的数据,医疗器械前进以从接入点经由路径到达靶区;基于最小行程长度和映射来确定第一机器人臂的初始姿势的边界;以及在执行过程之前的臂设置阶段期间,提供在第一机器人臂的移动期间的边界的指示。

[0008] 在又一方面,提供了定位第一机器人臂的方法,该方法包括:基于患者的解剖结构的映射来确定允许通过第一机器人臂使医疗器械前进以到达靶区的第一机器人臂的最小行程长度,映射包括关于(i)解剖结构内的靶区以及(ii)从患者的接入点到靶区的路径的数据,医疗器械前进以从接入点经由路径到达靶区;基于最小行程长度和映射来确定第一

机器人臂的初始姿势的边界;以及在执行过程之前的臂设置阶段期间,提供在第一机器人臂的移动期间的边界的指示。

## 附图说明

[0009] 下文中将结合附图描述所公开的方面,提供附图是为了说明而不是限制所公开的方面,在附图中相同的附图标记表示相同的元件。

[0010] 图1示出了被布置用于诊断和/或治疗的支气管镜检查过程的基于推车的机器人系统的实施方式。

[0011] 图2描绘了图1的机器人系统的另外方面。

[0012] 图3示出了被布置用于输尿管镜检查的图1的机器人系统的实施方式。

[0013] 图4示出了被布置用于血管医疗过程的图1的机器人系统的实施方式。

[0014] 图5示出了被布置用于支气管镜检查过程的基于手术台的机器人系统的实施方式。

[0015] 图6提供了图5的机器人系统的可备选视图。

[0016] 图7示出了被配置成收置机器人臂的示例系统。

[0017] 图8示出了被配置用于输尿管镜检查过程的基于手术台的机器人系统的实施方式。

[0018] 图9示出了被配置用于腹腔镜检查过程的基于手术台的机器人系统的实施方式。

[0019] 图10示出了具有俯仰或倾斜调整的图5至图9的基于工作台的机器人系统的实施方式。

[0020] 图11提供了图5至图10的基于台的机器人系统的台与柱之间的接口的详细图示。

[0021] 图12示出了示例器械驱动器。

[0022] 图13示出了具有配对的器械驱动器的示例医疗器械。

[0023] 图14示出了用于器械驱动器和器械的可备选设计,其中驱动单元的轴线平行于器械的细长轴的轴线。

[0024] 图15描绘了根据示例实施方式的示出定位系统的框图,该定位系统估计图1至图10的机器人系统的一个或多个元件的定位,例如图13和图14的器械的定位。

[0025] 图16示出了根据本公开内容的各方面的布置用于诊断和/或治疗支气管镜检查过程的外科手术机器人系统的实施方式。

[0026] 图17A是示出根据本公开内容的各方面的用于医疗过程的示例设置过程的特征的流程图。

[0027] 图17B是示出根据本公开内容的各方面的用于医疗过程的另一示例设置过程的特征的流程图。

[0028] 图18示出了可以根据本公开内容的各方面使用的支气管镜的实施方式。

[0029] 图19是示出根据本公开内容的各方面的用于支气管镜检查过程的设置过程的另一示例的流程图。

[0030] 图20是示出根据本公开内容的各方面的用于模拟医疗过程的示例方法的流程图。

## 具体实施方式

### [0031] 1. 概述。

[0032] 本公开内容的各方面可以被集成至能够执行各种医疗过程的机器人使能医疗系统中,所述各种医疗过程包括诸如腹腔镜检查的微创过程以及诸如内窥镜检查的无创过程两者。在内窥镜检查过程中,该系统能够执行支气管镜检查、输尿管镜检查、胃镜检查等。

[0033] 除了执行广泛的过程之外,系统可以提供附加的益处,例如增强成像和指导以帮助医师。另外,该系统可以为医师提供从人体工程学位置执行过程的能力,而不需要笨拙的臂运动和位置。更进一步地,该系统可以为医师提供以改进的易用性执行过程的能力,使得系统的一个或更多个器械可以由单个用户控制。

[0034] 出于说明的目的,下面将结合附图描述各种实施方式。应当理解的是,所公开的构思的许多其他实现方式是可行的,并且利用所公开的实现方式可以实现各种优点。本文中包括标题以供参考,并且标题有助于定位各个部分。这些标题不旨在限制关于其所描述的构思的范围。这些构思可以在整个说明书中具有适用性。

### [0035] A. 机器人系统—推车

[0036] 可以取决于具体过程以各种方式配置机器人使能医疗系统。图1示出了被布置用于诊断和/或治疗性支气管镜检查过程的基于推车的机器人使能系统10的实施方式。在支气管镜检查期间,系统10可以包括推车11,推车11具有一个或更多个机器人臂12以将医疗器械(例如可操纵的内窥镜13,其可以是用于支气管镜检查的过程专用支气管镜)递送到自然孔口接入点(即,在本示例中为定位在台上的患者的嘴),以递送诊断和/或治疗工具。如所示出的,推车11可以被定位在患者的上躯干附近,以提供接入该接入点。类似地,机器人臂12可以被致动以相对于接入点来对支气管镜进行定位。当利用胃镜(一种用于胃肠(GI)过程的专用内窥镜)执行GI过程时,也可以利用图1中的布置。图2更详细地描绘推车的示例实施方式。

[0037] 继续参照图1,一旦推车11被正确定位,则机器人臂12可以自动地、手动地或以其组合的方式将可操纵内窥镜13插入患者中。如所示出的,可操纵内窥镜13可以包括至少两个伸缩部分,例如内引导件部分和外护套部分,每个部分耦接至来自该组器械驱动器28的单独的器械驱动器,每个器械驱动器耦接至单独的机器人臂的远端。帮助将引导件部分与护套部分同轴对准的器械驱动器28的这种线性布置产生“虚拟轨道”29,“虚拟轨道”29可以通过将一个或更多个机器人臂12操纵到不同角度和/或位置而在空间上重新定位。在图中使用虚线描绘了本文中描述的虚拟轨道,并且因此虚线不描绘系统的任何物理结构。器械驱动器28沿着虚拟轨道29的平移使内引导件部分相对于外护套部分伸缩,或者使内窥镜13相对于患者前进或缩回。虚拟轨道29的角度可以基于临床应用或医师偏好来调整、平移和枢转。例如,在支气管镜检查中,所示的虚拟轨道29的角度和位置代表了在提供医师接近内窥镜13同时使由于内窥镜13弯曲到患者的口腔中而产生的摩擦最小化之间的折衷。

[0038] 可以使用来自机器人系统的精确命令在插入之后沿着患者的气管和肺引导内窥镜13,直到到达靶目的地或手术部位为止。为了增强穿过患者肺网络的导航和/或到达期望的靶,内窥镜13可以被操纵成从外护套部分伸缩地延伸内引导件部分以获得增强的接合和更大的弯曲半径。使用单独的器械驱动器28还允许引导件部分和护套部分被彼此独立地驱动。



[0039] 例如,内窥镜13可以被指引成将活检针递送至靶,例如患者肺内的病变或结节。可以沿着沿内窥镜的长度延伸的工作通道部署针以获得要由病理学家分析的组织样本。根据病理学结果,可以沿着内窥镜的工作通道部署附加工具以用于附加活检。在识别出结节是恶性的之后,内窥镜13可以以内窥镜方式递送工具以切除潜在的癌组织。在一些情况下,诊断和治疗处理可能需要在分开的过程中递送。在这些情况下,内窥镜13也可以用于递送基准至也“标记”靶结节的位置。在其他情况下,诊断和治疗处理可以在相同的医疗过程期间被递送。

[0040] 系统10还可以包括可移动塔30,可移动塔30可以经由支持线缆连接至推车11以向推车11提供对控制件、电子器件、流控件、光学件、传感器和/或电力的支持。在塔30中设置这样的功能允许可以由操作医师和他/她的工作人员更容易地调节和/或重新定位的更小形状因子的推车11。此外,在推车/台与支持塔30之间的功能划分减少了手术室的混乱并且有帮助改善临床工作流程。虽然推车11可以被定位成靠近患者,但是塔30可以被收置在远程位置中以在过程期间不挡道。

[0041] 为了支持上述机器人系统,塔30可以包括基于计算机的控制系统的部件,基于计算机的控制系统例如在非暂态计算机可读存储介质(例如,永久性磁存储驱动器、固态驱动器等)内存储计算机程序指令。这些指令的执行,无论是在塔30中还是在推车11中发生,均可以控制整个系统或其子系统。例如,当由计算机系统的处理器执行时,指令可以使机器人系统的部件致动相关的托架和臂支架、致动机器人臂,并且控制医疗器械。例如,响应于接收到控制信号,机器人臂的关节中的马达可以将臂定位成特定姿势。

[0042] 塔30还可以包括泵、流量计、阀控制器和/或流体入口,以便向可以通过内窥镜13部署的系统提供受控的冲洗和抽吸能力。也可以使用塔30的计算机系统来控制这些部件。在一些实施方式中,冲洗和抽吸能力可以通过单独的线缆直接递送至内窥镜13。

[0043] 塔30可以包括电压和浪涌保护器,其被设计成向推车11提供经滤波和受保护的电力,从而避免将电力变压器和其他辅助电力部件放置在推车11中,获得更小更可移动的推车11。

[0044] 塔30还可以包括用于遍及机器人系统10部署的传感器的支持设备。例如,塔30可以包括用于检测、接收和处理从整个机器人系统10的光学传感器或摄像装置接收到的数据的光电子设备。与控制系统结合,这样的光电子设备可以用于生成实时图像以将其显示在整个系统中部署的任何数目的控制台中(包括显示在塔30中)。类似地,塔30还可以包括用于接收和处理从部署的电磁(EM)传感器接收到的信号的电子子系统。塔30还可以用于容置和安置EM场发生器,以用于由医疗器械中或医疗器械上的EM传感器进行检测。

[0045] 除了在系统的其余部分中可用的其他控制台(例如,安装在推车之上的控制台)之外,塔30还可以包括控制台31。控制台31可以包括用于医师操作员的用户接口和显示屏,例如触摸屏。系统10中的控制台通常被设计成提供机器人控制以及过程的手术前信息和实时信息两者,例如内窥镜13的导航和定位信息。当控制台31不是医师可用的唯一控制台时,控制台31可以由诸如护士的第二操作者使用以监测患者的健康或生命体征以及系统的操作,以及提供医疗过程专用数据,例如导航和定位信息。在其他实施方式中,控制台30被容置在与塔30分离的主体中。

[0046] 塔30可以通过一个或更多个线缆或连接件(未示出)耦接至推车11和内窥镜13。在

一些实施方式中,可以通过单个线缆将来自塔30的支持功能提供给推车11,从而简化手术室并且使手术室不混乱。在其他实施方式中,特定功能可以耦接在单独的线缆和连接件中。例如,尽管可以通过单个电力线缆向推车提供电力,但是也可以通过单独的线缆提供对控制件、光学件、流控件和/或导航的支持。

[0047] 图2提供了图1所示的基于推车的机器人使能系统的推车的实施方式的详细图示。推车11通常包括长形的支承结构14(通常称为“柱”)、推车基部15和在柱14的顶部的控制台16。柱14可以包括用于支承一个或更多个机器人臂12(图2中示出三个)的部署的一个或更多个托架,例如,托架17(可替代地,“臂支承件”)。托架17可以包括可单独配置的臂支架,所述臂支架沿着垂直轴线旋转以调节机器人臂12的基部以获得相对于患者的更好的定位。托架17还包括托架接口19,其允许托架17沿着柱14竖直平移。

[0048] 托架接口19通过诸如槽20的槽连接至柱14,所述槽被定位在柱14的相对侧上以引导托架17的竖直平移。槽20包含用于相对于推车基部15将托架安置和保持在各种竖直高度处的竖直平移接口。托架17的竖直平移允许推车11调节机器人臂12的可达范围以满足各种台高度、患者尺寸和医师偏好。类似地,托架17上的可单独配置的臂支架允许机器人臂12的机器人臂基部21以各种配置成角度。

[0049] 在一些实施方式中,槽20可以补充有槽盖,该槽盖与槽表面齐平且平行,以防止在托架17竖直地平移时灰尘和流体进入竖直平移接口和柱14的内部腔室。可以通过位于槽20的竖直顶部和底部附近的配对弹簧卷轴来部署槽盖。盖在卷轴内盘绕直到被部署成在托架17竖直地上下平移时从盖的盘绕状态伸展和缩回。当托架17朝向卷轴平移时,卷轴的弹簧加载提供了将盖缩回到卷轴中的力,同时当托架17平移离开卷轴时也保持紧密密封。可以使用例如托架接口19中的支架将盖连接至托架17以确保盖在托架17平移时适当地伸展和缩回。

[0050] 柱14可以在内部包括诸如齿轮和马达的机构,其被设计成使用竖直对准的导螺杆以响应于响应于用户输入(例如,来自控制台16的输入)而生成的控制信号而以机械化方式平移托架17。

[0051] 机器人臂12通常可以包括由一系列连杆23隔开的机器人臂基部21和端部效应器22,所述一系列连杆23由一系列关节24连接,每个关节包括独立的致动器,每个致动器包括独立可控制的马达。每个独立可控制的关节表示机器人臂可用的独立的自由度。臂12中的每一个具有七个关节,并且因此提供了七个自由度。多个关节产生多个自由度,从而实现了“冗余”自由度。冗余自由度允许机器人臂12使用不同的连杆位置和关节角度将它们各自的端部效应器22定位在空间中的特定位置、取向和轨迹处。这允许系统从空间中的期望点来定位和引导医疗器械,同时允许医师在避免臂碰撞的同时将臂关节移动到离开患者的临床有利位置以产生更大的接入。

[0052] 推车基部15在地板上平衡柱14、托架17和臂12的重量。因此,推车基部15容置较重的部件,例如电子器件、马达、电源以及使得推车能够移动和/或固定的部件。例如,推车基部15包括允许推车在过程之前容易地在手术室周围移动的可滚动轮形脚轮25。在到达适当位置之后,可以使用轮锁固定脚轮25,以在该过程期间将推车11保持在适当位置。

[0053] 安置在柱14的竖直端部处的控制台16允许用于接收用户输入的用户接口和显示屏(或两用设备,例如触摸屏26)两者向医师用户提供手术前和手术中数据两者。触摸屏26

上的潜在手术前数据可以包括从手术前计算机化断层层析成像 (CT) 扫描得出的手术前计划、导航与映射数据和/或来自手术前患者面谈的注释。显示器上的手术中数据可以包括从工具提供的光学信息、来自传感器的传感器与坐标信息以及重要的患者统计信息,例如呼吸、心率和/或脉搏。控制台16可以被安置和倾斜以允许医师从柱14的与托架17相对的侧面接近控制台。从该位置,医师可以在从推车11后面操作控制台16的同时观察控制台16、机器人臂12和患者。如所示出的,控制台16还包括用于辅助操纵和稳定推车11的手柄27。

[0054] 图3示出了被布置用于输尿管镜检查的机器人使能系统10的实施方式。在输尿管镜检查过程中,推车11可以被定位成将输尿管镜32——被设计成横穿患者的尿道和输尿管的过程专用内窥镜——递送至患者的下腹部区域。在输尿管镜检查中,可能期望输尿管镜32直接与患者的尿道对准以减少该区域中的敏感解剖结构上的摩擦和力。如所示出的,推车11可以在台的脚部处对准以允许机器人臂12对输尿管镜32进行定位以获得对患者的尿道的直接线性接入。从台的脚部起,机器人臂12可以沿着虚拟轨道33将输尿管镜32通过尿道直接插入到患者的下腹部中。

[0055] 在插入到尿道中之后,使用与支气管镜检查中类似的控制技术,输尿管镜32可以被导航到膀胱、输尿管和/或肾中以用于诊断和/或治疗应用。例如,可以使用沿着输尿管镜32的工作通道部署的激光或超声碎石设备将输尿管镜32指引到输尿管和肾中以打碎积聚的肾结石。在碎石完成之后,可以使用沿着输尿管镜32部署的篮移除所得到的结石碎片。

[0056] 图4示出了类似布置的用于血管医疗过程的机器人使能系统的实施方式。在血管过程中,系统10可以被配置成使得推车11可以将诸如可操纵导管的医疗器械34递送至患者腿部的股动脉中的接入点。股动脉提供用于导航的较大直径以及至患者心脏的相对较少迂回和曲折路径两者——这简化了导航。如在输尿管镜检查过程中,推车11可以被定位成朝向患者的腿和下腹部,以允许机器人臂12提供具有对患者的大腿/髋部区中的股动脉接入点的直接线性接入的虚拟轨道35。在插入动脉后,可以通过平移器械驱动器28来指引和插入医疗器械34。可替代地,推车可以被定位在患者的上腹部周围,以到达可替代的血管接入点,例如,肩部和腕部附近的颈动脉和臂动脉。

[0057] B. 机器人系统一台。

[0058] 机器人使能医疗系统的实施方式还可以包含患者台。与台的结合可以通过移除推车而减少手术室内的重要设备的量,这允许对患者更好的接入。图5示出了被布置用于支气管镜检查过程的这样的机器人使能系统的实施方式。系统36包括用于将平台38(示出为“台”或“床”)支持在地板上的支承结构或柱37。非常像在基于推车的系统中,系统36的机器人臂39的端部效应器包括器械驱动器42,其被设计成通过或沿着由器械驱动器42的线性对准形成的虚拟轨道41来操纵长形医疗器械,例如图5中的支气管镜40。在实践中,可以通过将发射器和检测器放置在台38周围来在患者的上腹部区域上方放置用于提供荧光透视成像的C形臂。

[0059] 图6提供了出于讨论目的而没有患者和医疗器械的系统36的可替代视图。如所示出的,柱37可以包括在系统36中示出为环形的一个或更多个托架43,一个或更多个机器人臂39可以基于所述一个或更多个托架。托架43可以沿着延伸柱37的长度的竖直柱接口44平移以提供不同的有利点,机器人臂39可以从这些有利点被定位成到达患者。托架43可以使用位于柱37内的机械马达绕柱37旋转,以允许机器人臂39接近台38的多个侧,例如患者的

两侧。在具有多个托架的实施方式中,托架可以被分别地安置在柱上,并且可以独立于其他托架而平移和/或旋转。虽然托架43不需要围绕柱37或者甚至是圆形的,但所示的环形形状帮助托架43在保持结构平衡的同时绕柱37的旋转。托架43的旋转和平移允许系统将诸如内窥镜和腹腔镜的医疗器械对准到患者上的不同接入点中。在其他实施方式(未示出)中,系统36可以包括患者台或床,所述患者台或床具有沿患者台或床旁边延伸的杆或轨道形式的可调节的臂支承件。一个或更多个机器人臂39(例如,经由具有肘关节的肩部)可以被附接至可调节臂支承件,可调节臂支承件可以被竖直调节。通过提供竖直调节,机器人臂39有利地能够紧凑地被收置在患者台或床下面,并且随后在过程期间被升高。

[0060] 臂39可以通过包括一系列关节的一组臂支架45安装在托架上支架,这些关节可以单独地旋转和/或可伸缩地延伸以向机器人臂39提供附加的可配置性。另外,臂支架45可以被定位在托架43上,使得当托架43适当地旋转时,臂支架45可以被定位在台38的相同侧上(如图6中所示)、在台38的相对侧上(如图9中所示),或者在台38的相邻侧上(未示出)。

[0061] 柱37在结构上提供用于台38的支承,以及用于托架的竖直平移的路径。在内部,柱37可以配备有用于引导托架的竖直平移的导螺杆以及基于导螺杆使所述托架的平移机械化的马达。柱37还可以将电力和控制信号传送至托架43和安装在托架43上的机器人臂39。

[0062] 台基部46起到与图2中示出的推车11中的推车基部15类似的作用,容置较重的部件以平衡台/床38、柱37、托架43和机器人臂39。台基部46也可以包括用于在过程期间提供稳定性的刚性脚轮。从台基部46的底部部署的脚轮可以在基部46的两侧上沿相对方向延伸,并且当系统36需要被移动时缩回。

[0063] 继续图6,系统36还可以包括塔(未示出),该塔在台与塔之间划分系统36的功能以减小台的形状因子和体积。如在较早公开的实施方式中,塔可以向台提供各种支持功能,例如处理能力、计算能力和控制能力、电力、射流学和/或光学和传感器处理。塔还可以是可移动的,以被定位成远离患者来改善医师的接入并且使手术室不杂乱。另外,将部件放置在塔中能够实现在台基部中有更多的储存空间以用于机器人臂的潜在收起。塔还可以包括主控制器或控制台,该主控制器或控制台提供用于用户输入的诸如键盘和/或悬架式操纵台的用户接口以及用于手术前和手术中信息诸如实时成像、导航和跟踪信息的显示屏(或触摸屏)两者。在一些实施方式中,塔还可以包括用于将用于吹气的储气罐的保持器。

[0064] 在一些实施方式中,台基部可以将机器人臂在不使用时收置和储存。图7示出了在基于台的系统的实施方式中收置机器人臂的系统47。在系统47中,托架48可以竖直平移至基部49中以使机器人臂50、臂支架51和托架48收起在基部49内。基部盖52可以平移和缩回打开以围绕柱53展开托架48、臂支架51和臂50,以及在不使用时可以关闭以收起来保护它们。基部盖52可以用膜54沿着该基部盖52的开口的边缘被密封,以防止在被关闭时灰尘和流体进入。

[0065] 图8示出了被配置用于输尿管镜检查过程的机器人使能的基于台的系统的实施方式。在输尿管镜检查中,台38可以包括用于将患者定位成与柱37和台基部46成偏角(off-angle)的旋转部分55。旋转部分55可以绕枢转点(例如,位于患者头部下方)旋转或枢转,以将旋转部分55的底部部分定位成离开柱37。例如,旋转部分55的枢转允许C形臂(未示出)被定位在患者的下腹部上方,而不与台38下方的柱(未示出)争夺空间。通过绕柱37旋转托架35(未示出),机器人臂39可以沿着虚拟轨道57将输尿管镜56直接插入到患者的腹股沟区域

中以到达尿道。在输尿管镜检查中,也可以将铰58固定至台38的旋转部分55,以在过程期间支撑患者的腿的位置,并且允许对患者的腹股沟区域无阻碍接入。

[0066] 在腹腔镜检查过程中,通过在患者腹壁的小切口,可以将微创器械插入到患者的解剖结构中。在一些实施方式中,微创器械包括用于接入患者内的解剖结构的细长的刚性构件例如轴。在患者腹腔膨胀之后,可以引导通常称为腹腔镜的器械以执行外科任务,例如抓取、切割、切除、缝合等。图9示出了被配置用于腹腔镜检查过程的机器人使能的基于台的系统的实施方式。如图9中所示,系统36的托架43可以被旋转并且竖直调整成将成对的机器人臂39定位在台38的相对侧上,使得可以使用臂支架45将器械(例如,腹腔镜)59定位成穿过患者的两侧上的小切口以到达他/她的腹腔。

[0067] 为了适应腹腔镜检查过程,机器人使能的台系统还可以将平台倾斜成期望的角度。图10示出了具有俯仰或倾斜调节的机器人使能的医疗系统的实施方式。如图10中所示,系统36可以适应台38的倾斜,以将台的一部分定位在比另一部分距地板更远的距离处。另外,臂支架45可以旋转以匹配倾斜,使得臂39与台38保持相同的平面关系。为了适应更陡的角度,柱37还可以包括伸缩部分60,该伸缩部分60允许柱37的竖直延伸以防止台38接触地板或与基部46碰撞。

[0068] 图11提供了台38与柱37之间的接口的详细图示。俯仰旋转机构61可以被配置成以多个自由度改变台38相对于柱37的俯仰角。俯仰旋转机构61可以通过在柱台接口处定位正交轴线1、2来实现,每个轴由单独的马达3、4响应于电俯仰角命令来致动。沿着一个螺杆5的旋转可以使得能够进行沿一个轴1的倾斜调节,而沿着另一螺杆6的旋转可以使得能够进行沿着另一轴2的倾斜调节。在一些实施方式中,可以使用球关节在多个自由度上改变台38相对于柱37的俯仰角。

[0069] 例如,当为了进行下腹部外科手术而试图将台定位在特伦德伦伯格(Trendelenburg)位置(即,患者的下腹部的位置与患者的上腹部相比处于距地面较高的位置)时,俯仰调节特别有用。特伦德伦伯格位置使患者的内部器官通过重力滑向他/她的上腹部,从而清理腹腔以使微创工具进入并执行下腹部外科手术过程,例如腹腔镜前列腺切除术。

[0070] C. 器械驱动器和接口。

[0071] 系统的机器人臂的端部效应器包括:(i) 器械驱动器(可替代地被称为“器械驱动机构”或“器械设备操纵器(IDM)”),其结合了用于致动医疗器械的机电装置;以及(ii) 可移除或可拆卸的医疗器械,其可以没有诸如马达的任何机电部件。该二分法可以是由对医疗过程中使用的医疗器械进行消毒的需要以及由于昂贵的资本设备的复杂机械组件和敏感电子器件而引起的对昂贵的资本设备进行充分消毒的无能为力所驱动的。因此,医疗器械可以被设计成从器械驱动器(以及因此从系统)拆卸、移除和互换,以由医师或医师的工作人员单独消毒或处置。相比之下,器械驱动器不需要被改变或消毒,并且可以被覆盖以进行保护。

[0072] 图12示出了示例器械驱动器。被定位在机器人臂的远端处的器械驱动器62包括一个或多个驱动单元63,所述一个或多个驱动单元63被布置有平行轴线以经由驱动轴64向医疗器械提供受控扭矩。每个驱动单元63包括用于与器械相互作用的单独的驱动轴64、用于将马达轴旋转转换成期望扭矩的齿轮头65、用于生成驱动扭矩的马达66、用于测量马

达轴的速度并且向控制电路提供反馈的编码器67以及用于接收控制信号并且致动驱动单元的控制电路68。每个驱动单元63被独立地控制和机动化,器械驱动器62可以向医疗器械提供多个(如图12所示为四个)独立的驱动输出。在操作中,控制电路68将接收控制信号、将马达信号传输至马达66、将由编码器67测量的产生的马达速度与期望速度相比较,并且调制马达信号以生成期望扭矩。

[0073] 对于需要无菌环境的过程,机器人系统可以结合位于器械驱动器与医疗器械之间的驱动接口,例如连接至无菌帘的无菌适配器。无菌适配器的主要目的是将角运动从器械驱动器的驱动轴传递至器械的驱动输入,同时保持驱动轴与驱动输入之间的物理分离并且因此保持无菌性。因此,示例无菌适配器可以包括旨在将器械驱动器的驱动轴与器械上的驱动输入配合的一系列旋转输入和输出。连接至无菌适配器的由薄的柔性材料组成的无菌帘(例如,透明或半透明塑料)被设计成覆盖重要设备,例如器械驱动器、机器人臂和推车(在基于推车的系统中)或台(在基于台的系统中)。使用该帘将允许把重要设备安置在患者附近,同时仍然位于不需要消毒的区域(即,非无菌区)。在无菌帘的另一侧,医疗器械可以在需要灭菌的区域(即无菌区)与患者对接。

[0074] D. 医疗器械.

[0075] 图13示出了具有成对的器械驱动器的示例医疗器械。与被设计成与机器人系统一起使用的其他器械类似,医疗器械70包括细长轴71(或细长本体)和器械基部72。由于其用于由医师进行的手动交互的预期设计而也被称为“器械手柄”的器械基部72通常可以包括诸如插口、滑轮或卷轴的可旋转驱动输入73,所述可旋转驱动输入73被设计成与延伸通过机器人臂76的远端处的器械驱动器75上的驱动接口的驱动输出74配合。当被物理连接、闩锁和/或耦接时,器械基部72的配合的驱动输入73可以与器械驱动器75中的驱动输出74共享旋转轴线,以允许将扭矩从驱动输出74传递至驱动输入73。在一些实施方式中,驱动输出74可以包括花键,所述花键被设计成与驱动输入73上的插座配合。

[0076] 细长轴71被设计成通过解剖结构开口或腔(例如,在内窥镜检查中)或通过微创切口(例如,在腹腔镜检查中)被递送。细长轴66可以是柔性的(例如,具有类似于内窥镜的特性)或刚性的(例如,具有类似于腹腔镜的特性),或者包含柔性部分和刚性部分两者的定制组合。当被设计成用于腹腔镜检查时,刚性细长轴的远端可以连接至端部效应器和诸如抓握器或剪刀的外科手术工具或医疗器械,上述端部效应器从由具有至少一个自由度的U形夹形成的有关节的腕部延伸,上述外科手术工具或医疗器械可以当驱动输入响应于从器械驱动器75的驱动输出74接收到的扭矩而旋转时基于来自腱部的力来被致动。当被设计成用于内窥镜检查时,柔性细长轴的远端可以包括可操纵的或可控制的弯曲段,该弯曲段可以基于从器械驱动器75的驱动输出74接收到的扭矩而被接合和弯曲。

[0077] 使用沿轴71的腱部沿着细长轴71传递来自器械驱动器75的扭矩。这些单独的腱部例如牵引线可以单独锚定至器械手柄72内的单独驱动输入73。从手柄72起,腱部沿着细长轴71顺着一个或更多个牵引腔引导锚定在细长轴71的远端部分处,或者锚定在细长轴的远端部分的腕部中。在诸如腹腔镜检查、内窥镜检查或混合过程中,这些腱部可以被耦接至远端安装的端部效应器例如腕部、抓握器或剪刀。在这样的布置下,施加在驱动输入73上的扭矩会将张力传递至腱部,从而使端部效应器以某种方式致动。在一些实施方式中,在外科手术过程期间,腱部可以使关节围绕轴线旋转,从而使端部效应器在一个方向或另一个方向

上移动。可替代地,腱部可以连接至细长轴71的远端处的抓握器的一个或更多个爪部,其中来自腱部的张力使抓握器闭合。

[0078] 在内窥镜检查中,腱部可以经由粘合剂、控制环或其他机械固定件而耦接至沿着细长轴71定位(例如,在远端处)的弯曲或接合区段。当固定地附接至弯曲段的远端时,将沿着腱部传送施加在驱动输入73上的扭矩,从而使较软的弯曲段(有时被称为可接合段或区)弯曲或接合。沿着非弯曲区段,可以有利的是使沿着内窥镜轴的壁(或在内窥镜轴的壁的内部)引导单独的腱部的单独的牵引内腔螺旋或盘旋,以平衡由牵引线中的张力得到的径向力。为了特定目的,可以改变或设计其间的间隔和/或螺旋的角度,其中较紧的螺旋在负载力下呈现较小的轴压缩,而较小的螺旋量在负载力下引起较大的轴压缩,但也呈现限制弯曲。另一方面,牵引内腔可以被定向成平行于细长轴71的纵向轴线以允许在期望的弯曲或可接合区段中的受控接合。

[0079] 在内窥镜检查中,细长轴71容置有多个部件以辅助机器人过程。轴可以包括用于将外科工具(或医疗器械)、冲洗装置和/或抽吸装置部署到轴7的远端处的手术区的工作通道。轴71还可以容置用于向远侧末端处的光学组件/向远侧末端处的光学组件传递信号的电线和/或光纤,该光学组件可以包括光学摄像机装置。轴71也可以容置光纤,以将光从位于近端的光源(例如,发光二极管)传送至轴的远端。

[0080] 在器械70的远端处,远侧末端还可以包括用于将用于诊断和/或治疗、冲洗和抽吸的工具递送至手术部位的工作通道的开口。远侧末端还可以包括用于捕获内部解剖空间的图像的摄像装置例如纤维镜或数码相机的端口。相关地,远侧末端还可以包括用于在使用摄像装置时照亮解剖空间的光源的端口。

[0081] 在图13的示例中,驱动轴轴线以及因此驱动输入轴线与细长轴的轴线正交。然而,该布置使细长轴71的滚转操作性复杂化。当腱部延伸离开驱动输入73并且进入细长轴71内的牵引腔时,在保持驱动输入73静止的同时使细长轴71沿着其轴线滚动引起腱部的不期望的缠结。这样的腱部的产生的缠结可能破坏旨在预测柔性细长轴71在内窥镜检查过程期间的运动的任何控制算法。

[0082] 图14示出了用于器械驱动器和器械的可替代设计,其中驱动单元的轴线平行于器械的细长轴的轴线。如所示出的,圆形器械驱动器80包括四个驱动单元,其中驱动单元的驱动输出81在机器人臂82的端部处平行对准。驱动单元和它们各自的驱动输出81被容置在器械驱动器80的旋转组件83中,该器械驱动器80由组件83内的驱动单元中的一个驱动。响应于由旋转驱动单元提供的扭矩,旋转组件83沿着圆形轴承旋转,该圆形轴承将旋转组件83连接至器械驱动器的非旋转部分84。可以通过电接触将电力和控制信号从器械驱动器80的非旋转部分84传送至旋转组件83,电接触可以通过电刷滑环连接(未示出)的旋转来维持。在其他实施方式中,旋转组件83可以响应于集成到不可旋转部分84中的单独的驱动单元,并且因此不平行于其他驱动单元。旋转机构83允许器械驱动器80使驱动单元及其相应驱动输出81作为单个单元绕器械驱动器轴线85旋转。

[0083] 与较早公开的实施方式一样,器械86可以包括细长轴部分88和器械基部87(出于讨论的目的,被示出为具有透明的外壳),该器械基部87包括被配置成接纳器械驱动器80中的驱动输出81的多个驱动输入89(例如,插口、滑轮和卷轴)。与先前公开的实施方式不同,器械轴88从器械基部87的中心延伸,该器械基部的轴线基本上平行于驱动输入89的轴线,



而不是如图13的设计中那样正交。

[0084] 当耦接至器械驱动器80的旋转组件83时,包括器械基部87和器械轴88的医疗器械86与旋转组件83结合围绕器械驱动器轴线85旋转。由于器械轴88被定位在器械基部87的中心处,因此当被附接时器械轴88与器械驱动器轴线85同轴。因此,旋转组件83的旋转使器械轴88绕其自身的纵向轴线旋转。此外,当器械基部87与器械轴88一起旋转时,连接至器械基部87中的驱动输入89的任何腱部在旋转期间都不会缠结。因此,驱动输出81、驱动输入89和器械轴88的轴线的平行使得在不使任何控制腱部缠结的情况下能够进行轴旋转。

#### [0085] E. 导航和控制

[0086] 传统的内窥镜检查可以涉及使用荧光检查(例如,如可以通过C形臂递送的)以及其他形式的基于辐射的成像模式,以向操作医师提供腔内指导。相比之下,本公开内容所设想的机器人系统可以提供基于非辐射的导航和定位手段,以减少医师暴露于辐射并且减少手术室内的设备的数目。如本文所使用的,术语“定位”可以指确定和/或监测对象在参考坐标系中的位置。可以单独地或组合地使用诸如手术前映射、计算机视觉、实时EM跟踪和机器人命令数据的技术以实现无辐射操作环境。在其他情况下,在仍使用基于辐射的成像模式的情况下,可以单独地或组合地使用手术前映射、计算机视觉、实时EM跟踪和机器人命令数据,以对仅通过基于辐射的成像模式获得的信息进行改进。

[0087] 图15是示出根据示例实施方式估计机器人系统的一个或多个元件的位置例如器械的位置的定位系统90的框图。定位系统90可以是配置成执行一个或多个指令的一组一个或多个计算机设备。计算机设备可以由以上讨论的一个或多个部件中的处理器(或多个处理器)和计算机可读存储器来实现。借助于示例而非限制,计算机设备可以在图1所示的塔30、图1至图4所示的推车、图5至图10所示的床等中。

[0088] 如图15所示,定位系统90可以包括定位模块95,该定位模块95处理输入数据91至94以生成用于医疗器械的远侧末端的位置数据96。位置数据96可以是表示器械的远端相对于参照系的位置和/或取向的数据或逻辑。参考系可以是相对于患者的解剖结构或相对于已知的对象,例如EM场发生器(参见以下关于EM场发生器的讨论)的参考系。

[0089] 现在将更详细地描述各种输入数据91至94。可以通过使用低剂量CT扫描的集合来完成手术前映射。手术前CT扫描被重建为三维图像,这些图像是可视化的,例如作为患者的内部解剖结构的剖面视图的“切片”。当总体上进行分析时,可以生成用于患者的解剖结构例如患者肺网络的解剖腔、空间和结构的基于图像的模型。可以根据CT图像确定和近似诸如中心线几何形状的技术,以开发患者解剖结构的三维体积,该三维体积被称为模型数据91(当仅使用手术前CT扫描生成时也称为“手术前模型数据”)。中心线几何形状的使用在美国专利申请第14/523,760号中讨论,其全部内容并入本文中。网络拓扑模型也可以根据CT图像得出,并且特别适合于支气管镜检查。

[0090] 在一些实施方式中,器械可以配备有摄像装置以提供视觉数据92。定位模块95可以处理视觉数据以实现一个或多个基于视觉的定位跟踪。例如,可以将手术前模型数据与视觉数据92结合使用,以实现对于医疗器械(例如,内窥镜或通过内窥镜的工作通道前进的器械)的基于计算机视觉的跟踪。例如,使用手术前模型数据91,机器人系统可以基于内窥镜的预期行进路径根据模型生成预期内窥镜图像的库,每个图像链接至模型内的位置。在手术中,该库可以由机器人系统参考,以将在摄像装置(例如,在内窥镜远端处的摄像装置)



处捕获的实时图像与图像库中的图像相比较以辅助定位。

[0091] 其他基于计算机视觉的跟踪技术使用特征跟踪来确定摄像装置的运动,从而确定内窥镜的运动。定位模块95的一些特征可以识别手术前模型数据91中的与解剖腔对应的圆形几何结构并且跟踪那些几何结构的变化以确定选择了哪个解剖腔,以及摄像装置的相对旋转和/或平移运动。拓扑图的使用可以进一步增强基于视觉的算法或技术。

[0092] 光流即另一基于计算机视觉的技术可以分析视觉数据92中的视频序列中的图像像素的位移和平移以推断摄像装置移动。光流技术的示例可以包括运动检测、对象分割计算、亮度、运动补偿编码、立体视差测量等。通过利用多次迭代对多帧的比较可以确定摄像装置的移动和位置(并且因此确定内窥镜的移动和位置)。

[0093] 定位模块95可以使用实时EM跟踪来生成内窥镜在全局坐标系中的实时位置,其中全局坐标系可以被配准到由手术前模型表示的患者的解剖结构。在EM跟踪中,包括嵌入在医疗器械(例如,内窥镜工具)中的一个或多个位置和取向中的一个或多个传感器线圈的EM传感器(或跟踪器)测量由定位在已知位置处的一个或多个静态EM场发生器创建的EM场的变化。由EM传感器检测的位置信息被存储为EM数据93。EM场发生器(或发送器)可以靠近患者放置,以创建嵌入式传感器可以检测到的低强度磁场。磁场在EM传感器的传感器线圈中感应出小电流,可以对该小电流进行分析以确定EM传感器与EM场发生器之间的距离和角度。这些距离和取向可以在手术中被“配准”到患者解剖结构(例如,手术前模型),以确定将坐标系中的单个位置与患者的解剖结构的手术前模型中的位置对准的几何变换。一旦被配准,医疗器械的一个或多个位置(例如,内窥镜的远侧末端)处的嵌入式EM跟踪器可以提供医疗器械通过患者的解剖结构的进展的实时指示。

[0094] 机器人命令和运动学数据94也可以由定位模块95使用以为机器人系统提供定位数据96。可以在手术前校准期间确定由关节命令产生的设备俯仰和偏航。在手术中,可以将这些校准测量与已知的插入深度信息结合使用以估计器械的位置。可替代地,可以结合EM、视觉和/或拓扑建模分析这些计算以估计医疗器械在网络内的位置。

[0095] 如图15所示,定位模块95可以使用许多其他输入数据。例如,尽管在图15中未示出,但是利用形状感测光纤的器械可以提供定位模块95可以用于确定器械的位置和形状的形状数据。

[0096] 定位模块95可以以组合方式使用输入数据91至94。在特定情况下,这样的组合可以使用概率方法,其中定位模块95将置信权重分配给从输入数据91至94中的每一个确定的位置。因此,在EM数据可能不可靠的情况下(如可能存在EM干扰的情况下),由EM数据93确定的位置的置信度可能降低,并且定位模块95可能更加依赖视觉数据92和/或机器人命令和运动学数据94。

[0097] 如上所述,本文讨论的机器人系统可以被设计为合并上述技术中的一种或更多种的组合。基于塔、床和/或推车中的机器人系统的基于计算机的控制系统可以在例如永久性磁存储驱动器、固态驱动器等的非暂态计算机可读存储介质中存储计算机程序指令,其在执行时会导致系统接收和分析传感器数据和用户命令、生成在整个系统中的控制信号,并且显示导航和定位数据,例如器械在全局坐标系中的位置、解剖图等

[0098] 2. 过程前机器人臂设置的介绍

[0099] 本公开内容的实施方式涉及用于在执行医疗过程之前定位一个或多个机器人

臂的系统和技术。根据医疗过程的类型,在外科手术系统的设置过程期间,对机器人臂可以被定位或移动的程度可能有所限制。例如,特定物理或机械方面的考虑,例如医疗器械的形状和大小(例如,长度)、患者管腔网络的形状和生理特性、过程的靶目的地的定位、机器人臂的工作区域等可能限制在设置期间机器人臂可以被定位在其中的面积或体积。

[0100] 用于外科手术机器人系统的设置过程可以有助于确保和/或验证给定过程是可实现的。例如,靶目的地或操作部位可以位于距患者体内的接入点一定距离处。此外,对于给定的外科手术机器人系统,医疗器械的长度和机器人臂的行程长度可以基本固定(例如,机器人臂的行程长度和医疗器械长度可以标准化)。如本文所使用的,机器人臂的行程长度通常是指机器人臂可以将器械朝向靶,例如从机器人臂的参考点的起始位置/定位至参考点的端部位置/定位的插入的能力或程度。在一个实施方式中,参考点可以是机器人臂的IDM,以及行程长度可以指代从在用于开始医疗过程时在机器人臂的初始姿势中IDM的位置(例如,有助于将器械装载/连接至机器人的机器人臂的初始姿势和位置)至在医疗器械的最大插入期间的IDM的位置的距离。例如,机器人臂的行程长度可以确定机器人臂是否能够从患者身体上的给定接入点到达靶部位/区域。根据上下文,“机器人臂的行程长度”也可以与“医疗器械的行程长度”互换使用,因为机器人臂的运动可以直接与医疗器械的插入/缩回相关。

[0101] 在给定医疗器械的长度、从接入点到靶目的地的距离以及机器人臂的最大可实现的行程长度的情况下,存在对可以在外科手术过程之前用作机器人臂的初始姿势的位置的限制。即,机器人臂的特定初始姿势将允许医疗器械到达靶目的地,而其他初始姿势可能无法到达靶目的地。推车相对于患者的接入点的放置以及因此可以自由地定位机器人臂的区域/体积的位置,可能影响机器人臂可实现的行程长度。如果对于给定的医疗过程,可实现的行程长度减小到小于从接入点到靶目的地的距离的长度,则可能无法基于机器人系统的设置执行医疗过程。

[0102] 本公开内容的各方面可以涉及帮助用户(例如,技术员或外科医生)基于机器人臂的给定的初始姿势确定是否可以完成期望过程的系统和技术。这样的技术可以解决与在过程期间不能到达靶目的地相关联的问题。

[0103] A. 支气管镜系统示例。

[0104] 通常将使用支气管镜检查作为示例性医疗过程来描述本公开内容的各方面。然而,本公开内容还适用于由外科手术机器人系统执行的其他类型的医疗过程,例如,输尿管镜检查、肠胃病学等。

[0105] 图16示出了根据本公开内容的各方面的被布置用于诊断和/或治疗支气管镜检查过程的机器人系统的实施方式。如图16所示,系统100可以包括推车111、一个或更多个机器人臂112、诸如可转向内窥镜113的医疗器械和患者导引器115。推车111可以包括处理器(未示出)、存储器(未示出)和显示器120,显示器120被配置成显示与机器人臂112的位置有关的信息。然而,取决于实施方式,处理器、存储器和显示器中的一个或更多个可以位于另外的设备上或另外的设备内,例如图1所示的可移动塔30上。此外,在其他实现方式中,可以使用除显示器120之外的反馈设备来代替显示器120或附加至显示器120。可以采用的其他反馈设备包括触觉设备、扬声器、经由一个或更多个机器人臂112致动的力反馈、一个或更多个发光二极管等。

[0106] 机器人臂112可以被配置成在过程之前和/或过程期间操纵医疗器械(例如,可转向内窥镜113)。在臂设置阶段期间(例如,在开始医疗过程之前),机器人臂112的位置可以由用户调节。特别地,对于机器人臂中的至少一个与患者对准可以是重要的。该对准可以使系统能够追踪医疗器械进入患者体内的入口/接入点。取决于实现方式,系统可以被配置成允许用户通过直接向机器人臂112的一部分施加力来直接移动臂112。例如,系统可以被配置成检测用户何时抓住机器人臂112中的一个并且通过施加力(例如,在臂上推动或拉动)以移动臂112来将臂112物理地移动到期望位置。在特定实施方式中,系统可以接受来自用户的输入以将臂切换为进入和退出准入模式,在该模式中臂接受力作为针对臂的移动的输入。在其他实现方式中,系统可以包括输入设备,该输入设备被配置成使用户能够经由该输入设备来调节机器人臂中的一个或多个的位置以控制机器人臂112。

[0107] 如将在下面更详细地描述的,存储器可以被配置成存储当被执行时使处理器执行根据本公开内容的各方面的一个或多个技术的指令。存储器还可以被配置成存储与过程前机器人臂设置有关的数据。例如,存储器可以存储患者的解剖结构的映射。该映射可以包括关于(i)解剖结构内的靶区以及(ii)从患者的接入点到靶区的路径的数据。该映射可以包括或基于与正在执行的医疗过程有关的过程数据。过程数据可以包括关于以下的数据:正在执行的过程的类型、过程中所涉及的器械的类型(可能与过程的类型有关)、器械的属性(例如,器械的长度、用于操纵器械所需的IDM的数目等)、与过程有关的患者的解剖结构(例如,解剖区域内靶区的定位、从患者的接入点到靶区的路径、患者的解剖结构的生理特征或尺寸等)、臂设置(也可能与过程的类型、器械的类型以及器械的属性有关)等。例如,映射可以包括解剖结构内的靶区的定位以及从患者的接入点到靶区的路径,这些可以基于过程数据来确定。

#### [0108] B. 机器人臂设置。

[0109] 机器人臂112中的一个或多个的定位可以是用于为医疗过程准备机器人臂系统的设置过程的一部分。所使用的特定设置过程可以取决于正在执行的医疗过程、机器人系统的配置(例如,臂是被附接至推车(参见图16)还是附接至支撑平台的立柱(参见图6))等。

[0110] 图17A是示出根据本公开内容的各方面的用于医疗过程(例如,支气管镜检查)的示例设置过程的特征的流程图。图17A所示的方法1700仅是示例实现方式,并且可以通过添加、移除和/或修改与方法1700相关联的一个或多个框来修改方法1700。

[0111] 方法1700开始于框1701处。在框1705处,方法1700涉及将推车移动到初始位置。例如,用户可以移动推车以定位在患者的接入点附近(例如,在患者的接入点的限定距离内)。一旦推车已经移动到位,用户可以通过例如锁定推车的脚轮来固定推车。应当理解,并非所有机器人系统都可以利用推车并且该框对于那些利用推车的系统是可选的。

[0112] 框1710可以涉及臂设置阶段,其中用户可以将机器人臂中的一个或多个放置成机器人臂在执行程序之前与患者对准的初始姿势。因此,臂设置阶段可以包括用于将机器人臂112中的一个或多个与患者的接入点对准的对准步骤。由于所使用的接入点可以取决于正在执行的医疗过程的类型,因此具体的对准过程可以取决于医疗过程类型。在支气管镜检查的示例中,患者导引器(将支气管镜引导到患者口中的设备)可以被安装到患者口中。在支气管镜检查设置过程的一个实施方式中,用户可以将机器人臂中的第一个与患者导引器对准。其余的机器人臂可以例如自动地与由用户选择的第一机器人臂的姿势对准。

如上所述,用户能够通过按下允许用户通过向机器人臂施加力来引导机器人臂的移动的准入按钮来直接移动机器人臂。在其他实施方式中,第一机器人臂可以经由一个或更多个位置追踪设备追踪患者导引器,从而使得第一机器人臂能够由系统自动地与患者导引器对准。

[0113] 该系统可以向用户提供第一机器人臂的初始姿势的边界的指示。在特定实施方式中,在执行医学过程之前的臂设置阶段期间,系统可以提供在第一机器人臂的移动期间的边界的指示。该边界可以由系统设置以确保第一机器人臂的姿势不干扰医疗过程。在一个实现方式中,边界可以被设置为第一机器人臂可以被自由地定位而不使机器人臂的行程长度减小超过阈值量的面积或体积。在支气管镜检查的示例中,边界可以限定机器人臂可以与患者导引器对准的区域使得机器人臂的初始姿势之间(例如,机器人臂的姿势与患者导引器对准)的距离,并且载荷器械的姿势等于或大于阈值行程长度。在特定实施方式中,可以选择阈值行程长度使得当由机器人臂可实现的行程长度大于阈值行程长度时可以到达与医疗过程相关联的靶区。

[0114] 在第一机器人臂与患者导引器对准之后,在框1715处,该方法涉及将机器人臂缩回成载荷器械姿势。在一些实施方式中,系统可以响应于例如从用户接收到载荷器械姿势输入或命令而将机器人臂的姿势缩回到载荷器械中。该输入可以指示对准步骤已完成并且器械(例如,支气管镜的护套和引导件)将被装载到机器人臂上。在框1720处,方法涉及将医疗器械装载到对应的机器人臂上。方法1700在框1725处结束。

[0115] 图17B是示出根据本公开内容的各方面的用于医疗过程的另一示例设置过程的特征的流程图。图17B的流程图示出了根据本公开内容的各方面的用于在执行医疗过程之前定位一个或更多个机器人臂的可由外科手术机器人系统或其部件操作的示例性方法。例如,图17B中示出的方法1750的步骤可以由外科手术机器人系统的处理器来执行。为了方便起见,方法1750被描述为由系统的处理器来执行。

[0116] 方法1750可以被执行为诸如图17A所示的医疗过程1700的医疗过程的设置过程的一部分。在特定实施方式中,可以在框170期间执行方法1750以提供在机器人臂的移动期间的边界的指示。

[0117] 方法1750开始于框175处。在框1755处,处理器确定机器人臂的最小行程长度,该最小行程长度允许通过机器人臂使医疗器械前进以到达靶区。处理器可以基于患者的解剖结构的映射来确定最小行程长度。该映射可以包括关于(i)解剖结构内的靶区以及(ii)从患者的接入点到靶区的路径的数据。可以由机器人臂使医疗器械前进以从接入点经由路径到达靶区。

[0118] 在框1760处,处理器基于最小行程长度和映射来确定机器人臂的初始姿势的边界。在框1765处,在执行过程之前的臂设置阶段期间,处理器提供在机器人臂的移动期间的边界的指示。方法1750在框1770处结束。

[0119] 由于在执行医疗过程之前已知医疗器械和机器人臂的结构,因此可以离线确定边界(例如,在臂设置阶段之前)。然而,取决于医疗过程和医疗器械的复杂性,确定边界可能需要大量的计算资源。在特定情况下,计算可能需要小时级时间才能完成。将结合图18描述用于定义初始姿势边界的考虑因素的示例。

[0120] 图18示出了可以根据本公开内容的各方面使用的支气管镜的实施方式。如图18所

示,支气管镜200可以包括两个伸缩部分——即护套210和引导件220。例如,引导件220可以是包括摄像装置/视觉设备、EM传感器以及可以通过其插入其他器械的工作通道的部分。护套210可以包括基座211,其被配置成连接至第一机器人臂的IDM,以及细长轴213,其附接至该基座211。类似地,引导件220可以包括基座221,其被配置成连接至第二机器人臂的IDM,以及细长轴223,其附接至基座221。第一机器人臂和第二机器人臂可以被配置成分别使护套210和引导件220前进。护套210的细长轴213包括工作通道,引导件220的细长轴223被配置成通过该工作通道插入。细长轴213和223中的每一个的远端中的每一个可以包括铰接部,该铰接部被配置成经由施加到沿对应细长轴的壁(或内部)布置的腱部的张力而弯曲。

[0121] 在图18中所示的示例中,护套210的细长轴213具有大约683mm的长度。这样,细长轴213的最大行程长度大约为683mm减去患者导引器的工作长度。如果患者导引器的工作长度为大约150mm,仅作为示例而非限制,则护套210的细长轴213的最大行程长度可以为大约533mm。此外,在该示例中,引导件220的细长轴223可以为大约930mm。在此,引导件220可以延伸超过护套210的远端大约130mm,以允许引导件220的远端接入靶部位,例如以执行医疗过程。因此,在一个示例中,引导件220的最大行程长度可以为大约663mm。

[0122] 然而,可以基于推车和机器人臂的设置位置来减小护套210和引导件220的各自的最大行程长度。例如,如果第一机器人臂(例如,附接至护套210的臂)在接触患者导引器之前达到其最大伸展,则第一机器人臂将不能进一步插入护套210,从而减小了可实现的行程长度。在另一示例中,在以初始姿势(例如,以部分伸展的姿势)将第一机器人臂与患者导引器对准之后,第一机器人臂缩回到载荷器械姿势。然而,载荷器械姿势与初始姿势之间的距离可以不足以实现护套210的完全插入。类似的考虑因素影响引导件220的可实现行程长度。

[0123] 可以限制护套210和/或引导件220的可实现的行程长度的另一因素包括机器人臂中的一个或更多个与操作环境中存在的其他对象之间的潜在碰撞。例如,如果阻止了第二机器人臂的IDM(附接至引导件)与第一机器人臂的IDM接触,则引导件220将丢失引导件220的超过护套210的远端的一部分的行程长度。

[0124] 图19是示出根据本公开内容的各方面的用于支气管镜检查过程的设置过程的另一示例的流程图。方法1900可以在用户将推车放置在患者附近以使推车的的一个或更多个机器人臂与患者对准之后开始。方法1900开始于框1901处。在框1905处,系统接收来自用户的准入模式输入。机器人臂中之一可以包括导纳按钮(例如,在IDM上或附近)以允许用户转换为准入模式。如上所述,准入模式可以允许用户直接向机器人臂的一部分施加力作为用于移动臂的输入。在特定实现方式中,当用户在准入模式下移动(一个或更多个机器人臂中的)第一机器人臂时,机器人臂中的每一个可以保持基本恒定的间隔和相对定向。

[0125] 在框1910处,系统向用户提供边界的指示。边界可以是允许用户以准入模式下移动第一机器人臂的区域。边界可以由系统确定使得当第一机器人臂与边界内的接入点对准时,护套和引导件中的每一个的行程长度都高于预定阈值(本文中也称为“行程长度阈值”)。在一个示例中,该接入点可以包括患者导引器,该患者导引器可以在执行支气管镜检查过程时安装在例如用户的嘴中。然而,在其他医疗过程中,接入点可以包括被设计成经由接入点将医疗器械引导到用户中的另外的设备。接入点也可以是没有在其中安装设备的自然孔口(例如,患者的嘴)。在其他实施方式中,接入点可以是小切口,其允许器械以微创的

方式接入患者的解刨结构。

[0126] 取决于实施方式,系统可以经由以下中的至少一个提供边界的指示:触觉指示;视觉指示;以及音频指示。例如,系统可以经由显示器向用户提供第一机器人臂在边界内的位置的视觉指示。在另一实施方式中,扬声器可以用于指示距边界的最近部分的距离,或者可以提供用户已经使第一机器人臂在边界的阈值距离内移动的指示以提供第一机器人臂正在接近边界的警告。

[0127] 在另一实施方式中,系统可以向用户提供边界的触觉指示。例如,第一机器人臂中的马达可以自由地允许用户使第一机器人臂在边界内移动,但是可以防止第一机器人臂移动到边界之外。在特定实施方式中,这可以让用户感觉像第一机器人臂的IDM正在撞击不可见的墙壁。可替代地,当第一机器人臂接近边界时,第一机器人臂可以增加模拟的移动阻力,并且一旦IDM到达边界就阻止进一步的移动。因此,系统可以在臂设置阶段期间将第一机器人臂的移动限制在边界区域内。在其他实施方式中,例如当边界由体积表示时,系统可以在臂设置阶段期间将第一机器人臂的移动限制在边界体积内。

[0128] 在特定实施方式中,边界是二维区域并且仅限制边界平面内的移动。例如,在支气管镜检查实施方式中,IDM的垂线(Z轴)与患者导引器的对应特征对准。在过程期间,该高度通常是固定的,并且支气管镜插入到或者体内不需要在Z轴上有任何实质的移动。因此,在臂设置阶段期间第一机器人臂的Z轴的变化可能不显著影响可实现的行程长度。在这些实施方式中,边界因此可以仅在X-Y平面中限定,从而允许在Z轴上的自由移动。

[0129] 然而,其他医疗过程和/或机器人系统配置可以包括在医疗过程期间一个或更多个机器人臂在Z轴上的移动。在这些实施方式中,边界可以在包括Z轴的三维中限定。

[0130] 返回到方法1900,在框1915处,系统可以接收或检测来自用户的覆盖先前提供给用户的边界的输入。例如,在开始臂设置阶段之前,推车可能尚未被放置在理想位置,并且因此,接入点(例如,患者导引器)可以不在边界内。当第一机器人臂的IDM不能到达接入点时,用户可能希望覆盖边界以确定第一机器人臂是否能够与边界之外的接入点对准。用户可以通过经由例如覆盖输入或耦接至系统的另一输入/输出设备(例如,触摸屏显示器)向系统输入覆盖命令来覆盖边界。

[0131] 在框1920处,响应于检测到不覆盖边界的输入,系统基于从用户接收的输入将第一机器人臂与接入点对准。例如,用户可以在准入模式中向第一机器人臂施加力,并且系统可以使用该力作为输入来改变第一机器人臂的位置。该对准可以包括将第一机器人臂的IDM上的标记或其他对准设备与接入点(例如,患者导引器)上的对应标记或对准设备匹配。对准设备的示例包括IDM和患者导引器上的可以配合在一起的对准物理构件、诸如RFID标签/读取器的电子通信设备、位置追踪系统(其可以基于光学和/或声学技术)等。在第一机器人臂与接入点对准之后,在框1925处,系统从用户接收装载器械姿势输入。该输入可以指示用户已完成对准步骤并且准备好将器械(例如,支气管镜的护套和引导件)装载到机器人臂上。

[0132] 在框1945处,系统将第一机器人臂移动到装载器械姿势使得用户可以将医疗器械装载到第一机器人臂上。

[0133] 在框1930处,响应于检测到覆盖边界的输入,系统基于从用户接收的输入将机器人臂与接入点对准。例如,用户可以在准入模式下向第一机器人臂施加力,并且系统可以使

用该力作为输入来改变第一机器人臂的位置。在该情况下,用户可以将第一机器人臂移动到先前在框1910中提供给用户的边界之外。在框1935处,系统计算可实现的行程长度,并向用户提供计算结果的指示。在一个实现方式中,系统可以“实时”计算并向用户提供指示。例如,系统可以以采样频率检测第一机器人臂的移动。该系统然后可以基于检测到的第一机器人臂的移动来确定第一机器人臂的位置。然后系统可以基于第一机器人臂的位置来模拟帮助使医疗器械前进到患者中的第一机器人臂的可实现的行程长度。下面将结合图20更详细地描述一种用于模拟可实现的行程长度的技术。

[0134] 存在可以用于向用户提供可实现的行程长度的指示的多种不同的技术。在一个实现方式中,系统可以向用户提供表示模拟的可实现的行程长度的数值。在另一实现方式中,系统可以存储(例如,在存储器中)用于对患者执行特定医疗过程所需的行程长度。在特定实施方式中,所需行程长度可以是机器人臂的最小行程长度,其允许机器人臂使医疗器械前进以从患者的接入点经其间的预定路径到达靶区。

[0135] 例如,在臂设置阶段之前,可以已经捕获患者的管腔网络的图像。对于特定医疗过程,可以通过使用低剂量CT扫描的集合来执行患者管腔网络的手术前映射。基于该映射,系统可以确定从所选择的接入点到靶目的地的路径,并且计算经由所确定的路径到达靶目的地所需的行程长度。系统然后将所需的行程长度与可实现的行程长度相比较,并且基于第一机器人臂的姿势向用户提供是否可以到达靶目的地的指示。例如,系统可以确定可实现的行程长度是否大于或等于最小行程长度,并且提供可实现的行程长度是否大于或等于最小行程长度的指示。根据系统的计算带宽,系统能够连续地更新过程的模拟,并且当用户在准入模式下移动第一机器人臂时提供是否能够到达期望的靶目的地的指示。

[0136] 在特定实施方式中,系统可以响应于用户释放准入模式按钮而确定可实现的行程长度是否大于或等于最小行程长度。例如,当在准入模式下时,用户可能仍然将机器人臂移动到对准,并且因此,在准入按钮被按下时,可以不设置机器人臂的初始姿势。在用户释放准入按钮之后,系统可以推断第一机器人臂的姿势与接入点对准,并且因此,可以在其后将可实现的行程长度与最小行程长度相比较。因此,在特定实现方式中,系统可以仅响应于用户释放准入模式按钮而提供或更新是否可以到达靶目的地的指示。

[0137] 在框1940处,系统从用户接收接受所提供的行程长度的输入。例如,系统可以被配置成使用指示所提供的可实现行程长度是否对用户可接受的输入来接收。当用户接受所提供的可实现行程长度时,系统可以在框1925处接收包括用于系统移动到载荷器械姿势中的指令的输入(例如,用户输入)。如果系统接收到的输入指示用户没有接受可实现的行程长度,则方法在框1950处结束,并且系统可以向用户显示指令以重新定位推车以增加可实现的行程长度。然而,在其他实施方式中,系统能够确定第一机器人臂可以被移动以调整可实现的行程长度的方向使得医疗过程可以被执行;在这样的实施方式中,系统可以确定可实现的行程长度小于最小行程长度、计算从当前位置到边界的方向,并且提供从当前位置到边界的方向的指示。

[0138] C. 可实现的行程长度的模拟。

[0139] 在特定实施方式中,为了确定一个或多个机器人臂的初始位置的可实现的行程长度,系统可以执行医疗过程的模拟。例如,给定的医疗过程可以包括取决于所涉及的特定过程的一组相关联的机器人臂的移动序列。移动的顺序还可以基于患者的取决于医疗过程



的特性。

[0140] 图20是示出根据本公开内容的各方面的用于模拟医疗过程的示例方法的流程图。具体地,图20的实施方式涉及支气管镜检查过程。模拟的细节将取决于正在执行的医疗过程和外科手术系统的对应配置,外科手术系统的对应配置包括过程中涉及的机器人臂的数目、对准过程、附接或安装在患者中的任何附加设备等。

[0141] 方法2000开始于框2001。在框2005处,系统模拟引导件完全插入到护套中。由于为了模拟的目的,假设护套机器人臂的位置与接入点(例如,患者导引器)对准,因此框2005对应于将护套和引导件两者完全插入患者中。在框2010处,系统基于框2005中的模拟插入的结果来确定可实现的引导件行程长度。也就是说,如果模拟导致对完全插入到护套中的引导件的某种碰撞或其他障碍,则引导件的模拟的可实现的行程长度可能小于理想条件下的最大可实现的引导件行程长度。

[0142] 在框2015处,系统模拟引导件从护套工作通道缩回。这可能涉及在框2005模拟之前模拟引导件向引导件机器人臂的初始姿势的缩回。在框2020处,系统模拟护套和引导件两者从患者的完全缩回。此处,完全缩回可以指从患者身上完全缩回护套和引导件,但是将护套和引导件留在接入点中。在框2025处,系统基于框2020的模拟结果确定护套的可实现的行程长度。例如,如果系统确定某种碰撞或其他障碍将阻止护套从患者完全缩回,则护套的模拟的可实现的行程长度可能小于理想条件下的最大可实现的护套行程长度。

[0143] 在框2030处,系统将模拟的可实现的引导件和护套行程长度与该过程所需的行程长度相比较。如上所述,该系统能够基于患者管腔网络的手术前映射来计算该过程所需的行程长度。方法200在框2035处结束。

[0144] 结合图20描述的方法2000包括支气管镜检查过程的模拟。然而,在特定医疗过程期间的移动顺序可以取决于执行该过程的要求从结合图20描述的顺序改变。类似地,可以以不同于图20所示的顺序来模拟事件序列,只要可以模拟引导件和护套的可实现的行程长度即可。

[0145] 在另一示例中,系统可以以与在过程期间执行的相同的顺序来模拟第一机器人臂和第二机器人臂的移动。例如,系统可以确定帮助使护套从接入点经由路径前进到靶区的第一机器人臂的至少一个第一移动。系统还可以确定帮助使引导件穿过护套前进到靶区的第二机器人臂的至少一个第二移动。此后,系统可以在第一机器人臂和第二机器人臂的位置处模拟至少一个第一移动和至少一个第二移动,并且基于该模拟计算第一机器人臂和第二机器人臂的至少一个可实现的行程长度。

[0146] 尽管已经结合支气管镜检查示例描述了方法2000,但是本公开内容的各方面还可以模拟用于其他类型的医疗或外科手术过程的一个或更多个机器人臂的可实现的行程长度。在特定实现方式中,机器人系统可以被配置成执行多种外科手术中的一种。在这些实现方式中,系统可以被配置成接收指示针对患者的外科手术过程的输入。基于接收到的外科手术过程输入,系统可以确定第一机器人臂的至少一个靶移动,所述至少一个靶移动帮助使医疗器械从接入点经由路径前进到靶区并在靶区处执行外科手术过程,这可以基于用于执行该过程的外科手术或医疗器械以及操纵该器械所需的机器人臂的数目。该系统还可以在第二机器人臂的位置处模拟至少一个靶移动,并且基于模拟的移动来计算第二机器人臂的可实现的行程长度。



[0147] 系统可以确定所模拟的移动将导致第一机器人臂与对象碰撞,该对象可以是外科手术机器人系统的另一部分,例如另一机器人臂、推车等,或者可以是操作环境内的另一对象。为了模拟与其他对象的碰撞,可以将操作环境内的对象的位置和形状编程到系统的存储器中。例如,C形臂可以用于各种医疗过程中,并且可以位于机器人臂的工作区域内。因此,系统可以基于所选择的初始姿势来模拟给定过程是否将导致与C形臂碰撞。可实现的行程长度的计算还可以基于所模拟的移动将导致第一机器人臂与对象碰撞的确定以及所模拟的移动是否将导致第一机器人臂完全伸展的确定。

[0148] 机器人臂中的一个或更多的完全伸展也可能限制对应臂的行程长度。因此,在模拟期间,系统还可以确定所模拟的移动是否将导致机器人臂中之一完全伸展。该系统还可以基于所模拟的移动将导致机器人臂中之一完全伸展的确定来计算可实现的行程长度。

[0149] 在可替选的实施方式中,不是实时地计算或模拟可实现的行程长度,而是系统可以将行程长度验证模块存储在存储器中,该行程长度验证模块针对第一机器人臂的多个初始姿势中的每一个来限定第一机器人臂的可实现的行程长度。行程长度验证模块可以包括存储在存储器中的数据库或过程,该数据库或过程将第一机器人臂的初始姿势的值与对应的可实现的行程长度相关联。在特定实施方式中,行程长度验证模块可以包括查找表或其他数据结构,该查询表或其他数据结构存储针对第一机器人臂的多个初始姿势中的每一个的可实现的行程长度。在其他实施方式中,行程长度验证模块可以包括用于针对给定的机器人臂的初始姿势计算可实现的行程长度的技术。

[0150] 这对于定义明确的医疗过程是可行的,在该医疗过程中,除了第一机器人臂的初始姿势外,没有限制行程长度的其他因素(例如,对象碰撞)。这些实施方式可以包括在臂设置阶段期间检测第一机器人臂向初始姿势的移动,并且基于初始姿势从行程长度验证模块中检索可实现的行程长度。然后,系统可以确定可实现的行程长度是否大于或等于最小行程长度,并且提供可实现的行程长度是否大于或等于最小行程长度的指示。系统还可以响应于检测到用户发起的事件,例如指示系统在确定可实现的行程长度时使用行程长度验证模块的用户输入,从行程长度验证模块中检索可实现的行程长度。

[0151] 3. 实现系统和术语。

[0152] 本文公开的实现方式提供了用于确定机器人臂的初始姿势是否将为医疗过程提供足够的行程长度的系统、方法和设备。在特定实施方式中,该确定可以包括对确定机器人臂可实现的行程长度的过程的模拟。

[0153] 应注意,术语“耦接”或本文中使用的词耦接的其他变型可以指示间接连接或直接连接。例如,如果第一部件“耦接”至第二部件,则第一部件可以经由另一部件间接连接至第二部件或直接连接至第二部件。

[0154] 本文中描述的用于模拟和确定行程长度的计算和确定功能可以作为一个或更多个指令存储在处理器可读或计算机可读介质上。术语“计算机可读介质”是指可以由计算机或处理器访问的任何可用介质。作为示例而非限制,这样的介质可以包括随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦除可编程只读存储器(EEPROM)、闪存存储器、致密盘只读存储器(CD-ROM)或其他光盘存储装置、磁盘存储装置或其他磁性存储设备、或者可以用于指令或数据结构的形式存储期望的程序代码并且可以由计算机访问的任何其他介质。应当注意,计算机可读介质可以是有形且非暂态的。如本文中所使用的,术语“代码”可以指能

够由计算设备或处理器执行的软件、指令、代码或数据。

[0155] 本文公开的方法包括用于实现所述方法的一个或更多个步骤或动作。在不偏离权利要求的范围的情况下,方法步骤和/或动作可以彼此互换。换句话说,除非正在描述的方法的正确操作需要步骤或动作的特定顺序,否则可以在不脱离权利要求的范围的情况下修改特定步骤和/或动作的顺序和/或使用。

[0156] 如本文中使用的,术语“多个”表示两个或更多个。例如,多个部件表示两个或更多个部件。术语“确定”涵盖各种各样的动作,并且因此,“确定”可以包括计算、估算、处理、推导、调查、查找(例如,在表、数据库或其他数据结构中查找)、判断等。此外,“确定”可以包括接收(例如,接收信息)、访问(例如,访问存储器中的数据)等。此外,“确定”可以包括解析、选择、挑选、建立等。

[0157] 除非另有明确说明,否则短语“基于”并不意味着“仅基于”。换言之,短语“基于”描述了“仅基于”和“至少基于”两者。

[0158] 提供了所公开的实现方式的先前描述,以使得本领域技术人员能够实现或使用本发明。对于本领域技术人员来说,对这些实现方式的各种修改将是明显的,并且在不脱离本发明的范围的情况下,本文中限定的一般原理可以应用于其他实现方式。例如,将理解本领域普通技术人员将能够采用多个对应的可替换的和等同的结构细节,例如紧固、安装、耦接或接合工具部件的等效方式、用于产生特定的致动运动的等效机制以及用于递送电能的等效机制。因此,本发明不旨在限于本文中所示的实现方式,而是与符合本文中公开的原理和新颖特征的最宽范围一致。

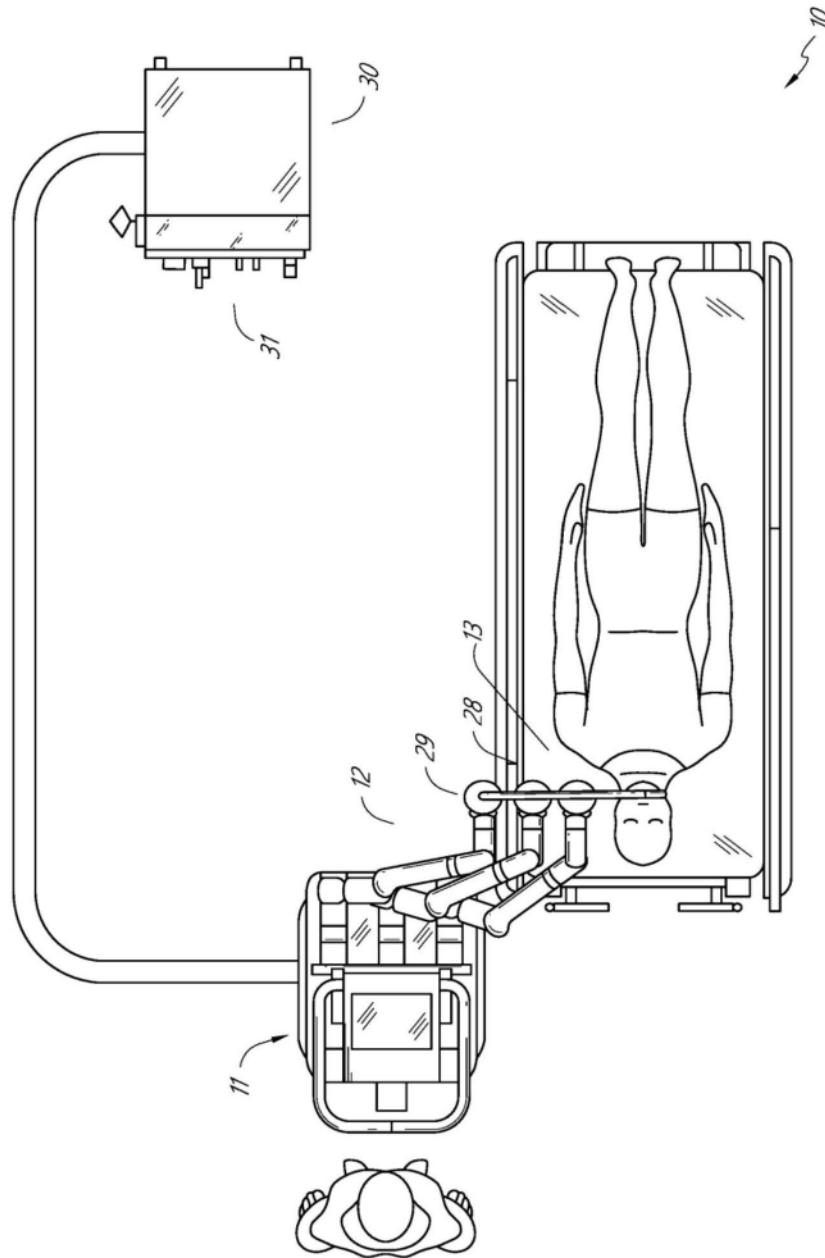


图1

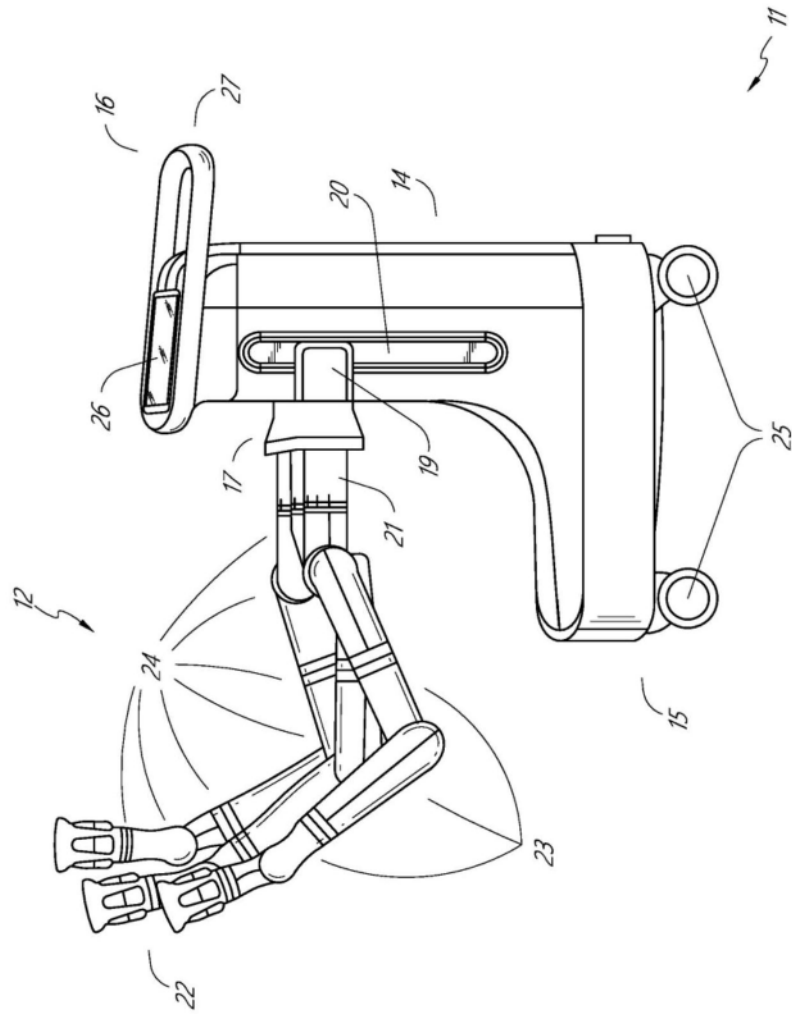


图2

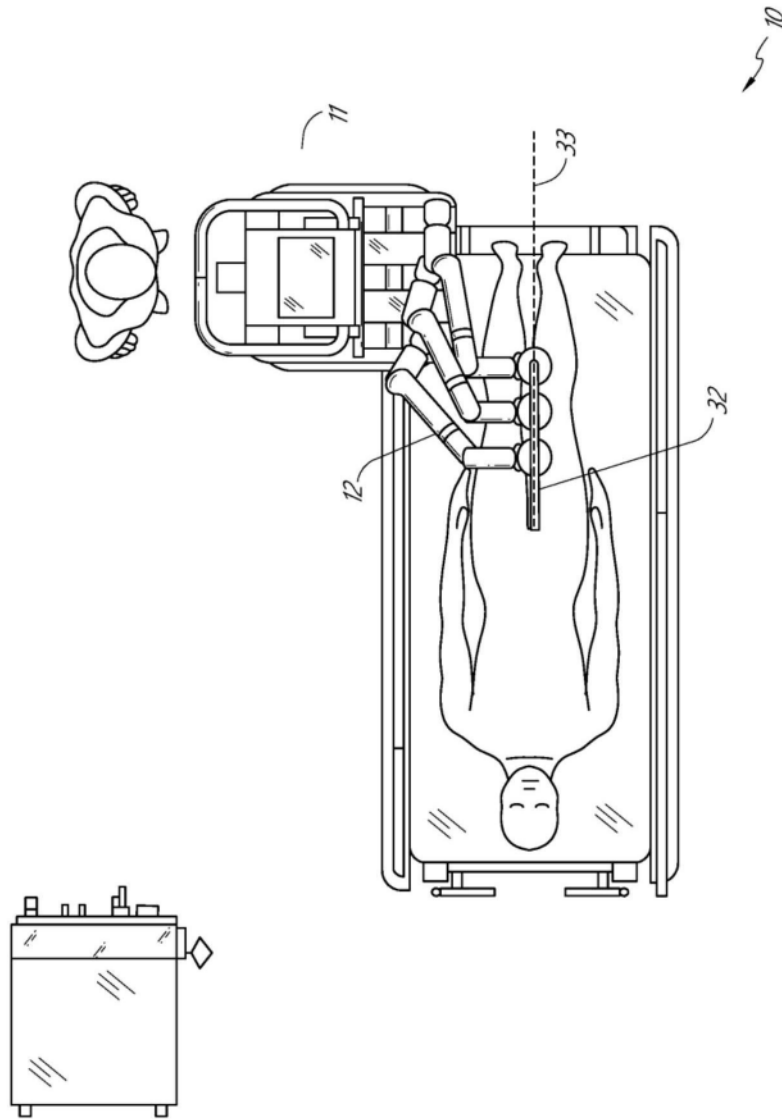


图3

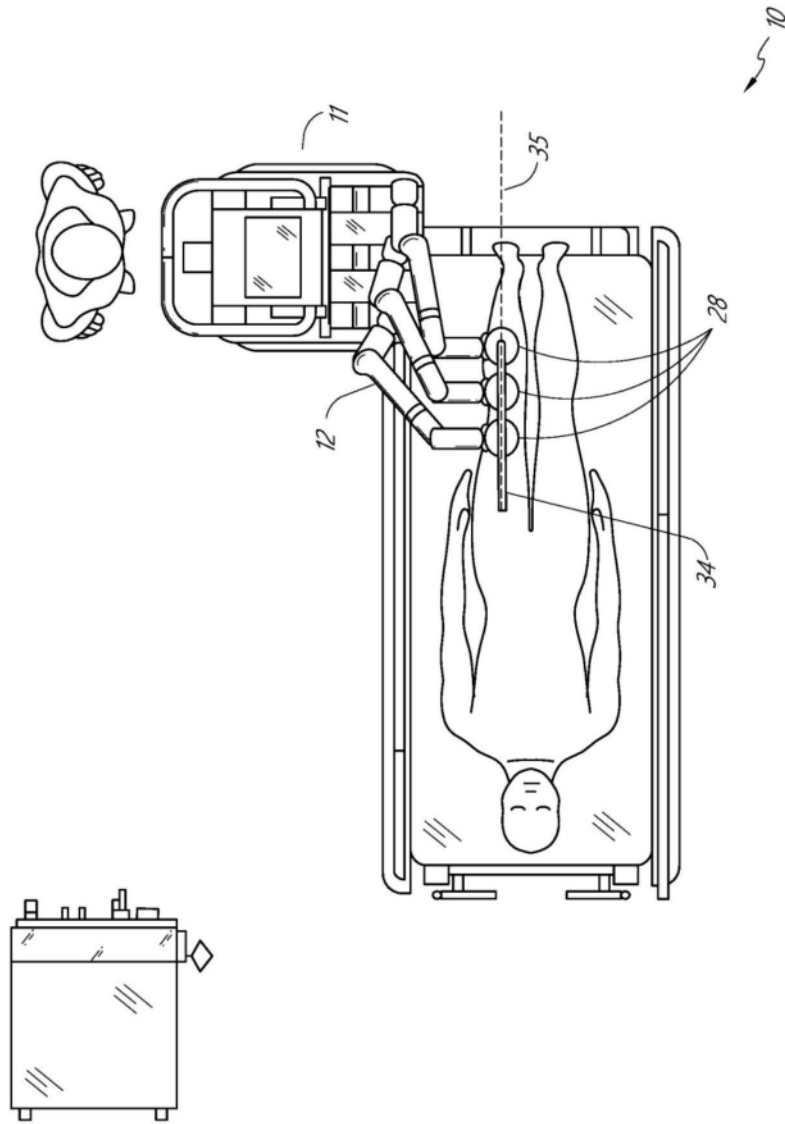


图4

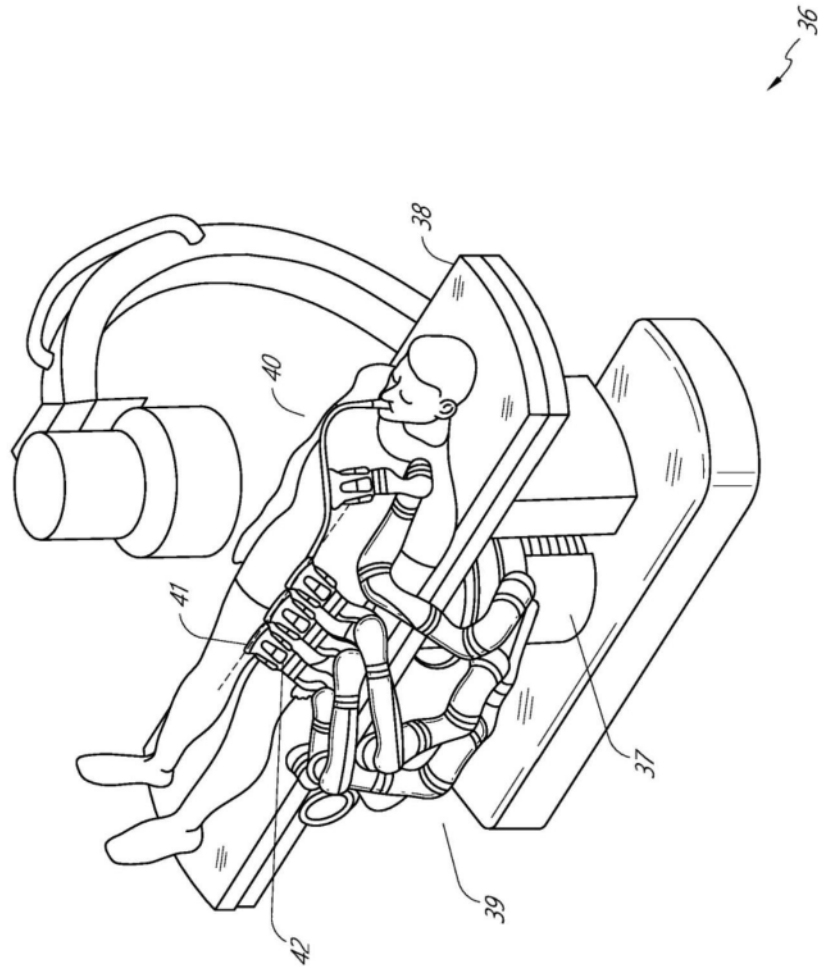


图5

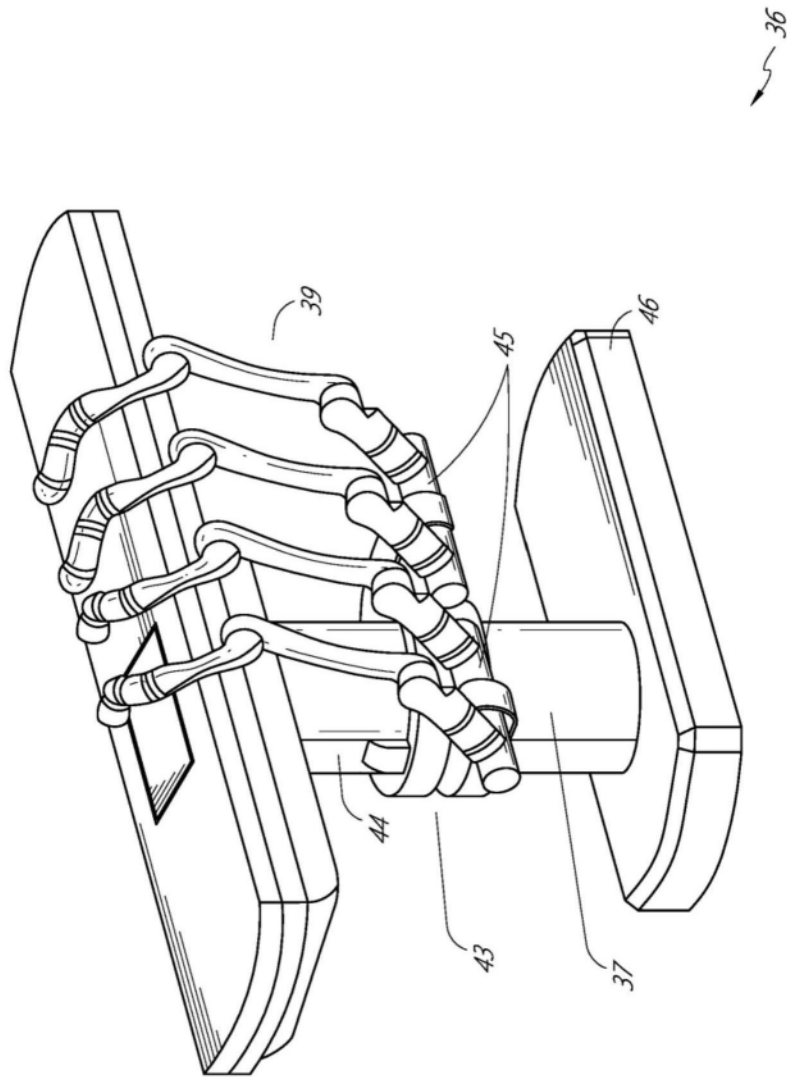


图6



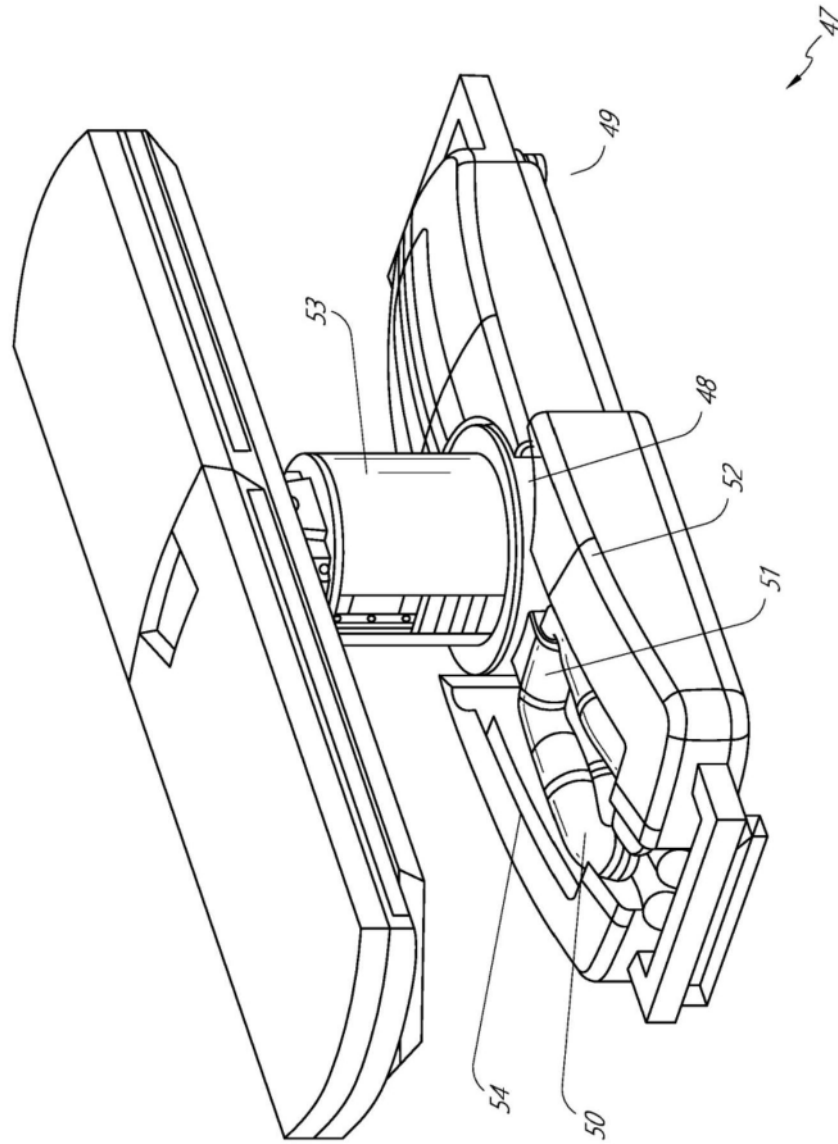


图7

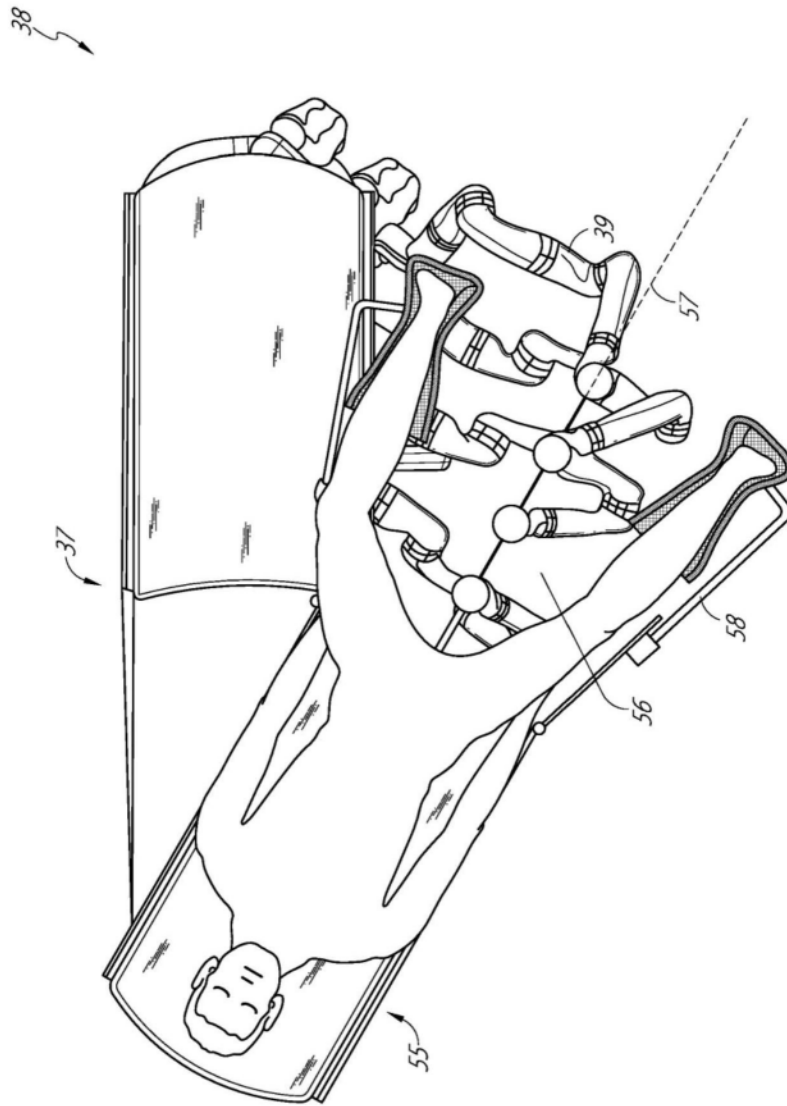


图8

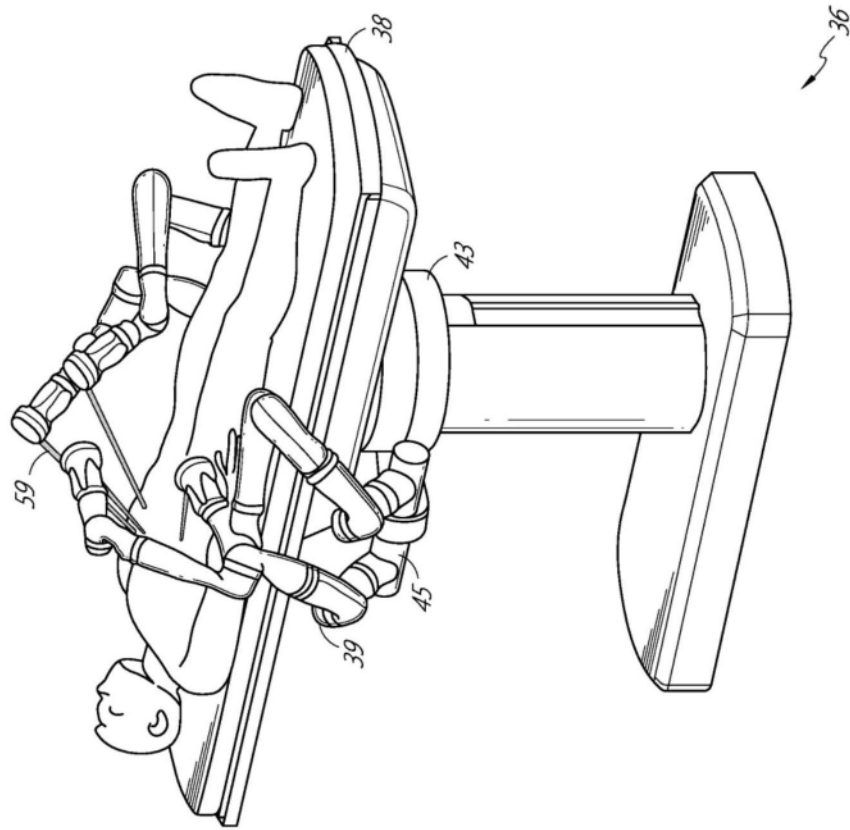


图9

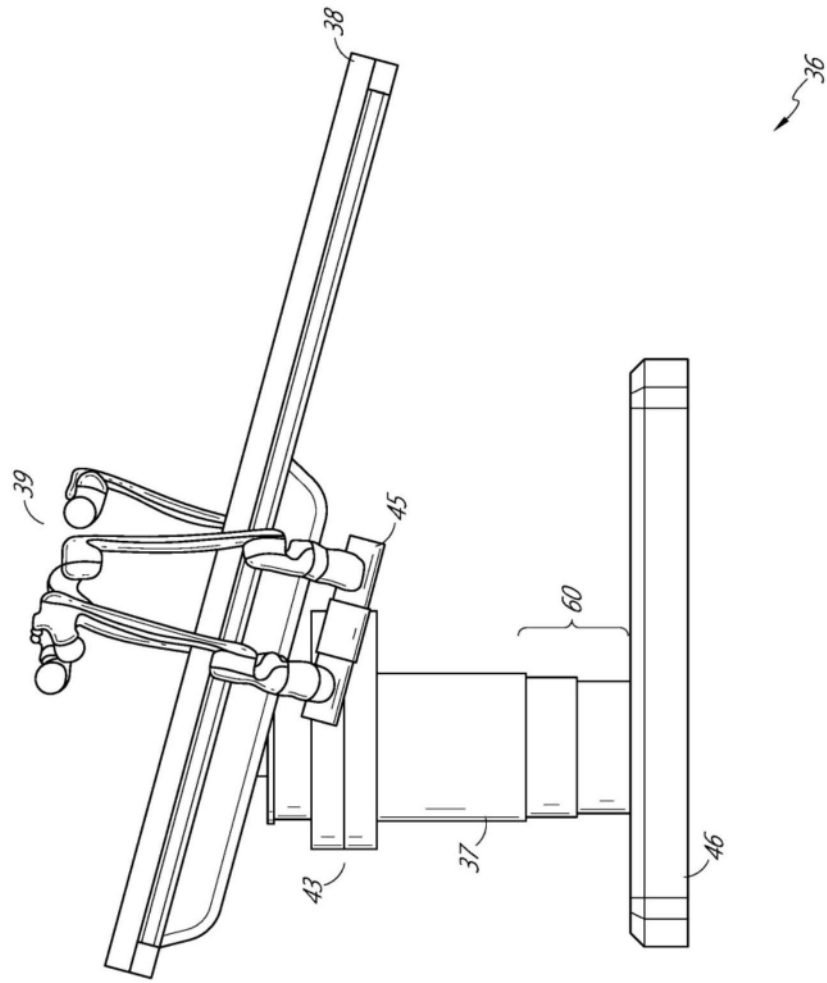


图10

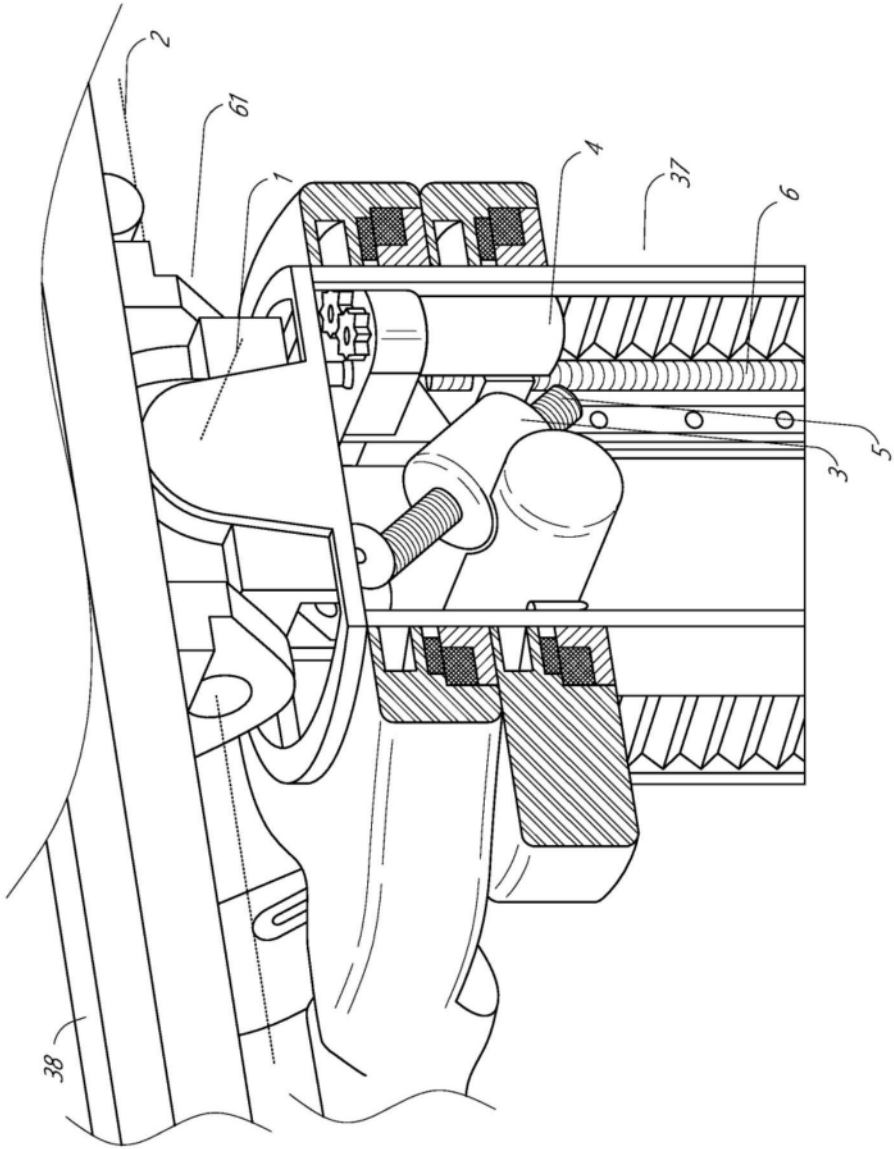


图11

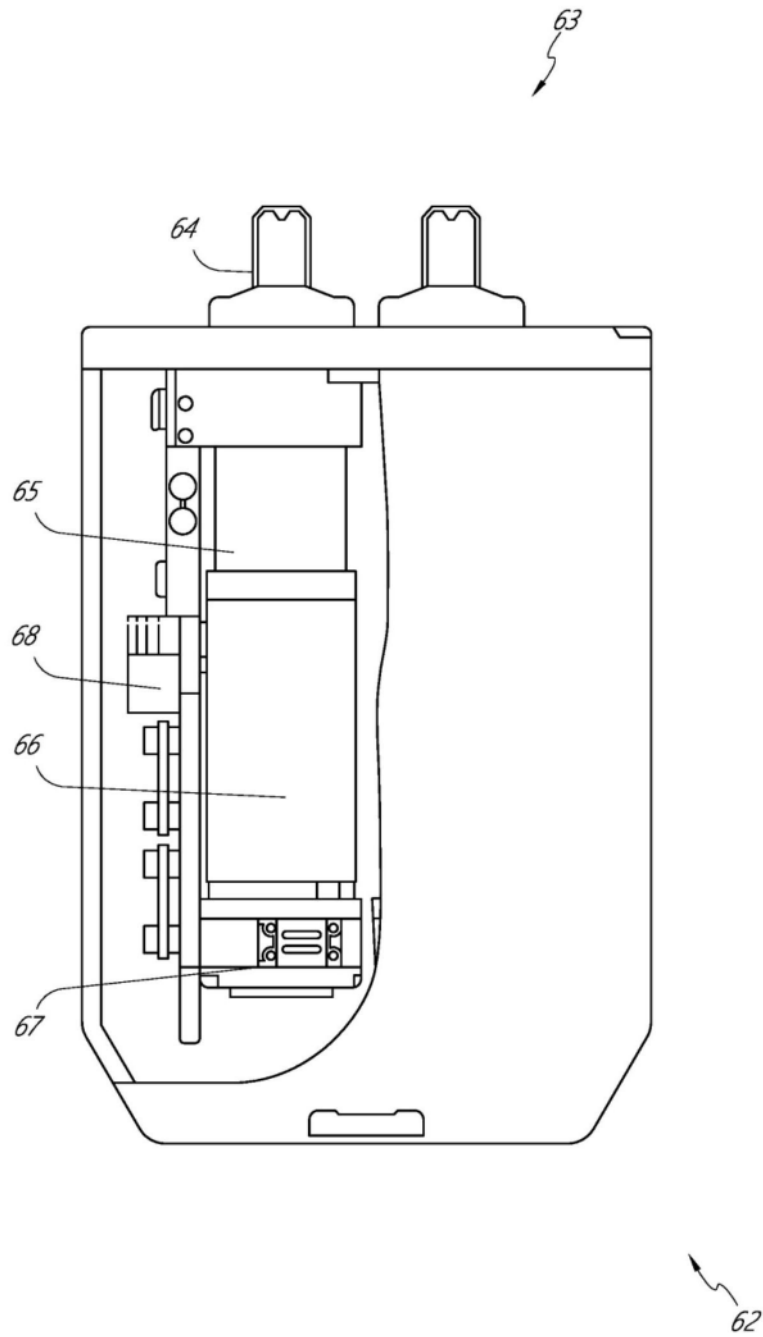


图12

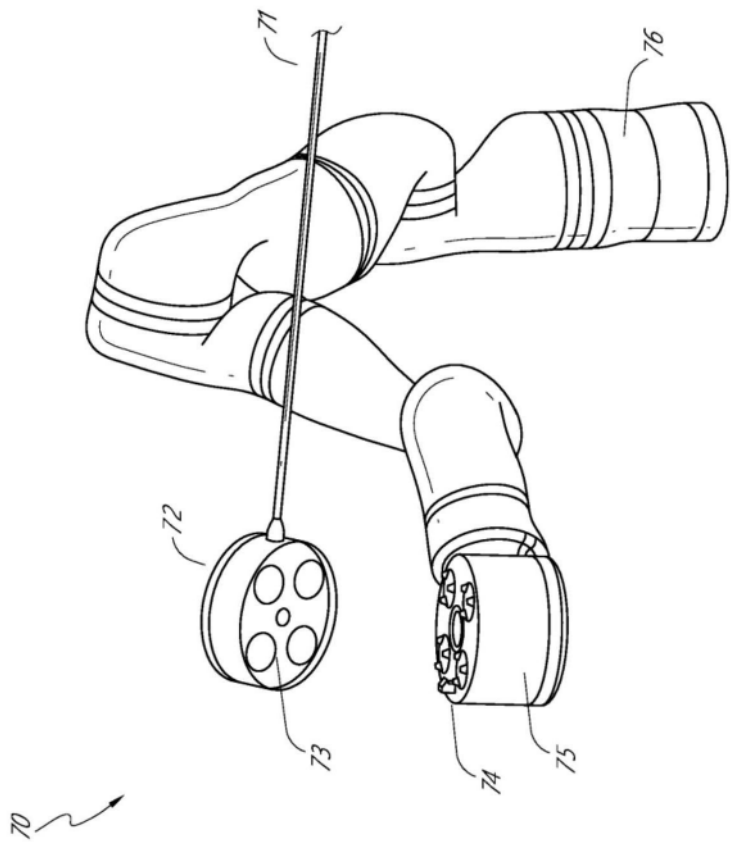


图13

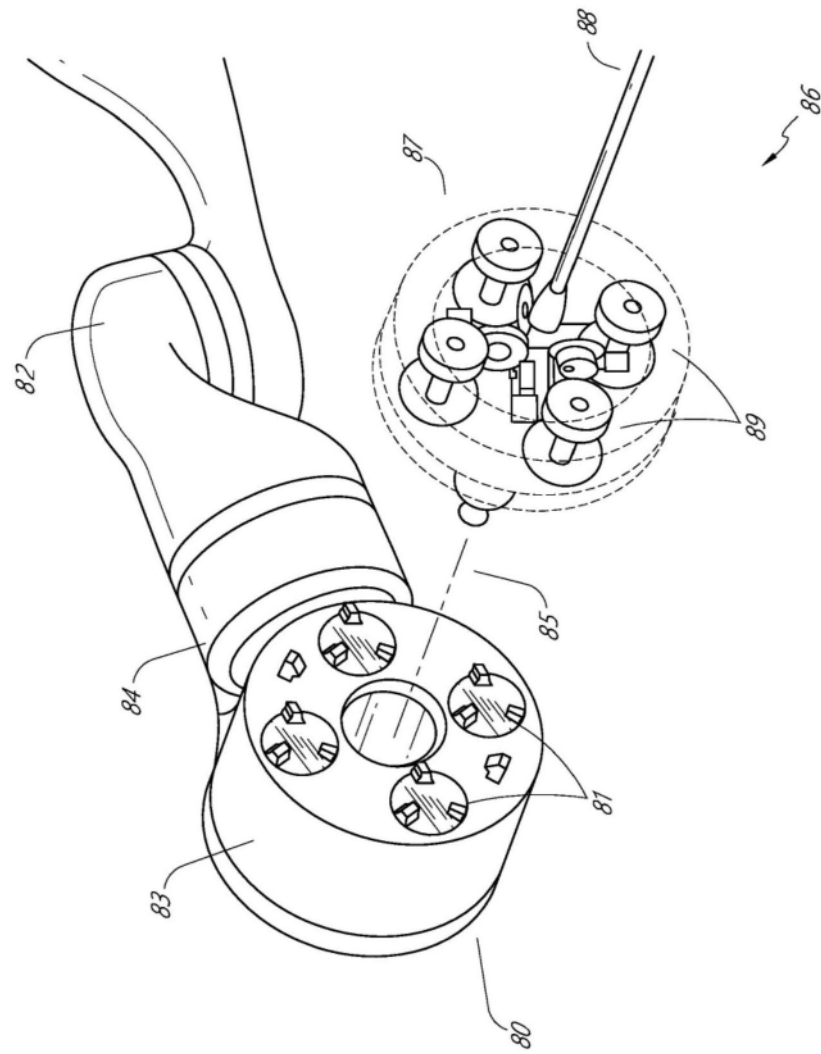


图14



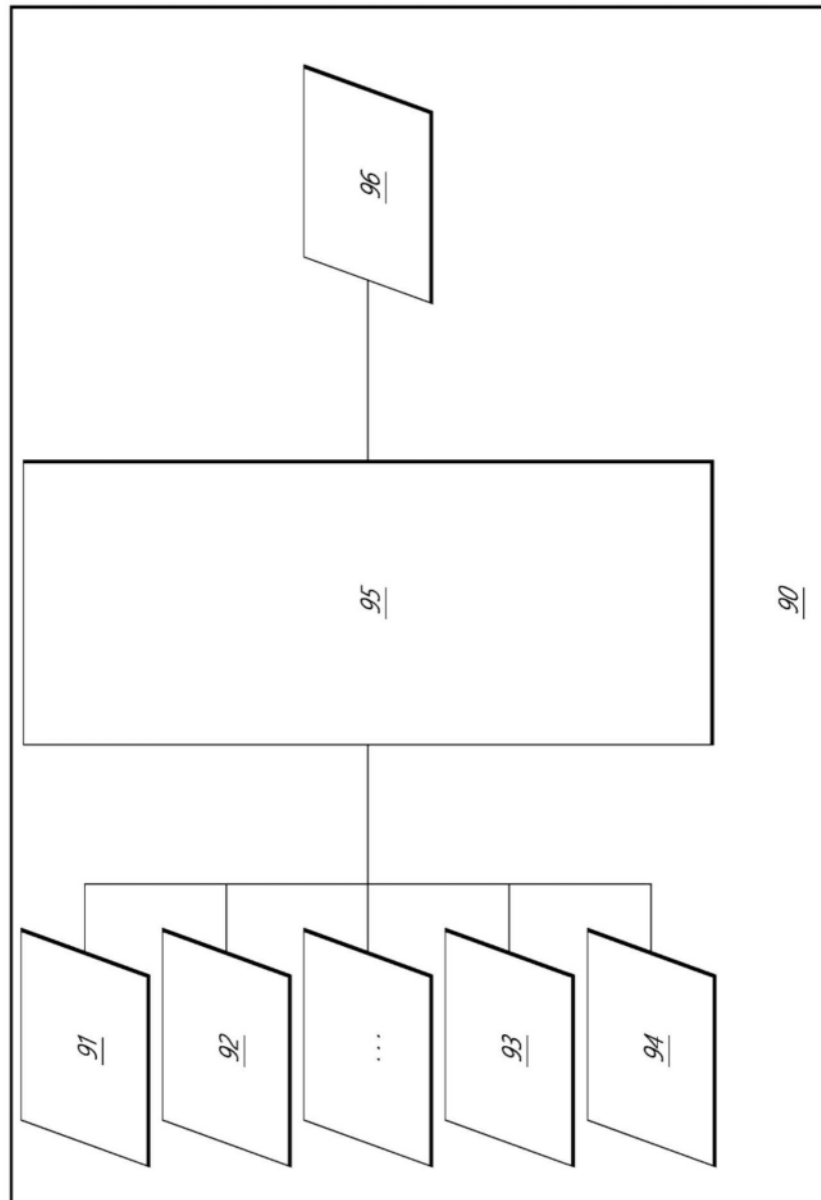


图15

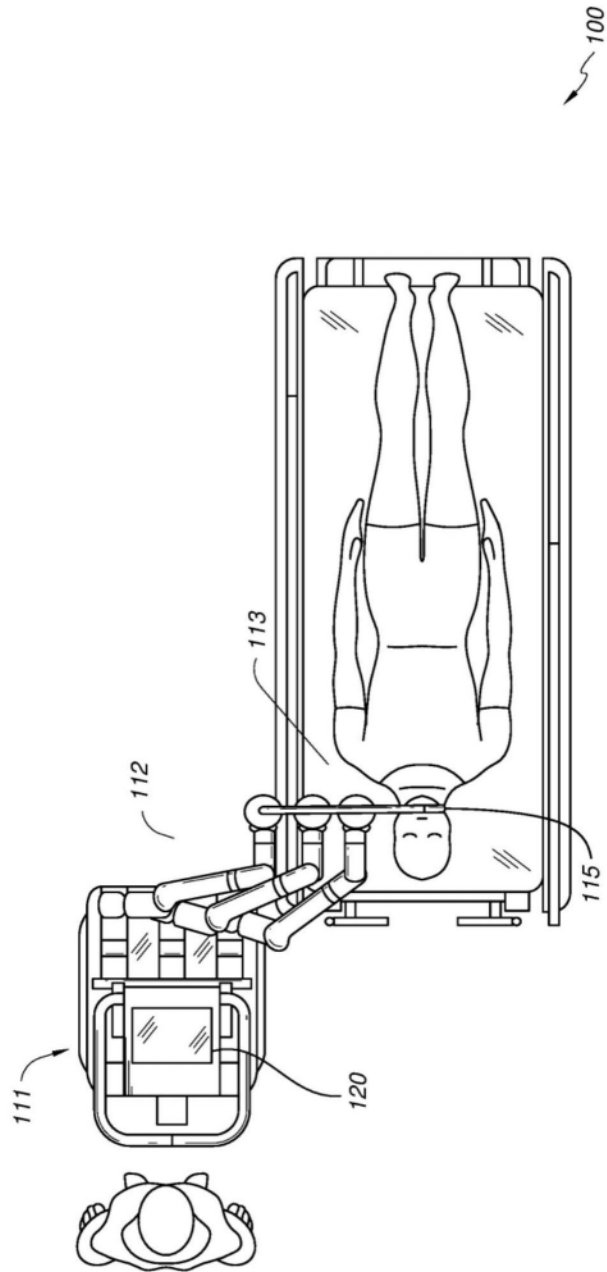


图16

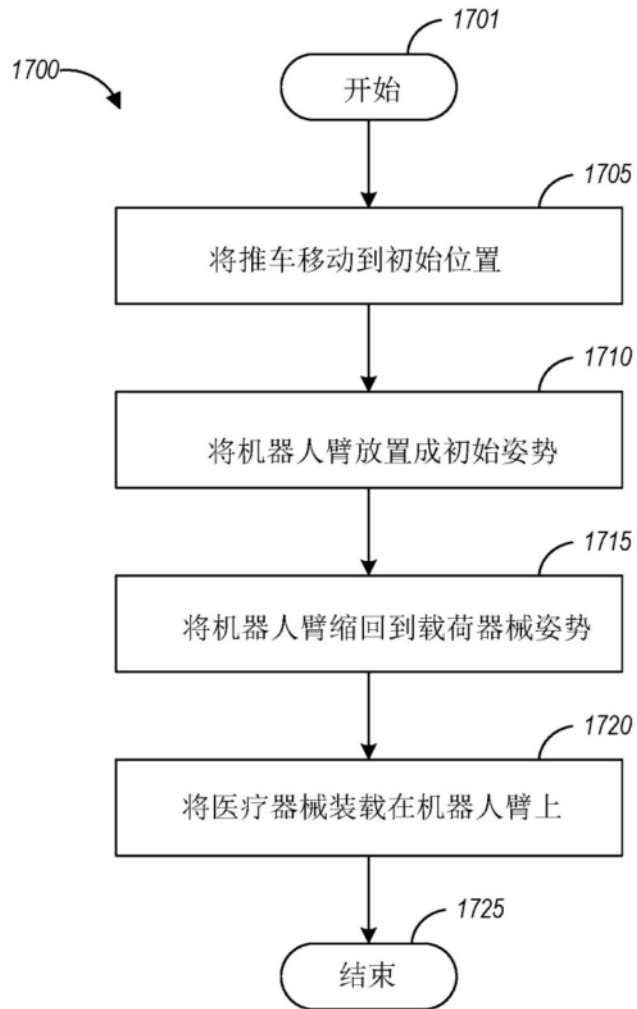


图17A

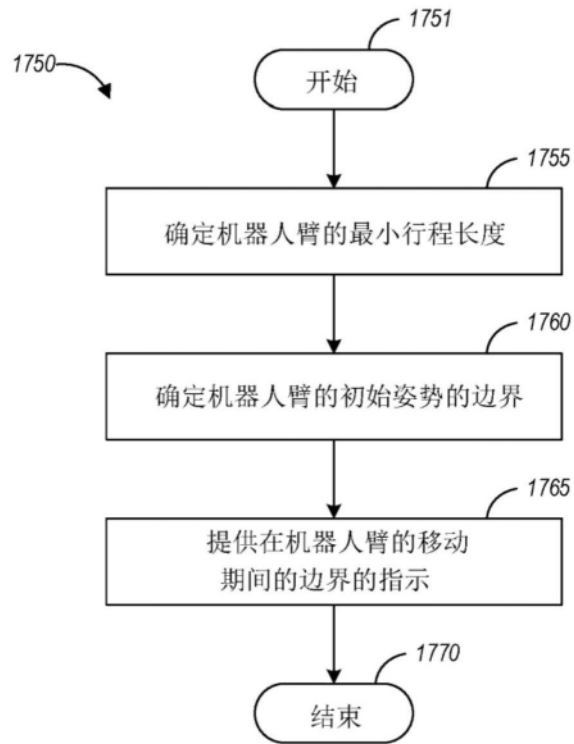


图17B

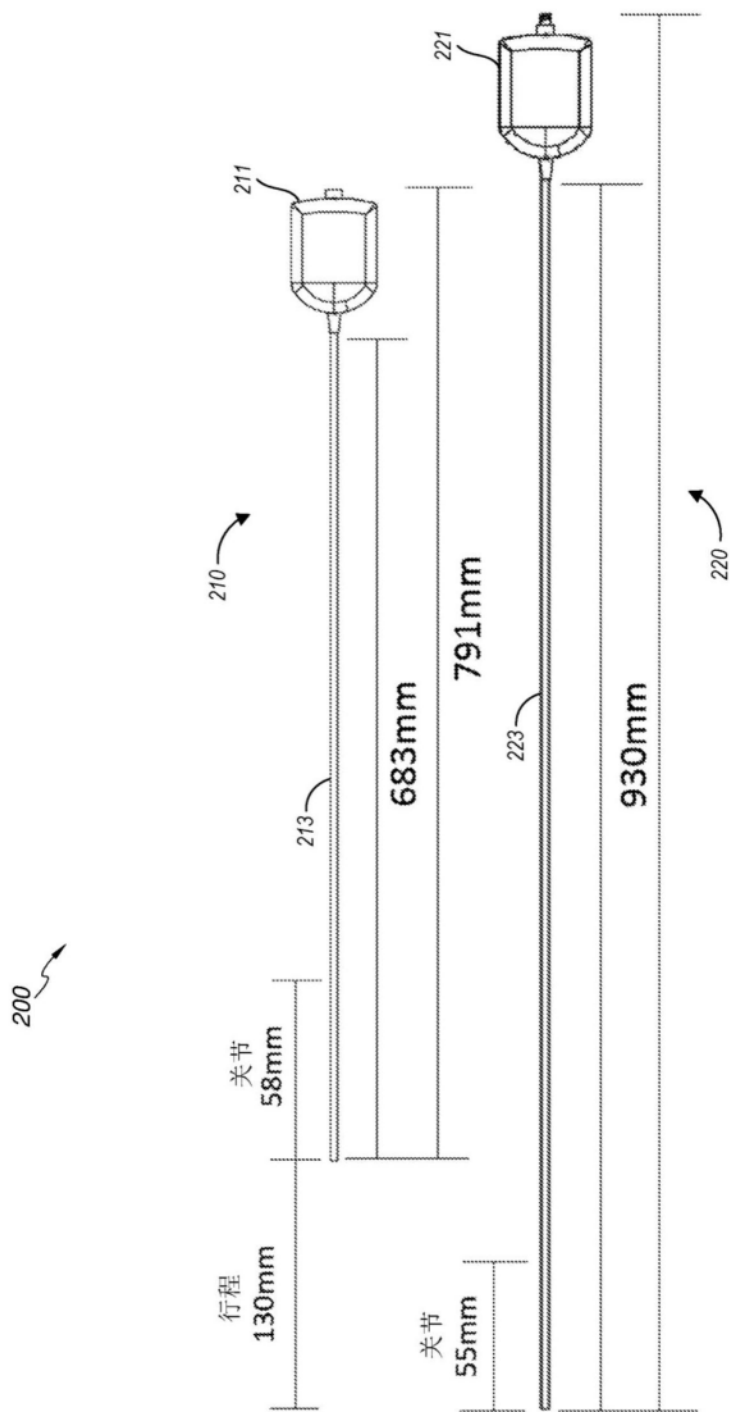


图18

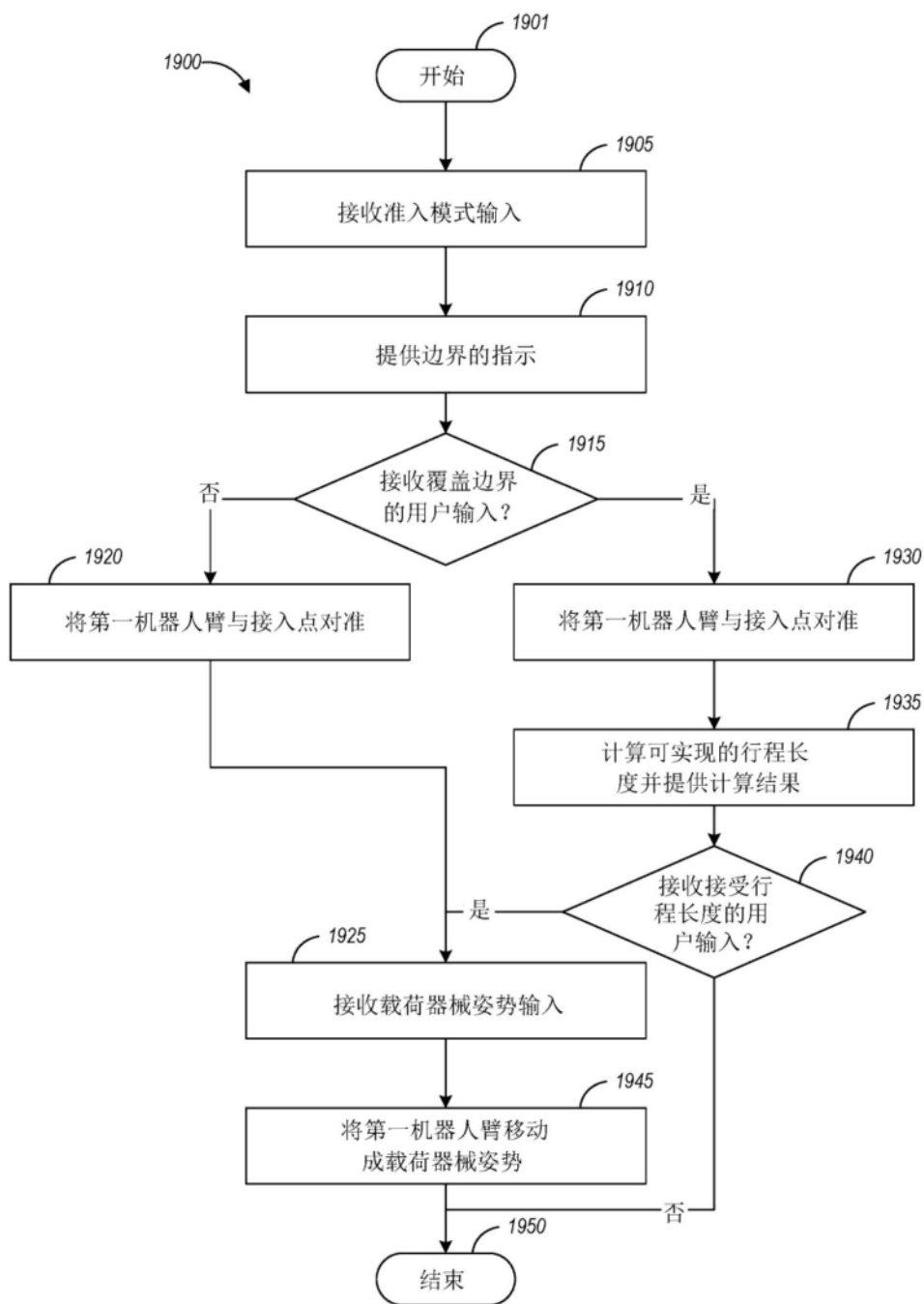


图19

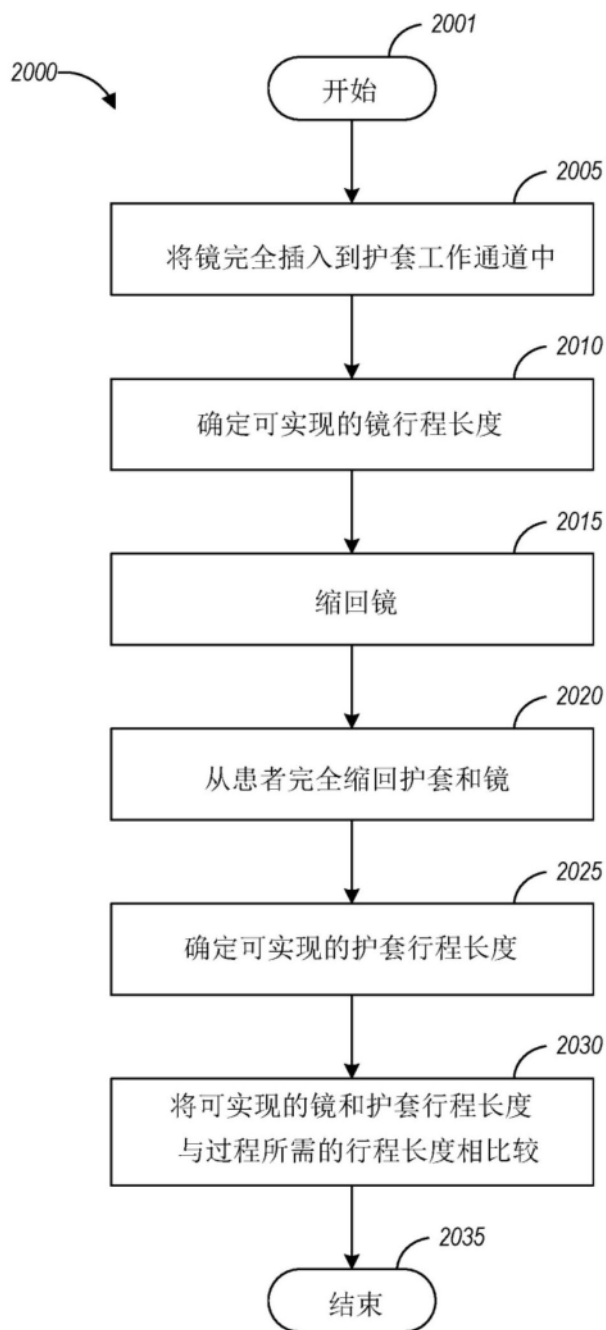


图20