



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111386450 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 02

(21) 申请号 201880076085.8

(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 111386450 A

(43) 申请公布日 2020.07.07

(30) 优先权数据
15/729,569 2017.10.10 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.05.25

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2018/052964 2018.09.26

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/074669 EN 2019.04.18

(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 林佳艺 钟书耘

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 黄霖 李新燕

(51) Int.Cl.
G01L 5/22 (2006.01)
A61B 34/32 (2006.01)
A61B 34/20 (2006.01)
A61B 90/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 101325920 A, 2008.12.17
CN 102612350 A, 2012.07.25
DE 102005054575 B3, 2007.04.26
US 2009012534 A1, 2009.01.08
US 2010145521 A1, 2010.06.10
CN 101227870 A, 2008.07.23

审查员 胡跃澜

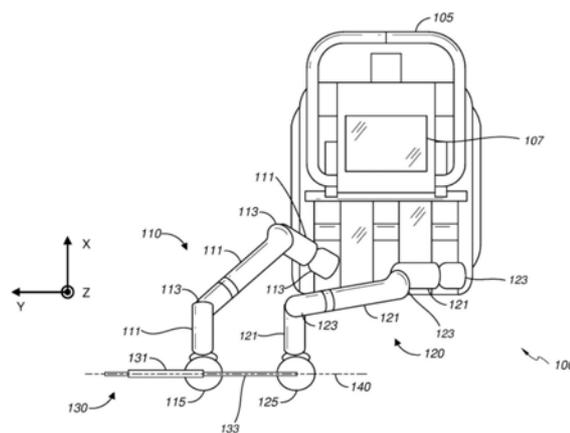
权利要求书5页 说明书21页 附图22页

(54) 发明名称

手术机器人臂上不期望的力的检测

(57) 摘要

某些方面涉及用于检测一个或多个手术机器人臂上的不期望的力的系统和技术。在一个方面中,提供了一种系统,该系统包括机器人臂,该机器人臂包括:两个连杆、接合件、扭矩传感器和仪器装置操纵器(IDM)。该系统还可以包括处理器,该处理器配置成基于扭矩传感器的输出来测量接合件处的第一扭矩值,并且基于机器人臂的位置来确定接合件处的第二扭矩值。该第二扭矩值可以指示两个连杆之间的扭矩的重力分量。处理器还可以被配置成基于第一扭矩值与第二扭矩值之间的差来确定IDM处的力,并且基于IDM处的力来确定机器人臂是否已经与物体碰撞或未对准。



1. 一种系统,包括:
第一机器人臂,所述第一机器人臂包括:
至少两个连杆,
至少一个接合件,所述至少一个接合件连接所述至少两个连杆,
至少一个扭矩传感器,所述扭矩传感器配置成检测所述至少两个连杆之间的扭矩,以及
仪器装置操纵器,所述仪器装置操纵器连接至所述第一机器人臂的远端端部;
处理器;以及
存储器,所述存储器存储用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:
基于所述扭矩传感器的输出测量所述至少一个接合件处的第一扭矩值,
基于所述第一机器人臂的位置确定所述至少一个接合件处的第二扭矩值,所述第二扭矩值指示所述至少两个连杆之间的扭矩的重力分量,
基于所述第一扭矩值与所述第二扭矩值之间的差确定所述仪器装置操纵器处的第一力,以及
基于所述仪器装置操纵器处的所述第一力确定所述第一机器人臂是否已经与物体碰撞。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:
响应于确定所述第一机器人臂已经与所述物体碰撞而对所述第一机器人臂与所述物体之间的碰撞的指示进行编码,以及
将经编码的碰撞的指示提供至配置为呈现经编码的数据的显示器。
3. 根据权利要求1所述的系统,还包括:
可转向仪器,所述可转向仪器构造成通过所述仪器装置操纵器沿着第一轴线的运动而在患者体内被驱动,
其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:
确定施加至所述仪器装置操纵器的所述第一力的沿着垂直于所述第一轴线的第二轴线的第二分量,以及
确定所述第一力的所述第一分量大于第一阈值,
其中,还基于确定所述第一力的所述第一分量大于所述第一阈值来确定所述第一机器人臂已经与所述物体碰撞。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:
确定施加至所述仪器装置操纵器的所述第一力的沿着所述第一轴线的第二分量,以及
确定所述第一力的所述第二分量大于第二阈值,
其中,还基于确定所述第一力的所述第二分量大于所述第二阈值来确定所述第一机器人臂已经与所述物体碰撞,所述第二阈值大于将所述可转向仪器插入所述患者体内的预期力。
5. 根据权利要求1所述的系统,还包括:
可转向仪器,所述可转向仪器构造成在患者体内被驱动,所述可转向仪器包括第一医

疗仪器和第二医疗仪器,所述第二医疗仪器构造成被驱动穿过所述第一医疗仪器的工作通道,所述第一机器人臂构造成沿着第一轴线驱动所述第一医疗仪器;以及

第二机器人臂,所述第二机器人臂构造成驱动所述第二医疗仪器穿过所述第一医疗仪器,

其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:

检测所述第二机器人臂的仪器装置操纵器处的第二力,

确定所述第一力和所述第二力两者均大于阈值力,以及

响应于确定所述第一力和所述第二力两者均大于所述阈值力而确定所述第一机器人臂和所述第二机器人臂未对准。

6. 根据权利要求5所述的系统,其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:

确定在检测所述第二力的时候插入数据指示所述第二医疗仪器正在被驱动穿过所述第一医疗仪器,

其中,还响应于确定所述插入数据指示所述第二医疗仪器正在被驱动穿过所述第一医疗仪器而确定所述第一机器人臂和所述第二机器人臂未对准。

7. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:

确定在测量所述第一扭矩值和所述第二扭矩值的时候插入数据指示所述第一医疗仪器正在被驱动到所述患者体内,

确定所述第一力大于所述阈值力,以及

响应于确定所述插入数据指示所述第一医疗仪器正在被驱动并且确定所述第一力大于所述阈值力而确定所述第一机器人臂与构造成将所述第一医疗仪器导引到所述患者体内的患者导引器未对准。

8. 根据权利要求6所述的系统,其中,所述第一医疗仪器和所述第二医疗仪器中的每一者包括以下中的一者:护套、引导件、针、钳子和刷子。

9. 根据权利要求1所述的系统,还包括:

可转向仪器,所述可转向仪器构造成在患者体内被驱动,所述可转向仪器包括第一医疗仪器和第二医疗仪器,所述第二医疗仪器构造成被驱动穿过所述第一医疗仪器,所述第一机器人臂构造成沿着第一轴线驱动所述第一医疗仪器;以及

第二机器人臂,所述第二机器人臂构造成驱动所述第二医疗仪器穿过所述第一医疗仪器,

其中,所述存储器还包括用以使所述处理器进行下述操作的计算机可执行指令:

检测施加至所述第二机器人臂的仪器装置操纵器的第二力,

确定所述第一力和所述第二力沿相反的方向,

确定所述第一力与所述第二力的大小之间的差小于阈值差,以及

响应于确定所述第一力和所述第二力沿相反方向并且确定所述第一力与所述第二力的大小之间的所述差小于所述阈值差而确定所述第一机器人臂和所述第二机器人臂未对准。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中:

所述第一机器人臂还包括至少一个位置传感器,所述位置传感器构造成测量所述至少两个连杆之间的角度,

所述存储器还包括用以使所述处理器基于所述位置传感器的输出确定力的计算机可执行指令,

所述扭矩传感器、马达和所述位置传感器位于所述接合件中,以及

所述扭矩传感器、所述马达和所述位置传感器中的每一者均联接至与所述接合件连接的所述至少两个连杆。

11. 一种非暂时性计算机可读存储介质,所述非暂时性计算机可读存储介质具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

基于扭矩传感器的输出测量第一机器人臂的接合件处的第一扭矩值,所述第一机器人臂包括:两个连杆,所述两个连杆由接合件连接;扭矩传感器,所述扭矩传感器配置成检测所述两个连杆之间的扭矩;以及仪器装置操纵器,所述仪器装置操纵器连接至所述第一机器人臂的远端端部;

基于所述第一机器人臂的位置确定所述接合件处的第二扭矩值,所述第二扭矩值指示所述两个连杆之间的扭矩的重力分量;

基于所述第一扭矩值与所述第二扭矩值之间的差确定所述仪器装置操纵器处的第一力;以及

基于所述仪器装置操纵器处的所述第一力确定所述第一机器人臂是否已经与物体碰撞。

12. 根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读存储介质,还具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

响应于确定所述第一机器人臂已经与所述物体碰撞而对所述第一机器人臂与所述物体之间的碰撞的指示进行编码,以及

将经编码的碰撞的指示提供至配置为呈现经编码的数据的显示器。

13. 根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述第一机器人臂还构造成通过所述仪器装置操纵器沿着第一轴线的运动而在患者体内驱动可转向仪器,所述非暂时性计算机可读存储介质还具有存储其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

确定施加至所述仪器装置操纵器的所述第一力的沿着垂直于所述第一轴线的第二轴线的分量;

确定所述第一力的所述第一分量大于第一阈值;以及

还基于确定所述第一力的所述第一分量大于所述第一阈值来确定所述第一机器人臂已经与所述物体碰撞。

14. 根据权利要求13所述的非暂时性计算机可读存储介质,还具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

确定施加至所述仪器装置操纵器的所述第一力的沿着所述第一轴线的第二分量;

确定所述第一力的所述第二分量大于第二阈值;以及

还基于确定所述第一力的所述第二分量大于所述第二阈值来确定所述第一机器人臂已经与所述物体碰撞,所述第二阈值大于将所述可转向仪器插入到所述患者体内的预期

力。

15. 根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述第一机器人臂还构造成在患者体内驱动可转向仪器,所述可转向仪器包括第一医疗仪器和第二医疗仪器,所述第二医疗仪器构造成由第二机器人臂驱动穿过所述第一医疗仪器的工作通道,所述第一机器人臂构造成沿着第一轴线驱动所述第一医疗仪器,所述非暂时性计算机可读存储介质还具有存储其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

检测所述第二机器人臂的仪器装置操纵器处的第二力;

确定所述第一力和所述第二力两者均大于阈值力;以及

响应于确定所述第一力和所述第二力两者均大于所述阈值力而确定所述第一机器人臂和所述第二机器人臂未对准。

16. 根据权利要求15所述的非暂时性计算机可读存储介质,还具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

确定在检测所述第二力的时候插入数据指示所述第二医疗仪器正在被驱动穿过所述第一医疗仪器;以及

还响应于确定所述插入数据指示所述第二医疗仪器正被驱动穿过所述第一医疗仪器而确定所述第一机器人臂和所述第二机器人臂未对准。

17. 根据权利要求15所述的非暂时性计算机可读存储介质,还具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

确定在测量所述第一扭矩值和所述第二扭矩值的时候插入数据指示所述第一医疗仪器正被驱动到所述患者体内;

确定所述第一力大于所述阈值力;以及

响应于确定所述插入数据指示所述第一医疗仪器正在被驱动并且确定所述第一力大于所述阈值力而确定所述第一机器人臂与构造成将所述第一医疗仪器导引到所述患者体内的患者导引器未对准。

18. 根据权利要求15所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述第一医疗仪器和所述第二医疗仪器中的每一者均包括以下中的一者:护套、引导件、针、钳子和刷子。

19. 根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中,所述第一机器人臂还构造成在患者体内驱动可转向仪器,所述可转向仪器包括第一医疗仪器和第二医疗仪器,所述第二医疗仪器构造成通过第二机器人臂驱动穿过所述第一医疗仪器的工作通道,所述第一机器人臂构造成沿着第一轴线驱动所述第一医疗仪器,所述非暂时性计算机可读存储介质还在具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:

检测施加至所述第二机器人臂的仪器装置操纵器的第二力;

确定所述第一力和所述第二力沿相反的方向;

确定所述第一力与所述第二力的大小之间的差小于阈值差;以及

响应于确定所述第一力和所述第二力沿相反的方向并且确定所述第一力与所述第二力的大小之间的所述差小于所述阈值差而确定所述第一机器人臂和所述第二机器人臂未对准。

20. 根据权利要求11所述的非暂时性计算机可读存储介质,其中:

所述机器人臂还包括至少一个位置传感器,所述位置传感器配置成测量所述至少两个

连杆之间的角度，

所述非暂时性计算机可读存储介质具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置基于所述位置传感器的输出来确定力的指令，

所述扭矩传感器、马达和所述位置传感器位于所述接合件中，以及

所述扭矩传感器、所述马达和所述位置传感器中的每一者均联接至与所述接合件连接的所述两个连杆。

手术机器人臂上不期望的力的检测

技术领域

[0001] 本文中公开的系统和方法涉及手术机器人系统,并且更具体地涉及手术机器人系统中的一个或多个机器人臂上的不期望的力的检测。

背景技术

[0002] 医疗手术比如内窥镜检查(例如,支气管镜检查)可以包括将医疗工具插入患者的管腔网络(例如,气道)中以用于诊断和/或治疗目的。手术机器人系统可以用于在医疗手术期间插入和/或操纵可转向仪器工具。手术机器人系统可以包括至少一个机器人臂,所述至少一个机器人臂包括仪器装置操纵器(IDM)组件,该仪器装置操纵器(IDM)组件可以用于在医疗手术期间对可转向仪器的定位进行控制。

发明内容

[0003] 本公开的系统、方法和装置各自具有若干创新的方面,所公开的系统、方法和装置中没有单独的一者单独地对本文中所公开的期望属性负责。

[0004] 在一个方面中,提供了一种系统,该系统包括第一机器人臂、处理器和存储器,所述第一机器人臂包括:至少两个连杆;至少一个接合件,所述至少一个接合件连接至少两个连杆;至少一个扭矩传感器,所述至少一个扭矩传感器配置成检测至少两个连杆之间的扭矩;以及仪器装置操纵器(IDM),该仪器装置操纵器(IDM)连接至第一机器人臂的远端端部,存储器存储使处理器进行下述操作的计算机可执行指令:基于扭矩传感器的输出测量至少一个接合件处的第一扭矩值;基于第一机器人臂的位置确定至少一个接合件处的第二扭矩值,第二扭矩值指示至少两个连杆之间的扭矩的重力分量;基于第一扭矩值与第二扭矩值之间的差确定IDM处的第一力;以及基于IDM处的第一力确定第一机器人臂是否已经与物体碰撞。

[0005] 在另一方面中,提供了一种非暂时性的计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质具有存储在其上的、在执行时使至少一个计算装置进行下述操作的指令:基于扭矩传感器的输出测量第一机器人臂的接合件处的第一扭矩值,第一机器人臂包括通过接合件连接的两个连杆、构造成检测两个连杆之间的扭矩的扭矩传感器、以及连接至第一机器人臂的远端端部的仪器装置操纵器(IDM);基于第一机器人臂的位置确定接合件处的第二扭矩值,第二扭矩值指示两个连杆之间的扭矩的重力分量;基于第一扭矩值与第二扭矩值之间的差确定IDM处的第一力;以及基于IDM处的第一力确定第一机器人臂是否已经与物体碰撞。

[0006] 在又一方面中,提供了一种定位第一机器人臂的方法,该方法包括:基于扭矩传感器的输出测量第一机器人臂的接合件处的第一扭矩值,第一机器人臂包括通过接合件连接的两个连杆、构造成检测两个连杆之间的扭矩的扭矩传感器、以及连接至第一机器人臂的远端端部的仪器装置操纵器(IDM);基于第一机器人臂的位置确定接合件处的第二扭矩值,第二扭矩值指示两个连杆之间的扭矩的重力分量;基于第一扭矩值与第二扭矩值之间的差

确定IDM处的第一力;以及基于IDM处的第一力确定第一机器人臂是否已经与物体碰撞。

附图说明

[0007] 将在下文中结合附图描述所公开的方面,提供附图是用于对所公开的方面进行图示而非限制,在附图中,相同的附图标记表示相同的元件。

[0008] 图1图示了布置成用于诊断和/或治疗支气管镜检查手术的基于手推车的机器人系统的实施方式。

[0009] 图2描绘了图1的机器人系统的其他方面。

[0010] 图3图示了布置成用于输尿管镜检查的图1的机器人系统的实施方式。

[0011] 图4图示了布置成用于血管手术的图1的机器人系统的实施方式。

[0012] 图5图示了布置成用于支气管镜检查手术的基于台面的机器人系统的实施方式。

[0013] 图6提供了图5的机器人系统的替代性视图。

[0014] 图7图示了构造成存放机器人臂的示例系统。

[0015] 图8图示了构造成用于输尿管镜检查手术的基于台面的机器人系统的实施方式。

[0016] 图9图示了构造成用于腹腔镜检查手术的基于台面的机器人系统的实施方式。

[0017] 图10图示了具有俯仰或倾斜调节的图5至图9的基于台面的机器人系统的实施方式。

[0018] 图11提供了位于图5至图10的基于台面的机器人系统的台面与柱之间的接合的详细图示。

[0019] 图12图示了示例性仪器驱动器。

[0020] 图13图示了具有成对的仪器驱动器的示例性医疗仪器。

[0021] 图14图示了用于仪器驱动器和仪器的替代性设计,其中,驱动单元的轴线平行于仪器的长形轴的轴线。

[0022] 图15描绘了图示根据示例实施方式的定位系统的框图,该定位系统对图1至图10的机器人系统的一个或更多个元件的位置、比如图13和图14的仪器的位置进行估算。

[0023] 图16图示了根据本公开的方面的基于手推车的机器人系统的实施方式,该基于手推车的机器人系统可以构造成检测机器人臂的碰撞。

[0024] 图17是图示了根据本公开的方面的用于确定施加至机器人臂的力并且检测碰撞的示例步骤的流程图。

[0025] 图18图示了根据本公开的方面的机器人臂的自由体示意图,该自由体示意图用于对用于计算施加至机器人臂的力的技术进行描述。

[0026] 图19A是图示了根据本公开的方面的在医疗仪器的插入期间所测量的力的示例的曲线图。

[0027] 图19B是图示了根据本公开的方面的在医疗仪器的插入期间所测量的、可以指示碰撞事件的力的示例的曲线图。

[0028] 图19C是图示了根据本公开的方面的在医疗仪器的插入期间所测量的、可以指示未对准事件的力的示例的曲线图。

[0029] 图20是图示了根据本公开的方面的可以由手术机器人系统、或手术机器人系统的部件操作的用于检测碰撞或未对准的示例方法的流程图。

[0030] 图21是图示了根据本公开的方面的可以由手术机器人系统、或手术机器人系统的部件操作的用于检测碰撞的示例方法的流程图。

具体实施方式

[0031] 1. 综述

[0032] 本公开的各方面可以结合到机器人实现的医疗系统中,该机器人实现的医疗系统能够执行多种医疗手术,所述多种医疗手术包括比如腹腔镜检查的微创手术以及比如内窥镜检查的无创手术两者。在内窥镜检查手术之中,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] 除了执行广泛的手术外,该系统还可以提供额外的益处,比如增强的成像和用以协助医师的指导。另外,系统可以为医师提供从符合人体工程学的位置执行手术而无需尴尬的臂动作和位置的能力。更进一步地,系统可以为医师提供以改善的易用性执行手术使得可以通过单个用户控制系统的仪器中的一个或多个仪器的能力。

[0034] 出于说明的目的,下面将结合附图对各种实施方式进行了描述。应当理解的是,所公开的概念的许多其他实施方案是可能的,并且使用所公开的实施方案可以获得各种优点。在本文中包括标题以用于参照并且帮助定位各个部分。这些标题不意在关于所述标题描述的概念的范围进行限制。这些概念可以在整个说明书中具有适用性。

[0035] A. 机器人系统-手推车

[0036] 机器人实现的医疗系统可以根据特定手术以多种方式构造。图1图示了基于手推车的机器人实现的系统10的实施方式,该系统10布置成用于诊断和/或治疗性支气管镜检查手术。在支气管镜检查期间,系统10可以包括手推车11,该手推车11具有一个或多个机器人臂12,以将医疗仪器比如可转向内窥镜13——该可转向内窥镜13可以是用于支气管镜检查的手术专用的支气管镜——递送至天然的孔口进入点(即,在本示例中为定位在台面上的患者的口),从而递送诊断和/或治疗工具。如所示出的,手推车11可以靠近患者的上躯干定位,以便提供对进入点的触及。类似地,可以致动机器人臂12以相对于进入点定位支气管镜。在使用胃镜、用于GI手术的专用内窥镜执行胃肠(GI)手术时也可以使用图1中的装置。图2更详细地描绘了手推车的示例实施方式。

[0037] 继续参照图1,一旦手推车11被正确地定位,机器人臂12就可以机械地、手动地或以机械与手动组合的方式将可转向内窥镜13插入患者体内。如所示出的,可转向内窥镜13可以包括至少两个套叠伸缩部分比如内引导部分和外护套部分,每个部分联接至来自一组仪器驱动器28的单独的仪器驱动器,每个仪器驱动器联接至单独的机器人臂的远端端部。便于将引导部分与护套部分同轴地对准的仪器驱动器28的这种线性布置创建了“虚拟轨道”29,该“虚拟轨道”29可以通过将一个或多个机器人臂12操纵至不同的角度和/或位置而在空间中重新定位。本文中所描述的虚拟轨道在附图中使用虚线描绘,并且因此所述虚线不对系统的任何物理结构进行描绘。仪器驱动器28沿着虚拟轨道29的平移使内引导部分相对于外护套部分套叠伸缩,或者使内窥镜13相对于患者前进或缩回。可以基于临床应用或医师偏好来对虚拟轨道29的角度进行调节、平移和枢转。例如,在支气管镜检查中,所示出的虚拟轨道29的角度和位置代表了为医师提供对内窥镜13的触及与同时使由将内窥镜13弯曲至患者的口中而产生的摩擦最小之间的折衷。

[0038] 可以在插入后使用来自机器人系统的精确命令将内窥镜13沿患者的气管和肺部向下引导,直至到达目标终点或手术部位为止。为了提高穿过患者的肺网络的导航和/或达到期望的目标,可以操纵内窥镜13以使内引导部分相对于外护套部分可套叠伸缩地延伸,以获得增强的铰接和较大的弯曲半径。单独的仪器驱动器28的使用还允许引导部分和护套部分彼此独立地被驱动。

[0039] 例如,可以对内窥镜13进行引导以将活检针递送至目标比如例如患者的肺内的病变或结节。可以将针沿着沿内窥镜的长度延伸的工作通道向下部署以获得要被病理学家分析的组织样品。取决于病理学结果,可以将额外的工具沿着内窥镜的工作通道向下部署以用于额外的活检。在识别出恶性的结节之后,内窥镜13可以在内窥镜下递送工具以切除潜在的癌变组织。在一些实例中,可能需要在单独的手术中进行诊断和治疗处理。在那些情况中,也可以使用内窥镜13来提供基准以“标记”目标结节的位置。在其他实例中,可以在同一手术期间进行诊断和治疗处理。

[0040] 系统10还可以包括可移动塔30,该可移动塔30可以经由支持线缆连接至手推车11以对手推车11的控制装置、电子装置、流体装置、光学装置、传感器和/或电源提供支持。将此类功能置于塔30中允许可以由手术的医师和他/她的职员更容易地调节和/或重新定位的较小形状因子的手推车11。另外,在手推车/台面与支持塔30之间的功能分配减少了手术室的杂乱并且便于改进临床工作流程。在手推车11可以靠近患者定位的同时,塔30可以存放在偏远位置中以在手术期间不挡路。

[0041] 在以上所描述的机器人系统的支持中,塔30可以包括基于计算机的控制系统的部件,该部件例如将计算机程序指令存储在非暂时性的计算机可读介质比如持久的磁性存储驱动器、固态硬盘等内。那些指令的执行——无论执行发生在塔30中还是发生在手推车11中——可以对整个系统或整个系统的子系统进行控制。例如,当通过计算机系统的处理器执行时,指令可以使得机器人系统的部件对相关的托架和臂安装件进行致动、对机器人臂进行致动并且对医疗仪器进行控制。例如,响应于接收到控制信号,位于机器人臂的接合件中的马达可以将臂定位成某种姿势。

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

[0043] 塔30可以包括电压及电涌保护器,该电压及电涌保护器设计成向手推车11提供经过滤和受保护的电力,由此避免在手推车11中安置电力变压器和其他辅助电力部件,从而导致更小、更可移动的手推车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可以包括光电设备,该光电设备用于对从遍及机器人系统10的光学传感器或摄像机接收的数据进行检测、接收和处理。与控制系统结合,此类光电设备可以用于产生用于显示在遍及系统部署的任何数目的控制台中的实时图像,包括显示在塔30中。类似地,塔30还可以包括用于对从部署的电磁(EM)传感器接收的信号进行接收和处理的电子子系统。塔30还可以用于容纳和定位用于通过位于医疗仪器中或位于医疗仪器上的EM传感器来检测的EM场发生器。

[0045] 塔30还可以包括除了在系统的其余部分中可用的其他控制台之外的控制台31,例如,安装在手推车的顶部上的控制台。控制台31可以包括用于医师操作者的用户界面和显

示屏,比如触摸屏。系统10中的控制台总体上设计成提供机器人控制以及手术的术前信息和实时信息两者,比如内窥镜13的导航信息和定位信息。当控制台31不是医师可用的唯一控制台时,控制台31可以被第二操作者比如护士使用以对患者的健康或重要器官和系统的操作进行监测,并且可以提供比如导航信息和定位信息的手术专用数据。在其他实施方式中,控制台30被容纳在与塔30分开的本体中。

[0046] 塔30可以通过一个或更多个线缆或连接器(未示出)联接至手推车11和内窥镜13。在一些实施方式中,来自塔30的支持功能可以通过单根线缆提供至手推车11,从而简化了手术室并且使手术室整齐。在其他实施方式中,特定功能可以耦合到单独的线缆和连接器中。例如,在塔可以通过单根电力线缆向手推车提供电力时,可以通过单独的线缆为控制装置、光学装置、流体装置、和/或导航装置提供支持。

[0047] 图2提供了图1中所示出的基于手推车的机器人实现的医疗系统的手推车的实施方式的详细图示。手推车11总体上包括长形支承结构14(通常被称为“柱”)、手推车基部15、以及位于柱14的顶部处的控制台16。柱14可以包括一个或更多个托架,所述一个或更多个托架比如为托架17(替代性地“臂支承件”),该托架17用于对一个或更多个机器人臂12(在图2中示出了三个)的部署进行支承。托架17可以包括能够单独配置的臂安装件,该臂安装件沿着垂直轴线旋转以对机器人臂12的基部进行调节,从而相对于患者更好地定位。托架17还包括允许托架17沿着柱14竖向平移的托架接口19。

[0048] 托架接口19通过槽比如槽20连接至柱14,槽定位在柱14的相反侧部上以对托架17的竖向平移进行导引。槽20包括竖向平移接口以在相对于手推车基部15的各种竖向高度处定位和保持托架。托架17的竖向平移允许手推车11对机器人臂12的范围进行调节以满足各种台面高度、患者尺寸和医师偏好。类似地,托架17上的能够单独配置的臂安装件允许机器人臂12的机器人臂基部21以各种构型成角度。

[0049] 在一些实施方式中,槽20可以补充有槽盖,所述槽盖与槽表面齐平并且平行于槽表面,以在托架17竖向平移时防止污物和流体进入柱14的内部腔和竖向平移接口中。槽盖可以通过靠近槽20的竖向顶部和竖向底部定位的成对的弹簧卷筒而部署。当托架17竖向上下平移时,盖在卷筒内卷绕,直至部署成从盖的卷绕状态延伸和缩回为止。卷筒的弹簧载荷提供力以在托架17朝向卷筒平移时将盖缩回到卷筒中,同时还在托架17平移离开卷筒时保持紧密密封。盖可以使用例如位于托架接口19中的支架连接至托架17,以确保在托架17平移时盖的合适的延伸和缩回。

[0050] 柱14可以在内部包括比如齿轮和马达的机构,所述机构设计成使用竖向对准的导螺杆,以响应于控制信号以机械的方式平移托架17,所述控制信号响应于用户输入、例如来自控制台16的输入而产生。

[0051] 机器人臂12可以总体上包括机器人臂基部21和端部执行器22,所述机器人臂基部21和端部执行器22通过一系列连杆23分开,所述一系列连杆23通过一系列接合件24连接,每个接合件包括独立的致动器,每个致动器包括能够独立控制的马达。每个能够独立控制的接合件代表机器人臂可用的独立的自由度。臂12中的每个臂具有七个接合件,并且因此提供七个自由度。多个接合件产生多个自由度,从而允许“冗余的”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接合件角度将机器人臂12的相应的端部执行器22定位在空间中的特定的位置、取向和轨迹处。这允许系统从空间中期望的一点对医疗仪器进行

定位和引导,同时允许医师将臂接合件移动至远离患者的临床有利的位置中以创建更大的通道,从而避免臂碰撞。

[0052] 手推车基部15对地板上方的柱14、托架17和臂12的重量进行平衡。因此,手推车基部15容纳较重的部件比如电子装置、马达、电力供应器以及能够使手推车运动和/或使手推车固定的部件。例如,手推车基部15包括可滚动的轮型脚轮25,所述可滚动的轮型脚轮25允许手推车在手术之前绕房间容易地移动。在到达恰当的位置之后,可以使用轮锁定件固定脚轮25以在手术期间将手推车11保持就位。

[0053] 定位在柱14的竖向端部处,控制台16允许用于接收用户输入的用户界面和显示屏两者(或双重目的装置比如说例如触摸屏26)以向医师用户提供术前数据和术中数据两者。触摸屏26上的可能的术前数据可以包括术前计划、来源于术前的计算机断层扫描(CT)的导航及映像数据、和/或来自于术前患者访谈的资料。显示器上的术中数据可以包括由工具、传感器提供的光学信息和来自传感器的坐标信息以及比如呼吸、心率和/或脉搏之类的至关重要的患者统计数据。控制台16可以定位和倾斜成允许医师从柱14的与托架17相反的侧部触及控制台。从这个位置,医师可以在从手推车11的后部操作控制台16时观察到控制台16、机器人臂12和患者。如所示出的,控制台16还包括用以辅助操纵手推车11和稳定手推车11的手柄27。

[0054] 图3图示了布置成用于输尿管镜检查的机器人实现的系统10的实施方式。在输尿管镜检查手术中,手推车11可以定位成将输尿管镜32——设计成穿过患者的尿道和输尿管的手术专用的内窥镜——递送至患者的下腹部区域。在输尿管镜检查中,可以期望的是,将输尿管镜32与患者的尿道正对准以在该区域中的敏感的解剖结构上减少摩擦和力。如所示出的,手推车11可以在台面的底部(foot)处对准以允许机器人臂12将输尿管镜32定位成用于直接线性进入患者的尿道。从台面的底部,机器人臂12可以将输尿管镜32沿着虚拟轨道33穿过尿道直接插入患者的下腹部中。

[0055] 在插入到尿道中之后,使用与支气管镜检查中的类似的控制技术,可以将输尿管镜32导航至膀胱、输尿管和/或肾中以用于诊断和/或治疗用途。例如,可以将输尿管镜32引导到输尿管和肾中以使用沿输尿管镜32的工作通道向下部署的激光或超声碎石装置来破坏积聚的肾结石。在碎石完成之后,可以通过部署在输尿管镜32下方的篮将产生的结石碎片移除。

[0056] 图4图示了类似地布置成用于血管手术的机器人实现的系统的实施方式。在血管手术中,系统10可以构造成使得手推车11可以将医疗仪器34比如可转向的导管递送至位于患者的腿部中的股动脉中的进入点。股动脉存在有用于导航的较大的直径以及至患者的心脏的相对较少的迂回和弯曲的路径两者,这简化了导航。如在输尿管镜检查手术中那样,手推车11可以朝向患者的腿部和下腹部定位,以允许机器人臂12提供直接线性地进入位于患者的大腿/臀部区域中的股动脉的进入点的虚拟轨道35。在插入到动脉中之后,可以通过平移仪器驱动器28来引导和插入医疗仪器34。替代性地,手推车可以在患者的上腹部周围定位,以便到达比如说例如肩部和腕部附近的颈动脉和肱动脉之类的替代性血管进入点。

[0057] B. 机器人系统-台面

[0058] 机器人实现的医疗系统的实施方式还可以结合患者的台面。台面的结合通过去除手推车减少了手术室内的主要设备的数量,这允许至患者的更大的通道。图5图示了布置成

用于支气管镜检查手术的此类机器人实现的系统的实施方式。系统36包括用于对位于地板上方的平台38(示出为“台面”或“床”)进行支承的支承结构或柱37。与在基于手推车的系统中非常类似,系统36的机器人臂39的端部执行器包括仪器驱动器42,仪器驱动器42设计成通过或沿着由仪器驱动器42的线性对准形成的虚拟轨道41对比如图5中的支气管镜40之类的长形医疗仪器进行操纵。在实践中,通过将发射器和探测器安置在台面38周围,可以将用于提供荧光成像的C形臂定位在患者的上腹部区域的上方。

[0059] 图6提供了用于讨论目的没有患者和医疗仪器的系统36的替代性视图。如所示出的,柱37可以包括位于系统36中的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43。托架43可以沿着沿柱37的长度延伸的竖向柱接口44平移,以提供不同的有利点,机器人臂39可以从所述不同的有利点定位以触及患者。托架43可以使用定位在柱37内的机械马达围绕柱37旋转,以允许机器人臂39接近台面38的多个侧部,比如例如患者的两个侧部。在具有多个托架的实施方式中,托架可以单独地定位在柱上并且可以独立于其他托架平移和/或旋转。虽然托架43不需要围绕柱37或甚至不需要为圆形,但是所示出的环形形状便于托架43围绕柱37旋转同时保持结构平衡。托架37的旋转和平移允许系统将比如内窥镜和腹腔镜之类的医疗仪器对准至患者上的不同的进入点。在其他实施方式(未示出)中,系统36可以包括具有可调节的臂支承件的患者台面或床,所述臂支承件呈在患者台面或床旁边延伸的杆或轨道的形式。一个或更多个机器人臂39(例如,经由具有肘关节的肩部)可以附接至可调节的臂支承件,所述臂支承件可以被竖向地调节。通过提供竖向调节,机器人臂39能够有利地紧凑存放在患者台面或床的下方,并且随后在手术期间升高。

[0060] 臂39可以通过一组臂安装件45安装在托架上,所述一组臂安装件45包括可以单独地旋转和/或以套叠伸缩的方式延伸的一系列接合件,以向机器人臂39提供附加的可构造性。另外地,臂安装件45可以在托架43上定位成使得当托架43适当的旋转时,臂安装件45可以定位在台面38的同一侧部上(如图6中所示)、定位在台面38的相反的侧部上(如图9中所示)、或定位在台面38的邻近侧部上(未示出)。

[0061] 柱37在结构上提供了对台面38的支承,以及用于托架的竖向平移的路径。在内部,柱37可以配备有用于对托架的竖向平移进行导引的导螺杆和用以使所述托架的平移基于导螺杆机械化的马达。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] 台面基部46用作与在图2中示出的位于手推车11中的手推车基部15类似的功能,从而容纳较重的部件以对台面/床38、柱37、托架43、以及机器人臂39进行平衡。台面基部46还可以结合刚性脚轮以在手术期间提供稳定性。从台面基部46的底部部署的脚轮可以在基部46的两个侧部上沿相反的方向延伸,并且可以在系统36需要移动时缩回。

[0063] 继续参照图6,系统36还可以包括塔(未示出),塔在台面与塔之间划分系统36的功能以减小台面的形状因子和体积。如在早些所公开的实施方式中,塔可以向台面提供各种支持功能,比如处理能力、计算能力和控制能力、电源、流体装置、和/或光学处理和传感器处理。塔还可以移动成远离患者定位,以改进医师的接近并且使手术室整齐。另外,将部件安置在塔中允许台面基部中的用于潜在的机器人臂的存放的更多的储存空间。塔还可以包括主控制器或主控制台,该主控制器或主控制台提供用户界面和显示屏(或触摸屏)两者,

用户界面用于用户输入,比如为键盘和/或挂件,显示屏(或触摸屏)用于术前信息和术中信息,比如实时图像、导航和跟踪信息。在一些实施方式中,塔还可以包括用于待用于吹气的气罐的保持件。

[0064] 在一些实施方式中,台面基部可以在不使用时存放和储存机器人臂。图7图示了存放基于台面的系统的实施方式中的机器人臂的系统47。在系统47中,托架48可以竖向平移到基部49中以将机器人臂50、臂安装件51和托架48存放在基部49内。基部盖52可以平移和收缩成打开以围绕柱53部署托架48、臂安装件51和臂50,并且在不使用时基部盖52闭合以存放从而保护托架48、臂安装件51和臂50。基部盖52可以沿着基部盖52的开口的边缘使用膜54密封以防止在闭合时污物和流体进入。

[0065] 图8图示了构造成用于输尿管镜检查手术的机器人实现的基于台面的系统的实施方式。在输尿管镜检查中,台面38可以包括用于将患者相对于柱37和台面基部46成偏角地定位的转动部分55。该转动部分55可以绕枢转点(例如,位于患者头部的下方)旋转或枢转,以便使转动部分55的底部部分远离柱37定位。例如,转动部分55的枢转允许C形臂(未示出)定位在患者的下腹部上方而不与位于台面38下方的柱(未示出)争夺空间。通过使托架35(未示出)围绕柱37旋转,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,台面38的转动部分55还可以固定有铰链件58,以在手术期间对患者的腿部的的位置进行支承并且允许畅通地进入患者的腹股沟区域。

[0066] 在腹腔镜检查手术中,通过患者的腹壁中的小切口,微创仪器可以插入到患者的解剖结构中。在一些实施方式中,微创仪器包括用于进入患者体内的解剖结构的长形刚性构件比如轴。在患者的腹腔膨胀之后,可以对通常被称为腹腔镜的仪器进行引导以执行比如抓握、切割、消融、缝合等的手术任务。图9图示了构造成用于腹腔镜手术的机器人实现的基于台面的系统的实施方式。如图9所示,系统36的托架43可以被旋转和竖向调节以定位位于台面38的相反侧部中的成对的机器人臂39,使得可以使用臂安装件45将仪器(例如,腹腔镜)59定位成穿过患者两侧的小切口到达他/她的腹腔。

[0067] 为了适应腹腔镜检查手术,机器人实现的台面系统还可以使平台倾斜至期望的角度。图10图示了具有俯仰或倾斜调节的机器人实现的医疗系统的实施方式。如图10所示,系统36可以适应台面38的倾斜以将台面的一个部分定位在距地板比其他部分更大的距离处。另外,臂安装件45可以旋转以匹配倾斜,使得臂39与台面38保持相同的平面关系。为了适应更陡的角度,柱37还可以包括允许柱37的竖向延伸的套叠伸缩部分60,以保持台面38免于接触地板或与基部46碰撞。

[0068] 图11提供了台面38与柱37之间的接合的详细图示。俯仰旋转机构61可以构造成在多种自由度中改变台面38相对于柱37的俯仰角度。俯仰旋转机构61可以通过柱-台面接口处的正交的轴线1、2的定位来实现,每个轴线通过单独的马达3、4响应于电子俯仰角度命令而致动。沿着一个螺钉5的旋转将在一个轴线1上实现倾斜调节,而沿着另一个螺钉6的旋转将沿着另一个轴线2实现倾斜调节。在一些实施方式中,可以使用球形接合件在多种自由度中改变台面38相对于柱37的俯仰角度。

[0069] 例如,俯仰调节在下述情况下特别有用:为了下腹部手术,在试图将台面以特伦德伦伯格卧位(Trendelenburg position)定位时,例如,将患者的下腹部定位在距地板比患者的下腹部更高的位置时。特伦德伦伯格卧位使得患者的内部器官通过重力朝向他/她的

上腹部滑动,从而清空腹腔以使微创工具进入并执行比如腹腔镜前列腺切除术的下腹部手术。

[0070] C. 仪器驱动器&接口

[0071] 系统的机器人臂的端部执行器包括:(i) 仪器驱动器(替代性地被称为“仪器驱动机构”或“仪器装置操纵器”(IDM)),该仪器驱动器结合有机电装置以对医疗仪器进行致动;以及(ii) 可移除或可拆卸的医疗仪器,该可移除或可拆卸的医疗仪器可以没有任何比如马达之类的机电部件。该二分法可能受到对医疗手术中使用的医疗仪器进行消毒的需求、以及由于医疗仪器的复杂的机械组件和敏感的电子元件而无法对昂贵的主要设备进行充分消毒的驱使。因此,医疗仪器可以设计成待被从仪器驱动器(并且因此从系统)拆卸、移除和更换,以用于由医师或医师的职员单独消毒和处置。相比之下,仪器驱动器不需要替换或消毒,并且可以用帘覆盖以进行保护。

[0072] 图12图示了示例仪器驱动器。定位在机器人臂的远端端部,仪器驱动器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布置有平行的轴线以经由驱动轴64向医疗仪器提供受控的扭矩。每个驱动单元63包括:单独的驱动轴64,该单独的驱动轴64用于与仪器相互作用;齿轮头65,该齿轮头65用于将马达轴的旋转转换成期望的扭矩;马达66,该马达66用于产生驱动扭矩;编码器67,该编码器67用以测量马达轴的速度并向控制电路提供反馈;以及控制电路68,该控制电路68用于接收控制信号并致动驱动单元。每个驱动单元63被独立控制和机动化,仪器驱动器62可以向医疗仪器提供多种(在图12中示出为4种)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测量的所得到的马达速度与期望的速度进行对比、以及对马达信号进行调制以产生期望的扭矩。

[0073] 对于需要无菌环境的手术,机器人系统可以结合驱动接口,该驱动接口比如为连接至无菌帘的无菌适配器,该驱动接口坐落在仪器驱动器与医疗仪器之间。无菌适配器的主要目的是将角度运动从仪器驱动器的驱动轴传递至仪器的驱动输入件,同时在驱动轴与驱动输入件之间保持物理分离并且因此保持无菌。因此,示例无菌适配器可以包括一系列旋转输入和旋转输出,所述一系列旋转输入和旋转输出用于与仪器驱动器的驱动轴和位于仪器上的驱动输入件相匹配。连接至无菌适配器,包括薄的柔性材料比如透明的或半透明的塑料的无菌帘设计成覆盖主要设备,比如仪器驱动器、机器人臂、和手推车(在基于手推车的系统中)或台面(在基于台面的系统中)。帘的使用将允许主要设备靠近患者定位同时仍位于不需要灭菌的区域(即,非无菌区)中。在无菌帘的另一侧,医疗仪器可以在需要无菌的区域(即,无菌区)与患者相互作用。

[0074] D. 医疗仪器

[0075] 图13图示了具有成对的仪器驱动器的示例医疗仪器。类似于设计成用于与机器人系统一起使用的其他仪器,医疗仪器70包括长形轴71(或长形本体)和仪器基部72。仪器基部72——该仪器基部72由于其用于通过医师手动地相互作用的预期设计也被称为“仪器手柄”——可以总体上包括可旋转的驱动输入件73,例如,接纳件、滑轮或卷筒,所述驱动输入件73设计成与驱动输出件74配合,所述驱动输出件74延伸穿过位于机器人臂76的远端端部处的仪器驱动器75上的驱动接口。当被物理连接、闩锁、和/或联接时,仪器基部72的配合的驱动输入件73可以与位于仪器驱动器75中的驱动输出件74共享旋转轴线,以允许来自驱动

输出件74的扭矩传递至驱动输入件73。在一些实施方式中,驱动输出件74可以包括设计成与位于驱动输入件73上的接纳件相配合的花键。

[0076] 长形轴71设计成例如如在内窥镜检查中穿过解剖开口或管腔递送,或者例如如在腹腔镜检查中穿过微创切口递送。长形轴66可以是柔性的(例如,具有类似于内窥镜的性能)、或刚性的(例如,具有类似于腹腔镜的性能)、或包括柔性部分与刚性部分两者的定制组合。当设计成用于腹腔镜检查时,刚性长形轴的远端端部可以连接至端部执行器和比如说例如抓握器或剪刀之类的手术工具或医疗仪器,该端部执行器从接合的腕部延伸,该接合的腕部由具有至少一个自由度的U形夹形成,端部执行器和手术工具或医疗仪器可以在驱动输入件响应于从仪器驱动器75的驱动输出件74接收的扭矩而旋转时基于来自筋(tendon)的力而致动。当设计用于内窥镜检查时,柔性长形轴的远端端部可以包括可转向或可控制的弯曲部段,该可转向或可控制的弯曲部段可以基于从仪器驱动器75的驱动输出件74接收的扭矩而铰接和弯曲。

[0077] 来自仪器驱动器75的扭矩使用沿着轴71的筋沿长形轴71向下传输。这些单独的筋比如拉线可以在仪器手柄72内单独地锚固至单独的驱动输入件73。筋从手柄72沿一个或多个拉动管腔向下沿着长形轴71引导并且锚固在长形轴71的远端部分处,或锚固在位于长形轴的远端部分处的腕部中。在手术期间,比如在腹腔镜检查、内窥镜检查、或混合手术期间,这些筋可以联接至在远端安装的端部执行器,比如腕部、抓握器或剪刀。在这样的布置下,施加在驱动输入件73上的扭矩将会将张力传递至筋,从而引起端部执行器以一些方式致动。在一些实施方式中,在手术期间,筋可以引起接合件绕轴线旋转,从而引起端部执行器沿一个方向或另一方向移动。替代性地,筋可以在长形轴71的远端端部处连接至抓握器的一个或多个钳口,其中,来自筋的张力使抓握器闭合。

[0078] 在内窥镜检查中,筋可以联接至弯曲部段或铰接部段,该弯曲部段或铰接部段经由粘接剂、控制环或其他机械固定方式沿着长形轴71(例如,在远端端部处)定位。当固定地附接至弯曲部段的远端端部时,施加在驱动输入件73上的扭矩将沿筋向下传输,从而引起较软的弯曲部段(有时被称为铰接部段或铰接区域)弯曲或铰接。沿着非弯曲部段,可能有利的是,使沿着内窥镜轴的壁(或在内窥镜轴的壁的内侧)引导单独的筋的单独的拉动管腔螺旋或盘旋,以平衡拉线中的张力所产生的径向力。螺旋的角度和/或螺旋之间的间距可以针对特定目的而改变或设计,其中,较紧密的螺旋在载荷力下表现出较小的轴压缩,而较小的螺旋量在载荷力下导致较大的轴压缩,但也表现出限制弯曲。另一方面,拉动管腔可以平行于长形轴71的纵向轴线引导,以允许期望的弯曲部段或铰接部段中的受控的铰接。

[0079] 在内窥镜检查中,长形轴71容纳用以辅助机器人手术的许多部件。轴可以包括工作通道,以用于在轴71的远端端部处部署手术工具(或医疗仪器)、对手术区域进行冲洗和/或抽吸。轴71还可以容置线材和/或光纤以将信号传递至位于远端梢部处的光学组件/或从位于远端梢部处的光学组件传递信号,光学组件可以包括光学摄像机。轴71还可以容置光纤以将光从近端定位的光源比如发光二极管传送至轴的远端端部。

[0080] 在仪器70的远端端部处,远端梢部还可以包括工作通道的开口,以用于递送用于诊断和/或治疗、对手术部位进行冲洗和抽吸的工具。远端梢部还可以包括用于摄像机的端口,摄像机比如为比如纤维镜或数字摄像机,用以捕获内部解剖空间的图像。相关地,远端梢部还可以包括用于光源的端口,光源用于在使用摄像机时照亮解剖空间。

[0081] 在图13的示例中,驱动轴的轴线、并且因此驱动输入件的轴线与长形轴的轴线正交。然而,这种布置使长形轴71的滚动性能复杂。在筋延伸离开驱动输入件73并且进入长形轴71内的拉动管腔时,使长形轴71沿其轴线滚动同时保持驱动输入件73静止导致筋不期望的缠结。这些筋的所产生的缠结会干扰用于在内窥镜检查手术期间预测柔性的长形轴71的运动任何控制算法。

[0082] 图14图示了用于仪器驱动器和仪器的替代性设计,其中,驱动单元的轴线平行于仪器的长形轴的轴线。如所示出的,圆形的仪器驱动器80包括四个驱动单元,其中,所述四个驱动单元的驱动输出件81在机器人臂82的端部处以平行的方式对准。驱动单元和驱动单元的相应的驱动输出件81容纳在仪器驱动器80的旋转组件83内,旋转组件83由位于组件83内的驱动单元中的一个驱动单元驱动。响应于由旋转的驱动单元提供的扭矩,旋转组件83沿着圆形支承件旋转,该圆形支承件将旋转组件83连接至仪器驱动器的非旋转部分84。电力和控制信号可以从仪器驱动器80的非旋转部分84通过电接触传递至旋转组件83,电接触可以通过借助于带刷滑环连接(未示出)的旋转而保持。在其他实施方式中,旋转组件83可以响应于单独的驱动单元,该单独的驱动单元结合在非旋转部分84中,并且因此不平行于其他驱动单元。旋转机构83允许仪器驱动器80使驱动单元和驱动单元相应的驱动输出件81作为单个单元绕仪器驱动器的轴线85旋转。

[0083] 类似于早些所公开的实施方式,仪器86可以包括长形轴部分88和仪器基部87(出于讨论的目的示出为具有透明的外部壳),该仪器基部87包括多个驱动输入件89(比如接纳件、滑轮和卷筒),所述多个驱动输入件89构造成接纳仪器驱动器80中的驱动输出件81。不同于先前所公开的实施方式,仪器轴88从仪器基部87的中央延伸,该仪器基部87的轴线基本上平行于驱动输出件89的轴线,而不是如在图13的设计中的正交。

[0084] 当联接至仪器驱动器80的旋转组件83时,包括仪器基部87和仪器轴88的医疗仪器86与旋转组件83共同绕仪器驱动器的轴线85旋转。由于仪器轴88定位在仪器基部87的中央处,仪器轴88在附接时与仪器驱动器的轴线85同轴。因此,旋转组件83的旋转引起仪器轴88绕仪器轴88的纵向轴线旋转。此外,由于仪器基部87与仪器轴88一起旋转,连接至位于仪器基部87中的驱动输入件89的任何筋在旋转期间不缠结。因此,驱动输出件81、驱动输入件89和仪器轴88的轴线平行允许在没有使任何控制筋缠结的情况下进行轴旋转。

[0085] E. 导航和控制

[0086] 传统的内窥镜检查可以涉及荧光检查(例如,如可以通过C形臂递送)和其他形式的基于放射的成像方式的使用,以向操作者医师提供腔内导引。相反地,本公开所设想的机器人系统可以提供非基于放射的导航和定位方式,以减少医师暴露于射线并且减少手术室内的设备的量。如在本文中所使用的,术语“定位”可以指的是确定和/或监测物体在相关坐标系中的位置。比如术前映射、计算机视觉、实时EM跟踪、以及机器人命令数据之类的技术可以被单独使用或组合使用,以获得无放射的手术环境。在其他情况下,在仍然使用基于放射的成像方式的情况下,术前映射、计算机视觉、实时EM跟踪、以及机器人命令数据可以被单独使用或组合使用,以对仅通过基于放射的成像方式所获得的信息进行改进。

[0087] 图15是框图,该框图图示了根据示例实施方式的定位系统90,该定位系统90对机器人系统的一个或多个元件的位置、比如仪器的位置进行估算。定位系统90可以是一组构造成执行一个或多个指令的一个或多个计算机装置。计算机装置可以由以上所论述

的一个或更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体现。作为示例而非限制,计算机装置可以位于图1中所示出的塔30中、位于图1至图4中所示出的手推车中、位于图5至图10中所示出的床中等。

[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以产生用于医疗仪器的远端梢部的位置数据96。该位置数据96可以是代表仪器的远端端部相对于参照框架的位置和/或取向的数据或逻辑。该参照框架可以是相对于患者的解剖结构或相对于已知物体比如EM场发生器(参见以下对于EM场发生器的论述)的参照框架。

[0089] 现在更详细的描述各种输入数据91至94。术前映射可以通过使用对低剂量CT扫描的收集而完成。术前CT扫描例如作为患者的内部解剖结构的剖视图的“切片”被重建到三维图像中,所述三维图像是可视的。当总体上分析时,可以产生用于患者的解剖的解剖腔、空间和结构的基于图像的模型,比如患者的肺部网络。从CT图像可以确定和模拟比如中心线几何形状之类的技术,以获得患者的解剖结构的三维体,该三维体被称为模型数据91(当仅使用术前CT扫描产生时也被称为“术前模型数据”)。在美国专利申请No. 14/523,760中讨论了中心线几何形状的使用,该美国专利申请的全部内容通过参引并入本文中。网络拓扑模型也可以从CT图像中得出,并且特别适用于支气管镜检查。

[0090] 在一些实施方式中,仪器可以配备有摄像机以提供视觉数据92。定位模块95可以处理视觉数据以实现一个或更多个基于视觉的位置跟踪。例如,术前模型数据可以与视觉数据92结合使用,以实现医疗仪器的基于计算机视觉的跟踪(例如,内窥镜或仪器穿过内窥镜的工作通道而前进)。例如,使用术前模型数据91,机器人系统可以基于内窥镜的预期行进路径从模型产生预期的内窥镜图像库,每个图像与模型内的位置相关联。在手术期间,该库可以由机器人系统参照,以便对在摄像机(例如,在内窥镜的远端端部处的摄像机)处捕获的实时图像和在图像库中的那些图像进行对比来辅助定位。

[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机的运动,并且因此确定内窥镜的运动。定位模块95的一些特征可以识别出术前模型数据91中与解剖管腔相对应的圆形几何形状并且跟踪那些几何形状的改变以确定哪个解剖管腔被选定,以及跟踪摄像机的相对旋转和/或平移运动。拓扑映射的使用还可以增强基于视觉的算法或技术。

[0092] 另一基于计算机视觉的技术、光流法可以在视觉数据92中以视频序列对图像像素的位移和平移进行分析以推断摄像机的运动。光流法技术的示例可以包括运动检测、目标分割计算、亮度、运动补偿编码、立体视差测量等。通过在多次迭代中对比多个帧(frame),可以确定摄像机(并且因此内窥镜)的运动和位置。

[0093] 定位模块95可以使用实时EM跟踪以产生内窥镜在全局坐标系中的实时位置,该全局坐标系可以与通过术前模型表示的患者的解剖结构配准。在EM跟踪中,EM传感器(或跟踪器)对EM场中的由定位在已知位置处的一个或更多个静止的EM场发生器产生的变化进行测量,该EM传感器(或跟踪器)包括一个或更多个传感器线圈且在一个或更多个位置或取向中嵌入医疗仪器(例如,内窥镜的工具)中。由EM传感器探测到的位置信息被存储为EM数据93。EM场发生器(或发送器)可以靠近于患者安置以产生嵌入的传感器可以探测到的低强度的磁场。磁场在EM传感器的传感器线圈中感应出小电流,该小电流可以被分析以确定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与患者解剖结构(例如,术前模型)“配准”,以便确定几何形状变换,该几何形状变换将坐标系中的单个位置与患者

的解剖结构的术前模型中的位置对准。一旦配准,位于医疗仪器的一个或更多个位置中(例如,内窥镜的远端梢部)的嵌入的EM跟踪器可以提供医疗仪器穿过患者的解剖结构的进程的实时显示。

[0094] 机器人命令及运动学数据94也可以由定位模块95使用,以为机器人系统提供位置数据96。可以在术前校准期间确定由铰接命令产生的装置俯仰和横摆。在手术中,这些校准测量可以结合已知的插入深度信息使用来估算仪器的位置。替代性地,这些计算可以结合EM、视觉、和/或拓扑模型分析来估算医疗仪器在网络内的位置。

[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,虽然未在图15中示出,使用形状感测光纤的仪器可以提供形状数据,定位模块95可以使用该形状数据来确定仪器的位置和形状。

[0096] 定位模块95可以组合地使用输入数据91至94。在一些情况下,这样的组合可以使用概率方法,其中,定位模块95向由输入数据91至94中的每一个数据确定的位置分配置信度权重。因此,在EM数据可能不可靠的情况下(如可以是其中存在EM干扰的情况),可以降低由EM数据93所确定的位置的置信度,并且定位模块95可以更大程度地依靠视觉数据92和/或机器人命令及运动学数据94。

[0097] 如以上所讨论的,本文中所讨论的机器人系统可以设计成结合上述技术中的一个或更多个技术的组合。基于塔、床和/或手推车的机器人系统的基于计算机的控制系统可以例如在非暂时性的计算机可读存储介质内存储计算机程序指令,该非暂时性的计算机可读存储介质比如为持久的磁性存储驱动器、固定驱动器等,所述计算机程序指令在执行时使得系统接收并分析传感器数据和用户命令、在整个系统中产生控制信号、并且显示比如仪器在全局坐标系内的位置、解剖图等导航和定位数据。

[0098] 2. 用于机器人臂碰撞检测的技术

[0099] 本公开的实施方式涉及用于检测相对于手术机器人系统的一个或更多个机器人臂发生的不期望的力的系统和技术。不期望的力事件的检测可能是手术机器人系统的整体安全性的重要因素。例如,如果机器人臂在医疗手术期间与物体碰撞,则碰撞可能导致意外的力施加至机器人臂,这会影响到施加至位于患者体内的可转向仪器的位置和/或力。因此,检测机器人臂碰撞并适当地对碰撞作出反应以防止对患者的伤害是重要的。

[0100] 如本文所使用的,术语“碰撞”可以总体上指两个或更多个物体之间的接触。碰撞可能发生在两个机器人臂之间和/或发生在机器人臂与操作环境中的另一物体(例如,平台、手推车、C形臂等)之间。在一个或更多个机器人臂处的意外或不期望的力的另一来源也可能是两个机器人臂之间的未对准。虽然未对准可能不涉及两个机器人臂之间的碰撞,但是未对准可能导致类似的意外力,并且因此检测未对准对于手术机器人系统的整体安全性也可能是重要的。

[0101] 系统可以响应于检测到碰撞或未对准而采取一个或更多个动作。例如,系统可以向系统的用户提供检测到的事件(例如,碰撞或未对准)的指示。可以经由一个或更多个输出装置向用户提供检测到的事件的指示,所述输出装置包括显示装置、触觉反馈装置、音频装置等。系统还可以中断医疗手术,直到已经解决碰撞或未对准事件为止。

[0102] A. 用于检测碰撞和未对准的示例系统

[0103] 图16图示了基于手推车的手术机器人系统的实施方式,该系统可以构造成根据本

公开的各方面检测机器人臂的碰撞和/或未对准。尽管图16涉及机器人臂附接至手推车的实施方式,但本公开不限于此,并且本文中所描述的技术是可以附接至如图6中所示地支承患者平台的柱的可应用的机器人臂。

[0104] 返回至图16,提供了系统100,该系统100可以包括手推车105、一个或多个机器人臂110和120、以及可转向仪器130。手推车105可以包括处理器(未图示)、存储器(未图示)和显示器107,该显示器107构造成呈现指示检测到的碰撞和/或未对准事件的经编码的数据。然而,根据该实施方式,处理器、存储器和显示器107中的一者或更多者可以位于另一装置上或位于另一装置内,比如位于图1中图示的可移动的塔30上。另外,在其他实施方案中,可以使用显示器107以外的反馈装置来代替显示器107或作为显示器107的补充。可以采用的其他反馈装置包括触觉装置、扬声器、经由一个或多个机器人臂112致动的力反馈、一个或多个发光二极管LED等。

[0105] 机器人臂110和120可以分别包括第一机器人臂110和第二机器人臂120。然而,本公开的各方面也适用于具有更多或更少数目的机器人臂的系统。在图16的实施方式中,第一机器人臂110包括多个连杆111、多个接合件113以及IDM 115。接合件113中的每个接合件连接两个邻近的连杆111。尽管未图示,但是第一机器人臂110还可以包括扭矩传感器,该扭矩传感器配置为检测连杆111中的两个连杆之间的扭矩。在某些实施方案中,给定的接合件113可以容纳对应的扭矩传感器,该扭矩传感器配置成检测邻近于给定的接合件113的两个连杆111之间的扭矩。将第一机器人臂110连接至手推车105的接合件113中也可以设置扭矩传感器。在某些实施方案中,扭矩传感器可以经由多个应变计来实施,所述多个应变计配置成使不沿着对应的接合件113的旋转轴线的扭矩对扭矩传感器的输出的影响的效果最小。

[0106] 另外,给定的接合件113还可以容纳马达(未图示),该马达配置成将两个邻近的连杆111之间的力施加至给定的接合件113,以便调节两个邻近的连杆111的定位。IDM 115可以连接至机器人臂110的远端端部。通过致动位于第一机器人臂110的接合件113中的一个或多个接合件中的马达,马达能够操作以调节第一机器人臂110的姿势或姿态,并且因此调节IDM 115(例如,通过调节第一臂的一个或多个接合件113的位置和/或取向),并且由此控制附接至IDM 115的可转向仪器130。

[0107] 接合件113中的每个接合件还可以容纳位置传感器,该位置传感器配置为测量两个邻近的连杆111的相对位置。因此,给定的接合件113还可以容纳位置传感器,该位置传感器可以配置成测量两个邻近的连杆111之间的角度。该系统能够基于位置传感器中的每个位置传感器的输出来确定第一机器人臂110中的连杆111中的每个连杆的位置。另外,如下面所讨论的,位置传感器的输出可以用于确定施加至第一机器人臂110上的参考点的力。在某些实施方式中,给定的位置传感器可以包括编码器。该编码器可以配置为通过读取例如打印在马达轴上的经编码的视觉信息来测量马达轴的速度和/或位置,并且可以向系统提供表示马达的速度和/或位置的反馈。

[0108] 类似于第一机器人臂110,第二机器人臂120可以包括多个连杆121、连接邻近的连杆121的多个接合件123、以及IDM 125。接合件123中的每个接合件可以容纳对应的扭矩传感器和马达(未图示)。IDM 125还可以附接至第二医疗仪器133以操作可转向仪器130。

[0109] 在某些实施方式中,除了在接合件113和123中的每一者中包括单独的扭矩传感器和马达之外,马达也可以用作扭矩传感器。例如,当力(例如,重力、碰撞力、用户施加的力

等)施加至第一机器人臂110时,马达可以构造成向接合件113施加相反和相对的力,以维持第一机器人臂110的位置。马达中的用以维持第一机器人臂110的位置所需的电流可以与施加至对应的接合件113的扭矩相对应。

[0110] 图16的实施方式中的可转向仪器130包括附接至第一机器人臂110的IDM 115的第一医疗仪器131和附接至第二机器人臂120的IDM 125的第二医疗仪器133。然而,图16中图示的示例仅仅是一个示例可转向仪器130,并且其他实施方式可以包括由单个机器人臂110控制的可转向仪器130或需要三个或更多个机器人臂进行操作的转向仪器130。取决于实施方式和被执行的医疗手术,第一医疗仪器和第二医疗仪器中的每一者可以包括内引导部分、外护套部分、针、钳子、刷子等中的一者。

[0111] 第一医疗仪器131和第二医疗仪器和133可以构造成沿着第一轴线140前进/插入到患者体内(或从患者体内缩回)。如以上所讨论的,第一轴线140可以被称为虚拟轨道。该虚拟轨道可以由IDM 115和IDM 125的对准轴线定义。IDM 115和IDM 125沿着虚拟轨道的运动可以控制第一医疗仪器131和第二医疗仪器133前进到患者体内并从患者体内缩回。如图16中所示,可以相对于第一轴线140定义坐标系。例如,第一轴线140(例如,虚拟轨道或插入轴线)可以沿着Y轴定义,Z轴可以基于重力方向定义(例如,基本上垂直于第一轴线140),并且X轴可以选择为垂直于Y-Z平面。然而,取决于手术,插入轴线140可以不对应于垂直于重力方向的水平轴线。在不脱离本公开的范围的情况下,可以以任何方式选择机器人臂的坐标系。

[0112] B. 确定施加至机器人臂的力和碰撞检测

[0113] 用于对机器人臂的碰撞或未对准进行检测的一种技术是分析机器人臂所经受的力。例如,当机器人臂静止时,臂上的唯一预期力是由于重力引起的力。因此,机器人臂所经受的任何力与由于重力引起的预期力不一致(例如,当预期力与测量力之间的差大于阈值时)可以指示机器人臂中的至少一个机器人臂与另一物体之间的碰撞。

[0114] 某些手术机器人系统可以在机器人臂中的每个机器人臂中结合力传感器,以对在对应的机器人臂上的参考点处所经受的力进行测量。例如,力传感器可以定位在图16的第一机器人臂110的IDM 115上或定位在图16的第一机器人臂110的IDM 115附近(例如,在IDM 115的限定距离内),以对施加至IDM 115的力进行测量。然而,能够以所需的精度直接测量IDM 115处的施加的力的力传感器(例如,力传感器定位在IDM 115处)可能相对较贵。因此,在某些实施方式中,系统可以使用从位于接合件113内的扭矩传感器输出的扭矩值来确定IDM 115(或机器人臂110上的任何参考点)处的力。

[0115] 图17是流程图,该流程图图示了根据本公开的方面的用于确定施加至机器人臂的力并检测碰撞的示例步骤。图17中图示的方法1700仅仅是示例实施方案,并且该方法1700可以通过添加、删除和修改与方法1700相关联的框中的一个或更多个框来修改。为方便起见,方法1700将被描述为由系统(例如,图16的手术机器人系统100)执行。然而,方法1700的某些方面可以例如通过系统的一个或更多个处理器基于存储在存储器中的计算机可执行指令来执行。此外,将结合单个机器人臂描述方法1700。然而,可以执行类似的方法来确定包括在系统中的多个机器人臂所经受的力。

[0116] 方法1700在框1701处开始。在框1705处,系统接收机器人臂的扭矩值和位置值。系统可以从包括在机器人臂中的扭矩传感器中的每个扭矩传感器接收扭矩值。此外,系统可

以从存储在存储器中的位置数据中检索下述位置值,该位置值指示机器人臂中的连杆中的每个连杆的位置。例如,机器人臂还可以包括形成在接合件中的每个接合件上的编码器。该编码器可以通过读取印刷在马达轴上的经编码的可视信息来测量马达轴的速度和/或位置,并且可以向系统提供表示马达的速度和/或位置的反馈。系统可以配置为基于来自编码器的反馈来确定接合件中的每个接合件的位置。使用来自定位在机器人臂上的编码器中的每个编码器的信息,系统可以确定连杆中的每个连杆和IDM的位置。

[0117] 在框1710处,系统基于扭矩值和位置值确定用于接合件中的每个接合件的重力补偿扭矩值。用于给定的接合件的重力补偿扭矩值可以表示由于重力以外的力而导致的接合件处的扭矩的分量。在一个实施方案中,系统可以基于对应的扭矩传感器的输出来测量接合处的第一扭矩值。然后,系统可以基于机器人臂的位置来确定接合件处的第二扭矩值。机器人臂的位置数据可以包括使系统能够确定由接合件连接的两个连杆的位置和在两个连杆之间形成的角度的数据。第二扭矩值可以指示两个连杆之间的扭矩的重力分量。然后,系统能够基于第一扭矩值和第二扭矩值来确定重力补偿扭矩值。例如,第一扭矩值与第二扭矩值之间的差值可以对应于重力补偿扭矩值。

[0118] 在框1715处,系统可以基于接合件中的每个接合件的重力补偿扭矩值来确定施加在机器人臂上的力。因此,所确定的力可以排除机器人臂由于重力而经受的力的分量。下面将结合图18讨论用于确定重力补偿扭矩值和施加在机器人臂上的参考点处的力的一种技术的示例。

[0119] 在框1720处,系统可以基于所确定的力来检测碰撞。例如,当力超过阈值时,系统可以确定机器人臂已经与另一物体碰撞。在某些实施方案中,系统还可以基于所确定的力来确定机器人臂是否与另一机器人臂未对准。在框1725处,系统可以向系统的用户提供检测到的碰撞的指示。例如,响应于确定力超过阈值,系统可以通知用户已经检测到碰撞。此外,响应于检测到未对准,系统还可以向用户提供检测到的未对准的指示。方法1700在框1730处结束。

[0120] C. 机器人臂自由体示意图

[0121] 图18图示了根据本公开的方面的用以对用于计算施加至机器人臂的力的技术进行描述的机器人臂的自由体示意图。机器人臂210可以附接至手推车211。机器人臂210可以包括第一连杆230、将第一连杆230连接至手推车211的第一接合件240、第二连杆235、连接第一连杆230和第二连杆235的第二接合件245、以及连接至第二连杆235的远端端部的IDM 250。机器人臂210在图18中以简化形式图示;然而,通过向臂增加由附加的接合件连接的附加的连杆,更复杂的机器人臂210可以以类似的方式分析。IDM 250可以定义参考点,在该参考点处,外力F被建模为施加至机器人臂210。然而,在其他实施方式中,参考点可以被设定为沿着机器人臂210的任何其他点。因此,第一连杆230和第二连杆235中的每一者所承受的由于重力而产生的力在示意图中被图示为施加在对应的连杆230和235的重心处的重力矢量g。

[0122] 接合件240和245中的每一者可以包括扭矩传感器,该扭矩传感器配置成输出测量到的扭矩值 $\tau_{\text{测量}}$ 。连接件240和245中的每一者处的测量到的扭矩值 $\tau_{\text{测量}}$ 可以根据以下公式确定:

$$[0123] \quad \tau_{\text{测量}} = \tau_{\text{力}} + \tau_{\text{重力}} \quad (1)$$

[0124] 其中, $\tau_{\text{测量}}$ 是测量的扭矩值, $\tau_{\text{力}}$ 是由于施加至机器人臂210的力F而在接合件240或245处产生的扭矩, 并且 $\tau_{\text{重力}}$ 是由于重力g而施加至接合件240或245的扭矩, 在该实施方式中, 施加至机器人臂210的力F被建模为施加至作为参考点的IDM 250。然而, 取决于实施方式, 该力可以被建模为在不同点处施加至机器人臂210。

[0125] 由于在参考点处施加的力F所产生的扭矩和由于重力g所产生的扭矩可以如下确定:

$$[0126] \quad \tau_{\text{力}} = J(\theta)^T F \quad (2)$$

$$[0127] \quad \tau_{\text{重力}} = G(\theta, g) \quad (3)$$

[0128] 其中, $J(\theta)^T$ 是雅可比转置矩阵, 其表示基于机器人臂210中的接合件240或245的位置的力F向接合件240或245的传输, 并且 $G(\theta, g)$ 表示由于重力g引起的扭矩向接合件240或245的传输。将公式(2)和公式(3)带入到公式(1)中得到:

$$[0129] \quad \tau_{\text{测量}} = J(\theta)^T F + G(\theta, g) \quad (4)$$

[0130] 因此, 可以基于测得的扭矩 $\tau_{\text{测量}}$ 、雅可比转置矩阵 $J(\theta)^T$ 、以及由于重力 $G(\theta, g)$ 引起的扭矩的传输来对施加至参考点(例如, IDM 250)的力F进行求解。

[0131] D. 碰撞和未对准检测

[0132] 一旦已经确定了一个或多个机器人臂上的参考点处的力, 系统就可以基于该力确定是否已经发生了碰撞或未对准事件。该确定可以基于所确定的力是否与参考点处的预期力一致。

[0133] 当机器人臂静止时, 重力补偿力(例如, 已经去除了由于重力引起的力的分量的所确定的力)的预期值为零。也就是说, 在正常情况下, 当机器人臂静止时, 除了由于重力引起的力以外, 预计没有力施加至臂。因此, 当机器人臂静止时, 系统可以将力与阈值进行比较。如果重力补偿力大于阈值, 则系统可以确定物体已经与机器人臂碰撞。

[0134] 在某些实施方案中, 系统可以确定X轴、Y轴和Z轴中的每一者中的力的分量。该系统可以在一定频率下确定医疗手术期间的力的分量。该力的预期值可能取决于被执行的医疗手术。例如, 当医疗仪器沿着Y轴(该Y轴可以对应于第一轴线140或插入轴线, 参见图16)被推进到患者体内时, IDM可能经受作为沿着Y轴的力的对插入的阻力。当医疗仪器从患者缩回时, 可能产生沿着Y轴的类型阻力。因此, 在医疗仪器的插入或缩回期间沿着Y轴的力可能不一定表示碰撞。例如, 系统可以将外部力的方向与医疗仪器的实际插入方向进行比较, 以确定该力是否与机器人臂的正常操作一致(例如, 该力的方向与实际插入方向基本相同), 或者确定该力是否和与外部物体的碰撞一致(例如, 该力的至少一部分在实际插入方向以外的方向上)。

[0135] 图19A是图示根据本公开的方面的在医疗仪器的插入期间所测量的力的示例的曲线图。在该示例曲线图中, 第一仪器被第一机器人臂移动/驱动5,000ms至18,000ms, 并且第二仪器被第二机器人臂驱动18,000ms至34,000ms。所图示的力的X分量、Y分量、Z分量是在第二机器人臂中测量的。如图19A中所示, 力的X分量、Y分量和Z分量中的每一者都具有小于10N的大小。在第二医疗仪器的驱动期间(例如, 在18,000ms与34,000ms之间), 由第二机器人臂测量的力的Y轴分量具有约3N与5N之间的值。该力的X轴分量和Z轴分量可能由于下述原因引起: 由于轻微的未对准(例如, 预期公差内的未对准)、或由于医疗仪器在患者的管腔网络中的一个管腔网络内采用的路径而施加在医疗仪器上的力, 所述施加在医疗仪器上的

力可以经由医疗仪器传输回至IDM。力的X轴分量和Z轴分量也可能是由基于第二机器人臂的当前位置的由于第二机器人臂上的重力引起的作用的模型的不准确而导致的。

[0136] 另外,力的X分量和Z分量可能与力的Y分量相关或者与在医疗仪器正在被驱动时医疗仪器的构型的改变相关。也就是说,当医疗仪器的驱动开始或停止时(例如,当力的Y分量过渡到约0N或从约0N过渡时),可能发生力的X分量和Z分量的改变。此外,当医疗仪器的远端端部的插入方向改变时,从医疗仪器传输回至IDM的力也可能改变。

[0137] 图19B是图示根据本公开的方面的在医疗仪器的插入期间测量的、可以指示碰撞事件的力的示例的曲线图。如图19B中所示,力的X分量、Y分量和Z分量中的至少一者包括尖锐的尖峰,该尖锐的尖峰与机器人臂与另一物体之间的碰撞事件一致。碰撞力可能显著大于医疗仪器的正常插入期间所经受的力。此处,当系统检测到力中的一个力大于阈值时,系统可以确定机器人臂已经与另一物体碰撞。在图19B中,碰撞事件可以由系统在约18,000ms、22,000ms、24,000ms、35,000ms、38,000ms和42,000ms的时间检测到。

[0138] 图19C是图示根据本公开的方面的在医疗仪器的插入期间测量的、可以指示未对准事件的力的示例的曲线图。如图19C中所示,力的X分量和Z分量的改变可能不与开始和停止将医疗仪器插入患者体内的时间直接相关。然而,这些不相关的改变也可能与(例如,由于医疗仪器的构型的改变而引起的)通过医疗仪器传输回的力的改变相一致。因此,在某些实施方案中,该系统还可以配置成在由于未对准引起的力与可能与医疗仪器的正常驱动一致的力的X分量和Z分量的预期改变之间进行区分。

[0139] 返回参照图16,医疗仪器比如例如可转向仪器130可以包括附接至第一机器人臂110的第一IDM 115的第一医疗仪器131和附接至第二机器人臂的第二IDM 125的第二医疗仪器133。第一医疗仪器131可以限定工作通道,第二医疗仪器133构造成穿过该工作通道前进和/或缩回。因此,第一机器人臂110可以构造成将第一医疗仪器131沿着第一轴线140(例如,Y轴)推进到患者体内,并且第二机器人臂120可以构造成将第二医疗仪器133经由工作通道沿着第一轴线140推进到患者体内。类似地,第一机器人臂110可以构造成将第一医疗仪器131沿着第一轴线140(例如,Y轴)从患者缩回,并且第二机器人臂120可以构造成将第二医疗仪器133经由工作通道沿着第一轴线140从患者缩回。

[0140] 如果第一IDM 115和第二IDM 125没有沿着第一轴线140适当地对准,则可能在X-Z平面中的未对准方向上在第一IDM 115与第二IDM 125之间产生力。因此,由于第一IDM 115和第二IDM 125的未对准,第一IDM 115和第二IDM 125可能在X-Z平面中经受相反和相对的力。此外,由于未对准而引起的力可能仅在对第一医疗仪器131和第二医疗仪器133中的一者或更多者进行驱动时(例如,在推进/插入第二医疗仪器133或缩回第一医疗仪器131时)产生。

[0141] 为了检测未对准事件,系统可以配置成检测第二机器人臂120的第二IDM 125处的第二力。系统可以确定在第一IDM 115处测量的第一力和在第二IDM 125处测量的第二力中的至少一者大于阈值力。该系统还可以响应于确定第一力和第二力中的两者均大于阈值力而确定第一机器人臂110和第二机器人臂120未对准。

[0142] E. 示例碰撞和未对准检测技术

[0143] 在一个示例实施方案中,手术机器人系统可以配置成检测碰撞和未对准事件两者,并且向用户提供已经检测到事件的指示。图20是图示根据本公开的方面的可以由手术

机器人系统或手术机器人系统的部件操作以用于检测碰撞或未对准的示例方法的流程图。例如,图20中所图示的方法2000的步骤可以由手术机器人系统的处理器和/或其他部件执行。为方便起见,方法2000描述为由系统的处理器执行。

[0144] 方法2000在框2001处开始。在框2105处,处理器确定第一机器人臂和第二机器人臂的IDM处的力。例如,处理器可以确定第一机器人臂的第一IDM处的第一力,并且确定第二机器人臂的第二IDM处的第二力。处理器可以基于下述各项来确定力:i)从位于第一机器人臂和第二机器人臂的接合件中的每个接合件处的扭矩传感器接收的输出;以及ii)第一机器人臂和第二机器人臂的位置。可以调节第一力和第二力,以去除第一机器人臂和第二机器人臂由于重力而经受的力。

[0145] 在框2010处,处理器确定第一力和第二力中的至少一者是否指示碰撞。例如,处理器可以基于第一IDM处的第一力确定第一机器人臂是否已经与物体碰撞。类似地,处理器可以基于第二IDM处的第二力确定第二机器人臂是否已经与物体碰撞。

[0146] 在一个实施方案中,第一机器人臂和/或第二机器人臂可以构造成通过第一IDM和/或第二IDM沿着第一轴线的运动将可转向仪器推进到患者体内。处理器可以确定第一力的沿着垂直于第一轴线的第二轴线施加至第一IDM的第一分量。处理器可以确定第一力的第一分量大于第一阈值。因此,处理器可以基于确定第一力的第一分量大于第一阈值来确定第一机器人臂已经与物体碰撞。由于期望沿着垂直于插入轴线的轴线(例如,第一轴线)的力小于阈值,因此处理器可以将第一力的沿着垂直轴线的大于第一阈值的分量解释为指示碰撞。处理器可以执行类似的步骤来确定第二机器人臂是否已经与物体碰撞。

[0147] 处理器还可以将力的沿着第一插入轴线的分量与第二阈值进行对比。例如,处理器可以确定第一力的沿着第一轴线施加至IDM的第二分量,并确定第一力的第二分量大于第二阈值。处理器可以基于确定第一力的第二分量大于第二阈值来确定第一机器人臂已经与物体碰撞,其中,第二阈值大于可转向仪器插入到患者体内的预期力。在该实施方式中,第二阈值可以被选择为大于沿着第一轴线的预期插入力,使得可以确定力的在第一轴线上测量的大于第二阈值的任何分量是由于与物体碰撞引起的。

[0148] 响应于确定第一力和第二力不指示碰撞,方法2000可以在框2015处继续进行,其中,处理器确定第一力和第二力是否指示未对准。在某些实施方案中,处理器可以确定第一力和第二力两者均大于第三阈值力,并且响应于确定第一力和第二力两者均大于第三阈值力而确定第一机器人臂和第二机器人臂未对准。

[0149] 处理器还可以确定在检测第二力的时候插入数据指示第二医疗仪器正在被驱动穿过第一医疗仪器(例如,插入或缩回)。插入数据可以存储在存储器中,并且可以基于以下各项中的至少一项来确定:第一机器人臂和第二机器人臂的位置、以及从用户接收的驱动第二医疗仪器的指令。处理器可以响应于确定插入数据指示第二医疗仪器正在被驱动穿过第一医疗仪器(例如,插入或缩回)而确定第一机器人臂和第二机器人臂未对准。此外,在某些实施方案中,处理器可以确定当在第一力和第二力的测量期间第二医疗仪器没有被驱动穿过第一医疗仪器时第一机器人臂和第二机器人臂的IDM所经受的力不是由于未对准而引起的。

[0150] 在另一实施方案中,在测量第一扭矩值和第二扭矩值的时候插入数据可以指示第一医疗仪器正在被驱动。处理器可以确定第一力大于阈值,并且响应于确定插入数据指示

第一医疗仪器正在被驱动并且确定第一力大于第一阈值而确定第一机器人臂与患者导引器未对准。患者导引器可以是构造成将第一医疗仪器导引至患者体内的装置。在某些实施方案中,系统可以配置成确定施加在患者导引器上的力。在这些实施方案中,处理器可以确定施加至患者导引器的力和第一力是否沿相反的方向,并且响应于施加至患者导引器的力和第一力沿相反的方向而确定第一IDM与患者导引器未对准。

[0151] 在一些实施方式中,处理器还可以配置成确定第一力和第二力沿相反的方向。处理器还可以确定,第一力和第二力的大小之间的差小于阈值差。处理器可以响应于确定第一力和第二力沿相反的方向并且确定第一力和第二力的大小之间的差小于阈值差而确定第一机器人臂和第二机器人臂未对准。由于第二医疗仪器通过第二医疗仪器插入到第一医疗仪器的工作通道中而联接至第一IDM和第二IDM中的每一者,因此沿相反方向具有相似大小的第一力和第二力可以指示未对准。

[0152] 响应于确定第一机器人臂和第二机器人臂中的一者已经与物体碰撞(在框2010中)或确定第一机器人臂和第二机器人臂未对准,在框2020中,处理器提供碰撞或未对准的指示。例如,处理器可以对碰撞或未对准的指示进行编码,并且将经编码的指示提供给配置为呈现经编码的数据的显示器。在某些实施方案中,该指示可以不指明事件是碰撞还是未对准。例如,该指示可以简单地通知用户已经检测到碰撞/未对准错误。

[0153] 在其他实施方式中,处理器可以将指示事件类型的信息编码到指示中。例如,指示可以指明以下事项中的至少一者:是否发生了碰撞、碰撞中涉及哪些臂、是否发生了未对准、以及未对准中涉及哪些臂。

[0154] 响应于确定已经发生了碰撞或未对准,处理器可以阻止用户进一步将可转向仪器推进到患者体内。该指示还可以向用户还提供指令以将可转向仪器从患者缩回并重置系统。处理器还可以配置成接收来自用户的指示碰撞或未对准的根源已经被处理的输入。响应于接收到碰撞或未对准已经被解决的输入,处理器可以允许用户继续医疗手术。该方法2000在框2025处结束。

[0155] F. 碰撞和未对准技术的附加示例

[0156] 在一个示例实施方案中,手术机器人系统可以配置成检测机器人臂的碰撞。图21是图示根据本公开的方面的可以由手术机器人系统或手术机器人系统的部件操作的用于检测碰撞的示例方法的流程图。例如,图21中图示的方法2100的步骤可以由手术机器人系统的处理器执行。为方便起见,将方法2100描述为由该系统的处理器执行。

[0157] 方法2100在框2101处开始。在框2105处,处理器基于扭矩传感器的输出测量机器人臂的接合件处的第一扭矩值。该机器人臂可以包括:两个连杆,所述两个连杆通过接合件连接;扭矩传感器,该扭矩传感器配置成检测两个连杆之间的扭矩;以及仪器装置操纵器(IDM),该仪器装置操纵器(IDM)连接至机器人臂的远端端部。在框2110处,处理器基于机器人臂的位置确定接合件处的第二扭矩值。该第二扭矩值可以指示两个连接件之间的扭矩的重力分量。

[0158] 在框2115处,处理器基于第一扭矩值和第二扭矩值之间的差确定IDM处的力。在框2120处,处理器基于IDM处的力确定机器人臂是否已经与物体碰撞。在某些实施方案中,处理器可以响应于确定机器人臂已经与物体碰撞来提供机器人臂已经与物体碰撞的指示。该方法在框2125处结束。

[0159] 3. 实施系统和术语

[0160] 本文中公开的实施方案提供了用于检测手术机器人系统的一个或多个机器人臂的碰撞或未对准的系统、方法和装置。在某些实施方式中,该检测可以基于在机器人臂的接合件处执行的扭矩测量。

[0161] 应当注意的是,如本文中所使用的术语“联接”、“正在联接”、“被联接”或词语联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“联接”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,或者直接连接至第二部件。

[0162] 本文所描述的用于检测碰撞和/或未对准的技术可以作为一个或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的介质。作为示例而非限制,这样的介质可以包括随机访问存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、电可擦可编程只读存储器(EEPROM)、闪存存储器、光盘只读存储器(CD-ROM)或其他光盘存储设备、磁盘存储设备或其他磁存储设备、或者可以用于存储呈指令或数据结构形式的所需程序代码且可以由计算机访问的任何其他介质。应当注意的是,计算机可读介质可以是有形的并且是非暂时性的。如本文中所使用的,术语“代码”可以指代可由计算装置或处理器执行的软件、指令、代码或数据。

[0163] 本文中所公开的方法包括用于实现所描述的方法的一个或多个步骤或动作。在不脱离权利要求的范围的情况下,该方法的步骤和/或动作可以彼此交换。换句话说,除非所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对特定步骤和/或动作的顺序和/或使用进行修改。

[0164] 如本文中所使用的,术语“多个”表示两个或多个。例如,多个分量表示两个或多个分量。术语“确定”涵盖多种动作,并且因此,“确定”可以包括计算、运算、处理、推导、研究、查找(例如,在表、数据库或另一数据结构中查找)、确定等。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、选定、建立等。

[0165] 除非另有明确规定,否则短语“基于”并不意味着“仅基于”。换句话说,短语“基于”描述了“仅基于”和“至少基于”两者。

[0166] 提供所公开的实施方案的先前描述以使本领域的任何技术人员能够制造或使用本发明。这些实施方案的各种改型对于本领域技术人员而言将是明显的,并且在不脱离本发明的范围的情况下,本文中所定义的通用原则可以应用于其他实施方案。例如,将理解的是,本领域的普通技术人员将能够采用许多对应的替代性和等同的结构细节,比如紧固、安装、联接或接合工具部件的等同方式、用于产生特定的致动运动的等效机构以及用于传递电能的等效机构。因此,本发明不意在限于本文中所示出的实施方案,而是应被给予与本文中所公开的原理和新颖特征相一致的最广泛的范围。

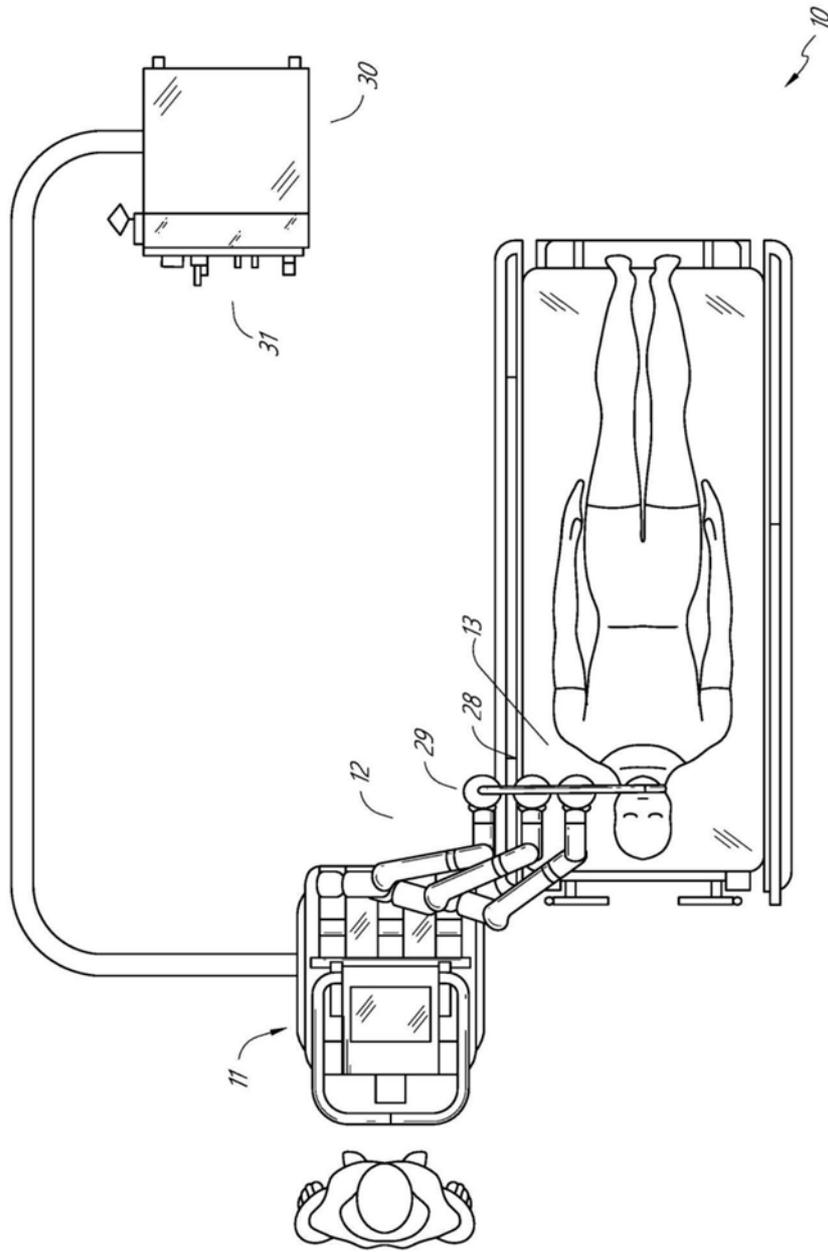


图1

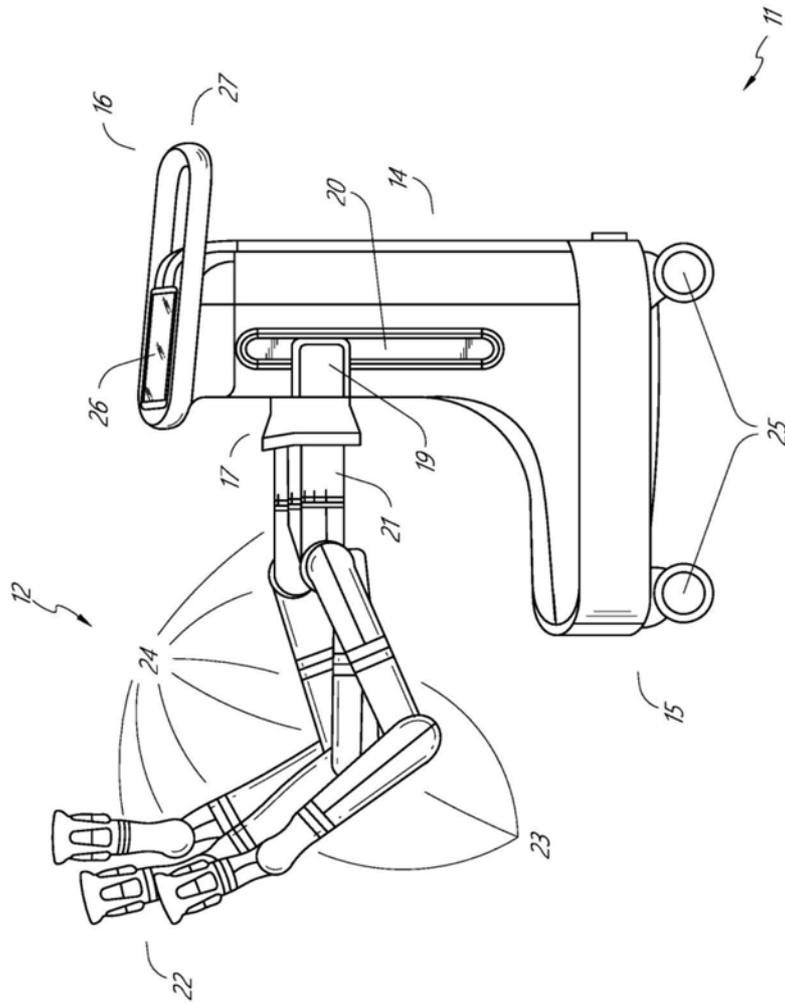


图2

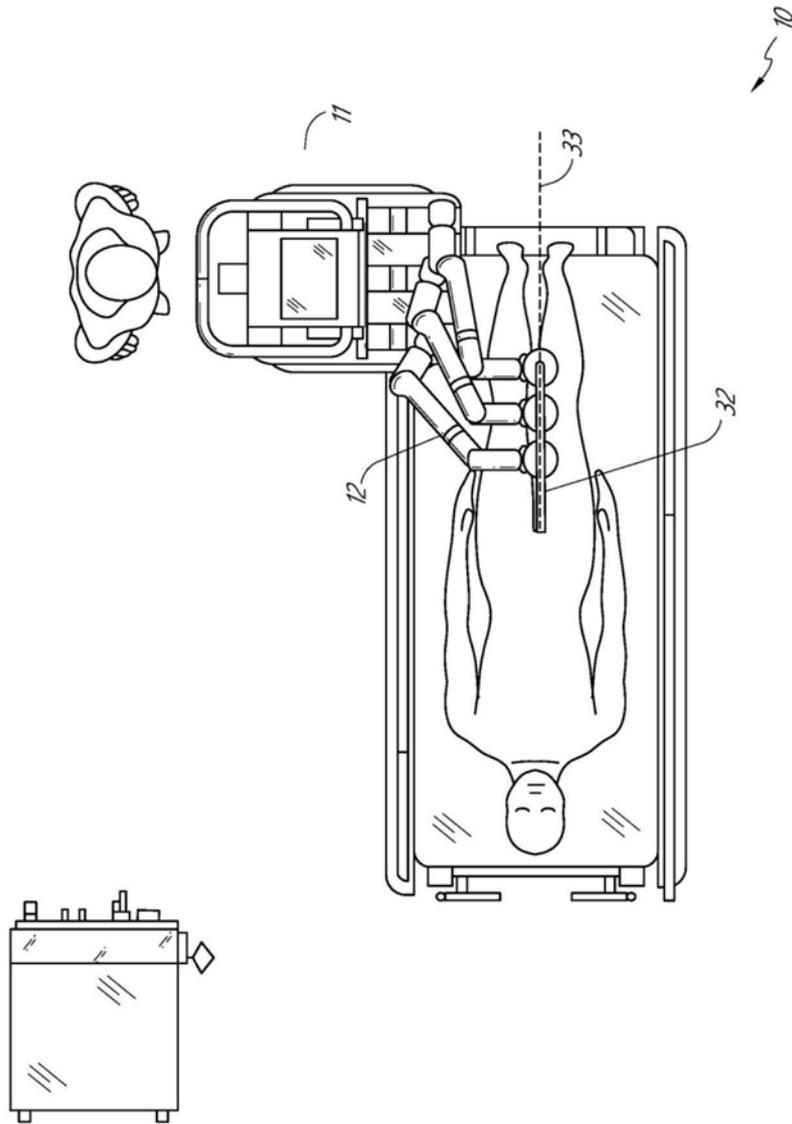


图3

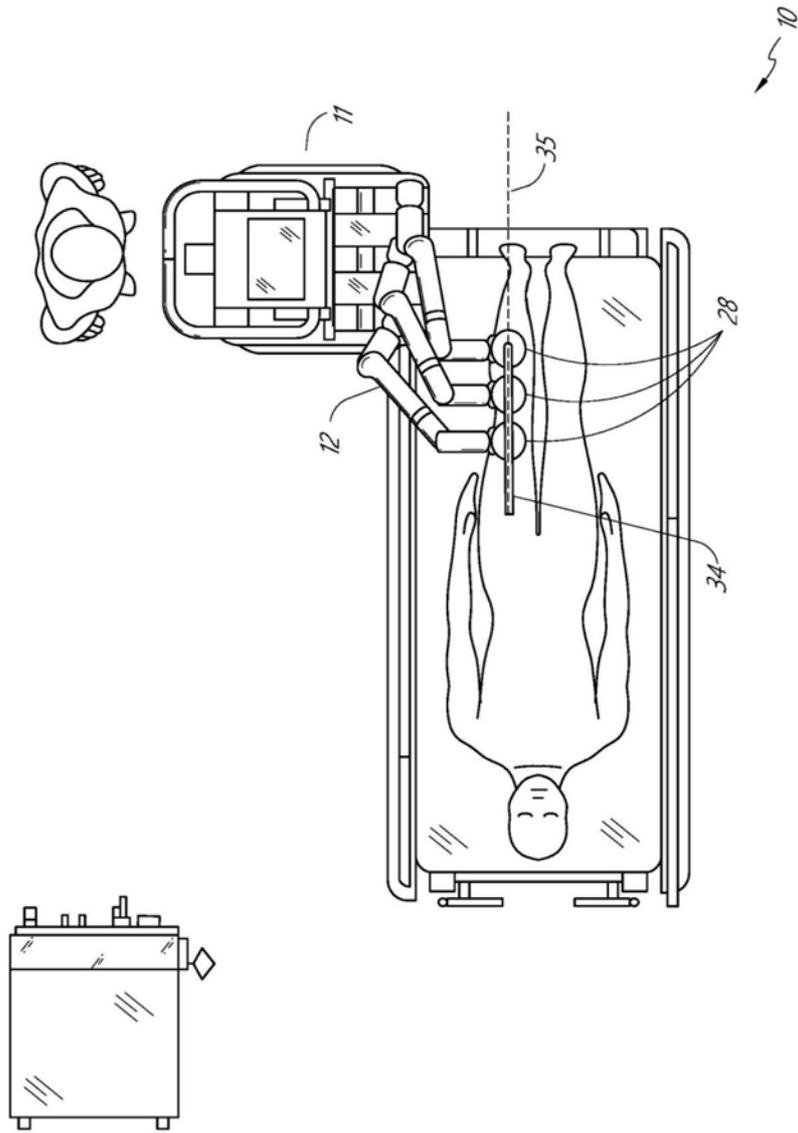


图4

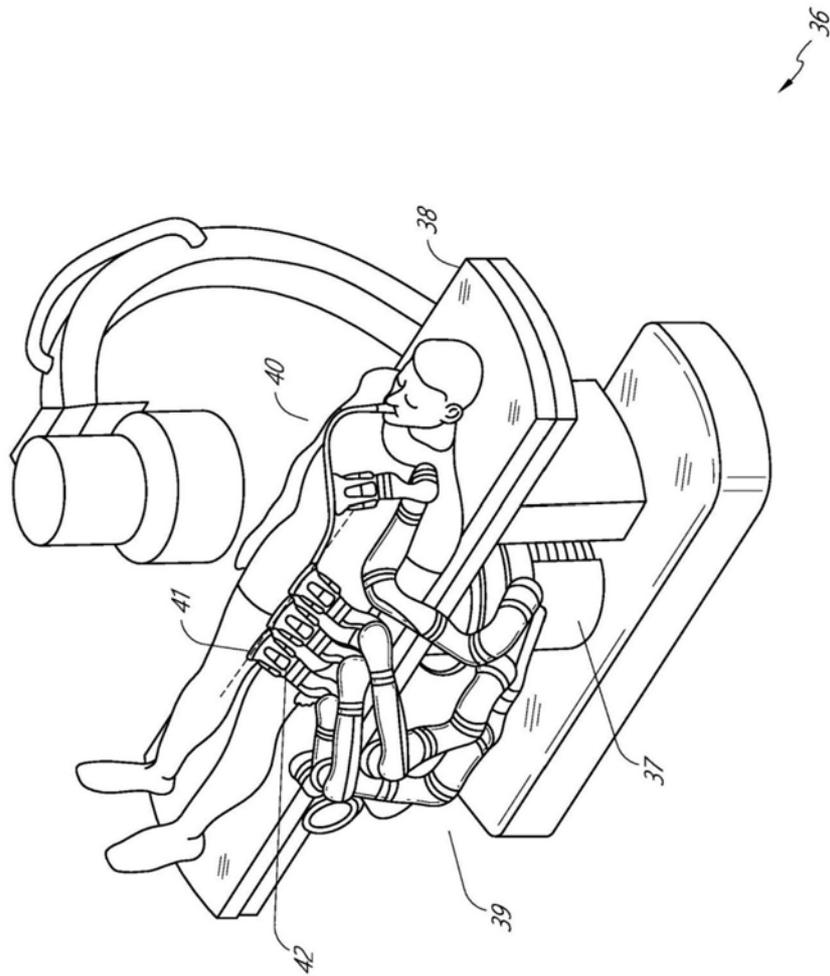


图5

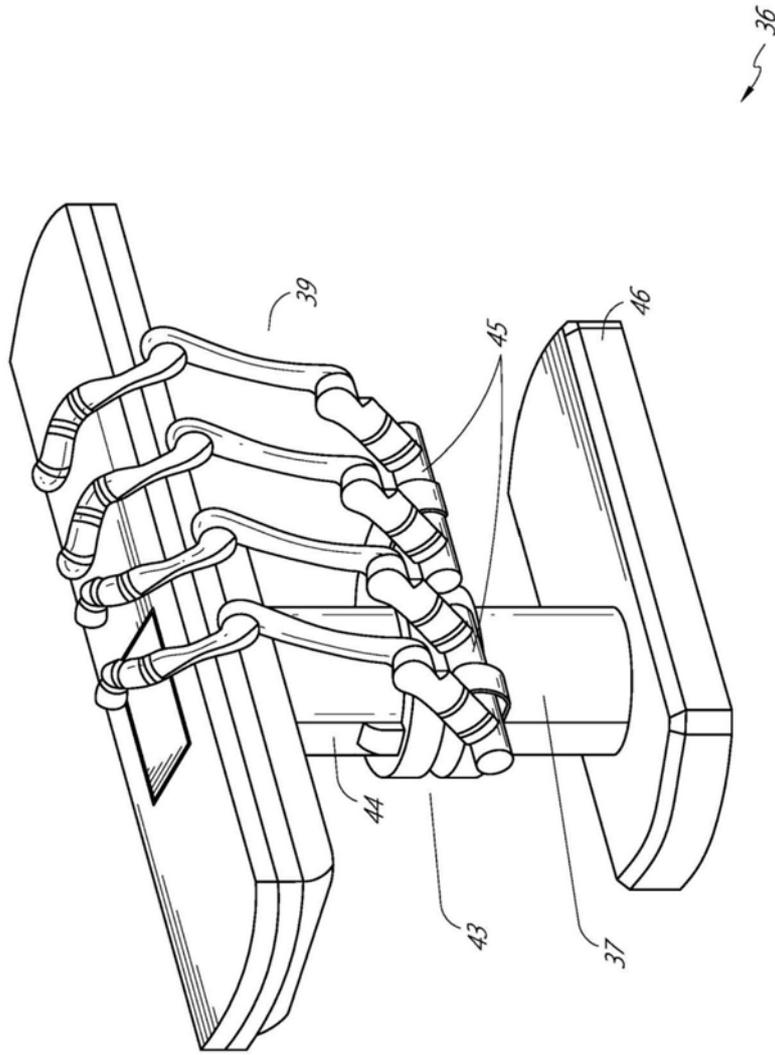


图6

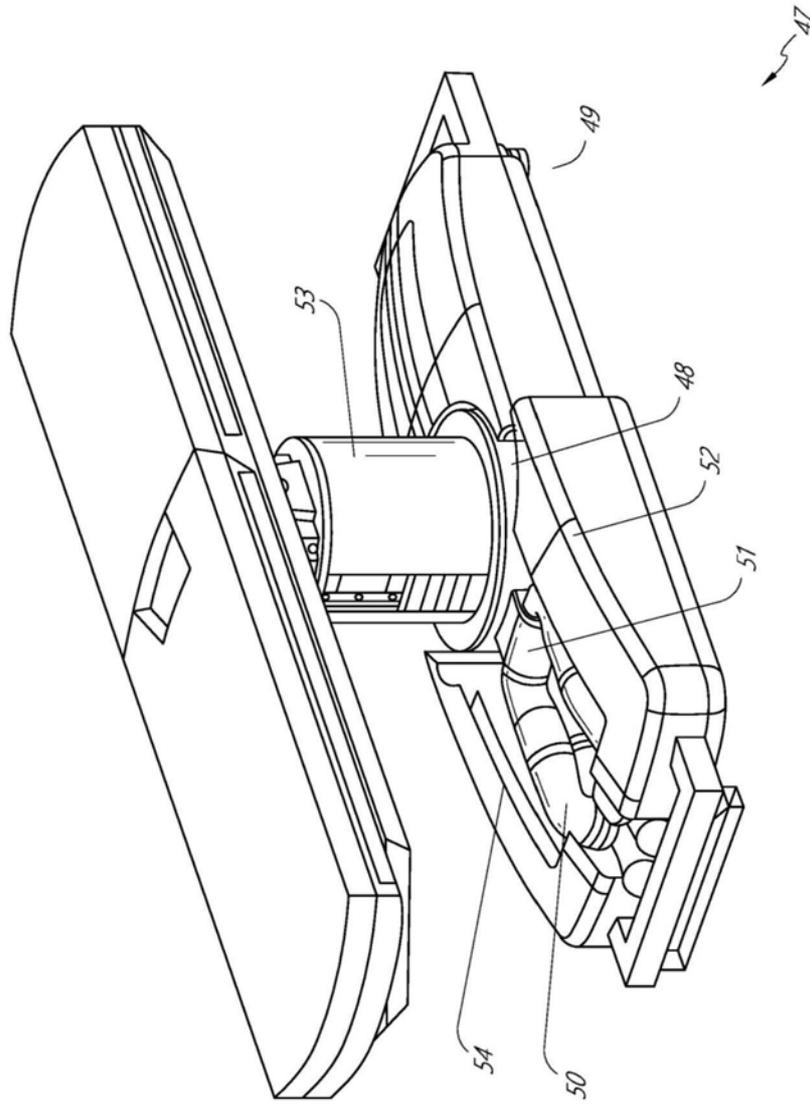


图7

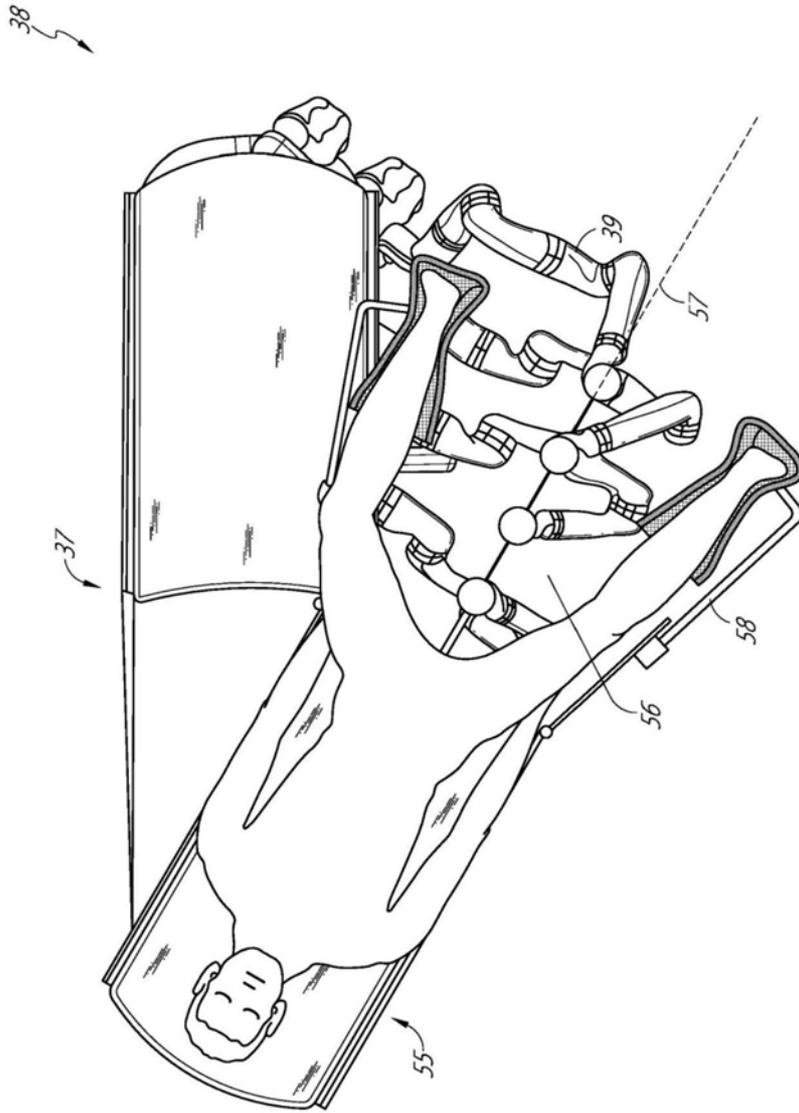


图8

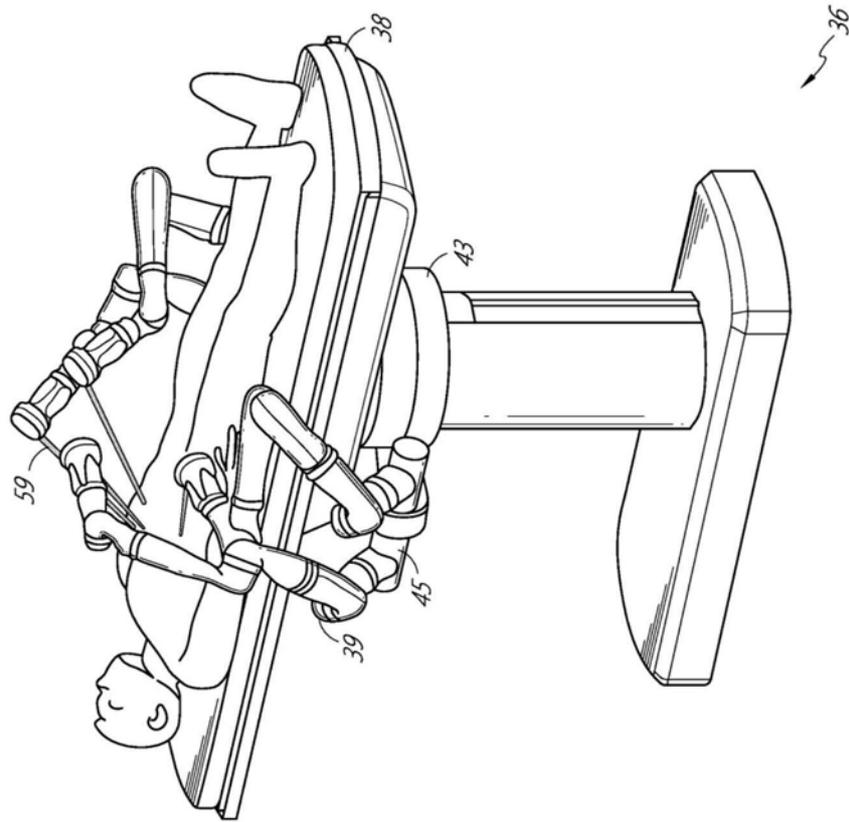


图9

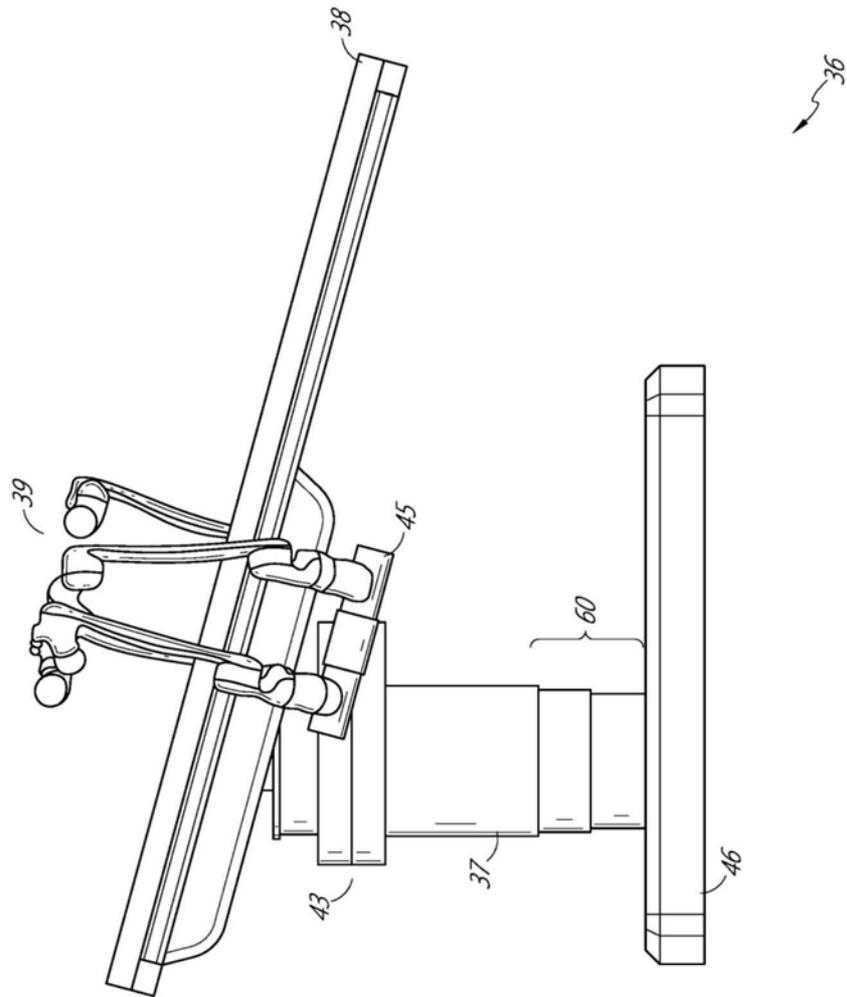


图10

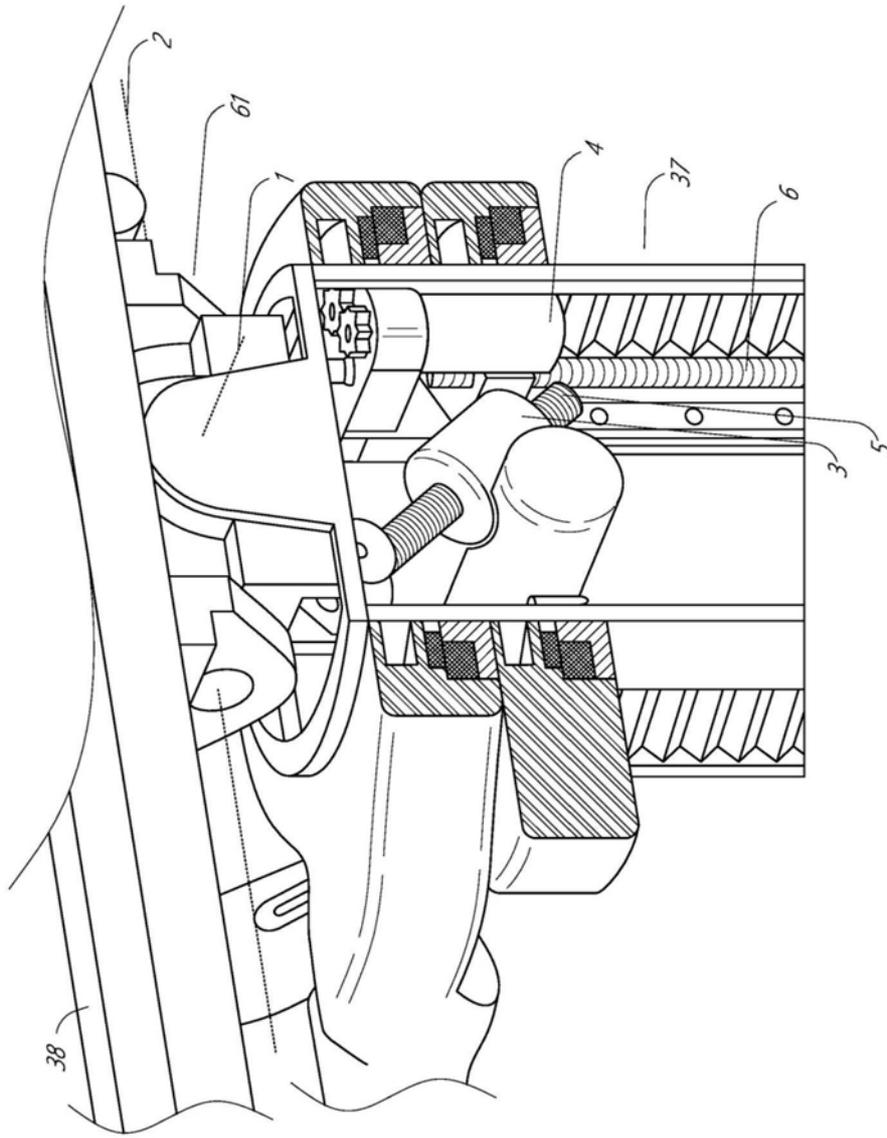


图11

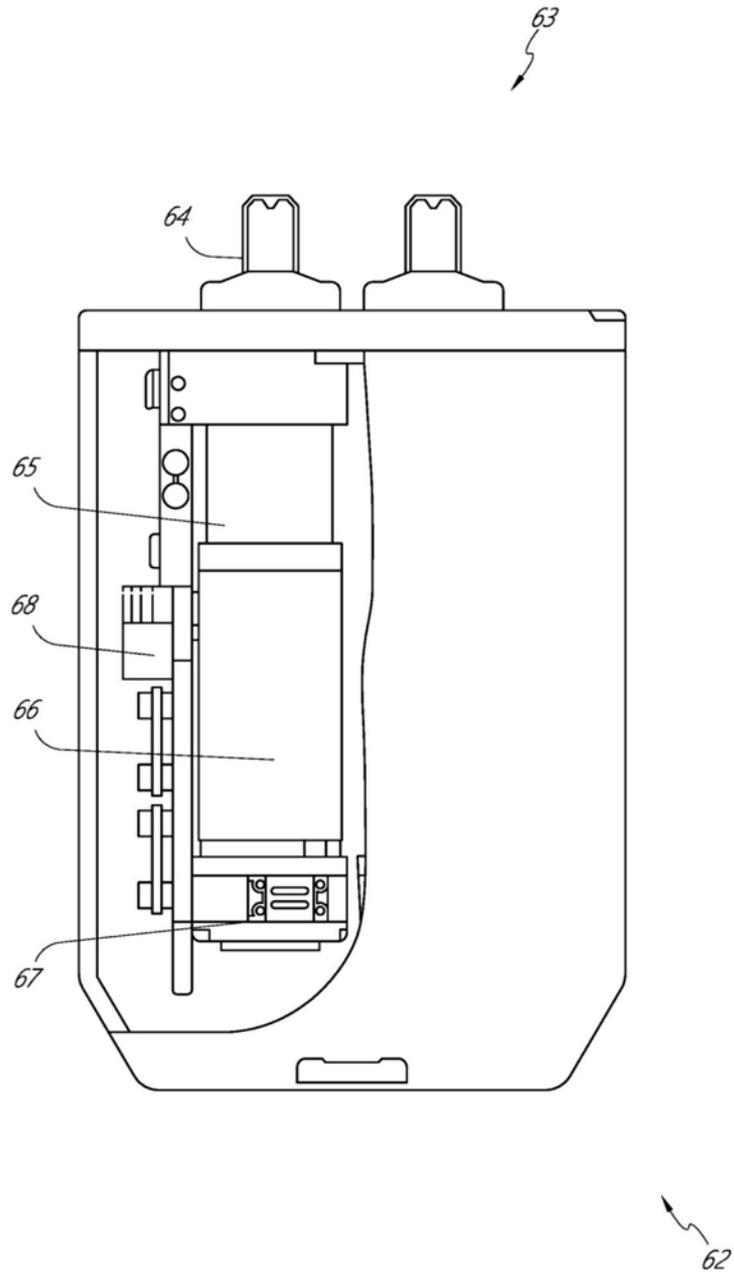


图12

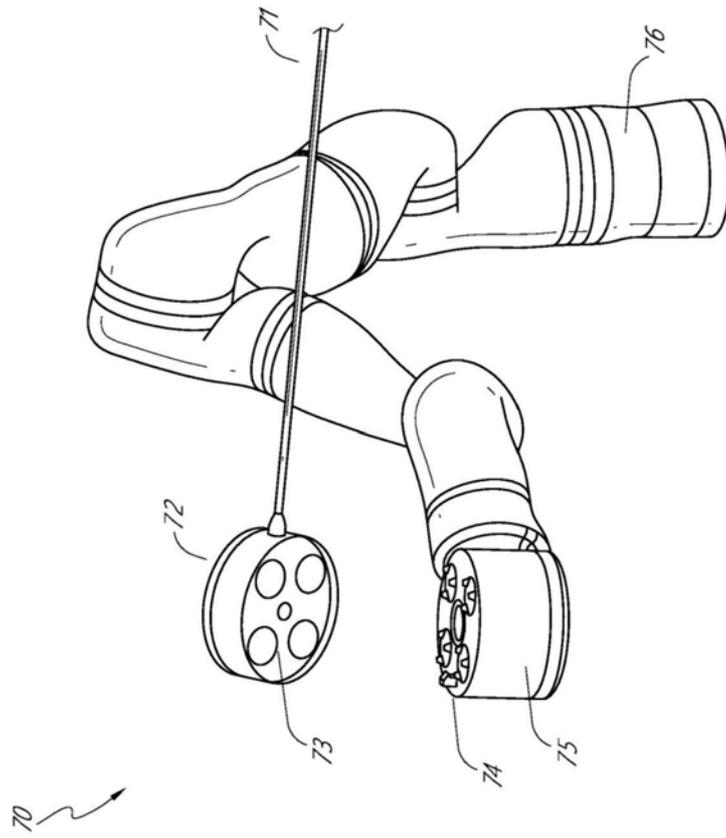


图13

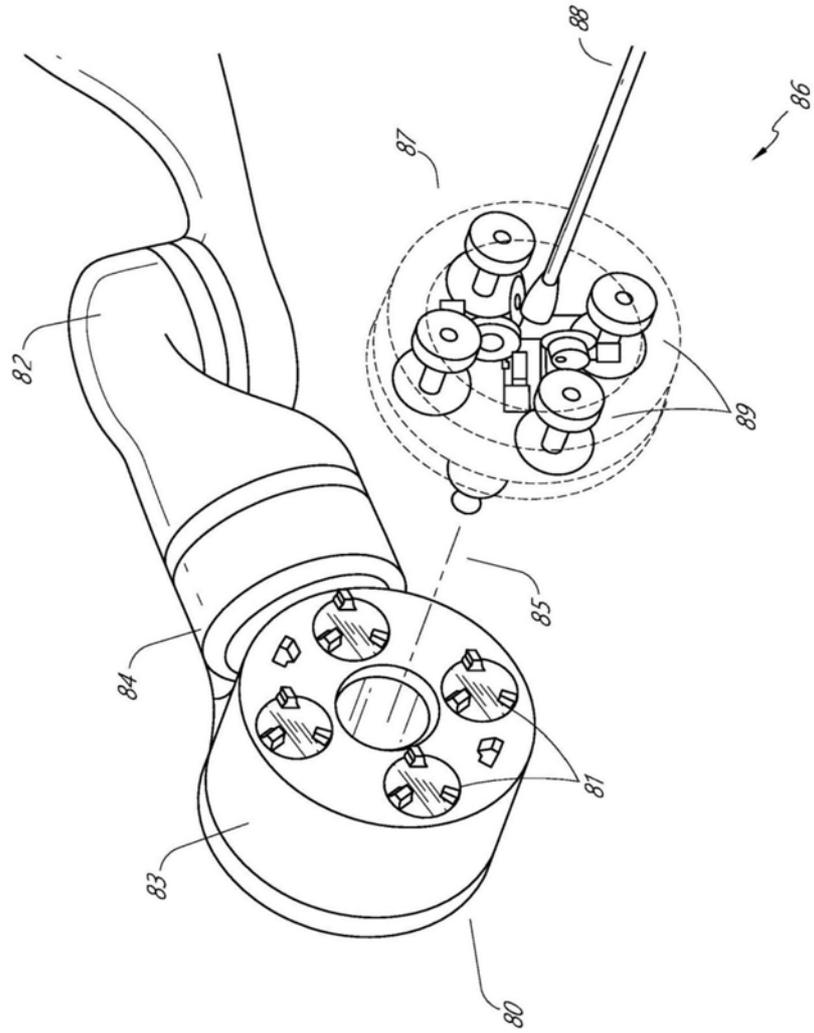


图14

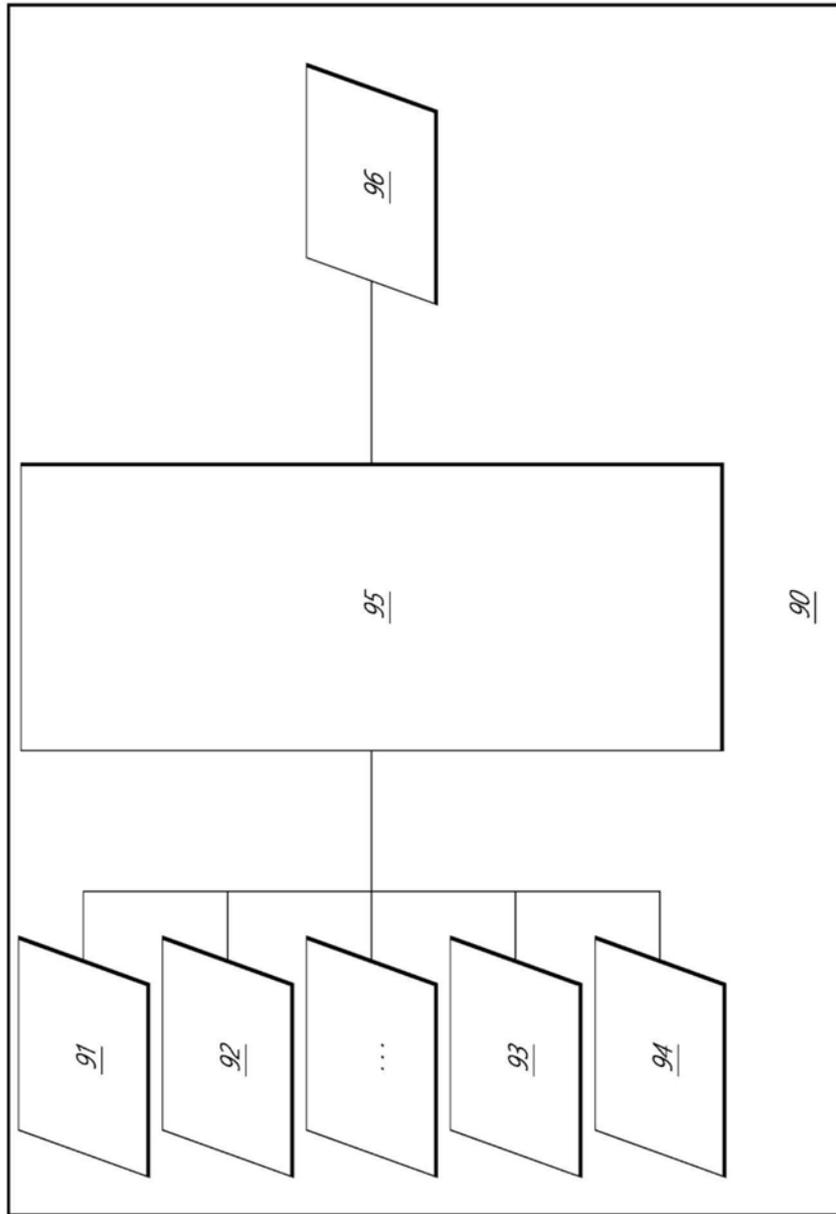


图15

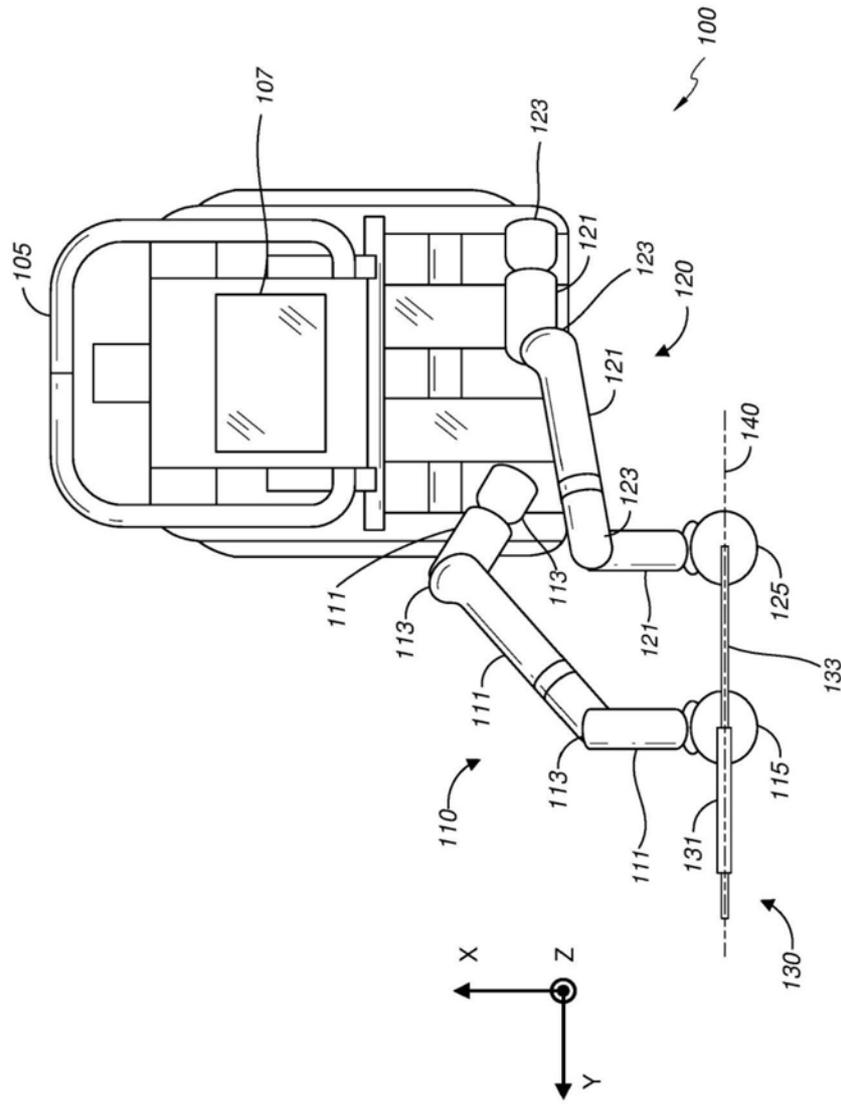


图16

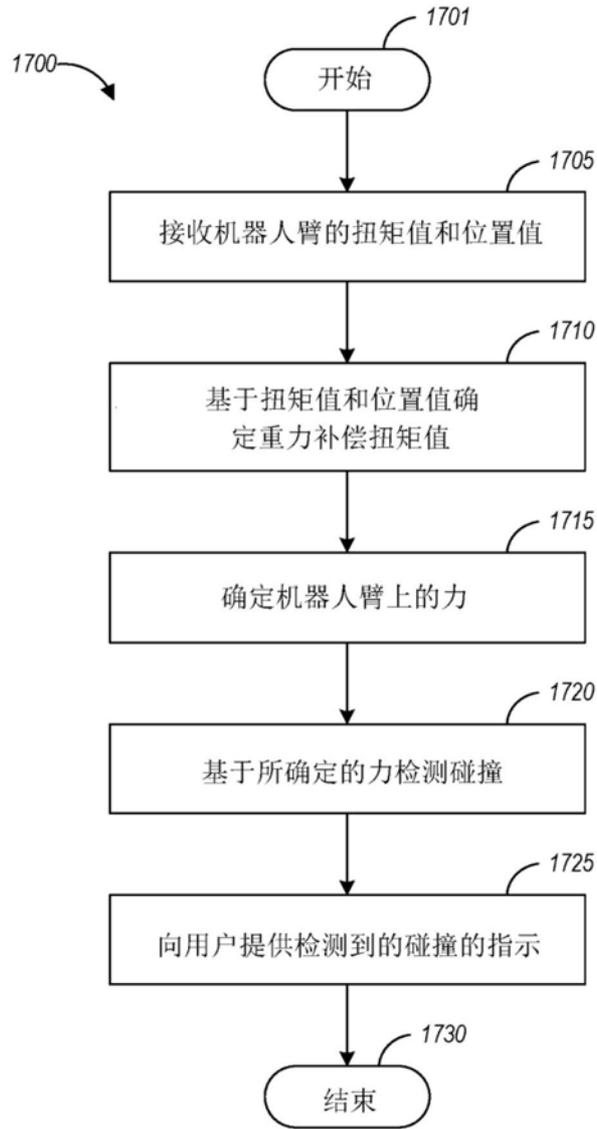


图17

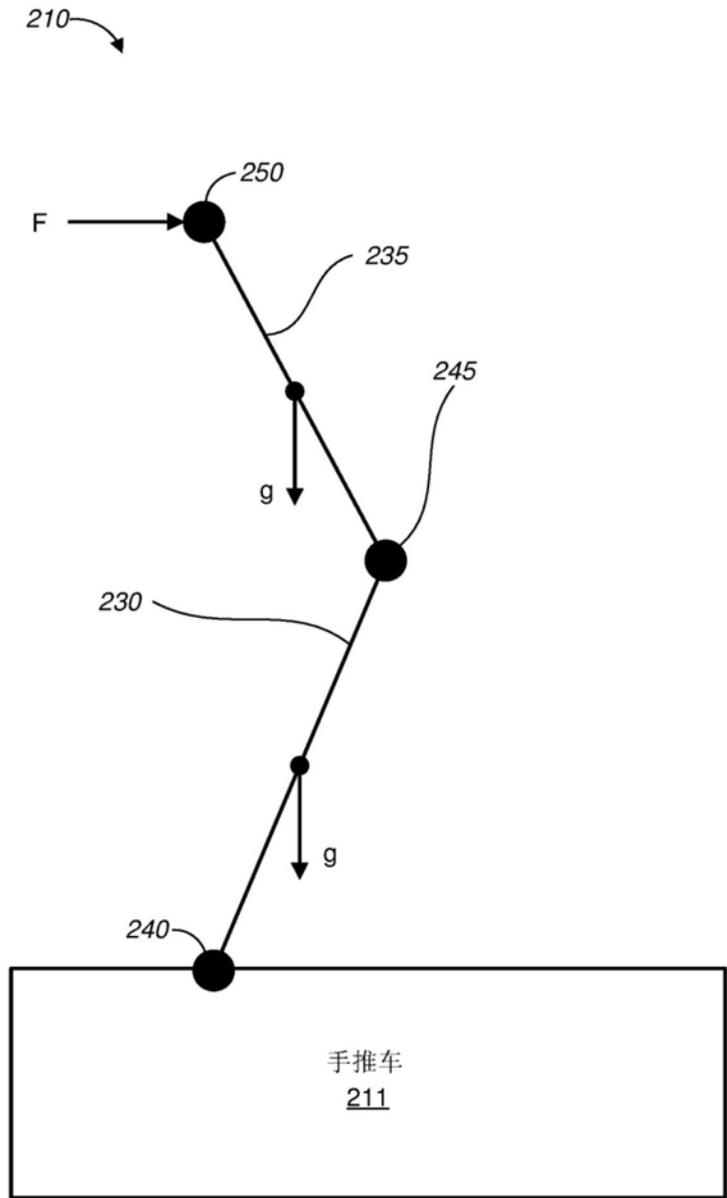


图18

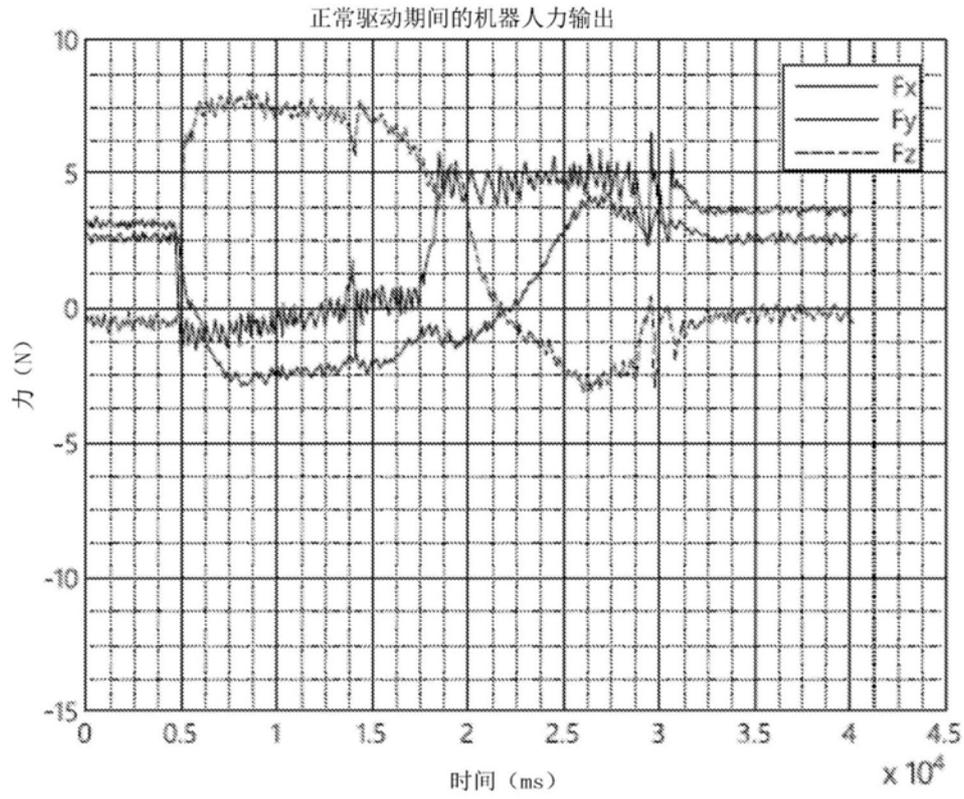


图19A

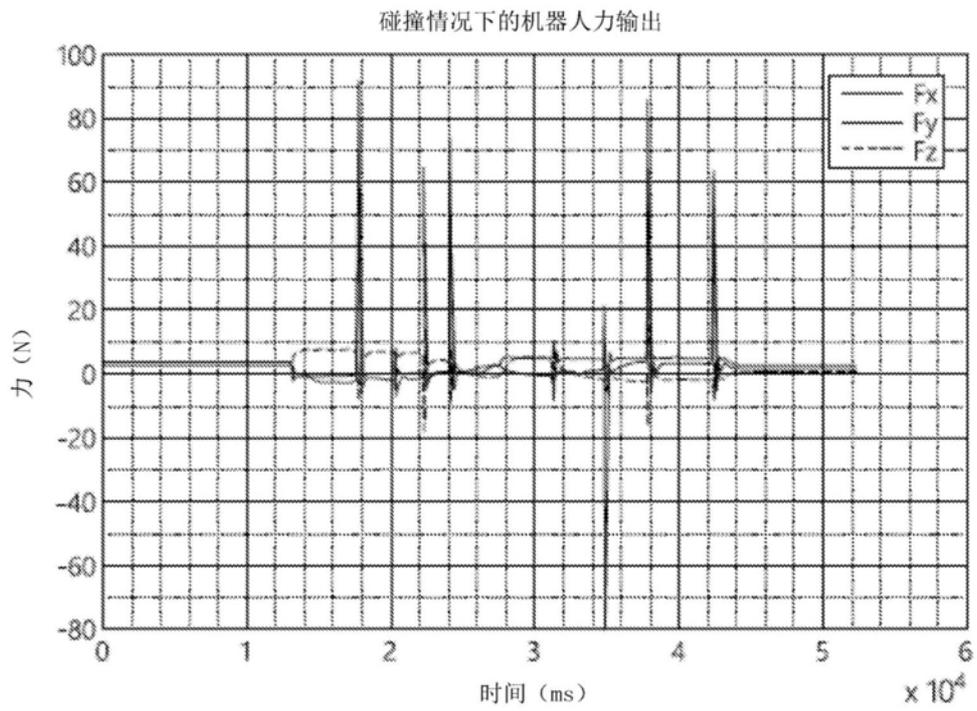


图19B

未对准情况下的机器人力输出

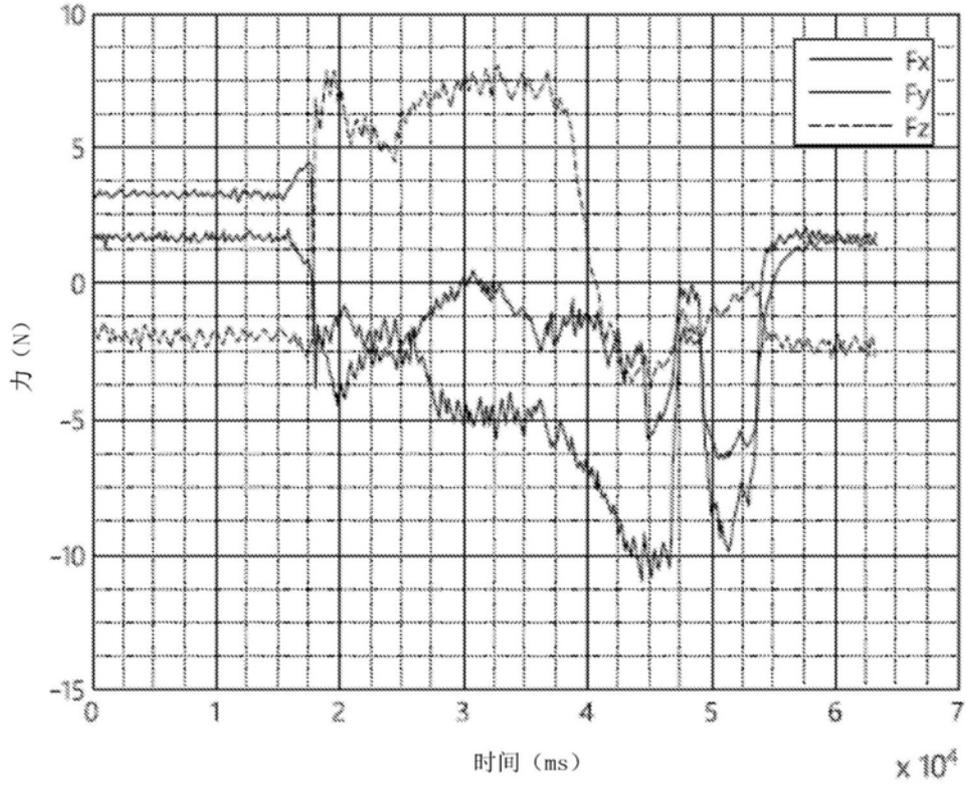


图19C

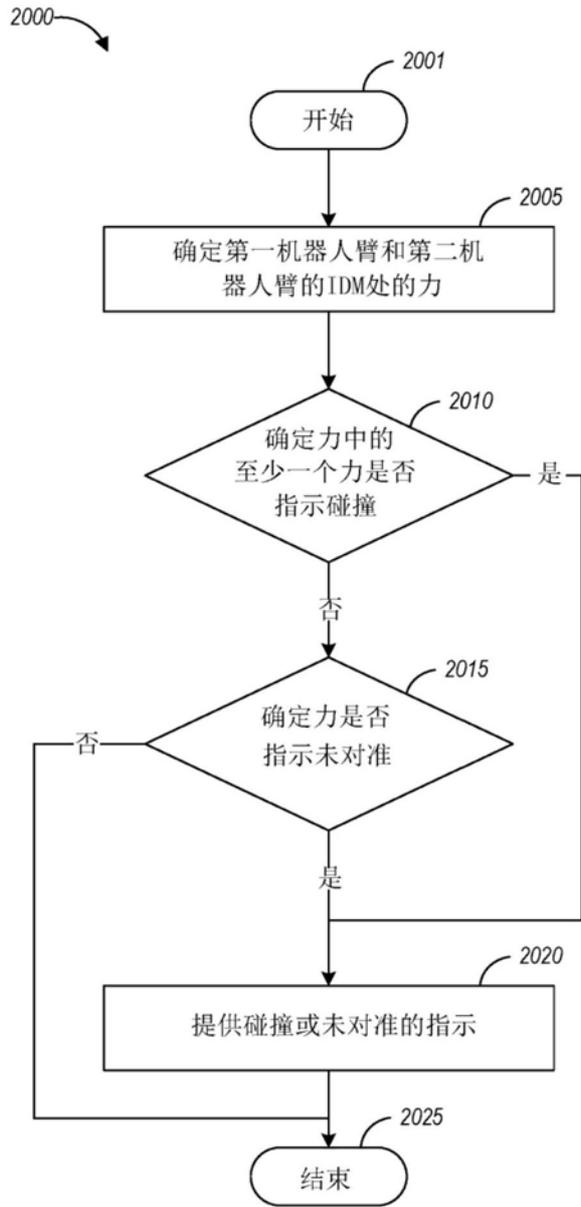


图20

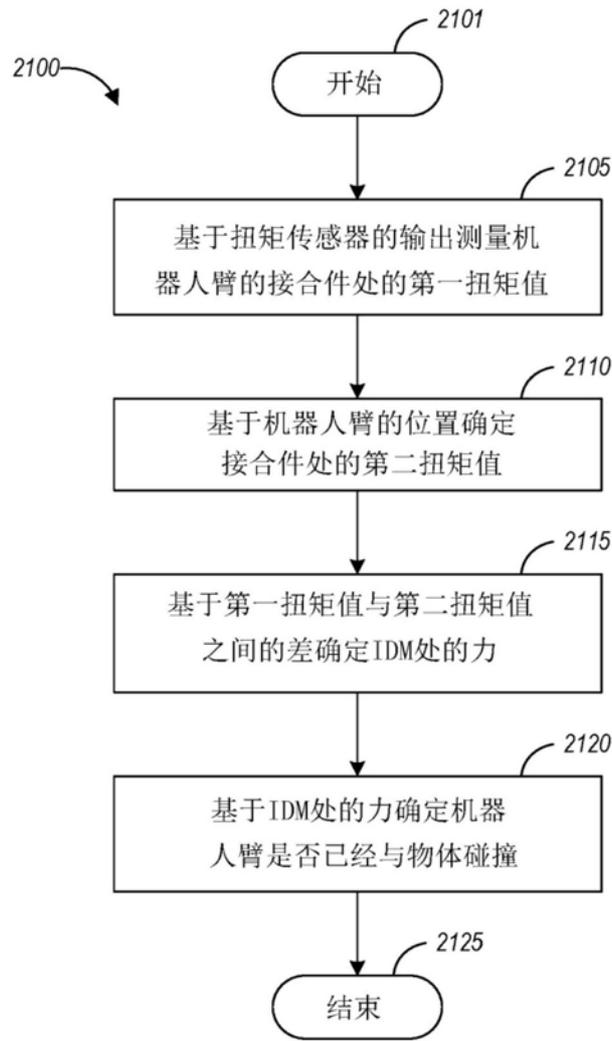


图21