(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 118714984 A
(43)申请公布日 2024.09.27

(21)申请号 202280091941.3
(22)申请日 2022.12.20
(30)优先权数据
63/293072 2021.12.22 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2024.08.16
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/IB2022/062545 2022.12.20
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2023/119158 EN 2023.06.29
(71)申请人 奥瑞斯健康公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 N·J·艾尔 A·Z·何 C·金 黄亚楠 C·A·威尔逊 周仁斌 T·C·阮黄 R·L·德文根佐
(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001
专利代理师 吴俊 朱铁宏
(51)Int.Cl.
A61B 34/30(2006.01)
A61B 34/00(2006.01)
A61B 50/15(2006.01)
A61B 90/00(2006.01)

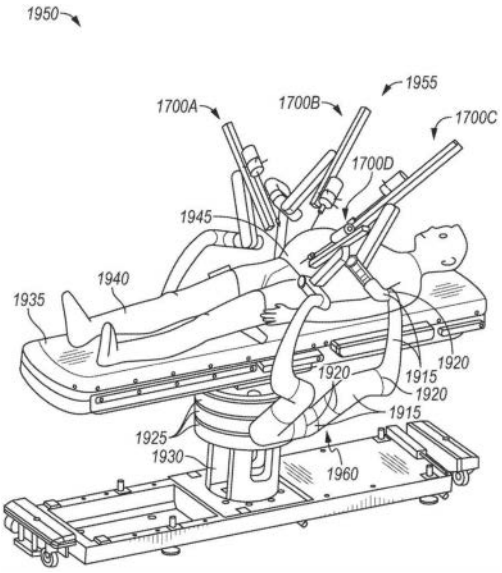
权利要求书4页 说明书39页 附图43页

(54)发明名称

具有机动臂的外科平台

(57)摘要

一种外科机器人系统可包括基于柱的安装平台和联接到该安装平台的至少一个机器人臂。该机器人臂可包括共同限定远程运动中心的设置连杆机构和远侧操纵器连杆机构。该设置连杆机构可以是可调节的,以操纵该远侧操纵器连杆机构的姿态和该远程运动中心的位置。此外,该远侧操纵器连杆机构可被构造成隔离联接到其的工具的运动自由度以使该工具围绕该远程运动中心进行关节运动。任选地,该安装平台可由外科床或系统的柱支撑。此外,该设置连杆机构可以是机器人的。此外,该远侧操纵器连杆机构可使用硬件约束的远程运动中心。在一些实施方案中,该远侧操纵器连杆机构可包括平行四边形连杆机构。



CN 118714984 A

1.一种外科机器人系统,所述外科机器人系统包括:

基于柱的安装平台,所述基于柱的安装平台具有支撑在柱上的台;和

机器人臂,所述机器人臂联接到所述台,所述机器人臂包括设置接头和远侧操纵器连杆机构,所述设置接头和所述远侧操纵器连杆机构共同限定远程运动中心,所述设置接头能够调节以操纵所述远侧操纵器连杆机构的姿态和所述远程运动中心的位置,所述远侧操纵器连杆机构被构造成隔离联接到所述远侧操纵器连杆机构的工具的运动自由度,以使所述工具围绕所述远程运动中心进行关节运动。

2.根据权利要求1所述的外科机器人系统,其中所述基于柱的安装平台还包括基部和从所述基部延伸的柱。

3.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述基于柱的安装平台还包括联接到所述柱的肩部、通过第一旋转接头联接到所述肩部的第一连杆、和通过第二旋转接头联接到所述第一连杆的第二连杆。

4.根据权利要求3所述的外科机器人系统,其中所述基于柱的安装平台还包括联接到所述第二连杆的可调式臂支撑件,所述可调式臂支撑件被构造成使所述机器人臂支撑在所述可调式臂支撑件上。

5.根据权利要求4所述的外科机器人系统,其中所述可调式臂支撑件包括杆。

6.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在单个接头中。

7.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在一组接头中。

8.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述机器人臂包括使所述设置接头联接到所述远侧操纵器连杆机构的基部偏航接头,所述基部偏航接头具有延伸穿过所述远程运动中心的旋转轴线。

9.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述机器人臂能够在保持所述远程运动中心的同时重新定位所述远侧操纵器连杆机构。

10.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述机器人臂的所述远侧操纵器连杆机构包括平行四边形连杆机构。

11.根据权利要求10所述的外科机器人系统,其中所述平行四边形连杆机构被构造成围绕所述远程运动中心进行关节运动。

12.根据权利要求10或11所述的外科机器人系统,其中所述平行四边形连杆机构包括一个动力接头和两个被动接头。

13.根据权利要求12所述的外科机器人系统,其中所述被动接头的旋转由限制器机构机械地约束。

14.根据权利要求13所述的外科机器人系统,其中所述限制器机构包括箍、带、链、或连杆。

15.根据权利要求10至14中任一项所述的外科机器人系统,其中所述平行四边形连杆机构包括四个连杆,所述四个连杆在三个旋转接头处彼此可旋转地联接,所述三个旋转接头被构造成以1:1:1的比率旋转。

16.根据权利要求15所述的外科机器人系统,其中所述四个连杆包括俯仰基部连杆、第

一俯仰连杆、第二俯仰连杆、和物台连杆,所述俯仰基部连杆经由第一俯仰接头联接到所述第一俯仰连杆,所述第一俯仰连杆经由第二俯仰接头联接到所述第二俯仰连杆,并且所述第二俯仰连杆经由第三俯仰接头联接到所述物台连杆。

17.根据权利要求16所述的外科机器人系统,其中所述物台连杆支撑工具驱动器,所述工具驱动器被构造成支撑工具,从而用于围绕所述远程运动中心进行关节运动。

18.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头包括联接到所述安装平台的棱柱接头。

19.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头包括多个连杆,所述多个连杆可旋转地联接在一起。

20.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头包括滚动接头。

21.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头是机器人设置接头。

22.根据权利要求21所述的外科机器人系统,其中所述设置接头是机动的。

23.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远程运动中心是硬件约束的。

24.根据前述权利要求中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远程运动中心是软件约束的。

25.一种机器人臂,所述机器人臂能够联接到外科机器人系统的台,所述机器人臂包括:

机器人设置接头,所述机器人设置接头能够调节以操纵所述远侧操纵器连杆机构的姿态和所述远程运动中心相对于所述台的位置;和

远侧操纵器连杆机构,所述远侧操纵器连杆机构联接到所述机器人设置接头以共同限定远程运动中心,所述远侧操纵器连杆机构被构造成隔离联接到所述远侧操纵器连杆机构的工具的运动自由度,以使所述工具围绕所述远程运动中心进行关节运动。

26.根据权利要求25所述的机器人臂,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在单个接头中。

27.根据权利要求25所述的机器人臂,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在一组接头中。

28.根据权利要求25至27中任一项所述的机器人臂,其中所述机器人臂包括使所述设置接头联接到所述远侧操纵器连杆机构的基部偏航接头,所述基部偏航接头具有延伸穿过所述远程运动中心的旋转轴线。

29.根据权利要求25至28中任一项所述的机器人臂,其中所述机器人臂的所述远侧操纵器连杆机构包括平行四边形连杆机构。

30.根据权利要求29所述的机器人臂,其中所述平行四边形连杆机构被构造成围绕所述远程运动中心进行关节运动。

31.根据权利要求29所述的机器人臂,其中所述平行四边形连杆机构包括一个动力接头和两个被动接头。

32.根据权利要求31所述的机器人臂,其中所述被动接头的旋转由限制器机构机械地

约束。

33.根据权利要求32所述的机器人臂,其中所述限制器机构包括箍、带、链、或连杆。

34.根据权利要求29至33中任一项所述的机器人臂,其中所述平行四边形连杆机构包括四个连杆,所述四个连杆在三个旋转接头处彼此可旋转地联接,所述三个旋转接头被构造成以1:1:1的比率旋转。

35.根据权利要求34所述的机器人臂,其中所述四个连杆包括俯仰基部连杆、第一俯仰连杆、第二俯仰连杆、和物台连杆,所述俯仰基部连杆经由第一俯仰接头联接到所述第一俯仰连杆,所述第一俯仰连杆经由第二俯仰接头联接到所述第二俯仰连杆,并且所述第二俯仰连杆经由第三俯仰接头联接到所述物台连杆。

36.根据权利要求35所述的机器人臂,其中所述物台连杆支撑工具驱动器,所述工具驱动器被构造成支撑工具,从而用于围绕所述远程运动中心进行关节运动。

37.根据权利要求25至36中任一项所述的机器人臂,其中所述设置接头包括多个连杆,所述多个连杆可旋转地联接在一起。

38.根据权利要求25至37中任一项所述的机器人臂,其中所述设置接头包括滚动接头。

39.根据权利要求25至38中任一项所述的机器人臂,其中所述设置接头是机动的。

40.根据权利要求25至39中任一项所述的机器人臂,其中所述远程运动中心是硬件约束的。

41.根据权利要求25至40中任一项所述的机器人臂,其中所述远程运动中心是软件约束的。

42.一种外科手术方法,所述外科手术方法包括:

接收设置命令,所述设置命令用以将机器人臂的设置接头定位在设置位置中,其中所述机器人臂联接到台;

响应于所述设置命令,驱动所述机器人臂的所述设置接头的一个或多个机动接头以将所述设置接头定位在所述设置位置中;

接收调节命令,所述调节命令用以使远侧操纵器连杆机构围绕远程运动中心定位;以及

响应于所述调节命令,将所述机器人臂的远侧操纵器连杆机构驱动到经调节的位置,其中所述远侧操纵器连杆机构约束联接到所述远侧操纵器连杆机构的工具的运动自由度并且使所述工具围绕所述远程运动中心进行关节运动。

43.根据权利要求42所述的方法,其中响应于所述设置命令,所述方法还包括驱动基于柱的安装平台以使所述机器人臂朝向所述设置位置移动。

44.根据权利要求42或43所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括将所述工具的所述关节运动约束在单个接头中。

45.根据权利要求42至44中任一项所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括将所述工具的所述关节运动约束在一组接头中。

46.根据权利要求42至45中任一项所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括使平行四边形连杆机构进行关节运动。

47.根据权利要求46所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括使具有四个连杆的平行四边形连杆机构进行关节运动,所述四个连杆在三个旋转接头处彼此可旋转地

联接,其中所述三个旋转接头以1:1:1的比率被驱动。

48.根据权利要求47所述的方法,所述方法还包括使工具驱动器进行关节运动以控制所述工具的操作。

49.根据权利要求42至48中任一项所述的方法,所述方法还包括经由硬件约束所述远程运动中心。

50.根据权利要求42至49中任一项所述的方法,所述方法还包括经由软件约束所述远程运动中心。

具有机动臂的外科平台

技术领域

[0001] 本文所公开的系统和方法涉及医疗装置,并且更具体地涉及机器人系统。

背景技术

[0002] 机器人系统可以帮助医生执行医疗规程。各种医疗规程涉及医疗器械在患者的身体内的三维位置的定位,以便提供诊断和/或治疗。关节运动的机器人臂可以在医生的控制下、部分自主地或完全自主地操作,以将医疗器械定位在正确位置处。举例来说,由于机器人系统的使用,规程可以以更高的精度、更小的切口、减少的失血量和更快的愈合时间来执行。

发明内容

[0003] 医疗机器人系统的一个挑战是存在各种各样的医疗规程,其中每个规程具有其自己的对可在规程期间使用的机器人臂的一组运动学要求。例如,关于系统带宽、刚度、工作空间范围和定位以及速度等方面,对机器人辅助的内窥镜检查的要求不同于对机器人辅助的腹腔镜检查的要求。因此,现有的医疗机器人系统通常是为特定医疗规程而专门构建的,并且不能执行其他类型的医疗规程。因此,试图使用此类机器人系统的医院或其他医疗诊所增加了与获取(例如,购买或租借)和存储多个系统相关的成本。这继而可导致传递给经历此类规程的患者的成本增加。

[0004] 本文所公开的一些实施方案可实现用于在基于床的外科机器人平台上执行腹腔镜式外科手术的机器人臂运动学布局。例如,根据本文所公开的一些实施方案,认识到当前机器人系统继续面临某些限制和挑战,包括机器人臂的可用范围、机器人臂的潜在接近和可操纵性、机器人臂和支撑架构的刚度以及系统的性能等等。

[0005] 此外,根据本文所公开的一些实施方案,认识到利用软件约束的远程运动中心的机器人系统的增加的复杂性。实际上,这些和其他挑战在使用六个机器人臂的机器人系统中可能是特别尖锐的。因此,本文所公开的一些实施方案可被构造成解决这些和其他考虑,以提供一种机器人系统,该机器人系统利用用于机器人臂的公共安装平台、机器人设置接头和使用硬件约束的远程运动中心的远侧操纵器连杆机构。

[0006] 这些和其他任选特征可以在机器人系统中实现,以提供改进的刚性、减少碰撞、并且增加系统的机器人臂的可操纵性和定位。此外,一些实施方案可任选地实现用于系统的一个或多个机器人臂的硬件约束的运动中心,以便降低复杂性、提供可靠性、并且使系统的操作流线化。

附图说明

[0007] 下文将结合附图描述所公开的方面,该附图被提供以说明而非限制所公开的方面,其中类似的标号表示类似的元件。

[0008] 图1示出了被布置用于诊断和/或治疗支气管镜检查规程的基于推车的机器人系

统的实施方案。

[0009] 图2描绘了图1的机器人系统的另外方面。

[0010] 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案。

[0011] 图4示出了被布置用于血管规程的图1的机器人系统的实施方案。

[0012] 图5示出了被布置用于支气管镜检查规程的基于台的机器人系统的实施方案。

[0013] 图6提供了图5的机器人系统的另选视图。

[0014] 图7示出了被构造成收起机器人臂的示例性系统。

[0015] 图8示出了被构造用于输尿管镜检查规程的基于台的机器人系统的实施方案。

[0016] 图9示出了被构造用于腹腔镜检查规程的基于台的机器人系统的实施方案。

[0017] 图10示出了图5至图9的具有俯仰或倾斜调节的基于台的机器人系统的实施方案。

[0018] 图11提供了图5至图10的台与基于台的机器人系统的柱之间的接口的详细图示。

[0019] 图12示出了示例性器械驱动器。

[0020] 图13示出了具有成对器械驱动器的示例性医疗器械。

[0021] 图14示出了器械驱动器和器械的另选设计,其中驱动单元的轴线平行于器械的细长轴的轴线。

[0022] 图15描绘了根据一些实施方案的框图,该框图示出了估计图1至图10的机器人系统的一个或多个元件的位置(诸如图13至图14的器械的位置)的定位系统。

[0023] 图16示出了根据一些实施方案的用于如图1至图5和图8至图10中描绘的医疗机器人系统的示例性命令控制台。

[0024] 图17为包括用于定位臂支撑件的两个单连杆机动臂的机器人系统的一个实施方案的端视图。

[0025] 图18为机动臂和臂支撑件的一个实施方案的等轴视图。

[0026] 图19A和图19B分别示出了包括处于收起构型的两个单连杆机动臂的机器人系统的一个实施方案的透视图和端视图。

[0027] 图20为包括处于收起构型的两个单连杆机动臂和六个机器人臂的机器人系统的一个实施方案的透视图。

[0028] 图21为根据一个实施方案的机器人臂的等轴视图。

[0029] 图22A和图22B分别示出了处于延展构型和收起构型的双连杆机动臂的一个实施方案的透视图。

[0030] 图23为臂支撑连杆机构和所附接的臂支撑件的一个实施方案的透视图。

[0031] 图24示出了可与图1至图23中描绘的系统和部件一起使用的机器人臂的示例。

[0032] 图25示出了可与图1至图23中描绘的系统和部件一起使用的机器人臂的另一示例。

[0033] 图26A描绘了在第一操作模式中开始致动的图24的机器人臂。

[0034] 图26B描绘了包括如图24中所描绘的多个机器人臂的基于台的机器人系统,该多个机器人臂被配置用于在用于腹腔镜检查规程的第一模式中操作。

[0035] 图27A描绘了被配置在第二操作模式中的图24的多个机器人臂。

[0036] 图27B描绘了图26B的基于台的机器人系统,其包括如图27A中所示构造的用于在用于内窥镜检查规程的第二模式中操作的一些机器人臂。

[0037] 图28A和图28B描绘了安装到图24的机器人臂的器械驱动器的位置范围。

[0038] 图29A至图29D描绘了用于设置图24的机器人臂以在图26A中描绘的第一模式中操作的一系列示例性步骤。

[0039] 图30A至图30C描绘了用于在图26A中描绘的第一模式中操作图25的机器人臂的不同子模式。

[0040] 图31A和图31B描绘了用于在图26A中描绘的第一模式中操作图24的机器人臂的不同子模式。

[0041] 图32A和图32B描绘了在图27A中描绘的第二模式中的操作期间向图25的机器人臂添加第二器械驱动器。

[0042] 图33描绘了处于存储构型的图25的机器人臂。

[0043] 图34描绘了根据一些实施方案的具有多个机器人臂的机器人系统。

[0044] 图35描绘了根据一些实施方案的用于与图35的机器人系统一起使用的机器人臂的任选特征。

[0045] 图36描绘了根据一些实施方案的用于与图35的机器人系统一起使用的机器人臂的任选特征。

[0046] 图37描绘了图17的基于台的机器人系统,其包括如图27A中所示构造的用于在用于内窥镜检查规程的第二模式中操作的一些机器人臂。

[0047] 图38描绘了根据本公开的机器人臂的各种示例。

[0048] 图39描绘了用于操作图24至图38的机器人臂的示例性过程的流程图。

具体实施方式

[0049] 1.概述。

[0050] 本公开的各个方面可集成到机器人使能的医疗系统中,该机器人使能的医疗系统能够执行多种医疗规程,包括微创规程诸如腹腔镜检查,以及非侵入规程诸如内窥镜检查两者。在内窥镜检查规程中,系统可能能够执行支气管镜检查、输尿管镜检查、胃镜检查等。

[0051] 除了执行广泛的规程之外,系统可以提供附加的益处,诸如增强的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规程的能力,而不需要笨拙的臂运动和位置。另外,该系统可以为医师提供以改进的易用性执行规程的能力,使得系统的器械中的一个或多个可由单个用户控制。

[0052] 出于说明的目的,下文将结合附图描述各种实施方案。应当理解,所公开的概念的许多其他具体实施是可能的,并且利用所公开的具体实施可实现各种优点。标题包括在本文中以供参考并且有助于定位各个节段。这些标题并非旨在限制相对于其所述的概念的范围。这种概念可在整个说明书中具有适用性。

[0053] A.机器人系统—推车。

[0054] 机器人使能的医疗系统可按多种方式构造,这取决于特定规程。图1示出了被布置用于诊断和/或治疗支气管镜检查规程的基于推车的机器人使能的系统10的实施方案。在支气管镜检查期间,系统10可包括推车11,该推车具有一个或多个机器人臂12,以将医疗器械诸如可操纵内窥镜13(其可以是用于支气管镜检查的规程专用支气管镜)递送至自然孔口进入点(即,在本示例中定位在台上的患者的口),以递送诊断和/或治疗工具。如图所示,

推车11可被定位在患者的上躯干附近,以便提供到进入点的通路。类似地,机器人臂12可被致动以相对于接入点定位支气管镜。当利用胃镜(用于胃肠道(GI)规程的专用内窥镜)执行GI规程时,也可利用图1中的布置。图2更详细地描绘了推车的示例性实施方案。

[0055] 继续参考图1,一旦推车11被正确定位,机器人臂12就可以机器人方式、手动地或以它们的组合将可操纵内窥镜13插入到患者中。如图所示,可操纵内窥镜13可包括至少两个伸缩部分,诸如内引导件部分和外护套部分,每个部分联接到来自一组器械驱动器28的单独的器械驱动器,每个器械驱动器联接到单独的机器人臂的远侧端部。促进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,该“虚拟轨道”可通过将一个或多个机器人臂12操纵到不同角度和/或位置而在空间中被重新定位。本文描述的虚拟轨道在附图中使用虚线描绘,并且因此虚线未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从患者推进或回缩。虚拟轨道29的角度可基于临床应用或医师偏好来调节、平移和枢转。例如,在支气管镜检查中,如图所示的虚拟轨道29的角度和位置表示在向医师提供到内窥镜13的通路同时使由内窥镜13弯曲到患者的口中引起的摩擦最小化之间的折衷。

[0056] 在插入之后,内窥镜13可使用来自机器人系统的精确命令向下导向患者的气管和肺,直到到达目标目的地或手术部位。为了增强通过患者的肺网络的导航和/或到达期望的目标,可操纵内窥镜13以从外护套部分伸缩地延伸内引导件部分,以获得增强的关节运动和更大的弯曲半径。使用单独的器械驱动器28也允许引导件部分和护套部分彼此独立地被驱动。

[0057] 例如,可引导内窥镜13以将活检针递送到目标,诸如例如患者肺内的病变或结节。针可沿工作通道向下展开,该工作通道延伸内窥镜的长度以获得待由病理学家分析的组织样品。根据病理结果,可沿内窥镜的工作通道向下部署另外的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可通过内窥镜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单独的规程中递送。在这些情况下,内窥镜13也可用于递送基准以“标记”目标结节的位置。在其他情况下,诊断和治疗处理可在相同的规程期间递送。

[0058] 系统10还可包括可运动塔30,该可运动塔可经由支撑缆线连接到推车11以向推车11提供控制、电子、流体、光学、传感器和/或电力的支持。将这样的功能放置在塔30中允许可由操作医师和他/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。另外,在推车/台与支撑塔30之间划分功能减少了手术室混乱并且有利于改善临床工作流程。虽然推车11可被定位成靠近患者,但是塔30可以在远程位置中被收起以在规程期间不挡道。

[0059] 为了支持上述机器人系统,塔30可包括基于计算机的控制系统的部件,该基于计算机的控制系统将计算机程序指令存储在例如非暂态计算机可读存储介质诸如永磁存储驱动器、固态驱动器等内。无论执行是发生在塔30中还是发生在推车11中,这些指令的执行都可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,指令可致使机器人系统的部件致动相关托架和臂安装件,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,机器人臂的接头中的马达可将臂定位成特定姿势。

[0060] 塔30还可包括泵、流量计、阀控制器和/或流体通路,以便向可通过内窥镜13部署的系统提供受控的冲洗和抽吸能力。这些部件也可使用塔30的计算机系统来控制。在一些

实施方案中,冲洗和抽吸能力可通过单独的缆线直接递送到内窥镜13。

[0061] 塔30可包括电压和浪涌保护器,该电压和浪涌保护器被设计成向推车11提供经滤波和保护的电力,从而避免在推车11中放置电力变压器和其他辅助电力部件,从而得到更小,更可移动的推车11。

[0062] 塔30还可包括用于在整个机器人系统10中展开的传感器的支撑装备。例如,塔30可包括用于在整个机器人系统10中检测、接收和处理从光学传感器或相机接收的数据的光电装备。结合控制系统,这种光电装备可用于生成实时图像,以用于在整个系统中部署的任何数量的控制台中显示(包括在塔30中显示)。类似地,塔30还可包括用于接收和处理从部署的电磁(EM)传感器接收的信号的电子子系统。塔30也可用于容纳和定位EM场发生器,以供医疗器械之中或之上的EM传感器进行检测。

[0063] 除了系统的其余部分中可用的其他控制台(例如,安装在推车顶部上的控制台)之外,塔30还可包括控制台31。控制台31可包括用于医师操作者的用户界面和显示屏,诸如触摸屏。系统10中的控制台通常被设计成提供机器人控制以及规程的术前信息和实时信息两者,诸如内窥镜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,其可由第二操作者(诸如护士)使用以监测患者的健康或生命体征和系统的操作,以及提供规程专用数据,诸如导航和定位信息。

[0064] 塔30可通过一个或多个缆线或连接件(未示出)联接到推车11和内窥镜13。在一些实施方案中,可通过单根缆线向推车11提供来自塔30的支撑功能,从而简化手术室并消除手术室的混乱。在其他实施方案中,特定功能可联接在单独的布线和连接中。例如,尽管可以通过单根缆线向推车提供电力,但也可以通过单独的缆线提供对控制、光学、流体和/或导航的支持。

[0065] 图2提供了来自图1所示的基于推车的机器人使能的系统的推车的实施方案的详细图示。推车11通常包括细长支撑结构14(通常称为“柱”)、推车基部15以及在柱14的顶部处的控制台16。柱14可包括一个或多个托架,诸如用于支持一个或多个机器人臂12(图2中示出三个)的展开的托架17(另选地为“臂支撑件”)。托架17可包括可单独构造的臂安装件,该臂安装件沿垂直轴线旋转以调节机器人臂12的基部,以相对于患者更好地定位。托架17也包括托架接口19,该托架接口允许托架17沿柱14竖直地平移。

[0066] 托架接口19通过狭槽诸如狭槽20连接到柱14,这些狭槽被定位在柱14的相对侧上以引导托架17的竖直平移。狭槽20包含竖直平移接口以将托架相对于推车基部15定位并保持在各种竖直高度处。托架17的竖直平移允许推车11调节机器人臂12的到达范围以满足多种台高度、患者尺寸和医师偏好。类似地,托架17上的可单独构造的臂安装件允许机器人臂12的机器人臂基部21以多种构型成角度。

[0067] 在一些实施方案中,狭槽20可补充有狭槽盖,该狭槽盖与狭槽表面齐平且平行,以防止灰尘和流体在托架17竖直平移时进入柱14的内部腔以及竖直平移接口。狭槽盖可通过被定位在狭槽20的竖直顶部和底部附近的成对弹簧卷轴部署。盖在部署之前盘绕在卷轴内,随着托架17竖直地上下平移,才从盖的盘绕状态开始延伸和回缩。当托架17朝向卷轴平移时,卷轴的弹簧负载提供了将盖回缩到卷轴中的力,同时在托架17平移远离卷轴时也保持紧密密封。可使用例如托架接口19中的支架将盖连接到托架17,以确保在托架17平移时盖的适当延伸和回缩。

[0068] 柱14可在内部包括机构诸如齿轮和马达,这些机构被设计成使用竖直对准的导螺杆以响应于响应用户输入(例如,来自控制台16的输入)生成的控制信号来以机械化方式平移托架17。

[0069] 机器人臂12通常可包括由一系列连杆23分开的机器人臂基部21和端部执行器22,该一系列连杆由一系列接头24连接,每个接头包括独立的致动器,每个致动器包括可独立控制的马达。每个可独立控制的接头表示机器人臂可用的独立自由度。臂12中的每个臂具有七个接头,并且因此提供七个自由度。多个接头导致多个自由度,从而允许"冗余"的自由度。冗余的自由度允许机器人臂12使用不同的连杆机构方位和接头角度将其相应的端部执行器22定位在空间中的特定方位、取向和轨迹处。这允许系统从空间中的期望点定位和导向医疗器械,同时允许医师使臂关节运动到远离患者的临床有利方位,以产生更大的接近,同时避免臂碰撞。

[0070] 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容纳较重的部件,诸如电子器件、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包括允许推车在规程之前容易地围绕房间运动的可滚动的轮形脚轮25。在到达适当位置之后,脚轮25可以使用轮锁固定,以在规程期间将推车11保持在适当位置。

[0071] 定位在柱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界面和显示屏(或两用装置,诸如例如触摸屏26)两者向医师用户提供术前和术中数据两者。触摸屏26上的潜在术前数据可包括从术前计算机化断层摄影(CT)扫描导出的术前计划、导航和标测数据和/或来自术前患者面谈的记录。显示器上的术中数据可以包括从工具、传感器提供的光学信息和来自传感器的坐标信息以及重要的患者统计,诸如呼吸、心率和/或脉搏。控制台16可被定位和倾斜成允许医师从柱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。如图所示,控制台16还包括用于帮助操纵和稳定推车11的柄部27。

[0072] 图3示出了被布置用于输尿管镜检查的机器人使能的系统10的实施方案。在输尿管镜规程中,推车11可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规程专用内窥镜)递送到患者的下腹部区域。在输尿管镜检查中,可期望输尿管镜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。如图所示,推车11可在台的脚部处对准,以允许机器人臂12定位输尿管镜32,以用于直接线性进入患者的尿道。机器人臂12可从台的脚部沿着虚拟轨道33将输尿管镜32通过尿道直接插入到患者的下腹部中。

[0073] 在插入尿道中之后,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打碎积聚的肾结石。在碎石完成之后,可以使用沿输尿管镜32向下展开的篮移除所得的结石碎片。

[0074] 图4示出了类似地布置用于血管规程的机器人使能的系统的实施方案。在血管规程中,系统10可被构造成使得推车11可将医疗器械34(诸如可操纵导管)递送到患者的腿部的股动脉中的进入点。股动脉呈现用于导航的较大直径以及到患者的心脏的相对较少的迂回且曲折的路径两者,这简化了导航。如在输尿管镜规程中,推车11可被定位成朝向患者的腿部和下腹部,以允许机器人臂12提供直接线性进入患者的大腿/髋部区域中的股动脉进入点的虚拟轨道35。在插入到动脉中之后,可通过平移器械驱动器28来导向和插入医疗器

械34。另选地,推车可被定位在患者的上腹部周围,以到达另选的血管进入点,诸如例如肩部和腕部附近的颈动脉和臂动脉。

[0075] B.机器人系统一台。

[0076] 机器人使能的医疗系统的实施方案还可结合患者的台。结合台通过移除推车减少了手术室内的资本装备的量,这允许更多地接近患者。图5示出了被布置用于支气管镜检查规程的这样的机器人使能的系统的实施方案。系统36包括用于将平台38(示出为“台”或“床”)支撑在地板上的支撑结构或柱37。与基于推车的系统非常相似,系统36的机器人臂39的端部执行器包括器械驱动器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来操纵细长医疗器械,诸如图5中的支气管镜40。在实践中,用于提供荧光镜成像的C形臂可以通过将发射器和检测器放置在台38周围而定位在患者的上腹部区域上方。

[0077] 图6提供了用于讨论目的的没有患者和医疗器械的系统36的另选视图。如图所示,柱37可包括在系统36中示出为环形的一个或多个托架43,该一个或多个机器人臂39可基于该托架。托架43可以沿着沿柱37的长度伸展的竖直柱接口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以到达患者。托架43可使用被定位在柱37内的机械马达围绕柱37旋转,以允许机器人臂39进入台38的多个侧面,诸如患者的两侧。在具有多个托架的实施方案中,托架可单独地定位在柱上,并且可独立于其他托架平移和/或旋转。虽然托架43不需要环绕柱37或甚至是圆形的,但如图所示的环形形状有利于托架43围绕柱37旋转,同时保持结构平衡。托架43的旋转和平移允许系统将医疗器械诸如内窥镜和腹腔镜对准到患者身上的不同进入点中。

[0078] 臂39可通过包括一系列接头的一组臂安装件45安装在托架上,该接头可单独地旋转和/或伸缩地延伸以向机器人臂39提供附加的可构造性。另外,臂安装件45可定位在托架43上,使得当托架43适当地旋转时,臂安装件45可定位在台38的同一侧上(如图6所示)、台38的相对侧上(如图9所示)或台38的相邻侧上(未示出)。

[0079] 柱37在结构上为台38提供支撑,并且为托架的竖直平移提供路径。在内部,柱37可配备有用于引导托架的竖直平移的导螺杆,以及用以机械化基于导螺杆的所述托架的平移的马达。柱37还可将功率和控制信号传送到托架43和安装在其上的机器人臂39。

[0080] 台基部46具有与图2所示的推车11中的推车基部15类似的功能,容纳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还可结合刚性脚轮以在规程期间提供稳定性。从台基部46的底部部署的脚轮可在基部46的两侧沿相反方向延伸,并且当系统36需要运动时回缩。

[0081] 继续图6,系统36还可以包括塔(未示出),该塔使系统36的功能在台与塔之间进行划分以减小台的形状因子和体积。如在先前所公开的实施方案中,塔可以向台提供各种支持功能,诸如处理、计算和控制能力、电力、流体和/或光学以及传感器处理。塔还可以是可运动的,以远离患者定位,从而改善医师的接近并且消除手术室的混乱。另外,将部件放置在塔中允许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。塔还可以包括控制台,该控制台提供用于用户输入的用户界面(诸如键盘和/或挂件)以及用于术前和术中信息(诸如实时成像、导航和跟踪信息)的显示屏(或触摸屏)两者。

[0082] 在一些实施方案中,台基部可以在不使用时收起和储存机器人臂。图7示出了在基

于台的系统的实施方案中收起机器人臂的系统47。在系统47中,托架48可以竖直平移到基部49中以使机器人臂50、臂安装件51和托架48在基部49内收起。基部盖52可以平移和回缩打开以围绕柱53展开托架48、臂安装件51和臂50,并且关闭以收起该托架、该臂安装件和该臂,以便在不使用时保护它们。基部盖52可利用膜54沿其开口的边缘密封,以防止在闭合时灰尘和流体进入。

[0083] 图8示出了被构造用于输尿管镜检查规程的机器人使能的基于台的系统的实施方案。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成偏角的旋转部分55。旋转部分55可围绕枢转点(例如,位于患者的头部下方)旋转或枢转,以便将旋转部分55的底部部分定位成远离柱37。例如,旋转部分55的枢转允许C形臂(未示出)定位在患者的下腹部上方,而不与台38下方的柱(未示出)竞争空间。通过围绕柱37旋转托架35(未示出),机器人臂39可沿着虚拟轨道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,镫58也可固定到台38的旋转部分55,以在规程期间支撑患者的腿部的位置,并且允许完全通向患者的腹股沟区域。

[0084] 在腹腔镜检查规程中,通过患者的腹壁中的小切口,可将微创器械(细长形状以适应一个或多个切口的尺寸)插入患者的解剖结构中。在对患者的腹腔充胀之后,可以引导通常称为腹腔镜的器械以执行外科任务,诸如抓取、切割、切除、缝合等。图9示出了被构造用于腹腔镜检查规程的机器人使能的基于台的系统的实施方案。如图9所示,系统36的托架43可以被旋转并且竖直调整,以将成对的机器人臂39定位在台38的相对侧上,使得可以使用臂安装件45将腹腔镜59定位成穿过患者两侧上的最小切口以到达他/她的腹腔。

[0085] 为了适应腹腔镜规程,机器人使能的台系统还可将平台倾斜到期望的角度。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案。如图10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底板更远的距离处。另外,臂安装件45可旋转以匹配倾斜,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。

[0086] 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可被构造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可以通过将正交轴线1、2定位在柱台接口处来实现,每条轴线由单独的马达2、4响应于电俯仰角命令而致动。沿着一个螺钉5的旋转将使得能够在一条轴线1中进行倾斜调节,而沿着另一个螺钉6的旋转将使得能够沿着另一个轴线2进行倾斜调节。

[0087] 例如,当试图将台定位在特伦德伦伯格卧位(即,将患者的下腹部定位在比患者的下腹部距地板更高的位置)以用于下腹部手术时,俯仰调节特别有用。头低脚高方位致使患者的内部器官通过重力滑向他/她的上腹部,从而清理出腹腔以使微创工具进入并且执行下腹部外科手术,诸如腹腔镜前列腺切除术。

[0088] 在申请人自己的美国专利公开第2019/0000576号和第2020/0268460号中公开了系统和机器人臂的其他特征和方面,其中每个专利的全部内容以引用的方式并入本文。

[0089] C.器械驱动器和接口。

[0090] 系统的机器人臂的端部执行器包括(i)器械驱动器(可替代地称为“器械驱动机构”或“器械装置操纵器”),该器械驱动器结合用于致动医疗器械的机电装置;和(ii)可移

除或可拆卸的医疗器械,该医疗器械可不含任何机电部件,诸如马达。该二分法可能是由以下所驱动的:对医疗规程中使用的医疗器械进行灭菌的需要;以及由于昂贵的资本装备的复杂机械组件和敏感电子器件而不能对昂贵的资本设备进行充分灭菌。因此,医疗器械可被设计成从器械驱动器(以及因此从系统)拆卸、移除和互换,以便由医师或医师的工作人员单独灭菌或处置。相比之下,器械驱动器不需要被改变或灭菌,并且可以被覆盖以便保护。

[0091] 图12示出了示例器械驱动器。定位在机器人臂的远侧端部处的器械驱动器62包括一个或多个驱动单元63,其以平行轴线布置以经由驱动轴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,用以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系统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,控制电路系统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测量的所得马达速度与期望速度进行比较,并且调制马达信号以生成期望扭矩。

[0092] 对于需要无菌环境的规程,机器人系统可以结合驱动接口,诸如连接至无菌覆盖件的无菌适配器,其位于器械驱动器与医疗器械之间。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到器械的驱动输入部,同时保持驱动轴与驱动输入部之间的物理分离并且因此保持无菌。因此,示例性无菌适配器可以包括旨在与器械驱动器的驱动轴和器械上的驱动输入部配合的一系列旋转输入部和旋转输出部。连接到无菌适配器的由薄的柔性材料(诸如透明或半透明塑料)组成的无菌覆盖件被设计成覆盖资本装备,诸如器械驱动器、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)。覆盖件的使用将允许资本装备被定位在患者附近,同时仍然位于不需要灭菌的区域(即,非无菌区)。在无菌覆盖件的另一侧上,医疗器械可以在需要灭菌的区域(即,无菌区)与患者对接。

[0093] D.医疗器械。

[0094] 图13示出了具有成对器械驱动器的示例性医疗器械。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(或细长主体)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“器械柄部”的器械基部72通常可以包括可旋转驱动输入部73(例如,插座、滑轮或卷轴),该驱动输入部被设计成与延伸通过机器人臂76的远侧端部处的器械驱动器75上的驱动接口的驱动输出部74配合。当物理连接、闩锁和/或联接时,器械基部72的配合的驱动输入部73可以与器械驱动器75中的驱动输出部74共享旋转轴线,以允许扭矩从驱动输出部74传递到驱动输入部73。在一些实施方案中,驱动输出件74可包括花键,其被设计成与驱动输入件73上的插孔配合。

[0095] 细长轴71被设计成通过解剖开口或内腔(例如,如在内窥镜检查中)或通过微创切口(例如,如在腹腔镜检查中)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。当被设计用于腹腔镜检查时,刚性细长轴的远侧端部可以连接到端部执行器,该端部执行器包括由具有旋转轴线的连接叉形成的关节腕和外科工具(例如,抓握器或剪刀),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,该外科工具可以基

于来自腱的力来致动。当设计用于内窥镜检查时,柔性细长轴的远侧端部可包括可操纵或可控制的弯曲节段,该弯曲节段以基于从器械驱动器75的驱动输出部74接收到的扭矩而进行关节运动和弯曲。

[0096] 使用轴71内的腱沿着细长轴71向下传递来自器械驱动器75的扭矩。这些单独的腱(诸如牵拉线)可单独地锚定到器械柄部72内的各个驱动输入件73。从柄部72,沿细长轴71内的一个或多个牵拉腔向下导向腱并且将其锚定在细长轴71的远侧部分处。在腹腔镜检查中,这些腱可以耦合到远侧安装的端部执行器,诸如腕部、抓握器或剪刀。在这样的布置下,施加在驱动输入部73上的扭矩将张力传递到腱,从而引起端部执行器以某种方式致动。在腹腔镜检查中,腱可以致使关节围绕轴线旋转,从而致使端部执行器沿一个方向或另一个方向移动。另选地,腱可连接到细长轴71的远侧端部处的抓握器的一个或多个钳口,其中来自腱的张力致使抓握器闭合。

[0097] 在内窥镜检查中,腱可经由粘合剂、控制环或其他机械固定件联接到沿细长轴71定位(例如,在远侧端部处)的弯曲或关节运动节段。当固定地附接到弯曲节段的远侧端部时,施加在驱动输入件73上的扭矩将沿腱向下传递,从而致使较软的弯曲节段(有时称为能够进行关节运动的节段或区域)弯曲或进行关节运动。沿不弯曲节段,可以有利的是,使单独的牵拉腔螺旋或盘旋,该牵拉腔沿内窥镜轴的壁(或在内部)导向单独的腱,以平衡由牵拉线中的张力引起的径向力。为了特定目的,可以改变或设计螺旋的角度和/或其间的间隔,其中更紧的螺旋在负载力下呈现较小的轴压缩,而较低的螺旋量在负载力下引起更大的轴压缩,但也呈现限制弯曲。在另一种情况下,可平行于细长轴71的纵向轴线来导向牵拉腔以允许在期望的弯曲或能够进行关节运动的节段中进行受控关节运动。

[0098] 在内窥镜检查中,细长轴71容纳多个部件以辅助机器人规程。轴可以在轴71的远侧端部处包括用于部署外科工具、对手术区域进行冲洗和/或抽吸的工作通道。轴71还可以容纳线和/或光纤以向远侧末端处的光学组件/从远侧末端处的光学组件传递信号,该光学组件可包括光学相机。轴71也可以容纳光纤,以将来自位于近侧的光源(诸如发光二极管)的光载送到轴的远侧端部。

[0099] 在器械70的远侧端部处,远侧末端还可包括用于将用于诊断和/或治疗、冲洗和抽吸的工具递送到手术部位的工作通道的开口。远侧末端还可以包括用于相机(诸如纤维镜或数码相机)的端口,以捕获内部解剖空间的图像。相关地,远侧末端还可以包括用于光源的端口,该光源用于在使用相机时照亮解剖空间。

[0100] 在图13的示例中,驱动轴的轴线以及因此驱动输入件轴线与细长轴的轴线正交。然而,该布置使细长轴71的滚转能力复杂化。在保持驱动输入部73静止的同时沿着其轴线滚动细长轴71会引起当腱从驱动输入部73延伸出去并且进入到细长轴71内的牵拉腔时,腱的不期望的缠结。所得到的这样的腱的缠结可能破坏旨在在内窥镜规程期间预测柔性细长轴的移动的任何控制算法。

[0101] 图14示出了器械驱动器和器械的另选设计,其中驱动单元的轴线平行于器械的细长轴的轴线。如图所示,圆形器械驱动器80包括四个驱动单元,其驱动输出部81在机器人臂82的端部处平行对准。驱动单元和它们相应的驱动输出部81容纳在由组件83内的驱动单元中的一个驱动单元驱动的器械驱动器80的旋转组件83中。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连接到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传达至旋转组件83,该电接触可以通过电刷滑环连接(未示出)的旋转来维持。在其他实施方案中,旋转组件83可以响应于集成到非旋转部分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允许驱动单元及其相应的驱动输出部81作为单个单元围绕器械驱动器轴线85旋转。

[0102] 与先前所公开的实施方案类似,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,示出为具有透明的外部表层),该器械基部包括被构造成接收器械驱动器80中的驱动输出81的多个驱动输入89(诸如插座、滑轮和卷轴)。与先前公开的实施方案不同,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部89的轴线,而不是如图13的设计中那样正交。

[0103] 当联接到器械驱动器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组合地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的旋转致使器械轴88围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,连接到器械基部87中的驱动输入件89的任何腱在旋转期间都不缠结。因此,驱动输出部81、驱动输入部89和器械轴88的轴线的平行允许轴在不会使任何控制腱缠结的情况下旋转。

[0104] E.导航和控制。

[0105] 传统的内窥镜检查可以涉及使用荧光透视(例如,如可以通过C形臂递送的)和其他形式的基于辐射的成像模态,以向操作者医师提供腔内指导。相比之下,本公开所设想的机器人系统可以提供基于非辐射的导航和定位装置,以减少医师暴露于辐射并且减少手术室内的装备的量。如本文所用,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。诸如术前标测、计算机视觉、实时EM跟踪和机器人命令数据的技术可以单独地或组合地使用以实现无辐射操作环境。在仍使用基于辐射的成像模态的其他情况下,可以单独地或组合地使用术前标测、计算机视觉、实时EM跟踪和机器人命令数据,以改进仅通过基于辐射的成像模态获得的信息。

[0106] 图15是示出了根据示例性实施方案的估计机器人系统的一个或多个元件的位置(诸如器械的位置)的定位系统90的框图。定位系统90可以是被构造成执行一个或多个指令的一组一个或多个计算机装置。计算机装置可以由上文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体现。通过示例而非限制,计算机装置可位于图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。

[0107] 如图15所示,定位系统90可包括定位模块95,该定位模块处理输入数据91-94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侧端部相对于参考系的位置和/或取向的数据或逻辑。参考系可以是相对于患者解剖结构或已知对象(诸如EM场发生器)的参考系(参见下文对于EM场发生器的讨论)。

[0108] 现在更详细地描述各种输入数据91-94。术前标测可以通过使用低剂量CT扫描的集合来完成。术前CT扫描生成二维图像,每个二维图像表示患者的内部解剖结构的剖面图的“切片”。当总体上分析时,可以生成用于患者的解剖结构(诸如患者肺网络)的解剖腔、空间和结构的基于图像的模型。可以从CT图像确定和近似诸如中心线几何形状的技术,以形成患者的解剖结构的三维体积,其被称为术前模型数据91。中心线几何形状的使用在美国

专利申请序列号14/523,760中有所讨论,其内容全文并入本文中。网络拓扑模型也可从CT图像中导出,并且特别适合于支气管镜检查。

[0109] 在一些实施方案中,器械可以配备有相机以提供视觉数据92。定位模块95可处理视觉数据以实现一个或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,以实现对医疗器械(例如,内窥镜或推进通过内窥镜的工作通道的器械)的基于计算机视觉的跟踪。例如,使用术前模型数据91,机器人系统可以基于内窥镜的行进预期路径根据模型生成预期内窥镜图像的库,每个图像连接到模型内的位置。在操作中,机器人系统可以参考该库,以便将在摄像相机(例如,在内窥镜的远侧端部处的相机)处捕获的实时图像与图像库中的那些图像进行比较,以辅助定位。

[0110] 其他基于计算机视觉的跟踪技术使用特征跟踪来确定相机的运动,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,以及跟踪相机的相对旋转和/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。

[0111] 光流(另一种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相机移动。通过对经多次迭代的多个帧进行比较,可确定相机(以及因此内窥镜)的移动和位置。

[0112] 定位模块95可使用实时EM跟踪来生成内窥镜在全局坐标系中的实时位置,该全局坐标系可被配准到由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场发生器产生的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(或发射器)可以靠近患者放置,以产生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“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。一旦配准,医疗器械的一个或多个位置(例如,内窥镜的远侧末端)中的嵌入式EM跟踪器可提供医疗器械通过患者的解剖结构的进展的实时指示。

[0113] 机器人命令和运动学数据94也可以由定位模块95使用以提供用于机器人系统的方位数据96。可以在术前校准期间确定从关节运动命令得到的装置俯仰和偏航。在手术中,这些校准测量可以与已知的插入深度信息结合使用,以估计器械的位置。另选地,这些计算可以结合EM、视觉和/或拓扑建模进行分析,以估计医疗器械在网络内的位置。

[0114] 如图15所示,定位模块95可使用多个其他输入数据。例如,尽管在图15中未示出,但是利用形状感测纤维的器械可提供形状数据,定位模块95可使用该形状数据来确定器械的位置和形状。

[0115] 定位模块95可以组合地使用输入数据91-94。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向根据输入数据91-94中的每个输入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(如可能存在EM干扰的情况)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可能更重地依赖于视觉数据92和/或机器人命令和运动学数据94。

[0116] 如上所讨论的,本文讨论的机器人系统可以被设计成结合以上技术中的一种或多种的组合。位于塔、床和/或推车中的机器人系统的基于计算机的控制系统可将计算机程序指令存储在例如非暂态计算机可读存储介质(诸如永久性磁存储驱动器、固态驱动器等)内,该计算机程序指令在执行时使系统接收并且分析传感器数据和用户命令,生成整个系统的控制信号并且显示导航和定位数据,诸如器械在全局坐标系内的位置、解剖图等。

[0117] 2.医疗机器人系统和技术

[0118] 本公开的实施方案涉及通用机器人系统以及与能够执行多种类型的医疗规程的单个机器人系统相关联的操作技术。如上所述,由于不同医疗规程的不同要求,机器人系统可以被专门设计和构建用于执行单个医疗规程,并且因此可能不能满足执行其他医疗规程的要求。

[0119] 例如,一种现有系统是为腹腔镜式外科手术而专门构建的。现有系统设计有机器人臂运动学,包括提供的机械约束的远程中心,使得机器人臂将医疗器械相对于远程中心插入、俯仰和偏航。机械约束的远程中心由通过箍彼此连接的多个接头实现,使得所有接头可由单个马达控制。虽然机器人臂的惯性通常较低,并且机器人臂即使在失去动力的情况下也能够保持远程中心,但是这种设计的潜在缺点是它不用于执行非腹腔镜检查规程。例如,由于机械远程中心,可能难以将机器人臂用于内窥镜检查规程,因为机械约束的远程中心使得难以沿虚拟轨道对准机器人臂。此外,用于产生机械远程中心的箍阻止机器人臂的紧凑存储。

[0120] 相似地,用于内窥镜检查规程的现有的串行连杆操纵器不能很好地转换到腹腔镜,因为在保持低惯性臂的同时难以满足腹腔镜的刚度和速度要求。

[0121] 上述问题尤其通过本文所述的多用途机器人系统和相关联操作技术来解决,所述多用途机器人系统和相关联操作技术能够适应广泛范围的规程。例如,根据本公开的机器人臂包括通用运动链并且由计算机实现的指令控制,这些指令使得机器人臂能够在多种模式中操作,不同模式可用于不同类型的医疗规程。运动链包括以串联方式通过连杆机构联接的多个机动接头,在机器人臂的近侧端部处(例如,最接近机器人系统的设置接头或基部)具有转动机动接头,在机器人臂的远侧端部处(例如,最接近医疗器械)具有棱柱机动接头,以及在第一机动接头与第二机动接头之间串联定位的多个附加机动接头。附加机动接头可以是转动的或棱柱形的,如下面更详细地说明的。机器人臂可以相对于远程中心在第一模式中操作以执行腹腔镜检查规程,并且可以相对于虚拟轨道在第二模式中操作以执行内窥镜检查规程。虽然本公开提供了分别用于腹腔镜检查规程和内窥镜检查规程的第一操作模式和第二操作模式的示例,但是所公开的机器人系统也可以用于执行其他类型的医疗规程。

[0122] 所公开的机器人系统可由医生或其他操作者控制,以便根据所公开的模式来执行医疗规程。图16示出了用于如本文所述的医疗机器人系统的示例性命令控制台200,例如在如图1至图5和图8至图10所示的医疗机器人系统中。可用作例如示例性操作环境100中的命令控制台105的示例性命令控制台200。命令控制台200包括控制台基部201、显示模块202例如监视器以及控制模块例如键盘203和操纵杆204。在一些实施方案中,命令控制台200功能中的一个或多个功能可集成到如图1至图5以及图8至图10中所描绘的医疗机器人系统的基部或通信地联接到医疗机器人系统的另一个系统中。用户205例如医师使用命令控制台200

从人体工程学位置远程控制医疗机器人系统。

[0123] 控制台基部201可包括控制器206,该控制器包括一个或多个处理器和存储器,并且任选地包括一个或多个数据总线和相关联的数据通信端口。控制器206负责解释和处理诸如来自医疗器械(诸如内窥镜13、输尿管镜32、医疗器械34、腹腔镜59、胃镜、支气管镜或另一规程专用医疗器械)的信号(例如,机器人位置信息、相机图像和跟踪传感器信息)。控制器206的存储器可存储用于本文所述的医疗器械和机器人系统的操作的指令。在一些实施方案中,控制台基部201和医疗机器人系统的基部两者可以执行用于负载平衡的信号处理,并且因此控制器206可以在不同的系统部件之间分开。控制器206还可处理由用户205通过控制模块203和204提供的命令和指令。除了图16所示的键盘203和操纵杆204之外,控制模块还可包括其他装置,例如计算机鼠标、触控板、轨迹球、控制盘、诸如手持式远程控制器之类的控件,以及捕获手姿势和手指姿势的传感器(例如,运动传感器或相机)。例如,对于一些腹腔镜机器人系统,控制模块包括一对七自由度(“7DOF”)触觉主控器。触觉主控器是力控制的触觉接口,其将输入(例如,由人类用户施加的力)转变为输出(例如,机器人系统的端部执行器的位移)并且还向用户提供触觉反馈。7DOF触觉主控器可以提供X、Y、Z方向上的三个运动度以及俯仰、偏航、滚动和关节运动的四个运动度。控件可包括映射到器械的操作(例如,关节运动、驱动、水冲洗等)的一组用户输入(例如,按钮、操纵杆、指向性垫等)。

[0124] 用户205可使用命令控制台200在速度模式或位置控制模式中经由如本文所述的机器人臂来控制医疗器械。在速度模式中,用户205使用控制模块基于直接手动控制来直接控制医疗器械的远侧端部的俯仰和偏航运动。例如,可将操纵杆204上的运动标测到医疗器械的远侧端部中的偏航和俯仰运动。操纵杆204可向用户205提供触觉反馈。例如,操纵杆204可振动以指示医疗器械无法在某一方向上进一步平移或旋转。命令控制台200还可提供视觉反馈(例如,弹出消息)和/或听觉反馈(例如,哔哔声)以指示医疗器械已达到最大平移或旋转。

[0125] 在位置控制模式中,命令控制台200使用如本文所述的患者腔网络的3D标测图和来自导航传感器的输入来控制医疗器械。命令控制台200向医疗机器人系统的机器人臂提供控制信号以将医疗器械操纵到目标位置。由于依赖于3D标测图,位置控制模式可需要患者的解剖结构的准确标测。

[0126] 在一些实施方案中,用户205可在不使用命令控制台200的情况下手动操纵医疗机器人系统的机器人臂。在外科手术室中的装配期间,用户205可使机器人臂、医疗器械和其他外科装备移动以进入患者体内。医疗机器人系统可依赖来自用户205的力反馈和惯性控制来确定机器人臂和装备的适当配置。

[0127] 显示器202可包括电子监视器(例如,LCD显示器、LED显示器或触敏显示器)、虚拟现实观看装置(例如,护目镜或眼镜)和/或其他显示装置。例如,对于一些规程(例如,腹腔镜),显示器可以包括具有一对孔的紧凑立体观察器,用户可以通过该对孔观察立体图像而无需借助于眼镜或护目镜。例如,这可以用于显示立体的腹腔镜图像。在一些实施方案中,显示模块202与控制模块集成,例如集成为具有触摸屏的平板装置。在一些实施方案中,显示器202中的一个显示器可显示患者的腔网络的3D模型和虚拟导航信息(例如,内窥镜的端部基于EM传感器位置在模型内的虚拟表示),而显示器202中的另一个显示器可显示从位于医疗器械的端部处的相机或另一感测装置接收到的图像信息。在一些具体实施中,用户205

可使用集成的显示器202和控制模块来查看数据并且将命令输入到医疗机器人系统。显示器202可使用立体装置(例如,面罩或护目镜)显示3D图像的2D渲染和/或3D图像。3D图像提供“内视图”(即,内窥镜视图),它是示出患者的解剖结构的计算机3D模型。“内视图”提供患者内部的虚拟环境和医疗器械在患者体内的预期位置。用户205将“内视图”模型与由相机捕获的实际图像进行比较,以帮助在精神上取向并且确认医疗器械在患者体内处于正确(或大致正确)的位置。“内视图”提供关于医疗器械的远侧端部周围的解剖结构的信息,例如患者的气道、循环血管或者小肠或结肠的形状。显示模块202可同时显示医疗器械的远侧端部周围的解剖结构的3D模型和CT扫描。此外,显示模块202可将医疗器械的已经确定的导航路径叠加在3D模型和CT扫描上。

[0128] 在一些实施方案中,医疗器械的模型与3D模型一起显示以帮助指示外科手术规程的状态。例如,CT扫描识别可能需要进行活检的解剖结构中的病变。在操作期间,显示模块202可示出对应于医疗器械的当前位置的由医疗器械捕获的参考图像。显示模块202可根据用户设置和特定外科手术规程来自动显示医疗器械的模型的不同视图。例如,显示模块202示出在导航步骤期间在医疗器械接近患者的操作区域时的医疗器械的顶部荧光镜视图。医疗器械的此类由用户引导的移动可根据如本文所述的机器人臂的各种预定义操作模式来约束。

[0129] 2.可调式安装平台

[0130] 根据一些实施方案,机器人系统可包括一个或多个安装平台,诸如可调式臂支撑件,用于支撑和定位机器人臂以供在机器人医疗或外科手术规程期间使用。例如,可调式臂支撑件可包括杆或导轨,一个或多个机器人臂可安装在该杆或导轨上。在该示例中,杆或导轨可通过杆或导轨连接器和托架联接到台的柱,如申请人的美国专利公开第2020/0268460号中所描述,其全部内容以引用方式并入本文。在允许可调式臂支撑件的杆或导轨相对于台定位在大量位置的若干自由度上,可调式臂支撑件可以是可调节的。可调式臂支撑件还可被构造成转变成收起位置,其中可调式臂支撑件和安装到其上的机器人臂收起在台的表面下方。

[0131] 在一些实施方案中,系统的连接器可包括各种特征和结构以将可调式臂支撑件的杆或导轨连接到台的柱。例如,如下所述,连接件可包括将可调式臂支撑件的导轨或杆连接到台的柱的机动臂。在一些实施方案中,机动臂可包括例如如上所述的滑架和导轨或杆连接件。在一些实施方案中,机动臂可另选地或另外地包括本章节中参考图17至图23所述的附加特征中的一个或多个特征。

[0132] 如下文将更全面地描述,机动臂可包括一个或多个连杆,这些连杆被构造成升高、降低、倾斜和/或以其他方式定位支撑机器人臂的臂支撑件(例如,可调式臂支撑件的杆或导轨)。在一些情况下,机动臂可被视为基部或设置臂或接头,因为它们可被设计和构造成在医疗手术期间在机器人臂的致动之前定位臂支撑件。例如,在一些情况下,机动臂被构造成将臂支撑件(以及安装到其上的机器人臂)从收起位置移动到设置位置。在一些情况下,在设置位置,机动臂和臂支撑件可保持固定,而安装在臂支撑件上的机器人臂移动以执行医疗手术。在一些情况下,机动臂和/或臂支撑件也在医疗手术期间移动。因此,在一些实施方案中,机动臂被构造成升高、降低臂支撑件并使臂支撑件成角度,并且可将所附接的机器人臂从较低收起位置移动到升高位置以准备进行外科手术。在一些实施方案中,机动臂可

使得临床医生或医师能够更好地触及患者的头部或脚部,从而能够进行诸如泌尿学和胃肠(GI)规程的规程。

[0133] 如本章节和上文所述,支撑臂支撑件的机动臂的各种实施方案是可能的,并且下文提供了一些示例。例如,图17至图20提供了第一示例,其中机动臂包括单连杆。图21至图23涉及第二示例,其中机动臂包括双连杆设计。这两个示例详细描述于下文中,并且进一步描述于申请人的美国专利公开第2020/0268460号中,其全部内容以引用方式并入本文,通过举例说明而非限制的方式提供。在考虑本公开时,本领域的普通技术人员将会知道,相对于例示示例描述的各种特征可以各种方式进行修改和组合。例如,第一例示示例的特征可与第二例示示例的特征组合,并且反之亦然。

[0134] 2(A).单连杆机动臂。

[0135] 图17示出了医疗机器人系统2200的端视图,该医疗机器人系统包括定位机器人臂支撑件或导轨2207的两个机动臂2205。在该示例中,每个机动臂2205包括在肩部2209与臂支撑件2207之间延伸的单连杆2211。如本申请通篇所用,术语"连杆"可指与一个或多个自由度和/或关节运动动态地相关联的任何连杆及其相关联的结构。在一些实施方案中,单"连杆"可包括联接在一起的两个或更多个结构件。例如,如图18所示(下文更详细地描述),连杆2211包括第一侧向侧件2223和第二侧向侧件2225,它们在结构上联接在一起以形成单连杆2211。臂支撑件2207可包括杆或导轨,一个或多个机器人臂可如上所述地安装在该杆或导轨上。如下文将讨论,连杆2211可被构造成以扫掠或"肱二头肌弯曲"型运动围绕肩部2209旋转。连杆2211的这种肱二头肌弯曲类型运动结合机动臂2205的附加自由度可有利地提供可为臂支撑件2207提供大量可能位置的显著运动范围。例如,在一些实施方案中,机动臂包括显著运动范围以充分实现机器人医疗手术或外科手术诸如机器人腹腔镜式外科手术需要的许多或所有位置。

[0136] 在例示的实施方案中,两个机动臂2205定位在支撑基部2203上方的台2201的柱2202的相对侧上。即,一个机动臂2205定位在柱2202的第一侧向侧上,并且另一个机动臂2205定位在柱2202的与第一侧向侧相对的第二侧向侧上。在该构型中,一个机动臂2205可被构造成将所连接的臂支撑件2207定位在台2201的第一侧向侧上,并且另一个机动臂2205可被构造成将所连接的臂支撑件2207定位在台2201的第二侧向侧上。如图17的示例所示,每个机动臂2205可为能够独立控制和定位的,使得臂支撑件2207可定位在台2201的每一侧上的不同位置处。虽然两个机动臂2205可为能够独立控制和定位的,但它们可包括类似的特征。因此,下面的讨论将集中于机动臂2205中的一个机动臂,应当理解,另一个机动臂2205可以是类似的。在一些实施方案中,机器人系统2200包括仅一个机动臂2205。在一些实施方案中,机器人系统2200包括多于一个机动臂2205。例如,机器人系统2200可包括两个机动臂2205(如图所示)、三个机动臂2205、四个机动臂2205等。

[0137] 例如,如图17所示,单连杆机动臂2205可包括一个或多个创新特征,这些创新特征允许其执行有效的床安装式机器人腹腔镜式或内窥镜式外科手术(或其他机器人医疗规程),同时还收起至位于基部2203内或近侧的紧凑形式以例如允许触及以便进行手动外科手术。为了能够用于各种各样的医疗手术,臂支撑件2207必须能够相对于台2201定位在多个位置或构型中。如前所述,机动臂2205提供显著运动范围以充分实现这些位置。

[0138] 如上所述,机动臂2205的连杆2211在肩部2209与臂支撑件2207之间延伸。连杆

2211可在近侧端部2213与远侧端部2215之间延伸。连杆2211的近侧端部2213可联接到肩部2209。在一些实施方案中,连杆2211的近侧端部2213通过旋转接头联接到肩部2209。将连杆2211的近侧端部2213联接到肩部2209的旋转接头可提供如图所示的旋转自由度2217,该旋转自由度允许连杆2211相对于肩部2209旋转。肩部2209与连杆2211之间的旋转接头可被构造成允许围绕延伸穿过肩部2209和连杆2211的近侧端部2213并且平行于围绕台2201的纵向轴线的轴线旋转,以便提供旋转自由度2217。

[0139] 在一些实施方案中,旋转自由度2217被构造成允许至少120度、至少140度、至少150度、至少160度、至少170度、至少180度或更大度数的旋转。旋转自由度2217可从完全降低位置测量,在完全降低位置,臂支撑件2207定位在基部2203的近侧。在一些实施方案中,连杆2211包裹柱2202(如下所述),从而允许额外的旋转。在一些实施方案中,旋转范围可尽可能大,同时仍然避免与台2201或其他结构碰撞。

[0140] 这种旋转可允许连杆2211相对于肩部2209旋转,以在如上所述的扫掠或肱二头肌弯曲类型的运动中展开臂支撑件2207。在一些实施方案中,连杆2211与肩部2209之间的接头的旋转允许臂支撑件2207侧向靠近或远离台2201或柱2202放置,但仅以特定的旋转角度放置。因此,在一些实施方案中,机动臂2205可包括附加自由度2219,该附加自由度允许也以各种旋转角度调节臂支撑件2207的高度。这可有效地允许用户或系统相对于台2201对臂支撑件2207的位置进行竖直和侧向位置控制,这有利地允许臂支撑件2207的柔性定位以适应不同外科或医疗手术,以及避免患者定位附件并适应各种患者宽度。

[0141] 如图17所示,自由度2219可包括沿着平行于柱2202的轴线的轴线的平移自由度2219。该平移自由度2219可由肩部2209与柱2202的连接或接合提供。例如,肩部2209可通过沿着柱2202竖直平移的接头联接到柱2202。肩部2209与柱2202之间的接头可包括线性接头、滑动接头或棱柱接头,以便允许机动臂2205的平移自由度2219。在一些实施方案中,该接头可被称为“z提升”机构,因为其沿着z轴平移。在一些实施方案中,平移自由度2219被构造成沿着柱2202的长度平移。在一些实施方案中,平移自由度2219被构造成允许沿着柱2202的长度的30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%或更多的平移。在一些实施方案中,平移自由度2219被构造成允许沿着柱2202的长度平移至少20cm、至少30cm、至少40cm、至少50cm或更多。

[0142] 采用组合时,肩部2209、连杆2211、旋转自由度2217(由肩部2209与连杆2211之间的旋转接头提供)和平移自由度2219(由肩部2209与柱2202之间的接头提供)可为机动臂2205提供大运动范围,该大运动范围允许(定位在连杆2211的远侧端部2215处的)臂支撑件2207相对于台2201定位在多个水平距离和竖直距离处。具体地讲,连杆2211围绕肩部2209(以旋转自由度2219)的旋转可允许臂支撑件2207相对于台2201定位在不同的水平距离和竖直距离处,并且肩部2209沿着柱2202(以平移自由度2219)的平移可允许臂支撑件2207相对于台2201定位在不同的竖直距离处。在一些实施方案中,连杆2211围绕肩部2209(以旋转自由度2219)的旋转可允许臂支撑件2207围绕肩部2209处的枢转点具有圆形扫掠。

[0143] 如图17所示,连杆2211的远侧端部2215可联接到臂支撑件2207。在一些实施方案中,连杆2211的远侧端部2215可通过提供旋转自由度2221的旋转接头联接到臂支撑件2207。旋转自由度2221可被构造成使得机动臂2205能够倾斜或旋转支撑机器人臂的臂支撑件2207。在一些实施方案中,在连杆2211的远侧端部2215处提供了附加机构,从而允许臂支

撑件2207相对于连杆2211平移(示例示于图22至图23中,如下所述)。

[0144] 在一些实施方案中,旋转自由度2221可被约束到旋转自由度2217,以便在连杆2211围绕肩部2209旋转期间保持臂支撑件2207的取向。例如,在一些实施方案中,可能有利的是保持臂支撑件2207,使得臂支撑件2207的上表面保持水平(例如,平行于台2201或地板的表面),而不论连杆2211的旋转位置如何。根据一些实施方案,机构可被构造和实现用于约束旋转自由度。

[0145] 在一些实施方案中,包括马达和齿轮箱的致动器可定位在连杆2211的近侧端部中,以便控制机动臂2205的旋转(即,连杆2211的扫掠或肱二头肌弯曲运动)。此外,在一些实施方案中,可结合附加特征以增加机动臂2205的刚度,从而能够实现准确的机器人臂使用。例如,在一些实施方案中,可在近侧端部2213和/或远侧端部2213处将高扭转刚度制动器添加到连杆2211,如图18所示。

[0146] 图18示出了机动臂2205的一个实施方案的等轴视图,该机动臂包括近侧扭转刚度机构2402(示出为心轴)和远侧扭转刚度机构2404(示出为心轴)。近侧扭转刚度机构2402和远侧扭转刚度机构2405可被构造成增加机动臂2205的刚度。如图18所示,在一些实施方案中,连杆2211可包括第一侧向侧2223和相对的第二侧向侧2225。在一些实施方案中,包括马达、制动器、传感器和/或齿轮箱中的一者或多者的致动器2405可在第一侧向侧2223处定位在连杆2211的近侧端部2213中。在一些实施方案中,致动器2405可包括电磁制动器形式的制动器。在第二侧向侧2225上,连杆2211的近侧端部2213可包括近侧扭转刚度机构2402。因此,包括马达的致动器2405可定位在连杆2211的一个侧向侧上,并且近侧扭转刚度机构2402可定位在另一个侧向侧上。近侧扭转刚度机构2402可为高扭转刚度制动器。在一些实施方案中,近侧扭转刚度机构2402可为液压心轴制动系统的一部分。近侧扭转刚度机构2402可被构造成在致动时增加机动臂2205的刚度。

[0147] 例如,在一些实施方案中,使用包括马达的致动器2405将连杆2211旋转到旋转位置。扭转刚度机构制动器2402可在连杆2211旋转之前脱离接合。一旦就位,可接合近侧扭转刚度机构2402以增加机动臂2205的刚度。在一些实施方案中,近侧扭转刚度机构2402或制动系统可被认为是液压膨胀心轴制动系统的一部分。远侧扭转刚度机构2404可类似地用于增加机动臂2205在连杆2211与臂支撑件2207之间的接头处的扭转刚度。也可使用其他类型的制动器。

[0148] 例如,在一些实施方案中,近侧扭转刚度机构2402和远侧扭转刚度机构2404中的一者或两者可为:心轴(如下所述);弹簧接合的电磁齿制动器;或弹簧接合的液压释放齿制动器。在一些实施方案中,另选地或除此之外,致动器2405中的较高刚度齿轮箱(诸如代替谐波齿轮箱的摆线齿轮箱)也可用于增加扭转刚度。

[0149] 图18还示出了第二或远侧制动器2404可包括在连杆2211的远侧端部2215中。在例示的实施方案中,远侧制动器2404可包括在连杆2211的第二侧向侧2225上。即,在一些实施方案中,近侧制动器2402和远侧制动器2404两者都位于连杆2211的同一侧向侧上。并非在所有实施方案中都需要如此。例如,远侧制动器2404可包括在第一侧向侧2223上。远侧制动器2404可以类似于近侧制动器2402的方式操作。例如,远侧制动器2404可被构造成增加机动臂2205的刚度。在一些实施方案中,类似于近侧制动器2402,远侧制动器2404可为液压膨胀心轴制动器系统的一部分,如下文进一步所述。可使用其他类型的制动器来代替液压膨

胀心轴制动系统,包括弹簧接合的电磁齿制动系统或弹簧接合的液压释放齿制动系统。

[0150] 本文参考图17至图18所述的机动臂2205还可被构造成提供用于紧凑地收起附接到患者平台的机器人臂的独特优点。例如,机动臂2205可将臂支撑件2207(和所附接的机器人臂)降低到台2201下方和基部2203或地板近侧的位置以收起机器人臂。这可允许例如触及患者以便进行手动外科手术,以及允许触及将在患者平台附近提供的另外系统(例如,荧光镜C形臂)。为了便于收起,在一些实施方案中,机动臂2205被构造成使得连杆2211包裹柱2202,从而使机动臂2205尽可能靠近柱2250以便保持在台2201的占位面积内。从临床角度来看这可能是有利的,因为当机器人系统未在使用时可能不限制患者侧的触及。这些特征例如在图19A、图19B和图20中示出。

[0151] 2(B).双连杆机动臂。

[0152] 医疗机器人系统的一些实施方案可以实现为包括两个机动臂。例如,图21至图23示出了医疗机器人系统,其中机动臂2705具有包括第一连杆2711和第二连杆2712的双连杆构型。如图所示,第一连杆2711连接到肩部2709。肩部2709可连接到柱2702,如前所述。柱2702在台2701与基部2703之间延伸。第一连杆2711还连接到第二连杆2712。第二连杆2712连接到臂支撑件2707。臂支撑件2707可包括杆或导轨,一个或多个机器人臂可如上所述地安装在该杆或导轨上(例如,杆或导轨1307)。与图17至图20的机动臂2205的单连杆设计形成对比,图21至图23的机动臂2705的双连杆设计包括在肩部2709与臂支撑件2707之间延伸的第一连杆2211和第二连杆2212。如将在下文更详细地描述,第二连杆2212可被构造成相对于第一连杆2211旋转以为机动臂2705提供附加旋转自由度。该附加自由度可允许增大临床工作空间并到达台2701上方,从而为定位臂支撑件2707和所附接的机器人臂提供更大灵活性。此外,在一些实施方案中,在第一连杆2711与第二连杆2712之间具有附加旋转自由度的情况下,机动臂2705不太可能接触台2701的侧。

[0153] 在例示的实施方案中,两个机动臂2705定位在支撑基部2703上方的台2701的柱2702的相对侧上。在一些实施方案中,每个机动臂2705可为能够独立控制和定位的,使得臂支撑件2707可定位在台2701的每一侧上的不同位置处。虽然两个机动臂2705可为能够独立控制和定位的,但它们可包括类似的特征。因此,本讨论将集中于机动臂2705中的一个机动臂,应当理解,另一个机动臂2705可以是类似的。在一些实施方案中,机器人系统2700包括仅一个机动臂2705。在一些实施方案中,机器人系统2700包括多于一个机动臂2705。例如,机器人系统2700可包括两个机动臂2705(如图所示)、三个机动臂2705、四个机动臂2705等。此外,每个机动臂2705和臂支撑件2707可支撑两个或三个机器人臂。在其他实施方案中,可使用其他数量的机器人臂。

[0154] 图21还示出,类似于上面讨论的系统,机器人医疗系统2700的机动臂2705可被构造成存放在台2701下方的紧凑空间中。例如,机动臂2705可被构造成将臂支撑件2707移动到基部2703中或其近侧的位置,如图所示。如将在下文更全面地讨论,机动臂2705可被构造成从该收起构型(例如,如图21所示)移动到能够在机器人外科或医疗规程期间使用机器人臂的一系列展开位置。

[0155] 图22A和图22B示出了单独的机动臂2705的实施方案。图22A示出了处于示例性展开位置的机动臂2705,并且图22B示出了处于示例性收起位置的机动臂2705。如图22A和图28B所示,机动臂2705包括肩部2709、第一连杆2711和第二连杆2712。尽管未在图22A和图

22B中示出,但第二连杆2712被进一步构造成连接到臂支撑件2707,如图21所示并且如将在下文参考图32更详细地描述。肩部2709可类似于先前参考图17至图20所述的肩部2209。例如,肩部2709可通过接头联接到柱2702,该接头允许肩部2709例如以如上所述的z提升运动沿着柱2702平移。

[0156] 第一连杆2711在近侧端部2713与远侧端部2715之间延伸。如22A和图22B所示,近侧端部2713可通过旋转接头连接到肩部2709。第一连杆2711的近侧端部2713与肩部2709之间的旋转接头可被构造成允许第一连杆2711相对于肩部2709以第一旋转自由度2717旋转。在一些实施方案中,第一旋转自由度2717允许第一连杆2711旋转180度,尽管并非在所有实施方案中都需要如此。例如,在一些实施方案中,第一旋转自由度2717允许第一连杆2711旋转大于或小于180度。在一些实施方案中,第一旋转自由度2717允许第一连杆2711相对于肩部2709以肱二头肌弯曲或扫掠运动移动。

[0157] 如图22A和图22B所示,第一连杆2711可包括第一侧向侧2723和第二侧向侧2725。如图所示,第一侧向侧2723可与第二侧向侧2725分离以在它们之间形成空间。此外,肩部2709可定位在第一连杆2711的第一侧向侧2723与第二侧向侧2725之间。即,第一侧向侧2723可连接到肩部2709的第一侧向侧,并且第二侧向侧2725可连接到肩部2709的第二侧向侧。该构型可有利地允许第一连杆2711相对于肩部2709旋转较大运动范围(例如,180度),而不使第一连杆2711与肩部2709接触。

[0158] 第二连杆2712还在近侧端部2714与远侧端部2716之间延伸。如图22A和图22B所示,第二连杆2712的近侧端部2714可通过旋转接头连接到第一连杆2711的远侧端部2715。第二连杆2712的近侧端部2714与第一连杆2711的远侧端部2715之间的旋转接头可被构造成允许第二连杆2712以第二旋转自由度2718相对于第一连杆2711旋转。在一些实施方案中,第二旋转自由度2718允许第二连杆2712相对于第一连杆2711旋转150度,尽管并非在所有实施方案中都需要如此。例如,在一些实施方案中,第二旋转自由度2718允许第二连杆2712相对于第一连杆2711旋转大于或小于150度。在一些实施方案中,第二旋转自由度2718允许第二连杆2712相对于第一连杆2711以肱二头肌弯曲或扫掠运动移动。

[0159] 类似于第一连杆2711,第二连杆2712也可包括第一侧向侧2724和第二侧向侧2726。如图所示,第一侧向侧2724可与第二侧向侧2726分离以在它们之间形成空间。此外,第一连杆2711可定位在第二连杆2712的第一侧向侧2724与第二侧向侧2726之间。即,第二连杆2712的第一侧向侧2724可连接到第一连杆2711的第一侧向侧2723,并且第二连杆2712的第二侧向侧2726可连接到第一连杆2711的第二侧向侧2725。该构型可有利地允许第二连杆2712相对于第一连杆2711旋转较大运动范围(例如150度),而不使第二连杆2712与第一连杆2711接触。该构型还可允许机动臂2705以收起构型折叠成小的紧凑尺寸,例如,如图21和图22B所示。

[0160] 第二连杆2712的远侧端部2716可被构造成连接到臂支撑件2707(图22A和图22B中未示出),该臂支撑件被构造为用于支撑一个或多个机器人臂的导轨或杆。第二连杆2712的远侧端部2716的特征将在下文中参考图32更详细地描述。

[0161] 因为机动臂2705包括各自被构造成以它们自身的旋转自由度2717、2718旋转的两个连杆2711、2712,所以机动臂2705能够将所附接的臂支撑件移动到甚至更宽的位置范围以有利于机器人医疗手术。在一些实施方案中,例如,包括第二连杆2712和附加旋转自由度

2718使得机动臂2705能够到达台2701周围并靠近患者。

[0162] 3.与可调式臂支撑件相关联的机器人臂。

[0163] 上述可调式臂支撑件可被构造成安装到台、柱或基部,并且为可调节的(可在各种自由度上移动),以支撑定位在这些可调式臂支撑件上的机器人臂。由于根据一些实施方案,可调式臂支撑件可被构造成安装在台的表面下方,因此可能有利的是将某些类型的机器人臂与可调式臂支撑件一起使用。具体地讲,可能期望有更多移动且更加灵活的机器人臂,因为机器人臂可能必须从较低位置“逐渐上升”并避免(例如,与台)碰撞。本章节概述了被构造用于与可调式臂支撑件一起使用的机器人臂的某些特征。

[0164] 例如,在一些实施方案中,被构造用于与可调式臂支撑件一起使用的机器人臂不同于平行四边形远程中心机器人臂。在一个示例中,被构造用于与可调式臂支撑件一起使用的机器人臂可包括具有至少两个自由度的肩部、具有至少一个自由度的肘部以及具有至少两个自由度的腕部。与这种臂相关联的运动学允许臂基部相对于工作空间任意定位,从而允许对于安装在床旁边的平行四边形远程中心机器人而言具有挑战性的设置。

[0165] 此外,在一些实施方案中,被构造用于与可调式臂支撑件一起使用的机器人臂可包括被构造具有至少三个自由度的半球形或球形腕部。这种腕部可允许机器人臂转动其腕关节,使得定位在该机器人臂的远侧端部处的器械驱动机构可在臂腕部下方。这可实现其中目标工作空间远高于端口的手术。

[0166] 一些外科机器人臂包括没有冗余自由度的机械约束的远程中心(例如,平行四边形机器人臂)。即,对于任何远程中心位置,与基部的距离均受到机械约束。与上述安装在可调式臂支撑件上的机器人臂的情况一样,来自床下方的机器人臂可受其安装结构的限制,并且不能达到最佳构型以使平行四边形机器人臂发挥优异表现。为了解决该问题,被构造用于与上述可调式臂支撑件一起使用的机器人臂可包括一个或多个冗余自由度。这些冗余自由度可允许臂在不移动工具尖端的情况下在其零空间内平稳行进,从而避免先前已知的外科机器人臂无法避免的术中碰撞。

[0167] 图24示出了可与图1至图23中描绘的系统和部件一起使用的机器人臂1700的示例。机器人臂1700包括RRRPP串联链条操纵器,其中“R”指的是转动接头,并且“P”指的是棱柱接头,此类接头标记在最近侧接头1705A处开始并且沿机器人臂朝向最远侧接头1705E连续移动。机器人臂1700可被构造成用作低惯性远程中心腹腔镜检查系统或用作虚拟轨道内窥镜检查系统。

[0168] 机器人臂1700包括通过连杆机构1710A-1710D以串联方式连接的多个机动接头1705A-1705E。第一连杆机构1710A连接第一机动接头1705A和第三机动接头1705B,第二连杆机构1710B将第三机动接头1705B连接到第四机动接头1705C,第三连杆机构1710C将第四机动接头1705C连接到第五机动接头1705D,并且第四连杆机构1710D将第五机动接头1705D连接到第二机动接头1705E。

[0169] 机器人臂的近侧端部处的第一机动接头1705A(例如,最接近机器人臂1700所附接到的机器人系统的设置接头或基部)是引起医疗器械1725围绕偏航轴线1735A的旋转运动的转动接头。在机器人臂的远侧端部处(例如,最接近医疗器械1725)的第二机动接头1705E是沿第四连杆机构1710D的远侧面1715B线性移动的棱柱接头。附加机动接头1705B、1705C、1705D串联地定位在第一机动接头与第二机动接头之间。

[0170] 第五机动接头1705D是沿第四连杆机构1710D的近侧面1715A线性移动的棱柱接头。由于第四连杆机构1710D的形状,棱柱接头1705D和1705E的轴线被描绘为彼此平行,然而在其他实施方案中,轴线可以不平行并且第四连杆机构1710D的形状可以相应地变化。

[0171] 第三机动接头1705B和第四机动接头1705C是各自在与第一机动接头1705A的旋转平面正交定位的平面中旋转的转动接头。第三机动接头1705B和第四机动接头1705C的致动可引起医疗器械1725围绕俯仰轴线1735C旋转。

[0172] 每个机动接头1705A-1705E可包括马达、位置传感器和齿轮箱。在一些实施方案中,马达可以是内部永磁马达,该内部永磁马达包括定子、可在定子内旋转的转子、以及多个绕组,该多个绕组缠绕穿过定子并且被构造成承载一相或多相电流。转子可包括可透磁材料和嵌入可透磁材料内的至少一个永磁体。位置传感器的一个示例是光学编码器,该光学编码器定位成具有包围转子的视场,使得光学编码器能够捕获表示转子的图像数据,该图像数据可用于确定转子的位置。合适的位置传感器的其他示例包括闭环位置控制系统,该闭环位置控制系统监测马达的一个或多个绕组中的电流(例如经由霍尔传感器或其他电流传感器),以及角接头传感器,该角接头传感器生成可用于确定相邻连杆机构之间的角度的数据(例如,加速度计、陀螺仪、磁力仪、导电纤维等中的一者或多者)。来自机动接头1705A-1705E中的每个机动接头的位置传感器的输出可以被控制器206用于在本文所述的操作模式中控制机器人臂1700的致动。齿轮箱可包括多个齿轮以实现针对每个接头的期望齿轮齿数比。一个示例性接头可具有100:1至150:1的齿轮齿数比,以便达到在内窥镜式医疗规程期间的操作的期望刚度。齿轮箱可以是使用应变波齿轮装置的谐波齿轮箱,并且因此由于具有低或无齿隙、高紧凑性和轻重量而提供优于传统的基于齿轮的齿轮箱的优点。

[0173] 器械驱动器1720可联接到第二机动接头1705E以固定和/或操纵医疗器械1725。在一些实施方案中,器械驱动器1720可以是关于图12描述的器械驱动器。第二机动接头1705E沿第四连杆机构1710D的远侧面1715B的移动和/或第五机动接头1705D沿第四连杆机构1710D的近侧面1715A的移动能够转变为医疗器械1725沿插入轴线1725B的线性运动。机动接头1705A-1705C与一个或多个设置接头一起的致动也可以使医疗器械1725沿插入轴线1725B移动。器械驱动器1720可以使医疗器械1725以其他自由度移动,例如医疗器械1725围绕插入轴线1725B的滚动、可操纵医疗器械的尖端的偏转等。医疗器械1725可以是任何内窥镜或腹腔镜式工具,例如支气管镜、胃镜、输尿管镜、结肠镜、可操纵导管、腹腔镜、定位在此类镜的工作通道内的器械(例如,针、钳子、细胞刷、螺旋钻等)、电外科手术剪、以及在所公开的规程中使用的其他医疗器械。

[0174] 在一些医疗规程中,器械1725可延伸到插管1730中,该插管定位在例如形成进入患者的身体中的开口的切口中。在其他医疗规程中,器械1725可以直接延伸到形成通向患者体内腔网的开口的自然孔口中,并且因此可省略插管1730。机器人臂1700的一些实施方案还可包括可将第四连杆机构1710D联接到插管1730的对接件(未示出,参见例如图25的对接件1840)。插管1730可咬合到对接件中,并且对接件可从第四连杆机构1710D移除。不固定地保持到插管上可以在尝试从内窥镜检查规程改装到腹腔镜检查规程臂时提供优点,然而,第四连杆机构1710D与插入轴线的穿过插管的部分之间的接近使得可以提供对接件以保持插管。此类对接件可以帮助解决医疗器械力并且保持插管与医疗器械轴线对准以进行医疗器械更换。当机器人臂1700被配置用于内窥镜检查规程时,该对接件可以是可移除的,

并且第四连杆机构1710D可包括用于附接到对接件的联接件、附加的器械驱动器、或另一类型的附接件(如患者导引器)。

[0175] 轴线1735A、1735B、1735C的具体描绘位置可以根据机器人臂1700的定位而变化,其中偏航轴线1735A延伸穿过第一机动接头1705A的中心并且插入轴线1735B延伸穿过联接到第二机动接头1705E的器械驱动器1720。应当理解,多个接头1705A-1705E的同时致动可以使器械1725同时沿或围绕多个轴线移动。偏航轴线1735A可被认为是转动接头1705A的旋转轴线和传递到医疗器械1725的运动的同轴旋转轴线。本公开还将偏航轴线1735A称为“第一轴线”,将插入轴线1735B称为“第二轴线”,并且将俯仰轴线1725C称为“第三轴线”。

[0176] 机器人臂1700的机动接头1705A-1705E的致动可由控制器206基于对应于不同医疗规程的不同运动约束组以编程方式控制(自动地或响应于控制台200处的用户指导)。例如,在腹腔镜检查构型中,通过识别远程中心1745位置(对应于插管上的点和/或患者的身体中的切口的位置)、定向旋转第一轴线1735A以穿过远程中心1745、基于软件指令来约束三个中间RRP接头(机动接头1705B、1705C和1705D)的致动以形成固定在空间中并且穿过远程中心1745的远程俯仰轴线1735C、以及定向远侧棱柱轴线(沿第四连杆机构1710D的线性远侧面1715B)平行于插入轴线1735B使得医疗器械1725插入穿过远程中心1745来实现将机器人臂1700配置到低惯性远程中心腹腔镜检查系统中。因此,在该第一操作模式中,产生第一轴线1735A和第二轴线1735C的机器人臂1700的结构被定向成使得这些轴线穿过远程中心1745的位置,而远程俯仰轴线1735C由软件约束限定并且在空间中固定以穿过远程中心1745。在第一模式中使用期间,机动接头1705A-1705E的致动被控制以保持这三个轴线1735A、1735B、1735C穿过远程中心1745。因此,在第一模式中,机器人臂1700可被认为是RRRPP串联链条操纵器,其具有被构造成指向远程中心1745的第一R轴线1735A、被构造成平行于插入轴线1735B的最后P轴线以及由中间RRP接头形成的软件约束的远程俯仰轴线1735C,其中机器人臂1700被控制以使得轴线1735A、1735B、1735C在预先识别的远程中心位置处彼此相交。远程中心几何形状(例如,其沿偏航轴线1735A距第一机动接头1705A的距离)可以在使用期间被调节,如以下关于图31A和图31B更详细地描述的。

[0177] 在内窥镜构型中,与远程中心相关的软件约束被移除,并且机动接头1705A-1705E替代地相对于虚拟轨道进行操作。虚拟轨道可以被认为是与患者的开口对准的空间中的线性轴线,例如通向患者体内腔网的自然孔口。在一些示例中,在内窥镜模式中,附加的器械驱动器1720可附连到第四连杆机构1710D的一个端部。在一些示例中,机动接头1705A-1705E可用于将一系列机器人臂1700定位成彼此相邻,其中它们的插入轴线沿虚拟轨道对准。各种器械驱动器和/或臂的插入轴线需要重合,然而器械驱动器可沿虚拟轨道间隔开以提供最大工作空间和/或避免碰撞。

[0178] 在一些实施方案中,器械驱动器1720可相对于第二机动接头1705E旋转,因为对于一些内窥镜检查规程,期望具有顶部加载的医疗器械。这可以通过在器械驱动器1720与第二机动接头1705E之间增加旋转自由度来实现。该自由度可以是主动或被动设置接头。被动设置接头可包括棘爪位置或其可被闩锁的整数个位置,例如以便于以90度增量使器械驱动器1720旋转。

[0179] 机器人臂1700可通过主动或被动设置接头来递送。如果设置接头是主动的,则设置接头可以在手术中重新定位机器人臂1700的工作空间,同时保持轴线1735A、1735B、

1735C与远程中心的相交。设置接头还可以重新定位第一机动接头1705A,使得第一轴线1735A穿过远程中心。使用此类设置接头的一个优点是,这将一组快轴(例如,具有适合于以有限工作空间执行腹腔镜检查规程的性能的轴)放置在一组慢轴(例如,不适合于单独执行腹腔镜检查规程但具有大工作空间的轴)上。这样,可以执行零空间移动以保持医疗器械1725以快轴为中心,从而使得机器人臂1700能够在大工作空间上具有快速性能。这种设计反映了机器人臂1700在机器人臂1700的运动范围与使尺寸最小化同时仍然满足腹腔镜检查规程的要求之间的折衷。

[0180] 图25示出了可与图1至图23中描绘的系统和部件一起使用的机器人臂1800的另一示例。机器人臂1800包括RRRRP串联链条操纵器,此类接头标记在最近侧接头1805A处开始并且沿机器人臂朝向最远侧接头1805E连续移动。

[0181] 机器人臂1800包括通过连杆机构1810A-1810D以串联方式连接的多个机动接头1805A-1805E。第一连杆机构1810A连接第一机动接头1805A和第三机动接头1805B,第二连杆机构1810B将第三机动接头1805B连接到第四机动接头1805C,第三连杆机构1810C将第四机动接头1805C连接到第五机动接头1805D,并且第四连杆机构1810D将第五机动接头1805D连接到第二机动接头1805E。在图25的实施方案中,第二连杆机构1810B比第一连杆机构1810A短,使得第四机动接头1805C可以通过第三机动接头1805B的致动而在一个整圆中旋转。例如,由于第二连杆机构1810B的较短长度,第四机动接头1805C可以从其在第一连杆机构1810A的第一侧上的图示位置经过第一机动接头1805A旋转到第一连杆机构1810A的第二侧。在此类移动期间,第四接头1805C可被致动以防止第一机动接头1805A与定位在第四机动接头1805C远侧的结构(例如,第三连杆机构1810C、第五机动接头1805D、第四连杆机构1810D、第二机动接头1805E、器械驱动器1810和医疗器械1825)之间的碰撞。

[0182] 机器人臂的近侧端部处的第一机动接头1805A(例如,最接近机器人臂1800所附接到的机器人系统的设置接头或基部)是引起医疗器械1825围绕偏航轴线1835A的旋转运动的转动接头。在机器人臂的远侧端部处(例如,最接近医疗器械1825)的第二机动接头1805E是沿第四连杆机构1810D的远侧面1815B线性移动的棱柱接头。附加机动接头1805B、1805C、1805D串联地定位在第一机动接头与第二机动接头之间,并且是各自在与第一机动接头1805A的旋转平面正交定位的平面中旋转的转动接头。附加机动接头1805B、1805C、1805D的致动引起医疗器械1825围绕俯仰轴线1835C旋转。每个机动接头1805A-1805E可包括马达、位置传感器和齿轮箱,如上文关于机器人臂1700所述。来自每个机动接头1805A-1805E的位置传感器的输出可以被用于在本文所述的操作模式中控制机器人臂1800的致动。

[0183] 器械驱动器1820可联接到第二机动接头1805E以固定和/或操纵医疗器械1825。在一些实施方案中,器械驱动器1820可以是关于图12描述的器械驱动器。第二机动接头1805E沿第四连杆机构1810D的远侧面1815B的移动和/或附加机动接头1805A-1805E的协调移动(单独地或与一个或多个设置接头一起)可以转变为医疗器械1825沿插入轴线1825B的线性移动。器械驱动器1820可以使医疗器械1825以其他自由度移动,例如医疗器械1825围绕插入轴线1825B的滚动、可操纵医疗器械的尖端的偏转等。医疗器械1825可以是任何内窥镜或腹腔镜式工具,例如支气管镜、胃镜、输尿管镜、结肠镜、可操纵导管、腹腔镜、定位在此类镜的工作通道内的器械(例如,针、钳子、细胞刷、螺旋钻等)、电外科手术剪、以及在所公开的规程中使用的其他医疗器械。

[0184] 在一些医疗规程中,器械1825可延伸到插管1830中,该插管定位在例如形成进入患者的身体中的开口的切口中。机器人臂1800还可包括可将第四连杆机构1810D联接到插管1830的对接件1840。插管1830可咬合到对接件中,并且对接件可从第四连杆机构1810D移除。不将机器人臂1800固定地联接到插管1830可以在尝试从内窥镜检查规程改装到腹腔镜检查规程臂时提供优点,然而,第四连杆机构1810D与插入轴线的穿过插管1830的部分之间的接近使得可以提供对接件1840以保持插管。对接件1840可以帮助解决医疗器械力并且保持插管与医疗器械轴线对准以进行医疗器械更换。当机器人臂1800被配置用于内窥镜检查规程时,对接件1840可以是可移除的,并且第四连杆机构1810D可包括用于附接到对接件1840的联接件、附加的器械驱动器、或另一类型的附接件(如患者导引器)。在一些医疗规程中,器械1825可以直接延伸到形成通向患者体内腔网的开口的自然孔口中,并且因此可省略插管1830。

[0185] 轴线1835A、1835B、1835C的具体描绘位置可以根据机器人臂1800的定位而变化,其中偏航轴线1835A延伸穿过第一机动接头1805A的中心并且插入轴线1835B延伸穿过联接到第二机动接头1805E的器械驱动器1820。应当理解,多个接头1805A-1805E的同时致动可以使器械1825同时沿或围绕多个轴线移动。偏航轴线1835A可被认为是转动接头1805A的旋转轴线和传递到医疗器械1825的运动的同轴旋转轴线。本公开还将偏航轴线1835A称为“第一轴线”,将插入轴线1835B称为“第二轴线”,并且将俯仰轴线1825C称为“第三轴线”。

[0186] 机器人臂1800的机动接头1805A-1805E的致动可由控制器206基于对应于不同医疗规程的不同运动约束组以编程方式控制(自动地或响应于控制台200处的用户指导)。在适于腹腔镜检查规程的第一模式中,如上文关于机器人臂1700所述,机器人臂1800可经由软件约束的远程中心架构来控制,使得第一R轴线1835A指向穿过远程中心1845,软件限定的远程俯仰轴线1835C穿过远程中心1845,并且插入轴线1835B指向穿过远程中心1845。该远程中心约束可被移除以在适于内窥镜检查规程的第二模式中操作机器人臂1800,其中在第二模式中,相对于虚拟轨道控制机器人臂1800,使得插入轴线1835B保持与虚拟轨道同轴。

[0187] 参考图24和图25可以理解,所示的连杆机构的形状和尺寸可变化。例如,在所示实施方案的变型中,连杆机构可以是弯曲的而不是直的,并且某些连杆机构可以被延长或缩短。

[0188] 4.示例性操作模式的概述

[0189] 图26A描绘了在第一操作模式1900中开始致动的图24的机器人臂1700。第一操作模式1900可适于腹腔镜检查规程。图25的机器人臂1800可以在第一操作模式中以类似方式操作。为了附图中清楚起见,从图26A省略了在图26A的讨论中未具体提及的针对图24中的机器人臂1700示出的某些附图标记,并且仅在五个图示位置1905A-1905E中的第一位置1905A上提供了与机器人臂1700的结构相关的附图标记。

[0190] 在第一操作模式1900中,机器人臂1700的移动被控制为使得第一轴线1705A指向穿过远程中心1910并且第二轴线1735B也指向穿过远程中心1910。在例示的示例中,软件限定的远程俯仰轴线(第三轴线)在远程中心1910的位置处延伸穿过图26A的页面。

[0191] 在第一操作模式1900中使用期间,机器人臂1700可以定位在多个不同位置1905A-1905E(以及位于所示位置之间中间的其他位置)中,这些位置跨越第一位置1905A与最后位

置1905E之间的可能位置范围。在每个位置中,机动接头1705A被定向成使得第一轴线1705A指向穿过远程中心1910。此外,在每个位置中,机动接头1705B-1705D的致动被协作地控制,使得第三轴线与远程中心1910相交。此外,在每个位置中,器械驱动器1720被定位成使得第二轴线1735B指向穿过远程中心1910。通过控制第三、第四和第五机动接头1705B-1705D以使医疗器械1725围绕远程俯仰轴线和远程中心1910旋转来实现所示位置1905A-1905E之间的移动。当在第一操作模式1900的约束下控制机器人臂1700时,其他移动也是可能的。

[0192] 如图所示,第一连杆机构1710A的位置和取向可保持固定,或者取向可围绕第一轴线1735A旋转,同时其位置保持固定。在一些实施方案中,第一连杆机构1710A的位置可通过设置接头而改变,同时保持第一轴线1735A与远程中心1910的相交。随着机器人臂1700在第一操作模式1900的控制下围绕远程俯仰轴线旋转通过位置1905A-1905E的范围,第二、第三和第四连杆机构1710B-1710D的位置和取向可以相对于第一机动接头1705A的位置以及相对于彼此变化。尽管如图26B所示的器械驱动器1720与插管1730保持固定距离,但在其他实施方案中,器械驱动器1720与插管1730之间的距离可变化以调节医疗器械1725在患者的身体内的插入深度。

[0193] 图26B描绘了基于台的机器人系统1955,其包括如图24中所描绘的处于第一构型1950的多个机器人臂,该第一构型适于在用于腹腔镜检查规程的第一模式1900中操作。如图所示,四个机器人臂1700A-1700D各自控制医疗器械围绕位于患者1940腹部中的切口1945处(或附近)的远程中心旋转。为了附图中清楚起见,从图26A省略了在图26A的讨论中未具体提及的针对图24中的机器人臂1700示出的某些附图标记,并且仅标记了一个切口1945,尽管每个机器人臂1700A-1700D相对于位于不同切口处(或附近)的不同远程中心被控制。在其他实施方案中,机器人臂1800可另选地用于代替机器人臂1700中的一个、一些或全部机器人臂,并且基于台的机器人系统1950可包括多于或少于四个机器人臂。

[0194] 基于台的机器人系统1950包括四个设置臂1960,每个设置臂包括由连杆机构1915串联联接的多个设置接头1920。设置臂1960的设置接头1920可以是被动的、主动的或混合的。设置臂1960的构型可根据基于台的机器人系统1950的预期用途而变化。每个设置臂1960附接到机器人臂1700A-1700D中的一个机器人臂,并且因此将对应的机器人臂定位在围绕患者1940的空间中。

[0195] 在例示的实施方案中,设置臂1960附接到围绕定位在床下方的柱1930固定的托架1925,使得设置臂1960从患者台1935下方露出。柱1930被示出为具有三个托架1925和四个机器人臂1700A-1700D,其中两个臂附接到相同的托架并且托架中的一个托架可以没有臂并且可以被省略。在其他实施方案中,第三托架可具有附加臂或两个臂,并且托架和机器人臂的特定构型可基于系统1950的要求而修改。此外,所公开的机器人臂不限于如图所示的基于台的系统,并且在其他实施方案中可以安装到可移动的推车或安装在天花板的基部。不管它们是如何安装的,包括多个臂1700A-1700D的机器人系统1950保持能够利用同一系统1950执行腹腔镜检查规程和内窥镜检查规程两者的优点。

[0196] 在第一模式中的操作期间,单个控制器206或彼此通信的一组控制器可用于控制机器人臂1700A-1700D和设置臂1960中的每个臂的运动,使得各种物理结构不彼此碰撞或干涉。每个控制器206可包括一个或多个处理器以及配置有计算机可执行指令的相关联的存储器,用于基于经由输入控制的用户指导、来自接头位置编码器的数据、所存储的模式特

定操作约束以及所存储的机器人臂1700A-1700D的结构的尺寸参数来控制各种操作模式中的接头致动。因此,控制器206可限制一个或多个特定臂的运动范围或工作空间,以便防止碰撞。此类限制可以在规程开始时设置,或者可以在规程期间基于其他臂的位置而动态地变化。尽管未示出,但是在一些实施方案中,基于台的机器人系统1950可包括定位在台1935周围并且与控制器206通信的一个或多个图像感测装置,以便识别患者周围的医疗人员的位置并且控制机器人臂1700A-1700D以避开医疗人员的位置。控制器206可位于台1935、柱1930或控制系统(例如控制台基部201)内或分布在这些结构当中。

[0197] 图27A描绘了被配置在第二操作模式2000中的图24的三个机器人臂1700A-1700C。第二操作模式2000可适于内窥镜检查规程。图25的机器人臂1800可以在第二操作模式2000中以类似方式操作。为了附图中清楚起见,从图27A省略了在图27A的讨论中未具体提及的针对图24中的机器人臂1700示出的某些附图标记,并且仅在第一机器人臂1700A上提供了与机器人臂1700的结构相关的附图标记。

[0198] 在第二操作模式2000中,机器人臂1700A-1700C被定位成使得穿过每个机器人臂1700A-1700C的器械驱动器1720的插入轴线(未标记)被对准成与虚拟轨道2005同轴。机器人臂1700A-1700C还被定位成使得特定机器人臂的连杆机构1710A-1710D、接头1705A-1705E或器械驱动器1720均不干扰其他机器人臂的器械驱动器的所需运动范围。因此,机器人臂1700A-1700C可各自用于在内窥镜检查规程中定位和致动(经由器械驱动器)多个同轴医疗器械中的一个。例如,机器人臂1700A可以定位和致动具有工作通道的支气管镜,机器人臂1700B可以定位和致动延伸到并且潜在地超出支气管镜的工作通道的导管(可操纵的或不可操纵的),并且机器人臂1700C可以定位延伸到导管中并且在其远侧端部处联接到针或其他医疗工具的导线管。例如,机器人臂1700C可以通过致动第二机动接头1705E、第五机动接头1705D和/或机动接头1705B-1705E的组合(具有或不具有设置接头移动)来使针相对于导管延伸和缩回。

[0199] 图27B描绘了图26B的基于台的机器人系统1955的第二构型2050,其包括如图27A中所示构造的机器人臂1700A-1700C,用于在适于内窥镜检查规程的第二模式2000中操作。第四臂1700D被折叠成紧凑存储构型(其一个示例在图33中相对于臂1800示出)并且在图27B的视图中不可见。机器人臂1700A-1700C使同心腔内医疗器械1725A、1725B、1725C沿虚拟轨道2005定位,该虚拟轨道被示出为与每个机器人臂1700A-1700C的插入轴线1725B同轴。虚拟轨道2005与患者1940的自然孔口2045(嘴)对准。

[0200] 在一些医疗规程中,可能期望使基于台的机器人系统1955的机器人臂1700A-1700D中的一个或子组在第一模式1900中操作并且使机器人臂1700A-1700D中的另一个或另一子组在第二模式2000中操作。例如,一些宫腔镜检查规程涉及:第一医疗器械通过切口进入肾脏,该第一医疗器械可由机器人臂在第一模式1900中控制,以及第二医疗器械通过输尿管腔内传递至肾脏,该第二医疗器械可由机器人臂在第二模式2000中控制。

[0201] 图28A和图28B描绘了在给定第四机动接头1705C的固定位置的情况下,安装到图24的机器人臂的器械驱动器1720的位置选项的范围Rext。例如,第四机动接头1705C的位置可以在第二操作模式2000中被固定,以便保持同轴插入轴线和软件约束的虚拟轨道位置。范围Rext由“双插入轴线”提供,该“双插入轴线”由第二机动接头1705E沿第四连杆机构1710D的远侧面1715B的线性移动以及第五机动接头1705D沿第四连杆机构1710D的近侧面

1715A的线性移动产生。图28A和图28B示出了沿轴线2105对准的第一机动接头1705A以便准确地描绘范围Rext。

[0202] 在图28A中,机器人臂1700被定位在第一构型2100A中,其中第二机动接头1705E和器械驱动器1720被定位在第四连杆机构1710D的第一端部处,并且第五机动接头1705D被定位在第四连杆机构1710D的第二端部处,第二端部与第一端部相对,并且近侧面1715A和远侧面1715B在其间延伸。在图28B中,机器人臂1700被定位在第二构型2100B中,其中第二机动接头1705E和器械驱动器1720被定位在第四连杆机构1710D的第二端部处,并且第五机动接头1705D被定位在第四连杆机构1710D的第一端部处。如图所示,这提供了可能位置范围Rext,例如在机器人臂1700在第二操作模式2000中的操作期间,器械驱动器1720可以仅使用第五机动接头1705D和第二机动接头1705E移动到该范围Rext。虽然在图28A和图28B中将器械驱动器1720描绘为面向相同方向,但是器械驱动器1720可以旋转180度以覆盖整个描绘的范围Rext。因此,双插入轴线为内窥镜检查规程提供了优点,因为它给出的插入运动范围是使用机器人臂的远侧端部处的单个棱柱接头(例如,如在图25的实施方案中)所提供的运动范围的长度的两倍。这种更大的运动范围给予机器人臂1700进行内窥镜检查规程的更大灵活性。

[0203] 图29A至图29D描绘了用于设置图25的机器人臂以在图26A中描绘的第一模式1900中操作的设置过程2200的一系列示例性步骤。类似的设置过程可使用机器人臂1700和其他公开的变型来实现。

[0204] 图29A所示的框2205描绘了具有与插管1830分开的对接件1840的机器人臂1800。尽管描绘为在空间中浮动,但在使用中插管1830可定位在进入患者的身体中的开口内。

[0205] 在图29B所示的框2210处,机器人臂1800的对接件1840联接到插管。例如,机动接头1705A-1705E可以在被动模式中操作,使得用户可以手动地移动机器人臂1800以连接对接件1840和插管1830。机器人臂1800的控制器206可以例如通过对接件1840中的传感器或机械按钮或者基于控制系统处的用户输入来识别插管1830何时对接。一旦对接,控制器206就可将远程中心2225的位置识别为沿插管1830或在插管内的点。该位置可以基于插管1830的对接部分与远程中心之间的预定义空间关系、基于指定插管插入开口中的深度的用户输入来识别,或者自动识别并且然后通过用户输入来调节。在框2210处,偏航轴线1835A(第一机动接头1705A的转动轴线)还没有与远程中心2225相交,但是由于插管1930的对接和对接件1840的几何形状,插入轴线(未示出)穿过远程中心2225。

[0206] 在图29C所示的框2215处,控制器206可致动设置接头(诸如设置接头1920或其变型)以将第一轴线1835A定位成与远程中心2225的识别位置相交。同时,控制器206可以致动一些或所有机动接头1705A-1705E以保持插管1830的固定位置和取向。这样,在框2215处的机器人臂1800和任何设置接头的致动可被认为是保持插入轴线的取向和远程中心2225的位置的零空间移动。

[0207] 在图29D所示的框2220处,沿第四连杆机构1810D的远侧表面1815B致动器械驱动器1820,以便将医疗器械1825插入穿过插管1830。框2220还可涉及在本文所述的第一模式1900中致动机器人臂1800。

[0208] 与具有保持机器人臂连杆机构的平行四边形(或虚拟平行四边形)构型的机械远程中心的现有系统的设置相比,设置过程2200提供优点。在此类现有系统中,用户需要移动

整个手臂以将其连接到插管,这通过被动设置接头来实现。这种现有方法的一些挑战是,用户必须努力工作以在对接期间使移动流体流动,或者用户的努力可以以强迫其他工程和设计折衷为代价而最小化,并且臂的高惯性使得难以进行小的调节。利用通过实现基于软件的远程中心约束来打破臂的“平行四边形”的能力,所公开的机器人臂相对于所述现有系统具有附加的自由度,并且这些附加的自由度允许用户容易地对接到插管1830。控制器206然后可以致动机动接头1805A-1805E以便重建远程中心约束(并且如果需要的话创建平行四边形,如以下更详细描述的),如以上关于框2215所描述的。这是通过使偏航轴线指向高于远程中心,并且然后使臂处于接纳模式来实现的。然后,设置人员具有用于插管附接件的定位控制的3DOF并且可以对接插管。

[0209] 图30A至图30C描绘了用于在图26A中描绘的第一模式1900中操作图25的机器人臂的不同子模式。因为机器人臂1800的开放运动链没有被机械地约束为保持平行四边形,所以控制器206可以改变第三机动接头1810B沿偏航轴线1835A距远程中心2225的距离并且可以计算致动机动接头1805A-1805E实现医疗器械1825的所需运动同时在针对第一模式1900描述的远程中心架构下操作所需的运动学。这实现了附加的设置自由度,这可以有利地简化设置接头系统。这种附加自由度的折衷是围绕俯仰轴线的相对更有限的运动范围和用于俯仰运动的非线性接头速度,这继而在机器人臂1800的设计中提出了更快接头的要求以便获得相等的俯仰速度。这些非线性可以通过设计优化和进一步的工作空间缩限来最小化。

[0210] 图30A描绘了平行四边形设置2300A,其中机器人臂1800的构型形成平行四边形2340A。如几何术语所暗示的,平行四边形2340A具有彼此相等长度的第一组平行边2325、2305A和彼此相等长度的第二组平行边2315、2335A。边2325沿第三连杆机构1810C被限定在第五机动接头1805D的中心2330与第四机动接头1805C的中心2320之间。边2315沿第二连杆机构1810B被限定在第四机动接头1805C的中心2330与第三机动接头1805B的中心2310之间。边2335A被限定在第五机动接头1805D的中心2330与远程中心2225之间。边2305A(也称为“虚拟连杆”)被限定在远程中心2225与第三机动接头1805B的中心2310之间。在一些实施方案中,在图29C的框2215处,控制器206可将机器人臂1800构造成平行四边形设置2300A。

[0211] 图30B描绘了不连续的平行四边形设置2300B,其具有比平行四边形设置2300A中的虚拟连杆2305A更长的虚拟连杆2305B。由于臂1800的开放运动链和软件约束的远程中心架构,此类构型是可实现的。在断开的平行四边形设置2300B中,虚拟连杆2305B仍然平行于边2325,然而虚拟连杆2305B的长度大于边2325的长度。因此,边2335B和2315不平行,并且可以具有不相等的长度。因此,形成“断开的”平行四边形2340B,其具有比边2325更长的虚拟连杆2305B。在一些实施方案中,在图29C的框2215处,控制器206可将机器人臂1800构造成断开的平行四边形设置2300B。在一些实施方案中,控制器206可通过与动力设置接头一起致动机动接头1805A-1805E中的至少一些而在手术中使机器人臂1800在平行四边形设置2300A与断开的平行四边形设置2300B之间转变。在此类转变期间,远程中心2225的位置保持不变。

[0212] 图30C描绘了断开的平行四边形设置2300C,其具有比平行四边形设置2300A中的虚拟连杆2305A更短的虚拟连杆2305C。由于臂1800的开放运动链和软件约束的远程中心架构,此类构型是可实现的。在断开的平行四边形设置2300C中,虚拟连杆2305C仍然平行于边2325,然而虚拟连杆2305C的长度比边2325的长度更短。因此,边2335C和2315不平行,并且

可以具有不相等的长度。因此,形成“断开的”平行四边形2340C,其具有比边2325更短的虚拟连杆2305C。在一些实施方案中,在图29C的框2215处,控制器206可将机器人臂1800构造成断开的平行四边形设置2300C。在一些实施方案中,控制器206可通过与动力设置接头一起致动机动接头1805A-1805E中的至少一些而在手术中使机器人臂1800在平行四边形设置2300A或断开的平行四边形设置2300B与断开的平行四边形设置2300C之间转变。在此类转变期间,远程中心2225的位置保持不变。

[0213] 图31A和图31B描绘了用于在图26A中描绘的第一模式1900中操作图24的机器人臂1700的不同子模式。控制器206可以在开始在第一模式1900中操作时在子模式2400A、2400B中的一个(或在第一机动接头1705A与远程中心之间具有固定距离的类似子模式)中配置机器人臂1700,或者可以使用动力设置接头在术中使机器人臂1700在子模式2400A、2400B之间转变。第一机动接头1705A与远程中心之间的特定距离仅作为示例提供,并且第一机动接头1705A和远程中心在使用中可被定位成沿第一轴线1735A相隔任何机械上可能的距离。因此,通过机器人臂1700的开放运动链而成为可能的另一零空间重新构造是在手术中调节第一机动接头1705A与远程中心之间的距离。通过这样做,机器人系统可以在机器人臂1700的工作空间的范围与以较平缓俯仰角工作的能力之间进行折衷。这在机器人臂1700可在其中操作的空间有限时是有帮助的,例如以便避免干扰或碰撞其他机器人臂、医疗装备或医疗人员。

[0214] 图31A和图31B示出了由于增大第一机动接头1705A与远程中心之间的距离而对运动范围和最小臂角度的影响。图31A描绘了机器人臂1700的第一构型2400A,其中远程中心2405沿偏航轴线1735A位于距第一机动接头1705A的第一距离D1处。在第一构型2400A中,机器人臂1700具有在插入轴线1735B与偏航轴线1735A之间的40度最小角度α1以及100度运动范围ROM1。图31B描绘了机器人臂1700的第二构型2400B,其中远程中心2405沿偏航轴线1735A位于距第一机动接头1705A的第二距离D2处,其中第二距离D2大于第一距离D1。在第二构型2400B中,机器人臂1700具有在插入轴线1735B与偏航轴线1735A之间的25度最小角度α2以及73度运动范围ROM2。这可以帮助机器人臂1700更接近障碍物(例如其他机器人臂、患者床等)工作,而不与障碍物碰撞。尽管距离D1和D2被示出为在远程中心2405与机动接头1705A的帽之间测量,但是该距离可以另选地在远程中心2405与沿第一轴线1735A定位的臂1700的任何结构(例如旋转接头1705B的中心)之间测量。

[0215] 图32A和图32B描绘了在图27A中描绘的第二模式2000中的操作期间将第二器械驱动器2510添加到图25的机器人臂1800。如图所示,第二器械驱动器2510包括附接部分2525,该附接部分固定到第四连杆机构1810D的对接端口而不是对接件1840。第二器械驱动器2510的添加允许机器人臂1800控制第一同轴医疗器械2505和第二同轴医疗器械2515。例如,可以相对于沿第一医疗器械2505的轴线限定的虚拟轨道来控制医疗器械2505、2515的系统插入。

[0216] 如图32A所示,机器人臂1800可被定位在第一构型2500A中,其中器械驱动器1820通过第二机动接头1805E被定位成尽可能远离第二器械驱动器2510。如图32B所示,第二机动接头1805E可沿第四连杆机构1810D的远侧表面1815B致动,以使器械驱动器1820朝向第二器械驱动器2510移动。在第二构型2400B中,该致动使第一医疗器械2505前进穿过第二医疗器械2515并且比在构型2500A中更远地超过第二医疗器械2515的端部2520。如果需要实

现第一医疗器械2505和第二医疗器械2515的相对运动,第二机动接头1805E可继续被致动直到器械驱动器1820邻近第二器械驱动器2510。

[0217] 图33描绘了处于存储构型2500C中的图25的机器人臂1800。在存储构型2500C中,第一、第二和第三连杆机构1810A-1810C以基本上平行的方式定位在堆叠中,其中第二连杆机构1810B定位在第一连杆机构1810A与第三连杆机构1810C之间。第四连杆机构1810D搁置在第三连杆机构1810C上并且也基本上平行于其他连杆机构1810A-1810C。基本上平行是指将臂尽可能紧凑地折叠,其中第四连杆机构1810D的近侧面抵靠第三连杆机构1810C,并且第一、第二和第三连杆机构1810A-1810C定位在例示的紧凑堆叠中。与真正平行定位的偏差取决于连杆机构的具体形状,在一些实施方案中,连杆机构的具体形状可与例示的形状不同。由于机器人臂1800的开放运动链,存储构型2500C是可能的,该开放运动链允许断开在第一操作模式期间使用的虚拟连杆以提供紧凑存储。这对于如图27B中所示的多臂系统是有利的,其中一些臂不在特定规程中使用并且可以被收起而不妨碍其余臂和医疗人员,从而释放有限的手术室空间。

[0218] 除了本文所指出的实施方案之外,一些实施方案可实现用于在基于床的外科机器人平台上执行腹腔镜式外科手术的机器人臂运动学布局。例如,根据本文所公开的一些实施方案,认识到当前机器人系统继续面临某些限制和挑战,包括机器人臂的可用范围、机器人臂的潜在接近和可操纵性、机器人臂和支撑架构的刚度以及系统的性能等等。此外,根据本文所公开的一些实施方案,认识到利用软件约束的远程运动中心的机器人系统的增加的复杂性。实际上,这些和其他挑战在使用六个机器人臂的机器人系统中可能是特别尖锐的。因此,本文所公开的一些实施方案可被构造成解决这些和其他考虑,以提供一种机器人系统,该机器人系统利用用于机器人臂的公共安装平台、机器人设置接头和使用硬件约束的远程运动中心的远侧操纵器连杆机构。这些和其他任选特征可以在机器人系统中实现,以提供改进的刚性、减少碰撞、并且增加系统的机器人臂的可操纵性和定位。此外,一些实施方案可任选地实现用于系统的一个或多个机器人臂的硬件约束的运动中心,以便降低复杂性、提供可靠性、并且使系统的操作流线化。

[0219] 现在参考图34至图37,因此本文所公开的实施方案可以实现特征的独特组合,以便提供克服若干前述挑战的机器人系统。例如,图34示出了具有基于台的机器人系统2602的外科机器人系统2600,该基于台的机器人系统包括经由安装平台2608联接到台基部2606(具有台2607)的六个机器人臂2604,适于腹腔镜检查规程。如图所示,机器人臂2604可被支撑在共享安装平台2610上,共享安装平台被示出为其上可安装一个或多个机器人臂2604的杆或导轨。在其他实施方案中,机器人臂2604可经由附接部分直接联接到患者所在的台。在例示的示例中,杆或导轨2610可通过杆或导轨连接器和托架联接到台基部2606的柱2612,诸如以上参考图17至图23所描述的。这种系统的优点之一是共享安装平台2610允许多个臂2604被支撑并且允许该结构比如果臂2604中的每一个被单独地支撑或联接到台基部2606的情况下将可能的情况大得多并且更刚性。因此,此类实施方案可提供显著改善的刚性、精度和动态性能。安装平台2610到柱2612的直接安装可提供优于其中安装平台2610直接联接到台2607的另选构型的结构有益效果,该另选构型原本需要刚度路径穿过台2607的接头,这些接头可经受其他力(诸如通过将患者支撑在台2607上而产生的那些静态和动态力)。此外,共享安装平台2610可提供允许极大的设置灵活性的架构,诸如通过使得机器人臂2604

能够安装在高处和低处并且以其他方式允许显著的纵向平移以及使臂定位在与柱2612远远间隔开的位置处。

[0220] 现在参考图35,系统2600可以被构造成使得机器人臂2604中的一个或多个机器人臂包括硬件约束的远程运动中心。硬件约束的远程运动中心可包括能够将腹腔镜工具运动的自由度(DoF)与仅执行该运动的单个接头或接头组的运动隔离的任何机构。

[0221] 例如,图35中所示的机器人臂2604可被构造成隔离工具轴2620围绕偏航轴线2620A以及到至少一个接头或接头组的远程运动中心2622的关节运动。工具轴2620围绕偏航轴线2620A和远程运动中心2622的偏航运动由工具2624的远侧偏航接头2620B提供,该远侧偏航接头的偏航轴线2620A直接指向远程运动中心2622。偏航轴线2620A表示工具2624可沿其滚动(转动)和/或工具2624可沿其平移(器械插入轴线,经由棱柱运动)的轴线。因为偏航轴线2620A笔直地指向远程运动中心2622,所以工具2624围绕偏航轴线2620A的运动不影响远程运动中心2622的位置,并且因此,工具2624的运动被隔离。

[0222] 在图35所示的运动学中,工具轴2620围绕远程运动中心2622的俯仰运动由远侧操纵器连杆机构2626提供。远侧操纵器连杆机构可包括能够围绕远程运动中心2622进行关节运动的平行四边形连杆机构2628。平行四边形连杆机构2628可包括多个接头。例如,平行四边形连杆机构2628可包括动力接头和/或被动接头。此外,在一些实施方案中,平行四边形连杆机构可包括单个动力接头和两个被动接头。“被动接头”可以是其旋转被箍、带、链、连杆和/或其他装置机械地约束的接头。

[0223] 在一些实施方案中,远侧操纵器连杆机构可包括设置连杆机构。该设置连杆机构可以是可调节的以操纵该远侧操纵器连杆机构的姿态和该远程运动中心的位置。

[0224] 例如,在图35所示的实施方案中,远侧操纵器连杆机构2626可包括偏航连杆2630,该偏航连杆可联接到设置连杆机构2631的远侧端部部分。远侧操纵器连杆机构2626还可包括俯仰基部连杆2632、第一俯仰连杆2634、第二俯仰连杆2636和物台连杆2638。偏航连杆2630可以在第一接头2639处可旋转地联接到设置连杆机构2631并且在第二接头2640处可旋转地联接到俯仰基部连杆2632。偏航连杆2630可限定第二偏航轴线2630A,该第二偏航轴线可以与远程运动中心2622和第一偏航轴线2620A相交。偏航连杆2630还可在基部偏航接头2630B处可旋转地联接到俯仰基部连杆2632。有利地,设置连杆机构/接头和远侧操纵器连杆机构/接头可以独立地并且协同地重新定向和/或重新定位基部偏航接头2630B,同时保持远程运动中心。不管RCM在空间中是固定的还是在特定主动运动中移动,该能力都是可用的。俯仰基部连杆2632可以在第一俯仰接头2642处可旋转地联接到第一俯仰连杆2634。此外,第一俯仰连杆2634可在第二俯仰接头2644处联接到第二俯仰连杆2636。最后,第二俯仰连杆2636可在第三俯仰接头2646处联接到物台连杆2638。第一俯仰接头2642、第二俯仰接头2644和第三俯仰接头2646可允许平行四边形连杆机构2628改变工具轴2620的俯仰,同时保持第一偏航轴线2620A和第二偏航轴线2620B与远程运动中心2622对准并相交。

[0225] 任选地,在一些实施方案中,远侧操纵器连杆机构2626可因此提供硬件约束的远程运动中心。另外,一些实施方案的优点在于,平行四边形连杆机构2628可有利地提供相对细长的轮廓(相对于另选架构),这允许远侧操纵器连杆机构2626在较窄的患者侧操作体积内操作,从而减小碰撞可能性。根据一些实施方案,认识到在一些触觉输入装置上使用的万向节可以通过将它们的所有轴线向内指向中央远程运动中心来提供围绕远程中心的运动;

然而,万向节对于给定的工作空间也可以具有相对较大的扫掠运动,并且在较大的患者侧操作体积中操作,因此具有比相对细长的平行四边形类型的连杆机构更大的碰撞可能性。

[0226] 另外,图35所示的机器人臂2604的实施方案示出了设置连杆机构2631可包括第一设置连杆2650和第二设置连杆2652。第一设置连杆2650可在第一设置接头2654处可旋转地联接到第二设置连杆2652。此外,第二设置连杆2652可包括滚动接头2656,其允许第二设置连杆2652的端部围绕第二设置连杆2652的纵向轴线旋转(即,滚动接头2656可提供围绕设置连杆2652的纵向轴线的偏航运动)。

[0227] 图36示出了另一实施方案,其中机器人臂2660。机器人臂2660可包括上文关于图35中所示的机器人臂2604所讨论的所有特征和部件。例如,机器人臂2660可包括设置连杆机构2662。然而,与图35所示的机器人臂2604相反,机器人臂2660可省略设置连杆机构的滚动接头。

[0228] 此外,图36还示出机器人臂2660(或机器人臂的其他此类实施方案,诸如图35中所示的机器人臂)可在棱柱接头2666处联接到安装平台,诸如杆2664。

[0229] 图35和图36示出了根据一些实施方案,系统的机器人臂还可包括机器人设置连杆机构或接头。机器人设置连杆机构可以是可调节的以操纵该远侧操纵器连杆机构的姿态和该远程运动中心的位置。在此类实施方案中,术语“机器人”可以指使一个或多个接头机动化并且利用闭环控制来控制一个或多个接头。机器人接头可允许优于具有被动制动接头的优点,诸如能够动态地向用户提供重力平衡,能够使机器人臂提供脚本运动(例如,诸如收起/展开),以及能够在设置连杆机构中使用额外的或冗余的接头来执行重新定位运动(例如,其中远侧操纵器连杆机构的基部可被移动同时保持与远程运动中心的对准),这可因此改善接近和/或减少碰撞。

[0230] 现在参考图37,可以对系统的机器人臂进行任选的修改,以实现附加有益效果和优点。例如,除了以上关于图34至图36讨论的特征之外,系统的机器人臂可被构造成省略接触感测壳体和/或力/扭矩传感器(例如,6-DoF扭矩传感器),同时在A0接头中包括力传感器。任选地,机器人臂2604、2660中的所有六个或更多个接头可以是可反向驱动的,并且可以根据需要置于各种阻抗控制下。

[0231] 根据一些实施方案,系统的机器人臂2604、2660可被构造成省略远侧平行四边形近侧的接头(诸如图35中的接头2639、2630B或2640中的一个)。这可以导致在A0与ADM之间计数有五个接头的机器人臂(如图37中所标记的),这可以将臂的总运动链DoF计数从八减少到七。此外,此类实施方案还可以通过一个DoF来约束平行四边形的设置,但是仍然在整个运动链中保留一个DoF的零空间冗余。

[0232] 因此,一些实施方案可结合图34至图37中所讨论的特征以实现优于各种断言装置的某些优点。例如,根据一些实施方案,远侧操纵器连杆机构可提供硬件约束的远程运动中心,该硬件约束的远程运动中心将远程操作腹腔镜驱动期间的运动量限制到操纵器的接头,这具有减少碰撞并向用户提供更可预测的运动的可能性(机器人臂的近侧部分在远程操作运动期间不需要移动)。系统的定位还可以为高设置灵活性和动态性能提供极其稳定和灵活的臂支撑。机器人设置接头还可提供手动制动设置接头所不能实现的能力(诸如受约束的重新定位和脚本运动以辅助工作流)。

[0233] 5.附加的示例性柔性运动链

[0234] 图38描绘了示出机器人臂及其运动链的各种示例的表2700,所述机器人臂及其运动链可以在各种模式(例如,1900和2000)和子模式(例如,2200、3200A-2300C、2400A-2400B)中操作或在本公开的各种构型(例如,2500A-2500C)定位。各种示出的臂还被描绘为具有设置臂,该设置臂可适于与此类臂一起使用,例如在基于台的、基于推车的或基于天花板的机器人系统中。如表所示,机器人臂2705是RRRRP运动链的实施方案,机器人臂2710是RRRRP运动链的另一实施方案,机器人臂2715是RRRPP运动链的实施方案,机器人臂2720是RRRPP运动链的另一实施方案,机器人臂2725是RRRPP运动链的另一实施方案,机器人臂2730是RRPRP运动链的实施方案,并且机器人臂2735是RPRPP运动链的实施方案。这些机器人臂中的每一个都适于用于本文所述的第一操作模式1900和第二操作模式2000两者。

[0235] 运动链的其他构型在本公开的范围内也是可能的。例如,如果设计开始于机器人臂的近侧端部处的具有能够被指向穿过远程中心的转动轴线的转动接头,并且结束于机器人臂的远侧端部处的具有平行于工具插入轴线的线性移动轴线的棱柱接头,则该设计提供了灵活的R(XXX)P运动链,其中X可填充有R或P以将可执行如本文所述的软件约束的远程中心的一系列接头放在一起。存在可满足柔性R(XXX)P运动链的8类机器人臂。其中,R(PPP)P不适于第一操作模式,因为需要至少一个转动来产生如本文所述的远程俯仰轴线。每个轴线可以以各种方式布置并且仍然具有相同的名称。例如,关于R(RRP)P机器人臂2715、2720和2725,最后两个棱柱轴线彼此平行。然而,在其他实施方案中,这些轴线也可被构造成彼此成角度。

[0236] 6.操作技术的概述

[0237] 图39描绘了用于操作图24、图25和图33的机器人臂1700、1800、2705-2735的示例性过程2800的流程图。过程2800可全部或部分地由控制器206基于控制机器人臂的机动接头的致动的计算机可执行指令来实现,或可涉及由人类操作者赋予的一些运动,如下文所描述。

[0238] 在框2805处,控制器206可以启动机器人臂1700、1800、2705-2735,例如通过将其从存储构型2500C展开和/或通过激活动力设置接头以将机器人臂1700、1800、2705-2735定位在患者或患者台附近。

[0239] 在框2810处,控制器206可以接收在第一操作模式1900或第二操作模式2000中操作机器人臂1700、1800、2705-2735的命令。在决策框2815处,控制器206可识别命令并且从存储器检索适当操作指令。

[0240] 如果命令是在第一操作模式1900中操作机器人臂1700、1800、2705-2735,则过程2800转变到框2820以执行设置程序。如图29A至图29D所示,设置程序可以涉及(i)固定远程中心的位置,使得第二轴线与患者的开口对准并且穿过远程中心,以及(ii)当在第一操作模式中被致动时约束该多个机动接头的运动,使得第二轴线穿过远程中心。固定远程中心的位置可以基于将机器人臂1700、1800、2705-2735对接到插管并且将位置识别为沿插管或在插管内的点来实现。框2820可涉及一个或多个零空间移动以将由机器人臂1700、1800、2705-2735的近侧转动接头的转动轴线限定的偏航轴线与远程中心对准,并且产生穿过远程中心的远程俯仰轴线。

[0241] 在决策框2825处,控制器206可确定是否在第一操作模式1900中保持机器人臂1700、1800、2705-2735的构型中的平行四边形(或虚拟平行四边形),如关于图30A至图30B

所描述。

[0242] 如果是,则过程2800转变到框2830,其中控制器206经由零空间移动配置机器人臂1800、2705以形成具有穿过远程中心2225的虚拟连杆2305A的平行四边形2340A,并且约束接头的致动以保持平行四边形2340A。

[0243] 如果否,则过程2800转变到框2835,其中控制器206配置机器人臂1800、2705以形成断开的平行四边形2340B、2340C,并且任选地在保持远程中心2225的位置的同时在多个不同的断开的平行四边形形状之间转变。如果机器人臂1800、2705的工作空间或运动范围要求改变,则过程2800可以在框2830和框2835中的任一个框之后在手术中循环回到框2825。

[0244] 对于可能不能够形成平行四边形(或虚拟平行四边形)的所公开的机器人臂(诸如机器人臂1700),框2825至框2835可替代地涉及控制器206确定远程中心与第一机动接头1705A之间沿偏航轴线1735A的距离,如关于图31A和图31B所描述的。

[0245] 如果命令是在第二操作模式2000中操作机器人臂1700、1800、2705-2735,则过程2800转变到框2840以基于第二轴线在与患者的开口对准时的定位来识别虚拟轨道的定位。通过用户手动地移动机器人臂1700、1800、2705-2735、通过经由命令控制台200的用户控制或通过控制器206,第二轴线可与患者开口对准。

[0246] 在框2850处,控制器206控制医疗器械沿虚拟轨道的移动。如关于图27B所述,这可涉及通过多个机器人臂1700A-1700C沿虚拟轨道2005控制多个医疗器械1725A-1725C的移动。如关于图32A和图32B所述,这可涉及通过单个机器人臂1800控制多个医疗器械2505、2515的移动。在一些实施方案中,图27B的机器人臂1700A-1700C可被构造成如图32A和图32B所示的附加器械驱动器。在一些实施方案中,过程2800可返回到框2840,例如如果患者移动需要重新定位虚拟轨道。

[0247] 用于第一模式1900的框2825-2835或用于第二模式2000的框2850可以在医疗规程的持续时间内继续。在框2855处,控制器206接收用于机器人系统的一些或所有机器人臂的存储命令。因此,在框2860处,控制器206(或用户)可以将机器人臂1800定位在存储构型2500C中,其中连杆机构被定位成基本上彼此平行。其他公开的机器人臂1700、2705-2735可具有类似的紧凑存储构型,并且可以手动地或通过控制器206控制为定位在此类构型中。

[0248] 7.作为条款的主题技术的说明

[0249] 为方便起见,本公开的各方面的各种示例被描述为编号条款(1、2、3等)。这些是作为示例提供的,并不限制本主题技术。下面提供的附图和附图标记的标识仅作为示例并且用于说明性目的,并且条款不受这些标识的限制。

[0250] 条款1.一种外科机器人系统,所述外科机器人系统包括:基于柱的安装平台,所述基于柱的安装平台具有支撑在柱上的台;和机器人臂,所述机器人臂联接到所述台,所述机器人臂包括设置接头和远侧操纵器连杆机构,所述设置接头和所述远侧操纵器连杆机构共同限定远程运动中心,所述设置接头能够调节以操纵所述远侧操纵器连杆机构的姿态和所述远程运动中心的位置,所述远侧操纵器连杆机构被构造成隔离联接到所述远侧操纵器连杆机构的工具的运动自由度,以使所述工具围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0251] 条款2.根据条款1所述的外科机器人系统,其中所述基于柱的安装平台还包括基部和从所述基部延伸的柱。

[0252] 条款3.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述基于柱的安装平台还包括联接到所述柱的肩部、通过第一旋转接头联接到所述肩部的第一连杆、和通过第二旋转接头联接到所述第一连杆的第二连杆。

[0253] 条款4.根据条款3所述的外科机器人系统,其中所述基于柱的安装平台还包括联接到所述第二连杆的可调式臂支撑件,所述可调式臂支撑件被构造成使所述机器人臂支撑在所述可调式臂支撑件上。

[0254] 条款5.根据条款4所述的外科机器人系统,其中所述可调式臂支撑件包括杆。

[0255] 条款6.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在单个接头中。

[0256] 条款7.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在一组接头中。

[0257] 条款8.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述机器人臂包括使所述设置接头联接到所述远侧操纵器连杆机构的基部偏航接头,所述基部偏航接头具有延伸穿过所述远程运动中心的旋转轴线。

[0258] 条款9.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述机器人臂能够在保持所述远程运动中心的同时重新定位所述远侧操纵器连杆机构。

[0259] 条款10.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述机器人臂的所述远侧操纵器连杆机构包括平行四边形连杆机构。

[0260] 条款11.根据条款10所述的外科机器人系统,其中所述平行四边形连杆机构被构造成围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0261] 条款12.根据条款10或11中任一项所述的外科机器人系统,其中所述平行四边形连杆机构包括一个动力接头和两个被动接头。

[0262] 条款13.根据条款12所述的外科机器人系统,其中所述被动接头的旋转由限制器机构机械地约束。

[0263] 条款14.根据条款13所述的外科机器人系统,其中所述限制器机构包括箍、带、链、或连杆。

[0264] 条款15.根据条款10至14中任一项所述的外科机器人系统,其中所述平行四边形连杆机构包括四个连杆,所述四个连杆在三个旋转接头处彼此可旋转地联接,所述三个旋转接头被构造成以1:1:1的比率旋转。

[0265] 条款16.根据条款15所述的外科机器人系统,其中所述四个连杆包括俯仰基部连杆、第一俯仰连杆、第二俯仰连杆、和物台连杆,所述俯仰基部连杆经由第一俯仰接头联接到所述第一俯仰连杆,所述第一俯仰连杆经由第二俯仰接头联接到所述第二俯仰连杆,并且所述第二俯仰连杆经由第三俯仰接头联接到所述物台连杆。

[0266] 条款17.根据条款16所述的外科机器人系统,其中所述物台连杆支撑工具驱动器,所述工具驱动器被构造成支撑工具,从而用于围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0267] 条款18.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头包括联接到所述安装平台的棱柱接头。

[0268] 条款19.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头包括多个连杆,所述多个连杆可旋转地联接在一起。

[0269] 条款20.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头包括滚动接头。

[0270] 条款21.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述设置接头是机器人设置接头。

[0271] 条款22.根据条款21所述的外科机器人系统,其中所述设置接头是机动的。

[0272] 条款23.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远程运动中心是硬件约束的。

[0273] 条款24.根据前述条款中任一项所述的外科机器人系统,其中所述远程运动中心是软件约束的。

[0274] 条款25.一种机器人臂,所述机器人臂能够联接到外科机器人系统的台,所述机器人臂包括:机器人设置接头,所述机器人设置接头能够调节以操纵所述远侧操纵器连杆机构的姿态和所述远程运动中心相对于所述台的位置;和远侧操纵器连杆机构,所述远侧操纵器连杆机构联接到所述机器人设置接头以共同限定远程运动中心,所述远侧操纵器连杆机构被构造成隔离联接到所述远侧操纵器连杆机构的工具的运动自由度,以使所述工具围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0275] 条款26.根据条款25所述的机器人臂,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在单个接头中。

[0276] 条款27.根据条款25所述的机器人臂,其中所述远侧操纵器连杆机构将所述工具的所述运动约束在一组接头中。

[0277] 条款28.根据条款25至27中任一项所述的机器人臂,其中所述机器人臂包括使所述设置接头联接到所述远侧操纵器连杆机构的基部偏航接头,所述基部偏航接头具有延伸穿过所述远程运动中心的旋转轴线。

[0278] 条款29.根据条款25至28中任一项所述的机器人臂,其中所述机器人臂的所述远侧操纵器连杆机构包括平行四边形连杆机构。

[0279] 条款30.根据条款29所述的机器人臂,其中所述平行四边形连杆机构被构造成围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0280] 条款31.根据条款29所述的机器人臂,其中所述平行四边形连杆机构包括一个动力接头和两个被动接头。

[0281] 条款32.根据条款31所述的机器人臂,其中所述被动接头的旋转由限制器机构机械地约束。

[0282] 条款33.根据条款32所述的机器人臂,其中所述限制器机构包括箍、带、链、或连杆。

[0283] 条款34.根据条款29至33中任一项所述的机器人臂,其中所述平行四边形连杆机构包括四个连杆,所述四个连杆在三个旋转接头处彼此可旋转地联接,所述三个旋转接头被构造成以1:1:1的比率旋转。

[0284] 条款35.根据条款34所述的机器人臂,其中所述四个连杆包括俯仰基部连杆、第一俯仰连杆、第二俯仰连杆、和物台连杆,所述俯仰基部连杆经由第一俯仰接头联接到所述第一俯仰连杆,所述第一俯仰连杆经由第二俯仰接头联接到所述第二俯仰连杆,并且所述第二俯仰连杆经由第三俯仰接头联接到所述物台连杆。

[0285] 条款36.根据条款35所述的机器人臂,其中所述物台连杆支撑工具驱动器,所述工具驱动器被构造成支撑工具,从而用于围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0286] 条款37.根据条款25至36中任一项所述的机器人臂,其中所述设置接头包括多个连杆,所述多个连杆可旋转地联接在一起。

[0287] 条款38.根据条款25至37中任一项所述的机器人臂,其中所述设置接头包括滚动接头。

[0288] 条款39.根据条款25至38中任一项所述的机器人臂,其中所述设置接头是机动的。

[0289] 条款40.根据条款25至39中任一项所述的机器人臂,其中所述远程运动中心是硬件约束的。

[0290] 条款41.根据条款25至40中任一项所述的机器人臂,其中所述远程运动中心是软件约束的。

[0291] 条款42.一种外科手术方法,所述外科手术方法包括:接收设置命令,所述设置命令用以将机器人臂的设置接头定位在设置位置中,其中所述机器人臂联接到台;响应于所述设置命令,驱动所述机器人臂的所述设置接头的一个或多个机动接头以将所述设置接头定位在所述设置位置中;接收调节命令,所述调节命令用以使远侧操纵器连杆机构围绕远程运动中心定位;以及响应于所述调节命令,将所述机器人臂的远侧操纵器连杆机构驱动到经调节的位置,其中所述远侧操纵器连杆机构约束联接到所述远侧操纵器连杆机构的工具的运动自由度并且使所述工具围绕所述远程运动中心进行关节运动。

[0292] 条款43.根据条款42所述的方法,其中响应于所述设置命令,所述方法还包括驱动基于柱的安装平台以使所述机器人臂朝向所述设置位置移动。

[0293] 条款44.根据条款42或43中任一项所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括将所述工具的所述关节运动约束在单个接头中。

[0294] 条款45.根据条款42至44中任一项所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括将所述工具的所述关节运动约束在一组接头中。

[0295] 条款46.根据条款42至45中任一项所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括使平行四边形连杆机构进行关节运动。

[0296] 条款47.根据条款46所述的方法,其中驱动所述远侧操纵器连杆机构包括使具有四个连杆的平行四边形连杆机构进行关节运动,所述四个连杆在三个旋转接头处彼此可旋转地联接,其中所述三个旋转接头以1:1:1的比率被驱动。

[0297] 条款48.根据条款47所述的方法,所述方法还包括使工具驱动器进行关节运动以控制所述工具的操作。

[0298] 条款49.根据条款42至48中任一项所述的方法,所述方法还包括经由硬件约束所述远程运动中心。

[0299] 条款50.根据条款42至49中任一项所述的方法,所述方法还包括经由软件约束所述远程运动中心。

[0300] 8.进一步的考虑

[0301] 在一些实施方案中,本文的任何条款可以从属于任何一个独立条款或任何一个从属条款。在一个方面,任何条款(例如,从属或独立条款)可与任何其他一个或多个条款(例如,从属或独立条款)组合。在一个方面,权利要求可包括在条款、句子、短语或段落中叙述

的一些或全部词语(例如,步骤、操作、装置或部件)。在一个方面,权利要求可包括在一个或多个条款、句子、短语或段落中列举的一些或全部词语。在一个方面,可移除条款、句子、短语或段落中的每一者中的一些词语。在一个方面,可将附加的词语或元素添加到条款、句子、短语或段落。在一个方面,可在不利用本文所述的部件、元件、功能或操作中的一些的情况下实现本主题技术。在一个方面,可利用附加的部件、元件、功能或操作来实现本主题技术。

[0302] 本文所公开的具体实施提供了用于可转换医疗机器人系统的系统、方法和装置,其利用通用的、开放的运动链以及一组医疗规程特定的软件控制的致动约束,以便执行多种医疗规程。

[0303] 应当指出的是,如本文所用,术语“联接”或词语联接的其他变型形式可以指示间接连接或直接连接。例如,如果第一部件“联接”到第二部件,则第一部件可经由另一个部件间接连接到第二部件或直接连接到第二部件。

[0304] 用于根据所公开的操作模式来控制本文所述的机器人臂的致动的各种功能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”是指可由计算机或处理器访问的任何可用介质。通过示例但非限制,此种介质可包括RAM、ROM、EEPROM、闪存存储器、CD-ROM或其他光盘存储装置、磁盘存储装置或其他磁存储装置、或可用于存储为指令或数据结构的形式的期望的程序代码并且可由计算机访问的任何其他介质。应当指出的是,计算机可读介质可为有形的和非暂态的。如本文所用,术语“代码”可以指可由计算装置或处理器执行的软件、指令、代码或数据。

[0305] 本文所公开的方法包括用于实现所述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,方法步骤和/或动作可彼此互换。换句话讲,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。

[0306] 如本文所用,术语“多个”表示两个或更多个。例如,多个部件指示两个或更多个部件。术语“确定”涵盖多种动作,并且因此,“确定”可包括计算、运算、处理、导出、调查、查找(例如,在表格、数据库或另一种数据结构中查找)、查明等。另外,“确定”可包括接收(例如,接收信息)、访问(例如,访问存储器中的数据)等。另外,“确定”可包括解析、选择、挑选、建立等。

[0307] 除非另有明确指明,否则短语“基于”并不意味着“仅基于”。换句话讲,短语“基于”描述“仅基于”和“至少基于”两者。

[0308] 提供对所公开的具体实施的前述描述以使得本领域的任何技术人员能够制作或使用本发明。对这些具体实施的各种修改对于本领域的技术人员而言将是显而易见的,并且在不脱离本发明的范围的情况下,本文所定义的一般原理可应用于其他具体实施。例如,应当理解,本领域的普通技术人员将能够采用多个对应的替代和等同的结构细节,诸如紧固、安装、联接或接合工具部件的等同方式、用于产生特定致动运动的等同机构、以及用于递送电能的等同机构。因此,本发明并非旨在限于本文所示的具体实施,而是被赋予符合本文所公开的原理和新颖特征的最广范围。

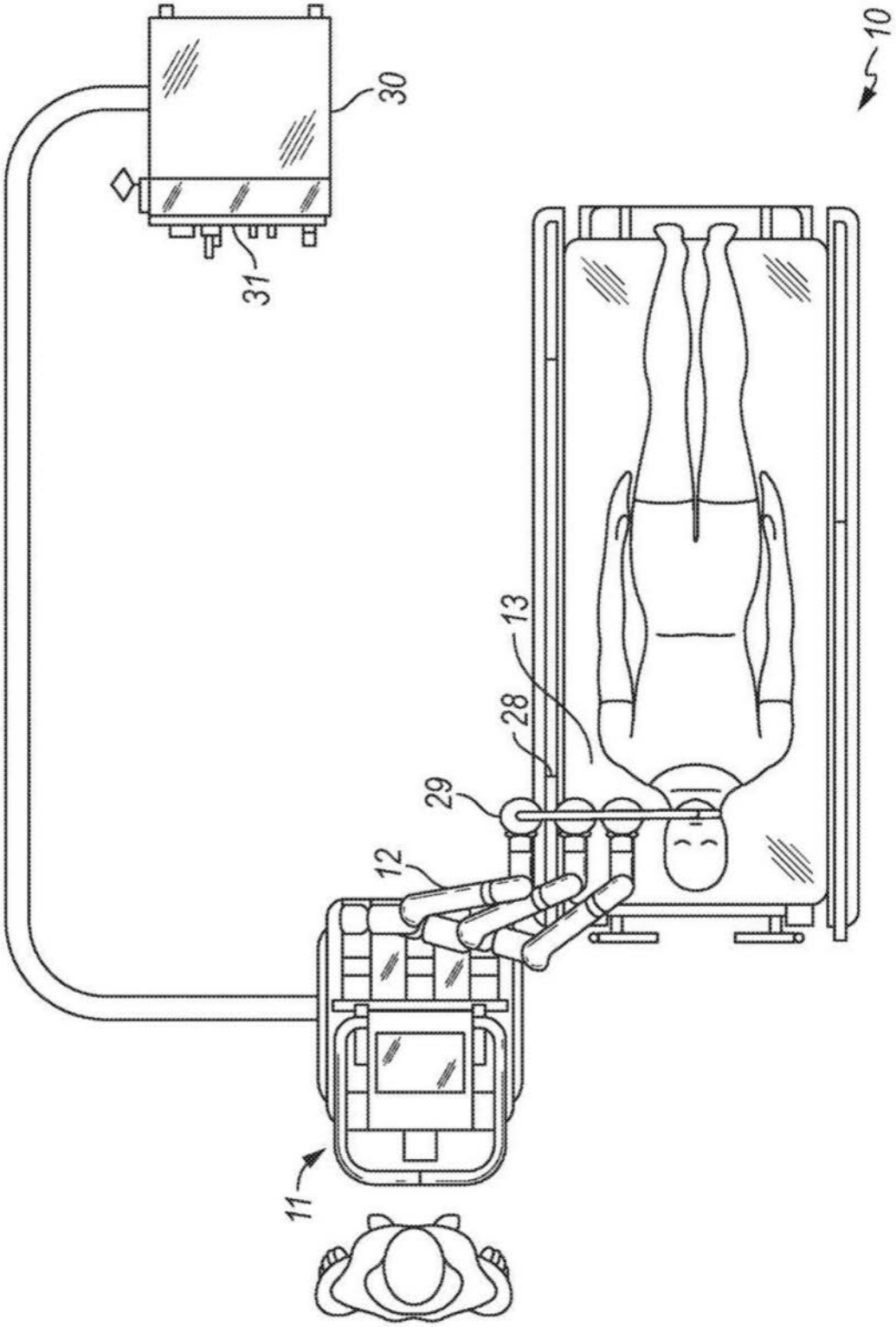


图1

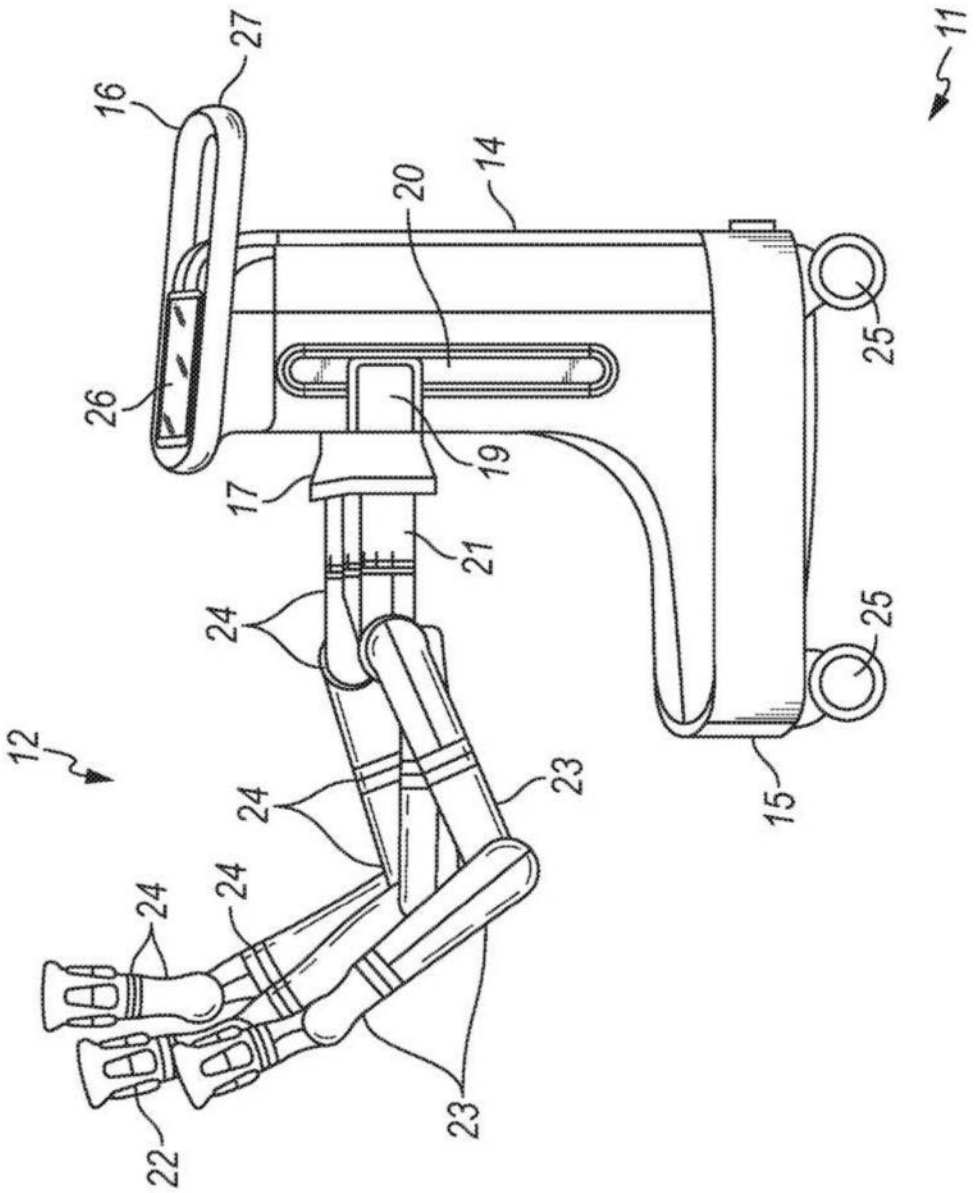


图2

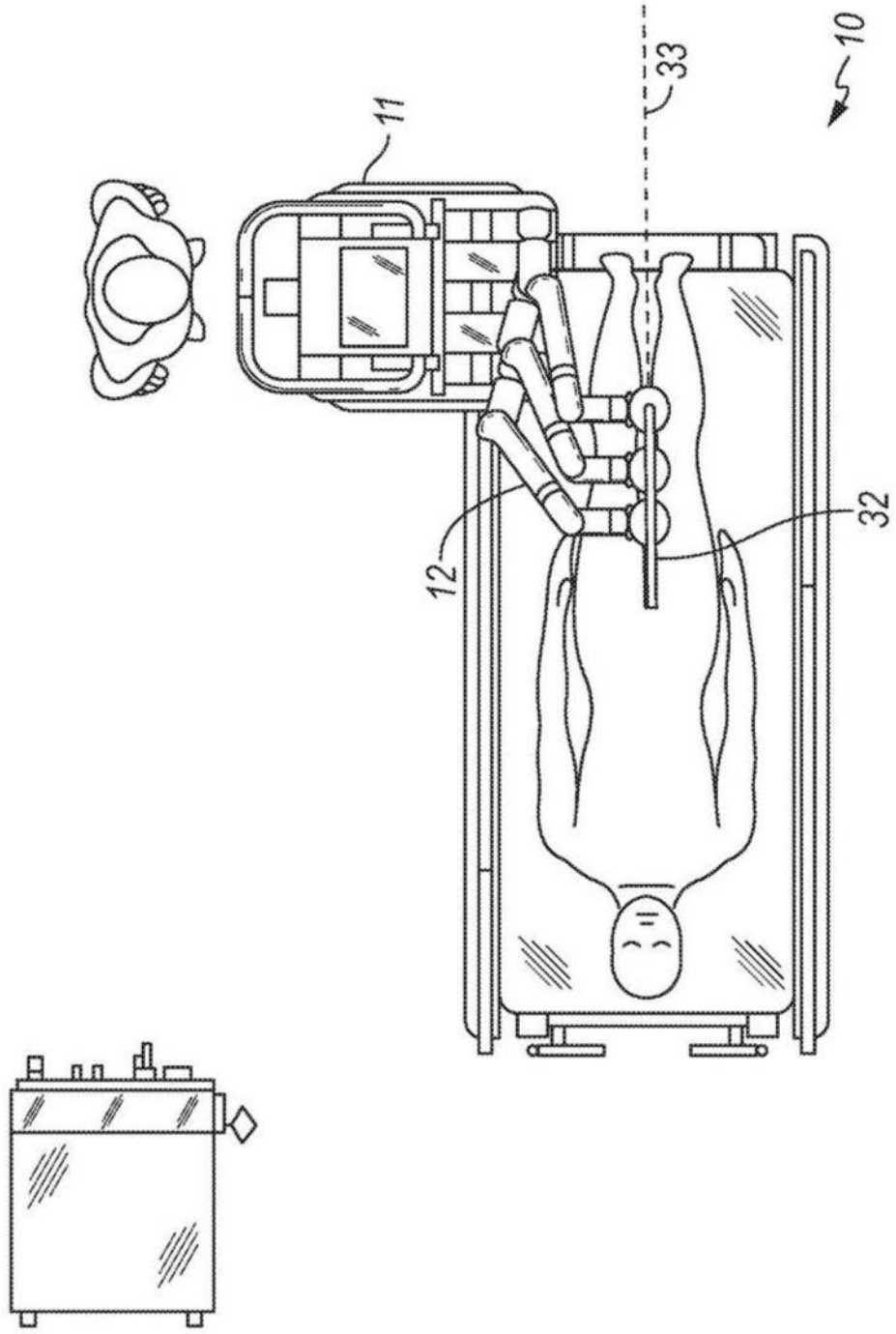


图3

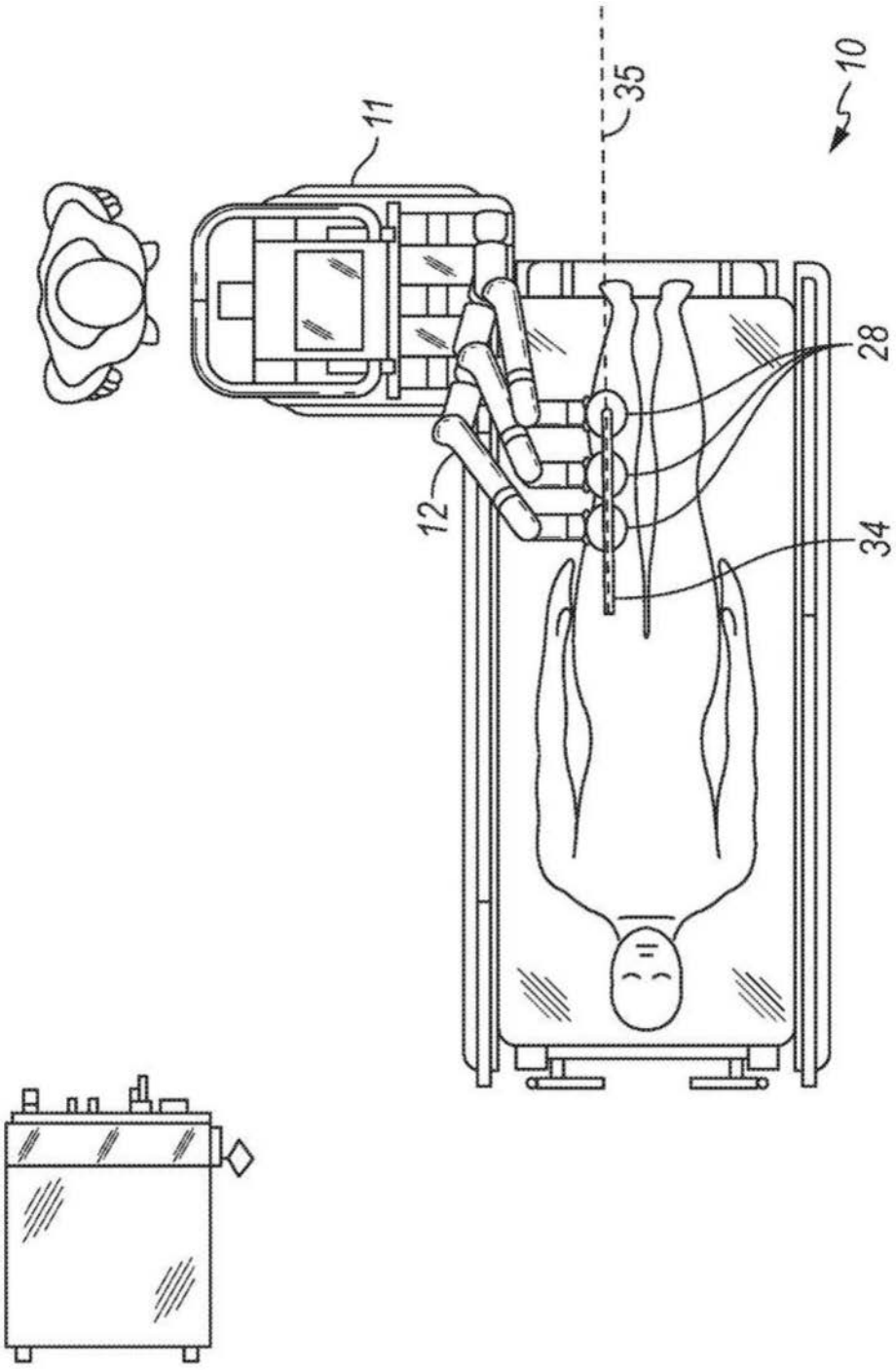


图4

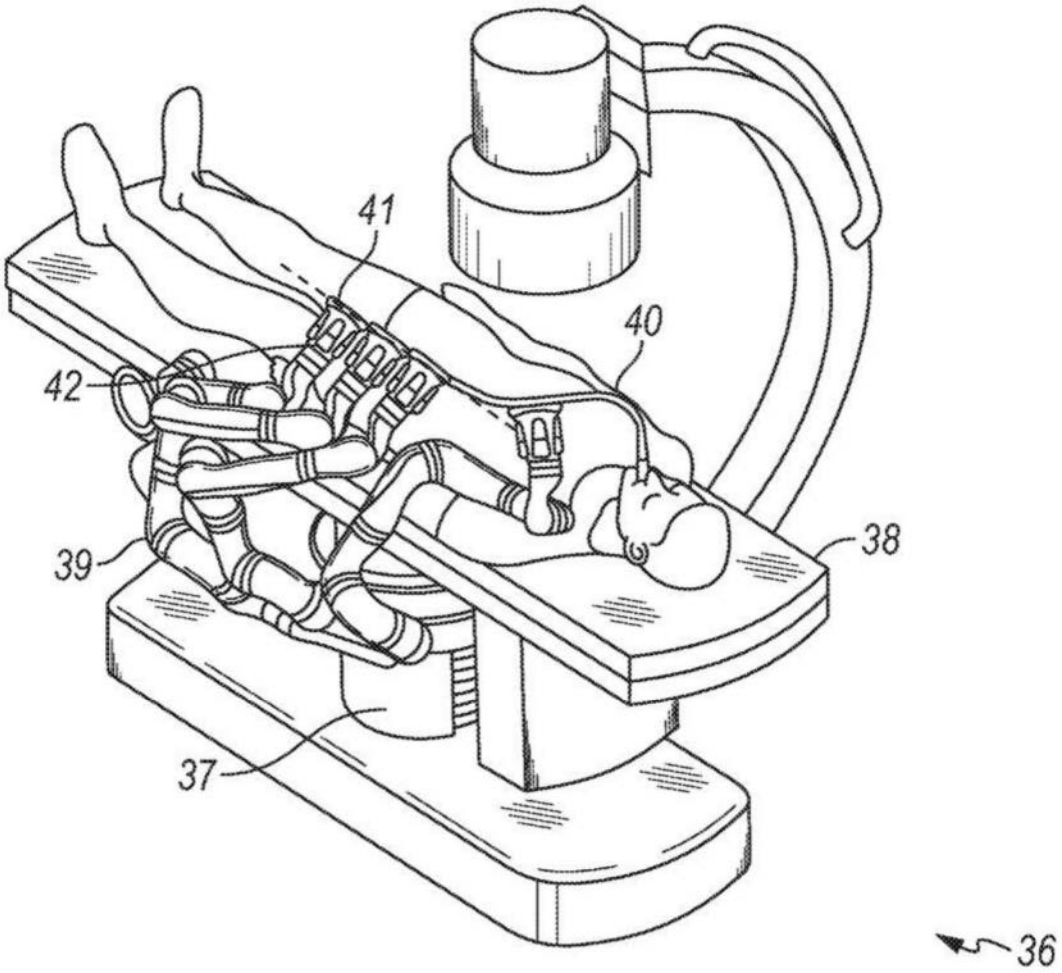


图5

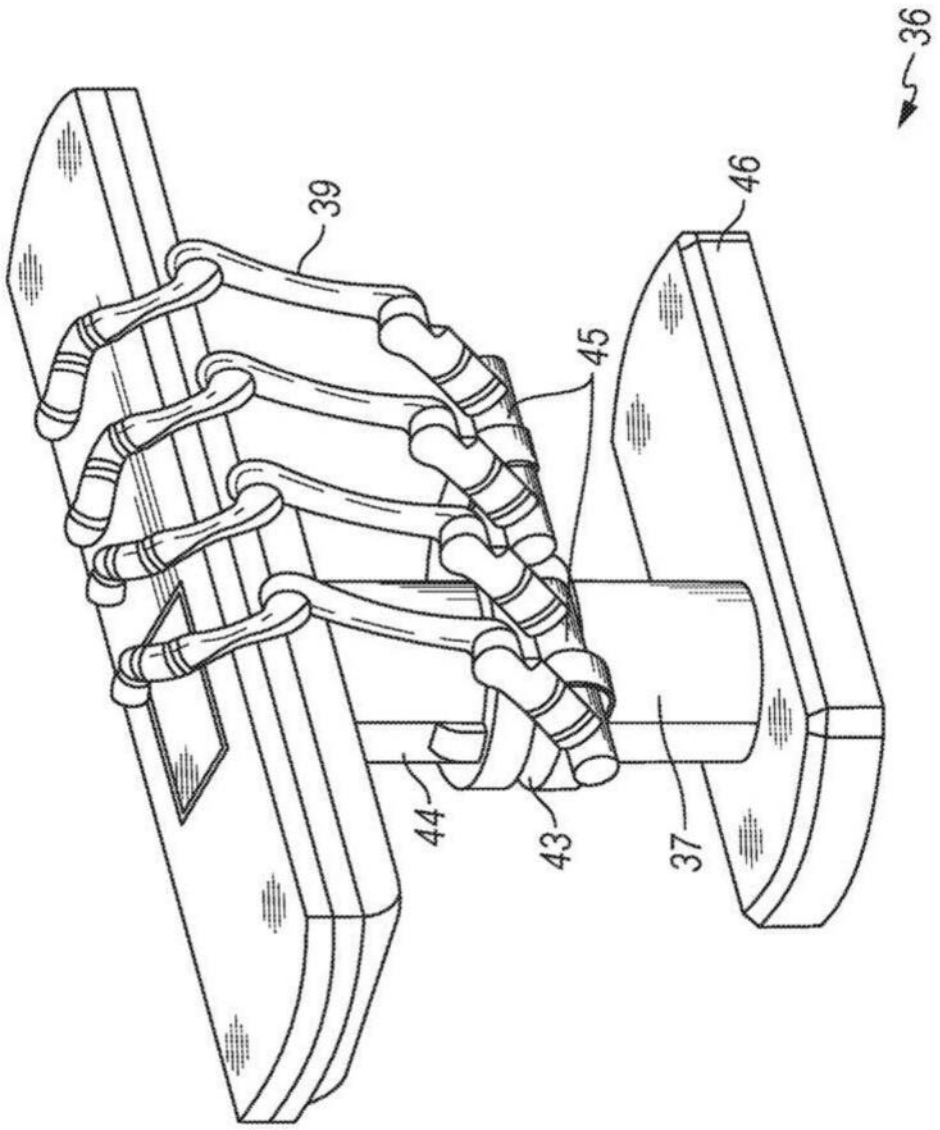


图6

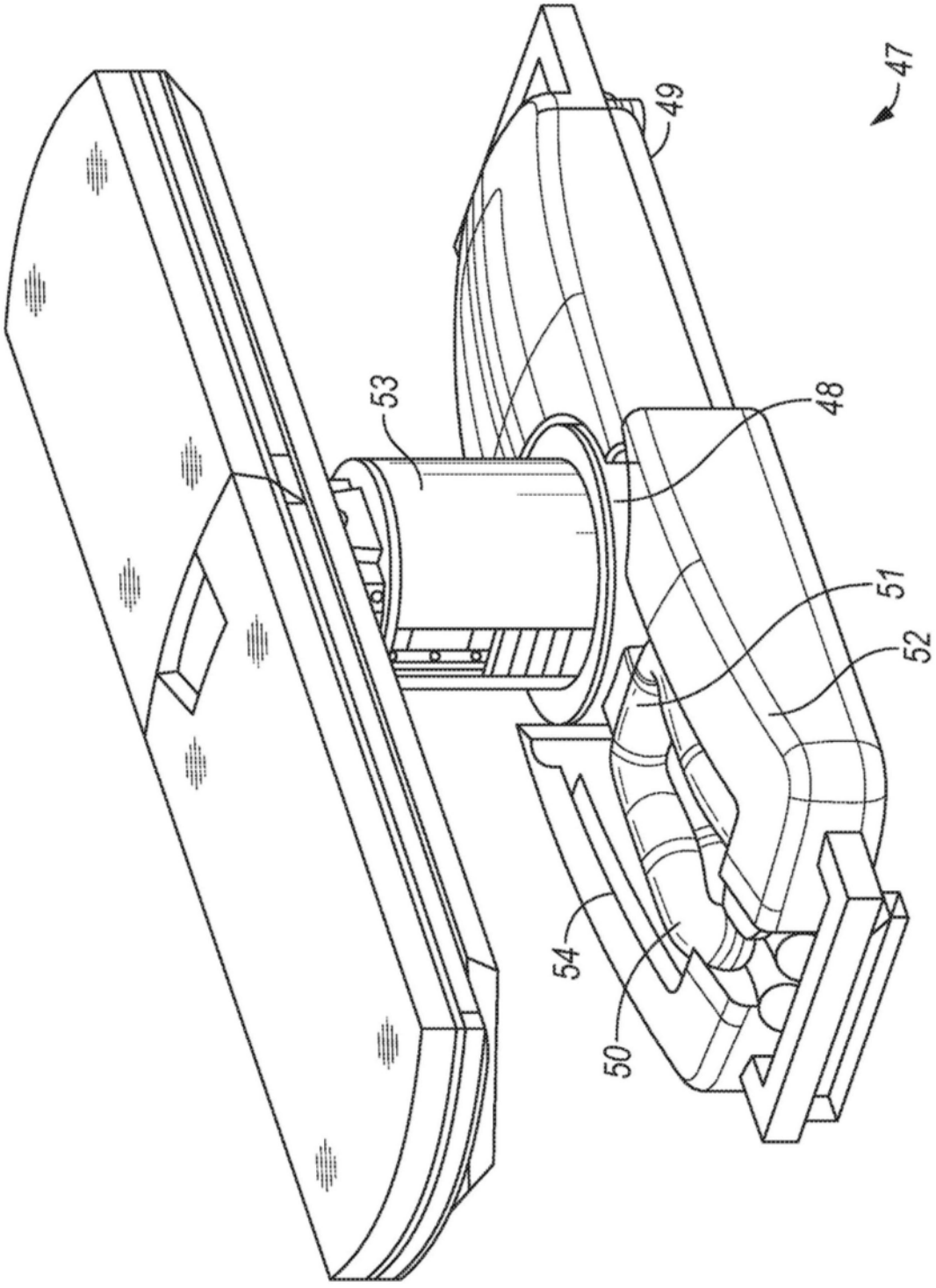


图7

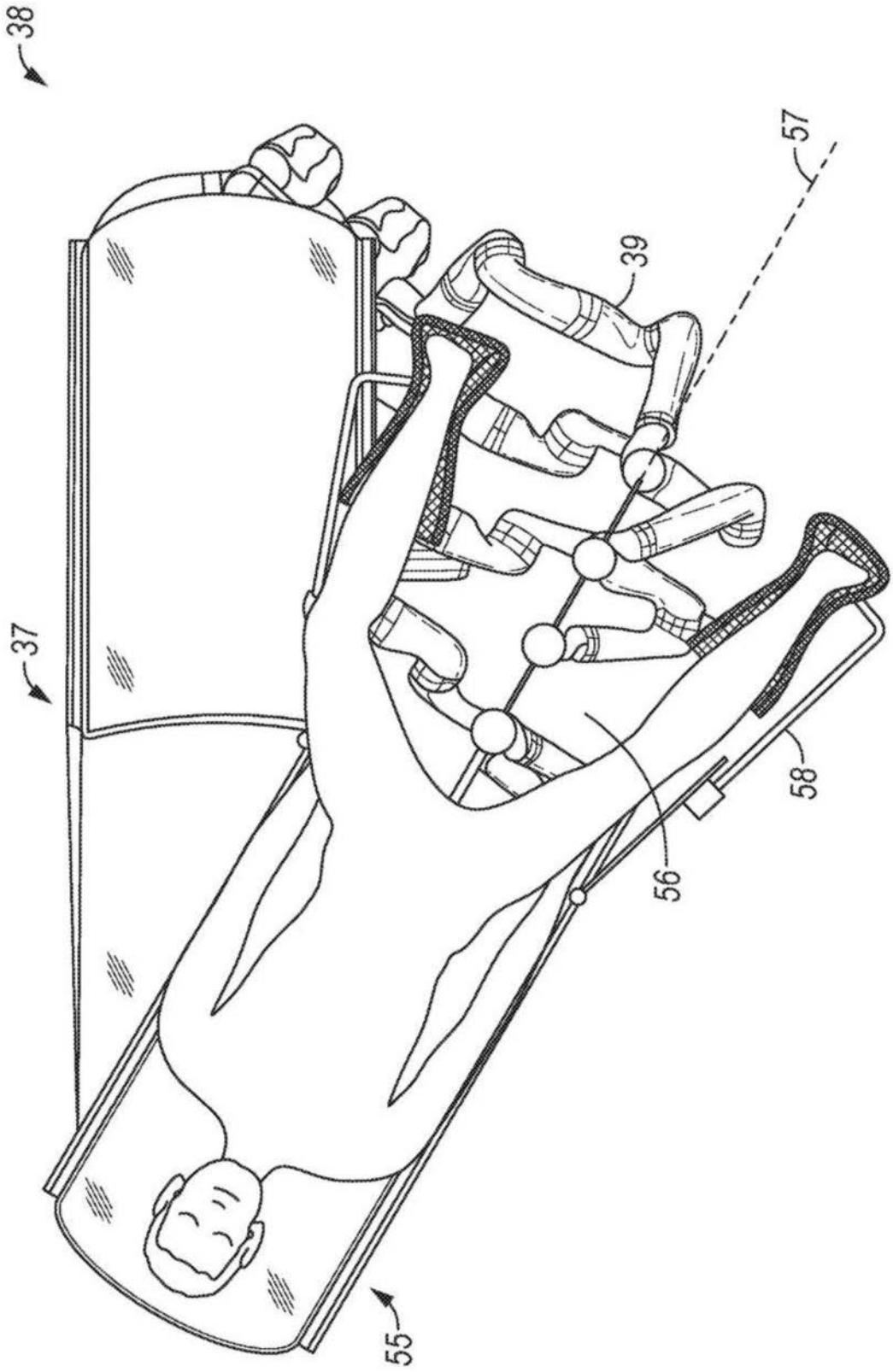


图8

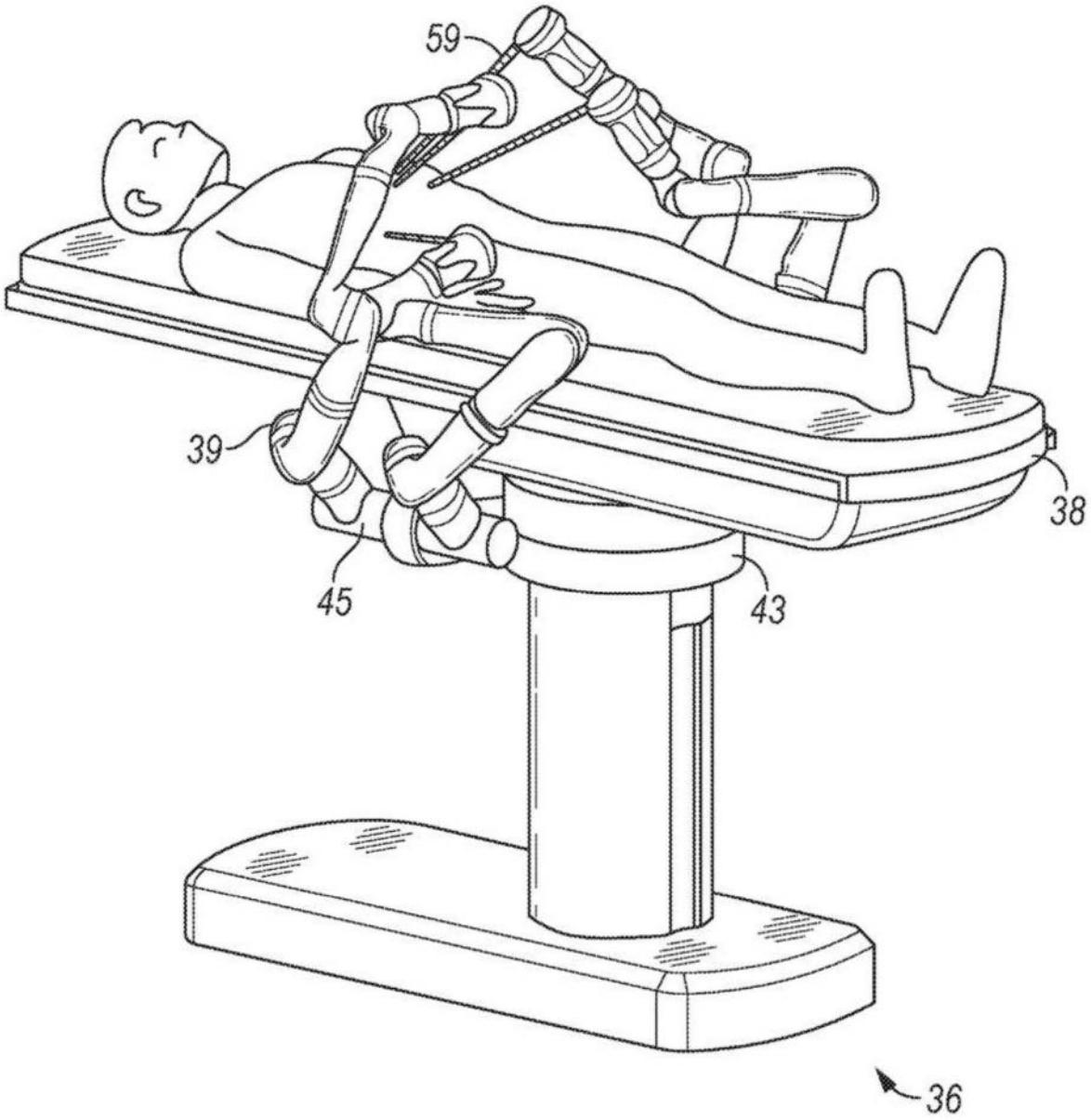


图9

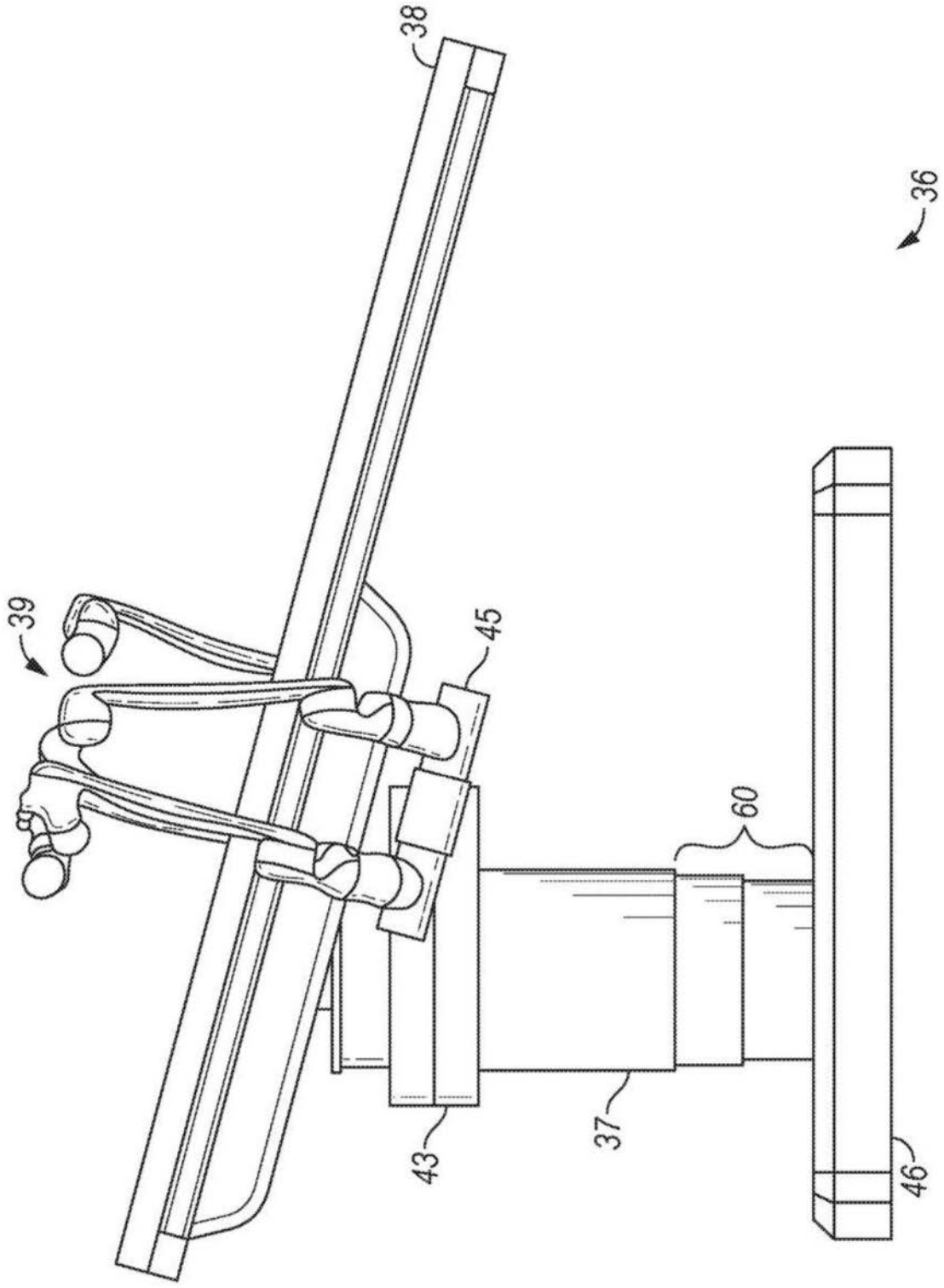


图10

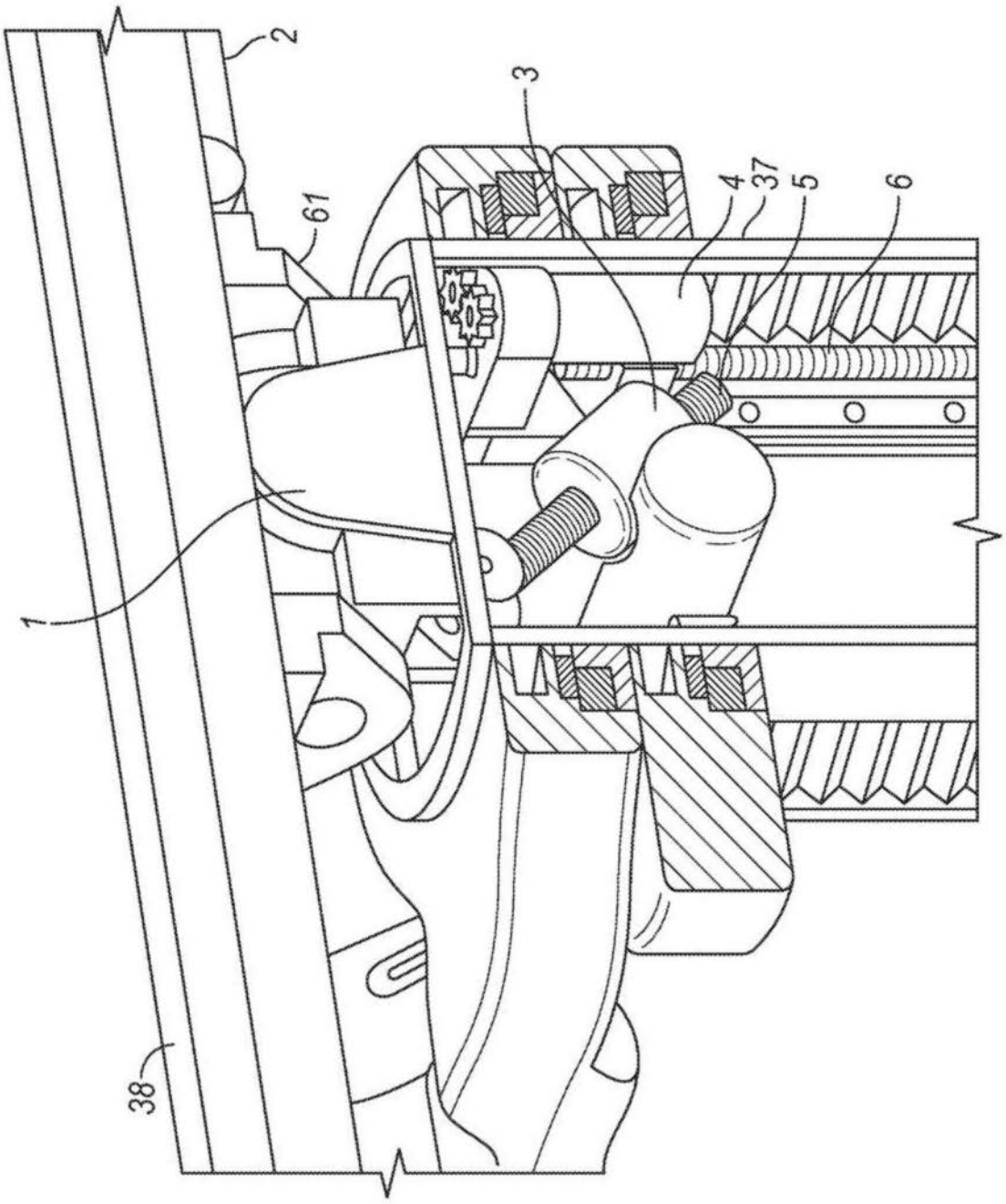


图11

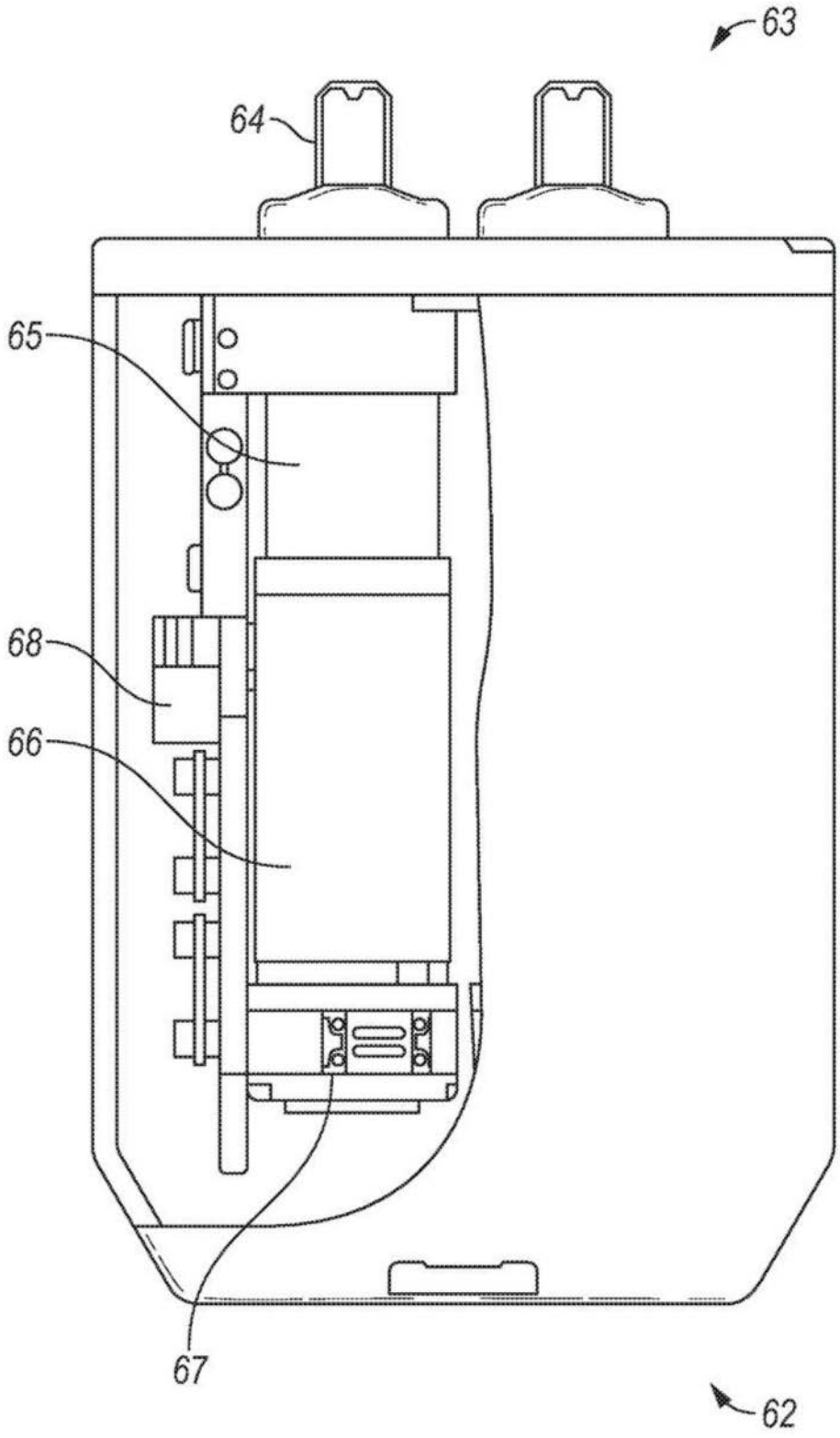


图12

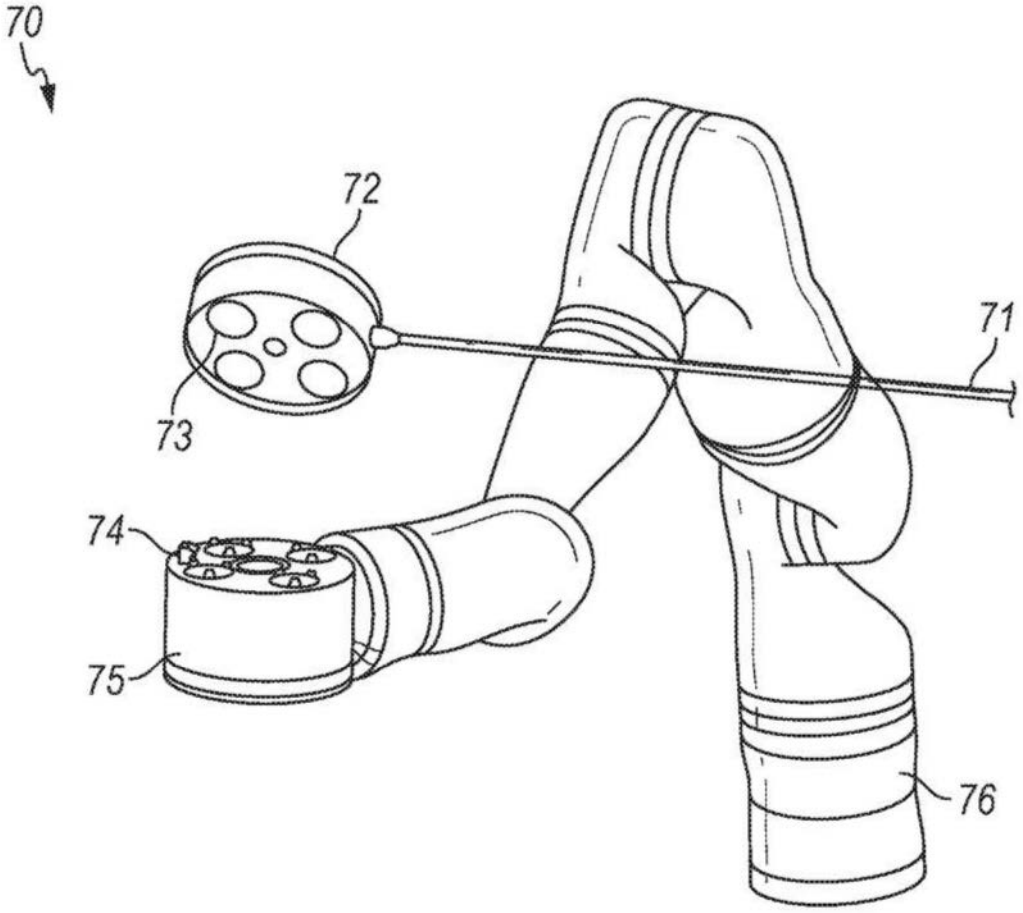


图13

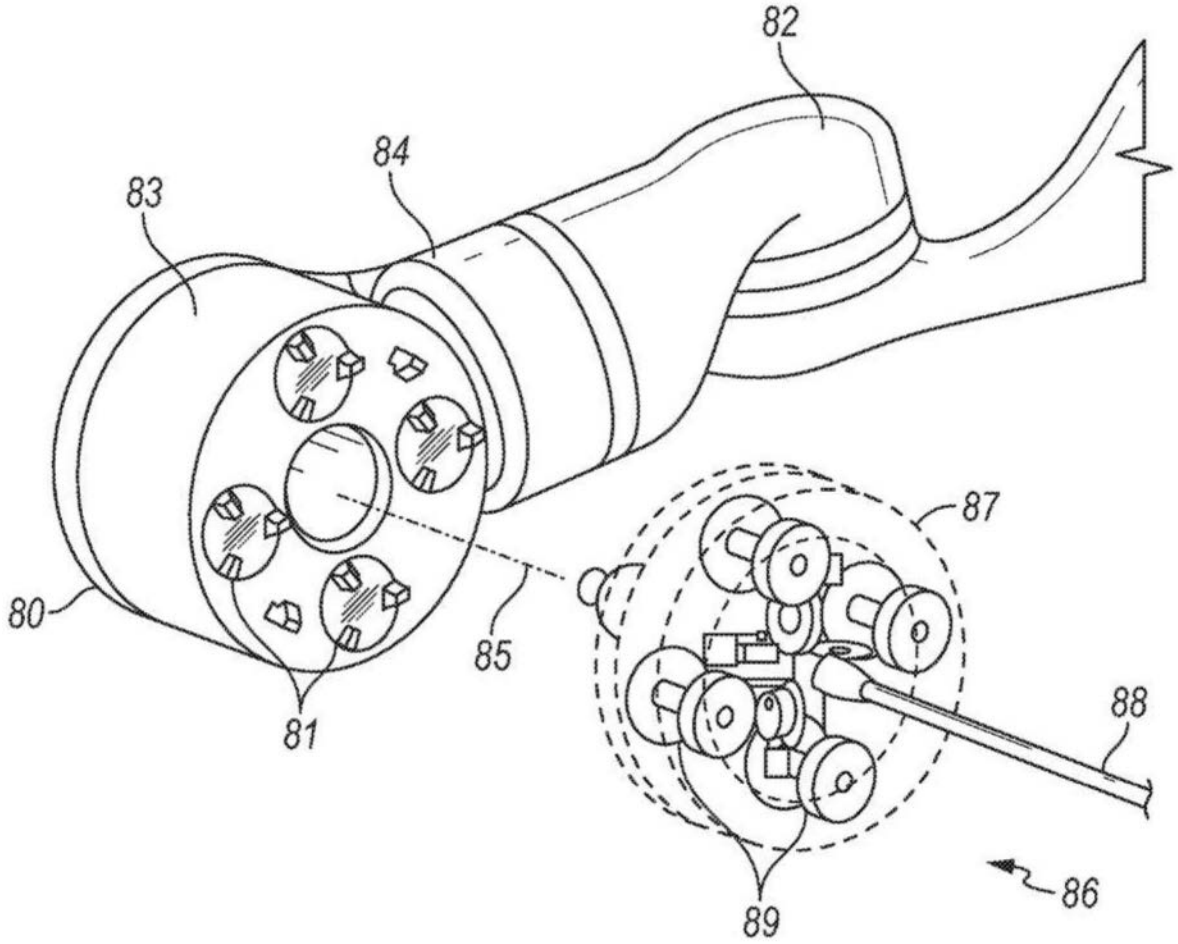


图14

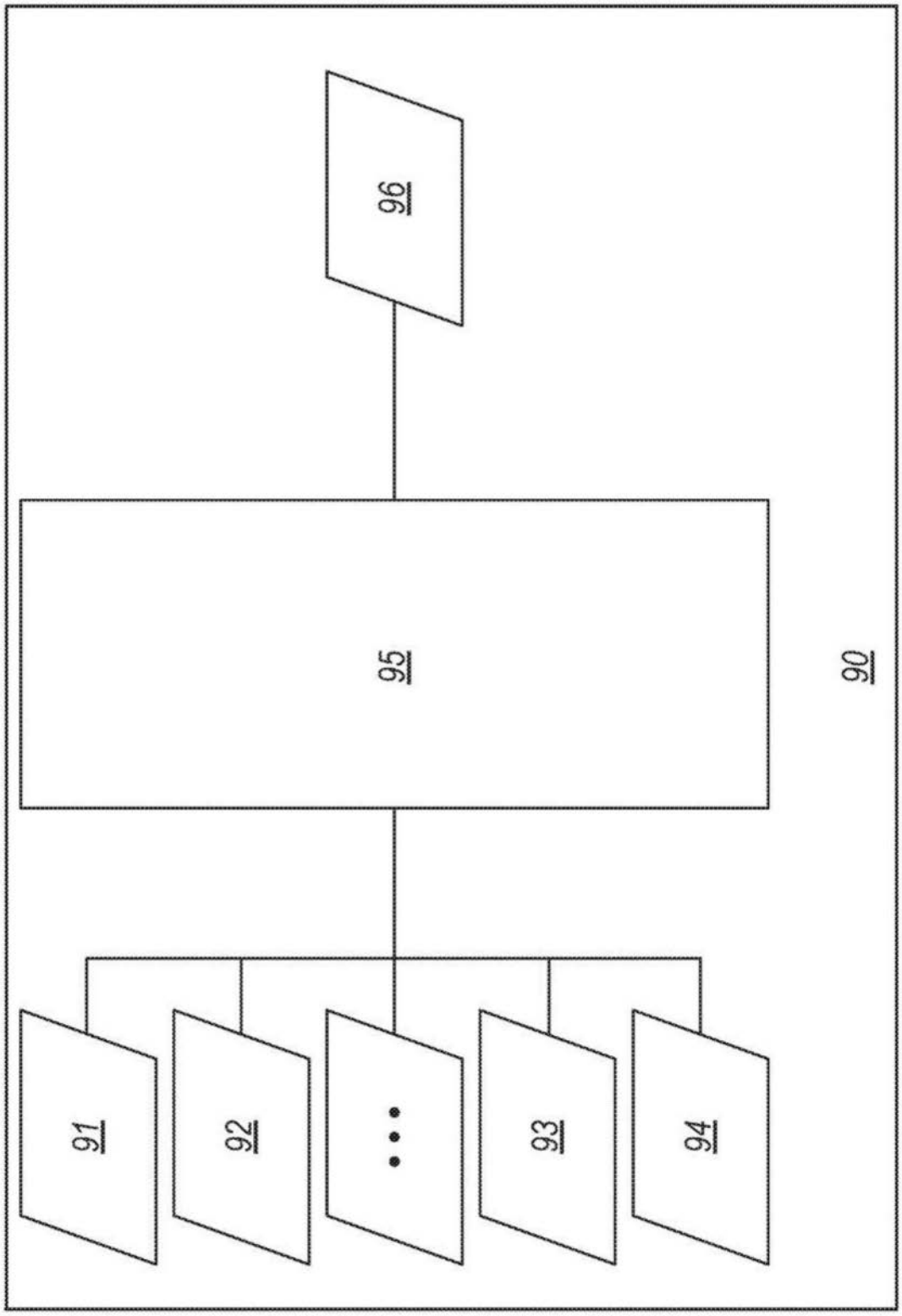


图15

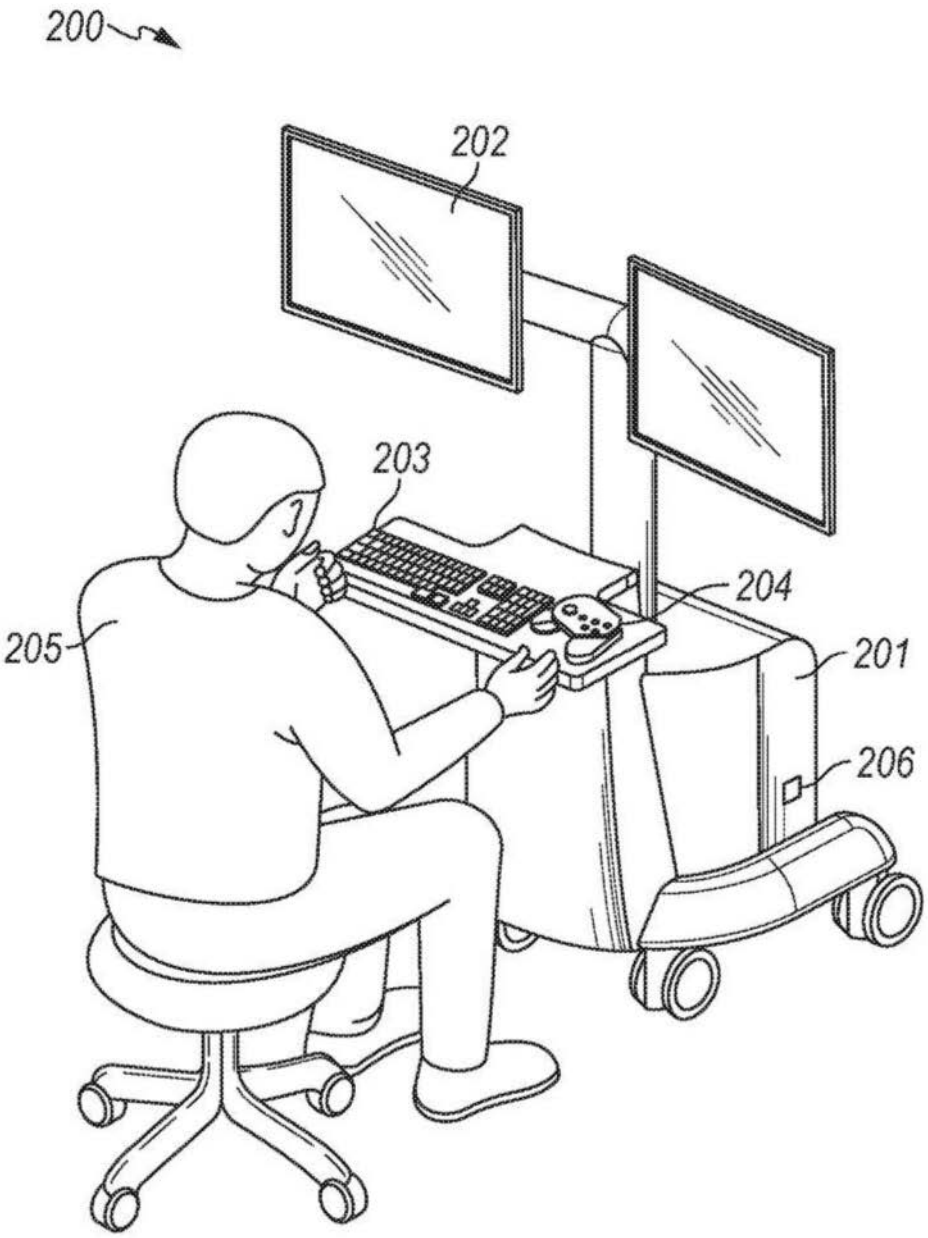


图16

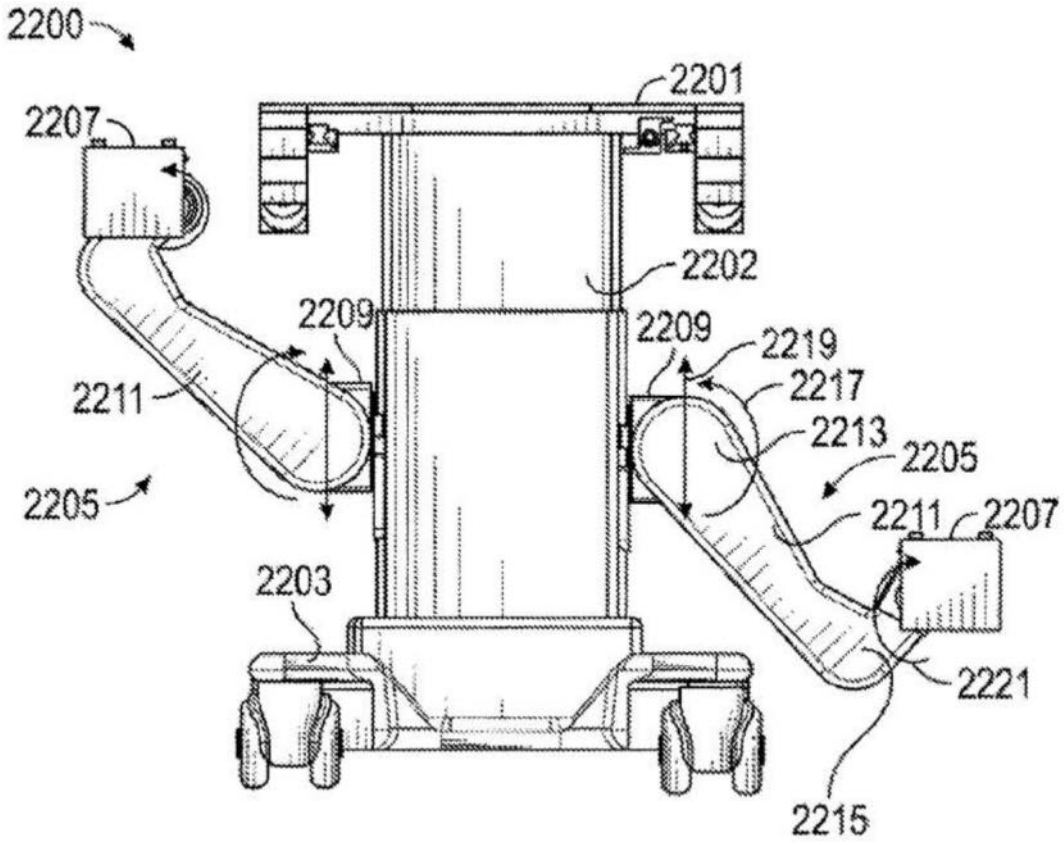

2200
2201
2207
2202
2209
2209
2219
2217
2211
2213
2205
2205
2211
2207
2203
2221
2215

图17

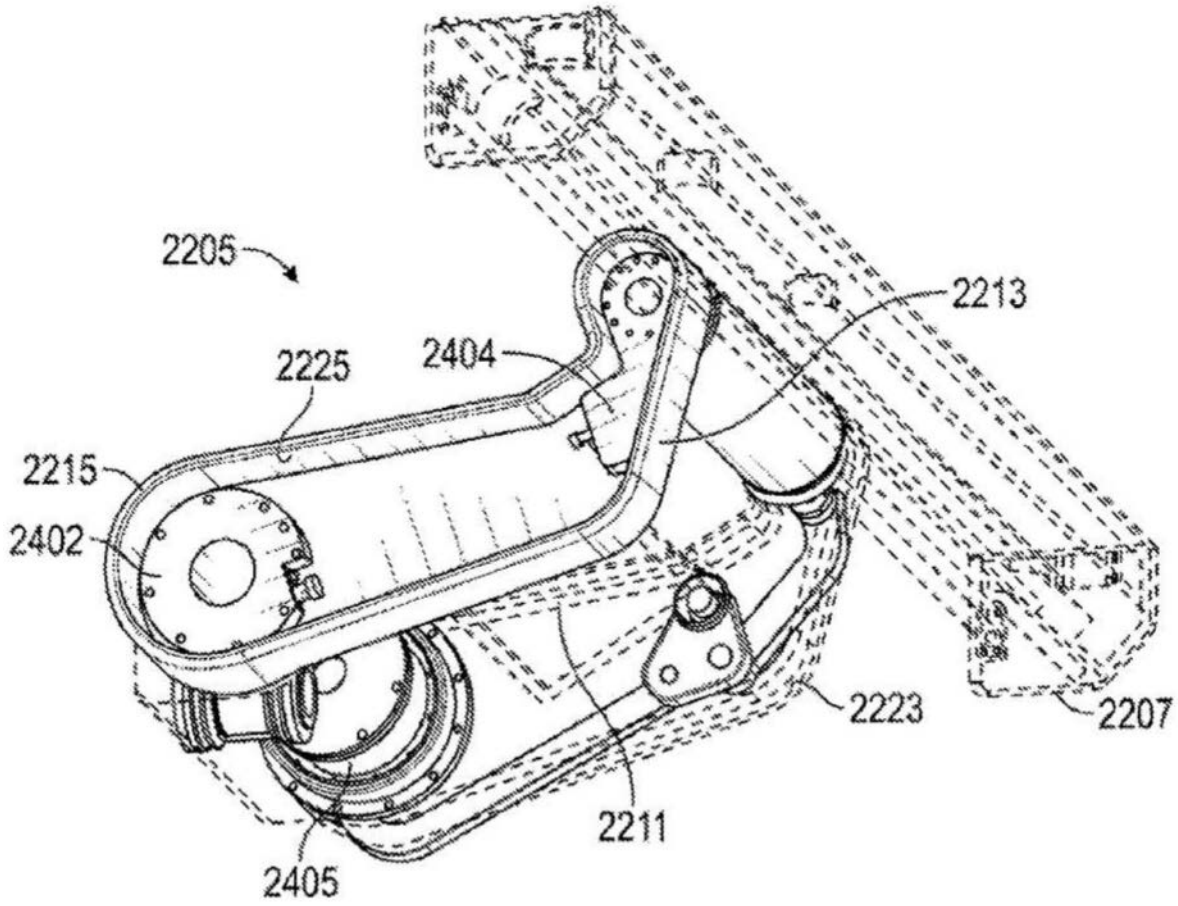

2205
2213
2225
2404
2215
2402
2223
2207
2211
2405

图18

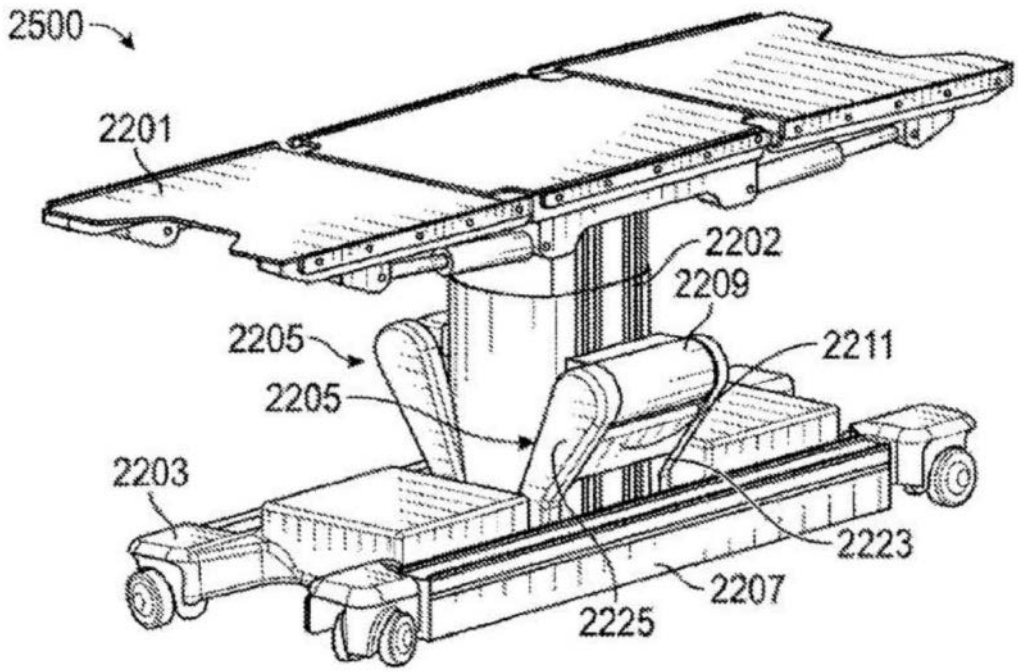

2500
2201
2202
2209
2205
2211
2205
2203
2223
2207
2225

图19A

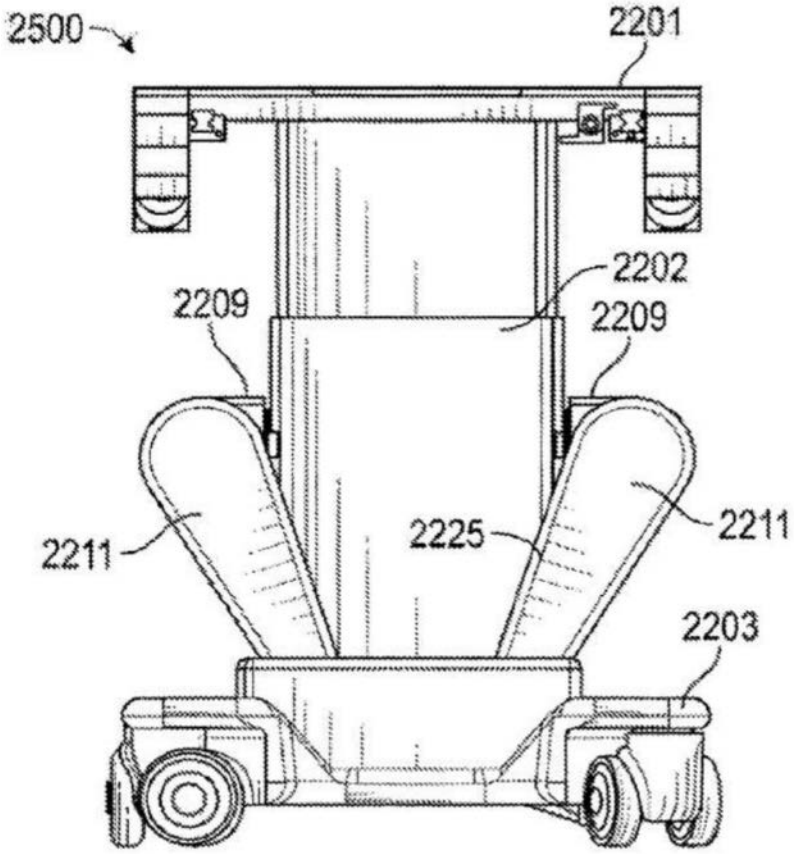


图19B

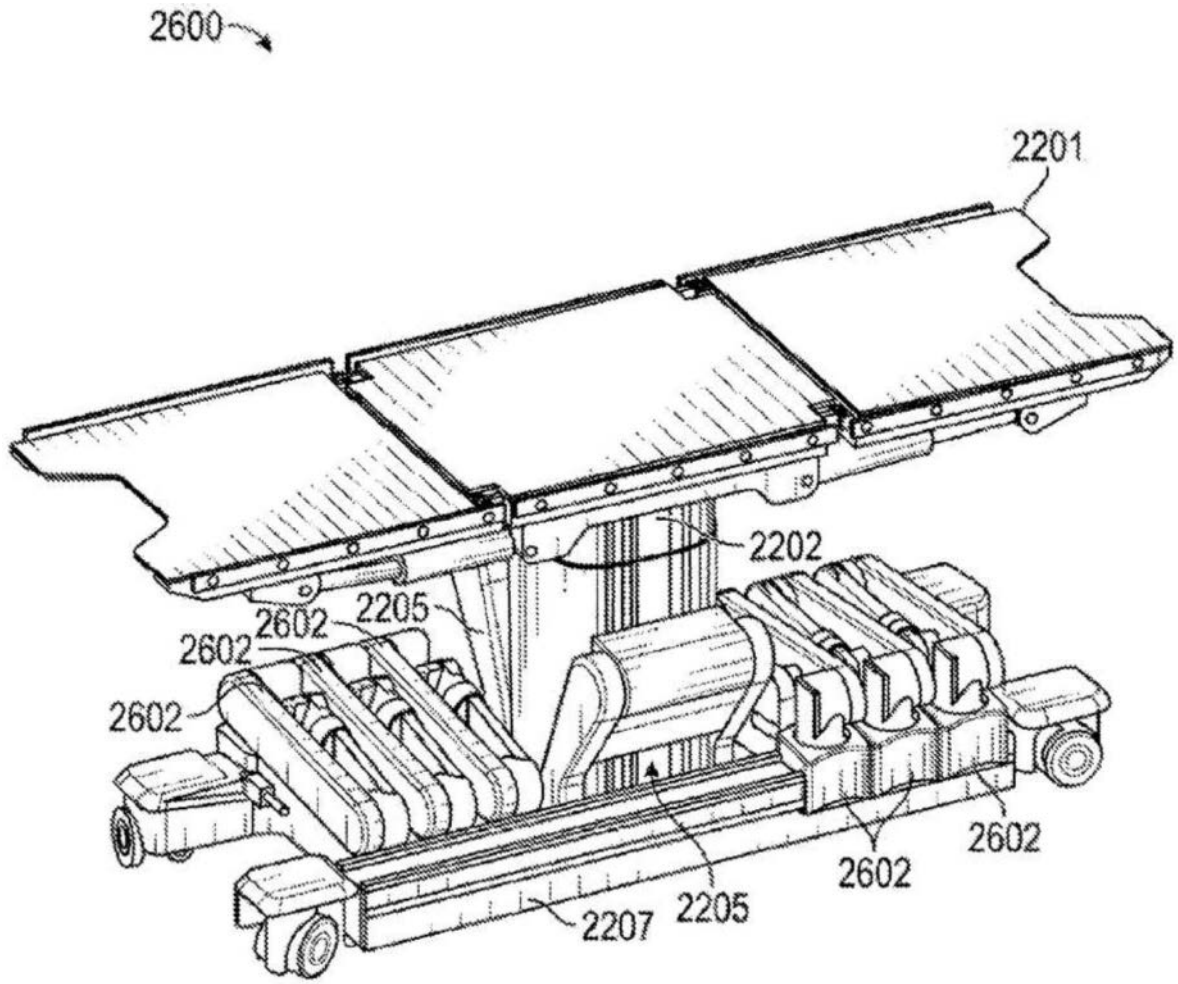


图20

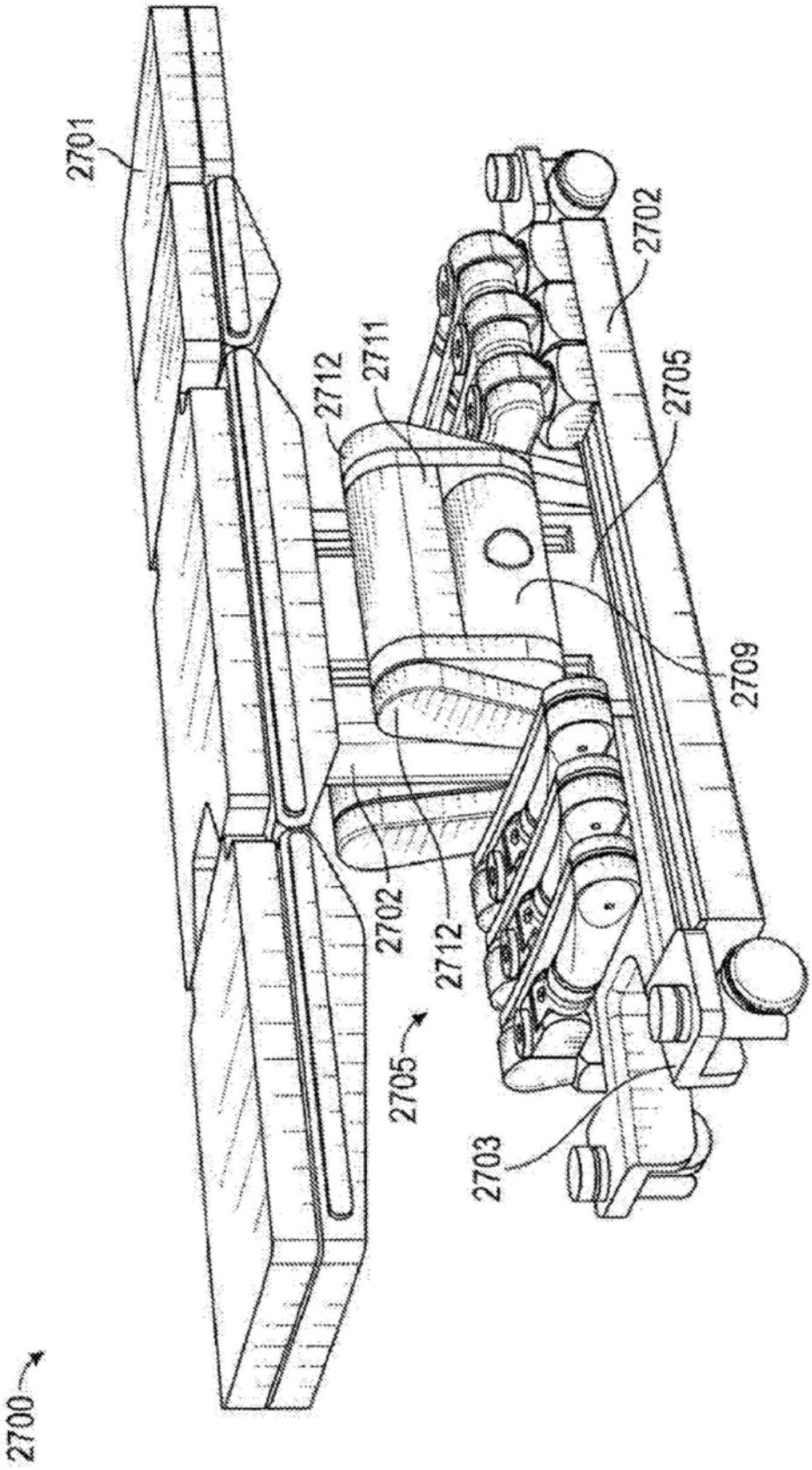


图21

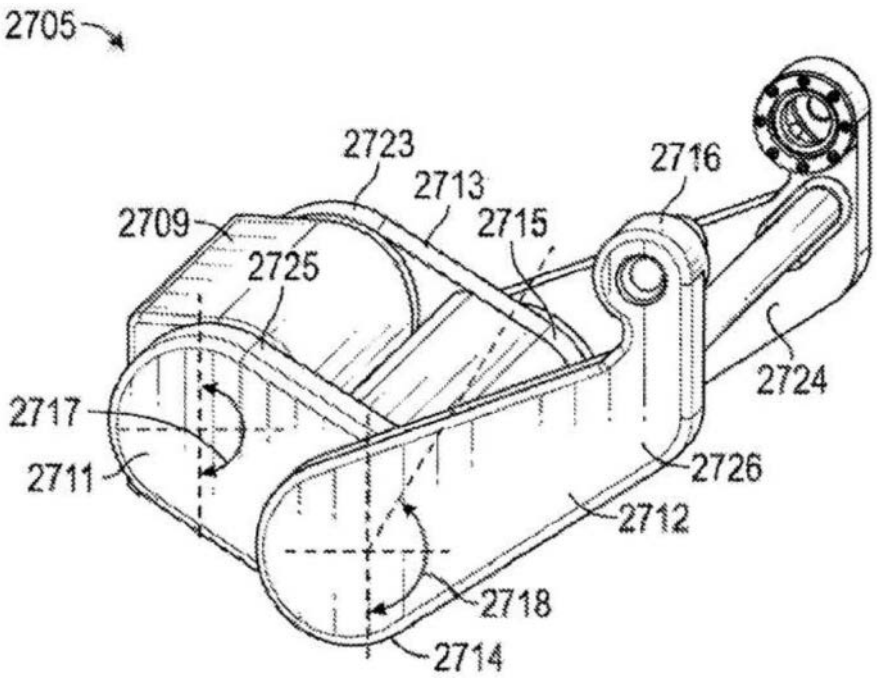

2705
2723
2713
2716
2709
2715
2725
2724
2717
2726
2711
2712
2718
2714

图22A

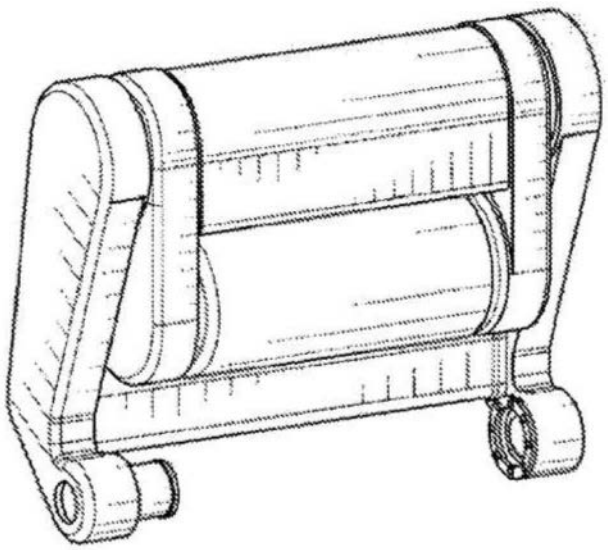


图22B

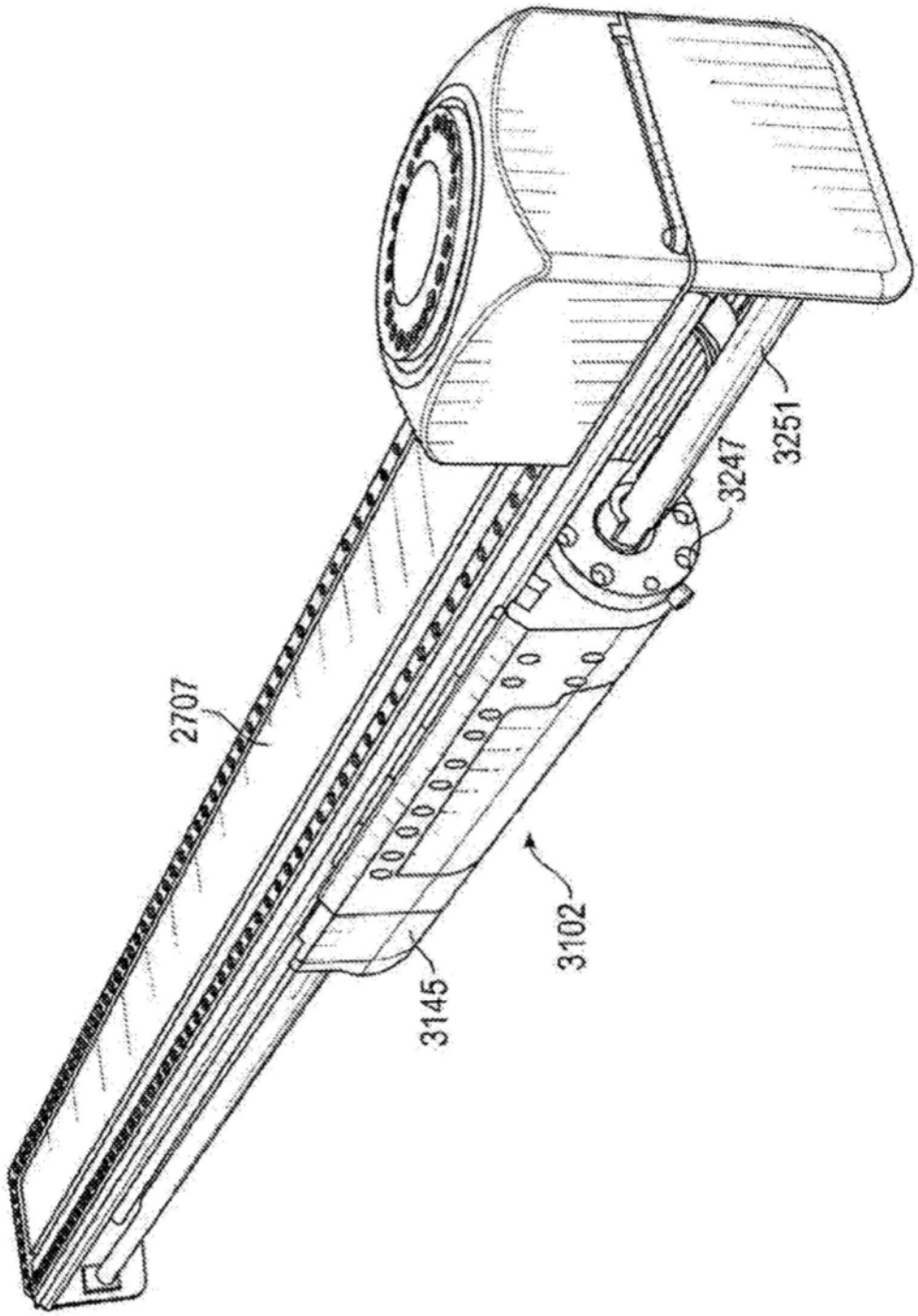


图23

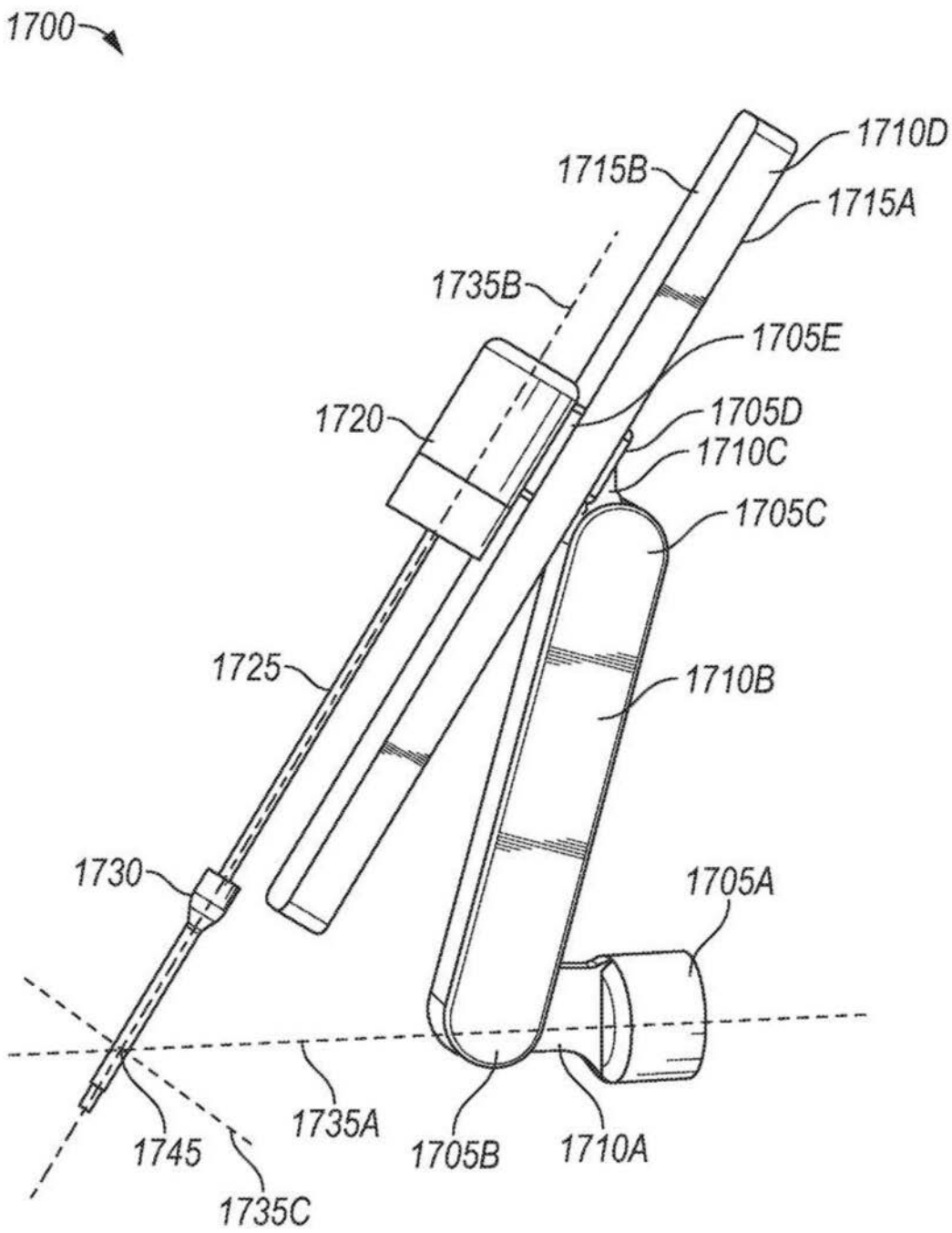

1700
1710D
1715B
1715A
1735B
1705E
1720
1705D
1710C
1705C
1725
1710B
1730
1705A
1735A
1745
1705B
1710A
1735C

图24

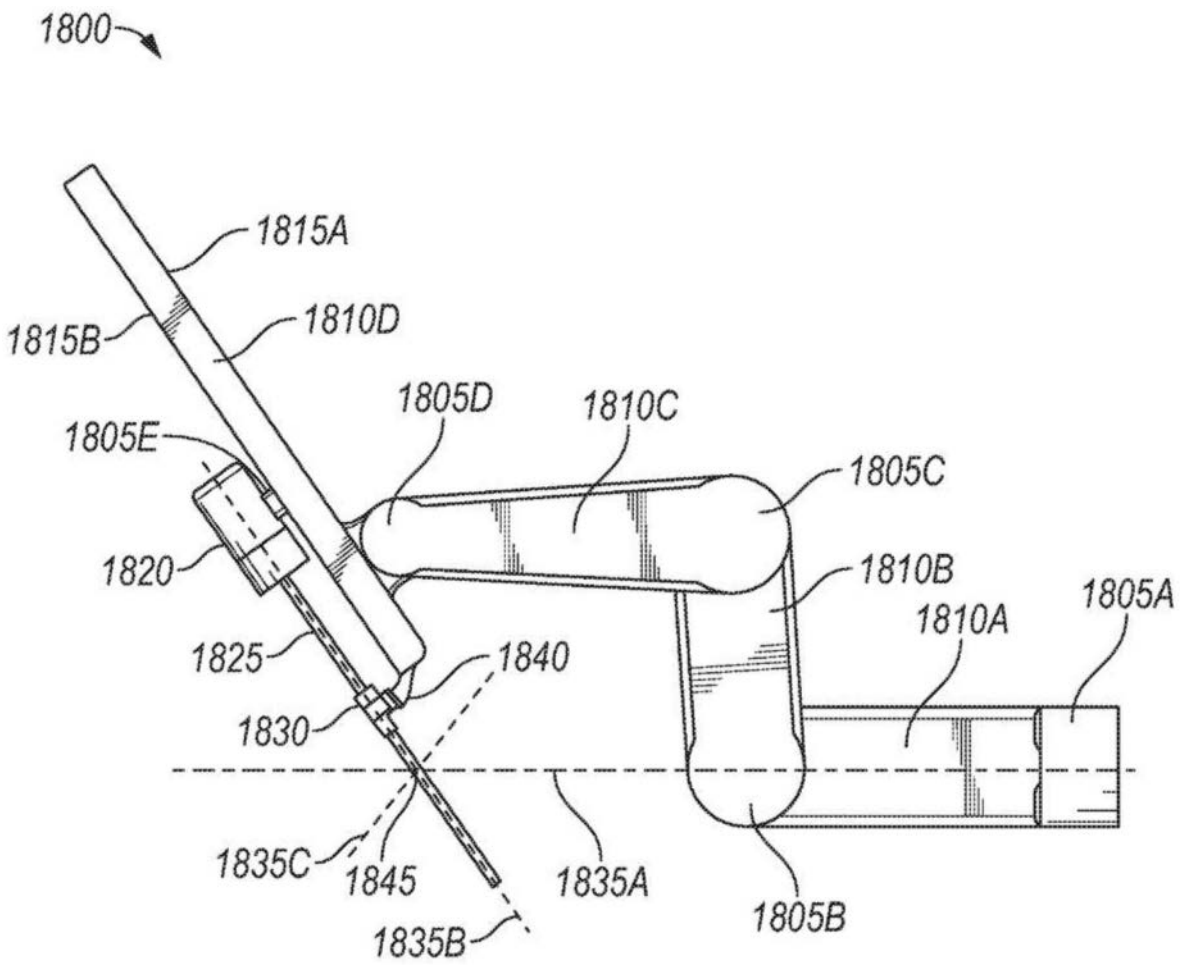

1800
1815A
1815B
1810D
1805D
1810C
1805E
1805C
1820
1810B
1805A
1810A
1825
1840
1830
1835C
1845
1835A
1805B
1835B

图25

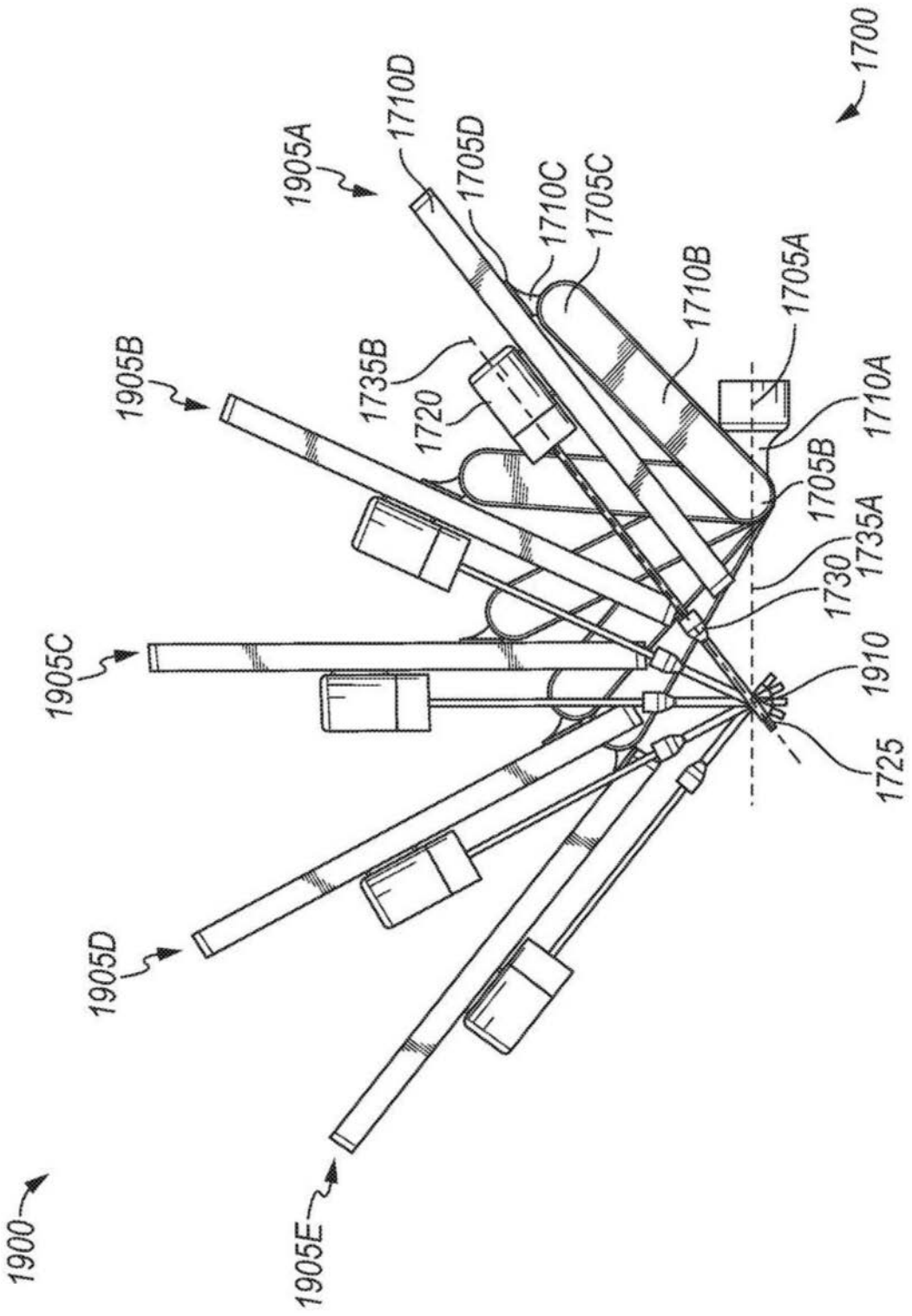

1700
1710D
1705D
1710C
1705C
1710B
1705A
1905A
1905B
1735B
1720
1710A
1705B
1735A
1730
1905C
1910
1725
1905D
1900
1905E

图26A

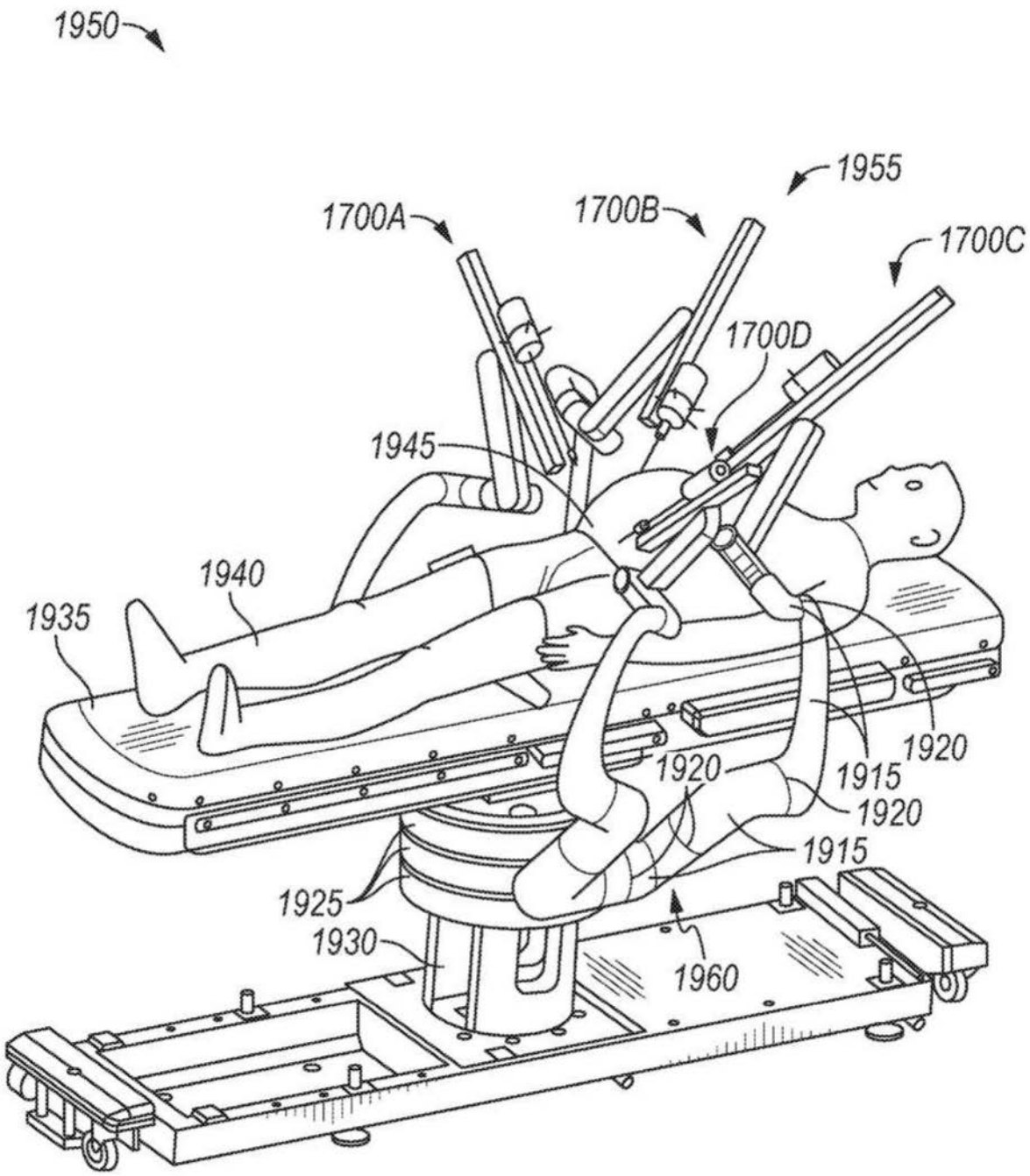

1950
1955
1700A
1700B
1700C
1700D
1945
1940
1935
1920
1915
1920
1920
1915
1925
1930
1960

图26B

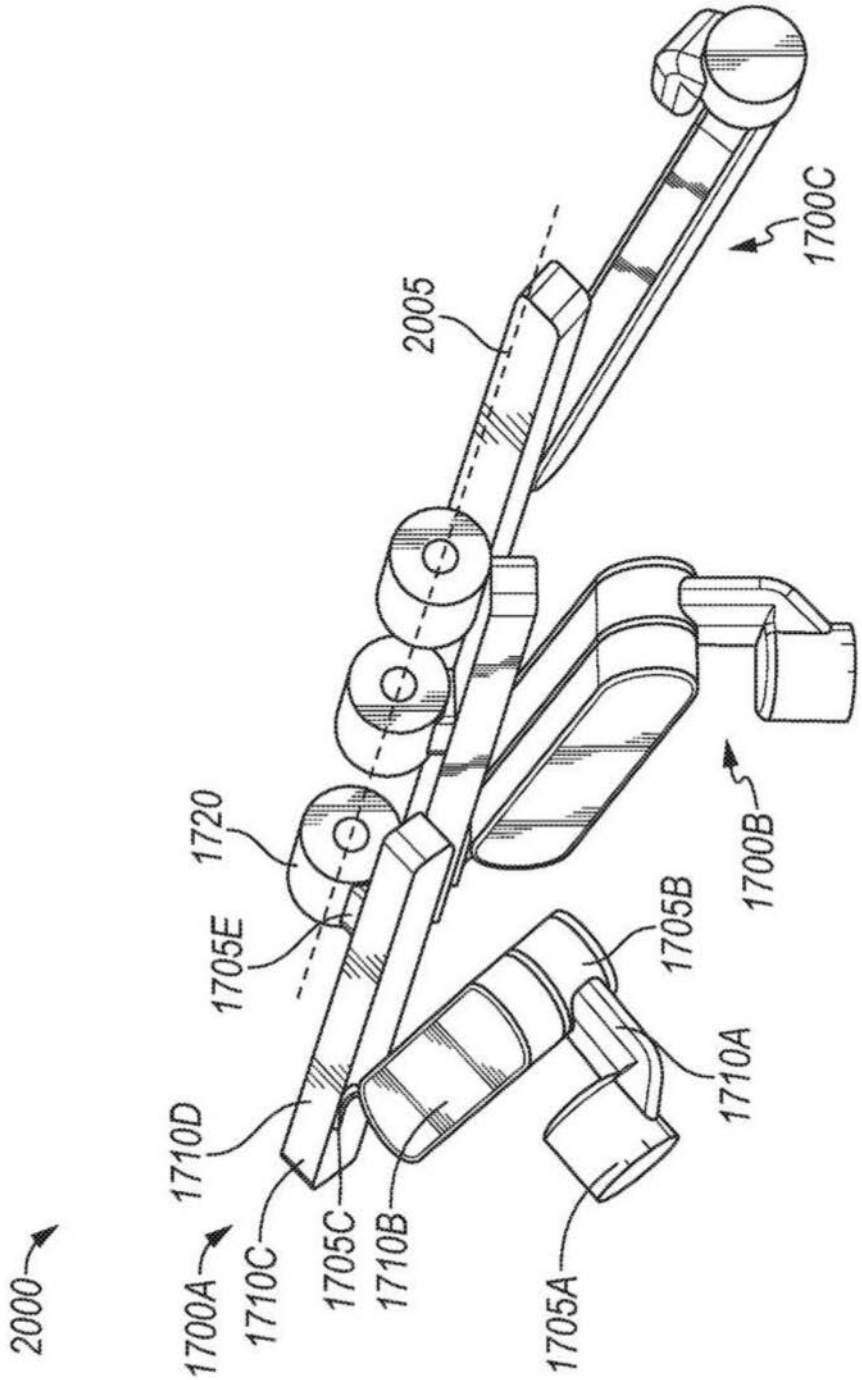

2000
1700A
1710C
1705C
1710B
1705A
1710D
1705E
1720
2005
1700C
1700B
1705B
1710A

图27A

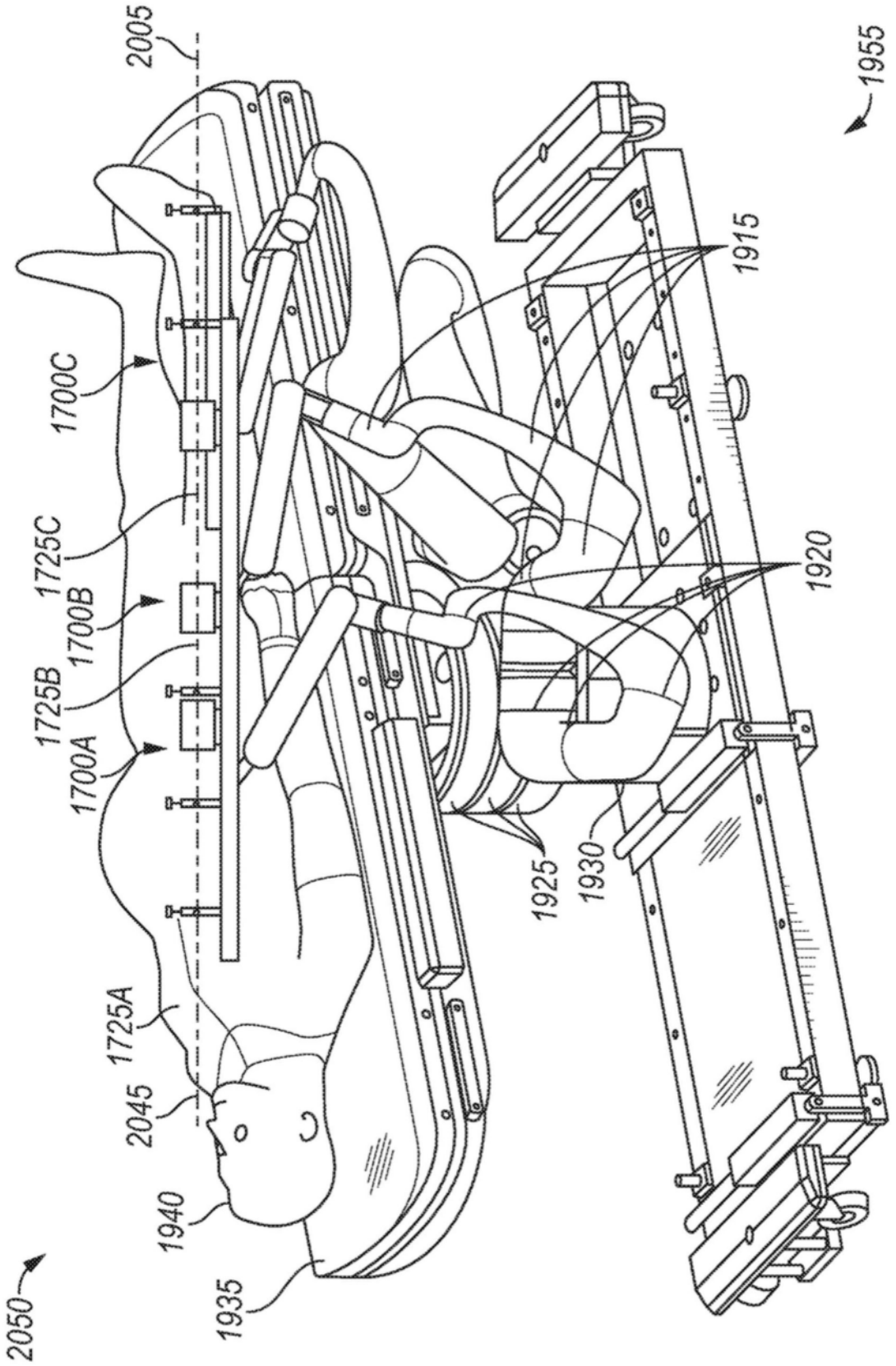

2005
1955
1915
1700C
1725C
1700B
1725B
1700A
1920
1925
1930
1725A
2045
1940
1935
2050

图27B

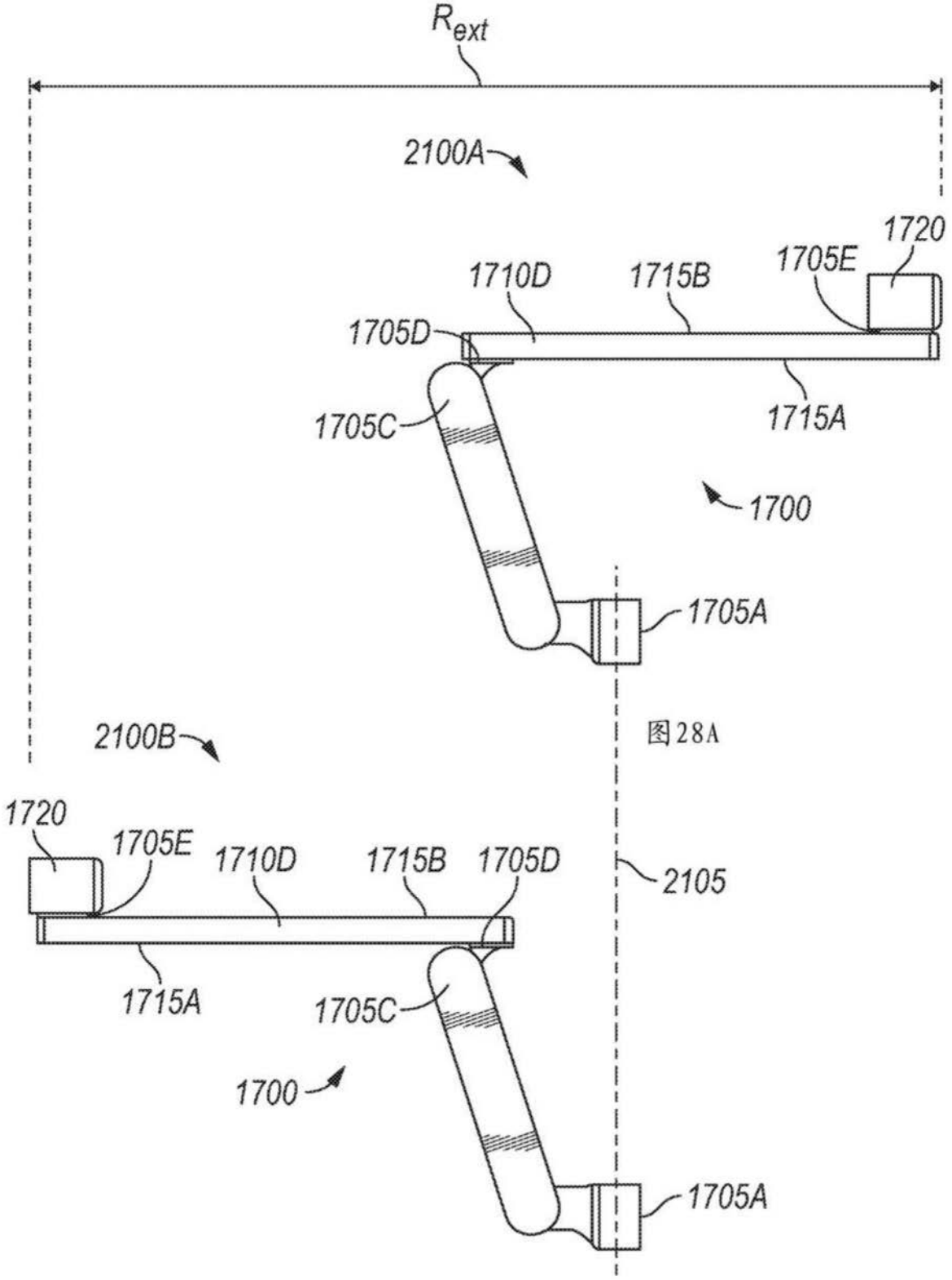

R_{ext}
2100A
1720
1705E
1710D
1715B
1705D
1705C
1715A
1700
1705A
2100B
1720
1705E
1710D
1715B
1705D
2105
1715A
1705C
1700
1705A

图28A

图28B

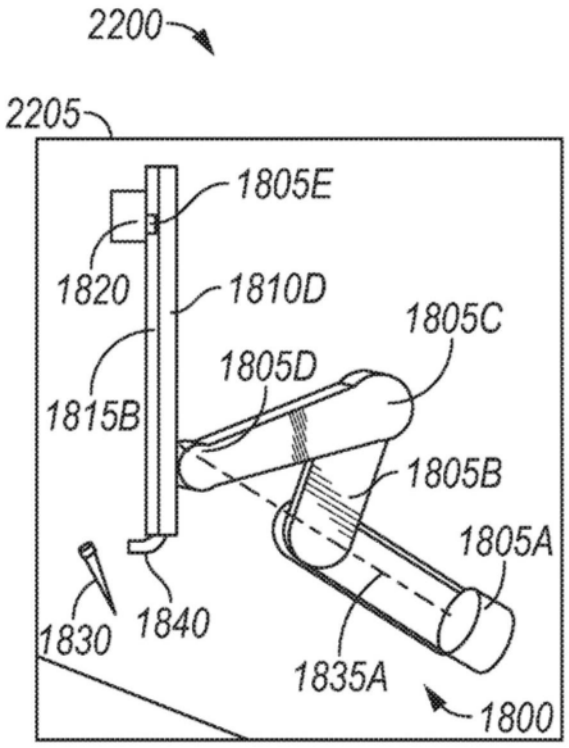

2200
2205
1805E
1820
1810D
1805C
1805D
1815B
1805B
1805A
1830
1840
1835A
1800

图29A

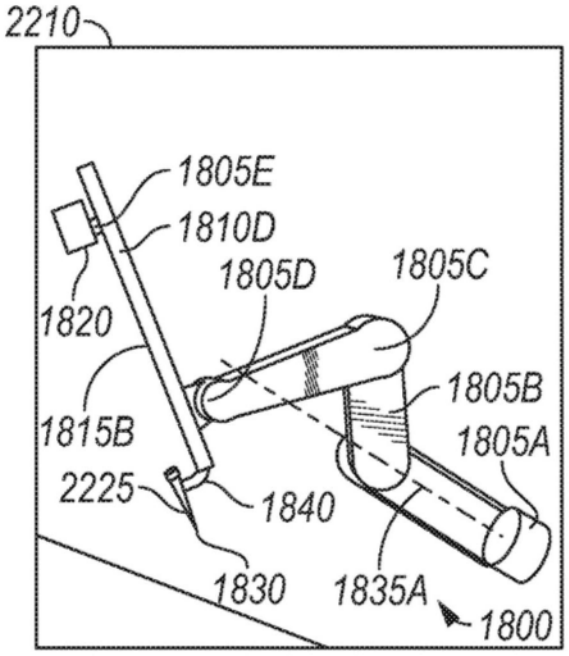

2210
1805E
1810D
1805D
1805C
1820
1805B
1815B
1805A
2225
1840
1830
1835A
1800

图29B

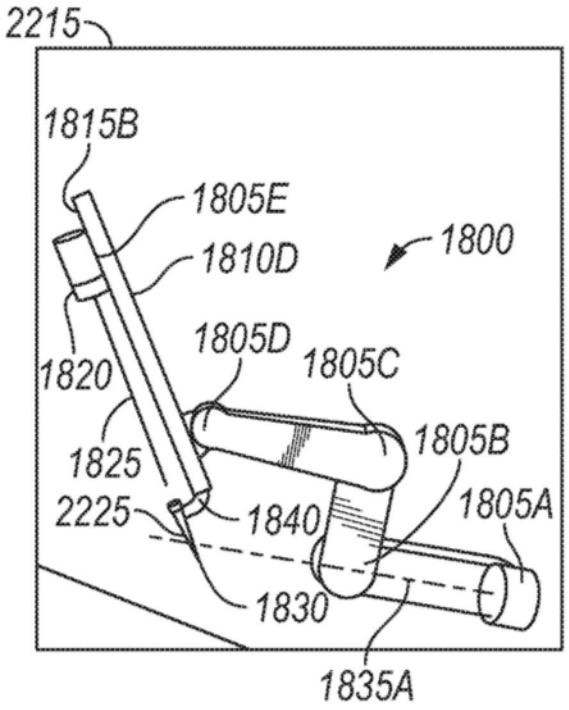

2215
1815B
1805E
1810D
1800
1820
1805D
1805C
1805B
1825
2225
1840
1805A
1830
1835A

图29C

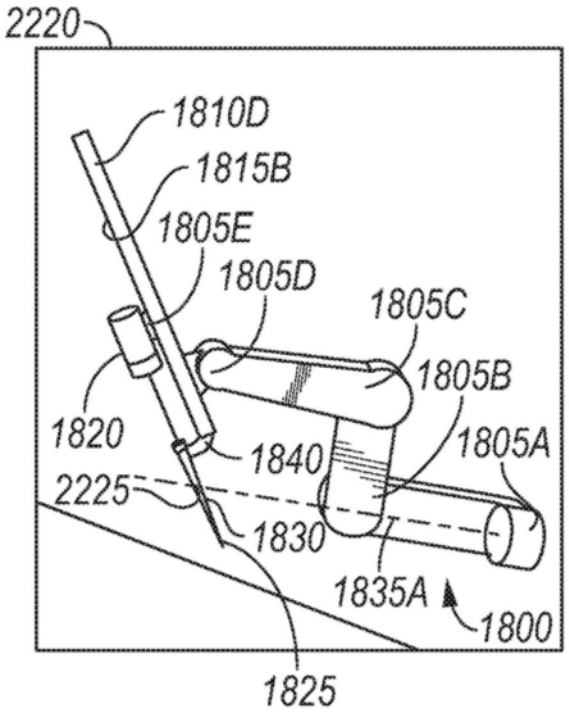

2220
1810D
1815B
1805E
1805D
1805C
1805B
1820
1840
1805A
2225
1830
1835A
1800
1825

图29D

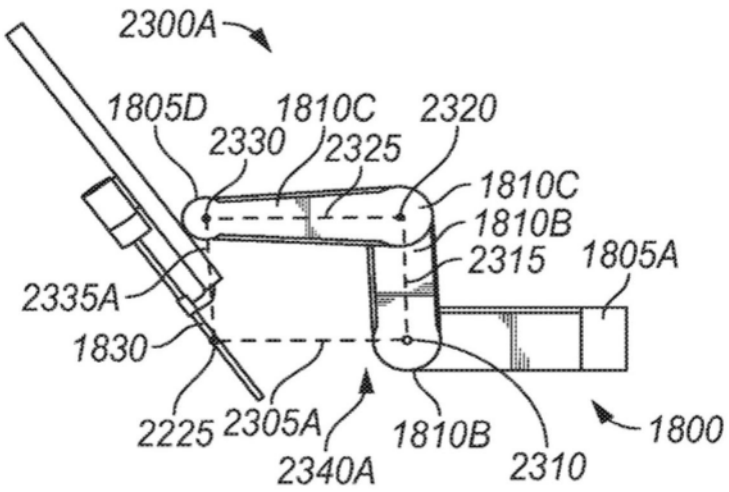

2300A
1805D
1810C
2320
2330
2325
1810C
1810B
2315
1805A
2335A
1830
2225
2305A
2340A
1810B
2310
1800

图30A

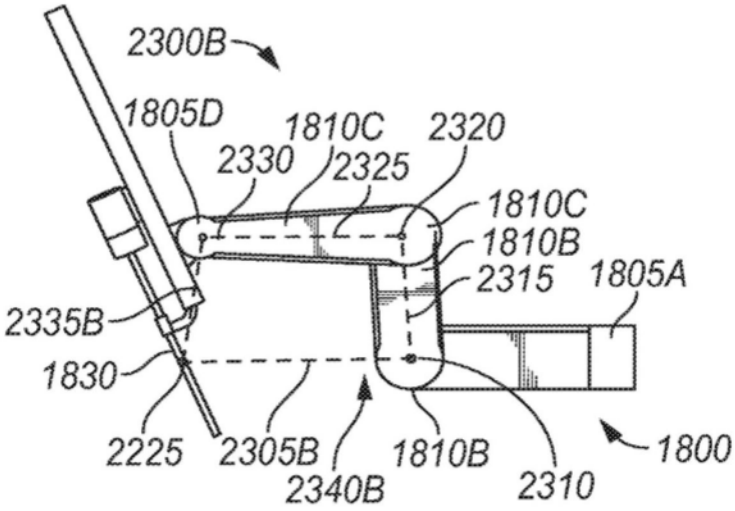

2300B
1805D
1810C
2320
2330
2325
1810C
1810B
2315
1805A
2335B
1830
2225
2305B
2340B
1810B
2310
1800

图30B

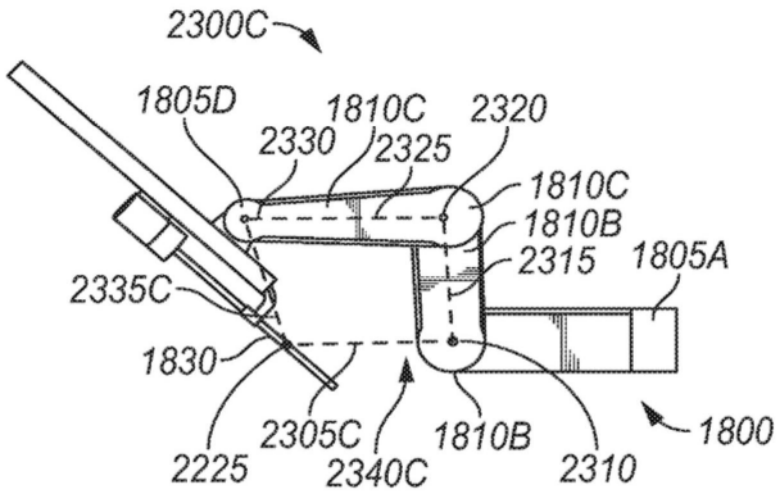

2300C
1805D
1810C
2320
2330
2325
1810C
1810B
2315
1805A
2335C
1830
2225
2305C
2340C
1810B
2310
1800

图30C

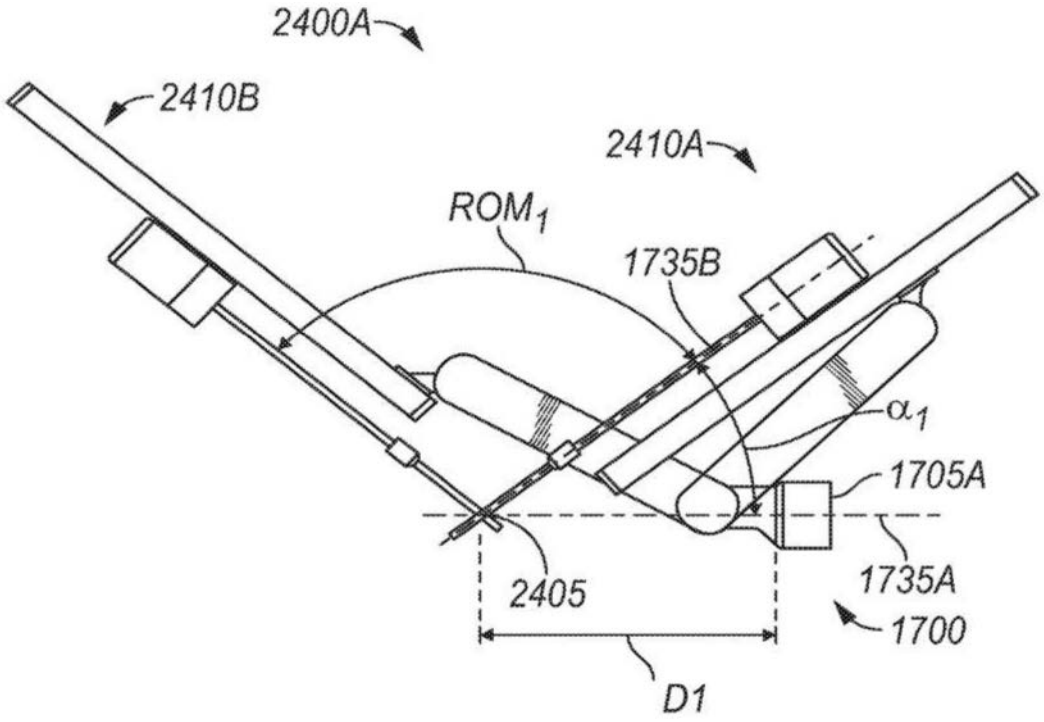

2400A
2410B
2410A
ROM1
1735B
α1
1705A
2405
1735A
1700
D1

图31A

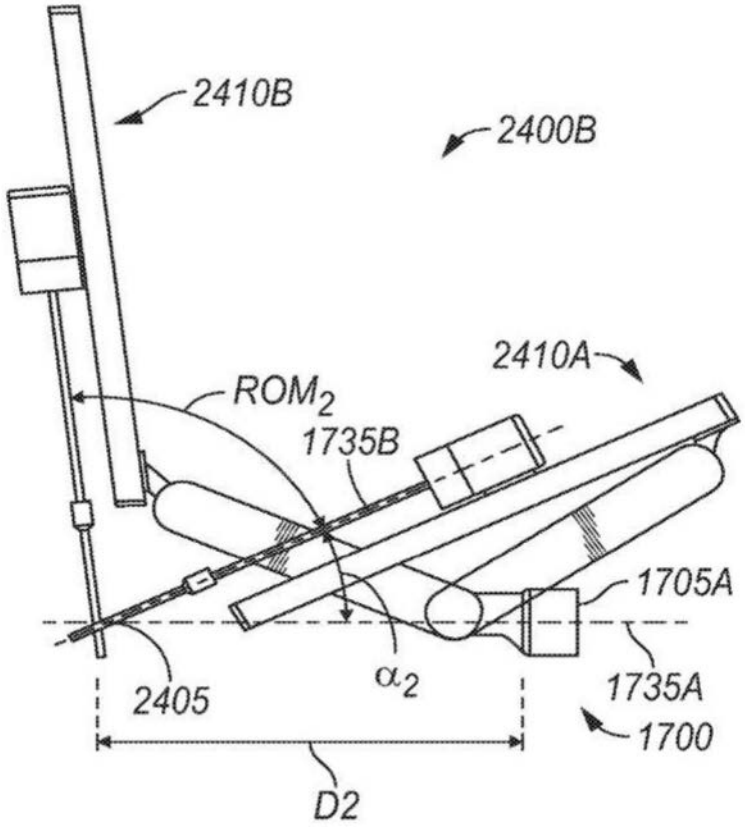

2410B
2400B
2410A
ROM_2
1735B
1705A
α_2
2405
1735A
1700
D2

图31B

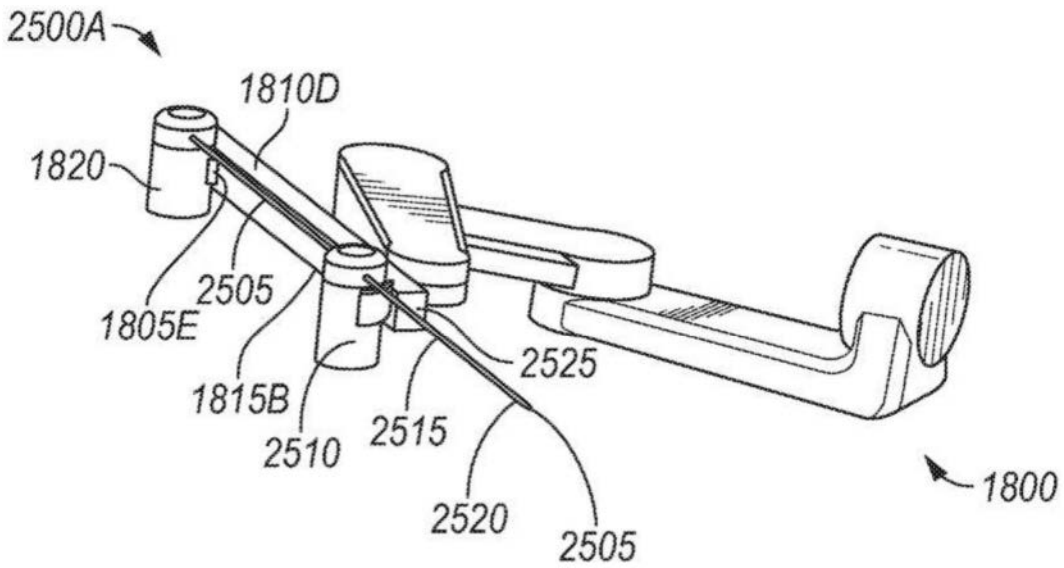

2500A
1810D
1820
2505
1805E
1815B
2510
2515
2525
2520
2505
1800

图32A

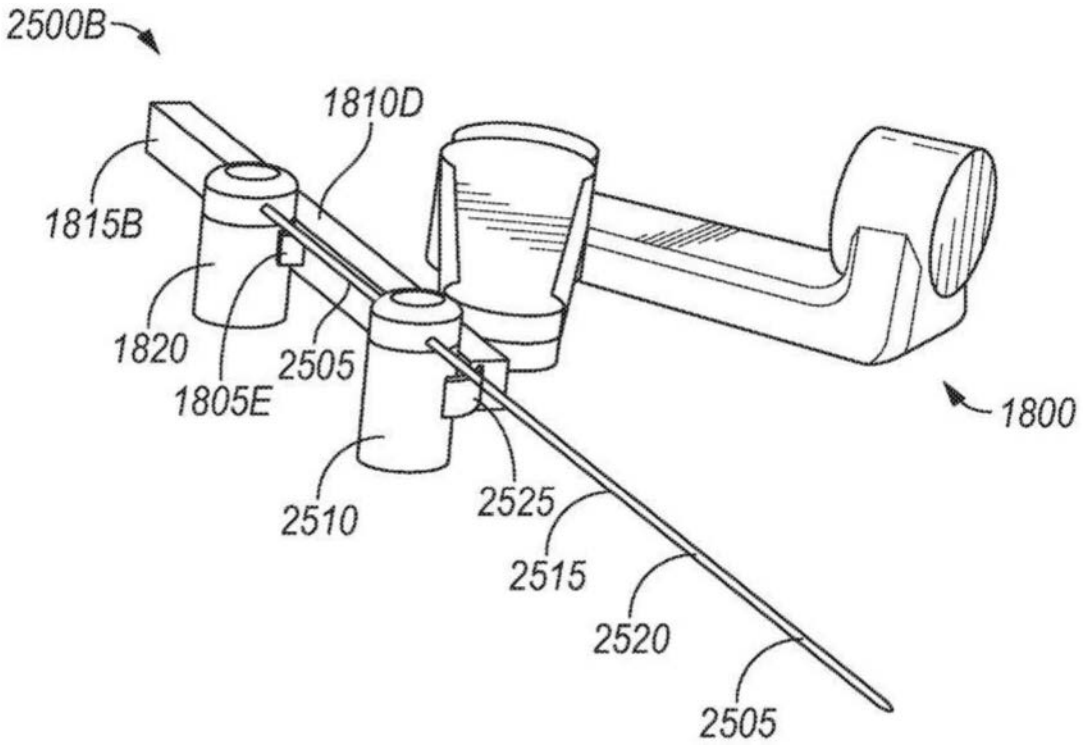

2500B
1810D
1815B
1820
1805E
2505
1800
2510
2525
2515
2520
2505

图32B

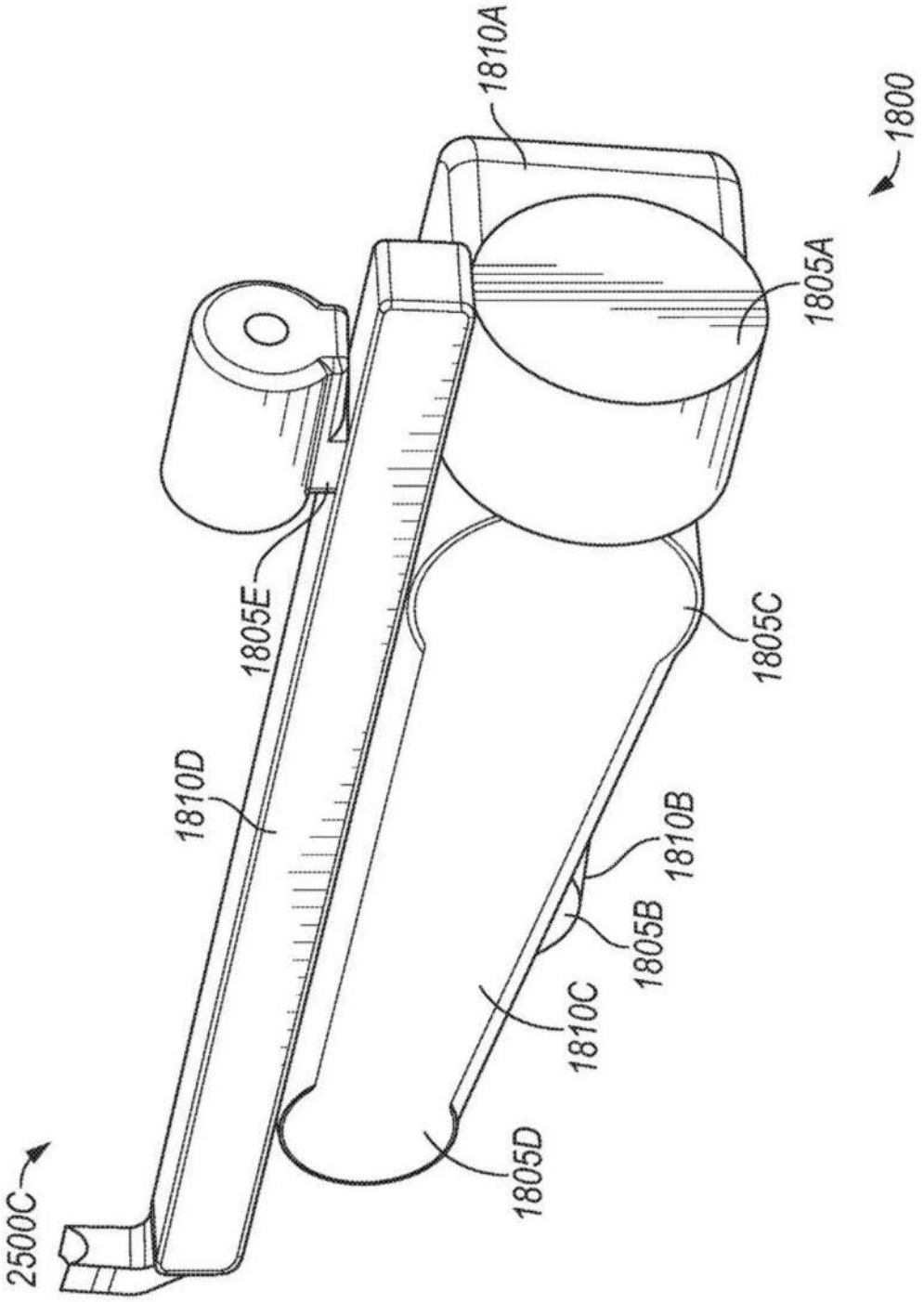

1810A
1800
1805A
1805E
1805C
1810D
1810B
1805B
1810C
1805D
2500C

图33

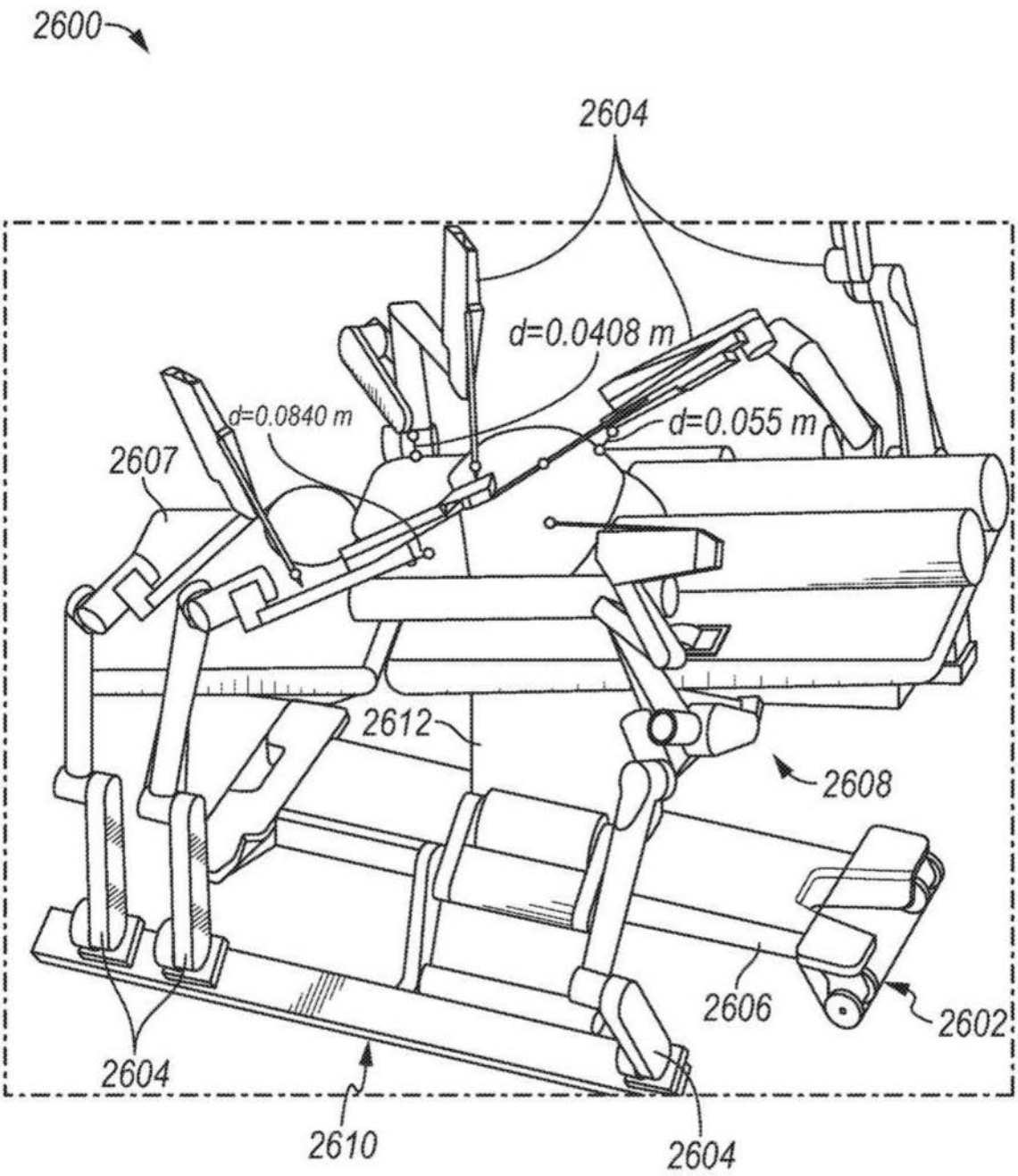

2600
2604
d=0.0408 m
d=0.0840 m
d=0.055 m
2607
2612
2608
2606
2602
2604
2610
2604

图34

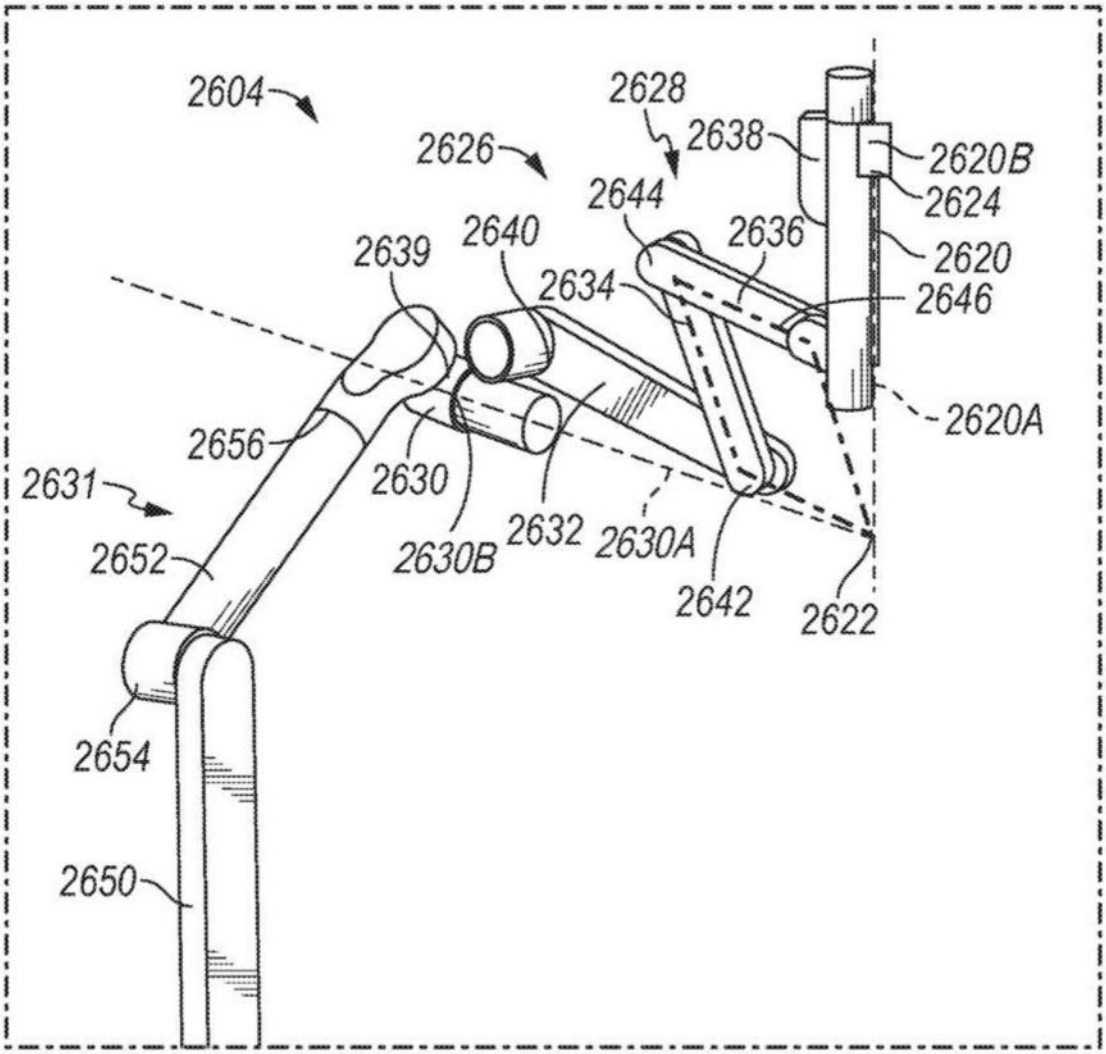

2604
2628
2626
2638
2620B
2644
2624
2640
2636
2639
2620
2634
2646
2620A
2656
2631
2630
2652
2630B
2632
2630A
2642
2622
2654
2650

图35

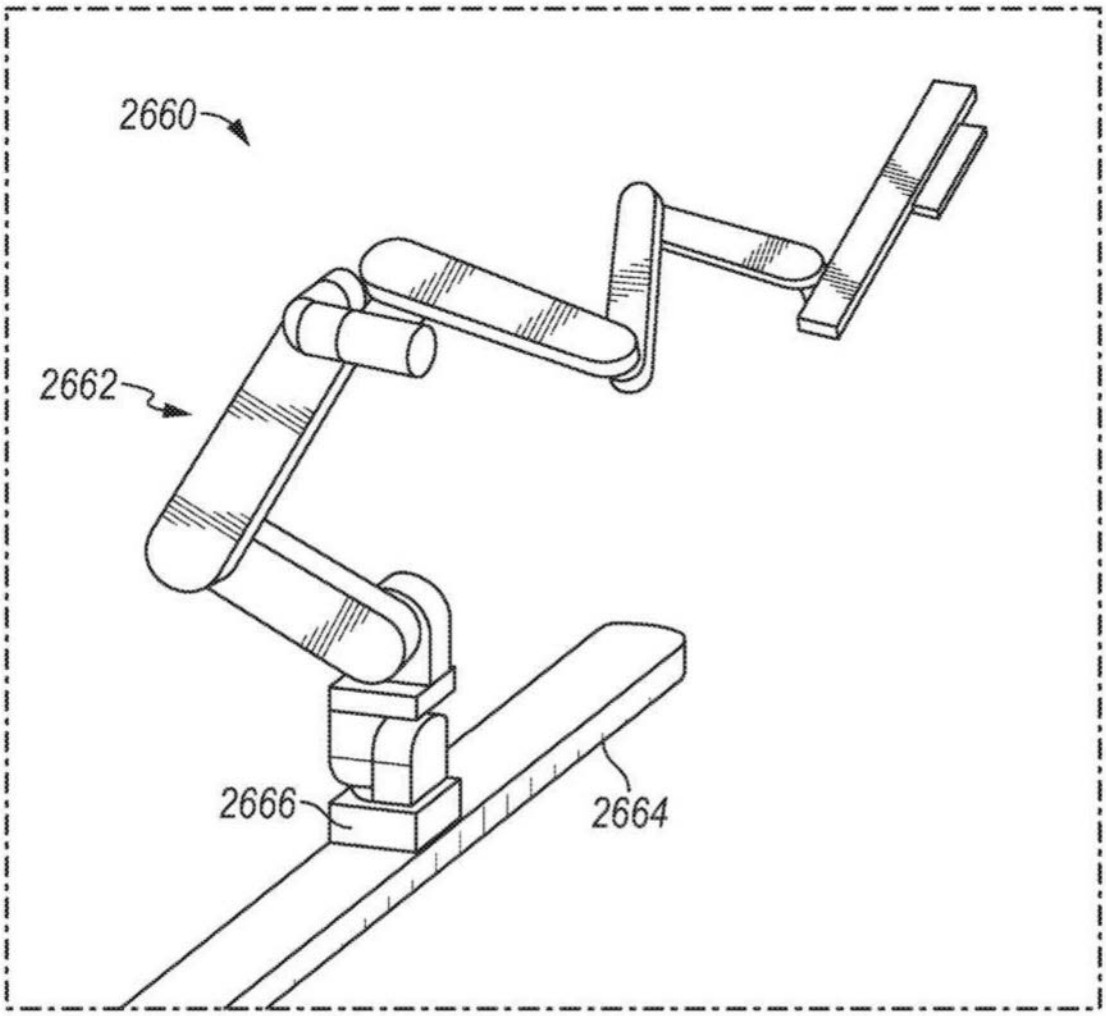


图36

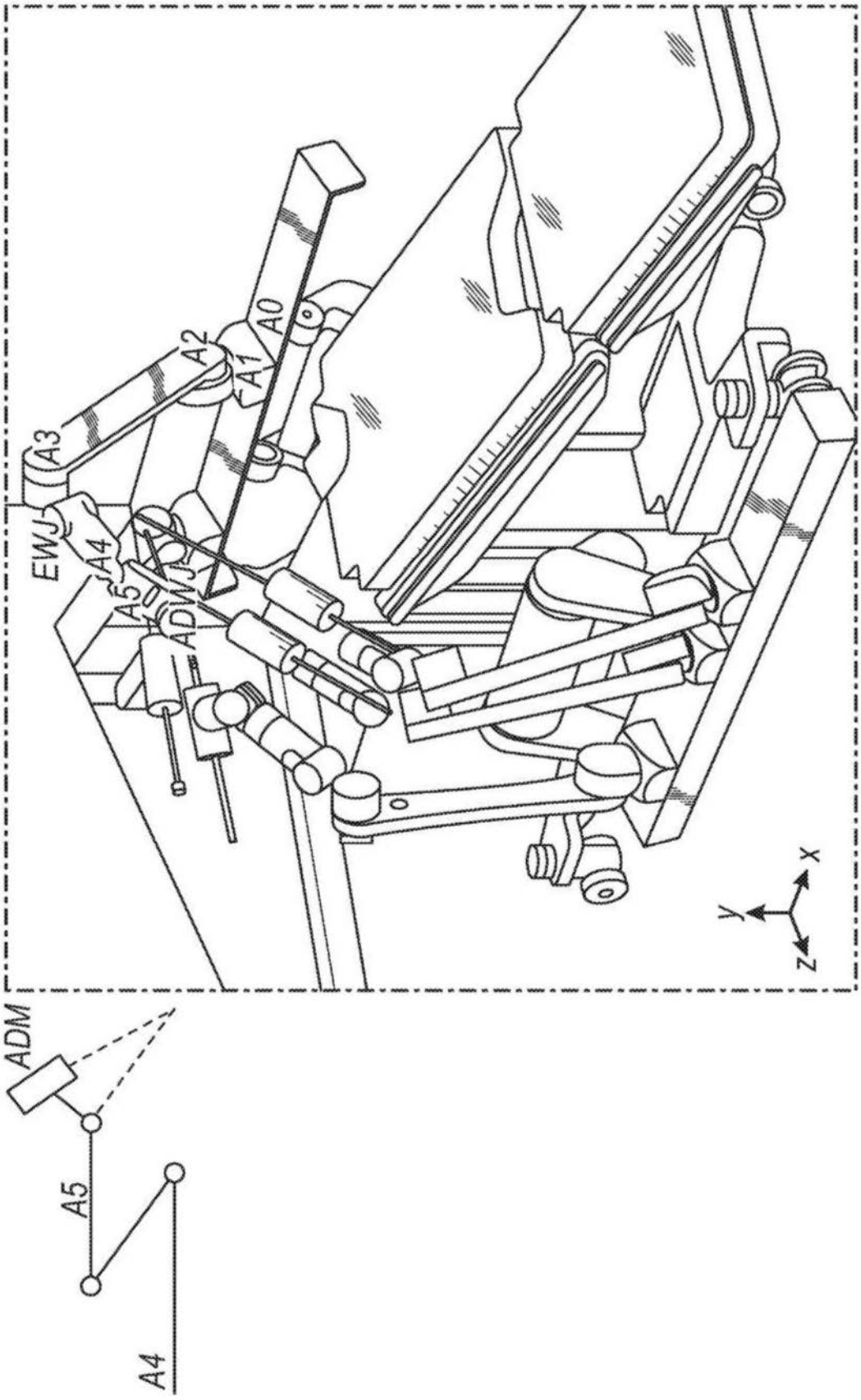


图37

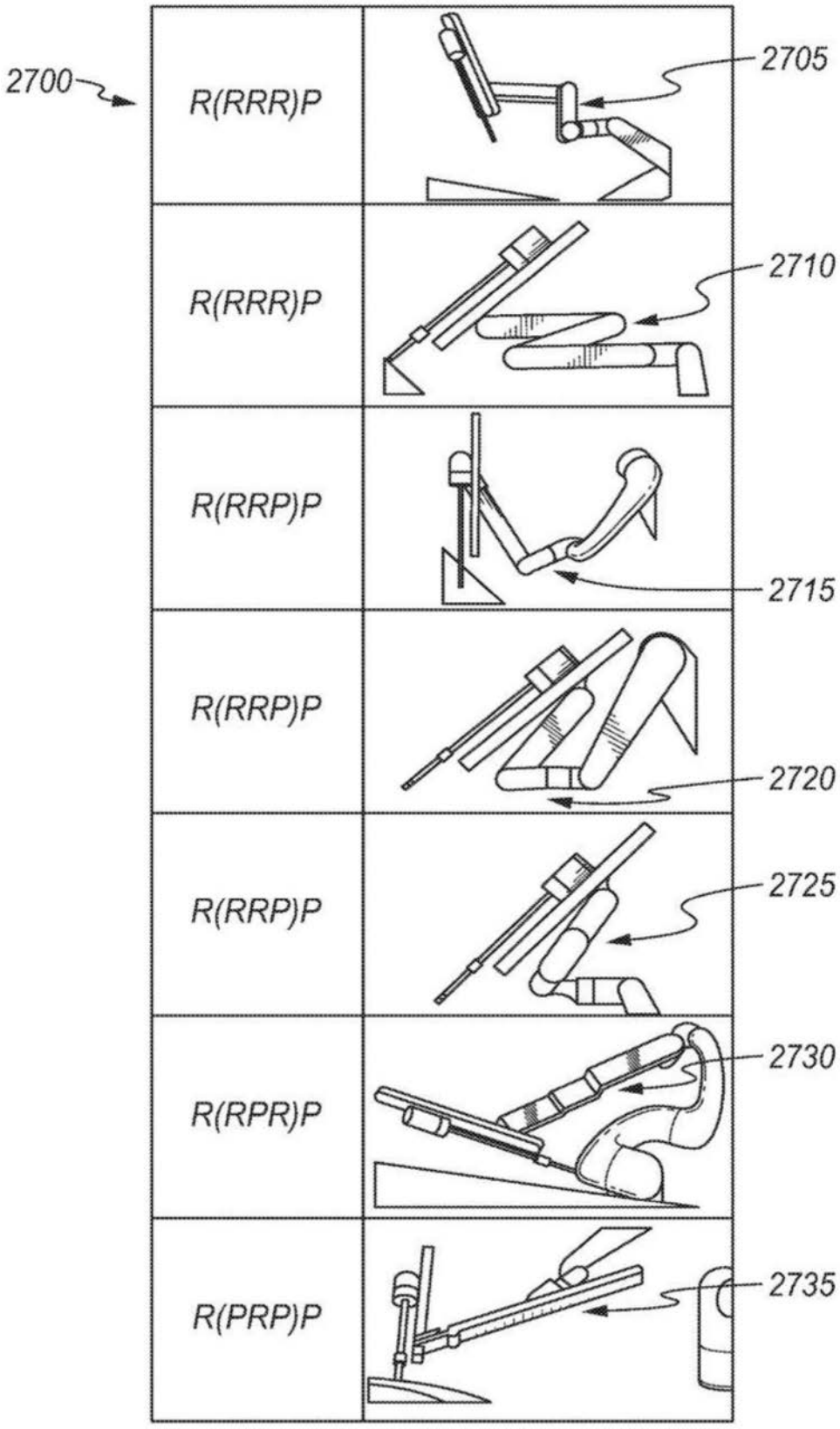

2700
R(RRR)P
2705
R(RRR)P
2710
R(RRP)P
2715
R(RRP)P
2720
R(RRP)P
2725
R(RPR)P
2730
R(PRP)P
2735

图38

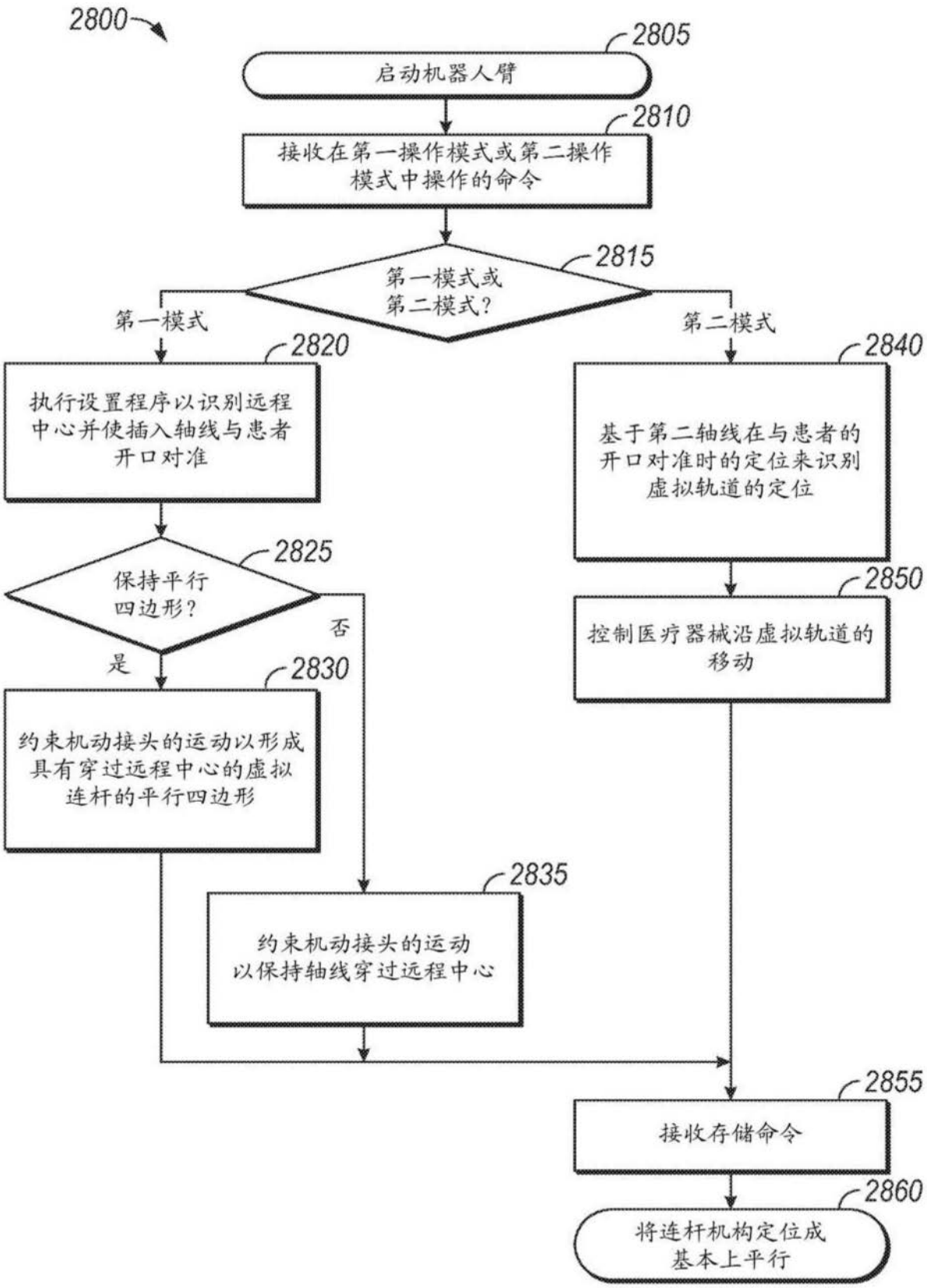

2800
2805
启动机器人臂
2810
接收在第一操作模式或第二操作模式中操作的命令
2815
第一模式或第二模式?
第一模式
第二模式
2820
执行设置程序以识别远程中心并使插入轴线与患者开口对准
2825
保持平行四边形?
否
是
2830
约束机动接头的运动以形成具有穿过远程中心的虚拟连杆的平行四边形
2835
约束机动接头的运动以保持轴线穿过远程中心
2840
基于第二轴线在与患者的开口对准时的定位来识别虚拟轨道的定位
2850
控制医疗器械沿虚拟轨道的移动
2855
接收存储命令
2860
将连杆机构定位成基本上平行

图39