(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115697241 A
(43)申请公布日 2023.02.03

(21)申请号 202180038055.X
(22)申请日 2021.06.15
(30)优先权数据
63/039,871 2020.06.16 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2022.11.25
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2021/037506 2021.06.15
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2021/257621 EN 2021.12.23
(71)申请人 直观外科手术操作公司
地址 美国加利福尼亚州
(72)发明人 D·H·戈麦斯
(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 李尚颖
(51)Int.Cl.
A61B 90/50(2006.01)
A61B 34/30(2006.01)
A61B 90/00(2006.01)

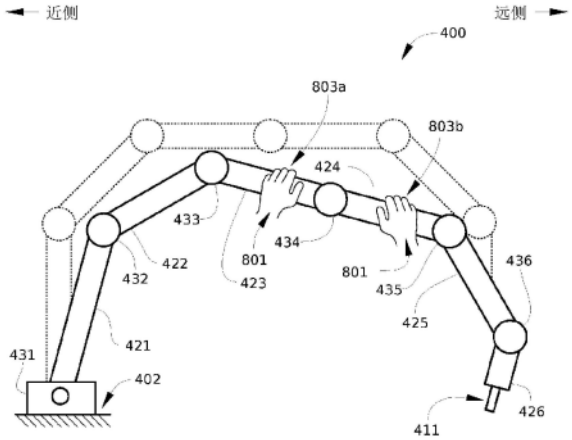
权利要求书6页 说明书18页 附图11页

(54)发明名称

用于在计算机辅助系统中选择性的关节浮动的技术

(57)摘要

在计算机辅助系统中选择性地关节浮动的技术包括计算机辅助设备，该计算机辅助设备包括运动学链，该运动学链包括由多个关节耦接的多个连杆，以及耦接到运动学链的控制单元。运动学链被配置为支撑末端执行器。控制单元被配置为确定与运动学链的第一操作者交互的位置信息，基于一个或多个参数确定一个或多个关节以置于浮动状态，以及响应于确定一个或多个关节而将一个或多个关节置于浮动状态。一个或多个参数是第一操作者交互或计算机辅助设备的参数。一个或多个参数包括位置信息。多个关节包括一个或多个关节。



CN 115697241 A

1.一种计算机辅助设备,其包括:

运动学链,其包括通过多个关节耦接的多个连杆,所述运动学链被配置为支撑末端执行器;以及

耦接至所述运动学链的控制单元;

其中所述控制单元被配置为:

确定与所述运动学链的第一操作者交互的位置信息;

基于一个或多个参数确定一个或多个关节以置于浮动状态,所述一个或多个参数是所述第一操作者交互或计算机辅助设备的一个或多个参数,所述一个或多个参数包括所述位置信息,所述多个关节包括所述一个或多个关节;以及

响应于确定所述一个或多个关节将所述一个或多个关节置于所述浮动状态。

2.根据权利要求1所述的计算机辅助设备,其中:

所述控制单元进一步被配置为在确定将所述一个或多个关节置于所述浮动状态之前确定所述计算机辅助设备的当前状态;并且其中

所述一个或多个参数进一步包括所述计算机辅助设备的所述当前状态。

3.根据权利要求2所述的计算机辅助设备,其中当所述计算机辅助设备的所述当前状态为错误状态时,所述控制单元被配置为通过在所述多个关节中不选择关节来确定所述一个或多个关节。

4.根据权利要求1所述的计算机辅助设备,其中所述控制单元被配置为响应于外部操纵而促进处于所述浮动状态的关节的运动。

5.根据权利要求1所述的计算机辅助设备,其中所述控制单元被配置为响应于所述一个或多个关节被置于所述浮动状态中,促进所述多个连杆中的连杆在所述第一操作者交互的力的方向上的运动。

6.根据权利要求1所述的计算机辅助设备,其中

所述控制单元进一步被配置为确定所述第一操作者交互的交互类型;并且其中

所述一个或多个参数进一步包括所述交互类型。

7.根据权利要求6所述的计算机辅助设备,其中所述一个或多个关节包括用于不同交互类型的所述多个关节的不同组。

8.根据权利要求6所述的计算机辅助设备,其中所述交互类型包括选自由以下各项组成的组中的至少一个指示:在接触位置处的推动动作的指示、在所述接触位置处的拉动动作的指示以及在所述接触位置处的抓取动作的指示。

9.根据权利要求1所述的计算机辅助设备,其中所述位置信息包括与所述第一操作者交互相关联的一个或多个接触位置的指示。

10.根据权利要求9所述的计算机辅助设备,其中

所述控制单元进一步被配置为确定与所述第一操作者交互相关联的所述一个或多个接触位置的数量;并且其中

所述一个或多个参数进一步包括所述一个或多个接触位置的所述数量。

11.根据权利要求10所述的计算机辅助设备,其中所述一个或多个关节包括用于不同数量的接触位置的所述多个关节的不同组。

12.根据权利要求1所述的计算机辅助设备,其中所述计算机辅助设备进一步包括:

传感器系统，其被配置成为所述第一操作者交互提供所述位置信息，所述传感器系统包括选自由以下各项组成的组中的至少一个传感器：光学传感器、接近传感器、接触传感器、压力传感器、开关和关节参数传感器。

13.根据权利要求12所述的计算机辅助设备，其中所述关节参数传感器包括关节定位传感器、关节速度传感器、关节力传感器或关节扭矩传感器。

14.根据权利要求1所述的计算机辅助设备，其中所述一个或多个参数进一步包括在所述运动学链的一个或多个自由度中的约束。

15.根据权利要求14所述的计算机辅助设备，其中所述约束被施加于在所述第一操作者交互远侧的所述运动学链上。

16.根据权利要求14所述的计算机辅助设备，其中所述约束包括对所述运动学链的外部障碍。

17.根据权利要求14所述的计算机辅助设备，其中所述约束包括所述多个关节中的关节的运动范围限制。

18.根据权利要求14所述的计算机辅助设备，其中所述约束包括软件约束以维持所述运动学链的位于所述第一操作者交互远侧的部分的定位或取向。

19.根据权利要求14所述的计算机辅助设备，其中所述约束包括软件约束以维持所述运动学链的位于所述第一操作者交互远侧的部分的定位和取向两者。

20.根据权利要求19所述的计算机辅助设备，其中所述控制单元进一步被配置为：

在将所述一个或多个关节置于所述浮动状态后，检测所述一个或多个关节的运动；

响应于所述一个或多个关节的运动，确定所述多个关节中的至少一个关节的补偿运动，其中与所述一个或多个关节的运动结合的所述至少一个关节的补偿运动维持所述约束；以及

依照所述补偿运动，致动所述至少一个关节。

21.根据权利要求1所述的计算机辅助设备，其中所述控制单元被配置为基于所述多个关节中的至少一个关节上的作用力的方向，确定所述第一操作者交互包括在所述多个连杆的连杆上的抓取动作，所述至少一个关节邻近所述连杆。

22.根据权利要求1所述的计算机辅助设备，其中所述控制单元被配置为：

基于从传感器系统接收到的信号，确定与所述第一操作者交互相关联的作用力的方向，其中

所述一个或多个参数进一步包括所述作用力的所述方向。

23.根据权利要求22所述的计算机辅助设备，其中所述一个或多个关节中的每个关节在每次第一操作者交互时具有在包括作用力的方向的分量的方向上的自由度。

24.根据权利要求1至23中任一项所述的计算机辅助设备，其中：

所述位置信息指示所述第一操作者交互是与所述多个连杆中的第一连杆；以及

为了确定所述一个或多个关节以置于所述浮动状态，所述控制单元被配置为选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节沿着所述运动学链在所述第一连杆近侧定位。

25.根据权利要求1至23中任一项所述的计算机辅助设备，其中：

所述位置信息包括所述第一操作者交互的位置；以及

为了确定所述一个或多个关节以置于所述浮动状态，所述控制单元被配置为选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节位于最接近所述第一操作者交互的位置并且在所述第一操作者交互的所述位置近侧。

26.根据权利要求25所述的计算机辅助设备，其中：

所述控制单元进一步被配置为接收要处于所述浮动状态的数个关节的指示；以及

所述至少一个关节由所述数个关节组成。

27.根据权利要求1至23中任一项所述的计算机辅助设备，其中为了确定所述多个关节中的所述一个或多个关节以置于所述浮动状态，所述控制单元被配置为选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节位于所述第一操作者交互的位置的远侧并且邻近所述第一操作者交互的所述位置。

28.根据权利要求1至23中任一项所述的计算机辅助设备，其中所述位置信息指示所述多个连杆中与所述第一操作者交互相关联的连杆，并且其中所述一个或多个参数进一步包括所述多个关节中的关节的关节类型，所述关节邻近所述连杆定位。

29.根据权利要求1至23中任一项所述的计算机辅助设备，其中所述控制单元进一步被配置为确定与所述运动学链的第二操作者交互的第二位置信息，并且所述一个或多个参数进一步包括所述第二位置信息。

30.根据权利要求29所述的计算机辅助设备，其中所述位置信息指示所述多个连杆中的第一连杆，并且所述第二位置信息指示所述多个连杆中的第二连杆。

31.根据权利要求29所述的计算机辅助设备，其中为了确定所述多个关节中的所述一个或多个关节以置于所述浮动状态，所述控制单元被配置为选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节位于所述第一操作者交互的第一位置和所述第二操作者交互的第二位置之间的所述运动学链中。

32.根据权利要求31所述的计算机辅助设备，其中为了选择所述至少一个关节，所述控制单元被配置为选择所述多个关节中的第一关节，所述第一关节位于所述第一位置和所述第二位置中的更近侧位置的近侧并且邻近所述第一位置和所述第二位置中的更近侧位置。

33.根据权利要求31所述的计算机辅助设备，其中为了选择所述至少一个关节，所述控制单元被配置为选择邻近所述第一位置和所述第二位置中的至少一个的可配置数量的关节。

34.根据权利要求31所述的计算机辅助设备，其中为了选择所述至少一个关节，所述控制单元被配置为选择所述多个关节中的第一关节，所述第一关节位于所述第一位置和所述第二位置中的最远侧位置的远侧并且邻近所述第一位置和所述第二位置中的最远侧位置。

35.根据权利要求29所述的计算机辅助设备，其中为了确定所述多个关节中的所述一个或多个关节以置于所述浮动状态，所述控制单元被配置为排除在所述第一操作者交互的第一位置和所述第二操作者交互的第二位置之间的所述多个关节中的至少一个关节。

36.根据权利要求35所述的计算机辅助设备，其中为了排除在所述第一位置和所述第二位置之间的所述多个关节中的至少一个关节，所述控制单元被配置为排除所述多个关节中的关节，所述关节邻近与所述第一位置相关联的第一连杆，或邻近与所述第二位置相关联的第二连杆。

37.一种方法，其包括：

由计算机辅助设备的控制单元，确定与所述计算机辅助设备的运动学链的第一操作者交互的位置信息，所述运动学链包括通过多个关节耦接的多个连杆，所述运动学链被配置为支撑末端执行器；

由所述控制单元，基于一个或多个参数确定一个或多个关节以置于浮动状态，所述一个或多个参数是所述第一操作者交互或所述计算机辅助设备的一个或多个参数，所述一个或多个参数包括所述位置信息，所述多个关节包括所述一个或多个关节；以及

由所述控制单元，响应于确定所述一个或多个关节，将所述一个或多个关节置于所述浮动状态。

38.根据权利要求37所述的方法，进一步包括：

由所述控制单元，在确定所述一个或多个关节以置于所述浮动状态之前，确定所述计算机辅助设备的当前状态；并且其中

所述一个或多个参数进一步包括所述计算机辅助设备的所述当前状态。

39.根据权利要求38所述的方法，其中当所述计算机辅助设备的所述当前状态为错误状态时，所述方法包括通过不选择所述多个关节中的关节来确定所述一个或多个关节。

40.根据权利要求37所述的方法，进一步包括：

由所述控制单元，确定所述第一操作者交互的交互类型；并且其中

所述一个或多个参数进一步包括所述交互类型。

41.根据权利要求40所述的方法，其中所述一个或多个关节包括用于不同交互类型的所述多个关节的不同组。

42.根据权利要求37所述的方法，其中所述位置信息包括与所述第一操作者交互相关联的一个或多个接触位置的指示。

43.根据权利要求42所述的方法，进一步包括

由所述控制单元，确定与所述第一操作者交互相关联的所述一个或多个接触位置的数量；并且其中

所述一个或多个参数进一步包括所述一个或多个接触位置的所述数量。

44.根据权利要求43所述的方法，其中所述一个或多个关节包括用于不同数量的接触位置的所述多个关节的不同组。

45.根据权利要求37所述的方法，其中所述一个或多个参数进一步包括所述运动学链的一个或多个自由度中的约束。

46.根据权利要求45所述的方法，其中所述约束包括软件约束，以维持在所述第一操作者交互远侧定位的所述运动学链的一部分的定位或取向。

47.根据权利要求46所述的方法，进一步包括：

由所述控制单元，在将所述一个或多个关节置于所述浮动状态之后，检测所述一个或多个关节的运动；

由所述控制单元，响应于所述一个或多个关节的所述运动，确定所述多个关节中的至少一个关节的补偿运动，其中与所述一个或多个关节的所述运动结合的所述至少一个关节的所述补偿运动维持所述约束；以及

由所述控制单元，依据所述补偿运动，致动所述至少一个关节。

48.根据权利要求37所述的方法，进一步包括：

由所述控制单元，基于从传感器系统接收到的信号，确定与所述第一操作者交互相关联的作用力的方向，其中

所述一个或多个参数进一步包括所述作用力的所述方向。

49.根据权利要求48所述的方法，其中所述一个或多个关节中的每个关节在第一操作者交互时具有在包括作用力的方向的分量的方向上的自由度。

50.根据权利要求37所述的方法，其中：

所述位置信息指示所述第一操作者交互是与所述多个连杆中的第一连杆；以及

确定所述一个或多个关节以置于所述浮动状态包括选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节沿着所述运动学链在所述第一连杆近侧定位。

51.根据权利要求37所述的方法，其中：

所述位置信息包括所述第一操作者交互的位置；以及

确定所述一个或多个关节以置于所述浮动状态包括选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节位于最接近所述第一操作者交互的所述位置和在所述第一操作者交互的所述位置近侧。

52.根据权利要求51所述的方法，进一步包括：

由所述控制单元，接收要处于所述浮动状态的数个关节的指示；以及

所述至少一个关节由所述数个关节组成。

53.根据权利要求37所述的方法，其中确定所述多个关节中的所述一个或多个关节以置于所述浮动状态包括选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节位于所述第一操作者交互的位置的远侧并且邻近所述第一操作者交互的所述位置。

54.根据权利要求37所述的方法，其中所述位置信息指示所述多个连杆中与所述第一操作者交互相关联的连杆，并且其中所述一个或多个参数进一步包括所述多个关节中的关节的关节类型，所述关节邻近所述连杆定位。

55.根据权利要求37所述的方法，进一步包括由所述控制单元，确定与所述运动学链的第二操作者交互的第二位置信息，并且所述一个或多个参数进一步包括所述第二位置信息。

56.根据权利要求55所述的方法，确定所述多个关节中的所述一个或多个关节以置于所述浮动状态包括选择所述多个关节中的至少一个关节，所述至少一个关节位于所述第一操作者交互的第一位置和所述第二操作者交互的第二位置之间的所述运动学链中。

57.根据权利要求56所述的方法，其中选择所述至少一个关节包括选择所述多个关节中的第一关节，所述第一关节位于所述第一位置和所述第二位置中的更近侧位置的近侧并且邻近所述第一位置和所述第二位置的最近侧位置。

58.根据权利要求56所述的方法，其中选择所述至少一个关节包括选择所述多个关节中的第一关节，所述第一关节位于所述第一位置和所述第二位置中的更远侧位置的远侧并且邻近所述第一位置和所述第二位置中的更远侧位置。

59.根据权利要求55所述的方法，其中确定所述多个关节中的所述一个或多个关节以置于所述浮动状态包括排除在所述第一操作者交互的第一位置和所述第二操作者交互的第二位置之间的所述多个关节中的至少一个关节。

60.一种非暂时性机器可读介质，其包括多个机器可读指令，所述多个机器可读指令在

由一个或多个处理器执行时适于使所述一个或多个处理器执行根据权利要求36-59中任一项所述的方法。

用于在计算机辅助系统中选择性的关节浮动的技术

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本发明要求于2020年6月16日提交的题为“Techniques for Selective Joint Floating in a Computer-assisted System(用于在计算机辅助系统中选择性的关节浮动的技术)”美国临时专利申请号63/039,871的优先权。该专利申请的公开内容通过引用整体并入本文。

技术领域

[0003] 本公开总体上涉及具有可重新定位臂的设备的操作,并且更具体地涉及用于在计算机辅助系统中选择性地关节浮动的系统和方法。

背景技术

[0004] 具有可重新定位元件的计算机辅助设备通常包括运动学链,例如包括被配置为支撑远侧安装的器械或末端执行器的可重新定位臂的运动学链。在许多情况下,远侧末端执行器的定位和取向被控制以执行任务,例如在医疗示例中,在远侧末端执行器被插入患者体内时执行任务。通常,运动学链包括耦接一个或多个连杆的一个或多个致动和/或非致动关节,该一个或多个关节的移动改变运动学链的配置,并且可以改变远侧末端执行器相对于运动学链的近侧基部的定位和取向。在实践中,在设置计算机辅助设备用于执行任务(例如外科手术程序的一部分)期间,运动学链可以被配置为将远侧末端执行器放置在其将执行任务的位置。

[0005] 为了促进运动学链的重新配置,一些计算机辅助设备可以将至少一个关节置于浮动(或“离合”)状态,其中用于运动学链的至少一个关节的制动器和/或致动器中的一个或多个被释放和/或被命令以促进至少一个关节的外部铰接。浮动状态使操作者能够经由直接操纵来手动改变运动学链的某些部分的定位和/或取向。

[0006] 因此,需要用于促进计算机辅助设备中的关节的外部铰接的改进的方法和系统。

发明内容

[0007] 根据一些实施例,一种计算机辅助设备包括运动学链和控制单元,该运动学链包括通过多个关节耦接的多个连杆,并且该控制单元耦接到运动学链。运动学链被配置为支撑末端执行器。控制单元被配置为确定与运动学链的第一操作者交互的位置信息,基于一个或多个参数确定一个或多个关节以置于浮动状态,以及响应于确定一个或多个关节而将一个或多个关节置于浮动状态。一个或多个参数是第一操作者交互或计算机辅助设备的参数。一个或多个参数包括位置信息。多个关节包括一个或多个关节。

[0008] 根据一些实施例,一种由计算机辅助设备的控制单元执行的方法包括确定与计算机辅助设备的运动学链的第一操作者交互的位置信息。运动学链包括通过多个关节耦接的多个连杆。运动学链被配置为支撑末端执行器。该方法进一步包括基于一个或多个参数确定一个或多个关节以置于浮动状态,以及响应于确定一个或多个关节而将一个或多个关节

置于浮动状态。一个或多个参数是第一操作者交互或计算机辅助设备的参数。一个或多个参数包括位置信息。多个关节包括一个或多个关节。

[0009] 根据一些实施例，一种包括多个机器可读指令的非暂时性机器可读介质，该多个机器可读指令在由一个或多个处理器执行时适于使一个或多个处理器执行本文描述的任何方法。

附图说明

[0010] 图1是根据一些实施例的计算机辅助系统的简化图。

[0011] 图2A-图2D是简化示意图，图示了根据各种实施例的用于具有一个或多个可重新定位臂的计算机辅助设备的各种计算机辅助设备系统架构。

[0012] 图3是示出根据一些实施例的包括可重新定位臂的运动学链的简化图。

[0013] 图4是根据一些实施例配置的运动学链的示意图。

[0014] 图5是根据一些实施例的将计算机辅助系统的关节置于浮动状态的方法的简化图。

[0015] 图6示意性地图示了根据一些实施例的响应于与单个接触位置的操作者交互的图4的运动学链。

[0016] 图7示意性地图示了根据一些实施例的当不存在约束时响应于与在单个接触位置处的推动动作的操作者交互的图4的运动学链。

[0017] 图8示意性地图示了根据一些实施例的当不存在约束时响应于与两个接触位置的操作者交互的图4的运动学链。

[0018] 图9示意性地图示了根据一些实施例的当存在约束时响应于与两个接触位置的操作者交互的图4的运动学链。

[0019] 图10示意性地图示了根据一些实施例的当存在约束时响应于与两个接触位置的操作者交互的图4的运动学链。

[0020] 在附图中，具有相同名称的元件具有相同或相似的功能。

具体实施方式

[0021] 在本说明书中，阐述了描述与本公开一致的一些实施例的具体细节。为了提供对实施例的透彻理解，阐述了许多具体细节。然而，对于本领域技术人员显而易见的是，可以在没有这些具体细节中的一些或全部的情况下实践一些实施例。本文所公开的具体实施例是说明性的而非限制性的。本领域的技术人员可以认识到尽管在本文中没有具体描述的其他元素也在本公开的范围和精神内。此外，为了避免不必要的重复，关联一个实施例示出和描述的一个或多个特征可以并入到其他实施例中，除非另外具体描述或者如果一个或多个特征将使实施例不起作用。

[0022] 此外，本描述的术语并非旨在限制本发明。例如，空间相对术语——例如“下面”、“下方”、“之下”、“之上”、“上面”、“近侧”、“远侧”等——可用于描述一个元件或特征件的另一个元件或特征件的关系(如附图中所图示的)。除了附图中所示出的定位和取向之外，这些空间相对术语旨在涵盖元件或它们的操作的不同定位(即，位置)和取向(即，旋转放置)。例如，如果翻转其中一幅图的内容，则描述为在其他元件或特征件“下方”或“下面”的元件

将在其他元件或特征件的“之上”或“上方”。因此，例如，术语“下方”可以涵盖上方和下方两者的定位和取向。设备可以以其他方式取向(旋转90度或在其他取向)并且本文使用的空间相对描述符相应地解释。同样，对沿和围绕各种轴线的移动的描述包括各种特殊元件的定位和取向。此外，除非上下文另有说明，否则单数形式的“一”、“一个”和“该”也旨在包括复数形式。并且，术语“包括”、“包含”、“含有”等指定了所述特征、步骤、操作、元件和/或部件的存在，但不排除一个或多个其他特征件、步骤、操作、元件、部件和/或组的存在或添加。描述为耦接的部件可以电或机械直接耦接，或者它们可以经由一个或多个中间部件间接耦接。

[0023] 只要可行，参考一个实施例、实施方式或模块详细描述的元件可被包括在未具体示出或描述它们的其他实施例、实施方式或模块中。例如，如果参考一个实施例详细描述了元件并且该元件没有参考第二实施例进行描述，那么该元件仍然可以被要求为包括在第二实施例中。因此，为了避免在以下描述中不必要的重复，与一个实施例、实施方式或应用相关联示出和描述的一个或多个元件可以并入其他实施例、实施方式或方面，除非另有具体描述、除非一个或多个元件将使实施例或实施方式不起作用，或除非两个或多个元件提供冲突的功能。

[0024] 在一些情况下，没有详细描述众所周知的方法、程序、部件和电路，以免不必要地混淆实施例的方面。

[0025] 本公开根据各种设备、元件以及计算机辅助设备和元件的部分在三维空间中的状态来描述它们。如本文所用，术语“定位”是指元件或元件的部分在三维空间中的位置(例如，沿笛卡尔x-坐标、y-坐标和z-坐标的三个平移自由度)。如本文所用，术语“取向”是指元件或元件的部分的旋转放置(三个旋转自由度——例如，滚动、俯仰和偏航，角轴线、旋转矩阵、四元数表示和/或诸如此类)。如本文所用，术语“形状”指的是沿元件测量的一组定位和/或取向。如本文所用，并且对于具有可重新定位臂的计算机辅助设备，术语“近侧”是指沿着其运动学链朝向计算机辅助设备的基部的方向，并且“远侧”是指沿着运动学链远离基部的方向。如本文所用，术语“姿势”是指元件或元件的部分的六个自由度(DOF)空间的定位和取向。

[0026] 参考计算机辅助系统和设备来描述本公开的各方面，其可以包括远程操作的、遥控的、自主的、半自主的、机器人的和/或类似的系统和设备。此外，本公开的方面是根据使用外科手术系统的实施方式来描述的，例如由加利福尼亚州桑尼维尔的直观外科手术操作公司商售的daVinci®外科手术系统。然而，技术人员将理解，本文公开的发明方面可以以各种方式来体现和实施，包括机器人以及(如果适用)非机器人实施例和实施方式。daVinci®外科手术系统上的实施仅是示例并且不应被视为限制本文所公开的发明方面的范围。在一些实施例中，本文所描述的器械、系统和方法可适用于例如外科手术、远程操作外科手术、诊断程序、治疗程序或活检程序。尽管本文提供了关于此类程序的一些实施例，但对医疗或外科手术器械和医疗或外科手术方法的任何提及均旨在为非限制性的。因此，本文所描述的器械、系统和方法可用于人类、动物、人类或动物解剖结构的一部分、非外科手术诊断，以及用于工业系统、通用机器人或远程操作系统。作为进一步的示例，本文所描述的器械、系统和方法可用于非医疗目的，包括工业用途、通用机器人用途、感测或操纵非组织工件、美容改进、人体或动物解剖结构成像、从人体或动物解剖结构收集数据、建立或拆

除系统、培训医疗或非医疗人员等。其他示例应用包括用于从人体或动物解剖结构中移除的组织(不返回人体或动物解剖结构)的程序以及用于人体或动物尸体的程序。此外,这些技术还可用于包括或不包括外科手术方面的医学治疗或诊断程序。

[0027] 图1是根据一些实施例的计算机辅助系统100的简化图。如图1所示,计算机辅助系统100包括具有一个或多个运动学链的设备110,每个运动学链包括一个或多个关节和一个或多个连杆。对于每个运动学链,一个或多个关节和连杆可以包括可重新定位臂120。每个可重新定位臂被配置为支撑一个或多个末端执行器121,并且一个或多个可重新定位臂中的每个可以包括可远程操作操纵器。在一些示例中,设备110可以与计算机辅助医疗设备(例如计算机辅助外科手术设备)一致,并且一个或多个可重新定位臂120为一个或多个操纵器械、成像设备和/或类似物提供支撑。在一些实施例中,具有其他配置、更少或更多运动学链和/或类似物的计算机辅助外科手术设备可以与计算机辅助系统100一起使用。

[0028] 在一些实施例中,设备110可以对位于桌子上的物体进行操作,并且安装在工作空间或桌子附近或邻近工作空间或桌子安装,直接安装到桌子,或者安装到耦接到桌子的导轨,或者被集成作为桌子结构的一部分。在医学示例中,桌子可以是检查台、外科手术台等。在一些实施例中,设备110可以是可移动的推车(例如,医学示例中的患者侧推车)。可移动手推车可以与任何桌子分离和间隔开,并且可以相对于此类桌子可独立移动。在一些实施例中,可移动推车可以停靠或附接到桌子。在一些实施例中,设备110可以安装到房间的天花板、地板和/或墙壁。在具有多个设备110的一些实施例中,每个设备可以安装到任何结构或以如上所述的任何方式定位。例如,一个设备110可以安装到外科手术台,而另一个设备110可以安装到天花板。

[0029] 设备110可进一步耦接到操作者工作站(未示出),该操作者工作站可包括用于选择性地操作设备110、一个或多个可重新定位臂120和/或末端执行器的一个或多个主控件。主控件是使操作者能够操纵末端执行器121以及在一些实施例中的可重新定位臂120的输入设备。具体地,随着操作者通过操纵一个或多个主控件(未示出)来执行程序,控制单元130操纵相应的可重新定位臂120和/或末端执行器121。在一些实施例中,设备110、操作者工作站和控制单元130可以对应于由加利福尼亚州桑尼维尔的直观外科手术操作公司商售的da-Vinci®外科手术系统。

[0030] 设备110经由接口耦接到控制单元130。该接口可以包括一根或多根电缆、连接器和/或总线,并且可以进一步包括具有一个或多个网络交换和/或路由设备的一个或多个网络(例如,有线和/或无线网络)。控制单元130包括耦接到存储器150的处理器140。控制单元130的操作由处理器140控制。并且虽然控制单元130被示出为仅具有一个处理器140,但应当理解,处理器140可以代表控制单元130中的一个或多个中央处理单元、多核处理器、微处理器、微控制器、数字信号处理器、现场可编程门阵列(FPGA)、专用集成电路(ASIC)、张量处理单元(TPU)和/或诸如此类。控制单元130可以被实施为添加到计算设备的独立子系统和/或板或实施为虚拟机。在一些实施例中,控制单元可以被包括作为操作者工作站的一部分和/或独立于操作者工作站但与操作者工作站协调操作。

[0031] 存储器150可用于存储由控制单元130执行的软件和/或在控制单元130的操作期间使用的一种或多种数据结构。存储器150可以包括一种或多种类型的机器可读介质。一些常见形式的机器可读介质可以包括软盘、可折叠磁盘、硬盘、磁带、任何其他磁介质、CD-

ROM、任何其他光学介质、穿孔卡片、纸带、具有孔图案的任何其他物理介质、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、任何其他存储芯片或盒式存储器和/或处理器或计算机适于从其进行读取的任何其他介质。

[0032] 如图所示，存储器150包括可以用于支持设备110的自主和/或半自主控制的运动控制应用160。运动控制应用160可以包括一个或多个应用编程接口(API)，用于从设备110接收定位、取向、运动和/或其他传感器信息，与其他控制单元交换关于其他设备(例如外科手术台和/或成像设备)的定位、取向、运动和/或碰撞避免信息，和/或规划和/或辅助规划设备110、可重新定位臂120和/或设备110的末端执行器121的运动。并且尽管运动控制应用160被描述为软件应用，但运动控制应用160可以使用硬件、固件、软件和/或其组合来实施，其中任何一个都与处理器140交互或以其他方式由处理器140执行。

[0033] 在一些实施例中，存储器150还包括传感器数据处理应用170，该传感器数据处理应用170被配置为确定关节状态、计算机辅助设备模式、操作者交互细节、环境条件和连杆。作为具体示例，传感器数据处理应用170可以包括操作者交互分析应用。操作者交互分析应用被配置为至少使用包括关于操作者交互的信息的传感器数据、操作者交互的位置信息(例如一个或多个接触位置)、操作者交互的类型、操作者交互的定时、接触的尺寸和/或形状等来确定。作为另一个具体示例，传感器数据处理应用170可以包括图像分析应用，该图像分析应用被配置为至少使用由图像传感器数据表示的图像来确定设备110中或周围的指定对象的位置和/或取向。在一些实施例中，这样的操作者交互分析应用或计算机视觉应用包括一个或多个基于人工智能的算法，用于使用传感器数据确定相关信息。

[0034] 在一些医疗实施例中，可以在检查室、手术室和/或介入套间中找到计算机辅助系统100。尽管图1描绘了计算机辅助系统100，其中一个设备110具有两个运动学链和两个可重新定位臂120，但普通技术人员将理解计算机辅助系统100可以包括任意数量的设备，其中每个设备具有包括一个或多个可重新定位臂120的一个或多个运动学链，该一个或多个可重新定位臂120被配置为支撑具有与设备110相似和/或不同设计的一个或多个末端执行器121。在一些示例中，设备中的每个可以包括更少或更多的运动学链、可重新定位臂和/或末端执行器121。此外，包括一个或多个可重新定位臂120的计算机辅助系统可以被配置为具有与图1中的计算机辅助系统100所图示的不同的一般架构。在一些实施例中，控制单元130、处理器140、存储器150、运动控制应用160和/或传感器数据处理应用170的一个或多个部分可以位于一个或多个服务器和/或云计算设备上。

[0035] 图2A-图2D是简化示意图，图示了根据各种实施例的用于具有一个或多个可重新定位臂120的计算机辅助设备的各种计算机辅助设备系统架构。

[0036] 图2A示意性地图示了根据实施例的桌子200和计算机辅助设备201a。桌子200包括桌子顶部202和从桌子基部204延伸以支撑桌子顶部202的桌子支撑结构203。计算机辅助设备201a包括耦接到柱的运动学链。运动学链包括支撑结构206a的连杆和关节，以及由支撑结构206a支撑的可重新定位臂209a。可重新定位臂209被配置为与器械组件205a耦接。支撑结构206a在近侧基部207a处机械耦接。包括支撑结构206a和可重新定位臂209a的运动学链使得器械组件205a能够以各种姿势移动和保持。

[0037] 图2A进一步示出了可选的第二计算机辅助设备201b，其图示了计算机辅助系统中可以包括两个、三个、四个、五个或多个单独的计算机辅助设备。每个计算机辅助设备可以

包括一个或多个运动学链，每个运动学链具有相对应的可重新定位臂。如图2A所示，第二计算机辅助设备201b包括耦接到第二柱的第二运动学链。该第二运动学链包括一个或多个连杆和一个或多个关节。第二运动学链的一个或多个连杆和关节包括第二支撑结构206b和第二可重新定位臂209b。第二可重新定位臂209b被配置为支撑第二器械组件205b。第二计算机辅助设备201b可以使用其运动学链来保持器械组件205b并使其摆姿势。计算机辅助设备201a和201b一起包括计算机辅助系统，并且可以一起操作以执行任务。在一些示例中，计算机辅助设备201a和/或201b可以与图1中的计算机辅助系统100一致，并且计算机辅助设备201a的可重新定位臂209a和/或计算机辅助设备201b的可重新定位臂209b如本文中所公开地操作。

[0038] 图2B示意性地图示了根据实施例的桌子200和计算机辅助设备211。计算机辅助设备211包括具有一个或多个连杆和一个或多个关节的运动学链。一个或多个连杆和关节包括支撑两个可重新定位臂209a和209b的组合支撑结构212。可重新定位臂209a和209b被配置为支撑器械组件205a和205b。计算机辅助设备211说明了计算机辅助设备(包括图2A-图2D中所示的各种计算机辅助设备)可以包括多个可重新定位臂，例如两个、三个、四个、五个或多个可重新定位臂；每个可重新定位臂被配置为支撑器械组件。在图2B所图示的实施例中，移动组合支撑结构212将移动两个可重新定位臂209a和209b，因此可以将两个器械组件205a和205b作为组一起移动。可重新定位臂209a和209b也可以分开移动以分开移动器械组件205a和205b。这样的多可重新定位臂设备的示例包括由直观外科手术操作公司商售的DA VINCI SI、XI、X和SP外科手术系统。在一些示例中，计算机辅助设备211与图1中的计算机辅助系统100一致，并且计算机辅助设备211的可重新定位臂209a和/或209b如本文所公开地操作。

[0039] 图2A和图2B的计算机辅助设备每个被示出为设置在地板上。可替代地，一个或多个这样的计算机辅助设备可以可选地位于墙壁或天花板处，并且相对于这样的墙壁或天花板是永久固定的或可移动的。在一些示例中，计算机辅助设备可以使用允许计算机辅助设备的支撑基部移动的轨道或网格系统安装到墙壁或天花板上。在一些示例中，一个或多个固定或可释放的安装夹具可用于将相应的支撑基座安装到轨道或网格系统。如图2C所示，计算机辅助设备221a安装在墙壁上，而计算机辅助设备221b安装在天花板上。计算机辅助设备221a和计算机辅助设备221b可以作为系统一起操作，或者分开操作。计算机辅助设备221a的可重新定位臂209a和/或计算机辅助设备221b的可重新定位臂209b如本文公开地操作。

[0040] 在一些实施例中，计算机辅助设备可以机械地耦接到桌子(诸如桌子200)。如图2D所示，计算机辅助设备231a耦接到桌子200的桌子顶部202。计算机辅助设备231a可以可选地耦接到桌子200的其他部分，例如桌子支撑结构203或桌子基部204，如图2D中所示的虚线结构所指示的。在一些实施方式中，桌子200是可移动，并且附接到计算机辅助设备231a的桌子200的部分的移动使计算机辅助设备231a移动。图2D还示出了第二计算机辅助设备231b，该设备可选地可以存在以创建多可重新定位臂系统。计算机辅助设备231a的可重新定位臂209a和/或计算机辅助设备231b的可重新定位臂209b如本文所公开地操作。

[0041] 图3是示出根据一些实施例的具有一个或多个连杆和一个或多个关节的运动学链的简化图，其中一个或多个连杆和关节包括可重新定位臂300。在一些实施例中，可重新定

位臂300可与图1的可重新定位臂120之一或可重新定位臂120之一的一部分一致。在其他实施例中，可重新定位臂300可以与图2A-图2D中任一个的可重新定位臂209a或209b之一或可重新定位臂209a或209b之一的一部分一致。类似地，图3的运动学链可以与对应于图1、图2A-图2D中任一个的运动学链一致。

[0042] 在图3所示的示例中，可重新定位臂300包括具有通过多个关节耦接的多个连杆的运动学链，并且多个连杆和关节包括可重新定位臂。可重新定位臂300的最近侧端部耦接到平台310。在一些示例中，平台310可以耦接到位于平台310近侧的附加关节和连杆(未示出)。可重新定位臂的一系列设置关节和连杆320耦接到平台310。设置关节和连杆320经由第一设置关节322旋转地耦接到平台310。在一些示例中，用于其他可重新定位臂(未示出)的附加设置连杆和关节可以耦接到平台310。耦接到第一设置关节322的是设备基部连杆324，该设备基部连杆324经由第一设置棱柱关节328耦接到设置延伸连杆326的近侧端部。设置延伸连杆326的远侧端部经由第二设置棱柱关节332耦接到设置竖直连杆330的近侧端部。设置竖直连杆330的远侧端部经由第二设置关节336旋转地耦接到支撑连杆334的近侧端部。可重新定位臂进一步包括耦接到支撑连杆334的远侧端部的第一旋转关节338。第一旋转关节338提供对位于第一旋转关节338远侧的附加连杆和关节的旋转控制。在一些示例中，第一旋转关节338的中心轴线350可以与远程运动中心390对齐，该远程运动中心390可以在可重新定位臂300的远程操作期间固定在适当位置。

[0043] 图3中所示的运动学链的可重新定位臂300进一步包括连杆和关节。耦接连杆340将第一旋转关节338耦接到第二旋转关节342。第二旋转关节342经由连杆354耦接到第三旋转关节352。由附加旋转关节364、368、372耦接的附加连杆362、366、370在远侧耦接到第三旋转关节352。器械耦接接口位于旋转关节372的远侧。器械380示出为耦接到可重新定位臂300。一个或多个末端执行器(图3中未显示)可以耦接到器械380的远侧部分381。

[0044] 如图3所示，包括可重新定位臂300的运动学链包括许多连杆324、326、330、334、340、354、362、366和370，它们的相对定位和/或取向可以使用许多棱柱关节328和332和/或许多旋转关节322、336、338、342、352、364、368和372。棱柱关节和旋转关节中的每个可以与用于感测相应关节上的定位、旋转、移动、力、扭矩和/或类似物的一个或多个传感器相关联。

[0045] 取决于包括可重新定位臂300的运动学链的设计，运动学链的多个关节中的每个可以是非致动关节或致动关节。在一些示例中，非致动关节可以不包括任何致动器，或可以仅包括具有不足以移动相关联关节的动力的一个或多个致动器，因此不能经由远程操作和/或来自可重新定位臂300的控制单元的运动控制命令引起运动。在一些示例中，非致动关节可以包括准许控制单元防止和/或限制非致动关节中的运动的制动器。在图3所图示的示例实施例中，关节328、332和/或336可以是非致动关节。在一些示例中，致动关节可以包括一个或多个致动器，该一个或多个致动器可以控制致动关节的运动，并且可以被命令远程操作地移动关节和/或执行其他运动命令。在一些示例中，致动关节可以进一步包括制动器。在这样的示例中，制动器可以被采用在致动关节中以保持非致动关节的当前姿势，而不是主动控制致动关节的运动。在一些实施例中，在致动关节和/或非致动关节中采用的制动器被配置为以二元方式操作。在一些实施例中，当制动器被激活时，制动器完全接合并施加将关节保持在当前定位中的指定制动力。在一些实施例中，当制动器被停用时，制动器完全

脱离并施加非常少的制动力或不施加制动力。在一些实施例中，在致动关节和/或非致动关节中采用的制动器被配置为以可变摩擦操作。在一些实施例中，可变摩擦制动器被配置为当制动器被激活时施加可控摩擦力，其中可控摩擦力可以从完全接合的制动值连续变化到完全释放的制动值。

[0046] 根据各种实施例，计算机辅助设备的运动学链中的关节组被置于浮动状态。在一些实施例中，计算机辅助设备的一个或多个关节基于一个或多个参数(包括操作者交互的位置信息)被置于浮动状态。这种操作者交互的位置信息可以经由任何适当的感测技术来确定。示例传感器包括：图像传感器(包括光学传感器)、声传感器、电磁传感器、接近或存在传感器、接触传感器、压力传感器、力和扭矩传感器、定位传感器、速度或速率传感器、按钮和开关等。传感器可以被配置为直接感测操作者交互(例如通过感测操作者的触摸力)或间接感测操作者交互(例如通过感测由于与耦接到关节的连杆的操作者交互而引起的关节参数改变)。示例关节参数包括关节定位、关节速度、关节力或扭矩等。传感器可以设置在运动学链的关节、连杆或其他部件之上、之中或之外，视感测技术而定。如前所述，响应于操作者交互而被放置于浮动状态的一个或多个关节可以基于各种参数来确定。示例参数包括交互的类型，例如如果交互包括抓握、推动、触摸、轻敲。示例参数还包括任何适当分辨率级别的一个或多个交互位置，例如哪个连杆或关节正在经历操作者交互，或者连杆或关节上的哪个位置正在被应用操作者交互。如下文进一步详细描述的，参数的附加示例包括：操作者交互的若干位置(例如，一个、二个、三个、四个等接触位置)；正在使用计算机辅助设备执行的当前任务；运动学链的当前姿势；计算机辅助设备的当前状态；邻近由一个或多个操作者与之进行交互的连杆的关节类型；位于由一个或多个操作者与之进行交互的连杆之间的关节类型、运动学链是否受到约束、与操作者交互相关联的作用力(asserted force)的方向和/或诸如此类。

[0047] 图1-图3阐述了计算机辅助系统、计算机辅助设备和运动学链的非限制性示例，并且各种实施例可以在构造上有所不同。例如，计算机辅助系统可以包括任何数量的计算机辅助设备，计算机辅助设备可以包括任何数量的运动学链，并且运动学链可以包括任意数量的可重新定位臂。此外，运动学链可以包括比图1-图3所示更多或更少的关节和连杆，并且具有与图1-图3所示不同的尺寸、形状和结构；作为具体示例，图2A-图2D示出了具有包括单个连杆的支撑结构的运动学链，并且其他实施例可以包括具有任意数量的连杆或关节的支撑结构，或者根本没有支撑结构。此外，虽然图1-图2D示出了耦接到柱的运动学链，图3示出了耦接到平台的运动学链，但运动学链可以耦接到其他部件，例如耦接到基部、耦接到附加运动学链等。

[0048] 此外，运动学链可以具有冗余自由度，或没有冗余自由度。具有冗余自由度的运动学链可以使用运动学链的关节的多种不同配置来实现运动学链的感兴趣部分的相同定位或相同定位和取向。作为具体示例，计算机辅助设备可以包括具有冗余驱动自由度的运动学链；这种计算机辅助设备可以命令运动学链的运动，使得运动学链的第一部分移动，而运动学链的第二部分的定位或定位和取向保持不变。美国专利8,749,190包含对示例计算机辅助设备的描述，该设备包括具有冗余自由度的运动学链，该运动学链被致动。

[0049] 下面结合图4和图6-图10描述运动学链的各种示例。然而，图4和图6-图10作为非限制性示例提供，其不限制本文进一步描述的各种实施例的范围。例如，本文进一步描述的

各种实施例可以应用于与图4和图6-图10中所图示的运动学链不同的运动学链，操作者交互的不同类型和/或位置是可能的，可以使用不同的参数来确定哪些关节置于浮动状态，运动学链上的不同类型的约束是可能的和/或诸如此类。作为具体的示例，图4和图6-图10示出了具有冗余自由度的运动学链；然而，各种实施例包括没有冗余自由度的运动学链。

[0050] 将运动学链的关节置于浮动状态促进浮动关节的关节定位的改变，从而促进运动学链的重新配置。由制动器保持在适当位置的关节可以通过部分或完全释放制动器来置于浮动状态。例如，可以使用部分释放来帮助关节对抗(against)重力保持在原位，随着关节被外部操纵而提供一些结构稳定性，提供阻尼等。通过将致动器命令更新到关节的当前定位，可以将由致动器保持在适当位置的关节置于浮动状态；通过这种方法，关节的外部偏转将为关节提供新的命令定位。通过制动器释放和更新致动器命令的组合，可以将由制动器和致动器两者保持在适当位置的关节置于浮动状态。浮动状态使操作者能够经由直接操纵手动改变运动学链的某些部分的定位和/或取向。处于浮动状态的关节可以响应于一个或多个退出条件而退出浮动状态并进入非浮动状态。示例退出条件包括：预定时间段的流逝、操作者交互的停止、处于浮动状态的关节或运动学链的外部操纵的停止、移动不遵守(adhere)运动学链受到的约束、操作者输入退出浮动状态等。在美国专利号10,489,008中可以找到在某些条件下可以置于浮动状态，以及在其他条件下置于非浮动状态(在本示例中为锁定状态)的关节的配置和操作的描述，该专利的全部内容并入本文。

[0051] 图4是根据一些实施例配置的运动学链400的示意图。在一些实施例中，运动学链400可以被包括在本文描述的任何运动学链中并且与本文所述的任何运动学链一致，包括结合图1-图3中的任何一个描述的那些。如图所示，运动学链400包括多个连杆(本文统称为连杆420)和多个关节(本文统称为关节430)，它们被配置为在各种配置中在轴411的端部处定位和取向末端执行器。在一些实施例中，在轴411的端部处的末端执行器412与图1中的末端执行器121之一和/或图2A-图2D中的器械组件205a或205b之一一致。

[0052] 如图4所示，连杆420包括连杆421-426，关节430包括关节431-436。关节431耦接到静止基部402，静止基部402设置在运动学链400的近侧端部处。连杆426经由轴411耦接到末端执行器412，末端执行器412设置在运动学链400的远侧端部处。为简单起见，关节431-436被描绘为配置有单个自由度(例如围绕轴线的旋转)的关节，并且取向成允许连杆421-426在单个二维平面中运动。然而，在一些实施例中，关节431-436可以配置为具有多个自由度并且可以被取向以允许连杆421-426中的一个或多个在三维空间中运动。在一些实施例中，关节431-436中的一个或多个可以被配置为具有单个自由度(例如，旋转)的旋转关节，允许旋转关节围绕单个旋转轴线移动。在一些实施例中，关节431-436中的一个或多个可以被配置为具有单个自由度(例如，平移)的棱柱关节，允许棱柱关节沿单个线性运动轴线移动。在一些实施例中，关节431-436中的一个或多个可以被配置为具有多个自由度，从而允许各个关节围绕多个自由度中的每个移动。在图4所示的示例中，轴411的端部处的末端执行器412已穿过对象401中的端口插入以进入对象401中的工作空间。

[0053] 在某些情况下，运动学链400的运动受到运动学链400的结构所定义的自由度和运动范围的限制。在一些情况下，运动学链400的运动进一步受到施加在运动学链400上的约束的限制，例如末端执行器412相对于对象401的定位。在一些实施例中，约束可以限制运动学链400的受约束部分以一个或多个自由度的移动。例如，约束可以限制受约束部分在一个

或多个方向上的平移、围绕一个或多个轴线的旋转，或平移和旋转两者中。作为具体示例，约束可以限制受约束部分以在空间中在定位和取向两者中保持固定。约束可以由物理元件物理地施加(例如，障碍物物理地阻碍运动学链400的一部分的运动)、由软件施加的限制(例如计算的限制)虚拟施加在定位或运动上(例如，在约束限制所命令的运动以使特定部分在定位和/或取向上保持静止的情况下)，或物理和虚拟约束的组合(例如，障碍物阻碍了某些自由度，而计算的限制阻碍了其他自由度)。可以相对于操作者交互的接触位置在远侧、在接触位置处或相对于接触位置在近侧施加约束。包括运动学链的计算机辅助设备可以进一步基于任何适用的约束来确定将哪些一个或多个关节置于浮动状态。在一些实施例中，对运动学链400的远侧部分的定位的约束导致运动学链400的一个或多个远侧元件在空间中保持基本静止，即使当该运动学链的一个或多个关节处于浮动状态时也是如此。

[0054] 在一些实施例中，运动学链400使用一个或多个传感器(在本文中统称为传感器450)的传感器系统来监测，以促进确定操作者交互。在一些实施例中，传感器系统可以促进确定位置信息。在一些实施例中，传感器系统可以促进确定连杆421-426或关节431-436中的哪一个由一个或多个操作者与之进行交互、操作者交互的位置数量、操作者交互的类型、使用计算机辅助设备执行的当前任务、运动学链的当前位姿、计算机辅助设备的当前状态、运动学链是否受到约束、与操作者交互相关联的作用力的方向和/或诸如此类。如上所述，计算机辅助设备可以基于一个或多个这样的确定，将一个或多个关节431-436置于浮动状态。

[0055] 在一些实施例中，使用被配置为检测与连杆421-426中的一个或多个交互的基于连杆的传感器451。在一些实施例中，基于连杆的传感器451可以生成一个或多个信号，该信号使得能够确定位置信息、一个或多个操作者如何与连杆421-426的特定连杆交互，或上面讨论的任何其他确定。在一些实施例中，来自基于连杆的传感器451的数据可用于确定是否发生了操作者交互，如果发生了，则确定操作者交互的一个或多个位置或一个或多个类型。作为具体示例，在一些实施例中，在连杆422的相对侧456和457上检测到操作者接触指示操作者与连杆422的抓取型交互。作为另一具体示例，在一些实施例中，接触区域的形状(例如由匹配抓取接触区域的更高分辨率的电容、温度或压力传感器提供的接触区域的形状)指示抓取型交互。在一些实施例中，基于连杆的传感器451可以指示连杆421-426中的一个或多个上的作用力的方向，例如相对于经历交互的表面，包括该力是否包括相对于表面的切向分量、法向分量或切向向量和法向分量两者。

[0056] 在一些实施例中，来自传感器系统的数据可用于区分偶然输入和有意输入。例如，在一些实施例中，基于连杆的传感器451提供接触连杆421-426的连杆的操作者交互的形状，并且可以分析该形状以确定该形状是否与手(而不是某些其他身体部位)或抓取交互(而不是碰撞或其他交互)充分匹配。在一些实施例中，来自图像传感器的图像、来自力传感器的力分布、来自电容或压力传感器的接触分布等可以由受过训练的神经网络处理以确定交互是有意的还是偶然的。

[0057] 在一些实施例中，使用被配置为检测与关节431-436中的一个或多个的交互或检测一个或多个关节参数的基于关节的传感器452。示例关节参数包括：关节定位、关节速度、关节加速度和关节力或扭矩。例如，来自基于关节的传感器452的数据可用于确定关节定位，该关节定位可用于确定运动学链配置。作为另一示例，来自基于关节的传感器452的数

据可用于确定可用于确定与操作者交互相关联的力或扭矩的位置、方向或大小的关节偏转。

[0058] 在一些实施例中，使用环境传感器453。示例包括图像传感器，例如捕捉运动学链400和周围环境的图像的照相机。在一些实施例中，环境传感器453可以提供足够的情境信息以实现对在操作者和运动学链400之间发生操作者交互的实例的实时语义分解。在一些实施例中，图1的传感器数据处理应用170可以被配置为基于由环境传感器453生成的情境信息来执行这种语义分解。例如，在一些实施例中，这种情境信息可以包括操作者相对于运动学链400的移动。在一些示例中，导致与操作者接触的运动学链400的一个或多个部分的自动运动可以被传感器数据处理应用170的图像处理应用解释为运动学链400和操作者之间的意外接触。在一些示例中，操作者相对于运动学链400的接触部分的取向可以指示运动学链400与操作者之间的检测到的接触是否是有意的。在一些示例中，操作者的某些身体部位与运动学链400的接触部分的接触可以指示运动学链400与操作者之间的检测到的接触是否是有意的。例如，操作者使用手和/或手臂可能表示有意接触，而来自操作者身体另一部分的接触可能表示无意接触。

[0059] 图5是根据一些实施例的将计算机辅助系统的关节置于浮动状态的方法500的简化图。方法500的过程510-560中的一个或多个可以至少部分地以存储在非瞬态、有形、机器可读介质上的可执行代码的形式实施，当该代码由一个或多个处理器(例如，控制单元130中的处理器140)运行时可以使一个或多个处理器执行过程510-560中的一个或多个。在一些实施例中，方法500可以由应用执行，例如运动控制应用160和/或传感器数据处理应用170。根据一些实施例，方法500可以包括比图5中描绘的那些更多或更少的过程。在一些实施例中，过程550和/或560中的一个或多个是可选的并且可以被省略。

[0060] 在过程510，检测与运动学链400的操作者交互。在一些实施例中，从一个或多个传感器450接收一个或多个信号，指示与运动学链400的一个或多个操作者交互。在一些实施例中，从传感器系统的传感器接收信号。例如，传感器系统可以包括一个或多个基于连杆的传感器451、一个或多个基于关节的传感器452、一个或多个环境传感器453和/或其他传感器。这样的信号可以指示关于一个或多个操作者交互的位置信息，例如每个操作者交互的接触或一个或多个接触位置的数量。在一些实施例中，这样的信号可以指示操作者交互的力的大小和方向；提供操作者交互的对象类型(例如，操作者操纵的工具、操作者的身体部位，如手指、手、前臂、躯干或其他身体部位，无论身体部位是裸露的还是着装的，等等)；操作者交互的接触数量；操作者交互的一个或多个接触的大小或形状；操作者交互的类型和/或诸如此类。在一些实施例中，这样的信号还可以指示由于操作者交互施加在关节或连杆上的力的合成大小和方向、由于操作者交互施加在关节或连杆上的扭矩的合成大小和方向和/或诸如此类。在一些实施例中，这样的信号还可以提供与操作者交互相关的上下文信息，并且用于确定操作者交互更有可能是有意的操作者交互还是无意的操作者交互(例如偶然接触)或诸如此类。在一些实施例中，操作者交互可以与运动学链400与单个操作者或两个或多个操作者之间的交互相关联。

[0061] 在过程520，确定一个或多个参数。一个或多个参数可以包括与在过程510中检测到的操作者交互、操作环境和/或计算机辅助系统(例如运动学链400)相关联的参数。

[0062] 在一些实施例中，在过程520中确定的一个或多个参数包括位置信息，并且基于在

过程510期间从一个或多个传感器450接收的信号来确定。因此，确定与运动学链400的操作者交互的位置信息。在一些实施例中，位置信息包括运动学链400的哪些部分或多个部分正在接收操作者交互、检测到的操作者交互的任何适当的分辨率的一个或多个接触位置等。在一些实施例中，位置信息包括由操作者与之进行交互的运动学链400的具体位置。在一些实施例中，从一个或多个传感器450接收的信号用于确定除位置信息之外的参数。其他参数示例包括：操作者交互的类型、操作者交互的持续时间、与操作者交互相关联的瞬时或历史力、操作者交互的数量等。在一些实施例中，在过程520中确定的一个或多个参数包括与操作者交互相关联的力大小和方向信息和/或与操作者交互相关联的扭矩大小和方向信息。

[0063] 在一些实施例中，一个或多个参数包括以下一项或多项：正在使用计算机辅助设备执行的当前任务；运动学链400的当前姿势；邻近由操作者交互而进行交互的连杆的关节类型；位于由操作者交互而进行交互的连杆之间的关节类型；运动学链是否受到一个或多个自由度的约束以及约束的细节；与操作者交互相关联的作用力的方向；操作者交互的若干接触位置；检测到的一个或多个操作交互中的每一的类型(有意或无意、推动或拉动、触摸或抓取和诸如此类)；邻近检测到的操作者交互的接触位置的关节类型；一个或多个关节参数；计算机辅助系统的操作模式；计算机辅助系统的功能状态和/或诸如此类。一些参数部分或全部由传感器信号以外的数据确定。例如，在一些实施例中，计算机辅助系统的操作模式是根据计算机辅助系统在其操作时存储和更新的状态变量来确定的。

[0064] 还可以组合这些参数以提供对操作者交互的更完整描述，例如针对特定操作者交互，在计算机辅助系统的何种操作模式期间，哪种类型的操作者交互发生在哪些接触位置处。

[0065] 在一些实施例中，在过程520中确定的一个或多个参数包括计算机辅助设备和/或运动学链的当前状态。计算机辅助设备的示例状态包括：处于设置状态；处于故障状态；具有运动中的一个或多个连杆；没有安装任何工具或特定工具；和(在医学示例中)处于有窗帘或有帷帘的无菌操作区域和/或诸如此类。

[0066] 在过程530，确定待置于浮动状态的运动学链400的一个或多个关节。待置于浮动状态的关节431-436(如果有)可以基于在过程520期间确定的参数中的一个或多个，例如基于与运动学链400的第一操作者交互的位置信息。

[0067] 在一些示例中，在单个操作者交互近侧的可配置若干最近关节431-436被置于浮动状态。在一些示例中，在单个操作者交互近侧的关节431-436中的单个关节被置于浮动状态。在一些示例中，在单个操作者交互近侧的可配置数个最近关节431-436被置于浮动状态。在一些示例中，在操作者交互位置的远侧的关节431-436中的至少一个被置于浮动状态。在一些示例中，设置在第一操作者交互的第一接触位置和第二操作者交互的第二接触位置之间的一些或所有关节431-436被置于浮动状态。在一些示例中，在第一接触位置和第二接触位置近侧的关节431-436中的单个关节被置于浮动状态。

[0068] 在一些实施例中，用于确定在过程530中选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括操作者交互的一个或多个位置、操作者交互中的接触数量和/或在过程510中检测到的操作者交互的数量。在一些示例中，操作者经由对特定连杆421-426(或特定关节431-436)的推动或拉动动作而与运动学链400交互。作为响应，关节431-436中的一个或多个被置于浮动状态，使得促进这些关节的运动和与这些关节接触的一个或多个连杆421-426的运动。

作为结果，进一步的操作者交互(例如，对连杆421-426中的任何一个的进一步推动或拉动等)外部操纵运动学链400的至少一部分从初始配置到后续配置。在这样的示例中，置于浮动状态的关节431-436中的一个或多个可以包括在单个操作者交互近侧的一些或所有关节431-436；在单个操作者交互近侧的最近关节431-436的可配置数量；在单个操作者交互近侧的关节431-436中的单个关节；设置在第一操作者交互的第一接触位置和第二操作者交互的第二接触位置之间的一些或全部关节431-436；在第一接触位置和第二接触位置近侧的关节431-436中的单个关节和诸如此类。

[0069] 在一些实施例中，在过程530中用于确定选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括在过程510中检测到的操作者交互的类型(例如，有意或无意、推动或拉动、触摸或抓取和诸如此类)。在一些示例中，当交互未被确定为有意的操作者交互时，关节431-436中没有一个被置于浮动状态，例如当交互是通过对象而不是通过操作者的身体部位时、当确定操作者身体的着装部分已经与运动学链400的一部分碰撞时，或者当确定操作者交互是偶然的时。

[0070] 在一些实施例中，在过程530中用于确定选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括关节431-436的类型，该关节431-436邻近连杆421-426中的与在过程510期间检测到的操作者交互的接触位置相关联的连杆。在一些示例中，运动学链400的关节431-436中的一个或多个关节的组被选择为包括一个或多个致动关节而没有非致动关节。在一些实施例中，运动学链400的关节431-436中的一个或多个关节的组被选择为包括一个或多个非致动关节，这些非致动关节在可受重力影响的方向上没有配置自由度。在一些实施例中，一个这样的非致动关节可以具有仅允许连杆421-426中的一个垂直于重力矢量的运动的单个自由度。因此，在一些实施例中，当非致动关节被置于浮动状态时，被包括在非致动关节中的制动器可以被释放，而没有重力移动连接到非致动关节的连杆的可能性。在一些实施例中，运动学链400的关节431-436中的一个或多个关节的组被选择为包括一个或多个非致动关节，这些非致动关节被配置为在可受重力影响的方向上具有自由度，并且关节被重力补偿、阻尼、部分制动或以其他方式配置为减少重力以无意方式移动连接到非致动关节的连杆421-426中的一个或多个连杆的可能性。

[0071] 在一些实施例中，在过程530中用于确定选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括在过程510中检测到的操作者交互的力的方向。在一些示例中，运动学链400的关节组430被选择为包括能够在检测到的力的方向上运动的关节431-436中的一个或多个关节。在一些实施例中，当力的方向在特定平面中时，包括在关节组430中的关节431-436中的一个或多个关节是在该特定平面中具有自由度的关节。在一些实施例中，当力的方向在特定平面中时，包括在关节组430中的关节431-436中的一个或多个关节是组合起来使得连杆421-426中被交互的连杆在力的方向上能够运动的关节。在一些实施例中，关节组430中的每个关节可以被配置为在包括力方向的分量的方向上具有自由度。在一些实施例中，关节组430中的关节431-436中的一个或多个关节的组合的致动使得连杆能够在力的方向上运动。

[0072] 在一些实施例中，在过程530中用于确定选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括是否对运动学链400的一部分施加约束。在一些示例中，当对运动学链400的一部分施加约束时，在检测到的接触位置远侧的关节431-436中的一些或全部保持在锁定状态并且不被置于浮动状态。在一些示例中，为了进一步促进运动学链400的一部分的运动，在检测

到的操作者交互的近侧和/或远侧的关节431-436中的一个或多个关节被驱动以执行允许运动学链400遵守约束的补偿运动，即使关节431-436中的一个或多个关节处于浮动状态。在一些示例中，当对运动学链400的一部分施加约束时，在检测到的操作者交互近侧的可配置数量的最近关节431-436被置于浮动状态。在一些示例中，当对运动学链400的一部分施加约束时，在检测到的操作者交互近侧的关节431-436中的一些或所有被置于浮动状态。

[0073] 在一些实施例中，在过程530中用于确定选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括是否没有对运动学链400施加约束。在一些示例中，当没有对运动学链400施加约束时，在操作者交互近侧的关节431-436中的一个或多个关节被置于浮动状态。在一些示例中，当没有对运动学链400施加约束时，运动学链400的关节431-436的最近侧关节被置于浮动状态。

[0074] 在一些实施例中，在过程530中用于确定选择哪个关节431-436的一个或多个参数包括当在过程510中检测到操作者交互时，运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备的当前状态。在一些实施例中，运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备的当前状态包括处于设置状态。例如，在设置状态下，运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备不使用末端执行器412执行操作或程序。因此，在一些示例中，在这种状态下，没有对运动学链400施加远侧约束。在一些示例中，当运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备处于设置状态时，当检测到操作者交互时，在操作者交互近侧的关节431-436中的一些或所有被置于浮动状态。

[0075] 在一些实施例中，运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备的当前状态包括运动学链400的至少一部分的运动状态。在一些示例中，当在运动学链400的一部分的运动期间检测到操作者交互时，关节431-436中邻近操作者交互的接触位置的关节被置于浮动模式。因此，运动学链400的运动被修改以减少与操作者或与计算机辅助设备相关联的操作环境中的对象碰撞的影响。在一些示例中，为了进一步促进与接触位置相关联的运动学链400的一部分的运动，同时允许运动学链400遵守约束，关节431-436中的在检测到的操作者交互近侧和/或远侧的一个或多个关节被驱动以执行补偿运动。在一些示例中，关节431-436中的在操作者交互近侧的一些或所有关节被置于浮动状态。在一些示例中，在单个交互近侧的可配置数量的最近关节431-436被置于浮动状态。在一些示例中，关节431-436中的在操作者交互近侧的单个关节被置于浮动状态。在一些示例中，关节431-436中在接触位置远侧的至少一个关节被置于浮动状态。

[0076] 在一些实施例中，运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备的当前状态包括运动学链400和/或包括运动学链400的计算机辅助设备的当前任务或当前姿势。当前任务的示例包括：在将末端执行器412插入患者体内的同时在医疗程序中被采用、将末端执行器412移动到特定位置、执行校准程序和诸如此类。在一些示例中，当在这样的任务期间检测到操作者交互时，或者当运动学链400处于特定姿势时，关节431-436中邻近操作者交互的接触位置的关节被置于浮动模式。在一些示例中，为了在执行当前任务或维持运动学链400的当前姿势的同时进一步促进与接触位置相关联的运动学链400的一部分的运动，关节431-436中的在检测到的操作者交互的近侧和/或远侧的一个或多个关节被驱动以执行补偿运动。在一些示例中，关节431-436中在操作者交互近侧的一些或所有关节被置于浮动状态。在一些示例中，在单个交互近侧的可配置数量的最近关节431-436被置于浮动状

态。在一些示例中，关节431-436中设置在第一操作者交互的第一接触位置和第二操作者交互的第二接触位置之间的一些或所有关节被置于浮动状态。在一些示例中，关节431-436中在第一接触位置和第二接触位置近侧的单个关节被置于浮动状态。在一些示例中，关节431-436中在操作者交互近侧的单个关节被置于浮动状态。在一些示例中，关节431-436中在接触位置远侧的至少一个关节被置于浮动状态。

[0077] 在过程540，被确定为要置于浮动状态的关节431-436中的一个或多个关节被置于浮动状态。在一些实施例中，在浮动状态中，来自具有制动器的关节431-436的关节的制动器被部分地或完全地释放。在一些实施例中，部分地释放制动器以抵消重力或提供阻尼。在一些实施例中，在浮动状态下，由致动器保持在适当定位的关节431-436中的关节的致动器被命令以将关节431-436中的关节致动到当前定位；随着关节通过外部操作移动，命令定位被更新为后来的当前定位。在一些实施例中，还控制致动器以抵消重力或提供阻尼，同时仍促进响应于其他外力的关节移动。

[0078] 在一些实施例中，在一个或多个关节431-436处于浮动状态的同时，在过程510期间检测到的操作者交互、与运动学链400的附加和/或其他操作者交互，和/或运动学链400的其他外部操纵可以使关节431-436中的一个或多个关节改变所在的定位。在一些实施例中，不处于浮动状态的关节431-436中的一个或多个关节可用于执行补偿运动以例如遵守对运动学链400的约束。在美国专利号10,070,931中可以找到当近侧关节经受运动时可施加补偿运动以减少末端执行器运动的具有关节的可重新定位臂的配置和操作的详细描述，该专利的全部内容并入本文。

[0079] 在过程550，检测退出条件。在一些实施例中，退出条件可以对应于处于浮动状态的关节431-436中的一个或多个关节中的低于阈值量的移动和/或关节431-436中的一个或多个关节中的低于阈值量的移动达预定的时间段，例如在美国专利号10,034,717中描述的，该专利的全部内容并入本文。在一些实施例中，退出条件可以对应于自过程540完成以来的预定时间段。在一些实施例中，退出条件可以对应于操作者命令、运动学链400或计算机辅助设备的状态改变、错误条件和/或类似物。如果未检测到这样的退出条件，则过程550重复并且关节431-436中的一个或多个关节保持在浮动状态。如果检测到这样的退出条件，则方法500进行到过程560。

[0080] 在过程560，处于浮动状态的关节431-436中的至少一个关节退出浮动状态。在过程560所示的示例中，这些关节被置于锁定状态。在一些实施例中，在具有制动器的关节431-436的关节的锁定状态下，接合制动器以制动关节并抵抗外部操纵。在一些实施例中，在由致动器保持就位的关节431-436的关节的锁定状态下，致动器被命令保持关节的定位，使得关节的运动被抵消。

[0081] 可以通过返回到过程510来重复方法500以处理与运动学链400的附加操作者交互。此外，在一些实施例中，可以在方法500期间检测附加操作者交互，该附加操作者交互启动用于将运动学链的其他关节置于浮动状态的第二方法500。

[0082] 在图6-图10中更详细地描述了与图1-图5一致的示例性非限制性用例。

[0083] 图6示意性地图示了根据一些实施例的响应于与单个接触位置603的操作者交互的运动学链400。如图所示，操作者经由推动动作601对抗连杆424而与运动学链400进行交互。作为响应，关节431-436中的一些关节被置于浮动状态，使得这样的关节431-436和与这

样的关节431-436接触的一个或多个连杆421-426的运动被促进。图6进一步图示了进一步的操作者交互(例如对抗连杆424进一步向外推、向外拉连杆423等)如何外部操纵运动学链400以从虚线所示的初始配置到实线所示的后续配置。

[0084] 如图6所示,约束602施加在运动学链400上。在图6的示例中,轴411的端部处的末端执行器412已穿过端口插入以进入对象604中的工作空间,并且运动学链400具有限制运动学链400的运动的约束,使得轴411不会相对于端口横向移动。该约束限制轴411围绕端口的位置枢转或移入和移出端口的运动。因此,图6的约束位于推动动作601的远侧。在一些实施例中,约束602可以与施加在图4中的运动学链400上的约束一致,例如末端执行器412相对于对象401的定位。在一些实施例中,约束602可以是软件施加的远程运动中心,其约束偏离运动学链400的远侧连杆的位置的运动,并且与图3中描述的远程运动中心390一致。在医学示例中,约束602可以包括运动学链400与插入患者解剖结构或组织中的套管交互的基于边界的或静态的位置(例如点)。

[0085] 在一些实施例中,响应于操作者交互而被置于浮动状态的关节431-436被选择为包括在被接触的连杆近侧的关节431-436中的一些或全部。例如,在图6所图示的实施例中,在连杆424近侧的关节组430被确定为置于浮动状态。在一些实施例中,关节组430包括最接近和在连杆424近侧的可配置数量(例如,一个、两个、三个等)的关节431-436。在一些实施例中,在连杆424远侧的关节组430被驱动以执行补偿运动,该补偿运动促进与接触位置603相关联的运动学链400的一部分的运动,同时允许运动学链400遵守在连杆424远侧的约束,例如约束602。

[0086] 在图6中,位置603处的操作者交互导致关节434被置于浮动状态。在相同位置603的进一步推动动作导致关节434从原始位置634a移位到最终位置634b。为了使运动学链400能够遵守约束602,关节431、432、433和435被驱动到补偿关节434的运动的新定位,使得轴411停留在与对象604的端口相关联的约束602内。可替代地,关节433、432和/或431中的其他关节可置于浮动状态,其中关节431-436中不处于浮动状态的一个或多个关节用于提供补偿运动以使运动学链400能够遵守约束602。如图6所示,关节434的定位已经从连杆423和连杆424之间的初始角度634c改变为最终角度634d。当关节434从浮动状态切换出并切换回到非浮动状态(可以是锁定状态)时,例如当推动动作601和/或其他操作者交互被确定已经停止时,关节433和434再次将自身保持在固定姿势。在一些示例中,当关节433或434是非致动关节时,非致动关节的制动器被采用以保持关节的当前姿势,例如以补偿由基于关节的传感器452所测量的重力。可替代地,当关节433或434是致动关节时,被包括在致动关节中的致动器和/或制动器可以被采用在致动关节中以保持致动关节的当前姿势。

[0087] 图7示意性地图示了根据一些实施例的当不存在约束时响应于在单个接触位置703处具有推动动作701的操作者交互的运动学链400。如图所示,操作者经由推动动作701对抗连杆424而与运动学链400进行交互。作为响应,关节431-436中的一些被置于浮动状态,从而使得这些关节和与这些关节接触的一个或多个连杆421-426的运动成为可能。如图7所示,运动学链400的姿势当前不由约束进行约束。在一些实施例中,运动学链400可以处于设置状态,其中运动学链400没有耦接到用于进入工作空间的端口,或者耦接到运动学链400的工具的末端执行器412没有与工作空间接合。

[0088] 在一些实施例中,当在单个接触位置703处检测到推动动作701并且运动学链400

当前不由约束进行约束时，在单个接触位置703近侧的关节431-436中的特定关节被置于浮动状态。因此，末端执行器412和运动学链400的一些或所有连杆421-426通过继续推动动作701和/或在关节431-436中的特定关节已被置于浮动状态之后所施加的进一步操作者交互来移动。如图7所示，置于浮动状态的关节431-436中的特定关节是关节431，其位于静止基部402处。在一些实施例中，关节431被置于浮动状态，而关节432-436保持锁定状态。因此，在一些实施例中，最近侧关节431被置于浮动状态。作为结果，连杆421-426和关节432-436响应于推动动作701而围绕关节431旋转。在一些实施例中，关节431-436中的一些其他关节被置于浮动状态，例如紧邻在单个接触位置703近侧的关节434。在这样的实施例中，操作者交互导致连杆424-426以及关节435和436响应于推动动作701而围绕关节434旋转。在一些实施例中，是来自单个接触位置703的整数“N”个关节的近侧关节被置于浮动状态。例如，当N＝3时，关节432响应推动动作701，导致连杆422-426和关节433-436围绕关节432旋转。在一些实施例中，在操作者交互近侧的关节431-436中的两个或多个关节可以置于浮动状态。在一些实施例中，在来自单个接触位置703的N个关节内的近侧关节被置于浮动状态。例如，当N＝3时，关节432、433和434置于浮动状态。

[0089] 图8示意性地图示了根据一些实施例的当不存在约束时响应于与两个接触位置803a和803b的操作者交互的运动学链400。如图所示，一个或多个操作者经由对抗连杆421-426中的两个不同连杆(连杆423和连杆424)的两个拉动(或推动)动作801而与运动学链400交互。作为响应，关节431-436中的一些关节被置于浮动状态，使得这些关节和与这些关节接触的一个或多个连杆421-426能够运动。在图8所图示的实施例中，运动学链400的姿势当前不由约束进行约束。

[0090] 在一些实施例中，当检测到动作801并且运动学链400当前不由约束进行约束时，在两个接触位置803a和803b近侧的关节431-436中的一个或多个关节被置于浮动状态。因此，由于关节431-436的其余关节保持在锁定状态，末端执行器412和运动学链400的连杆421-426中的一些或全部连杆通过继续动作801和/或在关节431-436中的一个或多个关节已经被置于浮动状态之后所施加的进一步操作者交互而移动。如图8所示，关节431置于浮动状态，这是运动学链400的最近侧关节。在其他实施例中，紧邻在最近侧接触位置(例如，接触位置803a)近侧的关节431-436中的关节被置于浮动状态，例如关节433。在一些实施例中，被置于浮动状态的关节是近侧关节，其是距最近侧接触位置803a的N个关节。在一些实施例中，在接触位置803a或803b近侧的关节431-436中的一个、两个或多个关节被置于浮动状态。

[0091] 图9示意性地图示了根据一些实施例的当存在约束902时响应于与两个接触位置903a和903b的操作者交互的运动学链400。如图所示，一个或多个操作者经由对抗连杆421-426中的两个不同连杆(连杆423和连杆424)的两个拉动(或推动)动作901而与运动学链400交互。作为响应，关节431-436中的一个或多个关节被置于浮动状态，使得这些关节和连杆421-426中的一个或多个连杆的运动成为可能。在图9所图示的实施例中，运动学链400的姿势当前由约束902进行约束。在一些实施例中，约束902可以与施加在图4中的运动学链400上的约束一致，例如末端执行器412相对于对象401的定位。

[0092] 在一些实施例中，设置在接触位置903a和903b之间的关节431-436中的关节维持在锁定状态，而在最远侧接触位置(接触位置903b)远侧的一个或多个关节置于浮动状态

和/或者在最近接触位置(接触位置903a)近侧的一个或多个关节被置于浮动状态。在图9所图示的实施例中,关节431、432、433和435被置于浮动状态,关节434保持锁定状态,关节435和/或436被选择驱动以执行补偿运动。因此,可以控制连杆421-425以如所示地响应于拉动(或推动)动作901和/或进一步的拉动或推动动作而移动,而连杆423和424相对于彼此保持静止并且运动学链的姿势遵守约束902。

[0093] 图10示意性地图示了根据一些实施例的当存在约束1002时响应于与两个接触位置1003a和1003b的操作者交互的运动学链400。如图所示,一个或多个操作者经由对抗连杆421-426的两个不同连杆(连杆422和连杆424)的两个拉动(或推动)动作1001而与运动学链400交互。因此,关节431-436中的一个或多个关节设置在接触位置1003a和接触位置1003b之间:关节433和关节434。在该实施例中,当通过在两个接触位置处的接触检测到操作者交互(示出拉动动作1001或推动动作)并且同时运动学链400当前由约束1002进行约束时,设置在两个接触位置之间的关节431-436中的一个或多个关节置于浮动状态。因此,响应于操作者交互,使这些关节以及至少连杆422和连杆424的运动成为可能。如图10所示,设置在接触位置1003a和接触位置1003b之间的每个关节433和434被置于浮动状态。在一些实施例中,未设置在接触位置1003a和接触位置1003b之间的关节431-436的附加关节也被置于浮动状态。在一些示例中,在最近侧接触位置(例如,接触位置1003a)近侧的关节431-436中的一个或多个关节也可以置于浮动状态。在另一示例中,在最远侧接触位置(例如,接触位置1003b)远侧的关节431-436中的一个或多个关节也可以置于浮动状态。

[0094] 例如控制单元130的控制单元的一些示例可以包括非瞬态的、有形的、机器可读的介质,该介质包括可执行代码,该代码当由一个或多个处理器(例如,处理器140)运行时,可以使一个或多个处理器执行方法1000的过程。可以包括方法1000的过程的一些常见形式的机器可读介质是例如软盘、可折叠磁盘、硬盘、磁带、任何其他磁性介质、CD-ROM、任何其他光学介质、穿孔卡片、纸磁带、具有孔图案的任何其他物理介质、RAM、PROM、EPROM、FLASH-EPROM、任何其他存储芯片或盒式磁带,和/或处理器或计算机适用于读取的任何其他介质。

[0095] 尽管已经示出和描述了说明性实施例,但是应当理解,这样的实施例仅仅是说明性的而不是限制广泛的发明概念。在前述公开中设想了广泛的修改、改变和替换,并且在一些情况下,可以采用实施例的一些特征而不相应地使用其他特征。本领域普通技术人员将认识到许多变化、替代和修改。因此,本发明的范围应仅由随附权利要求及其等同物来限制。

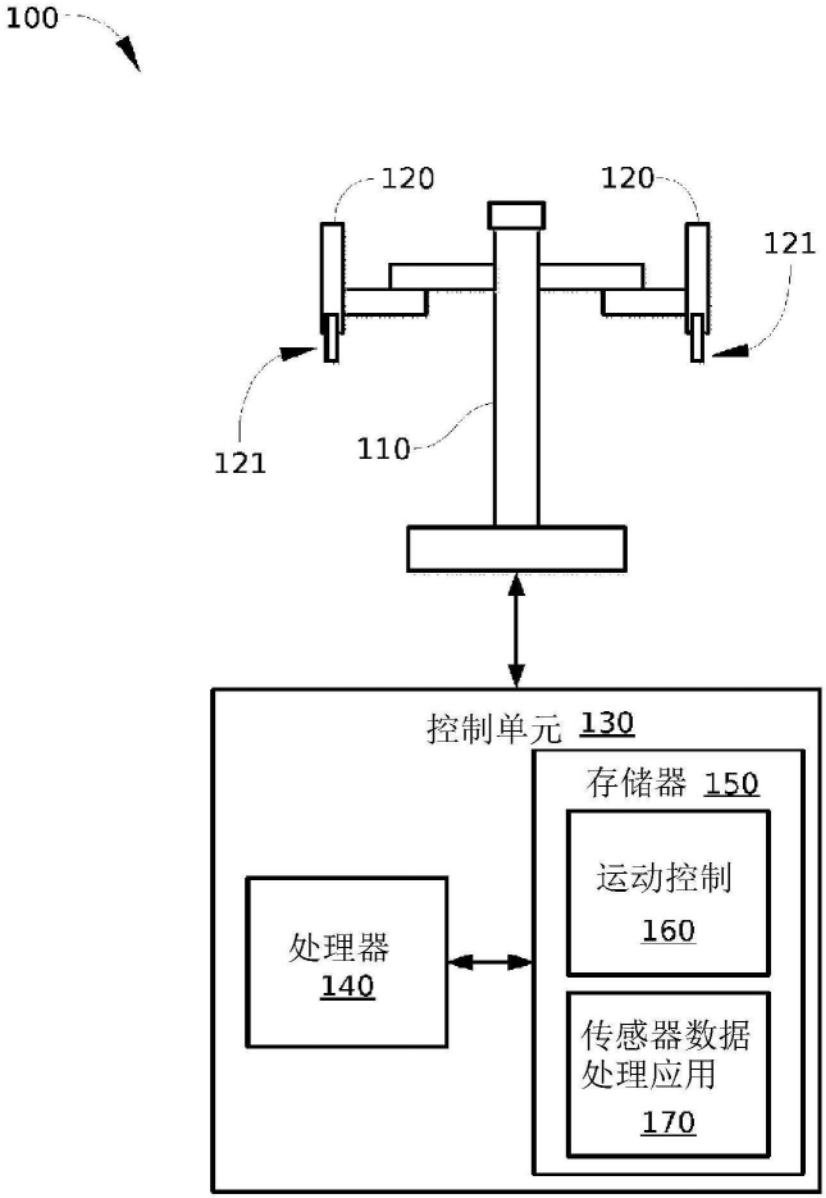

100
120
120
121
121
110
控制单元 130
存储器 150
运动控制
160
处理器
140
传感器数据
处理应用
170

图1

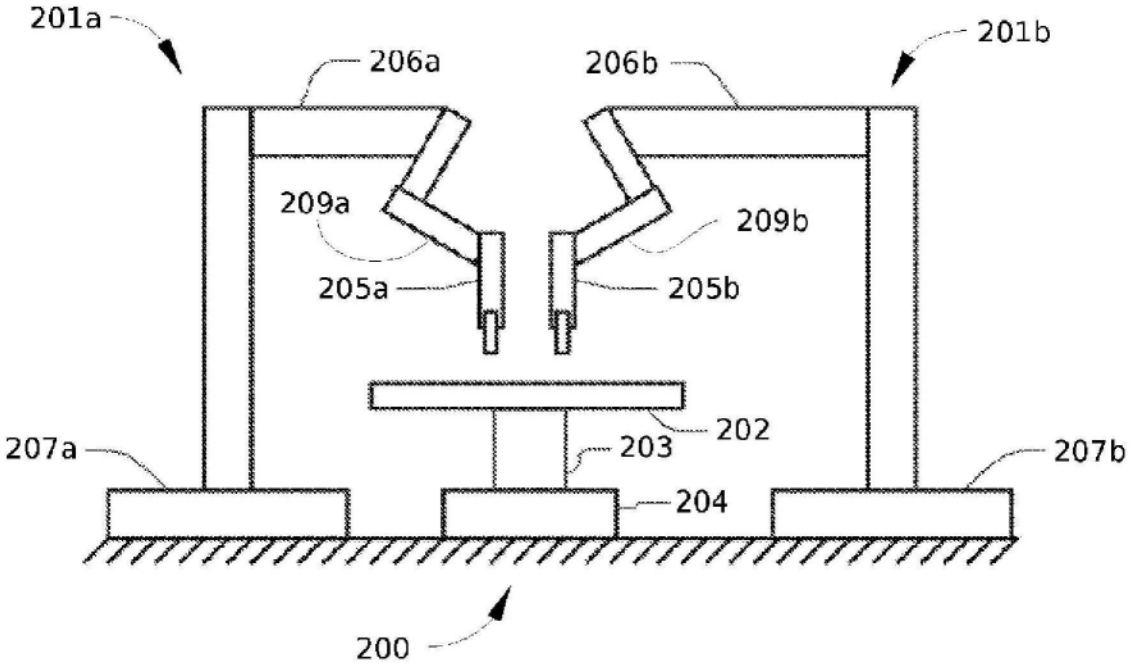

201a
206a
206b
201b
209a
209b
205a
205b
202
203
207a
207b
204
200

图2A

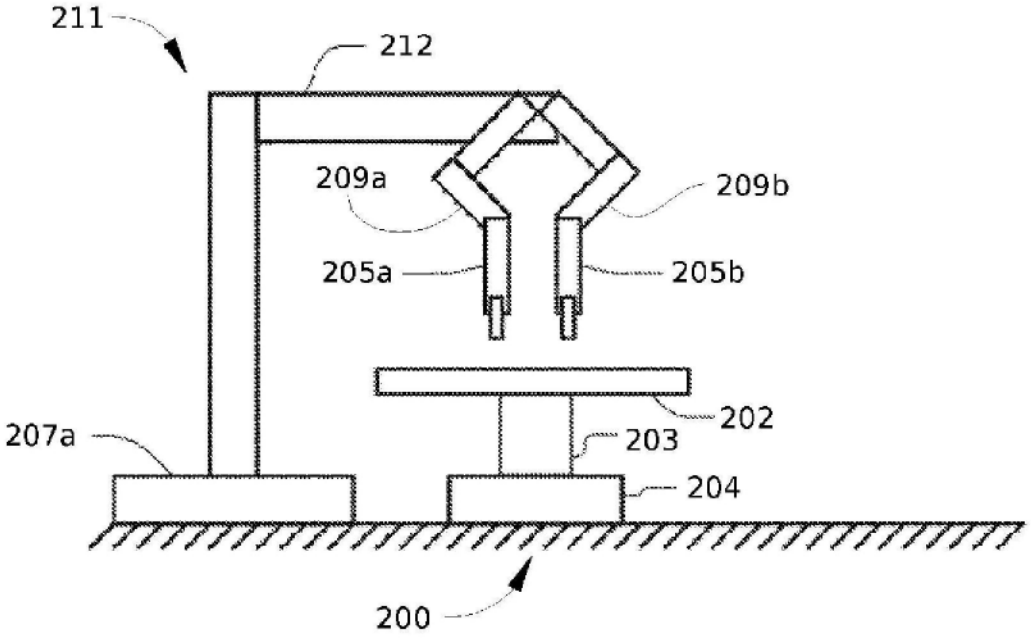

211
212
209a
209b
205a
205b
202
203
207a
204
200

图2B

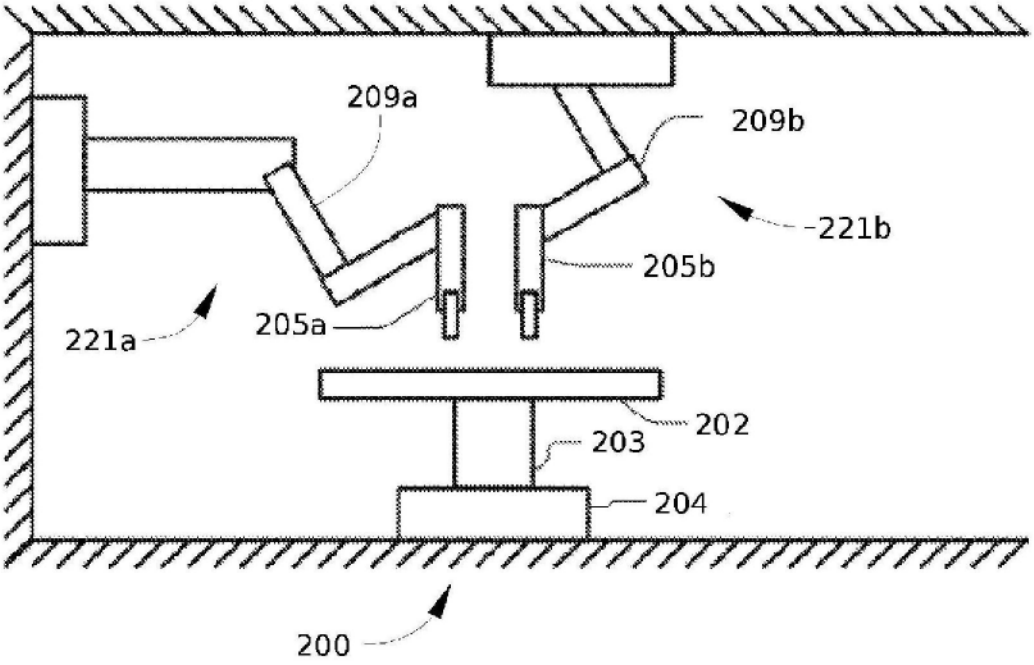

209a
209b
221b
205b
221a
205a
202
203
204
200

图2C

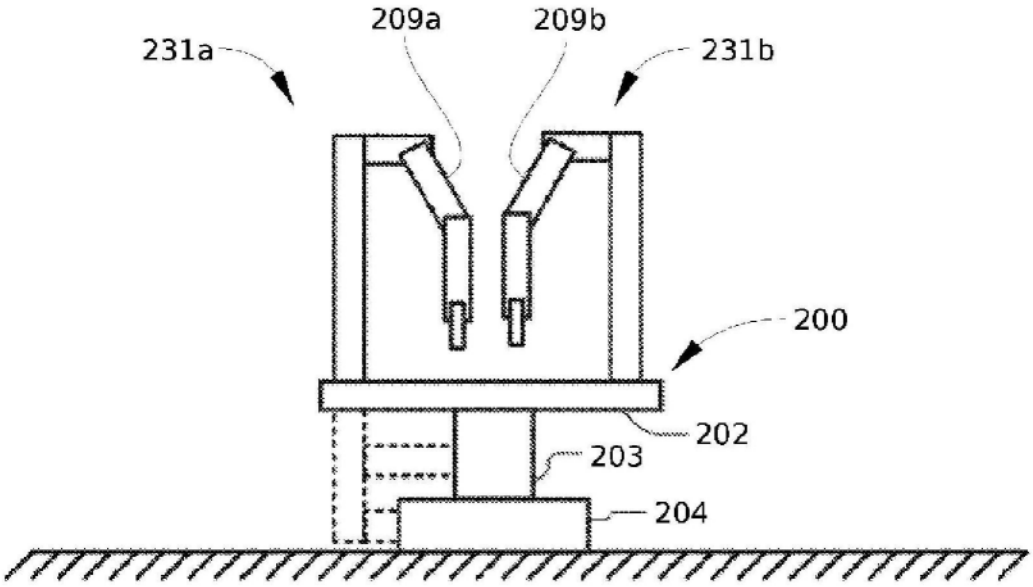

209a
209b
231a
231b
200
202
203
204

图2D

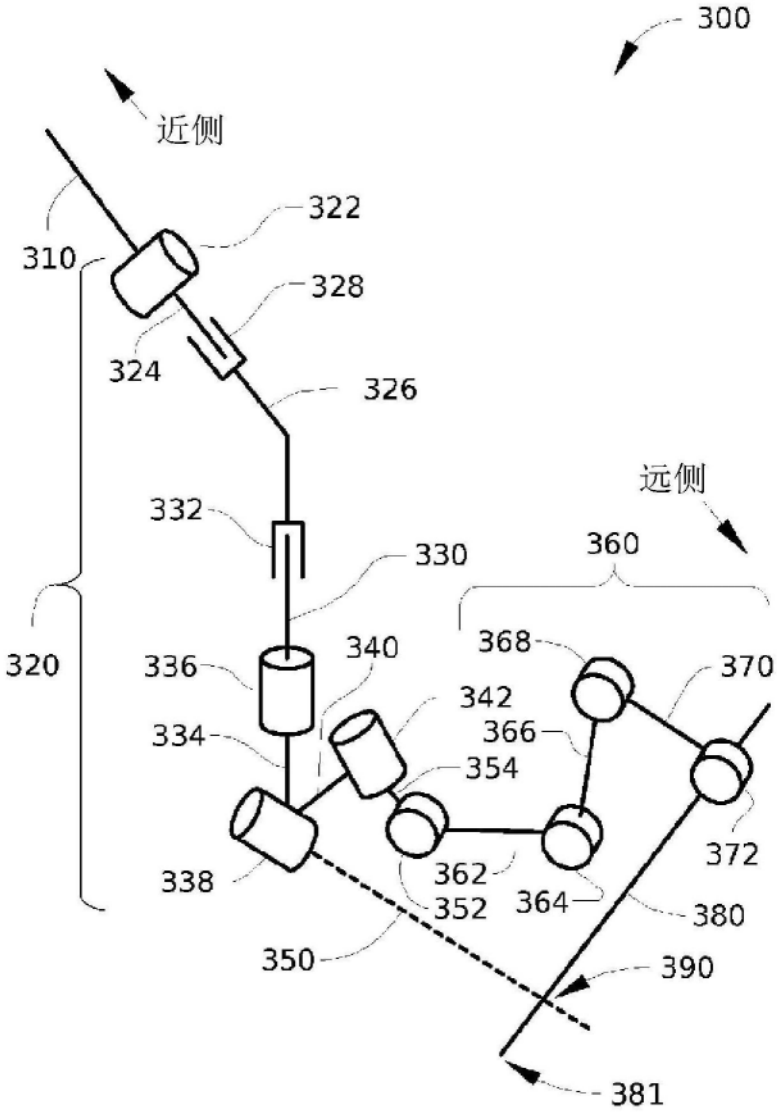

300
近侧
310
322
328
324
326
远侧
332
330
360
320
336
340
368
370
342
334
366
354
372
338
362
352
364
380
350
390
381

图3

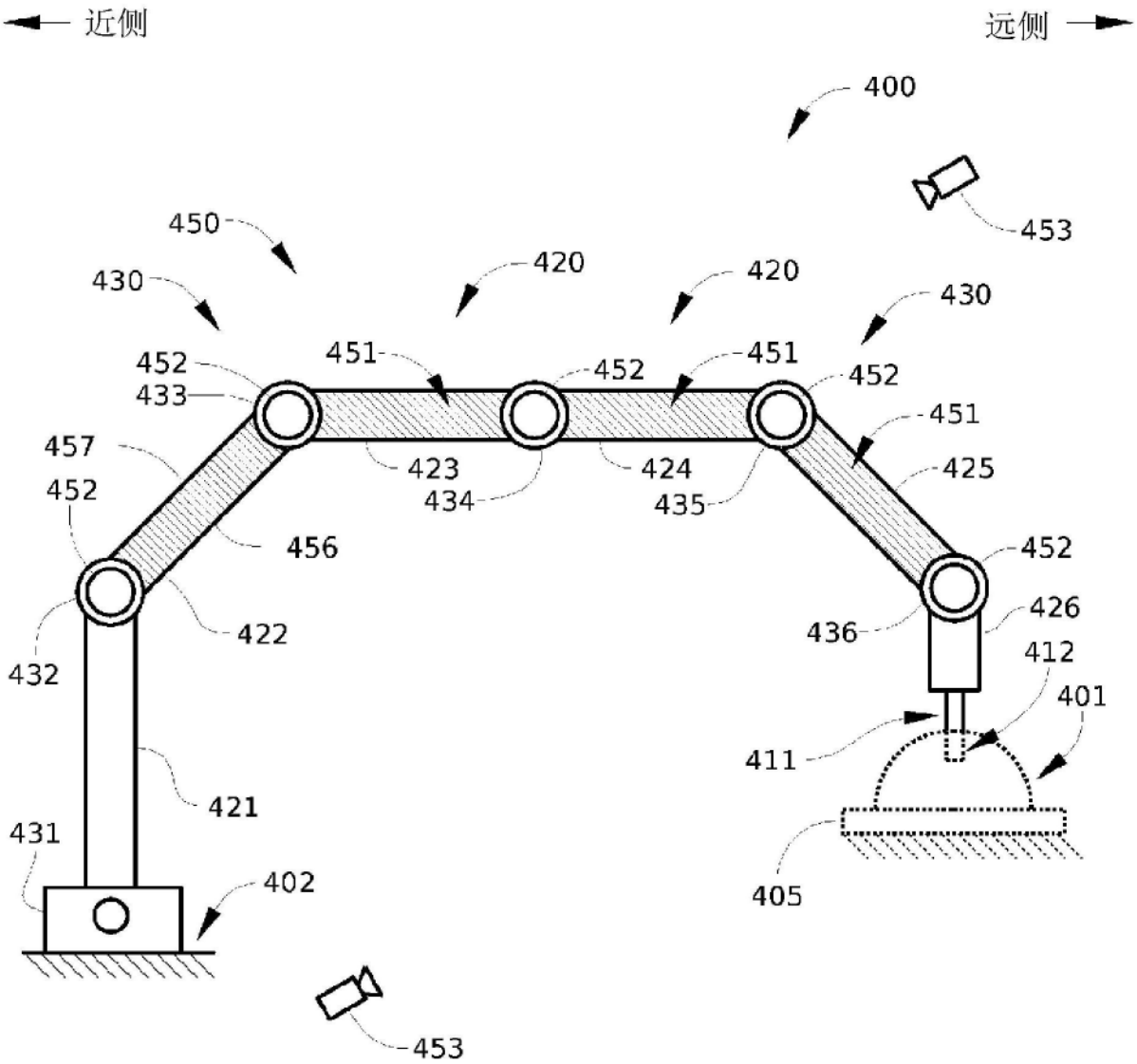

近侧
远侧
400
453
450
420
420
430
430
452
451
452
451
452
433
451
457
423
424
425
452
434
435
456
452
422
436
426
432
412
401
411
421
431
402
405
453

图4

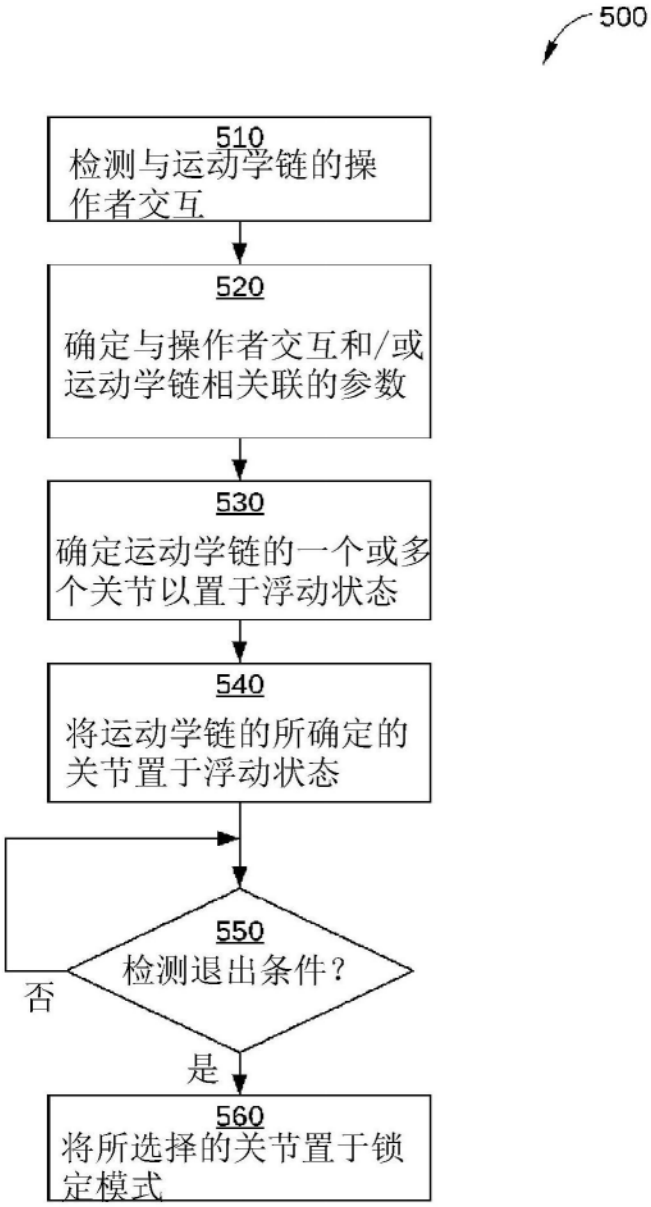

500
510
检测与运动学链的操作者交互
520
确定与操作者交互和/或运动学链相关联的参数
530
确定运动学链的一个或多个关节以置于浮动状态
540
将运动学链的所确定的关节置于浮动状态
550
检测退出条件？
否
是
560
将所选择的关节置于锁定模式

图5

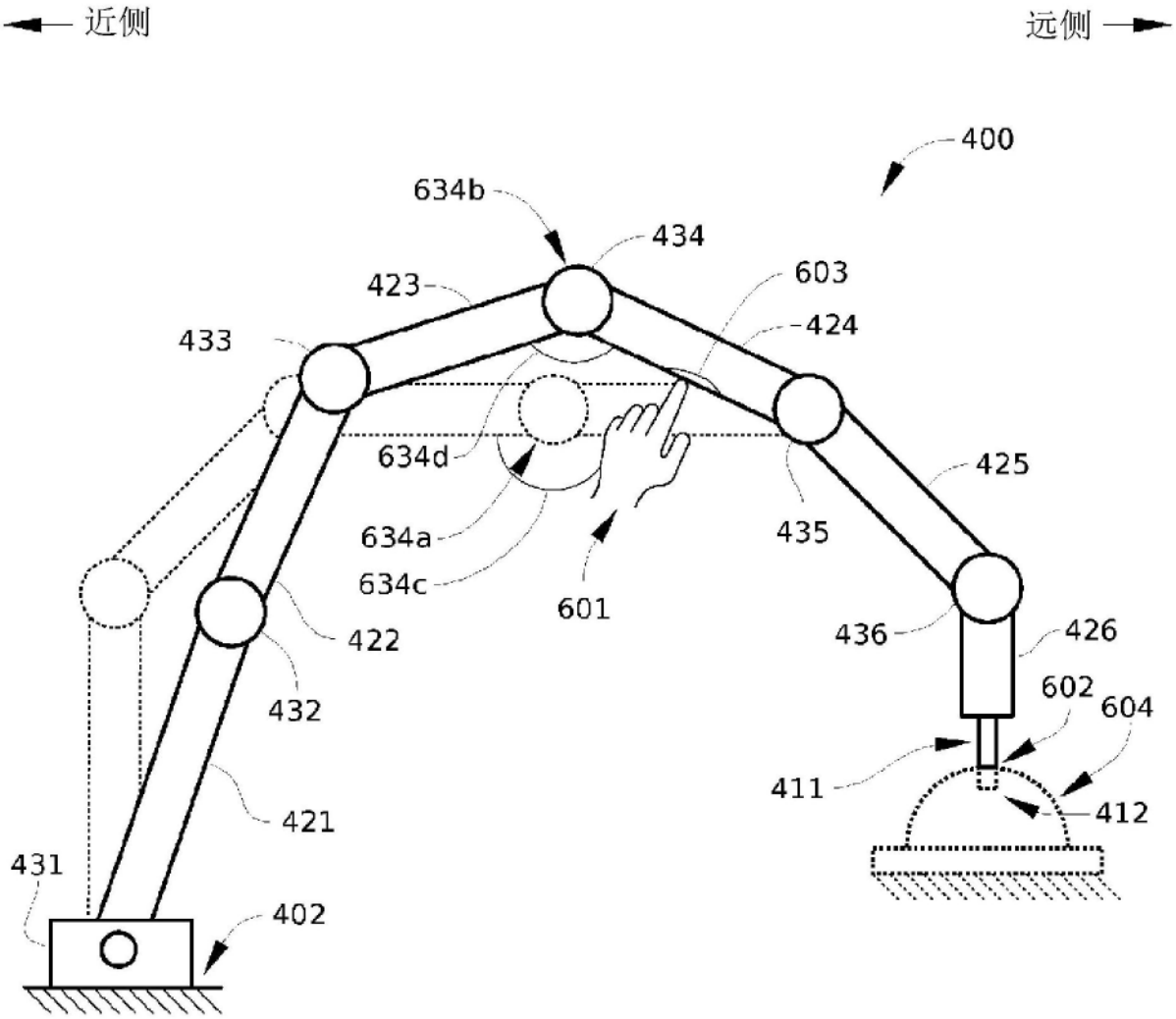

近侧
远侧
400
634b
434
423
603
424
433
634d
425
634a
435
634c
601
422
436
426
432
602
604
411
412
421
431
402

图6

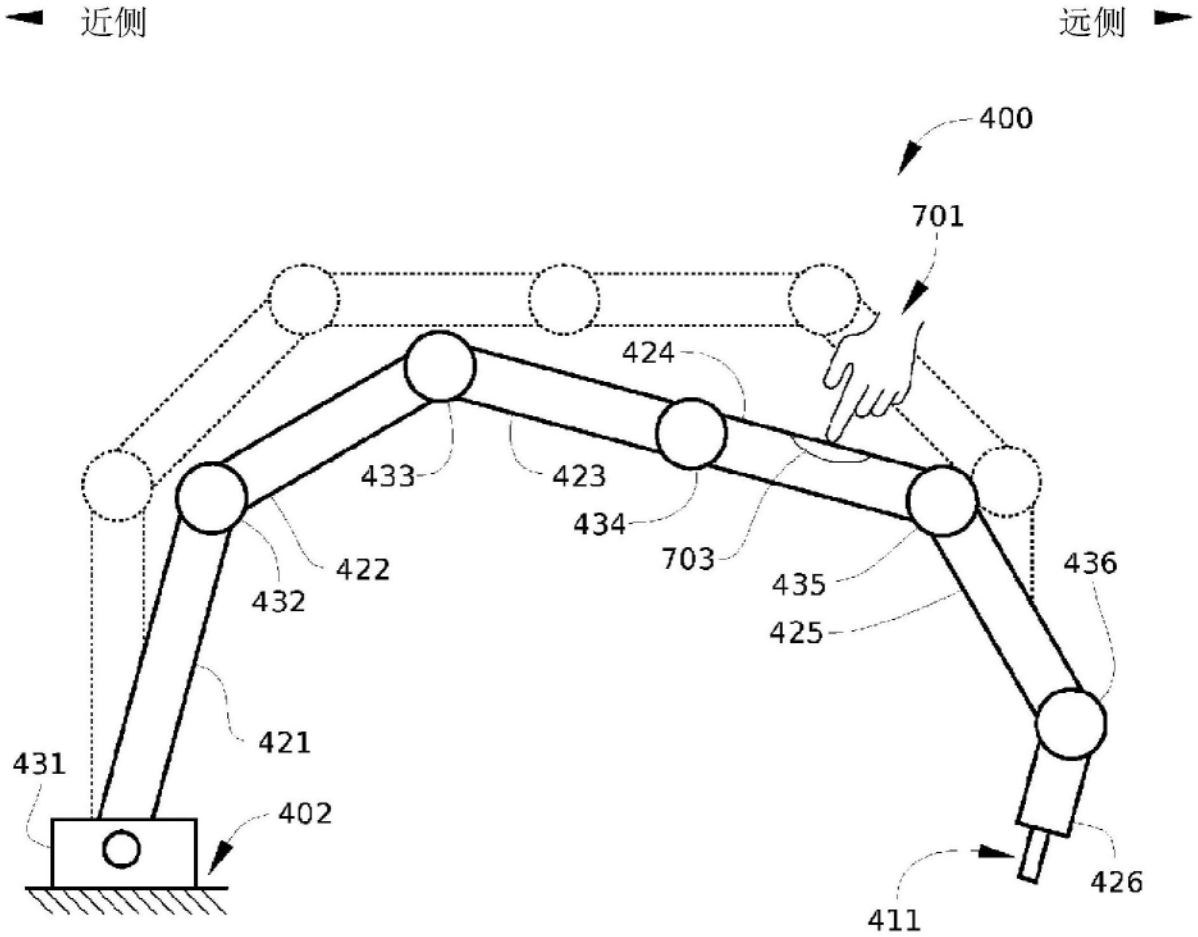

近侧
远侧
400
701
424
433
423
434
703
422
432
435
436
425
421
431
402
426
411

图7

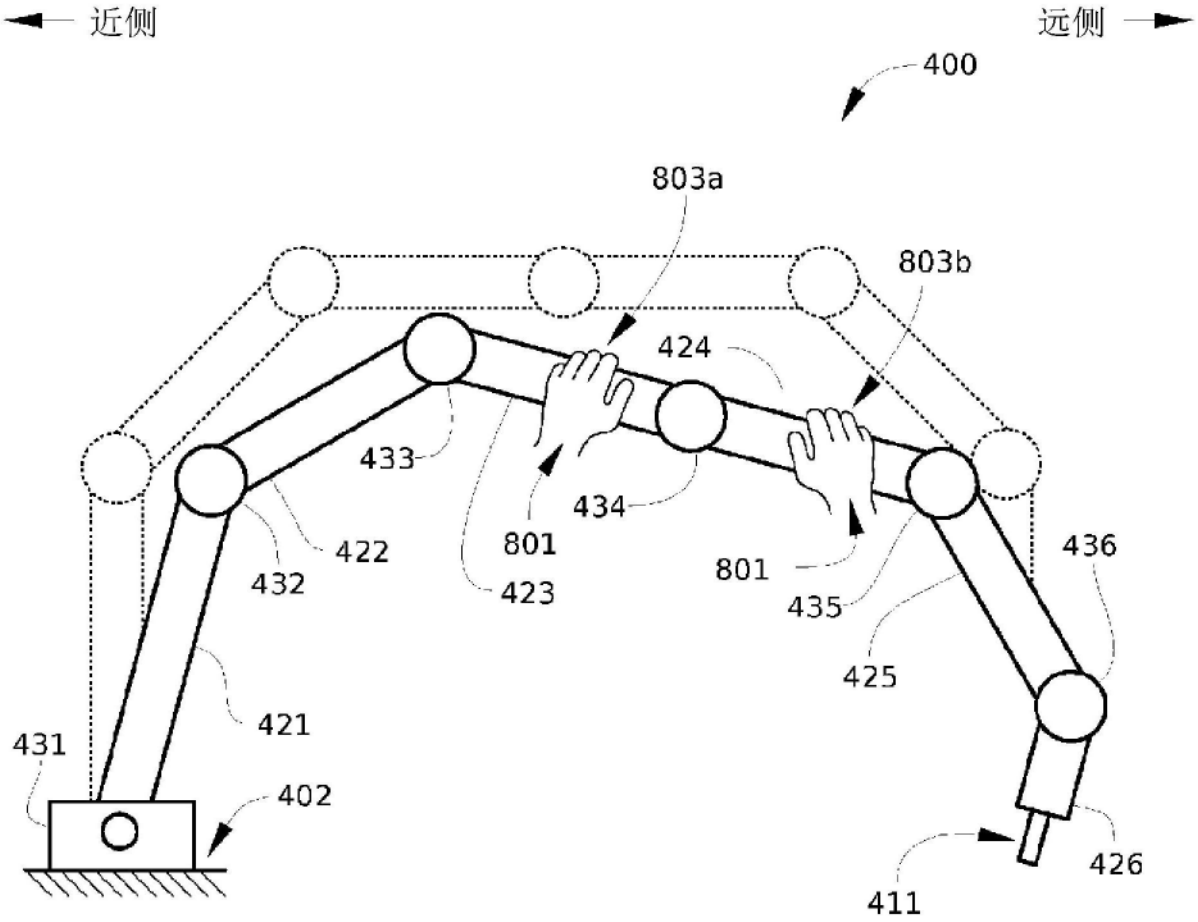

近侧
远侧
400
803a
803b
424
433
434
422
801
801
432
423
435
436
425
421
431
402
426
411

图8

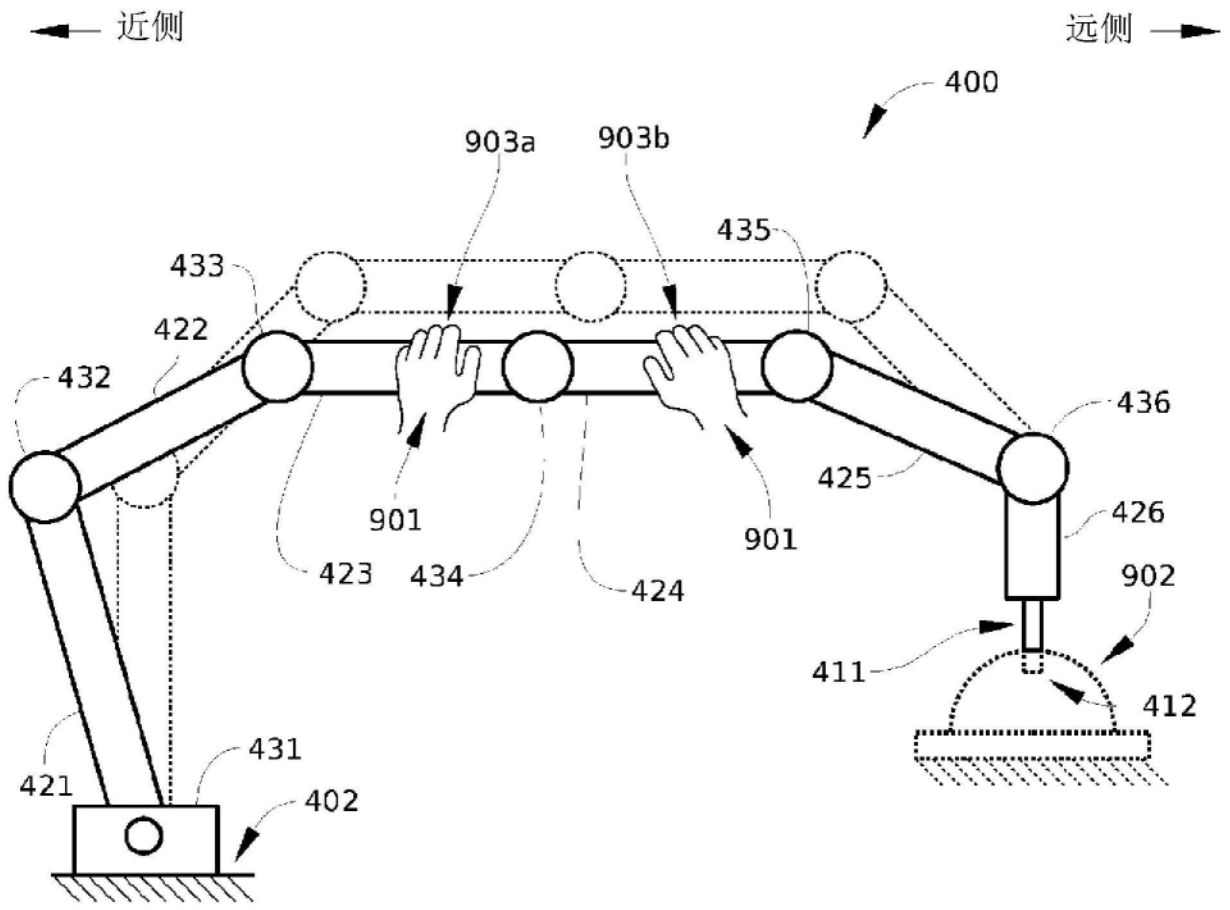

近侧
远侧
400
903a
903b
435
433
422
432
436
425
426
901
901
423
434
424
902
411
412
431
421
402

图9

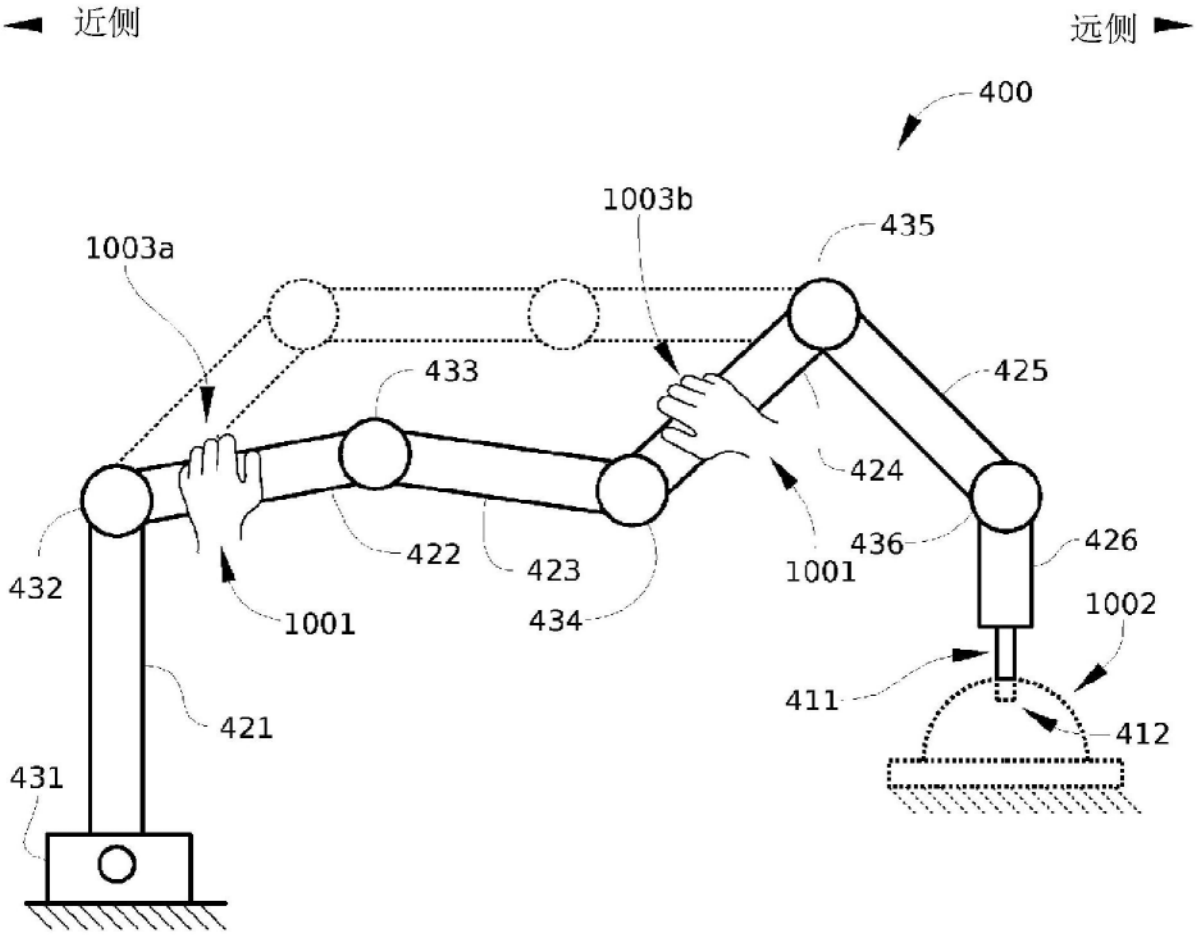

近侧
远侧
400
1003b
435
1003a
433
425
424
432
422
423
1001
436
426
1001
434
1002
411
421
412
431

图10