(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106102644 B
(45)授权公告日 2019.01.11

(21)申请号 201580014403.4

(22)申请日 2015.03.17

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106102644 A

(43)申请公布日 2016.11.09

(30)优先权数据
61/954,452 2014.03.17 US
62/019,311 2014.06.30 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.09.14

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/021047 2015.03.17

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2015/142907 EN 2015.09.24

(73)专利权人 直观外科手术操作公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 P·G·格里菲思 P·W·莫尔 B·D·伊科威兹 T·R·尼克松 R·迪万根佐

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
代理人 赵志刚 赵蓉民

(51)Int.Cl.
A61B 90/00(2016.01)

(56)对比文件
US 2009192524 A1,2009.07.30,
CN 101791233 A,2010.08.04,
CN 102892374 A,2013.01.23,
CN 101227870 A,2008.07.23,

审查员 任春颖

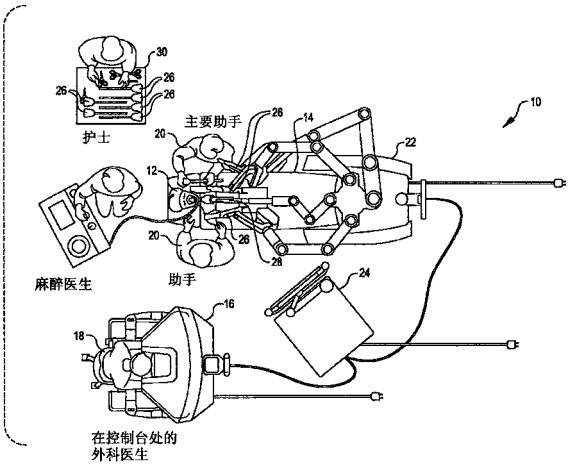
权利要求书6页 说明书28页 附图22页

(54)发明名称

避免活动范围极限的自动推出

(57)摘要

机器人和/或手术装置、系统和方法包括运动联动装置结构和被配置成有利于准备系统使用的相关联的控制系统。在一些实施例中，被主动驱动的关节将响应于操纵器中的一个的移动而移动支撑多个操纵器的平台结构，从而通过将作为单元的那些多个操纵器移动成与工作空间对准而促进并且加快整个系统的布置。还提供系统和方法，从而当退出装配模式时，保持运动链的一个、一些或全部关节远离硬止动件或与关节相关联的物理活动范围极限，或以其它方式维持运动链的一个、一些或全部关节的期望活动范围。



CN 106102644 B

1.一种控制机器人系统的方法,所述机器人系统具有通过装配联动装置与支撑结构耦接的操纵器,所述装配联动装置包括具有关节活动范围的至少一个关节,所述装配联动装置被配置成有利于所述操纵器与相对于所述支撑结构的期望位置和定向的对准,所述装配联动装置进一步包括驱动或制动系统,所述驱动或制动系统被配置成当致动时限制所述装配联动装置相对于所述支撑结构的无意移动,所述方法包括:

识别与所述关节的第一物理活动范围极限间隔一距离的第一软件限定的活动范围极限,并且限定在所述第一软件限定的活动范围极限与所述第一物理活动范围极限之间的第一活动范围极限包络;

接收用于暂停通过所述驱动或制动系统的驱动或制动的用户输入,以通过所述装配联动装置的所述至少一个关节的移动允许所述操纵器相对于所述支撑结构的手动定位;

响应于接收所述用户输入,暂停通过所述驱动或制动系统的驱动或制动;

检测在所述关节活动范围内的所述关节的关节位置;并且

接收用于通过所述驱动或制动系统再应用所述驱动或制动的用户输入,并且作为响应,当所述关节位置被检测在所述第一活动范围极限包络内时,将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟至少一持续时间。

2.根据权利要求1所述的方法,其中所述关节活动范围在所述第一物理活动范围极限和第二活动范围极限之间,并且其中所述方法进一步包括识别与所述关节的第二物理活动范围极限间隔一距离的第二软件限定的活动范围极限,并且限定在所述第二软件限定的活动范围极限与所述第二物理活动范围极限之间的第二活动范围极限包络;并且其中当所述关节位置被检测在所述第一活动范围极限包络或所述第二活动范围极限包络内时,将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟至少所述持续时间。

3.根据权利要求2所述的方法,其中所述关节包括棱柱关节,其中当所述棱柱关节处于完全延伸的配置时达到所述第一物理活动范围极限,并且其中当所述棱柱关节处于完全压缩的配置时达到所述第二物理活动范围极限,并且其中所述第一活动范围极限包络为所述第一软件限定的活动范围极限与所述第一物理活动范围极限之间的0.5英寸或更小的活动范围,并且所述第二活动范围极限包络为所述第二软件限定的活动范围极限与所述第二物理活动范围极限之间的0.5英寸或更小的活动范围。

4.根据权利要求3所述的方法,其中所述棱柱关节包括:

在所述第一物理活动范围极限处的在所述第一活动范围极限包络内延伸以抵抗所述棱柱关节移动成所述完全延伸的配置的一个或多个第一弹簧,以及

在所述第二物理活动范围极限处的在所述第二活动范围极限包络内延伸以抵抗所述棱柱关节移动成所述完全压缩的配置的一个或多个第二弹簧。

5.根据权利要求4所述的方法,其中通过检测分别在所述第一物理活动范围极限或所述第二物理活动范围极限处的所述一个或多个第一弹簧或所述一个或多个第二弹簧的压缩,而在所述第一活动范围极限包络或所述第二活动范围极限包络内检测关节位置。

6.根据权利要求4所述的方法,其中在延迟通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的所述再应用时,分别在所述第一物理活动范围极限或所述第二物理活动范围极限处的所述一个或多个第一弹簧和所述一个或多个第二弹簧被配置成分别

吸收朝相关联的第一和第二物理活动范围极限的活动，并且被动地将所述关节推回到所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限之间的位置。

7.根据权利要求6所述的方法，进一步包括：在所述一个或多个第一弹簧或所述一个或多个第二弹簧被动地将所述关节推回到所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限之间的所述活动范围内的位置后，重新启动通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动。

8.根据权利要求1所述的方法，进一步包括：在将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟所述持续时间之后，在所述关节被定位在所述第一活动范围极限包络内的同时重新启动通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动；以及以操作员可察觉的方式输出误差信号。

9.根据权利要求8所述的方法，进一步包括：在所述关节被移动到在所述第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的优选活动范围内的位置后，清除所述误差信号，并且在所述关节被定位在所述优选活动范围内的情况下再应用通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动。

10.根据权利要求1所述的方法，其中所述驱动或制动系统包括驱动系统，并且其中所述驱动系统包括与机械恒力弹簧耦接的马达，并且其中所述方法进一步包括当在所述第一活动范围极限包络内检测所述关节的所述关节位置时，驱动所述马达以增加与所述机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。

11.根据权利要求10所述的方法，进一步包括：当所述关节接近所述第一软件限定的活动范围极限时，增加所述机械恒力弹簧的所述弹簧常数。

12.一种远程操作系统，其包括：

操纵器，所述操纵器通过装配联动装置与支撑结构耦接，所述装配联动装置包括具有在第一物理活动范围极限与第二物理活动范围极限之间的活动范围的至少一个关节，所述装配联动装置被配置成有利于所述操纵器与相对于所述支撑结构的期望位置和定向的对准，所述装配联动装置进一步包括驱动或制动系统，所述驱动或制动系统可操作地耦接到所述装配联动装置并且被配置成当致动时限制所述装配联动装置相对于所述支撑结构的无意移动；以及

计算单元，所述计算单元与所述装配联动装置的所述驱动或制动系统耦接，所述计算单元被配置成检测在所述活动范围内的所述关节的位置，所述计算单元识别与所述关节的所述第一物理活动范围极限间隔一距离的第一软件限定的活动范围极限，并且限定在所述第一软件限定的活动范围极限与所述第一物理活动范围极限之间的第一活动范围极限包络，并且识别与所述关节的所述第二物理活动范围极限间隔一距离的第二软件限定的活动范围极限，并且限定在所述第二软件限定的活动范围极限与所述第二物理活动范围极限之间的第二活动范围极限包络；

其中所述计算单元被配置成操作所述装配联动装置的所述驱动或制动系统，以增加对所述关节朝所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限的手动移动的阻力；

其中，当所述计算单元检测定位在所述第一活动范围极限包络或所述第二活动范围极限包络内的所述关节时，所述计算单元被配置成将通过所述装配联动装置的所述驱动或制

动系统的所述驱动或制动的再应用延迟至少阈值持续时间。

13.根据权利要求12所述的远程操作系统，其中所述关节包括棱柱关节，其中当所述棱柱关节处于完全延伸的配置时达到所述第一物理活动范围极限，并且其中当所述棱柱关节处于完全压缩的配置时达到所述第二物理活动范围极限，并且其中所述第一活动范围极限包络为所述第一软件限定的活动范围极限与所述第一物理活动范围极限之间的0.5英寸或更小的活动范围，并且所述第二活动范围极限包络为所述第二软件限定的活动范围极限与所述第二物理活动范围极限之间的0.5英寸或更小的活动范围。

14.根据权利要求13所述的远程操作系统，其中所述棱柱关节包括：

在所述第一物理活动范围极限处的在所述第一活动范围极限包络内延伸以抵抗所述棱柱关节移动成所述完全延伸的配置的一个或多个第一弹簧，以及

在所述第二物理活动范围极限处的在所述第二活动范围极限包络内延伸以抵抗所述棱柱关节移动成所述完全压缩的配置的一个或多个第二弹簧。

15.根据权利要求14所述的远程操作系统，其中在所述第一物理活动范围极限处的所述一个或多个第一弹簧和在所述第二物理活动范围极限处的所述一个或多个第二弹簧被配置成当压缩时屈服3mm到3.5mm。

16.根据权利要求14所述的远程操作系统，进一步包括：被定位在所述第一物理活动范围极限处的缓冲器，该缓冲器当被压缩时提供1mm到1.5mm的材料变形；以及被定位在所述第二物理活动范围极限处的缓冲器，该缓冲器当被压缩时提供1mm到1.5mm的材料变形。

17.根据权利要求14所述的远程操作系统，其中所述计算单元通过检测在所述第一物理活动范围极限或所述第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧的压缩来检测在所述第一活动范围极限包络或所述第二活动范围极限包络内的关节位置。

18.根据权利要求14所述的远程操作系统，其中在所述计算单元延迟通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用时，在所述第一物理活动范围极限处的所述一个或多个第一弹簧被配置成被动地将所述关节推回到所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限之间的位置。

19.根据权利要求18所述的远程操作系统，其中在所述一个或多个第一弹簧被动地将所述关节推回到所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限之间的所述活动范围内的位置后，所述计算单元重新启动通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动。

20.根据权利要求12所述的远程操作系统，其中所述阈值持续时间为3秒到8秒。

21.根据权利要求20所述的远程操作系统，其中在所述计算单元将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟所述阈值持续时间之后，所述计算单元允许在所述关节被定位在所述第一活动范围极限包络内或在所述第二活动范围极限包络内的同时，再应用通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动，并且当在所述关节被定位在所述第一活动范围极限包络内或在所述第二活动范围极限包络内的情况下再应用所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动时，所述计算单元以操作员可察觉的方式输出误差信号。

22.根据权利要求21所述的远程操作系统，其中所述计算单元在所述关节被移动到所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限之间的所述活动范

围内的位置之后清除所述误差信号，并且所述计算单元在所述关节被定位在所述第一软件限定的活动范围极限和所述第二软件限定的活动范围极限之间的情况下允许通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的所述再应用。

23.根据权利要求12所述的远程操作系统，其中所述驱动或制动系统包括驱动系统，其中所述远程操作系统进一步包括所述驱动系统，并且其中所述驱动系统包括与机械恒力弹簧耦接的马达，并且其中所述计算单元与所述马达耦接并且驱动所述马达，以当所述计算单元检测在所述第一活动范围极限包络内的所述关节的所述位置时，增加与所述机械恒力弹簧相关联的弹簧常数，并且当所述计算单元检测在所述第二活动范围极限包络内的所述关节的所述位置时，增加与所述机械恒力弹簧相关联的所述弹簧常数。

24.根据权利要求23所述的远程操作系统，其中所述计算单元被配置成当所述关节接近所述第一软件限定的活动范围极限或所述第二软件限定的活动范围极限时，逐渐增加所述机械恒力弹簧的所述弹簧常数。

25.一种医疗装置，其包括：

操纵器，所述操纵器通过装配联动装置与支撑结构耦接，所述装配联动装置包括至少一个关节并且被配置成有利于所述操纵器与相对于所述支撑结构的期望位置和定向的对准，所述装配联动装置包括驱动或制动系统，所述驱动或制动系统可操作地耦接到所述装配联动装置并且被配置成限制所述装配联动装置相对于所述支撑结构的无意移动；

可致动输入，所述可致动输入沿所述操纵器或装配联动装置定位并且被配置成用于操作员致动所述装配联动装置的所述驱动或制动系统，以选择性地暂停通过所述驱动或制动系统的驱动或制动，从而通过所述装配联动装置的所述至少一个关节的移动允许所述操纵器相对于所述支撑结构的手动定位；

计算单元，所述计算单元与所述装配联动装置的所述驱动或制动系统耦接，所述计算单元被配置成检测所述装配联动装置的所述至少一个关节的位置到与所述装配联动装置的所述至少一个关节相关联的第一活动范围极限的第一阈值接近度内的移动；

当响应于所述操纵器相对于所述支撑结构的所述手动定位检测在所述第一阈值接近度内的所述至少一个关节的所述位置时，所述计算单元被配置成响应于与所述可致动输入相关联的再应用信号而将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟至少阈值持续时间；

所述计算单元进一步被配置成在检测在与所述关节的所述第一活动范围极限相关联的所述第一阈值接近度之外的所述至少一个关节的移动之后，允许通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用。

26.根据权利要求25所述的医疗装置，其中所述第一阈值接近度为0.5英寸或更小。

27.根据权利要求26所述的医疗装置，其中所述第一阈值接近度为0.25英寸或更小。

28.根据权利要求25所述的医疗装置，其中所述至少一个关节包括在所述第一活动范围极限处的一个或多个弹簧。

29.根据权利要求28所述的医疗装置，其中所述计算单元通过检测在所述第一活动范围极限处的所述一个或多个弹簧的压缩来检测在与所述装配联动装置的所述至少一个关节相关联的所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度内的所述装配联动装置的所述至少一个关节的移动。

30.根据权利要求28所述的医疗装置，其中在所述计算单元延迟通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用时，在所述第一活动范围极限处的所述一个或多个弹簧被配置成被动地将所述关节推到所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度之外。

31.根据权利要求30所述的医疗装置，其中在所述一个或多个弹簧被动地将所述关节推到所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度之外之后，所述计算单元重新启动通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动。

32.根据权利要求25所述的医疗装置，其中所述阈值持续时间为至少3秒。

33.根据权利要求32所述的医疗装置，其中所述阈值持续时间在3秒至10秒之间。

34.根据权利要求25所述的医疗装置，其中在所述计算单元将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟所述阈值持续时间之后，所述计算单元允许在所述关节被定位在所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度内的同时，再应用通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动，并且当在所述关节被定位在所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度内的同时再应用所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动时，所述计算单元以操作员可察觉的方式输出误差信号。

35.根据权利要求34所述的医疗装置，其中所述计算单元在所述关节移动到所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度之外之后清除所述误差信号，并且在所述关节在所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度之外的情况下允许通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用。

36.根据权利要求35所述的医疗装置，其中所述至少一个关节包括在所述第一活动范围极限处的一个或多个弹簧，当所述关节在所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度内移动时，所述一个或多个弹簧压缩，并且其中当所述关节位置在所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度内的情况下再应用通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动时，所述可致动输入的操作员致动暂停通过所述驱动或制动系统的所述驱动或制动，并且允许在所述第一活动范围极限处的所述一个或多个弹簧将所述关节从所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度推出；并且其中在所述关节被从所述第一活动范围极限的所述第一阈值接近度推出之后，所述计算单元再应用通过所述驱动或制动系统的所述驱动或制动。

37.根据权利要求25所述的医疗装置，其中所述驱动或制动系统包括驱动系统，其中所述装配联动装置包括可操作地耦接到所述装配联动装置的所述驱动系统，并且其中所述计算单元被配置成当所述计算单元响应于所述操纵器相对于所述支撑结构的手动定位检测在所述第一阈值接近度内的所述至少一个关节的所述位置时，驱动所述驱动系统以增加对所述关节朝所述第一活动范围极限的移动的阻力。

38.根据权利要求37所述的医疗装置，其中所述驱动或制动系统包括驱动系统，其中所述驱动系统包括与机械恒力弹簧耦接的马达，并且其中所述计算单元与所述马达耦接并且驱动所述马达，以当所述计算单元响应于所述操纵器相对于所述支撑结构的所述手动定位检测在所述第一阈值接近度内的所述至少一个关节的所述位置时，增加与所述机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。

39.根据权利要求38所述的医疗装置，其中所述计算单元被配置成随着所述关节接近所述第一活动范围极限逐渐增加所述机械恒力弹簧的所述弹簧常数。

40.根据权利要求25所述的医疗装置，其中所述关节包括棱柱关节，所述棱柱关节被配置成调节所述操纵器相对于所述支撑结构的高度，其中当所述棱柱关节完全延伸时，所述棱柱关节具有所述第一活动范围极限，并且当所述棱柱关节完全压缩时，所述棱柱关节具有第二活动范围极限；其中所述计算单元进一步被配置成检测所述装配联动装置的所述棱柱关节的所述位置到所述棱柱关节的所述第二活动范围极限的第二阈值接近度内的移动；

当响应于所述操纵器相对于所述支撑结构的所述手动定位检测在所述第二阈值接近度内的所述棱柱关节的所述位置时，所述计算单元被配置成将通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用延迟至少所述阈值持续时间；所述计算单元进一步被配置成在检测所述棱柱关节到与所述棱柱关节的所述第二活动范围极限相关联的所述第二阈值接近度之外的位置的移动之后，允许通过所述装配联动装置的所述驱动或制动系统的所述驱动或制动的再应用。

41.根据权利要求40所述的医疗装置，其中所述棱柱关节包括在所述第一活动范围极限处的一个或多个第一弹簧和在所述第二活动范围极限处的一个或多个第二弹簧，所述一个或多个第一弹簧被配置成将所述棱柱关节推到所述第一阈值接近度之外的位置，并且所述一个或多个第二弹簧被配置成将所述棱柱关节推到所述第二阈值接近度之外的位置。

42.根据权利要求41所述的医疗装置，其中所述驱动或制动系统包括驱动系统，其中所述装配联动装置包括可操作地耦接到所述装配联动装置的所述驱动系统，所述驱动系统包括与机械恒力弹簧耦接的马达，并且其中所述计算单元与所述马达耦接并且驱动所述马达，以当所述计算单元检测在所述第二活动范围极限的所述第二阈值接近度内的所述至少一个关节的所述位置时，增加与所述机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。

避免活动范围极限的自动推出

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2014年3月17日提交的美国临时专利申请61/954,452和2014年6月30日提交的美国临时专利申请62/019,311的优先权,所述专利申请的公开内容以引用方式并入本文。

背景技术

[0003] 微创医疗技术旨在减少在诊断或手术过程期间受损坏的无关组织的量,从而减少患者恢复时间、不适性和有害的副作用。例如,微创手术的一个效果是减少术后住院恢复时间。因为标准手术的平均住院时间通常显著长于类似微创手术的平均住院时间,微创技术的增加的使用每年可节省数百万美元的住院费用。虽然每年在美国执行的许多手术可潜在地以微创方式执行,但由于微创手术器械和掌握这些器械所涉及的附加手术培训的限制,仅一部分当前手术使用这些有利技术。

[0004] 已经开发出微创机器人手术或远程手术系统以提高外科医生的灵巧性并且避免传统微创技术的一些局限性。(远程操作的医疗装置诸如手术系统因为结合了机器人技术因而有时被称为机器人手术系统)。在远程手术中,外科医生使用一些形式的远程控制(例如,伺服机构或类似物)以操纵手术器械移动,而不是直接用手握住和移动器械。在远程手术系统中,能够在手术工作台处为外科医生提供手术部位的图像。在观察显示器上手术部位的二维或三维图像的同时,外科医生通过操纵主控制装置对患者执行手术程序,主控制装置进而控制伺服机械操作的器械的活动。

[0005] 用于远程手术的伺服机构通常将接收来自两个主控制器(每个主控制器针对外科医生的每只手)的输入,并且可包括两个或更多个机器人臂,手术器械安装在两个或更多个机器人臂中的每一个上。主控制器与相关联的机器人臂和器械组件之间的操作通信通常通过控制系统实现。控制系统通常包括至少一个处理器,该处理器将输入命令从主控制器传达到相关联的机器人臂和器械组件,并且在例如力反馈等情况下从器械和臂组件返回至相关联的主控制器。机器人手术系统的一个实例为由加利福尼亚州森尼韦尔市的直观外科公司(Intuitive Surgical,Inc.)出售的DA VINCI®系统。

[0006] 多种结构布置能够用于在机器人手术期间在手术部位处支撑手术器械。受驱动联动装置(driven linkage)或“从动装置”通常被称为机器人手术操纵器,并且在微创机器人手术期间用作机器人手术操纵器的示例性联动装置布置在美国专利No.7,594,912、No.6,758,843、No.6,246,200和No.5,800,423中描述,所述专利的全部公开内容以引用的方式并入本文。这些联动装置通常利用平行四边形布置以保持带有轴的器械。此类操纵器结构能够约束器械的移动,使得器械围绕沿着刚性轴长度定位在空间中的远程操纵中心枢转。通过将远程操纵中心与内部手术部位的切口点对准(例如在腹腔镜手术过程中与腹壁处的插管针或插管对准),手术器械的末端执行器能够通过使用操纵器联动装置移动轴的近侧而被安全地定位,而不对腹壁施加潜在的危险的力。替代的操纵器结构例如在美国专利No.7,763,015、No.6,702,805、No.6,676,669、No.5,855,583、No.5,808,665、No.5,445,166和

No.5,184,601中进行描述，所述专利的全部公开内容以引用的方式并入本文。

[0007] 多种结构布置也能够用于在机器人手术期间在手术部位处支撑并且定位机器人手术操纵器和手术器械。支撑联动装置机构(例如，通过可移动关节连接的两个或更多个单独连杆的串联运动链，等)(有时被称为装配关节/组合关节(set-up joint)，或者装配关节臂)通常用于定位每个操纵器并将其与在患者体内的相应切口点对准。单个联动装置可包括两个或更多个单独部件机械关节(或在连续柔性结构的情况下为无限数量)，但是总体上可被认为对应于单独部件关节的具有两个或更多个自由度的单个关节。支撑联动装置机构有利于手术操纵器与期望手术切口点和目标解剖结构的对准。示例性支撑联动装置机构在美国专利No.6,246,200、美国专利No.6,788,018、美国专利No.7,763,015和美国专利No.7,837,674中描述，所述专利的全部公开内容以引用的方式并入本文。

[0008] 虽然新远程手术系统和装置已被证明是高效且有利的，但仍然期望更进一步的改进。一般来讲，改进的微创机器人手术系统是期望的。如果这些改进的技术提高机器人手术系统的效率和易用性，则将是特别有益的。例如，提高可操纵性、改进手术室内的空间利用率、提供更快和更容易的装配、在使用期间阻止机器人装置之间的碰撞和/或减小这些新手术系统的机械复杂性和尺寸将是特别有益的。

发明内容

[0009] 下面呈现本发明一些实施例的简要概述，以便提供对本发明的基本理解。此概述不是本发明的广泛综述。不旨在识别本发明的关键/至关重要的元素或描绘本发明的范围。其唯一目的是以简要的形式呈现本发明的一些实施例，以作为后面呈现的更详细说明的序言。

[0010] 本发明总体提供改进的机器人和/或手术装置、系统和方法。本文描述的运动联动装置结构和相关联的控制系统特别有利于帮助系统用户在准备使用(包括准备对特定患者的手术程序)时布置机器人结构。本文描述的示例性机器人手术系统可具有一个或多个运动联动装置子系统，其被配置成帮助将操纵器结构与手术工作部位对准。这些装配系统的关节可以是主动驱动式、被动的(使得在治疗上使用操纵器时这些关节手动铰接并且然后锁定(使用驱动或制动系统，或类似物)成期望的配置)，或两者的混合。本文描述的机器人系统的实施例可采用装配模式，其中一个或多个关节响应于运动链的一个或多个其它关节的手动铰接被主动驱动。在许多实施例中，被主动驱动关节响应于这些操纵器中的一个的手动移动而移动支撑多个操纵器的平台结构，从而通过将作为单元的那些多个操纵器移动成与工作空间的初始定向和/或位置对准而促进并且加快整个系统的布置。由平台支撑的一个、一些或全部操纵器的操纵器移动和独立定位的输入能够被任选地通过相对平台支撑一个、一些或全部操纵器的装配关节系统提供。任选地，设置在操纵器和平台之间的装配关节联动装置的手动移动能够引起平台的移动，其中平台(和由其支撑的其它操纵器)以类似于牵马鼻子的移动而跟随操纵器的手动移动。

[0011] 在许多实施例中，当退出装配模式时，可期望保持运动链的一个、一些或全部关节远离“硬止动件(hardstop)”或与关节相关联的物理活动范围极限(ROM极限)，或以其它方式维持运动链的一个、一些或全部关节的期望活动范围。例如，保持运动链的关节远离ROM极限作为手术系统的安全特征可为有益的。在具有冗余自由度(DOF)的系统中，如果相对较

远侧的关节处于ROM极限(例如,充分压缩),并且然后一个或多个相对较近侧的关节以冗余DOF移动到远侧关节,在远侧关节远处的臂可抵靠对象(例如,手术台或类似物)或患者施加非常大的力。因此,从物理ROM极限推动关节或以其它方式维持关节的期望的活动范围以便在关节和物理ROM极限之间提供缓冲区可为有益的。虽然驱动或制动系统可被致动以将关节维持在静止和/或锁定位置,但是仍可存在游隙或关节的有限移动,例如,关节受到超过驱动力或制动力的外力的情况下。因此,缓冲区可吸收和/或抵消朝ROM极限的关节活动,并且为手术系统提供安全措施的附加层。

[0012] 在一些实施例中,推出(push-out)特征结构或缓冲区可作为控制算法被提供。可在关节的活动范围的末端处安装或提供物理和/或虚拟弹簧。当用户手动将关节推入弹簧抵靠物理ROM极限并且发出信号以重新接合与关节相关联的驱动或制动系统时,控制单元可延迟关节驱动或制动系统的应用至少延迟持续时间。在再应用关节驱动或制动系统用于固定关节位置之前,关节或制动系统的应用的延迟可允许物理(或虚拟)弹簧将关节推出一定距离。

[0013] 因此,在第一方面,提供了控制手术系统的方法。该系统可具有通过装配联动装置与支撑结构耦接的手术操纵器。装配联动装置可包括至少一个关节,其具有在第一物理活动范围极限和第二物理活动范围极限之间的活动范围。装配联动装置可被配置成有利于手术操纵器与相对于支撑结构的期望位置和定向的对准。装配联动装置可进一步包括驱动或制动系统,其可操作地耦接到装配联动装置并且被配置成当应用时限制装配联动装置相对于支撑结构的无意移动。例如,关节可包括马达,其中电流可运行通过马达以抵消手动铰接。另外或替代地,关节可包括用于固定关节状态的关节制动器。该方法可包括限定与关节的第一物理活动范围极限间隔一定距离的第一软件活动范围极限,以及与关节的第二物理活动范围极限间隔一定距离的第二软件活动范围极限。软件限定的活动范围极限和相关联的物理活动范围极限之间的活动范围可限定活动范围极限包络(envelope)。任选地,活动范围极限包络可充当缓冲区或推出区。该方法可进一步包括接收用于暂停通过驱动或制动系统的驱动或制动的第一用户输入,以通过装配联动装置的至少一个关节的移动允许操纵器相对于支撑结构的手动定位。响应于接收第一用户输入,通过驱动或制动系统的驱动或制动可被暂停。可检测关节在关节的活动范围内的位置。例如,在一些实施例中,可通过与关节相关联的一个或多个编码器检测该位置。该方法可进一步包括接收用于再应用通过驱动或制动系统的驱动或制动的第二用户输入。响应于接收第二用户输入,该方法可包括当关节位置被检测在由在第一软件限定的活动范围极限或第二软件限定的活动范围极限之间的活动范围限定的优选位置范围之外时,将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟至少阈值持续时间。换句话说,当系统检测第一软件限定的活动范围极限和第一物理活动范围极限之间或第二软件限定的活动范围极限和第二物理活动范围极限之间的活动时,该系统可将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟一持续时间。

[0014] 关节可为棱柱(prismatic)关节,其中当棱柱关节完全延伸时出现第一物理活动范围极限,并且其中当棱柱关节完全压缩时出现第二物理活动范围极限。第一活动范围极限包络可为0.5英寸或更小的活动范围,第一活动范围极限包络从第一物理活动范围极限延伸到第一软件限定的活动范围极限,并且第二活动范围极限包络可为0.5英寸或更小的

活动范围，第二活动范围极限包络从第二物理活动范围极限延伸到第二软件限定的活动范围极限。第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的活动范围可限定关节的优选位置范围。

[0015] 棱柱关节可包括在第一物理活动范围极限处的一个或多个弹簧，其在第一活动范围极限包络内延伸以抵抗棱柱关节移动成完全延伸的配置，以及在第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧，其在第二活动范围极限包络内延伸以抵抗棱柱关节移动成完全压缩的配置。在一些实施例中，当关节静止时，一个或多个弹簧可从物理活动范围极限延伸到关节的相关联的软件限定的活动范围极限。在另外的实施例中，当关节静止时，一个或多个弹簧可从物理活动范围极限延伸经过关节的相关联的软件限定的活动范围极限。

[0016] 在一些实施例中，棱柱关节可为竖直装配关节或水平装配关节。任选地，关节可为枢转式关节或圆柱形关节。

[0017] 通过检测在第一物理活动范围极限或第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧的压缩，可在第一活动范围极限包络或第二活动范围极限包络内检测关节位置。任选地，当延迟通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用时，在第一物理活动范围极限或第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧被配置成吸收朝相关联的物理活动范围极限的活动和/或被动地将关节推回到在第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的位置。该方法可包括在一个或多个弹簧被动地将关节推回到在第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的活动范围内的位置后，重新启动通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动。

[0018] 该方法可进一步包括，在将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟阈值持续时间之后，在关节定位在第一活动范围极限包络或第二活动范围极限包络内时，重新启动通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动，并且以操作员可察觉的方式输出误差信号。在关节移动到在第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的优选范围位置内的位置后，可清除误差信号。然后，在关节远离在优选位置范围内的硬止动件定位的情况下可再应用通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动。

[0019] 在一些实施例中，驱动系统可为与机械恒力弹簧耦接的马达。该方法可包括当检测关节在第一活动范围极限包络内或在第二活动范围极限包络内的位置时，驱动马达以增加与机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。该方法还可包括当关节接近第一软件限定的活动范围极限时增加机械恒力弹簧的弹簧常数，以及当关节接近第二软件限定的活动范围极限时增加机械恒力弹簧的弹簧常数。

[0020] 在另外的实施例中，可提供远程操作手术系统。该系统可包括通过装配联动装置与支撑结构耦接的手术操纵器。装配联动装置可包括至少一个关节，其具有在第一物理活动范围极限和第二物理活动范围极限之间的活动范围。装配联动装置可被配置成有利于手术操纵器与相对于支撑结构的期望位置和定向的对准。装配联动装置可进一步包括驱动或制动系统，其可操作地耦接到装配联动装置并且被配置成当应用时限制装配联动装置相对于支撑结构的无意移动。该系统还可包括开关，该开关沿操纵器或装配联动装置定位并且被配置成用于操作员致动装配联动装置的驱动或制动系统，以选择性地暂停或应用通过驱动或制动系统的驱动或制动，从而通过装配联动装置的至少一个关节的移动允许操纵器相

对于支撑结构的手动定位。计算单元可与装配联动装置的驱动或制动系统耦接。计算单元可被配置成检测在活动范围内的关节的位置。计算单元可识别与关节的第一物理活动范围极限间隔一距离的第一软件活动范围极限，并且限定在第一软件限定的活动范围极限与第一物理活动范围极限之间的第一活动范围极限包络。计算单元可进一步识别与关节的第二物理活动范围极限间隔一距离的第二软件活动范围极限，并且限定在第二软件限定的活动范围极限与第二物理活动范围极限之间的第二活动范围极限包络。计算单元可被配置成操作装配联动装置的驱动或制动系统以增加对关节朝第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限的手动移动的阻力。当计算单元检测定位在第一活动范围极限包络或第二活动范围极限包络内的关节时，计算单元可被配置成将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟至少阈值持续时间。

[0021] 关节可为棱柱关节(例如，竖直或水平关节)，其中当棱柱关节完全延伸时出现第一物理活动范围极限，并且其中当棱柱关节完全压缩时出现第二物理活动范围极限。第一活动范围极限包络可为第一软件限定的活动范围极限与第一物理活动范围极限之间的1英寸或更小(例如，0.5英寸或更小、0.25英寸或更小，等)的活动范围，并且第二活动范围极限包络可为第二软件限定的活动范围极限与第二物理活动范围极限之间的1英寸或更小(例如，0.5英寸或更小、0.25英寸或更小，等)的活动范围。

[0022] 棱柱关节可包括在第一物理活动范围极限处的一个或多个弹簧，其在第一活动范围极限包络内延伸以抵抗棱柱关节移动成完全延伸的配置。棱柱关节可进一步包括在第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧，其在第二活动范围极限包络内延伸以抵抗棱柱关节移动成完全压缩的配置。

[0023] 在第一物理活动范围极限处的一个或多个弹簧和在第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧可被配置成当压缩时屈服2mm到6mm(例如，3mm到3.5mm)。

[0024] 缓冲器可被定位在第一物理活动范围极限处，该缓冲器当被压缩时提供0.5mm到3mm(例如，1mm到1.5mm)的材料变形，并且缓冲器还可被定位在第二物理活动范围极限处，以当被压缩时提供0.5mm到3mm(例如，1mm到1.5mm)的材料变形。

[0025] 计算单元可被配置成通过检测在第一物理活动范围极限或第二物理活动范围极限处的一个或多个弹簧的压缩来检测在第一活动范围极限包络或第二活动范围极限包络内的关节位置。当计算单元延迟通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用时，在第一物理活动范围极限处的一个或多个弹簧可被配置成被动地将关节推回到在第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的位置。在一个或多个弹簧被动地将关节推回到在第一软件限定活动范围极限和第二软件限定活动范围极限之间的位置后，计算单元可重新启动通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动。阈值持续时间可为3秒到8秒(例如，4秒至5秒)。

[0026] 在计算单元将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟阈值持续时间之后，计算单元可允许在关节被定位在第一活动范围极限包络内或第二活动范围极限包络内时，再应用通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动。当在关节定位在第一活动范围极限包络内或第二活动范围极限包络内的情况下再应用装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动时，计算单元然后可以操作员可察觉的方式输出误差信号。

[0027] 计算单元在关节被移动到在第一软件限定的活动范围极限和第二软件限定的活动范围极限之间的活动范围内的位置后可清除误差信号，并且在关节定位在第一软件限定的运动范围极限和第二软件限定的运动范围极限之间的情况下可允许通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用。

[0028] 在一些实施例中，驱动系统可包括与机械恒力弹簧耦接的马达。计算单元可与马达耦接并且驱动马达，以当计算单元检测在第一活动范围包络内的关节的位置时，增加与机械恒力弹簧相关联的弹簧常数，并且当计算单元检测在第二活动范围极限包络内的关节的位置时，增加与机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。计算单元还可被配置成当关节接近第一软件限定的活动范围极限或第二软件限定的活动范围极限时，逐渐增加机械恒力弹簧的弹簧常数。

[0029] 在另外的实施例中，可提供医疗装置。医疗装置可包括通过装配联动装置与支撑结构耦接的操纵器。装配联动装置可包括至少一个关节，并且可被配置成有利于操纵器与相对于支撑结构的期望位置和定向的对准。装配联动装置包括驱动或制动系统，其可操作地耦接到装配联动装置并且被配置成限制装配联动装置相对于支撑结构的无意移动。医疗装置可包括可致动输入，该可致动输入沿操纵器或装配联动装置定位并且被配置成用于操作员致动装配联动装置的驱动或制动系统，以选择性地暂停或应用通过驱动或制动系统的驱动或制动，从而通过装配联动装置的至少一个关节的移动允许操纵器相对于支撑结构的手动定位。可提供与装配联动装置的驱动或制动系统耦接的计算单元。计算单元可被配置成检测装配联动装置的至少一个关节的位置到与装配联动装置的至少一个关节相关联的第一活动范围极限的第一阈值接近度内的移动。当响应于操纵器相对于支撑结构的手动定位检测在第一阈值接近度内的至少一个关节的位置时，计算单元可被配置成响应于与可致动输入相关联的再应用信号而延迟通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用。计算单元可被配置成将驱动或制动的再应用延迟至少阈值持续时间。计算单元可进一步被配置成在检测至少一个关节在与关节的第一活动范围极限相关联的第一阈值接近度之外的移动后，允许通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用。

[0030] 第一阈值接近度可为距活动范围极限0.5英寸或更小的范围。任选地，第一阈值接近度为距活动范围极限0.25英寸或更小的范围。

[0031] 至少一个关节可包括在第一活动范围极限处的一个或多个弹簧。计算单元可通过检测在第一活动范围极限处的一个或多个弹簧的压缩来检测在与装配联动装置的至少一个关节相关联的第一活动范围极限的第一阈值接近度内的装配联动装置的至少一个关节的移动。当计算单元延迟通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用时，在第一活动范围极限处的一个或多个弹簧可被配置成被动地将关节推到第一活动范围极限的第一阈值接近度之外。在一个或多个弹簧被动地将关节推到在第一活动范围极限的第一阈值接近度之外后，计算单元还可重新启动通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动。任选地，阈值持续时间为至少3秒。例如，阈值持续时间可在3秒至10秒之间。在计算单元将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟阈值持续时间之后，计算单元可被配置成在关节被定位在第一活动范围极限的第一阈值接近度内时允许通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用，并且然后可在关节被定位在第一活动范围极限的第一阈值接近度内的同时再应用装配联动装置的驱动或制动系统的驱

动或制动时以操作员可察觉的方式输出误差信号。

[0032] 在一些实施例中，计算单元在关节被移动到第一活动范围极限的第一阈值接近度之外后可清除误差信号，并且然后在关节在第一活动范围极限的第一阈值接近度之外的情况下可允许通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用。

[0033] 在另外的实施例中，至少一个关节包括在活动范围极限处的一个或多个弹簧，当关节在第一活动范围极限的第一阈值接近度内移动时，所述一个或多个弹簧压缩。当在关节定位在第一活动范围极限的第一阈值接近度内的情况下再应用通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动时，可致动输入的操作员致动可暂时暂停通过驱动或制动系统的驱动或制动，并且可从而允许定位在第一活动范围极限处的一个或多个弹簧自动将关节从第一活动范围极限的第一阈值接近度推出。在关节从第一活动范围极限的第一阈值接近度推出后，计算单元然后可自动再应用通过驱动或制动系统的驱动或制动。

[0034] 装配联动装置可包括可操作地耦接到装配联动装置的驱动系统。计算单元可被配置成当计算单元响应于操纵器相对于支撑结构的手动定位检测在第一阈值接近度内的至少一个关节的位置时，驱动所述驱动系统以增加对关节朝第一活动范围极限移动的阻力。驱动系统可包括与机械恒力弹簧耦接的马达。计算单元可与马达耦接并且驱动马达，以当计算单元响应于操纵器相对于支撑结构的手动定位检测在第一阈值接近度内的至少一个关节的位置时，增加与机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。计算单元可被配置成当关节接近第一活动范围极限时，逐渐增加机械恒力弹簧的弹簧常数。

[0035] 关节可为棱柱关节，其被配置成调节操纵器相对于支撑结构的高度。当棱柱关节完全延伸时，棱柱关节可在第一活动范围极限处，并且当棱柱关节完全压缩时，棱柱关节可具有第二活动范围极限。计算单元可进一步被配置成检测装配联动装置的棱柱关节的位置到棱柱关节的第二活动范围极限的第二阈值接近度内的位置的移动。当响应于操纵器相对于支撑结构的手动定位检测在第二阈值接近度内的棱柱关节的位置时，计算单元可被配置成将通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用延迟至少阈值持续时间。在检测棱柱关节到与棱柱关节的第二活动范围极限相关联的第二阈值接近度之外的位置的移动后，计算单元可进一步被配置成允许通过装配联动装置的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用。棱柱关节可包括在第一活动范围极限处的一个或多个弹簧和在第二活动范围极限处的一个或多个弹簧。一个或多个弹簧可被配置成将棱柱关节推到与相应活动范围极限相关联的阈值接近度之外。装配联动装置可包括可操作地耦接到装配联动装置的驱动系统。驱动系统可为与机械恒力弹簧耦接的马达。计算单元可与马达耦接并且驱动马达，以当计算单元检测在第二活动范围极限的第二阈值接近度内的至少一个关节的位置时，增加与机械恒力弹簧相关联的弹簧常数。

[0036] 在另外的方面，提供用于控制系统的关节的方法。该系统可具有通过装配联动装置与支撑结构耦接的手术操纵器。装配联动装置可包括关节，并且该关节可具有在第一物理活动范围极限和第二物理活动范围极限之间的活动范围。装配联动装置可被配置成有利于手术操纵器与相对于支撑结构的期望位置和定向的对准。装配联动装置可进一步包括与弹簧耦接的马达和制动系统，该制动系统可操作地耦接到马达和/或弹簧，以当应用时限制装配联动装置相对于支撑结构的无意移动。该系统可进一步包括用于选择性地应用制动系统的输入。该方法可包括检测可操作地耦接到弹簧的可移动关节的制动器释放条件。除了

在关节移动通过活动范围包络期间的制动器应用或由用户输入所致的制动器应用的信号外，制动器释放条件可为在与关节的物理活动范围极限相关联的活动范围极限包络内的关节位置的检测。然后，该方法可包括释放被配置成抵抗关节的移动的制动器，或延迟制动器的再应用，并且允许弹簧移动关节或通过外力抵抗关节的移动。

[0037] 在一些实施例中，制动器释放条件可为开关通过用户的致动。制动器释放条件可为施加到关节的过度力。施加到关节的过度力可由位于关节的近侧的冗余机械自由度的移动产生。弹簧可为机械弹簧。弹簧可包括马达。然后，该方法可包括重新接合制动器。

[0038] 为了更充分理解本发明的性质和优点，应该参考以下详细说明和附图。本发明的其它方面、目的和优点将从下面附图和详细说明显而易见。

附图说明

[0039] 图1是根据许多实施例的用于执行手术的微创机器人手术系统的平面图。

[0040] 图2是根据许多实施例的用于机器人手术系统的外科医生的控制台的透视图。

[0041] 图3是根据许多实施例的机器人手术系统电子设备推车的透视图。

[0042] 图4图示性示出根据许多实施例的机器人手术系统。

[0043] 图5A是根据许多实施例的机器人手术系统的患者侧推车(手术机器人)的局部视图。

[0044] 图5B是根据许多实施例的机器人手术工具的主视图。

[0045] 图6是根据许多实施例的机器人手术系统的透视示意图。

[0046] 图7是根据许多实施例的另一个机器人手术系统的透视示意图。

[0047] 图8示出根据许多实施例的机器人手术系统，其与图7的示意图一致。

[0048] 图9示出装配联动装置相对于图8的机器人手术系统的定向平台的旋转定向极限。

[0049] 图10示出根据许多实施例的与机器人手术系统的吊杆组件的旋转极限相关联的重心图。

[0050] 图11是流程图，其示意性示出通过响应于由定向平台支撑的多个机器人操纵器臂中的一个的连杆的移动来驱动定向平台从而准备机器人手术系统用于手术的方法。

[0051] 图12是定向平台的移动的透视示意图，该定向平台由安装于推车的装配支撑结构支撑，以便提供多个操纵器臂与相关联的手术进入部位的期望对准。

[0052] 图12A和图12B是示出用作定向平台驱动系统的部件的控制器，并且具体示出处理器的示例性软件系统布置的框图。

[0053] 图12C和图12D是示出相关联的坐标系统和自由度的定向平台的示意图；和定向平台的透视图表示，该定向平台由天花板机架装配支撑结构支撑，以便提供单个操纵器臂与相关联的手术进入部位的期望对准。

[0054] 图13示意性地示出简化的四个关节平面被动/主动机器人运动系统，其中响应于被动关节的偏转而驱动主动关节。

[0055] 图14示意性地示出简化的三连杆平面关节系统，其用于描述期望的关节控制的运动分析。

[0056] 图15以图表方式示出简化的平面运动系统通过其零空间的移动，以便展示响应于那些关节中的一个或多个的手动铰接支撑可手动铰接的关节系统的装配结构的受驱动运

动。

[0057] 图16是用于手术器械的装配关节的侧视图。

[0058] 图17是图16所示的其中移除外壳的装配关节的侧视图。

[0059] 图18是图17所示的装配关节的一部分的透视图。

[0060] 图19是恒力弹簧组件的透视图。

[0061] 图20是图18所示的恒力弹簧组件的一部分的分解透视图。

[0062] 图21是沿图18所示的线8-8截取的恒力弹簧组件的一部分的剖视图。

[0063] 图22是具有装配关节的附加部件的恒力弹簧组件的透视图。

具体实施方式

[0064] 在下面的描述中，将描述本发明的各种实施例。出于解释的目的，阐述了具体配置和细节以便提供实施例的全面理解。然而，对于本领域的技术人员显而易见的是，在没有具体细节的情况下可实践本发明。此外，可省略或简化众所周知的特征，以便不模糊所描述的实施例。

[0065] 本文描述的运动联动装置机构结构和控制系统特别有利于帮助系统用户布置对特定患者的程序的机器人结构。连同在治疗期间用于与组织等相互作用的主动驱动操纵器一起，机器人手术系统可具有一个或多个运动联动装置系统，其被配置成支撑并且帮助将操纵器结构与手术工作部位对准。这些装配系统可以是主动驱动式或可以是被动的，使得当操纵器在治疗上使用时该装配系统被手动地铰接且然后锁定成期望的配置。被动装配运动系统可在尺寸、重量、复杂性和成本上具有优点。遗憾的是，多个操纵器可用于治疗每个患者的组织，操纵器可各自独立地受益于精确定位，以便允许由该器械支撑的器械具有在整个工作空间的期望活动，并且邻近的操纵器的相对位置的微小改变可对操纵器之间的相互作用具有显著影响(其中定位不佳的操纵器潜在地碰撞或其活动范围和/或容易性显著减小)。因此，在准备手术时快速布置机器人系统的挑战可能是显著的。

[0066] 一个选择是将多个操纵器安装到单个平台，其中操纵器支撑平台有时被称为定向平台。定向平台能够由主动驱动式支撑联动装置(在本文有时被称为装配结构，并且通常具有装配结构联动装置等)支撑。系统还可提供并且用某种操纵杆和一组按钮控制支撑定向平台的机器人装配结构的机动轴线，该操纵杆和按钮将允许用户以独立的方式根据需要主动地驱动那些轴线。该方法虽然在一些情况下有用，但是可具有一些缺点。首先，不足够熟悉机器人、运动、活动范围限制以及操纵器与操纵器的碰撞的用户可发现难以知道在何处定位定向平台以便实现良好装配。其次，系统内任何被动关节的存在意指装置的定位涉及手动调节(通过手移动被动自由度)以及控制主动自由度的组合，这可为困难且耗时的迭代活动。

[0067] 为了维持机器人操纵器的手动和主动驱动定位两者的优点，本文描述的机器人系统的实施例可采用装配模式，其中一个或多个关节响应于运动链的一个或多个其它关节的手动铰接而被主动驱动。在许多实施例中，主动驱动关节将移动支撑多个操纵器的平台支撑联动装置结构，从而通过将那些操纵器作为一个单元移动成与工作空间的初始定向和/或位置对准而大大促进整个系统的布置。由平台支撑的一个、一些或全部操纵器的独立定位可任选地通过相对于平台支撑一个、一些或全部操纵器的被动装配关节系统提供。

[0068] 微创机器人手术

[0069] 现在参考附图，其中贯穿若干视图的相同的附图标号表示相同部件，图1是微创机器人手术(MIRS)系统10的平面图图示，该系统通常用于对躺在手术台14上的患者12执行微创诊断或手术程序。该系统可包括在程序期间由外科医生18使用的外科医生控制台16。一个或多个助手20也可参与该程序。MIRS系统10可进一步包括患者侧推车22(手术机器人)和电子设备推车24。当外科医生18通过控制台16观察手术部位时，患者侧推车22可通过患者12体内的微创切口操纵至少一个可移除耦接的工具组件26(在下文中简称为“工具”)。手术部位的图像可通过内窥镜28诸如立体内窥镜获得，该内窥镜28可由患者侧推车22操纵以将内窥镜28定向。电子设备推车24可用于处理手术部位的图像，用于随后通过外科医生控制台16显示给外科医生18。一次所使用的手术工具26的数目将通常取决于诊断或手术程序和手术室内的空间约束等因素。如果有必要改变在程序期间使用的工具26中的一个或多个，则助手22可从患者侧推车22移除工具26，并且用来自手术室内的托盘30的另一个工具26将其替换。

[0070] 图2是外科医生控制台16的透视图。外科医生控制台16包括左眼显示器32和右眼显示器34，用于向外科医生18呈现实现深度知觉的手术部位的协调立体视图。控制台16进一步包括一个或多个输入控制装置36，其进而引起患者侧推车22(图1所示)操纵一个或多个工具。输入控制装置36能够提供与其相关联的工具26(图1所示)相同的自由度，以向外科医生提供输入控制装置36与工具26成整体的远程呈现或感受，使得外科医生具有直接控制工具26的强烈感觉。为此，可采用位置、力和触觉反馈传感器(未示出)将位置、力和触觉通过输入控制装置36从工具26传送回至外科医生的手。

[0071] 外科医生控制台16通常与患者位于同一房间，使得外科医生可直接监测程序，如果需要则亲身参与，并直接对助手说话，而不是通过电话或其他通信媒介。然而，外科医生可位于允许远程手术程序的与患者不同的房间、完全不同的建筑物或其它远程位置。

[0072] 图3是电子设备推车24的透视图。电子设备推车24能够与内窥镜28耦接，并且能够包括处理器以处理捕捉的图像，用于随后诸如在外科医生控制台上或位于本地和/或远程的其它合适的显示器上向外科医生显示。例如，在使用立体内窥镜的情况下，电子设备推车24能够处理捕捉的图像，以向外科医生呈现手术部位的协调立体图像。此类协调能够包括相对图像之间的对准，并且能够包括调节立体内窥镜的立体工作距离。作为另一个示例，图像处理能够包括使用先前确定的相机校准参数来补偿图像捕捉装置的成像误差，诸如光学象差。

[0073] 图4图示性示出机器人手术系统50(诸如图1的MIRS系统10)。如上面所讨论的，外科医生控制台52(诸如图1中的外科医生控制台16)能够由外科医生使用以在微创程序期间控制患者侧推车(手术机器人)54(诸如图1中的患者侧推车22)。患者侧推车54能够使用成像装置(诸如立体内窥镜)以捕捉程序部位的图像并且将捕捉的图像输出到电子设备推车56(诸如图1中的电子设备推车24)。如上面所讨论的，电子设备推车56能够在任何随后的显示之前以多种方式处理捕捉的图像。例如，电子设备推车56能够在将组合的图像经由外科医生控制台52显示给外科医生之前用虚拟控制界面覆盖(overlay)捕捉的图像。患者侧推车54能够输出捕捉的图像，用于在电子设备推车56之外进行处理。例如，患者侧推车54能够将捕捉的图像输出到处理器58，该处理器58能够用于处理捕捉的图像。图像还能够由电子

设备推车56和处理器58的组合处理，电子设备推车56和处理器58能够耦接在一起以共同、相继和/或其组合处理捕捉的图像。一个或多个分开的显示器器60也能够与处理器58和/或电子设备推车56耦接，用于图像的本地和/或远程显示，诸如程序部位的图像或其它相关图像。

[0074] 处理器58将通常包括硬件和软件的组合，其中软件包括具体化为用于执行本文功能性描述的控制方法步骤的计算机可读代码指令的有形介质。硬件通常包括一个或多个数据处理板，其可共同位于但常常具有分布在本文描述的机器人的结构中的部件。软件将常常包括非易失性介质，并且还可包括单片代码，但更通常包括数个子程序，其任选地在各种各样的分布式数据处理架构中的任一种中运行。

[0075] 图5A和图5B分别示出患者侧推车22和手术工具62。手术工具62是手术工具26的示例。所示的患者侧推车22提供三个手术工具26和成像装置28(诸如用于捕捉程序部位的图像的立体内窥镜)的操纵。由具有数个机器人关节的机器人机构提供操纵。成像装置28和手术工具26能够通过患者体内的切口被定位和操纵，使得运动远程中心被维持在该切口处，以使切口的尺寸最小化。当手术工具26的远端被定位在成像装置28的视场内时，手术部位的图像能够包括手术工具26的远端的图像。

[0076] 手术工具26通过将管状插管64插入穿过微创进入孔(诸如切口、自然腔道、经皮穿透等)而被插入患者。插管64被安装到机器人操纵器臂，并且手术工具26的轴穿过插管的管腔。操纵器臂可传送表示插管已经安装在其上的信号。

[0077] 机器人手术系统和模块化操纵器支撑件

[0078] 图6是根据许多实施例的机器人手术系统70的透视示意图。手术系统70包括安装基座72、支撑联动装置74、定向平台76、多个外装配联动装置78(示出两个)、多个内装配联动装置80(示出两个)和多个手术器械操纵器(M)82。操纵器82中的每个为可操作的，以选择性地铰接安装到操纵器82并且可沿插入轴线插入患者体内的手术器械。操纵器82中的每个被附接到装配联动装置78、80中的一个并且由其支撑。外装配联动装置78中的每个通过第一装配联动装置关节84旋转地耦接到定向平台76并且由其支撑。内装配联动装置80中的每个固定地附接到定向平台76并且由其支撑。定向平台76旋转地耦接到支撑联动装置74并且由其支撑。并且支撑联动装置74被固定地附接到安装基座72并且由其支撑。

[0079] 在许多实施例中，安装基座72是可移动的并且由地板支撑，从而使整个手术系统70能够例如在手术室内选择性重新定位。安装基座72能够包括导向轮组件和/或任何其它合适的支撑特征结构，该支撑特征结构提供选择性重新定位安装基座72以及选择性防止安装基座72从所选择的位置移动这两种情况。安装基座72还能够具有其它合适的配置，例如天花板安装件、固定的地板/底座安装件、壁安装件，或配置为由任何其它合适的安装表面支撑的界面。

[0080] 支撑联动装置74是可操作的，以相对于安装基座72选择性地对定向平台76定位和/或定向。支撑联动装置74包括柱座86、可平移柱构件88、肩关节90、吊杆基座构件92、吊杆第一级构件94、吊杆第二级构件96和腕关节98。柱座86固定地附接到安装基座72。可平移柱构件88可滑动地耦接到柱座86，用于相对柱座86平移。在许多实施例中，可平移柱构件88沿竖直定向的轴线相对柱座86平移。吊杆基座构件92通过肩关节90旋转地耦接到可平移柱构件88。肩关节90是可操作的，以在水平面内相对于可平移柱构件88选择性地定向吊杆基

座构件92，该可平移柱构件88相对于柱座86和安装基座72具有固定的角定向。吊杆第一级构件94在水平方向上相对于吊杆基座构件92选择性地平移，所述水平方向在许多实施例中与吊杆基座构件92和吊杆第一级构件94两者对准。吊杆第二级构件96同样在水平方向上相对于吊杆第一级构件94选择性地平移，所述水平方向在许多实施例中与吊杆第一级构件94和吊杆第二级构件96对准。因此，支撑联动装置74是可操作的，以选择性地设置肩关节90和吊杆第二级构件96的远端之间的距离。腕关节98将吊杆第二级构件96的远端旋转地耦接到定向平台76。腕关节98是可操作的，以选择性地设置定向平台76相对于安装基座72的角定向。

[0081] 装配联动装置78、80中的每个是可操作的，以相对于定向平台76选择性地定位和/或定向相关联的操纵器82。装配联动装置78、80中的每个包括装配联动装置基座连杆100、装配联动装置延伸连杆102、装配联动装置平行四边形联动装置部分104、装配联动装置竖直连杆106、第二装配联动装置关节108和操纵器支撑连杆110。外装配联动装置78的装配联动装置基座连杆100中的每个能够经由第一装配联动装置关节84的操作相对于定向平台76选择性地定向。在所示的实施例中，内装配联动装置80的装配联动装置基座连杆100中的每个固定地附接到定向平台76。内装配联动装置80中的每个也能够类似于外装配联动装置经由附加的第一装配联动装置关节84旋转地附接到定向平台76。装配联动装置延伸连杆102中的每个在水平方向上相对于相关联的装配联动装置基座连杆100可平移，所述水平方向在许多实施例中与相关联的装配联动装置基座连杆和装配联动装置延伸连杆102对准。装配联动装置平行四边形联动装置部分104中的每个被配置并且可操作，以在竖直方向上选择性地平移装配联动装置竖直连杆106，同时保持装配联动装置竖直连杆106竖直定向。在示例实施例中，装配联动装置平行四边形联动装置部分104中的每个包括第一平行四边形关节112、耦接连杆114和第二平行四边形116。第一平行四边形关节112将耦接连杆114旋转地耦接到装配联动装置延伸连杆102。第二平行四边形关节116将装配联动装置竖直连杆106旋转地耦接到耦接连杆114。第一平行四边形关节112旋转地连结到第二平行四边形关节116，使得耦接连杆114相对于装配联动装置延伸连杆102的旋转通过装配联动装置竖直连杆106相对于耦接连杆114的相反旋转匹配，以便当装配联动装置竖直连杆106选择性地竖直平移时维持装配联动装置竖直连杆106竖直定向。第二装配联动装置关节108是可操作的，以相对于装配联动装置竖直连杆106选择性地定向操纵器支撑连杆110，从而相对于装配联动装置竖直连杆106选择性地定向相关联的附接操纵器82。

[0082] 图7是根据许多实施例的机器人手术系统120的透视示意图。因为手术系统120包括类似于图6的手术系统70的部件，所以相同附图标号用于类似的部件，并且上文阐述的类似部件的相应描述适用于手术系统120并且在此省略以避免重复。手术系统120包括安装基座72、支撑联动装置122、定向平台124、多个装配联动装置126(示出四个)和多个手术器械操纵器82。操纵器82中的每个为可操作的，以选择性地铰接安装到操纵器82并且可沿插入轴线插入患者体内的手术器械。操纵器82中的每个附接到装配联动装置126中的一个并且由其支撑。装配联动装置126中的每个通过第一装配联动装置关节84旋转地耦接到定向平台124并且由其支撑。定向平台124旋转地耦接到支撑联动装置122并且由其支撑。并且支撑联动装置122固定地附接到安装基座72并且由其支撑。

[0083] 支撑联动装置122是可操作的，以相对于安装基座72选择性地对定向平台124定位

和/或定向。支撑联动装置122包括柱座86、可平移柱构件88、肩关节90、吊杆基座构件92、吊杆第一级构件94和腕关节98。支撑联动装置122是可操作的，以选择性地设置肩关节90和吊杆第一级构件94的远端之间的距离。腕关节98将吊杆第一级构件94的远端旋转地耦接到定向平台124。腕关节98是可操作的，以选择性地设置定向平台124相对于安装基座72的角定向。

[0084] 装配联动装置126中的每个是可操作的，以相对于定向平台124选择性地定位和/或定向相关联的操纵器82。装配联动装置126中的每个包括装配联动装置基座连杆100、装配联动装置延伸连杆102、装配联动装置竖直连杆106、第二装配联动装置关节108、旋风式(tornado)机构支撑连杆128和旋风式机构130。装配联动装置126的装配联动装置基座连杆100中的每个能够经由相关联的第一装配联动装置关节84的操作相对于定向平台124选择性地定向。装配联动装置竖直连杆106中的每个可相对于相关联的装配联动装置延伸连杆102在竖直方向上选择性地平移。第二装配联动装置关节108是可操作的，以相对于装配联动装置竖直连杆106选择性地定向旋风式机构支撑连杆128。

[0085] 旋风式机构130中的每个包括旋风式关节132、耦接连杆134和操纵器支撑件136。耦接连杆134将操纵器支撑件136固定地耦接到旋风式关节132。旋风式关节130是可操作的，以相对于旋风式机构支撑连杆128绕旋风式轴线136旋转操纵器支撑件136。旋风式机构128被配置成定位并且定向操纵器支撑件134，使得操纵器82的远程操纵中心(RC)由旋风式轴线136相交。因此，旋风式关节132的操作可用于将相关联的操纵器82相对于患者重新定向，而不相对于患者移动相关联的远程操纵中心(RC)。

[0086] 图8是根据许多实施例的机器人手术系统140的简化图示，其与图7的机器人手术系统120的示意图一致。因为手术系统140与图7的机器人手术系统120一致，所以相同附图标号用于类似的部件，并且上文阐述的类似部件的相应描述适用于手术系统140并且在此省略以避免重复。

[0087] 支撑联动装置122被配置成经由支撑联动装置122的连杆之间的沿多个装配结构轴线的相对移动而相对于安装基座72选择性地对定向平台124定位和定向。可平移柱构件88可沿在许多实施例中竖直定向的第一装配结构(SUS)轴线142相对于柱座86选择性地重新定位。肩关节90是可操作的，以相对于可平移柱构件88绕在许多实施例中竖直定向的第二SUS轴线144选择性地定向吊杆基座构件92。吊杆第一级构件94可相对于吊杆基座构件92沿在许多实施例中水平定向的第三SUS轴线146选择性地重新定位。并且腕关节98是可操作的，以相对于吊杆第一级构件94绕在许多实施例中竖直定向的第四SUS轴线148选择性地对定向平台124定向。

[0088] 装配联动装置126中的每个被配置成经由装配联动装置126的连杆之间的沿多个装配关节(SUJ)轴线的相对移动而相对于定向平台124选择性地定位和定向相关联的操纵器82。第一装配联动装置关节84中的每个是可操作的，以相对于定向平台124绕在许多实施例中竖直定向的第一SUJ轴线150选择性地定向相关联的装配联动装置基座连杆100。装配联动装置延伸连杆102中的每个能够沿在许多实施例中水平定向的第二SUJ轴线152相对于相关联的装配联动装置基座连杆10选择性地重新定位。装配联动装置竖直连杆106中的每个能够沿在许多实施例中竖直定向的第三SUJ轴线154相对于相关联的装配联动装置延伸连杆102选择性地重新定位。第二装配联动装置关节108中的每个是可操作的，以相对于装

配联动装置竖直连杆106绕第三SUJ轴线154选择性地定向旋风式机构支撑连杆128。旋风式关节132中的每个是可操作的，以绕相关联的旋风式轴线138旋转相关联的操纵器82。

[0089] 图9示出根据许多实施例的装配联动装置126相对于定向平台124的旋转定向极限。装配联动装置126中的每个相对于定向平台124以顺时针极限定向示出。对应的逆时针极限定向由图9相对于竖直定向的镜面的镜像表示。如图所示，两个内装配联动装置126中的每个能够从在一个方向上与竖直参照156成5度至在相反方向上与竖直参照156成75度而被定向。并且如图所示，两个外装配联动装置中的每个能够在对应的方向上与竖直参照156成15度至95度而被定向。

[0090] 图10示出根据许多实施例的与机器人手术系统160的支撑联动装置的旋转极限相关联的重心图。在定位并且定向机器人手术系统160的部件以将机器人手术系统160的重心162相对于手术系统160的支撑联动装置164最大程度地转移至一侧的情况下，支撑联动装置164的肩关节能够被配置成限制支撑结构164绕装配结构(SUS)肩关节轴线166的旋转，以防止超过安装基座的预先确定的稳定极限。

[0091] 响应于由定向平台支撑的运动链的一个或多个关节的手动铰接的定向平台的定位

[0092] 图11和图12示意性地示出了在装配供使用的机器人系统期间响应于操纵器82的连杆170或装配关节联动装置的连杆的移动而驱动定向平台的方法。在示例性实施例中，移动的参考位置可不位于连杆170上，而是可相对于连杆170偏移。例如，移动的参考位置可设置在与操纵器联动装置的基座(或其它结构)偏移的远程中心位置处，特别是在操纵器将该操纵器的活动机械地约束成相对于基座在固定的远程中心位置处的球面活动情况下。因此，虽然操纵器的基座(或其它联动装置结构)可充当输入连杆170，但是参考位置可在空间上与连杆本身分开，通常在连杆的参考坐标系内的固定位置处。任选地，输入连杆可为被配置成相对于定向平台76支撑操纵器82的装配关节联动装置78、80的连杆。为了简化起见，实施方式在下文被描述为使用操纵器82的连杆170的移动作为输入。然而应当理解，在许多实施例中，输入连杆可为装配关节联动装置78、80的连杆。

[0093] 在驱动定向平台之前，平台将具有相对于安装基座72的初始位置和定向(取决于支撑联动装置70的关节状态)，并且操纵器将各自具有相对于定向平台的相关联的位置和定向(取决于装配联动装置70、80的关节状态)。类似地，操纵器82中的每个的连杆170(和/或与该连杆相关联的参考位置)将具有相对于平台76的位置和定向，其取决于操纵器基座(由方框M示意性地示出)和平台76之间的操纵器和装配联动装置的关节的状态。连杆170将通常包括操纵器的基座，但是可替代地包括运动学上接近或邻近手术器械诸如器械保持器或滑架的连杆。操纵器的关节状态通常能够通过姿态向量θ描述。

[0094] 在装配期间，通常可期望将一个、一些或全部连杆170从它们的初始位置和定向移动到与手术部位对准的期望的(一个或多个)位置和(一个或多个)定向。另外，通常可期望利用处于条件良好的状态的操纵器开始手术程序，以便为外科医生提供大的活动范围，帮助避免异常等。换句话讲，对于给定的操纵器，提供连杆170和手术工作部位之间期望的对准(包括具有位于或接近期望的进入部位位置RC_D的操纵器的远程中心RC)并且具有处于或接近期望的操纵器状态或姿态θ_D的操纵器是有益的。注意，在连杆170移动之前操纵器可已经处于或接近期望的操纵器姿态，或可处于与期望的条件良好的姿态显著不同的初始姿态

θ_I ($\theta_I \neq \theta_D$)。操纵器相对于彼此的恰当定位和配置也可帮助避免操纵器碰撞。在与手术部位对准之前操纵器不处于条件良好的姿态的情况下，在移动定向平台之前，在移动定向平台后，或在移动定向平台的同时操纵器的姿态可任选地改变成条件良好的姿态。从初始姿态改变成条件良好的姿态可通过手动铰接操纵器的关节完成。替代地，将操纵器从初始姿态朝和/或至条件良好姿态驱动可存在优点。为了简单起见，下文的描述假设在平台开始移动之前操纵器处于期望的和/或条件良好的姿态。无论如何，将多个操纵器82安装到共用平台76以及该平台响应于相对于平台支撑操纵器中的一个的关节中的一个的连杆的移动的受驱动移动可有利于操纵器移动成与手术空间的期望对准。

[0095] 在定向平台的移动和/或装配联动装置的手动铰接期间，任选地通过驱动操纵器的关节中的每个的马达以便抵消任何手动铰接、通过利用关节制动器固定操纵器的关节状态、通过两者的组合等，操纵器的关节将通常维持在固定配置中。因此，虽然在定向平台的移动和装配联动装置的手动铰接期间，可存在连杆的一些轻微弯曲和关节的少许偏移，但是操纵器将通常作为基本上刚性的主体移动。此外，由用户操纵和/或用作移动参照的连杆170可为操纵器或相关联的装配联动装置的(或甚至运动学上邻近操纵器或相关联的装配联动装置的)任何一个或多个连杆。

[0096] 现在参考图11和图12，为了进入机器人系统处理器的定向平台移动模式180，可激活相关联的连杆170上或邻近该连杆170的输入172。虽然输入172可任选地包括简单的专用输入按钮等，但一些实施例可受益于替代的用户界面途径。作为示例，通过响应于装配关节操作来代替进入平台移动模式，示例性输入可避免专用按钮。更具体地，通过首先释放支撑相关联操纵器的装配关节可进入平台移动模式，以便允许该操纵器的远程中心(或“端口”)位置被手动重新定位，这为手动移动模式，有时被称为端口离合。当操纵器手动移动到释放的装配关节联动装置的活动范围极限的阈值内(或在一些实施例中实际上达到该活动范围极限)时，作为响应该系统可进入平台跟随模式。因此，达到(或接近)装配关节的活动范围极限变成请求和/或输入激活进入平台移动模式的方法。输入172可替代地是简单常闭输入。

[0097] 如果插管被安装到操纵器(或安装到由定向平台支撑的任何其它操纵器)，则尽管致动输入，处理器仍可不进入定向平台移动模式。当给定操纵器82的输入172被致动时，和/或响应于输入172的致动，设置在该操纵器和定向平台之间的装配联动装置78、80将通常被解锁，以便允许手动铰接。装配联动装置78、80的该铰接能够被感测并用作用于驱动装配结构的关节的输入，用于移动定向平台76。系统将通常围绕装配联动装置的轴线被平衡，使得用户能够容易地相对于操作平台重新定向和/或重新定位操纵器，其中当连杆172相对于系统的平台和基座72移动时，操纵器通常作为相对刚性的主体移动。注意，操纵器的驱动系统可被通电并且由处理器控制，以便抵抗操纵器位移的关节的铰接，或操纵器的关节制动器可抑制铰接，但是操纵器联动装置的一些弯曲和/或关节状态的少许偏移可仍由施加在连杆172上的力引起。还注意，在替代的实施例中，允许在连杆172和定向平台之间铰接的关节被供电(诸如在软件中心系统中)，那些关节可被通电以便提供移动阻力，该移动阻力足够轻以便允许连杆被充分地手动移动，用于使操纵器的关节状态感测系统容易地识别期望的位移向量，该位移向量用作来自系统用户的期望的移动输入或命令。

[0098] 仍参照图11和图12并且大体如上所述，一旦已经利用用作输入装置的特定操纵器

82进入定向平台移动模式(诸如通过按下输入172的开关),该操纵器的连杆170能够相对于平台被手动移动。通常,可释放一个或多个(任选地全部)装配关节,以便允许经由释放的(一个或多个)装配关节的手动铰接发生连杆170的输入移动,任选地为当操纵器的联动装置的铰接被抑制时(诸如通过驱动操纵器以避免移动,使用操纵器的制动系统等)。因此,输入可作为装配关节系统的一个或多个关节的铰接而至少部分地被感测。可采用另一选择,诸如经由操纵器的一个或多个关节和装配关节系统的一个或多个关节的铰接的选择性组合而允许手动输入。无论如何,为了促进运动分析、为有用转换提供输入等,装配结构的关节状态(包括支撑定向平台的关节)、装配关节系统和操纵器将通常被感测182。

[0099] 基于用户的手动输入命令(如通过手动移动连杆170所进入的和如经由手动铰接支撑该连杆的关节所感测的),计算命令以移动装配结构183。当用户继续移动连杆170时,定向平台将通常根据计算的命令被驱动,使得由定向平台支撑的操纵器的基座跟随手动移动的连杆。在将第一操纵器移动成与手术部位期望的对准时,其它操纵器可各自保持处于固定的姿态。类似地,在平台移动期间,定向平台和那些其它操纵器之间的任何装配联动装置还可保持锁定(和/或以其它方式使它们的铰接被抑制)。当针对在其它操纵器的连杆170和定向平台之间的所有关节的铰接可被抑制时,所有这些其它输入连杆(和操纵器的其它结构)跟随操纵器的连杆170,用于所述操纵器的连杆170的输入172被致动。

[0100] 定向平台可被驱动,使得在用户握住并且将相关联的连杆170移动成与工作空间期望的对准时,支撑输入操纵器(其输入172被致动)的输入装配联动装置被迫使保持在其初始配置(如同当系统进入定向平台模式时)。在定向平台的移动期间,连杆170的位置可继续由用户手动控制。换句话讲,定向平台能够被移动,使得考虑到装配联动装置78、80的当前姿态θ和输入连杆170的当前定位(两者都在定向平台的移动期间),定向平台的驱动系统移动定向平台185,使得输入装配联动装置78、80从当前姿态朝其初始姿态铰接(θ->θi)。定向平台的这种移动的效果是在很大程度上维持输入连杆170和定向平台之间的初始空间关系,使得定向平台(和所有由其支撑的操纵器)在在输入连杆由用户的手移动时跟随输入连杆。通过释放输入172、通过将插管安装到输入操纵器等,能够终止184定向平台移动模式。注意,插管可直到插管延伸到患者体内之后才被安装到操纵器,使得可期望处理器系统响应于操纵器的输入172的致动而抑制进入定向平台移动模式,其中插管安装至所述操纵器。

[0101] 在上述方法的一些实施方式中,定向平台活动范围可限于全活动范围(例如,x、y、z、θ)的子集(例如,x和y,或仅z,等)。将活动范围限于全活动范围的子集可通过减少所涉及的DOF使系统装配对于用户更直观并且更迅速。例如,在一些情况下,如果使用平移柱构件82将定向平台移动限于竖直定位移动,那么可为有利的。这对将远程操作的手术系统升高到患者之上并将该系统降低到患者之上的期望位置可以是特别有用的。

[0102] 在此类实施例中,例如通过将竖直装配关节手动移动到其活动范围(ROM)极限或接近其活动范围极限,可进入180定向平台移动模式。在一些实施方式中,可限定ROM极限阈值,使得当竖直装配关节被移动接近ROM极限时,进入平台移动模式。任选地,通过将竖直装配关节移动到其ROM极限或接近其ROM极限和/或通过专用输入按钮,可进入移动模式。例如,用户可致动端口离合输入以释放装配关节,从而允许装配关节的自由移动。如果用户期望升高该系统,那么用户可将竖直装配关节手动移动到ROM上限或接近ROM上限以进入定向

平台移动模式180。在进入定向平台移动模式180后，将竖直装配关节手动移动到ROM上限或接近ROM上限可被感测181，并且可基于感测的装配关节和装配结构的状态计算183装配结构(例如，平移柱构件82)移动。装配结构(例如，平移柱构件82)然后可根据计算被驱动(升高)185。一旦存在足够间隙将系统定位在患者之上，然后用户就可以需要将远程操作的系统的定向平台降低到操纵器能够被定位在其期望位置的高度。这样，用户可颠倒动作的顺序(例如，将竖直装配关节手动移动到ROM下限或接近ROM下限，并且通过降低平移柱构件82引起平台高度降低)。

[0103] 虽然以上实施方式被讨论为活动仅限于竖直定向，但是应当理解，在一些实施例中，活动可限于全活动范围的其它子集。在一些实施例中，当操纵器或装配关节被手动移动到ROM极限或接近ROM极限时，系统可在进入定向平台移动模式180之前首先等待阈值持续时间。阈值持续时间可避免由用户手动移动操纵器或装配关节所致的定向平台的无意移动。阈值持续时间可为例如5秒或更少。在一些实施例中，阈值持续时间可为3秒。另外，在进入定向平台移动模式之前，向用户提供听觉或视觉指示器/警报可为有利的。例如，当用户将装配关节手动移动到ROM极限或接近ROM极限时，可触发听觉警报。任选地，听觉或视觉警报可被配置成指示装配关节已经在ROM极限处或接近ROM极限停留的持续时间，以向用户提供关于系统何时将进入定向平台移动模式的信息。例如，听觉指示器可针对每秒提供倒计时或不连续的蜂鸣声。如果将操纵器或装配关节手动移动到ROM极限或接近ROM极限并且在进入定向平台移动模式180之前或在离开定向平台移动模式180之后，在ROM极限处或接近ROM极限释放，提供用于将操纵器和/或装配关节推动远离ROM极限的控制软件和/或硬件是有利的，如将在下文更细详地讨论的。

[0104] 在一些实施例中，装配结构的一个或多个关节可利用上限编程到其相应的活动范围。由于房间约束，上限可被编程为装配结构关节中的一个或多个。例如，在一些情况下，当房间天花板高度限制平移柱构件82的全活动范围时，利用上限对平移柱构件82进行编程可以是有益的。任选地，当装配结构关节被如此限制时，在定向平台移动模式期间，定向平台的活动可类似地被限制。例如，当通过将竖直装配关节手动移动到ROM上限来升高定向平台时，如果平移柱构件82到达预先编程的上限，那么系统可限制定向平台被进一步升高。虽然在定向平台移动模式中，在定向平台移动期间，一些实施例可阻止装配结构活动超出预先编程的极限，但是可提供其它实施例，其中由于用户手动移动操纵器或装配关节所致的定向平台的移动可超控(overrride)预先编程的极限到装配结构的活动范围。

[0105] 对于许多程序，定向平台76可在有益的相对位置支撑操纵器80、82。因此，一旦第一操纵器80的连杆170已经被移动到与手术工作部位期望的对准，其它操纵器的器械保持器等将通常位于或接近它们相关联的手术工具的相关联的期望初始对准，并且可仅仅保证操纵器的有限的附加重新定位。通过释放相对于定向平台支撑该操纵器的装配关节臂的制动系统和根据需要相对于所有其它操纵器移动该操纵器，可允许特定操纵器对准的少许调节。例如，一旦相机操纵器被用于定位定向平台并且初始对准所有器械操纵器，就能够释放每个器械操纵器和定向平台之间的装配联动装置，并且如果需要，能够独立地调节释放的操纵器位置。在定向平台移动模式的示例性实施例中，第一输入连杆170的手动移动的感测有效地感测操纵器从初始远程中心RC到期望的远程中心RC_D的移动。定向平台的移动将其它操纵器的远程中心RC朝其相关联的期望远程中心RC_D移动。那些其它远程中心位置的附

加调节然后可通过相继释放相关联的操纵器的装配联动装置中的每个并且移动释放的操纵器执行，以便提供在释放的操纵器RC和期望的远程中心RC_D之间的期望对准。

[0106] 定向平台移动命令的计算

[0107] 现在参考图12A和图12B，能够理解用于计算定向平台的移动命令的示例性软件结构和/或处理器布置。因为定向平台和其它操纵器将通常跟随输入连杆170的移动，该输入连杆170的定向移动输入172已经被致动，所以整体移动有点类似于(并且有时在本文被称为)“牵马鼻子”(LHBN)控制模式。LHBN控制模式允许用户通过手动移动浮置操纵器82的远程中心来移动操作平台76并且驱动装配结构。在基本形式中，控制目的是移动操作平台76，使得操纵器82远程中心保持在操作平台76坐标系内的期望位置。因此，当用户在世界坐标系内手动使操纵器82移位时，控制器能够通过相同的位移移动操作平台76及其坐标系，以将实际远程中心和期望远程中心之间的误差驱使为零。

[0108] 如图12A所示，在实际远程中心RC和期望远程中心RC_D位置之间的原始误差形成至LHBN控制器的输入命令220。在将误差定标成原始速度命令之前，将小死区222(小于10cm，通常约3cm或更小)应用到误差信号。(在约.1Hz和10Hz之间，通常为约1Hz的)低通滤波器生成带限速度命令。该命令然后是饱和的224，以在操作平台坐标系内产生速度命令。当进入LHBN模式时，半余弦状定标应用至短窗口上的命令，从而以平稳的方式斜升该命令。类似地，当退出该模式以使减速平稳时，该命令由在相反方向上半余弦状定标而定标。在开启/关闭定标之后，速度命令被提供到装配结构的逆向运动。当关节处于或接近其极限时，速度命令的进一步修整可在逆向运动计算中发生。

[0109] 当进入LHBN控制模式时，建立期望远程中心位置RC_D，其在本文中也被称作锚点。当发起LHBN控制模式时，期望远程中心RC_D和实际远程中心RC被共同定位，因此以零误差启动模式(使得平台不移动，除非和直到输入连杆170相对于定向平台移动)。当在LHBN控制模式时连杆170的手动移动引起平台被驱动，使得实际远程中心RC通常保持处于操作平台坐标系内的期望远程中心RC_D。对基本LHBN操作的若干增强可任选地滑动或改变锚点或期望远程中心RC_D相对于实际远程中心的位置以微调行为。例如，如图12A所示，能够通过命令锚点拖曳速度并整合来移动锚点。一个锚点速度输入可为饱和的和不饱和的速度命令226之间的差。此特征的目的可以是避免大的饱和速度命令。一旦速度命令达到饱和，远程中心的任何附加输入活动拖曳锚点(或相对于定向平台移动RC_D)以保持命令恰好处于饱和极限。直观地，锚点和远程中心之间的误差能够被可视化为球，并拖曳锚点意指每当误差向量达到球的半径时在周围拖曳球的中心。

[0110] 远离活动范围限制或装配联动装置78、80的硬止动件的活动也通过锚点拖曳实现，如可以参考在图12B中所示的框图模型来理解。可期望装配结构74远离硬止动件的一些自主活动，因为用户可能无法以其它方式容易地手动命令期望的装配结构活动。在一个实施例中，子程序可计算作用在平台76上的虚拟力230，其模拟在装配联动装置78、80的活动极限处安装的弹簧。该力能够被称为端口-拖曳力。虚拟力可从每个配置的操纵器82传送，以使装配结构控制器能够从装配关节运动范围极限退回。LHBN控制模式软件能够从输入操纵器82定标端口-拖曳虚拟力，并且将该数量添加到锚点拖曳速度。效果是产生命令232以驱动装配结构76移动远离装配联动装置78、80的硬止动件。

[0111] 在LHBN控制模式中使用的增益、饱和和/或死区中的一些或者全部被任选地可调。

例如，在一些实施例中，当平台在平台移动模式中移动时，平台活动范围可限于全活动范围的子集。如上所述，此类方法和系统可通过减少所涉及的DOF使系统装配对于用户更直观并且更迅速。在此类实施例中，对于方向中的一些的增益可被调为零。例如，在其中在平台移动模式期间仅平台竖直移动被控制的实施例中，对于x方向移动和y方向移动的增益可设置为零，使得只提供z方向移动数据。在图12A和图12B中的每个参数在下表中列出：

[0112]

XY_死区，在 x-y 平面内应用到输入活动的死区
Z_死区，在 z 方向上应用到输入活动的死区
ERR_SAT，最大误差输入。超过该值的误差是饱和的
虚拟力（VFORCE）_增益，将来自装配关节的虚拟力定标成锚点拖曳速度
虚拟力_最大速度，锚点拖曳速度的饱和
成形（SHAPING）_系数，使饱和位置命令成形的多项式的系数
增益，来自位置命令（死区和饱和之后的误差信号）和 LHBN 速度命令的增益
MAX_XY，在 xy 平面内的最大速度命令
MAX_Z，在 z 方向上的最大速度命令
VELCMD，最终速度命令
虚拟弹簧（VSPRING）_DZ_FRAC，每个装配关节活动范围的死区部分
虚拟弹簧_增益，在每个关节的死区外从位置到虚拟关节力的增益
RED_SUJ_JT_INV，装配关节雅克比行列式的逆转置矩阵
虚拟弹簧_力，反射到 OP 的最终虚拟力

[0113] 能够如图12B中所示计算用于将装配结构联动装置移动远离装配关节联动装置硬止动件的虚拟弹簧力，并且死区部分可确定多少活动范围不产生虚拟力。注意，死区部分应小于整体(unity)，且活动部可在每个关节上的两个硬止动件之间均匀分开。如果用户移动远程中心使得装配关节抵靠硬止动件，那么锚点拖曳能够用于整合虚拟力并且增加移动远离硬止动件的速度命令。将生成平稳增加的速度命令，其将装配结构移动远离装配关节活动范围极限。速度命令将增加直到达到饱和，在该饱和点处，将维持装配结构的稳态速度。

[0114] 因此，对虚拟力的大增益将显著驱使误差达到饱和。对于虚拟力计算中涉及的核心关键的更多描述，参见上表。

[0115] 现在参考图12C，用于装配结构和定向平台124的替代驱动系统优选地允许沿x、y和z轴线的移动，以将操纵器RC驱动到相对于定向平台的期望位置。通过在空间内手动移动操纵器82的一个或多个连杆(和任选通过移动整个操纵器)，用户能够仅通过计算期望的操纵器RC位置(在定向平台参考坐标系内)至实际操纵器RC位置之间的误差向量并使用该向量生成期望的x、y、z速度来引起操作平台跟随。

[0116] 现在参考图12C和图12D,用于移动定向平台的x、y、z和θ轴线的方法将通常寻求实现定向平台124和安装在其上的一个或多个操纵器82的期望定位,以便在开始手术程序时提供条件良好的操纵器姿态(其中当工具处于手术工作空间的期望位置时操纵器的各种自由度可期望地接近其活动范围的中心,操纵器运动很好地远离活动-抑制异常等)。连同由安装有推车的装配结构(诸如上述的那些)支撑的定向平台,可采用安装于天花板的装配结构190和具有一个、两个、三个、四个或更多个自由度的其它受驱动的机器人联动装置。类似地,用于活动的输入可任选地通过手动铰接被动关节(诸如沿着上述装配关节结构的关节中的一个)和/或一个或多个主动驱动关节(诸如操纵器80,82的关节)而进行输入。因此,虽然系统可参考若干示例性机器人运动结构来描述,但是控制技术可很好应用于一定范围的具有冗余自由度和/或大量关节的其它机器人系统,并且当考虑此类具有主动和被动关节的混合的系统、具有在装配期间被驱动的一组关节和在手术期间被驱动的另一不同组(具有或不具有一些重叠构件)的关节的系统、其中各个操纵器控制器仅交换有限的状态信息的系统等时,该控制技术是特别令人关注的。

[0117] 为了在装配期间使用该系统的机器人能力,机器人系统的处理器可包括实施这样模式的软件,即在该模式中,在操纵器的连杆的手动移动期间机器人结构朝定向平台和操纵器远程中心之间的期望关系或姿态被驱动和/或保持该期望关系或姿态。当启用时,该算法将定向平台和操纵器远程中心之间的实际和期望关系视为其输入,并将实际姿态驱动至期望姿态,任选不干扰操纵器远程中心的位置和定向。换句话讲,当用户在周围移动被动轴线时,主动轴线可任选地以此类方式跟随,以便实现或维持特定的机器人姿态。

[0118] 图13中所示的简化的4连杆操纵器有助于说明本文描述的控制结构和方法的一个实施例。在该示意性操纵器中,连杆191和192是主动的,意指q_1和q_2由控制器控制,而连杆193和194是被动的并且能够用手移动。点Q为用户直接感兴趣的机器人上的点,并且被手动定位到用户指定的相对于机器人基座的目标位置。因此,点Q可对应于操纵器的远程中心,并且用户通常可定位点Q,使得操纵器可例如被连接到相机插管,该插管可已经被安装在患者体内或可在机器人结构被移动到适当位置后插入患者体内。出于各种原因(包括最大化可用的活动范围、最小化碰撞等),通常可期望获得P和Q之间的具体关系。只要关节q_3和q_4是自由的,并存在足够的活动范围且操纵器不接近异常,那么P能够独立于Q而平移,因此如果Q相对于基座简单地保持固定,该控制器自由地建立期望的关系。能够利用这个原理以在用户使Q在空间内保持固定时自动地建立P与Q的关系。也可连续地运行该自动定位算法,使得当用户手动调节Q的位置时,主动轴线q_1和q_2以此方式移动,以便维持期望的P-Q关系。

[0119] 在图13的简化示例中,示出两个主动和两个被动自由度,并且唯一感兴趣的量是P和Q在平面内的相对位置。安装于天花板和/或推车的机器人手术系统通常更复杂:在图12D的实施例中,存在七个主动自由度(四个在机架上并且三个相关轴线在ECM上)和三个被动轴线(由定向平台124和操纵器82之间的装配关节198示意性地示出),总共为十个自由度。维持操纵器远程中心端点位置和定向通常是六个DOF问题,这留给我们四个额外的自由度(DOF),利用该额外的自由度在本实施例中执行我们的内部优化。注意,为了讨论的目的,被认为是期望的确切性质可包括任何数目的标准,且不论用于确定最优目标位置的方法如何,能够应用此处所述的许多概念。用于执行这种优化的一个策略是将整个系统视为单个10个DOF冗余操纵器。然后,人们可使用实行与最小化成本函数的期望辅助目标配对的主要

的、不可违反的目标的技术。在我们的案例中，主要目标可为维持操纵器远程中心相对于手术室的位置和定向，并且辅助目标可为实现定向平台和操纵器之间的最佳关系。

[0120] 第二种策略是将问题划分为两部分：

[0121] 1)寻求最小化成本函数的装配结构优化问题。该成本函数被配置成当定向平台位置和定向相对于操纵器RC达到最优或期望位置时实现最小量。

[0122] 2)寻求相对于手术室维持恒定操纵器定向的操作器调整问题。

[0123] 该第二策略受益于这一事实，即只有需要在ECM和机架操纵器之间共享的信息是每个的基座和顶端的位置，不需要知道每个关节的位置。这向特定策略提供良好的优点，因为其需要操纵器之间较小的通信带宽。

[0124] 我们现在提供移动装配结构而不移动远程中心所必需的数学框架。现在参考图14和图15，将简化的平面装配结构联动装置重新配置成期望姿态可被建模为移动操纵器通过其零空间(根据图13的上面描述，使得Q保持不变，而P被驱动至空间内期望的x和y位置)。在数学上，在图14的连杆1-3的长度为l_{1-3}的情况下，雅可比矩阵和关节位置矢量q能够被确定为：

[0125] $x=l_1c_1+l_2c_{12}+l_3c_{123}$

[0126] $y=l_1c_1+l_2s_{12}+l_3s_{123}$

[0127] $$J=\begin{bmatrix}-s_1-s_{12}-s_{123} & -s_{12}-s_{123} & -s_{123}\\ c_1+c_{12}+c_{123} & c_{12}+c_{123} & c_{123}\end{bmatrix}$$

[0128] $$q=\begin{bmatrix}\theta_1\\ \theta_2\\ \theta_3\end{bmatrix},$$

[0129] 以下是关节速度分解为末端执行器活动和导致无末端执行器活动的内部关节运动的总和。

[0130] $$\dot{q}=J^{t}\vec{v}+(I-J^{t}J)\dot{\vec{q}}_0$$

[0131] $J^{t}\vec{v}$：期望的笛卡尔活动

[0132] $(I-J^{t}J)\dot{\vec{q}}_0$：期望的通过操纵器的零空间的内部活动

[0133] 设$\vec{v}=[\vec{0}]$→意指，我们不希望末端执行器移动

[0134] 设$$\dot{\vec{q}}_0=\begin{bmatrix}\dot{\theta}\\ \dot{q}_{\theta_1}\\ 0\\ 0\end{bmatrix}$$

[0135] →意指以速度$\dot{\vec{\theta}}_{q_{\theta_1}}$移动$\theta_1$。只要这些内部活动不移动末端执行器，不在乎$\theta_2$和$\theta_3$做什么

[0136] 因此，我们能够移动θ_1而不必指定θ_2和θ_3移动操纵器通过零空间，而不改变末端执行器的位置。类似地，根据Matlab模拟，我们看到，我们能够移动轴线通过零空间，而不必指

定其它关节。虽然该进程展示平面装配关节的优化，但是该框架延伸至定向。

[0137] 如上所讨论，通过将装配关节手动移动到其活动范围(ROM)极限或接近其活动范围极限，可进入180定向平台移动模式。如果进入平台移动模式，其中装配关节在其活动范围极限处(使得装配关节在进一步的移动中在其自由度中的至少一个受限制)，可期望提供作用在平台76上的虚拟力(也称为端口-拖曳力)以相对于装配联动装置移动平台76，使装配关节从活动范围极限退回。这允许装配联动装置附加余地朝其活动范围移动，并且系统可使用装配关节朝其活动范围极限的进一步移动作为用于使用上述方法移动定向平台的输入。

[0138] 虽然在进入定向平台移动模式之后提供作用在平台上的虚拟力可以是有利的，但是也可优选地提供在关节的活动范围极限处的虚拟弹簧和/或物理弹簧，其在关节的手动移动期间(例如，在定向平台移动模式之前、期间或之后)作用在关节上。如上所述，当退出装配模式时，可期望保持运动链的一个、一些或全部关节远离“硬止动件”或与关节相关联的物理活动范围极限(ROM极限)，或以其它方式维持运动链的一个、一些或全部关节的期望活动范围。例如，保持运动链的关节远离ROM极限作为手术系统的安全特征可为有益的。在具有冗余自由度(DOF)的系统中，如果相对较远侧的关节处于ROM极限(例如，充分压缩)，并且然后一个或多个相对较近侧的关节以DOF冗余移动到远侧关节，在远侧关节远处的臂可对对象(例如，手术台或类似物)或患者施加非常大的力。因此，从物理ROM极限推动关节或以其它方式维持期望的关节的活动范围以便在关节和物理ROM极限之间提供缓冲区可为有益的。在一些实施例中，控制系统可检测关节在缓冲区内的移动，在这种情况下，系统释放通过相关联的驱动或制动系统的驱动或制动，以便允许一个或多个物理和/或虚拟弹簧吸收和抵抗过量的活动。这可有益地减少由操纵器、连杆和/或关节远侧的器械施加的力的量。

[0139] 因此，在另外的实施例中，硬件或软件可用于从甚至在平台移动模式(或LHBN)外的活动范围极限移动装配关节联动装置。硬件可以是安装在运动范围极限处的物理弹簧、安装在活动范围极限处的缓冲器和/或作用于装配联动装置上的可调弹簧和它们的组合。另外，应当理解，在一些实施例中，可能优选使用用于从其活动范围极限推动装配关节联动装置的虚拟弹簧(用于生成虚拟力的软件子程序)、可调弹簧、缓冲器和/或其它物理弹簧的组合。此外，控制方法可被实施用于致动和/或延迟与装配联动装置相关联的驱动或制动系统的致动，以便从其活动范围极限推动装配关节联动装置并且维持距活动范围极限的期望间隔。

[0140] 图16示出示例性装配关节210的侧视图，该装配关节210可包括用于推动关节210远离其活动范围极限的物理弹簧、可调弹簧和/或缓冲器。竖直柱300从外壳下垂。臂304由竖直柱300的下端支撑。臂304进而支撑手术操纵器和其相关联的远程操作的致动器。手术器械可耦接到手术操纵器，并且进而由臂304和竖直柱300支撑。

[0141] 图17是图16所示的可延伸支撑件210的侧视图，其中从外壳移除盖302。竖直柱300的上端耦接到滑动组件，诸如轨道408和滑架406组件，其允许竖直柱300上下移动以调节手术操纵器在患者上的高度。

[0142] 图18是图16所示的可延伸支撑件的外壳部分的透视图。已移除一些部件以允许更清楚地看到轨道408和滑架406组件。

[0143] 再次参照图17，恒力弹簧400在恒力弹簧400的下端402耦接到竖直柱300。恒力弹簧400围绕由可延伸支撑组件210的上端支撑的转筒404卷绕。恒力弹簧400抵消作用在竖直柱300和其支撑的包括手术器械的结构上的重力。

[0144] 恒力弹簧可被构造为弹簧钢的卷绕带，使得弹簧在卷起时的较低应力状态下松弛，这与延伸时相反。当弹簧被展开时，复原力主要来自接近松弛的弹簧卷的带的部分。具体地，力来自正从圆形过渡到平坦的区域。没有力来自完全展开的或仍在转筒404上卷绕的部分。因为当弹簧展开时该区域的几何形状保持几乎恒定，所以所得的力几乎是恒定的。自缩回钢卷尺是恒力弹簧的示例。虽然恒力弹簧400提供几乎恒定的抗衡力以支撑竖直柱300和附接的结构，但是可期望提供比单独用恒力弹簧实现的更恒定并且可补偿不同支撑重量的抗衡力。

[0145] 图19是图17所示的恒力弹簧400的透视图。托架600、602、604由可延伸支撑组件210的上端支撑。托架可旋转地支撑恒力弹簧400绕其卷绕的转筒404。当恒力弹簧400试图完全卷起到比转筒直径小的松弛直径时，该恒力弹簧400可通过在转筒404的表面和恒力弹簧400之间产生的摩擦力固定到转筒404。

[0146] 图20是图18所示的恒力弹簧组件的转筒部分的分解视图。包括轴向支撑件700的板被固定到托架的一侧604，其从可延伸支撑组件210的上端支撑转筒404。轴向支撑件700可提供可旋转地支撑转筒404的轴承。恒力弹簧组件包括马达，该马达可为无刷直流马达，其具有定子702和提供使转筒404转动的主动旋转力的转子706。由马达提供的力被转换成作用在竖直柱300上的线性力。由马达提供的扭矩被转换成作用在竖直柱300上的横跨恒力弹簧400的线性力。由马达提供的扭矩可添加到由恒力弹簧400提供的抗衡力或从该抗衡力减去该扭矩。

[0147] 马达包括定子702，其固定到支撑转筒404的托架的第二侧602。轴承708可由马达定子的一部分704支撑，以为转筒404提供可旋转支撑。马达进一步包括固定到转筒404的转子706。

[0148] 图21是沿图19所示的剖面线8-8截取的恒力弹簧组件的转筒部分的剖视图。如在此视图中可看出，托架600、602、604和马达定子702作为一个子组件被固定在一起。托架和马达为作为第二子组件固定在一起的旋转转筒404和马达转子706提供接地参考。

[0149] 由轴向支撑件700支撑在托架604上的第一轴承800支撑转筒404的闭合端。为转筒404提供闭合端可增加转筒404的强度，使得该转筒404在与马达组装在一起之前能够支撑恒力弹簧400卷绕到转筒404上时的卷绕力。由肩部704支撑在马达定子702上的第二轴承708支撑转筒404的开放端。因此，转筒404和马达转子706由轴承708、800支撑，轴承708、800进而由接地托架600、602、604和马达定子702支撑。在其它实施例中，其它布置可用于相对于托架和马达定子702旋转支撑转筒404和马达转子。

[0150] 在其它实施例中，马达可在不同于支撑恒力弹簧的转筒的内部体积的位置中提供。例如，马达的转子可通过直接耦接到同轴转筒的轴延伸。替代地，转筒和马达可不同轴，并且马达的转子可通过机械传动装置诸如皮带、齿轮，和/或链和链轮驱动耦接到转筒。也可以将已被确定为马达转子的部件固定到托架，并且将转筒耦接到已被确定为马达定子的部件。在该配置中，马达和耦接的转筒的外部部分绕马达的内部部分旋转。

[0151] 应当理解，恒力弹簧400可被平皮带替换，并且马达可提供力以抵消作用在竖直柱

300及其支撑的包括手术器械的结构上的重力。然而，这将需要相当大的马达和相当大的电流，以支撑可能重达十二到二十四千克的机构。通过提供恒力弹簧作为在机动转筒和负载之间的耦接，恒力弹簧提供了支撑负载所需要的大部分力。马达提供校正负载的变化性和由恒力弹簧提供的力的不规则性的偏置力。

[0152] 在一个实施例中，恒力弹簧400经设定尺寸以提供比支撑最重负载所需的稍大的力。因此恒力弹簧400将总是举起负载。马达用于提供抵抗由恒力弹簧400提供的力的可控向下力，以提供用于竖直柱300及其支撑的结构的“中和浮力”。

[0153] 图22是图19所示的恒力弹簧400的透视图，其中示出附加部件。如先前讨论的，竖直柱300可由轨道408和滑架406组件支撑。可提供制动器，以将竖直柱保持在固定位置中，使得当竖直柱的位置未被改变时不需要动力。制动器可以呈以下制动器的形式，即将恒力弹簧的延伸部分夹紧在固定位置的制动器、防止转筒旋转的制动器或防止竖直柱移动的制动器，诸如所示的用磁性制动片906磁力地夹持电枢904的磁性制动器。

[0154] 马达包括主传感器912，该主传感器912是为马达提供绝对旋转位置的旋转传感器。主传感器的一部分安装在马达转子上。主传感器的另一部分安装到机械接地，诸如马达定子。将主传感器耦接到将受控电流提供到马达的控制模块，以提供来自马达的期望活动和扭矩。主传感器用于马达通信和轴速度控制。

[0155] 可提供次级传感器900、902，以将用于竖直柱的位置的数据提供到控制模块。次级传感器900、902可被安装到支撑竖直柱的滑架，并且安装到机械接地，诸如支撑滑架在其上滑动的固定导轨的框架。次级传感器900、902提供绝对线性位置。

[0156] 次级传感器900、902为主传感器912提供备用。可比较来自两个传感器的读数，以基于由主传感器912感测到的马达的旋转确认由次级传感器900、902感测到的垂直柱如所预期的那样移动。

[0157] 次级绝对位置传感器900、902可用于周期性地校准补偿由恒力弹簧400提供的力的不规则性所需要的力。校准例程使用与马达和主马达传感器912结合的次级传感器900、902。因为恒力弹簧400的有效半径是多少函数被放出，主传感器和次级传感器之间的比率是可变的。在校准时考虑该可变比率。通常将不经常需要此类校准。

[0158] 由竖直柱支撑的器械可提供有机器可读识别，其使控制模块能够确定通过器械添加到竖直柱的重量的量。机器可读识别可以直接地或参考器械信息的数据库为所述类型的器械提供一般重量，或为各个器械提供比重。控制模块能够调节提供到马达的电流，以提供来自马达的补偿安装手术器械的重量的期望力。

[0159] 轨道408和滑架406组件包括防止滑架脱离轨道的机械止动件。机械止动件可包括橡胶缓冲器908，其在少量材料变形，大概1mm至1.5mm的情况下限制滑架活动。机械止动件还可包括弹簧止动件910，其限制滑架活动同时提供更大量的屈服，大概3mm至3.5mm。应当理解，甚至弹簧止动件910可某种程度突然地停止滑架。

[0160] 在一些实施例中，控制模块可使用马达抵抗朝行进范围的末端的移动，并在更大的距离内使滑架406停止，以避免突然停止滑架406的移动。控制软件实施的停止可逐渐增加在滑架行进范围的末端(大概在滑架行进的最后12mm至20mm)内移动滑架组件所需的力。可非线性地应用由马达提供的抵抗通过滑架406的行进范围的末端的活动的力的增加，以用期望的减速曲线停止滑架406。软件实施的停止可提供在该范围的开始出逐渐增大的零

力，难以利用机械止动件实施。

[0161] 如上面所讨论的，可期望在手术台活动期间提供在滑架406的活动范围的末端处的一些低顺应性的移动。除了上面讨论的原因，如果滑架406在其活动范围的末端，手术台活动是不可能的。如果在手术台活动期间滑架406到达机械止动件908、910，那么进一步移动手术台的能力被消除。因此，弹簧定位销910可被配置成将滑架406推离机械止动件908、910的极限，以使滑架在允许滑架在两个方向上低顺应性移动的位置处静止。虽然关节210可包括被配置成当应用时将滑架保持在固定位置(以便限制关节等的无意移动)的机械制动器或驱动系统，但是可以提供控制系统，当弹簧定位销910被压下时和/或当关节210在接近物理活动范围极限的软件限定的阈值内移动时(例如，在从物理活动范围极限延伸的活动范围极限包络内移动)，该控制系统调整通过驱动或制动系统的驱动或制动。

[0162] 图23A至图23D示出示例性简化系统图，其示出其中关节500在沿其相对于其物理活动范围极限502中的一个的活动范围501的不同位置处的各种关节配置。为了简化和清楚的目的，活动范围501的相对端已在例示和以下描述中省略。应理解，图23A至图23D示出关节500的活动范围501的一端，并且应当理解下文所述的配置和控制算法可在关节500的相对活动范围极限处被类似地实施。

[0163] 关节500可为沿支撑操纵器的运动联动装置诸如装配关节联动装置的任何关节。关节500还可具有与关节500相关联的驱动或制动系统，其当应用时将滑架保持在固定位置。通过驱动或制动系统的驱动或制动由用户通过用户输入选择性地应用或释放(例如选择性地释放离合器等)。当用户手动地移动关节500通过其活动范围501时，响应于并根据关节500相对于物理活动范围极限502的位置和/或关节500被移动到或被定位在各种接近阈值内的阈值持续时间，如下文更详细描述，手术系统计算单元可实施数个不同的控制算法。

[0164] 如在图23A至图23D所示，弹簧504可被定位在物理活动范围极限502处，并且可限定推出区506。弹簧504可为单个弹簧或可表示多个弹簧(物理的、机械的、可调的和/或虚拟的)。推出区506可限定其中弹簧504吸收和抵抗关节500朝物理活动范围极限502移动的范围。在图23A中，关节500被示出在推出区506外，其中弹簧504完全延伸，并且图23B示出了被移动到推出区506并且被定位在推出区506内的关节500，其中弹簧504被稍微压缩并且作用在关节500上。

[0165] 第一阈值508可与物理活动范围极限502间隔一定距离。第一阈值508可为软件限定的活动范围极限，其描绘了在物理活动范围极限502和阈值508之间延伸的活动范围极限包络510。软件限定的活动范围极限508可描述关节500与物理活动范围极限502的优选最小间隔。在一些实施例中，包络510可从物理活动范围极限502延伸1英寸或更小，优选0.5英寸或更小(例如，约0.25英寸等)。在一些实施例中，第一阈值508可被限定为在与弹簧504相关联的推出区506的远侧(例如，在推出区506的端部和物理活动范围极限502之间的位置处)。当关节500移动经过阈值508并且定位在活动范围极限包络510内时，与关节500相关联的驱动或制动系统耦接的计算单元可延迟通过驱动或制动系统的驱动或制动的应用。在通过驱动或制动系统的驱动或制动的再应用以固定关节500的位置之前，通过驱动或制动系统的驱动或制动的应用的延迟可允许弹簧504有时间从活动范围包络510推动关节500。

[0166] 例如，图23C示出移动经过阈值508并且定位在活动范围极限包络510内的关节500。如果当关节500定位在活动范围极限包络510内时，用户释放与驱动或制动系统相关联

的离合器按钮，或以其它方式释放再应用驱动或制动的信号，则系统的计算单元可不响应于用户输入而立即再应用驱动或制动，因为可不期望使关节500固定在紧邻其物理活动范围极限502的位置处。因此，计算单元可延迟通过驱动或制动系统的驱动或制动的再应用，这可允许弹簧504推动关节500远离物理活动范围极限502。当计算单元检测关节500已被弹簧504或用户从活动范围极限包络510推出(例如，到例如在图23B中示出的位置)时，计算单元然后可允许或自动触发通过关节500的驱动或制动系统的驱动或制动的再应用，以将关节500固定在优选与物理活动范围极限502间隔开的位置处。

[0167] 在一些实施例中，系统的计算单元可将驱动或制动的再应用延迟1秒至10秒，优选在3秒至8秒之间，或约5秒。如果弹簧504推出力正被其它外力抵消(例如，在释放离合器，或以其它方式发出驱动或制动信号的再应用的信号等之后，用户维持朝活动范围极限502的压力)，计算单元可在延迟持续时间后，再应用通过驱动或制动系统的驱动或制动，以将关节500固定在极限范围包络510内的位置处(例如，如图23C和图23D所示)。然后，计算单元可被配置成向用户输出误差信号，以指示关节500的不期望配置。误差信号可以听觉、视觉和/或触觉方式输出。任选地，在系统上的光指示器可闪烁，误差可被输出到与该系统相关联的显示器，描述误差的误差嗡嗡声或语音可从扬声器输出，或与关节相关联的振动生成器可以被激活，使得用户可感觉并且接收指示不期望配置的反馈。

[0168] 然后，为了清除误差，用户可致动离合器并且物理移动关节500远离活动范围极限502，或在一些实施例中，可快速致动离合器(以快速开/关或“打嗝”方式)以发出简短释放通过驱动或制动系统的驱动或制动的信号。尽管信号是用于驱动或制动的简短释放(和用于驱动或制动的立即再应用)，但是当计算单元检测关节500在活动范围包络510内的位置时，该计算单元可以类似于上述的方式延迟驱动或制动的再应用。再应用的这种延迟可以允许弹簧504将关节500自动推出活动范围极限包络510(如果没有克服弹簧力的外力)。然后，控制系统可检测关节500在阈值508之外的移动，并且在从活动范围极限包络510推动关节500后，可自动再应用驱动或制动(例如，图23B)。一旦关节500返回到关节500的优选活动范围中的位置，计算单元就可清除误差信号。在许多实施例中，自动推出控制可提供更直观和期望的用户界面。

[0169] 第二阈值512也可为描绘活动范围包络514的软件限定的阈值，其中关节500移动经过阈值512并且将关节500定位在包络514内可触发LHBN移动模式。如上面讨论的，在一些实施例中，在进入移动模式之前，关节500必须在包络514内驻留阈值持续时间。虽然不是必要的，但是在一些实施例中，阈值512在阈值508的远侧。因此，活动范围包络510可涵盖活动范围包络514。因此，如果当关节500定位在包络514内时，用户释放端口离合器或以其它方式发出驱动或制动的再应用的信号，并且在进入移动模式之前，计算单元可延迟再应用，以便在允许或触发通过驱动或制动系统的驱动或制动的再应用之前，允许弹簧504将关节500从物理活动范围极限502推出，并且推到在包络510之外的位置。如上面讨论的，关节可包括一个或多个传感器(例如传感器900、902)，以将用于关节的位置的数据提供到控制模块。传感器可被配置成提供绝对线性位置。在一些实施例中，传感器可为用于检测马达轴的角度的旋转编码器或轴角编码器，该角度然后可用于识别关节的位置。

[0170] 虽然示出为竖直棱柱关节(例如，其中活动范围极限与关节的完全竖直压缩或完全竖直延伸相关联)，但是应该理解，上述配置和控制算法也适用于沿支撑操纵器的运动联

动装置(例如,其他装配关节和/或装配结构联动装置)的其它棱柱关节(例如,水平棱柱关节)。另外,上述配置和控制算法可以适用于具有由旋转自由度限定的对应阈值的圆柱形关节。

[0171] 弹簧504可为物理弹簧(例如,弹簧910)。在一些实施例中,可优选利用机械弹簧。在一些实施例中,使用机械弹簧可为有利的,因为不需要伺服马达-被动动力学可足够。任选地,弹簧504可为虚拟弹簧(例如,通过伺服的软件控制),其模拟安装在活动范围极限的物理弹簧。在一些实施例中,物理弹簧和虚拟弹簧的组合可用于自动推出功能。

[0172] 例如,在图16至图22示出的示例性实施例中,机械恒力弹簧与马达耦接。马达可根据需要通过增加或减小弹簧常数来调谐恒力弹簧。在操作期间,恒力弹簧可为系统提供抗衡力,其可根据附接器械的类型调节。例如,如果安装较重的器械,可控制马达以增加恒力弹簧的弹簧常数来充当抗衡力。虽然出于抗衡的目的使用恒力弹簧,但是恒力弹簧也可以用于推出功能。例如,可驱动马达以根据关节(例如关节500)的位置增加或减小弹簧常数。例如,当关节接近运动范围极限(例如,在从极限502延伸的包络510内)时,可驱动马达以增加恒力弹簧的弹簧常数,从而提供推动关节远离活动范围极限502的力。因此,在一些实施例中,被动弹簧、主动弹簧(例如,弹簧400)和虚拟弹簧的组合可用于吸收和抵抗关节500朝活动范围极限502的移动,并且在接合通过驱动或制动系统的驱动或制动之前,可提供推动关节500远离活动范围极限到更优选的位置的推出力。

[0173] 在另外的方面,可提供安全控制算法。系统可被配置成检测关节500超出软件限定的活动范围极限508的无意活动(例如,关节500在活动范围极限包络510内移动)。当系统检测此类活动,同时应用通过驱动或制动系统的驱动或制动时,系统可被配置成释放驱动或制动,以允许过量活动由弹簧504吸收和抵消。此类安全特征可减少由关节远侧的联动装置对对象或患者无意施加的力。

[0174] 在具有冗余自由度的系统中,如果相对较远侧的关节处于活动范围极限,并且一个或多个相对近侧的关节以自由度冗余移动到远侧关节,在远侧关节远处的臂可无意地对对象施加非常大的力。例如,如果棱柱竖直装配关节(例如,关节106)被完全压缩,然后柱(例如,柱88)被降低,可能在竖直装配关节内不存在可用的活动范围,并且操纵器或器械可施加降低吊杆的全部力。

[0175] 因此,系统可被配置成检测关节500超出软件限定的活动范围极限508的无意移动。作为响应,系统可释放关节制动器以允许附加缓冲区或活动范围的末端,其中弹簧(例如,弹簧910)和/或缓冲器(例如,缓冲器908)可吸收和抵消过量活动,使得在关节500远侧的臂将对对象施加较小的力。另外,在一些实施例中,当驱动或制动系统被释放,并且关节被推入活动范围极限包络510时,恒力弹簧400也可以推出的方式作用在关节500上,以吸收无意的力。弹簧和缓冲器可以提供柔顺的缓冲,从而减小通过关节、联动装置或关节500远侧的器械施加到对象或患者的力。

[0176] 其它变型在本发明的精神内。因此,虽然本发明易受各种修改和替代构造的影响,但其某些例示的实施例在附图中示出,并已在上文详细描述。然而,应当理解,没有意图将本发明限制于所公开的具体形式或多种形式,而是相反,其意图是涵盖落入本发明的精神和范围内的所有修改、替代构造和等价物,如所附权利要求所限定。

[0177] 除非本文另有说明或与上下文明显矛盾,否则在描述本发明的上下文中(特别是

在所附权利要求的上下文中)使用的术语“一”和“一个”、“该”以及类似指称被解释为涵盖单数和复数两者。除非另外指出,否则术语“包括”、“具有”、“包含”和“含有”解释为开放的术语(即意指“包括但不限于”)。术语“连接”解释为部分地或全部包含在内、附接到或接合在一起,即使存在某物介于其间。除非本文另外指出,否则本文中值的范围的叙述仅旨在充当单独提及落在该范围内的每个单独的值的便捷方法,并且每个单独的值被并入说明书中,好像它在本文中单独叙述一样。除非本文另有说明或另外与上下文明显矛盾,否则在本文中所描述的所有方法可以任何合适的顺序执行。除非另外声明,否则本文所提供的任何和全部示例的使用或示例性语言(例如,“诸如”)仅旨在更好地说明本发明的实施例,并不对本发明的范围提出限制。在说明书中的任何语言不应被解释为表示对本发明的实践是必不可少的任何未要求保护的元素。

[0178] 本文描述本发明的优选实施例,包括发明人已知的用于实施本发明的最佳模式。在阅读前面的描述时,那些优选实施例的变型对于本领域的普通技术人员可变得显而易见。发明人期望技术人员视情况采用此类变型,并且发明人希望本发明以除本文具体描述的方式实践。因此,本发明包括由适用法律所允许的所附权利要求书中叙述的主题的所有修改和等同物。此外,除非本文另外指出或另外与上下文明显矛盾,否则在其所有可能的变型中上述元素的任何组合由本发明所涵盖。

[0179] 本文所引用的包括公开案、专利申请和专利的所有参考文献以与每个参考文献都被单独地和具体地表示以引用方式并入本文并将其全部内容在此陈述相同的程度据此以引用方式并入。

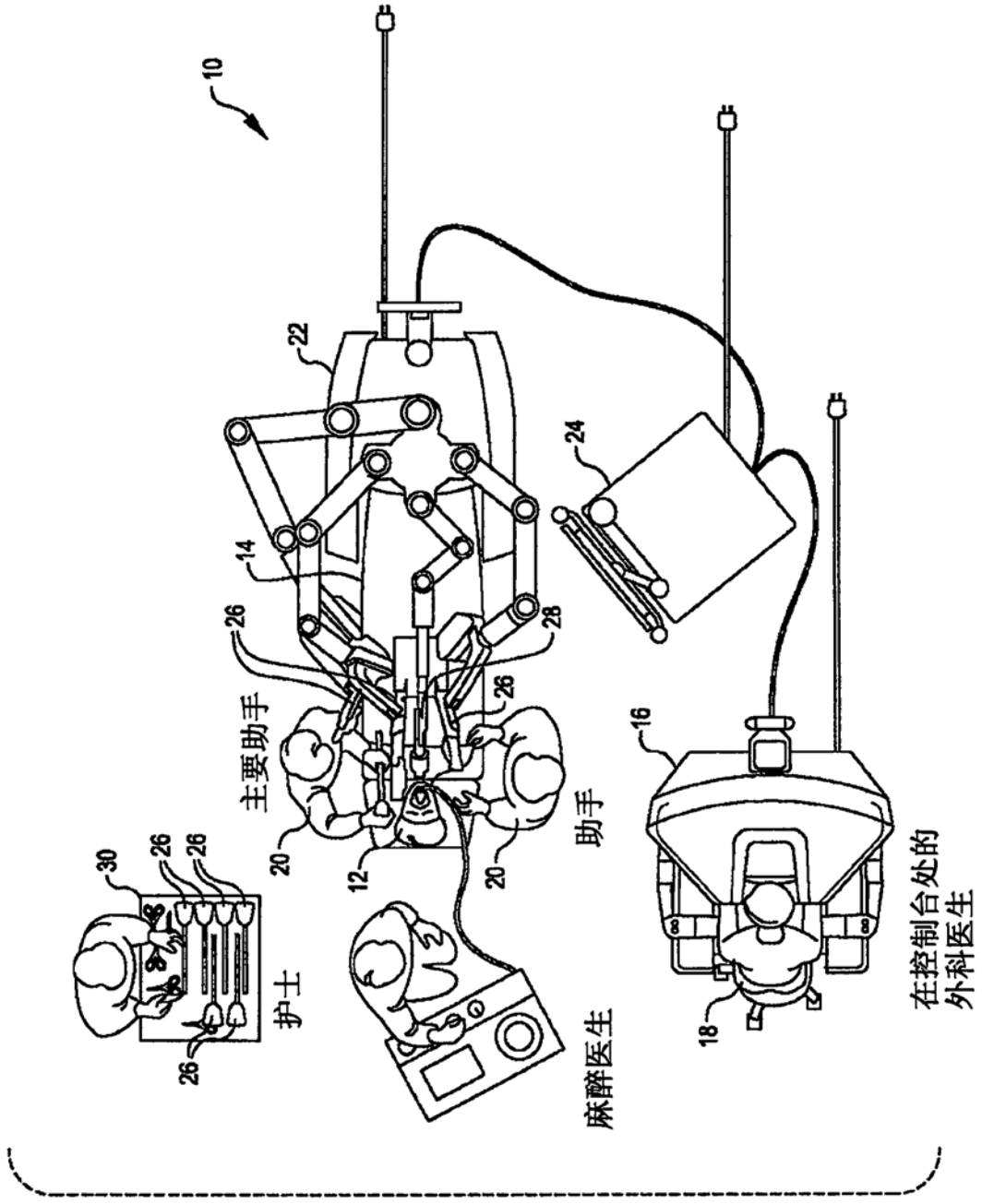

10
22
24
14
26
28
26
主要助手
20
12
20
助手
16
30
26
26
护士
26
麻醉医生
18
在控制台处的
外科医生

图1

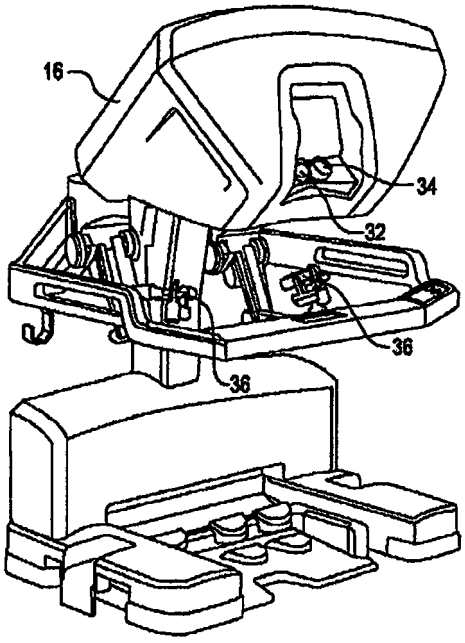


图2

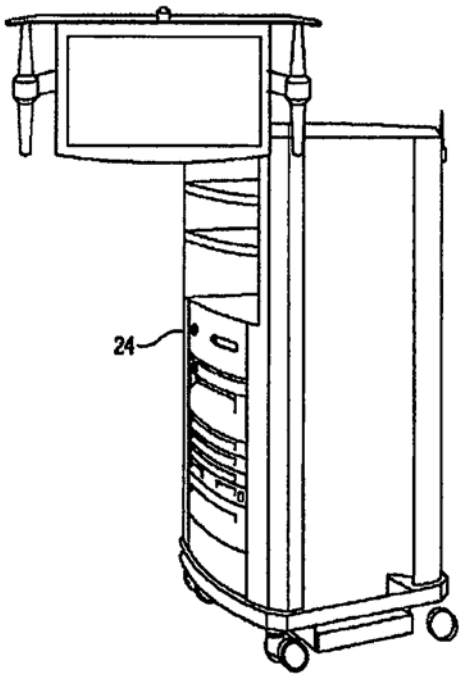


图3

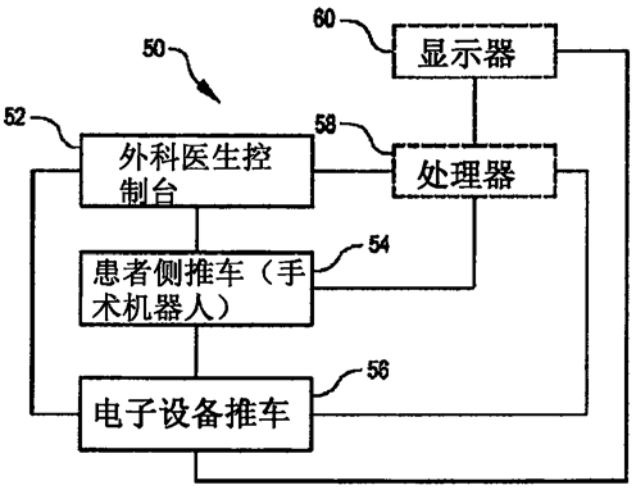


图4

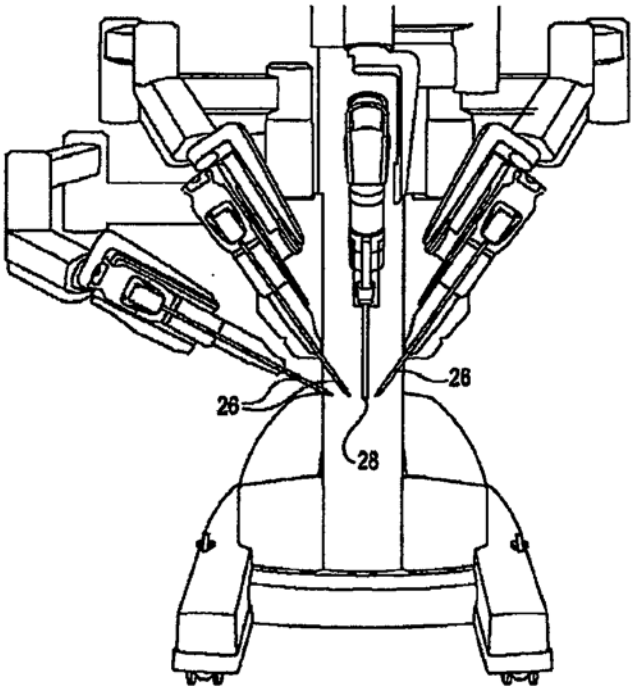


图5A

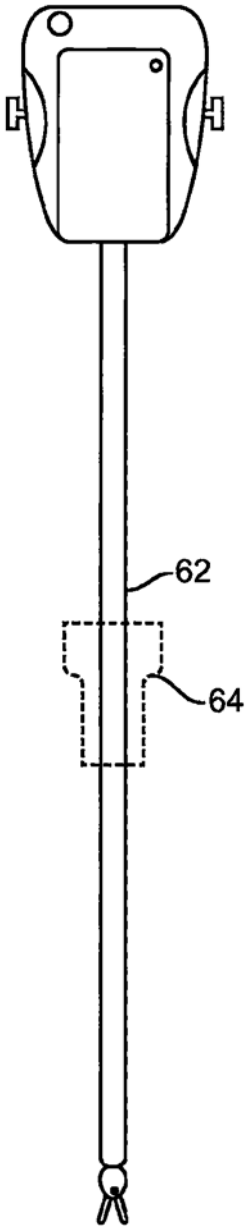


图5B

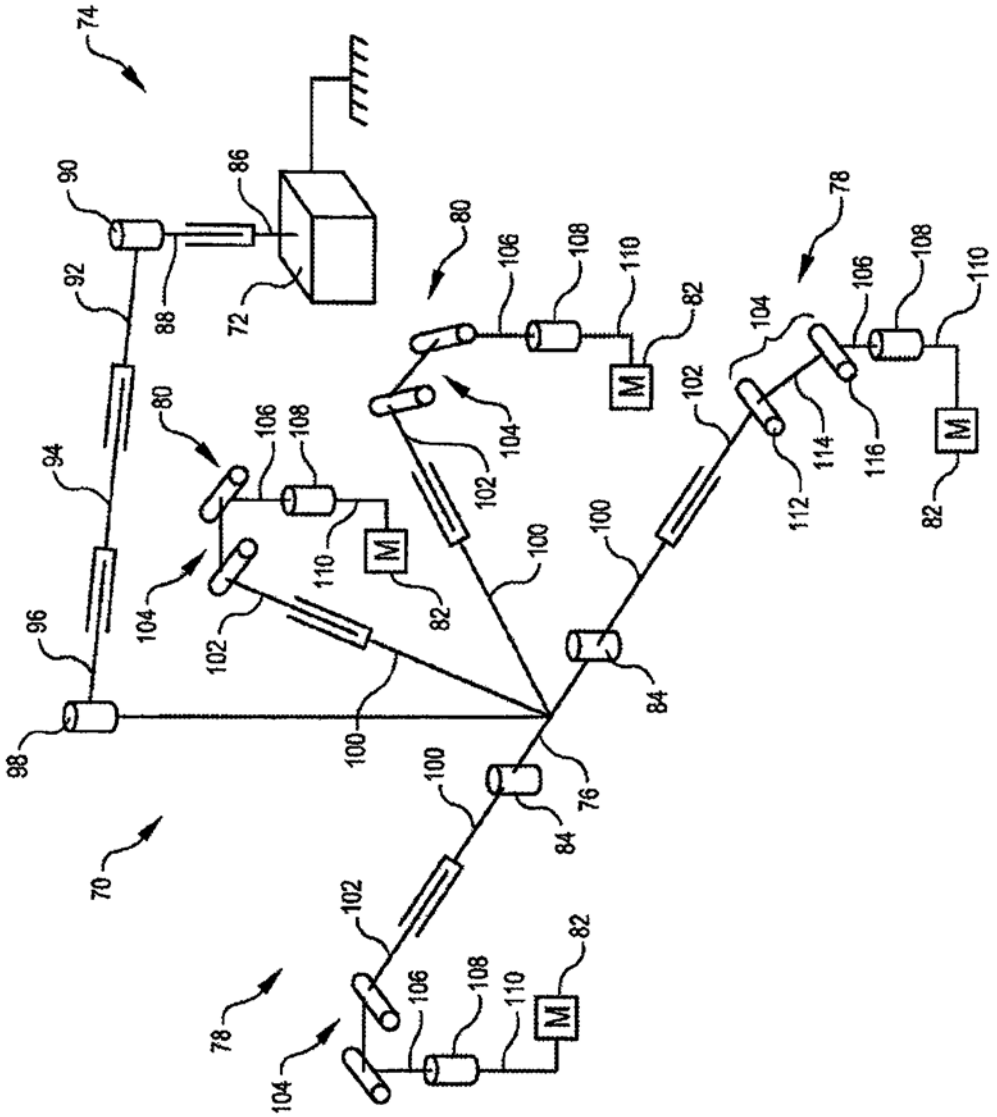


图6

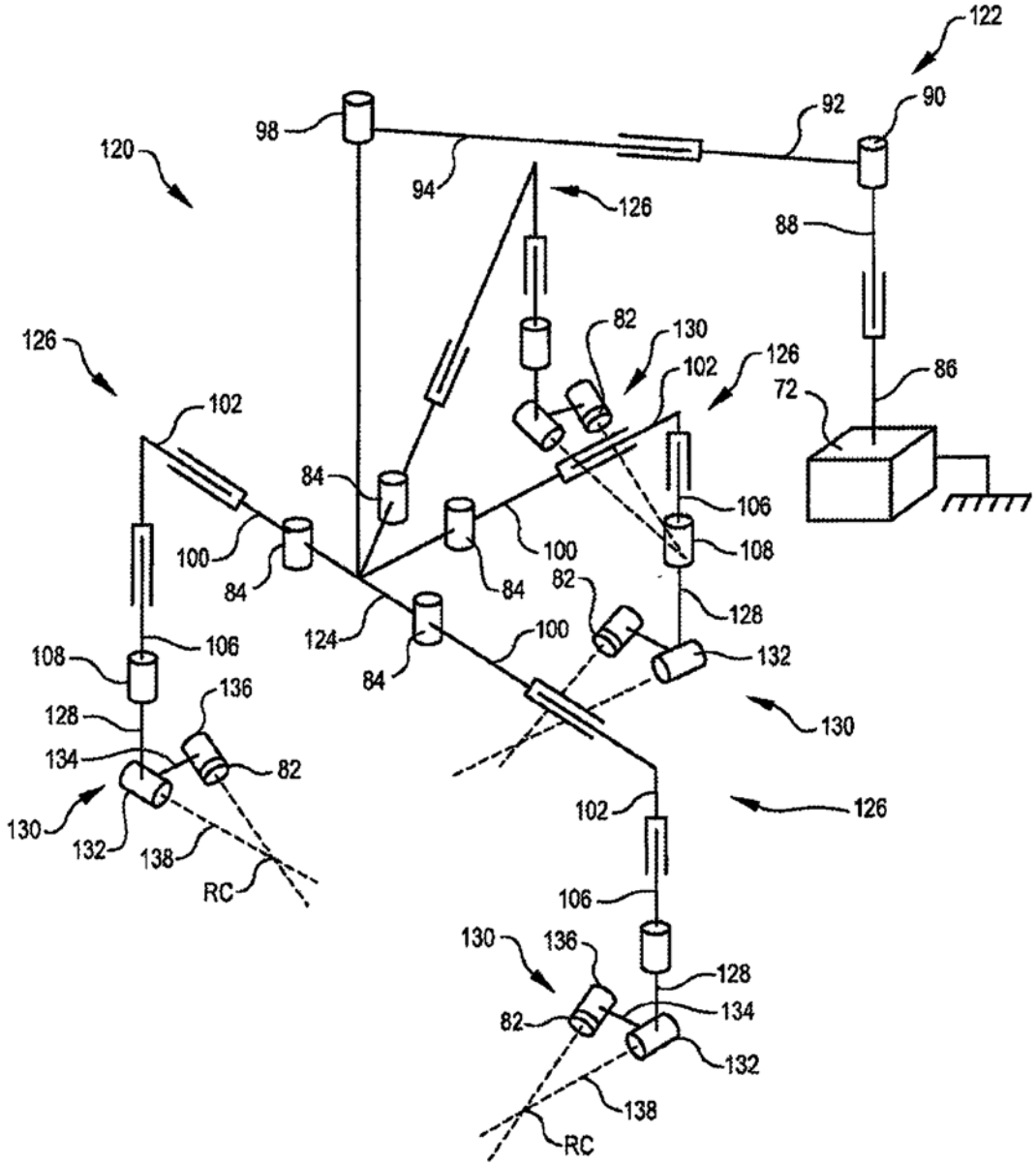

122
90
92
98
120
94
126
88
82
130
126
102
86
72
102
84
106
100
108
100
84
84
82
128
124
100
132
108
106
84
136
128
130
134
82
130
102
126
132
138
RC
106
130
136
128
82
134
132
138
RC

图7

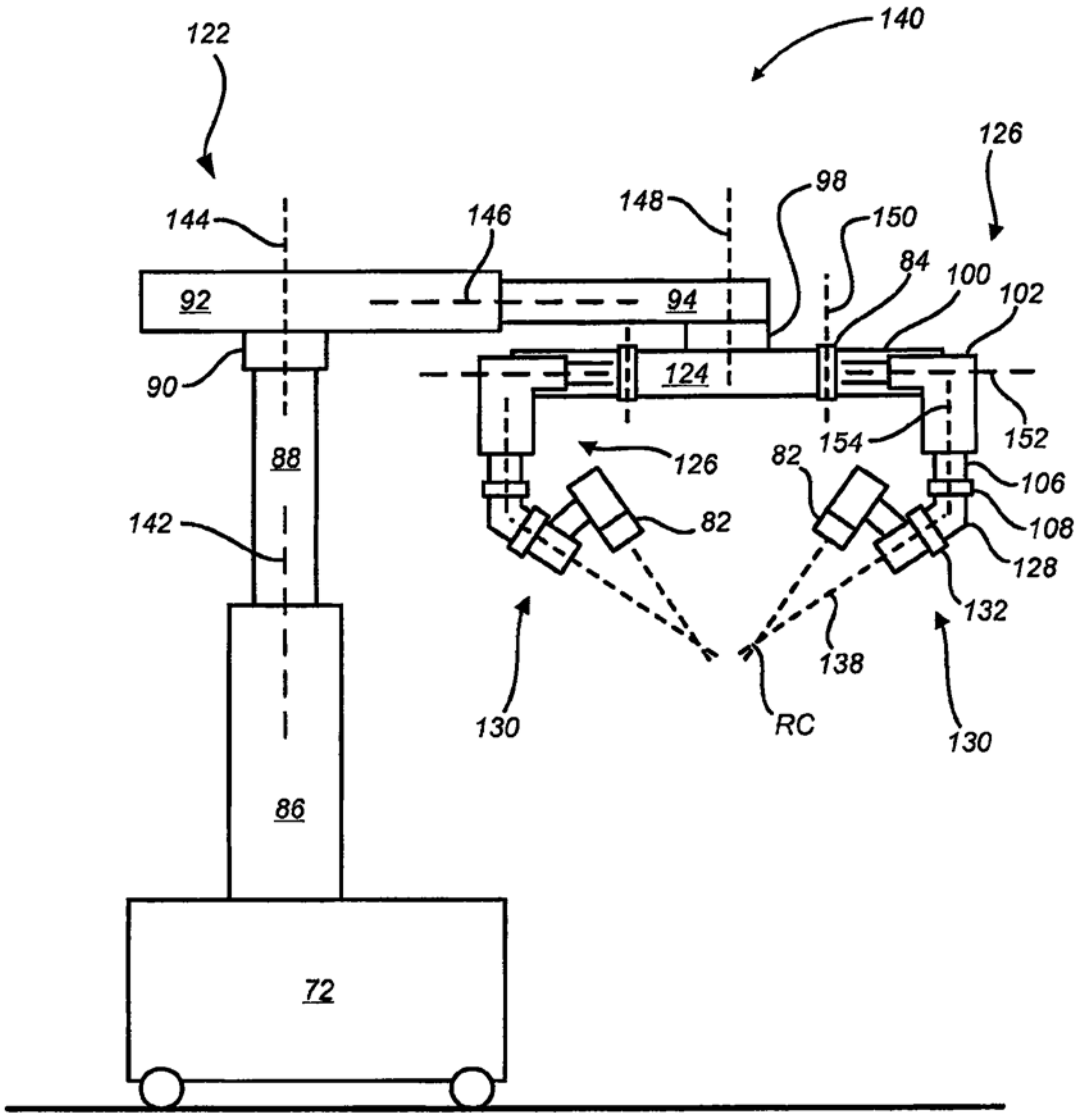

122
140
126
144
146
148
98
150
84
100
102
92
94
124
90
88
126
154
152
82
106
142
82
108
128
132
138
130
RC
130
86
72

图8

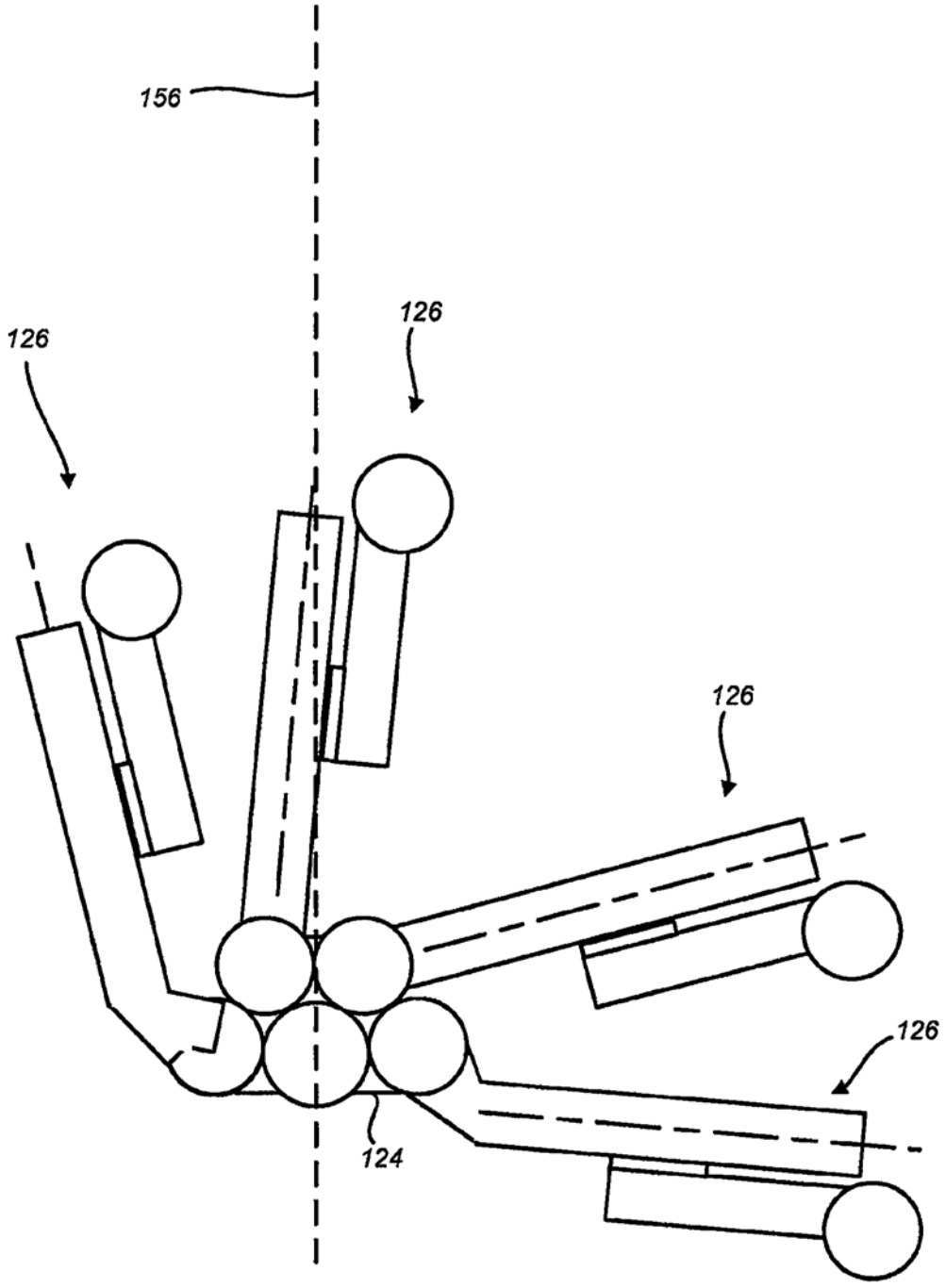


图9

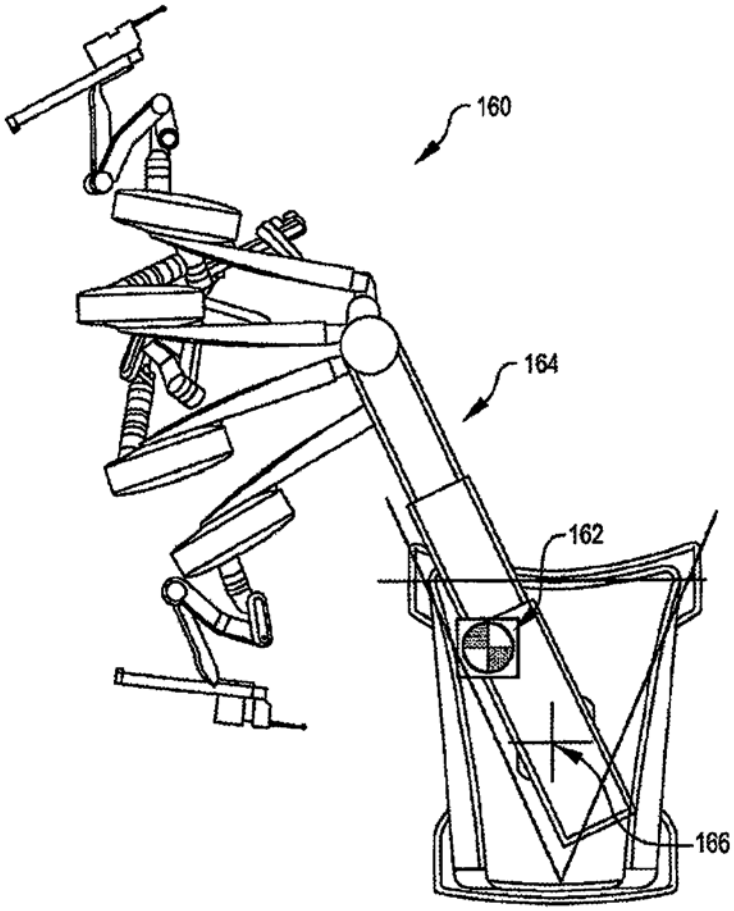


图10

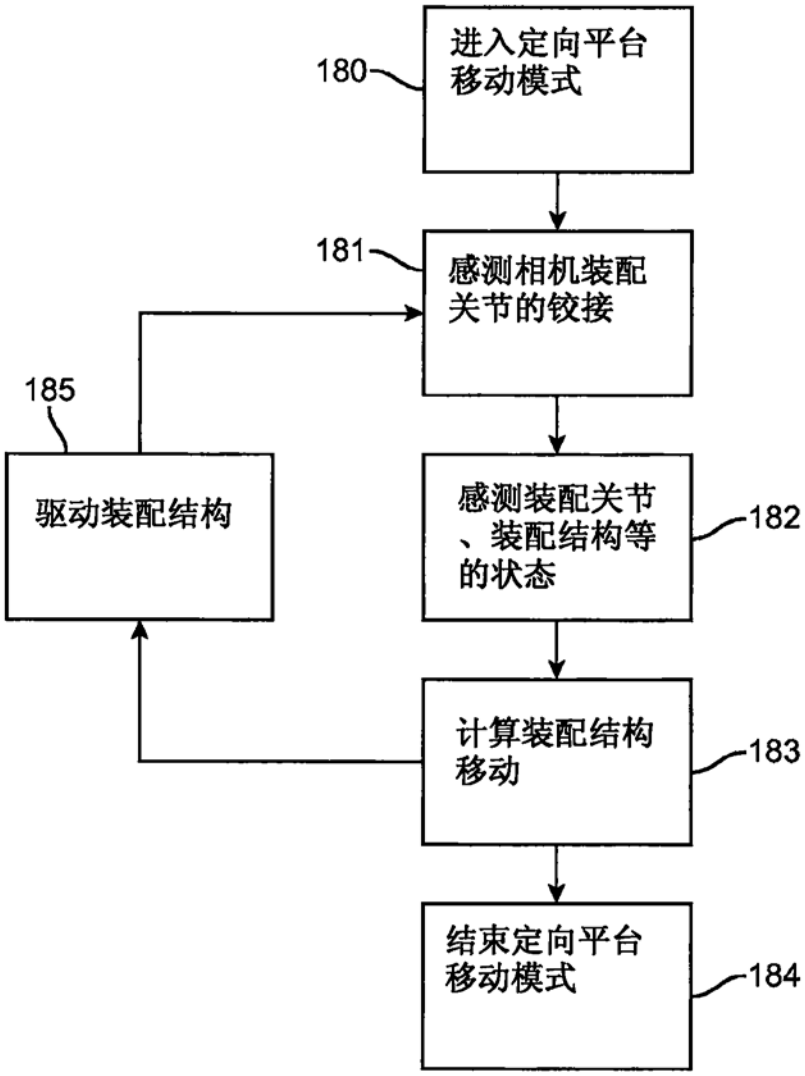

进入定向平台移动模式
180
感测相机装配关节的铰接
181
感测装配关节、装配结构等的状态
182
计算装配结构移动
183
结束定向平台移动模式
184
驱动装配结构
185

图11

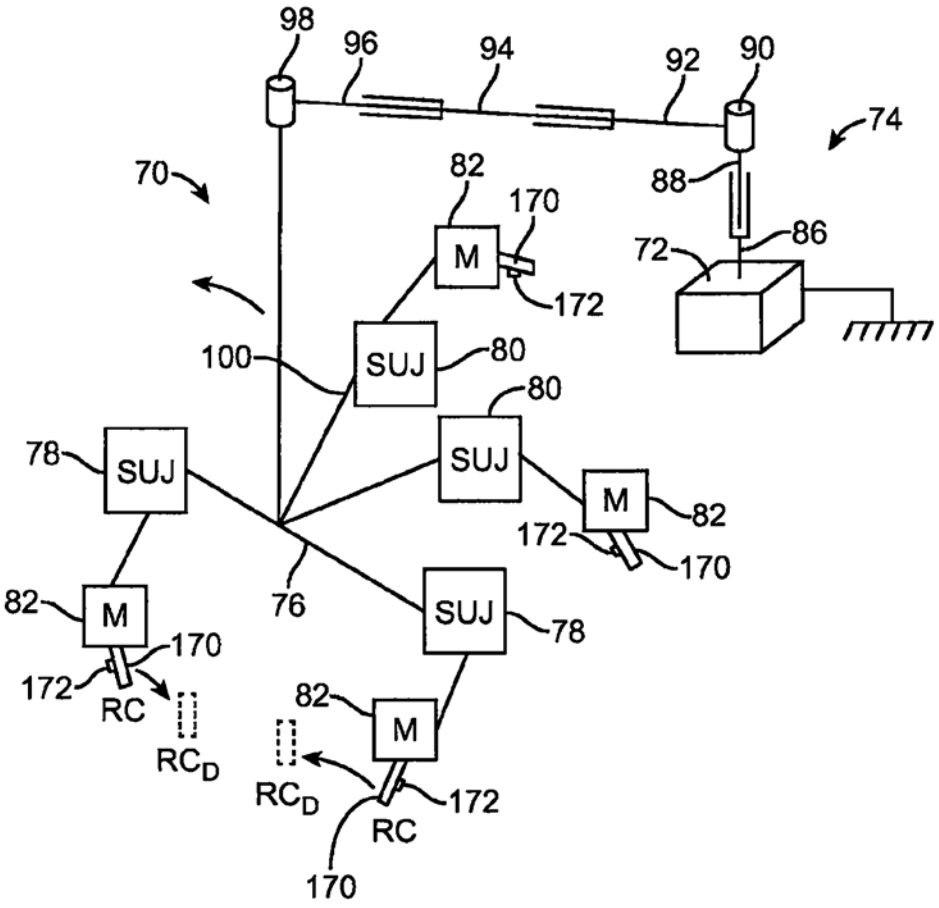

98
96
94
92
90
74
70
82
170
M
172
88
72
86
100
SUJ
80
80
SUJ
78
SUJ
M
82
172
170
82
M
76
SUJ
78
170
172
RC
RC_D
82
M
RC_D
172
RC
170

图12

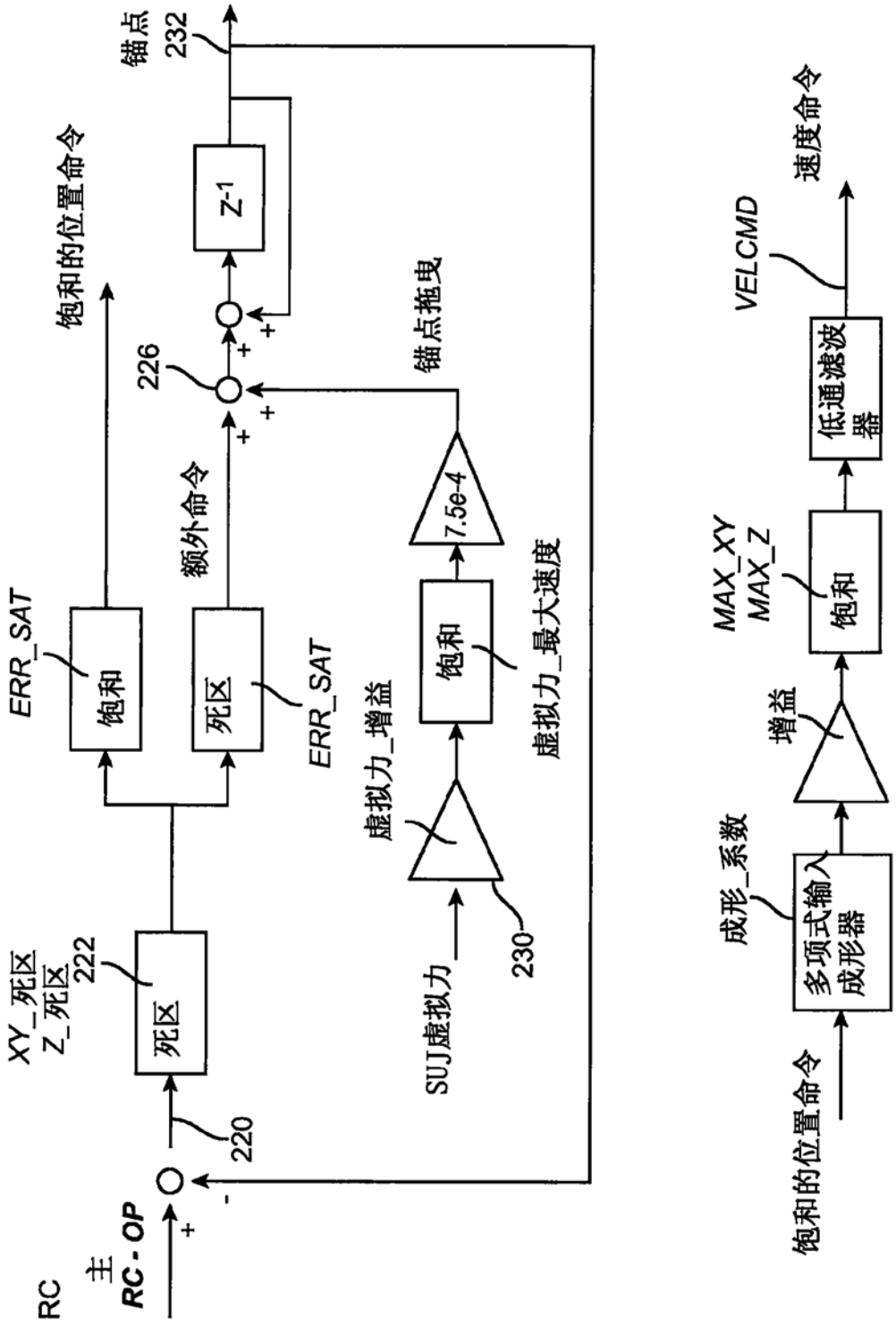

RC
主
RC - OP
+
-
220
XY_死区
Z_死区
222
死区
ERR_SAT
饱和
饱和的位置命令
额外命令
死区
ERR_SAT
226
+
+
+
Z-1
锚点
232
SUJ虚拟力
230
虚拟力_增益
饱和
虚拟力_最大速度
7.5e-4
锚点拖曳
饱和的位置命令
成形_系数
多项式输入成形器
增益
MAX_XY
MAX_Z
饱和
低通滤波器
VELCMD
速度命令

图12A

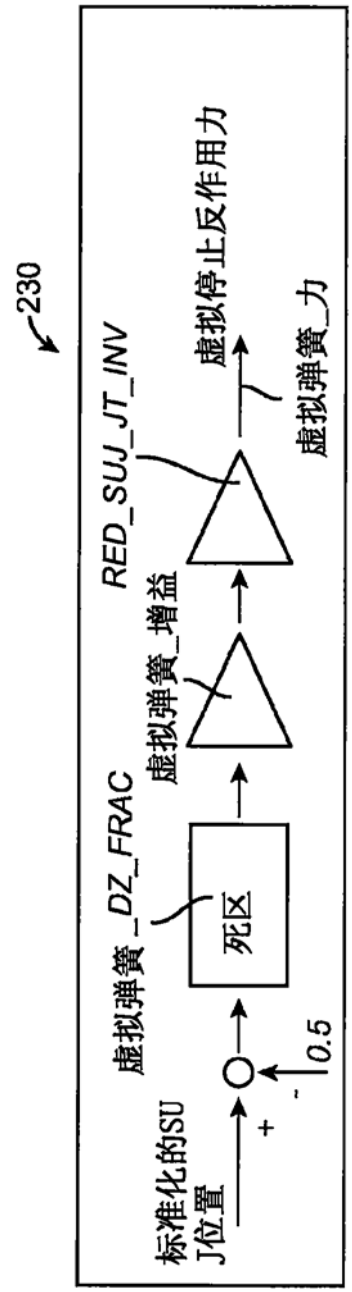

230
标准化的SUJ位置
+
-
0.5
虚拟弹簧_DZ_FRAC
死区
虚拟弹簧_增益
RED_SUJ_JT_INV
虚拟停止反作用力
虚拟弹簧_力

图12B

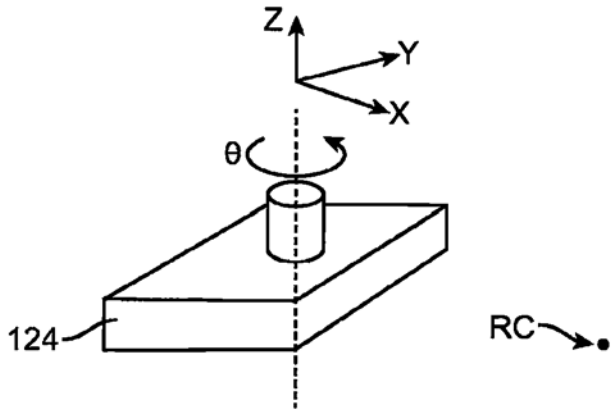


图12C

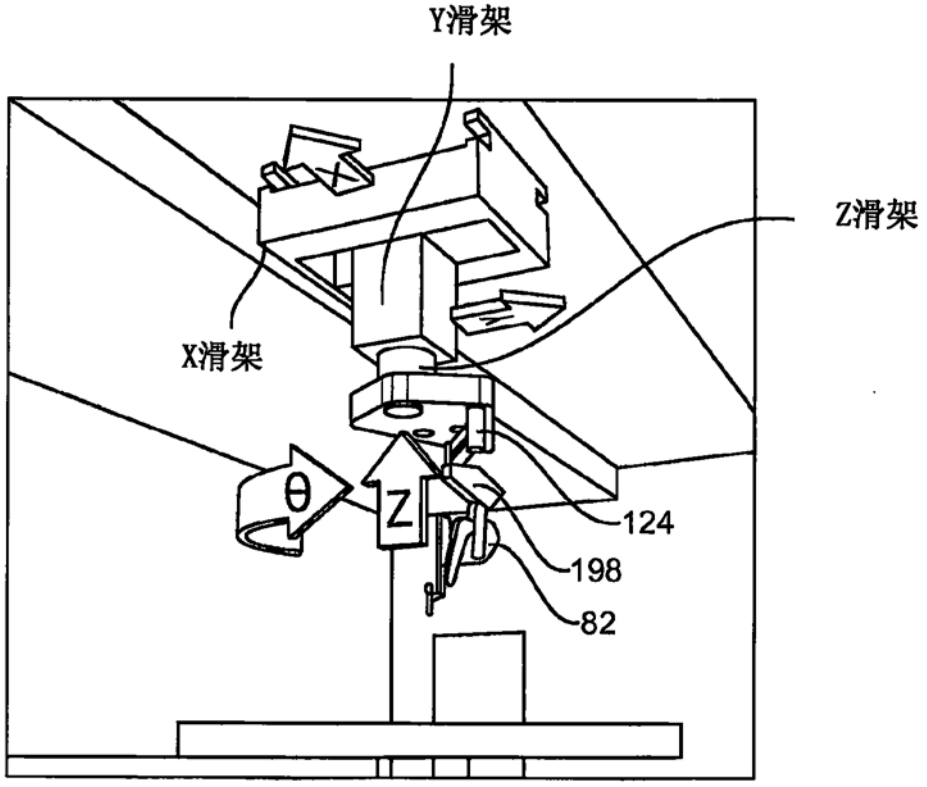


图12D

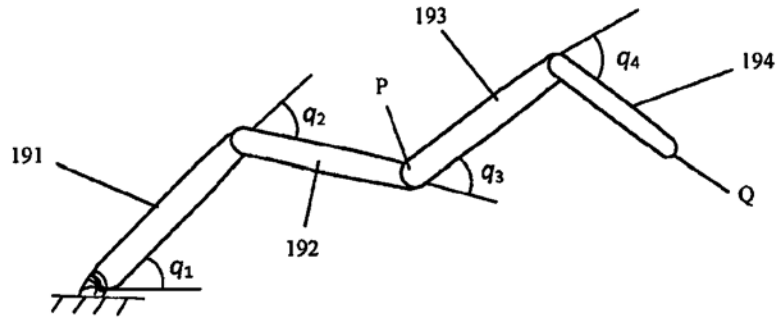

193
q_4
194
P
q_2
191
q_3
Q
192
q_1

图13

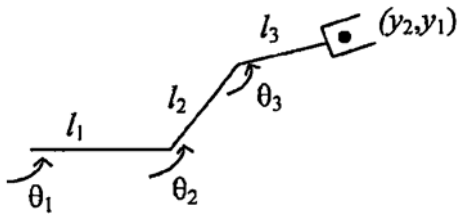

l_3
(y_2,y_1)
l_2
θ_3
l_1
θ_1
θ_2

图14

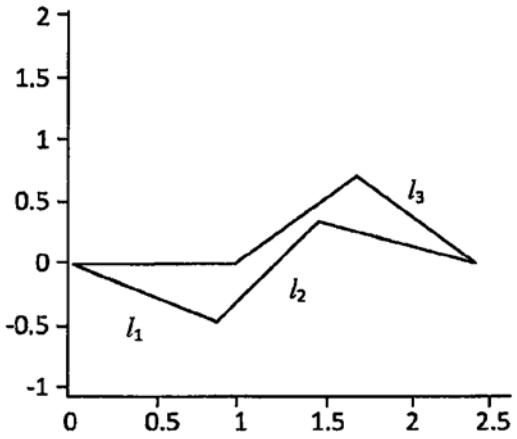

2
1.5
1
0.5
0
-0.5
-1
0
0.5
1
1.5
2
2.5
l_3
l_2
l_1

图15

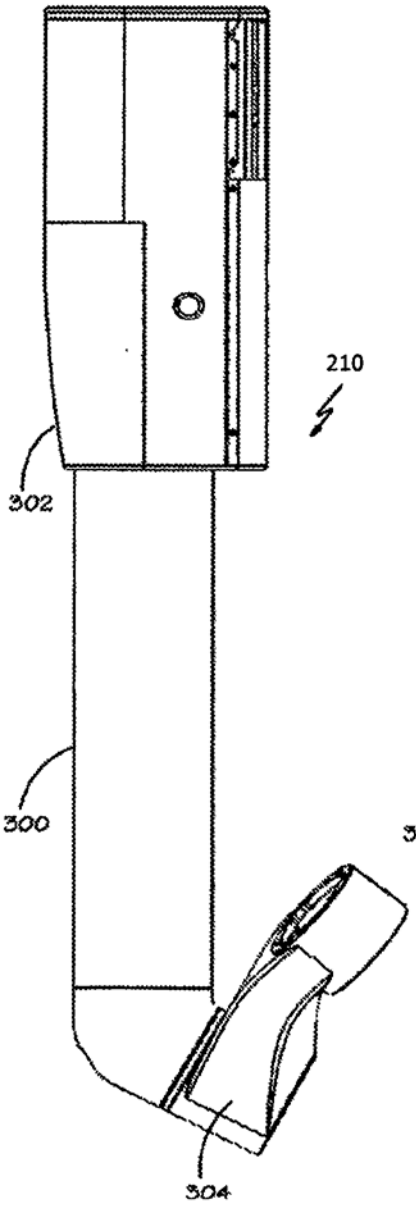


图16

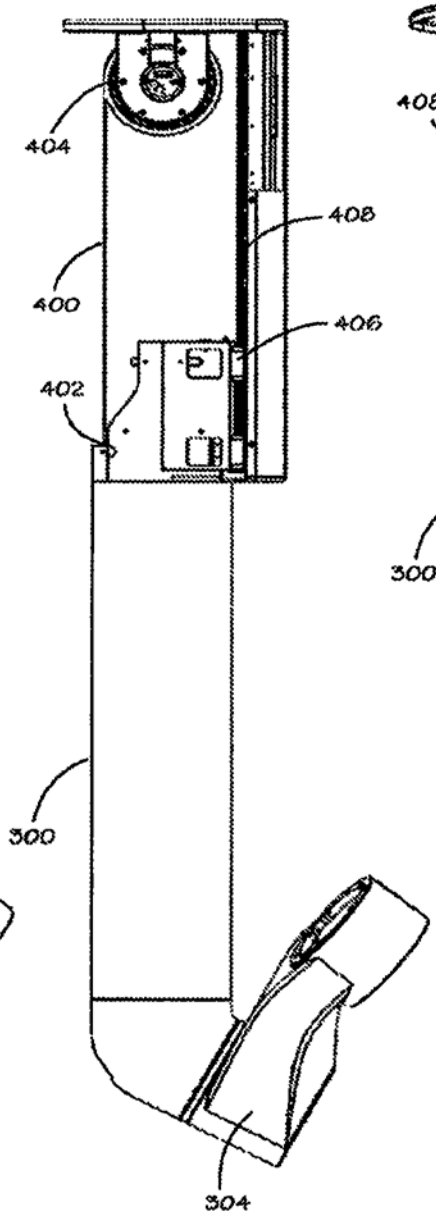


图17

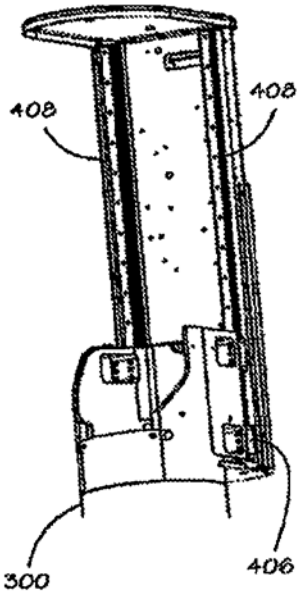


图18

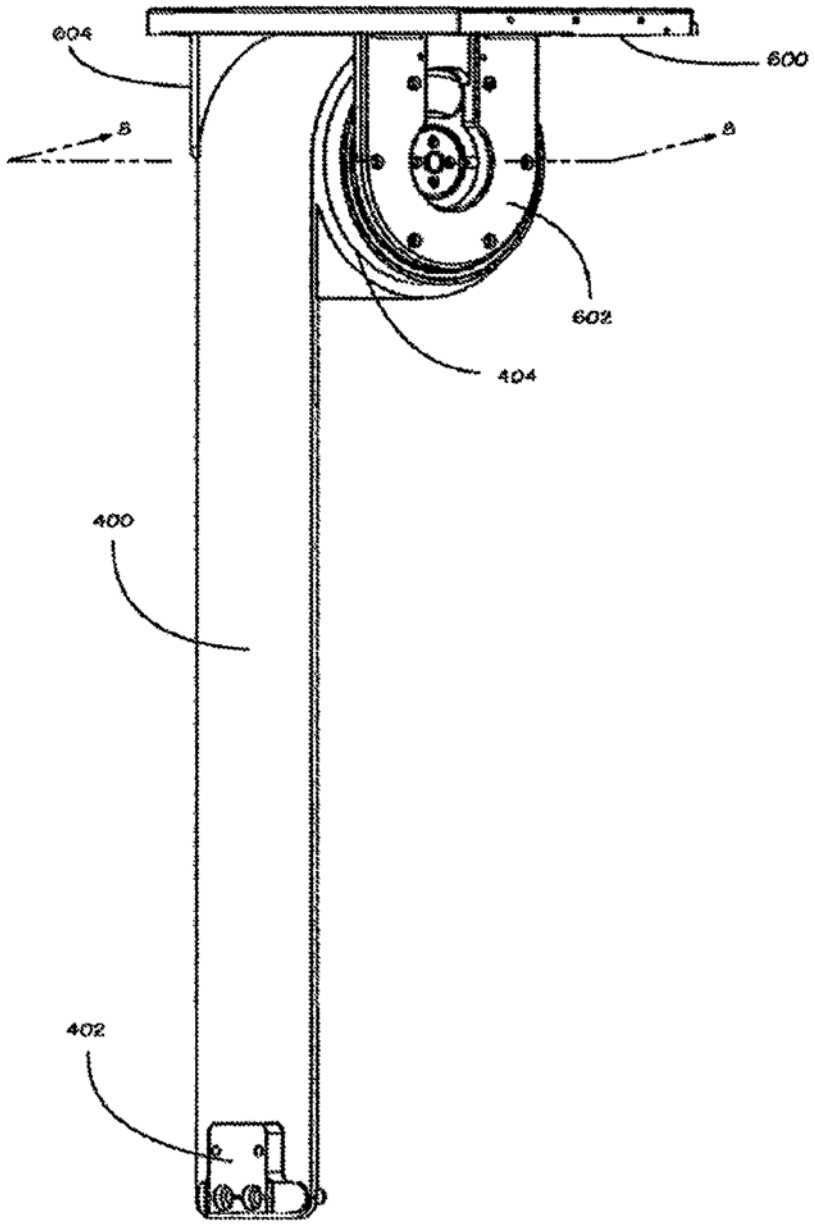


图19

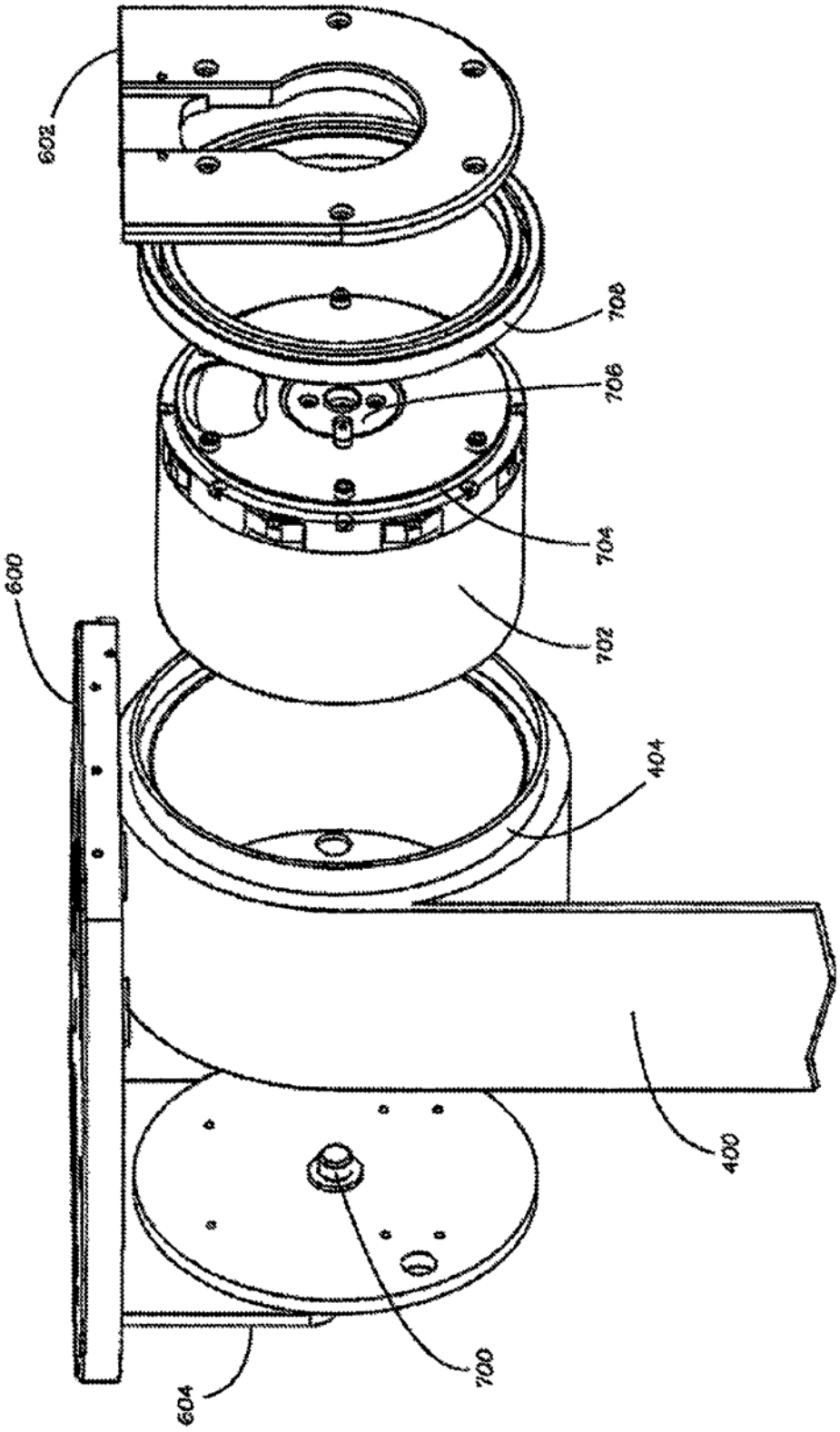


图20

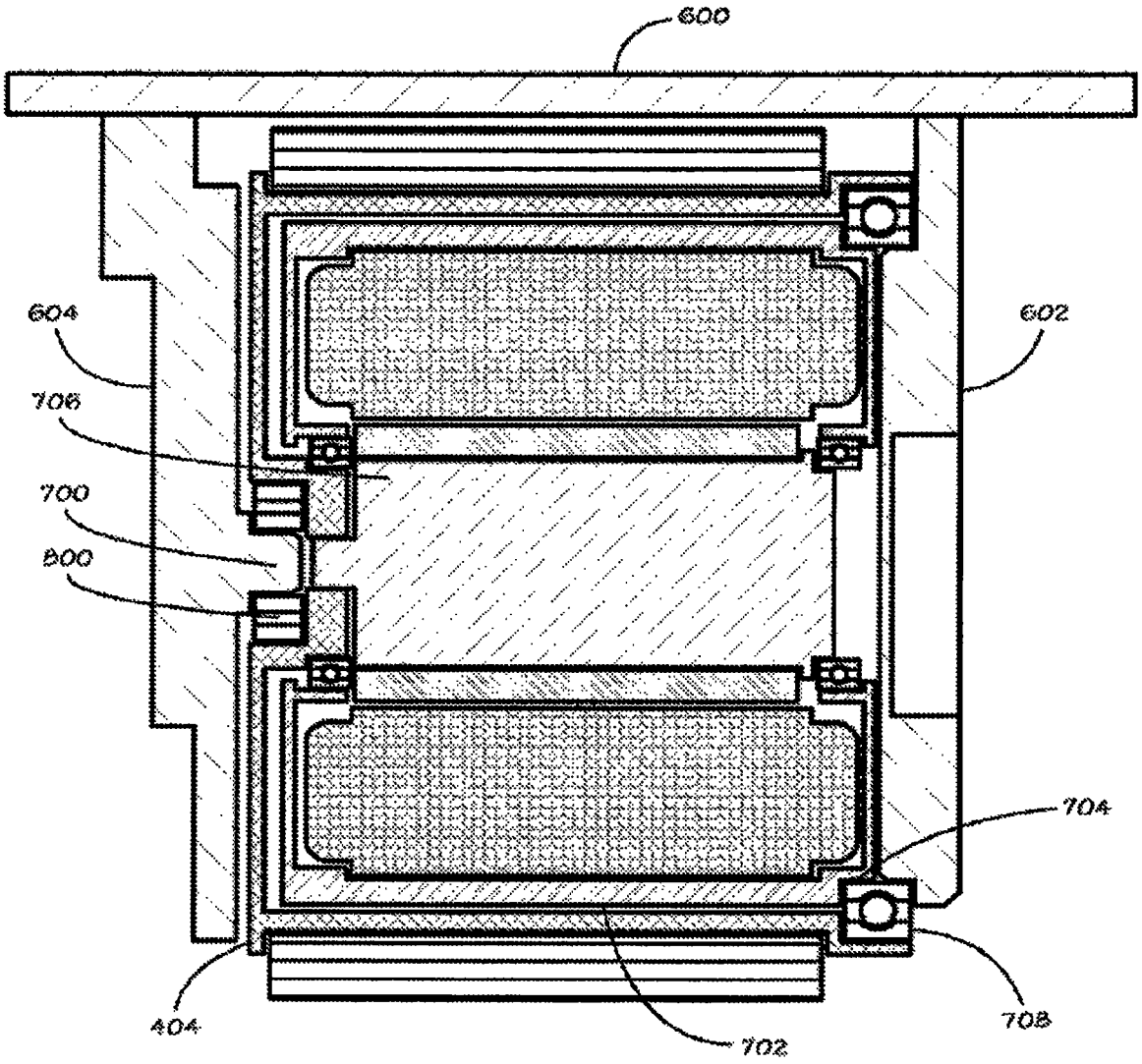


图21

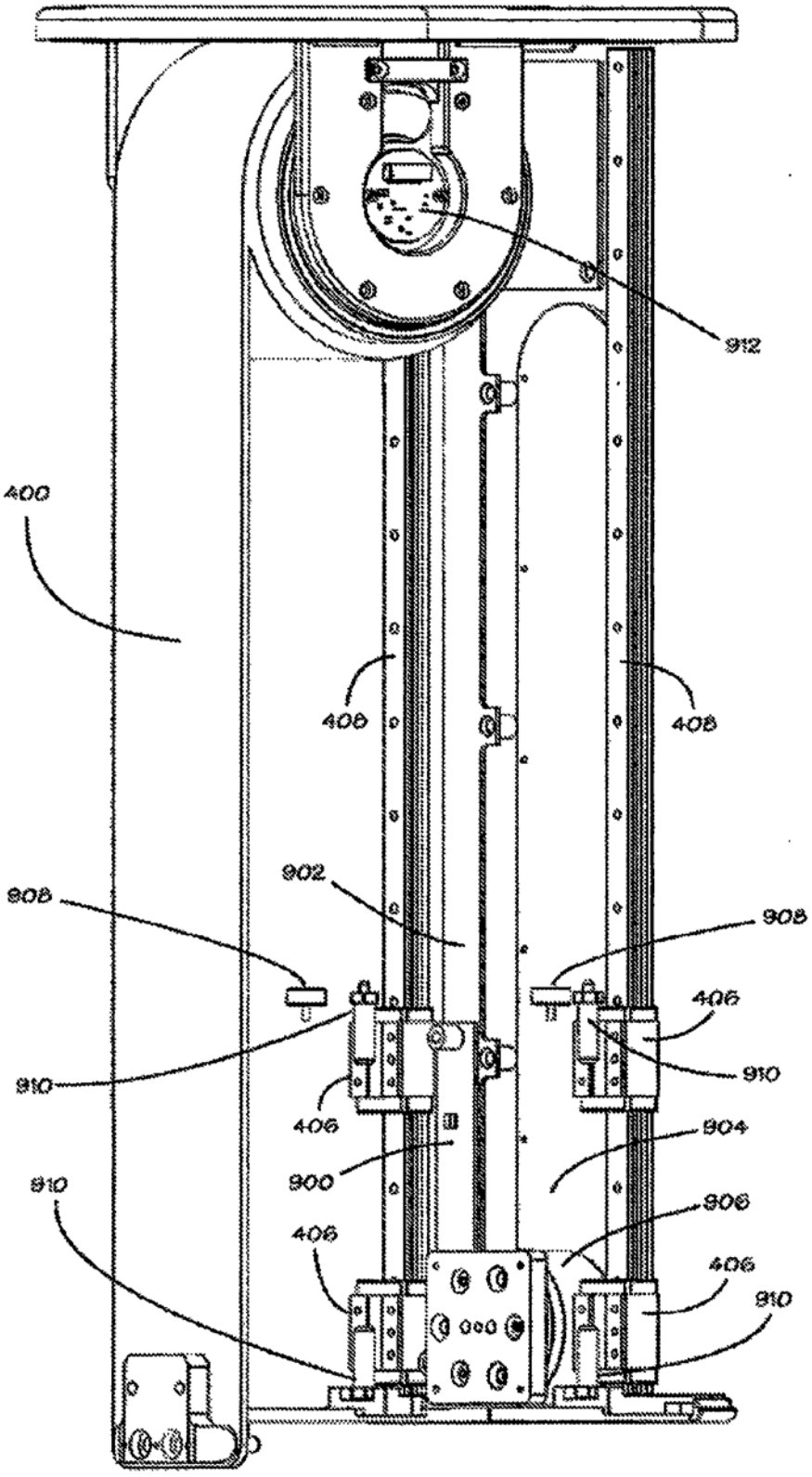

912
400
408
408
902
908
908
406
910
910
406
904
900
910
906
406
406
910

图22

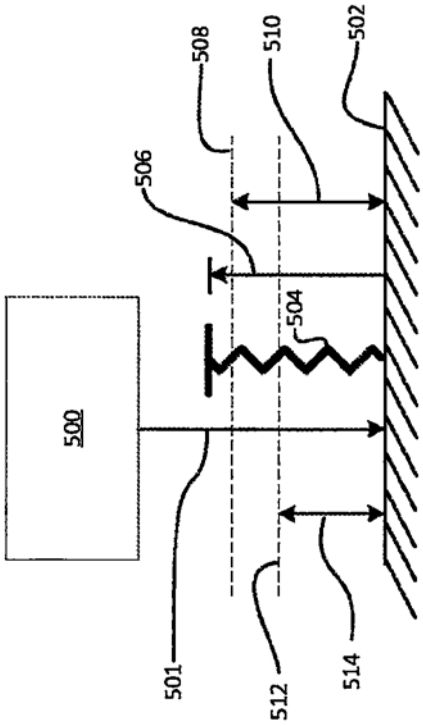

508
510
502
506
504
500
501
512
514

图23A

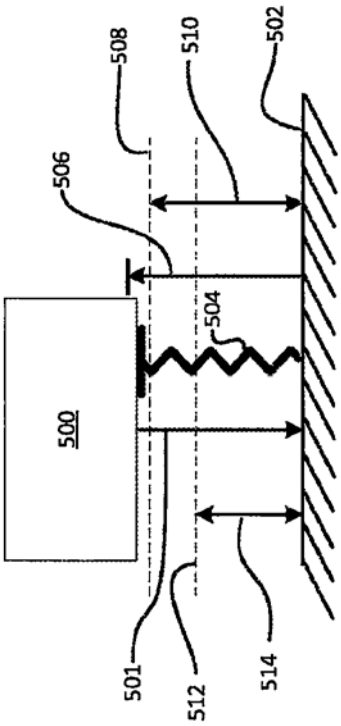

508
510
502
506
504
500
501
512
514

图23B

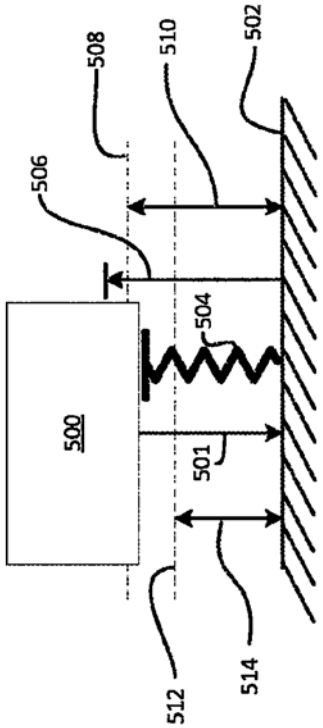

508
510
502
506
504
500
501
512
514

图23C

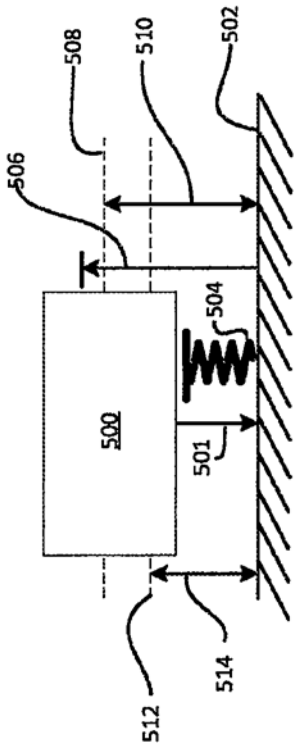

508
510
502
506
504
500
501
512
514

图23D