



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106132335 B

(45)授权公告日 2019.08.30

(21)申请号 201580013605.7

(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 106132335 A

(43)申请公布日 2016.11.16

(30)优先权数据
61/954,537 2014.03.17 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.09.12

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/020896 2015.03.17

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/142801 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·伊特科维兹

(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 34/30(2016.01)
A61B 34/37(2016.01)
A61B 34/35(2016.01)

审查员 任春颖

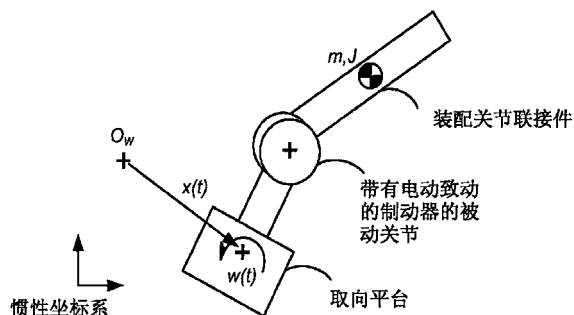
权利要求书7页 说明书18页 附图18页

(54)发明名称

控制手术装配结构中的欠驱动关节的运动的方法

(57)摘要

机器人和/或手术设备、系统和方法包括运动连杆结构和相关联的控制系统,该控制系统被配置成通过欠驱动关节的制动与同时发生的一个或多个从动关节的驱动的协调关节来控制被动的或欠驱动关节的移动。在一个方面中,方法包括通过在相反方向来回地枢转支撑多个操纵器的取向平台来驱动装配结构,同时选择性地制动欠驱动关节,以抑制被动关节远离参考的关节状态的移动,并且释放制动以促进朝向参考的关节的移动,直到多个操纵器的欠驱动关节中的每一个处于相应的参考状态。在另一个方面中,提供关节制动器控制器,其接收马达扭矩输入,并且通过确定施加脉冲的可变制动将输入转化成制动器控制输入,以随着时间消耗脉冲。



1. 一种用于配置远程手术系统的方法,所述方法包括:

通过驱动支撑平台连杆的一个或更多个从动关节来加速支撑第一机器人臂的所述平台连杆,从而将力或力矩传递到所述第一机器人臂;

当响应于所述第一机器人臂上的所述力或力矩的所述第一机器人臂的第一关节的被动移动将所述第一关节移动远离所述第一关节的参考状态时,抑制所述第一关节的被动移动,所述参考状态对应于所述第一机器人臂的期望的配置;并且

当响应于所述第一机器人臂上的所述力或力矩的所述第一关节的所述被动移动将所述第一关节朝所述第一关节的所述参考状态移动时,促进所述第一关节的所述被动移动。

2. 根据权利要求1所述的方法,其还包括:

当所述第一关节处于所述参考状态时,暂停所述第一机器人臂的所述第一关节的所述被动移动。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述期望的配置包括选自由以下项所构成的组的配置:所述第一机器人臂的延伸的展开配置、所述第一机器人臂的收缩的收起配置以及所述第一机器人臂的部分收起配置。

4. 根据权利要求1所述的方法,其还包括:

通过感测所述第一关节的关节扭矩,确定所述第一关节的所述被动移动何时被引导远离所述参考状态、引导朝向所述参考状态或设置在所述参考状态处。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中抑制所述第一关节的所述被动移动包括至少部分地将制动施加到所述第一关节,并且其中促进所述被动移动包括至少部分地释放施加到所述第一关节的制动。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中促进所述第一关节的所述被动移动包括:

选择性地释放制动以将所述第一关节加速到参考速度,以及

选择性地施加所述制动以维持所述参考速度或者减速所述第一关节。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中促进所述被动移动包括响应于所述第一关节的所感测的扭矩超过阈值扭矩,至少部分地释放所述第一关节的关节制动器。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中加速所述平台连杆包括通过具有至少一个自由度的从动关节移动在相反方向之间加速所述平台连杆。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中在相反方向之间加速所述平台连杆将惯性力或力矩传递到所述第一机器人臂,使得所述第一关节中的反作用扭矩在相反的方向之间交替。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中所述参考状态包括关节位置或关节取向。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中所述关节位置包括选自由以下项所构成的组中的位置:工作空间内的位置,以及与包括所述平台连杆的装配结构相关的位置。

12. 根据权利要求8所述的方法,其还包括:

在抑制所述第一关节的所述被动移动和促进所述第一关节的所述被动移动之间交替直到所述第一关节达到所述参考状态。

13. 根据权利要求8所述的方法,其中加速所述平台连杆包括驱动从动转动关节,以便围绕竖直延伸的枢转轴线枢转所述平台连杆。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述平台连杆在所述平台连杆的加速移动期间是基本上水平的。

15. 根据权利要求14所述的方法, 其中所述第一关节包括围绕第一关节轴线旋转的转动关节。

16. 根据权利要求15所述的方法, 其中所述第一关节轴线竖直地延伸。

17. 根据权利要求16所述的方法, 其中所述第一关节的所述第一关节轴线平行于加速所述平台连杆的所述一个或更多个从动关节的轴线。

18. 根据权利要求1所述的方法, 其中加速所述平台连杆包括:

当所述第一关节距所述参考状态的位移超过预定的位移时, 将所述平台连杆加速到至少第一速度, 以及

当所述第一关节距所述参考状态的所述位移在所述预定的位移内时, 将所述平台连杆加速到比所述第一速度小的第二速度。

19. 根据权利要求1所述的方法, 其中当所述第一关节的所感测的状态和所述平台连杆的所感测的状态的组合对应于通过所述被动移动将所述第一关节移动到其参考状态的足够动量时, 实现所述第一关节的释放。

20. 一种用于配置远程手术系统的方法, 所述方法包括:

通过驱动支撑平台连杆的一个或更多个从动关节来加速支撑第一机器人臂的所述平台连杆, 从而将力或力矩传递到所述第一机器人臂, 其中所述第一机器人臂包括多个关节, 所述多个关节中的每个关节被配置成通过选择性地施加相应关节制动器而选择性地允许被动关节移动, 其中所述多个关节中的每个关节具有对应于所述第一机器人臂的期望的配置的相关联的参考状态;

针对所述多个关节中的每个关节, 当响应于所述第一机器人臂上的所述力或力矩的所述关节的被动移动将所述关节移动远离所述相关联的参考状态时, 抑制所述关节的被动移动; 并且

针对所述多个关节中的每个关节, 当响应于所述第一机器人臂上的所述力或力矩的所述关节的所述被动移动将所述关节朝所述相关联的参考状态移动时, 促进所述关节的所述被动移动。

21. 根据权利要求20所述的方法, 其还包括:

针对所述多个关节中的每个关节, 当所述关节达到所述相关联的参考状态时, 暂停所述关节的所述被动移动。

22. 根据权利要求20所述的方法, 其还包括:

针对所述多个关节中的每个关节, 当所述关节从所述相关联的参考状态移位时, 在抑制和促进所述关节的所述被动移动之间交替; 并且

在相反的方向之间沿一个或更多个自由度来加速所述平台连杆, 所述一个或更多个自由度对应于所述多个关节的所述被动移动的方向和所述多个关节的所述被动移动的一个或更多个自由度。

23. 根据权利要求20所述的方法, 其中所述平台连杆支撑第二机器人臂, 并且其中加速所述平台连杆将第二力或力矩传递到所述第二机器人臂, 所述方法还包括:

当响应于所述第二机器人臂上的所述第二力或力矩的所述第二机器人臂的第一关节的被动移动将所述第一关节移动远离参考状态时, 抑制所述第二机器人臂的所述第一关节的被动移动, 所述参考状态对应于所述第二机器人臂的期望的配置; 并且

当响应于所述第二机器人臂上的所述第二力或力矩的所述第一关节的所述被动移动将所述第一关节朝所述参考状态移动时,促进所述第二机器人臂的所述第一关节的被动移动。

24. 根据权利要求23所述的方法,其还包括:

当每个关节达到其相关联的参考状态时,暂停所述多个关节中的每个关节的被动移动。

25. 根据权利要求23所述的方法,其还包括:

针对所述多个关节中的每个关节,当所述关节从其相关联的参考状态移位时,在抑制和促进所述关节之间交替,同时在相反的方向之间沿一个或更多个自由度加速所述平台连杆,所述一个或更多个自由度对应于所述多个关节的所述被动移动的方向和所述多个关节的所述被动移动的一个或更多个自由度。

26. 根据权利要求23所述的方法,其中所述第一机器人臂和所述第二机器人臂的所述期望的配置包括选自以下项所构成的组的配置:展开的配置、收起的配置以及部分收起的配置,在所述展开的配置中,所述第一机器人臂和所述第二机器人臂被延伸和间隔开,在所述收起的配置中,所述第一机器人臂和所述第二机器人臂被收缩并且被设置成紧靠彼此或紧邻彼此,在所述部分收起的配置中,所述第一机器人臂和所述第二机器人臂被部分地收缩并且被设置成比所述收起的配置中相隔更远。

27. 根据权利要求20所述的方法,其中加速所述平台连杆包括:

当所述多个关节中的第一关节距其相关联的参考状态的位移超过预定的位移时,将所述平台连杆加速到至少第一速度,以及

当所述第一关节距其相关联的参考状态的所述位移在所述预定的位移内时,将所述平台连杆加速到比所述第一速度小的第二速度。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中,针对所述多个关节中的每个关节,抑制所述关节的所述被动移动包括利用关节制动器来制动所述第一关节,并且促进所述关节的所述被动移动包括至少部分地释放利用所述关节制动器的所述制动。

29. 根据权利要求28所述的方法,其中当特定的关节的所感测的状态和所述平台连杆的所感测的状态的组合对应于通过所述被动移动将所述特定的关节移动到其参考状态的足够动量时,实现所述多个关节的所述特定的关节的释放。

30. 根据权利要求20所述的方法,其中,针对所述多个关节的每个关节,促进所述关节的所述被动移动包括:

选择性地释放制动以将所述关节加速到参考速度,以及

选择性地施加所述制动以维持所述参考速度或者减速所述关节。

31. 一种控制关节的被动移动的方法,所述方法包括:

确定第一关节的实际状态和所述第一关节的参考状态之间的误差;

确定足以驱动所述第一关节从所述实际状态到所述参考状态的关节马达扭矩;

将所述关节马达扭矩转化成制动器控制信号,该制动器控制信号部分基于所述第一关节的感测的扭矩的方向,利用关节制动器选择性地制动所述第一关节,使得所述感测的扭矩的至少一部分通过如下方式使所述第一关节朝所述参考状态移动:

当所述第一关节的被动移动使所述第一关节移动远离所述第一关节的所述参考状态

时,抑制所述第一关节的被动移动;以及

当所述第一关节的所述被动移动使所述第一关节朝所述第一关节的所述参考状态移动时,促进所述第一关节的所述被动移动;并且

将所述制动器控制信号输出至所述关节制动器。

32.根据权利要求31所述的方法,其中将所述关节马达扭矩转化成制动器控制信号包括:

对所述关节马达扭矩积分以获得脉冲,以及

基于制动力和施加的扭矩之间的关系确定在一段时间内实现所述脉冲的制动的选择性施加。

33.根据权利要求32所述的方法,其中所述一段时间小于10秒。

34.根据权利要求31所述的方法,其还包括:

计算所述制动器控制信号,以便基于所述感测的扭矩的方向和大小选择性地施加制动,使得当所述误差超过预定位移时,所述第一关节的被动移动以基本上恒定的速度朝所述参考状态移动所述第一关节。

35.根据权利要求34所述的方法,其还包括:

计算所述制动器控制信号,以便基于所述感测的扭矩的大小施加可变制动,使得当所述误差在所述预定位移内时,所述第一关节的被动移动将所述第一关节朝所述参考状态以基本上恒定的减速度移动。

36.一种用于机器人手术的系统,其包括:

第一机器人臂,其具有被配置成通过第一关节制动器的选择性施加而选择性地允许被动第一关节移动的至少第一关节;

取向平台,其支撑所述第一机器人臂;

支撑所述取向平台的支撑结构,所述支撑结构包括基部和驱动系统,所述驱动系统操作地耦接到所述支撑结构,以便利用一个或更多个从动关节驱动所述取向平台;和

处理器,其操作地耦接到所述支撑结构的所述一个或更多个从动关节和所述第一关节制动器,所述处理器被配置成具有一个或更多个模式,在所述一个或更多个模式中所述处理器:

通过驱动所述一个或更多个从动关节来加速所述取向平台,从而将力或力矩传递到所述第一机器人臂;

当响应于所述第一机器人臂上的所述力或力矩的所述第一关节的被动移动将所述第一关节移动远离所述第一关节的第一参考状态时,通过施加所述第一关节制动器来抑制所述第一机器人臂的所述第一关节的被动移动,所述第一参考状态对应于所述第一机器人臂的期望的配置;并且

当由所述力或力矩产生的所述第一关节的所述被动移动将所述第一关节朝所述第一关节的所述第一参考状态移动时,通过至少部分地释放所述第一关节制动器,促进所述第一机器人臂的所述第一关节的所述被动移动。

37.根据权利要求36所述的系统,其还包括:

第二机器人臂,其具有被配置成通过操作地耦接到所述处理器的第二关节制动器的选择性施加而选择性地允许被动第二关节移动的第二关节,所述第二机器人臂由所述取向平

台支撑,使得加速所述取向平台将第二力或力矩传递到所述第二机器人臂,

其中,在所述一个或更多个模式中,所述处理器还被配置成:

当响应于所述第二力或力矩的所述第二关节的被动移动将所述第二关节移动远离所述第二关节的第二参考状态时,通过施加所述第二关节制动器,抑制所述第二机器人臂的所述第二关节的被动移动,所述第二参考状态对应于所述第二机器人臂的期望的配置;并且

当响应于所述第二力或力矩的所述第二关节的所述被动移动将所述第二关节朝所述第二参考状态移动时,通过至少部分地释放所述第二关节制动器,促进所述第二机器人臂的所述第二关节的所述被动移动。

38. 根据权利要求36所述的系统,其中所述第一机器人臂包括多个装配关节,每一个装配关节被配置成通过与所述处理器操作地耦接的相关联的关节制动器的选择性施加以选择性地允许被动关节移动,并且每一个装配关节具有相应的参考状态;并且

其中,在所述一个或更多个模式中,所述处理器还被配置成:

针对所述多个装配关节中的每个装配关节从其相应的参考状态移位,在抑制被动移动远离所述相应的参考状态和促进被动移动朝向所述相应的参考状态之间交替,并且

在相反的方向之间沿对应于所述多个装配关节的位移的一个或更多个自由度加速所述取向平台。

39. 根据权利要求37所述的系统,其中所述一个或更多个模式包括选自下列各项所构成的一组模式的模式:

展开模式,在所述展开模式中,所述第一参考状态和所述第二参考状态对应于一种配置,在该配置中所述第一机器人臂和所述第二机器人臂被延伸到工作空间中并且被间隔开;

收起模式,在所述收起模式中,所述第一参考状态和所述第二参考状态对应于一种配置,在该配置中所述第一机器人臂和所述第二机器人臂被收缩并且被设置成彼此紧靠或紧邻;以及

部分收起模式,在所述部分收起模式中,所述第一参考状态和所述第二参考状态对应于一种配置,在该配置中所述第一机器人臂和所述第二机器人臂被至少部分地收缩并且被设置成靠近彼此。

40. 根据权利要求36所述的系统,其中,在所述一个或更多个模式中,所述处理器被进一步配置为:

选择性地释放制动以将所述第一关节加速到参考速度,以及

选择性地施加所述制动以维持所述参考速度或者减速所述第一关节。

41. 根据权利要求36所述的系统,其中所述取向平台在所述取向平台的加速移动期间是基本上水平移动的。

42. 根据权利要求36所述的系统,其中所述第一关节包括围绕第一关节轴线旋转的转动关节,其中所述第一关节轴线竖直地延伸。

43. 根据权利要求36所述的系统,其中所述第一关节包括围绕第一关节轴线旋转的转动关节,并且其中所述第一关节轴线平行于加速所述取向平台的所述第一或更多个从动关节的轴线。

44. 根据权利要求36所述的系统,其进一步包括:

第二机器人臂,其具有被配置成通过操作地耦接到所述处理器的第二关节制动器的选择性施加而选择性地允许被动第二关节移动的第二关节,所述第二机器人臂由所述取向平台支撑,使得加速所述取向平台将第二力或力矩传递到所述第二机器人臂,

其中,在所述一个或更多个模式中,所述处理器还被配置成:

在所述第二关节处于第二参考状态的情况下部分地施加所述第二关节制动器,同时促进所述第一关节的所述被动移动,其中所述第二参考状态对应于所述第二机器人臂的期望的配置。

45. 根据权利要求36所述的系统,其中所述一个或更多个模式包括远模式和近模式,并且其中所述处理器被进一步配置为:

当处于所述远模式时,向所述取向平台施加远模式移动或加速;并且

当处于所述近模式时,向所述取向平台施加近模式移动或加速,其中所述远模式移动或加速大于所述近模式移动或加速。

46. 一种关节制动器控制器,其包括:

机构,其操作地耦接到第一关节的关节制动器,所述第一关节提供被动移动,其中当所述关节制动器被释放时,允许所述第一关节的被动移动,并且当施加所述关节制动器时,抑制所述第一关节的被动移动;和

处理器,其被配置成:

接收马达扭矩控制信号,所述马达扭矩控制信号用于基于实际状态和参考状态之间的误差,驱动关节从所述实际状态到所述参考状态;

接收所述第一关节的感测的关节扭矩;

将所述马达扭矩控制信号转化成制动信号,所述制动信号部分地基于所述第一关节的所述感测的关节扭矩,选择性地制动所述第一关节,使得所述感测的关节扭矩的至少一部分通过如下方式将所述第一关节朝所述参考状态移动:

当所述第一关节的被动移动使所述第一关节移动远离所述第一关节的所述参考状态时,抑制所述第一关节的被动移动;以及

当所述第一关节的所述被动移动使所述第一关节朝所述第一关节的所述参考状态移动时,促进所述第一关节的所述被动移动;并且

将所述制动信号输出至所述关节制动器。

47. 根据权利要求46所述的关节制动器控制器,其中所述处理器被进一步配置成:

通过对所述马达扭矩控制信号积分以获得脉冲,以及基于制动力和施加的扭矩之间的关系来确定在一段时间内实现所述脉冲的制动的选择性施加,将所述马达扭矩控制信号转化成关节制动控制信号。

48. 根据权利要求46所述的关节制动器控制器,其中所述处理器被进一步配置成:

计算所述制动信号,以便基于所述感测的关节扭矩的方向和大小选择性地施加制动,使得当所述误差超过预定位移时,所述第一关节的被动移动以基本上恒定的速度朝所述参考状态移动所述第一关节。

49. 根据权利要求46所述的关节制动器控制器,其中所述处理器被进一步配置成:

计算所述制动信号,以便基于所述感测的关节扭矩的大小施加可变制动,使得当所述

误差在预定位移内时,所述第一关节的被动移动将所述第一关节朝所述参考状态以基本上恒定的减速度移动。

控制手术装配结构中的欠驱动关节的运动的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2014年3月17日提交的美国临时申请No.61/954,537的优先权,其全部内容以引用方式被并入本文以用于所有目的。

[0003] 本申请大体涉及2013年8月15日提交的标题为“通过机器人臂的手动运动控制的可移动手术安装平台”的美国申请No.13/967,573,以及2013年8月15日提交的标题为“用户发起的手术安装平台的分离离合”的美国申请No.13/967,594,所述申请的全部内容以引用方式被并入本文。

背景技术

[0004] 微创医疗技术旨在减少诊断或手术过程期间损坏的外部组织的量,从而减少患者恢复时间、不适以及有害副作用。微创手术的一个影响是,例如,减少的术后住院恢复时间。因为标准的手术平均住院时间通常显著长于类似的微创手术的平均时间,微创技术的增加的使用可在每年的住院费用中节省数百万美元。虽然在美国每年进行的许多手术可能以微创方式进行,但是由于微创手术器械和掌握它们所涉及的附加的手术训练的限制,当前手术中的仅仅一部分使用这些有利的技术。

[0005] 已经开发微创机器人手术或远程手术系统以增加外科医生的灵巧性并且避免对传统的微创技术的一些限制。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),来操纵手术器械移动,而不是直接用手保持和移动器械。在远程手术系统中,外科医生能够被提供具有在手术工作站处的手术部位的图像。在显示器上观察手术部位的两维或三维图像的同时,外科医生通过操纵主控制设备,该主控制设备进而控制伺服机械操作的器械的运动来对患者进行手术过程。

[0006] 用于远程手术的伺服机构将通常接收来自两个主控制器(一个用于外科医生的手中的每一个)的输入,并且可包括两个或更多个机器人臂,手术器械被安装在每一个机器人臂上。主控制器和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,该处理器将来自主控制器的输入命令传达到相关联的机器人臂和器械组件,并且在(例如)力反馈等的情况下从器械和臂组件传达回相关联的主控制器。机器人手术系统的一个示例是可从加利福尼亚州森尼维耳市的直观外科公司(Intuitive Surgical, Inc.)购得的DA VINCI®系统。

[0007] 各种结构布置能够被用于在机器人手术期间将手术器械支撑在手术部位处。从动(driven)连杆或“从动件”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连杆布置在美国专利No.7,594,912、No.6,758,843、No.6,246,200以及No.5,800,423中进行描述,所述专利的全部公开内容以引用方式被并入本文。这些连杆通常利用平行四边形布置以保持具有轴的器械。这种操纵器结构能够约束器械的移动,使得器械围绕沿刚性轴的长度被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,在腹腔镜手术期间借助在腹壁处的套管针或插管),通过使用操纵器连杆移动轴的近端,手术器械的端部执行器能够被安全地定位,而不

施加对腹壁的潜在的危险力。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中描述了替代的操纵器结构,所述专利的全部公开内容以引用方式被并入本文。

[0008] 各种结构布置也能够被用于在机器人手术期间将机器人手术操纵器和手术器械支撑和定位在手术部位处。支撑连杆机构(有时候被称为装配(set-up)关节或装配关节臂)通常用来定位每个操纵器,并且将每个操纵器与患者身体中相应的切口点对准。支撑连杆机构有助于手术操纵器与期望的手术切口点和目标的解剖结构的对准。示例性支撑连杆机构在美国专利No.6,246,200和No.6,788,018中进行描述,所述专利的全部公开内容以引用方式被并入本文。

[0009] 虽然新的远程手术系统和设备已经被证明是非常有效的且是有利的,但是进一步的改进是期望的。通常,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,对于增加可操纵性、改进手术室中的空间利用率、提供展开和收起的更快和更简单的装配、抑制使用期间机器人设备之间的碰撞,以及/或者减小这些新的手术系统的机械复杂性和尺寸将是特别有益的。

发明内容

[0010] 下文呈现了本发明的一些实施例的简化的发明内容,以便提供对发明的基本理解。本发明内容不是本发明的全面概述。并不旨在确定本发明的关键/重要元件和描绘本发明的范围。其唯一的目的是以简化形式呈现本发明的一些实施例,作为稍后呈现的具体实施方式的前序。

[0011] 本发明大体提供改进的机器人和/或手术设备、系统和方法。本文描述的运动连杆结构和相关联的控制系统在帮助用户布置准备使用的机器人结构方面是特别有益的,包括准备用于对特定患者的手术过程的展开结构或使用之后的收起结构。本文所描述的示例性机器人手术系统可具有一个或更多个运动连杆子系统,所述一个或更多个运动连杆子系统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被主动地驱动、被动地驱动(使得当操纵器用于治疗时,该关节可以被手动地铰接且然后锁定到期望的配置),或两者的结合。本文所描述的机器人系统的实施例可采用装配模式,其中一个或更多个关节被主动地驱动,从而实现运动链的一个或更多个其它关节的被动移动并且选择性地制动一个或更多个其它关节,以便控制被动移动以将关节移动到参考关节状态。在许多实施例中,一个或更多个其它关节是被动装配关节,并且参考关节状态对应于与装配关节相关联的一个操纵器臂或多个操纵器臂的期望配置。在许多实施例中,被主动驱动的关节将移动支撑多个操纵器的平台结构,其进而通过受控制的被动关节移动将相关联的装配关节移动到特定参考关节状态,从而将整个系统的布置促进和推进到期望的取向和/或具有工作空间的位置配置。有利地,该方法允许通过控制欠驱动装配关节的移动的系统的重新配置,而不需要关节的手动操纵。另外,多个臂的装配关节能够被同时控制,从而相比于仅通常将可能通过手动铰接的情况,允许以较少时间使用被动装配关节的重新配置。任选地,取向平台的移动能够导致设置在操纵器和平台之间的装配关节连杆的移动,以及与由平台支撑的附加的操纵器组件相关联的装配关节连杆的移动。响应于相应的装配关节的感测的关节状态,一个或更多个装配关节的被动移动的控制可通过选择性制动对应于装配关节的

一个或多个关节制动器(joint brake)来实现。

[0012] 因此,在第一方面中,提供准备机器人手术的方法。该方法包括:感测第一机器人操纵器的一个或多个装配关节从初始位置到对应于一个操纵器或多个操纵器的期望配置的参考位置的位移;计算将力和/或移动传递到与装配关节相关联的连杆的装配结构连杆的移动,所述装配关节通过被动关节移动来朝相应的参考位置移动装配关节;以及通过选择性制动来控制装配关节的被动关节移动,直到装配关节到达参考位置。通过抑制被动移动远离参考位置以及促进被动移动朝向参考位置,选择性制动控制装配关节的被动移动。一旦装配关节处于参考位置,能够施加制动器以将装配关节锁定在适当位置。

[0013] 在许多实施例中,装配结构连杆可包括安装基部、柱、构件以及可延伸吊杆(boom)。柱可与安装基部可滑动地耦接。另外,柱可沿竖直取向的第一支撑轴线相对于安装基部被选择性地定位。构件可以是吊杆基部构件,其通过肩关节旋转地耦接到柱。构件可围绕竖直取向的第二支撑轴线相对于柱被选择性地取向。可延伸吊杆可与构件可滑动地耦接,从而沿水平取向的第三支撑轴线相对于构件选择性地定位可延伸吊杆。取向平台可旋转地耦接到可延伸吊杆构件。计算的受动关节移动可包括装配结构连杆的多个关节中任何一个的移动,所述装配结构连杆的多个关节被驱动以便将力和/或力矩传递到更远侧的连杆中,该更远侧的连杆将一个或多个欠驱动关节移动到期望的参考状态或位置。

[0014] 在一个方面中,处理器包括非瞬时机器可读代码,该非瞬时机器可读代码包含(embodiment)用于基于欠驱动关节的感测的关节状态以及关节的初始状态和参考状态之间的误差来确定一个或多个欠驱动关节的选择性制动的指令。在许多实施例中,系统可利用比例微分控制器来确定将欠驱动关节移动到参考状态所需要的扭矩控制输入,并且采用关节制动器控制器,该关节制动控制器响应于欠驱动关节中的感测的扭矩,对扭矩控制输入积分以确定随着时间的脉冲,从而确定制动控制输入,该制动控制输入基于制动和关节扭矩之间的关系根据随着时间的脉冲选择性地施加关节的关节制动器以消耗所感测的关节扭矩(通常经过受动关节的几个循环的移动)。在一些方面中,关节控制器被配置成确定制动控制输入,使得扭矩随着时间被消耗,以便在关节的被动移动期间提供基本上恒定的速度,以及/或者在被动移动期间提供关节的恒定减速,这在一些实施例中可基于欠驱动关节从参考状态开始的位移的大小。

[0015] 为了更全面地理解本发明的本质和优点,应当参考随后的具体实施方式和附图。本发明的其它方面、目标和优点根据后面的附图和具体实施方式将是明显的。

附图说明

[0016] 图1是根据本发明的一些实施例的被用于进行手术的微创机器人手术系统的平面视图。

[0017] 图2是根据一些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。

[0018] 图3是根据一些实施例的机器人手术系统电子手推车的透视图。

[0019] 图4图解示出根据一些实施例的机器人手术系统。

[0020] 图5A是根据一些实施例的机器人手术系统的患者侧手推车(手术机器人)的局部视图。

[0021] 图5B是根据一些实施例的机器人手术工具的前视图。

- [0022] 图6是根据一些实施例的机器人手术系统的透视示意图。
- [0023] 图7是根据一些实施例的另一个机器人手术系统的透视示意图。
- [0024] 图8示出符合图7的示意图的根据许多实施例的机器人手术系统。
- [0025] 图9A至图9C示出相对于图8的机器人手术系统的取向平台的装配连杆的旋转取向。
- [0026] 图10A至图10B示出根据一些实施例的装配关节连杆和相关联的取向平台。
- [0027] 图11是示意性地示出根据一些实施例的方法的流程图,所述方法用于通过驱动装配结构的取向平台以将一个或多个被动装配关节移动到期望的状态来使机器人手术系统准备用于手术。
- [0028] 图12A是根据一些实施例的通过安装手推车的装配支撑结构支撑的取向平台的移动的透视示意图,所述安装手推车的装配支撑结构借助通过选择性制动控制系统的一个或多个装配关节的被动移动来提供多个操纵器臂的期望的对准。
- [0029] 图12B和图12C是根据一些实施例的示出相关联的坐标系统和自由度的取向平台的示意图以及取向平台的透视图示,所述取向平台由吊顶支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入口部位的期望的对准。
- [0030] 图13示意性地示出根据一些实施例的通过提供取向平台的摆振移动的模式控制由取向平台支撑的被动装配关节的方法。
- [0031] 图14A至图14C示意性地示出根据一些实施例的用于通过使用机动化的控制输入控制被动关节的移动的控制图表。
- [0032] 图14D图示说明根据一些实施例的制动控制机构,通过该制动控制机构实现对应于机动化的控制输入的计算的关节扭矩。

具体实施方式

[0033] 在下面的描述中,将描述本发明的各种实施例。为了解释的目的,阐述具体的配置和细节,以便提供对实施例的彻底理解。但是,对本领域技术人员也将明显的是,本发明可在没有特定细节的情况下被实践。此外,可省略或简化熟知的特征,以便不模糊被描述的实施例。

[0034] 本文描述的运动连杆结构和控制系统在帮助系统用户在特定患者上布置过程的机器人结构方面是特别有益的。与在治疗期间被用于与组织等相互作用的被主动驱动的操纵器一起,机器人手术系统可具有一个或多个运动连杆系统,所述一个或多个运动连杆系统被配置成支撑和帮助将操纵器结构与手术工作部位对准。这些装配系统可被主动地驱动或者可以被动的,使得当操纵器用于治疗时,这些装配系统可以被手动地铰接且然后锁定到期望的配置。被动装配运动系统可在尺寸、重量、复杂性和成本方面具有优点。因为多个操纵器可用来处理每个患者的组织,快速地布置机器人系统以准备用于手术的挑战能够是显著的。

[0035] 一个选择是将多个操纵器安装到单个平台,其中操纵器支撑的平台有时候被称为取向平台。取向平台能够由被主动驱动的支撑连杆(在本文有时候被称为装配结构,且通常具有装配结构连杆等等)支撑。系统也可利用用户控制提供和控制支撑取向平台的机器人装配结构的机动化轴线,或者根据感测的配置以及与参考状态相关联的期望的配置通常是

自动的。

[0036] 为了维持机器人操纵器的被动关节和被主动驱动的关节二者的优点,本文描述的机器人系统的实施例可采用其中一个或更多个关节被主动地驱动的模式,从而通过被动关节移动引起被主动驱动的关节的一个或更多个被动装配关节远侧中的特定响应,以实现被动装配关节的期望的参考状态。这些装配关节的被动关节移动可通过关节制动器的选择性应用而进行控制,从而抑制被动移动远离参考状态并且促进被动关节移动朝向参考状态,直到装配关节到达相应的参考状态。参考状态可指工作空间内的期望位置、相对于系统的某些其它关节的期望的位置、在特定方向的期望的速度和加速度中的任何一个或全部。

[0037] 在某些方面中,被主动驱动的关节将自动地移动支撑多个操纵器的平台支撑连杆结构,所述多个操纵器以一个或更多个自由度在相反的方向之间连续地移动,从而引起一个或更多个被动关节的期望的移动,而不需要手动的铰接。通过借助选择性制动控制欠驱动关节的被动移动,系统通过同时移动支撑每个操纵器的一个或更多个装配关节以将操纵器移动到期望的配置、取向和/或与工作空间的位置对准大大地促进整个系统的布置。期望的配置、取向或对准可包括任何数量的布置。在一些实施例中,期望的布置包括展开布置、收起布置或部分收起的布置中的任何一个。在展开配置中,操纵器被延伸到用于操纵器的装配的工作空间中,这可包括一个或更多个操纵器上的手术工具的互换。在收起和部分收起的配置中,操纵器可至少部分地紧靠彼此被收缩和折叠,以便占用较少的工作空间。通过利用本文描述的方法的方面,由平台支撑的操纵器中的一个、一些或全部的相对于平台的独立定位能够任选地通过支撑一个、一些或全部操纵器的被动装配关节系统的受控制的移动而被提供。在一个方面中,根据本发明的方法通过惯性效应和关节的受控制的制动,实现装配关节的受控制的移动。例如,本文所描述的支撑手术机器人臂(例如,从操纵器)的装配关节通常被用于机器人系统的装配以用于手术,以及用于手术后收起系统的机器人臂,使得这些关节很少被移动并且不需要这些关节是马达驱动的。这些装配关节被配置为具有关节制动器的被动关节,使得关节能够自由地浮动,从而在装配或收起期间允许机器人臂的手动操纵期间的关节的被动移动,并且所述关节能够通过应用相应的关节制动器被锁定就位。在某些情形下可期望将机器人臂移动到预定位置,从而有助于准备用于手术的机器人臂的覆盖(drape)、患者手推车的卷起以及手术过程之后机器人臂的收起。通过移动平台连杆(例如,取向平台)、机器人臂的装配关节被安装在其上的公共基部,以及通过选择性地控制装配关节的关节制动器的应用,本文所描述的示例方法允许这些被动装配关节的受控制的移动,而不需要这些关节的手动移动。

[0038] 在某些方面中,方法包括装配关节制动器控制器,其利用装配关节连杆的被动动力学。例如,装配关节被安装在其上的取向平台能够被命令通过引起加速的轨线,这通过驱动控制取向平台的移动的一个或更多个驱动关节而移动取向平台来实现。装配关节的制动器控制器接收其相关联的装配关节的状态(诸如通过关节状态传感器)、装配关节的参考状态(位置、速度和/或加速度),以及取向平台的加速。当装配关节连杆的惯性和取向平台的加速度的结合足以引起装配关节联接件朝参考加速时,关节制动器被释放。在某些方面中,关节制动器确定是否基于其相应的关节的感测的关节状态部分地或完全地释放制动器。例如,如果关节速度下降到零,或者与装配关节的运动的期望的方向相反,则可应用制动器,直到取向平台的加速是有利的。关节制动控制器也可被配置为使得当达到参考状态时,应

用关节制动器,从而将其相应的关节锁定在其期望的位置处。在另一个方面中,制动器控制器能够被配置成当其朝参考状态移动时控制被动关节的被动移动。例如,如果被动关节的速度超过参考速度,则局部制动器应用能够阻止相关联的连杆的速度,以便提供装配关节到期望的位置的更平滑、更有利的移动。

[0039] 本发明的上述方面在提供远程手术操作系统中的多个机器人臂的展开和收起的方法,诸如本文详细描述的那些方法中的任何一个中特别有用。许多此类系统包括机器人臂,机器人臂具有协助机器人臂的装配和收起的一个或更多个被动装配关节。装配、操作和收起机器人臂的工作流程通常需要机器人臂被置于某些收起的和展开的配置中。虽然这能够通过欠驱动装配关节的手动移动实现,但是该方法会有问题的。例如,在此类系统中,用户必须一般手动地释放装配关节制动器,并且手动地移动每个机器人臂的各个关节,这会是费时的并且显著地减少系统的易用性。此外,设备在过程期间需要被重新配置,或者部分地收起,当机器人臂可用消毒帷帘覆盖时,本文描述的方法允许非无菌区域中的外科医生或用户控制被动装配关节的移动,以及重新配置或部分收起机器人臂。应当理解,通过结合从属关节(subject joint)的关节制动的另一个关节的驱动,使用施加在其上的惯性力,这些方法可用于控制关节的被动移动。这些方法可在其中应用的系统在下面被详细描述。

[0040] 微创机器人手术

[0041] 现在参考附图,其中贯穿若干附图类似的附图标记表示类似的部件,图1是微创机器人手术(MIRS)系统10的平面视图说明,系统10通常用于对正躺在手术台14上的患者12进行微创诊断或手术过程。系统能够包括在手术过程期间由外科医生18使用的外科医生的控制台16。一个或更多个助理20也可参与该手术过程。MIRS系统10能够进一步包括患者侧手推车22(手术机器人)和电子手推车24。当外科医生18通过控制台16观察手术部位时,患者侧手推车22能够通过患者12的身体中的微创切口操纵至少一个可移除地耦接的工具组件26(在下文被简单地称为“工具”)。手术部位的图像能够通过内窥镜28获得,所述内窥镜28诸如立体内窥镜,其能够通过患者侧手推车22操纵以对内窥镜28取向。电子手推车24能够用来处理手术部位的图像,用于通过外科医生的控制台16向外科医生18的后续显示。除了其它因素之外,一次使用的手术工具26的数量一般将取决于诊断或手术过程以及手术室内的空间约束。如果需要改变手术过程期间使用的工具26中的一个或多个,助理20可从患者侧手推车22移除工具26,并且用来自手术室中的托盘30的另一个工具26替换它。

[0042] 图2是外科医生的控制台16的透视图。外科医生的控制台16包括左眼显示器32和右眼显示器34,其用于向外科医生18呈现允许深度感知的手术部位的经协调的立体视图。控制台16还包括一个或更多个输入控制设备36,该输入控制设备36进而导致患者侧手推车22(图1中示出)操纵一个或更多个工具。输入控制设备36能够提供与它们相关联的工具26(图1中示出)相同的自由度,以向外科医生提供远程呈现,或输入控制设备36与工具26成一体感知,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)来通过输入控制设备36将位置、力和触觉感觉从工具26传输回外科医生的手。

[0043] 外科医生的控制台16通常位于与患者相同的房间中,因此外科医生可直接地监测该手术过程,如果有必要则实际在场,并且与助理直接地对话而不是通过电话或其它的通信介质。但是,外科医生能够位于与患者不同的房间、完全不同的建筑物、或其它远距离患

者的位置,以允许远程手术过程。

[0044] 图3是电子手推车24的透视图。电子手推车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后续的显示,诸如向外科医生的控制台上的外科医生显示,或者在位于本地和/或远程的另一个合适的显示器上。例如,在立体内窥镜被使用的情况下,电子手推车24能够处理捕捉的图像,以向外科医生呈现手术部位的经协调的立体图像。这种协调能够包括相对图像之间的对准并且能够包括调整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摄像机校准参数,以补偿图像捕捉设备的成像误差,诸如光学象差。

[0045] 图4图解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,外科医生的控制台52(诸如图1中的外科医生控制台16)能够在微创手术过程期间由外科医生使用以控制患者侧手推车(手术机器人)54(诸如图1中的患者侧手推车22)。患者侧手推车54能够使用成像设备,诸如立体内窥镜,以捕捉手术部位的图像,并且将捕捉的图像输出至电子手推车56(诸如图1中的电子手推车24)。如上面所讨论的,电子手推车56能够在任意后续的显示之前以各种方式处理捕捉的图像。例如,在经由外科医生的控制台52向外科医生显示组合的图像之前,电子手推车56能够将捕捉的图像与虚拟控制界面重叠。患者侧手推车54能够输出捕捉的图像,用于在电子手推车56外侧处理。例如,患者侧手推车54能够将捕捉的图像输出至处理器58,其能够用于处理捕捉的图像。图像也能够由电子手推车56和处理器58的组合进行处理,电子手推车56和处理器58能够被耦接在一起,以共同地、顺序地和/或其组合处理捕捉的图像。一个或多个单独的显示器60也能够与处理器58和/或电子手推车56耦接,用于图像(诸如手术部位的图像或其它相关的图像)的本地和/或远程显示。

[0046] 处理器58将通常包括硬件和软件的组合,其中软件包括包含计算机可读代码指令的有形介质,用于执行本文所述的功能性控制的方法步骤。硬件通常包括一个或多个数据处理板,其可以是协同定位的,但是将经常具有分布在本文所述的机器人结构之间的部件。软件将通常包括非易失性介质,并且也可包括单片代码(monolithic code),但是将更通常地包括许多子程序,任选地在多种分布的数据处理架构中的任何一种中运行。

[0047] 图5A和图5B分别示出患者侧手推车22和手术工具62。手术工具62是手术工具26的示例。示出的患者侧手推车22提供三个手术工具26和一个成像设备28的操纵,所述成像设备28诸如用于手术部位的图像的捕捉的立体内窥镜。通过具有许多机器人关节的机器人机构提供操纵。成像设备28和手术工具26能够通过患者的切口被定位和操纵,使得运动远程中心被维持在切口处,以最小化切口的尺寸。当手术工具26的远端被定位在成像设备28的视野内时,手术部位的图像能够包括手术工具26的远端的图像。

[0048] 借助通过微创入口孔(诸如切口、自然孔口、经皮刺入等)插入管状插管64,手术工具26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126的轴穿过插管的管腔。操纵器臂可传输指示插管已经被安装在其上的信号。

[0049] 机器人手术系统和模块化操纵器支撑件

[0050] 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包括安装基部72、支撑连杆74、取向平台76、多个外部装配连杆78(示出两个)、多个内部装配连杆80(示出两个)以及多个手术器械操纵器(M)82。操纵器82中的每一个可操作以选择性地铰接安装到操纵器82的手术器械,并且可沿插入轴线插入患者。操纵器82中的每一个被附接到

装配连杆78、80中的一个并且由装配连杆78、80中的一个支撑。外部装配连杆78中的每一个通过第一装配连杆关节84旋转地耦接到取向平台76并且由该取向平台76支撑。内部装配连杆80中的每一个被固定地附接到取向平台76并且由该取向平台76支撑。取向平台76被旋转地耦接到支撑连杆74并且由该支撑连杆74支撑。并且,支撑连杆74被固定地附接到安装基部72并且由该安装基部72支撑。

[0051] 在许多实施例中,安装基部72是可移除的和地板支撑的,从而实现例如在手术室内的整个手术系统70的选择性重新定位。安装基部72能够包括可操纵的车轮组件和/或任何其它合适的支撑特征部,该支撑特征部提供选择性地重新定位以及选择性地防止安装基部72从所选择的位置的移动两者。安装基部72也能够具有其它合适的配置,例如,吊顶安装件、固定的地板/基座安装件、壁安装件、或被配置成由任何其它合适的安装表面支撑的界面。

[0052] 支撑连杆74是可操作的以相对于安装基部72对取向平台76选择性地定位和/或取向。支撑连杆74包括柱基部86、可平移的柱构件88、肩关节90、吊杆基部构件92、吊杆第一级构件94、吊杆第二级构件96和腕关节98。柱基部86被固定地附接到安装基部72。可平移的柱构件88可滑动地耦接到柱基部86,用于相对于柱基部86平移。在许多实施例中,可平移的柱构件88沿竖直取向的轴线相对于柱基部86平移。吊杆基部构件92通过肩关节90被旋转地耦接到可平移的柱构件88。肩关节90是可操作的,以在水平平面中相对于可平移的柱构件88对吊杆基部构件92选择性地取向,该可平移的柱构件88具有相对于柱基部86和安装基部72的固定的角度取向。吊杆第一级构件94相对于吊杆基部构件92在水平方向上是选择性地可平移的,该水平方向在许多实施例中与吊杆基部构件92和吊杆第一级构件94二者对准。吊杆第二级构件96相对于吊杆第一级构件94在水平方向上同样是选择性地可平移的,该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,支撑连杆74是可操作的,以选择性地设定肩关节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取向平台76。腕关节98是可操作的,以选择性地设定取向平台76相对于安装基部72的角度取向。

[0053] 装配连杆78、80中的每一个是可操作的,以相对于取向平台76对相关的操纵器82选择性地定位和/或取向。装配连杆78、80中的每一个包括装配连杆基部联接件100、装配连杆延伸联接件102、装配连杆平行四边形连杆部分104、装配连杆竖直联接件106、第二装配连杆关节108以及操纵器支撑联接件110。外部装配连杆78的装配连杆基部联接件100中的每一个能够经由第一装配连杆关节84的操作相对于取向平台76被选择性地取向。在所示的实施例中,内部装配连杆80的装配连杆基部联接件100中的每一个被固定地附接到取向平台76。类似于外部装配连杆,内部装配连杆80中的每一个也能够经由附加的第一装配连杆关节84被旋转地附接到取向平台76。装配连杆延伸联接件102中的每一个相对于相关联的装配连杆基部联接件100在水平方向上是可平移的,该水平方向在许多实施例中与相关联的装配连杆基部联接件和装配连杆延伸联接件102对准。装配连杆部分104中的每一个被配置,并且可操作以在竖直方向上选择性地平移装配连杆竖直联接件106,同时保持装配连杆竖直联接件106竖直地取向。在示例实施例中,装配连杆部分104中的每一个包括第一关节112、耦接联接件114以及第二连杆116。第一关节112将耦接联接件114旋转地耦接到装配连杆延伸联接件102。第二关节116将装配连杆竖直联接件106旋转地耦接到耦接联接件114。

第一关节112被旋转地连到第二平行四边形关节116,使得通过抵消装配连杆竖直联接件106相对于耦联接件114的旋转,匹配耦联接件114相对于装配连杆延伸联接件102的旋转,以便在装配连杆垂直联接件106被选择性地竖直平移时维持装配连杆竖直联接件106被竖直地取向。第二装配连杆关节108是可操作的,以相对于装配连杆竖直联接件106对操纵器支撑联接件110选择性地取向,从而相对于装配连杆竖直联接件106对相关联的附接的操纵器82选择性地取向。

[0054] 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包括与图6的手术系统70的部件类似的部件,所以相同的附图标记用于类似的部件,并且上面阐述的类似的部件的对应的描述适用于手术系统120并且在这里被省略以避免重复。手术系统120包括安装基部72、支撑连杆122、取向平台124、多个装配连杆126(示出四个)以及多个手术器械操纵器82。操纵器82中的每一个可操作以选择性地铰接安装到操纵器82的手术器械并且沿插入轴线可插入患者。操纵器82中的每一个被附接到装配连杆126中的一个并且由装配连杆126中的一个支撑。装配连杆126中的每一个通过第一装配连杆关节84旋转地耦接到取向平台124并且由取向平台124支撑。取向平台124被旋转地耦接到支撑连杆122并且由支撑连杆122支撑。并且,支撑连杆122被固定地附接到安装基部72并且由安装基部72支撑。

[0055] 支撑连杆122是可操作的以相对于安装基部72对取向平台124选择性地定位和/或取向。支撑连杆122包括柱基部86、可平移的柱构件88、肩关节90、吊杆基部构件92、吊杆第一级构件94以及腕关节98。支撑连杆122是可操作的,以选择性地设定肩关节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取向平台124。腕关节98是可操作的,以选择性地设定取向平台124相对于安装基部72的角度取向。

[0056] 装配连杆126中的每一个是可操作的,以相对于取向平台124对相关联的操纵器82选择性地定位和/或取向。装配连杆126中的每一个包括装配连杆基部联接件100、装配连杆延伸联接件102、装配连杆竖直联接件106、第二装配连杆关节108、旋风式(tornado)机构支撑联接件128以及旋风式机构130。装配连杆126的装配连杆基部联接件100中的每一个能够经由相关的第一装配连杆关节84的操作相对于取向平台124被选择性地取向。装配连杆竖直联接件106中的每一个在竖直方向上相对于相关联的装配连杆延伸联接件102是选择性地可平移的。第二装配连杆关节108是可操作的,以相对于装配连杆竖直联接件106对旋风式机构支撑联接件128选择性地取向。

[0057] 旋风式机构130中的每一个包括旋风式关节132、耦联接件134以及操纵器支撑件136。耦联接件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132是可操作的,以围绕旋风式轴线136相对于旋风式机构支撑联接件128旋转操纵器支撑件136。旋风式机构128被配置成对操纵器支撑件134定位和取向,使得操纵器82的远程操纵中心(RC)与旋风式轴线136相交。因此,旋风式关节132的操作能够用来相对于患者对相关联的操纵器82重新取向,而不相对于患者移动相关联的远程操纵中心(RC)。

[0058] 图8是符合图7的机器人手术系统120的示意图的根据许多实施例的机器人手术系统140的简化表示。因为手术系统140与图7的机器人手术系统120一致,所以相同的附图标记用于类似的部件,并且上面阐述的类似的部件的对应的描述适用于手术系统140并且在这里被省略以避免重复。

[0059] 支撑连杆122被配置成经由支撑连杆122的联接件之间的相对移动沿多个装配结构轴线相对于安装基部72对取向平台124选择性地定位和取向。可平移的柱构件88沿第一装配结构(SUS)轴线142相对于柱基部86是选择性地可重新定位的,该第一装配结构(SUS)轴线142在许多实施例中被竖直地取向。肩关节90是可操作的,以围绕第二SUS轴线144相对于可平移的柱构件88对吊杆基部构件92选择性地取向,该第二SUS轴线144在许多实施例中被竖直地取向。吊杆第一级构件94沿第三SUS轴线146相对于吊杆基部构件92是选择性地可重新定位的,该第三SUS轴线146在许多实施例中被水平地取向。并且,腕关节98是可操作的,以围绕第四SUS轴线148相对于吊杆第一级构件94对取向平台124选择性地取向,该第四SUS轴线148在许多实施例中被竖直地取向。

[0060] 装配连杆126中的每一个被配置成经由装配连杆126的联接件之间的相对移动沿多个装配关节(SUJ)轴线相对于取向平台124对相关联的操纵器82选择性地定位和取向。第一装配连杆关节84中的每一个是可操作的,以围绕第一SUJ轴线150相对于取向平台124对相关联的装配连杆基部联接件100选择性地取向,该第一SUJ轴线150在许多实施例中被竖直地取向。装配连杆延伸联接件102中的每一个能够沿第二SUJ轴线152相对于相关联的装配连杆基部联接件10被选择性地重新定位,该第二SUJ轴线152在许多实施例中被竖直地取向。装配连杆竖直联接件106中的每一个能够沿第三SUJ轴线154相对于相关联的装配连杆延伸联接件102被选择性地重新定位,该第三SUJ轴线154在许多实施例中被竖直地取向。第二装配连杆关节108中的每一个是可操作的,以围绕第三SUJ轴线154相对于装配连杆竖直联接件106对旋风式机构支撑联接件128选择性地取向。旋风式关节132中的每一个是可操作的,以围绕相关联的旋风式轴线138旋转相关联的操纵器82。

[0061] 图9A示出根据许多实施例的装配连杆126相对于取向平台124的旋转取向极限。装配连杆126中的每一个被示出处于相对于取向平台124的顺时针极限取向。对应的逆时针极限取向相对于竖直取向的镜平面由图9的镜像表示。如图所示,两个内部装配连杆126中的每一个能够从一个方向距竖直参考156 5度被取向到在相反方向距竖直参考156 75度。如图所示,两个外部装配连杆中的每一个能够从一个方向距竖直参考156 15度被取向到在对应的方向距竖直参考156 95度。在一个方面中,其中装配连杆是在它们相关联的极限附近或在它们相关联的极限处的位置的取向(诸如图9A中所示)可适于用于初始装配的展开的配置,因为该定位允许患者侧助理容易接近臂中的每一个,以便促进在一个或更多个操纵器中工具的替换,或者相对于手术台上的患者手动地定位一个或更多个工具。

[0062] 图9B至图9C示出配置,其中装配连杆的取向和定位是这样的,使得操纵器被收缩并且被定位成彼此靠近或邻近。这种取向可适于收起的配置,其中操纵器占用较少的工作空间。这可允许患者侧助理附加的间隙以调整手术台或者将患者定位在手术台上。在某些方面中,系统可利用部分收起的配置(例如,无菌收起),诸如图9C中所示,其中装配关节被定位和取向,使得操纵器足够近以占用较少的工作空间,但是彼此足够远以允许用于可被定位在操纵器的一个或更多个上的任何手术帷帘的间隙。响应于检测到系统的一个或更多个部件在无菌状态下,可完成该无菌收起配置,该无菌状态可指示无菌部件上的手术帷帘的存在。在另一个方面中,系统可利用完全收起的配置(例如,完全收起),诸如图9B中所示,其中装配关节被定位和取向,使得臂彼此紧靠或紧邻地收缩,以便基本上最小化操纵器占用的工作空间。

[0063] 控制装配关节的被动移动

[0064] 在一个方面中,通过控制如上所述的装配关节的被动移动,能够实现系统的装配结构的期望的配置。虽然在某些应用中,通过允许装配关节自由地浮动以及将装配关节手动地移动到期望的位置来实现此,但是该过程能够变得复杂和费时,尤其是在高度可配置的并且包括具有冗余自由度的多个机器人臂的装配结构中。为了改进在使用具有被动移动的装配关节中的方便、使用和效率,从而实现根据本发明的方面的期望的配置、方法,通过结合主动地驱动装配结构的某些其它关节的被动关节的协调制动,控制被动关节移动。在某些方面中,装配关节的参考状态被确定,其与装配结构的期望的配置对应,并且关节状态传感器用来确定装配关节从参考状态的位移。装配结构的一个或更多个其它关节被主动地驱动,以便驱动装配结构并且将力和/或力矩传递到与装配关节相关联的连杆上。当平台连杆开始加速时,装配关节的被动移动被关节制动器抑制,因此连杆充当刚性主体。当连杆上的力和/或力矩使得装配关节的被动移动将朝参考状态移动时,那么制动器被至少部分地释放,以便促进由连杆上的力和/或力矩的惯性引起的关节的被动移动。在一个方面中,当相关联的连杆上的力和/或力矩在阈值幅度之上时,特定的装配关节的制动器被释放,使得移动的连杆的惯性推进或“猛推”相应的连杆,从而实现在期望方向的关节移动。

[0065] 在某些方面中,基于由通过驱动装配结构通过一个或更多个从动关节传递到相关联的连杆上的力和/力矩所产生的关节上的惯性力,控制方法选择性地施加被动关节上的制动器。在一个方面中,当关节上的惯性力将导致被动移动时,被关节被制动,所述被动移动使被动关节移动远离参考状态并且在关节上的惯性力将导致朝向参考状态的被动移动时被动关节被允许浮动。在一个方面中,因为受惯性力影响的关节的被动移动可不足以将被动关节完全移动到期望的参考位置,所以一个或更多个从动关节可被循环,直到作为响应所提供的被动关节的被动移动实现完全的移动。假定装配结构的各种从动关节每个具有相关联的关节极限或关节移动的范围,那么一个或更多个从动关节能够在一个方向被驱动预定的位移且然后在相反的方向被反转和驱动。因为可需要特定大小的力和/或力矩以提供足够的惯性,从而实现关节的必要的被动移动,通过根据计算的移动的一个或更多个马达驱动的关节的受控制的驱动,诸如导致实现被动关节移动所需的期望力的摆振移动或各种其它移动,能够确定机器人臂上的所需要的力和/或力矩。例如,相比于在相同的方向仅将扭矩施加到两个从动的转动关节中的任一个,利用特定的扭矩驱动具有沿运动链串联设置的平行轴线的两个转动关节中的每一个将导致在链的更远侧连杆中的较大的惯性力和/或力矩。使用从动关节的结合的移动对于克服更远侧关节的扭矩能力或关节运动的范围的限制可以是有用的。在另一个方面中,通过加速更远侧连杆经过较大关节位移,或者通过增加的加速度,可实现较大的惯性力和/或力矩。

[0066] 在某些方面中,响应于特定范围内被动关节上的扭矩的感测,制动器释放被定时,以允许被动关节浮动并且被动地移动。例如,当感测的扭矩在最小阈值之上时,制动器可被释放,以允许关节上增加的惯性,从而实现较高的关节速度或加速度,并且当感测的扭矩在最大扭矩之上时,制动器可被至少部分地施加,以便防止被动移动期间关节的过高的速度或加速度。可施加关节制动器以将反作用扭矩维持在最大值,以便在被动移动期间将关节的速度维持在基本上恒定的速度,或者当关节接近期望的参考状态时,可施加可变的制动,以便在被动移动期间提供关节的基本上恒定的减速度。在某些方面中,制动器的施加至少

部分地基于被动关节上的感测的扭矩,以及实际关节状态距期望的参考关节状态的位移(例如,误差)。基于关节距参考状态多远,该方法允许被动移动期间对被动关节的速度和/或加速度的控制。例如,当关节在距参考关节状态的预定位移之上时,控制制动器的施加,以提供被动关节的基本上恒定的关节速度(当被动关节正朝参考移动时),并且当关节位移足够接近参考(例如,在预定的位移内)时,施加可变的制动,以提供基本上恒定的减速度,直到关节达到期望的参考状态。

[0067] 在一个方面中,一旦被动关节达到期望的参考状态,就完全地施加制动器,以将被动关节锁定在参考状态。在另一个方面中,系统可在期望的参考状态部分地施加制动器,甚至到特定的关节,直到与相应的机器人臂相关联的所有被动关节,或者直到与装配结构相关联的所有被动关节基本上处于或接近它们相应的参考状态。该方法可防止或减少可发生在装配结构的近侧关节中的大量的反作用扭矩,所述装配结构的近侧关节是多个机器人臂,所述多个机器人臂被允许在来回期间摆振作为刚性主体,使操作平台或装配结构的其它连杆的移动交替。利用关节状态传感器或扭矩传感器,能够确定所感测的力和力矩的大小。当感测的力和/或力矩处于最小阈值或在该最小阈值之上时,关节制动器的释放导致相关联的增加的惯性,其实现较大的和/或较快的被动关节移动。替代地,如果感测的力在最大阈值之上,通过施加关节制动器,能够避免过度的或不必要地快的被动关节移动。在一些方面中,通过感测被动关节上的反作用扭矩,响应于力和/或力矩,系统确定被动关节的速度和/或加速度。

[0068] 通过将特定的装配关节的被动移动控制到某些参考状态,通常是装配关节的位置和/或取向,可实现上面的示例配置(展开的、无菌收起的和完全收起的)中的每一个。虽然某些实施例涉及一个或更多个装配关节,但是应当理解,本文所描述的方面中的任何一个能够被应用到具有能够提供被动移动的关节的任何连杆,并且能够用于控制这种关节的被动移动以实现期望的状态(例如,位置、取向、速度和/或加速度)。如本文所描述的,虽然一个或更多个从动关节通常更接近被控制的被动关节,但是应当理解,被动关节的更远侧的一个或更多个驱动关节的移动可引起被动关节中的反作用力,其足以控制被动关节的移动(例如,诸如在摆振抽吸型机构中);但是,利用被动关节的近侧的一个或更多个从动关节以引起更远侧关节的猛推型运动一般更有效,更远侧关节的猛推型运动的惯性通过选择性制动被使用,从而将被动关节移动到期望状态。

[0069] 为了进一步说明上面描述的概念,在下面的示例中进一步详细地描述某些方面。

[0070] 图10A示出到装配关节上的取向平台的简化的2-D图,装配关节的位置和取向通过马达驱动关节控制。装配关节是能够提供被动关节移动的被动关节并且是能够部分地或完全地选择性地制动被动关节移动的关节制动器。当关节制动器被施加到装配关节时,随着取向平台移动,装配关节联接件作为刚性主体与取向平台一起平移和旋转。当关节制动器被释放时,通过装配关节联接件的惯性参数(m 和 J)、取向平台的加速度以及在装配关节处的摩擦,管理装配关节联接件的运动。

[0071] 图10B示出关节制动器被释放的情况下的图10A的装配关节联接件的自由主体图。如果为了简化省略在关节处的摩擦,那么加速坐标系(acceleration of the frame)分别产生与平移和旋转项(term)成比例的力和力矩,并且某种意义上是相反的。在关节制动器被释放的情况下,连杆上的力矩可总结为与关节相关,以确定被动加速度。加速的平移分量

提供扭矩 $m_a(t)L\sin(\theta(t))$ ，并且旋转加速度分量提供 $J(\alpha_b(t))$ 。

[0072] 在一个方面中，关节制动器被电动地致动，诸如通过电压信号输入。关节可被配置成与电压输入的大小成比例地部分地接合。该配置允许制动器的电压控制通过使用使制动力和电压相关成扭矩(牛顿-米)的已知曲线来确定，因此制动器能够以与仅能够在一个扭矩方向被控制的扭矩马达类似的方式被利用。另外，因为惯性力可足以提供足够的扭矩，以实现关节至参考状态的期望的运动，根据循环的移动，更近侧的连杆(例如，取向平台连杆)可被来回驱动，使得当引起的扭矩是合适的大小和方向时，制动器能够被选择性地释放在每个循环中实现被动关节移动朝向参考状态，直到关节处于参考状态。因此，通过选择性制动沿运动链的一个或更多个被主动驱动的关节的从动移动来控制关节的被动移动。

[0073] 图11示意性地示出用于通过驱动带有一个或更多个从动关节的相关联的装配结构来控制机器人臂的装配关节(SUJ)的移动的示例方法。响应于接收来自用户的用来实现期望的装配关节状态的命令，系统进入装配关节控制模式，该期望的装配关节状态通常对应于机器人臂的期望的姿势或配置。系统确定装配关节的当前状态，诸如通过使用关节状态传感器，并且如果装配关节不在期望的状态，则计算装配结构移动，其可用来通过被动关节移动的控制将装配关节移动到期望的状态。例如，如果装配关节沿一个或更多个自由度根据(from)期望的状态被移位，那么装配结构的移动可沿对应的自由度被计算，以便将力和/或力矩传递到与装配关节相关联的连杆，能够被利用该与装配关节相关联的连杆将被动装配关节移动到参考状态。然后，通过驱动支撑装配结构的一个或更多个马达驱动关节，装配结构根据计算的移动被驱动。在这个移动期间，当装配关节中的任何一个的被动关节移动(如果允许移动)朝向期望的参考状态时，然后通过部分地或完全地释放用于那些特定的装配关节的关节制动器，允许关节浮动。如果在装配结构移动期间，装配关节中的任何一个的被动移动(如果允许移动)是零或者被引导远离期望的状态，那么关节被制动。装配关节的接合状态被再次评估，并且如果装配关节中的任何一个仍然不在期望的状态，则针对任何这种关节重复该过程，直到系统确定所有的装配关节处于期望的状态，在该点结束控制模式。在许多此类实施例中，诸如在本文描述的操纵器结构中，这整个过程发生少于一分钟，通常大约10秒或更少。但是，根据特定系统的运动学，以及加速度和相关联的关节位移，其中该过程发生的时间毫无疑问地改变。在一个方面中，图11中的方法可以包括第二执行路径，使得一个用于SUS，且另一个用于SUJ，这最后同步。在两个SUS和SUJ之间，扭矩需求被传递到SUS以帮助平滑(smooth out)其运动，并且SUS加速度被传输回到SUJ以确定是否释放或施加制动器以及何时释放或施加制动器。

[0074] 在某些实施例中，如果所有的装配关节在执行所述方法的一定时间段内，诸如大约20秒内没有到达它们相关联的参考状态，那么可结束方法。可向用户提供不是所有的关节不在期望的参考状态的通知，并且任选地可识别哪个关节保持从它们相关联的参考状态被移位。然后，用户可将装配关节手动地铰接到相关联的参考状态，或者可驱动操纵器或装配结构中的一个或更多个到另一个配置，并且重新进入模式，以及再次经历该过程。在一些系统中，可存在某些配置，该配置可抑制某些装配关节的被动移动，诸如由于缺少操纵器之间的间隙或碰撞。在此类情况下，其中这些配置能够被识别的情况下，方法可包括在尝试如本文所述的被动关节的受控制的移动之前，自动地驱动装配结构或一个或多个操纵器远离这些配置。

[0075] 在某些方面中,可在一个或更多个模式中利用所述方法以将一个或更多个机器人臂的一个或更多个关节的被动移动控制到期望的参考状态,该期望的参考状态对应于操纵器或装配结构的一个或更多个期望的布置。参考状态通常对应于机器人臂的期望的配置。例如,当特定的机器人臂在期望的配置(例如,展开的、收起的、无菌收起的)时,该臂的每个被动装配关节具有特定的参考状态(例如,位置)。另外,当关节移动到其期望状态的位置时,每个关节的参考状态可包括参考速度和/或加速度。在没有附加的输入或用户的手动操纵的情况下,通过按压按钮来实现驱动关节的自动移动以及将关节的被动移动控制到期望的参考状态,可进入每个模式。

[0076] 图12A示意性地示出用于驱动取向平台来实现与工具170相关联的第一操纵器和与工具172相关联的第二操纵器82的每一个的装配关节78的移动的方法。每个装配关节的参考状态对应于操纵器的位置和相应的工具,所述相应的工具通过机器人系统的装配关节的受控制的被动移动而被收缩到一个位置(虚线示出的),该位置允许相应的操纵器之间更多的间隙。应当理解,装配关节的参考状态可对应于操纵器的任何数量的配置,以及装配关节本身关于工作空间或关于特定的操纵器的各种其它关节的或操纵器之间的各种位置、速度、和/或加速度。在一个方面中,系统包括各种模式,其中本文所述方法能够用于控制装配关节的被动移动,从而将装配关节移动到任何数量的参考状态,以实现操纵器或相关联的装配结构的期望的移动、配置或姿势。本文所使用的术语“操纵器”指的是机器人臂,其可用于操作手术器械,或者可包括各种其它的机器人臂,诸如可在内窥镜中使用,或用于各种其它工具。

[0077] 取向平台移动命令的计算

[0078] 在一个方面中,装配关节的被动移动通过由装配结构的移动传递到连杆的惯性力和/或移动来实现,装配结构的移动通过驱动一个或更多个驱动关节(通常是在装配关节上游的关节)来实现。在一个方面中,如在下面的示例中进一步详细的描述,通过在一个自由度中的取向平台的计算的移动,通常是取向平台124通过使用驱动系统围绕竖直转动轴线的来回的枢转移动,提供装配结构的移动。在另一个方面中,因为方法利用被动关节的有利的关节移动,并且抑制不利的移动,以便实现被动关节的期望的参考状态,取向平台的移动不需要根据操纵器的任何特定的配置进行定制。有利地,取向平台的完全自动的移动(例如,来回加速取向平台的来回旋转)能够在本文所述的方法的任何一个中使用,控制被动关节的移动朝向期望的参考状态,以实现任何数量的操纵器或装配结构配置。

[0079] 图12B至图12C描绘用于取向平台124的驱动系统,其允许装配结构沿x轴线、y轴线和z轴线的移动。通过移动驱动一个或更多个马达驱动的关节以产生沿沿x轴线、y轴线、z轴线和 θ 轴线的的一个或更多个方向速度和/或加速度,能够实现与装配关节198相关联的连杆的对应的移动,与装配关节198相关联的连杆的对应的移动引起装配关节198的被动移动。与通过诸如上述那些的安装手推车的装配结构支撑的取向平台一起,可利用具有一个、两个、三个、四个或更多个自由度的吊顶安装的装配结构190和其它驱动机器人连杆。因此,虽然参考一些示例性机器人运动结构描述可描述系统,但是控制技术可很好地应用到具有冗余自由度和/或大量关节的其它机器人系统的范围,并且在考虑到具有主动关节和被动关节的混合的这种系统时尤其引人注目: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的关节(具有或不具有一些重叠的构件)的系统;其中各个操纵器控制器

仅仅交换有限的状态信息的系统;等等。

[0080] 在一个方面中,为了在装配期间使用系统的机器人能力,机器人系统的处理器可包括实施一种模式的软件,在该模式中,在本文所述的被动关节控制模式期间,机器人结构被驱动接近 (toward) 并且/或者维持取向平台和操纵器远程中心之间的期望的关系或姿势。当激活时,该算法将取向平台和操纵器远程中心之间实际的和期望的关系作为其输入,并且将实际的姿势驱动到期望的姿势,任选地不需要干扰操纵器远程中心的位置和取向。换句话说,当被动关节移动时,激活的轴线可任选地以这种方式沿循,以便实现或维持具体的机器人姿势。

[0081] 在另一个方面中,其中被动关节的移动如本文所述受控制的模式可包括多个子模式,或这些概念如何基于系统的一个或更多个变量或属性被应用的变化。例如,当被动关节处于距期望的参考状态的大的位移时(例如,FAR模式),被动移动可根据特定的方法被控制,并且当被动关节足够靠近期望的参考状态时(例如,NEAR模式),被动移动可根据另一个方法被控制。例如,当关节从大于预定位移的它们相应的参考状态移位时,可使用允许较大和/或较快的被动移动的取向平台连杆的较大的移动或较快的加速度。进而,当装配关节足够靠近它们期望的状态时,可使用取向平台连杆的较小的移动或较慢的速度和加速度,从而允许更精细调整的被动关节移动,并且避免支撑装配结构的更近侧关节上的过度的反作用扭矩。

[0082] 在一个方面中,摆振FAR模式下用于装配关节的“参考”或“目标”位置指的是没有SUS的摆振运动的情况下的参考关节位置。想法是在没有锁定的情况下悬停(rover)靠近最终目标位置。如果参考是原始(raw)关节位置,则控制器将在SUS的每个摆振循环期间高效地来回追逐(chase)该位置。在一个方法中,由SUS引起的关节误差能够被以滤除在正弦运动的频率处的凹口有效地移除。但是,应当理解,该影响可以各种其它方式实现。相比之下,在摆振NEAR模式下,当我们想准确地瞄准特定的关节配置处时,关节位置可以在没有任何补偿的情况下被瞄准。

[0083] 图13示出利用两个此类子模式的欠驱动关节控制模式,其基于装配关节距参考状态(FAR模式和NEAR模式)的位移而不同。如图13中所示,在用户按压按钮以实现完全收起的配置之后,通过从动关节移动,通用的手术操纵器(USM)中的每一个移动到适于被收起的配置。沿竖直轴线(SUJ-Z)的装配关节被致动到其范围的最高位置。然后系统感测装配关节(SUJ)的关节状态,并且确定系统是否需要通过取向平台的交替移动来移动SUJ关节,该取向平台的交替移动在本文称为“摆振”。如果不需要摆振,那么装配结构(SUS)被完全地收起(通常通过朝在基部处的竖直支撑柱缩回水平吊杆来完成)。如果系统确定SUS关节需要被调整,那么SUS展开到摆振位置。当展开SUS以摆振时,取向平台将被定位,使得操纵器具有距系统的基部上的更近侧支撑柱的充足的间隙,但是不比必要的延伸更远,以避免在摆振移动期间更近侧关节上的过度的反作用扭矩。SUJ制动器被施加,使得取向平台的摆振移动通过操纵器和作为刚性主体的装配关节连杆传递力和/或力矩,因此当关节随后被释放时,惯性力和/或力矩是充足的,从而以有效的方式将装配关节猛推或移动到参考状态。然后,SUS开始摆振,并且引起的SUJ的被动移动通过每个SUJ的选择性制动被控制,如本文所描述的,直到所有的SUJ都在距它们相关联的参考状态的阈值位移内。然后,系统切换到接近模式,其中SUS摆振具有较小的加速度或者较小的交替的关节位移,因为需要SUJ的较小的移

动以达到期望的参考状态。当SUJ达到它们相应的参考状态时,这允许更精细调整的移动,在这之后,锁定SUJ制动器,并且结束SUS摆振。当SUJ关节现在被锁定在它们相应的参考状态处时,通过吊杆的水平缩回,SUS能够被完全地收起。

[0084] 在一个方面中,提供被动移动的关节的制动器由关节制动器控制器控制,以便以与典型的马达扭矩控制器类似的方式施加关节中通过被动移动引起的感测的扭矩。通过修改关节制动器的控制特征部,诸如通过附加的软件,该方法是有利的,因为其可在具有常规的马达扭矩控制器,诸如比例微分控制器的系统中被利用。在图14A、图14B(图14A中的方框A的细节)和图14C(图14B中示出的方框B的细节)中进一步详述该方法。

[0085] 图14A示出反馈控制环路,其中装配关节的被动移动利用比例微分控制器(PD控制器)控制,类似于其在常规的机动化的关节控制环路中的使用。 B_m 是用于配置的极限的最大制动器扭矩/力,而 ϵ 是速度阈值,在该速度阈值之下,制动器应该被保持释放。通过将参考状态与其实际的位置进行比较,系统确定装配关节的误差(e),该误差(e)被输入到PD控制器中,然后该PD控制器计算控制信号(u),以实现取得参考状态所需要的关节扭矩。在常规的马达驱动的关节中,“ u ”信号将被输入到马达关节动态控制中,以便利用必要的扭矩将相关联的关节马达驱动到参考状态。但是,在被动关节中,关节不能被驱动。由于运动链的各种其它连杆的移动,传递到与被动关节相关联的连杆的力和/或力矩产生被动关节内的扭矩,被动关节内的扭矩可用于实现将关节移动到期望的参考状态的被动移动。

[0086] 图14B示出制动器控制环路,其模拟常规的马达驱动的关节中的马达/关节动力学(图14A中方框A的细节),用于通过关节制动器的选择性施加来控制被动移动。在图14B中的制动器控制环路中,马达扭矩控制信号与装配关节中感测的实际扭矩进行比较,然后被积分以获得随时间的脉冲,应用估计速度(v)的方向或正负号(sign)的逻辑(正负号(u)= $-\text{正负号}(v)$),并且如果(v)的正负号在朝着参考的方向,那么通过经过一段时间的关节制动器的释放或部分释放消耗关节中存在的扭矩。因为由于被动移动所引起的关节中存在的扭矩可(并且通常是)小于将关节移动到参考状态所需要的扭矩,所以通过关节的驱动,利用取向平台的每个循环,该环路可被重复多次。通过在相反的方向来回地连续驱动平台连杆的关节(诸如通过使用正弦信号输入)实现的该取向平台的循环可被称为“摆振”移动,使得取向平台在正向位移和负向位移之间加速地来回移动。上述关节制动器控制环路利用借助取向平台的每个循环或摆振通过被动移动在装配关节中产生的扭矩,直到装配关节达到参考状态,在该点,施加制动器以将装配关节锁定在适当位置。应当理解,在具有多个装配关节的系统中,如上所述,每个装配关节具有用来控制被动移动的相关联的关节制动器控制器,在取向平台的移动期间,在一个方向,某些装配关节可以是浮动的,而某些其它的关节可以被制动。

[0087] 图14C示出在根据本发明的方面的示例中的图14B中的方框B的细节。方框B包括考虑关节速度确定物理可实现的制动(单侧的)的方框,以及抵抗可利用的制动力来削减力或扭矩请求的另一方框。需注意,期望的脉冲除以 T_s ,控制系统的采样率(例如,0.75ms)以发现将满足一个控制环路中整个脉冲的力或扭矩。极限 B_m 可以是最大制动器摩擦,但是通常被调谐到较小的值,以减小传递到SUS上的负载。每当关节速度小时, ϵ 阈值迫使制动力为零,从而防止关节锁定在摆振FAR模式。

[0088] 在某些方面中,被应用以确定制动力的施加的逻辑可沿长达最大制动值的连续谱

施加选择性制动或可变制动。施加可变制动允许关节制动器实现更受控制的被动装配关节的移动。例如,如图14D的图中所示,其描述制动力随装配关节的关节状态的变化,当被动装配关节中引起的扭矩在支撑取向平台的来回摆振期间在方向上改变时,变化的制动力允许被动关节移动时被动关节以基本上恒定的速度移动。另外,逻辑可施加可变制动力,以实现各种其它受控制的移动,诸如在朝参考状态移动且装配关节充分地接近参考状态(例如,在阈值位置内)时提供装配关节的恒定的减速度。在某些实施例中,当装配关节位移在位移阈值(t)之上时,恒定的速度控制特征部在“摆振远模式”下被使用,并且当装配关节距参考的位移在阈值内时,恒定的减速控制特征部被使用,如图14D中所示。

[0089] 图14D示出在根据本发明的方面的示例中的摆振接近模式的阶段。正弦误差是当用虚线绘制时的相对于目标位置的无制动轨线。在点1和点2处,切线往后在任何点处不与x轴线相交,所以没有恒定的减速度曲线。在点3处,会聚到目标的恒定的减速度小于期望的,并且将在可控制的制动力水平之下。在点4处,会聚的恒定的减速度匹配软件中的可调谐的期望值,并且制动器施加开始。然后制动器被调制以在目标处停止——这显著地提供平滑的抛物线轨迹,其中当控制器调制制动时,它的顶点在零处并且偏差在该轨迹之上和之下。在这个图中控制器做出的这个决定在一个点处提供制动,在该点允许利用舒适的减速度停止,并且调制制动器以在期望的位置处停止。

[0090] 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影响,但是在附图中示出并且已经在上面详细描述其某些示出的实施例。但是,应当理解,并不旨在将本发明限制为具体的形式或公开的形式,相反,意图是涵盖落入如随附权利要求中限定的本发明的精神和范围内的所有修改、替代构造和等效物。

[0091] 除非本文另外指出,或与上下文明显矛盾,在描述本发明的上下文中(尤其是在随附的权利要求的上下文中)的术语“一”和“一个/种”和“该”和类似的指代词被理解为涵盖单数和复数两者。除非另外指出,术语“包含”、“具有”、“包括”和“含有”被理解为是开放式的术语(即,意思是“包括但不限于”)。即使存在一些干涉,术语“连接”被理解为部分地或者全部地包含在内、附接到或者接合在一起。除非在本文另外指出,本文的数值的范围叙述仅仅旨在用作单独地提及落入该范围的每个单独的值的速记法,并且每个单独的数值被结合到说明书中,如同本文中单独地引用一样。除非本文另有说明或者上下文清楚地相反指示,本文所述的所有方法能够以任何合适的顺序进行。除非另外要求,本文提供的任何一个或所有示例或示例性语言(例如,“诸如”)的使用仅仅旨在更好地说明本发明的实施例,并且不限制本发明的范围。说明书中的任何语言均不应理解为将任何未要求保护的元素作为实践本发明的必要特征。

[0092] 本发明的优选实施例在本文被描述,其包括发明人已知的进行本发明的最佳模式。在阅读前述说明书之后,对本领域技术人员来说,那些优选实施例的变化可变得明显。发明人希望本领域技术人员适当使用这些改变,并且发明人期望本发明可以本文具体描述之外的其它方式来实施。因此,如可适用的法律所允许的,本发明包括随附权利要求中所述主题的所有修改和等价物。此外,除非在本文另外指出或与上下文明显矛盾,本发明包括其所有可能变化中上述元素的任何组合。

[0093] 包括本文引用的公布、专利申请以及专利的所有参考文献都以引用方式并入本文,其程度等同于每个参考文献被单独地、明确地指示,从而以引用方式并入本文,并且其

全部内容在本文中进行阐述。

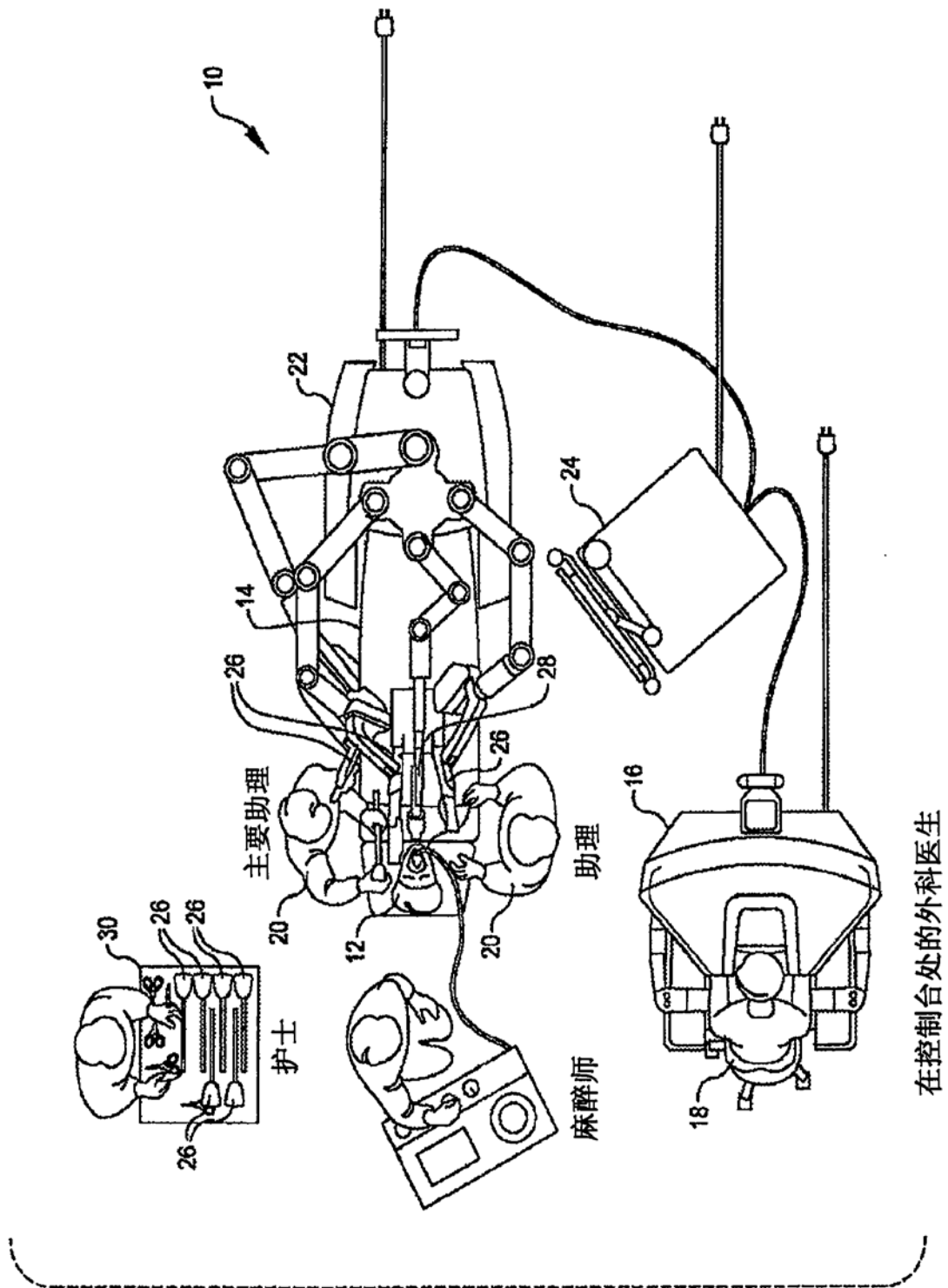


图1

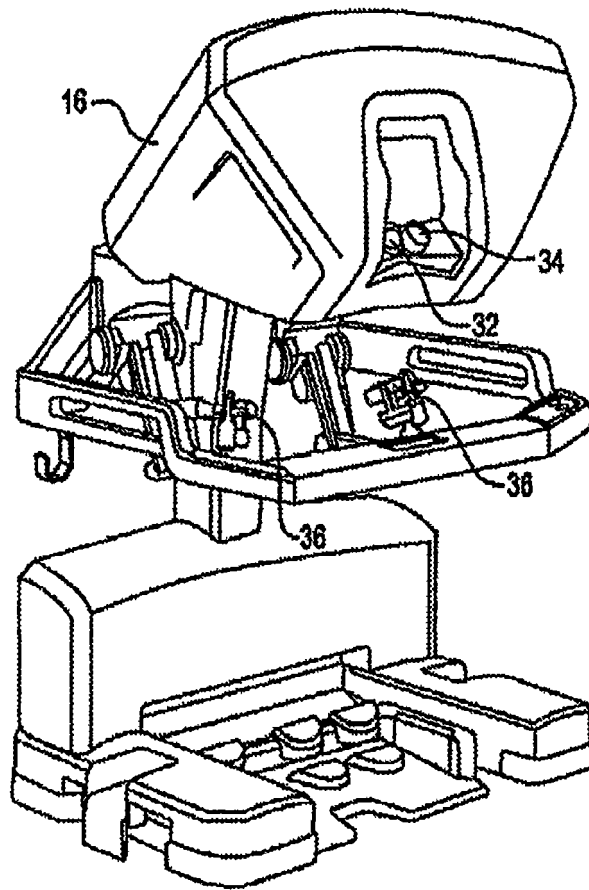


图2

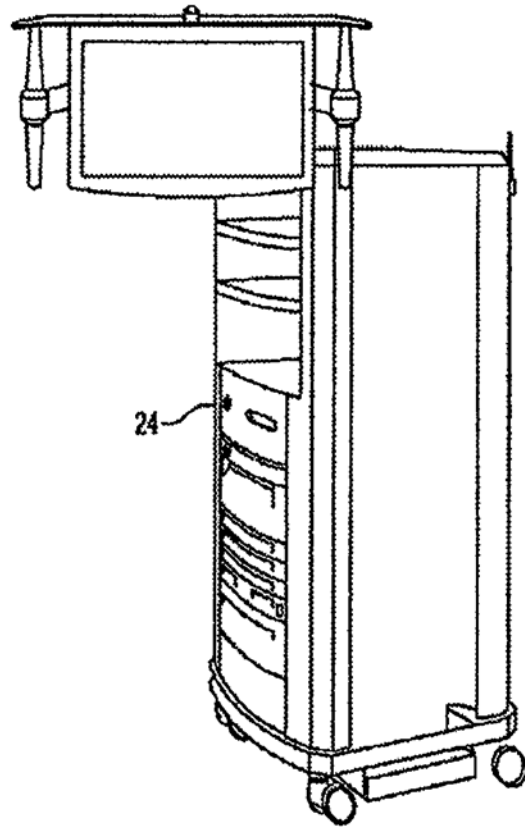


图3

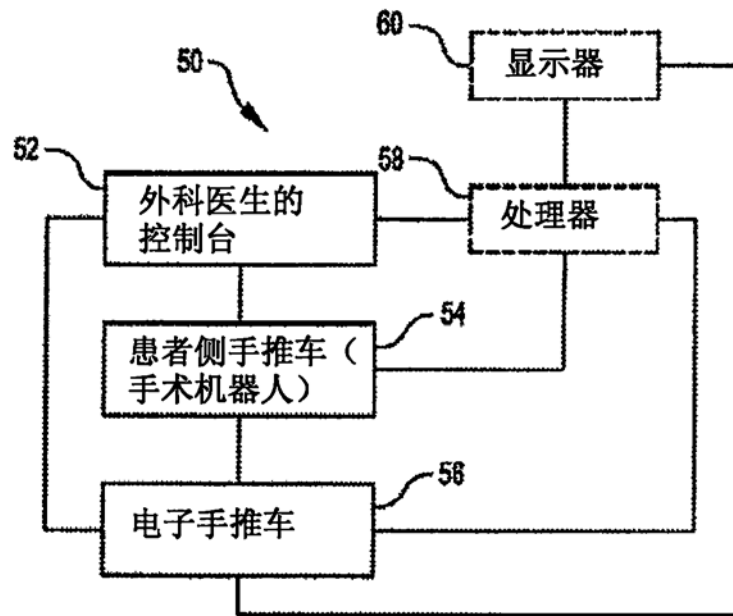


图4

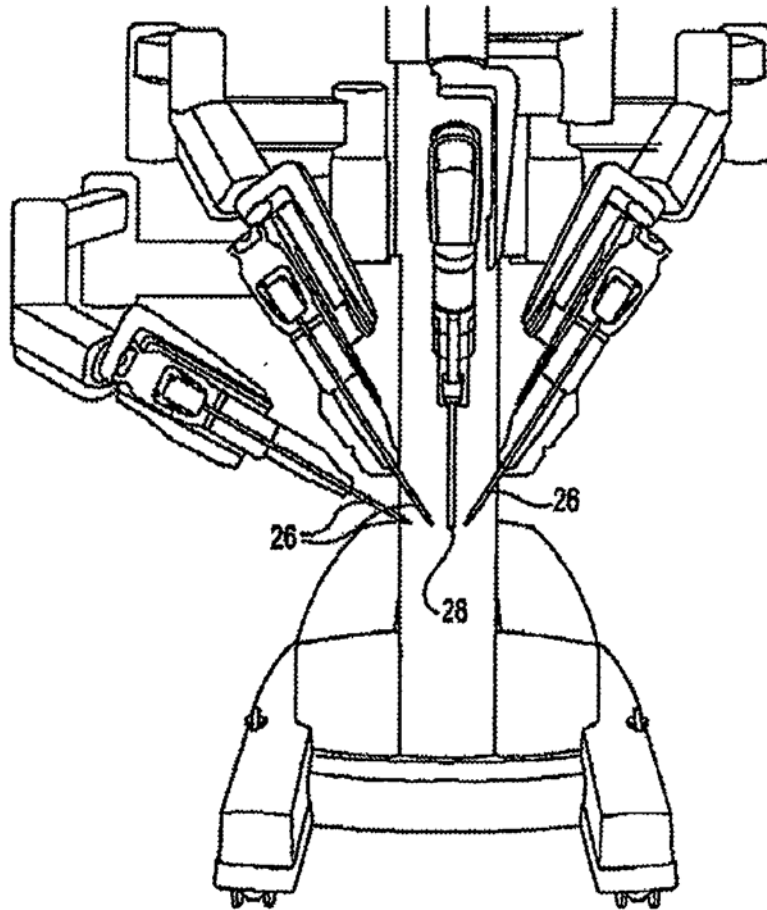


图5A

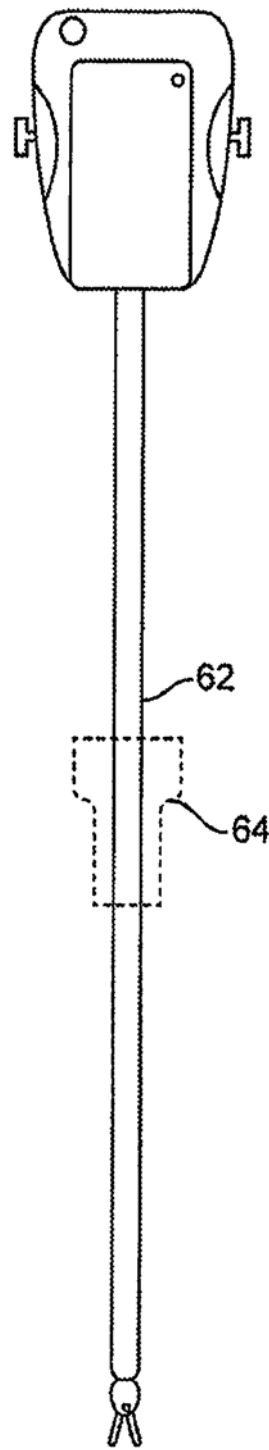


图5B

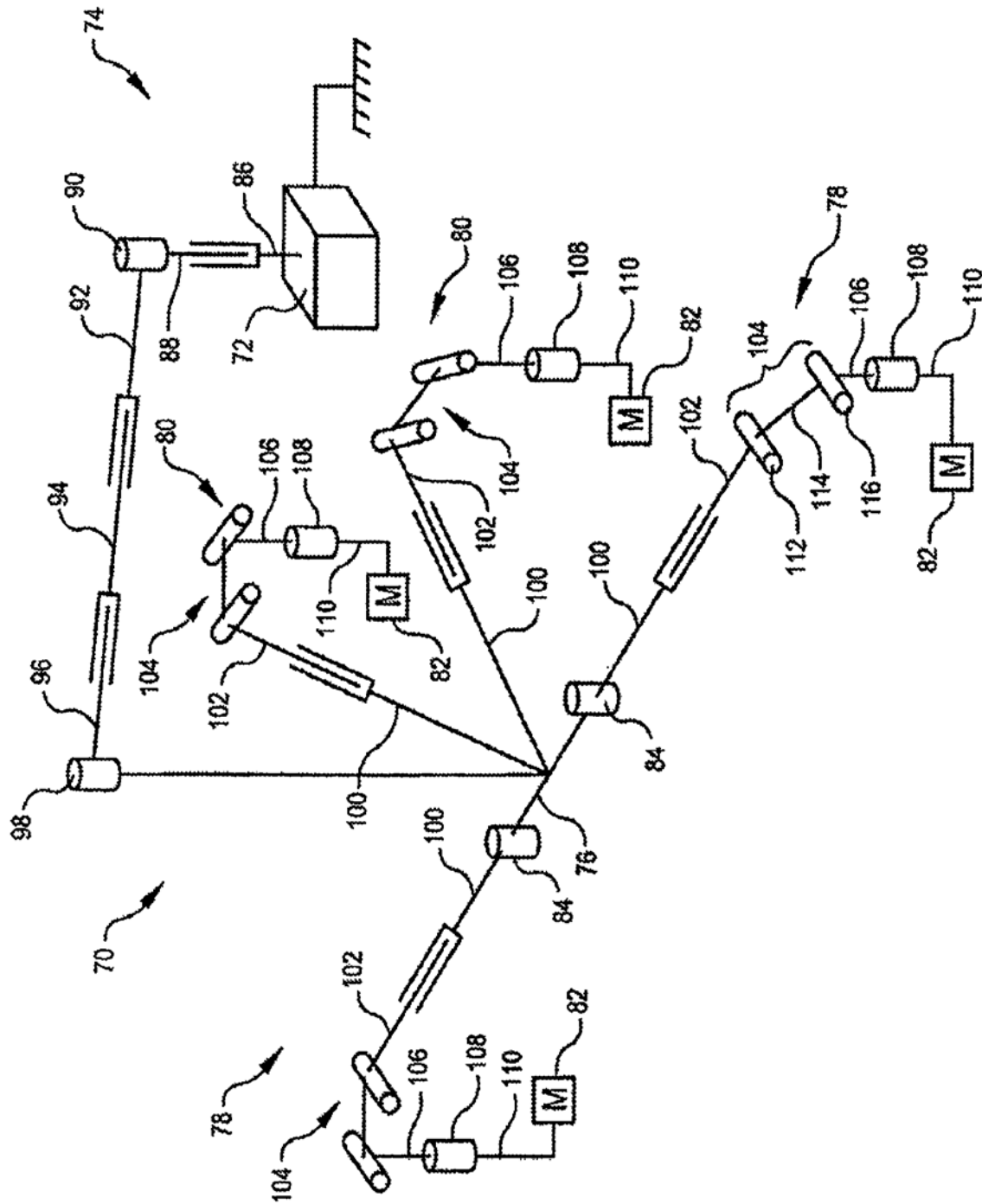


图6

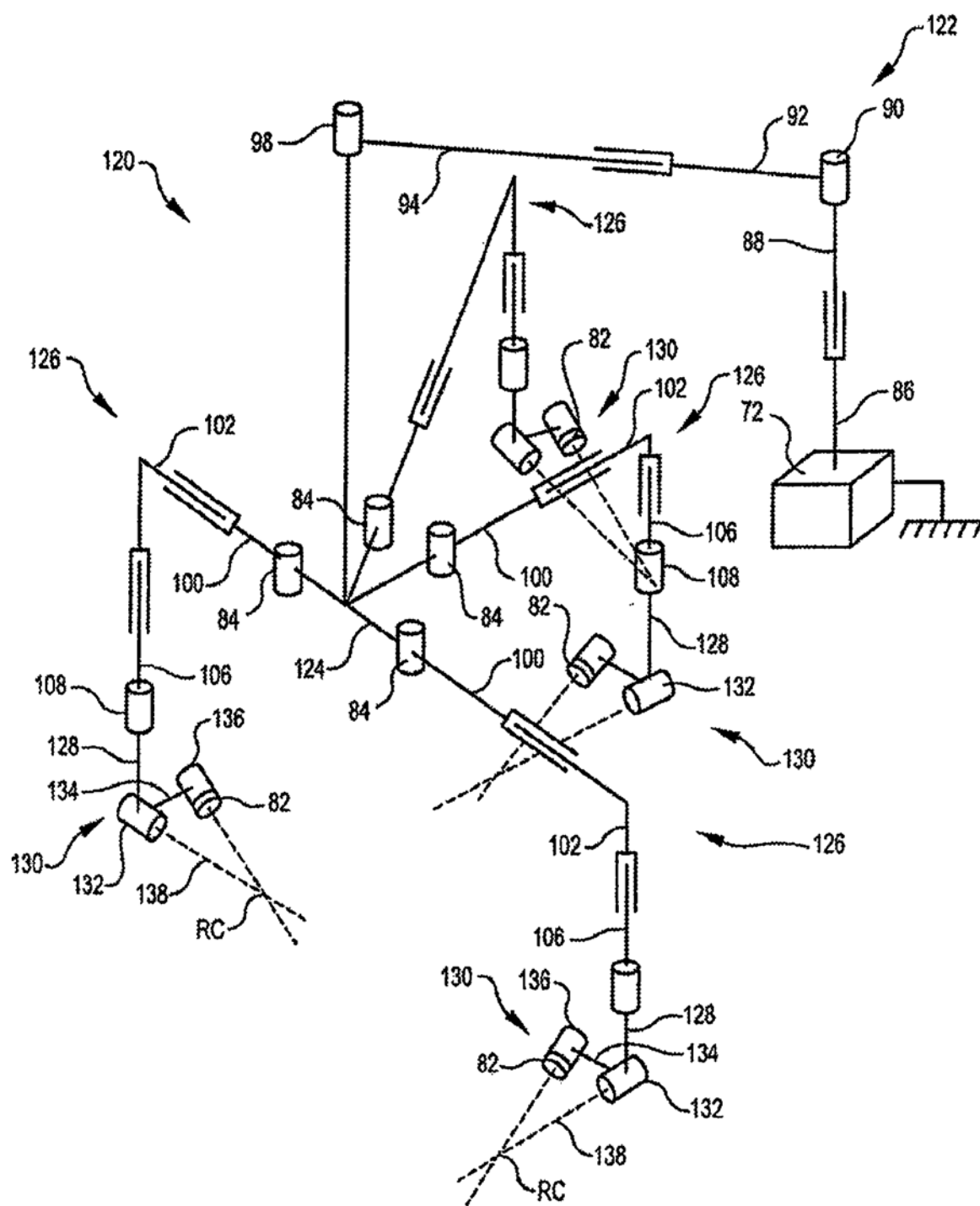


图7

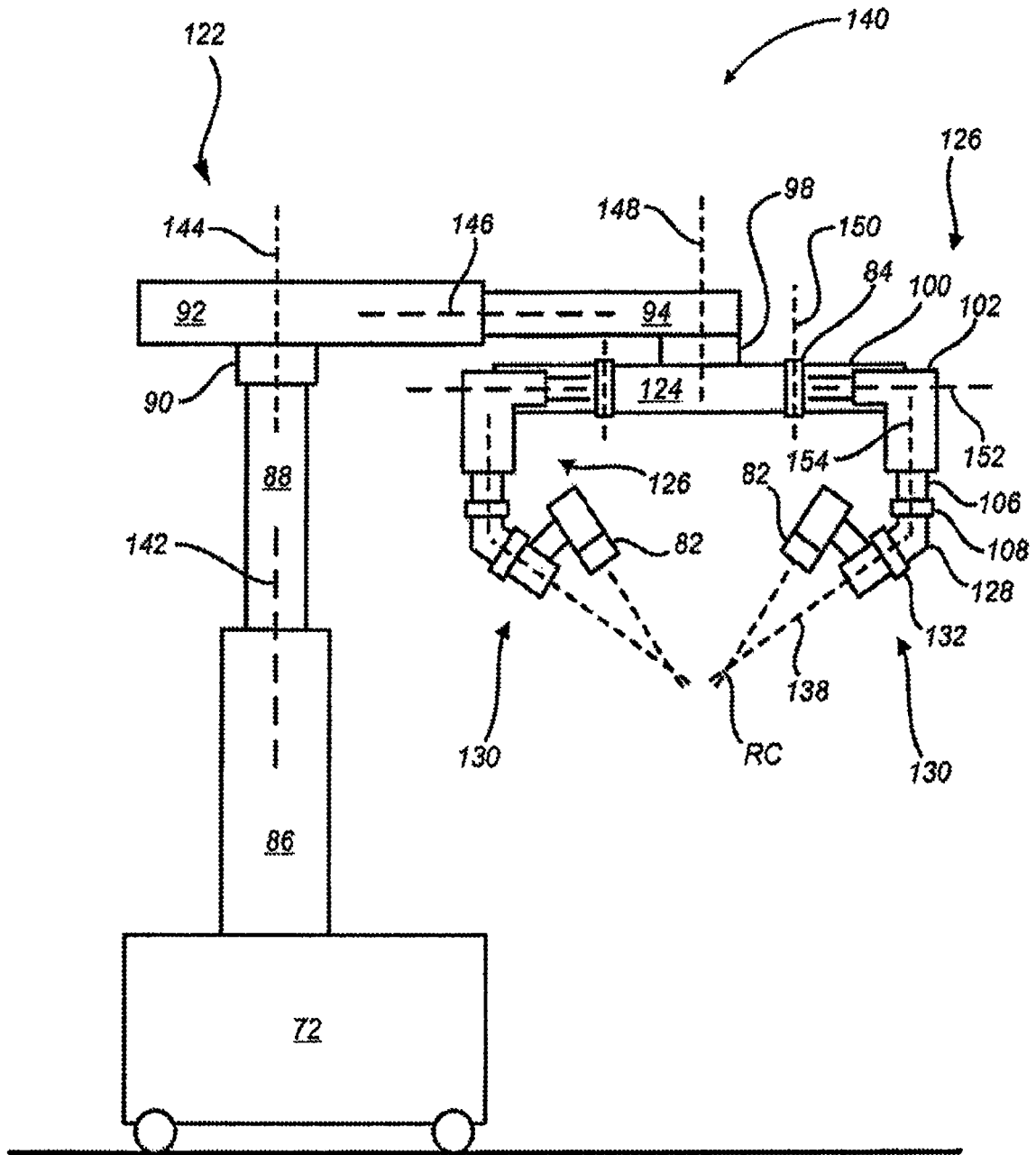


图8

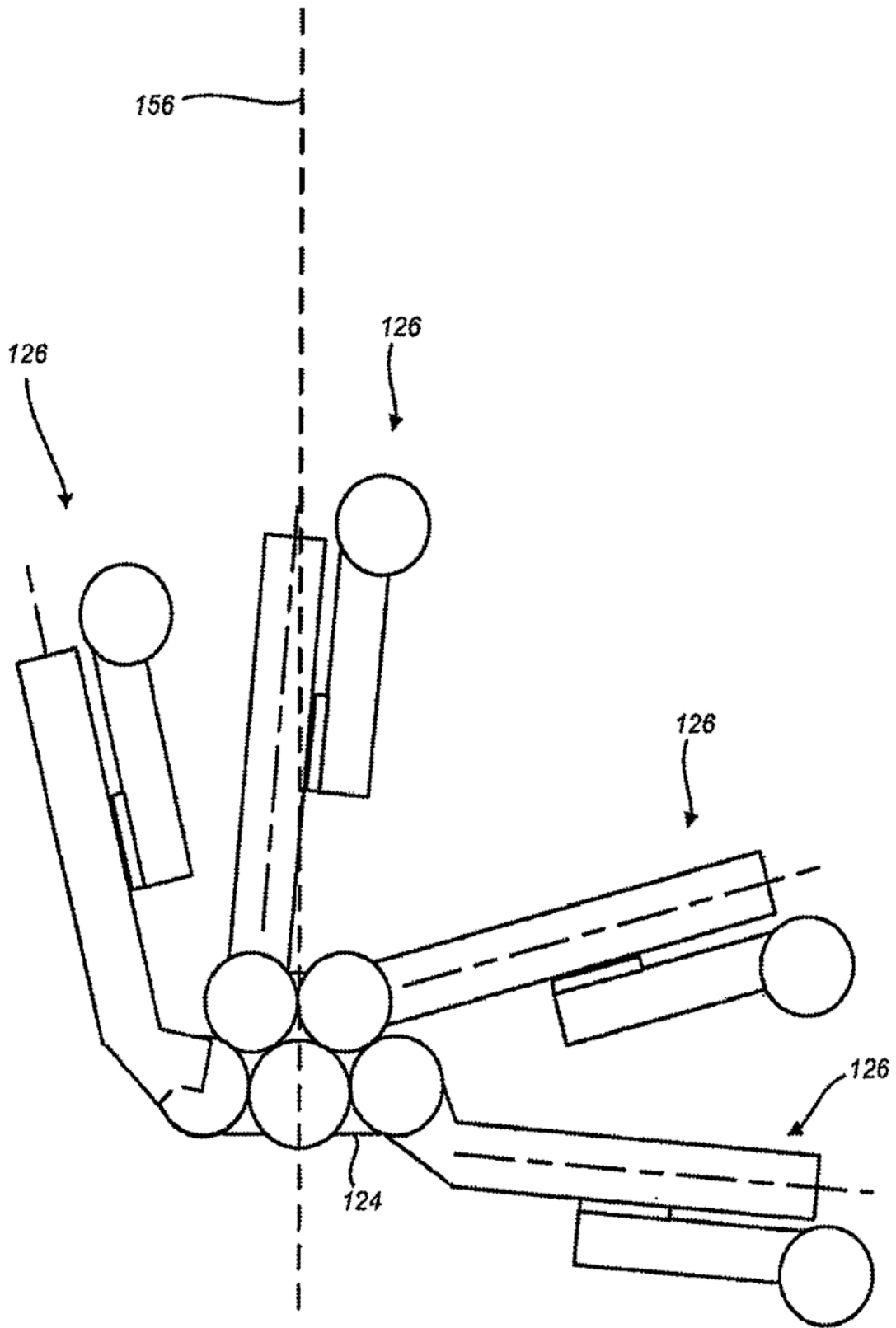


图9A

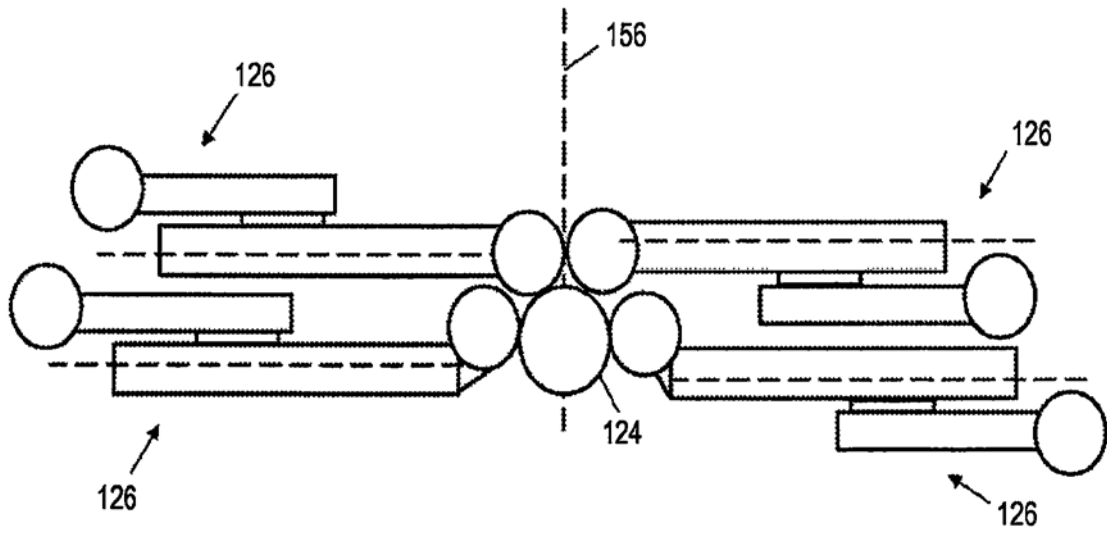


图9B

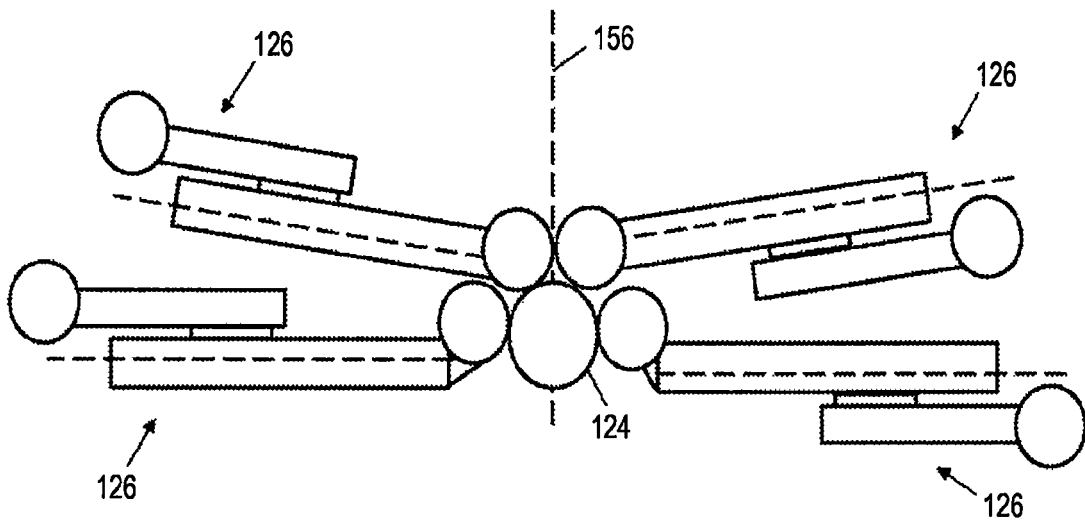


图9C

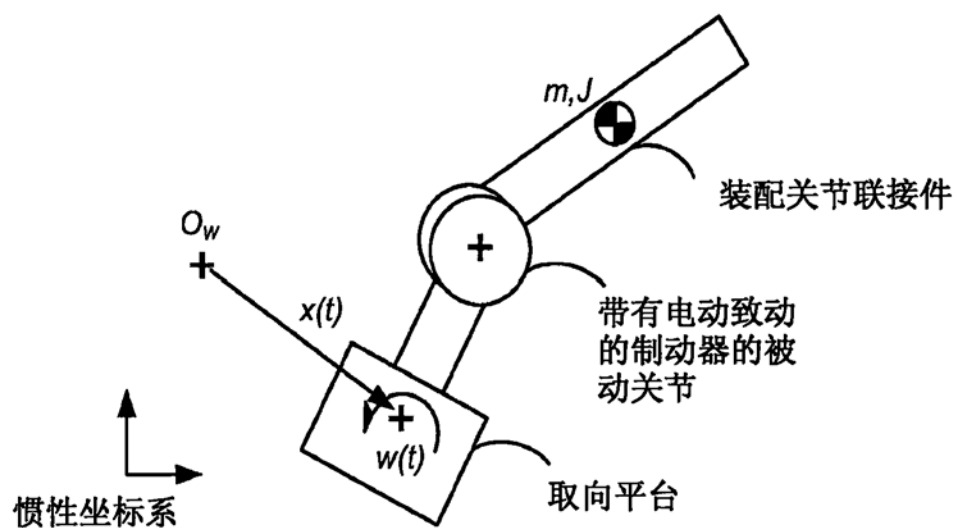


图10A



图10B

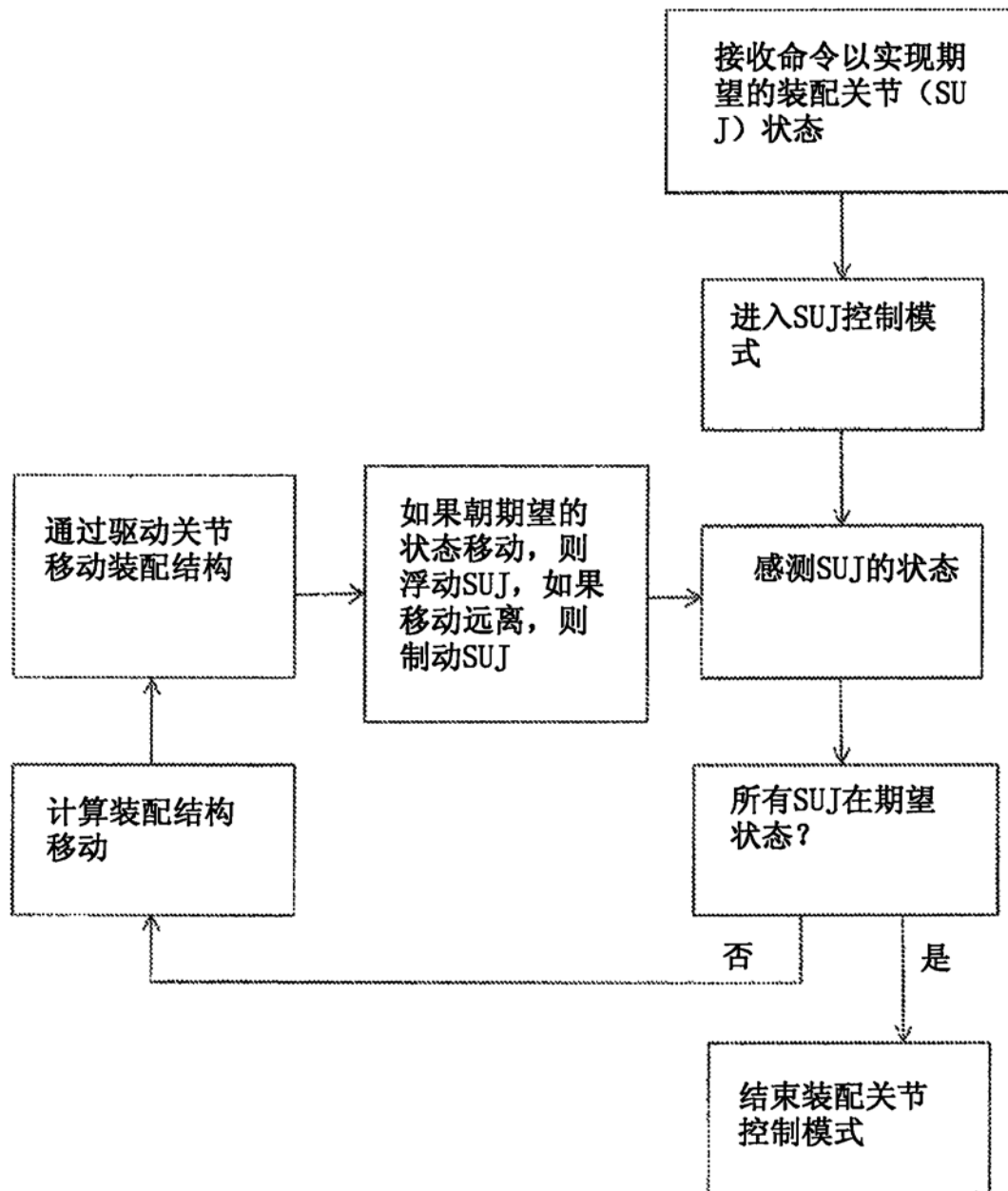


图11

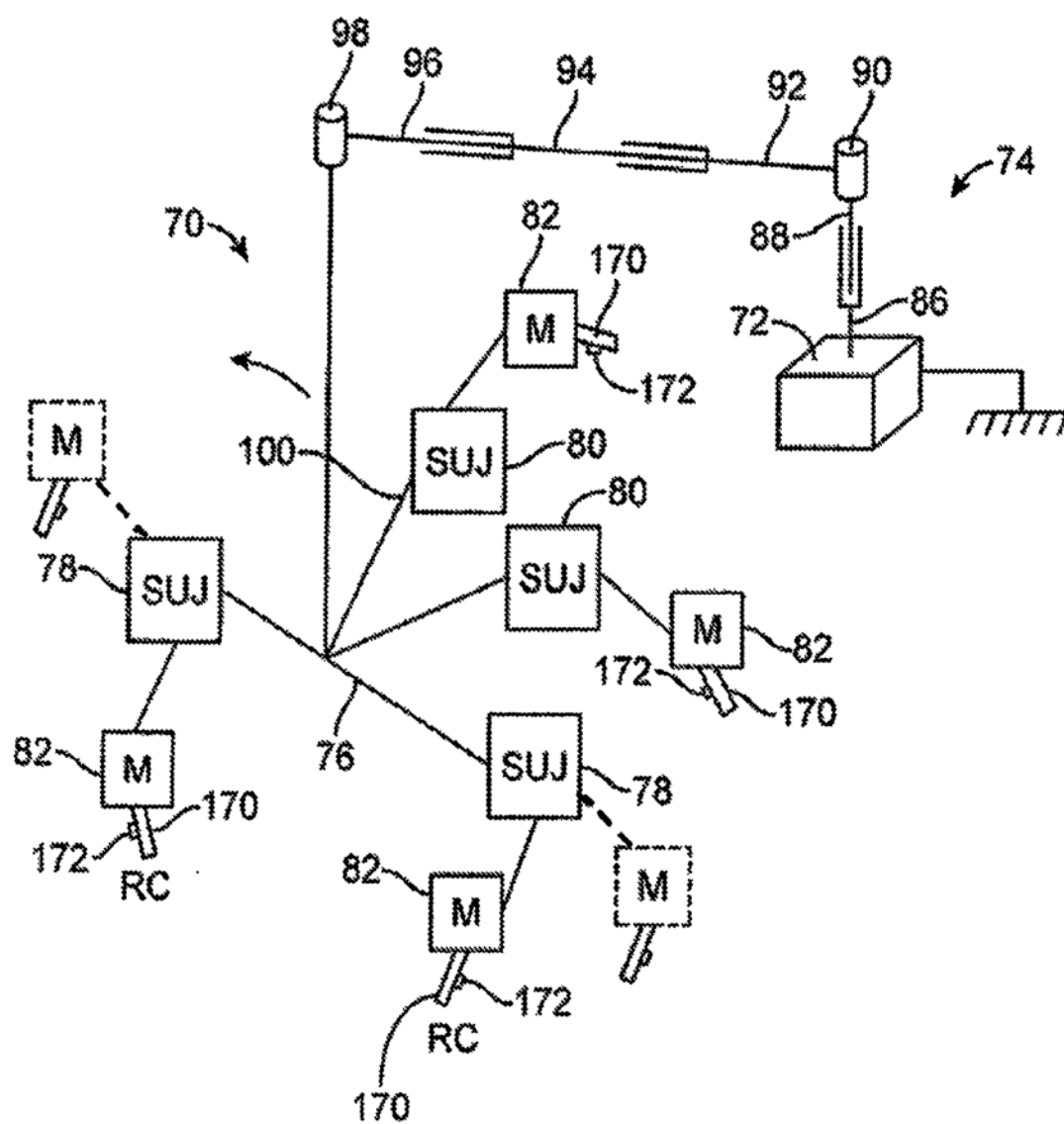


图12A

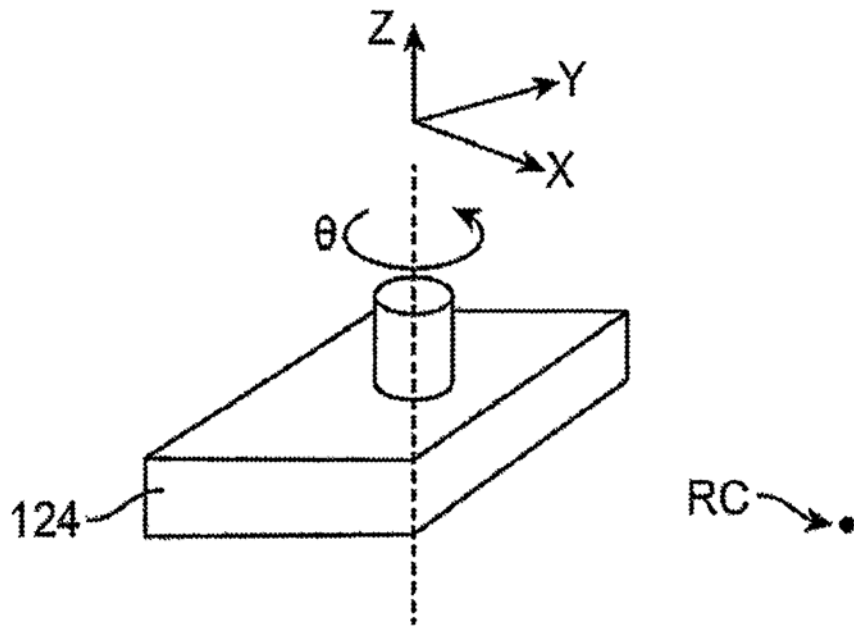


图12B

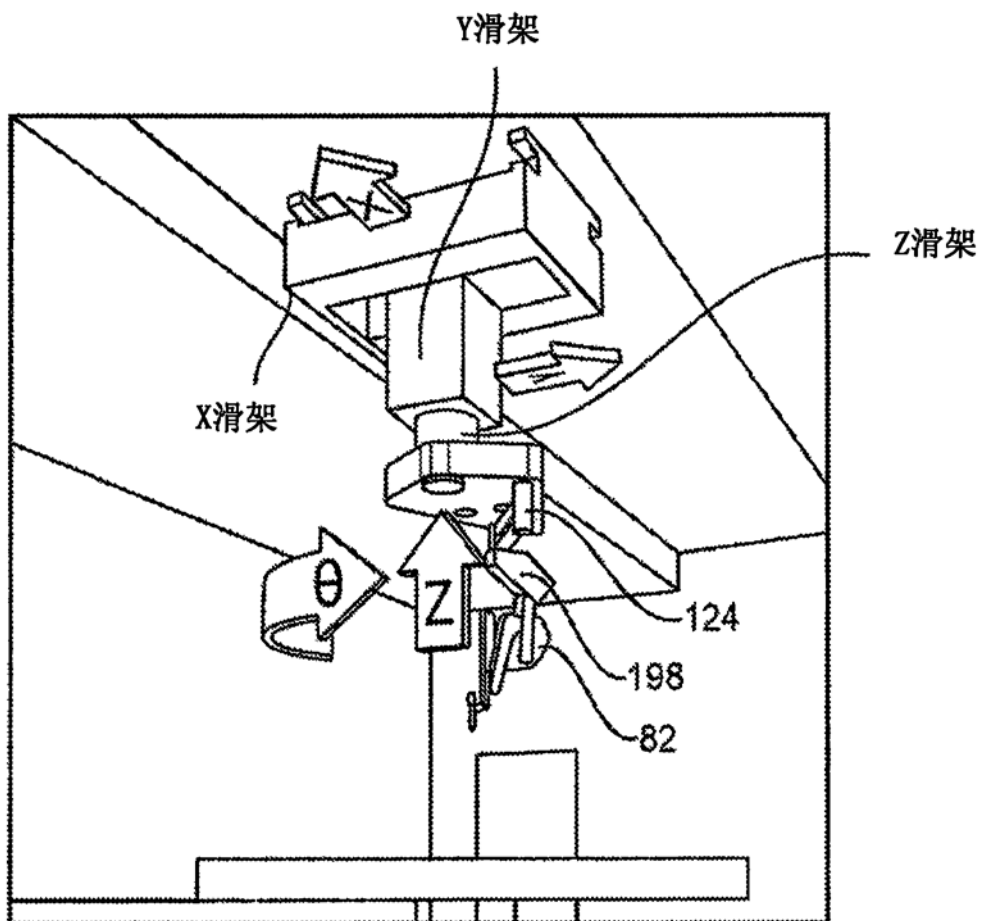


图12C

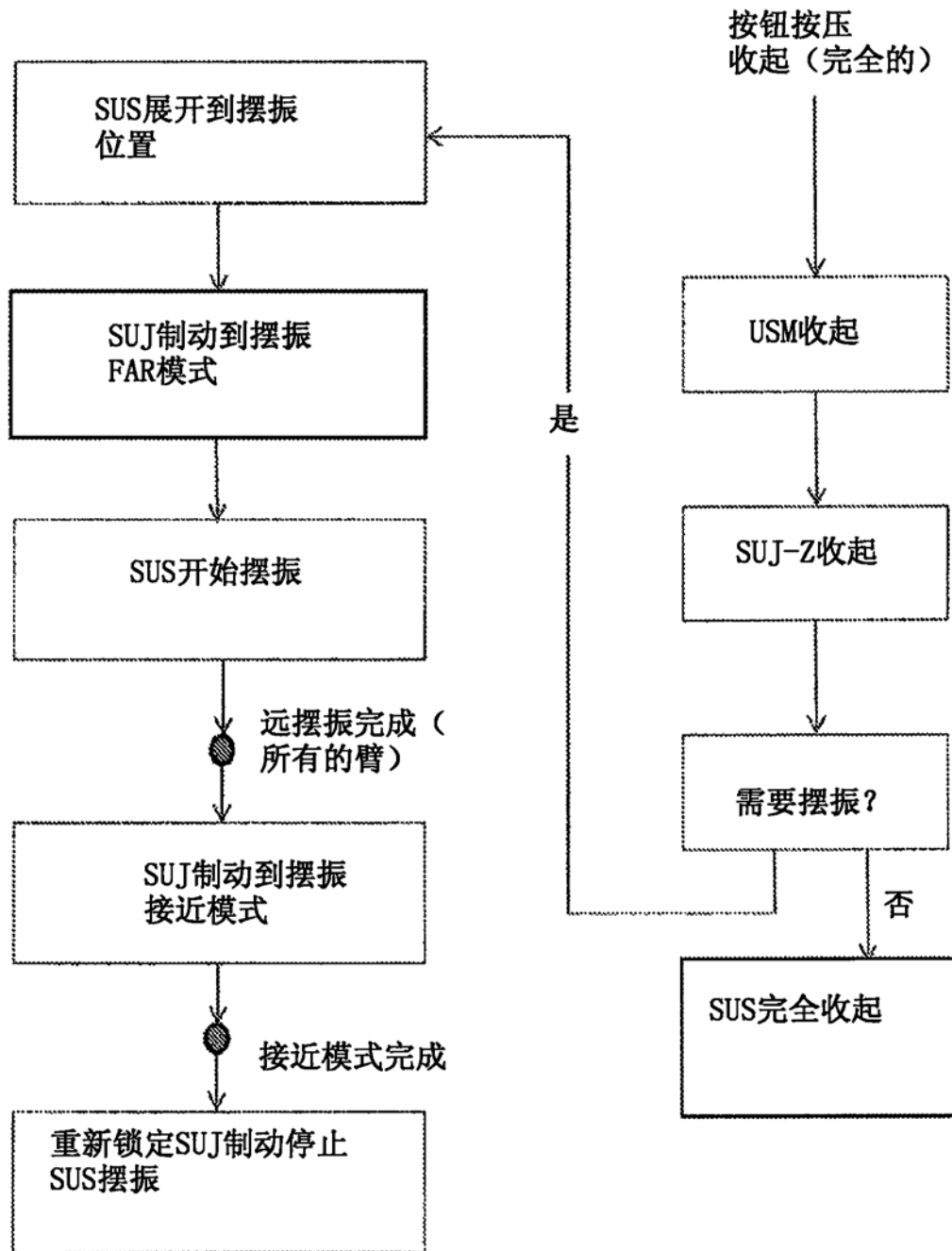


图13

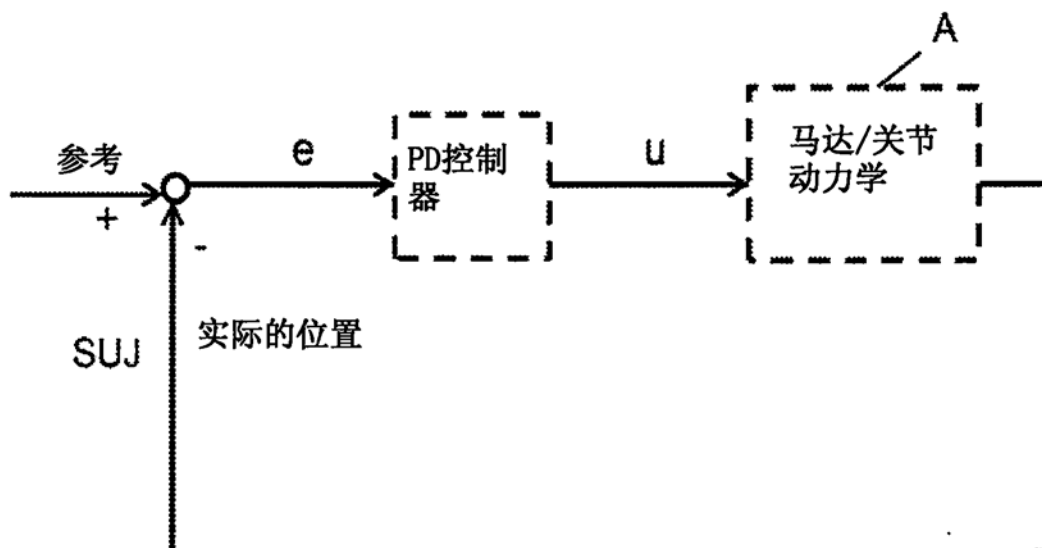
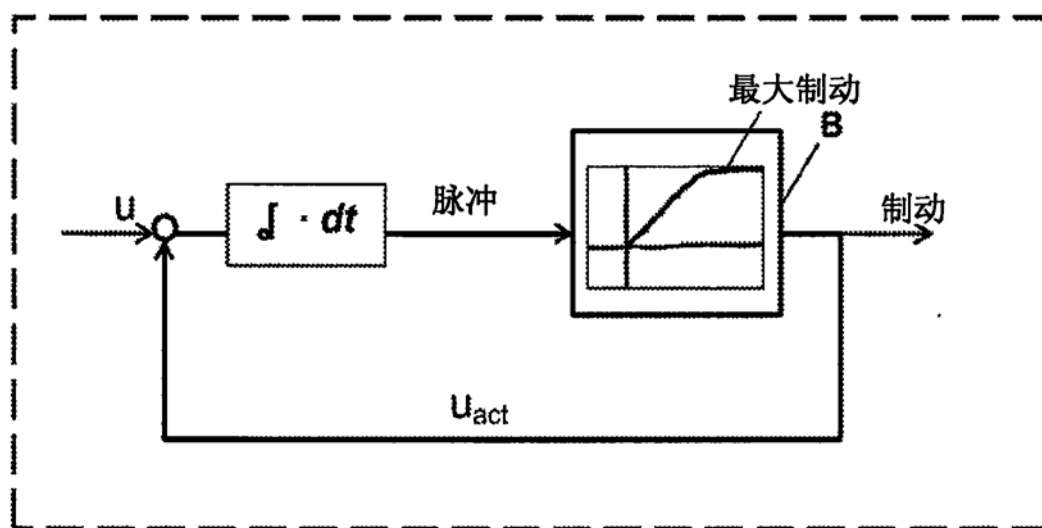
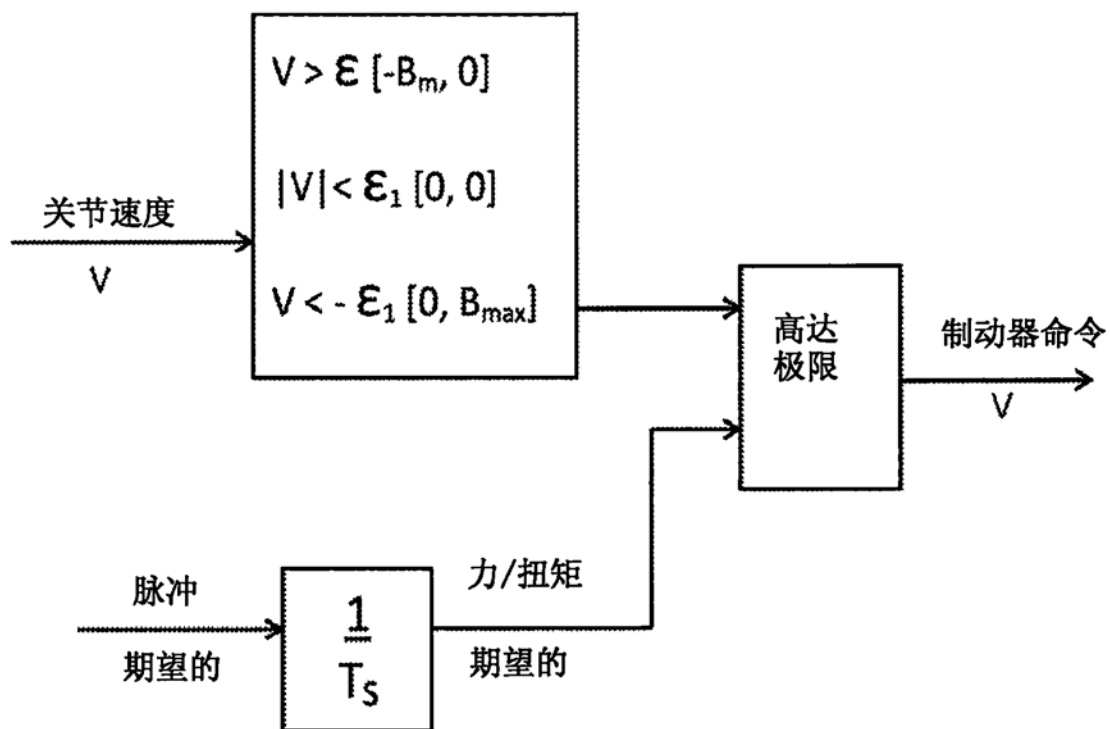


图14A



(图14A中的方框A的细节)

图14B



(图14B中的方框B的细节)

图14C

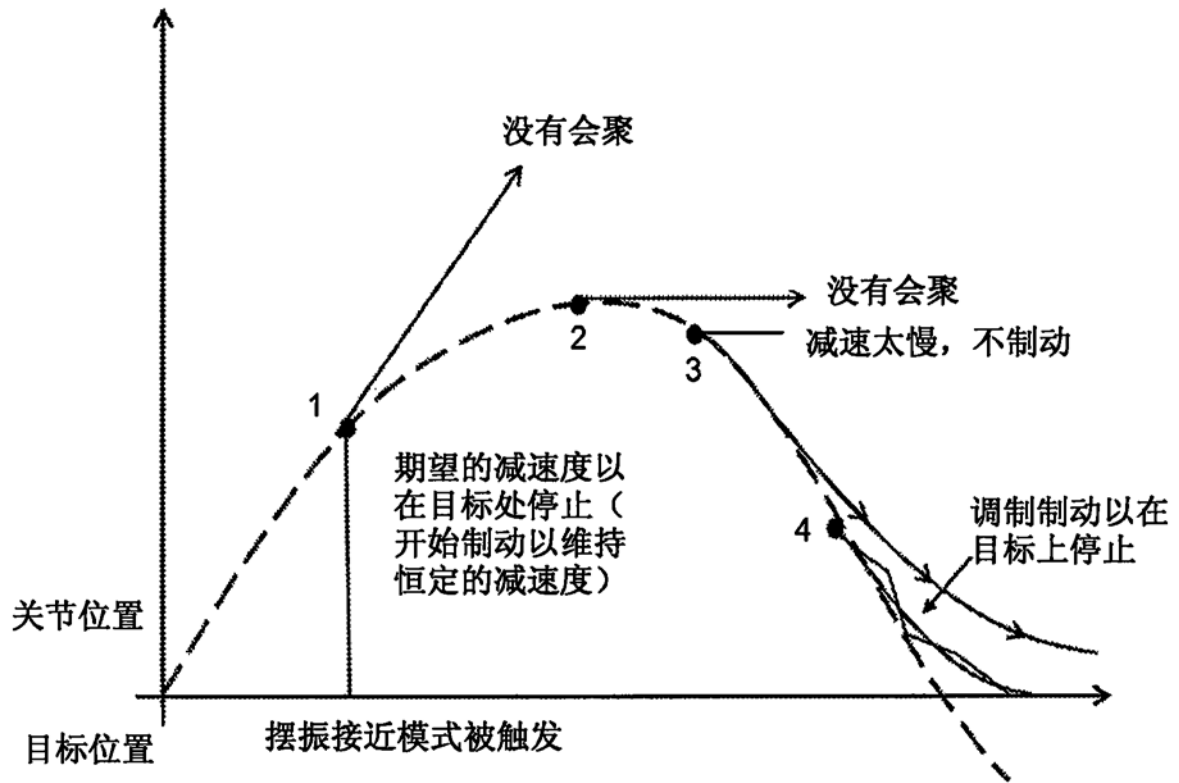


图14D