



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118900668 A

(43) 申请公布日 2024. 11. 05

(21) 申请号 202380027917.8

(22) 申请日 2023.03.20

(30) 优先权数据

2203946.5 2022.03.21 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.09.18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2023/050666 2023.03.20

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/180699 EN 2023.09.28

(71) 申请人 CMR外科有限公司

地址 英国剑桥

(72) 发明人 大卫·威廉·海登·韦伯斯特·史

密斯

(74) 专利代理机构 北京汇思诚业知识产权代理
有限公司 11444

专利代理师 刘晔 王刚

(51) Int.Cl.

A61B 34/30 (2006.01)

A61B 34/37 (2006.01)

A61B 34/20 (2006.01)

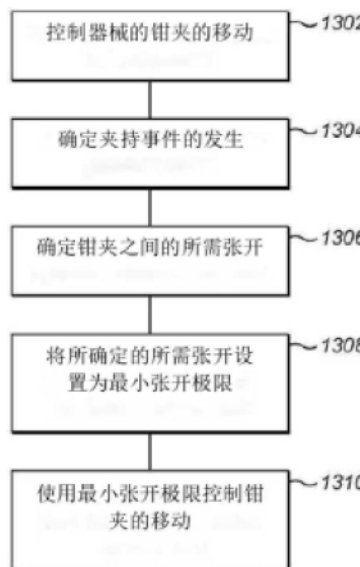
权利要求书4页 说明书20页 附图11页

(54) 发明名称

手术机器人系统中的夹持力控制

(57) 摘要

一种夹持力控制器用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力。所述手术机器人系统包括机器人,所述机器人具有基座和从基座延伸到用于与所述器械接合的驱动组件的臂。所述器械具有包括多个钳夹的末端执行器,并且所述驱动组件用于将驱动力传递到所述多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体。所述夹持力控制器被配置为根据钳夹之间的所需张开来控制钳夹的移动;当钳夹在所述闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需张开;将所确定的所需张开设为钳夹的最小张开极限;以及使用所述最小张开极限控制钳夹的移动以便控制由钳夹施加的夹持力。



1. 一种用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力的夹持力控制器,所述手术机器人系统包括机器人,所述机器人具有基座和从所述基座延伸到用于与所述器械接合的驱动组件的臂,所述臂包括多个关节,通过所述多个关节能够改变所述臂的配置,所述器械具有包括多个钳夹的末端执行器,并且所述驱动组件用于将驱动力传递到所述器械的所述多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便在所述钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便释放被夹持的物体,所述夹持力控制器被配置为:

根据所述钳夹之间的所需张开来控制所述钳夹的移动;

当所述钳夹在所述闭合方向上相对于彼此被驱动以便在所述钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

在确定所述夹持事件的所述发生时确定所述钳夹之间的所需张开;

将所确定的所需张开设置为所述钳夹的最小张开极限;以及

使用所述最小张开极限控制所述钳夹的移动以便控制由所述钳夹施加的夹持力。

2. 根据权利要求1所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为在确定以下中的任何一者或多者发生时确定所述夹持事件的所述发生:

所述钳夹之间的夹持力超过夹持力阈值;

用于将驱动力传递到所述钳夹中的一个钳夹的所述驱动组件的电机的所需电机力超过电机力阈值;

用于将驱动力传递到所述钳夹中的相应钳夹的所述驱动组件的多个电机的平均所需电机力超过平均电机力阈值;

用于将驱动力传递到所述钳夹中的一个钳夹的所述驱动组件的所述电机接近或达到饱和点;

通过用于将驱动力传递到所述钳夹中的一个钳夹的所述驱动组件的所述电机的电流超过电流阈值;

所述器械的、驱动力通过其传递到所述钳夹中的一个钳夹的驱动元件接近或达到所述驱动元件的物理极限;以及

达到所述器械的部件的物理极限。

3. 根据权利要求2所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为基于指示以下中的一者或多者的信号来确定所述夹持事件的所述发生:

所述钳夹之间的所述夹持力;

所述电机的所述所需电机力;

所述多个电机的所述平均所需电机力;

用于将驱动力传递到所述钳夹中的一个钳夹的所述驱动组件的所述电机的电机饱和;

通过用于将驱动力传递到所述钳夹中的一个钳夹的所述驱动组件的所述电机的电流;

以及

所述器械的、驱动力通过其传递到所述钳夹中的一个钳夹的驱动元件中的张力。

4. 根据权利要求3所述的夹持力控制器,其中:

所述信号包括基于所述器械的图像的视觉伺服或从所述视觉伺服中导出;和/或

所述夹持力控制器被配置为对所述信号进行滤波,并基于经滤波的信号确定所述夹持事件的所述发生。

5. 根据任一前述权利要求所述的夹持力控制器,其中所述最小张开极限是负张开。

6. 根据任一前述权利要求所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为在确定以下中的任何一者或多者发生时重置所述最小张开极限:

所述钳夹被打开超过打开张开阈值;

所述所需张开超过所需张开阈值;

所述所需张开变为正;

所测量的张开变为正;

施加在所述钳夹之间的所述夹持力减小超过另一夹持力阈值;

所述器械的驱动元件或其他部件的张力减小超过重置阈值张力;

所述器械的驱动元件或其他部件的扭转减小超过重置阈值扭转;

所述器械的驱动元件或其他部件的挠曲减小超过重置阈值挠曲;

所述钳夹在所述打开方向上以高于打开速度阈值的速度相对于彼此移动;

在所述打开方向上的所命令的钳夹移动超过阈值命令钳夹移动;

每单位位移的力方面的变化超过预定值;

由所述外科医生命令的夹持力减小;

经过预定时间 t_{reset} ;以及

接收到夹持操作的结束的指示。

7. 根据权利要求2至6中任一项所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为确定所述器械末端执行器处于其中所述平均所需电机力超过静态条件电机力的静态条件。

8. 根据权利要求7所述的夹持力控制器,其中:

在确定所述夹持事件的所述发生时确定所述器械末端执行器处于静态条件;和/或

所述静态条件电机力是-180有效力单位,并且当所述平均所需电机力变得比所述值更负时,所述平均所需电机力超过所述值。

9. 根据任一前述权利要求所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为:

基于所述器械的末端执行器的所需偏航角和所述器械的末端执行器的所测量的偏航角之间的差来确定偏航差值;以及

确定所述器械末端执行器处于其中确定所述偏航差值大于动态偏航值的动态条件。

10. 根据前述权利要求中任一项所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为确定所述器械末端执行器处于其中确定偏航速度大于动态偏航速度值的动态条件。

11. 根据权利要求2至10中任一项所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为确定所述器械末端执行器处于其中所述多个电机中的一个电机的所述所需电机力大于所述电机力阈值并且所述多个电机中的另一电机的所述所需电机力小于所述电机力阈值的动态条件。

12. 根据权利要求9至11中任一项所述的夹持力控制器,其中在确定所述器械末端执行器处于动态状态的情况下,使所述钳夹的所述最小张开极限更正。

13. 根据权利要求12所述的夹持力控制器,其中所述最小张开极限不增加超过对应于最小夹持力阈值的张开值,从而保持所述钳夹之间的最小夹持力。

14. 根据权利要求9至13中任一项所述的夹持力控制器,其中取决于张开的增益应用于所述所需偏航角。

15. 根据任一前述权利要求所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为:

确定用于驱动每个钳夹的驱动元件上的合力 F ;

确定所述合力 F 随所述钳夹的张开 S 的变化率;

确定所述钳夹的张开 S 随时间 t 的变化率;

根据所述合力的所确定的变化率超过预定常数 k_s 以及所述钳夹的张开的所确定的变化率超过另一预定常数 V_s ,将瞬时合力设置为基线力,并将瞬时张开设置为基线张开。

16. 根据权利要求15所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为确定合力相对于所述基线力的变化,并且在所确定的合力方面的变化超过阈值力值时确定所述夹持事件的所述发生。

17. 根据权利要求15或权利要求16所述的夹持力控制器,所述夹持力控制器被配置为在确定所述钳夹的所述张开增加超过所述基线张开和/或增加到正张开时重置所述基线力。

18. 一种控制手术机器人系统中的器械的夹持力的方法,所述手术机器人系统包括机器人,所述机器人具有基座和从所述基座延伸到用于与所述器械接合的驱动组件的臂,所述臂包括多个关节,通过所述多个关节能够改变所述臂的配置,所述器械具有包括多个钳夹的末端执行器,并且所述驱动组件用于将驱动力传递到所述器械的所述多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便在所述钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便释放被夹持的物体,所述方法包括:

根据所述钳夹之间的所需张开来控制所述钳夹的移动;

当所述钳夹在所述闭合方向上相对于彼此被驱动以便在所述钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

在确定所述夹持事件的所述发生时确定所述钳夹之间的所需张开;

将所确定的所需张开设置为所述钳夹的最小张开极限;以及

使用所述最小张开极限控制所述钳夹的移动以便控制由所述钳夹施加的夹持力。

19. 一种用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力的夹持力控制器,所述手术机器人系统包括机器人,所述机器人具有基座和从所述基座延伸到用于与所述器械接合的驱动组件的臂,所述臂包括多个关节,通过所述多个关节能够改变所述臂的配置,所述器械具有包括多个钳夹的末端执行器,并且所述驱动组件用于将驱动力传递到所述器械的所述多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便在所述钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便释放被夹持的物体,所述夹持力控制器被配置为:

根据所需力来控制施加在所述钳夹之间的力;

当所述钳夹在所述闭合方向上相对于彼此被驱动以便在所述钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

在确定所述夹持事件的所述发生时确定所述钳夹之间所需力的指示;

将所确定的所需力设置为所述钳夹的最大所需力极限;以及

使用所述最大所需力极限来控制施加在所述钳夹之间的所述力,以便控制由所述钳夹施加的夹持力。

20. 一种控制手术机器人系统中的器械的夹持力的方法,所述手术机器人系统包括机器人,所述机器人具有基座和从所述基座延伸到用于与所述器械接合的驱动组件的臂,所

述臂包括多个关节,通过所述多个关节能够改变所述臂的配置,所述器械具有包括多个钳夹的末端执行器,并且所述驱动组件用于将驱动力传递到所述器械的所述多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便在所述钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动所述钳夹以便释放被夹持的物体,所述方法包括:

根据所需力来控制施加在所述钳夹之间的力;

当所述钳夹在所述闭合方向上相对于彼此被驱动以便在所述钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

在确定所述夹持事件的所述发生时确定所述钳夹之间所需力的指示;

将所确定的所需力设置为所述钳夹的最大所需力极限;以及

使用所述最大所需力极限来控制施加在所述钳夹之间的所述力,以便控制由所述钳夹施加的夹持力。

手术机器人系统中的夹持力控制

技术领域

[0001] 本发明涉及控制手术机器人系统的钳夹器械的夹持,以实现钳夹的更一致的夹持力。

背景技术

[0002] 使用机器人来辅助和执行手术是已知的。图1示出了典型的手术机器人100,该手术机器人由基座108和臂102组成。器械105联接到臂。基座支撑机器人,并且本身刚性地附接到例如手术室地面、手术室天花板或推车。臂在基座与器械之间延伸。臂借助于沿其长度的多个柔性关节103而铰接,所述多个柔性关节用于将手术器械相对于患者定位在期望位置。手术器械附接到机器人臂的远端104。手术器械在端口107处穿过患者101的身体,以便进入手术部位。该器械在其远端包括用于执行医疗程序的末端执行器106。

[0003] 图2示出了用于执行机器人腹腔镜手术的典型手术器械200。手术器械包括器械接口201,手术器械借助于该器械接口连接到机器人臂。轴202在接口201与铰接部203之间延伸。铰接部203端接于末端执行器204。在图2中,一对锯齿状钳夹被示出为末端执行器204。铰接部203允许末端执行器204相对于轴202移动。期望通过铰接部向末端执行器204的运动提供至少两个自由度。铰接部允许末端执行器在偏航方向205上移动。器械钳夹可在偏航方向205上一同和/或分离地移动。器械接口被构造成联接到器械可接合的机器人臂的臂驱动组件。当器械与臂接合时,器械接口与驱动组件接合,从而将驱动力传递到器械。

[0004] 图3示出了具有从基座301延伸的臂300的手术机器人。该臂包括多个刚性肢体302。肢体通过转动关节303联接。最近侧的肢体302a通过近侧关节303a联接到基座。它和其他肢体通过另外的关节303串联联接。适当地,腕部304由四个单独的转动关节组成。腕部304将臂的一个肢体(302b)联接到最远侧肢体(302c)。最远侧肢体302c承载手术器械306的附件305。臂的每个关节303具有一个或多个电机307,所述电机可以被操作以在相应的关节处引起旋转运动,以及一个或多个方位和/或扭矩传感器308,所述方位和/或扭矩传感器提供关于该关节处的当前配置和/或负荷的信息。适当地,电机被布置在它们驱动其运动的关节的近侧,以便改善重量分布。为了清楚起见,在图3中仅示出了一些电机和传感器。臂通常可以如专利申请PCT/GB2014/053523(WO 2015/132549)中所述。

[0005] 臂端接于附件305以与器械306相接。适当地,器械306采取关于图2描述的形式。器械的直径小于8mm。适当地,器械的直径为5mm。器械可以具有小于5mm的直径。器械直径可以是轴的直径。器械直径可以是铰接部的轮廓的直径。适当地,铰接部的轮廓的直径与轴的直径匹配或比轴的直径窄。附件305包括用于驱动器械的铰接部的驱动组件。驱动组件的可移动接口元件机械地接合器械接口的相应的可移动接口元件,以便将驱动力从机器人臂传递到器械。在典型手术期间,一种器械会数次更换为另一种器械。因此,在手术期间,器械可附接到机器人臂且可从机器人臂拆卸。驱动组件接口和器械接口的特征有助于它们在彼此接合时的对准,从而降低它们需要由用户对准的准确性。

[0006] 器械306包括用于执行手术的末端执行器。末端执行器可以采用任何合适的形式。

例如,末端执行器可以是平滑的钳夹、锯齿状钳夹、夹持器、一对剪切钳、用于缝合的针、相机、激光器、刀、吻合器、烧灼器、抽吸器。如关于图2所述,所述器械包括器械轴与末端执行器之间的铰接部。铰接部包括允许末端执行器相对于器械的轴移动的若干关节。铰接部中的关节由例如线缆的驱动元件致动。这些驱动元件在器械轴的另一端固定到器械接口的接口元件。因此,机器人臂按如下方式将驱动力传递到末端执行器:驱动组件接口元件的移动使器械接口元件移动,所述器械接口元件的移动使驱动元件移动,所述驱动元件的移动使铰接部的关节移动,所述关节的移动使末端执行器移动。

[0007] 用于电机、扭矩传感器和编码器的控制器分布在机器人臂内。控制器经由通信总线连接到控制单元309。控制单元309包括处理器310和存储器311。存储器311以非暂态方式存储软件,软件可由处理器执行,以控制电机307的操作以使臂300以本文所述的方式操作。具体而言,软件可以控制处理器310以使电机(例如经由分布式控制器)根据来自传感器308的输入以及来自外科医生命令接口312的输入进行驱动。控制单元309联接到电机307,以根据由软件的执行所产生的输出来驱动它们。控制单元309联接到传感器308以接收来自传感器的感测输入,并且联接到命令接口312以从其接收输入。例如,相应的联接可以各自是电缆或光缆,和/或可以通过无线连接来提供。命令接口312包括一个或多个输入装置,由此用户可以期望的方式请求末端执行器的运动。输入装置例如可以是可手动操作的机械输入装置,诸如控制手柄或操纵杆,或非接触式输入装置,诸如光学手势传感器。存储在存储器311中的软件被配置为根据预定的控制策略对这些输入作出响应,并且使臂的关节和器械相应地移动。控制策略可以包括安全特征,其响应于命令输入而调节臂和器械的运动。因此,总的来说,命令接口312处的外科医生可以控制器械306移动以执行期望的手术程序。控制单元309和/或命令接口312可以远离臂300。

[0008] 所图示的手术机器人包括单个机器人臂。其它手术机器人系统可以包括多个手术机器人和/或多个机器人臂。例如,其它示例手术机器人系统可以包括具有多个机器人臂的手术机器人,所述多个机器人臂各自可以接收和操纵外科器械,或者它们可以包括多个手术机器人,所述多个手术机器人各自具有可以接收和操纵外科器械的机器人臂。

[0009] 臂102端接于附附件以与器械相接,所述附附件的示例可在图4中看到。附附件包括用于驱动器105的铰接部的驱动组件。驱动组件接口400与器械接口相接,所述器械接口的示例在图5中500处示出。驱动组件的可移动接口元件401、402、403接合器械接口的相应的可移动接口元件502,以便将驱动力从机器人臂102传递到器械105。在图4和图5所示的示例中,驱动组件接口元件包括突出翅片401、402、403,并且器械接口的接口元件包括用于接收翅片的杯部502。翅片和杯部都可以无论哪种方式以圆形提供。在一些实施方式中,驱动组件接口元件包括杯部,并且器械接口的接口元件包括可收纳在杯部中的翅片。可以提供相应的驱动组件接口元件和相应的器械接口元件彼此接合的其它方式。驱动组件接口元件的线性运动引起器械接口的接口元件的对应线性运动。

[0010] 手术机器人100由操作员(例如外科医生)通过图6中示出的操作员控制台600远程控制。操作员控制台600可以位于与手术机器人100相同的房间(例如手术室)中、或者远离该手术机器人。操作员控制台600包括用于控制臂102和/或附接到其上的器械105的状态的输入装置602、604。输入装置602、604可以是安装在平行四边形联动装置上的手柄或手动控制器。控制系统将手动控制器的移动转换成控制信号,以移动手术机器人的臂、关节和/或

器械末端执行器。操作员控制台600还包括显示器606。显示器606被布置为对于操作输入装置602、604的用户是可见的。显示器用于显示手术部位的视频流(例如内窥镜视频)。

[0011] 在一些机器人控制系统(包括手术机器人控制系统)中,当用户控制钳夹末端执行器闭合时,可能存在所施加的夹持力方面的可变性。当钳夹彼此接触时、或者当它们接触位于钳夹之间的物体时,可以施加夹持力。钳夹器械的示例是持针器。当针被夹持在钳夹之间时,持针器将施加夹持力。根据针被夹持的沿钳夹的位置和根据针本身的厚度,夹持可以不同。

[0012] 用户可以通过操作用户输入装置各给出闭合钳夹的命令。作为响应,控制系统可以例如在钳夹之间输出所需闭合力,或者指定钳夹的期望闭合状态,例如钳夹的张开。张开可以由钳夹的角度间隔或以任何其他方便的方式来限定。对于给定的所需闭合力和/或钳夹的给定的期望闭合状态,实际施加的力可能取决于所使用的特定器械和/或用于驱动那个器械的特定驱动组件。例如,制造公差意味着每个器械和驱动组件可能略有不同,这可能导致力变化。期望的是在所命令的状态保持一致的情况下减小所施加的力的变化。

发明内容

[0013] 提供此发明内容以介绍下文在具体实施方式中进一步描述的构思的选择。本发明内容不旨在标识所要求保护的的主题的关键特征或必要特征,也不旨在用于限制所要求保护的的主题的范围。

[0014] 根据本发明的一方面,提供了一种用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力的夹持力控制器,手术机器人系统包括机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体,夹持力控制器被配置为:

[0015] 根据钳夹之间的所需张开来控制钳夹的移动;

[0016] 当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

[0017] 在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需张开;

[0018] 将所确定的所需张开设为钳夹的最小张开极限;以及

[0019] 使用最小张开极限控制钳夹的移动以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0020] 夹持力控制器可以被配置为在确定以下中的任何一者或多者发生时确定夹持事件的发生:钳夹之间的夹持力超过夹持力阈值;用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的所需电机力超过电机力阈值;用于将驱动力传递到钳夹中的相应钳夹的驱动组件的多个电机的平均所需电机力超过平均电机力阈值;用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机接近或达到饱和点;通过用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的电流超过电流阈值;器械的、驱动力通过其传递到钳夹中的一个钳夹的驱动元件接近或达到驱动元件的物理极限;以及达到器械的部件的物理极限。

[0021] 夹持力控制器可以被配置为基于指示以下中的一者或多者的信号来确定夹持事件的发生:钳夹之间的夹持力;电机的所需电机力;多个电机的平均所需电机力;用于将驱

动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的电机饱和;通过用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的电流;以及器械的、驱动力通过其传递到钳夹中的一个钳夹的驱动元件中的张力。信号可以包括基于器械的图像的视觉伺服或从所述视觉伺服中导出。夹持力控制器可以被配置为对信号进行滤波,并基于经滤波的信号确定夹持事件的发生。

[0022] 最小张开极限可以是负张开。夹持力控制器可以被配置为在确定以下中的任何一个或多个发生时重置最小张开极限:钳夹被打开超过打开张开阈值;所需张开超过所需张开阈值;所需张开变为正;所测量的张开变为正;施加在钳夹之间的夹持力减小超过另一夹持力阈值;器械的驱动元件或其他部件的张力减小超过重置阈值张力;器械的驱动元件或其他部件的扭转减小超过重置阈值扭转;器械的驱动元件或其他部件的挠曲减小超过重置阈值挠曲;钳夹在打开方向上以高于打开速度阈值的速度相对于彼此移动;在打开方向上的所命令的钳夹移动超过阈值命令钳夹移动;每单位位移的力方面的变化超过预定值;由外科医生命令的夹持力减小;经过预定时间 t_{reset} ;以及接收到夹持操作的结束的指示。

[0023] 夹持力控制器可以被配置为确定器械末端执行器处于其中平均所需电机力超过静态条件电机力的静态条件。可以在确定夹持事件发生时确定器械末端执行器处于静态条件。静态条件电机力可以是-180有效力单位,并且当平均所需电机力变得比这个值更负时,该平均所需电机力可以超过这个值。

[0024] 夹持力控制器可以被配置为:基于器械的末端执行器的所需偏航角和器械的末端执行器的所测量的偏航角之间的差来确定偏航差值;以及确定器械末端执行器处于其中确定偏航差值大于动态偏航值的动态条件。

[0025] 夹持力控制器可以被配置为确定器械末端执行器处于其中确定偏航速度大于动态偏航速度值的动态条件。夹持力控制器可以被配置为确定器械末端执行器处于其中多个电机中的一个电机的所需电机力大于电机力阈值并且多个电机中的另一电机的所需电机力小于电机力阈值的动态条件。

[0026] 在确定器械末端执行器处于动态状态的情况下,可以使钳夹的最小张开极限更正。最小张开极限可以不增加超过对应于最小夹持力阈值的张开值,从而保持钳夹之间的最小夹持力。取决于张开的增益可以应用于所需偏航角。

[0027] 夹持力控制器可以被配置为:确定用于驱动每个钳夹的驱动元件上的合力 F ;确定合力 F 随钳夹的张开 S 的变化率;确定钳夹的张开 S 随时间 t 的变化率;根据合力的所确定的变化率超过预定常数 k_s 以及钳夹的张开的所确定的变化率超过另一预定常数 V_s ,将瞬时合力设置为基线力,并将瞬时张开设为基线张开。夹持力控制器可以被配置为确定合力相对于基线力的变化,并且在所确定的合力方面的变化超过阈值力值时确定夹持事件的发生。夹持力控制器可以被配置为在确定钳夹的张开增加超过基线张开和/或增加到正张开时重置基线力。

[0028] 根据本发明的另一方面,提供了一种控制手术机器人系统中的器械的夹持力的方法,手术机器人系统包括机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱

动钳夹以便释放被夹持的物体,该方法包括:

[0029] 根据钳夹之间的所需张开来控制钳夹的移动;

[0030] 当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

[0031] 在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需张开;

[0032] 将所确定的所需张开设为钳夹的最小张开极限;以及

[0033] 使用最小张开极限控制钳夹的移动以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0034] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力的夹持力控制器,手术机器人系统包括机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体,夹持力控制器被配置为:

[0035] 根据所需力来控制施加在钳夹之间的力;

[0036] 当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

[0037] 在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间所需力的指示;

[0038] 将所确定的所需力设置为钳夹的最大所需力极限;以及

[0039] 使用最大所需力极限来控制施加在钳夹之间的力,以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0040] 根据本发明的另一方面,提供了一种控制手术机器人系统中的器械的夹持力的方法,手术机器人系统包括机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体,该方法包括:

[0041] 根据所需力来控制施加在钳夹之间的力;

[0042] 当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

[0043] 在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间所需力的指示;

[0044] 将所确定的所需力设置为钳夹的最大所需力极限;以及

[0045] 使用最大所需力极限来控制施加在钳夹之间的力,以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0046] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力的夹持力控制器,手术机器人系统包括机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体,夹持力控制器被配置为:

[0047] 根据所需力来控制施加在钳夹之间的力,和/或根据钳夹之间的所需张开来控制钳夹的移动;

[0048] 当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

[0049] 在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需力的指示和/或确定钳夹之间所需张开;

[0050] 在确定了所需力的情况下,将所确定的所需力力设置为钳夹的最大所需力极限,并且在确定了所需张开的情况下,将所确定的所需张开设置为钳夹的最小张开极限;以及

[0051] 使用最大所需力极限来控制施加在钳夹之间的力和/或使用最小张开极限控制钳夹的移动,以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0052] 根据本发明的另一方面,提供了一种控制手术机器人系统中的器械的夹持力的方法,手术机器人系统包括机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体,该方法包括:

[0053] 根据所需力来控制施加在钳夹之间的力,和/或根据钳夹之间的所需张开来控制钳夹的移动;

[0054] 当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生;

[0055] 在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需力的指示和/或确定钳夹之间所需张开;

[0056] 在确定了所需力的情况下,将所确定的所需力力设置为钳夹的最大所需力极限,并且在确定了所需张开的情况下,将所确定的所需张开设置为钳夹的最小张开极限;以及

[0057] 使用最大所需力极限来控制施加在钳夹之间的力和/或使用最小张开极限控制钳夹的移动,以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0058] 根据本发明的另一方面,提供了一种用于手术机器人系统的夹持力控制器,该夹持力控制器被配置为执行本文中限定的方法。

[0059] 根据本发明的另一方面,提供了一种手术机器人系统,该手术机器人系统包括:机器人,该机器人具有基座和从基座延伸到用于与器械接合的驱动组件的臂,臂包括多个关节,通过该多个关节可以改变臂的配置,器械具有末端执行器,该末端执行器包括多个钳夹,并且驱动组件用于将驱动力传递到器械的多个钳夹,以在闭合方向上相对于彼此驱动钳夹以便在钳夹之间夹持物体,并且在打开方向上相对于彼此驱动钳夹以便释放被夹持的物体;以及夹持力控制器,该夹持力控制器被配置为执行如本文中限定的方法。

[0060] 根据本发明的另一个方面,提供了一种非暂时性计算机可读存储介质,其上存储有计算机可读指令,所述计算机可读指令在计算机系统上执行时,使所述计算机系统执行如本文所定义的方法。

[0061] 以上任何方面的任何特征可与以上任何方面的任何一个或多个其它特征组合。任何方法特征都可以被撰写为设备特征,反之亦然。

附图说明

- [0062] 现在将参考附图以举例的方式描述本发明。
- [0063] 在附图中：
- [0064] 图1示意性地示出了执行示例手术程序的示例手术机器人；
- [0065] 图2示出了手术器械；
- [0066] 图3示出了手术机器人；
- [0067] 图4示出了手术机器人臂的驱动组件接口；
- [0068] 图5示出了手术器械的器械接口；
- [0069] 图6示意性地示出了示例操作员控制台；
- [0070] 图7示出了可旋转钳夹和相关联的驱动元件的示例；
- [0071] 图8示出了具有钳夹和相关联的驱动元件的末端执行器的示例；
- [0072] 图9示意性地示出了示例手术机器人系统；
- [0073] 图10示出了过闭合状态方面的变化的示例；
- [0074] 图11示意性地示出了驱动力极限和差分力极限之间的关系；
- [0075] 图12示出了对于不同控制方案的随时间的夹持力变化；
- [0076] 图13是控制器械的钳夹的移动的示例方法的框图；以及
- [0077] 图14示出了示例性基于计算的装置的部件。

具体实施方式

[0078] 以下描述以举例的方式呈现,以使本领域技术人员能够制造和使用本发明。本发明不限于本文所述的实施方案,并且对所公开的实施方案的各种修改对于本领域技术人员将是显而易见的。实施方案仅通过示例的方式来描述。

[0079] 以下描述在手术机器人系统的上下文中描述了本发明的技术,尽管下文描述的特征不限于此类系统,而是可以更一般地应用于机器人系统。在一些示例中,本发明技术可以应用于远程操作的机器人系统。机器人系统可以包括制造系统,例如车辆制造系统、零件处理系统、实验室系统和操纵器,例如用于危险材料的操纵器或手术操纵器。

[0080] 本发明人已经发现,可能存在由器械钳夹递送的力方面的一些差异,这种差异有时是显著的。所递送的力可以取决于所使用的器械和/或致动器械的驱动组件。这意味着在具有不同的驱动组件的情况下在两个不同的臂上使用的相同器械可能产生显著不同的最大夹持力。同样地,联接到相同驱动组件的不同器械也可以潜在地递送显著不同的最大夹持力。

[0081] 这个的影响是,一些器械和臂(或器械和臂的组合)比其他器械和臂更能夹持诸如针的物体。从用户的角度来看,夹持能力方面的差异是不期望的,并且可能看起来像系统故障。

[0082] 本发明人还理解的是,通过驱动组件中的一个或多个电机饱和(即,达到这个电机可以递送的最大力)导致进一步的问题,而与所需力无关。在这一点上(一旦已经发生电机饱和),就不能由器械提供附加力。这可能导致夹持性能方面的劣化。夹持可能变得不稳定。在这些情况下,可能观察到“急动”运动和夹持力。

[0083] 这些问题中的至少一些可能源于驱动组件、臂/器械接口以及与器械的位置控制

相互作用的器械本身中的公差。这些子系统的一些或全部部件的制造中的微小变化有可能累积成对所递送的力具有重大影响的整体可变性。例如,在某些情况下,部件可变性可能导致当外科医生命令钳夹以最大的力量夹持时在钳夹的尖端处递送的峰值夹持力从10N变化到18N。

[0084] 本发明人还认识到,当需要最大夹持力时,这个夹持力可变性由于器械的钳夹张开角而进一步复杂化。由于被夹持的物体的大小可能不同(例如不同规格的缝合针)并且物体被固持在钳夹之间的位置也不同(即,更靠近枢轴或更靠近尖端),因此事先不知道

[0085] 当钳夹需要对物体的最大夹持时钳夹将处于什么角度。另外,器械的刚度方面的可变性将影响用于实现给定的夹持力的所需的驱动组件行程(即驱动机构的移动,诸如线性驱动机构)。

[0086] 因此,由于影响夹持力输出的全部变量,

[0087] 在全部器械和驱动组件上使用输入控制器(诸如手动控制器钳机构)和钳夹张开之间的固定关系不可能导致对夹持力的最佳控制。

[0088] 因此,期望的是考虑能够补偿这些不一致性的新的控制方案。在下文中,描述了自适应夹持控制方案。这种控制方案提供了手动控制器和驱动界面之间的反应性控制关系。因此,这种控制方案实现了夹持力输出提高,和力输出方面的一致性。有利的是,不需要对每个器械和驱动组件的单独校准。

[0089] 在示例性控制方案中,可以在所命令的钳夹位置和实际钳夹孔径角(钳夹的张开)之间使用两阶段映射。适当地,映射是线性的。将两个阶段分离的阈值优选地被选择为手动控制器钳角,该手动控制器钳角应该对应于0度张开角。随着钳角继续减小,钳夹试图“过度闭合”,从而增加正在递送的力。正在递送的力方面的增加适当地是线性的。第一阶段可以具有比第二阶段更低的梯度,使得当钳夹过度闭合时夹持力增大。

[0090] 偏航跟踪也可能导致递送和保持夹持力方面的问题。当控制系统需要最大夹持时,驱动组件可以通过致动驱动电机或致动器来将两个钳夹用力拉在一起而进行响应。钳夹可以通过驱动元件驱动,这些驱动元件通过器械接口联接到驱动组件并联接到钳夹。合适地,驱动元件是线缆,诸如金属线缆。这在图7中示出。图7示出了可围绕滑轮704旋转的单个钳夹702(为了清楚起见)。钳夹702可以与滑轮704是一体的。例如,滑轮通道可以形成在钳夹702的近侧部分中。驱动元件706可以在滑轮704上行进,以控制钳夹702围绕滑轮轴线的旋转移动。单个驱动元件可以环绕滑轮704,或者可以提供多个驱动元件。在提供多个驱动元件的情况下,第一驱动元件可以围绕滑轮的旋转轴线在第一方向上在滑轮704的一部分上行进,并且可以附接到钳夹702的近侧部分。第二驱动元件可以围绕滑轮的旋转轴线在第二方向上在滑轮704的另一部分上行进,并且可以附接到钳夹702的近侧部分(这可以但不是必须处于与第一驱动元件的附接相同的位置)。在一个方向708上拉动单个驱动元件706(或者拉动例如第一驱动元件)可以导致钳夹在打开方向上旋转。在另一个方向710上拉动单个驱动元件706(或者拉动例如第二驱动元件)可以导致钳夹在闭合方向上旋转。

[0091] 现在参考图8,示出了夹持在两个钳夹之间的物体。在图8中,第一右手钳夹802和第二左手钳夹804可旋转地联接到滑轮806上。第一打开驱动元件808联接到右手钳夹802。第一闭合驱动元件810联接到右手钳夹802。拉动第一打开驱动元件808将导致右手钳夹802在打开方向上(即,背离左手钳夹804)移动。拉动第一闭合驱动元件810将导致右手钳夹802

在闭合方向上(即,朝向左手钳夹804)移动。第二打开驱动元件812联接到左手钳夹804。第二闭合驱动元件814联接到左手钳夹804。拉动第二打开驱动元件812将导致左手钳夹804在打开方向上(即,背离右手钳夹802)移动。拉动第二闭合驱动元件814将导致左手钳夹804在闭合方向上(即,朝向右手钳夹802)移动。物体816沿着钳夹802、804被部分地夹持。第一打开驱动元件和第一闭合驱动元件以虚线示出,以帮助将它们与第二打开驱动元件和第二闭合驱动元件区分开。仅为了清楚起见,虚线被示出为从实线侧向偏移。驱动元件围绕其经过的滑轮适当地具有相同的大小,尽管它们可以不同。

[0092] 用力将钳夹拉在一起可以拉伸两个钳夹上的张紧侧上的驱动元件(例如,参考图8,第一闭合驱动元件810和第二闭合驱动元件814)。然而,如果末端执行器移动以及夹持——特别地在偏航方面移动(见图8中的箭头818),那么一个驱动元件被用力拉动以及另一个被不太用力地拉动。事实上,联接到被不太用力地拉动的驱动元件的钳夹被(或至少可能被)联接到被用力拉动的驱动元件的另一个钳夹反向驱动。例如,当图8中示出的末端执行器在偏航方向向左移动时,在夹持的同时,第一闭合驱动元件810将比第二闭合驱动元件814被更用力地拉动。导致右手钳夹802在闭合方向上移动(即,在图8中向左)的施加到第一闭合驱动元件810上的张力也可以向左(这是相对于这个左手钳夹804的打开方向)驱动左手钳夹804。

[0093] 在夹持的同时在偏航方向移动末端执行器也可能导致不一致的夹持性能。这方面的原因是,在非移动情况下,两条线缆拉伸相同的量。然而,在偏航情况下,一个线缆比另一线缆拉伸得更多。末端执行器在夹持的同时不移动的情况可以称为“静态”条件,以及末端执行器在夹持的同时处于运动的情况可以称为“动态”条件。

[0094] 本文中讨论的控制方案能够补偿静态条件和动态条件两者下的夹持变化,如本文别处进一步解释的那样。现在参考图9,该图示出了示例手术机器人系统900。在这个示例中,手术机器人系统900包括由控制单元906驱动的两个手术机器人902和904。控制单元906接收来自操作员控制台910(例如但不限于图6的操作员控制台600)的输入908,包括来自第一手动控制器912和第二手动控制器914的输入。控制单元906可以接收来自操作员控制台910的其他输入,诸如脚踏板输入、语音识别输入、手势识别输入、眼睛识别输入等。控制单元906还从手术机器人902、904接收输入916。这些输入包括来自位于机器人臂关节上的位置传感器和扭矩传感器的传感器数据。控制单元906可以从每个机器人接收其他输入916,诸如力反馈、来自或关于手术器械的数据等。控制单元906响应于它从机器人902、904和操作员控制台910接收的输入来驱动机器人902、904。控制单元906包括一个或多个处理器918和存储器920。存储器920以非瞬态方式存储软件代码,该软件代码可以由一个或多个处理器918执行以控制驱动器。控制单元906可以体现或包括夹持力控制器。在图9中,控制单元906被示出为包括夹持力控制器922。在这个示例中,夹持力控制器922包括处理器918和存储器920。

[0095] 虽然图9的示例性手术机器人系统900包括两个手术机器人,但是对于本领域技术人员来说显而易见的是本文中描述的方法和技术同样适用于仅具有一个手术机器人的手术机器人系统和具有多于两个手术机器人的手术机器人系统。

[0096] 解决以上问题的一个可能的解决方案是单独校准全部分离的子系统,并且然后当这些经校准的子系统在臂上被带到一起时修改控制参数以补偿差异。然而,这种方法是不

期望的,因为它不仅意味着需要进行校准,还意味着需要在校准后存储这些值。然后,这些所存储的值需要以某种方式通信传送到控制系统,并且然后由控制系统在子系统的控制中使用。这种方法是具有挑战性的,因为在制造时,不知道每个子系统将在哪里结束、或者它将与哪个其他子系统一起使用。而且,实行校准过程然后存储校准参数的这种方法可能需要手术团队的附加设置步骤,这是不期望的。进一步,以上描述的钳夹角度方面的差异(例如,在沿着末端执行器的长度在不同位置固持针的情况下)也使得这种方法较困难。可能需要的是全部部件的全面表征,而不是(相对简单的)校准。此外,利用这种方法,在手术的期间持续时间内主从控制关系是固定的,系统将不能适当地解决由正在被抓握的物体的大小方面的差异引起的问题。

[0097] 本发明人已经意识到需要的是用于补偿可变性的“即时”方法。因此,期望的是提供一种不需要以下的控制方案:

- [0098] • 在制造时存储各个部件的校准参数;
- [0099] • 由手术团队在设置时或程序期间进行的附加步骤;或者
- [0100] • 了解钳夹的位置或正在被抓握的物体的大小。

[0101] 在逻辑上,可以避免这些的时间点是在抓握物体时。因此,考虑如何确定器械何时抓握物体是合适的。存在可以实现这方面的几种方法。作为目前优选的方法的一种方法是使用所需电机力(或扭矩)。也可以使用以下中的一者:夹持力、驱动元件张力和视觉伺服。这些方法中的一个以上的方法可以一起使用。例如,示例性方法可以使用所需电机力和驱动元件张力来确定物体正在被抓握。这些方法中的两个或多个方法的其他组合也是可能的。

[0102] 本文中提出的控制方案对于任何夹持器械是有用的,例如具有可以被带在一起以夹持物体并且可以被分离以释放对物体的夹持的多个面对的钳夹的钳夹器械。这种器械的示例是持针器器械。为了完整起见,应当注意的是,器械可以处于其中钳夹相互接触的夹持条件。这可能是由于器械正在夹持非常薄(和/或可压缩)的物体,或者是因为钳夹已经闭合,而钳夹之间没有物体。在钳夹闭合在一起时,无论物体是否固持在钳夹之间,本文中描述的控制方案是适用的。在钳夹在闭合时遇到阻力并且在钳夹之间施加夹持力时,控制方案是有用的。

[0103] 优选的控制方案在器械夹持时动态地调节器械的所需过闭合,以解决机械系统的调零和/或刚度方面的变化。控制方案使用来自驱动组件中的电机或致动器的所需驱动力单位的阈值,这些阈值是可控的以实现器械的钳夹的移动。控制方案可以“剪切”最大过闭合或过张开(例如,所命令的负钳夹张开)值,以对应于每次发生钳夹闭合事件/夹持事件时的电机的阈值力。控制方案在强力钳夹闭合或夹持事件中特别有用。例如,在这种情况下,可能的是电机可能达到饱和,或者驱动元件拉伸可能发生。

[0104] 最大过张开是可以要求的最大负张开。在物理上,钳夹不能超过0度的张开,即钳夹在物理上不能具有负张开。然而,所需张开(或如本文所用的简单的“张开”)可以用作所需夹持力的量度;也就是说,钳夹的张开可以被认为对应于钳夹上或钳夹之间的力,例如所命令的力。更负的所需张开可以指示更大的所需夹持力。注意,在诸如针的物体被夹持在钳夹之间的示例中,将存在一些正的张开值,低于该值,钳夹不能闭合。因此,甚至在钳夹具有正张开的情况下,也可能施加过闭合条件。

[0105] 当估计钳夹正在夹持坚硬的东西时,最大过张开可以被限制到例如最小张开极限(其适当地是正的或负的张开,这是控制系统可以要求的最负张开)。在满足最大所需力阈值时,过闭合极限可以等于钳夹的所需张开。

[0106] 根据本文中讨论的技术,可以提供用于控制手术机器人系统中的器械的夹持力的夹持力控制器。夹持力控制器可以位于图9中示出的控制单元906处。夹持力控制器922被适当地配置为根据钳夹之间的所需张开来控制器械200的钳夹802、804的移动。可以响应在手动控制器912、914处接收的输入来确定所需张开。可以在控制单元906处,例如在夹持力控制器922处确定所需张开。夹持力控制器922被配置为在钳夹802、804在闭合方向上相对于彼此被驱动时确定夹持事件的发生。当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动时,夹持力由此可以施加在钳夹之间。夹持力控制器922被配置为在确定夹持事件发生时确定钳夹之间的所需张开。也就是说,当确定夹持事件发生时,夹持力控制器可以确定夹持事件发生时钳夹之间的所需张开。夹持力控制器被配置为将确定的所需张开设置为钳夹的最小张开极限。这种将所确定的所需张开设置为用于钳夹的最小张开极限意味着钳夹此后将不被控制为使得控制系统需要更负的张开。夹持力控制器被配置为使用最小张开极限来控制钳夹的移动,以便控制由钳夹施加的夹持力。换句话说,控制钳夹移动(或控制末端执行器)可以被执行为使得控制系统不需要比夹持事件发生时的夹持力更大的夹持力。

[0107] 夹持力控制器922可以被配置为在确定以下中的任何一者或多者发生时确定夹持事件的发生:

[0108] ● 钳夹802、804之间的夹持力超过夹持力阈值。

[0109] 当夹持力变得大于夹持力阈值时,可以认为夹持力超过夹持力阈值。夹持力可以根据在钳夹处的测量获得,例如使用被布置为感测夹持力的一个或多个传感器。传感器可以包括应变仪。传感器可以位于钳夹处、或者远离钳夹、并且被配置为感测钳夹处的力,例如通过感测传输到钳夹的力。传感器可以感测器械的部件的变形,包括例如除钳夹之外的器械的部件的变形。

[0110] ● 用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的所需电机力(或扭矩)超过电机力阈值。

[0111] 当正的所需电机力变得大于电机力阈值(更正)时,可以认为所需电机力超过电机力阈值。等效地,可以将闭合方向上的电机力定义为负,在这种情况下,当负的所需电机力变得小于电机力阈值(更负)时,可以认为所需电机力超过电机力阈值。

[0112] ● 用于将驱动力传递到钳夹中的相应钳夹的驱动组件的多个电机的平均所需电机力(或扭矩)超过平均电机力阈值。

[0113] 平均所需电机力可以被计算为各个所需电机力的平均值。当正的平均所需电机力变得大于平均电机力阈值(更正)时、或者当负的平均所需电机力变得小于平均电机力阈值(更负)时,平均所需电机力可以被认为超过平均电机力阈值。

[0114] ● 用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机接近或达到饱和点。

[0115] 电机可能达到饱和点,在该饱和点电机不再能够增加力输出。电机可以接近饱和点,在饱和点处,电机在可能的力输出的预定比例内,例如在饱和点处,电机供应可能电机输出的至少95%、或者可能的电机输出的至少90%。可以根据期望选择可能的电机输出的其他设定点。在力输出可能需要在相对较大的力下快速增加的情况下,选择较低的设定点

以避免达到饱和点可能是合适的。

[0116] ●通过用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的电流超过电流阈值。

[0117] 通过电机的电流可以被认为表示电机力输出和/或代表电机饱和点。

[0118] ●器械的、驱动力通过其传递到钳夹中的一个钳夹的驱动元件接近或达到驱动元件的物理极限。

[0119] 驱动元件适当地包括柔性驱动元件,诸如线缆。驱动元件可以包括金属或编织金属纤维或由金属或编织金属纤维形成。驱动元件可以包括杆。驱动元件的物理极限可以是超过其发生驱动元件的塑性变形的驱动元件中的张力。驱动元件的物理极限可以是超过其线缆容易磨损或折断的驱动元件中的张力。驱动元件的物理极限可以是超过其发生驱动元件的塑性变形的驱动元件中的扭转。

[0120] 驱动元件中的张力可以使用一个或多个测力计来确定。适当地,使用三重测力计。测力计测量可能容易随诸如温度的环境条件而变化。为了减少对测力计测量的环境影响,使用了测力计的合适的相对测量。也可以使用来自测力计的绝对测量,该绝对测量可以可选地被滤波,例如通过低通滤波器滤波。

[0121] ●达到器械的部件(例如,器械末端执行器)的物理极限(或者达到或超过阈值极限)。

[0122] 部件可以包括钳夹支撑部件,例如末端执行器中的轭和/或轴的端部。部件可以包括器械轴。在超过导致部件的塑性变形的部件的张力和/或扭转和/或挠曲的情况下,可以认为达到部件的物理极限。可以设置阈值极限,例如针对部件的拉伸和/或扭转和/或挠曲,该阈值极限低于塑性变形极限。当达到或超过这样的阈值极限时,可以确定夹持事件发生。将阈值极限设置为小于塑性变形极限使得能够避免部件的不期望的塑性变形。

[0123] 夹持力控制器可以被配置为基于指示以下中之一者或多者的信号来确定夹持事件的发生:

[0124] ●钳夹之间的夹持力。

[0125] 当信号指示夹持力超过夹持力阈值时,可以确定夹持事件。夹持力可以是所命令的夹持力或所测量的夹持力。

[0126] ●电机的所需电机力。

[0127] 当信号指示所需电机力超过电机力阈值时,可以确定夹持事件。

[0128] ●多个电机的平均所需电机力。

[0129] 当信号指示平均所需电机力超过平均电机力阈值时,可以确定夹持事件。

[0130] ●用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的电机饱和。

[0131] 当信号指示电机饱和接近或达到饱和点时,可以确定夹持事件。

[0132] ●通过用于将驱动力传递到钳夹中的一个钳夹的驱动组件的电机的电流。

[0133] 当信号指示通过电机的电流超过电流阈值时,可以确定夹持事件。

[0134] ●器械的通过其将驱动力传递至钳夹中的一个钳夹的驱动元件中的张力。

[0135] 当信号指示驱动元件中的张力接近或达到驱动元件的物理极限时,可以确定夹持事件。例如,当信号指示驱动元件中的张力超过阈值张力时,可以确定夹持事件。

[0136] 信号可以包括基于器械的图像的视觉伺服或从所述视觉伺服中导出。合适的是,

图像视场包括器械末端执行器。这使得能够执行末端执行器的钳夹的视觉分析,例如钳夹的位置和移动的视觉分析。在一些实施方式中,信号可以包括手动控制器912的图像的视觉伺服或从所述视觉伺服中导。在这种情况下,图像视场将适当地包括手动控制器钳子。这使得能够执行钳子(例如,位置和移动)的视觉分析。视觉伺服可以包括使用例如可见光或红外光来分析视觉反馈。视觉伺服可以包括使用热感相机获得图像。视觉伺服适当地包括将图像处理算法应用于器械的和/或手动控制器的所获得的图像。

[0137] 随着执行钳夹闭合运动,从而导致钳夹之间的减小的张开的,可以监测所需电机力。还适当地监测所需张开。可选地,可以对所需电机力进行滤波,例如以便去除噪声。滤波适当地增加了指示所需电机力的信号的信噪比。例如,可以使用低通滤波器对所需电机力进行滤波。一旦达到阈值电机力或所需电机力,此时的所需张开被设置为最大允许过闭合(或最大负张开),例如最小张开极限。最小张开极限可以是负的,例如,它可以指示过闭合条件。

[0138] 夹持力控制器被适当地配置为在确定以下中的任何一者或多者发生时重置最小张开极限:

[0139] ● 钳夹被打开超过打开张开阈值。

[0140] 打开张开阈值适当地是指示高力条件不再存在的张开值。例如,打开张开阈值可以根据最小张开极限来限定。打开张开阈值可以被确定为最小张开极限加上预定张开角度,例如2度、5度或10度。打开张开值可以是固定值,例如2度、5度、10度或15度的正张开。可以选择更高的张开角。可以根据可能被器械夹持的物体来选择打开张开角。例如,在要夹持给定厚度的针的情况下,夹持针时的钳夹张开将取决于沿钳夹的长度针被夹持在何处。打开张开阈值可以设置为处于足以释放针的角度,无论针固持在钳夹内的什么位置。

[0141] ● 所需张开超过所需张开阈值。

[0142] 所需张开阈值可以采用如上针对打开张开阈值所指示的值。可以为所需张开阈值选择其他值。

[0143] ● 所需张开和/或所计算的或测量的张开变为正。

[0144] ● 施加在钳夹之间的夹持力减小超过另一夹持力阈值。

[0145] 夹持力可以是所需夹持力或所测量的夹持力。在夹持力减小超过另一夹持力阈值的情况下,这可以指示钳夹没有以足够大的力夹持任何东西从而导致本文中讨论的力变化。另一夹持力阈值可以与夹持力阈值相同(在该阈值处可以确定夹持事件)。另一夹持力阈值可以低于夹持力阈值。可以认为这个方法将滞后引入到控制系统中。控制系统由此可以以更稳定的方式操作。

[0146] ● 器械的驱动元件或其他部件的张力和/或扭转和/或挠曲分别减小超过重置阈值张力、重置阈值扭转或重置阈值挠曲。

[0147] 在张力、扭转和/或挠曲减小超过相应阈值的情况下,这可以指示钳夹不再施加足够高以引起本文中讨论的力的变化的夹持力。在张力、扭转和/或挠曲减小超过相应阈值的情况下,这可以指示系统内的应力/应变方面的减小。重置阈值张力、重置阈值扭转和/或重置阈值挠曲可以分别与张力、扭转和/或挠曲的阈值极限相同(在该阈值极限下可以确定夹持事件)。重置阈值可能低于阈值极限。可以认为这个方法将滞后引入到控制系统中。控制系统由此可以以更稳定的方式操作。

[0148] ● 钳夹在打开方向上以高于打开速度阈值的速度相对于彼此移动。

[0149] 钳夹在打开方向上相对于彼此的移动可以指示夹持方面的期望放松。钳夹的移动可以例如通过视觉手段和/或通过跟踪器械驱动机构的位置来确定。打开速度阈值可以包括速度和保持这个速度的时间。例如,打开速度阈值可以包括大于 0rad/s 的速度,该速度被保持持续大于 t_{\min} 的时间(t)。因此,当正速度出现持续大于 t_{\min} 的时间时,可以满足打开速度阈值。

[0150] ● 在打开方向上的所命令的钳夹移动超过了阈值命令钳夹移动。

[0151] 即使夹持放松,钳夹也不可以移动。可能的是钳夹保持静止,但是钳夹之间的力减小。因此,在驱动组件的驱动机构(和/或驱动组件联接到的器械驱动系统)在打开方向上移动的情况下,例如在驱动机构在打开方向上移动至少 0.5mm 的情况下,可以确定钳夹夹持力方面的减小。

[0152] ● 每单位位移的力方面的改变超过预定值。

[0153] 每单位位移的力可以提供系统的刚度的度量。在钳夹开始打开时,确定每单位位移的力方面的改变可以指示例如驱动组件中的弹性能量的释放。

[0154] ● 由外科医生命令的夹持力减小。

[0155] 应当注意的是,本技术对于在位置控制方案中提供稳定的夹持力是有用的,但是也应当注意,将本技术应用到力控制方案将是可能的。例如,对于具有力传感器的力控制器,诸如在钳夹处,确定高力事件和夹持阈值以补偿构建变化可能是有用的。

[0156] ● 预定时间 t_{reset} 已经过去。

[0157] ● 接收到夹持操作的结束的指示。

[0158] 指示可以由外科医生提供。指示可以根据机器人系统的器械的运动来确定,例如第二器械接近以便从第一器械取针。

[0159] 静态夹持和动态夹持的概念已经在本文中的其他地方介绍过。静态夹持涉及其中在夹持的同时末端执行器在偏航方向上不移动(或不明显移动)的条件。动态夹持涉及其中在夹持的同时末端执行器在偏航方向上移动的条件。在动态条件下,可能出现偏航跟踪误差。为了实现更精确的偏航跟踪,可以在动态条件下放松控制条件,例如允许钳夹的最小的张开极限。可以增加钳夹的最小张开极限(使其更正)。这意味着钳夹将以稍小的力进行夹持,但是其也实现更一致的夹持。这种修改可以有助于解决驱动元件的拉伸,并且由此可以提高准确性。在一些实施方式中,与静态情况下的最小张开极限相比,动态情况下的最小张开极限相差大约25%。张开适当地以弧度指示,并且可以在延伸到 -2.5rad 的范围内。对于静态情况,钳夹的最小张开极限可以在 -2.5rad 到 -2rad 的范围内。对于动态情况,最小张开极限可以在 -2rad 到 -1.5rad 的范围内。如将从本说明书中理解的那样,尽管张开可以暗示钳夹之间的打开角度,但它也指示施加在钳夹处的所命令的力。在一些实施方式中,张开因此可以以其他单位来指定,例如根据力(N)或张力。

[0160] 通过检测用于驱动器械的钳夹的驱动组件的两个电机需要较大力(即,当所需电机力超过静态条件电机力阈值时,例如总的可能夹持力的一定比例,诸如总的可能夹持力的85%;这个比例可以根据期望选择,但将适当地考虑手术期间预期的特定较高温度和湿度条件下的电机额定值;安全系数可以应用于比例。这个比例可以基于器械的寿命条件来确定(例如,较低的比例通常将导致较低的夹持力的输出,但将确保延长器械的使用寿命)。

比例可以根据经验确定为由器械递送的力开始变得不稳定的值)。在两个电机需要较大力量的情况下,可能的是两个钳夹在相应闭合方向上被用力拉动。静态条件电机力可以在-150个有效力单位到-200个有效力单位的范围内,例如大约-180个有效力单位。“有效力单位”可以对应于牛顿。以有效力单位测量的力可以是对应于通过驱动组件电机的产生力(或扭矩)的已知电流的力。在此使用了负力,因为钳夹正在闭合。在确定夹持事件的发生时,静态条件可以是可标识的。

[0161] 动态条件可通过检测偏航跟踪误差来标识。偏航差值可以例如在夹持力控制器922处或由该夹持力控制器计算为器械末端执行器的所需偏航角度和末端执行器的所测量的偏航角度之间的差。可以确定器械处于其中偏航差值大于动态偏航阈值的动态条件。动态偏航阈值可以被设置为处于任何期望值,例如在 0.01rad 到 0.1rad 的范围内,诸如 0.05rad 。在偏航差值超过动态偏航阈值的情况下,可能的是在夹持的同时末端执行器在偏航方向上移动(或被命令移动)。

[0162] 动态条件也可以通过确定(例如,在夹持力控制器处或使用夹持力控制器)末端执行器的偏航速度(或所命令的偏航速度)大于动态偏航速度阈值来标识。动态偏航速度阈值适当地在 0.3rad/秒 至 1.7rad/秒 的范围内,或者在 0.5rad/秒 至 1.5rad/秒 的范围内,例如大约 1rad/秒 。

[0163] 动态条件也可以通过确定(例如,在夹持力控制器处或使用夹持力控制器)多个电机中的一个电机的所需电机力大于电机力阈值、以及多个电机中的另一电机的所需电机力小于电机力阈值、以及两个所需电机力之间的差高于预定的比例差来标识。在示例中,在平均所需电机力超过-180有效力单位的情况下,可以确定静态条件。在静止状态下,两个钳夹被用力拉动。在动态条件下,一个钳夹比另一钳夹被更用力地拉动。这可以通过确定驱动一个钳夹的所需电机力例如是驱动另一个钳夹的所需电机力的1.5倍以上、2倍以上或3倍以上来标识。

[0164] 动态条件可以通过确定(例如,在夹持力控制器处或使用夹持力控制器)多个电机中的一个电机的所需电机力作用在与多个电机中的另一电机的所需电机力的相同方向上来标识。例如,可以确定右手钳夹在偏航方向上向左(在这个钳夹的闭合方向上)移动,并且左手钳夹也在偏航方向上向左(在这个钳夹的打开方向上)移动。钳夹相对于彼此是打开还是闭合将取决于驱动每个钳夹的相对电机力、或者取决于相对钳夹速度。在这个示例中,在右手钳夹由比左钳夹更大的电机力(或以更大的速度)驱动的情况下,钳夹将闭合。在右手钳夹由比左手钳夹更小的电机力(或以更低的速度)驱动的情况下,钳夹将打开。

[0165] 在一些实施方式中,在满足指示偏航跟踪误差的条件(例如,在满足指示偏航跟踪误差的条件下),可以增加最小张开极限(使其更正)。以这种方式使最小张开更正可以具有放松由末端执行器施加的夹持力的效果。使最小张开极限更正可以实现末端执行器的更大的偏航移动。它可以通过放松由末端执行器的控制中的最小张开极限所引起的限制来实现这个更大的偏航移动。最小张开极限可以增加预定量(例如,增加25%,或者另一合适的量,这可以取决于系统的特性和/或取决于偏航跟踪误差),或者逐渐增加直到确定新的夹持事件。

[0166] 适当地,最小张开极限不增加超过对应于最小夹持力阈值的张开值,从而保持钳夹之间的最小夹持力。这意味着可以保持夹持,并且固持在钳夹之间的物体(诸如,针)将不意外掉落或释放。

[0167] 如果满足例如指示偏航跟踪误差的某些条件,则可以使最小张开极限更正(即,可以放松夹持力)。这些条件包括:

[0168] • 建立偏航跟踪误差(例如至少0.05rad的偏航跟踪误差)。

[0169] • 所命令的偏航速度的绝对值高于给定值,例如1rad/秒。

[0170] • 驱动组件中的电机或致动器的最小所需(负)电机力(或经滤波的所需电机力)小于指示夹持事件的所需电机力(或经滤波的所需电机力)。这可能意味着驱动力或电机中的一个接近饱和。

[0171] 图10示出了在控制系统从静态控制过渡到动态控制时,即在末端执行器过渡到在偏航方向上移动时,过关闭状态方面的改变(例如,最小张开极限方面的变化)的示例。曲线1002表示初始最小张开极限(在静态条件下)。在考虑动态条件的情况下,最小张开极限可以改变为变得更正。这在上部曲线1004中指示,其示出了在过渡到动态控制(在这个示例中,这恰好发生在如x轴上所指示的2秒之前)之后向更正的最小张开极限(或目标过闭合值)的改变。

[0172] 在一些实施方式中,驱动组件的两个电机或致动器控制钳夹的移动,以便控制张开和偏航两者。在某些情况下,当器械处于偏航极限且需要进一步张开时,张开可以优先于偏航。也就是说,为了实现所需张开,控制系统可以接受偏航方面的误差(或更大的误差)。由于驱动钳夹的电机或致动器的期望位置受所需偏航和所需张开影响,因此所需夹持越多,可能导致的偏航误差就越大。

[0173] 在一种方法中,为了最小化偏航跟踪误差,可以将取决于张开的增益应用于所需偏航角(θ_y)。这具有在增加张开的情况下增加所需偏航角的效果。因此,需要更大的偏航角,该更大的偏航角可以更紧密地匹配在电动机控制所需张开时根据电机的位置确定的偏航角。对于相对较大的(和负的)所需张开,可以使用大于1的增益(β),这可以导致增大的偏航角(θ'_y)。通过与所需张开成比例地增大偏航角,要求较大的负张开对偏航跟踪误差的影响可以被至少部分地抵消。至少部分地抵消这种影响有助于避免不想要的和/或意外的运动,其中控制系统必须赶上所命令的运动。在这个方法的一个示例应用中,所执行的计算如下:

$$[0174] \quad \theta'_y = \beta \theta_y$$

$$[0175] \quad \beta = \begin{cases} 1, & \theta_s \geq 0, \text{ 或器械不是持针器} \\ 1 - \gamma \theta_s, & \theta_s < 0, \text{ 并且器械是持针器} \end{cases}$$

[0176] 对于 $\gamma = 0.055 \text{rad}^{-1}$ 。

[0177] θ_s 表示所需张开角度。

[0178] 各个关节钳夹角度(θ_{y1} 和 θ_{y2})然后可以计算为:

$$[0179] \quad \begin{aligned} \theta_{y1} &= \theta'_y + \frac{\theta_s}{2} \\ \theta_{y2} &= \theta'_y - \frac{\theta_s}{2} \end{aligned}$$

[0180] 如本文中所讨论的那样,力可变性可能是由于一个或多个子系统制造差异。力可变性也可能由对接口校准(例如,驱动组件和器械之间的接口的接口校准)的假设引起。力方面的可变性可能导致来自单个驱动组件(例如,来自被配置为致动钳夹的驱动组件

的一个或两个电机)的较差的夹持力重复性、和/或多个驱动组件上的较差的夹持力重复性、和/或可能导致器械中的过早失效的施加到诸如持针器的器械的大于预期的力。在器械控制中重要的是,仔细控制驱动组件电机电流饱和和峰值输出力以提高动态性能和器械寿命。

[0181] 如现在将描述的那样,对由夹持力控制器(或控制系统中的其他地方)实施的控制方案的进一步可选修改可以补偿不同机器人接口之间的校准方面的差。接口可能略有不同地进行校准,或者它们的校准可能与其实际性能不同。因此,在特定的用例中,可能重要的是调谐由电机递送的力和期望的力之间的关系。

[0182] 可以使用测力计力读数,诸如三重测力计力读数,这使得能够测量驱动元件(诸如线缆)中的张力。这种力读数可能存在热偏移问题。因此,如果考虑差分读数而不是绝对压力读数,这是有用的。然而,仍然可以使用绝对压力读数。在使用绝对力读数的情况下,可以对绝对力读数进行滤波。绝对力读数可以通过低通滤波器滤波。优选的是使用差分力读数来提高准确性。差分力读数也可以被滤波,例如使用低通滤波器。

[0183] 本文中使用的术语“电机力”。在本文中讨论的示例中,器械驱动力是线性的。一般而言,来自电机的输出可以被描述为扭矩。应当理解的是,本文中对电机力的引用同样适用于电机扭矩。

[0184] 如本文所述,可以根据被配置为在偏航方向上驱动钳夹的驱动组件电机或致动器上的可以被称为 m_1 和 m_2 的最小所需驱动力(其可以可选地被低通滤波)来控制到其中设置最小张开极限的状态的转变(即,在检测到夹持事件时)。最小所需驱动力可以被表示为 $(\min(\tau_{m_1}, \tau_{m_2}))$ 。在确定 $(\min(\tau_{m_1}, \tau_{m_2}))$ 低于阈值(例如,-180个有效力单位)(例如,比阈值更负)时,可以发生转换到这个状态。

[0185] 在一些实施方式中,可能存在第二条件,如果满足的话该条件也将导致进入其中设置最小张开极限的这个状态。第二条件如下。在钳夹的闭合运动期间:

[0186] 1. 当满足以下条件中的两个时,可以将输入力 F (例如,三重测力计力读数) $(F=f_{m_1}+f_{m_2})$ 和所测量的器械张开 (S) 设置为基线(例如,分别设置为基线力和基线张开):

[0187] a. 使用输入力 $(F=f_{m_1}+f_{m_2})$ 计算的刚度首先超过阈值。这提供了对闭合钳夹的阻力的度量。更大的刚度将指示钳夹是闭合的,并且线缆正在被拉伸。这种条件可以表示为:

$$[0188] \quad dF/dS > k_S$$

[0189] 其中 k_S 是预定义的值。

[0190] b. 器械的钳夹正在以比阈值速率 (V_S) 更快的速率闭合,其中张开和阈值两者是负的。这指示外科医生愿意夹持多少。当外科医生想要用力夹持时,钳子将快速闭合,并且所命令的张开也将快速减小。这种条件可以表示为:

$$[0191] \quad dS/dt < V_S$$

[0192] 2. 如果输入力相对于基线力的改变超过阈值 f_{thresh} ,

$$[0193] \quad \Delta F < f_{\text{thresh}}$$

[0194] (在力方面的改变由于处于关闭方向而为负的情况下),系统可以被配置为进入其中设置最小张开极限的状态。这可以指示驱动元件中的张力处于预期值,诸如指示夹持力控制是期望的阈值,或者张力与用于所需夹持力的预期张力相匹配。

[0195] 当钳夹被打开超过基线张开时,基线力被适当地重置。当钳夹被打开超过零张开

时,可以重置基线力。重置基线力可以包括移除基线力(使得基线力值不再存在于系统中)或者将基线力设置为零或者另一预定的或者用户可选的值。

[0196] 在概念上,使用这个第二条件的经修改的控制方案可以被认为是具有两个竞争项来确定器械的过闭合极限。图11示意性地表示了这方面。期望的是设置差分力极限1102(例如,如使用第二条件确定的那样),使得其比驱动力极限1104(例如,如使用所需电机力或扭矩确定的那样,如本文中其他地方讨论那样;驱动元件张力的测量,例如使用三重测力计读数可以附加地或替代性地用于确定驱动力极限)更频繁地被触发。这是因为驱动力限制可以充当止挡以便通过防止电机饱和来帮助确保良好的动态性能,而差分力限制可以更精确地控制输入到器械的差分力,并且因此控制所生成的张力和夹持力。

[0197] 本文中讨论的控制方案(特别是经修改的控制方案)可以为控制诸如持针器的钳夹器械提供以下益处。

[0198] ●驱动元件保护:关于力相对于基线力的最大改变的极限应该有助于防止过度的张力施加到驱动元件上。它还可以抵消接口校准中的任何时间或空间可变性,例如电机输出方面的漂移,该漂移可能导致施加不同于所需力的力。

[0199] ●可重复和再现的夹持力:由于夹持力与力相对于基线力的改变成比例,所以控制方案可以有助于确保驱动组件电机更一致地向器械递送固定的驱动力,从而导致更一致的夹持力。

[0200] ●等效动态性能:因为在经修改的控制方案中,保持现有驱动力进入条件,所以它将充当帮助确保避免电机饱和的止挡。因此,这有助于确保保持“在偏航的同时夹持”的性能。

[0201] 本文中讨论的控制方案和夹持力控制器有助于确保利用不同的器械和/或利用不同的驱动组件可实现一致的夹持性能。根据本技术,这种一致的性能是可以实现的,而不必执行附加校准动作。

[0202] 本文中讨论的技术的益处如图12中示出。图12示出了其中未实施本控制方案的传统系统的夹持力变化1202、其中实施静态控制的第一系统的夹持力变化1204、以及其中实施动态控制的第二系统的夹持力变化1206。如可以看出的那样,本控制方案的使用通过减少夹持力变化而导致所施加的夹持力方面的改善。与使用静态控制方案相比,使用动态控制方案提供了另外的改进。

[0203] 现在将参考图13讨论本文中描述的方法。该方法包括根据钳夹之间的所需张开来控制钳夹的移动1302。该方法还包括当钳夹在闭合方向上相对于彼此被驱动以便在钳夹之间施加夹持力时确定夹持事件的发生1304。该方法还包括在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需张开1306。该方法还包括将所确定的所需张开设为钳夹的最小张开极限1308。该方法包括使用最小张开极限控制钳夹的移动以便控制由钳夹施加的夹持力1310。

[0204] 代替或除了在确定夹持事件的发生时确定钳夹之间的所需张开,该方法可以包括确定电机位置,例如控制钳夹的移动的驱动电机的电机位置。

[0205] 应当注意的是,本技术可以应用于位置控制和力控制两者。在力控制器的场景下,该方法可以包括,例如控制由器械的钳夹施加的力;确定夹持事件的发生;确定钳夹之间的所需和/或所测量的力(和/或一个或多个驱动元件中的张力);将所确定的力设置为最大所需力极限;以及使用所确定的最大所需力极限来控制由钳夹施加的力。

[0206] 在一些实施方式中,可以使用位置控制和力控制的组合。这种实施方式的示例方法包括:控制钳夹的移动1302;确定夹持事件的发生1304;确定钳夹之间的所需和/或所测量的力(和/或一个或多个驱动元件中的张力);将所确定的力设置为最大所需力极限;以及使用最大所需力极限来控制钳夹的移动,以便控制由钳夹施加的夹持力。

[0207] 现在参考图14,该图示出了可以被实施为任何形式的计算和/或电子装置并且其中可以实施本文中描述的方法和修改系统的实施方案的示例性基于计算的装置1400的各种部件。基于计算的装置1400包括一个或多个处理器1402,该一个或多个处理器可以是微处理器、控制器或用于处理计算机可执行指令的任何其他合适类型的处理器。在一些示例中,例如在使用片上系统架构的情况下,处理器1402可以包括以硬件(而不是软件或固件)实施修改数据流的方法的一部分的一个或多个固定功能块(也称为加速器)。可以在基于计算的装置处提供包括操作系统1404的平台软件或任何其他合适的平台软件以实现要在装置上执行的应用软件,诸如实施图13的方法的软件1405的软件。

[0208] 可以使用可由基于计算的装置1400访问的任何计算机可读介质来提供计算机可执行指令。计算机可读介质可以包括例如计算机存储介质,诸如存储器1406和通信介质。诸如存储器1406的计算机存储介质(即,非暂时性机器可读介质)包括以用于存储诸如计算机可读指令、数据结构、程序模块或其他数据的信息的任何方法或技术实施的易失性和非易失性、可移动和不可移动介质。计算机存储介质包括但不限于RAM、ROM、EPROM、EEPROM、闪存或其它存储技术、CD-ROM、数字多功能磁盘(DVD)或其它光学存储装置、磁带盒、磁带、磁盘存储装置或其它磁性存储装置,或可用于存储信息以供基于计算的装置访问的任何其它非传输介质。相比之下,通信介质可以在调制数据信号例如载波或其它传输机构中包含计算机可读指令、数据结构、程序模块或其它数据。如本文所定义,计算机存储介质不包括通信介质。尽管计算机存储介质(即,非暂时性机器可读介质,例如,存储器1406)被示出在基于计算的装置1400内,但是将理解的是,存储可以是分布式的或位于远程的,并且经由网络或其他通信链路(例如,使用通信接口1408)进行访问。

[0209] 基于计算的装置1400还包括被布置为向显示装置1412输出显示信息的输入/输出控制器1410,该显示装置可以与基于计算的装置1400分离或与其成一体。显示信息可以提供图形用户界面。输入/输出控制器1410还被布置为接收和处理来自一个或多个装置的输入,诸如用户输入装置1414(例如,鼠标或键盘)。此用户输入可用于发起验证。在实施方案中,如果显示装置1412是触敏显示装置,则它也可以充当用户输入装置1414。输入/输出控制器1410还可以将数据输出到除显示装置之外的装置,例如本地连接的打印装置(未示出)。

[0210] 在以上描述中,为了便于解释,系统所采取的动作被分成功能块或模块。在实践中,这些块中的两个或更多个可以在架构上组合。功能也可以分成不同的功能块。

[0211] 已经在手术机器人系统的上下文中描述了本发明技术,但所描述的至少一些特征不限于此类系统,而是可以更一般地应用于机器人系统。在一些示例中,本发明技术可以应用于远程操作的机器人系统。本发明技术可能是有用的情形的一些示例包括利用“蛇形”机器人进行探索、调查或维修的那些情形。在手术机器人的情况下,末端执行器可以是手术工具,例如剪刀、手术切割器、手术钳或烧灼器。

[0212] 机器人系统可以包括制造系统,例如车辆制造系统、零件处理系统、实验室系统和

操纵器,例如用于危险材料的操纵器或手术操纵器。

[0213] 申请人在此独立地公开了本文中所描述的每个单独的特征以及两个或更多个这类特征的任何组合,只要这些特征或组合能够基于本说明书作为一个整体根据本领域技术人员的公知常识来实施,而不管这类特征或特征组合是否解决本文中公开的任何问题,并且不限制权利要求的范围。申请人指出,本发明的各方面可以由任何这样的单个特征或特征组合组成。鉴于以上描述,对于本领域技术人员来说显而易见的是,可以在本发明的范围内进行各种修改。

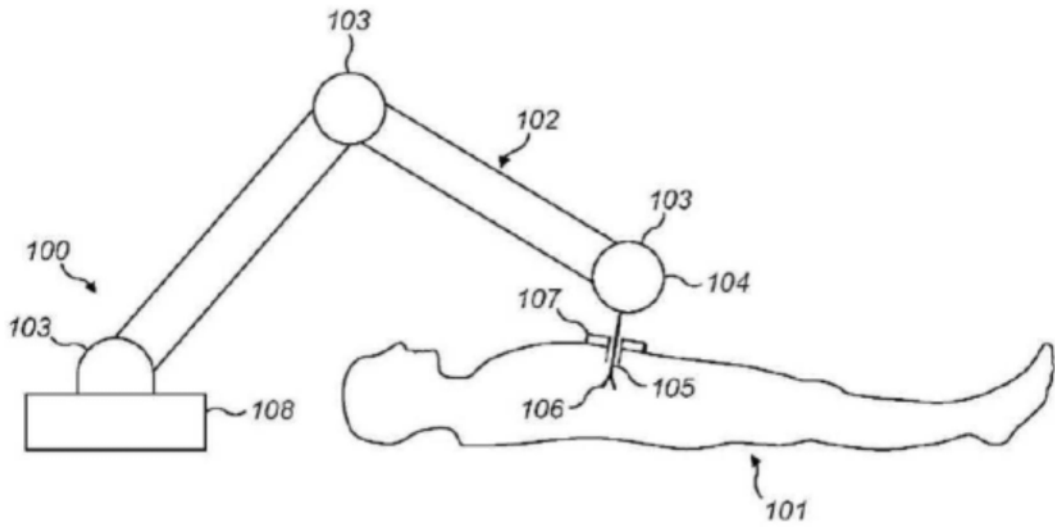


图1

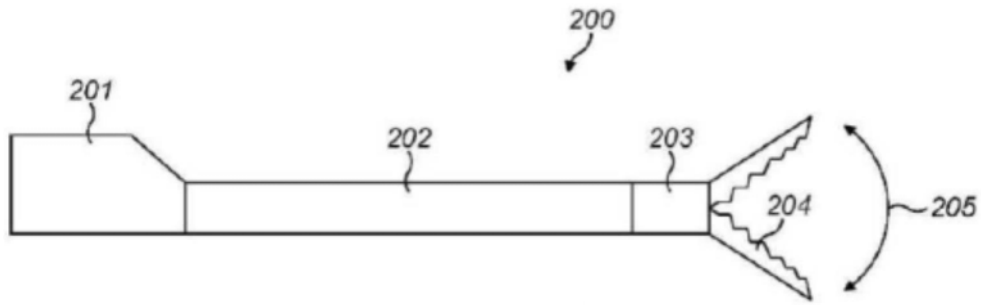


图2

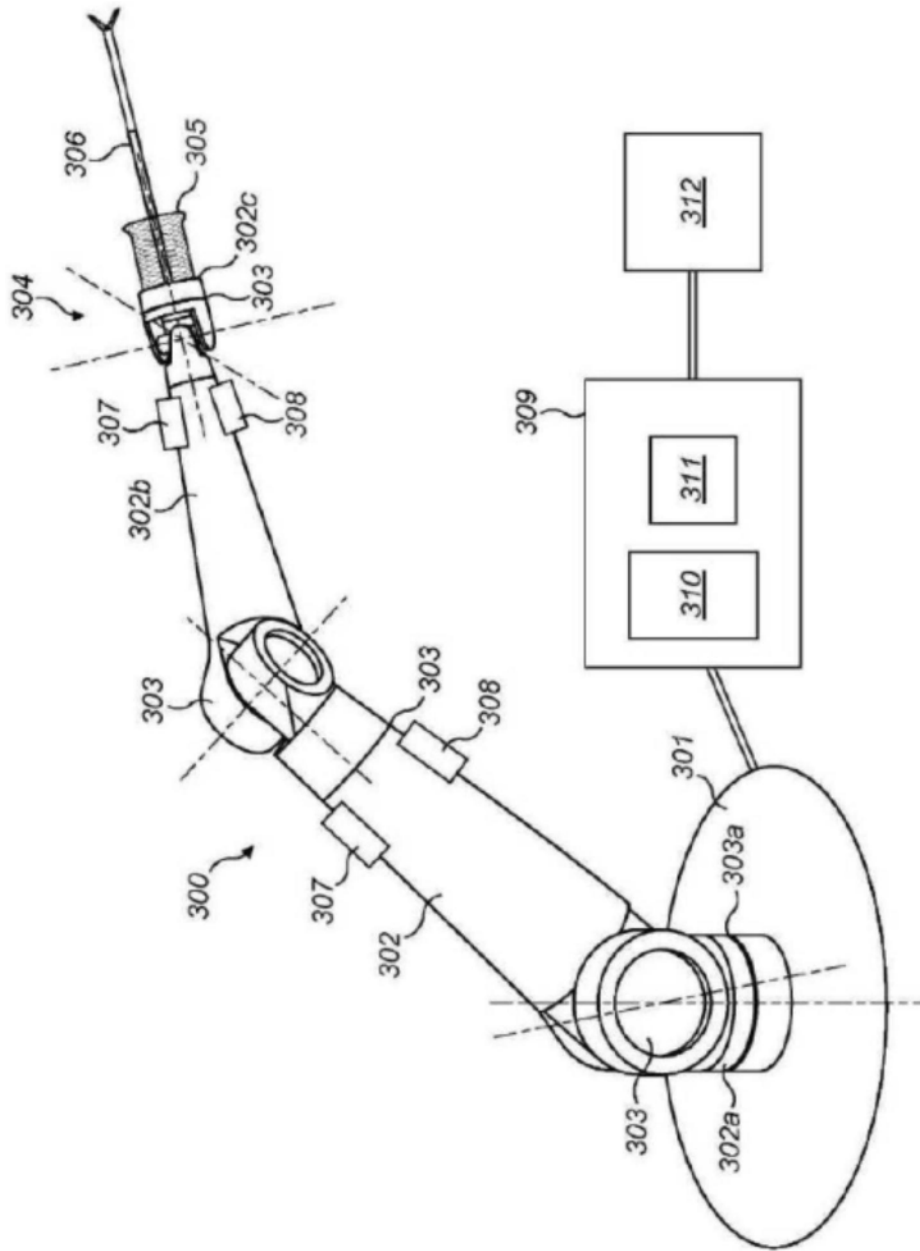


图3

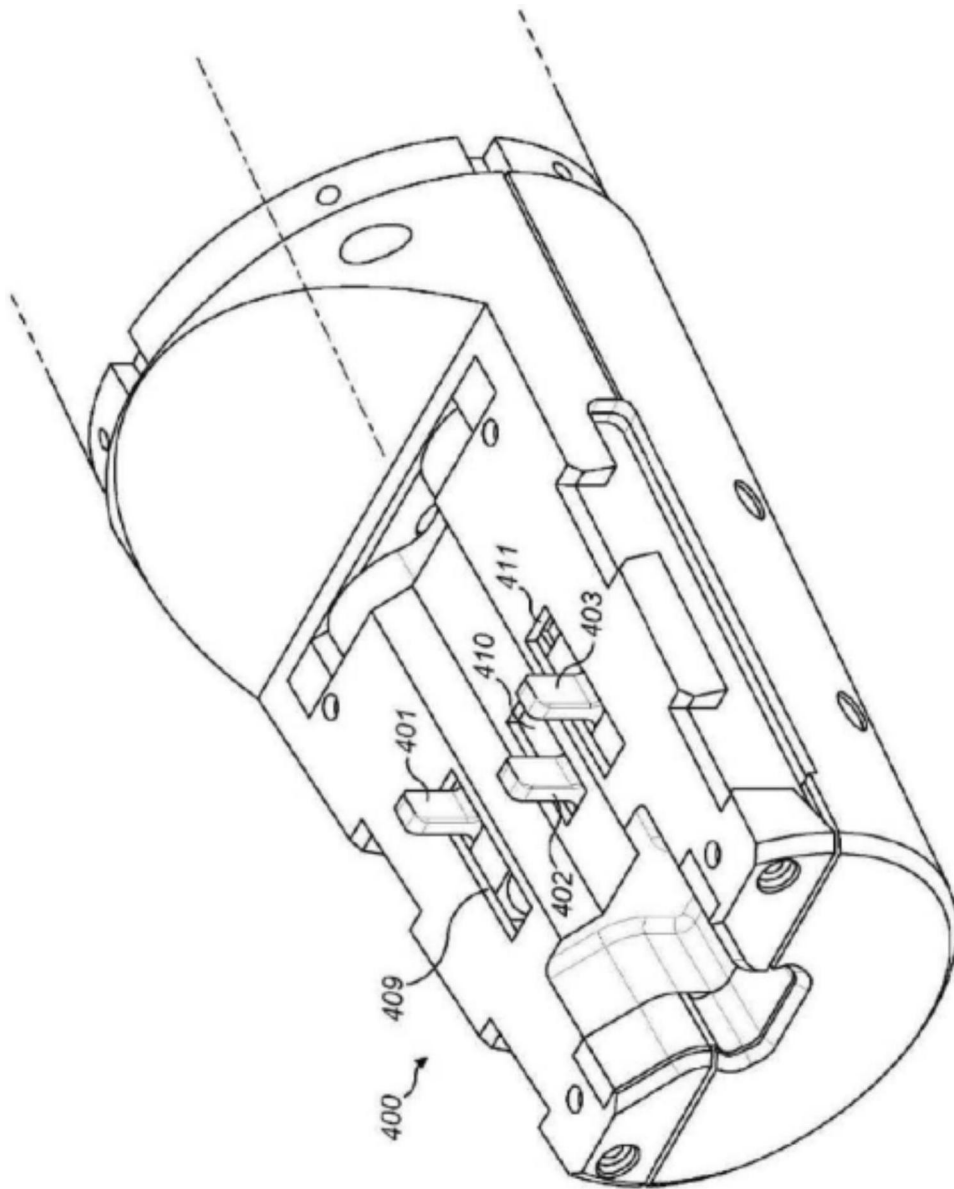


图4

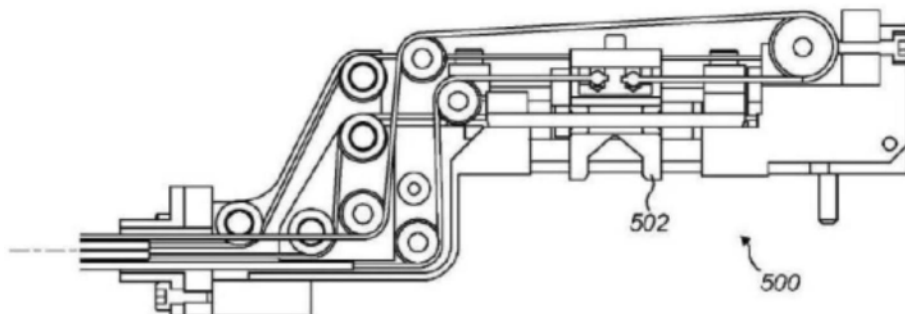


图5

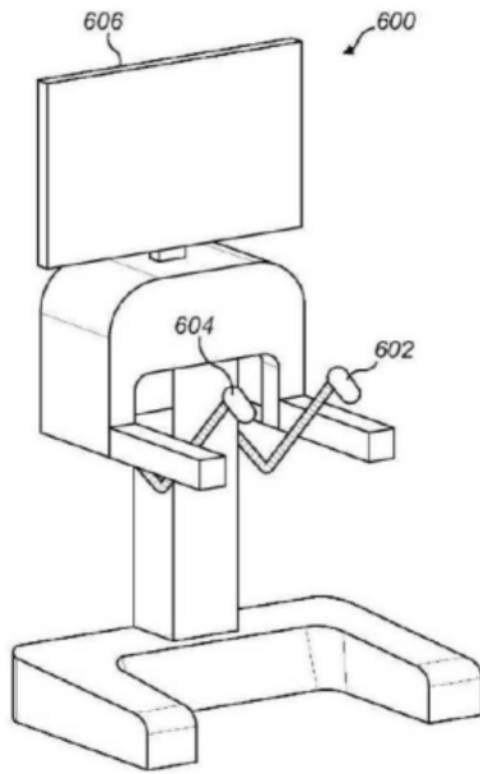


图6

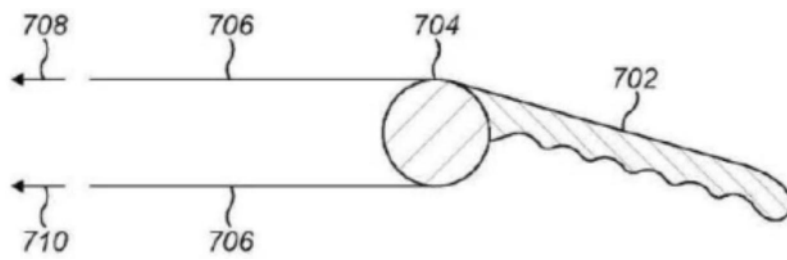


图7

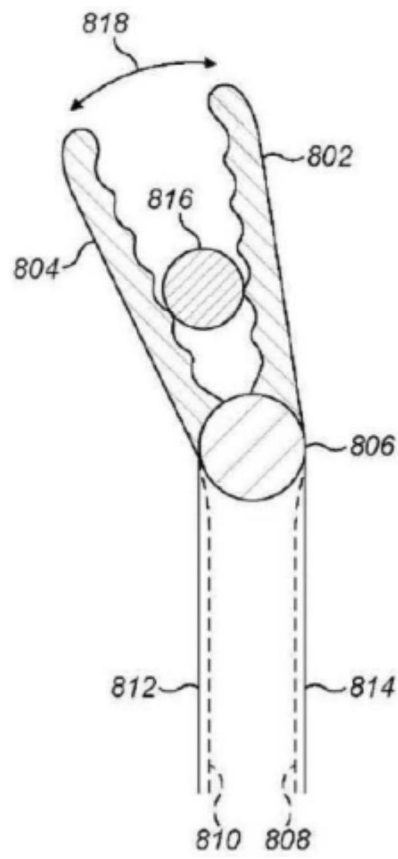


图8

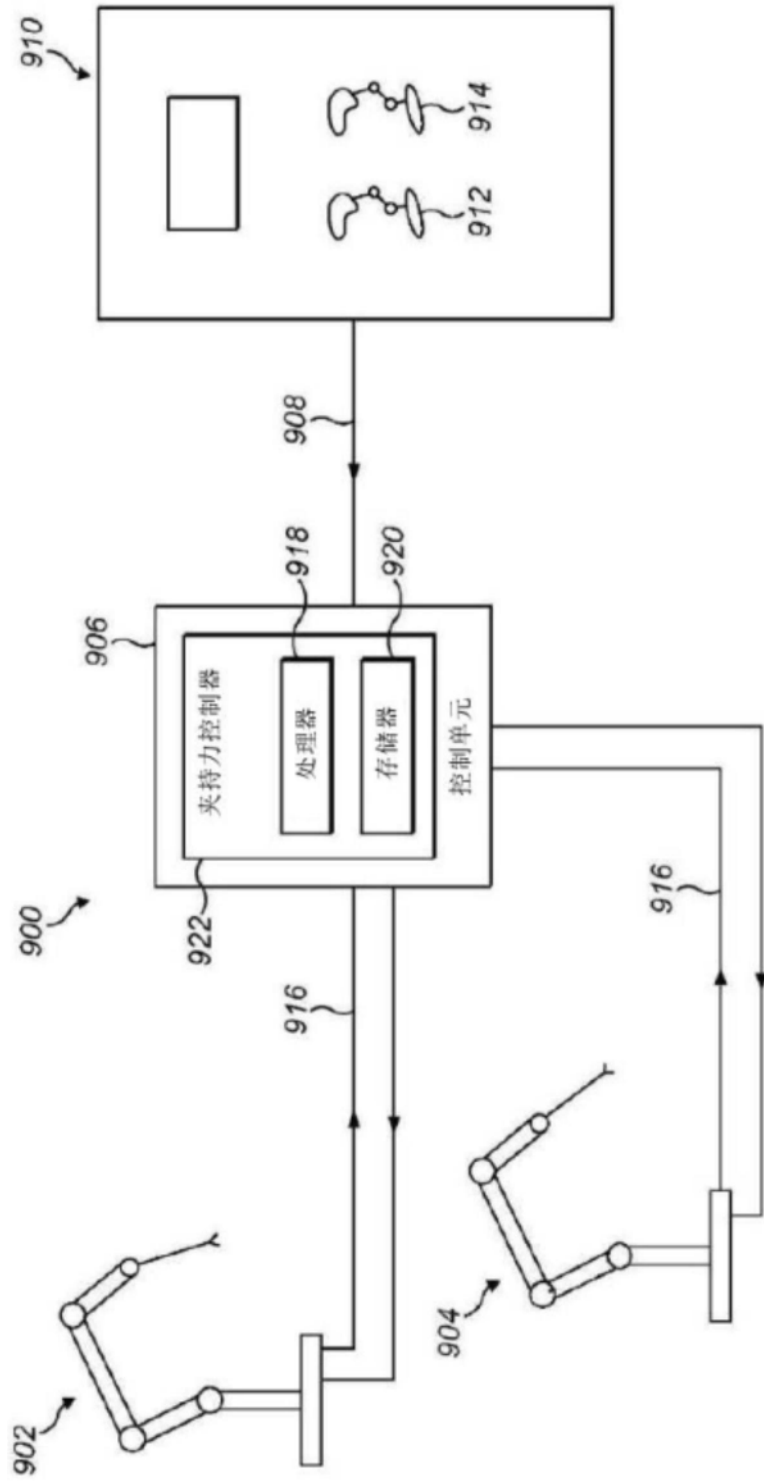


图9

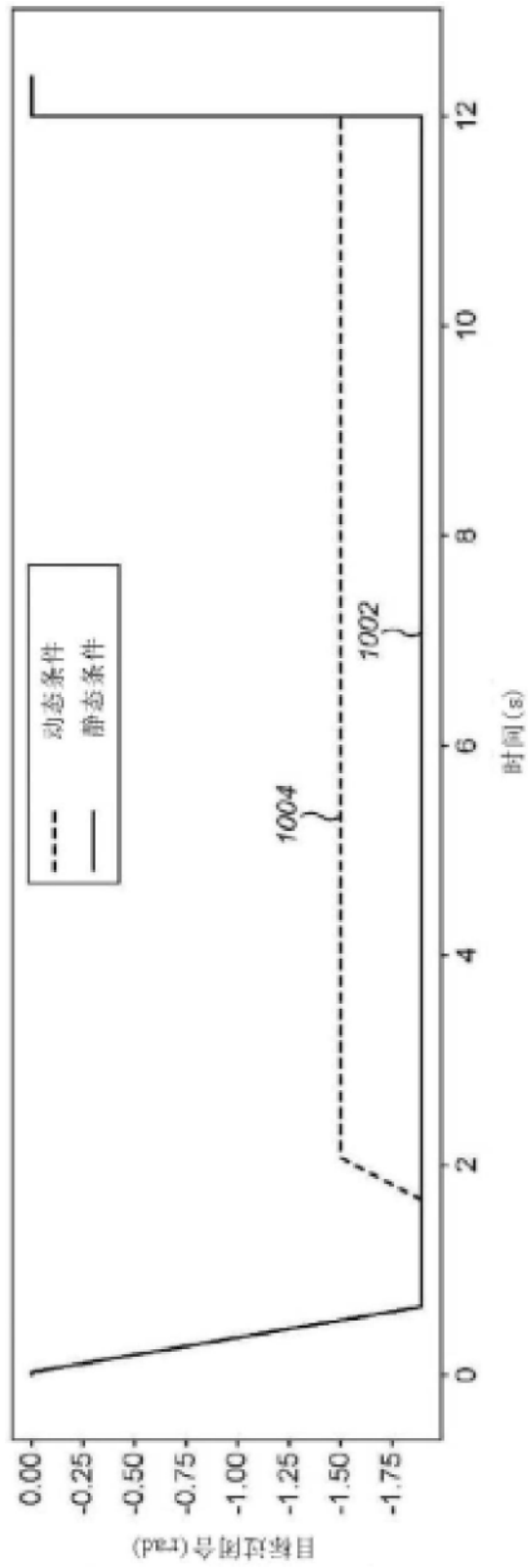


图10

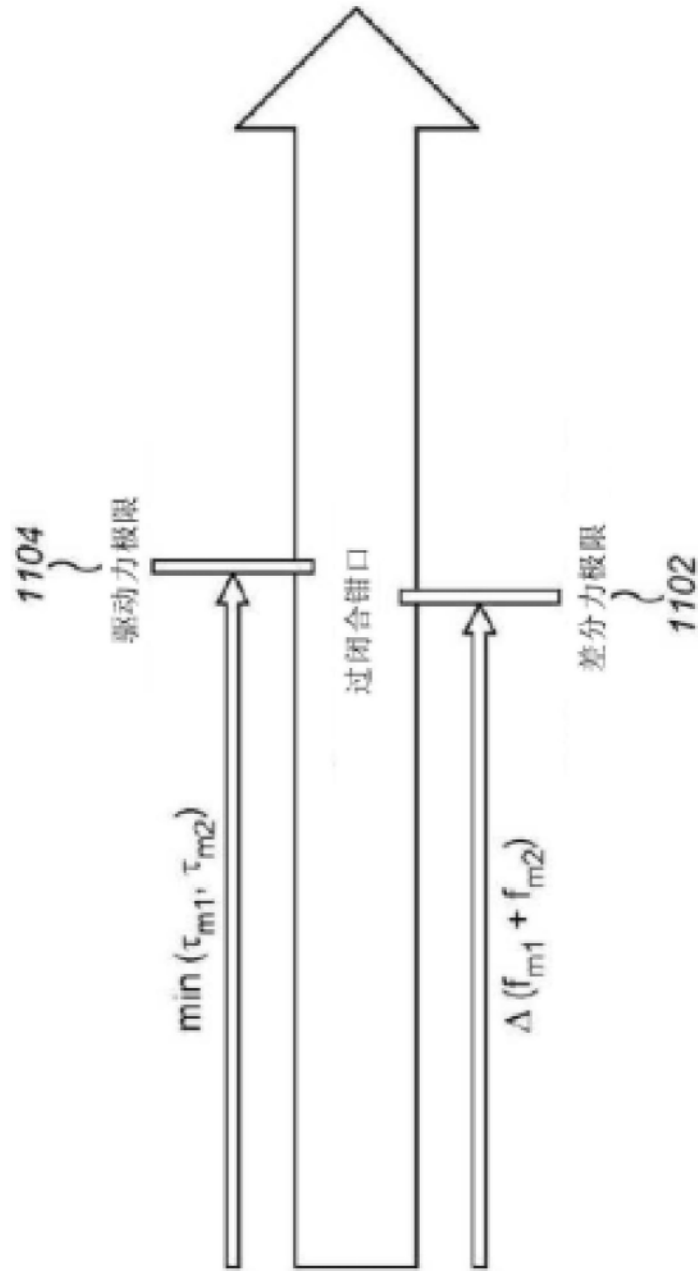


图11

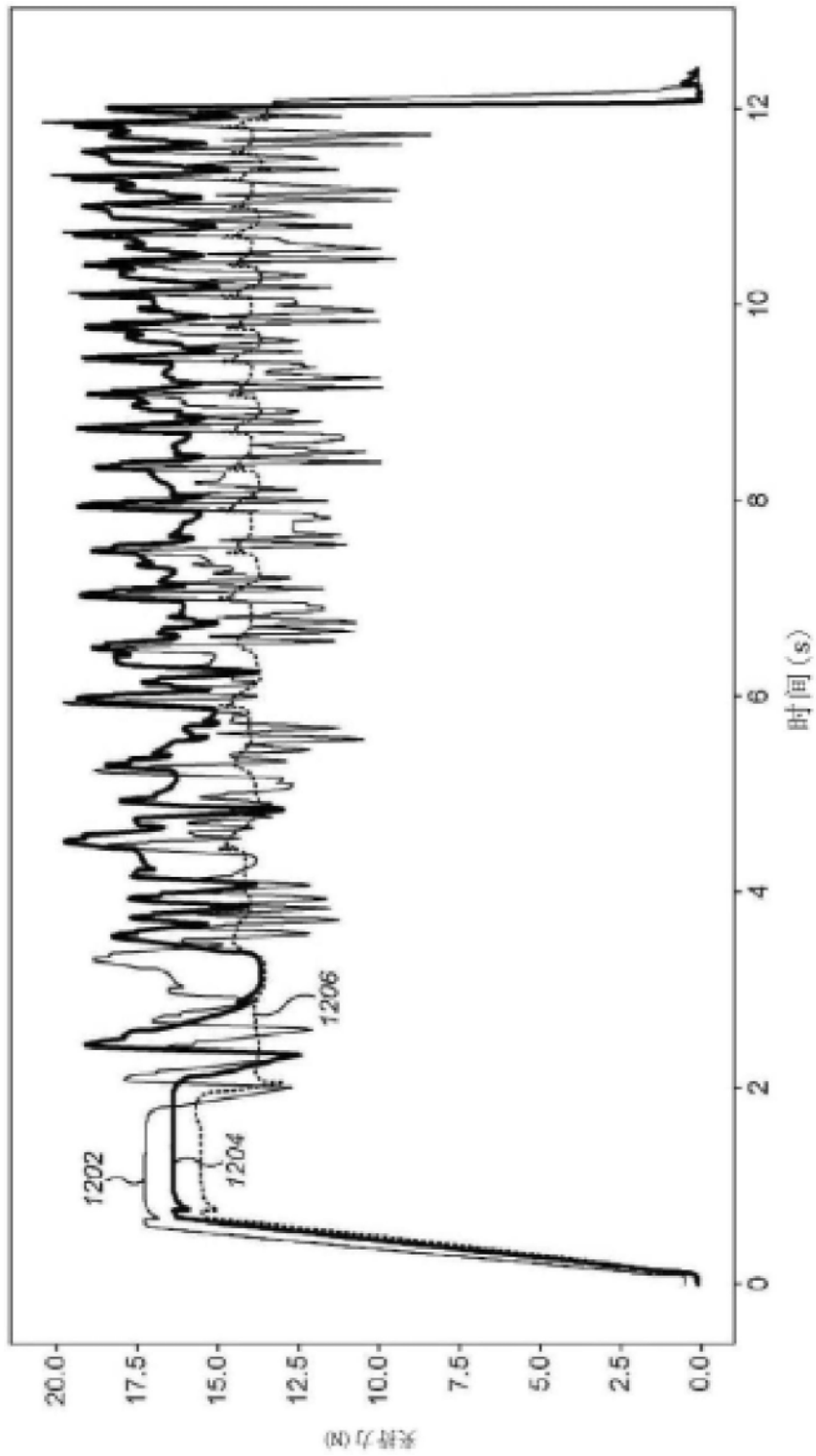


图12

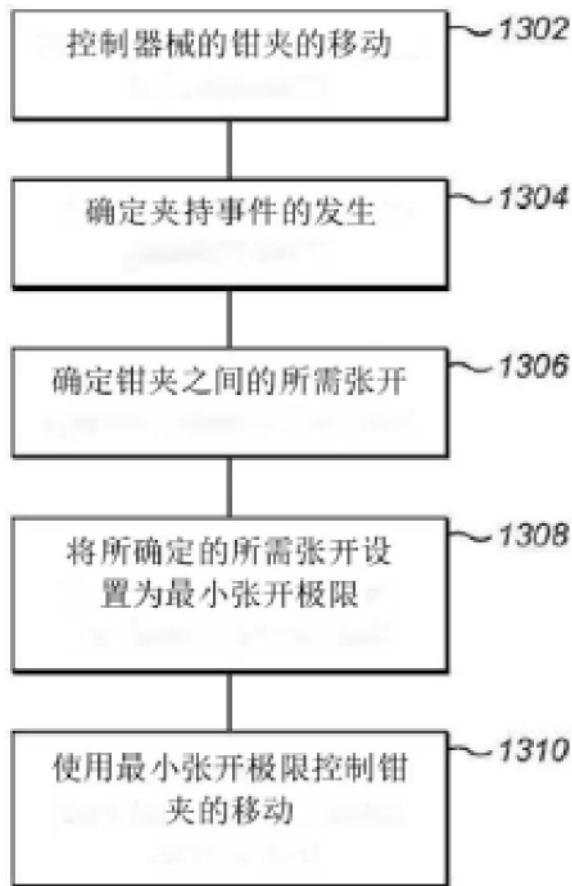


图13

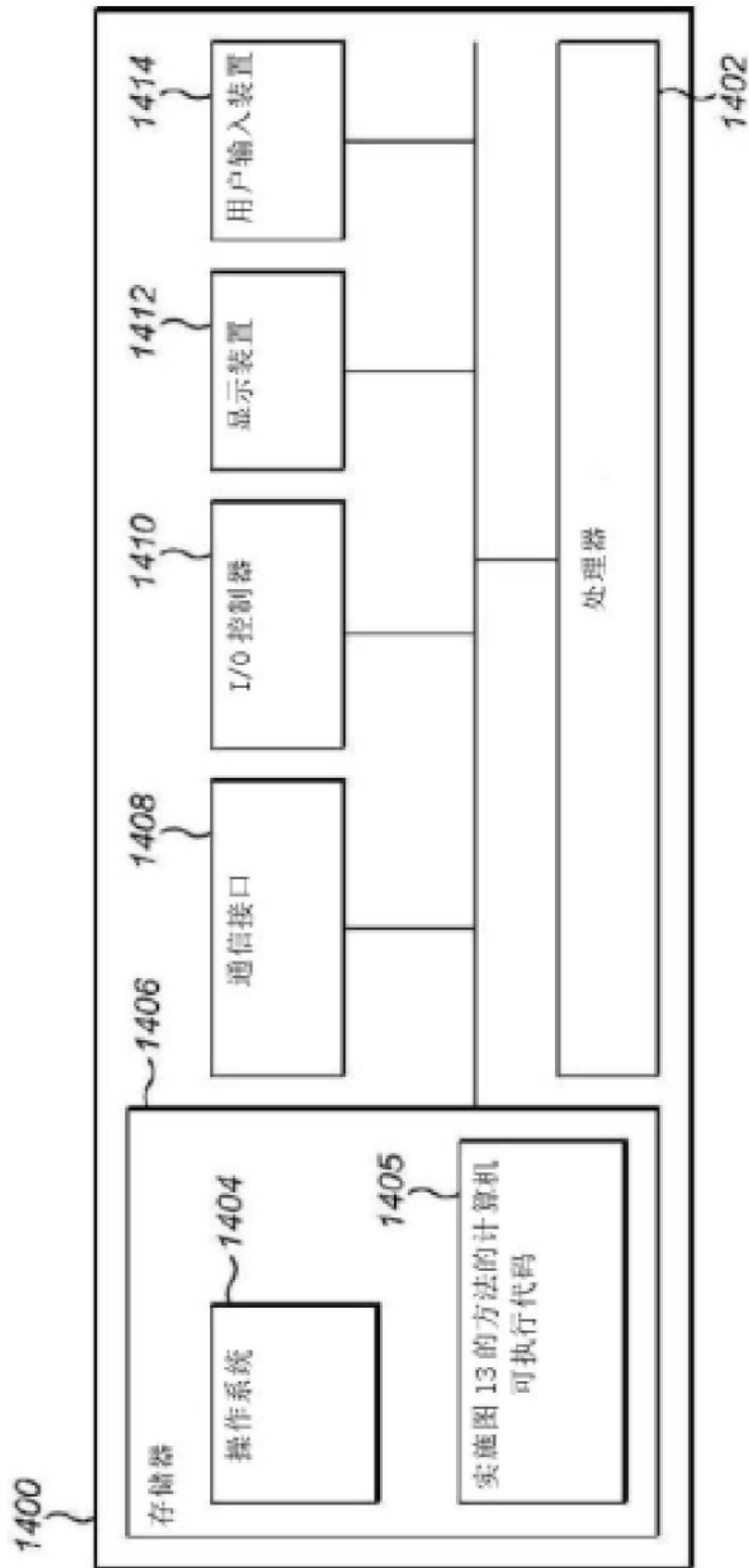


图14