



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116472003 A

(43) 申请公布日 2023. 07. 21

(21) 申请号 202180076076.0

(22) 申请日 2021.11.05

(30) 优先权数据

63/112,546 2020.11.11 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2023.05.11

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/058365 2021.11.05

(87) PCT国际申请的公布数据

W02022/103670 EN 2022.05.19

(71) 申请人 直观外科手术操作公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 N·迪奥莱提 M·T·菲特雷

S·雷宾

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

专利代理师 董志勇

(51) Int.Cl.

A61B 34/35 (2006.01)

权利要求书4页 说明书24页 附图14页

(54) 发明名称

非对称柔性装置的张力控制

(57) 摘要

本文公开了解决柔性细长装置远端处的不对称负载的方法。在一些实施方式中,通过机械地重新设计柔性细长装置以抵消不对称负载来恢复对称性。在其他实施方式中,通过改变用于管理柔性细长装置中的控制元件的控制方案来恢复对称性。通常,柔性细长装置包括能够致动远侧节段的多个控制元件。施加到每个控制元件的力的量可以改变,使得多个控制元件能够共同施加抵消不对称负载的弯曲力矩。

700

701

将具有多个控制元件的柔性细长装置的远侧尖端移动到尖端位置

702

测量每个控制元件需要施加以维持尖端位置的张力

703

基于跨多个控制元件的张力差确定校正因子

1. 非瞬态计算机可读介质,其上存储指令,当由计算系统的一个或多个处理器执行时,所述指令使得所述计算系统执行包括以下的操作:

接收信号以通过致动联接到柔性细长装置的远端部分的多个控制元件移动所述柔性细长装置远端部分到多个远侧尖端位置,其中所述柔性细长装置被配置为插入患者的解剖区域内;和

记录所述多个控制元件中的多个测量的张力,以维持所述多个远侧尖端位置中的每个。

2. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

存储校正因子,所述校正因子至少部分地基于所述多个测量的张力;以及

接收信号以通过将所述校正因子应用于致动所述多个控制元件的多个预负载张力来朝向目标操纵所述柔性细长装置,其中所述多个预负载张力维持在不相等的负载下。

3. 根据权利要求2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个预负载张力是最小张力。

4. 根据权利要求2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

确定所述柔性细长装置的类型,其中所述校正因子至少部分地基于所述柔性细长装置的类型。

5. 根据权利要求2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

确定所述柔性细长装置的条件,其中所述校正因子至少部分地基于所述柔性细长装置的条件。

6. 根据权利要求5所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述柔性细长装置的条件是所述柔性细长装置的年龄、所述柔性细长装置的使用次数、所述柔性细长装置的清洁次数或所述柔性细长装置的消毒次数中的至少一个。

7. 根据权利要求2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

确定工具被插入穿过所述柔性细长装置的管腔;

确定所述工具的类型;并且

确定所述工具影响不对称负载条件。

8. 根据权利要求7所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述校正因子至少部分地基于所述工具的类型。

9. 根据权利要求8所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

确定所述工具的条件,其中所述校正因子至少部分地基于所述工具的条件。

10. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

创建校准矩阵,所述校准矩阵指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

11. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

创建多条曲线,所述多条曲线将所述多个测量的张力中的每一个与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联。

12. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置包括第一位置和第二位置,其中所述第二位置在与所述第一位置相对的弯曲方向上。

13. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置包括第

一位置和所述第二位置,其中所述第一位置在偏转方向上,和所述第二位置在俯仰方向上。

14. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置包括零尖端位置。

15. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中接收所述信号以移动所述柔性细长装置的远端部分包括以多个不同速率将所述远端部分移动到所述多个远侧尖端位置。

16. 根据权利要求15所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括记录所述多个不同速率。

17. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置各自为命令的远侧尖端位置。

18. 根据权利要求1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置是基于来自联接到所述柔性细长装置的远端部分的传感器的数据确定的。

19. 一种医疗器械系统,其包括:

多个致动器;

一种医疗器械,其包括:

柔性主体,所述柔性主体具有远端部分,

沿着所述柔性主体的多个管腔,其中所述多个管腔包括与不对称负载相关联的至少一个管腔,和

多个控制元件,每个控制元件将所述远端部分联接到所述多个致动器中的一个致动器,使得所述多个致动器可操作以向所述多个控制元件施加张力以移动所述远端部分;和

可操作地连接到所述多个致动器的控制系统,所述控制系统被配置为执行用于确定校正因子的操作,所述操作包括:

通过致动所述多个控制元件将所述医疗器械的远端部分移动到多个远侧尖端位置;和

记录所述多个控制元件中的多个测量的张力,以维持所述多个远侧尖端位置中的每一个。

20. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,其中所述控制系统被配置为执行进一步的操作,所述进一步的操作包括通过将所述校正因子应用于致动所述多个控制元件的多个预负载张力来朝向目标操纵所述医疗器械,其中所述多个预负载张力维持在不相等的负载下。

21. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,其中所述控制系统被配置为执行用于确定所述校正因子的进一步操作,所述进一步操作包括:

创建校准矩阵,所述校准矩阵指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

22. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,其中所述控制系统被配置为执行用于确定所述校正因子的进一步操作,所述进一步操作包括:

创建多条曲线,所述多条曲线指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

23. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,其中所述多个致动器中的每个致动器可操作以在多个运动自由度中移动所述医疗器械的远端部分。

24. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,其中所述多个管腔中的至少一个管腔沿着

所述柔性主体的外表面定位,并且被布置以导致所述不对称负载。

25. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,其中所述医疗器械进一步包括:

传感器,所述传感器联接到所述柔性主体并且可操作以生成表示所述医疗器械的所述远端部分的当前配置的测量值。

26. 根据权利要求25所述的医疗器械,其中将所述医疗器械的所述远端部分移动到所述多个远侧尖端位置基于由所述传感器生成的测量值。

27. 根据权利要求25所述的医疗器械系统,其中所述传感器包括纤维形状传感器或至少一个电磁传感器。

28. 根据权利要求19所述的医疗器械系统,还包括用于提供用于移动所述医疗器械的远端部分的命令的输入装置,其中所述多个远侧尖端位置各自是命令的远侧尖端位置。

29. 一种柔性细长装置,其包括:

柔性主体,所述柔性主体具有轴向支撑结构,所述轴向支撑结构具有以不对称布置围绕其布置的多个凹槽;

远侧元件,其具有多个孔,

其中所述轴向支撑结构在所述远侧元件近侧;

摄像机,其在所述多个孔中的第一孔内延伸并且可操作地联接到承载在所述多个凹槽中的第一凹槽内的电缆束;以及

照明纤维,所述照明纤维定位在所述多个凹槽中的第二凹槽内并延伸穿过所述多个孔中的第二孔,

其中所述第二凹槽与所述第一凹槽正交,并且所述第二孔与所述第一孔相邻。

30. 根据权利要求29所述的柔性细长装置,其中所述照明纤维是第一照明纤维,并且其中所述柔性细长装置还包括:

第二照明纤维,所述第二照明纤维定位在所述多个凹槽中的第三凹槽内并延伸穿过所述多个孔中的第三孔,

其中所述第三凹槽与所述第一凹槽正交,并且所述第三孔与所述第一孔相邻。

31. 根据权利要求29所述的柔性细长装置,进一步包括:

沿着所述柔性主体延伸的多个控制元件,

其中所述多个控制元件围绕所述轴向支撑结构周向间隔开。

32. 根据权利要求31所述的柔性细长装置,其中所述电缆束在与所述多个控制元件基本平行的方向上沿着所述柔性主体延伸。

33. 根据权利要求31所述的柔性细长装置,其中所述第一照明纤维的近侧部分在与所述电缆束和所述多个控制元件基本上平行的方向上沿着所述柔性主体延伸,并且其中所述第一照明纤维的远侧部分在与所述电缆束和所述多个控制元件不平行的方向上延伸。

34. 根据权利要求31所述的柔性细长装置,其中所述多个控制元件以不均匀的间隔径向间隔开。

35. 根据权利要求34所述的柔性细长装置,其中所述多个控制元件的第一子集是具有第一直径的张紧线,并且其中所述多个控制元件的第二子集是具有不同于所述第一直径的第二直径的张紧线。

36. 根据权利要求29所述的柔性细长装置,其中所述柔性主体包括主管腔,所述主管腔

中心延伸穿过所述轴向支撑结构并为工具提供通道。

37. 根据权利要求29所述的柔性细长装置, 其中所述柔性细长装置的横截面形状关于所述轴向支撑结构中的所述一对凹槽所在的中心平面非对称。

38. 根据权利要求29所述的柔性细长装置, 进一步包括:

形状传感器, 其位于所述轴向支撑结构中的另一个凹槽中,

其中包含所述形状传感器的凹槽和包含用于所述摄像机的电缆束的凹槽形成在所述轴向支持结构的圆周相对侧上。

非对称柔性装置的张力控制

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利文件要求于2020年11月11日提交的美国临时专利申请号63/112,546的优先权和权益,并通过引用以其全部并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及具有由承载张力的控制元件控制的、可铰接部分的非对称柔性装置以及相关的系统和使用方法。

背景技术

[0004] 微创医疗技术旨在减少医疗过程中受损的组织数量,从而减少患者的恢复时间、不适和有害副作用。这种微创技术可以通过患者解剖结构中的自然孔口或通过一个或多个外科切口来执行。操作者可以通过这些自然孔口或切口插入微创医疗工具以到达目标组织位置。微创医疗工具包括例如治疗、诊断、活检和手术器械的器械。一种这样的微创技术是使用柔性和/或可操纵的细长装置,例如柔性导管,其可以插入解剖通道中并朝向患者解剖结构内的感兴趣区域导航。操作者对这种细长装置的控制涉及若干自由度的管理,其至少包括细长装置相对于患者解剖结构的插入和缩回的管理,以及装置的操纵。为了实现这一点,可以增加和/或减少沿内窥镜长度延伸的控制元件的张力,以引起远端的铰接运动。

发明内容

[0005] 本技术的实施方式由说明书所附的权利要求书最好地概括。

[0006] 一些实施方式涉及医疗器械系统,该医疗器械系统包括医疗器械、多个致动器和可操作地连接到多个致动器的控制系统。医疗器械可以包括具有远端部分的柔性主体、沿着柔性主体的多个管腔和多个控制元件,所述多个管腔包括与不对称负载相关联的管腔,多个控制元件中的每个将远端部分联接到多个致动器中的相应致动器,使得多个致动器可操作以向多个控制元件施加张力以移动远端部分。控制系统可以被配置为执行用于确定校正因子的操作。所述操作可以包括通过致动所述多个控制元件将所述医疗器械的远端部分移动到多个远侧尖端位置,并且记录所述多个控制元件中的多个测量的张力以维持所述多个远侧尖端位置中的每一个。

[0007] 其他实施方式涉及用于确定具有不对称负载条件的柔性细长装置的校正因子的方法。该方法可以包括通过致动联接到柔性细长装置的远端部分的多个控制元件,将柔性细长装置的远端部分移动到多个远侧尖端位置,然后记录所述多个控制元件中的多个测量的张力以维持所述多个远侧尖端位置中的每一个。

[0008] 本文进一步公开了一种操作细长装置以补偿不对称条件的方法。该方法可以包括确定补偿不对称条件的校正因子,然后基于该校正因子向多个控制元件施加多个张力。多个控制元件可以联接到细长装置的远端部分,以使得能够致动远端部分。校正因子可以提供用于将多个张力维持在不相等的预负载下。

[0009] 应当理解,前述一般描述和以下详细描述本质上是解释性的,并且旨在提供对本公开的理解,而不限制本公开的范围。在这方面,通过以下详细描述,本公开的附加方面、特征和优点对于本领域技术人员将是显而易见的。

附图说明

[0010] 参考以下附图可以更好地理解本公开的许多方面。附图中的部件不一定是按比例绘制的。相反,重点放在清楚地说明本公开的原理上。附图不应被视为将本公开限于所描绘的实施方式,因为选择这些实施方式仅仅是为了解释和理解的目的。

[0011] 图1A-1C是根据本技术的一些实施方式配置的柔性细长装置的简化图。

[0012] 图2A和2B是示出如何可以使用一个或多个控制元件致动具有柔性主体的柔性细长装置的远侧节段的模型的简化图。

[0013] 图3是在远侧节段具有不对称负载的柔性细长装置的模型的简化图。

[0014] 图4是示出如何通过重新定位柔性细长装置的控制元件(一个或多个)来恢复对称性的简化图,所述控制元件布置在与导致不对称的负载相对的半平面中。

[0015] 图5A是根据本技术的实施方式的具有不对称设计的柔性细长装置的远侧节段的透视图。

[0016] 图5B是图5A的柔性细长装置的远侧尖端的简化横截面图。

[0017] 图5C是根据本技术的另一个实施方式配置的具有不对称设计的柔性细长装置的远侧节段的透视图。

[0018] 图5D是图5C的柔性细长装置的远侧尖端部分的简化侧视图以及图5A和5B的柔性细长装置的远侧尖端部分的侧视图。

[0019] 图6A是根据本技术的实施方式的具有照明纤维的柔性细长装置的透视图,所述照明纤维已经在远侧尖端附近重新选定路线(reroute)。

[0020] 图6B是图6A的柔性细长装置的远侧尖端的部分示意性横截面图。

[0021] 图7是根据本技术的实施方式的用于确定校正因子以补偿具有多个控制元件的柔性细长装置的不对称条件的过程的流程图。

[0022] 图8是根据本技术的实施方式的用于在不对称条件下操作具有多个控制元件的柔性细长装置的过程的流程图。

[0023] 图9是根据本技术的各种实施方式配置的远程操作医疗系统的简化图。

[0024] 图10A是根据本技术的实施方式配置的医疗器械系统的简化图。

[0025] 图10B是根据本技术的各种实施方式配置的医疗器械系统的简化图。

具体实施方式

[0026] 本公开涉及具有由承载张力的控制元件控制的可铰接部分的非对称柔性细长装置,和相关的系统和使用方法。控制元件可用于控制柔性细长装置的远侧节段的致动,该柔性细长装置具有穿过其中限定的管腔以提供用于工具的通道。通常,柔性细长装置包括部件,其在维持管腔的同时以围绕其周边不能均匀分布的数量提供,因此远侧节段将经历不对称的负载。如本文中进一步详细解释的,控制元件可以以这样的方式来设计和/或控制,以解决这种不对称负载。

[0027] 作为手术的一部分,为了便于将柔性细长装置递送到干预部位(也称为“目标部位”),柔性细长装置可以具有足够的柔性以经历实质性变形,但轴向刚性足以避免屈曲。柔性细长装置可以包括可铰接的远侧节段,该远侧节段具有轴向支撑结构,该轴向支撑结构具有穿过其限定的主管腔和沿着其外表面用于容纳控制元件的凹槽。例如,多个控制元件可以围绕轴向支撑结构的圆周均匀间隔。为了铰接柔性细长装置的远侧节段,可以将致动力施加到控制元件上。

[0028] 通常地,轴向支撑结构将进一步包括一个或多个凹槽,用于容纳其他部件,诸如电缆束、照明纤维和形状传感器。然而,并入这些部件可能导致柔性细长装置在远侧节段具有不对称负载。例如,在一些实施中,包含用于摄像机的电缆束的管腔及其电缆束沿着轴向支撑结构的给定侧行进,导致沿着轴向支撑结构的该侧增加刚度。在这种情况下,当所有控制元件由于沿给定侧的刚度增加而经历相同的致动力时,在柔性细长装置的远侧尖端将经历非零净扭矩。这种不对称负载可以通过几种不同的方式来解决。

[0029] 首先,可以通过机械地重新设计柔性细长装置来恢复对称性。例如,布置在与管腔相对的半平面中的控制元件(一个或多个)可以被径向“推出”,以便增加它们的杠杆臂来抵消不对称负载。所述另一种方式是,位于与管腔相对的半平面中的控制元件(一个或多个)可以距离轴向支撑结构的纵向轴线重新定位更远。将这些控制元件(一个或多个)重新定位为距离轴向支撑结构的纵向轴线更远将增加它们的杠杆臂,从而抵消与管腔相关的负载。另外地或可选地,布置在与管腔相同的半平面中的控制元件(一个或多个)可以被径向地“推入”,以便减小它们的杠杆臂来抵消不对称负载。也就是说,位于与管腔相同的半平面中的控制元件(一个或多个)可以被重新定位为更靠近轴向支撑结构的纵向轴线。注意,沿着柔性细长装置的给定侧的负载增加通常是由包含在沿着给定侧延伸的管腔(一个或多个)内的部件(一个或多个)的刚度引起的。因此,虽然管腔可以被认为对导致不对称的负载“负责”,但负载将在很大程度上或完全是由于管腔中包含的部件(一个或多个)的刚度造成的。

[0030] 第二,可以通过改变用于管理柔性细长装置中的一系列控制元件的控制方案来恢复对称性。一种选择包括改变施加到每个控制元件的致动力,使得当所有控制元件都处于张力时,一系列控制元件将共同施加抵消增加的负载的弯曲力矩。这种方法可以被称为“预负载”,因为当柔性细长装置被命令进入跛行(limp)状态(即,在远侧尖端具有净零扭矩)时,增加的负载将通过一些控制元件的张力高于其他控制元件来补偿。另一种选择包括使用位于柔性细长装置的轴向支撑结构中的形状传感器测量铰接平面对命令平面,然后将负责控制一系列控制元件的致动器(一个或多个)伺服到命令平面中,从而可以相应地补偿控制元件的铰接运动。

[0031] 本申请涉及这些方法,下面将进一步详细解释每一种方法。请注意,除非另有规定,否则这些方法的各个方面可以组合应用。因此,经过机械地重新设计的柔性细长装置可以实现本文所述的控制方案,以更好地解决不对称负载。

[0032] 参照图1A-10B描述了本技术的几个实施方式的具体细节。尽管可以在执行手术的同时导航呼吸道的上下文中描述实施方式,但是其他应用也在本技术的范围内。例如,除非另有规定,否则本技术的装置、系统和方法可用于通过自然或手术创建的连接通道,在各种解剖系统中的任何解剖系统中导航和治疗解剖组织,包括肺、结肠、胃、肠、肾和肾盂、膀胱、肝、胆囊、胰腺、脾脏、输尿管、卵巢、子宫、大脑、包括心脏在内的循环系统、脉管系统等。

[0033] 应该注意的是,除了本文描述的实施方式之外的实施方式也在本技术的范围内。此外,本技术的实施方式可以具有与本文所示或描述的那些不同的配置、部件和/或程序。此外,本领域普通技术人员将理解,本技术的实施方式还可以具有除了本文所示或描述的那些之外的配置、部件和/或程序。类似地,本领域普通技术人员将理解,在不偏离本技术的情况下,实施方式可以没有本文所示或描述的一些配置、部件和/或程序。

[0034] 本公开在三维空间方面描述了各种器械和器械的部分。术语“位置”是指物体或物体的一部分在三维空间中的定位(如,沿笛卡尔x、y和z坐标的三个平移自由度)。术语“方位”是指物体或物体的一部分的旋转位置(如,三个旋转自由度——滚转、俯仰和偏转)。术语“姿势”是指物体或物体的一部分在至少一个平移自由度上的位置,以及该物体或物体部分在至少一个旋转自由度上(总自由度可达6个)的方位。术语“形状”是指沿着物体测量的一组姿势、位置或方位。

[0035] 术语“操作者”应理解为包括任何可能正在执行或协助手术的人,因此包括内科医生、外科医生、医生、护士、医疗技术人员和本技术的其他用户。术语“患者”应被视为包括正在被进行手术的人类和/或非人类(如动物)患者。

[0036] 柔性细长装置的介绍

[0037] 图1A-C是根据本技术的一些实施方式配置的柔性细长装置100的简化图。本节提供了柔性细长装置100的某些特征的概述,并且以下部分涉及用于在操作期间选择性地致动柔性细长装置100的控制元件的概述。

[0038] 首先参考图1A,柔性细长装置100可以包括近侧节段102、远侧节段104以及它们之间的过渡节段106。柔性细长装置100包括柔性主体110,该柔性主体110具有柔性壁,该柔性壁具有从柔性主体110的内表面延伸到外表面的厚度。主管腔111(也称为“工作管腔”)可以在柔性主体110内延伸通过近侧节段102、过渡节段106和远侧节段104。主管腔111可以为要插入穿过柔性主体110的工具提供递送通道。工具的示例包括医疗器械,诸如内窥镜、活检工具、成像探针、消融装置、化学物质递送机构等。

[0039] 如图1A所示,多个控制元件管腔112可以沿着柔性主体110的长度延伸。在该实施方式中,多个控制元件管腔112围绕柔性壁中的主管腔111圆周地布置。在一些实施方式中,传感器管腔119也延伸穿过柔性主体110的柔性壁。传感器管腔119可以从柔性细长装置100的近端102延伸,穿过过渡节段106,终止于远侧节段104的远端。柔性主体110可以包括用于电线、纤维、传感器、工具等的各种其他类型的管腔。可选地,柔性主体110可以包括通用管腔,该通用管腔可以用于各种目的,包括同时容纳多个工具、控制元件、传感器等。

[0040] 在每个控制元件管腔112内,导管123(例如,盘管)可以延伸穿过柔性主体110的近侧节段102,从而提供控制元件121延伸穿过的通道。控制元件121的示例包括拉线、腱索(tendon)、推杆等。导管123可以终止于过渡节段106在远侧节段104近侧处。因此,控制元件121可以在过渡节段106处延伸出导管123,通过控制元件管腔112进入远侧节段104,然后附接到远侧支架122。控制元件121可用于致动柔性细长装置100的远侧节段104,这将在下文中进一步描述。在该示例中,如图1B-1C所示,四个控制元件121可以设置在控制元件管腔112内并且围绕柔性细长装置100的圆周均匀地间隔开。

[0041] 如下面进一步讨论的,传感器管腔119和控制元件管腔112可以以各种方式布置在主管腔111周围。在图1B所示的示例中,包括传感器管腔119和一组控制元件管腔112的管腔

对被示为分布在主管腔111周围。在该示例中,主管腔111被示出为圆角正方形,但是应当理解,主管腔111可以是任何形状。控制元件管腔112被示出为围绕圆角正方形等距间隔,但不是沿着形成主管腔111的圆角正方形的每一侧居中。此外,传感器管腔119不是沿着主管腔111的侧面居中的。然而,应当理解,不同数量和/或布置的控制元件管腔112是可能的。例如,控制元件管腔112可以围绕柔性细长装置的圆周不均匀地间隔开和/或相对于非圆形管腔的侧面居中,如下面进一步讨论的。

[0042] 如参考图1C进一步讨论的,轴向支撑结构124可以具有凹槽,部件可以可滑动地插入到凹槽中。在该示例中,控制元件管腔112位于相应的凹槽113中,而传感器管腔119位于相应的凹槽120中。远侧支架122可以固定地附接到柔性细长装置100的远端,并且每个控制元件121可以固定地附接到远侧支架122,但是以其他方式允许在轴向支撑结构124中的相应凹槽内浮动。其他凹槽可以布置在轴向支撑结构124的圆周周围,以容纳用于摄像机的电缆束、照明纤维、形状传感器等。

[0043] 尽管在图1A中轴向支撑结构124被图示为具有脊状结构,但是其他结构也是可能的。例如,轴向支撑结构124可以由类似于近侧节段102中的导管123的导管组成。尽管这些导管123同心地布置在控制元件121周围以抵消施加到控制元件121的致动力,但是轴向支撑结构124的导管可以偏离控制元件121(如,位于柔性主体110的圆周周围的不同位置处)以允许轴向支撑结构24响应于致动力而弯曲。另外地或可选地,轴向支撑结构124的导管可以比近侧节段102中的导管123更柔性(如,更小的直径和/或用更小规格的线材构造)。在一些实施方式中,轴向支撑结构124形成为包围主管腔111的单个大线圈。

[0044] 在一些实施方式中,管腔111、112、119中的一个或多个是锁止的(keyed)。也就是说,管腔的至少一部分可以具有非圆形横截面形状,其防止或限制具有匹配的非圆形横截面形状的工具(如,医疗器械、传感器、纤维、电线或致动元件)在插入穿过管腔时的旋转。这里,如图1B所示,主管腔111的近侧节段102是锁止的。特别地,主管腔111具有圆角正方形横截面形状,其支撑四个锁止方位。

[0045] 在一些实施方式中,定位传感器126延伸穿过传感器管腔119。定位传感器126的一个示例是形状传感器(如,光纤)。与导管123一样,定位传感器126可以在柔性细长装置100的一端或两端受到约束(如,固定地附接和/或防止轴向滑动)。在一些实施方式中,定位传感器126固定地附接到远侧支架122,但在传感器管腔119内自由浮动。在一些实施方式中,在致动器130内固定定位附件和柔性细长装置100的近端之间提供服务(service)环,以适应由于弯曲而引起的传感器管腔119的变化长度。可选地,服务环可以设置在致动器130和柔性细长装置100的远端之间,或者设置在柔性细长装置100内。

[0046] 在一些实施方式中,管腔111、112、119的横截面形状在近侧节段102和远侧节段104之间改变。例如,主管腔111可以锁止在近侧节段102内,而在远侧节段104内被解开。如图1C所示,主管腔111可以在远侧节段104中被解开,具有圆形横截面形状,该圆形横截面形状不限制插入其中的工具的旋转。

[0047] 类似地,管腔111、112、119的直径可以在近侧节段102和远侧节段104之间变化。因此,管腔111、112、119在过渡节段106中可以是锥形的,以提供不同直径和/或不同横截面形状之间(如,近侧上的锁止管腔和远侧上的解开管腔)的逐渐过渡。

[0048] 在一些实施方式中,柔性主体110的柔性壁在近侧节段102和远侧节段104之间变

化。例如,所需的弯曲柔性和/或压缩强度可以基于患者解剖结构内的潜在定位而沿着柔性细长装置100的长度变化。因此,柔性壁可以包括多个层,这些层可以在柔性壁的近侧节段内和柔性壁的远侧节段内变化。

[0049] 柔性细长装置100可以通过医疗器械系统导航到患者解剖结构内的目标部位。当柔性细长装置100导航患者解剖结构时,定位传感器126可以生成表示柔性细长装置的远侧节段104的位置、方位、速度、速率、姿势和/或形状的数据。如下面关于图10A-10B进一步讨论的,该数据可以被发送到导航系统,该导航系统向操作者提供实时位置信息,该实时位置信息可以用于进一步导航患者解剖结构和/或致动远侧节段104。

[0050] 如前所述,可以通过向控制元件121施加致动力(如,通过以不相等的方式拉动和/或推动控制元件121)来致动远侧节段104。施加致动力将导致远侧节段104在由净扭矩限定的方向上弯曲。致动力可以手动地、自动地(robotically)等施加。可以使用定位在柔性细长装置100的近端处的一个或多个致动器130来施加致动力。多个致动器130中的每个致动器可操作以控制多个控制元件121中的相应控制元件。在一个示例中,控制元件121可以是腱索或拉线,使得致动器130提供腱索或拉线内的张力变化。

[0051] 导管123可以将施加至控制元件121的制动力从柔性细长装置100的近端转移至过渡节段106处近侧节段102的远端。因此,即使当向控制元件121施加不相等的致动力时,在近侧节段102内也可能出现小的致动力。在一些实施方式中,导管123是柔性的,以保持近侧节段102的柔性。

[0052] 沿着柔性细长装置100的近侧节段102的长度的任何弯曲都将导致控制元件管腔112的长度变化。例如,参考图1A,如果柔性主体110以向下运动弯曲,则柔性主体110的下部上的控制元件管腔112的长度将减小,而柔性主体110的上部上的控制元件管腔112的长度将增加。因此,可能需要导管123在控制元件管腔112内轴向滑动。在一些实施方式中,导管123在致动器130内的柔性细长装置100的近端处被约束(例如,被固定和/或被防止沿着导管纵轴向近侧滑动),并且终止于过渡节段106处。在这些实施方式中,在过渡节段106内,止动件125可以联接在止动件125的近侧上的导管123和止动件125的远侧上的轴向支撑结构124之间。止动件125防止导管123沿着柔性细长装置100向远侧位移。可选地,导管123可以被固定到止动件125。在国际申请号PCT/US2018/043041中提供了有关止动件的进一步信息,其通过引用以其整体并入本文。

[0053] 在远侧节段104内,轴向支撑结构124可以被配置为响应于施加到控制元件121的致动力而弯曲。因此,当向控制元件121施加不相等的致动力时,远侧节段104将在由净扭矩限定的方向上弯曲。轴向支撑结构124支撑远侧节段104抵抗由施加到控制元件121的致动力产生的轴向负载。特别地,轴向支撑结构124可以防止或减少远侧节段104在轴向负载下的变形、压缩和/或塌陷。

[0054] 建模控制元件的张力

[0055] 在一个实施方式中,为了在期望的方向上致动远侧节段,必须以这样的方式将张力施加到多个控制元件,使得作用在远侧节段上的净扭矩将引起在期望方向上的运动。为了说明的目的,下面参考图2A-2B和图3描述了图示净扭矩如何影响运动的几个模型。

[0056] 例如,图2A是示出如何使用单个控制元件204致动具有柔性主体202的柔性细长装置200的远侧节段的模型的简化图。当致动力被施加到控制元件204时(如,通过拉动控

制元件204的近端以增加张力),柔性主体202的远侧节段将在期望的方向206上弯曲。当致动力减小时(如,通过减小控制元件204中的张力),柔性主体202的远侧节段将恢复到初始配置,并且取决于柔性主体202的刚度,可以弯曲远离期望的方向206。在图2A中, \vec{r}_1 表示从在柔性主体202中限定的主管腔208的中心到控制元件204的径向位置的矢量。

[0057] 如上所述,柔性细长装置(诸如图1A的柔性细长装置100)可以包括多个控制元件,这些控制元件协同工作以致动远侧节段。例如,图2B是示出如何使用多个控制元件254致动具有柔性主体252的柔性细长装置250的远侧节段的模型的简化图。这里,柔性细长装置250包括四个控制元件——控制元件1、控制元件2、控制元件3和控制元件4。柔性细长装置250的其他实施方式可以包括多于四个的控制元件或少于四个控制元件。

[0058] 因为控制元件254关于柔性主体252中的主管腔258对称地布置,所以所有控制元件254将具有相同的杠杆臂。也就是说, r_1 、 r_2 、 r_3 和 r_4 将是一样。如果控制元件254具有相同的性质(如,由相同的材料组成,具有相同的厚度等),则所有控制元件254将具有对柔性细长装置250的相同控制权限。更具体地,当以相同的方式致动时,所有的控制元件254将能够实现相同的最大张力、相同的弯曲力矩(即,关于 \vec{x} 和 \vec{y} 的扭矩)和相同的总位移(即,在正方向和负方向上的弯曲方面)。因此,当操作者提供指示在期望的方向256上致动柔性细长装置250的远侧节段的指令的输入以产生适当的净扭矩时,致动力将需要施加到多个控制元件。由于控制元件254的对称布置,为了使柔性细长装置250沿着 \vec{y} 弯曲,可以通过向控制元件3和控制元件1施加相等的致动力来实现适当的净扭矩,其中增加控制元件3中的张力和减小控制元件1中的相同张力将导致在控制元件3的方向上的弯曲。类似地,增加控制元件1中的张力和减少控制元件3中的张力将导致在控制元件1的方向上的弯曲,并且控制元件2和4中的张力的控制将导致沿着 \vec{x} 的弯曲。

[0059] 然而,如果柔性细长装置的结构导致一些控制元件比其他控制元件被更多地承受负担(tax),则这种对称控制将丢失。例如,图3是在远侧节段具有不对称负载的柔性细长装置300的模型的简化图。在该实施方式中,沿着柔性主体302的给定侧延伸的管腔306包含具有比柔性主体302更高刚度的部件(如,工具、用于摄像机的电缆束等)。由于刚度的增加,柔性主体302将沿着给定侧经历增加的负载,这意味着与管腔306相对的控制元件(如,控制元件3和控制元件4)在一些情况下将不得不施加更大的致动力,因为这些控制元件需要克服增加的负载。例如,与控制元件1和2将需要施加以将远侧尖端朝向指定位置310移动的致动力相比,控制元件3和4将需要施加更大的致动力以将远侧尖端朝向期望位置308移动。为了鉴定与管腔306相对的控制元件,定义了从主管腔308的中心到附加负载(如,附加部件)的位置的矢量(r_p)。然后,鉴定与该矢量正交的轴。

[0060] 由于沿着给定侧的增加的负载,当所有控制元件施加相同的致动力(如,处于相同的张力)时,在柔性主体302的远侧尖端处将存在非零净扭矩。因此,如果柔性细长装置500被命令进入跛行状态(如,所有控制元件中的张力减小),则管腔506的增加的负载仍将在装置上产生扭矩,并且在一些示例中,装置可能在患者解剖结构上引起不期望的接触或力。下面的讨论提供了各种技术来解决这种不对称的负载条件。

[0061] A. 控制元件的机械平衡

[0062] 恢复控制对称性的一种方法是机械地平衡柔性细长装置400的构造。例如,图4是

根据本技术的实施方式配置的柔性细长装置400的简化图。更具体地,图4示出了如何可以通过定位柔性细长装置400的控制元件(一个或多个)来保持控制对称性,这些控制元件布置在与导致控制不对称的负载相对的半平面中。与图3的柔性细长装置300非常相似,柔性细长装置400包括一系列控制元件404,这些控制元件404围绕柔性主体402的圆周均匀地间隔开(如,每个分开90度)。参照图4,示出了负载P,其表示导致不平衡构造的不对称元件。负载P可以来自管腔406,管腔406包含沿着柔性主体402的给定侧延伸的一个或多个部件(如,用于摄像机的电缆束、纤维、器械、工具)。管腔406和/或部件可导致额外的刚度,导致柔性主体402由于包括部件而导致的刚度增加而沿着给定侧经历负载。负载P可以表示不对称定位的管腔、保持在不对称管腔内的部件、在主管腔410内递送的部件(其中部件与主管腔410的中心轴线偏移地递送或者部件具有不平衡构造)和柔性主体402的结构不对称(如,材料的不对称使用或柔性主体壁的不均匀厚度)的组合。

[0063] 为了抵消负载,位于与引起增加的负载的部件径向相对的控制元件可以定位在离柔性主体402的中心纵向轴线更远的径向位置,以抵消增加的负载的方式来增加相应的杠杆臂。例如,与控制元件1和控制元件2相比,控制元件3和控制元件4已经被定位在离柔性主体402的纵向轴线更大的径向距离处,使得杠杆臂(R_3 和 R_4)共同抵消控制元件1(r_1)、控制元件2(r_2)和负载(r_p)的杠杆臂。另外地或可选地,布置在与引起增加的负载的部件(如,管腔406)相同的半平面中的控制元件(如,控制元件1和控制元件2)可以位于更靠近柔性主体402的纵轴。为了提供用于控制元件404的管腔的不均匀径向间隔,柔性主体402的厚度可以是不对称的。因此,柔性主体402的厚度可以变化以容纳所有的控制元件404。控制元件404应当以这样的方式径向定位,使得主管腔410保持可用于工具和器械的递送。

[0064] 控制元件404的期望径向位置可以通过将负载的刚度建模为弯曲角度的函数,然后假设管腔406相对于x轴和y轴的已知圆周位置来确定。当需要考虑与多于一个部件相关的负载时,建模可能特别有用。作为示例,柔性细长装置可以包括用于摄像机的电缆束和沿着柔性主体的相对侧的单个照明纤维。在这样的实施方式中,建模刚度可能有助于确立受到照明纤维的负载部分抵消的电缆束的负载如何影响净扭矩。

[0065] 另外地或可选地,控制元件404可以具有不同的性质,其可以平衡控制不对称。例如,控制元件的第一子集(如,控制元件1和2)可以是具有第一直径的张紧线,而控制元件的第二子集(如,控制元件3和4)可以是具有不同于第一直径的第二直径的张紧线。可以选择第一和第二直径以减轻不对称对柔性细长装置400的远侧节段中的弯曲的影响。作为另一示例,控制元件的第一子集(如,控制元件1和2)可以由第一材料构成,而控制元件的第二子集(如,控制元件3和4)可以由不同于第一材料的第二材料构成。可以选择第一和第二材料以减轻不对称对柔性细长装置400的远侧节段中的弯曲的影响。在一些实施方式中,取决于柔性细长装置400的构造以及要在柔性细长装置400的主管腔410内递送的工具和器械,控制元件404中每个可以由不同的材料和/或不同的直径构造。在一些实施方式中,控制元件404中的一个或多个包括位于近端(如,在柔性主体402内)的服务环。当通过主管腔410递送的器械弯曲时,服务环(一个或多个)可以有助于相应的控制元件(一个或多个)沿着外弯曲延伸。

[0066] 图5A和5B表示柔性细长装置500的示例,该柔性细长装置500包括部件,其在保持主管腔的同时以围绕柔性细长装置的周边不能均匀分布的数量提供。图5A是柔性细长装置

500的远侧节段的透视图,而图5B是柔性细长装置500的远侧尖端的简化横截面图。柔性细长装置500可以包括与上述柔性细长装置100的特征类似的数个特征。

[0067] 一起参考图5A和5B,柔性细长装置500可以包括轴向支撑结构502,该轴向支撑结构502具有穿过其限定的主管腔504。提供主管腔504以允许在手术期间递送工具。在一些实施方式中,轴向支撑结构502沿着其外表面具有凹槽506,从而允许部件或包含部件的管腔。例如,用于摄像机510(或摄像机头)的电缆束508被包含在位于这些凹槽506中的一个凹槽中的第二管腔512内。类似地,向目标部位提供光以通过摄像机更好地可视化的一对照明纤维514包含在位于沿着主管腔504的相对侧的对应凹槽506中的对应第二管腔512中。

[0068] 虽然第二管腔512被示出为具有圆形横截面形状并且摄像机(或摄像机头)510和对应的摄像机出口孔(被示出在远侧元件520内)被示出成具有正方形横截面形状,但是应当理解,第二管腔512和/或摄像机510的横截面形状可以是任意形状,包括圆形、卵形、正方形、矩形或任何其他多边形。通常地,电缆束508和照明纤维514被配置为漂浮在相应的管腔内,使得每个部件仅固定在柔性细长装置500的远端处或其附近。这种方法允许在柔性细长装置500的弯曲过程中产生最小的冲击,因为这些部件被承载在具有与控制元件516相似的轮廓的管腔中。摄像机510和照明纤维514的远端可以终止在柔性细长装置500的远端处并与远侧元件520基本上齐平地定位,如图5A中所示。然而,在可选实施方式中,摄像机510和/或照明纤维514的远端可以延伸超过柔性细长装置500的远端或远侧元件520或刚好终止于柔性细长装置500的远端或远侧元件520近侧。此外,在一些实施方式中,漫射器(未示出)可以定位在每个照明纤维514的远端的远侧,用于在光离开柔性细长装置500时对光进行漫射。在一些实施方式中,漫射器可以是光学粘合剂和氧化铝的混合物。然而,在其他实施方式中,漫射器可以由其他合适的材料组成和/或具有不同的布置。

[0069] 在所示的实施方式中,用于摄像机510的电缆束508和照明纤维514可以沿着它们自己的对应管腔沿着柔性细长装置500的长度向下延伸。然而,在其他实施方式中,电缆束508和照明纤维514可以在单个管腔内沿着柔性细长装置500的长度向下延伸。可选地,用于摄像机510的电缆束508和照明纤维514可以并入沿着柔性细长装置500的工作管腔504向下行进至细长装置的近端(未示出)的挠性电缆中。在进一步的实施方式中,挠性电缆可以在装置500的远端部分处离开细长柔性装置500的壁,并且沿着细长柔性装置500的外部延伸,该外部被可拉伸/柔韧的薄乳胶材料/层覆盖。这样的布置预计将消除在柔性细长装置500内沿着脊柱创建特定通道的需要。在仍其他实施方式中,电缆束508和/或照明纤维514可以沿着细长柔性装置500的长度具有不同的布置/配置。

[0070] 在柔性细长装置500的近端部分(未示出)处,电缆束508、照明纤维514和控制元件516可以全部可操作地联接到连接器(如,视觉探针连接器),该连接器离开细长柔性装置500的近侧壁。在一些实施方式中,柔性细长装置500可操作地联接到其上的近侧外壳可以包括(a)鸭嘴阀,该鸭嘴阀沿着或靠近穿过柔性细长装置500的通道定位,以密封液体不通过该装置回冲,以及(b)一个或多个T形连接器,以允许该装置结合抽吸和冲洗。代替一个或多个T形连接器,近侧外壳可以可选地包括toughy阀,或者在一些情况下,外壳和装置之间稍微紧一点的摩擦配合可能就足够了。在另外的实施方式中,该装置的近端部分还可以包括用于接收电缆束508/照明纤维514的部分的一个或多个袋,以保护这些敏感部件免受无意中暴露于液体或其他不希望的环境污染物的影响。然而,在其他实施方式中,装置的近端部

分和/或近侧外壳可以具有不同的布置/配置。

[0071] 返回参考图5A并且如上所述,形状传感器522也可以在第二管腔(未示出)内沿着柔性细长装置500的长度延伸。形状传感器522可以负责跟踪柔性细长装置500的远侧节段。

[0072] 用于提供致动控制的控制元件516可以沿着柔性细长装置500的长度从远侧尖端处的远侧支架518(也称为“控制环”)延伸到柔性细长装置500的近端处的相应致动器。每个致动器可操作以在单个自由度或多个自由度中移动柔性细长装置500的远侧节段。在该示例中,如在图5B的简化图中最佳地看到的,四个控制元件516围绕柔性细长装置500的圆周均匀地间隔开。

[0073] 虽然一些部件,例如控制元件516,可以围绕柔性细长装置500的周边对称地分布,但是其他部件将在保持主管腔504的同时以不能均匀分布的数量提供。例如,结合摄像机510、电缆束508和照明纤维514使得柔性细长装置500的远侧尖端处的横截面是非对称的。在非对称设计的情况下,当柔性细长装置500的远侧节段沿不同平面铰接时,惯性力矩将发生变化。这是由于柔性细长装置500沿着具有不平衡数量部件的侧面的刚度增加。

[0074] 为了提供照明,如图5A-5B所示,一对照明纤维514可以与摄像机510和摄像机束508正交(90度分离)定位。在一些未示出的实施方式中,照明纤维可以定位在离摄像机束508更远的圆周位置,例如,在摄像机束508和每个照明纤维514之间提供大于90度的分离。根据摄像机束508分布照明纤维514可以提供部件的更平衡的对称性。在一些实施方式中,照明纤维508相对于摄像机束508的位置可以基于照明纤维514中的每一个相对于摄像机束508的刚度。

[0075] 在一些实施方式中,照明纤维514在定位在离摄像机510更近的圆周位置时提供更有效的照明。因此,照明纤维514可以被集成到电缆束508中,使得照明纤维514被定位在摄像机510附近,或者照明纤维514可以被定位在第二管腔512内。

[0076] 图5C示出了根据本技术的实施方式配置的柔性细长装置500a的另一示例。具体地,图5C是柔性细长装置500a的远侧区域的透视图。柔性细长装置500a可以包括与上述柔性细长装置100和500的特征类似的数个特征。例如,柔性细长装置500a包括轴向支撑结构502a,该轴向支撑结构502a具有穿过其限定的主管腔504a。柔性细长装置500a与先前描述的装置的不同之处在于,柔性细长装置500a包括锥形远侧尖端部分520a。在不受理论约束的情况下,预计在一些手术中,锥形可以帮助改善对患者内的狭窄气道的进入。然而,锥形远侧部分520a是在一些实施方式中可能不存在的任选特征。

[0077] 图5D是柔性细长装置500a的远侧尖端部分的简化侧视图,以及先前参考图5A和5B描述的柔性细长装置500的远侧尖端部分的侧视图。如图所示,具有锥形远侧尖端部分520a和相应的控制环部分518a的柔性细长装置500a在轴向方向上比柔性细长装置500长(距离D)。如图所示,较短的柔性细长装置500的远侧尖端部分包括平坦或大致平坦的尖端(而不是锥形的),相应的控制区域518很大程度上集成在柔性细长装置500的远侧尖端部分内。在不受理论约束的情况下,进一步预期,在一些手术中,具有平坦尖端区域的柔性细长装置500的缩短的长度可以改善对一些患者内的较窄气道的进入。

[0078] 在一些实施方式中,通过在远侧尖端附近引导柔性细长装置的部件或为其选定路线,以实现柔性细长装置整个近侧节段和大部分远侧节段的更对称的弯曲,可以保持对称性,同时优化目标部位的照明。例如,图6A是具有照明纤维608的柔性细长装置600的透视

图,所述照明纤维608已经在正交于摄像机/摄像机束610的圆周位置处沿着柔性细长装置的近侧节段和大部分远侧节段选定路线,但是选定路线至在远侧尖端附近的更靠近摄像机(或摄像机头)610的圆周方向位置。在该示例中,柔性细长装置600包括一对照明纤维608。然而,柔性细长装置600的其他实施方式可以包括多于两个照明纤维608或少于两个照明纤维608。例如,柔性细长装置600可以包括已经在远侧尖端附近重新选定路线的单个照明纤维。

[0079] 与上面参考图5A和5B描述的柔性细长装置500非常相似,图6A中所示的柔性细长装置600包括轴向支撑结构602,该轴向支撑结构602具有穿过其限定的主管腔604。然而,如上所述,柔性细长装置600的部件从近侧节段处的第一圆周位置选定路线到远侧尖端附近的不同圆周位置。因此,其中具有照明纤维608的一对管腔606可以置于沿着轴向支撑结构602的圆周相对侧的凹槽中,然后在远侧尖端附近选定路线,以便每个照明纤维608的远端刚好与摄像机610相邻定位。

[0080] 具有在其中限定的孔的远侧元件612可以用于帮助对照明纤维608进行选定路线。如图6B所示,远侧元件612可以包括与主管腔604基本一致(例如,在形状和尺寸方面)的孔614、摄像机610延伸穿过的孔616以及照明纤维608延伸穿过的一对孔618。虽然摄像机610和相应的摄像机出口孔被示出为具有正方形横截面形状,并且摄像机束、摄像机束管腔、照明纤维608和照明纤维管腔被示为圆形,但是应当理解,所有横截面形状可以是任何形状,包括圆形、卵形、正方形、矩形或任何其他多边形。虽然包含照明纤维608的管腔可以与包含用于摄像机610的电缆束的管腔正交,但是用于照明纤维608和摄像机610的孔616、618可以彼此相邻。这种方法可以使柔性细长装置600的横截面形状关于一对管腔606所在的中心平面非对称。摄像机610和照明纤维608的远端可以终止于柔性细长装置600的远端,并且定位成与远侧元件612基本齐平,如图6A所示。在可选的实施方式中,摄像机610和/或照明纤维608的远端可以延伸超过柔性细长装置600的远端或远侧元件612或就在其近侧终止。

[0081] 多个控制元件620可以沿着轴向支撑结构602延伸。控制元件620围绕轴向支撑结构602在圆周上间隔开。在一些实施方式中,控制元件620以均匀的间隔径向间隔开,而在其他实施方式中,控制元件620以不均匀的间隔径向间隔开。在一些实施方式中,柔性细长装置600还包括位于轴向支撑结构602的另一凹槽中的形状传感器622。包含形状传感器622的凹槽和包含用于摄像机610的电缆束的凹槽可以形成在轴向支撑结构602的圆周相对侧上。形状传感器622可以定位在优化平衡对称性的圆周位置处。

[0082] 返回参考图6A,用于摄像机610的电缆束可以在与控制元件620基本平行的方向上沿着轴向支撑结构602延伸。同时,每个照明纤维608的近侧部分可以沿着轴向支撑结构602在与用于摄像机610的电缆束和控制元件620基本平行的方向上延伸,而每个照明纤维608的远侧部分可以在与用于摄像机610的电缆束和控制元件620不平行的方向延伸。

[0083] 在附加的实施方式中,细长柔性装置600可以包括锥形远侧尖端部分(类似于上面参照图5C示出和描述的锥形布置)或缩短的远侧尖端部分(类似于以上参照图5D示出并描述的布置)。

[0084] B. 柔性细长装置的预负载控制方案

[0085] 恢复对称性的另一种方法包括改变用于管理柔性细长装置的控制元件的控制方案。例如,一种选择涉及改变施加到每个控制元件的致动力,使得当所有控制元件处于给定

张力(例如,最小张力)时,一系列控制元件将共同施加抵消增加的负载的弯曲力矩。这种方法可以被称为“预负载”,因为当柔性细长装置被命令进入跛行状态时,增加的负载将通过一些控制元件的张力高于其他控制元件来补偿。

[0086] 在确定有效预负载所需的致动力的量时,控制系统可以首先确定校正因子,以补偿柔性细长装置(例如,柔性细长装置500)的不对称条件。控制系统可以通过建立维持给定尖端位置所需的张力来确定校正因子。例如,控制系统可以将柔性细长装置的远侧尖端移动到零位置,然后测量必须施加到每个控制元件以保持零位置的张力。本文使用的术语“零位置”可用于指校准可以开始的任何位置。零位置的一个示例是笔直位置,在该位置远侧尖端没有经历弯曲。换句话说,控制系统可以确定必须施加到每个控制元件以确保柔性细长装置的远侧尖端经历净零扭矩的张力。注意,虽然在一些实施方式中,校正因子可以在任何时候建立或更新,但通常,当柔性细长装置位于自由空间中的活体外部时,例如,在制造或校准阶段期间,建立校正因子。

[0087] 图7是根据本技术的实施方式的用于确定校正因子以补偿具有多个控制元件的柔性细长装置的不对称条件的方法700的流程图。方法700被示出为一组步骤、操作或过程701-703,并且另外参考图5A进行描述。通过执行方法700,控制系统可以表征必须施加到柔性细长装置的控制元件以补偿不对称条件的张力。总的来说,张力是校正因子的代表。方法700可以在制造期间(即,在部署之前)由控制系统执行。另外地或可选地,方法700可以在手术之前的运行时间期间由控制系统执行(例如,作为校准操作的一部分)。

[0088] 为了说明的目的,假设具有多个控制元件的完全对称的柔性细长装置要被控制到最小张力(T_{MIN})。为了将该柔性细长装置保持在零位置,可以将相同的预负载张力施加到多个控制元件,因为柔性细长装置在其远侧尖端处自然具有净零扭矩(并且因此具有笔直的中性位置)。然而,当将以不对称方式增加负载的部件添加到柔性细长装置时,柔性细长装置在其远侧尖端处将不再具有净零扭矩。相反,柔性细长装置将经历朝向负载的自然弯曲和远离负载弯曲的自然阻力。为了抵消负载,可以根据校正因子将预负载张力施加到多个控制元件。如上所述,校正因子将改变张力对称性,使得当柔性细长装置处于零位置时,远侧尖端将再次经历净零扭矩。这种校正可以独立于所采用的主动负载策略来执行。主动负载策略的示例包括控制到最小张力(T_{MIN})、最大张力(T_{MAX})和中点张力(T_{MID})。因此,施加到多个控制元件以抵消不对称负载的“预负载张力”可以是不相等的最小张力或不相等的非最小张力。关于控制到不同张力的进一步信息可以在国际申请PCT/US2018/050151中找到,该申请通过引用以其整体并入本文。

[0089] 考虑的一个方面是,校正因子将基本上“消耗”每个控制元件可用的总张力预算的一部分,因为一些控制元件将具有比其他控制元件更高的预负载张力。总张力预算可以认为是从防止松弛的最小张力到导致断裂的最大张力的范围。

[0090] 从步骤701开始,控制系统可以在没有补偿的情况下(如,没有校正因子或任何预负载)被初始配置为将柔性细长装置的远侧尖端移动到尖端位置。为了实现这一点,控制系统可以控制可操作地联接到控制元件的致动器,使得施加到每个控制元件的张力不低于最小张力(T_{MIN})。因此,在使用柔性细长装置时,每个控制元件可能总是经历一些张力,以防止延迟响应的松弛。可以在控制系统的编程中设置最小张力(T_{MIN})。

[0091] 在方法700的步骤702,控制系统可以测量并记录每个控制元件需要施加以维持尖

端位置的张力。例如,为了维持尖端位置,控制系统可以发现必须将第一量的张力施加到第一控制元件或控制元件的子集,而必须将第二量的张力施加到第二控制元件或控制元件的子集。此后,在步骤703,控制系统可以基于跨多个控制元件的张力差和/或在特定弯曲角度下测量的拉线张力的相关性来确定校正因子。在高水平上,校正因子导致不相等的张力被施加到多个控制元件,作为预负载条件的一部分,该预负载条件被设计为补偿在远侧尖端处柔性细长装置经历的不对称负载。

[0092] 在一些实施方式中,控制系统将柔性细长装置的远侧尖端移动到单个尖端位置,例如零位置,以确定校正因子。在其他实施方式中,控制系统将柔性细长装置的远侧尖端移动到多个尖端位置,并为每个尖端位置确定单独的校正因子。例如,控制系统可以以诸如30度增量、15度增量、10度增量等增量运动沿着一个或多个命令平面移动柔性细长装置的远侧尖端。在一些实施方式中,柔性细长装置的远侧尖端的致动是俯仰和偏转方面的。在一些实施方式中,增量运动使柔性细长装置的远侧尖端在正方向和负方向上弯曲。例如,远侧尖端可以在偏转方向上弯曲正30度,然后在偏转方向上弯曲负30度,和/或在俯仰方向上弯曲正30度,然后在俯仰方向上弯曲负30度。因此,方法700可以连续执行多次,以确定多个尖端位置的校正因子。在这样的实施方式中,控制系统可以创建耦合矩阵(coupling matrix)(也称为“校准矩阵”或“特征矩阵”),该矩阵为每个控制元件指定柔性细长装置的远侧尖端的多个不同位置的最小张力水平。特征矩阵可以代表包括为柔性细长装置生成的校正因子(一个或多个)的数据结构。

[0093] 在一个实施方式中,远侧尖端位置由命令的远侧尖端位置确定。另外地或可选地,通过测量的远侧尖端位置来确定远侧尖端位置,所述测量的远侧尖端位置根据位置传感器(例如,定位传感器或定位传感器组,例如EM,或测量形状的光纤传感器)生成的数据来确定,所述位置传感器沿着柔性细长装置延伸和/或联接到柔性细长装置以确定远侧尖端的位置。当柔性细长装置的远侧尖端移动时,位置传感器可用于测量铰接平面相对于命令平面。在一些实施方式中,通过基于由形状传感器生成的数据确定远侧尖端的位置来生成特征矩阵。

[0094] 如上所述,通过将柔性细长装置的弯曲与控制元件中的张力相关联,可以通过实验产生特征矩阵中的预负载张力。在一些实施方式中,除了测量的数据点之外,特征矩阵还可以包括通过使用弯曲对张力的线性或正弦拟合来计算测量的弯曲位置之间的中间弯曲位置处的张力的计算的数据点。例如,可以从负90度到正90度的30度增量测量和记录不同弯曲位置的张力,以创建初始特征矩阵。然后,通过使用测量数据的线性或正弦拟合来外推张力,可以更新特征矩阵以包括在负90度到正90度范围内以15度增量的计算的张力。在可选实施方式中,测量的张力可用于生成补偿校正因子的曲线,所述补偿校正因子表示单自由度的弯曲或表示2个自由度测量的表面,从而提供作为弯曲角度的函数的张力。

[0095] 可选地或除了提供与静态弯曲位置的相关性之外,还可以通过施加变化的速度和/或加速度并随后执行正弦表征来创建特征矩阵以包括动态效应。速度和/或加速度可以是命令的速度/加速度,或者可以根据柔性细长装置的形状传感器生成的数据来计算。在一个示例中,可以基于如上所述的静态弯曲测量来生成初始特征矩阵或特征曲线/表面。柔性细长装置然后可以被命令以不同的速度/加速度通过指定的轨迹移动,应用基于初始特征矩阵/曲线/表面的静态校正因子。然后可以生成动态特征矩阵/表面/曲线,提供柔性细长

装置位置相对于速度的函数。动态特征矩阵/表面/曲线可用于生成将在柔性细长装置的操作期间应用的动态校正因子。

[0096] 在一些实施方式中,假设制造工艺基本一致,可以使用代表性柔性细长装置一次性填充每个特征矩阵,然后随后将其应用于类似的柔性细长装置。在一些实施方式中,对每个柔性细长装置的预负载张力进行表征,以创建个性化特征矩阵,每个特征矩阵可以被相应的医疗器械系统访问。例如,为给定的柔性细长装置创建的个性化特征矩阵(例如,作为校准操作的一部分)可以存储在给定柔性细长装置是其一部分的医疗器械系统的存储器中。

[0097] 在一些实施方式中,预负载张力是基于包括在柔性细长装置中的部件(例如,照明纤维、电缆束和形状传感器)的刚度和几何形状计算的。因此,代替测量将远侧尖端维持在各个尖端位置所需的张力,可以使用模型和/或反馈线性化来创建特征矩阵,其中独立地表征引起不对称的部件(一个或多个)的刚度,然后使用刚度的影响来计算适当的预负载张力。基于反馈的模型对于更复杂的不对称形式可能是有用的,这些不对称形式导致为尖端角度函数的不对称行为。可以通过实验确定部件(一个或多个)的表征,或可以基于力学性质计算部件(一个或多个)的表征。

[0098] 在确定柔性细长装置的校正因子之后,可以在柔性细长装置操作期间应用校正因子以补偿不对称条件。图8是示出根据本技术的实施方式用于在不对称条件下操作具有多个控制元件的柔性细长装置的方法800的流程图。方法800被示出为一组步骤、操作或过程801-804,并且另外参考图5A进行描述。

[0099] 从步骤801开始,控制系统可以首先确定校正因子,以补偿柔性细长装置(例如,柔性细长装置500)的不对称条件。如先前参考图7所讨论的,控制系统可以通过发现维持给定尖端位置所需的张力来确定校正因子。

[0100] 在一些实施方式中,校正因子可以基于描述相应的柔性细长装置的条件其他信息,或者通过描述相应的柔性细长装置的条件其他信息来改变。此类信息的示例包括年龄、使用次数、清洁次数等。可以基于该信息来确定新的校正因子,或者可以改变在步骤801确定的校正因子。在一些实施方式中,通过测量不同年龄、使用次数和清洁次数的柔性细长装置的效果,经验地确定新的校正因子或改变。在其他实施方式中,基于年龄、使用和/或清洁对柔性细长装置及其部件的刚度的影响来计算改变。

[0101] 在一些实施方式中,控制系统可以确定柔性细长装置的类型或条件,以确定应用哪个校正因子或如何改变校正因子。例如,柔性细长装置的类型和关于柔性细长装置条件的信息可以存储在联接到柔性细长装置上的存储器装置上。因此,医疗器械系统可以能够自动检测柔性细长装置本身并识别类型和条件。例如,医疗器械系统可以能够检测要使用的柔性细长装置的类型、条件(例如,年龄、使用次数、清洁次数、消毒次数等),然后基于柔性细长装置的类型和条件建立/导出适当的校正因子。

[0102] 在步骤802,控制系统可以基于校正因子向多个控制元件(例如,控制元件516)施加多个张力。这些张力可被称为“预负载张力”。如上所述,校正因子将提供用于在不相等的预负载下保持多个张力,以补偿不对称性。这种方法预计将通过设置在更高预负载张力下的控制元件而比设置在较低预负载张力的控制元件更快地实现最大张力(T_{MAX})。为了抵消这一点,一些控制元件(例如,布置在与被抵消的负载相对的半平面中的那些控制元件,例

如图5A的靠近形状传感器522的控制元件516)可以被机械地设计/选择以实现更高的最大张力(例如,具有更厚的直径,由不同的材料组成,等等)。

[0103] 在一些实施方式中,控制系统能够监测工具是否已经部署通过延伸通过柔性细长装置的管腔,并且可以响应于不对称工具已经插入主管腔或另一管腔的确定而改变校正因子。在一个实施方式中,可以实时地改变校正因子。在可选实施方式中,可以为不同的工具创建一系列校正因子。例如,与不同目的相关联的不同类型的不对称工具可以根据经验进行表征,然后将所得到的校正因子存储在数据存储中。适当的校正因子可以由控制系统响应于确定当前正使用的工具类型而获得。例如,在确定操作者已经指示将通过柔性细长装置的主管腔部署给定类型的不对称工具时,相应的控制系统可以访问数据存储以获得与给定类型的不对称工具相关联的校正因子。

[0104] 因此,在方法800的步骤803,控制系统可以确定工具已经通过管腔部署。例如,操作者可以负责指示工具已经插入管腔(例如,通过输入与工具相关的信息或通过扫描与工具相关联的人可读或机器可读代码)。作为另一个例子,柔性细长装置是其一部分的医疗器械系统可以能够自动检测工具何时被插入管腔(例如,利用光学传感器、压力传感器、电磁传感器等)。在一些实施方式中,该系统可以能够确定(例如,基于操作者输入、传感器读数或存储在存储器装置内的工具上的信息)插入管腔内的工具的类型。关于工具的自动检测的进一步信息可以在国际申请号PCT/US2019/030974中找到,该申请通过引用以其整体并入本文。

[0105] 在一些实施方式中,该工具可以插入主管腔内,该主管腔中心延伸穿过细长柔性装置。该工具可以以不沿着细长柔性装置的中心轴线保持的方式插入,或者该工具可以具有在细长柔性装置上引起额外的不对称负载的不对称构造。在另一个实施方式中,偏移管腔(与柔性细长装置的中心轴线偏移的管腔)向柔性细长装置提供额外的不对称机械负载。

[0106] 在步骤804处继续,如果工具是不对称的或者被插入偏移管腔内,则控制系统可以基于工具的刚度特性来改变校正因子。为了建立刚度特性,控制系统可能需要获得、推断或生成关于工具的信息。例如,可以基于通过管腔部署的工具的类型来建立刚度特性。作为另一个示例,刚度特性可以基于通过工具的年龄、使用次数或清洁次数测量的工具的条件来建立。如果工具本身是不对称的,也可能需要改变校正因子。

[0107] 为了确定通过管腔部署的工具将对柔性细长装置远侧尖端处的负载产生什么影响(如果有的话),控制系统可以访问和/或使用能够确定影响的模型。例如,该模型可以包括一个或多个算法,该算法将与工具相关的信息(例如,类型、型号、年龄、使用次数、清洁次数、消毒次数等)作为输入,然后产生预期负载的估计作为输出。另外地或可选地,控制系统可以保存数据存储、查找表或矩阵,其包括过去在不同条件下对各种类型的工具进行测试的结果。为了填充数据存储,可以执行一系列测试,其中柔性细长装置使用具有其中包含的不同刚度特性的工具执行校准操作。例如,可以在第一年龄的第一工具部署在柔性细长装置中时执行第一校准操作,可以在第二年龄的第二工具部署在柔性细长装置中时执行第二校准操作,等等。可以基于数据存储中包含的结果来确定改变校正因子是否必需的(如果是必需的,还可以确定需要的改变量)。

[0108] 工具对柔性细长装置远侧尖端处的负载的影响也可能受到工具插入哪个管腔的影响。因此,根据工具的类型,系统可以基于柔性细长装置的几何配置和各种管腔的预期用

途来确定工具已经插入了哪个管腔。例如,系统可以基于关于工具类型的知识(例如,一些工具可能仅适用于主管腔,而其他工具可能适用于偏移管腔)来建立工具已经插入其中的管腔。工具的类型可以基于操作员输入、传感器输入或保存在存储器装置内的工具上的信息来确定。在可选实施方式中,传感器(光学传感器、压力传感器、电磁传感器等)可用于检测工具已插入哪个管腔。

[0109] 尽管方法800的步骤是按特定顺序讨论的,但图8中所示的方法800并不限于此。在其他实施方式中,方法800可以以不同的顺序执行。在这些和其他实施方式中,方法800的任何步骤可以在方法800的任意其他步骤之前、期间和/或之后执行。此外,相关领域的普通技术人员将认识到,方法800可以被改变并且仍然保持在本技术的这些和其他实施方式内。例如,在一些实施方式中,可以省略和/或重复方法800的一个或多个步骤。

[0110] 另一种选择涉及在使用柔性细长装置时实时地通过实验表征预负载条件所需的校正因子。例如,控制系统可以监测由形状传感器生成的数据,以确定柔性细长装置的远侧节段的实际位置与远侧节段应该位于的预期位置相匹配。在这样的实施方式中,控制系统可以根据需要改变预负载张力,使得实际位置与预期位置匹配。如果故障是由于致动器的损失而发生的,则控制系统可以检测到损失(例如,通过发现远侧节段的位置已经改变而没有附带的命令这样做),然后应用改变的校正因子来改变每个致动器上的阻尼,以平衡负载并防止“弹回”到患者解剖结构中。

[0111] 医疗器械系统概述

[0112] 图9是根据本技术的各种实施方式配置的远程操作医疗系统900的简化图。医疗系统900可以适用于例如外科手术、诊断、治疗或活检程序。尽管本文中关于这样的程序描述实施方式,但对医疗或外科器械或医疗或外科方法的任何提及都是非限制性的。本技术可用于动物、人体尸体、动物尸体、人体或动物解剖结构的部分和非手术诊断,以及工业系统和通用机器人、通用远程操作和机器人医疗系统。

[0113] 如图9所示,医疗系统900通常包括操纵器组件902,该操纵器组件902用于在对患者P执行各种程序时操作医疗器械904。例如,医疗仪器904可以分别包括图1A、5A和6A的柔性细长装置100、500和/或600。医疗器械904可以经由患者P的身体中的开口延伸进入患者P的身体内的介入部位。操纵器组件902可以是远程操作的,非远程操作的,或混合远程操作和非远程操作组件,其具有可以非电动和/或非远程操作的选择的运动自由度。操纵器组件902安装在手术台T上或手术台T附近。主组件906允许操作者O观察介入部位并控制操纵器组件902。

[0114] 操纵器组件902支撑医疗器械904,并且可以包括一个或多个非伺服控制连杆(例如,可以手动定位和锁定一个或多个连杆在适当位置,通常称为“设置结构”)和/或一个或多个伺服控制连杆(例如,可以响应于来自控制系统912的命令而被控制的一个或多个连杆)的运动学结构和操纵器。操纵器组件902可以包括多个致动器或马达,这些致动器或马达响应于来自控制系统912的命令来驱动医疗器械904上的输入。致动器可以包括驱动系统,当该驱动系统联接到医疗器械904时,可以将医疗器械904推进到自然或外科手术产生的解剖孔口中。其他驱动系统可以以多个自由度移动医疗器械904的远端,所述多个自由度可以包括三个线性运动度和/或三个旋转运动度。此外,致动器可用于致动医疗器械904的可铰接末端执行器。

[0115] 医疗系统900可以包括具有一个或多个子系统的传感器系统908,用于接收关于操纵器组件902和/或医疗器械904的信息。这样的子系统可以包括位置/定位传感器(如,电磁(EM)传感器系统);形状传感器系统,用于确定远端和/或沿着构成医疗器械904的柔性主体的一个或多个区段的位置、方位、速度、速率、姿势和/或形状;用于从医疗器械904的远端例如分别从图1A和5A的摄像机510或610捕获图像的可视化系统;以及致动器位置传感器,诸如解析器、编码器、电位计等,其描述控制医疗器械904的马达的旋转和方位。

[0116] 医疗系统900还包括用于显示介入部位和/或医疗器械904的图像或表示的显示系统910。显示系统910和主组件906可以被取向为使得操作者0可以利用远程呈现的感知来控制医疗器械904和主组件906。

[0117] 医疗系统900还可以包括控制系统912。控制系统912可以包括至少一个存储器和至少一个处理器,用于实现医疗器械904、主组件906、传感器系统908和显示系统910之间的控制。控制系统912还可以包括编程指令(如,存储指令的非瞬态机器可读介质),以实现根据本文公开的方面描述的一些或全部方法,包括用于向显示系统910提供信息的指令。虽然控制系统912在图9中被示为单个块,但控制系统912可以包括两个或更多个数据处理电路,其中处理的一部分在操纵器组件902上或邻近操纵器组件902执行,处理的另一部分在主组件906处执行,等等。控制系统912的处理器(一个或多个)可以执行与本文公开的过程相对应的指令。

[0118] 图10A是根据本技术的各种实施方式配置的医疗器械系统1000的简化图。医疗器械系统1000包括联接到驱动单元1004的细长柔性装置1002,诸如分别图1A、5A和6A的柔性细长装置100、500和/或600。细长柔性装置1002包括具有近端1017和远端或尖端部分1018的柔性主体1016。医疗器械系统1000还包括跟踪系统1030,用于使用一个或多个传感器和/或成像装置来确定远端1018和/或沿着柔性主体1016的一个或多个区段1024的位置、方位、速度、速率、姿势和/或形状,如下文进一步详细描述。

[0119] 跟踪系统1030可以任选地使用形状传感器1022来跟踪远端1018和/或一个或多个区段1024。形状传感器1022可以任选地包括与柔性主体1016对准的光纤(如,设置在内部通道(未示出)内或在外部安装)。形状传感器1022的光纤形成用于确定柔性主体1016的形状的光纤弯曲传感器。在一个可选方案中,包括纤维布拉格光栅(FBG)的光纤用于在一个或多个维度上提供结构中的应变测量。在美国专利第7,781,724号、美国专利第7,775,241号和美国专利第6,389,187号中描述了用于在三维中监测光纤的形状和相对位置的各种系统和方法,这些专利全部通过引用并入本文。在一些实施方式中,跟踪系统1030可以任选地和/或另外地使用位置传感器系统1020来跟踪远端1018。位置传感器系统1020可以是EM传感器系统的部件,其中位置传感器系统1020包括一个或多个导电线圈,该导电线圈可以经受外部生成的电磁场。在一些实施方式中,位置传感器系统1020可以被配置和定位为测量六个自由度(如,三个位置坐标X、Y和Z以及指示基点的俯仰、偏转和滚转的三个方位角)或五个自由度(如,三个位置坐标X、Y和Z以及指示基点的俯仰和偏转的两个方位角)。在美国专利第6,380,732号中提供了位置传感器系统的进一步描述,该专利通过引用整体并入本文。在一些实施方式中,光纤传感器可以用于测量温度或力。在一些实施方式中,温度传感器、力传感器、阻抗传感器或其他类型的传感器可以包括在柔性主体内。在各种实施方式中,一个或多个位置传感器(如,纤维形状传感器、EM传感器和/或类似物)可以集成在医疗器械1026

内,并用于使用跟踪系统1030跟踪医疗器械1022的远端或部分的位置、方位、速度、速率、姿势和/或形状。

[0120] 柔性主体1016包括通道1021,通道1021的尺寸和形状被设置为接收医疗器械1026。例如,图10B是根据一些实施方式延伸的具有医疗器械1026的柔性主体1016的简化图。在一些实施方式中,医疗器械1026可以用于诸如成像、可视化、手术、活检、消融、照明、冲洗和/或抽吸之类的程序。医疗器械1026可以通过柔性主体1016的通道1021部署,并在解剖结构内的目标位置处使用。医疗器械1026可以包括例如图像捕获探针、活检器械、消融工具、刺激/抽吸工具和/或其他外科、诊断或治疗工具,包括上述第二柔性器械(例如,图1A的导管或柔性细长装置100、图5A的柔性细长装置500或图6A的柔性细长装置600)。医疗器械1026可以从通道1021的开口前进以执行该过程,然后在该程序完成时缩回到通道1021中。医疗器械1026可以从柔性主体1016的近端1017移出,或者从沿着柔性主体1016的另一任选器械端口(未示出)移出。

[0121] 柔性主体1016还可以容纳在驱动单元1004和远端1018之间延伸的缆线、连杆或其他转向控件(未示出),以可控制地弯曲远端1018,例如,如远端1018的虚线描绘1019所示。在一些实施方式中,使用至少四根缆线来提供独立的“上下”转向以控制远端1018的俯仰,以及提供“左右”转向来控制远端1018的偏转。可操纵的细长柔性装置在美国专利第9452276号中进行了详细描述,该专利通过引用整体并入本文。在各种实施方式中,医疗器械1026(例如,图1A的柔性细长装置100、图5A的柔性细长装置500或图6A的柔性细长装置600)可以联接到驱动单元1004或单独的第二驱动单元(未示出),并且可以使用转向控制装置可控制地或自动地弯曲。

[0122] 来自跟踪系统1030的信息可以被发送到导航系统1032,在导航系统1032中它与来自图像处理系统1031的信息和/或术前获得的模型相结合,以向操作者提供实时位置信息。在一些实施方式中,实时位置信息可以显示在图9的显示系统910上,用于控制医疗器械系统1000。在一些实施方式中,图9的控制系统912可以利用位置信息作为用于定位医疗器械系统1000的反馈。在美国专利第8,900,131号中提供了用于使用光纤传感器来登记和显示手术器械与手术图像的各种系统,该专利通过引用整体并入本文。

[0123] 在一些实施方式中,医疗器械系统1000可以在图9的医疗系统900内进行远程操作。在一些实施方式中,图9的操纵器组件902可以由直接操作者控制来代替。在一些实施方式中,直接操作者控制可以包括用于手持操作仪器的各种手柄和操作者接口。

[0124] 示例

[0125] 在以下示例中阐述了本技术的几个方面。尽管在涉及系统、计算机可读介质和方法的示例中阐述了本技术的几个方面,但是本技术的这些方面中的任何方面都可以类似地在涉及其他实施方式中的任何系统、计算机可读介质和方法的示例中进行阐述。

[0126] 1. 非瞬态计算机可读介质,其上存储指令,当由计算系统的一个或多个处理器执行时,所述指令使得所述计算系统执行包括以下的操作:

[0127] 接收信号以通过致动联接到柔性细长装置的远端部分的多个控制元件移动所述柔性细长装置的远端部分到多个远侧尖端位置,其中所述柔性细长装置被配置为插入患者的解剖区域内;和

[0128] 记录所述多个控制元件中的多个测量的张力,以维持所述多个远侧尖端位置中的

每个。

[0129] 2. 根据示例1所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0130] 存储校正因子,所述校正因子至少部分地基于所述多个测量的张力;以及

[0131] 接收信号以通过将所述校正因子应用于致动所述多个控制元件的多个预负载张力来朝向目标操纵所述柔性细长装置,其中所述多个预负载张力维持在不相等的负载下。

[0132] 3. 根据示例2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个预负载张力是最小张力。

[0133] 4. 根据示例2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0134] 确定所述柔性细长装置的类型,其中所述校正因子至少部分地基于所述柔性细长装置的类型。

[0135] 5. 根据示例2所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0136] 确定所述柔性细长装置的条件,其中所述校正因子至少部分地基于所述柔性细长装置的条件。

[0137] 6. 根据示例5所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述柔性细长装置的条件是所述柔性细长装置的年龄、所述柔性细长装置的使用次数、所述柔性细长装置的清洁次数或所述柔性细长装置的消毒次数中的至少一个。

[0138] 7. 根据示例2或示例3所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0139] 确定工具被插入穿过所述柔性细长装置的管腔;

[0140] 确定所述工具的类型;并且

[0141] 确定所述工具影响不对称负载条件。

[0142] 8. 根据示例7所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述校正因子至少部分地基于所述工具的类型。

[0143] 9. 根据示例8所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0144] 确定所述工具的条件,其中所述校正因子至少部分地基于所述工具的条件。

[0145] 10. 根据示例1至9中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0146] 创建校准矩阵,所述校准矩阵指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

[0147] 11. 根据示例1至10中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括:

[0148] 创建多条曲线,所述多条曲线将所述多个测量的张力中的每一个与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联。

[0149] 12. 根据示例1至11中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置包括第一位置和第二位置,其中所述第二位置在与所述第一位置相对的弯曲方向上。

[0150] 13. 根据示例1至12中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置包括第一位置和第二位置,其中所述第一位置在偏转方向上,和所述第二位置在俯仰方向上。

[0151] 14. 根据示例1至13中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖

端位置包括零尖端位置。

[0152] 15. 根据示例1至14中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中接收所述信号以移动所述柔性细长装置的远端部分包括以多个不同速率将所述远端部分移动到所述多个远侧尖端位置。

[0153] 16. 根据示例15所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述操作进一步包括记录所述多个不同速率。

[0154] 17. 根据示例1至16中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置各自为命令的远侧尖端位置。

[0155] 18. 根据示例1至17中任一项所述的非瞬态计算机可读介质,其中所述多个远侧尖端位置是基于来自联接到所述柔性细长装置的远端部分的传感器的数据确定的。

[0156] 19. 一种医疗器械系统,其包括:

[0157] 多个致动器;

[0158] 一种医疗器械,其包括——

[0159] 柔性主体,所述柔性主体具有远端部分,

[0160] 沿着所述柔性主体的多个管腔,其中所述多个管腔包括与不对称负载相关联的至少一个管腔,和

[0161] 多个控制元件,每个控制元件将所述远端部分联接到所述多个致动器中的一个致动器,使得所述多个致动器可操作以向所述多个控制元件施加张力以移动所述远端部分;和

[0162] 可操作地连接到所述多个致动器的控制系统,所述控制系统被配置为执行用于确定校正因子的操作,所述操作包括——

[0163] 通过致动所述多个控制元件将所述医疗器械的远端部分移动到多个远侧尖端位置;和

[0164] 记录所述多个控制元件中的多个测量的张力,以维持所述多个远侧尖端位置中的每一个。

[0165] 20. 根据示例19所述的医疗器械系统,其中所述控制系统被配置为执行进一步的操作,所述进一步的操作包括通过将所述校正因子应用于致动所述多个控制元件的多个预负载张力来朝向目标操纵所述医疗器械,其中所述多个预负载张力维持在不相等的负载下。

[0166] 21. 根据示例19或示例20所述的医疗器械系统,其中所述控制系统被配置为执行用于确定所述校正因子的进一步操作,所述进一步操作包括:

[0167] 创建校准矩阵,所述校准矩阵指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

[0168] 22. 根据示例19至21中任一项所述的医疗器械系统,其中所述控制系统被配置为执行用于确定所述校正因子的进一步操作,所述进一步操作包括:

[0169] 创建多条曲线,所述多条曲线指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

[0170] 23. 根据示例19至22中任一项所述的医疗器械系统,其中所述多个致动器中的每个致动器可操作以在多个运动自由度中移动所述医疗器械的远端部分。

[0171] 24. 根据示例19至23中任一项所述的医疗器械系统,其中所述多个管腔中的至少一个管腔沿着所述柔性主体的外表面定位,并且被布置以导致所述不对称负载。

[0172] 25. 根据示例19至24中任一项所述的医疗器械系统,其中所述医疗器械进一步包括:

[0173] 传感器,所述传感器联接到所述柔性主体并且可操作以生成表示所述医疗器械的所述远端部分的当前配置的测量值。

[0174] 26. 根据示例25所述的医疗器械,其中将所述医疗器械的所述远端部分移动到所述多个远侧尖端位置基于由所述传感器生成的测量值。

[0175] 27. 根据示例25所述的医疗器械系统,其中所述传感器包括纤维形状传感器或至少一个电磁传感器。

[0176] 28. 根据示例19至27中任一项所述的医疗器械系统,还包括用于提供用于移动所述医疗器械的远端部分的命令的输入装置,其中所述多个远侧尖端位置各自是命令的远侧尖端位置。

[0177] 29. 一种柔性细长装置,其包括:

[0178] 柔性主体,所述柔性主体具有轴向支撑结构,所述轴向支撑结构具有以不对称布置围绕其布置的多个凹槽;

[0179] 远侧元件,其具有多个孔,

[0180] 其中所述轴向支撑结构在所述远侧元件近侧;

[0181] 摄像机,其在所述多个孔中的第一孔内延伸并且可操作地联接到承载在所述多个凹槽中的第一凹槽内的电缆束;以及

[0182] 照明纤维,所述照明纤维定位在所述多个凹槽中的第二凹槽内并延伸穿过所述多个孔中的第二孔,

[0183] 其中所述第二凹槽与所述第一凹槽正交,并且所述第二孔与所述第一孔相邻。

[0184] 30. 根据示例29所述的柔性细长装置,其中所述照明纤维是第一照明纤维,并且其中所述柔性细长装置还包括:

[0185] 第二照明纤维,所述第二照明纤维定位在所述多个凹槽中的第三凹槽内并延伸穿过所述多个孔中的第三孔,

[0186] 其中所述第三凹槽与所述第一凹槽正交,并且所述第三孔与所述第一孔相邻。

[0187] 31. 根据示例29或示例30所述的柔性细长装置,进一步包括:

[0188] 沿着所述柔性主体延伸的多个控制元件,

[0189] 其中所述多个控制元件围绕所述轴向支撑结构周向间隔开。

[0190] 32. 根据示例31所述的柔性细长装置,其中所述电缆束在与所述多个控制元件基本平行的方向上沿着所述柔性主体延伸。

[0191] 33. 根据示例31或示例32所述的柔性细长装置,其中所述第一照明纤维的近侧部分在与所述电缆束和所述多个控制元件基本上平行的方向上沿着所述柔性主体延伸,并且其中所述第一照明纤维的远侧部分在与所述电缆束和所述多个控制元件不平行的方向上延伸。

[0192] 34. 根据示例31至33中任一项所述的柔性细长装置,其中所述多个控制元件以不均匀的间隔径向间隔开。

[0193] 35. 根据示例34所述的柔性细长装置,其中所述多个控制元件的第一子集是具有第一直径的张紧线,并且其中所述多个控制元件的第二子集是具有不同于所述第一直径的第二直径的张紧线。

[0194] 36. 根据示例29至35中任一项所述的柔性细长装置,其中所述柔性主体包括主管腔,所述主管腔中心延伸穿过所述轴向支撑结构并为工具提供通道。

[0195] 37. 根据示例29至36中任一项所述的柔性细长装置,其中所述柔性细长装置的横截面形状关于所述轴向支撑结构中的所述一对凹槽所在的中心平面非对称。

[0196] 38. 根据示例29至37中任一项所述的柔性细长装置,进一步包括:

[0197] 形状传感器,其位于所述轴向支撑结构中的另一个凹槽中,

[0198] 其中包含所述形状传感器的凹槽和包含用于所述摄像机的电缆束的凹槽形成在所述轴向支持结构的圆周相对侧上。

[0199] 39. 一种确定具有不对称负载条件的柔性细长装置的校正因子的方法,所述方法包括:

[0200] 通过致动联接到所述柔性细长装置的远端部分的多个控制元件移动所述柔性细长装置的远端部分到多个远侧尖端位置,和

[0201] 记录所述多个控制元件中的多个测量的张力,以维持所述多个远侧尖端位置中的每一个。

[0202] 40. 根据示例39所述的方法,进一步包括:

[0203] 存储校正因子,所述校正因子至少部分地基于所述多个测量的张力;和

[0204] 通过将所述校正因子应用于致动所述多个控制元件的多个预负载张力来朝向目标操纵所述柔性细长装置,其中所述多个预负载张力被维持在不相等的负载下。

[0205] 41. 根据示例40所述的方法,其中所述多个预负载张力是最小张力。

[0206] 42. 根据示例39至41中任一项所述的方法,进一步包括:

[0207] 确定所述柔性细长装置的类型,其中所述校正因子至少部分地基于所述柔性细长装置的类型。

[0208] 43. 根据示例39至41中任一项所述的方法,进一步包括:

[0209] 确定所述柔性细长装置的条件,其中所述校正因子至少部分地基于所述柔性细长装置的条件。

[0210] 44. 根据示例43所述的方法,其中所述柔性细长装置的条件是所述柔性细长装置的年龄、所述柔性细长装置的使用次数、所述柔性细长装置的清洁次数或所述柔性细长装置的消毒次数中的至少一个。

[0211] 45. 根据示例39至41中任一项所述的方法,进一步包括:

[0212] 确定工具被插入穿过所述柔性细长装置的管腔;

[0213] 确定所述工具的类型;并且

[0214] 确定所述工具影响不对称负载条件。

[0215] 46. 根据示例45所述的方法,其中所述校正因子至少部分地基于所述工具的类型。

[0216] 47. 根据示例45所述的方法,进一步包括:

[0217] 确定所述工具的条件,其中所述校正因子至少部分地基于所述工具的条件。

[0218] 48. 根据示例39至47中任一项的方法,进一步包括:

[0219] 创建校准矩阵,所述校准矩阵指定与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联的所述多个测量的张力中的每一个。

[0220] 49. 根据示例39至48中任一项所述的方法,进一步包括:

[0221] 创建多条曲线,所述多条曲线将所述多个测量的张力中的每一个与所述多个远侧尖端位置中的对应远侧尖端位置相关联。

[0222] 50. 根据示例39至49中任一项所述的方法,其中所述多个远侧尖端位置包括第一位置和第二位置,其中所述第二位置在与所述第一位置相对的弯曲方向上。

[0223] 51. 根据示例39至49中任一项所述的方法,其中所述多个远侧尖端位置包括第一位置和第二位置,其中所述第一位置在偏转方向上和所述第二位置在俯仰方向上。

[0224] 52. 根据示例39至51中任一项所述的方法,其中所述多个远侧尖端位置包括零尖端位置。

[0225] 53. 根据示例39至52中任一项所述的方法,其中弯曲所述柔性细长装置的所述远端部分包括以多个不同速率将所述远端部分移动到所述多个远侧尖端位置。

[0226] 54. 根据示例53所述的方法,进一步包括记录所述多个不同的速率。

[0227] 55. 根据示例39至54中任一项所述的方法,其中所述多个远侧尖端位置各自为命令的远侧尖端位置。

[0228] 56. 根据示例39至55中任一项所述的方法,其中所述多个远侧尖端位置是基于来自联接到所述柔性细长装置的远端部分的传感器的数据来确定的。

[0229] 结论

[0230] 本文所描述的系统和方法可以以有形和非瞬态机器可读介质(例如硬盘驱动器、硬件存储器、光学介质、半导体介质、磁介质等)的形式提供,该有形和非瞬态机器可读介质上记录有供处理器或计算机执行的指令。指令集可以包括指示计算机或处理器执行特定操作的各种命令,例如本文描述的各种实施方式的方法和过程。指令集可以是软件程序或应用程序的形式。编程指令可以被实现为多个单独的程序或子例程,或者它们可以被集成到本文所描述的系统的一个或多个其他方面中。计算机存储介质可以包括易失性和非易失性介质,以及可移动和不可移动介质,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之类的信息。计算机存储介质可以包括但不限于RAM、ROM、EPROM、EEPROM、闪存或其他固态存储技术、CD-ROM、DVD或其他光学存储器、磁盘存储器或任何其他硬件介质,这些硬件介质可以用于存储期望的信息并且可以由系统的部件访问。系统的部件可以通过有线或无线通信相互通信。在一个实施方式中,控制系统支持无线通信协议,诸如蓝牙、IrDA、HomeRF、IEEE 802.11、DECT和无线遥测。部件可以彼此分离,或者部件的各种组合可以集成到监视器或处理器中,或者包含在具有标准计算机硬件(例如,处理器、电路、逻辑电路、存储器等)的工作站中。该系统可以包括处理设备,例如微处理器、微控制器、集成电路、控制单元、存储介质和其他硬件。

[0231] 注意,所呈现的处理和显示可能并不固有地与任何特定的计算机或其他设备相关。根据本文的教导,各种通用系统可以与程序一起使用,或者可以证明构造更专业的设备来执行所描述的操作是方便的。各种这些系统所需的结构将作为权利要求中的元件出现。此外,本发明的实施方式没有参考任何特定的编程语言进行描述。可以理解,可以使用各种编程语言来实现本文所描述的本发明的教导。

[0232] 虽然在附图中已经描述和示出了本发明的某些示例性实施方式,但是应当理解,这样的实施方式仅仅是对广义发明的说明而非限制,并且本发明的实施方式不限于所示和描述的具体构造和布置,因为本领域的普通技术人员可能会想到各种其他修改。以上对本技术的实施方式的详细描述并不旨在穷举或将本技术限制为以上公开的精确形式。尽管以上出于说明目的描述了该技术的具体实施方式和示例,但如相关领域的技术人员将认识到的,在该技术的范围内可以进行各种等效的修改。例如,虽然步骤以给定的顺序呈现,但是替代实施方式可以以不同的顺序执行步骤。此外,本文所描述的各种实施方式也可以被组合以提供进一步的实施方式。

[0233] 从上文中可以理解,为了说明的目的,本文已经描述了本技术的具体实施方式,但是没有详细示出或描述众所周知的结构和功能,以避免不必要地混淆对本技术的实施方式的描述。在通过引用并入本文的任何材料与本公开相冲突的程度上,以本公开为准。在上下文允许的情况下,单数或复数术语也可以分别包括复数或单数术语。此外,除非“或”一词被明确限制为仅指除参考两个或多个项目的列表中的其他项目之外的单个项目,否则在此类列表中使用“或”应被解释为包括(a)列表中的任何单个项目,(b)列表中所有项目,或(c)列表中项目的任何组合。类似地,“A和/或B”中的短语“和/或”指的是单独的A,单独的B,以及A和B。此外,术语“包括”、“包含”、“具有”和“带有”通篇用于表示至少包括所述特征(一个或多个),从而不排除任何更多数量的相同特征和/或额外类型的其他特征。

[0234] 此外,如本文所用,术语“基本上”是指动作、特征、性质、状态、结构、项目或结果的完整或几乎完整的程度。例如,一个“基本上”封闭的物体意味着该物体要么完全封闭,要么几乎完全封闭。在一些情况下,偏离绝对完整性的确切允许程度可能取决于具体情况。然而,一般来说,接近完成的程度将与获得绝对完成和完全完成时的总体结果相同。当“基本上”用于否定含义时,同样适用于指完全或接近完全缺乏行动、特征、性质、状态、结构、项目或结果。

[0235] 从上述内容中,还将意识到,可以在不偏离本技术的情况下进行各种修改。例如,该技术的各种部件可以被进一步划分为子部件,或者该技术的各个部件和功能可以被组合和/或集成。此外,尽管已经在这些实施方式的上下文中描述了与本技术的某些实施方式相关联的优点,但是其他实施方式也可以表现出这样的优点,并且并非所有实施方式都必须表现出这样优点才能落入本技术的范围内。因此,本公开和相关技术可以包括本文未明确示出或描述的其他实施方式。

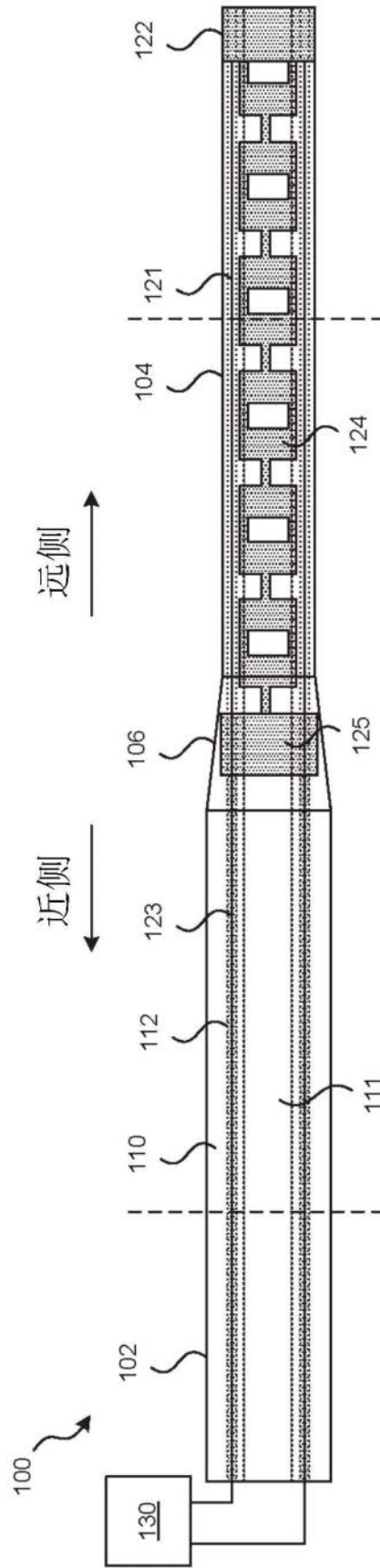


图1A

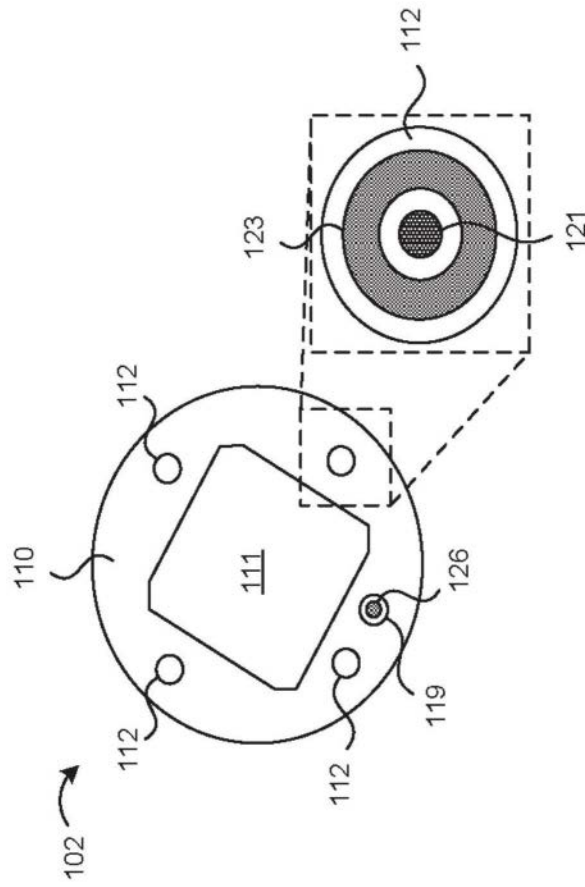


图1B

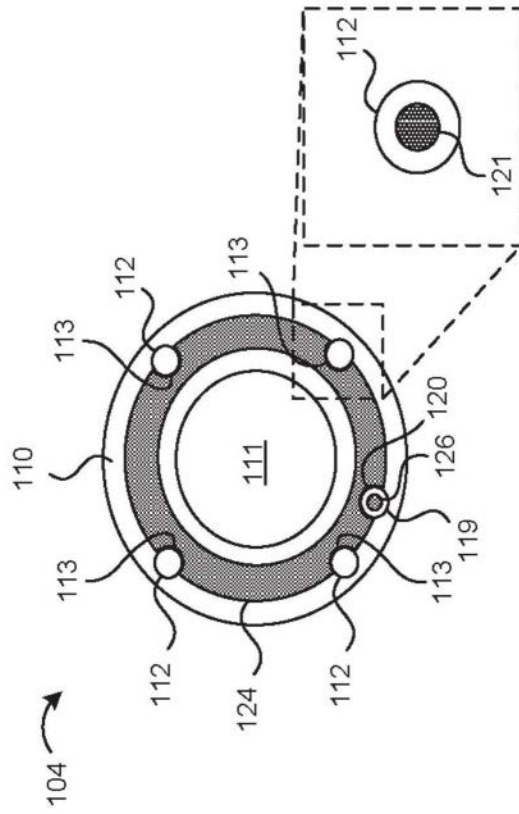


图1C

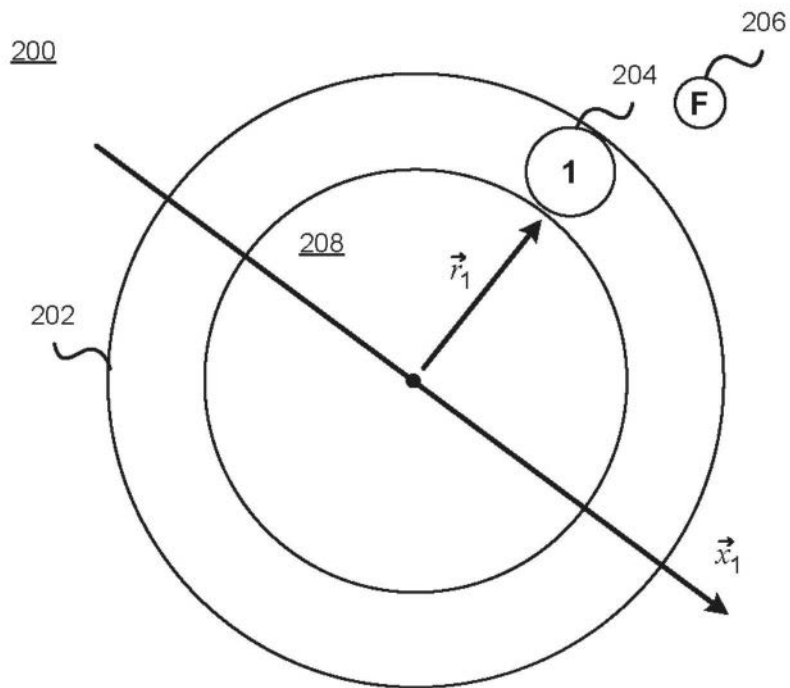


图2A

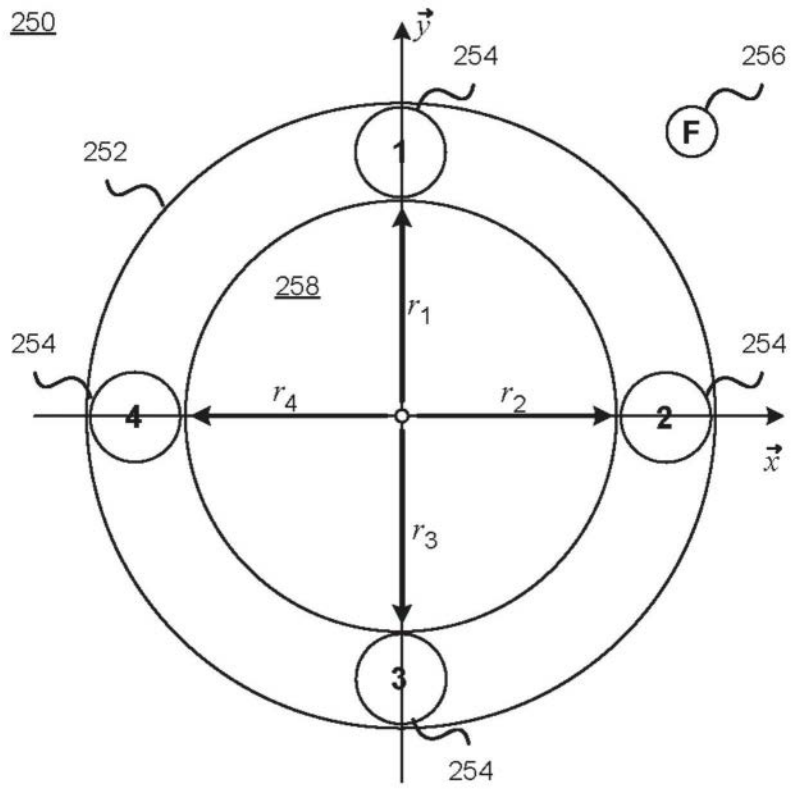


图2B

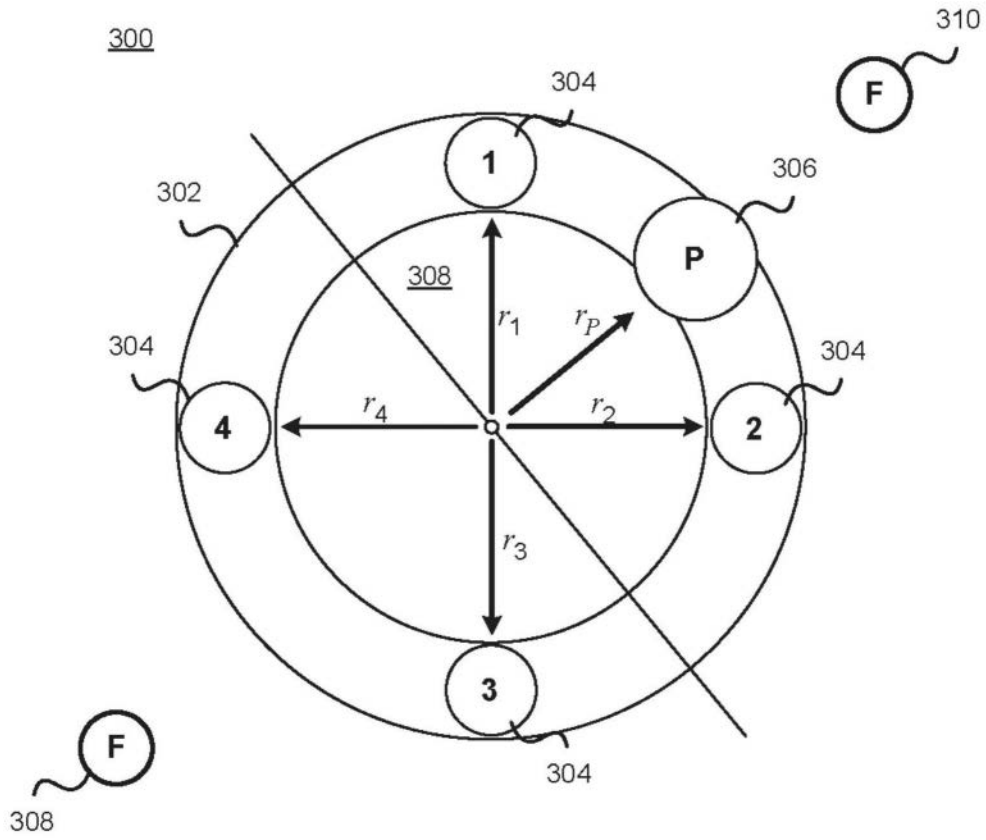


图3

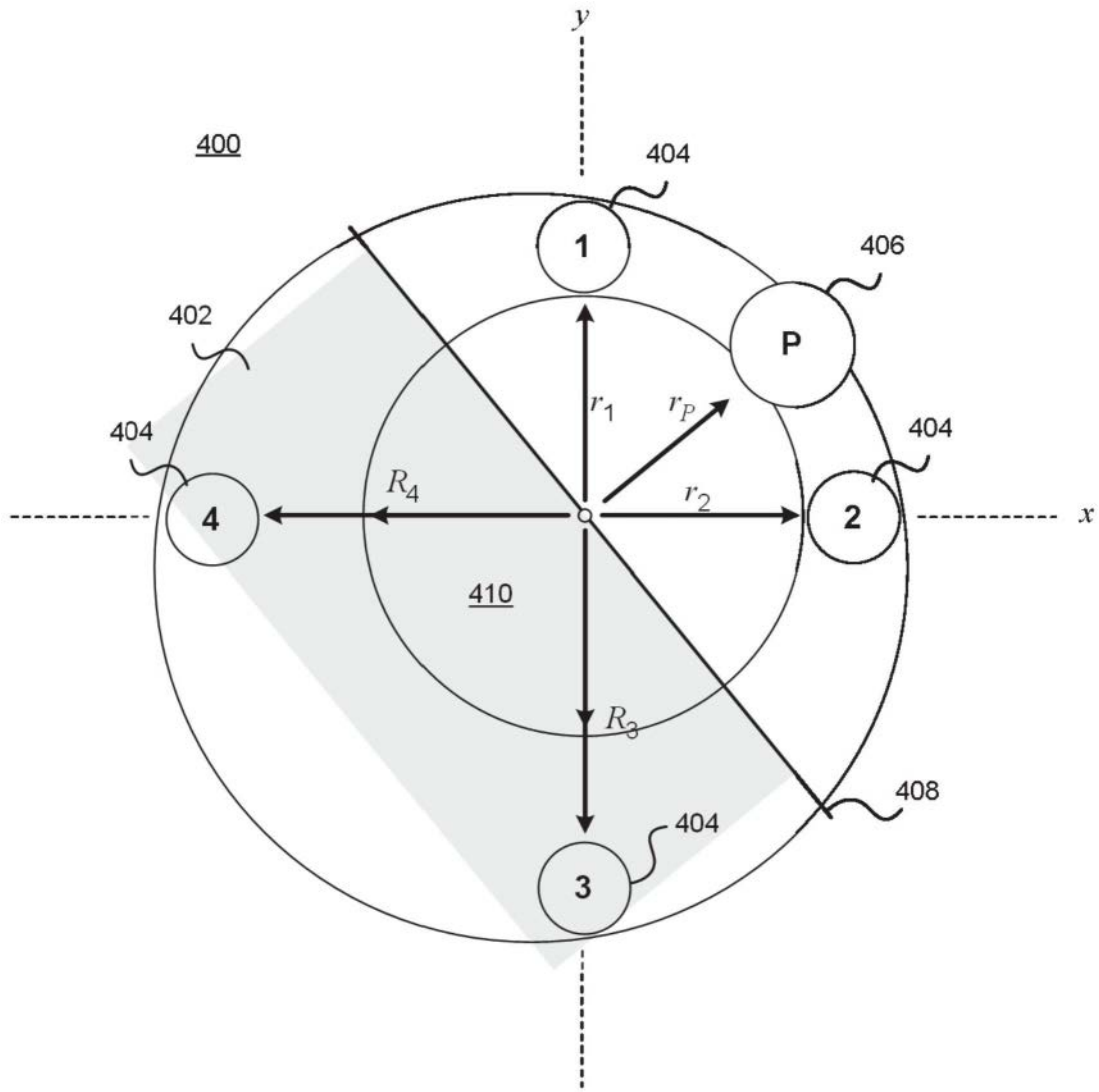


图4

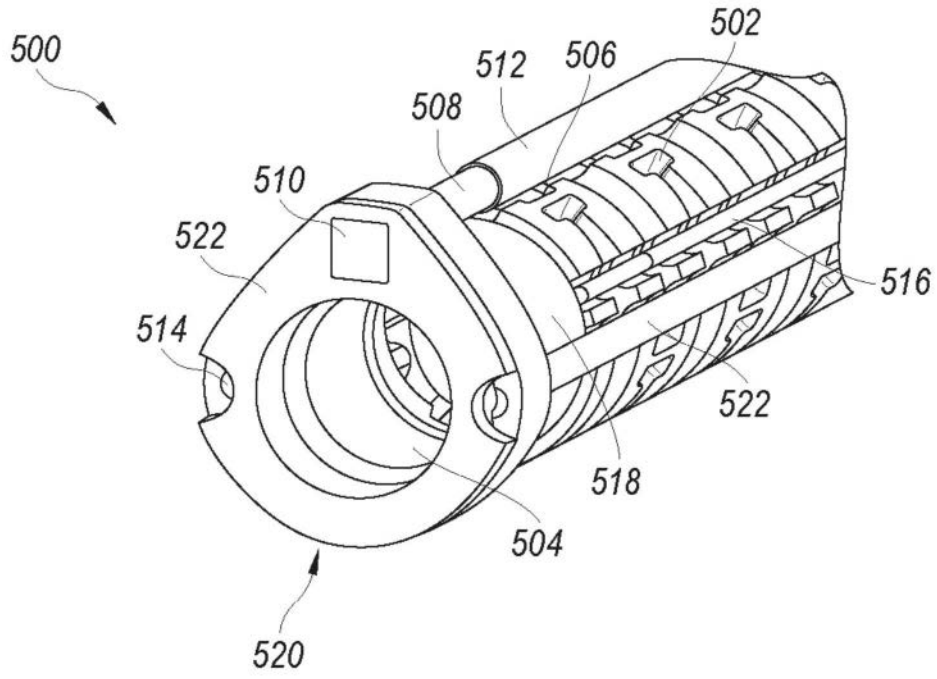


图5A

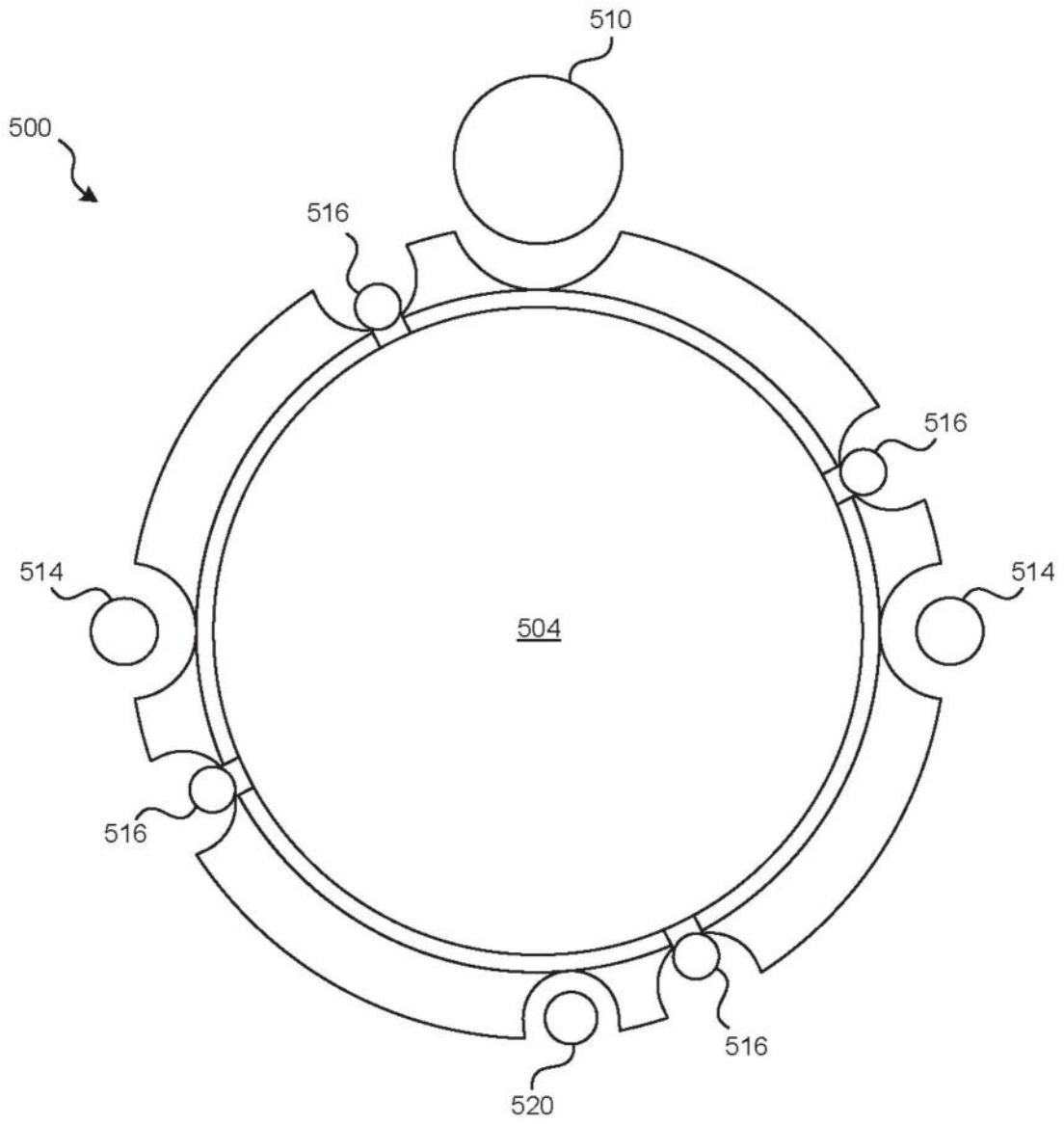


图5B

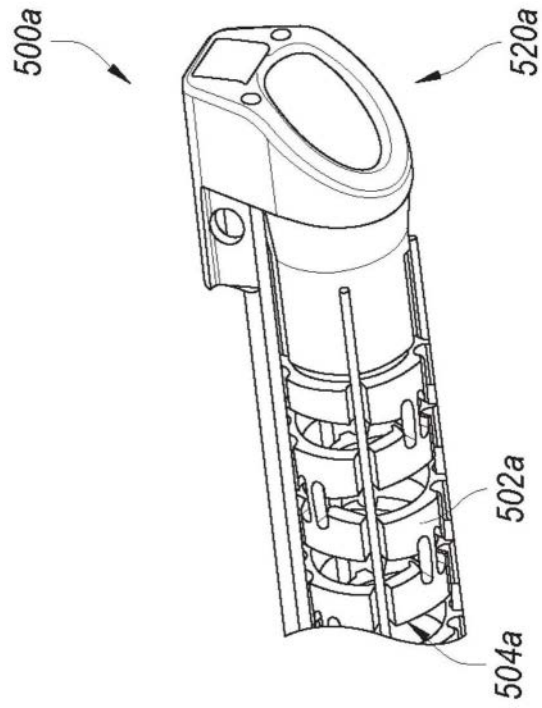


图5C

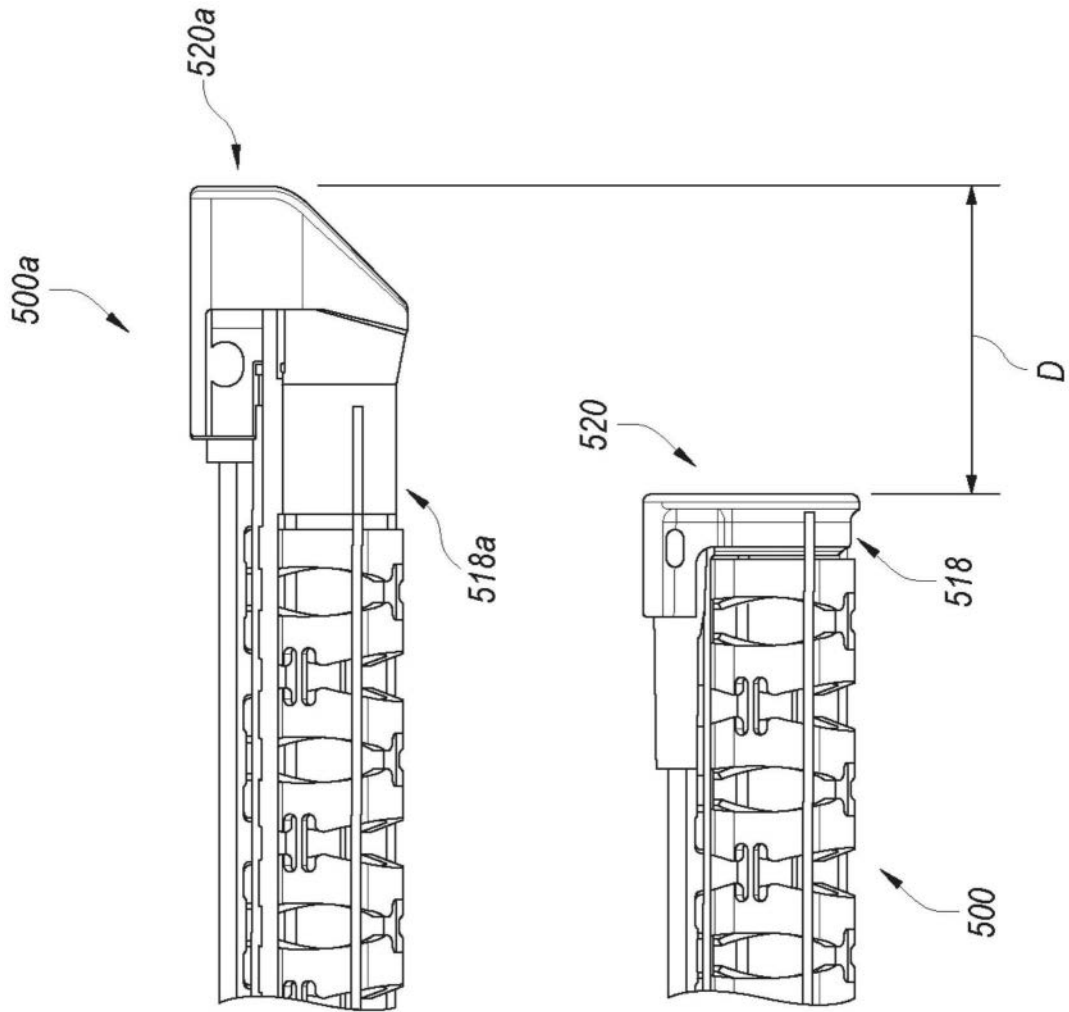


图5D

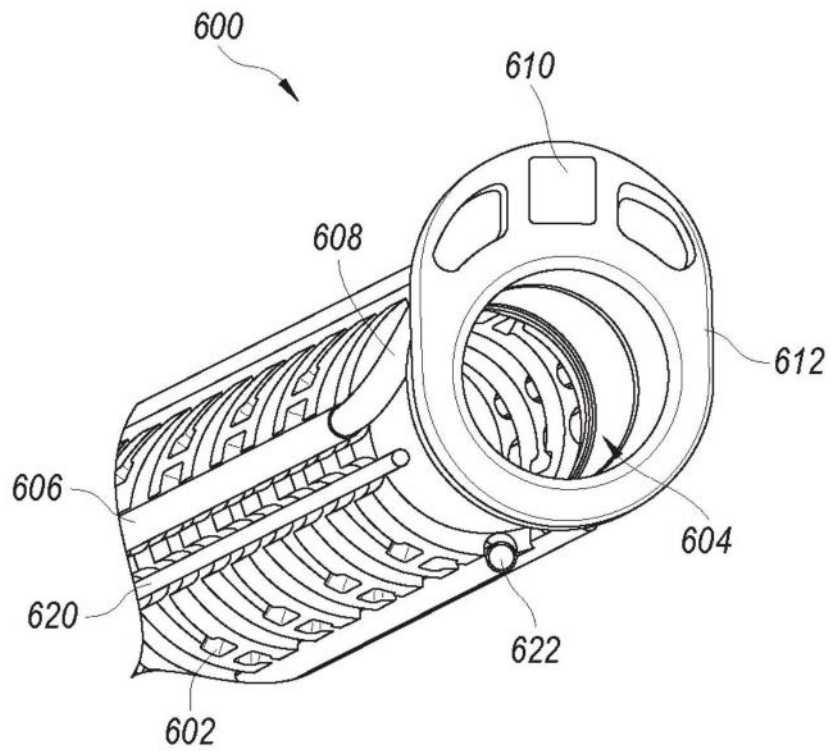


图6A

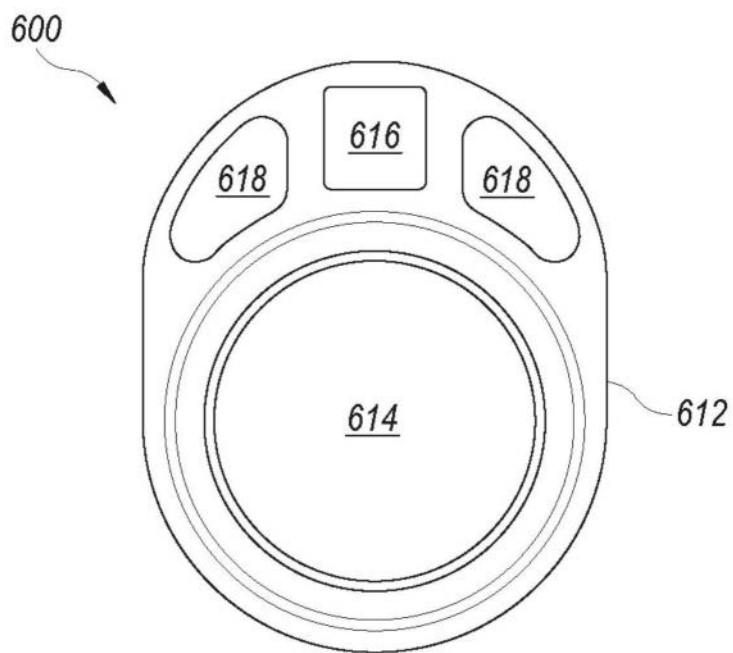


图6B



图7



图8

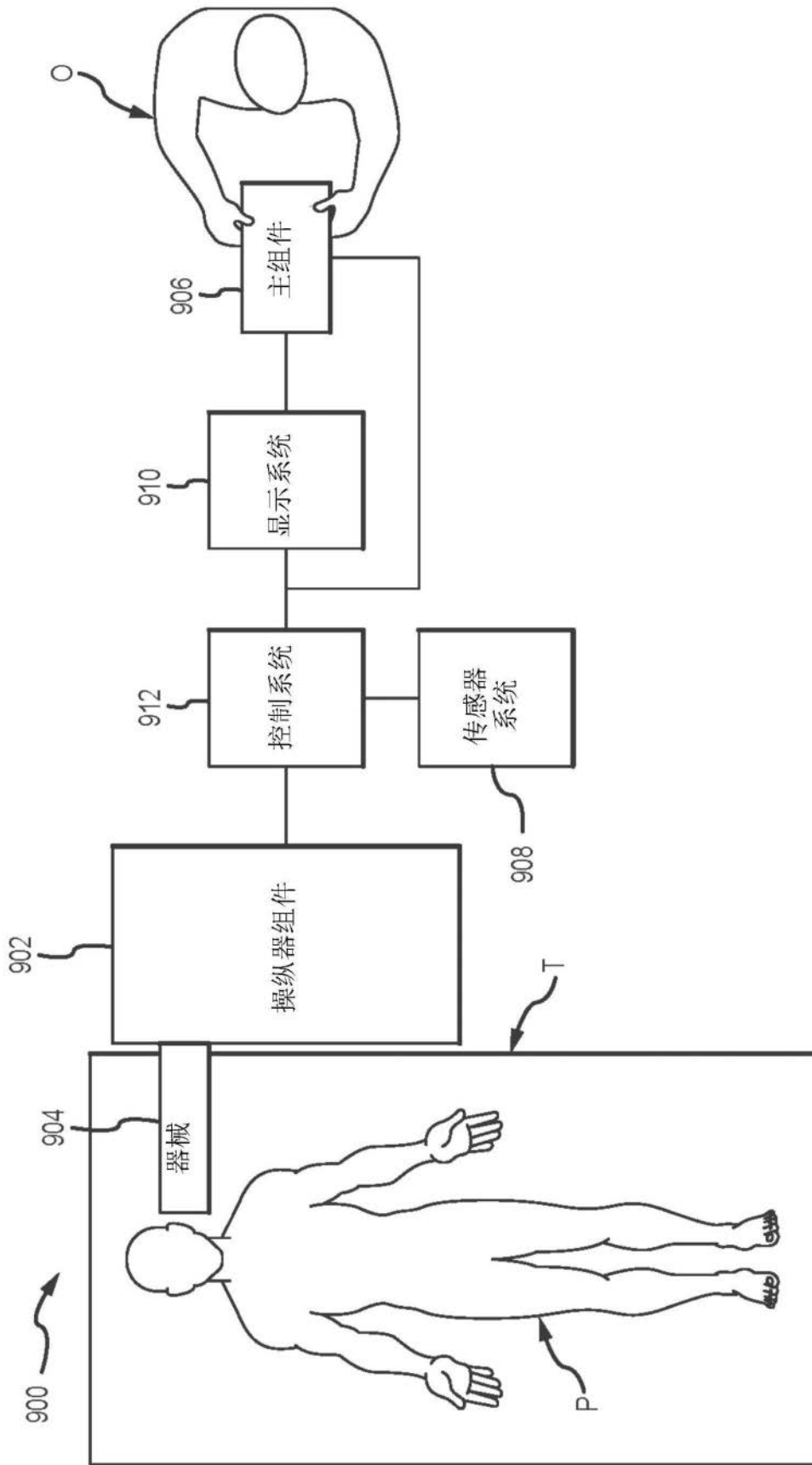


图9

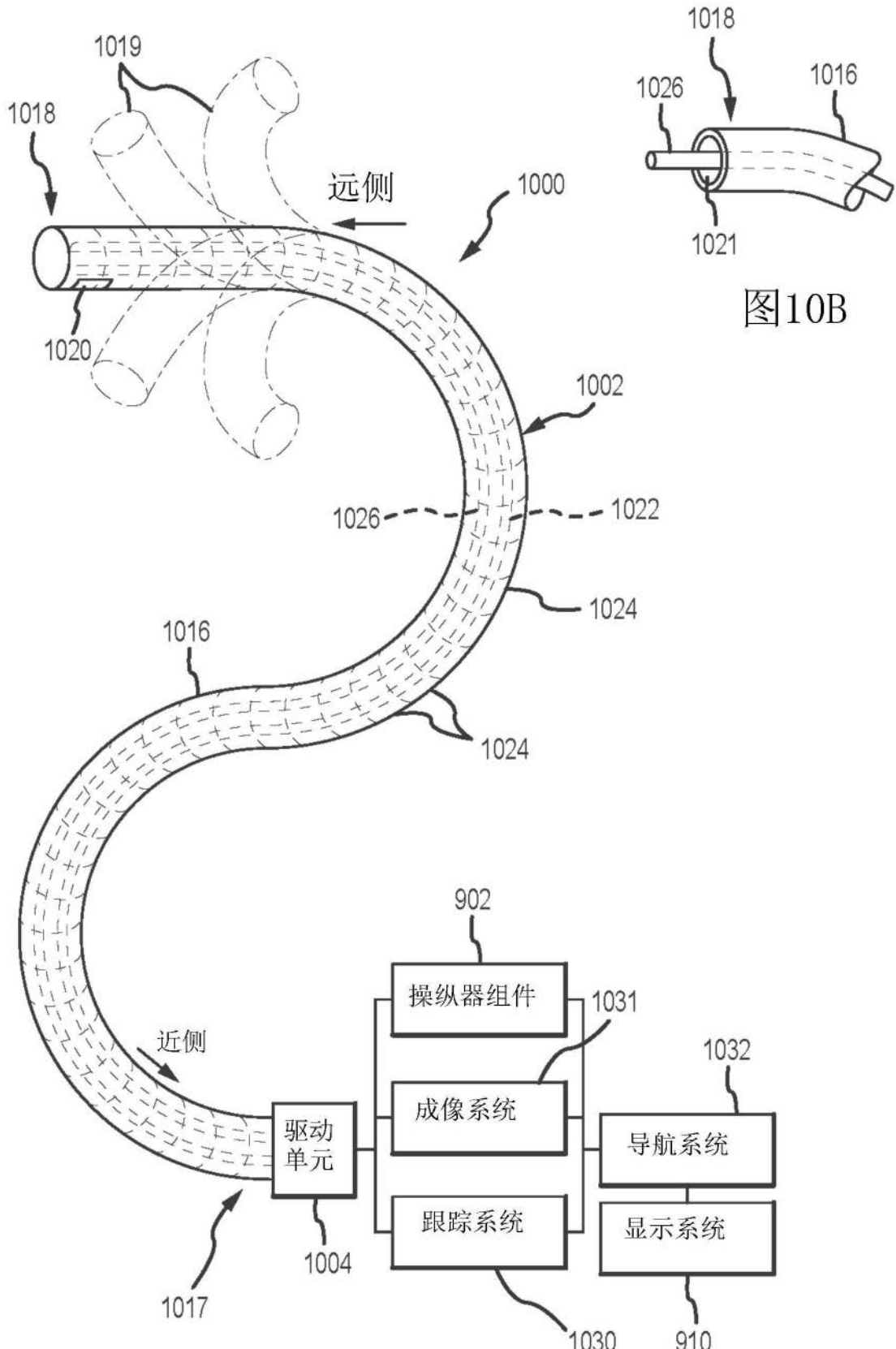


图10B

图10A