



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106714721 B

(45)授权公告日 2019.09.17

(21)申请号 201580046044.0

(72)发明人 弗兰克·德瓦勒

(22)申请日 2015.08.27

西里尔·马比利德

(65)同一申请的已公布的文献号

巴特·布朗卡特 阿兰·卡尔玛

申请公布号 CN 106714721 A

利埃文·梅纳

(43)申请公布日 2017.05.24

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司 11240

(30)优先权数据

代理人 陈鹏 王侠

14182381.5 2014.08.27 EP

(51)Int.Cl.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

A61B 34/30(2016.01)

2017.02.27

(56)对比文件

(86)PCT国际申请的申请数据

US 2010/0160736 A1, 2010.06.24,

PCT/EP2015/069628 2015.08.27

US 2008/0300462 A1, 2008.12.04,

(87)PCT国际申请的公布数据

US 2007/0038230 A1, 2007.02.15,

W02016/030457 EN 2016.03.03

CN 101938933 A, 2011.01.05,

(73)专利权人 可控仪器制造公众有限公司

US 2007/0156119 A1, 2007.07.05,

地址 比利时圣德奈斯韦斯特勒姆

审查员 江红荣

权利要求书2页 说明书20页 附图10页

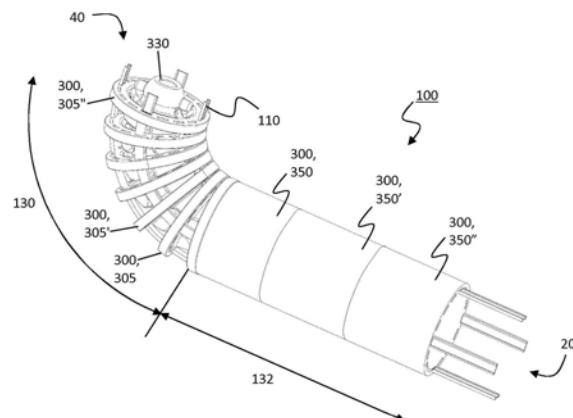
(54)发明名称

旋转。

用于能转向工具的转矩-传输转向机构

(57)摘要

一种用于能转向工具(500)的机械传输系统MTS(100)，该能转向工具(500)具有近端端部(20)和远端端部(40)并且包括轴区域(532)、能全方向运动的可弯曲近端部分BPP(534)以及能全方向运动并响应于BPP(534)的运动而运动的可弯曲远端部分BDP(530)，该MTS(100)包括围绕虚构管(120)在纵向方向上布置的各自具有近端端部(20)和远端端部(40)的多个纵向构件LM(110)，并且具有对应的传输轴区域TSR(132)、传输可弯曲近端部分TBPP(134)和传输可弯曲远端部分TBDP(130)，其中至少一个LM(110)的平面截面(114)呈现各向异性的惯性面积矩，且大多数LM(110)中的每个LM在沿TBDP(130)或沿TSR(132)的一个或多个约束点处受到轴向旋转限制，其中LM相对于每个离散的约束点能纵向滑动，且MTS(100)被配置成使得BDP(530)的顶端通过BPP(534)的互补旋转在弯曲位置中能轴向地



1. 一种用于能转向工具(500)的机械传输系统(100),所述能转向工具(500)具有近端端部(20)和远端端部(40)并且包括轴区域(532)、能全方向运动的可弯曲近端部分(534)以及能全方向运动并响应于所述可弯曲近端部分(534)的运动而运动的可弯曲远端部分(530),所述机械传输系统(100)包括围绕虚构管(120)在纵向方向上布置的各自具有近端端部(20)和远端端部(40)的多个纵向构件(110),并且具有对应的传输轴区域(132)、传输可弯曲近端部分(134)和传输可弯曲远端部分(130),其中至少一个所述纵向构件(110)的平面截面(114)呈现各向异性的惯性面积矩,且大多数所述纵向构件(110)各自在沿所述传输可弯曲远端部分(130)或沿所述传输轴区域(132)的一个或多个约束点处受到轴向旋转限制,其中所述纵向构件相对于每个离散的约束点能纵向地滑动,且所述机械传输系统(100)被配置成使得所述可弯曲远端部分(530)的顶端通过所述可弯曲近端部分(534)的互补旋转在弯曲位置中是能轴向旋转的;

其中所述机械传输系统还设有一个或多个纵向构件引导件(300、305、350),每个所述纵向构件引导件被配置成在所述约束点处对所述大多数所述纵向构件(110)进行轴向旋转限制;

其中所述纵向构件引导件(300、305、350)包括设有围绕所述虚构管(320、120)布置的多个离散通道(310)的主体,所述离散通道被配置成在所述约束点处对所述大多数所述纵向构件(110)进行轴向旋转限制,并且使所述纵向构件(110)在所述约束点处保持于所述虚构管(120)上基本恒定的圆周位置处;

并且其中所述传输可弯曲远端部分(130)和所述传输可弯曲近端部分(134)中的所述纵向构件引导件(300)是铰接的纵向构件引导件(305、305'、305''),这些铰接的纵向构件引导件相应地串联布置并相互铰接,从而相应地支撑所述传输可弯曲远端部分(130)和所述传输可弯曲近端部分(134)中的所述纵向构件(110)的弯曲。

2. 根据权利要求1所述的机械传输系统(100),其中沿所述传输轴区域(132)设置的至少一个约束点设置在所述传输轴区域(132)的远端半部中,并且沿所述传输轴区域(132)设置的至少一个其它约束点设置在所述传输轴区域(132)的近端半部中。

3. 根据权利要求1或2所述的机械传输系统(100),其中所述大多数所述纵向构件(110)各自在沿所述传输可弯曲近端部分(134)的一个或多个约束点处进一步受到轴向旋转限制。

4. 根据权利要求1或2所述的机械传输系统(100),所述机械传输系统在所述传输可弯曲远端部分(130)中设有至少两个纵向构件引导件(300、305、350)且在所述传输可弯曲近端部分(134)中设有至少两个纵向构件引导件。

5. 根据权利要求1所述的机械传输系统(100),其中被配置成对所述传输可弯曲远端部分或所述传输可弯曲近端部分中的纵向构件(110)进行轴向旋转限制的通道(310)包括补充所述纵向构件的平面截面(114)的横截面轮廓。

6. 根据权利要求1所述的机械传输系统(100),其中所述铰接的纵向构件引导件(305、305'、305'')通过包括球窝接头的枢转接头而成对地相互接触。

7. 根据权利要求1或6所述的机械传输系统(100),其中邻近的铰接的纵向构件引导件之间的偏转受限制,以提供沿所述虚构管的所述离散的约束点的基本固定地相互旋转对齐。

8. 根据权利要求1、2、5、6中任一项所述的机械传输系统(100)，其中所述传输轴区域(132)中的所述纵向构件引导件(300)为固定的纵向构件引导件(350、350'、350")且相对于彼此旋转固定，以相比所述传输可弯曲远端部分(130)或所述传输可弯曲近端部分(134)的柔性减少所述传输轴区域(132)的柔性。

9. 根据权利要求1、2、5、6中任一项所述的机械传输系统(100)，其中所述纵向构件的平面截面具有矩形、字母“I”或圆弧段的轮廓，其中所述轮廓的角部中的一个或多个是尖的或圆角的。

10. 根据权利要求1、2、5、6中任一项所述的机械传输系统(100)，其中所述可弯曲远端部分(530)和所述可弯曲近端部分(534)至少部分地能弯曲。

11. 根据权利要求2所述的机械传输系统(100)，其中沿所述传输轴区域(132)设置的所述至少一个约束点在所述传输轴区域(132)的所述远端端部处设置在所述传输轴区域(132)的总长度的10%中，沿所述传输轴区域(132)设置的所述至少一个其它约束点在所述传输轴区域(132)的所述近端端部处设置在所述传输轴区域(132)的总长度的10%中。

12. 一种外科手术机器人，包括根据权利要求1至11中任一项所述的机械传输系统。

13. 一种能转向工具(500)，包括如权利要求中1至11中任一项所限定的机械传输系统(100)。

14. 根据权利要求13所述的能转向工具(500)，其中，远端端部(40)设有端部执行器(540)，所述端部执行器为夹持器，且近端端部(20)设有把手(550)以操纵所述可弯曲远端部分(530)并控制所述夹持器。

用于能转向工具的转矩-传输转向机构

[0001] 发明背景

[0002] 自1980年以来,开放手术大部分被内窥镜方法替代,由此长轴器械通过套管针插入气体延伸的腹部中。因其确认的较短的住院时间、较少的术后疼痛以及较早的恢复的益处而出名的这种腹腔镜手术对外科医生提出了更多的要求。

[0003] 内窥镜手术的缺点是灵活性降低。这主要是因为支点效应和在器械顶端处缺少腕状移动。对该缺点的意识随着进行特征为器械的“剑斗”的更复杂的内窥镜程序和单孔手术而增加。

[0004] 支点效应涉及长轴器械在插入腹部中的套管针(枢轴点)的水平处的枢转。把手向左边的移动被转化为在执行器(例如,一把剪刀)处的向右边的移动,且反之亦然。外科医生能够快速适应这些反向移动。

[0005] 缺少腕状移动更难克服。最新技术水平的解决方案由达芬奇机器人(直觉外科公司(Intuitive Surgical))提供,其中外科医生的手在控制台的移动转移为器械顶端处的流畅的移动。该解决方案是昂贵的,从而导致带有全方向的铰接顶端的更便宜的手用器械的研发。

[0006] 许多手术挑战归因于灵活性降低。常规的刚性腹腔镜器械仅提供4个自由度(旋转、上/下成角、左/右成角、内/外运动)。为了克服运动的这种限制,已经研发了用于能转向器械的各种设计:

[0007] 1.在其最简单的形式中,铰接的器械包括预先弯曲的柔性管,其可滑动地从刚性直管拔出。该顶端可以仅在一个方向(单向铰接器械)上弯曲,且可以仅承受有限量的侧向力。

[0008] 2.更先进的替换方案为这样的器械:其允许顶端在一个平面上的弯曲移动,例如,左到右,且反之亦然。由于构造的性质,创建大部分稳定的顶端。这些双向器械需要通过向一个方向弯曲且然后通过围绕其自身的轴线转动整个器械而导航到兴趣点。这缺少直觉。

[0009] 3.真实的腕部移动仅在全方向系统的情况下是可能的。全方向的铰接器械主要由近端端部和远端端部、远端弯曲部分、从远端弯曲部分延伸的轴区域以及可选的近端弯曲部分组成。近端端部的移动被转移为远端端部处的移动。在美国专利号7,410,483(图11)和美国专利号8,105,350(图15)中描述了实例。

[0010] 类似于机器人手术,全方向的铰接器械提供了多达7个自由度(顶端在两个平面中的轴向旋转和偏移添加到常规的刚性器械的4个DOF)。近端侧处的上/下运动以及左/右运动的组合允许将到达远端执行器侧处的任一点而不需要围绕其自身轴线旋转。然而,增加的机动性是以顶端稳定性的显著下降为代价。为了解决该问题,诸如Kymerax®系统(泰尔茂株式会社(Terumo))和Jaimy®系统(远藤控制(EndoControl))等混合解决方案通过使用强大的电气伺服马达恢复顶端稳定性来补偿。

[0011] 相比机器人系统,全方向的铰接器械提供了低成本和触觉反馈的优点。

[0012] 外科手术铰接器械的腕部必须是稳定的,即呈现出对外力的施加的足够的阻力。近来Chang Wook Jeong对其进行了研究(Chang等人,用于腹腔内窥镜单部位手术的第一代

铰接器械的不足的接头力,外科创新2012)。他计算出器械的腕部理想上承受20N的最小侧向力将是有效的。

[0013] 该稳定性可以通过增加器械的直径、增加转向线的数量、截面、减少腕部的长度或通过使用较硬的材料来实现。然而,在对侵入性降低的期望需要最小化直径的情况下,利用现有技术需要妥协。

[0014] 在手术中,也许最重要的特征是旋转稳定性。将旋转运动从器械腕部上方的轴朝向端部执行器传输的能力。比如,在反手切割位置中投掷缝线的移动需要这样的器械:该器械弯曲约70°,且仍允许针托的旋转移动利用圆针使组织突出。

[0015] 如果使用轴的定向作为参考,可弯曲远端部分可以在完全的锥角内自由移动,则外科器械被认为是全方向的。通常使用球窝接头。这是3DOF接头,其允许诸如俯仰(上-下)、滚动(左-右)和偏转(旋转)等运动。为了允许传输旋转运动,理想上比如使用销和凹槽限制接头中的旋转运动。弧形凹槽设置在窝中并且在通常穿过球的中心的平面上延伸,并且接收销,该销枢转地连接至球的邻近侧。另一方法是刻面球窝的使用。刻面和边阻挡轴向旋转,然而它们减少一些侧向定向的成角。

[0016] 存在可以组装旋转接头的串接以模仿球窝接头的行为的许多方法。比如,万向接头像球窝接头,除了其受一个旋转自由度的限制。两个叉轴通过十字形物连接在一起,十字形物使这些轴保持90度,所以如果转矩施加到轴1,轴2将旋转。万向接头相当于铰链-2接头,其中铰链-2的轴彼此垂直,且在适当位置中带有完全刚性的连接。在铰接的外科器械或铰接的内窥镜导管中,万向接头通常通过彼此90°定向的柔性铰链的串接而实现。

[0017] 全方向运动可以使用运动链来实现,运动链是串联布置的链节(link)的组件。链节为刚性主体,其具有用于附接到其它链节的点。在人体生理学中,链节可以被视为盘、椎骨或骨头。接头为链节之间的连接。运动副是其间有接头的两个链节的组合。运动链是链节和接头的组件。器械的腕部是轴和端部执行器之间的运动链。

[0018] 有趣的观察结果是,尽管两个链节之间的旋转自由受限,包括这种链节的运动链可以被迫进入配置中,使得第一链节和最后链节相对于彼此旋转。当所有的链节和接头保持在一条线上时,旋转运动被传输而没有松弛,且第一和最后链节保持相同的定向。然而,当运动链遵循螺旋形路径时,第一和最后链节之间可发生明显的旋转。基于(柔性的)旋转接头的串接的全方向器械也容易出现这种现象。在外科器械的情况下,这导致轴和端部可弯曲远端部分之间的旋转。在手术中,旋转传输的这种损失是极不期望的。

[0019] 在本领域中减少‘螺旋形运动链效果’的一个解决方案是减少链节的数量。US 2012/0220831描述了仅带有5个链节和4个接头的多盘腕接头。他们声称该工具在滚动、俯仰或偏转中没有奇异性。所以运动是平滑的。这对于每个接头可以单独控制的机器人应用来说是真实的。此外,通过在计算机控制器中实施的适当的逆运动学容易进行校正。使用手控制的器械,接头难以控制,特别是如果单独的接头需要弯曲超过45°。当以极限角操作时它们变为“有锯齿状的”且难以转动。

[0020] 本发明的目标是提供克服现有技术中的一个或多个问题的用于能转向器械的机械传输系统。

[0021] 发明的一些实施例

[0022] 根据第一实施例,本发明涉及用于能转向工具(500)的机械传输系统MTS(100),所

述能转向工具(500)具有近端端部(20)和远端端部(40)并且包括轴区域(532)、能全方向运动的可弯曲近端部分BPP(534)以及能全方向运动并响应于BPP(534)的运动而运动的可弯曲远端部分BDP(530),所述MTS(100)包括围绕虚构管(120)在纵向方向上布置的各自具有近端端部(20)和远端端部(40)的多个纵向构件LM(110),并且具有对应的传输轴区域TSR(132)、传输可弯曲近端部分TBPP(134)和传输可弯曲远端部分TBDP(130),其中至少一个LM(110)的平面截面(114)呈现各向异性的惯性面积矩,且大多数LM(110)中的每个LM在沿TBDP(130)或沿TSR(132)的一个或多个约束点处受到轴向旋转限制,其中LM相对于每个离散的约束点能纵向滑动,且MTS(100)被配置成使得BDP(530)的顶端通过BPP(534)的互补旋转在弯曲位置中可轴向旋转。

[0023] 沿TSR(132)设置的至少一个约束点可设置在TSR(132)的远端半部中,优选在TSR(132)的远端端部处设置在TSR(132)的总长度的10%中,且沿TSR(132)设置的至少一个其它约束点可设置在TSR(132)的近端半部中,优选在TSR(132)的近端端部处设置在TSR(132)的总长度的10%中。所述大多数LM(110)中的每个LM可在沿TBPP(134)的一个或多个约束点处进一步受到轴向旋转限制。MTS(100)还可设有一个或多个LM引导件(300、305、350),每个被配置成使所述大多数LM(110)在约束点处受到轴向旋转限制。每个LM引导件还可被配置成使所述大多数LM(110)在约束点处保持于虚构管(120)上基本恒定的圆周位置处。MTS(100)在TBDP(130)中可设有至少两个LM引导件(300、305、350)且在TBPP(134)中设有至少两个LM引导件。LM引导件(300、305、350)可包括设有围绕虚构管(320、120)布置的多个离散通道(310)的主体,这些离散通道被配置成使所述大多数LM(110)在约束点处受到轴向旋转限制,并且使LM(110)在约束点处保持在虚构管(120)上基本恒定的圆周位置处。被配置成轴向旋转地限制TBDP或TBPP中的LM(110)的通道(310)包括补充LM的平面截面(114)的横截面轮廓。TDBP(130)和TDPP(134)中的LM引导件(300)可为铰接的LM引导件(305、305'、305''),它们相应地串联布置并相互铰接,从而相应地支撑DBP(130)和PBP(134)中的LM(110)的弯曲。铰接的LM引导件(305、305'、305'')可通过包括球窝接头的枢转接头而成对地相互接触。邻近的铰接的LM引导件之间的偏转可受限以提供沿虚构管的离散的约束点的基本固定的相互旋转对齐。TSR(132)中的LM引导件(300)可为固定的LM引导件(350、350'、350'')且相对于彼此旋转固定以相比TBDP(130)或TBPP(134)的柔性减少TSR(132)的柔性。LM的平面截面可为矩形、字母“I”或圆弧段轮廓,可选地,其中轮廓的角部中的一个或多个是尖的或圆角的。BDP(530)和BPP(534)可以是至少部分地能弯曲的。根据第二实施例,本发明涉及包括如本文所限定的MTS(100)的能转向工具(500)。

[0024] 本发明的另一实施例涉及用于能转向工具(500)的机械传输系统MTS(100),所述能转向工具(500)具有近端端部(20)和远端端部(40),并且包括响应于近端端部(20)处MTS(100)的致动而全方向运动的可弯曲远端部分BDP(530),所述MTS(100)包括围绕虚构管(120)在纵向方向上布置的各自具有近端端部(20)和远端端部(40)的多个纵向构件LM(110),并且具有对应的传输可弯曲远端部分TBDP(130),其中至少一个LM(110),可选的每一个LM(110)的平面截面呈现各向异性的惯性面积矩,且多个LM(110)中的大多数LM,优选所有LM,各自在传输可弯曲远端部分(130)中受到轴向旋转限制。

[0025] 各向异性可以是关于相交于LM(110)的平面截面(114)的形心的相互垂直的轴线(116、118),且其中轴线(116)定向在朝向虚构管(120)的中心轴线(A-A')的方向上,LM

(110) 绕轴线(116)具有较高的惯性面积矩。轴线(116)可与虚构管(120)的中心轴线(A-A')相交,或通过采取相比在中心轴线(A-A')和平面截面的形心(111)之间所画的假设线(115)高达60度的角(α)而偏离虚构管(120)的中心轴线(A-A')。平面截面(114)可存在于传输可弯曲远端部分(130)中。LM(110)的数量可为至少三个或四个。LM的平面截面(114)可具有矩形、字母“I”或圆弧段轮廓,可选地,其中轮廓的角部中的一个或多个为尖的或圆角的。

[0026] MTS(100)还可设有一个或多个LM引导件(300、350),引导件被配置成使LM(110)保持在虚构管(120)上基本恒定的圆周位置处,且轴向旋转地限制TBDP(130)中的所述大多数LM(110)。LM引导件(300、305、350)可包括设有围绕虚构管(320、120)布置的多个离散通道(310)的主体,这些离散通道被配置成使LM(110)保持在虚构管(120)上基本恒定的圆周位置处,并且轴向旋转地限制TBDP(130)中的所述大多数LM(110)。被配置成轴向旋转地限制TBDP中的LM(110)的通道(310)可包括补充LM的平面截面(114)的横截面轮廓。一些LM引导件(300)可为铰接的LM引导件(305、305'、305''),它们串联布置在TBDP(130)中并相互铰接,从而支撑DBP(130)中的LM(110)的弯曲。铰接的LM引导件(305、305'、305'')可通过枢转接头而成对地相互接触。一些LM引导件(300)可为固定的LM引导件(350、350'、350''),其布置在传输轴区域TSR(132)中,邻近TDBP(130),且相对于彼此旋转固定。MTS(100)还可包括传输可弯曲近端部分TBPP(134),用于由使用者全方向致动,而引起TBDP(130)的全方向运动响应。

[0027] 本发明的另一实施例涉及能转向工具(500),其包括如本文所限定的MTS(100)。BDP(530)可被配置用于响应于近端端部(20)处MTS(100)的致动而在至少两个不同的相交平面上运动,其中能转向工具(500)在BDP(530)的远端端部处还设有端部执行器(540),且MTS(100)被配置成使得端部执行器(540)相对于BDP(530)旋转固定,并且当BDP(530)通过近端弯曲部分(202)的互补旋转处于弯曲位置时,端部执行器可旋转。端部执行器可通过可锁定元件相对于BDP旋转固定,可锁定元件被配置成允许旋转调整与BDP(530)成旋转关系的端部执行器(540),并且旋转固定该端部执行器。

[0028] 附图的简要说明

[0029] 图1描绘了线性配置中隔离的本发明的机械传输系统(MTS)的等距视图。

[0030] 图2描绘了图1的MTS,其中传输可弯曲远端部分(TBDP)是弯曲的,且传输轴区域(TSR)保持在相同的笔直配置中。

[0031] 图3描绘了平面截面上的两个相交轴线,该平面截面是图1中的位置112处的纵向构件(LM)的平面横截面,所述横截面具有“I”型轮廓。

[0032] 图4描绘了设置有多个固定的LM引导件和多个铰接的LM引导件的本发明的MTS的外部视图。

[0033] 图5描绘了图4的MTS,其中TBPP通过弯曲致动,运动传输到TBDP。

[0034] 图6描绘了LM的半圆形横截面(即,平面截面)。

[0035] 图7描绘了LM的矩形横截面(即,平面截面)。

[0036] 图8描绘了LM的“I”形横截面(即,平面截面)。

[0037] 图9描绘了LM的圆形边缘的矩形横截面(即,平面截面)。

[0038] 图10描绘了LM的跑道形横截面(即,平面截面)。

[0039] 图11描绘了非本发明的机械传输装置的侧视图,其中纵向构件中的每个纵向构件

具有圆形平面截面。

[0040] 图12描绘了本发明的MTS的侧视图,其中LM中的每个LM具有“I”型平面截面。

[0041] 图13为非本发明的机械传输装置的等距视图,其呈现纵向构件的不期望的扭转,其中纵向构件中的每个纵向构件具有圆形平面截面。

[0042] 图14为图11的且本发明的MTS的等距视图,其呈现TBDP中的LM的明显较少的扭转,其中LM中的每个LM具有“I”型平面截面。

[0043] 图15为图14的且本发明的MTS的侧视图,其示出了隔离的单一LM。

[0044] 图16为MTS的侧视图,其示出了设置在MTS的TBDP中的LM的不同的弯曲半径。

[0045] 图17为圆盘型的LM引导件的平面图。

[0046] 图18为LM引导件的侧视图,该引导件为铰接的LM引导件。

[0047] 图19示出了结合本发明的MTS的能转向工具的等距视图。

[0048] 图20为设有保持在径向位置中的4个LM并带有多个固定的和铰接的LM引导件的本发明的MTS 100的等距视图。

[0049] 图21A示出了设置有圆形轮廓的纵向构件的非本发明的机械传输装置的可弯曲远端部分。

[0050] 图21B示出了处于不期望的且稳定的螺旋形运动链状态中的图21A的且并非本发明的机械传输装置的可弯曲远端部分。

[0051] 图22示出了LM引导通道和其中存在的LM的两个示例性定向。

[0052] 图22A和图22B示出了存在于LM引导通道中的LM的两个示例性定向。

[0053] 图23示出了沿虚拟管基本固定的相互旋转对齐的离散的约束点。

[0054] 发明的具体描述

[0055] 在描述本发明中使用的本方法之前,应当理解,本发明不限于所描述的特定的方法、部件或设备,因为这种方法、部件和设备当然可变化。还应当理解,本文所用的术语不旨在为限制性的,因为本发明的范围将仅受所附权利要求书的限制。

[0056] 如本文所用的单数形式“一个/一种”以及“该”均包括单数和复数指示物,除非上下文另外清楚地指示。

[0057] 如本文所用的术语“包括(comprising)”、“包括(comprises)”和“由…组成(comprised of)”与“包含(including)”、“包含.includes)”或“含有(containing)”、“含有contains)”同义且是包括性的或开放式的,并且不排除额外的、非陈述的构件、元件或方法步骤。术语“包括(comprising)”、“包括(comprises)”和“由…组成(comprised of)”还包括术语“由…组成(consisting of)”。

[0058] 由端点描述的数值范围包括相应范围内所包含的所有数字和分数,以及所述端点。

[0059] 当指代诸如参数、数量、时距等可测值时,如本文所用的术语“大约”意在包括来自指定值的且是指定值的+/-10%或更少的变化,优选+/-5%或更少,更优选+/-1%或更少,且仍更优选+/-0.1%或更少,只要这种变化适于在公开的本发明中实行。应当理解,还具体地且优选地公开了修饰语“大约”所修饰的值其本身。

[0060] 除非另外限定,公开本发明所用的所有术语,包括技术术语和科学术语,具有如本发明所属领域的普通技术人员通常所理解的意思。通过进一步的指导,说明书中所用的术

语的定义被包括以更好地理解本发明的教导。本文所引用的所有出版物通过参考的方式并入到本文。如本文所引用的所有美国专利和专利申请以其全部内容(包括附图)通过参考的方式并入本文。

[0061] 贯穿该说明书参考“一个实施例”或“一种实施例”意味着结合该实施例描述的特定的特征、结构或特点包括在本发明的至少一个实施例中。因此，贯穿该说明书各个位置中出现的短语“在一个实施例中”或“在一种实施例中”不一定全指代相同的实施例，但可能指代相同的实施例。此外，特定的特征、结构或特点可以如本领域技术人员从本公开将显而易见的任何合适的方式结合在一个或多个实施例中。此外，虽然本文所述的一些实施例包括其它实施例中所包括的一些特征但不包括其它特征，不同实施例的特征的组合意在落入本发明的范围内，并形成不同的实施例，如本领域技术人员所理解的那样。例如，在下面的权利要求书中，要求保护的实施例中的任一个可以用在任一组合中。

[0062] 术语“远端的(distal)”和“近端的(proximal)”贯穿本说明书使用，且是本领域中通常理解意为朝向(近端的)装置的外科医生侧或远离(远端的)外科医生侧的术语。因此，“近端的”意为朝向外科医生侧，且因此远离患者侧。相反地，“远端的”意为朝向患者侧，且因此远离外科医生侧。

[0063] 本发明涉及用于能转向工具的机械传输系统(MTS)。能转向工具优选为纵向的，意味着其在一个方向上较长。它不一定暗示能转向工具是线性的，尽管线性的(笔直的)能转向工具落入本发明的范围内。能转向工具可为笔直的或弯曲的，比如，具有C型或S型轴区域。

[0064] 通常，能转向工具具有近端端部和远端端部，并且包括响应于近端处MTS的致动而移动的可弯曲远端部分(BDP)，有时称之为腕部。近端端部处MTS的致动引起BDP的运动响应。能转向工具还设有轴区域(SR)，其可基本为刚性的或半刚性的，其一端设置有BDP。轴区域是纵向的，意味着其在一个方向上较长。它不一定暗示轴区域是线性的，尽管线性的(笔直的)轴落入本发明的范围内。轴区域可为笔直的或弯曲的，比如具有C或S形状。为了控制BDP，在MTS中使用转向线，其称为纵向构件(LM)。它们通过拉动或推动来控制BDP。MTS包括在纵向方向上围绕虚构管布置的各自具有近端端部和远端端部的多个纵向构件(LM)。LM中的至少一个LM包括这样的区域，在所述区域中其平面截面相对于两个相交轴线具有各向异性的第二惯性矩。BDP的顶端(远端终端)应该能够同样容易在任何方向上移动，即，没有奇异性。运动响应与致动程度成比例。

[0065] 轴区域(SR)优选为基本刚性或半刚性的，或可为柔性的并且当与刚性或半刚性的外部管或外管配合时变成刚性或半刚性的。轴区域邻近BDP。轴区域可接触BDP。能转向工具在能转向工具的近端端部处还可设有可弯曲近端部分(BPP)。BPP邻近于轴区域，即，轴区域设置在BDP和BPP之间。轴区域可接触BPP。在近端端部处BPP的运动致动MTS并引起BDP的运动响应。BPP在不同的径向方向上且在不同的弯曲程度上的运动使用MTS传输到BDP，并且导致BDP的径向方向和/或弯曲程度的对应的变化。能转向工具可使用直接连接至MTS(比如，连接至LM中的两个或更多，或每一个LM)的机电设备在近端端部处被致动。通常，轴区域中的LM会被致动。在这种情况下，工具可没有BPP。可替换地，机器人控制可通过使用机电设备致动BPP来实现。机电可为比如伺服马达。耦接到机电设备会促进直接集成到外科手术机器人中。

[0066] BDP的运动响应可为：

[0067] -在平行于并接触轴区域的中心纵向轴线且从轴区域延伸的平面内弯曲程度的变化，

[0068] -在垂直于并接触轴区域的中心纵向轴线且从轴区域延伸的平面内弯曲方向的变化。

[0069] 能转向工具所允许的运动的组合通常会促进轴区域的旋转，其可传输到BDP顶端处的BDP，同时BDP处于弯曲位置。然而，发明人已经发现，BDP的顶端不与轴区域同步旋转。存在“死区”、侧隙或游隙，其中近端端部处施加的且通过轴区域传输的转矩不会导致BDP顶端旋转，尤其当它处于弯曲位置时。

[0070] 能转向工具可为外科器械，比如，腹腔镜器械或血管内导管。本发明可以用在铰接器械中，诸如但不限于血管内应用、外科器械、机器人遥控医疗机器人或手持式外科工具以及工业应用。

[0071] BDP被配置成全方向移动，即在一径向方向上移动。BDP优选被配置成在一径向方向上（相对于轴区域的中心纵向轴线（A'-A）大约360°）移动。BDP优选被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线（A'-A）设置并接触中心纵向轴线的至少两个不同的平面（例如，3、4、5、6、7、8或更多）上移动。优选地，BDP被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线（A'-A）设置并接触中心纵向轴线的无限数量的不同的平面上移动。BDP弯曲通常至少部分是曲线，即，BDP是可弯曲的。关于曲线，它是指存在平滑的弯曲而不是有角的弯曲，如本领域通常所理解的那样。相比通常比如在铰链接头处呈现出恒定的梯度或梯度的离散且单一的变化的有角弯曲，对于曲线长度的至少一部分，曲线通常包括连续变化的（例如，递增或递减的）梯度。应当理解，BDP可在笔直配置中偏斜，且致动在其中引起弯曲。可替换地，BDP可在曲线中偏斜，且致动在其中引起额外的或较少的弯曲。

[0072] 类似地，BPP，如果存在的话，被配置成全方向移动，即在一径向方向上移动。BPP优选被配置成在一径向方向上（相对于轴区域的中心纵向轴线（A'-A）大约360°）移动。MTS优选被配置成在至少8个不同的方向上移动BPP。BPP优选被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线（A'-A）设置并接触中心纵向轴线的至少两个不同的平面（例如，3、4、5、6、7、8或更多）上移动。优选地，BPP被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线设置并接触中心纵向轴线的无限数量的不同平面上移动。BPP弯曲通常至少部分是曲线，即，BPP是可弯曲的。关于曲线，它是指存在平滑的弯曲而不是有角的弯曲，如本领域通常所理解的那样。相比通常比如在铰链接头处呈现出恒定的梯度或梯度的离散的且单一的变化的有角弯曲，对于曲线长度的至少一部分，曲线通常包括连续变化的（例如，递增或递减的）梯度。应当理解，BPP可在笔直配置中偏斜，且致动在其中引起弯曲。可替换地，BPP可在曲线中偏斜，且致动在其中引起额外的或较少的弯曲。

[0073] 能转向工具可设有端部执行器，诸如夹子、钳子、切割剪刀等。端部执行器设置在能转向工具的远端端部处。

[0074] 此外，可能能够使器械的远端顶端围绕其自身的轴线旋转，即，甚至在轴向上处于弯曲状态中。因此，MTS可被配置成使得BDP（或TBDP）顶端通过BPP（或TBPP）的互补旋转在弯曲位置中可轴向旋转。能转向工具在BDP的远端端部处可设有端部执行器，其中MTS被配置成使得端部执行器相对于BDP旋转固定，且当BDP处于弯曲位置时通过BPP的互补旋转使得

端部执行器可旋转。端部执行器可通过可锁定元件相对于BDP旋转固定,可锁定元件被配置成允许旋转调整与BDP成旋转关系的端部执行器,并且旋转固定该端部执行器。

[0075] 如本文所述的MTS具有近端端部和远端端部。远端端部设有传输可弯曲远端部分(TBDP),它响应于近端端部处MTS的致动而运动,并且它使能转向工具的BDP运动。TBDP在位置上与BDP对应。近端端部可设有传输可弯曲近端部分(TBPP)。由能转向工具的BPP的使用者的运动被转移到TBPP。TBDP在位置上与BPP对应。在近端端部处TBPP致动MTS并引起转移到能转向工具的BDP的TBDP的运动响应。

[0076] MTS还设有待设置在能转向工具的对应的轴区域内的传输轴区域(TSR)。TSR优选为基本刚性或半刚性的,或当与刚性或半刚性的外部管或外管配合时可变成刚性或半刚性的。

[0077] MTS可使用直接连接至MTS(比如,连接至LM中的两个或更多,或每一个LM)的机电设备在近端端部处被致动。通常,LM轴区域中的LM会被致动。在这种情况下,工具可没有TBPP。可替换地,机器人控制可通过使用机电设备致动BPP来实现。机电设备可为比如伺服马达。这会促进直接集成到外科手术机器人中。

[0078] MTS优选被配置成使BDP全方向移动。MTS优选被配置成在任一方向(相对于TSR的中心纵向轴线(A'-A)大约360°)上移动BDP。MTS优选被配置成在至少8个不同的方向上移动BDP。MTS可被配置成在平行于TSR的中心纵向轴线(A'-A)设置并接触中心纵向轴线的至少两个不同的平面(例如,3、4、5、6、7、8或更多)上移动BDP。优选地,MTS被配置成在平行于传输轴区域的中心纵向轴线(A'-A)设置并接触中心纵向轴线的无限数量的不同平面上移动BDP。

[0079] TBDP被配置成全方向移动,即在一径向方向上移动。TBDP优选被配置成在一径向方向上(相对于轴区域的中心纵向轴线(A'-A)大约360°)移动。TBDP优选被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线(A'-A)设置并接触中心纵向轴线的至少两个不同的平面(例如,3、4、5、6、7、8或更多)上移动。优选地,TBDP被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线(A'-A)设置并接触中心纵向轴线的无限数量的不同平面上移动。TBDP弯曲通常至少部分为曲线,即,TBDP是可弯曲的。关于曲线,它是指存在平滑的弯曲而不是有角的弯曲,如本领域通常所理解的那样。相比通常比如在铰链接头处展示出恒定的梯度或梯度的离散的且单一的变化的有角弯曲,对于曲线长度的至少一部分,曲线通常包括连续变化的(例如,递增或递减的)梯度。应当理解,TBDP可在笔直配置中偏斜,且致动在其中引起弯曲。可替换地,TBDP可在曲线中偏斜,且致动在其中引起额外的或较少的弯曲。

[0080] TBPP被配置成全方向移动,即在一径向方向上移动。TBPP优选被配置成在一径向方向上(相对于轴区域的中心纵向轴线(A'-A)大约360°)移动。TBPP优选被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线(A'-A)设置并接触中心纵向轴线的至少两个不同的平面(例如,3、4、5、6、7、8或更多)上移动。优选地,TBPP被配置成在平行于轴区域的中心纵向轴线(A'-A)设置并接触中心纵向轴线的无限数量的不同平面上移动。TBPP弯曲通常至少部分为曲线,即,TBPP是可弯曲的。关于曲线,它是指存在平滑的弯曲而不是有角的弯曲,如本领域通常所理解的那样。相比通常比如在铰链接头处呈现出恒定的梯度或梯度的离散的且单一的变化的有角弯曲,对于曲线长度的至少一部分,曲线通常包括连续变化的(例如,递增或递减的)梯度。应当理解,TBPP可在笔直配置中偏斜,且致动在其中引起弯曲。可替换地,

TBPP可在曲线中偏斜,且致动在其中引起额外的或较少的弯曲。

[0081] 此外,可能能够使器械的远端顶端围绕其自身的轴线旋转,甚至是处于弯曲状态中。MTS在TBDP的远端端部可设有端部执行器,其中MTS被配置成使得端部执行器相对于TBDP旋转固定,且当TBDP处于弯曲位置时端部执行器通过TBPP的互补旋转而可旋转。端部执行器可通过可锁定元件相对于TBDP旋转固定,可锁定元件被配置成允许旋转调整与TBDP成旋转关系的端部执行器,并且旋转固定该端部执行器。

[0082] MTS包括在纵向方向上围绕虚构管布置的多个纵向构件(LM),每个纵向构件具有近端端部和远端端部。虚构管为几何形状,LM围绕虚构管对齐。它优选为纵向的。它优选具有圆形横截面,横截面基本垂直于纵向轴线。虚构管的中心轴线(A'-A)优选与能转向工具的中心轴线共轴。虚构管优选为圆柱形的。虚构管的直径小于对应位置处的能转向工具的直径。

[0083] 如本文所述的LM具有近端端部和远端端部。远端端部设有待设置在MTS的TBDP中的LM可弯曲远端部分(LMBDP)。LM设有待设置在MTS的对应的TSR中的LM轴区域(LMSR)。LMSR在LMBDP近端并邻近LMBDP。近端端部可设有待设置在MTS的TBPP中的LM可弯曲近端部分(LMBPP)。

[0084] 在MTS中LM的远端端部保持彼此固定的关系。LM的远端端部,更优选LM的远端终端,可连接至远端LM固定元件。优选地,远端LM固定元件使LM保持在它们相应的圆周位置处,比如,它可使LM的远端终端保持在环形圈中。远端LM固定元件可为比如设置在MTS的远端端部处的圆盘或环。

[0085] 类似地,在MTS中LM的近端端部,更优选LM的近端终端,可保持彼此固定的关系。LM的近端端部可连接到近端LM固定元件。优选地,近端LM固定元件使LM保持在它们相应的圆周位置处,比如,它可使LM的近端终端保持在环形圈中。近端LM固定元件可为设置在MTS的近端端部处的圆盘或环。

[0086] LM能相对于彼此滑动,到达运动受所述LM固定元件限制的程度。在MTS的近端端部处所施加的力(推动和/或拉动)经由LM沿LMSR传输到LMBDP,这反过来引起TBPP的运动,例如通过拉动或推动上述一个或多个固定元件。MTS中LM的数量可为至少两个,比如,2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、13、14、15、16、17、18、19或20,或更多。对于全方向转向,优选的是,存在至少4个,更优选至少6个或8个LM。

[0087] LM的尺寸可以取决于最终的能转向工具的直径和长度,并且取决于所用的LM的数量。作为一般的引导,LM在一个方向上可具有40μm、50μm、60μm、80μm、100μm、200μm、200μm、400μm或500μm,或上述值中的任意两个之间的范围内的值的厚度。LM可具有80μm、100μm、120μm、140μm、160μm、180μm、200μm、300μm、400μm、500μm、600μm、700μm、800μm、900μm、1000μm、1100μm、1200μm、1300μm、1400μm或1500μm或上述值中的任意两个之间的范围内的值的宽度。技术人员应当理解如何根据MTS的直径选择合适的厚度和宽度。对于10mm直径的MTS,优选的厚度为280μm至320μm,优选约300μm,且在LMBDP、LMSR和可选的LMBPP中,优选的宽度为480μm至520μm,优选宽度约500μm。MTS的长度将取决于能转向工具的长度及其应用。上述优选的尺寸适用于长度为37-40cm的MTS。

[0088] LM可由具有适当的拉伸和压缩特性的任何合适的材料制成并且可以由本领域技术人员推导出。实例包括不锈钢或镍钛诺、贝塔钛、弹簧钢或聚合物。

[0089] LM可由单股材料制成,例如单个不锈钢带材。可替换地,它可由多股串联连接的材料制成。

[0090] LM围绕虚构管纵向布置。LM可围绕虚构管均匀地分布,例如,邻近的LM之间的距离可基本相同。LM可围绕虚构管对称分布,例如,可存在关于虚构管的纵向横截面的对称平面。LM可围绕虚构管不均匀地分布,例如,至少两对邻近的LM之间的距离可不同。

[0091] LM优选基本沿MTS的长度以及能转向工具的长度设置。它跨越TBDP并延伸到TSR和TBPP(如果存在的话)内。

[0092] LM优选被布置成使得它们的纵向轴线相互平行。LM优选被布置成使得它们的纵向轴线平行于虚构管的纵向轴线(A-A')。LM优选被布置成使得它们的纵向轴线平行于纵向能转向工具的纵向轴线。

[0093] LM的至少一个平面截面呈现各项异性的惯性面积矩。平面截面通常为垂直于LM的纵向中心(z)轴线的横截面(参见图3)。各向异性是关于相交于平面截面的形心的相互垂直的轴线(x,y),且所述轴线形成平行于平面截面并位于平面截面上的平面。形心被理解为平面截面的几何中心,更具体地平面截面的外部轮廓的几何中心。当平面截面具有基本矩形的轮廓时,x轴线和y轴线平行于矩形的直边对齐,x轴线对齐以使得关于x轴线的惯性面积矩是最大的。当平面截面具有不规则的轮廓时,x轴线对齐以使得相对于x轴线的惯性面积矩是最大的。优选地,惯性面积矩(I_r)关于相交于LM的平面截面的形心的x轴线(I_x)和y轴线(I_y)的比率(I_x/I_y)大于1,或约为1.1、1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5、5.5、6、6.5、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、17、18、19或20或更多,或上述值中的任意两个之间的范围内的值。作为一般引导, I_r 可在1.1和4之间,优选在2和3之间以用于侵入性的外科器械,发明人已经发现所述侵入性的外科器械提供了抗转矩性的稳定的TDBP,同时经得起弯曲,并且仍避免了不期望的螺旋形运动链状态。

[0094] 至少一个平面截面可在LMBDP中。优选地,LMBDP在多个平面截面处,优选在沿LMBDP的长度的大多数位置或基本所有位置处,呈现各向异性的特性。优选地,LMBPP在多个平面截面处,优选在沿LMBPP的长度的大多数位置或基本所有位置处,呈现各向异性的特性。优选地,LMSR在多个平面截面处,优选在沿LMSR的长度的大多数位置或基本所有位置处,呈现各向异性的特性。根据一方面,LMBDP以及TSR距离其远端端部的长度的1至10%在其中的大多数平面截面或基本所有平面截面处呈现各向异性的特性。如果在LMBPP中也存在的话,LMBDP以及TSR距离其远端端部的长度的1至10%、LMBPP以及TSR距离其近端端部的长度的1至10%在其中的大多数平面截面或基本所有平面截面处呈现各向异性的特性。

[0095] LM优选在MTS或能转向工具中定向以使得具有较高的惯性面积矩的轴线(通常为x轴线)朝向MTS或能转向工具的虚构管的中心(A-A')轴线延伸。虽然这种轴线朝向中心(A-A')轴线延伸,它可与中心A-A'轴线相交或可不与中心轴线相交。它可偏离中心轴线,比如,相比在MTS的虚构管的中心(A-A')轴线和平面截面的形心之间所画的假设线,x轴线可采取用10度、20度或30度、高达60度的角(α)(参见图22)。换句话说,LM优选被定向成使得具有较低的惯性面积矩的轴线(通常为y轴线)基本上面向MTS或能转向工具的虚构圆的中心(A-A')轴线。

[0096] 展示上述各向异性的惯性面积矩的平面横截面的示例性轮廓(外部形状)包括矩形、字母“T”、圆弧段(例如,半圆、四分之一的圆等)。轮廓的角部中的一个或多个,优选是所

有的,可为尖的(例如,正方形)或圆角的。在矩形LM的情况下,边的半径可高达至矩形的较短边的长度的10%、20%、30%、40%或50%。通常,它将为10μm、20μm或30μm或更多,比如在10μm和200μm之间。

[0097] 惯性面积矩也称之为第二惯性矩、平面面积的惯性矩、极面积矩或第二面积矩。对于均匀材料的LM,各项异性的特性基本通过平面截面的外部形状确定。它可以使用本领域中公知的技术从平面截面的几何结构中计算出。比如, I_x 和 I_y 可以使用方程式1和方程式2计算出,其中x和y是dA的微元的坐标,并且A是平面截面的面积,x轴线和y轴线相交于平面截面的形心。

$$I_x = \int y^2 dA \quad [\text{方程式1}]$$

$$I_y = \int x^2 dA \quad [\text{方程式2}]$$

[0100] 具有各项同性的惯性面积矩的LM将促进TBDP和TBPP处全方向的运动,因为LM需要能够在所有方向上弯曲,不仅关于施加在TBDP处弯曲的拉力或推力的圆周相对的致动的LM(前面或后面的LM),而且关于布置在致动的LM之间的那些LM,即侧向LM。具有各项同性的惯性面积矩的LM将减少对这些侧向LM的弯曲的阻力,且因此在本领域中是优选的。与此相反,发明人已经发现,MTS容许具有各项异性的惯性面积矩并需要更多的力使TBDP和TBPP中的侧向LM弯曲的LM,因为相比位于弯曲的内部上的LM,它们在较大的半径上弯曲(参见图16)。

[0101] 此外,发明人已经发现,当采用具有各向异性的惯性面积矩的LM时,TSR的轴向旋转同步传输到TBDP。这样的情形在使用具有各向同性的惯性面积矩的LM时是较少的,在使用具有各向同性的惯性面积矩的LM时在运动传输到TBDP的顶端之前这可以导致旋转延迟,也称之为侧隙或游隙。比如,在机械传输装置包括具有圆形横向轮廓的纵向构件的情况下,端部执行器关于轴的轴向旋转导致个体纵向构件的扭转,这反过来意味着一端处施加到能转向工具的转矩没有被传输到另一端,因为所述转矩被所述圆形轮廓的纵向构件吸收(参见比如图13)。反转矩力被引起,其与扭转长度线性地成反比。在带有20mm的远端可弯曲部分和400mm的轴区域的能转向工具的情况下,圆形轮廓的纵向构件的45°扭转将遍布在420mm的距离上,从而允许明显的侧隙或游隙。在松弛被收紧之前,外科医生必须施加额外的转矩。

[0102] 对于相同的机械传输系统,但在使用各向异性的LM的情况下,在个体LM中存在减少的扭转,因为各向异性为每个LM提供了增强的抗扭转性。当结合下面提到的LM引导件时,该效果增强,所述LM引导件限制每个LM以阻止或减少轴向旋转。因此,侧隙量减少。

[0103] 在一个优选方面,多个LM中的大多数LM(优选所有LM)中的每个LM轴向旋转地被限制在沿MTS的虚构管的纵向轴线的一个或多个约束点(或区域)处。

[0104] 优选地,沿TBDP或沿TSR存在至少1个约束点。沿TSR设置的该至少一个约束点可设置在TSR的远端半部中,优选设置在位于TSR的远端端部处的TSR总长度的25%或10%中,可选地在TSR的远端顶端处。沿TSR设置的一个约束点或多个约束点可局限于TSR的远端半部,优选在位于TSR的远端端部处的TSR总长度的25%或10%中,可选地在TSR的远端顶端处。优选地,存在至少2个约束点,至少1个沿TSR设置,且至少1个、2个、3个或4个沿TBDP设置。

[0105] 优选地,沿TBPP或沿TSR存在至少1个约束点。沿TSR设置的该至少1个约束点可设置在TSR的近端半部中,优选设置在位于TSR的近端端部处的TSR总长度的25%或10%中,可选地在TSR的近端顶端处。沿TSR设置的一个约束点或多个约束点可局限于TSR的近端半部,

优选在位于TSR的近端端部处的TSR总长度的25%或10%中,可选地在TSR的近端顶端处。优选地,存在至少2个约束点,至少1个沿TSR设置且至少1个、2个、3个或4个沿TBPP设置。

[0106] 可存在至少4个约束点,至少1个沿TBDP设置,至少1个沿TSR设置在TSR的远端半部中,优选在位于TSR的远端端部处的TSR总长度的25%或10%中,可选地在TSR的远端顶端处,至少1个沿TBPP设置,且至少1个沿TSR设置在TSR的近端半部中,优选在位于TSR的近端端部处的TSR总长度的25%或10%中,可选地在TSR的近端顶端处。

[0107] 在TBDP或BDP(或TBPP或BPP)中,约束点是离散的。离散是指它们在虚构管的中心纵向(A-A')轴线的方向上空间分离。在TBDP或BDP或TBPP(或BPP,如果存在的话)中,离散的约束点在虚构管的中心纵向(A-A')轴线的方向上空间分离。

[0108] 在TSR或SR中,约束点可为离散的或可不为离散的。当不是离散的时,在TSR或SR中它们可设置为比如在虚构管的中心纵向(A-A')轴线的方向上的连续的纵向通道。

[0109] 应当理解,上述限制不同于由LM固定元件所提供的任何限制效果;LM固定元件固定LM的位置,且不允许LM相对于彼此滑动(例如,图12,远端LM固定元件113)。

[0110] 对于多个LM,其允许LM在所述约束点中的每个处可相对于彼此滑动。如稍后在下面所述,约束点可由LM引导件提供,尤其是TBDP或BDP中(且如果存在的话,TBDP或BDP中)的铰接的LM引导件或SR或TSR中的固定的LM引导件。

[0111] 另外的方面是,约束点可基本固定的相互旋转对齐;它们沿虚构管基本相互固定的轴向旋转对齐。关于基本相互固定的旋转对齐或基本固定的相互轴向旋转对齐,是指沿虚构管的邻近的(相邻的)约束点之间的轴向(A-A')旋转角基本固定或受限。对于沿虚构管纵向布置的多个约束点,在致动或未致动状态下,LM相对于虚构管的中心纵向轴线(A-A')的径向角在每个约束点处保持相同。当没有工作负荷施加到MTS或施加到能转向工具时,约束点可基本固定对齐。

[0112] 根据本发明的一方面,约束点基本固定的相互旋转对齐,这样使得与TBDP的远端终端处的离散的约束点相交的径向线,沿虚构管的纵向轴线相比于与TBDP的近端终端处的或远端端部处TSR中的约束点相交的径向线,示出了不超过30度的偏移角 ϵ ,优选25度(参见图23,例如I-A与I-E相比)。径向线从虚构管的中心纵向轴线(A-A')发射并垂直于中心纵向轴线。对于所讨论的约束点(例如,通道),相交点是相同的以能够比较。

[0113] 根据本发明的一方面,约束点基本固定的相互旋转对齐,这样使得与TBPP的近端终端处的离散的约束点相交的径向线,沿虚构管的纵向轴线相比于与TBPP的远端终端处的或近端端部处TSR中的约束点相交的径向线,示出了不超过30度的偏移角 ϵ ,优选25度。径向线从虚构管的中心纵向轴线(A-A')发射并垂直于中心纵向轴线。对于所讨论的约束点(例如,通道),相交点是相同的以能够比较。

[0114] 根据另一方面,与一个离散的限制点相交的径向线,相比于与沿虚构管的纵向轴线的邻近的(最相邻的)离散的限制点相交的径向线,示出了不超过10度的偏移角 ϵ ,优选5度(例如,图23,I-C与I-D相比)。径向线从虚构管的中心纵向轴线(A-A')发射并垂直于中心纵向轴线。在邻近的离散的约束点(例如,通道)之间,相交点是相同的以能够比较。除TBDP或BDP(且如果存在的话,TBPP或BPP)中的离散的约束点沿虚构管相互基本轴向旋转固定外,它们可相对于SR或TSR中的约束点基本轴向旋转固定。

[0115] TBDP或BDP中(且如果存在的话,TBPP或BPP中)基本固定的相互旋转对齐可比如通

过限制邻近的LM引导件之间的旋转量的LM的存在而提供。

[0116] TBDP或BDP中(且如果存在的话,TBPP或BPP中)基本固定的相互旋转对齐可比如通过铰接的LM引导件而提供,其中邻近的铰接的LM引导件之间的偏转受限制或被阻止,如稍后在下面所述。

[0117] SR或TSR中基本固定的相互旋转对齐比如通过固定的LM引导件而提供,其中邻近的固定的LM引导件之间的偏转受限制或被阻止,如稍后在下面所述。

[0118] TBDP或BDP(且如果存在的话,TBPP或BPP)中的离散约束点基本固定的相互旋转对齐还可有助于侧隙的减小。

[0119] DBP中获得的接头刚度主要取决于LM的各向异性的惯性面积矩(I_y)。其它因素可以影响刚度,包括弹性模量、剪切模量、LM的数量、LM到MTS的中心轴线的距离、LM截面的长度、极惯性矩。

[0120] 反作用力与惯性面积矩(I)成比例。惯性与LM的平面截面的长边的长度的三次幂有关。这解释了比如带有长边和短边的“I”型轮廓LM的使用为什么是有利的。相比用于相同的横截面积的标准圆形转向线,平面截面的长边产生较高的惯性面积矩。我们将这称为“直尺”效果。这种直尺可以容易在一个方向上弯曲。然而,在其它方向上,其极其刚硬。正是这种刚性用于阻挡轴向旋转变形并且减少系统中的侧隙。

[0121] 由于LM的轮廓,其不可以在约束点处自由旋转;一旦LM接触通道的壁(例如,图22B),阻止旋转且第二效果发挥作用,即,带材围绕z轴线扭转(参见图3)。扭曲常数(抗扭曲性的量度)被称为极惯性矩,并且等于 I_x 和 I_y 的总和(第二惯性矩,抗弯曲性的量度)。当仅x方向上的LM碰撞LM引导件的壁时,第三效果出现(图22A,LM比如移动到左边,所有其触碰LM引导件的壁)。当LM引导件以更大于LM的厚度的径向距离定位在器械的外表面附近时,非常快地满足该条件。LM引导件在其最抗弯曲侧上弯曲(各向异性的惯性矩)(参见图14,110)。用于该效果的扭曲常数取决于: I_y 、器械的半径(LM的中心到器械的中心轴线的距离)的平方,以及LM的长度(2个约束点之间的距离)的平方的反比。因为约束点之间的距离相比器械的半径具有相同的量级,且因为 I_y 由于各向异性而高,并且因为相比LM的横截面的尺寸半径大,第三效果是非常重要的。它趋于大于第二效果,这解释了LM的各向异性特征的优点。

[0122] 带有 $300\mu\text{m}$ 厚度和 $530\mu\text{m}$ 宽度的矩形轮廓的LM比如具有与直径为 $437\mu\text{m}$ 的圆线相同的横截面积。然而,矩形条的细长边(平行于器械的圆周定向)上的惯性面积矩是圆线的惯性面积矩的两倍,从而导致旋转刚度TBPP或BPP的双倍增加($300 \times 530 = \pi \times 218^2$) ($1530 = 300 \times 530^3 / 12$) ($1437 = 437^4 \times \pi / 64$)。

[0123] 各向异性的惯性面积矩不仅减少轴向旋转且因此减少侧隙,它还减少LMBDP(且因此TBDP和BDP)内或LMBPP(且因此TBPP和BPP)内的螺旋形运动链的形成。螺旋形运动链在LMBDP或LMBPP中是不期望的配置,在LMBDP或LMBPP中,铰接的LM引导件尽管受到相互旋转约束,但采取机械稳定的配置,在所述机械稳定的配置中最近端的LM引导件相比最远端的LM引导件旋转地偏移(参见图21A和图21B)。当LM引导件组成遵循螺旋形路径的运动链时,实现了这种稳定的配置。基于铰接的LM引导件的串接的全方向器械均出现这种现象。在外科器械的情况下,这导致轴与端部可弯曲远端部分之间的旋转。在手术中,旋转传输的这种损失是极不期望的。本发明人已经发现,具有各向异性的惯性面积矩的LM避免了该稳定配

置的形式。当SR (TSR) 和TBDP (BDP) (且如果存在的话, TBDP或BDP) 中的约束点基本固定的相互旋转对齐时, 该效果增强。

[0124] 在弯曲的TBPP或BPP的转向部分的内侧和外侧处的LM, 并且它们是力传输所涉及的主要的LM, 它们以最小的惯性面积矩在轴线上弯曲。力传输中没有直接涉及的侧面设置的或侧向的LM必须在较硬的轴线上弯曲(参见图12)。在10mm直径的TBPP或BPP以90°偏移弯曲情况下, 内部弯曲半径可以为5mm, 但中间的弯曲半径将为10mm。因此, 各向异性的LM的细长边上的不利弯曲可以通过增加的弯曲半径来补偿。

[0125] MTS可设有多个(例如, 2至30个, 3至20个) LM引导件, 这些引导件被配置成支撑并保持LM围绕虚构管的布置。特别地, 多个LM引导件使大多数LM, 优选所有的LM保持在虚构管上的恒定圆周位置处。关于保持恒定圆周位置, 是指由LM所采取的相对于虚构管的中心纵向轴线(A-A') 的径向角基本恒定, 且LM距离虚构管的中心纵向轴线(A-A') 的径向距离基本恒定。LM引导件被配置成在致动或未致动状态中保持基本恒定的圆周位置。

[0126] 特别地, 多个LM引导件可使大多数LM, 优选所有的LM, 轴向旋转地限制于尤其TBDP (且如果存在的话, TBPP) 处, 而且在TSR处。关于轴向旋转地限制LM, 是指LM围绕其纵向(轴向) 轴线的旋转在比如约束点处被限制。LM引导件被配置成在致动或未致动状态中保持基本恒定的轴向旋转角。轴向旋转角 β (参见图22A和图22B) 指比如在约束点内LM的平面截面所采取的角。平面截面通常为垂直于LM的纵向中心(z) 轴线的横截面(参见图22A和图22B)。轴向旋转角 β 是相对于相交于平面截面的形心的相互垂直的轴线(x,y) 的x轴线而言, 且该轴线形成平行于平面截面并位于平面截面上的平面。形心被理解为平面截面的几何中心, 更具体地是平面截面的外部轮廓的几何中心。当平面截面具有基本矩形的轮廓时, x和y轴线平行于矩形的直边对齐, x轴线对齐以使得关于x轴线的惯性面积矩是最大的。当平面截面具有不规则的轮廓时, x轴线对齐以使得相对于x轴线的惯性面积矩是最大的。 β 是x轴线的角的变化(例如, 在图22B中相比x的x')。对于基本恒定的轴向旋转角, 即在轴向旋转地限制LM的情况下, β 通常具有±45度之间的偏移。

[0127] BDP/TBDP (且如果存在的话, BPP/TBPP) 中的LM引导件包括用于LM的上述离散的约束点以轴向旋转地限制LM且进一步使LM保持在虚构管上的基本恒定的圆周位置处, 其中LM相对于每个离散的约束点可纵向滑动。对于多个LM, 其允许LM在所述离散的约束点中的每个处相对于彼此可滑动。

[0128] 类似地, 轴区域或TSR中的LM引导件包括用于LM的上述离散的约束点以轴向旋转地限制LM并进一步使LM保持在虚构管上的基本恒定的圆周位置处, 其中LM相对于每个离散的约束点可纵向滑动。对于多个LM, 其允许LM在所述离散约束点中的每个处相对于彼此可滑动。

[0129] 一些LM引导件(此处为“铰接的LM引导件”)可相对于彼此铰接, 尤其相互枢转, 从而支撑LM的弯曲, 类似于腕接头。铰接的LM引导件可设置在TBDP中和TBPP中(如果存在的话), 对应于能转向工具的BDP和BPP。铰接的LM引导件可在一侧或两侧处铰接。

[0130] 一个或多个LM引导件(此处为“固定的LM引导件”)可相对于彼此旋转固定, 从而保持LM的固定的(非弯曲的)路径。它们可相对于彼此旋转固定以相比TBDP的柔性减少TSR的柔性。旋转固定阻止在三个轴线(例如, 滚动、俯仰和偏转)中的任一个上相互旋转。固定的LM引导件可设置在TSR中, 对应于能转向工具的SR, 从而产生基本刚性或半刚性的TSR。

[0131] 如上所提到,当与刚性或半刚性的外部管或外管配合时TSR可变成刚性或半刚性的。换句话说,TSR可为柔性的。刚性可通过将TSR插入刚性或半刚性的管中或通过围绕TSR夹紧刚性的或半刚性的管来应用。因此,铰接的LM引导件可设置在TSR中,对应于能转向工具的SR。

[0132] LM引导件包括具有远侧和近侧的主体,以及连接远侧和近侧的外边缘或表面。

[0133] 对于铰接的LM引导件,主体优选为基本圆盘型的,如同比如图18中所示。圆盘在远侧处可设置有窝且在近侧处设置有突出部(例如,球)以用于与邻近的LM引导件的窝接合。因此,邻近的铰接的LM引导件形成球窝接头以用于相互枢转。作为用于诸如外科器械等器械的一般引导,圆盘可具有0.1cm、0.2cm、0.3cm、0.4cm、0.5cm、0.6cm、0.8cm、1cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2cm或更大的直径,或上述值中的任意两个之间的值的直径,优选在0.2cm和1.6cm之间。不包括突出部的圆盘可具有0.02mm、0.15cm、0.2cm、0.4cm或上述值中的任意两个之间的值的厚度,优选在0.1mm和0.2mm之间。

[0134] 对于固定的LM引导件,主体优选为基本圆柱形的,圆柱体的端部为远侧和近侧。作为对诸如外科器械等器械的一般指导,圆柱体可具有0.1cm、0.2cm、0.3cm、0.4cm、0.5cm、0.6cm、0.8cm、1cm、1.2cm、1.4cm、1.6cm、1.8cm、2cm或更大的直径,或上述值中的任意两个之间的值的直径,优选在0.2cm和1.6cm之间。铰接的LM引导件和固定的LM引导件的直径可相同。

[0135] 圆柱体的长度可为比如0.5cm、0.6cm、0.8cm、1cm、2cm、3cm或更多,或上述值中的任意两个之间的值,优选在1cm和3cm之间。虽然优选的是,存在多个串联布置的固定的LM引导件,但是单一的、长的固定的LM引导件设置在TSR中,对应于能转向工具的SR也落入本发明的范围内。

[0136] 优选地,铰接的或固定的LM引导件的主体是单件式元件,例如通过模制或机器加工为一件式而形成,从而避免多个元件的组装。

[0137] 主体设有两个或更多(例如,2、3、4、5)通道的布置。通道的数量可以取决于器械的尺寸;可预见18至40个通道或更多。通道包括铰接的LM引导件的主体中的孔隙空间。通道从主体的远侧穿到近侧。通道优选具有从主体的远侧到近侧的中心轴线,其平行于LM引导件的中心轴线。通道可以容纳一个、两个或更多LM,优选仅一个LM。通道充当约束点。通道被制定尺寸以限制LM,尤其阻止相对于主体的中心轴线的径向运动。通道被制定尺寸以限制LM,尤其阻止轴向旋转,即围绕LM中心(z)轴线的轴向旋转。每个通道还被配置成使LM保持在虚构管上基本恒定的圆周位置处。通道被制定尺寸以促进LM通过其的纵向可滑动的运动。通道可围绕虚构管布置。所述虚构管对应于MTS的虚构管。多个通道相互空间分离。通道可包括补充待容纳的LM的轮廓的横向轮廓。横向轮廓垂直于通道的中心轴线。比如,在LM具有矩形轮廓的情况下,通道可包括矩形轮廓。应当理解,通道轮廓不需要精确地反映LM的轮廓,比如跑道形LM轮廓可通过矩形通道封闭。

[0138] 多个LM引导件串联布置,即,一个LM引导件的远侧面向邻近的LM引导件的近侧。串联布置的铰接的LM引导件的实例在图20中示出。铰接的LM引导件的串联布置用于使LM限制在沿MTS的虚构管的纵向轴线的若干离散的约束位置处。可有2个或更多(例如,3、4、5、6、7、8、9或10或更多)串联布置的铰接的LM引导件提供两个或更多(例如,3、4、5、6、7、8、9或10或更多)离散的约束点。优选地,有7个或更多串联布置的铰接的LM引导件提供7个或更多离散

的约束点。

[0139] 多个铰接的LM引导件相互(成对)铰接。优选地，多个铰接的LM引导件相互(成对)接触。优选的是，邻近的铰接的LM引导件的相对旋转(即，邻近的铰接的LM引导件之间的偏转或轴向旋转)受阻止或限制。阻止或限制偏转允许离散的约束点沿虚构管基本固定的相互旋转对齐。根据一方面，与一个铰接的LM引导件的离散的约束点(例如，通道)相交的径向线，相比与邻近的铰接的LM引导件的离散的约束点相交的径向线，示出不超过10度的偏移角 ϵ ，优选5度(参见图23)。径向线从虚构管的中心纵向轴线(A-A')发射并垂直于中心纵向轴线。在邻近的LM引导件之间，与离散的约束点(即，通道)的相交点是相同的以能够比较。

[0140] 优选地，铰接的LM引导件使用枢转接头，诸如球窝型接头，接触邻近的(相邻的)LM引导件。每对铰接的LM引导件可有一个球窝型接头。枢转接头允许铰接的LM引导件相对于邻近的铰接的LM引导件枢转。枢转接头可允许相对于邻近的铰接的LM引导件运动两个自由度，即，滚动和俯仰。枢转接头可允许邻近的铰接的LM引导件的某种相对旋转(即，邻近的铰接的LM引导件之间的偏转或轴向旋转)。优选阻止或限制偏转，但鉴于具有各向异性的惯性面积矩的LM的使用阻止如之前所提到的旋转松弛，阻止或限制偏转不一定是必需的，然而，其也落入本发明的范围内。优选的是，枢转接头可不允许邻近的铰接的LM引导件的相对旋转(即，邻近的铰接的LM引导件之间的偏转或轴向旋转)。阻止或限制偏转可以比如使用旋转限制器来实现，旋转限制器可为固定在一个铰接的LM引导件的主体上的突出部，该突出部被固定在邻近的铰接的LM引导件的主体上的凹口接收(如比如图18所示)；耦接阻止一个LM引导件相对于邻近的LM引导件的轴向旋转。

[0141] 多个固定的LM引导件相互(成对)成固定关系。它们优选成固定的旋转关系。它们优选成固定的距离关系。优选地，多个固定的LM引导件相互(成对)接触。多个固定的LM引导件被配置成相比TBDP的柔性减少TSR的柔性。

[0142] 由于利用邻近的铰接的LM引导件，阻止了邻近的固定的LM引导件的相对旋转(即，邻近的固定的LM引导件之间的偏转或轴向旋转)。阻止偏转允许离散的约束点沿虚构管基本固定的相互旋转对齐。

[0143] 多个LM引导件串联布置，使得圆形布置的通道对齐，且每个可以接收一个(或可选的两个或更多)LM。

[0144] 优选地，铰接的LM引导件为基本圆盘型的，设有10-20个通道，每个被配置成仅容纳一个LM，每个通道包括矩形轮廓，矩形的长边被定向成面向LM引导件的中心轴线，通道围绕假想圆布置。

[0145] 优选地，固定的LM引导件为基本圆柱形的，设有10-20个通道，每个被配置成仅容纳一个LM，每个通道包括矩形轮廓，矩形的长边被定向成面向LM引导件的中心轴线，通道围绕假想圆布置。

[0146] 每个通道被配置成限制LM以减少或阻止轴向旋转，并保持其相对于中心LM引导件轴线(A-A')的径向位置。

[0147] MTS可设有端部执行器，并且被配置成使得端部执行器相对于LMBDP旋转固定，且当LMBDP处于弯曲位置时端部执行器通过LMBPP的互补旋转而可旋转。因此，能转向工具可被配置成使得端部执行器相对于BDP旋转固定，且当BDP处于弯曲位置时端部执行器通过BPP的互补旋转而可旋转。旋转固定的执行器端部可通过永久附接到LMBDP或BDP的顶端来

实现,比如焊接或粘合剂。可替换地,旋转固定的端部执行器可通过可锁定地旋转附接到LMBDP或BDP的顶端来实现,其中当端部执行器锁定在适当位置中时端部执行器是相对旋转固定的。

[0148] 下面的描述将参考举例说明本发明的特定实施例的附图;它们根本不旨在为限制性的。应当理解,技术人员可根据技术人员的一般实践调适设备并替换部件和特征。

[0149] 图1描绘了隔离示出的具有近端端部20和远端端部40以及中心纵向轴线A-A'的本发明的机械传输系统(MTS)100。MTS 100包括纵向布置且围绕具有圆柱形形状的虚构纵向管120均匀分散的多个(即,4个)纵向构件(LM)110。MTS 110包括传输可弯曲远端部分(TBDP)130和在能转向工具的轴区域中为基本刚性或半刚性的或在能转向工具的轴区域中通过与外部管配合保持刚性或半刚性的传输轴区域(TSR)132。

[0150] 图2描绘了图1的MTS 100,其中TBDP 130是弯曲的,并且TSR132保持在相同的笔直配置中。

[0151] 图3描绘了平面截面114上的两个相交轴线116(x轴线)、118(y轴线),平面截面114是图1中的位置112处的LM 110的平面横截面,所述横截面具有“I”型轮廓。轴线相交于点111处,点111是平面横截面114的轮廓(外部形状)的形心。轴线116、118相互垂直。轴线116(x轴线,116)被定向成使得其基本径向于MTS的中心(A-A')轴线,LM在轴线116周围具有较高的惯性面积矩。还示出与x轴线116和y轴线118两者垂直的z轴线119。

[0152] 图4描绘了具有近端端部20和远端端部40、传输可弯曲远端部分(TBDP)130、传输轴区域(TSR)132以及传输可弯曲近端部分(TBPP)134的本发明的MTS 100的外部视图。传输轴区域(TSR)132设置有多个固定的LM引导件350、350'、350'',每个固定的LM引导件为LM的轴向旋转提供了约束点,其中每个LM可相对于每个LM引导件350、350'、350''纵向滑动。TBDP 130和TBPP 134设置有多个铰接的LM引导件305、305'、305''、305a、305a'、305a'',每个铰接的LM引导件为LM的轴向旋转提供了离散的约束点,其中每个LM可相对于每个LM引导件305、305'、305''、305a、305a'、305a''纵向滑动。

[0153] 图5描绘了图4的MTS 100,其中TBPP 134通过弯曲被致动,运动通过MTS沿TSR 132传输到TBDP 130,所述TBDP 130响应地弯曲。

[0154] 图6描绘了LM的半圆形横截面(即,平面截面114)和相交的x轴线和y轴线,围绕所述x轴线和y轴线测量惯性矩,所述轴线以点111为中心,点111是横截面的形心。比率 $I_x/I_y = 3.57$,其根据方程式1和方程式2计算出。

[0155] 图7描绘了LM的矩形横截面(即,平面截面114)和相交的x轴线和y轴线,围绕所述x轴线和y轴线测量惯性矩,所述轴线以点111为中心,点111是横截面的形心。比率 $I_x/I_y = 4$,其根据方程式1和方程式2计算出。

[0156] 图8描绘了LM的“I”横截面(即,平面截面114)和相交的x轴线和y轴线,围绕所述x轴线和y轴线测量惯性矩,所述轴线以点111为中心,点111是横截面的形心。比率 $I_x/I_y = 9.2$,其根据方程式1和方程式2计算出。

[0157] 图9描绘了LM的圆形边缘的矩形横截面(即,平面截面114)和相交的x轴线和y轴线,围绕所述x轴线和y轴线测量惯性矩,所述轴线以点111为中心,点111是横截面的形心。比率 $I_x/I_y = 4$,其根据方程式1和方程式2计算出。

[0158] 图10描绘了LM的跑道形横截面(即,平面截面114)和相交的x轴线和y轴线,围绕所

述x轴线和y轴线测量惯性矩,所述轴线以点111为中心,点111是横截面的形心。比率 $I_x/I_y=4$,其根据方程式1和方程式2计算出。

[0159] 图11描绘了非本发明的机械传输装置50的侧视图,该机械传输装置具有近端端部20和远端端部40,并且利用在远端端部处连接到远端纵向构件固定元件55的纵向构件52、52'、52"形成。传输轴区域设有固定的纵向构件引导件64。纵向构件52、52'、52"的横截面中的每个横截面被描绘为具有圆形平面截面56、56'、56"。纵向构件52、52'、52"中的每个弯曲显然通过具有各向同性的惯性面积矩的圆形轮廓的纵向构件促进,尤其是关于在致动弯曲运动的纵向构件52'、52"外围的那些纵向构件,例如52。因此,所有的纵向构件52、52'、52"以相等的阻力弯曲,尽管每个纵向构件例如52、52'、52"在不同的相对方向(相比定向标记60、60'、60",参见箭头58、58'、58"的方向)上弯曲。

[0160] 图12描绘了本发明的MTS 100的侧视图,MTS具有近端端部20和远端端部40,并且利用在远端端部处连接到远端LM固定元件113的LM 110、110'、110"形成。传输轴区域(TSR)设有固定的LM引导件350。LM 110、110'、110"的平面截面114、114'、114"被描绘为具有“I”型轮廓。令人惊奇地,LM 110、110'、110"中的每个弯曲不受具有平面截面的带有各向异性惯性面积矩的“I”型轮廓的LM的阻碍,尤其是关于在致动弯曲运动的纵向构件110'、110"外围的那些LM,例如110。因此,所有纵向构件110、110'、110"弯曲而不屈曲或扭转,尽管每个纵向构件例如110、110'、110"在不同的相对方向(箭头158、158'、158"的方向)上弯曲,且尽管外围的纵向构件例如110在具有较大的惯性面积矩的方向上弯曲。

[0161] 图13是图11的且非本发明的机械传输装置50的示意图,其呈现当转矩62施加到轴区域66时远端可弯曲部分64中的纵向构件52、52'、52"的扭转。纵向构件52、52'、52"中的每个具有圆形轮廓,且因此具有各向同性的惯性面积矩。因此,使用圆形纵向构件在通过轴区域66到可弯曲远端部分64的转矩传输中引入侧隙。

[0162] 图14是图11的且本发明的MTS 100的示意图,其呈现当转矩162施加到TSR 132时传输可弯曲远端部分(TBDP)130中的LM 110、110'、110"的明显较少的扭转。纵向构件110、110'、110"中的每个具有“I”型平面截面,且因此具有各向异性的惯性面积矩。因此,使用“I”型LM在通过LM轴区域132到TBDP 130的转矩传输中减少或免除侧隙。

[0163] 图15是图14的且本发明的MTS 100的示意图,其示出了隔离的单一LM 110。它示出了向LM 110施加力(164)及其抗弯曲性,这归因于各向异性的惯性面积矩。

[0164] 图16示出了在TBDP 130中设置在MTS 100中的前面的LM 110"、后面的LM 110'和侧面的LM 110的不同的弯曲半径。相比侧面的LM 110的弯曲半径117b,对于位于弯曲内部上的前面的LM 110"来说,弯曲半径117a较小,由于LM 110的各向异性的惯性面积矩,所述侧面的LM 110在弯曲方向上较刚硬。

[0165] 图17是圆盘型的LM引导件300的平面图。LM引导件300具有设置有围绕虚构管320布置的4个独立通道310的主体302。虚构管320与图1中的虚构管120对应。每个通道310限制LM 110。每个通道被认为是离散的约束点。

[0166] 图18是LM引导件300的侧视图,LM引导件是具有圆盘形状以及远侧40和近侧20的铰接的LM引导件305。铰接的LM引导件300具有主体302,该主体在远侧40处包括形成枢转接头的一对部件中的一个部件,其是圆顶突出部330,类似于球窝接头的球。它在近侧20处还包括形成枢转接头的一对部件的另一部件,其是往复式凹口340,类似于球窝接头的窝。还

示出固定连接到圆顶突出部330的一对旋转限制器(332、332')，旋转限制器是来自所述圆顶突出部330的径向突出部。它们与固定连接到邻近的铰接的LM引导件(未示出)的接收凹口340的一对往复式狭槽340、340'耦接，从而阻止邻近的铰接的LM引导件的相互轴向旋转。每个铰接的LM引导件包括离散的约束点(即，通道)，且一对旋转限制器提供了离散的约束点沿虚构管基本固定的相互旋转对齐。图19示出结合本发明的MTS的能转向工具500。能转向工具500具有近端端部20和远端端部40。远端端部40设有端部执行器(540)，其为夹持器，而近端端部20设有把手550以操纵管并控制夹持器。还示出可弯曲远端部分(BDP)530、轴区域(SR)532和可弯曲近端部分(BPP)534。

[0167] 图20是本发明的MTS 100的示意图，MTS具有近端端部20和远端端部40，设有围绕虚构管布置的、保持在适当位置中的4个LM 110，与在TBDP 130中的多个铰接的LM引导件305、305'、305''，每个铰接的LM引导件设有一个对齐的通道。枢转接头的互补的一对元件中的一个(圆顶突出部330)在最远端LM引导件300''中示出。TSR 132包括使LM 110的位置保持在TSR 130中的多个串联布置的固定的LM引导件350、350'、350''。

[0168] 图21A示出了具有近端端部20和远端端部40的非本发明的机械传输装置50的可弯曲远端部分。机械传输装置50设置有圆形轮廓的纵向构件52、52'、52''，每个具有各向同性的第二惯性面积矩，所述纵向构件52、52'、52''通过多个铰接的纵向构件引导件54、54'、54''被限制在径向和圆周位置中。阻止邻近的铰接的纵向构件引导件54、54'、54''由于每个纵向构件引导件54、54'、54''上出现旋转限制器(未示出)而相互轴向旋转。

[0169] 图21B示出了图21A的且非本发明的机械传输装置50的可弯曲远端部分，其已进入不期望的且稳定的螺旋形运动链状态，由此近端端部20处的圆形轮廓的纵向构件52、52'、52''相对于远端端部40扭转，尽管存在旋转限制器。

[0170] 图22示出了LM引导通道310或310'中存在的纵向构件110a、110b的两个示例性定向，其中一个纵向构件110b的平面截面114的x轴线被示出为当受限于LM引导通道310'时以角 α 偏离在中心(A-A')轴线和平面截面114的形心111之间所画的假设线115。另一纵向构件110a示出没有这种偏离，即当受限于LM引导通道310时 α 为0。

[0171] 图22A和图22B示出了角 β ，其是LM 110的轴向旋转角的变化。图22A表示轴线(x)的开始定向，且图22B表示通道310内其中一个旋转限制处的轴线(x')。对于LM 110的基本恒定的轴向旋转角，即，在LM轴向旋转地被限制在离散的约束点处的情况下，角 β 在某些限制之间偏移。

[0172] 图23I和II示出了设置有多个铰接的LM引导件(305B至E)和虚构管的中心纵向轴线(A-A')的TDBP(130)以及设置有固定的LM引导件(305A)的TSR(132)。在I中，TDBP(130)是笔直的(未致动的)，且在II中，TDBP(130)是弯曲的(致动的)。图23Y和X示出了独立的LM引导件的示意性平面图以示出偏移角 ϵ 。图23A示出了从虚构管的中心纵向轴线(A-A')突出并与其通道310X相交的一个LM引导件(305X)的径向线(312X)，图23Y示出了与其通道310X相交的另一LM引导件(305X)的径向线(312Y)。X和Y是LM引导件，将在它们之间测量 ϵ 。比如，在 ϵ 是两个邻近的铰接的LM引导件的偏移角的量度的情况下，X可为I-C且Y可为I-D。在 ϵ 是TBDP(130)中的最近端的铰接的LM引导件和最远端的铰接的LM引导件之间的偏移角的量度的情况下，X可为I-B且Y可为I-E。在 ϵ 是TSR(132)中的固定的LM引导件和最远端的铰接的LM引导件之间的偏移角的量度的情况下，X可为I-A且Y可为I-E。

[0173] 这些相应的LM引导件的径向线(312A和312X)之间的角度差,偏移角示出为 ϵ 。图23I-A至I-E是图23的且当TDBP(130)是笔直(未致动的)时的独立的LM引导件的示意性平面图,其中邻近的LM引导件之间没有偏移(ϵ 为0)。图23II-A至II-E是图23-II的且当TDBP(130)是曲线(弯曲)时的独立的LM引导件的示意性平面图,其中邻近的LM引导件之间没有偏移(ϵ 为0)。

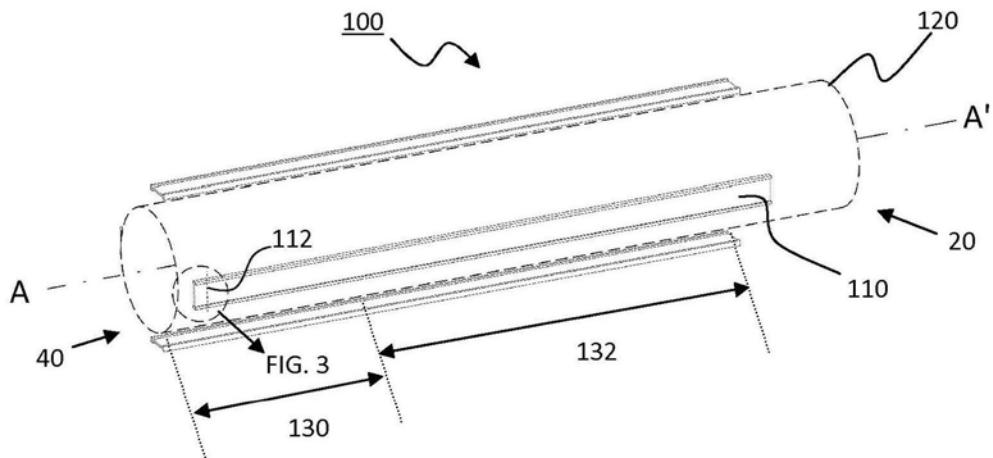


图1

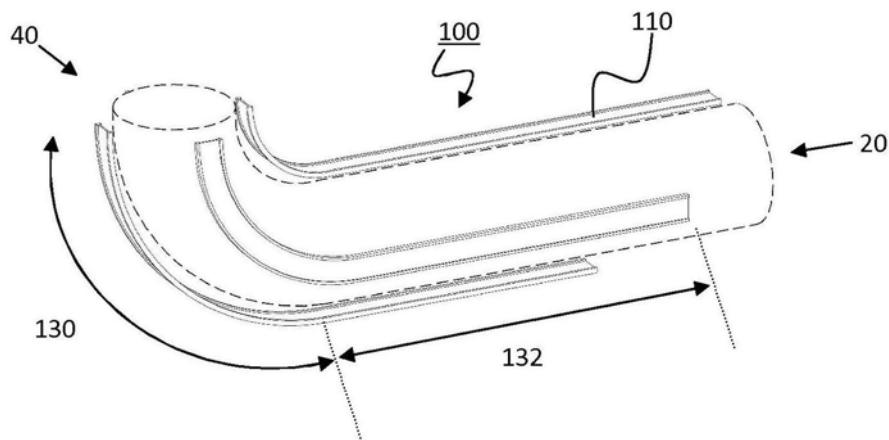


图2

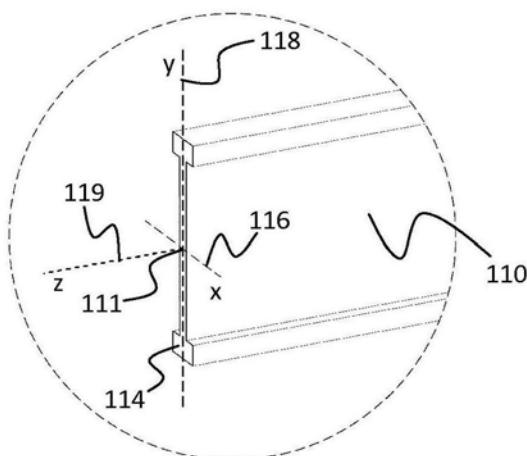


图3

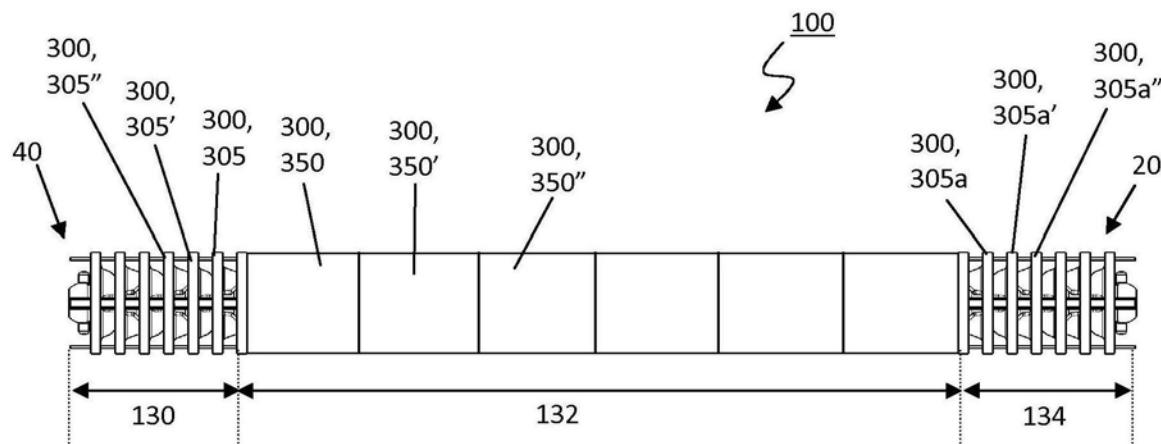


图4

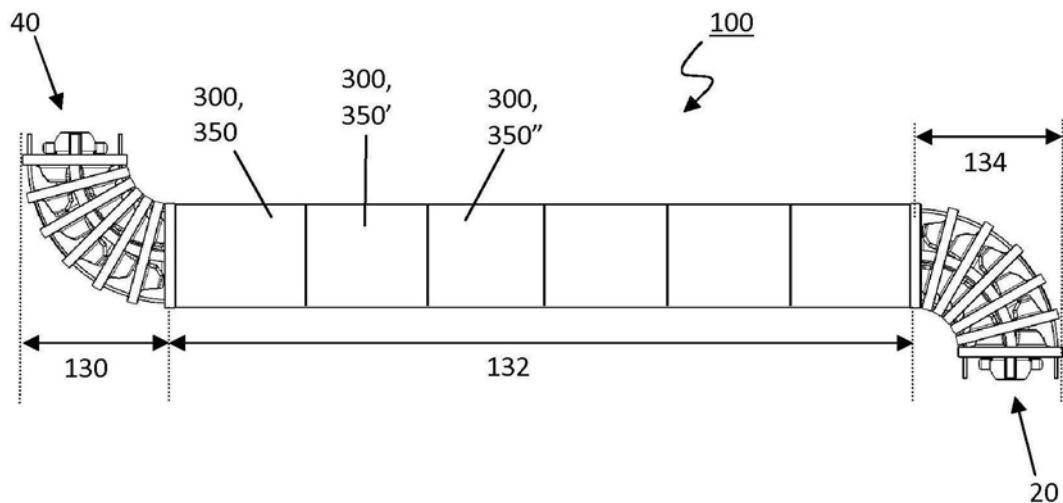


图5

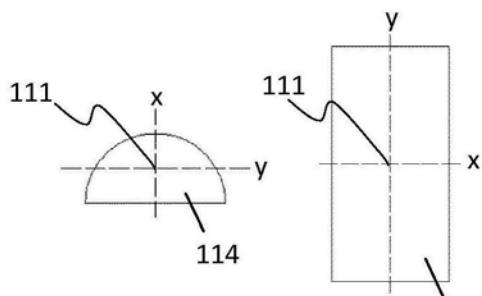


图 6

图 7

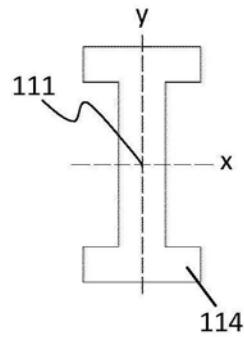


图8

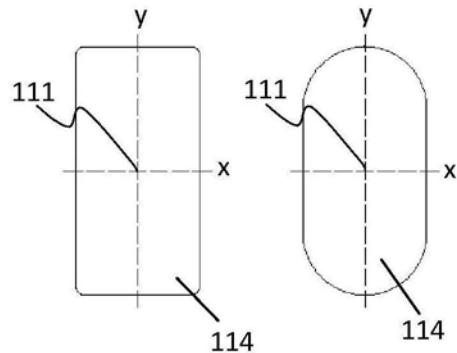


图9

图10

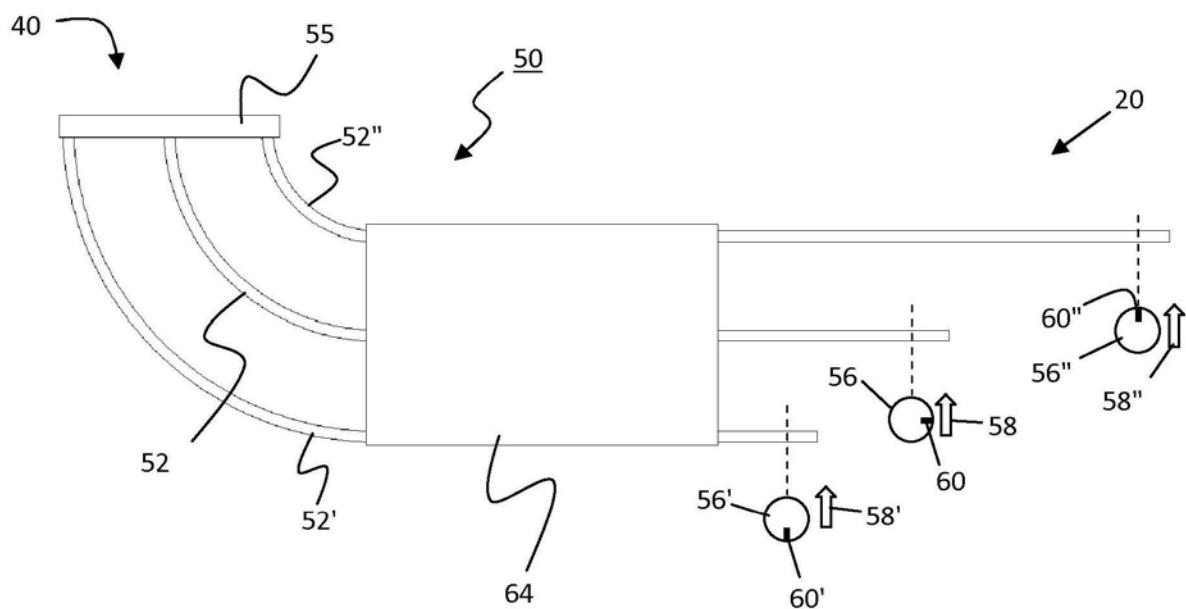


图11

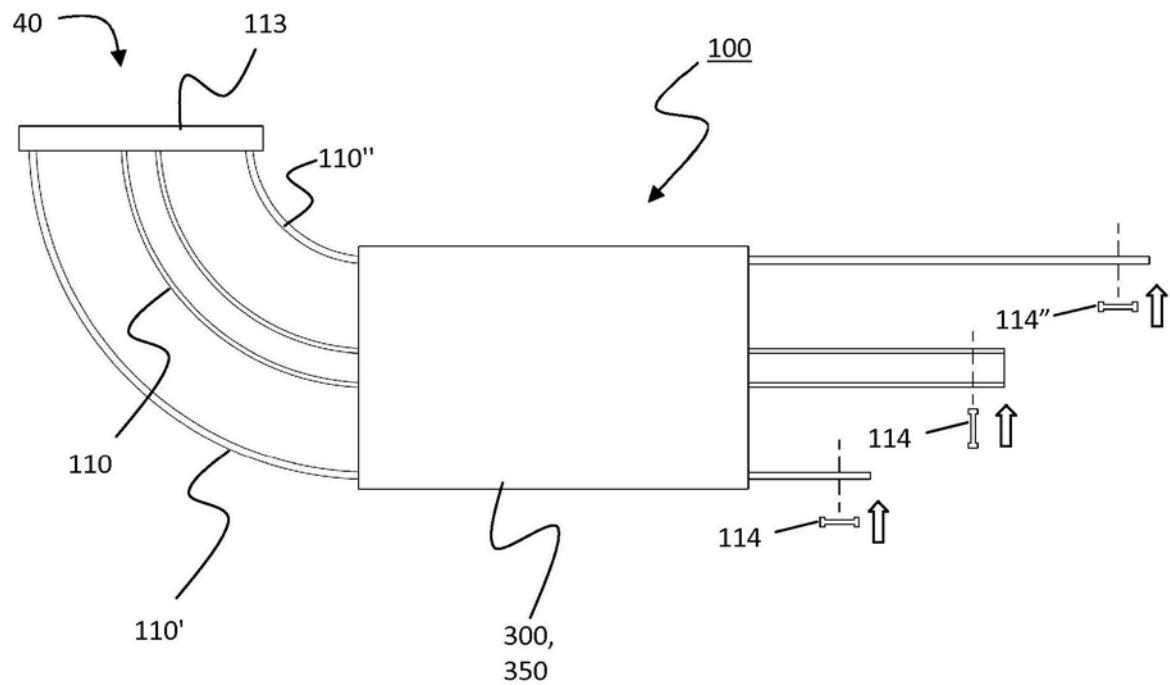


图12

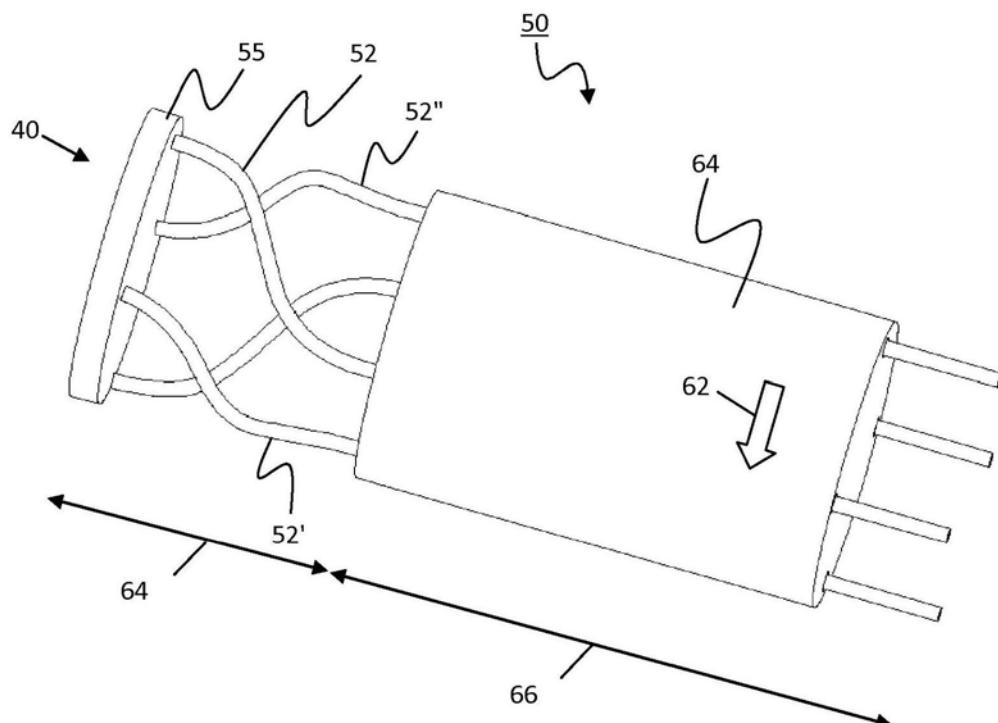


图13

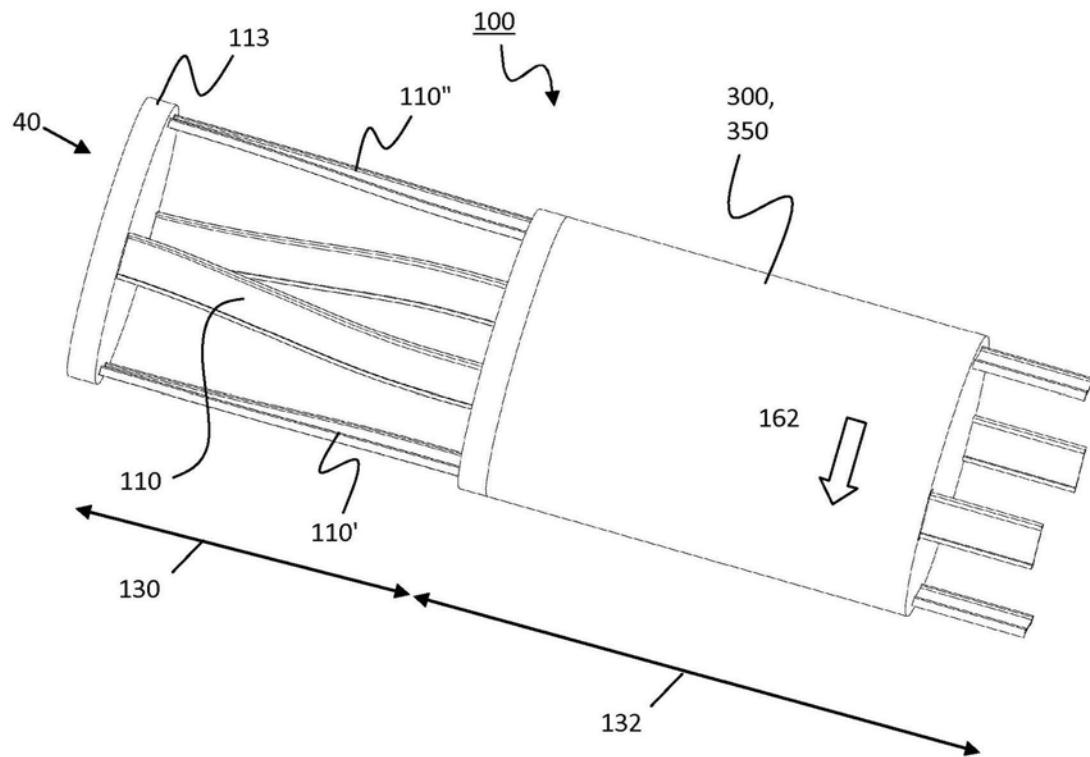


图14

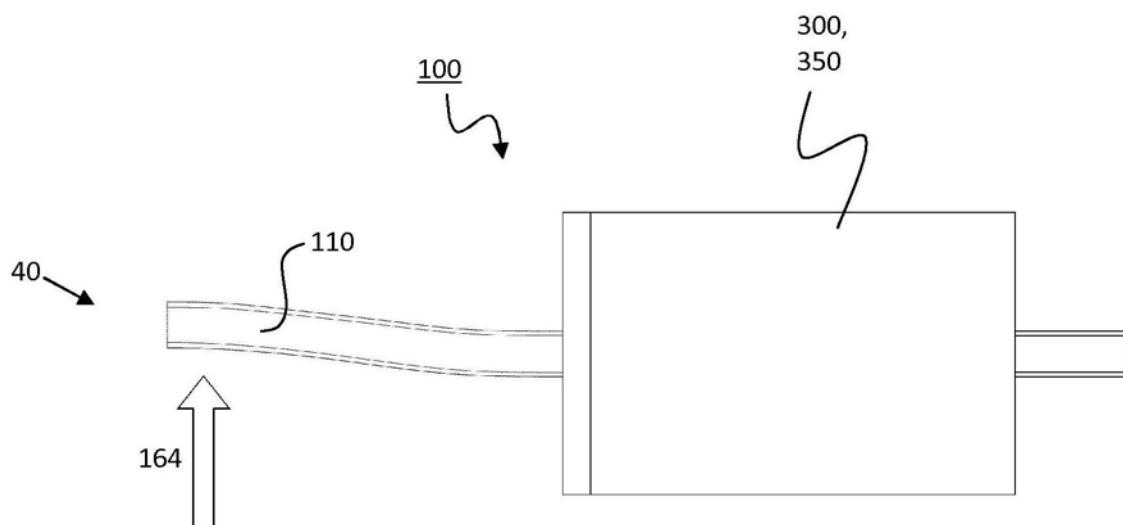


图15

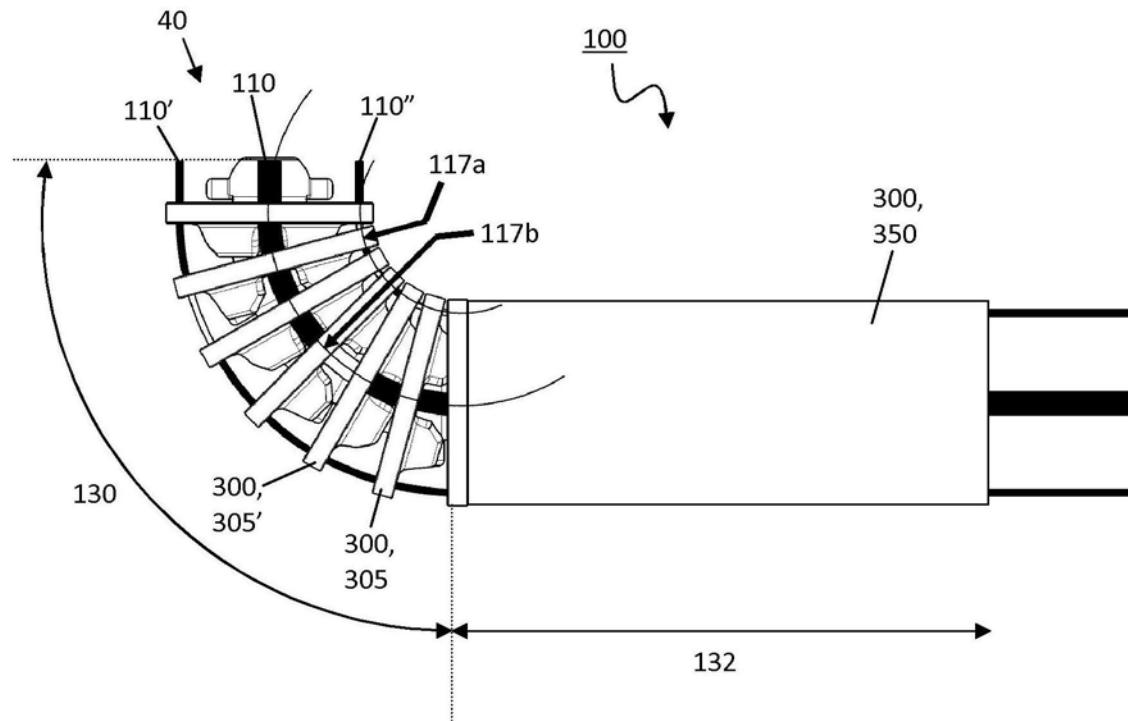


图16

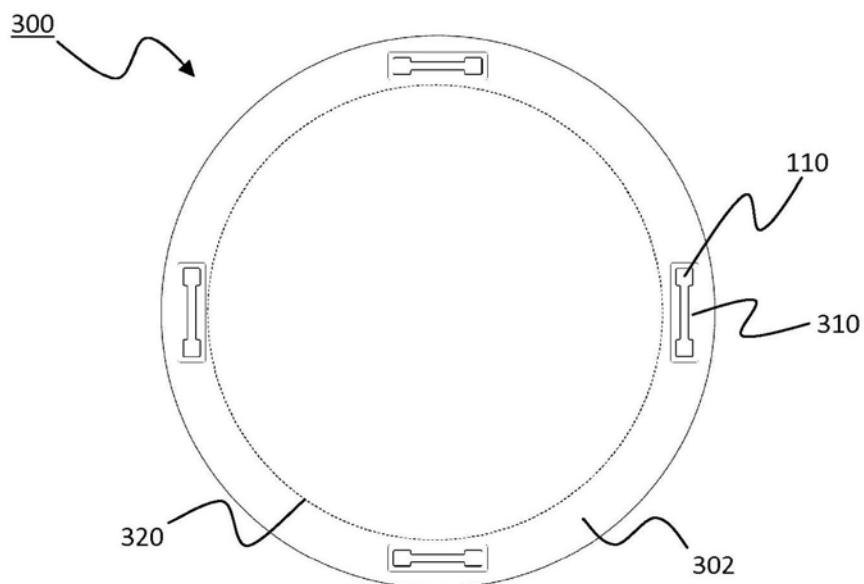


图17

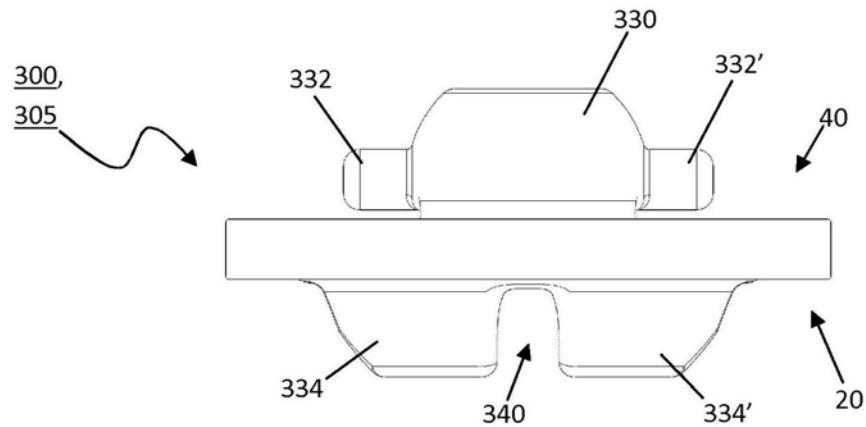


图18

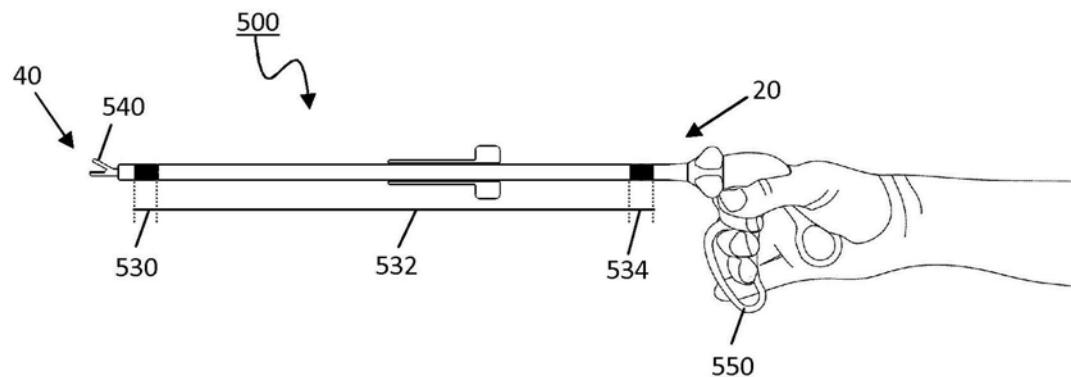


图19

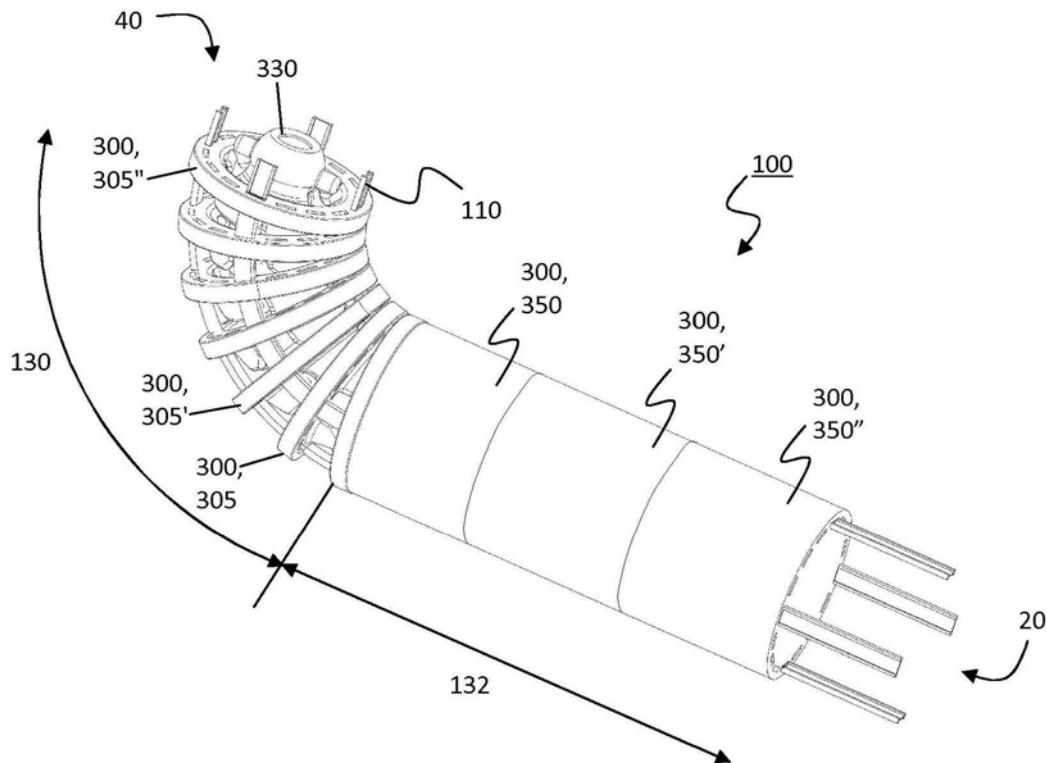


图20

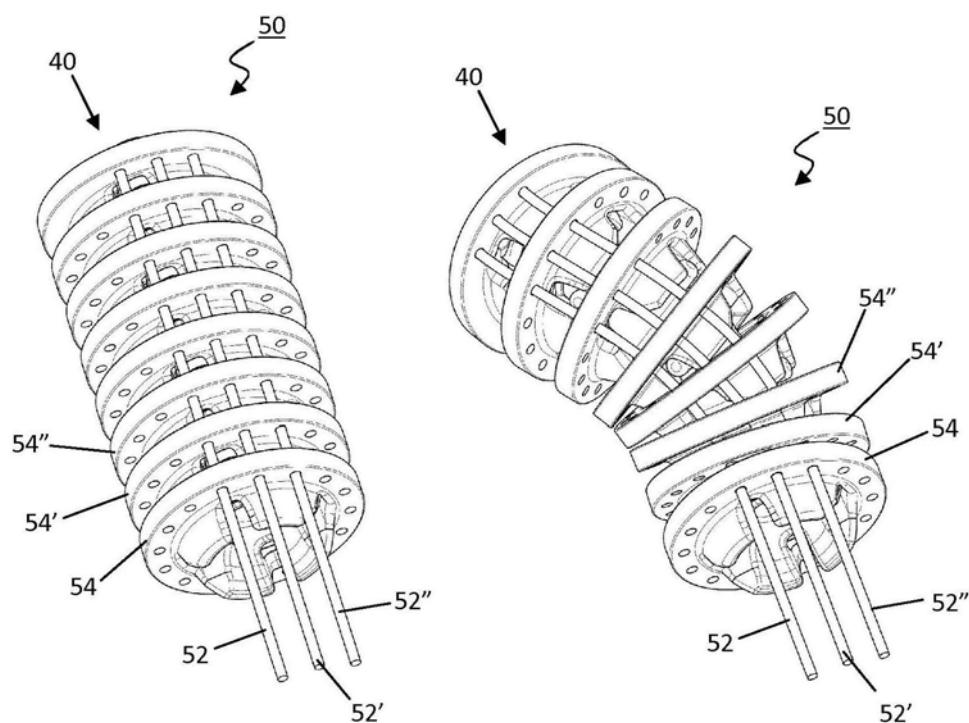


图 21A

图 21B

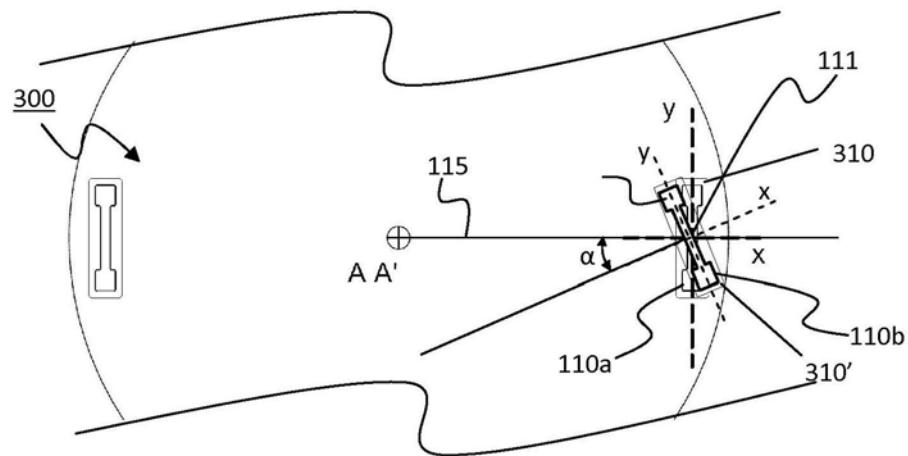


图22

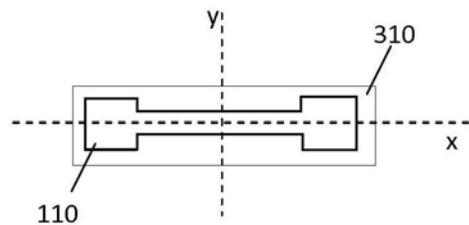


图22A

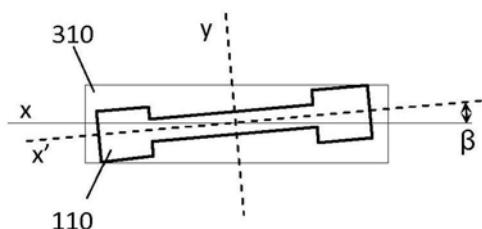


图22B

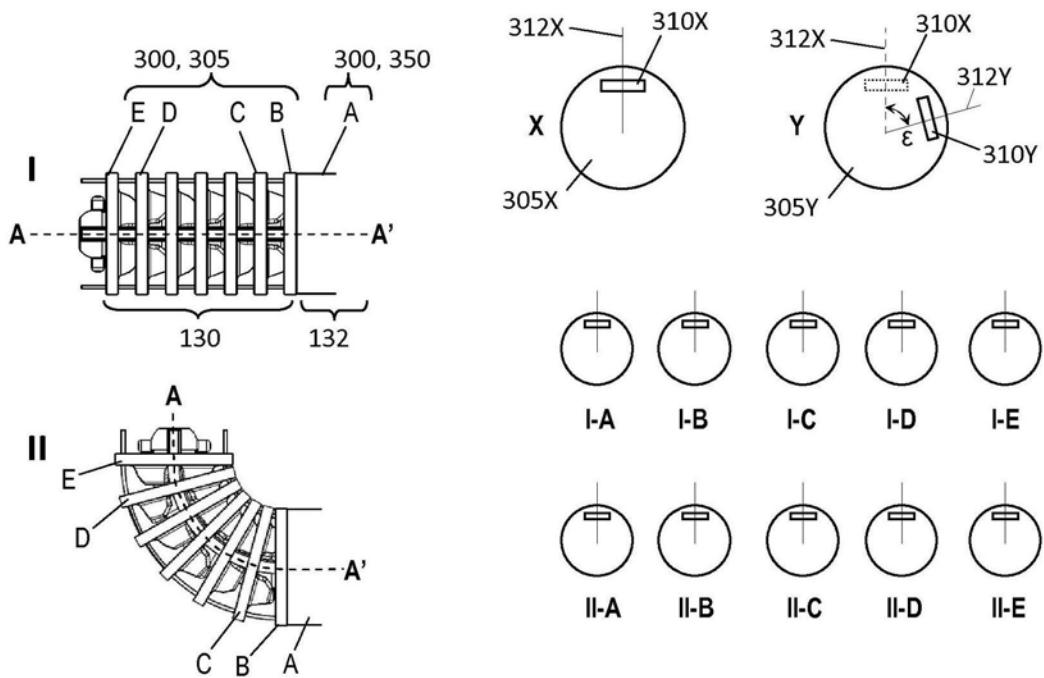


图23