



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105163679 B

(45)授权公告日 2018.04.06

(21)申请号 201480015459.7

(22)申请日 2014.03.13

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105163679 A

(43)申请公布日 2015.12.16

(30)优先权数据

61/781,092 2013.03.14 US

61/791,248 2013.03.15 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.09.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/026721 2014.03.13

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/151952 EN 2014.09.25

(73)专利权人 SRI国际公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 帕布洛·爱德华多·加西亚·基尔
罗伊

肯尼斯·C·米勒

托马斯·D·伊根 托马斯·P·洛

阿瑟·麦克斯维尔·克里滕登

卡伦·沙克斯皮尔·柯尼希

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 董敏 王艳江

(51)Int.Cl.

A61B 17/29(2006.01)

(56)对比文件

EP 2415418 A1, 2012.02.08,

US 20100175701 A1, 2010.07.15,

US 20070049435 A1, 2007.03.01,

US 20100016852 A1, 2010.01.21,

US 20100004663 A1, 2010.01.07,

EP 2415418 A1, 2012.02.08,

CN 102143714 A, 2011.08.03,

审查员 代丽

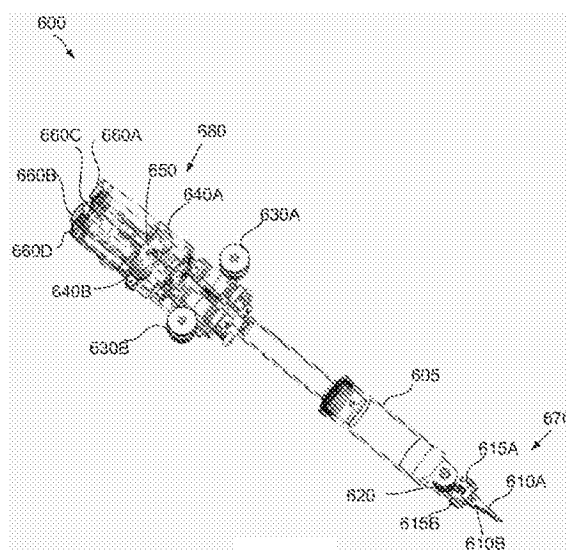
权利要求书3页 说明书29页 附图40页

(54)发明名称

紧凑型机器人手腕

(57)摘要

一种手术工具,该手术工具包括工具轴、末端执行器以及腕部,该腕部将末端执行器联接至工具轴。该工具包括驱动机构,该驱动机构构造经由在驱动机构与腕部之间延伸的两个或更多个独立的线缆中的四个独立的线缆的独立致动来影响腕部和末端执行器中的一者或两者的以横摆和俯仰的方式的运动。



1. 一种微创手术工具,包括:

工具轴;

末端执行器;

多轴腕部,所述多轴腕部布置在所述工具轴与所述末端执行器之间,所述腕部包括沿两个正交方向设置的三组或更多组带轮;以及

驱动机构,所述驱动机构包括四个电动马达,所述四个电动马达构造成影响所述腕部和所述末端执行器中的一者或两者的运动,所述四个电动马达中的每一者构造成对至少部分地围绕所述三组或更多组带轮中的一者或更多者缠绕的线缆的四个独立线缆端中的一者进行独立控制,所述马达构造成改变所述线缆之间的相对张力以影响横摆运动和俯仰运动。

2. 根据权利要求1所述的手术工具,其中,所述三组或更多组带轮包括沿两个正交方向定向的两组带轮和在所述两组带轮之间成角度的第三组带轮,从而减少了所述线缆之间的交叉和摩擦。

3. 根据权利要求1所述的手术工具,其中,所述四个独立线缆端的所述独立控制对所述末端执行器的一对爪的运动进行控制。

4. 根据权利要求1所述的手术工具,其中,所述三组或更多组带轮包括与所述末端执行器附接的第一组带轮和与所述第一组带轮对准的第二组带轮,使得所述线缆中的一者或更多者沿着直线路径从所述第二组带轮延伸至所述第一组带轮。

5. 根据权利要求4所述的手术工具,其中,所述第一组带轮邻近于所述工具轴的中心轴线设置,所述第一组带轮的直径基本上等于所述工具轴的直径。

6. 根据权利要求1所述的手术工具,其中,所述四个马达在马达组中,所述马达组能够以可移除的方式联接至与所述工具轴的近端附接的联接单元。

7. 根据权利要求6所述的手术工具,其中,所述联接单元提供无菌屏障。

8. 根据权利要求1所述的手术工具,其中,所述驱动机构包括绞线传递装置,所述绞线传递装置构造成改变所述线缆中的每一者的长度。

9. 一种微创手术工具,包括:

工具轴;

末端执行器;

多轴腕部,所述多轴腕部布置在所述工具轴与所述末端执行器之间,所述腕部包括沿两个正交方向设置的三组或更多组带轮;以及

驱动机构,所述驱动机构构造成影响所述腕部和所述末端执行器中的一者或两者的运动,所述驱动机构构造成对至少部分地围绕所述三组或更多组带轮中的一者或更多者缠绕的线缆的四个独立线缆端进行独立控制,以改变所述线缆之间的相对张力从而影响横摆运动和俯仰运动。

10. 根据权利要求9所述的手术工具,其中,所述驱动机构包括四个电动马达,所述四个电动马达中的每一者构造成独立地控制所述四个独立线缆端中的一者。

11. 根据权利要求10所述的手术工具,其中,所述四个马达在马达组中,所述马达组能够以可移除的方式联接至与所述工具轴的近端附接的联接单元。

12. 根据权利要求11所述的手术工具,其中,所述联接单元提供无菌屏障。

13. 根据权利要求9所述的手术工具, 其中, 所述三组或更多组带轮包括沿两个正交方向定向的两组带轮和在所述两组带轮之间成角度的第三组带轮, 从而减少了所述线缆之间的交叉和摩擦。

14. 根据权利要求9所述的手术工具, 其中, 所述四个独立线缆端的所述独立控制对所述末端执行器的一对爪的运动进行控制。

15. 根据权利要求9所述的手术工具, 其中, 所述三组或更多组带轮包括与所述末端执行器附接的第一组带轮和与所述第一组带轮对准的第二组带轮, 使得所述线缆中的一者或更多者沿着直线路径从所述第二组带轮延伸至所述第一组带轮。

16. 根据权利要求15所述的手术工具, 其中, 所述第一组带轮邻近于所述工具轴的中心轴线设置, 所述第一组带轮的直径基本上等于所述工具轴的直径。

17. 根据权利要求9所述的手术工具, 其中, 所述驱动机构包括绞线传递装置, 所述绞线传递装置构造成改变所述线缆中的每一者的长度。

18. 一种微创手术工具, 包括:

工具轴;

末端执行器;

多轴腕部, 所述多轴腕部布置在所述工具轴与所述末端执行器之间, 所述腕部包括沿两个正交方向设置的三组或更多组带轮; 以及

驱动机构, 所述驱动机构包括三个电动马达, 所述三个电动马达构造成影响所述腕部和所述末端执行器中的一者或两者的运动, 所述驱动机构构造成对至少部分地围绕所述三组或更多组带轮中的一者或更多者缠绕的两个线缆圈进行独立地控制, 以改变所述两个线缆圈之间的相对张力并且改变每个线缆圈的两个端部之间的相对张力从而影响横摆运动和俯仰运动, 所述三个电动马达中的一者与构造成使所述两个线缆圈中的一个线缆圈的两侧的张力增大并使所述两个线缆圈中的另一个线缆圈的两侧的张力放松的机构联接以影响所述俯仰运动。

19. 根据权利要求18所述的手术工具, 其中, 所述机构为摇杆机构, 所述摇杆机构构造成往复摇摆使得所述摇杆机构的第一端部向近端移动, 从而增大所述两个线缆圈中的与所述摇杆机构的所述第一端部联接的一个线缆圈上的张力, 并且所述摇杆机构的相反的第二端部向远端移动, 以放松所述两个线缆圈中的与所述摇杆机构的所述第二端部联接的另一个线缆圈上的张力, 从而影响所述末端执行器的所述俯仰运动。

20. 根据权利要求18所述的手术工具, 其中, 所述机构为梭式机构, 所述梭式机构构造成在所述工具轴内轴向地移动, 所述梭式机构构造成用以放松所述两个线缆圈中的一个线缆圈上的张力并且增大所述两个线缆圈中的另一个线缆圈上的张力, 从而影响所述末端执行器的所述俯仰运动。

21. 一种微创手术工具, 包括:

工具轴;

末端执行器;

多轴腕部, 所述多轴腕部布置在所述工具轴与所述末端执行器之间, 所述腕部包括沿两个正交方向设置的三组或更多组带轮; 以及

用于经由至少部分地围绕所述三组或更多组带轮中的一个或更多个带轮缠绕的线缆

的四个独立线缆端的独立控制来影响所述腕部与所述末端执行器中的一者或两者的运动以改变所述线缆之间的相对张力从而影响横摆运动和俯仰运动的装置。

22. 根据权利要求21所述的手术工具, 其中, 所述三组或更多组带轮包括沿两个正交方向定向的两组带轮和在所述两组带轮之间成角度的第三组带轮, 从而减少了所述线缆之间的交叉和摩擦。

23. 根据权利要求21所述的手术工具, 其中, 所述四个独立线缆端的所述独立控制对所述末端执行器的一对爪的运动进行控制。

24. 根据权利要求21所述的手术工具, 所述三组或更多组带轮包括与所述末端执行器附接的第一组带轮和与所述第一组带轮对准的第二组带轮, 使得所述线缆中的一者或更多者沿着直线路径从所述第二组带轮延伸至所述第一组带轮。

25. 根据权利要求24所述的手术工具, 其中, 所述第一组带轮邻近于所述工具轴的中心轴线设置, 所述第一组带轮的直径基本上等于所述工具轴的直径。

紧凑型机器人手腕

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求根据于2013年3月14日提交的美国临时申请No.61/781092和于2013年3月15日提交的美国临时申请No.61/791248的35U.S.C.§119(e)的优先权权益,所有申请的全部内容通过参引并入本文并且应当认为是本说明书的一部分。

背景技术

[0003] 机器人末端执行器允许机器人操纵物体。本申请涉及机器人工具、工具的末端执行器以及操作工具的方法。

[0004] 机器人用于包括工业、研究、医疗和非医疗目的的各种目的。除了大多数机器人中常见的特征和特点之外,每个不同类型的机器人可以具有其自身独有的特征和特点。大多数机器人的一个常见的特点是使用工具。通过机器人控制的工具用于执行各种任务。通过机器人控制的每个工具可以对于待执行的任务而特定地设计。通常,机器人工具具有长形的形状并且具有端部执行器(例如,抓取器)。

[0005] 相对于手术系统,典型的市售机器人系统使用通过线缆或其他机构控制的直形刚性工具或柔性工具(例如,曲形工具)。直形刚性工具在一些手术设定——例如当器官或解剖结构位于切入点或切入口(例如,工具进入身体中时的位置)与待进行操作的组织之间时——中是不充分的,是因为直形轴不能够延伸到器官或解剖结构周围以进入组织。直形刚性工具的另一个缺点在于它们不能很好地适用于所谓单口手术中,其中,不止一个工具通过单个手术切点或切口被引入,这有时希望限制患者的外伤。在这种单口手术中,对于诸如缝合之类的任务而言需要多个工具之间的合作性的相互作用。为了合作性地相互作用,工具需要以不同角度汇聚到操作性空间上,而直形刚性工具不能很好地适用于此。

[0006] 相对于柔性工具,比如曲形或弯曲工具,这些工具克服了上述所讨论的直形刚性工具的进入和可操作性问题,但还是具有缺点。柔性工具的一个缺点在于它们在手术过程中通常不够刚硬以抵抗弯曲载荷。一般地,为了改善刚度,工具的曲形或弯曲轮廓在身体外预成型——无论是通过制造者或是通过用户使用弯曲工具——并且因而不能够在身体内弯曲以在原位置容置操作性几何形状。可用的其他柔性工具是分段的或具有柔性轴并且可以例如通过线缆来控制。这些柔性工具也具有缺点,比如不能够获得足够的刚度以在手术过程中弯曲时承受弯曲载荷。

[0007] 直形刚性工具和弯或弯曲工具还用在非医疗应用中并且当用在所述非医疗应用中时具有上述所提到的相同的缺陷。

发明内容

[0008] 因此,存在对于解决市售工具的上述所提到的缺陷的改进的机器人工具和末端执行器的需要。存在对于相对于市售机器人工具提供了现场的较少堵塞、执行复杂操作的增强的能力以及在通道受限制的区域中工作的增强的能力的改进的机器人工具和末端执行器的需要。

[0009] 根据本发明的一方面,工具设置有联接至末端执行器的腕部。腕部可以包括四个独立线缆端。四个独立线缆端可以设置成使得每个独立线缆端可以独立地驱动。在一个实施方式中,四个独立线缆端通过四个独立线缆来限定。在另一实施方式中,四个独立线缆端通过两个线缆来限定,其中,每个线缆的每个端部限定独立线缆端。

[0010] 工具在一个实施方式中可以设置成使得其包括四个马达以独立地控制每个线缆端。

[0011] 根据本发明的一方面,具有联接至末端执行器的腕部的工具可以具有一个或更多个绞线来代替线缆。单个线可以设置成像绞线一样作用。工具可以具有驱动末端执行器的一个或更多个绞线。

[0012] 具有腕部和末端执行器的工具可以设置成具有三组或更多组带轮。每个线缆可以设置成使得每个线缆沿着两个正交方向围绕三组或更多组带轮缠绕。每个线缆可以设置成使得每个线缆的两侧之间的相对张力会使得产生横摆运动。每个线缆可以设置成使得两个线缆之间的相对张力会使得产生俯仰运动。

[0013] 具有腕部和末端执行器的工具可以设置成具有三组带轮和两组附加的带轮。每个线缆可以设置成使得每个线缆沿着两个正交方向围绕三组带轮缠绕。两组附加的带轮可以相对于三组带轮成角度。两组附加的带轮可以设置在三组带轮之间。

[0014] 根据本发明的一方面,设置三组带轮并且设置三组附加的带轮。每个线缆可以设置成使得每个线缆沿着两个正交方向围绕三组带轮缠绕。三组附加的带轮可以设置在三组带轮之间。两组带轮和两组附加的带轮可以沿着第一方向设置,并且一组带轮和一组附加的带轮可以沿着与第一方向正交的方向设置。

[0015] 根据本发明的一方面,设置三组带轮并且设置两组附加的带轮。每个线缆可以设置成使得每个线缆沿着两个正交方向围绕三组带轮缠绕。两组附加的带轮可以设置在三组带轮之间。两组带轮和两组附加的带轮可以沿着第一方向设置,并且一组带轮可以沿着与第一方向正交的方向设置。

[0016] 工具可以设置成使得两个线缆圈通过三个马达来控制。第三马达可以设置成对机构进行控制。机构可以设置成使得机构对同一线缆的两侧施加张力。机构可以设置成使得机构能够进行俯仰运动。

[0017] 机构可以设置成使得机构是摇杆构件,该摇杆构件相对于另一个线缆上的张力增大了—个线缆上的张力。摇杆机构可以设置成使得摇杆机构围绕轴线旋转(例如,往复摇摆)以使一个带轮向远端移动并且一个带轮向近端移动从而使两个线缆中的一者上的张力增大并且使两个线缆中的另一者上的张力释放。

[0018] 工具可以设置成使得机构是梭式机构,该梭式机构相对于另一个线缆上的张力增大了—个线缆上的张力。梭式机构可以设置成沿着工具轴的轴线性地平移以使梭式带轮的取向移动从而相对于另一个线缆必须行进的距离增大了—个线缆必须行进的距离。梭式机构可以设置成使得梭式机构的运动对两个线缆中的一者施加张力并且在两个线缆中的另一者上释放张力。

[0019] 根据本发明的另一方面,工具具有联接至末端执行器的腕部。腕部可以包括一个或更多个脊椎状部,其中,每个脊椎状部能够通过一个或更多个独立线缆来控制。一个或更多个线缆可以设置成影响横摆和俯仰中的弯曲。工具可以设置成使得每个脊椎状部能够通

过两个或更多个线缆来控制,其中,两个或更多个线缆可以设置成影响横摆和俯仰中的弯曲。

[0020] 根据本发明的另一方面,工具设置成包括一个或更多个刚性部段和一个或更多个柔性部段。一个或更多个柔性部段可以是可控制的并且选择性地锁定和解锁,例如,以弯曲构型。

[0021] 具有一个或更多个刚性部段和一个或更多个柔性部段的工具可以设置成使得一个或更多个柔性部段被动地控制。一个或更多个柔性部段可以通过一个或更多个脊椎状部而被动地控制。在一个实施方式中,一个或更多个柔性部段可以通过一个或更多个脊椎状部控制以使工具的护套加固从而例如提供邻近工具的腕部的接头。接头和腕部可以提供多余的机构以影响工具的远端(例如,工具的末端执行器)的运动。在一个实施方式中,接头的构型(例如,位置、角度)可以通过控制位于接头远端的腕部的致动的同一机构来控制。在一个实施方式中,机构可以是锁定机构,比如采用低熔点固体的锁定机构。在另一实施方式中,机构可以是一组线缆,该一组线缆致动以影响腕部和邻近腕部的接头的运动。

[0022] 具有一个或更多个刚性部段和一个或更多个柔性部段的工具可以设置成使得一个或更多个柔性部段主动地控制。一个或更多个柔性部段可以通过一个或更多个线缆而主动地控制。在一个实施方式中,一个或更多个柔性部段可以通过两个或更多个线缆而主动地控制。

[0023] 具有一个或更多个刚性部段和一个或更多个柔性部段的工具可以设置成使得一个或更多个柔性部段通过锁定机构来选择性地锁定。锁定机构可以设置成包括低熔点固体。在一个实施方式中,熔点固体可以是聚合物。一个或更多个柔性部段可以设置成包括护套。护套可以包括传导材料的编带,该传导材料具有浸渍有所述低熔点固体的基体的纤维,所述低熔点固体能够从固体变成液态。锁定机构可以包括能够致动的启用元件使得低熔点固体变得易弯,从而允许一个或更多个柔性部段弯曲。锁定机构可以设置成使得启用元件包括加热器和/或加热线。在其他实施方式中,代替或除了使用低熔点固体之外,可以使用基于静电效应或磁效应的刚性化机构。

[0024] 具有一个或更多个刚性部段和一个更多个柔性部段的工具可以设置成使得一个或更多个柔性部段可以包括一个或更多个传感器。一个或更多个传感器可以是一个或更多个张力传感器、一个或更多个位置传感器和/或一个或更多个压力传感器。

[0025] 具有一个或更多个刚性部段和一个更多个柔性部段的工具可以设置成使得一个或更多个柔性部段可以被监测。在一个实施方式中,一个或更多个柔性部段可以周期性地监测。在另一实施方式中,一个或更多个柔性部段可以连续监测。一个或更多个柔性部段可以通过一个或更多个摄像机来监测。摄像机可以是内窥摄像机。一个或更多个摄像机可以产生图像,并且图像可以被处理以获得工具和/或腕部的弯曲参数。弯曲参数可以进一步通知用户和/或与工具的控制有关的系统的控制系统,使得当已知弯曲的位置时,这种信息可以反馈至控制系统的控制环中从而控制工具。

[0026] 根据本发明的另一方面,工具具有联接至末端执行器的腕部,其中,一个或更多个线缆控制腕部和末端执行器。末端执行器设置成使得控制末端执行器的一个或更多个线缆与控制腕部的一个或更多个线缆是独立的。

[0027] 腕部可以包括三组带轮。第一组带轮可以包括四个带轮。四个带轮可以设置成两

组两个带轮。在一个实施方式中,四个带轮可以设置成使得第一组的两个带轮与第二组的两个带轮平行。第二组带轮设置成使得第二组带轮相对于第一组带轮成角度。第三组带轮设置成使得第三组带轮与第一组带轮正交。第三组带轮可以联接至末端执行器。

[0028] 腕部可以包括三组带轮。第一组带轮可以包括四个带轮。四个带轮可以设置成两组两个带轮。四个带轮可以设置成平行的两组两个带轮。第二组带轮设置成使得第二组带轮没有相对于第一组带轮成角度。第三组带轮设置成使得第三组带轮没有与第一组带轮正交。第三组带轮设置成使得第三组带轮没有与第二组带轮正交。第三组带轮设置成使得线缆遵循直线路径从第二组带轮延伸至第三组带轮从而使线缆与带轮之间的摩擦最小化。

[0029] 具有腕部和末端执行器的工具可以设置成具有三组带轮和两组附加的带轮。两组带轮和两组附加的带轮可以沿着第一方向设置,并且一组带轮可以沿着相对于第一方向成角度的另一个方向设置。两组附加的带轮可以设置在三组带轮之间。第三组带轮设置成使得线缆从附加的两组遵循直线路径延伸至第三组带轮从而使线缆与带轮之间的摩擦最小化。

[0030] 具有腕部和末端执行器的工具可以设置成具有三组带轮和三组附加的带轮。两组带轮和两组附加的带轮可以沿着第一方向设置,并且一组带轮和一组附加的带轮可以沿着与第一方向正交的方向设置。三组附加的带轮可以设置在三组带轮之间。沿着第一方向设置的两组附加的带轮可以具有下述带轮:所述带轮具有偏移的旋转中心。沿着第一方向设置的两组附加的带轮可以具有下述带轮:所述带轮具有不同的直径。

[0031] 具有腕部和末端执行器的工具可以设置成具有三组带轮和四组附加的带轮。两组带轮和四组附加的带轮可以沿着第一方向设置,并且一组带轮可以沿着与第一方向正交的方向设置。四组附加的带轮可以设置在三组带轮之间。第一组附加的带轮的旋转中心从第二组附加的带轮的旋转中心偏移。第三组附加的带轮的旋转中心与第四组附加的带轮的旋转中心对准。

[0032] 根据一方面,提供了微创手术工具。工具包括工具轴;末端执行器;以及多轴腕部,该多轴腕部布置在工具轴与末端执行器之间,腕部包括沿着两个正交方向设置的三组或更多组带轮。工具还包括驱动机构,该驱动机构包括构造成影响腕部和末端执行器中的一者或两者的运动的四个电马达。四个电马达中的每一者构造成独立地控制四个独立线缆中的一者,所述四个独立线缆至少部分地围绕三组或更多组带轮中的一个带轮或更多个带轮缠绕。马达构造成改变四个独立线缆之间的相对张力以影响横摆或俯仰运动。

[0033] 根据另一方面,提供了微创手术工具。工具包括工具轴;末端执行器;以及多轴腕部,该多轴腕部布置在工具轴与末端执行器之间,腕部包括沿着两个正交方向设置的三组或更多组带轮。工具还包括驱动机构,该驱动机构构造成影响腕部和末端执行器中的一者或两者的运动。驱动机构构造成独立地控制四个独立线缆以改变四个独立线缆之间的相对张力从而影响横摆或俯仰运动,其中,所述四个独立线缆至少部分地围绕三组或更多组带轮中的一个带轮或更多个带轮缠绕。

[0034] 根据另一方面,提供了微创手术工具。工具包括工具轴;末端执行器;以及多轴腕部,该多轴腕部布置在工具轴与末端执行器之间,腕部包括沿着两个正交方向设置的三组或更多组带轮。工具还包括驱动机构,该驱动机构包括构造成影响腕部和末端执行器中的一者或两者的运动的三个电马达。驱动机构构造成独立地控制两个线缆圈以改变两个线缆

圈之间的相对张力和每个线缆圈的两端之间的相对张力从而影响横摆或俯仰运动,其中,所述两个线缆圈至少部分地围绕三组或更多组带轮中的一个带轮或更多个带轮缠绕。三个马达中的一者联接至构造成使同一线缆圈的两侧张紧的机构以产生俯仰运动。

[0035] 根据另一方面,提供了微创手术工具。工具包括工具轴;末端执行器;以及多轴腕部,该多轴腕部布置在工具轴与末端执行器之间,腕部包括沿着两个正交方向设置的三组或更多组带轮。工具还包括下述装置,该装置用于经由四个独立线缆的独立控制而影响腕部和末端执行器中的一者或两者的运动以改变四个独立线缆之间的相对张力从而影响横摆或俯仰运动,其中,所述四个独立线缆至少部分地围绕三组或更多组带轮中的一个带轮或更多个带轮缠绕。

附图说明

[0036] 图1A图示了下述工具的一个实施方式的远端,其中,该工具包括腕部和末端执行器。

[0037] 图1B图示了图1A的工具。

[0038] 图2图示了图1A的腕部。

[0039] 图3A图示了图1A的工具的第一线缆的布设。

[0040] 图3B图示了图1A的工具的第二线缆的布设。

[0041] 图4A示意性地图示了用于工具的基于绞线的驱动机构的实施方式。

[0042] 图4B示意性地图示了基于绞线的驱动机构的转换块的实施方式。

[0043] 图4C示意性地图示了基于绞线的驱动机构的实施方式。

[0044] 图4D示意性地图示了基于线缆的驱动机构的实施方式。

[0045] 图5A图示了下述工具的实施方式,该工具包括腕部和末端执行器。

[0046] 图5B图示了图5A的工具的摇杆机构。

[0047] 图5C示意性地图示了用于图5A的工具的第一线缆的线缆布设。

[0048] 图5D示意性地图示了用于图5A的工具的第二线缆的线缆布设。

[0049] 图5E示意性地图示了摇杆机构。

[0050] 图6A图示了具有梭式机构的工具的远端部。

[0051] 图6B示意性地图示了用于图6A的工具的第一线缆的线缆布设。

[0052] 图6C示意性地图示了用于图6A的工具的第二线缆的线缆布设。

[0053] 图6D示意性地图示了梭式机构。

[0054] 图7A图示了腕部的实施方式。

[0055] 图7B图示了图7A的腕部的前视图。

[0056] 图8A图示了具有柔性部段的工具的实施方式。

[0057] 图8B图示了图8A的柔性部段。

[0058] 图8C图示了柔性部段的实施方式。

[0059] 图8D图示了柔性部段的实施方式。

[0060] 图9A图示了柔性部段的实施方式。

[0061] 图9B图示了图9A的柔性部段。

[0062] 图9C图示了柔性部段的脊椎状部。

- [0063] 图10图示了超灵敏手术系统。
- [0064] 图11图示了联接至超灵敏手术工具的超灵敏手术臂。
- [0065] 图12A图示了下述工具的实施方式的远端,该工具包括腕部和末端执行器。
- [0066] 图12B图示了图12A的工具。
- [0067] 图12C图示了对图12A的工具的成角度带轮进行支承的成角度楔形部。
- [0068] 图13A图示了图12A的工具的第一线缆的布设。
- [0069] 图13B图示了图12A的工具的第二线缆的布设。
- [0070] 图14A图示了工具的近端的实施方式。
- [0071] 图14B图示了联接至图14A的近端的联接单元。
- [0072] 图14C图示了图14B的联接单元的远端。
- [0073] 图14D图示了图14B的联接单元。
- [0074] 图14E图示了图14B的联接单元的部分视图。
- [0075] 图15示意性地图示了下述工具的实施方式,该工具包括腕部和末端执行器。
- [0076] 图16示意性地图示了下述工具的实施方式,该工具包括腕部和末端执行器。
- [0077] 图17A图示了下述工具的实施方式的远端部,该工具包括腕部和末端执行器。
- [0078] 图17B图示了图17A的工具。
- [0079] 图17C图示了图17A的工具。
- [0080] 图17D图示了用于图17A的工具的第一线缆的线缆布设。
- [0081] 图17E图示了用于图17A的工具的第二线缆的线缆布设。
- [0082] 图18A图示了下述工具的实施方式的远端,该工具包括腕部和末端执行器。
- [0083] 图18B图示了图18A的工具。
- [0084] 图18C图示了图18A的工具。
- [0085] 图18D图示了用于图18A的工具的第一线缆的线缆布设。
- [0086] 图18E图示了用于图18A的工具的第二线缆的线缆布设。

具体实施方式

[0087] 以下描述的是具有优于市售工具的各种优势的工具比如手术工具的实施方式。本文所描述的的工具的实施方式中的至少一些实施方式有利地提供了现场的较少堵塞,从而允许操作者对现场的改善的可视化。本文所描述的的工具的实施方式中的至少一些实施方式通过例如减小工具的腕部的直径来提供执行复杂操作的增强的能力(例如,工具的操作者的增强的能力、操作工具的外科医生的增强的能力)。本文所描述的的工具的至少一些实施方式提供了在通路受限制的区域(例如,较小的工作空间)中工作的增强的能力,这能够通过减小工具的腕部的直径而至少部分地成为可能。

[0088] 在以下公开的一些实施方式中,工具可以包括末端执行器,该末端执行器经由腕部联接至工具轴,其中,腕部允许多轴运动(例如,俯仰运动和横摆运动)。腕部的尺寸可以通过下述方式而有利地最优化:使用减少数量的线缆来影响工具的末端执行器的控制。如此最优化的工具由于腕部的这种特征而能够用在例如微创手术过程中。然而,应当理解的是,以下描述的一般腕部还能够用在大量非手术和非医疗应用中。

[0089] 在以下描述的実施方式的若干实施方式中,工具的腕部和/或末端执行器的运动

通过控制四个线缆端来控制,这提供了若干优势。一个优势在于减少了延伸至工具的腕部的线缆的数量,这允许使腕部的机械组件的尺寸和复杂性最小化。另一个优势在于四个线缆设置允许腕部的每个线缆上的张力的独立控制,而不需要使线缆预先张紧并且导致在工具腕部的接头中产生摩擦。每个线缆的张力的独立控制还使得能够产生腕部的接头中的可变的顺应性和对外部载荷的增大的灵敏性。由于张力能够被重新调整,因此线缆的张力的独立控制还允许对于工具的磨损的增大的鲁棒性。另外,由于每个线缆能够以不同的量来改变长度,因此每个线缆的张力的独立控制允许使用非线性传递装置比如绞线。每个线缆的独立控制另外使得腕部设计能够不需要所有线缆长度的总和在腕部的运动范围内是恒定的,如当使用固定线缆圈时所需要的。基于以下提供的详细说明,本文所描述的工具的其他优势对于本领域技术人员而言将变得明显。

[0090] 图1A至图1B示出工具30的一个实施方式,该工具30具有近端(未示出)和远端31,其中,如以下讨论的,工具的腕部的构型和工具30的线缆布设有利地允许工具的腕部的尺寸的减小。在一些实施方式中,通过较简单的线缆布设使得腕部的尺寸能够减小,这允许工具的腕部组件的复杂性的降低并且允许对于腕部而言较短的曲率半径。在一些实施方式中,工具30的腕部的尺寸的减小可以包括腕部的直径的减小。

[0091] 如图1A中示出的,工具30的远端31可以具有轭部360,该轭部360联接至工具30的轴30A。轭部360经由沿着轴线380延伸的延伸轴杆332(如图2中示出的)而以可移动的方式联接至第二轭部330。在一个实施方式中,延伸轴杆332可以是可移除的或与第二轭部330一体地形成。在其他实施方式中,延伸轴杆332可以是可移除的或与轭部360一体地形成,使得轴杆332的部分附接至轭部360的臂部并且轭部330能够插入轴杆332的所述部分之间。在一个实施方式中,工具30可以是手术工具。在另一实施方式中,工具30可以是非手术工具。

[0092] 如图1B中示出的,第二轭部330的延伸轴杆332与带轮340A、340B、350A、350B联接使得带轮340A、340B、350A、350B沿着延伸轴杆332的轴线380设置。带轮340A、340B、350A、350B设置成第一组带轮340B、350B和第二组带轮340A、350A。第一组带轮340B、350B位于轭部330的一侧上,并且第二组带轮340A、350A位于轭部330的另一侧上。带轮340A、340B是外部带轮并且带轮350A、350B是内部带轮。

[0093] 术语“内部”和“外部”指示如附图中示出的带轮的取向。如本文所使用的,一“组”带轮可以包括任何数量的带轮。一组带轮可以包括一个带轮。一组带轮可以包括不止一个带轮(例如,两个、三个、四个、五个、六个带轮等)。

[0094] 继续参照图1A至图1B,第二轭部330联接至第三组带轮320A、320B。第三组带轮320A、320B可以与轴线380间隔一定距离(例如,向远端地)。第三组带轮320A、320B联接至第二轭部330的臂部330A、330B并且沿着轴线370设置,该轴线370通过臂部330A、330B来限定。在一个实施方式中,第二轭部330可以包括沿着轴线370延伸的延伸轴杆。在一个实施方式中,延伸轴杆能够以可移除的方式与第二轭部330联接。在另一实施方式中,延伸轴杆能够与第二轭部330一体地形成使得轴杆的部分附接至第二轭部330的臂部并且带轮320A、320B能够插入轴杆的所述部分之间。在一个实施方式中,轴线370可以相对于轴线380成角度。在另一实施方式中,轴线370可以与轴线380正交。第一组带轮340B、350B可以与第三组带轮320A、320B正交。第二组带轮340A、350A也可以与第三组带轮320A、320B正交。

[0095] 抓取器310的一对爪310A、310B能够经由第三组带轮320A、320B联接至第二轭部

330,以使得爪310A、310B能够围绕轴线370旋转。在一个实施方式中,爪310A联接至带轮320A。在另一实施方式中,爪310A能够与带轮320A一体地形成。类似地,在一个实施方式中,爪310B联接至带轮320B。在另一实施方式中,爪310B能够与带轮320B一体地形成。爪310A和带轮320A能够围绕轴线370旋转。类似地,爪310B和带轮320B能够围绕轴线370旋转。在图示的实施方式中,抓取器310是工具30的末端执行器。然而,在其他实施方式中,末端执行器可以是其他合适的机构,比如用在手术过程(例如,经皮手术过程)中的机构。

[0096] 工具30可以被致动以使爪310A、310B两者中的一者以各种方式围绕370移动。例如,爪310A、310B可以相对于彼此打开和关闭。爪310A、310B还可以被致动以作为一对一起旋转从而提供抓取器310的横摆运动。另外,工具30可以被致动以影响爪310A、310B围绕轴线380的各种类型的运动。例如,第二轭部330、带轮320A、320B以及爪310A、310B能够围绕轴线380旋转以提供抓取器310的俯仰运动。

[0097] 图3A至图3B示出工具30的线缆的取向的实施方式。有利地,如以下描述的,线缆的布设允许抓取器310的运动经由四个独立线缆端或两个线缆圈的致动来控制,这允许用于控制抓取器310的线缆的数量相对于市售工具(其通常使用具有六个线缆端的三个线缆圈)减小,从而有利地允许工具30的腕部的尺寸和复杂性减小,如以上所讨论的。这种有利的特征(例如,经由仅四个独立线缆端或两个线缆圈来控制末端执行器的运动的能力)存在于本公开内容的实施方式中所描述的工具中。

[0098] 参照图3A至图3B,第三组带轮320A、320B可以各自包括袋状部或凹部。在一个实施方式中,袋状部定尺寸为至少部分地保持珠状物315A、315B。珠状物315B在图3A至图3B中未示出但可以与如在这些附图中示出的珠状物315A类似。珠状物315A可以附接至第一线缆390A并且珠状物315B可以附接至第二线缆390B,其中,线缆390A、390B各自具有两个独立线缆端。珠状物315A、315B附接至线缆390A、390B以使得抑制(例如,防止)线缆390A、390B相对于带轮320A、320B滑行或滑动。线缆390A、390B以不可移动的方式联接至珠状物315A、315B。在一个实施方式中,珠状物315A、315B可以与线缆390A、390B一体地形成。在另一实施方式中,珠状物315A、315B可以卷压在线缆390A、390B上。

[0099] 图3A示出第一线缆390A的线缆布设,其在图3A中以虚线示出。第一线缆390A在工具30的近端开始并且延伸通过工具轴30A。第一线缆390A延伸通过轭部360中的孔或孔口30C(参见图1A)。第一线缆390A至少部分地围绕第一组带轮340B、350B中的一个带轮缠绕。第一线缆390A至少部分地围绕第三组带轮320A、320B中的一个带轮缠绕。第一线缆390A至少部分地围绕第二组带轮340A、350A中的一个带轮缠绕。在一些实施方式中,第一线缆390A至少部分地围绕带轮340B、带轮320A以及带轮340A缠绕,如图3A中示出的。第一线缆390A随后穿过轭部360中的另一个孔或孔口30B(参见图1A)并且经由工具轴30A返回至工具30的近端。

[0100] 在一些实施方式中,第一线缆390A可以通过两个线缆390A'和390A''(未示出)来替代(例如,其中,线缆390A通过两个分离的线缆部390A'、390A''来替代),所述两个线缆390A'和390A''可以联接至带轮320A。线缆390A'至少部分地围绕第一组带轮340B、350B中的一个带轮缠绕并且线缆390A''至少部分地围绕第二组带轮340A、350A中的一个带轮缠绕。在该实施方式中,线缆390A'、390A''穿过(traverse)第三组带轮320A、320B中的一个带轮的仅一侧。在一个实施方式中,线缆390A'、390A''中的每一者穿过带轮320A的仅一侧。在一些实施

方式中,线缆390A'、390A''以不可移动的方式联接至带轮320A(例如,经由珠状物315A)。例如,珠状物315A可以卷压在线缆390A'、390A''中的每一者的端部上,并且珠状物315A保持在带轮320A的袋状部中,如以上所讨论的,从而将线缆390A'、390A''以不可移动的方式联接至带轮320A。具有附接至带轮320A的两个独立线缆390A'、390A''或具有附接至带轮320A的一个线缆390A的效果是相同的。

[0101] 图3B以虚线示出第二线缆390B。第二线缆390B在工具30的近端开始并且延伸通过工具轴30A。第二线缆390B延伸通过轭部360中的孔或孔口30C(参见图1A)。第二线缆390B至少部分地围绕第一组带轮340B、350B中的一个带轮缠绕。第二线缆390B至少部分地围绕第三组带轮320A、320B中的一个带轮缠绕。第二线缆390B至少部分地围绕第二组带轮340A、350A中的一个带轮缠绕。在一些实施方式中,第二线缆390B至少部分地围绕带轮350B、带轮320B以及带轮350A缠绕,如图3B中示出的。第二线缆390B随后穿过轭部360中的孔或孔口30B(参见图1A)并且经由工具轴30A返回至工具30的近端。

[0102] 在一些实施方式中,第二线缆390B可以通过两个线缆390B'和390B''(未示出)来替代,所述两个线缆390B'和390B''能够以与上述用于线缆390A'、390A''类似的方式联接至带轮320B。因此,在一些实施方式中,可以使用四个独立线缆390A'、390A''、390B'以及390B''。例如,在一个实施方式中,线缆390B'至少部分地围绕第一组带轮340B、350B中的一个带轮缠绕并且线缆390B''至少部分地围绕第二组带轮340A、350A中的一个带轮缠绕。在该实施方式中,线缆390B'、390B''穿过第三组带轮320A、320B中的一个带轮的仅一侧。在一个实施方式中,线缆390A'、390A''中的每一者穿过带轮320B的仅一侧。在一些实施方式中,线缆390B'、390B''以不可移动的方式联接至带轮320B(例如,经由珠状物315B,未示出)。例如,珠状物315B可以卷压在线缆390B'、390B''中的每一者的端部上,并且珠状物315B保持在带轮320B的袋状部中,如以上所讨论的,从而将线缆390B'、390B''以不可移动的方式联接至带轮320B。具有附接至带轮320B的两个独立线缆390B'、390B''或具有附接至带轮320B的一个线缆390B的效果是相同的。

[0103] 工具30可以被致动以使得通过为带轮340A、340B、350A、350B、320A、320B中的一者或更多者施加运动由此在轭部330和/或爪310A、310B中的一者或两者上施加运动从而使爪310A、310B以下述多种方式移动:比如抓取(例如,爪围绕轴线370独立地旋转)、横摆(例如,爪围绕轴线370一起旋转)以及俯仰(例如,爪围绕轴线380旋转)。在一个实施方式中,其中,工具30具有影响抓取器310的运动的两个线缆390A、390B,每个线缆390A、390B具有两个独立线缆端,所述两个独立线缆端可以独立地控制或张紧以在第三组带轮320A、320B和爪310A、310B上施加运动。例如,带轮320A和爪310A的运动可以通过线缆390A的两个线缆端来控制。类似地,带轮320B和爪310B的运动可以通过线缆390B的两个线缆端来控制。图1A至图3B的系统具有四个线缆端。四个线缆端可以被控制以在带轮340A、340B、350A、350B、320A、320B中的一者或更多者上施加运动。四个线缆端(对于每个线缆390A、390B一对)可以联接至靠近工具30的近端32(未示出)处的马达,如以下进一步描述的。在其他实施方式中,四个线缆端(对于每个线缆390A、390B一对)联接至位于沿着工具轴30A的任何距离处的马达。

[0104] 在另一实施方式中,其中,工具30具有影响抓取器310的运动的四个线缆390A'、390A''、390B'、390B'',每个线缆390A'、390A''、390B'、390B''具有一个独立线缆端,该一个独立线缆端可以独立地控制或张紧以在轭部330和/或第三组带轮320A、320B的一者或两者上

施加运动。独立线缆端可以认为是自由线缆端(例如,没有联接至珠状物315A、315B的端部)。带轮320A的运动可以通过线缆390A'、390A''的独立线缆端来控制。带轮320B的运动可以通过线缆390B'、390B''的独立线缆端来控制。图1A至图3B的系统具有四个独立线缆端。四个线缆端可以被控制以在带轮340A、340B、350A、350B、320A、320B中的一者或更多者上施加运动由此在轭部330和/或爪310A、310B中的一者或两者上施加运动。四个线缆端(每个线缆390A、390''、390B'、390B''的端部)能够定位成靠近工具30的近端(未示出)或在沿着工具轴30A的任何距离处。

[0105] 在一些实施方式中,轭部330和爪310A、310B围绕轴线380的俯仰运动通过使一个线缆(例如,390A)的两端张紧并且使另一线缆(例如,390B)的两端放松来实现。例如,参照图3A至图3B,为了使爪310A、310B俯仰至纸平面之外,线缆390A的两端张紧并且线缆390B的两端放松。为了使爪俯仰至纸平面中,线缆390A的两端放松并且线缆390B的两端张紧。

[0106] 在一些实施方式中,抓取器310的爪310A、310B围绕轴线370的横摆运动通过使带轮320A、320B沿着相同的方向移动来实现。例如,参照图3A,为了使爪310A、310B向上横摆,带轮320A、320B均必须沿着逆时针方向移动。线缆390A的联接至第一组带轮340B、350B中的一个带轮的端部张紧并且线缆390B的联接至第一组带轮340B、350B中的一个带轮的端部张紧。在图3A中,线缆390A的联接至340B的端部和线缆390B的联接至350B的端部均张紧。线缆390A、390B的其他端放松。爪310A、310B因而将围绕轴线370向上旋转。为了使爪310A、310B向下横摆,带轮320A、320B均必须沿着顺时针方向移动。线缆390A的联接至第二组带轮340A、350A中的一个带轮的端部和线缆390B的联接至第二组带轮340A、350A中的一个带轮的端部均张紧。在图3A至图3B中,线缆390A的联接至340A的端部和线缆390B的联接至350A的端部均张紧。线缆390A、390B的其他端放松。线缆390A、390B的这种张紧和放松的组合将使得爪310A、310B围绕轴线370向下旋转。

[0107] 爪310A、310B可以相对于彼此移动,例如为了影响抓取动作、释放动作或剪切动作。为了使爪310A、310B朝向彼此移动,带轮320A可以沿着逆时针方向移动并且带轮320B可以沿着顺时针方向移动。为了实现这种运动,线缆390A的联接至第一组带轮340B、350B中的一个带轮的端部和线缆390B的联接至第二组带轮340A、350A中的一个带轮的端部均张紧。在图3A至图3B中,线缆390A的联接至340B的端部和线缆390B的联接至350A的端部均张紧。线缆390A、390B的其他端放松。线缆390A、390B的这种张紧和放松的组合将使得爪310A、310B围绕轴线370朝向彼此旋转。

[0108] 为了使爪310A、310B移动分开,带轮320A可以沿着顺时针方向移动并且带轮320B可以沿着逆时针方向移动。线缆390A的联接至第二组带轮340A、350A中的一个带轮的端部和线缆390B的联接至第一组带轮340B、350B中的一个带轮的端部均张紧。在图3A至图3B中,线缆390A的联接至340A的端部和线缆390B的联接至350B的端部均张紧。线缆390A、390B的其他端放松。线缆390A、390B的这种张紧和放松的组合将使得爪310A、310B围绕轴线370远离彼此旋转。

[0109] 爪310A、310B可以通过对每个线缆端施加不同的张紧量而朝向彼此或远离彼此移动。通过施加改变的张紧量,爪310A、310B将以不同的方式横摆,从而有效地仿效抓取动作或释放动作。所有三种运动模式(俯仰动作、横摆动作以及抓取动作)可以通过改变被张紧和释放的线缆端和/或通过改变施加于每个线缆端的张紧量和放松量来实现。尽管特定的

布设构型在图1A至图3B中进行了描述,其他的布设构型是可能的。例如,线缆390A可以围绕内部带轮350B缠绕而不是如上所述围绕外部带轮340B缠绕。

[0110] 在一些实施方式中,工具的腕部和/或末端执行器的运动可以通过一个或更多个绞线来影响。绞线对根据下述原理来工作:使两个部件线围绕彼此绞绕使得绞线对的长度可以变短,从而产生沿着绞线对的张力。类似地,在绞线对的部件线不缠绕的情况下,绞线对的长度接近每个部件线的原始长度。图4A至图4D示出驱动机构和通过绞线和线缆对工具比如工具30进行控制的方法的实施方式。图4A示意性地示出用于对工具的线缆进行控制的驱动机构500A。系统包括两个线缆521、522。每个线缆521、522与带轮510A、510B相关联。带轮510A、510B为被驱动的物体。线缆521可以与多个带轮相关联,尽管示出一个带轮510B。类似地,线缆522可以与多个带轮相关联,尽管示出一个带轮510A。每个线缆521、522具有两个线缆端。每个线缆端联接至转换块530A、530B、530C、530D。每个转换块530A、530B、530C、530D联接至绞线对520A、520B、520C、520D。每个绞线对520A、520B、520C、520D联接至马达515A、515B、515C、515D。

[0111] 继续参照图4A,每个绞线对520A、520B、520C、520D通过轴向马达515A、515B、515C、515D驱动。例如,绞线对520A通过轴向马达515A驱动并且绞线对520B通过轴向马达515B驱动。

[0112] 转换块530A、530B、530C、530D提供了绞线对520A、520B、520C、520D与线缆521、522之间的转换。如图4A中示出的,线缆521在转换块530B和530C之间延伸。线缆522在转换块530A和530D之间延伸。当与绞线对需要在其上进行弯曲的表面(例如,带轮510A、510B的曲形表面)接触时,绞线对520A、520B、520C、520D会展现出乎意料的性能,因此转换块530A、530B、530C、530D提供了绞线对520A、520B、520C、520D与线缆521、522之间的转换使得仅线缆521、522与带轮510A、510B的曲形表面接触。

[0113] 图4B示出转换块530A。在一个实施方式中,所有四个转换块530A、530B、530C和530D具有与转换块530A类似的特征。绞线对520A联接至终止块531A。线缆522也联接至终止块531A。终止块531A以不可移动的方式联接至桩532A。在一个实施方式中,终止块531A可以与桩532A一体地形成。

[0114] 桩532A能够沿着箭头534A在基部块533A中的狭槽535A内滑动以允许绞线对520A的长度变短或增大。在图示的实施方式中,桩532A和狭槽535A均为基部块533A的内部结构,并且以虚线的形式示出。桩532A和狭槽535A有利地防止终止块531A由于绞线对520A的影响而旋转或自旋。当绞线对520A的长度减小时,联接至终止块531A的桩532A在基部块533A中的狭槽535A内滑动,并且终止块531A进而拉动线缆522。线缆522将这种张力传递至带轮510A以使带轮510A旋转。

[0115] 继续参照图4A,绞线对520A相对于绞线对520C移动。马达515A可以缠绕附接至马达515A的绞线对520A,由此使绞线对520A的长度变短。马达515C可以不缠绕附接至马达515C的绞线对520C,由此使绞线对520C的长度延伸。这两个动作使得线缆522朝向马达515A拉动,从而使得带轮510A沿着逆时针方向旋转。为了使带轮510A沿着顺时针方向移动,马达515A将不缠绕绞线对520A并且马达515C将缠绕绞线对520C。马达515B、515D能够以类似的方式使线缆521和带轮510B移动。线缆521、522可以联接至珠状物——与珠状物315A、315B类似——并且珠状物可以联接至带轮510A、510B(例如,以上述所讨论的方式保持在带轮

510A、510B的袋状部中)。另外,在其他实施方式中,线缆521、522中的每一者可以通过两个独立线缆来替代以使得四个线缆在转换块530A、530B、530C、530D和带轮510A、510B上的珠状物之间延伸。

[0116] 在使带轮510A、510B进行驱动的另一模式中,两个绞线对能够以相同的方式缠绕。例如,马达515A、515C均可以缠绕绞线对520A和520C,而马达515B、515D不致动。带轮510A在这种情况下将不会旋转但会经历沿着马达515A、515C的方向上的拉力,从而使得产生沿着箭头523进入纸面中的横摆运动。如果反之,马达515B、515D致动以缠绕绞线对520B、530D,而马达512A、515C不致动,带轮510B将不会旋转但会经历沿着马达515B、515D的方向上的拉力,从而使得产生沿着与箭头523相反的方向至纸面之外的横摆运动。除了上述说明之外,横摆运动的量可以通过缠绕的绞线对的量来控制。

[0117] 图4C示意性地示出用于对工具比如工具30进行驱动的另一驱动机构500B。系统包括线缆570,该线缆570与带轮580相关联。在图示的实施方式中,线缆570限定一个或多个绞线对,如以下进一步讨论的。尽管示出仅一个带轮580,线缆可以与多个带轮相关联,如以上所讨论的。另外,系统可以包括第二线缆(未示出),该第二线缆与第二带轮(未示出)相关联。在图示的实施方式中,带轮580为驱动的物体。如在先前实施方式中所描述的,线缆570联接至两个转换块565A、565B。

[0118] 每个转换块565A、565B联接至绞线对560A、560B。每个绞线对560A、560B形成圈555A、555B。每个圈555A、555B联接至马达550A、550B。绞线对560A通过在其自身上对折的线缆570来限定。换言之,线缆570联接至转换块565A(例如,联接至转换块565A的桩,因此桩能够在转换块565A的基部块上滑动并且不会旋转,与转换块530A类似),延伸经过转换块565A以限定绞线对560A和圈555A,并且返回联接至转换块565A。类似地,绞线对560B通过在其自身上对折的线缆570来限定。换言之,线缆570联接至转换块565B并且延伸经过转换块565B以限定绞线对560B和圈555B,并且返回联接至转换块565B。

[0119] 马达550A和550B可以缠绕或不缠绕圈555A、555B并且因此缠绕或不缠绕绞线对560A、560B。线缆570因此从转换块565A、565B的终止块的两侧延伸。线缆570可以附接至珠状物575,这可以与图3A中线缆附接至珠状物315A类似。与图4A中的驱动机构500A相比,驱动机构500B有利地具有更少的零部件(例如,一个线缆)。

[0120] 图4D示意性地示出用于对工具比如工具30的线缆进行驱动的另一驱动机构500C。系统包括两个线缆595A、595B。每个线缆595A、595B与带轮597A、597B相关联。带轮597A、597B为被驱动的目标。每个线缆595A、595B具有两个线缆端。每个线缆端通过马达590A、590B、590C、590D来驱动。马达可以是平坦的、高扭矩马达(电马达)。在其他实施方式中,可以使用其他类型的马达。缠绕和不缠绕线缆595A、595B的线轴未示出。

[0121] 图5A至图6D示出可以与本文所描述的工具结合的机构的实施方式,所述机构包括上述驱动机构。图5A示出工具的另一实施方式。工具600包括远端670和近端680。远端670可以与图1A至图3B中示出的工具30的远端31大致类似。为了简洁起见,驱动远端670的线缆在图5A中没有示出。如先前所描述的实施方式,具有四个线缆端的两个线缆圈被控制以影响工具600的腕部和/或末端执行器的运动。在图示的实施方式中,工具600可以包括四个马达660A、660B、660C、660D。然而,需要仅三个马达来驱动线缆并且控制四个线缆端。在一个实施方式中,四个马达可以提供工具600的远端670围绕工具600的轴线的滚动或旋转。在一些

实施方式中,工具600包括仅三个马达。

[0122] 工具600可以包括四个带轮630A、630B、640A、640B。带轮630A、630B可以位于相对于带轮640A、640B的远端处。带轮630A、630B可以认为是前带轮,并且带轮640A、640B可以认为是后带轮。前带轮630A、630B分别各自通过马达660A、660B来驱动。后带轮640A、640B联接至摇杆机构650。

[0123] 图5B示出摇杆机构650。马达660A、660B在图5B中未示出以更清楚地图示摇杆机构650。摇杆机构650可以围绕轴线668往复(沿着顺时针和逆时针方向)摇摆。带轮640A、640B的轴杆联接至摇杆机构650的端部,如示出的。在一个实施方式中,通过带轮640A、640B的轴杆限定的平面(例如,与工具的纵向轴线横向的平面)能够从轴线668轴向地偏移使得轴线668没有位于所述平面上(例如,使得通过摇杆机构650的轴杆和带轮640a、640B的轴杆限定的平面限定三角形)。在另一实施方式中,带轮640A、640B的轴杆和轴线668可以位于与工具600的纵向轴线横向的同一平面上。

[0124] 摇杆机构650逆时针旋转时,带轮640B朝向工具600的远端670移动并且带轮640A朝向工具600的近端680移动。摇杆机构650顺时针旋转时,带轮640B朝向工具600的近端680移动并且带轮640A朝向工具600的远端670移动。摇杆机构650的位置通过马达(例如,马达660D)来确定。马达660D可以联接至导引螺钉。导引螺钉可以与导引螺母联接,该导引螺母沿着导引螺钉的长度平移。导引螺母可以联接至推杆。推杆可以联接至摇杆机构650。随着马达660D转动,推杆在导引螺钉上方平移并且使摇杆机构150的位置变化。摇杆机构150对带轮640A、640B的位置进行调整,如以上所讨论的,这进而对施加在联接至带轮640A、640B的线缆上的张力进行调整。

[0125] 图5C图示了工具600的第一线缆690A的布设。远端部段670中的线缆布设可以与图3A至图3B中图示的线缆布设大致类似。带轮615A、615B可以与带轮320A、320B大致类似。带轮615A、615B可以联接至爪610A、610B,如图5A中示出的。带轮620与带轮340A、340B、350A、350B类似。线缆690A的两侧在邻近带轮620处沿着相同的方向围绕带轮620缠绕,线缆690A的两侧行进通过工具轴605(参见图5A)并且至少部分地围绕带轮640A缠绕,如图5C中示出的。在离开带轮640A之后,线缆690A的自由端附接至线轴630A的相反两侧。线缆690A的自由端至少部分地沿着相反的方向围绕线轴630A缠绕。线轴630A通过马达(例如,马达660A)来致动。线轴630A旋转的速度能够经由联接至马达660A的齿轮箱来控制。随着马达660A转动,线轴630A也转动,从而对线缆690A的一端施加张力并且在同一线缆690A的另一端上释放张力。线缆690A能够以与图3A中线缆390A是如何联接至珠状物315A类似的方式联接至保持在带轮615A的袋状部或凹部中的珠状物。

[0126] 线轴630A旋转时,第一线缆端不围绕线轴630A缠绕并且第二线缆端围绕线轴630A缠绕。这种类型的运动的效果在于带轮620将不会旋转而带轮615A将旋转,这将使得附接至带轮615A的爪610A移动。例如,为了使爪610A向上横摆,带轮615A必须沿着逆时针方向移动。为了使爪610A向上横摆,顶部线缆端需要通过使线缆端围绕线轴630A缠绕而张紧。为了使爪向下横摆,底部线缆端将需要张紧。摇杆机构650可以处于中性位置(例如,带轮640A、640B沿着与工具600的纵向轴线正交的平面对准)。

[0127] 工具600可以被致动从而使爪610A、610B以下述多种方式移动:比如抓取(例如,爪经由带轮615A、615B独立地旋转)、横摆(例如,爪经由带轮615A、615B一起旋转)以及俯仰

(例如,爪围绕带轮620旋转)。图5D图示了工具600中的第二线缆的布设。布设与图5C中所描述的布设类似。线缆690B围绕带轮620缠绕,围绕带轮640B缠绕,并且在线轴630B处终止,线轴630B通过马达(例如,马达660B)来驱动。线轴630B旋转时,张力施加于线缆690B的一侧而线缆690B的另一侧上的张力被释放。这种旋转的效果在于使附接至带轮615B的爪610B移动。

[0128] 为了使爪610A、610B两者同时向上移动,线轴630A、630B通过马达来驱动以使带轮615A、615B逆时针移动。这种运动将针对爪610A、610B提供横摆。为了使爪610A、610B两者同时向下移动,线轴630A、630B通过马达来驱动以使带轮615A、615B顺时针移动。

[0129] 为了提供俯仰,摇杆机构650被操纵,从而改变带轮640A、640B相对于工具600的纵向轴线的位置。图5E示出顺时针旋转的摇杆机构650,从而使带轮640A朝向工具600的远端670移动并且带轮640B朝向工具600的近端680移动。在该实施方式中,摇杆机构650的位置使线缆690B的两侧上的张力增大。这种张力使得带轮620沿着顺时针方向旋转,这使得工具600的腕部和爪610A、610B沿着顺时针方向俯仰,如通过箭头695示出的。为了使带轮620沿着相反的方向旋转,摇杆机构650沿着逆时针方向旋转,从而使带轮640A朝向工具600的近端680移动并且使带轮640B朝向工具600的远端670移动。这使线缆690A上的张力增大,这使得带轮620沿着逆时针方向旋转,这进而使得工具600的腕部和爪610A、610B沿着逆时针方向(与通过箭头695示出的方向相反)俯仰。如本文所描述的导引螺钉和推杆的实施能够允许高达 $\pm 90^\circ$ 或更大(例如,高达总共 180° 或更大)的俯仰。摇杆机构650的使用致使增大一个线缆的张力(例如,使一个线缆必须行进至达到带轮615A、615B的距离加长),而减小或释放另一个线缆的张力(例如,使一个线缆必须行进至达到带轮615A、615B的距离变短)。

[0130] 图6A示出工具的另一实施方式。工具700包括远端770和近端780。远端770可以与图1A至图3B中示出的工具30的远端31大致类似。工具700可以被致动从而使爪710A、710B以下述多种方式移动:比如抓取(例如,爪经由带轮715A、715B独立地旋转)、横摆(例如,爪经由带轮715A、715B一起旋转)以及俯仰(例如,爪围绕带轮720旋转)。工具700包括梭式机构730,该梭式机构730提供爪的而不是图5B中所描述的摇杆机构650的俯仰运动。为了简洁起见,用于工具700的线缆布设在图6A中未示出。在一个实施方式中,工具700还可以包括摇杆机构650以保持工具700的后带轮(与带轮640A、640B类似),并且以使在近端中的线缆布设反向(例如,以与带轮640A、640B是如何使朝向带轮630A、630B线缆布设反向类似的方式)。即,在一个实施方式中,工具700的近端可以具有与工具600的近端相同的结构。

[0131] 现在参照图6B,示出梭式机构730和对于第一线缆760A的线缆布设的俯视图和仰视图。在图示的实施方式中,梭式机构730的中央带轮735的轴杆以不可移动的方式联接至工具轴705的本体。梭式机构730能够沿着工具轴705的纵向轴线而线性地往复滑动。

[0132] 观察图6B中的俯视图,线缆760A从近端780进入工具轴本体。线缆760A至少部分地围绕中央带轮735缠绕。线缆760A朝向近端780返回延伸并且至少部分地围绕梭式带轮755缠绕。线缆760A随后朝向远端770延伸并且至少部分地围绕带轮720缠绕。带轮720可以与上述带轮620大致类似,并且能够用作工具700的腕部。带轮720联接至轭部790,该轭部790联接至爪710A、710B,如图6A中示出的。观察图6B中的仰视图,线缆760A在围绕带轮720缠绕之后从远端770进入工具轴本体。线缆760A朝向近端780返回延伸并且至少部分地围绕梭式带轮755缠绕。线缆760A随后朝向远端770延伸并且至少部分地围绕中央带轮735缠绕,此后线

缆760A朝向近端780延伸。

[0133] 图6C图示了梭式机构730和对于第二线缆760B的线缆布设的俯视图和仰视图。观察图6C中的俯视图,线缆760B从近端780进入工具轴本体705。线缆760B至少部分地围绕梭式带轮750缠绕。线缆760A朝向近端780返回延伸并且至少部分地围绕中央带轮735缠绕。线缆760A朝向近端780返回延伸并且至少部分地围绕中央带轮735缠绕。线缆760A朝向远端770延伸并且至少部分地围绕带轮720缠绕。带轮720联接至轭部790,该轭部790联接至爪710A、710B,如图6A中示出的。观察图6C中的仰视图,线缆760B在围绕带轮720缠绕之后从远端770进入工具轴本体705。线缆760B朝向近端780返回延伸并且至少部分地围绕中央带轮735缠绕。线缆760B随后朝向远端770延伸并且至少部分地围绕梭式带轮750缠绕,此后线缆760B朝向近端780延伸。

[0134] 为了对工具700的腕部和爪710A、710B提供俯仰,梭式机构730被调整,从而沿着工具700的纵向轴线改变梭式机构730的位置。图6D示出朝向工具700的远端770移位的梭式机构730。梭式机构730的位置通过附接至马达(例如,图5A中示出的马达660D)的机构(例如,推杆、导引螺钉、线缆传递装置)来调整。图6D示出使梭式机构730朝向远端770线性地平移的效果。图6D中的两个俯视图图示了对于线缆760B的线缆布设并且两个仰视图图示了对于线缆760A的线缆布设。梭式机构730的位置使线缆760B的两侧上的张力增大。线缆760B必须行进至达到带轮720的距离增大(例如,梭式带轮750与中央带轮735之间的距离增大),而线缆760A必须行进至达到带轮720的距离减小(例如,中央带轮735与梭式带轮755之间的距离减小)。因此,通过线缆760施加到带轮720上的张力增大并且通过线缆760A施加到带轮720的张力减小。这种张力使带轮720在箭头765的方向上沿着逆时针方向旋转。上述线缆布设其他实施方式中可以使用除了上述带轮之外的替代组带轮,而梭式机构730的使用使得一个线缆的张力增大(例如,使一个线缆必须行进至达到带轮715A、715B的距离加长),而另一个线缆的张力减小或放松(例如,使一个线缆必须行进至达到带轮715A、715B的距离变短)。

[0135] 为了使带轮720(例如,腕部带轮)沿着相反的方向旋转,梭式机构730朝向工具700的近端780移位。这种张力使带轮720沿着顺时针方向旋转。随着梭式机构朝向近端780定位,线缆760A上的张力增大并且腕部(例如,带轮720)将沿着与箭头765相反的方向俯仰。如本文所述的梭式机构730的实施能够允许高达 $\pm 90^\circ$ 或更大(例如,高达总共 180° 或更大)的俯仰。

[0136] 如上所述,摇杆机构650和梭式机构730使第一线缆上的张力增大并且使第二线缆上的张力释放。摇杆机构650和梭式机构730能够用于影响一个带轮620、720的运动或任何组合的带轮(例如,图1A中示出的带轮)的运动。

[0137] 图7A示出工具的另一实施方式。工具1000具有十个带轮:1010A、1010B、1020A、1020B、1030A、1030B、1040A、1040B、1050A、1050B。带轮1010A、1020A设置成第一组。带轮1010B、1020B设置成第二组。带轮1050A、1050B设置成第三组。第三组带轮可以相对于第一组带轮和/或第二组带轮成角度。

[0138] 带轮1030A、1040A设置成第四组。带轮1030B、1040B设置成第五组。第三组带轮可以相对于第四组带轮和/或第五组带轮成角度。在图示的实施方式中,第一组带轮1010A、1020A可以与第四组带轮1030A、1040A串联。第二组带轮1010B、1020B可以与第五组带轮

1030B、1040B串联。第一组带轮1010A、1020A可以沿着与第二组带轮1010B、1020B一起旋转的轴线设置。第四组带轮1030A、1040A可以沿着与第五组带轮1030B、1040B一起旋转的轴线设置。带轮1010A、1010B、1020A、1020B、1030A、1030B、1040A、1040B的其他布置是可能的。

[0139] 参照图7B,第三组带轮1050A、1050B可以沿着旋转轴线1060设置。第四组带轮1030A、1040A和第五组带轮1030B、1040B可以沿着旋转轴线1070设置。第三组带轮1050A、1050B的旋转轴线1060可以相对于第四组带轮1030A、1040A和第五组带轮1030B、1040B的旋转轴线1070成角度使得带轮1030B和1040A上的凹槽分别与带轮1050A和1050B上的凹槽对准,从而允许线缆遵循带轮1030B和1040A与带轮1050A、1050B之间的直线路径从而减小线缆弯曲和线缆与带轮之间的摩擦。

[0140] 第一组带轮1010A、1020A和第二组带轮1010B、1020B可以沿着旋转轴线1070' 设置,图7A中示出的。第三组带轮1050A、1050B的旋转轴线1060可以相对于第一组带轮1010A、1020A和第二组带轮1010B、1020B的旋转轴线1070' 成角度。

[0141] 第一线缆和第二线缆的布设在图7A中示出。带轮1050A、1050B联接至轭部1055。轭部1055可以具有从轭部1055的表面延伸的两个附接部1055A、1055B。在一个实施方式中,工具1000的爪可以经由附接部1055A、1055B联接至带轮1050A、1050B。线缆布设可以与关于图1A至3B中描述的布设类似。每个线缆至少部分地围绕第四组带轮1030A、1040A中的一个带轮和第五组带轮1030B、1040B中的一个带轮缠绕,如示出的。在一些实施方式中,第三组带轮1050A、1050B的角度设置成使得线缆从第四组带轮1030A、1040A和第五组带轮1030B、1040B遵循直线路径延伸至第三组带轮1050A、1050B。工具1000可以被致动从而使爪(未示出)以下述多种方式移动:比如抓取(例如,爪经由带轮1050A、1050B独立地旋转)、横摆(例如,爪经由带轮1050A、1050B一起旋转)以及俯仰(例如,爪围绕带轮1030A、1040A、1030B、1040B旋转)。

[0142] 在其他实施方式中,工具可以包括刚性部和柔性部,其中,柔性部可以选择性被制成为刚硬的和/或被锁定到位以使得工具的至少一部分具有弯曲构型。在一些实施方式中,所述柔性部可以选择性被制成刚硬的所述柔性部可以邻近与工具的腕部布置,其中,工具的腕部可以具有文中的实施方式中公开的任何构型。因此,在一些实施方式中,工具可以具有腕部和邻近于腕部的柔性部,该柔性部提供了另一接头,该接头能够被致动以使得末端执行器以不同的取向定位,从而有利地增大了工具的远端的运动范围。

[0143] 图8A至图9C示出了可以被结合至文中描述的工具中的柔性部段的实施方式。图8A示出了工具的另一实施方式。工具1300可以包括沿着工具轴1302的一部分的弯曲部或肘状部。工具1300可以包括一个或更多个刚性部段1310。工具1300包括一个或更多个柔性部段1305。柔性部段1305可以包括护套1320,该护套1320以交叉影线示出。工具1300可以包括末端执行器1340(例如,抓取器)。工具1300可以被弯曲或以另外的方式被操纵以获得非线形的构型,使得能够绕开障碍物到达所期望的位置或对象。而且,工具1300可以设置成使得柔性部段1305可以选择性制成为刚硬的和/或锁定到位(例如,为保持所述弯曲构型)。

[0144] 在一些实施方式中,当在手术应用中使用时,工具1300可以被插入通过套管针。由于套管针基本上具有直线的构型,所以工具1300可以设置成沿纵向轴(例如,直的、刚硬的)延伸以用于插入通过套管针。工具1300可以在从套管针出来并且引入身体之后(例如,当工具使用在经皮手术中时)被弯曲或操纵以呈现除了直线之外的形状。一旦获得了所需的形

状,工具1300可以锁定到位以刚性地保持弯曲形状。工具1300的锁定可以防止使用者对工具1300的位置失去控制。

[0145] 图8B更详细地示出了柔性部段1305。在一种实施方式中,柔性部段1305可以包括柔性芯(例如,编带)1370。柔性部段1305可以包括容器1360,该容器1360可以是柔性的。容器1360可以包括低熔点材料(例如,蜡、聚合物),该低熔点材料具有固态和液态。在一种实施方式中,柔性芯(例如,编带)1370可以包括浸渍有低熔点材料的矩阵的传导材料纤维。固态与液态之间的转变发生在低温(例如,小于150华氏摄氏度、小于140华氏摄氏度、小于130华氏摄氏度、小于120华氏摄氏度、小于110华氏摄氏度、小于100华氏摄氏度、小于90华氏摄氏度等)处。容器1360可以由护套1320围绕。箭头1380表示用以致动末端执行器的线缆,比如用以致动柔性护套1320的电线,该电线朝向工具1300的近端行进。

[0146] 继续参照图8A至8B,低熔点材料可以当被启用机构启用时变成流体。低熔点材料可以当未被启用时变为固体。启用机构可以包括加热元件1330,该加热元件1330将热施加至低熔点材料。在一种实施方式中,当电流被传递通过加热元件时(例如,加热元件可以为电阻加热器),加热元件1330可以施加热。在其他的实施方式中,作为低熔点固体的替代或除了低熔点固体之外,可以使用基于静电效应或磁效应的其他硬化机构。

[0147] 当加热元件1330开启时,低熔点材料转变为流体状态并且变成柔性的。工具1300可以被弯曲或操纵。当加热元件1330被关闭时,低熔点材料转变为固体状态并且变成刚硬的。工具1300可以保持其弯曲位置。

[0148] 图8C示出了工具1300'的柔性部段1305的一种实施方式。该构型可以考虑主动式肘状构型。工具1300'可以包括线缆1380。线缆1380可以由壳体1382封围。壳体1382可以是柔性的以与柔性部段1305一起弯曲。工具1300'可以包括一个或更多个线缆。工具1300'可以包括两个或更多个线缆。线缆1380可以被附接至一个或更多个刚性部段1310、一个或更多个柔性部段1305、以及末端执行器1340。线缆1380可以联接至柔性部段1305的远端(例如,联接至远端位置1385)。在一些实施方式中,加热元件1330被致动并且柔性部段1305变得可延展。线缆1380被张紧并且柔性部段1305被张紧以经由在柔性部段1305的远端位置1385上拉动的线缆1380而形成弯曲部,从而提供主动式肘状部。当获得了柔性部段1305的合适的或所需的弯曲部时,则启用元件可以被停用。柔性部段1305变得刚硬并且弯曲部可以锁定到位。低熔点材料可以变硬并且保持柔性部段1305的位置。

[0149] 图8D示出了工具1300"的柔性部段1305的实施方式。该实施方式可以考虑被动式肘状构型。柔性部段1305可以包括一个或更多个脊椎状部1391(例如,一个、两个、三个、四个、五个、六个脊椎状部等)。该脊椎状部1391可以具有任何横截面形状(例如,圆形、盘形)。脊椎状部1391可以被保持在护套1320内或被护套1320覆盖。柔性部段1305可以包括柔性芯(例如编带),比如图8B中的编带1370。与图8B中的工具1300类似,柔性部段1305可以包括容器1360,该容器1360可以是柔性的并且可以包括低熔点材料(例如,蜡、聚合物),该低熔点材料具有固态和液态两种状态,并且可以在低温、比如上文提到的温度处在固体与液态之间转变。

[0150] 工具1300"可以包括线缆1392。线缆1392由壳体(未示出)封围。工具1300"可以包括一个或更多个线缆1392。工具1300"可以包括两个或更多个线缆1392。线缆1392可以附接至一个或更多个刚性部段1310、一个或更多个柔性部段1305、一个或更多个脊椎状部1391

和/或末端执行器1340。线缆1392可以在工具1300”内延伸,如图8D中所示。

[0151] 在一些实施方式中,加热元件1330被致动并且柔性部段1305变得可延展。线缆1392被张紧,这改变了一个或更多个脊椎状部1391的取向以在柔性部段1305中形成弯曲部。柔性部段1305的弯曲从一个或更多个脊椎状部1391开始,一个或更多个脊椎状部1391形成柔性部段1305的一部分。柔性部段1305和/或柔性护套1320简单地遵循一个或更多个脊椎状部1391的弯曲,从而提供被动式肘状部。当获得了柔性部段1305的合适的或所需的弯曲,启用元件1330可以被停用。柔性部段1305变得刚硬并且弯曲部可以锁定到位。低熔点材料可以变硬并且保持柔性部段1305的位置。

[0152] 图9A示出了工具的另一实施方式。工具1600包括护套1610。护套1610可以由柔性材料(例如,管型硅胶)形成。工具1600可以包括一个或更多个控制线缆1620A、1620B、1620C。在图9A中示出了三个控制线缆,但可以采用任何数量(例如,一个、两个、三个、四个、五个、六个线缆等)的控制线缆。控制线缆1620A、1620B、1620C联接至用于操纵柔性部段1605的曲率的机构(未示出)。三个控制线缆1620A、1620B、1620C可以延伸通过柔性部段1605并且从柔性部段1605的近端出来。工具1600可以包括仪器通道1630。仪器通道1630可以沿着工具1600的纵向轴线延伸。仪器通道1630可以沿着整个工具1600或工具1600的长度的一部分延伸。仪器通道1630可以包括用于操纵末端执行器和/或其他部件(例如,电线、安全线)的控制机构(未示出)。

[0153] 在一种实施方式中,护套1610可以邻近于工具1600的腕部布置,其中,腕部可以具有上文公开的构型中的一种构型(例如,图1A至图3B中的带轮系统)。因此,护套1610可以提供附加的接头以增大工具1600的远端的运动范围。在一些实施方式中,用于操纵护套1610的柔性部段1605的曲率的控制线缆还可以影响工具的腕部的运动(例如,图1A至图3B中的工具30的远端31)。

[0154] 图9B示出了工具1600,其中移除了护套1610。工具1600可以包括一个或更多个脊椎状部1635(例如,一个、两个、三个、四个、五个、六个脊椎状部等)。一个或更多个控制线缆1620A、1620B、1620C可以延伸通过一个或更多个脊椎状部1635。每个脊椎状部1635的取向可以由控制线缆1620A、1620B、1620C控制。

[0155] 图9C示出了脊椎状部1635的分解图。脊椎状部1635可以包括一个或更多个印刷电路板1640A、1640B。脊椎状部1635可以包括各布置在脊椎状部1635的每一侧上的两个印刷电路板1640A、1640B。两个印刷电路板1640A、1640B可以是相同的。两个印刷电路板1640A、1640B可以在印刷电路板的一侧上包括加热元件1641,如印刷电路板1640B上所示。两个印刷电路板1640A、1640B在印刷电路板的另一侧上包括部件,如在印刷电路板1640A上所示。部件可以包括开关1655(例如,可寻址的微开关)。开关1655选择哪一个脊椎状部被启动和关闭。部件可以包括用于开启和关闭加热元件1641的继电器或FET1660。FET(场效应晶体管)1660或继电器对加热元件1641提供了电源。在其他的实施方式中,作为低熔点固体的替代或除了低熔点固体之外,可以使用基于静电效应或磁效应的其他硬化机构。一个或更多个电线(未示出)将两个印刷电路板连接至用于各种功能(例如,电力、数据传递)的其他部件。开关1655和继电器1660可以组合成一个部件。开关1655和/或继电器或FET1660可以被现有技术中已知的用于启用/停用元件的其他机构来替代。

[0156] 脊椎状部1635可以包括球形隔离球1646。该球形隔离球1646可以保持在球座

1645A、1645B中。球座1645A、1645B可以与印刷电路板1640A、1640B联接。球座1645A、1645B可以彼此保持预定的距离。脊椎状部1635可以包括间隔器1650,该间隔器1650可以由低熔点材料(例如,金属),该低熔点材料具有固态和液态。固态与液态之间的转变发生在低温(例如,小于150华氏摄氏度、小于140华氏摄氏度、小于130华氏摄氏度、小于120华氏摄氏度、小于110华氏摄氏度、小于100华氏摄氏度、小于90华氏摄氏度等)处。在室温下,间隔器1650可以是固体的。低熔点材料可以由容器(例如,围绕低熔点材料的硅管)封装。间隔器1650定位在两个印刷电路板1640A、1640B之间,该球形隔离球1646保持在间隔器1650中。

[0157] 为了定位工具1600,数据信号被发送至被选择的脊椎状部的两个印刷电路板1640A、1640B。数据信号可以发送至一个选择的脊椎状部1635或一个以上的选择的脊椎状部1635。数据信号使得选择的脊椎状部1635的一对加热元件1641启用。控制线缆1620A、1620B、1620C可以被张紧以产生弯曲部,并且/或可以获得在选择的脊椎状部1635中的两个印刷电路板1640A、1640B之间的任何角度取向。

[0158] 数据信号可以使得停用选择的脊椎状部1635的一对加热元件1641。这使得关闭加热元件1641,从而使得低熔点材料沿着由控制线缆1620A、1620B、1620C设定的取向(例如,位置和/或角度)凝固。在一种实施方式中,在低熔点材料凝固之前,控制线缆1620A、1620B、1620C可以保持选择的脊椎状部1635的位置和/或角度。在一些实施方式中,冷却剂可以被指引通过器具通道1630以加速凝固和/或加速冷却低熔点材料。通过启用和设定选择的脊椎状部1635和选择的脊椎状部1635组的角度,如图9B中所示,可以实现复合曲线。

[0159] 现在描述对手术系统而言有利的若干观点,尽管这些观点还可以在非手术和非药物应用中提供优势。图10示出了可以用于执行手术过程(例如,经皮微创手术过程)的超灵敏手术系统5的实施方式。超灵敏手术系统5可以包括一个或更多个超灵敏手术臂10。在一些实施方式中,通过操纵工具(例如,文中描述的工具中的任何工具)、例如通过操纵由超灵敏手术臂10保持的工具来执行手术过程。

[0160] 图11示出了超灵敏手术臂10的实施方式。超灵敏手术臂10可以联接至超灵敏手术工具30'。该工具将可变化地称作“超灵敏手术工具”,或简称为“工具”。超灵敏手术工具30'包括远端31'和近端32'。在一种实施方式中,超灵敏手术工具30'和远端31'可以与图1A至图3B中的工具30和远端31类似。在使用中,远端31'可以通过切口被安置在患者的身体内(例如,在经皮微创手术过程中)。工具30'的远端31'可以包括末端执行器(例如,抓取器,比如图1A中的抓取器310)。末端执行器可以基于待执行的手术过程或任务来选择。工具30'的远端31'可以包括腕部,文中进一步描述了腕部的细节。上文已经讨论了工具——比如图1A中的工具310——的腕部的改进设计的若干观点。现在描述对于手术系统有利的但还可以应用于非手术系统的若干观点。

[0161] 超灵敏手术系统5和超灵敏手术臂10被进一步描述在如下共同拥有的共同未决申请中:于2014年3月13日提交的PCT/US2014/26115、于2013年3月15日提交的美国临时申请No.61/791248、于2013年11月20日提交的美国临时申请No.61/906802、于2013年11月26日提交的美国临时申请No.61/908888、于2013年11月12日提交的美国临时申请No.61/915403、以及于2014年2月5日提交的美国临时申请No.61/935966,所有的这些申请的全部内容通过参引并入本文并且应当被认为是该说明书的一部分。

[0162] 图12A示出了工具的另一实施方式。工具400可以基本上与图1A至图3B中所示的工

具30基本上类似。工具400可以在工具400的远端31'处具有腕部402,其中,腕部402将末端执行器410联接至工具400的轴30A。在图示的实施方式中,腕部402可以包括带轮440A、440B、450A、450B、425A、427A、425B、427B、420A和420B。带轮440A、450A设置成第一组。带轮440B、450B设置成第二组。带轮420A、420B设置成第三组。带轮425A、427A设置成第四组。带轮425B、427B设置成第五组。第三组带轮420A、420B基本上与相对于图3A上文讨论的第三组带轮320A、320B类似,并且第三组带轮420A、420B分别联接至末端执行器410的爪部410A、410B。类似地,第一组带轮440A、450A和第二组带轮440B、450B基本上与相对于图3A上文讨论的第一组带轮340B、350B和第二组带轮340A、340B类似。工具400与图3A中的工具30的不同在于,工具400包括两组附加的带轮,即第四组带轮425A、427A和第五组带轮425B、427B。

[0163] 如图12B中所示,第四组带轮425A、427A和第五组带轮425B、427B相对于第一组带轮440A、450A和第二组带轮440B、450B成角度。带轮425A的旋转轴相对于带轮440A的旋转轴成角度。带轮427A的旋转轴相对于带轮450A的旋转轴成角度。带轮425B的旋转轴相对于带轮440B的旋转轴成角度。带轮427B的旋转轴相对于450B的旋转轴成角度。

[0164] 参照图12C,第四组带轮425A、427A通过成角度的楔状件426A以一定角度保持,该楔状件426A可以包括相对于彼此成角度(例如,15度、30度、45度等)延伸的两个轴452A、452B。成角度的轴452A、452B在其上支承第四组带轮425A、427A,使得带轮425A、427A可以围绕轴452A、452B旋转。以类似的方式,第五组带轮425B、427B可以通过成角度的楔状件426B保持成呈一定角度,如图12B中最佳示出的。成角度的楔状件426B基本上与成角度的楔状件426A类似。如图12A至图12C中图示的并且如上文讨论的,腕部402的设计减少了围绕腕部402的带轮布设的线缆的交叉与摩擦,因此使得线缆的布设更有利。下文进一步描述腕部402的线缆的布设。

[0165] 工具400可以被致动以使爪410A、410B以如下多种方式移动:比如抓取(例如爪经由带轮420A、420B独立地旋转)、横摆(例如,爪经由带轮420A、420B一起旋转)、以及俯仰(例如,爪围绕带轮440A、450A、440B、450B旋转)。图13A示出了第一线缆490A在工具400的腕部402中的布设。第一线缆490A以与关于图3A中图示的工具30先前描述的方式类似的方式从工具400的近端(未示出)开始并且延伸通过工具轴30A并且延伸出工具轴30A(例如,通过与轴30A的端部附接的轭部,比如通过孔口或孔)。在图示的实施方式中,第一线缆490A至少部分地围绕在第一组带轮440A、450A中的一个带轮缠绕。第一线缆490A随后至少部分地围绕第四组带轮425A、427A中的一个带轮缠绕。第一线缆490A随后至少部分地围绕在第三组带轮420A、420B中的一个带轮缠绕。如先前的实施方式中讨论的,第一线缆490A可以联接至珠状物(例如,以不可移动的方式联接至珠状物,如同图3A中的珠状物315A),该珠状物保持在第三组带轮420A、420B中的一个带轮内。第一线缆490A随后至少部分地围绕第五组带轮425B、427B中的一个带轮缠绕,之后,第一线缆490A至少部分地围绕第二组带轮440B、450B中的一个带轮缠绕。第一线缆490A随后朝向工具400的近端延伸并且延伸通过工具轴。在一些实施方式中,第一线缆490A至少部分地围绕带轮450A、427A、420A、425B、440B缠绕,如图13A中所示。

[0166] 在图示的实施方式中,带轮440A、440B、425A、425B被认为是外带轮,并且带轮450A、450B、427A、427B被认为是内带轮。在一些实施方式中,第一线缆490A围绕两个外带轮(例如,带轮440B、425B)和两个内带轮(例如,带轮450A、427A)缠绕。第一线缆490A在图13A

中示出为略微地从带轮偏离以更清晰地图示第一线缆490A的布设。

[0167] 图13B示出了第二线缆490B在工具400的腕部402中的布设。第二线缆490B至少部分地围绕在第一组带轮440A、450A中的一个带轮缠绕。第二线缆490B随后至少部分地围绕在第四组带轮425A、427A中的一个带轮缠绕。第二线缆490B随后至少部分地围绕在第三组带轮420A、420B中的一个带轮缠绕。第二线缆490B可以联接至珠状物(例如,以不可移动的方式联接至珠状物,如同珠状物315A),该珠状物保持在第三组带轮420A、420B中的一个带轮内,如先前的实施方式中描述的。第二线缆490B随后至少部分地围绕在第五组带轮425B、427B中的一个带轮缠绕,之后,第二线缆490B随后至少部分地围绕在第二组带轮440B、450B中的一个带轮缠绕。第二线缆490B随后朝向工具400的近端延伸并且延伸通过工具轴30A。在一些实施方式中,第二线缆490B至少部分地围绕带轮450B、427B、420B、425A、440A缠绕,如图13B中所示。

[0168] 在一些实施方式中,第二线缆490B至少部分地围绕两个外带轮(例如,带轮440A、425A)和两个内带轮(例如,带轮450B、427B)缠绕。第二线缆490B在图13B中示出为略微地从带轮偏离以更清晰地图示第一线缆490B的布设。

[0169] 图14A示出了工具的可以结合至文中描述的工具中的近端的实施方式。近端包括马达组800。在图示的实施方式中,马达组800包括四个马达(例如,电动马达),四个马达驱动如上文先前讨论的四个独立的线缆。

[0170] 在一些实施方式中,四个线缆中的每个线缆由马达组800中的马达独立地控制。有利地,具有马达组800的工具——其中,四个线缆中的每个线缆由组800中的马达控制——不需要预张紧,因为马达可以去掉线缆中的任何松弛部。由于线缆的弹性性能,当线缆与线缆-带轮系统中的带轮相互作用时线缆会滑动,所以需要预张紧。因此,通过在市售工具中的设计或其他方法,预张紧被补偿。尽管如图5D至图6D中描述的驱动线缆的方法需要仅三个马达以驱动线缆,系统采用可能需要张紧的线缆圈。

[0171] 继续参照图14A,马达组800可以包括马达壳体840。马达组800可以包括保持在马达壳体840中的四个马达,在图14A中马达中的仅两个马达810A、810B可见。四个马达810A、810B、810C(未示出)、810D(未示出)可以分别与齿轮箱815A、815B、815C(未示出)、815D(未示出)相关联。每个马达810A、810B、810C、810D可以与主轴相关联,比如主轴820,并且每个主轴820可以具有配合接合面830(例如,方形孔,六边形孔、槽)。马达810A、810B、810C、810D在由驱动单元(未示出)的软件控制下被驱动。马达组840可以附接至工具的近端,比如图11中示出的工具30的近端32、或附接至文中描述的任何其他工具。

[0172] 图14B示出了能够以可移除的方式联接至马达组800的联接单元900的一种实施方式。联接单元900可以包括近端906和远端905。在图14A中示出的马达组800的每个主轴820的配合接合面830能够与联接单元900中的对应的主轴比如主轴910A联接和/或配合。在图14B中,尽管仅一个主轴910A是可见的,但联接单元900可以具有对于马达组800的配合接合面830中每一者而言的对应的主轴(例如,四个主轴910A、910B、910C、910D,如图14C中所示)。在一种实施方式中,联接单元900可以是一次性的。在另一实施方式中,远离马达组800的任何部件——包括联接单元900、工具轴、腕部和末端执行器——可以是一次性的。因此,通过作为工具的较昂贵的部件的马达组800可以被重新使用,因为联接单元900——联接单元900可以被结合至工具的近端部中——可以容易地拆卸并且由新的联接单元900和相关

联的工具轴、腕部和末端执行器替换。这种设计有利地提供了无菌屏障。换言之,包括联接单元900的马达壳体840的远端的一切可能是有无菌的,并且联接单元900可以至少部分地提供无菌屏障。马达壳体840、马达810A、810B、810C、810D和/或位于马达组800内的任何部件可以是未灭菌的。

[0173] 图14A至图14D还图示了联接单元900。在一种实施方式中,主轴910、910B、910C、910D从近端906延伸通过联接单元900至远端905。联接单元900可以包括四个带轮940A、940B、940C、940D。联接单元900可以包括安装在主轴910A、910B、910C、910D上的四个线轴945A、945B、945C、945D,如图14C中所示。带轮940A、940B、940C、940D可以将线缆给送至线轴945A、945B、945C、945D。线轴945A、945B、945C、945D可以将线缆给送至用于驱动腕部和/或工具的爪——比如,图12A中的腕部402和爪410A、410B——的其他部件。线轴945A、945B、945C、945D还可以去掉线缆中的松弛部。带轮940A、940B、940C、940D可以安装至轭部950A、950B(未示出)、950C(未示出)、950D(未示出),如图14D中最佳示出的。

[0174] 现在参照图14D,示出了仅一个轭部950A,虽然如上文讨论的,带轮940A、940B、940C、940D中的每一者可以安装至与轭部950A类似的轭部。轭部950A可以联接至带轮940A。轭部950B、950C和950D可以联接至带轮940B、940C和940D。轭部940A、940B、940C、940D可以联接至测压元件960A、960B、960C、960D,并且测压元件960A、960B、960C、960D可以联接至联接单元900。

[0175] 每个线缆端部围绕带轮940A、940B、940C、940D中的一个带轮布设并且至少部分地围绕线轴945A、945B、945C、945D缠绕。在围绕线轴945A、945B、945C、945D缠绕之后,线缆端部被紧固至线轴945A、945B、945C、945D。在一种实施方式中,线轴945A、945B、945C、945D可以各自包括末端特征(例如,凹口),比如图14E中最佳示出的末端特征975A。尽管在图14E中示出了仅一个末端特征975A,线轴945A、945B、945C、945D中的每一者可以具有末端特征(例如,线轴945B、945C、945D可以具有未示出的与末端特征975A类似的末端特征975B、975C、975D)。每个线缆端部可以保持在末端特征975A、975B、975C、975D内以防止线缆端部与对应的线轴945A、945B、945C、945D断开接合。在一种实施方式中,线缆端部可以具有与末端特征的形状对应的形状。

[0176] 参照图14D,测压元件960A、960B、960C、960D可以包括一个或更多个传感器。例如,在一种实施方式中,每个测压元件960A、960B、960C、960D可以包括力传感器970A、970B、970C、970D。力传感器970A、970B、970C、970D可以测量线缆的张力。当线缆被张紧时,带轮940A、940B、940C、940D将力传递至测压元件960A、960B、960C、960D。该力可以使测压元件960A、960B、960C、960D弯曲,并且所述弯曲可以被测量并且被转换为测量张力。由力传感器970A、970B、970C、970D输出的测量可以对工具的操作者提供触觉反馈。例如,由力传感器970A、970B、970C、970D输出的测量可以被转换为对外科医生提供触觉反馈,以使他或她具有工具的爪(例如,工具400的爪410A、410B)的抓握力的感觉。

[0177] 图15示出了工具的另一实施方式。工具1200可以包括腕部1202,作为带轮的替代,该腕部采用脊椎状部。采用脊椎状部的市售的工具采用线缆圈以控制工具的腕部的弯曲。相反,作为线缆圈的替代,工具1200可以采用独立的线缆,以控制腕部1202的位置。工具1200的这种布置的优点包括预张紧和对线缆的不需要的长度进行过量控制。

[0178] 工具1200的腕部1202可以包括一个或更多个脊椎状部1220A、1220B、1220C。尽管

示出了三个脊椎状部1220A、1220B、1220C,但工具1200可以具有更多个或更少的脊椎状部(例如,一个、两个、三个、四个、五个、六个脊椎状部等)。脊椎状部1220A可以联接至工具轴1210。脊椎状部1220A、1220B、1220C可以经由一个或更多个接头1240(例如,球窝接头)联接至工具1200的其他脊椎状部和/或部件。在图示的实施方式中,脊椎状部1220A、1220B、1220C可以联接至工具1200的远端,如图15中所示。然而,在其他实施方式中,一个或更多个脊椎状部1220A、1220B、1220C可以沿着工具1200的纵向长度定位在任何位置处。

[0179] 继续参照图15,工具1200可以包括一个或更多个独立线缆1230A、1230B、1230C,所述独立线缆可以延伸通过工具轴1210。尽管示出了三个线缆1230A、1230B、1230C,工具1200可以具有更多的或更少的线缆(一个、两个、三个、四个、五个、六个线缆等)。在一种实施方式中,可以使用附加的线缆以驱动末端执行器1250。每个线缆1230A、1230B、1230C由马达1260A、1260B、1260C独立地驱动。由于在工具1200中未采用线缆圈,所以这种设计具有先前描述的益处(例如,不需要对线缆进行预张紧)。

[0180] 线缆1230A、1230B、1230C可以延伸通过一个或更多个脊椎状部1220A、1220B、1220C。在图示的实施方式中,线缆1230A、1230B、1230C可以经由一个或更多个接合机构1270(例如,珠状物,如同图3A中的珠状物315A,该珠状物被卷压在线缆上并且定位在脊椎状部的袋状部内侧)联接至脊椎状部1220A、1220B、1220C。当线缆1230A、1230B、1230C被张紧时,张力经由接合机构1270被传递至脊椎状部1220A、1220B、1220C。工具的部件——例如,脊椎状部1220A、1220B、1220C——可以由护套(未示出)覆盖。各种其他脊椎状部和线缆设计是可能的。通过每个线缆端部的独立的控制,可能的是,以俯仰和横摆的任何组合的方式操纵末端执行器1250。

[0181] 图16示出了工具的另一实施方式。工具1700与图1A至图3B中所示的工具30类似。在一些实施方式中,有利的是将爪的致动部与工具的腕部断开联接。例如,将末端执行器的致动部与工具的腕部的致动部断开联接可以抑制载荷从末端执行器传递至腕部(例如,从抓取器的爪传递至工具的腕部的带轮)。这种由末端执行器对腕部的加载会导致更难以控制腕部,并且/或导致腕部的不可预期的运动。

[0182] 工具1700可以具有腕部并且包括一个或更多个带轮1740和一个或更多个带轮1750。带轮1740可以基本上与图3A中示出的带轮340A、340B、350A、350B类似。带轮1750可以基本上与图3A中示出的带轮320A、320B类似。为了清楚起见,未示出用于带轮1740、1750的线缆布设。

[0183] 除了至少部分地围绕带轮1740、1750缠绕的线缆(未示出)之外,工具1700可以包括用于控制末端执行器1760(例如,抓取器)的爪1760A、1760B的一个或更多个附加的线缆1730。尽管示出了一个线缆1730,工具1700可以包括任意数量的线缆(例如,一个、两个、三个、四个、五个、六个等)。线缆1730可以保持在护套1720内,该护套1720在一种实施方式中可以为柔性护套。在图示的实施方式中,末端执行器1760(例如,爪、抓取器)联接至带轮1750。线缆1730可以至少部分地围绕带轮1750缠绕并且可以经由带轮1750的运动来控制末端执行器1760。线缆1730可以联接至致动机构,该致动机构用于经由带轮1750控制末端执行器1760。对线缆1730进行致动的致动机构可以是一个或更多个带轮(例如,定位在末端执行器1760的基部的附近的带轮)。在图示的实施方式中,包括爪1760A、1760B的末端执行器1760与带轮1740断开联接,并且因此有利地,末端执行器1760不将载荷传递至带轮1740。

即,末端执行器1760的运动独立于由围绕带轮1740缠绕的线缆施加在带轮1740上的运动。

[0184] 如文中的实施方式中描述的,工具可以具有肘状部或弯曲部。为了保持对工具的控制,对使用者(例如,操作者、外科医生)而言重要的是了解工具的形状。文中描述的工具的柔性部段(例如,柔性部段1305)可以联接至一个或更多个传感器(例如,多个传感器),其中,传感器可以基于工具的形状传递数据。在一种实施方式中,数据可以是实时的。数据可以通过有线的或无线的连接传递。

[0185] 一个或更多个传感器可以包括多种类型的传感器(例如,张力传感器、位置传感器)。一个或更多个传感器可以放置在任何位置处或在工具和/或柔性部段内(例如,沿着工具的长度被联接,联接至柔性芯、联接至脊椎状部)。传感器可以使用各种技术(例如,生物相容性胶或粘结剂)联接至工具。

[0186] 在一些实施方式中,可以采用计算柔性部段的形状的间接的方式。例如,线缆的导致弯曲的张力可以被监测。如果线缆中的每一者的用于引起弯曲的相对张力是已知的,随后弯曲可以被预估。在存在推靠柔性部段的外力、同时柔性部段弯曲的情况下,这种对在线缆上引起弯曲的张力的监测可以提供对弯曲的形状的预估。这种预估可以结合来自传感器的数据以改进对工具形状的预估(例如,弯曲)。

[0187] 在一些实施方式中,摄像机可以监测工具的形状。摄像机可以是插入至患者的身体中的摄像机。摄像机可以定位在任何位置处以帮助使用者。摄像机可以将关于工具的数据(例如,图片)发送至处理单元(例如,超灵敏手术系统5的处理单元)。处理单元还处理图像并且使用图案识别技术以识别工具的柔性部段。在柔性部段被识别时,弯曲的参数可以基于图像来计算。这些参数可以被传递至主要用于保持对工具的控制的主处理单元。

[0188] 图17A示出了工具的另一实施方式。工具1800可以具有腕部1802并且可以包括壳体1811。图17B至图17C示出了工具1800,其中,壳体1811被移除。工具1800可以包括具有一对爪1810A、1810B的末端执行器1810。可以采用末端执行器的其他实施方式。工具1800可以包括多个带轮,如图17B中所示。

[0189] 带轮1845A、1845B设置为第一组带轮。带轮1850A、1850B设置为第二组带轮。第一组带轮1845A、1845B和第二组带轮1850A、1850B可以联接至轭部1812,该轭部1812可以联接至工具轴(未示出)。工具还可以包括设置为第三组带轮的带轮1820A、1820B、1815A、1815B。爪1810A、1810B可以联接至第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B。在图示的实施方式中,爪1810A联接至带轮1815A、1815B,并且爪1810B联接至带轮1820A、1820B。

[0190] 工具1800还可以包括设置为第四组带轮的带轮1835A、1835B。带轮1835A的旋转中心可以与带轮1835B的旋转中心偏离。在一种实施方式中,带轮1835A的直径小于带轮1835B的直径。工具1800还包括设置为第五组带轮的带轮1840A、1840B。带轮1840A的旋转中心可以与带轮1840B的旋转中心偏离。带轮1840A的直径小于带轮1840B的直径。带轮1835A、1840B可以位于同一旋转轴上。带轮1835B、1840A可以位于同一旋转轴上。带轮1835A、1840B的旋转中心可以与第一组带轮1845A、1845B和第二组带轮1850A、1850B的旋转中心偏离。带轮1835B、1840A的旋转中心可以与第一组带轮1845A、1845B和第二组带轮1850A、1850B的旋转中心偏离。

[0191] 参照图17C,带轮1825A、1825B设置为第六组带轮。带轮1830A、1830B设置为第七组带轮。在图示的实施方式中,带轮1825A、1830A为外带轮,并且带轮1825B、1830B为内带轮。

外带轮1825A、1830A的直径小于内带轮1825B、1830B的直径。

[0192] 第六组带轮1825A、1825B和第七组带轮1830A、1830B可以与一对爪1810A、1810B和/或第三组带轮1820A、1820B、1815A、1815B对准。在一些实施方式中,带轮1820A、1820B、1815B、1815A分别与带轮1825A、1825B、1830B、1830A对准,因此允许线缆分别沿着在带轮1820A、1820B、1815B、1815A与带轮1825A、1825B、1830B、1830A之间的直线路径延伸,因此有利地减小了在线缆中的弯曲并且减小在线缆与带轮之间的摩擦。下文说明这种布置的其他优点。

[0193] 第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B可以具有较大的直径(例如,相对于在工具1800中的其他带轮)。在一种实施方式中,第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B的直径与工具轴(未示出)的直径一样大(例如,基本上相等)。第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B可以设置成靠近彼此并且/或与图1A中示出的工具30的带轮320A、320B相比更靠近工具轴的中心轴线。第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B的放置和直径大小可以有利地增大线缆的可靠性和可使用寿命(例如,较小的摩擦和磨损)。由于越大的带轮具有越大的直径,穿过越大的带轮的线缆弯曲得越少,因此以积极的方式影响可靠性。第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B的放置连同其他组带轮的放置确保了工具1800的一个或更多个线缆经受更少和更小的急转弯,再一次以积极的方式影响线缆的可靠性和可使用寿命。第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B的放置和直径大小设置成与图1A中示出的带轮320A、320B相比较在爪上施加更大的力,由于线缆经受更少的弯曲和更少的急转弯,从而能够在爪上施加更大的力。

[0194] 工具1800可以被致动以使爪1810A、1810B以如下多种方式移动:比如抓取(例如爪经由带轮1815A、1815B、1820A、1820B独立地旋转)、横摆(例如,爪经由带轮1815A、1815B、1820A、1820B一起旋转)、以及俯仰(例如,爪围绕穿过轭部1812轴线1813旋转)。图17D至图17E示出了工具1800的第一线缆1855A的线缆布设。如在其他实施方式中先前讨论的,四个线缆可以被独立地控制以影响在轭部1812和/或爪1810A、1810B中的一者或两者上的运动。每个线缆端部的独立控制可以提供腕部1802(参照图17A)和末端执行器1810的更多的精确运动。用于图17D至图17E的线缆布设控制爪1810A。工具1800采用具有四个线缆端部的四个线缆(与文中描述的线缆390A'、390A''、390B'、390B''类似)。

[0195] 参照图17D,第一线缆1855A从工具轴(未示出)开始。第一线缆1855A至少部分地围绕在第一组带轮1845A、1845B中的一个带轮缠绕。第一线缆1855A随后至少部分地围绕在第四组带轮1835A、1835B中的一个带轮缠绕。第一线缆1855A随后至少部分地围绕在第六组带轮1825A、1825B中的一个带轮缠绕。第一线缆1855A随后至少部分地围绕在第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B中的一个带轮缠绕。在一些实施方式中,第一线缆1855A至少部分地围绕带轮1845A、1835A、1825B、1820B缠绕,如图17D中所示。线缆1855A能够以不可移动的方式联接至带轮1820B(例如,通过对保持在带轮的袋状部中的珠状物进行卷压,如图3A中的珠状物315A)。在一些实施方式中,第一线缆1855A至少部分地围绕内带轮1820B、1825B和外带轮1835A、1845A缠绕。

[0196] 参照图17E,第二线缆1855B从工具轴(未示出)开始。第二线缆1855B至少部分地围绕在第二组带轮1850A、1850B中的一个带轮缠绕。第二线缆1855B随后至少部分地围绕在第五组带轮1840A、1840B中的一个带轮缠绕。第二线缆1855B随后至少部分地围绕在第六组带

轮1825A、1825B中的一个带轮缠绕。第二线缆1855B随后至少部分地围绕在第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B中的一个带轮缠绕。在一些实施方式中,第二线缆1855B至少部分地围绕带轮1850B、1840B、1825A、1820A缠绕,如图17E中所示。在一些实施方式中,第二线缆1855B至少部分地围绕外带轮1820A、1825A和内带轮1840B、1850B缠绕。

[0197] 参照图17D至图17E,如果仅一个线缆被致动或张紧,爪将沿一个方向旋转,并且如果另一线缆被致动或张紧,爪将沿相反的方向旋转。另外,施加在线缆上的张力量可以控制爪1810A、1810B的位置。例如,在图17D中示出的线缆1855A沿着箭头1860的方向被张紧,并且线缆1855B被释放。因此,爪1810A将沿着箭头1862的方向移动,如果作为替代,线缆1855B沿着箭头1865的方向被张紧,爪1810A将沿着箭头1867的方向移动。如果两个线缆同时被张紧,第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B不旋转。相反地,第三组带轮1815A、1815B、1820A、1820B以如箭头1870示出的运动移动至纸平面中(即,围绕枢部1812的轴线1813,如图17A中示出的)。

[0198] 另一对线缆可以以与线缆1855A、1855B被联接至爪1810A的方式类似的方式被联接至爪1810B。拉动联接至爪1810B的所述另一组线缆的动作由于其与上文说明的关于线缆1855A、1855B的动作类似,所以在此不进行说明。根据上文的说明,可以看出爪1810A、1810B在一种实施方式中的运动如何通过四个独立线缆控制。

[0199] 图18A示出了工具的另一实施方式。工具1900可以具有腕部1902和末端执行器1901,该末端执行器1901包括两个爪1901A、1901B。工具1900可以包括与工具轴1915联接的枢部1910。图18B示出了被移除的枢部1910。工具1900可以包括第一组带轮1930A、1930B。工具1900还可以包括第二组带轮1935A、1935B。第一组带轮1930A、1930B的旋转轴线可以与第二组带轮1935A、1935B的旋转轴线对准。工具1900可以包括第三组带轮1905A、1905B。爪1901A、1901B可以被联接至第三组带轮1905A、1905B。

[0200] 工具1900可以包括第四组带轮1920A、1920B,并且可以包括第五组带轮1925A、1925B。第四组带轮1920A、1920B可以位于工具1900的一侧上,并且第五组带轮1925A、1925B可以位于工具1900的另一侧上。第四组带轮1920A、1920B的旋转轴线可以与第五组带轮1925A、1925B的旋转轴线对准。

[0201] 工具1900可以附加地包括第六组带轮1910A、1910B和第七组带轮1915A、1915B。第六组带轮1910A、1910B可以位于工具1900的一侧上,并且第七组带轮1915A、1915B可以位于工具1900的另一侧上。由于第六组带轮1910A、1910B的旋转中心与第七组带轮1915A、1915B的旋转中心偏离,所以第六组带轮和第七组带轮为偏置带轮。

[0202] 工具1900可以被致动以使爪1905A、1905B以如下多种方式移动:比如抓取(例如爪经由带轮1905A、1905B独立地旋转)、横摆(例如,爪经由带轮1905A、1905B一起旋转)、以及俯仰(例如,爪围绕所示的枢部1910的轴线1913旋转至图18A中的纸平面中)。图18D示出了第一线缆1950A和第二线缆1950B的布置。为了清楚起见,第一线缆1950A以虚线示出,并且第二线缆1950B以实线示出。第一线缆1950A从工具轴1915开始。第一线缆1950A至少部分地围绕在第一组带轮1930A、1930B中的一个带轮缠绕。第一线缆1950A随后至少部分地围绕在第四组带轮1920A、1920B中的一个带轮缠绕。第一线缆1950A随后至少部分地围绕在第六组带轮1910A、1910B中的一个带轮缠绕。第一线缆1950A随后至少部分地围绕在第三组带轮1905A、1905B中的一个带轮缠绕。在一些实施方式中,第一线缆1950A至少部分地围绕带轮

1905A、外带轮1910A、外带轮1920A以及外带轮1930A缠绕。线缆1950A能够以不可移动的方式联接至带轮1905A(例如,通过对保持在带轮的袋状部中的珠状物进行卷压,如图3A中的珠状物315A)。

[0203] 第二线缆1950B也从工具轴1915开始。第二线缆1950B至少部分地围绕在第一组带轮1930A、1930B中的一个带轮缠绕。第二线缆1950B随后至少部分地围绕在第四组带轮1920A、1920B中的一个带轮缠绕。第二线缆1950B随后至少部分地围绕在第三组带轮1905A、1905B中的一个带轮缠绕。在一些实施方式中,第二线缆1950B随后至少部分地围绕带轮1905B、内带轮1920B以及内带轮1930B缠绕。线缆1950B不围绕第六组带轮1910A、1910B中的一个带轮缠绕。线缆1950B能够以不可移动的方式联接至带轮1905B(例如,通过对保持在带轮的袋状部中的珠状物进行卷压,如图3A中的珠状物315A)。线缆1950A、1950B朝向工具1900的近端延伸。

[0204] 爪1910A联接至带轮1905A,并且爪1910B联接至带轮1905B。第一线缆1905A可以联接至带轮1905A并且控制爪1901A。第二线缆可以联接至带轮1905B并且控制爪1901B。另一对线缆(1905C、1905D)可以沿着带轮的相反的侧延伸并且可以联接至带轮1905A、1905B,并且除了线缆可以至少部分地围绕带轮1915A、1915B缠绕之外,线缆布置可以具有如图18D至图18E中示出的相同构型。在一些实施方式中,线缆1905A和1905C为一体的并且形成单一线缆。在一些实施方式中,线缆1905B和1905D为一体的并且形成单一线缆。拉动所述另一组线缆(1905C、1905D)的动作由于其与上文说明的关于线缆1950A、1950B的动作类似,所以在此不进行说明。

[0205] 根据上文的说明,现在可以看出爪1901A、1901B的运动如何通过四个独立线缆(例如,四个独立线缆端部)控制。线缆1950A、1950B、1950C、1950D可以通过接合机构(例如,通过对保持在带轮的袋状部中的珠状物进行卷压,如图3A中的珠状物315A)联接至带轮1905A、1905B、1905C、1905D。

[0206] 例如,线缆1950A被张紧并且其他线缆被放松。爪1901A将根据由第三组带轮1905A、1905B经受的张紧而移动。当带轮1905A中的两侧被张紧时(例如,如果存在两个独立的线缆,当两个线缆同时被张紧),腕部沿着如图18E中示出的箭头1960的方向移动。当带轮1905B的两侧被张紧(例如,存在两个独立的线缆,当两个线缆同时被张紧)时,腕部沿着如图18D中示出的箭头1965的方向移动。根据上文说明,将可以看出爪1901A、1901B的运动如何通过四个线缆控制(例如,具有四个独立线缆端部的四个独立线缆,或两个线缆具有四个独立的线缆端部)。

[0207] 虽然文中已经描述了特定的实施方式,但这些实施方式仅以示例的方式呈现,并且不用于限制本公开内容的范围。的确,文中描述的新颖方法和系统可以以多种其他形式来实施。此外,在不背离本公开内容的精神的情况下,可以对文中描述的系统和方法作出多种省略、替换和改变。所附权利要求及其等价方案用于涵盖落入本公开内容的范围和精神内的这些形式或改型。因此,本发明的范围仅参照所附权利要求限定。

[0208] 结合特别的方面、实施方式或示例描述的特征、材料、特性或群组将理解为可应用于在该部分或另外该说明书中描述的任何其他方面、实施方式或示例,除非这些方面不兼容之外。在本说明书中公开的所有特征(包括任何所附的权利要求、摘要和附图)以及/或公开的任何方法或过程的所有步骤可以以任何组合的方式被组合,除非在组合中,这些特征

和/或步骤中的至少一些特征和/或步骤互相排斥之外。保护范围不受限于任何前述实施方式的细节。保护范围扩展至在该说明书(包括所附权利要求、摘要和附图)中公开的特征的任何新颖的特征或任何新颖的组合,或扩展至公开的任何方法或过程的步骤的任何新颖的步骤或任何新颖的组合。

[0209] 此外,在独立的实施例的环境下本公开内容中描述的特定的特征还可以在单一的实施例中以组合的方式实施。相反,在单一的实施例中的环境下描述的各种特征也可以独立的或以任何合适的子组合的方式在多种实施例中实施。此外,尽管上文特征可以描述为作用在特定的组合中,根据要求保护的组合的一个或更多个特征可以在一些情况下从组合去除,并且组合可以被要求保护作为子组合或子组合的变型。

[0210] 此外,虽然以特定的顺序在附图中描绘的或在说明书中描述操作,但这种操作不需要以示出的特定的顺序或以相继的顺序执行,或不需要执行所有的操作以实现所需的结果。未描绘或描述的其他操作可以结合在示例方法和过程中。例如,在所描述的操作中的任何操作之前、之后、同时地或在其之间可以执行一个或更多个附加的操作。另外,操作可以在其他实施例中被重新布置或重新定顺序。本领域的技术人员将理解的是,在一些实施方式中,图示的和/或公开的过程中采用的实际步骤与附图中所示的步骤不同。根据实施方式,上文描述的步骤中的一些步骤可以被去除,另外的步骤可以被添加。此外,上文公开的特定实施方式的特征和性质可以以不同的方式组合以形成附加的实施方式,所有这些实施方式落入本公开内容的范围内。而且,在上文描述的实施例中的多种系统部件的分离应当不被理解为在所有的实施例中需要这种分离,并且应理解的是,所描述的部件和系统可以总体上一一起集成在单一产品中或被封装成多个产品。

[0211] 出于本公开内容的目的,文中描述了特定方面、优点和 Novel 特征。不需要的是,根据任何特定实施方式可以实现所有这些优点。因此,例如,本领域的技术人员将认识到,本公开内容可以以实现了如文中教导的一个优点或一组优点的方式来实施或执行,而不需要实现如文中教导或提到的其他优点。

[0212] 条件词,比如“能够(can)”“可能(could)”“可以(might)”“可(may)”——除非另有具体说明,或另外地在如使用的环境中所理解的——总体上用于表达特定的实施方式包括特定的特征、元件和/步骤,然而其他实施方式不包括这些特定的特征、元件和/或步骤。因此,这种条件词总体上不用于暗示:特征、元件和/或步骤以一个或更多个实施方式所需的任何方式,或一个或更多个实施方式需要包括在有使用者输入或激励或者没有使用者输入或激励的情况下用于确定这些特征、元件和/或步骤是否在特定的实施方式中被包括或被执行的逻辑。

[0213] 连词,比如短语“X、Y和Z中的至少一个”根据所使用的环境另外地总体上理解为表达的是,项目、条件等可以或者X、Y或者Z。因此,这种连词一般不用于暗示:特定的实施方式需要存在X中的至少一个X、Y中的至少一个Y以及Z中的至少一个Z。

[0214] 文中所使用的程度词,比如文中所使用的术语“近似”“大约”“总体上”以及“基本上”表示靠近仍然执行所需的功能或实现所需的结果的设定值、量或特性的值、量或特性。例如,术语“近似”“大约”“总体上”以及“基本上”可以涉及下述量,该量在低于设定量的10%内、在低于设定量的5%内、在低于设定量的1%内、低于设定量的0.1%内以及在低于设定量的0.01%内。作为另一示例,在特定的实施方式中,术语“总体上平行”和“基本上平

行”指的是,偏离绝对平行的值、量或特性为小于或等于15度、10度、5度、3度、1度、0.1度或另外的。

[0215] 本公开内容的范围不意在受到在本说明书中的本部分或其他部分中的优选的实施方式的特定的公开内容的限制,并且可以由权利要求限定,如在本说明书中的本部分或其他部分中呈现的或如在未来呈现的。权利要求的语言基于在权利要求中采用的语言被广义地解释并且不限于本说明书中描述的或在实施本应用期间的示例,这些示例被理解为非排除性的。

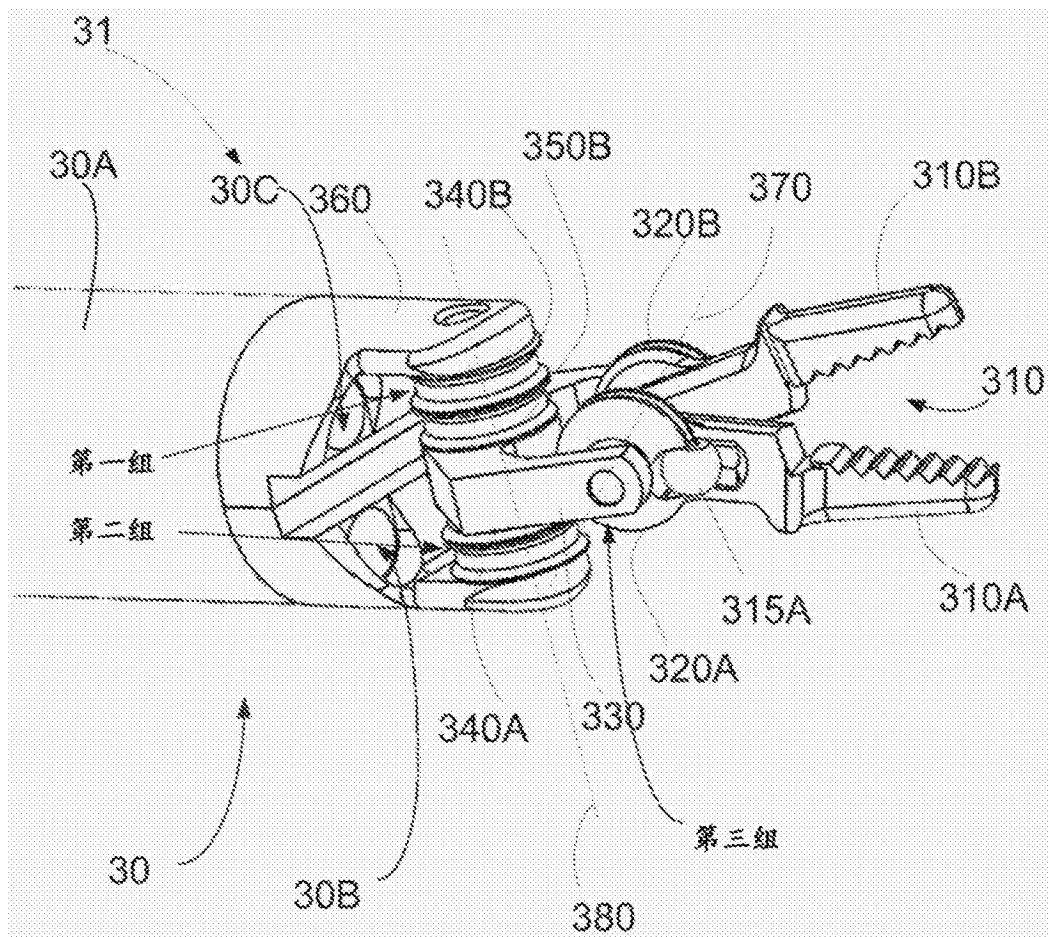


图1A

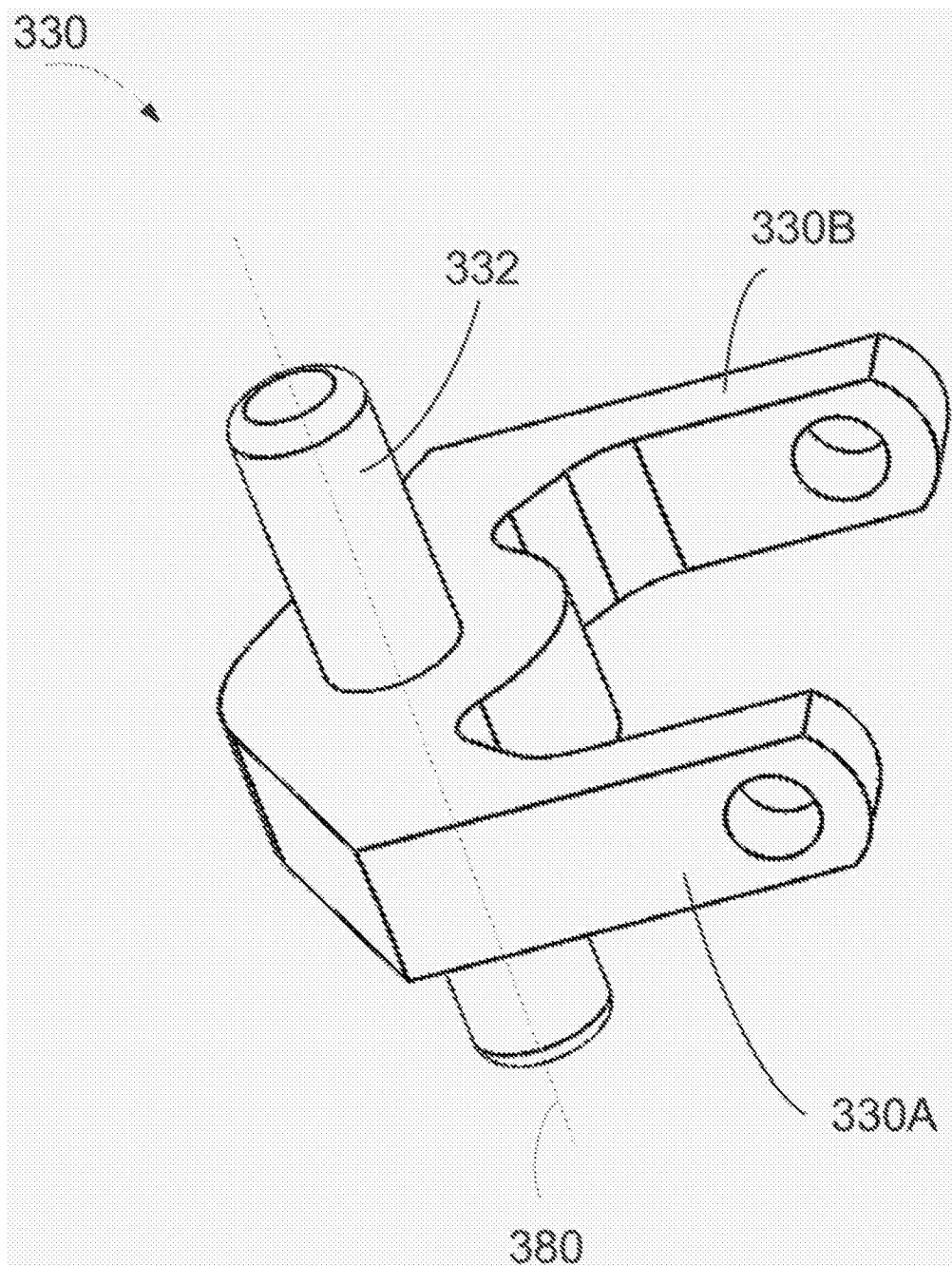


图2

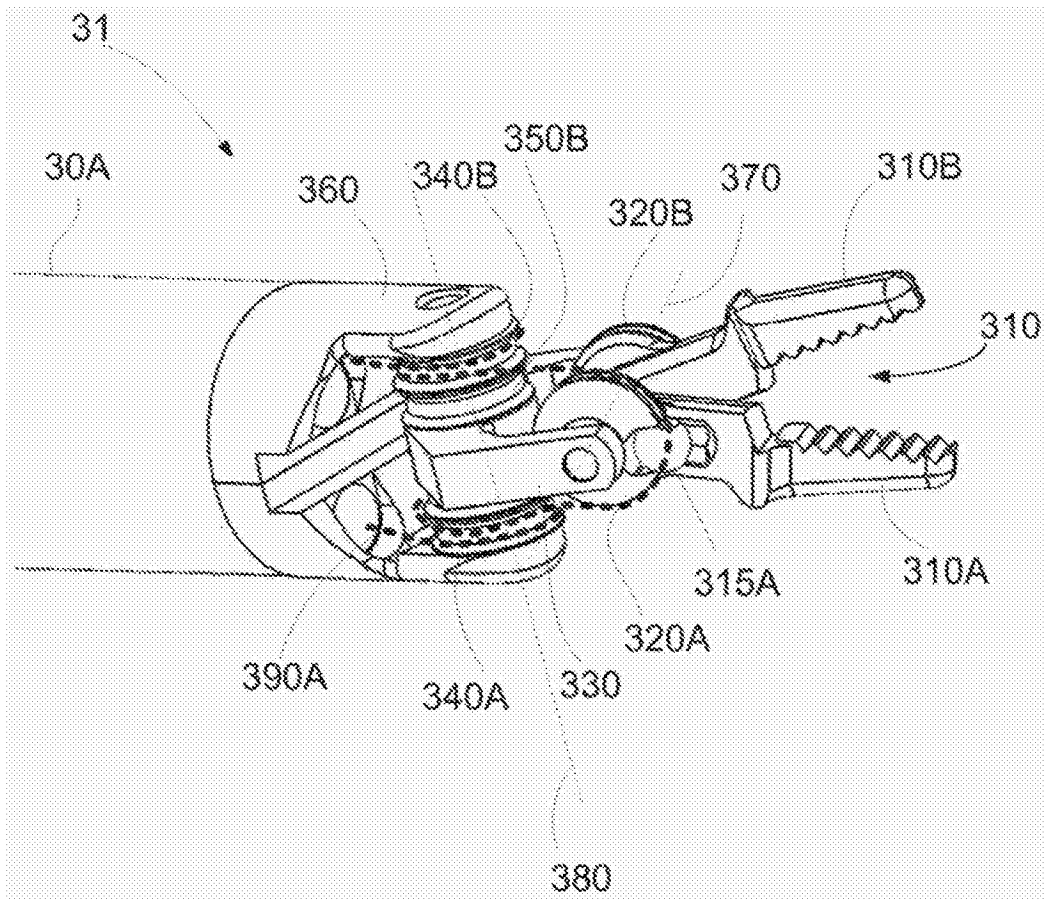


图3A

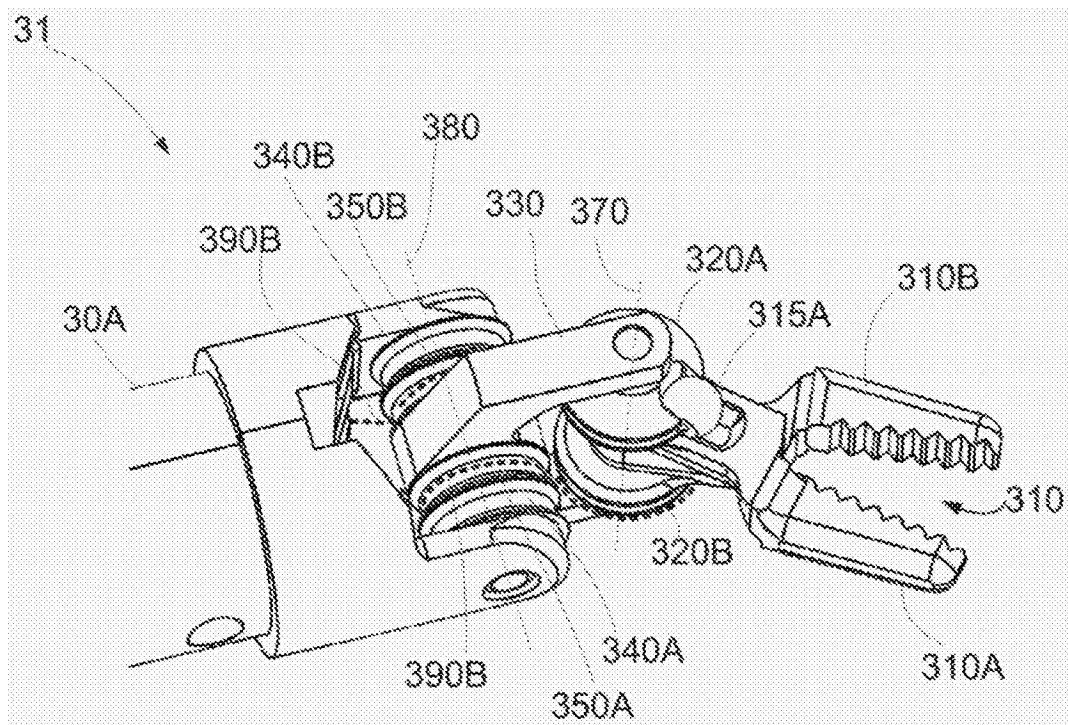


图3B

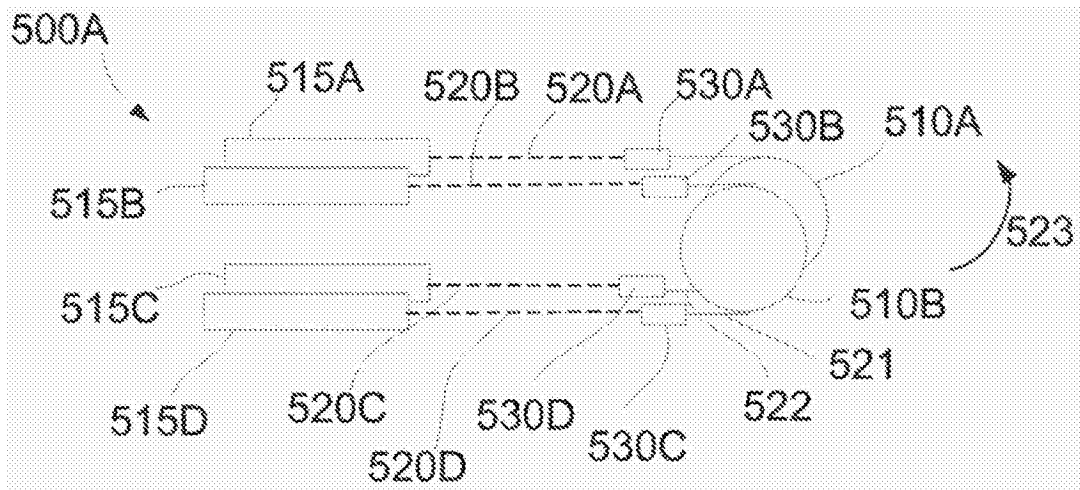


图4A

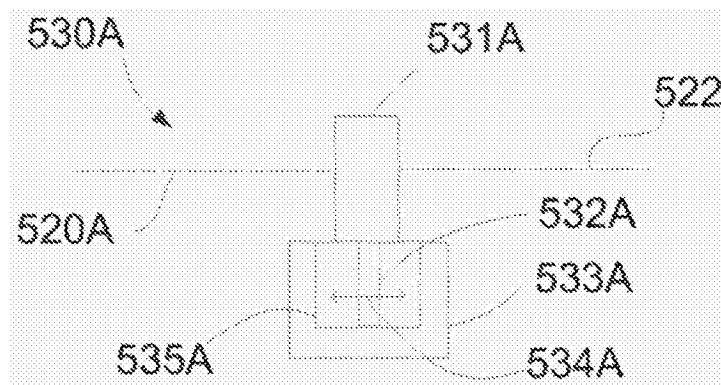


图4B

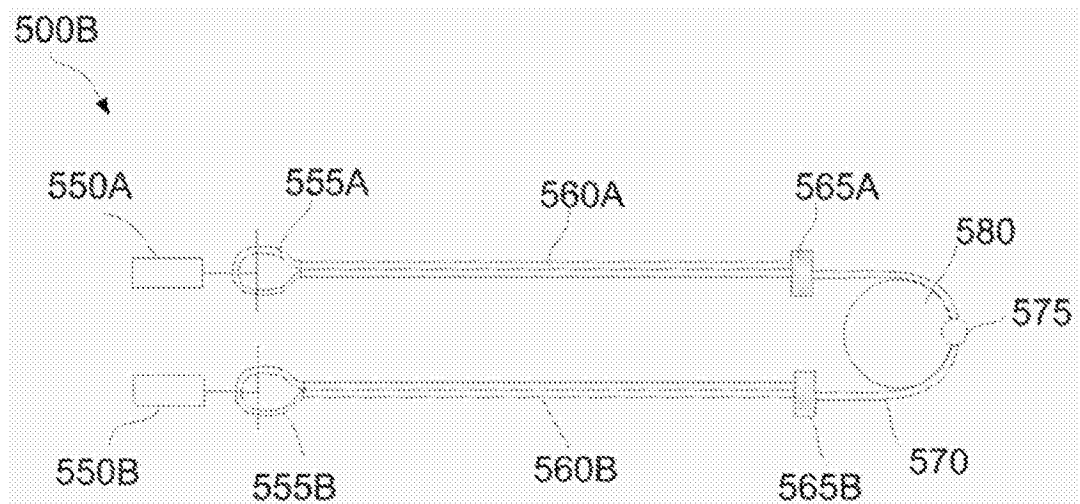


图4C

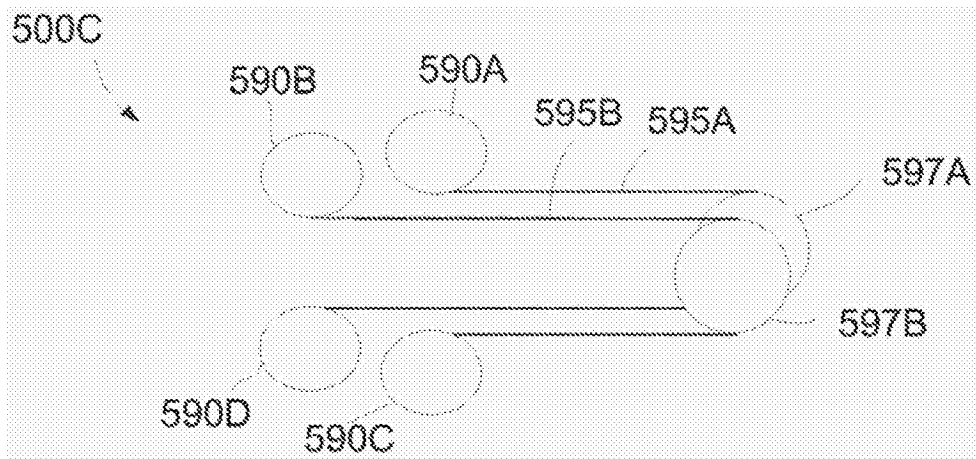


图4D

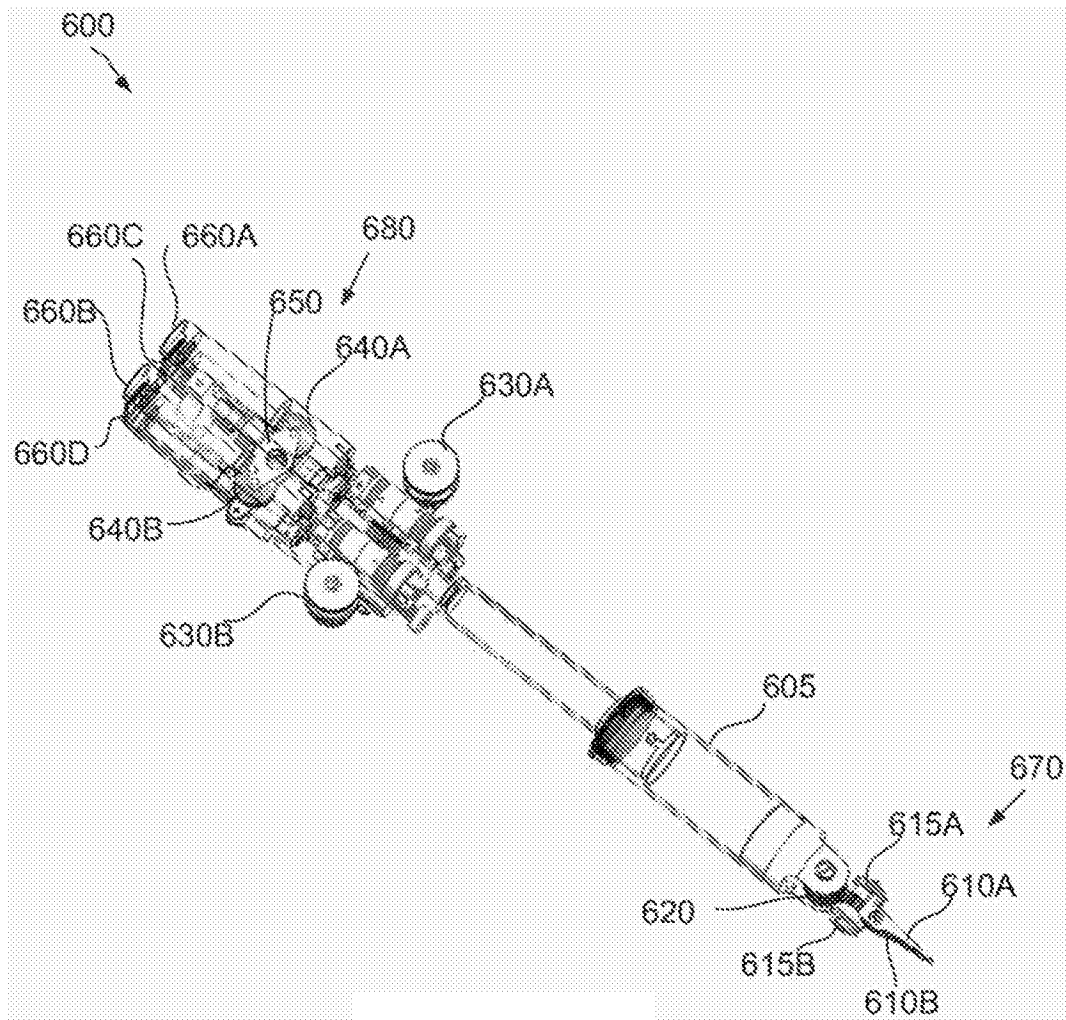


图5A

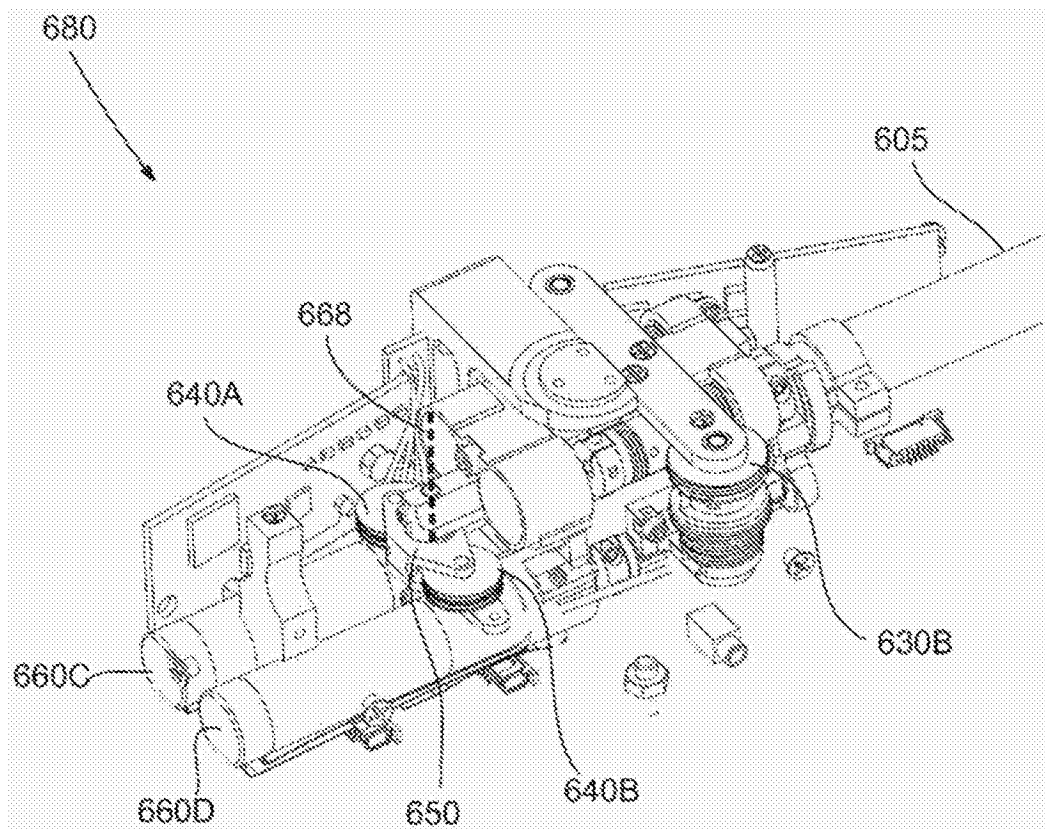


图5B

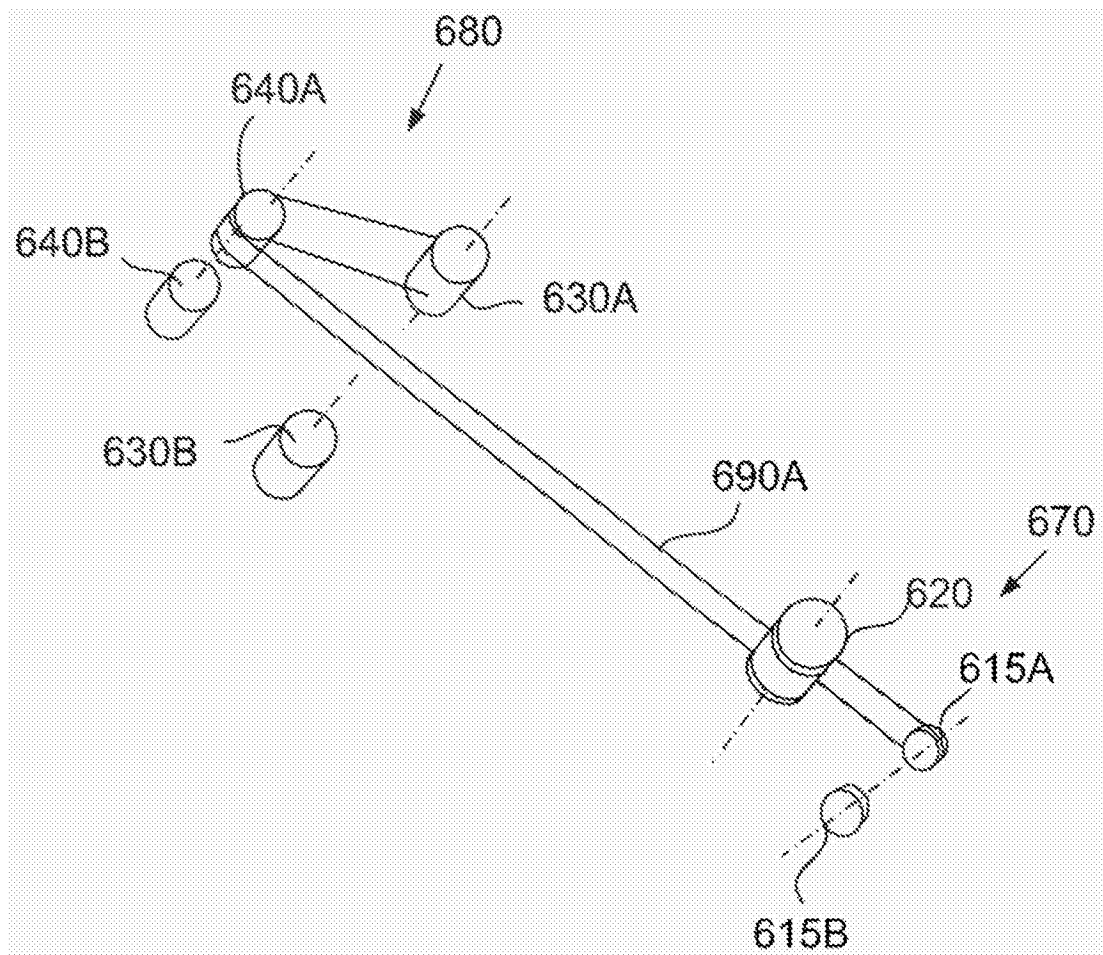


图5C

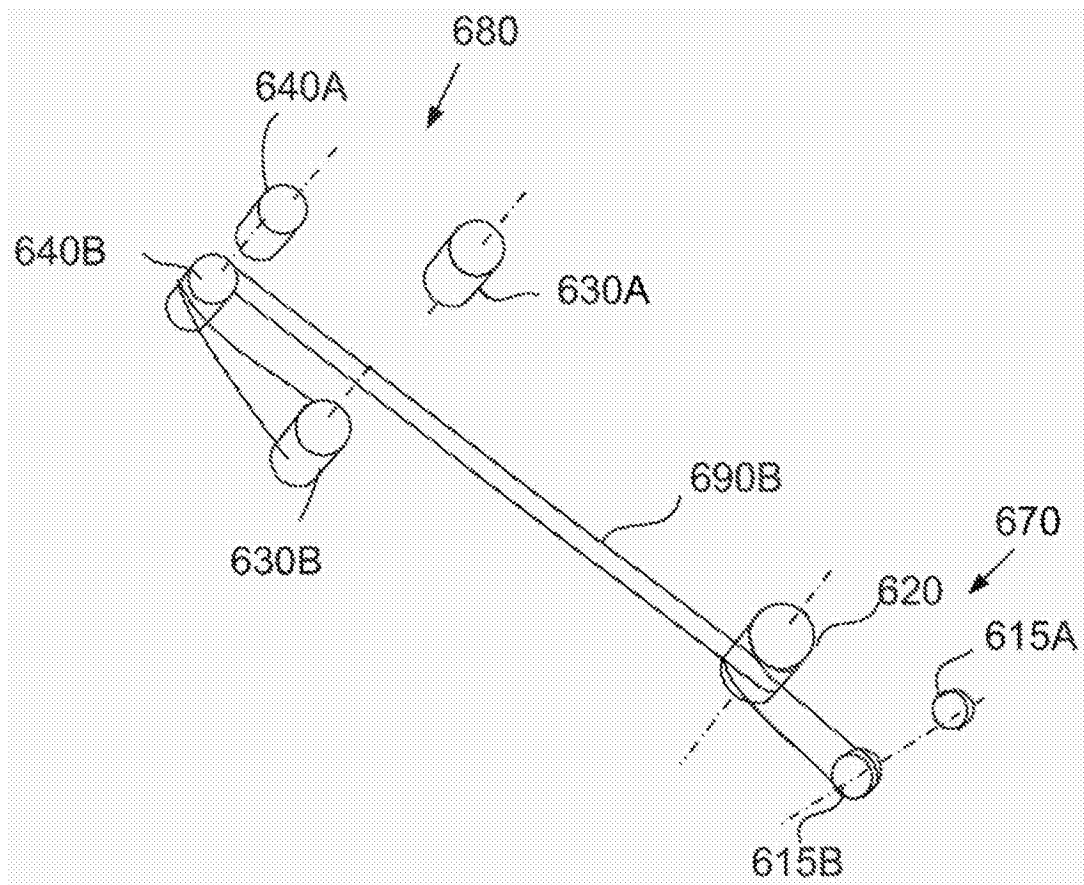


图5D

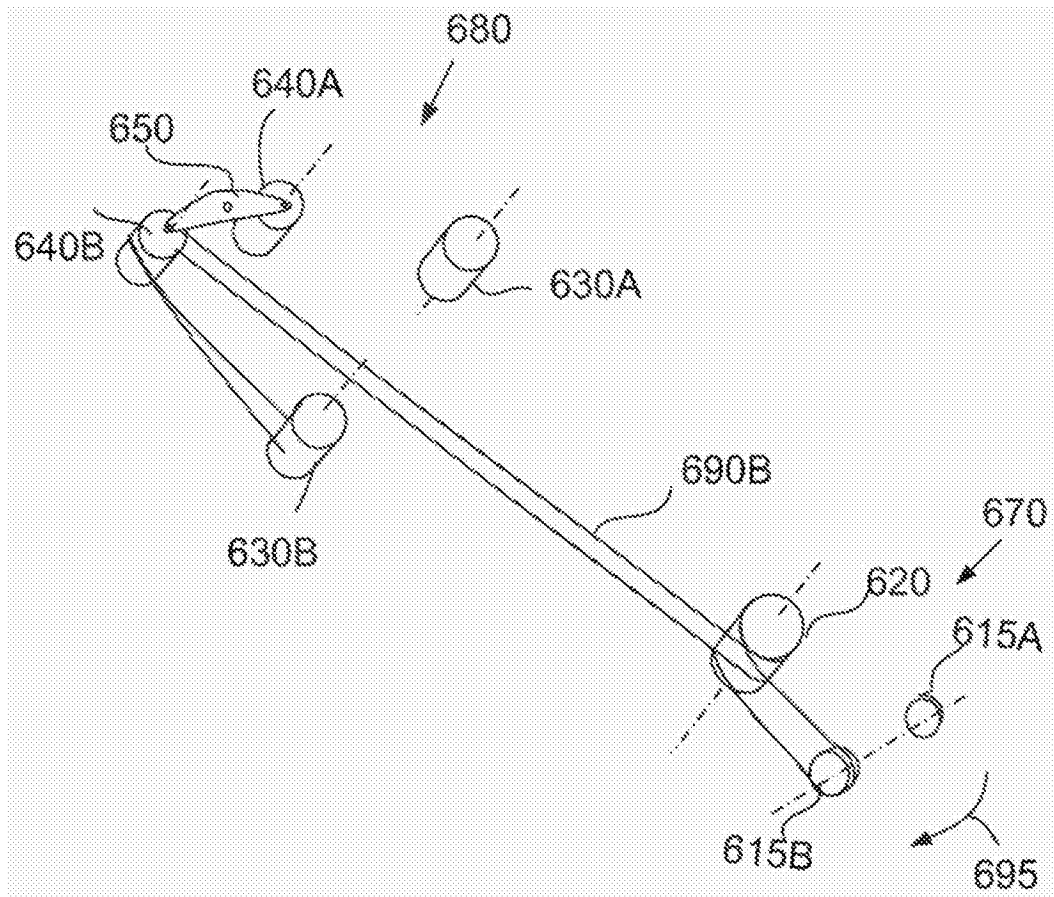


图5E

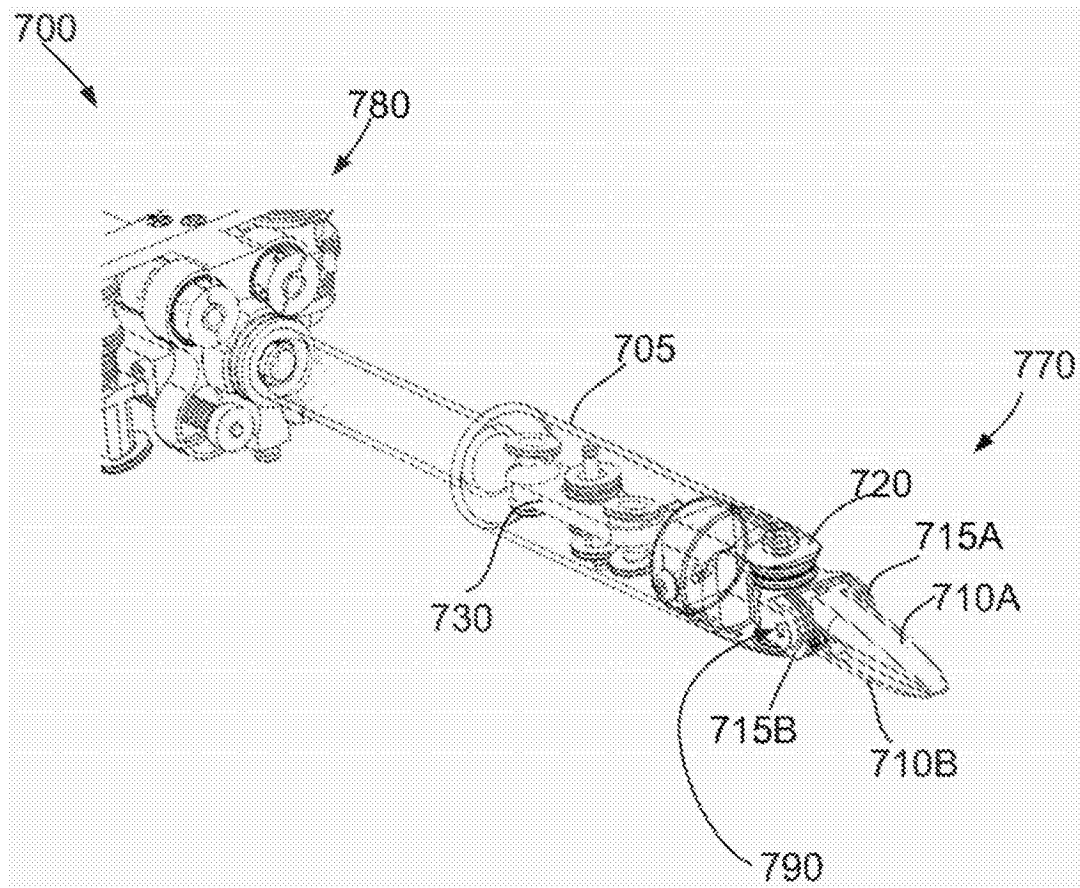


图6A

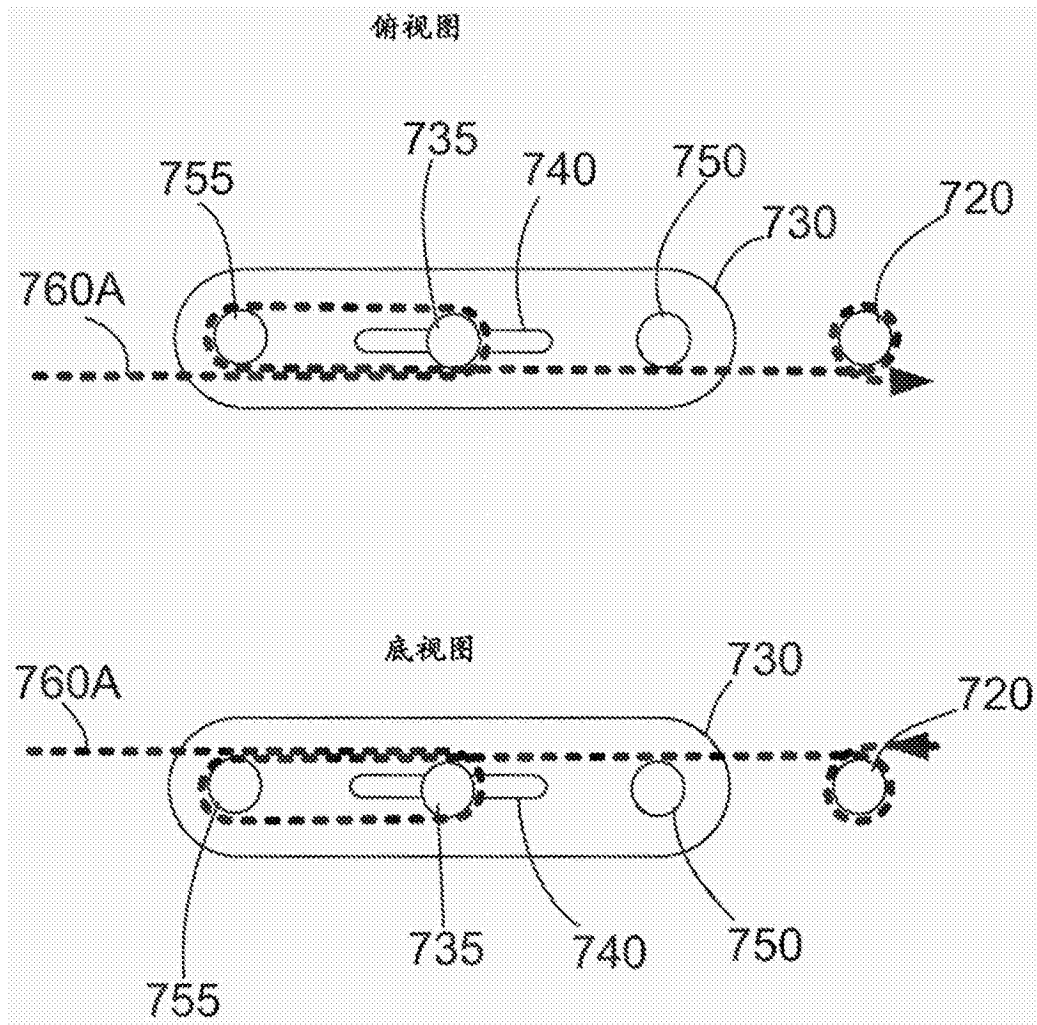


图6B

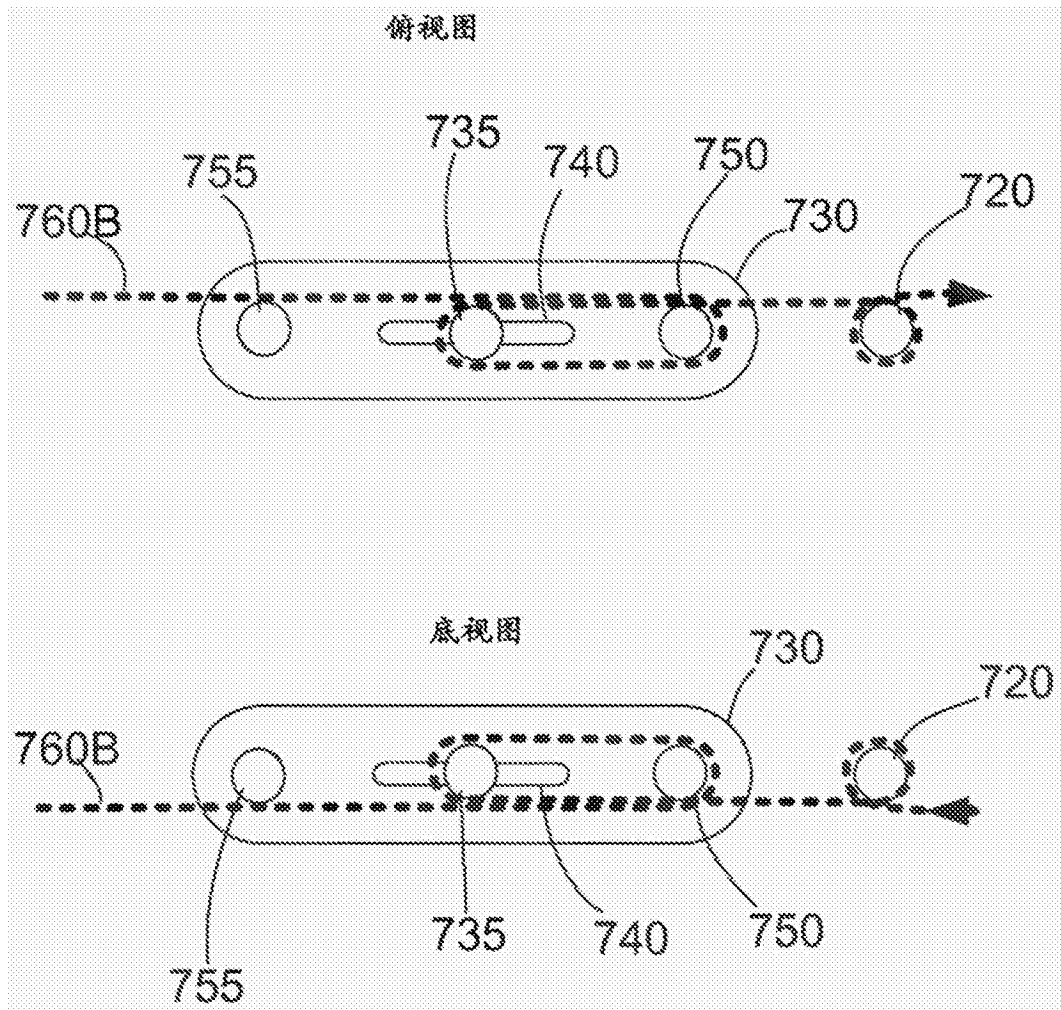


图6C

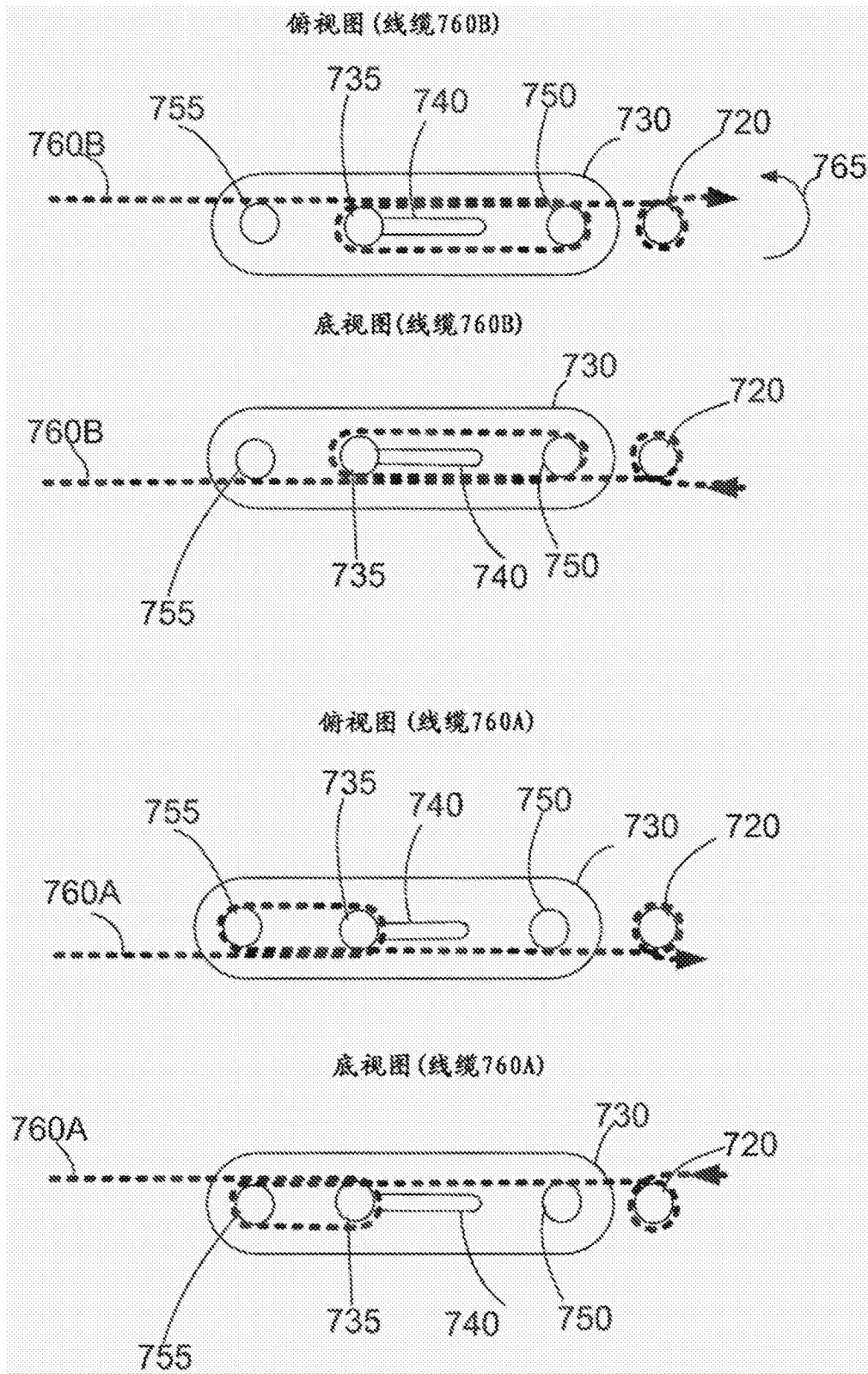


图6D

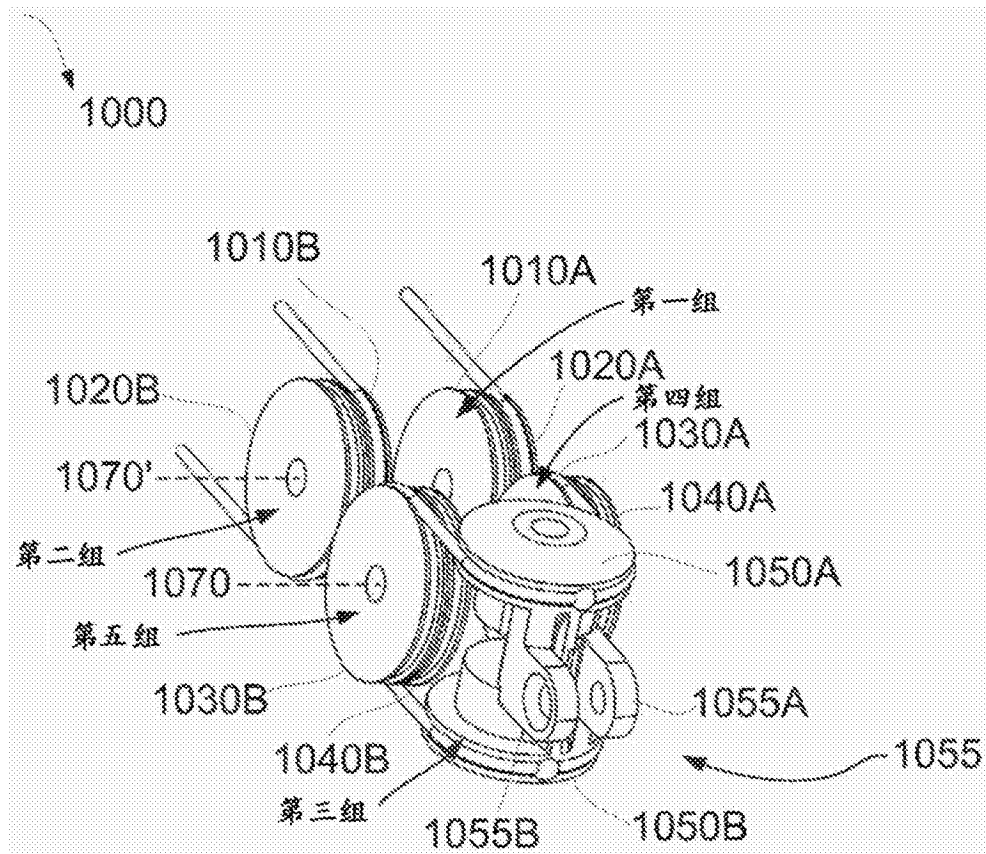


图7A

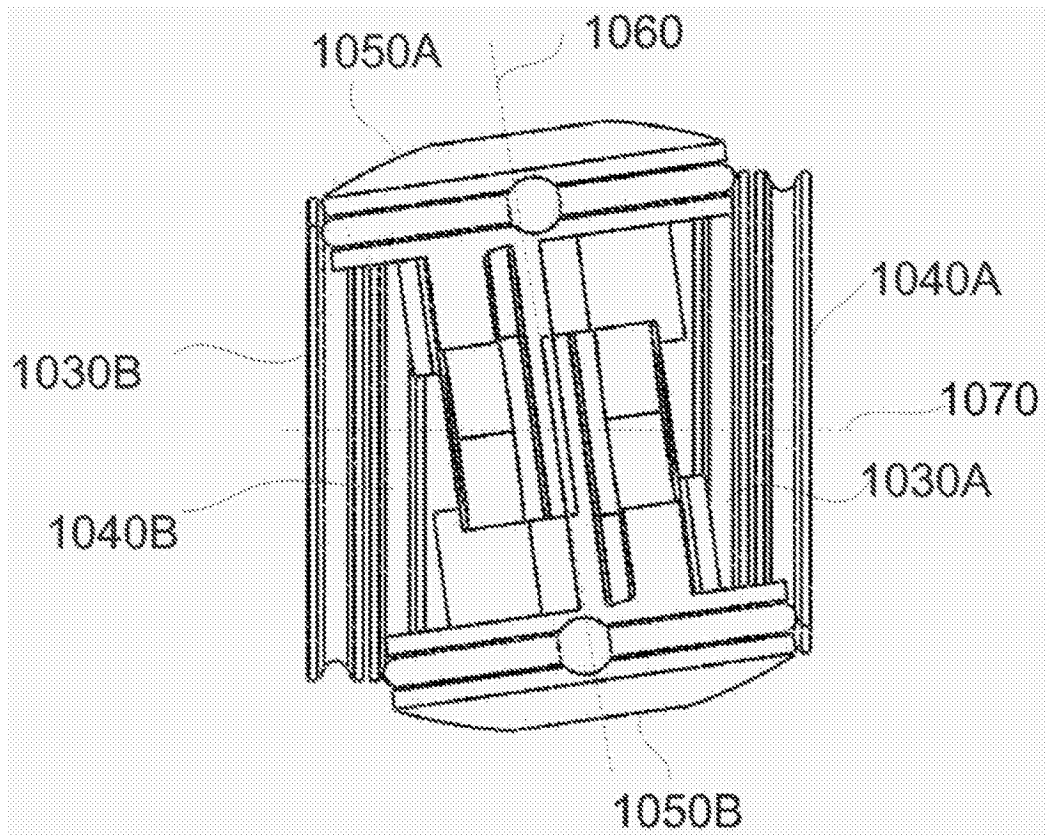


图7B

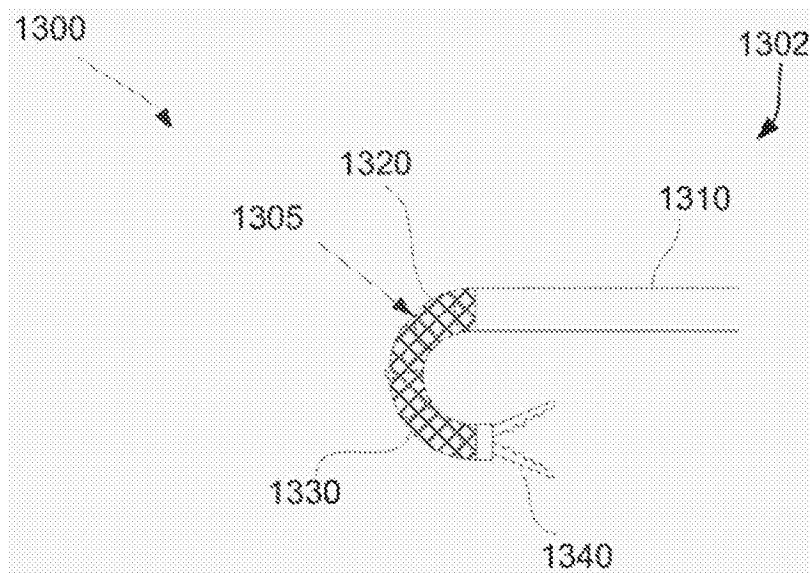


图8A

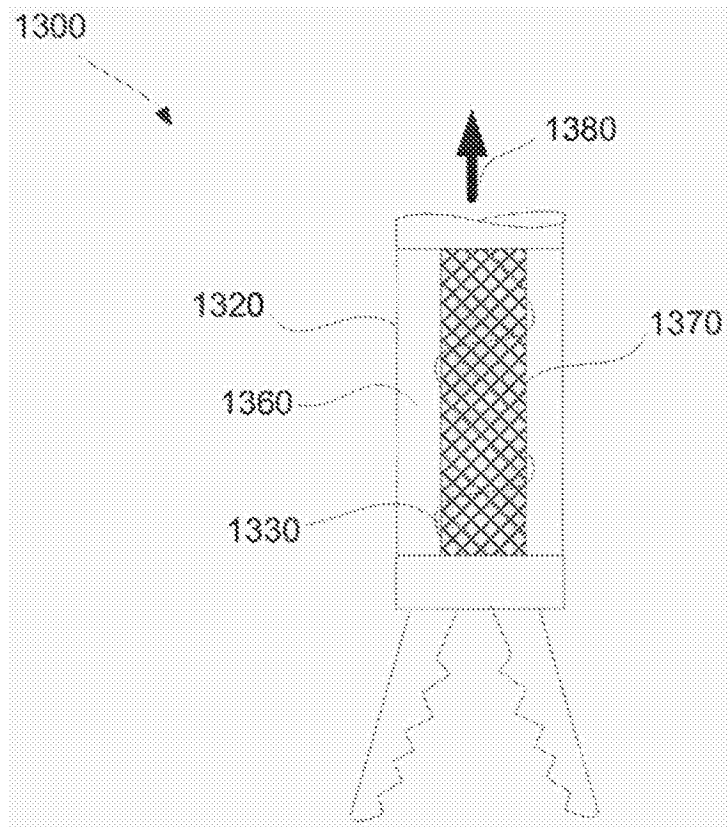


图8B

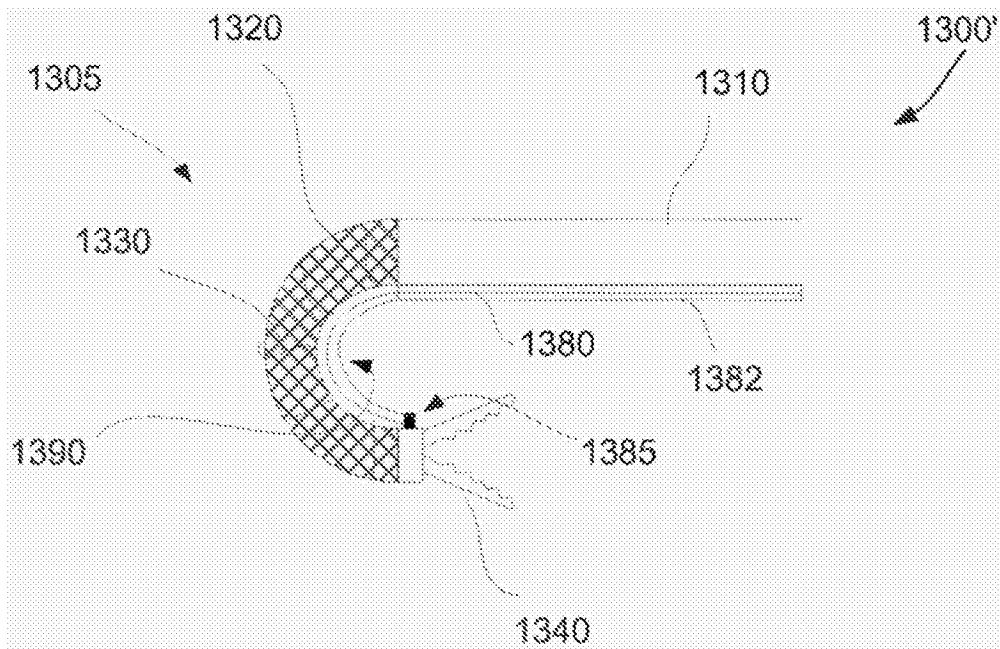


图8C

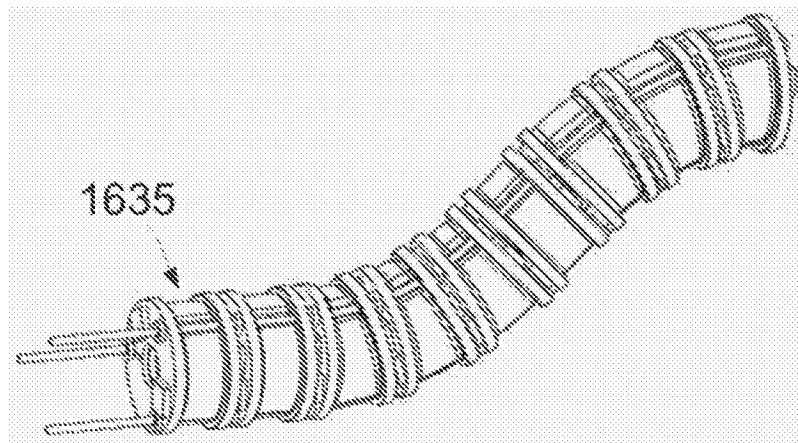


图9B

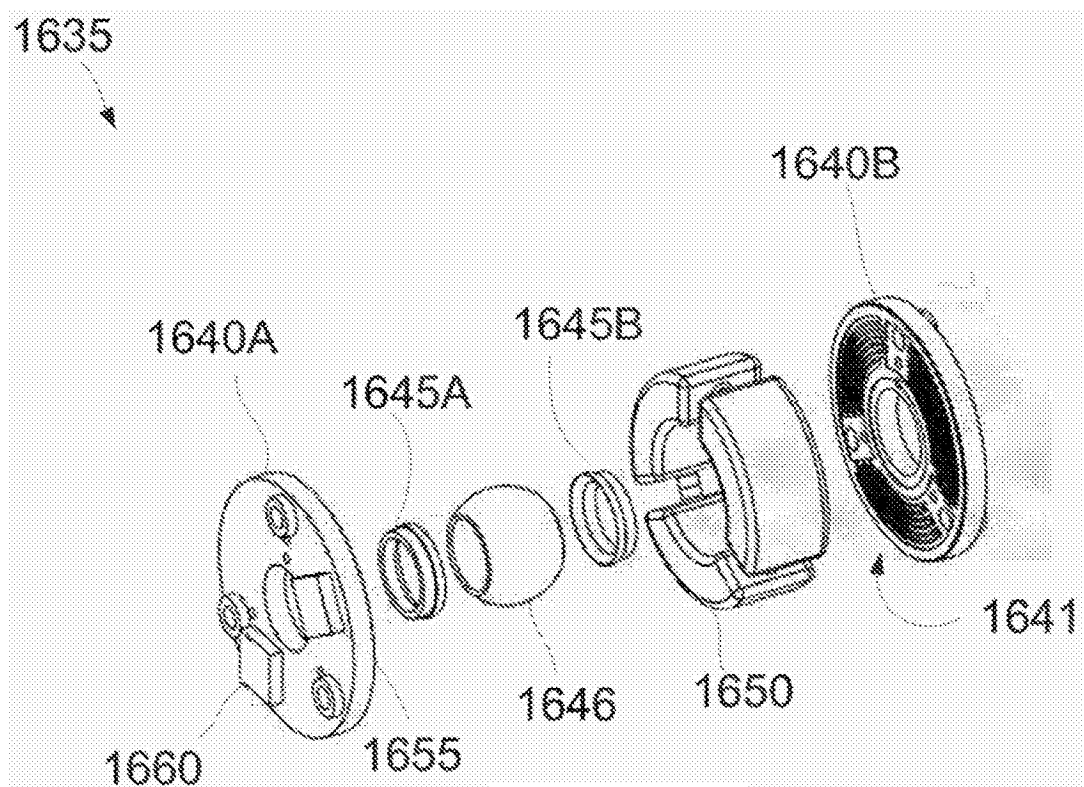


图9C

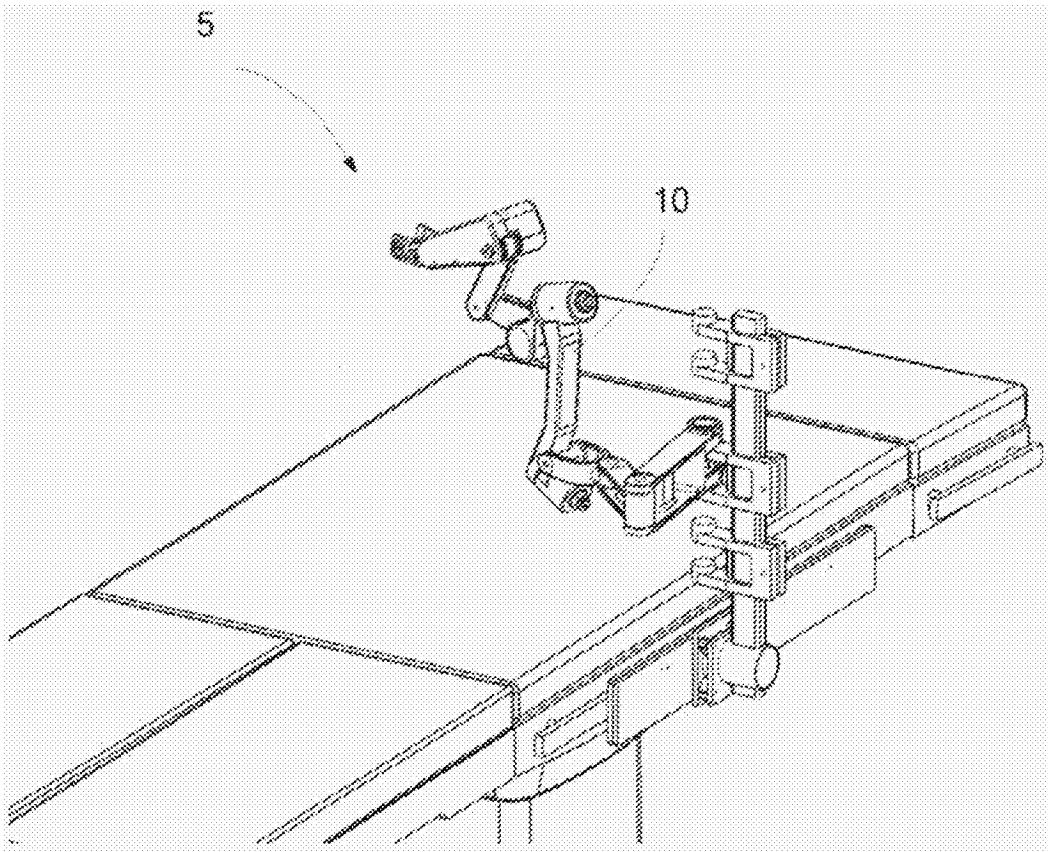


图10

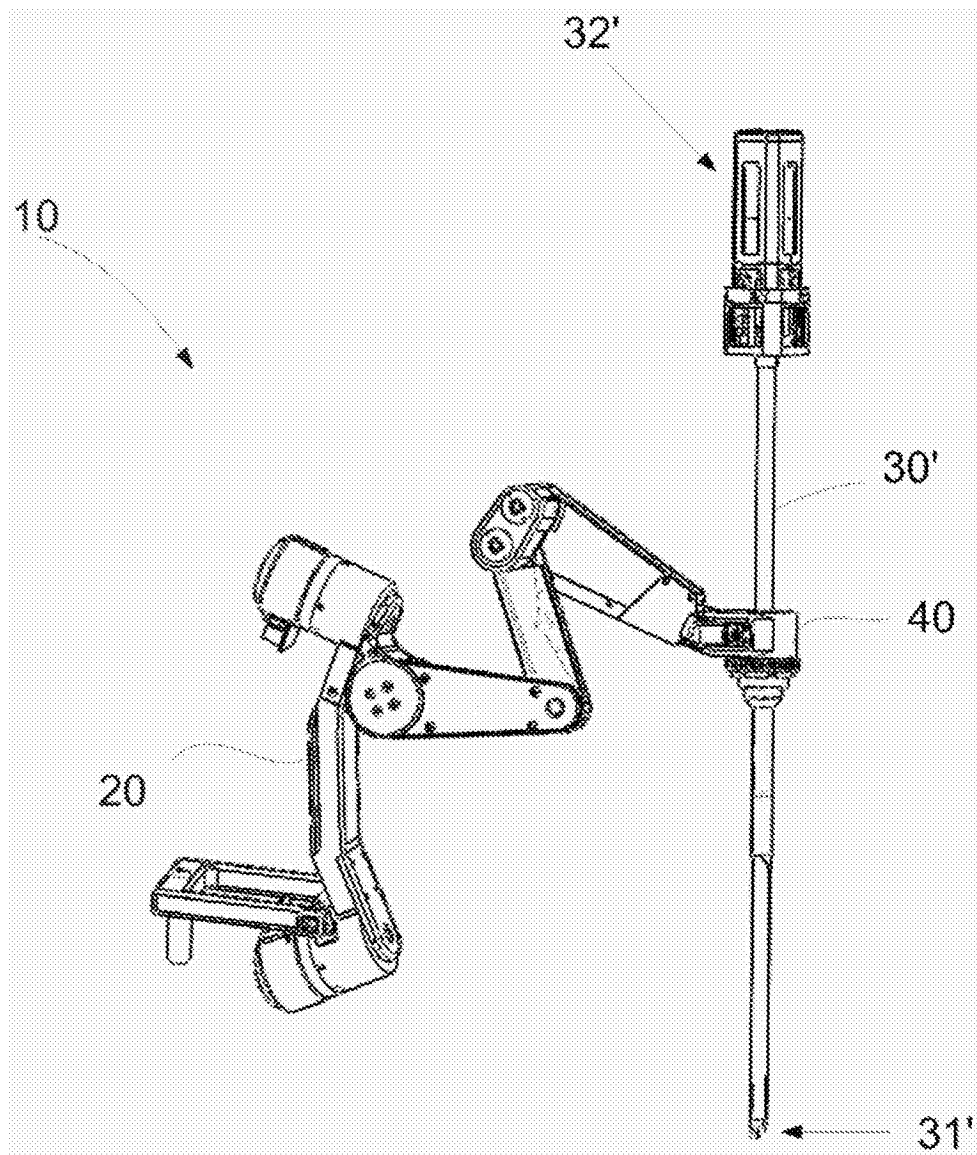


图11

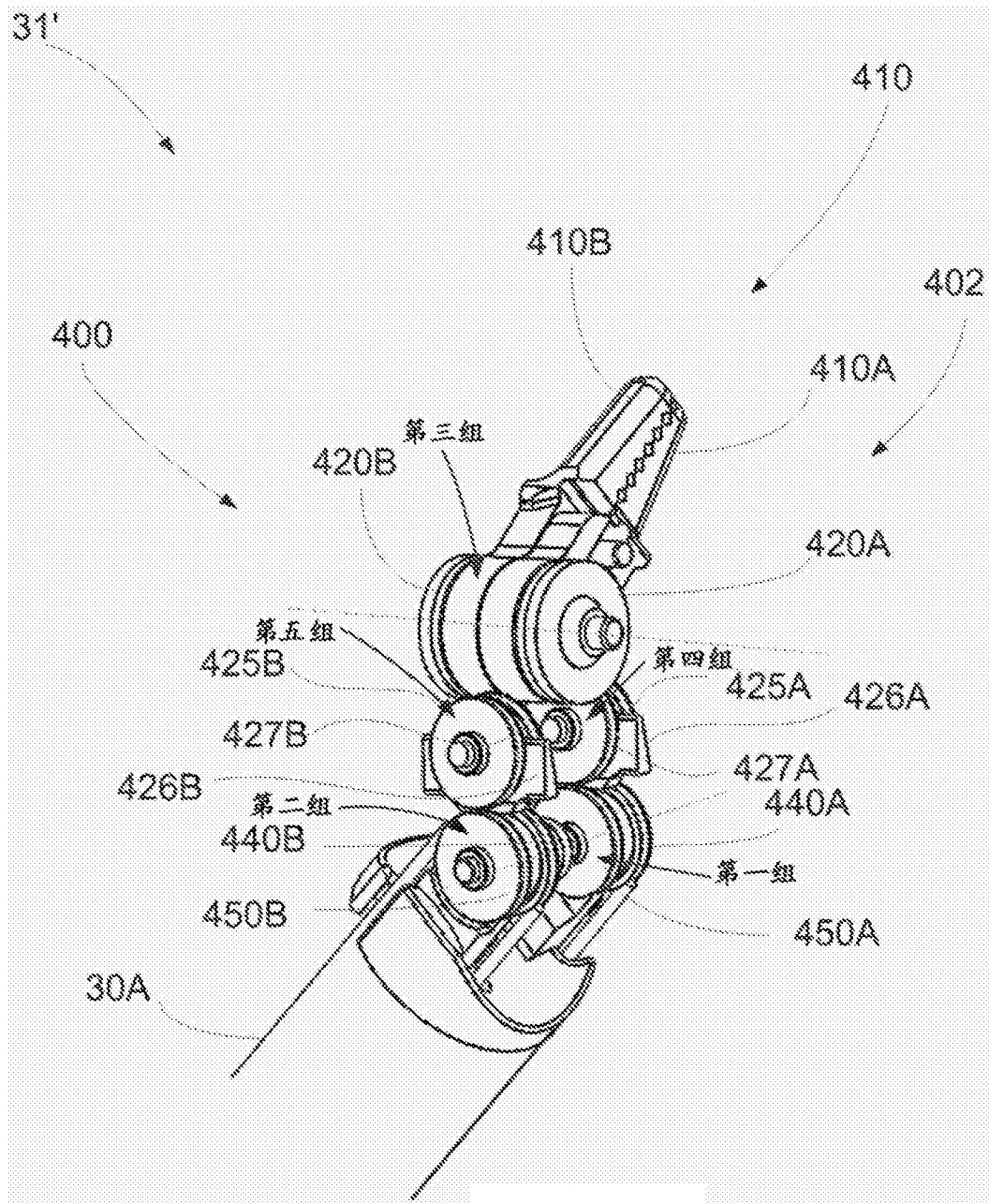


图12A

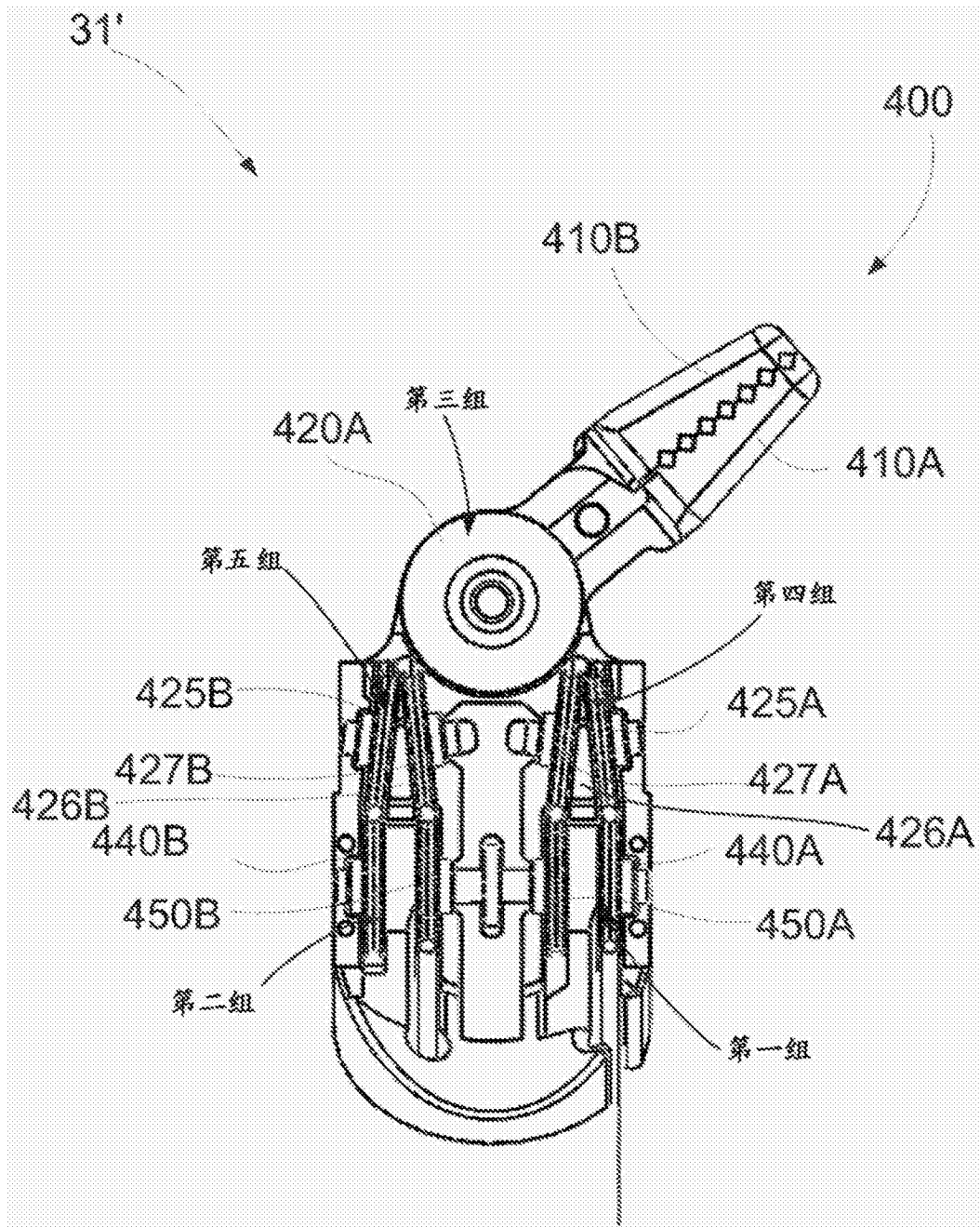


图12B

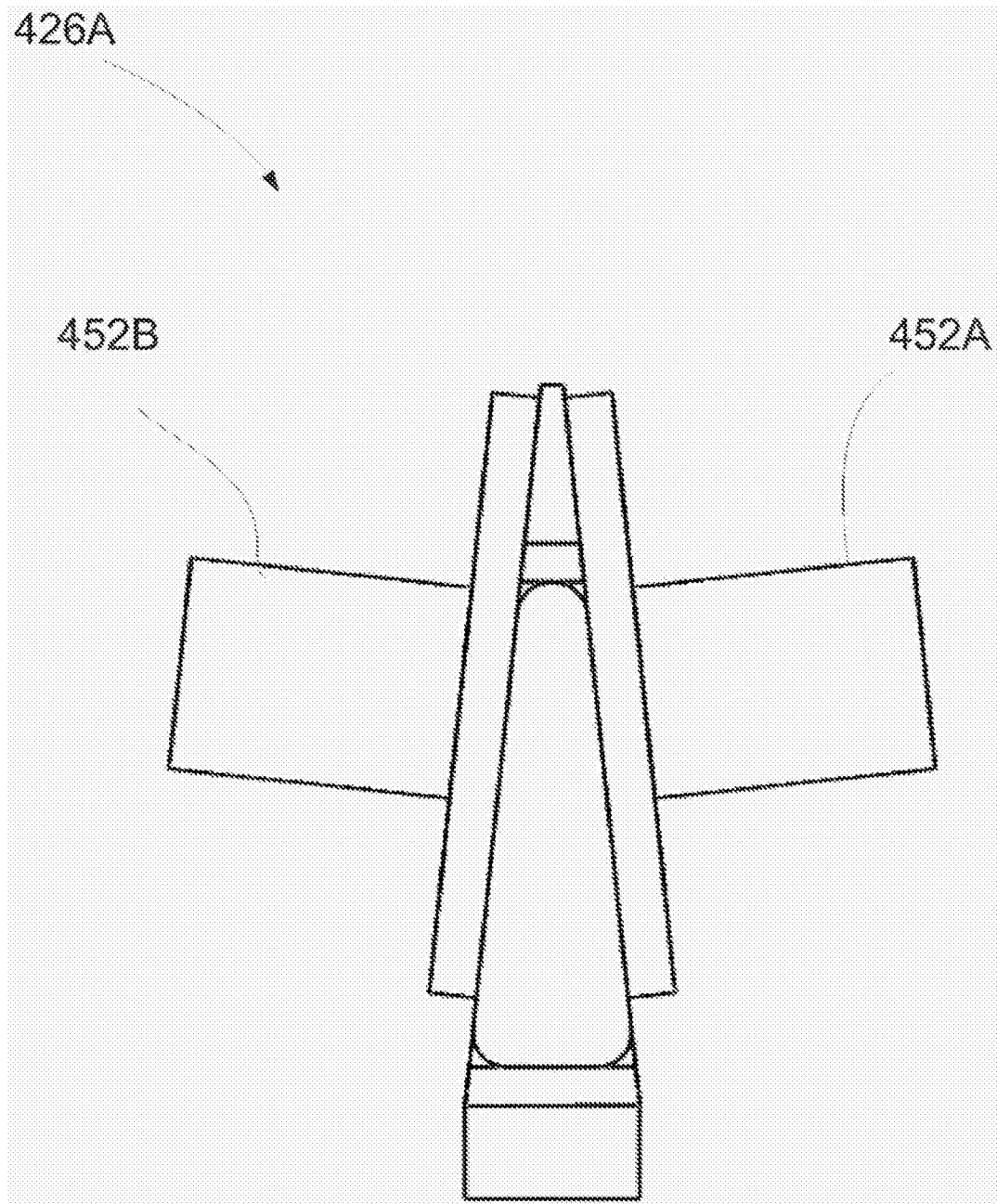


图12C

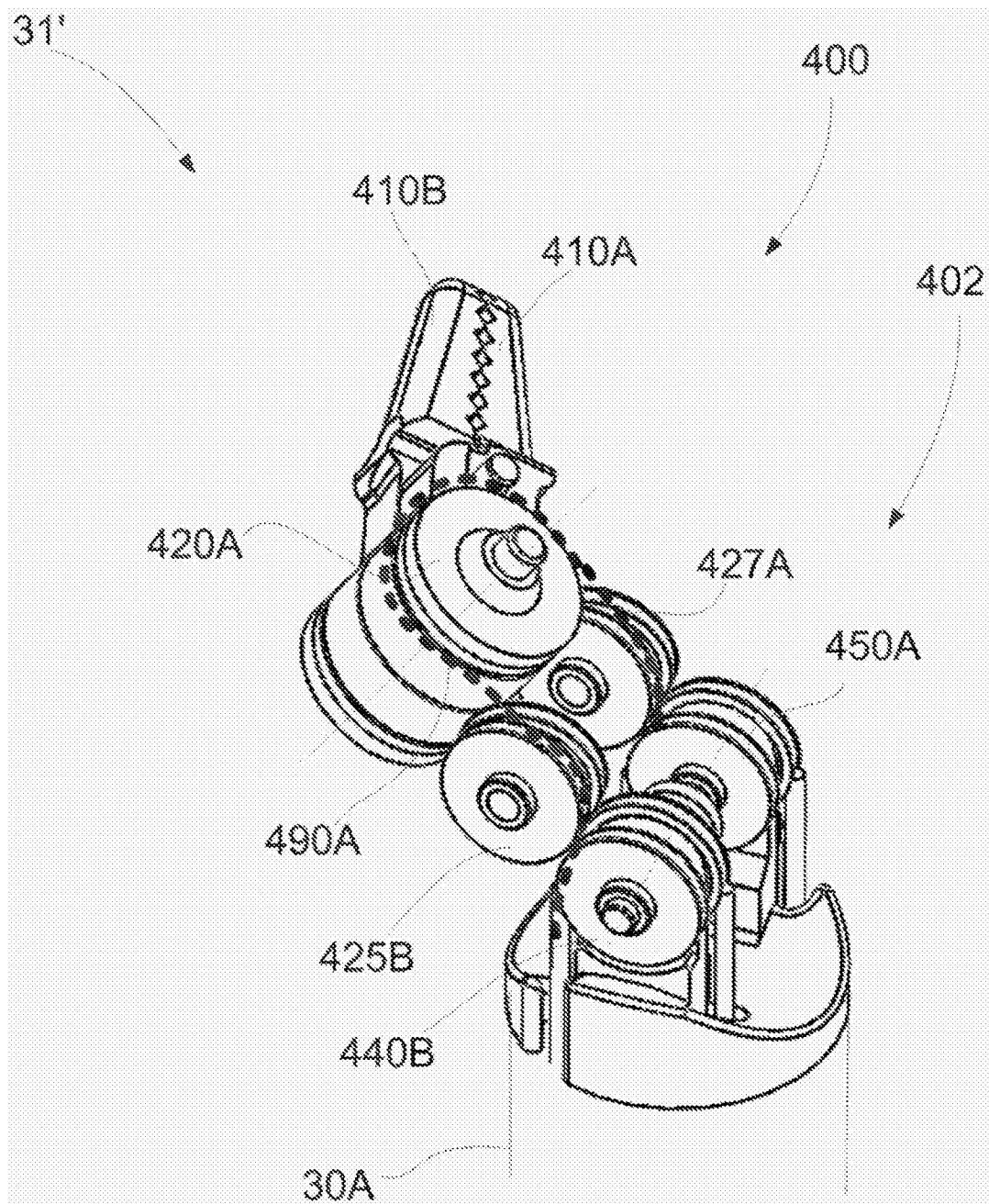


图13A

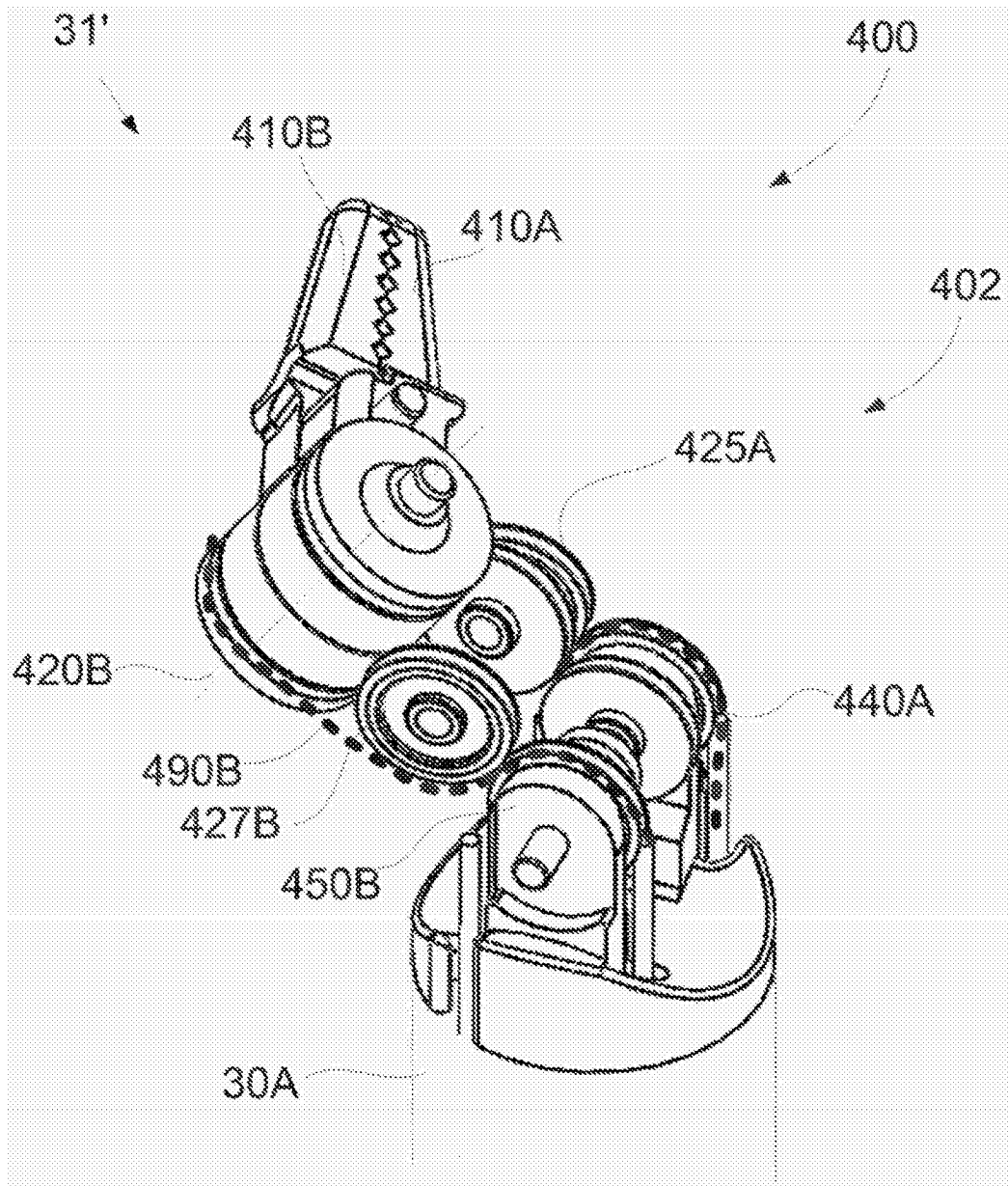


图13B

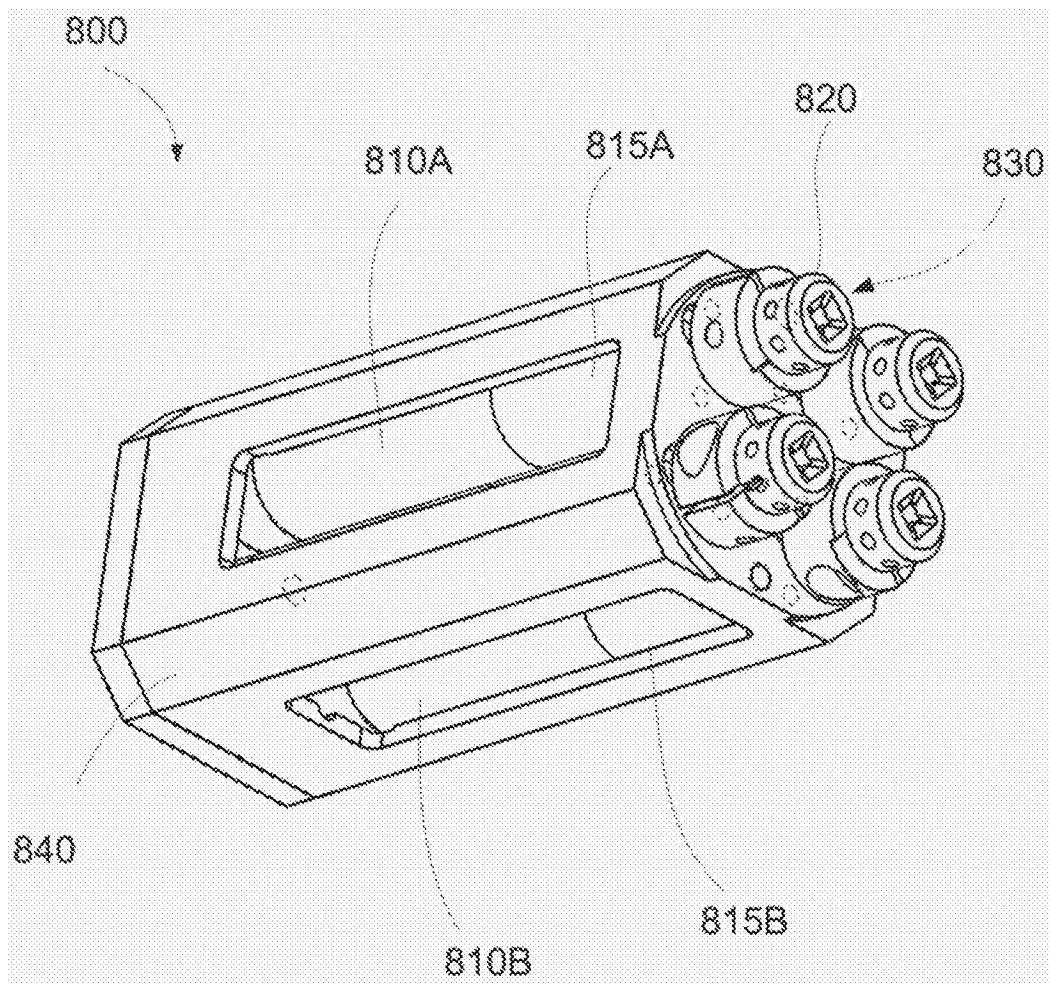


图14A

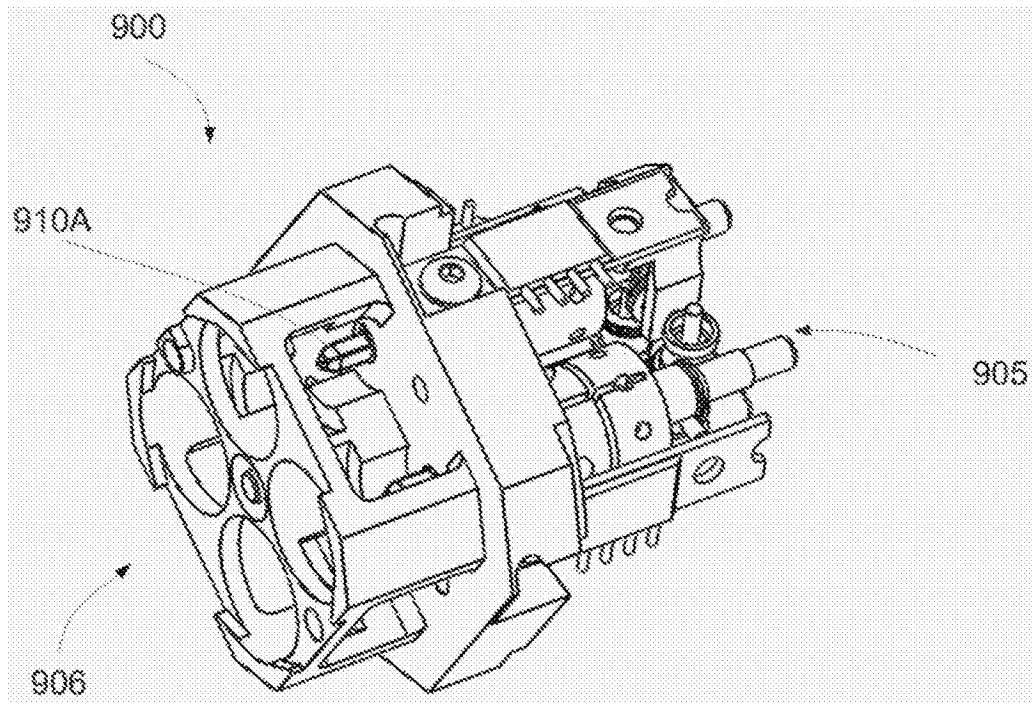


图14B

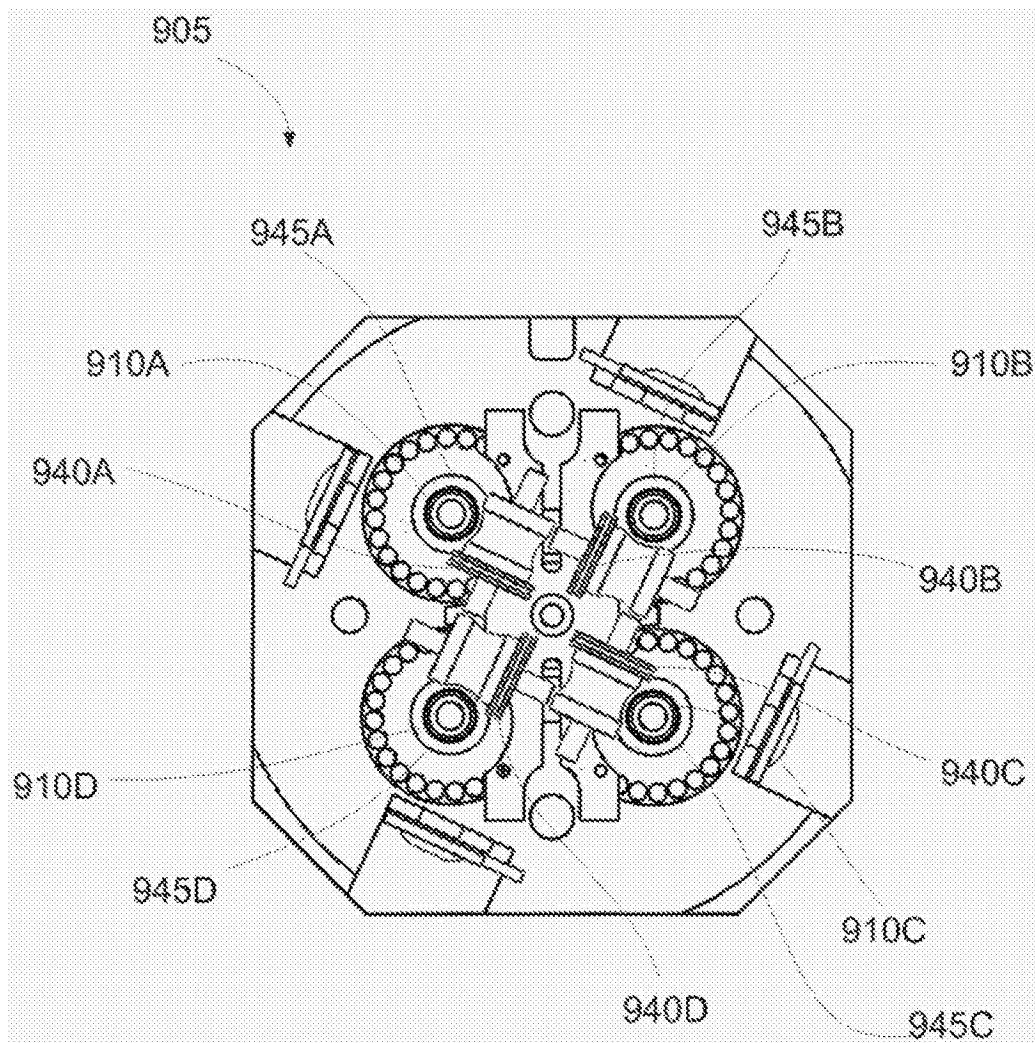


图14C

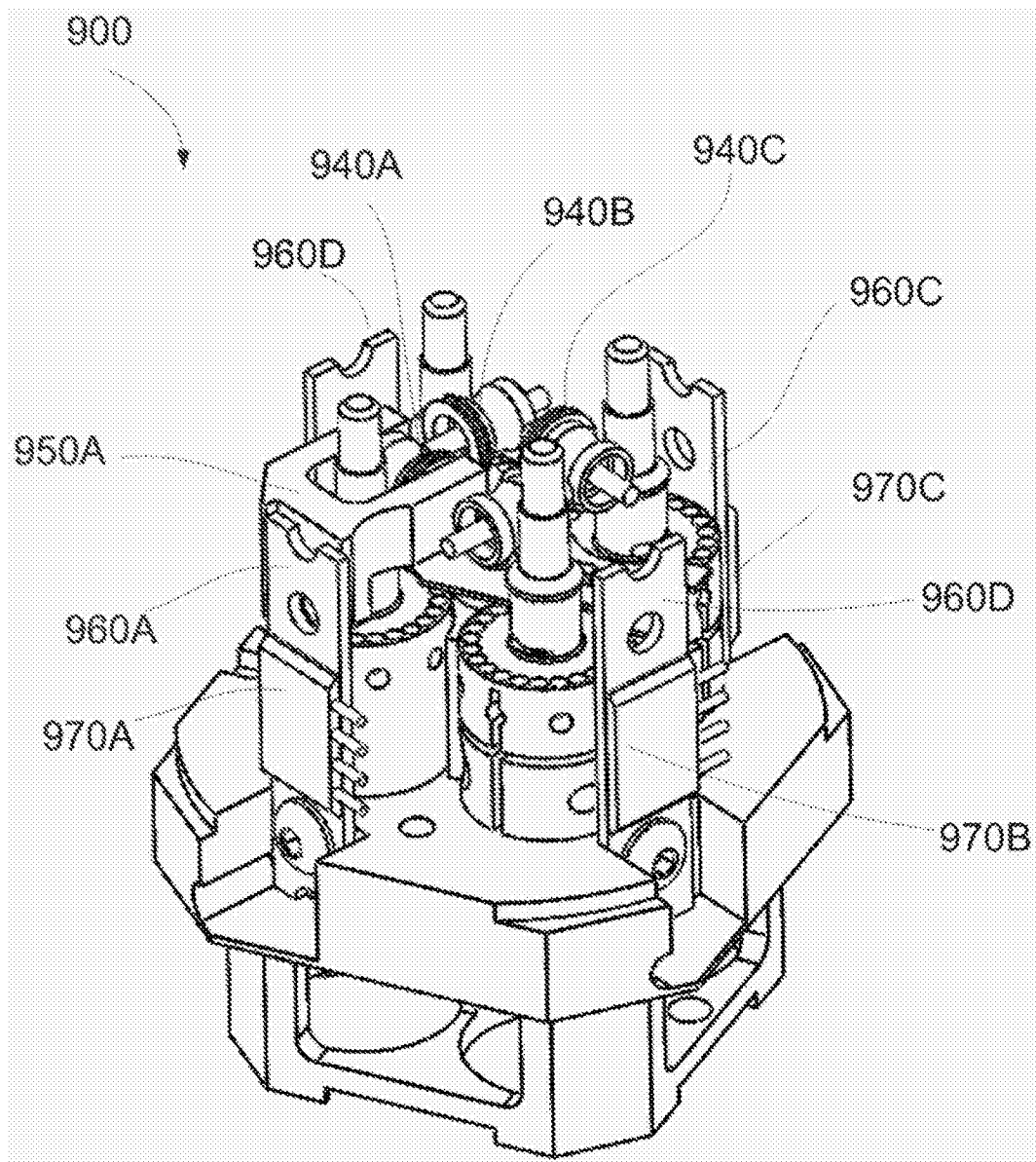


图14D

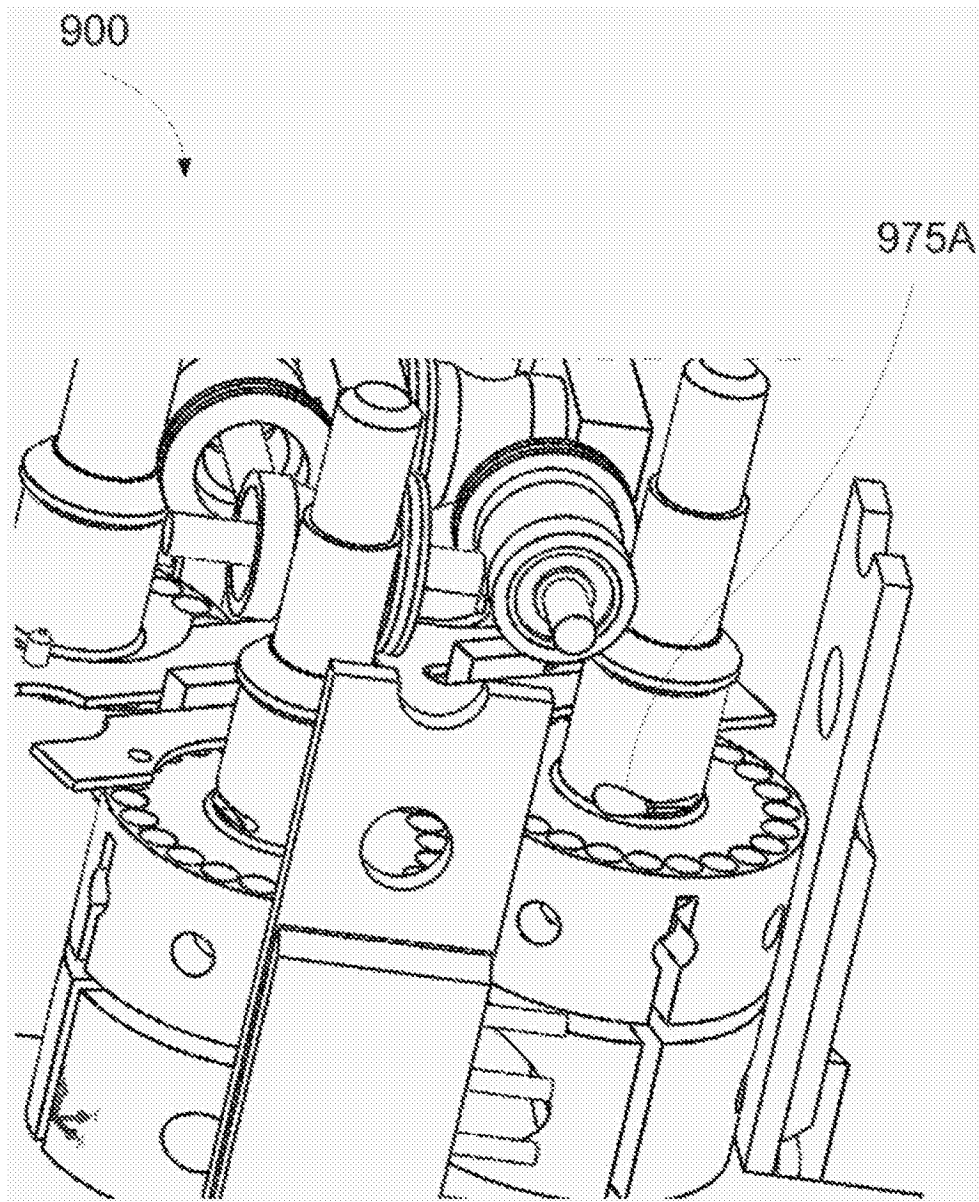


图14E

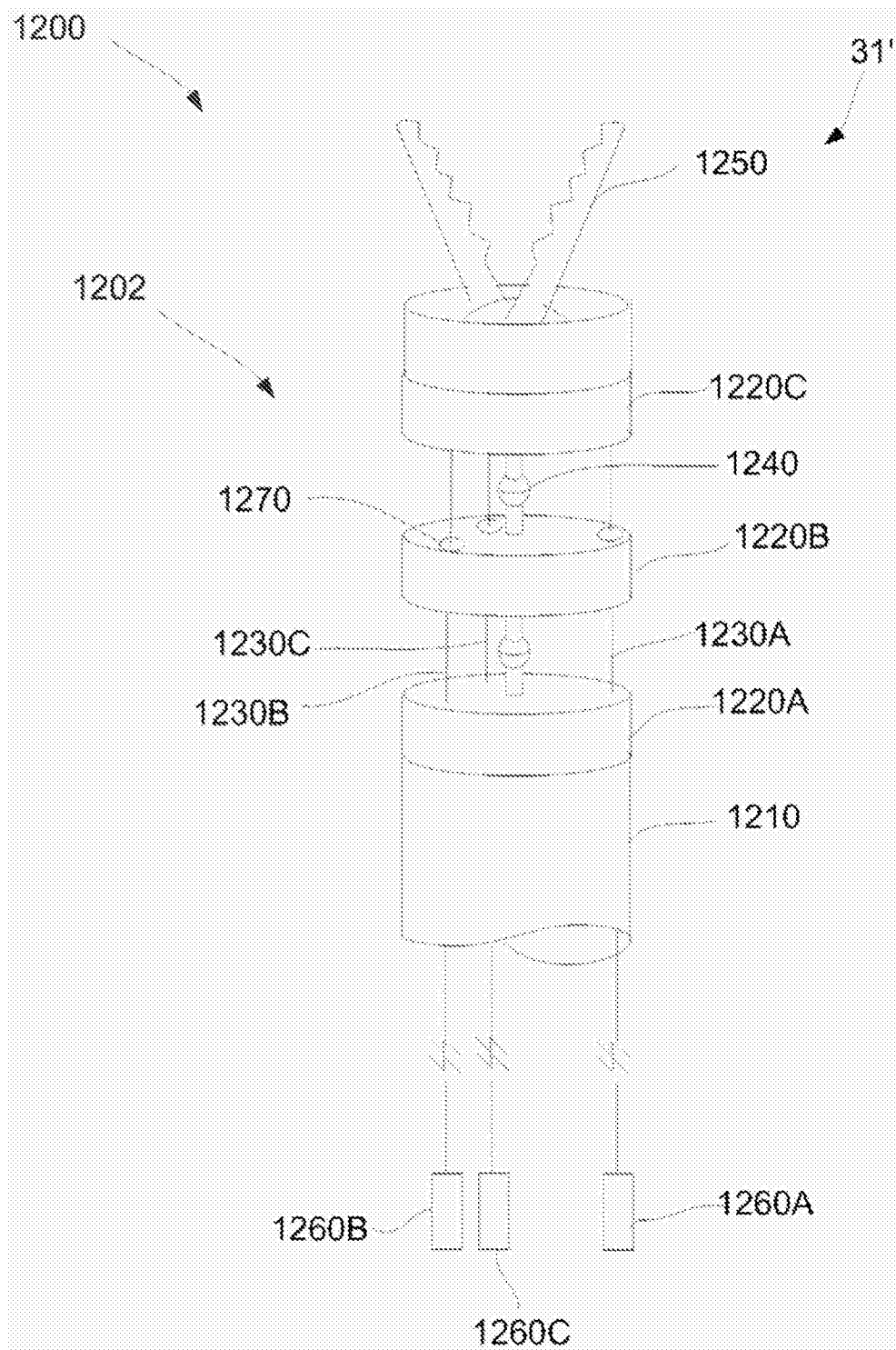


图15

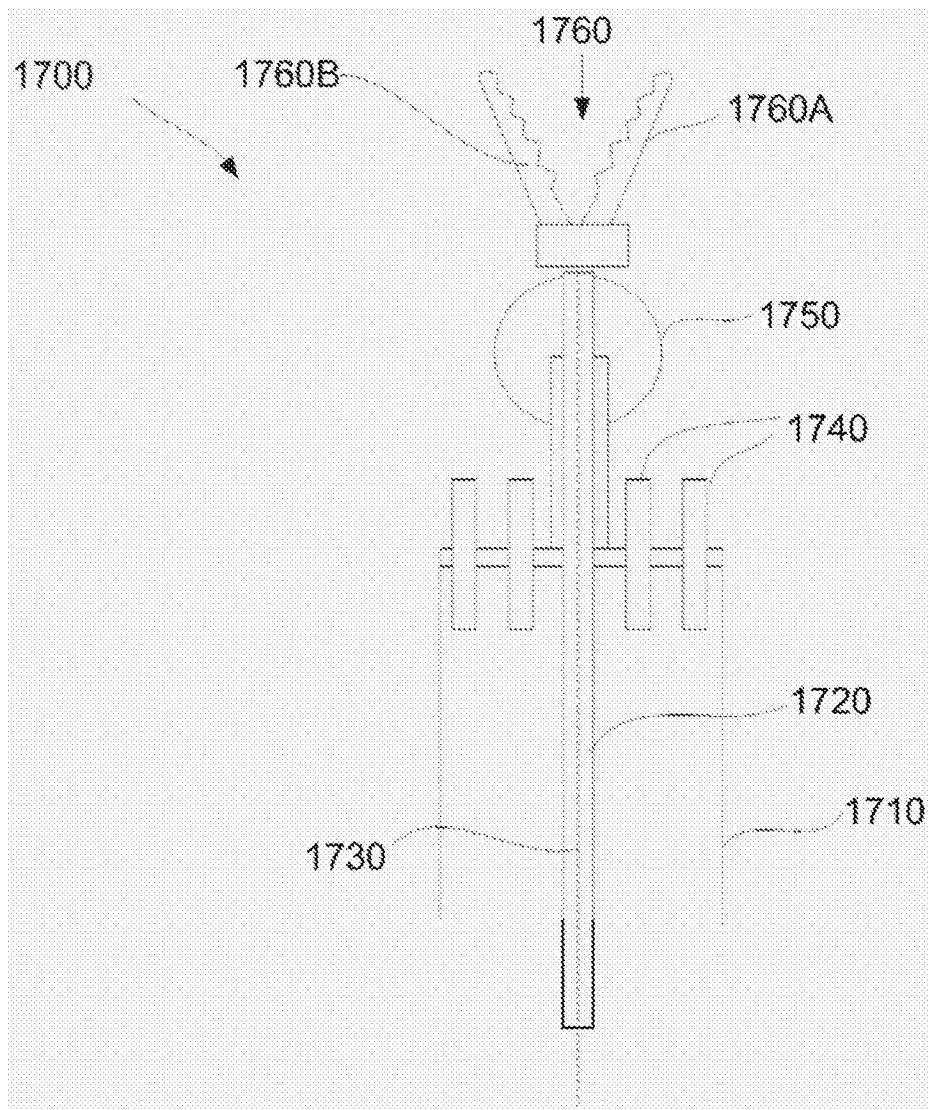


图16

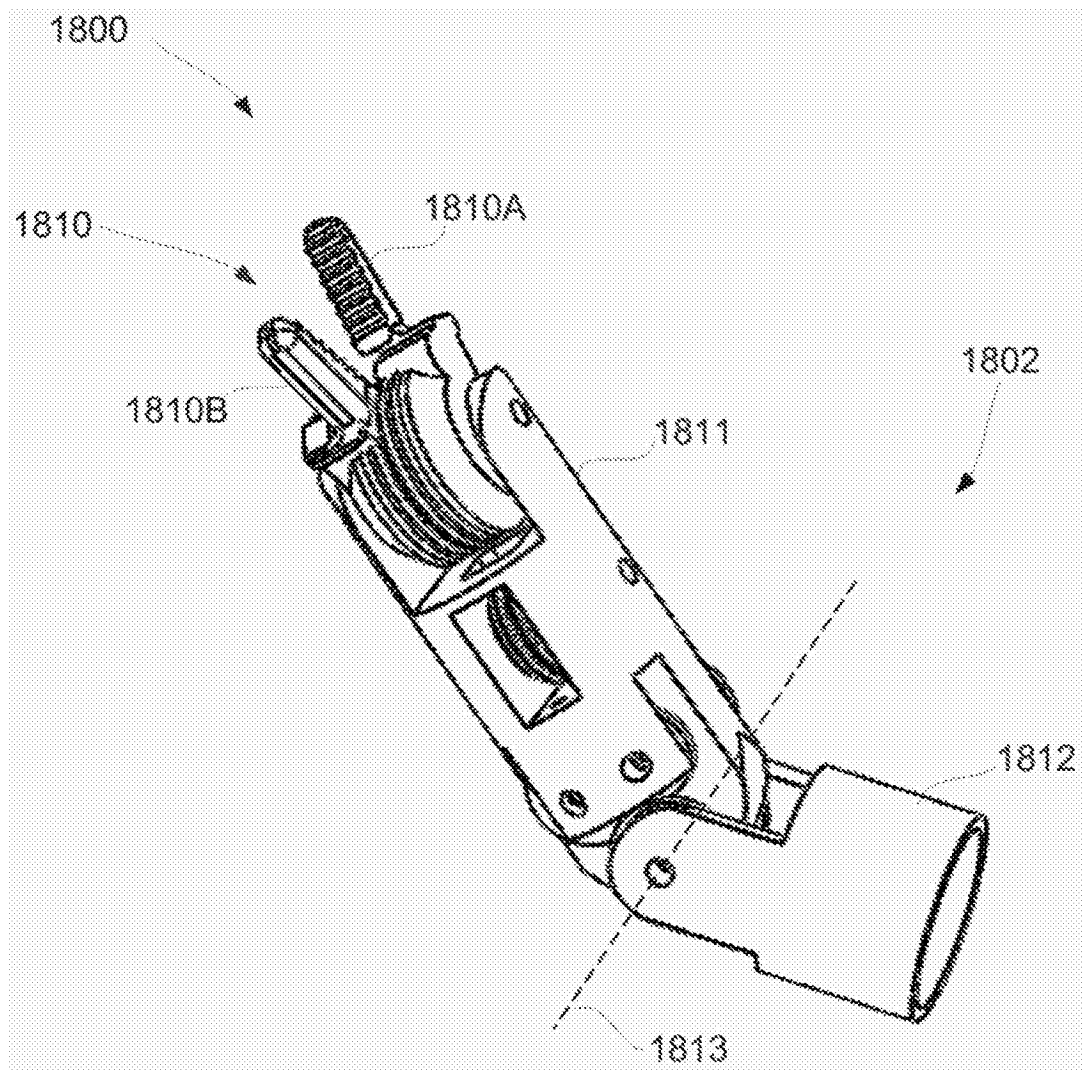


图17A

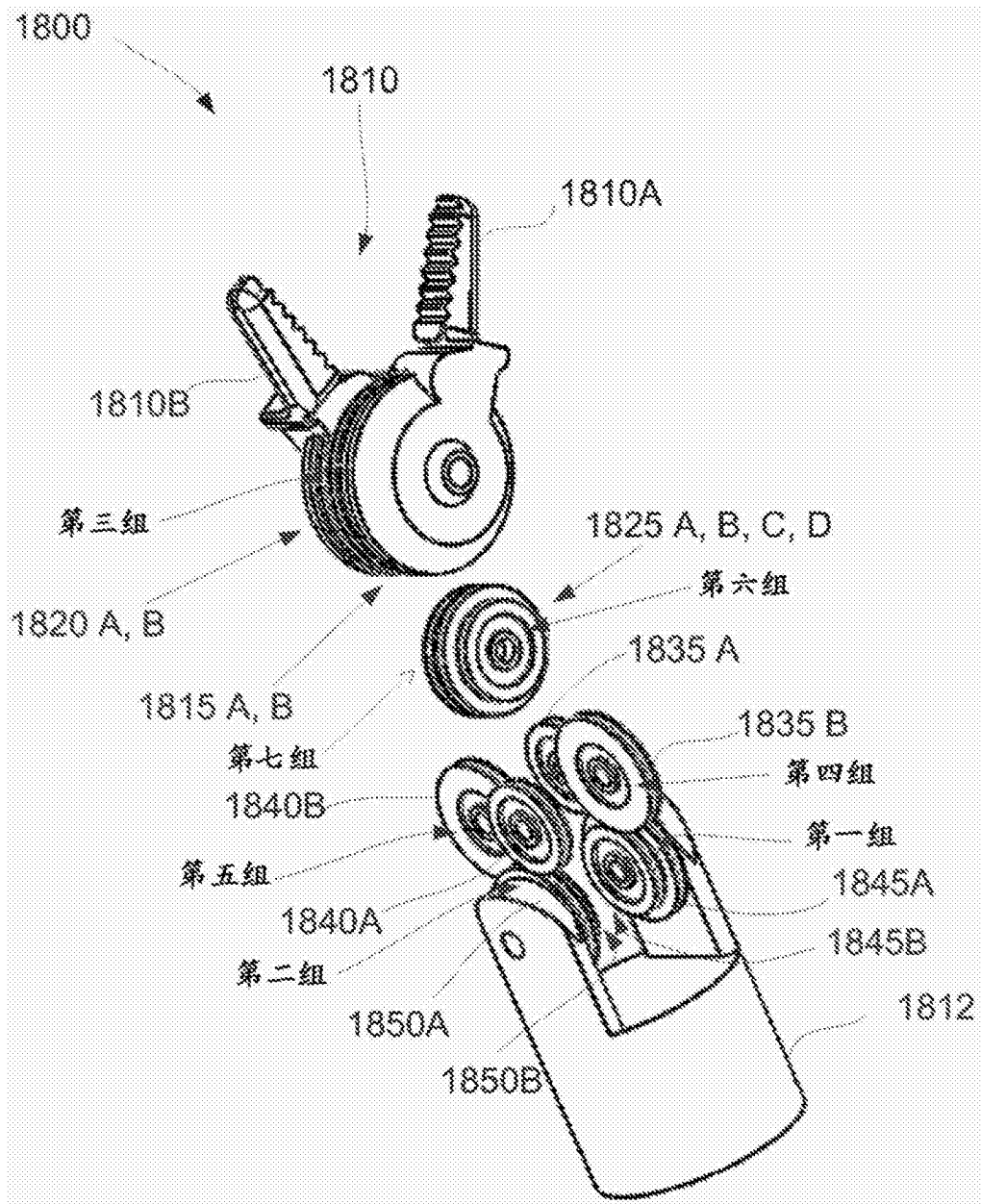


图17B

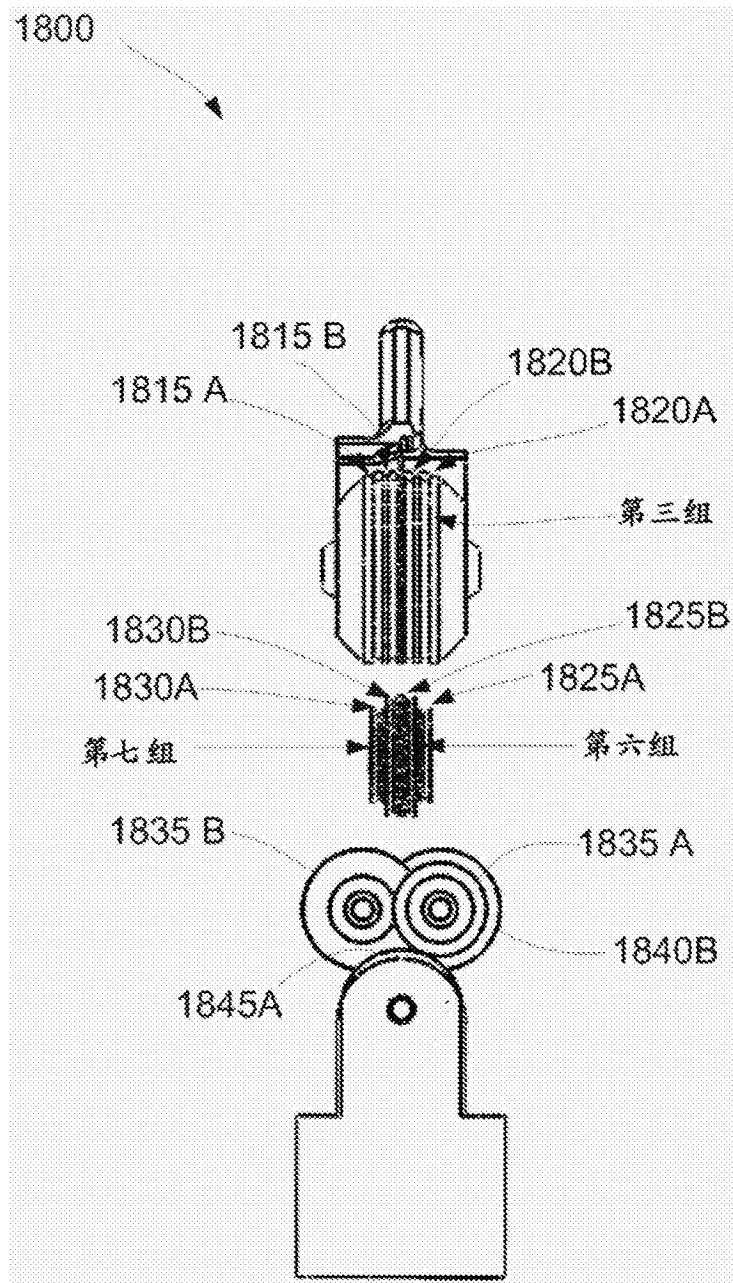


图17C

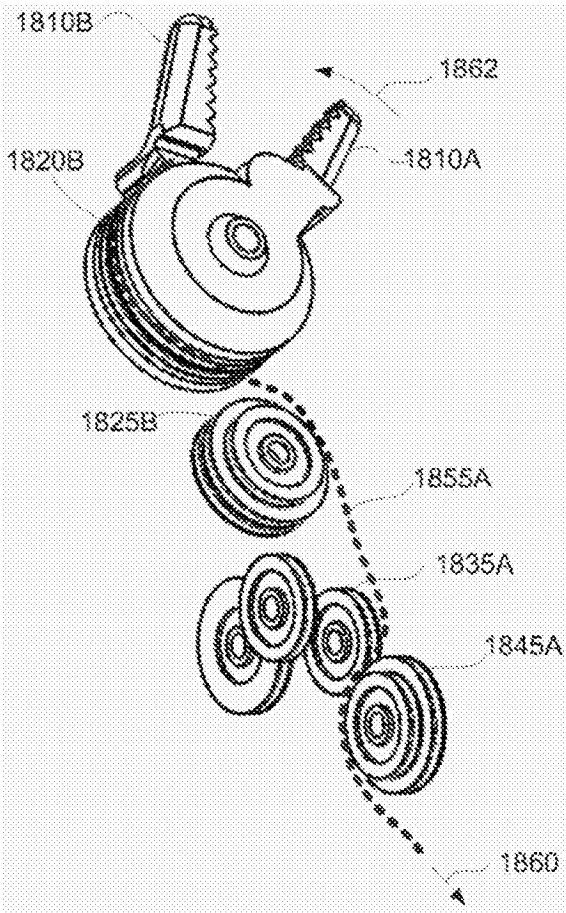


图17D

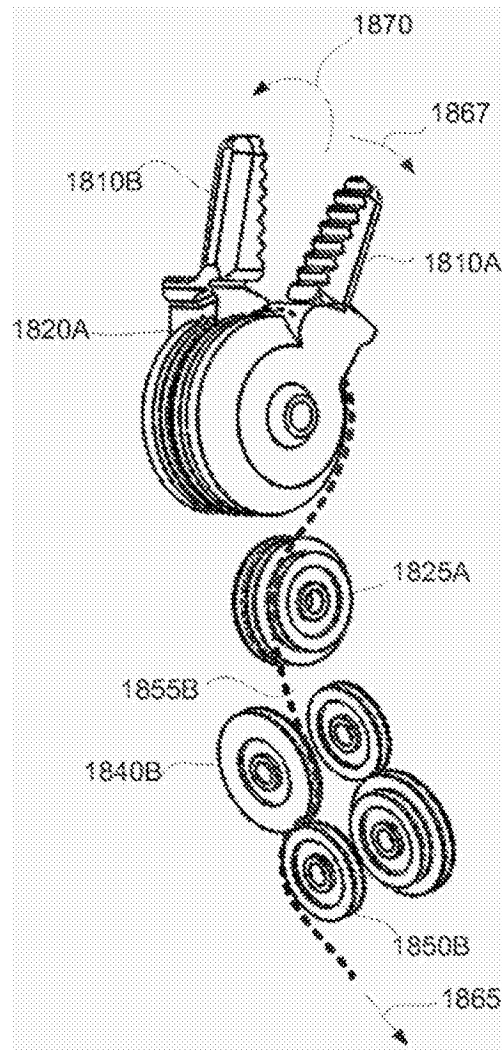


图17E

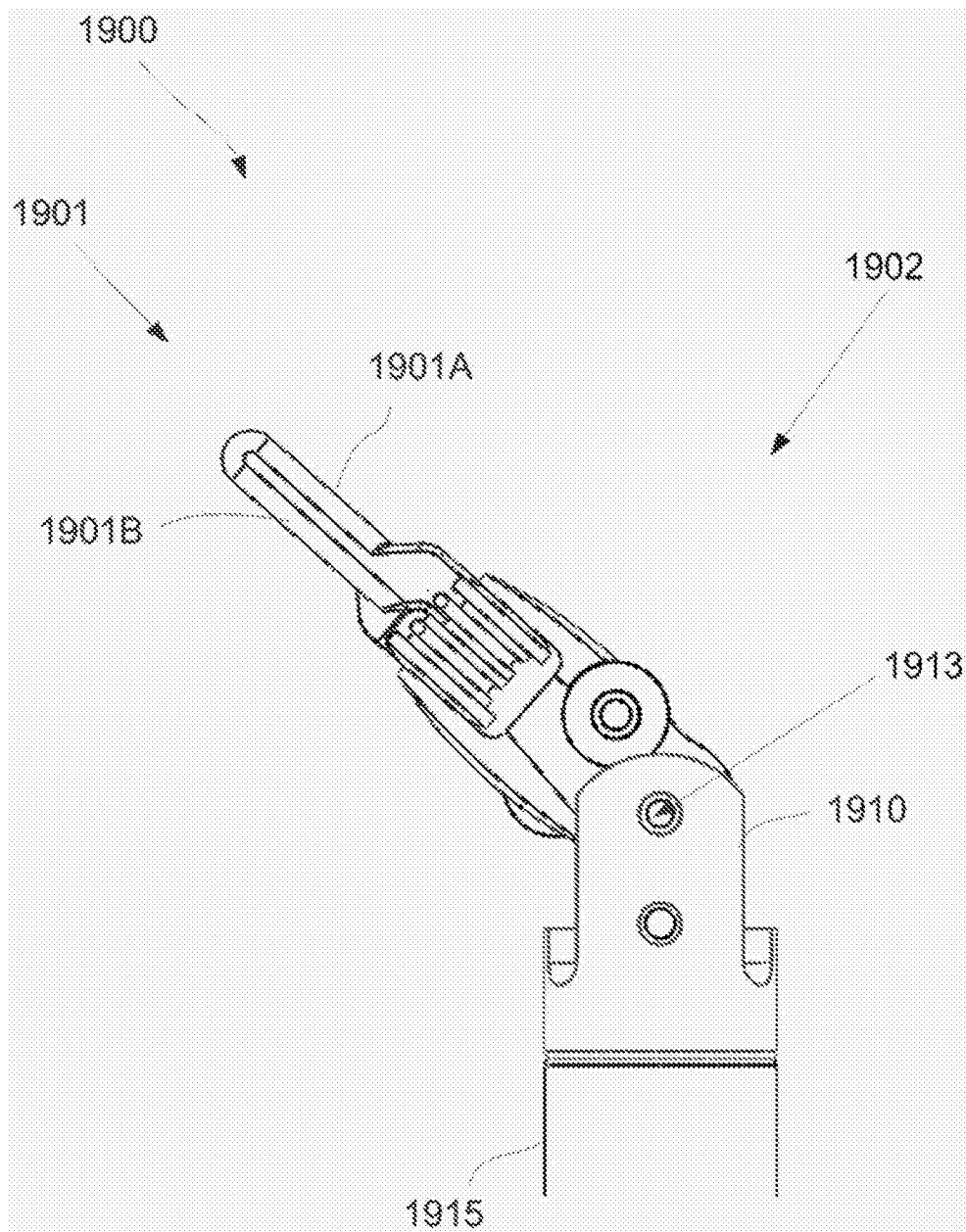


图18A

