



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103874524 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 17

(21) 申请号 201280048365. 0

(22) 申请日 2012. 08. 01

(30) 优先权数据

1113534. 0 2011. 08. 04 GB

1113532. 4 2011. 08. 04 GB

1113536. 5 2011. 08. 04 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 04. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2012/051860 2012. 08. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/017875 EN 2013. 02. 07

(73) 专利权人 伦敦国王学院

地址 英国大伦敦 WC2R2LS 伦敦斯特兰特大街

(72) 发明人 阿斯加尔·阿托拉汗

卡什帕·阿尔瑟弗

托比亚斯·理查德·舍弗特

卡瓦尔迪普·罗德

(74) 专利代理机构 上海信好专利代理事务所

(普通合伙) 31249

代理人 张静洁 张妍

(51) Int. Cl.

A61M 25/01(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101703424 A, 2010. 05. 12,

WO 2007/136829 A1, 2007. 11. 29,

US 2009/0182268 A1, 2009. 07. 16,

WO 2004/105849 A1, 2004. 12. 09,

审查员 胡彩燕

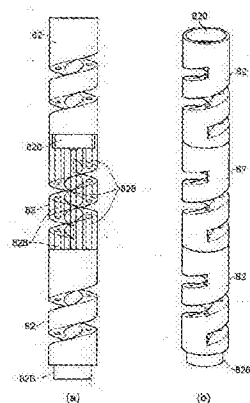
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

连续机械手

(57) 摘要

本发明的实施例公开了一种连续机械手, 比如可作为一种可控导管尖端使用。实施例中的机械手包含若干个段落堆叠排列, 它们能从其长轴方向在一定范围方向内弯曲。在一个实施例中, 段落上含有一个螺旋部分, 沿着段落整体长轴方向螺旋, 并可从长轴方向朝任意方向弯曲。在另一个实施例中, 段落包含一个中枢部分, 其上有悬置环从中枢部分伸出, 相互之间由弯曲间隙分开, 这样可使段落从中枢部分向一定方向范围内弯曲, 而悬置环之间的弯曲间隙闭合。在一些实施例中, 采用一根碳纤维杆作为段落整体的中枢部分, 从而将滞后效应最小化并改善弯曲的重复性。此外, 本发明中的实施例中, 在段落内有腱束控制通道, 腱束控制索贯穿其中, 对段落整体施加压缩和 / 或者弯曲力。在段落整体中布置控制通道可是段落整体的刚度变大, 并使堆叠的结构受通道控制运动。特别是可避免段落整体尖端不必要的扭转, 并提高扭转性能。



1. 一种连续机械手,其特征在于,其包含若干个堆叠排布成段落整体的段落,段落可从段落整体长轴向一定角度范围内发生变形,从而使段落整体从其长轴向一定角度范围内弯曲,其中至少一个段落包含螺旋部分,其中段落的侧壁沿着段落整体长轴方向螺旋环绕,螺旋部分可以从长轴方向朝任意方向变形;所述段落还包含至少一根腱束导向通道,与段落长轴方向基本平行,机械手还包含一个控制腱束贯穿在导向通道内,紧贴在至少一个段落上,当控制腱束工作时,在段落整体上施加一个弯曲或压缩的力。

2. 如权利要求1所述的一种机械手,其特征在于,还包含一个中枢通道,平行于其长轴方向贯穿所述段落,堆叠方式使得对应的中枢通道在一直线上,该机械手还包含一根弹性杆插入并贯穿所述段落的中枢通道。

3. 如权利要求1或2所述的一种机械手,其特征在于,所述段落内还包含一个内腔通道,并沿着平行于长轴方向延伸,段落相互沿一直线堆叠起来形成贯穿在段落整体内的一个内腔通道。

4. 如权利要求3所述的一种机械手,其特征在于,有螺旋部分的段落还包含:

一个圆形凸环和一个圆形凹环,圆形凹环位于段落的一端,而圆形凸环位于另一端,圆形凸环和圆形凹环的尺寸相对应,这样当这些段落堆叠起来时,段落上的圆形凸环能插入到另一个段落的圆形凹环内。

5. 如权利要求4所述的一种机械手,其特征在于,所述段落内包含至少三个腱束导向通道,基本与段落长轴方向平行,机械手还包含控制腱束分别贯穿在导向通道内,紧贴在至少一个段落上,当一个或多个控制腱束被拉紧时,在段落整体上施加一个弯曲或压缩的力。

6. 如权利要求5所述的一种机械手,其特征在于,所述螺旋部分是可压缩的,从而提高段落整体的刚度。

7. 如权利要求6所述的一种机械手,其特征在于,所述段落整体内的大多数段落有螺旋部分。

8. 如权利要求7所述的一种机械手,其特征在于,若干个段落整体内的段落有螺旋部分,其中若干段落中的一个或多个段落上的一个第一部分具有沿着顺时针方向螺旋的螺旋部分,若干段落中的一个或多个段落上的一个第二部分具有沿着逆时针方向螺旋的螺旋部分。

9. 如权利要求8所述的一种机械手,其特征在于,所述段落整体中有顺时针方向和逆时针方向螺旋部分的段落数量大致是相等的。

10. 如权利要求9所述的一种机械手,其特征在于,至少一些所述段落还包含一个扭转控制腱束通道,扭转控制腱束通道在段落内,有若干个平行于段落长轴方向延伸的扭转控制通道,但仅在该段落相应一段长度的局部位置上,段落上的通道之间会相互向旁边偏移一定距离,这种结构还包含一根扭转控制腱束贯穿在扭转控制通道中,这样,当在扭转控制腱束上施加一个力时,扭转控制通道将被拉成一直线,从而至少局部将段落的至少一部分区域旋转。

11. 如权利要求10所述的一种机械手,其特征在于,所述机械手是一种可操纵导管尖端。

12. 如权利要求11所述的一种机械手,其特征在于,所述段落整体的直径为0.5mm至3mm,每个段落的长度范围为1-100mm。

13. 如权利要求12所述的一种机械手,其特征在于,所述导管尖端采用磁共振兼容材料制成。

14. 如权利要求13所述的一种机械手,其特征在于,所述段落采用丙烯酸酯聚合物制成。

15. 如权利要求10所述的一种机械手,其特征在于,所述控制腱束采用碳氟化合物线制成。

连续机械手

技术领域

[0001] 本发明是关于一个连续机械手,以及一个连续机械手的实施例,其可用于可操纵的导管尖端,例如用于心脏导管插入术、内窥镜成像以及药物送入等其它情况。

背景技术

[0002] 心脏导管插入术是一种微创手术(MIS)方法,需使用柔性、细长的管子,其被称为导管。导管通过一个小切口插入到股静脉中,沿着股静脉可以连接到心脏,导管通常可到达体内的具体位置(比如,心脏),并对该区域进行测试或治疗,比如射频消融。使用导管的主要优势是减小病人的伤口创伤,缩短病人的康复时间,但是传统的导管通常运动自由度受限,典型的导管只能在交换机端口的控制下进行转动和滑动。

[0003] 目前大部分传统导管包含一根柔性管身以及一个可移动的管尖,通过预先设置的导丝或腱束装置进行操纵。2010年IEEE国际会议上,Yi等发表在《机器人与自动化》(ICRA)第5570-5575页的文章《Multitum,张力加劲导管导航系统》中公开了导管现有技术的实例,P. Canagaratnam等2008年在《介入性心脏电生理学杂志》第21卷第19至26页上发表的文章《机械导管用于人体上一种新型远程可操纵导管外鞘的经验》中也公开了导管现有技术的实例,此外,美国专利RE40852、4586923及6980843也是关于此类技术的。另外,传统导管术的成像通常使用x射线荧光检查方式实现。而这种技术得到的只是软组织对比的2D图像。为了改善导管术中的成像效果,并减少病人暴露于x射线辐射中,人们开始使用磁共振成像(MRI)技术,但使用磁共振成像需要使用某些物质,特别是一些非金属及绝缘物质。

[0004] 为了继续改善并进一步扩展到现有的心导管插入术技术上,需要导管的可操纵性更强,同时需采用磁共振兼容的材料来制成。

发明内容

[0005] 本发明的实施例提出了一种连续机械手,比如可作为一种可控导管尖端使用。实施例中的机械手包含若干个段落堆叠排列,它们能从其长轴方向在一定范围方向内弯曲。在一个实施例中,段落上含有一个螺旋部分,沿着段落整体长轴方向螺旋,并可从长轴方向朝任意方向弯曲。在另一个实施例中,段落包含一个中枢部分,其上有悬置环从中枢部分伸出,相互之间由弯曲间隙分开,这样可使段落从中枢部分向一定方向范围内弯曲,而悬置环之间的弯曲间隙闭合。在一些实施例中,采用一根弹性杆,比如碳纤维杆作为段落整体的中枢部分,从而将滞后效应最小化并改善弯曲的重复性。此外,本发明中的实施例中,在段落内有腱束控制通道,腱束控制索贯穿其中,对段落整体施加压缩和/或者弯曲力。在段落整体中布置控制通道可使段落整体的刚度变大,并使堆叠的结构受通道控制运动。特别是可避免段落整体尖端不必要的扭转。

[0006] 根据上文所述,一方面,本发明提出了一种连续机械手包含了若干个堆叠排列的段落,这些段落可以从整个段落的长轴方向在一定范围内发生弯曲变形,从而使段落整体从其长轴方向在一定范围内弯曲。这些段落内还包含一个中枢通道,平行于其长轴方向贯

穿这些段落,段落的堆叠方式使得对应的中枢通道在一直线上。一根弹性杆插入并贯穿这些段落的中枢通道。这种结构的明显优势是可使段落整体在弯曲后回复到初始位置,并确保在相同腱束位移的情况下有相同的弯曲位移。也即,弯曲的重复性提高了,前向和后向弯曲间的滞后效应降低了。

[0007] 在本发明的优选实施例中,弹性杆采用一种绝缘材料制成。这在一些应用上有其它的优点,比如磁共振导向的导管术应用中,这种杆是磁共振成像兼容的。在特别优选实施例中,采用一根碳纤维杆,当然也可以使用其它材料,比如高密度聚合物或其它类似物质,需要有合适的弹性。

[0008] 另一方面,本发明提出了一种连续机械手包含了若干个堆叠排列的段落,这些段落可以从整个段落的长轴方向在一定范围内发生弯曲变形,从而使段落整体从其长轴方向在一定范围内弯曲。段落内可包含至少一根腱束导向通道,与段落长轴方向基本平行,段落的堆叠方式可使腱束导向通道在一直线上。一个控制腱束贯穿在导向通道内,紧贴在至少一个段落上,当控制腱束工作时,可在段落整体上施加一个弯曲或压缩的力。

[0009] 在每个段落内设置这样的内部腱束导向通道,能改善连续机械手结构上的性能,由于导向通道内的控制腱束能强制连续段落整体受制于通道运动。可避免连续段落整体尖端不必要的扭转,并提高扭转性能,即尖端能提供的扭矩大小。在某些应用中这中性能非常有用,比如在导管消融技术中。

[0010] 另一方面,本发明提出了一种连续机械手包含了若干个堆叠排列的段落,这些段落可以从整个段落的长轴方向在一定范围内发生弯曲变形,从而使段落整体从其长轴方向在一定范围内弯曲。至少一个段落包含一个螺旋部分,其中段落的侧壁沿着段落整体长轴方向螺旋环绕,螺旋部分可以从长轴方向朝任意方向变形。这种结构的明显优势在于,可使段落整体从其长轴方向朝 360° 方向中任意方向弯曲。此外,通过将所有控制腱束等值拉紧,螺旋结构能使段落压缩,这能让段落整体在长度方向上的刚度增加。能够控制段落整体刚度的功能对于某些应用是很重要的。

[0011] 在一些实施例中,段落内还包含一个内腔通道,并沿着平行于长轴方向延伸,段落相互沿一直线堆叠起来形成了在段落整体内的一个内腔通道。有一个内腔通道可让其它设备或功能索沿着段落整体延伸。

[0012] 在一个实施例中,段落中有螺旋部分,有螺旋部分的段落进一步包含一个圆形凸环和一个圆形凹环。优选实施例是,圆形凹环位于段落的一端,而圆形凸环位于另一端,圆形凸环和圆形凹环的尺寸相对应,这样当这些段落堆叠起来时,段落上的圆形凸环能插入到另一个段落的圆形凹环内。这种结构能让不同的段落非常简单而可靠地相互堆叠起来,形成一个连续体。

[0013] 在一个实施例中,段落内包含至少三个,优选实施例是四个,腱束导向通道,基本与其长轴方向平行。机械手还包含控制腱束分别贯穿在导向通道内,紧贴在至少一个段落上,当一个或多个控制腱束工作时,比如在上面施加一个作用力,在段落整体上施加一个弯曲或压缩的力。当使用的段落是含有螺旋部分时,三个或四个(或者更多)控制腱束在段落圆周上大致等距离分布,从而能控制段落整体,使其从长轴方向朝任意方向弯曲。

[0014] 在一个优选实施例中,在段落整体中多个段落上有螺旋部分。这能提高在任意方向上的弯曲性能。

[0015] 在一个实施例中,在段落整体中多个段落上有螺旋部分,其中这些段落中的一个或多个段落上的螺旋部分沿着顺时针方向螺旋。另外,另一个或多个段落上的螺旋部分沿着逆时针方向螺旋。这种结构的优点在于,当控制腱束施加压缩或弯曲力时,段落整体不必要的扭转可被补偿消除。从这方面而言,在尤其优选的实施例中,段落整体中有顺时针方向和逆时针方向螺旋部分的数量大致是相等的,这样发生的净扭转量能基本被全部补偿。

[0016] 在一个实施例中,至少一些段落还包含一个扭转控制腱束通道,扭转控制腱束通道在段落内,由若干个平行于段落长轴方向延伸的扭转控制通道形成,但仅在该段落相应长度的一段局部位置上。段落上的通道之间会相互向旁边偏移一定距离,一根扭转控制腱束贯穿在扭转控制腱束通道中,这样,当在扭转控制腱束上施加一个力时,扭转控制通道将被拉成一直线,从而至少局部将段落的至少一部分区域旋转。这种结构能实现控制段落整体的扭转,此外,或选择性地,还能控制弯曲或压缩。

[0017] 在另一个实施例中,段落包含一个中枢部分,其中有中枢通道,至少一些段落还包含若干个悬置环,从中枢部分向相同方向伸出,这些悬置环沿着中枢部分布置,这样相互之间可以设置弯曲间隙。有了弯曲间隙,段落可从中枢部分向一定范围内的方向弯曲,达到间隙允许实现的范围。因此,段落整体的弯曲角度是可以设定的。

[0018] 在这个实施例中,至少两个导向通道在悬置环的侧壁上,段落整体从其长轴方向弯曲的角度范围由两个导向通道相对于中枢通道的位置而决定,运动范围在 180° 之内。

[0019] 在一个优选实施例中,机械手是一种可操纵导管尖端。在这个实施例中,段落整体的直径为0.5mm至3mm之间,每个段落的长度范围为1-100mm。

[0020] 优选实施例是,导管尖端采用磁共振兼容材料制成,比如丙烯酸酯聚合物。因为要满足磁共振兼容性,控制腱束采用碳氟化合物线制成,或者也可以采用其它任何磁共振兼容的材料制成。比如,在另一些实施例中使用镍钛诺线。

附图说明

[0021] 本发明的其他特点和优势将通过下文对实施例的描述来表现,实施例仅作为例子示意说明,其中相同的数字代表相同的部分,其中:-

[0022] 图1是根据本发明第一个实施例的一个多段连续机械手示意图;

[0023] 图2是第一个实施例中连续机械手上一段结构的图示说明;

[0024] 图3是两幅第一个实施例中组成连续机械手一部分的多段结构排布示意图;

[0025] 图4是第一个实施例中连续机械手上一段结构的截面图;

[0026] 图5是第一个实施例中连续机械手活动范围的图解表示;

[0027] 图6是一系列重叠图像及所附图表,展示了当机械手前向和后向运动时连续机械手的位置,以此来评估其滞后性;

[0028] 图7是两幅通过重复运动所得的连续机械手端部位置的图示说明;

[0029] 图8是两幅本发明第二个实施例中一个连续机械手设置的示意图;

[0030] 图9是两幅第二个实施例中连续机械手上一段结构的示意图;

[0031] 图10a是第二个实施例中连续机械手的局部截面图的侧视图;

[0032] 图10b是第二个实施例中连续机械手的局部透视图;

[0033] 图11是第二个实施例中连续机械手弯曲时的示意图;

- [0034] 图12是第三个实施例中连续机械手上一段结构的截面视图；
- [0035] 图13是根据第四实施例一个连续机械手一部分的透视图；
- [0036] 图14是第四实施例另一个形式的连续机械手一部分的透视图；以及，
- [0037] 图15是当特别控制的腱束装置作用时，第二到第四实施例中任意连续机械手弯曲情况的透视示意图。

具体实施方式

[0038] 本发明第一个实施例将参考图1至图7进行描述。

[0039] 如图1所示，本发明第一个实施例以可控制导管尖端10的方式作为一个连续机械手。在图1左图中所示的可控制导管尖端10呈现弯曲状态，而在右图中则呈现伸直状态。可控制导管尖端10由9个独立并相互连接的段落12形成，每个段落可沿着管尖轴向方向快速堆叠在另一个的顶部，形成连续的结构。段落12的数量可根据实际用途进行改变，从而延长或缩短可控长度。每个段落12包含集成腱束通道，导管的控制腱束或导向腱束从中间通过，还有一条中枢通道，用于通过碳纤维的中枢骨干，将在下文中进行描述。在使用过程中，可控腱束可通过手或机器进行控制，使得可控导管尖弯曲，如图1中左图所示，这样就实现了一个方向上的运动自由度，也可以沿着侧面另一个方向调整导管尖端的位置。在本实施例中，这种侧向的运动在任意一侧可达22.5度。这种侧向的运动使管尖实现了第二方向上的运动自由度。

[0040] 如图2图示，说明了每个段落12的布置方式。特别地，每个段落12包含一个中枢部分22，在段落的一端，沿着段落长轴方向延伸。从中枢部分上悬置外伸的是环状结构24，每个环状结构通过间隙26相互分隔，在中枢部分处又连成一体。如图所示，在优选实施例中，每个段落12长7.5mm，每个间隙26宽0.5mm。这能让每个段落在理论上实现总计38.84度的弯曲。

[0041] 需要指出的是，每个由悬置环状结构24形成的段落必须是管状结构，悬置环状结构从中枢部分22上向外延伸。在本实施例中，管状结构的外径为2.4mm，由环状结构形成的内腔的内径，比如为1.3mm。在其它实施例中，外径可在2.3mm至3mm之间，内腔的内径至少约1mm。内腔可让外界可选装置或连接单元比如消融线或光纤插入其中。沿着每个段落长轴平行方向，在图3和图4中有更详细的图示说明，3根直径约为250微米的通道合并在一起。如图4所示，其中两个通道34和36是腱束导向通道，位于悬置环状结构中，并平行于每个段落的长轴方向延伸，碳氟化合物线形成的导向腱束由此通过，由它来控制导管尖端。第三个通道32形成了中枢部分通道，包含了一根碳纤维杆的段落中枢部分22从中通过，从而增加连续机械手的柔性。导向通道34和36与中枢通道相对布置，这样在直角坐标系中，如果z轴与碳纤维杆同轴，x轴从碳纤维杆中心延伸出去，过腱束导向通道34和36连线的中点，那么，碳纤维杆与每个导向通道(中心)的连线与x轴形成的夹角为，比如，22.5度。在其它实施例中，腱束通道与中枢部分的夹角可以增大或减小到90度，如图5所示，这个角度确定了导管尖端侧向移动的范围。

[0042] 形成一个导管尖端需要若干个段落12一个堆叠在另一个的顶部连接起来，这样可使腱束通道对齐，碳氟化合物线型腱束与碳纤维中枢杆可穿过其中。在具体实施例中，段落12的数量是可根据实际应用进行改变的，形成或短或长更易移动的导管尖端。在此需要指出

的是,如前文所述,每个段落可弯曲,比如,38度,所以一个导管尖端上包含的段落越多,整个连续机械手可弯曲的角度就越大。在每个段落中,碳纤维杆作为中枢部分穿过通道32,以此来提高机械性能、柔性以及对操纵机构的响应性能。经过机械加强,碳纤维杆将滞后效应最小化,并在腱束被释放时,可帮助结构“弹”回到最初状态。对于操纵机构而言,弯曲量的响应性是一个重要的参数,因为这对导管插入术过程中导管位置的判断很重要。

[0043] 如上文所述,为了能控制导管尖端,在每个段落的腱束通道内穿入了氟碳化合物线34和36。在一个实施例中,每根氟碳化合物线的直径为0.14mm,可提供最大为21.5牛顿的力。每根线通过诸如BONDLOC这种环氧树脂胶粘接在连续机械手顶部的段落上。通过电机或手动导管控制把手机构来驱动腱束。

[0044] 若通过本实施例所述的导管尖端形式制造连续机械手,那么先生产每个独立的段落12,然后沿着碳纤维中枢将这些段落一个接一个堆叠起来。出于原型制造的目的,本实施例采用了快速原型制造技术进行制造,采用了德国格拉德贝克EnvisionTec公司提供的Prefactory Aureus机械设备。Aureus快速原型机采用了立体光刻技术,通过从一个DLP模块中反射出的UV光的照射,对光反应性丙烯酸酯聚合物一层层进行处理。光反应性丙烯酸酯聚合物是一种绝缘的磁共振兼容性聚合物,因此可以适用于该应用领域。当每个段落制造完毕,它们可以根据具体应用所需的数量,沿着碳纤维中枢方向堆叠起来,并容许导向腱束穿入腱束通道内。

[0045] 在使用过程中,导管尖端依靠腱束通道内的导向腱束34和36进行操纵控制。在图4和图5中有更详细的图示说明,特别在图5中,将导管尖端放在一个直角坐标系中说明,其中Z轴与段落平行,并穿过中枢通道,这样碳纤维杆将穿过位于参考点上的通道,形成连续机械手的柔性中枢部分。两个腱束通道位于中枢的对面,使得段落能在XZ平面内弯曲(两个腱束同时拉动),或者从XZ平面向左或向右转出,每个方向的转动角度可达比如22.5度(分别拉动左侧或右侧的腱束)。两个腱束位移的不同组合可让结构在平面内实现这两个极限位置之间的任意期望弯曲角度。比如,两个腱束同时平动或移动,能让结构沿着碳纤维杆及基准线弯曲。

[0046] 第一个实施例中采用两个腱束的方式能改善导管尖的操控性,并增加运动自由度。特别是,所提供的控制机构能控制导管尖端在一个三维空间中运动,替代了传统导管只能在二维平面内的运动。因此这种操控机构能让外科医生更精确地定位管尖,此外,当在导向腱束上施加拉力,导管尖端发生弯曲,导管侧向的刚度提高,这样,在需要时,外科医生可以通过导管施加更大的侧向力。使用腱束34和36能让导管尖端在两个自由度上实现可操控性,同时,当导管弯曲时,形成的结构能提高导管的刚度。也就是说,通过对导向腱束施加力使得导管弯曲,可增加导管尖端的刚度。

[0047] 本实施例的一个优势是使用碳纤维杆32作为连续机械手的中枢部分。当施加在导向腱束上的操纵力释放时,碳纤维杆能帮助确保连续机械手恢复到原始的非弯曲位置,从而能减少迟滞现象。图6图示说明了连续机械手顶端的位置变化,其中导管尖端10形成了13个不同位置。这里,导向腱束每间隔1mm拉紧,并进行了13次记录,形成了左图所示的重叠图像。当导向腱束逐渐拉紧时,导管尖端的位置被测量记录下来,形成如右图所示的“前向”位置图。之后,导管腱束以间隔1mm的顺序逐渐释放,并再次记录位置,同时再次测量导管尖端的位置,形成了图6中的“后向”位置图。图中可见,当导管后向运动到最初位置时,其运动轨

迹有微小的滞后现象,可以认为,这是由于3个因素引起的,腱束和导向通道之间不可避免的摩擦、腱束的伸长以及导管与扫描仪表面的摩擦。由此可见,本实施例中采用氟碳化合物线好处是有较低的摩擦系数和较高的强度,但是确实,在直径很小的情况下,会造成在受力时的一定量伸长。在其它实施例中,也可采用其它材料作为控制腱束,比如,镍钛诺线。在实际应用中,为了测量而带来的扫描仪表面的摩擦是不存在的。

[0048] 另外,图7图示说明了导管尖端重复弯曲的测试结果。在测试过程中,为了获得图7所示的结果,导管腱束拉动量达到6mm,并将导管尖端的位置记录下来。之后释放腱束,使导管回到初始位置,随后重复这样的过程9次。每次重复拉、松后导管尖端的X、Y位置在图7中示出,根据最终顶端位置在X和Y轴方向分别为0.4mm和0.2mm,来计算标准偏差。

[0049] 在第一个实施例的变化类型上,中枢部分可使用不同的材料,而不采用碳纤维。中枢部分的重要特性是需要有弹性性能,这能让中枢带着连续机械手臂反复地弹回到最初形状。优选实施例是,为了使导管使用中具有磁共振兼容性,中枢可采用一种绝缘材料,这样能够实现磁共振成像兼容性。例如聚乙烯、PVC、氯丁橡胶,多元脂、硅树脂或氟硅树脂弹性材料。

[0050] 本发明的第二个实施例将根据图8至图11进行描述。

[0051] 如图8所示,为根据本发明第二实施例,可操控导管尖端形式的连续机械手。特别地,导管尖端80仍然采用相互独立的段落82堆叠形成,在图9中有更详细地说明。相互独立的段落82通过凹凸对扣的形式一个个连接,导管尖端可以从直线状态向任何方向弯曲,图8中左图所示为直线状态,右图所示为弯曲状态。

[0052] 如上文所述,图9以透视图的方式展现了导管尖80上段落82的顶部与底部。每个段落82通常为圆柱形,但呈现螺旋状。特别地,每个段落82是中空圆柱,沿着其中心上有内腔830。段落82的一端形成了一个圆形凹环822,而在圆柱结构82的另一端是圆形凸环826,其可以嵌入到另一个段落82上的圆形凹环822内,形成两个段落的相互连接。每个段落82的圆柱形结构侧壁为螺旋状段落,这样每个段落可以形成螺旋状结构824。此外,平行于每个段落长轴方向段落822的螺旋形侧壁内,形成了若干个腱束导向通道828。在这个实施例中,每个腱束导向通道的直径约为250微米。如图所示,每个腱束导向通道828从圆形凸环826的侧壁,并通过段落上螺旋部分的侧壁。而由于段落82上圆形凹环的侧壁比螺旋部分的侧壁薄很多,腱束导向通道并没有通过圆形凹环的侧壁。特别地,在使用中,圆形凹环82的上表面与表面832紧紧相靠,表面832与圆形凸环826相邻并同轴。

[0053] 在这个实施例中,有4个腱束导向通道828,沿着段落圆周相互成约90度分布。内腔830通过段落的中心,直径约为1.3mm,可用于插入药物输送管,或者作为电线、光纤或类似装置的通道。

[0054] 第二实施例中段落82的主要优点是,每个段落的螺旋状结构,能让每个段落从段落纵轴位置向任意方向自由弯曲。有了4个导向腱束后,可以实现多方向弯曲的控制。

[0055] 如图10a和b所示,说明了多个有着相互独立腱束导向通道的段落82,是如何一个个相互堆叠形成一个连续机械手和导管尖端的。图10(a)特别图示说明了圆形凸环826与圆形凹环822是如何相互作用的,由图可知,第一个段落82上的圆形凸环826插入到位于其下方另一个段落82的圆形凹环822内,并使表面832与圆形凹环822的上表面紧紧相靠。图中通过对中间这个段落进行截面视图的方式,展现出腱束导向通道828在段落侧壁延伸的情况,

可以看到,它们在圆形凹环的上边缘下方断开,而圆形凹环的轴向高度会超过腱束导向孔的端面。相反地,在图9右侧图中所示,圆形凸环826上则有腱束导向通道。最终,当两个段落安装在一起后,导向通道在一直线上,一个段落上圆形凸环上的导向管道连接到相连段落圆形凹环822下方机体上的导向通道,形成了一条连续的导向通道。

[0056] 第二实施例的螺旋形结构比第一实施例有更大的优势。首先,每个独立的段落可沿着其纵轴方向朝任意方向弯曲,因此,通过使用4个相互相隔约90度分布的腱束导索,每个段落,以及由每个段落连接形成整体的连续机械手,在无外力作用下,也可沿着其纵轴方向朝任意方向弯曲。同时,尽管实现任意方向弯曲控制的最小导索数量是3根,相互成约120度分布,但四根这样的腱束导索是优选实施例,在其它实施例中,可采用更少或更多的导向索。

[0057] 此外,这个实施例的另一个优势是,当四个腱束同时等量拉拽,导管尖端的长度可以缩短,每个独立的段落之间相互压缩,就像一个弹簧一样。这不仅缩短了导管尖端的长度,同时还大大改变了连续机械手的刚度。这十分重要,因为提高了导管尖端的刚度能使外科医生通过导管尖端施加更大的力,比如在消融手术中。此外,通过对腱束的仔细控制,可在增加导管尖端刚度的同时,使管尖能在任意方向上弯曲。其实现方式是,比如,在所有四个导向腱束上施加相同的力,以压缩管尖并提高刚度,之后,根据需要弯曲的方向,对所有腱束中,能引起管尖向这个方向弯曲的导向腱束再施加一个力。

[0058] 这种结构的另一个突出优点是,腱束通道集成在每个段落的螺旋形机体内,这样,导向腱束从每个段落的内部通过,而不是沿着导管尖端外侧。这能防止导管尖端发生扭转,并提高管尖的扭转性能。具体而言,通过将导向腱束放置在通道内部,使整个连续结构受到通道的约束,因此基本能防止管尖沿着其长度方向发生扭转的情况。

[0059] 在第一实施例中,腱束导索可使用碳氟化合物线或镍钛诺索制成,还需要有磁共振成像兼容性。同样,段落82可使用丙烯酸酯聚合物,使用快速原型机成形出来,与第一实施例也相同,同时也有磁共振成像兼容性。

[0060] 在使用过程中,第二实施例的导管尖端可通过机器或手动控制腱束导索,来进行操控转动和/或者加强刚度。如果需要向某个方向弯曲,接近弯曲方向一侧的腱束导索被拉紧,从而实现对它施加力的作用。如上文所述,连续机械手形成的导管尖端可同时实现刚度加强和弯曲运动,通过对所有腱束导索施加作用力来加强连续结构刚度,之后在特殊的导索上改变作用力,导索的选择则根据弯曲方向确定。比如,在一根导索上施加更大的作用力,会引起结构向包含这那根导索的腱束通道方向弯曲。另一方面,如果需要向反方向弯曲,则可通过对同一根导索释放施加的力来实现,但同时会引起连续结构的刚度降低。

[0061] 对于第二实施例为了特殊应用场合需要满足一个具体的弧形轮廓,连续结构中段落与段落上的螺距可发生改变,这样,当单独分别测试时,对于相同的作用力,不同段落上各自的弯曲角度是不同的。比如,在相同的作用力下,螺旋间间隙较小的段落弯曲较少,而螺旋间间距较大的段落则弯曲更多。这样,可获得一个在其长度方向上有特殊弯曲轮廓的连续机械手,比如,整个结构底部段落的螺旋螺距让该段落更“硬”(即,在相同作用力下弯曲较少),而整个结构顶部段落的螺旋螺距让该段落更“软”,也即,在相同作用力下弯曲较多。优选实施例是,每一个段落的刚度沿着形成导管尖端的整体段落自底部向顶部降低,这样可沿着连续结构长度方向获得连续的弯曲弧线。而在另一些实施例中,沿着整体结构长

度方向不同刚度的段落有不同的组合,比如,有着不同螺距和/或者螺旋间隙尺寸,这需要根据所需的弯曲轮廓进行调整。这样,通过调整沿着段落整体方向不同刚度段落的分布,可获得沿着段落整体方向的所需弯曲轮廓。

[0062] 本发明的第三个实施例将参考图12进行简单描述。第三实施例与上文中所述的第二实施例相似,增加的变化是,除了某个段落82上直线排列的四根腱束通道828,还有一组附加的腱束通道,非直线排列的独立通道1206、1202和1204。在非直线排列的通道中有一根附加的碳氟化合物线腱束,当被拉紧时,通道1202、1204和1206将变成一直线,从而使段落绕着长轴方向发生扭转。这种结构能让至少一个段落和控制作用下发生扭转,并引起导管尖端中在其之上的其它段落也发生扭转。

[0063] 在使用中,含有扭转导向通道的段落也如前文所述相互堆叠连接。为了保证段落与段落间腱束扭转的连续性,第一个段落上位于上方的扭转导向通道1206应该与另一个段落下方扭转导向通道1204在一直线上。

[0064] 这种结构可使导管尖端依靠四根导向腱束向任意方向弯曲,并可通过对位于扭转导向通道内的扭转控制腱束施加作用力,使其绕着长轴发生旋转。

[0065] 本发明的第四实施例在图13和图14中显示了两个形式。这也是基于上文所述本发明第二实施例的,但有两个不同。

[0066] 第一个变化是,为了避免当施加作用力于导索上时,连续段落发生不必要的扭转或转动,连续段落整体上不同段落中的螺旋部分旋转方向相反。比如,如图13中的变形结构所示,段落132上螺旋部分的螺纹自段落底部向顶部呈现顺时针方向。相反地,段落134上螺旋部分的螺纹自段落底部向顶部呈现逆时针方向。图14中所示的变形结构也是如此,它的其它特点与第二实施例相同,而段落82与83的螺旋方向,自每个段落底部向顶部分别为逆时针方向和顺时针方向。这些螺旋方向的改变,其作用是,当压缩力或弯曲力作用在导向腱束上时,至少会部分压缩每个段落使之变得和弹簧一样,段落整体顶端绕着其长轴方向的净扭转量几乎为0。这是因为,每个段落上顺时针和逆时针的微量旋转通过相互抵消作用而消除了。

[0067] 为了获得这种抵消作用,整体结构中顺时针螺旋段落的数量与逆时针段落数量应当相同,不过优选实施例是顺时针螺旋段落和逆时针螺旋段落沿着整体相互交错排布,这样一个逆时针螺旋段落接着一个顺时针螺旋段落,并不是必须的,每个段落沿着整体方向可以按照任意顺序排列,只要每种类型的段落数量基本相同。

[0068] 如图13所示,第四实施例变形结构,与第二实施例的第二个不同特点是,在整体段落中间内腔里含有一根碳纤维中枢杆。和第一实施例相同,采用一根碳纤维中枢杆能增加整体段落的弯曲性能,特别是在相同作用力施加于导向腱束上,整体段落弯向同一点的情况下,能减少弯曲的滞后效应,改善弯曲的重复性。中枢杆的位置位于内腔中心,意味着中枢杆的周围能分布多个较小的内腔(图中未示出)穿过每个段落,从而实现药物输送、光纤送入或其它类似功能。

[0069] 上文所述的实施例一般涉及到导管尖端。而所描述的连续机械手结构可应用在任何规模上,包含特别大的规模。比如,可以设想,所描述的有着控制腱束类型的连续机械手可受机器人的控制,加入到机器人的探索活动中,比如海底探索或星球表面探索。类似地,也可以找到机器人机械手形式的地面应用,比如作为工厂里的机械手臂,或作为建筑工地

上的起重机。第二实施例的连续机械手能沿着其长轴向任何方向进行可控的弯曲移动,这种性能可让它适用于许多应用场合。

[0070] 对于上文所述的实施例,可有多种改进方案,无论是通过增加结构、替代结构或删除结构,所形成的其它实施例,任一或者所有都包含在附加的权利要求中。

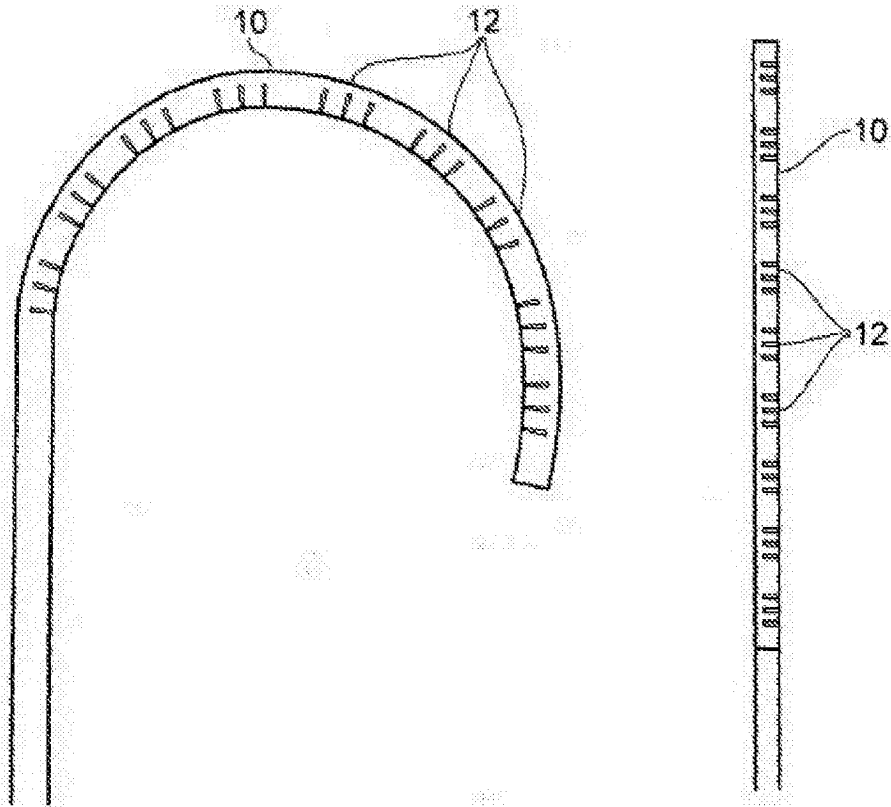


图1

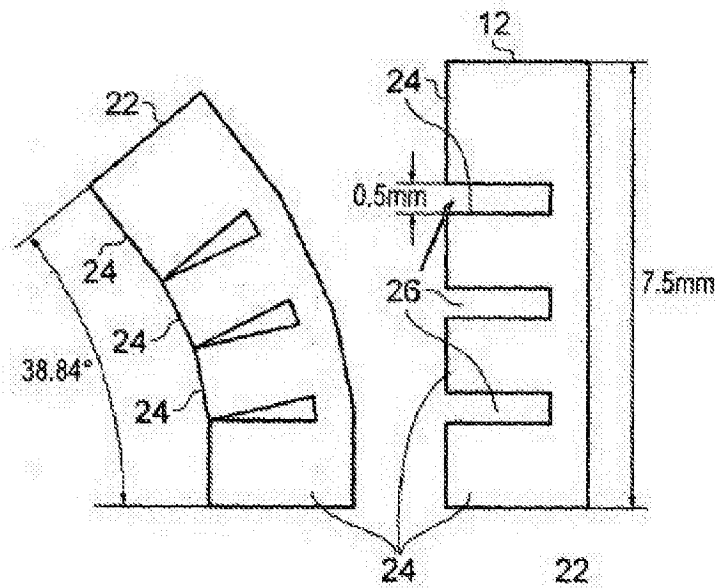


图2

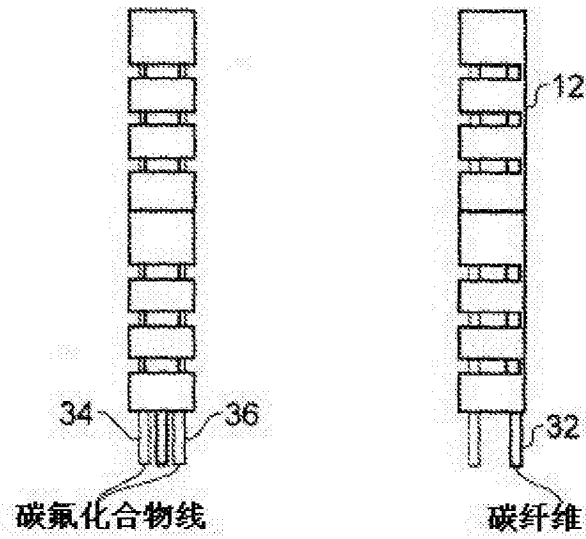


图3

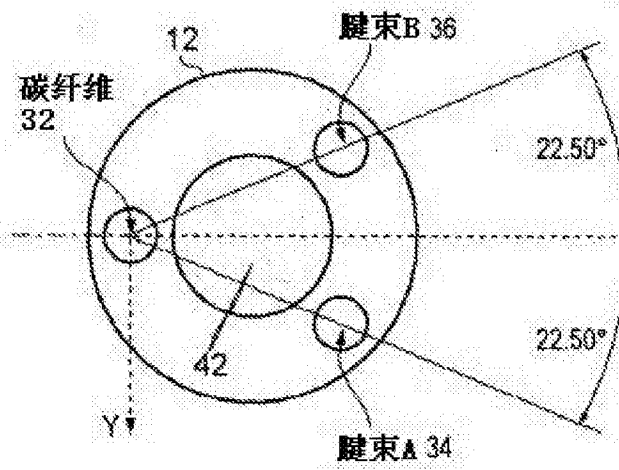


图4

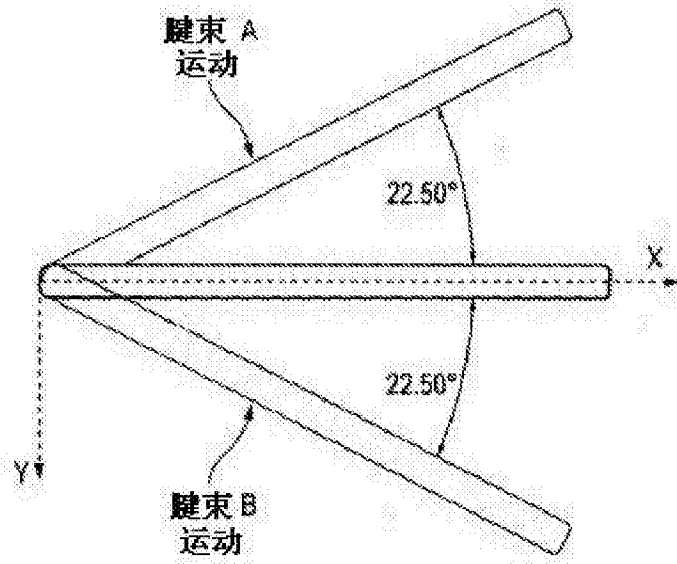


图5

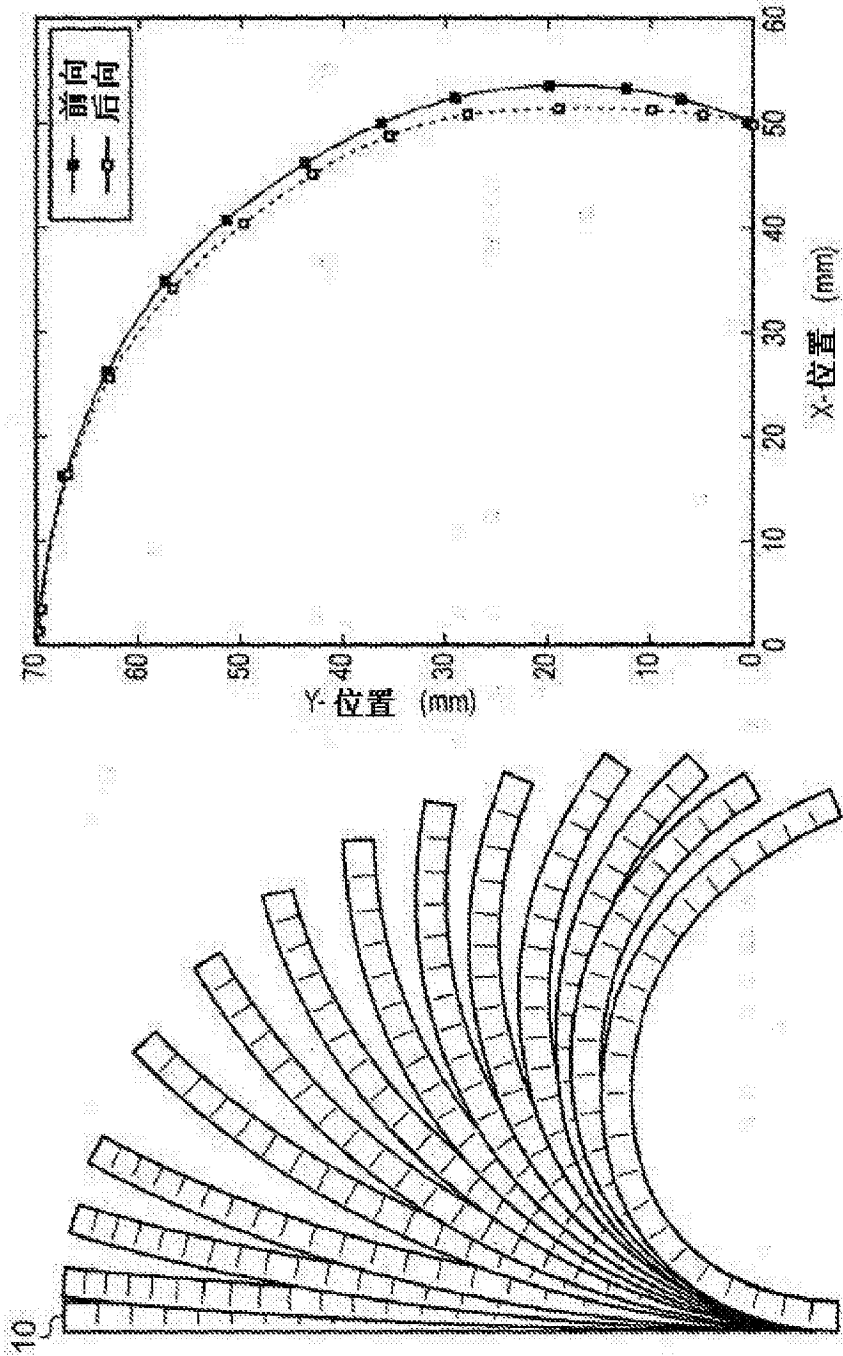


图6

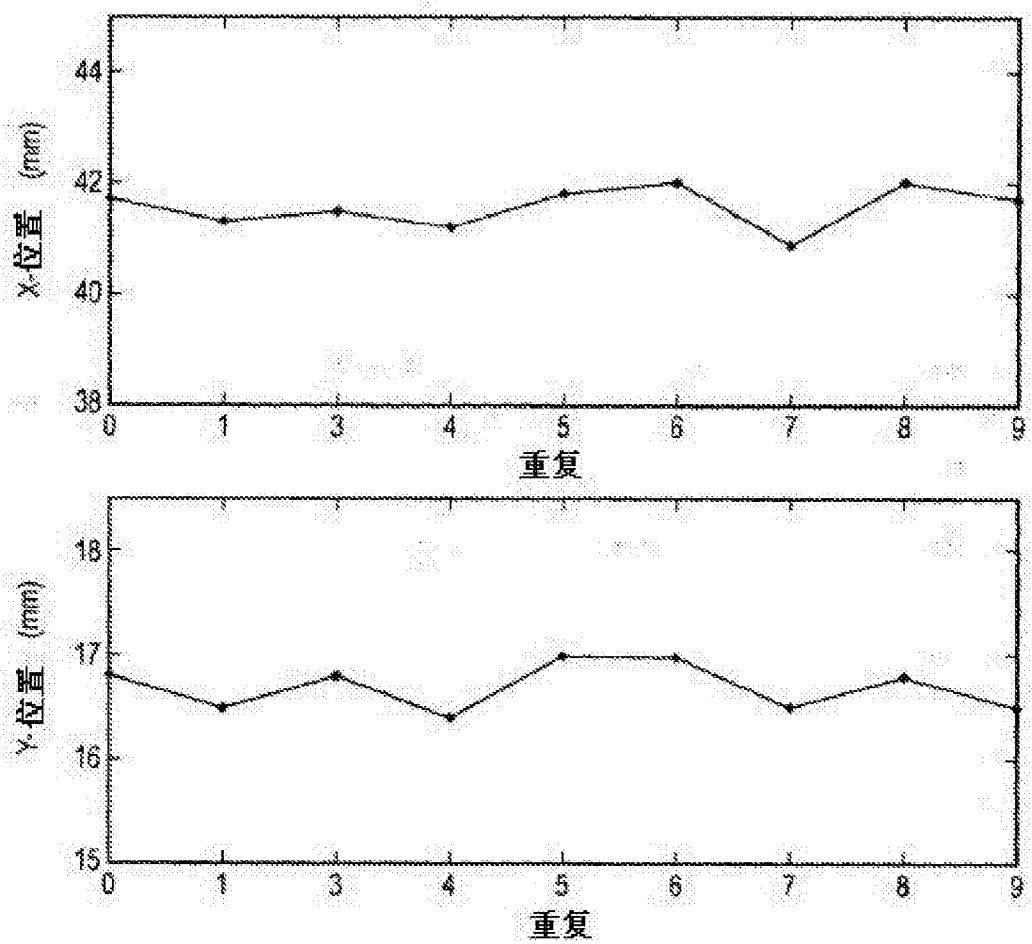


图7

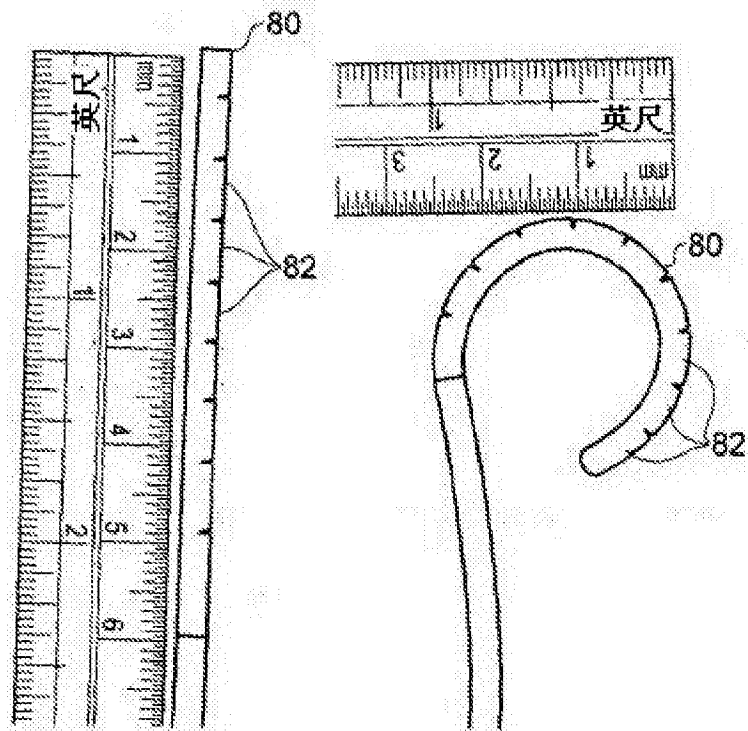


图8

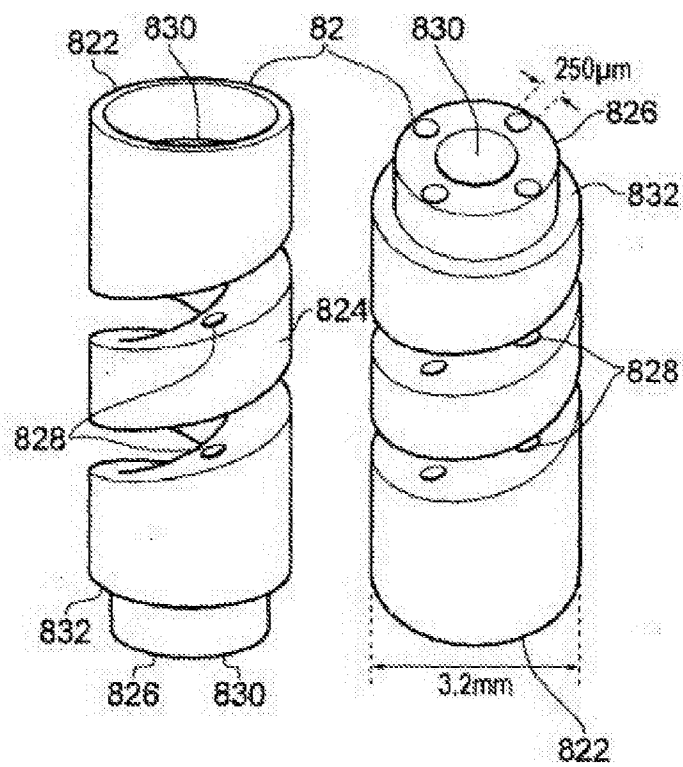


图9

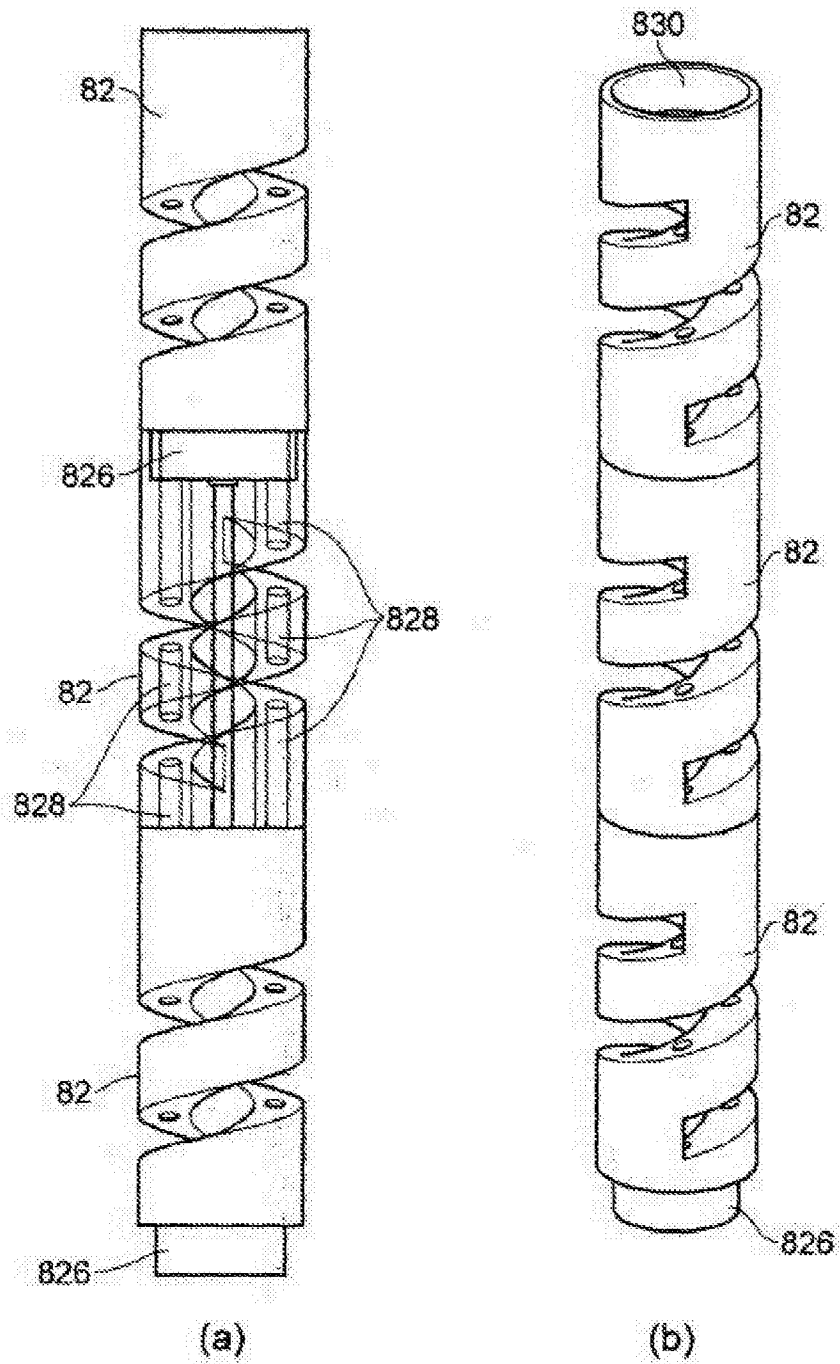


图10

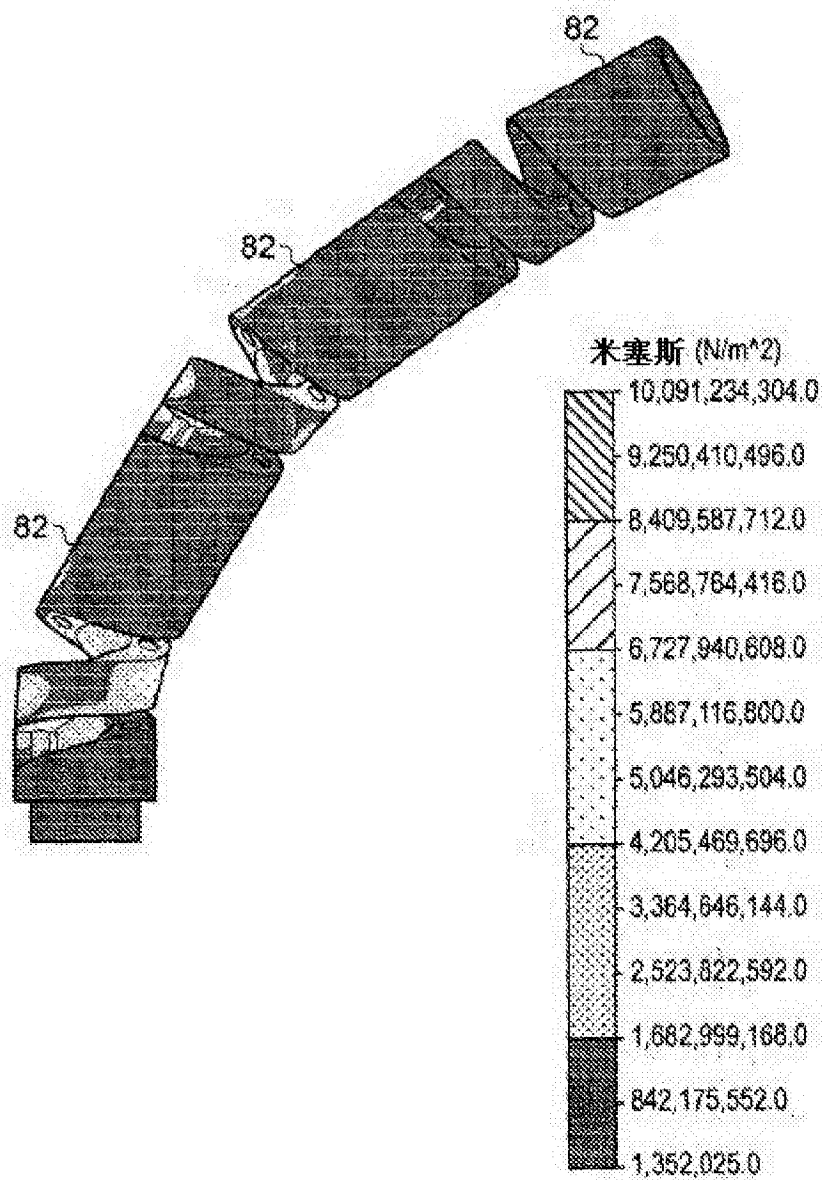


图11

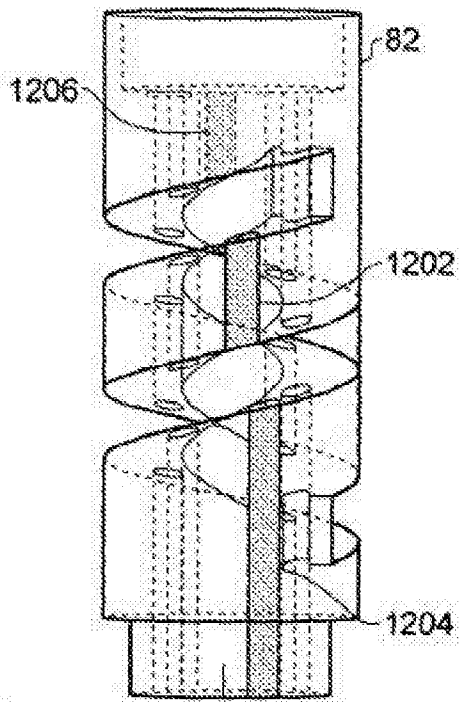


图12

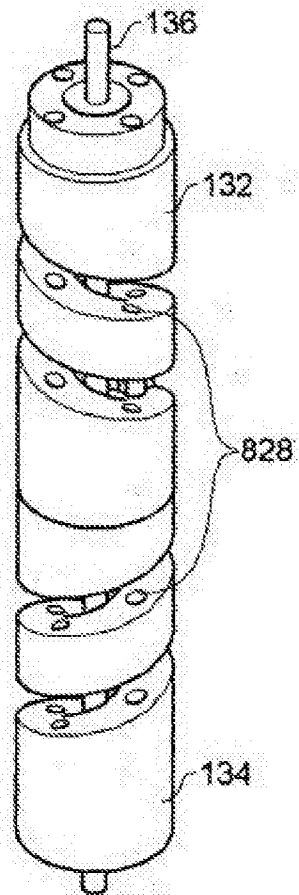


图13

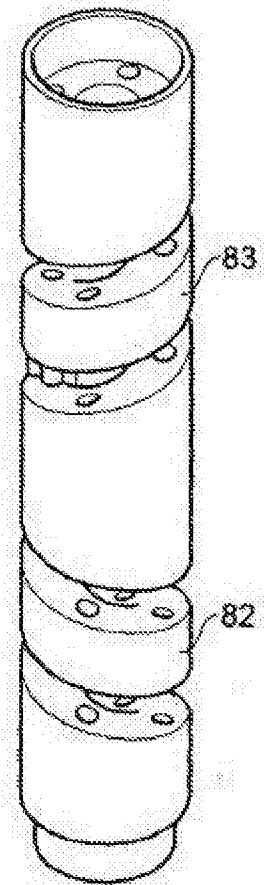


图14

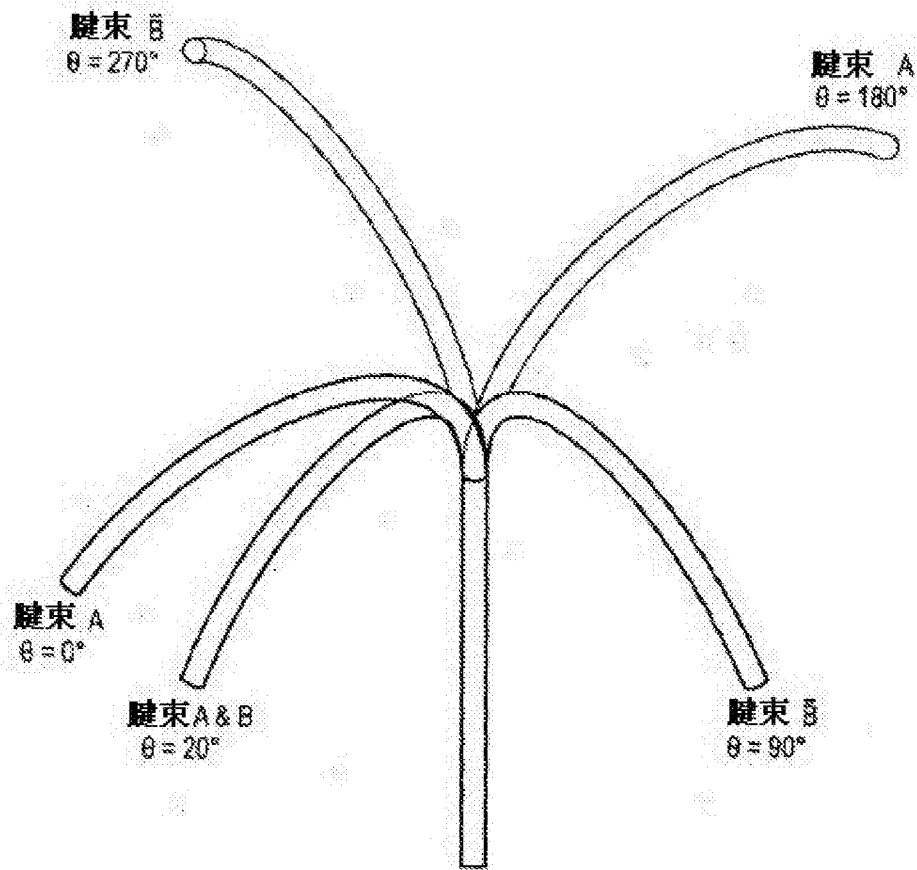


图15