



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103190877 B

(45) 授权公告日 2015. 04. 22

(21) 申请号 201310039915. 9

(22) 申请日 2013. 02. 01

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 陈卫东 邓韬 王贺升 王晓舟

(74) 专利代理机构 上海汉声知识产权代理有限公司 31236

代理人 郭国中

(51) Int. Cl.

A61B 1/00(2006. 01)

审查员 宋文晓

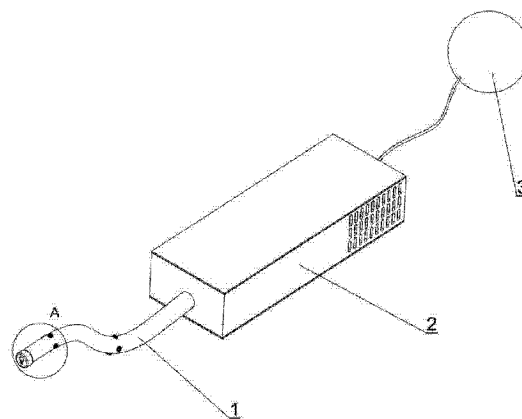
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

具有吸附能力的柔性内窥镜机器人

(57) 摘要

本发明公开了一种具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,吸附装置设置在插入组件外周面,流体排给组件通过流体管道与吸盘装置相连接;插入组件由软质硅胶制成,其内部嵌有若干绳线、硬质固定节以及流体管道,内嵌绳线的第一端与硬质固定节相连接,第二端与驱动组件固定连接。内嵌绳线的拉拽以及导管的推送由驱动组件控制,流体排给部件内的排给单元通过流体管道控制每个吸附装置的吸附。本发明降低了导管硬度,使得导管主体柔软易形变;同时,吸附装置的固定作用配合上绳线的拉拽,使得插入组件能够产生多自由度的弯曲形变。此外,通过不同形态间的交替转换,插入组件还能够产生类似蠕动的特殊动作,以扩大组织间空隙,保证推进的进行。



1. 一种具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,包括插入组件、驱动组件以及流体排给组件,其中,所述插入组件由软质硅胶制成,插入组件的外周面阵列有若干吸附装置,所述流体排给组件通过流体管道与吸附装置相连接,插入组件的内部嵌有绳线以及硬质固定节,所述绳线的第一端与硬质固定节相连接,所述绳线的第二端与驱动组件固定连接;

任一所述吸附装置为一体成型的吸盘结构,所述吸盘结构包括微型吸盘以及吸盘过滤装置,所述吸盘过滤装置设置在微型吸盘的盘面上。

2. 根据权利要求1所述的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,所述插入组件内部设有各自独立的工作通道和驱动通道,其中,所述工作通道位于中心部位,并轴向贯穿整个插入组件;若干所述驱动通道分布于工作通道径向的外侧,用于放置绳线;所述硬质固定节为若干个,其中一个内嵌于插入组件顶端部位,其余则任意设置在插入组件内部的不同位置;所述绳线的数量与硬质固定节的数量相适配。

3. 根据权利要求2所述的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,所述工作通道包括器械通道和信号传输通道,其中,所述器械通道用于插置各类手术器械,所述信号传输通道内嵌图像采集与信号传输装置,图像采集与信号传输装置的顶端设有照明装置;所述器械通道和信号传输通道从硬质固定节的中心通孔处穿过。

4. 根据权利要求1所述的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,所述驱动组件包括驱动底座、直线滑块、微型电机、绕线轮盘、推进底座以及导管固定件,其中,所述驱动底座通过其内部机械结构带动直线滑块做直线运动;所述推进底座与直线滑块相对固定,所述微型电机固定在推进底座上;所述导管固定件与推进底座相接触,导管固定件与推进底座的接触部分设有用于绳线与流体管道穿过的孔径;所述绳线的第二端与绕线盘轮固定连接,所述微型电机通过带动绕线轮盘完成对绳线的收放。

5. 根据权利要求1所述的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,所述流体排给组件包括若干独立的流体供给单元,所述流体供给单元通过流体管道与吸附装置相连接,用于控制吸附装置的吸附,所述流体供给单元内含压强传感装置,用于判断吸附装置吸附状态。

6. 根据权利要求5所述的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,所述流体管道的一部分内嵌于插入组件,所述插入组件包括工作通道,内嵌于插入组件的流体管道部分位于工作通道径向的外侧;所述流体管道的数量与吸附装置数量相适配。

7. 根据权利要求1至6中任一项所述的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,其特征在于,所述任一绳线外表面设有一层用于保护插入组件的软质中空细管。

具有吸附能力的柔性内窥镜机器人

技术领域

[0001] 本发明涉及一种医疗内窥镜技术领域的内窥镜机器人系统,具体是一种具有吸附能力的柔性内窥镜机器人。

背景技术

[0002] 在医学领域,通过内窥镜进行医疗诊断已经十分广泛。一般的,内窥镜产品包括插入组件与操作组件,其中插入组件又分为软质部分与弯曲部分。其中,软质部分为从操作组件延伸出来的细长软管,具有挠性;弯曲部分位于软质部分顶端,相对较短,通过操作部分可控制其在一个或两个方向上弯曲。弯曲部分最前端一般嵌有 CCD 等图像传感装置,可在病人体内获取图像并在外接显示器上实时显示。

[0003] 目前,内窥镜的插入部分相对于人体组织较为坚硬,插入体腔的主要方法为在患者体外施力推进,内窥镜随着腔道环境被动形变。由于软质部分无法主动弯曲,推进过程中,当导管遇到狭小、弯曲等复杂环境时,外部推力一旦解除,插入部分会因组织反推力被推回。组织这一柔韧性也导致了插入部分末端位姿难以精确控制,精细操作时可能需要操作者反复调整,长时间易疲劳。

[0004] 为解决上述困难,球囊式内窥镜及球囊插入辅助工具被提出,例如,日本专利公报特开昭 59-181121 号、日本专利公报特开平 8-299261 号等。此类球囊式内窥镜主要利用球囊组件在腔内膨胀以与组织相对固定,现有实例中球囊部件大多固定在插入部分的前端,或仅能够在前端小范围内移动,插入导管的后半段依然不可控。此外,球囊组件在非圆形腔道等不规则环境中固定效果并不理想,长时间膨胀、过分挤压某些组织器官甚至会对人体造成一定危害。

[0005] 为进一步改善内窥镜性能,减轻患者痛苦,降低操作者工作强度,自主式或半自主式内窥镜逐渐成为生物医疗器械行业竞相研究和开发的重点。如我国上海交通大学研制的,国内专利申请号为 200410054206.9 的主动式肠道内窥镜机器人系统,采用直线电磁驱动方式,使机器人在肠道中蠕动。又如哈尔滨工业大学研制的,国内专利申请号为 200910072751.3 的连续体型半自主式内窥镜机器人,通过多个关节万向节环串联,采用钢丝与弹簧配合驱动,可实现十个自由度的复合弯曲运动以适应肠道复杂状况。此外,美国加州理工学院研制出气动型内窥镜机器人系统,通过气体压力的增大和减小来控制机体的前进与倒退。上述内窥镜机器人系统相对于传统内窥镜,可控自由度明显增多,但现有实例中几乎全部采用了传统硬质材料,临床使用可能存在一定安全隐患;另一方面,与传统内窥镜相似,系统插入部分难以与人体组织相对固定,在复杂的组织环境中,摩擦大与推进难等常见问题依然不同程度的存在。

[0006] 在此基础上,美国卡内基梅陇大学研制出利用微型吸盘进行爬行的内窥镜机器人系统——HeartLander,该系统插入部分最前端设有两个微型吸盘,通过两吸盘间交替吸附与放松实现其在组织光滑处的爬行。类似的,日本千叶大学也研制出利用吸盘爬行的内窥镜机器人系统。

[0007] 该类吸盘式内窥镜系统虽然能与组织相对固定,但与球囊式内窥镜类似的,吸盘仅位于插入部分最前端,其后的插入部分主体仅能随组织被动弯曲、无法主动控制,因此插入部分在拥挤、弯曲等复杂环境中与组织的摩擦仍会较大,外部推送时顶端吸盘实际可达的步长较小,操作效果不佳。上述系统现有实例中,吸盘数量偏少,大小也受到一定限制,导致系统在组织非平滑处固定能力不足,每次吸附可能需要反复尝试,操作效率低。此外,系统中所有吸盘均面向同一方向,无法充分利用组织环境完成吸附,实际中需要不断调整吸盘朝向,进一步增加了操作量。

发明内容

[0008] 本发明针对现有内窥镜系统中存在的上述不足,特别是上述吸盘式内窥镜系统吸附能力不佳、吸盘适用范围有限以及可控自由度低等几点不足,提供了一种具有吸附能力的柔性内窥镜机器人。

[0009] 本发明是通过以下技术方案实现的。

[0010] 一种具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,包括插入组件、驱动组件以及流体排给组件,其中,所述插入组件由软质硅胶制成,插入组件的外周面阵列有若干吸附装置,所述流体排给组件通过流体管道与吸附装置相连接,插入组件的内部嵌有绳线以及硬质固定节,所述绳线的第一端与硬质固定节相连接,所述绳线的第二端与驱动组件固定连接。

[0011] 所述插入组件内部设有各自独立的工作通道和驱动通道,其中,所述工作通道位于中心部位,并轴向贯穿整个插入组件;若干所述驱动通道分布于工作通道径向的外侧,用于放置绳线;所述硬质固定节为若干个,其中一个内嵌于插入组件顶端部位,其余则任意设置在插入组件内部的不同位置;所述绳线的数量与硬质固定节的数量相适配。

[0012] 所述工作通道包括器械通道和信号传输通道,其中,所述器械通道用于插置各类手术器械,所述信号传输通道内嵌图像采集与信号传输装置,图像采集及信号传输装置的末端与图像显示装置连接;信号传输通道的顶端设有照明装置;所述器械通道和信号传输通道从硬质固定节的中心通孔处穿过。

[0013] 所述驱动组件包括驱动底座、直线滑块、微型电机、绕线轮盘、推进底座以及导管固定件,其中,所述驱动底座通过其内部机械结构带动直线滑块做直线运动;所述推进底座与直线滑块相对固定,所述微型电机固定在推进底座上;所述导管固定件与推进底座相接触,两者的接触部分设有用于绳线与流体管道穿过的孔径;所述绳线的第二端与绕线盘轮固定连接,所述微型电机通过带动绕线轮盘完成对绳线的收放。

[0014] 所述流体排给组件包括若干独立的流体供给单元,所述流体供给单元通过流体管道与吸附装置相连接,用于控制吸附装置的吸附,所述流体供给单元内含压强传感装置,用于判断吸附装置吸附状态。

[0015] 所述流体管道的一部分内嵌于插入组件,所述插入组件包括工作通道,内嵌于插入组件的流体管道部分位于工作通道径向的外侧;所述流体管道的数量与吸附装置数量相适配。

[0016] 所述任一吸附装置为一体成型的吸盘结构,所述任一吸附装置为一体成型的吸盘结构,所述吸盘结构包括微型吸盘以及吸盘过滤装置,所述吸盘过滤装置设置在微型吸盘的盘面上。

[0017] 所述任一绳线外表面设有一层用于保护插入组件的软质中空细管。

[0018] 本发明提供的具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,降低了导管硬度,使得导管插入部分柔软易形变。同时,吸附装置阵列于插入部分外周面,与组织接触范围大大增加,吸附能力得以增强;配合上拉拽特定的绳线,本系统插入部分刚度可变、后半段可单独控制,还能产生多自由度的弯曲形变。此外,插入组件通过不同形态间的交替转换,能够产生类似蠕动的特殊动作,可与组织主动作用扩大行进空间,以减小摩擦保证推进的完成。

附图说明

[0019] 图 1 是本发明装置的整体结构概略图;

[0020] 图 2 是图 1 中区域 A 的局部放大图;

[0021] 图 3 是图 1 中插入组件的俯视图;

[0022] 图 4 是图 3 中插入组件 B 方向视图;

[0023] 图 5 是图 4 中 C--C 剖视图;

[0024] 图 6 是图 4 中 D--D 剖视图;

[0025] 图 7 是图 2 中微型吸盘的示意图;

[0026] 图 8 是图 1 中驱动组件内部结构的概略图;

[0027] 图 9 是本发明实施例 1 中内窥镜刚进入腔内的示意图;

[0028] 图 10 是本发明实施例 1 中内窥镜主动弯曲的示意图;

[0029] 图 11 是本发明实施例 1 中内窥镜先后遇到两个拐角时的示意图;

[0030] 图 12 是本发明实施例 1 中内窥镜在目标区域精细操作的示意图;

[0031] 图中,1 为插入组件,2 为驱动组件,3 为流体排给组件,4 为器械通道,5 为信号传输通道,6 为微型吸盘,7 为吸盘滤网,8 为顶端固定节,9 为中部固定节,10 为第一流体管道,11 为第二流体管道,12 为第三流体管道,13 为顶端驱动通道,14 为中部驱动通道,15 为驱动底座,16 为直线滑块,17 为绕线轮盘,18 为微型电机,19 为推进底座,20 为导管固定件。

具体实施方式

[0032] 下面对本发明的实施例作详细说明:本实施例在以本发明技术方案为前提下进行实施,给出了详细的实施方式和具体的操作过程,但本发明的保护范围不限于下述的实施例。

[0033] 本实施例提供了一种具有吸附能力的柔性内窥镜机器人,包括插入组件 1、驱动组件 2 以及流体排给组件 3。其中,插入组件 1 由软质硅胶制成,插入组件 1 的外周面阵列有若干吸附装置,流体排给组件通过流体管道与吸附装置相连接,插入组件 1 的内部嵌有绳线以及硬质固定节,所述绳线的第一端与硬质固定节相连接,所述绳线的第二端与驱动组件 2 固定连接。

[0034] 具体为,

[0035] 如图 1 所示,插入组件 1 相当于传统内窥镜的插入部分,用于插入体腔内进行内窥镜检查;其主体导管部分由较为柔软的医用硅胶脱模而成,本实施例中采用的硅胶硬度在 30A 左右。医用硅胶对人体组织无过敏反应,排异反应极少;同时相当稳定,与体液以及组织接触过程中能保持其原有的弹性和柔软度,耐高温、可消毒。

[0036] 插入组件 1 外周面嵌有若干吸附装置以辅助固定,本实施例中采用一体成型的橡胶微型吸盘 6,如图 7 所示,微型吸盘 6 盘面上设有吸盘过滤装置,例如一层吸盘滤网 7,防止吸入大颗粒杂物,堵塞流体管道,小颗粒杂质以及液体的过滤则可通过流体排给组件 3 中相应过滤装置实现。该微型吸盘 6 仅用于辅助定位,其大小、结构以及固定位置都可以根据需要适当调整,作为替代部件也可以使用其他具有吸附能力的装置,如根据壁虎手爪制成的仿生绒毛吸附装置等。具体的,如图 3 所示,本实施例中插入组件 1 在靠前端处以及中部各设有 4 个吸盘,等角度圆周分布在插入组件外周面上,吸盘通过第一流体管道 10 和第二流体管道 11 与流体排给组件 3 相连。

[0037] 如图 2 所示,插入组件 1 内部设有工作通道和驱动通道。此外,插入组件 1 内部还嵌有绳线与硬质固定节,其内嵌绳线的第一端与硬质固定节相连接,第二端与驱动组件 2 固定连接,本实施例中,内嵌绳线采用细钢丝,以下称作驱动钢丝。

[0038] 如图 4 所示,工作通道位于中心部位,轴向贯穿整个插入组件 1,包含器械通道 4、信号传输通道 5。器械通道 4 内可插入并更换各种窥镜手术工具;信号传输通道 5 内嵌图像采集与信号传输装置,图像采集与信号传输装置的顶端含 LED 灯等照明装置以提供照明,图像采集与信号传输装置的末端连接图像显示装置,实时获取并显示腔内图像。两种通道可以根据需要在尺寸上有不同规格。

[0039] 如图 5 所示,驱动通道包括顶端驱动通道 12 和中部驱动通道 13,顶端驱动通道 12 和中部驱动通道 13 均位于工作通道径向的外侧,内置绳线,以下称驱动钢丝。附图中,除图 9、10、11 中特定驱动钢丝外,其他图内驱动钢丝均未标出。

[0040] 硬质固定节为若干个,其中一个内嵌于插入组件顶端部位,以下称顶端硬质固定节;其余可根据需要灵活设置在插入组件中部的不同位置,以下称中部硬质固定节。驱动钢丝的数量与硬质固定节的数量相适配,任一驱动钢丝的第一端与某一特定硬质固定节相连接。

[0041] 如图 5 所示,本实施例中硬质固定节采用两个:顶端硬质固定节 8 内嵌于导管顶端部位,驱动钢丝通过顶端驱动通道 12 与其固定连接,中部硬质固定节 9 内嵌于导管中部,驱动钢丝通过中部驱动通道 13 与其固定连接。两个硬质固定节均为环状,在导管内位置固定,器械通道 4、信号传输通道 5 从两者内部贯穿。

[0042] 本实施例中,顶端驱动通道 12 和中部驱动通道 13 各为 4 个,等角度圆周分布于插入组件 1 内,如图 4 所示,具体规格也可根据需要适当调整。驱动钢丝外部均紧套一层软质硅胶细管,防止钢丝切割管壁损坏通道。

[0043] 如图 8 所示,驱动组件 2 与插入组件 1 末端相连,主要包括:驱动底座 14,直线滑块 15,绕线轮盘 16,微型电机 17,推进底座 19 与导管固定件 20。

[0044] 本实施例中,驱动底座 14 通过其内部安置的电机带动螺杆,以控制直线滑块 15 做直线运动。推进底座 19 与直线滑块 15 相对固定;微型电机 17 均固定在推进底座 19 上,通过带动绕线轮盘 16 完成对驱动钢丝的收放。导管固定件 20 主要用于将插入组件 1 以及第三流体管道 18 与推进底座 19 连接固定,其与推进底座 19 接触部分留有相关孔径,驱动钢丝以及第三流体管道 18 从中贯穿。

[0045] 如图 1、图 8 所示,第三流体管道 18 贯穿驱动组件 3 后与流体排给组件 17 相连。本实施例中流体排给组件 3 含 8 个排给单元,每个单元通过排给流体产生负压来控制某个

吸盘的吸附。单元内设有压强传感装置,以实时读取排给单元内压强大小,判断出对应吸盘的吸附状态;此外,可以使用注射器等装置代替流体排给用泵,直接手动控制。第三流体管道 18 内含多根中空软管,每根中空软管将一吸盘装置与对应的排给单元相连,本实施例中采用直径 1mm 的中空的橡胶软管,也可以选择其他规格产品代替。

[0046] 下面,结合上述装置,针对插入体腔内进行内窥镜检查的情况进行说明。

[0047] 进行内窥镜检查前,如图 8 所示,首先将插入组件 1 和第三流体管道 18 通过导管固定件 20 固定在推送底座 19 上。随后,将第三流体管道 18 中软管与流体排给组件 17 中排给单元一一相连。最后,将插入组件内的驱动钢丝与驱动组件 2 内的绕线轮盘 16 相连,将信号传输通道 5 内微型摄像头的信号接口与图像显示装置相连。

[0048] 在开始进行内窥镜检查时,将插入组件 1 通过微创手术切口插入患者体内。此后内窥镜将在体腔内可能遇到不同情况,如图 9 至图 12,对不同情况下本实施例的操作方法进行详细说明。

[0049] 如图 9 所示,当内窥镜刚进入腔内,所处环境并不太崎岖复杂,推进阻力相对较小。此时吸盘处于非吸附状态,操作者主要控制驱动组件 2,通过电机带动直线滑块实现对插入组件的推进。

[0050] 这种情况下若内窥镜与腔内某个接触部位的摩擦较大,加上导管自身柔软,推送时可能发生一定的弯曲形变,导致推进效果不佳。如图 9 中虚线所示,此时可以控制驱动组件 2 中所有微型电机 17 略微拉拽所有驱动钢丝,使得插入组件自身在一定程度上收缩,以增加刚度,整体上将变得不易弯曲,以有利于推进。

[0051] 随着内窥镜的不断深入,腔内环境会变得狭窄、拥挤,阻力也会逐渐增大,此时推送开始变得困难。

[0052] 如图 10 所示,当操作者通过内嵌的微型摄像头,发现内窥镜前方出现拐角或岔路时,可以主动控制导管 2 进行弯曲。

[0053] 具体方法为,当导管需要朝某一方向弯曲时,拉拽相应侧连接至顶端的驱动钢丝(图中虚线所示,以下简称顶端钢丝)即可,钢丝的拉拽通过微型电机 17 带动绕线轮盘 16 完成,拉拽后导管刚度也将会有所增加。随后,当主体导管前半部分通过拐角或岔路后,控制电机放松顶端钢丝,使导管刚度复原。

[0054] 此外,当操作者观察到导管前段空间较为狭窄难以前进时,可以轮流控制几根驱动钢丝,使得导管产生特定的蠕动动作,具体方法为按一定方式交替拉拽特定的某几根驱动钢丝。例如,交替拉动同一平面的两根顶端驱动钢丝时,导管主体将在平面上交替朝左右弯曲,如图 10 中虚线与点画线箭头所示,而当快速小幅度交替拉线时,能产生蠕动式的摇摆动作。在狭窄拥挤的环境中,类似的动作能主动与组织作用,以扩大前进空间,减小推进阻力。

[0055] 类似的,拉拽某根或某几根连接在中部的驱动钢丝(以下简称中部钢丝),导管后半段也能够相应形变。但由于前半段的限制,后半段弯曲程度有限,其作用主要在于辅助插入组件局部定形,以减小推进阻力,以下将详细叙述。

[0056] 当插入组件 1 已深入人体组织,整体上大范围的摇摆动作会受人体组织的限制,效果不佳。此时可以先收紧中部驱动钢丝,以增加插入组件后半部分刚度,再交替拉拽顶端驱动钢丝,拉拽钢丝幅度应根据具体情况适当减弱。此时,插入组件仅中部固定节前的小部

分会产生相应的蠕动动作。

[0057] 如图 11 所示,当内窥镜刚通过某个拐角处或岔路后,前方继续又出现新的拐角或岔路,特别是当前后两处拐角或岔路方向相反、整体行进路径呈 S 形时,推进会明显受阻。这种情况下需要独立控制导管的某一部分弯曲,具体操作方法如下:

[0058] 首先,当导管通过一个拐角或岔路后,已拉紧的某根顶端钢丝仍保持紧绷,同时拉拽相同侧的中部钢丝,使其也绷紧,如图 11 中虚线所示。随后,在下一个拐角前停止推进并放松绷紧的顶端钢丝至初始位置,并拉拽接下来需要弯曲侧的顶端钢丝,如图 11 中点画线所示。由于中部钢丝的定形作用,导管后半部依然能够保持先前的弯曲趋势,而前半部则可以在顶端钢丝的作用下朝新的方向弯曲,整个导管主动弯曲为 S 形且刚度较大,推进时组织阻力相对减小,进行更为容易。

[0059] 特别的,如果插入组件所处环境更加复杂,也可以使用吸盘装置来辅助插入组件局部定形,即在拉拽顶端钢丝前,通过流体排给组件使尽可能多的吸盘吸附于人体组织上(一部分吸盘可能由于未与组织接触无法吸附),同时仍小幅度收紧中部驱动钢丝,略微增强刚度。此后再拉拽顶端驱动钢丝,引导前端弯曲形变。此时插入组件仅吸盘前的小部分可弯曲形变。当插入组件前端绕过拐角后,相继放松吸盘与驱动钢丝以继续推进。

[0060] 如图 12 所示,当内窥镜前端观察到目标区域后(图中点画线区域),操作者可能需要进一步精细操作,而仅仅拉拽驱动钢丝可能已经无法实现末端的精确控制。为提高末端局部运动的控制精度,必须使用吸盘装置进行辅助定位。

[0061] 具体操作方法为,控制流体排给组件 3 内流体排给单元,使弯曲侧的吸盘吸附在组织上,如图 12 中箭头所指虚线区域内所示。若某吸盘与组织尚未完全接而无法吸附,则可略微移动插入组件或者少量拉拽驱动钢丝,以调整吸盘位置与角度。更优的,操作时四个朝向的吸盘可均尝试进行吸附,短时间内使尽可能多的吸盘与组织相对固定,以充分利用组织环境,提高操作效率。

[0062] 吸盘吸附于组织上后,流体排给单元内压强会随流体的排出而减少,操作者由此可以通过排给单元内的压强传感装置判断出其对应的吸盘是否成功吸附。插入组件通过吸盘与组织相对固定后,若再拉动顶端驱动钢丝,仅位于吸盘前的小部分导管能自由弯曲形变,相当于传统窥镜顶端的弯曲部分;而吸盘的固定作用使得吸盘后大半部分导管不易移动与扭转,从而使末端仅能在小范围内运动,控制精度得到提高。

[0063] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。

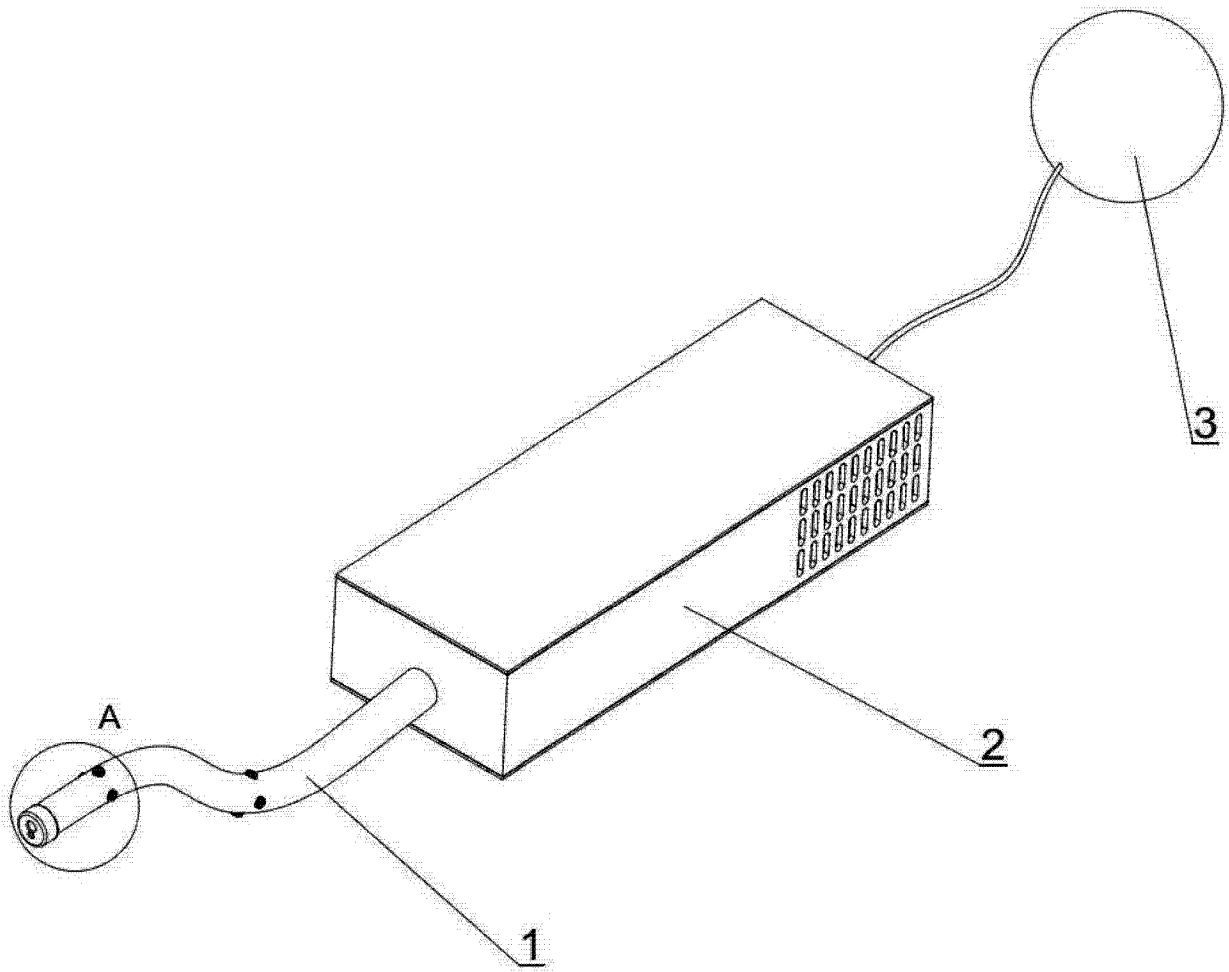


图 1

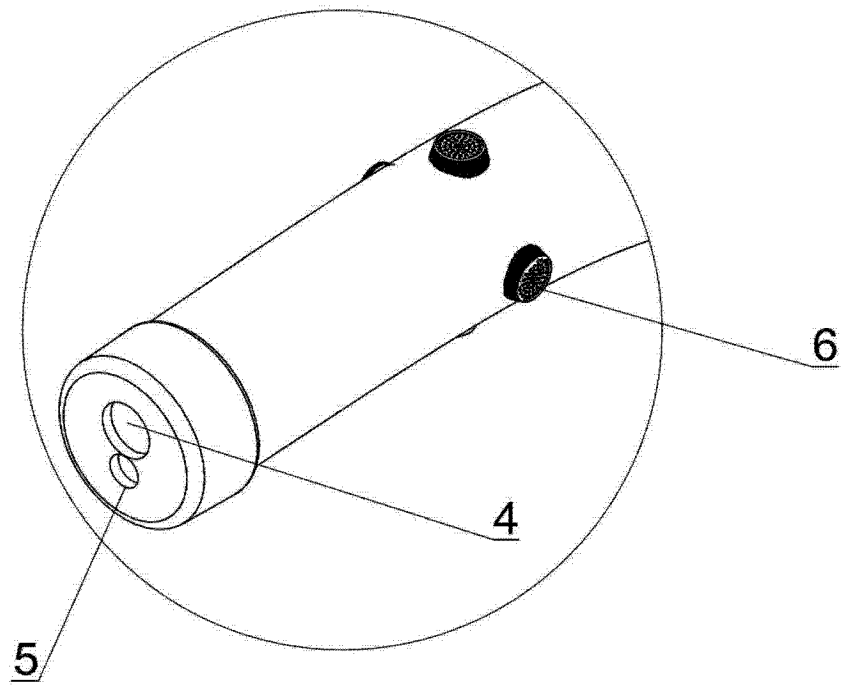


图 2

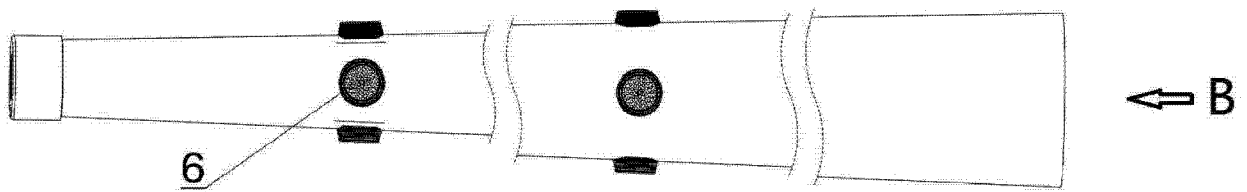


图 3

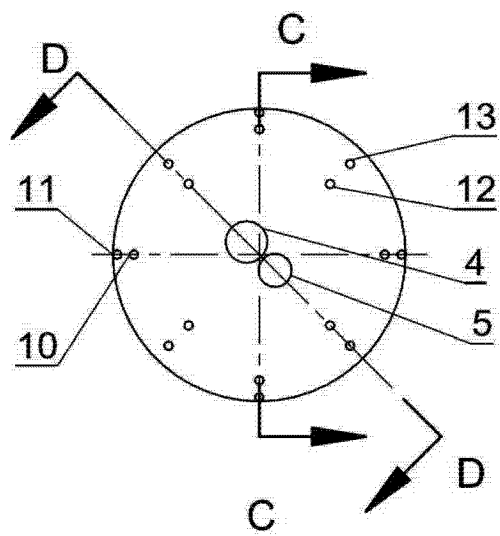


图 4

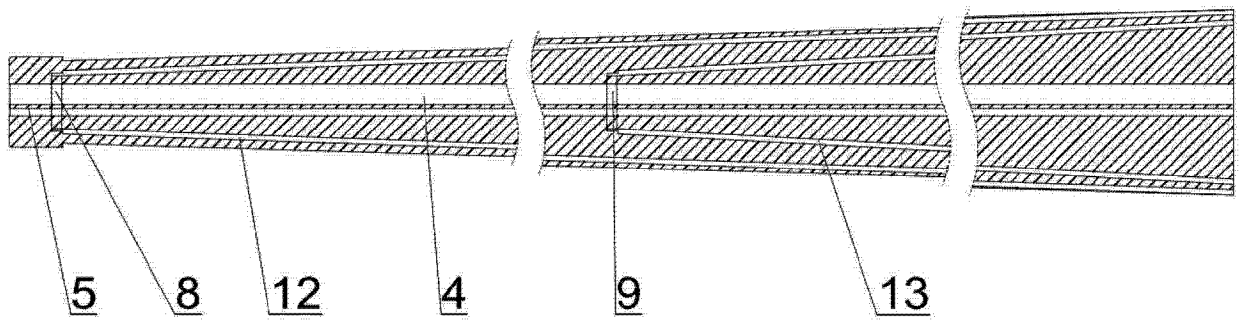


图 5

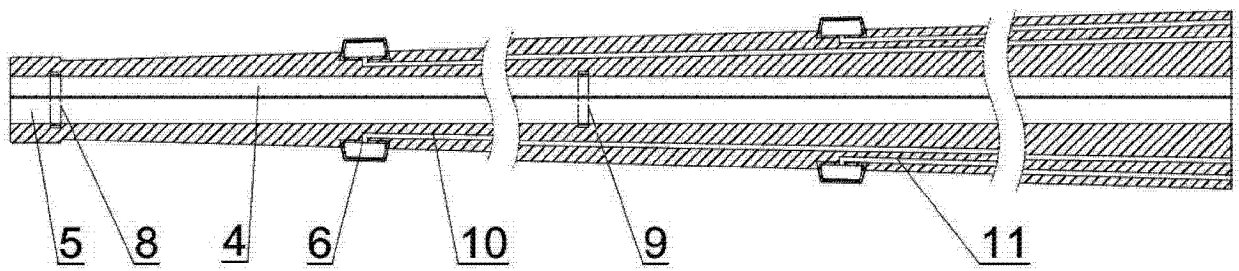


图 6

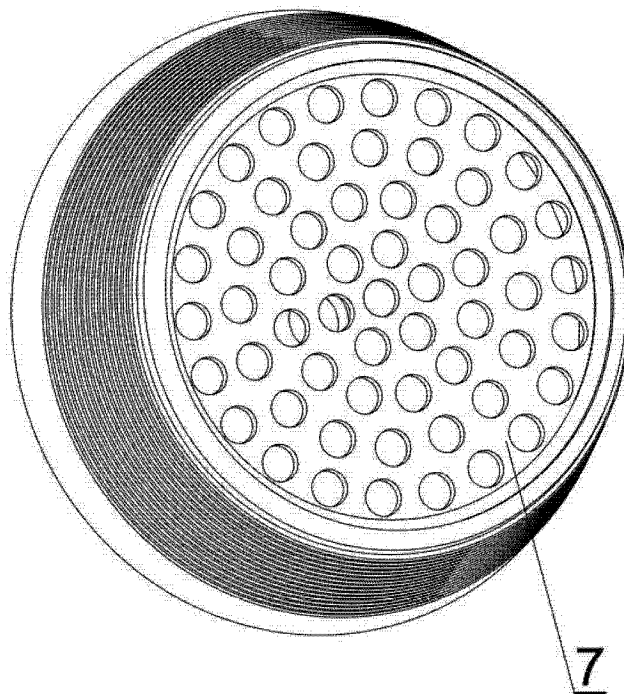


图 7

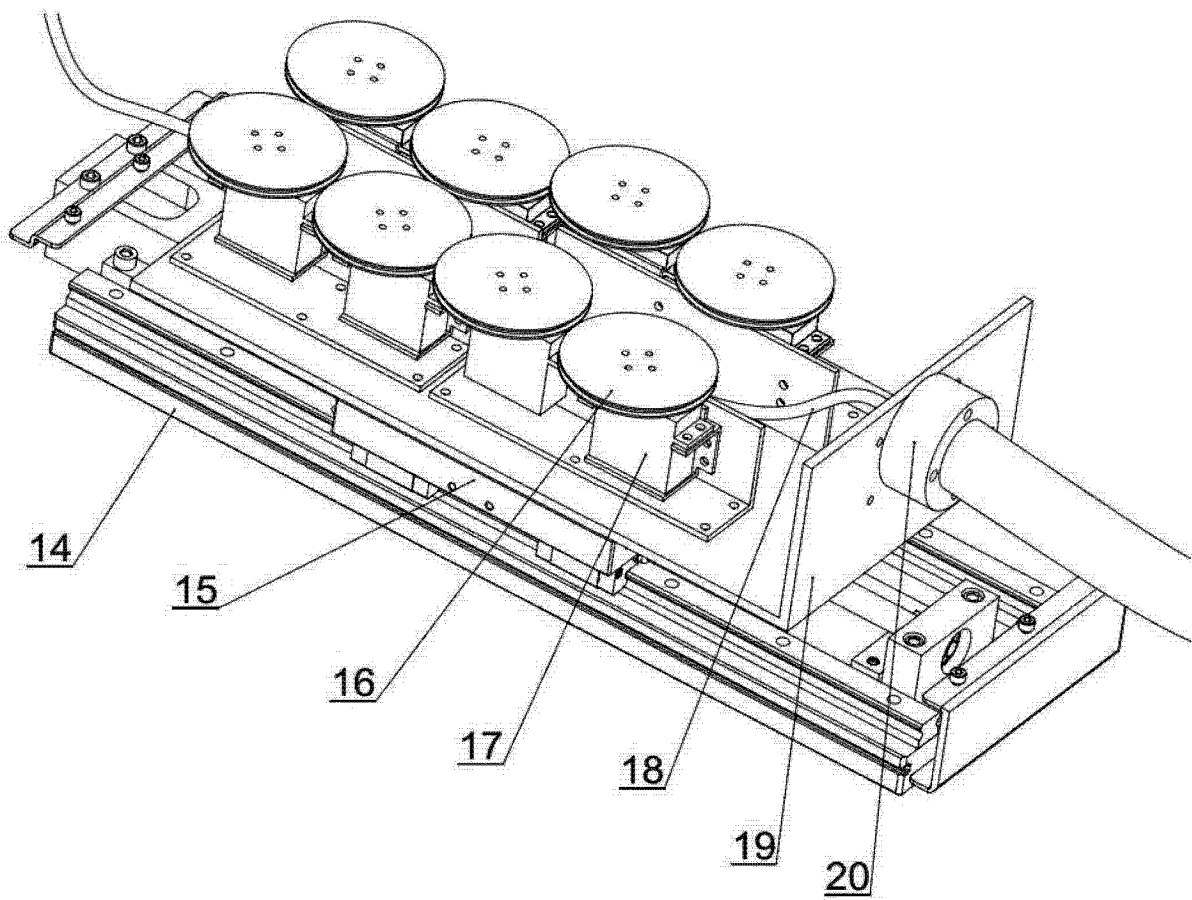


图 8

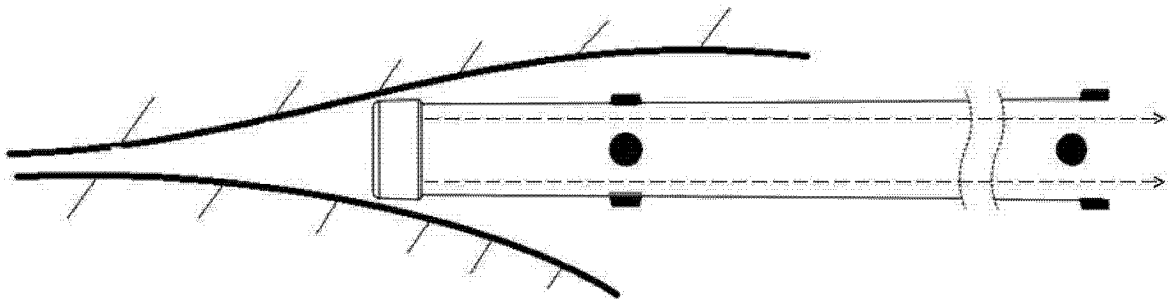


图 9

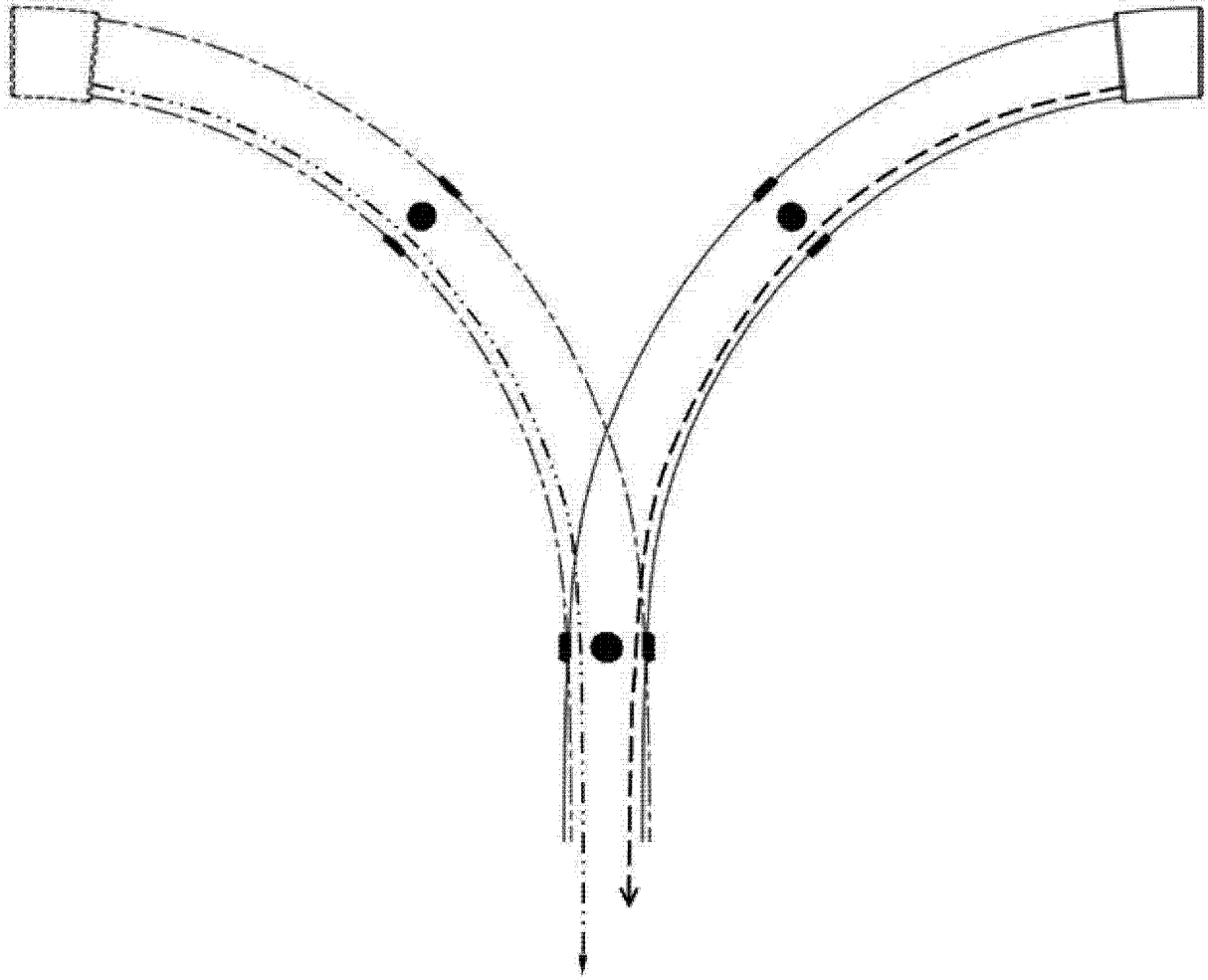


图 10

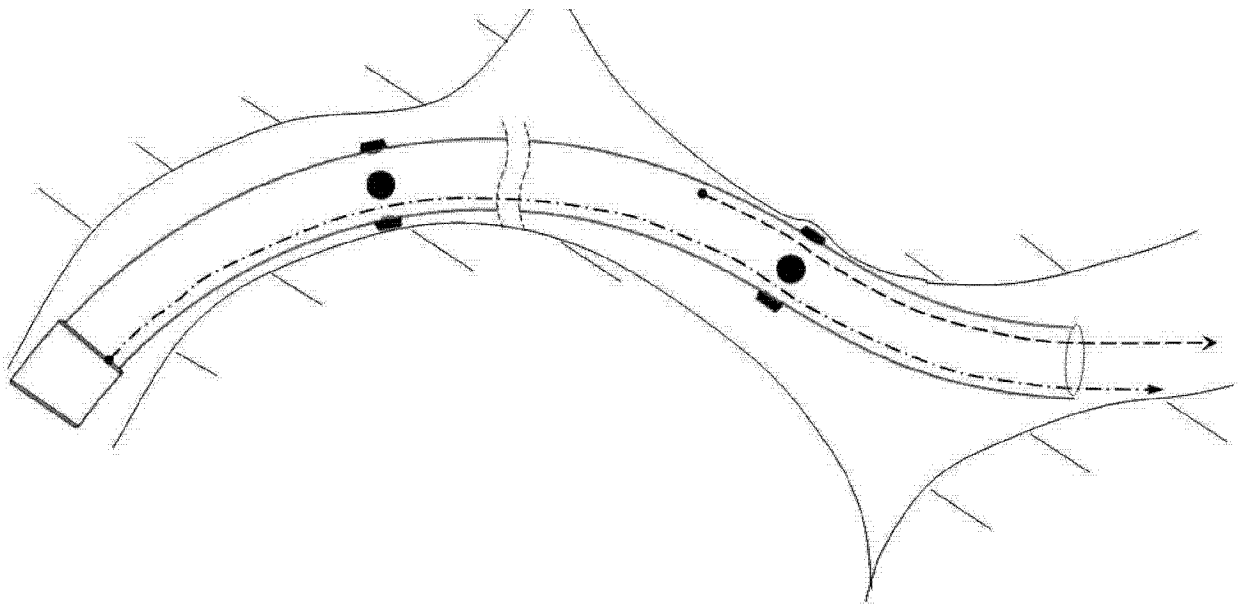


图 11

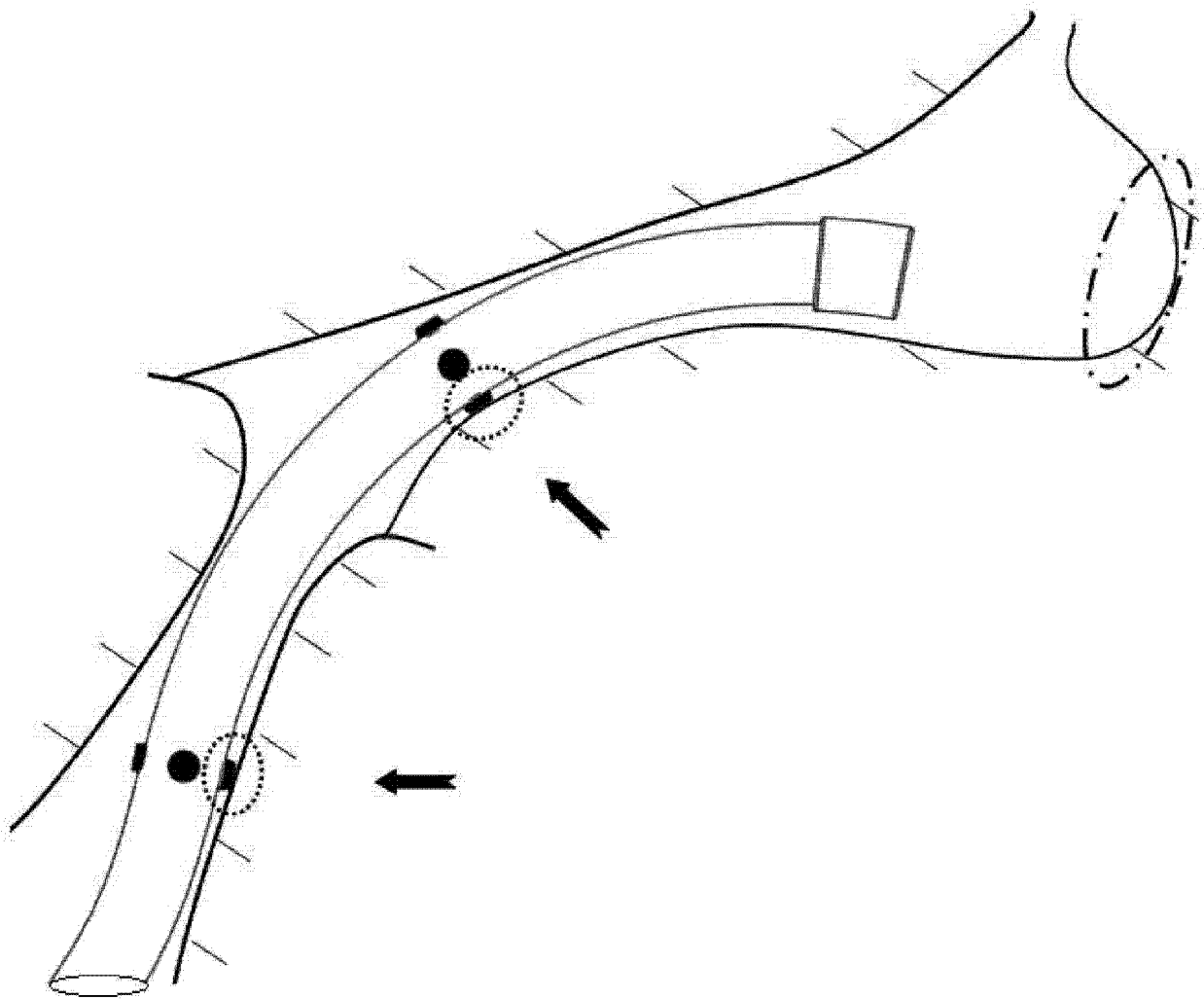


图 12