



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115029223 B

(45) 授权公告日 2023.05.02

(21) 申请号 202210461325.4

C12M 1/04 (2006.01)

(22) 申请日 2022.04.28

C12Q 1/24 (2006.01)

A61B 10/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 115029223 A

(56) 对比文件

US 2020237198 A1, 2020.07.30

(43) 申请公布日 2022.09.09

审查员 杨亚楠

(73) 专利权人 江南大学

地址 214000 江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号

(72) 发明人 李恭新 刘飞 栾小丽 王志国

(74) 专利代理机构 苏州市中南伟业知识产权代

理事务所(普通合伙) 32257

专利代理师 李艾

(51) Int. Cl.

C12M 1/26 (2006.01)

C12M 1/00 (2006.01)

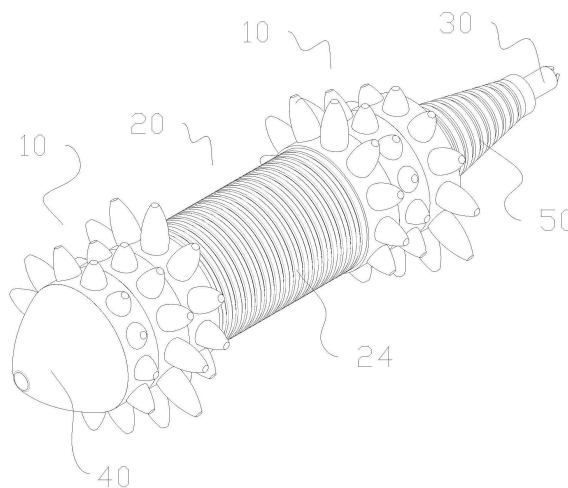
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

一种软体采样机器人及操作方法

(57) 摘要

本发明涉及一种软体采样机器人及操作方法,包括由软体材料制造而成的气驱动的:两变直径锚定机构,包括多个点接触锚定组件,点接触锚定组件包括圆柱腔室和多个凸起腔室,凸起腔室轴对称分布于圆柱腔室的外周,凸起腔室的深度沿圆柱腔室的周向逐渐降低,凸起腔室与圆柱腔室连通,多个点接触锚定组件错位叠加;一转弯机构,设置于两变直径锚定机构之间,转弯机构分隔为两个半圆形气动腔室,每个气动腔室分别设置有第二进气口;一采样器,安装于其中一变直径锚定机构末端,采样器内设置有采样腔室。本发明能够在复杂肠道环境内无损自由移动,并在肠道内任意位置无污染的原位采样。



1. 一种软体采样机器人,其特征在于,包括由软体材料制造而成的气驱动的:

两变直径锚定机构,每个所述变直径锚定机构包括多个点接触锚定组件,所述点接触锚定组件包括圆柱腔室和多个凸起腔室,每个所述圆柱腔室均设置有第一进气口,所述凸起腔室轴对称分布于所述圆柱腔室的外周,所述凸起腔室的深度沿所述圆柱腔室的周向逐渐降低,所述凸起腔室与所述圆柱腔室连通,多个所述点接触锚定组件错位叠加,每个点接触锚定组件均可单独控制;

一转弯机构,设置于两所述变直径锚定机构之间,所述转弯机构包括圆柱形弯曲制动柔性体,所述柔性体分隔为两个半圆形气动腔室,每个气动腔室分别设置有第二进气口;

一采样器,安装于其中一所述变直径锚定机构末端,所述采样器内设置有采样腔室。

2. 根据权利要求1所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述点接触锚定组件设置有三个,三个所述点接触锚定组件同轴设置且以 $120^{\circ}$ 角错位叠加。

3. 根据权利要求2所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述凸起腔室设置有偶数个,深度最大的所述凸起腔室与深度最小的所述凸起腔室相对设置。

4. 根据权利要求1所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述凸起腔室为锥形,锥形所述凸起腔室的底面与所述圆柱腔室的外壁固定相连。

5. 根据权利要求1所述的一种软体采样机器人,其特征在于,另一所述变直径锚定机构的前端连接有抗液阻机构,所述抗液阻机构为锥形,所述抗液阻机构的前端的直径小于末端的直径,所述抗液阻机构末端设置有第三进气口。

6. 根据权利要求1所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述转弯机构的外表面等间距设置有若干第一凹槽,所述第一凹槽内设置有第一O型环。

7. 根据权利要求1所述的一种软体采样机器人,其特征在于,还包括:

一采样臂,设置于所述变直径锚定机构与采样器之间,所述采样臂包括对称的两个半圆锥体腔室,所述半圆锥体腔室通过粘贴形成锥形结构,每个所述半圆锥体腔室均设置有第四进气口。

8. 根据权利要求7所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述采样臂的外表面等间距设置有若干第二凹槽。

9. 根据权利要求1所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述采样器包括中空采样本体,所述采样本体一端与所述变直径锚定机构相连且设置有第五进气口,所述采样本体另一端设置为采样口,所述采样本体内通过活塞分隔为控制腔室和采样腔室,所述进气口连通所述控制腔室,所述采样口通过密封盖封口,所述密封盖通过连杆与所述活塞相连。

10. 根据权利要求9所述的一种软体采样机器人,其特征在于,所述采样本体采用掺杂金属颗粒的软体材料制成。

11. 一种软体采样机器人的操作方法,其特征在于,包括:

机器人蠕动:位于前方的变直径锚定机构不充气,向位于后方的变直径锚定机构通气,使其锚定在肠道内;向转弯机构通气,使其伸长;向位于前方的变直径锚定机构通气,使其锚定在肠道内;将后方变直径锚定机构和转弯机构内的气体放出,使转弯机构收缩带动后方的变直径锚定机构前进;向位于后方的变直径锚定机构通气,将位于前方的变直径锚定机构内气体放出;

其中,所述变直径锚定机构包括多个点接触锚定组件,所述点接触锚定组件包括圆柱

腔室和多个凸起腔室,每个所述圆柱腔室均设置有第一进气口,所述凸起腔室轴对称分布于所述圆柱腔室的外周,所述凸起腔室的深度沿所述圆柱腔室的周向逐渐降低,所述凸起腔室与所述圆柱腔室连通,多个所述点接触锚定组件错位叠加,锚定时,控制单个或多个点接触锚定组件充气以保证在肠道内的锚定;

采样:将与采样器相连的变直径锚定机构锚定在肠道内,向采样器的控制腔室进气,推动活塞向采样腔室的方向移动,带动密封盖打开采样口,样本从采样口进入采样腔室;采样结束后,将控制腔室内气体放出,活塞复位,带动密封盖将样本密封在采样腔室内。

12.根据权利要求11所述的一种软体采样机器人的操作方法,其特征在于,机器人蠕动时,控制其中一个半圆形气动腔室的压强大于另一个,以控制机器人转弯;采样时,向其中一个半圆锥体腔室通气,以调整采样位置。

## 一种软体采样机器人及操作方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及软体机器人技术领域,尤其是指一种软体采样机器人及操作方法。

### 背景技术

[0002] 人体肠道微生物基因组作为人类的第二套基因组,与人类健康密切相关。目前大量的研究表明肠道菌的失衡与包括癌症、帕金森、老年痴呆、心血管等50多种重大疾病的发生密切相关。肠道菌研究及其与疾病发生机制的研究已经成为当前世界性的科研前沿热点问题。目前针对肠道菌及其相关的研究通常以从粪便中采集的菌种为样本,然而,粪便中的菌群与肠道内的菌群在种类、丰度和性能上都有很大区别,难以准确和全面地表征肠道内菌群变化;而其他借助内窥镜技术的侵入性采样方法采样位点有限且难以精准定位。因此,发展一种新的肠道菌原位采样方法对肠道菌研究及其相关疾病诊断具有重要的意义。

[0003] 软体机器人的出现为肠道菌群精准原位取样提供可行手段。软体机器人是采用软材料或柔性材料加工而成,自身可连续变形,与刚性机器人相比具有更高的柔顺性、安全性和适应性。软体机器人可以大幅度弯曲、扭转和伸缩,可在有限空间下作业,且材料刚度与生物体相似,可以在人体的复杂内腔中移动而不会对器官造成伤害,因此,软体机器人在医疗领域有着巨大的应用前景,如用于微创手术。意大利圣安娜高等研究院的T.Ranzani等学者设计了一种多模态的软体操作手,能够进入狭小空间并抓取柔软的不规则物体,为腹腔镜手术提供一种新的思路[T.Ranzani,et al,Bioinspir Biomim,2015;M.Cianchetti,et al.Soft Robot,2014];苏黎世大学的R.Pfeifer和上海交通大学的W.Chen等学者开发了一种有线驱动的软体内窥镜系统实现微创心脏消融手术[M.McCandless,et al,Soft Robot,2021];波士顿大学的S.Russo等学者设计和制造的软体机器人,固定在支气管镜末端并安装了视觉系统,能够进入肺小管内实现肺癌的检测和治疗[L.Marechal,et al,Soft Robot,2020]。然而,前述的一端固定的软体机器人操作手在操作范围、运动灵活性等方面依然难以满足肠道长纵深环境下的微生物采样需求。因此,针对在长纵深狭窄肠道内应用,近年来研究者们提出无固定端的软体机器人研究思路,并已取得了一系列初步成果。上海交通大学的X.Jin等学者设计和制造了一款微型软体机器人肠镜样机,该机器人用两个球囊沿径向交替支撑在肠道内壁,用轴向运动的线性马达驱动软体机器人在肠道内灵活运动,并通过实验验证了该机器人能够在体外的猪结肠内自由移动[K.Wang,et al,ROBIO,2013]。然而,该软体机器人通过线性马达沿着轴向驱动,难以实现转弯的移动方式。为了实现软体机器人在弯曲肠道内运动,香港中文大学的Z.Li等学者设计和制造了一款针对肠胃检查的仿蚯蚓软体机器人样机,该机器人包括两个锚定的扩展段和可弯曲的中间拉伸段,通过气动控制扩展段交替锚定和中间段腔室的气压,实现在硬质塑料管和体外猪结肠内的自由运动;而该软体机器人中间段并列的多腔室设计,并通过控制不同腔室气压实现软体机器人在肠道内的弯曲运动。该软体机器人能够在90°转角管道内运动,但是没有解决在肠道直径变化较大的环境内运动的问题。而为了实现软体机器人在变孔径肠道环境内运动问题,邓迪大学的L.Manfredi等学者设计和制造了一种软体气动尺蠖双气囊(SPID)机器人,

该机器人前后两个气囊交替充放气用于锚定机器人,通过对该软体机器人两个锚定部分膨胀系数的控制实现在变直径的刚体管道和多角度弹性肠道假体内自由移动[H.Heung, et al, ROPIO, 2016]。该机器人虽然实现了变孔径和柔性转角管道的运动,但是针对内含粘稠液体的复杂管道环境内的运动可行性依然没有得到验证。目前,在肠道内应用的软体机器人大多是在离体干燥的肠道内运动,而在内含粘稠液体、盘曲、复杂的肠道环境运行的软体机器人的研究依然还是空白。此外,针对肠道应用的软体机器人还主要停留在实现肠道内自由运动的阶段,在肠道内实现菌种采样的研究依然还是空白。

[0004] 总之,软体机器人因其本身的柔性和理论上有限自由度的特性,使得其具备了在复杂肠道环境内采样的巨大潜力。然而,目前在软体机器人的研究还无法实现在长纵深、急角转弯、变孔径和多皱褶等综合特征的肠道环境内运动和采样;且软体机器人在肠道内实现微生物采样方面的成果依然还没有被报道过。

## 发明内容

[0005] 为此,本发明所要解决的技术问题在于克服现有技术中软体机器人无法在复杂的肠道环境内运动和采样的缺陷,提供一种软体采样机器人及操作方法,通过变直径锚定机构与转弯机构及采样机构的配合实现在长纵深、急角转弯、变孔径和多皱褶等综合特征的肠道环境内无损自由运动和原位采样,为肠道菌采样提供一种全新的可行方法。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种软体采样机器人,包括由软体材料制造而成的气驱动的:

[0007] 两变直径锚定机构,每个所述变直径锚定机构包括多个点接触锚定组件,所述点接触锚定组件包括圆柱腔室和多个凸起腔室,每个所述圆柱腔室均设置有第一进气口,所述凸起腔室轴对称分布于所述圆柱腔室的外周,所述凸起腔室的深度沿所述圆柱腔室的周向逐渐降低,所述凸起腔室与所述圆柱腔室连通,多个所述点接触锚定组件错位叠加;

[0008] 一转弯机构,设置于两所述变直径锚定机构之间,所述转弯机构包括圆柱形弯曲制动柔性体,所述柔性体分隔为两个半圆形气动腔室,每个气动腔室分别设置有第二进气口;

[0009] 一采样器,安装于其中一所述变直径锚定机构末端,所述采样器内设置有采样腔室。

[0010] 在本发明的一个实施例中,所述点接触锚定组件设置有三个,三个所述点接触锚定组件同轴设置且以 $120^\circ$ 角错位叠加。

[0011] 在本发明的一个实施例中,所述凸起腔室设置有偶数个,深度最大的所述凸起腔室与深度最小的所述凸起腔室相对设置。

[0012] 在本发明的一个实施例中,所述凸起腔室为锥形,锥形所述凸起腔室的底面与所述圆柱腔室的外壁固定相连。

[0013] 在本发明的一个实施例中,另一所述变直径锚定机构的前端连接有抗液阻机构,所述抗液阻机构为锥形,所述抗液阻机构的前端的直径小于末端的直径,所述抗液阻机构末端设置有第三进气口。

[0014] 在本发明的一个实施例中,所述转弯机构的外表面等间距设置有若干第一凹槽,所述第一凹槽内设置有第一O型环。

[0015] 在本发明的一个实施例中,还包括:

[0016] 一采样臂,设置于所述变直径锚定机构与采样器之间,所述采样臂包括对称的两个半圆锥体腔室,所述半圆锥体腔室通过粘贴形成锥形结构,每个所述半圆锥体腔室均设置有第四进气口。

[0017] 在本发明的一个实施例中,所述采样臂的外表面等间距设置有若干第二凹槽。

[0018] 在本发明的一个实施例中,所述采样器包括中空采样本体,所述采样本体一端与所述变直径锚定机构相连且设置有第五进气口,所述采样本体另一端设置为采样口,所述采样本体内通过活塞分隔为控制腔室和采样腔室,所述进气口连通所述控制腔室,所述采样口通过密封盖封口,所述密封盖通过连杆与所述活塞相连。

[0019] 在本发明的一个实施例中,所述采样本体采用掺杂金属颗粒的软体材料制成。

[0020] 一种软体采样机器人的操作方法,包括:

[0021] 机器人蠕动:位于前方的变直径锚定机构不充气,向位于后方的变直径锚定机构通气,使其锚定在肠道内;向转弯机构通气,使其伸长;向位于前方的变直径锚定机构通气,使其锚定在肠道内;将后方变直径锚定机构和转弯机构内的气体放出,使转弯机构收缩带动后方的变直径锚定机构前进;向位于后方的变直径锚定机构通气,将位于前方的变直径锚定机构内气体放出;

[0022] 采样:将与采样器相连的变直径锚定机构锚定在肠道内,向采样器的控制腔室进气,推动活塞向采样腔室的方向移动,带动密封盖打开采样口,样本从采样口进入采样腔室;采样结束后,将控制腔室内气体放出,活塞复位,带动密封盖将样本密封在采样腔室内。

[0023] 在本发明的一个实施例中,机器人蠕动时,控制单个或多个点接触锚定组件充气以保证在肠道内的锚定。

[0024] 在本发明的一个实施例中,机器人蠕动时,控制其中一个半圆形气动腔室的压强大于另一个,以控制机器人转弯;采样时,向其中一个半圆锥体腔室通气,以调整采样位置。

[0025] 本发明的上述技术方案相比现有技术具有以下优点:

[0026] 本发明所述的软体采样机器人,通过两组变直径锚定机构和转弯机构的配合实现在长纵深、急角转弯、变孔径和多皱褶等综合特征的肠道环境内无损自由运动,通过连接采样器,在肠道内任意位置进行原位采样,利用密封盖与活塞的联动,保证了采样腔室不被污染。

[0027] 本发明所述的操作方法,步骤简单,操作方便,实现复杂肠道环境的无污染原位采样。

## 附图说明

[0028] 为了使本发明的内容更容易被清楚的理解,下面根据本发明的具体实施例并结合附图,对本发明作进一步详细的说明,其中

[0029] 图1是本发明整体结构示意图;

[0030] 图2是本发明点接触锚定组件剖视图;

[0031] 图3是本发明变直径锚定机构示意图;

[0032] 图4是本发明转弯机构截面图;

[0033] 图5是本发明抗液阻机构截面图;

[0034] 图6是本发明采样臂截面图；

[0035] 图7是本发明采样器截面图。

[0036] 说明书附图标记说明：10、变直径锚定机构；11、点接触锚定组件；12、圆柱腔室；13、凸起腔室；14、第一进气口；

[0037] 20、转弯机构；21、气动腔室；22、第二进气口；23、第一凹槽；24、第一O型环；

[0038] 30、采样器；31、采样本体；32、第五进气口；33、采样口；34、活塞；35、密封盖；36、连杆；

[0039] 40、抗液阻机构；41、第三进气口；

[0040] 50、采样臂；51、锥体腔室；52、第四进气口；53、第二凹槽。

## 具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明，以使本领域的技术人员可以更好地理解本发明并能予以实施，但所举实施例不作为对本发明的限定。

[0042] 参照图1所示，为本发明的一种软体采样机器人整体结构示意图。本发明的软体采样机器人包括由软体材料制造而成的气驱动的：

[0043] 两变直径锚定机构10，用于将机器人定位在肠道内。参照图2和图3所示，每个所述变直径锚定机构10包括多个点接触锚定组件11，所述点接触锚定组件11包括圆柱腔室12和多个凸起腔室13，每个所述圆柱腔室12均设置有第一进气口14，所述凸起腔室13轴对称分布于所述圆柱腔室12的外周，所述凸起腔室13的深度沿所述圆柱腔室12的周向从对称轴一端向另一端逐渐降低，所述凸起腔室13与所述圆柱腔室12连通。在点接触锚定组件11未充气时，凸起腔室13处于收缩状态，当向点接触锚定组件11通气，凸起腔室13向圆柱腔室12外凸出，点接触锚定组件11的外径变大，从而凸起腔室13的前端能够接触肠道内壁。凸起腔室13的尺寸较小，因此凸起腔室13与肠道内壁近似点接触，接触面积小，因此点接触锚定组件11对肠道的压强较大，从而即使肠道内含粘稠液体，存在褶皱等，仍能够保证点接触锚定组件11在肠道内定位的稳定。进一步的，由于凸起腔室13深度不一，当多个所述点接触锚定组件11错位叠加，即圆柱腔室12同轴设置，相邻点接触锚定组件11的凸起腔室13交错设置，此时所有点接触锚定组件11均通气，则各深度最深的凸起腔室13均匀抵接肠道内壁，机器人位于肠道截面中心，适于肠道的平直部分。当存在盘曲、褶皱、轴心螺旋扭曲不在同一条直线等极度不规则的肠道环境时，机器人可能并不位于肠道截面中心，机器人周向与肠道内壁之间的间距不均匀，此时若凸起腔室13在圆柱腔室12周围伸出长度相同，则有的凸起腔室13接触肠道内壁且对肠道内壁的压强较大，而有的凸起腔室13接触不到肠道内部，导致机器人的锚定不准。本实施例中，每个点接触锚定组件11均可单独控制，故可以根据肠道的实际情况，选择性对个别点接触锚定组件11通气，使得深度较深的凸起腔室13对应机器人与肠道内壁距离较远的位置，则深度较浅的凸起腔室13即对应机器人与肠道内壁距离较近的位置，保证凸起腔室13与肠道的接触，使机器人适应在非规则形状肠道内锚定。

[0044] 一转弯机构20，以实现机器人的移动。转弯机构20设置于两所述变直径锚定机构10之间，通过交替驱动两变直径锚定机构10和转弯机构20实现软体机器人在肠道内以蠕动方式运动。具体的，驱动后方的变直径锚定机构10在肠道内锚定，驱动转弯机构20向前伸长，带动前方的变直径锚定机构10向前移动，而后驱动前方的变直径锚定机构10在肠道内

锚定,放开转弯机构20和后方的变直径锚定机构10,转弯机构20收缩带动后方的变直径锚定机构10前移,实现机器人的蠕动。由于肠道形状不规则,故所述转弯机构20包括圆柱形能够弯曲的制动柔性体,参照图4所示,所述柔性体分隔为两个半圆形气动腔室21,每个气动腔室21分别设置有第二进气口22。当仅驱动其中一个第二进气口22,则该第二进气口22对应的半圆形气动腔室21伸长变形,而另一半圆形气动腔室21产生压缩变形,引起转弯机构20弯曲,使得机器人始终对应肠道的延伸方向。

[0045] 一采样器30,用于在肠道内任意位置无污染的原位采集肠道菌样本。采样器30安装于其中一所述变直径锚定机构10末端,在变直径锚定机构10锚定于肠道内后,独立作业进行采样。所述采样器30内设置有采样腔室,采集得到的样本直接密封存储于采样腔室内。

[0046] 作为本发明的优选实施例,为在满足机器人小体积要求的基础上能够实现各方向的锚定,所述点接触锚定组件11设置有三个,三个所述点接触锚定组件11同轴设置且以 $120^\circ$ 角错位叠加。根据机器人外周与肠道内壁之间的距离,选择驱动一个或两个或三个点接触锚定组件11。为使得相邻凸起腔室13的深度均匀变化,所述凸起腔室13设置有偶数个,以两个相对的凸起腔室13的中心线作为对称轴,则相邻两个凸起腔室13的深度均不相同,此时对称轴两端对应的两个凸起腔室13分别为深度最大的凸起腔室13和深度最小的凸起腔室13。更进一步的,为保证凸起腔室13与圆柱腔室12的连接,同时减小凸起腔室13与肠道的接触面积,所述凸起腔室13为锥形,锥形所述凸起腔室13的末端与所述圆柱腔室12的外壁固定相连。具体的,本实施例中圆柱腔室12的直径为 $50\text{mm}\sim 70\text{mm}$ ,则凸起腔室13设置有12个,凸起腔室13的前端直径为 $5\text{mm}\sim 10\text{mm}$ ,末端直径为 $12\text{mm}\sim 18\text{mm}$ ,最大深度为 $18\text{mm}\sim 25\text{mm}$ ,最小深度为 $3\text{mm}\sim 8\text{mm}$ ,此时凸起腔室13的分布不至于过分密集也不会过于疏松,使得每个凸起腔室13均能与肠道接触。

[0047] 参照图1和图5所示,另一所述变直径锚定机构10的前端连接有抗液阻机构40,以降低软体机器人运动过程中受到的液体阻力。根据流体力学,一个物体越接近流线型,阻力就越小,故所述抗液阻机构40为锥形,所述抗液阻机构40的前端的直径小于末端的直径,利用抗液阻机构40本身的形状降低行进过程中的阻力。进一步的所述抗液阻机构40末端还设置有第三进气口41,由于抗液阻机构40为软体材料制成,通过进气能够控制抗液阻机构40的膨胀体积,使得抗液阻机构40更趋近于流线型,进一步降低软体机器人运行阻力。

[0048] 参照图4所示,由于转弯机构20为软体材料制成,当对转弯机构20通气,转弯机构20不仅会伸长,同时还会向径向膨胀,导致前进速度慢,弯曲角度小。故本实施例中,在所述转弯机构20的外表面等间距设置有若干第一凹槽23,所述第一凹槽23内设置有第一O型环24。第一O型环24限制了转弯机构20径向上的膨胀,从而转弯机构20更多沿轴向膨胀,在机器人向前蠕动时,增加了每次向前移动的距离,提高了前进速度,在弯曲时,进气部分的半圆形气动腔室21伸长变形大,从而能够提供更大的弯曲角度,适应复杂的肠道环境。

[0049] 参照图1和图6所示,作为本发明的优选实施例,为能够采集到肠道内不同位置的样本,还设置一采样臂50,设置于所述变直径锚定机构10与采样器30之间,采样臂50向不同方向弯曲,带动采样器30到达肠道内的不同位置。所述采样臂50包括对称的两个半圆锥体腔室51,所述半圆锥体腔室51通过粘贴形成锥形结构,采样臂50直径较大的一端与变直径锚定机构10相连,直径较小的一端安装采样器30,此种设置方式能够减小机器人移动过程中的阻力。为实现采样臂50向不同方向弯曲,每个所述半圆锥体腔室51均设置有第四进气



口52。当仅对其中一个半圆锥体腔室51通气时,该部分伸长变形,另一部分压缩变形,实现采样臂50的弯曲。进一步的,所述采样臂50的外表面等间距设置有若干第二凹槽53。第二凹槽53的设置限制了采样臂50的径向变形,使得采样臂50更容易弯曲。

[0050] 参照图7所示,所述采样器30包括中空采样本体31,所述采样本体31一端与所述变直径锚定机构10相连且设置有第五进气口32,所述采样本体31另一端设置为采样口33,所述采样本体31内通过活塞34分隔为控制腔室和采样腔室,所述进气口连通所述控制腔室,所述采样口33通过密封盖35封口,所述密封盖35通过连杆36与所述活塞34相连。通过对第五进气口32气压的控制来调节控制腔室的压强,从而推动活塞34以驱动采样腔室从采样口33吸入样本。样本的定量采集通过调节控制腔室体积实现。密封盖35与活塞34联动开合,即,在未采样和完成采样后,采样口33始终处于关闭状态,保证了采样腔室不被污染;而采样口33的打开通过活塞34移动控制。采样本体31由掺杂金属颗粒的硅胶材料制成,以提高腔体刚度,从而避免采样器30形变对采样精度的影响。

[0051] 本发明的工作原理如下:

[0052] 软体采样机器人进入肠道内,通过机器人内部的气源,交替驱动两变直径锚定机构10和转弯机构20实现软体采样机器人在肠道内以蠕动方式运动。软体采样机器人运动到采样点后,驱动采样臂50弯曲,将采样器30定位到肠道内不同位置。最后驱动采样器30采集样本。

[0053] 本发明还提供了一种软体采样机器人的操作方法,包括:

[0054] 机器人蠕动:位于前方的变直径锚定机构10不充气,机器人内部的气源向位于后方的变直径锚定机构10通气,使其锚定在肠道内;此时机器人后端的位置固定,向转弯机构20通气,使其伸长,转弯机构20向前伸长,带动前方的变直径锚定机构10向前移动;向已经移动到前方的变直径锚定机构10通气,使其锚定在肠道内,即机器人的前端固定;将后方变直径锚定机构10和转弯机构20内的气体放出,后方的变直径锚定机构10不充气后,其不再抵接肠道内壁,从而能够在肠道内移动,转弯机构20不充气后,转弯机构20由原来的伸长状态复位,由于其前端固定,因此后端向前移动,带动后方的变直径锚定机构10前进,实现机器人整体向前移动;向位于后方的变直径锚定机构10充气,将机器人后端固定,将位于前方的变直径锚定机构10内气体放出,使前方的变直径锚定机构10能够在肠道内移动;而后重复动作,实现机器人在肠道内的持续移动。当机器人遇到肠道盘曲时,根据盘曲方向,使其其中一个半圆形气动腔室21的压强大于另一个半圆形气动腔室21的压强,以控制机器人在前进的同时进行转弯。又由于肠道轴心可能不在同一条线上,因此向编织经锚定机构通气时,根据实际情况控制单个或多个点接触锚定组件11充气以保证在肠道内的锚定。

[0055] 采样:机器人运动到采样点后,将与采样器30相连的变直径锚定机构10锚定在肠道内,以保证机器人位置的固定。通过机器人内部的气源向采样器30的控制腔室进气,控制腔室的压强增大,推动活塞34向采样腔室的方向移动,带动密封盖35打开采样口33,样本从采样口33进入采样腔室,通过调节控制腔室的体积,实现样本的定量采集。采样结束后,将控制腔室内气体放出,活塞34复位,带动密封盖35将样本密封在采样腔室内。在未采样和完成采样后,采样口33始终处于关闭状态,保证了采样腔室不被污染。在确定采样位置是,通过向其中一个半圆锥体腔室51通气,实现采样臂50的弯曲,将采样器30定位到肠道内不同位置。

[0056] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

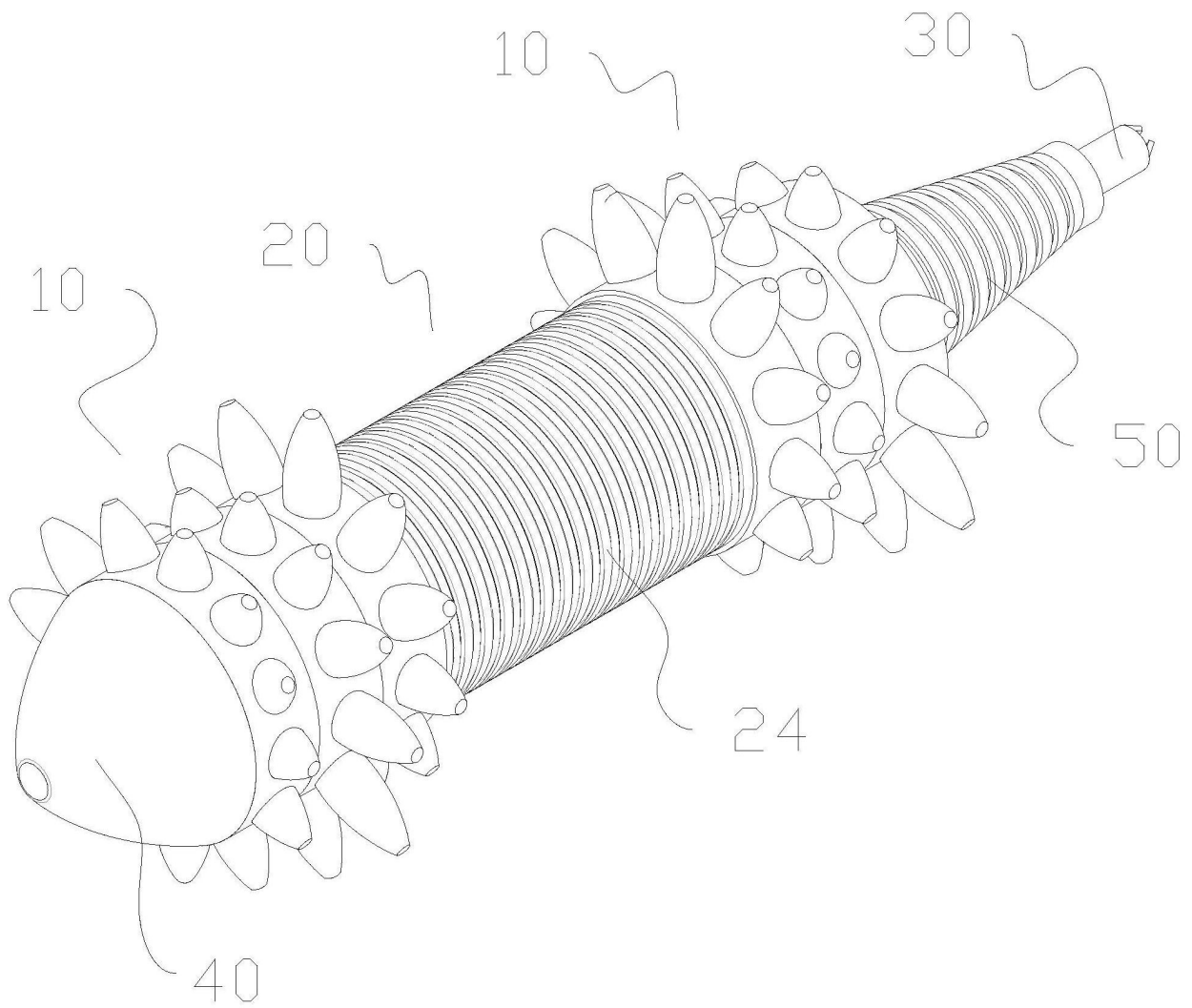


图1

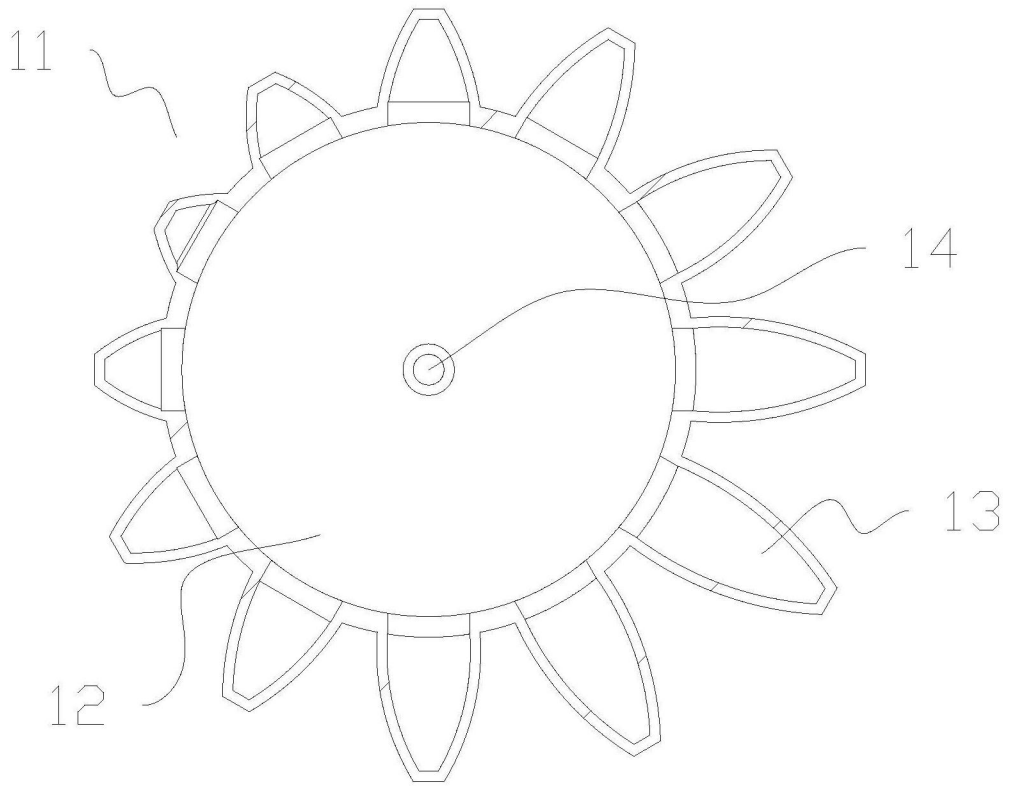


图2

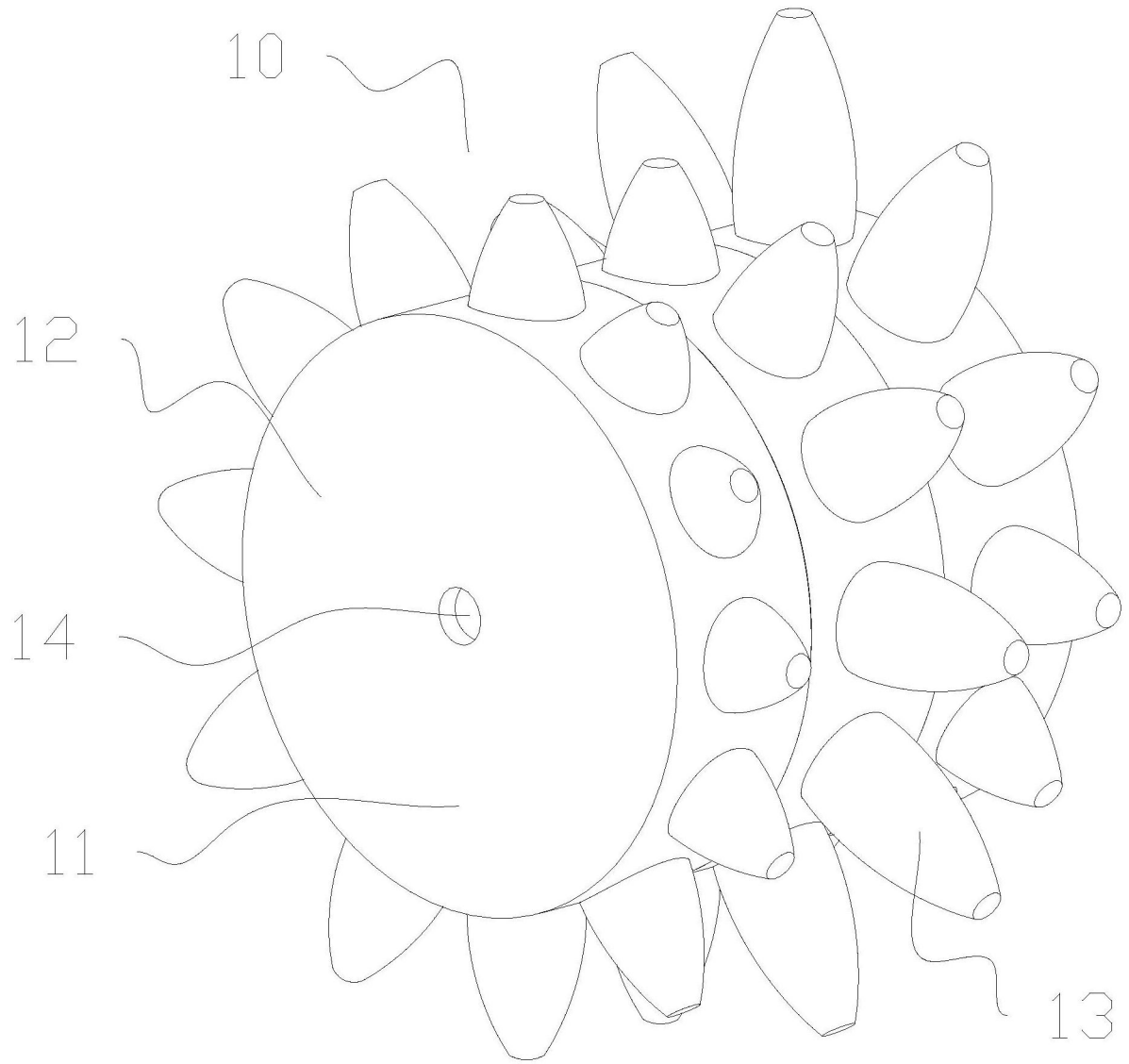


图3

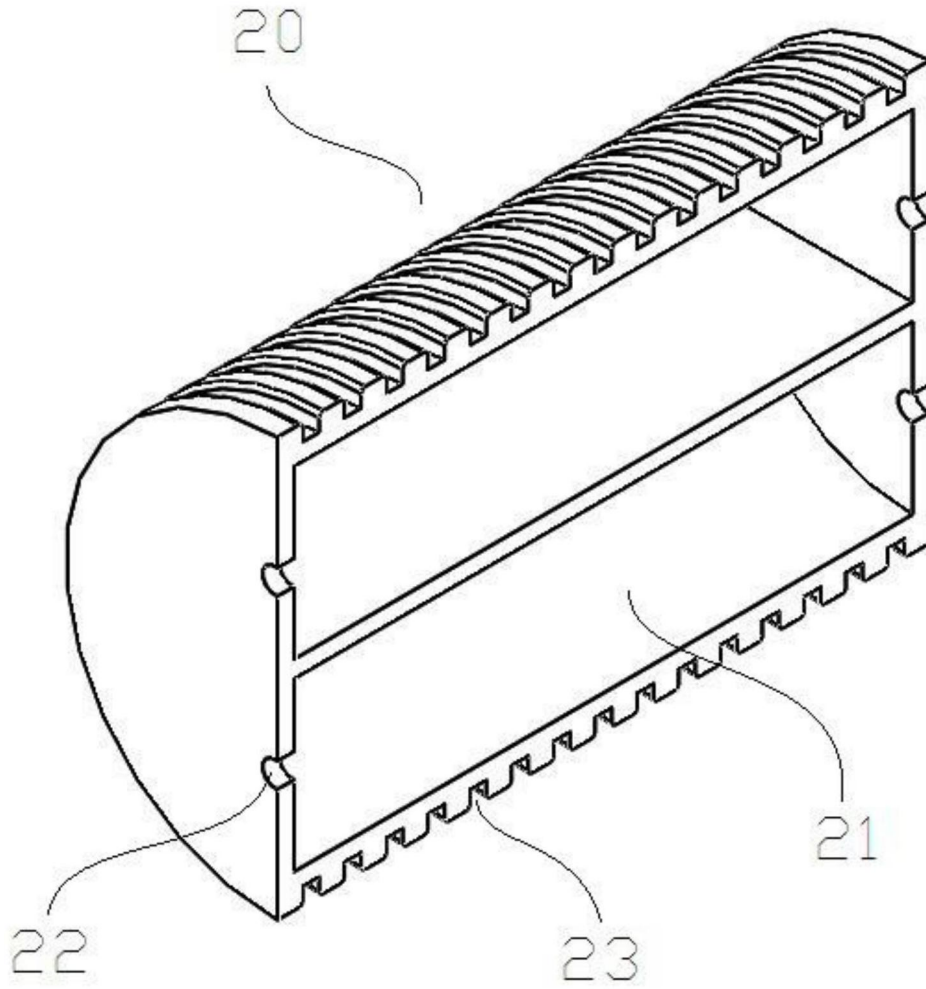


图4

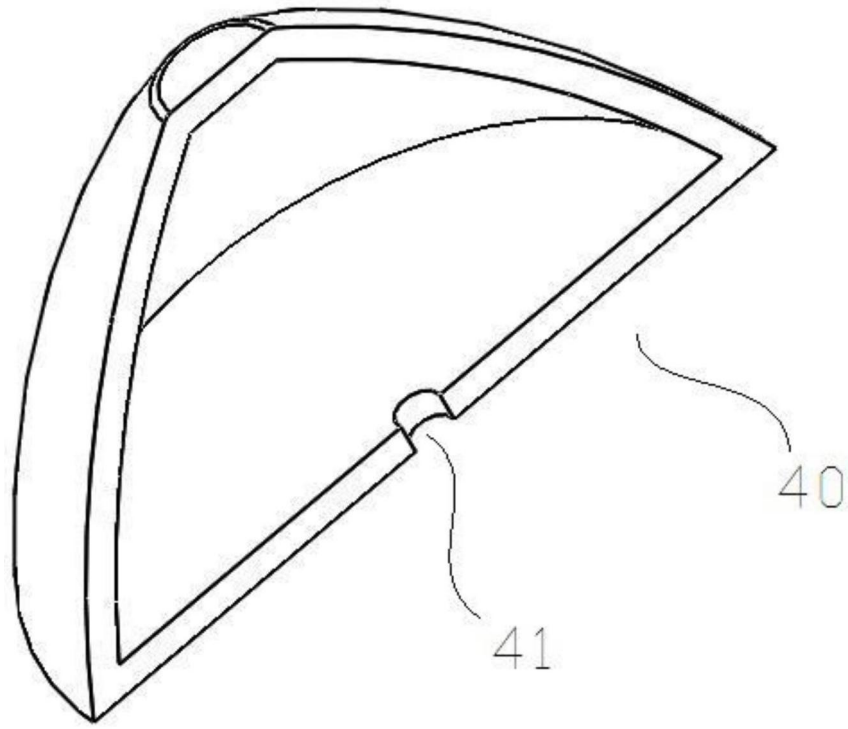


图5

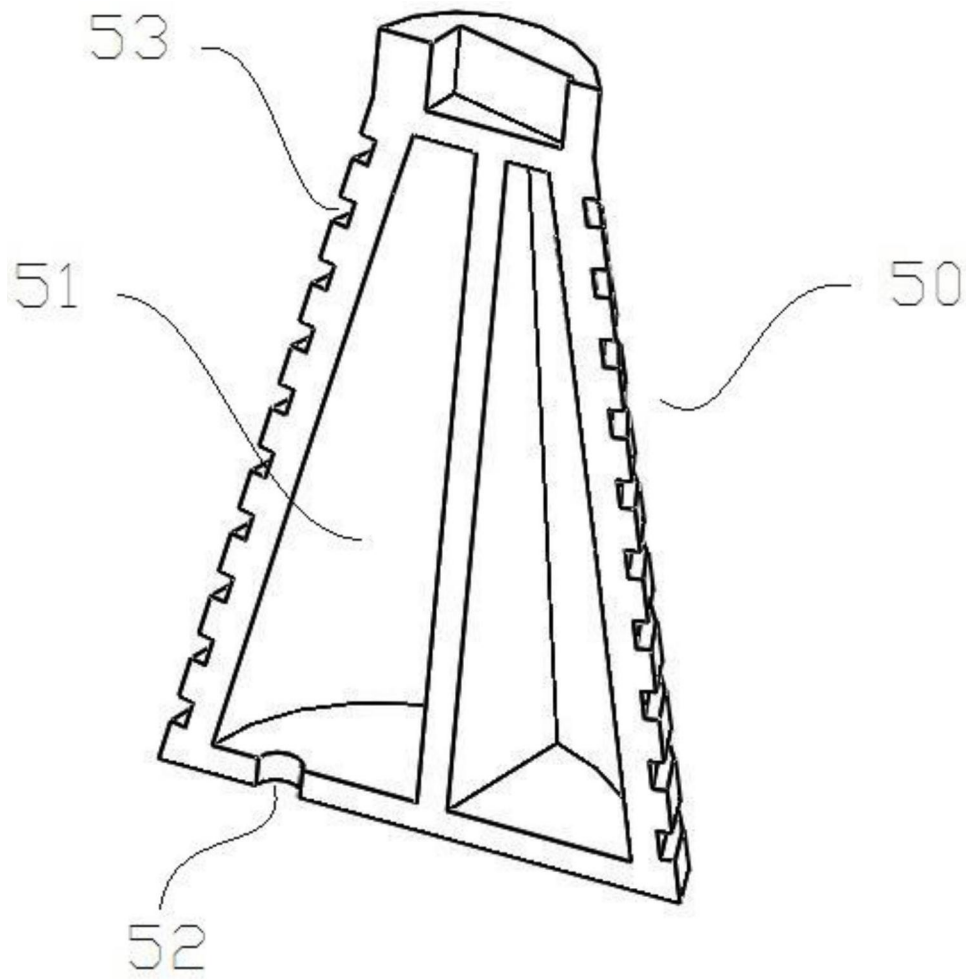


图6



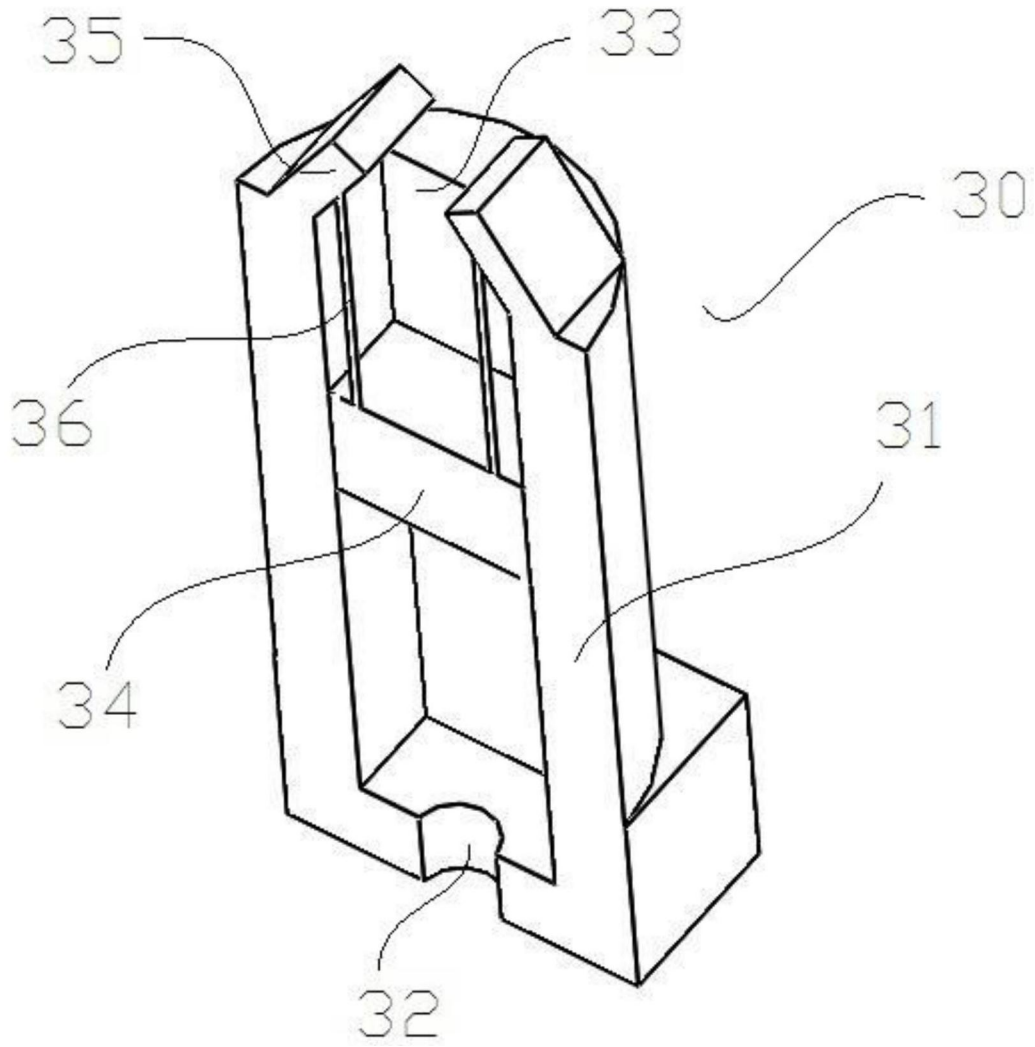


图7