



(21) 申请号 202210253052.4

(22) 申请日 2022.03.15

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114738600 A

(43) 申请公布日 2022.07.12

(73) 专利权人 香港理工大学深圳研究院

地址 518057 广东省深圳市南山区粤海街  
道高新技术产业园南区粤兴一道18号  
香港理工大学产学研大楼205室

(72) 发明人 徐华峰 曹建农 孙文涛 梁志煊  
陈金林 程志钦

(74) 专利代理机构 深圳市君胜知识产权代理事  
务所(普通合伙) 44268

专利代理师 谢松

(51) Int. Cl.

F16L 55/34 (2006.01)

F16L 55/44 (2006.01)

F16L 101/30 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101169212 A, 2008.04.30

CN 102798665 A, 2012.11.28

CN 107830307 A, 2018.03.23

CN 110645444 A, 2020.01.03

CN 111692457 A, 2020.09.22

CN 111911745 A, 2020.11.10

CN 112097009 A, 2020.12.18

CN 112454421 A, 2021.03.09

CN 112923162 A, 2021.06.08

CN 113048326 A, 2021.06.29

CN 113566048 A, 2021.10.29

CN 210998713 U, 2020.07.14

CN 212868986 U, 2021.04.02

CN 214296396 U, 2021.09.28

DE 102014104985 A1, 2015.10.08

KR 101355202 B1, 2014.01.27

KR 101461398 B1, 2014.11.13

KR 20130134832 A, 2013.12.10

US 2004252189 A1, 2004.12.16

US 2006070775 A1, 2006.04.06

US 2018266616 A1, 2018.09.20

US 2021071799 A1, 2021.03.11

US 2021148503 A1, 2021.05.20

审查员 吕翔宇

权利要求书2页 说明书9页 附图5页

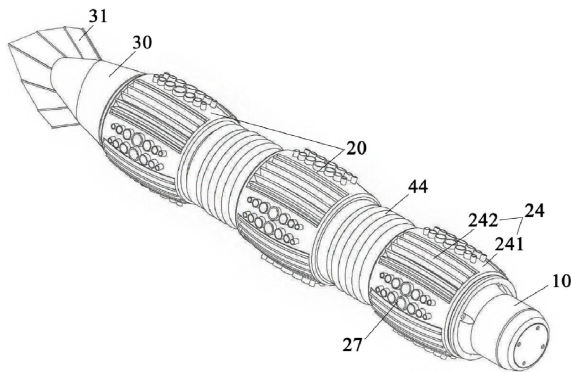
(54) 发明名称

一种模块化的管道缺陷检测软体机器人

(57) 摘要

本发明公开了一种模块化的管道缺陷检测软体机器人,包括:头部模块和尾部模块,头部模块内设置有管道缺陷检测装置;至少两个中部模块,各所述中部模块依次通过转动组件连接,最外端的两个所述中部模块分别与所述头部模块和所述尾部模块连接;其中,所述中部模块可向外弯曲膨胀和向内收缩。中部模块可向外弯曲膨胀,则可以挤压管道的内壁从而将该中部模块固定在管道中,中部模块向内收缩,中部模块的长度增加,则可以在管道内向前伸出,通过转动组件转动可以调整相邻两个中部模块的位置。通过控制各中部模块和转动组件,使软体机器人在管

道中移动。在移动过程中,管道缺陷检测装置可以检测管道不同位置的缺陷。



1. 一种模块化的管道缺陷检测软体机器人,其特征在于,包括:
  - 头部模块和尾部模块,所述头部模块内设置有管道缺陷检测装置;
  - 至少两个中部模块,各所述中部模块依次通过转动组件连接,最外端的两个所述中部模块分别与所述头部模块和所述尾部模块连接;
  - 其中,所述中部模块可向外弯曲膨胀和向内收缩;
  - 所述中部模块包括:
    - 第一基板和第二基板;
    - 伸缩组件,分别与所述第一基板和所述第二基板连接;
    - 第一弹性皮肤,分别与所述第一基板和所述第二基板连接;
    - 其中,所述伸缩组件用于伸缩调节所述第一基板和所述第二基板之间的距离,当所述第一基板和所述第二基板之间的距离缩小时,所述第一弹性皮肤向外弯曲膨胀;
  - 所述第一弹性皮肤围绕在所述第一基板、所述第二基板以及所述伸缩组件外;所述第一弹性皮肤包括:
    - 若干个基部、若干个波纹部、仿生触手结构以及仿生肋骨结构;
    - 其中,若干个所述基部和若干个所述波纹部依次交替连接,并沿所述中部模块的周向排列的;所述波纹部提供周向形变量;
    - 所述仿生触手结构设置于所述基部的外壁;
    - 所述仿生肋骨结构设置于所述基部的内壁;
  - 所述中部模块还包括:
    - 若干个惯性传感器和若干个压力传感器;
    - 所述惯性传感器位于所述第一弹性皮肤内部,用于获取其所处在的中部模块的姿态数据;
    - 所述压力传感器位于所述第一弹性皮肤的基部的内部夹层中,用于检测所述中部模块各个方向与管道内壁的接触压力;
  - 所述仿生肋骨结构包括:
    - 若干个柔性立板,设置于所述第一弹性皮肤,并沿所述中部的轴向排列;
    - 其中,若干个所述柔性立板的高度依次减小后依次增加;
  - 所述转动组件包括:
    - 第三基板、第四基板、转动件和第二弹性皮肤;
    - 所述第三基板与一个所述中部模块的第二基板连接,所述第四基板与另一个所述中部模块的第一基板连接,所述转动件分别与所述第三基板和所述第四基板连接,所述第二弹性皮肤围绕在所述第三基板、所述第四基板和所述转动件外;通过转动件调节所述第三基板和所述第四基板的相对位置,实现调节所述转动组件两边的所述中部模块的相对位置。
2. 根据权利要求1所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其特征在于,所述管道缺陷检测装置包括:
  - 摄像模组;
  - 控制模块,与所述摄像模组连接;
  - 边缘设备,与所述控制模块连接;
  - 其中,所述控制模块控制所述摄像模组拍摄图像,并通过所述边缘设备对拍摄的图像

进行处理以识别管道内部的缺陷；和/或

所述中部模块还包括：

电源，与所述第一基板或第二基板连接。

3. 根据权利要求1所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人，其特征在于，所述尾部模块包括：

尾部；

仿生尾鳍，设置于所述尾部外；

尾部转动件，设置于所述尾部内；

其中，所述尾部转动件的转动方向垂直于所述仿生尾鳍所在的平面。

4. 根据权利要求1所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人，其特征在于，所述伸缩组件包括：

螺纹筒体，与所述第一基板连接；

螺杆，与所述第二基板连接；

驱动件，与所述螺杆或所述螺纹筒体连接；

其中，所述螺杆与所述螺纹筒体螺纹连接；

通过所述驱动件驱动所述螺杆转动，以调节所述第一基板和所述第二基板之间的距离。

5. 根据权利要求1所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人，其特征在于，所述仿生触手结构包括：

若干个柔性吸盘，若干个所述柔性吸盘沿所述中部的轴向排列；

其中，若干个所述柔性吸盘的大小依次增大后依次减小。

6. 一种如权利要求1-5任意一项所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人的控制方法，其特征在于，包括步骤：

控制所述中部模块向外弯曲膨胀和向内收缩且控制所述转动组件转动，以使所述软体机器人在管道中移动；

控制所述管道缺陷检测装置检测所述管道的缺陷。

7. 根据权利要求6所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人的控制方法，其特征在于，所述管道缺陷检测装置包括：

摄像模组；

控制模块，与所述摄像模组连接；

边缘设备，与所述控制模块连接；

所述控制所述管道缺陷检测装置检测所述管道的缺陷，包括：

控制所述摄像模组获取所述管道的图像；

控制所述边缘设备对所述管道的图像进行处理以实时识别所述管道的缺陷。

## 一种模块化的管道缺陷检测软体机器人

### 技术领域

[0001] 本发明涉及机器人领域,尤其涉及的是一种模块化的管道缺陷检测软体机器人。

### 背景技术

[0002] 管道被誉为城市建筑物的“血管”和“神经”,各种错综复杂的管道是城市安全稳定运行、可持续发展的重要基础和保障。据《2016年城乡建设统计公报》,截至2016年底,全国用水普及率98.42%,给水管道总长 $9.68 \times 10^5$ km,管道密度 $13.63\text{km}/\text{km}^2$ ,投资693.5亿元;污水处理率93.44%,排水管道总长 $7.49 \times 10^5$ km,管道密度 $10.36\text{km}/\text{km}^2$ ,投资1493.8亿元。近10年,虽然我国城市给排水量每年都在增加,但是市政管道的改造却没有能够同步进行,早期铺设的管道一是由于材质相对比较劣质,二是由于埋设年限比较久远,因此,不可避免地会出现各种各样的管道缺陷。

[0003] 现有技术中的检测方案大部分需要将管道从地下取出,再通过人工手动检测判别管道是否存在缺陷裂缝等情况。在挖掘管道的过程中,往往会因为管道在地下的具体位置不确定,需要多次挖掘,不可避免的会对管道造成一定程度的破坏。另一些方案利用通过管道机器人对管道进行实况拍摄,将采集到的视频,图像等数据通过网线传输给外面的监视设备,并通过显示器显示,由管道检查人员进行缺陷诊断。管道缺陷检测存在检测不便的问题。

[0004] 因此,现有技术还有待于改进和发展。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对现有技术的上述缺陷,提供一种模块化的管道缺陷检测软体机器人,旨在解决现有技术中管道缺陷检测存在检测不便的问题。

[0006] 本发明解决技术问题所采用的技术方案如下:

[0007] 一种模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,包括:

[0008] 头部模块和尾部模块,所述头部模块内设置有管道缺陷检测装置;

[0009] 至少两个中部模块,各所述中部模块依次通过转动组件连接,最外端的两个所述中部模块分别与所述头部模块和所述尾部模块连接;

[0010] 其中,所述中部模块可向外弯曲膨胀和向内收缩。

[0011] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述管道缺陷检测装置包括:

[0012] 摄像模组;

[0013] 控制模块,与所述摄像模组连接;

[0014] 边缘设备,与所述控制模块连接;

[0015] 其中,所述控制模块控制所述摄像模组拍摄图像,并通过所述边缘设备对拍摄的图像进行处理以识别管道内部的缺陷;和/或

[0016] 所述中部模块还包括:

[0017] 电源,与所述第一基板或第二基板连接。

- [0018] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述尾部模块包括:
- [0019] 尾部;
- [0020] 仿生尾鳍,设置于所述尾部外;
- [0021] 尾部转动件,设置于所述尾部内;
- [0022] 其中,所述尾部转动件的转动方向垂直于所述仿生尾鳍所在的平面。
- [0023] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述中部模块包括:
- [0024] 第一基板和第二基板;
- [0025] 伸缩组件,分别与所述第一基板和所述第二基板连接;
- [0026] 第一弹性皮肤,分别与所述第一基板和所述第二基板连接;
- [0027] 其中,所述伸缩组件用于伸缩调节所述第一基板和所述第二基板之间的距离,当所述第一基板和所述第二基板之间的距离缩小时,所述第一弹性皮肤向外弯曲膨胀。
- [0028] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述伸缩组件包括:
- [0029] 螺纹筒体,与所述第一基板连接;
- [0030] 螺杆,与所述第二基板连接;
- [0031] 驱动件,与所述螺杆或所述螺纹筒体连接;
- [0032] 其中,所述螺杆与所述螺纹筒体螺纹连接;
- [0033] 通过所述驱动件驱动所述螺杆转动,以调节所述第一基板和所述第二基板之间的距离。
- [0034] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述第一弹性皮肤围绕在所述第一基板、所述第二基板以及所述伸缩组件外;所述第一弹性皮肤包括:
- [0035] 若干个基部、若干个波纹部、仿生触手结构以及仿生肋骨结构;
- [0036] 其中,若干个所述基部和若干个所述波纹部依次交替连接,并沿所述中部模块的周向排列的;
- [0037] 所述仿生触手结构设置于所述基部的外壁;
- [0038] 所述仿生肋骨结构设置于所述基部的内壁;
- [0039] 所述仿生肋骨结构包括:
- [0040] 若干个柔性立板,设置于所述第一弹性皮肤,并沿所述中部的轴向排列;
- [0041] 其中,若干个所述柔性立板的高度依次减小后依次增加;
- [0042] 所述仿生触手结构包括:
- [0043] 若干个柔性吸盘,若干个所述柔性吸盘沿所述中部的轴向排列;
- [0044] 其中,若干个所述柔性吸盘的大小依次增大后依次减小。
- [0045] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述中部模块还包括:
- [0046] 惯性传感器和若干个压力传感器;
- [0047] 所述惯性传感器位于所述第一弹性皮肤内部,用于获取其所处在的中部模块的姿态数据;
- [0048] 所述压力传感器位于所述第一弹性皮肤的基部的内部夹层中,用于检测所述中部模块各个方向与管道内壁的接触压力。
- [0049] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,其中,所述转动组件包括:
- [0050] 第三基板、第四基板、转动件和第二弹性皮肤;

[0051] 所述第三基板与一个所述中部模块的第二基板连接,所述第四基板与另一个所述中部模块的第一基板连接,所述转动件分别与所述第三基板和所述第四基板连接,第二弹性皮肤围绕在所述第三基板、所述第四基板和所述转动件外;通过转动件调节所述第三基板和所述第四基板的相对位置,实现调节所述转动组件两边的所述中间模块的相对位置。

[0052] 一种如上所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人的控制方法,其中,包括步骤:

[0053] 控制所述中部模块向外弯曲膨胀和向内收缩且控制所述转动组件转动,以使所述软体机器人在管道中移动;

[0054] 控制所述管道缺陷检测装置检测所述管道的缺陷。

[0055] 所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人的控制方法,其中,所述管道缺陷检测装置包括:

[0056] 摄像模组;

[0057] 控制模块,与所述摄像模组连接;

[0058] 边缘设备,与所述控制模块连接;

[0059] 所述控制所述管道缺陷检测装置检测所述管道的缺陷,包括:

[0060] 控制所述摄像模组获取所述管道的图像;

[0061] 控制所述边缘设备对所述管道的图像进行处理以识别所述管道的缺陷。

[0062] 有益效果:中部模块可向外弯曲膨胀,则可以挤压管道的内壁从而将该中部模块固定在管道中,中部模块向内收缩,中部模块的长度增加,则可以在管道内向前伸出,通过转动组件转动可以调整相邻两个中部模块的位置。通过控制各中部模块和转动组件,使软体机器人在管道中移动。在移动过程中,管道缺陷检测装置可以检测管道不同位置的缺陷。

## 附图说明

[0063] 图1是本发明实施例中软体机器人的立体图。

[0064] 图2是本发明实施例中软体机器人的侧视图。

[0065] 图3是本发明实施例中软体机器人的轴截面示意图。

[0066] 图4是本发明实施例中头部模块和中部模块的结构示意图。

[0067] 图5是本发明实施例中头部模块和中部模块的轴截面示意图。

[0068] 图6是本发明实施例中中部模块的轴截面示意图。

[0069] 图7是本发明实施例中中部模块的横截面示意图。

[0070] 图8是本发明实施例中尾部模块和中部模块的结构示意图。

[0071] 附图标记说明:

[0072] 10、头部模块;11、管道缺陷检测装置;111、摄像模组;112、边缘设备;113、照明装置;20、中部模块;21、第一基板;22、伸缩组件;221、螺纹筒体;222、螺杆;223、驱动件;23、第二基板;24、第一弹性皮肤;241、基部;242、波纹部;25、电源;26、仿生肋骨结构;261、柔性立板;27、仿生触手结构;271、柔性吸盘;28、压力传感器;30、尾部模块;31、仿生尾鳍;40、转动组件;41、第三基板;42、第四基板;43、转动件;44、第二弹性皮肤。

## 具体实施方式

[0073] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚、明确,以下参照附图并举实施例对

本发明进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0074] 请同时参阅图1-图8,本发明提供了一种模块化的管道缺陷检测软体机器人的一些实施例。

[0075] 如图1-图3以及图6所示,本发明的一种模块化的管道缺陷检测软体机器人,包括:

[0076] 头部模块10和尾部模块30,所述头部模块10内设置有管道缺陷检测装置11;

[0077] 至少两个中部模块20,各所述中部模块20依次通过转动组件40连接,最外端的两个所述中部模块20分别与所述头部模块10和所述尾部模块30连接;

[0078] 其中,所述中部模块可向外弯曲膨胀和向内收缩。

[0079] 中部模块可向外弯曲膨胀,则可以挤压管道的内壁从而将该中部模块固定在管道中,中部模块向内收缩,中部模块的长度增加,则可以在管道内向前伸出,通过转动组件转动可以调整相邻两个中部模块的位置。通过控制各中部模块和转动组件,使软体机器人在管道中移动。在移动过程中,管道缺陷检测装置可以检测管道不同位置的缺陷。

[0080] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图1-图3以及图6所示,所述中部模块20包括:

[0081] 第一基板21和第二基板23;

[0082] 伸缩组件22,分别与所述第一基板21和所述第二基板23连接;

[0083] 第一弹性皮肤24,分别与所述第一基板21和所述第二基板23连接;

[0084] 其中,所述伸缩组件22用于伸缩调节所述第一基板21和所述第二基板23之间的距离;

[0085] 当所述第一基板21和所述第二基板23之间的距离缩小时,所述第一弹性皮肤24向外弯曲膨胀。

[0086] 值得说明的是,通过伸缩组件22的伸缩,可以增加或减小第一基板21和第二基板23之间的距离,并使得第一弹性皮肤24向外弯曲膨胀或向内收缩,从而改变中部模块20的长度和宽度。伸缩组件22收缩时,第一弹性皮肤24向外膨胀,中部模块20的长度缩短,宽度增加,则可以挤压管道的内壁从而将该中部模块20固定在管道中,伸缩组件22伸长时,第一弹性皮肤24向内收缩,中部模块20的长度增加,宽度缩小,则可以在管道内向前伸缩。通过依次控制各所述中部模块20的伸缩组件22伸长和缩短,以使所述软体机器人在管道中移动。从而管道缺陷检测装置11可以检测管道不同位置的缺陷。

[0087] 具体地,第一弹性皮肤24采用柔性材料制备而成,第一弹性皮肤24与第一基板21和第二基板23连接形成呈鼓状结构,第一弹性皮肤24可发生形变,随着伸缩结构的伸长,第一基板21和第二基板23之间的距离会增加,第一弹性皮肤24会向内收缩,鼓状结构变成细长型鼓状结构;随着伸缩结构的收缩,第一基板21和第二基板23之间的距离会减小,第一弹性皮肤24会向外膨胀,鼓状结构变成扁平型鼓状结构。

[0088] 具体地,中部模块20有至少两个,若干个中部模块20依次连接形成软体机器人的身部,头部模块10和尾部模块30的尺寸较小,有利于头部模块10调整移动方向,有利于尾部模块30摆动,中部模块20的尺寸较大,有利于中部模块20在管道内固定和移动。若干个中部模块20自头部模块10向尾部模块30方向上,可以依次记为第一个中部模块20、第二个中部模块20、第三个中部模块20、…、最后一个中部模块20。第一个中部模块20的第一基板21与

头部模块10连接,最后一个中部模块20的第二基板23与尾部模块30连接。

[0089] 将软体机器人采用模块化的多个结构,各中部模块20可拆卸连接,可以根据需要确定中部模块20的数量。

[0090] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图5-图7所示,所述中部模块20还包括:

[0091] 电源25,与所述第一基板21或第二基板23连接。

[0092] 具体地,电源25并不是设置在一个中部模块20而是设置在至少两个中部模块20内,即使某一些中部模块20内的电源25耗尽电量,其它中部模块20内的电源25仍然有点,仍然可以实现软体机器人的移动和缺陷检测。各中部模块20的结构可以相同,也可以不相同,也就是说,有些中部模块20可以设置电源25,也可以不设置电源25。由于各电源25分布在各中部模块20中,避免了采用长距离接线带来的缠绕问题。

[0093] 由于第一基板21和第二基板23之间的距离会发生变化,会形成最大距离和最小距离,电源25的长度小于最小距离,电源25不会对第一基板21和第二基板23的距离调整造成干涉。电源25可以设置在第一基板21或第二基板23上,电源25的位置不同会影响软体机器人整个的重心,根据需要调整电源25的位置使得软体机器人的重心处于较佳位置。

[0094] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图3-图5所示,所述管道缺陷检测装置11包括:

[0095] 摄像模组111;

[0096] 控制模块,与所述摄像模组111连接;

[0097] 边缘设备112,与所述控制模块连接;

[0098] 其中,所述控制模块控制所述摄像模组111拍摄图像,并通过所述边缘设备112对拍摄的图像进行处理以识别管道内部的缺陷。

[0099] 具体地,通过摄像模组111对管道进行摄像得到管道的图像。边缘设备112对图像进行识别,得到管道的缺陷,从而实现对管道缺陷的检测。

[0100] 所述管道缺陷检测装置11还包括:照明装置113,通过照明装置113对管道内进行照明,以便摄像。由于摄像得到的图像,可以通过边缘设备112进行实时识别,无需发送图像数据到云端服务器,软体机器人也就不需要联网。可以在信号较弱的地下环境中工作。

[0101] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图3-图7所示,所述伸缩组件22包括:

[0102] 螺纹筒体221,与所述第一基板21连接;

[0103] 螺杆222,与所述第二基板23连接;

[0104] 驱动件223,与所述螺杆222或所述螺纹筒体221连接;

[0105] 其中,所述螺杆222与所述螺纹筒体221螺纹连接;

[0106] 通过所述驱动件223驱动所述螺杆222转动,以调节所述第一基板21和所述第二基板23之间的距离。

[0107] 具体地,通过驱动件223可以驱动螺杆222或螺纹筒体221转动,螺杆222和螺纹筒体221发生相对转动从而调整第一基板21和第二基板23之间的距离。当然也可以采用两个驱动件223,分别连接螺杆222和螺纹筒体221,提高调整第一基板21和第二基板23之间的距离的速度。

[0108] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图1-图所示,所述中部模块20还包括:



- [0109] 仿生肋骨结构26,设置于所述第一弹性皮肤24内。
- [0110] 具体地,通过仿生肋骨结构26支撑第一弹性皮肤24,使得第一弹性皮肤24保持呈现鼓状。
- [0111] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图4-图8所示,所述仿生肋骨结构26包括:
- [0112] 若干个柔性立板261,设置于所述第一弹性皮肤24,并沿所述中部模块20的轴向排列;
- [0113] 其中,若干个所述柔性立板261的高度依次减小后依次增加。
- [0114] 具体地,由于第一弹性皮肤24呈鼓状,在膨胀和收缩过程中,第一弹性皮肤24的中间位置的径向形变量较大,该中间位置的柔性立板261的高度较小,在第一弹性皮肤24膨胀和收缩时,相邻的柔性立板261不会干涉,第一弹性皮肤24的两端位置的径向形变量较小,则两端位置的柔性立板261的高度较大,可以使第一弹性皮肤24充分鼓起来。
- [0115] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图4-图8所示,所述中部模块20还包括:
- [0116] 仿生触手结构27,设置于所述第一弹性皮肤24外。
- [0117] 具体地,通过仿生触手结构27提高第一弹性皮肤24与管道的内壁固定时的强度。
- [0118] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图4-图8所示,所述仿生触手结构27包括:
- [0119] 若干个柔性吸盘271,若干个所述柔性吸盘271沿所述中部模块20的轴向排列;
- [0120] 其中,若干个所述柔性吸盘271的大小依次增大后依次减小。
- [0121] 具体地,柔性吸盘271用于与管道的内壁吸附固定,柔性吸盘271上设置有球冠形凹槽。第一弹性皮肤24向外膨胀时,柔性吸盘271向管道的内壁移动时,球冠形凹槽内的气体和/或液体会被挤压出去,整个球冠形凹槽变成与管道的内适配的形状,球冠形凹槽内形成真空状态,在大气压和/或液压的作用下使得柔性吸盘271吸附固定在管道的内壁上。
- [0122] 在第一弹性皮肤24向内收缩时,使得球冠形凹槽变形,以供管道内的气体和/或液体进入到球冠形凹槽内,球冠形凹槽内的大气压和/或液压恢复,柔性吸盘271脱离管道的内壁。
- [0123] 由于在第一弹性皮肤24收缩和膨胀过程中,第一弹性皮肤24的中间位置的径向形变量较大,可以对柔性吸盘271提供较大形变,从而使得直径较大的吸盘脱离管道的内壁;第一弹性皮肤24的两端位置的径向形变量较小,可以对柔性吸盘271提供较小形变,从而使得直径较小的吸盘脱离管道的内壁。因此,柔性吸盘271的直径大小依次增大后依次减小,从而确保柔性吸盘271既可以吸附在管道的内壁上,也可以从管道的内壁上脱离。
- [0124] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图5、图7以及图8所示,所述姿态与压力检测模块包括:
- [0125] 若干个惯性传感器,位于所述第一弹性皮肤24内部,所述惯性传感器用于获取其所处在的中部模块的姿态;
- [0126] 若干个压力传感器28,与所述第一弹性皮肤24的内部夹层中;所述压力传感器用于检测所述中部模块各个方向与管道内壁的接触压力。
- [0127] 具体地,所述压力传感器28包括:

[0128] 传感部,设置有若干个凹槽,若干个凹槽沿所述中部模块20的轴向排列;

[0129] 导电层,设置于若干个所述凹槽。

[0130] 具体地,通过各中部模块20的惯性传感器可以确定软体机器人的姿态,从而根据姿态控制软体机器人的移动,可以对软体机器人进行更精准的运动控制。压力传感器28可以检测第一弹性皮肤24受到的压力大小,从而可以根据压力大小调整伸缩组件22的伸缩量。

[0131] 传感部上设置有凹槽,在传感部受到挤压时,凹槽的形状也会变形,从而改变了导电层的电阻,根据电阻的变化量可以检测到压力的变化。

[0132] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图1图4以及图7所示,所述第一弹性皮肤24围绕在所述第一基板21、所述第二基板23以及所述伸缩组件22外;所述第一弹性皮肤24包括:

[0133] 沿所述中部模块20的周向排列的若干个基部241和若干个波纹部242;

[0134] 其中,若干个所述基部241和若干个所述波纹部242依次交替连接;

[0135] 所述仿生触手结构27设置于所述基部241的外壁;

[0136] 所述仿生肋骨结构26设置于所述基部241的内壁。

[0137] 具体地,基部241和波纹部242连接形成第一弹性皮肤24,波纹部242可以提供较大的周向形变量,使得第一弹性皮肤24不会因变形而裂开。基部241提供较小的周向形变量,仿生触手结构27、仿生肋骨结构26以及压力传感器28设置在基部241。

[0138] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图5、图6以及图8所示,相邻两个所述中部模块20通过转动组件40连接,所述转动组件40包括:

[0139] 第三基板41,与一个所述中部模块的第二基板23连接;

[0140] 第四基板42,与另一个所述中部模块的第一基板21连接;

[0141] 转动件43,分别与所述第三基板41和所述第四基板42连接;

[0142] 第二弹性皮肤44,分别与所述第一基板21和所述第二基板23连接;

[0143] 其中,所述第二弹性皮肤44围绕在所述第三基板41、所述第四基板42以及所述转动件43外;

[0144] 通过转动件调节所述第三基板和所述第四基板的相对位置,实现调节所述转动组件两边的所述中间模块的相对位置。

[0145] 具体地,相邻两个中部模块20可以转动,可以自由转动连接,也就是说,根据管道的形状自适应调节相邻两个中部模块20之间的夹角。也可以经过转动件43控制相邻两个中部模块20之间的夹角。在转动时,第二弹性皮肤44提供了较大是转动形变量,使得第二弹性皮肤44不会出现形变而裂开的情况。

[0146] 在本发明实施例的一个较佳实现方式中,如图1-图3以及图8所示,所述尾部模块30包括:

[0147] 尾部;

[0148] 仿生尾鳍31,设置于所述尾部外;

[0149] 尾部转动件,设置于所述尾部内

[0150] 其中,所述尾部转动件的转动方向垂直于所述仿生尾鳍31所在的平面。

[0151] 具体地,任意两个相邻的中部模块20之间转动方向相同,且垂直于仿生尾鳍31所

在的平面,那么在中部模块20转动时,可以带动仿生尾鳍31摆动。尾部转动件的转动方向垂直于仿生尾鳍31所在的平面,可以调整仿生尾鳍31处于竖直状态。

[0152] 基于上述任意一实施例所述的模块化的管道缺陷检测软体机器人,本发明还提供了一种模块化的管道缺陷检测软体机器人的控制方法的较佳实施例:

[0153] 如图1所示,本发明实施例的模块化的管道缺陷检测软体机器人的控制方法,包括以下步骤:

[0154] 步骤S100、控制所述中部模块向外弯曲膨胀和向内收缩且控制所述转动组件转动,以使所述软体机器人在管道中移动。

[0155] 具体地,中部模块可向外弯曲膨胀,则可以挤压管道的内壁从而将该中部模块固定在管道中,中部模块向内收缩,中部模块的长度增加,则可以在管道内向前伸出,通过转动组件转动可以调整相邻两个中部模块的位置。通过控制各中部模块和转动组件,使软体机器人在管道中移动。

[0156] 具体地,控制各中部的伸缩组件缩短,使得尾部向前移动,举例说明,先控制靠近头部的一个中部(记为第一固定中部,通常是第一个中部)的伸缩组件缩短,该中部(即第一固定中部)的第一弹性皮肤膨胀并固定在管道内,头部的位置也就保持不变,然后控制该中部朝向尾部一侧的中部的伸缩组件收缩,尾部向前移动,当然,这些中部收缩时,可以不收缩至固定在管道内,这些中部中只要有靠近尾部的一个中部(记为第二固定中部,通常是最后一个中部)收缩至固定在管道内即可,则尾部的位置保持不变。

[0157] 然后控制各中部的伸缩组件伸长,使得头部向前移动。举例说明,控制第二固定中部朝向头部一侧的中部的伸缩组件伸长,头部向前移动。当然可以继续各中部的伸缩组件缩短,使得尾部向前移动,当然,在控制第一固定部缩短固定后,需要先控制第二固定中部伸长后,再控制中部的伸缩组件缩短,以使尾部向前移动。具体地,相邻两个所述中部的伸缩组件伸长和缩短的启动时间相差预设时间间隔。

[0158] 在软体机器人移动过程中,通过姿态与压力检测模块获取软体机器人的姿态和压力,并根据姿态和压力调整伸缩组件,精准控制软体机器人的运动。

[0159] 步骤S200、控制所述管道缺陷检测装置检测所述管道的缺陷。

[0160] 具体地,在控制软体机器人移动后,可以控制管道缺陷检测装置检测管道的缺陷。

[0161] 步骤S200具体包括:

[0162] 步骤S210、控制所述摄像模组获取所述管道的图像。

[0163] 具体地,控制摄像模组获取管道的图像,当然,设置有照明装置时,也可以先控制照明装置开启,然后控制摄像模组获取管道的图像。

[0164] 步骤S220、控制所述边缘设备对所述管道的图像进行处理以识别所述管道的缺陷。

[0165] 具体地,控制边缘设备对图像进行处理,识别管道的缺陷。缺陷的识别步骤如下:

[0166] 对拍摄到的图像进行非线性变换,得到增亮图像;

[0167] 将增量图像输入卷积神经网络模型,通过卷积神经网络模型输出图像对应的缺陷标签;

[0168] 根据缺陷标签确定图像的缺陷类型。

[0169] 具体地,可以采用伽马校正(Gamma Correlation)对拍摄到的图像进行非线性变

换,从而增强图像的亮度。在训练卷积神经网络模型过程中对权值较小的网络参数进行丢弃处理,大大降低了模型的大小和运行速度,最终,这种轻量化的模型最终可运行在便捷的边缘设备上,从而实现图像缺陷的实时检测,不需要发送图像数据到云端服务器,更快且能在信号较弱的地下环境工作。

[0170] 应当理解的是,本发明的应用不限于上述的举例,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

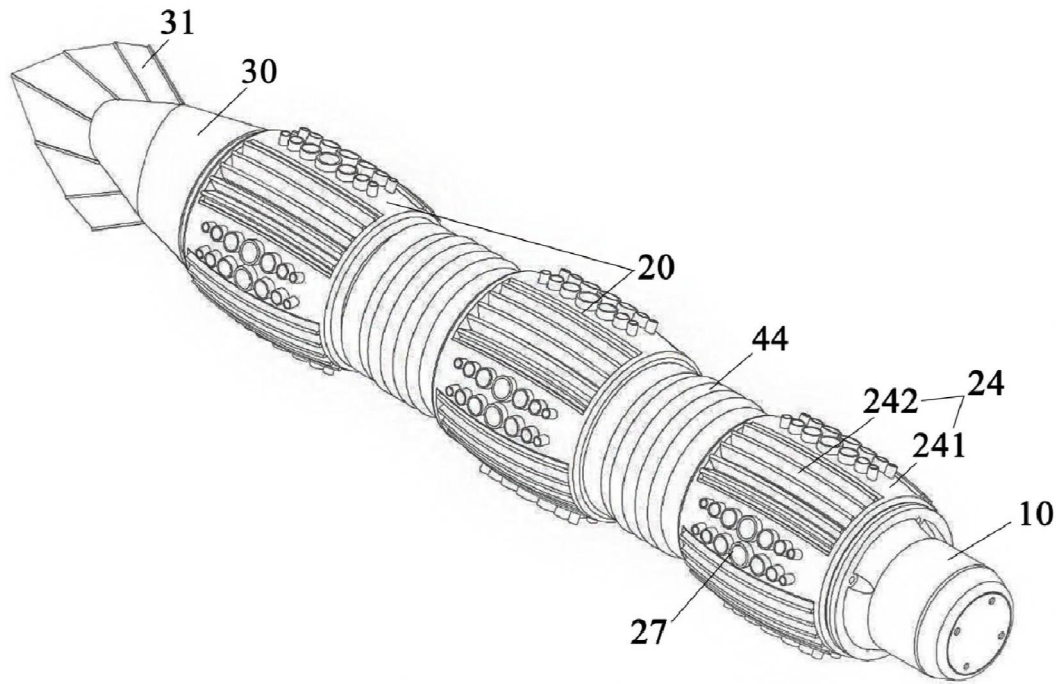


图1

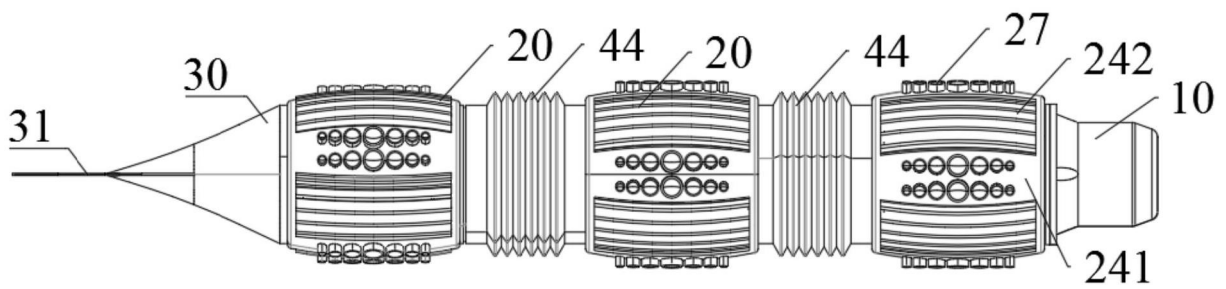


图2

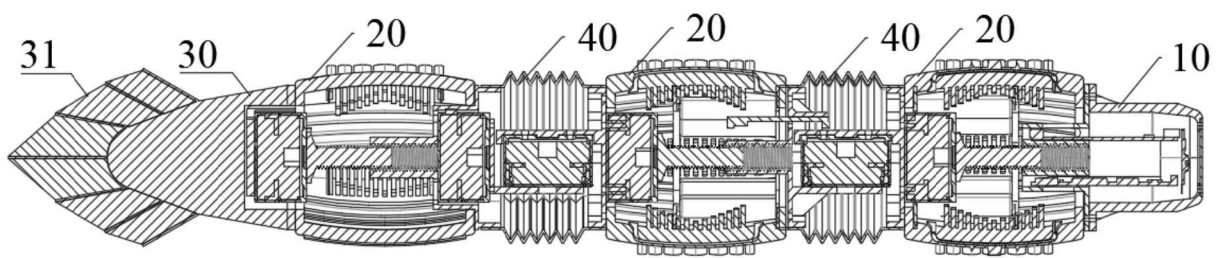


图3

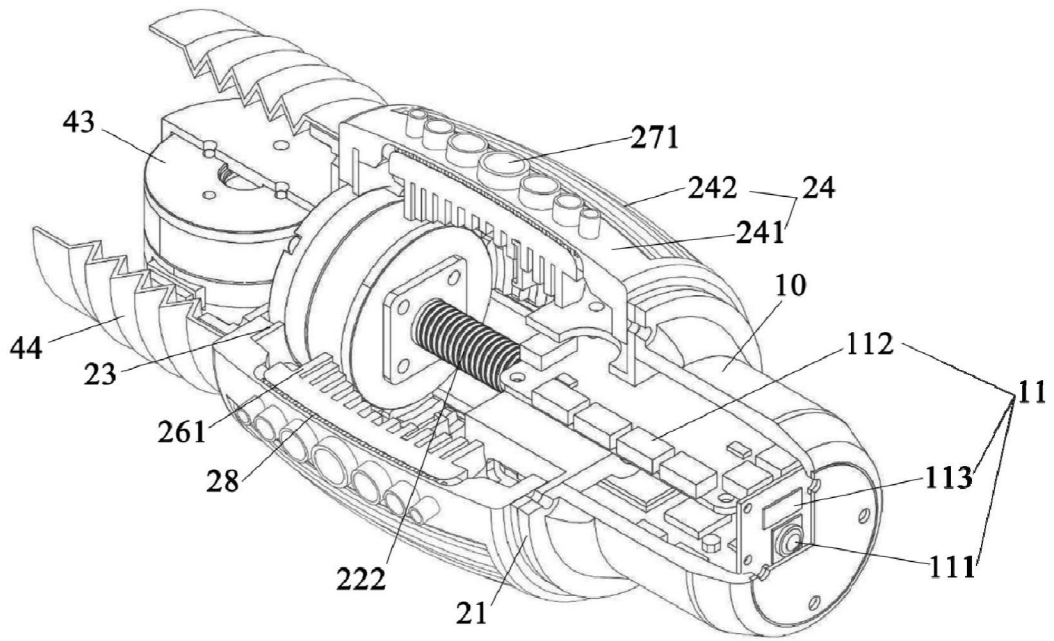


图4

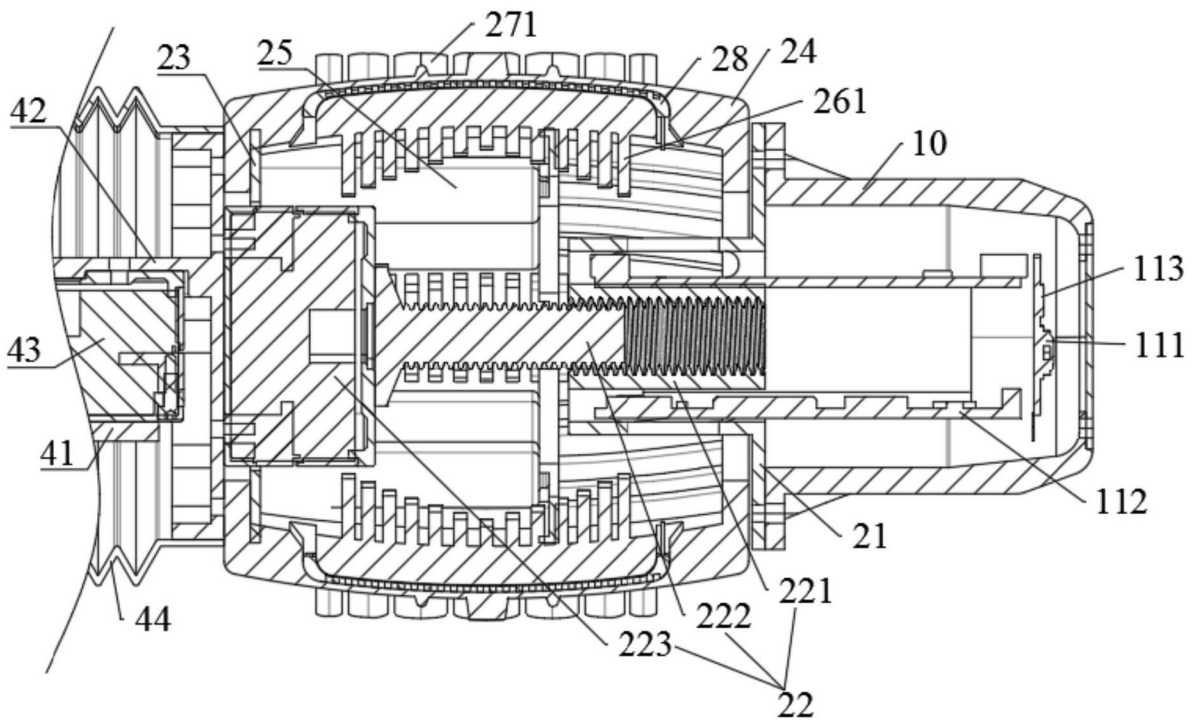


图5

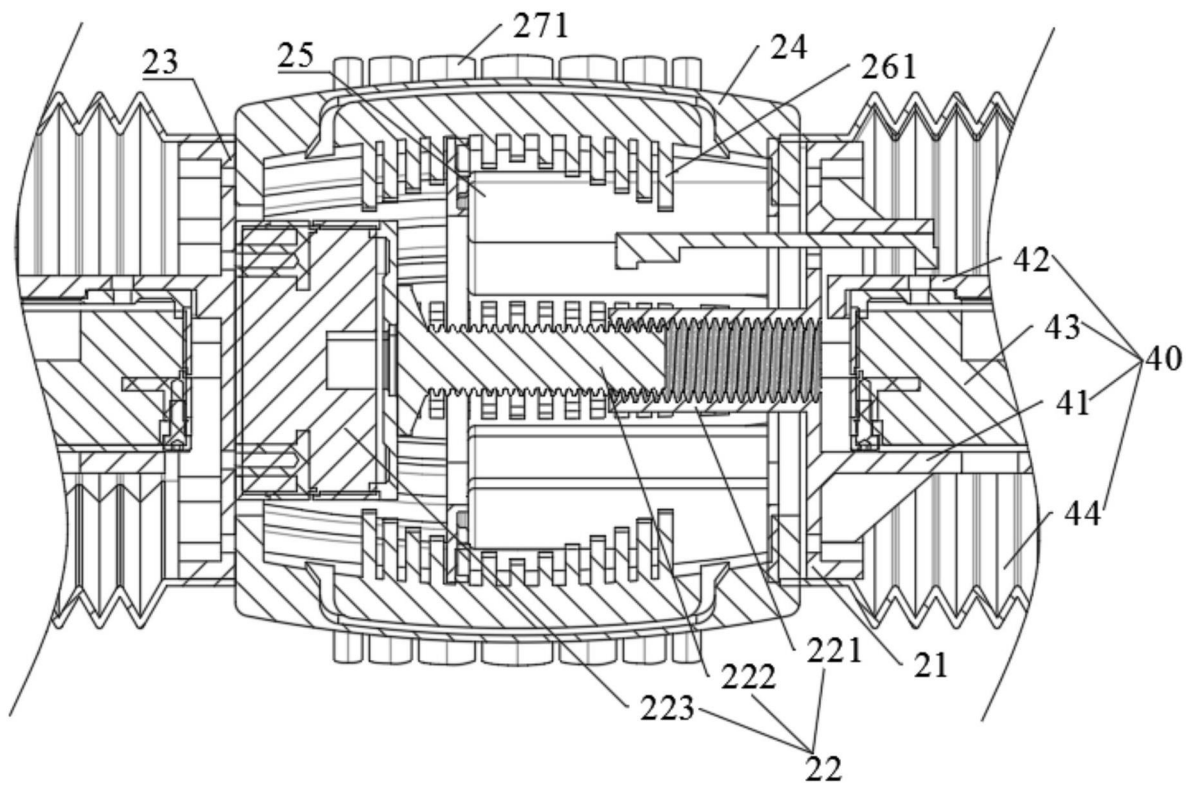


图6

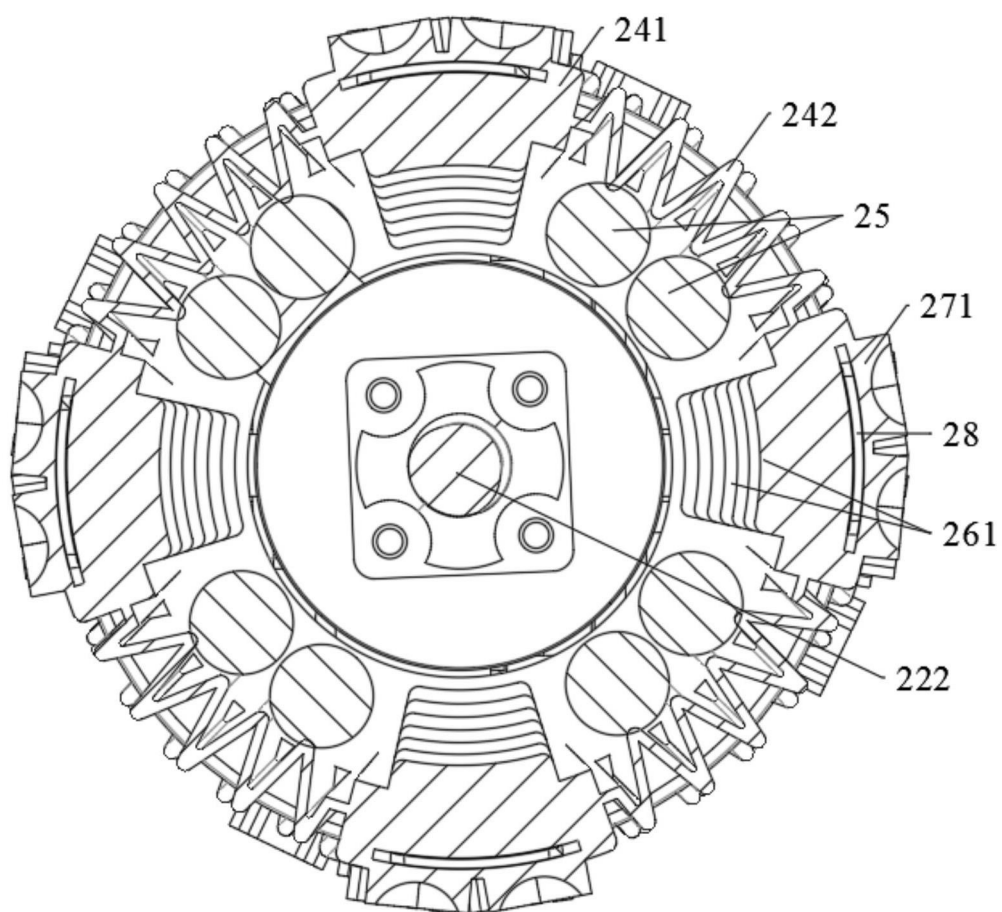


图7



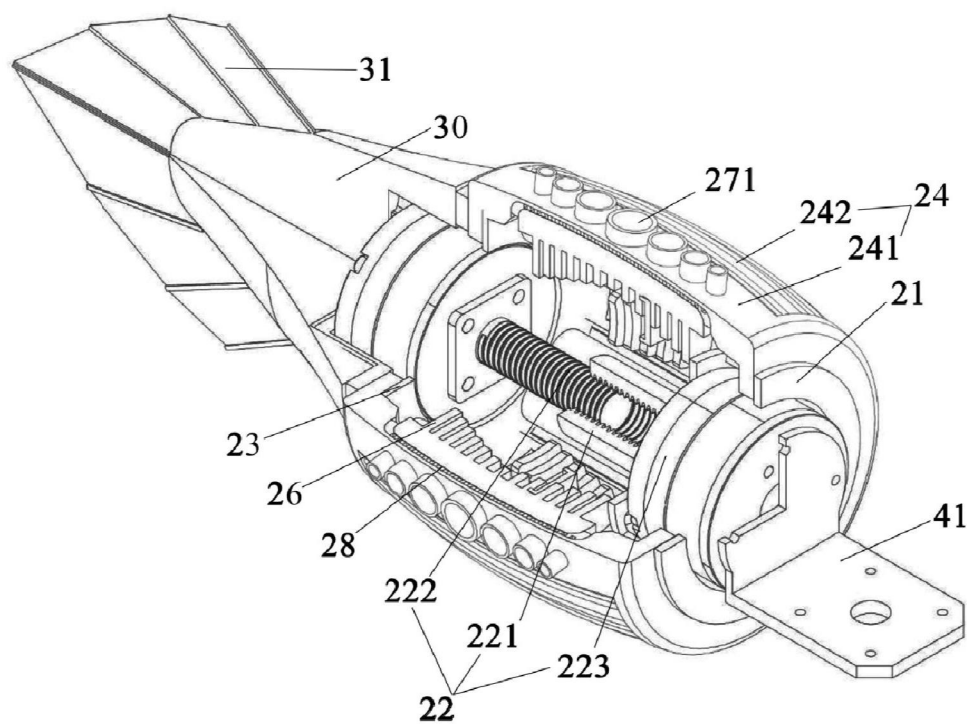


图8