



(10) 授权公告号 CN 114738594 B

(45) 授权公告日 2024. 06. 14

(21) 申请号 202210355229.1

(22) 申请日 2019.08.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114738594 A

(43) 申请公布日 2022.07.12

(30) 优先权数据
62/811,522 2019.02.27 US

(62) 分案原申请数据
201910783015.2 2019.08.23

(73) 专利权人 香港理工大学
地址 中国香港九龙红磡香港理工大学

(72) 发明人 容启亮 陈清远 陈慧莹 林志和

(74) 专利代理机构 上海德昭知识产权代理有限公司 31204

专利代理师 郁旦蓉

(51) Int.Cl.
F16L 55/32 (2006.01)
F16L 55/40 (2006.01)
B25J 5/00 (2006.01)
B25J 5/06 (2006.01)
B25J 9/02 (2006.01)
B25J 9/16 (2006.01)
B25J 11/00 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 105927820 A, 2016.09.07
CN 107270026 A, 2017.10.20

审查员 韦甜甜

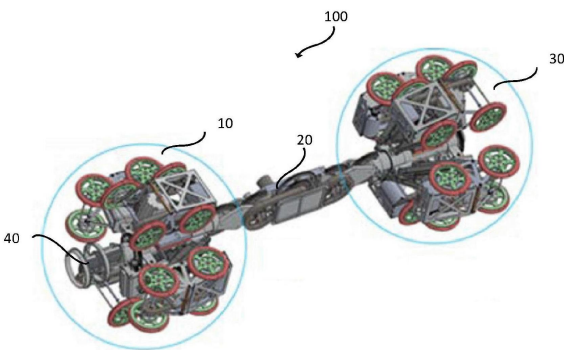
权利要求书2页 说明书9页 附图9页

(54) 发明名称

管道机器人和系统

(57) 摘要

本申请提供一种管道机器人,其包括第一驱动组件、第二驱动组件和连接部分。第一驱动组件包括第一电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿,且第二驱动组件包括第二电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿。连接部分能够与第一和第二驱动组件接合,并且具有纵向轴线和用于使第一驱动组件相对于第二驱动组件倾斜的至少一个致动器。第一或第二电机被配置成使对应的第一或第二驱动组件围绕连接部分的纵向轴线旋转。第一或第二驱动组件中的一个的可缩回支腿配置成在驱动组件旋转之前从伸展位置移动到缩回位置,同时第一或第二驱动组件中的另一个的可缩回支腿维持在伸展位置。本申请还提供一种机器人系统和计算机可读存储介质。



1. 一种管道机器人,其包括:

第一驱动组件,其包括第一电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿,

第二驱动组件,其包括第二电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿,

连接部分,其能够与所述第一和第二驱动组件接合,并且具有纵向轴线和用于使所述第一驱动组件相对于所述第二驱动组件倾斜的至少一个致动器,

其中所述第一或第二电机被配置成驱动所述驱动部件使所述管道机器人沿管道移动,并且使对应的所述第一或第二驱动组件围绕所述连接部分的所述纵向轴线旋转,

其中当所述管道机器人从第一支管中移动到邻近第二支管的位置时,所述第一或第二驱动组件中的一个的可缩回支腿被配置成在所述驱动组件旋转之前从伸展位置移动到缩回位置,同时所述第一或第二驱动组件中的另一个的可缩回支腿维持在所述伸展位置,在所述至少一个致动器使所述第一驱动组件相对于所述第二驱动组件倾斜之后,所述第一或第二驱动组件被配置成围绕所述连接部分的所述纵向轴线旋转,并驱动所述驱动部件使所述管道机器人移动进入第二支管。

2. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述第一或第二驱动组件中的任一个的所述一个或多个驱动部件包括一个或多个驱动轮子。

3. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述连接部分具有两个自由度,在所述两个自由度中所述第一驱动组件相对于所述第二驱动组件倾斜。

4. 根据权利要求3所述的管道机器人,其中所述连接部分包括万向接头。

5. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述连接部分包括多个齿轮。

6. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述至少一个致动器是电机。

7. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述至少一个致动器是气动致动器。

8. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述连接部分包括多个刚性元件,所述刚性元件用于通过使所述第一驱动组件相对于所述第二驱动组件倾斜来使所述管道机器人弯曲。

9. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述第一驱动组件和第二驱动组件的支腿中的至少一个是可独立缩回的。

10. 根据权利要求1所述的管道机器人,其包括用于伸展或缩回所述第一驱动组件和所述第二驱动组件的支腿的气动致动器。

11. 根据权利要求10所述的管道机器人,其中所述气动致动器被配置成使所述支腿悬置,从而通过所述一个或多个驱动部件将恒定压力施加到管壁上以用于跟踪波动。

12. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述第一和第二驱动组件中的每一个具有以多个预定角度定向围绕所述组件的所述纵向轴线径向向外伸展的多个可缩回支腿。

13. 根据权利要求12所述的管道机器人,其中所述预定角度定向是围绕所述组件的所述纵向轴线等间隔的。

14. 根据权利要求13所述的管道机器人,其中所述预定角度间隔是90度。

15. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述管道机器人被配置成在使所述第一驱动组件相对于所述第二驱动组件倾斜的同时,使所述第一或第二驱动组件相对于所述连接部分旋转。

16. 根据权利要求1所述的管道机器人,其中所述管道机器人被配置成驱动其上附接的

至少一个托架以用于检查和维修管道网。

17. 根据权利要求1所述的管道机器人, 其中所述第一驱动组件包括用于驱动所述第一驱动组件的一个或多个驱动部件的第一驱动电机组件, 且所述第二驱动组件包括用于驱动所述第二驱动组件的一个或多个驱动部件的第二驱动电机组件。

18. 一种机器人系统, 其包括:

根据权利要求1至17中任一项所述的管道机器人,

控制系统, 其具有位置远离所述机器人的界面且与所述机器人通信以进行远程控制。

管道机器人和系统

技术领域

[0001] 本申请涉及一种用于管道网的管道机器人和系统。

背景技术

[0002] 在本申请文本的上下文中,管道机器人是一种设计成在管道内移动的机器人。这种管道机器人可用于检查和/或维修不可接近或者难以直接接近的管线。管道机器人已被用于例如石化产品、水和天然气供应、污水处理和核电站等多个领域的管道网的检查和维护。

[0003] 配备有传感器的机器人可用于管内检查,特别是相机可用于检查管道条件和导航。一些管道机器人还可配备有用于检测壁厚的超声波传感器,一些管道机器人可包含用于不同功能的模块,这些功能例如是切削、研磨、清洁和获取样本。应了解,所有这些管道机器人都需要某种方式使其在管道网内进行自我推进。

[0004] 这种管道机器人的典型驱动机制是通过使用大部分轮式托架。然而,还存在其它布置,例如拖拉布置、履带布置和螺旋布置。通常通过电力驱动方案来致动机器人,或者是由气动驱动机构来致动机器人。对于锚定机构,可以使用按压管壁的方式或在动力轮上安置橡胶。

[0005] 然而,大部分现有机器人通常只能在配置简单的管道网中移动。管道机器人的现有设计可能难以在具有分支或竖直区段的管道网中通行。

发明内容

[0006] 根据本申请的第一方面,提供一种管道机器人,其包括:

[0007] 第一驱动组件,其包括第一电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿,

[0008] 第二驱动组件,其包括第二电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿,

[0009] 连接部分,其可与该第一和第二驱动组件接合,并且具有纵向轴线和用于使该第一驱动组件相对于该第二驱动组件倾斜的至少一个致动器,

[0010] 其中该第一或第二电机被配置成使对应的第一或第二驱动组件围绕该连接部分的该纵向轴线旋转,且

[0011] 其中该第一或第二驱动组件中的一个的可缩回支腿被配置成在该驱动组件旋转之前从伸展位置移动到缩回位置,同时该第一或第二驱动组件中的另一个的可缩回支腿维持在伸展位置。

[0012] 任选地,该第一或第二电机可被配置成使该第一或第二驱动组件在一平面中旋转,该平面大体上垂直于其中该第一驱动组件的轴线相对于该第二驱动组件的对应轴线倾斜的平面。

[0013] 任选地,该第一或第二驱动组件中的任一个的一个或多个驱动部件包括一个或多

个轮子。

[0014] 任选地,该连接部分可具有两个自由度,在该两个自由度中该第一驱动组件相对于该第二驱动组件倾斜。有利的是,该连接部分可包括万向接头。

[0015] 任选地,该连接部分可包括多个齿轮。

[0016] 任选地,该至少一个致动器可以是电机。该至少一个致动器可以是气动致动器。

[0017] 任选地,该连接部分可包括多个刚性元件,该刚性元件用于通过使所述第一驱动组件相对于所述第二驱动组件倾斜来使该管道机器人弯曲。

[0018] 任选地,该第一驱动组件和第二驱动组件的支腿中的至少一个可以是可独立缩回的。

[0019] 任选地,该管道机器人可包括用于伸展或缩回该第一驱动组件和该第二驱动组件的支腿的气动致动器。气动致动器可被配置成使支腿悬置,从而通过该一个或多个驱动部件将恒定压力施加到管壁上以用于跟踪波动。

[0020] 任选地,该第一和第二驱动组件中的每一个可具有以多个预定角度定向围绕该组件的纵向轴线径向向外伸展的多个可缩回支腿。该预定角度定向可以是围绕该组件的纵向轴线等间隔的。在许可的情况下,预定角度间隔可以是90度。

[0021] 任选地,该管道机器人可被配置成在使该第一驱动组件相对于该第二驱动组件倾斜的同时,使该第一或第二驱动组件相对于该连接部分旋转。

[0022] 任选地,该管道机器人可被配置成驱动其上附接的至少一个托架以用于检查和维修管道网。

[0023] 任选地,该第一驱动组件可包括用于驱动该第一驱动组件的一个或多个驱动部件的第一驱动电机组件,且该第二驱动组件包括用于驱动该第二驱动组件的一个或多个驱动部件的第二驱动电机组件。

[0024] 在另一方面中,提供一种机器人系统,其包括:

[0025] 根据上述第一方面的管道机器人,

[0026] 控制系统,其具有位置远离该机器人的界面且与该机器人通信以进行远程控制。

[0027] 在又一方面中,提供一种存储指令的计算机可读存储媒介,该指令可由处理器执行以进行以下操作:

[0028] 控制管道机器人的一个或多个驱动部件,使得该机器人在第一支管中移动到邻近第二支管的位置,

[0029] 缩回该机器人的第一驱动组件的支腿,

[0030] 控制至少一个致动器,使得该第一驱动组件相对于该机器人的第二驱动组件倾斜,

[0031] 控制该第二驱动组件的一个或多个驱动部件以使该机器人移动,使得该第一驱动组件进入该第二支管,

[0032] 伸展该第一驱动组件的支腿以接触该第二支管的壁,

[0033] 缩回该机器人的第二驱动组件的支腿,

[0034] 控制至少一个致动器,使得该第二驱动组件相对于该第一驱动组件倾斜,

[0035] 控制该第一驱动组件的一个或多个驱动部件以使该机器人移动,使得该第二驱动组件进入该第二支管,以及

[0036] 伸展该第二驱动组件的支腿以接触该第二支管的壁。

[0037] 任选地,该指令可包括在使该第一或第二驱动组件中的一个相对于该第一或第二驱动组件中的另一个倾斜之后或在使该第一或第二驱动组件中的一个相对于该第一或第二驱动组件中的另一个倾斜的同时,使该第一或第二驱动组件围绕该机器人的连接部分旋转的指令。

附图说明

[0038] 下文中将通过实例并参考附图进一步详细地解释本申请的优选实施例,在附图中:-

[0039] 图1描绘本申请的管道机器人和系统的示例性布置。

[0040] 图2描绘本申请的管道机器人的第一实施例的示例性视图。

[0041] 图3描绘用于图1中描绘的布置的控制系统的示例性示意图。

[0042] 图4a描绘其中轮子处于缩回位置的图2的驱动组件的示例性视图。

[0043] 图4b描绘其中轮子处于伸展位置的图2的驱动组件的示例性视图。

[0044] 图5描绘图2的机器人的示例性视图,其具有第一和第二驱动组件,但为了易于参考,已去除连接部分的罩盖及两组可缩回支腿。

[0045] 图6a描绘其中已去除罩盖及两组可缩回支腿的图5的连接部分的第一实施例的示例性视图。

[0046] 图6b描绘连接部分的第二实施例的替代示例性视图。

[0047] 图7a-7c描绘图2的机器人的第一和第二驱动组件及连接部分的旋转情形的示例性视图;其中在图7a中第一和第二驱动组件均展开以抵靠管道壁锚定;其中在图7b中第一驱动组件从管道壁缩回且第二驱动组件抵靠管道壁展开;其中在图7c中第一驱动组件抵靠管道壁展开且第二驱动组件从管道壁缩回。

[0048] 图8a-h描绘参与转弯操作以在标准T形接头管道中上行的图2的机器人的各种状态的示意性图示。

具体实施方式

[0049] 在下文将详细论述本申请的各个实施例。虽然讨论了特定实施方案,但是应了解,这只是为了说明而进行的。相关领域的技术人员将认识到,可以在不脱离本申请的精神和范围的情况下使用其它组件和配置。

[0050] 图1描绘本申请的管道机器人和系统的示例性布置。机器人系统200包括管道机器人100和控制系统160,该控制系统160例如是计算机,其具有位置远离机器人的界面且与机器人通信以进行远程控制。机器人100被配置成在管道网内部移动,并通过有线和/或无线链路与计算机通信180。在机器人通过电源线与控制系统通信的情况下,如果机器人没有电,那么可以通过缆线将机器人收回并拉出。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下有可能应用任何类型的通信技术。通过这种方式,操作者可以在手动、半自动或全自动模式中远程控制机器人。

[0051] 在根据本申请的一个实施例中,如图1所示,至少一个机器人100可以充当动力的/驱动力的模块,并且可被配置成驱动其上附接的至少一个托架120、140来检查和维修管道网。

在此情况下,整个机器人可以呈一系列机器人100和至少一个托架120、140的形式。

[0052] 图2描绘本申请的管道机器人的第一实施例的示例性视图。管道机器人100包括第一驱动组件10、连接部分20和第二驱动组件30。第一驱动组件10和第二驱动组件30可以是大体上对称的。第一和第二驱动组件的机械和电气设计可以是类似的。然而,应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,第一驱动组件的设计可不同于第二驱动组件。

[0053] 第一驱动组件包括第一电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿,且第二驱动组件包括第二电机和其上有一个或多个驱动部件的多个可缩回支腿。

[0054] 在一个实施例中,第一或第二驱动组件中的任一个的一个或多个驱动部件包括一个或多个轮子。在图2和图5中,第一驱动组件10和第二驱动组件30具有可以进行驱动以使管道机器人沿着管道移动的轮子16、36。然而,应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,一个或多个驱动部件可以是可包含轮子和带子的履带。

[0055] 连接部分20可与第一驱动组件10和第二驱动组件30接合,并且具有在与第一驱动组件连接的第一端部和与第二驱动组件连接的第二端部之间延伸的纵向轴线。纵向轴线是连接头部(例如,第一驱动组件)与尾部(例如,第二驱动组件)的线。

[0056] 连接部分20还具有用于使第一驱动组件相对于第二驱动组件倾斜的至少一个致动器。纵向轴线在图2和图7A中是笔直的,但是当连接部分使第一驱动组件相对于第二驱动组件倾斜时可以呈曲线形或弯曲,如图8c-8f中所示和下文更详细描述的那样。第一驱动组件相对于第二驱动组件的倾斜使得管道机器人能够在拐角拐弯或进入管道的另一分支。除了使第一驱动组件相对于第二驱动组件倾斜之外,第一驱动组件或第二驱动组件还可围绕连接部分的纵向轴线旋转或滚动,使得相应驱动组件能够进入管道的新分支并与其接合。例如,第一或第二驱动部件可以在一平面中旋转,该平面大体上垂直于第一驱动部件相对于第二驱动部件倾斜的平面。以此方式,机器人可以移动通过具有竖直上/下区段的管道或具有几乎为零的弯曲半径的90度T形接头。

[0057] 上述倾斜和旋转可以通过电机驱动。在一个实例中,第一驱动组件的第一电机被配置成使第一驱动组件围绕连接部分的纵向轴线旋转,且第二驱动组件的第二电机被配置成使第二驱动组件围绕连接部分的纵向轴线旋转。第一电机和第二电机可被称作滚动电机,因为它们使第一和第二驱动组件围绕纵向轴线滚动。在一个实施例中,第一或第二电机被配置成使第一或第二驱动组件在一平面中旋转,该平面大体上垂直于其中第一驱动组件的轴线相对于第二驱动组件的对应轴线倾斜的平面。

[0058] 第一驱动组件和第二驱动组件的一个或多个驱动部件可以通过第一和第二电机或通过单独的电机组件驱动。在一个实例中,第一驱动组件包括用于驱动第一驱动组件的一个或多个驱动部件的第一驱动电机组件,该第一驱动电机组件与第一滚动电机分离,且第二驱动组件同样地包括用于驱动第二驱动组件的一个或多个驱动部件的第二驱动电机组件,该第二驱动电机组件与第二滚动电机分离。

[0059] 在一个实施例中,第一驱动组件10和第二驱动组件30均配备有电气控制件、电机、齿轮、链条和气动伸展机构。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,第一和第二驱动组件的任何结构设计都是可能的。

[0060] 出于导航和检查目的,可以在机器人中设置至少一个图像采集装置。例如,可以在第一驱动组件10处安装全向相机40。任选地,也有可能连接部分处提供另外两个相机(未

示出),用于监测机器人的操作。

[0061] 参考图3,描绘了针对图1中所描绘的布置的控制系统的示例性示意图。

[0062] 在图3的实施例中,远程控制计算机160被配置在地面处,且被配置成通过通信技术与管道机器人100的第一驱动组件10和第二驱动组件30(例如,前部部分和后部部分)、连接部分(例如,中间部分)20及相机40连接,该通信技术例如是Wi-Fi和电力线网络(home-plug)。

[0063] 例如,第一驱动组件10和第二驱动组件30的控制器被配置成控制用于轮子的电机、锚定气缸阀、滚动电机,并从第一和第二驱动组件上的陀螺仪传感器读取信号。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,控制器有可能控制第一和第二驱动组件的其它组件。

[0064] 连接部分20的控制器被配置成控制照明设备、转向电机,并从连接部分上的陀螺仪传感器读取信号。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,控制器有可能控制连接部分的其它组件。

[0065] 在图3中,来自机器人的其它组件(例如,相机)的信号可以与致动器和传感器的信号传输分开而直接发送到控制计算机。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,机器人的其它组件的其它控制器是可能的。

[0066] 图4a-4b描绘其中轮子分别处于缩回位置和伸展位置的图2的第一或第二驱动组件的示例性视图。

[0067] 在一个实例中,第一驱动组件10包括具有轮子16的多个可缩回支腿12,以及具有用于驱动轮子以使机器人向前和向后移动的至少一个电机的第一驱动电机组件(未示出)。第二驱动组件30包括具有轮子36的多个可缩回支腿32,以及具有用于驱动轮子以使机器人向前和向后移动的至少一个电机的第二驱动电机组件(未示出)。

[0068] 第一驱动组件10和第二驱动组件30中的每一个可具有多个可缩回支腿,该可缩回支腿以多个预定角度定向围绕该组件的纵向轴线径向向外伸展。任选地,预定角度定向可以是围绕该组件的纵向轴线等间隔的。例如,预定角度间隔可以是90度。在图2和图5的实施例中,第一驱动组件10和第二驱动组件30中的每一个具有处于四个定向的四个带轮子的支腿,该四个定向沿着机器人的纵向轴线彼此分隔90度。此配置有助于轮子抓持管道的内壁,并且在管道内牢固地支撑机器人。例如,每个支腿可具有四个由电机驱动的轮子,该电机例如是如图2和图5中所示的无刷DC电机。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,支腿的任何设计都是可能的。

[0069] 管道机器人包括用于伸展或缩回第一驱动组件和第二驱动组件的支腿的气动致动器。气动致动器可被配置成使支腿悬置,从而通过一个或多个驱动部件将恒定压力施加到管壁上来实现良好牵引和跟踪波动。在图4a-4b的实施例中,第一驱动组件10和第二驱动组件30使用四个气压缸14、34通过四杆连杆机构(例如弹簧负载的四杆连杆机构)使具有轮子16、36的四个支腿12、32及电机组件向外伸展,以便抵靠管道的内壁按压/锚定。气压缸14、34除了提供轮子的伸展和缩回之外,还可以使支腿悬置,使得机器人的第一和第二驱动组件能够与管壁并行,以免卡住。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,可缩回支腿的其它致动方法是可能的,例如电动机。

[0070] 第一或第二驱动组件中的一个的可缩回支腿可被配置成在该驱动组件旋转之前从伸展位置移动到缩回位置,同时第一或第二驱动组件中的另一个的可缩回支腿维持在伸

展位置。有利的是,第一驱动组件和第二驱动组件的支腿中的至少一个可以是可独立缩回的,使得机器人能够在不同侧上处理管道中的障碍物或突起或不规则处。在此情况下,一个或多个驱动部件(例如,轮子)可分别地或成组地悬置,以便均衡牵引力。

[0071] 在一个实施例中,气缸14、34受电控空气阀控制。空气由嵌入式电动气泵供应。任选地,可以在驱动组件中安装弹簧作为气缸的备用,使得即使向空气阀供应电力出现故障,轮子仍然可以自动向后缩回。

[0072] 图5描绘图2的机器人的示例性视图,其具有第一和第二驱动组件,但为了易于参考,已去除连接部分的罩盖。

[0073] 第一驱动组件10和第二驱动组件30分别具有第一滚动电机18和第二滚动电机38,用于使对应的第一或第二驱动组件围绕连接部分20的纵向轴线旋转,该纵向轴线在图5中与第一驱动组件10的轴线21和第二驱动组件30的轴线31对齐。第一滚动电机18和第二滚动电机38可以是无刷DC电机,但是其它类型的电机是可能的。

[0074] 图6a描绘其中已去除罩盖的图5的连接部分的第一实施例的示例性视图。图6b描绘连接部分的第二实施例的替代示例性视图。

[0075] 连接部分20可通过耦合部件24与第一驱动组件10和第二驱动组件30接合,如图6b中所示。在此情况下,连接部分设置于第一驱动组件10和第二驱动组件30之间。任选地,在不脱离本申请的范围的情况下,连接部分的其它位置是可能的。

[0076] 连接部分20具有用于使第一驱动组件10相对于第二驱动组件30倾斜的至少一个致动器22。此处的术语“倾斜”是指第一驱动组件相对于第二驱动组件成一角度,例如,如图8c-8f中所示。例如,这一倾斜可通过连接部分的弯曲来实现,举例来说,连接部分可充当铰链。在图6a的实例中,第一驱动组件10通过连接部分20的铰链布置相对于第二驱动组件30倾斜/弯曲。

[0077] 在一个实例中,机器人100可被配置成在使第一驱动组件10相对于第二驱动组件30倾斜的同时,使第一驱动组件10或第二驱动组件30相对于连接部分20旋转。

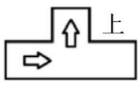
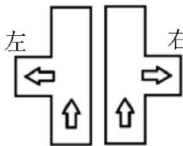
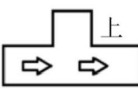
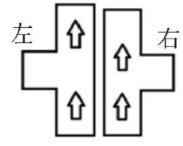
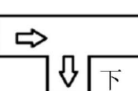
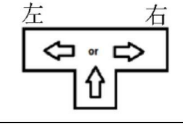
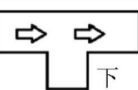
[0078] 连接部分20可包括多个刚性元件,该刚性元件用于通过使第一驱动组件10相对于第二驱动组件30倾斜来使管道机器人弯曲。

[0079] 传感器(例如陀螺仪传感器)可以安装在连接部分20上以确定机器人定向,也可安装在一个或多个驱动部件(例如轮子)上。用于促进管道网的检查和维修的其它辅助组件,例如照明设备,也可设置在连接部分20上。

[0080] 在图6a的实例中,连接部分20的至少一个致动器是电机22,例如无刷DC电机,用于使第一驱动组件10和第二驱动组件30转向/转弯。可替代地,连接部分20的至少一个致动器可以是气动致动器。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,任何致动器都是可能的。

[0081] 连接部分包括耦合到至少一个致动器的多个齿轮26从而提供主动转向能力。在一个实施例中,连接部分20可仅具有一个自由度。在此情况下,机器人的运动取决于分支配置。下面的表1概述了分支配置的七种情形。

[0082]

1	上分支；向上		5	左/右分支；向左/右	
2	上分支；向前		6	左/右分支；向前	
3	下分支；向下		7	左分支和右分支；向左或向右	
4	下分支；向前				

[0083] 表1中的情形1-4示出的是竖直分支配置,而情形5-7示出的是水平分支配置。举例来说,三维管道网在X-Y-Z坐标系中,其中一个90度T形接头位于X-Y平面中,例如水平情形5-7,且另一90度T形接头位于Y-Z平面中,例如竖直情形1-4。如果连接部分20初始设置成使第一驱动组件10或第二驱动组件30转向以在X-Y(例如,水平)平面中相对于彼此倾斜/弯曲,那么连接部分20可通过X-Y平面的T形接头,而不需要连接部分20进行额外的旋转。

[0084] 然而,在此情况下,除非连接部分20进行额外的旋转,否则第一驱动组件10无法相对于第二驱动组件30倾斜/弯曲以通过Y-Z(例如,竖直)平面的T形接头。也就是说,连接部分20需要旋转90度,将初始X-Y-Z坐标系变成Y-Z-X坐标系,使得先前的Y-Z(例如,竖直)平面T形接头变成新X-Y(例如,水平)平面的T形接头。以此方式,即使连接部分仅具有一个自由度,机器人也可以进入竖直和水平分支。

[0085] 可替代地,连接部分20可具有两个自由度,在该两个自由度中第一驱动组件10相对于第二驱动组件30倾斜。这提供了更程度的灵活性,并使得管道机器人更易于进入具有各种不同定向的分支。在一个实例中,连接部分20包括万向接头28和两个致动器23、25,用于控制连接部分20的倾斜/弯曲,如图6b中所示。在此情况下,第一驱动组件10能够在具有任何尺寸的任何T形接头中相对于第二驱动组件30倾斜/弯曲,而不需要连接部分20进行额外的旋转。应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,连接部分的两个自由度的任何布置都是可能的。

[0086] 图7a-7c描绘第一和第二驱动组件及连接部分的旋转情形。

[0087] 图7a描绘连接部分的旋转情形。如上文所提及,在连接部分仅具有一个自由度的情况下,在特定情形中,连接部分可在通过接头之前进行额外的旋转动作。在图7a的实施例中,连接部分通过第一和第二驱动组件的旋转进行旋转,其中第一和第二驱动组件的支腿展开以抵靠着管道壁锚定。

[0088] 图7b描绘第一驱动组件的旋转情形。在此情况下,第一驱动组件的支腿从管道壁缩回,同时第二驱动组件的支腿抵靠着管道壁展开,使得第一驱动组件旋转,同时第二驱动组件抵靠着壁。

[0089] 图7c描绘第二驱动组件的旋转情形。在此情况下,第二驱动组件的支腿从管道壁缩回,同时第一驱动组件的支腿抵靠着管道壁展开,使得第二驱动组件旋转,同时第一驱动

组件抵靠着壁。

[0090] 图8a-h描绘参与转弯操作以在标准T形接头管道中上行的图2的机器人的各种状态的示意性图示。

[0091] 在一个实施例中,管道机器人可遵循以下步骤:

[0092] 步骤1:控制管道机器人的一个或多个驱动部件(例如,轮子),使得机器人在第一支管中移动到邻近第二支管的位置,其中第一和第二驱动组件的支腿展开以抵靠管道壁锚定,如图8a中所示;

[0093] 步骤1.1(任选地,在机器人的连接部分仅具有一个自由度的情况下):定位分支接头并以某一角度(例如,90度)旋转连接部分,使得第一驱动组件能够相对于第二驱动组件倾斜/弯曲,从而通过分支接头;

[0094] 步骤2:缩回机器人的第一驱动组件的支腿,如图8b中所示;

[0095] 步骤3:控制至少一个致动器,使得第一驱动组件相对于机器人的第二驱动组件倾斜,如图8c中所示;

[0096] 步骤4:控制第二驱动组件的一个或多个驱动部件(例如,轮子)以使机器人移动,使得第一驱动组件进入第二支管,如图8d中所示;

[0097] 步骤5:伸展第一驱动组件的支腿以接触第二支管的壁/抵靠第二支管的壁锚定,如图8e中所示;

[0098] 步骤6:缩回机器人的第二驱动组件的支腿,如图8f中所示;

[0099] 步骤7:控制至少一个致动器,使得第二驱动组件相对于机器人的第一驱动组件倾斜,如图8f中所示;

[0100] 步骤8:控制第一驱动组件的一个或多个驱动部件(例如,轮子)以使机器人移动,使得第二驱动组件进入第二支管,如图8g中所示;

[0101] 步骤9:伸展第二驱动组件的支腿以接触第二支管的壁。

[0102] 在一个实施例中,存在以下步骤:在使第一或第二驱动组件中的一个相对于第一或第二驱动组件中的另一个倾斜之后或在使第一或第二驱动组件中的一个相对于第一或第二驱动组件中的另一个倾斜的同时,使第一或第二驱动组件围绕机器人的连接部分旋转。

[0103] 还提供一种存储指令的计算机可读存储介质,该指令可由处理器执行以执行上述步骤1-9和上述使第一或第二驱动组件围绕机器人的连接部分旋转的步骤。

[0104] 在一个实施例中,下面阐述了用于直径为300mm或600mm的管道的机器人的尺寸。然而,应了解,在不脱离本申请的范围的情况下,机器人的其它尺寸是可能的。

[0105]	项目	单位	量
	机器人质量	Kg	5 到 59
	机器人总长度	mm	590 到 1500
	机器人总直径	mm	285 到 620
[0106]	管道直径(内径)	mm	600(568-616)
			300(285-320)

[0107] 应了解,本申请的管道机器人和系统具有主动转向和锚定能力,使得机器人可以以适当的力竖直固持而不会损坏壁,并且机器人可以移动通过管道网中的弯曲半径几乎为

零、非常尖锐的弯曲接头/分支。

[0108] 上文实施例仅作为实例描述。在不脱离如所附权利要求书中限定的本申请的范围的情况下,许多变化是可能的。

[0109] 为了解释清楚,在一些情况下,本申请技术可呈现为包含个别功能块,包含以软件或硬件与软件的组合体现的方法中的包括装置、装置组件、步骤或例程的功能块。

[0110] 根据上述实例的方法可以使用所存储的或者可获自计算机可读介质的计算机可执行指令实施。这些指令可包括例如使通用计算机、专用计算机或专用处理装置或以其它方式将通用计算机、专用计算机或专用处理装置配置成执行某一功能或功能群组的指令和数据。所使用计算机资源的部分可通过网络来接入。计算机可执行指令可以是例如二进制数、例如汇编语言的中间格式指令、固件,或源代码。可用于存储指令、所使用信息和/或在根据所描述实例的方法期间产生的信息的计算机可读介质的实例包含磁盘或光盘、快闪存储器、具有非易失性存储器的通用串行总线(USB)装置、联网存储装置等。

[0111] 实施根据这些申请内容的方法的装置可包括硬件、固件和/或软件,并且可采取各种外观尺寸中的任一种。本文所描述的功能性也可体现为外围设备或附加卡。再举个例子,这些功能性也可实施于电路板上的不同芯片中或在单个装置中执行的不同过程中。

[0112] 指令、用于递送这些指令的媒介、用于执行指令的计算资源以及用于支持这些计算资源的其它结构是用于提供本申请中所描述的功能的手段。

[0113] 虽然使用各种实例和其它信息来阐释所附权利要求书的范围内的方面,但不应基于这些实例中的特定特征或布置暗示对权利要求书的限制,因为本领域的技术人员能够使用这些实例导出各种实施方案。此外,虽然可能已经用结构特征和/或方法步骤的实例所特定的语言描述了某一主题,但应了解,所附权利要求书中限定的主题不一定限于这些描述的特征或动作。例如,这些功能性可以不同方式分布或在除本文识别的那些组件外的组件中执行。实际上,所描述特征和步骤被公开为所附权利要求书的范围内的系统和方法的组成部分的实例。

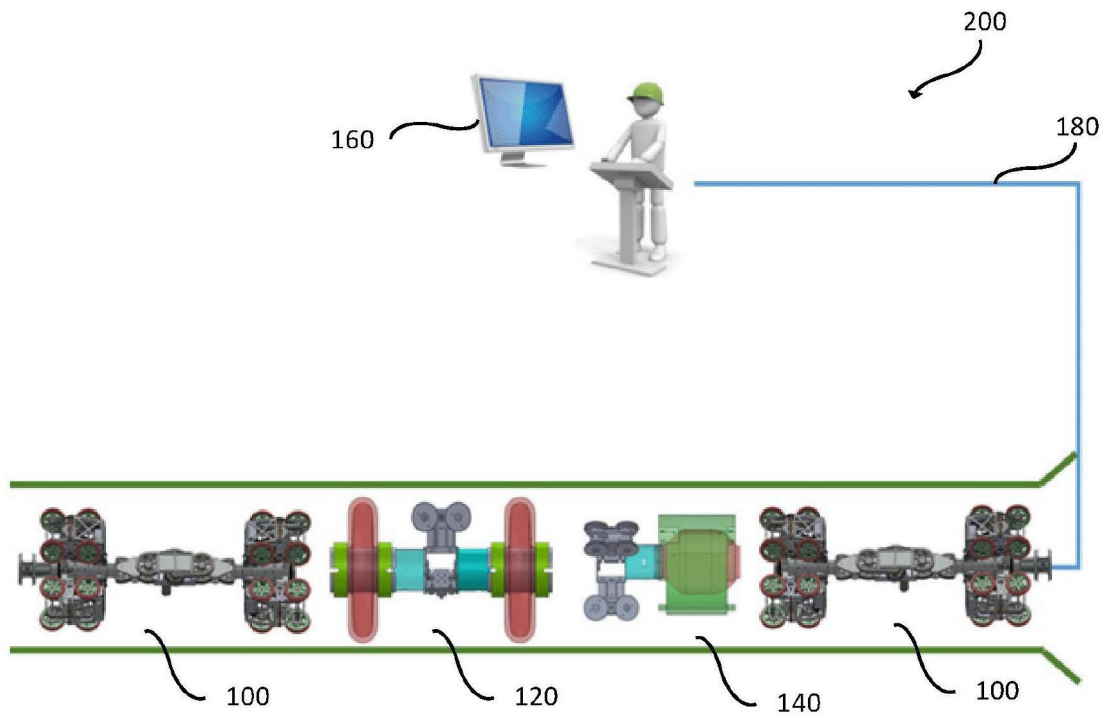


图1

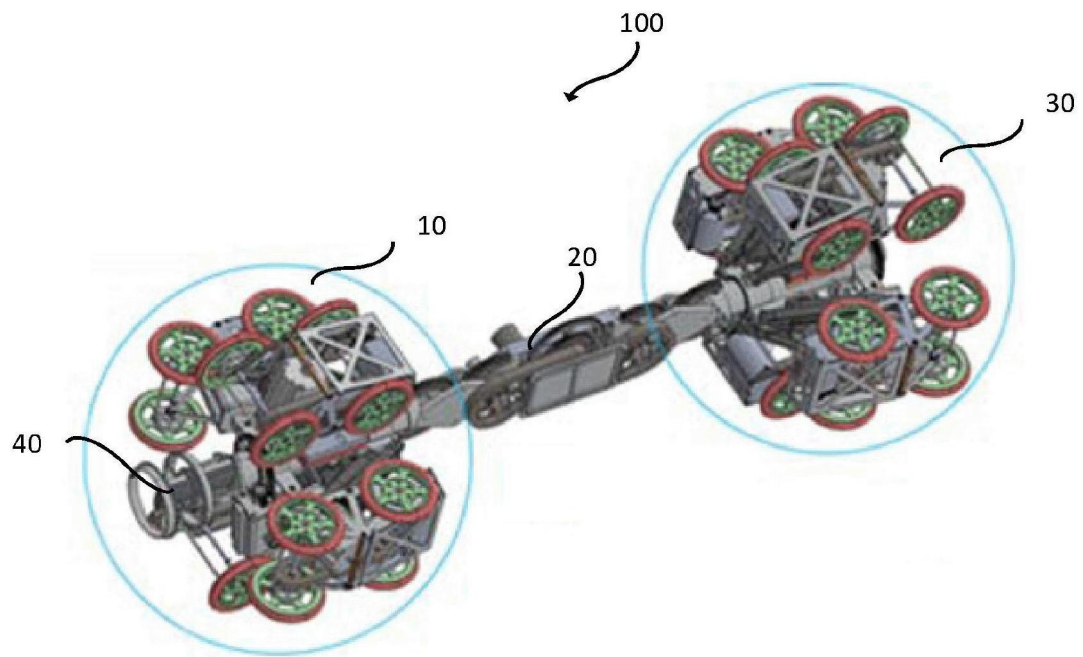


图2

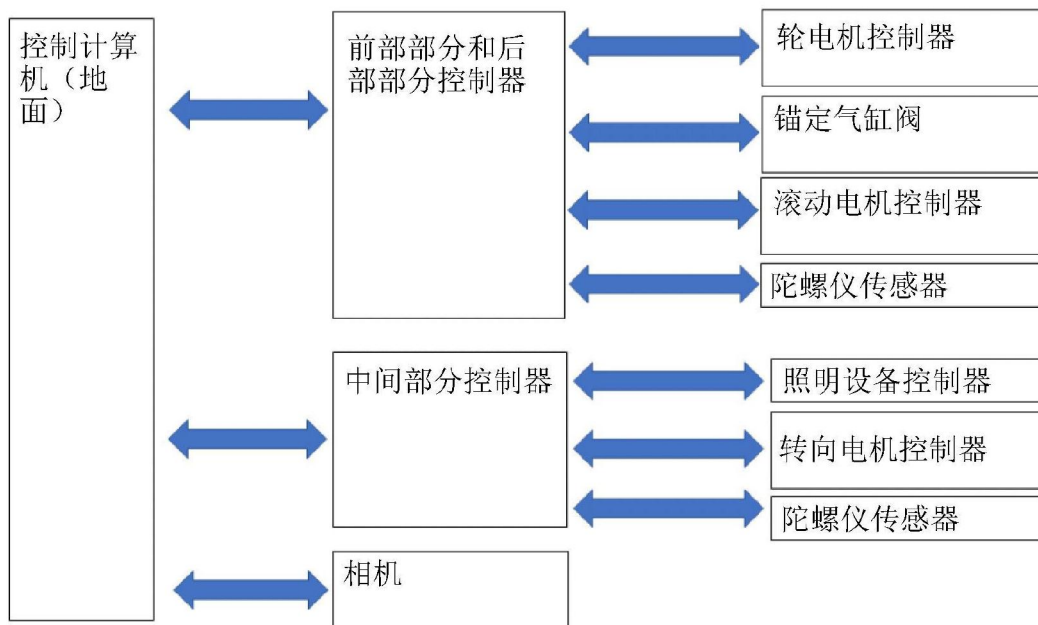


图3

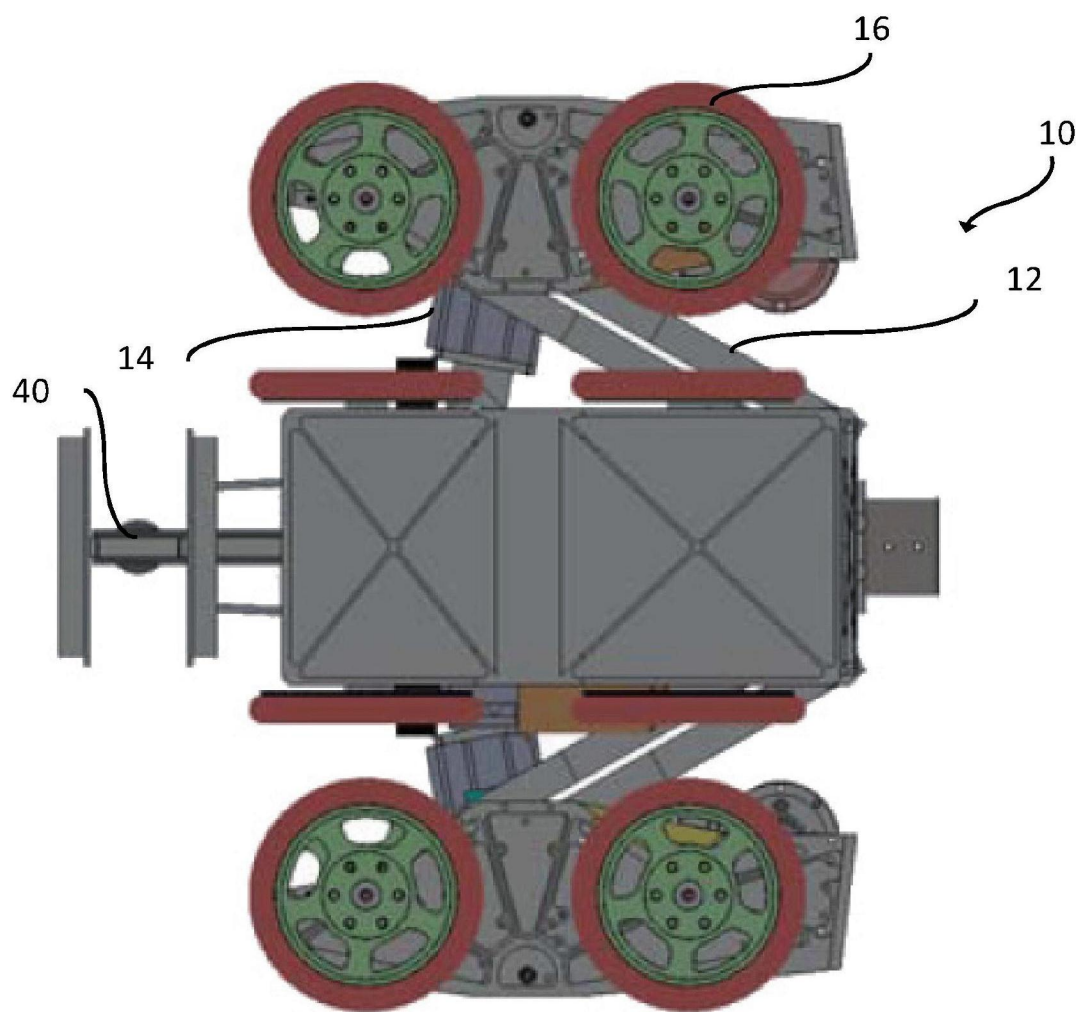


图4A

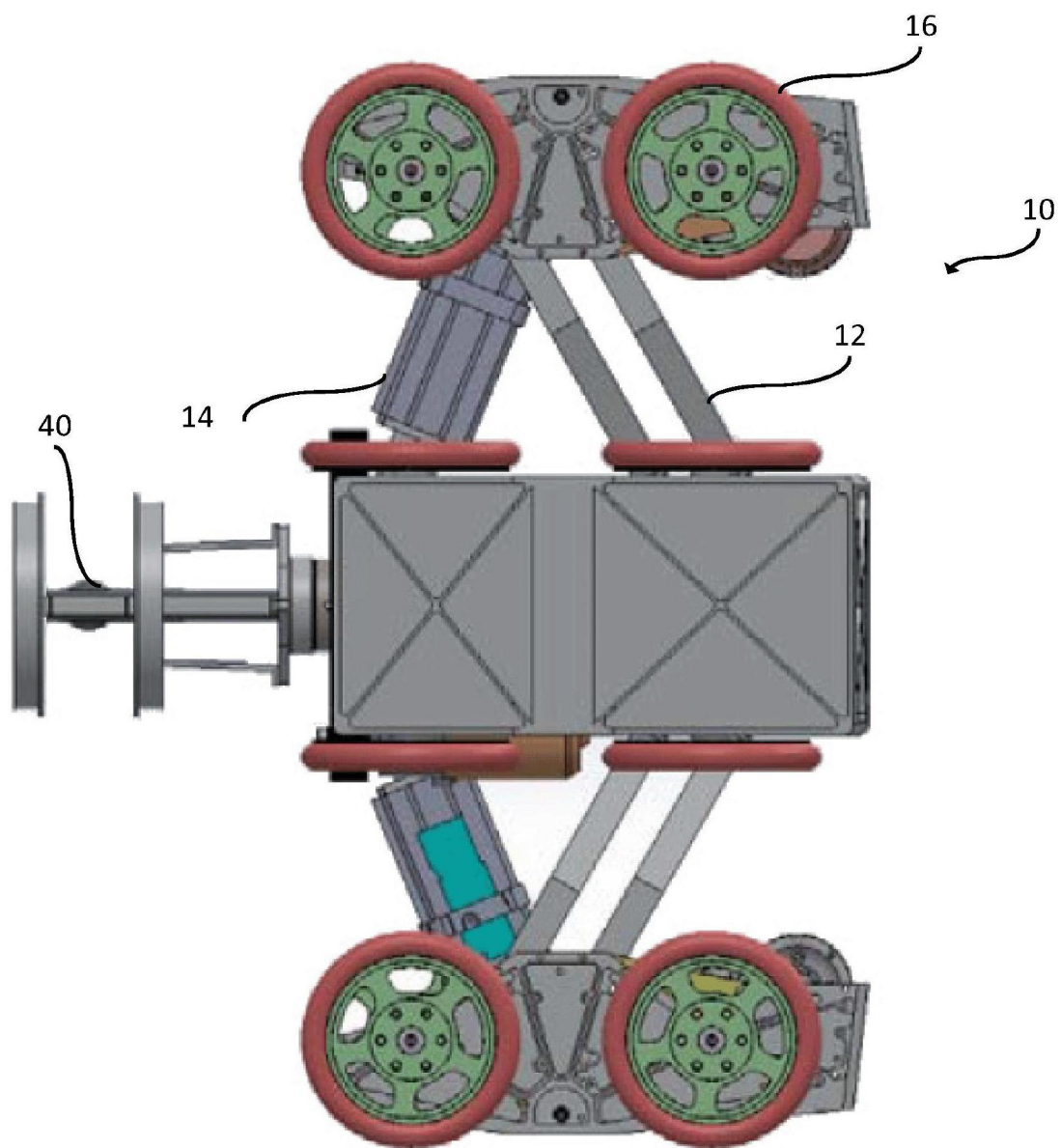


图4B

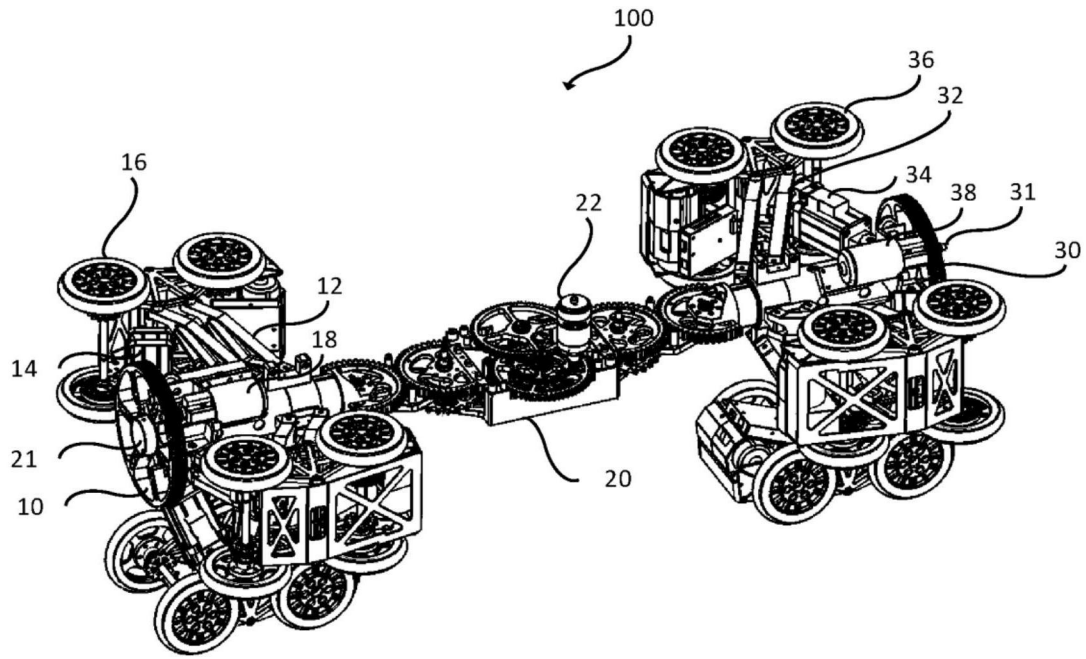


图5

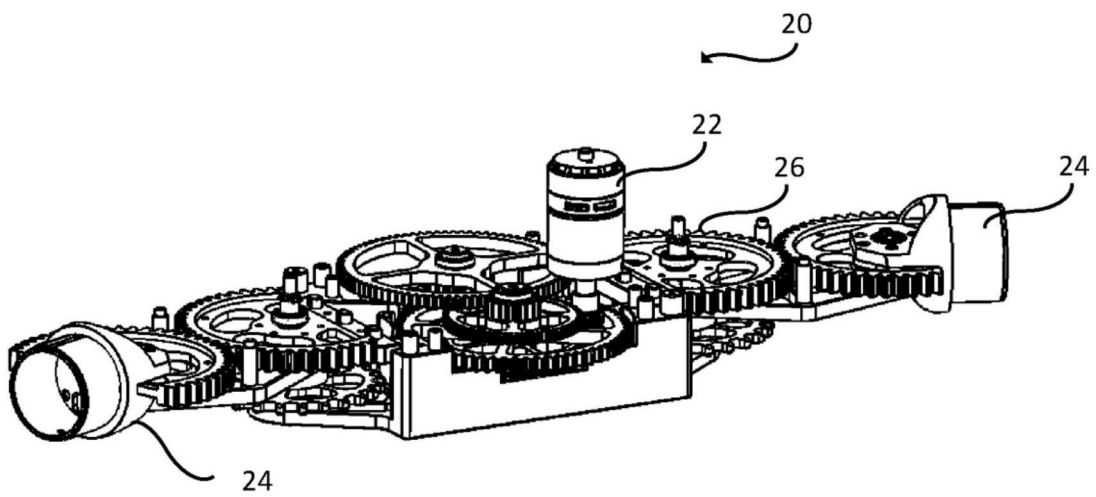


图6A

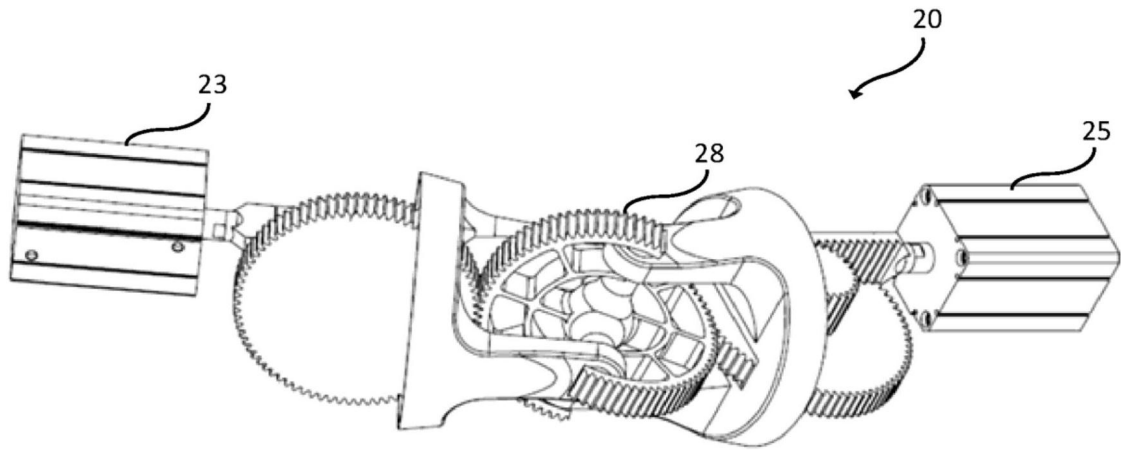


图6B

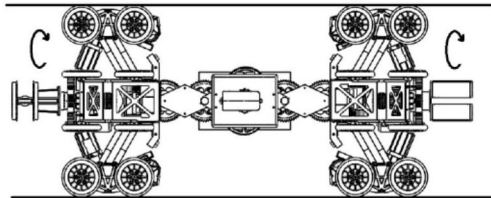


图7A

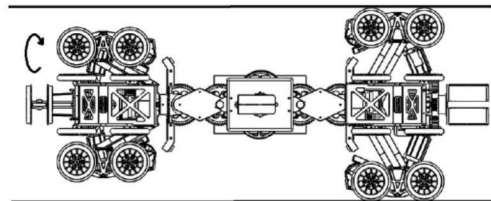


图7B

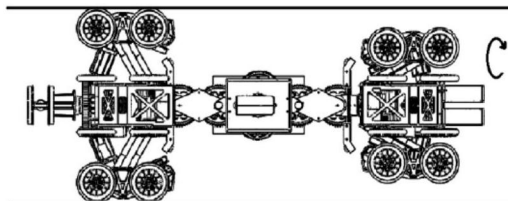


图7C

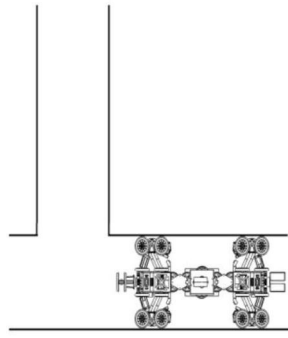


图8A

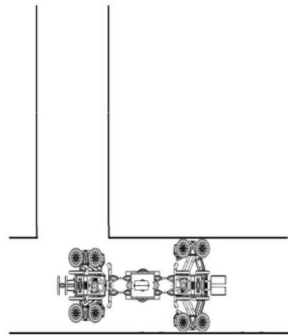


图8B

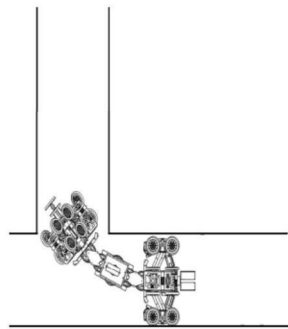


图8C

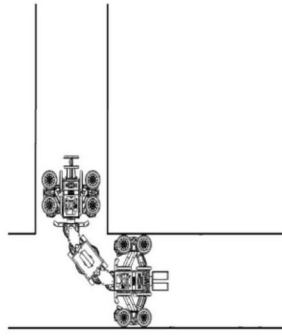


图8D

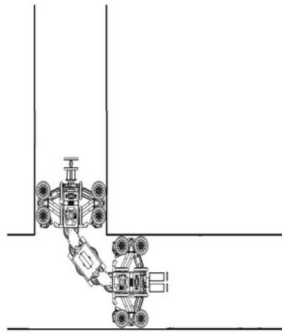


图8E

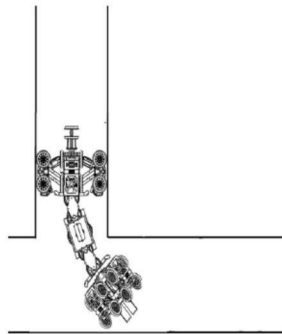


图8F

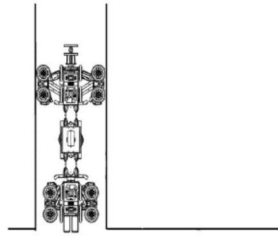


图8G

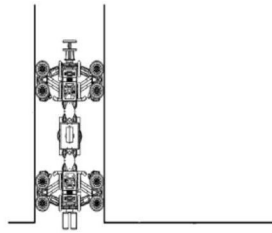


图8H