



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102642576 A

(43) 申请公布日 2012. 08. 22

(21) 申请号 201210115899. 2

(22) 申请日 2012. 04. 18

(71) 申请人 东南大学

地址 210096 江苏省南京市四牌楼 2 号

(72) 发明人 乔贵方 宋光明 张军 王卫国

孙洪涛 李臻 宋爱国

(74) 专利代理机构 南京天翼专利代理有限责任  
公司 32112

代理人 汤志武

(51) Int. Cl.

B62D 57/02 (2006. 01)

B25J 17/00 (2006. 01)

B25J 17/02 (2006. 01)

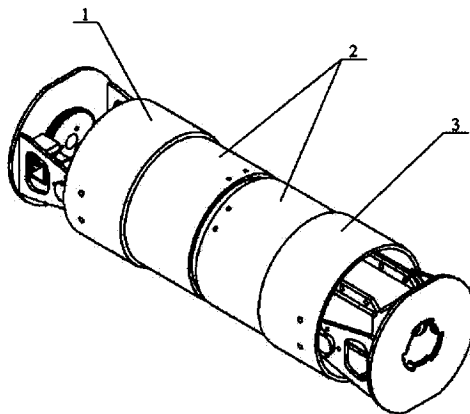
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 8 页

### (54) 发明名称

一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人

### (57) 摘要

一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人, 由至少一个单元模块构成, 所述单元模块包括依次连接的前臂、伸缩臂和后臂; 具有两个俯仰关节、两个旋转关节以及一个伸缩关节, 通过控制前后臂的翻转舵机与伸缩臂的伸缩电机相互间地配合实现蠕虫式运动, 前后臂与伸缩臂之间设有旋转电机构成的旋转关节, 且前后臂及伸缩臂外形均为圆形, 通过控制旋转电机可以实现轮式机器人的运动方式, 两端旋转电机的差分驱动也可以实现原地旋转、拐弯, 本发明的模块化自重构机器人具备崎岖地形所需的蠕动式运动, 还可以在平地上完成高效的轮式运动。



1. 一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人,其特征是由至少一个单元模块构成,所述单元模块包括依次连接的前臂、伸缩臂和后臂;

前臂包括前臂 U 形框、前臂圆柱形外框、前臂翻转舵机、前臂舵机架、对接电机、对接齿轮和对接锥头,所述前臂 U 形框由两块侧板和一块底板组成,底板设有平行的两条边,两条边之间为圆弧连接,所述圆弧的延长线构成一个完整的圆,两块侧板对称设置在两个圆弧边上,底板中心设有圆孔,对接齿轮和对接锥头穿过所述圆孔固定连接,底板卡在对接锥头和对接齿轮之间;对接电机固定在前臂 U 形框内侧,对接电机的输出轴带动对接齿轮转动;前臂翻转舵机通过前臂舵机架固定在前臂圆柱形外框内,前臂 U 形框的两块侧板与前臂圆柱形外框的侧壁铰支连接,前臂翻转舵机的输出轴套接一输出盘,所述输出盘与一块侧板固定连接,前臂翻转舵机的电机轴与所述铰支连接的铰支点在同一直线上,构成第一俯仰关节;前臂圆柱形外框相对前臂 U 形框的另一侧设有凸台,凸台上固定有前臂旋转齿轮;

后臂包括后臂 U 形框、后臂圆柱形外框、后臂翻转舵机和后臂舵机架,所述后臂 U 形框与前臂 U 形框除底板中心圆孔外,其余部分结构一致,后臂 U 形框底板中心为对应对接锥头的卡接孔,对接锥头侧面设有卡齿,卡接孔直径与对接锥头一致,设有对应所述卡齿的卡槽,两个单元模块连接时,对接锥头对应卡槽位置穿过卡接孔,旋转后,卡齿卡在卡接孔未设卡槽的边缘,实现卡接;后臂翻转舵机通过后臂舵机架固定在后臂圆柱形外框内,后臂 U 形框的两块侧板与后臂圆柱形外框的侧壁铰支连接,后臂翻转舵机的输出轴套接一输出盘,所述输出盘与一块侧板固定连接,后臂翻转舵机的电机轴与所述铰支连接的铰支点在同一直线上,构成第二俯仰关节;后臂圆柱形外框相对后臂 U 形框的另一侧设有凸台,凸台上固定有后臂旋转齿轮;

伸缩臂包括前伸缩块、后伸缩块、导杆、丝杆、丝杆螺母、伸缩齿轮和伸缩电机,所述前、后伸缩块包括圆柱形外壳、圆形盖、旋转电机、PCB 电路板和轴承安装面,圆形盖与轴承安装面分别作为圆柱形外壳的两个底面,轴承安装面的中心设置轴承,所述前臂的凸台和后臂的凸台穿过轴承,前臂旋转齿轮和后臂旋转齿轮直径大于轴承内径,卡在轴承上,PCB 电路板设置在圆柱形外壳内,旋转电机安装在 PCB 电路板上,前、后伸缩块旋转电机的输出轴分别与前臂旋转齿轮和后臂旋转齿轮啮合联动,构成 2 个旋转关节;两个圆形盖分别对应设有至少两个导杆孔、一个丝杆孔,圆形盖的导杆孔中穿过导杆实现两个圆形盖的轴向活动连接,至少一个丝杆孔上设置丝杆螺母,丝杆穿过丝杆螺母,伸缩电机设置在前、后伸缩块任一个的圆形盖上,并设置在伸缩块内部,丝杆对应伸缩电机的一端套接伸缩齿轮,伸缩电机的输出轴通过伸缩齿轮带动丝杆旋转,带动两个伸缩块沿着导杆平移,构成伸缩关节。

2. 根据权利要求 1 所述的一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人,其特征是所述丝杆孔设置在圆形盖中心,两个圆形盖的丝杆孔,一个丝杆孔上设置丝杆螺母,一个设置丝杆轴承,丝杆穿过丝杆螺母和丝杆轴承。

3. 根据权利要求 1 所述的一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人,其特征是设有两个导杆,一个导杆一端与前伸缩块的圆形盖固定,另一端设置挡圈,防止脱出后伸缩块的导杆孔;另一导杆一端与后伸缩块的圆形盖固定,另一端设置挡圈,防止脱出前伸缩块的导杆孔。

## 一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人

### 技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,涉及模块化自重构机器人,为一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人。

### 背景技术

[0002] 模块化自重构机器人系统是由若干具有一定自治能力和感知能力的同构型或异构型机器人组成,各机器人之间具备统一的连接机构,通过机器人间的相互连接扩展运动形式。此类机器人具有如下的特点:1) 自重构功能;2) 自修复功能;3) 功能可扩展性;4) 自适应性强;5) 高可靠性;6) 良好的经济性。

[0003] 模块化自重构机器人的运动能力、自由度数量以及模块质量等,都直接影响整个机器人系统的协调运动和作业能力。模块化自重构机器人主要分为3类:链状、晶体形和混合型。

[0004] 目前已知的单链式模块化自重构机器人的设计中存在如下问题:1) 手动连接,不符合自重构机器人的设计思想;2) 自由度少,运动能力较低;3) 运动方式单一;4) 模块化系统机构复杂、成本高、不便普及和推广。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的问题是:现有技术中,模块化自重构机器人存在运动方式单一、运动效率低的缺点,且自动化程度不能满足要求,机器人机构复杂、成本高、不便普及和推广。

[0006] 本发明的技术方案为:一种具有滚动和爬行步态的单链式模块化自重构机器人,由至少一个单元模块构成,所述单元模块包括依次连接的前臂、伸缩臂和后臂;

[0007] 前臂包括前臂U形框、前臂圆柱形外框、前臂翻转舵机、前臂舵机架、对接电机、对接齿轮和对接锥头,所述前臂U形框由两块侧板和一块底板组成,底板设有平行的两条边,两条边之间为圆弧连接,所述圆弧的延长线构成一个完整的圆,两块侧板对称设置在两个圆弧边上,底板中心设有圆孔,对接齿轮和对接锥头穿过所述圆孔固定连接,底板卡在对接锥头和对接齿轮之间;对接电机固定在前臂U形框内侧,对接电机的输出轴带动对接齿轮转动;前臂翻转舵机通过前臂舵机架固定在前臂圆柱形外框内,前臂U形框的两块侧板与前臂圆柱形外框的侧壁铰支连接,前臂翻转舵机的输出轴套接一输出盘,所述输出盘与一块侧板固定连接,前臂翻转舵机的电机轴与所述铰支连接的铰支点在一直线上,构成第一俯仰关节;前臂圆柱形外框相对前臂U形框的另一侧设有凸台,凸台上固定有前臂旋转齿轮;

[0008] 后臂包括后臂U形框、后臂圆柱形外框、后臂翻转舵机和后臂舵机架,所述后臂U形框与前臂U形框除底板中心圆孔外,其余部分结构一致,后臂U形框底板中心为对应对接锥头的卡接孔,对接锥头侧面设有卡齿,卡接孔直径与对接锥头一致,设有对应所述卡齿的卡槽,两个单元模块连接时,对接锥头对应卡槽位置穿过卡接孔,旋转后,卡齿卡在卡接孔未设卡槽的边缘,实现卡接;后臂翻转舵机通过后臂舵机架固定在后臂圆柱形外框内,后臂

U形框的两块侧板与后臂圆柱形外框的侧壁铰支连接,后臂翻转舵机的输出轴套接一输出盘,所述输出盘与一块侧板固定连接,后臂翻转舵机的电机轴与所述铰支连接的铰支点在一直线上,构成第二俯仰关节;后臂圆柱形外框相对后臂U形框的另一侧设有凸台,凸台上固定有后臂旋转齿轮;

[0009] 伸缩臂包括前伸缩块、后伸缩块、导杆、丝杆、丝杆螺母、伸缩齿轮和伸缩电机,所述前、后伸缩块包括圆柱形外壳、圆形盖、旋转电机、PCB电路板和轴承安装面,圆形盖与轴承安装面分别作为圆柱形外壳的两个底面,轴承安装面的中心设置轴承,所述前臂的凸台和后臂的凸台穿过轴承,前臂旋转齿轮和后臂旋转齿轮直径大于轴承内径,卡在轴承上,PCB电路板设置在圆柱形外壳内,旋转电机安装在PCB电路板上,前、后伸缩块旋转电机的输出轴分别与前臂旋转齿轮和后臂旋转齿轮啮合联动,构成2个旋转关节;两个圆形盖分别对应设有至少两个导杆孔、一个丝杆孔,圆形盖的导杆孔中穿过导杆实现两个圆形盖的轴向活动连接,至少一个丝杆孔上设置丝杆螺母,丝杆穿过丝杆螺母,伸缩电机设置在前、后伸缩块任一个的圆形盖上,并设置在伸缩块内部,丝杆对应伸缩电机的一端套接伸缩齿轮,伸缩电机的输出轴通过伸缩齿轮带动丝杆旋转,带动两个伸缩块沿着导杆平移,构成伸缩关节。

[0010] 所述丝杆孔设置在圆形盖中心,两个圆形盖的丝杆孔,一个丝杆孔上设置丝杆螺母,一个设置丝杆轴承,丝杆穿过丝杆螺母和丝杆轴承。

[0011] 作为优选方式,设有两个导杆,一个导杆一端与前伸缩块的圆形盖固定,另一端设置挡圈,防止脱出后伸缩块的导杆孔;另一导杆一端与后伸缩块的圆形盖固定,另一端设置挡圈,防止脱出前伸缩块的导杆孔。

[0012] 本发明具有以下有益效果:一、模块化自重构机器人具备空间对称性,对接机构简单实用;二、具有两个俯仰关节、两个旋转关节以及一个伸缩关节,较多的自由度保证了机器人运动的灵活性;三、旋转关节和整体的圆柱形框架使得机器人具备轮式机器人的滚动运动方式,俯仰关节和伸缩关节使得机器人具备蠕虫式爬行运动方式;四、机构简单,易加工,适合大批量制造。

## 附图说明

[0013] 图1是本发明的单个模块化自重构机器人立体图。

[0014] 图2是本发明的前臂机构图。

[0015] 图3是本发明的前臂舵机安装示意图。

[0016] 图4是本发明的后臂机构图。

[0017] 图5是本发明的后臂舵机安装示意图。

[0018] 图6是本发明的伸缩臂外形机构图。

[0019] 图7是本发明的伸缩臂与前臂的连接和旋转机构图。

[0020] 图8是本发明的伸缩臂伸长机构右视图。

[0021] 图9是本发明的伸缩臂伸长机构左视图。

[0022] 图10是本发明的伸缩臂与后臂的连接和旋转机构图。

[0023] 图11是本发明的单个模块化自重构机器人初始状态上视图。

[0024] 图12是本发明的单个模块化自重构机器人伸缩臂伸长后上视图。

- [0025] 图 13 是本发明的对接机构左视图。
- [0026] 图 14 是本发明的对接机构右视图。
- [0027] 图 15 是本发明的对接机构分离状态示意图。
- [0028] 图 16 是本发明的 2 个模块化自重构机器人连接示意图。

### 具体实施方式

[0029] 下面结合附图和实施例,对本发明作进一步详细说明。

[0030] 本发明单链式模块化自重构机器人由至少一个单元模块构成,如图 1 所示,所述单元模块由依次连接的前臂 1,伸缩臂 2 和后臂 3 构成,具有两个俯仰关节、两个旋转关节以及一个伸缩关节。

[0031] 如图 2 所示,为前臂 1 的机构图。前臂 1 包括前臂 U 形框 101、前臂圆柱形外框 105、前臂翻转舵机 103、前臂舵机架 102、对接电机 108、对接齿轮 110 和对接锥头 111,所述前臂 U 形框 101 由两块侧板和一块底板组成,底板设有平行的两条边,两条边之间为圆弧连接,所述圆弧的延长线构成一个完整的圆,圆形用于滚动,爬行为蠕动式,所述平行的两条边用于接触地面保持机器人不会左右偏转,同时在滚动时保证机器人的平稳,控制滚动的距离。两块侧板对称设置在两个圆弧边上,底板中心设有圆孔,对接齿轮 110 和对接锥头 111 穿过所述圆孔固定连接,对接锥头 111 的直径大于所述圆孔直径,使得底板卡在对接锥头 111 和对接齿轮 110 之间;对接电机 108 固定在前臂 U 形框 101 内侧,对接电机 108 的输出轴带动对接齿轮 110 转动,从而驱动对接锥头 111 旋转;前臂翻转舵机 103 通过前臂舵机架 102 固定在前臂圆柱形外框 105 内,如图 3,前臂 U 形框 101 的两块侧板与前臂圆柱形外框 105 的侧壁铰支连接,前臂翻转舵机 103 的输出轴套接一输出盘 104,所述输出盘 104 与一块侧板固定连接,前臂翻转舵机 103 的电机轴与所述铰支连接的铰支点在一直线上,构成第一俯仰关节;前臂圆柱形外框 105 相对前臂 U 形框 101 的另一侧设有凸台,凸台上固定有前臂旋转齿轮 106;

[0032] 如图 4 所示,为后臂 3 的机构图。后臂 3 包括后臂 U 形框 303、后臂圆柱形外框 301、后臂翻转舵机 305 和后臂舵机架 304,所述后臂 U 形框 303 与前臂 U 形框 101 除底板中心圆孔外,其余部分结构一致,后臂 U 形框 303 底板中心为对应对接锥头 111 的卡接孔,作为模块化自重构机器人两个单元模块前后臂连接时的卡紧机构,对接锥头 111 侧面设有卡齿,卡接孔直径与对接锥头一致,设有对应所述卡齿的卡槽,两个单元模块连接时,对接锥头对应卡槽位置穿过卡接孔,旋转后,卡齿卡在卡接孔未设卡槽的边缘,实现卡接;后臂翻转舵机 305 通过后臂舵机架 304 固定在后臂圆柱形外框 301 内,如图 5,后臂 U 形框 303 的两块侧板与后臂圆柱形外框 301 的侧壁铰支连接,后臂翻转舵机 305 的输出轴套接一输出盘,所述输出盘与一块侧板固定连接,后臂翻转舵机 305 的电机轴与所述铰支连接的铰支点在一直线上,构成第二俯仰关节;后臂圆柱形外框 301 相对后臂 U 形框 303 的另一侧设有凸台,凸台上固定有后臂旋转齿轮 307;

[0033] 如图 6 所示,为伸缩臂 2 的机构图。伸缩臂 2 主要由前、后 2 个伸缩块组成,分别连接前臂 1 和后臂 3。导杆 202、205 保证 2 个伸缩块只能够沿着它们的导向轴线移动,丝杆 203 作为伸缩臂 2 的伸缩驱动机构。所述前、后伸缩块包括圆柱形外壳、圆形盖、旋转电机、PCB 电路板和轴承安装面,圆形盖与轴承安装面分别作为圆柱形外壳的两个底面,轴承安装

面的中心设置轴承,所述前臂的凸台和后臂的凸台穿过轴承,前臂旋转齿轮和后臂旋转齿轮直径大于轴承内径,卡在轴承上,PCB 电路板设置在圆柱形外壳内,旋转电机安装在 PCB 电路板上,前、后伸缩块旋转电机的输出轴分别与前臂旋转齿轮和后臂旋转齿轮啮合联动,构成 2 个旋转关节;两个圆形盖分别对应设有至少两个导杆孔、一个丝杆孔,圆形盖的导杆孔中穿过导杆实现两个圆形盖的轴向活动连接,丝杆孔上设置丝杆螺母,丝杆穿过丝杆螺母,伸缩电机设置在前、后伸缩块任一个的圆形盖上,并设置在伸缩块内部,丝杆对应伸缩电机的一端套接伸缩齿轮,伸缩电机的输出轴通过伸缩齿轮带动丝杆旋转,带动两个伸缩块沿着导杆平移,构成伸缩关节。

[0034] 伸缩臂的具体机构如图 7、图 8、图 9 和图 10 所示。

[0035] 如图 7 所示,为伸缩臂 2 与前臂 1 的连接和旋转机构图,PCB 电路板 206 通过四个铜柱固定在伸缩臂 2 的圆柱形外壳 201 内,旋转电机 207 固定在 PCB 电路板 206 的安装孔上。圆柱形外壳 201 一侧的轴承安装面中心安装有轴承,前臂 1 的凸台穿过轴承,并如前文所述,前臂旋转齿轮 106 固定在前臂 1 的凸台上,前臂旋转齿轮 106 的直径大于轴承安装面上轴承的直径,以此将前臂 1 与伸缩臂 2 的前伸缩块连接在一起。旋转电机 207 输出轴的输出齿轮与前臂旋转齿轮 106 啮合传动,构成 1 个旋转关节。

[0036] 如图 8 所示,为伸缩臂 2 的伸缩机构图。伸缩电机 405 通过电机架 404 固定在一个伸缩块的圆形盖 402 的内侧面,伸缩齿轮 407 固定在丝杆 203 的一端,伸缩齿轮 407 与伸缩电机 405 输出轴的齿轮 403 啮合传动,驱动丝杆旋转。丝杆从圆形盖 402 和另一伸缩块的圆形盖 401 内侧中心孔穿过,其中在圆形盖 402 中心孔安装有轴承,用于固定丝杆 203 位置,丝杆绕轴承轴线旋转。导杆 205 的一端通过四个固定孔固定在圆形盖 401 内侧,另外一端通过挡圈 406,防止由于丝杆 203 伸缩过度而导致左右伸缩块脱节。而导杆 202 与 205 结构相同,区别在于固定的一端在圆形盖 402 的内侧面。

[0037] 如图 9 所示,为对应图 8 的伸缩机构另一侧内部机构图,丝杆螺母 409 通过四个固定孔固定在圆形盖 401 的内侧面,丝杆 203 穿过丝杆螺母 409。通过导杆 203、205 以及丝杆螺母 409 的共同作用使得前后伸缩块 201、204 沿轴向自由的伸缩。

[0038] 如图 10 所示,为伸缩臂 2 与后臂 3 的连接和旋转机构图,结构与伸缩臂 2 与前臂 1 的连接和旋转机构完全相同。PCB 电路板 208 通过四个铜柱固定在圆柱形外壳 204 的内侧面上,旋转电机 209 固定在 PCB 电路板 208 的安装孔上。圆柱形外壳 204 的轴承安装面中心安装有轴承,后臂 3 的凸台穿过所述轴承,并如前文所述,后臂旋转齿轮 307 固定在后臂 3 的凸台上,后臂旋转齿轮 307 的直径大于所述轴承直径,以此将后臂 3 与伸缩臂 2 连接在一起。旋转电机 209 输出轴的输出齿轮与后臂旋转齿轮 307 啮合传动,构成 1 个旋转关节。

[0039] 如图 11 所示,为模块化自重构机器人初始状态下的上视图。

[0040] 如图 12 所示,为模块化自重构机器人伸缩臂伸长之后的上视图。

[0041] 如图 13 和图 14 所示,为 2 个模块化自重构机器人单元模块对接机构示意图,一个单元模块的前臂 U 形框 502 与另外一个单元模块的后臂 U 形框 501 对接,本发明两个单元模块对接时使用的是常见的卡齿插入卡槽,旋转后卡住的结构方式,例如图 13 所示,其中前臂 U 形框 502 的对接锥头带有三个扇形卡齿,每个扇形卡齿的一端具有挡壁,同时另一模块化自重构机器人的后臂 U 形框 501 其中心亦为带有三个扇形环缺口的卡孔,这样在两个模块化自重构机器人对接过程中,卡齿穿过对应的扇型环缺口,对接电机驱动对接锥头旋

转,直至挡壁卡到扇型环缺口的边缘,旋转停止;或者对接锥头的卡齿不设挡壁,而在卡孔上设置挡片,卡齿完全穿过对应的扇型环缺口,对接电机驱动对接锥头旋转,直至卡齿遇到挡片,旋转停止;这两种方式都是为了防止对接锥头由于过度旋转而导致与卡孔脱离,如图13中所示,为对接机构的卡紧状态,这样对接锥头和卡孔扇形环缺口上的挡壁或挡片具有限位作用,通过控制对接电机的正反转来实现连接机构的卡紧和分离。

[0042] 如图15所示,为2个模块化自重构机器人单元模块对接机构分离状态,对接锥头的扇形卡齿与卡孔的扇形环缺口位置对应,没有旋转卡紧,对接机构处于随时可分离状态。

[0043] 如图16所示,为2个模块化自重构机器人的单链式组合后的立体图。

[0044] 本发明的模块化自重构机器人可以通过控制前后臂的翻转舵机与伸缩臂的伸缩电机相互间地配合实现蠕虫式运动。同时由于前后臂与中间伸缩臂都有旋转电机构成的旋转关节,且前后臂外形均为圆形,通过控制旋转电机可以实现轮式机器人的运动方式,两端旋转电机的差分驱动也可以实现原地旋转、拐弯。这样本发明的模块化自重构机器人在具备崎岖地形所需的蠕动式运动,还可以在平地上完成高效的轮式运动。

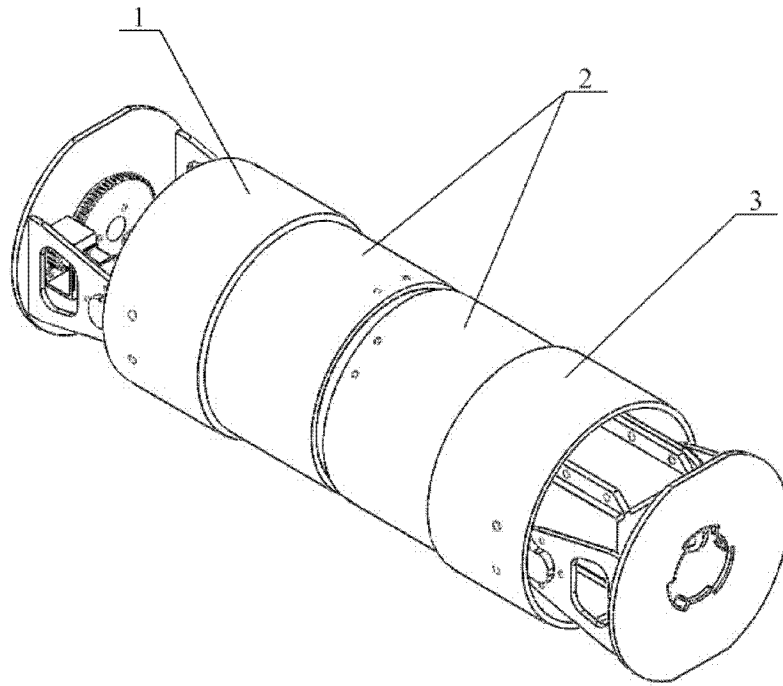


图 1

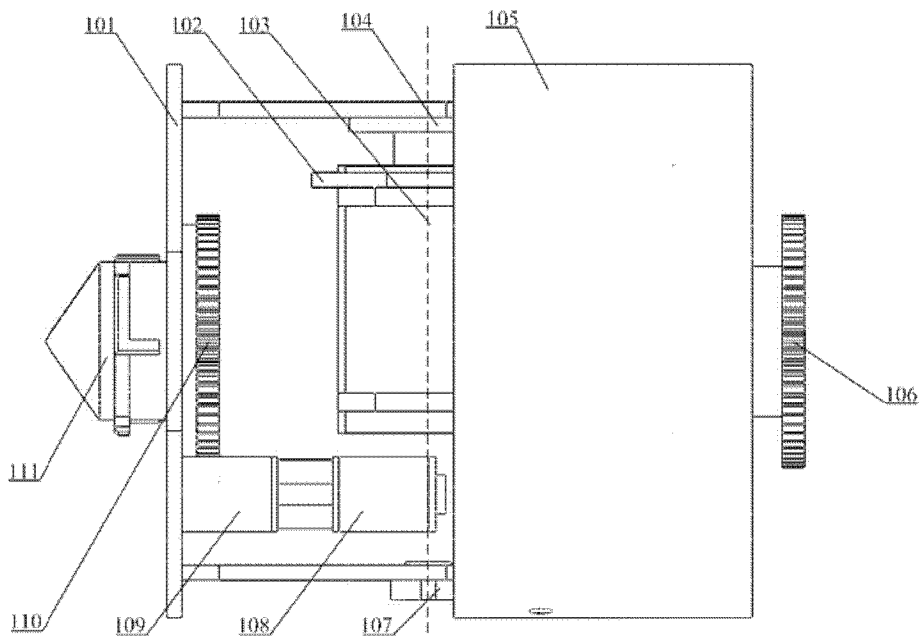


图 2



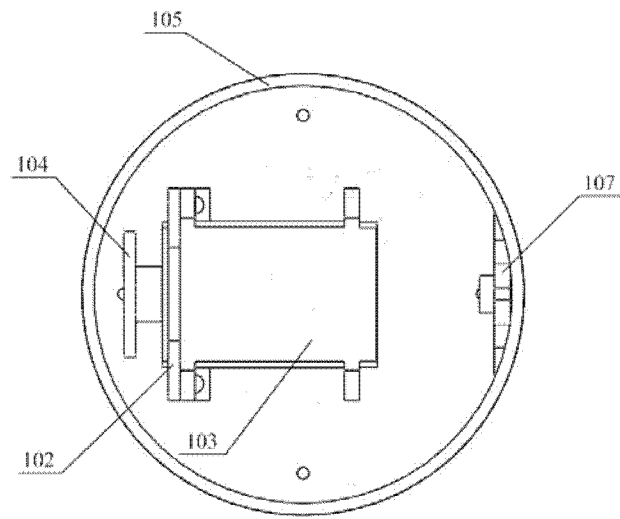


图 3

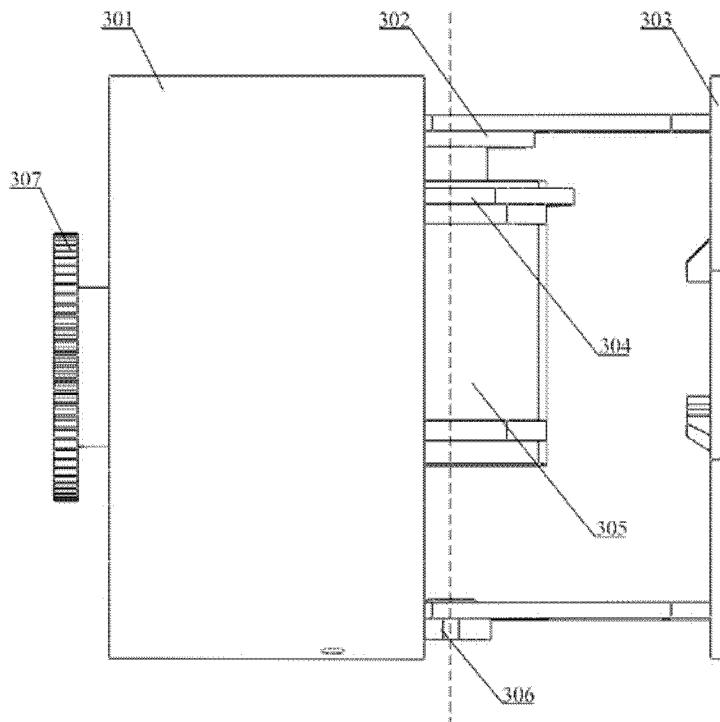


图 4

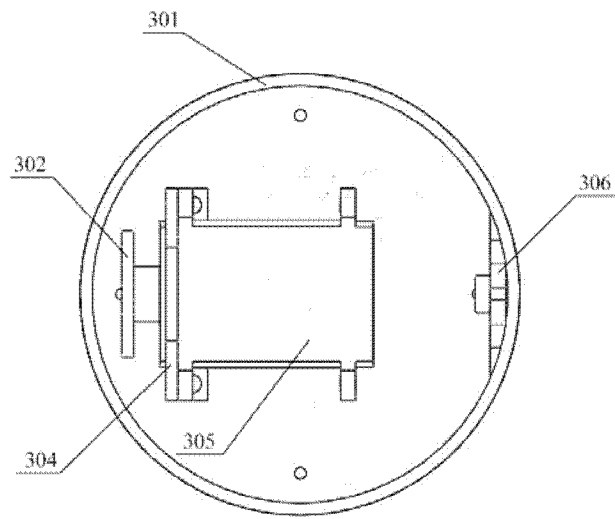


图 5

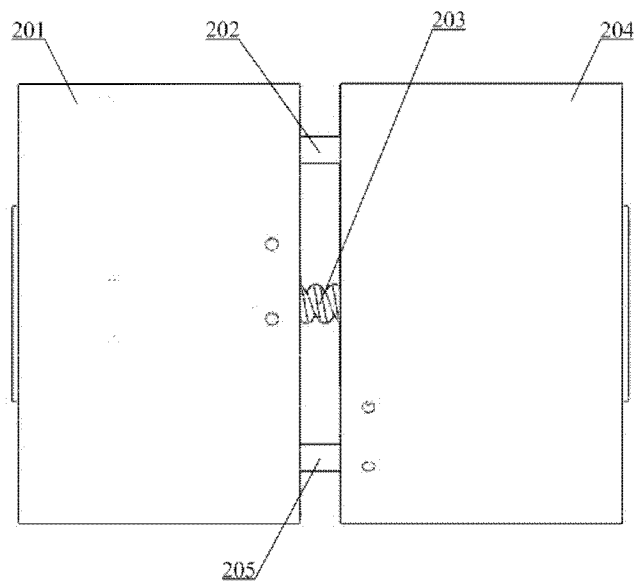


图 6

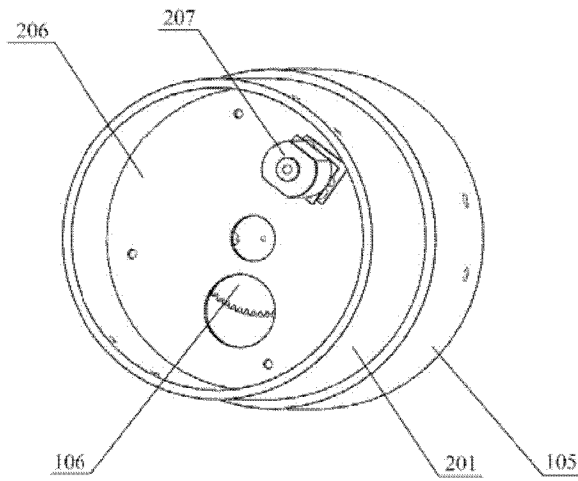


图 7

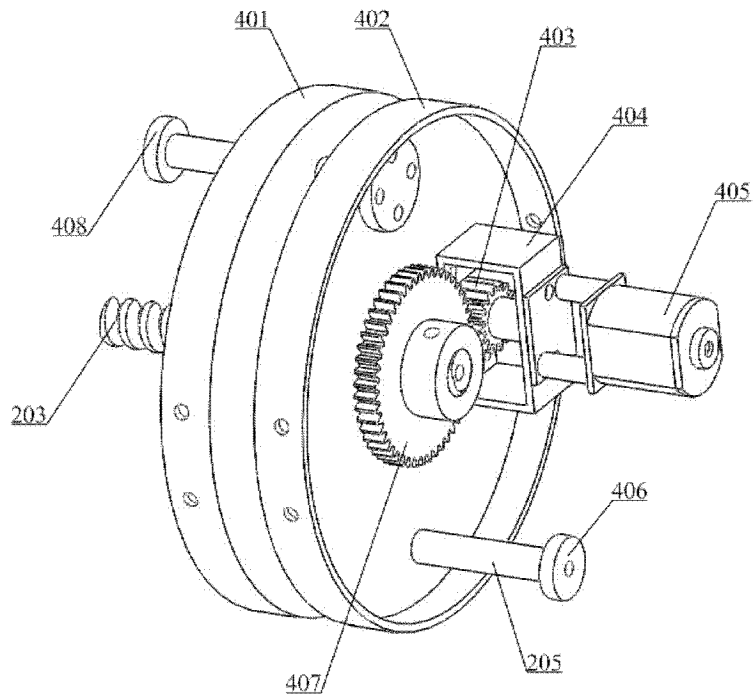


图 8

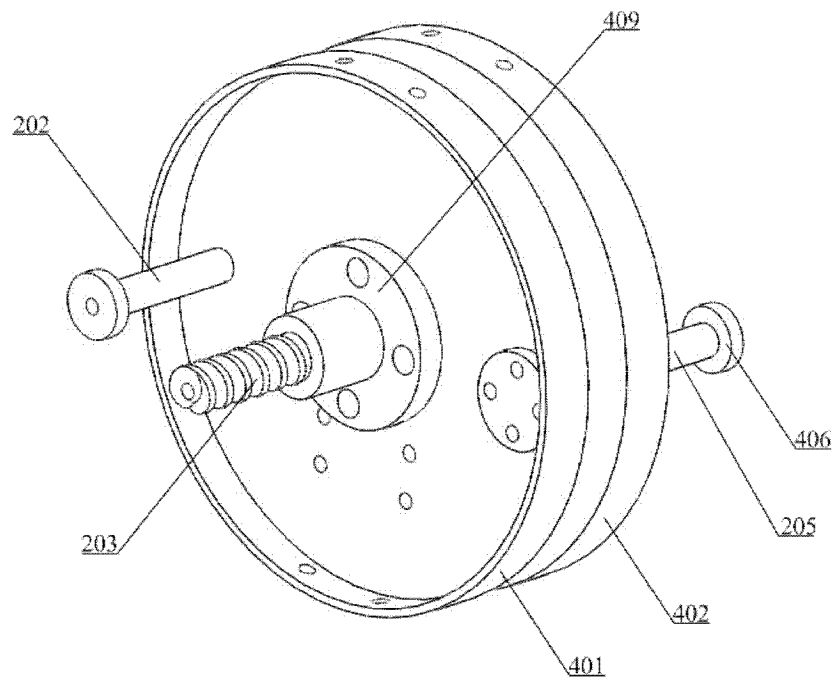


图 9

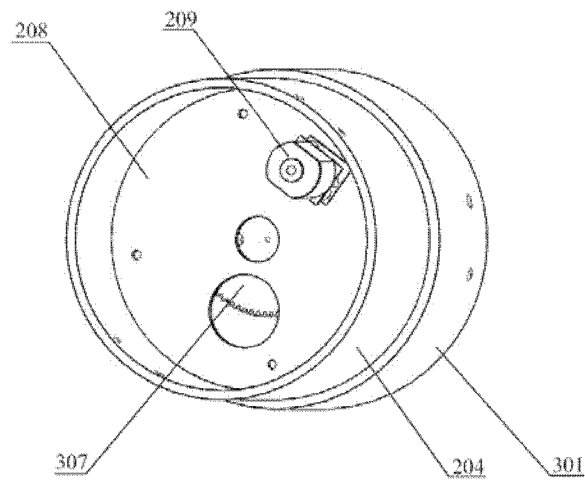


图 10

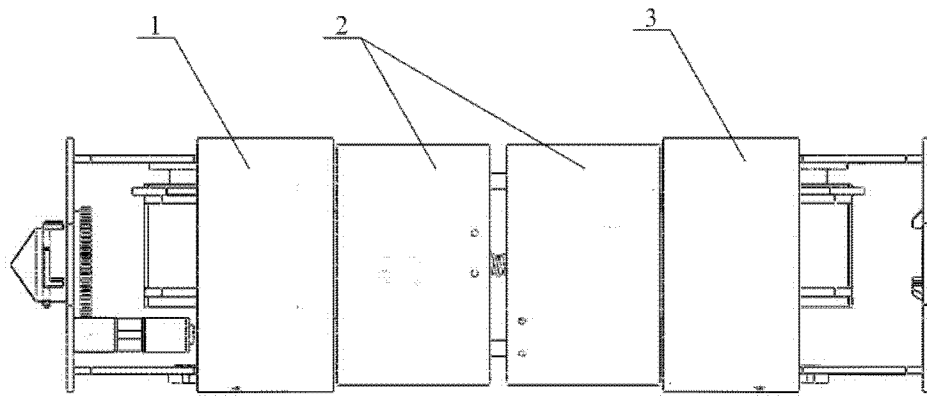


图 11

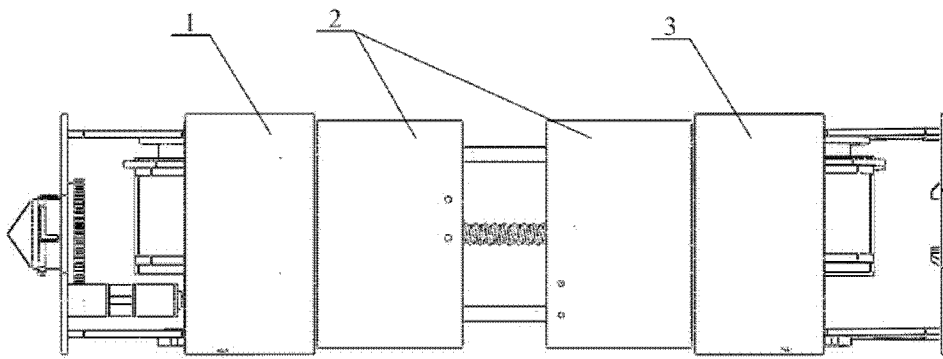


图 12

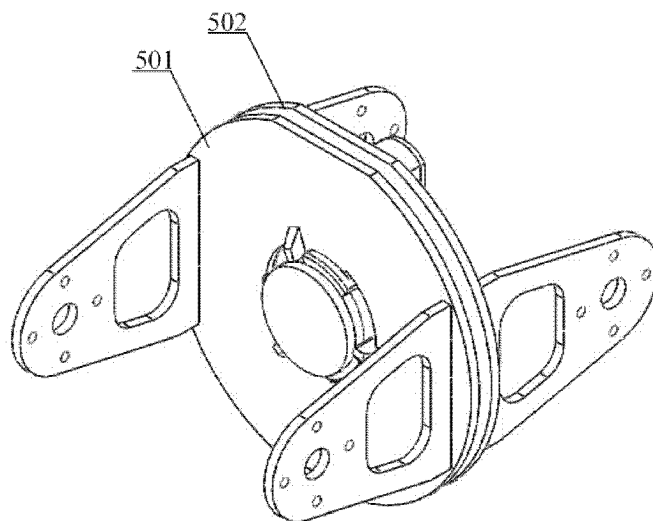


图 13

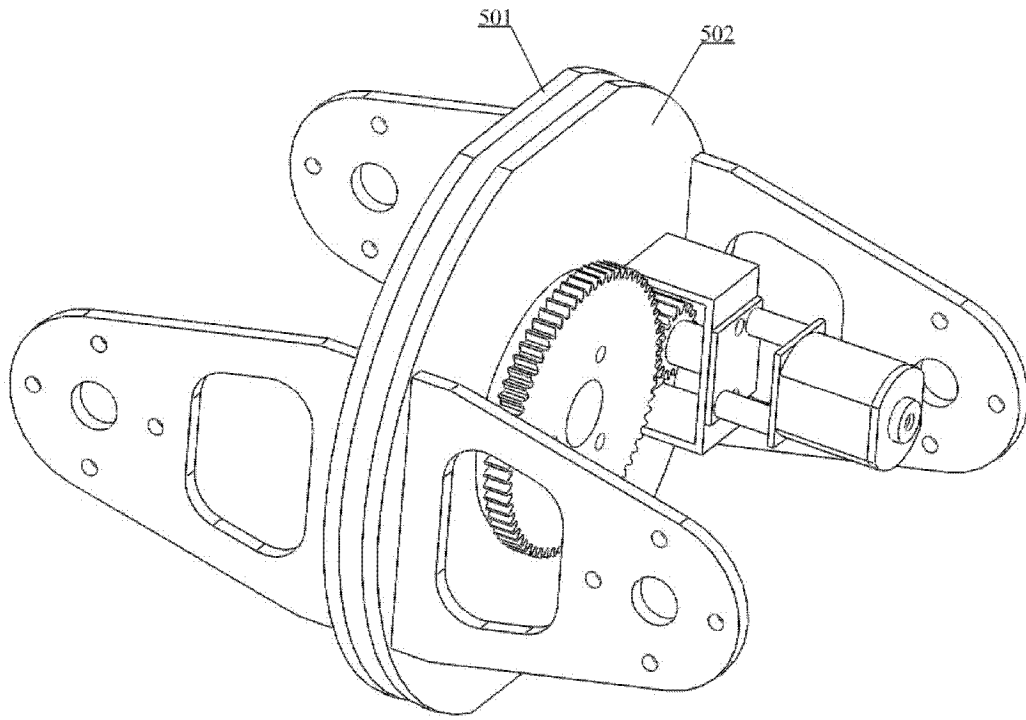


图 14

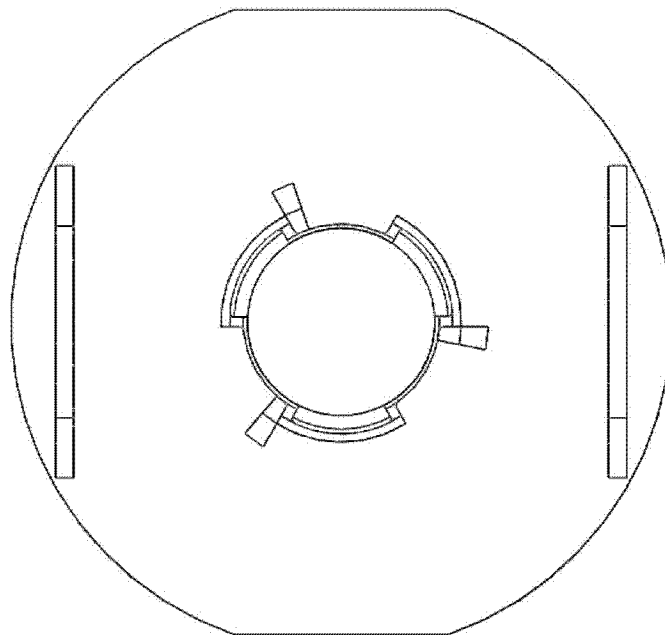


图 15

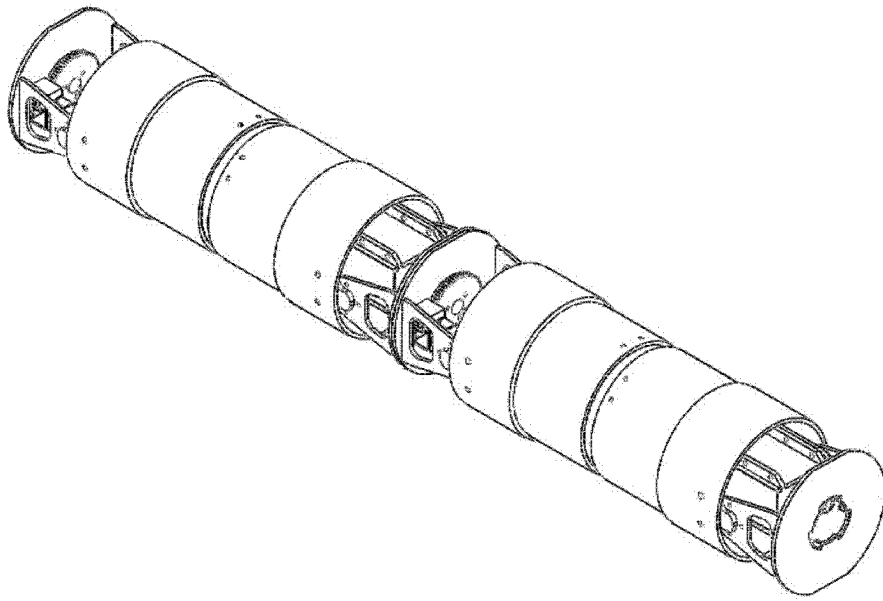


图 16