(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 214338801 U
(45)授权公告日 2021.10.08

(21)申请号 202022807585.1

(22)申请日 2020.11.27

(73)专利权人 南京太司德智能科技有限公司
地址 211106 江苏省南京市江宁区庄排路157号胜太科技园6栋3层

(72)发明人 杨忠 王炜 梁家斌 陶坤 许昌亮 徐浩 张驰 周东升 吴吉莹 廖禄伟

(74)专利代理机构 南京品智知识产权代理事务所(普通合伙) 32310
代理人 奚晓宁 陆群

(51)Int.Cl.
A01G 3/08(2006.01)
B64C 39/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

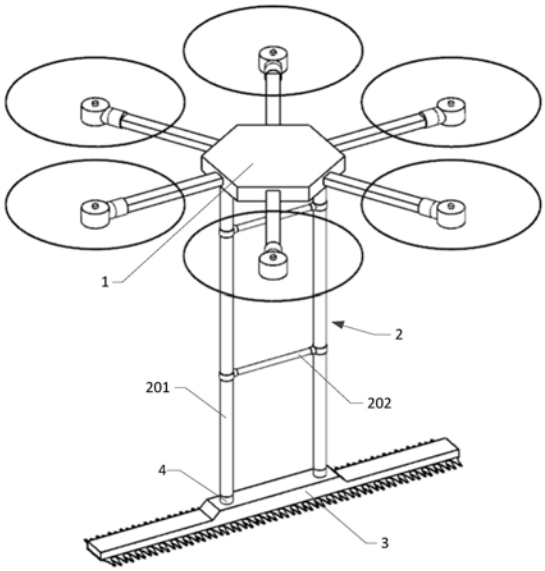
权利要求书2页 说明书9页 附图12页

(54)实用新型名称

一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人

(57)摘要

本实用新型公开了一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，包括飞行平台、连接于飞行平台下方的悬挂机构和连接于悬挂机构下方的往复锯系统；所述悬挂机构包含左右对称布置的L(L≥2)根垂直杆，相邻垂直杆之间设有横向加强梁；所述往复锯系统包括刀具电机、由刀具电机驱动的往复机构、由往复机构带动作往复运动的活动锯片、驱动刀具电机的刀具控制器；悬挂机构与往复锯系统之间或飞行平台与悬挂机构之间，设有可将两者挂接或分离的脱钩装置。本实用新型公开的树木修剪飞行机器人，适合于对园林、果园、行车道、输电线路通道等处树木实现大面积、高效率的修剪，满足树木修剪作业的高安全、低风险、高效率、易使用的需求。



CN 214338801 U

1.一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，其特征在于：包括飞行平台(1)、连接于飞行平台(1)下方的悬挂机构(2)和连接于悬挂机构(2)下方的往复锯系统(3)；所述悬挂机构(2)为固定长度的连接杆，或可变长度的伸缩悬挂机构，包含左右对称布置的L根垂直杆(201)，L≥2，相邻垂直杆(201)之间设有横向加强梁(202)；所述往复锯系统(3)包括与悬挂机构(2)连接的刀具架(301)，固定连接于刀具架(301)的刀具电机(302)、由刀具电机(302)驱动的往复机构、由往复机构带动作往复运动的活动锯片(306)、驱动刀具电机(302)的刀具控制器。

2.根据权利要求1所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，其特征在于：上述悬挂机构(2)与往复锯系统(3)之间，或飞行平台(1)与悬挂机构(2)之间，设有可将两者挂接或分离的脱钩装置(4)。

3.根据权利要求1所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，其特征在于：上述悬挂机构(2)为拉绳式伸缩悬挂机构：所述垂直杆(201)包含H段连续嵌套的空心管(2203)，H≥2，自上而下序号依次为1、2、…、H，第i段空心管(2203)的上端设有限制第i+1段空心管(2203)向上收缩时运动过冲的上限位器(2204)，1≤i<H，下端设有限制第i+1段空心管(2203)向下伸展时运动脱落的下限位器(2205)；第1段空心管(2203)的上限位器(2204)设有与飞行平台(1)连接的法兰(2208)，第H段空心管(2203)的上端设有上限位器(2204)，下端与往复锯系统(3)连接，第H段空心管(2203)的上限位器(2204)通过拉绳(2202)与安装于飞行平台(1)的收线器(2201)相连；横向加强梁(202)连接于相邻垂直杆(201)的相同段空心管(2203)的下端。

4.根据权利要求1所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，其特征在于：上述悬挂机构(2)为滑轮式伸缩悬挂机构：所述垂直杆(201)包含H段连续嵌套的空心管(2203)，H≥3，自上而下序号依次为1、2、…、H，第i段空心管(2203)的上端设有限制第i+1段空心管(2203)向上收缩时运动过冲的上限位器(2204)，1≤i<H，下端设有限制第i+1段空心管(2203)向下伸展时运动脱落的下限位器(2205)；第1段空心管(2203)的上限位器(2204)设有与飞行平台(1)连接的法兰(2208)，第H段空心管(2203)的上端设有上限位器(2204)，下端与往复锯系统(3)连接，第2段空心管(2203)的上限位器(2204)通过拉绳(2202)与安装于飞行平台(1)的收线器(2201)相连；所述垂直杆(201)还包含转轴水平固定于第j段空心管(2203)的上限位器(2204)且旋转平面过空心管(2203)垂直轴线的动滑轮(2206)、挂绕于所述动滑轮(2206)的上侧且一端与第j-1段空心管(2203)的下限位器(2205)固连另一端与第j+1段空心管(2203)的上限位器(2204)固连的滑轮拉绳(2207)，2≤j<H；横向加强梁(202)连接于相邻垂直杆(201)的相同段空心管(2203)的下端。

5.根据权利要求1所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，其特征在于：上述往复机构包括由刀具电机(302)驱动旋转的惯性轮(303)、通过轴承连接于惯性轮(303)边缘的连杆(304)、经轴承与连杆(304)的另一端连接且可左右移动的导向运动块(305)，导向运动块(305)的横截面为上宽下窄，其下表面固定连接有活动锯片(306)；惯性轮(303)、连杆(304)、导向运动块(305)构成多连杆机构，将刀具电机(302)的旋转运动转化为活动锯片(306)的左右往复运动；刀具架(301)的下方固定连接有固定锯片(307)，固定锯片(307)开有容纳导向运动块(305)作左右往复运动的槽，槽的纵向截面的轮廓为上宽下窄，导向运动块(305)嵌入其中形成防脱落的左右滑动配合；刀具控制器通过通信总线与飞行平台(1)的

主控制器连接;刀具电机(302)设有分别感知其工作时的电流、转速和温度的电流传感器、转速传感器和温度传感器,电流传感器、转速传感器和温度传感器的输出信号分别连接至刀具控制器。

6.根据权利要求2所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人,其特征在于:上述脱钩装置(4)为机械式脱钩装置,包括上脱钩组件(41)和可与上脱钩组件(41)相互挂接的下脱钩组件(42);所述上脱钩组件(41)包括上基座(4101)、固连于上基座(4101)且输出杆向下的直线舵机(4102)、固连于上基座(4101)的上挂钩轴(4106)、以上挂钩轴(4106)为转轴呈"L"形的上挂钩(4105)、安装于上基座(4101)和上挂钩(4105)的横向杆的末端之间且能为上挂钩(4105)提供逆时针恢复力矩的拉簧(4104)、以及固连于上基座(4101)的上电气接口(4107),直线舵机(4102)的输出杆的末端设有轴承(4103);所述下脱钩组件(42)包括下基座(4201)、固连于下基座(4201)且可与上挂钩(4105)形成上下挂接的下挂扣(4202)、固连于下基座(4201)的下电气接口(4203);上电气接口(4107)与下电气接口(4203)形成对插连接,用于传递电能与控制信号;所述上挂钩(4105)的下端为向右的弯钩,弯钩的右下侧呈斜角外形,下挂扣(4202)的左上侧具有与上挂钩(4105)的弯钩斜角外轮廓呈挤压推让配合的斜角外形;所述下挂扣(4202)设有配合上挂钩(4105)的弯钩的方孔,一旦上挂钩(4105)的弯钩旋入方孔即可使下挂扣(4202)与上挂钩(4105)形成可靠挂接;所述下脱钩组件(42)还包括嵌于下基座(4201)与上基座(4101)之间,并与二者形成紧密接触的弹性垫圈(4204);所述直线舵机(4102)与飞行平台(1)中的主控制器连接,直线舵机(4102)收到该主控制器的指令后将驱动其输出杆伸长或收缩,从而带动上挂钩(4105)顺时针或逆时针随动旋转。

7.根据权利要求2所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人,其特征在于:上述脱钩装置(4)为电磁式脱钩装置,包括分别固连于脱钩装置(4)两端所连接部件的电磁铁(401)与衔铁(402);电磁铁(401)通电后与衔铁(402)吸合,脱钩装置(4)两端所连接部件完成挂接;电磁铁(401)断电后释放衔铁(402),脱钩装置(4)两端所连接部件实现分离;电磁铁(401)通过开关与飞行机器人上的电源相连接。

8.根据权利要求1所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人,其特征在于:飞行平台(1)为左右对称布局的多旋翼飞行器。

9.根据权利要求8所述的一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人,其特征在于:所述多旋翼飞行器的任意一对旋翼(1011)与各自旋翼臂(1012)之间,设有可使旋翼(1011)相对对应旋翼臂(1012)的轴线旋转的倾转电机(1013)。

一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，尤其涉及一种适合于快速修剪大面积树木的飞行机器人，属于树木修剪装置技术领域。

背景技术

[0002] 目前，园林、果园、行车道、输电线路通道等处树木(特别是高处)的修剪或清理，主要有三种方式：1)人工修剪作业，普遍采用专用或特制的加长修剪刀具，安全风险大，作业效率不高；2)基于地面自动设备的树枝修剪作业，由于受到地形环境和树木生长态势的严重限制，难以对高空树木进行快速削巅修剪；3)基于无人机的树木修剪技术，存在着抗树木干扰的能力较弱、单次修剪范围较小、作业效率不高等不足。

[0003] 因此，亟需研制一种可对园林、果林、行车道及输电线路通道树木进行大范围自动修剪的飞行机器人，其搭载的往复锯系统应具备较大的单次修剪范围，同时又能避免切割力对飞行机器人本体姿态的影响，并且具有防卡阻等安全保护措施。

实用新型内容

[0004] 本实用新型解决的技术问题是：提供一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，通过旋翼类飞行器挂载往复锯系统，对园林、果园、行车道、输电线路通道等处树木实现大面积、高效率的修剪，满足树木修剪作业的高安全、高效率、易使用的需求。

[0005] 本实用新型的技术方案为：一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，包括飞行平台、连接于飞行平台下方的悬挂机构和连接于悬挂机构下方的往复锯系统；所述悬挂机构为固定长度的连接杆，或可变长度的伸缩悬挂机构，包含左右对称布置的L(L≥2)根垂直杆，相邻垂直杆之间设有横向加强梁；所述往复锯系统包括与悬挂机构连接的刀具架，固定连接于刀具架的刀具电机、由刀具电机驱动的往复机构、由往复机构带动作往复运动的活动锯片、驱动刀具电机的刀具控制器。

[0006] 优选的，上述悬挂机构与往复锯系统之间或飞行平台与悬挂机构之间，设有可将两者挂接或分离的脱钩装置。

[0007] 优选的，上述悬挂机构与飞行平台之间设有可使两者具有相对俯仰运动自由度的俯仰关节。

[0008] 优选的，上述悬挂机构为拉绳式伸缩悬挂机构，其特征为：所述垂直杆包含H(H≥2)段连续嵌套的空心管，自上而下序号依次为1、2、…、H，第i(1≤i<H)段空心管的上端设有限制第i+1段空心管向上收缩时运动过冲的上限位器，下端设有限制第i+1段空心管向下伸展时运动脱落的下限位器；第1段空心管的上限位器设有与飞行平台连接的法兰，第H段空心管的上端设有上限位器，下端与往复锯系统连接，第H段空心管的上限位器通过拉绳与安装于飞行平台的收线器相连；横向加强梁连接于相邻垂直杆的相同段空心管的下端。

[0009] 优选的，上述悬挂机构为滑轮式伸缩悬挂机构，其特征为：所述垂直杆包含H(H≥3)段连续嵌套的空心管，自上而下序号依次为1、2、…、H，第i(1≤i<H)段空心管的上端设有

限制第i+1段空心管向上收缩时运动过冲的上限位器，下端设有限制第i+1段空心管向下伸展时运动脱落的下限位器；第1段空心管的上限位器设有与飞行平台连接的法兰，第H段空心管的上端设有上限位器，下端与往复锯系统连接，第2段空心管的上限位器通过拉绳与安装于飞行平台的收线器相连；所述垂直杆还包含转轴水平固定于第j(2≤j<H)段空心管的上限位器且旋转平面过空心管垂直轴线的动滑轮、挂绕于所述动滑轮的上侧且一端与第j-1段空心管的下限位器固连另一端与第j+1段空心管的上限位器固连的滑轮拉绳；横向加强梁连接于相邻垂直杆的相同段空心管的下端。

[0010] 优选的，上述垂直杆为具有直线伸缩运动功能的电动推杆。

[0011] 优选的，上述收线器包括收线电机、用于收卷拉绳的收线盘、经传导齿轮由收线电机驱动旋转的旋转拨叉、感知悬挂机构上升到极限位置的上行程开关和感知悬挂机构下降到极限位置的下行程开关，上行程开关和下行程开关的输出信号线、收线电机的控制信号线均与飞行平台的主控制器连接；所述收线电机与收线盘之间形成类似“蜗杆-蜗轮”的驱动与自锁关系。

[0012] 优选的，上述往复机构包括由刀具电机驱动旋转的惯性轮、通过轴承连接于惯性轮边缘的连杆、经轴承与连杆的另一端连接且可左右移动的导向运动块，导向运动块的横截面为上宽下窄，其下表面固定连接活动锯片；惯性轮、连杆、导向运动块构成多连杆机构，将刀具电机的旋转运动转化为活动锯片的左右往复运动；刀具架的下方固定连接有固定锯片，固定锯片开有容纳导向运动块作左右往复运动的槽，槽的纵向截面的轮廓为上宽下窄，导向运动块嵌入其中形成防脱落的左右滑动配合；刀具控制器通过通信总线与飞行平台的主控制器连接；刀具电机设有感知其工作时的电流、转速和温度的电流传感器、转速传感器和温度传感器，电流传感器、转速传感器和温度传感器的输出信号分别连接至刀具控制器。

[0013] 优选的，所述的脱钩装置为机械式脱钩装置或电磁式脱钩装置。

[0014] 所述脱钩装置为机械式脱钩装置，包括上脱钩组件和可与上脱钩组件相互挂接的下脱钩组件；所述上脱钩组件包括上基座、固连于上基座且输出杆向下的直线舵机、固连于上基座的上挂钩轴、以上挂钩轴为转轴呈“L”形的上挂钩、安装于上基座和上挂钩的横向杆的末端之间且能为上挂钩提供逆时针恢复力矩的拉簧、以及固连于上基座的上电气接口，直线舵机的输出杆的末端设有轴承；所述下脱钩组件包括下基座、固连于下基座且可与上挂钩形成上下挂接的下挂扣、固连于下基座的下电气接口；上电气接口与下电气接口形成对插连接，用于传递电能与控制信号；所述上挂钩的下端为向右的弯钩，弯钩的右下侧呈斜角外形，下挂扣的左上侧具有与上挂钩的弯钩斜角外轮廓呈挤压推让配合的斜角外形；所述下挂扣设有配合上挂钩的弯钩的方孔，一旦上挂钩的弯钩旋入方孔即可使下挂扣与上挂钩形成可靠挂接；所述下脱钩组件还包括嵌于下基座与上基座之间，并与二者形成紧密接触的弹性垫圈；所述直线舵机与飞行平台中的控制器连接，直线舵机收到该控制器的指令后将驱动其输出杆伸长或收缩，从而使上挂钩顺时针或逆时针随动旋转。

[0015] 所述脱钩装置为电磁式脱钩装置，包括分别固连于脱钩装置两端所连接部件的电磁铁与衔铁；电磁铁通电后与衔铁吸合，脱钩装置两端所连接部件完成挂接；电磁铁断电后释放衔铁，脱钩装置两端所连接部件实现分离；电磁铁通过开关与飞行机器人上的电源相连接。清障作业中，当往复锯系统相对树枝发生卡阻且无法分离时，通过脱钩装置可使往复锯系统脱离飞行机器人，从而对飞行机器人实施安全保护。

[0016] 优选的，上述飞行平台为左右对称布局的多旋翼飞行器，不局限于任意固定已知的四、六、八等多旋翼。

[0017] 优选的，上述多旋翼飞行器的任意一对旋翼与各自旋翼臂之间，设有可使旋翼相对对应旋翼臂的轴线旋转的倾转电机。

[0018] 优选的，上述俯仰关节包括俯仰关节座、可绕俯仰关节座的转轴旋转的俯仰关节活动件和一对安装于俯仰关节座的转轴且分别位于俯仰关节活动件和俯仰关节座之间的扭转弹簧；扭转弹簧的两端分别固定于俯仰关节座和俯仰关节活动件。

[0019] 优选的，上述飞行平台设有用于近距离观察树木生长态势和往复锯系统切割状态的前视摄像头和下视摄像头。

[0020] 所述树木修剪飞行机器人的工作方法与控制方法如下：

[0021] 一种悬挂往复锯的树障清理飞行机器人的工作方法如下：

[0022] 将飞行平台、悬挂机构和往复锯系统自上而下依次连接，形成一个飞行机器人整体；当飞行机器人飞行到待修剪树木附近后，首先调整悬挂机构的长度和飞行高度，并使刀具系统朝向待修剪树木，然后根据接收到的树木修剪遥控指令，控制飞行机器人前飞，利用往复锯系统对飞行机器人下方的树木进行切割修剪。

[0023] 一种悬挂往复锯的树障清理飞行机器人的控制方法：

[0024] 包括悬挂机构的控制方法、往复锯系统的控制方法以及脱钩装置的控制方法，具体控制方法如下：

[0025] 1)采用伸缩结构的悬挂机构的控制方法为：飞行平台的主控制器通过控制收线器的启停与收放线方向，来动态改变拉绳的长度，由此调整垂直杆的长度，从而改变往复锯系统相对飞行平台的垂直距离。

[0026] 2)往复锯系统的控制方法为：

[0027] A)刀具控制器实时采集刀具电机工作时的电流、转速和温度，并发送至飞行平台的主控制器以用于监控；

[0028] B)实时评估往复锯的工作状态：

[0029] ①设过载对应的电流门限、转速门限、温度门限已知，若刀具电机的电流超过电流门限，或转速低于转速门限，或温度超过温度门限，可判定往复锯发生过载；

[0030] ②设卡阻对应的电流门限、转速门限、温度门限已知，若刀具电机的电流超过电流门限，或转速低于转速门限，或温度超过温度门限，可判定往复锯发生卡阻；

[0031] ③若刀具电机的电流或转速出现周期性的脉动且幅度超过预定门限，可判定往复锯发生损伤。

[0032] C)工作状态的异常处理方法：

[0033] ①若判定为过载，即向飞行平台发送悬停指令，停止切割进给；

[0034] ②若判定为卡阻或损伤，即令刀具电机刹车，同时向飞行平台发送回退指令；

[0035] ③对于卡阻，若往复锯被树枝卡住且难以挣脱，则启动脱钩装置使往复锯系统脱离飞行机器人，从而最大限度地保护飞行机器人的安全，避免引发坠机。

[0036] 3)机械式的脱钩装置的控制方法：

[0037] A)当脱钩装置收到飞行平台中的主控制器的“脱钩”指令时，直线舵机的输出杆伸长，带动轴承向下移动，轴承与上挂钩的横向杆的上平面挤压接触，推动上挂钩顺时针旋

转，使上挂钩下端的弯钩与下挂扣脱离，从而实现脱钩装置下方连接的部件与脱钩装置上方连接的部件的机械脱钩，同时也完成电气接口的分离；之后，直线舵机的输出杆收缩，上挂钩在拉簧的拉力作用下逆时针旋转复位；

[0038] B)当挂接时，下挂扣向上运动对上挂钩的弯钩形成向左的挤压，推动上挂钩顺时针旋转退让，下挂扣向上运动到位时，上挂钩的弯钩快速旋入下挂扣的方孔，由此形成脱钩装置下方连接的部件与脱钩装置上方连接的部件之间稳定可靠的挂接，同时也完成电气接口的连接。

[0039] 本实用新型的有益效果：与现有技术相比，本实用新型的效果如下：

[0040] 1)本实用新型采用飞行平台悬挂往复锯系统，适合于从树木顶部或侧面进行“剃头式”大面积快速修剪，作业效率高，避免操作人员靠近被修剪树木及其周围的危险设备，可有效降低树木修剪的作业风险，解决了现有技术中存在的清理效率不高和安全风险大的问题；

[0041] 2)悬挂往复锯系统的飞行机器人，作业时往复锯系统始终位于旋翼组件的下方，可有效避免树木对旋翼的干涉，减少坠机风险，提高飞行机器人作业的安全性；

[0042] 3)悬挂机构具有固定和伸缩等多种构型，满足作业环境的多样性；尤其是垂直杆的伸缩构型，可动态调整往复锯系统与飞行平台之间的距离，一方面使用更加灵活机动，另一方面可有效降低飞行机器人的起飞与降落难度，易于收纳运输；

[0043] 4)悬挂机构与往复锯系统位于飞行平台的下方，使飞行机器人的重心处于飞行平台的正下方，提升了飞行机器人的稳定性，降低了飞行机器人的操控难度；

[0044] 5)悬挂机构采用左右双侧对称结构，固连于飞行平台的下方，同时在垂直杆上加装横向加强梁，使飞行机器人整体具有较强的刚性，提升了系统运行的稳定性与可靠性。当悬挂作业装置遭受外力时，相比与单根垂直杆方式，不易发生往复锯系统相对飞行平台的航向扭转，难以造成悬挂机构的形变或断裂，保证了飞行机器人的作业安全性；

[0045] 6)往复锯沿长度方向横向安置，具有较大的横向作业宽度，一次作业范围大，切割效率高，适用性好；

[0046] 7)刀具电机设有感知其工作电流、转速和温度的传感器，控制系统分析处理传感器数据，对飞行机器人实施保护性退避控制，保证了飞行机器人作业的安全性；

[0047] 8)往复锯系统拥有多种外形与齿形，结合机器人的运动规划，可满足不同作业目标和作业环境下的树木修剪需求，方便可靠；

[0048] 9)当往复锯系统被枝叶缠绕而无法挣脱时，可人工或自动启用脱钩装置，使往复锯系统与悬挂机构或者悬挂机构与飞行平台快速“脱离”，以保障飞行机器人的安全，降低故障带来的损失。

附图说明

[0049] 图1为悬挂直线形往复锯系统的飞行机器人示意图；

[0050] 图2为拉绳式悬挂机构垂直杆的内部结构示意图；

[0051] 图3为悬挂机构垂直杆的伸展与收缩状态示意图；

[0052] 图4为收线器结构示意图；

[0053] 图5为往复锯系统的结构示意图；

[0054] 图6为直线形往复锯系统内部结构示意图；

[0055] 图7为直线形往复锯系统局部结构示意图；

[0056] 图8为直线形往复锯系统的往复机构示意图；

[0057] 图9为直线形往复锯系统的侧向剖视示意图；

[0058] 图10为机械式脱钩装置的分离状态示意图；

[0059] 图11为机械式脱钩装置的挂接状态示意图；

[0060] 图12为滑轮式悬挂机构垂直杆的内部结构示意图；

[0061] 图13为电磁式脱钩装置结构示意图；

[0062] 图14为倾转旋翼构型示意图；

[0063] 图15为俯仰关节结构示意图；

[0064] 图16为圆弧形往复锯系统示意图；

[0065] 图17为悬挂圆弧形往复锯系统的飞行机器人示意图。

[0066] 图中，1—飞行平台，2—悬挂机构，3—往复锯系统，4—脱钩装置，5—俯仰关节；

[0067] 1011—旋翼，1012—旋翼臂，1013—倾转电机；

[0068] 201—垂直杆，202—横向加强梁；

[0069] 2201—收线器，2202—拉绳，2203—空心管，2204—上限位器，2205—下限位器，2206—动滑轮，2207—滑轮拉绳，2208—法兰；

[0070] 22011—收线电机，22012—收线盘，22013—传导齿轮，22014—旋转拨叉，22015—上行程开关，22016—下行程开关；

[0071] 301—刀具架，302—刀具电机，303—惯性轮，304—连杆，305—导向运动块，306—活动锯片，307—固定锯片；

[0072] 41—上脱钩组件，4101—上基座，4102—直线舵机，4103—轴承，4104—拉簧，4105—上挂钩，4106—上挂钩轴，4107—上电气接口；

[0073] 42—下脱钩组件，4201—下基座，4202—下挂扣，4203—下电气接口，4204—弹性垫圈；

[0074] 401—电磁铁，402—衔铁；

[0075] 501—俯仰关节座，502—俯仰关节活动件，503—扭转弹簧。

具体实施方式

[0076] 下面，结合附图及具体的实施例对本实用新型进行进一步介绍。

[0077] 实施例1：如图1～图11所示，一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，包括飞行平台1、连接于飞行平台1下方的悬挂机构2和连接于悬挂机构2下方的往复锯系统3；所述悬挂机构2为固定长度的连接杆，或可变长度的伸缩悬挂机构，包含左右对称布置的L(L≥2)根垂直杆201，相邻垂直杆201之间设有横向加强梁202；所述往复锯系统3包括与悬挂机构2连接的刀具架301，固定连接于刀具架301的刀具电机302、由刀具电机302驱动的往复机构、由往复机构带动作往复运动的活动锯片306、驱动刀具电机302的刀具控制器。

[0078] 优选的，上述悬挂机构2与往复锯系统3之间或飞行平台1与悬挂机构2之间，设有可将两者挂接或分离的脱钩装置4。

[0079] 优选的，上述悬挂机构2为拉绳式伸缩悬挂机构结构：所述垂直杆201包含H(H≥2)

段连续嵌套的空心管2203，自上而下序号依次为1、2、…、H，第i（1≤i<H）段空心管2203的上端设有限制第i+1段空心管2203向上收缩时运动过冲的上限位器2204，下端设有限制第i+1段空心管2203向下伸展时运动脱落的下限位器2205；第1段空心管2203的上限位器2204设有与飞行平台1连接的法兰2208，第H段空心管2203的上端设有上限位器2204，下端与往复锯系统3连接；第H段空心管2203的上限位器2204通过拉绳2202与安装于飞行平台1的收线器2201相连；横向加强梁202连接于相邻垂直杆201的相同段空心管2203的下端。

[0080] 若收线器2201收卷拉绳2202，向上拉动第H段空心管2203的上限位器2204，当该上限位器2204向上运动接触第H-1段空心管2203的上限位器2204时，将带动第H-1段空心管2203向上运动，以此类推，第H～2段连续嵌套的空心管2203依次向上运动，垂直杆201收缩；若收线器2201释放拉绳2202，第H～2段空心管2203在重力和各段空心管2203的下限位器2205的限位作用下依次向下运动，使垂直杆201伸展。

[0081] 优选的，上述收线器2201包括收线电机22011、用于收卷拉绳2202的收线盘22012、经传导齿轮22013由收线电机22011驱动旋转的旋转拨叉22014、感知悬挂机构2上升到极限位置的上行程开关22015和感知悬挂机构2下降到极限位置的下行程开关22016，上行程开关22015和下行程开关22016的输出信号线、收线电机22011的控制信号线均与飞行平台1的主控制器连接；所述收线电机22011与收线盘22012之间形成类似“蜗杆-蜗轮”的驱动与自锁关系。

[0082] 优选的，上述往复机构包括由刀具电机302驱动旋转的惯性轮303、通过轴承连接于惯性轮303边缘的连杆304、经轴承与连杆304的另一端连接且可左右移动的导向运动块305，导向运动块305的横截面为上宽下窄，其下表面固定连接有活动锯片306；惯性轮303、连杆304、导向运动块305构成多连杆机构，将刀具电机302的旋转运动转化为活动锯片306的左右往复运动；刀具架301的下方固定连接有固定锯片307，固定锯片307开有容纳导向运动块305作左右往复运动的槽，槽的纵向截面的轮廓为上宽下窄，导向运动块305嵌入其中形成防脱落的左右滑动配合；刀具控制器通过通信总线与飞行平台1的主控制器连接；所述刀具电机302设有分别感知其工作时的电流、转速和温度的电流传感器、转速传感器和温度传感器，电流传感器、转速传感器和温度传感器的输出信号分别连接至刀具控制器。

[0083] 优选的，上述脱钩装置4为机械式脱钩装置，包括上脱钩组件41和可与上脱钩组件41相互挂接的下脱钩组件42；所述上脱钩组件41包括上基座4101、固连于上基座4101且输出杆向下的直线舵机4102、固连于上基座4101的上挂钩轴4106、以上挂钩轴4106为转轴呈“L”形的上挂钩4105、安装于上基座4101和上挂钩4105的横向杆的末端之间且能为上挂钩4105提供逆时针恢复力矩的拉簧4104、以及固连于上基座4101的上电气接口4107，直线舵机4102的输出杆的末端设有轴承4103；所述下脱钩组件42包括下基座4201、固连于下基座4201且可与上挂钩4105形成上下挂接的下挂扣4202、固连于下基座4201的下电气接口4203；上电气接口4107与下电气接口4203形成对插连接，用于传递电能与控制信号；所述上挂钩4105的下端为向右的弯钩，弯钩的右下侧呈斜角外形，下挂扣4202的左上侧具有与上挂钩4105的弯钩斜角外轮廓呈挤压推让配合的斜角外形；所述下挂扣4202设有配合上挂钩4105的弯钩的方孔，一旦上挂钩4105的弯钩旋入方孔即可使下挂扣4202与上挂钩4105形成可靠挂接；所述下脱钩组件42还包括嵌于下基座4201与上基座4101之间，并与二者形成紧密接触的弹性垫圈4204；所述直线舵机4102与飞行平台1中的主控制器连接，直线舵机4102

收到该主控制器的指令后将驱动其输出杆伸长或收缩，从而带动上挂钩4105顺时针或逆时针随动旋转。

[0084] 优选的，所述的飞行平台1为左右对称布局的多旋翼飞行器，不局限于任意固定已知的四、六、八等多旋翼。

[0085] 优选的，上述飞行平台1设有用于近距离观察树木生长态势和往复锯系统3切割状态的前视摄像头和下视摄像头。

[0086] 本实用新型一种悬挂往复锯系统的树木修剪飞行机器人的工作方法与控制方法如下：

[0087] 一种悬挂往复锯的树障清理飞行机器人的工作方法如下：

[0088] 将飞行平台1、悬挂机构2和往复锯系统3自上而下依次连接，形成一个飞行机器人整体；当飞行机器人飞行到待修剪树木附近后，首先调整悬挂机构2的长度和飞行高度，并使刀具系统3朝向待修剪树木，然后根据接收到的树木修剪遥控指令，控制飞行机器人前飞，利用往复锯系统3对机器人下方的树木进行切割修剪。

[0089] 一种悬挂往复锯的树障清理飞行机器人的控制方法：

[0090] 1)采用伸缩结构的悬挂机构2的控制方法为：飞行平台1的主控制器通过控制收线器2201的启停与收放线方向，来动态改变拉绳2202的长度，由此调整垂直杆201的长度，从而改变往复锯系统3相对飞行平台1的垂直距离。

[0091] 2)往复锯系统3的控制方法为：

[0092] A)刀具控制器实时采集刀具电机302工作时的电流、转速和温度，并发送至飞行平台1的主控制器以用于监控；

[0093] B)实时评估往复锯306的工作状态：

[0094] ①设过载对应的电流门限、转速门限、温度门限已知，若刀具电机302的电流超过电流门限，或转速低于转速门限，或温度超过温度门限，可判定往复锯306发生过载；

[0095] ②设卡阻对应的电流门限、转速门限、温度门限已知，若刀具电机302的电流超过电流门限，或转速低于转速门限，或温度超过温度门限，可判定往复锯306发生卡阻；

[0096] ③若刀具电机302的电流或转速出现周期性的脉动且幅度超过预定门限，可判定往复锯306发生损伤。

[0097] C)工作状态的异常处理方法：

[0098] ①若判定为过载，即向飞行平台1发送悬停指令，停止切割进给；

[0099] ②若判定为卡阻或损伤，即令刀具电机302刹车，同时向飞行平台1发送回退指令；

[0100] ③对于卡阻，若往复锯306被树枝卡住且难以挣脱，则启动脱钩装置4使往复锯系统3脱离飞行机器人，从而最大限度地保护飞行机器人的安全，避免引发坠机。

[0101] 3)机械式的脱钩装置4的控制方法：

[0102] A)当脱钩装置4收到飞行平台1中的主控制器的“脱钩”指令时，直线舵机4102的输出杆伸长，带动轴承4103向下移动，轴承4103与上挂钩4105的横向杆的上平面挤压接触，推动上挂钩4105顺时针旋转，使上挂钩4105下端的弯钩与下挂扣4202脱离，从而实现脱钩装置4下方连接的部件与脱钩装置4上方连接的部件的机械脱钩，同时也完成电气接口的分离；之后，直线舵机4102的输出杆收缩，上挂钩4105在拉簧4104的拉力作用下逆时针旋转复位；

[0103] B)当挂接时，下挂扣4202向上运动对上挂钩4105的弯钩形成向左的挤压，推动上挂钩4105顺时针旋转退让，下挂扣4202向上运动到位时，上挂钩4105的弯钩快速旋入下挂扣4202的方孔，由此形成脱钩装置4下方连接的部件与脱钩装置4上方连接的部件之间稳定可靠的挂接，同时也完成电气接口的连接。

[0104] 实施例2：如图12所示，一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，所述悬挂机构2采用滑轮式伸缩悬挂机构：所述垂直杆201包含H(H≥3)段连续嵌套的空心管2203，自上而下序号依次为1、2、…、H，第i(1≤i<H)段空心管2203的上端设有限制第i+1段空心管2203向上收缩时运动过冲的上限位器2204，下端设有限制第i+1段空心管2203向下伸展时运动脱落的下限位器2205；第1段空心管2203的上限位器2204设有与飞行平台1连接的法兰2208，第H段空心管2203的上端设有上限位器2204，下端与往复锯系统3连接，第2段空心管2203的上限位器2204通过拉绳2202与安装于飞行平台1的收线器2201相连；当空心管2203的段数H≥3时，所述垂直杆201还包含转轴水平固定于第j(2≤j<H)段空心管2203的上限位器2204且旋转平面过空心管2203垂直轴线的动滑轮2206、挂绕于所述动滑轮2206的上侧且一端与第j-1段空心管2203的下限位器2205固连另一端与第j+1段空心管2203的上限位器2204固连的滑轮拉绳2207；横向加强梁202连接于相邻垂直杆201的相同段空心管2203的下端。

[0105] 悬挂机构2上升：飞行平台1的主控制器向收线电机22011输出正转指令，收线电机22011驱动收线盘22012收卷拉绳2202并使旋转拨叉22014正向转动，拉绳2202上升带动垂直杆201的第2段空心管2203上移，连带该段空心管2203上的动滑轮2206上移，促使绕过该动滑轮2206的滑轮拉绳2207带动第3段空心管2203也同步上移，以此类推，一直带动第N段空心管2203同步上移；所有垂直杆201按上述方法同步动作时，将使悬挂机构2稳定上升；当悬挂机构2上升到极限位置时，旋转拨叉22014触发上行程开关22015，飞行平台1的主控制器向收线电机22011输出停转指令，使收线电机22011停转，从而对悬挂机构2实施上升保护。

[0106] 悬挂机构2下降：飞行平台1的主控制器向收线电机22011输出反转指令，收线电机22011驱动收线盘22012释放拉绳2202并使旋转拨叉22014反向转动，在垂直杆201的活动空心管2203和下方负载重力的作用下，第2段空心管2203下移，连带该段空心管2203上的动滑轮2206下移，促使绕过该动滑轮2206的滑轮拉绳2207带动第3段空心管2203也同步下移，以此类推，一直带动第N段空心管2203同步下移；所有垂直杆201按上述方法同步动作时，将使悬挂机构2稳定下降；当悬挂机构2下降到极限位置时，旋转拨叉22014触发下行程开关22016，飞行平台1的主控制器向收线电机22011输出停转指令，使收线电机22011停转，从而对悬挂机构2实施下降保护。

[0107] 实施例3：一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，实施例1中所述的悬挂机构2的垂直杆201为具有直线运动功能的电动推杆。

[0108] 实施例4：一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，所述的脱钩装置4为电磁式，包括分别固连于脱钩装置4两端所连接部件的电磁铁401与衔铁402；电磁铁401通过开关与飞行机器人上的电源相连接。

[0109] 如图13所示，电磁铁401通电后与衔铁402吸合，往复锯系统3挂接至悬挂机构2的下方；电磁铁401断电后释放衔铁402，往复锯系统3与悬挂机构2分离。清障作业中，当往复锯系统3相对树枝发生卡阻且无法分离时，通过脱钩装置4可使往复锯系统3脱离飞行机器

人，从而对飞行机器人实施安全保护。

[0110] 实施例5：如图14所示，一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，所述的多旋翼飞行器的任意一对旋翼1011与各自旋翼臂1012之间，设有可使旋翼1011相对对应旋翼臂1012的轴线旋转的倾转电机1013，由此实现倾转旋翼。

[0111] 基于倾转旋翼，飞行平台1能产生较大的航向力矩来克服往复锯系统3受到的树木不平衡反作用力矩，并可能在不改变姿态的前提下实现水平飞行。

[0112] 实施例6：如图15所示，一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，所述的悬挂机构2与飞行平台1之间设有可使两者具有相对俯仰运动自由度的俯仰关节5。

[0113] 优选的，所述的俯仰关节5包括俯仰关节座501、可绕俯仰关节座501的转轴旋转的俯仰关节活动件502和一对安装于俯仰关节座501的转轴且分别位于俯仰关节活动件502和俯仰关节座501之间的扭转弹簧503；扭转弹簧503的两端分别固定于俯仰关节座501和俯仰关节活动件502。

[0114] 实施例7：如图16和图17所示，一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，往复锯系统3为圆弧形往复锯系统，配合飞行机器人的运动轨迹，可将树木修剪为各种外观形状，例如：

[0115] 1)若飞行机器人前后水平直线运动，可将树木修剪为圆弧形外观；

[0116] 2)若飞行机器人定点旋转运动，可将树木修剪为半球形外观；

[0117] 3)若飞行机器人水平移动加旋转运动，可将树木修剪为螺旋状的圆弧形；

[0118] 4)若飞行机器人水平+垂直+旋转运动，可将树木修剪为更加复杂的外观形状。

[0119] 实施例8：一种悬挂往复锯的树木修剪飞行机器人，往复锯系统3的固定锯片没有锯齿时，即得到基于单层锯片的往复锯系统。

[0120] 以上所述，仅为本实用新型的具体实施方式实例，本实用新型的保护范围并不局限于此。熟悉该技术领域的技术人员在本实用新型披露的技术范围内，可轻易找到变化或替换方式，这些都应涵盖在本实用新型的保护范围之内。为此，本实用新型的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

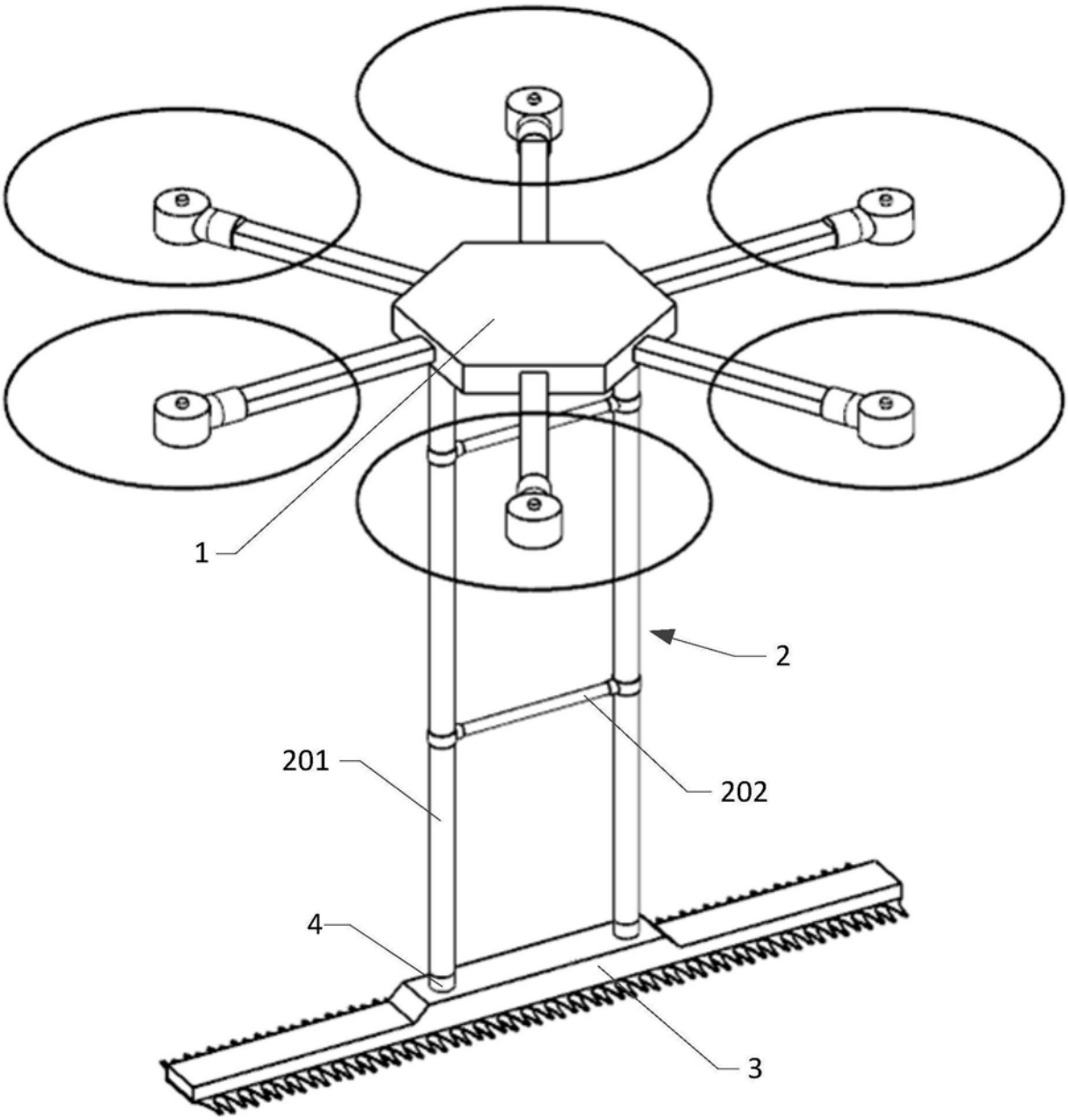


图1

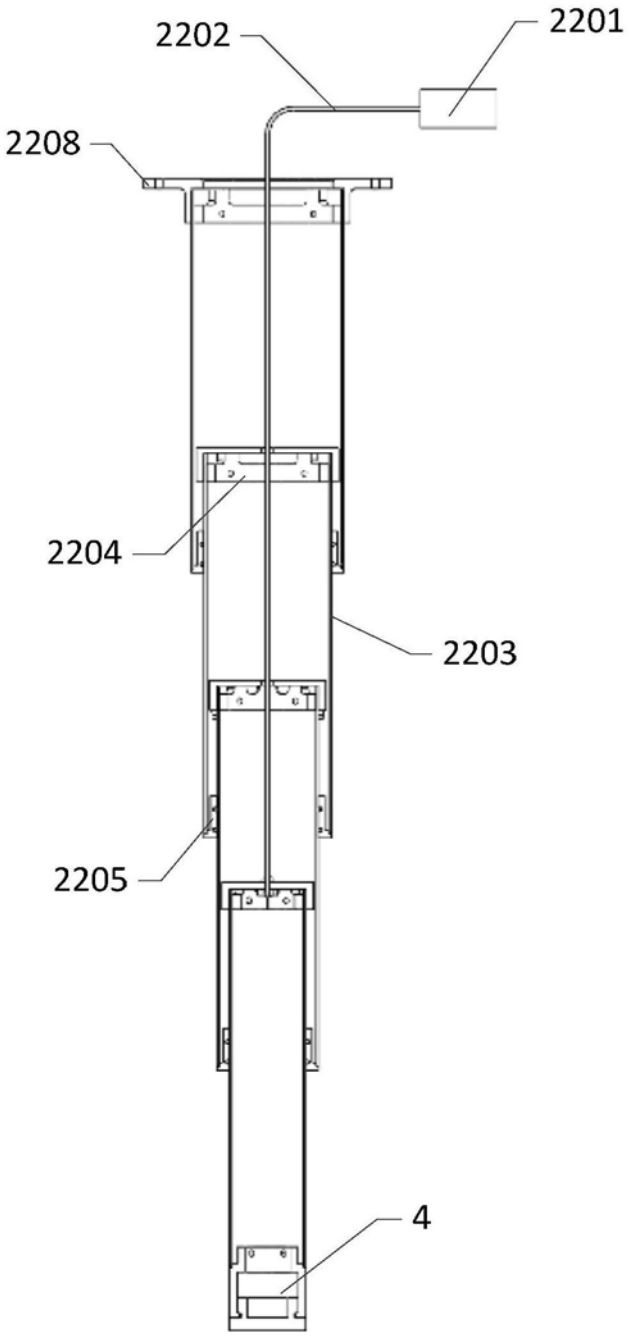


图2

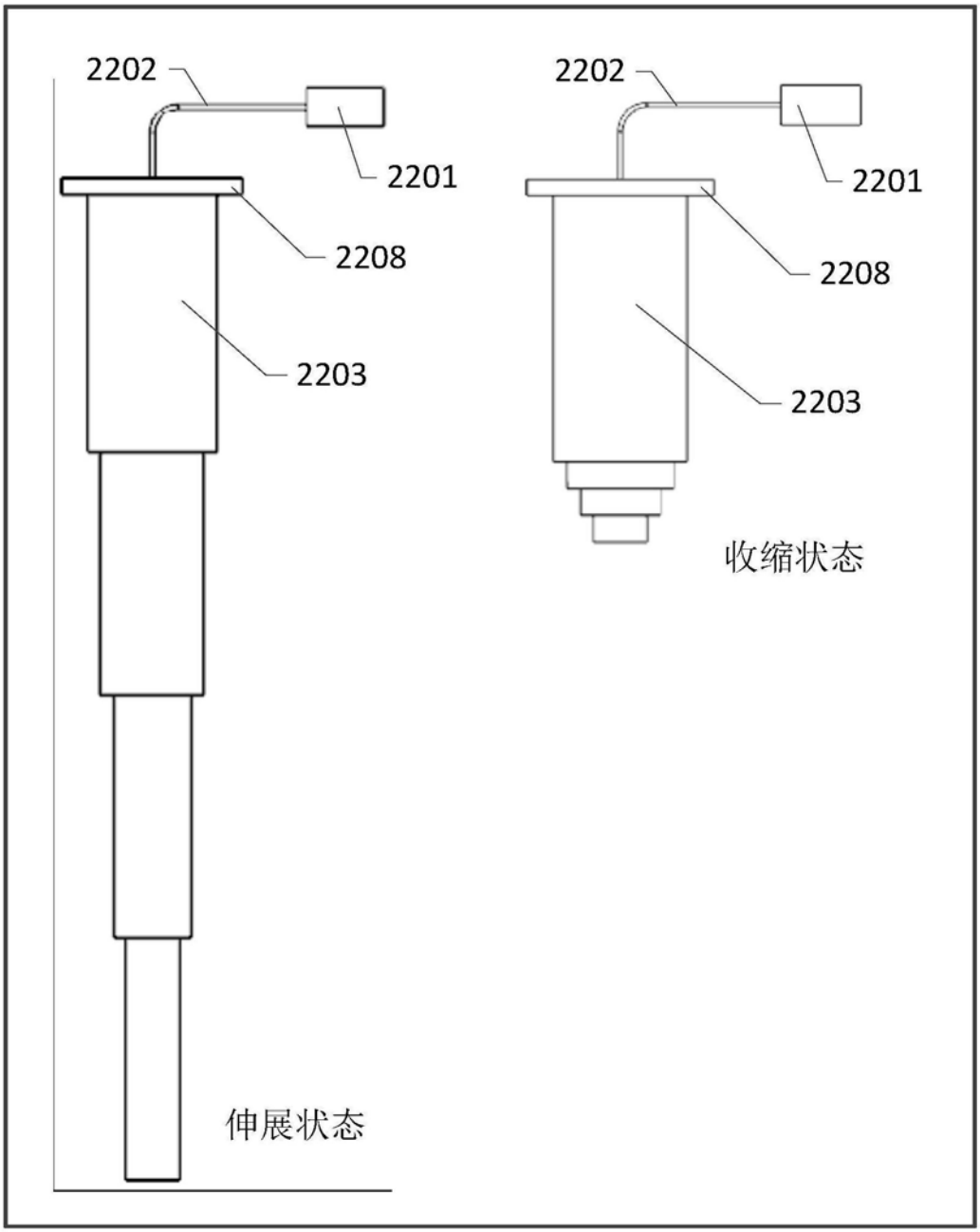


图3

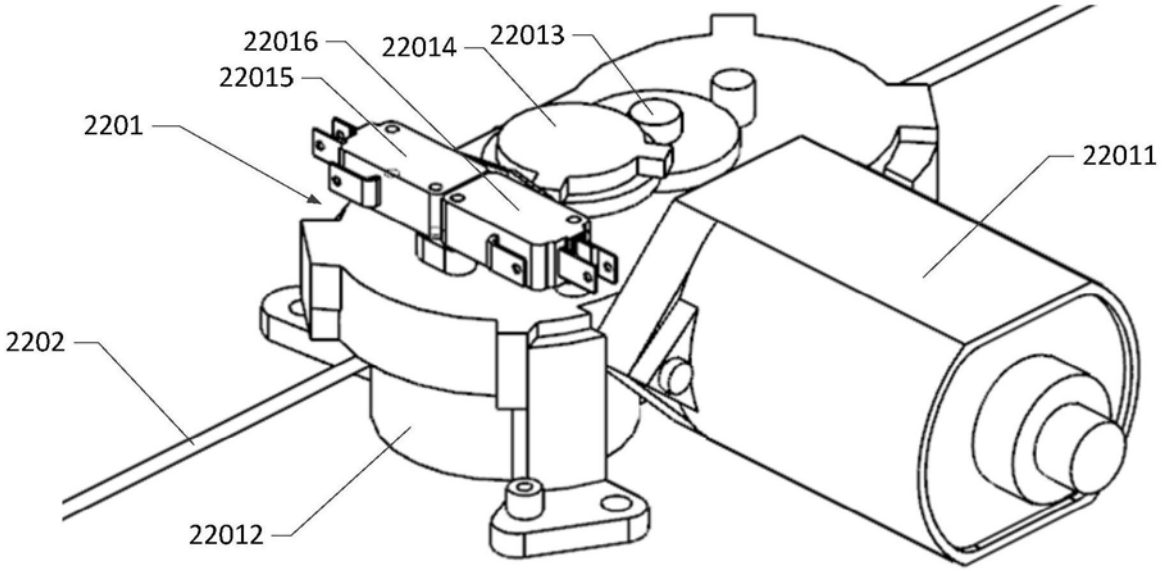

22016
22014
22013
22015
2201
22011
2202
22012

图4

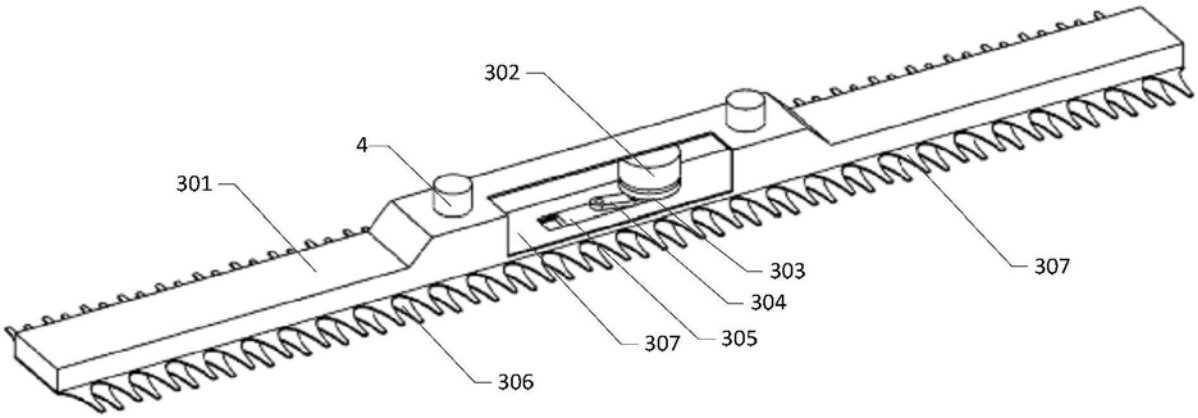

302
4
301
303
307
304
307
305
306

图5

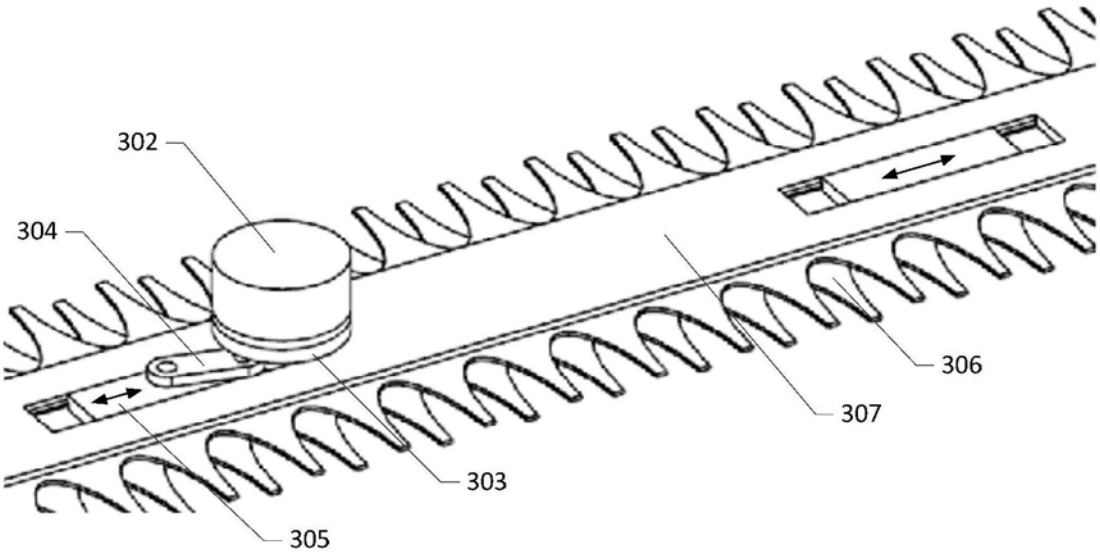


图6

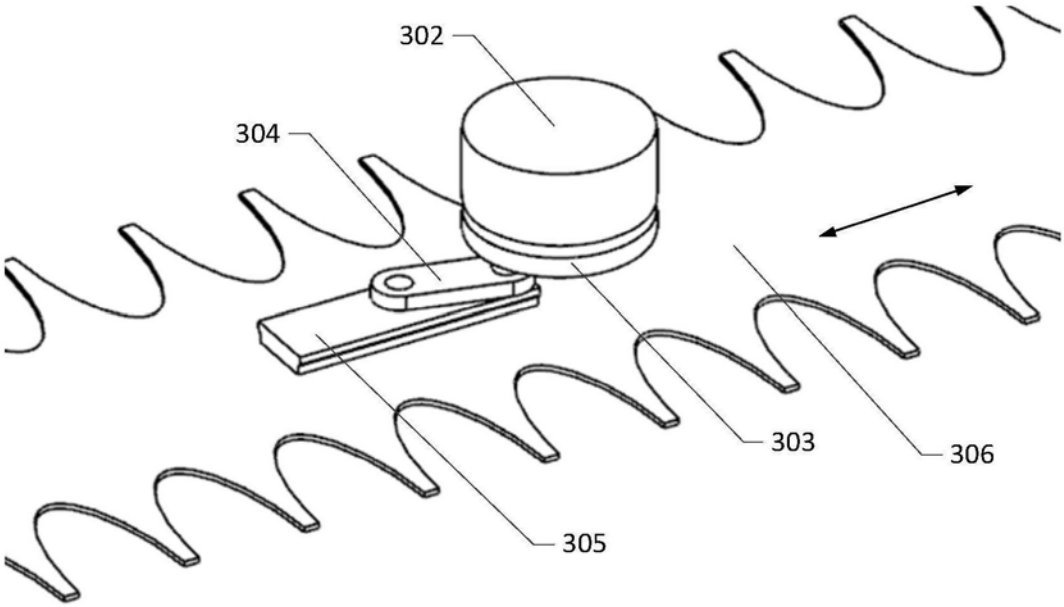


图7

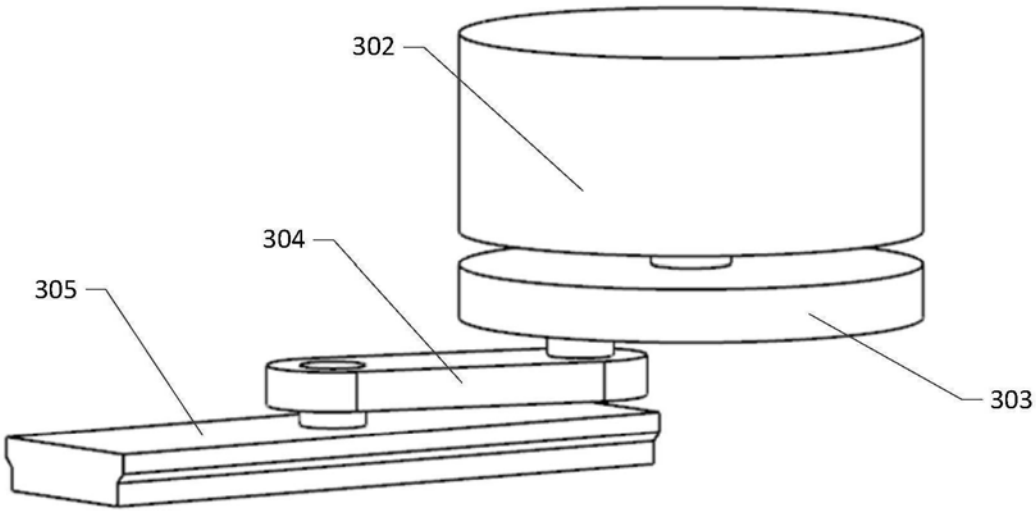


图8

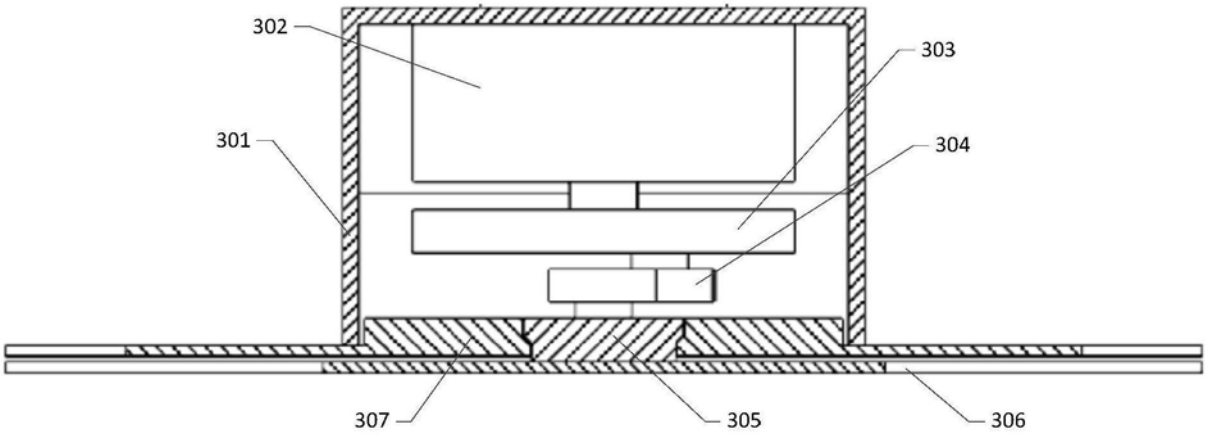


图9

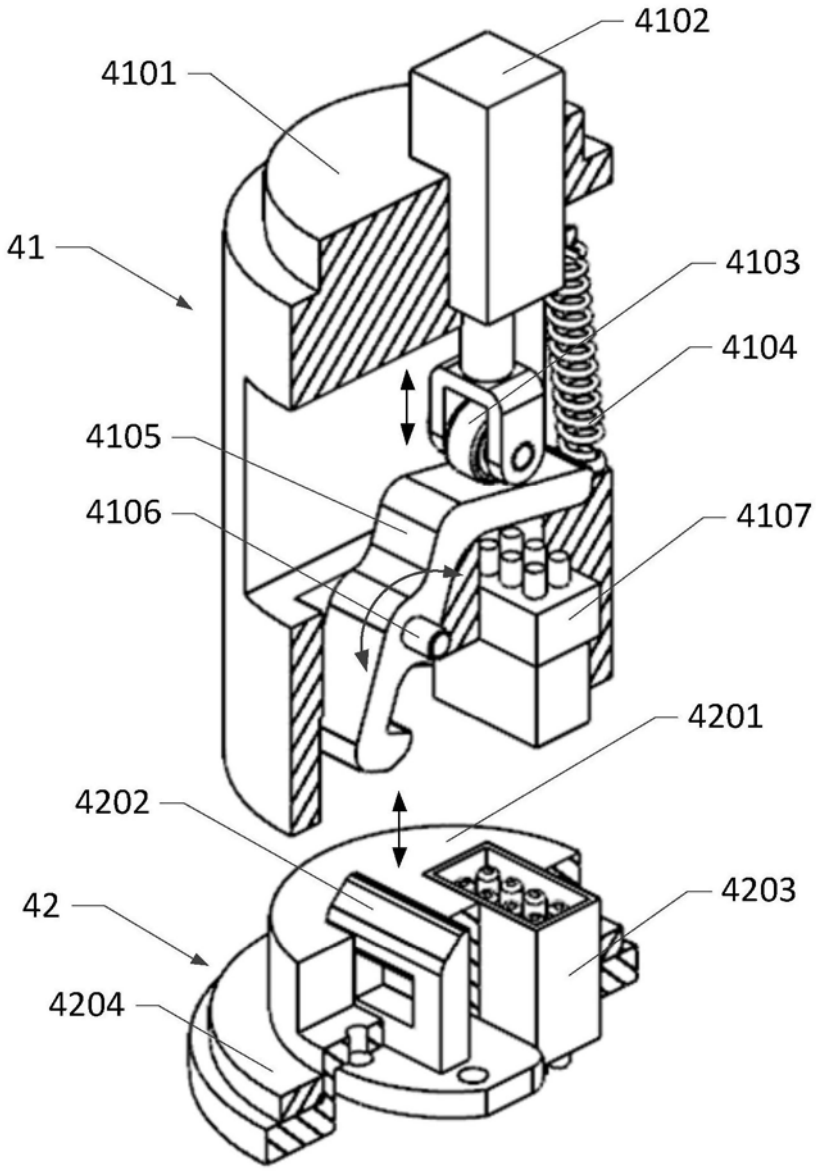


图10

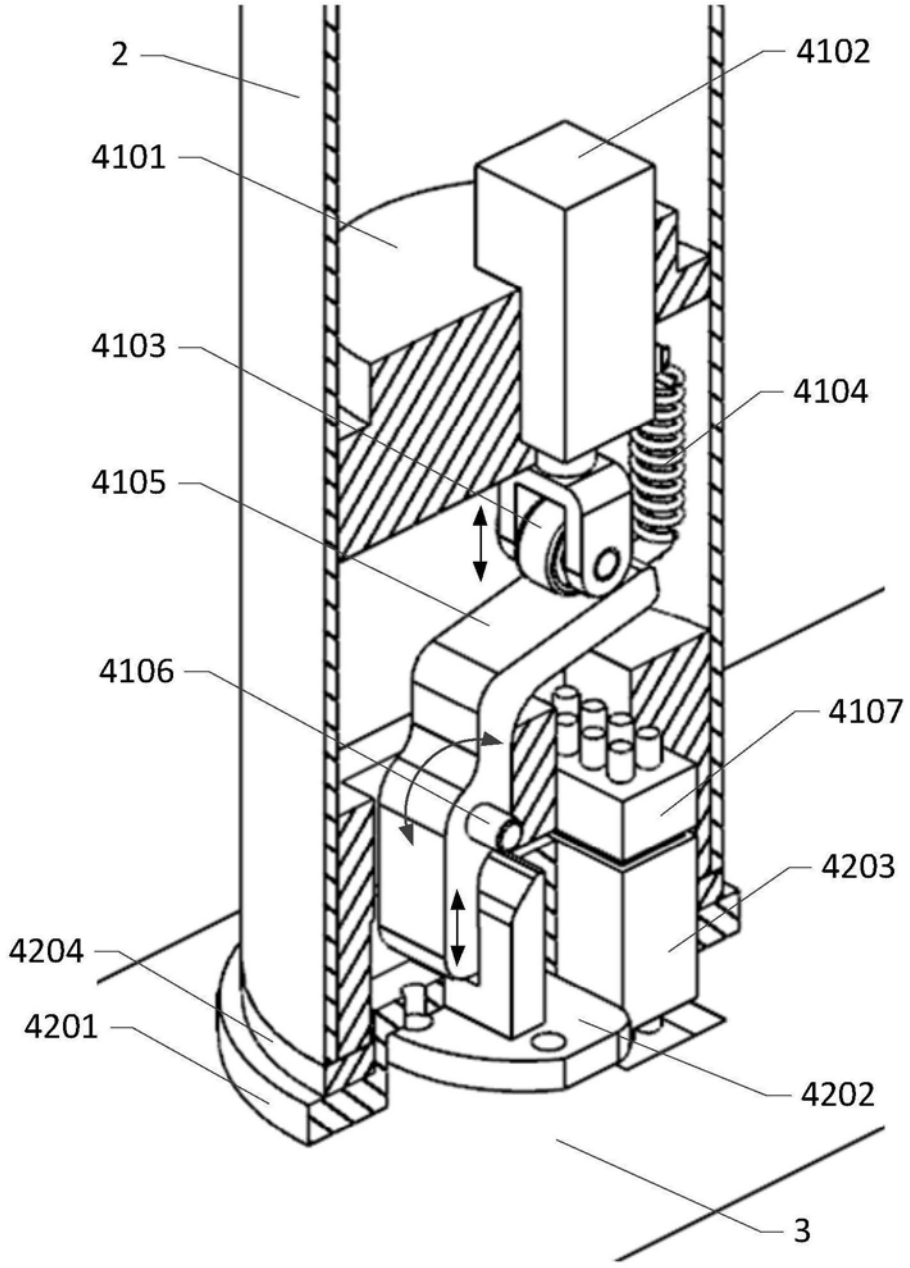


图11

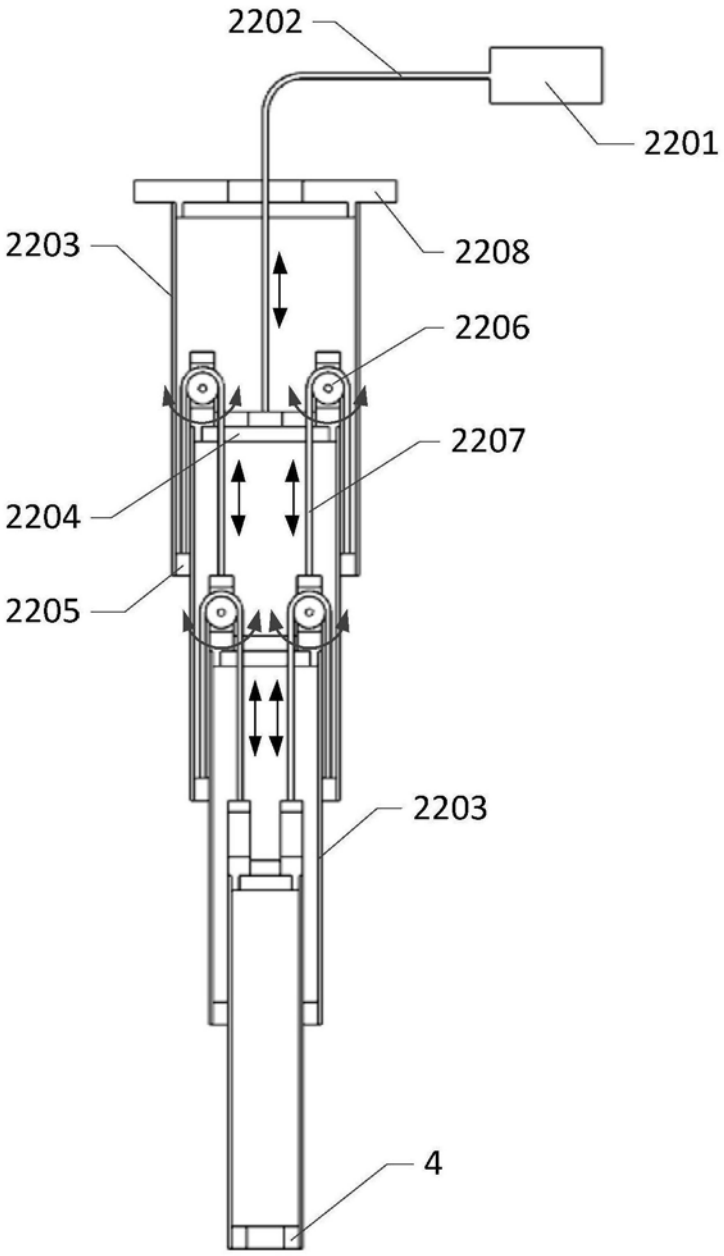


图12

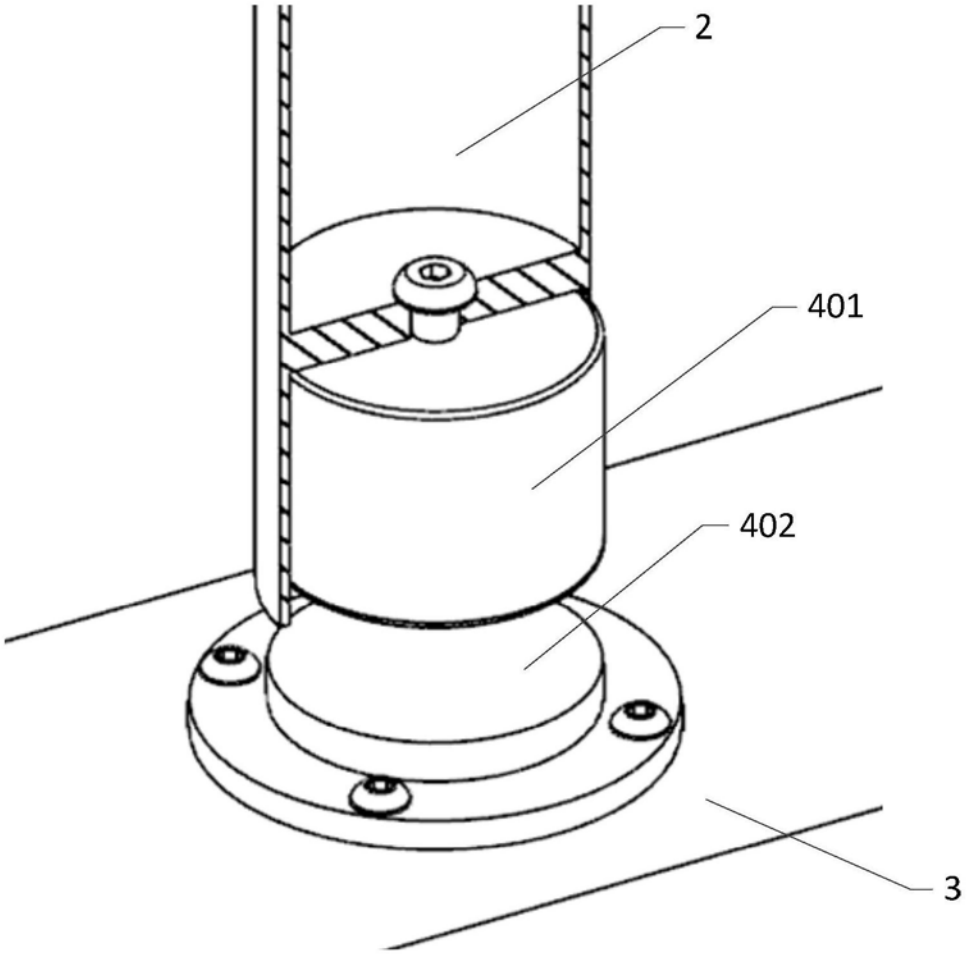


图13

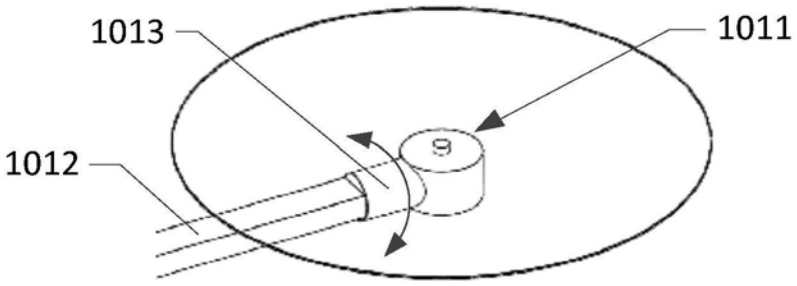


图14

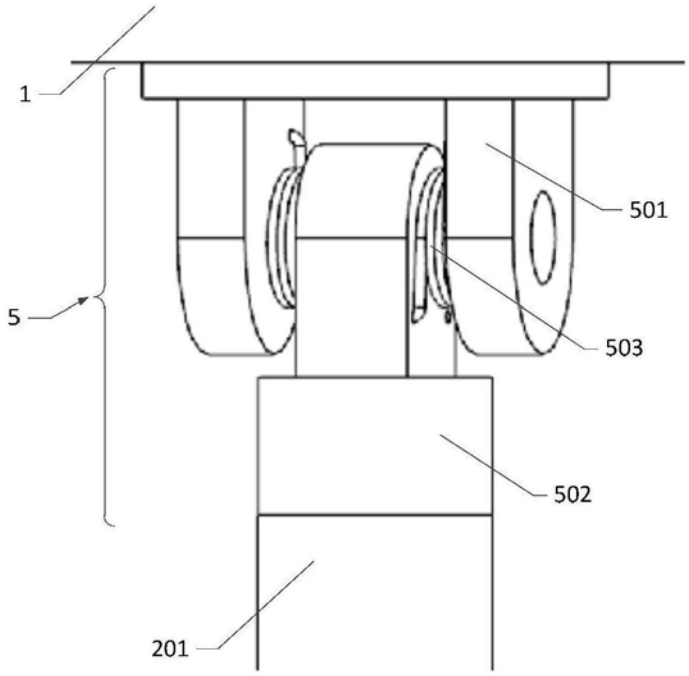


图15

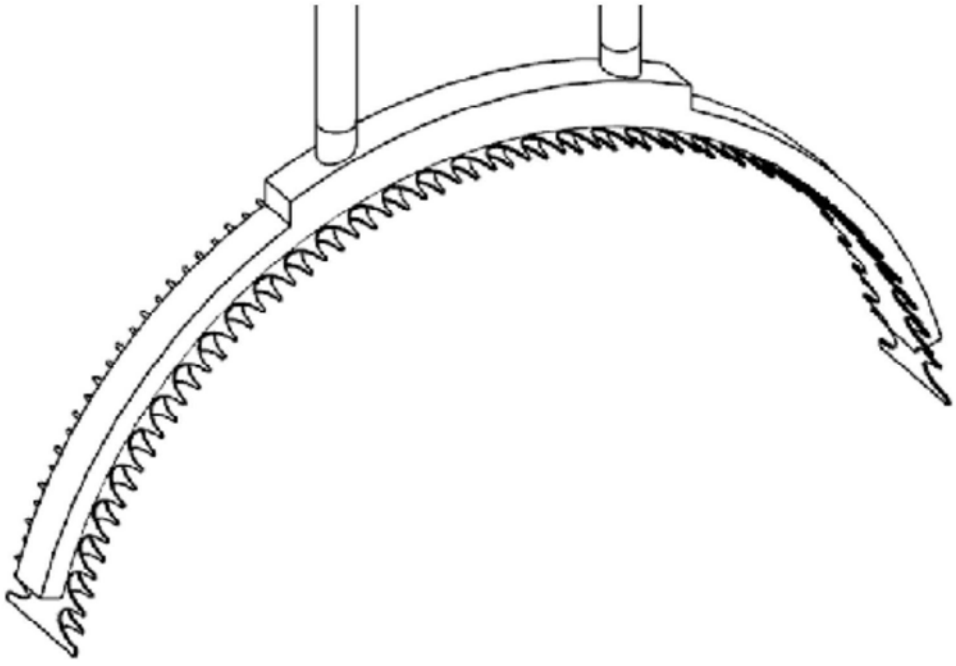


图16

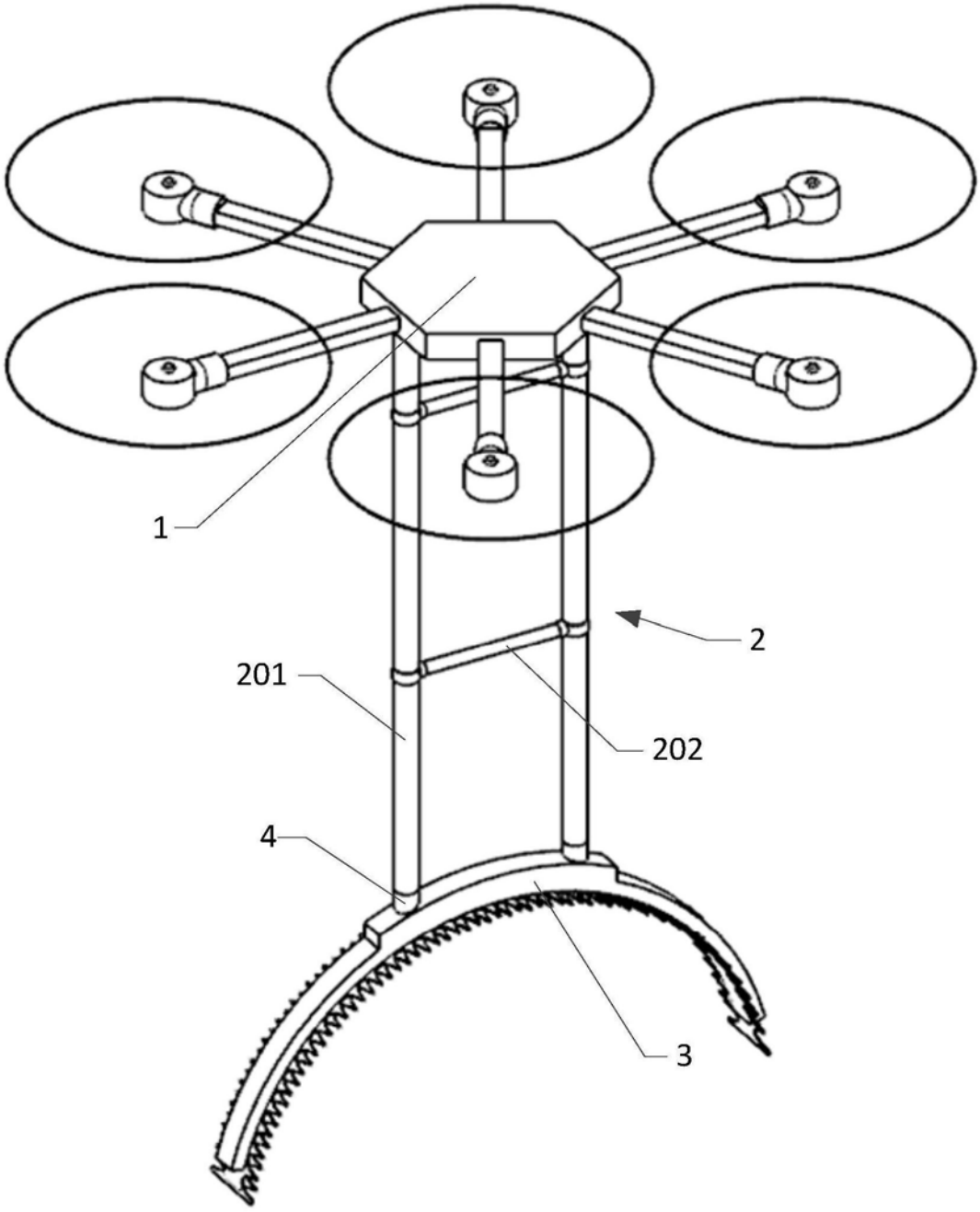


图17