



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113126088 A

(43) 申请公布日 2021.07.16

(21) 申请号 202110273126.6

B64C 39/02 (2006.01)

(22) 申请日 2021.03.13

E21F 17/18 (2006.01)

(71) 申请人 中铁十二局集团有限公司

地址 030024 山西省太原市西矿街130号

申请人 中铁十二局集团第二工程有限公司

(72) 发明人 王可心 张隽 白国峰 李建军

李五红 刘文俊 伏浩 吴树丰

胡强 袁博 张佳齐 樊丁佳

(74) 专利代理机构 太原晋科知识产权代理事务

所(特殊普通合伙) 14110

代理人 王瑞玲

(51) Int. Cl.

G01S 13/88 (2006.01)

G01L 5/00 (2006.01)

B60F 5/02 (2006.01)

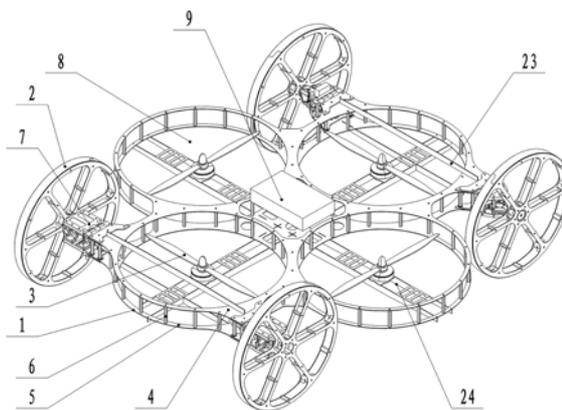
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种隧道检测机器人及隧道检测方法

(57) 摘要

本发明属于隧道施工技术领域,具体涉及一种隧道检测机器人及隧道检测方法,检测机器人包括机架体和设置在机架体上的机轮和旋翼;机轮设置在机架体四角,并通过连接件与机架体连接,机架体内均匀布置有多个用于设置旋翼的旋翼腔,机架体中心设置有控制箱,控制箱用于设置主控制器和探地雷达;连接件上设置有用于测量机轮与接触壁面之间压力的压力传感器,压力传感器的信号输出端与主控制器连接,主控制器用于在检测机器人爬行时根据压力传感器的测量值控制旋翼的转速,探地雷达用于在检测机器人爬行时测量隧道衬砌数据。本发明通过测量机轮与隧道壁之间的压力,根据压力精确调节检测机器人旋翼转速,大大的提高机器人的能耗效率,节省电力,提高续航时间。



1. 一种隧道检测机器人,其特征在于,包括机架体(1)和设置在机架体(1)上的机轮(2)和旋翼(3);

所述机轮(2)设置在机架体(1)四角,并通过连接件(7)与所述机架体(1)连接,机架体(1)内均匀布置有多个用于设置旋翼(3)的旋翼腔(8),所述机架体(1)中心设置有控制箱(9),所述控制箱(9)用于设置主控制器和探地雷达;

所述连接件(7)上设置有用于测量机轮(2)与接触壁面之间压力的压力传感器,所述压力传感器的信号输出端与所述主控制器连接,所述主控制器用于在检测机器人爬行时根据压力传感器(15)的测量值控制旋翼(3)的转速,所述探地雷达用于在检测机器人爬行时测量隧道衬砌数据。

2. 根据权利要求1所述的一种隧道检测机器人,其特征在于,所述主控制器还用于在机轮(2)与接触壁面之间压力的满足条件时,控制机轮(2)转动,使检测机器人进入沿壁爬行模式。

3. 根据权利要求1所述的一种隧道检测机器人,其特征在于,所述机架体(1)包括上机架板(4)、下机架板(5)以及多个连接柱(6),所述连接柱(6)用于连接上机架板(4)和下机架板(5);

所述连接件(7)包括上支臂(10)、上连接部(11)、下支臂(12)和下连接部(13),所述上支臂(10)与上机架板(4)固定连接,下支臂(12)与下机架板(5)固定连接,上连接部(11)通过转轴(14)与上支臂(10)转动连接,机轮(2)转动设置在所述上连接部(11)和下连接部(13)上,压力传感器(15)设置在所述下连接部(13)与下支臂(12)之间。

4. 根据权利要求1所述的一种隧道检测机器人,其特征在于,所述控制箱(9)还用于设置电机驱动模块、磁力计、探地雷达、遥控器接收模块、FLASH存储模块、PMU电源管理模块和IMU惯性测量模块,所述主控制器还用于控制探地雷达测量隧道衬砌数据,并将数据发送至FLASH存储模块存储,所述电机驱动模块用于驱动旋翼(3)和机轮(2)转动。

5. 根据权利要求1所述的一种隧道检测机器人,其特征在于,所述机轮(2)包括两个驱动轮和两个转向轮,其中驱动轮设置在机架体(1)后部两侧,转向轮设置在机架体(1)前方两侧;

所述转向轮与连接件(7)之间还设置有转向舵机(16)和摇臂(17),所述舵机(16)固定设置在上连接部(11)和下连接部(13)上,所述摇臂(17)一端通过连接轴(26)转动设置与上连接部(11)和下连接部(13)上,另一端通过转动轴承(25)与转向轮连接,所述摇臂的连接杆(18)与转向舵机(16)的动力输出轴通过连杆(19)连接;

所述驱动轮与连接件(7)之间还设置有驱动电机(20)和轴承座(21),所述轴承座(21)和驱动电机(21)固定设置在上连接部(11)和下连接部(13)之间,所述驱动电机(20)用于驱动驱动轮转动;所述轴承座(21)内的轴承用于设置驱动电机(21)的输出轴。

6. 根据权利要求1所述的一种隧道检测机器人,其特征在于,所述机架体(1)上设置有四个旋翼腔(8),旋翼腔(8)与机轮(2)在机架体(1)上交叉布置;

所述机架体(1)还包括两根连接筋(23)和两根旋翼支撑杆(24),所述连接筋(23)分别设置在机架体(1)前部两侧之间与后部两侧之间,旋翼支撑杆(24)呈十字型交叉固定设置在下机架板(1)底部,且横穿所述旋翼腔(8),用于设置旋翼(3)。

7. 一种隧道检测方法,其特征在于,采用权利要求1~6任一项所述的一种隧道检测机器

人,包括以下步骤:

S1、设定飞行路径和目标,启动检测机器人使其工作在飞行模式;

S2、待检测机器人飞行至目标位置后且机轮与隧道顶壁接触后,实时测量车轮与隧道之间的压力;

S3、调整旋翼转速,直至测量压力处于压力设定范围内;

S4、启动检测机器人爬行模式,使机轮沿隧道壁贴壁爬行,通过后轮的驱动转速控制其转速,通过驱动前轮转向控制其爬行路径,同时,通过探地雷达测量隧道壁衬砌数据;

S5、测量完成后,使机轮沿隧道壁贴壁爬行至隧道顶壁,关闭检测机器人爬行模式,控制检测机器人飞行至设定位置。

8. 根据权利要求7所述的一种隧道检测方法,其特征在于,所述步骤S3的具体方法为:

比较车轮与隧道壁之间的测量压力与压力设定值之间的关系,若小于等于最小压力设定值,则增加旋翼转速,若大于最小压力设定值小于最大压力设定值,则保持旋翼转速不变,若大于等于最大压力设定值,则减小旋翼转速,直至测量压力处于压力设定范围内。

9. 根据权利要求7所述的一种隧道检测方法,其特征在于,所述压力设定范围与检测机器人爬行所需滚动摩擦力相关。

10. 根据权利要求7所述的一种隧道检测方法,其特征在于,所述压力设定范围为:

$$f/u < F < a * f/u;$$

其中,F表示压力设定值,f表示检测机器人爬行所需滚动摩擦力大小,u表示接触面摩擦系数,a表示设定系数。

一种隧道检测机器人及隧道检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于隧道施工技术领域,具体涉及一种隧道检测用机器人及隧道检测方法。

背景技术

[0002] 在隧道建设完成后,需要对隧道进行衬砌质量检测,常规情况下,工作人员需手持检测雷达通过专项检测车、脚手架等设备才能检测获得衬砌及衬砌后面的病害信息。该方法存在诸多问题,如前期设备投入成本大、需要工作人员数量多、效率偏低、人为干扰因素大等,因此属于行业的技术痛点。

[0003] 因此,需要提供一种新的隧道检测设备和检测方法,以提高隧道检测的质量和效率。

发明内容

[0004] 本发明克服现有技术存在的不足,所要解决的技术问题为:提供一种隧道检测机器人及隧道检测方法,通过检测机器人进行隧道质量检测,以提高检测的质量和效率

为了解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:一种隧道检测机器人,包括机架体和设置在机架体上的机轮和旋翼;

所述机轮设置在机架体四角,并通过连接件与所述机架体连接,机架体内均匀布置有多个用于设置旋翼的旋翼腔,所述机架体中心设置有控制箱,所述控制箱用于设置主控制器和探地雷达;

所述连接件上设置有用于测量机轮与接触壁面之间压力的压力传感器,所述压力传感器的信号输出端与所述主控制器连接,所述主控制器用于在检测机器人爬行时根据压力传感器的测量值控制旋翼的转速,所述探地雷达用于在检测机器人爬行时测量隧道衬砌数据。

[0005] 所述主控制器还用于在机轮与接触壁面之间压力的满足条件时,控制机轮转动,使检测机器人进入沿壁爬行模式。

[0006] 所述机架体包括上机架板、下机架板以及多个连接柱,所述连接柱用于连接上机架板和下机架板;

所述连接件包括上支臂、上连接部、下支臂和下连接部,所述上支臂与上机架板固定连接,下支臂与下机架板固定连接,上连接部通过转轴与上支臂转动连接,机轮转动设置在所述上连接部和下连接部上,压力传感器设置在所述下连接部与下支臂之间。

[0007] 所述控制箱还用于设置电机驱动模块、磁力计、探地雷达、遥控器接收模块、FLASH存储模块、PMU电源管理模块和IMU惯性测量模块,所述主控制器还用于控制探地雷达测量隧道衬砌数据,并将数据发送至FLASH存储模块存储,所述电机驱动模块用于驱动旋翼和机轮转动。

[0008] 所述机轮包括两个驱动轮和两个转向轮,其中驱动轮设置在机架体后部两侧,转

向轮设置在机架体前方两侧；

所述转向轮与连接件之间还设置有转向舵机和摇臂，所述舵机固定设置在上连接部和下连接部上，所述摇臂一端通过连接轴转动设置与上连接部和下连接部上，另一端通过转动轴承与转向轮连接，所述摇臂的连接杆与转向舵机的动力输出轴通过连杆连接；

所述驱动轮与连接件之间还设置有驱动电机和轴承座，所述轴承座和驱动电机固定设置在上连接部和下连接部之间，所述驱动电机用于驱动驱动轮转动；所述轴承座内的轴承用于设置驱动电机的输出轴。

[0009] 所述机架体上设置有四个旋翼腔，旋翼腔与机轮在机架体上交叉布置；

所述机架体还包括两根连接筋和两根旋翼支撑杆，所述连接筋分别设置在机架体前部两侧之间与后部两侧之间，旋翼支撑杆呈十字型交叉固定设置在下机架板底部，且横穿所述旋翼腔，用于设置旋翼。

[0010] 进一步地，本发明还提供了一种隧道检测方法，采用所述的一种隧道检测机器人实现，包括以下步骤：

S1、设定飞行路径和目标，启动检测机器人使其工作在飞行模式；

S2、待检测机器人飞行至目标位置后且机轮与隧道顶壁接触后，实时测量车轮与隧道之间的压力；

S3、调整旋翼转速，直至测量压力处于压力设定范围内；

S4、启动检测机器人爬行模式，使机轮沿隧道壁贴壁爬行，通过后轮的驱动转速控制其转速，通过驱动前轮转向控制其爬行路径，同时，通过探地雷达测量隧道壁衬砌数据；

S5、测量完成后，使机轮沿隧道壁贴壁爬行至隧道顶壁，关闭检测机器人爬行模式，控制检测机器人飞行至设定位置。

[0011] 所述步骤S3的具体方法为：

比较车轮与隧道壁之间的测量压力与压力设定值之间的关系，若小于等于最小压力设定值，则增加旋翼转速，若大于最小压力设定值小于最大压力设定值，则保持旋翼转速不变，若大于等于最大压力设定值，则减小旋翼转速，直至测量压力处于压力设定范围内。

[0012] 所述压力设定范围与检测机器人爬行所需滚动摩擦力相关。

[0013] 所述压力设定范围为：

$$f/u < F < a * f/u;$$

其中，F表示压力设定值，f表示检测机器人爬行所需滚动摩擦力大小，u表示接触面摩擦系数，a表示设定系数。

[0014] 本发明与现有技术相比具有以下有益效果：本发明提供了一种隧道检测机器人及隧道检测方法，负载有探地雷达的检测机器人在隧道壁上行驶，进行隧道衬砌质量检测，提高了隧道检测的质量和效率，而且，本发明通过在机轮与检测机器人机架之间设置压力传感器，利用杠杆原理测量机轮与隧道壁之间的压力，根据压力精确调节检测机器人旋翼转速，保证检测机器人能够在各个姿态下均始终维持既安全又不浪费的动力输出，从而大大提高机器人的能耗效率，节省电力，提高续航时间。此外，本发明中，检测机器人采用四旋翼与四轮交叉布置，机体结构紧凑，机架采用包括上机架板、下机架板和连接柱的镂空设计，结构重量轻，可以进一步降低检测机器人运行能耗。

附图说明

[0015] 图1为本发明实施例提供的一种隧道检测机器人的整体结构示意图；
图2为图1的俯视图；
图3为本发明实施例中控制箱内的电路结构框图；
图4为本发明实施例中与转向轮配合的连接件的结构示意图；
图5为图4的正视图；
图6为图4的俯视图
图7为本发明实施例中与驱动轮配合的连接件的结构示意图；
图8为图7的正视图。

[0016] 图中：1为机架体，2为机轮，3为旋翼，4为上机架板，5为下机架板，6为连接柱，7为连接件，8为旋翼腔，9为控制箱，10为上支臂，11为上连接部，12为下支臂，13为下连接部，14为转轴，15为压力传感器，16为转向舵机，17为摇臂，18为连接杆，19为连杆，20为驱动电机，21为轴承座，22为轮毂，23为连接筋，24为旋翼支撑杆，25为转动轴承，26为连接轴。

具体实施方式

[0017] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例；基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0018] 实施例一

如图1~2所示，本发明实施例提供了一种隧道检测用机器人，包括机架体1和设置在机架体1上的机轮2和旋翼3；所述机轮2设置在机架体1四角，并通过连接件7与所述机架体1连接，机架体1内均匀布置有多个用于设置旋翼3的旋翼腔8，所述机架体1中心设置有控制箱9，所述控制箱9用于设置主控制器和探地雷达。

[0019] 本实施例中，所述连接件7上设置有用于测量机轮2与接触壁面之间压力的压力传感器，如图3所示，所述压力传感器的信号输出端与所述主控制器连接，所述主控制器用于在检测机器人爬行时根据压力传感器15的测量值控制旋翼3的转速，所述探地雷达用于在检测机器人爬行时测量隧道衬砌数据。所述主控制器还用于在机轮2与接触壁面之间压力的满足条件时，控制机轮2转动，使检测机器人进入沿壁爬行模式。

[0020] 其中，检测机器人进入沿壁爬行模式的具体方法为：比较车轮与隧道壁之间的测量压力与压力设定值之间的关系，若小于等于最小压力设定值，则增加旋翼转速，若大于最小压力设定值小于最大压力设定值，则保持旋翼转速不变，若大于等于最大压力设定值，则减小旋翼转速，直至测量压力处于压力设定范围内。

[0021] 具体地，本实施例中，所述压力设定范围与检测机器人爬行所需滚动摩擦力相关。例如，所述压力设定范围为：

$$f/u < F < a * f/u; \quad (1)$$

其中，F表示压力设定值，f表示检测机器人爬行所需滚动摩擦力大小，u表示接触面摩擦系数，a表示设定系数，一般可以设定为1.1~1.3之间。

[0022] 本发明实施例中，通过测量机轮2与接触壁面之间的压力，来调整旋翼的转速，可

以保证检测机器人在爬墙时的在各个姿态下,均可以始终维持既安全又不浪费的动力输出,从而大大提高检测机器人的能耗效率。

[0023] 进一步地,本实施例中所述控制箱9还用于设置飞控模块、转向行走电机驱动模块、磁力计、遥控器接收模块、FLASH存储模块、SD存储模块、PMU电源管理模块和IMU惯性测量模块,如图3所示,所述飞控模块、转向行走电机驱动模块、磁力计、遥控器接收模块、FLASH存储模块、SD存储模块、PMU电源管理模块和IMU惯性测量模块均与所述主控制器连接,此外,主控模块还可以与探地雷达的控制端口连接,实时控制探地雷达测量隧道衬砌数据,测量数据可以通过自带无线通信模块的探地雷达发送至上位机,也可以实时发送至FLASH存储模块存储,所述转向行走电机驱动模块用于驱动旋翼3和机轮2。

[0024] 进一步地,如图1所示,所述机架体1包括上机架板4、下机架板5以及多个连接柱6,所述连接柱6用于连接上机架板4和下机架板5。

[0025] 进一步地,如图4~6所示,本实施例中,所述连接件7包括上支臂10、上连接部11、下支臂12和下连接部13,所述上支臂10与上机架板4固定连接,下支臂12与下机架板5固定连接,上连接部11通过转轴14与上支臂10转动连接,机轮2转动设置在所述上连接部11和下连接部13上,压力传感器15设置在所述下连接部13与下支臂12之间。

[0026] 进一步地,本实施例中,所述机轮2包括两个驱动轮和两个转向轮,其中驱动轮设置在机架体1后部两侧,转向轮设置在机架体1前方两侧。

[0027] 如图4~6所示,所述转向轮与连接件7之间还设置有转向舵机16和摇臂17,所述舵机16固定设置在上连接部11和下连接部13上,所述摇臂17一端通过连接轴26转动设置与上连接部11和下连接部13上,另一端通过转动轴承25与转向轮连接,所述摇臂的连接杆18与转向舵机16的动力输出轴通过连杆19连接;

如图7~8所示,所述驱动轮与连接件7之间还设置有驱动电机20和轴承座21,所述轴承座21和驱动电机21固定设置在上连接部11和下连接部13之间,所述驱动电机20用于驱动驱动轮转动;所述轴承座21内的轴承用于设置驱动电机21的输出轴。

[0028] 进一步地,如图1~2所示,本实施例中,所述机架体1上设置有四个旋翼腔8,旋翼腔8与机轮2在机架体1上交叉布置;所述机架体1还包括两根连接筋23和两根旋翼支撑杆24,所述连接筋23分别设置在机架体1前部两侧之间与后部两侧之间,旋翼支撑杆24呈十字型交叉固定设置在下机架板1底部,且横穿所述旋翼腔8,用于设置旋翼3。

[0029] 实施例二

本发明实施例二提供了一种隧道检测方法,采用实施例一所述的一种隧道检测机器人,包括以下步骤:

S1、设定飞行路径和目标,启动检测机器人使其工作在飞行模式。

[0030] S2、待检测机器人飞行至目标位置后且机轮与隧道顶壁接触后,实时测量车轮与隧道之间的压力。

[0031] S3、调整旋翼转速,直至测量压力处于压力设定范围内。

[0032] 其中,调整旋翼转速的具体方法为:比较车轮与隧道壁之间的测量压力与压力设定值之间的关系,若小于等于最小压力设定值,则增加旋翼转速,若大于最小压力设定值小于最大压力设定值,则保持旋翼转速不变,若大于等于最大压力设定值,则减小旋翼转速,直至测量压力处于压力设定范围内。

[0033] 具体地,所述压力设定范围与检测机器人爬行所需滚动摩擦力相关。进一步地,所述压力设定范围为: $f/u < F < a * f/u$ 。其中, F 表示压力设定值, f 表示检测机器人爬行所需滚动摩擦力大小, u 表示接触面摩擦系数, a 表示设定系数。

[0034] S4、启动检测机器人爬行模式,使机轮沿隧道壁贴壁爬行,通过后轮的驱动转速控制其转速,通过驱动前轮转向控制其爬行路径,同时,通过探地雷达测量隧道壁衬砌数据。

[0035] 其中,检测机器人处于爬行模式时,可以通过遥控器发送模块发送遥控信息,利用遥控器控制转向舵机和驱动电机,进而控制机轮的速度和角度,实现对检测机器人的爬行路径的控制。

[0036] S5、测量完成后,使机轮沿隧道壁贴壁爬行至隧道顶壁,关闭检测机器人爬行模式,控制检测机器人飞行至设定位置。

[0037] 综上所述,本发明提供了一种隧道检测机器人及隧道检测方法,负载有探地雷达的检测机器人在隧道壁上行驶,进行隧道衬砌质量检测,提高了隧道检测的质量和效率,而且,本发明通过在机轮与检测机器人机架之间设置压力传感器,利用杠杆原理测量机轮与隧道壁之间的压力,根据压力精确调节检测机器人旋翼转速,保证检测机器人能够在各个姿态下均始终维持既安全又不浪费的动力输出,从而大大提高机器人的能耗效率,节省电力,提高续航时间。此外,本发明中,检测机器人采用四旋翼与四轮交叉布置,机体结构紧凑,机架采用包括上机架板、下机架板和连接柱的镂空设计,结构重量低,可以进一步降低检测机器人运行能耗。

[0038] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

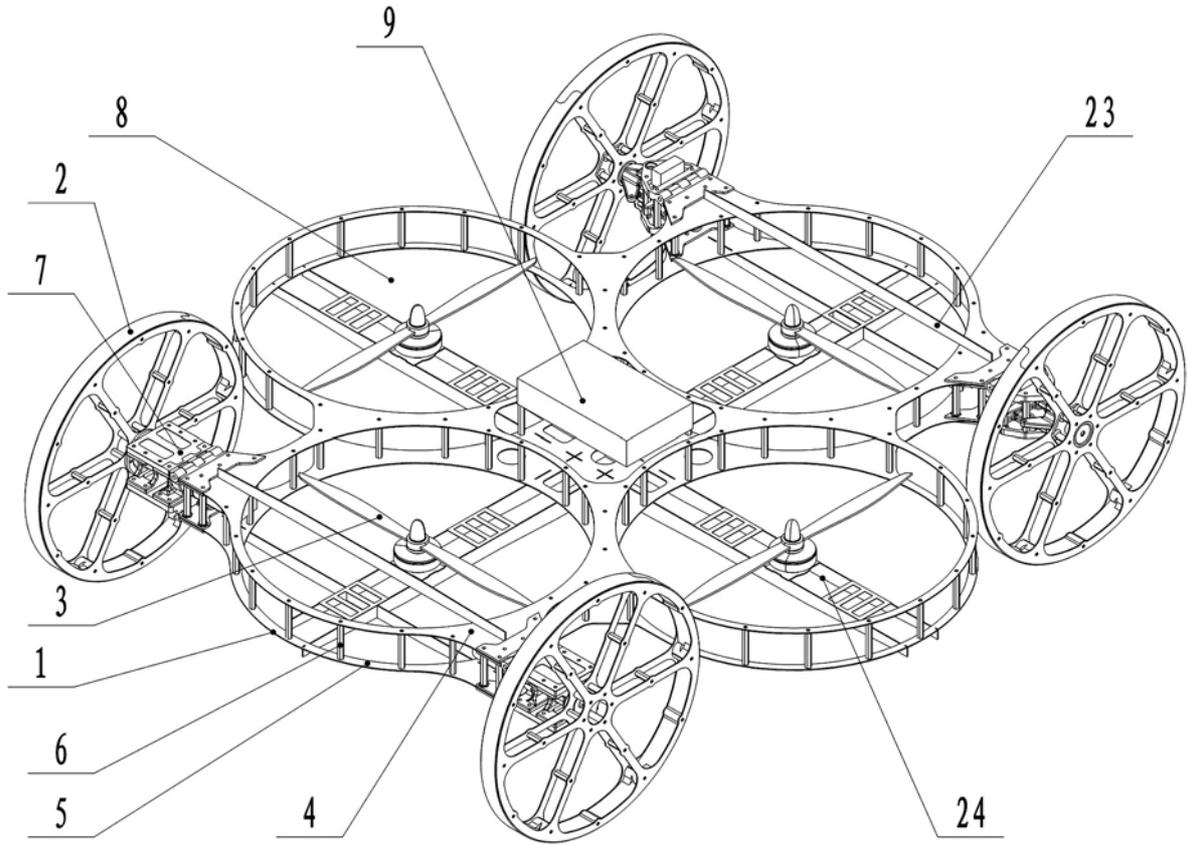


图1

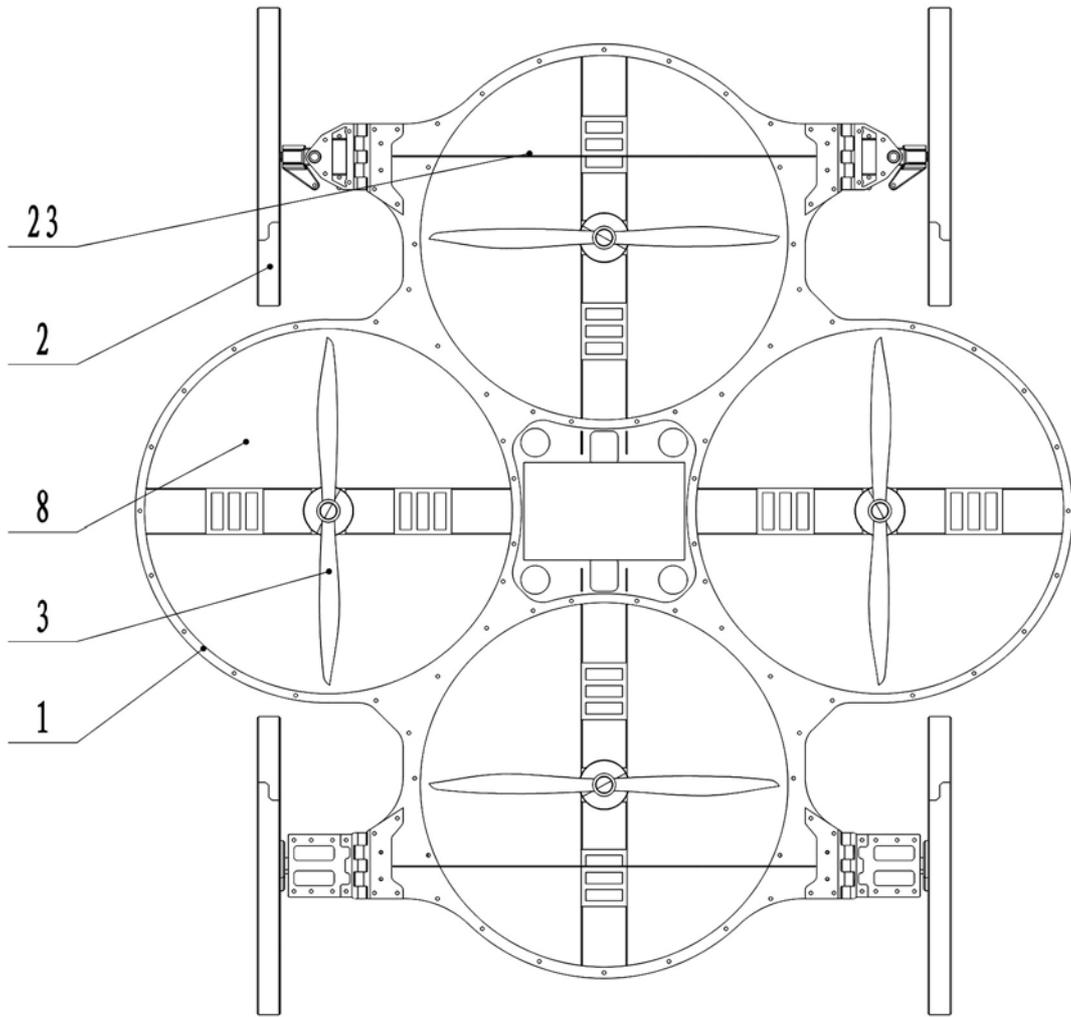


图2

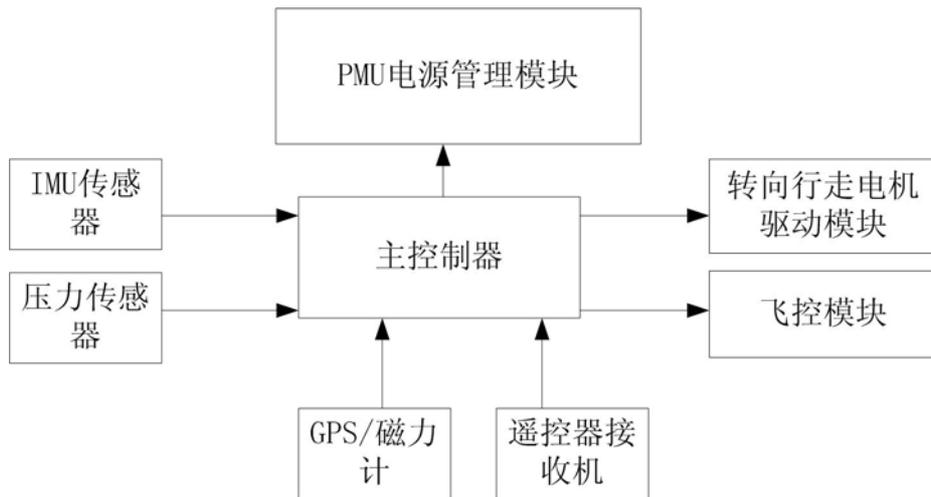


图3

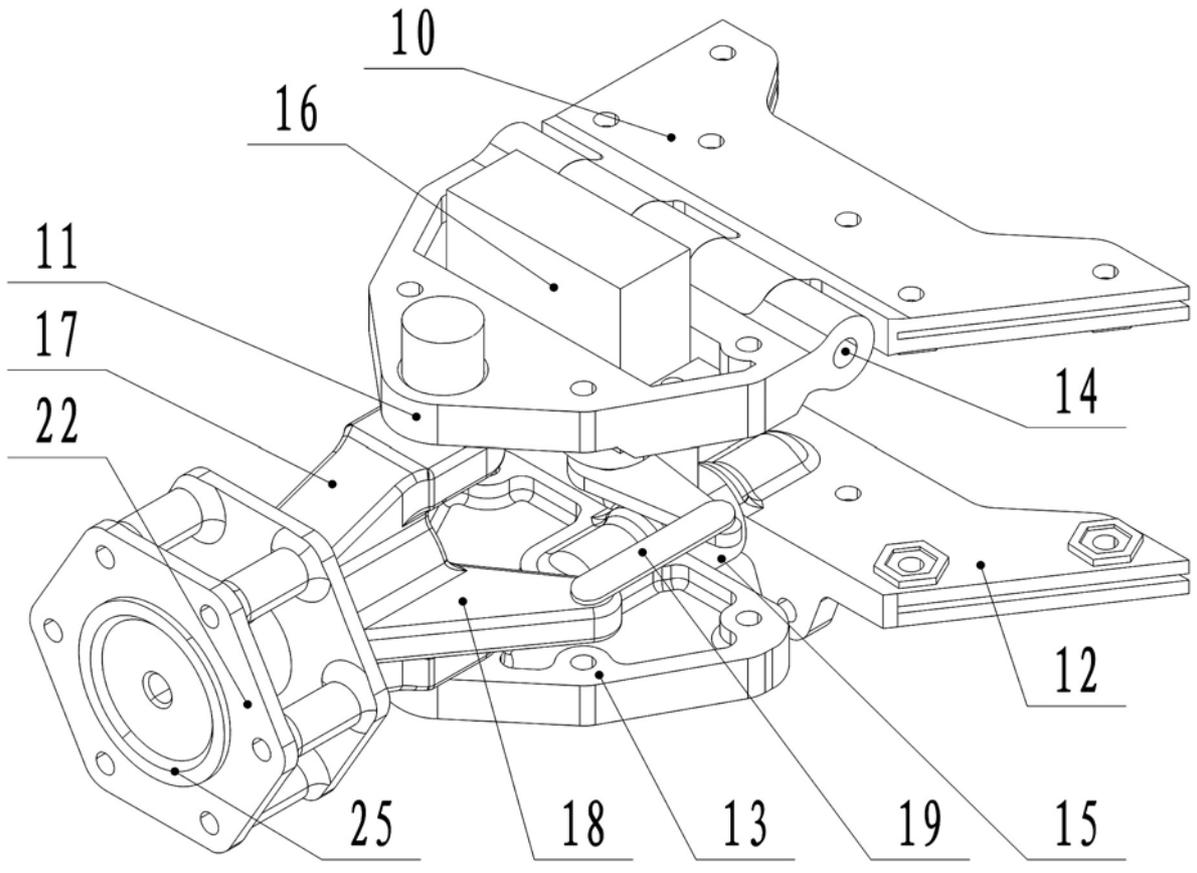


图4

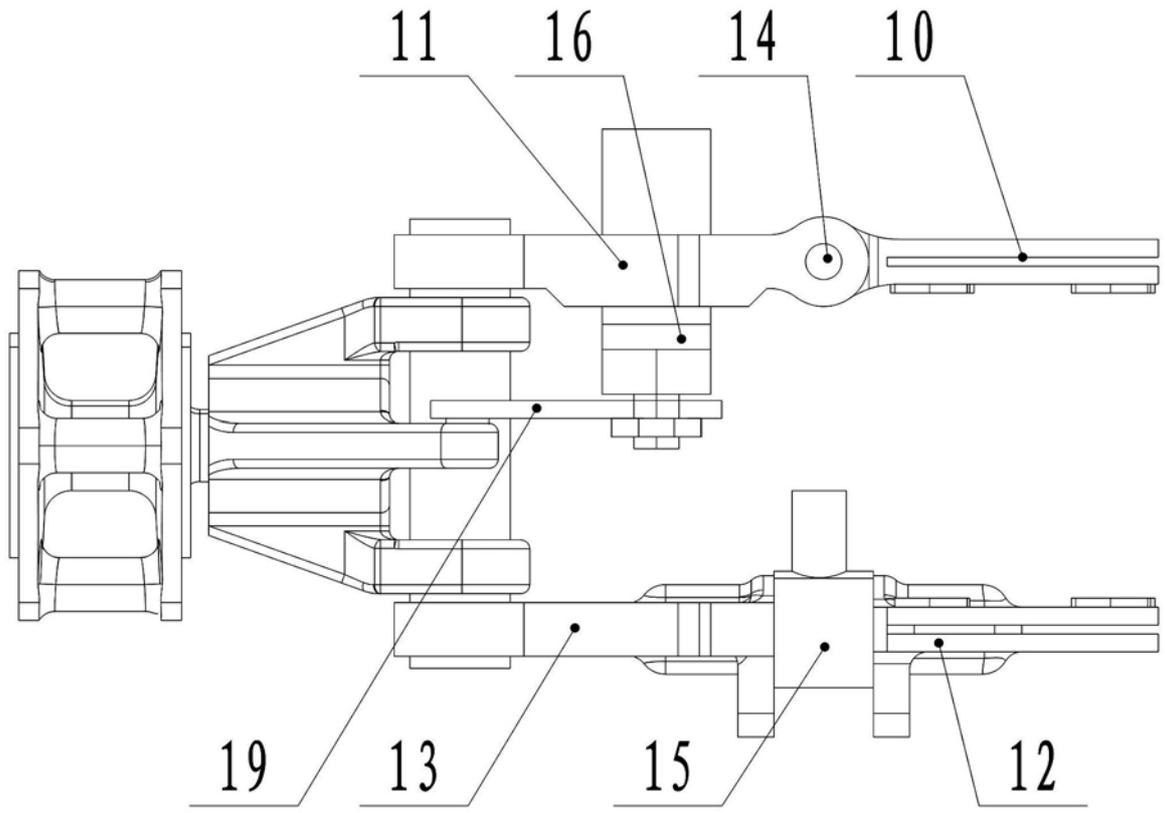


图5

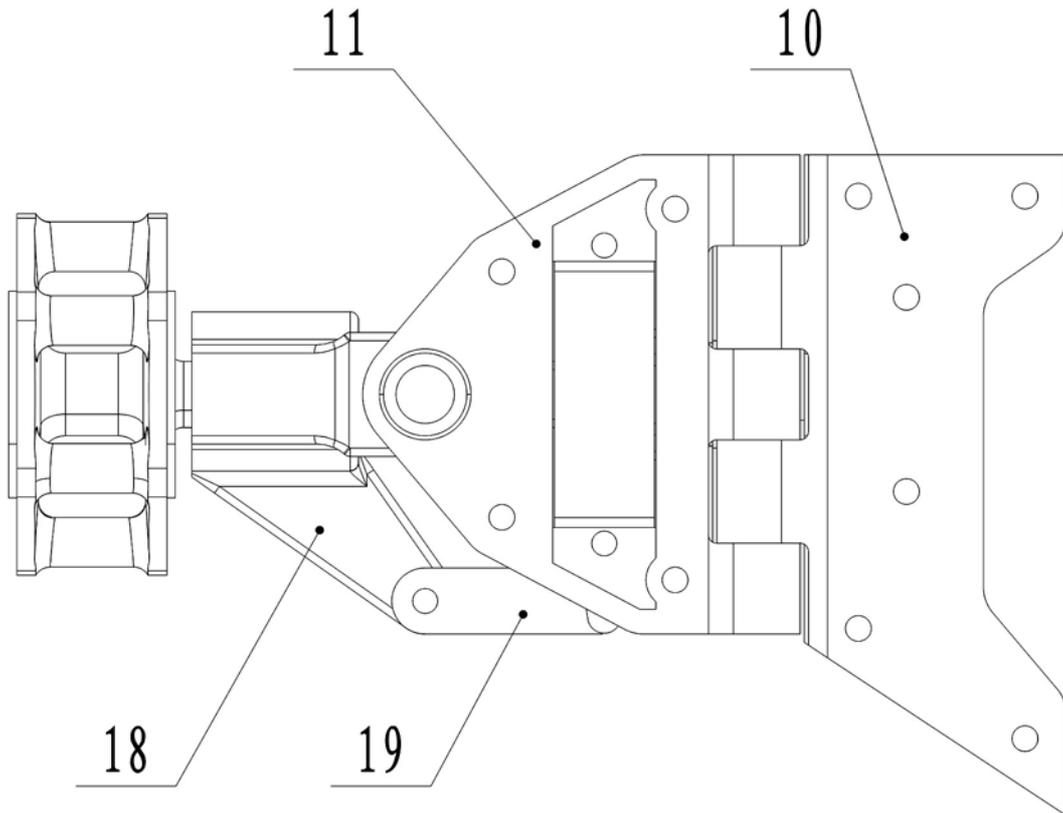


图6

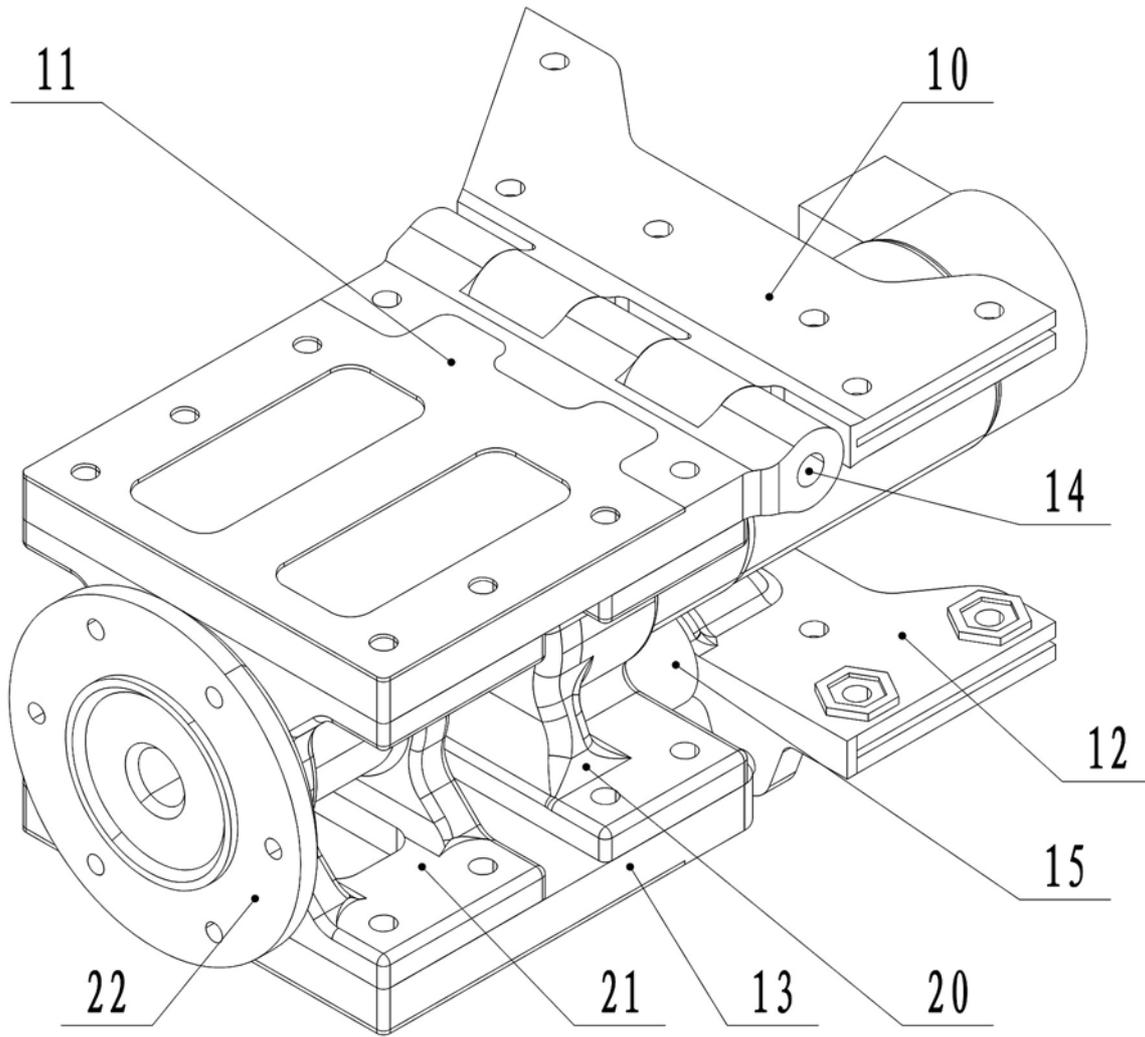


图7

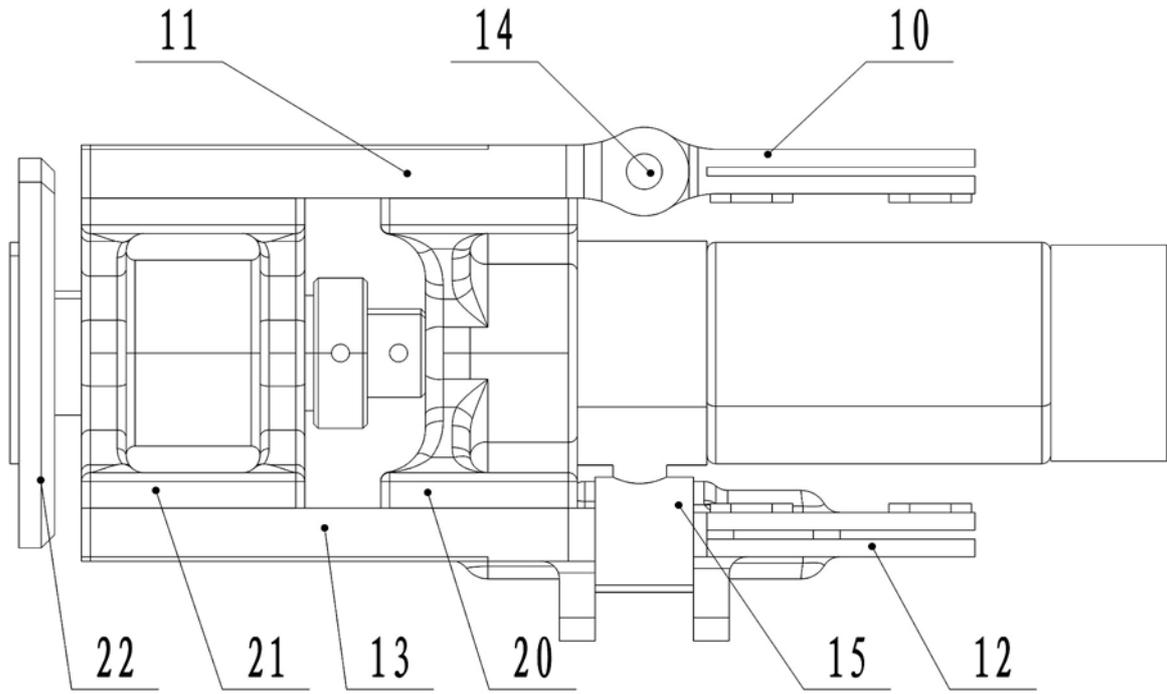


图8