



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118770552 B

(45) 授权公告日 2025. 04. 22

(21) 申请号 202410794518.0

(22) 申请日 2024.06.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118770552 A

(43) 申请公布日 2024.10.15

(73) 专利权人 三峡大学

地址 443002 湖北省宜昌市大学路8号

(72) 发明人 刘傲林 张思源 胡明洲 李炜

方俊楠 牛顺超

(74) 专利代理机构 宜昌市三峡专利事务所

42103

专利代理师 高阳

(51) Int. Cl.

B64D 1/18 (2006.01)

E01D 22/00 (2006.01)

B64U 20/80 (2023.01)

B64U 20/83 (2023.01)

B64U 20/87 (2023.01)

G06V 20/17 (2022.01)

G06T 7/50 (2017.01)

G06V 10/764 (2022.01)

G06V 10/774 (2022.01)

G06V 10/82 (2022.01)

G06T 7/73 (2017.01)

G06N 3/0464 (2023.01)

G06N 3/096 (2023.01)

B64U 101/26 (2023.01)

B64U 101/45 (2023.01)

(56) 对比文件

CN 111452960 A, 2020.07.28

CN 215043727 U, 2021.12.07

审查员 靳宇

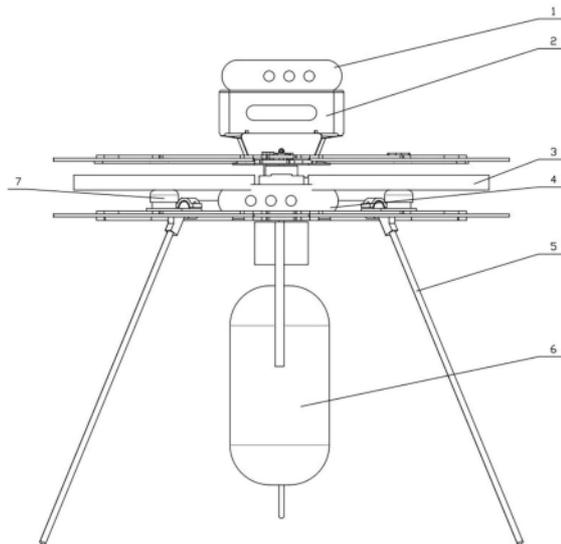
权利要求书3页 说明书9页 附图10页

(54) 发明名称

一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置及使用方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置及使用方法,包括裂纹检测、定位、巡线及修补等步骤,确保了修补工作的精确性和有效性。无人机上搭载有多个模块,用于完成定位、识别以及修补的操作,本方法通过改进的YOLOv8算法识别裂纹,并利用自主飞行导航系统对其进行定位,使得无人机可以自动规划最优路径,准确到达裂纹所在位置,根据裂纹特征自动进行精准喷射填充,完成裂缝的即时修补工作,此方法相对于传统的修补方法,不仅显著提升了桥梁检测与维护的效率和可靠性,而且避免了人员高空作业的风险,降低了维护成本,对延长桥梁使用寿命具有重要意义。



1. 一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,包括无人机模块,其特征在于,所述无人机模块包括无人机本体、电池组件(11)以及对应的无人机控制组件(10),所述无人机控制组件(10)包括GPS模组、下位机以及集成有IMU的PX4飞控模组;

所述无人机本体上分别设有喷浆模块、移动模块、图像拍摄模块、识别模块以及处理控制模块,喷浆模块和移动模块皆通过处理控制模块与图像拍摄模块和识别模块形成联动配合,所述无人机控制组件(10)与处理控制模块相连;

所述喷浆模块包括固定于无人机本体底部的注浆罐(6),所述注浆罐(6)内的磁性浆液依次通过软管(13)、转接管(15)和注浆硬管(9)后从喷头(24)喷出,注浆罐(6)的顶部通过开口管(14)与大气连通,所述软管(13)内埋设有导电线圈(25),导电线圈(25)与变压器、下位机和电池组件(11)形成通电配合,且导电线圈(25)在通电后形成磁场与磁性浆液形成驱动配合,磁场方向由软管(13)指向转接管(15);

所述移动模块包括由驱动组件驱动的圆形卡锁滑块(22),所述注浆硬管(9)通过圆形卡锁滑块(22)与移动导轨(23)滑动配合;

所述移动模块包括水平布置的移动导轨(23),移动导轨(23)通过固定件(21)与安装架固定安装,且移动导轨(23)的同一侧两端设有滚轮(20),滚轮(20)之间通过传动带(16)形成传动配合,传动配合方向与移动导轨(23)布置方向相同,注浆硬管(9)嵌设卡接于圆形卡锁滑块(22)的圆环卡接部,圆形卡锁滑块(22)的一侧设有滑块部与移动导轨(23)滑动配合,圆形卡锁滑块(22)的另一侧与传动带(16)可拆卸地固定安装形成联动配合,其中一个滚轮(20)的下方设有控制无刷电机(17),控制无刷电机(17)的输出轴与对应的滚轮(20)之间通过传动组件形成传动配合。

2. 根据权利要求1所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,其特征在于,所述图像拍摄模块包括双目深度相机(1),用于实时拍摄周围图像并提取图像特征点传输至处理控制模块;

所述识别模块包括三维AI相机(4),用于通过算法实时进行裂纹识别并获得深度图像,将获得的数据和图像传输至处理控制模块;

所述处理控制模块包括机载电脑(2),用于处理双目深度相机(1)和三维AI相机(4)传输来的数据和图像,并根据处理结果实时调整无人机本体、喷浆模块和移动模块的状态。

3. 根据权利要求2所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,其特征在于,所述无人机本体上设有四旋翼(3)以及与旋翼一一对应并联动安装的螺旋桨无刷电机(7),无人机本体的顶部设有镂空结构的安装架,且安装架与无人机本体共轴,四旋翼(3)以及螺旋桨无刷电机(7)皆位于安装架下方,图像拍摄模块和处理控制模块皆设于安装架的上方,移动模块设于安装架上,喷浆模块的注浆硬管(9)通过移动模块与安装架形成滑动配合,识别模块和无人机控制组件(10)皆设于安装架与无人机本体顶部之间,电池组件(11)和喷浆模块的注浆罐(6)皆设于无人机本体底部上。

4. 根据权利要求3所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,其特征在于,所述安装架的顶部中间位置上设有底部支座(8),机载电脑(2)可拆卸地固定安装于底部支座(8)内,且机载电脑(2)的顶部固定安装有双目深度相机(1),双目深度相机(1)朝向喷头(24)一侧。

5. 根据权利要求4所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,其特征在于,所

述无人机主体的顶部中间位置上设有无人机控制组件(10),无人机控制组件(10)的一侧设有三维AI相机(4),三维AI相机(4)朝向喷头(24)一侧,无人机本体的底部中间位置上设有电池组件(11),电池组件(11)包括保护罩以及保护罩内的锂电池,围绕电池组件(11)的无人机本体底部上设有起落架(5),注浆罐(6)的两侧皆设有支架(12),注浆罐(6)通过支架(12)悬挂于电池组件(11)的正下方,且支架(12)与保护罩可拆卸地固定配合,所述注浆罐(6)内的浆液由纳米级的磁性固体颗粒、水泥、水、水性环氧树脂和沥青混合而成。

6.一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法,其特征在于,使用如权利要求1~5任一项所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置对桥梁裂纹进行识别及修补的方法,包括以下步骤:

Step1、无人机本体起飞后通过图像拍摄模块的双目深度相机(1)实时拍摄,提取图像特征点传输至处理控制模块的机载电脑(2),融合无人机控制组件(10)中的IMU与GPS信息确定自身位置;

Step2、通过机载电脑(2)计算喷头(24)与PX4飞控模组的相对位置,将无人机坐标系转换成喷头坐标系;

Step3、飞到指定位置后,无人机本体通过识别模块的三维AI相机(4)使用改进的YOLOv8算法通过机载电脑(2)进行裂纹识别并获得深度图像;

Step4、识别到裂缝以后确定裂缝中心点坐标以及裂缝深度,机载电脑(2)计算并保存每帧裂缝中心点坐标并拟合成一条曲线,通过PID闭环控制无人机位置,使喷头(24)对准裂缝中心点并进行巡线;

Step5、机载电脑(2)控制移动模块的控制无刷电机(17)转动带动传动带(16),传动带(16)带动注浆硬管(9),使喷头(24)进入裂纹,机载电脑(2)输出信号到下位机,下位机控制变压器输出电压以控制导电线圈(25)的磁场强度,从而控制注浆速度进行注浆。

7.根据权利要求6所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法,其特征在于,所述Step3中改进YOLOv8算法的方法包括以下步骤:

Step301、利用三维AI相机(4)拍摄各种桥梁裂纹的图片,自动生成的图片制作数据集;

Step302、设置训练模型的配置;

Step303、对训练集使用预训练权重在YOLOv8网络模型上进行迁移学习,并使用经训练后的模型对未标注图片进行检测,将检测结果修正后补充至数据集,反复训练得到精度更佳的YOLOv8网络模型;

Step304、构建改进的YOLOv8网络模型;

Step305、将无人机实时拍摄的桥梁裂纹的图片输入改进的YOLOv8网络模型中,根据检测结果对图片进行处理获得裂纹中心位置以及深度数据。

8.根据权利要求6所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法,其特征在于,所述Step4中机载电脑(2)计算并保存每帧裂缝中心点坐标并拟合成一条曲线的步骤如下:读取相机图片数据流,通过YOLO算法从图像中提取目标物体的中心坐标点,并存储为一个列表,对列表中的数据进行处理后转换成跟踪裂缝路径;

列表中数据进行处理步骤:

遍历坐标点列表,对每个点执行以下步骤:

以第一个点为起点新建一条线;

在点的邻近区域内搜索其他点；  
如果找到邻近点，将它们加入当前线，并更新列表；  
处理完所有点后，清理结果集，去除重复或反向的线；  
返回最终的线条集合，这些线条代表了裂缝中心的轨迹。

9. 根据权利要求8所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法，其特征在于，所述Step4中通过PID闭环控制无人机位置使喷头(24)对准裂缝中心点并进行巡线的步骤如下：

通过机载电脑(2)进行相机坐标系到自动缝补装置中圆形卡锁滑块坐标系的转换，获得中心点坐标，对获得的中心点坐标进行计算，计算裂缝中心点与无人机中心点的距离，获取并存储无人机与裂缝中心点的实际误差，通过向PID控制器中输入实际误差进行裂缝中心点的目标跟踪。

10. 根据权利要求6中所述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法，其特征在于，所述Step5中包括以下步骤：

Step501、获取圆形卡锁滑块坐标系与裂缝的距离 $dx$ 并创建变量 $L$ 和 $dL$ 分别存储初始状态下喷头(24)与圆形卡锁滑块(22)的距离和喷头(24)改变的距离；

Step502、计算喷头(24)与裂缝在x轴的距离 $dx\_real$ ，其中 $dx\_real=dx-dL-L$ ；

Step503、当喷头与裂缝在x轴的距离 $dx\_real$ 大于0.005时调整电机的占空比控制电机转速从而控制喷头(24)的移动速度为 $v$ ，同时记录时间为 $t$ ，可以得到 $dL=v*t$ ；

Step504、当喷头(24)与裂缝在x轴的距离 $dx\_real$ 小于0.005时电机停止转动，此时喷头贴合裂缝。

## 一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置及使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及桥梁维护技术领域,特别是一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置及使用方法。

### 背景技术

[0002] 桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,其结构安全至关重要。随着时间的推移和持续的承载压力,桥梁结构可能出现疲劳、老化甚至产生裂纹。这些裂纹如果不及时检测和维修,有可能影响桥梁的整体稳定性,造成严重的安全事故。

[0003] 目前,桥梁裂纹的检测主要依靠人工视觉检查或搭载传感器的车辆进行巡检,不仅效率低下,而且难以覆盖桥梁的所有区域,尤其是对一些不易观察的部位。此外,传统的修补工作往往需要大量的人力物力,并且需要搭建脚手架等设施,费时费力且风险较高。虽然现有技术中出现了一些自动化或半自动化的桥梁检测系统,但它们多数仍需要人工干预,且通常只限于检测而不能进行即时修补。

[0004] 虽然近年来出现了一些使用无人机进行桥梁检测的技术,但大多数仅限于捕捉图像或视频数据,然后依赖人工分析识别裂纹,且很少有能够实现即时修补的功能。因此,现有技术中仍然缺乏一个能够自动完成整个检测、识别和修补过程的综合解决方案。

### 发明内容

[0005] 本发明提供一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置及使用方法,利用先进的图像采集技术和智能算法,实现对桥梁裂纹的精确识别和分析,通过自主飞行导航系统,无人机可以自动规划最优路径,准确到达裂纹所在位置,修补系统则根据裂纹特征自动进行精准喷射填充,完成裂纹的即时修补工作,旨在解决上述原始修补方法耗时耗力以及现有的利用无人机修补的方法无法即时修补的问题。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0007] 一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,包括无人机模块,所述无人机模块包括无人机本体、电池组件以及对应的无人机控制组件,所述无人机控制组件包括GPS模组、下位机以及集成有IMU的PX4飞控模组;

[0008] 所述无人机本体上分别设有喷浆模块、移动模块、图像拍摄模块、识别模块以及处理控制模块,喷浆模块和移动模块皆通过处理控制模块与图像拍摄模块和识别模块形成联动配合,所述无人机控制组件与处理控制模块相连;

[0009] 所述喷浆模块包括固定于无人机本体底部的注浆罐,所述注浆罐内的磁性浆液依次通过软管、转接管和注浆硬管后从喷头喷出,注浆罐的顶部通过开口管与大气连通,所述软管内埋设有导电线圈,导电线圈与变压器、下位机和电池组件形成通电配合,且导电线圈在通电后形成磁场与磁性浆液形成驱动配合,磁场方向由软管指向转接管;

[0010] 所述移动模块包括由驱动组件驱动的圆形卡锁滑块,所述注浆硬管通过圆形卡锁滑块与移动导轨滑动配合;

[0011] 所述图像拍摄模块包括双目深度相机,用于实时拍摄周围图像并提取图像特征点传输至处理控制模块;

[0012] 所述识别模块包括三维AI相机,用于通过算法实时进行裂纹识别并获得深度图像,将获得的数据和图像传输至处理控制模块;

[0013] 所述处理控制模块包括机载电脑,用于处理双目深度相机和三维AI相机传输来的数据和图像,并根据处理结果实时调整无人机本体、喷浆模块和移动模块的状态。

[0014] 作为优选地,所述无人机本体上设有四旋翼以及与旋翼一一对应并联动安装的螺旋桨无刷电机,无人机本体的顶部设有镂空结构的安装架,且安装架与无人机本体共轴,四旋翼以及螺旋桨无刷电机皆位于安装架下方,图像拍摄模块和处理控制模块皆设于安装架的上方,移动模块设于安装架上,喷浆模块的注浆硬管通过移动模块与安装架形成滑动配合,识别模块和无人机控制组件皆设于安装架与无人机本体顶部之间,电池组件和喷浆模块的注浆罐皆设于无人机本体底部上。

[0015] 作为更有选地,所述安装架的顶部中间位置上设有底部支座,机载电脑可拆卸地固定安装于底部支座内,且机载电脑的顶部固定安装有双目深度相机,双目深度相机朝向喷头一侧。

[0016] 进一步地,所述无人机主体的顶部中间位置上设有无人机控制组件,无人机控制组件的一侧设有三维AI相机,三维AI相机朝向喷头一侧,无人机本体的底部中间位置上设有电池组件,电池组件包括保护罩以及保护罩内的锂电池,围绕电池组件的无人机本体底部上设有起落架,注浆罐的两侧皆设有支架,注浆罐通过支架悬挂于电池组件的正下方,且支架与保护罩可拆卸地固定配合,所述注浆罐内的浆液由纳米级的磁性固体颗粒、水泥、水、水性环氧树脂和沥青混合而成。

[0017] 更进一步地,所述移动模块包括水平布置的移动导轨,移动导轨通过固定件与安装架固定安装,且移动导轨的同一侧两端设有滚轮,滚轮之间通过传动带形成传动配合,传动配合方向与移动导轨布置方向相同,注浆硬管嵌设卡接于圆形卡锁滑块的圆环卡接部,圆形卡锁滑块的一侧设有滑块部与移动导轨滑动配合,圆形卡锁滑块的另一侧与传动带可拆卸地固定安装形成联动配合,其中一个滚轮的下方设有控制无刷电机,控制无刷电机的输出轴与对应的滚轮之间通过传动组件形成传动配合。

[0018] 一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法,使用上述一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置对桥梁裂纹进行识别及修补的方法,包括以下步骤:

[0019] Step1、无人机本体起飞后通过图像拍摄模块的双目深度相机实时拍摄,提取图像特征点传输至处理控制模块的机载电脑,融合无人机控制组件中的IMU与GPS信息确定自身位置;

[0020] Step2、通过机载电脑计算喷头与PX4飞控模组的相对位置,将无人机坐标系转换成喷头坐标系;

[0021] Step3、飞到指定位置后,无人机本体通过识别模块的三维AI相机使用改进的YOLOv8算法通过机载电脑进行裂纹识别并获得深度图像;

[0022] Step4、识别到裂缝以后确定裂缝中心点坐标以及裂缝深度,机载电脑计算并保存每帧裂缝中心点坐标并拟合成一条曲线,通过PID闭环控制无人机位置,使喷头对准裂缝中心点并进行巡线;

[0023] Step5、机载电脑控制移动模块的控制无刷电机转动带动传动带,传动带带动注浆硬管,使喷头进入裂纹,机载电脑输出信号到下位机,下位机控制变压器输出电压以控制导电线圈的磁场强度,从而控制注浆速度进行注浆。

[0024] 作为优选地,所述Step3中改进YOLOv8算法的方法包括以下步骤:

[0025] Step301、利用三维AI相机拍摄各种桥梁裂纹的图片,自动生成的图片制作数据集;

[0026] Step302、设置训练模型的配置;

[0027] Step303、对训练集使用预训练权重在YOLOv8网络模型上进行迁移学习,并使用经训练后的模型对未标注图片进行检测,将检测结果修正后补充至数据集,反复训练得到精度更佳的YOLOv8网络模型;

[0028] Step304、构建改进的YOLOv8网络模型;

[0029] Step305、将无人机实时拍摄的桥梁裂纹的图片输入改进的YOLOv8网络模型中,根据检测结果对图片进行处理获得裂纹中心位置以及深度数据。

[0030] 作为优选地,所述Step4中机载电脑计算并保存每帧裂缝中心点坐标并拟合成一条曲线的步骤如下:读取相机图片数据流,通过YOLO算法从图像中提取目标物体的中心坐标点,并存储为一个列表,对列表中的数据进行处理后转换成跟踪裂缝路径;

[0031] 列表中数据进行处理步骤:

[0032] 遍历坐标点列表,对每个点执行以下步骤:

[0033] 以第一个点为起点新建一条线;

[0034] 在点的邻近区域内搜索其他点;

[0035] 如果找到邻近点,将它们加入当前线,并更新列表;

[0036] 处理完所有点后,清理结果集,去除重复或反向的线;

[0037] 返回最终的线条集合,这些线条代表了裂缝中心的轨迹。

[0038] 作为更优选地,所述Step4中通过PID闭环控制无人机位置使喷头对准裂缝中心点并进行巡线的步骤如下:

[0039] 通过机载电脑进行相机坐标系到自动缝补装置中圆形卡锁滑块坐标系的转换,获得中心点坐标,对获得的中心点坐标进行计算,计算裂缝中心点与无人机中心点的距离,获取并存储无人机与裂缝中心点的实际误差,通过向PID控制器中输入实际误差进行裂缝中心点的目标跟踪。

[0040] 作为优选地,所述Step5中包括以下步骤:

[0041] Step501、获取圆形卡锁滑块坐标系与裂缝的距离dx并创建变量L和dL分别存储初始状态下喷头与圆形卡锁滑块的距离和喷头改变的距离;

[0042] Step502、计算喷头与裂缝在x轴的距离dx\_real,其中 $dx\_real = dx - dL - L$ ;

[0043] Step503、当喷头与裂缝在x轴的距离dx\_real大于0.005时调整电机的占空比控制电机转速从而控制喷头的移动速度为v,同时记录时间为t,可以得到 $dL = v * t$ ;

[0044] Step504、当喷头与裂缝在x轴的距离dx\_real小于0.005时电机停止转动,此时喷头贴合裂缝。

[0045] 本发明的有益效果:

[0046] 本发明通过采用先进的图像采集技术和智能算法,尤其是改进的YOLOv8网络模

型,无人机能够快速、准确地识别桥梁上的裂纹,比传统的人工视觉检查或车载传感器扫描更高效,且准确度更高,从而显著提高了桥梁检测的效率和可靠性;

[0047] 本发明实现了对桥梁裂纹的即时自动修补,减少了对大量人力资源的依赖,降低了维护工作的成本,同时,避免了人员高空作业的风险,保障了维修人员的安全;

[0048] 本发明利用无人机搭载的注浆装置,可根据裂纹特征自动调整喷头位置和注浆速度,实现精准喷射填充,这种精细的修补工艺确保了修补质量,延长了桥梁的使用寿命;

[0049] 由于无人机装置具有良好的机动性和灵活性,本发明适用于各种桥梁结构和环境条件,无论是高速公路大桥还是乡村小桥,无人机均能够到达并执行检测和修补任务;

[0050] 本发明中的无人机装置能够在较短的时间内对桥梁进行全面的检查,并且能够迅速定位并对裂纹进行修补,这种一站式的解决方案大大提高了维护工作的效率,尤其适用于需要定期监测和保养的桥梁;

[0051] 本发明中的无人机装置可以自动进行检测和修补,因此大大减少了人力和物力的投入,同时,使用的浆液可以根据实际需要调配,减少了材料的浪费,实现了经济高效的资源利用;

[0052] 通过实时记录裂纹的位置、大小等数据,本发明不仅能够及时修补裂纹,还能够为桥梁的长期维护和管理提供详实的档案资料,有助于预防更严重的结构性损坏。

## 附图说明

[0053] 图1为本发明装置的主视图;

[0054] 图2为本发明装置的左视图;

[0055] 图3为本发明注浆硬管和移动模块安装的主视图;

[0056] 图4为本发明注浆硬管和移动模块安装的立体图;

[0057] 图5为本发明喷浆模块的局部视图;

[0058] 图6为本发明注浆硬管的主视图;

[0059] 图7为本发明注浆软管的剖视图;

[0060] 图8为本发明喷浆模块和移动模块安装的主视图;

[0061] 图9为本发明喷浆模块和移动模块安装的立体图;

[0062] 图10为本发明装置的仰视图;

[0063] 图11为本发明装置的立体图;

[0064] 图12为本发明方法的流程示意图;

[0065] 图中:1、双目深度相机;2、机载电脑;3、四旋翼;4、三维AI相机;5、起落架;6、注浆罐;7、螺旋桨无刷电机;8、底部支座;9、注浆硬管;10、无人机控制组件;11、电池组件;12、支架;13、软管;14、开口管;15、转接管;16、传动带;17、控制无刷电机;18、支撑件;20、滚轮;21、固定件;22、圆形卡锁滑块;23、移动导轨;24、喷头;25、导电线圈。

## 具体实施方式

[0066] 如下,参照附图对实施例进行进一步描述。

[0067] 如图1~图12所示,作为一种优选的实施例1,一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置,包括无人机模块,所述无人机模块包括无人机本体、电池组件11以及对应的无人机

控制组件10,所述无人机控制组件10包括GPS模组、下位机以及集成有IMU的PX4飞控模组;

[0068] 所述无人机本体上分别设有喷浆模块、移动模块、图像拍摄模块、识别模块以及处理控制模块,喷浆模块和移动模块皆通过处理控制模块与图像拍摄模块和识别模块形成联动配合,所述无人机控制组件10与处理控制模块相连;

[0069] 所述喷浆模块包括固定于无人机本体底部的注浆罐6,所述注浆罐6内的磁性浆液依次通过软管13、转接管15和注浆硬管9后从喷头24喷出,注浆罐6的顶部通过开口管14与大气连通,使注浆罐6内外部气压保持平衡,减小气压对输液速度的影响,所述软管13内埋设有导电线圈25,导电线圈25与变压器、下位机和电池组件11形成通电配合,且导电线圈25在通电后形成磁场与磁性浆液形成驱动配合,磁场方向由软管13指向转接管15,保证磁力喷料方便进行修补;

[0070] 所述移动模块包括由驱动组件驱动的圆形卡锁滑块22,所述注浆硬管9通过圆形卡锁滑块22与移动导轨23滑动配合,用于移动注浆硬管9从而控制喷头24的位置;

[0071] 所述图像拍摄模块包括双目深度相机1,用于实时拍摄周围图像并提取图像特征点传输至处理控制模块;

[0072] 所述识别模块包括三维AI相机4,用于通过算法实时进行裂纹识别并获得深度图像,将获得的数据和图像传输至处理控制模块;

[0073] 所述处理控制模块包括机载电脑2,用于处理双目深度相机1和三维AI相机4传输来的数据和图像,并根据处理结果实时调整无人机本体、喷浆模块和移动模块的状态,根据处理结果联动无人机本体、喷浆模块和移动模块,从而进行智能识别以及喷浆修补操作。

[0074] 作为优选地,所述下位机以及变压器皆设于电池组件11的保护罩内。

[0075] 作为一种优选的实施例2,所述下位机选用Arduino Mega 2560,所述双目深度相机1采用D435i双目深度相机,所述机载电脑2采用NVIDIA Jetson TX1,所述三维AI相机4采用OAK-D-Lite 3D AI相机。

[0076] 作为一种优选的实施例3,所述无人机本体上设有四旋翼3以及与旋翼一一对应并联动安装的螺旋桨无刷电机7,无人机本体的顶部设有镂空结构的安装架,且安装架与无人机本体共轴,四旋翼3以及螺旋桨无刷电机7皆位于安装架下方,图像拍摄模块和处理控制模块皆设于安装架的上方,移动模块设于安装架上,喷浆模块的注浆硬管9通过移动模块与安装架形成滑动配合,识别模块和无人机控制组件10皆设于安装架与无人机本体顶部之间,电池组件11和喷浆模块的注浆罐6皆设于无人机本体底部上。保证安装和使用。

[0077] 作为一种优选的实施例4,所述安装架采用采用碳纤维材料制作,且四旋翼3外侧皆设有螺旋桨保护罩。

[0078] 作为一种优选的实施例5,所述安装架的顶部中间位置上设有底部支座8,机载电脑2可拆卸地固定安装于底部支座8内,且机载电脑2的顶部固定安装有双目深度相机1,双目深度相机1朝向喷头24一侧,方便获取喷头24到PX4飞控组件的相对位置。底部支座8主要起到固定机载电脑2以及减震的作用,在无人机因意外坠落时对机载电脑2进行保护。

[0079] 作为一种优选的实施例6,所述无人机主体的顶部中间位置上设有无人机控制组件10,无人机控制组件10的一侧设有三维AI相机4,三维AI相机4朝向喷头24一侧,使喷浆方向与裂纹识别方向一致,无人机本体的底部中间位置上设有电池组件11,电池组件11包括保护罩以及保护罩内的锂电池,为上述各模块提供电能,围绕电池组件11的无人机本体底

部上设有起落架5,注浆罐6的两侧皆设有支架12,注浆罐6通过支架12悬挂于电池组件11的正下方,且支架12与保护罩可拆卸地固定配合,保证安装。

[0080] 作为一种优选的实施例7,所述注浆罐6内的浆液由纳米级的磁性固体颗粒、水泥、水、水性环氧树脂和沥青按设定比例混合而成,保证磁力喷料修补。

[0081] 作为一种优选的实施例8,所述注浆罐6采用铝合金材质制成。

[0082] 作为一种优选的实施例9,所述移动模块包括水平布置的移动导轨23,移动导轨23通过固定件21与安装架固定安装,且移动导轨23的同一侧两端设有滚轮20,滚轮20之间通过传动带16形成传动配合,传动配合方向与移动导轨23布置方向相同,注浆硬管9嵌设卡接于圆形卡锁滑块22的圆环卡接部,圆形卡锁滑块22的一侧设有滑块部与移动导轨23滑动配合,圆形卡锁滑块22的另一侧与传动带16可拆卸地固定安装形成联动配合,其中一个滚轮20的下方设有控制无刷电机17,控制无刷电机17的输出轴与对应的滚轮20之间通过传动组件形成传动配合。

[0083] 通过控制无刷电机17提供驱动力,传动组件联动对应滚轮20旋转,对应滚轮20通过传动带16带动另一个滚轮20旋转,从而使传动带16移动带动圆形卡锁滑块22沿移动导轨23移动,从而控制注浆硬管9的位置,保证喷头24喷浆位置合理。

[0084] 作为一种优选的实施例10,位于注浆硬管9下方靠近喷头24的一侧的安装架上设有支撑件18,支撑件18的底部与安装架顶部可拆卸地固定安装,注浆硬管9从支撑件18顶部穿过,且注浆硬管9余支撑件18顶部形成可移动的限位承接配合,支撑件18用于承接硬管9的另一端,并且便于注浆硬管9沿轴向移动。

[0085] 作为一种优选的实施例11,所述传动组件为皮带传动,主动轮设于控制无刷电机17的输出轴上,从动轮与对应的滚轮20共轴可拆卸地固定配合,主动轮与从动轮通过传动带16形成皮带传动,控制无刷电机17可拆卸地固定安装于无人机本体底部。

[0086] 作为一种优选的实施例12,所述注浆硬管9为镍基不锈钢材质,该金属材料在常温下为奥氏体,可以减小外界磁场对磁场的影响且不与浆液发生反应。

[0087] 作为一种优选的实施例13,所述软管13是由内外层硅胶管,中间缠绕导电线圈25相套而组成,线圈通过导线与外部变压器相连,工作时线圈通电产生磁场,进而引出浆液,变压器设于无人机本体底部。

[0088] 作为一种优选的实施例14,一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机使用方法,使用上述的一种用于桥梁裂纹识别及修补的无人机装置对桥梁裂纹进行识别及修补的方法,包括以下步骤:

[0089] Step1、无人机本体起飞后通过图像拍摄模块的双目深度相机1实时拍摄,提取图像特征点传输至处理控制模块的机载电脑2,融合无人机控制组件10中的IMU与GPS信息确定自身位置;

[0090] Step2、通过机载电脑2计算喷头24与PX4飞控模组的相对位置,将无人机坐标系转换成喷头坐标系;

[0091] Step3、飞到指定位置后,无人机本体通过识别模块的三维AI相机4使用改进的YOLOv8算法通过机载电脑2进行裂纹识别并获得深度图像;

[0092] Step4、识别到裂缝以后确定裂缝中心点坐标以及裂缝深度,机载电脑2计算并保存每帧裂缝中心点坐标并拟合成一条曲线,通过PID闭环控制无人机位置,使喷头24对准裂

缝中心点并进行巡线；

[0093] Step5、机载电脑2控制移动模块的控制无刷电机17转动带动传动带16,传动带16带动注浆硬管9,使喷头24进入裂纹,机载电脑2输出信号到下位机,下位机控制变压器输出电压以控制导电线圈25的磁场强度,从而控制注浆速度进行注浆。

[0094] 作为一种优选的实施例15,所述Step3中改进YOLOv8算法的方法包括以下步骤:

[0095] Step301、利用三维AI相机4拍摄各种桥梁裂纹的图片,自动生成的图片制作数据集;

[0096] Step302、设置训练模型的配置;

[0097] Step303、对训练集使用预训练权重在YOLOv8网络模型上进行迁移学习,并使用经训练后的模型对未标注图片进行检测,将检测结果修正后补充至数据集,反复训练得到精度更佳的YOLOv8网络模型;

[0098] Step304、构建改进的YOLOv8网络模型;

[0099] Step305、将无人机实时拍摄的桥梁裂纹的图片输入改进的YOLOv8网络模型中,根据检测结果对图片进行处理获得裂纹中心位置以及深度数据。

[0100] 作为一种优选的实施例16,所述的Step301中具体过程为:收集足够多的桥梁裂纹图片作为数据集,对其进行旋转、平移、倾斜和尺寸变换等处理获得更大的数据集。使用Labelme软件和DataDremer生成带标注的图片,并将这些图片使用代码转换工具json2yolo转换成YOLOv8所需的格式。数据集中的训练集、测试集和验证集按照9:3:1制作。

[0101] 作为一种优选的实施例17,所述的Step302中设置训练模型的配置具体过程为:使用多GPU训练,并通过增强技术在训练数据中引入可变性。帮助模型更好的泛化到未见数据中,可以提高YOLO模型的稳健性和性能。

[0102] 作为一种优选的实施例18,所述的Step303中具体过程为:使用预训练权重yolov8n.pt进行多GPU训练,在训练一定轮数后使用训练得到的模型best.pt检测未标注的图片。将预测结果进行修正并加入训练集,在best.pt的基础之上反复训练得到模型。

[0103] 作为一种优选的实施例19,所述的Step4中构建改进的YOLOv8网络模型具体过程包括:将传统YOLOv8网络模型中的Conv替换为AKConv,允许卷积核具有任意数量的参数,根据实际需求调整大小和形状。针对不同大小的卷积核,采用了一种全新的初始采样坐标算法。AKConv通过获得的偏移量调整不规则卷积核的采样位置,同时采用线性增减卷积参数的数量。该方法能够使模型更加精准地适应不同数据集和不同位置的目标。

[0104] 作为一种优选的实施例20,所述的Step304中构建改进的YOLOv8网络模型具体过程包括:在传统YOLOv8网络模型中使用LSKA注意力机制改进SPPF模块,该模块被添加在了所有最大池化层操作完成后和第二个卷积层之前。该方法首先初始化卷积层conv0h和conv0v,这两个卷积层分别负责提取输入特征图的水平和垂直方向的特征,生成初步的注意力图。然后进行空间扩张卷积层conv\_spatial\_h和conv\_spatial\_v,在获得初步的注意力图后,LSKA使用具有不同扩张率的空间扩张卷积来进一步提取特征。最后融合和应用注意力,在经过一系列的卷积操作后,LSKA通过最后一个卷积层conv1融合得到的特征,生成最终的注意力图。

[0105] 作为一种优选的实施例21,所述的Step304中构建改进的YOLOv8网络模型具体过程包括:在传统YOLOv8网络模型中增加对输入图片经过YOLOv8检测后检测结果的处理,降

低模型误检或者漏检的可能性,步骤包括:

- [0106] Step3041、根据目标框的置信度或其他评分指标,按降序对所有候选框进行排序;
- [0107] Step3042、选择具有最高置信度的框,并将其添加到最终输出的结果列表中;
- [0108] Step3043、对于剩余的候选框,计算它们与已选框之间的重叠区域的面积;
- [0109] Step3044、根据计算得到的重叠面积和预设的衰减函数,对该候选框的置信度进行衰减;
- [0110] Step3045、如果衰减后的置信度低于一定阈值,将该候选框舍弃;否则,将其保留并添加到最终输出结果列表中;
- [0111] Step3046、重复Step3043至Step3045,直到处理完所有候选框后,得到最终的输出结果列表,其中包含经过软性非极大值抑制筛选后的目标框。
- [0112] 作为一种优选的实施例22,所述Step4中机载电脑2计算并保存每帧裂缝中心点坐标并拟合成一条曲线的步骤如下:读取相机图片数据流,通过YOLO算法从图像中提取目标物体的中心坐标点,并存储为一个列表,对列表中的数据进行处理后转换成跟踪裂缝路径;
- [0113] 列表中数据进行处理步骤:
- [0114] 遍历坐标点列表,对每个点执行以下步骤:
- [0115] 以第一个点为起点新建一条线;
- [0116] 在点的邻近区域内搜索其他点;
- [0117] 如果找到邻近点,将它们加入当前线,并更新列表;
- [0118] 处理完所有点后,清理结果集,去除重复或反向的线;
- [0119] 返回最终的线条集合,这些线条代表了裂缝中心的轨迹。
- [0120] 作为一种优选的实施例23,上述步骤的一种具体方式为:
- [0121] 读取相机图片数据流,每隔0.5s通过改进的YOLOv8网络模型获得图像中目标物体几何中心的横坐标以及纵坐标,将获得的坐标点集转换为列表形式;
- [0122] 初始化两个空列表point\_s和point\_conpz,用于存储中间结果。遍历输入的坐标点集,对于每个点进行以下操作:
- [0123] 如果该点不在当前线中,则将其作为起点,创建一个新的线line\_1,并将该点添加到线中;
- [0124] 进入一个循环,直到无法继续添加新的点到线中为止;
- [0125] 在当前点的周围范围内(以当前点为中心,范围为当前点的上下左右各一格),查找与当前点相邻的点;
- [0126] 如果找到多个相邻点,则将这些点添加到线中,并将它们与当前点的组合添加到point\_conpz和point\_s中;
- [0127] 如果只找到一个相邻点,则将该点添加到线中,并将其设置为下一个起点;
- [0128] 如果找不到相邻点,则将当前线添加到最终结果中,并从point\_s中取出下一个线的起点,继续循环;
- [0129] 最后,对生成的线集合进行处理,去除重复的线和反向的线,得到最终的结果;
- [0130] 返回最终的线集合,获得每帧裂缝中心点坐标拟合成的一条曲线。
- [0131] 作为一种优选的实施例24,所述Step4中通过PID闭环控制无人机位置使喷头24对准裂缝中心点并进行巡线的步骤如下:

[0132] 通过机载电脑2进行相机坐标系到自动缝补装置中圆形卡锁滑块坐标系的转换,获得中心点坐标,对获得的中心点坐标进行计算,计算裂缝中心点与无人机中心点的距离,获取并存储无人机与裂缝中心点的实际误差,通过向PID控制器中输入实际误差进行裂缝中心点的目标跟踪。

[0133] 作为一种优选的实施例25,上述步骤一种具体方式为:

[0134] 使用Eigen库中的Matriy4d和Vector3d类进行相机坐标系到自动缝补装置中圆形卡锁滑块坐标系的转换,进行相机坐标系到自动缝补装置中圆形卡锁滑块坐标系的转换步骤如下:

[0135] 首先,创建一个单位矩阵Pose\_receive,然后从msg.pose中获取位置和姿态信息,并将这些信息存储在request\_position和request\_pose中;

[0136] 然后,将request\_pose转换为旋转矩阵,并将其存储在Pose\_receive的左上角3y3子矩阵中;

[0137] 最后,将request\_position的值存储在Pose\_receive的最后一列中;

[0138] 开始建立PID控制器并设置比例参数(P)、积分参数(I)和微分(D)参数分别为0.2, 0.0, 0.0;

[0139] 获得中心点坐标( $y_0, z_0$ ),通过相机中心坐标( $y, z$ ),计算中心点坐标与相机中心的距离差: $dy=y_0-y, dz=z_0-z$ 。同时创建一个变量dx进行消除无人机与裂缝在x轴的误差,dx的值设为0.1;

[0140] 向PID控制器中输入dy获得关于无人机在y轴的输出速度 $v_y$ ,通过同样方法可以获得无人机在z轴的输出速度 $v_z$ 以及在x轴的输出速度 $v_x$ ;

[0141] 设置响应时间为0.5s,即在0.5s内对于当前帧的中心点坐标进行响应,当0.5s后则对输入的下一帧中心点坐标进行响应。

[0142] 作为一种优选的实施例26,所述Step5中包括以下步骤:

[0143] Step501、获取圆形卡锁滑块坐标系与裂缝的距离dx并创建变量L和dL分别存储初始状态下喷头24与圆形卡锁滑块22的距离和喷头24改变的距离,此处dx含义与实施例25的dx含义不同,两者独立运行互不影响;

[0144] Step502、计算喷头24与裂缝在x轴的距离dx\_real,其中 $dx\_real=dx-dL-L$ ;

[0145] Step503、当喷头与裂缝在x轴的距离dx\_real大于0.005时调整电机的占空比控制电机转速从而控制喷头24的移动速度为v,同时记录时间为t,可以得到 $dL=v*t$ ;

[0146] Step504、当喷头24与裂缝在x轴的距离dx\_real小于0.005时电机停止转动,此时喷头贴合裂缝。

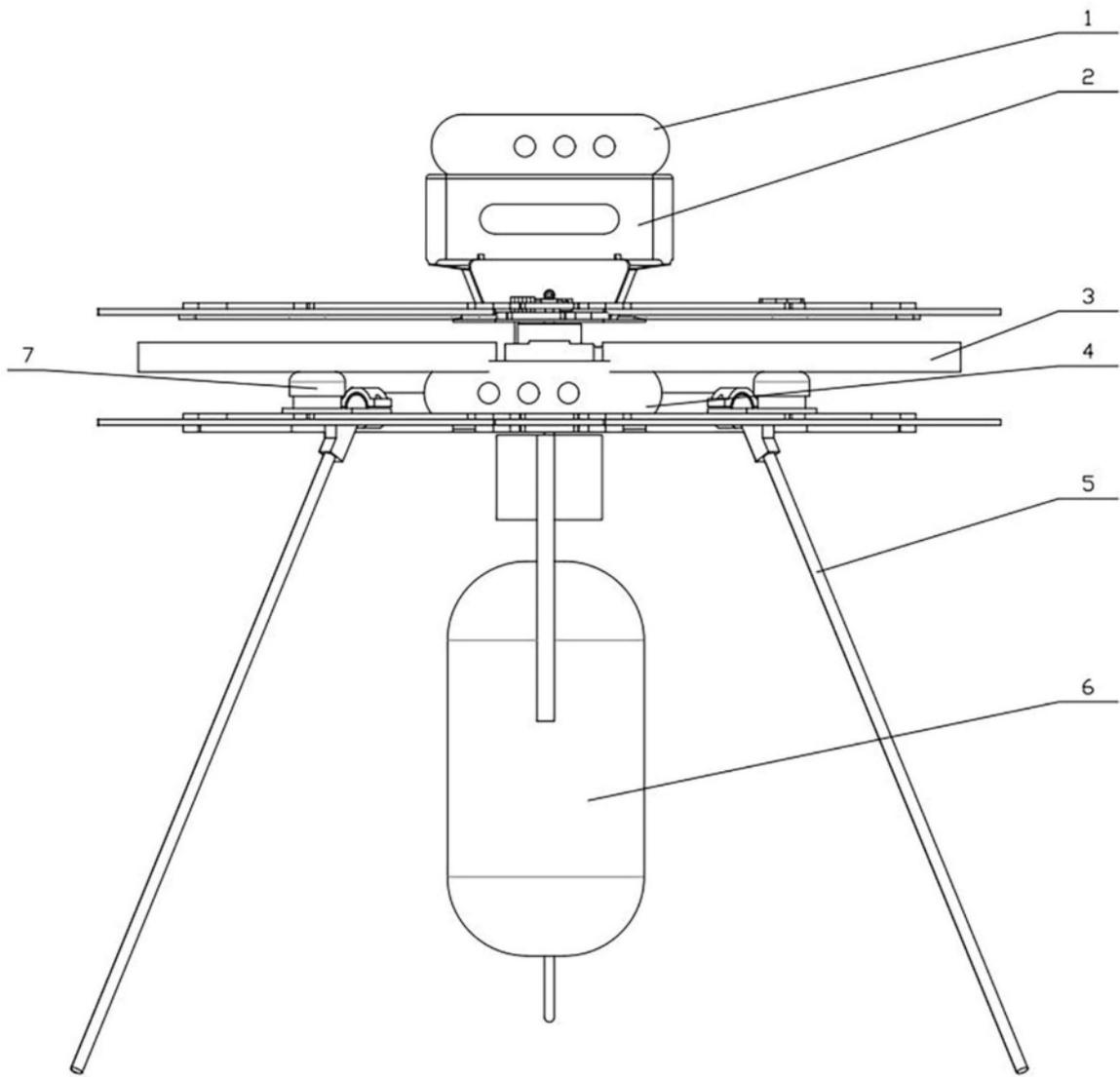


图1

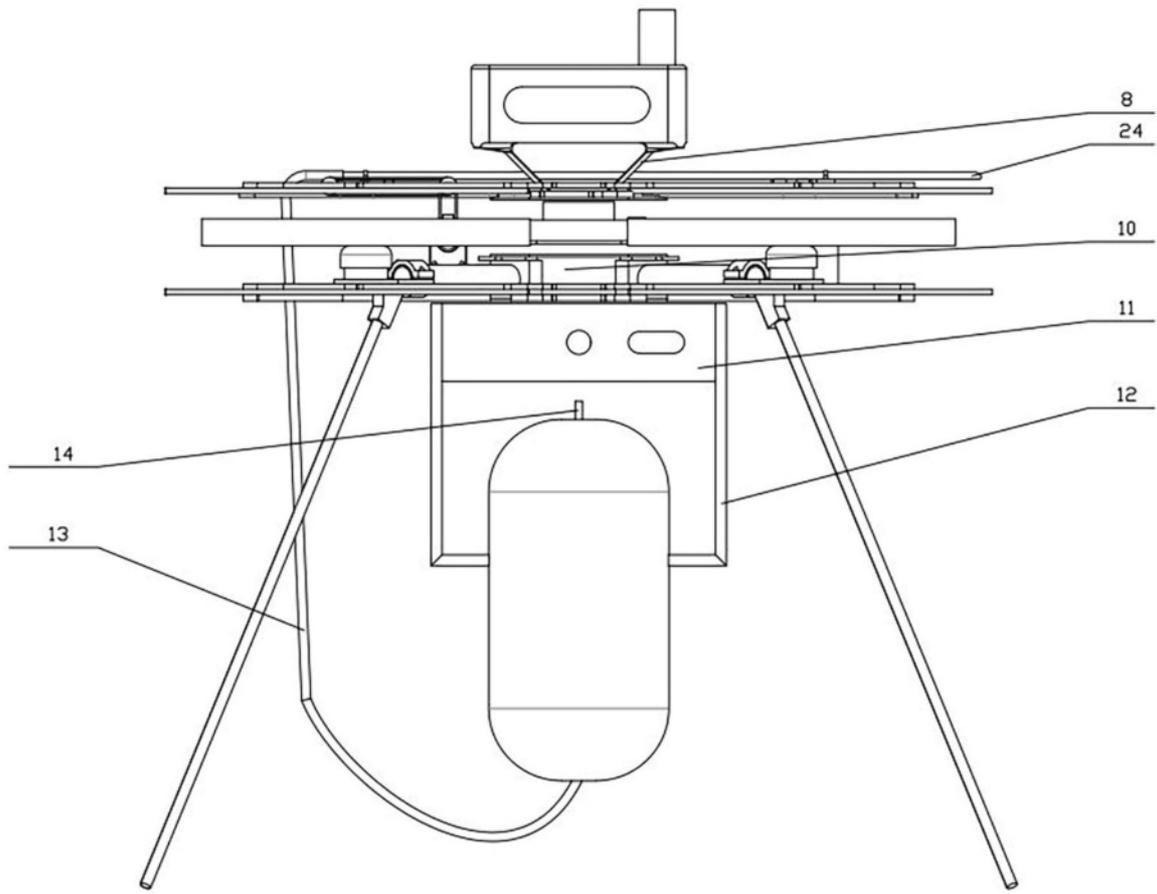


图2

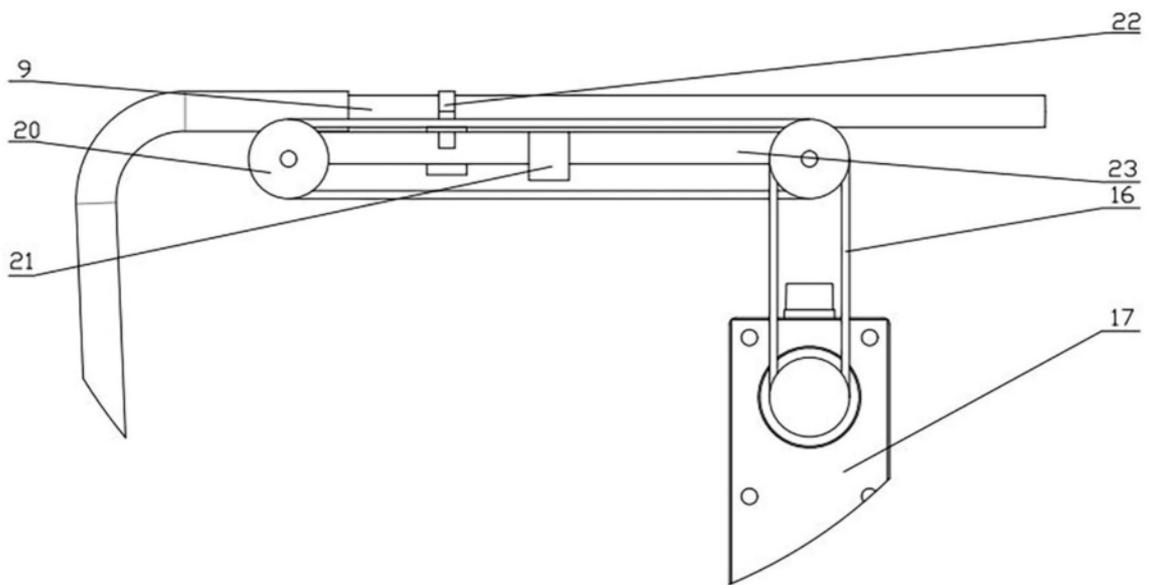


图3

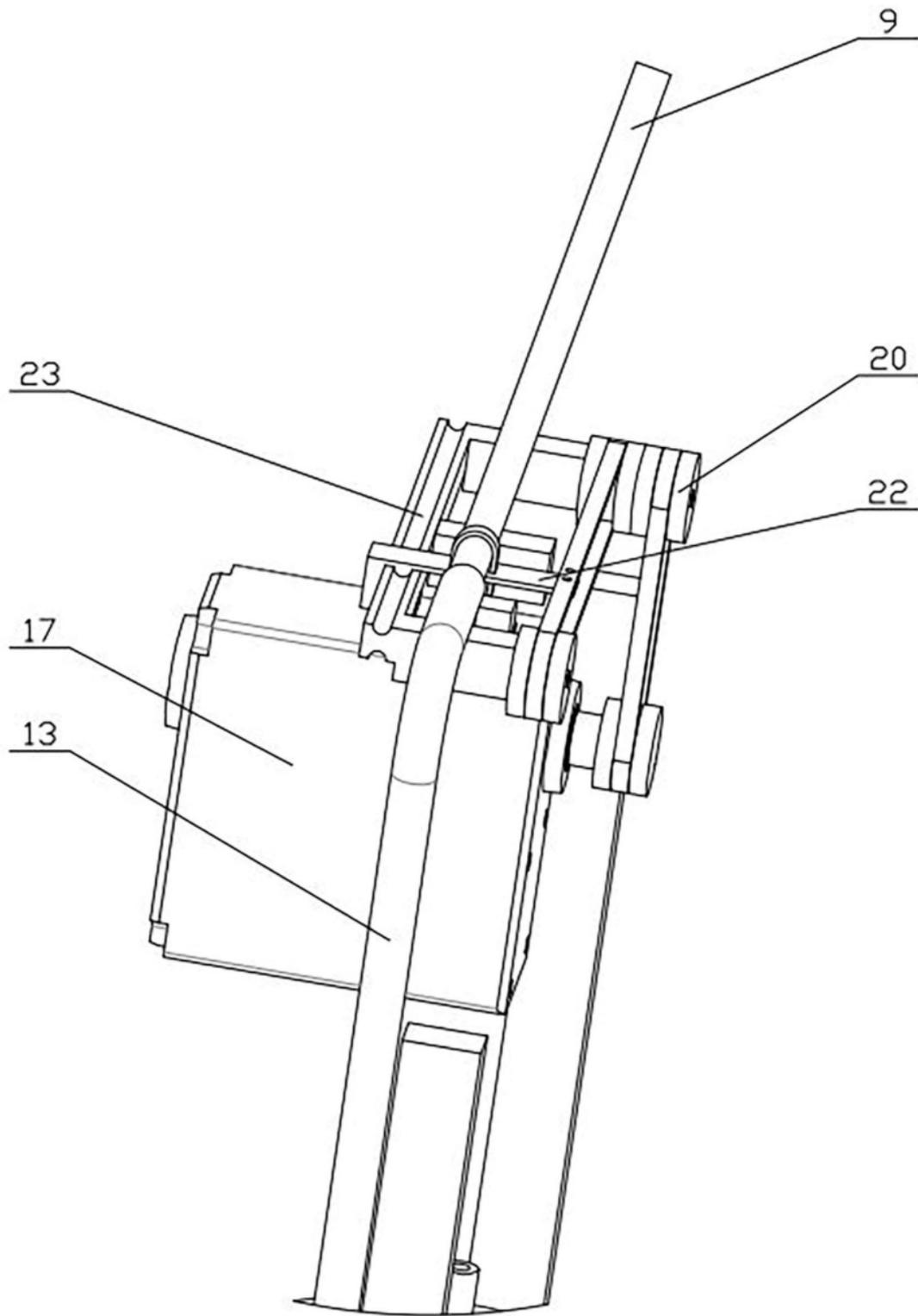


图4

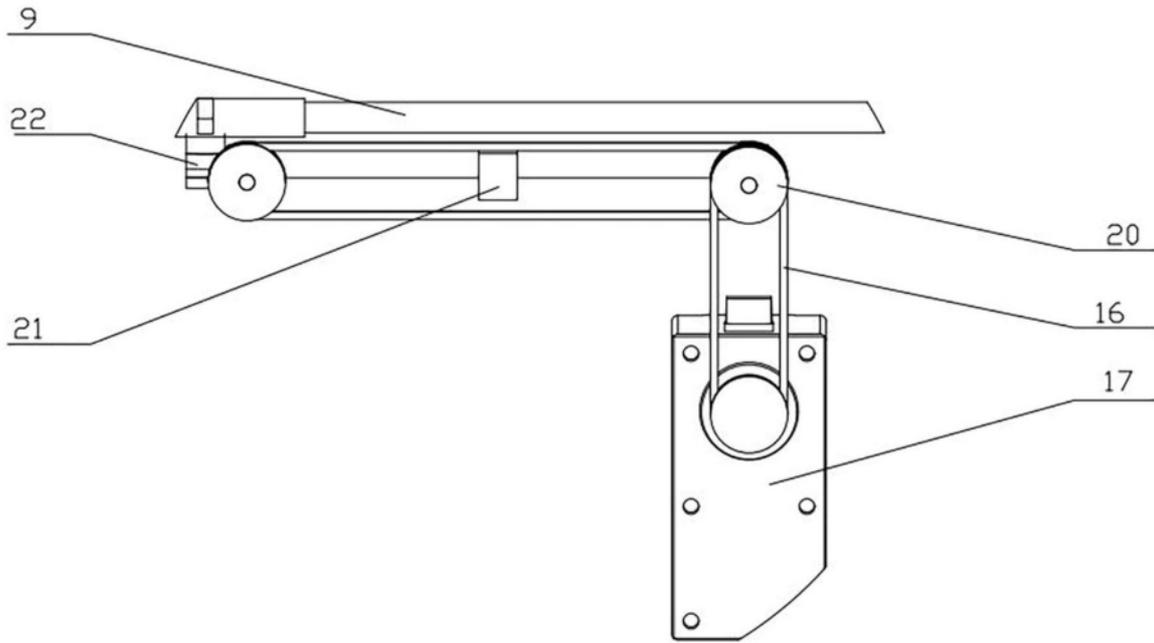


图5

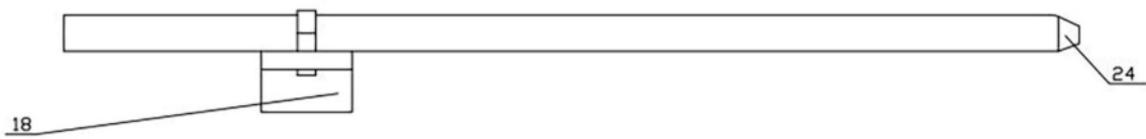


图6

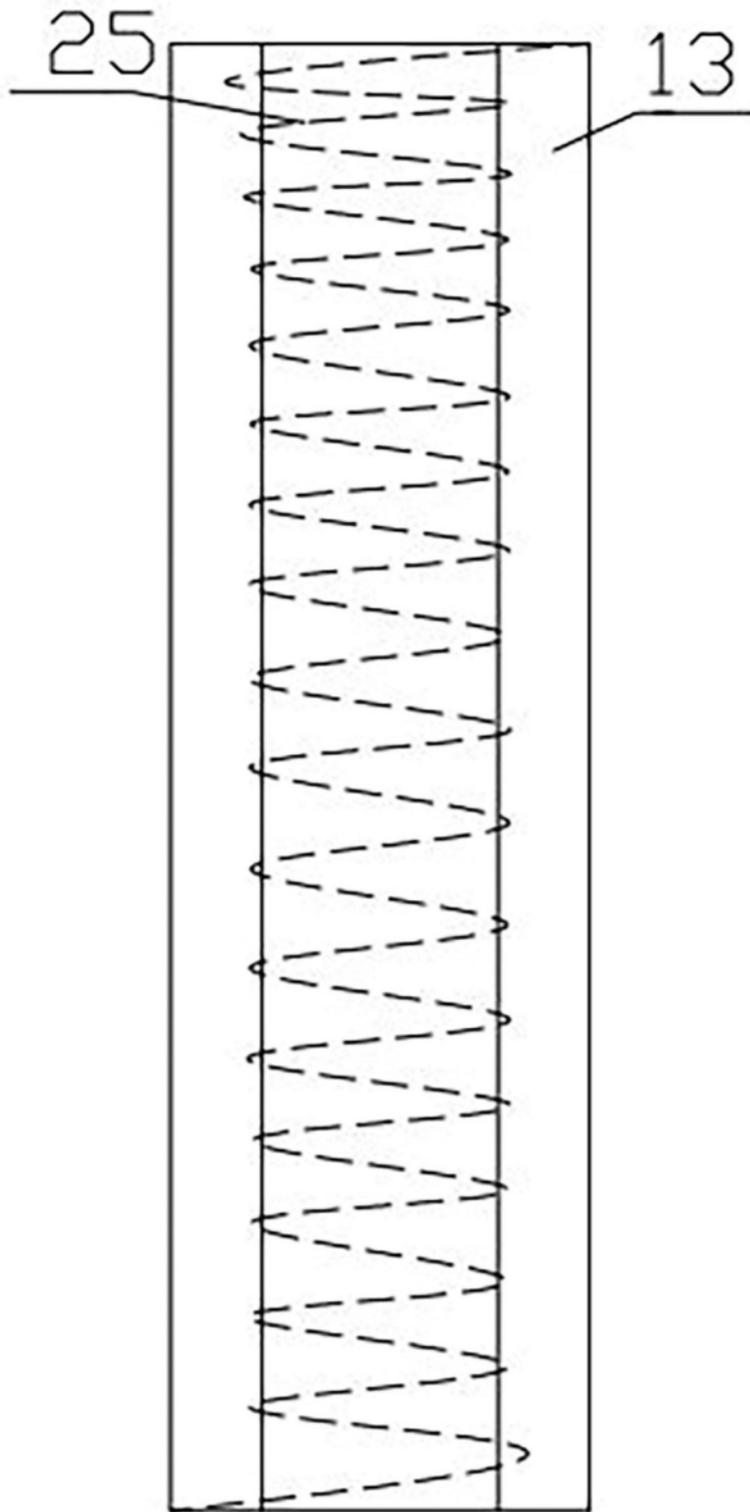


图7

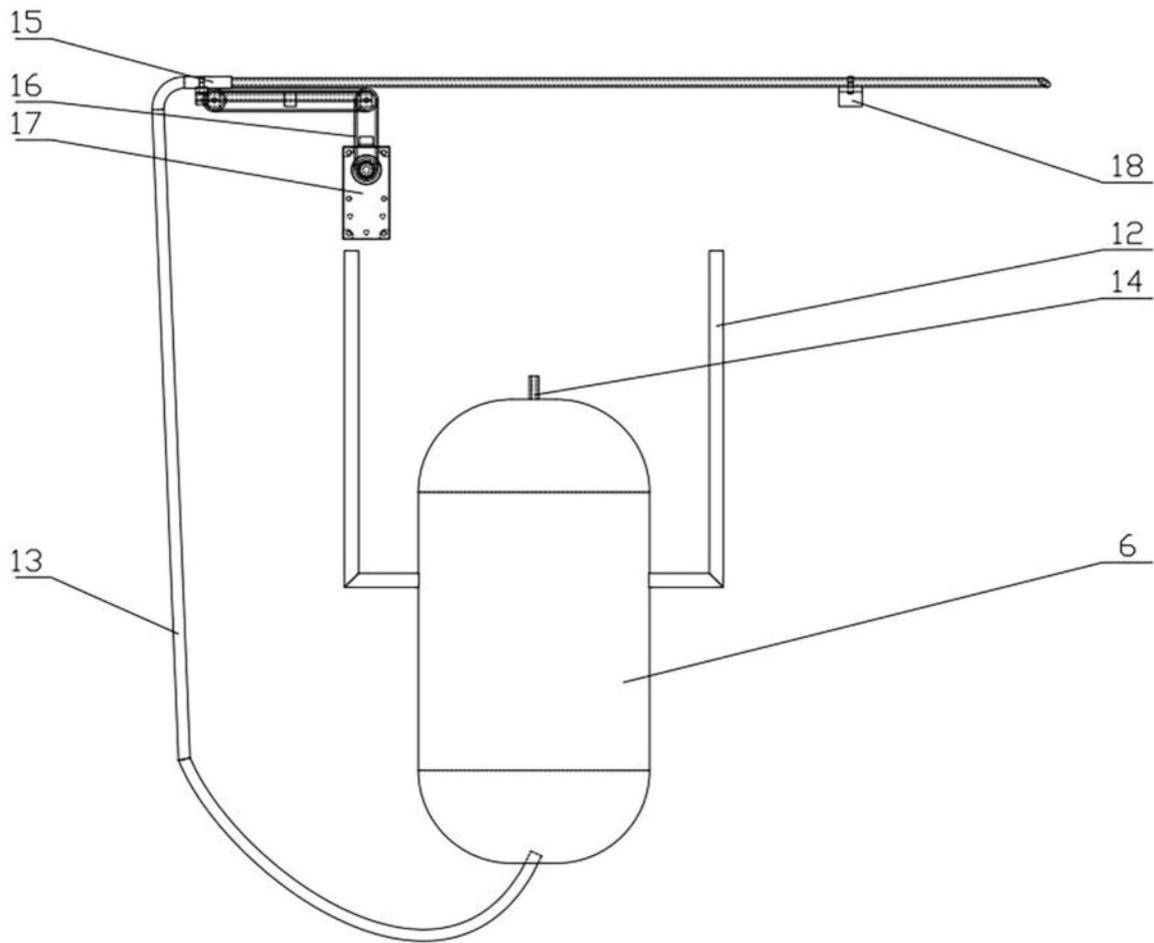


图8

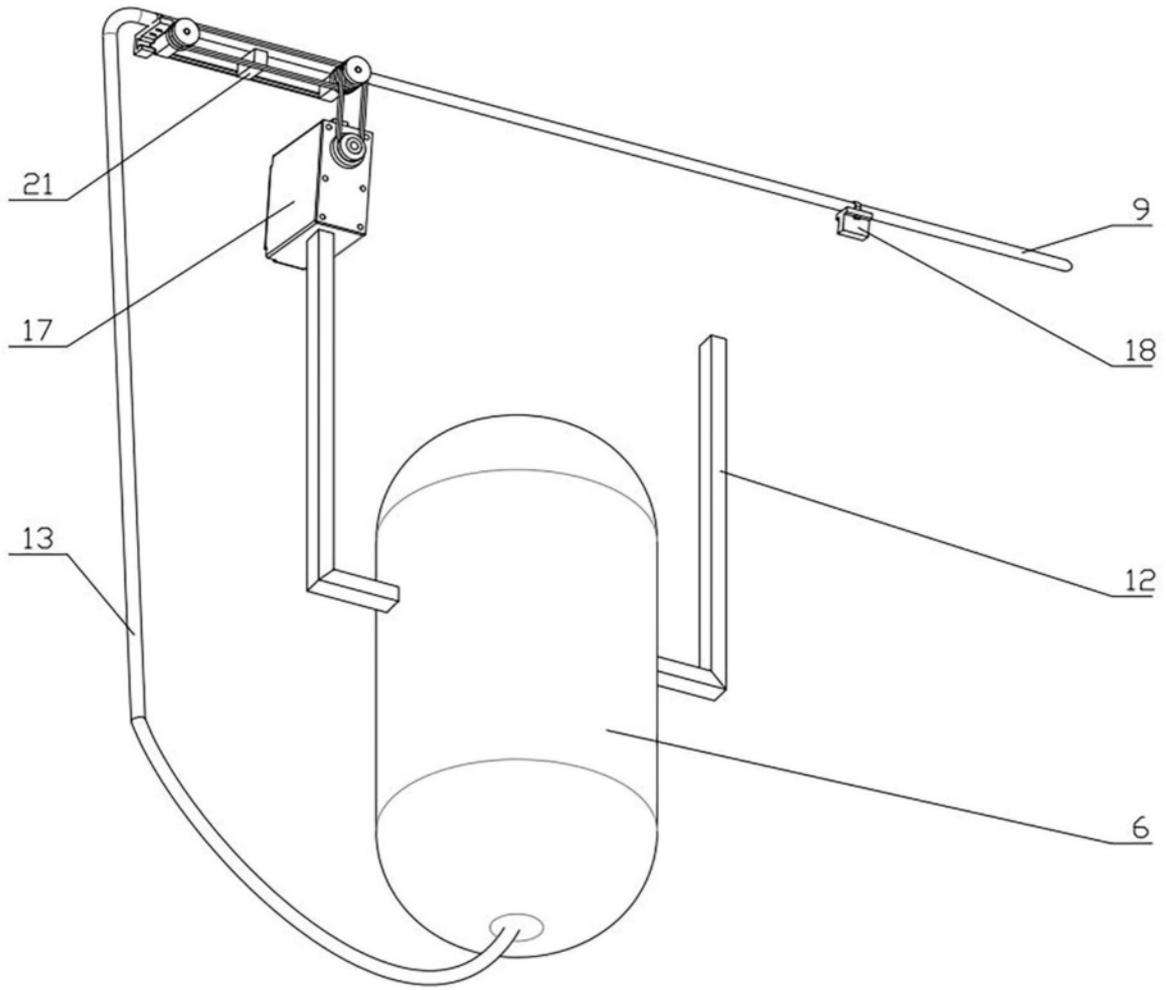


图9

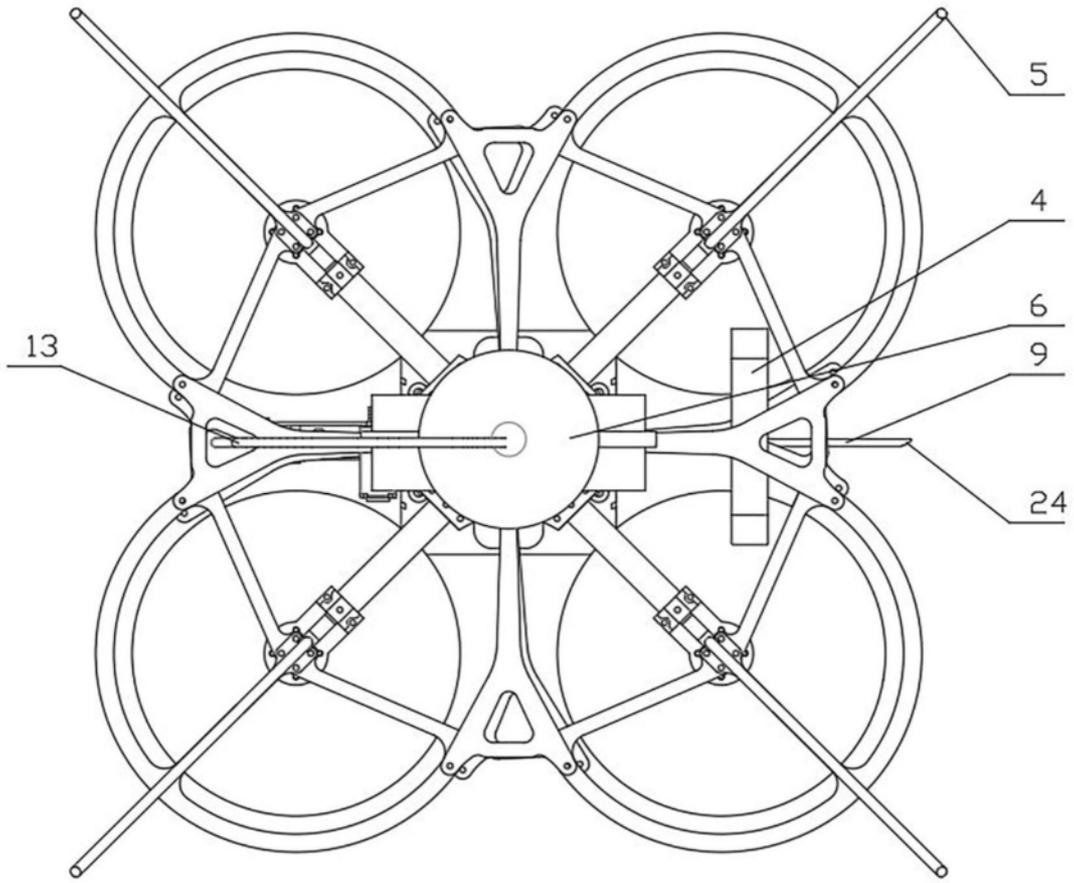


图10

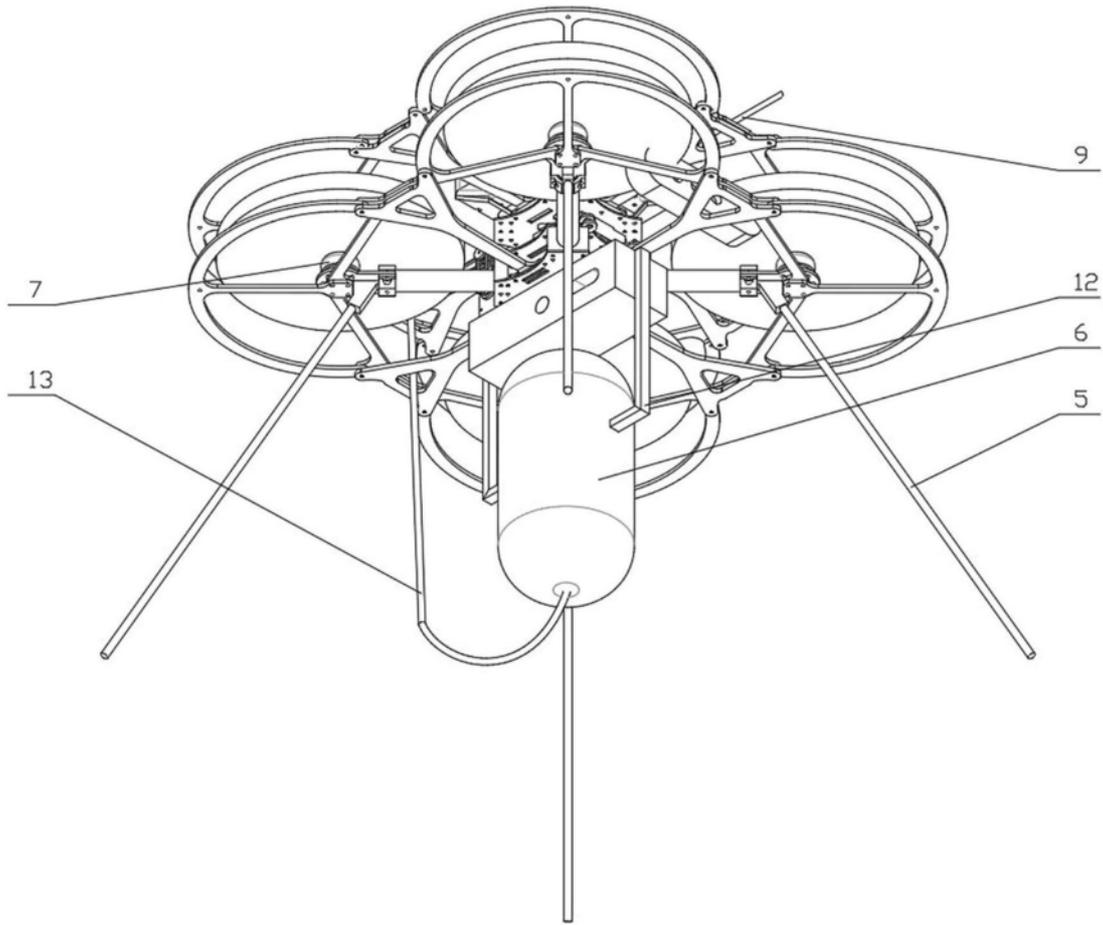


图11

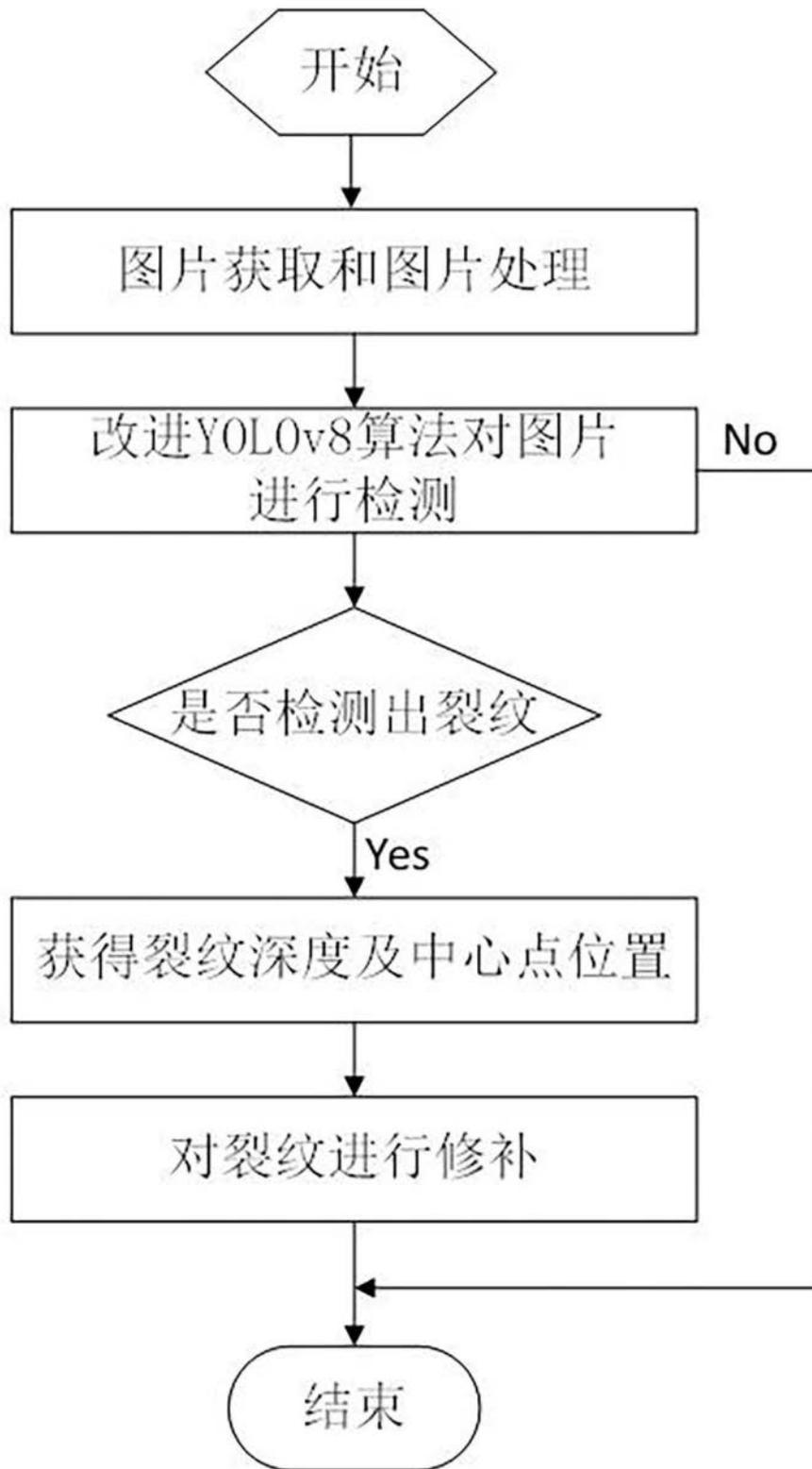


图12