



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115735563 A

(43) 申请公布日 2023.03.07

(21) 申请号 202211523065.5

(22) 申请日 2022.12.01

(71) 申请人 河南农业大学

地址 450046 河南省郑州市郑东新区龙子湖高校园区15号

(72) 发明人 杨自尚 史云辉 刘家威 李赫
丁力 刘学文 崔功佩

(74) 专利代理机构 郑州明华专利代理事务所
(普通合伙) 41162

专利代理师 袁艳丽

(51) Int. Cl.

A01D 46/30 (2006.01)

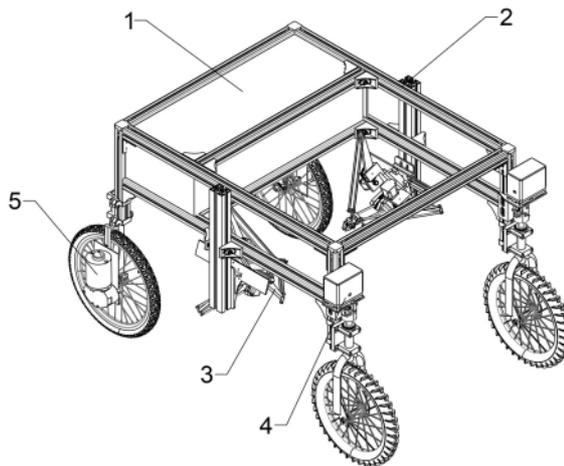
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统和采摘方法

(57) 摘要

本发明提供一种跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统和采摘方法,控制箱、机架、采摘装置、转向机构和驱动机构,其中机架上安装控制箱,机架的两侧对称安装一组采摘装置,采摘装置的端部朝向机架内侧,机架的前端安装转向机构,机架的后端安装驱动机构;机械臂在移动到果实附近位置后由末端执行器进行果实采摘,移动底盘包括驱动机构和转向机构,控制果实采摘装置的行走和转向,图像采集装置包括深度相机和RGB摄像头,用于果实目标检测和采摘点定位。本发明采取一果一采的自动化采摘方式,以实现草莓采摘机器人的高度自动化,其结构简单,识别率高,工作效率高,极大的降低了草莓采摘过程中的人力成本。



1. 一种跨垄并联臂草莓采摘机器人,其特征在于,包括控制箱(1)、机架(2)、采摘装置(3)、转向机构(4)和驱动机构(5),其中机架(2)上安装控制箱(1),机架(2)的两侧对称安装一组采摘装置(3),采摘装置(3)的端部朝向机架(2)内侧,机架的前端安装转向机构(4),机架的后端安装驱动机构(5);

其中转向机构(4)包括一组平行的转向轮,平行的转向轮安装在机架前端的两侧,驱动机构(5)包括一组平行的驱动轮,平行的驱动轮安装在机架后端的两侧;

其中采摘装置包括基座(301)、深度相机(302)、RGB摄像头(303)、机械臂(304)和末端执行器(305),其中基座(301)固定在机架上,基座上安装机械臂(304),机械臂的端部安装末端执行器(305),同时深度相机(302)和RGB摄像头(303)安装固定在基座上,机械臂(304)、深度相机(302)和RGB摄像头(303)通过导线连接控制箱(1);

其中末端执行器(305)包括末端执行器连接件(351)、舵机连接件(352)、机械爪连接件(353)、机械爪(354),和切刀(355),其中末端执行器连接件351固定在机械臂(304)上,末端执行器连接件(351)的前端设置导轨,一组对称的机械爪(354)卡套在导轨上并沿导轨平移,末端执行器连接件(351)中部固定有舵机,舵机连接件(352)的中心设置轴孔,舵机连接件(352)通过轴孔安装在舵机的转轴上,舵机连接件(352)的两端分别铰接机械爪连接件(353),机械爪连接件(353)与机械爪(354)之间铰接,机械爪(354)的上侧设置有切刀(355);

机架(2)上还安装有草莓收集篮,草莓收集篮位于对称的采摘装置(3)中间。

2. 根据权利要求1所述的跨垄并联臂草莓采摘机器人,其特征在于,所述切刀(355)包括横推装置(356)、刀片(358)和刀架(359),在对称的机械爪(354)上设置贯穿的滑槽腔(357),在其中一侧机械爪(354)的滑槽腔中套装刀架(359),在刀架上安装刀片(358),刀片的刃部朝向另一侧机械爪的滑槽腔,刀架的后端连接横推装置(356),横推装置(356)固定在相应的机械爪(354)上。

3. 根据权利要求2所述的跨垄并联臂草莓采摘机器人,其特征在于,刀架(359)上设置有斜滑孔,滑槽腔(357)上侧设置有条形滑孔,斜滑孔和条形滑孔有交叉点,在斜滑孔中套装有滑动柱,滑动柱同时穿过上侧的条形滑孔,滑动柱向上突出,滑动柱突出部分连接横推装置(356)。

4. 根据权利要求1所述的跨垄并联臂草莓采摘机器人,其特征在于,机械爪(354)相对侧设置有柔性垫。

5. 一种跨垄并联臂草莓采摘机器人控制系统,其特征在于,包括嵌入式人工智能控制器和下位机控制模块,所述的嵌入式人工智能控制器和下位机控制模块通过串口通讯协议信号连接;

嵌入式人工智能控制器通过串口通讯协议分别与深度相机(302)和RGB摄像头(303)信号连接,用于实时获取图像采集装置视野中的果实的三维空间坐标,并将果实目标和采摘点的三维坐标传输到下位机控制模块中,

所述的下位机控制模块通过CAN通讯协议分别与采摘装置(3)、转向机构(4)和驱动机构(5)信号连接,用于将目标果实的三维坐标信息分配至采摘装置(3)的机械臂(304)中,调整机械臂姿态并完成目标果实采摘,并根据图像采集装置回传的环境信息,控制转向机构(4)和驱动机构(5)进行位置移动。

6.一种通过跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统采摘草莓的方法,其特征在于,包括一下步骤:

S1、启动跨垄并联臂草莓采摘机器人,由下位机控制模块控制采摘装置(3)的步进电机执行初始化程序,并驱动步进电机和舵机转动到初始位置,机械臂(304)回归默认位置,等待下一步指令,同时启动图像采集装置,由深度相机(302)和RGB摄像头(303)实时接收视频图像信息;

S2、运行成熟果实目标搜索子线程,由下位机控制模块根据图像采集模块回传的环境信息,控制转向机构(4)和驱动机构(5)在垄间自主前进,同时图像采集模块识别草莓垄倾斜面上的草莓,当检测到成熟草莓进入到机械臂运动范围时,停止移动,启动运动解析子线程。

7.S3、图像采集模块发现成熟果实目标后,首先执行目标果实的优先级决策,随后将目标果实的三维坐标信息转换为世界坐标信息,并输送至下位机控制模块,下位机控制模块根据位置信息进行逆向运动学分析,将成熟果实的位置信息转换为各个步进电机或舵机的转动量,之后启动果实采摘子线程;

S4、根据下位机传输的转动量信息,各个步进电机和舵机同时转动,将末端执行器(305)移动到目标位置,在到达指定位置之后,末端执行器(305)闭合,先由下侧的夹持部分夹住果柄,夹持部分具有弹性,在夹住果柄之后,末端执行器仍然继续闭合,之后上侧的刀片部分切断果柄,末端执行器完全闭合;

S5、由RGB摄像头确认已成功剪持果实之后,下位机反转转动量信息,末端执行器(305)沿原路返回到出发位置,之后再按照既定的放果操作,将采摘完成的草莓果运送至果篮的上方,末端执行器的指尖开合落果,之后末端执行器(305)回归默认位置;

S6、当图像采集装置确认当前采果区域内无成熟草莓果时,控制转向机构(4)和驱动机构(5)继续前进到下一个采摘区域,重复步骤S2-S5。

跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统和采摘方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农业收获机械技术领域,具体涉及一种跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统和采摘方法。

背景技术

[0002] 目前我国农业正向着自动化、智能化飞速发展。对于传统作物,由于其发展时间长,国家重视多,所以已经有了许多适用于传统农业作物的机械在投入使用,辅助农民进行播种、种植和收获。但对于一些经济型作物,例如水果,目前大多还是采用的人工采摘,即在该作物的成熟期大量工人进行手工采摘和运输。截至目前,针对各类水果的采摘,多所大学和公司都在进行研究,都想设计出一种合适的水果采摘机器人,来帮助果农快速采摘收获果实,减少人力成本的投入。

[0003] 对于草莓来说,在温室大棚中反季节种植获益最高,虽然温室大棚造价高,但合适的出售价格也让更多的果农选择在温室中种植草莓。但温室大棚中采摘强度较大,且草莓成熟期内如果劳动力短缺不能及时采摘会造成较大的经济损失。

[0004] 故此,本项目设计一种高度自动化、结构简单、工作效率高的草莓采摘机器人以满足需求。

发明内容

[0005] 针对传统草莓采摘工作量大,成熟期内采摘频率高,劳动力短缺,人力成本高的问题,本发明提供一种跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统和采摘方法,用于提高草莓采摘的效率,减少人力成本的投入。

[0006] 本发明采用的技术方案是:一种跨垄并联臂草莓采摘机器人,包括控制箱、机架、采摘装置、转向机构和驱动机构,其中机架上安装控制箱,机架的两侧对称安装一组采摘装置,采摘装置的端部朝向机架内侧,机架的前端安装转向机构,机架的后端安装驱动机构。

[0007] 其中转向机构包括一组平行的转向轮,平行的转向轮安装在机架前端的两侧,驱动机构包括一组平行的驱动轮,平行的驱动轮安装在机架后端的两侧。

[0008] 其中采摘装置包括基座、深度相机、RGB摄像头、机械臂和末端执行器,其中基座固定在机架上,基座上安装机械臂,机械臂的端部安装末端执行器,同时深度相机和RGB摄像头安装固定在基座上,机械臂、深度相机和RGB摄像头通过导线连接控制箱。

[0009] 其中末端执行器包括末端执行器连接件、舵机连接件、机械爪连接件、机械爪,和切刀,其中末端执行器连接件固定在机械臂上,末端执行器连接件的前端设置导轨,一组对称的机械爪卡套在导轨上并沿导轨平移,末端执行器连接件中部固定有舵机,舵机连接件的中心设置轴孔,舵机连接件通过轴孔安装在舵机的转轴上,舵机连接件的两端分别铰接机械爪连接件,机械爪连接件与机械爪之间铰接,机械爪的上侧设置有切刀。

[0010] 机架上还安装有草莓收集篮,草莓收集篮位于对称的采摘装置中间。

[0011] 进一步,所述切刀包括横推装置、刀片和刀架,在对称的机械爪上设置贯穿的滑槽

腔,在其中一侧机械爪的滑槽腔中套装刀架,在刀架上安装刀片,刀片的刃部朝向另一侧机械爪的滑槽腔,刀架的后端连接横推装置,横推装置固定在相应的机械爪上。

[0012] 进一步,,刀架上设置有斜滑孔,滑槽腔上侧设置有条形滑孔,斜滑孔和条形滑孔有交叉点,在斜滑孔中套装有滑动柱,滑动柱同时穿过上侧的条形滑孔,滑动柱向上突出,滑动柱突出部分连接横推装置。

[0013] 进一步,机械爪相对侧设置有柔性垫。

[0014] 一种跨垄并联臂草莓采摘机器人控制系统,包括嵌入式人工智能控制器和下位机控制模块,所述的嵌入式人工智能控制器和下位机控制模块通过串口通讯协议信号连接;

嵌入式人工智能控制器通过串口通讯协议分别与深度相机和RGB摄像头信号连接,用于实时获取图像采集装置视野中的果实的三维空间坐标,并将果实目标和采摘点的三维坐标传输到下位机控制模块中,

所述的下位机控制模块通过CAN通讯协议分别与采摘装置、转向机构和驱动机构信号连接,用于将目标果实的三维坐标信息分配至采摘装置的机械臂中,调整机械臂姿态并完成目标果实采摘,并根据图像采集装置回传的环境信息,控制转向机构和驱动机构进行位置移动。

[0015] 一种通过跨垄并联臂草莓采摘机器人及其控制系统采摘草莓的方法,包括一下步骤:

S1、启动跨垄并联臂草莓采摘机器人,由下位机控制模块控制采摘装置的步进电机执行初始化程序,并驱动步进电机和舵机转动到初始位置,机械臂归回默认位置,等待下一步指令,同时启动图像采集装置,由深度相机和RGB摄像头实时接收视频图像信息;

S2、运行成熟果实目标搜索子线程,由下位机控制模块根据图像采集模块回传的环境信息,控制转向机构和驱动机构在垄间自主前进,同时图像采集模块识别草莓垄倾斜面上的草莓,当检测到成熟草莓进入到机械臂运动范围时,停止移动,启动运动解析子线程。

[0016] S3、图像采集模块发现成熟果实目标后,首先执行目标果实的优先级决策,随后将目标果实的三维坐标信息转换为世界坐标信息,并输送至下位机控制模块,下位机控制模块根据位置信息进行逆向运动学分析,将成熟果实的位置信息转换为各个步进电机或舵机的转动量,之后启动果实采摘子线程;

S4、根据下位机传输的转动量信息,各个步进电机和舵机同时转动,将末端执行器移动到目标位置,在到达指定位置之后,末端执行器闭合,先由下侧的夹持部分夹住果柄,夹持部分具有弹性,在夹住果柄之后,末端执行器仍然继续闭合,之后上侧的刀片部分切断果柄,末端执行器完全闭合;

S5、由RGB摄像头确认已成功剪持果实之后,下位机反转转动量信息,末端执行器沿原路返回到出发位置,之后再按照既定的放果操作,将采摘完成的草莓果运送至果篮的上方,末端执行器的指尖开合落果,之后末端执行器回归默认位置;

S6、当图像采集装置确认当前采果区域内无成熟草莓果时,控制转向机构和驱动机构继续前进到下一个采摘区域,重复步骤S2-S5。

[0017] 本发明的有益效果:

通过设置由采摘机架、果实采摘装置、移动底盘以及图像采集装置构成的跨垄并

联臂草莓采摘机器人,基于控制系统,控制机器人自主运行,采用一果一采的方式,包括目标检测、接近、剪夹果柄、放果的具体流程,由并联机械臂和末端执行器联动,能够顺利采摘草莓垄上的草莓果实,并在末端执行器剪持果柄后,机械臂将按照规划好的路径往返运动放果,从而实现草莓采摘过程的机械化与自动化。

附图说明

- [0018] 图1是本发明的整体结构示意图。
- [0019] 图2是草莓采摘机器人单侧结构示意图。
- [0020] 图3是机械臂的结构示意图。
- [0021] 图4是机械臂的平面结构示意图。
- [0022] 图5是并联机械臂主动臂内部结构示意图。
- [0023] 图6是本发明驱动轮的结构示意图。
- [0024] 图7是本发明转向轮的结构示意图。
- [0025] 图8是本发明末端执行器的结构示意图之一。
- [0026] 图9是本发明另一种末端执行器的结构示意图以及局部剖视图。
- [0027] 图10是本发明的控制系统的结构示意图。
- [0028] 图11是本发明的采摘方法步骤图。
- [0029] 图12是本发明的采摘方法流程示意框图。
- [0030] 图13是机架上安装收集篮的结构示意图

图中标号:控制箱1,机架2,采摘装置3,转向机构4,驱动机构5,基座301,景深相机302,RGB摄像头303,机械臂304,末端执行器305,末端执行器连接件351,舵机连接件352,机械爪连接件353,机械爪354,切刀355,横推装置356,滑槽腔357,刀片358,刀架359,静平台9,主动臂10,从动臂11,动平台12,步进电机13,大带轮14,主动臂杆15,滑轨401,滑座402,气缸403,收集篮电机404,草莓收集篮405。

具体实施方式

- [0031] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。
- [0032] 实施例1:为了解决草莓成熟期,草莓采摘频率高,劳动强度大,人工成本高昂的问题,根据草莓种植的实际使用场景研发了本发明所提供的跨垄并联臂草莓采摘机器人,并在该草莓采摘机器人的基础上研发相关的控制系统以及草莓采摘方法,用于提高草莓成熟期的采摘效率,降低人工成本和劳动强度。
- [0033] 具体的,如图1所示,一种跨垄并联臂草莓采摘机器人,包括机架2,所述的机架2为跨垄的箱型框架结构,其内形成有供草莓垄通过的采摘区域,在机架上搭载有控制箱1。
- [0034] 果实采摘装置3,包括机械臂304和末端执行器305,在所述的采摘区域两侧分别设置一个高度可调的所述机械臂,所述的机械臂固定安装在机架2上,通过调整基座301的高低来调整机械臂的高度,所述的末端执行器安装在所述的机械臂末端上。
- [0035] 移动底盘装置,包括转向机构4和驱动机构5,在所述的采摘机架后侧安装平行的驱动轮,如图6所示,在驱动轮上安装轮边电机构成驱动机构5,在所述的采摘机架前侧安装平行的转向轮,如图7所示,转向轮由联轴器连接一个舵机和车叉构成转向机构4。

[0036] 图像采集装置,包括如图3所示安装在基座301上的深度相机302,以及搭载在所述的末端执行器上的RGB摄像头303。

[0037] 其中,所述的图像采集装置的信号输入端接入中央的控制箱1信号输入端,所述的果实采摘装置和移动底盘装置的信号输入端接入控制箱1的信号输出端。

[0038] 本发明还提供一种控制系统,包括嵌入式人工智能控制器和下位机控制模块,所述的嵌入式人工智能控制器和下位机控制模块通过串口通讯协议信号连接。

[0039] 嵌入式人工智能控制器通过串口通讯协议分别与深度相机和RGB摄像头信号连接,用于实时获取图像采集装置视野中的果实的三维空间坐标,并将果实目标和采摘点的三维坐标传输到下位机控制模块中。

[0040] 所述的下位机控制模块通过CAN通讯协议分别与果实采摘装置和移动底盘装置信号连接,用于将目标果实的三维坐标信息分配至果实采摘装置的机械臂中,调整机械臂姿态并完成目标果实采摘,并根据图像采集装置回传的环境信息,控制移动底盘装置的位置移动。

[0041] 具体的采摘过程是,跨垄并联臂草莓采摘机器人放置到草莓垄上,平行的驱动轮和转向轮分别跨在草莓垄间,并通过控制箱和控制系统控制草莓采摘机器人沿草莓垄移动。

[0042] 通过深度相机判断草莓的位置,通过RGB摄像头判断草莓是否成熟,根据深度相机和RGB摄像头反馈的图像信息,由控制箱中的控制单元控制机械臂执行采摘,并将采摘的草莓放置到草莓收集篮中。

[0043] 实施例2:在实施例1的基础上,对机械臂上安装的末端执行器进行改善。在采摘机器人采摘草莓的过程中,末端执行器是夹持草莓柄,并利用机械爪上方的切刀将柄切断,从而实现草莓与植株的分离。

[0044] 但是固定的切刀必然与机械爪的内侧面平齐,切刀切断草莓柄时,机械爪之间必然夹紧,这样夹持很容易将草莓柄夹扁,影响草莓采摘的完整性,尽管可以在机械爪的内侧固定柔性垫,防止夹伤草莓柄,当时夹持力度不容易控制。

[0045] 切刀如果突出机械爪的内侧面,会形成草莓柄先切断,机械爪来不及夹持的情况。

[0046] 针对上述两种情况,本发明提供了一种如图9所示的末端执行器,其中切刀355包括横推装置356、刀片358和刀架359,在对称的机械爪354上设置贯穿的滑槽腔357,在其中一侧机械爪354的滑槽腔中套装刀架359,在刀架上安装刀片358,刀片的刃部朝向另一侧机械爪的滑槽腔,刀架的后端连接横推装置356,横推装置356固定在相应的机械爪354上。机械爪可以提前设置好夹持力度和夹持间距,机械爪夹持草莓柄后,横推装置356推动刀架和刀片单独切割草莓柄,可以避免机械爪在夹持后动作,能够更好的控制草莓采摘的过程,避免草莓柄损伤或夹扁。

[0047] 横推装置356可以使用微型气缸或是推杆,其活动轴穿套在滑槽腔357中,固定的缸体或杆体固定在机械爪的外侧。

[0048] 或是采用刀架359上设置有斜滑孔,滑槽腔357上侧设置有条形滑孔,斜滑孔和条形滑孔有交叉点,在斜滑孔中套装有滑动柱,滑动柱同时穿过上侧的条形滑孔,滑动柱向上突出,滑动柱突出部分连接横推装置356。通过横推装置推动滑动柱,滑动柱被条形滑孔限位,斜滑孔随滑动柱的平移产生横向移动,从而将刀片伸出切割草莓柄。

[0049] 该结构刀架可以依靠滑动柱固定在滑槽腔,取出滑动柱,就可以将刀架和刀片抽出,方便更换刀片。

[0050] 实施例3:在机架中部设置草莓收集篮405,草莓收集篮的中心设置连接座,在机架的上方设置平行的滑轨401,滑轨上设置滑座402,在滑座上安装气缸403,气缸的端部安装收集篮电机404,收集篮电机404的转轴向下延长,并且其端部设置有能够与收集篮中心的连接座对接的连接端,收集篮安装在收集篮电机404的端部。

[0051] 机架的后端设置后草莓收集篮更换箱,收集篮电机404能够沿滑轨401在收集篮更换箱和末端执行器之间移动。

[0052] 草莓收集篮405沿中心分为多个篮区,从而将采摘的草莓分开放置,使较少量的草莓叠放在一起。草莓柔软表皮极易损伤,堆放过大,很容易使底部的草莓被压损伤,因此收集篮采用分区的方式减少草莓堆叠。

[0053] 通过收集篮电机404旋转,使不同的分区对应末端执行器。

[0054] 当草莓装满收集篮后,收集篮电机404沿轨道移动到草莓收集篮更换箱,更好新的收集篮。

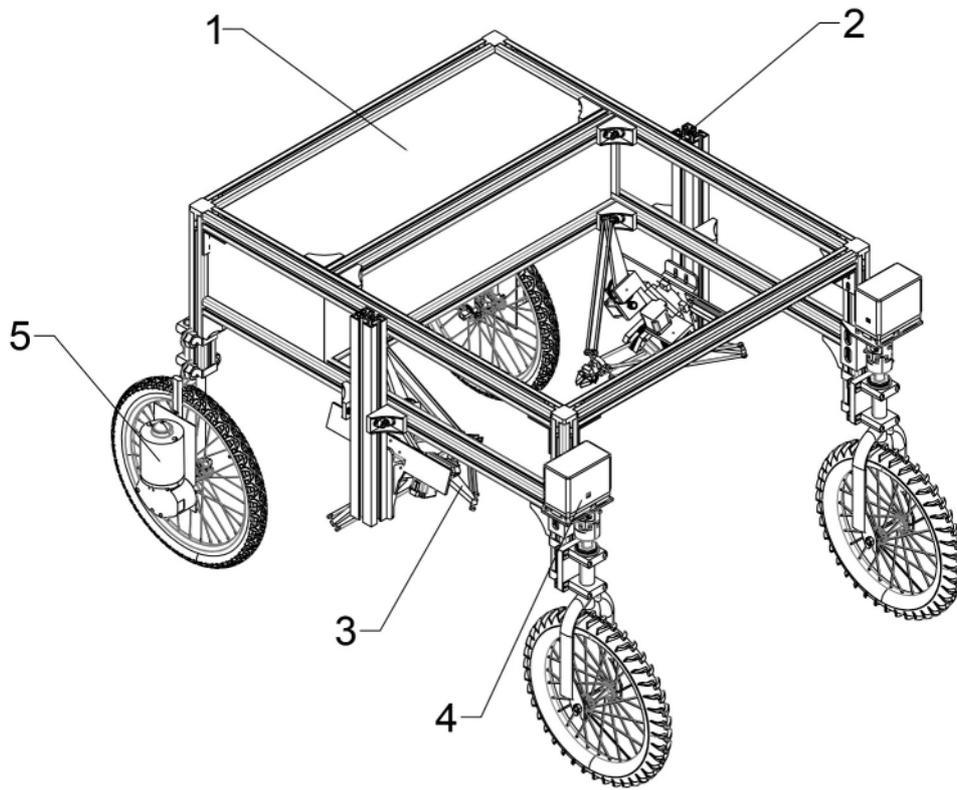


图 1

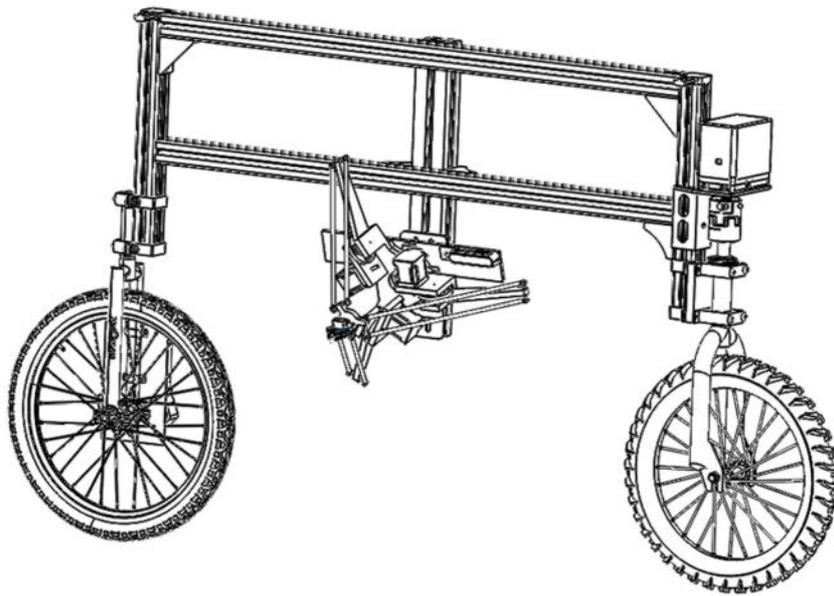


图 2

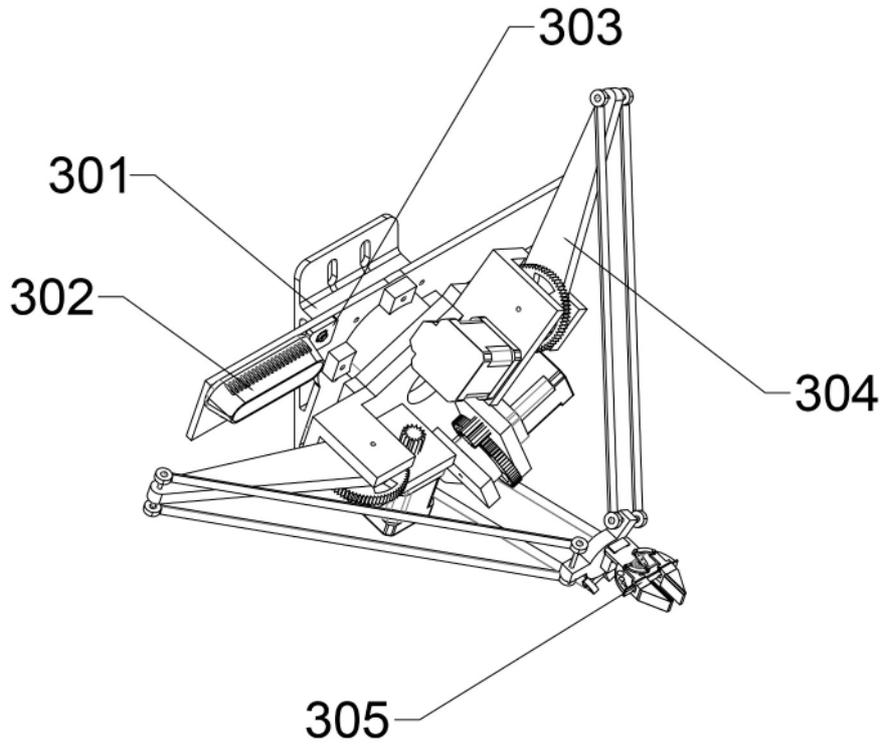


图 3

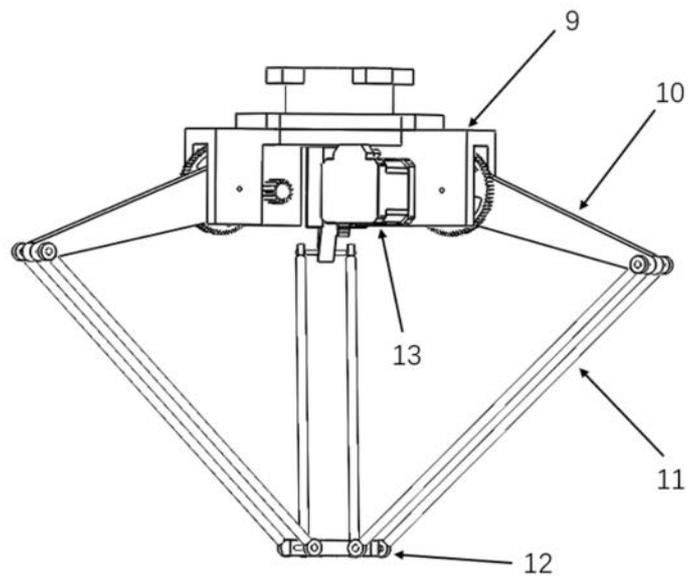


图 4

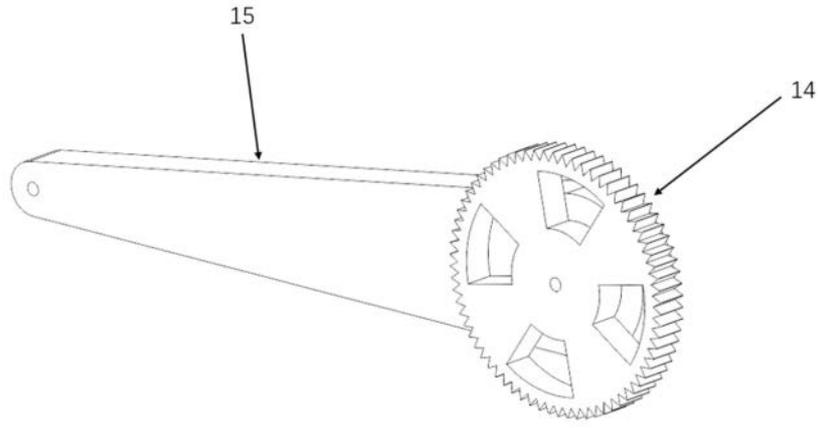


图 5

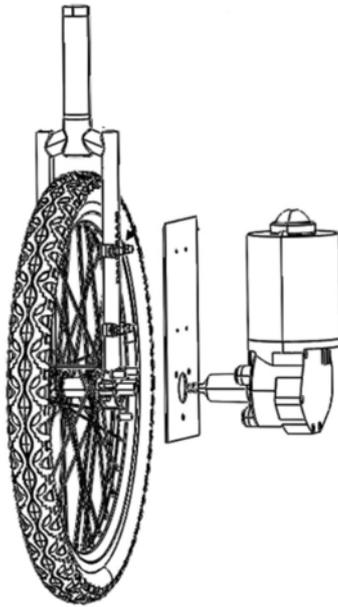


图 6

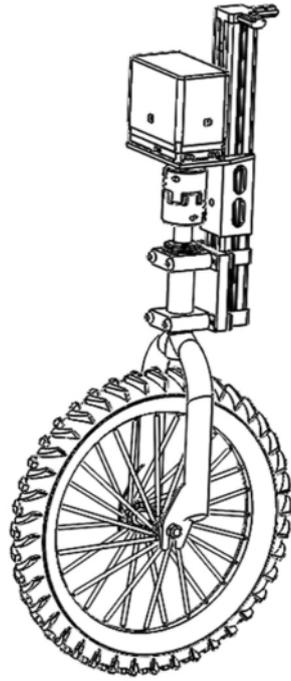


图 7

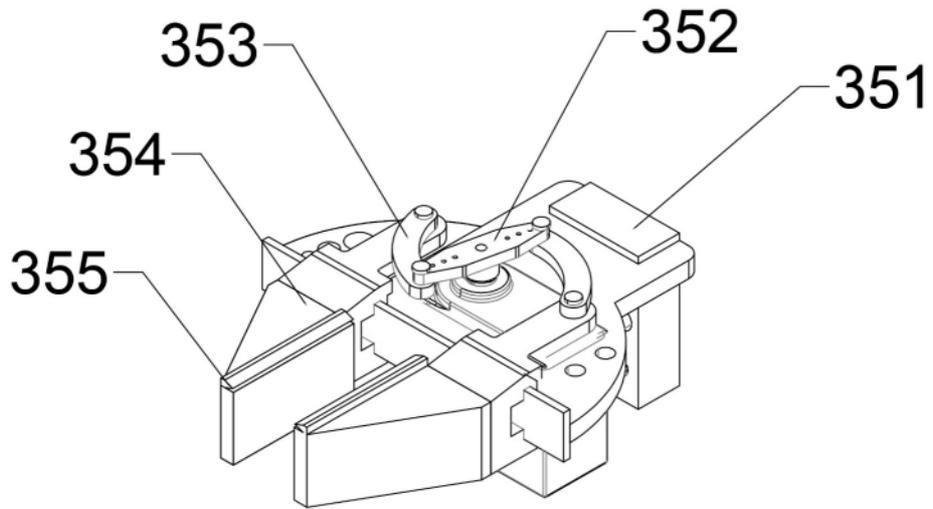


图 8

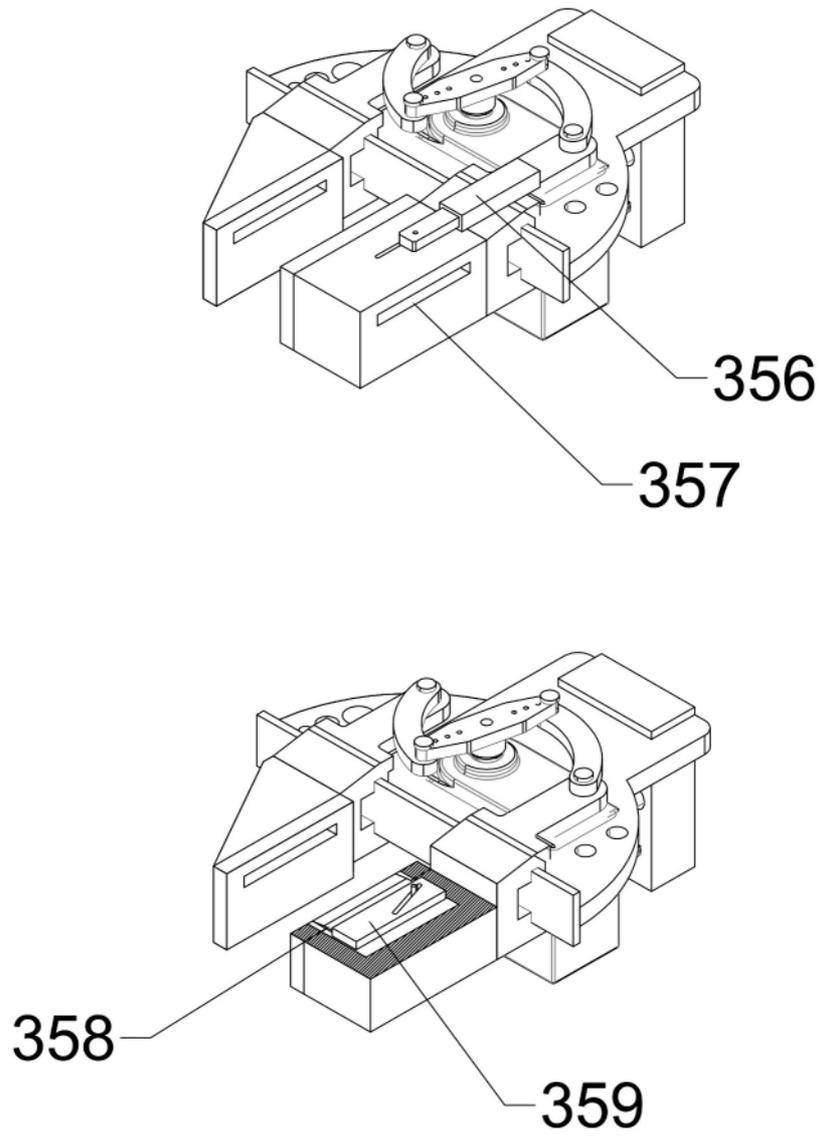


图 9

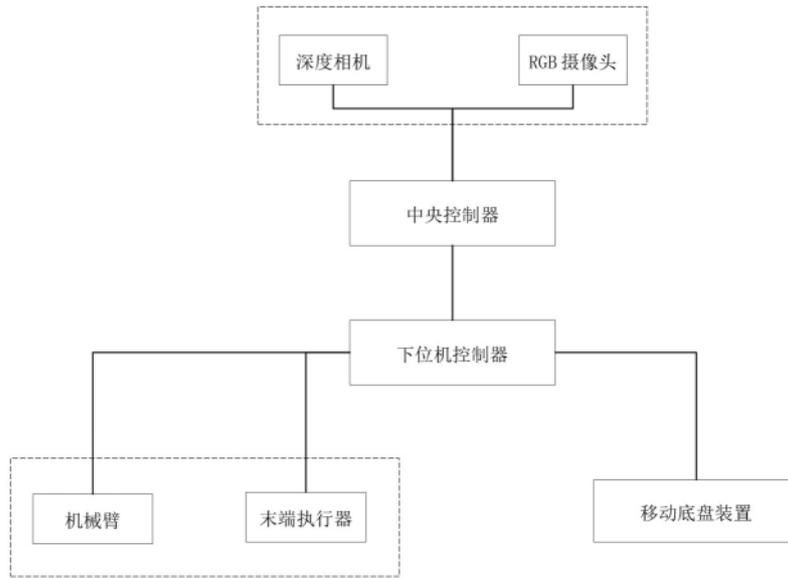


图 10

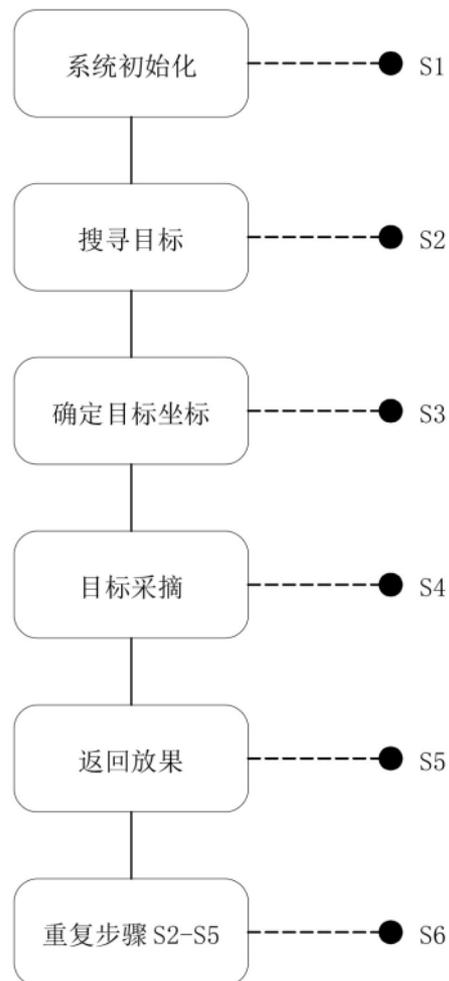


图 11

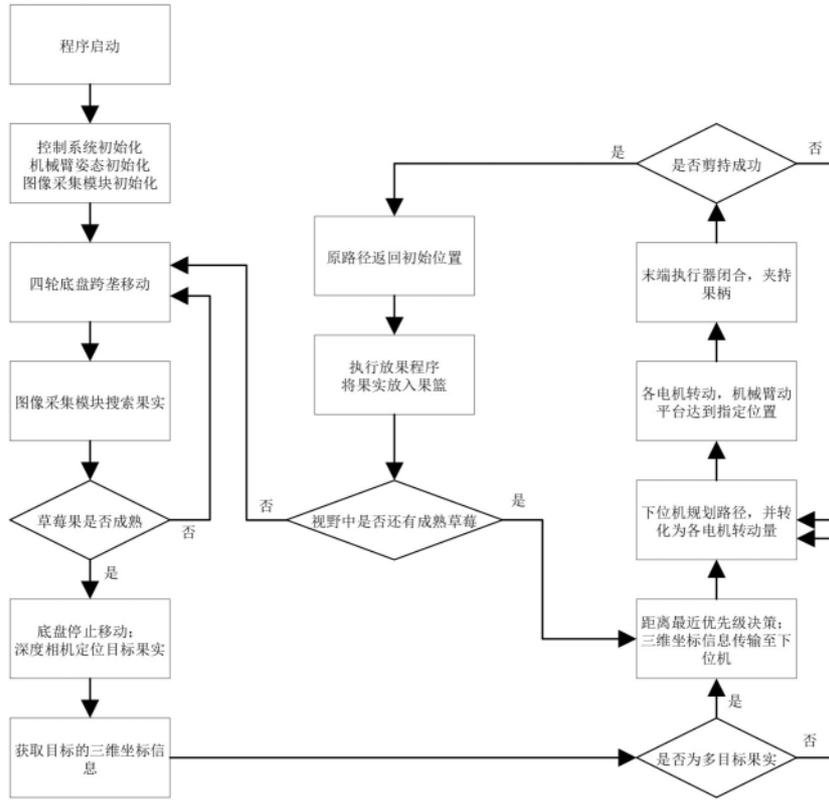


图 12

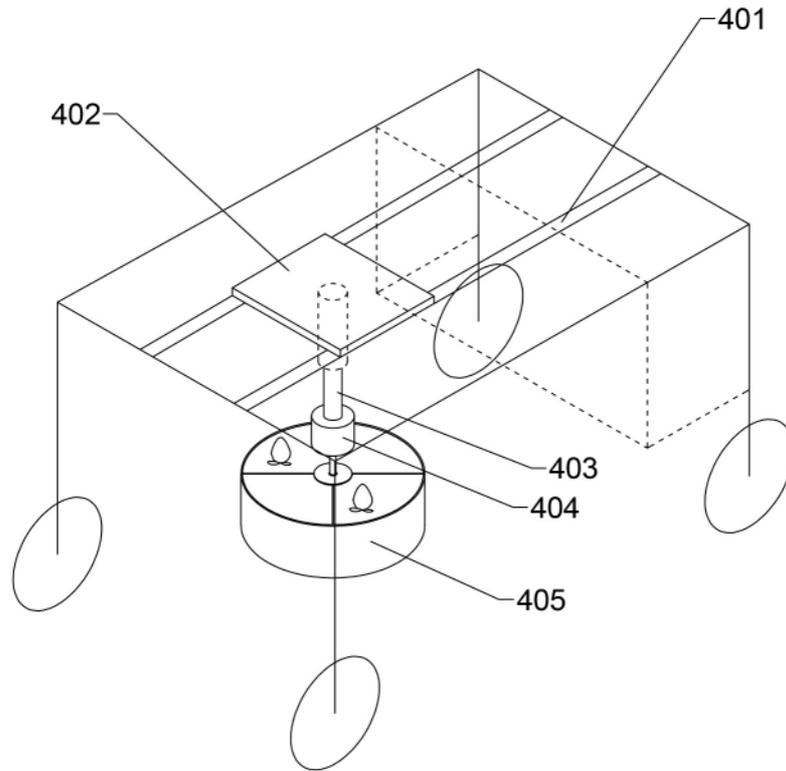


图 13