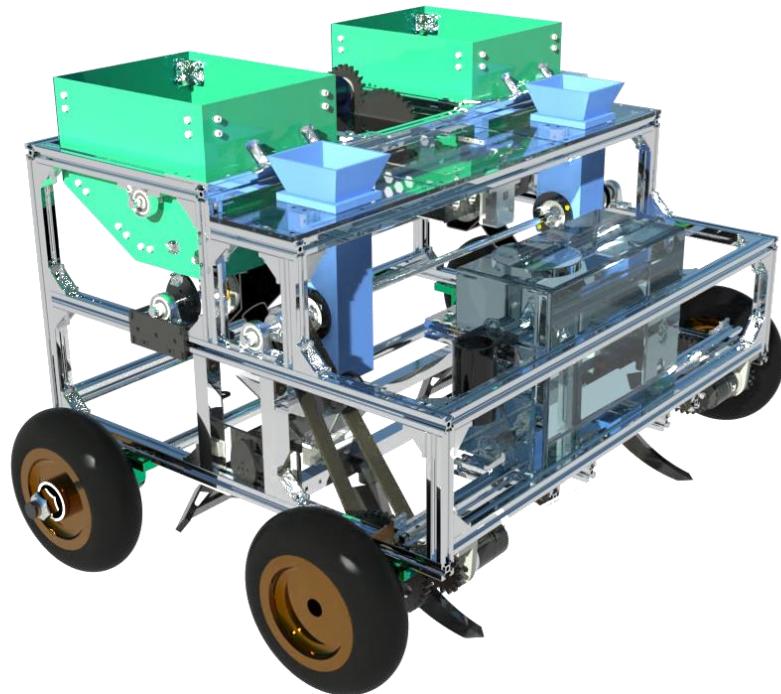


# 第十一届全国大学生机械创新设计大赛

## “薏”帆“丰”顺—薏米自动播种施肥机 设计说明书



组别：本科

参赛类别：兴农机械

参赛学生：夏成辉、张哲、邱莹、张帆、胡馨予

指导教师：张铮、许超斌

日期：

二〇二四年三月

# 目录

一、研制背景与意义.....	3
1.1 作品背景.....	3
1.2 作品意义.....	4
二、总体设计方案.....	5
三、主要结构设计及其原理.....	6
3.1 播种机构.....	6
3.2 施肥机构.....	7
3.3 浇水机构.....	9
3.4 开沟机构.....	10
3.5 覆土机构.....	12
3.6 行进机构.....	12
3.7 联动设计.....	14
四、控制系统.....	16
4.1 硬件选型.....	16
4.2 控制原理及部分重要代码展示.....	17
五、选型计算.....	20
5.1 电机选型计算.....	20
5.2 同步带选型.....	20
5.3 凸轮设计.....	21
5.4 传动齿轮设计.....	22
六、制作成本分析.....	25
七、创新点.....	27
7.1 自动化播种施肥技术.....	27
7.2 精准定量控制.....	27
7.3 定量浇水系统.....	27
7.4 环保节能设计.....	27
7.5 智能化管理与控制.....	27
八、应用前景分析.....	28
8.1 提高生产效率.....	28
8.2 降低成本.....	28
8.3 促进农业规模化发展.....	29
8.4 提高产品品质.....	29
8.5 推动农业现代化进程.....	29
九、作品后期设计构想.....	30
后期决定加入：.....	30
附件资料.....	31
附件 1：作品实物图 .....	31

# “薏”帆“丰”顺——薏米自动播种施肥机设计说明书

设计者：夏成辉、张哲、邱莹、张帆、胡馨予

指导教师：张铮、许超斌

## 一、研制背景与意义

### 1.1 作品背景

#### 1.1.1 薏米的多种功效和市场地位

薏米是我国最古老的作物之一，作为一种传统健康食品，薏米营养价值很高，被誉为“禾本科植物之王”。目前研究发现薏米能够抗肿瘤、降低血糖水平、降低血压，还有助于消化、镇痛、抗炎、清热消暑、美容等，具有很高的营养价值。同时薏米已经广泛应用于临床、化妆品的研发以及各类食品的加工生产中。因此在市场上占据了重要地位。为了满足对薏米的需求，提高生产效率和质量，自动化播种施肥机成为一种有意义的设计选择。

#### 1.1.2 薏米生长环境的特点

薏米喜温暖湿润气候，耐涝而不耐旱，多生长于山谷溪沟、丘陵山地等复杂地带，因此传统的大型播种农机不能高效实现薏米的播种，为此生产一款专用于薏米播种的小型农机变得尤为重要。

#### 1.1.3 当今播种机的局限性

除上述大型播种农机外，目前市场上的小型播种机多为手推或外带动力，其在播种过程中仍需消耗大量人力进行操作，自动化水平低；且市场小型播种机还存在播种功能单调的缺点，效率不高导致无法满足大规模生产的需求。

## 1.2 作品意义

### 1.2.1 提高薏米生产效率和质量

“薏”帆“丰”顺-薏米自动播种施肥机以其巧妙的结构设计以及齐全的功能，可以完美地按照薏米播种所需间距、肥量、湿度进行整套播种流程，并依靠自动化和物联网等技术，可以极大节省播种所需的时间，大大提高薏米的播种效率，并且通过机器的各种传动机构可以保证播种的一致性，提高薏米发芽率，进而提高播种质量。

### 1.2.2 降低薏米播种的劳动成本

“薏”帆“丰”顺作为一款自动播种施肥机，其从肥料的搅拌，到行进，再到播种施肥和洒水都可以通过本团队设计好的物联网网页进行远程操作，页面操作难度低，用户只需给予机器操作指令便可以开始高效地播种，以低的人工劳动成本去满足生产需求。

### 1.2.3 解决薏米生长环境带来的问题

“薏”帆“丰”顺-薏米自动播种施肥机可以在丘陵山地等复杂区域中进行薏米的播种生产，以其充分适应薏米的播种环境，提高播种生产的覆盖范围和灵活性。

### 1.2.4 为智慧农业发展提供方向

本产品将搭载物联网数字孪生技术，将农机的各项重要数据赋值到团队制作的物联网数据可视化大屏中，后期还会加入 5G 与定位等技术，顺应时代发展潮流，让农业生产智能化，助力智慧农业发展。

综上所述，薏米自动播种施肥机的设计背景和意义在于提高生产效率、提高生产覆盖范围和灵活性，并降低劳动成本，满足市场对薏米的需求。

## 二、总体设计方案

总体设计方案如图 2-1 所示

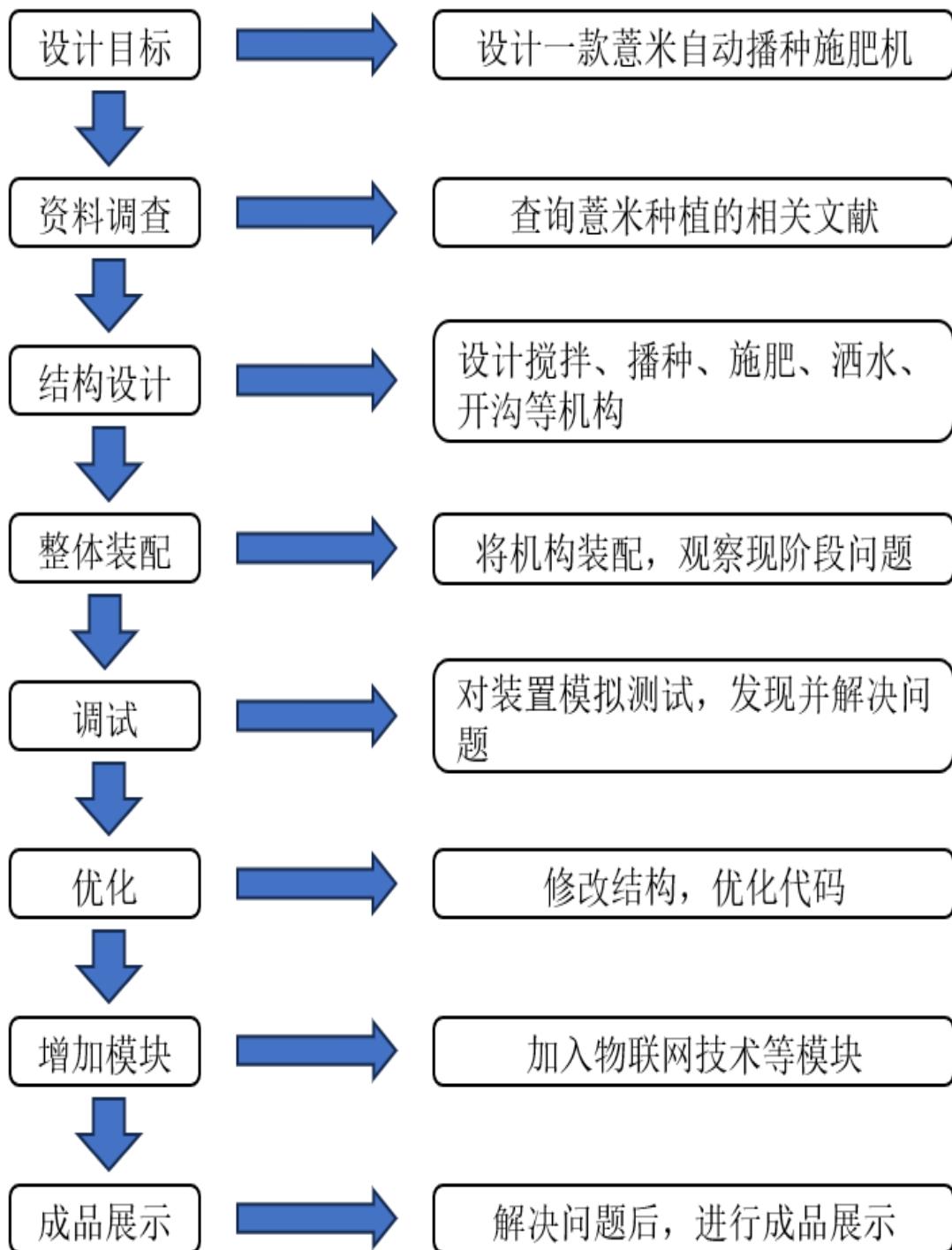


图 2-1 设计方案图

### 三、主要结构设计及其原理

#### 3.1 播种机构

结构：如图 3-1 所示，播种机构外观主要由种子桶 3 和种子桶顶盖 2 连接组成一个可以容纳 400g 种子的容器，并用一根 10mm 钢轴 1 串联，两个容器即可满足半亩地的种植需求。播种机构的内部如图 3-2 所示，包括法兰联轴器 4，法兰轴承固定件 5，法兰轴承 6，薏米种子挡板 7，种子播种器 8，种子拨片 9 组成了一个简易却好用的播种器。

原理：法兰联轴器 4 与种子播种器 8 连接，法兰轴承 6 用于限制种子播种器 8 的移动并减少旋转过程中与种子桶 3 的摩擦，“薏”帆“丰”顺由前轮电机带动车轴转动，并依靠传动机构，带动 10mm 钢轴的旋转，联轴器依靠顶丝的摩擦力，带动播种器旋转进行播种，车轮周长将近 60cm，依靠 2: 1 的传动比，精准控制每次播种间距约等于 15cm，并且种子播种器 8 上同一直线上拥有两个只能容纳 1 颗薏米种子的凹槽，薏米种子挡板 7 会挡住凹槽上未能完全陷入的种子，两道工序使单个播种器能一次下落两颗种子，在播种器旋转过程中为防止少数大颗的薏米种子卡在凹槽中，种子拨片 9 会将其剥落，依靠上述流程即可实现一次行间距为 50cm，种子间距 15cm，每穴 2 粒种子的播种。

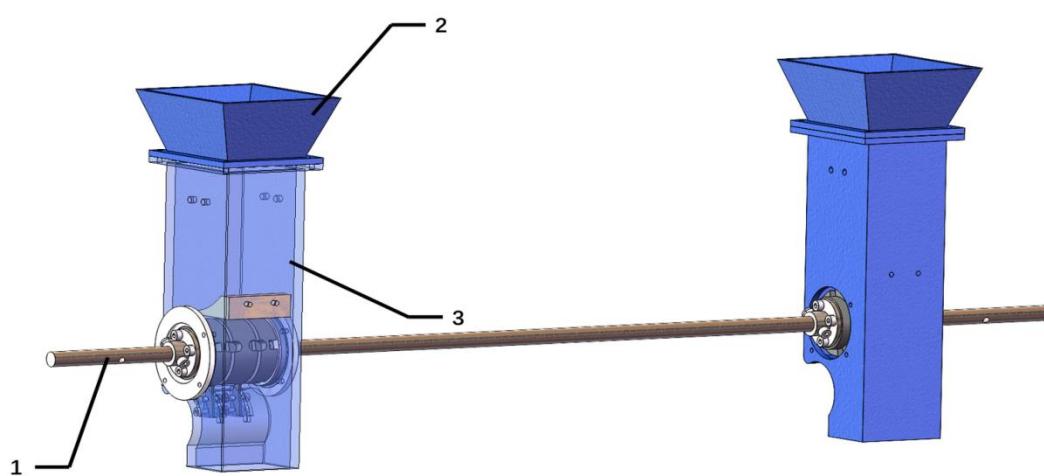


图 3-1 播种机构

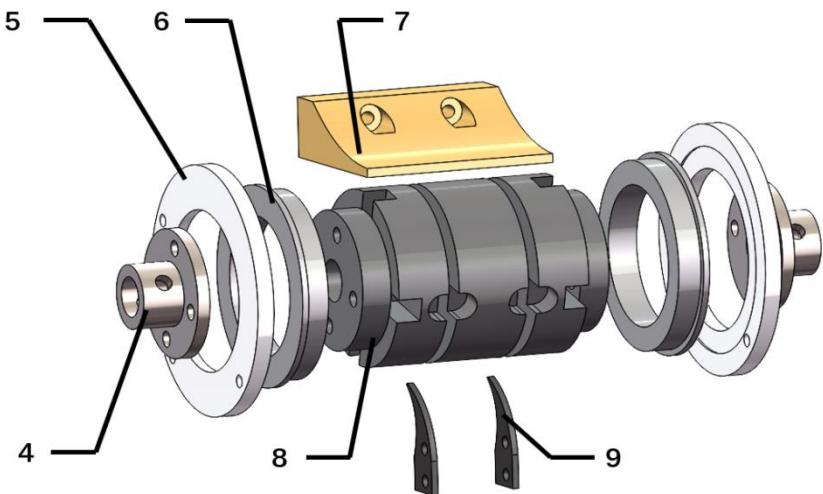


图 3-2 播种器

### 3.2 施肥机构

如图 3-3、3-4 所示，施肥机构由肥料箱、肥料搅拌装置和施肥器组成。肥料箱储存待施用的肥料，肥料搅拌装置将导入肥料箱的各类肥料搅拌均匀，施肥器则根据设计凹槽的大小，将定量肥料均匀撒入土壤中。肥料箱由板材 2 和连接件 3 拼接而成，一个肥料箱装满大约能装入 7.5 升肥料。肥料搅拌装置由肥料搅拌板材 1、搅拌电机 4、内径 8mm 外径 16mm 法兰联轴器 5、 $20 \times 3$  的圆柱齿轮 6、直径为 10mm 的轴 7、内径 10mm 外径 16mm 法兰联轴器 9、板材 10 以及  $35 \times 3$  的圆柱齿轮 12 以及组成。搅拌电机固定在板材 10 上，法兰联轴器同时连接电机旋转轴和  $20 \times 3$  的圆柱齿轮，电机运转时带动与齿轮 6 喷合的齿轮 12 旋转，齿轮 12 带动与之用法兰联轴器连接的直径 10mm 轴 7 旋转，从而使在肥料箱内的肥料搅拌板材旋转，将肥料箱内倒入的各类配比不同的肥料搅拌均匀。施肥器由内径 10mm 外径 16mm 法兰联轴器 13、固定法兰轴承的固定件 14、肥料下料罩 15、4mm 施肥器 16、内径 35mm 外径 47mm 法兰轴承 17 以及内径 42mm 外径 45mm 密封圈 18 组成。同步带将轴 11 与播种机构的轴连接起来，使二者实现

1:1 传动，从而使种子和肥料的同时下落。法兰联轴器连接轴 11 和施肥器 16，密封圈 18 卡在施肥器上的凹槽内，防止肥料漏出卡住。肥料下料罩内放置由施肥器，固定在肥料箱上。法兰轴承 17 被固定件 14 固定在肥料下料罩上，避免了施肥器 16 与肥料下料罩 15 之间的摩擦。使用者将比例不同的各类肥料导入肥料箱，经肥料搅拌装置搅拌均匀后落入下方施肥器，轴 11 转动带动施肥器旋转将定量肥料送入肥料下料罩下方的圆柱形通道内，倒入开垦好的泥土内，完成施肥。

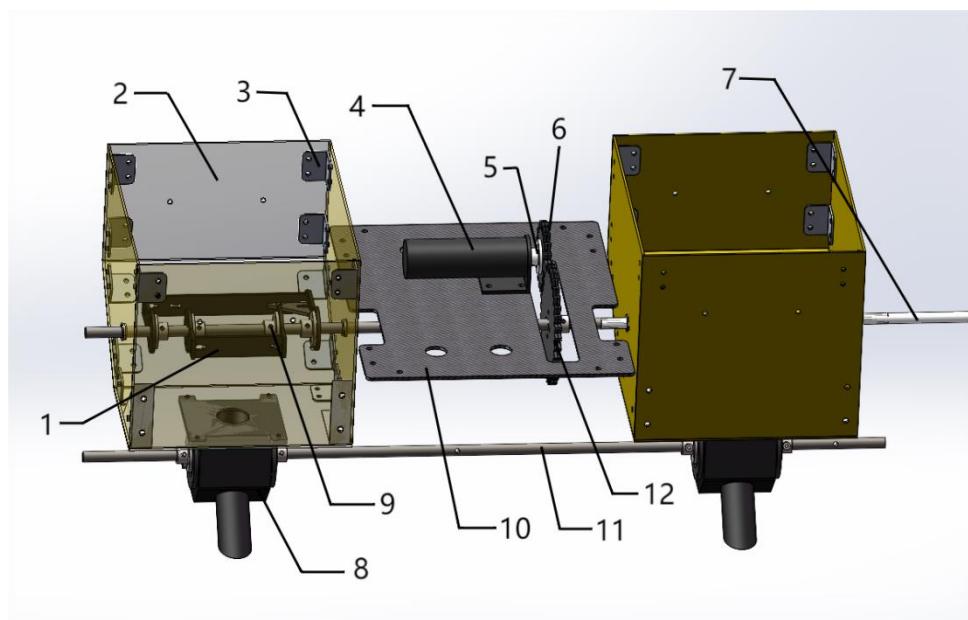


图 3-3 施肥机构

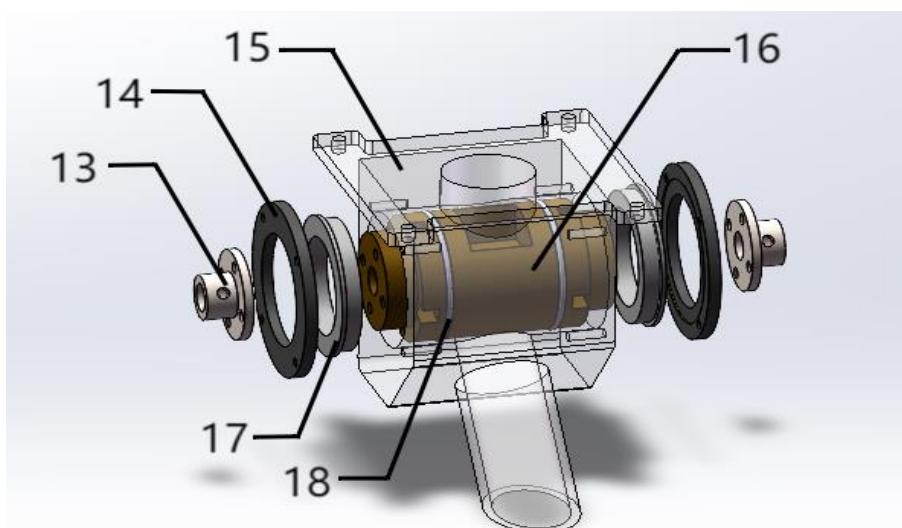


图 3-4 施肥器

### 3.3 浇水机构

如图 3-5 所示，浇水机构主要包括 5L 水箱 1、水泵固定件 2、水泵 3 以及凸轮开关装置 4。5L 水箱 1 放置在车架上，可以从“薏”帆“丰”顺-薏米自动播种施肥机上取下，接满水再放回去。水泵及水泵固定件 6 固定在放置水箱的铝管架子，将水箱中的水吸出。如图 3-6 所示，凸轮开关装置由凸轮 6、水泵开关 7 以及法兰联轴器 9 组成。施肥机构中的施肥轴转动带动用法兰联轴器 9 固定在轴上的凸轮 6 旋转，以一定的频率按压和松开水泵开关 7。水管一端连接水泵，另一端分成两根水管穿过覆土器固定件 5 上的孔，对准刚播种的薏米种子。水箱中的水被水泵吸上来，在覆土之前通过水管末端的喷头均匀喷洒在薏米种子和肥料上，保证薏米的湿润度，提高薏米的发芽率。利用施肥轴带动凸轮结构来按压水泵开关，能定量控制水的流量，使浇水和播种施肥同步进行。并且根据薏米种子生长的需要进行定量浇水，确保了薏米种子能够正常吸收肥料中的养分。

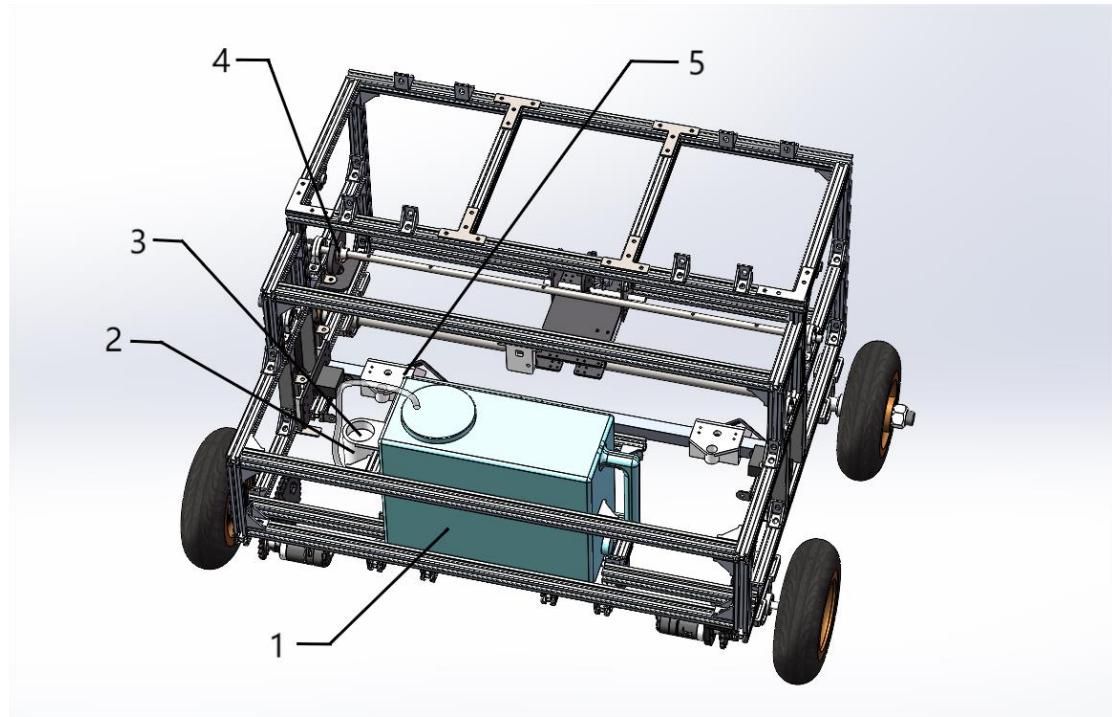


图 3-5 浇水机构

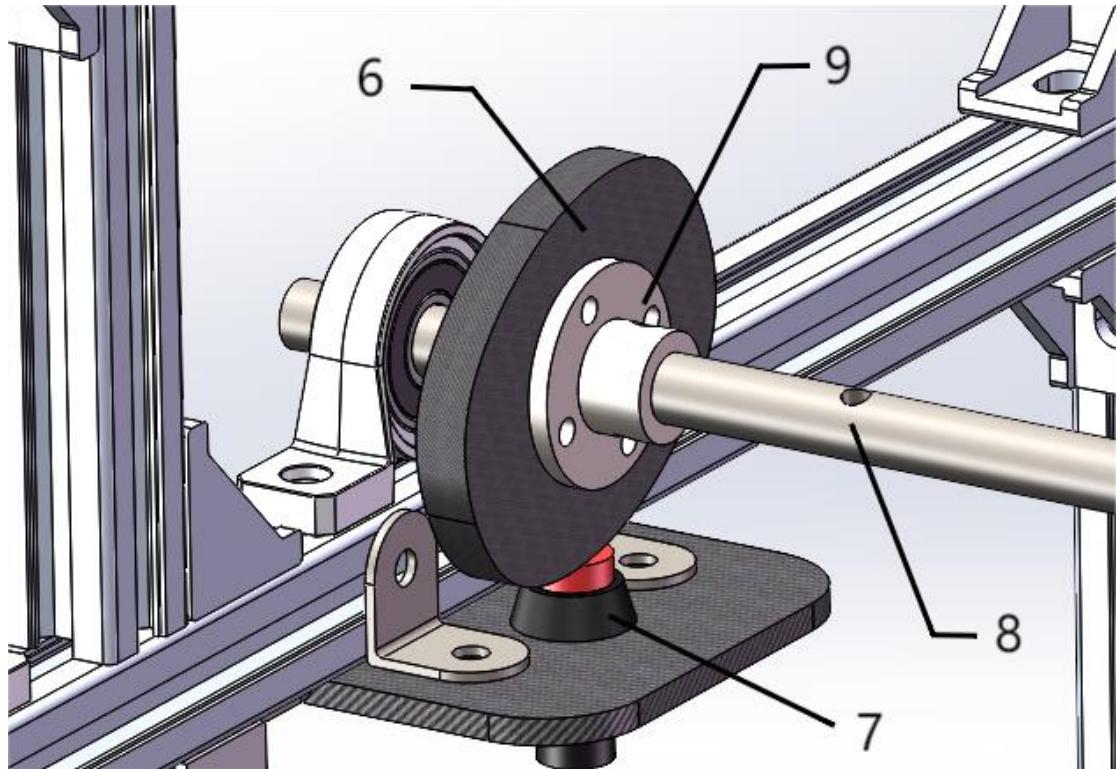


图 3-6 凸轮开关装置

### 3.4 开沟机构

如图 3-7 所示，开沟机构利用凸轮结构来控制其升降，薏米自动播种施肥机在田间工作时降下开沟机构和覆土机构，非工作时间则升起。特殊形状的开沟器能在土壤中开出最合适薏米种子播种的宽度和深度，确保薏米种子能够顺利播入并获取良好的生长环境。开沟机构由犁头尖 1、铝管 2 以及凸轮升降装置 3 组成。凸轮升降装置 3 由舵机固定板 4、舵机 5、滑块和滑轨 6 以及凸轮 7 组成。如图 3-8 所示，舵机 5 直接连凸轮 7，固定在舵机固定板 4 上。犁头尖 1 通过螺栓固定在铝管 2 上，铝管 2 被固定件直接固定在舵机固定板 4 上。舵机固定板 4 连接滑块和滑轨 6，使犁头尖 1 能完成升降的功能。“薏”帆“丰”顺—薏米自动播种施肥机在农田中行进时，降下犁头尖 1，开沟机构将土地开垦好，以便于薏米种子的播种和施肥。

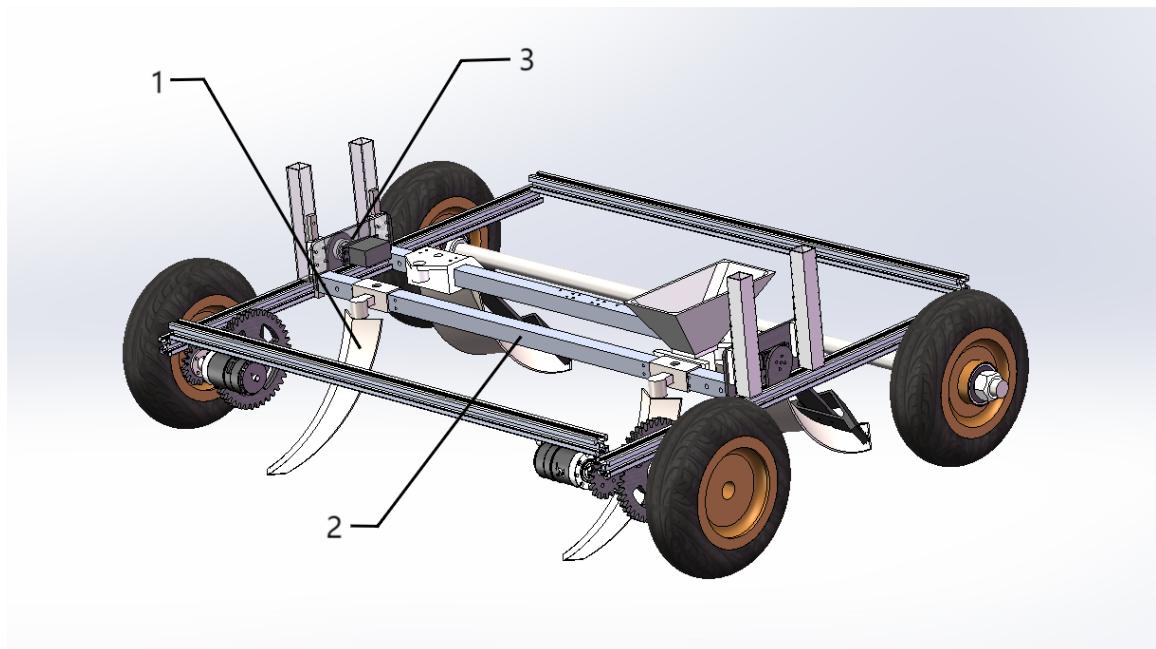


图 3-7 开沟机构

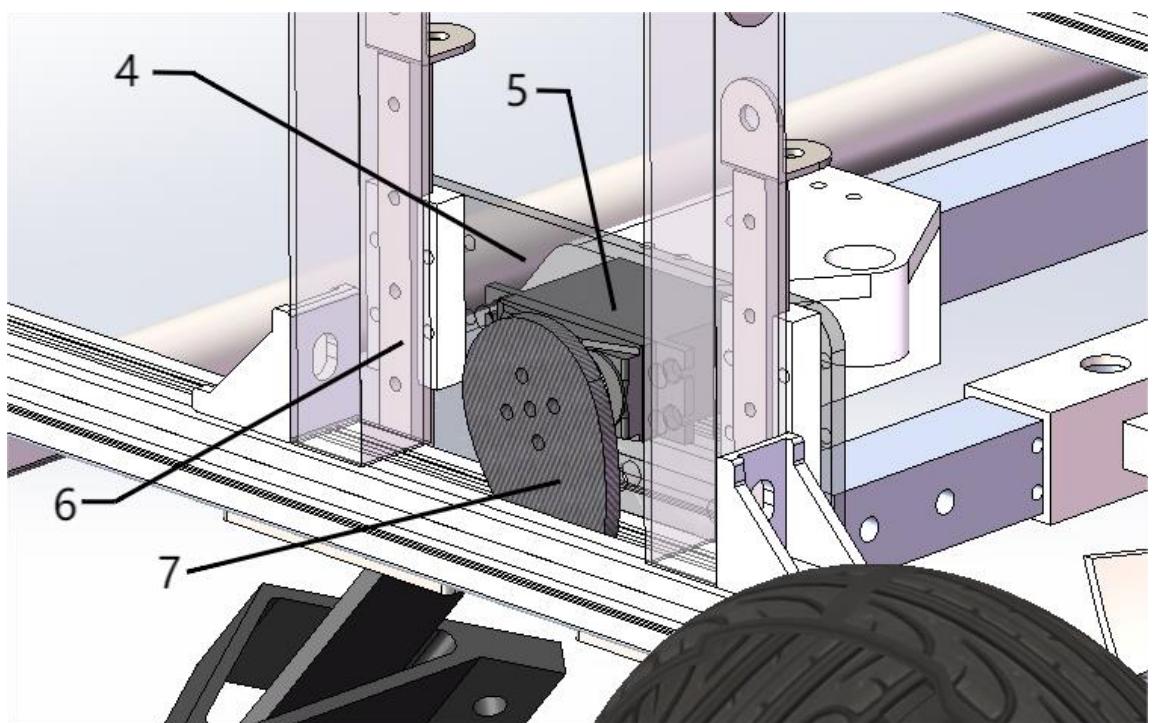


图 3-8 凸轮升降装置

### 3.5 覆土机构

如图 3-9 所示，覆土机构由覆土器 1、覆土器固定件 2 以及一根长度为 724mm 的 20mm×20mm 的铝管 3 组成。覆土器 1 通过覆土器固定件 2 固定在铝管 3 上。与开沟机构类似，铝管 3 被固定件固定在舵机固定板上，通过凸轮的转动完成升降。覆土器 1 特殊的形状能最大程度地将开沟器开出的土向前推动。在播种和施肥后，覆土机构将土壤覆盖在种子和肥料上，为薏米种子的生长提供适宜的环境。

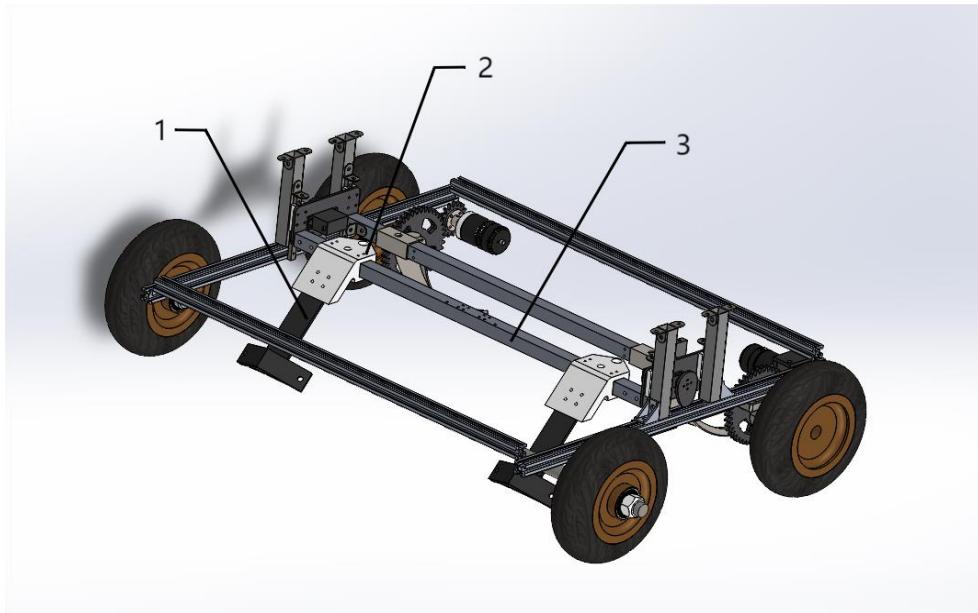


图 3-9 覆土机构

### 3.6 行进机构

如图 3-10 所示，行进机构是“薏”帆“丰”顺-薏米自动播种施肥机的动力来源，主要由 8 寸车轮 1、20mm 轴 2、内径 20mm 轴承座 3 和前轮驱动系统 4 组成。后轮由两个 8 寸车轮 1 通过轴 2 连接，并将轴 2 用 20mm 轴承座 3 固定在车架上。如图 3-11 所示，前轮驱动系统包括 8 寸车轮 5、止推环 6、内径 15mm 轴承座 7、内径 10mm 外径 16mm 法兰联轴器 8、40×2.75 的圆柱齿轮 9、内径 10mm 轴承座 10、17×2.75 的圆柱齿轮 11、电机固定件 12、3508 电机 13。其中

8寸车轮 5、止推环 6、内径 15mm 轴承座 7、内径 10mm 外径 16mm 法兰联轴器 8、  
40×2.75 的圆柱齿轮 9、内径 10mm 轴承座、止推环 11 用一根直径 10mm 长 250mm  
的轴连接起来。3508 电机 13 用电机固定件 12 固定在车架上，电机轴用法兰联  
轴器与 17×2.75 的圆柱齿轮 11 相连。电机运转时，带动圆柱齿轮 11 转动，与  
圆柱齿轮 11 相连的 140×2.75 的圆柱齿轮 9 同时转动，带动与之用法兰联轴器  
8 相连的 10mm 光轴前轮 5 转动，驱动薏米播种施肥机向前行进。齿轮 9 和齿轮  
11 之间设定好的传动比能将 3508 电机轴的转动减速后传递给驱动轮，保证并维  
持薏米播种施肥机以合适的速度行进。贯穿大半个驱动系统的直径 10mm 光轴被  
内径 15mm 轴承座 7 固定在车架上，紧挨着轴承座 7 的内径 10mm 外径 15mm 的法  
兰轴承 12 填补了 10mm 轴与轴承座 7 之间的空隙。止推环 6 固定了轴的位置，  
以免零件的移动而导致机器无法正常工作。整个薏米播种施肥机的主要动力源  
3508 电机 13 与其他零件组成了前轮驱动系统，其运转时通过两个齿轮设定好的  
传动比减速后传递给两个前轮，从而带动后轮和整车向前行进。行进机构的设  
计考虑了田间地形、土壤条件等因素，确保机器稳定、高效地作业。

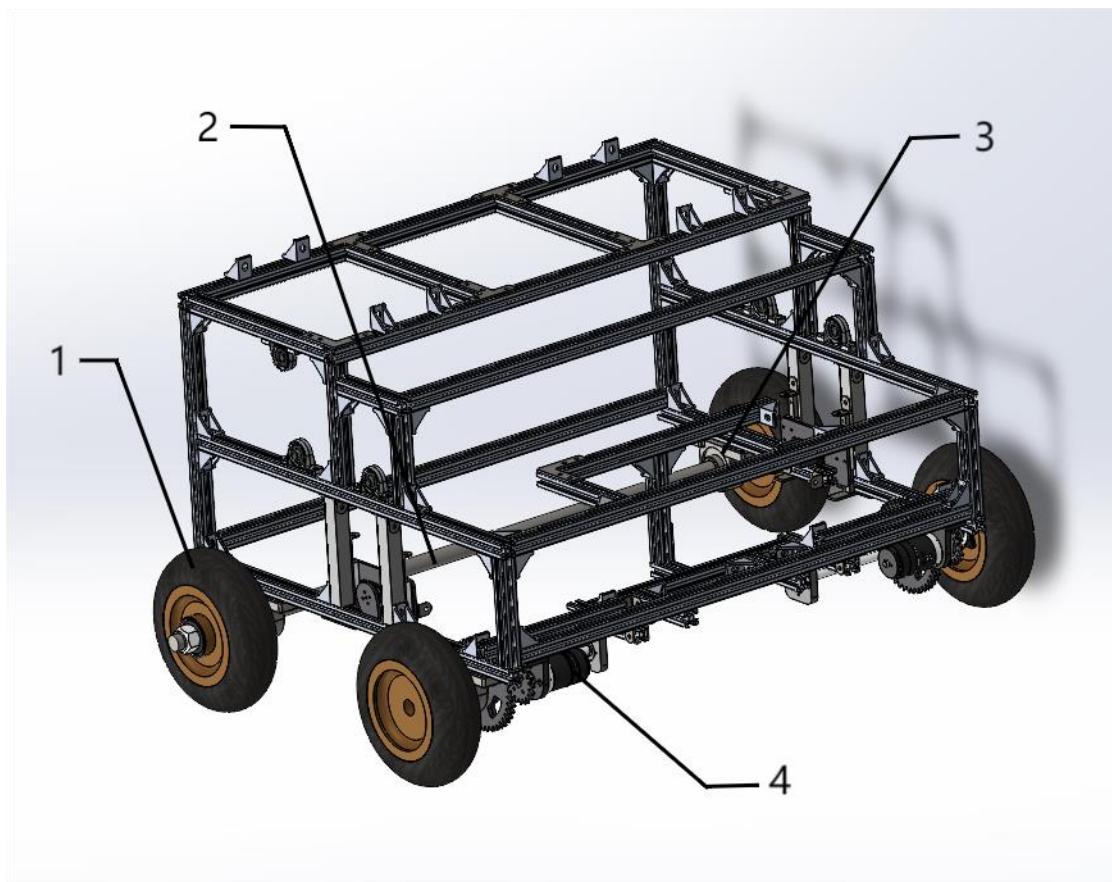


图 3-10 行进机构

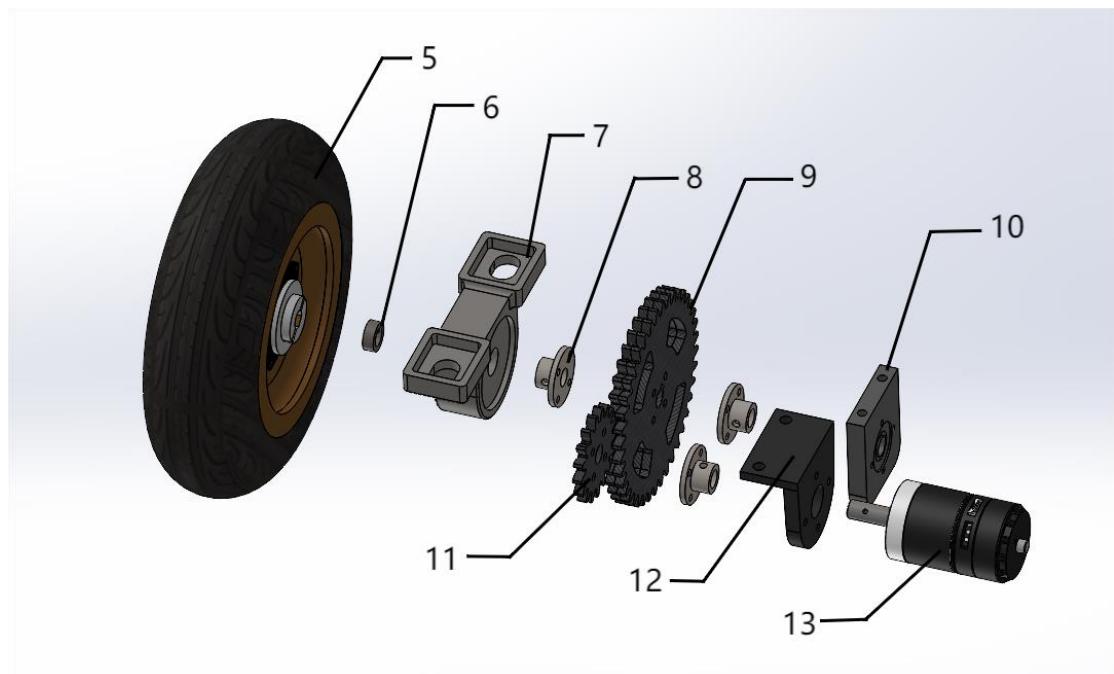


图 3-11 前轮驱动系统

### 3.7 联动设计

如图 3-12 所示，薏米自动播种施肥机利用皮带进行联动设计。同步带 1 将行进机构与播种机构联动，二者相连的皮带轮的齿数分别为 50 和 25，齿数比为 2:1。同步带 2 将播种机构与施肥机构联动，二者相连的皮带轮的齿数均为 40 齿数比为 1:1。整个薏米自动播种机的联动设计将行进机构、播种机构和施肥机构依次联动，经过一定量的计算，其相连皮带轮的传动比设置为 2:1:1，八寸轮胎的周长为 63.84cm，而薏米播种的间距为 15cm，因此轮胎转一圈，利用齿轮比带动播种器旋转两周，播种器旋转两周可以连续播种 8 颗薏米种子，且保证了薏米种子的间距为 15cm，以及在播种的同步施一定量的肥料和撒入少量水，确保薏米种子播入泥土中能拥有生长最合适的条件。

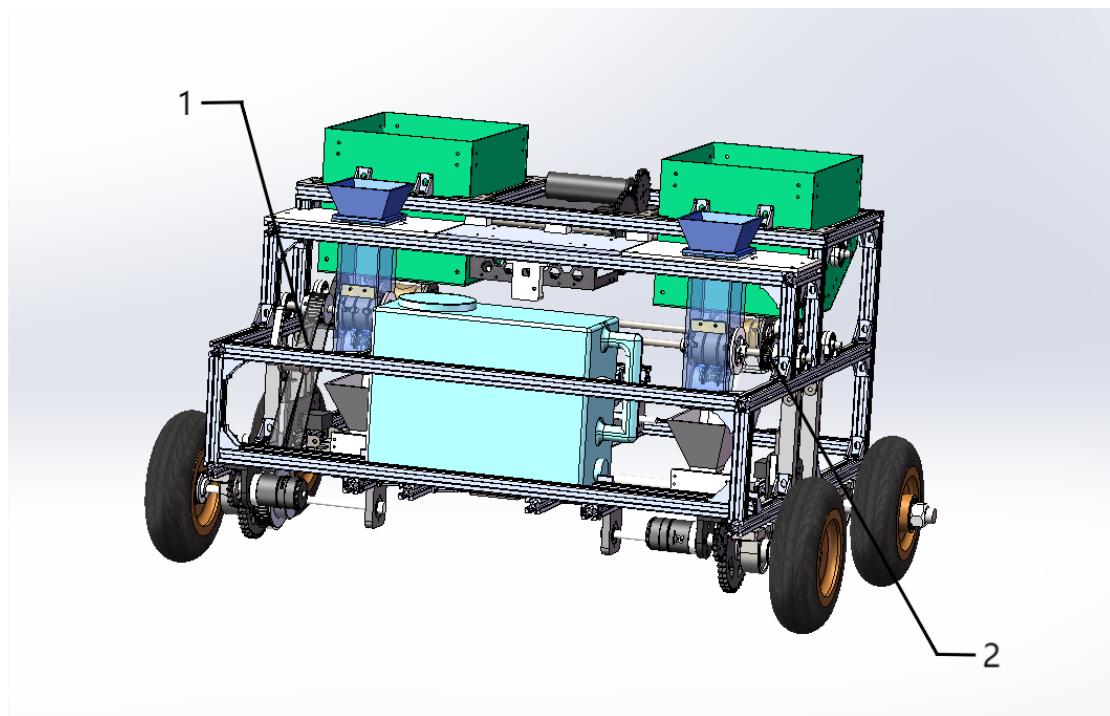


图 3-12 皮带轮联动系统

### 3.7.1 皮带传动优点

- 1、缓冲减震：皮带传动可以减轻传动过程中的冲击和振动，保护传零部件；
- 2、噪音低：皮带传动在工作时噪音较小，适用于对噪音要求较高的场合；
- 3、维护成本低：皮带传动的零部件相对较简单，维护和更换成本较低；
- 4、传动效率高：皮带传动的传动效率通常在 95%以上，能够有效地传递动力；
- 5、安装调整方便：皮带传动的安装和调整相对容易，可以快速进行维护和更换；
- 6、传动比范围广：皮带传动可以实现较大的传动范围，适用于不同场合。

## 四、控制系统

### 4.1 硬件选型

控制方面硬件由主控（STM32F446 达妙开发板）一块（图 4-1）、ESP32wifi-蓝牙核心板一块（图 4-2），大疆 M3508 减速电机 2 个（图 4-3），大疆 C620 电调（图 4-4）24v5300cc 格氏电源一块（图 4-5）、1 路 5V 电磁继电器一个（图 4-6），24V-MD36 带编码器电机直流减速电机（图 4-7），分电板一块，分 can 板一块，线材若干。



图 4-1



图 4-2



图 4-3



图 4-4

5300mAh-45C-11.1V-3S1P-XT60 5300mAh-45C-14.8V-4S1P-XT60  
插头: T插、XT60 插头: T插、XT60  
放电线: 16#出80mm,硅胶线 放电线: 16#出80mm,硅胶线  
充电线: 22#出45mm,硅胶线 充电线: 22#出45mm,硅胶线  
尺寸(H\*W\*L): 尺寸(H\*W\*L):  
24\*48\*158mm 32\*48\*158mm  
重量 (±15g) : 375g 重量 (±15g) : 485g

5300mAh-30C-22.2V-6S1P-XT60  
插头: XT60  
放电线: 12#出100mm,硅胶线  
充电线: 22#出55mm,硅胶线  
尺寸(H\*W\*L):  
56\*44\*142mm  
重量 (±15g) : 660g

5300mAh-45C-25.9V-7S1P-XT60  
插头: XT60, 可定制  
放电线: 16#出80mm,硅胶线  
充电线: 22#出45mm,硅胶线  
尺寸(H\*W\*L):  
54\*48\*158mm  
重量 (±15g) : 815g

图 4-5



图 4-6



图 4-7

## STM32F446 达妙开发板

主控芯片是 STM32F446RCT6，该开发板是一款面向机器人控制的主控，具备防反接和缓启动等多重防护。该主控具备两个 CAN 接口、两个高速 RS485 接口、一个 USB 接口、以及 SBUS、PWM 等丰富接口（图 4-1）。

### 5300mAh-6s 锂铂电池

我们采用 24v 格氏电池是因为它拥有高倍率、大功率、低内阻和爆发力强的特点，这些特性使得我们农机的三个需要大功率、高倍率和强爆发力的电机控制提供了强大有力并且持久的电源系统。并且其使用安全稳定，即使在高速充电的情况下，也能保持超低内阻，保证了电池的使用寿命和安全性。（图 4-5）

### 5V 继电器

由于我们采用的 24V 直流减速电机作为搅拌装置的驱动，所以我们使用了一个 5V 继电器作为开关。方便对电机的控制。（图 4-6）

## 4.2 控制原理及部分重要代码展示

1. 主控 can 通信对 m3508 进行速度&位置闭环控制，作为驱动轮，同时传动给播种装置严格控制种子下落速度。
2. 主控 gpio 输出引脚控制 5V 浇水装置启停。
3. 主控 gpio 输出引脚控制 5v 继电器开合，继而驱动 24V 直流电机控制使肥料和种子充分混合均匀。
4. 主控与 esp32\_8266 控制板通过串口 dma 通信控制整机。

3508 电机 can 通信滤波器以及 can 发送函数配置以及 pid 算法如图 4-8

```
58 /*  
59 * @brief CAN滤波器初始化  
60 * @param[in] void  
61 * @retval none  
62 */  
63 void CAN_Filter_Init(void)  
64 {  
65     CAN_FilterTypeDef can_filter_st;  
66     can_filter_st.FilterActivation = ENABLE;  
67     can_filter_st.FilterMode = CAN_FILTERMODE_IDMASK;  
68     can_filter_st.FilterScale = CAN_FILTERSCALE_32BIT;  
69     can_filter_st.FilterIdHigh = 0x0000;  
70     can_filter_st.FilterIdLow = 0x0000;  
71     can_filter_st.FilterMaskIdHigh = 0x0000;  
72     can_filter_st.FilterMaskIdLow = 0x0000;  
73     can_filter_st.FilterBank = 0;  
74     can_filter_st.FilterFIFOAssignment = CAN_RX_FIFO0;  
75     HAL_CAN_ConfigFilter(&hcan1, &can_filter_st);  
76     HAL_CAN_Start(&hcan1);  
77     HAL_CAN_ActivateNotification(&hcan1, CAN_IT_RX_FIFO0_MSG_PENDING);  
78  
79     can_filter_st.SlaveStartFilterBank = 14;  
80     can_filter_st.FilterBank = 14;  
81     HAL_CAN_ConfigFilter(&hcan2, &can_filter_st);  
82     HAL_CAN_Start(&hcan2);  
83     HAL_CAN_ActivateNotification(&hcan2, CAN_IT_RX_FIFO0_MSG_PENDING);  
84 }  
85  
58 void CAN_Transmit_Messages_Byt(CAN_HandleTypeDef *hcan, uint16_t ID, uint8_t data0, uint8_t data1,  
59     uint8_t data2, uint8_t data3, uint8_t data4, uint8_t data5, uint8_t data6, uint8_t data7)  
60 {  
61     uint32_t TxMailbox;  
62     CAN_TxHeaderTypeDef TxHeader;  
63     uint8_t TxMessage[8];  
64  
65     TxHeader.StdId = ID;  
66     TxHeader.ExtId = ID;  
67     TxHeader.IDR = CAN_ID_STD;  
68     TxHeader.RTR = CAN_RTR_DATA;  
69     TxHeader.DLC = 8;  
70     TxMessage[0] = data0;  
71     TxMessage[1] = data1;  
72     TxMessage[2] = data2;  
73     TxMessage[3] = data3;  
74     TxMessage[4] = data4;  
75     TxMessage[5] = data5;  
76     TxMessage[6] = data6;  
77     TxMessage[7] = data7;  
78  
79     HAL_CAN_AddTxMessage(hcan, &TxHeader, TxMessage, TxMailbox);  
80 }
```

```

319 /**
320  * @brief 速度控制
321  * @param None
322  * @retval 速度PID的输出
323 */
324
325 float VelPidCtrl(VelCtrType *velPid)
326 {
327     /******速度环PID******/
328     velPid->velErr = velPid->desiredVel[SORT] - velPid->speed;
329     //积分累加
330     velPid->iOut += velPid->ki * velPid->velErr;
331     //积分限幅
332     velPid->iOut = MaxMinLimit(velPid->iOut, velPid->maxOutput);
333     //计算输出
334     velPid->output = velPid->kp * velPid->velErr + velPid->iOut;
335     //输出限幅
336     velPid->output = MaxMinLimit(velPid->output, velPid->maxOutput);
337
338     return velPid->output;
339 }
340

```

图 4-8

测试喷洒装置以及搅拌装置如图 4-9

```

14     void key()
15 {
16     if(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOA, GPIO_PIN_15)==GPIO_PIN_RESET)
17     {
18         osDelay(100);
19         if(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOA, GPIO_PIN_15)==GPIO_PIN_SET)
20         {
21             if(i==0)
22             {
23
24                 SetSpeed(0, k*5.0f);
25                 SetSpeed(1, k*5.0f);
26                 HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_8, GPIO_PIN_SET); //喷水装置
27                 HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_9, GPIO_PIN_SET); //5v继电器
28                 while(HAL_GPIO_ReadPin(GPIOA, GPIO_PIN_15)==GPIO_PIN_RESET);
29                 i++;
30                 k++;
31             }
32             else if(i!=0)
33             {
34                 HAL_GPIO_WritePin(GPIOC, GPIO_PIN_9, GPIO_PIN_RESET);
35                 SetSpeed(0, 0);
36                 SetSpeed(1, 0);
37                 i=0;
38             }
39         }
40     }
41 }
42

```

图 4-9

任务判断如图 4-10

```

94 /**
95  * @brief singal(uint8_t buff[])
96 */
97 switch(buff[7])
98 {
99     case 'a'://停车
100    //left_vel =0;
101    //right_vel =0;
102    break;
103    case 'r'://右拐
104    //left_vel =-2000;
105    //right_vel =0;
106    break;
107    case 'l'://左拐
108    //left_vel =0;
109    //right_vel =-2000;
110
111    case '1'://停车
112    //right_vel =0;
113    break;
114    case '2'://右拐
115    //left_vel =0;
116    //right_vel =-2000;
117    break;
118
119    case '3'://左拐
120    //left_vel =0;
121    //right_vel =-2000;
122    break;
123
124
125
126
127
128
}

```

图 4-10

通过与 esp32 在线通信，通过手机网页来控制和监察车辆，来实现物联网控制  
如图 4-11

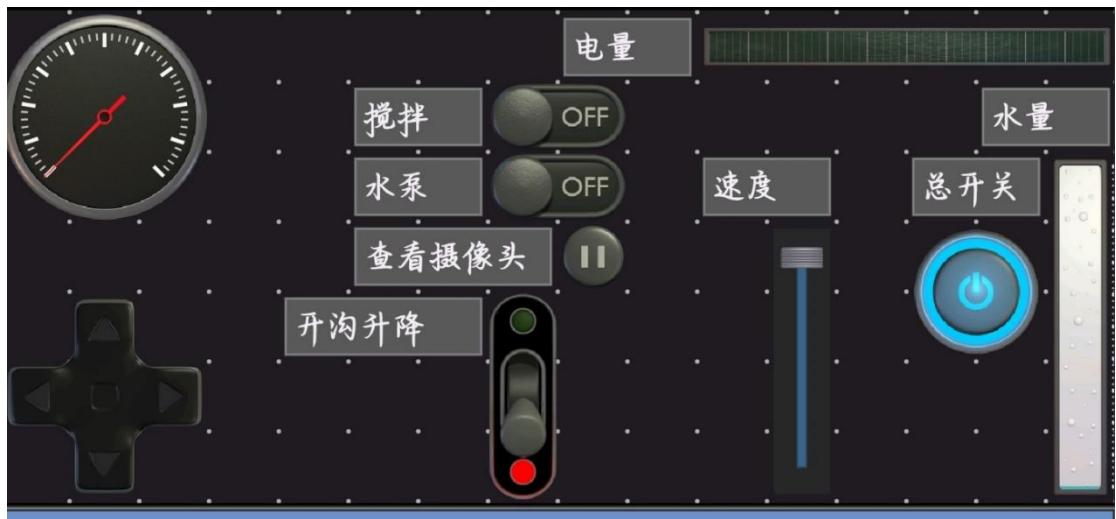


图 4-11

## 五、选型计算

### 5.1 电机选型计算

“薏”帆“丰”顺满载状态重量  $M=125\text{kg}$ , 取轮胎与土地的摩擦系数  $\mu=0.5$ , 电机带动小齿轮  $z_1=17$ , 由小齿轮带动大齿轮  $z_2=40$ , 传动比  $i \approx 2.3$  大齿轮与车轮同角速度旋转, 齿轮传动效率  $\eta=98\%$ , 初定农机最大匀速为  $0.2\text{m/s}$ , 加速时间  $1\text{s}$ .

匀速时的驱动力计算为:

$$F_{\text{匀}} = Mg \times \mu = 625\text{N}$$

匀速时电机的扭矩为:

$$T_{\text{匀}} = F_{\text{匀}} \times r / i \times \eta = 5.5\text{N}\cdot\text{m}$$

经分析, 加速启动的驱动力为:

$$F_{\text{加}} = F_{\text{匀}} + Ma = 650\text{N}$$

则加速时电机的扭矩为:

$$T_{\text{加}} = F_{\text{加}} \times r / i \times \eta = 5.7\text{N}\cdot\text{m}$$

其中产品时一台两驱农机, 由两个电机同时为“薏”帆“丰”顺提供动力, 因此可以选择两个同为额定扭矩  $4\text{N}\cdot\text{m}$ , 最大扭矩  $5\text{N}\cdot\text{m}$  的电机, 为后续提高农机播种速度留有余量。

### 5.2 同步带选型

“薏”帆“丰”顺由其传动机构, 实现对播种和施肥的精确控制, 因此同步带的选型与电机选型的重要性不分伯仲。机器以电机为主动件带动车轮车轴旋转, 依靠同步带传递到播种机构上所穿的  $10\text{mm}$  钢轴, 再由播种机构的钢轴传递到施肥机构的  $10\text{mm}$  钢轴上, 实现对播种施肥机构的运转与控制。

其中车轮周长约为  $60\text{cm}$ , 播种器与施肥器旋转一周会进行播种施肥两次, 然薏米最佳播种间距应为  $15\text{cm}$ , 种子和肥料同时进行, 由此易得, 车轮车轴与播种机构上的钢轴传动比  $i_1=2$ , 播种机构与施肥机构则为  $1:1$  传动, 传动比  $i_2=1$ .

行进部分处

同步带张力计算:

$$F = \mu \times Mg$$

同步带功率计算:

$$P = Fv$$

取工况系数  $K_a=1.5$ , 则设计功率:

$$P_d = K_a \times P$$

通过查表确定同步带的带型为 5M, 节距为 5mm, 其中小带轮齿数  $z_1=25$ , 大带轮齿数  $z_2=50$ , 分别求得带轮节圆直径为  $d_1=39.79\text{mm}$ ,  $d_2=79.58\text{mm}$ , 初定轴间距为 273, 经计算得带长  $L=734.96\text{mm}$ , 取带宽为 20mm。

### 5.3 凸轮设计

凸轮设计运用在“薏”帆“丰”顺两处地方, 分别是由凸轮对开垦机构和覆土机构进行抬升, 其次便是控制浇水机构的开关。

浇水机构处凸轮设计:

推程角  $\Phi=105^\circ$ , 远休止角  $\Phi_s=90^\circ$ , 回程角  $\Phi'=105^\circ$ , 近休止角  $=60^\circ$ , 从动件的行程  $h=24\text{mm}$ , 基圆半径  $r_0=18\text{mm}$ , 滚子半径  $r_r=2.5\text{mm}$ , 偏心距为 0。

压力角表达式  $\alpha = \arctan \frac{\frac{ds}{d\varphi}}{r_0 + s}$

实际轮廓坐标  $\begin{cases} x = (r_0 + s) \sin \varphi \\ y = (r_0 + s) \cos \varphi \end{cases}$

位移  $s$  与运动角  $\varphi$  的关系式

$$\begin{cases} s = h \left( \frac{10}{\Phi^3} \varphi^3 - \frac{15}{\Phi^4} \varphi^4 + \frac{6}{\Phi^5} \varphi^5 \right) & \varphi \in [0^\circ, \Phi] \\ s = 24 & \varphi \in [105^\circ, 195^\circ] \\ s = h - h \left( \frac{10}{\Phi'^3} (\varphi - 195) - \frac{15}{\Phi'^4} (\varphi - 195)^4 + \frac{6}{\Phi'^5} (\varphi - 195)^5 \right) & \varphi \in [195^\circ, 195 + \Phi'] \\ s = 0 & \varphi \in [300^\circ, 360^\circ] \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{理想轮廓坐标} \\
 X = x + r_r \frac{\frac{dy}{d\varphi}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2}} \\
 Y = y - r_r \frac{\frac{dx}{d\varphi}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{d\varphi}\right)^2 + \left(\frac{dy}{d\varphi}\right)^2}}
 \end{array} \right\}$$
  

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{实际轮廓速度关系式} \\
 \frac{dx}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} \sin \varphi + (r_0 + s) \cos \varphi \\
 \frac{dy}{d\varphi} = \frac{ds}{d\varphi} \cos \varphi - (r_0 + s) \sin \varphi
 \end{array} \right\}$$

位移速度  $ds/d\varphi$  与运动角  $\varphi$  的关系式

$$\left. \begin{array}{ll}
 \frac{ds}{d\varphi} = h \left( \frac{30}{\Phi^3} \varphi^2 - \frac{60}{\Phi^4} \varphi^3 + \frac{30}{\Phi^5} \varphi^4 \right) & \varphi \in [0^\circ, 105^\circ] \\
 \frac{ds}{d\varphi} = 0 & \varphi \in [105^\circ, 195^\circ] \\
 \frac{ds}{d\varphi} = -h \left( \frac{30}{\Phi'^3} (\varphi - 195) - \frac{60}{\Phi'^4} (\varphi - 195)^2 + \frac{30}{\Phi'^5} (\varphi - 195)^3 \right) & \varphi \in [195^\circ, 300^\circ] \\
 \frac{ds}{d\varphi} = 0 & \varphi \in [300^\circ, 360^\circ]
 \end{array} \right\}$$

## 5.4 传动齿轮设计

齿轮传动出现在本台农机两块区域，一块处于行进机构中，一处位于搅拌机构。

### 1. 行进机构处选精度等级、材料及齿数

- (1) 选择小齿轮材料为碳板雕刻，齿面硬度 280HRC。
- (2) 齿轮的三公差组精度为 7 级，齿厚上偏差为 f 级，齿厚下偏差为 1 级。
- (3) 选小齿轮齿数  $z_1 = 17$ ，大齿轮齿数  $z_2 = 40$ ，模数为 2.75。

### 2. 几何尺寸确定

- (1) 计算分度圆直径

$$d_1 = Z_1 m = 17 \times 2.75 = 46.75 \text{ mm}$$

$$d_2 = Z_2 m = 40 \times 2.75 = 110 \text{ mm}$$

## (2) 计算中心距

$$a_i = (d_1 + d_2) / 2 = (46.75 + 110) / 2 = 78.375 \text{ mm}$$

### 3. 校核齿根弯曲疲劳强度

#### (1) 齿根弯曲疲劳强度条件

$$\sigma_F = \frac{2K_F T_1 Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\epsilon}{\Phi_d^m n^{z_1}} \leq [\sigma_F]$$

#### (2) 确定公式中各个参数值

①计算弯曲疲劳强度重合度系数  $Y_\epsilon$

$$Y_\epsilon = 0.25 + 0.75 / \epsilon_a = 0.25 + 0.75 / 1.78 = 0.671$$

②由当量齿数，查图得齿形系数和应力修正系数

$$Y_{Fa1} = 2.49 \quad Y_{Fa2} = 2.14$$

$$Y_{Sa1} = 1.64 \quad Y_{Sa2} = 1.83$$

③计算实际载荷系数  $K_F$

由表查得齿间载荷分配系数  $K_{Fa} = 1.2$

根据  $K_{F\beta} = 1.347$ ，结合  $b/h = 14.67$  查图得  $K_{F\beta} = 1.339$

则载荷系数为

$$K_F = K_A K_V K_{Fa} K_{F\beta} = 1 \times 1.12 \times 1.2 \times 1.339 = 1.8$$

④计算齿根弯曲疲劳许用应力  $[\sigma_F]$

查得小齿轮和大齿轮的弯曲疲劳极限分别为  $\sigma_{Flim1} = 500 \text{ MPa}$ 、 $\sigma_{Flim2} = 420 \text{ MPa}$ ，

$\sigma_{Flim3} = 380 \text{ MPa}$  由图查取弯曲疲劳寿命系数  $K_{FN1} = 0.84$ 、 $K_{FN2} = 0.88$ 、 $K_{FN3} = 0.90$ 。

取安全系数  $S = 1.4$ ，得

$$[\sigma_F]_1 = \frac{K_{FN1} \sigma_{Flim1}}{S} = 300 \text{ MPa}$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{K_{FN1} \sigma_{Flim1}}{S} = 264 \text{ MPa}$$

$$[\sigma_F]_2 = \frac{K_{FN1} \sigma_{Flim1}}{S} = 244.3 \text{ MPa}$$

(3) 齿根弯曲疲劳强度校核

$$\sigma_{F1} = \frac{2K_F T_1 Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon}{\Phi_d m^3 z_1^2} \leq [\sigma_F]_1$$

$$\sigma_{F2} = \frac{2K_F T_1 Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon}{\Phi_d m^3 z_1^2} \leq [\sigma_F]_2$$

$$\sigma_{F3} = \frac{2K_F T_1 Y_{Fa} Y_{Sa} Y_\varepsilon}{\Phi_d m^3 z_1^2} \leq [\sigma_F]_3$$

齿根弯曲疲劳强度满足要求。

## 六、制作成本分析

总成本分析如表 5-1 所示：

名称	个数	单价	总价
带法兰挡边薄壁轴承（内径 35 外径 47 厚度 7）	8	8.51	69
KP000_10mm 立式轴承座	8	2.81	17.05
KP004_20mm 立式轴承座	4	3.8	15.2
不锈钢直角角踩（10 个）	5	2.3	24.5
T 型连接件	4	1	4
欧标铝管连接件	48	0.7	33.6
内 10 外 15 法兰轴承	4	1.3	5.2
10mm 光轴（740mm）	3	10	30
欧标铝管	1	70.56	70.56
开沟器	1	25	25
直流电机	1	50	50
八寸轮胎前轮	2	105	210
八寸轮胎后轮	2	25	50
内 10 外 16 法兰轴联器	14	4.5	63
内 8 外 16 法兰轴联器	2	4.5	9
前轮电机	2	150	300
种子桶	1	10	10
皮带轮	4	4.48	19.35
皮带	2	10	20
5L 水箱	1	13.45	13.45
橡胶密封圈	2	2.4	4.8
水管分流器	1	1.1	1.1
8mm 轴	1	10	10
后车轴	1	25	25
涨紧轮	2	14	28
皮带轮	3		58
涨紧环	4	2.9	11.6
水泵	1	19.88	19.88
小皮带	1	10	10
M20 螺母	2	3.24	6.48
低雾喷头	2	1.5	3

T型水管接头	1	1. 1	1. 1
覆土器	1	10	10
板材	10	3	30
电池	1	200	200
开发板	1	100	100
止推环	20	1	20
总计			1577. 87

表 5-1

## 七、创新点

### 7.1 自动化播种施肥技术

传统的薏米播种和施肥过程大多依赖人工完成，效率低下且易受天气、人为因素影响。薏米自动播种施肥机通过集成播种和施肥模块，实现了一体化作业，大大提高了作业效率。

### 7.2 精准定量控制

该机器能够根据土壤情况和薏米生长需求，进行精准的定量播种和施肥，既避免了资源的浪费，又保证了薏米生长所需的养分。

### 7.3 定量浇水系统

利用皮带轮带动凸轮结构来按压水管，来定量控制水的流量，使浇水和播种施肥同步进行。并且根据薏米种子生长的需要进行定量浇水，确保了薏米种子能够正常吸收肥料中的养分。

### 7.4 环保节能设计

该机器在设计上充分考虑了环保和节能需求，通过优化机械结构和动力系统，利用皮带和链条联动，实现播种，施肥和浇水同步，减少了电机的使用，并且减少了对环境的污染和能源的消耗。

### 7.5 智能化管理与控制

如图 7-1 结合物联网技术和数字孪生技术，该机器能够实现通过网页远程控制和管理，方便用户随时掌握机器作业状态。



图 7-1

## 八、应用前景分析

随着科技的不断进步和农业现代化的快速发展，将自动播种、施肥和定量浇水于一体的薏米自动播种施肥机正逐渐成为农业生产中的重要工具。这种现代化农业机械设备的应用前景十分广阔，主要表现在以下几个方面：

### 8.1 提高生产效率

薏米自动播种施肥机能够自动化完成播种、施肥和浇水等作业，显著提高了农业生产效率。相较于传统的人工操作方式，机器作业不仅速度更快，而且能够减少人为因素导致的误差，提高播种的均匀性和施肥的精准度。

### 8.2 降低成本

使用薏米自动播种施肥机可以降低农业生产成本。机器作业减少了人力投入，降低了劳动力成本，同时减少了农业生产过程中的浪费，如种子的浪费、肥料的过量使用等。此外，机器的使用还可以减少因人为因素导致的作物损失，进一步提高经济效益。

### **8.3 促进农业规模化发展**

随着农业现代化的推进，农业规模化发展成为必然趋势。薏米自动播种施肥机能够适应大规模薏米种植的需求，为农业规模化发展提供有力支持。机器作业的高效性和精准性使得农业生产更加集中和高效，有助于推动农业生产的规模化、集约化发展。

### **8.4 提高产品品质**

薏米自动播种施肥机通过精准播种、施肥和浇水，为薏米生长提供了良好的生长环境，有利于提高薏米的产品品质。精准的作业方式可以减少因人为因素导致的品质差异，提高产品的均匀性和一致性，使薏米更符合市场需求。

### **8.5 推动农业现代化进程**

薏米自动播种施肥机的应用是农业现代化进程中的重要一环。随着机器换人趋势的加速推进，农业机械化、智能化水平不断提高，薏米自动播种施肥机将在农业生产中发挥更加重要的作用。机器的普及使用将推动农业生产的转型升级，促进农业现代化的全面发展。

## 九、作品后期设计构想

后期决定加入：

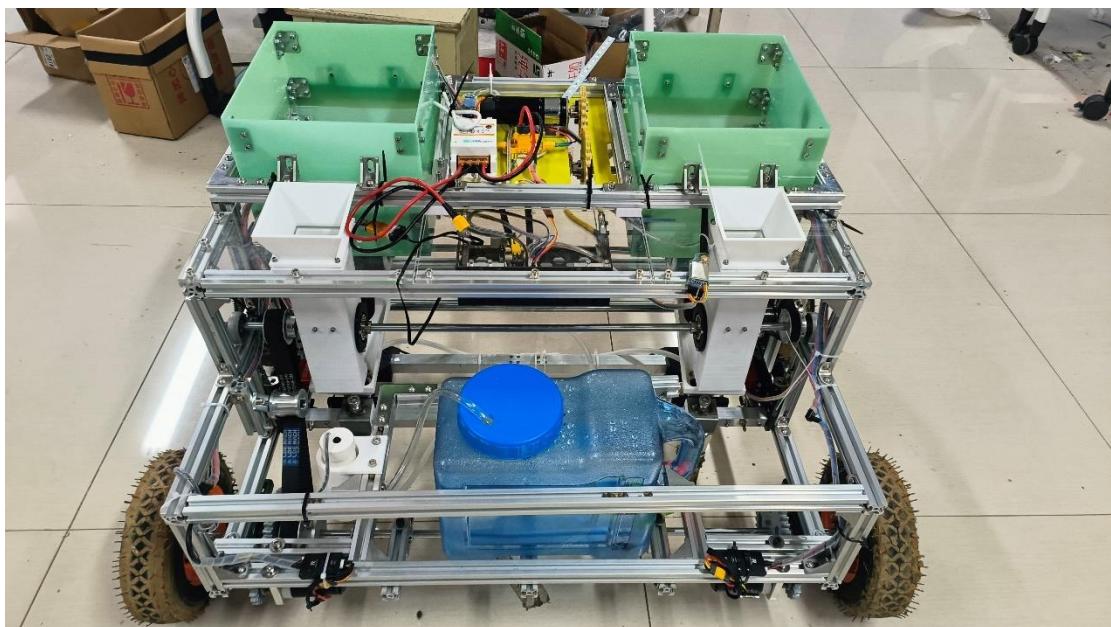
5G 通信技术的应用通过集成 5G 通信技术，薏米自动播种施肥浇水机可以实现与云端服务器的实时数据传输和交互。一方面，机器可以将作业数据、环境参数等信息实时上传至云端，供农户或农业专家进行分析和决策；另一方面，云端服务器可以根据实时数据为机器提供最优的作业策略和调整指令，实现真正的智能化、自适应作业。

GPS 定位系统的应用 GPS 定位系统的引入将为薏米自动播种施肥浇水机提供精确的定位功能。机器可以根据 GPS 信号确定自身的位置，从而实现精准导航和作业。此外，通过与地图数据的结合，机器还可以对作业区域进行精确划分，确保每一块土地都能得到均匀、高效的作业处理。

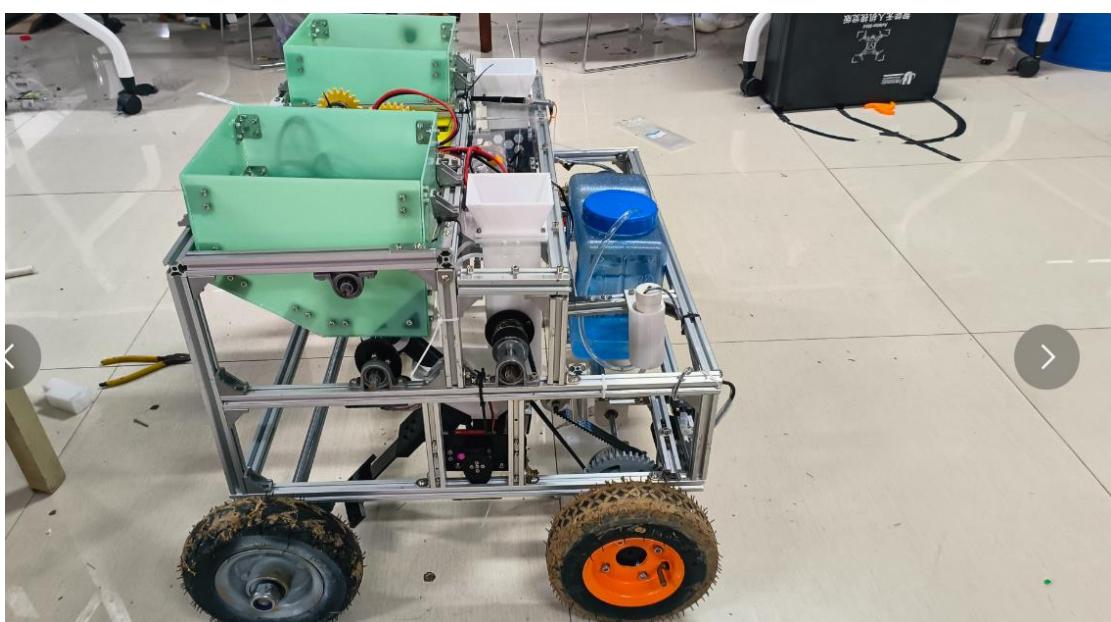
自动规划路线功能基于 GPS 定位和地图数据，薏米自动播种施肥浇水机应具备自动规划路线的能力。机器可以根据作业需求和土地状况，自动计算出最优的作业路线，确保在有限的时间内完成最大面积的作业任务。同时，机器还可以根据实时环境数据进行路线调整，以应对不同的作业场景和需求。三、技术实现为实现上述功能，需要集成多种先进技术和设备，包括 5G 通信模块、GPS 接收器、地图数据处理单元、控制算法等。此外，还需要建立完善的云端服务器和数据分析平台，以实现与机器的实时交互和数据处理。

## 附件资料

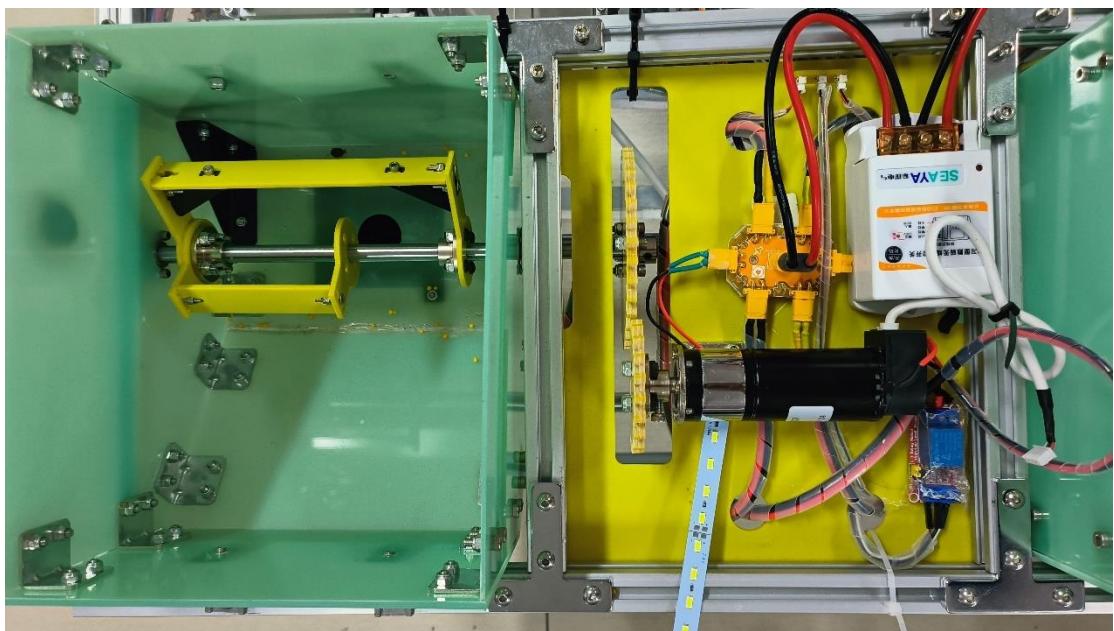
### 附件 1：作品实物图



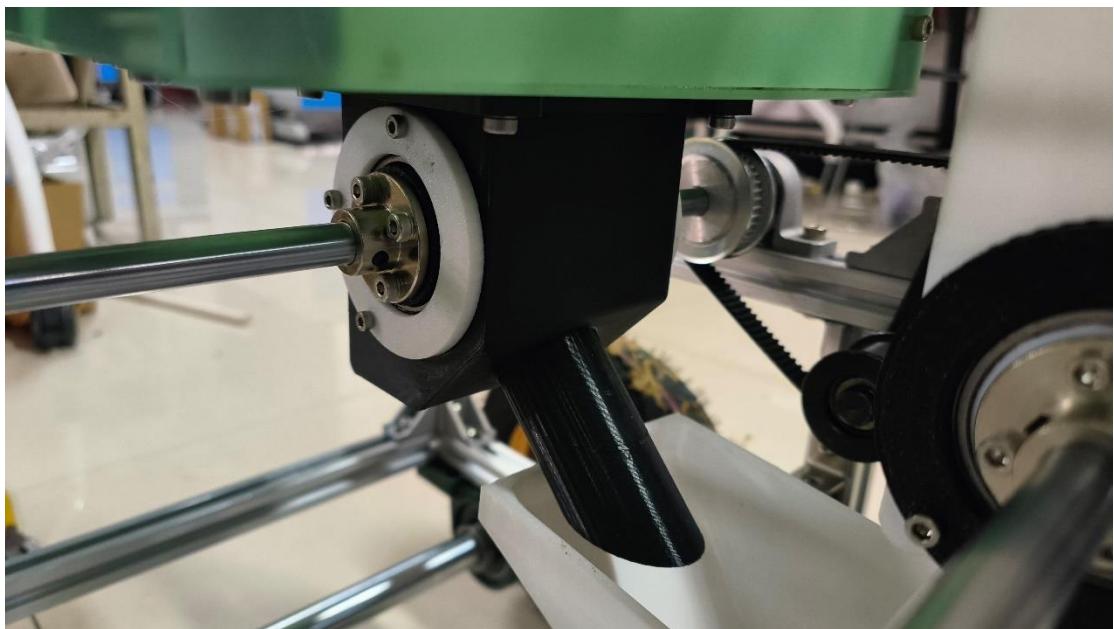
作品展示视角 1



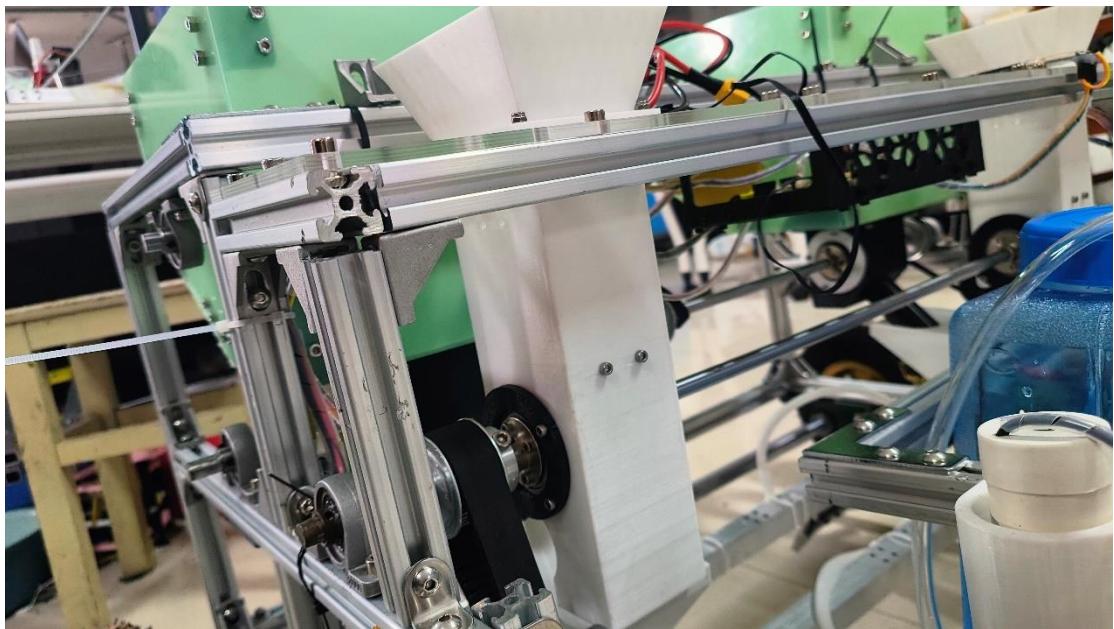
作品展示视角 2



搅拌机构



施肥机构



播种机构



开沟机构



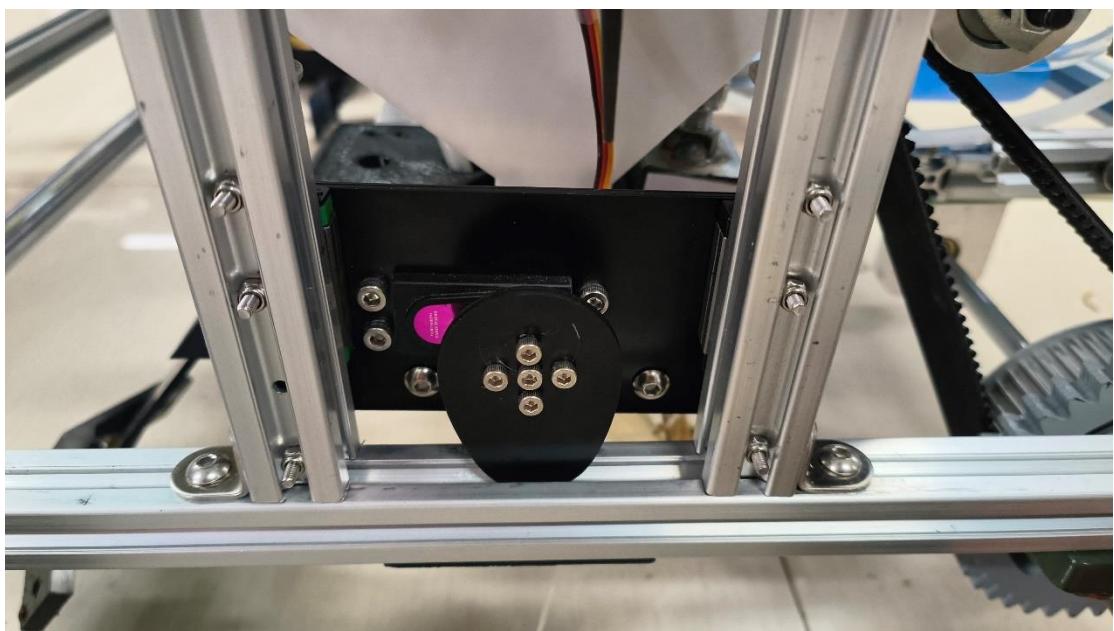
覆土机构



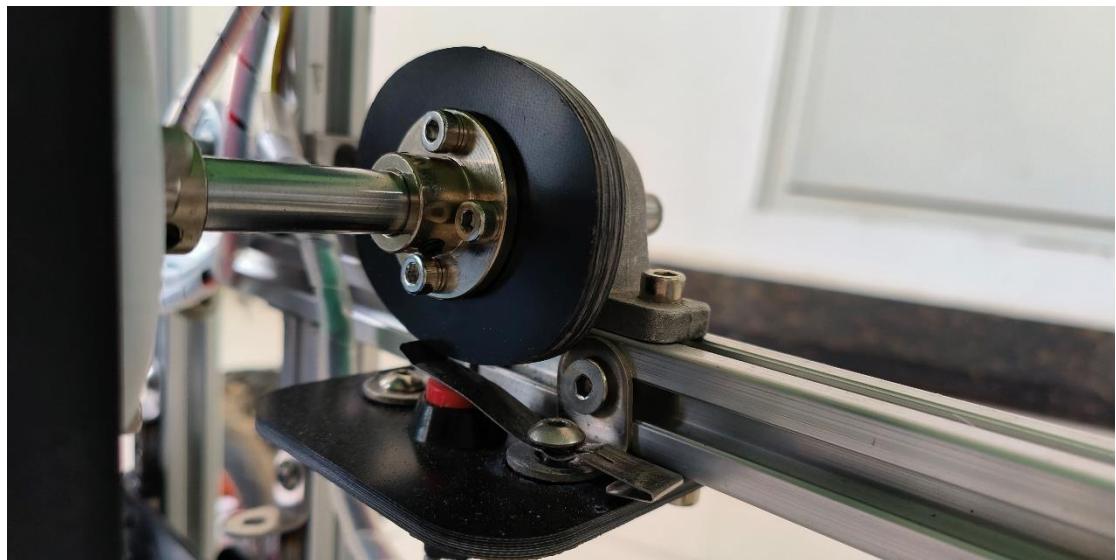
行进-播种传动



播种-施肥传动



凸轮抬升机构



凸轮控制浇水机构