



Using a 52-58 motor driver chip and  
Hall-Collector Control (HCC), the  
RoboMaster C630 Brushless DC Motor Speed  
Controller enables precise control over motor  
torque.

Expressly designed for the RoboMaster  
M630S P18 Brushless DC Motor and  
C630 Brushless DC Motor Speed Controller,  
the M630S Accessories Kit includes several  
pins and a terminal board.

RoboMaster Specification Manual,  
RoboMaster User Manual, Introduction  
of RoboMaster Module

The M630S Accessories Kit includes several  
pins and a terminal board, which is  
completely compatible with other RoboMaster  
modules.

# ROBOMASTER 2021

## 华南农业大学Taurus战队

# 工程机器人技术报告



# 目录

<b>1.产品定位及方案分析 .....</b>	<b>3</b>
1.1 战术定位 .....	3
1.2 主要思路 .....	3
1.3 技术方案 .....	3
1.3.1 矿石处理 .....	3
1.3.2 矿石储存 .....	4
1.3.3 夹取，抬升方案 .....	4
<b>2.主要技术参数说明 .....</b>	<b>5</b>
2.1 机器人基本参数 .....	5
2.2 机器人执行器件及其说明 .....	6
<b>3.机械设计及工艺选择 .....</b>	<b>7</b>
3.1 模块化 .....	7
3.2 互换性 .....	9
3.3 可调性 .....	10
3.4 防反接设计 .....	12
3.5 封装性 .....	13
3.6 外观设计 .....	15
<b>4.嵌入式 硬件设计与选型 .....</b>	<b>16</b>
4.1 系统拓扑图 .....	16
4.2 核心板及底板设计介绍 .....	16
<b>5.嵌入式 软件设计 .....</b>	<b>19</b>
5.1 整车控制主要逻辑 .....	20
5.1.1 底盘任务逻辑 .....	21
5.1.2 抓取机构与抬升机构逻辑 .....	22
5.1.3 取矿逻辑 .....	23
5.1.4 CAN 信息发送任务 .....	23
5.1.5 裁判系统信息发送任务 .....	23



- 6.人机交互性设计.....24
  - 6.1 UI 设计.....24
  - 6.2 操作手键位设计 .....25
  - 6.3 LED 显示状态 .....25
- 7.研发调试工具说明 .....26
  - 7.1MDK-ARM 硬件仿真 .....26
  - 7.2 正点原子无线调试器 .....27
  - 7.3 串口上位机 .....27
- 8.总结.....28





# 1.产品定位及方案分析

## 1.1 战术定位

战场上能稳定给队伍带来经济，且能救援其他机器人，需要时作为队伍的“挡箭牌”的机器人。

## 1.2 主要思路

首先明确功能要求，区分功能实现优先级；

规则中工程可以实现的功能有金矿夹取，银矿夹取，地面矿夹取，矿石储存，矿石处理（矿石翻面），矿石兑换，救援，障碍块夹取，补大弹丸；

在机器构思阶段，障碍块夹取，补大弹丸的优先级是比较低的，其他都是必须的功能；

矿石夹取这里就是希望一个机构可以做完地面矿石，金矿银矿夹取，一是机构少节省空间，二是集成度高。

## 1.3 技术方案

### 1.3.1 矿石处理

矿石处理采用两个 2006，通过同步带带动同步带轮旋转，从而带动矿石翻面，如图 1

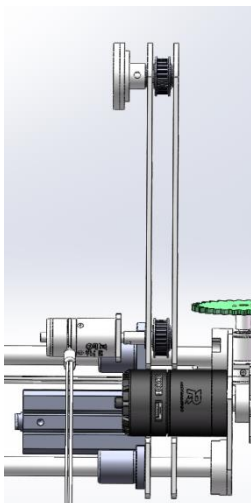


图 1-1 矿石处理模块图纸

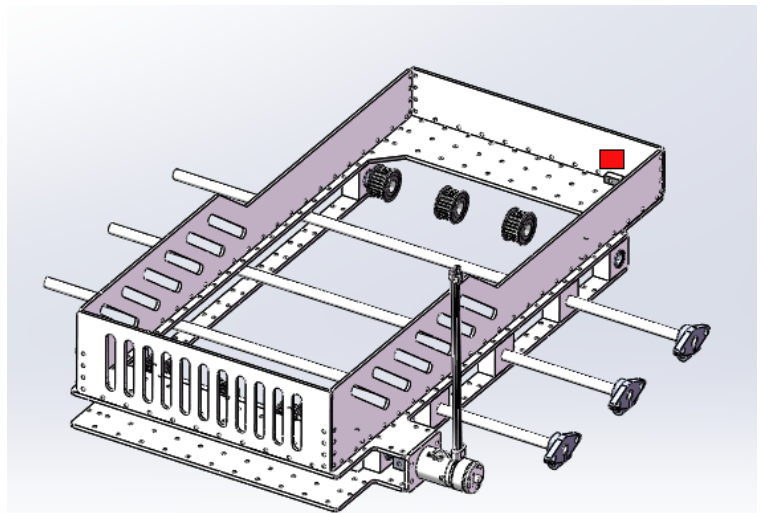


图 1-2 矿石储存模块图纸



### 1.3.2 矿石储存

矿石储存这方面设计了储存两个矿石，因为矿石在储矿仓里有不确定性，需要想办法让内部矿石确定，所以想到用同步带传输，矿石无论是一个还是两个，都只有往最后靠和往最前两种状态，同时，在图 2 红色矩形处安装激光测距模块，通过测量矿石与框体前端距离刷新矿石储存状态。

### 1.3.3 夹取，抬升方案

**夹取机构：**

区别于其他学校，我们没有使用滑车与铝管，而是碳管和直线导轨，更多地使用标准件，减少了装配的时间成本。

**抬升机构：**

因为在定位中就决定一个夹取机构要取地上矿石，金矿，银矿，并兑换矿石，处理的情况很多所以需要全电动。最初设计了三级抬升，一级气动两级电动，因为设计了一种没有旋转自由度的夹取机构，后来因为机器不够完美，改成两级电动，夹取机构也多了一个自由度。

1. 抬升上使用直线导轨，相比丝杆，滑车，光轴等方案体积相对小，装配也比较轻松，而且可以保证夹取机构去到低位可以夹取地面矿石

2. 采用齿轮齿条抬升是本机器一个创新点，本赛季工程的尺寸相对减小了很多，抬升上希望满足其它所有功能的情况下做的尽量小，且最初是三级抬升，就更需要空间上更好的规划与利用。

图 1-3、图 1-4 为夹取和抬升机构。

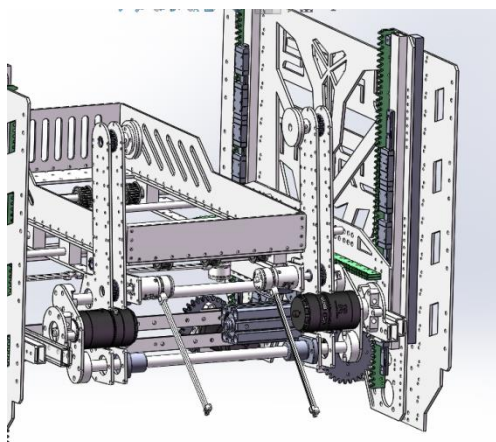


图 1-3 夹取模块图纸

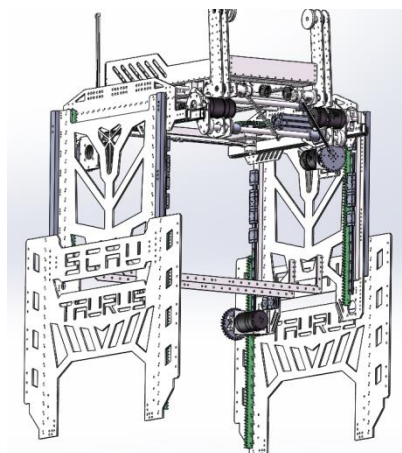


图 1-4 抬升模块图纸



## 2.主要技术参数说明

### 2.1 机器人基本参数

表 2-1 工程机械主要参数

重量	长	宽	高	变形后长	变形后宽	变形后高
33.6kg	592mm	592mm	590mm	990mm	592mm	980mm

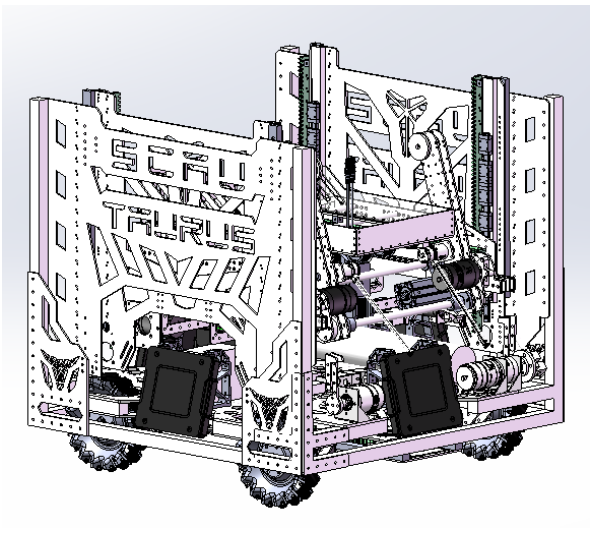


图 2-1 基础状态

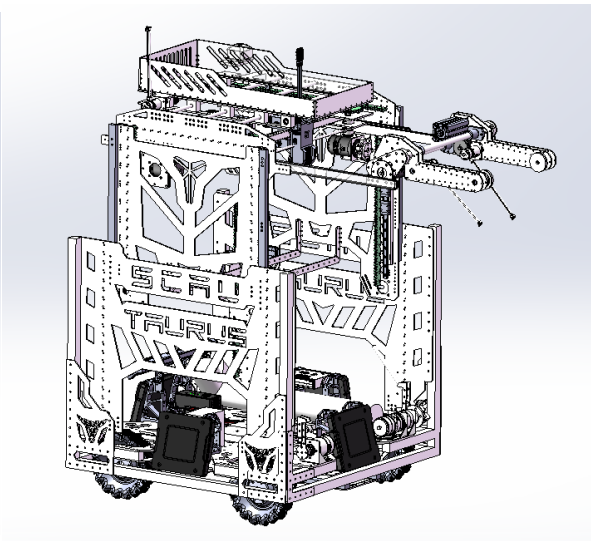


图 2-2 完全伸展状态

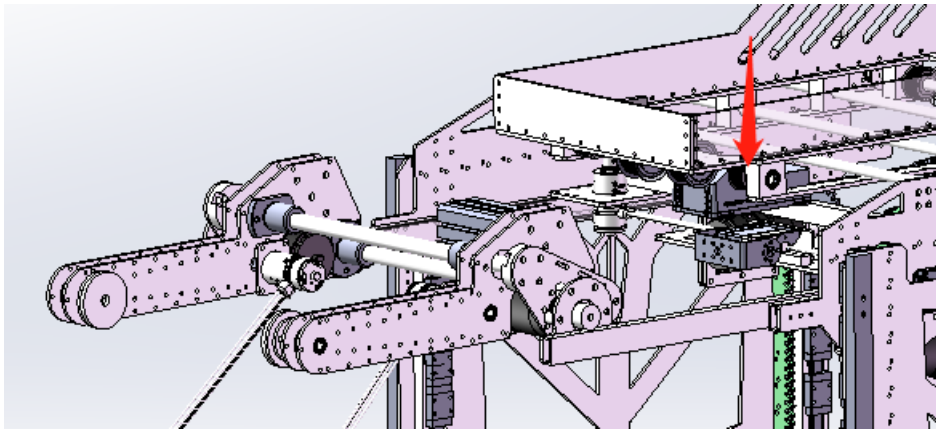


图 2-3 图传位置说明



## 2.2 机器人执行器件及其说明

表 2-2 工程机械主要参数

执行元件	数量/个	用途
薄型气缸	1 个	矿石夹取
3508 电机	2 个	夹矿机构翻转
3508 电机	2 个	一级抬升
3508 电机	2 个	二级抬升
3508 电机	2 个	机械救援、障碍块
3508 电机	4 个	底盘移动
2006 电机	2 个	矿石翻转
2006 电机	1 个	矿石储存
2006 电机	2 个	夹矿机构前伸
2006 电机	1 个	RFID 卡救援
舵机	1 个	图传视角变化

### 3.机械设计及工艺选择

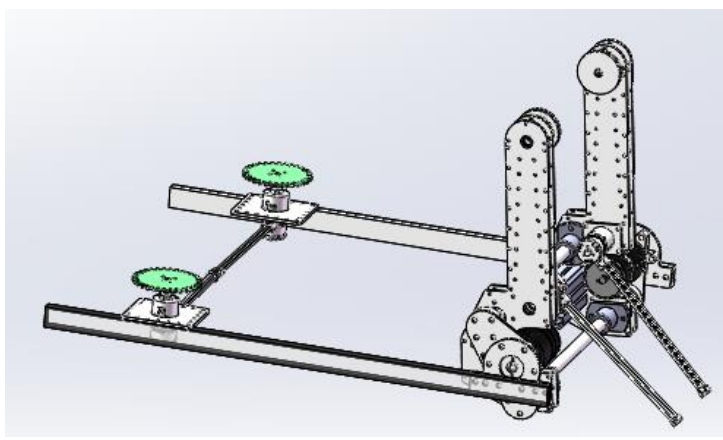
本赛季工程机器人强调各方面的性能，实现功能有金矿夹取，银矿夹取，地面矿夹取，矿石储存（2个），矿石处理（矿石翻面），矿石兑换，机械救援，RFID 救援，障碍块夹取；保证功能全面的同时保证了机构执行速度和整车强度；

同时选用较多标准件，如立式，卧式轴承座，直线轴承等，同时兼顾材料成本，较多使用玻纤板，部分零件选择碳板，铝管切割打孔均队内解决，节省时间和资金；除此之外，强调外观设计与功能协调，让整车不管是性能，走线，集成度，封装性，外观都在比较好的水平。

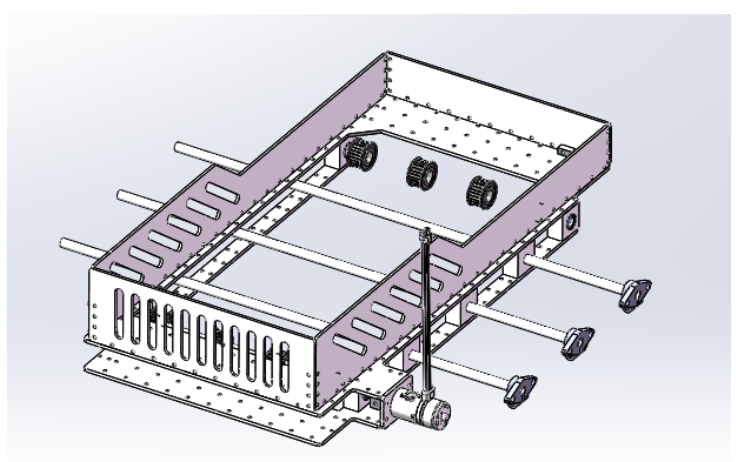
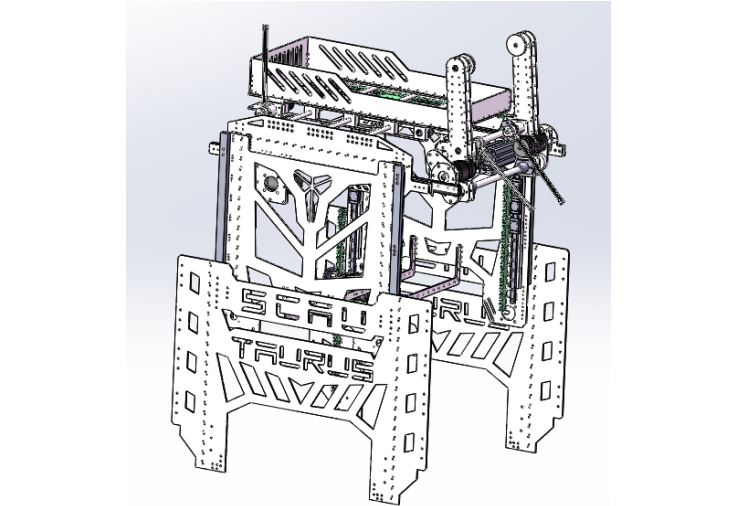

涉及机械设计性能要求具体如下：

#### 3.1 模块化

整车模块化程度高，分为夹取模块，储矿模块，抬升模块，底盘模块，图传模块，救援模块，障碍块机构；而模块化的设计让每个单独的模块更易于拆装、维修和优化。

 <p>图 3-1 夹取模块</p>	<p><b>功能：</b>矿石夹取功能</p> <p><b>矿石处理功能：</b>可以通过 2006 电机带动同步带轮旋转，从而带动矿石旋转，更好的矿石识别。</p> <p><b>性能：</b>可调性，集成度高，防反接；</p> <p><b>创新点：</b>矿石处理放在夹取上；使用光轴固定座，碳管，直线轴承，装配上轻松，成本较低，重量较轻，刚度足够；</p>
---	--



 <p>图 3-2 储矿模块</p>	<p><b>功能：</b> 矿石储存功能：放置两个矿石；</p> <p><b>矿石置位功能：</b> 通过 2006 电机和同步带，将矿石移动到储矿仓最前和最后；</p> <p><b>性能：</b> 可调性；互换性；</p> <p><b>创新点：</b> 用一个电机解决矿石位置问题；</p>
 <p>图 3-3 抬升模块</p>	<p><b>功能：</b> 两层抬升；</p> <p><b>性能：</b> 互换性；防反接；可调性；</p> <p><b>创新点：</b> 使用齿轮齿条方式抬升，节省空间，节省装配时间成本和资金成本；使用滑轨和直线导轨配合，完成地面矿石夹取及兑换；</p>
 <p>图 3-4 底盘模块</p>	<p><b>功能：</b> 保证整车在全图的稳定性和通过性；</p> <p><b>性能：</b> 封装性；稳定性；</p> <p><b>创新点：</b> 用了双层底板的设计，一方面是加强整个底盘强度，另一方面是电控走线更为轻松，提高整机的封装性和观赏性；同时底盘外铝框架下不带有螺丝，搬运更轻松且不容易受伤，更符合人机工程学要求；</p>

### 3.2 互换性

无论是现代生产制造还是零件的加工，都很强调互换性这一点，在本机器中齿轮齿条是用在了抬升和前移上，用得最多，所以在设计上也将齿轮做成适配 3508 电机和 2006 电机的，在加工，装配和备用零件准备时，只需要一种齿轮就可以满足所有的需求，齿条方面也是按各方面功能需求，统筹设计一种解决所有问题的，除此之外，齿条的设计能满足六面螺母和四孔铝排的安装，六面螺母加工精度较差但是是标准件，可以直接买到，四孔铝排加工精度高，体积小，但是稍微贵点，在设计时预留了两种方案，在装配和备用零件的选择上就更为轻松。

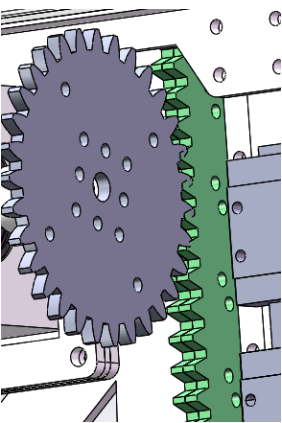


图 3-5 抬升齿轮齿条

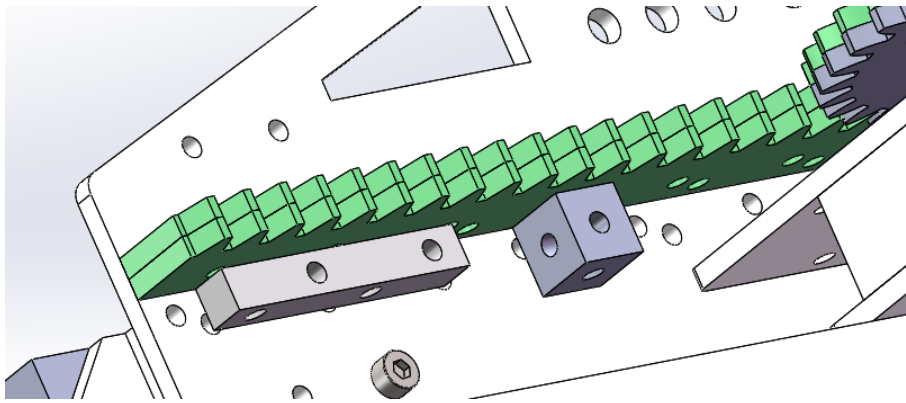
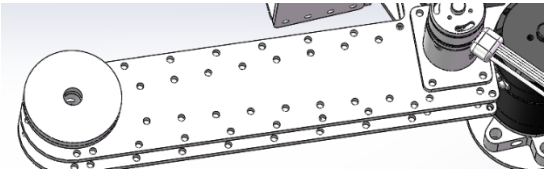
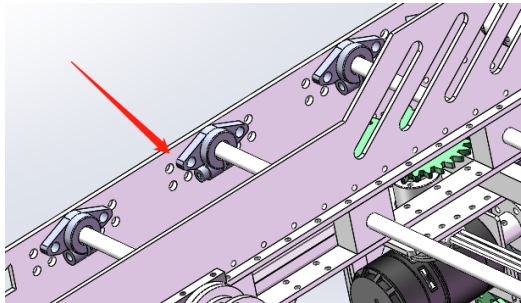
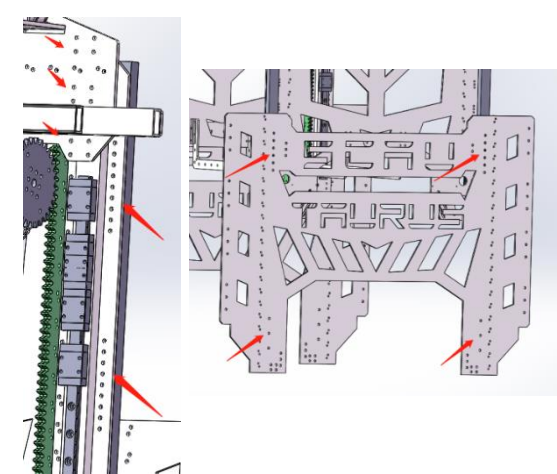
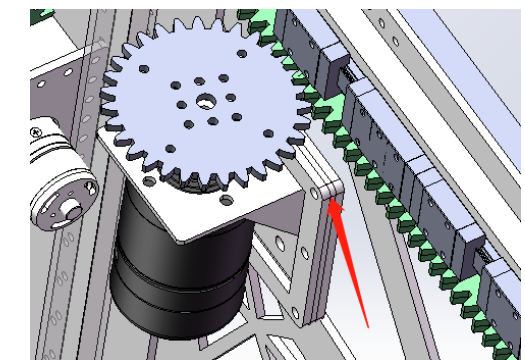
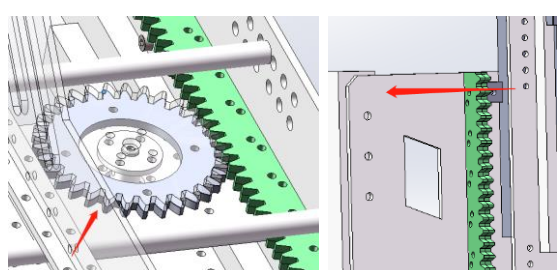


图 3-6 前移齿轮齿条

3.3 可调性

工程的执行功能多，产品可调性是很重要的节省时间和成本的要求，有可调性才能实现低成本，高收益：

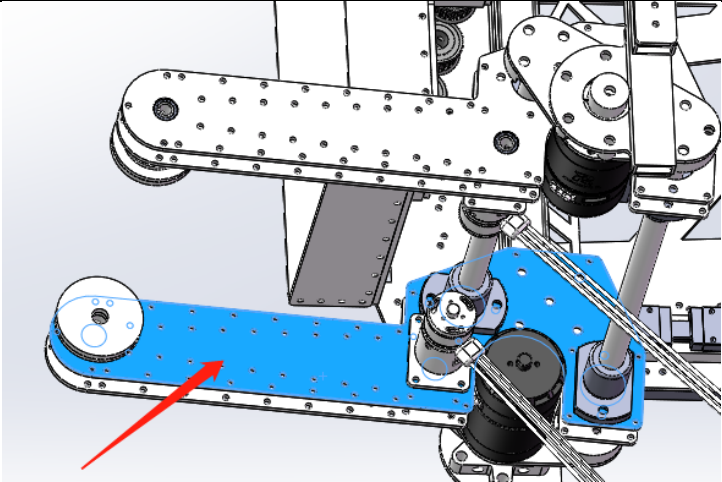
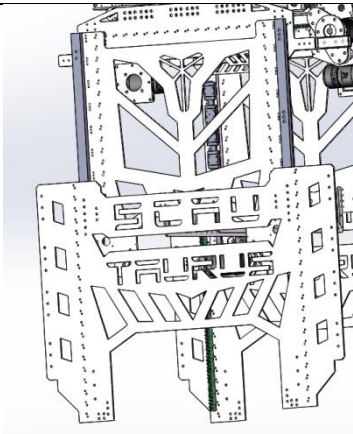
调整机构	调整位置/机械性能	调整原因/功能	具体图纸
夹取机构	同步带涨紧度	孔位逐渐收紧，可以调整轴承大小和放置位置就可以调整同步带涨紧度；	 <p>图 3-7 夹取机构可调部分</p>
储矿模块	储矿模块位置	图纸上仿真矿石能正常进入储矿仓，实际装配后可能有其他因素导致储矿不顺利，所以留有前后和上下调整的余地；	 <p>图 3-8 储矿模块可调部分</p>

抬升模块	抬升高度	<p>因为一个机构要低至能夹取地面矿，高至夹取银矿和兑换矿，且保证在规则内，需要对抬升最低点和最高点的区间有把控。</p> <p>图 3-9 所示一级抬升可调最高和最低点；</p> <p>图 3-10 所示二级抬升可调最高点；</p> <p>在设计的时候是变形超出最大尺寸一点，最后装配的时候按具体情况下调就可以，免去重新切板的时间和成本；</p>	 <p>图 3-9（左） 3-10（右） 抬升模块可调部分</p>
抬升模块	齿轮啮合度	<p>这种抬升方式下，正常的分度圆相切的啮合不一定能达到比较好的效果，所以每个抬升处都有一个板子用于调节厚度来改变啮合效果</p>	 <p>图 3-11 抬升啮合度可调部分</p>
抬升模块	齿 轮 啮 合 度，整体强度	<p>设计了轻松增加齿轮齿条的方式，能比较轻松地增加和拆卸齿轮齿条，保证强度和啮合度；</p> <p>图 3-12 通用齿轮（用于增加啮合面）</p> <p>图 3-13 齿条向左增加只需拧出四个螺丝；</p>	 <p>图 3-12 3-13 抬升啮合度可调部分</p>



### 3.4 防反接设计

防反接设计对装配上的效率是有所提高的，机器中大多板子上孔位对称，不需要太苛刻的安装要求，

模块	具体位置及设计	具体图纸
夹取模块	夹取板子的设计： 夹取板件设计的时候根据需求只设计一种而不是两种，加工的时候只需要直接加工四份，装配的时候也不需要纠结板子是内侧还是外侧，比较轻松。	 <p>图 3-14 夹取板件</p>
抬升模块	框架上大部分板子设计孔位按中线对称，装配没有前后的顾虑；	 <p>图 3-15 外框架图纸</p>



### 3.5 封装性

在设计阶段机械电控有比较好的沟通，电控提供了拓扑图，一起商量走线，电路板、电调放置，图纸上与实际装配出来的机器都有比较好的封装性。

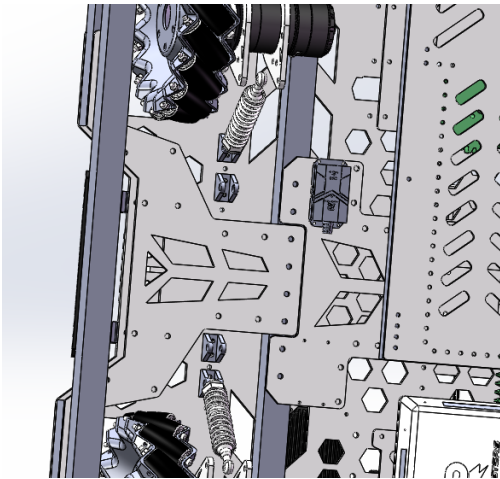


图 3-16 双层底板设计（1）

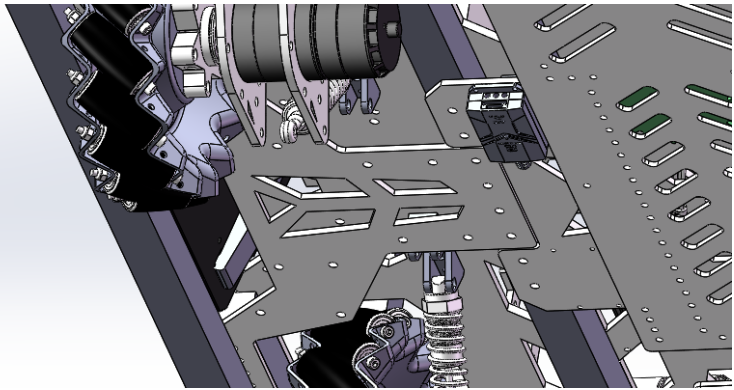


图 3-17 双层底板设计（2）

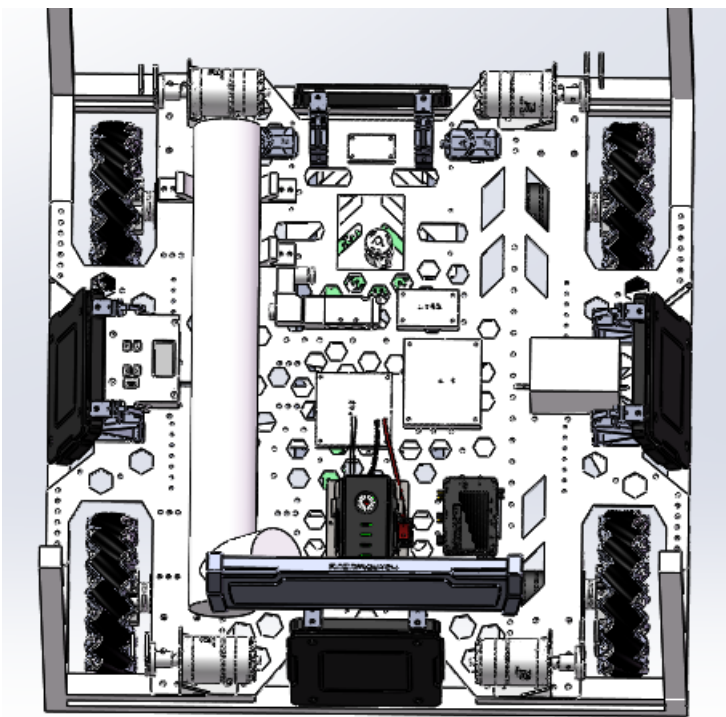


图 3-18 底盘电路板及其放置

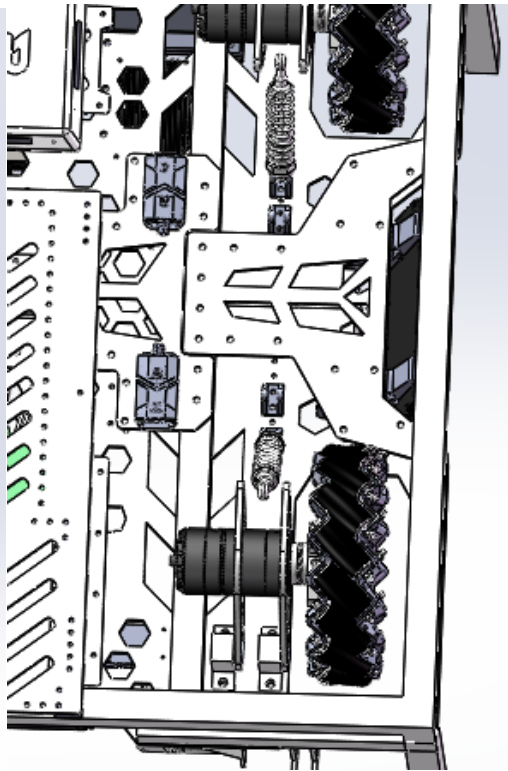


图 3-19 轮系电调固定位置

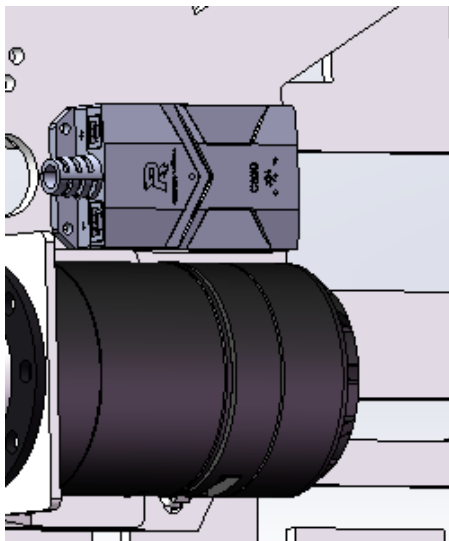


图 3-20 二级抬升电调固定位置

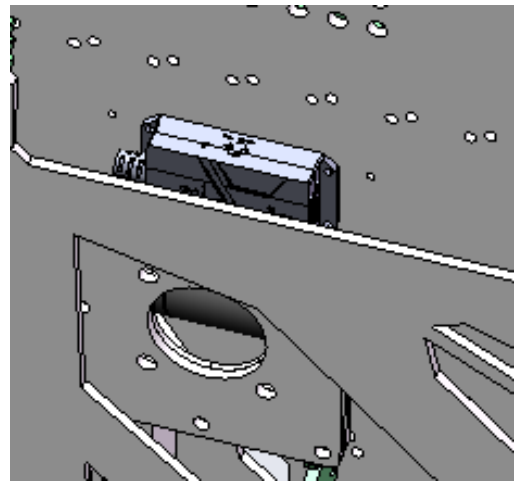


图 3-21 一级抬升电调固定位置

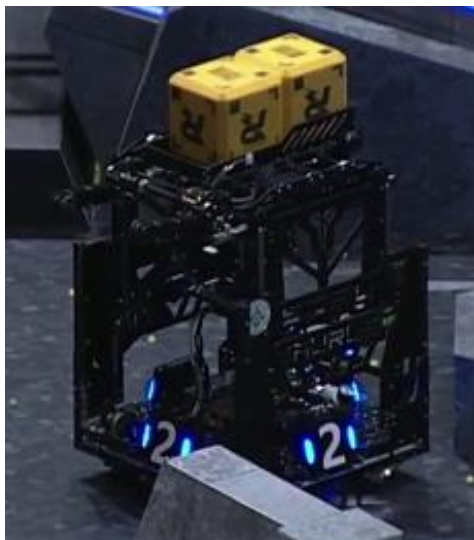


图 3-22 整机外观



### 3.6 外观设计

外观上镂空了学校和队名的英文缩写，且加入自身设计的镂空元素，体现华农牛头；起到挡子弹对机体机构影响，同时增强底盘框架强度、刚度的作用。

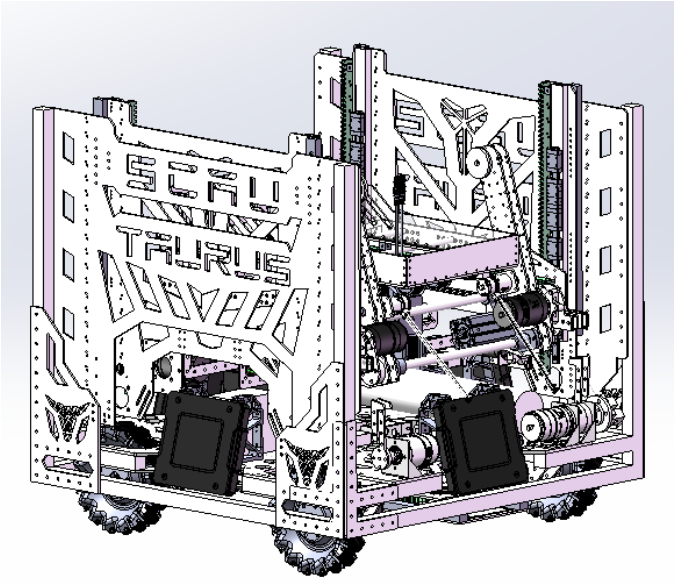


图 3-23 图纸外观





## 4.嵌入式 硬件设计与选型

控制电路板方面，队伍内所有机器人统一采用采用叠层结构，即“自制核心板 + 接线底板”的方案：相同的核心板，根据不同机器的需求而定制具有不同接口的底板，兼顾了稳定性与灵活性。

### 4.1 系统拓扑图

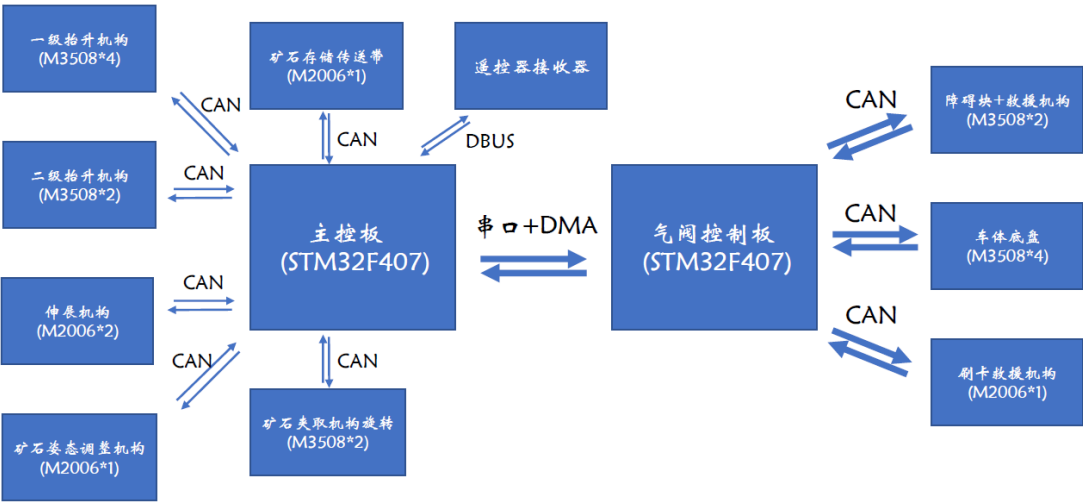


图 0-1 工程硬件系统拓扑图

### 4.2 核心板及底板设计介绍

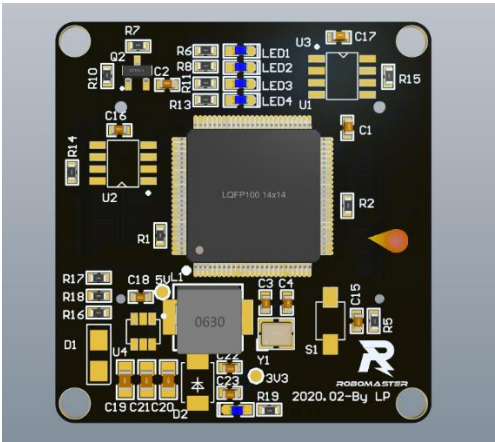


图 0-2 自制核心板（正面）

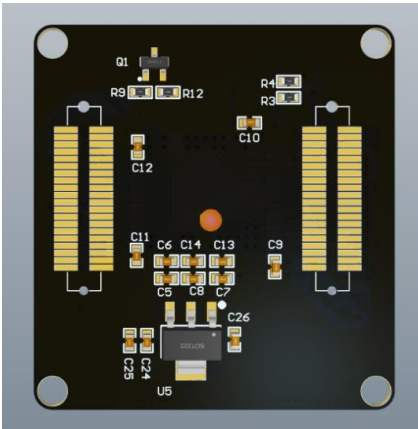


图 0-3 自制核心板（背面）



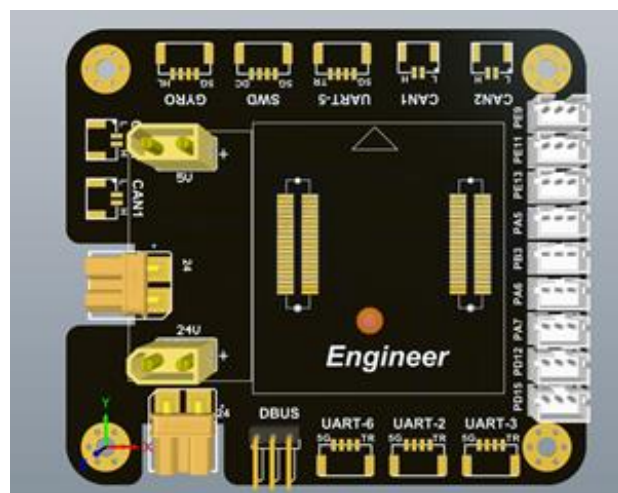


图 0-4 工程接线底板（正面）

主控板内资源	
1	主控为 STM32F407VET6，主频达 168Mhz
2	5V1A、5V5A 稳压电源
3	CAN1、CAN2 总线接口
4	五路串口（DBUS、板间通信（含备用）、裁判系统、激光测距模块）
5	一路 SW 程序下载接口
6	四路 LED 提示灯



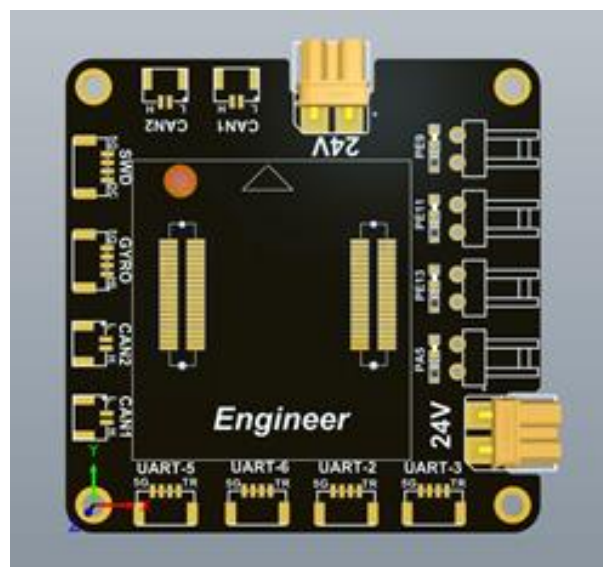


图 0-5 工程气阀接线底板（正面）

气阀控制板内资源	
1	主控为 STM32F407VET6，主频达 168Mhz
2	5V1A、5V5A 稳压电源
3	CAN1、CAN2 总线接口
4	六路串口（含备用接口）
5	一路 SW 程序下载接口
6	四路 LED 提示灯
7	四路气阀通断控制接口



# 5.嵌入式 软件设计

工程程序使用 FreeRTOS 系统，采用任务调度的控制逻辑，主要设定抬升机构任务，抓取机构任务来控制整台工程的运行状态。整个系统中，共有系统模式切换任务、底盘任务、抬升机构任务、抓取机构任务、板间通信串口发送任务、CAN 发送任务和裁判系统通信任务。

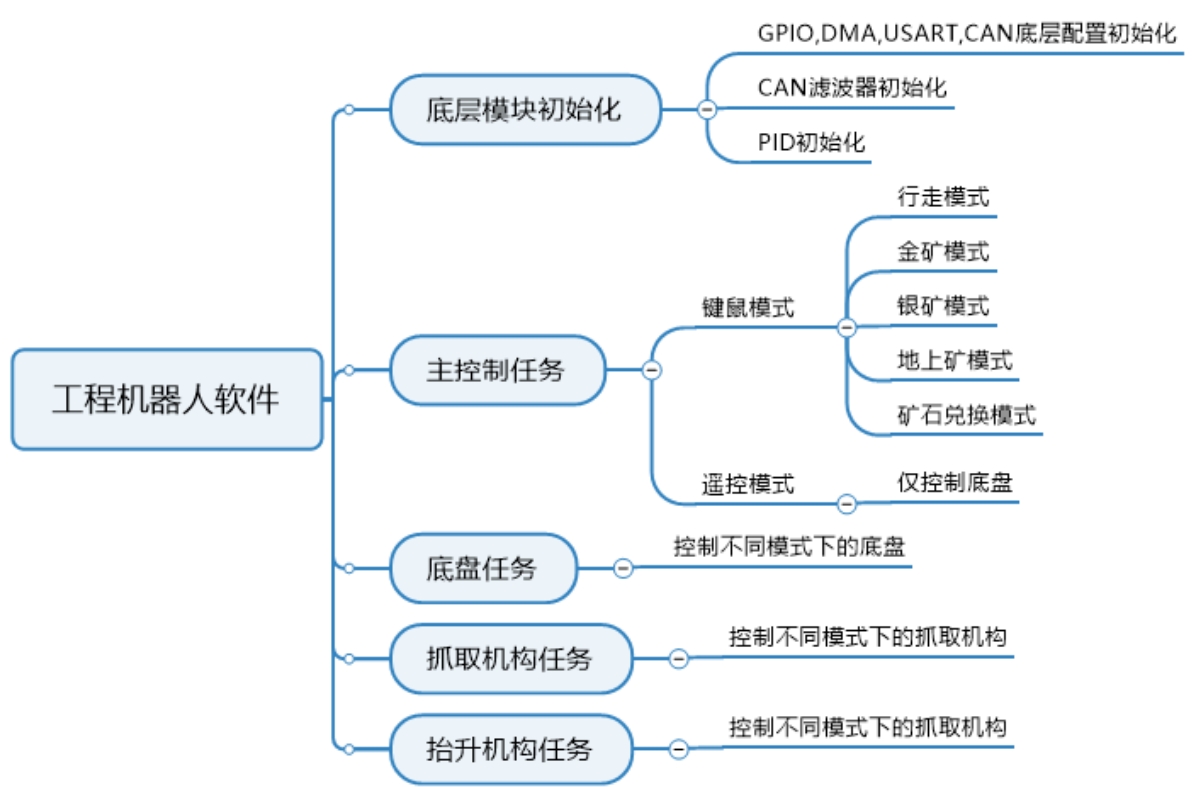


图 0-1 工程机器人软件框架

编程时，我们根据控制信息来源以及机器相应的行为方式，将工程控制划分为 3 种控制状态——保护模式、遥控控制和键鼠模式。不同的控制模式下，底盘、抬升和抓取三个主要控制对象具有不同的行为方式。考虑到程序的易读性与可维护性，我们参考了一般状态机的设计模式来架构代码：

整个系统拥有一个系统级状态机，由遥控器、鼠标右键以及部分键盘按键共同决定当前状态。在操作系统中，主要由系统状态切换任务、主控制任务核心任务实现各控制对象的模式切换与行为控制。





# 5.1 整车控制主要逻辑

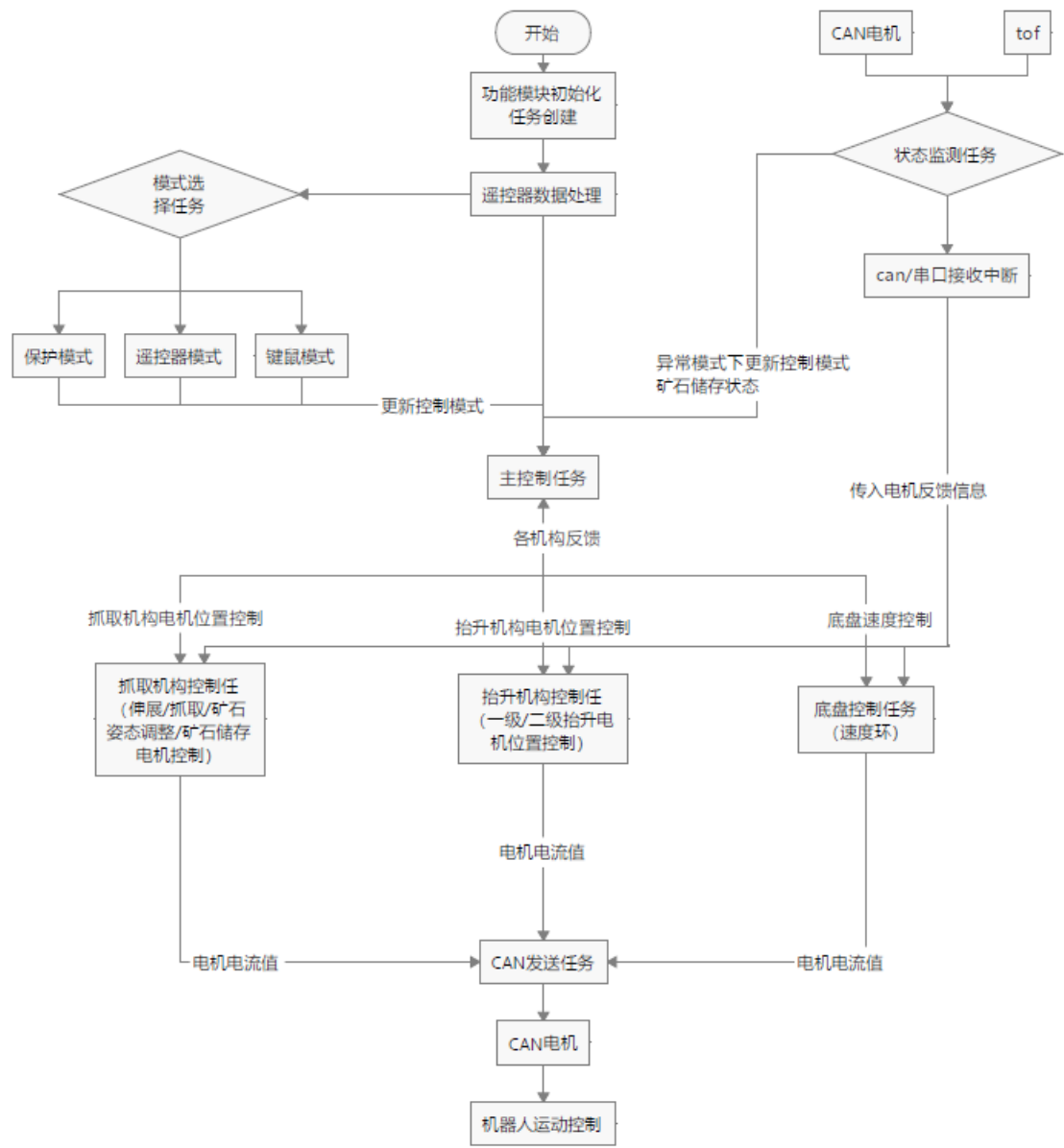


图 0-2 系统主要逻辑



5.1.1 底盘任务逻辑

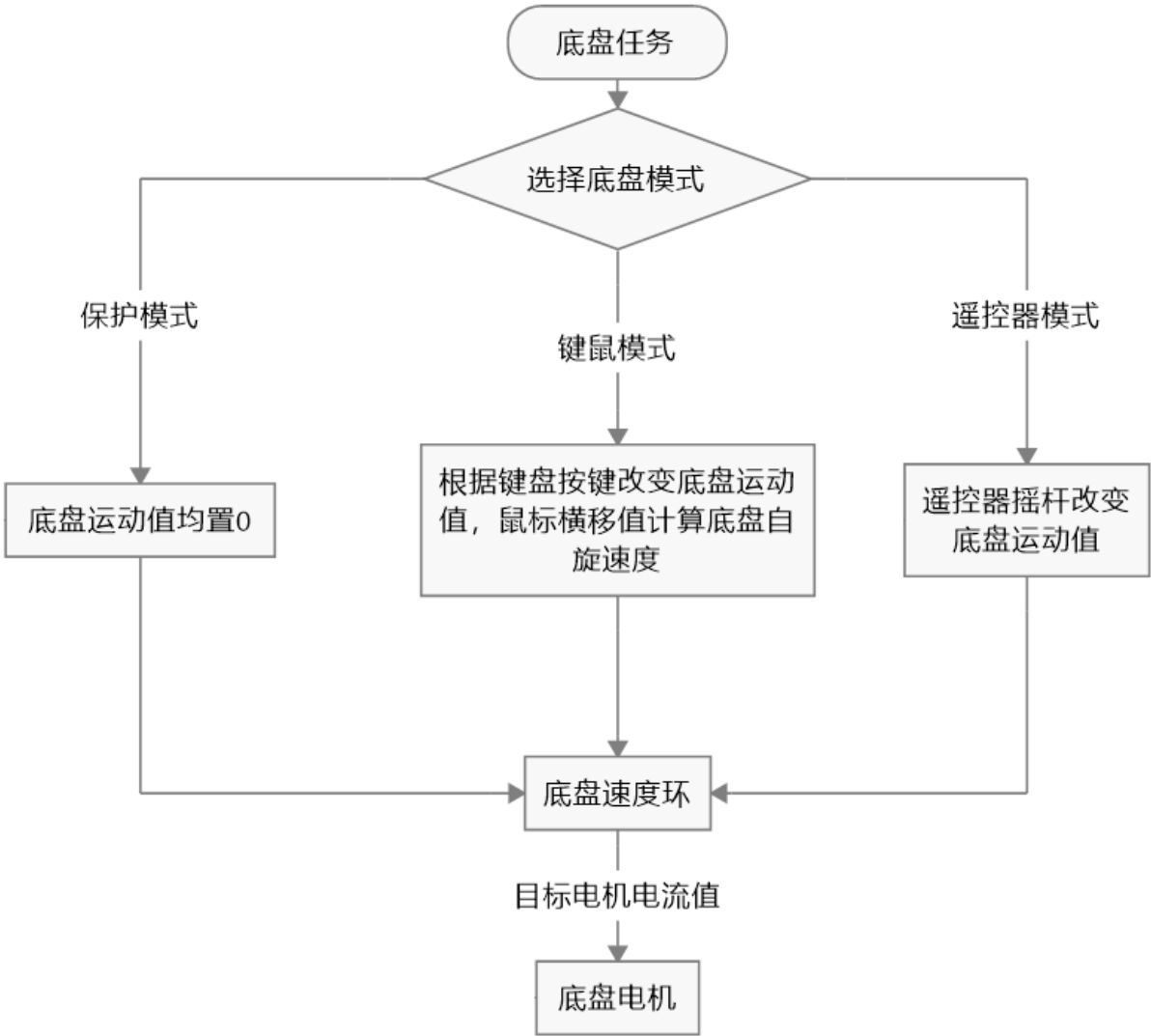


图 0-3 底盘任务逻辑

5.1.2 抓取机构与抬升机构逻辑

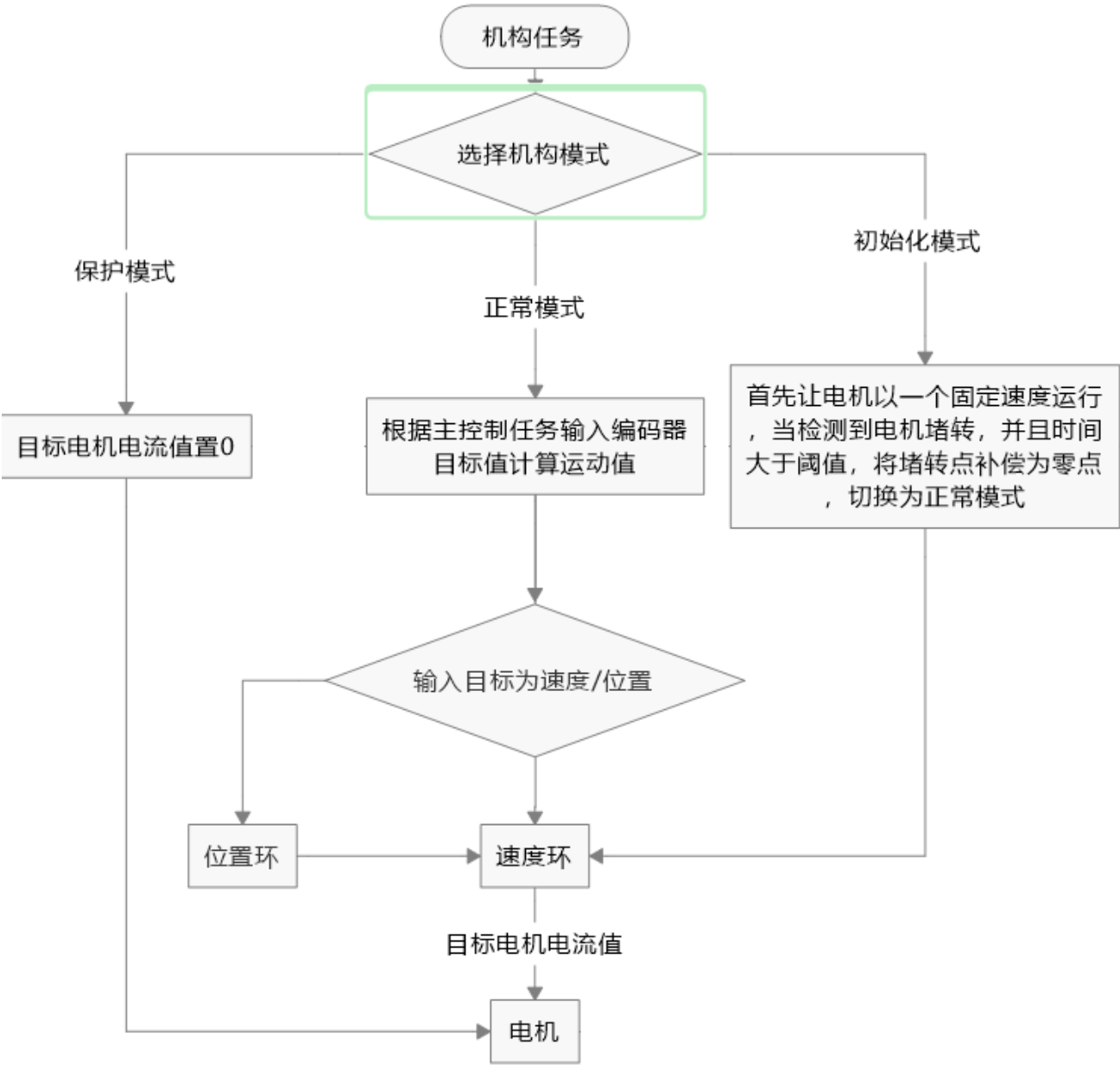


图 0-4 抓取机构与抬升机构逻辑





### 5.1.3 取矿逻辑

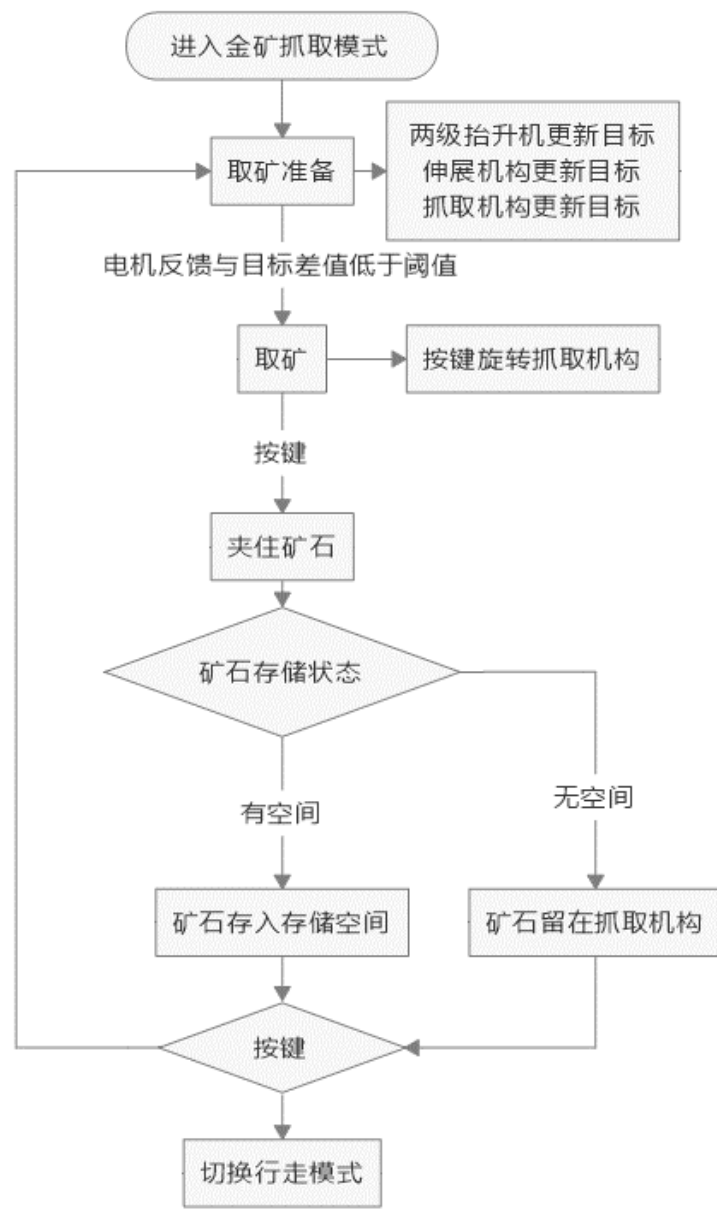


图 0-4 取矿逻辑

### 5.1.4 CAN 信息发送任务

当底盘任务、抬升机构任务、抓取机构任务执行完后唤醒 CAN 发送标志，CAN 信息发送任务在 CAN 发送标志唤醒后执行，分别通过相应的 ID 控制电机。

### 5.1.5 裁判系统信息发送任务

裁判系统信息发送任务主要用于发送自定义 UI 的相关数据。





## 6.人机交互性设计

在保证机器性能以及稳定性满足赛场要求之后，需要为操作手能更好地控制机器人，充分发挥出其应有的作用而做好人机交互部分的优化，主要分为 UI 设计与操作键位设计两个方面。

为防止操作手误操作导致结构破坏，机构都进行了机械限位；同时如果机构运行过程中出现异常，操作手可以按键切换机构为初始化模式重新设置零点。由于机械限位不会发生变动，保证软件零点的位置就可以保证各个电机的正常运作。

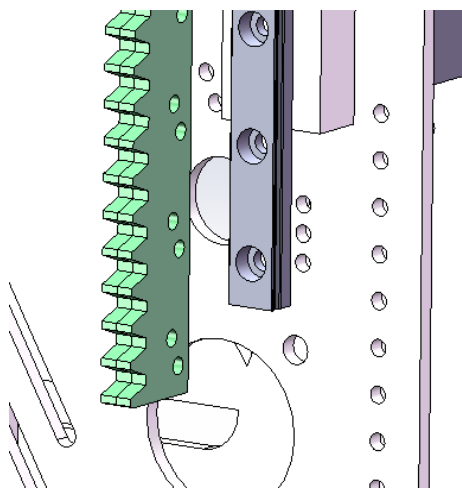


图 6-1 一级抬升机械限位位置

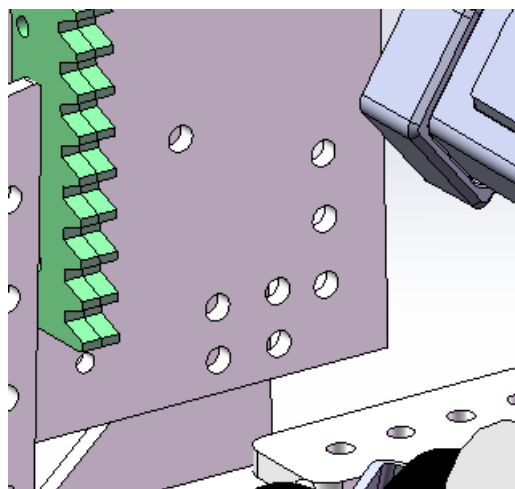


图 6-2 二级抬升机械限位位置

### 6.1 UI 设计

工程机器人的模式繁多，操作手需要及时了解机器运行的模式，以按规定键位操作；由于图传安装于矿石储存机构下方，需要提示矿石信息，所以工程 ui 主要就做了矿石计数和模式显示，用字符来显示模式，黄色方块代表矿石，用方框框住来兼顾美观。



图 6-3 操作手电脑端界面



## 6.2 操作手键位设计

编写程序时把“按下触发”与“按住触发”进行区别，降低了按键的记忆难度，并且按键功能与当前模式关联，提高了按键的复用率。

键位	功能
W S A D（方向键）	前后左右
Shift（按住）	底盘速度提升
Ctrl（按住）	底盘速度降低
鼠标左键（行走模式下）	按住后判断鼠标 y 轴输入, 大于阈值则改变图传角度
鼠标左键（行走模式外）	程序进位
鼠标右键+E/R/F/G/B	模式切换
C（行走模式下）	救援
V（行走模式下)	救援卡

## 6.3 LED 显示状态

为便于平时调试和比赛中 3 分钟准备时间快速检查机器，定位问题，特此，利用核心板板载 4 个 LED 灯进行状态显示。一切正常时，将呈现规律流水灯样式。



## 7.研发调试工具说明

“工欲善其事必先利其器”，为提高研发与调试效率，需要选择合适的工具以及相应的方法。

### 7.1MDK-ARM 硬件仿真

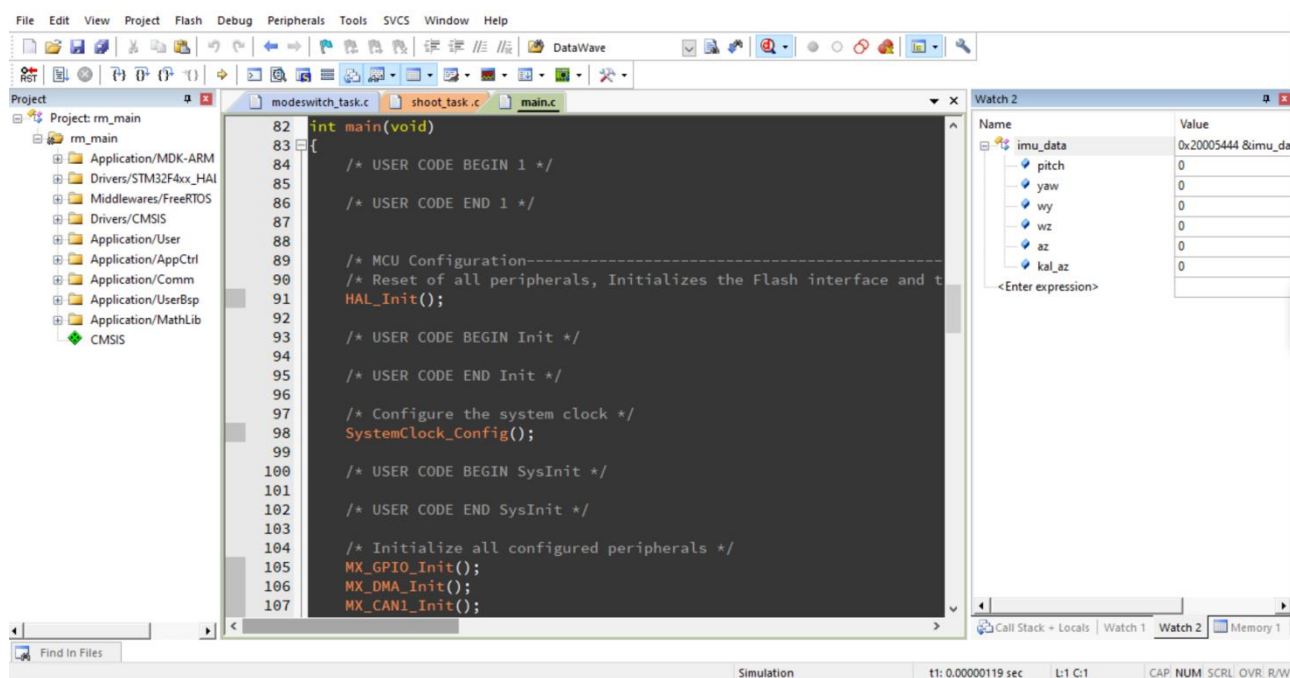
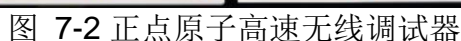


图 7-1 KEIL 硬件仿真界面

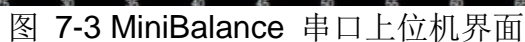
MDK-ARM 是开发 STM32 常用的集文本编辑、编译、代码烧录和硬件调试等功能于一身的软件平台。我们队伍在嵌入式软件开发过程中，主要就是使用了这个软件，在其中编写代码，编译，烧录代码与调试。

上图即为一般的硬件仿真页面，日常测试中最常用的打断点和变量查看编辑两个功能：通过前者，我们可以看到，程序运行过程中是否会运行某段代码；通过后者，我们可以实时查看某变量的值，并可以直接修改以查看效果，结合串口上位机显示出数据变化波形，即可进行调试。

在调试过程中，为了实现无线 PID 等参数在线调试，可以使用无线调试器。队内使用的调试器可同时开启 SWD 和串口功能。



为更好看出随时间变化的变量值的变化特点，同时考虑数据打印帧率、使用的便捷性等因素，我们选用 **MiniBalance** 串口上位机。上位机共有 10 个独立通道，多通道上位机支持 1ms 的刷新速度，足以在大多数场景下使用。







## 8.总结

本赛季工程机器人经过三代整机迭代，模块的迭代次数则更多，工程组全体抱着做工艺品的态度，力求极致、创新、稳定，将工程机器人各方面不断提升，在比赛中也有亮眼的表现。

在此感谢工程组全体成员的付出，以及战队所有队员的支持。

机械组：翁鸿伟

电控组：杨煜强 杨子琪

硬件组：邝梓轩 梁开富 叶懋坤