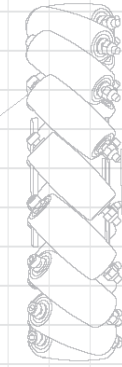




Using a BL-HS motor driver module and Field-Oriented Control (FOC), the RoboMaster G300 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor speed.



Exclusively designed for the RoboMaster G300 Brushless DC Motor and G300 Brushless DC Motor Speed Controller, the G300 Assembly Kit includes motor cables and a terminal board.

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

The M3000 Assembly Kit includes several cables and a terminal board, enabling a complete robotic system driven by four independent systems.

# ROBOMASTER

## 机甲大师超级对抗赛

# 技术方案

湖南大学 跃鹿战队 编制

2023年7月 发布

# 前言

本文档由湖南大学跃鹿战队编制，适用于 RoboMaster 2023 机甲大师超级对抗赛。主要撰写人员包括：

模块	撰写人员
机械	刘奕希
硬件	施运昇
软件	陈傅
算法	汪凯
其他	王文喆

# 目录

前言 .....	2
<b>1.概述 .....</b>	<b>4</b>
1.1 背景与目标 .....	4
1.2 其它学校机器人分析综述.....	4
2.机器人功能定义.....	4
3.机器人核心参数.....	5
4.设计方案.....	6
4.1 机械结构设计 .....	6
4.2 硬件设计 .....	17
4.3 软件设计 .....	20
4.4 算法设计 .....	23
5.研发迭代过程 .....	24
5.1 发射模块测试记录 .....	24
6.团队成员贡献 .....	28
7.参考文献.....	29
8.技术方案复盘 .....	30

# 1.概述

## 1.1 背景与目标

RoboMaster 发展至今已有 8 年之久，很多强队早已研发出稳定且性能优异的步兵机器人，而稳定性是晋升强队必不可少的因素之一。跃鹿战队也已有四年的发展史，但是至今还未做出一款称得上稳定性好、性能优秀的步兵机器人，这是我们和强队之间的差距之一，也是能最快弥补的差距之一。因此，相较于去年以创新为目的，本赛季我们的目标主要定为“提升机器人稳定性”，做出能够实现移动迅速、平稳通过各类地形、自瞄稳定等功能的步兵。

## 1.2 其它学校机器人分析综述

步兵机器人是 RoboMaster 发展历史最悠久的兵种，其形式种类繁多。从底盘移动方式分有麦轮、全向轮、舵轮等，从弹仓位置分又有底盘下供、云台半下供、发射直供等。我们从众多方案中选择最常见的一种，也是大部分学校选择的常见构型，即麦轮独立悬挂底盘+发射直供云台的组合。这种组合最先能联想到的自然是上海交通大学交龙战队于 2020 年开源的那一款经典构型步兵，这个构型被很多学校借鉴过。我们承认这是一个优秀的开源方案，但是其中仍有可以改进并改良适应我们战队自身条件的部分，比如机器人上的 PC 使用的型号不同外形体积也不同，超级电容的电气元件也不一样，因此并没有把零件或结构直接挪过来用。同时，我们注意到华南理工大学华南虎战队的步兵云台结构与我们的过往的方案有类似之处，因此也借鉴了他们的云台构型思路。

# 2.机器人功能定义

### (1) 底盘功能设计

- 实现小陀螺功能，转速峰值 1.2r/s
- 一级 60W 功率可飞坡
- 稳定下台阶
- 移动速度快，体积小，通过性强，移速峰值 1.6m/s

### (2) 云台设计

- 直供发射链路
- 25 发/s 射频无卡弹，空弹率 5%以内
- 云台俯仰角 $-25^{\circ}$  至 $+35^{\circ}$
- 视觉辅助瞄准

## (3) 电气布局设计

- 电气元件布局集成化
- 走线条理清晰，便于检修维护
- 电气元件安装区域快拆保护，10s 内可拆卸/装回

## (4) 其他

- 车体尺寸可放入 500×500 航空箱，方便搬运

### 3. 机器人核心参数

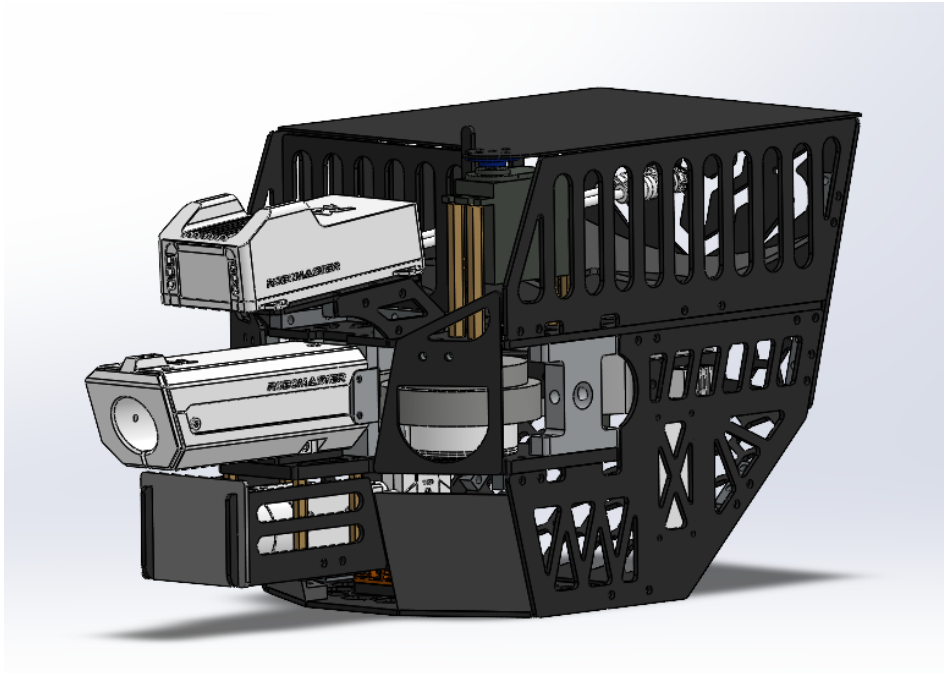
类别	名称	参数/数量
基本参数	尺寸 (mm)	510×444×470 (L×B×H)
	重量 (kg)	15.6
	重心高度 (mm)	180
执行器件	GM6020	2
	M3508	4
	M3508(去减速箱)	2
	M2006	1
	电容能量	1968J

## 4. 设计方案

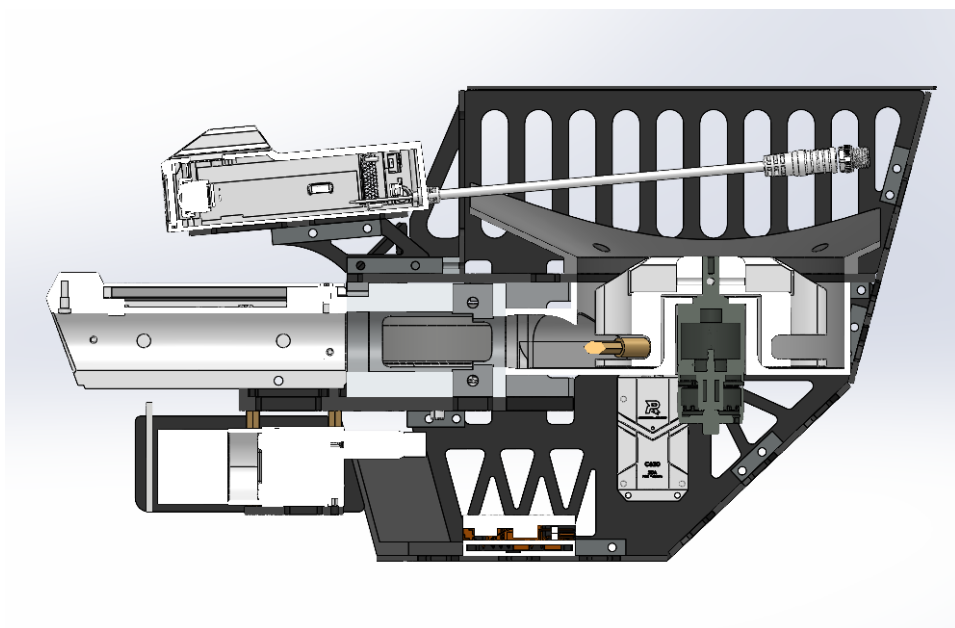
### 4.1 机械结构设计

#### 1. 云台设计

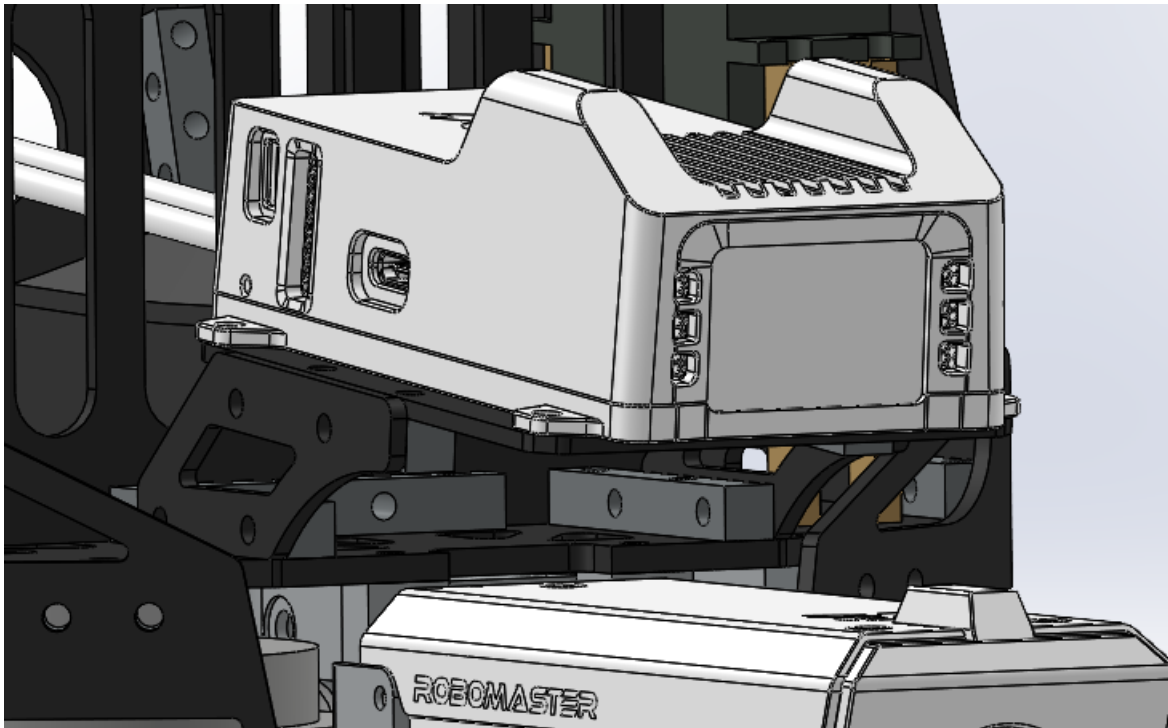
为实现小陀螺功能，云台的体积尺寸决定了底盘结构中心需要预留的空间，因此机器人设计由上至下。



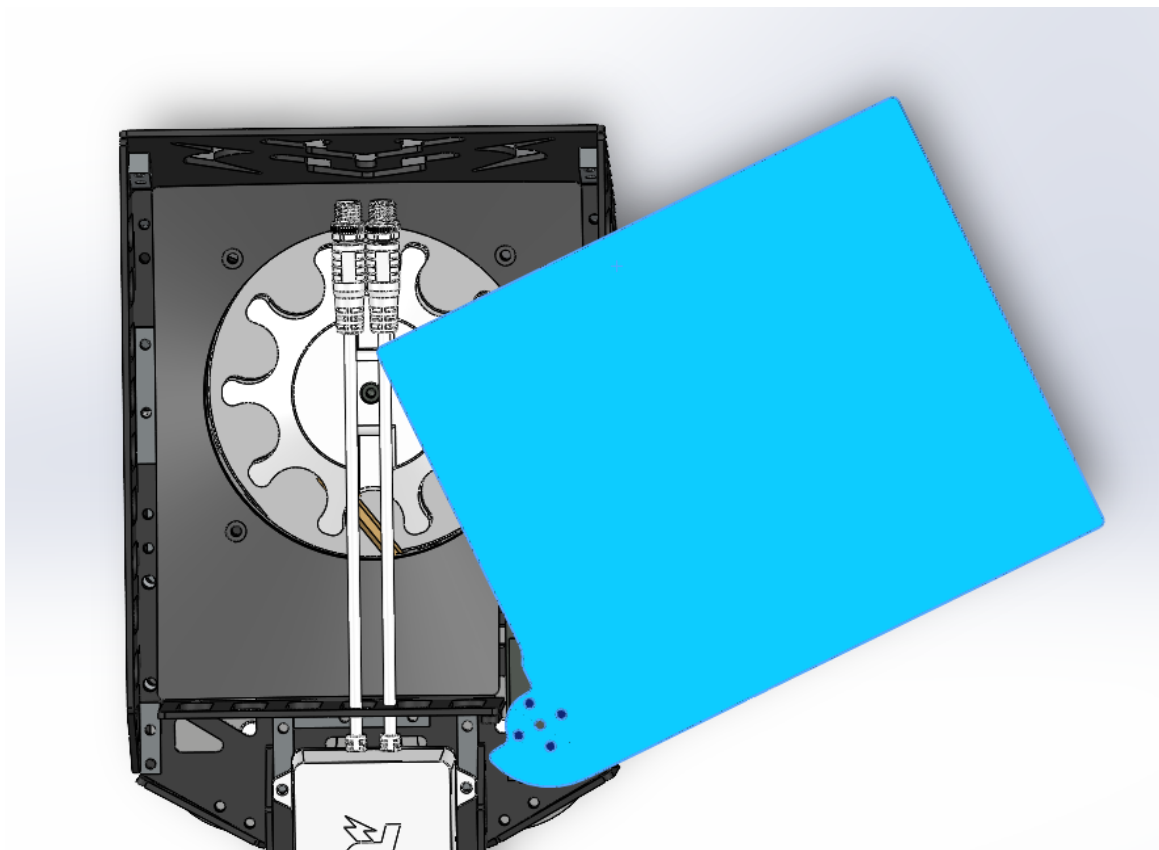
如图，发射部分主要分为三个层面，上层为弹仓、图传，中层为拨盘、摩擦轮、测速，下层为电气仓、相机，pitch轴与弹丸发射路径轴线相交置于中层高度处。



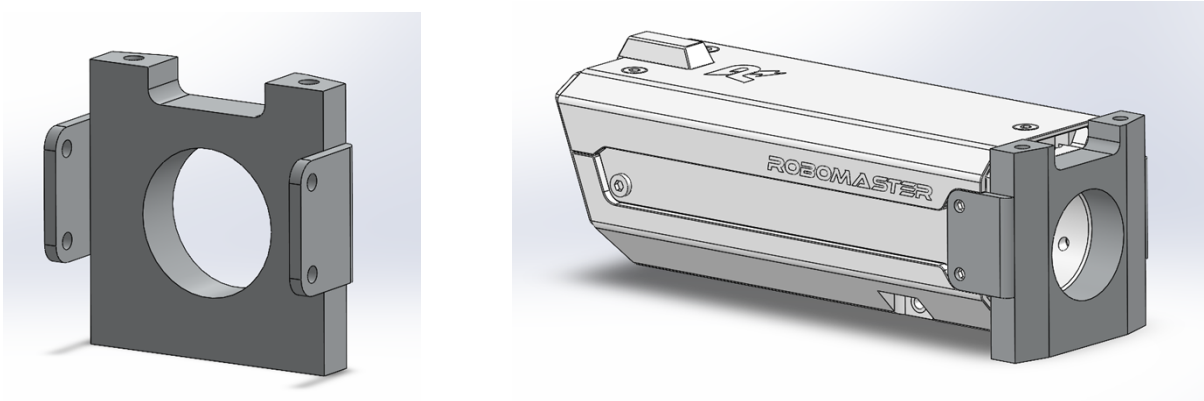
上层前端为图传模块，利用板材和砌块抬高安装，使图传成 $-5^{\circ}$ 向下，目的是使弹丸发射落点位于图传屏幕中央，便于操作手手动瞄准；同时，给测速模块的航空线预留出口和安置空间，方便接线安装。



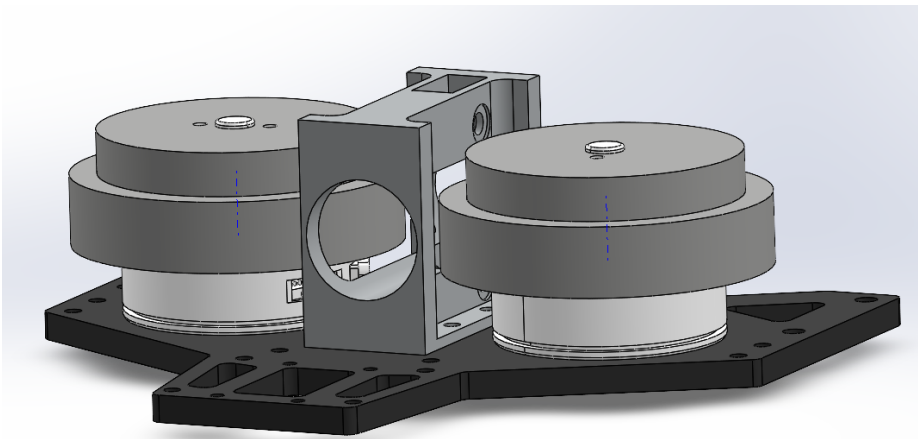
弹仓盖采用单舵机旋转开合的方式，其优点是控制简单、故障率低、能有效避免弹丸震出弹仓。弹仓容量 260 发，满足当前规则下实体弹丸与发弹量分开计算的规则需求。



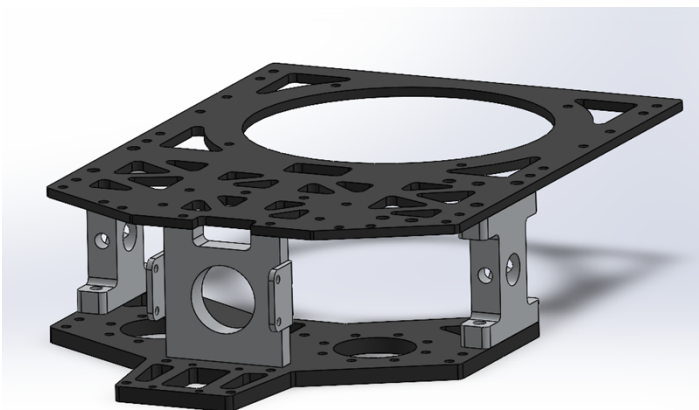
中层，首先是测速，我们定制了一个机加工的铝件，用来固定测速模块的侧面四个螺纹孔。其原因：一，过去曾仅使用测速模块下方四个铜螺母，我们发现在测速被撞击后，嵌入的铜螺母容易松动脱出，这样一来对裁判系统有损害，二来会影响测速内管壁与发射轴线的同轴度，进而影响发射精度，因此改用铝件固定侧面孔，同时上下各用两个螺纹孔与上下板连接，既更加符合裁判系统安装规范，又能作为结构件固定云台框架。另外，铝件上部设计的槽用于给测速模块的航空线留出空间，且上部无遮挡，方便安装。



摩擦轮发射部分使用铝件作为导轨，上下安装两 U 型轴承用于弹丸的置位，这也是去年我们已经迭代优化完成的模块，因此不再赘述。

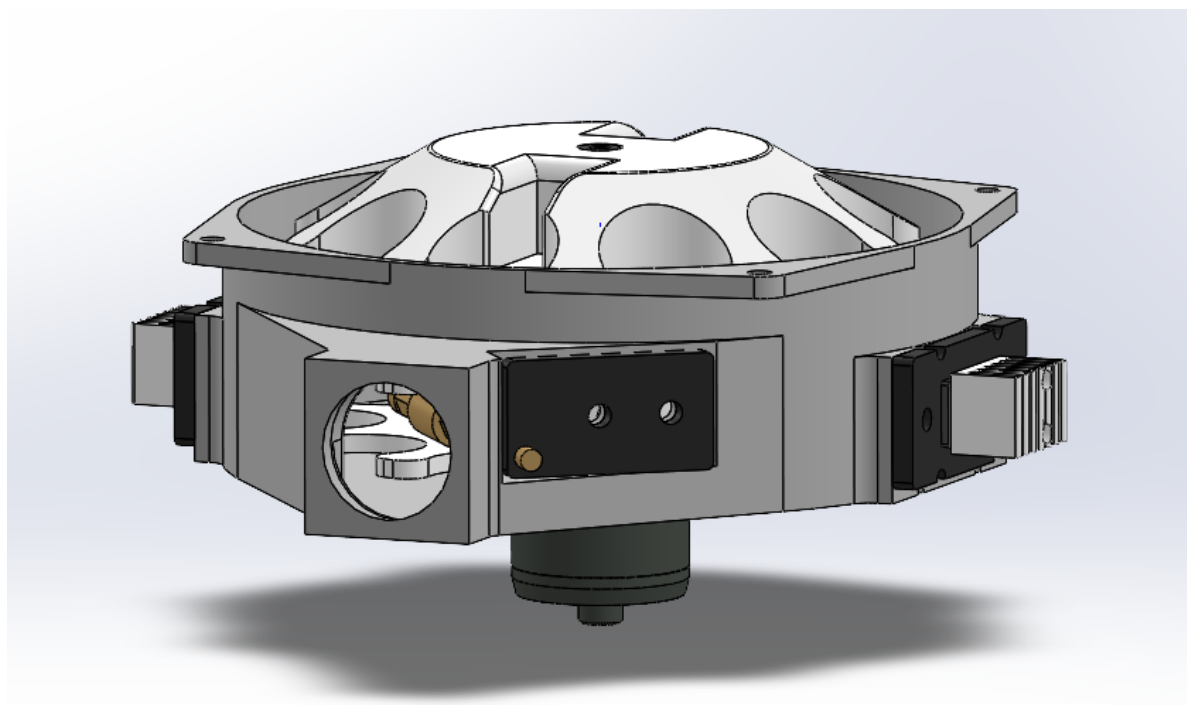


侧面用两个一样的铝件作为 pitch 轴的铝轴和法兰盘结合件，其孔皆为螺纹孔，此设计的目的在于：一，方便固定上下两板，有利于装配和维护；二、方便与云台支架的轴连接，只需从后方拧入一颗 M5 短螺钉固定轴的 D 面即可完成，极大地降低了维护的时间成本。

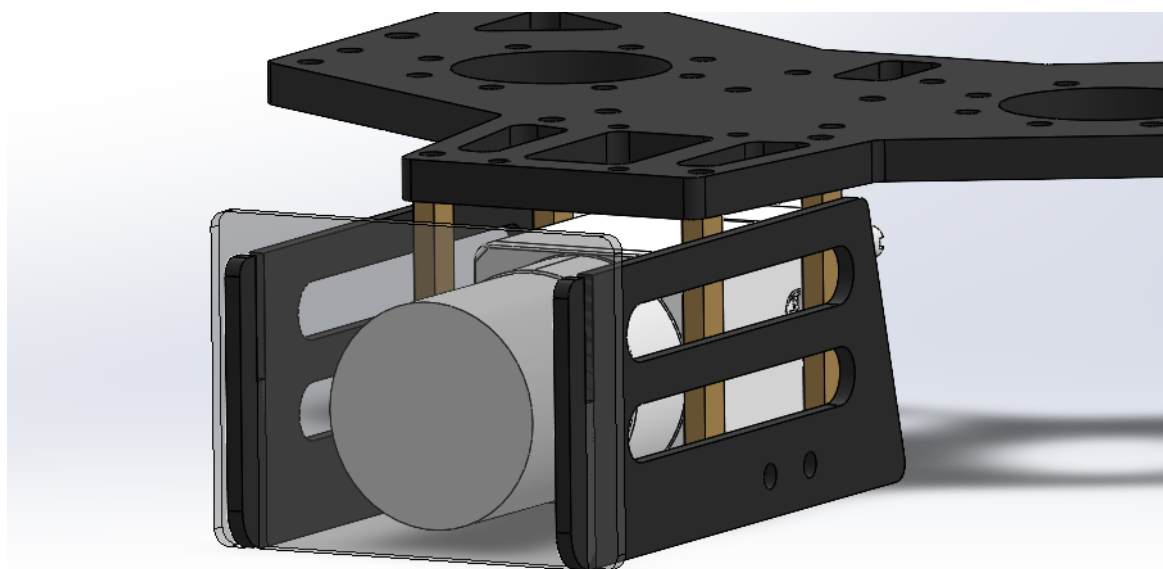




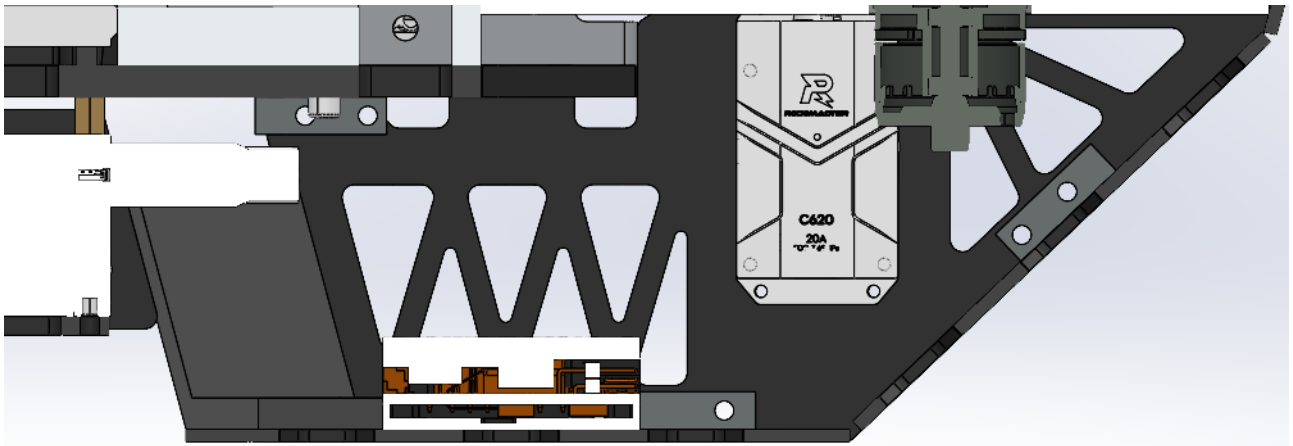
后方拨盘部分与导轨铝件直接相连，荧光充能安装在拨盘两侧，经过测试，此安装方法可满足弹丸的发光效果需求，并且此安装方法方便快捷，也便于更换。拨盘模块仍使用去年的成品模块，因此不再赘述。



下层前方为相机，利用四根铜柱固定与相机相连的底板，装配简单快捷，也便于调整更换；相机两侧用碳板保护，前方加薄亚克力板保护镜头。



为了后续电控布线的便利，设计时在后部留出充足空间固定 C 板、C620 电调，并用扎带固定 C610 电调、转接板、继电器等电器元件，同时给过长的线束留出放置空间，并同样用扎带固定在四周板的镂空梁上。此设计的目的是平衡云台整体重心与 pitch 轴线重合，相比其他学校的两层式云台，充分利用了下部与支架之间的不干扰空间，并且集中放置电气元件，方便布线与检修。



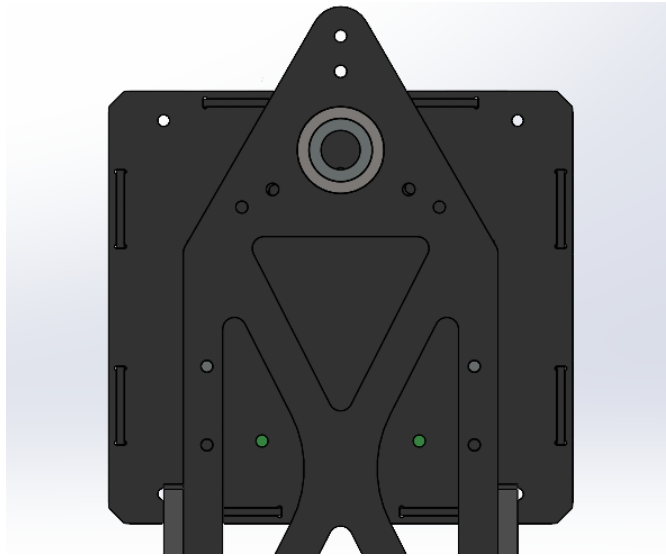
云台整体多采用六边形镂空，目的一是减重、美观，二是用于扎带固定线束。同时，下层斜板与上面的板通过两根扎带穿孔固定，接线维护时可以快拆快装。



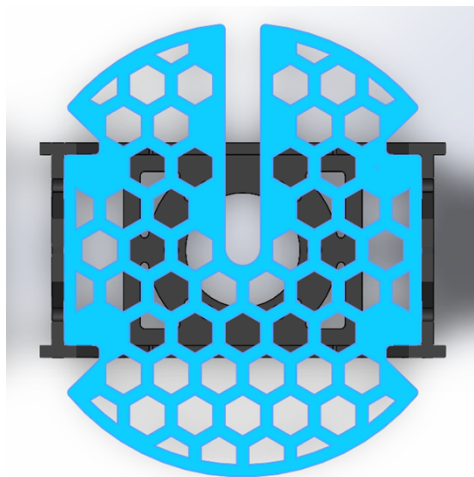
云台支架主体采用 U 型结构，利用插板结构固定侧面板和底板，前后板之间用轻铝柱连接。板材选择 5mm 碳板，以满足结构强度和刚度需求。



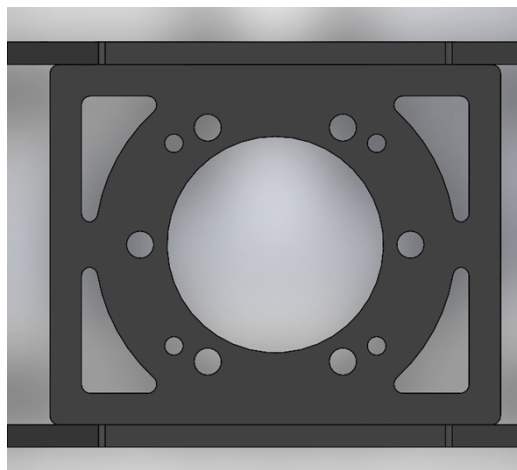
PC 放置于云台一侧，目的一是为满足视觉需求，方便安装和拆卸，二是与另一侧的 GM6020 电机配重，平衡云台整体重心。



中间隔板用于阻挡外部流弹进入车体内部，中间留出一条长槽，作用是给云台与电滑环的接线留出活动空间。

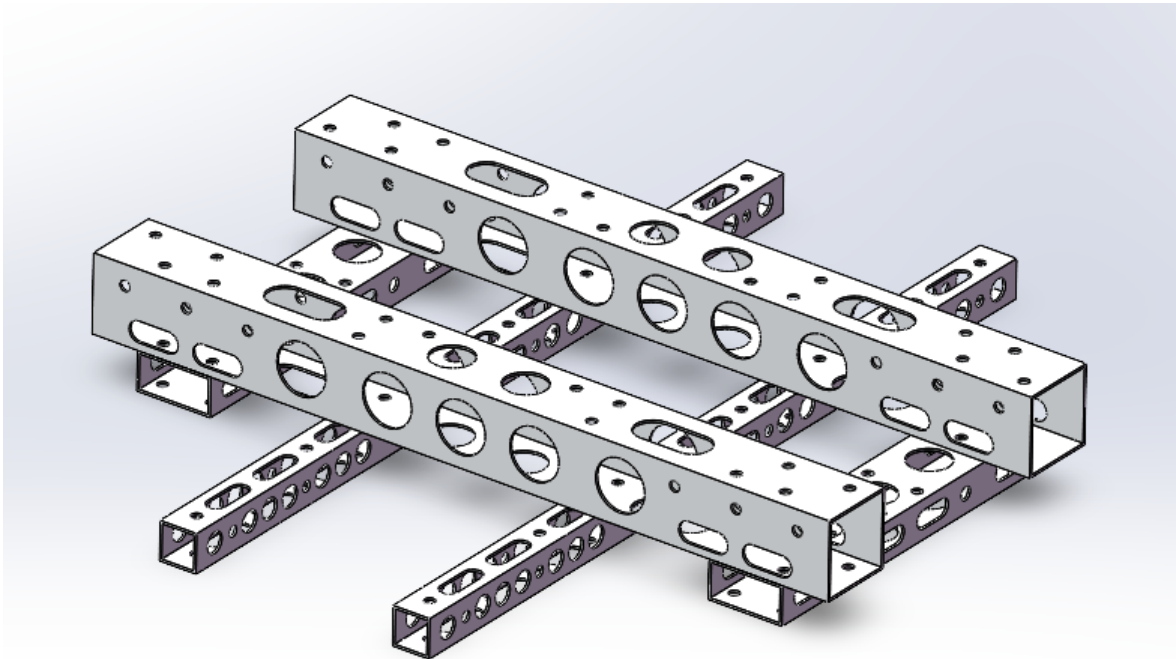


底板设计了 6+4 个孔，用于定位和固定在底盘上

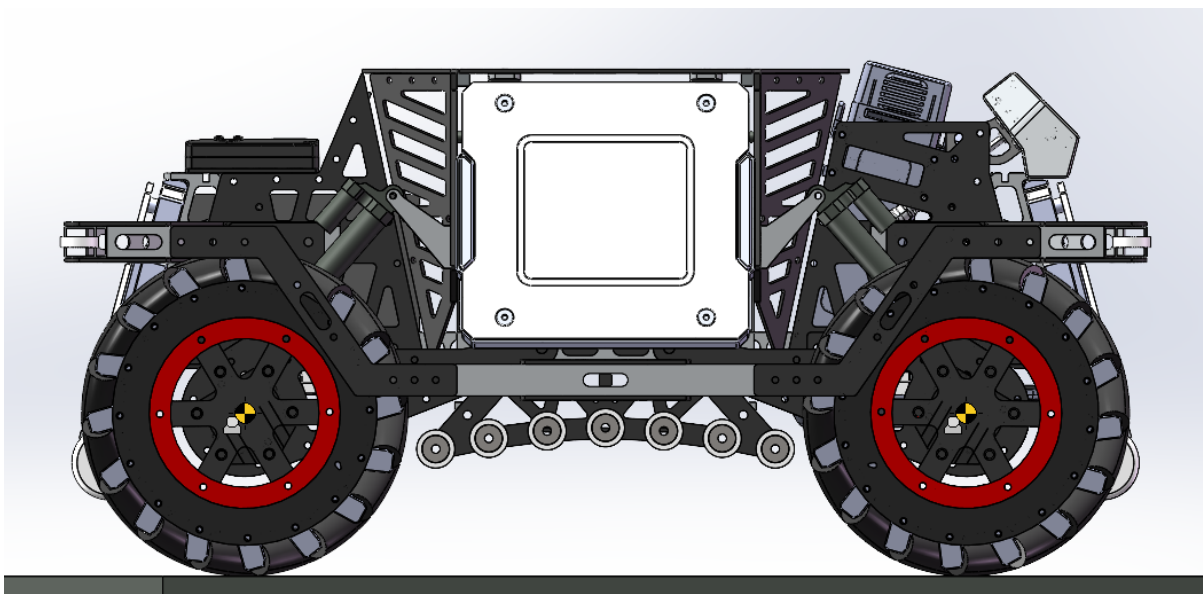


## 2. 底盘设计

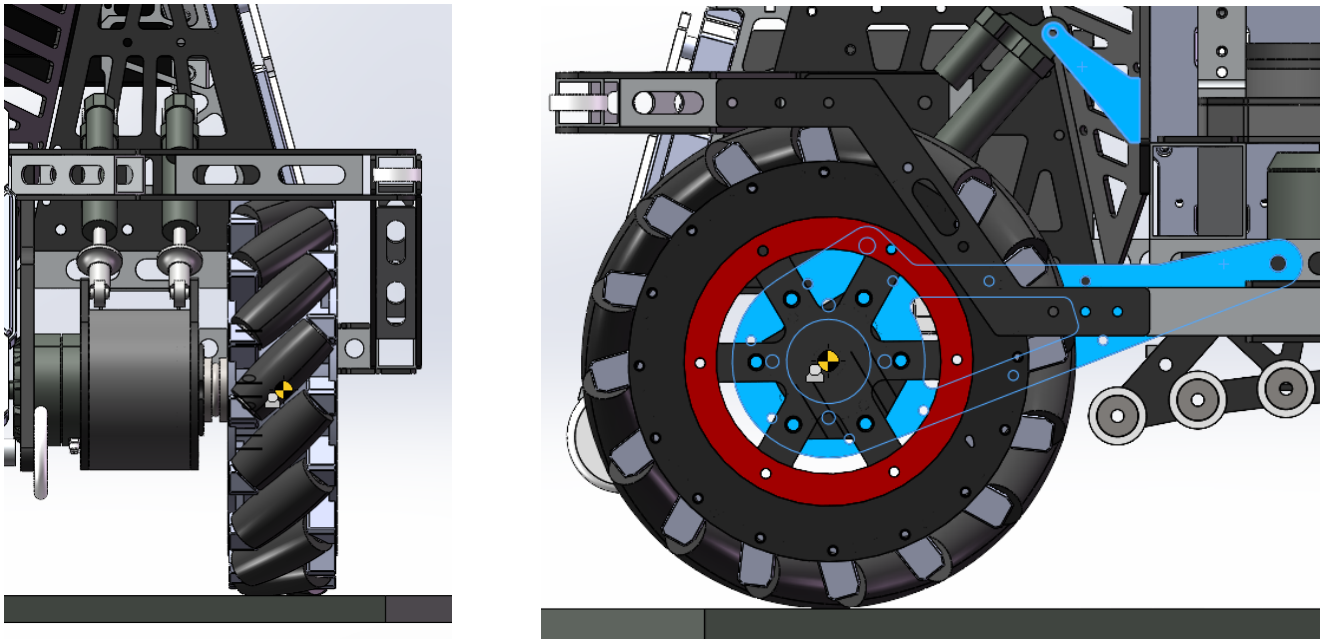
由云台的体积确定中心旋转空间后，基本确定底盘的大致尺寸。由于需要放入  $500 \times 500$  航空箱搬运，底盘的最大尺寸应在 500 左右。但同时，为满足下台阶、下坡等不翻车的需求，车的轴距应尽量大些。底盘仍采用传统井字形框架，铝方管截面为  $30 \times 30$ 、 $15 \times 15$ 、 $30 \times 15$ ，其中横梁需要承载两侧轮组传递的支持力、云台的压力，因此截面需要更大；纵梁仅需用于承载前后部电气元件，因此只需小截面。



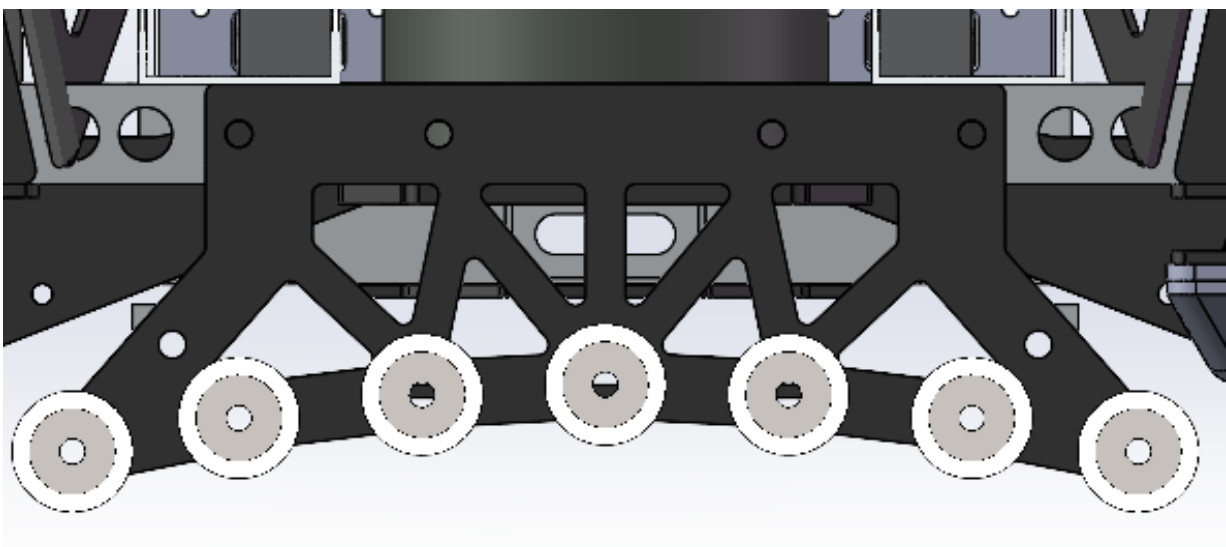
为满足 500 左右的尺寸要求，设计保护框不与轮平齐，而是位于斜上方，并且比轮凸出一点，其目的还有可供工程救援、方便搬运。外框使用  $15 \times 15$  铝方管和 2mm 玻纤板连接，并且镂空减重。



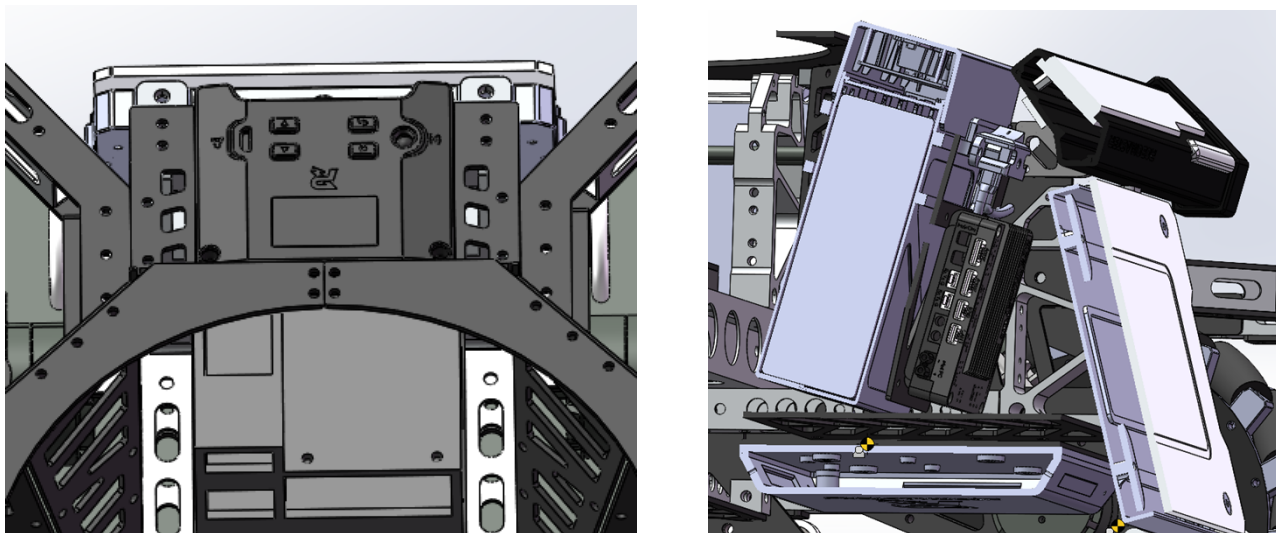
轮组采用单端支撑独立悬挂，其中麦轮仍使用组装式麦轮。选用单端支撑的原因为：去年的双端支撑模块，避震器位置与侧方装甲板位置重合，不利于安装，并且单端支撑的结构更契合当前步兵空间安排，充分利用轮与车体之间的间隙，是更优雅的一种方案。为避免单端支撑常见的“外八”现象，利用推力轴承压紧以保持轮与摇臂的平行。另外，我们采用了上交开源的抱紧式 D 轴联轴器，此结构安装快捷，连接更牢固可靠。摇臂的旋转中心与轮轴中心的连线为水平略向下，可保证在避震器压缩过程中前后轴距不会发生过大变化。避震器与底盘连接点、避震器与摇臂连接点、摇臂转轴中心，此三点连线夹角设计呈锐角，并且在避震器压缩过程中，此角度逐渐变大并趋近  $90^\circ$ ，此设计目的为在盲道区受到小幅冲击，悬挂产生较大压缩以减缓振动；在飞坡、下台阶等情景下，悬挂压缩量较大产生更大的阻力，缓冲较大冲量保护机械结构。



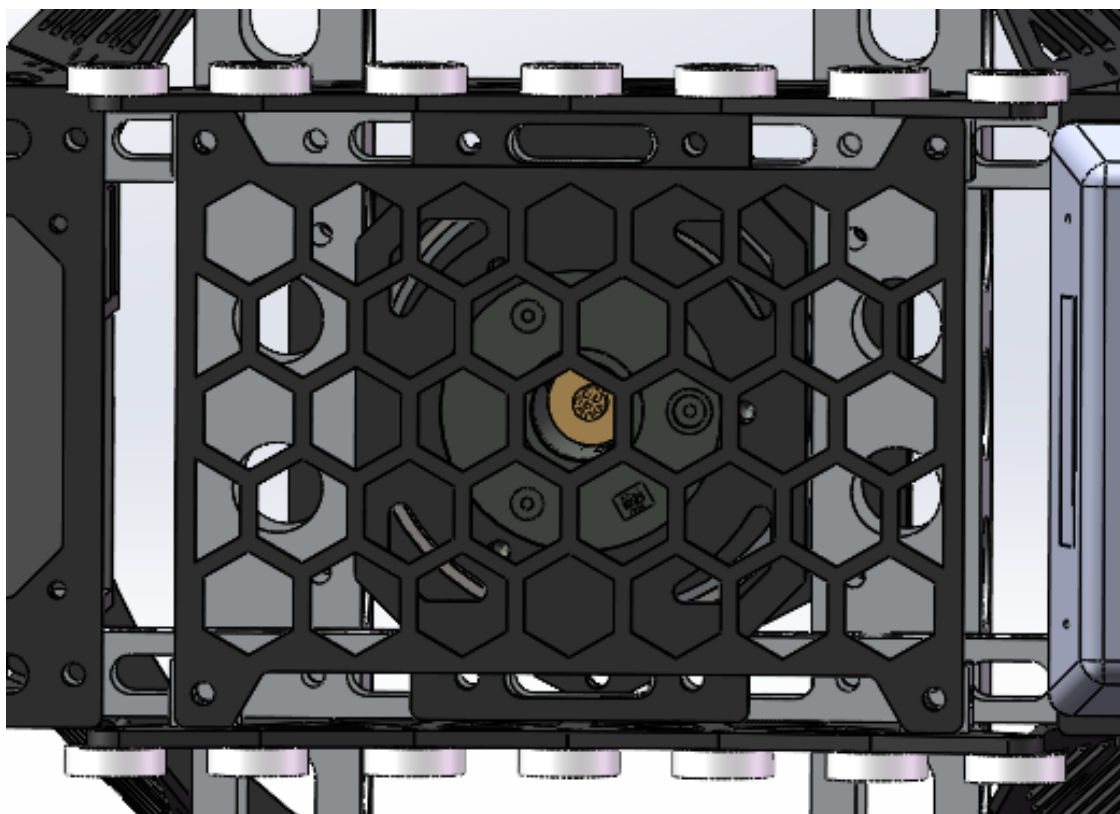
底盘底部增设一排弧形排列的导轮，用于下台阶时避免中间结构与台阶接触导致卡住。



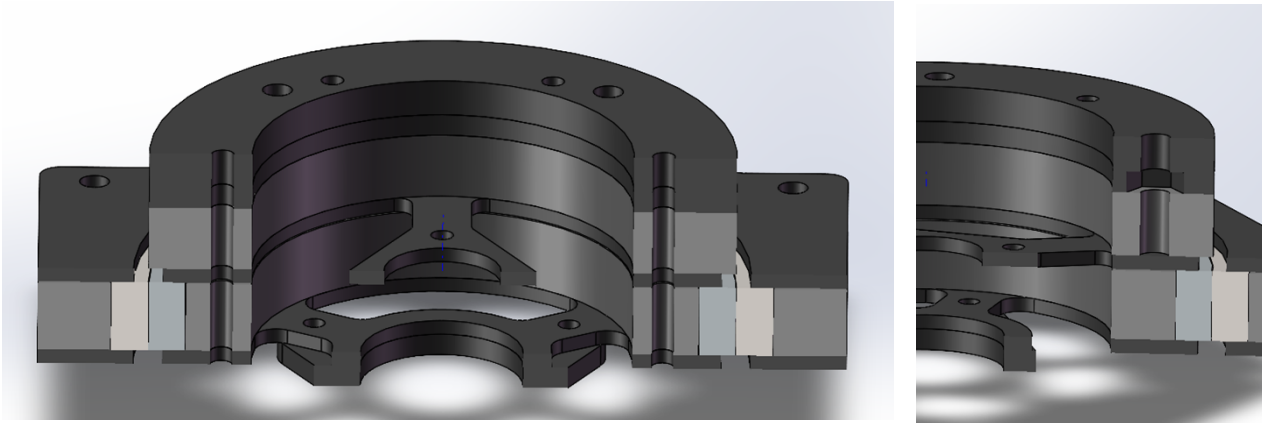
底盘前部为放置超级电容及其控制板、主控模块的区域。主控高度降低以满足裁判系统安装规范，同时面向外侧便于操作。后部安装电池、电源管理模块、灯条、场地交互模块，此区域为线束集中区域，使车体后部较前部更重，目的为飞坡时车体重心更靠后，在车体飞出接触地面时车体重心在接触点之后，避免向前翻滚造成翻车。



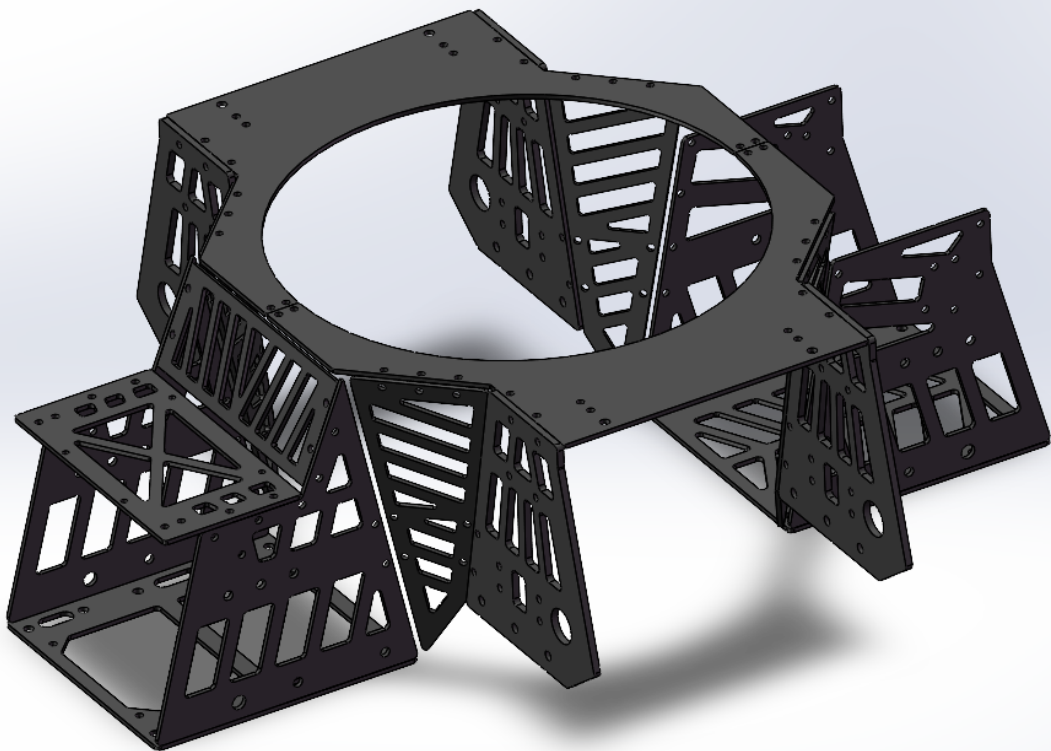
底盘底部为电滑环布线空间，此处放置电滑环的线束、转接板等电气元件，用扎带固定在镂空的玻纤板上，且板可用四颗短螺钉固定，拆装快捷。



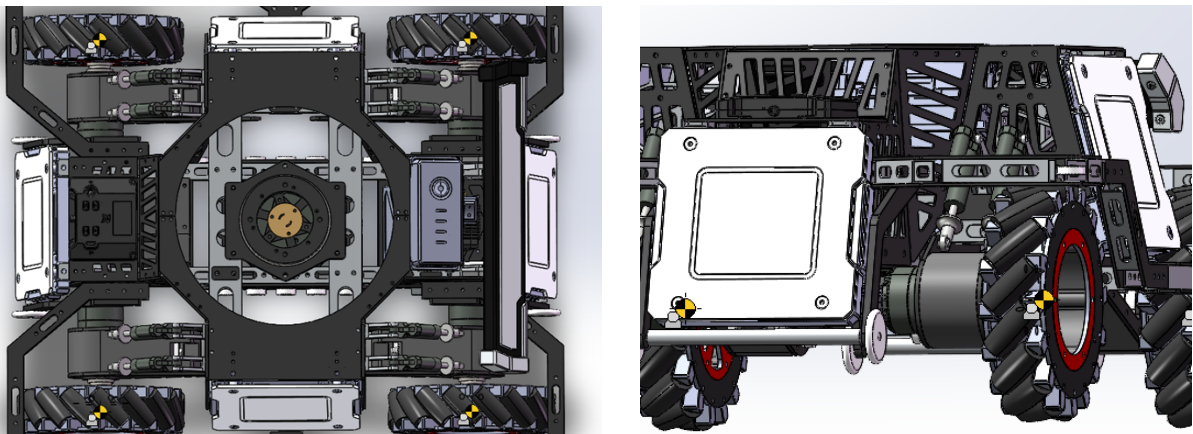
中心轴承采用板夹打印件的方式连接底盘与云台，并且使用板嵌螺母的方式形成固定用的螺纹，此设计可在装配时从上直下拧入螺丝即可完成固定，便于装配和维护。顶层板由于需要承载云台与底盘之间的拉力，故使用 5mm 碳板保证强度。



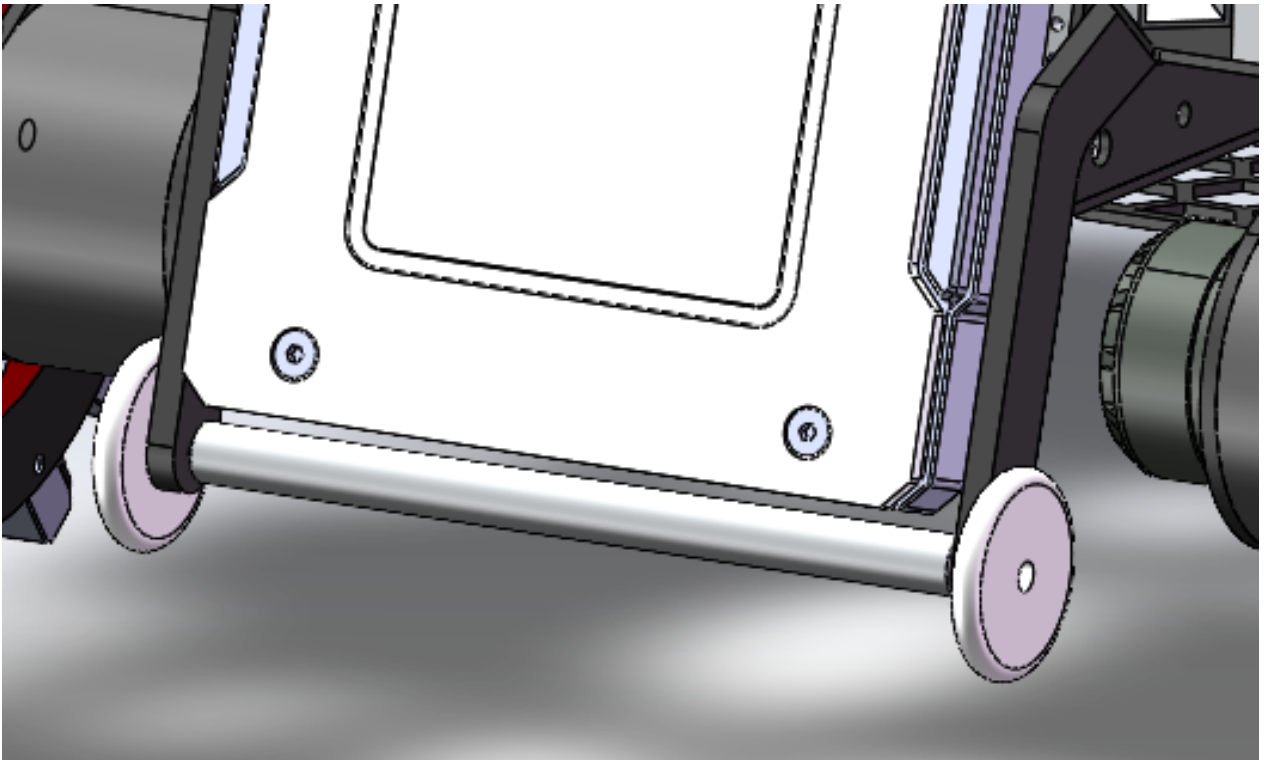
底盘外观板件同时作为结构件支撑车体框架，使用 2mm 碳板保证基本强度，并且使板面与受力方向一致，大面积镂空以减重和美化车体。



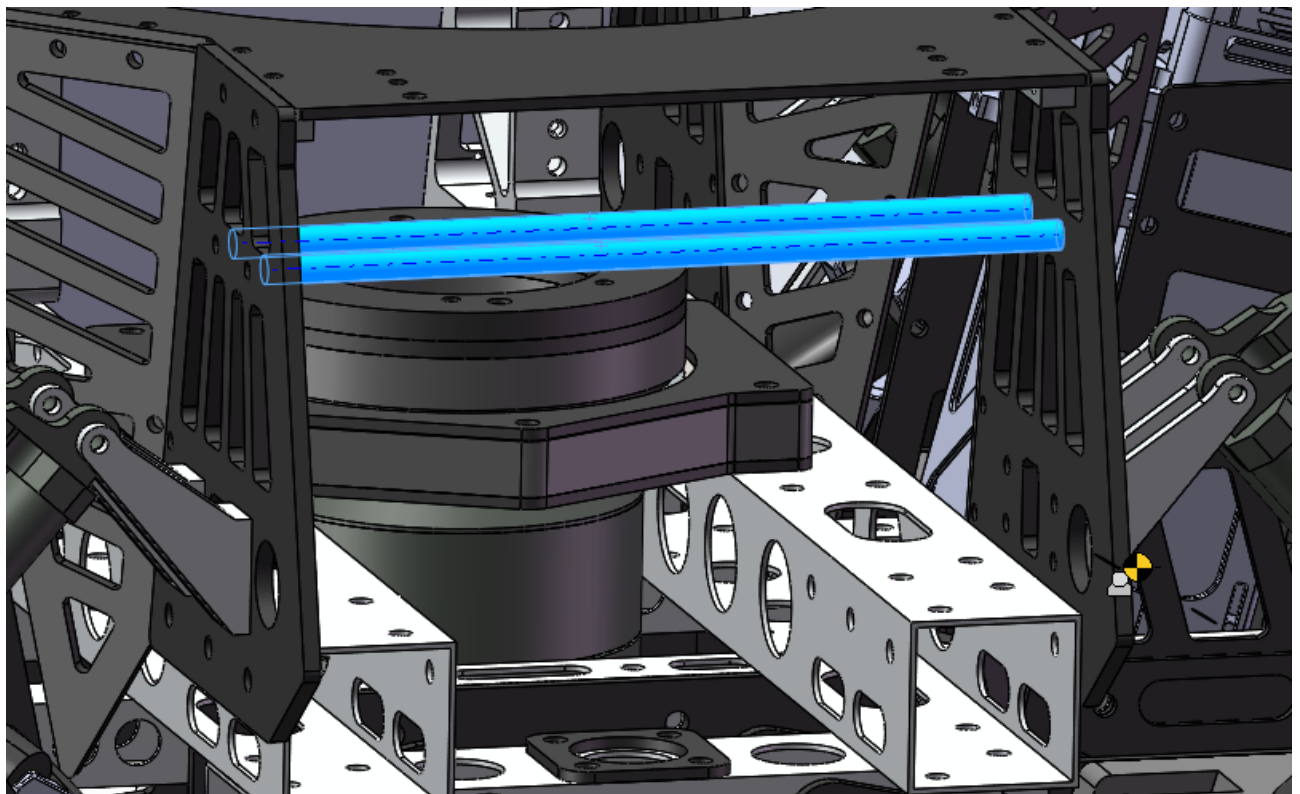
装甲板成长方形布置并拉大上下距离，降低被敌方弹丸命中的概率。



车体前端安装导轮，飞坡触地时起润滑作用，只需重心在导轮轴后方即可成功落地。



安装避震器支架的两板之间增加铝柱支撑两板，加固车体结构。

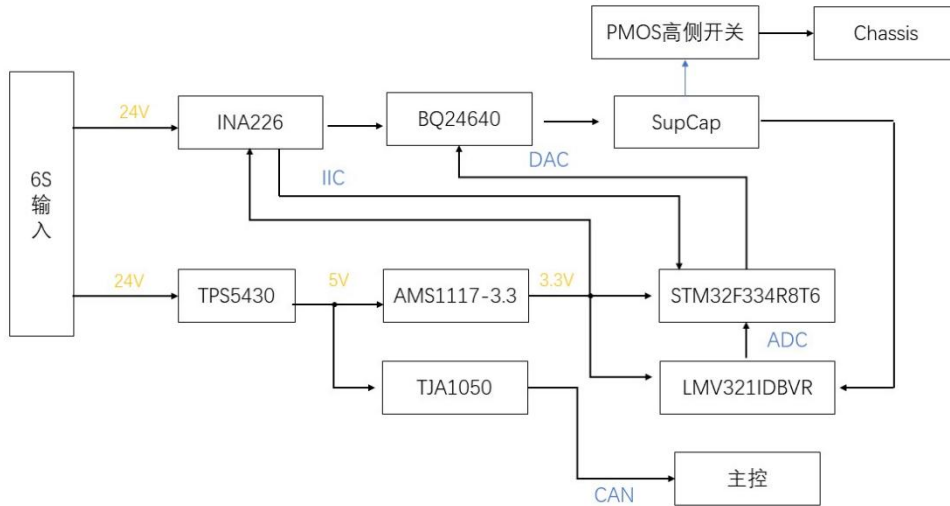




## 4.2 硬件设计

### 一、 超级电容模组：

#### 1、 整体硬件方案框图：

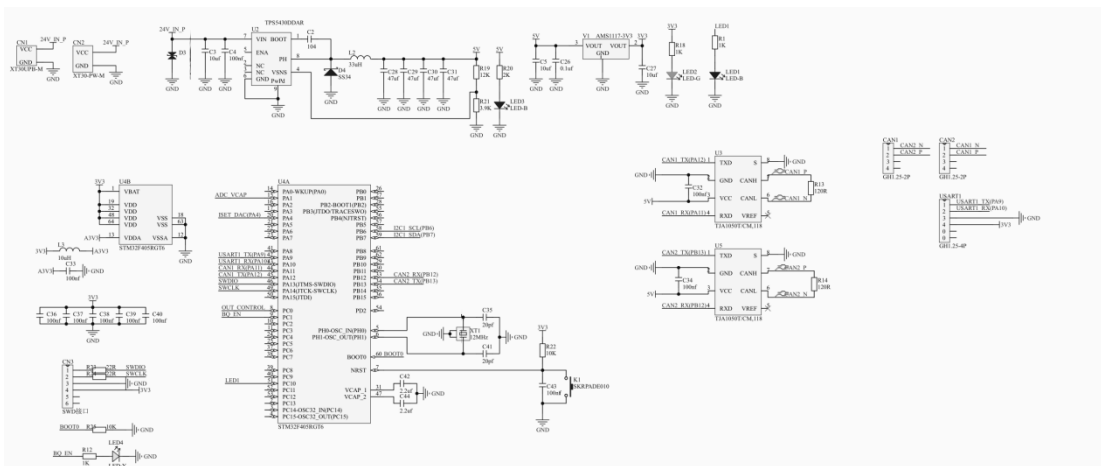


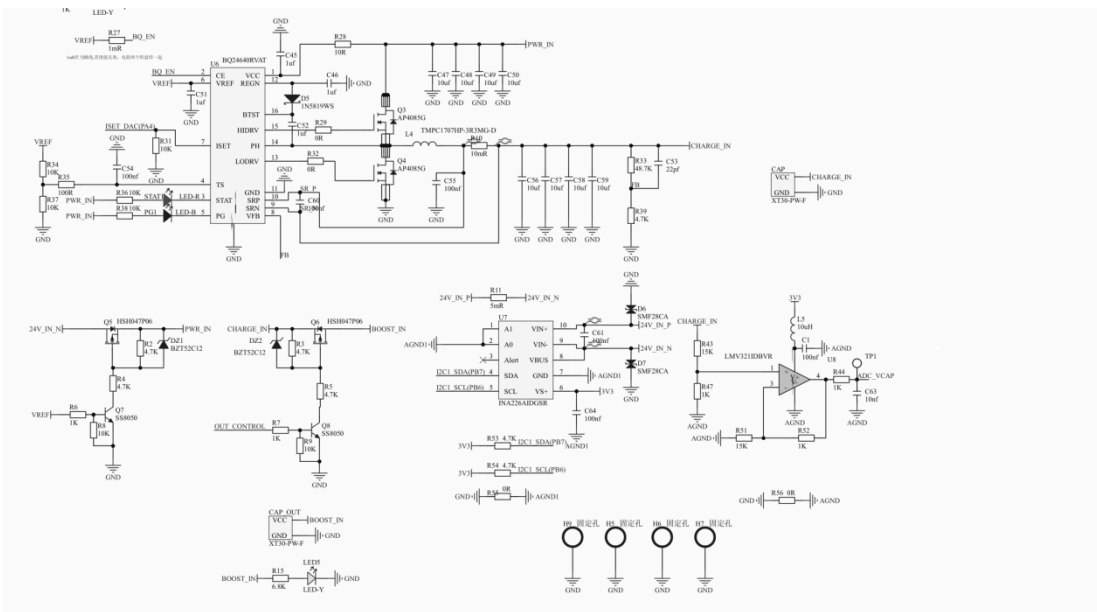
#### 2、 硬件详细设计：

##### (1) 功能说明：

该电容管理板可根据超级电容组反馈的实时电压以及从主控传过来的缓冲能量大小不断调整充电电流大小，从而实现恒功率充电以及最大限度地利用裁判系统提供的能量，在 PMOS 高边开关打开的情况下，底盘与超级电容组相当于直接并联，效率较高且能较好的实现刹车能量回收。

##### (2) 原理图设计：





(3) 测试记录:

DAC 设定充电电流 (外接电子负载)

VDAC/V	I_Charge/A
0.2	1.002
0.5	2.001
1	5.05
1.6	8.11

可见 BQ24640 在电流较大时会有较大的误差, 但误差仍在 5% 以内, 故无需校准。

ADC 读取电容电压 (未校正)

VADC/V (单片机读取)	VADC/V (实际)
0.2	0.18
0.5	0.49
1	0.97
1.5	1.46

可见总体实际的 ADC 电压值要与单片机读取的偏差较大, 寻找原因后发现主控的供电电压不足 3.3V, 而是 3.27~3.28V, 而在解算时按照 3.3V 计算的, 故读取值偏大, 再修改了这一系数并且加入数字滤波后, 数据偏差明显减少了。

ADC 读取电容电压 (校正后)

VADC/V (单片机读取)	VADC/V (实际)
0.2	0.19
0.5	0.50
1	0.98
1.5	1.51

### 3、关键器件选型：

主控芯片选择 STM32F334R8T6，该芯片成本较低且 ADC/DAC 等的数字电源需要的外设功能较为全面，并且 STM32 有方便的 cubemx 以及丰富的开源资料。

超级电容充电芯片选择 TI 的 BQ24640，该芯片是专门为超级电容设计的充电芯片，最大充电电流可达 10A，通过单片机的 DAC 功能来控制充电电流大小，进而对功率进行控制。MOS 管选择 AP4085G，因其具有较小的输入电容以及直流电阻，可较好地适配 BQ24640 的高开关频率，尽量减少开关损耗以及导通损耗，从而提高能量利用率。

电容电压采样选择电阻加运算放大器，运放选择 TI 的 LMV321IDBVR，该运放成本较低，而带宽和压摆率相较于同价位的其他运放较为优秀，故选择该器件进行超级电容电压采样。

超级电容模组选择 9 个 60F/2.7V 的电容单体串联而成，根据电容能量公式  $W = CU^2/2$  可得总能量为 1968J，接近规则要求的 2000J。

#### (3) 控制策略

电容通过电阻分压再经运算放大器输出到单片机的 ADC 引脚，经解算后得到电容端电压，再根据功率的限制不端更新充电电流，便可实现恒功率充电。电容电压数据通过 CAN 发送给机器人的主控，并通过自定义 UI 实时显示，在赛场上可让操作手判断电容电量，以便分析战场局势进行下一步动作。缓冲能量也由主控由 CAN 发送给超级电容控制板，以便调整充电策略，更加充分地利用剩余能量。

#### (4) 优缺点分析：

由于使用集成芯片，故在代码编写和调试上较为简便，高开关频率需要的电感感值以及电容值较小，且效率也较高。又因电容和底盘直接并联，能量损耗较小，且能较好实现刹车能量回收。但电容在使用过程中电压会逐渐降低，也许会使电机力度变软。后续条件允许的话会增加升压模块的设计。相比于论坛开源的双向 BUCK-BOOST，该方案实现起来较为简单，尤其在程序控制上，由于 BQ24640 内部硬件电流闭环，让开发者省去了大把调试的任务，是比较适合新队伍的方案，但是由于不像双向 DC 那样电源可与电容并联放电，电压的变化对电机的控制造成了一定影响。

### 二、 miniPC 电源：

电源芯片选择 TI 的 LM25116，MOS 管选择英飞凌的 BSC070N10NS3G，通过重新计算反馈电阻以实现 19V 的电压输出。外置开关管的结构可实现更大的功率，负载仪测试在 6A 的输出下仅有 0.3V 的压降，但在相对大的输出功率下整块 PCB 发热还是较为严重，添加散热片解决。

## 4.3 软件设计

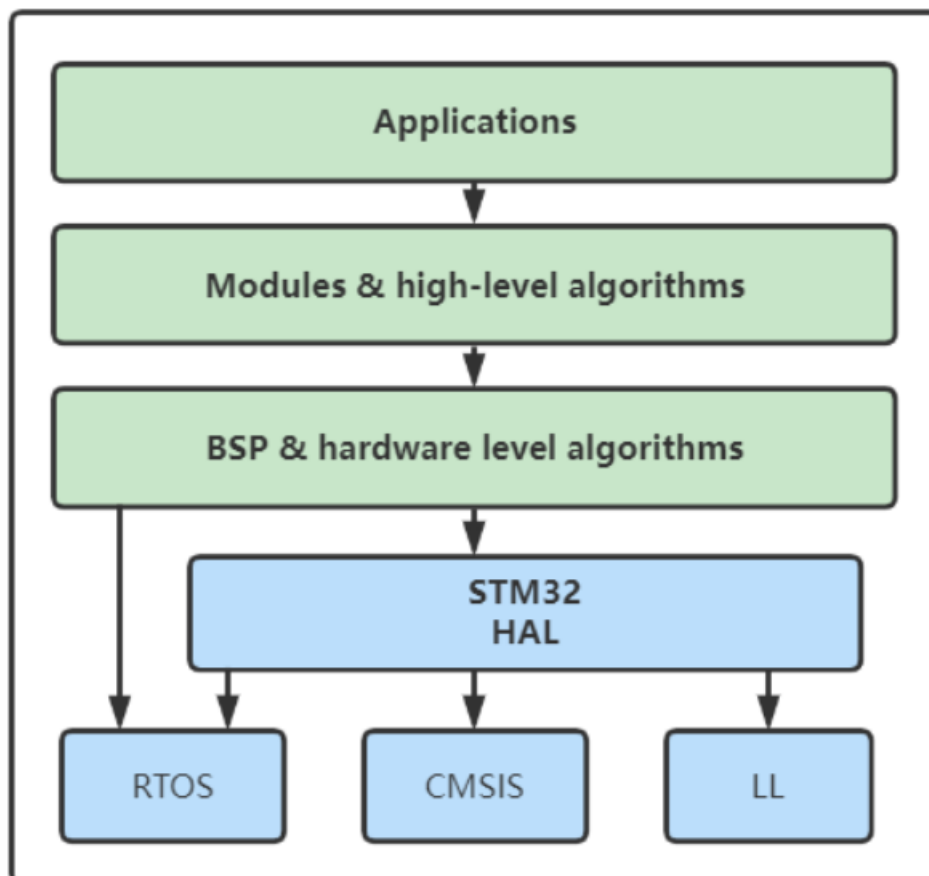
### 1. 代码框架

上个赛季战队的代码使用较为混乱，不同车的代码完全不同，兵种调试的时候难以进行快速的移植，而且当主要调试人离开时其他人不方便接手开发工作。因此本赛季制定了一个结构清晰，队内统一，易于移植的代码框架。不同于以往赛季，本赛季使用 Visual Studio Code 做为主要开发软件，我们战队以往使用 Keil 软件开发，由于其缺少代码补全、高亮和静态检查的支持，以及为人诟病的一系列不方便的设置、极慢的编译速度（特别是在开发 HAL 库时），我们开始转向其他 IDE。VisualStudioCode 这款高度定制化的编辑器最让人满意。强大的补全和 snippet 以及代码高亮、定义跳转要优于 KEIL 软件。框架使用 stm32cubemx 生成，基于 makefile 编译系统，使用 arm gnu 工具链开发，利用 arm-none-eabi-gcc 编译。本框架主要代码分为 BSP、Module、APP 三层。

1)BSP 层(Board Support Package)主要功能：实现映射功能。

在本框架中，BSP 层与 cubeMX 初始化有一定程度的耦合，若没有在 CUBEMX 中开启某个外设，则在 application 不能初始化使用了对应外设的 module。该层是唯一允许直接出现 stm32HAL 库函数的代码层。最简单的(如 gpio)仅是对 HAL 库函数的封装。较为复杂的则会进行一定程度的处理(如 can)。

2)Module 层，主要功能：实现对设备的封装，如将 IMU、PC、电机等视为一个完整的功能模块，让应用层不需要关心其底层的具体实现，直接使用接口。根据代码对应的函数说明，传入对应的配置文件。对于某些需要集中设置的参数，一般于模块的头文件中会额外设定一个结构体用于初始化的参数传递。如果不进行这样的集中设置，则是直接传入对应的参数或



module 结构体中本就存在的成员变量。

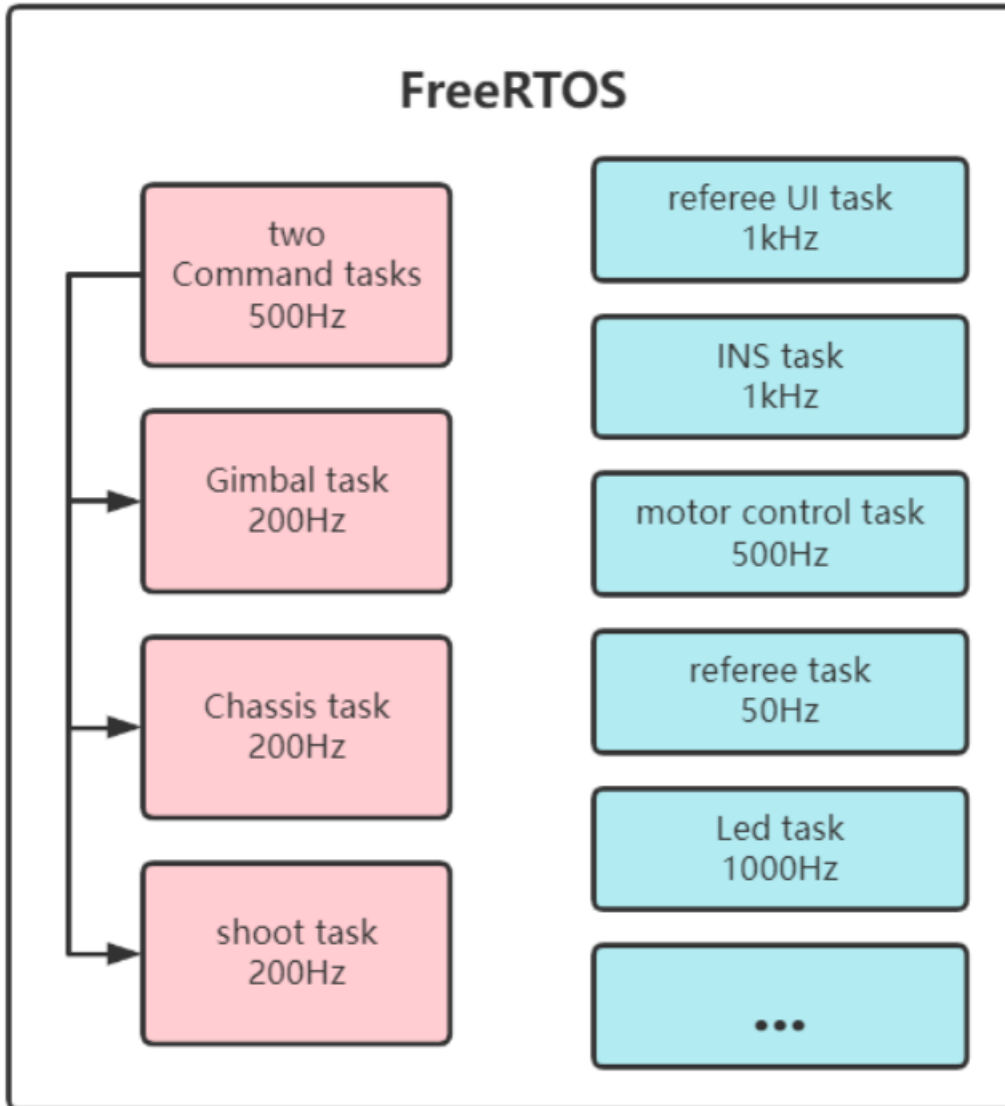
Module 层主要存放的是类型定义和实例指针数组，在该层没有进行实例化（定义或通过 malloc 分配空间），若在 APP 层没有实例化，则该模块的存在与否基本不会影响编译后的可执行文件，只会占用初始化和代码区所需的少量内存。module 只会保存每个实例对象的指针，在没有初始化的时候仅仅占用一个指针数组的空间。

3) APP 层(application)功能：实现机器人的控制，对机器人控制结构进行抽象。在完成 BSP 层和 Module 层后，如果在 APP 层没有控制代码，则代码并无实际功能。换言之，BSP 层与 Module 层的存在是为了 APP 层更简单、更合理、更易于扩展和移植。本框架的初始目标即是实现：在 APP 层仅需思考逻辑并用无关硬件的 C 语言代码实现即可完成整个机器人的控制。所有需要使用的模块和算法都在 Module 层提供，硬件的抽象在 bsp 层完成。所有使用到的模块都在 APP 层初始化，因此不需要 module 自行初始化。

APP 层按照机械设计结构（如云台、发射、底盘）建立对应的子文件夹，在其中完成初始化和相关逻辑功能的编写。还有用于发布指令的云台指令应用和底盘指令应用，前者应该包含一个遥控器模块和一个视觉通信模块，后者包含裁判系统模块。它们包含的模块都会处理一些指令和控制信息，因此将这两个应用从云台和底盘应用中隔离出来。这样还可以方便兼容双板。

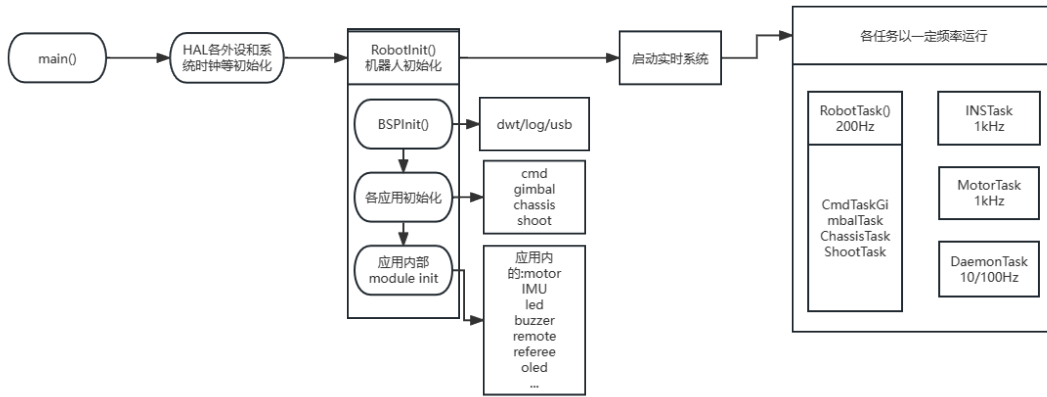
单双板切换在 application 中进行，修改宏定义可以切换开发板的设定模式。当设定为单板的时候，在 robot 中会对 gimbal, chassis, shoot, gimbal\_cmd, chassis\_cmd 五个应用模块都进行初始化。对于双板的情况，需要将上板配置为 gimbal board，下板配置为 chassis board, 它们会分别初始化 gimbal/shoot/gimbal\_cmd 和 chassis/chassis\_cmd 模块。

对于单板的情况，所有应用之间的信息交互通过 message center 完成。而使用双板时，需要通过板间通信传递控制信息（默认遥控器接收机和 pc 在云台板，裁判系统在底盘板，因此需要互发信息）。当前通过条件编译来控制信息的去向（发往 messagecenter/接收，还是通过 can comm 发送/接收），后续考虑将双板通信纳入 message center 的实现中，根据 robot\_def.h 的开发板定义自动处理通信，降低应用层级的逻辑复杂度。下图为控制体系中的个个任务。



## 2. 程序运行流程

程序运行首先进入初始化阶段，分别进行 HAL 库初始化、BSP 初始化、Application 初始化、app 调用其拥有模块的初始化、启动操作系统。APP 会调用其所有的模块的初始化函数（注册函数），这是因为本框架的设计思想是任何模块在被注册（构造/初始化）之前，都是不存在的，当且仅当定义了一个模块结构体（也称实例）的时候，才有一个实体的概念。下图为我们代码的运行流程图。



## 4.4 算法设计

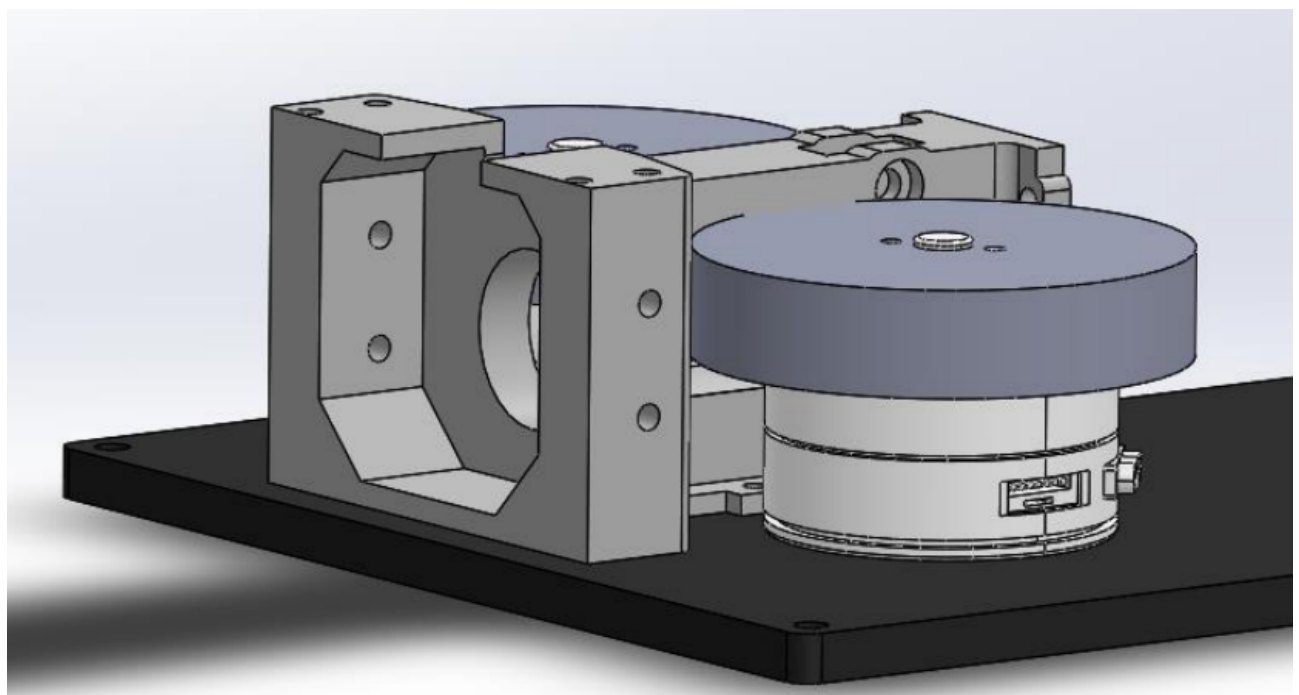
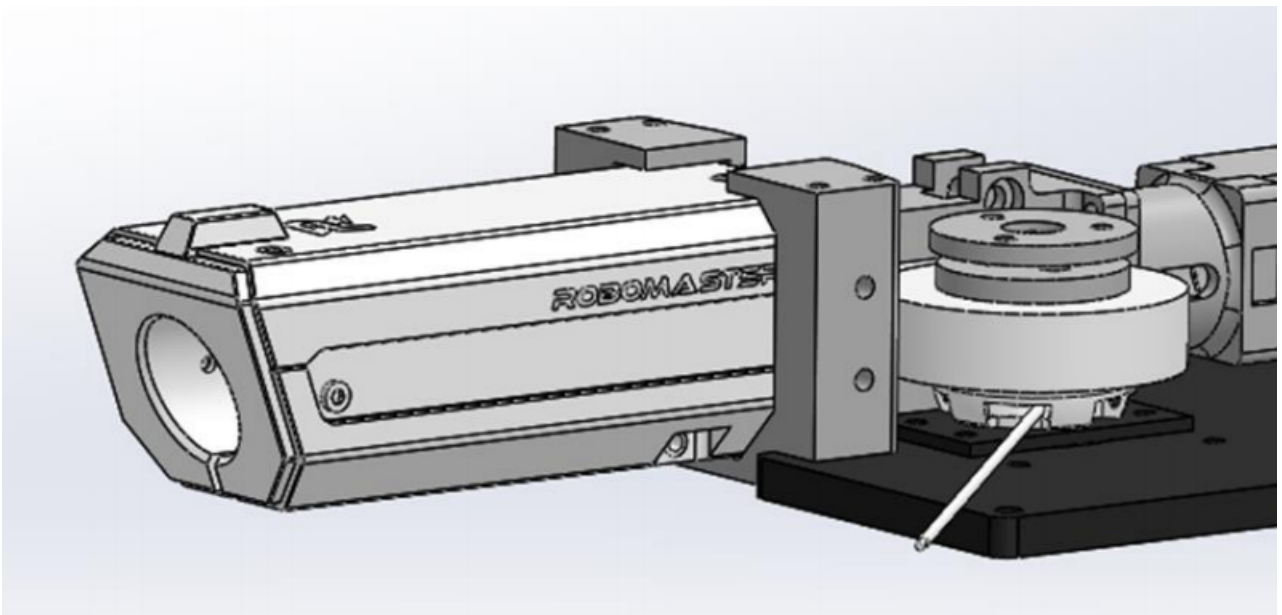
本赛季装甲板检测算法得到了优化，采用端到端的神经网络直接拟合出装甲板的四个角点。对于检测到的装甲板，进行置信度的筛选。这种算法由于无需像传统算法一样对灯条进行二值化和筛选，从而对光照和相机参数有更好的鲁棒性。得到四点后，可以直接加入到原有的PnP算法中进行解算，从而估计出相机和姿态以及敌方车辆在世界坐标系下的位姿。由于神经网络可以直接输出装甲板的数字和颜色信息，还可以加入不同的筛选策略以适应不同兵种对打击目标的需求。对于运算算力较差的平台，我们依然部署了传统的检测算法来，我们为两种算法均设计了一致的接口，仅仅需要更换算法模块即可完成算法的迁移，而不影响部署。

为了实现更好的击打和预测，我们通过调整预测时间和相机、IMU数据同步的方式，减少相机和陀螺仪数据之间的误差，为预测算法提供更精确的数据。对于得到的装甲板信息，我们根据补偿算法得到合适的预瞄点后通过串口发送到下位机，实现自动开火与准确击打。

## 5. 研发迭代过程

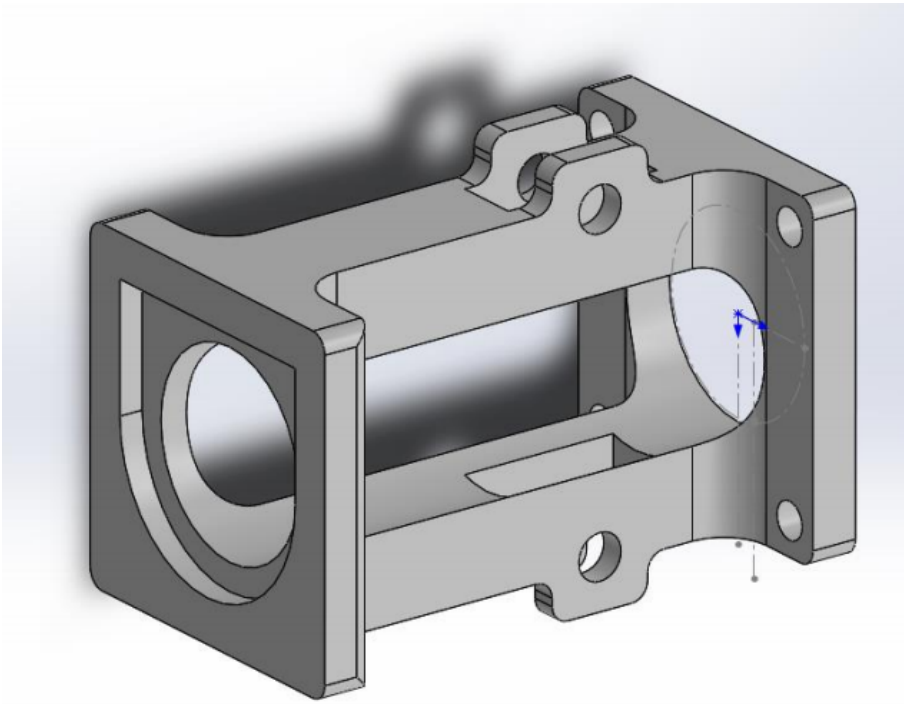
### 5.1 发射模块测试记录

发射精度作为 RM 比赛的得分点，是一台步兵机器人是否强大的衡量指标。在去年的比赛中，我们没有重视这一部分的性能，也没有进行较多测试，导致在现场比赛中，有效伤害输出很低。针对此部分的缺陷，我们进行了一系列发射测试实验，并设定散布的目标为 5m 小装甲板命中率 95%以上。



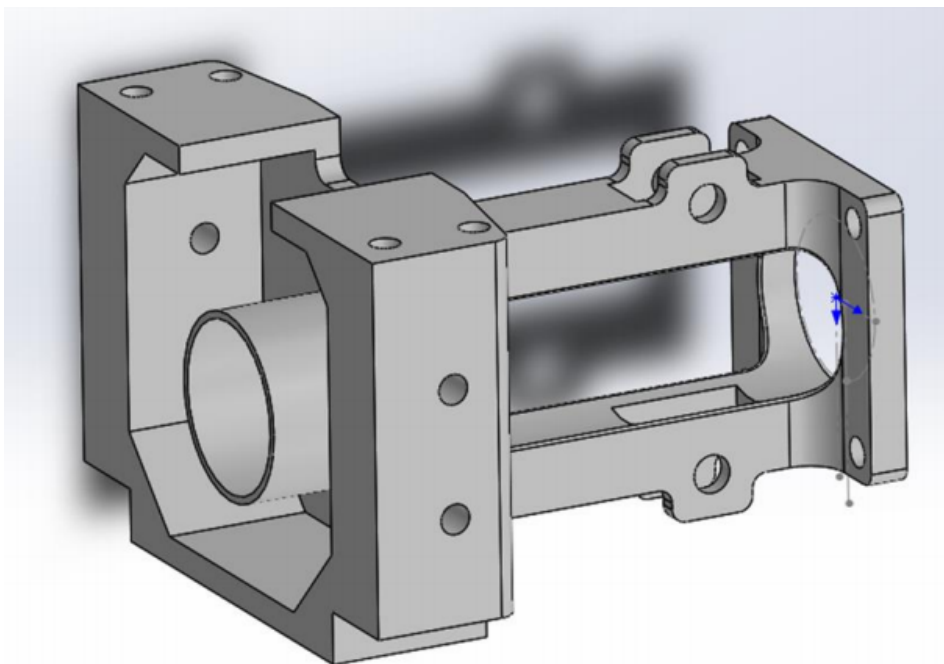


发射摩擦轮选型：最初，我们选用的是 snail 电机驱动的摩擦轮结构，但是在初步测试中，我们发现此方案有明显的“掉速”现象。即使中途加入稳压模块、磁感应线圈等，也无法从根本上解决物理原理上 snail 摩擦轮的缺陷。根据理论分析和实际测试结果，我们得出

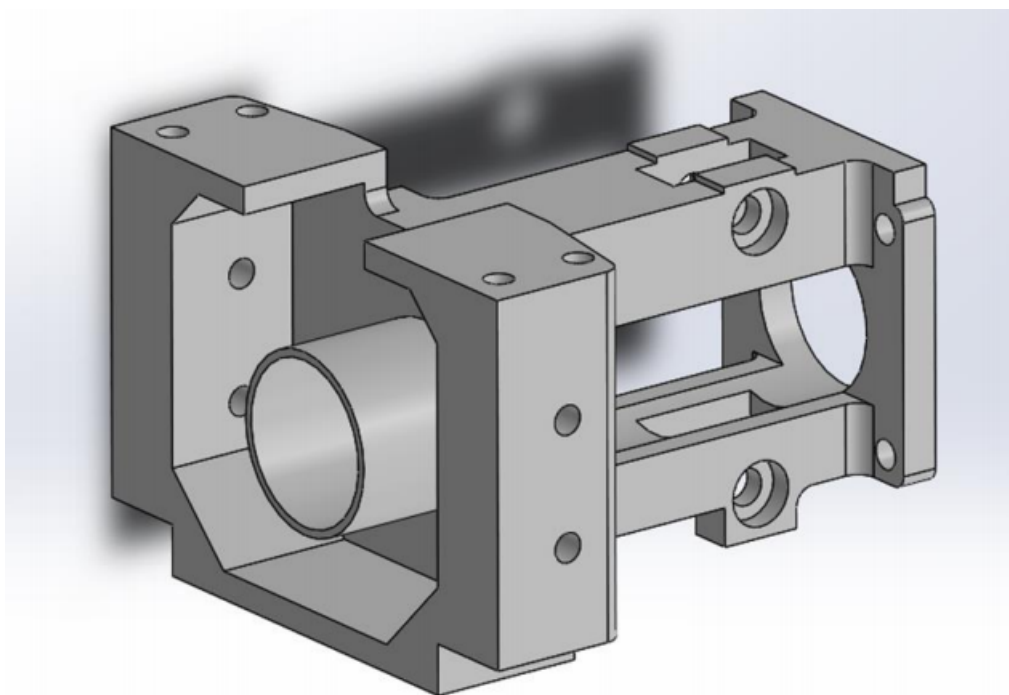


M3508 摩擦轮方案是优于 snail 摩擦轮方案的。

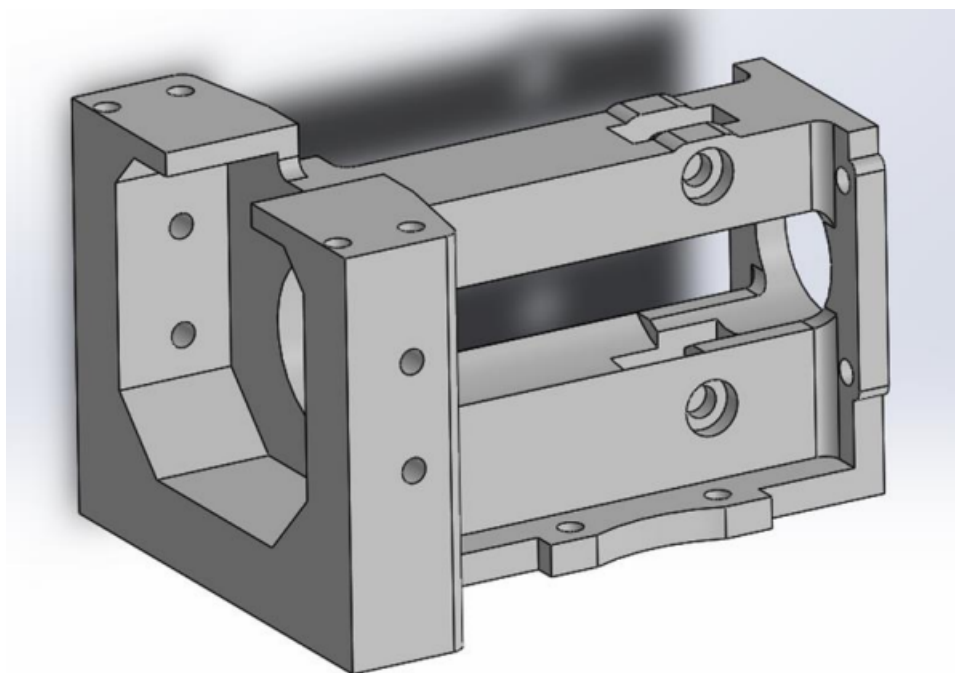
导轨方案设计：初步选定摩擦轮结构后，我们便寻找能够提高发射精度的方法。首先我们沿用了本校的传统导轨方案，即通过上下两个 U 型轴承，限制子弹进入摩擦轮间距之前的位置，以达到提高的目的。



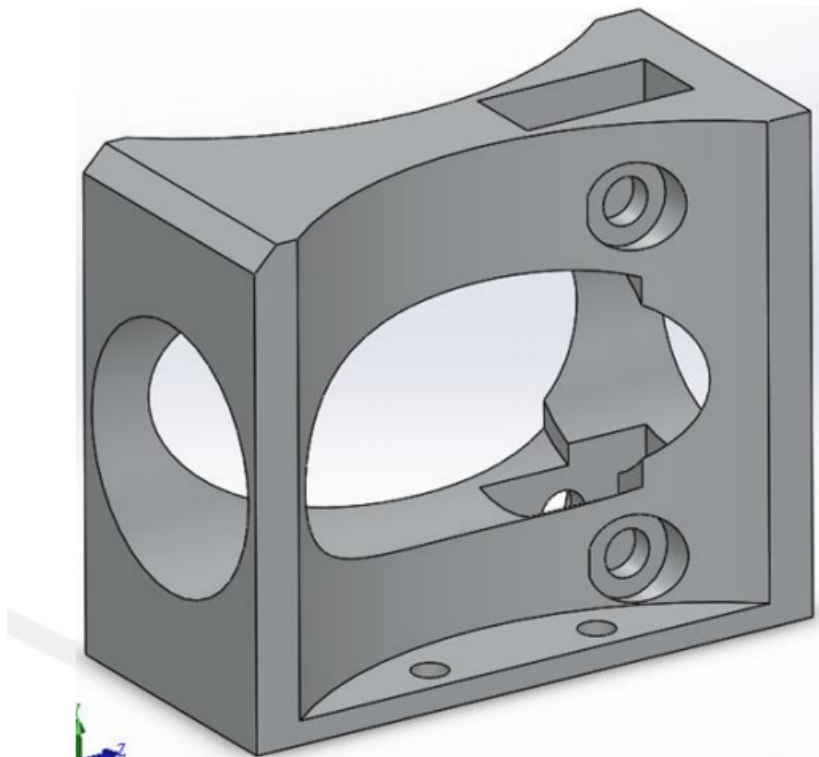
初步测试后，我们发现安装测速模块的3D打印件与导轨之间可能因为装配误差，出现轴线不重合的情况，导致子弹在射出测速模块的过程中与内壁接触，降低了精准度。因此，我们改进模型，将这两者合为一体。



相比之前，精度有所提升，但离目标散布还有差距。经过与其他学校的交流学习，我们得知，U型轴承的安装孔对精度有较大影响。由于测试过程中需要尽量降低成本，因此我们增加了模型中上下两部分的厚度，以提高这部分的强度。



以上的干扰因素排除后，下一步就是测试得出最佳的 U 型轴承间距。经过多种版本的测试，我们得到了一个散布相对最小的间距，但距离目标散布仍然有一定差距。因此我们对现有模型进行分析，并反复观测发射时的子弹痕迹，推测出，子弹在经过摩擦轮加速后，很可能与导轨的内壁发生接触，导致子弹轨迹发生微小偏移。受其他学校的“无枪管”方案的启发，我们将通过 U 型轴承后的导轨内壁的一段切除，使子弹完全无法和内壁相碰：



经过测试，散布范围明显缩小，精度有了较大提升，能基本达到预定的目标散布，也证明这种方案是可行的。因此，我们下一步将导轨重新设计，做成铝加工件；在设计模型的过程中，考虑到加工工序，将形体尽可能简化，使加工成本降低。

经由进一步测试，此发射方案的散布为 5m 小装甲板命中率 97%以上，能满足步兵的发射精度需求。

其他影响因素：经实物测试，我们还发现，摩擦轮电机的安装精度、摩擦轮电机安装板的厚度、导轨的安装精度子弹推入的速度等因素，都能对发射精度产生或大或小的影响。

## 6. 团队成员贡献

姓名	基本信息 (专业、年级、队内角色)	主要负责工作内容描述	贡献度 (所有成员贡献度合计为 100%)
刘奕希	机械设计制造及其自动化、大三、机械组成员（对抗赛）、顾问（联盟赛）	负责机器人机械的结构设计、装配、改进	27%
陈傅	电气工程及其自动化、大二、队长、电控组成员	负责机器人控制程序设计和调试	27%
汪凯	电子信息工程、大三、视觉组组长	负责机器人视觉以及算法方面设计编写以及维护	14%
邹正宇	机器人工程、大三、视觉组成员	负责机器人视觉以及算法方面设计编写以及维护	13%
施运昇	电气工程及其自动化、大二、电控组组长	负责机器人电路硬件设计，包括超级电容设计、改进和转接板、继电器等电子器件的设计	10%
肖泽文	机械类专业、机械组成员	负责机器人的装配、维护，赛场上的临时维修	9%

## 7.参考文献

[1]金子旭-【斯基小课堂】 Part1 - 结构设计的思维逻辑

<https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=12345>

[2]金子旭-【斯基小课堂】 Part2 - 轻量化设计指南

<https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=21769>

[3]RM2020-上海交通大学-交龙战队-步兵机器人机械技术开源

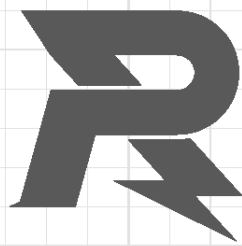
<https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=11054>

[4]RM2021-华南理工大学-普渡华南虎-舵轮步兵机器人开源

<https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=12219>

## 8.技术方案复盘

从本次 2023 南部分区赛的表现来看，这款步兵机器人在机动性方面表现良好，体型小的优势使其不被地形和其他机器人阻挡，有较强的通过性。其发射性能也满足基本期望，配合视觉辅助瞄准能有效对敌方单位造成伤害。但也有不足之处，例如外框由于使用 2mm 玻纤板、大面积镂空铝方管，导致其强度略有欠缺，在碰撞频繁的对抗赛比赛中，无法承受连续高强度碰撞挤压导致出现变形；底盘的纵梁由于镂空较多，承受飞坡导轮带来的冲击后，也产生明显变形，这是结构设计和材料处理等因素导致的结果。因此，在后续研发中，我们需要注意机器人在激烈碰撞中的强度需求，打造更加皮实耐用的结构框架。



邮箱: [robomaster@dji.com](mailto:robomaster@dji.com)

论坛: <http://bbs.robomaster.com>

官网: <http://www.robomaster.com>

电话: 0755-36383255 (周一至周五10:30-19:30)

地址: 广东省深圳市南山区西丽街道仙茶路与兴科路交叉口大疆天空之城T2 22F