

RoboMaster 冬令营技术报告 (对抗赛)

• 项目规划

1.1 项目规划

任务	2.4 日	2.4 夜	2.5 日	2.5 夜	2.7 日	2.7 夜	2.8 日	2.8 夜
张子言	方案讨论与确定	底盘设计	结构搭建	悬挂系统设计	制作底盘定稿	制作弹仓	制作机械臂	制作机械臂
李泽凯	以下同上	底盘设计	结构搭建	悬挂系统设计	制作底盘定稿	制作弹仓	制作机械臂	制作机械臂
彭睿		底盘设计	结构搭建	悬挂系统设计	制作底盘定稿	底盘疲劳测试	制作机械臂	制作机械臂
张瀚森		电机测试	攻克容道算法	底盘通讯测试	云台测试	云台测试	驱动摄像头	图像识别
郑家崧		结构搭建	结构搭建	结构搭建	云台测试	云台测试	云台测试	整机测试
郭子彦		结构搭建，负责项目的写	结构搭建	准备摄像头模块	摄像头测试	摄像头测试	摄像头测试	准备第一阶段技术报告
张梓瀚		算法研究	算法研究 (失败)		协助测试摄像头	协助测试摄像头		

1.2 主要设计思路

设计亮点：1. 设想使用麦弗逊式悬挂

2. 设想使用视觉图像识别

3. 设计使用三舵机驱动、两自由度机械臂

4. 自行调整 PID 参数使机器人更稳定

5. 解决卡弹问题

技术特点：1. 麦弗逊式悬挂减震效果更强，可以吸收麦轮产生的抖动提高移动射击时的命中率，大幅提高全车的通过性和操纵性。

2. 通过处理识别出来的形状数据与当前云台瞄准点相差的距离，PID 计算后可得出云台应转动的数据，进行辅助瞄准。

3. 机械臂水平夹取直驱以及限位设计更适于夹方块，而垂直方向上抬举机械臂由铁丝带动可减小对舵机扭力的需求。

4. 开、闭环两种模式下对底盘进行不同控制。

5. 让发射装置每转动 4 个 60° 回转 2 个 60° 解决单发卡弹问题。

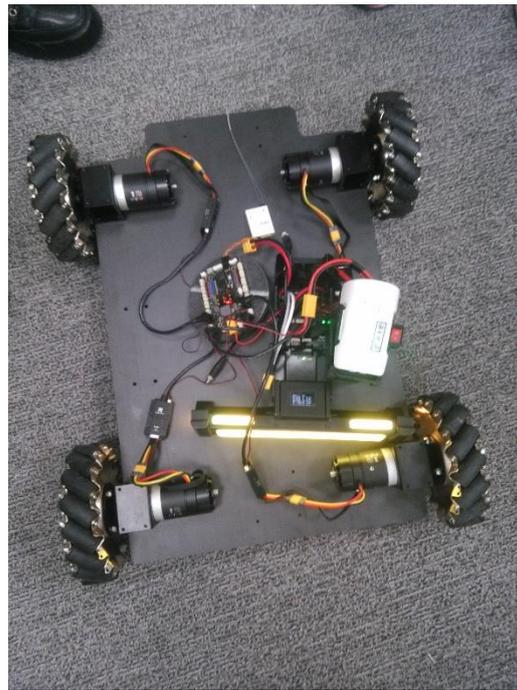
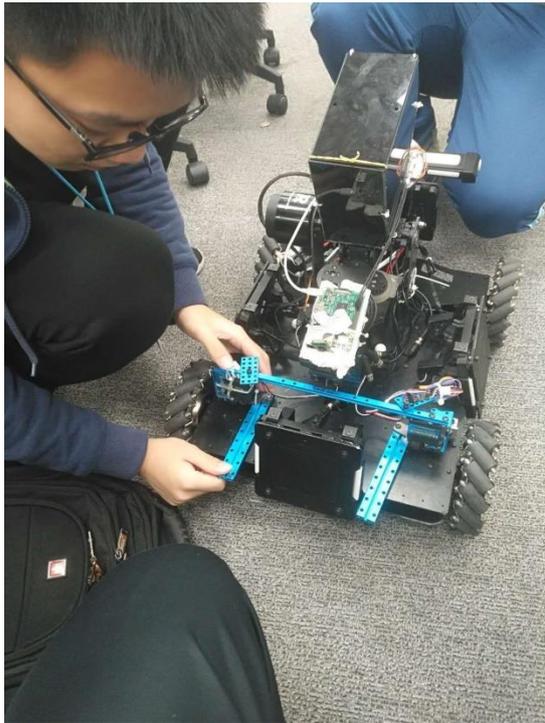
（原版方案详见各部分设计描述以及项目优化、问题分析）

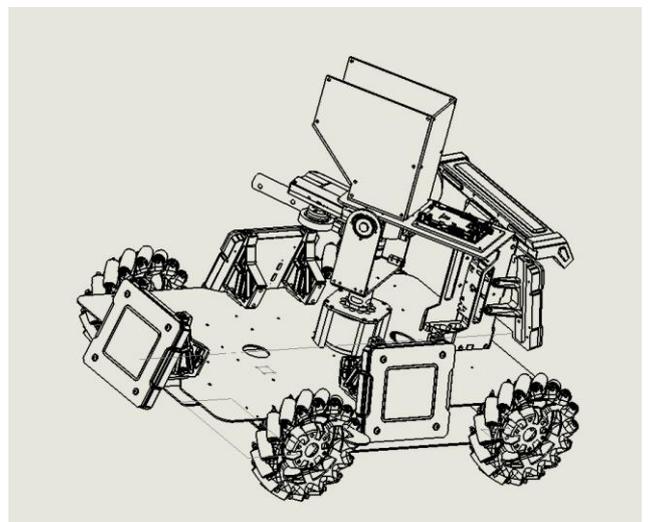
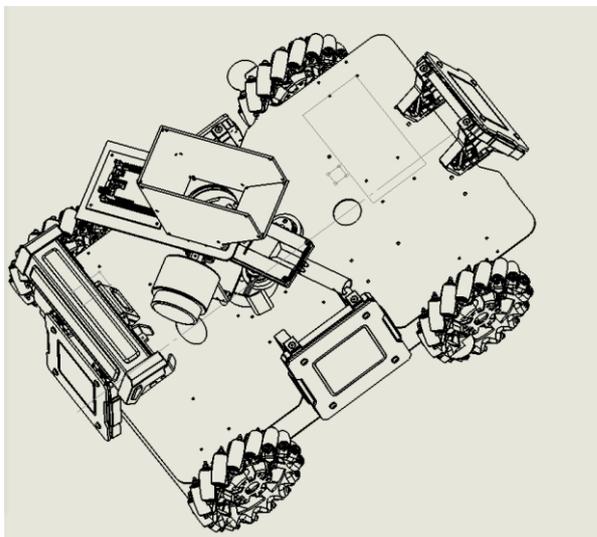
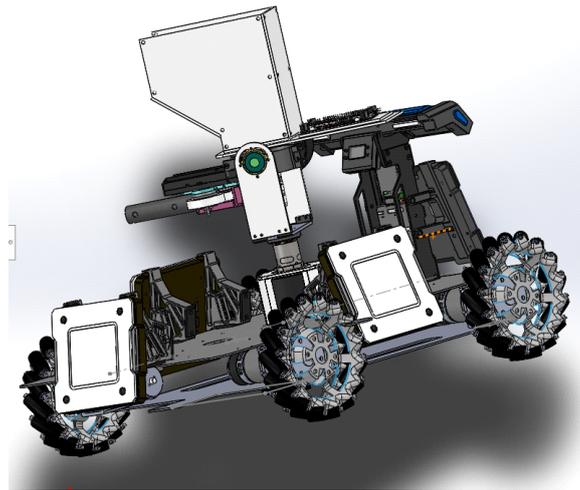
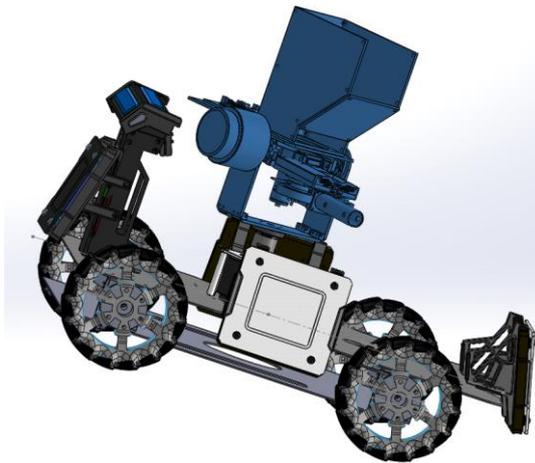
最终方案（设计）：由于板材、时间及减震器限制，车底盘直接采用双层固定底盘并加有镂空设计便于后期安装。机械臂仍使用三舵机驱动两自由度运动，并且在尺寸不匹配的连接处自行设计雕刻连接件，并用热熔胶及扎带稳固。图像识别进行辅助瞄准，且在两机间距不同时调整射击方式。在开环模式下，通过计算遥控器的输入值控制的水平，垂直，转动速度与四个轮子速度的对应关系来控

制底盘；而在跟随云台模式下，转动速度由云台转动角度经过 PID 计算来确定，而其他速度与开环模式相同。最后让发射装置每转动 4 个 60° 回转 2 个 60° 解决单发卡弹问题。

机械设计

2.1 项目模型（装配制图主要负责人：张子言、李泽凯）





2.2 各模块设计思路

悬挂部分（主要设计、负责：彭睿）：

原计划采用双层带悬挂的底盘。通过进行仿真，我们发现单层底盘可能无法承受比赛中的冲击，而上下双层的底盘更加可靠。原计划中前轮采用麦弗逊悬挂系统后轮与车体刚性连接。

实地考察后发现场地相对平整，而上下坡坡度较大。没有悬挂系统的车辆在过坡时会有部分轮胎悬空，严重影响车辆的操纵性能，在比赛时将有可能会产生失控撞墙等后果，而场地平整为减少工程量无需采用全避震，而前轮采用麦弗逊式独立悬挂可以很好的解决

轮胎离地的问题。

针对分析 1：本车采用双层底盘，悬臂固定与下底盘而减震器与弹簧固定与上底盘，为减少工程量，所有的活页与支座都采用通用的设计，支座采用 3D 打印，通过仿真确认强度足够（100%冗余）。

针对分析 2：本车采用的麦弗逊悬挂系统比非独立悬挂系统的减震效果更强，可以吸收麦轮产生的抖动提高移动射击时的命中率。

针对分析 3：采用悬挂后，全车的通过性和操纵性将大幅提高，但因为电机将固定于下底盘下侧，全车重心升高将会带来不利影响，翻车的概率变大。

底盘部分：（主要设计、负责者：李泽凯）

底盘是全车的结构核心，是所有装备的承载平台。所以我考虑先对底盘上的所有部件进行整体虚拟装配，利用现有的模型库及需额外加装的部件的关键尺寸（如机械臂的安装螺孔尺寸）确定底盘所需进行的修改，之后对底盘进行建模及修正。我们的底盘经历了四版设计，其中两版有悬挂两版无悬挂最终选定了无悬挂第二版，基于时间和工程难度的考量。下底盘随上底盘进行了多次修改。选定无悬挂第二版不仅因为它的刚度和强度与我们的需求相符，还因为无悬挂的底板上的悬架安装方式不能确定。

在底盘建模时，我发现我对云台，装甲板，裁判系统等的安装方式不熟悉，不知道该在哪里打上螺孔，也不清楚之后的功能（如机械臂）需求什么。第一次为了先调试一下轮胎的程序，便先怼了一

块只能装上轮胎和装甲模块的底板，非常不谨慎。之后我在网上查阅了一系列资料，明确了参赛车辆的结构，之后便完成了底盘的基本建模

当然，之后还进行了不少修改。

同时我还遇到了悬挂系统怎么与底盘融合的问题，悬架系统的设计我没有和彭睿沟通好，其中的结构我并不明了。导致最后在定稿过程中，大家认为悬挂不是那么可靠，最后放弃了悬挂。

在设计初期我曾被底盘的尺寸所困扰。我明白我们要装云台、装甲板、悬挂、裁判系统、车轮。但其中有些部分的尺寸不确定。为了解决这个问题，我询问了一下其他组的机械并与自己的组员进行了讨论，最后终于确定底盘大小。使设计得以继续进行下去。各个螺孔的大小，我将车辆大体在装配体中装出来，再进行相关测量。

在这次冬令营中，我严重的感冒导致在后几天我的工作效率下降。在这种情况下，如何让团队的进度大致不受影响，工作怎么分配也成为我面对的问题。

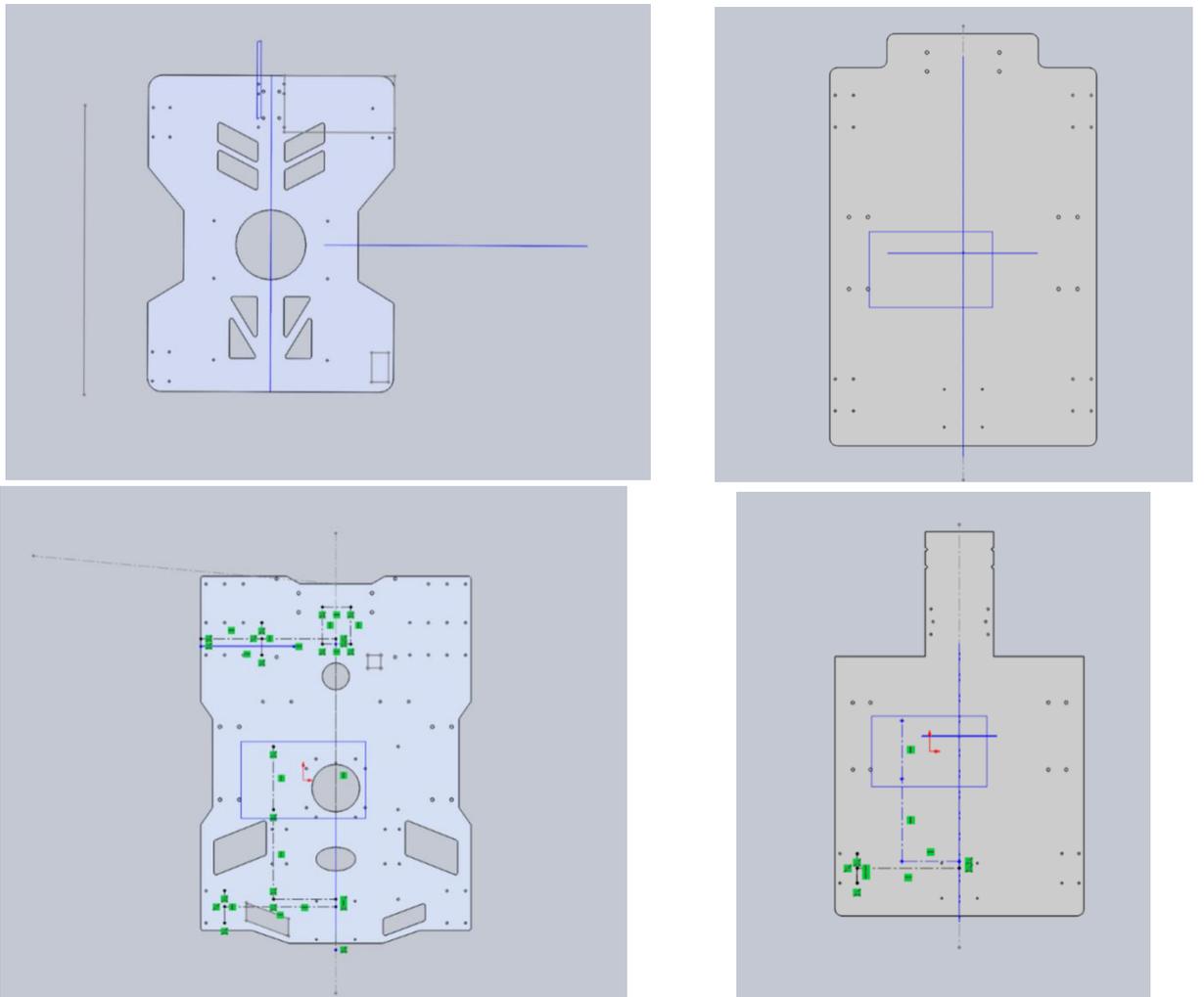
底盘制作也很紧张，切割机的速度是恒定的，而所有人的任务加在一起是巨量的，并且我们的下底盘切的时候断了3把刀。我预先对这种情况设计了底盘制作B C方案。B方案是利用以前怼的那块板切出新底板，防止玻纤不够。C方案是利用makeblock已有的铝梁拼出下底板，此方案大体使用512mm四方铝梁两根，8螺孔长方铝梁3到4根以及一些直角转接件。

材质由碳纤换为玻纤，强度和刚度是否合适成为新的问题，我

参考了组员做的应力分析（玻纤的数据来自网上），对底盘再次进行了一些小修改。

云台部分：（主要负责：郑家锲）

我们遵循先稳住后优化原则，确定了云台先按照官方手册方案组装，之后再行细节优化。最后发现官方方案较为成熟，已能满足实现我们基本功能，只做了细节优化，如加固 pitch 转轴固定，自制限位器等细节。



机械臂部分（主要设计、负责：张子言）：

机械臂运用分析：在赛场上使用机械臂夹取障碍快，对机械臂要求：

- 1.有两个自由度，防止在车体下坡时障碍块冲撞致使车体翻车；

2.与障碍快接触面积尽量大，接触面间按摩擦力尽量大，保证机械臂抬起时障碍快不滑落；

3.舵机扭力需足够大，能带动机械爪夹取物块并保持平稳；

4.机械爪活动时需避免对装甲板的击打与对图传模块的阻挡；

5.机械爪在一定程度下可以充当前装甲板防撞击的装置，对其抓取部分，连接部分的耐撞能力要求高，材质要求高

6.机械爪在车体上的安装要协调，需在规范机器人尺寸范围之内，且其结构需尽量简单稳定，质量较小；

机械臂设计阐述：

针对分析 1：由左右两个舵机直驱两侧的机械爪抓取部分，由另一舵机连接铁丝带动抓取部分连杆上下转动

实现两自由度，舵机与底盘的固定其间有自主设计切割的连接件，用合页固定，保证两方向上移动；

针对分析 2：抓取部分左右两边都是金属柱连接的两层翼型结构，其中增添海绵增大摩擦力

针对分析 3：舵机选用两种：makeblock 数字舵机（16.5kg\cm）与 LDX-218（17kg\cm）舵机，配合使用扭力足够

针对分析 4：机械爪抓取部分有限位设计，其两侧连杆为单行金属柱，使得结构简单稳定，且一定程度上对发弹装置有限位作用；

针对分析 5：机械爪材质原使用亚克力板，后全改为碳纤板；

针对分析 6：机械臂固定时左右两抓取装置间距略小于 20cm（物块边长），伸出长度确定时，机械爪抓取部分限位处在竖直方向

投影在前装甲板最突出处即以外适合部分；

设计安装过程中遇到的问题及解决方案：

设计时，原存在两种设计方案，原考虑在竖直方向上运动也采用直驱方式，但由于舵机扭力限制及固定问题，改成由铁丝带动并在连杆上用直角件加高增大动力臂，在固定电机的过程中，由于整车基本已搭建完整，底盘不易打孔、拧螺丝，在小帅老师的帮助下成功确定并固定好舵机位置，提高了效率，学到了快速方便的加工技巧；

在制作机械臂的过程中，合页的孔的尺寸，舵机舵盘的缺少与孔位，孔径的不匹配给我们带来了许多困难，最终我们除了翻箱倒柜找东西外仍自己设计切割了许多连接件，往返于零件库与加工场地之间……为了减小舵机受过负导致结构损坏，我们在上层机械爪抓取部分与连杆间增加滑动连接件，分担一部分受力。舵机与机械爪连接部分因为缺少合适的舵盘导致舵机空转，我们进一步改进后自行设计切割连接件并使连接件孔径略小于舵机齿轮直径，并用热熔胶增大摩擦，用垫片限位，用螺丝卡死，实现舵机带动机械爪。

2.3 优化和改动

整车完成设计后，我们进行了如下优化

一 我们为机械臂加上了锯齿，使它在夹取时可以防滑

二 重设计弹仓，扩大了容积，使供弹更流畅

三 对机械臂进行了进一步加固

四 底盘进行了四次优化

第一代：与轮胎和装甲板可以适配，但是没有考虑其他的部件，且没有镂空，整体过重，非常浪费板子。

第二代：由于第一代的的多项缺陷，在第二代上适配了所有的部件，并对悬挂进行了预留，下底板第一版（带悬挂）也完成了设计

第二代的缺陷主要是云台的四个双列支撑柱的螺孔间距错误，下底板与上底板的电机座的孔有误差，并且整体依然较重

第三代：修改了双列支撑住的螺孔间距，增加了轮护，调整了各个螺孔间的间隙，上下底板均对悬挂进行预留孔。上下地盘前方加装了四个支撑住。（缺点是为装甲板所开的凹槽过小，装甲板在装配体上装不上。）

第四代：因为加了轮护后左右超长，所以取消了左右轮护，同时在底板上加了镂空，稍微减轻了重量。同时底板长度改小，防止比赛超长。上下底盘见加了六个支撑住（缺陷：没有为机械臂预留一些孔。）

五 弹仓进行了两次优化

第一代弹仓让弹从两侧向拨弹轮滑动，这样的设计可以使云台的重心稳定在拨弹轮附近，不论弹的多少，减轻了云台电机的负载，但是弹仓没有在装配体中测量容积，导致实际制造出来过小不能提供持久的供弹。

第二代弹仓改大了容积，将弹的滑行方向改为从前方滑下。

六. 机械臂的几次优化

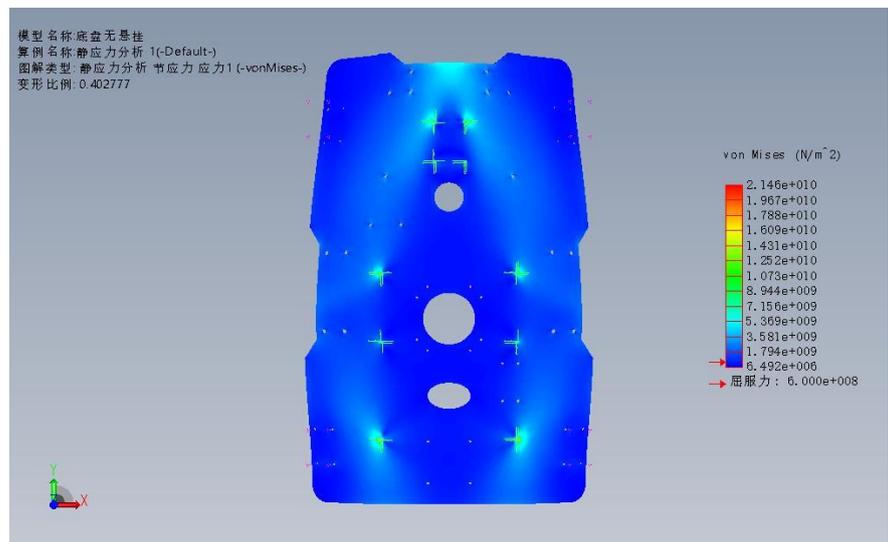
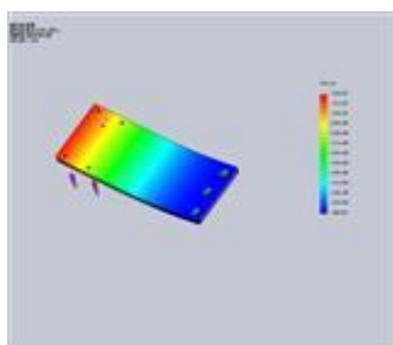
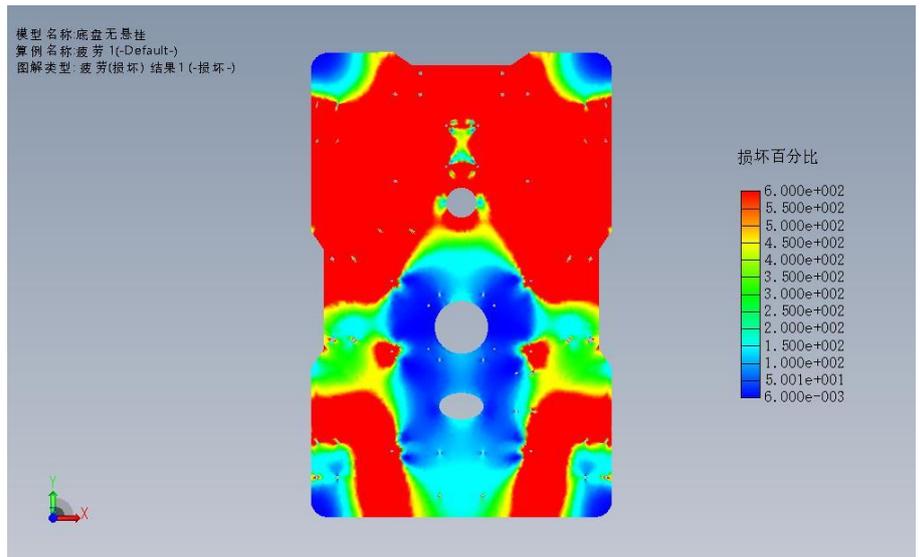
由于舵机扭力限制及固定问题，将第一版在竖直方向上运动采用直驱方式改成由铁丝带动并在连杆上用直角件加高增大动力臂

第二版在舵机与抓取装置之间增添长条连接块，可以便于调整抓取装置身处车体外的长度，也可以便于舵机位置确定与电机等不冲突，充分利用原底板预留孔，减少新开孔数

第三版我们在上层机械爪抓取部分与连杆间增加滑动连接件，分担一部分受力

由于舵机与机械爪连接部分缺少合适的舵盘会导致舵机空转，于是第四版我们自行设计切割连接件并使连接件，使其孔径略小于舵机齿轮直径，并用热熔胶增大摩擦，用垫片限位，用螺丝卡死，实现舵机带动机械爪。改良了原先直接用螺钉打死限位的方式。

2.4 可行性测试

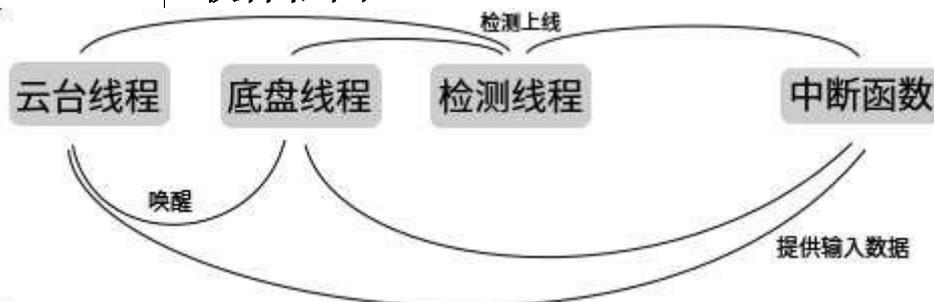


在研发过程中，我们进行了如下可行性测试：在学习了有限元及仿真之后，组内负责的同学对每个自主设计的零部件进行仿真测试，测试在不同材料及设计方案下，各部件的刚性及强度，受力情况及损坏情况，以及时反馈，调整设计方案，预留孔的位置大小，选定合适材料，达到最稳定的效果，且机械臂在设计的过程之中，也多次进行手动模拟舵机带动，以确定最佳固定位置以及最佳夹取方式。

• 控制部分

3.1 项目软件架构

3.1.1 软件框图

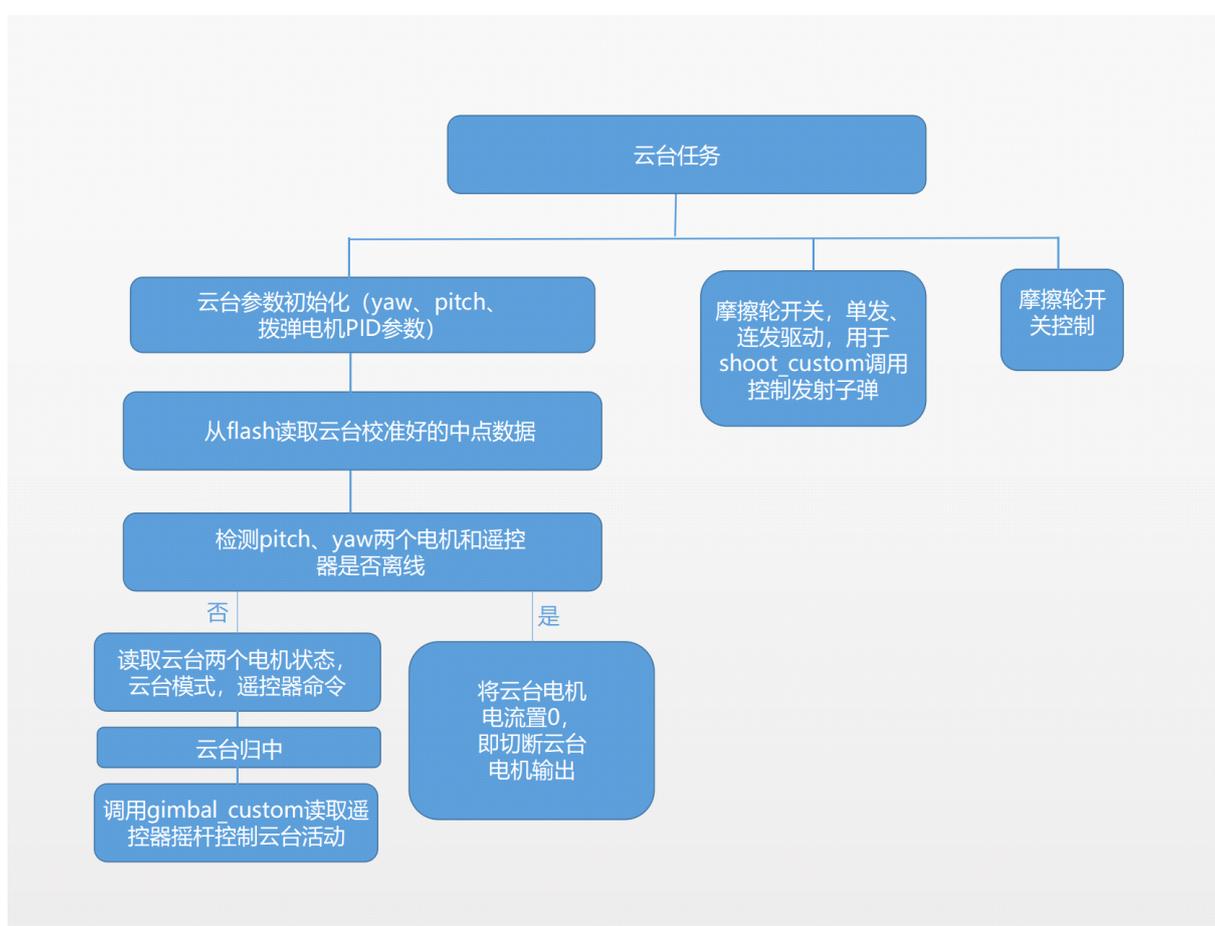


3.1.2 操作说明

我们保留了原来程序的控制方法，原始设计是加上机械臂以及视觉处理辅助瞄准，计划增加读取键盘键值控制这两项功能的控制，但是后来由于调试过程中遇到多重困难导致时间延误，最终不得不在比赛前放弃这两项增加的功能。

3.2 云台模块

云台驱动线程 `gimbal_task.c` 里面包含了云台运动的驱动和拨弹电机以及摩擦轮的控制。云台线程先进行 PID 参数初始化，之后检测两个电机以及遥控器状态，若三者均正常则进入云台驱动主线程，读取遥控器命令确定云台控制模式，之后进行云台归中，而后通过 `gimbal_custom.c` 控制云台运动和摩擦轮开关，以及 `shoot_custom.c` 控制拨弹电机控制发弹。



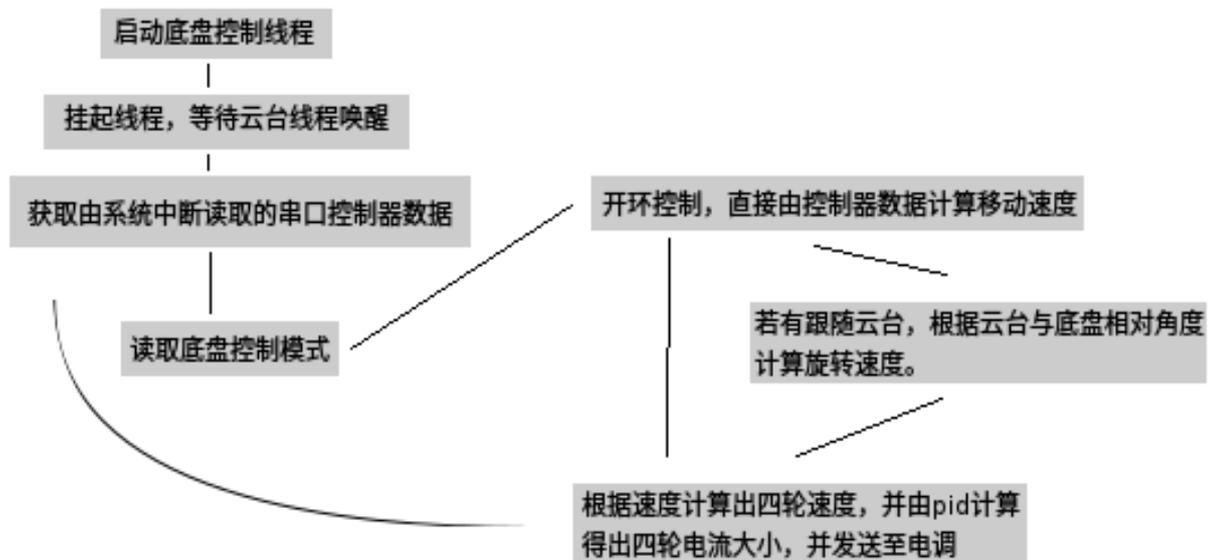
在调试云台的过程中，我们遇到了云台不正常抖动以及拍打的问题。在助教的帮助下，我们确定了是云台的负载太小，导致 pid 计算出来的电流值给云台电机的加速过大，导致云台出现正反馈现象。而

云台拍打最后确定为是 pid 的积分参数过大，导致积分饱和现象。而官方给出的调小云台最大速度的方式只是治标不治本，无法完全抑制极大电流的产生。而后通过装配测速模块、弹仓、图传等模块调整云台中心位置解决了云台抖动为题，并发现是由于云台转动角度值溢出导致 PID 反馈信息错误而不正常拍打，最后通过调整限位器解决云台不正常拍打问题。

--负责人：张瀚森、郑家锟

3.3 底盘模块

在确定云台初始化完毕后，底盘控制线程由云台控制线程唤醒。在确认遥控器连接上之后，根据右侧拨杆的状态来配置底盘的控制模式：开环，跟随云台及无响应。在开环模式下，通过计算遥控器的输入值控制的水平，垂直，转动速度与四个轮子速度的对应关系来控制底盘；而在跟随云台模式下，转动速度由云台转动角度经过 pid 计算来确定，而其他速度与开环模式相同。

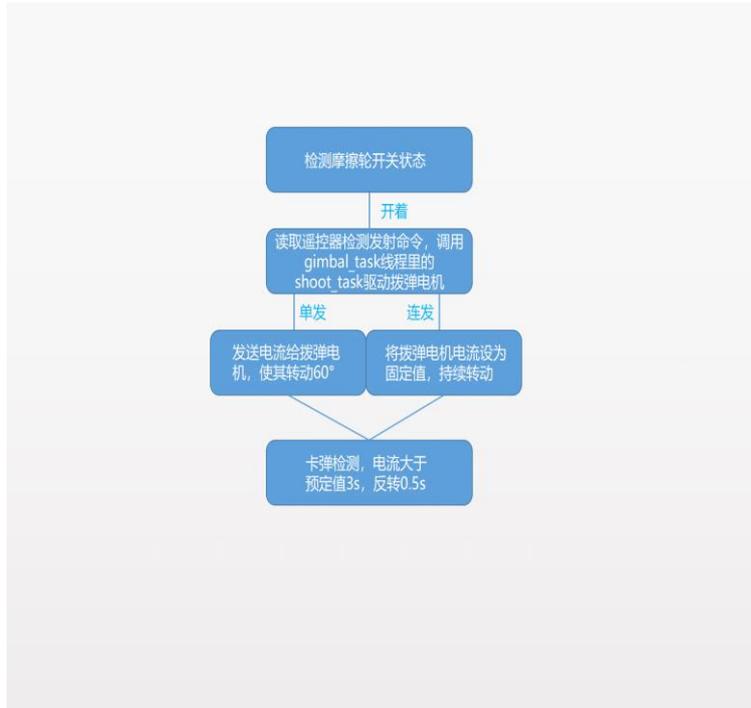


在这个过程中，我们一开始没有装配好云台电机，因而云台线程并没有唤醒底盘控制线程。在通过 LED_IO 的输出确定停止运行位置之后，我注释掉了挂起云台线程的代码。

--负责人：张瀚森

3.4 发射模块

发射模块由 shoot_custom.c 控制，在摩擦轮打开的情况下通过读取遥控器命令确定单发或连发，而后发送电流给拨弹电机控制发弹，单发使拨弹电机转动 60° ，连发使拨弹电机持续转动。



为了解决单发卡弹问题，我让它每转动 4 个 60° 回转 2 个 60°。

负责人：郑家锟

3.5 图像识别：

通过多个指标，识别了图中形状是否长宽比合适，来判断能否将其认为是装甲板灯光的一部分。之后为识别出来的图形两两配对，检测其面积是否相似，是否近似平行。

通过处理识别出来的形状数据与当前云台瞄准点相差的距离，PID 计算后可得出云台应转动的数据。在构建了一种新的数据交换方式之后，I0 口成功实现了两块主板的数据交流。

4、总结

4.1 项目收获

在短短的十天里，我们的队友在互不相识的情况下组建起了这

个团队。在这几天的工作里，除了每个人能力的提升之外，我们最大的收获是学习到了作为一个团队应该具备的精神。在一个团队里，最重要的是团队合作精神，在团队里，队员的能力有一定差别，然而个人的能力高低并不是决定一个团队是否强大的核心因素，团队在合作时候的默契才是最重要的，只要每个人能合理定位自我，分担自己力所能及的事情并尽力做到最好，整个团队才能发挥出更强大的能力。由于这次团队里的成员大多是第一次接触类似活动，因而缺乏经验，并且有些成员没有合理定位自我，挑起了超出能力范围的工作，导致工作进度被拖慢。因此，我们的创新设计无法按时安装到战车上。虽然时间短，但我们仍须提升我们将 idea 转化为实物的能力。经过这次活动每个人的能力都得到了一定的提升，更重要的是，每个人都积累了一定团队合作经验，相信会在日后学习、工作中受益匪浅。

4.2 马后炮

如果我们能从零再进行一次对抗赛，队伍将会按以下方式配置：5 机械+1 嵌入式+1 算法。首先我们算法组具有较强的实力，短时间内就以一人之力完成了华容道+连连看的算法，甚至能立即支援嵌入式或机械的工作。其次，本次项目周期约为 6 天，相较于以前的冬/夏令营较短，最后的作品显然是可行却不可靠的。所以如果我们依靠 5 个机械的分工的优势，就可以迅速讨论出结构的具体方案，模块化地完成各结构的 3d 建模，抢先使用 3d 打印和激光雕刻，进入了良性循环，就使得我们的步兵更加可靠。同时迅速地搭建结构意

味着更早地进行云台测试和整机测试。又因为在实际比赛中云台性能的好坏直接决定操作手的发挥，所以在实际对抗中我们相对稳定的云台会提高我们的胜率。并且在本次对抗赛中因时间，资源等原因砍掉的自瞄，悬挂，机械臂等模块都可以因充裕的时间和资源被完成并测试。这样我们的步兵不仅具备了可靠的基本功能甚至进阶的模块。