

V1.0

Using a 52-55 motor driver chip and Field-Effect Control (FDC), the RoboMaster C80 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.



Especially designed for the RoboMaster M1000 Pro Brushless DC Motor Starter and C80 Brushless DC Motor Speed Controller, this M1000 Accessory Kit includes sensors within and a bracket board.

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

The M1000 Accessory Kit includes sensor cables and a bracket board, creating a complete sensor system for easy integration.

第二十一届全国大学生机器人大赛 ROBOMASTER 2022 高校单项赛

赛季规划

RoboMaster 组委会 编制
2021年 11月 发布

目录

1 规则技术点分析.....	2
2 技术方案分析	3
2.1 机械结构方案设计.....	3
2.2 硬件方案设计	5
2.3 软件方案设计	7
2.4 算法方案设计	8
2.5 测试方案设计	13
3 项目进度计划	14
4 赛季人力安排	14
4.1 团队架构设计	15
4.2 团队建设思路	15
5 预算分析	19
5.1 预算估计	19
5.2 资金筹措计划.....	19
6 技术方案分析参考文献.....	19

1 规则技术点分析

英雄吊射单项赛是 RoboMaster 机甲大师赛 2022 赛季新增添的项目，英雄吊射的稳定性可以说是决定一个队伍英雄强弱的关键因素，在超级对抗赛的比赛中英雄机器人就是以远距离吊射，摧毁敌方建筑为主要目标。

英雄吊射的正式比赛时间为 2 分 30 秒。预装 42mm 大弹丸，在这段时间内英雄机器人不可以离开己方狙击点，期间可以有雷达进行辅助瞄准。且至少命中两次才具备评奖资格。

因为英雄的己方狙击点距离地方基地有一定的距离，且期间有各种场地道具会对视野进行一定的遮挡，所以这就要求英雄机器人具有极高的稳定性和可操纵性。

2 技术方案分析

2022 赛季的英雄机器人要求机械结构稳定、可靠，设计上力求可以达到连续高强度工作 15 天以上机械结构不出现严重损坏，关键部件如 3508 电机、6020 电机、各种中心板可以快速进行更换。

控制上要做到控制的准确性和人性化，优化代码和操作模式，可以实现电机的角度精确控制，使电机和机械结构相配合发挥出最佳的性能。且代码具有很好的逻辑性和可读性方便进行错误排查和组内交流。

上位机方面要做到能和下位机建立稳定可靠的通讯，在一定程度上辅助操作手进行瞄准。

2.1 机械结构方案设计

英雄机器人机械结构上具有如下几个技术难点

一、提高弹路的顺畅性和预置弹丸的稳定性

由于英雄采用的是 42mm 大弹丸，表面还有许多小坑，所以弹丸表面相对而言不够光滑，很容易在各个转角的位置发生卡弹的情况，其次 42mm 大弹丸由于本身质量较大，所以在急停或者向后急加速的时候弹丸很容易因为惯性而脱离限位，在摩擦轮没有达到稳定转速的时候与摩擦轮发生接触从而发生卡弹、尿弹的情况。

为此新赛季的弹路会在转角处多添加小轴承起到导向和润滑的作用，其次在摩擦轮进弹处添加一个阻力较大的机械限位并配有微动开关，当要发射时拨弹盘转动，推动弹丸向前，当弹丸被发射出去之后微动开关会被进行一次按下复位，以此得到发射反馈。

二、为英雄添加滑环来实现小陀螺的功能：

由于上赛季的人员和技术积累严重不足，所以上赛季的英雄设计出发点是以稳为主，为此上赛季放弃了在 yaw 轴处添加大滑环，通过学习往年开源制作了一款云台角度在 $\pm 90^\circ$ 的云台，改云台的主要缺点时降低了电控组同学调车时的容错率，在云台转过限位角度的时候很容易扯断线，其次在赛场上由于没有采用滑环导致车只有一个前进的正方向，且不能进行小陀螺规避敌方攻击所以在赛场上灵活性不足。

为此新赛季的 yaw 轴设计打算添加滑环来实现英雄的小陀螺功能，添加了滑环后的英雄在场上的机动性可以达到极大的提高，可以在底盘不动的情况下调整正方向、开启小陀螺时有效规避地方伤害，必要时可以深入敌后作战。

三、英雄的云台重量配置问题

由于英雄机器人本身的云台体积较大，且配有工控机导致质量、转动惯量也较大，上赛季的英雄在设计之初没有对云台的重心进行充分的考虑所以在制作出实物之后发现云台的重心在 pitch 轴线之前，这就导致在自然断电的情况下云台是处在低头的状态的，且要使云台保持水平需要较大的力，这也就直接导致了调节云台 pitch 的电机具有较大的负载。长时间的高负载工作导致在比赛的几天时间内报废了一个云台电机。且云台的重心不在 pitch 轴附近会导致操纵云台进行俯仰的时候云台会出现一定的晃动，对电控同学和操作手十分不友好。

为此新赛季的英雄云台设计打算采用现在比较主流的鹅颈式设计，这个设计一方面可以减小云台的体积，另一方面也使云台的质量主要集中在 yaw 轴线附近，以此来减小 yaw 轴的转动惯量，较小的转动惯量可以使云台更便于调控和操作。在云台的俯仰上根据其队伍开源的文件“完美重力补偿”中所述方法加以改进，目的是使得云台在保持任一姿态不动时电机只要输出一个很小的转矩，一方面有利于保护电机另一方面有利于电控调试和操作手操作。

四、英雄轮组的改进

上赛季的底盘轮系较为复杂，尤其是电机出现问题时要花费很长的时间才能完成电机的替换，且长时间测试后麦轮的小胶轮会出现因磨损而导致的抓地力不足，要花很长的时间才可以完成对麦轮小胶轮的替换。

为此新赛季的底盘轮系是基于东莞理工论坛开源的麦轮进行了一定的改进，将电机的一部分内嵌至轮内，同时也把轴承数由 3 个减少到了 2 个，不仅减少了轮组的轴向长度，提供了更宽阔的底盘空间，而且电机的更换也更为方便，熟悉的情况下只需要 10 分钟就可以完成一个 3508 电机更换。小胶轮换成了更耐磨的 PU 材质，相对于之前的小胶轮也更方便替换。

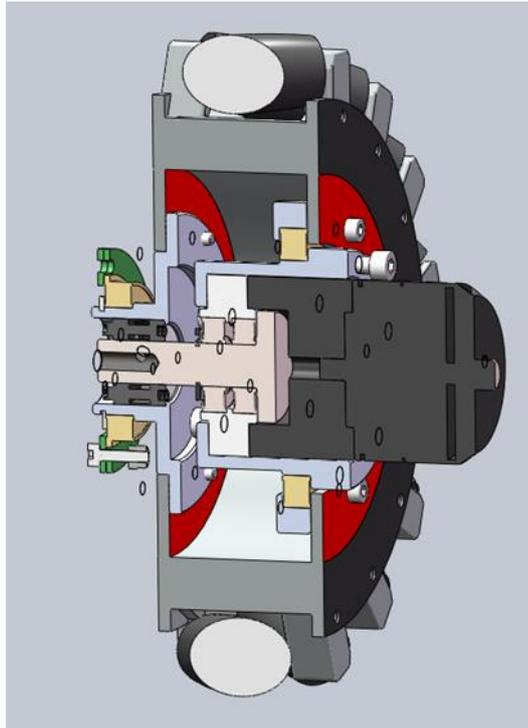


图 2.1-1

2.2 硬件方案设计

综合战队实际情况，主控板我们选择了大疆 A 型开发板，STM32F427IIH6 芯片强劲的性能足够支持我们完成各项任务。根据新型电滑环的空间尺寸、电气特性等因素，还设计了新的电滑环转接板，大大简化了机器人布线的难度，在保证完好的电气连接性的同时使机器人空间结构更为整洁。同时还加入了超级电容电源管理模块，能更好地储存底盘剩余的功率，并在需要的场合将储存的能量转化为动力输出，能大幅降低底盘超出功率的概率。

2.2.1 硬件整体框图

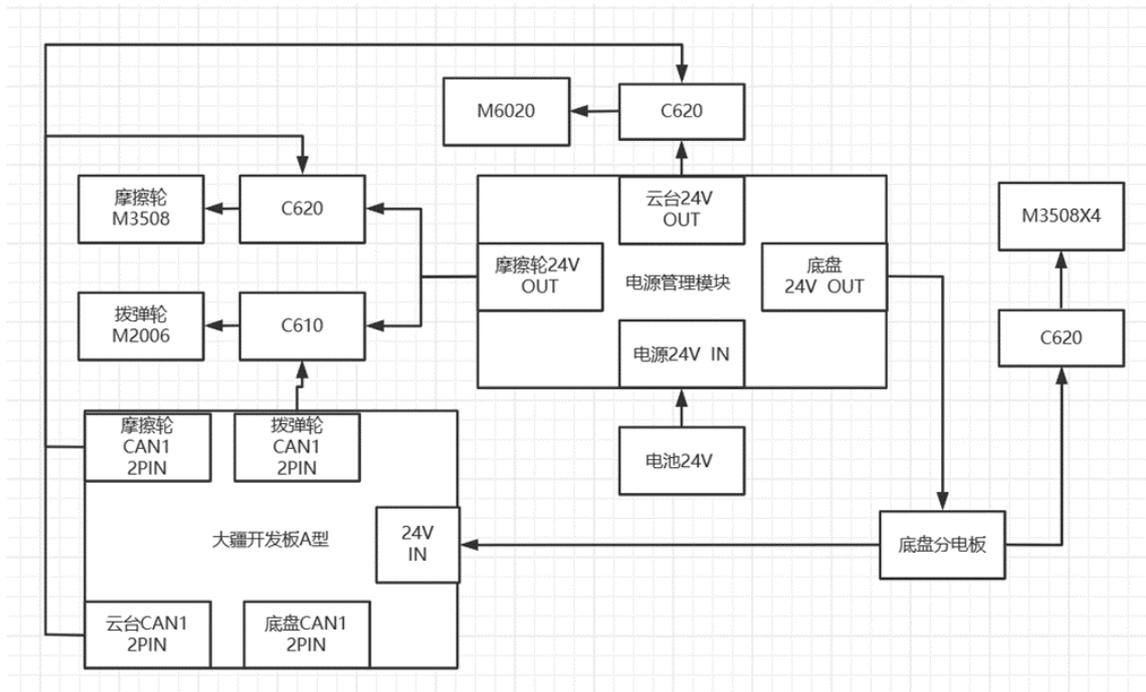


图 2.2-1

2.2.2 单板硬件说明

单板	设计需求	风险评估
大疆开发板 A 型	进行调度系统，完成指令解析、运动姿态解析、各个模块控制等主要任务	
电源管理模块控制板	进行电源输入、输出功率计算，以目标功率为超级电容补充电能，并与通过与上位机进行通信的方式来调整运行模式	电流检测存在延时性，检测精度仍有改进空间
超级电容均压板	均匀分配超级电容组里各个电容的电压，防止因超级电容间内阻不同而导致的分压不均	长时间运行下会存在发热问题
底盘分电板	保证底盘电机间 can 通信的信号完整性，使电能更好地分配至各个电机	可适当增加 can 口数量

单板	设计需求	风险评估
电滑环转接板	保证滑环上下两端的电气以及 can 信号完整性	线路较细，承载电流较小

表 2.2-1

2.3 软件方案设计

2.3.1 硬件平台选型

主控资源的使用方面，我们使用了一路定时器中断作为主循环，来进行调度系统，完成控制指令解析、IMU 数据解析、底盘云台控制量计算等主要任务。使用 CAN1、CAN2 来进行底盘、云台以及拨弹轮电机的控制量发送与反馈值接收。使用 UART 方式与上位机进行通信。使用 UART+DMA 方式获取遥控器各通道值。外设方面使用了一款 UART 通信方式的 9 轴 IMU。综合考虑目前使用的资源情况，比较大疆提供的 ABC 型开发板，A 型板使用 STM32F427IHH6 芯片，具有 180M 主频，2MB 闪存，能够较好地满足我们的使用需求。因此我们选用了 A 型开发板作为主要的硬件平台。

2.3.2 通信链路设计

机器人主控与上位机以及外设的主要通讯方式为 UART，与各个电调的通信方式为 CAN 总线。考虑比赛的对抗性，必须保证通信物理链路的可靠性与稳定性，机器人中所有的通信链路均使用蛇皮管包裹，并藏于提前设计好的通信链路沟槽当中，确保无裸露的线路。同时蛇皮管具有优良的电磁屏蔽效果，用其包裹线路，可以减少赛场环境下诸多的电磁干扰对通信的影响。

2.3.3 软件方案分析

目前我们所采用的软件方案为裸机加中断的形式，鉴于目前机器人功能还并不算太复杂，实时性要求不高，我们并没有使用操作系统。我们对使用 FreeRtos 的一些开源方案进行了学习，它的简洁性、可读性、可移植性和系统的实时性都要比裸机好很多。但前两个赛季由于人手以及队员技术水平问题，我们一直未能使用操作系统，再加上使用后还要对队员进行操作系统相关的培训，工作量也是很大的，因此一直操作系统这项工作一直被搁置，即便我们知道它有很多优越性。在这个赛季，由于功能复杂度增加，加上队内整体实力增强，我们将使用操作系统来优化我们的软件方案，提高其性能，也方便后来者进行移植与学习。

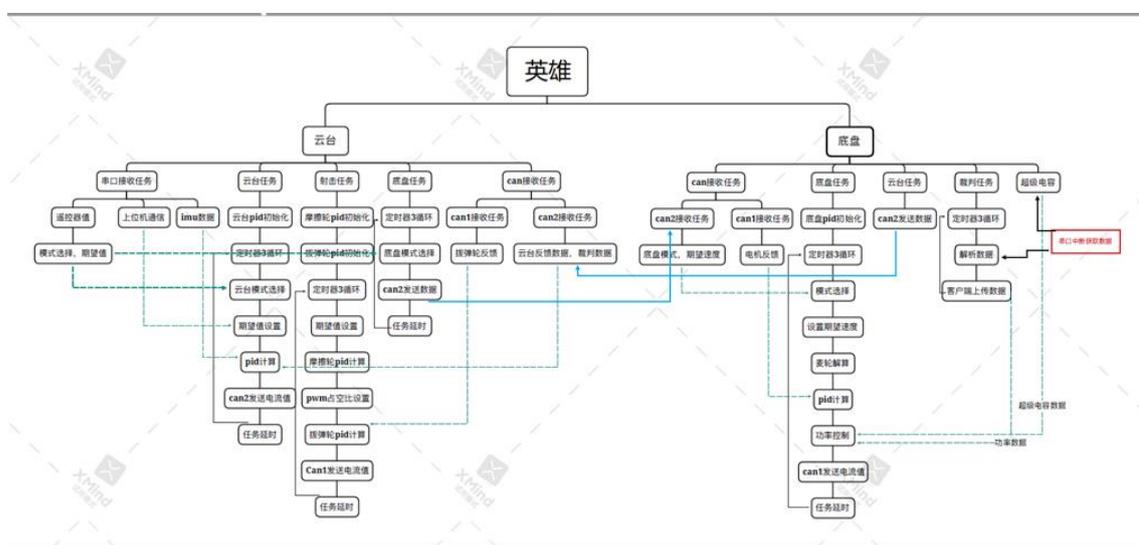


图 2.3-1

2.4 算法方案设计

2.4.1 视觉算法部分

视觉算法作为自动精确制导能力的核心和基础，是最能够展现团队技术水平和发展深度的。一般来讲，“稳、准、狠”是我们对视觉算法提出的三层要求。

“稳”要求算法鲁棒性，在比赛场地中，灯光绚烂多变，摄像头捕获到的视觉信息很可能与平常的大为不同，另外小车经常会走入颠簸路段，或由于操作手操作等原因使得小车的运动状态在短时间内发生剧烈变化，这就要求视觉算法要能适应诸多环境，可以根据不同环境采取相应的视觉策略，对目标进行最大程度地识别，以达到视觉识别要求，为制导算法提供最大限度的预测基础和击打程度判断。“准”要求算法的精确度，视觉算法应以识别目标为前提，以定位目标为核心，好的视觉算法一定具有高精度的定位准确性，这也是自动精确制导能力的关键之处，我们希望当目标能够被正确识别时，就尽最大努力保证目标能够被定位且定位数据在可容忍程度内可用，当然随着目标与小车之间距离的不同，我们会对容忍程度进行细微调整。“狠”是对视觉算法的最高要求，顶尖狙击手之所以能毙敌与千里之外，是因为他不但能超距地发现敌人，而且能够超距地锁定敌人，最好的算法也该如此，理论上出现在视野范围内的所有目标都能够被精确定位。

东北大学秦皇岛分校英联 sudo 战队自 2020 年起，逐步尝试多种深度学习视觉领域算法，在对开源目标检测模型进行改造过后，我们增加图像预处理步骤，采用目标概率出现区域检测等多种算法，针对 TX2 进行了特定算法适配。首先针对装甲板目标，目前学习使用 Yolov5 以及 YoloX 框架，针对不同兵种需求训练不同尺度模型，目前已经可以成熟运用 TensorRT 框架进行部署。针对比赛中装甲板的视觉特征，例如光照和尺寸，我们对网络结构进行特征改进，以此提高模型在不同环境下对于装甲板的灵敏感知程度，同时完整数据集管理以及优化训练流程，提高准确度和鲁棒性。对于能量机关检测，本队采用旋转目标检测法。一方面，我们进行传统视觉方案和 SVM 的结合，另一方面，我们通过改造现有的开源旋转目标检测模型（如 ICCV2021, Towards Rotation Invariance in Object Detection），针对能量机关识别场景对推理图片进行特定的预处理，对原模型进行针对性的优化。

2.4.2 制导算法部分

制导算法是小车的控制算法，面对什么样的目标采取什么样的行动，都需要基于制导算法的输出结果做出决策。考虑到比赛场地的三维立体结构，和竞技比赛中双方对抗策略的激烈碰撞，每一场比赛，敌方目标都有可能随时出现在我方视野的任意位置，此时，能否进行快速反应并给予敌方有效伤害、高效过滤噪声数据并对敌持续输出，这是衡量制导算法的重要判断标准。

前向迭代制导算法基本原理为利用抛物线计算出当前仰角下实际命中点与目标点之间的高度差，不断迭代调整仰角，直至在误差允许范围内得到实际命中点与目标点之间的高度差为零，那么根据抛物线模型，命中点收敛至目标点。模型足够简单，计算量并不大，迭代十次即能满足大多数需求，计算时间可接受。接下来考虑空气阻力：

空气阻力模型：

$$f = \frac{C_p S v_x^2}{2}$$

简化公式为：

$$f_x = k_0 v_x^2 \dots (k_0 = \frac{C_p S}{2})$$

由牛顿定律：

$$-\frac{f_x}{m} = \frac{dv_x}{dt}$$

可导出

$$k_1 t + C = \frac{1}{v_x} \text{ 且 } v_x(t=0) = v_{x0}$$

即得到水平方向速度模型

$$v_x = \frac{v_{x0}}{k_1 v_{x0} t + 1}$$

水平方向位移模型

$$x = \int_0^t v_x dt = \frac{1}{k_1} \ln(k_1 v_{x0} t + 1)$$

其中，空气阻力系数 k_1 因为受到空气湿度、大气压强、温度影响，一般情况下不进行计算处理，而是通过调参寻找最佳选择。得到水平位移后，仍然需要多次迭代，最终在误差允许范围内震荡。

完成静对静模型的建模后，引入状态量和过程量，考虑有相对位移的制导模型，并对目标进行预测击打。选取卡尔曼滤波算法作为预测算法，其数学推导过程如下：

设状态量 $x_t = \begin{bmatrix} P_t \\ v_t \end{bmatrix}$ ，其中 P_t 为位置， v_t 为速度，控制量 U_t 。则由上述推导有

$$P_t = P_{t-1} + v_{t-1}\Delta t + U_t \frac{\Delta t^2}{2}$$

$$v_t = v_{t-1} + U_t \Delta t$$

定义状态转移矩阵为

$$F_t = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

状态控制矩阵为

$$B_t = \begin{bmatrix} \frac{\Delta t^2}{2} \\ \Delta t \end{bmatrix}$$

就可以对下一时刻的状态进行预测

$$\hat{x}_t^- = F_t \hat{x}_{t-1}^- + B_t U_{t-1}$$

将每一时刻运动的不确定性用矩阵的协方差表示

$$P_t^- = F_{t-1} P_{t-1}^- F_{t-1}^T + Q$$

其中 Q 为模型本身的噪声，我们可以利用上述式预测不确定性。

考虑卡尔曼系数：

$$K_t = P_t^- H^T (H P_t^- H^T + R)^{-1}$$

其中 H 为观测矩阵， R 为观测所带来的噪声， $P_t^- H^T$ 为预测协方差矩阵，

$H P_t^- H^T + R$ 为观测协方差矩阵，设观测到的位置为 z_t ，则观测值残差为 $z_t - H \hat{x}_t^-$ ，

将其与状态量 \hat{x} 联系，使得观测值可对状态量两分量同时修正，则更新位置和噪声：

$$\hat{x}_t = \hat{x}_t^- + K_t (z_t - H \hat{x}_t^-)$$

$$P_t = (I - K_t H) P_t^-$$

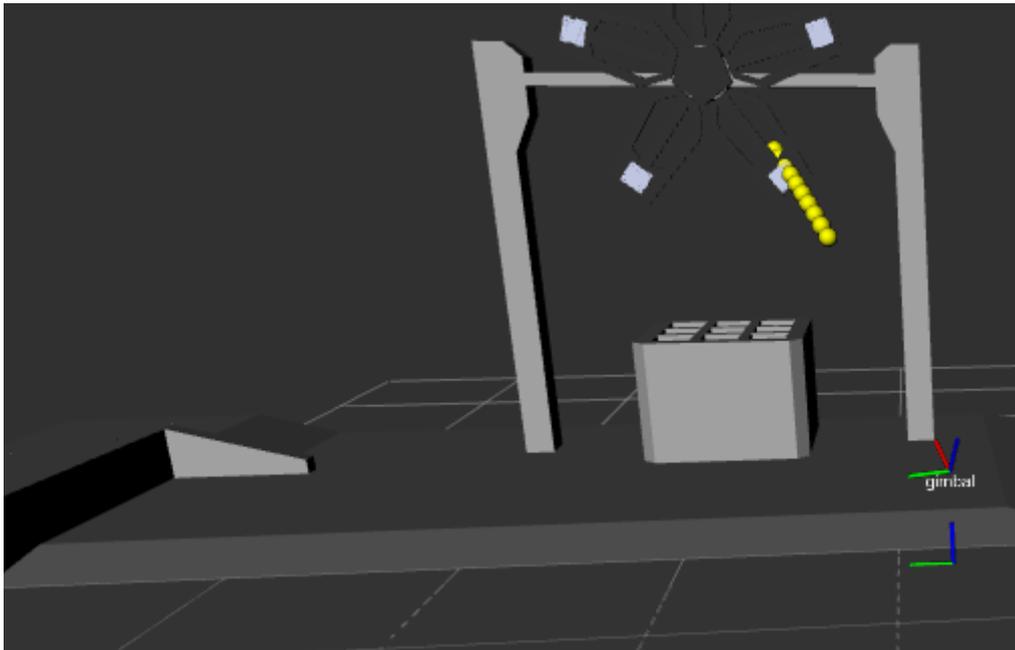


图 2.4-1

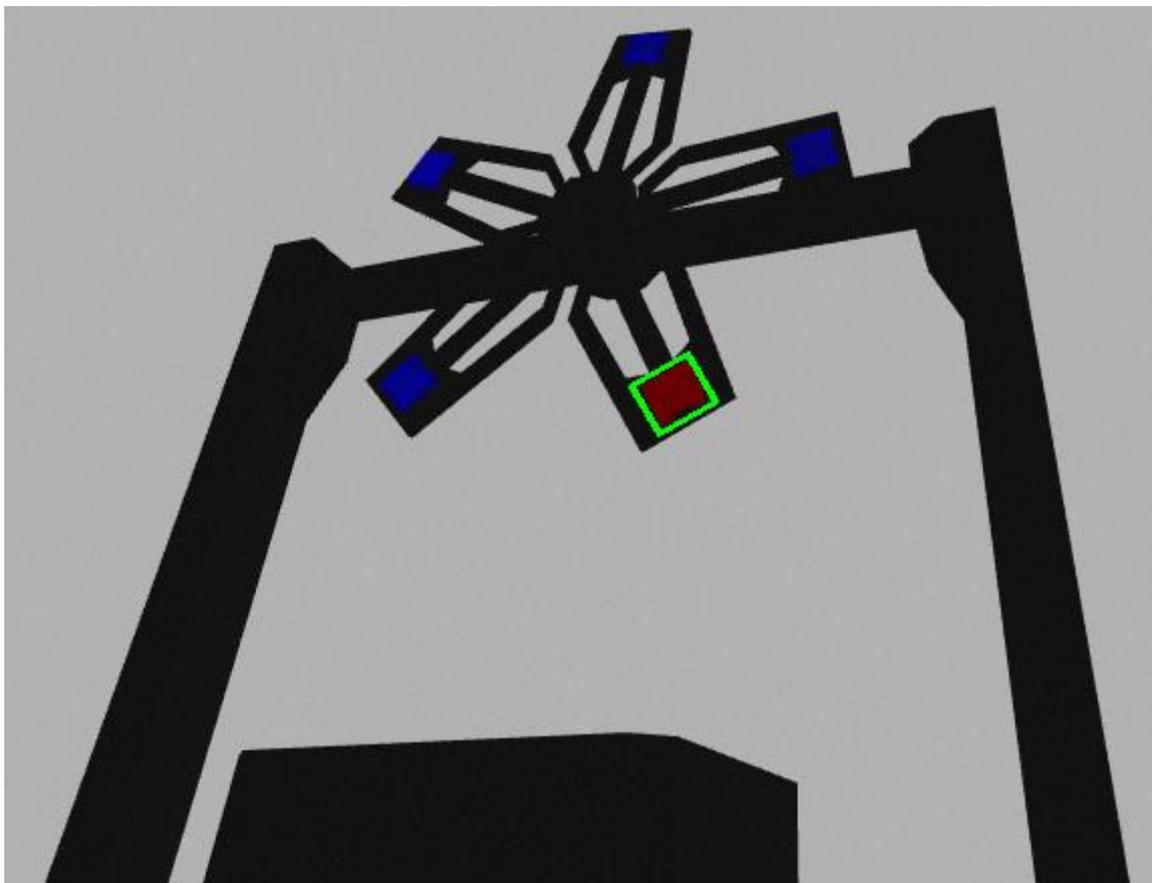


图 2.4-2

```
[ INFO] [1639510051.412033129]: 计算所得的俯仰角: 0.1389 x: -25.9353
[ INFO] [1639510051.412073015]: 本次弹丸飞行时长: 0.12 y: 10.8497
[ INFO] [1639510051.431762257]: 目标所在位置 x: -0.03 y: 1.59 z: 0.01 z: 1599.4
[ INFO] [1639510051.431940832]: Current Vx: 0.0000 Vy: 0.0000 Vz: 0.0000 distance: 1599.65
[ INFO] [1639510051.432060491]: 计算所得的航向角: 0.0165 x: -26.2057
[ INFO] [1639510051.432151458]: 计算所得的俯仰角: 0.1389 y: 10.6031
[ INFO] [1639510051.432243033]: 本次弹丸飞行时长: 0.12 z: 1585.15
I heard point: -0.0257396,1.58439,0.0106682 distance: 1585.4
[ INFO] [1639510051.455351251]: 目标所在位置 x: -0.03 y: 1.58 z: 0.01 x: -25.7396
[ INFO] [1639510051.455537120]: Current Vx: 0.0233 Vy: -0.0381 Vz: 0.0033 y: 10.6682
[ INFO] [1639510051.455618076]: 计算所得的航向角: 0.0145 z: 1584.39
[ INFO] [1639510051.455684574]: 计算所得的俯仰角: 0.1397 distance: 1584.64
[ INFO] [1639510051.455749249]: 本次弹丸飞行时长: 0.12
```

图 2.4-3

2.5 测试方案设计

使用上赛季退役的步兵、英雄进行软件的测试与调试，将机器人拆分为底盘、云台、发射机构三个主要部分，分组进行调试。底盘部分，给底盘加装负载后，在起伏路段进行功率限制方案测试以及起伏路段的控制效果测试，在坡道进行飞坡测试，同时进行长时间的大负荷运行，确保底盘在赛场上的可靠性。云台部分，主要调试云台的抗干扰性能以及响应的快速、准确性。将单独的云台搭载在抖动的平台上，模拟起伏路段，进行云台测试调整，同时与底盘配合调试小陀螺功能。发射机构部分，设计单独的整套发射机构，进行长时间的拨弹测试，统计卡弹率，测试调试防卡弹功能。进行连续发射，统计弹速离散度、弹道稳定性，以此作为依据，选择合适的摩擦轮转速以及控制参数。

3 项目进度计划

时间点	任务
10月上旬	确立下一赛季的英雄设计基本目标
10月下旬	英雄底盘的设计
11月上旬	英雄 yaw 轴+云台的设计
11月下旬	加工底盘零件进行物资购买
12月上旬	组装完整车并投入测试
12月下旬	对整车进行第一次优化，所有功能正常
寒假	电控同学带回家进行调试 机械同学根据反馈继续进行改进， 并努力研发新设计

表 3-2.5-1

4 赛季人力安排

4.1 团队架构设计

角色	职责职能描述	人员要求	人数
机械组成员	完成整车的设计和搭建，以及负责后期的维护	具有机械设计的经验和一定的动手能力，能及时解决出现的各种问题。	5人
电控组成员			5人
上位机组成员			5人

表 4.1-1

4.2 团队建设思路

东北大学秦皇岛分校英联 sudo 战队，单项赛参赛团队的团队建设依托英联 sudo 战队对抗赛参赛团队，参赛队员全部由对抗赛参赛队员组成，团队的管理、运营、建设、制度全部依托对抗赛参赛团体。所以单项赛参赛团队的建设思路与对抗赛基本一样，由团建计划、招募计划和培训计划、团队信息资源库建设计划组成。

4.2.1 招募计划

一、总则

为满足战队持续、稳定、快速发展对人才的需要，规范员工招聘流程，健全人才选用机制，保证战队各部门、各岗位能及时有效地补充到所需要的人才，特制定本制度。

二、招聘原则

坚持公开招聘、平等竞争、因岗择人、择优录用、先内后外、人尽其才、才尽其用的任用原则，并以发挥队员的智慧潜能为目标，务必将最适合的人才安排在最合适的位置上，帮助队员与战队共同成长。

三、录用标准

战队招聘面向本校在读的本科生、硕士生和博士生，根据岗位的不同，在招聘的时候遵循不同的标准。

技术岗：要求具有较强的解决问题的能力、学习能力和团队协作能力，有相关经验的人优先，学习成绩突出的优先；

管理岗：要求需具备一定的技术背景，还具有一定的管理经验，如担任过班长等职务；

宣传招商岗：要求性格外向，思维活跃，有相关经验的人优先。

四、招聘制约

- 有下列情形之一者，不能聘用为本战队队员。
- 非本校的学生，非在读的学生；
- 受过处分且尚未撤销者；
- 有挂科者。

4.2.2 培训计划

一、总则

为了规范对新队员的培训，提高培训效率、提升培训质量，特制定此培训章程。

培训目的：

- 1.对战队、对比赛形成完整的认识。
- 2.掌握对应的岗位职责、工作要领，使新进队员尽快适应和能胜任本职工作。
- 3.达成对战队文化、价值观和发展战略的认同；

二、培训组织

- 1.新队员的培训工作在队长的统一部署下由各组组长统一管理；
- 2.组长需根据该赛季规划，对队员分方向进行培养；

三、培训要求

- 1.培训工作要准备充分，注重过程，讲求效果，防止形式主义。
- 2.授课方法要理论联系实际，通俗易懂，深入浅出。
- 3.参加培训的队员要严格遵守培训纪律，准时参加培训，认真听课，细作笔记。实习时要尊重老队员，严格按规程操作。
- 4.培训考试成绩记入个人档案，作为转正、升（降）级、晋（降）职、转岗的重要依据之一。参加培训的队员未经批准无故不参加考试者，视为自动放弃考试，作降级或辞退处理。
- 5.参加培训的员工培训过程中所获得和积累的技术、资料等要做好保密工作，不得私自拷贝、传授或转交给其它战队或个人。

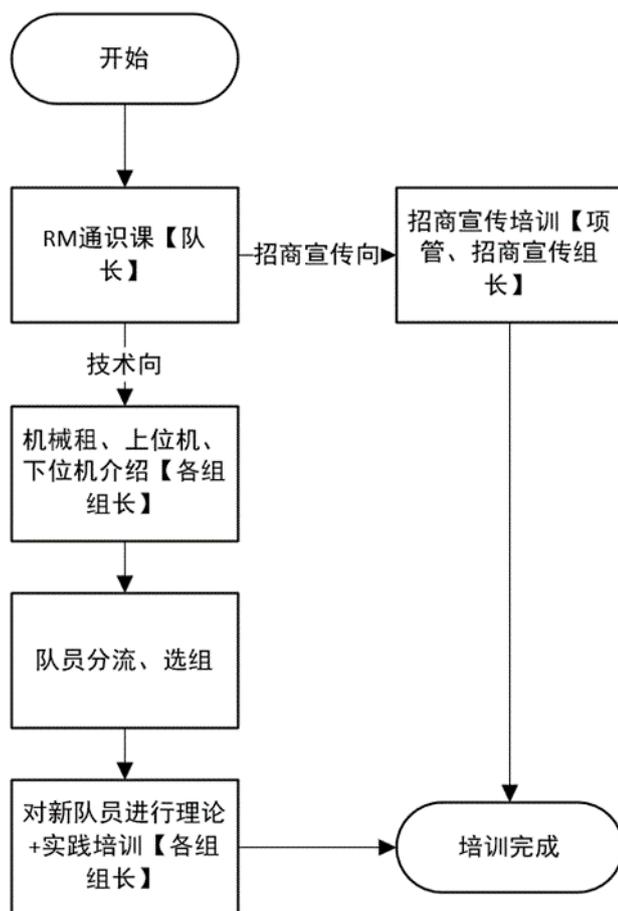


图 4.2-1

4.2.3 团建活动计划

团队建设活动作为维持战队团结合作的能力的一个重要纽带，是战队发展十分重要的调节剂。战队备赛周期长，压力大，战队人员多，性格各不相同，对各个队员之间的配合要求高，合适的团建活动不仅能够加强队员之间的感情，还能够提高备赛的沟通效率。战队有以下几种团建形式：

- 1.战队全体聚餐
- 2.各兵种组小组自发聚餐
- 3.战队全体海边租别墅度假

新的赛季，我们也在探索更多更好玩、更有效率的团队建设活动，使得我们团队能够联系地更加紧密，更加团结。

5 预算分析

5.1 预算估计

类目	子类目	费用	说明
研发耗材	机械部件	5000	用于各种机加工件的定制和耗材、标准件的购买
	硬件相关		
	工具相关		
比赛差旅			
其它			

表 5.1-1

5.2 资金筹措计划

来源项	预计金额	筹措思路
学校赞助经费		
招商赞助经费		

表 5.2-1

6 技术方案分析参考文献

参考文献	收获点分析
广东理工大学-重力补偿机构开源	可以更好的调配云台的重心，以减小电机负载

表 6-1



邮箱: 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镇茶光路1089号集成电路设计应用产业园2楼202