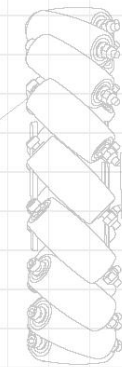


V1.0

Using a 55-56 motor driver cable and Field-Effect Transistor (FET), the RoboMaster C830 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor torque.



Especially designed for the RoboMaster M6001 P180 Brushless DC Motor and C830 Brushless DC Motor Speed Controller, the M6001 Accessories Kit includes universal cables and a terminal block.

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



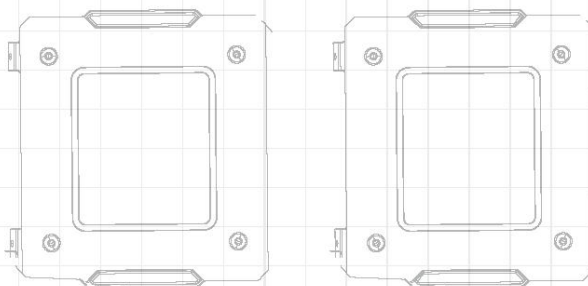
The M6001 Accessories Kit includes universal cables and a terminal block, ensuring a secure connection between the motor and the speed controller.



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	4
2. 技术方案分析	4
2.1 机械结构方案设计.....	4
2.1.1 底盘构架.....	4
2.1.2 云台与底盘的连接方式.....	7
2.1.3 云台.....	7
2.2 硬件方案设计.....	9
2.2.1 硬件整体框图.....	10
2.2.2 单板硬件说明.....	11
2.2.3 重要传感器选型说明.....	11
2.3 软件方案设计.....	13
2.3.1 软件系统架构.....	13
2.3.2 通信链路设计.....	14
2.3.3 软件调试方案.....	15
2.4 算法方案设计.....	16
2.4.1 一阶滤波.....	16
2.4.2 卡尔曼滤波.....	19
2.4.3 PID 算法.....	20
2.5 测试方案设计.....	24
2.5.1 测试方法.....	24
3. 项目进度计划	30
4. 赛季人力安排	31
4.1 团队架构设计.....	32
4.2 团队建设思路.....	33
5. 预算分析	34
5.1 预算估计.....	34
5.2 资金筹措计划.....	35
6. 技术方案分析参考文献	36

1. 规则技术点分析

步兵机器人在单项赛的赛场上有一系列要求：

- 1、必须要足够灵活并要有一定爆发力，让步兵可以快速做出反应；
- 2、底盘结构稳定轻巧，重心低，减震能力强，容易装拆等要求。
- 3、机器人从启动点抵达发射点的路径有两个选择，一是从 B 点经过飞坡抵达 C 点，再到达 D 点发射点，另一个是到达 B 点后跨越地图对角线从另一个坡道上去抵达 C 点后再到达 D 点。作为一个竞速项目，前者是较好的选择。
- 4、行驶速度要足够快，从 A 到 B 再到 C 的最短路径上，一共存在 5 个坡道，1 个断桥，这要求步兵机器人在限定功率内拥有足够的动力与优秀的悬挂结构。
- 5、能量机关装甲板最高点高为 3786 mm，最低点为 986mm，步兵机器人所在平台高度 850mm，故步兵机器人需要在不超过限定高度的情况下将炮台仰角提高到可以击中任意高度的装甲板。
- 6、步兵的发射装置也是步兵机器人完成比赛的重要方面，在满足精准度的同时，也要避免发射弹丸时卡弹的情况，弹道的设计与优化是比赛决胜的关键。

2. 技术方案分析

2.1 机械结构方案设计

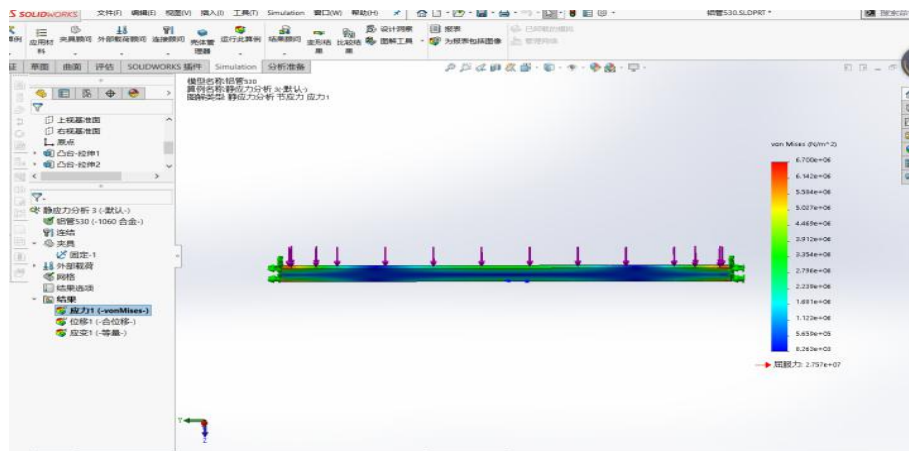
2.1.1 底盘构架

①底盘铝框架设计

单项赛中车体可能避免不了对周围场地进行碰撞，因此需设计强度高结构稳定的底盘框架结构，并且需要躲避对方机器人的攻击，需具备高机动性。以上海交大底盘框架为参考采用强度高重量轻的堆叠式底盘框架，虽然此底盘机构使云台重心升高，但单项赛中无飞坡要求，因此影响不大。

大面积的镂空区域便于裁判物资以及其他辅助器件的安装以及走线，外围

框架采用截面 20mm*20mm, 厚度为 1 的铝方管来保护主车体, 经过冲击测试以及静应力分析满足需求。

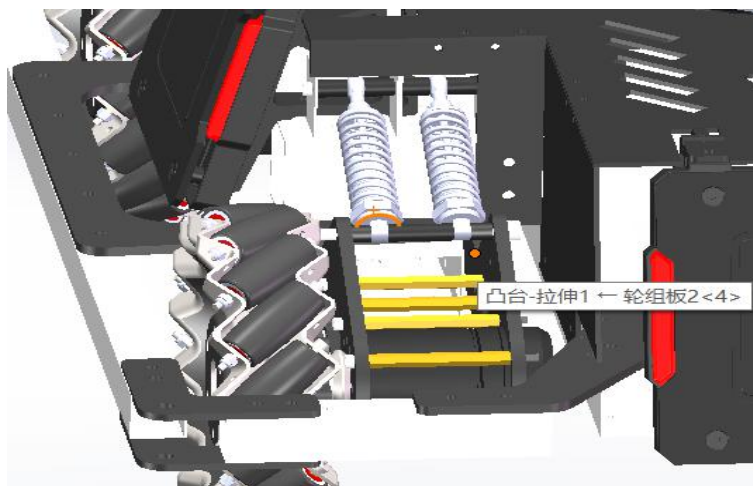


②轮系选择

供选择的轮系有麦克纳姆轮轮系以及舵轮轮系, 麦克纳姆轮靠 4 个 3508 电机进行不同转向驱动, 结构简单重量轻, 且便于调试和检修, 但小陀螺模式功率损失大且小胶轮磨损严重。

舵轮需靠 4 个 6020 电机实现转向和 4 个 3508 电机实现驱动, 小陀螺模式功率损失小转速快, 但电机信号传输关联大, 一个 6020 电机出现问题底盘功能将丧失, 且组装成本高车体重量大, 设计时还须采用舵轮轮组与全向轮轮组依靠舵机驱动调节实现转换的设计, 以便于实现四周全方位救援。

单项赛中无救援机制且机器人容错性要求较高, 重量轻, 且舵轮技术不成熟, 因此第一版步兵仍采用麦克纳姆轮轮系。



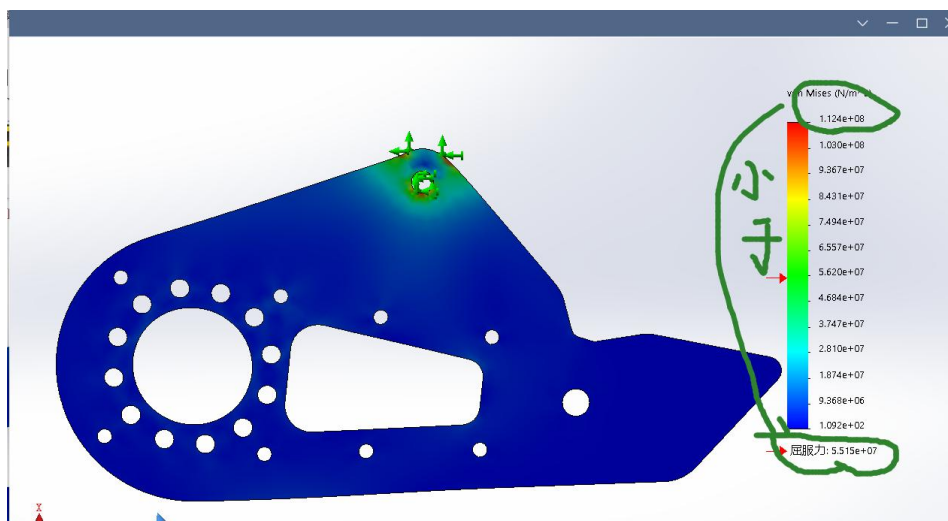
③悬挂选择

采用独立悬挂机构

④轮组板设计

为了保证步兵对抗时的轻便性以及有效减小地面起伏冲击带来的车体结构的损坏，采用合理的轻量化轮组板设计。

采用如上图所示的轮组板结构设计，材料为碳纤维板，并进行静应力分析，可知最大极限应力远小于屈服极限应力，满足要求

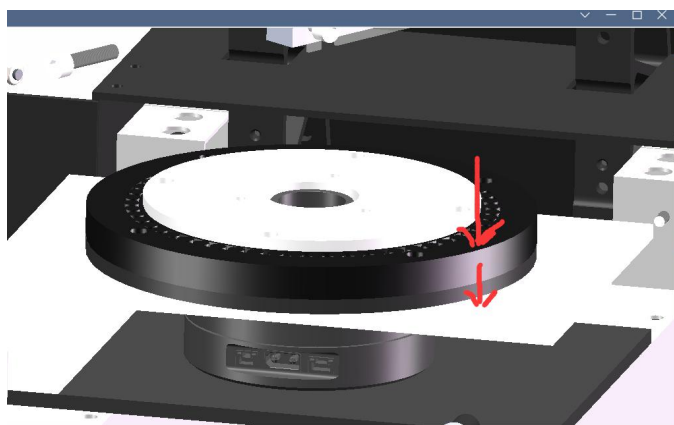


2.1.2 云台与底盘的连接方式

以往步兵采用底盘与云台依靠 6020 电机直连的方式，经过迭代测试，发现虽然此方式云台的动作响应速度快，但是其缺点很大：

- ①云台自重给 6020 电机带来轴向力和电机带动云台转动产生的离心力将由 6020 电机承担，长期运转将损害电机。
- ②6020 电机内部虽自带轴承滚珠但回转精度不高，且经过观察测试发现电机长期直连云台转动后定子与转子之间会产生缝隙，影响云台转动时的平面度。
- ③电机与云台的接触面积小，更加影响云台转动的平稳性，容易出现“断头”现象。

为了有效减少上述羸弱现象的发生，我们在 yawz 轴电机与云台间增加交叉滚子轴承。



（回转精度高且转动更平稳，云台所产生的轴向力将由轴承传到轴承固连的玻纤板，电机径向力由交叉滚子轴承内圈传递到与外圈螺栓连接的玻纤板上，避免对电机过度损伤）

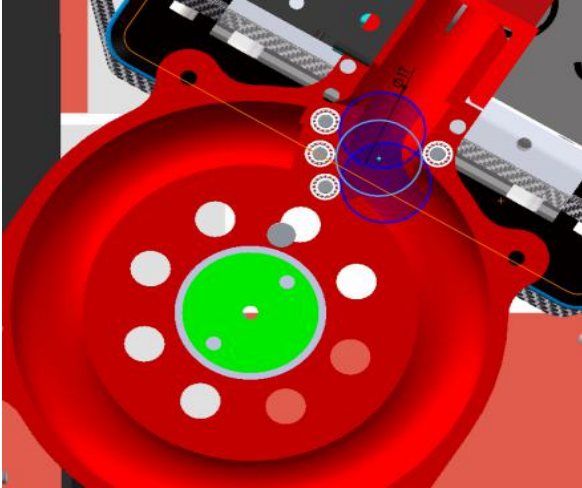
2.1.3 云台

①供弹方式

基于以往下供弹的测试，发现下供弹能有效减小云台重量，但供弹链路长且容易出现卡弹现象，我们采用上供弹。

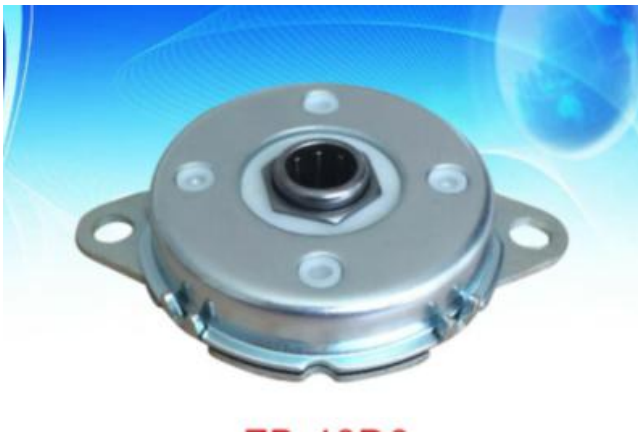
②优化弹丸的管道供输路径

采用如下机构，在弯道与直道的衔接处安装深沟球轴承，安装位置满足轴承与弹丸时刻相切，运用轴承的推力输送弹丸，防止由于管道内壁不光滑导致卡弹。

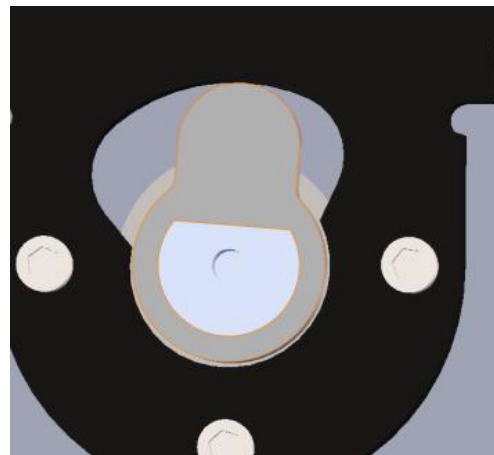


③pitch 轴旋转机构设计

上供弹方式 pitch 轴的前后两侧配重难以平衡，弹丸的数量将对其进行直接影响，我们添加了一个单向旋转阻尼。为了防止机器人阵亡断电 pitch 轴俯仰角度变化过大，我们安装限位装置：



旋转阻尼器



单
向

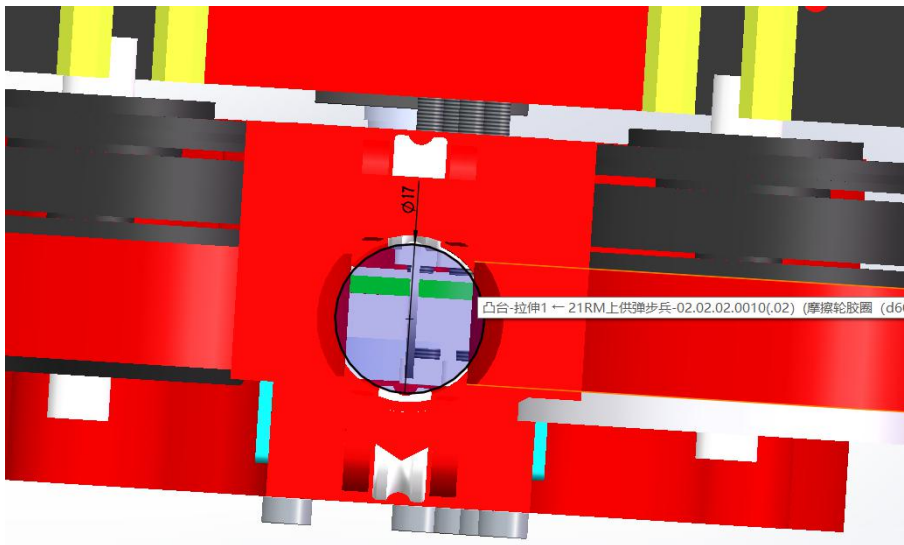
限位装置

④发射机构

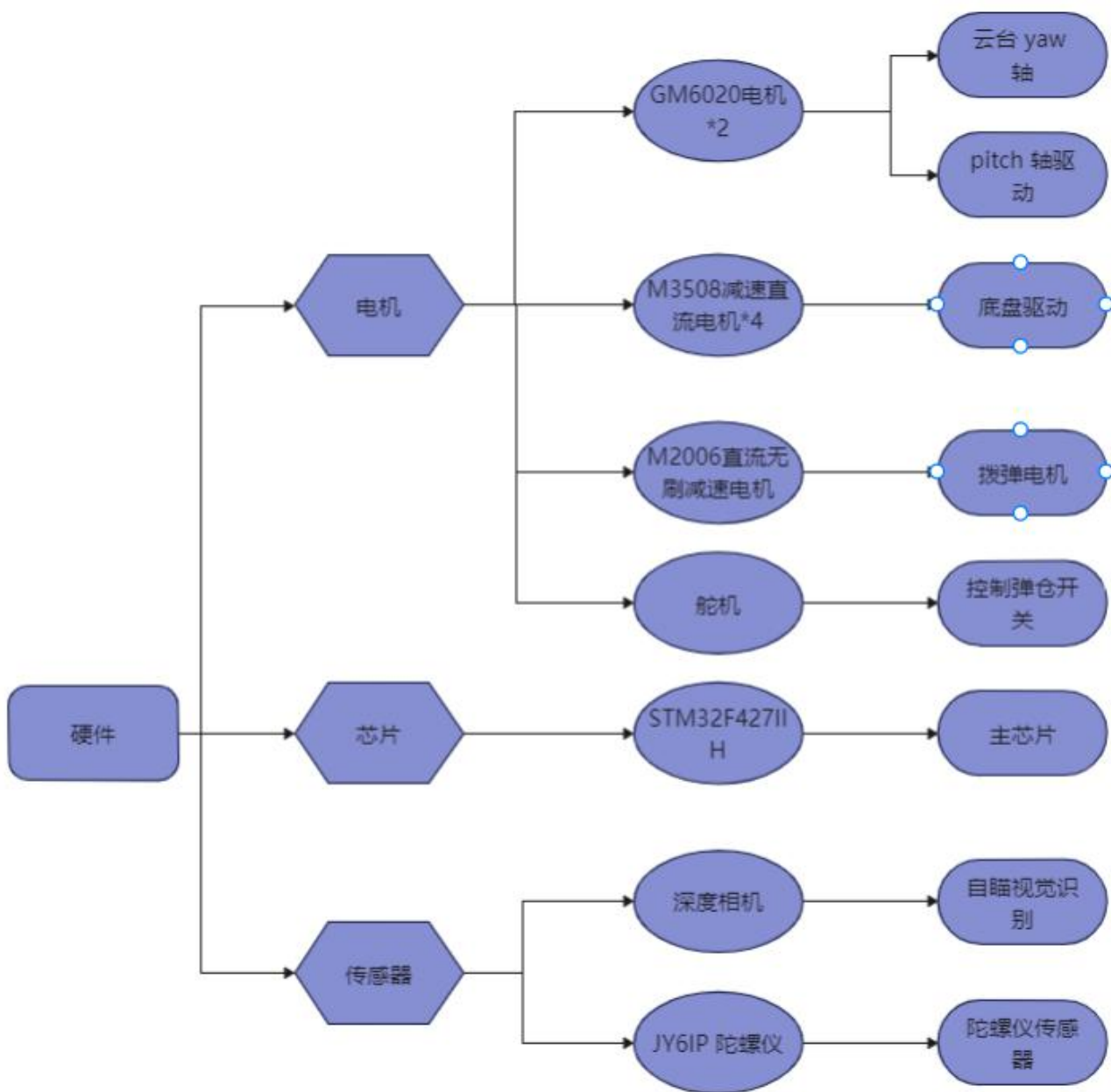
a、摩擦轮间距：经过多次近距离远距离测试，我们得出摩擦轮中心距离为 74mm 时摩擦轮最小距离为 14mm, 可对弹丸进行充分挤压且弹道准确，摩擦轮胶轮采用

包胶材料为聚氨酯，内芯使用 6061 合金, 55A 的邵氏硬度。

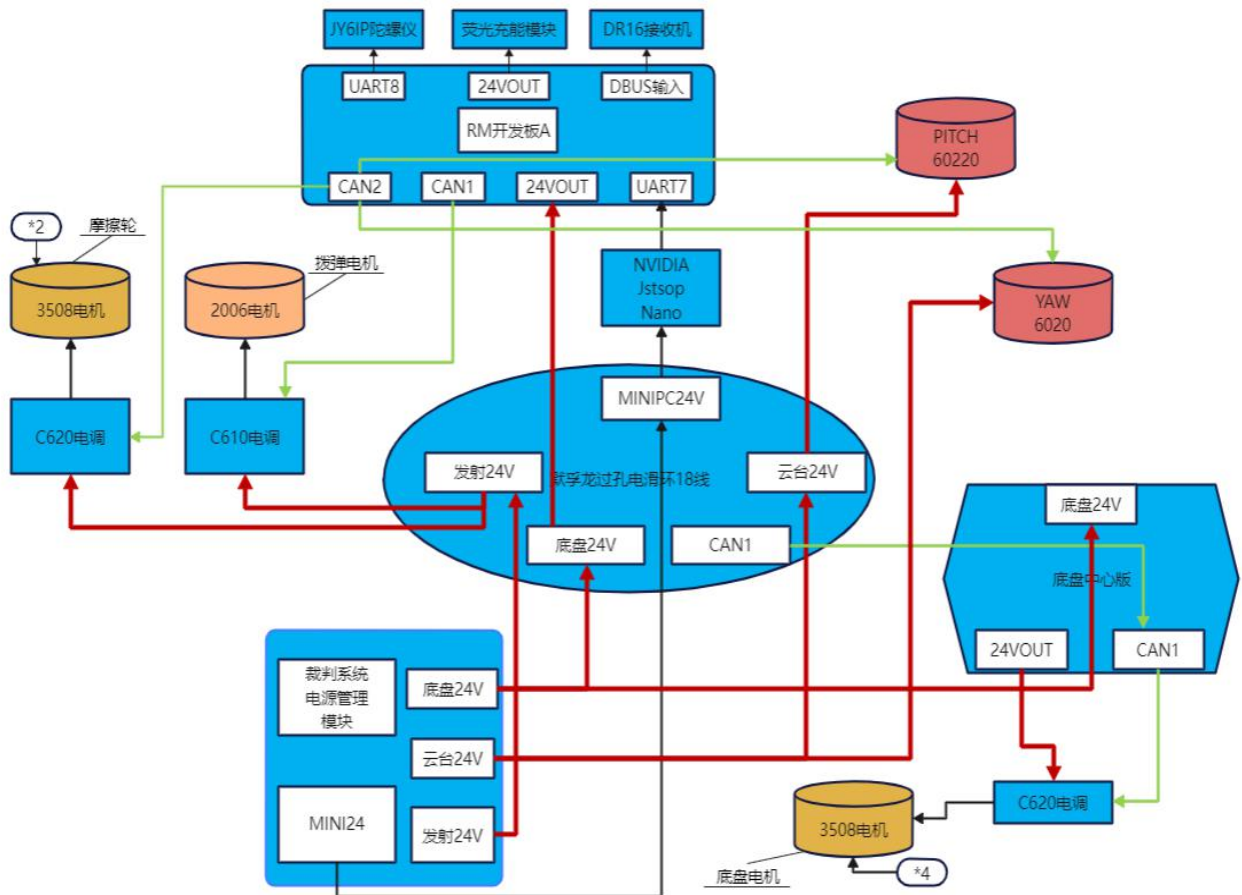
b、弹丸置位机构: 安装 U 型轴承进行置位，我们选用的 U 型轴承内径 4mm，外径 13mm，厚度 6mm，为了防止溜弹和卡弹，经过测试，两轴承中心距离为 29mm，以对远距离目标精准射击，为了保证弹丸刚出轴承立刻与摩擦轮接触，我们参考了北理工弹道开源，得出摩擦轮距离置位机构为 11.5mm 最佳。



2.2 硬件方案设计



2.2.1 硬件整体框图



24V电源线使用 XT30 硅胶线，USART 及 CAN 使用 GH1.25 硅胶线。

2.2.2 单板硬件说明

单板	设计需求	风险评估
整车控制板	性能稳定，受环境变化小	在机器人运动过程中，性能不稳定
功率控制板	配合超级电容组，控制底盘功率	底盘瞬时功率过大，烧坏板子

2.2.3 重要传感器选型说明

1、JY6IP 陀螺仪，通过姿态动力学核心算法，并结合高动态卡尔曼滤波融

合算法，解算出实时稳定的三轴角度。

2、摄像头部分：

①由于比赛场地的灯光环境较为复杂，而目标检测需要低曝光时间，低噪，高分辨率画面。曝光时间的缩短可以缓解因曝光时物体的运动导致画面出现拖影、模糊，从而影响识别的效果。相机的 ISO 需要控制在合理的范围之内以避免出现较多的噪点，影响深度神经网络的识别效果。高分辨率的图像可以增强远距离目标的识别的效果。

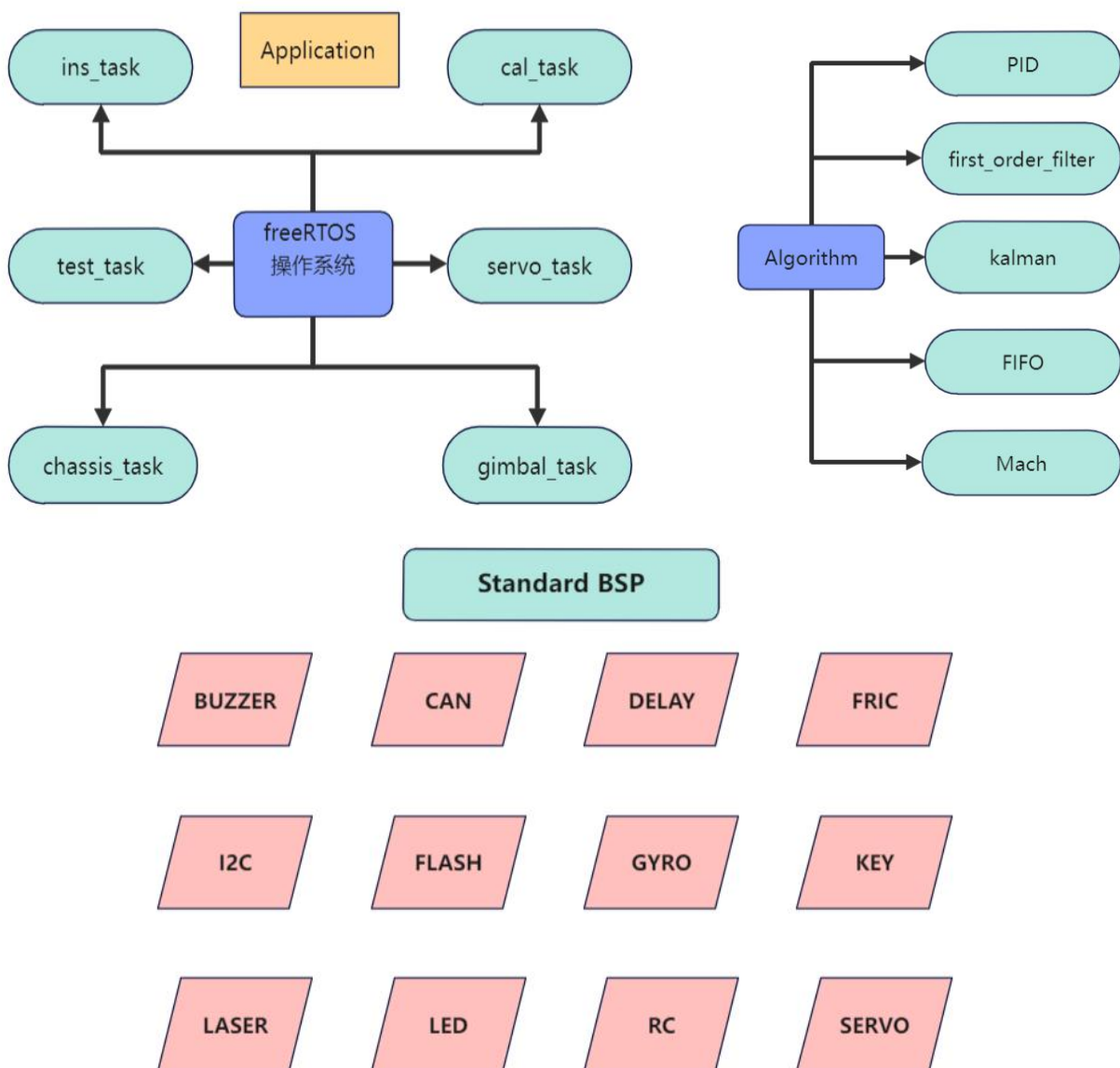
②使用全局曝光可以一定程度上避免果冻效应，但是如果降低曝光时间会因带宽限制导致画面中噪点较多。但是在相机的物理规则上，曝光时间的缩短，分辨率的提高，ISO 的降低组成了一个不可能三角。

③唯一的解决方法是使用面积更大灵敏度更高的传感器。使用 720P 60fps 的视频采样，1/2.8 英寸的 CMOS 和 2.02mm 的无畸变镜头平衡了动态模糊，计算能力，检测距离和资金。

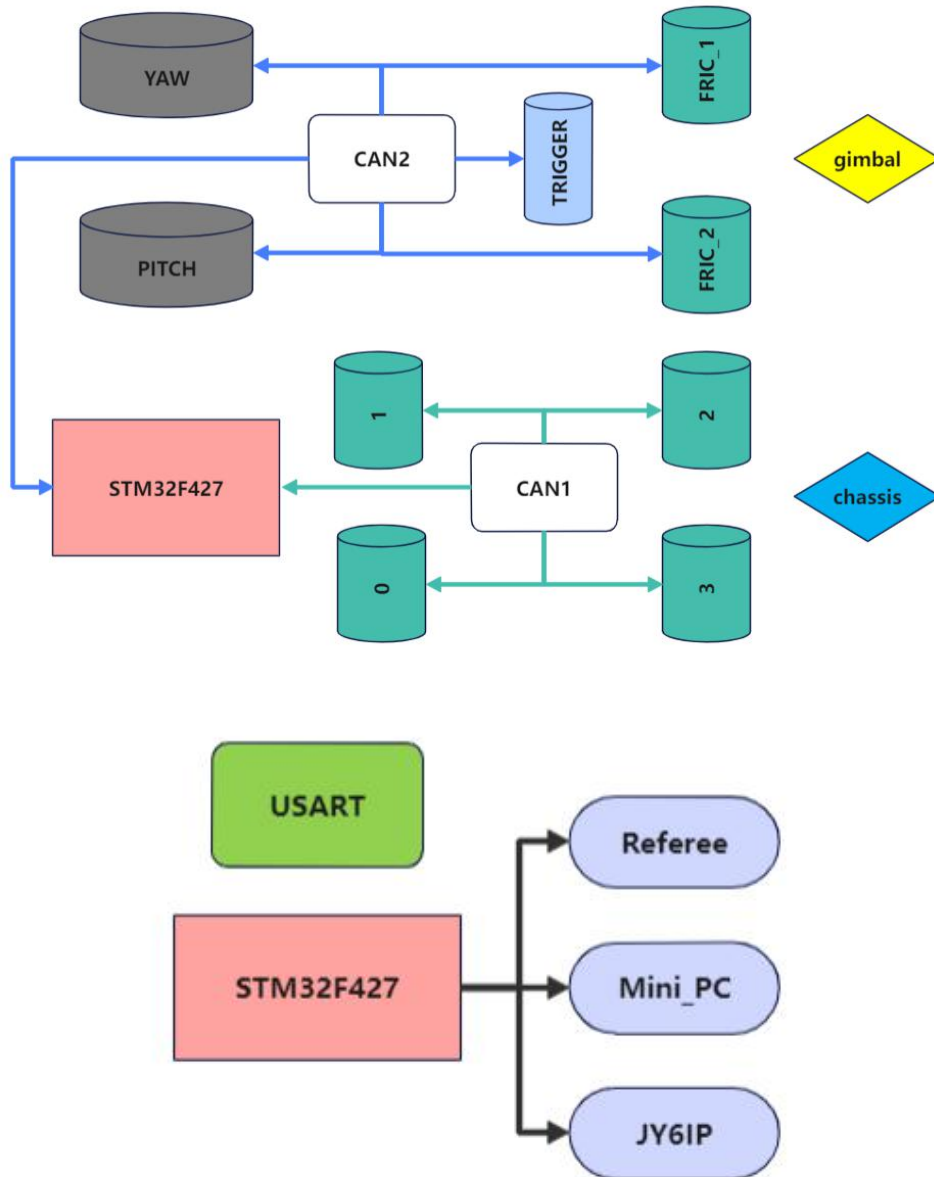
2.3 软件方案设计

2.3.1 软件系统架构

机器人的软件框架如下所示，主要包括 **application** 层和 **BSP** 层。BSP 层提供对底层硬件功能的封装，算法层实现姿态解算算法，PID 控制算法，FIFO 数据结构，常用的滤波算法以及常见的数学处理函数。Application 层主要为任务函数实现，包括底盘任务，云台任务，校准任务，离线检测任务，姿态解算任务等等。



2.3.2 通信链路设计



考虑到比赛环境的复杂，各个电机模块之间选择 CAN 通讯，因为 CAN 通讯具有实时性强、传输距离较远、抗电磁干扰能力强，并且采用双线串行通信方式，检错能力强，可在高噪声干扰环境中工作。且操作界面为第一人称视角，对操作手的操作要求较高，利用串口通信链接裁判系统和 UI 界面，为 UI 界面加入利于辅助操作手操作的元素，使操作手能够在复杂的地形和作战环境中快速及正确的操作。

且为了在复杂的作战环境中，更加高效的打击敌人，为机器人增加了自瞄

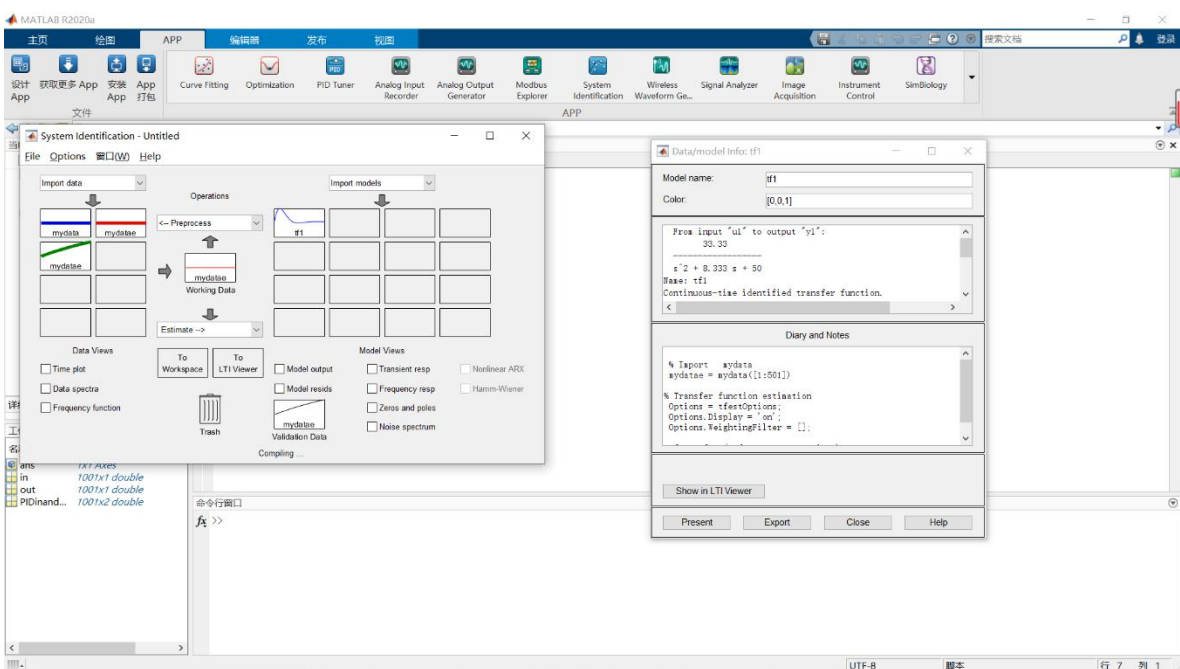
的功能，这就需要上位机和单片机之间通过串口通信链接，实现视觉信息的共享，以便机器人在面对多个敌人时，会优先选择距离近，血量少的敌人，通过返回目标的坐标位置信息，再根据测量的距离进行弹道补偿，提高打击精度。

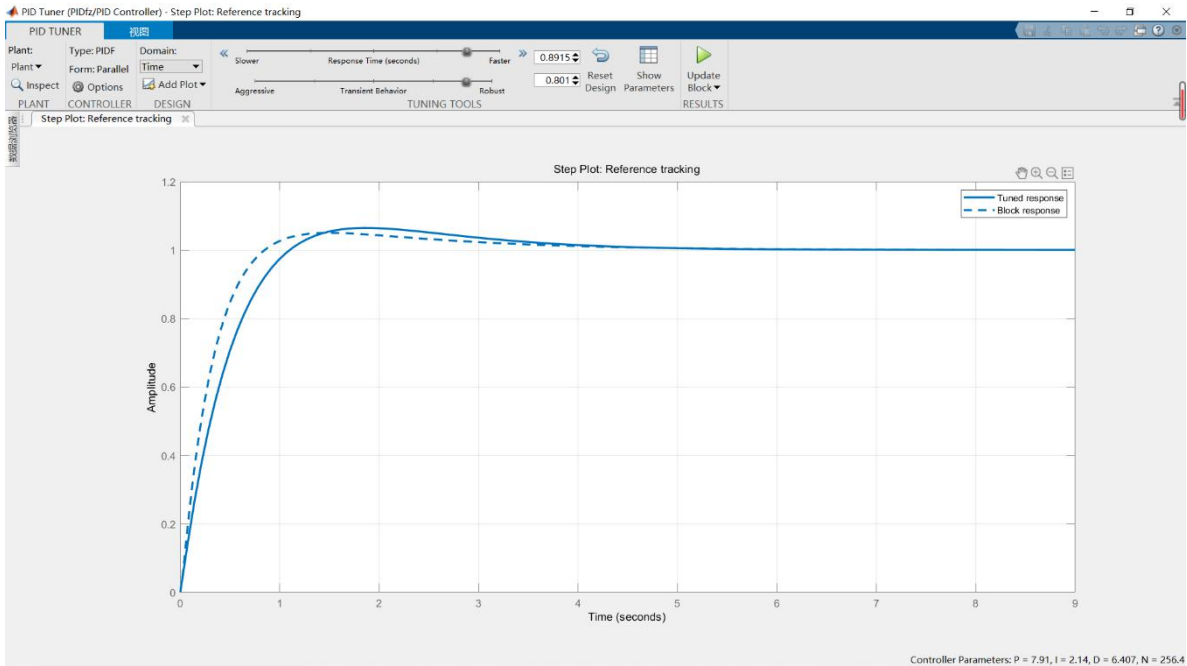
串口通信简单高效，且经过我们的算法滤波后，其稳定性和可靠性都有比较良好的反馈。

2.3.3 软件调试方案

在调试方面：首先最重要的就是 PID 的调试，我们采用了两种调试方法，一种是在代码中植入一个串口波形软件的代码，将电机的响应速度和波动在软件中反馈出来，通过观察波形的拟合情况进行调参，第二种方法则是采用 MATLAB 进行调试，这种方法可以通过 matlab，辨识出系统的传递函数，找到最理想的 PID 参数。

其优点是节省“盲调 PID”的时间，达到经验调参不能做到的效果，逼近完美。使用 matlab 的 system identification 和 PID tuner app2.simulink。首先得到电机的输入输出曲线（数据），导入 matlab 里面。用 system Identification app 进行系统辨识，得到传递函数，最后用 PID tuner 自动整定 PID 参数。得到最合适的 PID 参数。





2.4 算法方案设计

2.4.1 一阶滤波

① 原理：

一阶滤波，又叫一阶惯性滤波，或者一阶低通滤波，是使用软件编程实现硬件 RC 低通滤波的功能。

② 算法：

一阶低通滤波的算法为：

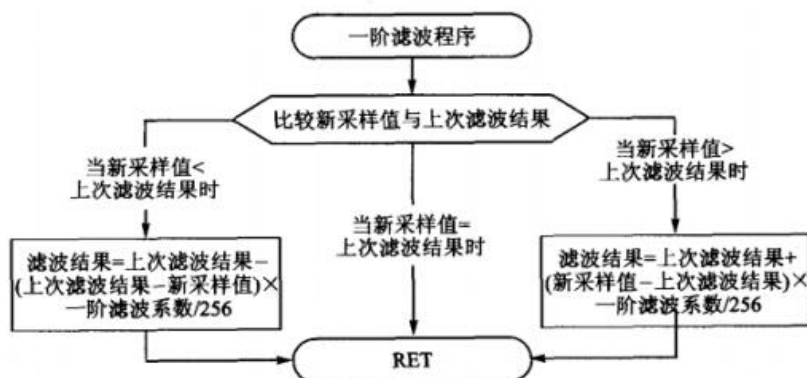
$$Y(n) = aX(n)(1 - a)Y(n - 1);$$

式中：A = 滤波系数，X (n) = 本次采样值；Y (n-1) = 上次滤波值。

重心：加权得到有效滤波。

核心算法：(100-a)*value + a*new_value;

实际上就是一个加权算法，也可以进行多种变形。



③ 不足:

滤波系数越小，滤波结果越平稳，但是灵敏度越低；滤波系数越大，灵敏度越高，但是滤波结果越不稳定。

一阶滤波无法完美地兼顾灵敏度和平稳度。有时，我们只能寻找一个平衡，在可接受的灵敏度范围内取得尽可能好的平稳度。而在一些场合，我们希望拥有这样一种接近理想状态的滤波算法。

即：当数据快速变化时，滤波结果能及时跟进（灵敏度优先）；当数据趋于稳定，在一个固定的点上下振荡时，滤波结果能趋于平稳（平稳度优先）。

④ 改善方法:

改变滤波系数，增大会导致平稳度降低，滤波系数太大滤波也就丧失意义；将小数位参与计算，会给 CPU 带来沉重运算压力；

⑤ 优化方法:

动态调整滤波系数

(1) 实现功能:

当数据快速变化时，滤波结果能及时跟进，并且数据的变化越快，灵敏度应该越高（灵敏度优先原则）。

当数据趋于稳定，并在一个范围内振荡时，滤波结果能趋于平稳（平稳度优先原则）。

当数据稳定后，滤波结果能逼近并最终等于采样数据（消除因计算中小数带来的误差）。

(2) 调整前判断：

数据变化方向是否为同一个方向（如当连续两次的采样值都比其上次滤波结果大时，视为变化方向一致，否则视为不一致）。

数据变化是否较快（主要是判断采样值和上一次滤波结果之间的差值）。

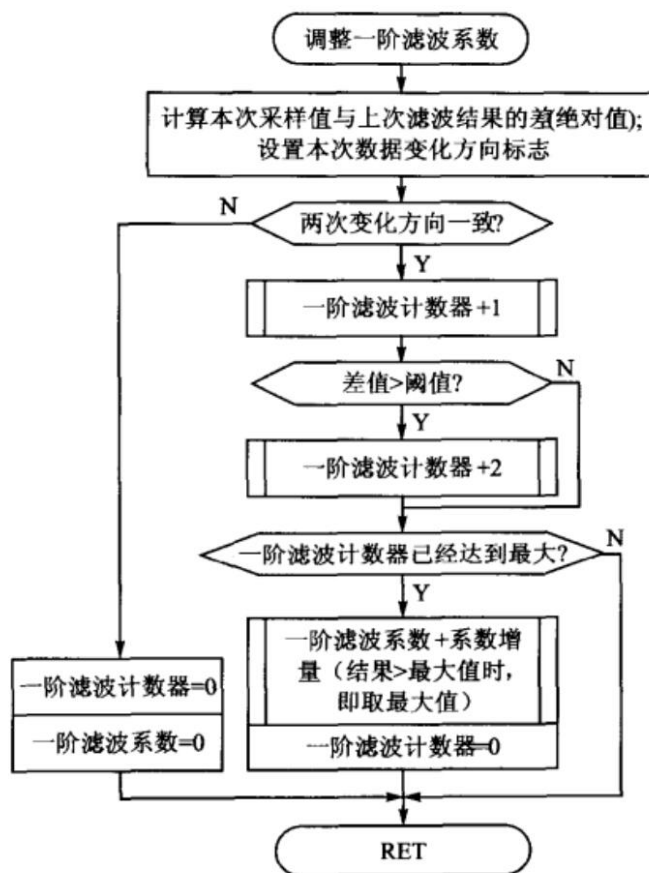
(3) 调整原则：

当两次数据变化不一致时，说明有抖动，将滤波系数清零，忽略本次新采样值。

当数据持续向一个方向变化时，逐渐提高滤波系数，提供本次采样值得权；

当数据变化较快（差值>消抖计数加速反应阈值）时，要加速提高滤波系数。

(4) 流程图



⑥ 滤波效果：

- (1) 当采样数据偶然受到干扰，滤波结果中的干扰完全被滤除。
- (2) 当数据在一个范围内振荡时，滤波结果曲线非常平滑，几乎是一根直线。
- (3) 当采样数据发生真实的变化时，滤波结果也能比较及时地跟进。
- (4) 当采样数据趋于稳定时，滤波结果逐渐逼近并最终等于采样数据。

2.4.2 卡尔曼滤波

①原理：

在任何含有不确定信息的动态系统中使用卡尔曼滤波，对系统下一步的走向做出有根据的预测，即使伴随着各种干扰，卡尔曼滤波总是能指出真实发生的情况。

②算法分析介绍：

卡尔曼滤波的基本思想是综合利用上一次的状态和测量值来对物理量的状态进行预测估计，结合先验经验、测量更新的状态估计算法。

③卡尔曼滤波的算法流程为：

预估计 $X(k)^{\wedge} = F(k, k-1) * X(k-1)$

- (1) 计算预估计协方差矩阵

$$C(k)^{\wedge} = F(k, k-1) * C(k) * F(k, k-1)' + T(k, k-1) * Q(k) * T(k, k-1)'$$

$$Q(k) = U(k) * U(k)'$$

- (2) 计算卡尔曼增益矩阵

$$K(k) = C(k)^{\wedge} * H(k)' * [H(k) * C(k)^{\wedge} * H(k)' + R(k)]^{\wedge}(-1)$$

$$R(k) = N(k) * N(k)'$$

- (3) 更新估计

$$\hat{X}(k) = \hat{X}(k) + K(k) \times [Y(k) - H(k) \times \hat{X}(k)]$$

(4) 计算更新后估计协方差矩阵

$$C(k) = [I - K(k) \times H(k)] \times C(k) \times [I - K(k) \times H(k)]' + K(k) \times R(k) \times K(k)'$$

$$\hat{X}(k+1) = \hat{X}(k)$$

$$C(k+1) = C(k)$$

重复以上步骤。

其中， $X(k)$ 和 $Y(k)$ 分别是 k 时刻的状态矢量和观测矢量

$F(k,k-1)$ 为状态转移矩阵

$U(k)$ 为 k 时刻动态噪声

$T(k,k-1)$ 为系统控制矩阵

$H(k)$ 为 k 时刻观测矩阵

$N(k)$ 为 k 时刻观测噪声

④局限性：

卡尔曼滤波存在着一个非常大的局限性——它仅能对线性的过程模型和测量模型进行精确的估计，在非线性的场景中并不能达到最优的估计效果，为了能够设定线性的环境，我们假定了我们的过程模型为恒定速度模型，但是显然在显示的应用中不是这样的，不论是过程模型还是测量模型，都是非线性。

2.4.3 PID 算法

①算法介绍：

PID 是一个闭环控制算法。因此要实现 PID 算法，必须在硬件上具有闭环控制，就是得有反馈。比如控制一个电机的转速，就得有一个测量转速的传感器，并将结果反馈到控制路线上。以前对于闭环控制的一个最朴素的想法就只

有 P 控制，将当前结果反馈回来，再与目标相减，为正的话，就减速，为负的话就加速。现在知道这只是最简单的闭环控制算法。PID 是比例(P)、积分(I)、微分(D)控制算法。但并不是必须同时具备这三种算法，也可以是 PD,PI,甚至只有 P 算法控制。

②特点：

PID 控制作用中，比例作用是基础控制；微分作用是用于加快系统控制速度；积分作用是用于消除静差。

只要比例、积分、微分三种控制规律强度配合适当，既能快速调节，又能消除余差，可得到满意控制效果。

K_p 较小时，系统对微分和积分环节的引入较为敏感，积分会引起超调，微分可能会引起振荡，而振荡剧烈的时候超调也会增加。

K_p 增大时，积分环节由于滞后产生的超调逐渐减小，此时如果想要继续减少超调可以适当引入微分环节。继续增大 K_p 系统可能会不太稳定，因此在增加 K_p 的同时引入 K_d 减小超调，可以保证在 K_p 不是很大的情况下也能取得较好的稳态特性和动态性能。

K_p 较小时，积分环节不宜过大， K_p 较大时积分环节也不宜过小（否则调节时间会非常地长），当使用分段 PID，在恰当的条件下分离积分，可以取得更好的控制效果。原因在于在稳态误差即将满足要求时，消除了系统的滞后。因此系统超调会明显减少。

③各参数说明：

比例：反应系统的基本（当前）偏差 $e(t)$ ，系数大，可以加快调节，减小误差，但过大的比例使系统稳定性下降，甚至造成系统不稳定；

积分：反应系统的累计偏差，使系统消除稳态误差，提高无差度，因为有误差，积分调节就进行，直至无误差；

微分：反映系统偏差信号的变化率，具有预见性，能预见偏差变化的趋势，产生超前的控制作用，在偏差还没有形成之前，已被微分调节作用消除，因此可以改善系统的动态性能。但是微分对噪声干扰有放大作用，加强微分对系统抗干扰不利。

积分和微分都不能单独起作用，必须与比例控制配合。

④各参数作用：

(1) 稳定性（P 和 I 降低系统稳定性，D 提高系统稳定性）：在平衡状态下，系统受到某个干扰后，经过一段时间其被控量可以达到某一稳定状态；

(2) 准确性（P 和 I 提高稳态精度，D 无作用）：系统处于稳态时，其稳态误差；

(3) 快速性（P 和 D 提高响应速度，I 降低响应速度）：系统对动态响应的要求。一般由过渡时间的长短来衡量。

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right]$$

⑤公式：

其中 K_P 为比例增益；

T_I 为积分时间常数；

T_D 为微分时间常数；

$u(t)$ 为控制量(控制器输出)；

$e(t)$ 为被控量与给定值的偏差。

⑥各参数对性能的影响：

(1) 随着比例系数 K_p 的增加，超调量增大（震荡变严重），系统响应速度加快，

(2) 积分作用的强弱取决于积分常数 T_i 。 T_i 越小，积分作用就越强，反之 T_i 大则积分作用弱。积分控制的主要作用是改善系统的稳态性能，消除系统的稳态误差（关于稳态误差可参考本文最上面那个链接）。

当系统存在控制误差时，积分控制就进行，直至无差，积分调节停止，积分控制输出一常值。加入积分控制可使得系统的相对稳定性变差。 T_i 值的减小可能导致系统的超调量增大， T_i 值的增大可能使得系统响应趋于稳态值的速度减慢。

(3) 随着微分时间常数 T_d 的增加，闭环系统响应的响应速度加快，调节时间减小。微分环节的主要作用是提高系统的响应速度。由于该环节对误差的导数(即误差变化率发生作用)，它能在误差较大的变化趋势时施加合适的控制。

但是过大的 K_d 值会因为系统造成或者受控对象的大时间延迟而出现问题。微分环节对于信号无变化或变化缓慢的系统不起作用。

⑦PID 的作用:

比例控制：能迅速反映误差，从而减小误差，但比例控制不能消除稳态误差， K_P 的加大会引起系统的不稳定；

积分控制的作用是：只要系统存在误差，积分控制作用就不断地积累，输出控制量以消除误差。因此只要有足够的时间，积分控制将能完全消除误差，但是积分作用太强会使系统超调加大，甚至使系统出现振荡；

微分控制：可以减小超调量，克服振荡，使系统的稳定性提高，同时加快系统的动态响应速度，减小调整时间，从而改善系统的动态性能。

⑧离散法说明:

(1) 说明一下反馈控制的原理，PID 控制其实是对偏差的控制过程。

如果偏差为 0,则比例环节不起作用,只有存在偏差时,比例环节才起作用。

(2) 积分环节主要是用来消除静差,所谓静差,就是系统稳定后输出值和设定值之间的差值,积分环节实际上就是偏差累计的过程,把累计的误差加到原有系统上以抵消系统造成的静差。

(3) 微分信号则反应了偏差信号的变化规律,或者说是变化趋势,根据偏差信号的变化趋势来进行超前调节,从而增加了系统的快速性。

2.5 测试方案设计

2.5.1 测试方法

(一) 黑盒测试

①原理

黑盒测试也称功能测试,它是通过测试来检测每个功能是否都能正常使用。在测试中,把程序看作一个不能打开的黑盒子,在完全不考虑程序内部结构和内部特性的情况下,在程序接口进行测试。

它只检查程序功能是否按照需求规格说明书的规定正常使用,程序是否能适当地接收输入数据而产生正确的输出信息。黑盒测试着眼于程序外部结构,不考虑内部逻辑结构,主要针对软件界面和软件功能进行测试。

黑盒测试是以用户的角度,从输入数据与输出数据的对应关系出发进行测试的。很明显,如果外部特性本身设计有问题或规格说明的规定有误,用黑盒测试方法是发现不了的。

②作用

黑盒测试法注重于测试软件的功能需求,主要试图发现下列几类错误。

- a、功能不正确或遗漏;
- b、输入和输出错误;

- c、性能错误；
- d、初始化和终止错误等。

③流程

(1) 测试计划

首先，根据用户需求报告中关于功能要求和性能指标的规格说明书，定义相应的测试需求报告，即制订黑盒测试的最高标准，以后所有的测试工作都将围绕着测试需求来进行，符合测试需求的应用程序即是合格的，反之即是不合格的；同时，还要适当选择测试内容，合理安排测试人员、测试时间及测试资源等。

(2) 测试设计

将测试计划阶段制订的测试需求分解、细化为若干个可执行的测试过程，并为每个测试过程选择适当的测试用例（测试用例选择的好坏将直接影响到测试结果的有效性）。

④优点

基本上不用人管着，如果程序停止运行了一般就是被测试程序 **crash** 了。

⑤缺点

没有状态概念的测试来说，寻找和确定造成程序 **crash** 的测试例是个麻烦事情，必须把周围可能的测试例单独确认一遍。而就有状态的测试来说，就更麻烦了，尤其不是一个单独的 **testcase** 造成的问题。

(二) 白盒测试

①原理

白盒测试又称结构测试、透明盒测试、逻辑驱动测试或基于代码的测试。白盒测试是一种测试用例设计方法，盒子指的是被测试的软件，白盒指的是盒子是可视的，你清楚盒子内部的东西以及里面是如何运作的。

"白盒"法全面了解程序内部逻辑结构、对所有逻辑路径进行测试。"白盒"法是穷举路径测试。在使用这一方案时，测试者必须检查程序的内部结构，从检查程序的逻辑着手，得出测试数据。贯穿程序的独立路径数是天文数字。

②测试方法

白盒测试的测试方法有代码检查法、静态结构分析法、静态质量度量法、逻辑覆盖法、基本路径测试法、域测试、符号测试、路径覆盖和程序变异。

③要求

- (1) 保证一个模块中的所有独立路径至少被使用一次。
- (2) 对所有逻辑值均需测试 **true** 和 **false**。
- (3) 在上下边界及可操作范围内运行所有循环。
- (4) 检查内部数据结构以确保其有效性。

④目的

通过检查软件内部的逻辑结构，对软件中的逻辑路径进行覆盖测试;在程序不同地方设立检查点，检查程序的状态，以确定实际运行状态与预期状态是否一致。

⑤特点

依据软件设计说明书进行测试、对程序内部细节的严密检验、针对特定条件设计测试用例、对软件的逻辑路径进行覆盖测试。

⑦优点

- (1) 揭示隐藏在代码中的错误。
- (2) 对代码的测试比较彻底，使代码结构最优。

⑧缺点

- (1) 无法检测代码中遗漏的路径和数据敏感性错误。

(2) 穷举路径测试决不能查出程序违反了设计规范，即程序本身是个错误的程序。

(3) 穷举路径测试不可能查出程序中因遗漏路径而出错。

(4) 穷举路径测试可能发现不了一些与数据相关的错误。

(三) 灰盒测试

①定义

灰盒测试，是介于白盒测试与黑盒测试之间的一种测试，灰盒测试多用于集成测试阶段，不仅关注输出、输入的正确性，同时也关注程序内部的情况。灰盒测试不像白盒那样详细、完整，但又比黑盒测试更关注程序的内部逻辑，常常是通过一些表征性的现象、事件、标志来判断内部的运行状态。

灰盒测试由方法和工具组成，这些方法和工具取材于应用程序的内部知识和与之交互的环境，能够用于黑盒测试以增强测试效率、错误发现和错误分析的效率。

②原理

灰盒(Gray Box)是一种程序或系统上的工作过程被局部认知的装置。

灰盒测试，也称作灰盒分析，是基于对程序内部细节有限认知上的软件调试方法。测试者可能知道系统组件之间是如何互相作用的，但缺乏对内部程序功能和运作的详细了解。对于内部过程，灰盒测试把程序看作一个必须从外面进行分析的黑盒。

然而，灰盒测试相对白盒测试更加难以发现并解决潜在问题，尤其在一个单一的应用中，白盒测试的内部细节可以完全掌握。灰盒测试结合了白盒测试和黑盒测试的要素。它考虑了用户端、特定的系统知识和操作环境。它在系统组件的协同性环境中评价应用软件的设计。

灰盒测试由方法和工具组成，这些方法和工具取材于应用程序的内部知识

和与之交互的环境，能够用于黑盒测试以增强测试效率、错误发现和错误分析的效率。灰盒测试涉及输入和输出，但使用关于代码和程序操作等通常在测试人员视野之外的信息设计测试。

③目的任务

软件测试是软件开发过程的重要组成部分，是用来确认一个程序的品质或性能是否符合开发之前所提出的一些要求。软件测试就是在软件投入运行前，对软件需求分析、设计规格说明和编码的最终复审，是软件质量保证的关键步骤。软件测试是为了发现错误而执行程序的过程。

软件测试在软件生存期中横跨两个阶段，通常在编写出每一个模块之后就对它做必要的测试（称为单元测试）。编码和单元测试属于软件生存期中的同一个阶段。在结束这个阶段后对软件系统还要进行各种综合测试，这是软件生存期的另一个独立阶段，即测试阶段。

④目的

第一是确认软件的质量，其一方面是确认软件做了你所期望的事情（Do the right thing），另一方面是确认软件以正确的方式来做了这个事件（Do it right）。

第二是提供信息，比如提供给开发人员或程序经理的反馈信息，为风险评估所准备的信息。

第三软件测试不仅是在测试软件产品的本身，而且还包括软件开发的过程。如果一个软件产品开发完成之后发现了很多问题，这说明此软件开发过程很可能是有缺陷的。因此软件测试的第三个目的是保证整个软件开发过程是高质量的。

（四）持续集成

①定义

持续集成是一种软件开发实践，即团队开发成员经常集成他们的工作，通常

每个成员每天至少集成一次，也就意味着每天可能会发生多次集成。每次集成都通过自动化的构建（包括编译，发布，自动化测试）来验证，从而尽快地发现集成错误。许多团队发现这个过程可以大大减少集成的问题，让团队能够更快的开发内聚的软件。

②措施

(1)减少风险

一天中进行多次的集成，并做了相应的测试，这样有利于检查缺陷，了解软件的健康状况，减少假定。

(2)减少重复过程

减少重复的过程可以节省时间、费用和工作量。说起来简单，做起来难。这些浪费时间的重复劳动可能在我们的项目活动的任何一个环节发生，包括代码编译、数据库集成、测试、审查、部署及反馈。

通过自动化的持续集成可以将这些重复的动作都变成自动化的，无需太多人工干预，让人们的时间更多的投入到动脑筋的、更高价值的事情上。

(3)增强项目的可见性

持续集成让我们能够注意到趋势并进行有效的决策。如果没有真实或最新的数据提供支持，项目就会遇到麻烦，每个人都会提出他最好的猜测。通常，项目成员通过手工收集这些信息，增加了负担，也很耗时。持续集成可以带来两点积极效果：

1、有效决策：持续集成系统为项目构建状态和品质指标提供了及时的信息，有些持续集成系统可以报告功能完成度和缺陷率。

2、注意到趋势：由于经常集成，我们可以看到一些趋势，如构建成功或失败、总体品质以及其它的项目信息。

(4)建立团队对开发产品的信心

持续集成可以建立开发团队对开发产品的信心，因为他们清楚的知道每一次构建的结果，他们知道他们对软件的改动造成了哪些影响，结果怎么样。

④原则

1. 所有的开发人员需要在本地机器上做本地构建，然后再提交的版本控制库中，从而确保他们的变更不会导致持续集成失败。
2. 开发人员每天至少向版本控制库中提交一次代码。
3. 开发人员每天至少需要从版本控制库中更新一次代码到本地机器。
4. 需要有专门的集成服务器来执行集成构建,每天要执行多次构建。
5. 修复失败的构建是优先级最高的事情。

3. 项目进度计划

时间	电控	三维
9.1-10.1	培训 20 级电控 51、32 单片机的学习	学习 SolidWorks 软件，了解步兵基本架构
10.1-11.7	学习 PID 闭环控制原理 熟悉 A 板各个模块的功能	学习铣床等工具的使用，学习开源，寻找上版步兵存在的问题
11.7-11.14	学习底盘代码 并编写底盘代码	讨论新步兵的改进点，准备建模
11.14-11.21	学习云台代码 并编写云台代码	根据商讨结果进行建模，根据规则改变进行场地元素的构建
11.21-11.28	学习云台串级 PID 代码 并将之前的底盘云台代码整合	
11.28-12.1	学习一些基础常用的滤波算法	

12.1-1.10	学习移动小陀螺的代码和实现	购买制作所需物品，搭建场地元素，完成步兵的装配
1.10-2.1	将第一版兵种调试完成 保证功能的完整性和布线的美观性	配合电控进行布线，对于步兵结构进行改动
2.1-3.1	和视觉组的队员一起完成步兵云台的视觉部分	配合视觉组人员进行步兵云台的视觉部分
3.1-4.1	优化代码结构和算法 配合操作手修改操作设置	

4. 赛季人力安排

机械：

黄芯（大三，熟悉步兵的各个机械结构，机械方面能力强）

王哲（大二，对步兵有浓厚兴趣，学习了相关知识）

袁浩（大二，对步兵有所了解，掌握了部分技巧）

电控：

祝传炉（大三，熟悉步兵的程序流程与构造，电控方面能力强）

文俊龍（大二，对步兵有浓厚兴趣，学习了相关知识）

陈进（大二，对步兵有所了解，掌握了部分技巧）

4.1 团队架构设计

角色	职责职能描述	人员要求	人数
指导老师	团队建设、技术支持等 提供咨询和建议	给队伍提供战略、技术、 运营、管理等指导与支持	2
队长	<ol style="list-style-type: none"> 1. 团队总责任人，负责团队的建设和管理。 2. 做好队伍制度建设，团队文化建设，未来规划。 3. 对接组委会安排布置的各项赛务工作，与指导老师进行对接。 	认真负责，乐观积极，沟通能力强，有领导、组织能力	1
项管	<ol style="list-style-type: none"> 1、负责检查进度、团队制度的制定与检查执行情况。 2、负责资金、物资、人力等资源的管理和合理分配。 3、负责宣传招商任务安排。 	具有参赛经验的大三成员，熟悉整个比赛流程和注意事项	1
队员（机械）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 机器人所有机械结构的目标制定。 2. 机械方案的总规划和审核。 3. 机械相关技术文档的汇总。 	<ol style="list-style-type: none"> （1）能熟练使用三维建模软件、机械运动仿真分析。 （2）了解常见的机械结构和传动方式、具有良好的机电一体化意识。 	2
队员（电控）	<ol style="list-style-type: none"> 1. 审核管理电控技术文件。 2. 配合机械与视觉方面，设计控制方案。 3. 调试使用底盘电机与各类外设 	<ol style="list-style-type: none"> （1）熟悉电路设计基本原则，负责硬件方案的制定，熟悉 Altium Designer 软件绘制 PCB 及原理图； （2）熟悉 Stm32 单片 	2

角色	职责职能描述	人员要求	人数
		机架构，掌握其相关的寄存器的使用以及实时操作系统，能使用并调试底盘电机与各类外设。	
队员（视觉）	负责机器人感知相关算法规划与调试改进	熟悉 C++或 Python 编程，并有良好的编程习惯。掌握基础图像处理知识，掌握 OpenCV、深度学习目标检测。	1

4.2 团队建设思路

- 1、氛围建设：因为压力较大或者与学习时间冲突，团队内成员若无法准确找到自己在队伍中的定位，没有归属感，高负荷的备赛工作很容易会成为一种负担，进而使得成员边缘化，队内氛围拖沓松散。因此，有意识的团队建设工作是至关重要的，我们需要在工作之余加强团队建设。
- 2、日常安排：合理分配任务好队员的工作时间；队伍每周进行线下例会，一方面各组对工作情况进行总结与分享，另一方面就近期方案进行修改讨论。
- 3、招纳成员：由协会选拔并挑选积极性高的同学纳入预备队考核，可以进一步增强预备队的生命力和活力，形成良好的进步氛围；对待优秀的生源进行单线发展，争取早日入队成为发光的新生力量。
- 4、队员培养：收集并整合各类的资料，为每一届队员交替工作、队员技术传承打好基础；由前辈指导新队员，完成一系列任务，并不断交流，分享经验。
- 5、宣传：由协会组织的素质拓展邀请校队成员参与，进一步加大校队与协会内对 RoboMaster 比赛感兴趣的同学的联系；利用大学生常用的各类软件开展一系列吸引人眼球的活动。

5. 预算分析

预算分析	三维	铝方管、板材、铝块、PLA耗材	购买后自行加工
		螺钉、螺母、轴承、铜柱等	购买标准件
		场地搭建材料	运用实验室废弃材料
	电控	3508电机、6020电机	从官方购买
		A板、开发板线材包	购买后自行焊接

5.1 预算估计

类目	子类目	名称	费用	说明
研发耗材	机械部件	铝方管	240	数量：20 费用逻辑估算：实际用量 +20%损耗
		玻纤板 500*500*3	320	数量：6 费用逻辑估算：实际用量 +35%损耗
		轴承	390	数量：25 费用逻辑估算：实际用量 +10%损耗
		PLA 耗材	240	数量：3 卷 费用逻辑估算：实际用量 +30%损耗
		碳纤维板 500*500*3	600	数量：3 费用逻辑估算：实际用量 +15%损耗
		螺钉螺母	460	数量：若干 费用逻辑估算：实际用量 +35%损耗
	硬件相关	小电脑	4900	数量：1 费用逻辑估算：日常使用

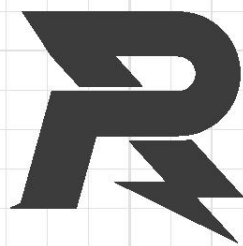
类目	子类目	名称	费用	说明
		摄像头	350	数量：1 费用逻辑估算：日常使用
		电滑环	50	数量：1 费用逻辑估算：日常使用
	工具相关	钻头	100	数量：15 费用估算逻辑：日常使用 +备用
		六角扳手	80	数量：20 费用估算逻辑：日常使用 +备用
比赛差旅	住宿	旅店费用	1200	4人/次
	交通	来去的交通工具费用以及日常交通费用	1500	4人/次
	餐费	餐补	400	每人每天餐补 50 4人/次
其它				

5.2 资金筹措计划

来源项	预计金额	筹措思路
学校比赛经费	10000	购买官方物资、摄像头等等，用于更新设备。
招商赞助经费	5000	用于购买步兵所需耗材
社团会费	2000	举行日常活动

6. 技术方案分析参考文献

参考文献	收获点分析
上海交通大学开源	参考其底盘进行改进，使用了压簧作为减震
华南理工大学开源	参考其弹道，对弹丸进行限位，使发射更加稳定
...	...



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