



第十八届全国大学生机器人大赛

RoboMaster 2019 机甲大师赛

同济大学Super Power战队设计报告

2019.01

V 1.0

RoboMaster组委会保留对本模板进行修改和最终解释的权利

RoboMaster组委会编制

目录

| | |
|---------------------|----|
| 摘要..... | 1 |
| 第 1 章 需求确定 | 2 |
| 1.1 总体需求..... | 2 |
| 1.2 机器人具体需求 | 2 |
| 1.2.1 步兵机器人..... | 2 |
| 1.2.2 英雄机器人..... | 2 |
| 1.2.3 工程机器人..... | 3 |
| 1.2.4 哨兵机器人..... | 3 |
| 1.2.5 空中机器人..... | 3 |
| 第 2 章 系统框图 | 4 |
| 2.1 硬件资源..... | 4 |
| 2.1.1 硬件设备:..... | 4 |
| 2.1.2 软件外设..... | 5 |
| 2.2 程序逻辑..... | 6 |
| 第 3 章 结构设计 | 8 |
| 3.1 需求分析..... | 8 |
| 3.2 设计图纸..... | 8 |
| 3.3 材料和工艺..... | 9 |
| 3.4 有限元分析..... | 10 |
| 3.4.1 避震载荷分析 | 10 |
| 3.4.2 撞击载荷分析 | 11 |
| 第 4 章 算法设计 | 13 |
| 4.1 需求分析..... | 13 |
| 4.2 方案设计..... | 13 |
| 4.3 算法对比与性能分析 | 14 |
| 第 5 章 人机工程分析 | 16 |
| 第 6 章 科学设计方法 | 17 |
| 第 7 章 科学实践改进 | 21 |

| | |
|-------------------|----|
| 7.1 测试需求..... | 21 |
| 7.2 测试方案..... | 21 |
| 7.3 测试结果记录 | 21 |
| 7.4 结果分析..... | 22 |
| 7.4 优化改进..... | 22 |
| 第 8 章 传感器选型 | 23 |
| 8.1 传感器分析..... | 23 |
| 8.2 传感器选型..... | 23 |
| 8.2.1 距离传感器..... | 23 |
| 8.2.2 图像传感器..... | 24 |
| 第 9 章 创新性..... | 25 |
| 9.1 创新背景..... | 25 |
| 9.2 需求分析..... | 25 |
| 9.3 方案设计..... | 25 |
| 第 10 章 外观设计..... | 28 |

摘要

章节安排如下：

- 第1章 展示机器人总体需求与功能描述；
- 第2章 展示以英雄为例的系统框图与逻辑流程图并列举主要硬件资源；
- 第3章 展示英雄底盘轮组的结构设计与制造典例；
- 第4章 展示自瞄程序运动预测算法的设计过程；
- 第5章 展示以步兵操作按键设计为例的人机工程分析；
- 第6章 展示英雄底盘纵臂悬挂机构的设计与力学分析过程；
- 第7章 展示步兵拨弹器设计的结构与优化过程；
- 第8章 展示以工程为例的传感器选型方案；
- 第9章 展示哨兵与轨道的偏心轮快速拆装方案；
- 第10章 展示以步兵为例的外观与防护设计。

关键词：自瞄，按键设计，纵臂悬挂，拨弹，快拆

第1章 需求确定

1.1 总体需求

根据19赛季比赛规则，确定总体需求如下：

1. 步兵机器人应具有近距离精准输出与远距离击打能量机关能力；
2. 工程机器人应具有迅速登岛、抓取远近距离弹丸与稳定的救援能力；
3. 英雄机器人应具有近距离快速输出与远距离精准打击（如吊射基地）能力；
4. 哨兵机器人应具有灵活的自主躲避与输出能力；
5. 空中机器人应具有战场观察与稳定输出能力。

1.2 机器人具体需求

1.2.1 步兵机器人

| 分类 | 描述 |
|----|--|
| 运动 | 任意方向的直线运动 |
| | 底盘支持飞越公路斜坡 |
| | 四轮可机械微调以均衡四轮受力 |
| | 具有扭腰、快速转身功能 |
| | 超级电容辅助起步、爬坡、飞越障碍 |
| | 底盘功率控制高效合理 |
| 射击 | 云台二轴运动与控制灵活准确，具有机械限位 |
| | 设计射频20发/s以内无卡顿，空弹率在10%以内(拨弹轮平均转过10格至多一格空弹)，设计射速30m/s，具有点射、连射功能 |
| | 具有视觉辅助射击、能量机关自动打击能力 |
| | 结合枪口热量有自适应的射击策略 |

1.2.2 英雄机器人

| 分类 | 描述 |
|----|-----------------------------|
| 运动 | 同步兵机器人 |
| 射击 | 具有大小两个枪管，视野在120°以上 |
| | 大小云台二轴运动与控制灵活准确，具有机械限位 |
| | 大枪管设计射频5发/s内无卡顿，设计射速16.5m/s |
| | 结合枪口热量有自适应的射击策略 |

| | |
|----|----------------------------------|
| 补给 | 小枪管具有自主选择目标、瞄准射击功能，无需打能量机关，其他同步兵 |
| | 可接受工程机器人给予弹丸 |
| | 可进入补给站补充小弹丸 |

1.2.3 工程机器人

| 分类 | 描述 |
|------|-----------------------|
| 运动 | 除无需超级电容辅助外，其余需求同步兵机器人 |
| | 可保持与墙面或台阶面一定距离平行运动 |
| | 具有固定距离移动、微调等功能 |
| 取弹补给 | 可通过抱柱方式登上资源岛 |
| | 可通过单人位手动/自动获取双层弹药箱 |
| | 可通过台阶迅速下岛 |
| | 可迅速、自动对准英雄机器人弹舱并供给弹丸 |
| 救援 | 可迅速、自动对准阵亡机器人并可靠固连 |
| | 在过桥洞与上下坡过程中救援不中断 |

1.2.4 哨兵机器人

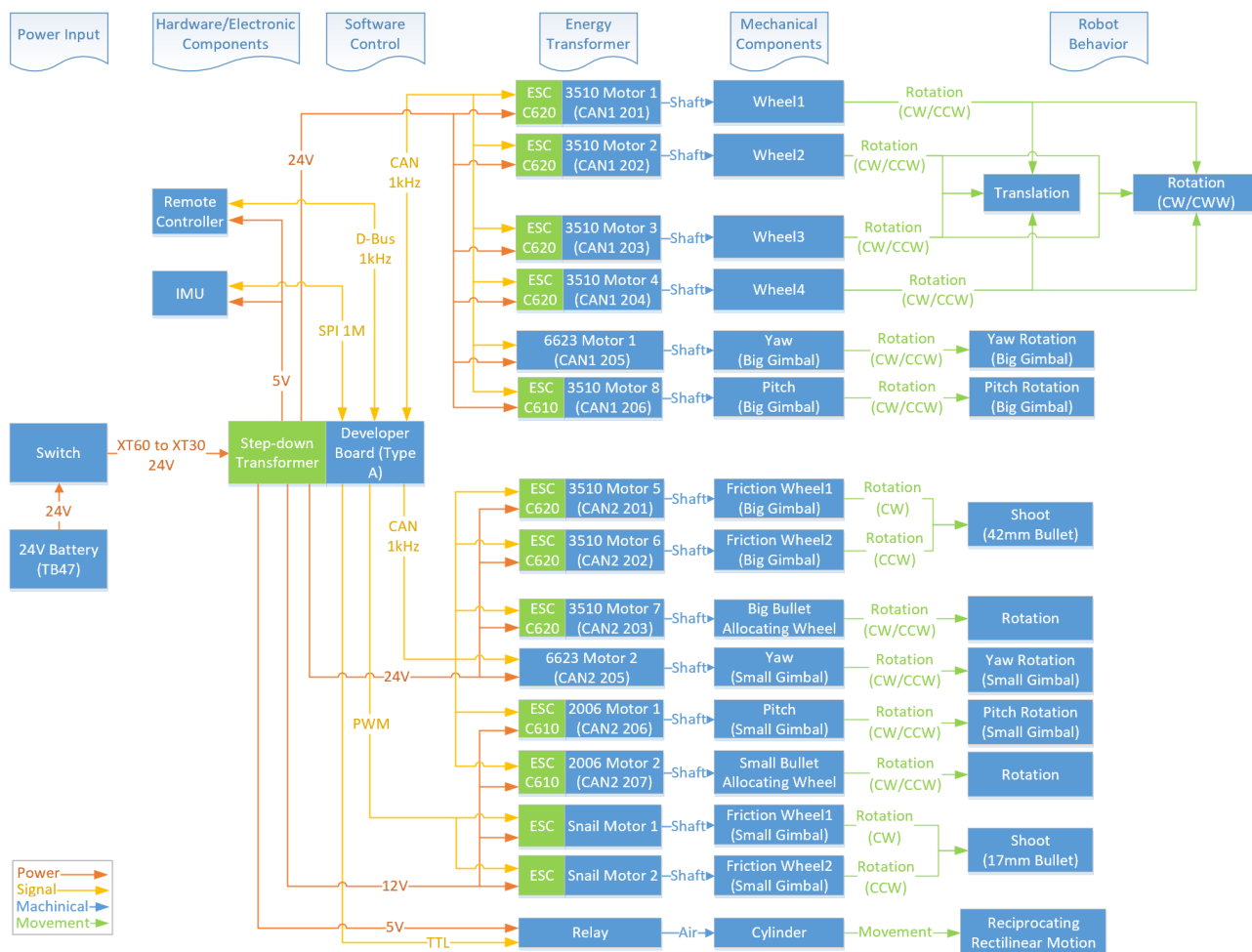
| 分类 | 描述 |
|----|-----------------------|
| 运动 | 具有灵活运动能力，可流畅过弯 |
| | 具有自主躲避与接近敌方机器人能力 |
| 射击 | 具有流畅点射、连射能力，同时不超射速和热量 |
| | 具有自动瞄准与射击能力 |

1.2.5 空中机器人

| 分类 | 描述 |
|----|----------|
| 运动 | 稳定飞行与降落 |
| | 可以定点悬浮 |
| | 可以平稳直线运动 |
| 射击 | 同哨兵机器人 |

第2章 系统框图

以英雄机器人为例，系统框图如下图所示。



2.1 硬件资源

2.1.1 硬件设备:

(1) 电机电调模块

我队主要使用官方提供的各类无刷直流（减速）电机电调组合，包括M3510、M3508、RM2006、M2006 P36、GM6020、6623、Snail2305电机等。

- M3508、M3510电机可提供 $3\text{ N}\cdot\text{m}$ 的额定扭矩，内置传感器能反馈电机的转矩电流、速度、码盘值和温度等数据，主要用于底盘驱动、工程机器人升降机构的驱动、42mm弹丸拨弹机构等场合。
- RM2006和M2006 P36小巧轻便，具有和M3510、M3508一样的反馈信息，多用于需一定位置精度但小扭矩的场合，如机械抓的开合运动。
- GM6020和6623为绝对码盘电机，主要驱动炮管、弹仓、发射机构三者一体化的云台。

- Snail 2305电机为今年新采购使用，具有高稳定转速特性，因此作为射击机构的摩擦轮驱动电机。

(2) 遥控器组件

我队使用DJI官方提供的DT7&DR16遥控接收系统。该遥控接收系统具有远距离遥控能力，适用室内比赛环境。遥控器采用DBus通信协议，协议与串口兼容便于解析。我们一般为每一机器人配备专门遥控器，同时留有备份遥控器。

(3) 工业主板

我队采用图像处理设备所用主板为HM87-3工业主板（工控机），搭载Intel i5-4200U。该设备具有适合视觉图像处理的性能和足够的外设接口，通过与单片机的双向串口通信，共同实现机器人自动化、智能化运作。

(4) 主控板

我队机器人所用主控板主要是DJI提供的A型开发板（A板）。A板使用STM32F427IIH6芯片，拥有丰富的扩展口和通信接口，板载IMU，可配合RoboMaster出品的M3508直流无刷减速电机、UWB模块以及妙算等产品使用，亦可配合DJI飞控SDK使用，配件丰富。（来自 *RoboMaster开发版用户手册.pdf*）

(5) 继电器

继电器是机电系统常用的电控制器件，主要特点是使用低电压的控制电路实现对高电压的电力驱动电路的控制。实际比赛中常用于气缸电磁阀的驱动。

(6) 传感器

见《第8章 传感器选型》。

2.1.2 软件外设

(1) 中断与NVIC

在处理器中，中断是一个过程，即CPU在正在执行程序过程中，遇到外部/内部紧急事件需要处理，暂时中止当前程序执行转而去为事件服务，待服务完毕，再返回到暂停处（断点）继续执行原来的程序。在ARM芯片中，中断由内核程序实现，并受到嵌套向量中断控制器（NVIC）的管理。中断机制是嵌入式控制中最为重要的机制之一，它为实时系统应对突发信号提供了可能。

(2) 定时器与TIM

定时器是单片机最为重要的另一个机制。定时器依赖于内核时钟进行计数，根据用户配置在一定时间产生溢出信号，从而实现特定时间的控制。定时器为单片机程序提供了可编程的、稳定的时钟信号，是实现实时系统的重要途径。STM32F4系列芯片具有丰富的定时器(TIM)，通常被用于程序定时周期执行、产生PWM信号、脉冲捕获等功能。

(3) DMA

直接存储器访问（DMA）用于在外设与存储器之间以及存储器与存储器之间提供高速数据传输，无需任何CPU操作，节省了CPU资源供其它操作使用，常用于串口通信、CAN通信、SPI通信等大量信息传输的场合。

(4) FPU

浮点运算单元（FPU）是专用于浮点运算的处理单元，它已经被ARM Cortex-M4处理器集成。FPU能够高效率处理较为复杂的浮点运算，如电机闭环控制、PID算法、IMU数据融合、快速傅里叶变换等。

(5) USART

全双工通用同步/异步串行收发模块（USART），具有全双工操作、高精度波特率发生器、操作简便、使用简单等特性，而且具有方便的计算机交互性，是常用的通信方式和调试工具。主要用于MiniPC和单片机的通信、调试、测试等。

(6) SPI

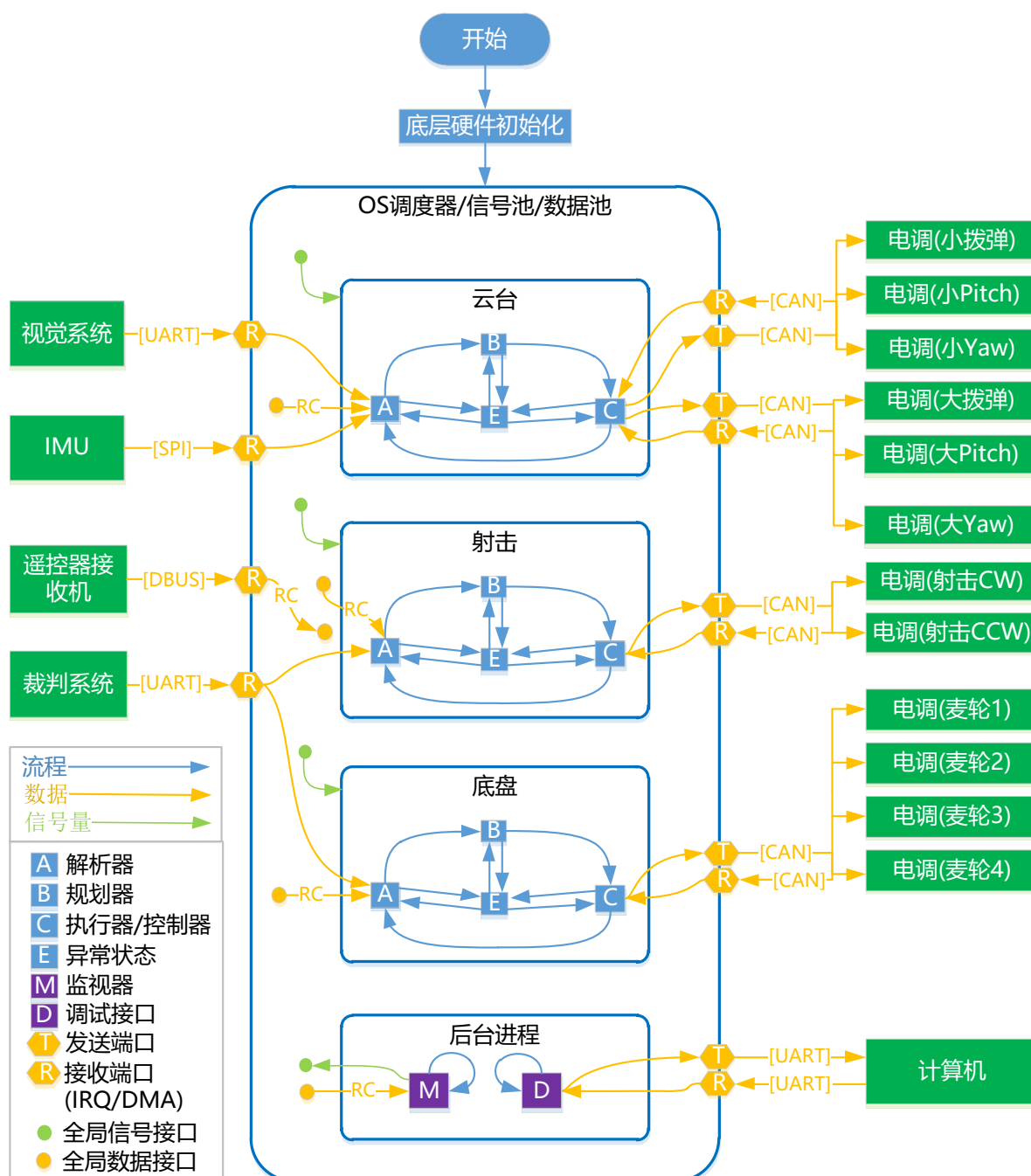
串行外设接口 (SPI) 是高速的, 全双工, 同步的通信总线, 在芯片的管脚上只占用四根线, 节约管脚, 节省PCB空间, 简单易用, 是许多传感器集成的通信协议。主要用在IMU通信、红外传感器通信等。

(7) CAN

控制器局域网(CAN), 是国际上应用最广泛的现场总线之一, 是目前车载电子器件的主要通信方式。官方提供的无刷直流电机主要使用CAN作为控制手段, 因此是我们最广泛使用的通信方式。

2.2 程序逻辑

英雄机器人逻辑流程图如下。



程序架构基于FreeRTOS设计，分为云台、射击、底盘、后台四个主要任务。云台、射击、底盘任务分别为一状态机，接收后台监视器的信号，在错误状态和正常流程间切换。正常执行流程分为解析器、规划器和执行器三部分：解析器负责对输入数据进行分析处理（如进行滤波、解包等）；规划器依据解析所得数据进行运动规划；执行器负责运动控制。

第3章 结构设计

本章节以英雄底盘轮组设计为例。

3.1 需求分析

考虑到在运动过程中，若因地面起伏而无法保证四轮与地面的良好接触，则底盘轮组受到的振动冲击会直接传递到整车，对机械寿命以及操作体验都有较大影响。

因此英雄底盘轮组设计应达到的功能有：

- (1) 保证四轮与地面的良好接触，驱动力的稳定有效输出；
- (2) 缓和地面对车轮的冲击载荷，有缓冲减振功能；
- (3) 有足够的强度以抵抗冲撞时的冲击。

英雄底盘的性能指标主要关注**加减速性能与最高速度**。

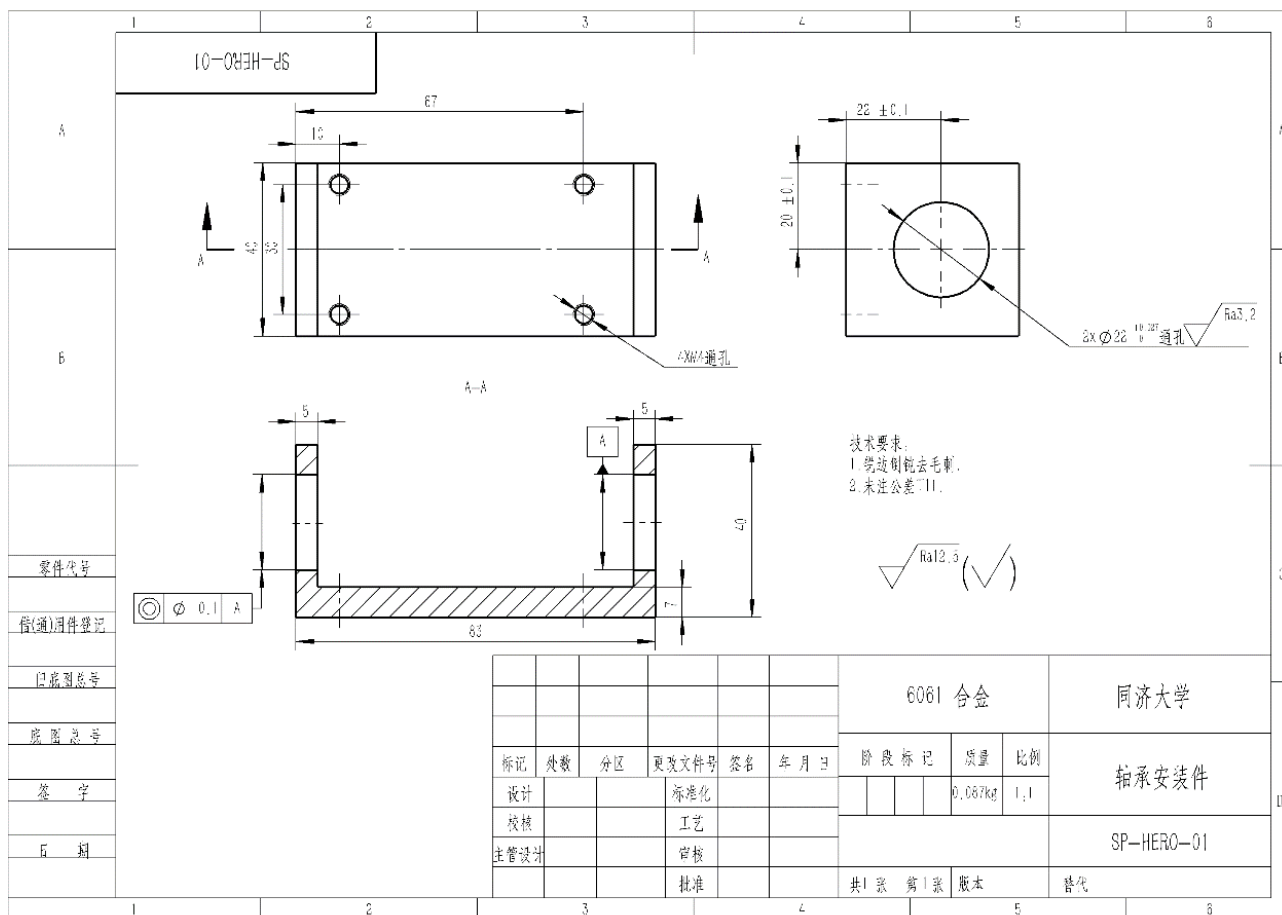
目前适用于麦克纳姆轮独立驱动的轮组设计机构主要有横臂悬挂机构、纵臂悬挂机构、斜臂悬挂机构以及柔性连接机构。下表定性列举了它们的特点，重要性从大到小排序。

| | 接触稳定性 | 加速性能 | 侧倾稳定性 | 占用空间 | 成本 |
|------|-------|------|-------|------|----|
| 横臂悬挂 | 好 | 差 | 好 | 中 | 中 |
| 纵臂悬挂 | 好 | 好 | 差 | 中 | 中 |
| 斜臂悬挂 | 好 | 好 | 好 | 大 | 大 |
| 柔性连接 | 差 | 好 | 好 | 小 | 小 |

其中，柔性连接机构主要使用柔性材料（如橡胶）直接或间接通过连杆机构使轮组与车架装配。由于柔性元件减震效果很有限，难以满足所有的需求。其他半独立悬挂机构的接触稳定性普遍不如独立悬挂机构好。综合考虑以牺牲部分侧倾稳定性，选择纵臂悬挂为宜。

3.2 设计图纸

下图为英雄机器人底盘轮组的某铝件加工件图纸。STEP文件及图纸高清图见附件。



3.3 材料和工艺

材料采用轻量化高强度的6061铝合金材料。该加工件主要用于轴承安装，故对其配合孔有公差要求，需在钻孔后进行扩孔与铰孔。其余表面则只需粗铣即可达到使用精度。

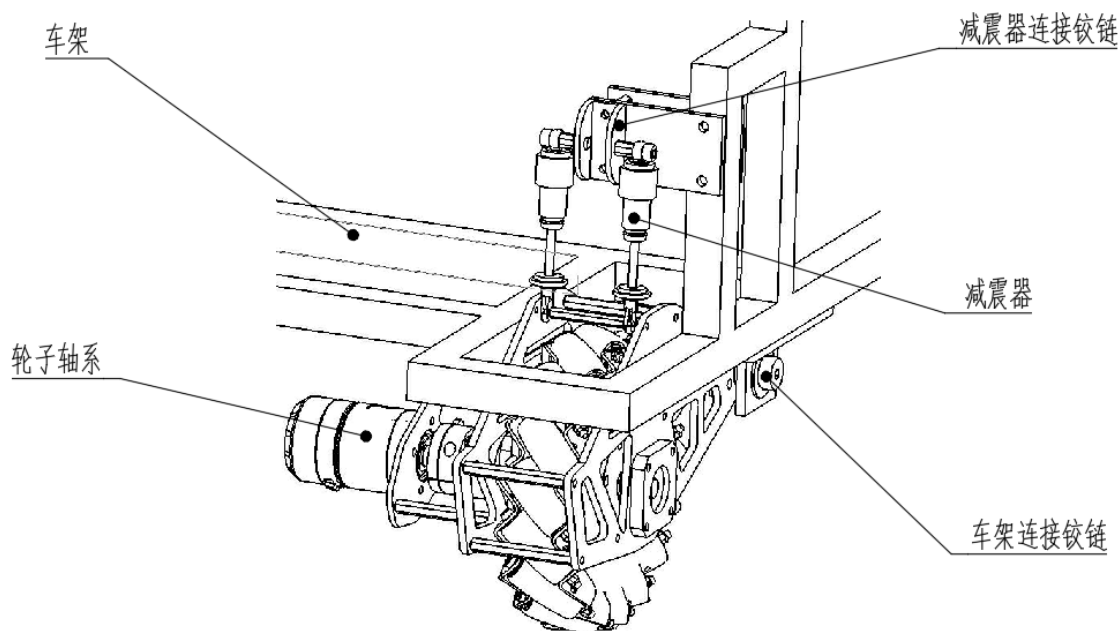
| 步骤 | 特征 | 公差等级 | 要求 | 说明 | 成本(元) |
|------|--|------|----------|---------|-------|
| 毛坯 | 铝合金6061铝块45mm×45mm×90mm | IT13 | 外观良好 | 长度可以有裕量 | 15 |
| 粗铣 | 粗铣各外表面至40mm×40mm×83mm。再粗铣A面，保证所示工程图主视图中两个5mm和7mm的尺寸。 | IT11 | 在尺寸要求范围内 | / | 30 |
| 钻扩铰孔 | $\phi 22^{+0.027}_0$ mm:先钻孔至 $\phi 20$ mm,再扩孔至 $\phi 21.8$ mm,再铰孔至 $\phi 22$ mm。 | IT8 | 在尺寸要求范围内 | 角铁找正 | 10 |
| 钻孔攻丝 | 4×M4加工:先钻孔至 $\phi 3.3$ mm,再进行手动攻丝。 | IT7 | 在尺寸要求范围内 | 角铁找正 | 8 |

3.4 有限元分析

以英雄机器人的轮组结构为例，轮系整体结构如图所示。轮组部分脆弱点在两侧向树脂板处，故针对赛场状态对其进行分析。

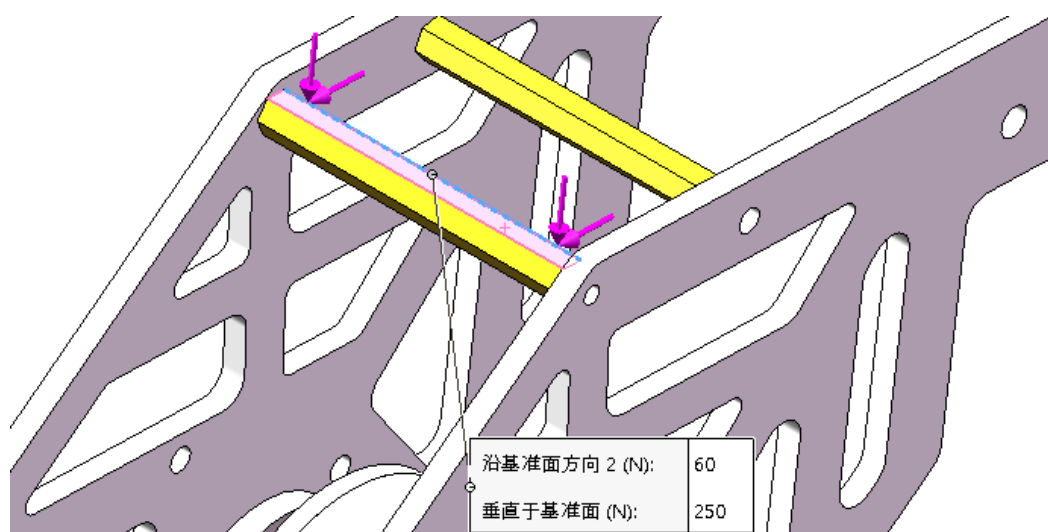
参考GB/T 1303-2009，树脂板材料相关参数如下所示。

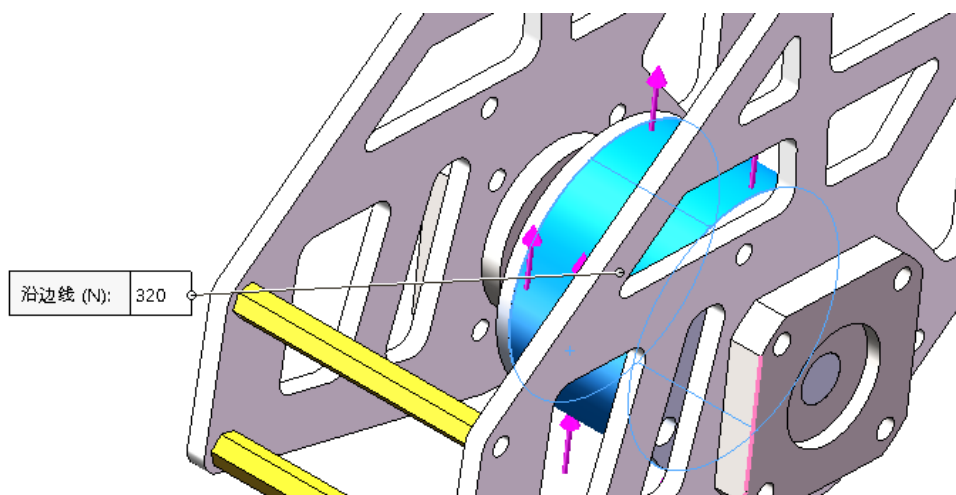
| 密度/(Kg/m ³) | 弹性模量/MPa | 泊松比 | 剪切强度/MPa | 拉伸强度/MPa |
|-------------------------|----------|------|----------|----------|
| 1900 | 24000 | 0.35 | 30 | 300 |



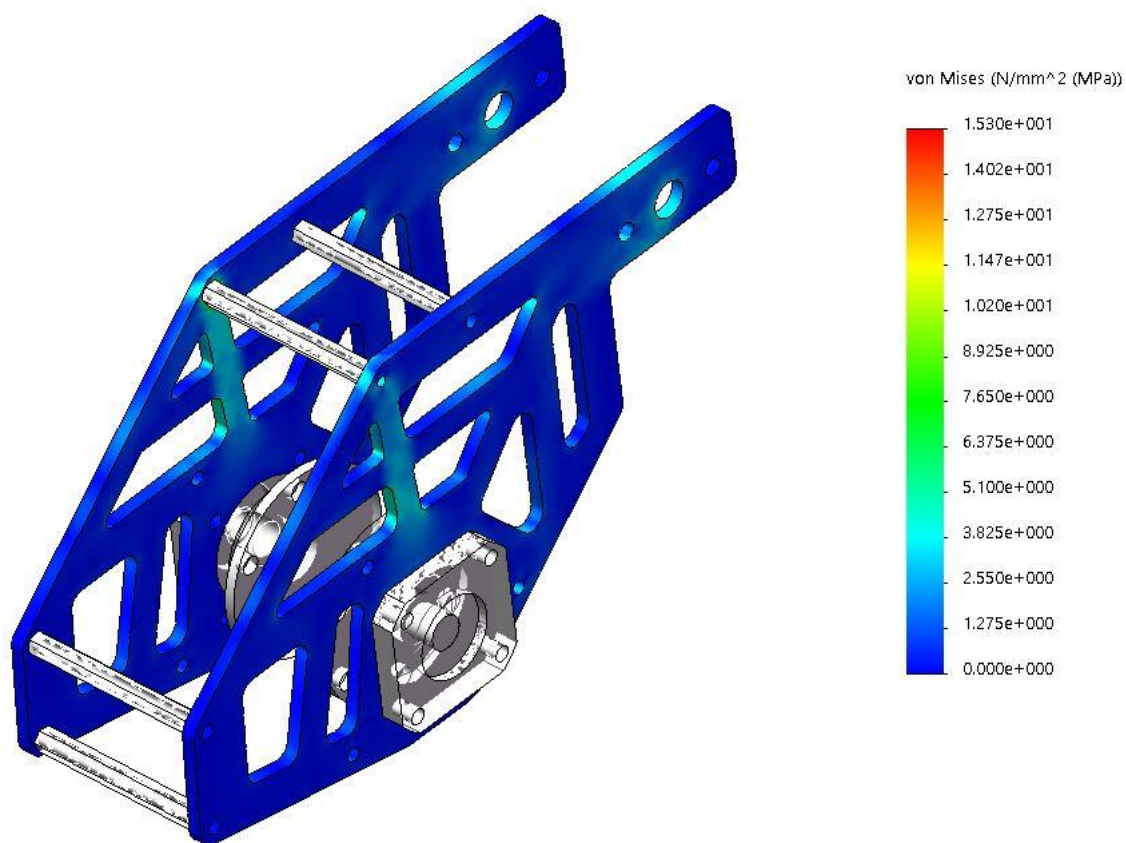
3.4.1 避震载荷分析

下台阶时取减震器达到最小行程时进行分析，将树脂板以外的物体看作刚体。其外部载荷（避震与地面两处受力）如下图所示。



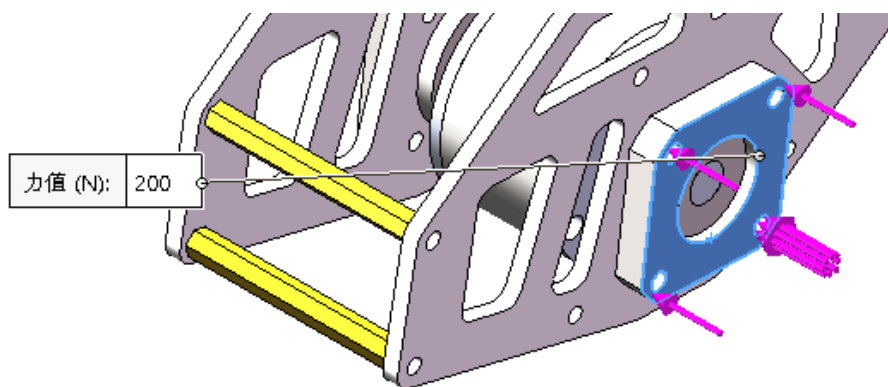


将树脂板以外的物体看作刚体，对转轴约束后，最终得到应力分布结构如下图所示。

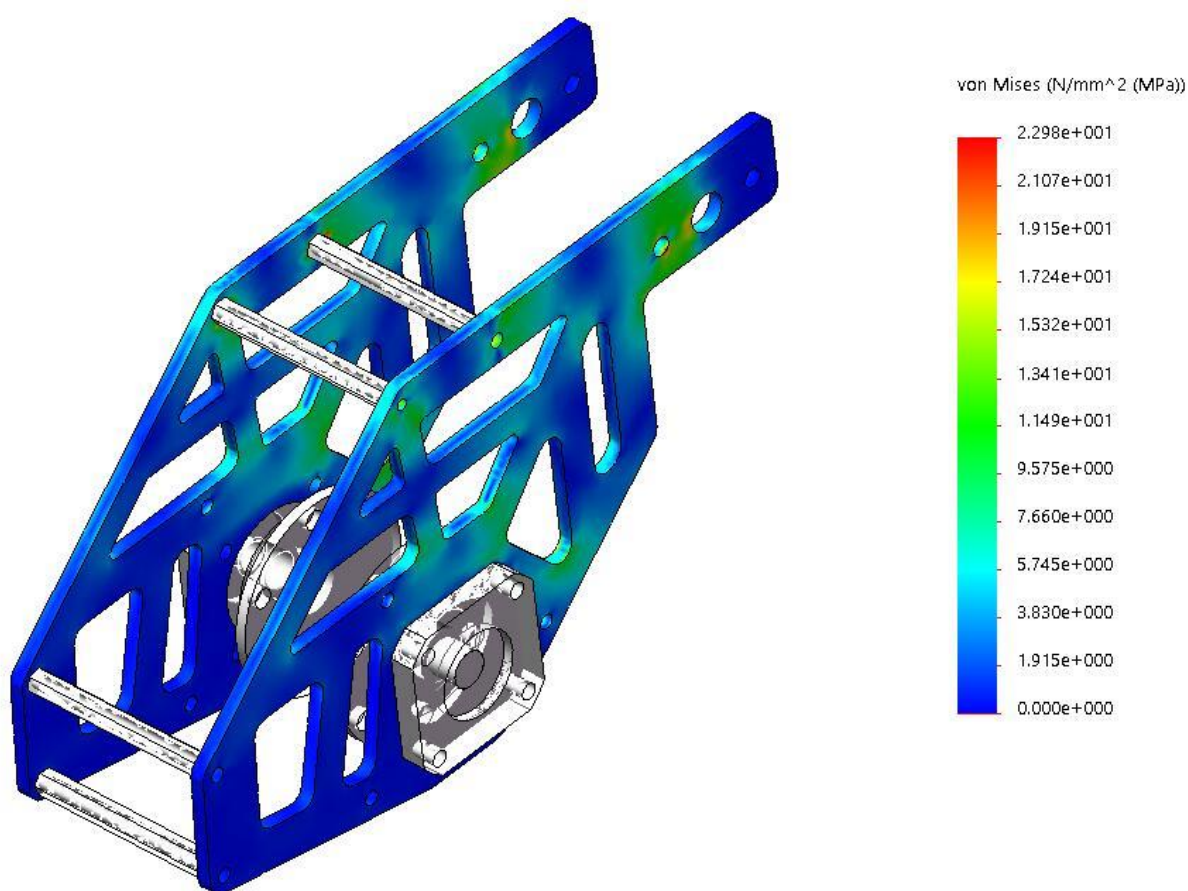


3.4.2 撞击载荷分析

将树脂板以外的物体看作刚体，侧面撞击的情形则模拟其横向受力200N。其外部载荷如下图所示。



对转轴孔约束后，最终得到的应力分布结构如下图所示。



可知，结果满足强度条件，结构合理。

第4章 算法设计

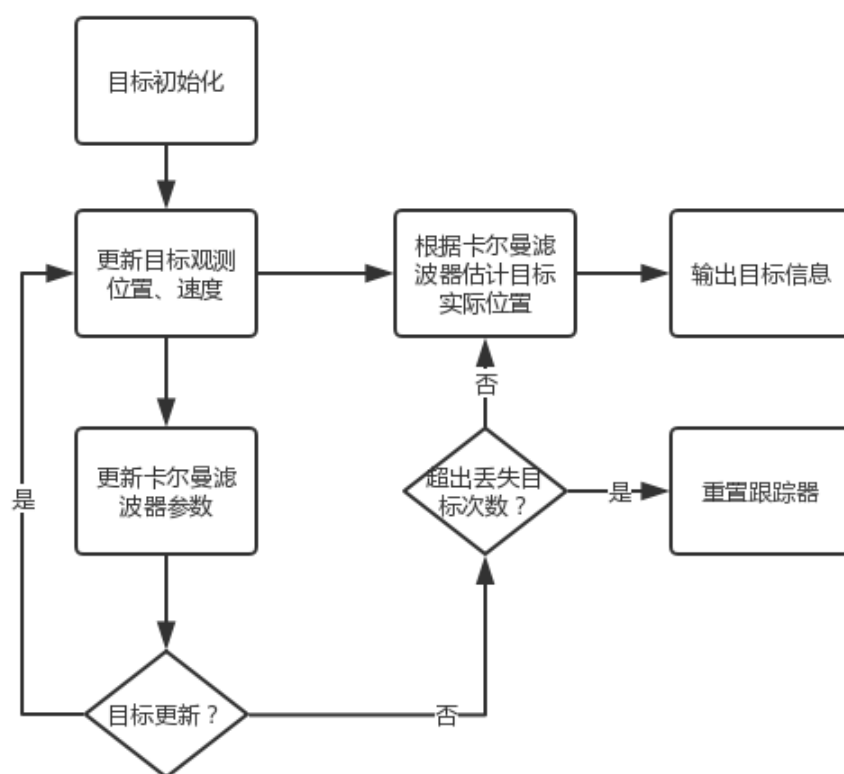
本章节以设计运动预测算法为例分析。

4.1 需求分析

赛中双方车辆都处于不断运动中，在通过处理摄像头拍摄图片实时估计敌方机器人装甲片位置，控制电机瞄准这样一套自动瞄准体系中，图像获取、图像处理、通信、电机控制等环节都存在相当的延迟，导致无法锁定移动目标。因此我们需对目标进行运动预测，使得弹丸能以更大概率命中敌方装甲板。

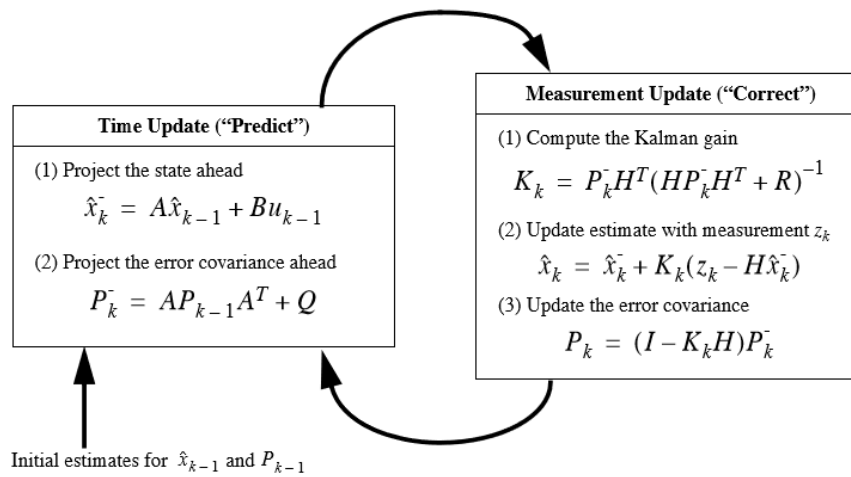
初步地，使得预测算法能预测某一往返运动步兵的装甲板位置。

4.2 方案设计



运动预测主要采用卡尔曼滤波器。为简化预测模型，我们仅考虑单目标的情况，并将目标运动简化为匀速直线运动。由SolvePnP算法解算目标空间位置，通过两帧之间的时间差可计算出目标运动的速度。我们以目标的位置和速度作为状态，估计其真实的速度和位置，并用估计的延迟来计算云台所需转动的Pitch角和Yaw角。

下图说明了卡尔曼滤波器的过程。其中 x 为状态，这里为六维向量，代表目标的三维位置和速度。 A 为状态转移方程，这里用恒定速度模型。 u 为输入量，这里为0。 R 、 Q 为测量和模型方差，通过调节 R 和 Q 可改变其频率效应。



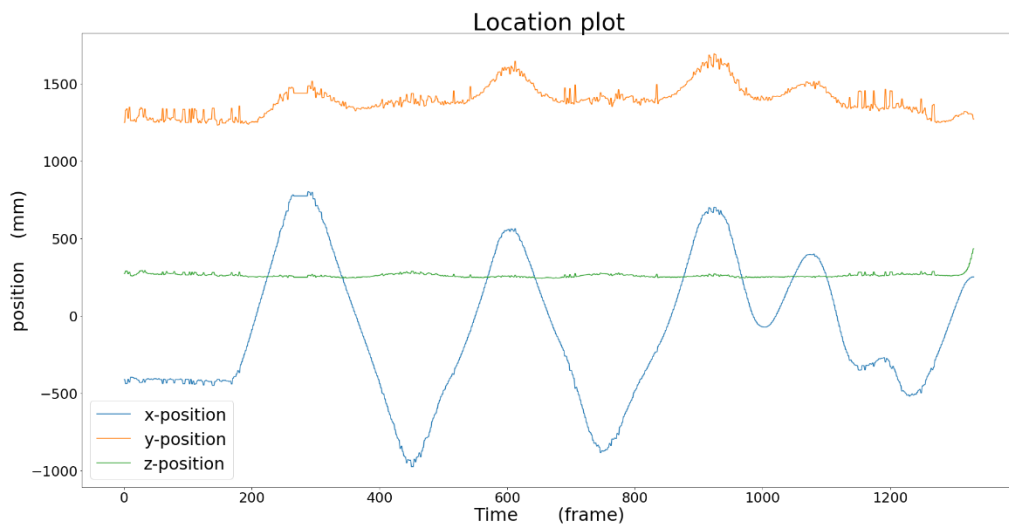
(引自An Introduction to the Kalman Filter, Greg Welch and Gary Bishop, NC 27599-3175)

4.3 算法对比与性能分析

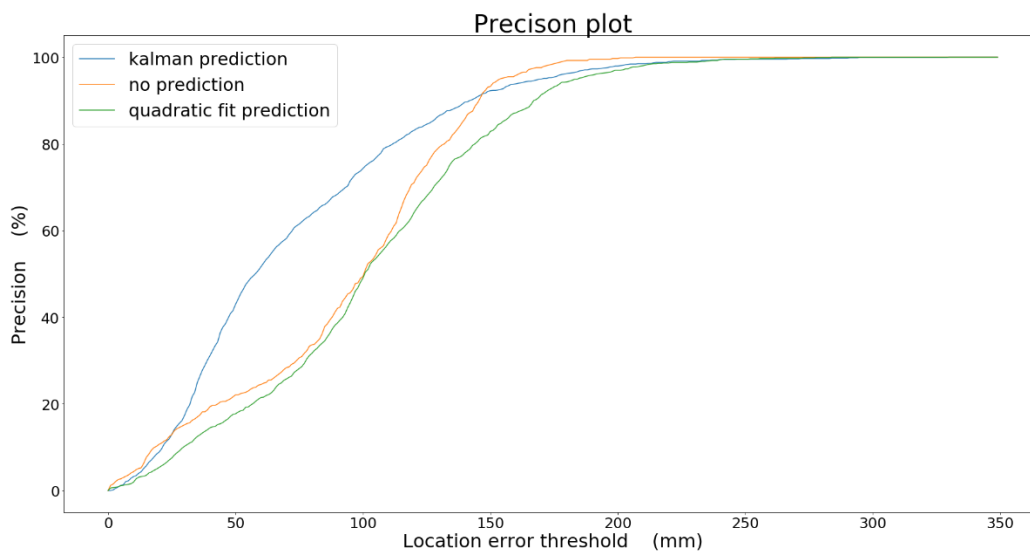
在实际比赛中，战车的运动较为复杂，不仅包括xy两方向的平移运动，还包括自身的旋转。但模型的复杂程度并不与预测结果的好坏直接相关，同时对其他目标进行运动预测还需以高效准确的自身状态估计为基础，仍需大量实验测试。

我们录制了一段战车运动的视频以评估预测效果。我们将视频进行适当的延迟用于检测，通过重投影方法可视化来比较效果差异。

下图为视频内目标在X、Y、Z方向上的速度曲线。



将不做预测、二次拟合前5帧预测、卡尔曼滤波器预测等三种处理进行比较。结果见下图。



相较于二次拟合预测，卡尔曼滤波器预测结果中有接近80%与实际值偏差在100mm以内，有明显优势。预测结果可视化效果见下图。（粉色为预测后的结果，蓝色为不预测的结果）



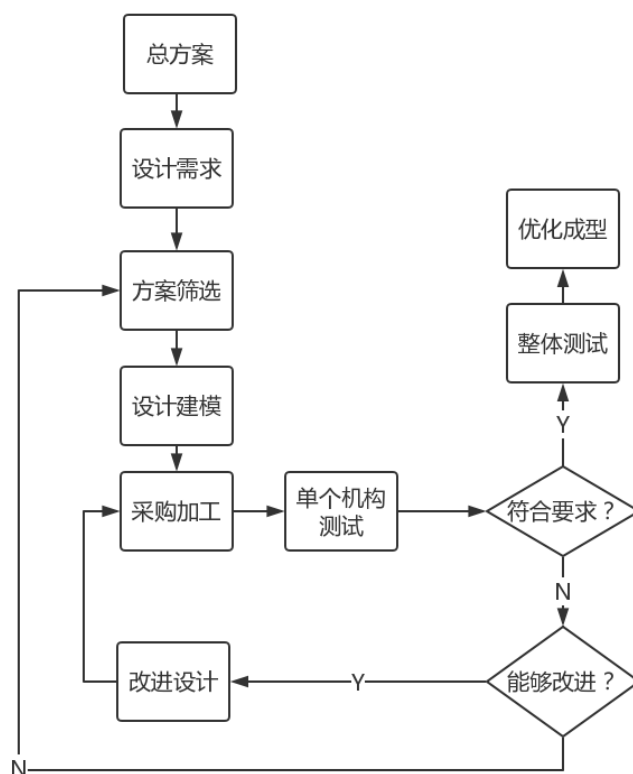
第5章 人机工程分析

在2018赛季后，操作手发现按键位置和操作方式没有针对用户优化，易贻误战机，因此从人因学的角度来调整操作方式十分重要。此次根据队伍实际情况，参考FPS游戏习惯，对步兵机器人的操作按键做了以下设计。

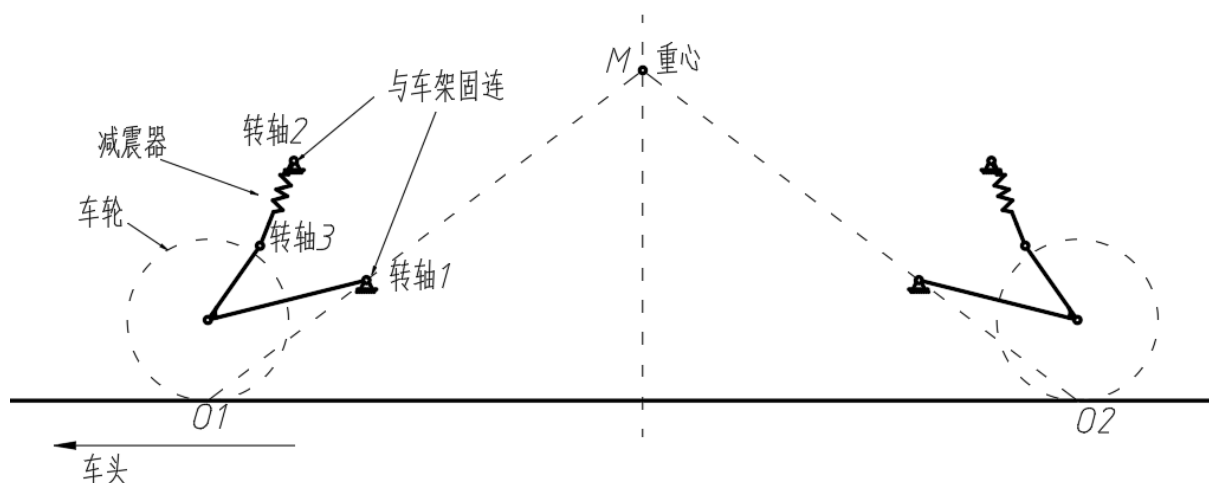
| 按键 | 功能 | 说明 |
|--------|------------------------|---|
| 鼠标移动 | 控制云台视角 自瞄开启时，鼠标微调准心 | 符合FPS游戏习惯；同时使用移动速度微调准心，操作方便，弥补自瞄弹道补偿的不足 |
| WASD | 方向键 | 符合FPS游戏习惯 |
| 左键 | 单击点射、长按连射 | 符合FPS游戏习惯 |
| 右键 | 按住开启自瞄 | 考虑到使用自瞄功能的实际情况大致为：运动中与敌方相遇，需要在短时间内对敌方机器人造成伤害。故需保证自瞄功能开启的效率和成功率，作为辅助射击的功能，设置在鼠标右键可以很好的满足条件。由于自瞄功能在设计中将云台锁住，不利于机器人的转向，而在某些紧急时刻（譬如逃离包围等）需要迅速关闭自瞄功能 |
| Q、E | 快速转向 | 弥补鼠标移动转向对90度以上旋转情况过慢的不足，同时靠近WASD按键，操作方便 |
| 左Shift | 按住超级电容加速 | 供特殊场合操作手强制开启超级电容辅助；一般情况由程序自动判断开启。符合FPS游戏习惯 |
| F | 按住扭腰 | 使用扭腰的实际情况一般为，两机器人近距离对射，左手会放置在方向键上准备随时操纵机器人移动，考虑到手指长度与按键位置，设置为接近方向键的F按键 |

第6章 科学设计方法

队内机械机构的设计一般经历以下过程。

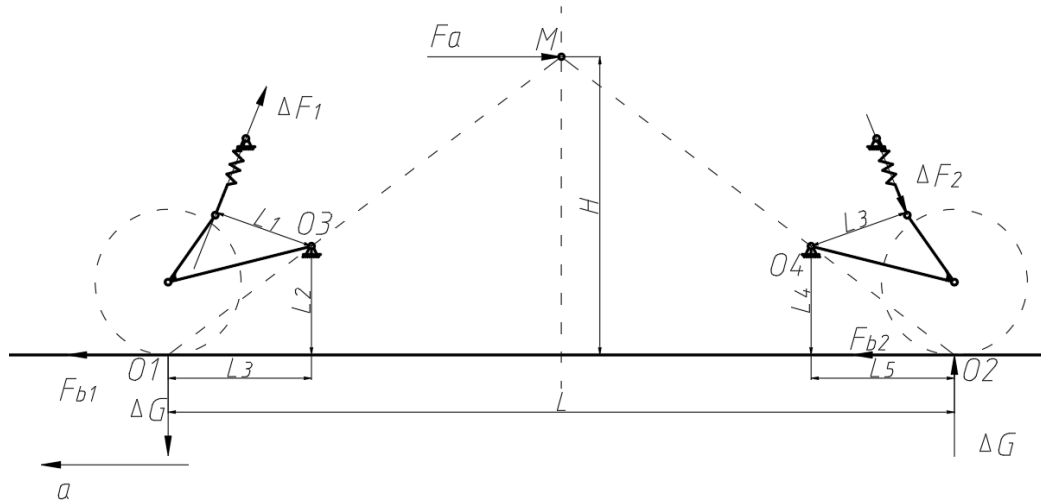


以英雄底盘纵臂悬挂机构的机械设计为例进行介绍，其机构简图如下图所示。



首先进行悬挂的连杆机构设计，其设计的主要目标为加减速时的车身稳定。

以加速状态为例，作用于重心惯性力 $F_a = ma$ 。前后轮载荷发生变化， $\Delta G = F \frac{H}{L}$ 。产生附加力分别为 $\Delta F_1 = k \cdot \Delta x_1$ ， $\Delta F_2 = k \cdot \Delta x_2$ 。



分别对 O_3 、 O_4 点列力矩平衡方程，则

$$\begin{cases} \Delta F_1 L_1 + F_{b1} L_2 = \Delta G L_3 \\ \Delta F_2 L_3 + F_{b2} L_4 = \Delta G L_5 \end{cases}$$

考虑到设计与装配，结合往届英雄重心的位置，将重心暂定如图所示，前后的制动力 F_{B1} 、 F_{B2} 近似相同。为使减震器变形量 Δx_1 、 Δx_2 为零，最终解得

$$\frac{L_2}{L_3} = \frac{L_4}{L_5} = \frac{2H}{L}$$

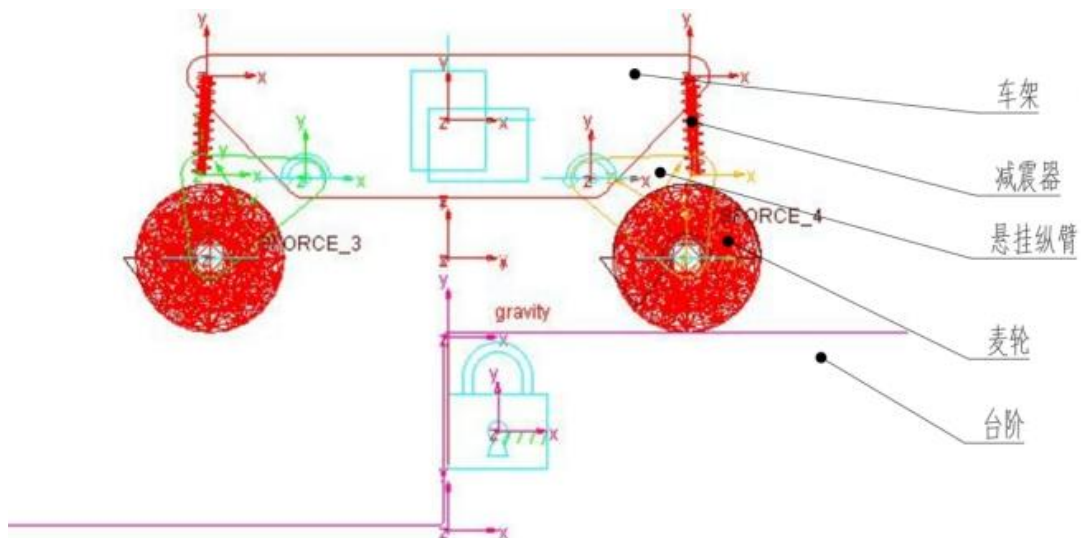
为便于维护，前后轮组采用同一套设计，即 $L_2 = L_4$ 、 $L_3 = L_5$ 。其中 L_3 、 L_5 尽量取小以减小轮组尺寸。在英雄总装设计中根据重心的位置，便可调整 L_2 、 L_4 。

减震器安装位置则相对比较自由，主要需根据下述的运动仿真与有限元分析来判断位置是否合适。暂取减震器力臂：支持力臂 = 1.5。减震器行程初选30mm，弹簧初选304钢线径1.8mm × 中径18mm × 长度50mm，阻尼油初选粘度700cst。

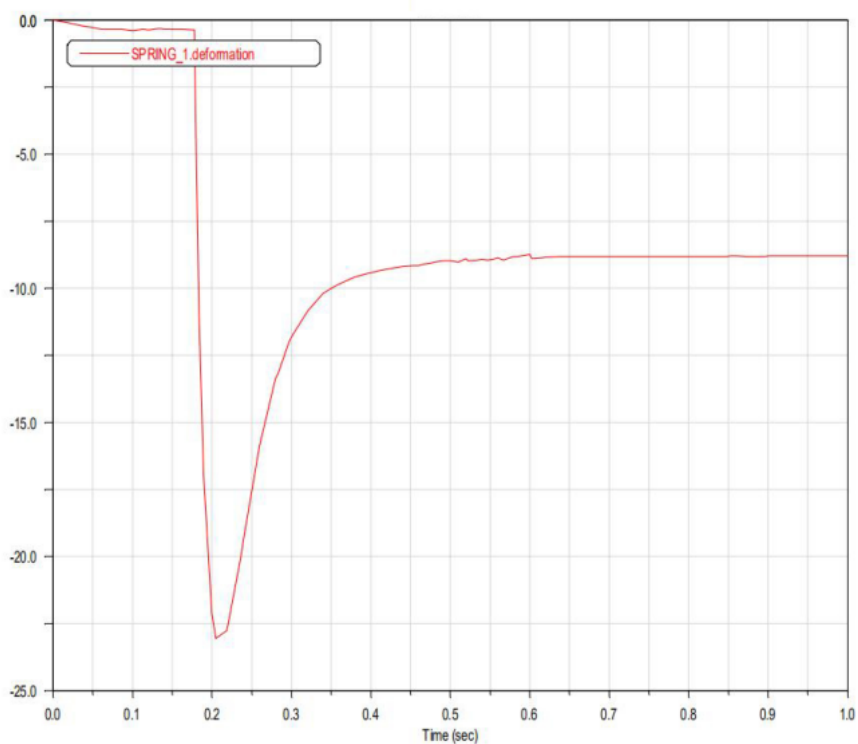
接下来基于此进行实物建模，主要考虑装配难度、成本及结构强度。

然后针对下台阶和侧面受撞击两危险环境进行运动仿真或有限元分析。其中运动仿真的目的主要是验证减震器行程是否足够。

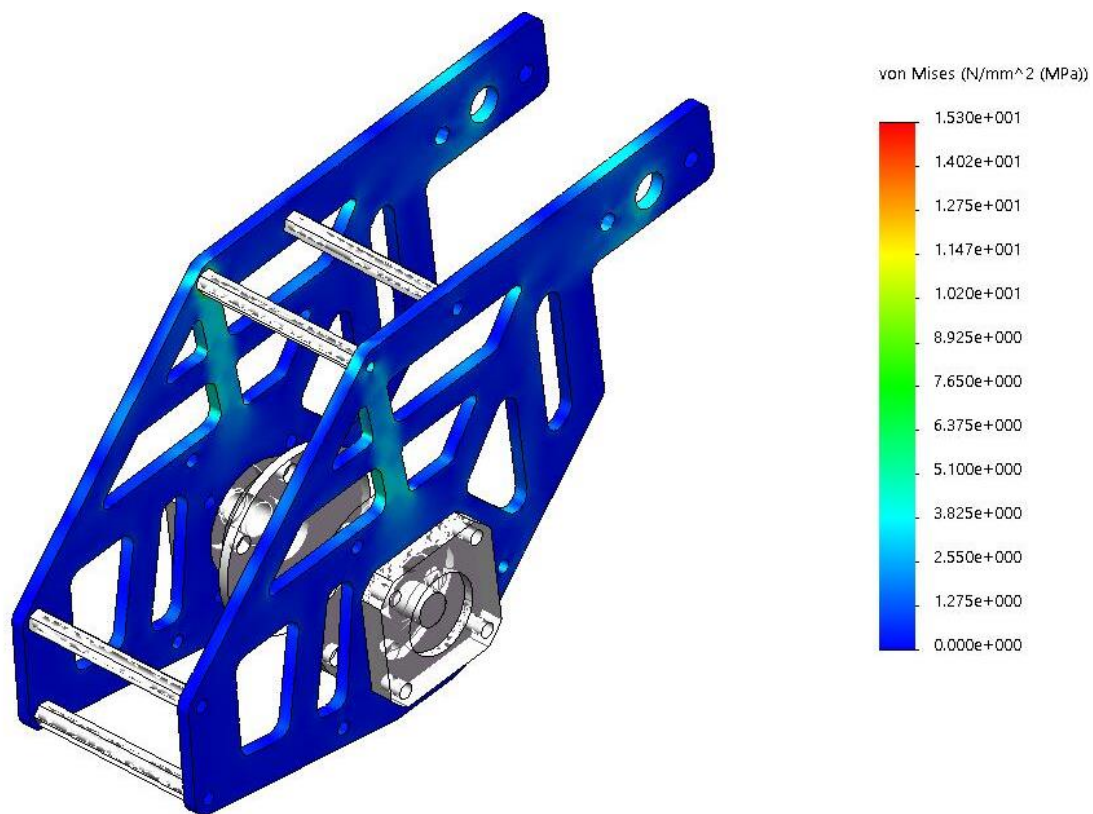
使用Adams建立两轮的简化模型，得到其受力情形，再导入SolidWorks中进行有限元分析。



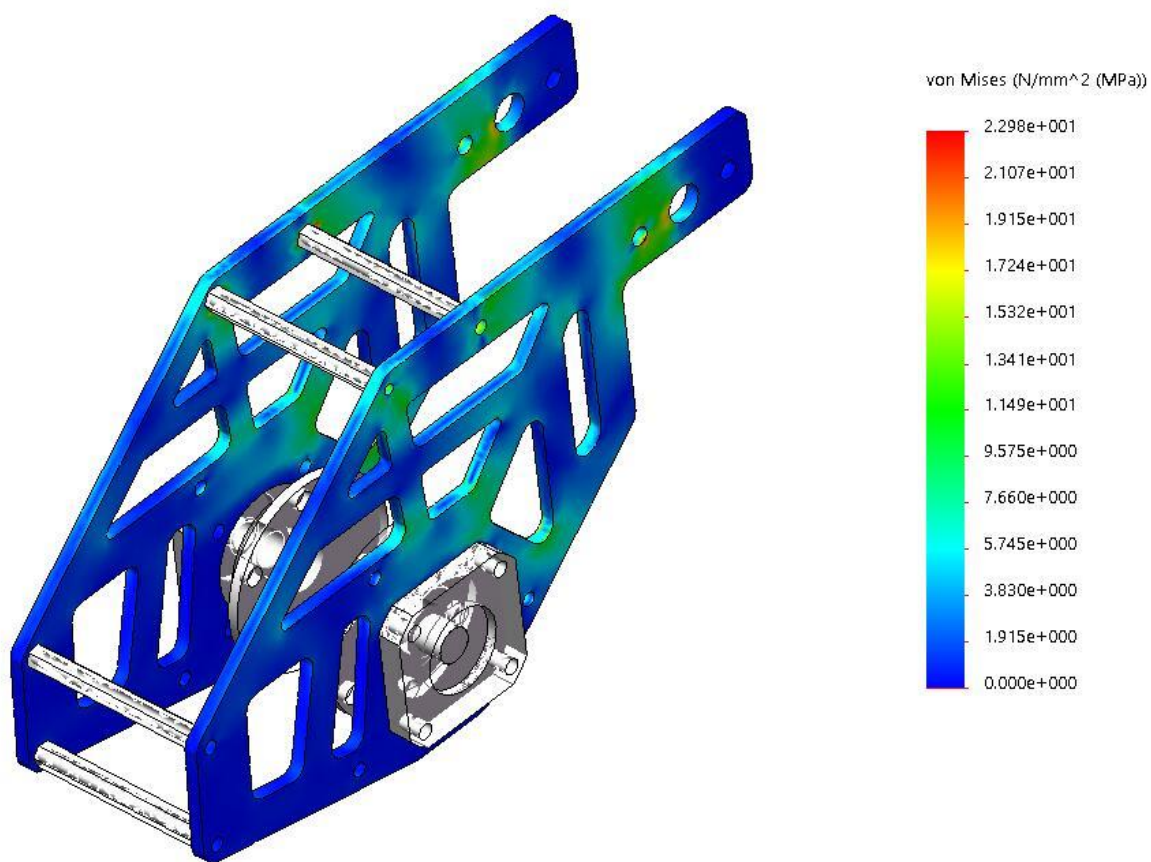
由此可得到减震器长度随时间变化的曲线，由此可见行程足够。



将树脂板以外的物体看作刚体，有限元分析得到的应力分布结构如下图所示。



侧面撞击时模拟其横向受力200N，最终得到的应力分布结构如下图所示。



结果满足强度条件。至此，纵臂悬挂的设计基本完成。减震器与阻尼油为采购件，待后续优化。

第7章 科学实践改进

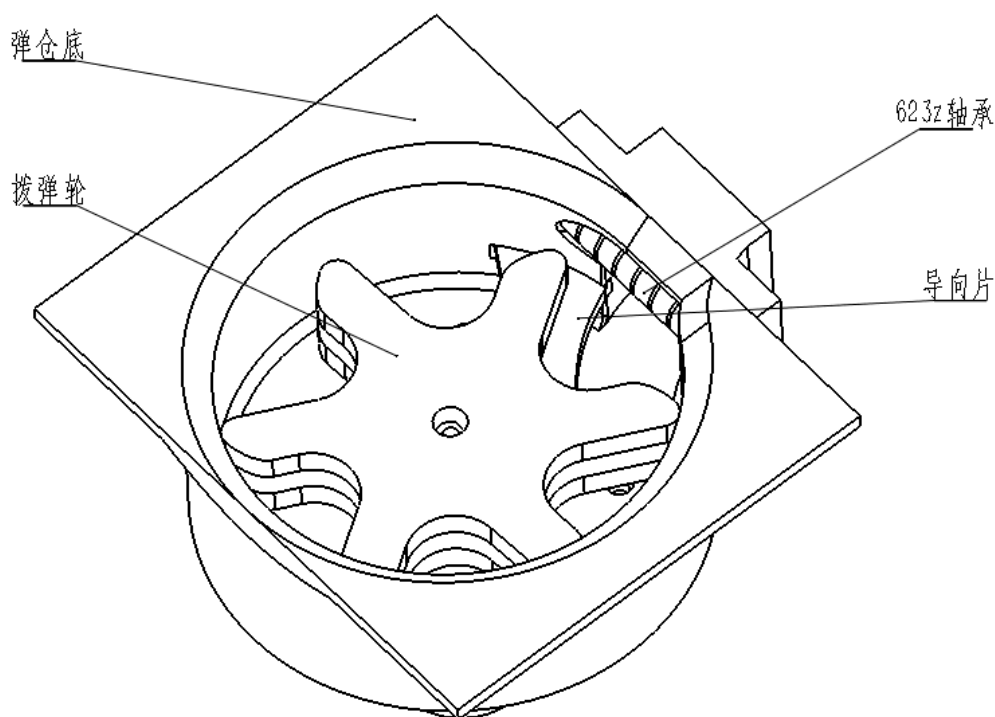
7.1 测试需求

测试拨弹器在给定电机信号的情况下的射频。

观察最高射频与最低射频是否达到预期要求（1~20），中间是否存在卡弹现象。

7.2 测试方案

测试采用现有拨弹器设计，拨弹器由拨弹仓、电机、拨弹轮、轴承及导向片组成



通过程序修改自变量（电机转速设定值），固定转动时间（3s）并记录拨出弹丸数量。

7.3 测试结果记录

以下shoot_speed_set代表拨弹轮转速，下表记录高速连射下不同转速时的射频值。

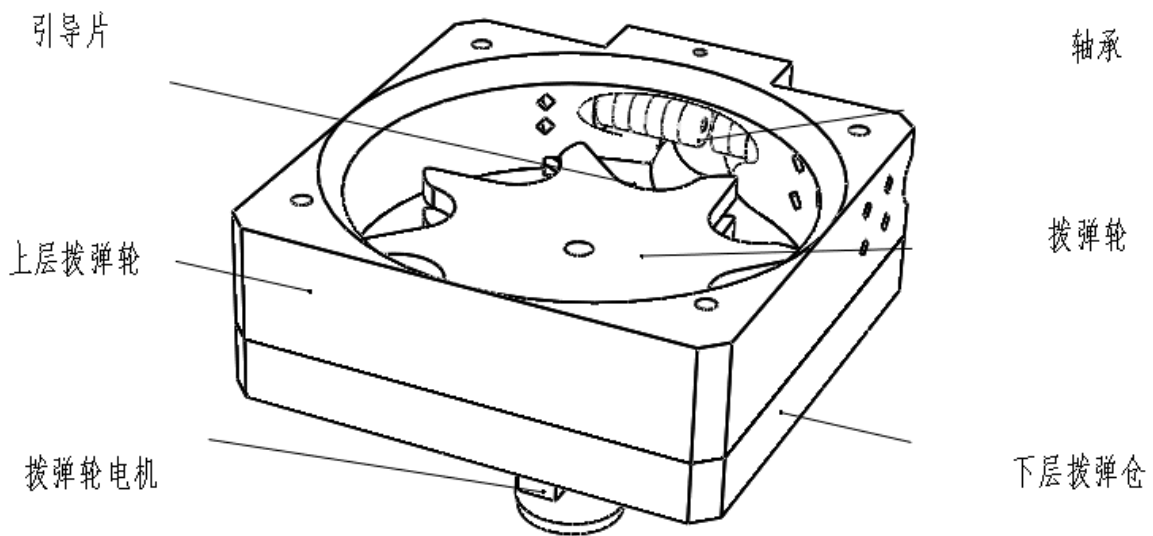
| shoot_speed_set | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 7700 | 7800 | 8000 | 8500 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 射频(个/秒) | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 17 | 16 | 15 | 15 |

7.4 结果分析

结果表明，最高射频没有达到预期要求，测试过程中未发生卡弹现象。
同时，实验过程中发现空弹现象严重，是制约最高射频的主要原因。

7.4 优化改进

从结果分析，本设计对于减少卡弹的设计思路正确，可以有效减少甚至避免卡弹现象；
对于空弹现象，参照其他队伍的开源结构，设计为8发拨弹机构以提高弹丸装填效率，结构如图：



实际测试后，极限射频达25发/s以上，如下表所示。其中，shoot_speed_set值在8000以上时，空弹率大幅增加。

| shoot_speed_set | 5000 | 5500 | 6000 | 6500 | 7000 | 7500 | 8000 | 8500 | 9000 | 10000 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 射频(个/秒) | - | - | - | - | 23 | 26 | 27 | 27 | 26 | 26 |

此时存在偶尔卡弹现象，但都可通过调整转速与反转等方式解决，可作为最终使用版本。

第8章 传感器选型

本章以工程机器人为例，分析其搭载传感器选型。

8.1 传感器分析

工程机器人需要完成登岛、救援、取弹、补给等任务。各任务的实现思路与需求如下：

| 任务 | 实现思路与需求 |
|----|---|
| 取弹 | 电机控制机械爪至合适位置抓起弹药箱；通过检测弹药箱间空隙带（岛下为50mm）定位弹药箱并自动化抓取 |
| 救援 | 使用摄像头自动识别我方机器人，控制底盘自动化对准目标机器人 |
| 登岛 | 能与台阶面保持平行并以固定距离移动；能自动识别已完全登岛上并断开涵道电源 |
| 补给 | 同救援 |

综合来说，需要以下几类传感器：

| 传感器类型 | 需求 |
|------------|---|
| 距离传感器 | 300mm范围内可检测50mm空隙带，工作量程在50mm到600mm以上，检测精度在10mm以内，测量频率在30FPS以上； 满足该条件时，该传感器可实现： (1) 弹药箱缝隙检测 (2) 反馈车身与台阶面距离以保持平行 (3) 反馈底盘与地面距离以判断当前是否完成登岛 |
| 图像传感器 | 视角 $\geq 100^\circ$ ，帧率 $\geq 30\text{Hz}$ ，分辨率 $\geq 640 \times 480$ |
| 电机位移与速度传感器 | 由于该传感器由电机配套提供，且满足控制要求，故无需选型 |

8.2 传感器选型

8.2.1 距离传感器

常见测距传感器：超声波测距、激光测距、多普勒微波测距等。

1. 考虑到是测量静态物体，多普勒微波测距传感器不适用；
2. 考虑到弹药箱间距为50mm，普通超声波测距模块如HC-SR04发射端与接收端最大间距即在45mm左右，对50mm的间隙带检测不够敏感；故考虑使用方向性更好的TOF测距传感器。

根据需求参数，选择GY-56传感器。其参数如下所示：

| 名称 | 参数 |
|-------|-------------------|
| 测量范围 | 0-2 米 (暗光, 长距离模式) |
| 响应频率 | 22ms (快速测量模式) |
| 工作电压 | 3~5 V |
| 工作电流 | 15~35mA |
| 工作温度 | -20°~ 85° |
| 尺寸 | 25mm×15.6mm |
| 传感器芯片 | VL53L0X |
| 通信协议 | 串口或I2C |
| 发射束张角 | 6° |

8.2.2 图像传感器

工程机器人摄像头主要用于识别我方机器人以便救援。需要较大视角以便近距离识别，选择如下：

1. 焦距为2.8mm的镜头。这使得摄像头视角可达到110°，同时相较于鱼眼摄像头，矫正畸变后其误差较小，有利于更为精确的位姿结算。
2. 为便于底盘控制，摄像头的帧率应在50Hz以上，同时能维持640x480的分辨率便于结算距离。

考虑以上因素，我们选择型号为：RER-USBFHD06H-LS36，摄像头搭配2.8mm的镜头。其分辨率可达1980x1280，帧率可达60Hz。

第9章 创新性

9.1 创新背景

赛时，哨兵需要安装到轨道上。由于准备限时3分钟，除安装外，还需要调试与检修，故需要快速安装和拆卸哨兵。2018赛季哨兵采用皮筋拉紧方式，安装费力，本次考虑新的快拆方式。

9.2 需求分析

需求共以下三点：

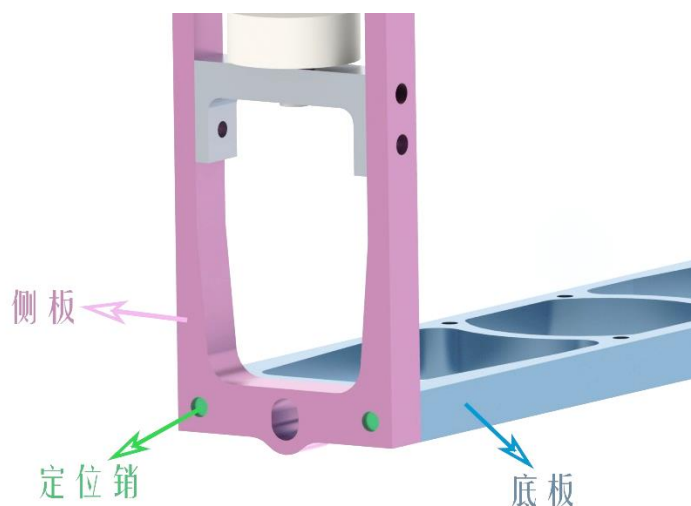
1. 安装方便快捷，即安装效率高；
2. 频繁安装拆卸后依然可靠，即重复性好；
3. 零部件尽可能少，即便携性好。

9.3 方案设计

最初，我们提出用2个快拆螺钉直接固定的方案，而后分析发现忽略了铝件螺纹孔频繁使用可能导致的滑丝、松动等情况，且易丢失配件。

经过一系列方案分析后，最终采用偏心锁紧的方案。

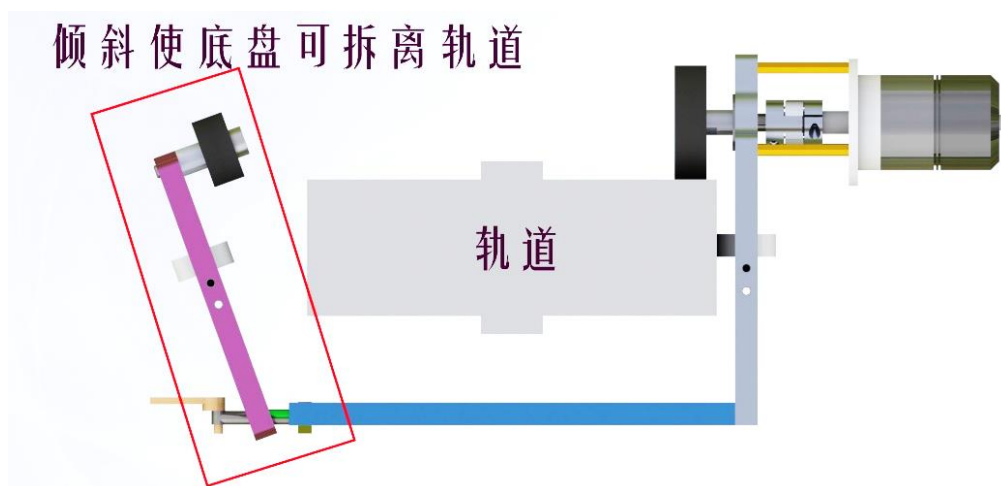
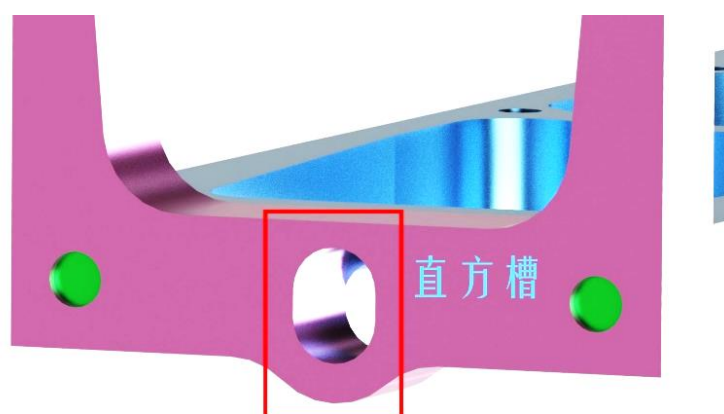
在无动力侧底盘侧板加入快拆结构，侧板通过两个销定位，定位销固定在底板侧面螺纹孔内，如下图：



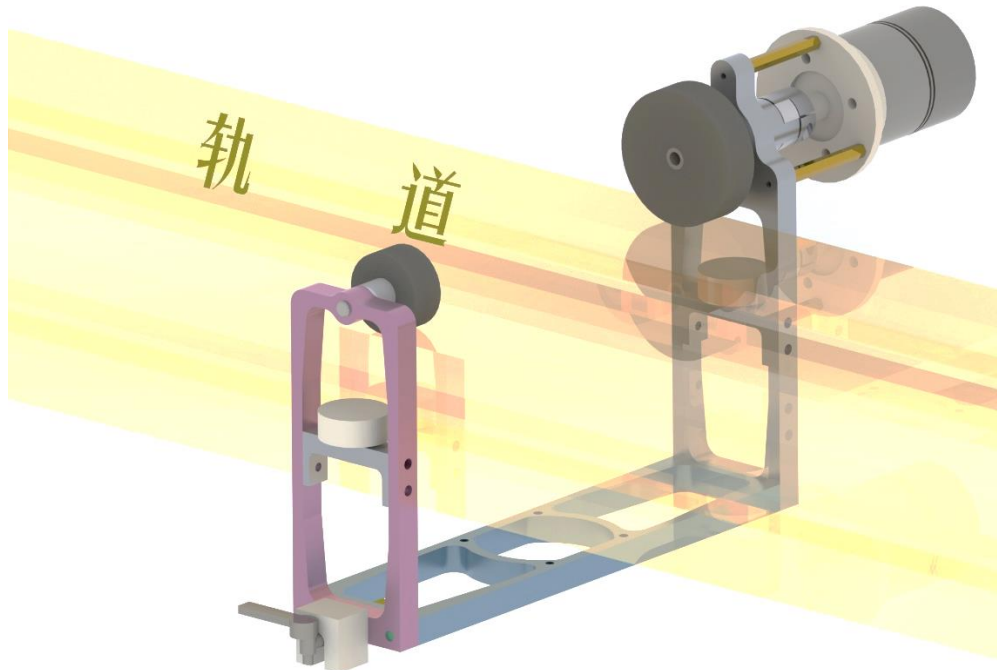
而后加入偏心固定快拆杆，利用橡胶垫做防磨损隔离，并通过插销板垫高，为拆卸留下余量。插销形状设计为不易从快拆杆上掉落。插销安装、锁紧后效果如图：



为减少携带零件数量，考虑到底盘驱动轮及从动轮包围住轨道，所以在侧板处开如图所示槽孔。侧板安装、倾斜时效果如图：



最后底盘一侧装在轨道上的效果图如下：



第10章 外观设计

外观设计以步兵机器人为例，设计考虑如下：

1. 步兵装甲正前方与装甲板平齐略有下沉，防护车身同时避免撞击破损。两侧装甲留有向内倾斜的角度，防干涉同时便于装甲板的更换。装甲后侧留出灯条位置，铺平后部，整体和谐统一。
2. 步兵装甲上侧留有云台活动圆孔、电池拆卸孔等，方便后续改装与调整。
3. 装甲材料使用牛皮纸并喷漆亚光处理，质量轻，成本低，便于制作与更换。
4. 安装方式采用机械连接，在装甲外部安装于车架的四轮护板上。
5. 步兵机器人采用典雅稳重的黑色，并在关键连接处填充泡沫以增强耐久。

外观效果图如下：

