



# 第十八届全国大学生机器人大赛

## RoboMaster 2019 机甲大师赛

### 厦门大学嘉庚学院TCR战队设计报告

2019.02

# 目录

摘要	3
第1章 需求确定	4
1.1 总体需求	4
1.2 机器人具体需求	4
1.2.1 步兵机器人	4
1.2.2 英雄机器人	4
1.2.3 工程机器人	5
1.2.4 哨兵机器人	5
1.2.5 空中机器人	6
第2章 系统框图	7
2.1 硬件资源	7
2.2 程序逻辑	9
第3章 结构设计	12
3.1 需求分析	12
3.2 设计图纸	13
3.3 材料和工艺	14
3.4 有限元分析	14
第4章 算法设计	16
4.1 需求分析	16
4.2 方案设计	16
4.3 算法对比与性能分析	17
第5章 人机工程分析	18
5.1 发现问题	18
5.2 分析原因	18
5.3 需求分析	18
5.4 解决方案	18

第6章 科学设计方法.....	20
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.....	21
7.4 优化改进.....	21
第8章 传感器选型.....	22
第9章 创新性.....	23
第10章 外观设计.....	24

## 摘要

本报告分为需求确定、结构设计、程序逻辑、人机工程、科学设计方法、科学实践改进、传感器选型、创新性、外观设计这十个部分，通过分析这些内容，为后续的比赛提供一些文档类资料。

# 第1章 需求确定

## 1.1 总体需求

优先实现各机器人的基础功能，在基础功能上完善功能，提高对应功能的效率、稳定性。步兵机器人要求灵活的机动能力，稳定的输出能力，与其他机器人能进行战术配合。英雄机器人要求能提供较强劲的输出能力，一定的灵活性。工程机器人要求能运动、上岛、补给、救援等功能。哨兵要求能全轨道运行，有一定的反击能力。空中机器人要求能提供视野，保证有一个全局视野，从而在实施一定的战术。

## 1.2 机器人具体需求

### 1.2.1 步兵机器人

步兵机器人作为前期的主要输出力量，它的主要优势在于灵活性，可通过与其他兵种件的战术配合，提供持续时间较长的火力输出。

必达需求：

- 1、运动：全地形平稳运动
- 2、射击：可发射17mm弹丸
- 3、补给：可在补给站进行补给
- 4、救援：可接收工程车救援

关键技术指标

- 1、可全地形平稳运动，运动灵活，不超功率
- 2、无卡弹问题，射击准确性高，不超热量
- 3、可实现自动辅助瞄准，准确率高

### 1.2.2 英雄机器人

英雄机器人作为唯一可发射42mm弹丸的机器人，在在比赛中有着不可或缺的作用。虽然在前期，42mm弹丸的输出能力不及17mm弹丸，但是后期依旧能够打出爆发性的伤害。前期英雄可通过获取17mm弹丸，弥补一部分的输出。

必达需求

- 1、运动：全地形平稳运动
- 2、射击：可射击17mm弹丸与42mm弹丸
- 3、补给：可接受工程车补给，可在补给站进行补给
- 4、救援：可接受工程车救援

关键技术指标

- 1、可全地形平稳运动，运动灵活，不超功率
- 2、无卡弹问题，可同时发射17mm弹丸与42mm弹丸，射击准确性高，不超热量。
- 3、云台运动灵活，响应快
- 4、可迅速接受工程车补弹，自由进出补给站

### 1.2.3 工程机器人

RM19 赛季只允许工程车进行弹药箱的抓取，在比赛场中不仅扮演“奶妈”更扮演起了“奶爸”的角色。

必达需求：

- 1、运动：全地形平稳运动
- 2、获取弹丸：可获得42mm弹丸
- 3、补给：可补给给英雄机器人42mm弹丸
- 4、救援：可救援英雄机器人、步兵机器人
- 5、上岛：可攀登资源岛

关键技术指标：

- 1、可全地形平稳运动，不翻车
- 2、全自动获取弹丸，效率高
- 3、可在岛上、岛下补给弹丸。
- 4、全自动上岛，下岛稳定不翻车。

### 1.2.4 哨兵机器人

哨兵机器人在比赛中担任“守门员”的角色，在保卫我方基地上起到非常重要的作用。哨兵机器人身形短小但却精悍，是赛场上唯一自主移动，自主瞄准的机器人，还承担着击杀敌方机器人的重任。

必达需求：

- 1、运动：全轨道巡航能力
- 2、安装：快速拆卸
- 3、巡航：云台360°旋转能力
- 4、射击：可发射17mm弹丸
- 5、反击：打击敌方机器人能力

关键技术指标：

- 1、能够具备全轨道巡航能力，不超功率
- 2、快速补弹，快速安装上轨
- 3、具备360°无死角转动
- 4、云台精确转动，精确射击

## 1.2.5 空中机器人

RM19 赛季空中机器人再度升级，开放无限载弹量、射速和射频，在步兵、英雄等主要输出机器人上更是增加顶部第五块装甲板，以确保空中机器人的射击命中率。由此，RM19 赛季中，空中机器人的战略地位得到了大幅的提高。根据队伍实际情况，分区赛阶段，空中机器人的定位为“侦察机”。

必达需求：

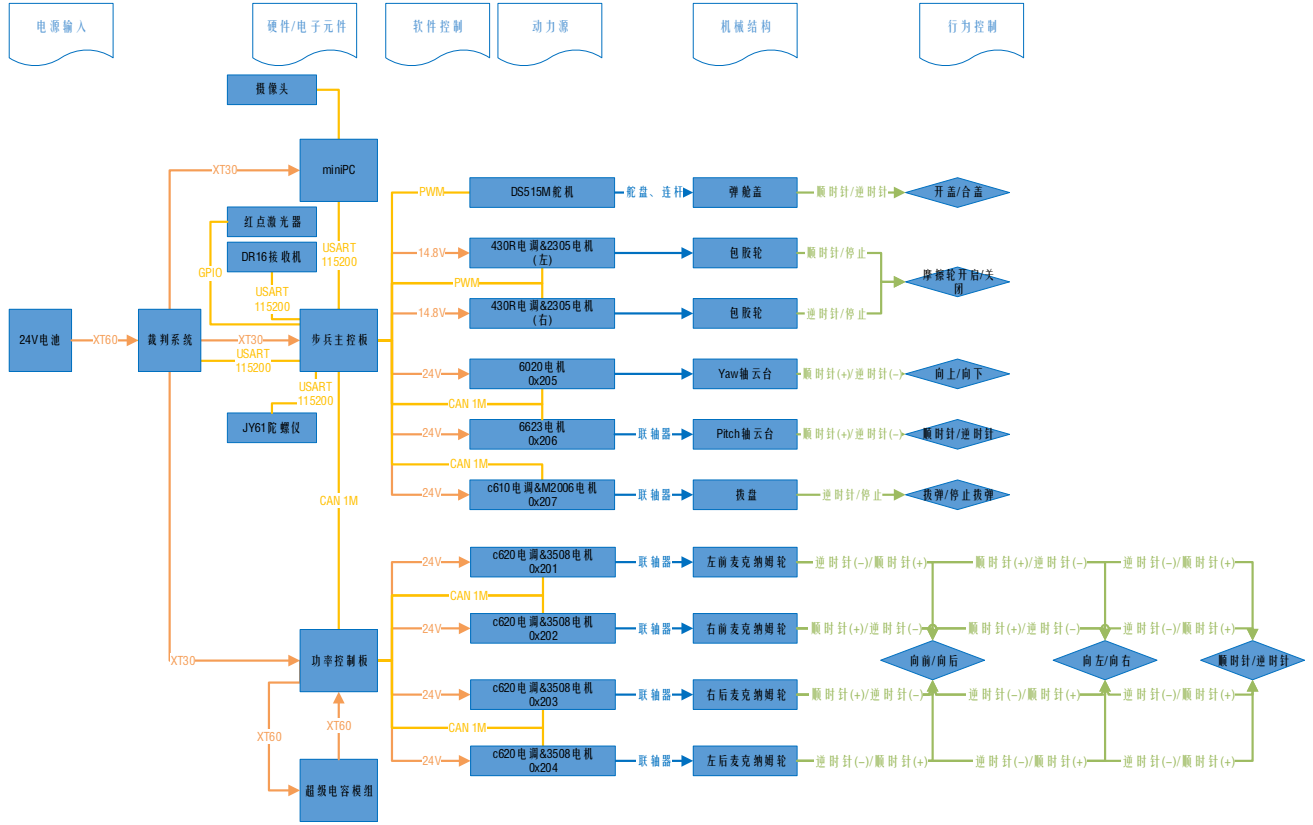
- 1、正常飞行。
- 2、云台可运动观看全局视野。

关键技术指标：

- 1、飞行稳定。
- 2、云台稳定

# 第2章 系统框图

步兵系统框图:



## 2.1 硬件资源

硬件设备		
名称	数量	用途
C620 电调&3508 电机	4	底盘运动
C610 电调&M2006 电机	1	拨弹
430R 电调&2305 电机	2	发射弹丸
6020 电机	1	云台 Yaw 轴电机
6623 电机	1	云台 pitch 轴电机
DS515M 舵机	1	弹舱开合
超级电容模组	1	储存电量



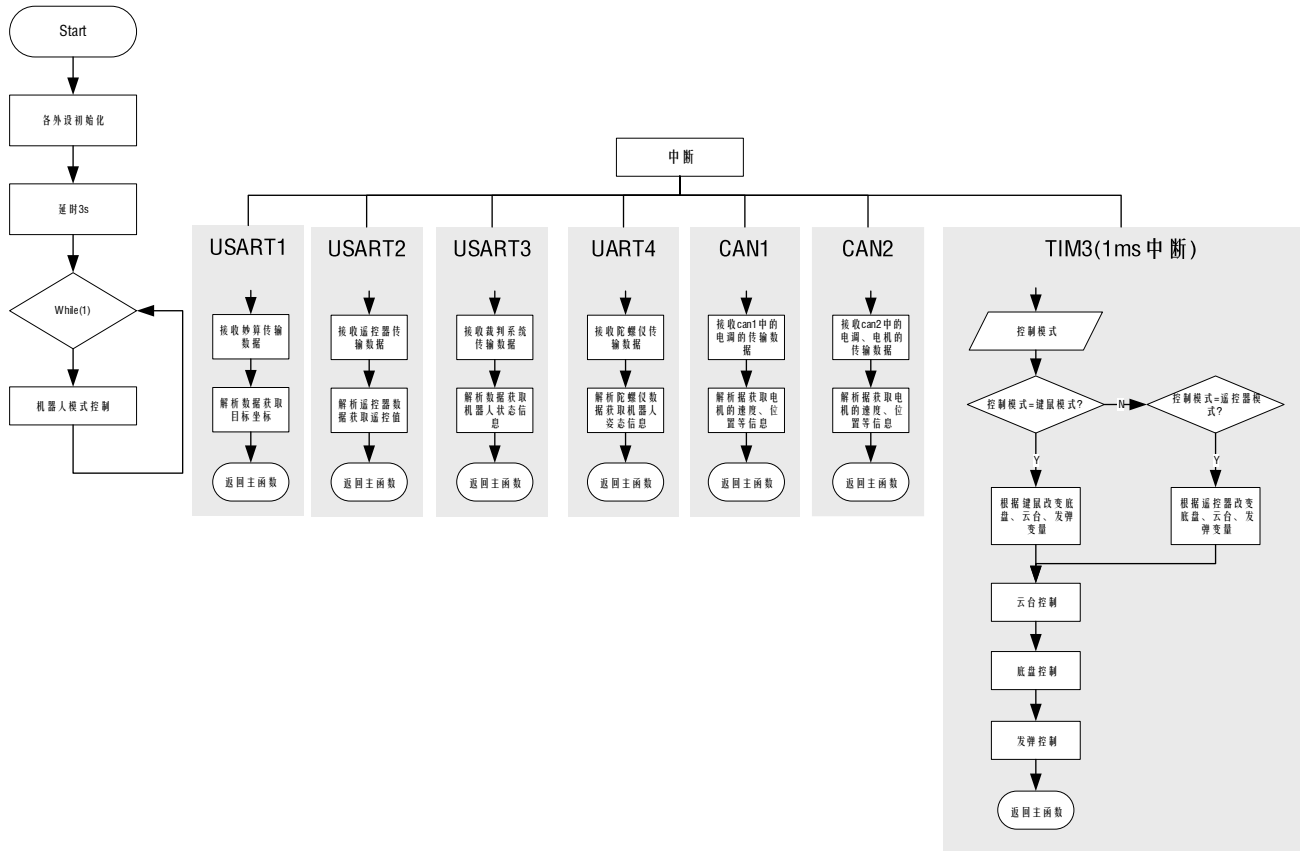
JY61 陀螺仪	1	提供角速度、角度
DR16 &DT7	1	遥控
MiniPC (妙算)	1	处理图像信息、提供视觉辅助
红点激光器	1	

单片机采用stm32f405RGT6，主频168MHz，晶振25M。

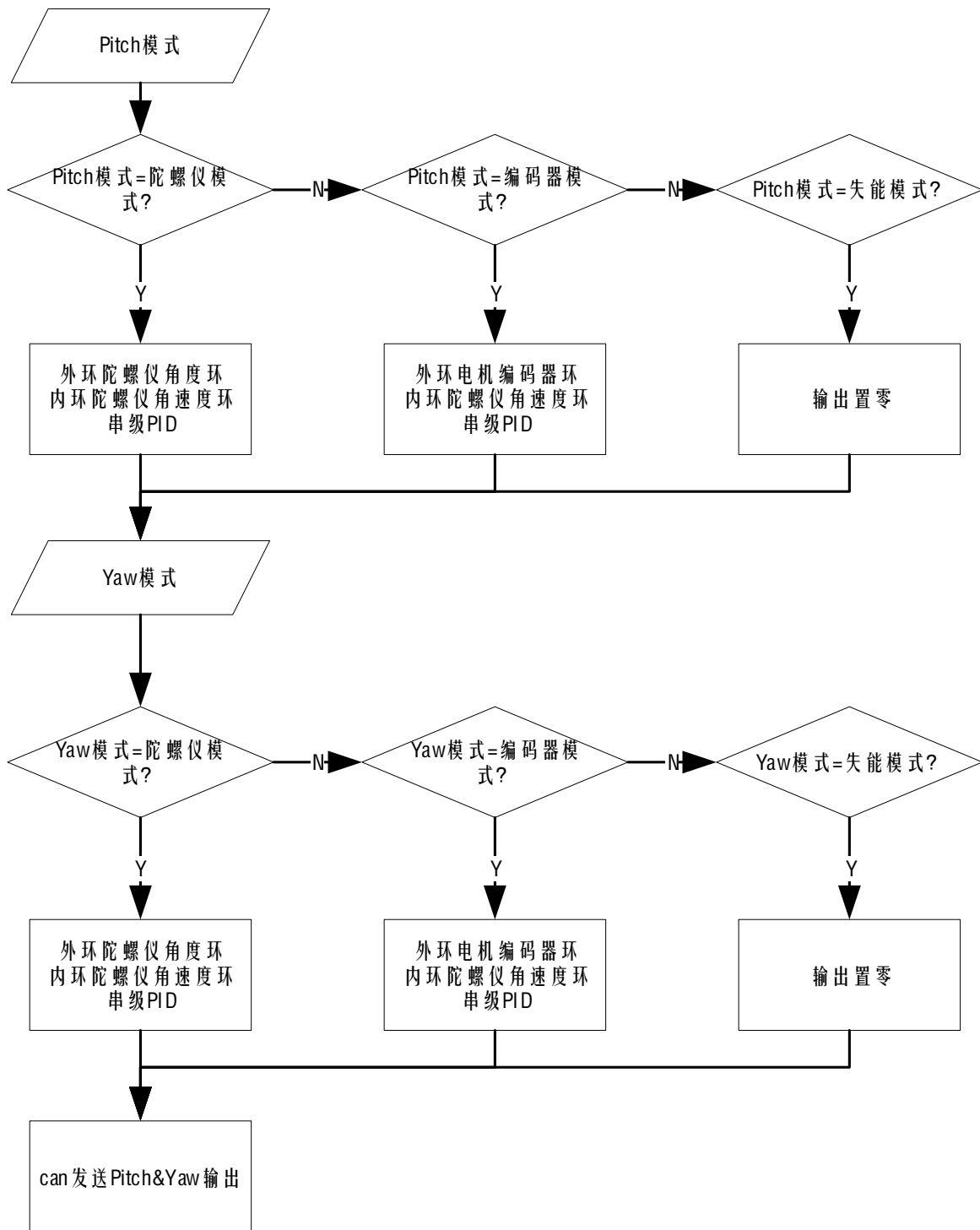
软件外设	
名称	用途
USART1	MiniPC (妙算) 通讯
USART2&DMA	遥控器数据接收处理
USART3	裁判系统通讯
UART4	陀螺仪数据接收处理
UART5	蓝牙通讯 (调试使用)
CAN1	底盘电机通讯
CAN2	云台电机&拨弹电机通讯
PWM(TIM2 CH1)	摩擦轮电机控制
PWM(TIM2 CH2)	舵机控制
SWD	烧录使用
GPIO	红点开关控制
TIM3	各模块任务运行定时器

## 2.2 程序逻辑

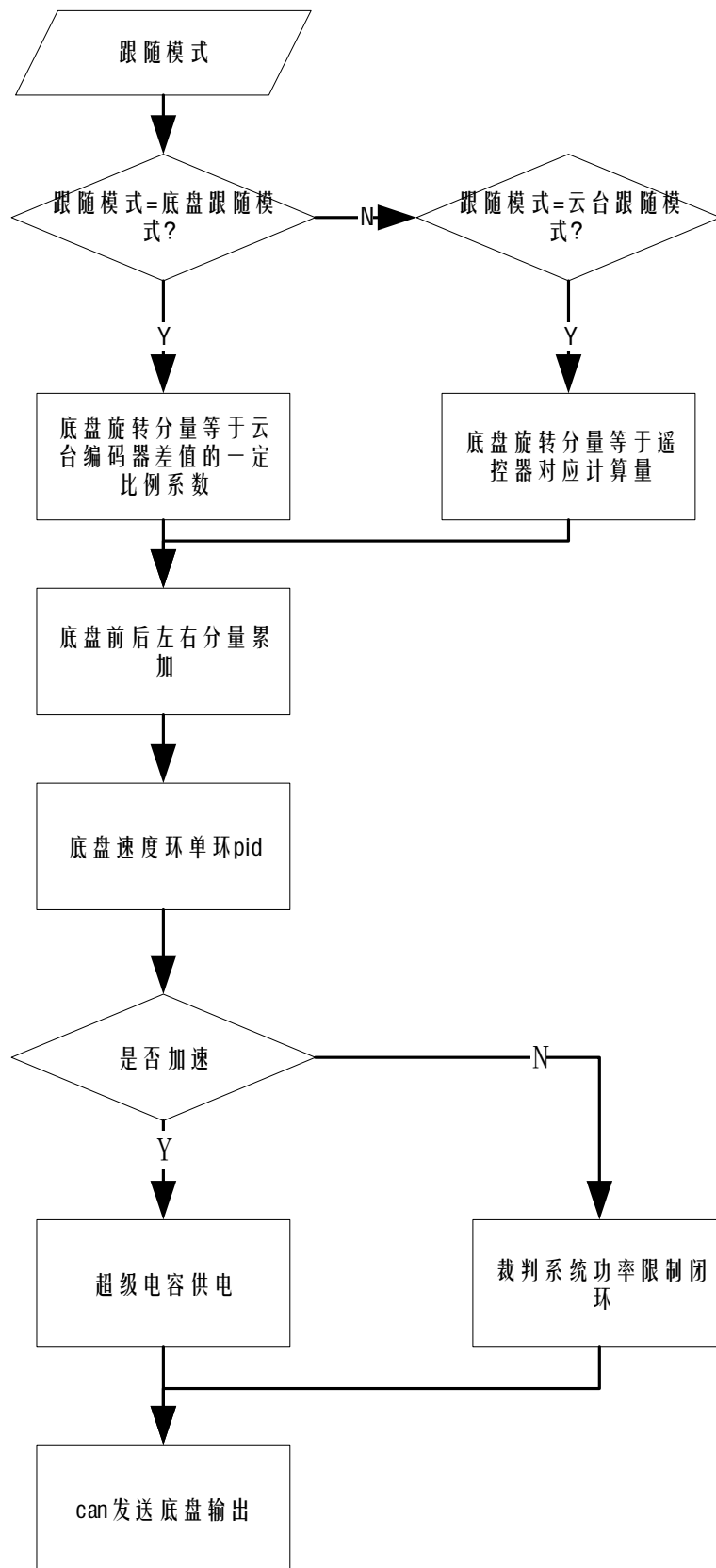
步兵逻辑流程图：



云台控制流程图:



底盘控制流程图:



## 第3章 结构设计

以工程机器人抓取机构为例，进行分析。

### 3.1 需求分析

工程机器人是全阵容中唯一不能攻击的机器人，但同时拥有高血量、无限制底盘功率，有强大的生存能力，可以扮演肉盾的角色。工程机器人同时还承担着获取资源岛大弹丸并完成英雄大弹丸补给的任务，因此，抓取模块尤为重要，我们要保证抓取的效率以及抓取的稳定性。所以我们要增大气缸的缸径来确保抓取的力度以及增大爪臂的摩擦力达到抓取的稳定，但同时也要选择适合的气缸，控制气量，确保工程车取弹的高效、稳定。

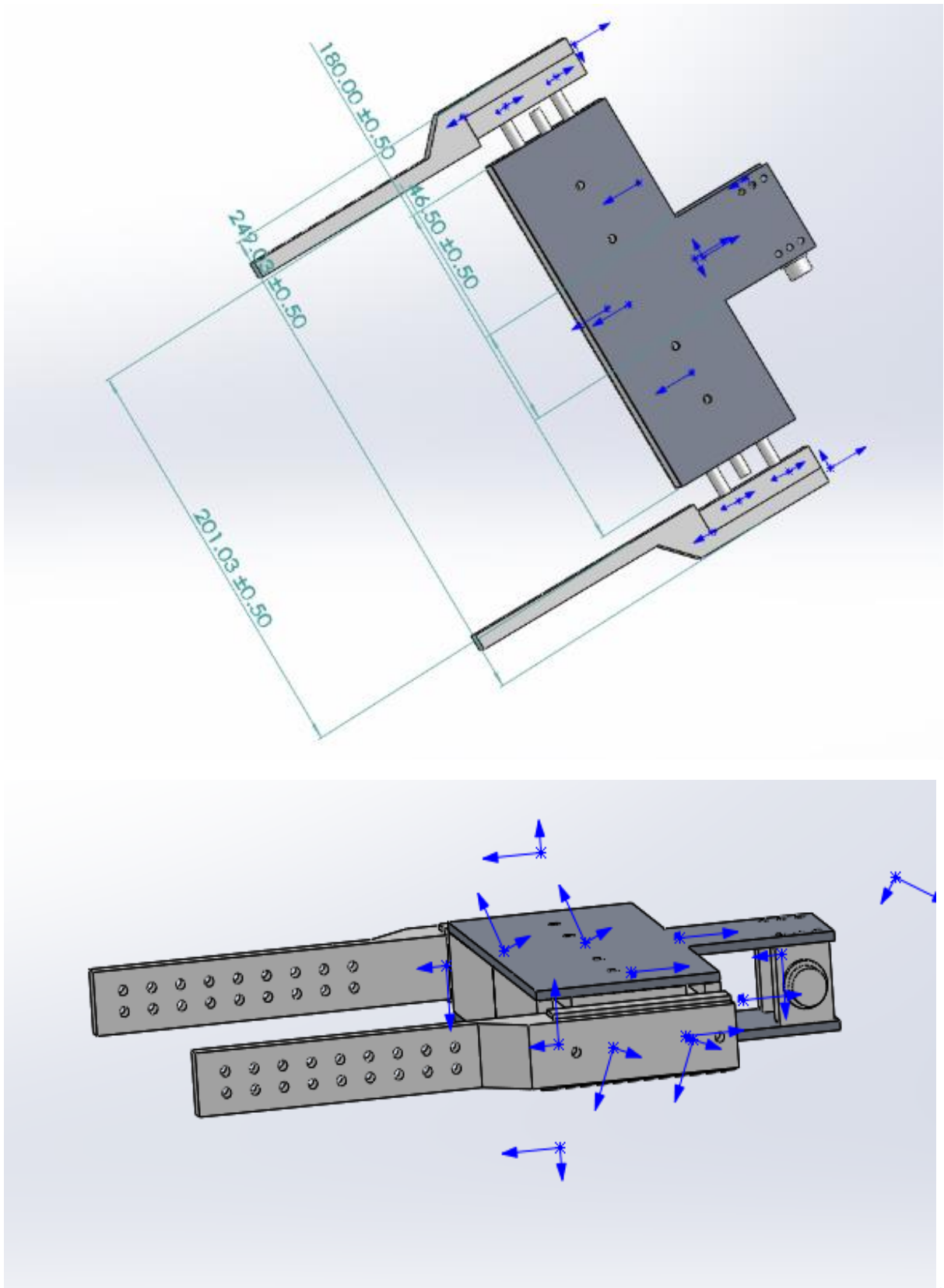
功能以及需求：

1. 取弹要求性能指标：可夹取两排弹药箱，取弹效率高

实现：

- 1) 爪子模块：需要两个CXSM20\*20气缸为动力，推动抓取臂，实现抓取。由一个3510电机实现翻转补弹。
- 2) 伸缩模块：需要两个MI16\*300气缸驱动爪子模块运动，实现夹取第二排弹药箱。

## 3.2 设计图纸



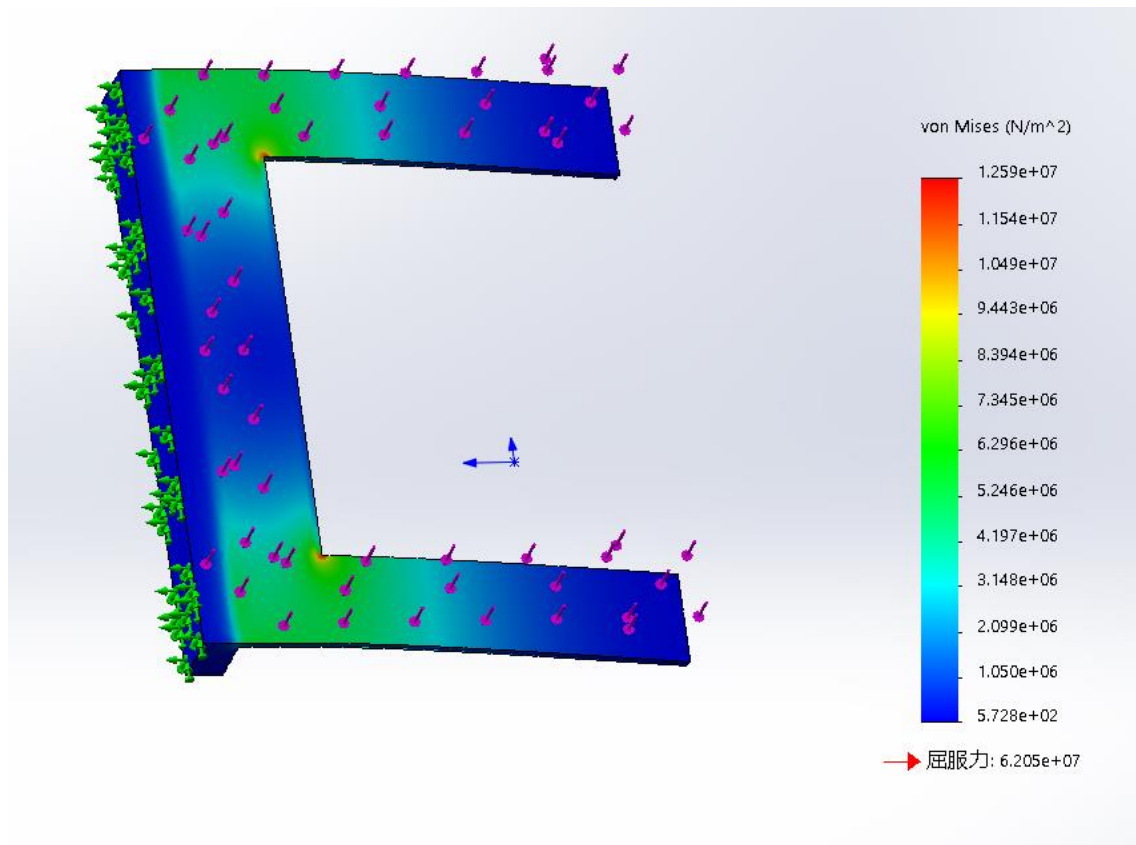
### 3.3 材料和工艺

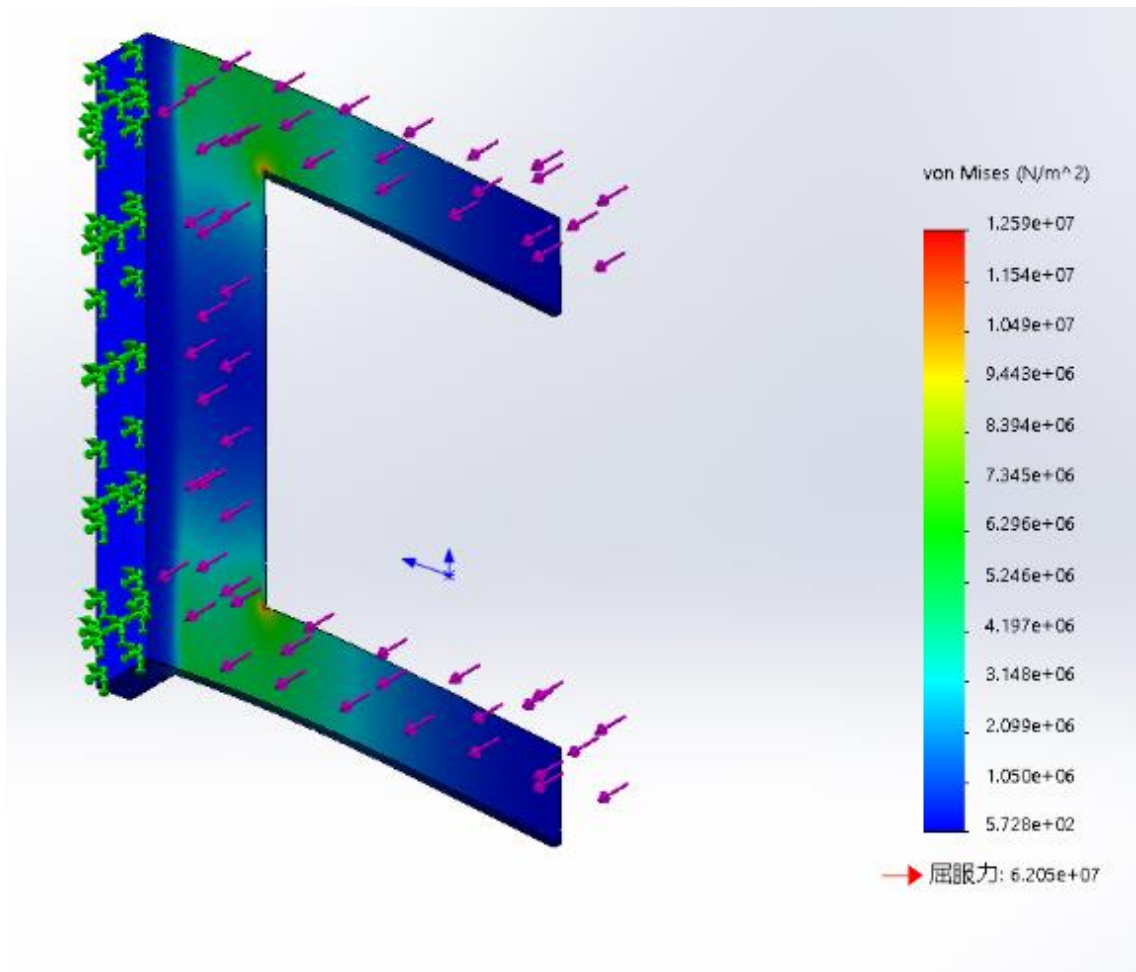
步骤	特征	公差等级	要求	说明	成本
毛培	6061铝板: 600*500*3	IT13	外观良好		原料价格: 130
铣		IT7	$\pm 0.02$	加工中心	主要为刀具损耗

由于加工为机床自加工，加工件成本为原料价格。在加工时排版不够紧密，会造成很多浪费，所以要尽可能采用机加工，排版时紧凑，节约原料。

### 3.4 有限元分析

- 1.工程车爪子抓取收到20N的力，如图所示，由爪子模块后的联轴器提供支撑力。
- 2.在满足足够精度的条件下，我们应选择较大的网格，这样能够减少计算的时间，同时，降低对计算机性能的要求。由图可知，最大应变为 $5.728e+02$ ，最大屈服力为 $6.205e+07$ 。





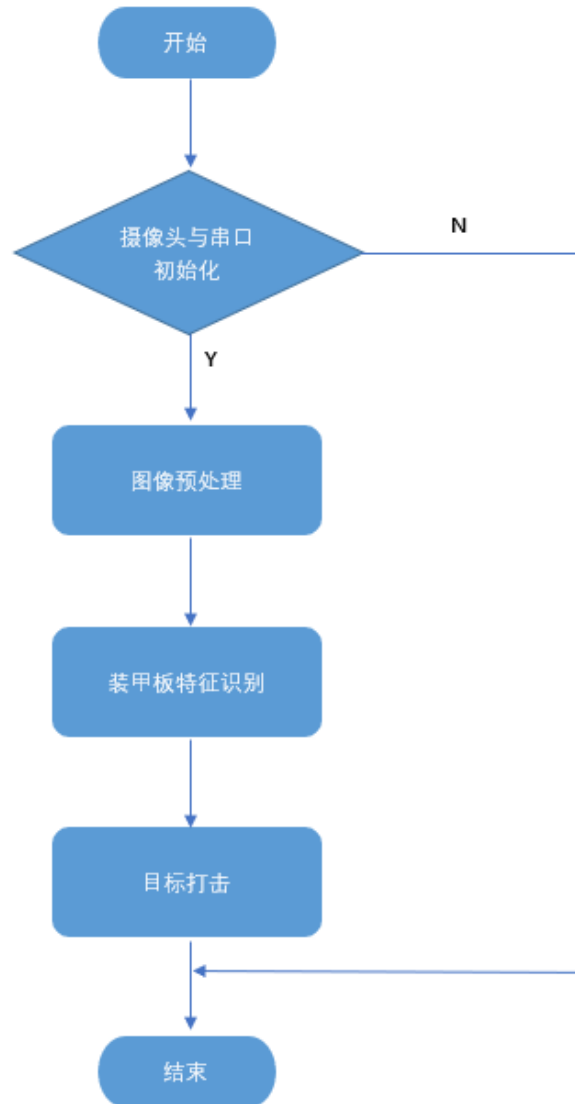


## 第4章 算法设计

### 4.1 需求分析

所需要解决的问题为：装甲板的特征识别。在比赛中，根据装甲板两侧灯条的形状与颜色，进行视觉识别，通过串口通信传输坐标值，使哨兵机器人实现自主瞄准射击，使英雄机器人与步兵机器人拥有辅助瞄准功能。功能效果实现所依赖的传感器与处理器分别为：USB摄像头与妙算。理想性能要求为：低延迟，较好的识别准确度。

### 4.2 方案设计



一代视觉识别方案基于 Opencv3.4.1，编程语言采用 C++。在摄像头与串口初始化完成后，进行相机坐标系建立，设置合适的相机帧率与曝光时间、红蓝方选择、整个程序运行条件稳定后，视觉方案主要分为三个部分，分别为：图像预处理、装甲板特征识别、目标打击。

图像预处理部分的主要模块为：HSV 色彩空间处理。

灯条分为红蓝两色，预处理时可以采取颜色分割的方法将图像处理为二值图方便下一步的灯条提取。通常相机获取到的图像都是 RGB 颜色空间，不方便直接进行颜色分离，因此转化为 HSV 颜色空间再进行分割。

装甲板特征识别部分的主要模块为：灯条提取与装甲板标定。

其中装甲板的显著视觉识别特征为：灯条的形状、位置与颜色。根据此特征先对上述经过预处理后的二值图像进行灯条提取，通过一系列条件设置进行降噪，接着用最小包围矩形去进行标定，返回目标装甲板中心坐标。

目标打击部分的主要模块为：云台与发射模块。妙算通过串口与单片机进行通讯，反馈目标坐标点，在单片机中根据反馈坐标点进行闭环控制，接近目标点进行击打

## 4.3 算法对比与性能分析

目前处于初步识别功能实现、调参、算法优化阶段。尚未进行算法对比。现有代码运行效果仍在测试，准确率目测在 40%~50%之间，距离精度为 2m。

## 第5章 人机工程分析

人机工程是在机器人设计中需要重点考虑的地方，我们设计的机器人最终是要人进行互动的，良好的人际工程给操作手和维护的人员带来非常好的体验。

这里举例电控更换电路板的过程，进行人际工程分析。

### 5.1 发现问题

1. 更换电路板调试时需要重新制作接口。
2. 更换电路板时程序需要大量进行修改。
3. 更换电路板时会出现短路、短接等问题。
4. 在调试过程中，有部分元器件、传感器出现接触不良的情况。
5. 在更换电路板时，出现引脚不够使用的情况。

### 5.2 分析原因

制作电路板时，没有指定一套统一的设计规范。在接口、封装、引脚使用上都需要进行一定的规范。重要模块的接口需要连接稳定防止元器件、传感器出现接触不良的情况。没有提前预留一些备用引脚，在需要使用新的引脚时，无法使用。

### 5.3 需求分析

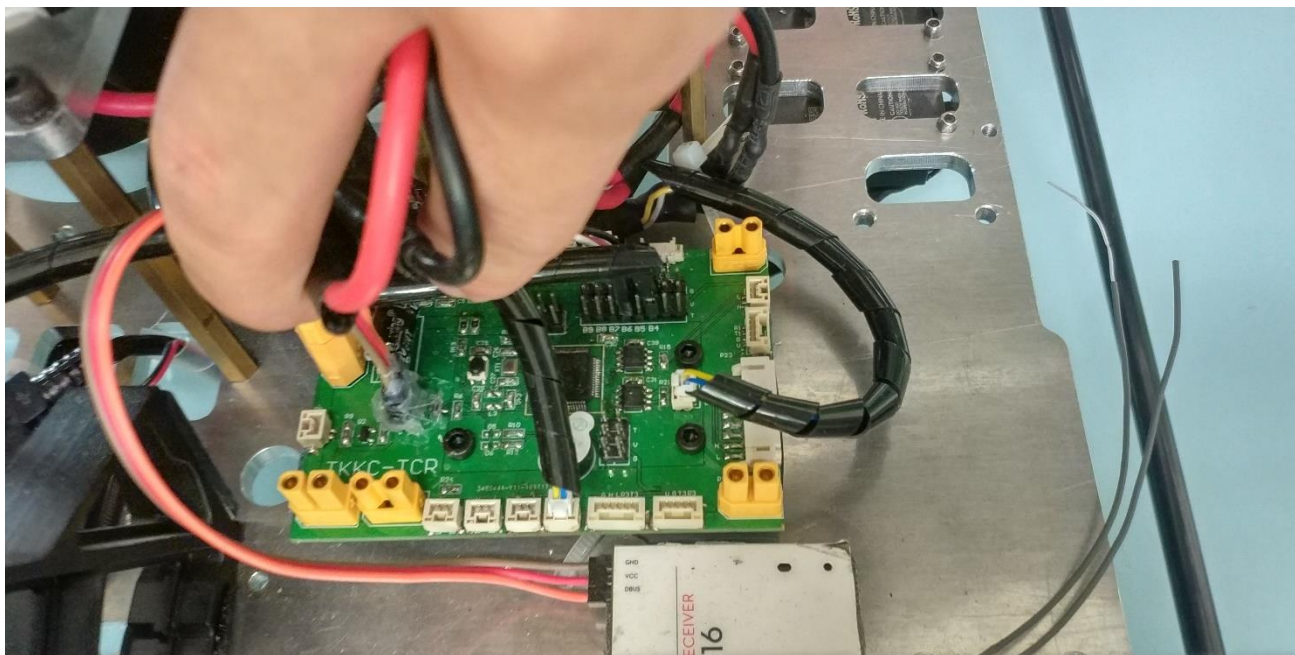
1. 更换电路板时，能使电路、控制上尽量少的进行修改。
2. 相同接口互相更换时，不会出现短路等情况。
3. 重要模块的连接稳定。
4. 预留引脚，以备不时之需。

### 5.4 解决方案

参考官方板的接口、封装进行规范，根据自身的需求进行一些修改。

1. 各机器人电路板均采用 STM32F405RGT6，相比 427 成本较低，满足使用需求。
2. 电源取电统一使用 XT30-公头，供电使用 XT30-母头。

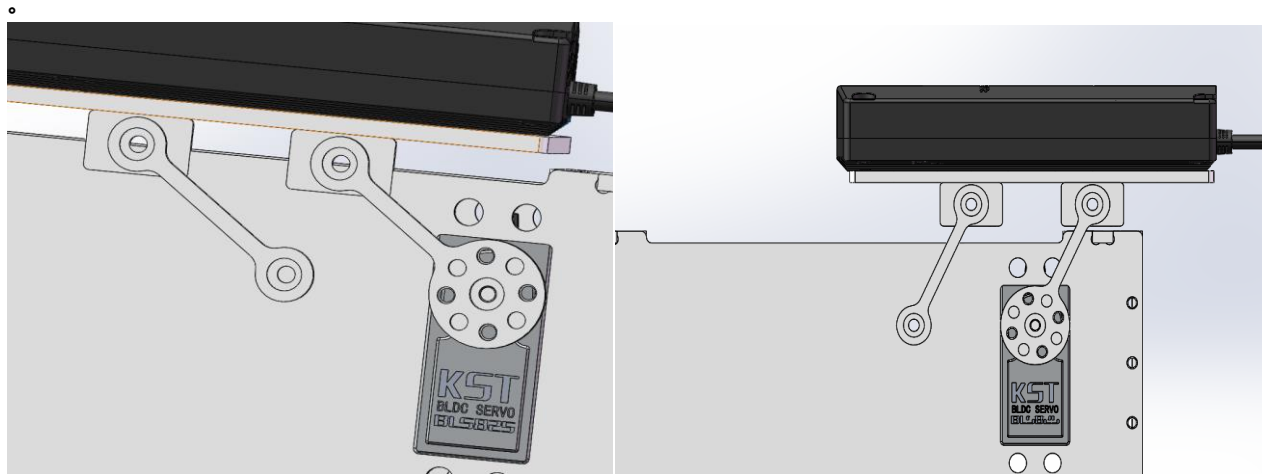
3. 串口统一使用 GH1.25-4P,从左到右+GTR。(DBUS 采用排针连接, 后续为加强稳定改用 GH1.25-3P,从左到右为 R+G)。
4. can1、can2 统一使用 GH1.25-2P,左 H 右 L, 减少从 can1 更换至 can2 需要更换接头的麻烦。
5. 烧录口采用 moxel-4p, 从左到右为 DCG+。方便即时的拔插烧录
6. pwm 接口一使用排针并且有防反接功能。(后续更改为 GH1.25-3P,从左到右为 T+G)
7. 除基本需求外, 在设计板子时预留引脚, 功能为 PWM、ADC 方便进行调试。
8. 为减少嵌入式更换电路板时的代码修改量, 引脚尽量不进行修改, 机器人中常用的串口通讯部分也进行了规范。USART1 为妙算接口, USART2 为 DBUS 接口、USART3 为裁判系统接口, UART4 为陀螺仪接口, UART5 为串口调试口。



## 第6章 科学设计方法

通过运动模拟，证明连杆能够实现功能。

SOLIDWOKRS运动模拟中，配合定义应当按照由因果思路，对于报错的定义应当认真仔细研究问题的出处



## 第7章 科学实践改进

### 7.1 测试需求

稳定不卡弹的步兵发射结构

### 7.2 测试方案

定量：发射枪管、导轨、拨盘弹仓

变量：挡盖、拨盘

### 7.3 测试结果记录

编号	现象	改进
1	发射50发左右，出口处卡弹，拨盘断裂	降低挡盖高度
2	发射100发左右，出口处卡弹，拨盘断裂	继续降低挡盖高度
3	发射2分钟左右，拨盘断裂	联轴器改为铝制品

### 7.4 结果分析

发射结构与挡盖与拨盘弹仓间隙存在关联。

### 7.4 优化改进

根据测试结果，后期对挡盖以及拨盘进行优化。

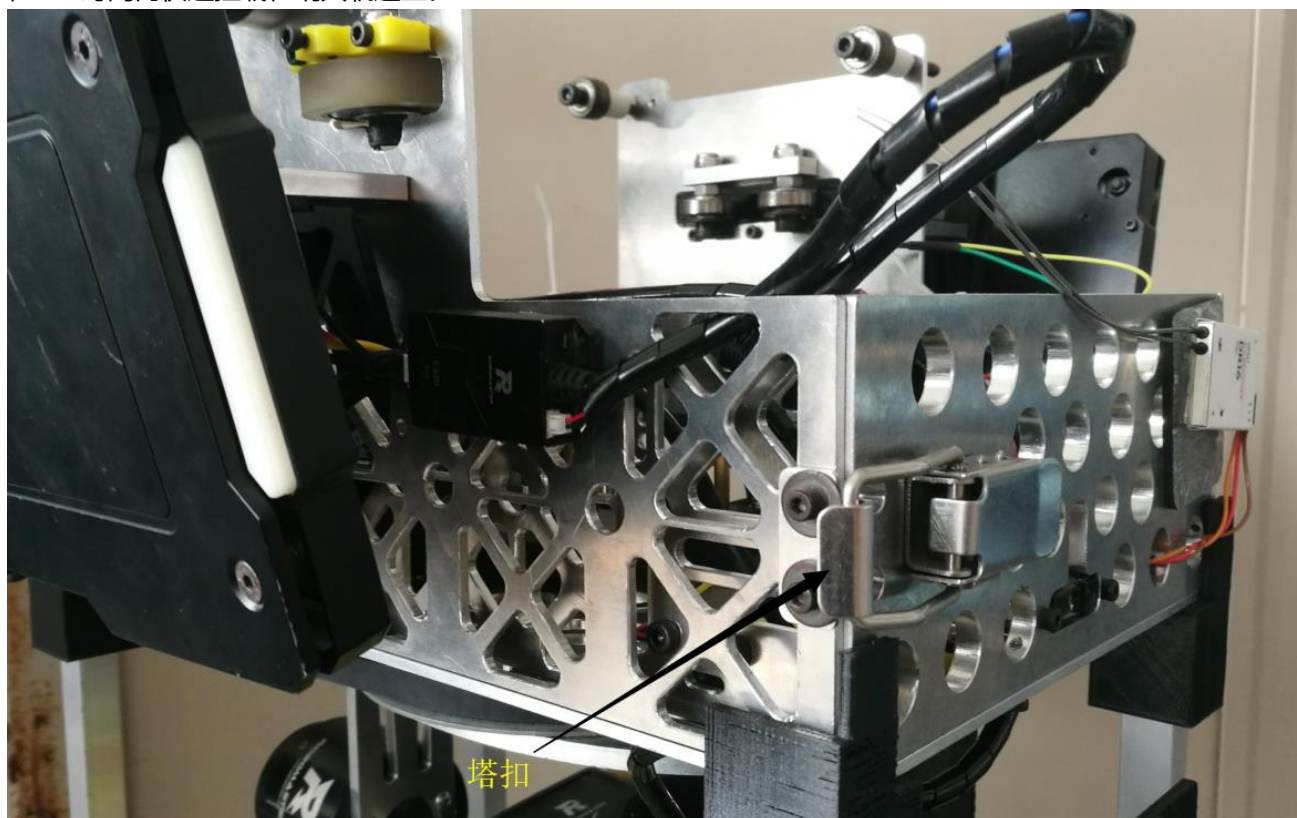
## 第8章 传感器选型

工程车传感器选型&目的		
传感器	型号	用途
限位开关	V-151-1C25-16A250V	对电机进行零点归位，保证抓取模块的电机、救援模块的电机初始化时能归零
光电开关	E18-D80NK	上岛时检测轮胎是否已在岛上，相比超声波测距、红外测距，判断条件更为简单。
陀螺仪	JY61	使工程机器人在运动时能保证直行，使用成品的模块，自带卡尔曼硬件滤波，可通过串口直接获取姿态信息，减少嵌入式调试时间。
超声波测距	HC-SR04	用于取弹时对墙的距离控制，保证取弹的成功率，相比光电开关能提供相对准确的具体距离进行闭环控制，相比红外测距精度更高，适合近距离使用。



## 第9章 创新性

RM19赛场上，哨兵机器人需要在三分钟内完成500发弹丸的放置以及挂载，节约时间、争分夺秒成为重中之重。通过观察门开关的运动过程，对此加以借鉴和运用，通过合页、塔扣的快拆方式，使得哨兵机器人能够在10S时间内快速挂载在哨兵轨道上。





## 第10章 外观设计

机器人采用框架式结构，通过预留安装孔位，将机器人硬件部分固定在框架内。避免线束、重要硬件外露的同时，增强机器人的稳定性与美观性。

