



第十八届全国大学生机器人大赛

RoboMaster 2019 机甲大师赛

福建工程学院万维能电战队设计报告

2019.02

V 1.0

目录

第 1 章 需求确定.....	3
1.1 总体需求	3
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.....	4
1.2.4 哨兵机器人.....	5
1.2.5 空中机器人.....	5
第 2 章 系统框图.....	6
2.1 步兵硬件资源.....	6
2.2 步兵程序逻辑.....	7
2.2.1 状态任务切换、离线检测模块.....	10
2.2.2 CAN 发送模块.....	10
第 3 章 工程机器人取弹结构设计	11
3.1 取弹结构需求分析	11
3.2 同步带电机座设计图纸	18
3.3 同步带电机座材料和工艺.....	19
3.4 有限元分析.....	20
第 4 章 识别算法设计	25
4.1 需求分析	25
4.2 方案设计	25
4.3 算法对比与性能分析	29
第 5 章 人机工程分析	29
5.1 机械设计的人机工程	30
5.2 整机人机工程.....	30
第 6 章 科学设计方法	32

6.1 云台模型的辨识.....	32
6.2 基于云台电机模型的控制器参数设计.....	36
第 7 章 科学实践改进	38
7.1 测试需求	38
7.2 测试方案	38
7.3 测试结果记录.....	38
7.4 结果分析	38
7.5 优化改进	40
第 8 章 传感器选型	40
第 9 章 创新性.....	43
9.1 弹仓与发射机构的连接方式.....	43
9.2 小云台 Pitch 轴设计.....	44
第 10 章 外观设计.....	45
附录一 同步带电机座图纸.....	47
附录二 加工工艺过程卡.....	48

第1章 需求确定

1.1 总体需求

为明确研发方向，避免资源浪费。综合自身情况后，对全部机器人进行需求定制，详细如下图所示：

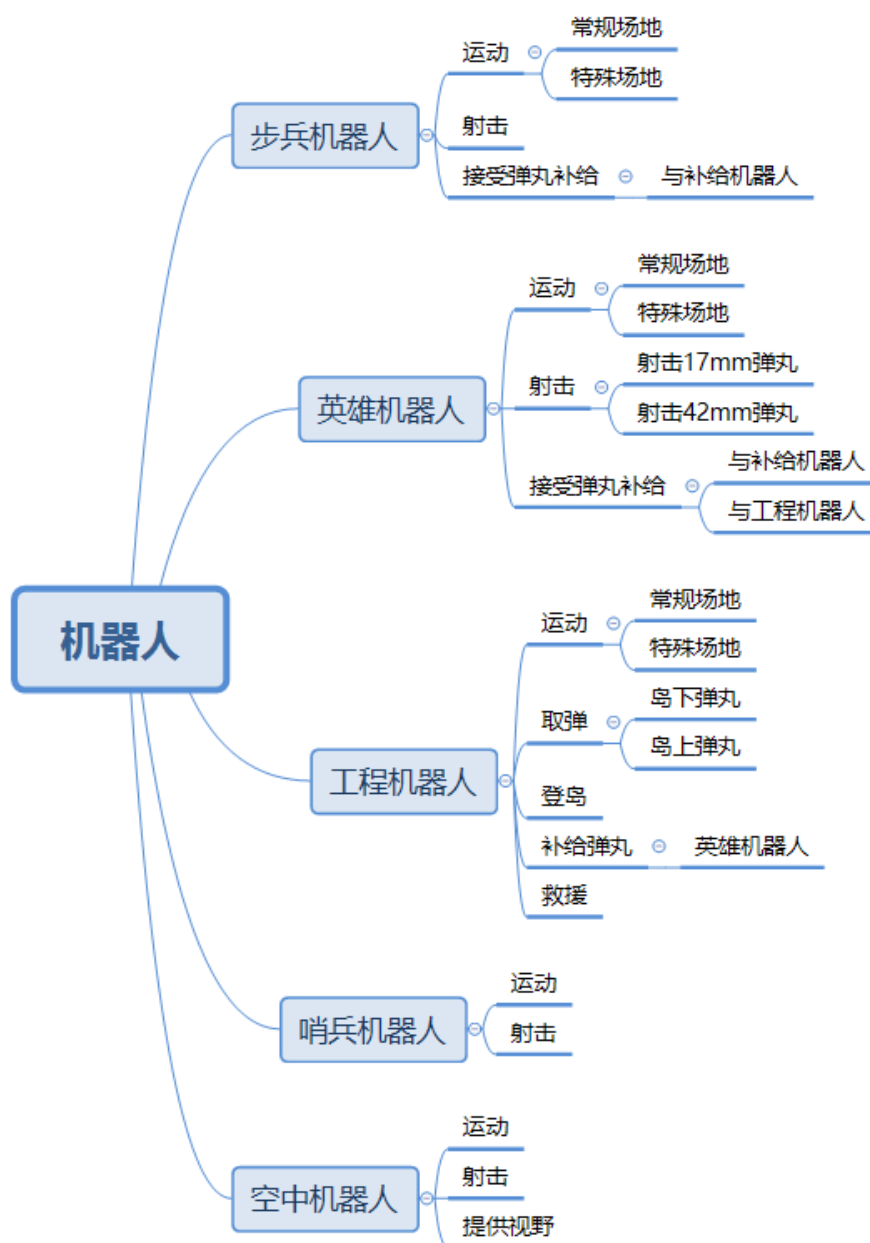


图1.1.1 总体需求

1.2 机器人具体需求

1.2.1 步兵机器人

兵种优先级为 I ,必须上场 ,其特点为快速灵活 ,作为最基础兵种 ,其功能的完善是比赛取得好成绩的基础。

关键技术点：

运动	全地形通过平稳可靠，速度至少达 2.5m/s（去年1.5m/s），爬坡能力不低于20°
射击	5m 距离下子弹偏差小于10cm，子弹无卡弹问题，射频控制精准
接受补给	步兵机器人从进入补给站到补给完成耗时控制在5s内

1.2.2 英雄机器人

兵种优先级为 II，必须上场，其优先级与步兵机器人相当，作为发射 42mm 弹丸的唯一机器人，其是对比赛的胜负天平倾斜的重量级砝码。

关键技术点：

运动	全地形通过平稳可靠，速度至少可达 1.5m/s，爬坡能力不低于 20°
射击	大枪管5m 距离下子弹偏差小于15cm（去年20cm），大小枪管不卡弹，射频控制精准
接受补给	具备快速受补能力，与工程和补给交互需要迅速完成

1.2.3 工程机器人

兵种优先级为 III，比赛规则要求可不上场，但作为救援、英雄 42mm 弹丸来源的唯一兵种，对比赛胜率的提升具有重要意义。

关键技术点：

运动	全地形通过平稳可靠，速度至少可达2.0m/s，爬坡能力不低于 20°
取弹、补给弹丸	取后排弹药箱5s内（去年无法取后排），与英雄补给在10s内（去年20s）
救援	与其他机器人的拖动联接控制在5s内完成且不易脱钩
登岛	登岛可靠稳定，做到“一键”登岛，控制在10s内，完成下岛控制在15s内

1.2.4 哨兵机器人

兵种优先级为IV，比赛规则要求可不上场，但由于防御机制的存在及其防御火力的主要来源，哨兵机器人重要性也不可忽略。

关键技术点：

运动	导轨上平稳可靠，在利用缓冲能量时速度至少达到0.5m/s
射击	5m 距离内子弹与理想轨迹偏差小于5cm，高射频时子弹无卡弹问题，自动识别准确

1.2.5 空中机器人

兵种优先级为V，可不上场，具有空中优势，其他机器人无法对其攻击。

关键技术点：

运动	通过运动可以为其他队友提供赛场视野
射击	射速可达30m/s，射频至少15发/秒

第2章 系统框图

系统框图是系统整体功能设计图，这里以步兵机器人为例，具体如下：

24V 电源由电源管理模块直接供给底盘与云台控制板，再由控制板上的降压电路或直接供给各用电设备，最后再由各机械结构传递电机的动力实现最终我们需要的机器人行为。

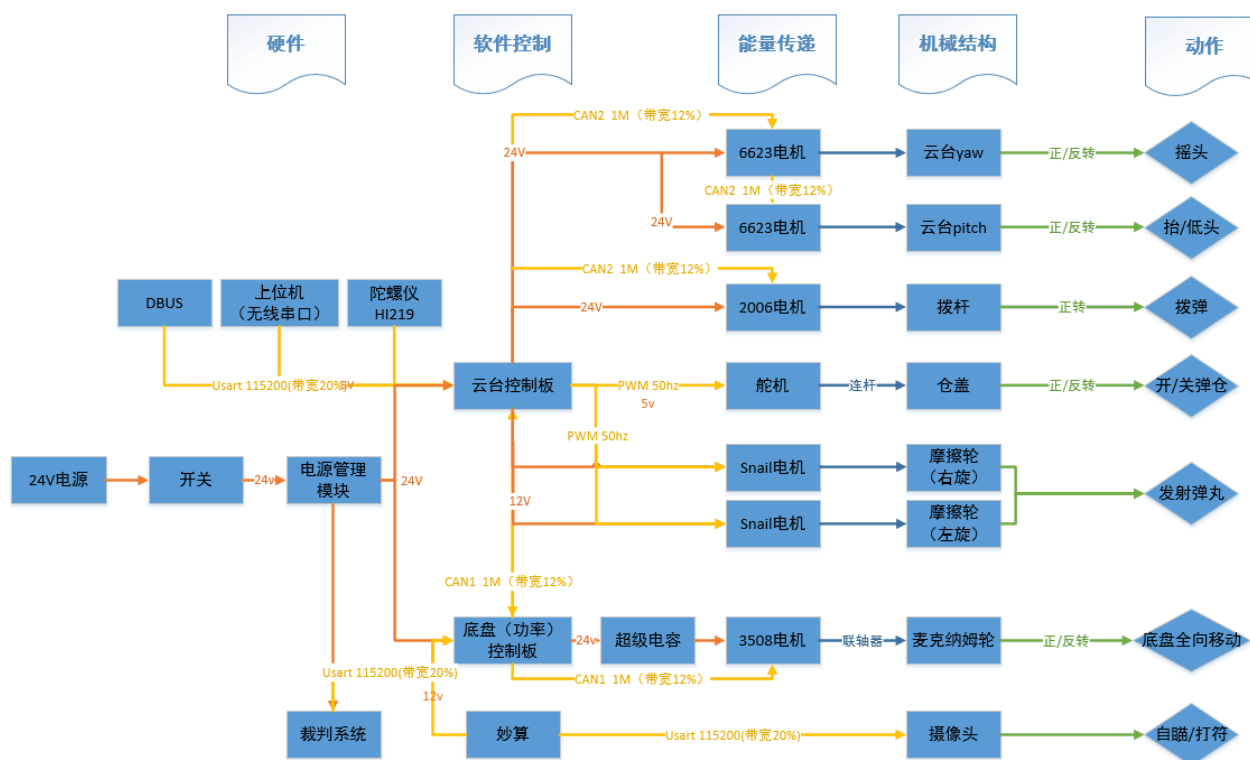


图2.0.1 系统框图

2.1步兵硬件资源

一个完整的机器人拥有的硬件资源总类繁多，不同的兵种用到的硬件资源也不尽相同，这里以步兵机器人的程序为例：

	能量传递类	数据传输类	电源管理类
硬件设备	6623 电机、 3508 电机电调、 2006 电机电调、 snail 电机电调、 MG295 舵机	Hi219陀螺仪、 无线串口、 遥控器接收机、 妙算、 摄像头	超级电容、 降压模块
软件外设	通用I/O(GPIO)、DMA 控制器 (DMA)、高级控制和通用定时器 (TIM)、独立看门狗 (IWDG)、随机数发生器 (RNG)、通用同步异步收发器 (USART)、Flash模块等。		

图2.1.1 步兵硬件资源

2.2 步兵程序逻辑

本届硬件平台采用自主设计的云台板和底盘控制板。使用 STM32F407VE 作为主控，两板之间用 CAN1 通讯，方便任务分配和程序整合。程序框架上延续了去年的 FreeRTOS 系统。以步兵机器人的程序为例。

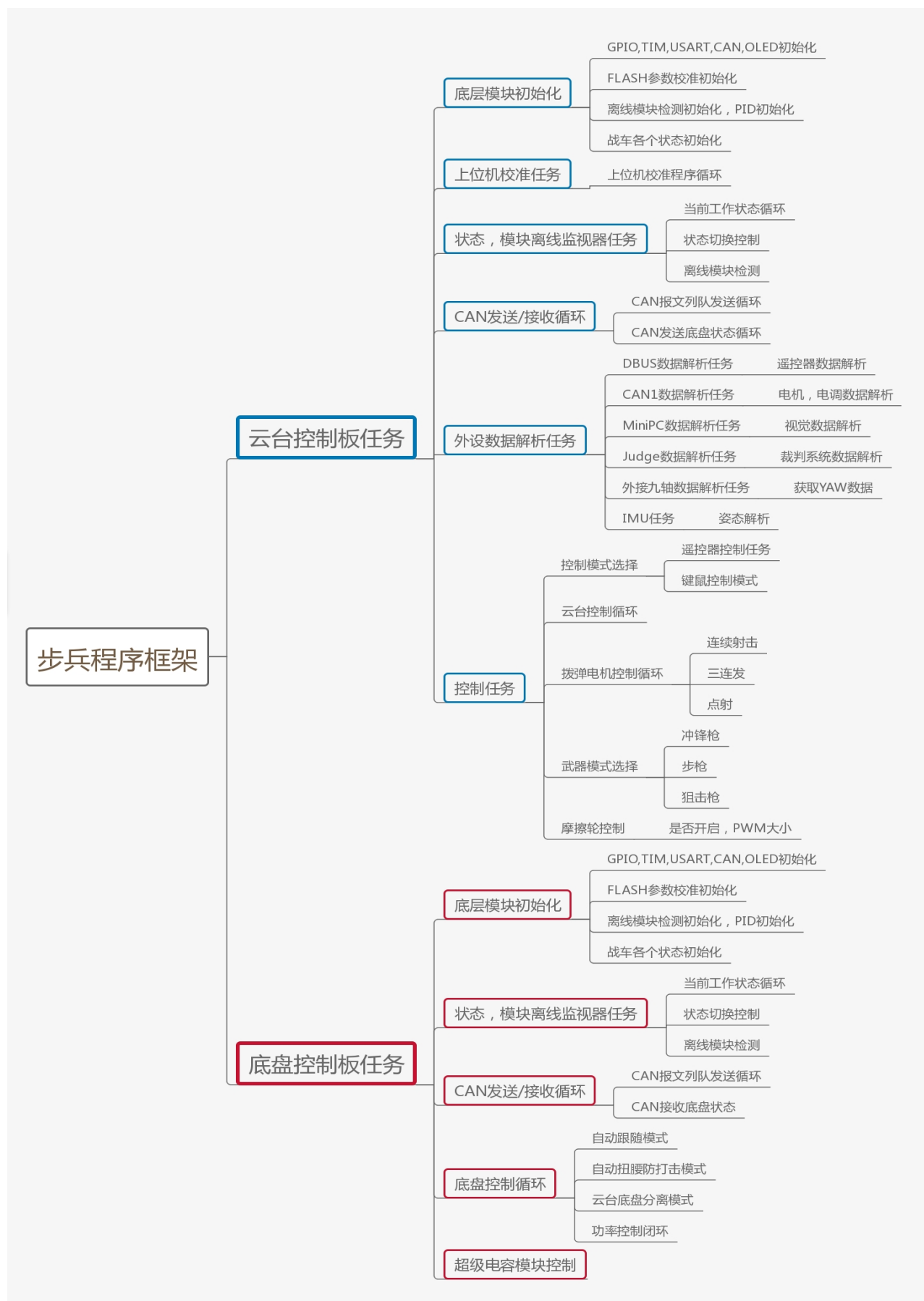
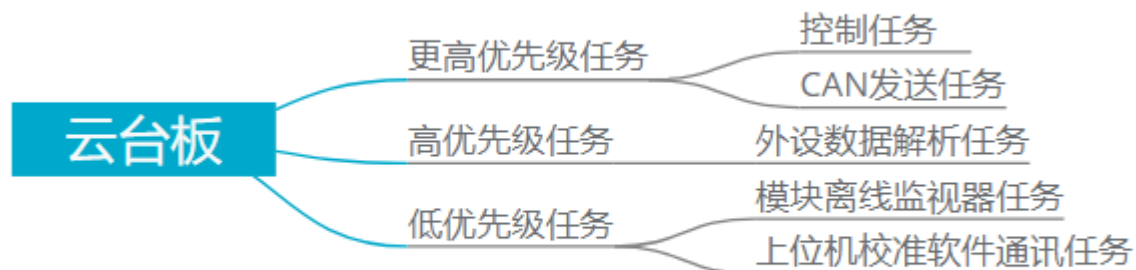


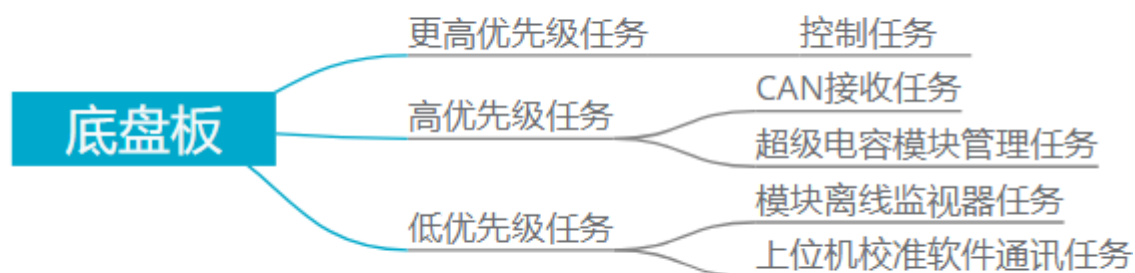
图2.2.1 战车程序框架

步兵机器人各个任务优先级：

1.云台板



2.底盘板



抢占式多任务系统如图 2.2.2

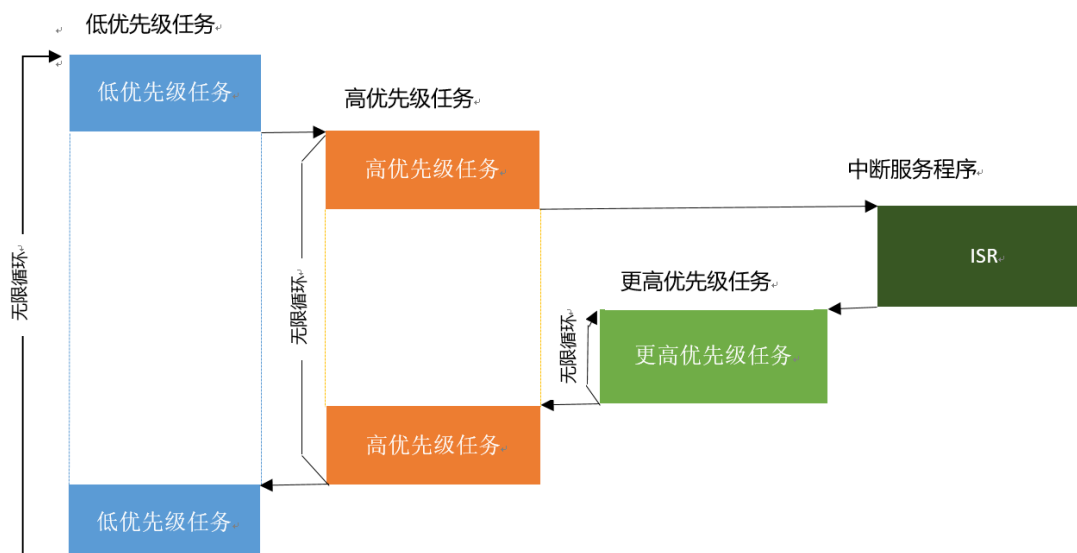


图 2.2.2 抢占式多任务系统

2.2.1 状态任务切换、离线检测模块

状态切换任务则是用检测战车的当前的工作状态，归类为以下的几种分几种：

正常状态	正常遥控，键鼠控制模式
静止状态	遥控和键鼠均无输入指令的时候切换
校准状态	上位机校准时切换到该状态，使得战车瘫软，方便调试
停止状态	拨杆拨到停止位时候切换，防止战车疯转

离线检测模块采用了类似看门狗模式，首先在任务中开启了各个模块的计数，若进入重要模块中断时，这说明模块在线，则将计数清零喂狗，否则等待定时计数溢出后就会提示模块离线，并反映在 OLED 屏幕上。若重要模块离线，则立马进入急停模式，防止机器人失控导致损毁。

2.2.2 CAN发送模块

CAN 报文的发送统一在任务中进行，采用队列形式，先入先出的队列原则在保证报文完整发送的同时，又合理地利用了 FreeRTOS 的时间片，使得控制任务有足够的时间执行大量的逻辑运算，同时通过检测 STM32 主控的 CAN 寄存器 ESR 来实现 CAN 的错误恢复，从而多重保障了底盘和云台电机的正常运行。

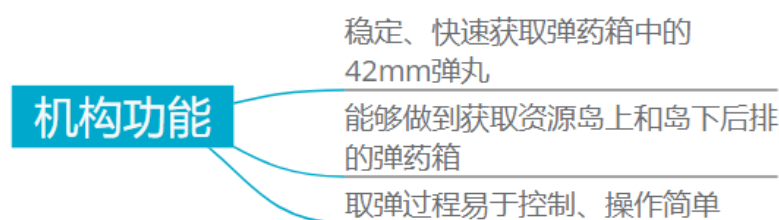
第3章 工程机器人取弹结构设计

此处列举了工程机器人取弹结构设计。

3.1 取弹结构需求分析

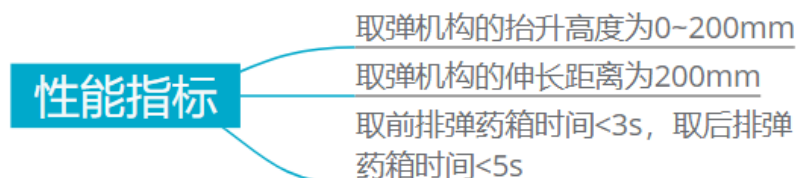
3.1.1 机构功能

根据 RM2019 比赛规则手册对资源岛上和岛下弹药箱的描述，加以对自身能力的综合考虑，要求取弹结构能够实现以下功能：



3.1.2 性能指标

由于弹药箱所处位置离初始尺寸下的工程机器人较远，并且比赛中取得先机是十分重要的，所以对取弹结构的性能做出以下要求：



3.1.3 方案设计和器件选型

经战队决策，决定采用气缸驱动滑车来实现取弹结构的伸长和夹紧弹药箱，用一个电机作为驱动来翻转弹药箱，电机驱动同步带配合滑车作为结构的抬升，如图 3.1.1 所示。

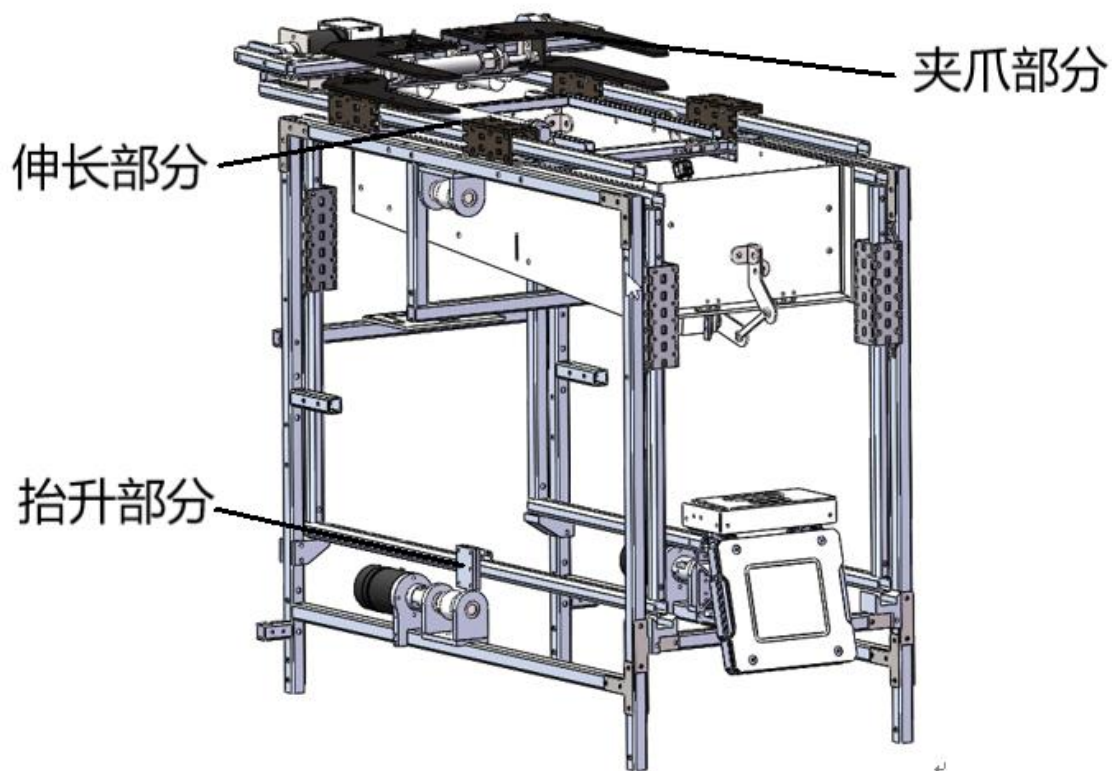


图 3.1.1 取弹结构

3.1.3.1 夹紧气缸的选型

一个装有 20 颗大弹丸的弹药箱约重 $m=1.36\text{kg}$ ，气缸内的气压选定为 $P=0.8\text{MPa}$ ，弹药箱与夹爪间的静摩擦系数取 $\mu=0.5$ ，夹爪部分如图 3.1.2 所示。

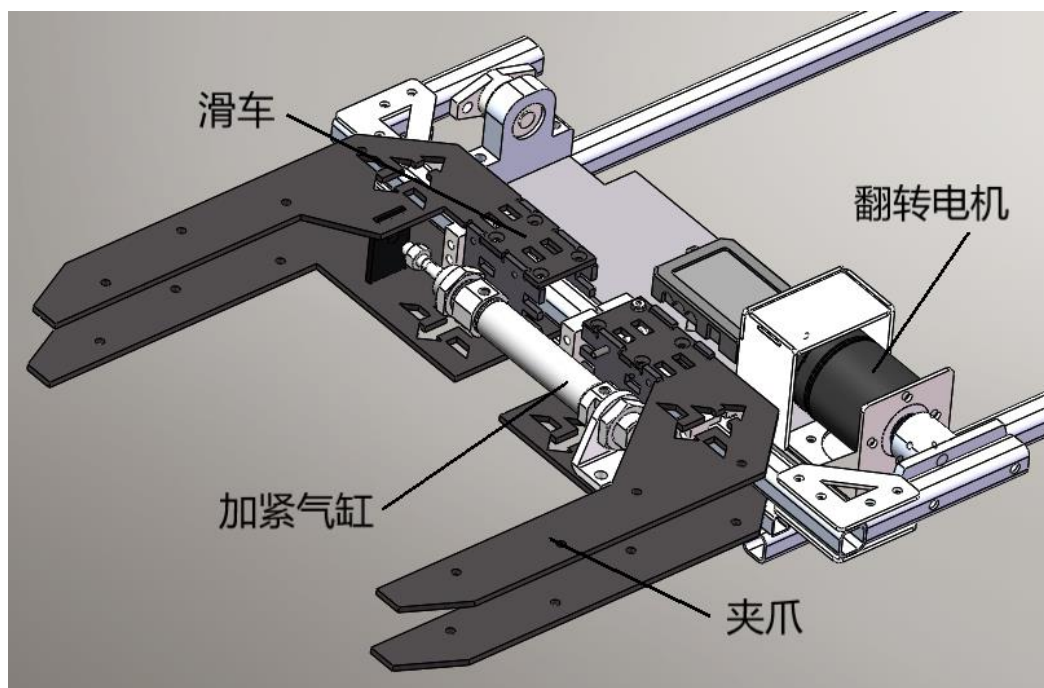


图 3.1.2 夹爪部分

计算夹爪所需的夹紧力为：

$$F_N = \frac{m_1 g}{\mu_1} = \frac{1.36 \times 9.8}{0.5} = 26.66 N$$

由于夹爪夹紧的动作是靠气缸活塞杆收缩动作实现的，取安全系数为 $K=1.5$ ，因此气缸的拉力为：

$$F = F_N \times K = 26.66 N \times 1.5 = 39.99 N$$


可得到气缸有杆腔的面积为：

$$\Delta A = \frac{F}{P} = \frac{39.99}{0.8 \times 10^6} = 0.5 \text{ cm}^2$$

由表 3.1.3 气缸理论输出力表，根据气缸有杆腔面积 $\Delta A=0.5 \text{ cm}^2$ ，气缸拉力 $F=39.99 \text{ N}$ ，我们可知选择缸径 D 为 10mm，活塞杆直径 d 为 4mm，行程为 40mm 的气缸，符合设计需求。

$$F=P \frac{D^2 \cdot \pi \cdot 10}{4}$$

F =理论气缸出力 (N)
 P =空气压力 (bar)
 d =活塞杆直径 (mm)
 A =缸径 (cm²)



其中：推力面积 $\frac{\pi}{4} A_1^2$ ($A_1=D$ ，拉力面积为 $\frac{\pi}{4} A_2^2 = \frac{\pi}{4} (A_1^2 - d^2)$)

缸径 D (mm)	活塞杆 d(mm)	输出力 F (N)	受压面积 A (cm ²) B (cm ²)	工作压力 (Mpa)						
				0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
6	3	F1	0.28	5.6	8.4	11.2	14	16.8	19.6	22.4
		F2	0.21	4.2	6.3	8.4	10.5	12.6	14.7	16.8
10	4	F1	0.79	15.8	23.7	31.6	39.5	47.4	55.3	63.2
		F2	0.66	13.5	19.8	26.4	33	39.6	46.2	52.8
12	6	F1	1.13	22.6	33.9	43.2	56.5	67.8	79.1	90.4
		F2	0.85	17	15.5	34	42.5	51	59.5	68
16	6	F1	2.01	40.2	60.3	80.4	100.5	120.6	140.7	160.8
		F2	1.72	34.4	51.6	68.8	86	103.2	120.4	137.6
20	8	F1	3.14	62.8	94.2	125.7	157.1	188.5	220	251
		F2	2.64	52.8	79.2	105.6	132	158.4	184.8	211.2
25	10	F1	4.91	98.2	147.3	196.3	245	294	344	393
		F2	4.12	82.4	123.4	164.8	206	247.2	288.4	329.6
32	12	F1	8.03	160.6	240.9	321.3	401.5	481.8	562.1	642.4
		F2	6.91	138.2	207.3	276.4	345.5	414.6	483.7	552.8

表 3.1.3 气缸理论输出力表

3.1.3.2 翻转电机选型

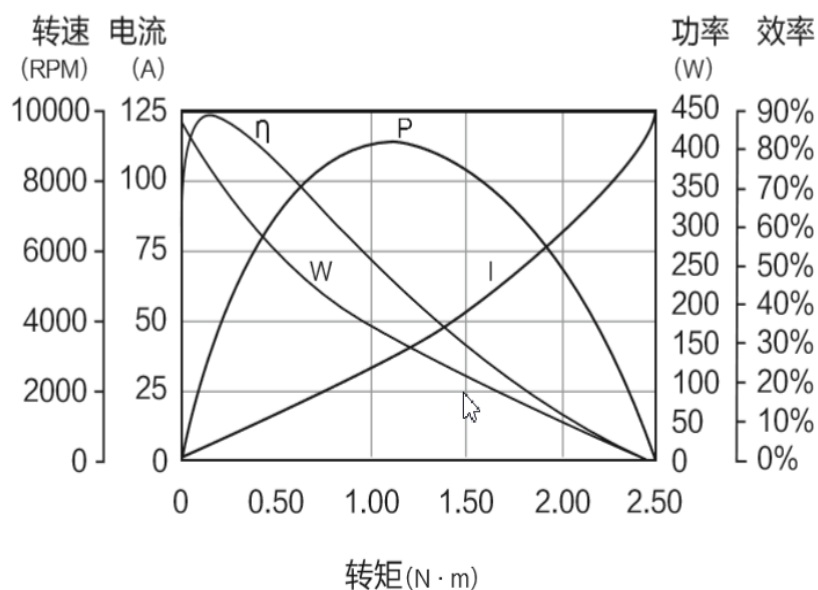
一个在资源岛上装有 20 个 42mm 弹丸的弹药箱重量为 $m_1=1360g=1.36kg$ ，已知：夹爪长为 $l_1=275mm$ ，夹爪重量为 $m_2=0.575kg$ ，夹爪等效力臂为 $l_2=90mm$ ，可以得到电机的负载为：

$$M=m_1gl_1+m_2gl_2=1.36\times9.8\times0.275+0.575\times9.8\times0.09=4.17N\cdot m$$

电机初步采用 RM3510 减速电机，传动比为 27:1，所以所需电机的扭矩为：

$$T=M\times i=4.17\times\frac{1}{27}=0.15N\cdot m$$

根据电机的性能参数，如表 3.1.5 所示，给出了在输出电压为 24V 时，不同转矩下对应的电机转速、电流、输出功率及效率性能参数。如表 3.1.5 所示，几个典型状态下电机的性能参数。电机状态处于最大效率点附近，可以满足工作要求。



注: W—转速, I—电流, P—输出, η —效率

表 3.1.4 不同转矩下的电机转速、电流、输出功率及效率性能参数

电机状态	空载	最大效率点	最大功率点	堵转点
转矩 (N·m)	0	0.14	1.06	2.48
转速 (RPM)	9600	8371	3649	0
电流 (A)	0.50	5.91	35.20	122.62
输出 (W)	0	125.50	404.69	0
效率	0	88.43%	47.91%	0

注: 该数据为不含减速箱的电机参数, 且由于调速器的功率限制, 实际电流会限制在大约 20 A 以下。

表 3.1.5 典型状态下电机的性能参数

3.1.4 对取弹结构用 ADAMS 进行动力学仿真分析

1) 分析对象: 取弹机构能否顺利取得岛下前排弹药箱内的大弹丸。

2) 条件：经计算弹药箱及大弹丸的总质量约为 0.8kg。

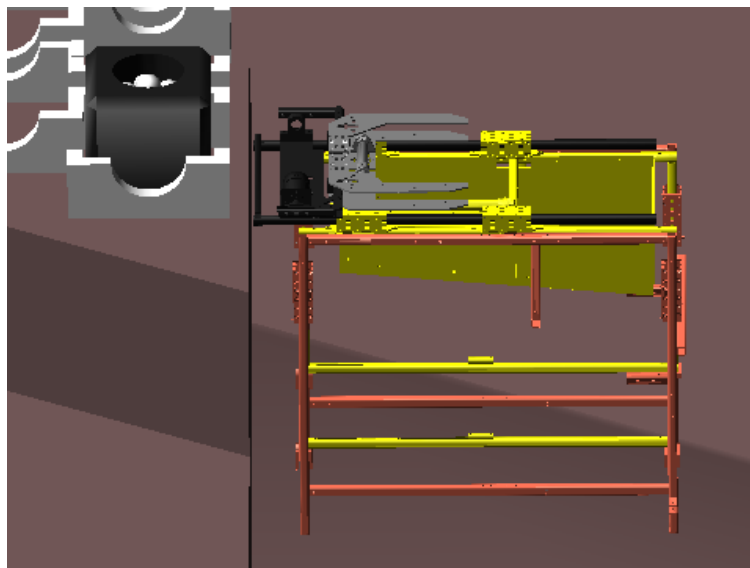


图 3.1.6 取弹结构建模

3) 建模过程：对取弹结构进行简化处理。将取弹结构与资源岛模块在 solidworks 中装配好后导入到 Adams 中。主要与分析有关的结构为夹爪结构，对它们进行如图 3.1.6 的建模。

4) 参数设置

1. 设置弹药箱质量为 0.5kg，大弹丸质量为 0.042kg，夹爪质量为 1.5kg，图 3.1.7 为弹药箱质量设置。

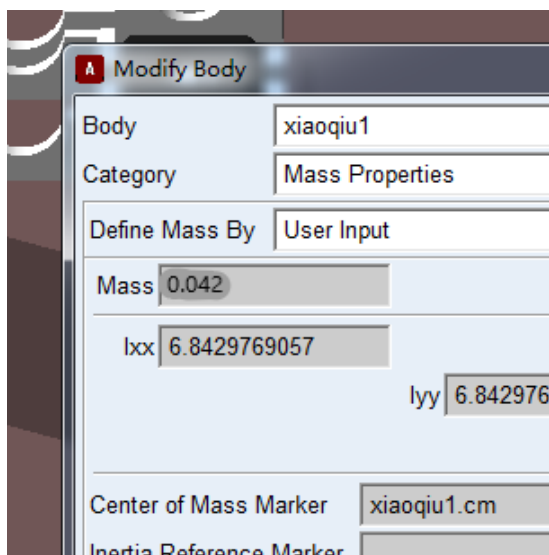


图 3.1.7 弹药箱质量设置

2. 弹药箱与夹爪的摩擦系数和接触力的设置如图 3.1.8 所示。

Rubber (Dry)	Acrylic	2855.000	0.570	1.1	0.1	0.1	10	0.15	0.1	0.80
--------------	---------	----------	-------	-----	-----	-----	----	------	-----	------

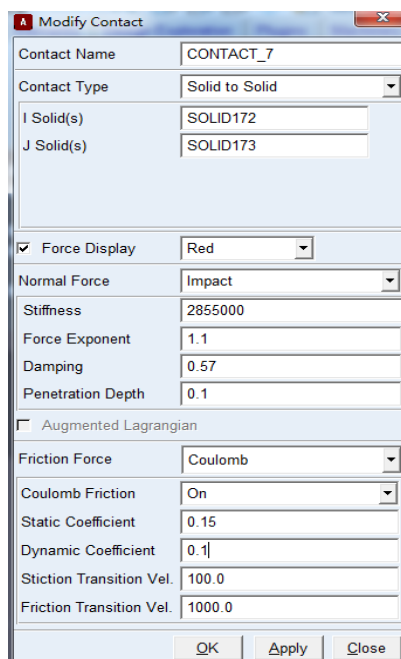


图 3.1.8 摩擦系数的设置

3. 为了模拟工程机器人的抬升过程，在取弹结构抬升部分设置移动副及函数如图 3.1.9 所示，函数的意义为，工程车抬升部分 0 到 1s 抬升 90mm，2.5 到 3.5s 抬升 100mm，7 到 19s 下降 190mm。

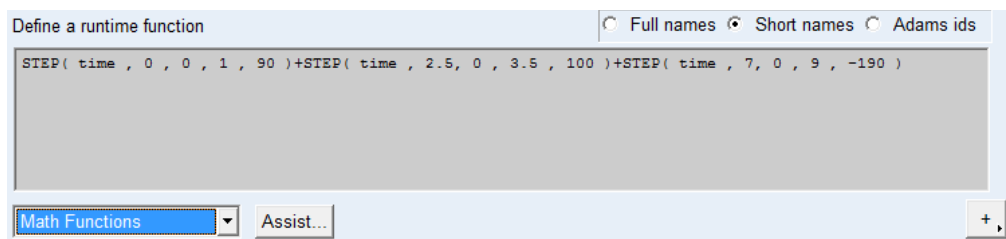


图 3.1.9 抬升部分移动副函数设置

4. 模拟夹爪伸缩时的气缸过程，在气缸处设置移动副及函数，如图 3.1.10 所示，函数的意义为气缸 0 到 1s 伸出 20mm，2 到 2.5s 收缩 20mm，5.5 到 6s 伸出 20mm。

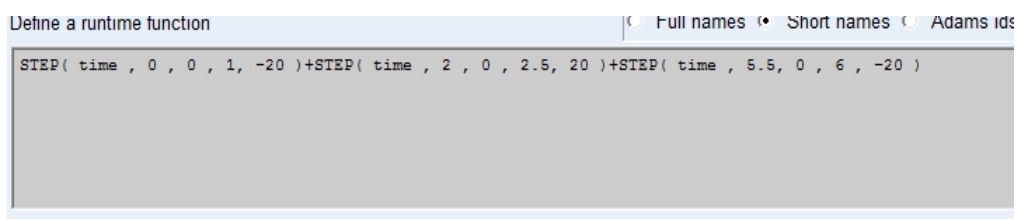


图 3.1.10 夹紧气缸移动副函数设置

5. 模拟夹爪的翻转过程，设置转动副及函数如图 3.1.11 所示，其意义为 1 到 2s 旋转 180 度，3.5 到 4.5s 反转 180 度，4.5 到 5.5s 旋转 180 度，6 到 7s 反转 180 度。

```
STEP( time , 1 , 0d , 2 , -180d )+STEP( time , 3.5, 0d , 4.5 , 180d )+STEP( time ,4.5, 0d , 5.5 , -180d)+STEP( time , 6, 0d , 7, 180d)
```

图 3.1.11 翻转电机转动副函数设置

5) Adams 仿真结果

从 Adams 运动仿真结果中我们可得出方案可行，如图 3.1.12 所示。

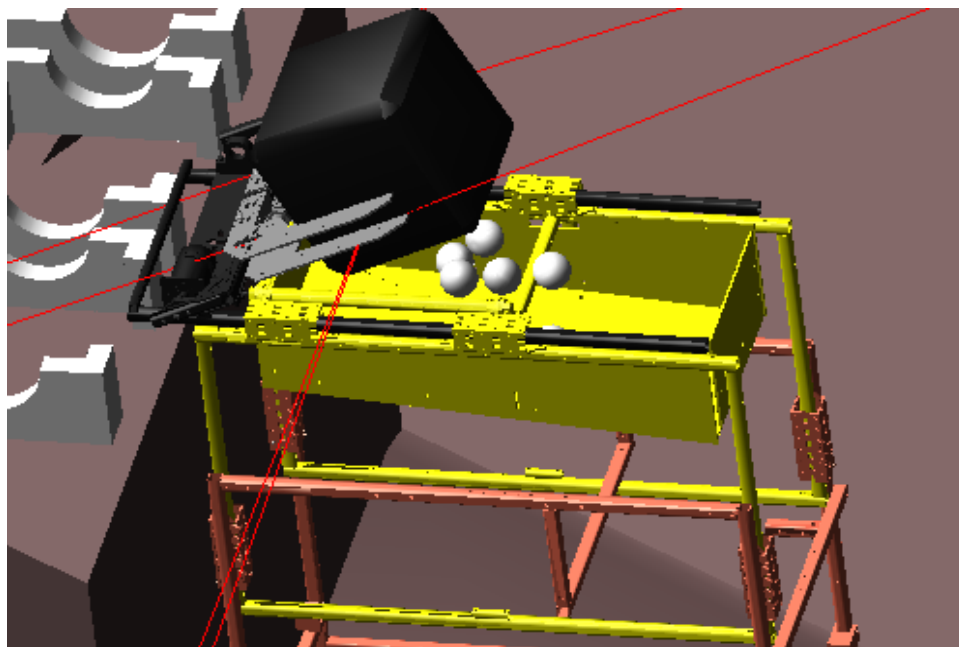


图 3.1.12 Adams 运动仿真结构

3.2 同步带电机座设计图纸

同步带电机座用于紧固电机连接至方管上，由电机传递扭矩实现同步带抬升。设计同步带电机座，见附录

一。

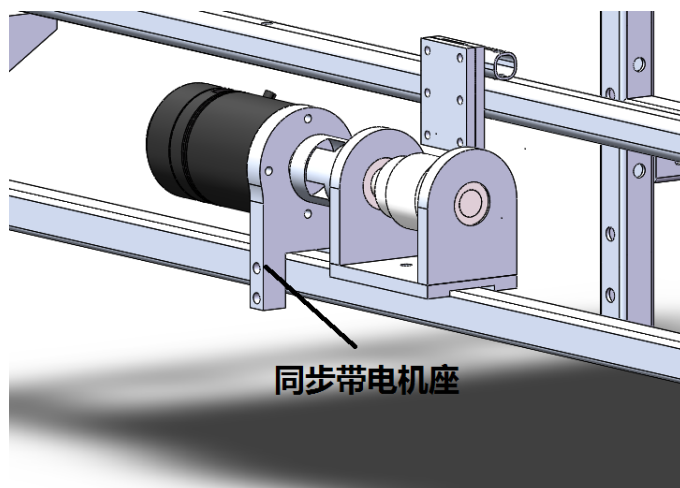


图3.2.1 同步带电机座示意图

3.3 同步带电机座材料和工艺

对同步带电机座进行材料与工艺分析。

3.3.1 材料选择：6061 铝合金

6061 铝合金是经热处理预拉伸工艺生产的高品质铝合金产品，具有加工性能极佳、良好的抗腐蚀性、韧性强及加工后不变形、材料致密无缺陷等优良特点，满足零件性能要求，其成本较低廉，通过淘宝采购方便。

3.3.2 加工工艺路线

见附录二。

3.3.3 加工成本分析

校内自行加工，只需材料成本，加工 4 件成本 80 元铝板。

3.3.4 不同批量下的降低成本方案

单件小批量下，材料成本方面无法降低，中大批量可以降低一些材料成本，并可以通过不同机床来加工不同工序节约时间成本，不同批量都可以通过优化加工参数来降低时间成本，例如选用合适的毛胚，根据精度要去调整加工工序参数。

3.4 有限元分析

3.4.1 加载条件

已知岛上弹药箱的重量为1.36kg，工程机器人取弹过程中夹爪局部表面与弹药箱接触不分离，由于四块夹爪受力均匀一致，选取其中一块进行有限元分析。根据受力分析，夹爪受到弹药箱给的10N向上的摩擦力，取弹时夹爪的夹紧力通过滑车作用，即为20N方向垂直弹药箱表面的夹紧力。

将夹爪与弹药箱接触部分分割出来如图3.4.1所示。

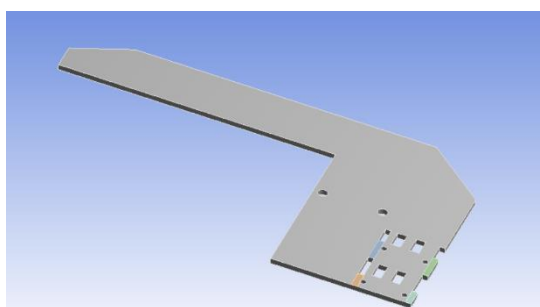


图3.4.1 平面分割

对夹爪施加约束条件如图3.4.2所示，对夹爪接触面添加向上10N的摩擦力如图3.4.3所示，对夹爪添加20N夹紧力如图3.4.4所示。

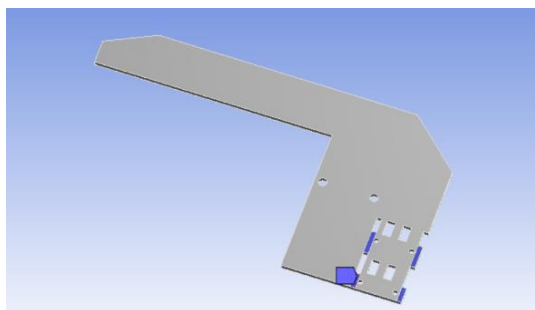


图3.4.2 约束条件

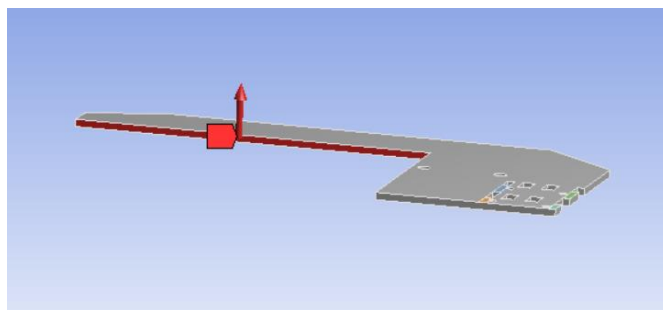


图3.4.3 10N摩擦力加载

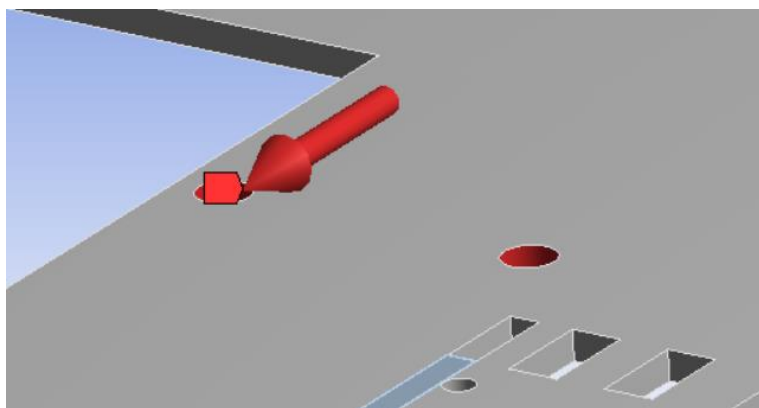


图3.4.4 20N夹紧力加载

3.4.2 网格划分

1) 单元划分的大小

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。因此，我们选择网格单元的大小为10mm（图3.4.5）。

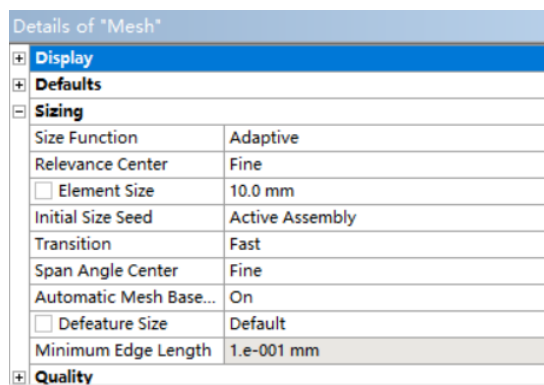


图3.4.5 网格单元大小

2) 网格单元的类型选择

由于夹爪仅仅是一个部件，并不复杂，因此我们选择网格类型为三角形。夹爪网格划分后如下图3.4.6所示：

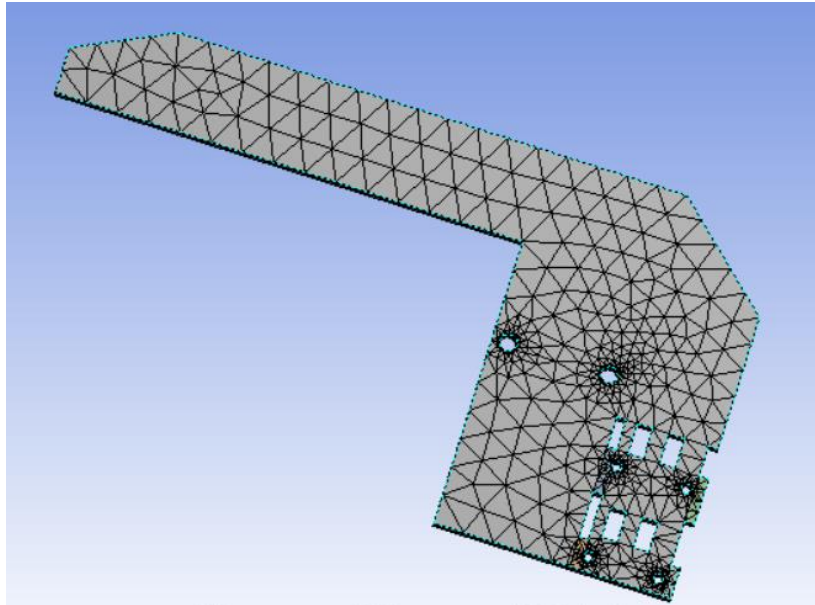


图3.4.6 网格划分后的结果图

3.4.3 结果分析

进行ansys分析得结果图：

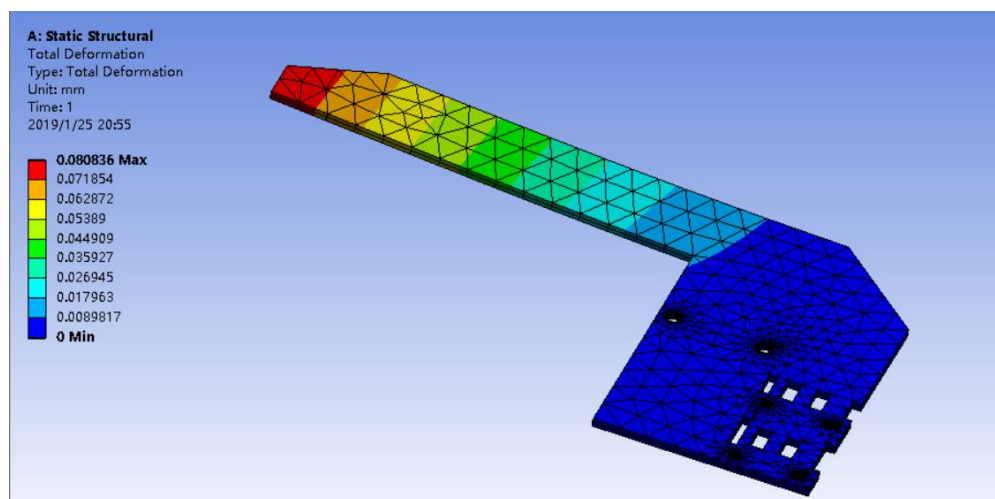


图3.4.7 位移图

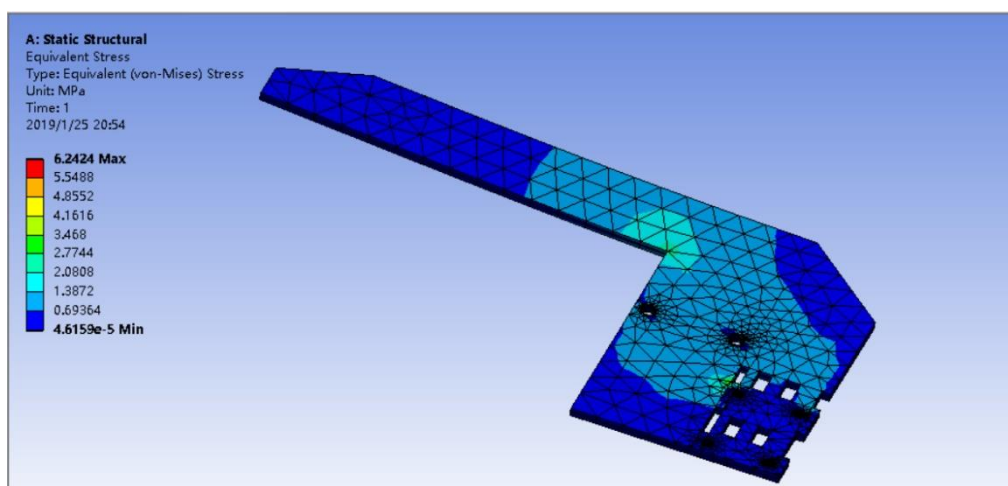


图3.4.8 第三理论应力图

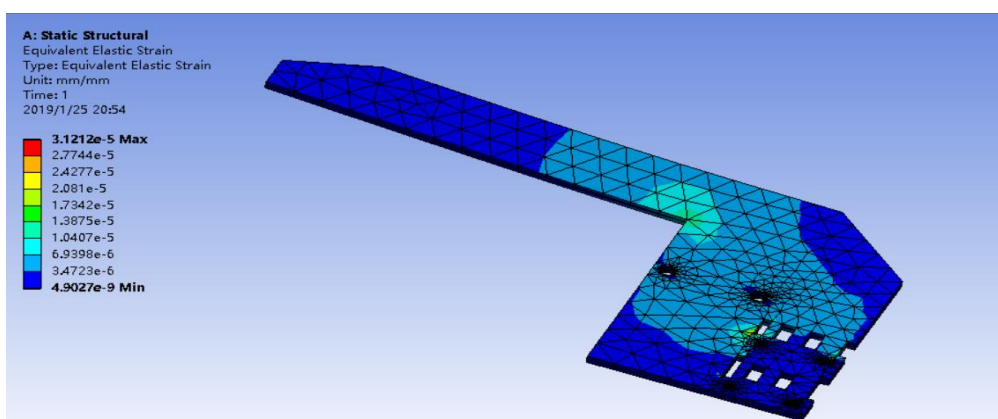


图3.4.9 应变图

由以上图得结果:最大位移为0.081mm, 最大应力为6.2424Mpa, 最大应变为3.12e-5mm/mm。结果满足要求。

3.4.4 优化处理

我们基于ANSYS进行拓扑优化。在ANSYS中, 我们选择拓扑优化, 同时进行拓扑优化和静力学分析模块的关联 (图3.4.10), 使得拓扑优化与静力学分析中的模型网格大小、材质等相同。

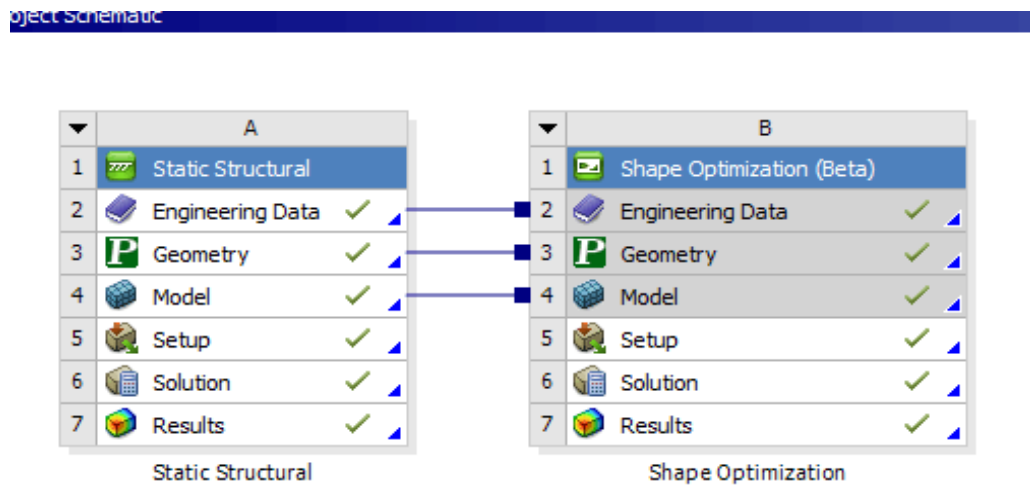


图3.4.10 Ansys模块关联图

我们在拓扑优化中设置去除20%的材料（图3.4.11）。

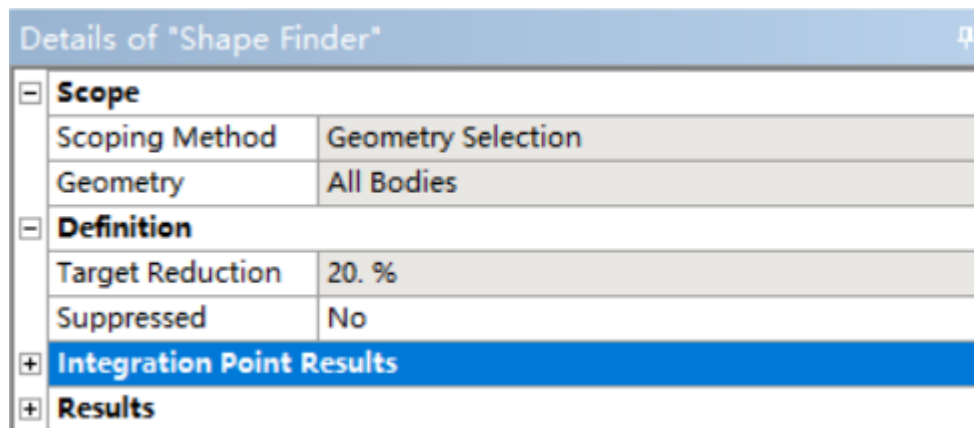


图3.4.11 去除材料

进行拓扑优化得以下结果图。

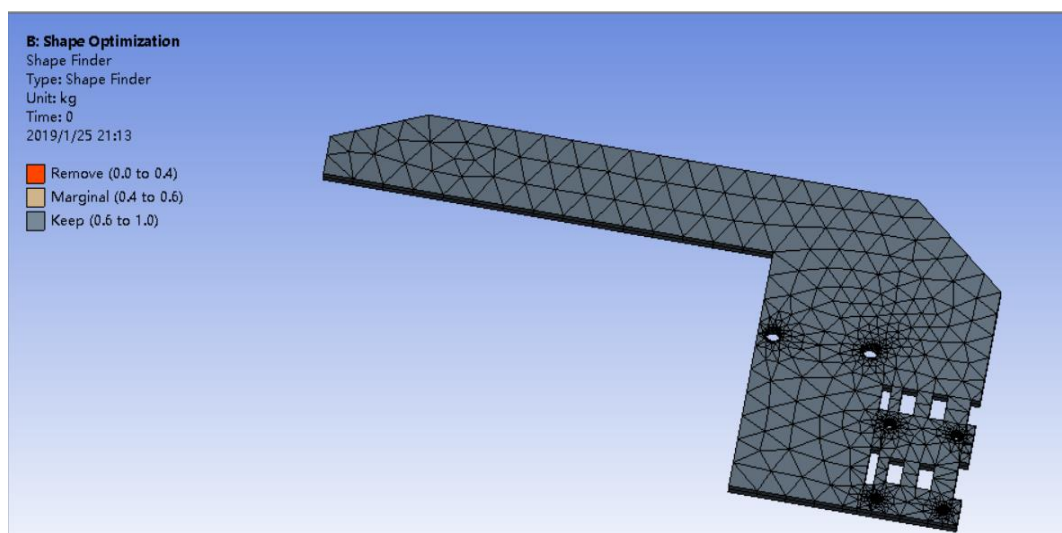


图3.4.12 拓扑优化结果图

可得该结构所能进行优化的地方较少，继续减少材料将会对结构的强度有较大影响，导致无法顺利的夹取弹药箱。

第4章 识别算法设计

4.1 需求分析

装甲板识别打击在RoboMaster比赛中是队伍的核心技术之一。上赛季我们通过判断二值图中两线条是否平行来作为判别依据，但发现随着亮度和曝光度的增加，处理的速度会降低，同时存在着无法精确跟踪的情况。因此，本赛季希望通过深度学习以解决上述弊端。最终我们选择了YOLOV3作为我们的主算法。

4.2 方案设计

4.2.1 识别算法方案

基于YOLOV3算法的装甲板识别效果如下图所示：

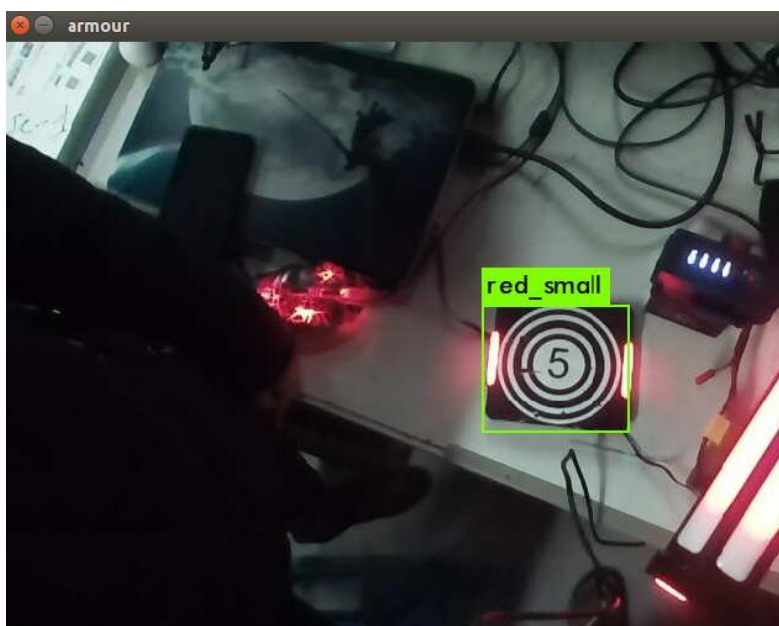


图4.2.1 装甲板识别效果图

在复杂的比赛环境中，如何有效地提取出目标，并标记其在图像中的位置，是定位需要追踪目标的关键问题。经过反复测试，YOLOV3对环境及灯光的适应性突出，在弱光环境下的识别效果图如下图所示：

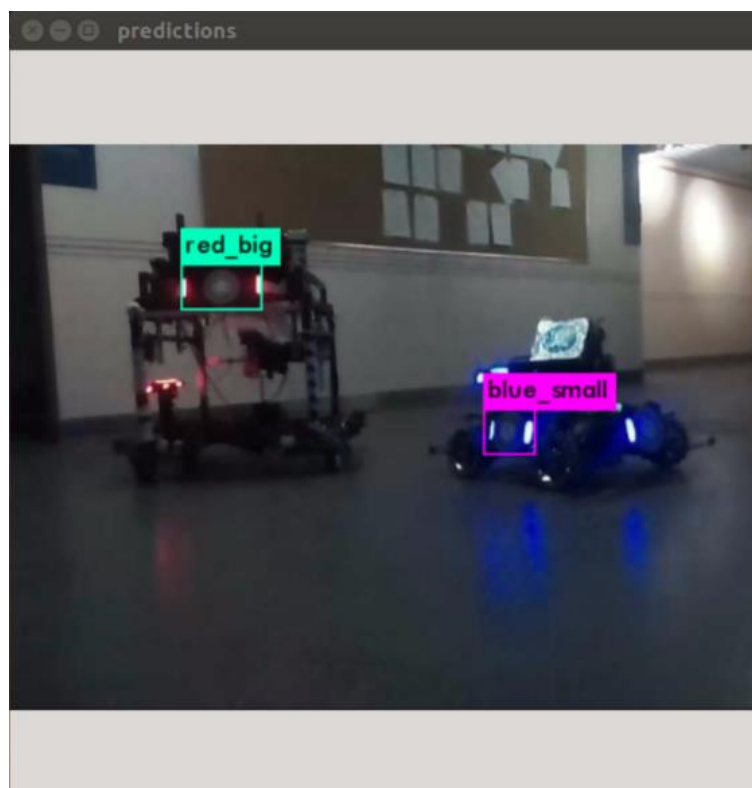


图4.2.2 弱光识别效果图

在对方案的设计上，考虑存在多个目标在视角范围中出现，因此需要在检测的基础上建立一个筛选机制，以便找出适合打击的目标。追踪系统结构图如下图所示：

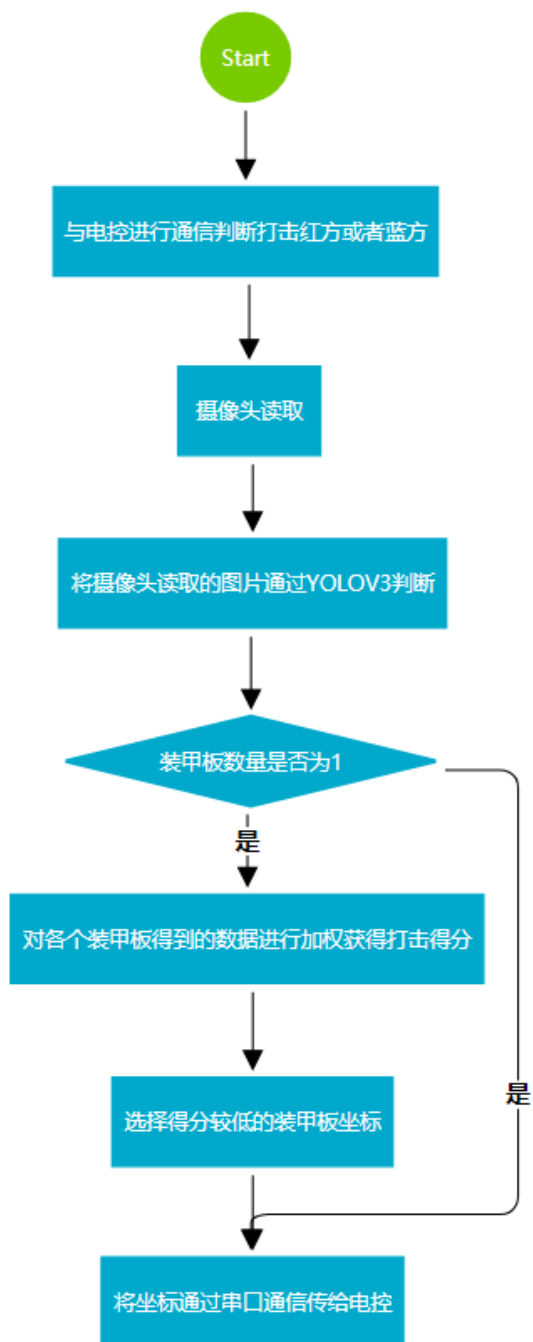


图4.2.3 装甲板打击流程结构图

4.2.2测距：

通过装甲板在现实世界中的高度(rheight)与投影于摄像头中的高度(vheight)之间的比值等同于焦距(F)与摄像头到装甲板之间距离之比，摄像头焦距F通过摄像头标定得到。其原理如下图所示：

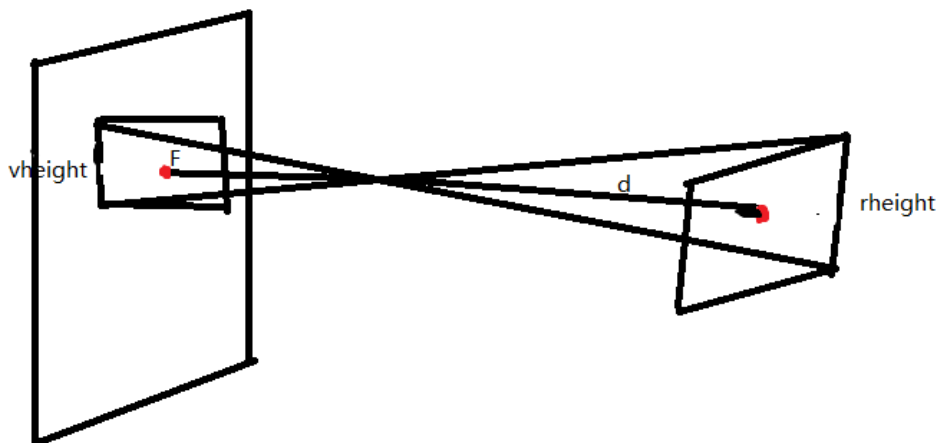


图4.2.4 测距模块相关原理

故

$$\frac{rheight}{vheight} = \frac{d}{F}$$

可得装甲板与摄像头之间的距离：

$$d = \frac{vheight}{rheight} \times F$$

4.2.3目标决策

在进行装甲板选择上，考虑到可能会存在多个目标共同出现在视觉识别范围内，通过加权的方式来确定适合打击的装甲，装甲板的得分公式为：

$$P = \text{Weights1} \times \text{Area} + \text{Weights2} \times \text{Soft} + \text{Weights3} \times \sqrt{(\text{Point_x} - \text{Point_x_b})^2 + (\text{Point_y} - \text{Point_y_b})^2}$$

其中,P 为该类型装甲打击得分值,Area 为装甲板面积；Soft 为装甲板类型；

Point_x,Point_y 分别表示装甲板中心所在的位置的 x,y ;

Point_x_b,Point_y_b 分别表示上次打击的装甲板中心点位置 ;

Weights 参数的选择通过 BPANN 训练得到。

4.3 算法对比与性能分析

方案一：通过OpenCV处理提取装甲板所在位置，为了提高速度与精度，方案一需要对摄像头进行降低曝光度处理，容易对摄像头造成磨损，同时造成了资源的浪费。

方案二：通过YOLOV3算法提取装甲板所在位置，YOLOV3对于小目标的检测效果提升明显。对于搭载有cuda核心的arm架构设备，YOLOV3能达到每秒17帧的速率，符合实时检测的要求。图5是用YOLOV3检测大小装甲板的运行效果图：

```

82 yolo
83 route 79
84 conv 256 1 x 1 / 1 13 x 13 x 512 -> 13 x 13 x 256 0.044 BFLOPs
85 upsample 2x 13 x 13 x 256 -> 26 x 26 x 256
86 route 85 61
87 conv 256 1 x 1 / 1 26 x 26 x 768 -> 26 x 26 x 256 0.266 BFLOPs
88 conv 512 3 x 3 / 1 26 x 26 x 256 -> 26 x 26 x 512 1.595 BFLOPs
89 conv 256 1 x 1 / 1 26 x 26 x 512 -> 26 x 26 x 256 0.177 BFLOPs
90 conv 512 3 x 3 / 1 26 x 26 x 256 -> 26 x 26 x 512 1.595 BFLOPs
91 conv 256 1 x 1 / 1 26 x 26 x 512 -> 26 x 26 x 256 0.177 BFLOPs
92 conv 512 3 x 3 / 1 26 x 26 x 256 -> 26 x 26 x 512 1.595 BFLOPs
93 conv 27 1 x 1 / 1 26 x 26 x 512 -> 26 x 26 x 27 0.019 BFLOPs
94 yolo
95 route 91
96 conv 128 1 x 1 / 1 26 x 26 x 256 -> 26 x 26 x 128 0.044 BFLOPs
97 upsample 2x 26 x 26 x 128 -> 52 x 52 x 128
98 route 97 36
99 conv 128 1 x 1 / 1 52 x 52 x 384 -> 52 x 52 x 128 0.266 BFLOPs
100 conv 256 3 x 3 / 1 52 x 52 x 128 -> 52 x 52 x 256 1.595 BFLOPs
101 conv 128 1 x 1 / 1 52 x 52 x 256 -> 52 x 52 x 128 0.177 BFLOPs
102 conv 256 3 x 3 / 1 52 x 52 x 128 -> 52 x 52 x 256 1.595 BFLOPs
103 conv 128 1 x 1 / 1 52 x 52 x 256 -> 52 x 52 x 128 0.177 BFLOPs
104 conv 256 3 x 3 / 1 52 x 52 x 128 -> 52 x 52 x 256 1.595 BFLOPs
105 conv 27 1 x 1 / 1 52 x 52 x 256 -> 52 x 52 x 27 0.037 BFLOPs
106 yolo
Loading weights from backup/yolov3-voc.backup...Done!
./000156.jpg: Predicted in 0.046562 seconds.
red_blg: 97%
The center is:180.082825,120.692955
blue_small: 95%
The center is:424.507263,244.247910

```

图4.3.1 YOLOV3装甲板识别帧率效果图

第5章 人机工程分析

人机工程的主要问题是人与机器人的协调问题，把人作为系统设计的一部分，让人不再被动地去适应机器，而是与机器共同完成一个系统目标。本次大赛设计过程中我们主要从机械设计以及整机人机交互、布线等方面考虑。

5.1 机械设计的人机工程

英雄机器人在比赛中进入补给站获取17mm弹丸时，通常需要对机器人的位置进行调整来对准落弹口。为了让机器人快速获取弹丸，在机器人顶部加上限位方管。实现当机器人进入补给站时，由于方管限位，仅让小弹舱进入到补给站中，并且处于落弹口的正下方。由此操作手便能快速地将弹舱移动至落弹口的正下方取到弹丸。

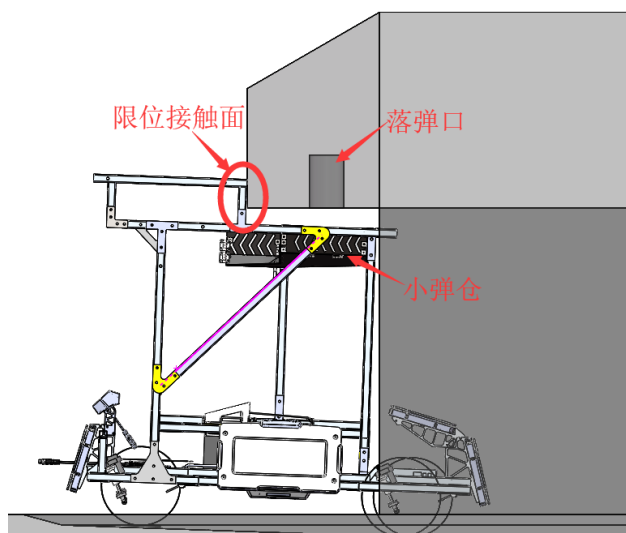


图5.1.1 英雄机器人进入补给站

5.2 整机人机工程

1. 整机布线人机工程

对于一辆完整的步兵车来说，其布线设计尤为重要，便捷的走线方案不仅让外观上变得工整漂亮，更为后期的维护调试提供了方便。而完美的控制板更是省下了不少的线缆。

一辆步兵战车底盘部分的走线大致如下图所示（如图5.2.2），其布线方式采用了横平竖直的原则，线缆贴着底盘架壁走，不易脱落稳定可靠。统一的色调和接口，使整体尤为简洁。

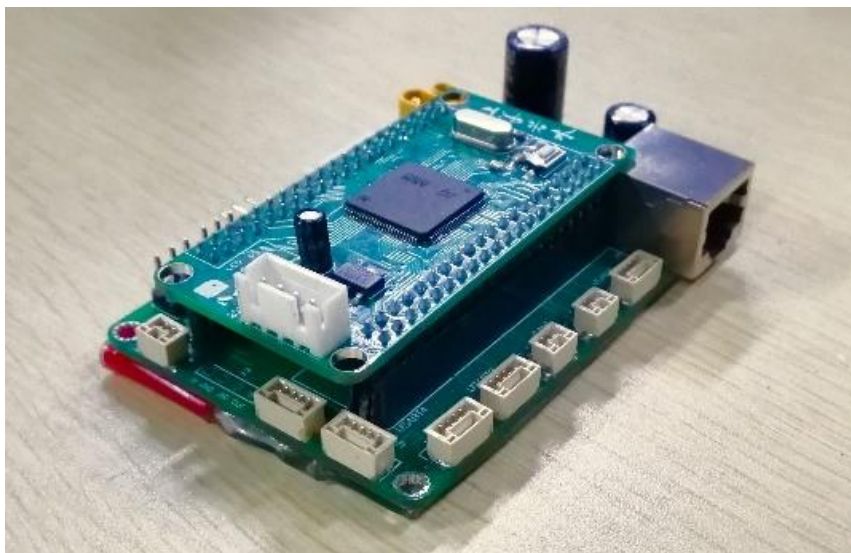


图5.2.1 控制板

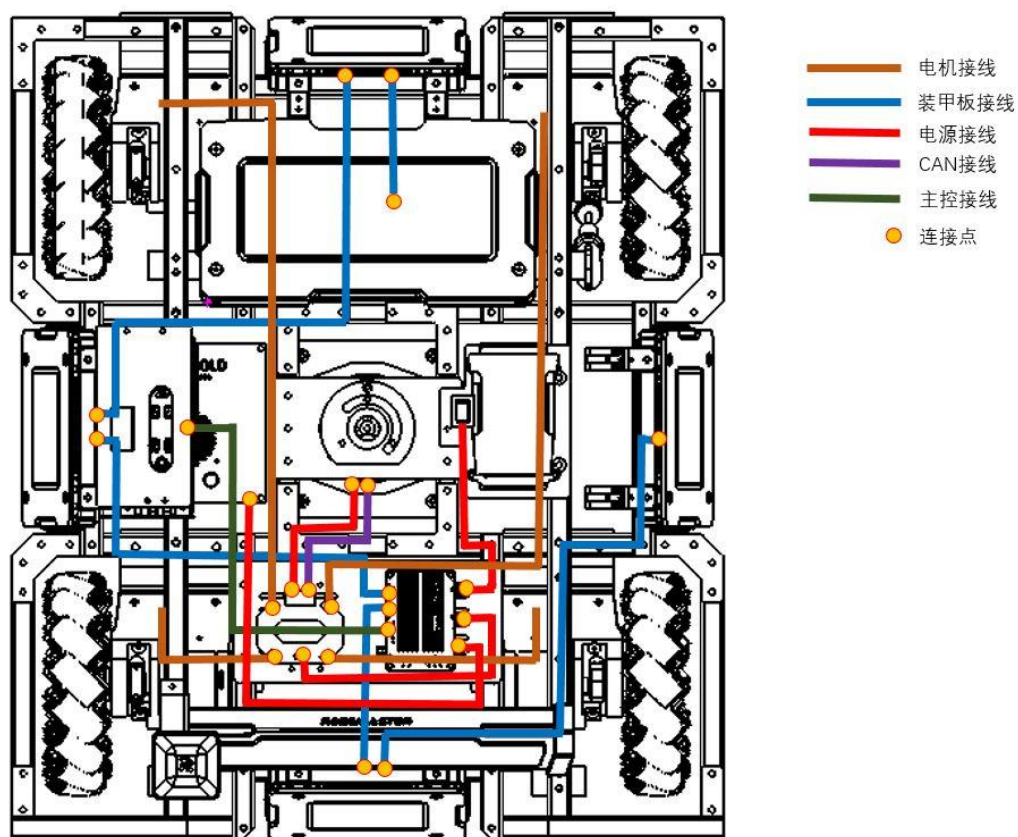


图5.2.2走线图

2. 上位机调参人机工程

为提高调试效率与监控整车各部分数据信息。制作了一款上位机调参监视软件。调试软件的功能主要有：

1) 各个电机 PID 参数显示	2) 各个电机 PID 参数写入
3) 云台实时位置参数显示	4) 云台初始位置参数校准
5) 自定义数据上传图形显示	

机器人通过无线模块上传数据，解决了机器人运动时对电机参数的调整，以及对各个数据的检测。提高了对机器人的调试效率，便于分析各个数据。



图5.2.3 监控软件界面图

第6章 科学设计方法

使用科学方法能够帮助我们更好的分析系统的实际状况和问题所在，并通过计算机辅助设计的手段设计控制器，调整控制器参数。其在实际应用中取得了良好的效果。

6.1 云台模型的辨识

实际应用中，需要获取实际系统的数学模型，并在此基础上进行参数设计和算法仿真。我们将基于系统辨识理论及控制理论中传递函数的知识来获取云台模型。

1. 激励信号的设计：设计频率从1到500Hz递增的正弦信号作为目标输入

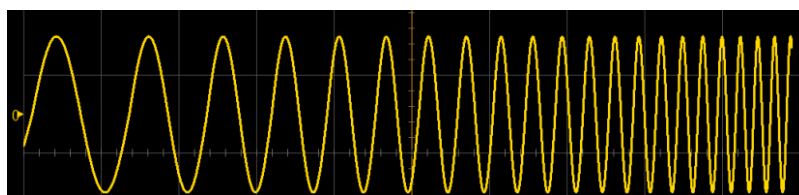


图6.1.1 频率递增的正弦信号

2. 输出信号的获取：将频率递增的正弦信号作为系统输入，使用J-Scope获取运行过程中云台的实际角度。

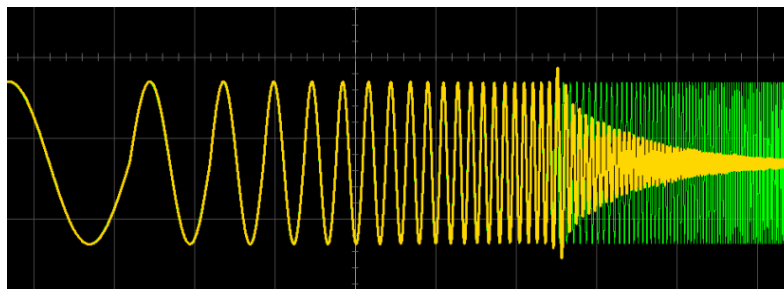


图6.1.2 云台实际角度信号（黄色）

3. 云台闭环传递函数的辨识：将输入输出数据导入到matlab，使用系统辨识工具箱辨识出从目标角度到实际输出角度的4阶传递函数，最终得到传递函数如下：

$$\Phi(s) = \frac{179.7s^2 + 714.2s + 2.539e04}{s^4 + 19.48s^3 + 367.9s^2 + 3045s + 2.725e04}$$

数据拟合程度如下图，拟合程度达到76.24%，拟合曲线较好贴合实际曲线。该传递函数的阶跃响应、伯得图零极点图也如下图所示。

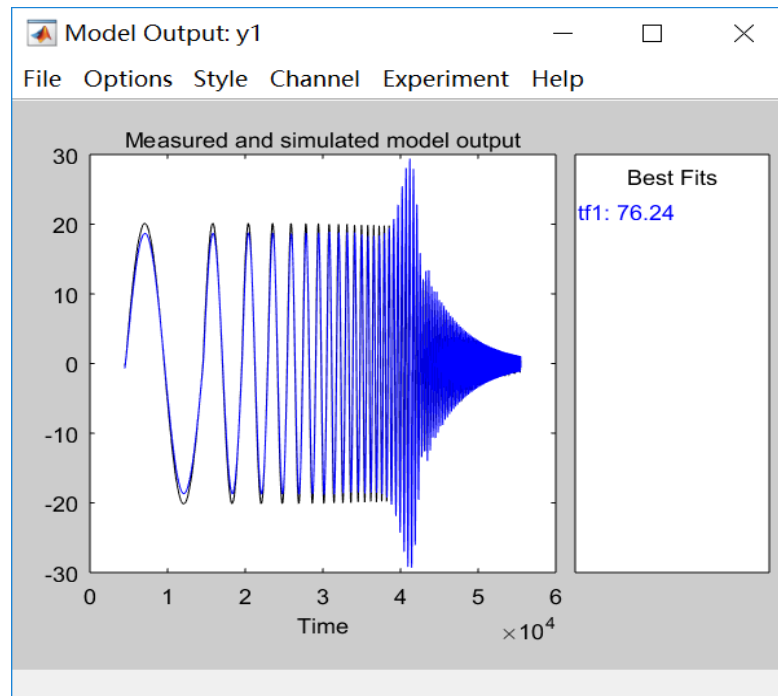


图6.1.3 数据拟合程度

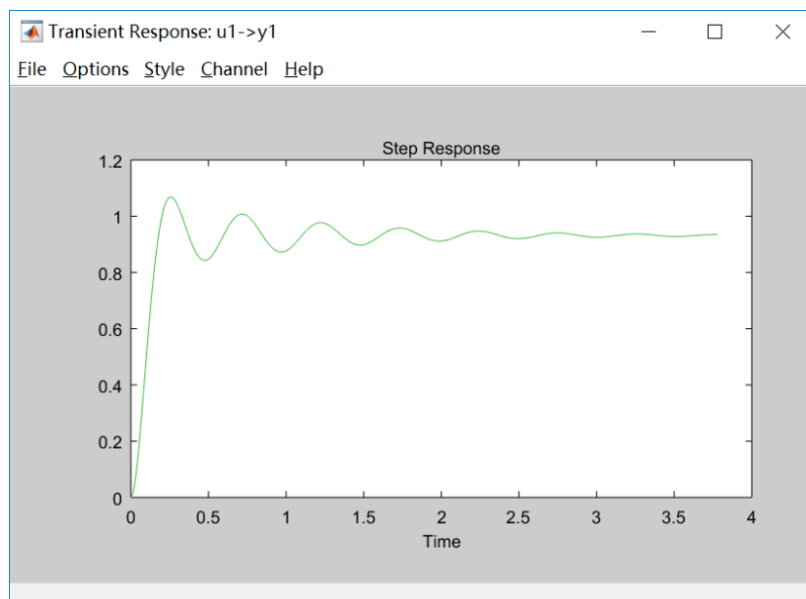


图6.1.4 阶跃响应

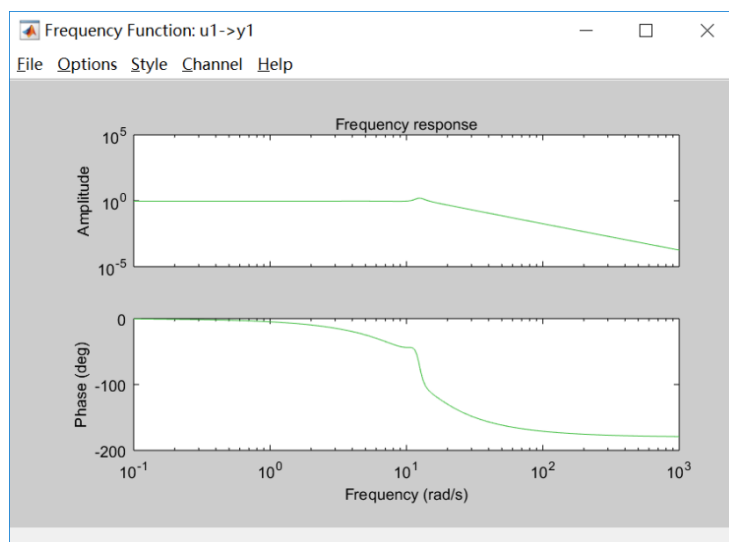


图6.1.5 伯得图

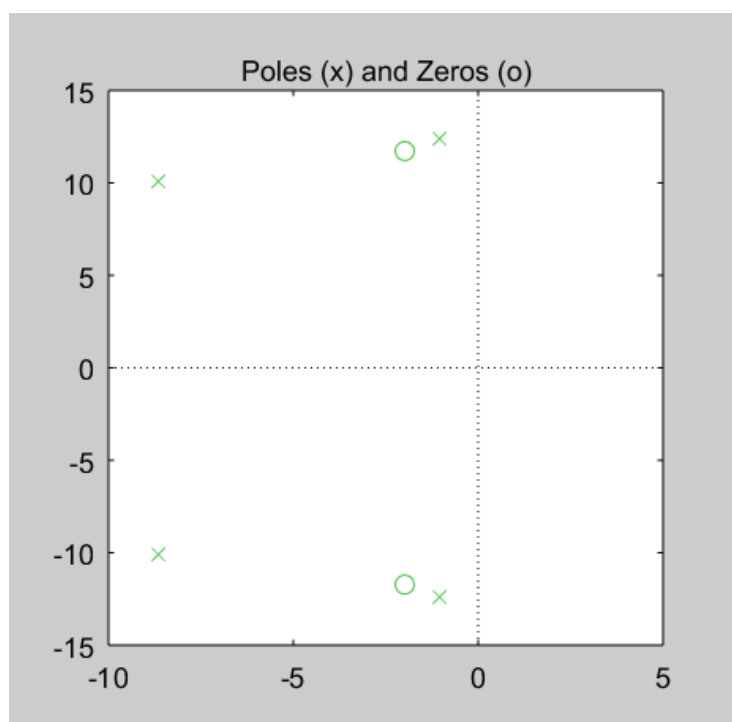


图6.1.6 零极点图

可以看出模型拟合程度较高，可较好地反应系统的动态特性，系统截止频率约为10Hz，并且构成最小相位系统。

4.云台电机开环传递函数的获取：可知系统开环传递函数 $N(s) = C(s) * H(s) * G(s)$ ，其中 $G(s)$ 为云台电机传递函数。

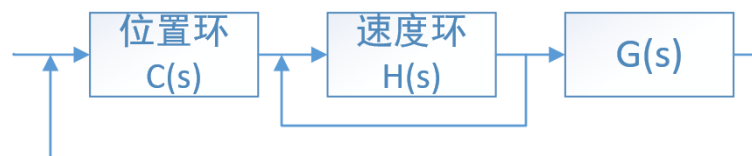


图6.1.7 系统框图

已知云台闭环传递函数 $\Phi(s)$,则开环传递函数 $N(s)$ 可以通过以下公式得到：

$$N(s) = \frac{\Phi(s)}{1 - \Phi(s)}$$

最终获得云台开环传递函数：

$$N(s) = \frac{25.79s + 75.49}{s^3 + 3.913s^2 + 33.9s + 75.25}$$

进一步通过运算获得云台电机传递函数为：

$$G(s) = \frac{-12.65s + 1084}{s^2 + 34.16s + 975}$$

云台电机单位阶跃响应如下：

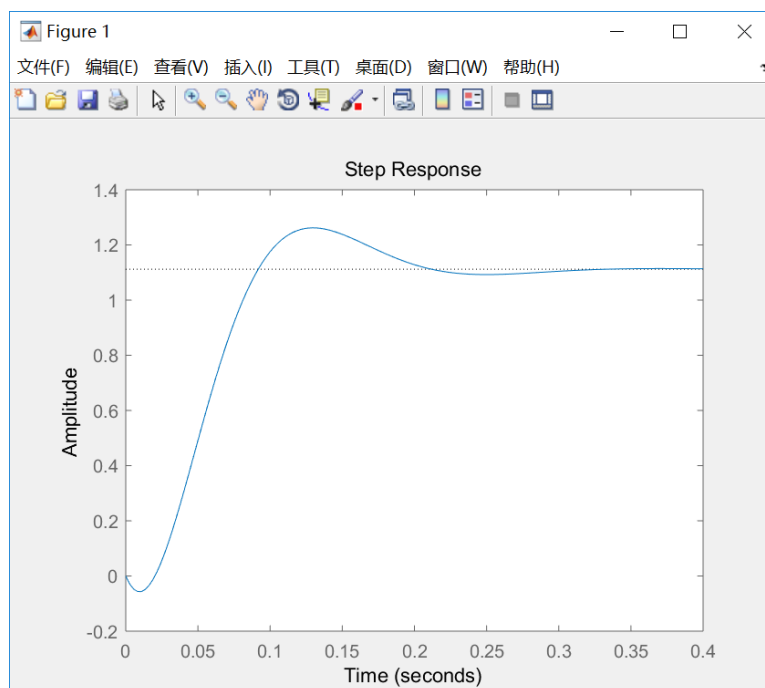


图6.1.8 云台电机单位阶跃响应

6.2 基于云台电机模型的控制器参数设计

在实际云台上调PID参数是一件十分麻烦费力的事。基于云台电机模型建立simulink仿真模型，使用该仿

真平台能够快速调试PID参数，现象直观，易于操作。我们将基于PID控制理论及仿真调试方法来在线设计PID控制器参数。

思路概述：基于云台电机传递函数建立云台角度环和速度环PID的simulink仿真模型，在此基础上可以方便的查看输出曲线，调节PID参数。

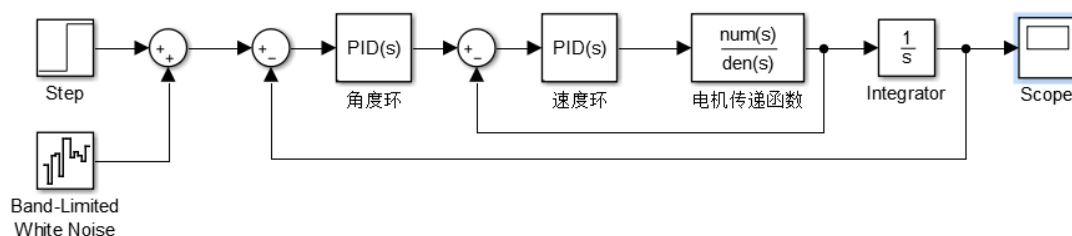


图6.2.1 云台PIDsimulink仿真模型图

在仿真平台上通过多次调试参数，最终获得速度环参数P为35，位置环参数P为13，I为0.4，D为10。系统幅度为50的阶跃响应如下所示。

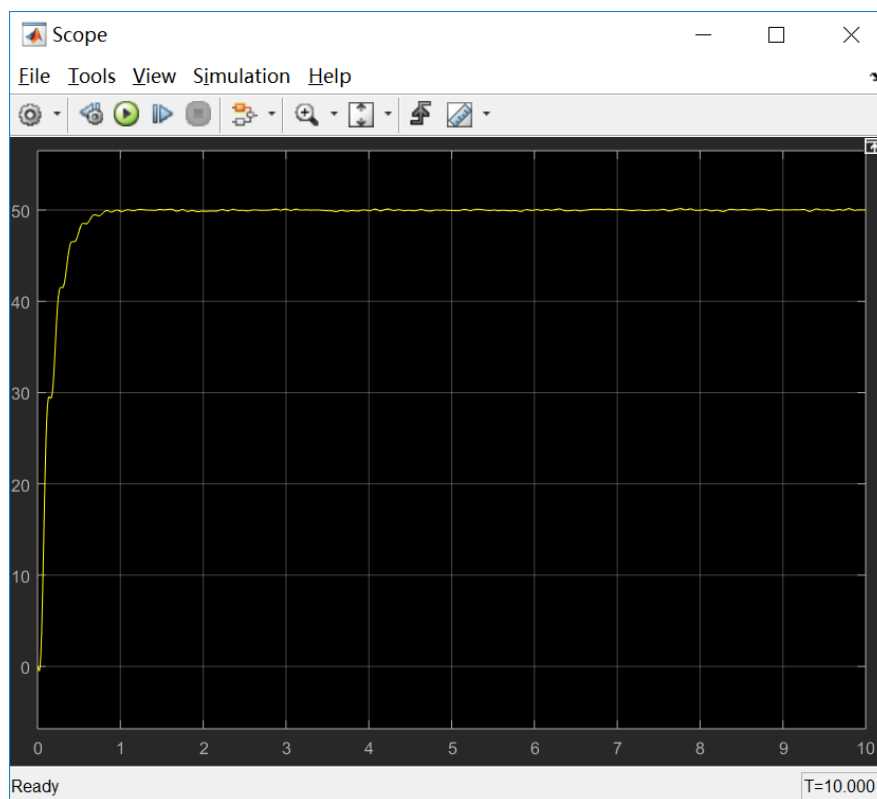


图6.2.2 阶跃响应

第7章 科学实践改进

7.1 测试需求

步兵机器人使用摩擦轮方式发射17mm弹丸为了在相同摩擦轮转速时射击6m外大装甲板命中率进行的实验。寻找最优间距和合适枪管。

7.2 测试方案

结合所查阅的资料，发现在相同电机、相同的弹丸、相同转速情况下。命中率的主要影响因素是发射机构的同轴度和两摩擦轮的间距。因此选用分离式枪管与一体式枪管进行实验测试，找出它最优间距和合适枪管。所以测试方案为分别测出17mm弹丸用分离式枪管、一体式枪管在相同占空比的情况下，11，11.5，12，12.5，13 mm间距下连续射击100颗弹丸的命中率。

7.3 测试结果记录

间距	11mm		11.5mm		12mm		12.5mm		13mm	
次数	分离式	一体式	分离式	一体式	分离式	一体式	分离式	一体式	分离式	一体式
1	22%	19%	20%	30%	21%	41%	26%	32%	12%	24%
2	21%	26%	27%	26%	25%	35%	15%	23%	15%	26%
3	20%	24%	18%	24%	24%	38%	24%	28%	19%	20%
4	15%	25%	19%	25%	26%	29%	21%	24%	15%	18%
5	16%	19%	20%	25%	21%	31%	18%	33%	18%	29%
6	17%	17%	18%	23%	25%	37%	20%	24%	20%	23%
7	26%	21%	25%	26%	27%	28%	23%	26%	17%	19%
8	21%	18%	22%	24%	24%	32%	14%	26%	22%	22%
9	20%	21%	27%	28%	32%	34%	20%	27%	16%	26%
10	16%	17%	25%	26%	28%	31%	15%	33%	21%	30%
平均值	19.4%	20.7%	22.1%	25.7%	25.3%	33.6%	19.6%	27.6%	17.5%	23.7%

表7.3.1 间距11，11.5，12，12.5，13测试数据

7.4 结果分析

将每个间距下测出的命中率进行数值平均处理得出当前间距下的算数平均值。将平均值带入Matlab，cftool工具箱进行数据曲线拟合。

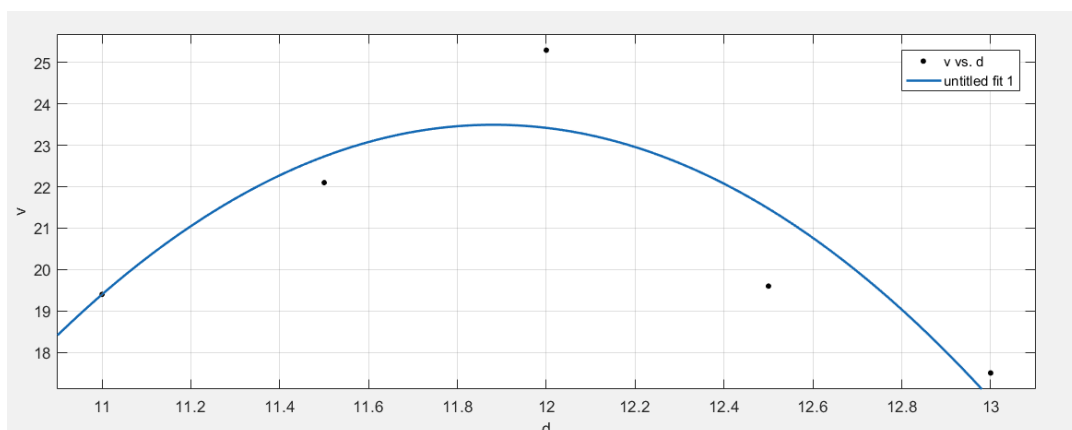


图7.4.1 分离式枪管-命中率曲线图

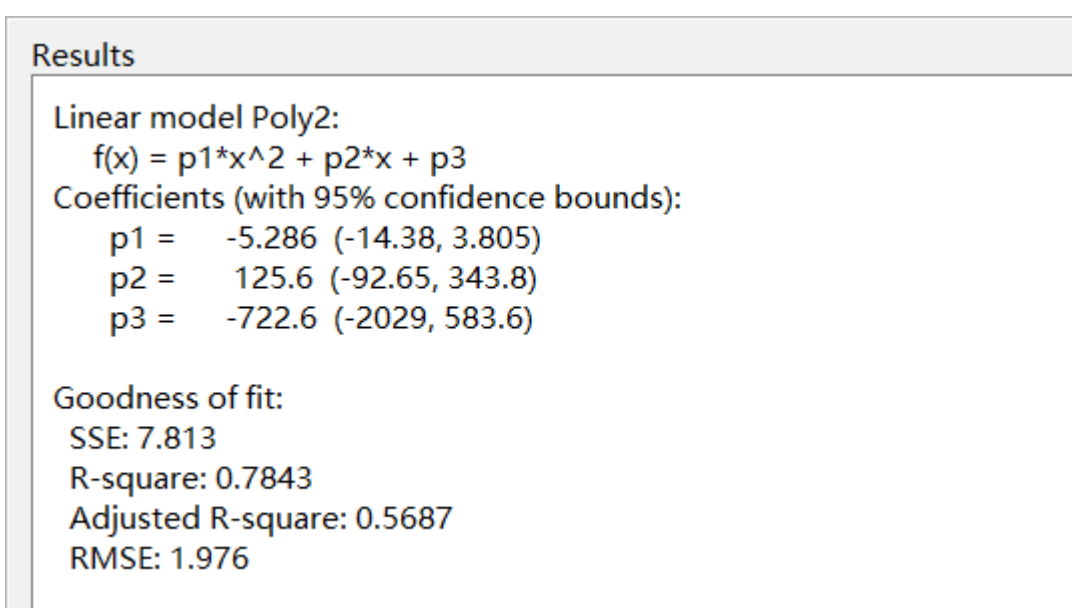


图7.4.2 分离式枪管和命中率的拟合函数

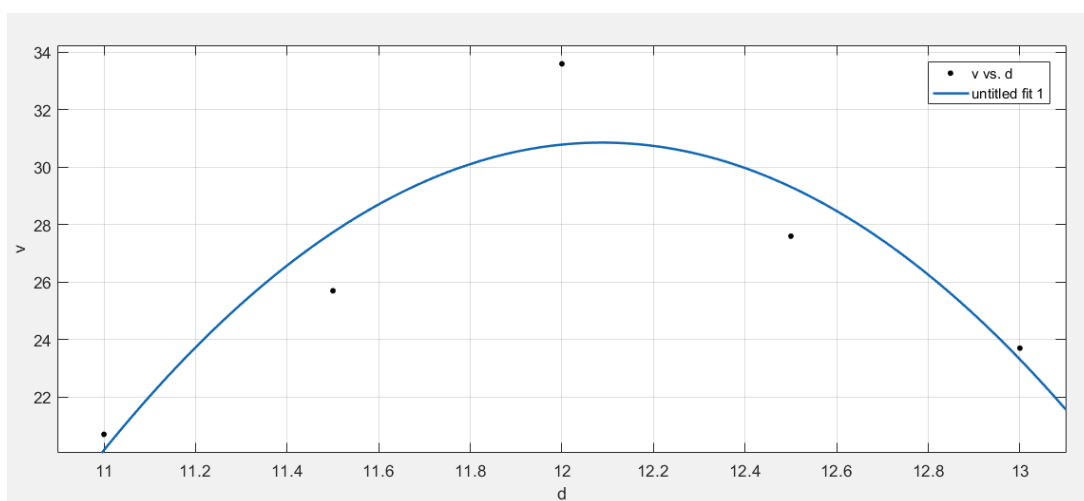


图7.4.3 一体式枪管-命中率曲线图

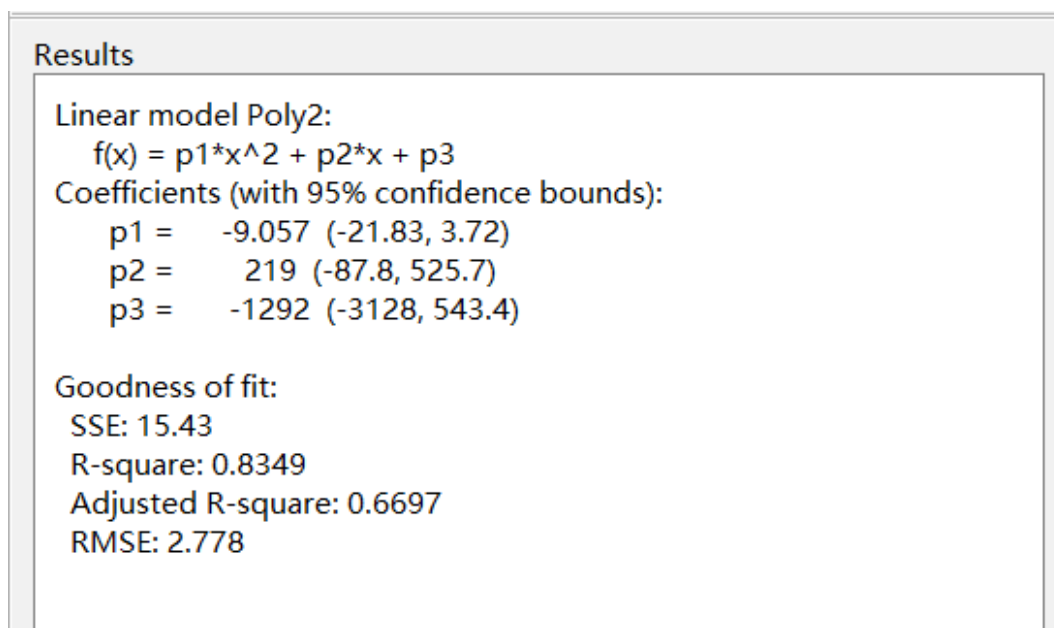


图7.4.4 一体式枪管和命中率的拟合函数

根据分析拟合函数，求出在间距11mm-13mm内，采用摩擦轮间距为12mm的一体式枪管命中率最高。

7.5 优化改进

根据多次测试，发现在提高云台的稳定性、测试多种硬度的摩擦轮以及减少一体式枪管内壁的粗糙度等方面，均可提升命中率。

第8章 传感器选型

一个机器人的传感器至关重要，是机器人自动化的重要组成部分，以工程机器人为例：

- 1、取弹传感器：该传感器在工程机器人上的作用是检测弹药箱位置，使机器人能快速稳定获取弹药箱，减少操作手操作。

方案一：采用摄像头通过视觉识别弹药箱来获取弹药箱的坐标位置。KS4A986摄像模组在同价位的摄像头中像素与帧率较高，故选择此款摄像头。

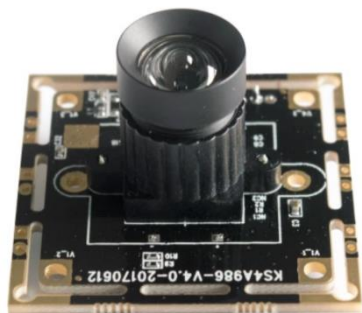


图8.1.1 KS4A986 400万像素30帧摄像头

方案二：采用红外传感器来检测弹药箱。

红外光电开关种类繁多形状多样，如方块状 E3Z-LS61-TB、圆柱状的 E18-D80NK，以及可测距的 GP2Y0A02YK0F。



图 8.1.2 E18-D80NK 红外开关



图 8.1.3 GP2Y0A02YK0F 红外测距传感器

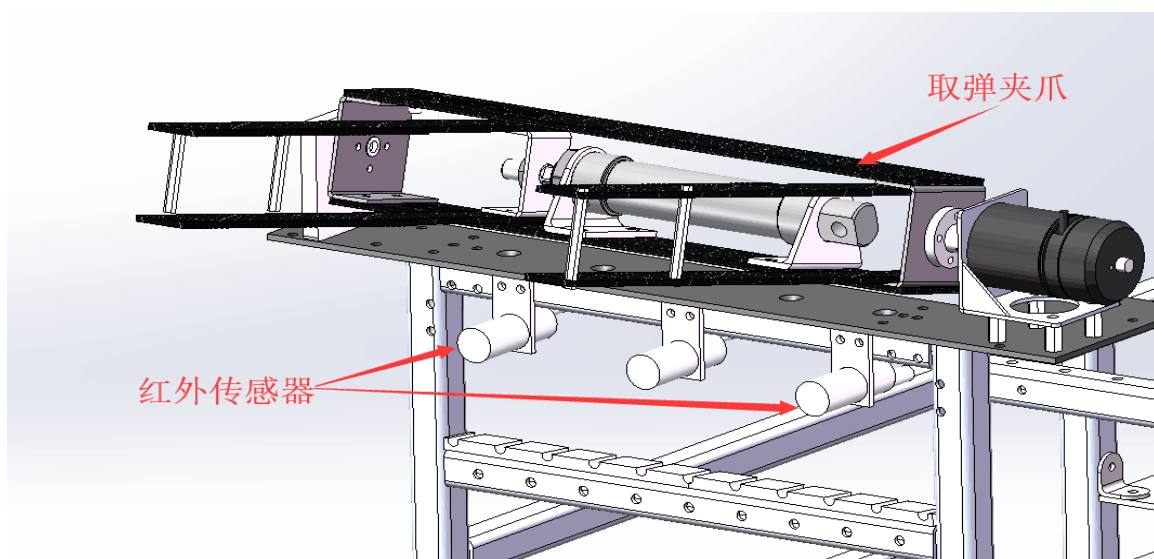


图 8.1.4 红外开关安放位置示意图

总结：方案一虽然识别迅速，能够精确的得到弹药箱坐标，但成本过高，且实现难度大，在方案二也可以达到预期目标的情况下，考虑到资金问题，最终选择方案二。

2、登岛传感器：该传感器在工程机器人上的作用是判断机器人是否达到资源岛与机器人变形情况，使机器人能够达到一键上岛的效果，提高上岛速度与效率，简化操作手操作。

方案一：红外光电开关检测工程机器人是否达到资源岛附近。

方案二：微动行程开关判断工程机器人是否达到资源岛，并且检测机器人伸缩腿是否达到指定位置，其中 LXW5-11M 微动开关最符合行程与承载要求。



图 8.1.5 LXW5-11M 微动开关

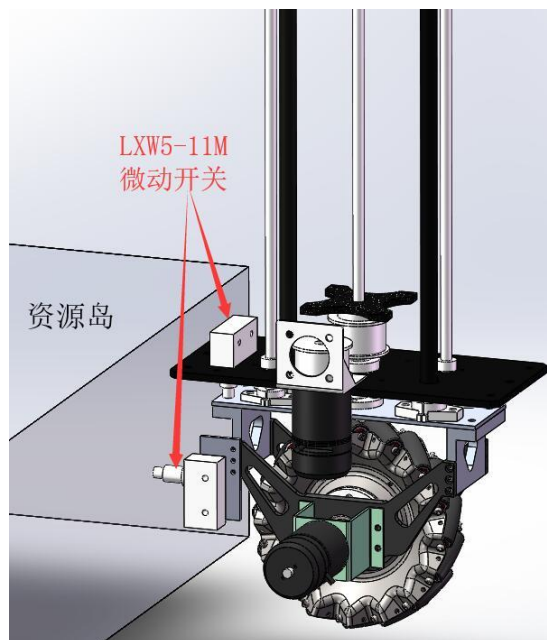


图 8.1.6 微动开关安放位置示意图

总结：红外光电开关虽然可随意调节检测距离，但容易受到其他物体干扰，造成误判断。由于成本差距不大，在保证机器人功能稳定性、鲁棒性的原则下，最终选择方案二。

第9章 创新性

上赛季英雄机器人大小弹丸发射机构合并在一个云台上，导致质量增加惯性大，影响电机控制以及机器人操作体验。因此从云台中分离出小枪管，对大小弹丸发射机构进行分离式设计。同时，为了减轻小枪管云台负重，采用分离式弹仓，采用波纹管输弹。

9.1 弹仓与发射机构的连接方式

分析和了解波纹管管路供弹方式的利弊：管道可任意摆动既方便又节省空间但连接处易出现卡弹现象，于是摒弃了固定管路供弹采用波纹管路的方式，我们决定简化机构消除卡弹，在接口处将一个螺母固定在炮管连接处，波纹管 and 接头迫紧后，接头主体的螺纹和连接处螺母即可实现拆装，由此消除波纹管与炮管连接不紧密和管路台阶，从而保证云台任意运动时始终保持高射频不卡弹。还可快拆退弹。

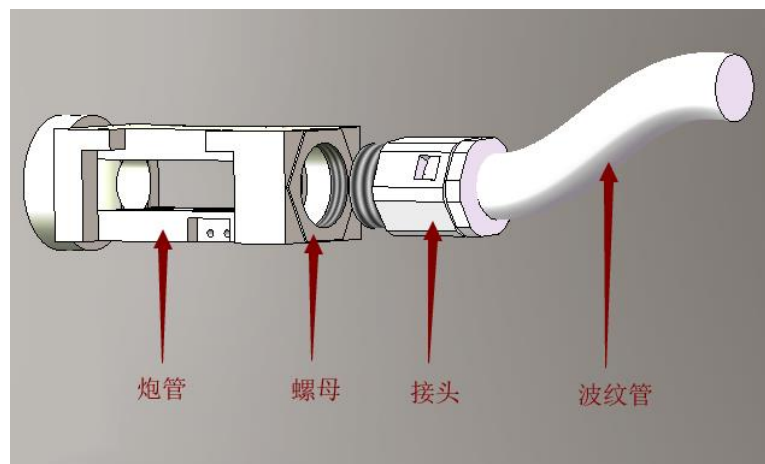


图9.1.1发射机构与波纹管连接图

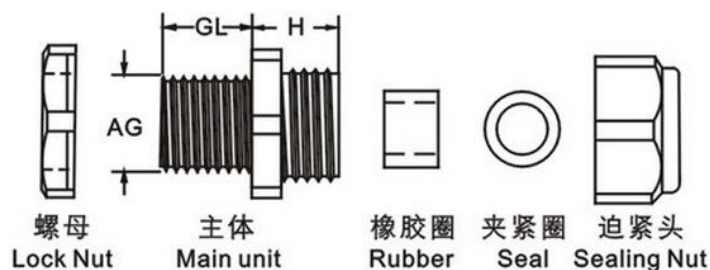


图9.1.2 接头爆炸图

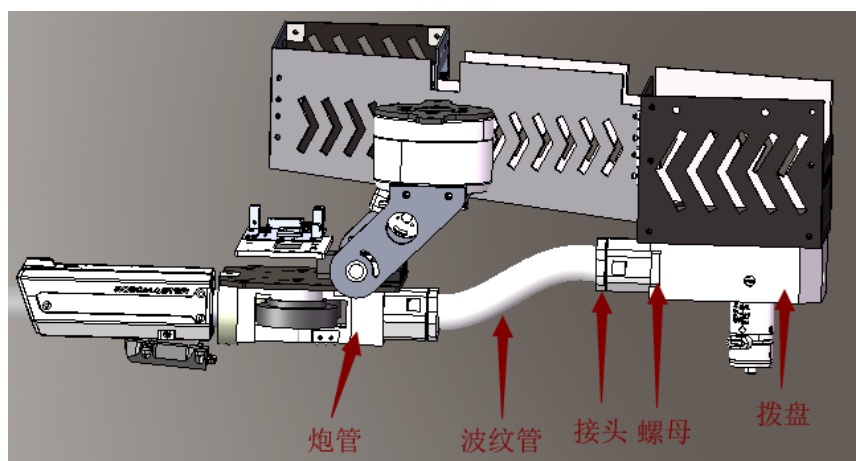


图9.1.3波纹管链路连接图

9.2 小云台Pitch轴设计

为了避免小云台对顶部装甲板和大枪管击打目标的遮挡，必须尽量压缩小云台高度。于是云台两侧采用有斜度的支撑来减少竖直方向的空间（图9.2.2），以及使用比6623扭矩大的2006电机通过同步带减速传动来控制云台俯仰，从而在增大空间利用率的同时，还具备足够扭矩缓解波纹管运动时的牵扯力。

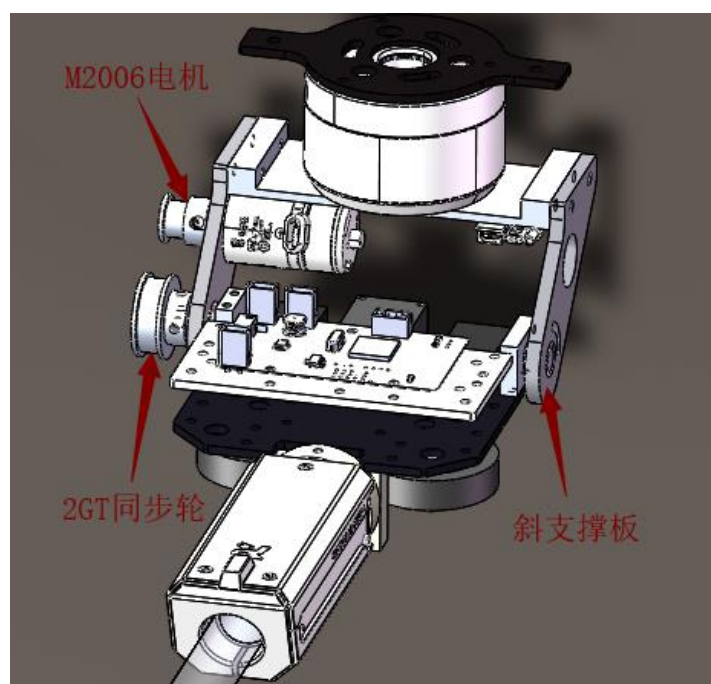


图9.2.1 Pitch轴

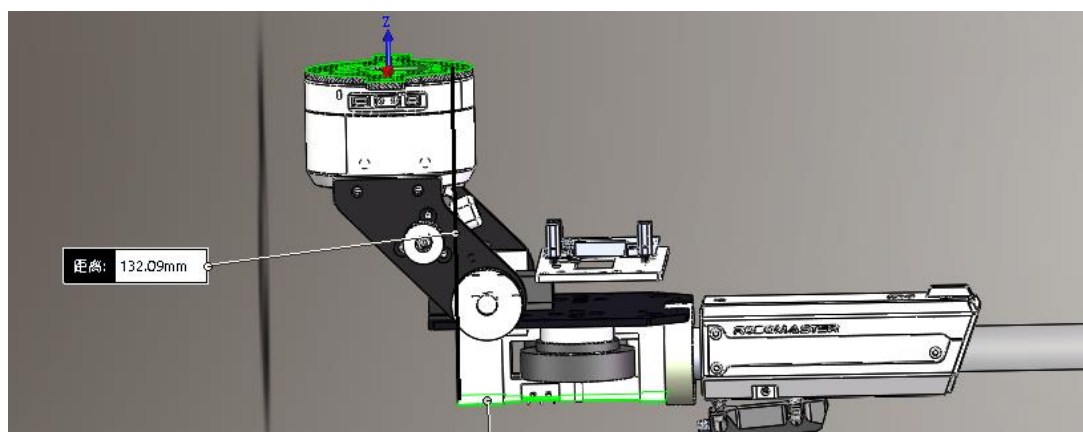


图9.2.2整体效果图

第10章 外观设计

从古至今，中国人追求着造物里的对称美，反映着中国人独有的阴阳平衡概念。固机器人整体采用对称式的外观设计方案。将这一设计理念运用在机器人设计上，使得机器人的结构、色彩都形成了统一和谐的效果，给人一种安静的严肃感，蕴含着平衡、稳定之美。

机器人底盘采用铝方管框架结构，通过在空间中横竖之间的有序排列，整体体现出理智、秩序、端正、简洁的感觉，表面保持其原有的金属光泽色，具有现代化科技感的印象。云台部分由碳板拼接而成，碳板性能好，在结构上体现了紧凑、方正、灵活的特点，云台总体由黑色构成，极具视觉冲击力，同时黑色也是很强的衬托色，使机器人显得洁净，具有速度感。

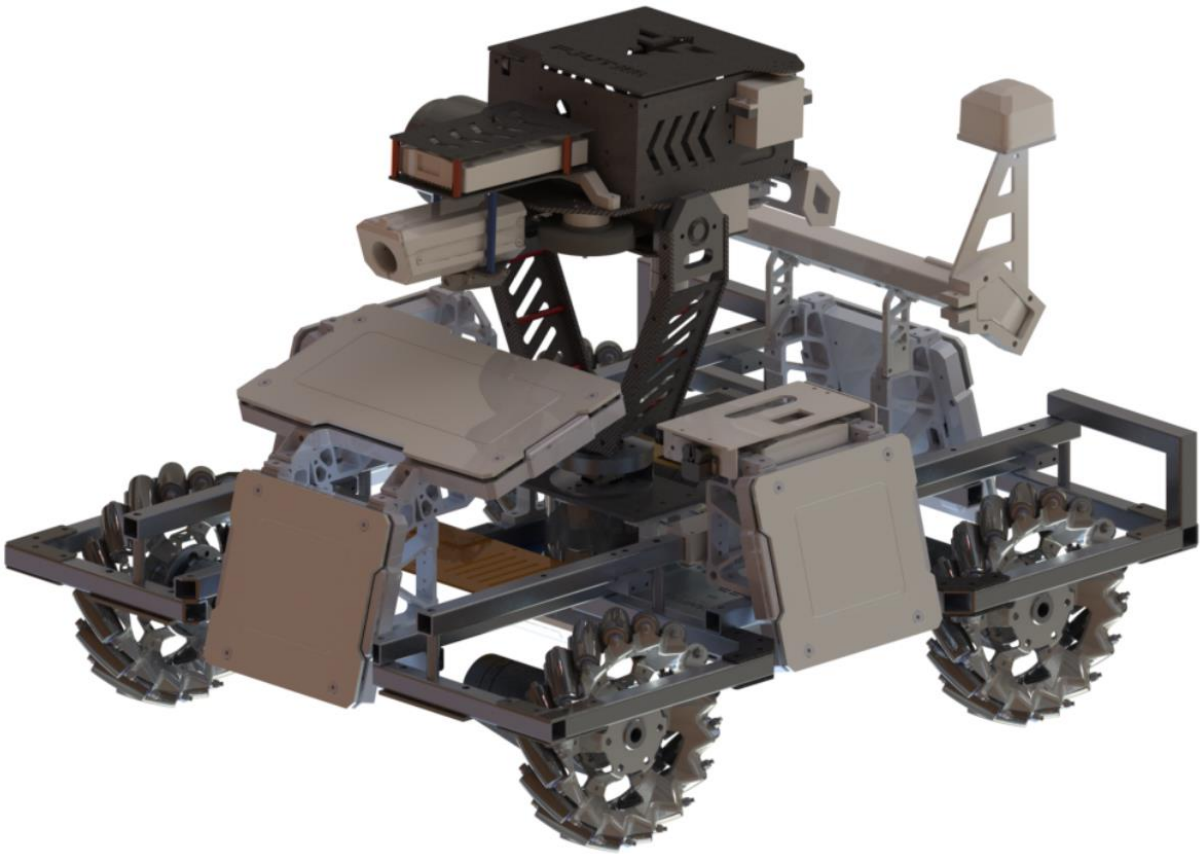
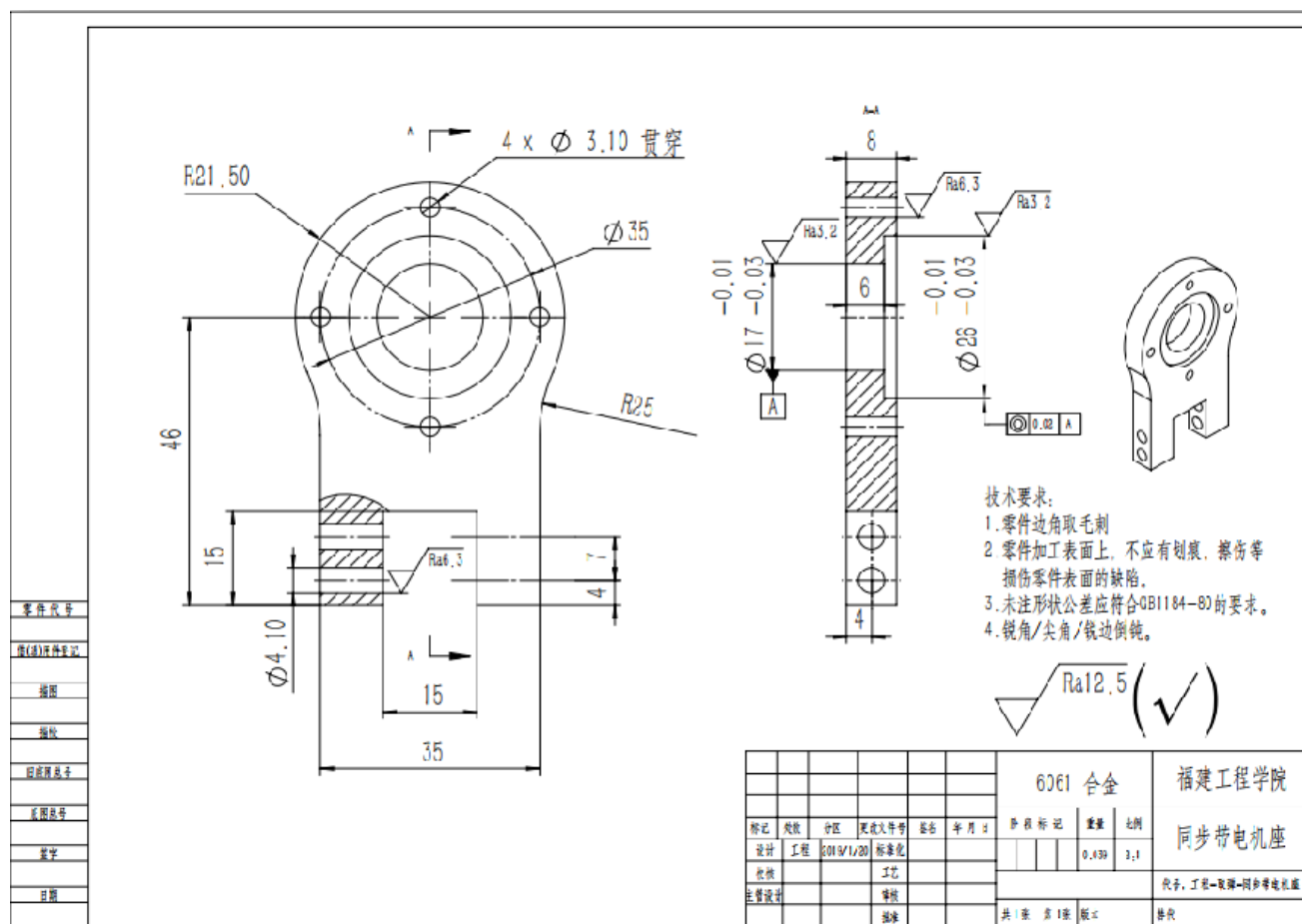


图10.1 步兵整车渲染图

附录一 同步带电机座图纸



附录二 加工工艺过程卡

福建工程学院				机械加工工艺过程卡				产品型号		零件图号		文件编号			
								产品名称		零件名称		同步带电机座			
材料牌号		6061		毛坯种类		铝板		毛坯外形尺寸		100x60x8		每毛坯件数			
										1		每台件数			
										1		备注			
工 序 号	工 序 名 称	工 序 内 容				车 间	工 段	设 备	工 艺 装 备				工 时		
													准 终	单 件	
10	铣	粗铣、半精铣、精铣Φ17孔				金		加工中心							
		1.粗铣Φ17孔至尺寸Φ16, IT12, Ra12.5							Φ12 高速钢直柄立铣刀, GB/T 6118-2010						
		2.半精铣Φ17孔至尺寸Φ16.7, IT10, Ra6.3							游标卡尺 125/0.02						
		3.精铣Φ17孔至尺寸Φ17, IT8, Ra3.2													
20	铣	粗铣、半精铣、精铣Φ26阶梯孔				金		加工中心							
		1.粗铣Φ26阶梯孔至尺寸Φ25, IT12, Ra12.5							Φ12 高速钢直柄立铣刀, GB/T 6118-2010						
		2.半精铣Φ26阶梯孔至尺寸Φ25.7, IT10, Ra6.3							游标卡尺 125/0.02						
		3.精铣Φ26阶梯孔至尺寸Φ26, IT8, Ra3.2													
30	钻	钻 4xΦ3.1孔, IT10, Ra6.3				金		加工中心	Φ3.1 高速钢直柄麻花钻, GB/T6135-1996						
									内径百分表						
40	铣	铣零件外形尺寸				金		加工中心	Φ6 高速钢直柄立铣刀, GB/T 6118-2010						
									游标卡尺 125/0.02						
50	铣	铣 15x15x8 槽				金		加工中心	Φ12 高速钢直柄立铣刀, GB/T 6118-2010						
									游标卡尺 125/0.02						
60	钻	钻 2xΦ4.1孔				金		加工中心	Φ4.1 高速钢直柄长麻花钻, GB/T6135-1996						
									内径百分表						
70	清	去毛刺、清理工件							锉刀、砂纸						
						设计(日期)		校核(日期)		标准化(日期)		会签(日期)		审核(日期)	
更改文件号						日期		更改文件号		日期					