

中维动力战队

第十九届全国大学生机器人大赛
ROBOMASTER 2020
机甲大师对抗赛

参赛队伍技术报告

RoboMaster组委会

目录

1. 需求确定.....	1
1.1 总体需求.....	1
1.2 机器人具体需求.....	2
2. 结构设计.....	4
2.1 需求分析.....	4
2.2 设计图纸.....	8
2.3 材料和工艺.....	8
2.4 有限元分析.....	9
2.5 可制造性设计分析.....	18
3. 程序逻辑.....	20
4. 科学设计方法.....	23
4.1 云台数学模型或获取.....	23
4.2 基于云台数学模型的控制器设计.....	24
5. 创新性.....	26
5.1 机械.....	26
5.2 视觉.....	28
6. 成本控制.....	33
6.1 对加工件进行分类.....	33
6.2 各兵种之间尽量做到互换性.....	34
7. 工业设计.....	35
7.1 全队外观思路.....	35
7.2 人机工程.....	36
附录一 取弹机构联轴器图纸.....	41
附录二 加工工艺过程卡.....	42

1.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：

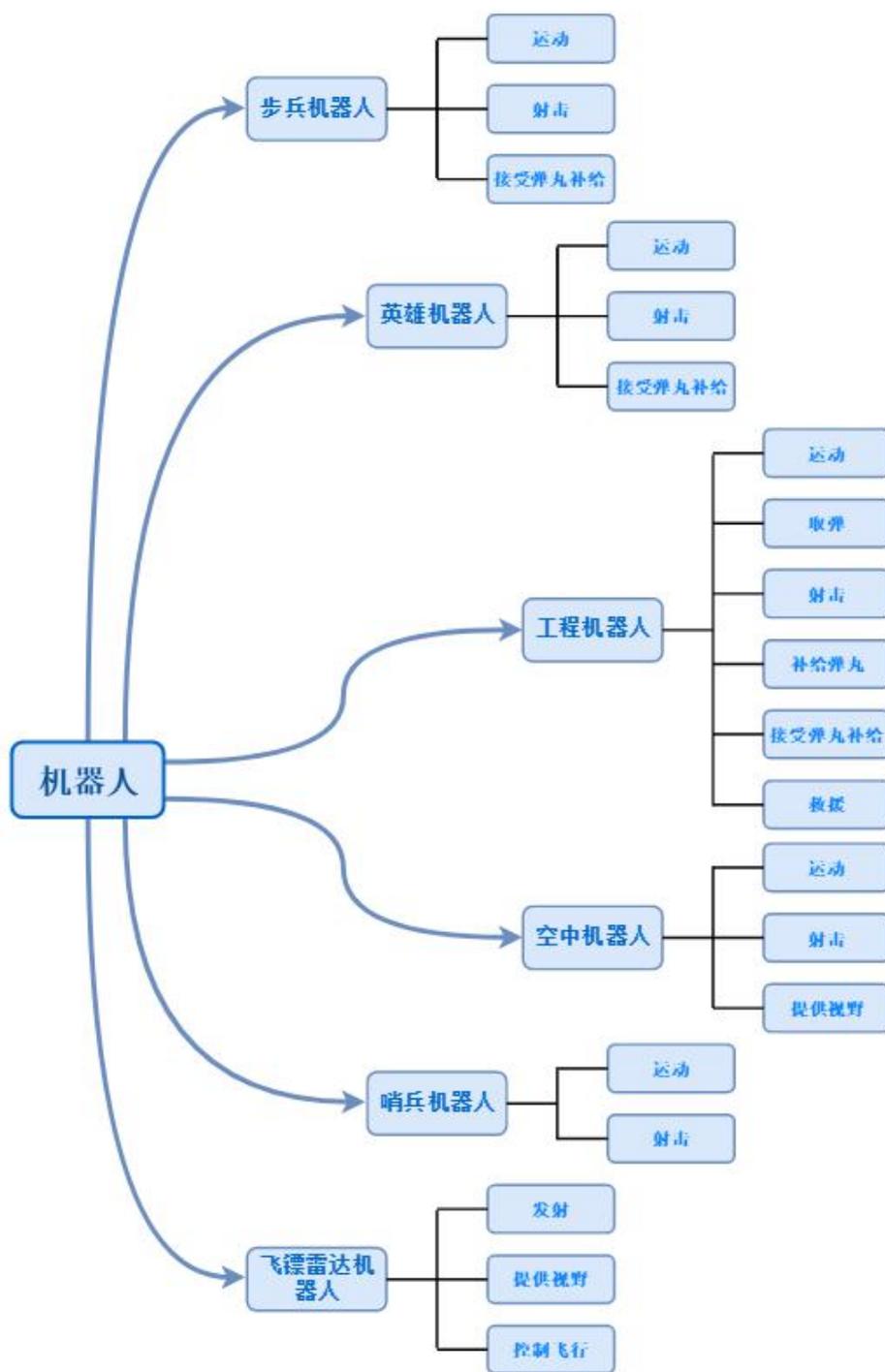


图 1.1.1 总体需求

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	实现小陀螺，直线速度至少可达 2.5m/s，爬坡能力不低于 17°
射击	5m 内击打小装甲板命中率不低于 90%，发弹延时不超过 50ms
能量机关	能够自主识别能量机关转向，且在 10s 内完成能量机关的激活
自瞄	在 3m 内能够适应复杂环境，命中率达到 95%

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	实现大陀螺，直线速度至少可达 2.5m/s，爬坡能力不低于 17°
射击	5m 内击打小装甲板命中率不低于 90%，发弹延时不超过 100ms
自瞄	在 5m 内能够适应复杂环境，命中率达到 80%

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	提高底盘稳定性，保证在取弹是底盘不会晃动
取弹	能够连续取资源岛中间的 4 个弹药箱，并且不超过 8s
补弹	能够在 10s 内完成弹丸交接
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
射击	5m 内击打小装甲板命中率不低于 90%
自瞄	在 3m 内能够适应复杂环境，命中率达到 95%

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	能够快速稳定的在轨道上无规则的运动
射击	5m 内击打小装甲板命中率不低于 90%，发弹延时不超过 100ms
自瞄	在 5m 内能够适应复杂环境识别装甲板号数，命中率达到 90%
挂载机构	整个拆装哨兵的过程不超过 20s

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：

动力系统	能够在空中平稳的飞行，提供高空视野
射击	5m 内击打小装甲板命中率不低于 90%，发弹延时不超过 50ms
自瞄	能够吊射敌方前哨战、基地，命中率超过 20%

1.2.6 飞镖雷达机器人

兵种优先级为VI，飞镖是打开战局的重要武器且雷达可以在整场比赛中实施监控。

关键技术点：

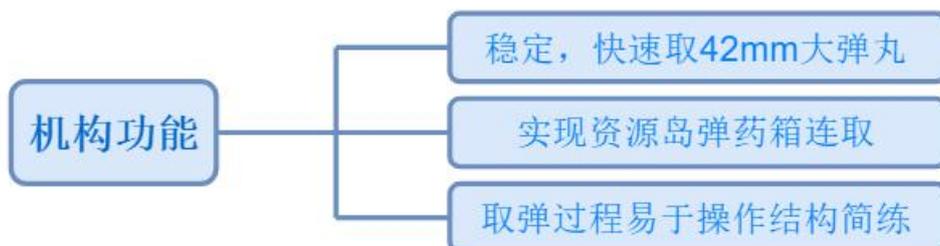
飞镖	能够稳定的发射 4 个飞镖，且射程超过 28m
雷达	识别战场的敌方机器人，对在我方区域机器人进行特殊标注

2.结构设计

此处列举了工程机器人取弹结构设计。

2.1 需求分析

根据 RM2020 比赛规则手册对资源岛弹药箱的描述，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：



2.1.1 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，并且资源岛弹药箱较为分散，为使在比赛开始占据优势，所以对取弹结构的性能做出以下要求：



2.1.2 方案设计和器件选型

经战队小组讨论，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，用两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 2.1.1 所示。

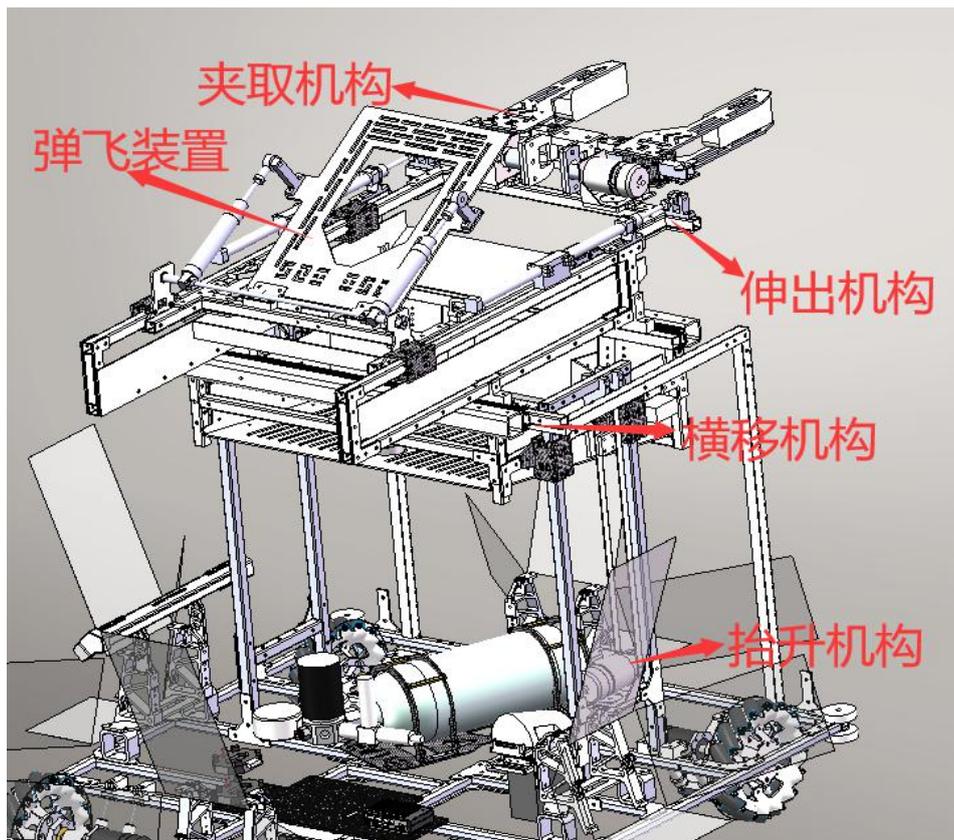


图 2.1.1 取弹结构

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 2.1.2 所示。

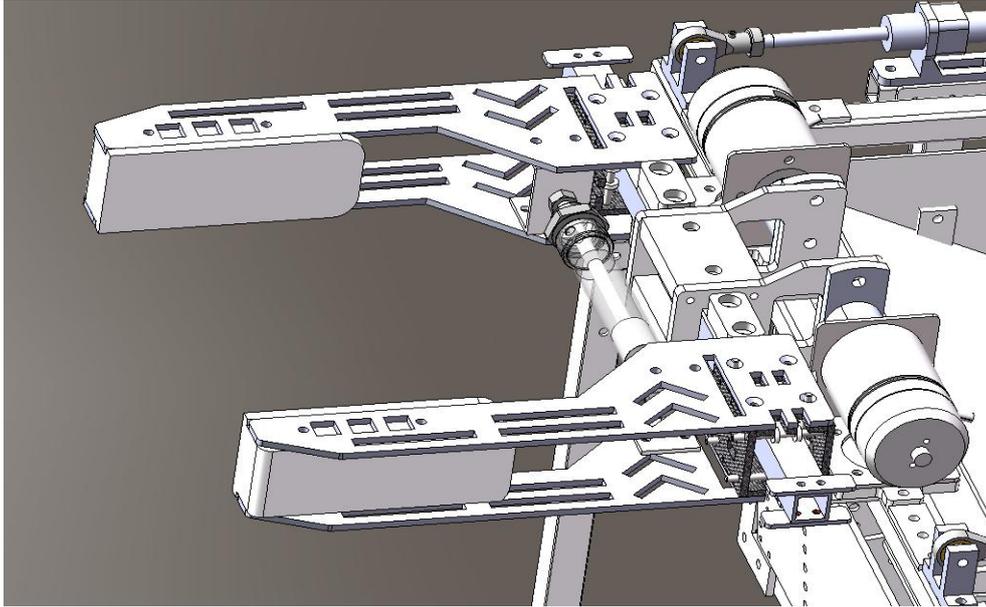


图 2.1.2 夹爪部分

计算夹爪所需的夹紧力为：

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

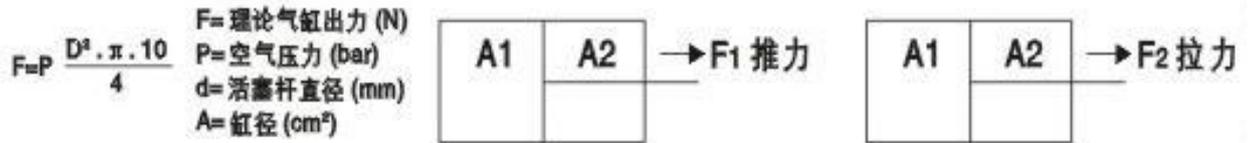
由于夹爪夹紧的动作是靠气缸活塞杆收缩动作实现的，取安全系数为 $K=1.5$ ，因此气缸的拉力为：

$$F = F_N \times K = 26.66\text{N} \times 1.5 = 39.99\text{N}$$

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 2.1.3 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 16mm，活塞杆直径 d 为 6mm，行程为 50mm 的气缸，符合设计需求。



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 2.1.3 气缸理论输出力表

2. 翻转电机的选型

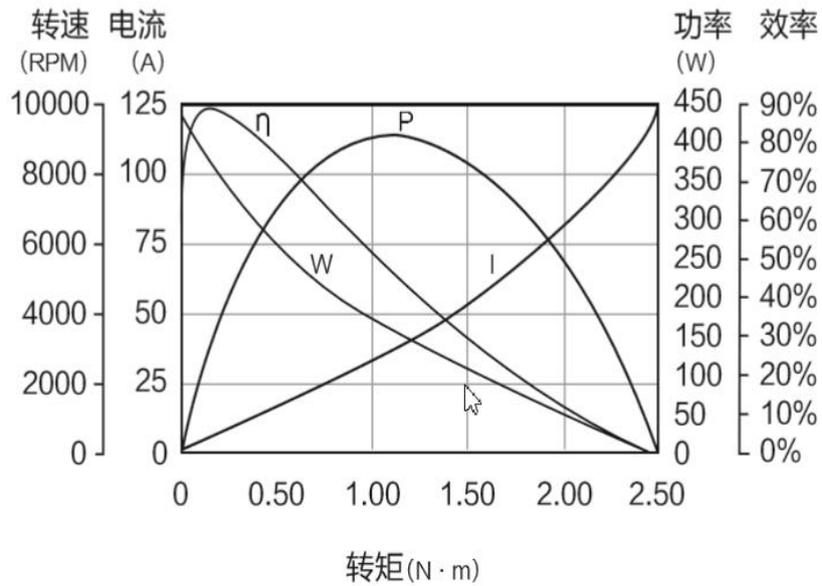
一个在资源岛上装有 20 个 42mm 弹丸的弹药箱重量为 $m_1=1360g=1.36kg$ ，已知：夹爪长为 $l_1=268mm$ ，夹爪重量为 $m_2=0.575kg$ ，夹爪等效力臂为 $l_2=95mm$ ，可以得到电机的负载为：

$$M=m_1gl_1 + m_2gl_2 = 1.36 \times 9.8 \times 0.268 + 0.575 \times 9.8 \times 0.095 = 4.1N \cdot m$$

电机初步采用 RM3508 减速电机，所以所需电机的扭矩为：

$$T = M \times i = 4.1 \times \frac{1}{19} = 0.22N \cdot m$$

根据电机的性能参数，如表 2.1.5 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 2.1.5 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 2.1.4 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 2.1.5 典型状态下电机的性能参数

2.2 设计图纸

设计取弹机构的联轴器的工程图, 见附录一。

2.3 材料和工艺

2.3.1 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、韧性高及加工后不变形、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。

2.3.2 加工工艺路线

对取弹机构的联轴器进行材料与工艺分析，见附录二。

2.4 有限元分析

2.4.1 对结构用 ADAMS 进行动力学仿真分析

- 1) 分析对象：取弹机构。
- 2) 条件：经计算是否能夹取总质量约为 0.8kg 的弹药箱。

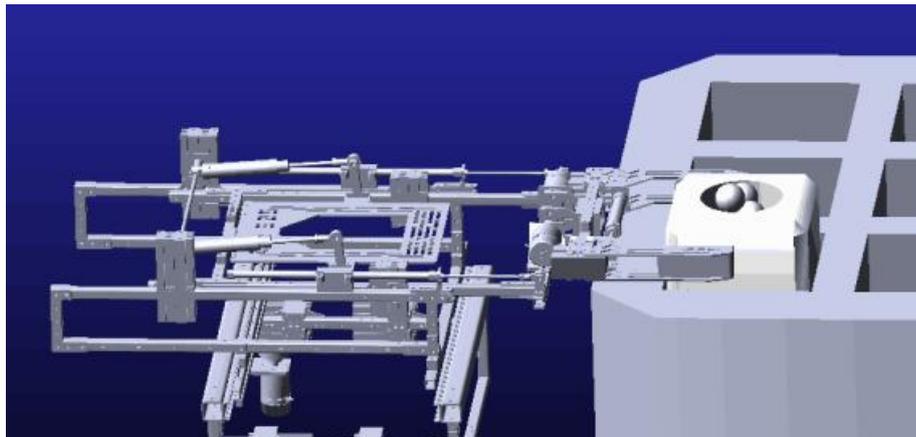


图 3.1.6 取弹结构建模

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 中并设置主要参数。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

a) 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

b) 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

c) 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。

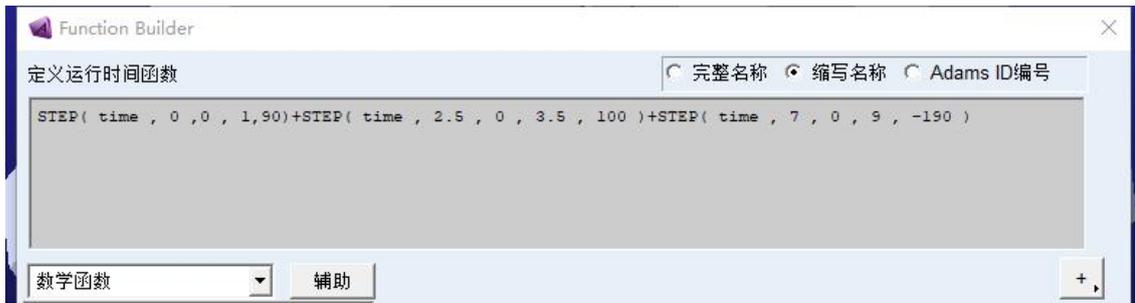


图 3.1.9 抬升部分移动副函数设置

d) 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。

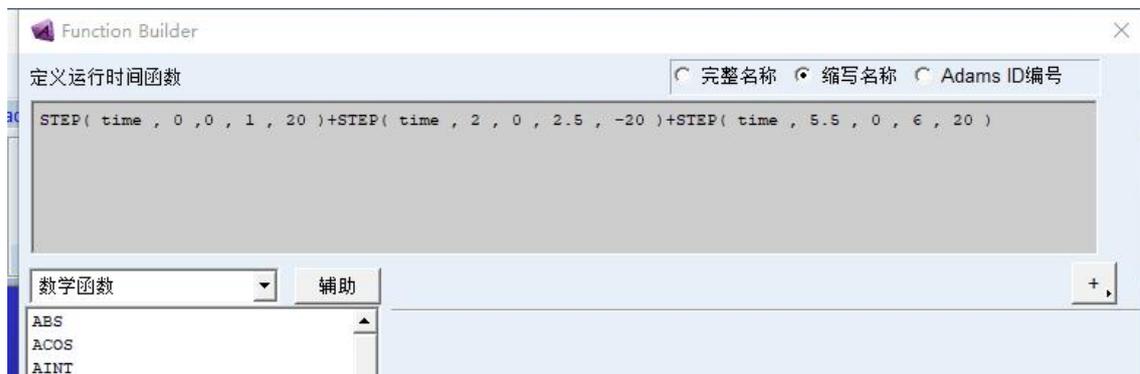


图 3.1.10 夹紧气缸移动副函数设置

e) 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。

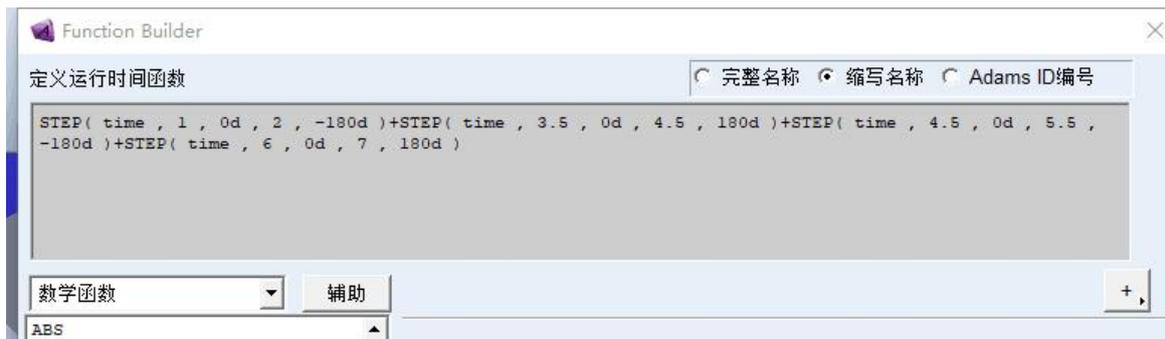


图 3.1.11 翻转电机转动副函数设置

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。

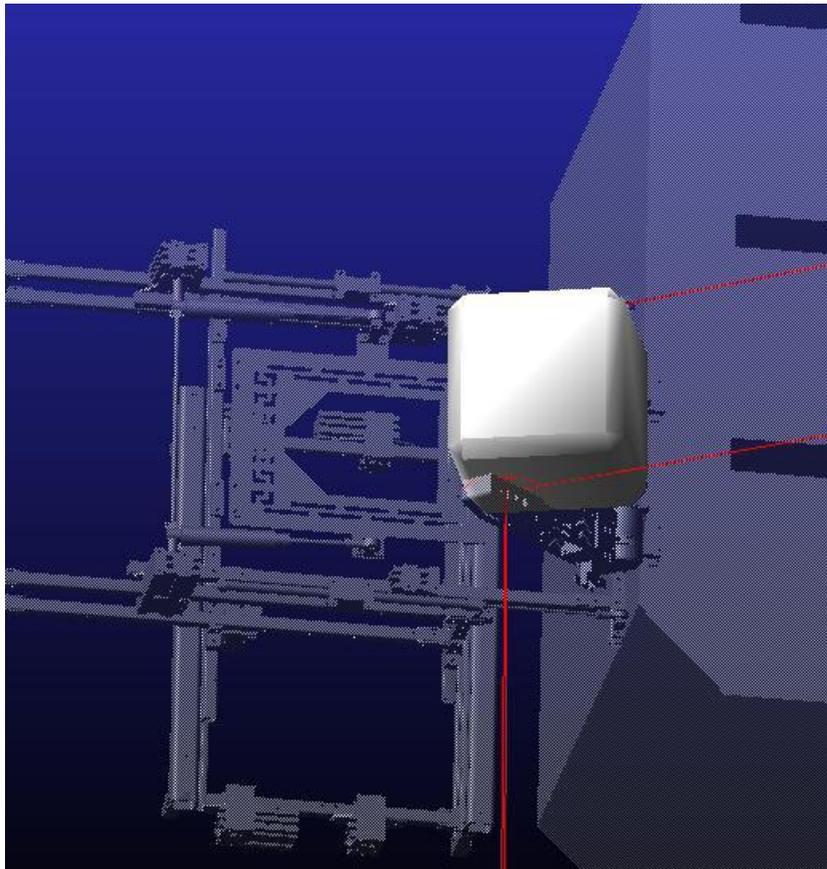


图 3.1.12 Adams 运动仿真结构

2.4.2 对步兵底盘框架进行 ANSYS 分析

1) 加载条件

通过 19 赛季底盘框架形变情况分析如图 2.4.1 所示,其主要形变区域如图中箭头需分析底盘框架在静止的情况下受到挤压时的形变量,用以测试底盘结构的稳定性,已知云台载荷为 100N 左右,底盘各方向所受挤压假定为 1000N,底盘材料为铝合金。

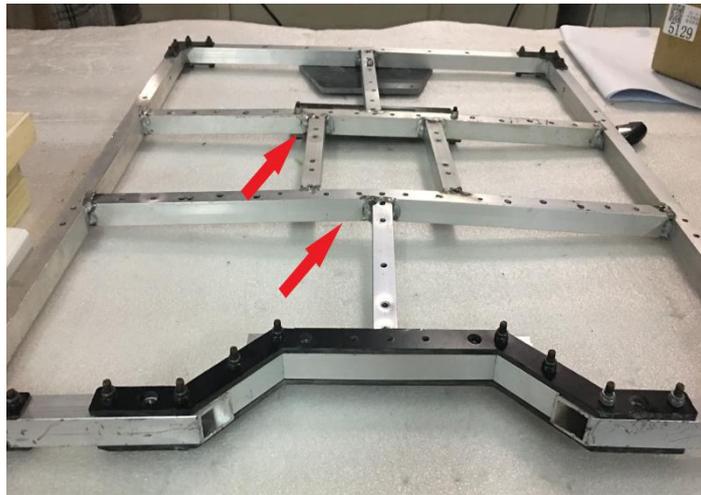


图 2.4.1 19 英寸步兵框架

材料定义如图 2.4.2 所示。

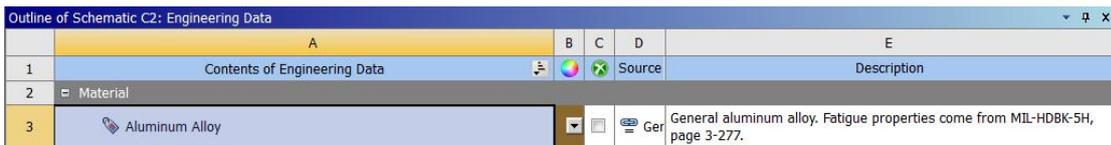


图 2.4.2 铝合金材料定义图

将底盘框架分割出来如图 2.4.3 所示。

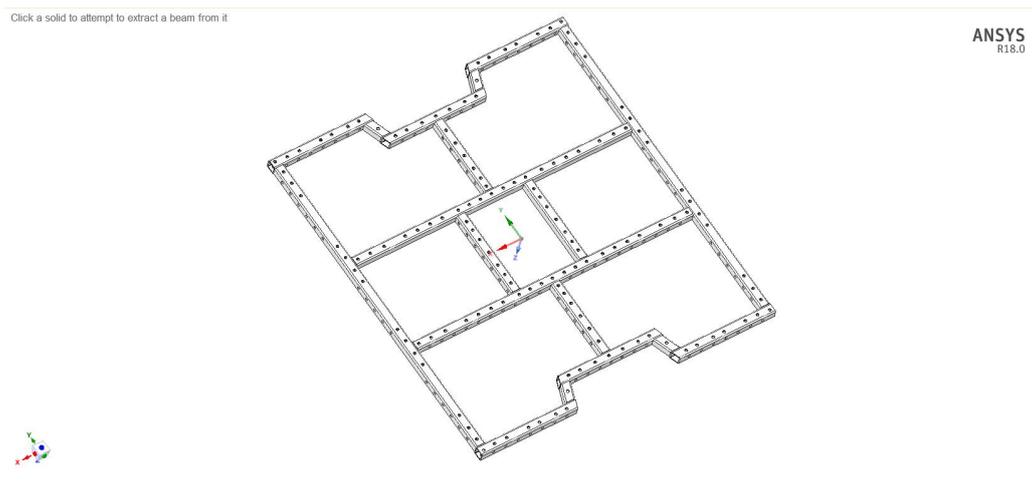


图 2.4.3 底盘框架

对底盘框架施加约束条件如图 2.4.4 所示，对底盘框架接触面添加向下的 100N 载荷如图 2.4.5 所示，对底盘框架侧面添加 1000N 的挤压力如图 2.4.6 所示，对底盘框架正面添加 1000N 的挤压力如图 2.4.7 所示。

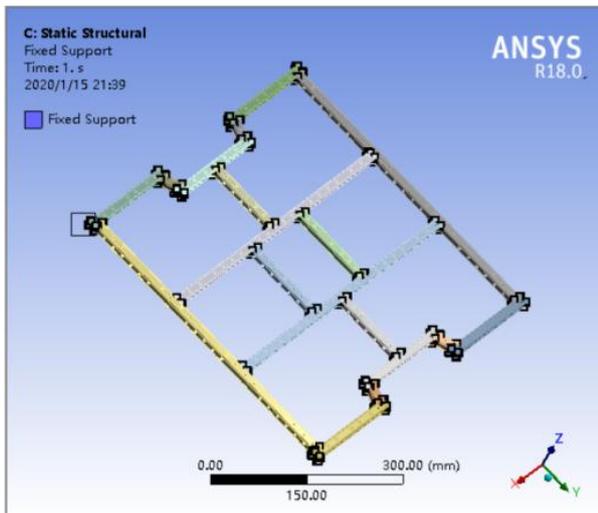
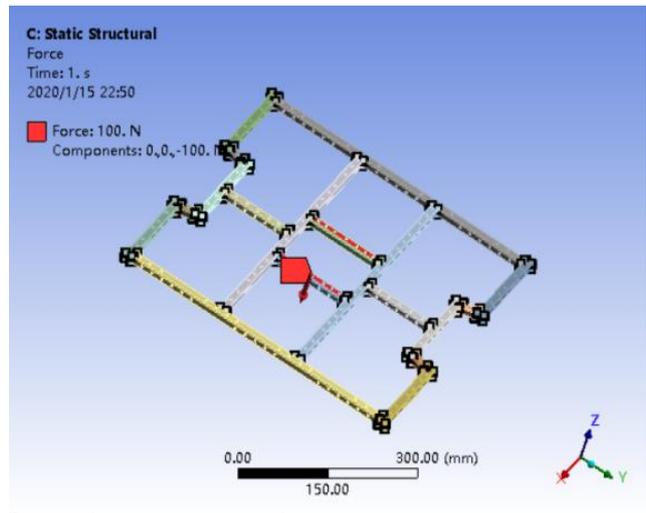


图 2.4.4 约束条件图



2.4.5 100N 载荷加载

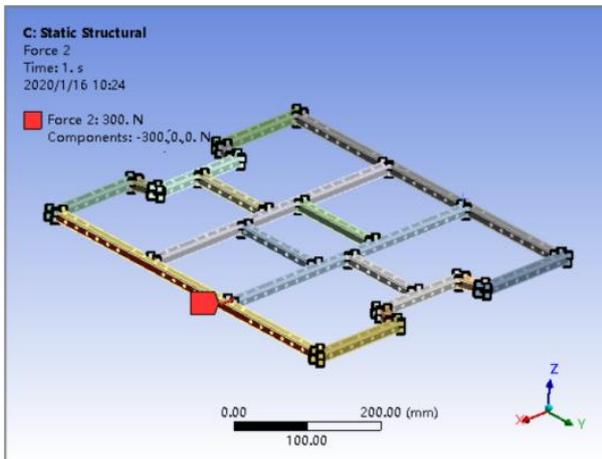


图 2.4.6 1000N 侧面挤压力加载

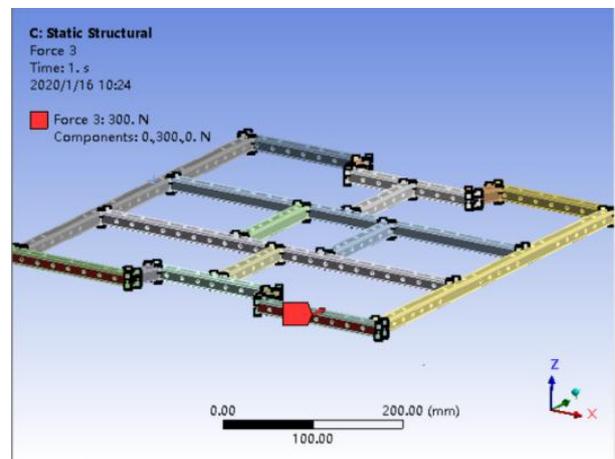


图 2.4.7 1000N 正面挤压力加载

2) 网格划分

a) 单元划分的大小

在满足足够精度的条件下，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，选择网格单元的大小为 10mm（图 2.4.8）。

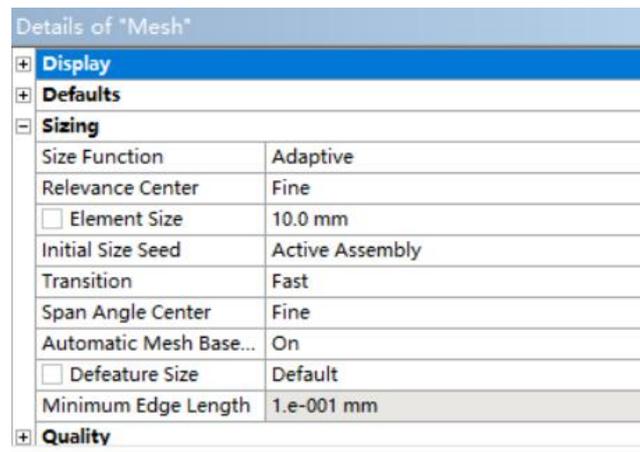


图 2.4.8 网格单元大小

b) 网格单元的类型选择

由于底盘框架仅仅是一个部件，并不复杂，因此选择网格类型为三角形。底盘框架网格划分后如下图 2.4.9 所示：

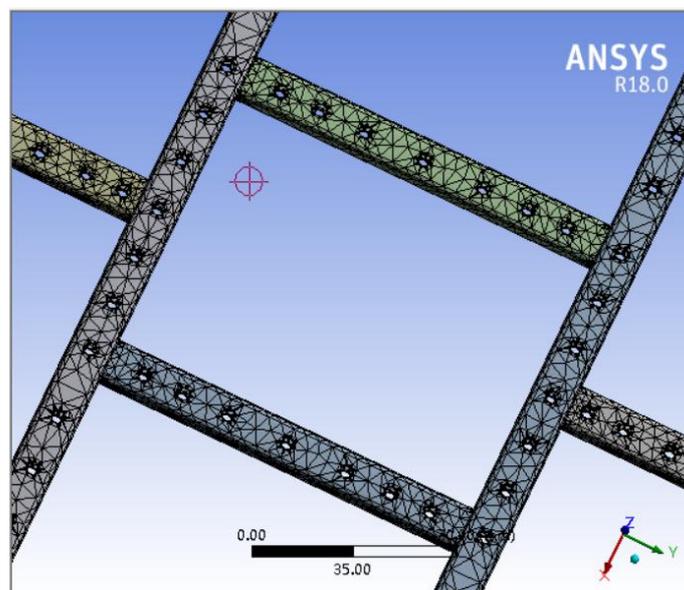


图 2.4.9 网格划分后的结果图

3) 结果分析

进行 ansys 分析得结果图：

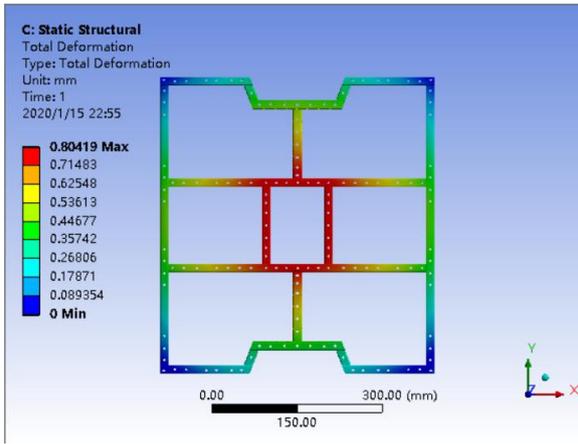


图 2.4.10 云台载荷下位移图

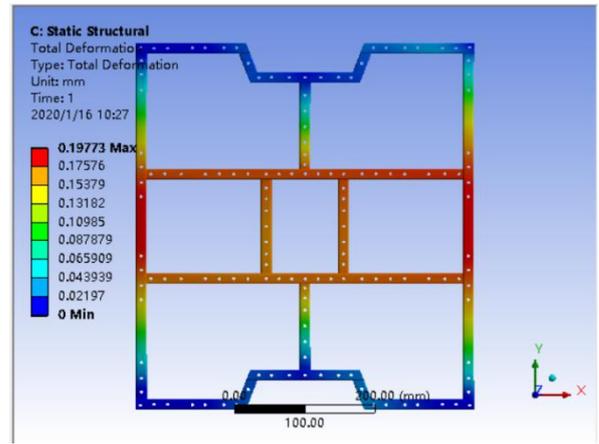


图 2.4.11 侧面受力下位移图

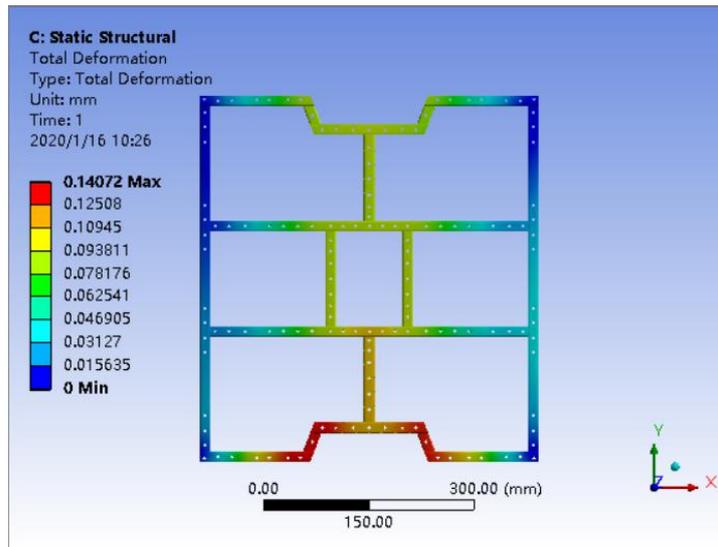


图 2.4.12 正面受力下位移图

由以上图得结果:最大位移为 0.804mm, 最大应力为 1564.6Mpa, 最大应变为 0.032mm/mm。结果满足要求。

4) 优化处理

在基于 ANSYS 进行拓扑优化, 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 2.4.15), 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。

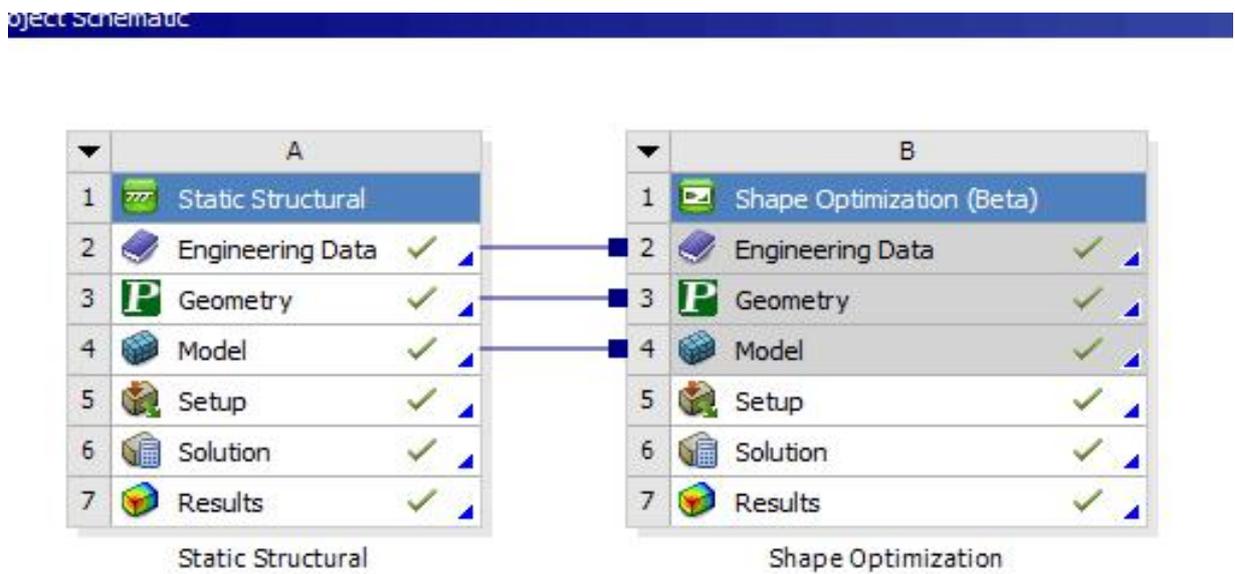


图 2.4.13 ANSYS 模块关联图

在拓扑优化中设置去除 20%的材料（图 2.4.14）。

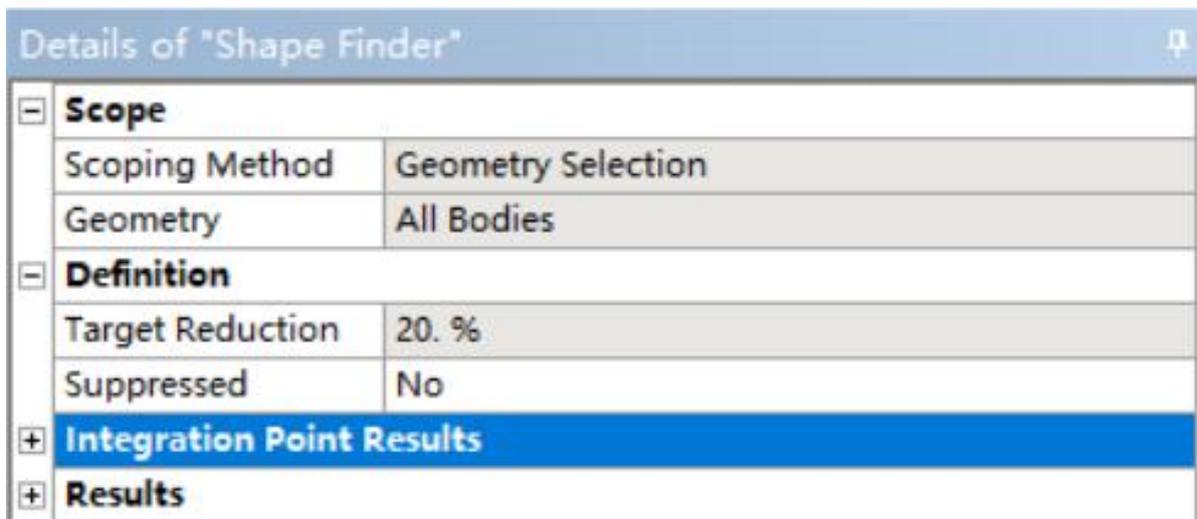


图 2.4.14 去除材料

进行拓扑优化得以下结果图。

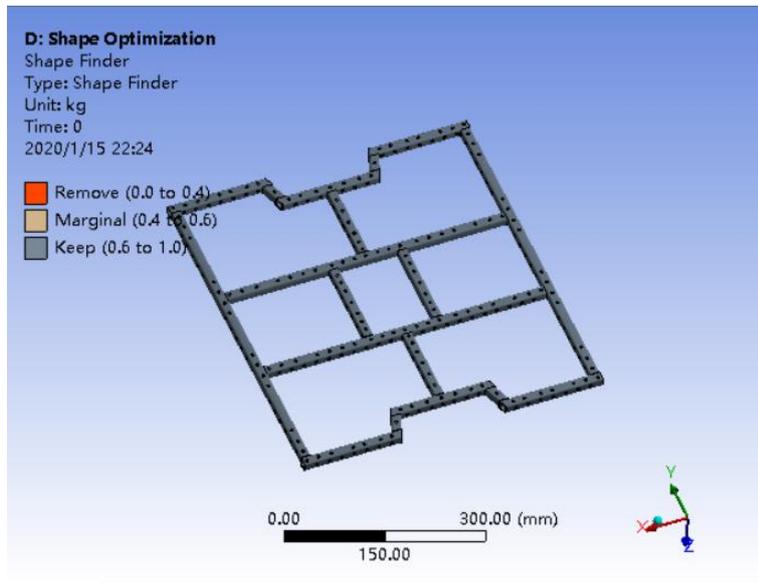


图 2.4.15 拓扑优化结果图

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，导致底盘框架形变量增大，力学性能下降。根据以上三个应力集中分析图，对受力较大使得容易形变的地方进行加固处理，如图 2.4.16 所示（图中红色箭头需要特殊加固），因此两面用上黑色玻纤板作为连接件对图中受力大的点进行加固，增大受力面积，以达到缓解底盘受到应力变形。

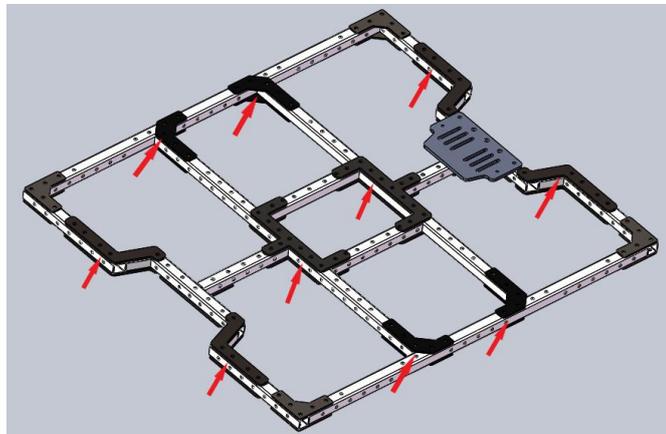


图 2.4.16

2.5 可制造性设计分析

2.5.1 灯条模块连接件

该零件用于连接裁判系统和灯条模块，材料为铝合金 6061，加工该零件时运用铣床将毛坯铣出该形状。其受力状况如图所示：（图 2.5.1 为优化前的加工件，图 2.5.2 为优化后的

加工件)

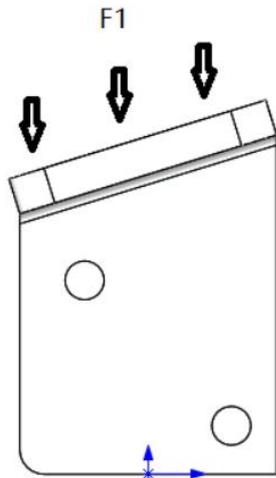


图 2.5.1 优化前

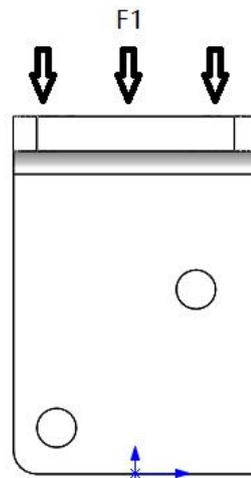


图 2.5.2 优化后

优化后毛胚夹取更为简单更为方便并且也大大减小了毛胚的加工难度同时也减小了毛胚大小节约了成本。

2.5.2 工程救援刷卡加工件

该连接件用于连接框架与气缸，并且对气缸起到固定作用，材料为铝合金 6061，该零件加工时通过铣床直接铣出加工件形状，其受力如图所示（图 2.5.5 为改进前加工件，图 2.5.6 为改进后加工件）：

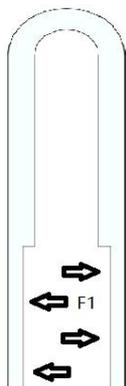


图 2.5.5 优化前

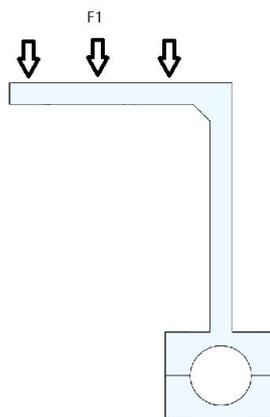


图 2.5.6 优化后

改进前的加工件加工量难度较高并且对气缸也无法起到一个较为合理的限位作用（其在装配体中安装如图 2.5.7 所示），而新版加工件可优化这些问题（其在装配体中安装如图 2.5.8 所示）。新版加工件将原来的加工件一分为二，并且能起到比原来加工件更好的固定作用，

加工起来也更可靠，更容易。

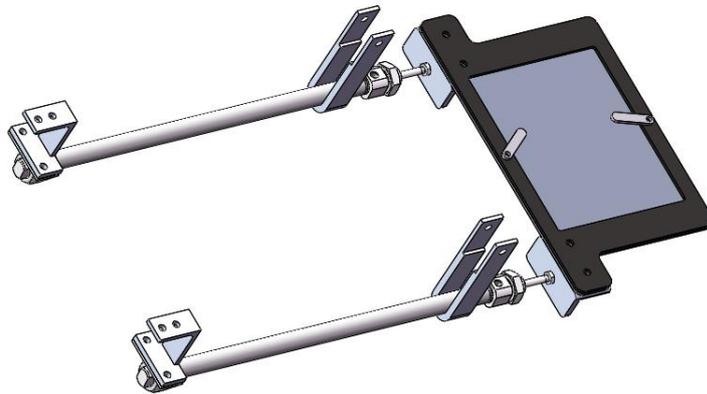


图 2.5.7 优化前救援机构

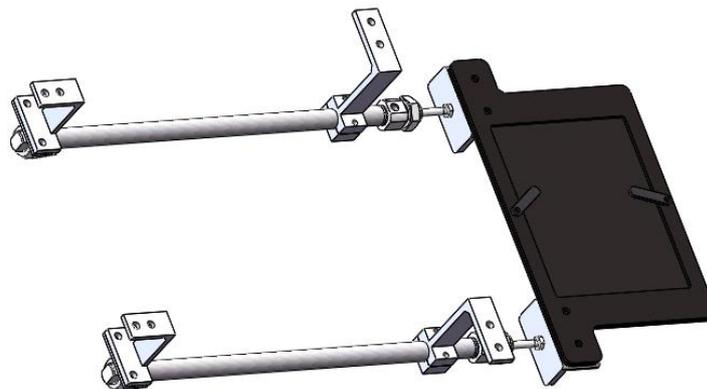


图 2.5.8 优化后救援机构

3.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。

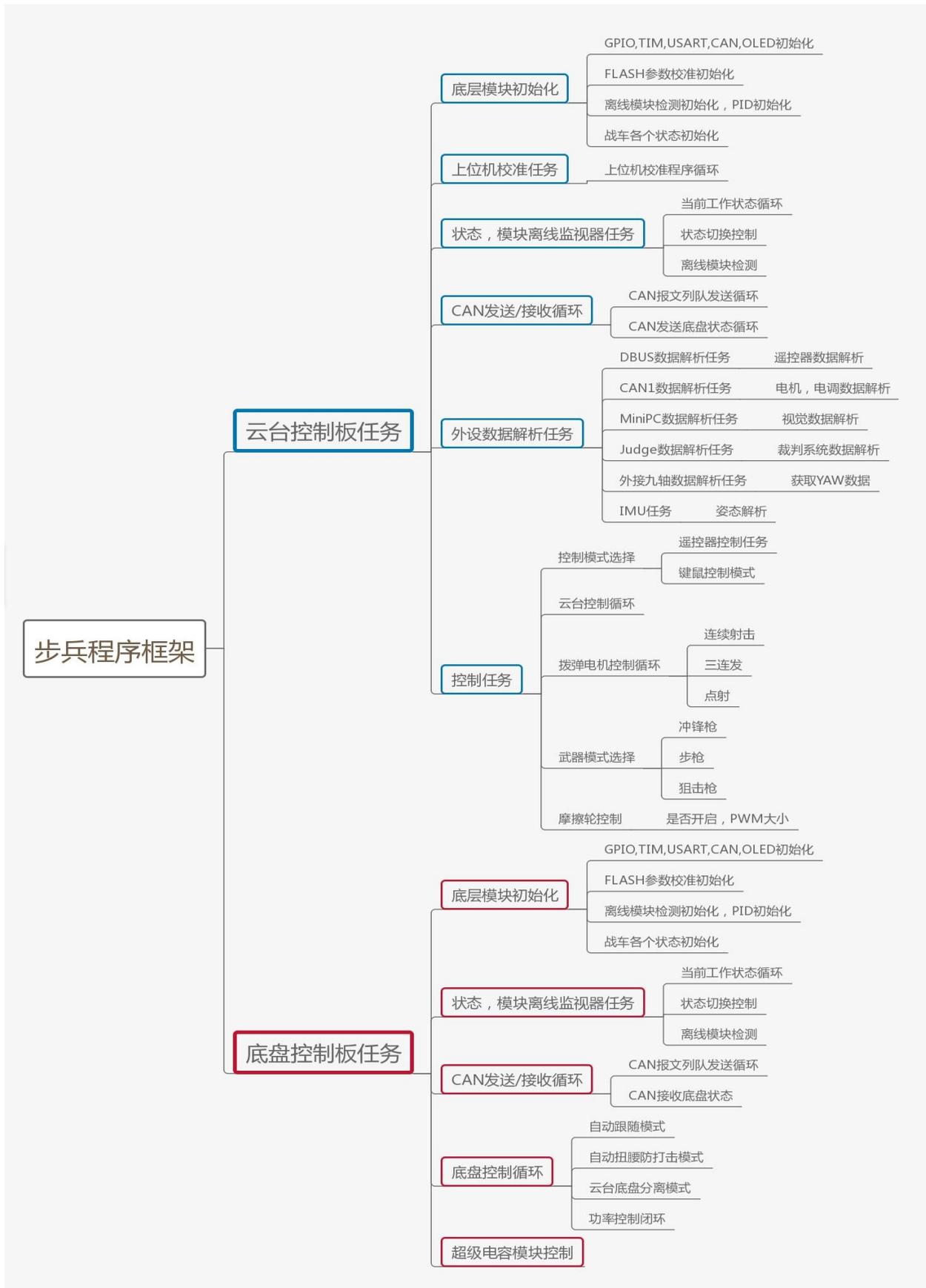


图 2.2.1 机器人程序框架

程序采用分布式任务执行框架，不同的控制任务负责不同部分的机构所执行的动作，如云台控制任务负责控制云台转动、底盘控制任务控制底盘全向移动。而不同的任务之间由主控制任务来负责按优先级协调运作，实现程序逻辑清晰简洁，运行高效。

步兵机器人各个任务优先级：

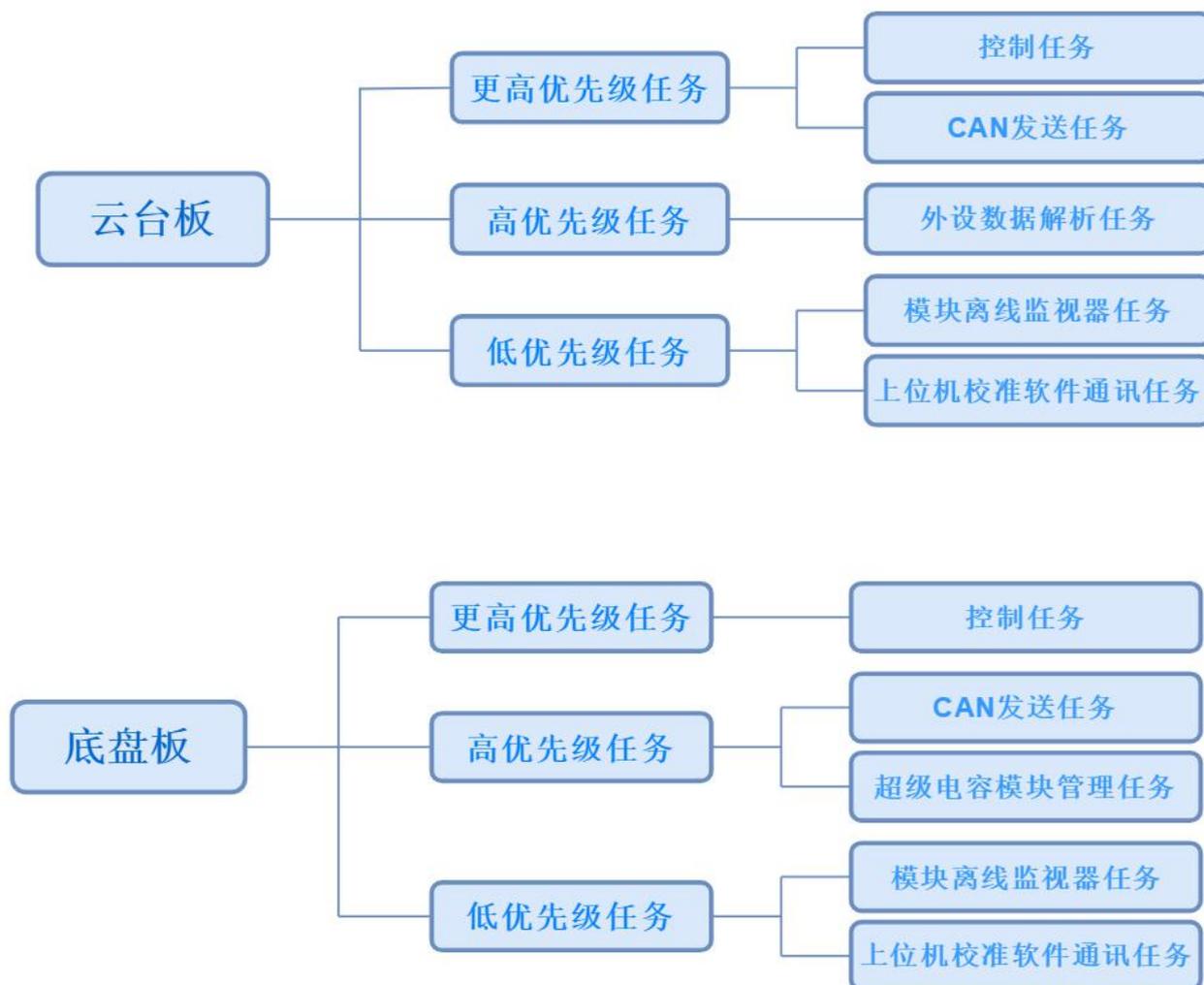


图 2.2.2 任务优先级

4. 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。机器人云台的稳定性和快速性是准确射击的关键之一，所以如何科学设计云台控制算法、整定参数也是十分重要的一环。借助 MATLAB 与云台开环数学模型可以快速设计控制器、整定参数并验证控制器效果。

4.1 云台数学模型或获取

首先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。

云台旋转角度由程序控制，采集输入信号（目标角度）与云台实际角度。输入信号为扫频正弦波。



图 4.1.1 输入信号

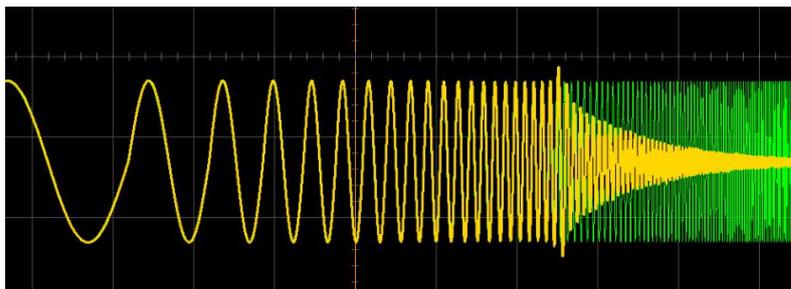


图 4.1.2 云台实际角度信号（黄色）

获取目标角度与实际角度的数据后，使用 MATLAB 系统辨识工具箱对两者之间的函数关系进行拟合，以此作为云台数学模型。

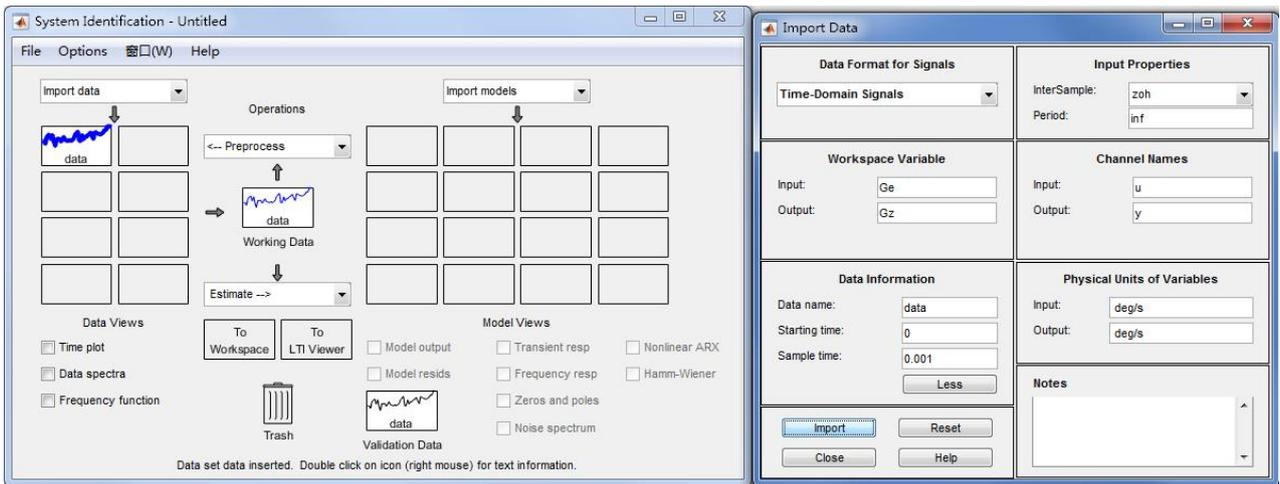


图 4.1.3 系统辨识工具箱

最终获得系统开环传递函数如下：

$$G(s) = \frac{-13.04s + 1055}{s^2 + 35.6s + 1024}$$

数据拟合程度达到%76.24，拟合情况较为良好，能够基本反映实际系统的物理特性。

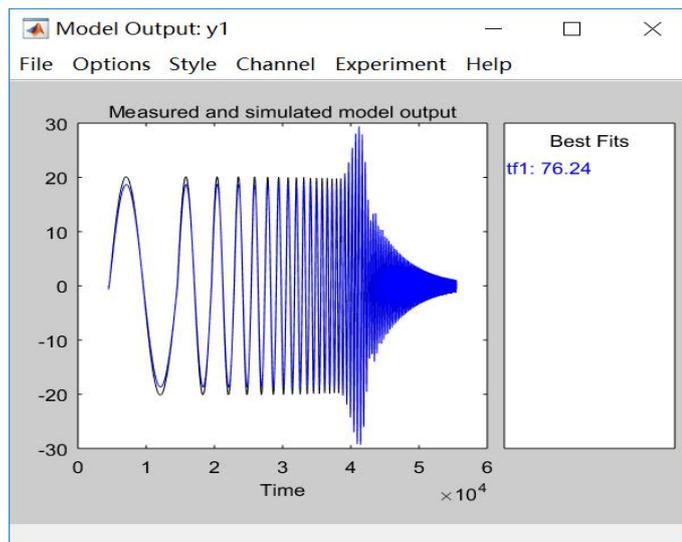


图 4.1.4 数据拟合情况

4.2 基于云台数学模型的控制器设计

希望在实际云台角度控制中无超调、无振荡并且响应迅速，但由云台开环传递函数阶跃响应可以发现超调量达到 13.5%，上升时间为 53 毫秒，由伯德图发现系统的相位裕度为 112° ，超调量与响应速度均不符合要求。

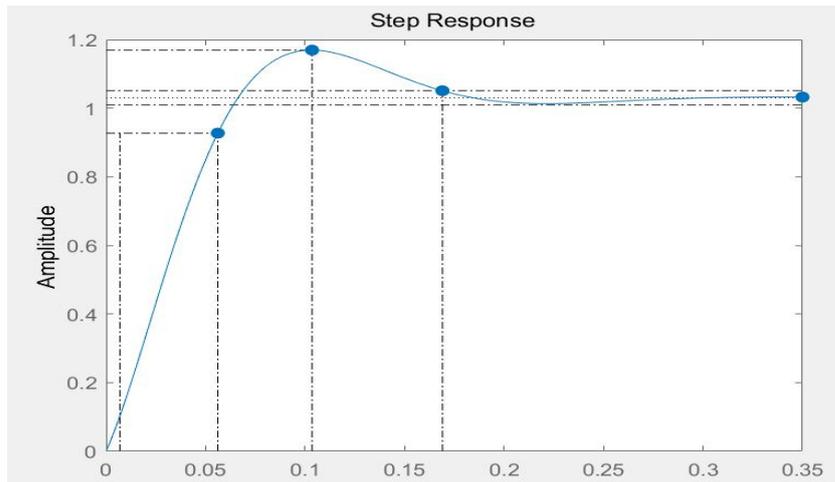


图 4.2.1 单位阶跃响应

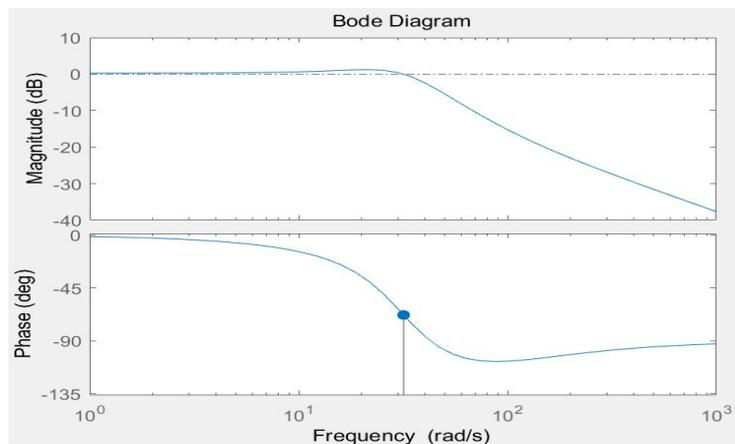


图 4.2.2 伯德图

依据实际需求，使用双环 PID 控制器来进行云台角度的控制，在 simulink 中建立仿真模型可以方便的对控制器参数进行调整，查看输出曲线，减少许多不必要的麻烦。

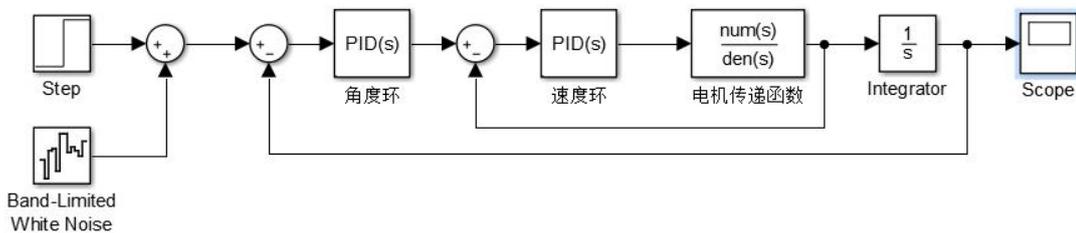


图 4.2.3 Simulink 仿真模型

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。

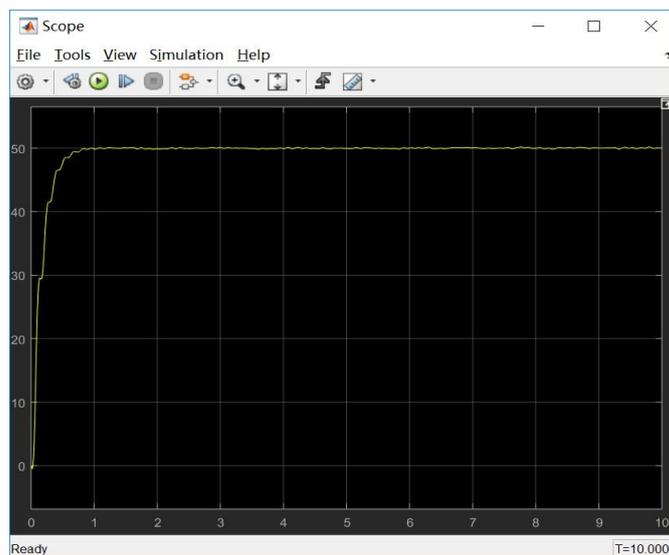


图 4.2.4 仿真结果

结果表明，这种基于云台数学模型设计控制器的方法节省了在实际硬件平台上做算法实验和参数整定所浪费的时间，大大提高了控制算法的设计效率。

5.创新性

5.1 机械

动力系统的选择上测试过摩擦轮、气缸、皮筋、电磁炮，它们各有弊端，最后在这些方案里选择了最合适的皮筋方案；关于发射机构 pitch 轴的调节，选择电机驱动丝杆与方管铰接配合来实现 pitch 轴的摆动，yaw 轴通过力矩电机来转动整个机构，飞镖的填弹问题是个难题，所以我们采用分层并排发射来保证发射机构可以稳定地打出四发飞镖。

5.1.1 飞镖动力系统

这里采用导轨来使飞镖能稳定地打出既定的角度，测试过的摩擦轮方案，不太适用于有翼的飞镖，在经过扁皮筋和长条的皮筋的测试下，发现长条皮筋回弹强，能使力更加集中。左右方管上各设有一个缓冲轮，来确保皮筋在达到最大加速度时将飞镖发射出去，减小因后续皮筋恢复原长无力使得导轨的摩擦对发射速度产生的影响。

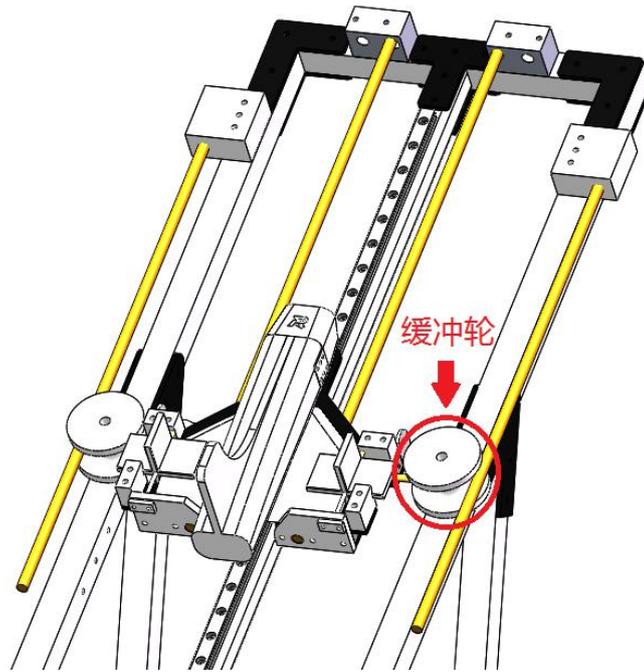


图 9.1.1 发射机构动力系统图

5.1.2 飞镖发射架 Pitch 设计

直接用电机固连方管，由于力臂长及重力大，需要的时间长，所以采用电机驱动丝杆旋转滑台来驱动它前后移动，将滑台与导轨方管通过铝件铰接，以此间接地调节pitch轴；yaw轴的调节通过在底部的力矩电机来驱动。

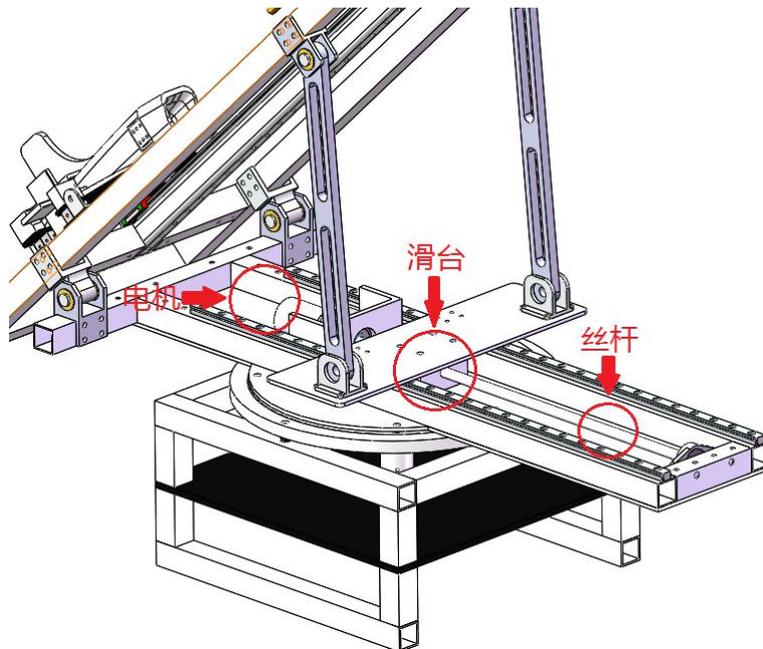


图 9.2.1 Pitch 轴

5.1.3 飞镖并发发射架

有翼的飞镖需要准确地卡到发射底座，飞镖才能稳定地打出，而且在打完一发飞镖之后，单轨道的飞镖底座需要通过电机或是其它的东西把它拉回原位，会浪费打弹的时间。而将飞镖分层并排地放置，就可以在打完一发飞镖之后，直接打出下一发，可以节省时间。

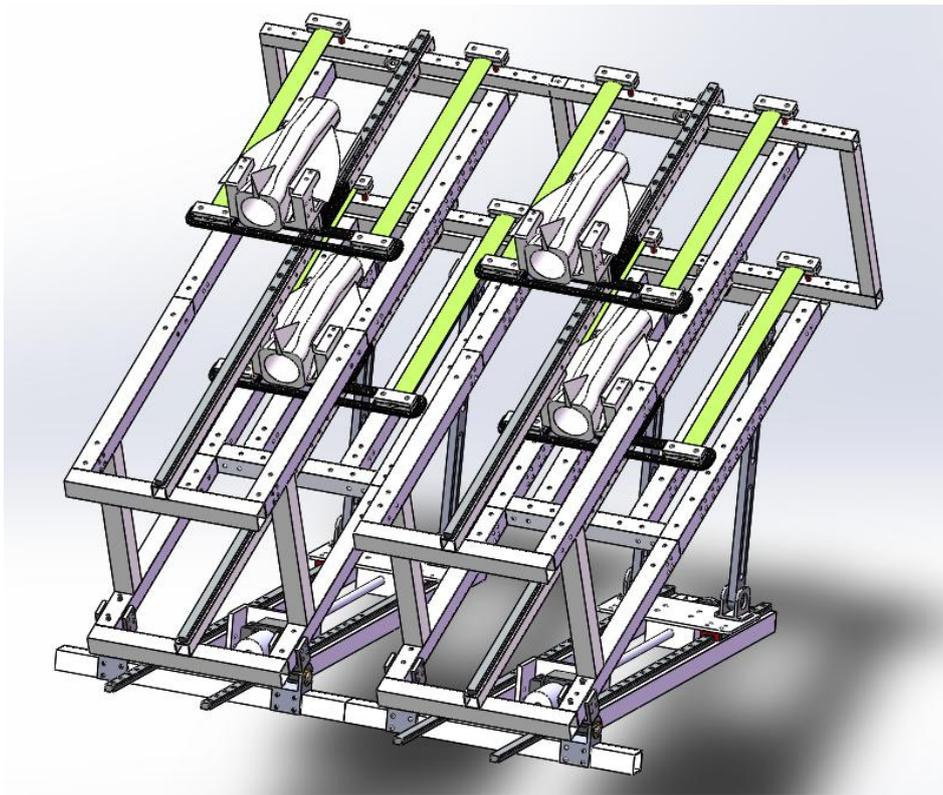


图 5.3.1 整体效果图

5.2 视觉

5.2.1 识别算法方案

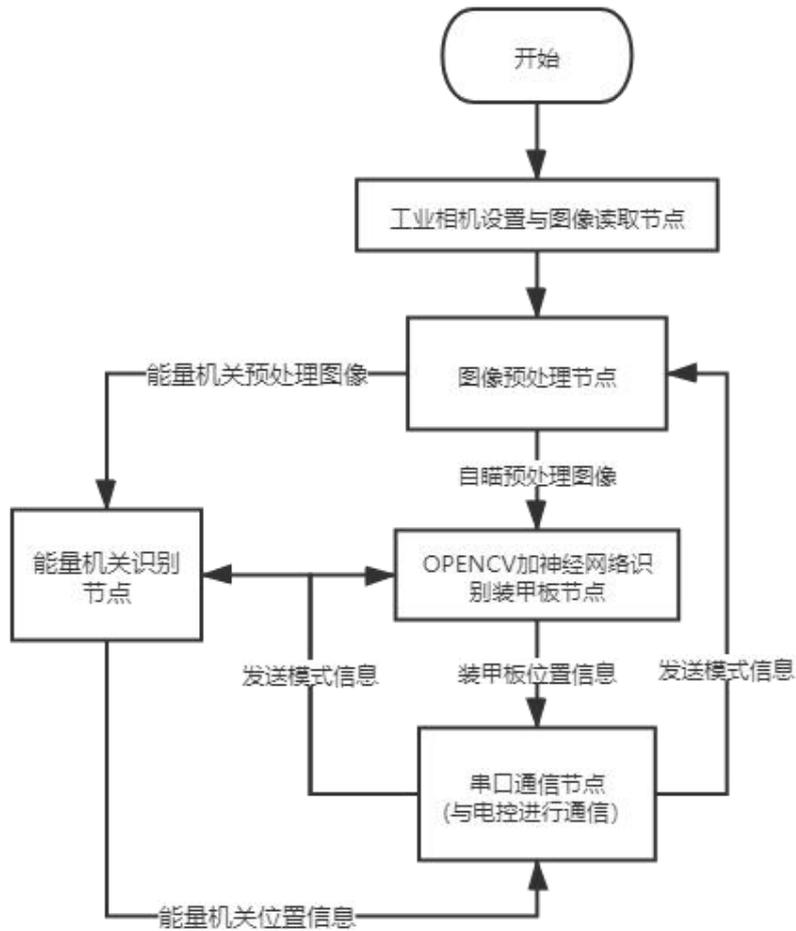
基于此次比赛经费的考虑，我们此次在步兵、英雄和哨兵机器人上使用的 miniPC 设备为 NUC i5，摄像头为大华 A5201M/CU150 工业相机。

在识别打击时，程序运行速率应大于 90 帧，才能保证对装甲板稳定跟随。因此，在有限的设备条件下，使用大型神经网络进行全帧识别显然是不可取的。

算法设计基于 ROS 系统进行，可进行多进程的数据处理，有效提高 NUC 多 CPU 核心的利用率，有利于不同功能包的转移与使用。

5.2.2 地面机器人以及哨兵辅助瞄准

总体流程图(兼 ROS 节点结构图):



1、图像预处理

基于 LUT 表的 Gamma 图像增强与 Gain 图像增益

$$\text{Gamma 校正: } p = \left(\frac{p_0}{255}\right)^{\frac{1}{\text{gamma}}} * 255$$

其中 p_0 为原图像素值, p 为计算后的像素值, gamma 为增强系数。



图 5.2.2 原始图像

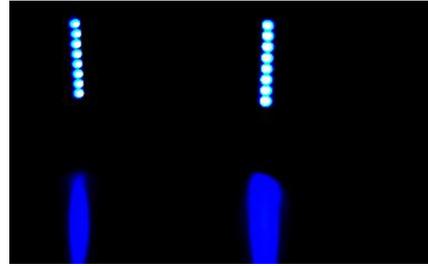


图 5.2.3 Gamma 增强图像 (gamma=4)

对 Gamma 增强图像进行二值化, 可以使用 OPENCV 的二值化函数进行处理, 此过程在各参赛队伍之间已被广泛使用, 所以不再赘述。

在神经网络分类前对图像进行直方图均衡化, 然后进行 gamma 增强, 确保图像分类的准确性。



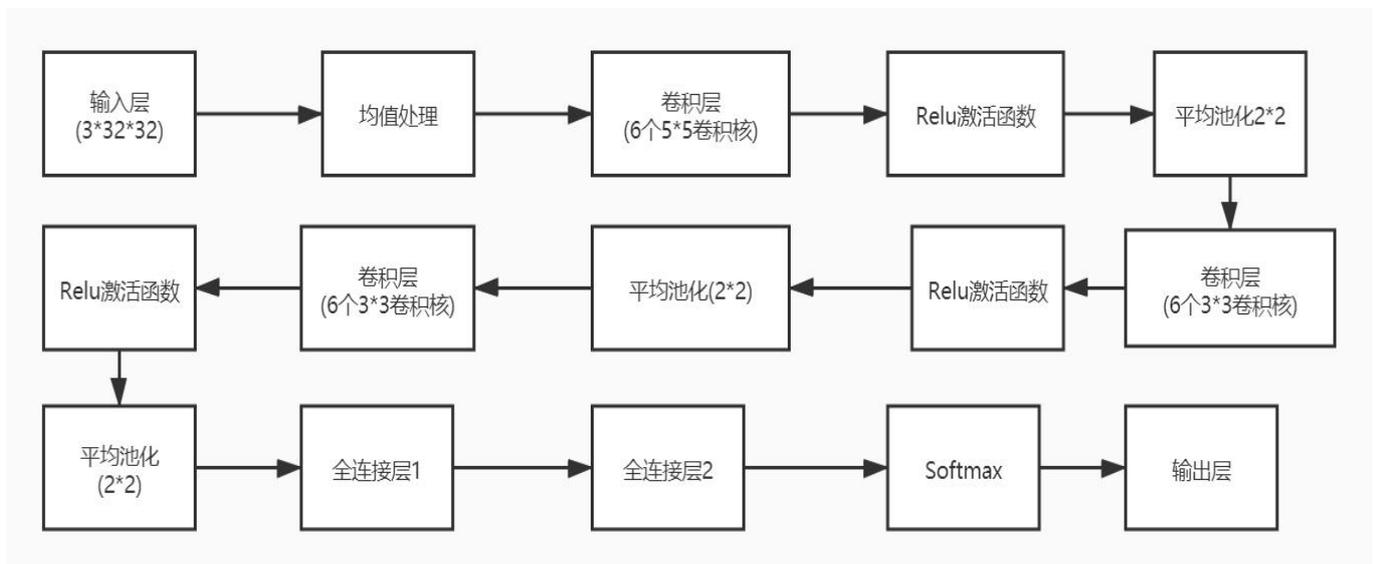
图 5.2.4 装甲板分类图像

2、OPENCV 图像框选

用 OPENCV 寻找轮廓寻找灯条, 并对灯条进行匹配来提取装甲板预选区。

3、神经网络分类

经过不断尝试, 选择对 CPU 性能优化较好的神经网络框架 Caffe 来进行神经网络结构的探究, 最终, 得到以下网络结构:



通过对预选装甲板 ROI 进行分类, 从而得到数字信息。

4、目标决策

在进行装甲板选择上，会存在多个目标共同出现在视觉识别范围内，通过与屏幕中心距离的比较和上次识别装甲板的数字来选取装甲板。

5、目标跟踪

为了提高运算速度，采用特殊的目标跟踪算法。使用 KCF 目标跟踪方法和扩大后的前一帧识别的装甲板 ROI 进行当前帧的识别，缩小识别范围，提高识别稳定性与速率。

6、目标预判

在比赛过程中，要考虑装甲板运动的情况。通过与电控上的云台角度信息配合，能够得出装甲板的坐标。在程序高速运行的情况下，可以将装甲板近似为匀速运动，进行预判。

7、针对步兵旋转的打击策略

经过多个赛季的研发，许多队伍开发出了可旋转的步兵干扰瞄准。需采用特殊的策略进行打击。计算装甲板的正对角度，可获得敌方步兵的自转周期，由此进行预判打击。

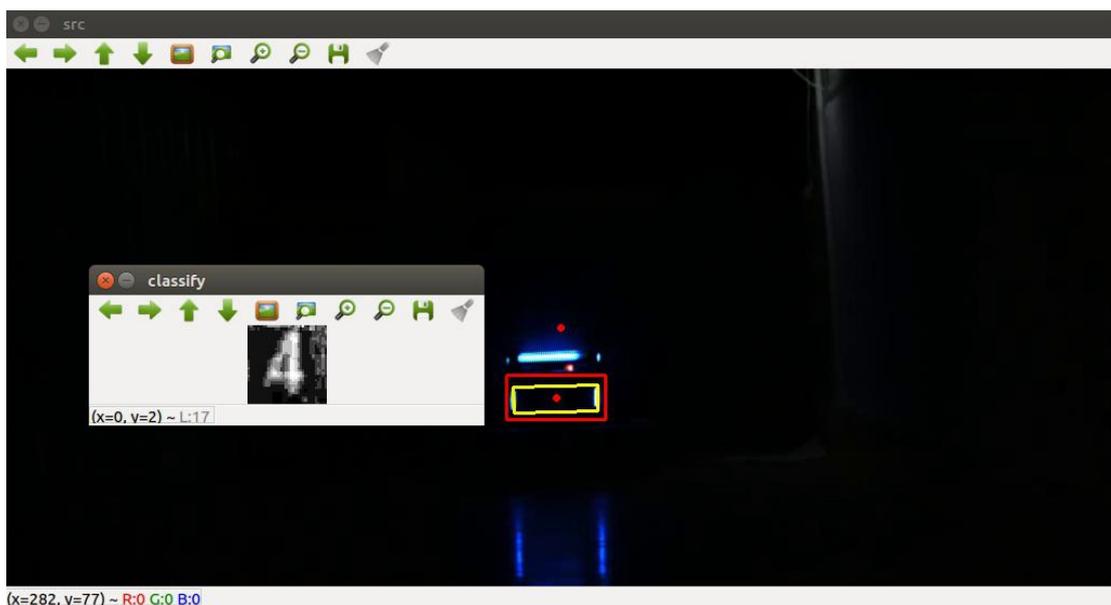


图 5.2.5 装甲板识别示意图

5.2.3 能量机关识别

使用 OPENCV 和 SVM 机器学习来实现能量机关扇叶的识别和旋转预判。

如图 5.3.6 为能量机关识别示意图。

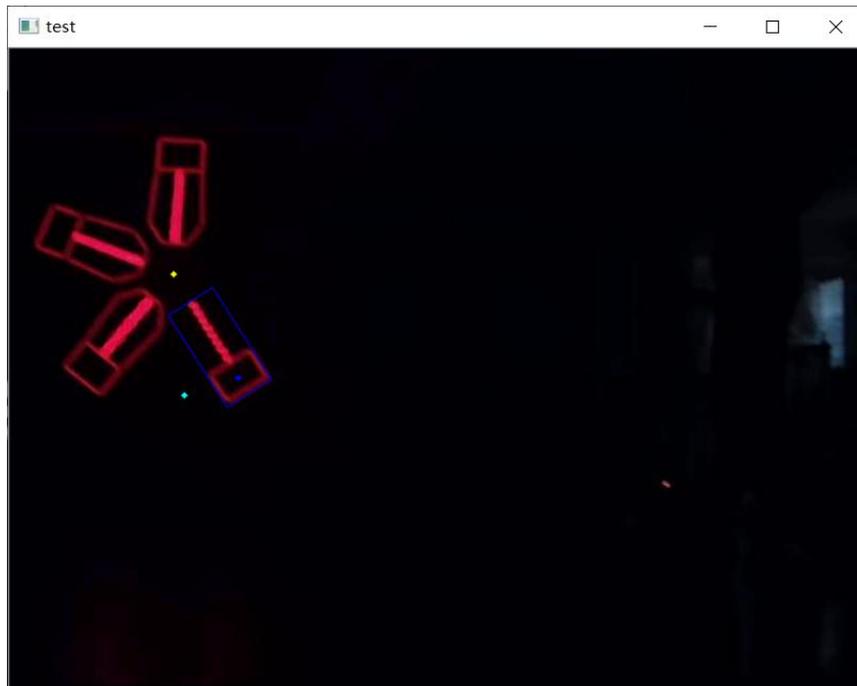


图 5.3.6 能量机关识别示意图

5.2.4 雷达站

雷达站为该赛季的新兵种，为云台手提供了视野。雷达站无需控制云台响应，运算速率只需达到人眼可见且实时。雷达站可使用高性能 GPU，在此处使用 YOLOv3 便是合理之策。



图 5.3.7 雷达站识别示意图

5.2.5 算法对比与性能分析

方案一：通过纯 OpenCV 提取装甲板所在位置，该方案虽然运行速度快，能获得装甲板信息，但误识别率高。

方案二：通过 YOLOV3 算法提取装甲板所在位置，YOLOV3 对装甲板的检测，识别率高，鲁棒性好。但对于无法使用 GPU 的 miniPC，程序几乎无法流畅运行，且装甲板的具体信息无法体现。

方案三：采用 OPENCV 与小型神经网络结合算法，利用 ROS 系统提高速率。

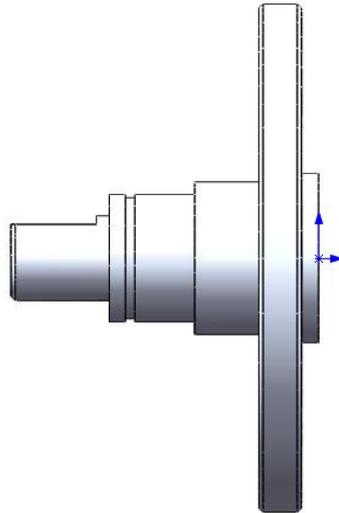
该方法可以在有限的设备条件下准确的识别装甲板，误识别率低，能提取出装甲板的具体信息。在 NUC 上，未通过跟踪识别装甲板的速率大约 120 帧，与出现的装甲板数量负相关。目标跟踪时，识别速率可以稳定地达到摄像头图片抓取速率（大于 190 帧）。

6. 成本控制

6.1 对加工件进行分类

将设计后的加工件分为两类：一是与机器人运动有直接关系的需要较高精度的加工件；二是作为连接件之类要求精度较低的加工件。对于前者，经过反复多次的图纸检查后才可从网上下单，而后者则是利用学校已有的资源，购买毛胚在数控加工中心自行加工，由此可省下一大笔加工经费。

轮组法兰轴作为机器人移动中十分重要的一个零件，对于加工精度（同轴度、表面粗糙度）要求自然时十分高的，学校机床无法达到精度（轮轴如图 6.1.1 所示），因此轮轴加工件选择外包加工。



6.1.1 轮轴加工件

而支撑装甲板用到的工型件只起到支撑作用，对加工件所要求的精度不是很高，加工难度低（如图 6.1.2 所示），因此工型件选择自行加工更为方便实惠。

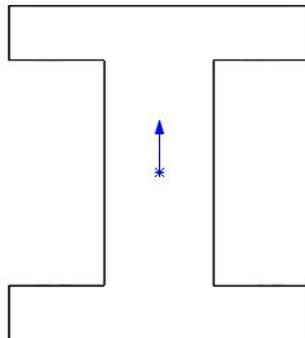


图 6.1.2 工型件加工件

6.2 提高各兵种之间的互换性

由于今年取消了工程机器人的登岛功能，对于地面机器人底盘轮组就可以统一，在 19 赛季的基础上对原先的轮组进行优化（图 6.2.1 为轮组装配体），再经过一系列的测试后，将这套轮组应用于所有地面机器人中。轮组加工件是完全相同，提高了各兵种之间的互换性，机器人的备用件也大大减少，这样一来外包加工时所消耗的费用与时长都有显著的降低。

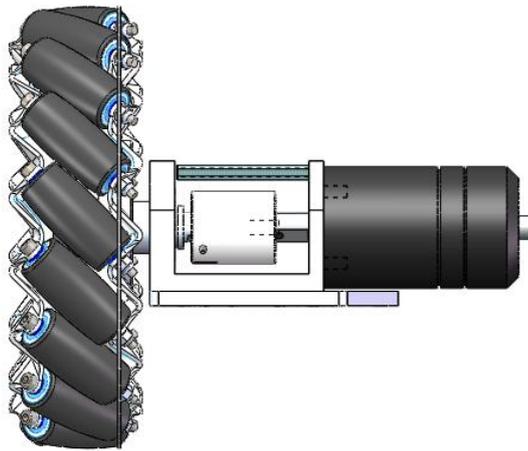


图 6.2.1 轮组装配体

7.工业设计

7.1 全队外观思路

在所有机器人的机械设计过程中，人机工程主要体现在安全防护方面。机器人的设计过程中各零件锐边都加了倒角做防割手处理，做到机器人线不外露。好拆装，便于检查机器人出现的接线问题。

此赛季云台的设计不仅仅满足其基本功能需求，更追求其对称以及流线的美感。如图所示，无论是机械件还是硬件的放置都合理优美的利用了其空余位置。对于线路的安放的问题，设计时尽量减少其外露，并且使其有序的安放在碳板或者保护板之间。

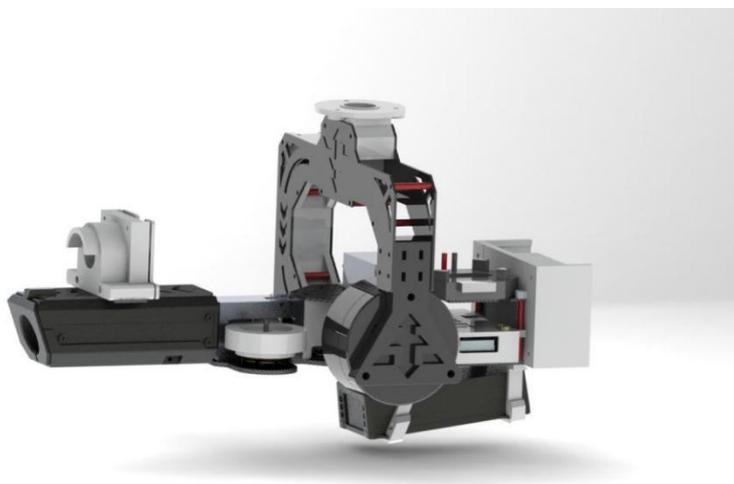


图 7.1.1 空中机器人云台

如下图所示，机架的整体外观趋向于空中鲨鱼，外观上更具侵略感。从材料设计来看，为减少机架的重量以及增加其稳定性，全机基本采用黑色调的碳板以及碳管。

机架采用同轴双桨四旋翼机构，在保证飞行稳定性的前提下，提供稳定的动力，使其机动性更强，给人一种轻便灵活的感觉。



图 7.1.2 空中机器人机架

7.2 人机工程

7.2.1 机械上人机工程

这里以哨兵的快拆结构为例，对哨兵快拆过程进行图解分析，可分为如图 3 大步骤：（拆卸过程与挂载过程步骤相反）

- （1）将机器人从初始状态展开，让固定侧导轮和运动轮接触轨道，并将其套进轨道里。
- （2）将机器人活动侧旋转至原来大概位置，让活动侧导轮接触到轨道侧面，让整个活动侧方管保持这个角度即从动轮与轨道垂直。
- （3）将快拆结构扣板扣进圆形卡块里，前后上下扣板均需要扣紧，实现哨兵挂载机构对轨道的夹紧，保证接触面水平，提高摩擦轮传动效率。

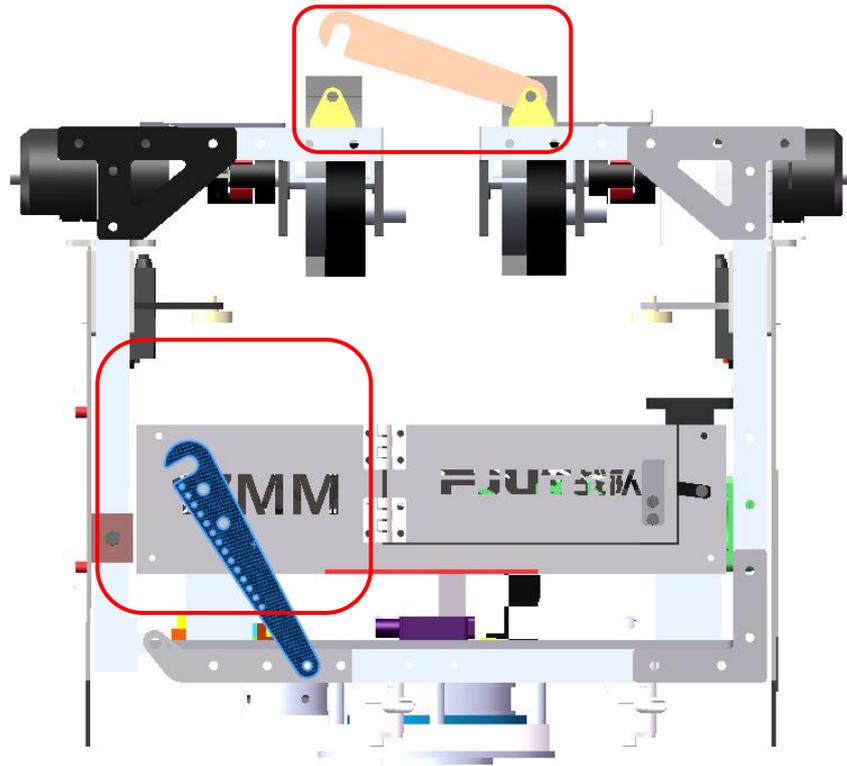


图 5.1 哨兵快拆步骤 (1)

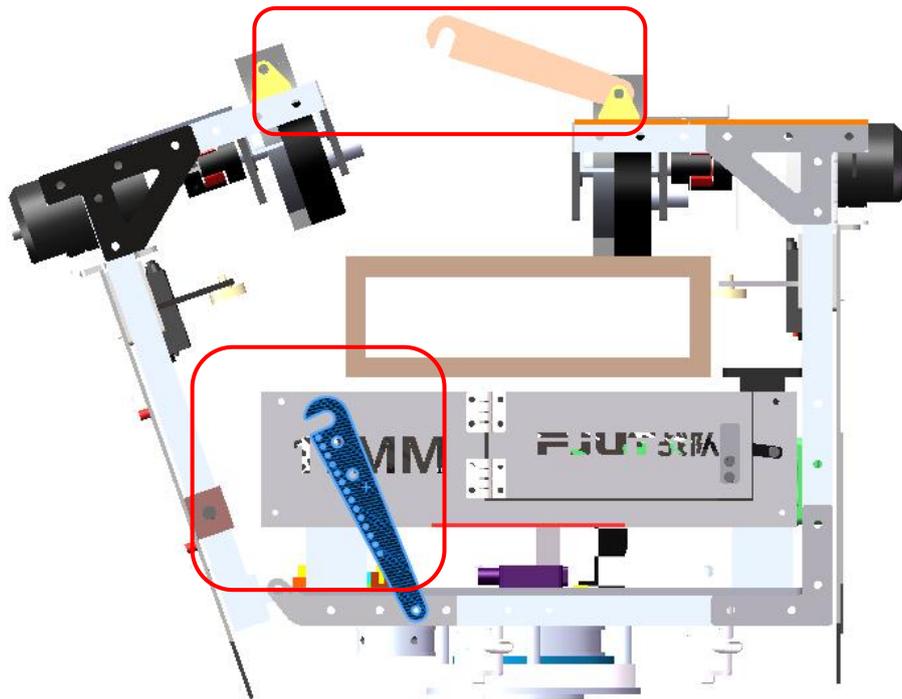


图 5.2 哨兵快拆步骤 (2)

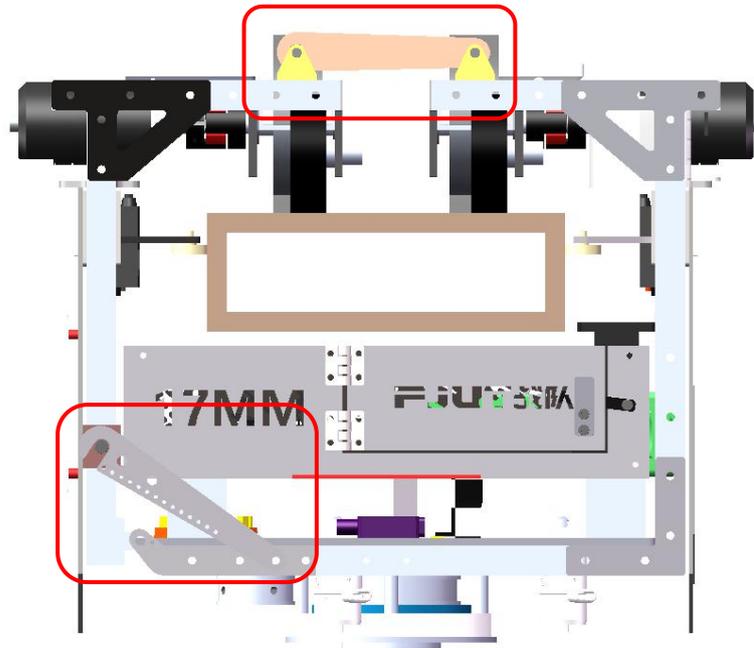


图 5.3 哨兵快拆步骤 (3)

7.2.2 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，其布线设计和控制板设计尤为重要。简单便捷的走线方案不仅让步兵车看起来更加工整漂亮，同时也为后期的维护、调试提供了方便。而一块设计较为完善的控制板可以为整车的布线省下不少线缆。（如图 7.2.5）

一辆步兵车的底盘部分的走线大致如下图所示（见图 7.2.6、图 7.2.7），其布线采用横平竖直的原则，让线缆尽量贴着底盘框架走，稳定可靠。使用统一的色调使整体更加简洁。



图 7.2.5 控制板

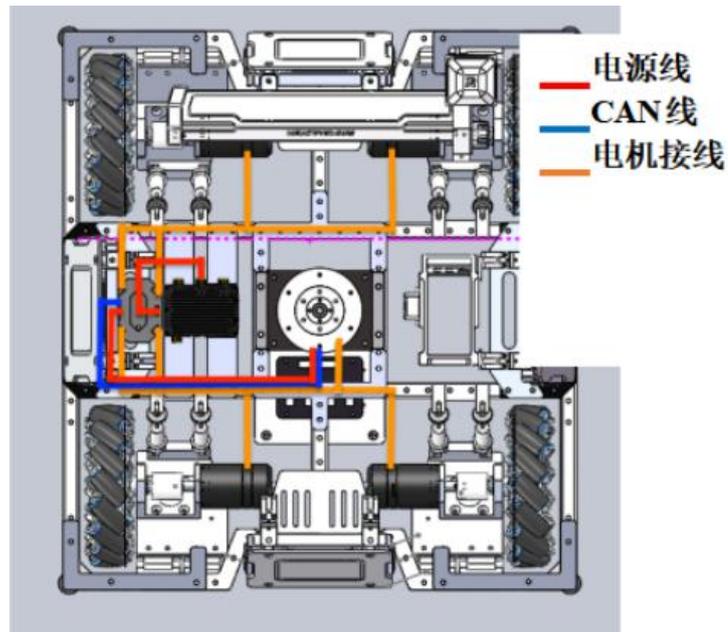


图 7.2.6

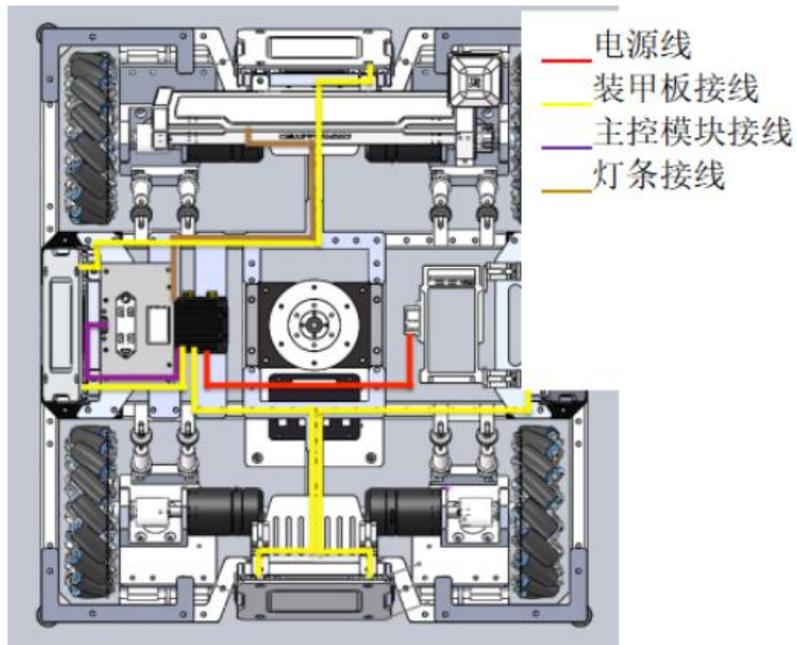


图 7.2.7

2. 上位机调参人机工程

为了提高效率和监控整车的部分参数信息，制作了一款上位机监视调参软件。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参数的调整，以及对部分数据的检测，提高了对机器人的调试，便于分析数据。



图 7.2.8 上位机监控部分界面图

3. 鸣蜂鸣器报误

主控制板上设计了一个蜂鸣器（见图 7.2.9），主要用于机器人运行过程中出现错误的报误。当程序运行出现错误或者机器人运动过程中出现不正常的现象，蜂器便会报误并停止机器人的通电。



7.2.9 控制板蜂鸣器位置

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片						产品型号		零件图号					
材料牌号		6061	毛坯种类	金属型铸件	毛坯外形尺寸	60x42x27	每毛坯件数	1	每台件数	1	备注	共	页	第	页
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Φ10.1D型孔				金		加工中心							
		1. 粗铣Φ10.1D型孔至尺寸Φ9.1D型孔, IT12, Ra12.5							Φ2 高速钢直柄立铣刀, GB/T 6118-2010						
		2. 半精铣Φ10.1D型孔至尺寸Φ9.8D型孔, IT10, Ra6.3							内径百分表						
		3. 精铣Φ10.1D型孔至尺寸Φ10.1D型孔, IT8, Ra3.2													
20	铣	粗铣、半精铣、精铣Φ24轴				金		加工中心	Φ12 高速钢直柄立铣刀, GB/T 6118-2010						
		1. 粗铣Φ28轴至尺寸Φ29, IT12, Ra12.5							游标卡尺 125/0.02						
		2. 半精铣Φ28轴至尺寸Φ28.7, IT10, Ra6.3													
		3. 精铣Φ28轴至尺寸Φ28, IT8, Ra3.2													
30	钻	钻Φ5.02孔, IT0, 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	钻	钻3xΦ5.5孔, IT0, 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						
50	钻	钻Φ3.16孔, IT0, Ra6.3				金		加工中心	Φ1.5 高速钢直柄麻花钻, GB/T6135-1996						
									内径百分表						
60	攻	攻Φ3.16螺纹				金		加工中心	55° 丝锥						
70	清	去毛刺、清理工件							锉刀、砂纸						
								设计(日期)		校对(日期)	审核(日期)	标准化(日期)	会签(日期)		
标记	处数	更改文件号	签字	日期	标记	处数	更改文件号	签字	日期						