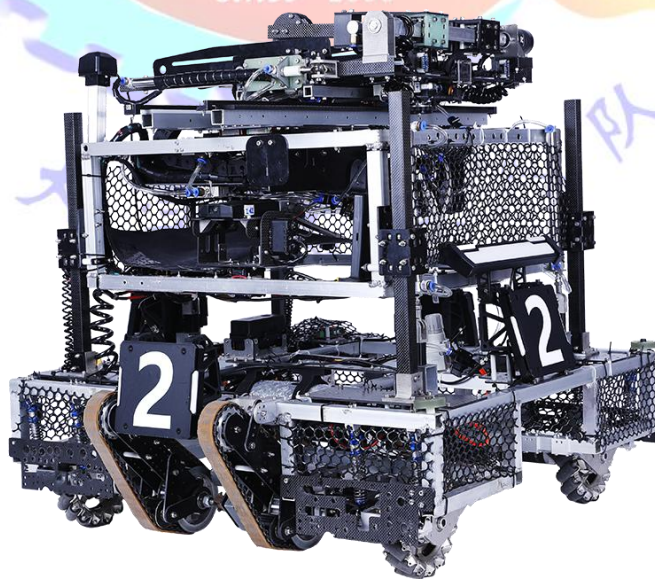




南昌大学 Passion 战队  
Robomaster2019 赛季  
工程机器人开源技术文档



# 目录

<b>第一章 绪论</b> .....	<b>1</b>
1.1 本文档内容来源及开源声明.....	1
1.2 设计要求.....	1
1.3 开源主要内容.....	1
<b>第二章 总体方案概述</b> .....	<b>2</b>
2.1 设计需求及性能指标.....	2
2.2 机器人总体方案.....	3
2.3 机器人各模块机械方案原理确定.....	3
<b>第三章 工程机器人各模块设计</b> .....	<b>9</b>
3.1 越障底盘设计.....	9
3.2 可翻转夹具设计.....	14
3.3 三自由移动平台设计.....	18
3.4 关键零件的有限元分析.....	20
<b>第四章 制作过程与实际效果</b> .....	<b>23</b>
4.1 工程的制作过程.....	23
4.2 测试及比赛情况.....	25
<b>第五章 总结与展望</b> .....	<b>27</b>
5.1 总结.....	27
5.2 优化方向与展望.....	28

## 第一章 绪论

### 1.1 本文档内容来源及开源声明

1、本开源文档为 Robomaster2019 赛季南昌大学工程机器人机械结构开源，附属文件包含完整的技术文档、形态视频、三维装配图以及关键零件的二维图纸等；

2、本开源仅限于 Robomaster 参赛队之间技术交流，不得作任何商业用途；

3、未经作者允许，不得转载至任何公共空间；

4、本作品的声明以及其修改权、保护作品完整权及最终解释权均归南昌大学机器人队 Passion 战队所有。

### 1.2 设计要求

本开源内容为工程机器人的设计制作，在比赛中工程机器人需要完成连续攀登两个高度 200mm 的台阶，以进行资源岛上及岛下连续夹取多个弹药箱的任务，弹药箱中心距离地面 800mm。

### 1.3 开源主要内容

1、工程机器人的整体设计；

2、实现快速上下 200mm 台阶功能的底盘原理及机构设计；

3、实现快速取弹的原理及机构设计；

4、制作过程及比赛表现；

5、对今年工程机器人的问题总结与优化展望。

## 第二章 总体方案概述

### 2.1 设计需求及性能指标

我们以 Robomaster2019 机甲大师赛中对工程机器人的规则（分区赛 1.2 版）限制为基本设计需求，以往年其他队伍的工程机器人性能指标为参考进行设计。

#### 2.1.1 机器人任务分析

比赛中，工程机器人所需完成任务的主要场所为场地中的资源岛区域，如图 2-1。以比赛规则为基础，工程机器人需完成的任务为：

可稳定快速地连续上下资源岛两层高度 200mm 的台阶；

可快速获取资源岛上下弹药箱中的弹药

资源岛轴测图如下：

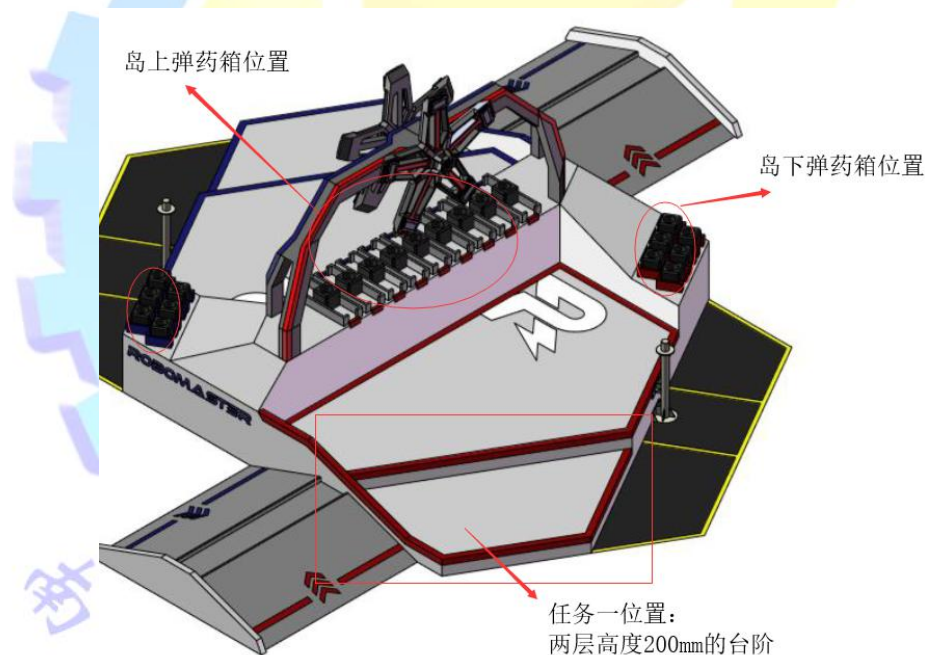


图 2-1 资源岛轴测图及工程车主要任务位置

以稳定快速完成比赛任务为前提，以简单可靠、模块化、轻量化为原则，将工程机器人在整体设计和机械设计的要求整理如下：

1. 模块化设计机器人底盘与上层机构；
2. 实现稳定快速上下两层台阶；
3. 实现快速取弹，底盘一次定位可获取多个弹药箱；
4. 机器人越障性能良好，具有良好的地面通过性；
5. 机器人运动性能良好，具备全向移动功能，可迅速、灵活的移动。



## 2.2 机器人总体方案

根据模块化的思想，我们将工程机器人设计分为如下几个模块，并进行相应的分析及设计，分别为越障底盘模块、三自由度移动平台模块、可翻转夹具模块，如下图：1 为越障底盘模块，2 为电池模块，3 为抬升模块，4 为横移模块，5 为伸缩模块，6 为可翻转夹具模块，7 为弹舱模块，8 为气瓶模块：

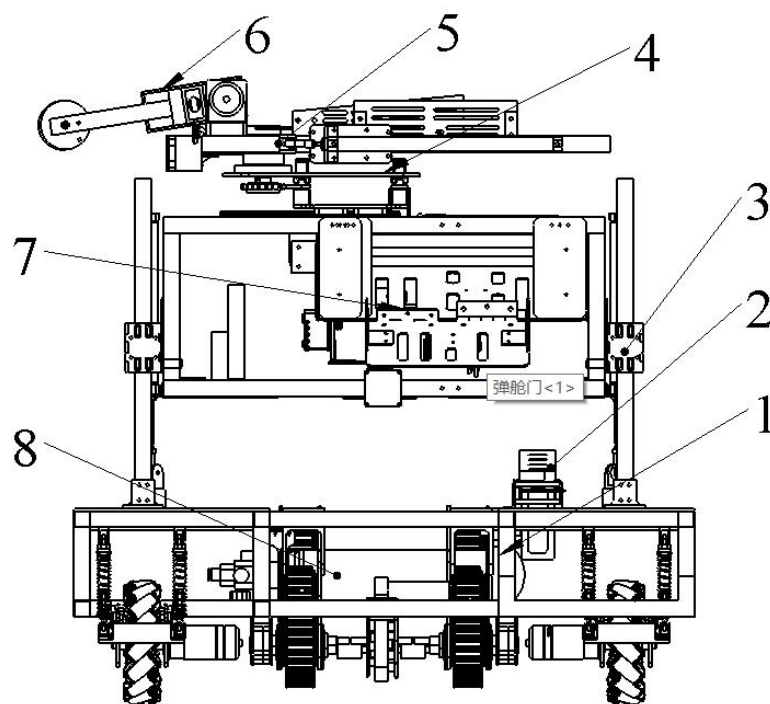


图 2-2 工程机器人模块分析

## 2.3 机器人各模块机械方案原理确定

### 2.3.1 上下岛方案确定

如前文所述，登岛为工程机器人主要任务之一，在上岛的方案上，有许多可以选择的原理，如抱柱式，抬升腿式等，通过讨论与分析，我们认为通过台阶上岛操作简单，较为可靠，容错率高，故我们在工程机器人设计过程中重点设计通过台阶上岛的方式。

机器人上下台阶方案可分为，六轮摇臂式、履带式、腿足式以及各种各样的复合形式。综合参考往年在 Robomaster 比赛中所使用过的上下台阶的方案，这里仅介绍伸缩腿式、六轮摇臂式和我们最终所确定的一种新的轮履式方案。

### 1) 整体抬升式

此方案由深圳大学在 2018 赛季使用并开源，具体详见深大开源文档，整体抬升式登岛机构是一种优秀的结构，在 2019 赛季被很多战队采用，在此对原理不多赘述，主要存在问题可能在于伸缩腿机构结构的稳定性与气动的实现难度。

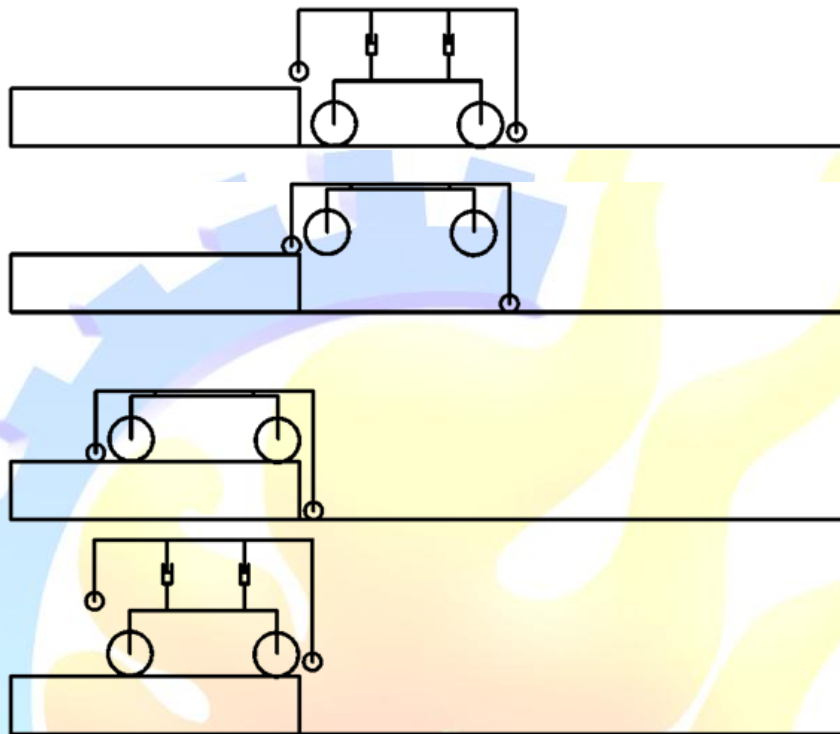


图 2-3 伸缩腿整体升降式方案图解

### 2) 月球车式

此方案由哈工大在 2018 赛季使用并开源，具体详见哈工大开源文档，月球车式工程是一种优秀的结构，在 2019 赛季被很多战队采用，在此不多赘述，主要的一些问题为重心控制较难；上岛时倾角较大，可能会出现翻车；上岛工程中会有停顿导致的冲击，可能对结构有一定影响。

### 3) 分体式轮履方案

整体履带式登岛方案在比赛中也曾出现，2017 赛季很多学校采用履带通过梅花桩登上资源岛，2018 赛季电子科技大学成都学院也曾通过整体履带方案进行登岛，但往往面临占用空间大，重量大等问题而限制工程机器人的性能发挥。

由于比赛需要底盘快速的全向移动和上下 200mm 的台阶，为了减少上台过程中速度停顿带来的冲击，我们提出一种新的轮履式机器人底盘结构。具体原理如图，四个驱动轮为麦克纳姆轮，麦克纳姆轮内侧的四条履带，使得机器人在上下台阶过程中，机器人重心的水平速度及竖直速度可保持一直大于 0，实现快

速稳定的上下台阶。

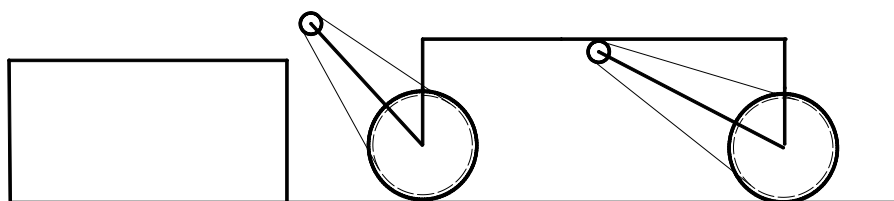


图 2-4 上下台阶底盘原理方案

其基本结构如上图，基本上下台阶过程如下文所述：

其履带上部带轮中心高度应高于 200mm,前履带依靠车体的惯性冲上台阶，并依靠转动的履带，给车体提供一个斜向上的摩擦力。

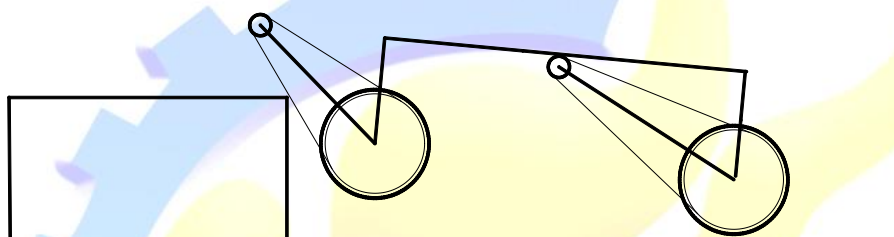


图 2-5 前履带登岛

履带与前轮相切，并确保当前轮接触台阶时，麦轮中心高于 200mm,此时，转动的麦轮，将代替履带，继续使车体抬升并向前移动。最终，前轮完全登上台阶。

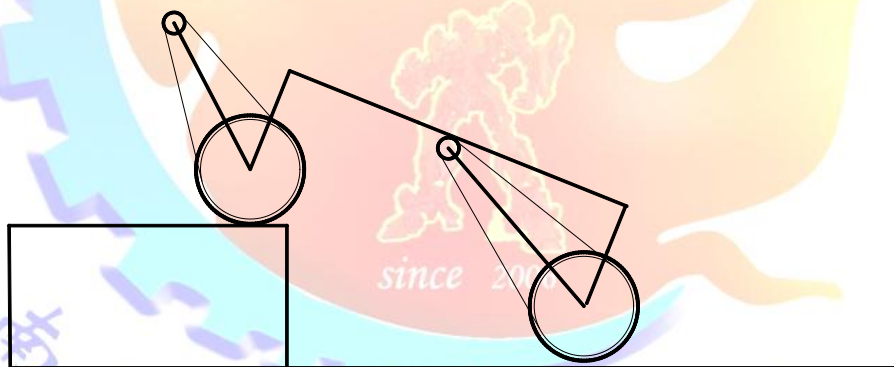


图 2-6 前轮登岛

后轮登岛情况，与前轮登岛类似。但最难以登岛的地方与前轮登岛相反，是在履带刚开始接触台阶边线时：

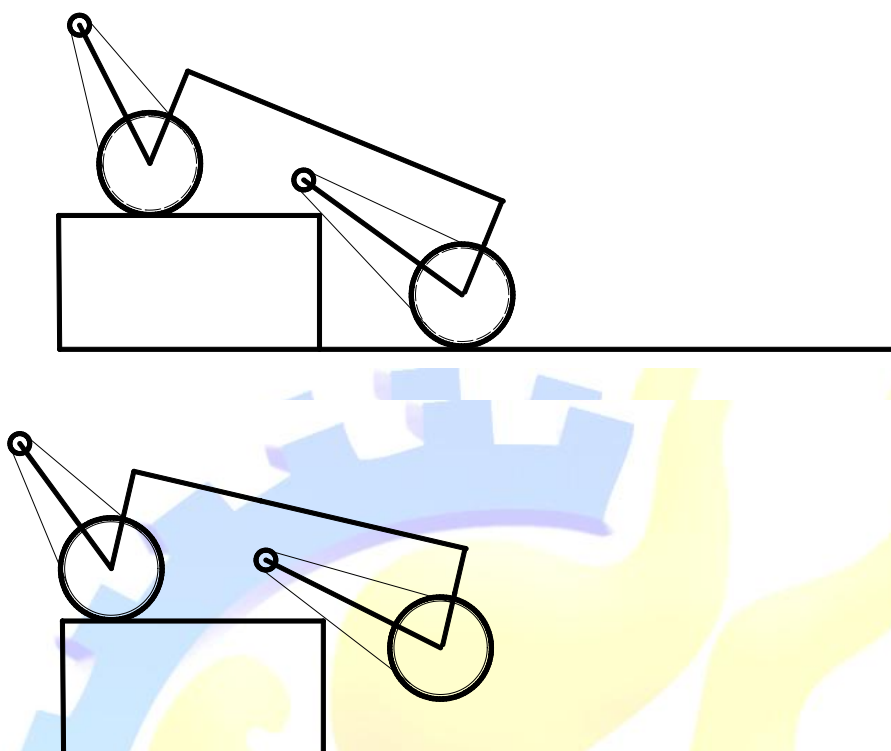


图 2-7 后履带及后轮登岛

由前文可以看出，分体式履带的上岛结构，只要将过程反转，即可成为下岛过程，故此处不再赘述。

### 2.3.2 可翻转夹具方案确定

如图，工程机器人需要夹取放在弹药箱卡槽中的弹药箱，卡槽为边长为 210mm 的正方形，高度为 100mm，弹药箱为边长为 200mm 的立方体。

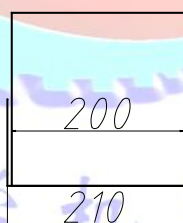


图 2-8 弹药箱与卡槽

各个学校取出弹药箱方式中最常见的为夹具夹取后先抬升 100mm,然后再翻转弹药箱，如下图，此种方案虽然稳定可靠，但需要多增加一次抬升，增加机构复杂性的同时，也使夹取多个弹药箱时间大幅增加。



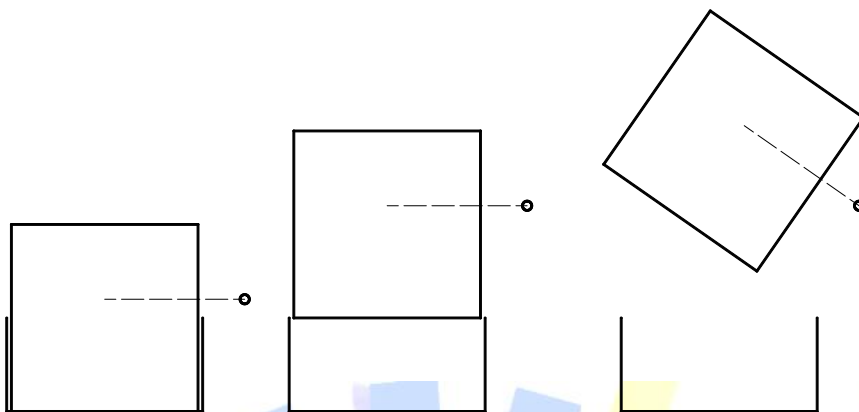


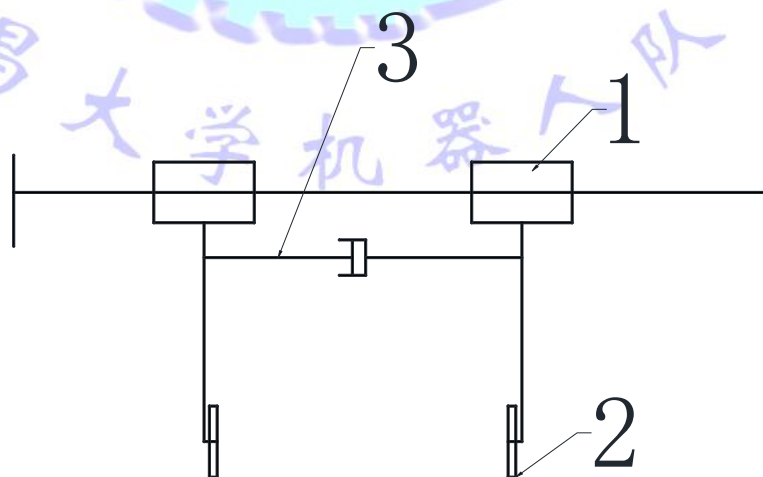
图 2-9 常用夹取弹药箱动作

为了省去二次抬升，在对其他队伍结构学习的基础上，我们实现了一种解决方案。如下图，在夹具末端添加一个转动副，并限制一定转动角度，转动时，由于摩擦力，转动副与弹药箱位置相对固定，则翻转时，由于重力作用，弹药箱将保持竖直向下，因而不会发生卡死，因此，只要计算选取合适的翻转半径，便可使弹药箱顺利取出。方案过程如图：



图 2-10 一次翻转夹取动作

如上文所述，转动副的存在，使得夹具一次翻转即可将弹药箱从卡槽中取出，而无需担心卡死的现象。夹紧机构动力选择气缸，以提供高效有力的夹紧力，具体方案如图 2-11，其中 1 为两个滑块，2 为可转动夹板，3 为驱动气缸。



2-11 夹具方案原理图

在比赛过程中，翻转动作除了用于夹取弹药箱，还将用于将弹药箱扔出的动作，因此，翻转动作可进行多个位置，多种速度的翻转，此处选择电机作为动力来源，传动形式选择直连。

### 2.3.3 三自由度移动平台机构方案确定

为了夹取资源岛卡槽中的弹药箱，工程机器人需要具备  $x,y,z$  三个方向的伸缩扩展机构，这就需要设计一款三自由度的移动平台。其中， $z$  方向移动，我们称之为抬升机构， $x$  方向为横移模块， $y$  方向为伸缩模块。

为了减少平台在移动过程中的耗时，提高取弹效率，同时减少控制上的难度，我们在  $z$  方向采用三气缸抬升机构进行一次性抬升，在  $y$  方向采用气缸进行二次伸缩，在工程车贴近资源岛下方时，第一次伸缩将上层平台伸出至岛下第一排弹药箱位置，第二次伸缩可将上层平台推进至岛下第二排弹药箱或岛上中央弹药区。在  $x$  方向上为了保证平台移动的准确性，采用电机驱动，齿轮齿条配合的方案。



### 第三章 工程机器人各模块设计

#### 3.1 越障底盘设计

##### 3.1.1 关键尺寸确定

在履带式底盘设计过程中，由于规则的尺寸限制，登岛过程平稳不翻车等对登岛重心要求，导致车体设计的尺寸具有很强的关联性，故先进行关键尺寸的确定。

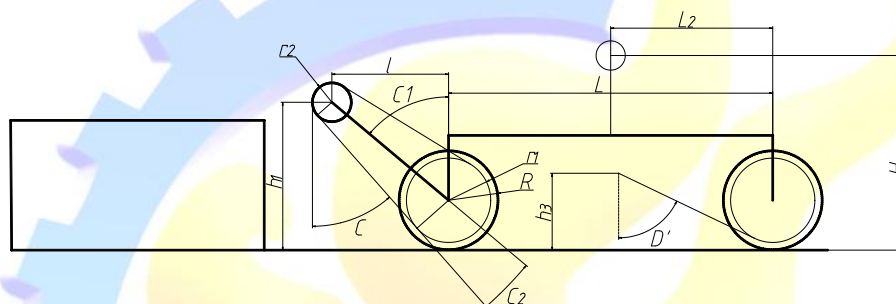


图 3-1 工程车底盘关键尺寸

如图 3-1，其中， $h$  为台阶高度， $h_1$  为前小带轮位置， $C$  为前履带与垂直方向的夹角， $C_1$  为带轮中心线与垂直方向的夹角， $r_1$  为大带轮半径， $r_2$  为小带轮半径， $R$  为前轮半径， $l$  为前部小带轮与前轮的水平距离， $L$  为前后轮距， $l_2$  为后轮距重心距离， $H$  为重心高度， $D'$  为后履带与竖直方向夹角， $h_3$  为后履带所需最小高度， $A$  为车体倾角。其中  $h=200\text{mm}$ ， $R=76.25\text{mm}$ 。

1) 车体长度  $L$  与前履带倾角  $C$

由于

$$L+l+r_2+R < 800$$

且  $R=76.25$ ，给定  $r_2=30$

为留有一定裕度，给定

$$L+l = 650$$

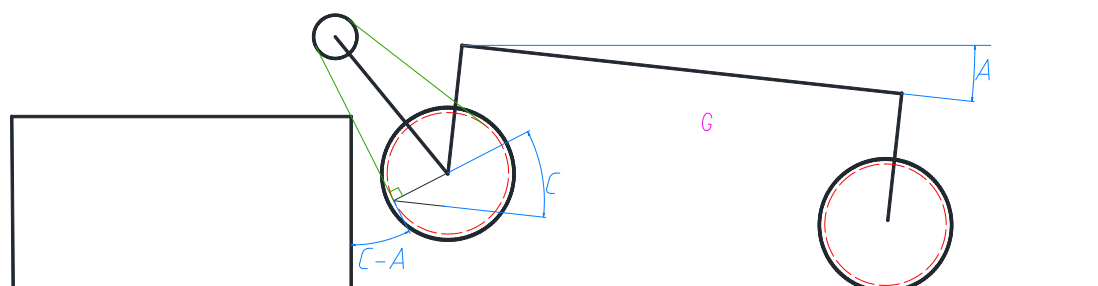


图 3-2 前履带登岛时车体位置

则车体倾角 A 计算如下

$$A = \arctan \frac{h}{L}$$

且从图中得出

$$C = C_1 - C_2$$

其中

$$C_1 = \arctan (l / (h_1 - R))$$

$$C_2 = \arcsin ((r_2 - r_1) / \sqrt{l^2 + (h_1 - R)^2})$$

在 MATLAB 中得出 A, C, C-A 随 L 的变化曲线如下

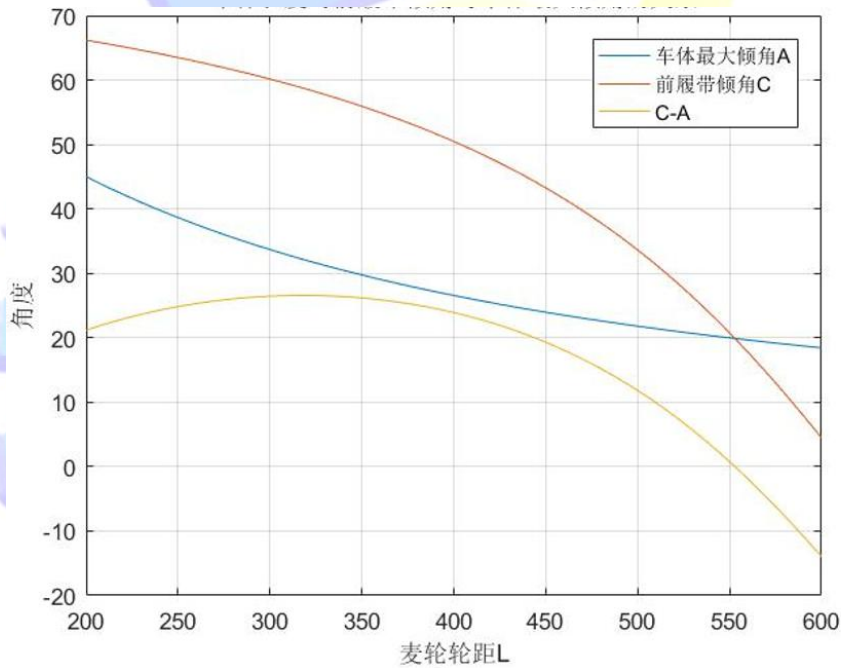


图 3-3 车体长度与前履带倾角及车体最大倾角的关系

从车体稳定性来看，上岛过程中，车体倾角 A 越小越好，即车体长度越长越好。而另一方面，前履带上岛时，C 角越大上岛过程将越平缓。从图 3-3 可以看出，L 大于 500 时，车体长度对 A 和 C 的影响逐渐变小，而在 550 左右，C-A 将变为 0，综合考虑，选择 L=500mm, 规整 C<sub>1</sub>=45°，规整前臂臂长为 l<sub>0</sub>=195mm, 此时，最大倾角 A=21.8°，前履带倾角 C=33.84°。

## 2) 后履带倾角 D' 与后履带最高高度

后轮登岛时车体位置及关键尺寸如图 3-4，其中给定 L<sub>2</sub>=0.5L，重心高度 H=300。



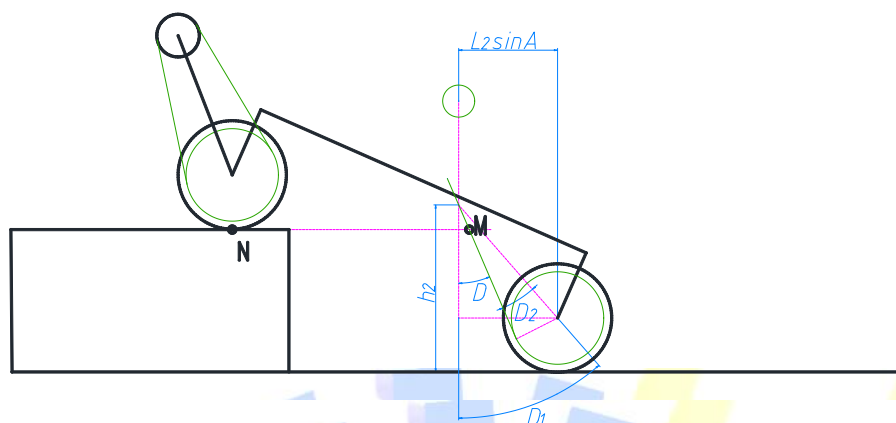


图 3-4 前轮登岛时车体位置及后轮关键尺寸

后轮登岛时，为保证车体不翻车，应使前轮始终着地受力，则重心应位于点 N 与 M 之间，这是为了防止后履带刚接触台阶时，由于夹角太小，且重心未能使前轮始终保持着地而导致翻车。

登岛时履带与竖直方向夹角

$$D = D_1 - D_2$$

其中

$$D_1 = \arctan\left(\frac{L_2 \sin A}{h_2 - R}\right)$$

$$D_2 = \arcsin\left(\frac{r_2}{\sqrt{(L_2 \sin A)^2 + (h_2 - R)^2}}\right)$$

得

$$D = 10.5^\circ$$

$$D' = D + A = 32.3^\circ$$

后臂长

$$\sqrt{(L_2 \sin A)^2 + (h_2 - R)^2} = 171.3\text{mm}$$

则

$$h_3 = \sqrt{(L_2 \sin A)^2 + (h_2 - R)^2}(\cos D_1 - \cos(D_1 + A))$$

规整得， $L=500, C=32^\circ, D'=54^\circ, h_3=121$ 。

综上，车体关键尺寸确定如图 3-5。

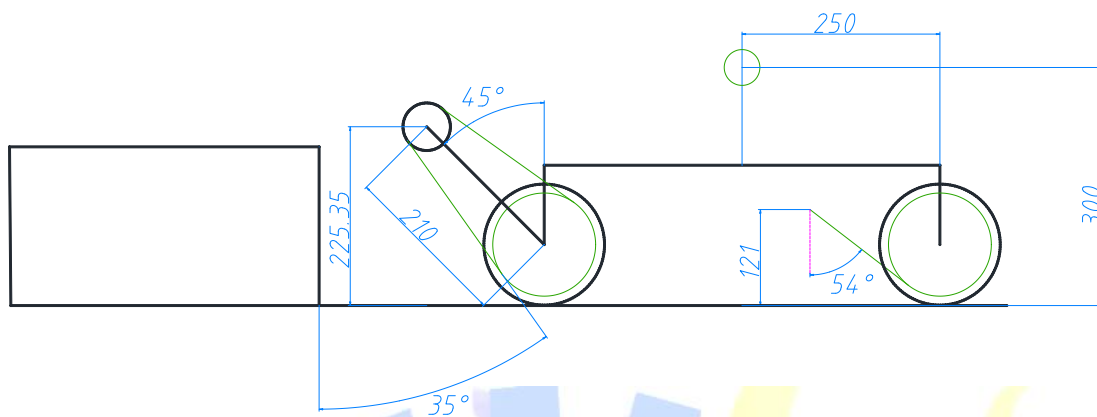


图 3-5 车体关键尺寸确定

### 3.1.2 登岛模块结构设计

由尺寸分析得，登岛模块各带轮分布如图 3-6，与前文不同之处在于，大带轮与小带轮之间增加了一个惰轮，用于带轮的张紧，和减小带轮登岛时前后倾斜角度的跨度，增加登岛的稳定性。

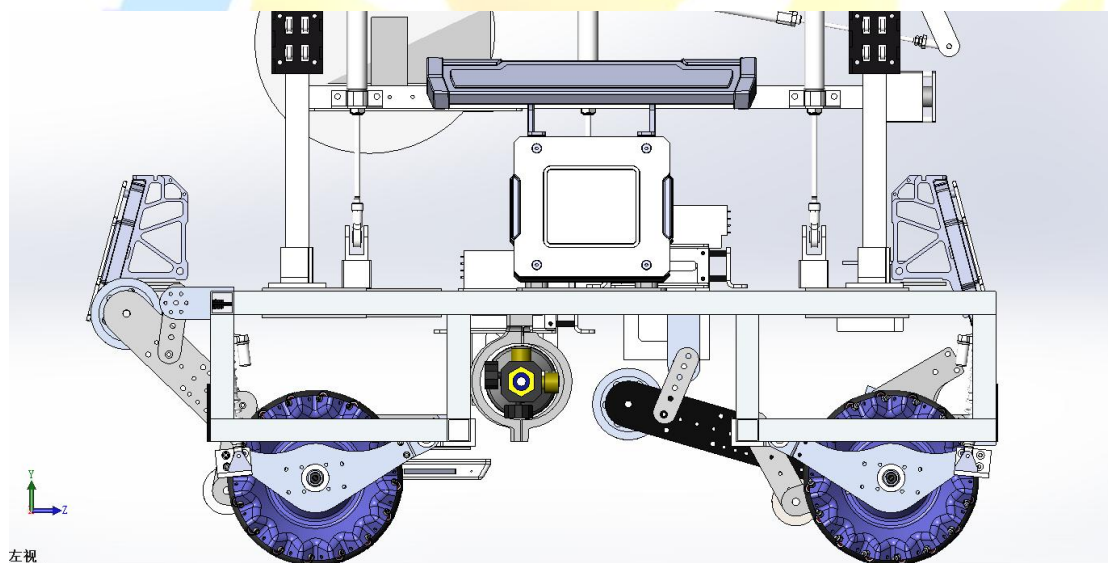


图 3-6 登岛底盘侧视图

#### 2) 驱动电机选型

为了减轻车体重量，我们采用双出轴电机，同时带动左右两组带轮。

上岛过程中，需要行走直线距离约 2.2m，假设上岛时间为 6s，则工程机器人上岛均速为 0.4m/s，其中共有四次履带登岛过程，总的水平长度约 0.8m。

假设履带登岛过程中的时间为 3s，则实际上岛水平均速约 0.3m/s，C-A 均角约  $20^\circ$ ，则带的均速约 0.9m/s，取为 1m/s。

假设前履带上岛时，车体可在台阶上静止，重心在距前麦轮  $1/3L$  处。

则  $F_1 + F_2 = 350N$

$F_1 = 2/3 * 350 = 240N$  (约)

考虑到在前履带论登岛时后轮的驱动，与后轮登岛时前轮的驱动，预估两组带轮需提供力应不超过  $1/2F$ ，即  $120N$ 。

可找到的双出轴电机较少，24v 供电的前提下，找到的最大额定功率为  $130W$ ，考虑到上岛过程为短时运动，而此电机其堵转力矩较大，因此选型如下

马达型号	电压	空载		负载			输出功率 W	堵转	
		电流 mA	转速 r/min	电流 mA	转速 r/min	扭矩 g·cm		电流 mA	扭矩 g·cm
RS-7752415000	24V	1300	15000	6500	11500	1100	130	29000	5000

减速级数	3级减速				4级减速				5级减速			
减速比	14	20	36	66	94	150	196	211	277	395	624	1166
最大运转扭矩	30Kg.cm				50Kg.cm				80Kg.cm			
齿轮极限运转扭矩	50Kg.cm				80Kg.cm				120Kg.cm			
齿轮传递效率	73%				65%				59%			

图 3-7 带轮驱动电机选型

### 3) 传动方式

电机与轴的连接，由于采用双出轴电机与两根轴的连接方式，为了使这三根不同的轴同轴度高，我们采用一种压板式的自制刚性联轴器。

轴与带轮间的传动我们采用键的形式，以保证传动的可靠。如图 3-8。

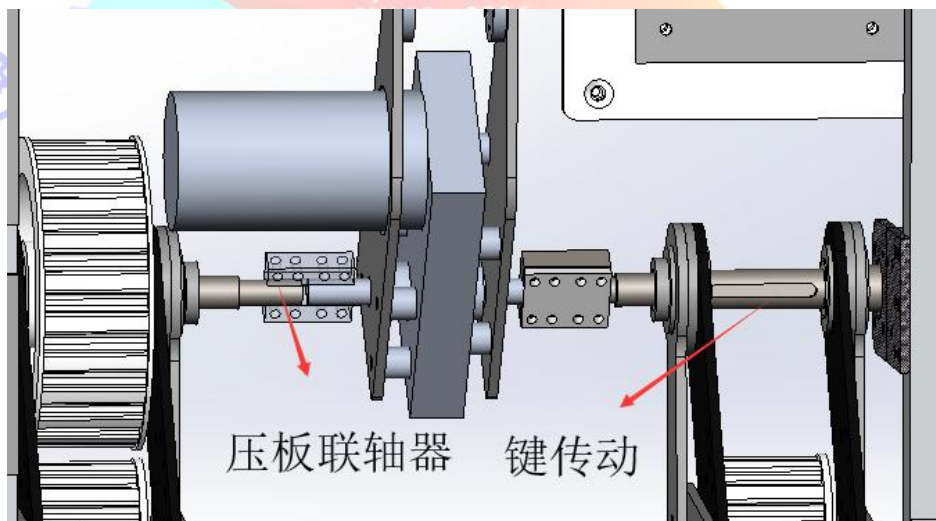


图 3-8 带轮轴系传动方式

### 3.1.4 悬挂结构设计

工程机器人悬挂系统与本队步兵、英雄机器人的形式相似，故在此不做赘述。

### 3.1.5 底盘布局

如同 3-9 所示，底盘除裁判系统外还安装有高压气瓶模块、底盘主控模块，底盘电控模块与上层机构电控模块的安装位置是分开的，仅有气管与少数线相连，这样可以方便检修与拆装。

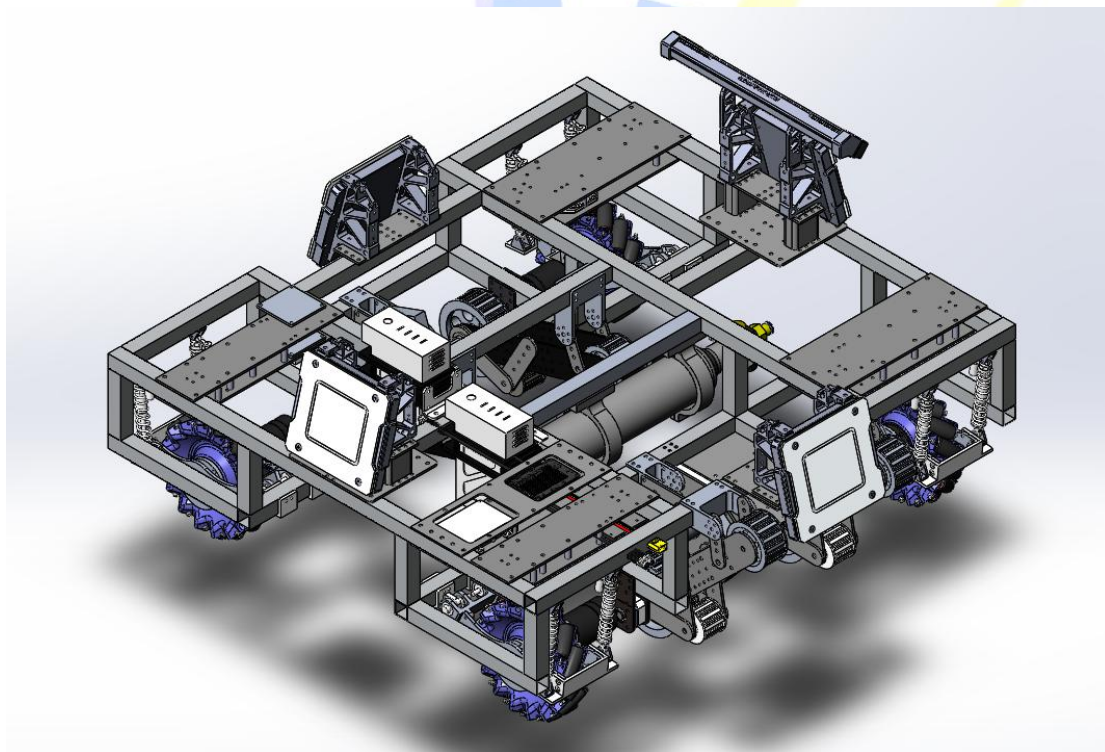


图 3-9 底盘模型

## 3.2 可翻转夹具设计

### 3.2.1 夹具初始位置及翻转半径确定

假设弹药箱翻转轨迹半径为  $R$  ( $R \in (0, 400)$ )，当弹药箱在竖直方向上运动 100mm 时，水平方向最大偏移量为  $y$ 。为使弹药箱不卡死，则  $y$  应小于 10mm。如图，当夹具初始位置水平时



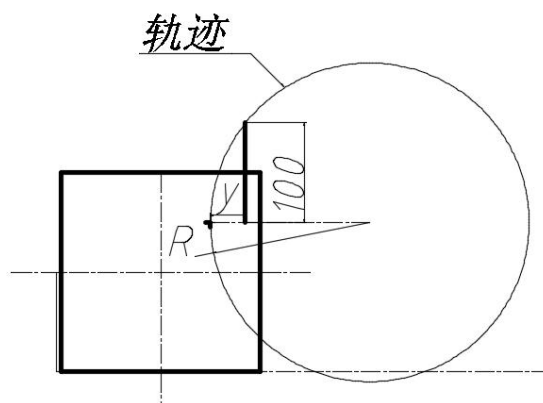


图 3-9 夹具初始状态为水平

求解出  $y$  关于  $R$  的函数

$$y = R - \sqrt{R^2 - 100^2} \quad (3-28)$$

在 Matlab 中绘出该函数曲线如图：

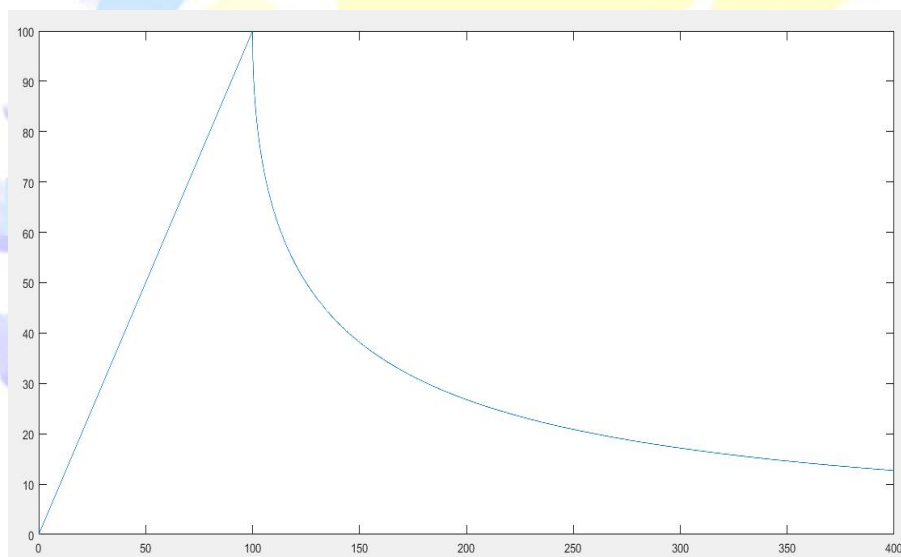


图 3-10 初始状态水平时翻转半径与横移量的关系

由图像可知， $R$  在  $(0, 400)$  区间里， $y$  始终大于 10，故此种情况不适用。

当夹具初始位置与水平方向存在一定角度时，初始角度翻转半径与夹取弹药箱横移量的关系如图 3-11.

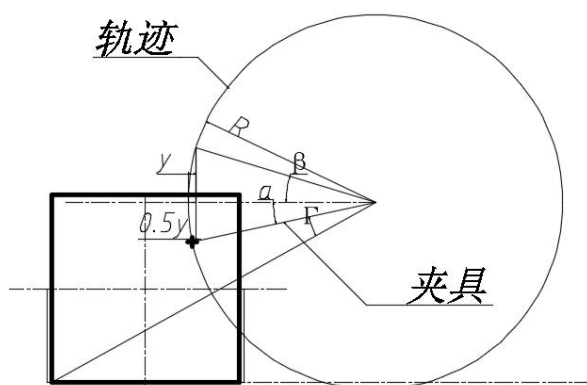


图 3-11 初始角度与翻转半径及横移量关系

这种情况下夹具与水平面成  $\alpha$  角度，可列出方程组：

$$R - R \cos \beta = y$$

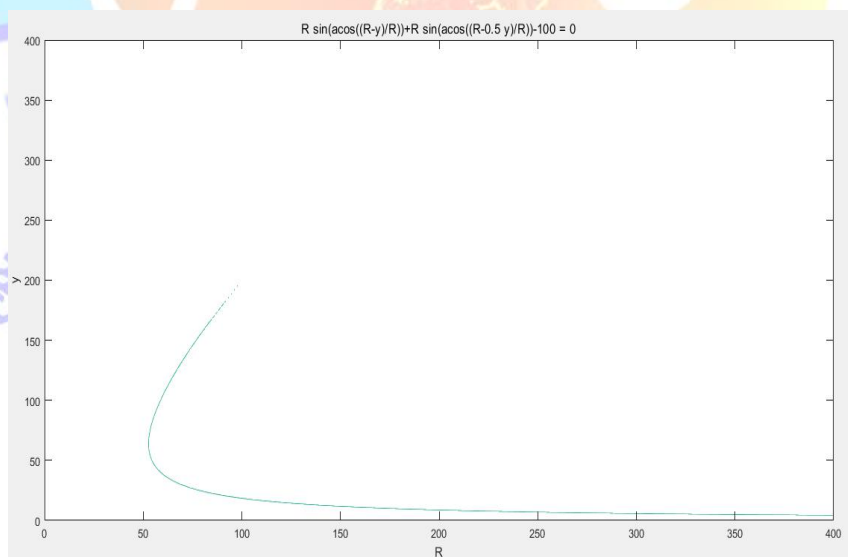
$$R - R \cos \alpha = 0.5y$$

$$R \sin \alpha + R \sin \beta = 100$$

得到  $y$  与  $R$  的函数关系式：

$$R \sin \arccos \frac{R-y}{R} + R \sin \arccos \frac{R-0.5y}{R} = 100$$

绘出该函数曲线如图：



3-12 初始状态不水平时翻转半径与横移量之间的关系

通过 matlab 计算得出该较链的可转动角度即为  $17^\circ$ 。

### 3.2.2 翻转夹具设计

#### 1) 夹取动作

由前文可知两个弹药箱之间距离  $d$  最少为  $100\text{mm}$ ,为了尽可能的减少底盘定位误差对夹具的影响,将夹具单边厚度  $b$  尽可能的减小,以减小底盘定位的难度。则可得到

$$a+b-200 < d < 100$$

在设计中,单边厚度  $b=40\text{mm}$ ,故  $a < 260\text{mm}$ ,则夹具可容许的底盘误差为  $\pm 30\text{mm}$ ,且可得到夹具气缸伸缩长度应大于  $60\text{mm}$ ,以夹紧弹药箱。

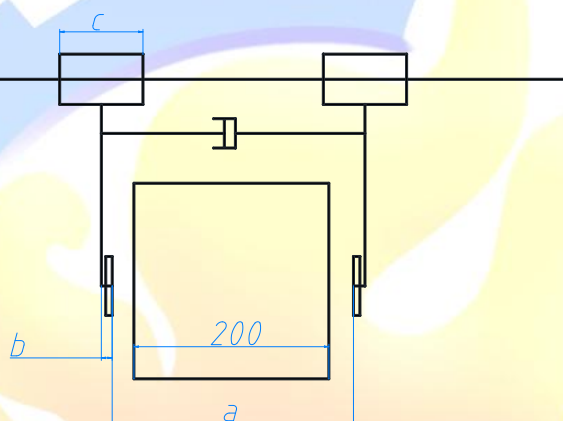
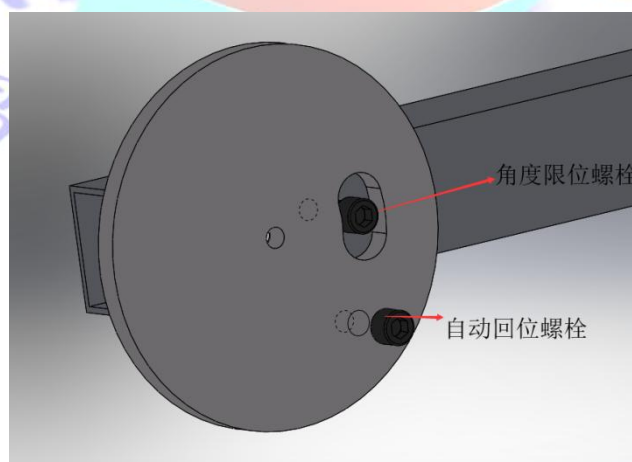


图 3-13 夹具尺寸确定

如图 3-14,为夹板及铰链设计,其中夹板可转动,通过角度限位螺栓使其可转动角度为上文所得到的  $17^\circ$ ,此种转动夹取的方式之前也有其他学校做过,并采用扭簧复位,我们对这种方式进行优化改进使之适合我们的实际需求,并将扭簧改为回位螺栓,通过自动回位螺栓及其所固定的配重块(大垫片),利用重力,使夹具在初始位置时,夹板可自动回位。



3-14 夹板及自动回位铰链设计

### 3.3 三自由移动平台设计

#### 1) 三自由度平台

具体设计如下图 3-15。

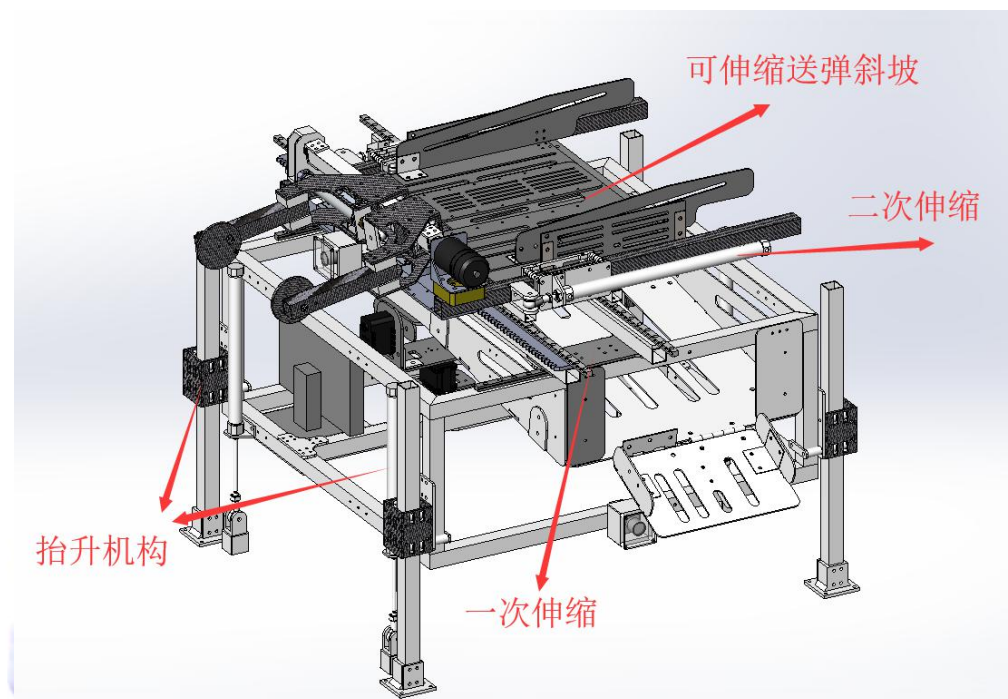


图 3-15 三自由度移动平台

其中，抬升模块采用三个 SMC 公司的 CDJ16-175 气缸作为抬升动力，四个自制滑块作为垂直方向的滑动副来支撑整个上层机构，抬升高度为 175mm；横移模块为了增大夹具夹取的范围，特采用齿轮齿条的传动方式进行横移，横移距离达到 650mm；伸缩机构同样采用气缸加滑块的形式，气缸为两个 SMC 公司的 CDJ10-250，伸缩距离为 250mm。

为了使弹药箱翻转后弹丸能直接落入弹仓，避免弹出或砸到滑动平台，我们设计了一个通过滑槽与塞打螺栓实现的可伸缩的送弹斜坡，使之能随着夹具一同伸缩，保证弹丸沿斜坡落入弹仓，同时为避免伸缩过程中横移电机同该结构的干涉，特在斜坡中间开槽，并增加一块遮挡板，避免弹丸直接打在电机上造成损坏。



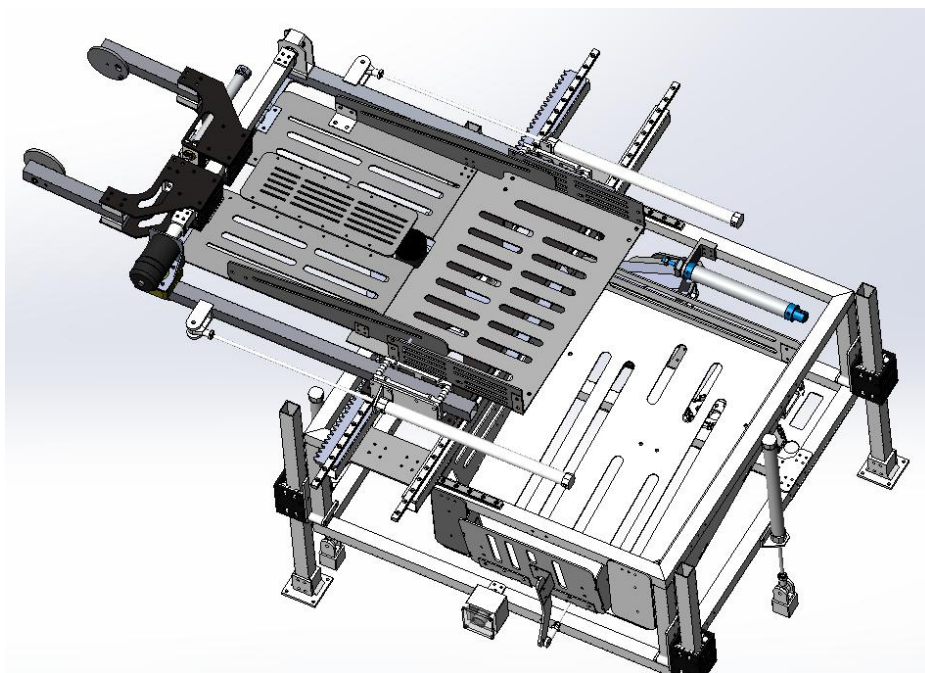


图 3-16 伸出状态

## 2) 弹仓模块

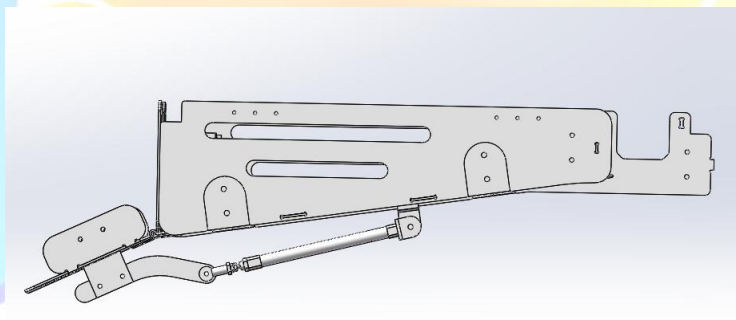


图 3-17 弹仓模块

采用气缸与弯曲拉杆完成弹仓门的开闭。

## 3) 影像系统

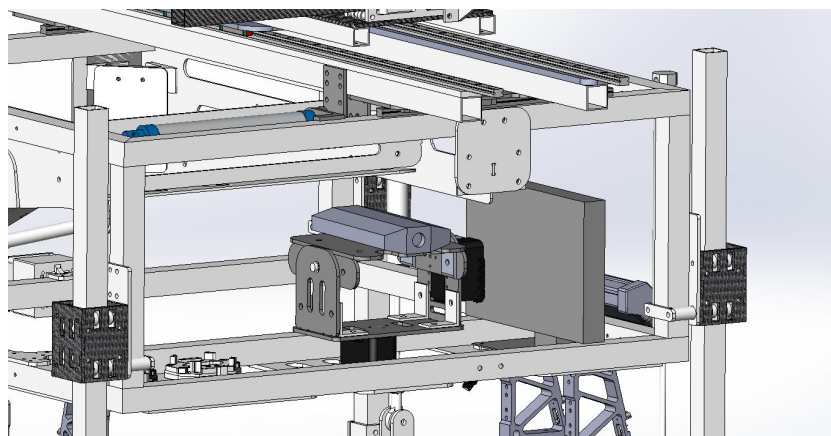


图 3-18 影像系统

影像系统由图传云台及两个倒车雷达摄像头组成，一个负责取弹定位，一个负责与英雄交接。

### 3.4 关键零件的有限元分析

利用 Solidworks 对机器人关键传动与承重零件进行有限元分析校核，得到在负载情况下关键零件的应力云图与位移云图，根据分析结果对结构做出优化改进，确保零件刚度强度符合要求。

#### 3.4.1 对带轮传动轴的有限元分析

带轮传动轴作为登岛模块的传动件，是整个登岛模块最为关键的零件之一。在登岛过程中，其主要受到传动转矩的作用，传动转矩取带轮堵转力矩，经减速箱放大后，该力矩约为  $18\text{N}\cdot\text{m}$ ，则单根轴所受力矩为  $9\text{N}\cdot\text{m}$ 。在分析过程中，直接在软件中定义材料，划分网格，网格类型为实体网格，添加夹具及载荷后，运行算例得：

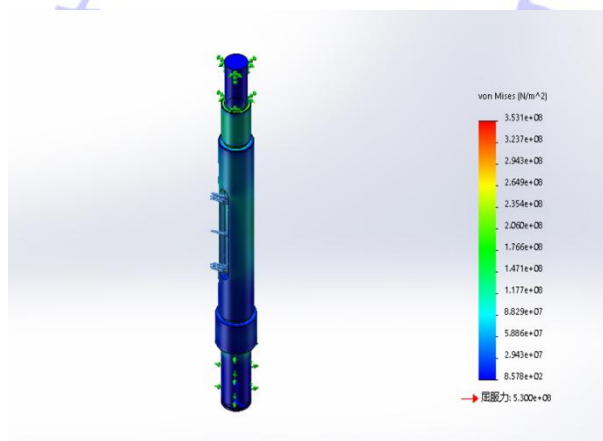


图 3-19 带轮传动轴应力云图

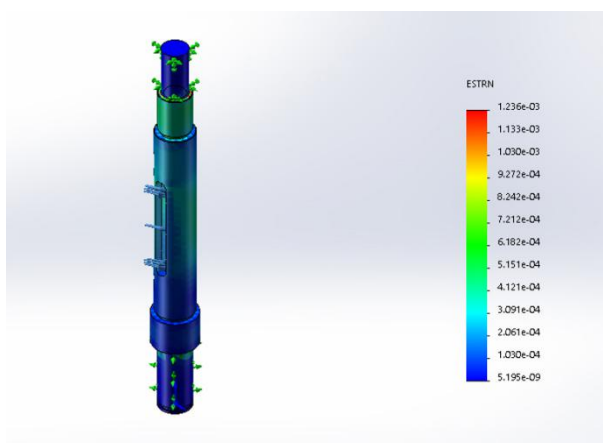


图 3-20 带轮传动轴应变云图

由图中可以看出,传动轴所受最大应力小于其屈服极限,应变满足使用要求。

### 3.4.2 对轮系侧板的有限元分析

轮系侧板是与麦克纳姆轮直接相连的受力零件,即整车的重量全部由分布在四组轮系中的 8 块侧板承受,又考虑到底盘上下台阶时所受冲击,给定侧板轴承载荷为 60N,载荷分布采用正弦分布,进行有限元分析。

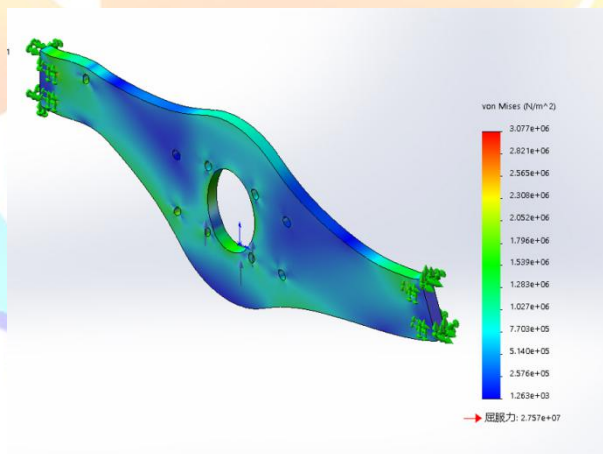


图 3-21 轮系侧板应力云图

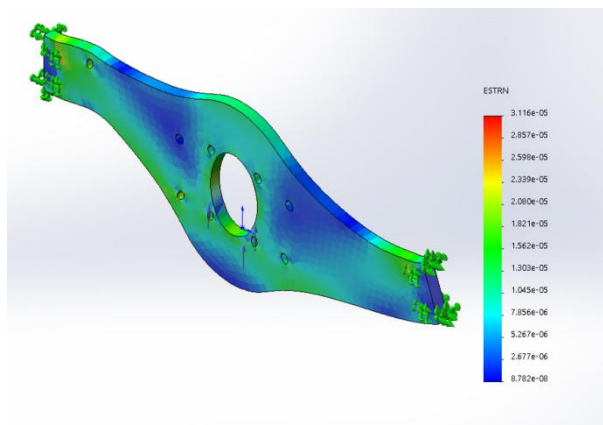


图 3-22 轮系侧板应变云图

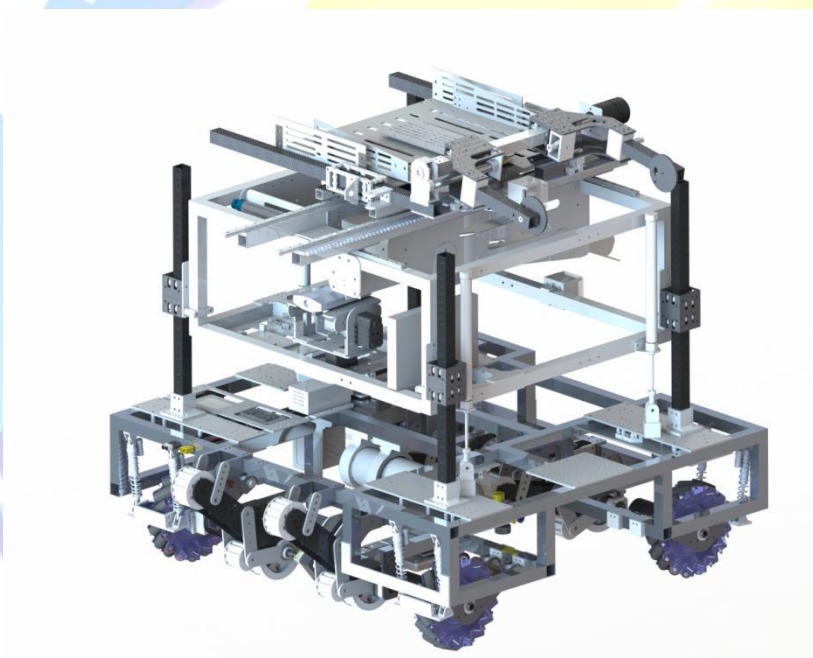


图 3-23 工程车整车设计效果图



## 第四章 制作过程与实际效果

### 4.1 工程的制作过程

由于 2018 赛季我们缺乏资金、人员、时间等种种问题，在第一年参加比赛时工程机器人仅仅是在一辆步兵底盘上装了装甲板和图传达到比赛最低要求，可以说是除了提供视野外没起什么作用，对新赛季的设计没有任何参考价值。

在 2019 赛季，我们虽然依旧有着缺乏资金、场地等种种问题，但我们有一个打入总决赛的目标：我们要做出全阵容的机器人，要实现创新的设计，要达到总决赛的高技术水平，要为以后的队员留下东西.....

工程机器人的设计工作在 18 年 10 月份开始，到寒假前完成了结构的设计并制作出了第一版带登岛结构的底盘，事实上这第一版其实也就是最终版，因为在原理和方案上都没有再大改过，仅在材料和部分关键尺寸上进行了一定的微调，我们的资金和时间均不允许我们进行迭代等工作，第一版的工程车的登岛结构与现在区别较大，当时并没有张紧用的那个带轮，而且前带轮的高度较低，导致的结果就是底盘只能冲上 150mm 的台阶，资源岛的 200mm 台阶则无能为力。

开学后我们装配出了工程上层机构，并对工程整车进行了调试，拍摄了中期视频，这一辆车的整体结构都是用一些已有的便宜易得的材料制作，抬升机构只用了气缸，抓取弹药箱时上层机构的抖动十分严重，玻纤板的承重效果也不好，整个车透露出一种粗制滥造的气息。

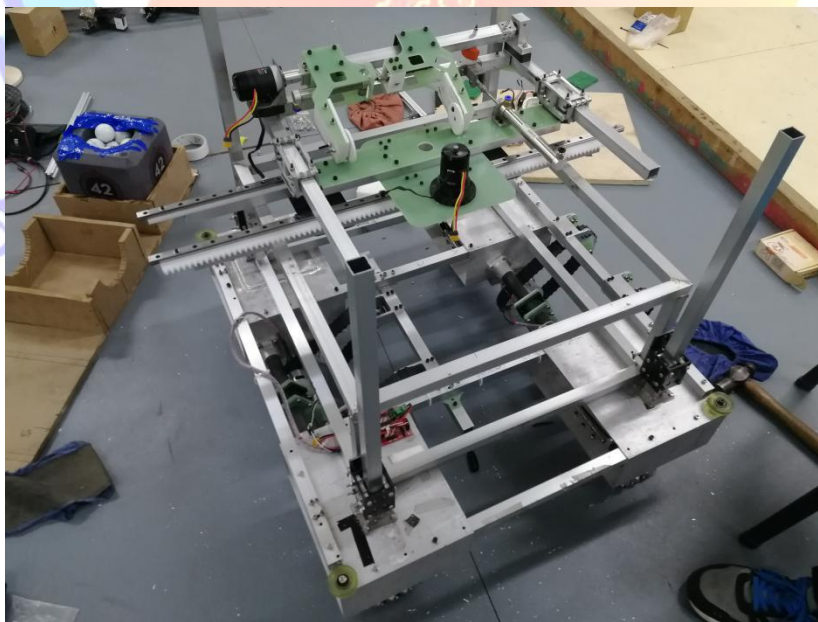


图 4-1 初版工程车

后面的时间里工程组优化了登岛的履带结构，并对底盘进行了减重修改，重



新焊接了底盘框架。但其实始终面临很大的问题，就是登岛的成功率始终不能保证 100%，到了 5 月份我们通过多次的实验与分析确定了最后的改进方案，当时是抱着最后一搏的想法来做最后一次较大的改进，如果实验还是失败则直接拆除上岛机构，放弃登岛，具体改进方案为：

- 1、提高了前带轮的高度，使其中心高于 200mm；
- 2、用张紧轮对同步带进行张紧，具体张紧程度通过孔位进行调节；
- 3、为了增加摩擦力在同步带外胶粘了摩擦因数较大的宽橡皮筋；
- 4、操作手上岛前留出一小段（约 10cm）的加速距离，增加上岛成功率。

最终这一次较好地实现了登岛功能，登上每级台阶的时间仅需 2s，同时我们对上层机构基本进行了重做，为了避免铝方管与玻纤板等结构造成的晃动，我们将上层机构的大部分关键结构换成了碳板和碳管，最终的效果很不错，稳定性大大提高，至此工程机器人能较好地完成岛下一次定位取五箱弹药，快速上岛并连续夹取三箱弹药的功能。



图 4-2 最终版工程车

关于救援机构，由于工程底盘空间较小且整车超重，最终我们放弃了救援机构的安装，在比赛中靠推动救援。

我们的工程车没有专门的弹药箱处理机构，因为我们发现我们的夹具可以实现直接将弹药箱向前或向后甩出，经过多次的实验测试，可以实现重复率几乎为 100%，本着简化结构，减轻重量的原则，我们最终采用夹具上甩出的方式处理弹药箱，在比赛中成功率为 100%，并未出现弹药箱卡在夹具或弹舱里的情况。

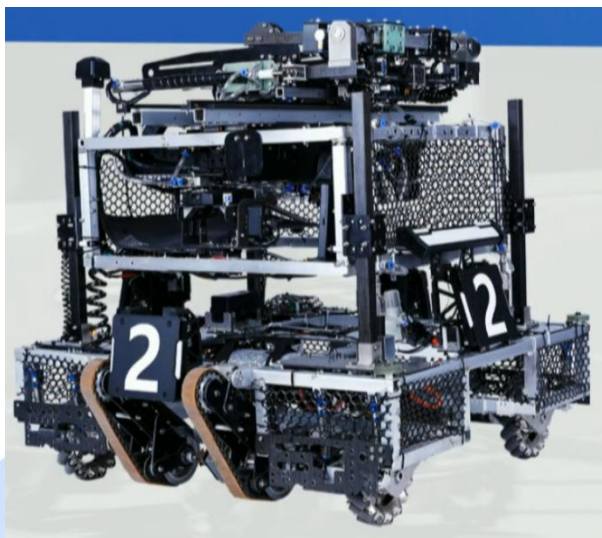


图 4-3 工程车比赛 MVP 展示

#### 4.2 测试及比赛情况

工程机器人在五月初方才完整制作出来最终的参赛版本，连电控的调试时间都不足，更不用说大量的可靠性测试与操作手的训练了，更何况也没有场地进行实验，只用板条箱的木板搭了一个 200mm 的小平台，用型材做了个摇摇晃晃的下层资源岛，没有场地每天只能通宵在走廊里测试，一直到装箱去西安的前一晚。

在工程车初始状态下，整车重心略靠前，故为了保证上下岛的稳定性，我们用横移模块调节重心。

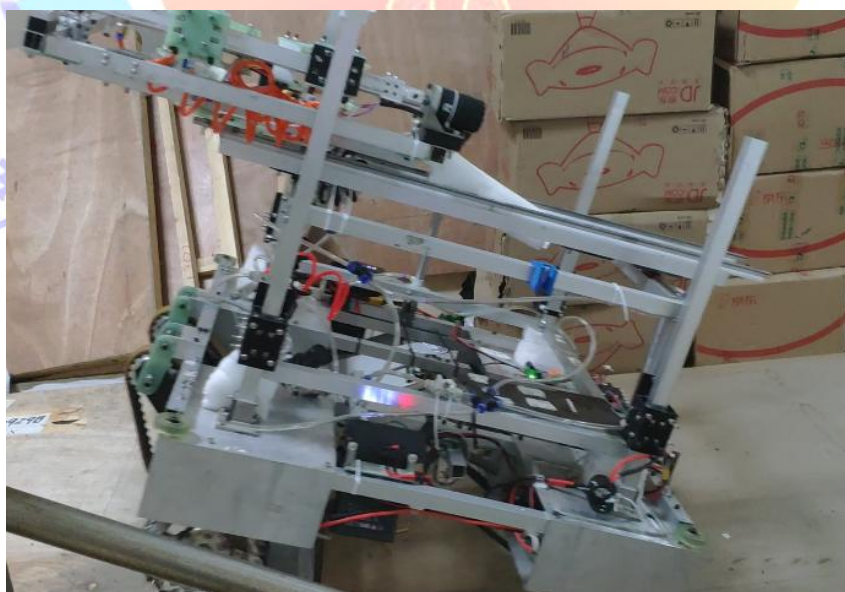


图 4-4 初版工程上岛情况

工程机器人共有 3 种模式：

1、登岛模式：带轮正转，横移前压（即移到登岛方向），将重心靠前，工程沿图传方向直行上岛；

2、下岛模式：带轮反转，横移前压，倒车下岛；下岛时重心靠后，实际测试中带轮用处不大，直接冲下去即可；

3、下坡/下台阶模式：带轮不转，前带轮对准下坡/台阶方向，横移后压，重心靠后，防止前倾翻车；

实际参赛过程中由于测试与训练不足暴露出了很多问题，具体会在下一章来讲，总体来看在赛场中的表现乏善可陈，每次除了能稳定取走岛下弹药箱也就剩下肉盾的作用了，单项赛时由于操作手之前只是简单训练过取岛下弹药箱（只有一个放弹药箱的小架子，没有场地），没有进行过任何上岛等训练，同时为了下午比赛的稳定性，只让裁判计时了一次，剩下两次我们选择不上岛的场地测试，在单项赛中总耗时为 2 分 08 秒，岛上取到 2 箱，岛下取了 3 箱，只拿到了二等奖。

关于工程核心的登岛功能，我们并没有太多的实现机会，在场地适应赛中登岛由于冲击距离较长导致登岛电机减速箱齿轮被崩掉了齿，去西安的加工厂重新加工了几个换上才恢复功能，但在对抗赛中其实并没有必要登岛，因此也并没有多少机会使用，在单项赛和其他场地测出的结果大概为登一级 200mm 台阶仅需 2s，如果经过训练有经验的操作手大概可以在 5-6s 完成上岛，并且由于是轮履复合式结构，上岛过程比较流畅，不会有特别大的卡顿和冲击情况，相比其他队伍，速度应该不算特别慢。

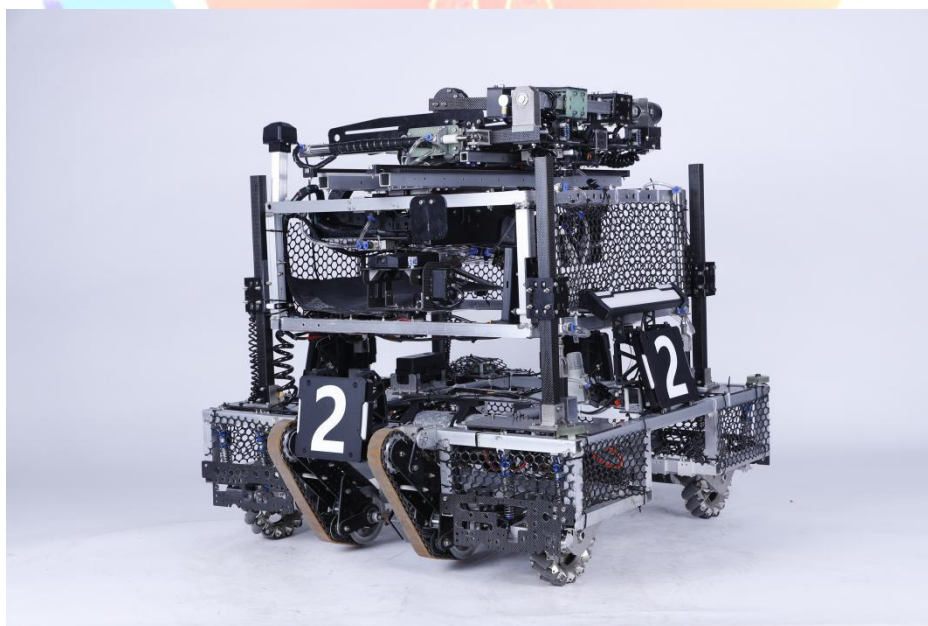


图 4-5 比赛定妆照



## 第五章 总结与展望

### 5.1 总结

问题总结：

- 1、底盘重量大，后期减重困难；
- 2、底盘缺少对悬挂的保护结构，今年为了省钱从去年步兵上拆了几块碳板固定上去，非常难看，如果有专门的防撞保护结构应该会更好一些；

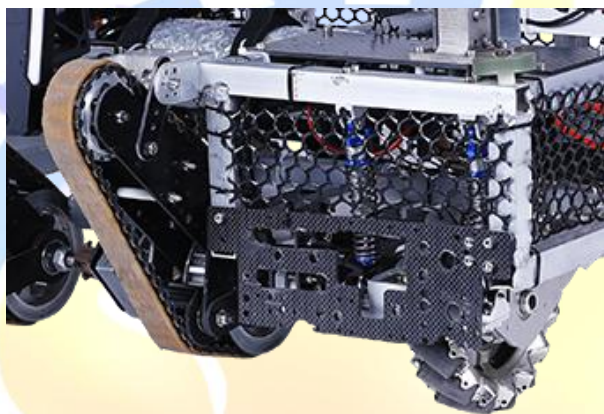


图 5-1 防撞的碳板（在原来废碳板的安装孔上打了很多减重孔）

- 3、重心过高，比赛中下坡或下台阶时可能会翻车

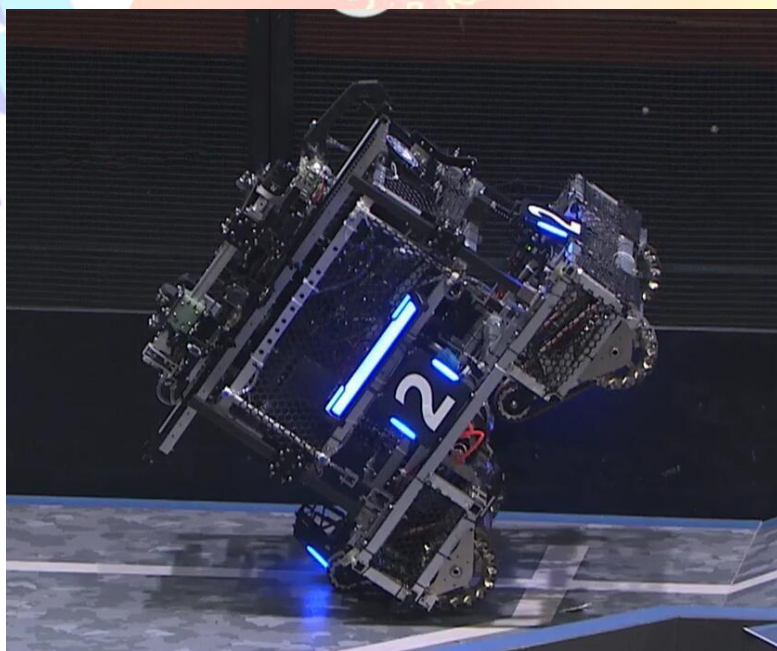


图 5-2 中部分区赛南昌大学 vs 西电第一局工程翻车

- 4、非上岛期间误开履带可能会直接开上障碍物（如地面上的弹药箱）而翻车，翻车情况请看中部分区赛南昌大学 vs 西南民族大学第二局；
- 5、取弹速度慢，夹取的延时较大，动作不够流畅；
- 6、侧着下坡时可能会出现两个轮子悬空导致卡住；
- 7、交接弹丸时只打开一次可能会出现有 2-3 颗弹丸落不下去的情况，交接时一般连续开闭两次，通过震动让弹丸滚出。

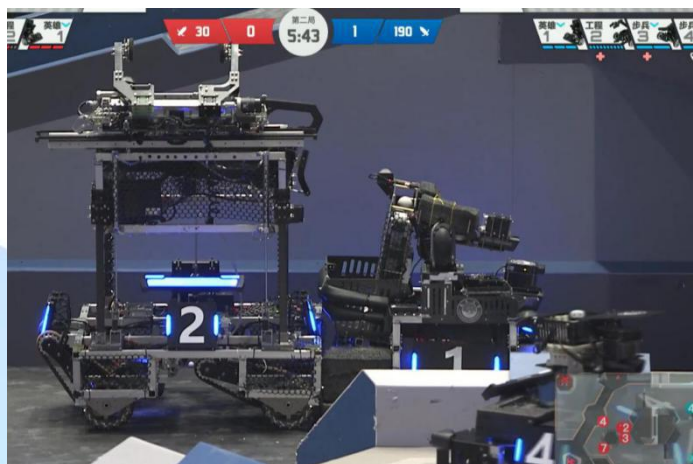


图 5-3 交接情况

## 5.2 优化方向与展望

### 1) 优化的方向：

- 1、底盘重量的控制；
- 2、整体重心的降低；
- 3、增加救援机构；
- 4、增加弹药箱处理机构（如弹射弹药箱）以增加取弹速度；
- 5、送弹斜坡设计尺寸较极限，建议优化结构，方便安装并减少弹丸洒落。

### 2) 展望

2019 赛季中很多队伍采用哈工大月球车式或深大整体抬升式的登岛结构，虽然这两种结构十分优秀，但也可能会造成工程机器人的设计趋同化问题，产生“千车一律”的情况。

今年我们的工程机器人从零基础、零传承起步，研发时间与研发费用均居各兵种首位，虽然面临着较多的问题，但还是基本实现了各项功能，在赛场上总归是较好地完成了各项任务。分体履式的登岛方式能够实现 2s 上一级台阶的指标，在高手云集的中部赛区也只能说勉强算是达到及格水平。我们深知，创新是



艰难的，目前这辆工程还存在很多问题，但对于我们这样一支缺少资金、没有场地、参赛经验不多的队伍而言，已经是一项不小的、以前难以想象的突破。

没有任何技术的积累与创新是凭空而来，在备赛过程中，各赛队在论坛里的开源资料与线上的交流讨论给予了我们莫大的帮助，使我们得到很大的启发，RM 技术水平的快速更新也与各参赛队乐于分享的开源精神是分不开的，因此这次我们选择开源，除了为 RM 技术的积累贡献自己的一点点微不足道的力量，同时也是希望本着开放、交流的原则与各参赛队之间进行技术的交流与讨论。

