



英雄机器人机械结构说明文档

RoboMaster 2022

组织：广东工业大学 DynamicX

时间：10月, 2022



目录

1 简述	1
1.1 战场战术定位	1
1.1.1 战场定位	1
1.1.2 战术定位	1
2 机械设计	2
2.1 机械参数	2
2.2 发射机构	2
2.2.1 需求分析	2
2.2.2 发射机构设计	2
2.3 云台架设计	4
2.3.1 需求分析	4
2.3.2 云台架设计	4
2.3.3 完美平衡重力补偿	4
2.4 车架设计	6
2.4.1 需求分析	6
2.4.2 车架设计	6
2.5 轮系设计	7
2.5.1 需求分析	7
2.5.2 轮组系统	8
2.5.3 自适应悬挂	8
2.5.4 底盘调平限位杆	8
3 备赛测试	9
3.1 发现问题及解决方法	9
3.1.1 卡弹问题	9
3.1.2 无法上坡问题	9
3.1.3 重力补偿不完美平衡问题	9

第 1 章 简述

1.1 战场战术定位

1.1.1 战场定位

- 前哨站克星：英雄机器人以其高精度、高伤害的优势成为打击对方前哨站的突出力量和绝对输出。
- 移动碉堡：较稳重的移动速度，较高的血量以及高精度高伤害的特性，使得英雄机器人成为战场上的强力输出和持久作战力量。
- 决胜关键：考虑到赛制决胜负的方式，英雄机器人经常在比赛的分秒之间以较大程度的血量输出完成战场赛况的逆转。

1.1.2 战术定位

- 进攻先锋：比赛正式开始之后，英雄机器人作为攻击先锋打击对方前哨站获得血量优势，同时在机器人的作战中，也积极主动出战以获得血量值和经验值的优势。
- 致命一击：包括但不限于对前哨站、作战机器人以及基地的打击，英雄机器人扮演着实现绝杀完成致命一击的角色。
- 出其不意：在合适的时机，英雄机器人可前往英雄狙击点，在获得增益的同时完成较高难度的超远距离吊射，打击对方基地的大装甲模块以及三角装甲模块，实现血量上的绝对优势。

第2章 机械设计

2.1 机械参数

英雄机器人重量，长、宽、高、重心高度等

名称	参数
重量 (kg)	23.2 (含裁判系统)
长、宽、高 (mm)	710*580*530
运动速度	平移 4.1m/s 旋转 10rad/s
运动加速度	平移 3m/s ² 旋转 8rad/s ²

表 2.1: 英雄机器人机械参数

2.2 发射机构

2.2.1 需求分析

英雄机器人的发射机构用于发射大弹丸攻击对方建筑物及机器人，从弹丸储存到弹丸完全发射出去要包括弹仓、拨盘、弹链、摩擦轮以及枪管等五个构成部分。

任务	指标
弹仓容量	弹仓盖合上之后，能够容纳 80 颗大弹丸
射频	能够稳定实现单发，最高射频可达 5Hz 且不卡弹
射速	射速稳定可调节，最高子弹射速不超过 16m/s
射击准度	8 米小装甲高速挡 90% 命中
发射机构整体	整体轻量化，结构紧凑，易于制造

表 2.2: 发射机构需求分析

2.2.2 发射机构设计

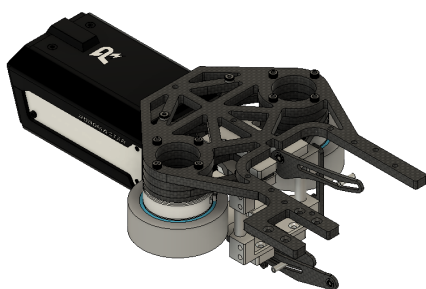
摩擦轮采用去掉减速箱的 3508 电机，力矩大且有转速反馈，胶皮直接采购的溪地摩擦轮，摩擦轮直径 60mm，电机间距 98mm。

如图 2.1 所展示，发射采用开放式枪管，大量使用标准件。摩擦轮固定采用多层碳板结构，提高结构强度。发射机构使用铰制孔螺栓进行定位，极大地降低了加工时间、难度和成本，同时减少了弹丸在加速后的干扰。阻弹装置上采用两个轴承对弹丸进行定心，提高发射准度。

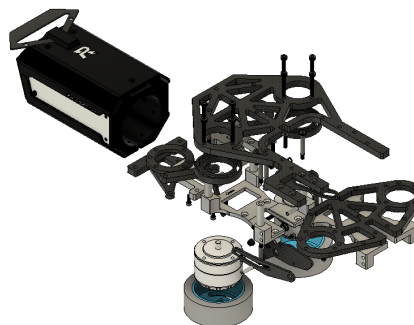
如图 2.2 所展示，拨弹结构参考北京理工大学中心供弹开源^[1]，采用中心供弹结构，由碳板、打印件、铝件和铝柱组成。3508 电机通过上交开源联轴器和主动齿轮连接，拨叉上下通过打印件和铝柱连接。电机由铝柱和碳板组成的支架固定。拨弹集成了底盘的弯头。弯头主体为碳板，m3 螺丝依次穿过垫片、轴承、垫片然后插入两侧的碳板，提高弯头处过弹的顺滑度。

英雄机器人参考上海交通大学英雄机器人的中心向上供弹的链路方案^[2]，使得供弹链路长度减小。pitch 轴运动时滑槽处空间会变化，并且在该处没有轴承，链路阻力会比较大，通过测试发现滑槽处链路的空间在 pitch 运动到某个角度时会急剧减小，导致卡弹。新版弹链通过优化滑槽外廓的形状，增大该处的空间，解决卡弹问题。

如图 2.3(b)所展示，内外部弹链轴承架部分由三块碳板堆叠而成，保证弹链的强度，并使用铝柱与云台臂连接，提高弹链的刚度。在弹链内部最大限度地填充轴承，保证链路的顺畅。

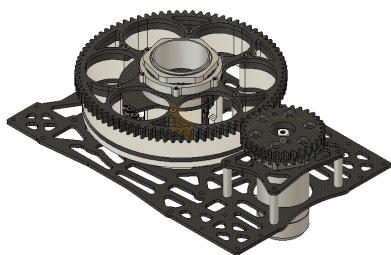


(a) 发射轴侧图



(b) 发射爆炸图

图 2.1: 发射展示



(a) 中心供弹轴侧图

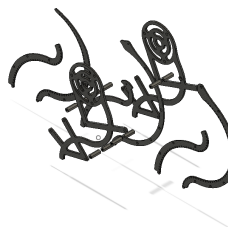


(b) 中心供弹爆炸图

图 2.2: 拨弹展示



(a) 弹链轴侧图



(b) 弹链爆炸图

图 2.3: 弹链展示

2.3 云台架设计

2.3.1 需求分析

云台架起着承载发射机构，连接底盘的功能。它主要包括 Yaw 轴，Pitch 轴，yaw 轴传动，Pitch 轴传动机构和支架等结构。

任务	指标
Yaw 轴	6020+ 同步带，可容纳小滑环穿过，惯量配置合理
Pitch 轴	6020 直连，提高空间利用，减小 yaw 惯量，配重平衡
云台支架	具有一定强度，减重，可挂载 NUC
云台架整体	可承受翻车时撞击地面的冲击，轻量化

表 2.3: 云台架需求分析

2.3.2 云台架设计

Yaw 轴轴承采用交叉滚子轴承，为了稳定性不采用餐盘轴承。由于英雄采用下供弹方案，故 GM6020 电机的传动结构采用同步带结构。为了减小 yaw 轴转动惯量，云台架结构沿 yaw 轴分布，将 pitch 轴后移，使 pitch 轴水平时云台重心尽量向 yaw 轴靠拢，将 NUC 外挂，降低了些许重心。

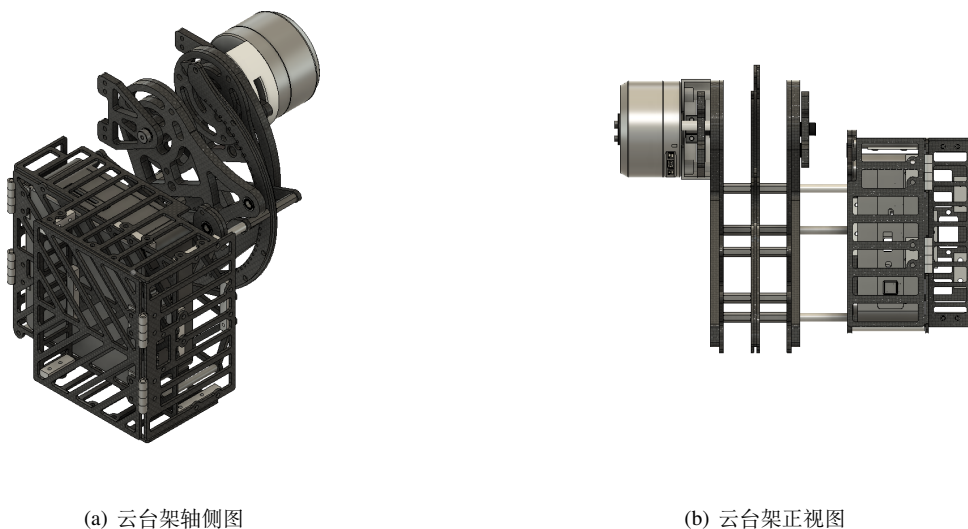


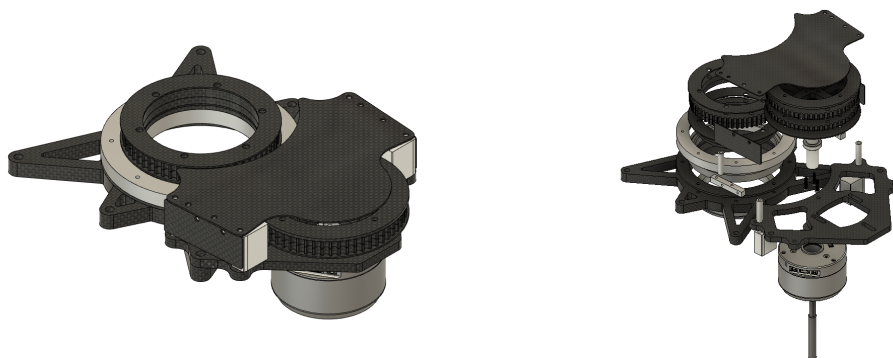
图 2.4: 云台架展示

Yaw 轴轴承固定采用外包铝件，并在 yaw 轴轴承上堆叠外包的碳钎维同步带轮，避免自己加工由于刀具磨损等原因造成同步轮尺寸偏差，同步带不能正常啮合。

Pitch 轴用涨套将 8mm 光轴固定在 6020 内部，简化连接结构，降低了外包成本。同时用直连的方式来驱动 pitch 轴，避免使用复杂的连杆结构。

2.3.3 完美平衡重力补偿

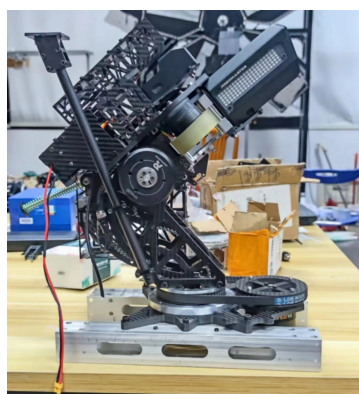
英雄云台质量大且质心偏离 pitch 轴，若没有配平，电机发热严重无法正常完成一场比赛用电机和 mini PC 配平会使让本来就大惯量的 pitch 轴响应速度降低。我们使用完美重力补偿机构来平衡 pitch 轴。



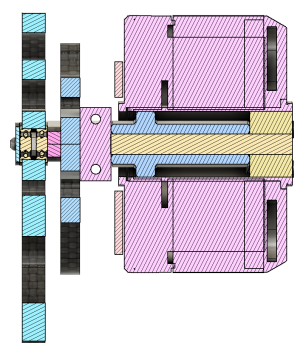
(a) yaw 轴传动轴侧图

(b) yaw 轴传动爆炸图

图 2.5: yaw 轴轴系展示

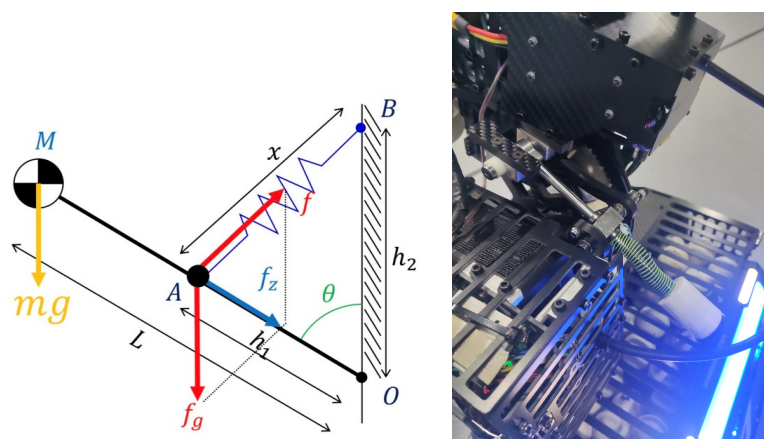


(a) pitch 轴直连实物图



(b) pitch 轴直连截面分析图

图 2.6: yaw 轴轴系展示

(a) 重力补偿原理图, 图源^[3]

(b) 重力补偿实物图

图 2.7: 重力补偿机构展示

1. 零原长弹簧: 固定点两端的距离正比于拉(推)力的机构
2. 重力向量和“零原长弹簧”拉力和转轴径向力, 构成的力三角形与几何尺寸三角形相似

3. 选用合适的弹簧刚度并制成等价“零原长弹簧”机构即可实现完美平衡

2.4 车架设计

2.4.1 需求分析

车架是英雄机器人底盘的主要组成部分，承担着承载云台以及其它机构和元器件的作用。车架主要包括底盘主板、底盘梁、保险杠以及被救援机构等机构。

任务	指标
底板	根据需求零散地分散布局以容纳被救援机构在内的其它部件
梁	强度高，重量轻
保险杠	全包围，包围紧凑
底盘整体	尺寸紧凑，重心低，强度高，轻量化，对称分布

表 2.4: 底盘需求分析

2.4.2 车架设计

车架采用薄壁铝方管加碳管的设计，利用碳管夹将铝方管与碳管连接，使用拉铆螺母进行铝方管间或铝方管与板件间的连接，保证连接处的连接强度和刚度，重量轻，成本低，易于拆卸。

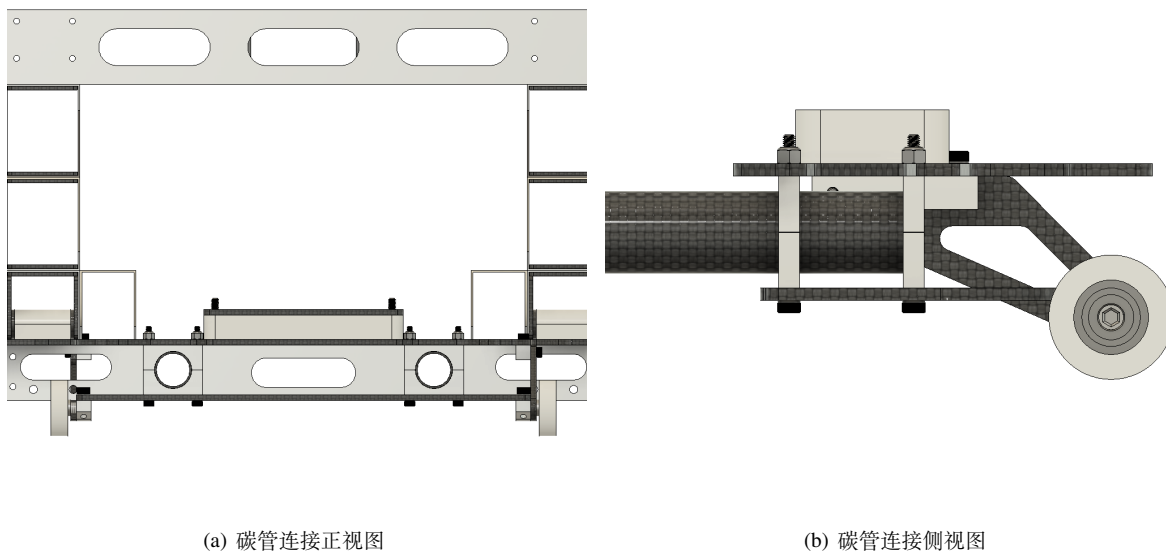


图 2.8: 车架连接展示

1. 保险杠与车架采用碳板连接，在承受大载荷冲击时共同吸收能，保护车架。
2. 车架前后端安装有落地防卡导轮，防止飞坡姿态不稳定时落地倒栽。
3. 底部安装电源管理模块位置镂空，旨在为检录时为检录员提供提供清晰的电源管理模块灯效视角。
4. 底部 RFID 多用了一块碳板转接，旨在方便局部安装而不影响其他零部件（比如 RFID 附近可能装的电容模块）。

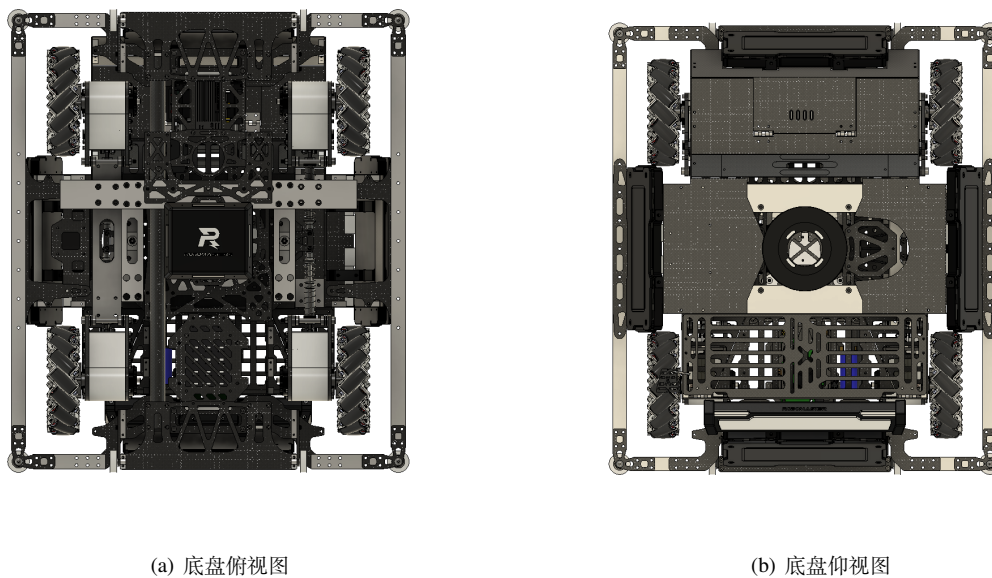


图 2.9: 底盘展示

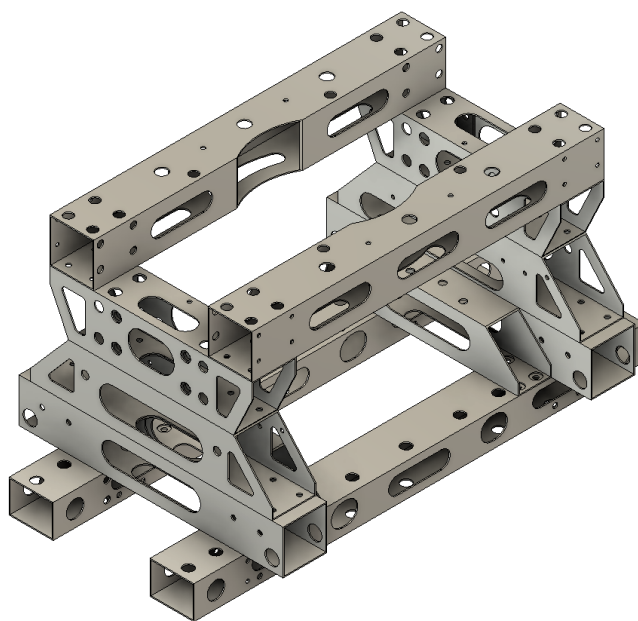


图 2.10: 底盘框架

2.5 轮系设计

2.5.1 需求分析

轮组系统负责英雄机器人的正常运动以及适应战场地形，包括车轮支座、车轮、悬挂等机构。

任务	指标
轮子类型	全向移动，麦克纳姆轮优先
连轴方式	拆装简便，强度较高
悬挂	纵臂，采用连杆非独立悬挂
轮组系统整体	对称分布，鲁棒性好，内部摩擦损耗小

表 2.5: 轮组需求分析

2.5.2 轮组系统

轮组使用上海交通大学开源步兵轮组^[4]，故不在此赘述。

2.5.3 自适应悬挂

自适应悬挂模仿上海交通大学 2019 年自用步兵设计，并进行改进，保证麦轮在复杂的场地运动的稳定性

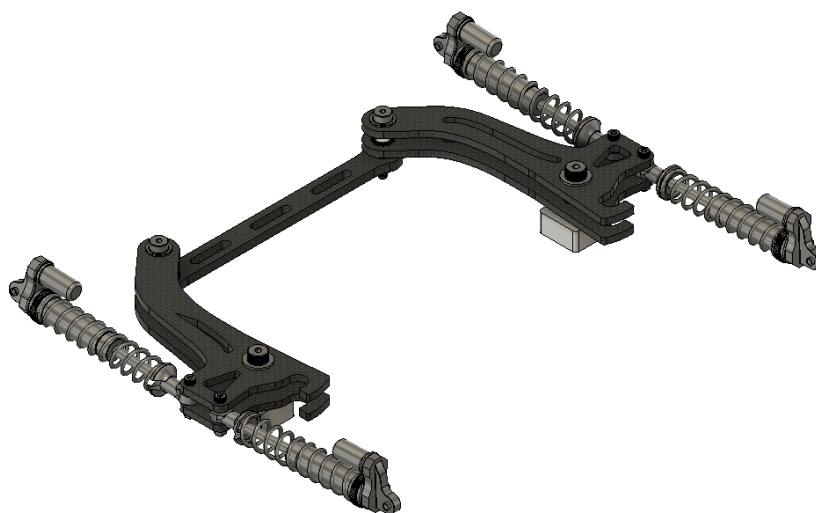


图 2.11: 自适应悬挂

2.5.4 底盘调平限位杆

采用螺丝配合溪地阻尼避震器等设计调节可调节的自适应连杆机构，可对底盘进行调平，减轻云台在小陀螺时的晃动。连杆多数为标准件且成本较低。

第3章 备赛测试

3.1 发现问题及解决方法

在整个备赛的时间中，经过测试、迭代的过程中发现英雄机器人的问题及解决方法如下。

3.1.1 卡弹问题

3.1.1.1 问题描述

一代的设计的发射机构中，会出现如下的问题。

- 中心供弹打印件较多，结构刚性较差，传动时出现拨盘晃动的情况；
- 中心供弹阻力较大；
- 仰角最大的时候，链路滑槽处卡弹。

3.1.1.2 解决方法

- 将中心供弹同步带传动方案改为齿轮传动，关键部位使用铝件提高刚性；
- 提高装配精度，在阻力较大的部位喷涂 WD40 润滑剂；
- 更改滑槽板外廓的形状，提高仰角最大时滑槽处的通过空间。

3.1.2 无法上坡问题

3.1.2.1 问题描述

英雄机器人在分区赛场出现上不了场地所有斜坡的问题。

3.1.2.2 解决方法

通过后期的检查发现，英雄机器人在坡上的功率限制没有调好，在坡上时吃不满功率，重新调好功率限制后可以上坡。

3.1.3 重力补偿不完美平衡问题

3.1.3.1 问题描述

英雄机器人的重力补偿由于理论计算和设计与实际有误差，导致重力补偿无法在所有角度都达到平衡。

3.1.3.2 解决方法

经过精确计算确定所有参数，并参数化建模，尽量减少理论与实际的误差。

参考文献

- [1] RM2021-北理工-中心供弹英雄机械开源[Z]. <https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=12241>. (Accessed on 08/23/2021).
- [2] RM2021-上海交通大学-交龙战队-英雄机器人机械技术开源[Z]. <https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=12241>. (Accessed on 08/23/2021).
- [3] YUN S H, SEO J, YOON J, et al. 3-dof gravity compensation mechanism for robot waists with the variations of center of mass[C]//2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). [S.l. : s.n.], 2019: 3565-3570.
- [4] RM2020-上海交通大学-交龙战队-步兵机器人机械技术开源[Z]. <https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=11054>. (Accessed on 08/23/2021).